

奇葩进化论

(套装共7册)



为了进化，
人类和动植物都拼了！

总 目 录

[海洋中的爱与性](#)

[想太多的人类学家](#)

[鱼什么都知道](#)

[花朵的秘密生命：一朵花的自然史](#)

[疯狂的进化](#)

[进化的奇迹](#)

[和机器人一起进化](#)

未读

(美) 玛拉·J. 哈尔特 MARAH J. HARDT 著

黄波 译

(博物君) 张辰亮 审校

美国亚马逊2016年度好书

海洋中的爱与性

SEX IN THE SEA

变性的鱼，浪漫的虾，怪癖乌贼及其他深海情色奇葩
Our Intimate Connection with Sex-Changing Fish,
Romantic Lobsters, Kinky Squid,
and Other Salty Erotica of the Deep

北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.

版权信息

海洋中的爱与性

Sex in the Sea

作者：[美] 玛拉·J. 哈尔特（Marah J. Hardt）

译者：黄波

出品方：未读·探索家

出版社：北京联合出版公司

Copyright © 2016 by Marah J. Hardt

This edition arranged with Tessler Literary
Agency
through Andrew Nurnberg Associates
International Limited

Simplified Chinese translation copyright © 2017
by United Sky (Beijing) New Media Co., Ltd.

All rights reserved.

目 录

[前言 咸湿的海洋](#)

[第一幕 约会游戏](#)

[第一章 寻觅 如何在汪洋大海中找到另一半](#)

[寻爱策略1：去单身酒吧](#)

[寻爱策略2：利用一点磁场的吸引力](#)

[寻爱策略3：回到老地方](#)

[寻爱策略4：追随悦耳的男中音](#)

[寻爱策略5：让水花四溅](#)

[第二章 诱惑 如何博得情人的芳心](#)

[诱惑的香气](#)

[性感奶爸的魅力](#)

[爱巢的吸引力](#)

[扇舞调情](#)

[且舞且歌](#)

[高超的伪装偷情术](#)

[第三章 变性 灵活转换你的性别](#)

[暂时的性别转换策略](#)

[性别转变的来龙去脉](#)

[马林变“玛琳”：雄性先熟的雌雄同体](#)

[皇后变皇帝：雌性先熟的雌雄同体](#)

[擅长数学的变性者](#)

[“受冷落的妻子变成男人和隔壁老王的老婆私奔”](#)

[善变者：多次变性的物种](#)

[猎物、寄生虫和污染物对性别转换的影响](#)

第二幕 搞定

第一部分：交配

第四章 阴茎 性是一项身体接触运动

阴茎击剑

最古老的阴茎

柔韧的阴茎

长和短

不走寻常路

可分离的阴茎

双重生殖器

第五章 内室 从内到外影响性

物理障碍：鲸的阴道独白

把种子带走：有自己精子库的雌性

谁是爸爸？交配之后的精子筛选

性的邀约：3P和高跟鞋的诱惑

侏儒和女王：雄性成为雌性的性奴

终极内室

第二部分：体外受精

第六章 海中狂欢 大家一起上

银汉鱼的五十度灰

好色的鲛部落

集体喷发：产子大聚会

第七章 性同步 邻里之间的风流韵事

魔鬼在细节里：需要临界人数的性爱

完美的时机：固着者的性成功

第三幕 高潮之后

第八章 提升性趣 如何点燃海洋中的性欲之火

[减轻焦虑：缓解过度捕捞的压力](#)

[讲述故事：“有故事”的海鲜](#)

[供应链透明化：可追溯的交易记录](#)

[水产养殖：海鲜也可以来自养殖场](#)

[给它们一些隐私：大范围海洋保护区的兴起](#)

[保证安全：保护海洋中的性的技术](#)

[因地制宜：关于有价值区域的海洋管理](#)

[他们的生计：支持渔业的替代行业](#)

[达到自然状态：解决污染和沿海开发问题](#)

[为性创造条件：阻止最极端的气候变化](#)

[后记 海洋：性感的野兽](#)

[鸣谢](#)

[返回总目录](#)



腾空飞翔——一条芒基蝠鲞在加利福尼亚湾跃出水面。摄影Octavio Aburto / iLCP



雄性花斑连鳍鲷（七彩麒麟鱼）正在炫耀。摄影Klaus Stiefel, Packifcklaus.com

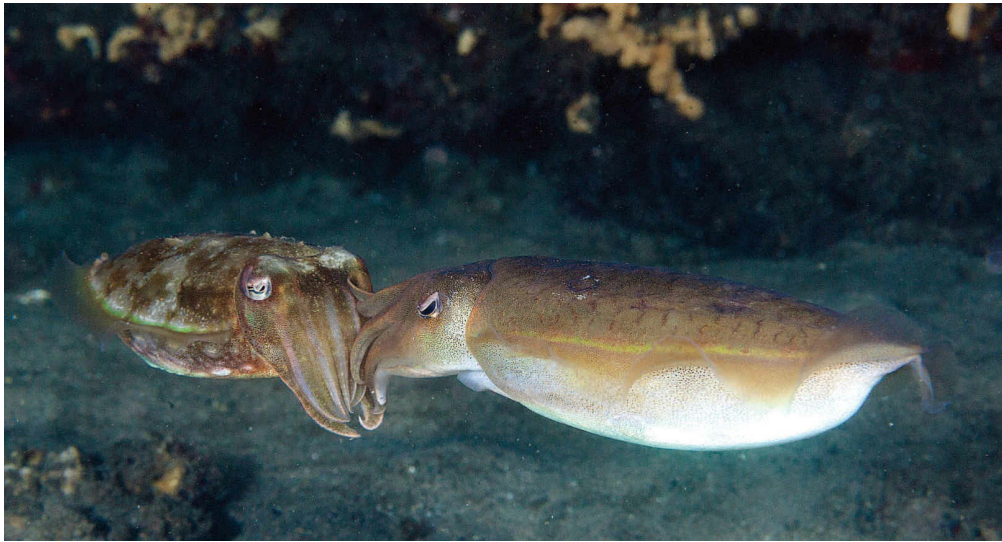


盛装打扮——拿骚石斑鱼聚集的时候，在不同阶段会展现出不同颜色，这可能

是显示出它们准备好交配了。摄影Paul Humann



一大群聚集的蝠鲼。摄影Octavio Aburto/iLCP

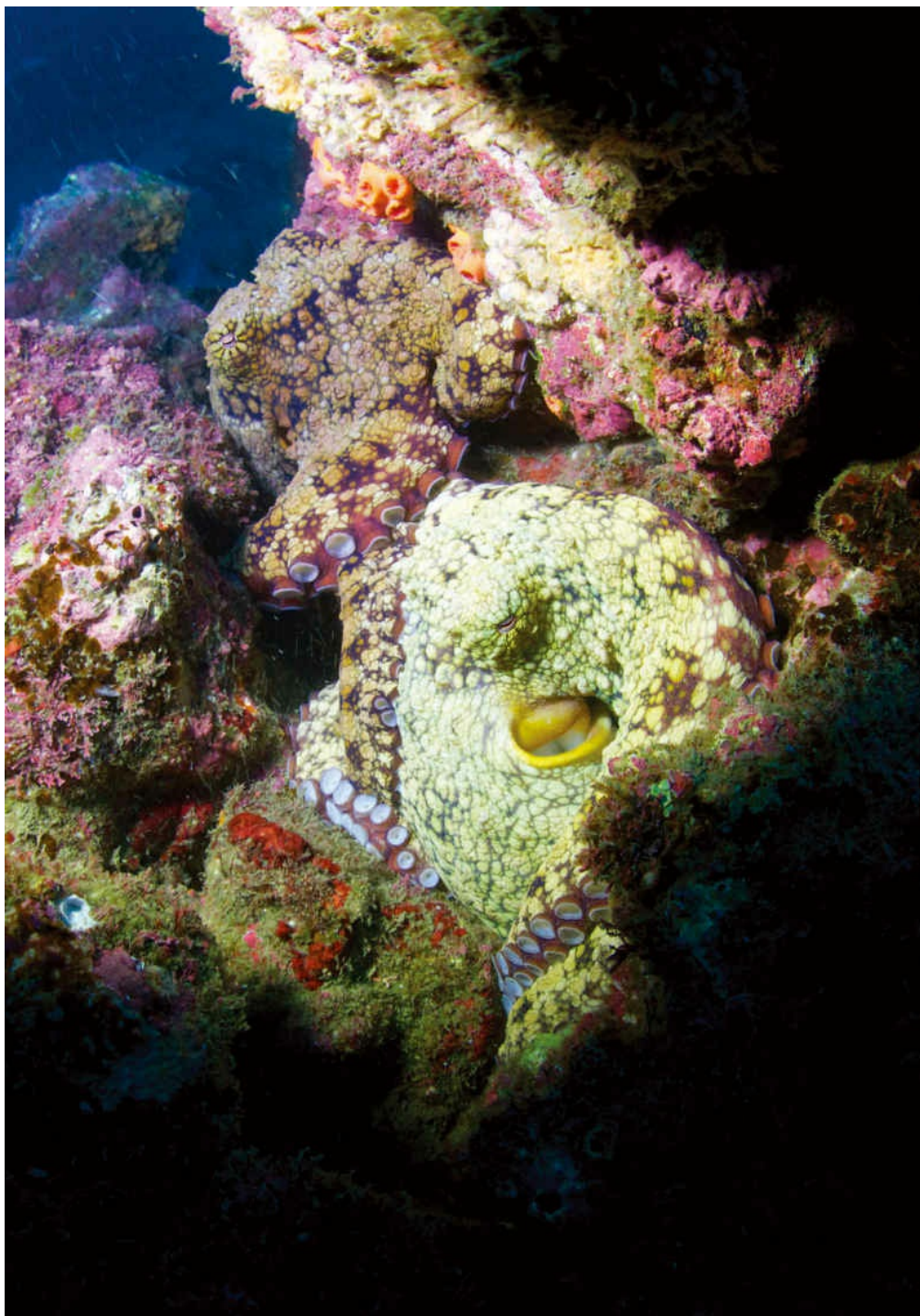


一对乌贼正在亲密。摄影Klaus Stiefel, Packifcklaus.com



这条露珠盔鱼从鲜蓝色斑点的雌性（上）变性为一个色彩更暗的雄性（右）。

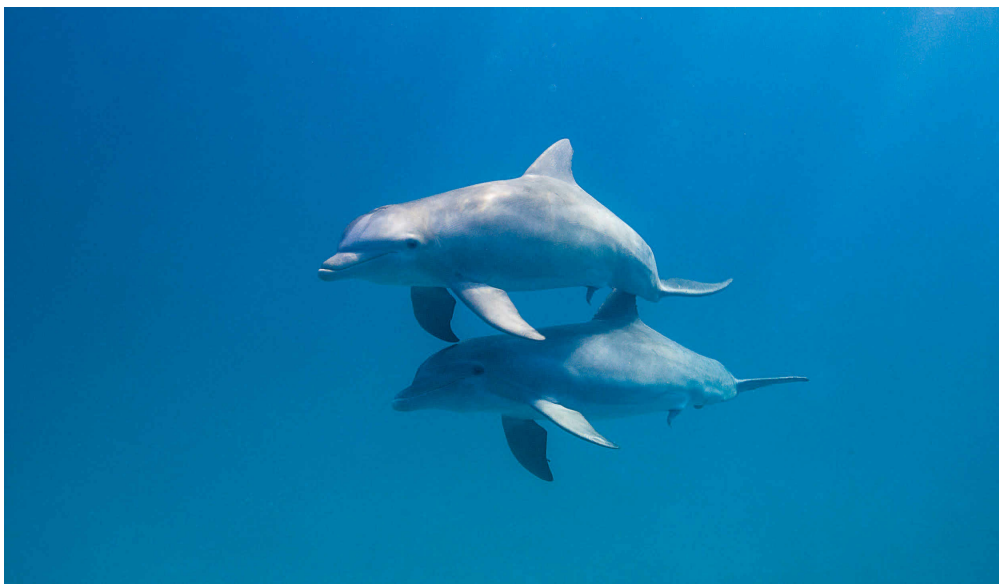
©Bryce Groark, brycegroark.com



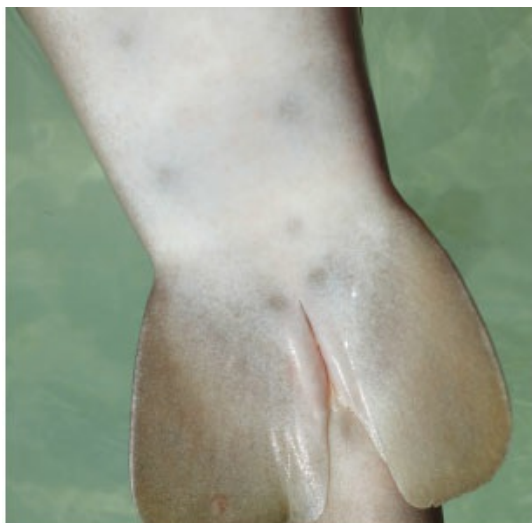
一条雄性章鱼（上）展开他特化的化茎腕伸到下面，进入雌性（下）。©Bryce Groark, brycegroark.com



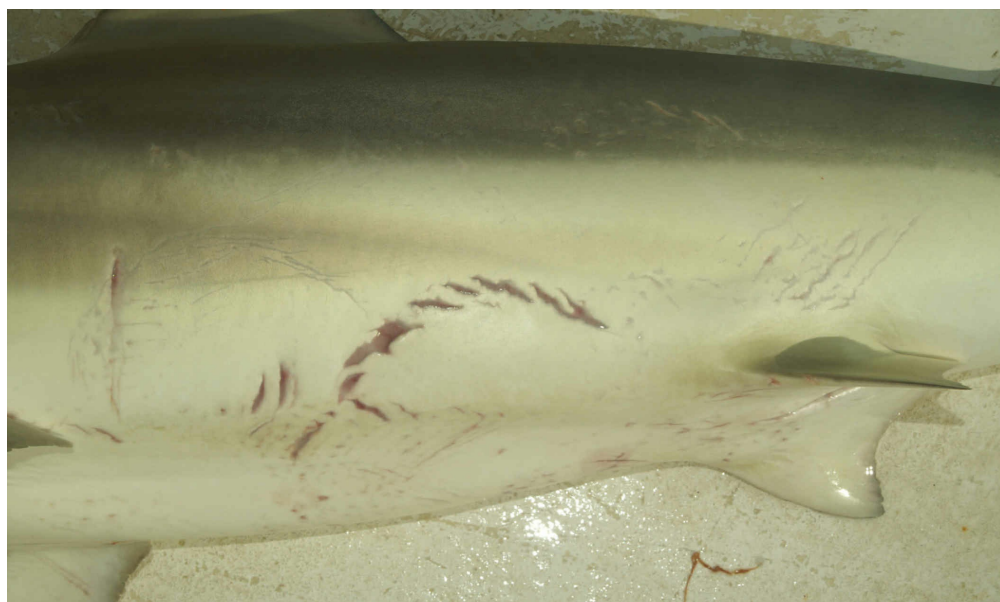
裸鳃亚目动物通过同时插入彼此的行为展现了“平等交换”的艺术。摄影Klaus Stiefel, Packifcklaus.com



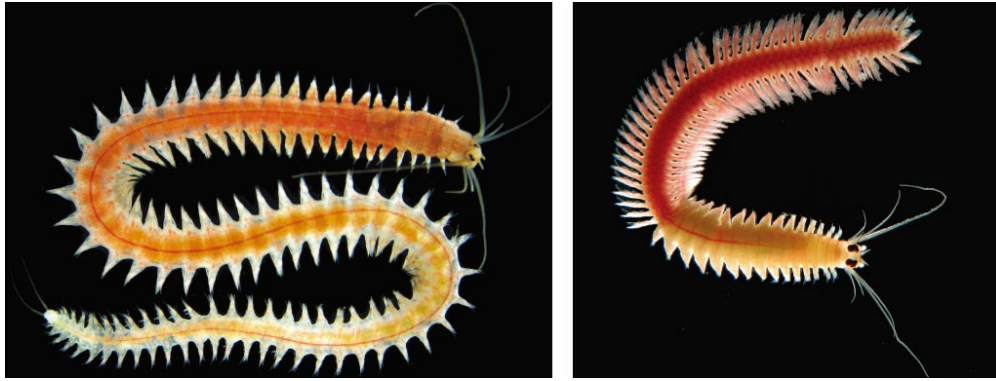
雄性海豚露着阴茎在巡游。摄影Tim Calver ©Tim Calver, timcalver.com



雌性铰口鲨幼崽的腹鳍缺少鳍脚，而雄性铰口鲨幼崽生来就有鳍脚。摄影Jillian Morris



爱之吻——乌翅真鲨的交配伤痕。摄影Dean Grubbs



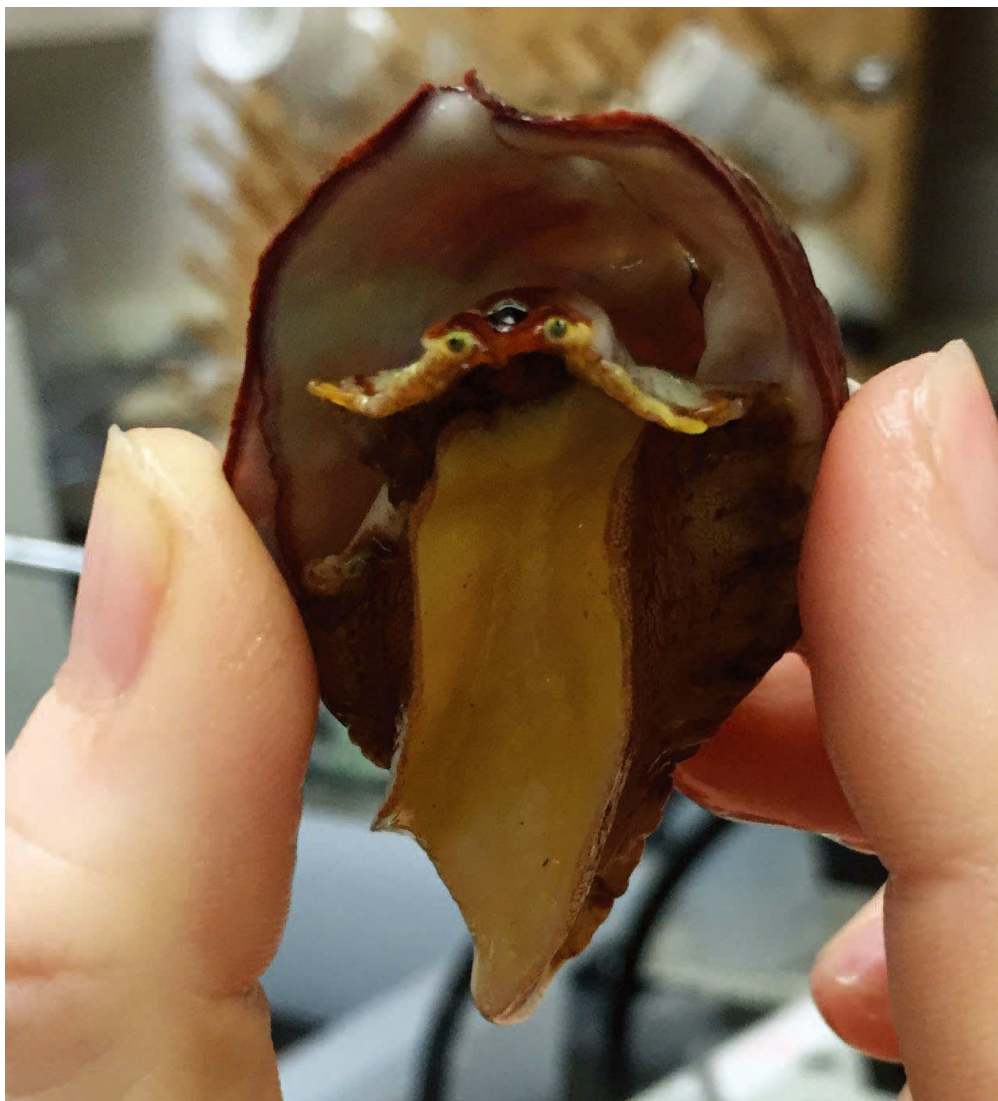
沙蚕的生殖态——底栖的沙蚕科沙蚕（左）变形成为游动的精子或卵子囊（右），并在水面爆开。摄影Greg Rouse



雌性食骨蠕虫的“橙色项圈”里释放出一缕缕细小、受精过的卵子。摄影Greg Rouse



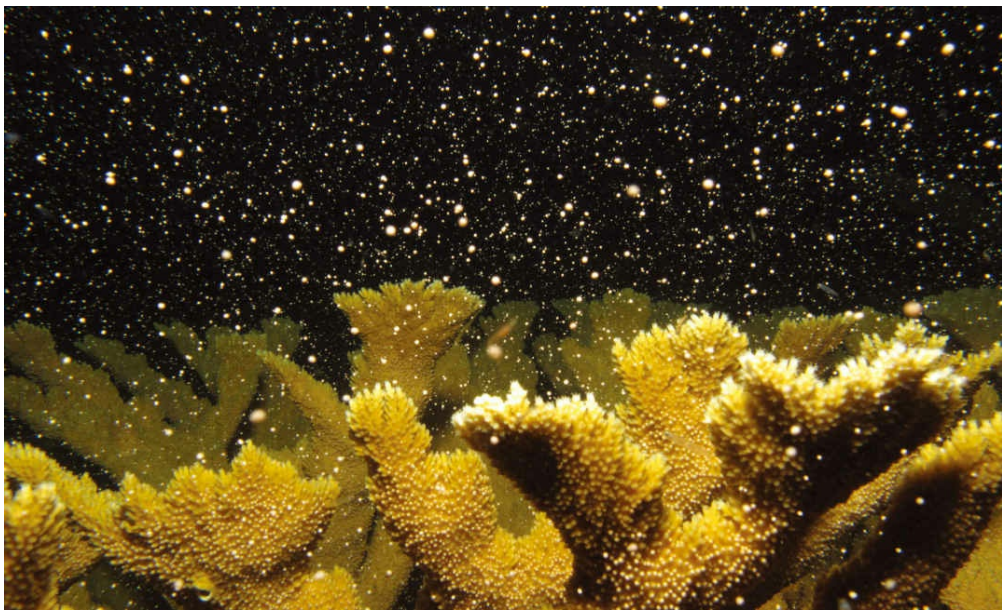
雄性白鲍释放出精子。摄影Kristin Aquilino



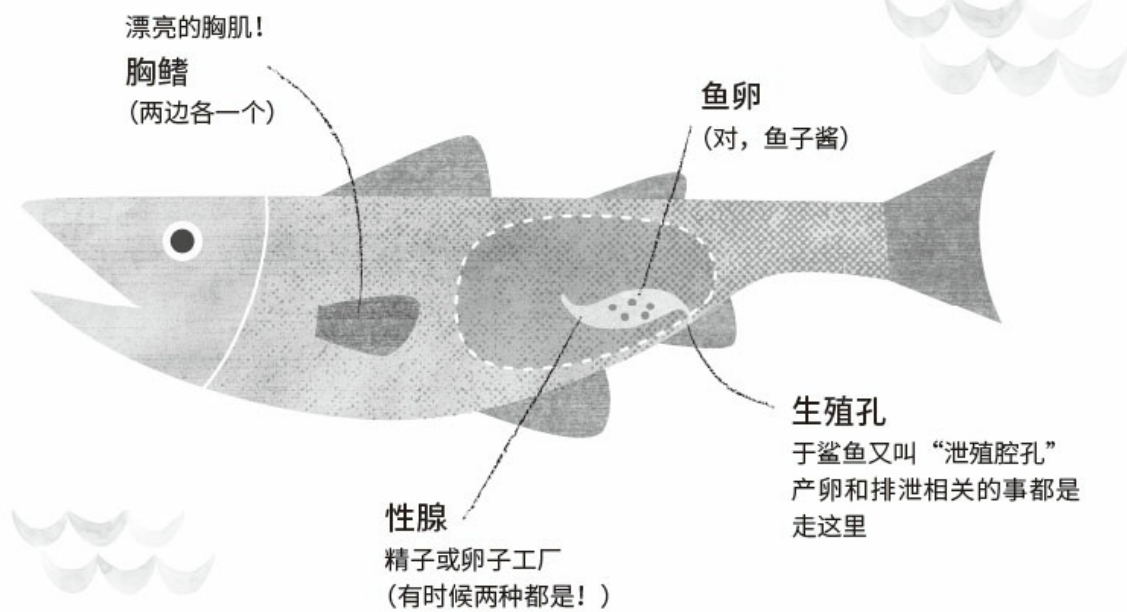
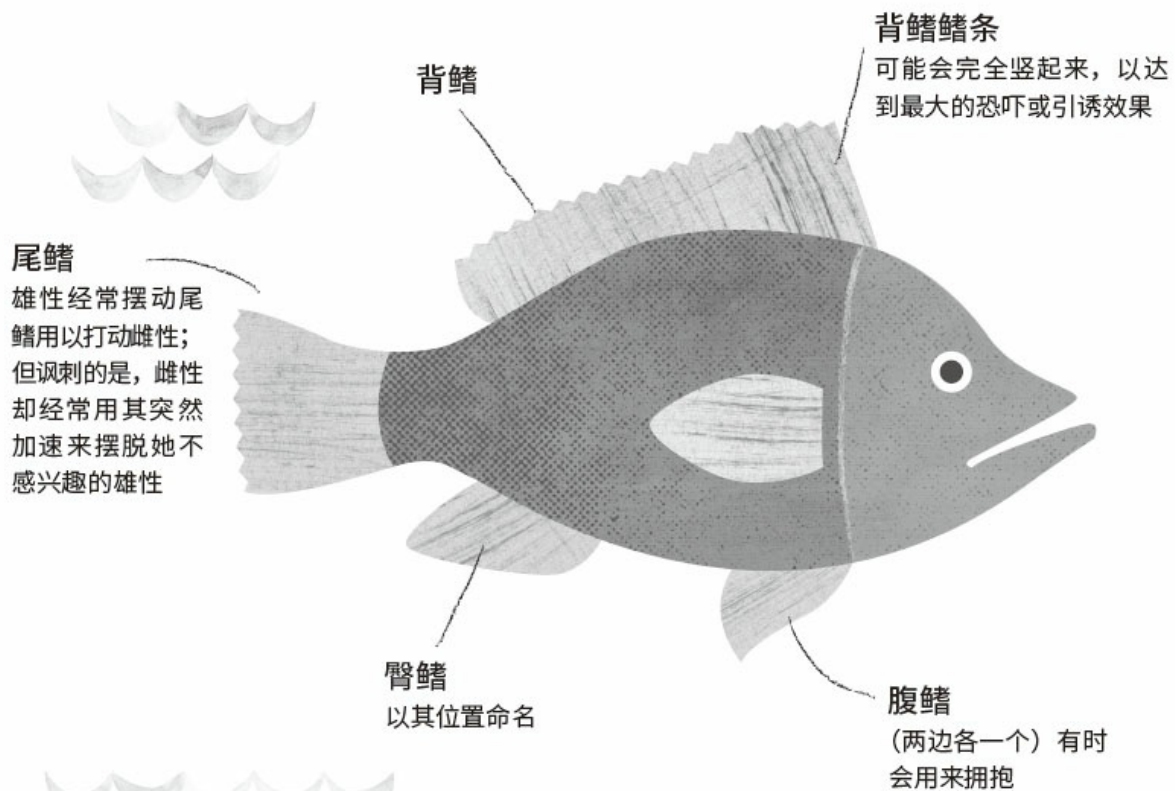
一只濒危的幼年白鲍看着外面的世界。感谢卓有成效的博德加海洋实验室圈养计划。摄影Benjamin Walker



在开曼群岛的小开曼岛，拿骚石斑鱼在集会中的产子喷发情景。摄影Jim Hellemn



濒临灭绝的加勒比海麋角珊瑚向海里释放出一团团精子和卵子。摄影Raphael Ritson-Williams



前言

咸湿的海洋

这闻起来像是性的味道。我漂浮在海面上，看着月光照耀着不断扩大的浮油——那是长夜里性的残留物——不禁有几分浮想联翩。一股明显发霉的味道扑鼻而来。我不应该如此惊讶，因为我刚刚花了两个小时的时间来观察珊瑚的产卵过程。但是，这跟性交根本不是一回事，以至于我从不曾期望它闻起来有性的味道。

我从头发里扯出一缕缕黏稠的珊瑚黏液，和其他研究人员交换了下眼神，他们也像我一样忙着清理黏液。我们相视一笑，心里明白是怎么回事。当大家漂浮在大自然中最大的性狂欢残留物上时，某种亲密的关系就此产生了。

这就是海洋中的性。这是一种对我们来说完全陌生的性，不过还是会有熟悉的味道，虽然也只是一点点。就绝大多数而言，波浪下的性看起来跟我们想象中的性行为没有任何相似之处。然而，这就是经历了几亿年的激烈竞争所产生的奇特现象——一切都是为了繁殖尽可能多的后代。

从最高的礁石顶到最深的海沟底，繁殖与逃生是这个星球上的动物最关心的两件事。因此，大自然投入了大量的精力在性和生存上面。生命最终的目的——成功地将一种生物的美丽外表以及伴随的全部基因传递给下一代，所依靠的就是这两者。但是，两者并不平衡。一个机敏的幸存者可以活得长久，但是独身生活也使其在进化博弈中失去了机会；一个情场高手，虽然善于吸引和获得配偶，却需要活得足够长才能完成

繁衍。

最终，所有一切归结于性。

因此，在大自然中，有一系列令人难以置信的方式来搞定这件事。我并不是要说印度《爱经》里各种有创意的性交体位。那只不过是一些姿势的微调罢了。真正的性进化是在荒野中完成的，而在野外，没有哪里比海洋更咸湿、更狂野。毕竟，那儿才是性的发源地，也是自然母亲练习她的生殖创造力时间最长的地方。

在海里，传教士体位是少数派。即使是陆上最熟悉的动物交配的画面——邻家的狗会疯狂地拱你的腿——也是极少见的。相反，性交也可能看起来像握手一样；或者许多个体首尾相连形成一个爱人环；又或者一个只有在显微镜下才能看见的雄性，寄居在巨型配偶的肾脏内，然后排出精子。你可以偷偷地深入那微微发光的海面之下，你会见到蠕虫的阳具大赛、满月时的性派对、日落时闪电式的产卵以及可能是全世界最大规模的3P（情人们全程都屏住它们的呼吸）。

每一种生殖策略都与物种的环境和生活方式相匹配：有寒冷、黑暗、深海的爱巢，也有温暖、光亮、多礁的爱巢；群居的、吵闹的鲸也与喜欢独处和安静生活的鲨鱼形成了鲜明对比；只有在显微镜下才能看清其体形和活动的桡足类与巨型蓝鳍金枪鱼史诗般的旅程也有着巨大反差；既有日日产卵如涌的锦鱼，也有一生只有一次性聚会的鲑鱼。每一种方式在岁月的磨合下都最大化了成功繁殖的概率。那是带有咸湿的性交响乐，让湛蓝的大海保持年复一年的活力，世世代代，直至今日。

大约一个世纪以来，海洋中的性开始变得.....有点不太对劲。这对于我们以及淫荡的大比目鱼而言都不是个好消息。

海洋生物在海水深处的生活方式非常重要——它关乎食品安全、人类健康、沿海发展、气候变化以及其他全球性问题。拿食品安全来说，几乎有30亿人以鱼作为主要的蛋白质来源，其中一半的鱼来自海洋。为了满足这么多人口的需要，每年需要大量的鱼成功地产出大量的小鱼。

不过，那不是鲷鱼和沙丁鱼对性生活感兴趣的唯一理由。

沙滩游客和海景房主们请注意：跟中世纪保护着城池的城墙一样，那些由无数牡蛎和珊瑚构成的强大水下暗礁保护和稳定了海岸。这些自然屏障削弱了海浪的能量，帮助海岸线免受风暴和巨浪的侵袭。而且它们是活的墙，不会随着时间消逝，而是会生长，有时甚至会上升到海平面以上。如果失去了这些暗礁建造者，不久之后，沙滩就会退化，沙子会回流到海中。

建造和维护那些巨大的礁石群对动物来说是极其耗费能量的。加上它们还必须抵抗海洋酸化、污染和外来物种入侵所需要消耗的能量，那么可以投入到性的能量已经所剩无几了。这就像长时间的工作劳累而筋疲力尽的人一样——性对于睡眠而言，只能退而居其次了。

我们要依靠甲壳类动物的快速繁殖来给鱼类提供食物，然后鱼类再为我们提供食物。我们也要依赖珊瑚虫大规模的产子来创建珊瑚礁，为成千上万的物种提供栖息地，再让这些生物为我们提供药物、食物以及简单的享乐。我们依靠牡蛎、蛤蚌以及其他贝类的强大繁殖力来过滤和净化沿海水域。无论是否能找到下一个抗癌化合物，为不断增长的人口提供食物，抑或是助推经济增长，我们都要依靠极大丰富的海洋生物来供给——而海洋生物的丰富程度要取决于许许多多的性。如果海洋中没有成功的性，我们就会陷入巨大的麻烦。这就是弄清楚水中究竟发生了什么如此重要的原因。

研究生活在远离海岸、人迹罕至的地方的动物的性生活，不是一件省钱、省力的事。不过，科学家却乐此不疲，日渐进步。就在几年前，我们还搞不清楚到底有多少海洋生物，有些物种我们甚至不知道它们的存在。现在，我们对其中一些生物最私密的事也一清二楚。研究人员手头上有更加先进的工具来监测海洋栖息者的繁殖行为。这些新的方法和技术引发了“色情”科学作品的激增。从深海鱿鱼的杂技般的性交姿势到找出一条雌性鲨鱼（至少）睡了多少雄鲨鱼，如今，科学论文里充满了性的故事。

这本书会着手探索其中的精华，将最近如火如荼的研究成果从实验室里带给你面前。这些故事包含了从第一次约会到“大功告成”的一整套流程，并总结了在海洋中提高性成功率的方法。这是一次在蓝色大海中穿越红灯区的大胆行动，或许它会令你感到些许惭愧，但也会让人心存希望。毕竟性是生命延续的方式——它是物种生长和丰度的原动力，随着时间的推移也增加了多样性——自然应对环境突变的保险单。我们对性懂得越多，就越能帮助指导这股力量朝着恢复海洋生产力的方向发展，而不是给它设置一个巨大的障碍。

在这里你可以轻松地获得一些灵感，来提高你自己作为陆生动物的艳遇机会，把它当作一种额外的奖励吧.....



某些章节开头的小片段所描写的故事都是虚构的，里面的角色不代表或反映任何特定的人或动物。这些文字运用了想象和夸张的艺术手法，敬请各位读者领会精神就好。至于每章开头推荐的“性海背景乐”可以用来助兴和营造氛围。但是如果没有相应的鲸、鲨鱼、鱿鱼、龙虾、鱼及受过培训的海洋专业人士的帮助，请不要在家中随便尝试案例中的

行为。



译者说明：作者在书中运用了很多拟人的手法，用于指代动物的代词用的是“he”及“she”，为体现这样的特点，译者在需要体现两性差别的地方，分别将其译为“他”和“她”，在其他地方则为“它”。

第一幕 约会游戏

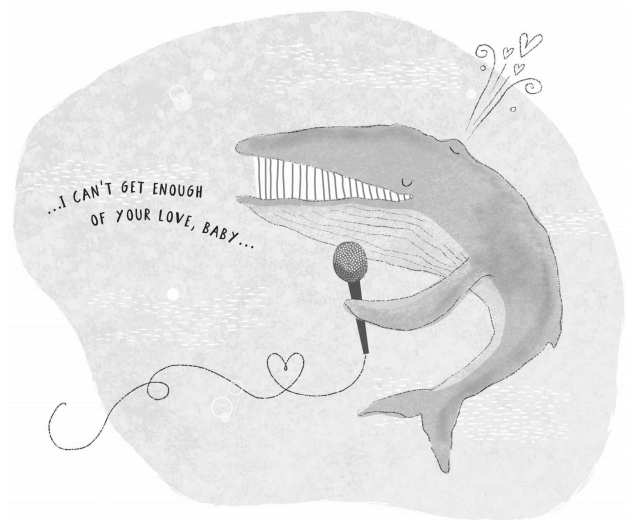
海洋生物的性生活，与我们相似，但其中包含的不仅仅是性交。

在两个（三个，或者一百个）个体着手干正事之前，它们必须先调动情绪。性爱之前是引诱，引诱之前是寻觅。

接下来的两章将带你看一看整个过程，即从形同陌路到着手准备进行亲密行为——DNA的融合。在海洋中，有时候结合是很费力的，需要长达几个月的旅行，还有可能要提前几个星期准备。而有些时候，一对爱人碰头的时间仅仅是一个眨眼或点头的瞬间，之后就分开游走了。从长途寻爱到暗中埋伏动手，在海中寻找和锁定伴侣的策略跟性行为本身一样，花样繁多。不过，我们将从许多动物必须开始的地方开始，那是一项令人望而生畏的任务：从盐水中找到一个配偶。毕竟，对于找到约会对象这件事来说，海洋太大了。

第一章 寻觅

如何在汪洋大海中找到另一半



性海二三事

- 大海里有着众多的微型单身酒吧。
- 拿骚石斑鱼喜欢在岛礁边缘举行性派对。
- 在这个星球上，因为渴望雌性而形成的最大的器官并不是阴茎。
- 雄性蓝鲸是海中的情歌好手。

性海背景乐

1. 《找个人来爱》——佛莱迪·摩克瑞
“*Somebody to Love*”——*Freddie Mercury*
2. 《没有爬不过的山》——马文·盖伊

“Ain't No Mountain High Enough”——Marvin Gaye

3. 《得不到你足够的爱》——巴里·怀特

“Can't Get Enough of Your Love, Babe”——Barry White

4. 《心动》——海滩男孩

“Good Vibrations”——The Beach Boys

啊，寻觅爱侣从来都不是一件容易的事。

不过，如果你觉得在陆地上寻找一个配偶很难，那么在整个海洋中找到合适爱人简直是不可能的任务。在陆地上，我们只须应付二维空间（毕竟人不能飞到空中），而且陆地只有地球表面（大部分都不适合人居住）的四分之一。另外，我们还有网络，大量的约会网站使用最成熟的运算法则可以确保有共性的个体取得联系。

海洋则是一个更具挑战性的环境，不仅仅是没有婚恋网站那么简单。大海是如此的浩瀚，覆盖了地球上99%的宜居空间。当然，会有一些物种生活在小小的礁石上，与它们的“甜心情人”约会。不过，对于从鲸到刺鲀的众多物种而言，它们的个体广泛分布于整个大洋盆地之中。在这个无边无际的空间里，即使是地球上有史以来最大的动物蓝鲸，也不过是一池巨大水塘中的一条小鱼。从高处看，这个二百多吨的庞然大物的光滑轮廓也不过是无尽汪洋中的一个小斑点。而那也仅仅是表面看起来的样子。鲸之下是纵深几千米的海洋，或者有许多动物从中游过，或者什么也没有。而对于海洋中最小的成员——微型食草生物和食物网中最底层的捕食者来说，一桶水就相当于整个太平洋。

如何在这个世界上，在无边无际的海洋中，让个体能够找到彼此。

这种寻觅配偶的过程就像寻找圣杯和亚瑟王一样，大多数海洋动物——无论大小——必须承受这个使命，至少一生一次。而且经过了无尽的岁月，它们中有足够的个体成功了。

海洋中旋转移动的球体由无数的沙丁鱼组成，迁移的蝠鲼群可长达几千米，牡蛎礁上蜿蜒的墙体堆叠之高，即使潮位最高时也可以突出在水面上——这些令人震惊的景象证明了一个事实，即使概率再小，从小虾到抹香鲸的各个物种，无一不在坚持不懈地寻找合适的伴侣。对于某些物种，胜出的搜寻策略就是洄游到某个海域，那里是日常或季节性聚会的热闹场合。对于其他一些物种而言，相逢是孤立事件，需要复杂而长距离的宣传才能使其中一方找到另一方。并且，有时需要两者紧密地结合：在正确的时间到达正确的地方，再让其他个体知道你的出现。

寻爱策略1：去单身酒吧

他遥望整个拥挤的城市。她就在那里，某个角落，保持低调，不想吸引太多的注意。明智之举。但是，这也为他的搜寻带来了更大的困难。他没有办法再继续下去。不过，如果他够细心的话，会发现她早就为他留下一连串的线索来供他追踪。确实，这是他生命中最重要案子，也是最大的挑战。不过，如此一来，别人也能追寻到她的踪迹。他的使命就是在其他人之前找到她。那可不容易。问过多的问题、过多地暴露行迹，都会引起不必要的注意。因此不能这么做，这个案子需要极强的判断力和高超的追踪技巧。如果遗漏了一个线索，他可能几个星期内都找不到她的踪迹了。

他知道时间不多了。他们两个可能会在几天内死去。

这可以是亨弗莱·鲍嘉电影的开头，也可以是海洋里体形最小的居民的约会回忆录。在海里寻找一个微型的对象就像是在草堆里找一根针一样，只不过草堆有珠穆朗玛峰那么大。想想桡足类动物，作为虾的远亲它为海洋食物网提供了食物。有的只有芝麻粒那么大，有的大概像指甲盖那么长。即使在普通家庭水族馆那么大的地方，一只雄性桡足类一年内随机碰到雌性的机会大概也只有一次。而且，有的个体能活几个月，有的却只有几个星期的寿命。

而在整片海洋中，这种比一粒大米还小的动物究竟是如何在茫茫无尽的海洋里找到一个跟它一样微小（且透明）的对象的？斯科利普斯海

洋研究所教授彼得·弗兰克斯博士（Dr. Peter Franks）有一个简单的答案：当然了，它们会去单身酒吧。

在仔细研究这些微小的个体在海里聚会的细节前，下面先说说为什么桡足类的性生活是值得感兴趣的。桡足类虽然小，但影响却甚大。它们小且富含脂肪，可以说是海中的婴儿米粉，养大了无数的小螃蟹、小鱼和鱿鱼。它们外壳松脆，内含黏黏的油脂，也是数量庞大、不停在海里打转的饵料鱼群——沙丁鱼、鲱鱼、鲱鱼的食物。而这些鱼则会成为我们爱吃的金枪鱼、鲷鱼和鳕鱼的食物。桡足类大约有11 000种之多，许多小到跟铅笔尖一样大，但它们的数量足以喂饱一群群的鲸。为了达到这个数量，桡足类需要足够多的交配，也就需要雌雄个体尽可能多地接触。

为了缩小彼此的距离，雄性必须有出色的侦察技巧，对游过的雌性留下的微妙线索能精确制导。佐治亚理工学院（Georgia Tech）的珍妮特·燕博士（Dr. Jeannette Yen）是记录动物水中活动的专家。她解释说，如果你像桡足类一样小，水对你的作用就不太一样了：它是又黏又稠的。当桡足类游动时，它们必须一路挖过来，把它们前面的水推开，在混乱的水流中，它们身后留下了一条条的临时通道。就像沙滩上留下的脚印一样，这些就是雌性的踪迹，然后雄性就凭着感觉雌性的路径来一路追踪。

桡足类精巧、柔软的纤毛可以探测到水流中细微的差异。某个方向波浪的涌动可能预示着捕食者的到来，因为这种涌动跟游动的雌性激起的涟漪有所不同。在某些种类当中，雌性在自己走过的地方布满了信息素，这使得她们的信号更加强烈。无论是用触觉还是嗅觉，当一个雄性遭遇到雌性的踪迹时，他真的会跳起来。

他快速地旋转身体，翻滚到痕迹中间，同时他疯狂地、高频地在三维空间里“之”字前进，穿过整个踪迹。一旦他锁定了目标，雄性芭蕾式的旋转追赶就步步紧逼，并且成功地从100个身长那么远的地方靠近对方。这就相当于一个人站在60层高的建筑物上，靠散发出的香水味找到下面街上他心仪的女孩。

这些踪迹持续不过几秒钟，然而，这就是单身酒吧——在扰动的大海中特别平静的水域——起作用的重要地方。桡足类聚集在雌性的足迹残留时间比较长的地方。那就是，静静的、薄薄的两个不同水层相遇的交接处。

海洋并不是一个均匀的蓝色水塘，而更像一个夹心蛋糕。不同的水层有着不同的温度或盐度，一层层堆积起来，从下至上构成整个水体。而当两个水团相遇时，就会出现一个明显的边界。“温跃层”这样的边界就是由水温的不同而造成的。这样的交界面也可以因为盐度的不同而出现，或者，快速、旋转的涡流和洋流通过其中一片水域而不影响另一片的时候，也可以产生边界。这就使得海的截面产生了不同的速率，就像不同海拔处的云乘着不同速度的风一样。

为了让桡足类穿越开阔海域，温度低的与高的、盐度大的与小的、流速快的与慢的水体之间的薄薄的边界，为看上去毫无特征的一水蓝色提供了独特的“地标”。这些边界也相对保持稳定，穿越两层的混合水极少。这也意味着边界层的水相当于一层薄薄的阻碍，并且保持相对静止。就在这里，雌性能把她们的桡足动物的香水泼散到新开辟的通道中。虽然不是情书，但燕认为，雌性桡足类留下的是“爱的信息包”。水体越是平静，信息就能保留得越久。

我们人类可能只能探测到冷暖、咸淡有巨大反差的区域，但是桡足

类对水体的体验就像人类体验不同材质的布料一样。对于它们来说，边界层静止且富有禅意的氛围与周边海水的对比好像是丝绸对灯芯绒，使它们很容易探测并聚集到海洋中更加狭小的一小块区域里。因此，除了增加雌性足迹的保质期，这些海洋中的截面还做了所有好的单身酒吧都会做的事：它们把发情的群体聚集起来。越多的桡足动物到达边界层，群体就越拥挤，每个单身雄性找到一个痕迹并展开快速的追求的可能性就越大。

不过，桡足类将来的后代要想找到值得信任的单身酒吧就有点困难了。由于气候变化加剧，海洋表层温度正在上升。一方面，上层较暖的水可以巩固边界层，但温度也可能让这些水层产生的地方发生变化，比如氧气含量（温度越高，含氧量越低），还有各层的食物供给。另一方面，变暖的海洋会催生更加强烈的风暴，而风暴会搅动海面，然后可能在空旷的沧海里干扰或者完全抹去之前那些可靠的分层标记。

即使一个雄性找到了雌性的足迹，也并不代表着一帆风顺。有的种类会开始一场精心准备的桡足类求爱舞蹈，一对对地旋转着来打量对方。它是同类吗？交配过吗？研究表明，雄性桡足类可以发现并优先追求未曾交配的雌性，可能是通过感知某种化学信息素实现的。如果雄性确定她就是唯一，他会一下子扑上去并牢牢抓住不放。

在追求交配的过程中，下一个严峻考验便是被抓住的雌性跳出的有力的“拒绝之舞”。不论是使劲的蹦跳还是剧烈的摇晃，都是雌性阻止受精的方式，可能是她并不需要受精，也有可能是在测试对方的男子气概。

如此费力追寻的背后驱动力就是为了最后一个动作的发生，此时雄性将一个叫作精英（也叫精包）的一小包精子转移并紧紧粘到雌性尾部

的两个生殖孔中的一个里面。它是用第五对胸足来完成这个动作的。

北极有一种桡足动物，雄性不是完全对称的。它们用一条惯用的胸足来完成性事，而另一条胸足（还有它们的触角）仅仅用来抱住雌性。因此，交配场景就会变成这样：左撇子雄性插入左边的生殖孔，右撇子雄性插入右边的生殖孔，导致多数雌性只交配了一边。当然，有两个生殖孔意味着任何雌性可以再次交配——如果她愿意的话，只要第二个爱人用的胸足与先前的对象相反就可以了。

相对于桡足类单身酒吧的平静水域，拿骚石斑鱼（nassau grouper）会去比较热闹的场所。作为孤独的捕猎者，这些石斑鱼就是加勒比海珊瑚礁的老虎，可以长到大约1米长，而且平均寿命长达16年。它们好斗而且有高度的领地意识，因此见到它们聚在一起的机会并不多，要一直等到冬天的月亮升起……

随着白天变短，温度下降，这些“居家宅人”体内的某些东西开始苏醒。每年有那么几天，它们会从隐士变成享乐主义者。无法抑制的渴望驱使它们从栖息的岛礁游行160千米，甚至更长，去参加大规模的性爱狂欢。那是一趟有着神秘意义的非凡旅程。这些孤独的个体平时会在某块礁石边巡游，距离几乎不会超过几个街区，它们是怎么找到那个自始至终发生在岛的另一侧的性派对而极少迷路呢——而且要及时找到？对于拿骚石斑鱼来说，狂欢每年只不过持续两三天。

古巴南部的小开曼附近，研究人员的石斑鱼月夜计划要揭开神秘的面纱了。被安置了小型声波发射器的拿骚石斑鱼可以被一组环绕岛屿的水下电台监听到。路过的石斑鱼产生的信号被记录下来，绘成一幅图，显示了这些单身的鱼类是如何找到彼此来共赴它们的年度狂欢的。

多数情况下，一切是从满月以后一两天开始的，一路从它们自己的地盘来到岛礁的外边界。在那里，它们开始徘徊、守望和等待。而当它们等待时，一部分开始不自觉地被一些诱人的东西吸引。

鱼类有一种非凡的能力，它们能改变自己的体色。和鸟类一样，它们在交配季节经常展示出大胆、引人注目的色调。拿骚石斑鱼会将日常的棕色和米黄色混合的斑点“沙漠迷彩服”变成“黑领礼服”：明亮的白色肚皮与黑巧克力色的背部对比鲜明，形成一套性感的双色打扮。展示这些色彩是它们营销自己的一种手段，宣告着它们已经准备好交配了。这种暗色和对比明显的阴影看上去像是给其他拿骚石斑鱼发出一种“可以发生关系”的信号——对于这类领域观念很强的鱼类而言，这是一个重要的姿态。大家来狂欢派对可不仅仅是想用鳍快速地扑打脸部以示热烈欢迎。

石斑鱼展示出明显的性意图后，它们开始守候其他经过这个岛礁边缘的拿骚石斑鱼群，那些鱼群也有类似的着装。然后，它们游出来一起去参加聚会，随着鱼群迁移到最终的目的地。有些鱼漫游在岛礁边缘，甚至会环绕整个岛屿，同时寻找其他鱼并找到以前的繁殖点。其余的则会直接游出边缘，然后等待大队鱼群经过它们，当鱼流来时，悄悄溜进鱼流中。最老的和最大的鱼常常领头向繁殖地进发，而且比年轻的、小的鱼到得更早，也待得更久。

对于这样长途旅行的成群产子者，什么才算完美的情侣酒店？对于不同物种和区域而言，标准不同，不过大多数情况下，一个突出的地质结构一般会糅合许多特征：边缘陡峭或者在一个巨大的海角，前端突出，或者伸向蓝色的大海。这些地方有利于形成强烈的海流，它可以帮助新的受精卵离开海岸并远离捕食者，或者帮助幼体在岛礁上找到安全的栖息地。好的产卵地的形成有许多理论，不过，看上去位置加上聚会

时机两者结合才能为新生的幼鱼提供有利条件。

满月之后的两到三天，随着搭顺风车的鱼不断加入鱼群，已经性唤起的拿骚石斑鱼护送队伍阵容也不断壮大。到了第四天，来自小开曼岛各个海域的所有拿骚石斑鱼的成年个体都到了岛礁西南方向的尖角上。4000条鱼的集会也代表了岛上整个繁殖群体。

而这也是问题所在。年复一年地，在一个高度可预测的时间，迁移到同一个地点，固然帮助鱼类找到配偶，但也帮助了渔民找到鱼群。产子集会提供了一个极其赚钱的捕鱼机会。在那个很小的区域内，游动着平时一般分散在各地的大鱼。对于渔民来说，无异于瓮中捉鳖。2001年，在小开曼岛，渔民第一次发现产卵的集群，那里大约有7000条拿骚石斑鱼。两年之后，那里只剩下了约3000条。一些渔民用简单的线钩就捕走了超过一半的种群。

为什么拿骚石斑鱼的数量锐减？一部分原因必然跟它们对性聚会的执着有关。如果拿骚石斑鱼像人一样，那么在看到派对里人越来越少后，将会抑制参与群体性地生产精子和卵子（合称配子）的欲望——场所产生的诱惑感需要高质量的参与者。像石斑鱼月夜计划的首席研究员布赖斯·塞门斯博士（Dr. Brice Semmens）打的比方：“这就像来到一个地下酒吧，只能看到几个大龅牙在那里闲逛，但他们并不是你想要与之交流体液的那类人。”

但是，拿骚石斑鱼不管这些。塞门斯和同事的研究表明，随着数量的下降，拿骚石斑鱼会继续寻找同类来跟随；它们继续在每年的同一个时间在岛礁的同一个地点现身，甚至会逗留更久。群体中鱼越少，成体在聚会上花的时间就越多。

研究人员仍然不知道为什么随着种群萎缩，个体的逗留时间反而延长。可能它只是想再待一会儿，等待一两条特别好色的鱼现身，然后开始派对。或者可能产子需要鱼群有一定的密度，所以鱼群要等到一定的数量才可以开始。我们需要更多的数据才能理解它们为什么逗留，以及更小型的聚会上，产子情况看起来会怎么样。然而，这意味着什么呢？意味着剩下的拿骚石斑鱼群会继续寻找并形成集会，即使它们数量骤减。这为渔民提供了充裕的时间去捕捞。

好消息是产子集会的研究机构正在增长。有了这方面的知识，政府通过权衡短期捕捞收益和鱼的种群健康的长期利益，可以制定更加明智的政策。

寻爱策略2：利用一点磁场的吸引力

雌性黄貂鱼（stingray，赤魟，音“虹”）没有地方可以隐藏。她们虽然尽可能把自己埋在沙里，但巡游猎爱的雄性在寻找配偶方面有第六感：他们可以定向追踪她的心跳。

跟别的生物一样，雌性平时的身体活动，会发出电脉冲信号。在圆魟（round stingray）中，雄性极其敏感的电磁感应系统可以精确调准到雌性信号频率。在海底掠过的时候，雄性感应到了雌性的位置，摇摆着来到她的上方，拍动他的双翼把沙子一扫而光，好吧，剩下的就简单了。

鲨鱼作为鳐形目（魟即属鳐形目）的近亲，同样可以用电磁波来寻找配偶，距离甚至更远。拿双髻鲨（hammerhead shark，又名锤头鲨）来举例，众所周知，水下山脉附近会聚集大量鱼群。水下山脉是从开阔海域中间的海底升起来的，叫作海底山，这些特征使其成为具有吸引力的交配和觅食场所。锯齿状的斜坡提供了栖息地并改变了周围的水流，形成了上升流和涡流，从而困住了浮游生物和幼虫——简直是路边流动的美食盛宴。这些条件可以让海底山区域的生物多样性远远超过附近水域，并为它们提供了休息站点，让广大的远洋（外海）物种相遇和结合。尽管它的地形特别，但是，这样的海底山对于巨碗状的大洋盆地来说还是显得非常微小。双髻鲨，像海龟和海鸟一样，可以通过跟随看不见的地图找到这些热点，得益于它们感知地球磁场的能力。

每年，鲨鱼都会突访加利福尼亚湾的埃尔巴霍埃斯皮里图桑托海底山。鱼流环绕着山峰，可以多达几十头。这些鱼群多数由雌性组成，较

大的、生理成熟的雌性处在中心，她们将小型、年轻的雌性挤到外围。对于雄性双髻鲨，这样的结构为选择对象提供了一个简单易行的方法：他们会直冲靶心。

鲨鱼专家彼得·克利姆利博士（Dr. Peter Klimley）二十多年来一直追踪双髻鲨的活动。他见证了成熟的雄性冲进鱼群中心与正在巡游的大型雌鲨交配。交配过程极少被观察到，但是如果你能看到就会发现，它就像自由落体的慢动作一样。在中层水域，雄性围抱着雌性，两者同时下沉。这对鲨鱼盘绕着，头朝下坠向崎岖的礁石。当它们标志性的锤状头触碰到岩石后，两条鲨鱼便挣脱彼此，然后各自游走。

尽管经过多年的研究，研究人员仍然不知道双髻鲨从哪里来，或者当它们在这个季节离开海底山后，会到哪里去。但是，随着不断成熟的标记和追踪技术的应用，他们知道了鲨鱼来到海洋中特定场所的导航方式。

傍晚时，鲨鱼离开海底山前往远处的觅食地，游行的路线不可思议地精准，到了黎明，几乎可以从同一条路线折回。因为它们游行在中层水域，从空中侦察水太深，从海底观察它们的路线又离得太远。不过，围绕在海底山的地磁场把鲨鱼夜徙的走廊完美地排列起来。克利姆利认为磁场充当了看不见的高速公路，可以在开阔的蓝色世界里为双髻鲨指明方向。

我们人类没有这样会自我微调的指南针，但是感谢GPS和声呐技术，人们也很容易找到这些海底山脉。三四十年来，它们成了很受商业水产欢迎的渔场。海底山上聚集了这么多的来自各处的物种，在这里捕鱼就像在产子集会中捕鱼一样：几个渔民就能造成很大的破坏，让海底山的繁殖账户出现赤字。

寻爱策略3：回到老地方

想象一下，有这么一个人，整个成年时光都在城市里度过，日复一日、年复一年地遇见一大堆有吸引力的单身异性，但必须得等快死了才能嘿咻。而且，遭受这样的折磨还不够，当你最后开始准备做的时候，你唯一的选择就是回到老家，然后把童贞献给高中时代的某个同学。

简单地说，鲑鱼⁽¹⁾的性生活就是这样子。

多年外出漫游，在海里被成千上万的潜在的配偶包围着，大多数雄性和雌性鲑鱼为了繁殖，必须一直禁欲，直到回到老家的溪流中——通常这条溪流就是它们的父母失去童贞的地方，也是它们出生的地方。它们不得不自己开创道路，抵御逆流，有时还要克服重力爬上瀑布和大坝。它们向前游、向上游，一直游到冰冷的浅滩。在那里，水体清澈，河床布满了鹅卵石，一对对爱人——有时饥渴的路人也会参与进来——一起释放它们的配子，史诗般的旅程以一场高潮结束。它们真的就是一直产卵直到死亡。

对于许多物种来说，这种回归故乡是独一无二的机会，雄性和雌性必须抓住。对于鲑鱼来说，这种仪式是在潺潺的溪水中一生只经历一次的大事；对于象海豹来说，这是沙滩上每年一次的喧闹性事，而这些欢腾的成年个体可能就是从这片沙滩来到世界上的。

但是，出席派对并不能保证性交成功。雄性象海豹必须选择和守卫某片沙滩范围，祈祷自己能够走运……而且那意味着要找到一块领地使其符合自然界中最挑剔的客户——待产的母亲。

由于它们的祖先来源于陆地，新生幼兽需要干燥的地方，雌性象海豹必须离开水域找到一个安全的地点来分娩。在水里待了八个月之后，一只雌性象海豹大概会在新年伊始开始她回到海岸的旅程。我们不知道她具体是怎么导航的，但我们知道她的路线非常精确：2008年，一只有卫星标记的雌性象海豹遵循的路线几乎跟她在1995年时一模一样。虽然，一些离群的个体可能会不时改变场地，但总的来说，一旦象海豹选定了一个产崽的海滩——又叫群栖地——那么就不会更改了。而且绝大多数会选择她们的出生地。

雄性甚至必须走得更远，在12月，为了躲避寒冷，他们从阿拉斯加附近的水域乘风破浪向南方进发。他们花费很多时间在深达1500米的地方猎取猎物，而那里也是逆戟鲸和大白鲨出没的海域。在这些水域，危险系数比在雌性取食的离岸区域高，但是，可猎取的猎物要多得多，而雄性也极度需要这些猎物。一个大型的雄性每天估计要消耗45~90千克鱼和鱿鱼以积蓄力量，来应付接下来的冬日海滩之战。对于雄性来说，来到正确的海岸寻找配偶的第一步是游行几千千米——这只是寻爱之旅中相对容易的一步。

一旦雄性到达海岸，这些“巨人”就会拖着超过1800千克的庞大身躯爬上沙滩，然后启动当代的“泰坦战争”。在这场史诗般的力量和勇气之争中，他们用身体作为武器猛烈地相互撞击，为的就是争夺宝贵沙滩的统治权。

观看两只公象海豹的战斗犹如看相扑运动员在圈里对抗，一只象海豹体重跟小卡车一样，而且交战中没有任何规则。成熟的雄性象海豹有着长长的肉鼻子，可以伸出60厘米那么长，这是雄性高大健硕的典型特征，也是他们名字的由来。他们的鼻子可以膨胀，而且他们常常这么做，与此同时，他们会用后面的脚蹼站立起来，然后用上半身的重量猛

砸对方的头部和颈部，还会用露出的牙齿猛戳对方的眼睛和咽喉。

大多数斗士会被打得鼻青脸肿落荒而逃，不得已撤退到沙滩边缘。他们在那里孤独地度过几个月后，返回到大海中。不过，一小部分冠军可以进入精英序列：他们是沙滩的主人，也代表一种等级，由此得到与不止一只雌性交配的机会，但是最多只能拥有100个妻妾。总结起来一只雄性象海豹的性生活就是：一切只为性战斗，多数到死都是“处男”。

对于雌性来说，故事有点不一样。她们在1月初到达海岸后几天内产下幼崽，哺育四个星期，然后大概在情人节，她们又可以进入发情期，持续两到三天。这对于雄性来说是宝贵却又短暂的好机会——在雌性返回海洋之前，他们必须播种他们的种子，这是唯一的机会。选定了沙滩之后，雌性在统治沙滩的几只大型雄性中间选择一只并聚集在他周围。她们的寻偶之旅到此结束。在那之后，唯一重要的事情就是在性交的过程中生存下来（稍后再详述），以及从变化的环境中生存下来。

依靠陆地繁殖使得象海豹的繁衍策略易受环境变化的影响，气候变化会导致更强烈的风暴、更高的潮位和不断受侵蚀的海岸线。沿海开发以及与另一个物种的空间争夺（这个物种就是同样觊觎海滨地产的我们）使得沙滩变得不适合繁育，雌性象海豹寻找可供选择的繁殖地也就更难。同时，为了保护这些曾经濒临灭绝的物种所做的努力取得了成功：整个沿岸的种群数量在不断增加，也给我们提供了重新考虑如何与大型野生动物共享海岸的机会。

众所周知，海龟是另一种具有回老家繁育习性的物种。在多数物种当中，雄性和雌性大部分时间生活在遥远的采食场，然后每年回到钟爱的繁育场所待几个星期。雌、雄双方穿过大洋盆地又一次回到老家，整个旅程是令人钦佩的。正如双髻鲨一样，远程导航可能一部分是依靠

精妙的地球磁场地图，距离稍近时，就依靠海滩的气味。幼龟的嗅觉特别发达，使得它们对来自它们出生时巢穴中沙子的特定气味印象深刻。就像一个在巧克力工厂旁边长大的人，它们从几千米外就能闻着味道回到家。

对于墨西哥太平洋海岸附近的雄性绿海龟来说，寻爱之旅相当简单，回家，然后在沙滩边浅水里闲逛就可以了。一旦到了大致相邻的区域，雄性不用怎么搜寻，雌性自然就会来找他们了。

海龟繁育专家彼得·达顿博士（Dr. Peter Dutton）解释说，对于雌性，旅途可能要稍做规划。雌性要经过几个月才能从觅食地回到出生的沙滩。完成这么远的穿越并且要为之之后产出的几百枚卵储备足够的能量，就要求雌性事先要为繁殖做好准备，即使用不着几年也要几个月。大多数海龟妈妈隔几年在这个特定的季节繁殖一次。不过，当她们得到了足够的休息和恢复后，雌性激素开始起作用并进入排卵期。就是在这个时候，“旅行癖”就会发作，促使雌海龟勇敢地出发，再次回到出生的地方。

她经过漫长而且计时精确的旅程后，会遇到一支饥渴的雄性舰队挡住上岸的去路。之后发生的事就是海龟版的争霸赛，雄性叫嚷着爬到雌性龟壳的上面，还要对付竞争者来保卫他们的领地。

在墨西哥附近的太平洋绿海龟种群中，达顿看到了白热化的竞争。随着雌性游到附近，雄性之间相互撕咬、推撞并试图把对方杀死。每只雄性在雌性上岸产卵之前都会试图拦截她的去路，成为雌性唯一的精子来源。其中一个方法就是用他的爪子牢牢钩住她的肩膀。这样独占一只雌性的决心经常导致雄性骑在雌性背上形成背驮式姿态长达数天，少数情况下可以长达数周。

这种把雌性紧紧控制住的能力令人印象深刻，也是为什么海龟蛋拥有增强男性生殖力的名声的原因：对雄性持久能力的追求已经渗进了我们的文化里。具有讽刺意味的是，这种对性持久力的渴望导致全球许多海龟种群大规模地衰退，因为它们的巢穴被盗挖，然后蛋被当作天然伟哥出售。（谁能想到，持续做爱几个小时的名声竟然会不利于生存？）只是有一点很清楚，没有任何证据表明海龟蛋可以实现这样的性能力。但是，在破烂的沙滩酒吧的黑暗角落里，还是可以发现男人在吸食外表光滑、像高尔夫球一样的龟蛋。最近几十年里，猎取海龟蛋的禁令和有志愿者巡逻的沙滩已经有效减少了对筑巢沙滩的破坏。超模暨《花花公子》封面女郎杜瑞斯马尔（Dorismar）发起过一个极具创意的保护野生海岸的宣传活动，她制作了一些广告牌，上面印有杜瑞斯马尔懒洋洋但性感十足的卧躺照片，图片上方用西班牙语写着：Mi hombre no necesita huevos de Tortuga。翻译过来就是：“我的男人不需要龟蛋。”这些努力也成功削减了需求，但是市场在许多国家依然存在，有的合法有的不合法。

海龟达到性成熟需要很长时间（有的种类要超过10年），而且有相对较低的繁殖率（部分原因是雌性并不是每年都繁育），它们禁不住对成体和龟蛋高强度的捕猎压力。但是今天猎杀只是海龟面临的挑战之一。此外，更微妙的威胁同样迫在眉睫——那就是变暖的气候。海龟打算只有在它们的繁殖周期与合适的温度窗口一致时才去产卵。这是因为沙子的温度决定了孵化的性别，效果相当于染色体X和Y，它们的性别是由天气决定的。夏天出生的宝宝是女孩，冬天则是男孩。

由于气候变化使陆地持续变暖，海龟的性别比例就危险了，雄性出生的数量可能会更少。迄今为止，还没有发现这样的变化，但是研究人员对此一直保持关注。同时，如防波堤之类的物理屏障，虽然意在保护

家园以及为旅游者保存沙滩，但经常会破坏雌性海龟赖以筑巢的栖息地。然而，上述挑战没有不能克服的。像杜瑞斯马尔这样巧妙的活动和其他创新证明了海龟保护者就像雄性海龟一样会紧握住目标绝不放弃。某些情况下，结果证明前途是光明的，并且为海龟的未来带来了希望，尽管威胁仍然存在。

为了繁殖而回家的动力也驱使雌性鲨鱼洄游到出生时浅浅的潟湖中来产下她们自己的幼崽。这种准确回到她们自己出生地的非凡本领直到最近才被发现，这多亏了一种基因技术。这项技术应用于研究鲨鱼之前，首先彻底颠覆了犯罪现场调查以及脱口秀节目⁽²⁾。

芝加哥菲尔德博物馆的凯文·费尔德海姆博士（Dr. Kevin Feldheim）在鲨鱼身上率先使用了一种方法，那就是用短的DNA重复模式，又叫作“微随体”，来鉴定动物个体。这些标记在每一条鲨鱼身上是不同的，就像人类一样。对了，费尔德海姆测试运用的技术跟法医科学家用来寻找嫌疑人的技术是一样的——它的科学原理跟亲子鉴定术也是一样的，亲子鉴定是因用来验证谁是孩子的父亲而闻名于世的。不过，费尔德海姆使用该技术来寻找孩子的母亲。

巴哈马群岛上比米尼野生生物站里，费尔德海姆和他的同事从怀孕的雌性和新生的柠檬鲨身上取得DNA样本，这项工作始于1993年，持续超过了20年。从1996年至1998年，我自愿在蚊子丛生的潟湖中花了几个不眠的夜晚捕捞新生的幼崽，并从鱼鳍上取下少量样本用来DNA操作。那个地方是我第一次观察到有些鲨鱼出生时是有肚脐的，而且小雄鱼从第一天就显示出它们的“雄风”。不好意思，我离题了……

研究表明，鲨鱼返回出生地的能力可以跟鲑鱼相媲美：1990年，潟湖中有6条幼鲨被标记了出来，2008年和2012年她们作为待产的母亲回

来了。对于鲨鱼和鳐鱼的大多数种类，我们并不知道雄性和雌性是如何找到彼此的、它们多久繁殖一次以及一次能产下多少幼崽。对于400多种鲨鱼中的绝大多数，我们仅仅懂得这类生物的基本习性。研究人员仍旧不知道柠檬鲨去哪里发生性关系，或者雄性是怎么找到雌性的。和海龟不一样的是，雌性在回到潟湖的路上就早已怀孕了，而且迄今为止，在雌性到达和离开时，并没有发现好色的雄柠檬鲨半路拦截。和大多数关于鲨鱼的未知事实一样，它们基本的性行为模式和过程依旧完全是个谜。

不过，至少有些鲨鱼会使用非常特定的产卵场，搞懂了这些也为鲨鱼的管理提供了重要的视角：这些鲨鱼很挑剔，不会随便找个栖息地。虽然柠檬鲨可以从巴哈马群岛周围几十个位置进入相似的潟湖，但是至少有些鲨鱼一生中只会使用其中一个。失去了那个地点——比如说，因为沿海开发——那么我们就有可能失去这些种群繁育者。

寻爱策略4：追随悦耳的男中音

雄性蓝鲸唱起了他们的浪漫情歌。如果说雌性蓝鲸有什么和多数其他哺乳动物——从树袋熊到人类——相同的地方的话，那就是她们都喜爱深沉的男中音，而正是由此雄性蓝鲸总结出了一个能为他们赢得配偶的成功策略。

雄性低沉嗓音的魅力有更加根本的原因。事实上，雌性可以通过嗓音判断出雄性是否适合自己，或者至少能判断他的体形：大一点的雄性可以比小一点的发出更低的音调。这种对粗犷低音的本能喜好是如此强烈，以至于在人类这个物种当中，女人一般也喜欢有低沉嗓音的男人，尽管实际上现代文化几乎抹去了更大和更好之间的相关性。在蓝鲸当中，可能也存在类似的吸引力，这也可以解释为什么过去几十年来雄性蓝鲸的音调降得更低了。

这个理论正在不断完善中，不过，它却是源于20世纪60年代以来的一些有趣数据，包括来自海军潜艇的监听阵列、科考油轮以及海底地震仪收集的数据。所有数据都显示出蓝鲸歌声的音调一直在不断降低——相对于最早的记录至今总共降低了大约30%。这种趋势最奇怪的部分是，即使蓝鲸来自不同区域、唱的是不同的歌曲，都会发生同样的调整。

就像《窈窕淑女》（*My Fair Lady*）中的希金斯教授所言，研究人员可以根据他唱的歌精确定位一头鲸的来源（据我们所知，只有雄性会唱歌）。尽管这些独立的种群都唱着不同的歌曲，但是几乎每个种群的音调都有所降低。你可以试想一下，让全世界假日里唱圣歌的人都整齐地降两个调，不去管圣歌怎么个唱法，也没有指挥来协调。这就是蓝鲸

在全球范围所做的事。而且研究人员认为这跟种群如何从捕鲸业的影响下恢复有关。

18世纪和19世纪时，蓝鲸得以从早期的捕鲸活动中幸存主要是因为它们被杀后就沉入了海底。但是，到了19世纪后期，爆炸鱼叉、蒸汽轮机（接着是柴油发动机）和空气压缩机投入了使用，这意味着捕鲸人如今可以让鲸漂浮足够长的时间，再将它们拖上船进一步处理。在整个20世纪，估计有38万条蓝鲸被杀，在20世纪60年代，预测有95%的种群（如南极洲的种群）被彻底灭绝。到了1986年，在国际商业捕鲸禁令生效时，一只蓝鲸寻觅配偶时的选择已经是少之又少了。

与座头鲸、灰鲸和露脊鲸喜欢聚集在浅滩繁育场所不同的是，蓝鲸不合群，喜欢游荡在大海中寻找高度集中的食物群和潜在的配偶。因此，即使是在捕鲸业造成种群萎缩之前，它们也需要一种可靠方式来长距离交流以保持联系。声音是一个完美的解决方案。声音在水中传播极好，甚至比在空气中还好。鲸利用声音画出一幅听觉图，可以帮助它们穿越几千千米去捕猎、航行以及寻找配偶。我们取得这种联系是通过即时通信工具或者聊天室来实现的；蓝鲸则是运用声音。用非常低的频率——几十赫兹——唱歌的须鲸类，包括蓝鲸，是海洋中的低音炮，发出的声音可以穿越大洋盆地清楚地传到远方。这给研究人员判断鲸真正的交流距离留下了难题：据我们所知，在新英格兰旁边唱歌的须鲸有可能“送信”给另一头游在百慕大群岛附近的同类。

这就是低音起作用的地方。鲸的肺如果给定同等体积的空气，发出不同频率的声音——相当于音乐里的音调——需要不同量的能量，高频比低频的声音需要的能量多。所以，尽管低频的声音也可以长距离传播，研究人员还是推测鲸会在低强度（更安静的）声音和携带高能量的更高音调的歌曲之间有所权衡——它们也想发出更高调的声音。音调相

对小幅的上扬可以让鲸的歌声更嘹亮，在大洋中穿行得更远。

回到20世纪60年代，捕鲸时代少量孤独的幸存者为了尽可能成功地找到配偶，不得不尽量大声地呼喊。因此，蓝鲸在后捕鲸时代可能提高了歌曲的音调以提高一点音量。这些恰好是当时收听阵列第一次捕捉到的声音——蓝鲸从遥远广阔的地方传送来的歌曲。

在接下来的几十年，鲸的种群得到了恢复，它们的动态也发生了改变。水里的鲸越来越多，鲸之间的平均距离就缩减了，因此蓝鲸可以不用远行去寻找其他鲸。与此相反，如果一头雄性想展示它的体形与地位，那就有必要降低音调，可以让其他雄性和雌性听出它有多大。

可是，想正确地搞清楚所有鲸类——全世界范围内的鲸、海豚和鼠海豚——的生活正在发生什么依然是一个巨大的挑战。像“美国国家海洋与大气管理局的国家海洋哺乳动物实验室鲸类评估和生态项目”的领头人菲利普·克拉珀姆博士（Dr. Phillip Clapham）所评论的：研究鲸类就像在永久不散的迷雾中研究狮子一样，只能每过二十分钟左右看到一点头或尾。而对于采集种群规模和性别比例的科学家而言，鹿或松鼠的数据在一个季节里就能收集完毕——甚至有时一个下午就能搞定。

克拉珀姆就此做了个总结：“任何有理智的人无论如何也不会去研究鲸类。”这种观点听起来很对，特别是当你考虑到研究涉及的尺度的时候。作为真正的世界旅行者，对于最大型的鲸而言，大洋盆地就像一个水塘一样。有一次，克拉珀姆曾经追踪一头濒危的雌性灰鲸，之前在靠近日本北部的库页岛的夏日栖息地已经有同事对它进行了标记。这头鲸游过整个太平洋来到东太平洋的灰鲸繁育场所——墨西哥沿岸的水域和潟湖。它待了几个小时后，然后向北穿过白令海，回到俄罗斯。这就像是从小洛杉矶飞到巴黎吃了个午餐，然后再返回——只不过鲸类用的是它

们自己的四肢来旅行。

不管从哪个方面来说，鲸宏大的生活尺度都是我们难以想象的。长久以来，我们已经知道它们可以旅行很长的距离，但是现在看起来它们交谈的距离也同样广阔。这意味着它们的谈话可以穿过海洋，比电话和电报线更早，当然也比跨国的线上约会更早。

蓝鲸也不是唯一使用大功率低音乐器宣传它们行踪的动物。抹香鲸也可能采用这种策略，虽说效果稍有不同。作为凶猛的捕猎者，抹香鲸能够在黑暗的深海捉到巨大的鱿鱼。雄抹香鲸过着独居的生活，这种状态偶尔会被短暂飞快的性行为打断，不过，前提还得是找到一个配偶，这些配偶高度分散且经常不能交配——一头雌性抹香鲸大约每五年繁殖一次。与蓝鲸相似，雌性抹香鲸不会在一个区域内聚集产崽。相反，一头雄性必须抓住机会，希望在大海中巡航时能偶遇一小群雌性，而且其中还要有一头准备好了繁殖——如果他够幸运的话。

他要探测到相对较近的雌性的一个方法就是倾听。抹香鲸的雄性和雌性都会发出一种咔嗒声来交流和回声定位。那是一种持续的咔嗒声，特别是在吃东西的时候。雄性可以通过定位追踪那种咔嗒声并且加上自己独特的花腔来和声。一头大型雄性抹香鲸不只可以发出咔嗒声，这些大男孩还可以发出轰隆隆的声音。

成年雄性抹香鲸可以随心所欲地发出地球上生物能产生的最响亮的声音。这种闻所未闻的响亮呼叫到底是出于什么目的，我们还不知道。理论上可能包括求偶、击退竞争者乃至震晕猎物。我们所知道的是，雄性发出的每个轰隆声都诉说着很多内容。

研究海洋哺乳动物如何发声和收听的专家特德·克兰福德博士（Dr.

Ted Cranford) 解释说，抹香鲸响亮的轰隆声是由一对位于鼻子内的发声唇状物发出的。为了搞清楚这个，克兰福德不得不制作抹香鲸头部的精细模型——这可不是一项容易的工作，他通过利用研究火箭用的CT扫描仪做成了一个。克兰福德精心制作的图纸揭示了一头雄性抹香鲸头部基本上是一个巨大的竞技场。声音由头颅前上部的发声唇状物发出，接近抹香鲸标志性轮廓中类似直角曲线的地方。然后声音转向头骨的后方，从那里以向下向前的角度再反弹，最终从平坦的前额发向海里。和其他的回声一样，并非所有的声音都能完美释放——有一些会在头骨内来回反弹数次。所以，听起来巨大的轰隆声，细听之下，更像是一连串“隆隆——隆——隆——隆”。声音从头骨的前端传到后面，接着从后面面向前额发出，所持续的时间直接与鼻子的长度有关。所以，连续回声之间的间隔刚好可以用来估算鲸鼻子的大小，然后也就能估算出整头抹香鲸的大小。比贝斯还低的低音暗示着蓝鲸的大小，对于抹香鲸而言，呼叫的回响则展示了关于它的一切。

抹香鲸拥有这个地球上最大的鼻子，而且其中充满了油脂，可以用于集中声音。但是，这些油脂需要身体花费大量的能量来制造。更重要的是，这些资源是被锁定的——如果一头鲸挨饿，它并不能代谢掉这些巨大的能量。塑造了一个耗能如此巨大的鼻子，又不挪作任何他用，可以说是一项巨大的投资，这也反映了鼻子对生存——还有交配成功的重要性。这个鼻子终其一生都在持续生长，而且雄性的和雌性相比，大得不成比例，这显示出一定的性特征选择在起作用。无论更大的鼻子是能赢得更多雌性的青睐，还是能通过展示力量挡住更多的竞争者，鼻子更大的大个儿雄性的确有可能吸引更多的伴侣，而且从长远角度来看，也能繁殖更多的后代。这意味着抹香鲸赢得了“拥有这个地球上最大的性选择器官”的头衔，获奖器官是鼻子……

尽管有卫星标记、声呐和潜水装备，我们仍然没法知道地球上最大的动物是在哪里性交的。这样的神秘有着些许浪漫色彩。但是这也使得我们在妨碍了它们的生存之后，很难帮助它们摆脱困境。特别是因为总的种群规模可能并不是它们恢复的唯一重大因素。

我们知道一个巨大的鼻子有着实实在在的好处，否则这项庞大的投资就得不偿失了。一部分奖励是繁殖概率的提高：更大的鼻子能赢得更多的异性，就有机会成为更多孩子的爸爸。这不难想象，雌性在进化过程中更喜欢那些大的、占优势的雄性，不会乐意对小个的、不成熟的求偶者做出反应。如果情况确实如此，那么仅仅从种群数量下降单方面来看，交配成功率比我们预估的还要低更多。从鱼类到鲸类，研究人员正试着了解缺失了最具吸引力成员后，种群繁殖会如何受到更加微妙的影响。

巨鲸的“长途电话”创造了一场奇怪、近乎缥缈的交响乐——有些我们可以听见，多数则不能。但是随着近年来科技的进步，出现了诸如装备有声学收听站的浮标，它们可以帮助我们更好地理解发生在盆地里的谈话。想想吧，一头纽芬兰附近的鲸有可能跟百慕大旁边的鲸进行交流，这也促使我们重新思考鲸有着什么样的约会游戏规则——以及人类的活动是如何破坏它们的交谈的。

现在的海洋远比过去更加吵闹。船舶交通在扩张、离岸油气钻探在增多、依赖声呐的海军活动在上升——所有这些都会在全球海域内带来不断增加的噪声。而且许多机器产生的声音的频带刚好与海洋哺乳动物相互交流的声音在同一范围内。像海底电缆上的静电、嗡嗡作响的船舶螺旋桨、气枪的冲击波和声呐装置正在创造一个“听觉迷雾”，导致许多海洋动物求偶（还有航行、捕猎和社交）的覆盖范围大幅缩小，有些区域高达50%。试想如果这发生在我们最依赖的感官上，比如我们的视力

减弱一半，那会如何改变我们的活动和求爱方式呢？再者，这个问题影响的不仅仅是鲸，接下来我们会看到，还有许多依靠声音来吸引配偶进巢的雄鱼。

什么才算声音的合理使用以及它对海洋生物会产生什么样的影响？对于这个问题的争论是军事力量、化石燃料巨头、船舶大企业与海洋科学家之间的较量。海洋科学家刚刚开始懂得这种当代的“声音污染”现象对动物的直接及间接影响——包括它们性生活的成功率。

有的时候并不是这样的情况。有时制造喧闹的不是我们。

当声音大到吵醒了西雅图一半的街区，人们意识到必须做点什么制止这个噪声。但是，这声音的背后是谁呢？是不是一群无所事事的和尚在小山顶上念经呢？或者是一帮小孩子在吹迪吉里杜管⁽³⁾呢？

结果证明这间歇出现但持续不断的低沉的嗡嗡声并非来自陆地，而是源于海洋，它让整个海岸都感受到了震动。更确切地说，它来自发情中的斑光蟾鱼（plainfin midshipman fish）。这是一种小型鱼类，雄性通过发出持续的嗡嗡声引诱来自下层水域的雌性，那样雌性可以循声从黑暗的水域来到布满卵石的浅处海滩。随着西雅图海岸的开发，码头上的船体放大了雄性求偶的嗡嗡声，在平静中造成了一场骚乱。

这种鱼小且细长，大约只有人的前臂那么长，长着一个宽阔的头和一张蛙状的脸，这些海中居民平时出没在近海，在晚春和整个夏天期间，它们会来到布满岩石的潮间带繁殖。雄性先行到达，标注领地，然后在浅滩中建立巢穴。一旦住进了他们的巢穴，游戏便开始了，他们比赛看谁可以发出最性感的信号——一种低沉的振动，听起来像是综合了雾号⁽⁴⁾和遥控飞机的一种声音。

在交配季节，因为身体准备产卵，激素增强了雌鱼听到雄鱼特殊频段嗡嗡声的能力。从海洋深处，她可以找到几千米外的雄性。类似于激素激增可以让母亲对新生儿的嚶嚶声特别敏感一样，在雌性斑光蟾鱼准备产卵时，激素的变化也会提高她听到雄性特定频率的叫声的能力，在她们听来，那种颤音会既清楚又洪亮。方便的是，在雌鱼产完卵之后，她的激素迅速回退，之后她就可以屏蔽掉所有附近献殷勤的雄性发出的连续嗡嗡声。像一个女人终于不用理睬路边的口哨声一样，雌性斑光蟾鱼平静地游往深海。西雅图的居民就没那么幸运了。他们必须忍受雄鱼那蓬勃高涨的歌唱，一直到夏季结束。

寻爱策略5：让水花四溅

如果你想让更多人参加狂欢，没有比熟练的腹部拍水动作更能吸引四邻的了。这可能也是蝠鲼（音“浮奋”，mobula）别致的飞行动作背后的一种策略。蝠鲼看上去类似隐身轰炸机，是前口蝠鲼（manta ray）和鲨鱼的近亲，可以暂时摆脱重力和水的束缚从海中跃出，画面颇为壮观。几乎所有种类的蝠鲼看起来都有这种空中体操的嗜好，它们可以跳离水面高达2米，落水时发出“砰”的一声巨响，但是没有任何一种蝠鲼能像加利福尼亚湾蝠鲼一般非凡。

这些蝠鲼平时是海里的独行侠，但每年都会聚会，一眼望去数也数不尽，鱼群可以横跨两千米。在季节性的聚会中，往海中看去，清澈的海水中有几十万的蝠鲼，就像在看一幅移动的埃舍尔的画⁽⁵⁾。菱形的蝠鲼形成一个变形的棋盘，而且有几十层那么深。随着每层都以稍有不同的速度移动，真不知道该看哪儿。直到它们跳跃起来，跃起者便吸引了所有的目光。斯克利普斯海洋研究所加利福尼亚湾项目的研究员乔什·斯图尔特（Josh Stewart），把坐在小船里漂浮在蝠鲼群上的经历比作待在一个巨大的爆米花机里：蝠鲼从各个方向不断“砰砰”地跃出水面。不管你看向哪里，到处是蝠鲼滑过天空的画面。它们拍打着翅膀一样的胸鳍从空中越过，然后水平滑行，露出闪闪发光的白肚皮。也就是说，在着水之前，它们与水面保持完全的平行。当它们用宽阔的腹部击水时，水花在强烈的击打下就会四散飞溅，发出一声巨响，或许这就是它们的飞行如此壮观的原因。

蝠鲼跳跃的原因仍有待发掘，但是斯图尔特和他的团队正在揭开其中的秘密。最初的两个理论：跳跃是为了驱逐讨厌的寄生虫，或者是雄

性向雌性炫耀自己的方式，都不是很令人满意。如斯图尔特提到的，众所周知，蝠鲼会访问“清理站”，在那里的小鱼会殷勤地帮它们除掉所有寄生虫。而且，他还说：“如果宿主仅凭跳跃就能抖掉寄生虫，那么这个寄生虫也太差劲了。”至于跳跃是雄性为了展示自己的理论……其实，雌性跳的也一样多。斯图尔特最近的理论认为这种空中冒险行为是聚集群体的方式。在其他的前口蝠鲼和蝠鲼的种群中，在小型群体集体进食时就可能跳跃，有时可以吸引几十条其他同类。（但是，加利福尼亚湾的鱼群不可能是进食集会，因为鱼群实在太大了。有几十万张嘴在前面，不会给后面的留下太多东西。）

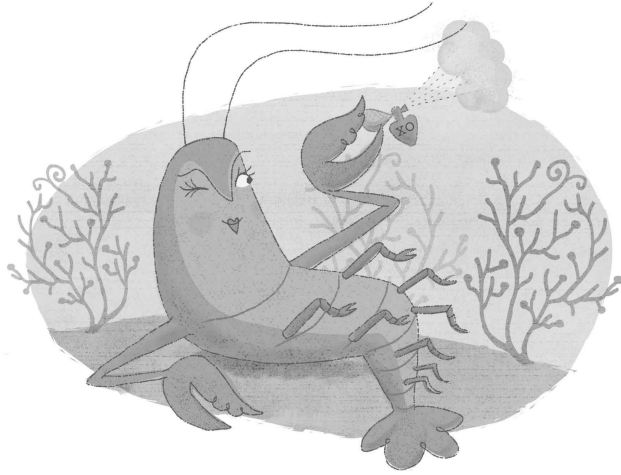
所以，拍水是蝠鲼的一种沟通方式（它们似乎没有发出任何其他的声音）的想法听起来是合理的。加利福尼亚湾是一个很大的地方，尽管季节也许暗示着群体性交配的时间快到了，但蝠鲼个体毕竟需要游过广阔的大海找到鱼群。像游行队伍一样，在各个街道巡回前行时顺便会带走一批人。飞行的蝠鲼降落时的拍水声在很远的地方就可以听到，能帮助来到这个区域的蝠鲼找到它们的同伴。一旦聚集到了一起就更加容易找到配偶了，甚至找到一群中最好的个体——这可能就是活跃的弹跳可以帮到雄性和雌性的地方。听着独特的砰砰声，看着跳跃所展示出的生机，让人很难不联想到这些蝠鲼是在炫耀自己，至少有那么一点点吧。



寻找配偶的探索过程对地球上的物种是一种普遍的挑战，包括我们人类在内。我们自己的追寻过程可能很简单，像买一杯饮料给酒吧那个迷人的男子或姑娘，又可能很复杂，走遍全世界才找到一个伴侣；可能看起来像一个高级的名媛舞会或者也可能是一场只有单身者参加的巡游。在大海下面，各种生物也会展开类似的不同策略来完成它们的寻偶使命。

不过，所有这些工作只是为了发现潜在的伴侣，缩小雄性与雌性之间可能存在的距离。这些方法并不保证取得联系以后就能立刻火花四射。基本上，搜索和发现只是漫漫长路的第一步。下一章讲述的是海洋生物如何从最初的接触阶段进展到求爱阶段.....同时还会关注它们的终极目标。

第二章 诱惑 如何博得情人的芳心



性海二三事

- 在海洋中，尿可以成为一种强力的春药。
- 某些雄鱼会伪造父亲的身份，以得到更多的授精机会。
- 乌贼是高超的变装者。
- 在某些鱼中，雄性越小，性腺越大。

性海背景乐

1. 《让我们嗨起来吧》——马文·盖伊
“*Let's Get It On*”——*Marvin Gaye*
2. 《九号爱情药水》——三叶草（由杰瑞·莱伯和迈克·斯托勒创作）

“Love Potion #9”——*The Clovers* (written by Jerry Leiber and Mike Stoller)

3. 《营业时间》——弦乐航班

“It's Business Time”——*Flight of the Conchords*

4. 《洛拉》——奇想乐队

“Lola”——*The Kinks*

她已经关注他好几天了。她在上班往返的途中会经过他时髦的房子。他高大、强壮而且对邻居出了名的盛气凌人。她就喜欢他的硬汉本性。而且昨天她真的坠入了爱河。

那是因为他的味道。一阵微风轻轻吹拂，在她经过时，他的男性气息让她的脑袋一阵眩晕。他站在门厅，正在锻炼身体，富有弹性的肌肉沁出了汗水，闪闪发光。他的气味令人陶醉。就在那一刻，她认定了，他就是她的唯一。

她主意已定，一大早就动身悄悄地来到他家门前，然后按响了门铃。不请自来是有风险的。大家都知道这家伙发脾气算是好的了，动辄就是一顿打。但是她准备好了。门一打开，她就在台阶上撒了一泡尿……然后拼命跑开。这样做了好几天之后，她知道，他已经完全属于她了。



当然，对于人类而言，“黄金浴”仅仅是一种小众的癖好，但这种策

略在动物王国，包括海洋世界，被证实是非常流行的春药。这种奇异的气味诱惑只不过是海洋生物试图追求伴侣的许多策略之一。就像我们人类有各种各样的调情工具一样——爱抚用的长鞭、舞池中性感的萨尔萨舞——海洋生物的诱惑策略也往往夹杂着各种元素，有的甜如蜜糖，有的则极为狡猾。一些物种选择滑稽路线，摇动着并露出一点皮肤——或者鳞片——来获得潜在情人的注意。有一些则通过建立时髦的爱巢或者表演精心设计的歌曲和舞蹈来炫耀它们的地位。还有一些会在它们的生命周期内直接变性然后接管它们曾经用于壮大种群的后宫。在海洋中营造情绪的时候，不同的举动适用于不同的群体。然而，在我们人类中，不同的个体能够接受不同的诱惑方式，但是在海里，每个物种都执着于这样或那样的某一种方式。

这意味着一旦我们知道一些个体是如何求爱的，我们便可以非常肯定该物种其他个体也会用到同样的规则。换句话说，雄性鳕鱼不必搞清楚是一束鲜花还是一双手铐是更好的求爱工具——所有雌性鳕鱼可能只对同一种东西感兴趣。这对追求者而言是好消息，只要专注地完善求偶的舞蹈，或者建一个爱巢，又或者调制完美的尿液混合物就好了。但是，这种依赖于单一技术的求偶也可以使一个物种变得脆弱。如果人类活动改变了调情和求爱发生的方式，那么就没有可代替的仪式来依靠了。如果最好的表演者消失了（比如说，作为水产贸易中首选的类型被抓走），那么雌性对邀请她共进烛光晚餐的雄性就没有什么可选择了，即使他舞跳得很糟糕。寻伴之旅结束之后，个体想要最终搞定就必须立刻尝试引诱——这是一种艺术形式，在海里可以提高双方性交成功率，同时也增加了脆弱性。

诱惑的香气

在龙虾的世界里，没有什么比在你爱人的脸上撒尿更能“让大家嗨起来”了。雄性和雌性依靠闻他们尿液里散发的肉欲气息营造气氛，而且，两种尿液一旦混合，便可以使潜在的对手不再靠近，直到夫妻俩完成他们甲壳类的圆房仪式。对于任何一个在冲浪时摔倒、被呛一鼻子咸水的人而言，在海里闻气味的想法听起来有点不太令人舒服。但是，龙虾不是靠鼻子来闻气味的，它们用的是触角——两对触角中较小的一对。

当一只龙虾在水里轻轻摇动小触角时，就是在嗅探周围的环境，接收化学物质的浓度梯度的微妙变化，而这种梯度则意味着食物、捕食者或者其他龙虾的到来。美洲螯龙虾（Maine lobsters）又名缅因龙虾、美国龙虾 [\(6\)](#)，当一只雌性出来求偶——这个物种是女求男的倒追模式——她会用她的触角探路，走向她挑好的雄性，然后再用她令人陶醉的气味勾引他。

缅因龙虾，无论雄性还是雌性，尿液里都包含了很多信息。为了争夺最梦寐以求的庇护所——刚好可以容纳两只龙虾到里面交配，雄性就会展开一场名副其实的撒尿大赛，以互射尿流的小冲突开始，然后升级到水下版重量级拳击赛。缅因龙虾能长到超过20千克，是世界上最大的甲壳类动物之一，因此它们的战斗可以说非常激烈。它们猛击对方，锁住再压碎钳子，折断腿脚，还会剪断部分触角。当迈克·泰森咬掉伊万德·霍利菲尔德一块耳朵的时候，他打的就是龙虾式拳击。

但是，在龙虾的世界里，很少有复赛。至少不会立刻进行。波士顿大学教授吉尔·阿特马博士（Dr. Jelle Atema）实验证明失败的龙虾可以

记住胜利者尿液的气味，并且至少在一周内不会与对方再进行一场战斗。另一方面，一只胜利的龙虾在每次胜利后都会更自信，这种态度可能会体现在它尿液的气味上。

除了尿量会增加，胜利的龙虾可能会在它们的气味中加入一种标记，这种标记会表明它们的身份并用来威胁雄性对手。尽管它还没有鉴定出这种特殊的化合物，但是阿特马指出，龙虾尿液的作用可能不只是用于识别个体；对于占优势的雄性，它可能还表示“我是坏蛋，而且我会踢你带壳的屁股”。这种“信心香水”对雌性龙虾会产生强大的吸引作用。

被好斗的雄性吸引的单身雌性会遇到一点困难：她必须保证在交配中不被殴打。在交配季节，大个儿雄性龙虾完全是野兽。典型的行为就是经常夜袭邻居龙虾的庇护所，包括那些雌性。接近别的龙虾的巢穴之后，大个儿的雄性会停下来在门前发射一股尿液。几分钟后，里面居住的龙虾——如果够聪明——会走出巢穴，给大个子让路并让它进去。这种欺凌弱小的行为会持续几分钟，你懂的，只是显示它的能耐。然后它继续前进，一次次在整个街区重复骚扰行为。

这就是龙虾版的化学战和心理战。通过持续不断地欺凌它的邻居，一只雄性会让所有人记住谁是老大。

因此，对于雌性来说引诱一只具有统治地位的龙虾，有一点类似向变身后的“绿巨人浩克”求婚。这需要一个妥善的方法和一剂强力的春药——强到至少使他着迷一个星期。

龙虾特别喜欢前戏。

在啪啪啪方面，母龙虾特别幸运，2500万年的漫长演化，为她提供

了足够的时间完善她们作为药剂师的技艺。母龙虾来到攻击性十足的公龙虾家门前，唯一要做的就是向雄性喷射尿液，每天只需一点点，几天后，他就在她钳下任其摆布了。

雄性和雌性龙虾都会充分利用向前喷射尿液的能力，这需要一些独特的生物工程设计（哺乳动物的阴茎就是一个例子）。对于多数动物，放水的管道在进化中会远离头部，理由很明显。不过，龙虾的膀胱位于大脑下面，它的眼柄下方有两个储液囊，里面装满了足量的尿液。它们与两个喷嘴相连，雄性和雌性就是通过这个喷嘴滋尿。然后风味强烈的混合物可以通过龙虾的呼吸创造的强力水流向前扫射。这种技术使得它们的尿液可以从眼前直射出去……可以射到七个身长那么远的距离。相当于在12米的校车里，一个少年从车的最后一排一直尿到挡风玻璃上。

雌性的策略既腼腆又快捷。她每天短暂地拜访心上人的洞穴，向内轻轻挥动她的触角，嗅出他的踪迹，然后快速地在他脸上喷洒自己的尿液（那些朝前的喷嘴这时很好用），然后赶紧从那里逃掉。起初的几次，每次雌性回来，雄性可能会冲向她，甚至重重拍她一两下。但是，最终她的春药开始慢慢将他控制住。

雄性开始释放自己的尿流，并猛扇像鳍一样的附肢。这个附肢叫作游泳足，就在龙虾的尾巴下面。这种行为把她的气味带了进来，同时将他和她们的尿液混合物从他身后冲到外面。多数龙虾的庇护所都有一个后门用来逃生，他俩尿液的混合气味就这样漂到了外面，到处散播着情侣的意图——这对龙虾可能会在巢里交欢，但他们并不会秘而不宣。

最终，雄性变得足够平静，让雌性进入他的巢穴。起初，她会待一段时间并只允许他达到一垒或二垒：他们用触角和有节的肢体进行诸多的性挑逗，但也就仅此而已。龙虾保护协会的资深科学家及阿特马的学

生戴安娜·考恩解释说，对雌性来说，这种短暂同居是一种考验。雌性想知道雄性是否真正地控制了庇护所，或者是否有另外一只雄性可以把他踢出去。最重要的是，一只雌性龙虾需要知道当交配发生时，她的伴侣是否可以提供从头到脚的保护。对雄性来说，这是他的一个机会，可以了解她是否成熟以及是否做好了准备——从他可能闻到的和尝到的东西来判断。龙虾腿上有类似味蕾的东西，所以两只求爱的龙虾持续地接触其实更像是在相互品尝——他们是在用脚相互舔对方。实在是有点变态。

像所有节肢动物一样，龙虾的骨骼长在身体外面。这意味着随着它们长大，它们需要脱壳，脱掉老的外壳长出更新、更大的壳来容纳日渐长大的身体。尽管雌性可以在两次脱壳期之间交配，但是刚脱完壳是交配的最佳时间。理由如下：当一个雌性从她太紧的紧身衣里脱壳出来的时候，她也会脱掉她的个人精子库——那是一个位于尾巴下面的小型容器。雄性将他们的精包存在这里，随着雌性卵子发育并准备产卵时，她便可以从其中自取——以前交配留下的所有精子会随旧的精子库一起被抛弃；一只新的、空的容器会伴随着新的外壳长出来。

换句话说，雌性龙虾可以失去“童贞”，但也可以重新回到“处女之身”。

对雄性来说，与刚脱壳的雌性交配给雄性提供了绝好的机会，可以用自己的精子充满空精子库（有且仅有他的精子）。对于雌性，这意味着有机会马上填满她的新“储藏柜”，可以让她在下个脱壳周期之前受精并孵化满满一批或两批卵子，也就没有必要再次交配了。那么问题只有一个：刚脱完壳的时候，雌性龙虾是最脆弱的。

雌性龙虾在脱壳期好像是脱下一套盔甲换上了一身发亮的丝质长

袍。虽然换上了精致的装扮，但她还站不起来，新的软壳至少要硬化30分钟才能让她们的腿支撑住自己的体重；还需要几天的时间，它才能成为有效的护身铠甲。在这个阶段交配，雌性龙虾只能听从于雄性——高大、强壮、极具进攻性、长有巨钳的家伙。

这时就是她的春药开始发挥巨大作用的地方。脱壳前期的气味是雄性的终极壮阳药。一旦雄性逐渐心软，展现出更加热情殷勤的状态，那么雌性就能判断他确实是这个庇护所的领主，她才会全天候地住进去。

接下来的几天，他俩会依偎在同一个庇护所里，一起离开去猎食，处理一些自己的事，还是会回到同一个“家”里。于是，最后的时刻终于到来了，此时此刻，和以往任何时候相比，雌性都必须保证雄性处于相当顺从的状态。

在和雄性住在一起时，雌性几乎都是在他的旁边或者后面。但是现在，这个最后的时刻，她蜷曲起来面对着他，眼柄对眼柄。他向两边展开他的钳子并下垂，好像在向她鞠躬一样。

然后，她向他“授爵”。

雌性站在雄性面前，庄严地举起她的钳子并轻轻敲击他的肩头，随后在另一侧重复了一遍。这个信号传递了一个信息：现在，不许离开我。面对面站好，两只虾开始互相喷洒大量的“黄金浴”。然后她进入庇护所的后面开始脱壳。

脱壳的整个过程大概要花一个小时或者更久，但是在她脱掉最后一点壳之后，准确地说，30分钟后，进入了干正事的时间。在龙虾世界里，真正的交配行为出人意料的浪漫，尽管也是神速。在她的魅力之下，曾经的暴君变成了温柔的情人。她脱壳之后，他站在旁边保护她柔

软的身体，闭合双钳潜坐水底，甚至还会用他的触角轻轻地抚弄她。到了特别的时刻，雄性绕到她身后，采取小狗式。在那之后，可能就是无脊椎动物王国里最温柔的做爱方式了，他慢慢把她从海底举起并把她捧在他的小步行足上。

他用大钳子和尾巴压在沙上把自己撑起来，然后温柔地爬上她的背，并把她拉向自己。她配合着伸开她的尾巴，尽量躺平。腹部对着腹部，他们使劲扇动着游泳足，同时他第一对由游泳足演化而来的生殖肢插入她的精子库。每个生殖肢都是半管状的，他把它们拼在一起形成一根空心杆，里面可以传送精原细胞。她挂在他用手——噢，脚做成的吊床上，同时他完成了几次猛力抽插的动作。双方继续相互扇动和撒尿，然后他温柔地把她翻过来放下。筋疲力尽的她回到庇护所的后面。几天后，她会爬出来……之后，另一只雌性会搬进来。

缅甸龙虾是“连续性一夫一妻制”。

求爱双方的混合气味，不只征服雄性，可能还有助于把雄性洞穴门口外排成排的雌性们拒之门外。雄性自己的尿液仿佛在呼唤“到这里来啊”，但是与雌性的一混合，好像就在说“请勿打扰”。

在别的动物中也能看到类似的习性——包括人类——雌性的生理周期可以被同一区域的其他雌性或雄性的暗示所影响。于是，我们得知大学宿舍里的女生会在每个月的同时时间来月经。雌性龙虾会错开她们的脱壳期，那样每个雌性都有机会在最有利的时机与占优势的雄性交配。这种特殊的机制是如何运转的，至今仍未可知，不过，化学信息素很可能在其中起着某种作用。

在一般的履螺（slipper shell snail）中，雌性有进一步转化信息素

（外激素）的能力。发现于新英格兰岩石海岸边的履螺，又叫拖鞋舟螺（boat shell），软体动物，有一种不寻常的习惯，就是一个一个叠起来成为一个高高的柱子，就像比萨斜塔一样。它们的背隆起，翻过来时，就像一艘胖胖的独木舟。壳下面还有一个壳质的隔膜，占据了开口的一半，像拖鞋的鞋面，所以整个看起来使它像只拖鞋。履螺幼体在开始是漂浮在海面上的，几个星期之后，它们开始朝海底进发，这个时候奇怪的事发生了。

如果一只幼螺接触到海底并且离其他所有的同类都很远，它会快速成熟先成为雄性，然后再非常快速地转变为雌性。履螺是变性者，在科学世界里以“顺序雌雄同体”而闻名。雌雄同体（hermaphrodite）这个词结合了男神Hermes（赫尔墨斯）和女神Aphrodite（阿佛罗狄忒）的名字。这个术语通常指的是一个个体拥有两性生殖器。雌雄同体在海洋生物和植物中非常普遍——例如：玫瑰在同一朵花里同时拥有雄蕊和雌蕊。但是，履螺是一种不同的雌雄同体——有先后顺序的那种——这意味着个体会先发展成一种性别，然后再转变成另一种。这种性别策略在海里是相当常见的，我们会在以后的章节更加详细地介绍。现在，我们来看看履螺的特殊能力，他首先长出阴茎，然后将其重新吸收，有时在不到两个月时间内，他就能从雄性转变成雌性。雌性达到性成熟后，一只独立的履螺会释放一种强烈的信息素来尽可能多地吸引其他螺到她这里，这样她就可以树立起一座男性情人的“摩天大楼”了。

不过这个计策并不是为了吸引雄性到她那里。她吸引的是“未成年螺”——然后让他们一直保持雄性状态，时长会比他们独自生活维持得更久一点。通常，“未成年螺”们顺着雌性撩人的化学痕迹，迅速直奔早已存在的堆垛，然后降落在其他螺背上。在雌性强烈气味的帮助下，从水面下来的新螺刚一到达就发育成雄性，每个都展开一个长长的、可伸

展的阴茎，伸到下面作为塔基的雌性那里为其授精。整个堆垛可达六个个体那么高，履螺雄性在这方面是相当有天赋的。一个塔上的所有的螺除了第一只雌性之外都放弃了性别转变，相反，他们还为雌性产出的数量巨大的卵来受精。一旦一堆螺有了足够的雄性，产生的精子足够让雌性的卵受精，那么离底部雌性最近的雄性就会变成另一个雌性。这样他就不需要同其他雄性争夺有限的卵，转而变成雌性产出自己的卵，以利用过剩的精子。当然，作为一名新转化的雌性，第二层的螺会开始与第一层的雌性一起分泌信息素，吸引更多的“未成年螺”来建造不断增高的“情人摩天大楼”。这就是尿液——或者其他任何化学信号——在海里的威力。经过几十年的研究，阿特马感到他只是抓到了一点皮毛。动物可以通过化学信号交流的微妙线索有“无限可能”。但是，只有动物在它们的水域环境里有能力探测到气味，信息发送才能起作用。这要依靠两样东西，这两样东西都有可能被我们破坏了。

首先，化学信息素是由漂流在海水中的小分子携带的。改变海水的化学组成，比方说，微微降低pH值，信号分子的结构就会随之改变。就像便笺上被重新排列的字母，信息就再也没有什么意义了。

又或者，pH值的下降会干扰动物的受体细胞，就像盖住龙虾的触角一样，会降低它们“读取”信息的能力。我们在不断消耗化石燃料，每天排出大量的二氧化碳到大气中，其中大部分被海洋所吸收。当二氧化碳与海洋混合后，一系列的化学反应发生了，使海水酸性增强（pH值变低）。众所周知，在海洋中，气候变化导致的海洋酸化同全球变暖是一对邪恶双胞胎。而且这对动物的收发信息会有重大影响。

其次，如同带了金枪鱼三明治来学校的小孩会把餐厅里的人熏得受不了了一样，我们也不停地在往海里添加强烈的气味。当阿特马第一次开始研究龙虾的时候，就是要辨别出石油泄漏对龙虾健康的亚致死效应。

他发现的效应之一是，有一种外来物质可以“模仿”其他的信息素，错误地吸引龙虾到食源处。但是，实际上那里什么食物也没有——比如，浸过煤油的砖头。龙虾会成群结队地不断舔这样的砖头，几天后，它们就病了，一次性拒绝进食可长达一周。

在其他情况下，污染物可能会掩盖自然发生的气味，遮住动物赖以交流的信号。这些变化结合在一起就会出现风险，会打断无数物种精心准备的求爱和引诱活动。因为它们要靠这种“芳香疗法”来为性生活创造气氛。在海里，为性培育一个合适的化学环境需要应对本土和全球的海洋化学平衡危机——这是一个巨大的挑战，但并非遥不可及。

性感奶爸的魅力

我们之前都见过这种情形。一个有魅力的男人，打扮得体且彬彬有礼，会吸引一些单身女士的注意；一个有魅力的男人，打扮得体且彬彬有礼，怀里还摇晃着一个孩子，这会融化在场每个女性的心——不管她们是不是单身。一些雌鱼也有同样的感觉。

尤其是海马，它们是一群性极端主义者，无出其右。首先，它们是相对的一夫一妻制。现在，亲子鉴定技术证实极少的物种实行真正的一夫一妻制。对于一个交配季或动物的一生来说，乱交才是占主导地位的。但是，某些品种的海马对伴侣表现出的忠诚令人难忘，至少在一个繁殖季节内，它们甚至会等待伴侣从伤病中恢复过来，而不是去追求另一个新的配偶。这种关系的期限可能会大大超过一百天——虽然不是一生忠诚，但是，在动物王国里，这仍然是不同寻常的，不管是在水上还是水下。

除了这种不寻常的行为，雄性海马对父亲的职责也是尽其所能，甚至亲自怀孕。你没有看错。在海马的世界，是雄性孵化受精卵，而不是雌性。然后，他们会在一个温暖的育儿袋中哺育胚胎。受精卵浸在育儿袋的液体中，并在雄性保护下直到它们孵化。之后，雄性把活的幼体生出来，完美的微型海马从他的身体向外涌出。他们真的是会怀孕的雄性。

不过，在这一切发生之前，雄性要说服雌性信任他，并把宝贵的卵子交给他。另一方面，雌性也必须确保她的卵子准备好时，雄性会出现。一只成熟的卵子在雌性身上大约只能待两三天，之后她必须扔掉它们——如果此时没有雄性出现，那么对于雌性来说这是巨大的能量浪

费。

为了协调它们的性事，在五到六个月的繁殖季节里，雄性和雌性每天会进行一点前戏。由于它们行踪神秘，我们对全世界大约40种海马的了解还是非常有限的。但是，我们已经成功地暗中监视了一些海马，发现它们早晨的求爱仪式有一点点像简·奥斯丁小说中的交际舞现场。

雄性接近一个潜在的配偶时有可能会低头示意，显得非常亲切，然后快速扇动他的鳍。他还会张开肚子上的开口，那里可以用来存放卵子，并尽量张大来展示他的条件。他还能让胃部的颜色变浅，着重突出育儿袋。如果雌性喜欢她所看到的，她会回应，也让自己颜色变浅并点头作为应答。雄性和雌性一旦相识，那么当天晚上还得分开，如美好纯真的维多利亚时代单身男女一般。

对于接下来的几个月，每天黎明，雌性会缓缓游向雄性的领地，在那里有一个它们日常问候的地点，他在耐心地等着她。随着她的接近，它们双方身体颜色都会变浅，就好像脸红了。然后，它们两个都卷起尾巴绕住同一片海草的叶子，然后开始绕着这个“锚”转圈，雄性在外圈，雌性在内圈。过了一会儿，它们放开了叶柄并且肩并肩排成一排，然后平行地漂浮到另一片海草的叶子上。当它们这么做的时候，雄性经常卷起他的尾巴钩住雌性的尾巴。就像情侣手拉着手在早晨散步一样。这种调情的舞蹈会重复几次，而整个欢迎仪式会持续几分钟。

当一对情侣第一次在一起的时候，会花几天时间让雌性完成卵子发育并且转移到雄性身上。在此之后，简短的日常舞蹈就足以帮助她评估他的怀孕阶段并相应地调整产下一批卵子的时机。在海马世界里，雌性分娩后几乎马上就可以进行性生活了。

多数的雌性生产后都需要稍微休养一下，但雄性海马在释放他们最后一个宝宝进入野外后不久就要准备去摇摆了。就在这个时候日常问候转变成了成熟的诱惑。雄性在晚上分娩，到了第二天早上，他就可以通过施展充满活力的弹跳向雌性展示他的活力了，跳舞也不在话下。他把自己半折叠起来，扭曲他的尾巴朝向自己的头部，然后伸展开来，交替往复。这动作会压迫海水进出腹部育儿袋，让它的尺寸变大。雌性发现一个大大的、膨胀的腹部非常兴奋，在看过展示之后，她会把她们的长鼻子指向上方以示回应。那相当于微妙地点头同意去卧室，等于说：“嘿，去上面那儿怎么样？”

求爱可以持续很长一段时间——有一种海马的仪式长达9个小时。在几个星期的日常舞蹈和几个小时的前戏之后，这对海马在水柱中向上游去并且进行5秒钟的性交。在这方面，雌性海马倒和动物王国里的大多数雄性一样。不过，海马与众不同的求爱方式对于种群如何应对渔捕压力并做出反应来说有着重大影响——但看起来应对得并不是很好。

风干的海马仍然在出售，因为它是受公众欢迎的珍品，磨碎后用于传统医药，并且作为春药出售——具有讽刺意味的是，它们的求爱仪式是如此的单纯而且它们的性交过程是如此的短暂。此外，还有人捕捞海马用于活体水族贸易，而实际上海马极其难以养活，因为它们的食物是活鱼，而且很难适应人工环境。过去几十年来，为了满足市场需求，渔捕已经对海马种群造成了极大损害。由于它们独特的繁殖方式，这种损害远比预估的要大得多。

鱼类会直接向水体或巢穴中产卵，而海马的产卵数受限于雄性一次能够携带的数量：一般而言，从几十个到大概一百个。在六个月的繁殖季节过程中，假设它们大约两个星期交配一次，产出一百到两百个子代。这和一次几百万个受精卵（比如，鳕鱼）的产出相比是极微小的。

这是海马被捕捞之后种群迅速下降的第一个理由：它们根本没办法生出足够的子代来替代渔民渔捕的数量。

其次，当某些种类中存在着对配偶浪漫而强烈的忠贞意识时，那意味着如果一只雄性被捕捉后，雌性在找新的配偶之前，可能会回到她原配偶的领地等几天；即使几天之后，她也无法准备好立即交配，因为她的周期与原配偶的时间是契合的。这说明剩下的雌性或雄性可能会错过繁育机会。顺便说一下，如果雌性被捉，也会发生同样的事情，尤其是雄性怀孕的时候：它必须等到分娩，然后再另寻新欢，那需要好几天时间来等其他雌性的产卵周期与他同步。

越来越少的后代和越来越少的交配机会，两者叠加起来，导致即使在渔捕压力较小的情况下，种群数量也会迅速衰退。二三十年前，有些东西我们考虑不到，但是现在我们可以了。因为研究人员得到了关于海马求爱和繁殖的更多细节，我们就可以对猎捕设置更多实际的限制。另外，海马的养殖科学每年都在持续进步，现在，一些重大项目成功地繁育出可爱的、极小的海马宝宝，这些可以满足水族馆和医药贸易的需求，由此减轻野生种群的压力。技术的进步确保了地球上唯一的怀孕雄性得以幸存下来。

尽管没有海马那么极端，但是还是有许多其他鱼类的亲代哺育是由雄性主导的。有些鱼类的雄性会把受精卵带在身边，或者放在嘴里。更多雄性则耗费精力建造并保护巢穴。对于这些物种，待在家里保护和培育受精卵的雄性解放了雌性，从而让她们可以寻找食物并储存营养。加利福尼亚大学圣巴巴拉分校的鲍勃·华纳博士（Dr. Bob Warner）解释说，这就是体外受精对于雌性的好处之一：只需要一个亲代来照料受精卵时，雌性可以产下卵然后走出家门。雄性在她们产卵之后必须为卵受精，留下来“独自承担”——如果他想他的后代存活，就不得不逗留在附

近并且保护这些脆弱的卵免受捕食者的攻击。守护巢穴也能帮助雄性确保是他为雌性在巢穴中产下的卵受精，而不是其他雄性。至少，理论上是这样的。因为这种策略并不总会成功。

丁氏丝鳍鹦鲷（peacock wrasse，又名淡带丝隆头鱼）大概有30厘米长，身上呈现美丽的蓝绿色和洋红色特征，会建造一个湿软的海藻巢穴。这种鱼的雌性对雄性的尺寸、展现的活力乃至巢穴是如何建造的都不十分在乎。对她们来说，最好的父亲——由此也是最有魅力的配偶——是那些已经有后代，或者至少即将有后代的雄性。换言之，一个在巢穴中守护卵子的雄性，就像一个单身男人摇着孩子一样，她只需要看到这个场景就够了。

为什么这种吸引力会起作用？从雌性角度来讲有几个理由。首先，一条守护着许多卵的雄性是不会放弃巢穴的——他投入了太多。其次，卵的存在显示了他是有能力保卫巢穴的——否则，所有的卵不可能仍旧待在那里。最后一个原因冷酷但却真实——众所周知，当饥饿袭来的时候，护巢的雄性会吃掉自己守护的受精卵。如果雄性可能把他守护的卵当点心，那么雌性就会把卵混在其他雌性的卵中，至少减少自己的卵被同类相食的概率。

从雄性的角度看，所谓的“最好的爸爸都是别人的爸爸”这件事有一点自相矛盾。每年每个繁殖周期的初始，雄性都没有任何卵子可守护。想象一下，如果所有单身女人都这么觉得——离异并带着前妻的孩子的雄性远比一个没有播撒过自己种子的男人更有吸引力，那么最初一个没有孩子的单身男子是如何设法向一个女人求婚并获得孩子的呢？

在某些种类中，雌性首先会放置几枚卵子在雄性窝里给雄性一个机会，然后等着看他如何处置。这算是某种亲子关系练习。雌性在几小时

或者一两天后会来检查，如果雄性把巢穴照顾得很好，他就会得到奖励——更多的卵。但是，科学家仍旧不确定丁氏丝鳍鹦鲷的雄性是如何取得雌性的信任让雌性产下最初几枚卵的。我们所知道的是，一旦少数雄性成功了，其他雄性就能从中受益——从成功爸爸的损失当中。

在父亲的身份这件事上，一些雄性会直接造假。

在这种鱼中，大型“海盗”似的雄性经常霸占一个成功但体形更小的邻居的巢穴。这些恶霸赶走了原来的父亲，然后欺骗雌性让她们认为他投入了努力并自己建立了巢穴。（我想，因为雌性逗留观看卵子孵化的时间不够，她们无从知道幼体根本就不像它们的父亲……）新的雌性来了并产下几枚卵，骗术高超的雄性随后开始授精。但是，这个诡计到这里还没有结束。

如果你仿照着华纳和他当时的研究生埃里克·范登堡博士（Dr. Eric van den Berghe）所做的研究，观察这种鱼的繁殖过程并用足够的时间记录，你也会看到这些海盗似的雄性会进一步采取欺骗行动。与众多雌性在抢来的巢穴中产下精子和卵子之后，雄性随后就抛弃了巢穴。他会这么做是因为离开房子后原来那个尽职的爸爸为了反败为胜会乘虚而返。由于没有办法辨别出哪些卵属于谁，为了让自己的卵也能存活下来，原来的爸爸不得不照顾全部的卵。善于欺骗的雄性用这种骗术获得了巢穴，取悦了雌性，接着还得到了免费的保姆照顾他的受精卵。同时，他离开后还会用另一个雄性的巢穴来欺骗更多的雌性。真可谓卑鄙的浑蛋。

爱巢的吸引力

在很多物种中，如果雄性能建造一个光鲜的巢穴，就能说服雌性在自己的领地产卵，同时对抗这块区域其他的雄性。没有雄性能够像纹腹叉鼻鲀（whitespotted pufferfish，俗称白点河豚）那样把巢穴建得如此壮观。（我相信园丁鸟的粉丝会与我争论，但是我会坚持我的观点。）

从上面看下来，这种鱼的巢穴看起来像一个精心建设的坛场，横跨两米。这尺寸已经非常了不得了，考虑到这种鱼其实只有你的手掌大小。更加令人惊奇的是，雄性主要通过摇晃它的屁股来塑造这么大型的结构。

这种鱼有着亮白肚皮和金色的背部，背上点缀着模糊的、奶油色的圆点，2014年，科学家将其认定为一个新的物种。在海里找到一个新的物种不值得这么大惊小怪。当这个新物种建造的复杂的水下结构能与著名的景观设计大师弗雷德里克·劳·奥姆斯特德（Frederick Law Olmsted），或者最激进的现代主义设计艺术家安东尼·高迪（Antoni Gaudí）相媲美，嗯，这就不同寻常了。

下次你去沙滩的时候，想象一下在那里建造一个巨大的沙轮，上面有散射的辐条和凹槽，横向一直可以延伸30米。再想象一下，你需要用臀部的快速摆动来雕刻这一切。这差不多就是这些雄性建造他们复杂的爱巢所必须完成的工作量。

雄性从沙地上方俯冲而下，振动他的臀鳍并快速摆动他的尾巴，推动他的腹部进入海底，就仿佛推着一台扫雪机。他在几个区域内交替着深挖和滑行，创造了起伏的“山谷和山脊”。经过一个星期的扎实工作之

后，他终于完成了最后一步：沿着山脊，用珊瑚碎片和一些贝壳组成一个装饰性的飞檐。然后，他收拾一下并且移动到中心区域，在那里他建了一个坛场，坛场里面用的都是粉末状的、最好的沙粒。

雄性精心制作的巢穴从单调的沙滩平原上微微地凸起，像一座古代的庙宇，远远就能看见。在雌鱼巡游在昏暗的沙滩平原上的时候，巢穴的明暗对比很有可能吸引她的注意。随着她的接近，雄性拼命扇动自己的鳍，将一股股白烟似的沙子射向空中。

如果她被迷住了，就会进入巢穴，而雄性在一个宽阔的停泊处快速地围绕她转，然后向她飞奔和后退几次。雄性已经付出巨大的努力来建造这个坛场，只能希望沙子——或者无论什么她用来评价他的依据（我们真的不知道）——会适合她。如果他成功了，她会来到中心。雄性之后会沿着巢穴轴线上各个山脊做一系列快速向前和后退的动作，好像在说：“你看见这个山谷了吗？知道有多深和多宽吗？或者这边的山峰如何啊？”在几个热情的招呼动作后，雄性与她一起进入中心，时不时咬向她脸庞并且把她拉到身边，同时他们开始产卵。求爱结束，卵子受精，雌性就离开了。雄性留在后面，在巢穴中央守护着卵，同时看着他的堡垒慢慢融化成沙地平原。小宝宝孵化几天之后，雄性就会放弃巢穴，到别的地方开始新建一个。

在寻找合适的雄性交配时，不是所有的雌鱼都对这种艺术形式感兴趣。许多雌性真的只是想要一个雄性，只要他能保卫住家园，抵御偷卵子的捕食者，而且不会自己偷吃这些可口、多汁、一口就能吞掉的“食物”。体型较大的雄性通常有着更多的脂肪存储，因此也可以消除这两个顾虑：他们可以更好地击退捕食者并且不太可能抛弃巢穴去寻食或者自己偷吃卵子。对于许多物种而言，诱惑力归根结底取决于大小：大一点的雄性通常可以说服更多的雌性把卵产在他们的巢里。

不过，“更大”不总是意味着总的身体大小。在某些物种当中，雌性会认为一套健康的肛腺才会让她们兴奋。肛腺这个词听起来就不够性感，但是这些液囊中携带的强效抗生素可以有助于保护发育中的卵子，使其免受大多数感染。腺体大的雄性有可能散播更多的抗生素。虽然他们缺乏哺乳动物的“典型装备”，但是这也没能阻止这些雄鱼展示其男子气概的一对家伙，从而给女士们留下深刻印象。

更大的雄性也容易建立（或者赢得）最好的筑巢地点。不过，什么是“最好”，取决于物种。斯科利普斯海洋研究所海洋生物学教授菲尔·黑斯廷斯博士（Dr. Phil Hastings）解释说，鲷类（Blenny）就是这样的例子。这些小型、细长的鱼飞奔疾走在海底——可以是岩石、暗礁或沙质海底——经常会从小的缝隙里探出它们的头。它们眼大而吻钝，永远持怀疑的表情——或者说持续的警觉。从全世界已经发现的差不多900种鲷来看，几乎所有的种类都会把卵产在那些随后会有雄性守护的巢穴内。

纵观这几百种鲷，巢穴类型非常多样，而雄性为了追求配偶显示了各种各样超凡的建筑技术。在红唇真蛇鲷（redlip blenny）中，雌性喜欢独栋别墅——大型、宽敞的巢穴，可以用来放置她们的卵子。但是大巢穴就像大房子，“保养成本”昂贵。它们不太可能拿到“房屋抵押贷款”，但是雄性为大巢穴付出了血汗资本：需要做许多日常的工作，比如清除堆积在缝隙里的沙砾，持续地刮擦以清理海藻，还有在领地内不断地驱逐其他鱼类。一个小一点的巢穴可以少伤脑筋，但是它也可能吸引不了雌性。

雄性红唇真蛇鲷在整个季节里通过估算他们的性成功率来调节这种平衡。他在自己的领地内，从收拾一个较小的筑巢点开始。当一条雌鱼到达后，她会对雄性进行评估，与此同时，雄性也会对她进行仔细观

察。雄性也喜欢大一点的配偶，因为大一点的雌性可以在巢里产下更多的卵——如果他要整天坐在那里看护鱼卵还要驱逐捕食者，不妨让巢穴中容下尽可能多的潜在后代，何乐而不为。如果双方通过了各自的检阅，之后雌性会走向庇护所来检查它的规模。如果她喜欢它，她就会产下她的卵，然后离开。如果她发现它太挤了，她会带着她的卵离开。

在一个或者两个繁殖期之后，一条雄性红唇真蛇鳎会估算繁殖成功率：如果雌性在他的巢穴中产下的卵数目少，他会换巢——几乎都会把内部升级得更宽敞，得到拱形的天花板和畅通的水流。对鱼而言，这种自我评估的水平令人惊奇，但是这帮助雄性最大限度地平衡了巢穴规模和吸引力这两个因素。通常，经过调整就可以招来更多的配偶。

但是，并不是所有的雌性都渴望宽阔、通畅的住所用来产卵；据黑斯廷斯所说，某些雌性只要求雄性的巢穴干净整洁就可以了。

管鳎（tube blenny）会在岛礁上寻找“阁楼公寓”回收利用，住进被抛弃的藤壶（barnacle）壳，或者海栖蠕虫废弃的虫管中。尽管雄性刷新一座老的建筑可以做的只有那么多，但黑斯廷斯的研究发现雌性不会妥协，除非房子已经打扫干净。雌性管鳎只是简单地不想把她的卵产在一个肮脏的公寓里。在这些物种当中，求爱的雄性通过整洁的卫生来吸引异性。

这就产生了一些有趣的转折，因为总体而言，越大越好是一个倾向。由于供应已经不足，大的管子有可能比较老而且长满海藻并覆盖有无脊椎动物。有时，小一点的雄性，如果拥有的是更干净的管子，最终会比大一点但是家里却脏兮兮、散发着臭味的邋遢汉赢得更多的卵，因为那些雄性通不过雌性的“白手套检查”。

不过，这种挑剔的审美也伴随着权衡。一个挑剔的雌性可以弄到更好的住所来孵化她的宝贝，但是这也意味着这些鳎鱼高度依赖它们的管状建筑好伙伴——藤壶和蠕虫，它们种群的变化可能对鳎鱼产生非常大的影响。黑斯廷斯最初研究场所的雌性已经消失，这就是一个有趣的实证。那个浅浅的暗礁曾是雌性的城市家园，所有的鱼都会从它们回收的管体中探出头来，但现在只是一个充满沉积物的海湾了。这是一个太熟悉不过的故事：沿岸的发展导致了垃圾的增长，使许多长久以来就居住在那里的物种窒息而亡。即使鳎鱼可能没有受到直接影响，但是增长的沉积物对滤食性的藤壶和蠕虫是一个巨大的打击。如果这些种群死亡殆尽，那么管鳎会失去用来逃避捕食者的藏身之所，也失去了新公寓的供给来源。考虑到雌性管鳎对卫生的挑剔程度，那么这里可能就找不到合适的家园了。具体的详细过程我们没有办法得知，但是，这种直接影响值得思考，它强调了海洋资源管理的两个最困难的方面：它们位于我们所有垃圾的下游，并且影响可能不总是直接的，这也会使这些影响更难以察觉和预料。

扇舞调情

给一个六岁大的孩子（或者某些吃了迷幻药的人）一盒你能想象到的最漂亮的蜡笔，再叫他们画一条鱼，然后你得到的东西很可能是条灿烂辉煌的花斑连鳍鱼（mandarinfish， 音“咸”，俗称“七彩麒麟鱼”。因颜色酷似清朝官服而又俗称官服鱼）：明亮的橙黄色涡旋纹环绕在钢蓝色的身体上，同时也横跨了鸭蓝色的脸。这种不协调的颜色布满了全身，而整条鱼只有人拇指那么大。宽宽的、圆形的腹鳍垂下来像两只乒乓球拍，而同样宽度的胸鳍漂在两边。如果说这些鱼鳍都是自然精心设计的产物，那么雄性像帆一样的背鳍则称得上“皇冠上的宝石”。

雄性可以迅速竖起一根背鳍前段的坚硬长刺，有时是在争斗状态下，为了阻挡其他雄鱼，有时是在求爱期，为了吸引附近雌性。当他这样做的时候，尖刺拉起第一段背鳍，就像桅杆上的一面帆。再往后，他把宽宽的第二段背鳍竖了起来，当这一部分挺直的时候，鱼的“身高”几乎增加了一倍。为了不失去平衡，雄性会展开像龙骨一样的臀鳍，看起来就像从肚子下面直到尾部挂着一幅圆圆的窗帘。为了画龙点睛，他的胸鳍充分伸展，就像闪亮的“爵士手势”[\(7\)](#)。

整个动作显著地扩大了雄性的轮廓高度，使他看上去高大而不可侵犯。大个儿的雄性可以快速赶走任何入侵领域的小个儿雄性。如果两个大小相当的雄性接近，一场决斗表演可能就会发生，每个雄性通过快速抖动背鳍、摆动腹鳍等方式设法让另一个在竞争中出局。竞争者们开合着他们的迷幻之鳍，而观看两个雄性相互兜圈子就像看一场精心准备的扇舞。

当向雌性求爱的时机到来时，雄性会上演类似的戏码，还会在混合

动作中增加一个全身振动。他们快速鼓动胸鳍，随着身体的左右摇摆创造一种闪闪发亮的效果。

对于到底与谁相好，雌性是很挑剔的，不过大致来说还是倾向于最大的雄性。最大的雌性几乎从不跟比自己小的雄性产卵，除非她们没有别的选择。大一点的雄性一般也拥有大一点的背鳍刺，那么有可能雄性整体的大小和他的背杆长度对雌性都有吸引力。而且还有一层道理——通过灵巧地运用他们扩大的臀鳍，大一点的雄性可以比小一点的雄性更好地“满足”一只大个儿雌性的需要。

当一对雄性和雌性花斑连鳍鲷 亲近时，它们会并排排成一排，使它们的管口（身体下面接近尾部精卵产出的开口）相配。雄性随后以一种相当灵巧的方式，卷起它长长的臀鳍对准雌性，形成一个漏斗状的管道，来兜住她的卵，以免卵分散得太快，同时也能在卵漂走之前，给它更多的机会来为数百个一批的卵受精。小一点的雄性的臀鳍也较小，也无法有效地兜住卵子，从而也就使得授精的概率更低。

雌性花斑连鳍鲷 并不是唯一一种喜欢大个儿光鲜亮丽雄性的动物。我们也喜欢看他们宛如童书一般的绚丽色彩。在水族贸易中，大个儿的雄性长有最大的背鳍，价格在市场中也达到最高。目前，所有出售的花斑连鳍鲷 都是从野外采集来的，而且市场中几乎所有的鱼都是大鱼。这种选择对雌性有双重打击：一是减少了她找到合适配偶的概率；二是即使她找到了一个，很可能交配后导致后代的产出减少。两种结果意味着剩下的花斑连鳍鲷 会过得很艰难，因为要产出足够的新的宝宝来替代从岛礁上抓走的大型雄性。解决方案之一就是，破解这些漂亮鱼儿的繁殖密码，并且提供稳定的养殖源来供应水族贸易。尽管业余爱好者可以成功地抓到他们并实现繁殖，但是到目前为止，在商业层面上生产这种鱼的初步努力已经失败了。到现在为止，除非我们能找到可

替代的来源，否则我们只能改进管理方式，放慢对种群中更有吸引力的求婚者的攻击，并且重新平衡种群中的交配成功率。

扇舞程序在多种鱼当中相当普遍，雄性会试着通过炫耀一些复杂的伸展运动来着重展示他们的身体大小。雌性同样也会使用鱼鳍弹到这里又摇到那里的招数来吸引雌性进入他们的住所。黑斯廷斯博士解释说，相比于色彩斑斓的花斑连鳍鲷，雄性鲷鱼引诱配偶的时候，反而会将外表变成单色。他们的体色几乎达到了黑色，这样可以使得雄性在蓝绿色水体和白色沙砾海底的对比中更加“突显”。一旦变暗并发情，他们就开始跳舞，那看上去有点像一个滑稽的数字夹杂着旗语信号。

标准顺序如下，雄性从他的管穴里探出来，并竖起他最前端的背鳍刺。通常，完全展开的背鳍有一个大而明显的圈或点在上面，用于吸引雌性的眼球。他也会张开他的鱼鳃，使他的头看上去更宽、更圆。然后，他直接退回到管穴中，仿佛在玩一个叫躲猫猫的调情游戏。

由于这些鲷鱼的住处都紧挨着，为了吸引路过雌性的眼光，竞争可以说非常激烈。中间会有许多打斗，雌性由此来评判街区新搬来的雄性。据黑斯廷斯说：“那就好像雌性正等着看好戏，看看这个新来的年轻人能不能在这个街区保护好自己。”一旦雄性得到了几枚卵，他就有平静下来的倾向。你可以认为他的进攻性由于某种责任感（对，而且还是他的本能）而有所缓和，这就是照顾发育中的后代的责任感。也许吧。此外，这种调情也有可能是危险的，因为在吸引雌性的注意力的同时也会吸引捕食者。想要引人注目就需要有所权衡，因为你只不过是块礁石上的一条小鱼。

且舞且歌

不像雌性，黑线鳕属（haddock）和鳕属（cod）看起来对引诱雌性这件事从不厌烦，他们还会在舞蹈之外加一点歌曲。

黑线鳕与其他种类的底栖鱼类一样，住在海底附近，他们会使用自己的鱼鳔作为一架体内的鼓，发出与众不同的咚咚咚的声音。在黑线鳕当中，雄性越是性欲高涨，他体内的鼓就敲得越快。这个时候敲击声来得如此之快，从而使之形成了一种连续的哼唱，雌性知道雄性要出现了。问题是，这家伙是她想要一起产卵的家伙吗？

为了使她相信答案是肯定的，雄性黑线鳕在保留动作中加上了温和的击鼓动作，提供一点赏心悦目的东西来附和最初鱼鳔的重击声。当交配季节来临，无数的雄性聚集在产子地，用一阵阵的敲击发出召唤，这可能有助于从昏暗的水体里吸引雌性。对于渔民来说，这种集会捕获这种受欢迎的海鲜最好的机会，为人们贡献了大量的美食，比如无数盘的英国炸鱼薯条，美国的鱼条或者“鱼片”，以及深受挪威人喜爱的“鱼丸”。

尽管有更多的研究需要做，但很可能，与孔雀和某些哺乳动物相似，黑线鳕属和鳕属也是通过炫耀来求偶的。炫耀求偶就是一群聚集在一起的雄性为了交配去吸引雌性的注意。想象一下，某个初夏，沙滩排球场的搭讪场景：成群的男人脱去衣服炫耀他们的肌肉，并且为女士抢占方便的位置来观看比赛。

动物会有炫耀求偶行为的原因是，雄性实在没有办法监视或者隔离雌性，抑或是抢占可以吸引雌性的资源。对于雄性黑线鳕属和鳕属，大

西洋水下几百米的沙质平原没有什么工具可以利用，于是他们聚集起来吸引雌性然后进行比赛以博取青睐。

在自然环境下，这些鱼类住在深层、黑暗的水域中，所以人们无法直接观察它们的交配行为。但是，研究人员已经在实验室里见证了它们的诱惑手段。开始时，一条雄性黑线鳕在海底附近“巡逻”，游出小圆圈或者8字形，同时他发出一阵缓慢且稳定的打鼓声。持续地转圈让大一点的、更占优势的雄性在原来无主的交配区域建立了领地。

一条雌性接近了，在雄性头上盘旋或者降到他同等的位置，盯着他的表演。然后，她就游走了，雄性紧跟在她的后面。但是，在后面他就不能展现出他的优点，于是他赶上去和她并排游并且上上下下地摇了一会儿他的尾鳍；然后，他抢到她前面，那样她可以从侧面好好地看看他。他绕着雌性转圈，炫耀着他的本事，这些动作进行的同时，他还会发出那些越来越快的独特的敲击声。

有时，雄性会回到海底，继续游出8字形，而雌性会再次回来查看。最终，几分钟、几小时甚至一天以后，雄性的舞蹈踏出了最后一步。他游到她下面颠倒过来，使它们的腹部相对。他用小小的腹鳍钩住她的腹鳍（用引体向上来锁定位置），并紧紧抱住她。他一阵阵的鼓点现在已经增强，变成一种有力的哼声，这样的振动可能有助于同步完成最后一幕。

它们鼻子朝上垂直立在水中，两个爱人用尾巴拍水并把它们的生殖孔压得更近。然后，它们开始产卵。雄性持续表演，不断上升的打鼓速度和最后的腹鳍相扣都有助于这对夫妇调整这种同步的释放。

鳕属性爱也是在肚子对肚子、几百万个精子和卵子（黑线鳕属和鳕

属都非常高产)的喷发中达到高潮。经过对鳕属的研究,发现与黑线鳕相比,雄性在开始展示之前,会一直等到雌性到来。雌性会在海底找个位置静静地待着。这个动作好像在说:“好了,小伙子们。你们现在可以以为我跳舞了。”然后雄性开始跳舞,在她头顶上转圈,而此时她从下面往上观看。通过凶猛地追赶、捅刺和撕咬建立了等级后,占优势的雄性有了更多的机会围绕在等候的雌性身边。表演结束后,雌性通常会游走,但是大概在24小时内,雄性会找到并尝试上她。求爱的雄性游到她的旁边,完成一系列快速的冲锋到她前面,伴随着一些发情的咕噜声,然后发动垂直的攀爬。

对于黑线鳕属和鳕属的雌性来说,评估配偶的能力不仅可以帮助雌性评定出雄性的健康程度,还会分出大小和等级。考虑到它们常用的交配姿势——有点像垂直的传教士体位——拥有一个同等大小的配偶有助于让喷出卵子和精子的生殖孔尺寸相互匹配。

各种渔捕技术可以限制鳕属(或黑线鳕属)的引诱方式,下面是由此产生意外影响的地方。在这两个物种当中,雄性和雌性喜欢在不同的深度闲逛。雄性鳕属在上层水面展示动作而雌性在下面观看;雄性黑线鳕沿着海底挖一条槽并等着盘旋的雌性游下来一起玩耍。如此就意味着对于这两种鱼,特定深度的捕鱼设备——比方说,像拖网之类的底部设备或者钩线之类的中层水域设备——捕获的某个性别远多于另一个性别,从而改变种群的性别比例。那么,对于剩下的鱼要找到配偶并繁殖都会更加困难。

在雄性需要给雌性表演的物种中,简单的动作展示同时也会暴露这些有男子气概的雄性,将其置于更加危险的境地。在入侵者进入他们的表演空间时,跳跃、闪光、冲锋和咕噜声——所有的这些行为都可能导致这些鱼比种群里胆小的一群更容易去咬装饵的钩或者游进网里。这个

结果与花斑连鳍鲷 水族贸易中发生的情况类似，闪亮的雄性吸引了潜水者的注意，因为他们鲜亮的颜色和大小而优先捕捉他们：雌性和瘦小的求婚者会被留下，那么雌性只能从他们当中选择配偶。

出生在一个小城镇里，多数待婚的单身者有可能是某种程度上的近亲，而现在海洋里许多物种也面临着类似的问题，它们找到迷人配偶的机会渺茫，罪魁祸首就是我们的渔捕方式。我们更喜欢——或者我们选择的渔具更倾向于——种群中最性感或者最有优势的个体，捕鱼结束之后就留下一个由更弱、更缺乏吸引力的个体组成的种群。而且，不出意外，性活动和生育水平会直线下降。鱼似乎跟地球上其他物种一样，宁愿将它们的配子再度吸收也不愿浪费在没有价值的配偶上（下次你在酒吧想坚决拒绝某些向你调情的人时，可以试试那种情况）。由于失去了最性感的雄性，一个雌性可能需要更长的时间去寻找配偶；她可能会被迫降低她的标准并且无奈地接受为一个比较次等的配偶产卵；或者她可能跳过所有过程不再产卵。这些情况也就意味着，更少的交配或者更低的交配成功率。

多种管理方法可以用于应对这些影响，但是这么做首先需要知道这些行为其实还存在。对于许多物种，缺失了以下细节——研究人员要么还没搞清楚它们的交配仪式，要么还没有将这些条件加入它们的捕捞影响评估模型中。

还有，如果说海里唯一的情歌是由嘟嘟囔囔的底栖鱼类演唱的，确实还挺没面子的。举个例子，为了成功追到一个雌性，座头鲸的求爱包含真心地吟唱非常复杂的曲调以及激烈的战斗，有时甚至会团队作战。如果蓝鲸长距离的情歌是用来向远处的配偶宣传自己，那么座头鲸的歌曲更像是亲密的小夜曲——都是在繁殖地，即雌性为了分娩而聚集的地方被传唱。唯一的问题就是，我们并不清楚这些雄性是在向哪头雌性唱

歌。

夏威夷的座头鲸从较为寒冷的采食区（那里很少能听到歌声）长途跋涉几千千米，穿过秋季和冬季，迁移到热带繁殖地。越来越多的雄性到达温暖的水域后，便爆发了男性合唱团的大合唱。这些歌曲传唱如此频繁，甚至可以穿透蓝绿色的海水传出水面，以至于任何住在毛伊岛和夏威夷大岛下风向的人只须把头浸在水下，就会听到悠扬的曲调。

雄性唱的歌有许多主题，可以持续5~20分钟。而且在任何一个时刻，一个种群中的所有雄性唱的都是同一首歌。在繁殖季节期间，歌曲经常会变化，有时会非常快。新主题混合旧版本是很常见的事，就像泰勒·斯威夫特混搭了弗兰克·辛纳屈⁽⁸⁾。而且正如在人类世界一样，座头鲸也会制作热门单曲，横扫大洋。出于某些原因——可能是种群规模更大——全新的曲子更容易从西向东横穿太平洋，比方说，夏威夷附近的座头鲸学会了一首新歌，而这首歌在几年前曾由一群斐济的雄性热情传唱。

我们依然不知道为什么雄性会唱歌。大多数时间歌手是孤独的，只会朝着海洋深处低吟着悠扬的歌曲。而且多数情况下，他看起来唯一要做的事是吸引其他雄性。有时，一头正在唱歌的座头鲸会吸引另一头雄性，然后他俩待在一起，甚至会合作去追求一个雌性。大多数情况下，歌手可能游过去然后加入一群雄性当中，然后他们进一步融入一个更大一点的雄性团体，之后一起去追求一个雌性。

在这些大型聚会中，真正的求爱行为很少，更常见的是猛推猛挤。雄性将胸鳍当作胳膊肘朝外拨，用尾巴切、用头锤，在鲸群中向前开出一条路来。此时，再也没有什么歌声了。每个雄性都有一辆大巴大小、约40吨重，这可谓地球上最大的约会比赛。谁赢得了比赛，以及胜利者

是如何赢得比赛的，至今仍是个谜。

这很令人惊讶，因为现在有大批的“偷窥狂”前往海里看鲸在繁殖地寻欢作乐。旅游行业的不断增长，让它们的约会游戏展现在了更多人的面前，尽管它们集会的繁殖地很固定，而且水也是完全透明的，但是从来没人看见过两头座头鲸干那事儿的过程。（如果你看到过，请立刻告诉我们！）像绝大多数海洋动物一样，我们仍然不了解这个过程，即一头雄性是如何成功完成引诱的最后一步的。

甚至那些我们研究得非常好的物种也会持续给我们带来惊喜：鲍勃·华纳博士和同事们在水下用了几百个小时观察那些奸诈的丁氏丝鳍鹦鲷夺取巢穴然后抛弃的全过程。鱼类专家黑斯廷斯观察了几年才发现雌性有天生的洁癖。不过，对于多数此类物种，我们之前确实没有那么多时间来做记录。因此，我们并不总是知道我们的行为会不会干扰它们的追求，无论是性还是其他方面的追求。

不过，在座头鲸这个例子里，我们采取的措施获得了不错的结果。自从国际捕鲸禁令实施后，全世界大多数的座头鲸种群数量在上升，这证明了对于海洋中最大规模的性交，我们还是可以贡献一臂之力的。

高超的伪装偷情术

诱惑的艺术也不一定都管用。

有些雄性和雌性会跳过代价高昂且复杂的求爱过程，悄悄地、偷偷地、神不知鬼不觉地做成性这件事。乌贼（Cuttlefish）是这种骗术的大师，它们已经证明它们是真正天生的异装者。

乌贼（墨鱼）是鱿鱼和章鱼的近亲，也是头足类，几乎可以瞬间变色和变形，还能改变它们皮肤的纹理。一些小型且狡猾的雄性把这些能力用到偷欢上，趁着雌性在她高大威猛的男朋友臂弯里的时候偷偷溜进去。在雌性有限的情况下，这是一个很有效的策略。

在澳大利亚南部海岸浅水繁殖地中，几万只巨型乌贼聚集起来在短短的4~6周时间内进行交配。尽管数量庞大，对于雄性乌贼而言，找到一个可以结伴的单身雌性仍然是一种挑战——雌性与雄性的数量之比大概是一比四，而有时这个比例可以达到一比十。除了比例低，雌性还会非常挑剔，前来献殷勤的雄性中，高达70%会被拒绝，而且她们的选择标准没有明显的逻辑。对于小型的雄乌贼来说，找到一只雌性并为其授精的概率更加渺茫，因为多数雌性早就与大得多的雄性配偶配对了。换言之，小型雄性要想与大型雄性竞争并胜出的概率是微小的。然而，如果作为“雌性”的话，“他们”就能得到相当数量的授精机会，那也意味着有一大堆“异装癖”游弋在礁石之上。

除了体形小之外，雌性乌贼的特征是她们棕色的斑点和更短的足——这些特征很容易被小型雄性所模仿。静静地巡游在附近的异装雄性只需要披上这些微妙的雌性色调并把足收起来——小心翼翼地藏好他的

第四足，也是那个所有雄性用来传递精包给雌性的足——就能轻易骗过更大的雄性，使他认为“他”是个“她”。通过采用这种伪装并且表现得像一个产卵的雌性（拒绝所有交配请求），这些骗子可以悄悄贴近到雌性旁边，尽管她的配偶就在附近。

大型雄性一旦被挑战者分散了注意力，小型雄性就能乘虚而入。他立即变形，抛弃他的女性装扮，换上求爱的颜色，一系列性感的串联条纹和起伏仿佛在他身上起了层层涟漪。如果一切进展顺利，雌性会允许他跟她交配。雌性经常这样做，也许欣赏的是他狡猾的策略。对于雄性，小也有小的好处。

如果他在偷情中被发现，可能会被大个儿的雄性暴打一顿。但是，如果他足够快，这个偷偷摸摸的雄性可以闪回到雌性伪装并成功躲过拳头。不过，这样的骗术可能会导致另一个问题，那就是好色者的勾搭——许多雌性模仿者是如此令人信服，以至于大型的雄性会想与他们交配。

在显形乌贼（mourning cuttlefish，直译为“哀悼乌贼”，因为眼睛边缘的黑圈而得名）当中，这种骗术又进了半步。

雄性通过在他侧面和背面闪耀出艳丽的斑马纹来引诱雌性，这个信号表现出了他的饥渴和期待。不过，这样的表演，也会抓住附近其他雄性的眼球，然后这些雄性可能飞奔而来并拦截雌性，与之先行交配。所以，如果另外一个雄性出现了，求爱的雄性反而会让自己位于雌性和另一个雄性之间，然后开始双重表演：他身体面向另一个雄性的一边，显示出雌性的标记；而在面向雌性的那一侧，演示的则是文雅、性感的姿态，好像在说“我是纯爷们，宝贝”。从上往下看，乌贼的背好像从中间劈开一样，一边是丛林中的斑马条纹（总是很性感），另一边夹杂着棕

色而低调的雌性图案。如此一来，这种半异装的雄性在另一个雄性眼皮底下向他的心上人调情，却不会引起丝毫怀疑。不过，当到达现场的雄性不止一个时，冒充的雄性就会丢掉伪装并露出本来面目——毕竟，这种诡计只有在狭窄的视野范围内才能成功。

异装不仅能帮助雄性改变外貌从而可以偷偷进行秘密的交配，也能帮助雌性避开纠缠不清的雄性。如果想伪装成一个雄性，没有什么比装上一对“蛋蛋”（精囊）更有说服力了。

至少有一种鱿鱼中，雌性会假装拥有雄性的零件。这种雌性会在身上画出图案，看起来像雄性精囊拉长的阴影。她们可以说是通过改变外表皮肤颜色从而在内部添加了雄性零件。而且这起了作用。有精囊状图案的雌性受到的雄性骚扰确实减少了。

伪装成功地帮助了小型雄性取得一些原本可望而不可即的交配机会（也可以帮助雌性避开交配）。但是，不是所有的小型雄性都具备这么聪明的骗术，他们不会短暂伪装雌性的颜色并以此打败占优势的雄性，于是他们采用了一种笨得多的办法：他们直接往外喷精子。

因为绝大多数雌鱼是往水中（或者开放的巢穴）产卵，附近的雄性可以飞奔过来将他们自己的精子混入其中。当然，敢在老大与他的女人将要完事时强行闯入，这可是需要勇气的事。你一定认为这些闯入者必须非常迅速、敏捷并且真的有“种”。但实际上不完全是。他们的成功依赖于进化出的尺寸巨大的精囊。

在许多物种当中，雄性的两种繁殖方式在海里会分化：一种方式是长成又大、又壮以赢得近乎独享雌性感情的权利；另一种则着重保持小巧而且敏捷的形态，长出很大的雄性零件。在加勒比海珊瑚礁上，雪茄

状的双带锦鱼（bluehead wrasse，俗称“蓝头鱼”）是一个普通的物种，拥有两个可供选择的雄性类型：一种个头较大，也以“终级”雄性而闻名，或者叫TP，还有一种“初级”雄性，或者叫IP。

一个雄性如何成为TP雄性或者停留在IP雄性阶段有许多诡异的转折。可以说超级雄性是黄铜色的雄性，长有光秃秃的蓝色头，可以用来守护礁石上最好的位置，雌性喜欢每天在那里寻找她们的午间性爱。TP比IP雄性要大很多而且更具攻击性。IP雄性并没有令他们得名的蓝色的头，他们的颜色、体型看起来都像幼鱼或雌性。不求长成大个儿的身体，但是IP雄性在增长繁殖零件方面却投入巨大，他们长着异常巨大的精巢，重量占到了体重的20%。

如果男人有着像IP双带锦鱼一样的比例，一个90千克的男人在裤子里必须装备重达18千克的睾丸。正在看这本书的先生们，我只能祝你好运了。

这些庞大的袋子允许一个IP雄性一次抛出多达4000万的精子——而超级雄性只能释放300万~400万，这也使他们看起来也许不那么超级。（如果一个IP雄性长得足够大，能够赢得一些战斗，他们就会转变成TP雄性，那也意味着他们的精巢要缩小。）

归根结底，两种策略都是为了保证在非常困难的环境下可以让一个雌性受精。超级雄性每天会稍微比雌性早一点到达，从他最喜欢的地方开始，把其他雄性狠狠地赶走。随后，他开始欢迎雌性，先用胸鳍做几个充满活力的抖动动作，并在水柱中来几个向上的猛冲。如果雌性对他的领地和动作印象都不错的话，会加入他。双方会以几乎肚子对肚子的方式游动并且同时在上升的水流中释放它们的精子和卵子。成功的TP雄性一天之内有150多次的交配！要知道，他们并不是在24小时之内不停

地排精——这些鱼更像是午间情人。

为了将他的性输出最大化，一个TP雄性不仅要保卫最好的领地、在水层中向上猛冲来诱惑和追求雌性，而且他也需要一点算术以保证精子不用光。如果礁石上面只有少数雌性，例如20个，一个TP雄性会释放很多精子，那么每个雌性也许会分到400万个精子，其中有98%~99%会使卵成功受精。但是，如果雌性的数量翻倍，由鲍勃·华纳博士的另一组实验结果来看，TP雄性会调整策略。多出来的雌性到来的第一天，TP雄性像平常一样产子，大概在第25条雌性到来之后精液就用完了。他会和剩下的雌性继续进行交配之舞，但是他已经没有“子弹”了。然而，第二天，他已经意识到来了一批新的日常造访者，就会把贡献给每个雌性的精子数量下调。由于精子释放得更少，每次产子的授精成功率会下降到92%~93%，但是由于雌性数量翻倍，相当于授精两次，总的来说TP雄性的繁殖输出增加了。

一个附近的IP雄性看到TP雄性领地周围发生的混乱后，可能会忍不住冲过去，在夫妇产子的极乐中快速穿越并加入。但是，一个求爱中的超级雄性是不可以戏耍的；他会在上升的途中暂停，并冲向尝试参与性交的侵入者。因此可以说，IP雄性必须等到这些超级雄性只能进不能退的时候才可以行动。他们必须冲进去，就在他们垂直上升到顶点的时候，释放自己的DNA混入其中，这也正是它们释放一团团精子和卵子的时刻。这种策略性的偷袭效果不错，但是也只有大约50%的受精率，尽管IP雄性生产的精子大约是TP雄性的10倍。位置决定效果，而TP雄性在这里占得了优势。

在有些礁石上，同类简直太多了，没有足够的产卵领地。在这种情况下，一帮帮IP雄性会越过超级雄性，直接找上雌性。这就会导致一个雌性一次性与几个，甚至几十个雄性一同产出精卵。在这种碰运气的环

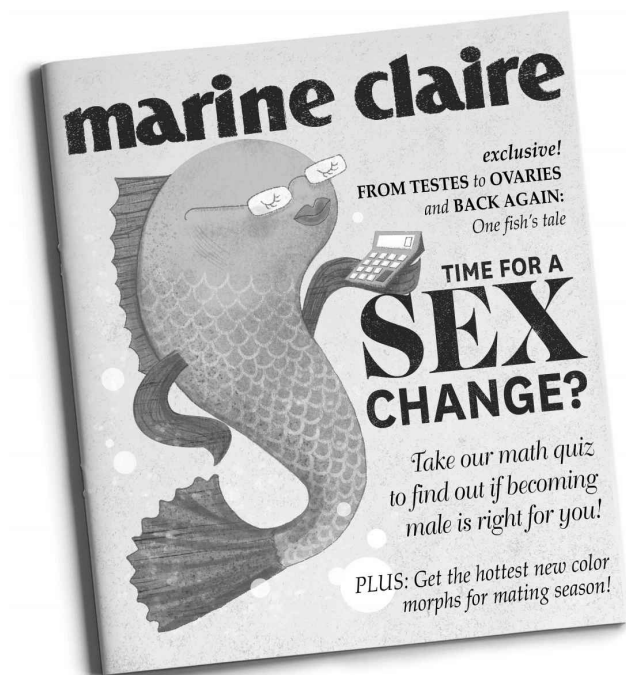
境下，雄性们喷出了数量庞大的精液团，一个雄性抛下的精子越多，他的DNA转变成下一代的概率就越大。拥有丰富精子的小型IP雄性就这样在乱哄哄的礁石上战胜了大个子。

这种鬼鬼祟祟的雄性不只存在于美丽的岩礁鱼类中，他们也影响了几种世界上最受欢迎的海鲜的未来。银大麻哈鱼（coho salmon，银鲑）和大鳞大麻哈鱼（chinook salmon，王鲑、奇努克鲑）中都有鬼鬼祟祟的雄性，他们抛弃在海中的生活，早早回到淡水环境。在那里，这些小型的恶魔等待着伏击一对对更大的产子成体，往溪流中喷出他们自己奶状的精液。由于自己太小，还无法吸引雌性，因此他们算准了时间，正当一对夫妇达到高潮时，他们飞速地射出自己的精子。然后在雄性们报复之前，迅速溜走。这种行为看起来卑鄙齷齪，但这种“猥琐男”对大麻哈鱼的长期生存是至关重要的。这些提早发育的小型雄性比产子的夫妇要年轻，因此他们来自不同的世代，所以混入其中的精液可能有助于种群的基因多样化。



通过气味、声音、性感的舞蹈或者偷欢找到配偶是波浪之下所有诱惑节目的一部分。但是，水下居民还有一种策略，这个策略在得到性交机会中扮演关键的角色：交换性别。某些物种当中的个体在它们自己的有生之年拥有转变性别的能力。交配成功的途径不仅包括引诱，还需要做一些重要的计算来做决策；不仅包括诱惑谁，而且还有什么时间——以及与什么性别。

第三章 变性 灵活转换你的性别



性海二三事

- 一些石斑鱼出生时是雌性，然后可以转变成雄性。有些牡蛎则相反。
- 真实的小丑鱼会在《海底总动员》中加上俄狄浦斯的情节。
- 因为同伴的压力而改变性别在海里是很常见的。
- 你的食物决定了你：有一种虾，成为雄性或雌性取决于吃了多少海藻。

性海背景乐

1. 《到野外走走吧》——卢·里德
“*Take a Walk on the Wild Side*”——*Lou Reed*
2. 《男人看起来像女人》——空中铁匠乐队
“*Dude (Looks Like a Lady)*”——*Aerosmith*
3. 《老虎之眼》——幸存者乐队
“*Eye of the Tiger*”——*Survivor*

从前，有一个国王和王后，统治着一个和平的王国。和平来自等级，而等级是通过威胁而强加到大家头上的。没有人敢站出来挑战他们的统治。美丽而且始终比国王高一头的王后，毫无疑问，是真正掌握实权的人物。甚至有流言说她威逼他，就像他威逼宫廷里的其他人一样。

然后，有一天晚上，王后死了。没过多久，一股奇怪的力量开始在城墙内打转。仿佛咒语被解除了一般，国王感觉体内发生了一种深刻的变化，绽放了一些全新的、不同的……女性化的东西。接下来的几周，这种内部的变化继续进行，直到最后，他走了出来，成为全新而强大的王后，同样美丽、善育而且像前任一样发号施令。国王，也就是现在的王后选了一个朝气蓬勃的年轻人作为“她”的夫君，在同样的咒语下，年轻人发育成了魁梧、阳刚的雄性。在新女王的无情监视下，新国王接受了他的角色并开始了新一轮威胁统治——从此以后，他们生活在一起并成功释放出一窝又一窝的卵，“从此永远幸福地生活在一起”。

剧终。

如果格林兄弟知道小丑鱼（clownfish）的一些情况，那么一个童话故事就有可能产生了。是的，就是小丑鱼。但是对不起，朋友们，皮克斯工作室搞错了。错得离谱。

就小丑鱼的关系而论，真实世界的冒险故事读起来更像希腊悲剧《俄狄浦斯王》而不是《海底总动员》。如果让大自然来写这个故事，等尼莫从卵里孵化出来的时候，他的爸爸马林，一个丧偶的雄性户主，将会变成“玛琳”。因为在小丑鱼中，当雌性首领死了的时候，主事的雄性就变成雌性了。

马林现在变成了玛琳，她不会去追寻被绑架的尼莫，而是待在家里，然后从周围迎来下一个最大的雄性与“她”在一起，成为她选择的伴侣，并住在她宽敞的海葵屋里。一个占有着体面的住所，成熟、准备被占有的雌性是不会没人陪的。尼莫，如果他能逃跑并返回家中，会发现海葵里住着其他雄性小丑鱼。他不得不等待，直至轮到他和由他爸爸转变而来的妈妈相逢（并交配），儿子变成了情人，而爸爸变成了妈妈。

尽管没有鲨鱼、水母群和冲浪的海龟，但相对于个人成长和胜利的冒险故事而言，尼莫在真实世界的经历更加丰富多彩，这色彩则来自小丑鱼转变性别的能力。这个策略被许多种鱼类和无脊椎动物所采用——这些物种从来没有必要去弄明白异性做爱是什么样的感觉……因为它们自己就知道。

暂时的性别转换策略

在海里，雄性和雌性的界限比陆地上模糊得多。对于尼莫和你餐盘中的虾而言，生命中途来点性转换是自然生命周期的一部分。实际上，要是列出所有海里变性动物的名字，这个名单看起来会像一个法式海鲜什锦的食谱：贻贝、蛤蜊、虾和各种鱼。还有其他的，比如蠕虫和一些海星，它们虽然不适合放进海鲜什锦，但是它们在性别上也是真正的“能屈能伸”。

尽管能量消耗很大，但是改变个体性别的能力是一种战略，这种方式可以在每次繁殖性的性交中促进后代的产出。原因如下：在某些情况下，其中一个性别在它们长大（或变老）的时候，会比小的时候生出更多后代。在人类中，女性的生育高峰是在20多岁，之后就开始衰落。但是对于男人情况并不是这样。相反，他可以通过与更年轻的女性结婚从而生出孩子，一直到他50多岁、60多岁，甚至更老。

现在想象一下，毛头小子们虽然有着热切的性冲动，但是缺乏经验，不可能与眼光挑剔的雌性发生关系。她们只希望被最强壮、最聪明、最优秀的雄性临幸从而生下后代。在这种情况下，如果只是想尽可能多地生育下一代，我们可以通过改变性别来实现这一目的。出生时先是雌性，在年轻的时候，与年纪大的雄性交配而产子。然后，在怀孕和产子能力下降时，你可以转变成一个雄性，并且通过找到一个年轻漂亮的异性来激起你延续后代的欲望然后与之交配。瞧，整个物种的繁殖能力就这么提高了。

当然，你也不得不忍受经历两次青春期的烦恼。在现实中，人类生物学太死板生硬，并不允许我们有这种性别的灵活性。对于其他哺乳

类，也有着同样的约束，包括诸如象海豹这类的物种，它们肯定会从那种灵活的策略中受益：所有那些被大个儿的雄性头领踢出沙滩的小型雄性反而可以在开始时成为雌性，什么时候长大并且准备好战斗了，就再转变成雄性。唉，大多数脊椎动物都没有这种选择的机会。

鱼类则是个例外。与许多无脊椎动物一样，它们几乎没有受到那么多的限制。对于它们，有一些实实在在的生殖优势作为回报，性别转换的成本只是付出的一个小代价。

性别转变的来龙去脉

从技术上讲，所有能够性别转换的物种可以被认为是雌雄同体；但是，不是常期雌雄同体，这种情况个体拥有两个性别的生殖器和生殖腺（内部性器官），性别转换者是“顺序雌雄同体”，先以一种性别成熟，然后转换成另一种性别。一个物种的不同生态因子和社会系统决定了改变性别是不是有意义，以及物种可能的转变方向。噢，对了。性别转换在海里都是双向的。

开始是雄性然后转变成雌性的动物，比如建造性塔的履螺，是雄性先熟（protandrous）雌雄同体。“proto”的意思是先，“andro”意思是雄性，相对的是雌性先熟（protogynous）雌雄同体，它们先是雌，再转变成雄性，“gyno”意指雌性。而且，在一些物种当中，个体一生都在两性之间来来回回地变换。一首关于相继变性的小诗会有助于理解这个现象：

Andro是从古希腊语来的，表示任何是雄性的东西；

Proto是你发现的前言，标志着故事的开始。

因此，Protandrous群体生命之初是雄性，

然后再转变成雌性

（其中有许多理由解释为什么）。

但是，一些物种开始是雌性；

然后这些雌性先熟的雌雄同体变成雄性，

只要给予一定条件。

有些可能依靠一个伙伴，

告诉它们何时可以转换，

有时是邻居，它们给予了某种刺激。

从激素信息到后宫规模，

有许多因素起作用；

不同的物种运用这些线索

引导它们走上正轨。

对我们人类普遍的幻想：

异性的性是什么样的？

这些性变换者有确切的答案。

决定了一个个体一生性别策略的原因，与种群中有多少资源以及配偶是否被垄断有关：有没有组织起来开性派对的单身者？是不是少数雄性霸占了所有的雌性？找到多个伴侣的概率高，还是最好找到第一个就马上安顿下来就好？以上这些及其他问题的答案，会促使物种使用一系列策略来固化它们超凡的性技巧。

成为一个真正顺序雌雄同体意味着100%的转换——从身体到行

为、从内到外。这意味着你所有的零件——包括最隐秘的部分——会彻底改变。鱼和无脊椎动物会经历外貌上的最大限度的变化，戏剧性地重组外部形象（某些鱼中，雄性会长出非常长且晃来晃去的外生殖器）、内部器官、颜色、身形以及行为。

皇后鹦嘴鱼（queen parrotfish）是这种外部改变的一个有趣的例子，并且这种鱼与人的密切关系超乎想象。鹦嘴鱼相当于海里的除草机。作为珊瑚礁的无名卫士，它们用像鹰一样的嘴啃掉大块的海藻并由此保证珊瑚上的海藻不过度生长。在这个过程中，它们也不可避免地会咬掉一些珊瑚，然后它们的内脏会把它磨成粉。像飞机拉烟一样，鹦嘴鱼游过的地方会放出一股股白色的珊瑚粉。最后，磨成粉的珊瑚残留物会被冲到海岸上，成为松软的海滩。如果你曾经在热带地区的白色海滩上游玩，你可能就躺在一堆堆鹦嘴鱼的大便上。

作为年轻的雌性，皇后鹦嘴鱼展示出质朴、微妙的色泽以帮助她融入珊瑚墙的阴影中。但是经过几年之后，她把她灰暗的服装换成狂欢节的华丽颜色。淡紫色和棕色被青绿色、耀眼的蓝色和嫩黄色所覆盖，同时，她褪去女性的神秘，爆发出成熟的男子气概。

肌肉发达、像蛇一样的五彩鳗（ribbon eels）也会表现出类似的令人印象深刻的颜色转换，同时伴随着反方向的性别转换。乌亮的幼鱼背部被显眼的黄色赛车条纹贯穿。长成后，雄性的体色会变成天蓝色，黄色条纹保留了下来，让它们看起来像一面瑞典国旗。几年后，明亮的黄色变宽了，最终包裹住它们整个身体，同时鳗鱼完全转变成了雌性。

在某些物种当中，转换不仅仅是简单的外貌改变以及少量形体变化，比如世界上最大的珊瑚礁鱼类之一的波纹唇鱼[maori wrasse，又名毛利濑鱼、波纹鹦鲷。汉语中叫苏眉鱼（因这种鱼眼睛后方有两道状如

眉毛的条纹)]。这种鱼还有一个别名“隆头鱼”。最老、最大的雄性——某些可能超过两米长——有着明亮的蓝色眉骨，且明显突出，使他们的眼睛永远躲在阴影之下。但是，多数隆头鱼出生时并不是这样的。变身前的雌性额头平坦，有着红色和黄色的线条，类似山顶洞人的额头是在变性之后才出现的。这个物种的性别转换带来的不仅是新的颜色，还有装饰性的头盖骨。

在所有性别转换的例子中，极端的外部重塑意味着内部变化同样令人吃惊，因为所有性器官都会经历彻底的结构变形。总之，在老的“设备”被身体吸收之前，新的“机器”会先发育并且实现运作。因此，在雌性先熟的雌雄同体中，会发育出产精的精巢代替卵巢，然后卵巢开始融化。对于雄性先熟的雌雄同体，情况则相反：长出新的卵巢，并且身体开始重新吸收精巢。生殖腺在过去和现在之间跳着生理探戈，伴随着的则是激素的一曲合唱。激素在转变过程中触发了不同的阶段，而究竟是什么触发了这些触发物质则取决于物种。

马林变“玛琳”：雄性先熟的雌雄同体

为了理解为什么现实世界中尼莫的故事读起来更像古希腊传奇而不是皮克斯工作室的版本，首先你必须认真考虑这个事实：雌鱼长得越大，她就可以产更多的卵。这种“更大等于更多的卵”的理念跟人是完全不相干的。人类女性生来大概有同样数目的卵子——约100万个。无论她的身高、体重、民族等，在她出生之前，也就是在子宫内大约十二周之后，她就拥有了这辈子所有的卵子。随着她长大，卵子的数量会下降。等她到了青春期，她一生的卵子大约只剩下一半（多数不会发育，并且会被身体吸收，只有大约300~500个卵子会最终发育成熟）。

鱼类不是这种情况（还有许多其他海洋物种也不是）。对于她们而言，她们整个生命过程都在不断地产出卵子，并且体形有着很大的影响。

雌性越大，她可以装下的卵就越多，而且只要她是健康的，就可以产出更多。举个例子，35厘米长的翼齿鲷（*Rhomboplites aurorubens*）可以产出大约15万枚卵。而一条55厘米的同类雌性可以产出170万枚卵，超过前者的10倍，但鱼的体形却大不到两倍。因此，高大、年长、多脂、善育的雌鱼可以排出的卵子比她们身形小几个等级的妹妹们要多得多。

除了垂直上升的产卵数量，大个头的雌性可能还有别的优势。年长的（即更睿智的？）雌性可能比年轻的雌性产卵期更长而且可能有更多的产卵地。为了幼鱼的生存概率，她们尽可能四处下注。这些因素意味着体形大的雌性的优势是不成比例的，而且可能对种群的长期生存是至关重要的。

更大的雌性可以携带更多的卵这个道理不仅仅适用于性别转换者。任何大个儿的雌鱼——不论她生来是雌性，或者开始是雄性，然后转变成雌性——都有这种潜力，即相对于小型雌性而言明显对后代有更多的贡献。但是，可以变性的物种能够利用这种特征为自己谋利，特别是那些在繁殖季只进行一对一结合的物种。小丑鱼的情况就是这样，作为雄到雌的性别转换者，像海马一样加入了一夫一妻制的少数物种俱乐部。

作为一种颜色花哨、一口就可以吃掉的鱼类，在到处是捕食者的礁石上，小丑鱼（也称为海葵鱼）倾向于待在它们海葵之家的安全范围内。水母的远亲海葵有着柔软的身体，外面围着带刺的触手。小丑鱼可以藏在海葵挥动的触手内，这对它们形成了完美的保护。但是好的海葵难以觅得。如果你是一只成年的小丑鱼，决定去寻找一个新的家，其他的小丑鱼可能会把你从它们已经占用的住处赶走。旅馆内没有多余的房间给你。但是作为一只幼鱼，你看起来非常无辜，不会和占统治地位的成鱼形成竞争，因此，除非那个海葵特别拥挤，你还是有留下来的希望的。这样，年轻的小丑鱼用它们的嗅觉找到一个好的海葵，并且一旦被允许加入一个种群，它们就会待下来。

由于受到海葵的限制，这些鱼只能和原先住在那里的其他鱼纠缠不清。这就像被迫与隔壁的女孩或男孩约会一样。但是，尽管大约有4~6个个体住在海葵周围，却只有两个最大的个体会交配：唯一的一个雌性和最大的雄性。那么，这时成为一个大个儿的雌性就有用武之地了。通常而言，即使是小型的雄性，产生的精子也能让雌性所有的卵子受精，那么，雌性产的卵越多，这对夫妇可以产生的后代也就越多。因此，较大的雌性体形对于雌性和雄性而言都是有利条件。最初，一只小鱼开始是雄性身份，在体形较小的时候与一只大的雌性结合，可以生出许多后代。然后，当比他年长、体形更大的伴侣死了的时候，他就可以转变成

一个雌性角色，得到一个新的伴侣，并且继续产出大量的后代。这才是小丑鱼一生的故事，真实世界里的尼莫跟电影一点都不像。

不过，一只小丑鱼想要成功，不只需要性别转换，还要防止其他成年小丑鱼与它们的配偶偷情。顶级的雄性和雌性双方都会进行心理战，霸凌其他定居的小丑鱼，并且让它们产生巨大的压力，从而阻止它们的性发育。这是一门精巧的艺术，真的。雌性会折磨最大的雄性，防止他长得过大（并且有可能长成有竞争力的雌性），但也不会过度威胁他，那会压制他的男子气概。被雌性折磨的雄性对第二大的个体呈现出攻击性，但是，他也采用同样的方式，使其进入发育停滞的状态。被威胁者之后也成了威胁者，转头控制下一个最大的个体，然后以此类推，保证每个个体知道它在强弱秩序中的位置，并且停留在未发育的阶段。

对年轻、矮小的小丑鱼而言，生活可能是不易的，但是，所有的折磨也有好处。当雌性死亡，头等雄性可以快速转变成雌性并收获繁殖红利：队伍中紧随其后的幼鱼地位自然就上升了。然后新的夫妇继续上演这一出戏，没有人必须走出海葵的安全地带去冒险找一个配偶。

小丑鱼雄性先熟的生活方式并不是独一无二的；许多牡蛎（别名蚝）也熟知性的正反两面。作为最受欢迎的海产品，包括蓝蚝、贝隆蚝，出产于斯威特沃特和韦尔弗利特，熊本和佩马奎德的品种，伴随着黄油般的、咸的、烟熏味的、质朴的、果味的奇妙风味，这些牡蛎全部有从雄性转化为雌性的潜力。这样的天赋对于终生长在淤泥里的动物也是有利的。

牡蛎黏附在一起成为一堵活的岩石墙，这种牡蛎礁是由几代牡蛎组成的。微小而自由的幼体会从海面沉下来粘在祖先的背上并生长。在夏日恋爱的季节里，牡蛎收缩它们的壳，向水中强有力地喷射出巨量的精

子和卵子，在那里它们将与其他牡蛎喷出的配子混合。我们会用几章讨论像牡蛎这样不能移动的动物，它们反而会把配子自由地释放进开阔的蓝色海洋中，让它们找到互补之物并结合。为了帮助提高即将发生的受精的概率，这些动物喷出的精子和卵子数目惊人。较大的雌性有着天然优势，因为她们的产卵量相对显著。一个成年的雌性牡蛎一次可以释放超过100万的卵子，并且她们经常一年多次产卵。雄性较小，能量储存也较少，仍然可以产出大量的精子，但是，产出同样多脂肪丰富的卵还想留下能量来生长是困难的。因此，雄性先熟是有道理的，个体较大的牡蛎作为雌性繁殖，可以转移更多的能量，这对每个个体都有利。

虽然个体大小很重要，但并不是唯一控制性别转换的因素。社交因素也很重要。卡罗来纳海岸大学牡蛎专家朱莉安娜·哈丁博士（Dr. Juliana Harding）指出：“如果你的周围都是雄性，那作为一个雄性，生产配子的意义是什么？”还有另外一个重要因素：为什么这么麻烦去变性，如果你的邻居已经变了？哈丁解释说，牡蛎用化学信息素来确定周围的个体以及它们的性别，从而判断什么时候进行性别转换以及这种转换是否有意义。“个体大小和社交因素都会影响最终结果。”

实际的性别转换发生在产子后，也就是在性腺最后被排空的时候。但是，许多性别转换者从雄性到雌性（或者相反）的飞跃只要几天，牡蛎则需要相对长一点的时间。哈丁解释道：“这像逐步淘汰一套旧设备，然后安装一套新设备，还要在放弃旧设备之前对新设备进行调试。从进化的观点来看，你总是想能够产出点东西，这样就不会错过繁殖后代的机会。”这也是为什么牡蛎会“细水长流”，在较长的一段时间内释放卵子和精子。

但是，不是所有牡蛎个体都会变性。在某些种类当中，牡蛎生来是雄性并保持雄性，有些生来是雄性的在过些年之后会转变成雌性。两种

方式的不同之处主要是基因，还有环境因素的影响。比方说，在太平洋的牡蛎，生来携带MF基因有可能是真正的雄性（像男人XY基因型），而那些携带FF组合的牡蛎（像女人XX基因型）是雄性先熟——生下来是雄性，一两年后可能会变性成雌性。对于何时发生性别转换，没有一个硬性的截止日期，年龄和环境都可以影响时间点：如果食物供应不足，或者生存条件恶劣，个体就会推迟转换。另一方面，疾病或者以年长、个大的个体为目标的渔捕压力可能会触发转变，更早变成雌性——这样才能保证她们在被捕获之前排出几轮卵子。这种多变的性别转换是一个鲜活的例子，证明外部力量可以从根本上影响一个物种的性生活。

不过，从雄性到雌性的转变只是性别转换的冰山一角。为了通过性别转换提高繁殖成功率，更常见的是雌性到雄性的转换策略（至少海鱼是这样）——对大个儿雄性可以有效统治鱼群的物种而言，这才是它们会选择的路。

皇后变皇帝：雌性先熟的雌雄同体

对于生活在雄性掌控雌性或者领地的物种，性成功的关键是越大越好。没有强壮的肌肉，几乎是不可能成功保卫一群雌性或者一个用来吸引雌性的上好交配场地的。在这种交配系统中，以雌性身份成熟才是有利的策略，当她们还小的时候，可以与处于支配地位的雄性交配几年，然后当她们产出和经历足够多的时候，继而转变性别，成为一个高大、威猛的领头雄性并且开始与所有雌性交配。这是雌性先熟雌雄同体的策略，生命之初是雌性，然后转变成雄性。这种转变需要仔细地计算。毕竟，成为一个具有支配地位的雄性角色要付出很多。首先，她必须学习从行为（或观念）方面如何成为雄性——与其他雄性竞争，赢得雌性芳心。然后，她不得不扩大能量储备重塑新的雄性生殖系统并且拆掉旧的雌性结构。所以，她怎么知道在什么时候开始冒险？

对于某些物种来说，这些可以归结到“拥有吸引人的房地产”。

可以成功护卫最好的领地的雄性会吸引雌性来找他们。我们看到过那些雄性用最佳位置勾引雌性来产卵。这种精挑细选的场所通常要么充满食物，要么包含完美的产卵条件。这相当于在好的地段拥有好的房子。

裂唇鱼（cleaner wrasse，清洁鱼）给出了一个例子。这些鱼大约一巴掌长，呈现典型的雪茄状，有一个淡黄的头、淡蓝的尾巴，还有一条明显的水平黑色条纹一直从眼睛延伸到尾巴，在尾部变粗。和它们的名字一样，这些珊瑚礁鱼逗留在不同的“清洁站”附近。这些清洁站就像开在礁石上的美容店，只不过不理发或打蜡，而是一个给你除虫的场所。需要这种服务的鱼只需要现身并且摆出合适的姿势，伸开鱼鳍，张大嘴

巴盘旋在那里就行了。清洁鱼之后会开始工作，从到访的鱼身上摘掉寄生虫或者坏死损坏的鱼鳞。这些清洁站是中立的场所，小巧的清洁鱼甚至会在诸如石斑鱼这样的大型捕食者张开的嘴巴里游进游出。

所以，如果你是一个雄性清洁鱼，要在礁石上最热闹的美容店周围守护一群雌性，你会非常忙。雌性清洁鱼会逗留在附近，侍候你和顾客。在这些清洁鱼当中，情侣是很忠贞的。即使雄性不幸罹难，他们妻妾中的部分也会留下来。占优势的雌性开始直接扮演雄性的角色——在雄性离开的一个小时内。

我只是说她们忠贞，并没说她们多愁善感。

花点时间想象一下雄性清洁鱼的生活。当然，作为后宫之主会有诸多性事需要做。但是，想要出去放个假？最好带上你的姑娘一起去。否则，你回家后可能会发现你之前顺从的夫人干着唐璜的勾当，引诱你所有的雌性成为她——现在是他——自己的后宫。

大自然会小小地打断他们一下：如果雄性仅仅溜出去几个小时，最大的雌性可能会与其他小姑娘闹腾，但是雄性一回来，她会迅速恢复淑女般的姿态，没人会质疑她。

对于一个必须代替雄性的雌性，她的当务之急是保持后宫团结以保住将来的配偶。因为她需要花两三个星期的时间长出能用的雄性零件，为了确保其他雌性持续产卵，表现得像一个雄性可能是最好的选择。那样，性别转换完成的时候，她（现在是他）终于可以干正事了。策略成功！较小的雌性似乎没有辨别能力。她们的本能是与种群中最大的、占优势地位的个体交配。只要她表现得像个他，就足够了。

有机会在水下统治一个上等领地可能是雌性转换成雄性的理由之

一。但是对于某些物种来说，性别转换不是一个个体选择，它常常是由众多的逗留在附近的其他雌性和雄性触发的。从那个个体角度设身处地考虑，就好似搬家到新公寓，你的性别会取决于住在大厅里的女人和男人的数量。这个系统不仅让你的性别（和性生活）依赖于更大范围的社会动态变化，而且还意味着你必须密切注意数量问题。

擅长数学的变性者

某些鱼和虾必须擅长数学，它们的性生活就靠它了。

拿受欢迎的观赏鱼——丝鳍拟花鲷（sea goldie或*Lyretail anthias*），又叫燕尾鲈——为例，这种小型珊瑚鱼可以记住大量同类的尺寸和性别。从礁石移走几十个雄性，就会有几乎同样数目的雌性改变性别来代替失踪的雄性。是什么促成了这种近乎完美的转换率？更令人印象深刻的是，这种发生在几十个个体之间的转换是以非常有序的方式进行的，先由最大的雌性改变性别，后面的雌性根据她们的体形等级再转换，就这样以此类推。这种计算能力真是非常令人钦佩。

不过，发光鹦鲷（bucktooth parrotfish）做算数的技巧更进了一步。作为一种雌性先熟的性别转换者，无论何时，当雄性缺席时，最大的雌性通常就会变性来接管后宫并收获繁殖红利。但情况并不总是如此。最大的雌性经常也会选择做一个夫人。这样的决定并不是因为她没有野心——恰恰相反。这都要依靠精确计算：种群中其他雌性的相对大小、她们有多少卵子可以产出以及雄性的竞争程度。

假如雌鱼成了一个新转化的雄性，最大的雌性要换掉她自己产下的所有卵子，以便给后宫里所有雌性的混在一起的卵受精。你可能会以为后宫中所有其他雌性生产的卵子数目会比单个最大的雌性产下的多——不过，你低估了她的能力。很有可能最大的雌性所产的卵超过其他所有雌性的总和。如果是这样的情况，最大的雌性会保持雌性状态并且让排在后面的雌性转变成雄性，从而拥有更大的概率产下更多的后代。考虑到有许多其他雄性出现并逗留在后宫外围，会快速跑进来把他们自己的基因混入其中。对占统治地位的雄性来说，这些闯入的精子捐献者加大

了精子竞争的力度，可能会降低他的授精率。相反，对雌性来说，额外的精子却可能会提升受精成功率。

即使一个小个儿雄性也有足够的精子来为所有卵子（而且那些偷袭者也会增加精子的数量）授精，并且最大的雌性有比其他所有雌性加起来还要多的卵子，通过保持雌性状态，她收获了更高的繁殖红利。发光鹦鲷是如何成为这么精明的会计还是一个谜，但是这可能与视觉线索有关，即后宫配偶的大小和产卵过程中其他雄性的突然出现。

在其他物种中，激发转换成另一个性别的动力不是个体数量，而是和邻居的距离。

“受冷落的妻子变成男人和隔壁老王的老婆私奔”

约翰逊一家喜欢他们安静的街道、漂亮的房子和可爱的后院。生活很美好。直到史密斯一家的到来。约翰逊先生开始在史密斯的花园里闲逛，开始羡慕史密斯不停招待的一群群姑娘。最初，约翰逊夫人没有大惊小怪。但是，约翰逊先生不断地在外面徘徊，一天比一天长，她心中好生不快。以前家门口从来没有这么多的诱惑。

约翰逊夫人不由地感觉到了失落。趁着史密斯先生出门上班，约翰逊先生开始不知羞耻地每天享受史密斯先生新女友的陪伴。这种行为出现几个星期之后，约翰逊夫人开始做出改变。白天她会避开约翰逊先生。当他们见面的时候，她不理他。当他试着跟她讲话时，她变得好斗且容易被激怒。约翰逊先生起了疑心。这么好斗到底是怎么了？她晚上去哪里了？他开始怀疑她是不是有另外一个男人，但是没有。至少现在还没有。

然后，大约在史密斯一家到来一个月后，约翰逊先生醒来发现他妻子的下巴上长出了胡楂还穿着他最好的一条西装裤，正在把家里的东西打包。“我要走了。”她用深沉而磁性的男中音说道，“并且带着其他女孩一起走。”说着，她便从墙上拿起了平板电视扛在了肩上（什么时候她的肩膀变得这么宽的？），装上汽车，扬长而去。车中史密斯太太和她的女友隔着车窗向他挥手告别，随后消失在玫瑰丛中。

史密斯先生，穿着制服站着，看上去相当抑郁，缓缓地

来到约翰逊先生身旁。他站在私人车道上，非常沮丧。

“我想她有别的男人了。”约翰逊先生说。

“有的，”史密斯先生说，“那男人曾经是你的老婆。”

“我恨透了这种事。”约翰逊先生说。

虽然雌性锈红刺尻鱼（rusty angelfish）身体呈锈色，但脑子一点都不锈，在礁石太拥挤的时候，会引诱并拐走几个自己所在后宫的成员。在繁殖季节，一个雄性紧紧地守护着1~6个雌性，在太阳下山之前的30分钟内，会向所有的女友求爱。然后，随着夜晚降临，一个接着一个，每个都跟他进行产卵仪式。这非常浪漫，只要没有其他锈红刺尻鱼的后宫在。不过，如果突然出现了一个或者更多个后宫，事情就有点复杂了。

雄性会战略性地拜访附近别人的后宫，当然要趁主事的雄性不在的时候（或者他也可能离开去拜访另一家的后宫了）。他在相邻的雌性身上花的时间越多，和自己后宫的交流和求爱就越少。尤其是对最大的雌性，这种缺乏足够的关心导致了关系的冷淡.....也提供了潜在的政变理由。她从回避他的黄昏求爱开始（你好，约翰逊先生！）。这种拒绝打击很深：在黑暗中，独身的夜晚，禁欲使鱼长得更大。停止交配后，一条雌性锈红刺尻鱼可以把产卵的能量转移到生长上，并长到和她同居的雄性那么大。几个星期过后，她爆发出雄性的光辉，然后带着以前后宫中的小伙伴们游走了。一定地区后宫分布越多，这种滑稽的事情发生的可能性就越高。

不论是经过精细算计还是因为缺乏足够的关心，“在一个区域内雄

性和雌性的数量会改变你的性别”，这种概念对我们来说是完全陌生的。但是，由于同伴的压力造成的性别转变对于海洋中成功的性来说是一个主要的驱动。这也恰巧是受到过度捕捞威胁的一种繁殖策略，特别是我们以最大的鱼为目标的时候。

渔业总有大小选择的倾向，因为设备（或者潜水员）经常以种群中一定的个体为目标。这有时是一件好事，渔民会避免捕获还没有繁殖机会的幼鱼。这也会影响渔民的收入，因为种群中最大的鱼或牡蛎经常能在码头卖得最高价。但是，我们追逐海洋中最大的鱼，而这些鱼又全是雄性的时候，会显著地造成种群的性别比例失调。对于子孙后代来说这是一个坏消息，因为这使雌性更难找到雄性，并且即使她们找到，如果性别比例真的出现扭曲，她们可能就得不到足够的精子了。

在雌性先熟的性别转换者当中，雌性等待变性的时间越长，她就长得越大，并且产出的卵越多。如果我们选择性地抓走了最大的雄性，为了补偿损失的数量，雌性变性就更快了，但这也有代价：她们须在比原来尺寸更小的时候转变成雄性，这可能会减少种群中大型雌性的数量。换句话说，能产卵的大型雌性减少了，而她们有助于恢复由于捕鱼造成的数量减少。

另一方面，在那些从雄性转变成雌性的物种当中，以最大的个体为目标就像杀了能下金蛋的鹅一样，这不是一个聪明的选择，如果你还想在菜单上看到你喜欢的虾或牡蛎的话。

这种非自然的大小选择影响的不只是性别转换的物种；这甚至可以推动种群基因的改变并造成……个体萎缩。无论有没有性别转换的能力，这种事情都会发生。迄今为止，选择性捕鱼的压力已经导致鱼类和牡蛎的野生种群尺寸的缩小、成熟年龄的变小和增长率的减小——这些

特征对于长成强壮、健康的成体是非常重要的。在自然界的竞争中快速生长和更大的尺寸很重要，但是由于选择性捕鱼，它们离死亡更近了一步，所以，这些特质在基因池中被除去，也就随之消失了。这给种群留下了微小的幸存者，它们的特征对后代不是一个好兆头。大西洋月银汉鱼（Atlantic silversides）是美国东海沿岸一种重要的被捕食物种，在关于大西洋月银汉鱼的实验研究中，研究人员发现选择性捕最大的鱼导致剩下较小的雄性和雌性，而它们产出的精子和卵子更少，而且产出的幼鱼生长缓慢。这些个体成为我们要捕捉的大鱼的可能性更小，但是，被自然界的捕食者吃掉的可能性却更大。

与它们的祖先相比，经过渔业尺寸选择形成的鱼类后代可能更不适合从自然母亲施加的挑战中生存下来，这也使种群的恢复成了一个痛苦而缓慢的过程。

实验表明，对于大西洋月银汉鱼一个种群来说，要想恢复捕鱼之前的生长速率和大小，要花的时间是失去这些特征所花时间的两倍。相似的结果也有可能发生在弗吉尼亚东部的牡蛎当中。渔捕压力和疾病导致了其预期寿命从10~20年下降到了5年。这种压力可能也是为什么有些牡蛎出现早熟，并且经历性别转换时比先前记录的尺寸更小的原因。好消息是，针对银汉鱼的研究表明，恢复是可能的，也就是这种萎缩可以逆转。只是这可能需要一段时间。尽管逆转是可能的，但是只要有可能，我们最好先避免萎缩的发生。

善变者：多次变性的物种

在海洋中对同伴压力甚至还有更加极端的反应——这些反应可不像我们前面讲到的那么稳定。对于某些物种，性别转换是一条双向通道。

毛轮沙蚕（*Ophryotrocha puerilis*）是多毛类蠕虫，不足2.5厘米长，经常是透明的，并且有着高超的交替进行的性别转换形式。像小丑鱼一样，这些蠕虫在繁殖时，大的蠕虫扮演雌性，是为了利用“尺寸越大等于产卵越多”这种现象。但是，因为雄性比雌性长得更快，雄性很快就超过了他的配偶。与小丑鱼不同的是，雌性不会霸凌雄性使其成为安静的附庸。相反，她乐于接受他的爆发性生长。当他达到更大的尺寸时，雄性会转变成雌性，同时雌性也进行相反的性别转换又一次重返雄性。她，现在变成了他，随后会获得生长优势，赶上来并且最终超越伴侣的长度，然后双方会再次交换角色。在任何时候，一对夫妇中最大的个体扮演雌性，同时雄性利用雄性角色提高生长速度，一箭双雕。

不过，这种先进的多次变化并不局限于灵巧的蠕虫，几种鱼类也被认为拥有这样的能力，但可能没有谁能像蓝带血虾虎鱼（bluebanded goby）一样熟练。这种小型、底栖的鱼类住在北美西海岸的浅滩里，是海草林潜水爱好者的最爱。它大约有你小指那么长。

明亮的红黄色身体上夹杂着霓虹蓝的竖直条纹，脸部横向有几道蓝色标记，说到性别转换绝对要提到这种鱼，据佐治亚州立大学副教授马修·格罗伯博士（Dr. Matthew Grober）所说：“雄性转变成雌性，雌性再转回雄性。给我一个星期，我可以教一个17岁的大一新生如何让这些鱼变性。它们（虾虎鱼，不是大一新生）非常擅长此道。”

然而它们对性别转换的异常行为表现得相当冷淡，因为这种性别表达的灵活性实际上受严格的社会习俗所控制。没有自由，像一个女修道院。这也是为什么格罗伯说任何一个人可能成功操控条件并且引起任何一个方向的性别转换，只要你知道规则。

作为透明的幼体，虾虎鱼的性别是不确定的：它们的生殖腺和生殖器是雌雄混合体。在孵化后，它们在水面附近游动长达几个月，这个阶段是模糊阶段。然后，长成的幼鱼会在岩石和海底的其他虾虎鱼中定居下来。根据它们着陆的地点，群居规则会指示它们是否发育成雄性或雌性。如果有一个雄性在周围加以统治，“少年”会变成雌性；如果没有，新来的其中一个会开始表现得好斗，呈现出雄性角色。到底是什么引发了刚定居的“年轻人”之一变得如此英勇，我们尚不清楚，但是一旦其中一个开始发育成雄性，他会比其他“少年”更有生长优势，这也巩固了他更高级的地位。其他在海里的“少年”或者雌性会保持从属地位。她们保持雌性身份，只要另一条鱼在那里进行统治。在这种方式下，蓝带血虾虎鱼建立了一个小的后宫，每条雄性配3~10条雌性。

随着后宫生活的展开，雄性所做的工作也要与他的身份相配起来。首先，他必须照顾和保卫巢穴，甚至防备自己的老婆——如果不加控制，雌性可能会吃掉她们自己的卵。其次，他必须向后宫中的雌性求爱并交配。再次，他必须保卫他的领地不受其他雄性的侵扰。有了这样一个繁忙的日程，他指派了一个二把手：那个最能干的雌性，在种群中具有第二大攻击性，让她来控制其他雌性。这种形式的霸凌可以避免后宫中其他的鱼长得过大，威胁到这对领头夫妇的社会等级。那么，如果一只雄性蓝带血虾虎鱼要控制他的后宫，控制一个雌性并让她控制剩下的所有雌性就是他要做的全部工作。不过，这个策略也有风险。一个太具攻击性的雌性会阻碍她的同伴产卵，而这对雄性是不利的。这是一个非

常复杂的平衡行为，但这也是可以自由接近许多雌性的代价之一。如果雄性死了，或者出于什么理由不能再继续这种统治，最高级的雌性会迅速转变成雄性并接管后宫。这可能听起来有点熟悉，那是因为这与小丑鱼运用的策略一样，只是顶层的性别与之相反。但是，再往后，蓝带血虾虎鱼就有点疯狂了。

一个高等级的雌性在雄性离开的时候可以变性并接管后宫。但是，如果另一个更有优势的雄性之后牵扯进来，由雌性转变成的雄性有三个选择：尝试保卫自己的领地；离开，再找一个他可以掌控的后宫；再从雄性变回雌性。这里有一个优势，就是如果赢得战斗或者接管另一个后宫的概率不大，较小的雄性转化成另一个雌性可以在种群中继续繁殖，而不是失去后宫以及所有繁殖的可能性。

这种性别的灵活性意味着当两个等级相似的同性成鱼相遇时，它们中无论哪个转换都可能形成完美的一对——这需要大约三周时间。在“少年”时期，一个未知的信号激发了两条中其中一个来宣布统治。这样的话，这个个体会得到生长优势。如果那是两个雄性相遇，挑衅者会保持雄性状态，另一条则转变性别。如果两个雌性相遇，有进攻性的一方会转变成雄性。这样的情况时刻都在发生。

当情况变得特别复杂的时候，这些有点淫荡的嬉闹者会做出非常离奇的事：它们转化成无性。

它们反转成熟的状态，重回它们“少年”时期的模糊状态，即两种性腺待命的初期形式。马修·格罗伯让实验室里的蓝带血虾虎鱼种群进行速配马拉松的时候发现了这种权衡的花招。他每天会引进一条鱼到新的种群中。这样，格罗伯就扰乱了它们的社会地位的信号。而当等级不明确的时候，虾虎鱼的性别以及这种情况下它们的身体零件也都变得不明

确。由于格罗伯扰乱了它，“它们回到了普通状态”。换句话说，虾虎鱼的性别是通过侵略者的镇压或者对进攻性较弱的礁石上的同伴快速掌握主动来决定的。如果没有任何迹象表明要扮演什么角色——专横的女人或者顺从的情人，这个个体会在两性状态下等待。这就谈到了灰色地带。

处于这种性别不定的状态也有风险：在虾虎鱼忽左忽右、日日夜夜、乱七八糟地来回转变性别的世界里，肯定会使物种衰落——没有人知道应该做什么。因此，尽管它们在性上面有极度的灵活性，但在角色转换的时候虾虎鱼不会乱来。它们遵循一个严格、明确的社会习俗：如果顺从，就变成雌性；如果有疑虑，那就等一等。

在动物王国里，不是所有的性别转换都是物种自然生命周期的一部分。对于许多动物来说，其他物种的存在和消失可以改变个体的性命运。想象一下，如果你后院的松鼠对你有这种影响.....现在，请继续读下去吧。

猎物、寄生虫和污染物对性别转换的影响

硅藻（**diatom**）是在显微镜下才能看见的单细胞藻类，漂浮在开阔的海域中，靠转化太阳能为生并为海洋食物网提供能量。它们也为自己提供能量。总的来说，大气中约20%的氧气是硅藻提供的。尽管你可能都没有听说过它们，你也要谢谢它们。在你阅读这一页的时候，至少有一次呼吸要归功于它们。“炼金术师”硅藻捕捉漂在水中的二氧化硅来建造闪亮的外壳，即细胞膜。宛如一个用玻璃做的胶囊，细胞膜的两半紧密地扣在一起，创建了一个保护细胞内部柔软零件的腔室。在显微镜下，硅藻将一滴盐水转化为离奇的银河世界：中心类硅藻就像半透明的柠檬片；旁边长长的，像水晶火箭船在那里打转并在载玻片上横冲直撞的，叫作羽纹硅藻。

不过，真正能展现硅藻高超巫术的场合是化学战争。它们有一种你可能想都想不到的天赋，但是，你可能看过或者听过相关的故事——尤其如果你是希区柯克的粉丝。

软骨藻酸（**domoic acid**）——由某些硅藻制造的一种神经毒素——在那些以吸收浮游生物为食的滤食性鱼类和贝壳类中积累下来。人吃了感染的双壳类，比如蛤蚌和牡蛎，可能会经历短暂的失忆和肠胃问题，反应严重者甚至可能丧命。如果吃了感染的猎物的话，其他动物也会受到软骨藻酸的影响。1961年夏天的一个早晨，成千上万的灰鹱（**sooty shearwaters**），一种小型且平时很温顺的海鸟，“轰炸”了加利福尼亚的海滨小镇卡皮托拉——冲击窗户和灯杆并且攻击街上的行人。异常的攻击行为引起了阿尔弗雷德·希区柯克的注意，他经常在附近度假，这件事为他带来了灵感——你猜到了——《群鸟》（*The Birds*）。现在人们

普遍认为，以滤食性的鱼类（如鳀鱼）为食的灰鹭是由于软骨藻酸中毒而变得疯狂。

不过，不是所有的硅藻都会引发海洋居民同伴的死亡和疯狂。有些仅仅会转化它们。对某种虾来说，吃太多的硅藻会导致它更早地转化为雌性。通常，当没有硅藻的时候，这种虾会经历典型的转化，即先成熟为雄性，大约一年后转变为雌性。但是，当虾的幼体在生命的头几天吞食这些硅藻时，它们的食物释放出化学鸡尾酒，阻止雄性的发育并触发雌性性腺和生殖器的发育。为什么这种化合物会引起如此显著的变化？这么做的理由是什么？我们依然不得而知。这些硅藻如何从更多的雌虾当中获利也不清楚——也许没有任何利益。这样的结果可能只是这种虾性别的灵活性的副作用：这种化合物可能只是进化出了在别的物种上有效的副作用，或者我们只是没有发现这种效应对硅藻的影响。无论是什么原因，这种通过吃而变性的方式表明了当谈到性别转换时，有些物种的可塑性是多么强。某些狡猾的物种甚至可以通过学习来利用这种灵活性。

英国朴茨茅斯大学亚历克斯·福特博士（Dr. Alex Ford），致力于研究性别决定在物种当中是如何出错的。而过去的几年里，英格兰沿岸的一种本地端足目动物出现明显的问题。那是一种小型甲壳类，看上去有点像虾，又像被电梯门夹过——两面都是平的。它们是水鸟和鱼类的重要食源，是端足目动物的一种，群体的性别比例通常是1：1，并且不是一个变性物种。

福特发现有些地方性别比例发生了偏离——偏得离谱，雌性与雄性的比例高达4：1。他也发现许多雄性端足目有了雌性特征并且为数不少的雌性有了雄性器官。区分雌性和雄性端足目并不是什么难事：雄性有疙瘩状的突出物，叫作乳头状突起，而雌性的脚上演化出来一个用来抱

卵的附肢。福特发现的这种雌、雄间性的个体经常两种特征都有。另外，它们的内生殖器——性腺——可能也很混乱。

雌性比雄性在数量上高出这么多，对于福特而言，这是一个值得调查的线索。大家都知道在甲壳类的世界里寄生虫感染十分常见——感染还能引起变性。这是寄生虫后代传播策略的一部分，就是使用一种非常有效的叫作垂直感染的手段。

我们很容易这样想，寄生虫从宿主到受害者的传播是经过血液或者皮肤接触，但是，不是所有寄生虫都是这样的。有些是经过雌性宿主发育中的卵子传给幼体。这真是天才的做法（从寄生虫的角度而言），你可以仔细想想：寄生虫感染的是宿主的下一代（卵子），在它们离开母体之前，受害者们就被感染了。但是，还有一个潜在的小问题：感染了雄性端足目动物的寄生虫最终会以死亡告终，它不会产生传播寄生虫的后代的卵子。为了避免这种生命线的突然终止，运用垂直感染的寄生虫经常会耍一个漂亮的花招，让雄性变成雌性。

福特近距离观察了海岸附近不同地点的端足目动物，发现了一种叫作微孢子虫的寄生虫，它有可能改变宿主的性别，而且不仅仅是从雄性转换成雌性。一旦进入一个受精卵，复制中的寄生虫可能逼迫受精卵发育成雌性，使宿主每一代的性别比例都产生偏移，雌性会越来越多。

福特发现两种寄生虫与端足目动物有关，但是第二种对宿主的性别改变是个未知数。到底它有什么影响，福特仍在试图弄明白。不过，寄生虫只是性别转换动力的一部分。福特解释说，端足目动物的性别像许多其他甲壳类、爬行动物和鱼类一样，会被当地的环境所影响。水和沙子的温度（在海龟的例子中会提到）、白天的日照长度或者水里食物的数量都会改变许多鱼类和甲壳类最终的性别。所以，信息素也可以。就

像前面提到的像塔一样堆叠的履螺以及牡蛎的例子。有时候，这些化学信息素来自自然世界，但是非自然世界的产物越来越多。海岸和公海的污染正在上升并且越来越多地影响到了海洋生物，尤其是那些性别系统更敏感的物种。

之前的研究已经显示环境中普通的污染物，尤其是众所周知的内分泌干扰物，可以导致从蟹类到软体动物再到海胆的一系列海洋物种的雌性化——基因型呈雄性的个体拥有雌性特征。最出名的例子也许就是那个20世纪90年代世界范围内流行的长阴茎的雌螺。在那次事件中，雌螺展现出受干扰的情形：她们的输卵管被不规则萌发的阴茎堵塞，导致繁殖失败并且死亡。毫无疑问，许多海螺种群崩溃了，随它们崩溃的还有以它们为食的海洋生物群落。诸多争论之后，最终的研究结果将畸形的原因指向了船底油漆中含有的大量三丁酸甘油酯（TBT）和致命的内分泌干扰物（EDC）。

EDC靠模仿自然激素并干扰内部的激素循环发挥效用。它们包括双酚A（BPA）、邻苯二甲酸盐和多氯联苯（PCB），以及其他物质。这些化合物广泛存在于工业副产品中，如生活消费品、杀虫剂、个人护理用品和避孕药。它们直接通过污水处理厂的排放冲入水道，而污水处理厂并没有过滤出这些分子。

福特经过对不同区域的研究，发现雌、雄间性的端足动物最多的地方附近有石油化工厂、造船厂和纸浆厂，这些动物经常浸润在工业排放物当中。虽然他还没有鉴定出污染物，但污染和生殖混乱似乎有一定联系。不过，高污染地区也有最高的寄生虫感染率。尽管如此，福特仍然试着去梳理是哪种损害（寄生虫对污染物）以什么方式正在影响端足动物。可能寄生虫会抑制端足动物的免疫系统，使它们对一定的污染物的影响更加敏感；或者从另一方向，由于端足动物在污染的环境中无法抵

抗寄生虫的感染，之后引起了性别转换。研究这种东西长达14年之后，福特发现的问题比答案还多。不过有一样，所有这些错综复杂的事物证明了，人类对于自然世界的影响是不容易预测的。

第二幕 搞定

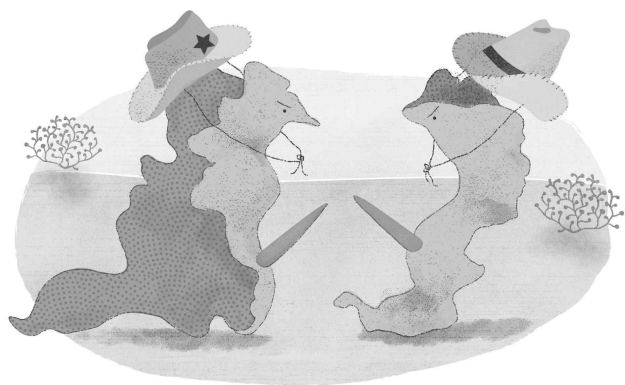
第一部分：交配

无尽的、危险的寻找，激烈的竞争和残酷的战斗，巧妙的诱惑和性别转换，努力的前戏——这是多么漫长的旅程，但是行动还没有结束。即使有一个潜在的求婚者通过了上述所有考验，最后的努力，也就是在精子和卵子相遇差几厘米或几十厘米的时候，也有可能失败。

接下来的几章将探讨精子最后种种冲刺方式，实际上就是从雄性转移到雌性——或者她的卵上。对于某些物种，这个过程是一件亲密的事，更多物种则远距离完成，即精子和卵子被射入旋转的海水后让它们自己结合。后一种方式是液体环境中特有的——并且可能是性最原始的方式。但是，关于精卵结合，我们会以一个更加熟悉的方法开始：向雌性的身体里或者外面发送精子，这得益于一个绝妙的附属物，在科学世界里它被称为“插入器官”。你知道的名字则是阴茎，在人类的历史上导致了各式各样的焦虑症、数十年被误导的精神分析和糟糕的车辆设计。但是，在海洋生物繁殖当中，它的角色更为有趣。

第四章 阴茎

性是一项身体接触运动



性海二三事

- 螺可以丢弃阴茎然后再长出新的。
- 最长的阴茎（按比例算）是雄性身长的八倍。猜猜是谁的？
- 有一个物种可以被叫作“有着硕大丁丁的游泳者”。
- 雄性船蛸有一个可拆卸、可抛射的阴茎。
- 阴茎剑术是一件正经的事情，只须问一只被激怒的扁虫。

性海背景乐

1. 《丁丁之歌》——巨蟒六人喜剧团
“*The Penis Song*”——*Monty Python*
2. 《爱你爱到心坎里》——科尔·波特
“*I've Got You Under My Skin*”——*Cole Porter*

3. 《我的小铃铛》——查克·贝里
“*My Ding-a-Ling*”——*Chuck Berry*

4. 《大锤》——彼得·盖布瑞尔
“*Sledgehammer*”——*Peter Gabriel*

阳具，小弟弟，鸟，JJ，老二，命根子，下体，丁丁——阴茎，不管叫什么名字其功能都是一样的。关于阴茎的词语多样而且有趣，用于描述从藤壶到鲸的各类雄性使用的交配结构。快速浏览一下，海洋中的各种阴茎给我们呈现了各种形态：从细长到短粗，从固定的到可卷曲的，从硬的到软的。但是，并没有一种典型或者平均状态的阴茎。这一章都是这类令人振奋的事实。雄性生殖器，像它们的雌性对应物一样，是地球上最多样化的构造之一。阴茎参与的活动远不止简单的投射任务：它们可以掏空前面雄性留下的精子，或者引诱雌性通过机械或者化学刺激接受授精；它们也可以用某种方式伤害雌性从而阻止以后的交配；当一个雌性被另一个情人抱住不能动的时候，它们还可能偷偷插一腿。

不过，阴茎的主要目的——在我们哺乳动物中，除了成为一个外延的软管用来排尿，也可以用来体内授精；或者在其他物种中实现近似体内授精，如鱿鱼。从雄性的角度，一个阴茎能直接将精子尽可能地放在接近卵子的地方并且放在一个相对封闭空间内。这有助于提高精液的浓度并为发育中的胚胎带来好处，包括免受捕食的保护以及提供一个有利于生长可控的环境。

雌性也能从中得到好处，在性交前后都能，她们可以筛选合适的求爱者和精子。但体外产卵就不可能了，因为海浪和潮流随机地冲刷精子

和卵子（尽管卵子自己也可能会进行选择，但是这个我们以后再讨论）。

对于雄性和雌性来说，通过阴茎性交提供了更大的可控性。但是，这也从很多方面增加了性交（和生命本身）的复杂性。

事实是任何形式的性器官的穿透（乃至半穿透）成为性交策略是非常令人惊奇的：许多阴茎用带尖、带角的头钻进雌性身体里面，带来了感染和物理损伤的风险。外来的、侵入性的异物通常对受体造成非常大的威胁（如寄生虫）。另外，虽然有些海洋生物采用的是“完事儿就撤”的方式，但是许多物种的插入式性交需要在亲密又笨拙的性行为中保持固定，会使这对爱人在性交中更容易受到捕食者的攻击。

这件事儿可以和雄性女王凤凰螺（queen conch）聊聊。

在太阳照射下的加勒比海浅滩上，这种标志性的海螺可能活了30年了，而且在此期间长出了一只令人印象深刻的30厘米长的盘旋螺壳。它们通常过着独立的生活，雄性和雌性分别在海底拖着这些重重的房子，沿途吞吃海藻和海草。当合适的时机来临时，它们聚集在一起进行交配，有时会汇聚一大群。但是，由于背上巨大的装甲式钙化避难室，性交是非常大的挑战，至少本来应该是的，多亏雄性有着一根令人难忘的可伸展的阴茎。他们也因这种雄性生殖器而闻名。

一根活跃的阴茎看起来像一条受惊吓的蚯蚓：大约一支铅笔粗，深黑色，它摇摆着从雄性的螺壳下面钻出来并且穿过沙子溜进雌性螺壳尾部小小的半圆形通道。这是她内室的入口和生殖器的凹槽，也就是用来受精的地方。

但是，这是一场危险的长途跋涉：绵延将近半个身长，阴茎会被巡

游的蟹类和其他捕食者轻易捡食。如果这事发生在成熟雄性凤凰螺身上，你可能会发现他正在护理一根在性交途中被剪断的残缺的阴茎。不过，这样的损害不是永久性的。像其他许多软体动物一样，凤凰螺可以直接再长出一根阴茎。

当凤凰螺必须与蟹类进行斗争来保护他们的阴茎的时候，其他物种则在复杂的斗争中用它们的阴茎作为武器来完成繁殖。

阴茎击剑

像西部早期干燥、空旷的路面一样，漫长延伸的沙地扩散开去，像无尽的平原融入了灰色地平线。沙柱被看不见的潮流搅动着，像小尘暴一样升起，不停地旋转。一团团海草随之翻滚。你几乎可以听见遥远的、绝望的呼啸声，好像决斗的前兆。慢慢地，你开始爬上波浪形沙地的一边，在你面前就像山一样陡。而那里，最高处，你的意识兴奋了起来。

地平线之上，你的对手出现在褪色的蓝色远方。从山丘上下来，你确定这确实是一个相配的对手。你们的距离开始缩小，并准备进攻。你的头垂直上升，像波浪一般向前冲去，并亮出你的武器。那是由大自然锻造的武器。这场战斗不是钢或铁的战斗，用的是一个雄性最重要的财产，他最宝贵的附属物——阴茎。

如果意大利的美国西部片用扁虫（flatworm）来拍而不是牛仔的话，看起来会非常不一样。

在非凡的海洋王国里，自然母亲并没有流传下来武器的替代品。两个挑战者直接暴跳起来并对撞他们强有力的男人之剑来获得统治权，最后，如果一切顺利的话，一方会成功刺中它们的手。

然而，不像人类会决斗到死，此次战斗的目标并不是杀戮。相反，是一场激发生命火花的战斗。

大自然最灵巧的击剑比赛发生在两个动物之间，每个都像煎饼一样平，每个都决心给另一个授精。它们是以阴茎击剑的扁虫，雌雄同体，发现于热带水域的浅滩中，比如澳大利亚附近的珊瑚礁。它们一生的大多数时间移动速度都很缓慢，优雅地滑动在海床上，拨动涟漪推动它们向前。但是，当机会出现之时，扁虫就不是这样了。

在一场令人难忘的竞技表演中，这些几乎是二维的生物用后半部分保持稳定，如眼镜王蛇般站起来，亮出一个清晰的白色双头阴茎，相应的术语叫作“交接刺”。它们来回摇摆，就像两个摔跤手在交手之前寻找破绽。由于没有骨头，它们能以离奇的角度收缩弯曲，可以在环境中自由流动，只受限于它们的长度。许多攻击会落空，或者在最后一分钟前功尽弃，因为对面的扁虫可以灵活地躲避而不被刺到。它们薄薄的身体迅速翻动，尽力弯曲，摊平后退，来到一个新的位置。这些蠕虫既灵活又有耐力，战斗可持续长达一个小时，最后可能由于双方战士都受伤而停止。这是相当暴力的交配策略，技术上来说，作为雌雄同体它们拥有所有需要的器官，可以进行更温柔的自体授精，那么为什么要承受这么痛苦的折磨呢？

首先，与自己性交并不总是一件温柔的事。扁虫的卵子和精子可能分开储藏在身体的腔室中，那意味着自体授精需要会一点体操动作以便让精子遇到卵子。最近对一种大口涡虫属的透明扁虫的研究显示，这样的策略包括了刺入自己的头部。当处于封闭状态时，这些孤独的蠕虫会表现得像柔术演员一样，和自己交配。由于交接刺位于尾部附近，它们用某种方法弹起后半部来碰到它们的顶部，刺向头部中央位置。由此推测，精子就从那里蠕动向下朝着卵巢返回，也就是它们受精的地方。

对扁虫来说，幸运的是这种手段只是绝望时采用的权宜之计。当交配的机会出现时，透明的蠕虫会互相刺向对方的尾部区域——不会再进

行头部的自我穿刺。结果证明，令人难忘的折叠戏法对于传播自己的后代并不是优先的选择。总之，如果有机会，多数雌雄同体的蠕虫，包括上述极其柔软的扁虫，并不进行自我交配。自体授精只有在困难时期才是合理使用具有穿透性阴茎的方式——但这也不是这种尖尖的阴茎进化出来的原因。待会儿我们会提到这个理论。

总的来说，基因混合，依然是繁殖的首选方式，好的老式性交就是据此设计的。可能是因为这带来了多样性的好处，同时避免了近亲繁殖的副作用。雌雄同体的存在仅仅意味着你不必对选择配偶如此挑剔：什么样的性交都行。一对雌性同体只需要定下谁扮演什么角色就行了。

有些物种依靠互惠协议，这种情况下精子转移同时发生在两个个体之间。海兔（sea hare，又称海蛞蝓），是一种没有螺壳的球根状海螺，这个物种通过前置的阴茎和后置的阴道首尾相连可以形成巨大的性交链。在某些地中海扁虫中，一对对交配的扁虫同时把雄性生殖器插入雌性生殖孔，形成一种性交环。在这样相互交配中，雄性器官进入生殖孔的方式与雄性和雌性之间的交配一样，但是，双方都会同时给予和接受。

不过，在类似使用阴茎剑术的扁虫的物种当中，个体会忽略阴道并把“货物”卸在身体的任何地方。科学家假设进化出刺入式授精是精子捐献者绕开雌性的生殖道并且避开里面的任何抵抗的方式，比如前任留下的避孕栓，或者可以选择性地移走或留下某些精子的雌性生殖器（下一章会讲述更多）。相反，这些物种使用它们的交接刺在身体的任何地方卸下货物，之后什么都不用做了，因为精子会自己跑到授精的地方。

一种来自澳大利亚海岸附近的动物则更甚。2013年，研究人员观察到多对管羽属（*Siphopteron* sp.）的海蛞蝓反复挥舞它们巨大的叉状阴

茎，并用它们让对方受精，并互相刺入头部。分叉的阴茎的一端携带精子，另一端带着更尖的细管，注射一种由前列腺产生的分泌物，直接递送到配偶的前额。为什么对准前额？我们无从得知。由于阴茎与它们的身体等长，这种海蛞蝓可以对准任何地方，不过，它们每次交配都会对准两眼之间猛刺。

从互惠的性交到导致创伤的穿刺，这些方法都有一个共同点：把雌性的代价降到最低。几乎在每种交配情况下，雌性结束后要承载着非常消耗能量的受精卵，并且还要照看幼体。另一方面，雄性完成少量付出就离开了（那些尽职的抱卵爸爸则是例外）。对于雌雄同体来说，任何交配双方有同样的机会授精或受精。从能量角度，成为授精者要好得多。但是，这一地位并不总是那么容易得到的。

真正的互惠式雌雄同体物种，比如一些海鲈鱼（sea bass），个体间同意扮演两种角色，但是必须保证没人耍诈。于是，它们使用一种“我先擦你的背，你再来擦我的”策略：一方释放出一些卵子，同时另一方喷出精子，然后它们交换角色。它们会重复这种模式，每个个体交替产卵然后再排出精子，同时它的伴侣会产出互补的配子。在这些约定中，每一方都愿意把雌性的负担和为卵子授精的机会交换一下。

其他的方法更加狡猾。在澳大利亚刺头的扁形虫当中，研究人员推测它们释放的分泌物可能迫使被钉住的伴侣更乐意留住精子。这种狡诈的化学鸡尾酒在授精中非常普遍，家蝇也这么干。扁形虫头上的穿刺到底释放了什么，我们依然没有结论，但是有可能与促进精子的成功有关。

这种自私的策略是普遍存在的。即使扁形虫似乎呈现出更多合作的交配方式，它们也不像看上去的那么文明。举个例子，拿形成性交环的

地中海扁形虫来说，每一方都会邀请另一方来刺入。但是，这对夫妇分开后，这些灵活的扁形虫折叠成一半，把它们的嘴放在外生殖器上，并且试图把刚收到的精子吸收出来。至少，它们会等到另一个转过头的时候再下手。

不过，这么吸干精液并不容易，精子有着宛如钉子般的头——进化出这种特性可能就是为了应对这种口头攻击。其他雄性用尖尖的阴茎刺穿雌性全身的物种当中，它们的精子在形状上平滑简单多了，使它更容易滑过身体奔向卵子。

总的来说，阴茎剑客采用了最自私的方式，因为每个个体坚持表现得像个雄性并为之战斗从而得到完美的一射。在某些物种当中，穿刺并不是势均力敌的——精子必须释放在正确的位置才能奔向卵子。因此，一个位置不错的穿刺可以让扁形虫在授精的时候，同时躲避对方的穿刺，这样就可以逃避照看受精卵的重担。

极少的物种如此灵活地运用它们的阴茎。实际上，最初进化出来的阴茎要硬得多得多。

最古老的阴茎

远古的阴茎和它们的典型现代海洋遗存往往都是硬的，而且非常硬。一种叫作胴甲鱼（*antiarch*，亦称反弓鱼）的史前雄鱼长着一对钩子，由实心的骨头构成，伸到坚甲鳞片之外。这些钩子斜着插入雌性非常粗糙的生殖板中（一个古生物学家说粗糙得就像“擦菜板”），就像魔术贴一样锁住雄性的阴茎。两条鱼采用广场舞风格的体位进行交配。这是2003年年底的发现，这次发现推翻了之前的脊椎动物体内受精的起源在3.85亿年前的论断。但是，目前已知的所有动物中第一个阴茎的出现要比上述时间往前推了4000万年，即已有4.25亿年之久。这是已知的最古老的阴茎化石。

和多数阴茎的故事一样，这个故事涉及一场大爆炸。一座位于英国附近的古火山向天空喷着火山灰，然后轻轻飘落在威尔士东部边界，在那里的近海沉积下来，使得成千上万的海洋居住者突然在细尘之中窒息，这些细尘又在它们身上快速硬化。它们被困住了，包裹在紧身的模具内，这些模具紧贴着每一条身体曲线并且填满了所有缝隙，形成了成千上万的化石。来自已遗失的远古海洋的生命变成了时间胶囊。

这些胶囊依然是密封的，不可能让古生物学家进行解密；把它们打开就会破坏它们精细的解剖结构。不过，科学家今天用一种新的技术可以把这些化石切成极其薄的切片——只有20微米厚（大约一根头发的1/5），然后把下面的特征拍下来。研究人员随后用特殊的软件把这些照片连接起来，拼成一个三维图像，里面躺着动物。这些极其细致的重建揭示了触角和进食的附属器官，分节的身体，以及复眼——至于真正引人注目的部分，是能看到一个非常明显的阴茎。

有多明显呢？莱斯特大学的古生物学家大卫·西维特（Dr. David Siveter）和他牛津大学、伦敦大学和耶鲁大学的同事们，把它命名为“*Colymbosathon ecplecticos*”——来自希腊语，意为“有着巨大阴茎的令人震惊的游泳者”。

距离他特别的发现10多年之后，西维特仍然不敢相信他是世界上最古老阴茎的发现者。即使对阅历颇丰的古生物学家来说，找到一个阴茎化石——或者任何动物中的软组织——都是极其罕见的。它们实在难以保存。然而，这些化石保存如此之好以至于研究人员可以辨认出精细的肢体、眼睛、鳃和交配结构——而且它是一个巨大的阴茎。

在西维特2003年做出发现的时候，他研究古代介形虫（ostracod）已经长达几十年了。今天，8000多种介形虫，既有可能在你家后院的池塘里游泳，也有可能深海里疾走。你可以想象一个类似虾的生物，挤在两瓣豆荚中间。但是，这种豆荚薄薄的，有着透明的外壳。一只发育完全的介形虫，尺寸可以从罂粟籽那么大到约乒乓球那么大。两根细细的触角，一根用来游泳而另一根用来感知环境，仿佛细细的头发丝，从外壳的一个小开口处伸出。它们目前数量众多，是一种成功的甲壳动物，也是化石记录中最常见的节肢动物——在化石记录中，它们微小的可以开合的外壳到处都是。但是，直到西维特的发现之前，古生物学家还没有真正在化石中看到过动物身体的痕迹——当然也没有看到过阴茎。如今在这个化石里，有了无可辩驳的证据证明了它们是已知的最古老的雄性。相当于节肢动物中的亚当。

多亏这个发现，我们现在知道活着的介形虫与生殖器硕大的甲壳类一脉相承，这一特征历经岁月显然保存了下来。当讨论起现代海洋、湖泊、溪流和池塘中的物种时，西维特指出，有些雄性的交配器官超过它们身长的1/3。

这就像一个一米八高的男人秀出一根60厘米长的阴茎。而且它必须拖着那么长的两根阴茎——介形虫的阴茎是成对出现的。

西维特解释说，这种交配结构叫作半阴茎，可能是从原来一对附肢进化来的，因此一边有一个。这也使得雄性介形虫会有右撇子和左撇子。而且它们用这一对附肢来泵出跟它们身长差不多的巨型精子：现存的介形虫种类中，至少有一种的精子长度超过整个雄性身长的10倍。因此，相当于一个一米八高的男人带着两根60厘米长的阴茎，可以释放出比校车还长的精子。

这种微小的1~2毫米长的动物，它的精子却比一头大象的精子还要大。而且科学家依旧不知道为什么。为了处理这么巨大的精子，雄性介形虫必须缠起来，并像上发条一样把尾部的卷须变成紧紧的线圈，然后把它们射向同样微小的雌性。它进化出了一种特别的结构，可以像气筒一样工作以完成任务；她，作为回报，用两个阴道来接受意大利面一般的精子。

我问西维特雄性会不会一次用一个阴茎，交叉使用，他摇摇头：“那不是换班的工作。”

换句话说，介形虫的性生活像打一支双管枪，两个阴茎同时释放巨大的精子到雌性的两个生殖孔中。显然，这种双刺不需要明确的对接方法。雄性可以爬到雌性的任何位置，包括腹部对腹部，或者从后面。看起来就像是创意十足的甲壳类印度《爱经》里会有的动作。她仅仅需要打开她的外壳让他进来就行了。

但是，那是一个大写的“仅仅”。介形虫的外壳夹得如此之紧以至于它们被捕食后能从动物的消化液中存活下来，然后通过肠道被排出去。

如果她不为此而打开，他根本就进不去。雄性介形虫好像需要得到雌性的准许。这就可以解释为什么雄性为了向他们的配偶求婚要完成出色的表演。

每天晚上刚过黄昏，加勒比海上层水中落下闪亮的蓝色光亮，亮光快速移动，然后在黑暗的水中退去。这种海中流星雨来自成千上万的雄性介形虫头上的腺体中喷出的光亮液体。这样的化学反应原理类似环氧基树脂，由介形虫制备的两种化合物在与海水混合后产生了反应，放出明亮的光芒。雄性借此来吸引雌性。这种方法古老而且娴熟，每个种类有它自己的发光方式，像转瞬即逝的莫尔斯电码。雄性离开海底的住所，在特定的时间里上升到特定的深度，继而用点彩派画家的笔触描绘着，把空洞黑暗的海水变成了凡·高的《星空》。

如果这种表演起到了效果，吸引了附近雌性的注意力，她们就会循着闪烁的痕迹找到如意郎君。但是，在闪亮之间的黑暗中埋伏着第三者，这些雄性等着去拦截没有防备的雌性。不管她碰到了中意的雄性还是发现自己被一个鬼鬼祟祟的追求者给骗了，结果是一样的：被一对尺寸惊人的阴茎刺入身体。

在多数介形虫种类当中，雌性把受精卵产在海底或者其他东西的表面。有一些种类的雌性会孵化受精卵，而极少数会孵化出幼体后继续让它们待在雌性育儿袋中发育，直到它们可以照顾自己。虽然这样延长的亲代哺育是不常见的，但从发现的一个介形虫的新种来看，这可以追溯到4.5亿年之前。西维特和同事们把这个命名为“*Luprisca incuba*”，意为“古老的孵化之母”。这个化石来自纽约上州，上面有一个抱着受精卵的雌性介形虫，里面还有孵化的幼体。她是节肢动物的夏娃，可以与古老的亚当相配。

柔韧的阴茎

在某一时刻，阴茎脱离了“永远刚硬”的路线而发展出各种样式。越来越高的柔韧性意味着在进化中需要极大的改进。要让它进化得足够硬从而利于穿刺，还要经久耐用可以承受反复抽插，这可是个大工程。更加柔韧的阴茎可以让它们的主人使用更多的体位进行结合，并且可以在不使用的时候把宝贝藏起来——想在水中保持流线型的体形时，这一点非常有用。

许多鱼类没有这种选项。它们的生殖结构竖起后与身体成锐角，当它们想从捕食者手里逃脱的时候，可能真的会形成妨碍。比如，孔雀鱼（guppy）和它们的近亲食蚊鱼（mosquitofish）是少有的体内受精的鱼，为了可以体内受精，它们长了一个外延的臀鳍鳍条，被叫作生殖肢。对雌性食蚊鱼而言，生殖肢越大吸引力也越大，但是增大的器官会减慢鱼的速度，使生殖器越大的雄性越容易被饥饿的捕食者逮到。

另一方面，海洋哺乳动物已经适应了可以收拢的阴茎，这有助于游泳的速度和体温的调节——考虑你要花大量时间待在寒冷的水里或者躺在冰上，这是必须适应的。没有动物喜欢像棒冰一样的阴茎。隐蔽的阴茎其交配方式可能更加柔和，一些岸上的哺乳动物早就实现了这样的构造。

人类、马和狃狃，还有一些非哺乳动物包括乌龟用可以膨胀的阴茎实现有效的勃起。这些雄性的阴茎依靠使海绵组织充血从而变硬。而且这里有个有趣的事实：一个可以膨胀的阴茎完全勃起之前，它首先得放松。这件事完全违反了我们的直觉，但其实这是平常收缩的动脉打开（膨胀）的条件，可以使血液涌入并充满海绵组织，让一个湿软、无力

的香肠变成一根硬邦邦的棒子。为了抵挡迅速上升的压力而不爆裂，膨胀的阴茎跟充气的河豚依靠同样的原理：有许多交替延展的胶原链。

相比之下，一些哺乳动物的勃起真的会涉及骨头。它叫阴茎骨，一种阴茎内部的骨头或者阴茎内芯，这种附属物在老鼠、猫、狗、熊，甚至在我们最近的亲属黑猩猩身上都能找到。这些物种的雌性有一个对应的（而且是花状的）阴蒂骨，或者阴蒂内芯。这是大自然中极其罕见的性平等的例子。这两块骨头有助于敏感组织的勃起，也可能使两性更加容易接受性刺激和性行为。

海豹、海狮、海象和北极熊在它们返回海洋的时候，继承了陆生动物所留下的传统，并且得意地向周围炫耀着最坚挺的雄性勃起。海象阴茎中的骨头是地球上最长的，几乎有60厘米那么长。它们是细细的、象牙色的、带着一定曲度的棒子，外形看上去跟一根象牙一样。为了保持文雅的形象，雄性海象会像许多海洋哺乳动物一样把它的阴茎缩进去，直到真正刺进去之前的最后一刻才亮出来。

最后，鲸和海豚（以及牛和猪）的阴茎是由粗大的纤维组织支撑着，让它们的阴茎保持半勃起状态。这样一个有弹性纤维的阴茎结合了硬度和灵活性，并有助于立即勃起。这种灵活性也能使一个交配结构拥有又软又长的特性——对于欢闹的海豚和体形最大的鲸来说（统称为鲸目动物），这是一个有用的特征。

有几种海豚以令人难忘的性欲而闻名，它们以娱乐为目的的性交次数和以繁殖为目的的一样多。性可能用来取乐，或者建立社交关系，某些情况下也可以维护等级。举个例子，幼年雄性会与其他雄性性交，形成一种紧密联系，或者它们可能利用性建立统治权。上述这些雄性在往后的生活中会经常形成帮派而且合作围堵雌性跟她们交配——有时非常

有强迫性。

淫荡的雄海豚可以从他们的外生殖缝里伸出那个看起来像尖尖的牛舌头一样的东西，破坏掉身体的流线型外形。他们用这个结实的“军刀”去探索另一个身体，探索每一个配偶身上每一个可以进入和拔出的开口。记录显示，雄性可以通过生殖缝和肛门与雌性性交，亲缘相近的海豚也会性交。

作为水下王国的浪子，海豚并不介意性交体位——水平和垂直插入都比较常见。它们可以在中层水域或者海面做：一对嬉戏的海豚可以放慢速度或者满腔热情地拍打它们的尾巴，这样有助于达到快速的性兴奋。他们射精跟勃起一样快：整个插入过程不过数秒钟。雄性海豚响应速度之快也反映在恢复时间上——他再次准备好只需要几分钟，而且可以反复这样做，持续一个半小时。

更大的鲸身上也有类似的阴茎使用的自由度。美国国家海洋和大气管理局的菲利普·克拉珀姆博士（Dr. Phillip Clapham）第一次研究鲸目动物是在科德角附近，在那里他经常去观鲸，而且第一次就无意中看见性交中的雄性阴茎。在春季往海岸的迁移中，北大西洋露脊鲸在科德角附近聚集，并且开始变得活跃起来。有一次，克拉珀姆回忆：“当时一个雄性和雌性在船边做了起来，就在边上，我正站在上甲板上，大声喊着‘看那里’，还谈论起了鲸类自然史。”它们腹部对腹部，就在海面下，雄性长长的粉红色的杆状物清晰可见。

克拉珀姆所在的下一层甲板有一个女人和她的5岁的儿子，仅仅离交配的鲸一两米远。

“孩子向他的母亲问道：‘妈妈，它们在干什么？’母亲丝毫没有犹

豫，回答道：“它们正在拯救鲸类，亲爱的！”这话真是绝了。”

但是，这并不是克拉珀姆最喜欢的鲸性交故事。最喜欢的那一个，他说，来自他的朋友兼同事布鲁斯·迈特（Dr. Bruce Mate）。迈特是俄勒冈州立大学海洋哺乳动物研究所的主任。和露脊鲸一样，灰鲸也会提供一些相当限制级的观鲸机会。迈特解释说：“在墨西哥，游客总是会像在等候‘平克·弗洛伊德’乐队上场一般等着，然后经常会获得视觉‘奖励’。”

在巴哈西海岸追踪一头雌性灰鲸时，迈特碰到了三个鲸在3P（两个雄性和一个雌性）的场面。它们的性别特征非常明显。当迈特准备尾随其中一头鲸的时候，雌性游到他的船下面，后面还有一个雄性在追赶。显然，这艘船对她来说看起来像一个很好的遮蔽物。不过，雄性没有领会意图。相反，同她一起游上来，他滚动着然后摇摆着他巨大的粉红色阴茎朝着研究人员的充气艇而去。“这个巨大的阴茎在旁边乱刺，试图找到雌性的生殖孔，”克拉珀姆笑着说，“迈特说他在这个时刻意识到……他坐在世界上最大的子宫帽里。”在叙述故事当中，迈特承认：“跳到旁边以免‘亲密接触’。我当时没有意识到要照相，但是我会愿意拿1000美元来买这个场面的照片或视频。”

虽然鲸和海豚过了很多很多性生活，但是它们并没有生下很多宝宝。鲸目动物中双胞胎极少，因为雌性通常一次只产一胎，经常还要隔个几年。雌性露脊鲸三五年繁育一次，雌性抹香鲸的产子频率甚至更低。

通过阴茎性交有它的缺点，尤其是某些物种的雌性需要携带发育中的幼体。子宫里就这么一点空间。怀孕对雌性来说是费力的，两次生育之间间隔是必要的（另外，在抹香鲸这类的物种当中，幼体可能要哺育

几年才能完全独立)。从鲸到海象到鲨鱼，这种低生育率意味着这些动物在受到捕猎时，面临着更大的种群崩塌的风险。在鲸目动物中，低生育率与复杂的社会系统结合起来会使一些物种在面对渔捕或污染时极其脆弱，结果就是一些物种在衰退后难以恢复。

为了繁殖而性交时，接近雌性的生殖孔只是阴茎和精子旅程的开始。几种雌性鲸和海豚的内部解剖结构有着非常复杂的管路，对此马上我们会探索更多的细节。对于这些物种，成功的受精取决于阴茎和精子在雌性迂回曲折的阴道中的通过能力。在这种情况下长度当然会有优势，有巨量的精子也会有所帮助。北大西洋露脊鲸有着地球上最大的睾丸，满载时每个大约可达半吨。但是，它们不是唯一拥有巨大睾丸的雄性鲸目动物。接近人类大小的港湾鼠海豚的睾丸重量可达身体的4%~6%，约3.5千克。那是人类雄性睾丸平均重量的100多倍。大自然处处都彰显着效率，拖着这么大一个产精的设备一定有它的理由，而且还可能与其他雄性的激烈竞争有关。

尽管对鲸目动物的交配行为所知甚少，但是睾丸的大小可能跟精子竞争水平相关，这跟其他动物一样。科学家假设那些有着最大精子工厂的物种可能面临着来自其他雄性的诸多竞争——换句话说，性生活虽然很多，但雄性不能真正地控制雌性。

另一方面，那些少数雄性能够控制并垄断雌性的物种，占统治地位的雄性不需要太多的精子与其他雄性竞争——它们所需要的是一副好的战斗装备。最近研究显示，有些进化特征是为了赢得性交之前的战斗——比如巨大的獠牙，或者是大的体形；有的特质是为了性交之后赢得战斗，即为了泵出巨量的精子以便在雌性的生殖系统内胜出的巨大睾丸。大自然在这两者间进行了一个权衡，由此也造就了一条自然法则：肌肉越发达，那话儿就越小。

长和短

一些鱼种的生殖乳突处于（或者稍微超过）海洋中阴茎长度范围的极端，比如杜父鱼（sculpin）。与其说是阴茎，更像是一个疙瘩，这种微小到几乎只有一点的东西却足以将精子放入雌性体内。为了帮助固定雌性从而进入雌性体内，雄性钩住雌性延长的骨质臀鳍并且抱着她对准疙瘩以便转移精子。不过，阴茎长度范围的另一极端，是蓝鲸的庞然大物，可以长达4米，是地球上最长的阴茎。

毫不意外，极长的阴茎容易引起关注。在科学和通俗文学中，关于雄性阴茎长短的利弊有诸多对话和争论——大多数集中在它们怎么被雌性接受。诚然，雄性阴茎的长度（同时还有整体形状）是雌性做出选择的重要因素之一。但是，与女性杂志对阴茎长度和女性快感之间的关系广泛探索形成对照的是，在自然界中雌性偏爱的阴茎尺寸与优秀基因的筛选有关。

对雌性来说，巨大的生殖器（像低沉的嗓音一样）可以是一种健康的象征。正像孔雀身上大方而色彩斑斓的尾羽一样，代表着力量与健康。因此，一根强有力的阴茎也代表着一个强壮且刚健的雄性。经过几代之后，这种雌性的选择促进了种群的雄性阴茎越来越长。

在争取卵子的竞赛中，雄性精子越接近终点线，成功的概率就越大。因此，更长的“杆子”对雄性来说是有优势的。尤其是在那些多个雄性与单个雌性交配的物种中，一根更长的阴茎可以到达的地方超过先前雄性排精的区域，能让自己的“货物”先行一步。它可能还有助于把竞争的精子推到一旁。

不过，如果不加抑制，筛选的层层叠加会导致雄性长出巨大而无用的阴茎。巨大的阴茎是会带来危险的。还记得阴茎硕大的食蚊鱼吗？机动性和功能性的下降限制了阴茎不断地增长。

我们并不能说巨大的阴茎不存在。但是，在羡慕它们尺寸的同时，我们必须考虑长度与所有者大小的关系。看比例才公平，想想更加有趣的比较，比方说，藤壶和蓝鲸。例如，一头30米的蓝鲸有一根3米长的阴茎，阴茎与身体的比例大概是1：10。而人类的比例算起来大约1：13。这样看来，蓝鲸打败了我们，但差距不是很大。不过，转移到无脊椎动物，那么完全是另外一个局面。

像前面提到过的，介形虫的插入器官长达身长的1/3，比例为1：3。因为身体被坚硬的外壳包裹着，雄性介形虫的器官必须有一定的长度以便绕过整个盔甲。雄性女王凤凰螺的阴茎也是类似的情况，接近全部身长的一半。但是，这与世界纪录保持者相比根本算不了什么。如果有阴茎奥林匹克运动会，下面的物种会赢得十项全能，不仅按比例来说是世界上最长的阴茎，而且也非常灵活，还有延展性。

想要见证可能是世界上最具运动能力的阴茎的性交，只需要去潮池参观一下就差不多了。在那里，不要把注意力集中到横冲直撞的鱼，或者到处乱跑的螃蟹，而是要看看高潮线上包裹着岩石的小小的突起。这些有着锋利、锯齿状顶部的房子里面住着一个小小的甲壳动物。它的整个成年生活都是懒洋洋地躺着，挥舞着它的巨大阴茎伸向水里，而且定期会蛇行穿过整个潮池。作为码头桩基、岩石海岸乃至座头鲸的头上的装饰物，你可能听说过它。向藤壶打个招呼吧——地球上最大阴茎的拥有者（相对于身体的比例）。

不要让它们几乎毫无生气的外表欺骗了你：坚硬的外壳之下包裹着

的是一个淫荡的甲壳动物，为了一点点性会坚持到底。凑近去看，你会发现藤壶慢慢从外壳中间的裂口处探出一根锥形的透明管子来。然后这根紧缩的阴茎伸展开来，可以达到藤壶体长的8倍！

即使是见多识广的查尔斯·达尔文，对藤壶巨大的雄性部分也遏制不住惊喜和兴奋，他写道：“长鼻形状的阴茎进化得真奇妙。”

作为虾和蟹的亲属，藤壶是生殖器硕大的介形虫的远亲，但是藤壶放弃了可移动的生活。它们的幼体在水中漂浮几个星期之后，就在硬质的底基上安顿下来——海底或者海龟壳上——之后再也不移动了。它们倒立着把自己粘在底基上，腿竖起来，然后用交叠的硬质板把自己包围起来。当水流过时，它们伸出脚去够食物颗粒；在退潮时，它们可以关闭开口，将水分锁在里面，直到水位再次上升。

对藤壶来说真正的难点是，尽管它们被粘在着陆的地方，但是繁殖需要体内受精，除了一种例外（鹅颈藤壶）。虽然多数藤壶是雌雄同体，但它们并不进行自体授精。相反，它们依靠可伸展的阴茎打开它们的路，从而进入最近的邻居家，有时甚至都不是很近。

像巨型农田灌溉系统中长长的扫管一样，藤壶摇摆着它的阴茎大弧度地向外喷洒精子。管子越长，“灌溉”的面积就越大。但是，不像在农田，在水的世界里，更长的阴茎也面临着更大的阻力。即使最平静的海岸有时也会被激烈的浪潮扫过，那样就会弯曲甚至扭曲爱的“长杆”。同样，最狂暴的海岸可能也有它们安静的季节，到了那个时候，就会出现更多伸长的阴茎。但是，对藤壶而言这些都不算问题，它们原本就是非常熟练的阴茎变形者。

即使外壳坚硬，生活的地方永远固定，为了精确地调整它们的阴茎

以应对波浪，藤壶依然展现了柔韧的一面。在实验中，把藤壶从安定的环境移植到艰苦的环境中，那些更短小、更强壮的阴茎更能适应抵抗强劲的潮流。而从艰苦社区来的藤壶，一旦进入更平静的水域，会把它们粗短的木棒伸展成优雅的长条，让它像卷须一样漫游。这种变形并不一定会立即产生——经测算，这些改变需要五个月。还有，除了可以伸展的阴茎之外，这项研究中最令人印象深刻的发现是藤壶还可以任意改变阴茎的形状。

不走寻常路

在城里最受欢迎的一家酒吧里，四个有魅力的女人坐在那里啜着鸡尾酒。她们美丽、年轻而且无忧无虑，享受着傍晚的阳光。穿过迂回的户外天井，一个年轻的男人走进酒吧，经过女士们的桌前。突然，他冲了过来，撞翻了其中一个女人的椅子。他向她道了歉，放好了椅子，然后轻鞠一躬，同时倒退着走出酒吧。不过之后，当她回到家的时候，她发现刚才发生的事情完全不是意外。在她毛线衣的背后粘着一个小小的、精致的装满精液的小包，正在闪闪发光。这是这几个月以来，她第四次被人贴标签了。她叹了一口气，同时试着回想那个男人的样子。其实回想起来，他还是挺帅的……她摘下精包，放入自己的精子库保存起来。

当繁殖期到了的时候，有选择总是好的。

在鱿鱼（squid）的交配世界里，性交可能就是在背上拍了一下。至少，这是在浅滩生活的鱿鱼采用的方法。深海鱿鱼可不一样，我们马上会讲到它们。对于多数鱿鱼来说，比如，我们用来油炸的那种鱿鱼，雄性依靠进化来的左边第四个腕——化茎腕——来交货。这种特化的腕在不同的物种中有着不同的样貌；不过，通常在顶端没有常见的吸盘，代之以肉质的皮瓣，可以保存和转移精包。

章鱼也有化茎腕，顶端由可勃起的组织组成，可以变硬并且有助于插入雌性上部的漏斗。鱿鱼经常把一包精子拍在雌性的外面，章鱼并不

是这样，它们让化茎腕——第三个右腕——蛇行进入雌性的体内并直通她的输卵管。章鱼的性生活涉及的动作需要雄性和雌性之间更紧密地接触。这对于雄性来说，不完全是好事。雌性章鱼有着会把她们的精子捐献者给勒死的名声。这就是为什么许多雄性交配时尽量伸长腕足以便远离雌性的原因——是不想让她抓住；或者他会暗中从背后偷袭，跳到她的头上，使她抓不到他。

与此相反，当一个大型发情的雄性鱿鱼看见一个雌性的时候，他可能会在身上闪现一幅具有调情意味的彩色图案，然后在两个体位中选择一种与她交配：头对头，或者平行进行，后一种比较常见。当用后一种体位求爱时，雄性滑动他的第四右腕向上进入她的漏斗中以确保她不移动，然后用他的第四左腕挤出一个精包到她的外套膜（软体动物、腕足动物等体外覆盖的膜状物）上。雄性会把精包放在雌性头上、脖子上，或者她嘴边一个特别的容器里。精包放置位置不是一致的，会因种类不同而不同，因此，在一些鱿鱼中，雄性在放置精包的时候可能会非常取巧。转移本身是很迅速的，在一眨眼的工夫内就能发生（我猜雌性喜欢这种方式，因为一根粗粗的腕足堵住体内的管道不可能非常舒服）。之后，雌性可以用这个精包来为她的卵子受精。

然而，对平常捕上来的普通欧洲鱿鱼的观察显示，偷袭的雄性鱿鱼就像乌贼一样，会略过所有的客套，直接对雌性俯冲轰炸，而这个时刻她们正带着挤出的卵鞘。当一个雌性腕上的卵鞘膨出可见的时候，就进入了攻击距离内，鬼鬼祟祟的雄性装作漠不关心的样子抬手伸进自己的身体，吸盘上抓满了精包，然后企图在她伸展的触手之间开个槽投进去，目标显然是卵鞘。依靠极好的游泳技术和灵活性，这些鬼鬼祟祟的雄性会试着去交配，不管雌性是不是单身，或者有更大的雄性守护，或者与伴侣正进行到一半。这些雄性熟练得像一个扒手，不过离开时并不

会带走贵重物品。

想象一下酒吧里的情形吧。雄性巧妙地把小捆包着强有力基因的包裹滑到上衣背面或者裙子的边缘。对于雌性来说，被交配的风险半径只有一两米，每个经过的雄性都具有高度的威胁。

与此相反，一些深海鱿鱼没有化茎腕。多少年来，这些巨型捕食者如何设法将精子转移的问题依然是一个谜。科学家建立了一个理论，这种鱿鱼的末端器官（指的是那个连着储精囊的长管）必定在精子转移到雌性的过程中起到一定作用。但是，他们不确定这是如何实现的。鱿鱼的外套膜覆盖在身体外面并保护内脏，只有头和触手在一端露出。有一种设想是这样的，如果雄性可以头对头地控制住雌性，就像在其他鱿鱼种类中观察到的，也许这个末端器官——又叫鱿鱼阴茎——可能可以接触到她。

一系列有趣的证据指向了这种设想。首先，在某些种类当中，末端器官比外套膜长，这为它可以伸长绕过雄性的身体从而碰到雌性提供了证据。其次，在一头抹香鲸胃中的残留物里发现了相互交叉的喙状嘴，它们来自一个雄性和一个雌性鱿鱼，一种缺少化茎腕的深海鱿鱼（这也意味着这头抹香鲸可能吃下了这对正在交配中的夫妻。性交分散注意力从而带来危险）。但是，因为之前没有人见过深海鱿鱼干这事，那也就不可能明确知道这种鱿鱼的阴茎是否可以真正地完成工作。

之后，2006年，科学家第一次看见了末端器官如何发挥它所有的潜能。

福兰克群岛附近，一条鱿鱼在一次科学研究考察中从近千米之下被带了上来。随着它从深海栖息地升上来，压强的变化几乎杀死了这个生

物。它躺在船的甲板上，触须颤抖着。这条鱿鱼濒临死亡，甲板上的科学家决定割开它的外套膜研究内脏。随着研究人员剥掉这层保护膜，他们看到了雄性特征，苍白的末端器官躺在里面，长度正好能够碰到外套膜的边缘。因此，科学家在笔记本上记下了这个动物的性别，直到这时，一切都在有序进行。

然后，大庭广众之下，那根强有力的阴茎开始伸长并且变硬。它越过外套膜的开口处，再经过头和巨大的眼睛，一直来到展开的触手顶端。相当于一个男人把手伸过头顶，而他膨胀的阴茎一直伸到他的指尖（而且还是从膝盖的位置开始勃起）。

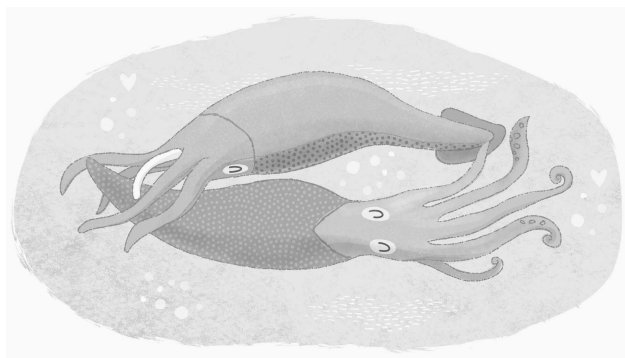
这条濒死的鱿鱼最后强力且持久的勃起证明了它的雄性气概。这条鱿鱼的总长只不过30多厘米，这根完全伸展的末端器官的长度却超过60厘米——在性生活中足够接触到雌性。考虑阴茎和身体尺寸的比例的话，世界纪录保持者是藤壶，它居第二名。

就在同一年，另外一个发现让我们对这个巨大的、膨胀的深海鱿鱼阴茎愈加敬重了起来。

2006年以及2012年，遥控水下机器人抓拍到了正在性交的两条鱿鱼，而且它们并不耻于继续它们的壮举，尽管处在明亮的灯光和闪烁的摄像头前。此时亥姆霍兹海洋研究中心汉克-詹·霍文博士（Dr. Henk-Jan Hoving）和史密森尼博物院的迈克尔·维舍尼（Michael Vecchione）分析了镜头，他们发现他们见证了一次不寻常的现场示范。交配中的鱿鱼采用的是69式，雄性在上，但是是背对着雌性的，肚子朝上。这是研究人员第一次看到性交中的末端器官以及性交的姿势。

我们真的应该欣赏其中的精湛技巧，想象一个男人用背躺着，在一

个女人的上面，她也是背躺着，他们的头在各自脚的方向。然后，他让阴茎循着弧线前进并绕过肩膀缠绕到后背，再插进躺在身下的女人。我们谈论的正是一根赶得上雄性体长的阴茎做了一个反向后空翻动作。



能亲眼看到一条深海鱿鱼的勃起过程是非常了不起的，理由有两个。第一，不可否认那是一条好长的阴茎。就长度比例而言，它在动物王国里排在第二位，并且是地球上所有会移动的无脊椎动物中最长的。第二，见证这个阴茎触及的范围有助于解答没有化茎腕的鱿鱼是如何把精子从雄性转移到雌性的。或者，在某些情况下，雄性到雄性。

通过研究保存的标本，霍文经常看见雄性身上覆盖着精包，但是他不知道这些来自另一个雄性还是雄性在自我授精。这可能发生在鱿鱼被抓住并从深处拖上来的时候：雄性射精并且将精包附着在附近任何可以附着的东西上。为了解开这个谜，霍文和他的团队决定梳理之前遥控水下机器人拍到的几百小时的视频录像。浏览了这些影像，他们可以看到活的雄性身上覆盖的精包跟雌性一样多（附着的精包呈现白色，它们与深色的鱿鱼形成对比，辨认起来相对简单）。提到选择配偶，多情的鱿鱼目光可就没那么敏锐了。

在漆黑的深水里，交配的机会极少，而且相距又远，因此在那里辨认雄性和雌性会很困难。雄性宁可浪费一些精包为另一个雄性授精也不

愿错把雌性当成雄性从而错过一个极其少有的交配机会。不妨个个都尝试，以防万一。

霍文和维舍尼对比了博物馆的标本与现场的观察，也确认了影片中拍到的交配夫妻杂技似的精子植入。一个同样来自深海物种的博物馆雌性标本身上带着好几个精包，这些精包深深地植入到了她外套膜上的鳍的连接处。这也是视频中雄性末端器官接触到的雌性的位置。不过，鱿鱼性生活之旅的最后一步依然是个谜：我们不知道精子实际上是怎么到达卵子的。霍文已经得出几项有趣的发现，并着手解释这个过程，其中包含了鱿鱼精包会有它们自己的想法。当精包从末端器官喷出的时候，阴茎的顶端会像一个触发器一般爆开这个小包，释放出的精子束——又称为精子囊——摆动着钻到雌性肉体下面。精子囊中含有几百万个精子，此时必须以某种方式让它们开出一条路到雌性的皮肤下面进入授精的地方。在雌性鱿鱼身体中有储精袋，精子移居或者从身上植入的地方移动到这个精子容器中。在另一些种类当中，雄性直接把精包放进外套腔（软体动物外套膜与内脏团、鳃、足之间的间隙）内，在那里精子可以为从输卵管里出来的卵子授精。但是，如果精子放置在尾部或者嵌入到雌性的头部后面，那么就有很长一段路才能到达输卵管或者卵子排出的开口处。

这也是霍文口中的海洋“超级软体动物”的另一个神秘之处。而且它们确实担得起“超级”这个名号。一般来说，鱿鱼可以短距离地飞出水面；它们的伪装能力超过任何物种；它们有着视力极好的复杂的眼睛；它们可以自己发光；而且它们可以延长自己的阴茎到身体那么长。即使超人也做不到这一点。

尽管鱿鱼长长的阴茎令人难忘，但是部分物种进化出了炉火纯青的阴茎使用技巧，让鱿鱼也相形见绌。

可分离的阴茎

当扁形虫在近战中用它们轻巧的长矛战斗时，当鱿鱼展示着令人难忘的伸缩装备把精子拍到雌性身上时，有些海洋雄性会把它们的阴茎变成抛射机器的弹药。

有一种不同寻常的八脚软体动物叫船蛸（argonaut，蛸音“肖”），它是章鱼的近亲。它不愿像多数亲属一样过底栖生活，反而喜欢漂游在开阔的海域中。人们经常会发现雌性船蛸会从漂亮而且薄如纸的外壳中展现出优雅的触手，它们另一个常用名就由此而来：纸鹦鹉螺。一个半透明、珍珠白色、形状像两个鲍鱼壳从外缘铰合在一起，这种易碎的分泌物用来充当雌性孵化受精卵的房间。虽然她的身体不像牡蛎和海螺一样附着在壳上，但是雌性船蛸会在精致可移动的家里卷曲着，一边用气泡调节她们的浮力，一边漂浮在中层水域的王国里。

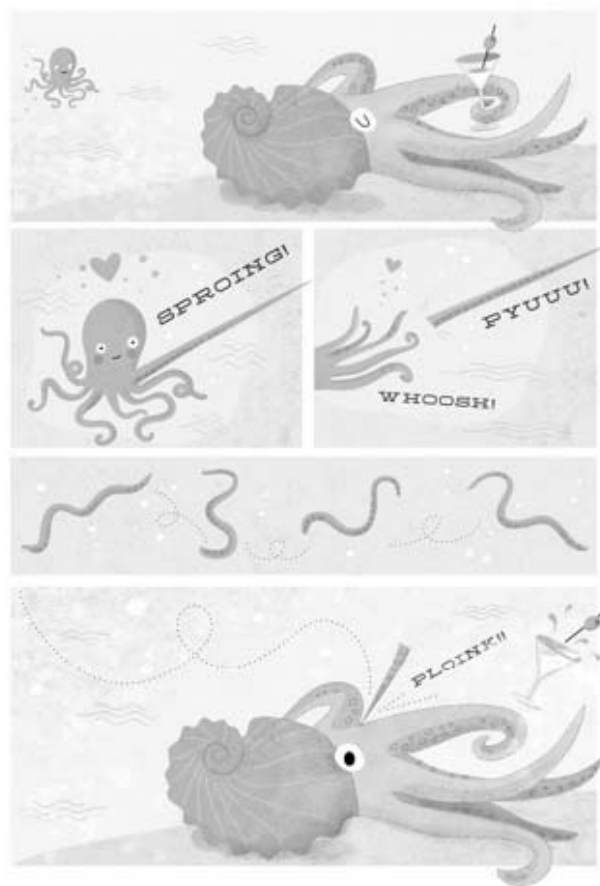
雌性船蛸算不上是一种大章鱼，可以长到大约45厘米长。不过，雄性船蛸相对于她，可以说是侏儒。当雄性完全长成的时候，大概在2.5~4厘米之间，看起来小得吓人。但是，任何雌性要是第二天醒来发现她的鳃上塞满了仍旧在扭动的掉落的阴茎，可能对此会感觉不一样。

是的，雄性船蛸可以甩出他的化茎腕并且让它为远处的雌性授精。尽管雄性身材偏小，但他们的阴茎触手在尺寸上并不落下风——比雄性的整个身体还长。到了交配的时候，他把专门的附属器官藏在位于左眼底下的袋子中。当机会来临时——对雄性来说一生只有一次风流韵事——他从薄薄的壳里伸出他爱的触手，然后仿佛放下了所有的执念，他割断了珍贵的附属器官，然后就游走了。他的化茎腕像蠕虫一样向雌性做最后的冲刺时，必须自己照料自己。雄性之后很快就会死掉，但雌性

会一直活着，还会再次交配，割断的阴茎会牢牢地植入她的外套膜之中。

雌性会发现身上有来自不同雄性的多个化茎腕，都挤在她们的外套膜上，这显示了单个雌性船蛸也许有能力孵化由多个脱落的阴茎授精的卵子。在开阔的海洋中，船蛸的性生活绝大多数时候是一个谜。而且，它们过去还曾迷惑过我们。

第一次被发现的时候，雄性船蛸脱离的阴茎被认为是一个物种——会紧紧抓着雌性不放的某种奇怪的寄生蠕虫。它们甚至被赋予了它们自己的属——*Hectocotylus*（化茎腕，但是这个词现在适用于所有头足类动物特化的阴茎触手）。雄性是如何准确地将他的阴茎变成一个抛射器的，以及为什么他变得如此极端，我们仍然无从知晓，某种程度上是因为活的雄性船蛸极为少见。



不过，我们知道，雄性船蛸不是唯一一个被发现喜欢可分离的附属器官的生物。许多物种会以生存的名义放弃肢体然后再再生一个：海星可以轻易地断肢再生，蜥蜴的尾巴也能再生。但是，与再生一个阴茎相比，上述这些只不过是小儿科。在这里我不是要说像海螺一样再生某些在不幸中损坏的阴茎，而是一个可以制造全新性器官的物种。

分节的矶沙蚕（palolo worm）是蚯蚓在海中的亲属。满月可引发它们大规模的性集会，雄性和雌性带着精子或者卵子的尾部会膨胀，然后再从虫的主体上分离。这被称为生殖态，是以性的名义牺牲身体的后半段的一种生殖现象。

当头部仍然在海底打洞的时候，分离的部件在缓缓地向海面螺旋上

升，就像一个离开母舰的逃生舱。尽管它没有头，但是，“有性节”（承担生殖态的部分身体）生来就具有自己的一双眼睛。接近到达水面的时候，发芽的后部爆开，然后将配子溅到水中。海面上之前早已聚集了成千上万切断的虫屁股，这些配子与其他虫屁股喷出的精子或卵子混合在了一起。同时，位于海底的虫子前端开始重新生长出一个尾部。

再生过程通常要用几个月，然后重复上述过程，并贯穿蠕虫整个生命历程（有些蠕虫甚至可以活几十年）。

相比之下，沙蚕科的沙蚕（ragworm）并不切断它的性部件——它变成它们。作为饵料，渔民可能熟悉这些虫子，或者水族馆管理人员也可能认识它们，因为可以作为水箱里的鱼饲料。在越南，它们甚至被人当作美味吃掉。在世界各地浅水海岸带和河口处，它们是鸟类和鱼类共同而且重要的食物来源。但是，真正让它们和别的动物区分开来的是它们变形的性生活。随着它们变得成熟，这些沙蚕经历了戏剧性的变形。这是另一种形式的生殖态，但是这次不仅仅是尾部，而是整个虫子都变成了性器官——一个巨大的漂着的精子或卵子囊。

为了从底栖爬行者向水面产子者转换，沙蚕几百个刚毛似的爬行足变成桨状的游泳附肢；身体里填满了精子和卵子后，它的内脏萎缩了，而且现在它游泳的前端变得更强壮，上面的眼睛也进一步扩大。一旦转型完成，沙蚕就会等着满月出现。发光天体上的光激发了沙蚕从海底一块儿上升游向表层，然后爆开喷发出精子和卵子。那是致命却有成效的大众狂欢，也是一个相当悲壮的青春故事。

已知唯一一种有“即抛型”可再生阴茎的动物是白边多彩海蛞蝓（*Goniobranchus reticulatus*），这是一种热带裸鳃亚目动物，发现于印度太平洋海岸的水域中。这种海蛞蝓不但厉害到经历子宫而不死，而且

一天内就可以造出一个备用的阴茎，准备再次切割。这些漂亮、有明亮红白斑点的海蛞蝓基本上是一个阴茎售卖机，怀着一个长长的、卷曲的组织，它可以伸展出一个又一个的阴茎。这种紧密盘旋的块状物足够长，至少可以过三次性生活，中间只要少许休息。

作为相互交配的雌雄同体，两只海蛞蝓在交配期间会紧密合作。首先，它们接近并接触对方的生殖孔仿佛要确定方位。其次，双方分开并转到脸相反的方向。它们沿着自己的右侧排列起来，稍作调整以适应伴侣伸出的阴茎，然后开始并同时完成插入。几分钟过后，授精完成。再次，每个海蛞蝓开始从对方那里抽出，两根阴茎在两个分开的身体之间伸长得像个橡皮圈。它们伸长再伸长，越拉越细，直到不能再长。最后，一个海蛞蝓从另一个身上拽脱；第二个跟着也拉出来。它们爬了开去，拉长的阴茎拖在它们后面，像个不幸被过分拉长的弹簧玩具。几分钟后，它们直接丢掉这额外的包袱，开始生长一条新的。

每个海蛞蝓都相互交配，交换精子，然后带着自己的阴茎离开。看起来相当文明，可真的是这样吗……直到你在显微镜下观察它们，这些双重交配者顺手牵羊的本性就突显出来了。

阴茎的末端鳞次栉比地覆盖着锋利的倒钩。这些倒刺像魔术贴，挂住精液并在脱离的时候把它从生殖孔里拉出来。虽然这些小钩子有可能抓住阴茎主人自己的精液，但是大多数情况下，这些多刺的头会把雄性竞争者的精液给掏出来。

这些在海底滑翔的美丽动物安逸地住在珊瑚当中，每个季节都有充裕的交配机会，导致种群中“一半”的“雄性”展开激烈的精子竞争。一根长的阴茎可以深深地探入，而一个膨胀的、蓟状的阴茎头可以把先前就在那里的精液刮出来，这两个特征在竞争中是非常有利的条件。

实际上，在海洋中，多个阴茎是很常见的，有些物种会突然一下子把它们亮出来。

双重生殖器

射精，自然界的伟大力量。但是，对于雄性鲨鱼来说，更像是缓慢泄漏而不是像消防水枪般地喷射。因此，它们不得不把它们的阴茎变成某种类似高压玩具水枪的东西，然后通过“压力泵”来助推它们原本不是很有力的喷发。鲨鱼有两个插入器官，每一个都有这种内置的额外火力装备。

从表面上看，鲨鱼的阴茎，又叫鳍脚，看起来像哺乳动物的阴茎，但实际上它们是腹鳍的延伸，沿着中间有一道简单的凹槽。这些由钙化软骨构成的延伸，随着雄性的成熟，会变得越来越坚硬。

这套对称的香肠形棒子位于鲨鱼腹部接近尾巴根部的地方，看起来真的像它们应该有的样子，不过，科学家起初认为雄性用它们抓握雌性，因此名字也是这么来的（鳍脚的英文是clasper，也译作抱器、攫握器）。实际上，鳍脚根本不夹东西，它们用来捅刺，然后像爪钩一样进入雌性并将其固定。

从鲨鱼出生的那一刻起，这对鳍脚就很明显。但是，一条新生的雄性幼鲨只有松软的鳍脚。随着年轻“小伙子”的成熟，这个垂悬物会变长，向内弯曲，并且变硬，看起来像两根巨大的雪茄。一些鲨鱼种类可以让它们完全成形的阴茎收起来与腹部齐平，从而减小阻力。即便如此，它们的双重阳具也没法完全藏起来。下次你站在水族馆的玻璃隧道下面时，检查一下在你头顶上巡游的鲨鱼或鳐鱼。雄性的特征还是很明显的。

顺便说一下，在金鱼中，这种性别鉴别可不是轻易可以做到的。它

们与鳕鱼、鲷鱼和鲑鱼一样，性别这个秘密藏得深得多。但是，鲨鱼是一种不同类型的鱼：它们是软骨鱼纲板鳃亚纲的鱼类，名字来自它们骨骼的材质。它们的骨骼与构建我们鼻子和耳朵的材料是一样的（与之相对的是在我们身体中和那些硬鱼骨中发现的钙化骨头）。古代的软骨鱼与硬骨鱼大约在4亿年前分开，进化成了今天的鲨鱼、鳐形目和银鲛。并且它们天生带来了令人难忘的性器官。

例如，一条3米长的大白鲨可能会有着一对长约1米的鳍脚。动物王国里最淫秽的镜头大概就是跳跃中的大白鲨露出了巨大的鳍脚，背上洒满落日的余晖，跃离海面去抓一只逃离的海豹。

研究鲨鱼的繁殖是一项具有挑战的专业：极大的多样性以及高度谨慎的天性是它们持续保持神秘的完美秘诀。海洋中总共有超过1200种软骨鱼类。它们几乎有一半生活在水深超过200米的海水里。我们对它们中的多数所知甚少，最少的则是它们的性生活。我们所知道的是，它们都进行体内受精，需要雄性和雌性近距离接触，以及鳍脚的高效使用。

佛罗里达州立大学的迪恩·格拉布斯博士（Dr. Dean Grubbs）已经研究鲨鱼繁殖20年了。他指出，当一个雄性推动他的鳍脚进入雌性的泄殖腔（阴茎、小便、大便进出的总开口，在许多物种当中，也是活的幼体出生的开口），它就会向外张开并且本身会稍微向后翻，像一只张开的手。一些鳍脚是用格拉布斯所提到的“温和的锚固系统”装饰过的，但是其他人则指出，顶端钩状的倒刺并没有那么温和（至少有一种鲨鱼，蓝鲨，雌性长有特别厚的阴道壁，可能是进化出来应对这些尖锐的附属器官）。这个锚有助于雄性停驻在雌性的内部以保证有足够长的时间让他卸货。

因为鳍脚只是腹鳍的延伸，外形卷曲，里面没有管道（比如尿道）

连接精子存储的地方和“杆子”的底部，而“杆子”的底部到顶部也没有管道。相反，生殖乳突——看起来像乳头，其实是精子出来的开口——位于雄性泄殖腔上方，接近鳍脚的底部。所以，当哺乳动物的雄性从阴茎的顶端射精时，鲨鱼的精液与其说是射出不如说是渗出，而且速度很慢地顺着鳍脚流下来。

接近鳍脚的底部有一个微小的孔，刚好挨着生殖乳突。每个鳍脚都有一个小孔，并且每个小孔都和一个细长的内部囊相连，这个囊贯穿鲨鱼的腹部。在未成熟的鲨鱼中，囊只有躯干的一半长，但是在成熟的雄性中，它一直通到鳃下。

“当成熟的雄性下决心开始干事的时候，”格拉布斯说，“它们运用肌肉的收缩来创造一个真空，这就可能有效地通过小孔吸入海水。这个囊充满后就像一个水球。”为了刺入雌性，雄性经常使用较远一侧的鳍脚，越过他自己的身体，然后把它压入雌性身体。这意味着如果雄性在雌性的左边，他会用他左边的鳍脚来插入，而理由如下：因为鳍脚越过自己的身体去插入时，小孔就能直接接触到鳍脚上的凹槽。随着雄性通过生殖乳突释放精子，他收缩内囊附近的肌肉，从小孔里挤出海水。压迫产生了高能的海水流来冲走精液，让精液顺着鳍脚流进雌性体内。这可以说是非凡而独一无二的射精系统。

被我们直接观察到的鲨鱼性生活案例很罕见，其中一个案例便是铰口鲨，它们在热带浅水处栖息，增加了我们观察的机会。铰口鲨的性器官看起来像一个巨大的铜色开瓶器，两条（或者更多）鲨鱼的身体纠缠、扭曲在一起，同时雄性咬向雌性两个巨大胸鳍中的其中一个，并且用他的身体把她包住。这种手段会留下搏斗的伤痕。类似的伤口从蓝鲨到虎鲨都普遍存在，暗示着这可能是普遍的交配习惯，是雄性用来操纵雌性调整体位的方式。

雄性铰口鲨牢牢抓住她翅膀一样的胸鳍后，用他的尾巴当作杠杆把雌性侧向一边，直到她翻过来，或者甚至垂直地把头向下按——以便可以进入她下面的入口。在鲨鱼、鳐目和鳐形目的雌性当中，泄殖腔位于两个腹鳍之间，雄性也是一样。一旦位置合适，第二条鲨鱼的出现也经常有利于成功，他有助于把雌性控制在合适的位置。第一条鲨鱼操纵最近的一个鳍脚插入雌性。有两个阴茎就是这个优势。

对雄性来说，与不情愿的雌性鲨鱼扭斗，还要把她翻转进入合适的体位，真不是一项容易的任务。很明显她并不想参与这件事，但是在奇怪的、有点类似SM的反转后，这种求爱的撕咬似乎征服了雌性，甚至诱惑了她。在某些物种当中，爱的撕咬表现得很极端，雌性需要额外的衬垫减少撕咬的影响。但是，随着雌性皮肤增厚，雄性的牙齿也变得更锋利。在小型鲨鱼和鳐形目当中，包括黄貂鱼在内，雄性有特化的牙齿，是为交配目的而设计的——我们知道这些牙齿是明确为性行为服务的（与之相对的是吃东西的牙齿），因为这些牙齿只有在交配季节出现。性交牙齿提振了雄性鲨鱼的“雄风”——就像吸血鬼版的伟哥。

现场见证到的鲨鱼的性生活看起来是一件非常匆忙的事。这是有道理的，因为雄性嘴里塞满巨大的胸鳍都快窒息了，雌性也急切地想把雄性甩下去。到目前为止，我们观察到的情况中，雄性鲨鱼一次使用一个鳍脚，然后插入20~30秒后就离开了，不过，有时候会更长一点。至少在铰口鲨中，当一只雄性完事后，另一只经常在附近等着，而且一只雌性可以在快速交替中与一群雄性鲨鱼交配。是强迫还是自愿？我们就不得而知了。

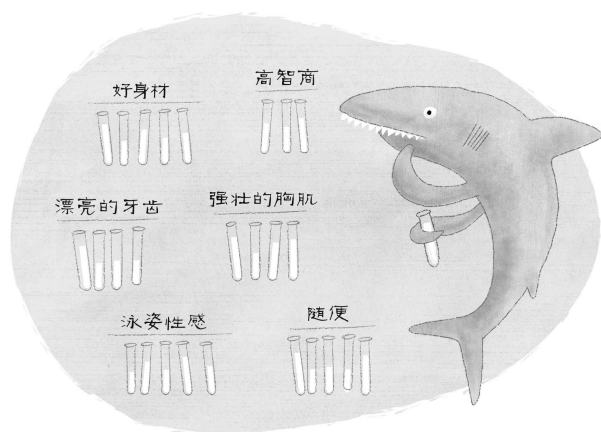
鲨鱼并不是唯一有着双阴茎特性的物种。因为我们早已发现介形虫也有两个阴茎，桡足类也是。其他有多个阴茎的物种还包括可口美青蟹（blue crab），会用一对游泳足把精包植入结对的雌性生殖孔当中。生

活在沙中的异触虫（*Pisione worm*）是极少数进行体内受精的多毛类环节动物中的一种。这些蠕虫有多个阴茎或者阴道，每个体节都有，有些物种超过10节——当它们过性生活时，就像一个巨大的拉链拉起来了一样。



对依赖阴茎来完成交配的物种，多种多样的海洋阴茎只是“交配方程”的一半。通过合适的对接将精子传递到雌性的容器中，性才算成功——而属于雌性的那另一半也有自己一系列丰富多彩的大小、形状、样式以及功能。

第五章 内室 从内到外影响性



性海二三事

- 鲸的阴道很曲折，精子需要一个好的GPS。
- 一些鲨鱼在完成交配后，几乎可以怀孕长达四年。
- 在鱼类和蠕虫当中，矮小的雄性是很好用的性奴。
- 波浪之下，单性生殖依然流行。

性海背景乐

1. 《食人兽》——霍尔与奥兹二人组
“*Maneater*”——*Hall and Oates*
2. 《比利·金》——迈克尔·杰克逊
“*Billie Jean*”——*Michael Jackson*

3. 《宛如处女》——麦当娜 “*Like A Virgin*”——*Madonna*

“归根结底，雌性有主场优势。”

这是美国国家海洋和大气管理局西南科学中心的莎拉·麦斯尼克博士（Dr. Sarah Mesnick）对体内受精繁殖的总结。雄性投入极大的资源用于增大体形、发育用于对抗其他雄性或者与雌性调情的构造。它们也对巨大的阴茎投入甚多，某些情况下还会长出硕大的睾丸。所有这些都致力于缩短精子和卵子的距离。不过最终，那最后一段路程——几毫米或者几十厘米——是在雌性生殖系统里完成的。

这段路很有可能成为一场障碍赛。

进化压力驱使雄性进化出高效且实用的外生殖器，同样也驱动了雌性繁殖器官的进化。她的性器官的形式和功能两者都致力于保护她基因的命运。这意味着雄性和雌性两者都为了控制后代的父亲身份做了斗争。这也引导雌性出现了一些显著的适应性改变。

不幸的是，科学界对于雄性生殖器进化的研究多过雌性生殖器。虽然一般来说观察和研究阴茎比阴道更容易，但是与这种不平衡有更大的关系的是一个长期存在的假设：换句话说，就进化而言，雄性的性处于驱动地位。

这种偏见可以一直追溯到维多利亚时代，在当时可以算是一种准则，那时科学家假设雌性——以及她们的性器官——是游戏的被动参与者。主要的观点是雄性为了获得雌性互相战斗，而且拥有最合适基因的将获得奖励：成功的繁殖。赢家的基因由此得到继承，继而影响物种的

命运。达尔文最早挑战了这个观点，他当时指出，雌性通过选择带有最鲜亮的彩色羽毛或者最长、最华丽的尾巴的雄性，从而可以影响特征如何进化。这种性选择可以导致特征的进化，而这些特征与生存无关，只与得到配偶有关。

今天，我们知道雌性的选择比看到的要复杂。神秘的雌性选择——雌性在交配中甚至交配后影响谁的基因胜出的能力——是大自然的一种主要力量。通过行为、形态（形状）和化学的手段，雌性的身体已经进化出不同的方式来让某次交配更加成功或者更难成功，而且在某些情况下可以控制后代的生存能力。在许多物种当中，雌性可以储存精子，而且通过物理操作、性激素或者其他机制调整，确定哪个精子要释放到生殖系统中。阴道本身也能成为一个筛选设备。分泌物可能会摧毁一个雄性的精子而保留另一个，这是基于基因的兼容性。或者，就像我们将要看到的，阴道本身的形状可能就拥有选择的能力。从精子的角度来看，雌性的生殖系统就是一个战场，在那里不仅要与其他雄性精子继续竞争，而且战场本身也充满了障碍，而这些障碍是经过设置的，专门干掉某些精子，同时吸引另外的精子。

这也就是为什么，相对于阴道研究，阴茎研究的优先权依然较高这件事情让人惊讶了。这令人不安，理由有二。第一，研究课题中的偏见歪曲了对于物种为什么进化的基本理解，有可能低估了雌性的选择权和选择在影响进化进程中的角色。

第二，在实际层面上，这种生殖的性别偏见影响了对生殖生物学的基本理解，没有正确的认识，我们就无法有效地管理自然种群。如果渔业管理的目标是将野生种群的生殖潜力最大化，那么我们必须知道基本原理，即是什么导致了种群的成长和萎缩。

同时包括了雄性和雌性外生殖器的研究在数个方面展现出了深刻见解。比如，在某些鸭子中，雌性一直是被压着进行“强迫交配”。在这些物种当中，精子竞争会很激烈。雄性拥有精致而且细长、逆时针旋转的阴茎，雌性则有一个复杂的、顺时针旋转的阴道，展现了对授精这一行为的防御能力。尽管要经历多个不自愿的交配事件，雌性依然在很大程度上对受精有所控制。反过来，这也影响了（哪个）雄性真正地对种群的基因池的贡献。

对于体内受精者而言，决定了交配成功与否、后代的孕育和最终的种群基因多样性的因素会在雄性离开以后才起作用。因为许多物种——海洋哺乳动物、海龟、鲨鱼——在人类的开发利用之下会更加脆弱，所以获知所有可能影响繁殖的因素就变得至关重要。为了达到这一认知，交配方程的两侧我们都需要了解。

在老派的解剖工作和高科技工具的帮助下，一些研究人员已经开始抵制研究偏向的趋势并且梳理出不同物种的雌性对性进行操纵的种种方式。雌性通过性行为与一些神奇结构的结合来运用这种选择。比起一说阴茎就谈论“有多大”而言，阴道可以告诉我们更为多样的东西。

物理障碍：鲸的阴道独白

研究鲸的阴道并不容易。但是，带着一点创意和一个联邦快递账户，这还是有可能的。

海洋中大型鲸的阴道可能大到足够让人走过去。它们也有可能复杂到需要GPS来导航。莎拉·麦斯尼克是海洋哺乳动物专家，专门研究生殖和交配系统，她和来自加尔维斯敦市得州农工大学的同事达拉·奥巴赫（Dara Orbach）决定冒险探索鲜为人知的鲸的阴道世界。虽然她们没有机会调查那种两米多高的生殖系统，但是她们查看过几种小一点的鲸、海豚和鼠海豚，而她们的发现相当惊人——同样惊人的还有她们进行此项研究的方式。

研究鲸的阴道是一项艰难的任务。鲸阴道的主人住的地方远离海岸，我们看不到她们。而且，即使我们找到她们，也很难接近，并且要待足够久来见证它们做爱，更是一项挑战。虽说许多潜水者不经意间看到过海豚勃起的阴茎，但想搞清楚鲸类阴道里正在发生什么仍旧十分困难。因此，这两个研究人员会怎么做呢？

首先，她们会去研究文献，特别是早期博物学家的研究，包括世界上关于物种解剖的精细描写——特别是关于那些神秘的偶尔会搁浅的大“鱼”。当一个样本搁浅时，当地的科学家会进行解剖。

“在那个年代，”麦斯尼克解释道，“科学家知道他们在描述某些新鲜而且与众不同的东西，因此他们真正地进行了许多详细说明。”今天，这些陈旧的纸张被研究人员当作藏宝图来用，它们最终呈现出一个令人困惑的雌性生殖结构大杂烩，横跨多个不同鲸目动物的物种。当

然，到现在为止，草图和注解只能到这种程度。想真正了解鲸的阴道里正在发生什么，需要你捋起袖子——至少捋到你的胳膊肘上——然后干点解剖的活儿。

在美国，自从鲸被《海洋哺乳类保护条例》保护起来之后，研究人员不能简单地出去抓一些来然后把它们运回实验室。相反，这个团队依靠的是一个研究人员网络，遵循标准的协议用来处理搁浅上岸的海洋哺乳动物。当一个动物搁浅并死亡时，科学家想要知道为什么，于是他们组织一次验尸（动物解剖）。“我们联系那些找到这些动物的人，并要求他们保留生殖系统，然后把它们送给我们。”而麦斯尼克说到“系统”的时候，她的意思是所有一切，从阴蒂（是的，雌性鲸和海豚有阴蒂！）向上到阴道附近，再到子宫、输卵管，还有卵巢。

麦斯尼克承认要求一个陌生人快递鲸的阴道会显得尴尬，即使对科学家而言也是如此。但是它还是起作用了——只要别把快递弄混了。你能想象吗？某个研究人员兴奋地走下大厅开始打开快递，期待着她的新显微镜，然后……什么玩意儿？映入她眼帘的是一米长的雌性鲸生殖器官。这可太棒了。

现在，研究人员有了冷库，里面装满了从各地运来的鲸生殖系统。除了搁浅的鲸，麦斯尼克也收到了渔获副产品——在捕鱼时意外被捉到的动物——这些是由商业船上的政府渔业观察员收集的。随着手里的样本数量不断增多，麦斯尼克和奥巴赫发现，与多数哺乳类不同，鲸目动物有着非常复杂和弯曲的阴道。通常一个哺乳动物的阴道是简单的管状或者洞状，远端连接到子宫颈。但是，在鲸目动物中，一系列的皮瓣、褶皱、死胡同以及漏斗状的构造，在精子面前展现了一个令人眼花缭乱的迷宫。

“第一次解剖是一个严峻的挑战，当时我们切开阴道并第一次观察它，那里有那么多结构，我们想不出一个精子是如何从这头游到那头的。”麦斯尼克说。研究团队已经发现一些种类有单个或多个漏斗状的物体。其他的有皮瓣或者多重的褶皱，叫作“假子宫颈”，因为它们看起来像真的子宫颈。麦斯尼克和奥巴赫系统记录了各个种类的生殖结构的各种尺寸、形状甚至方向。而且她们已经发现不是每种都是复杂的，有一些种类要简单得多。针对这些结构的研究很困难，原因之一是多样性——每种鲸的生殖结构看起来都不一样。麦斯尼克说团队必须找到一个关键点，通过这个点，他们只需要观察阴道结构就能认出这个物种。（当然，这让我想到了基于阴道的物种鉴定书。）

关于这些结构的形成有多个理论，包括这些扭曲和拐弯都是用来阻止水（海水对哺乳动物的精子是致命的）进入生殖系统的。但是，麦斯尼克认为可能有其他的原因：“问题很简单，如果所有的鲸目类物种在水下交配——它们也是这么做的——而皮瓣和漏斗只是用来把水阻挡在外，那么为什么物种之间会有这么大的差别呢？”

这个问题问得很好，而且正在进行的研究帮助梳理出了答案——不仅仅是关于阴道的研究，也包括关于雄性生殖器的研究。麦斯尼克强调，雄性和雌性之间形状与功能的关系最重要。因此，她和同事们对同一种鲸的阴道复杂性与睾丸大小做了比较。

初步发现表明，如果一种鲸的雌性拥有更加复杂的阴道，那么雄性也可能进化出更大的睾丸，就像我们已经讨论过的，会倾向于高度乱交的模式。当雄性和雌性总是过很多的性生活，雌性可能对雄性的筛选控制得更少。相反，她们有可能依靠更加复杂的阴道来为她们做过滤工作，事中和事后，在精子通往卵子的途中清除次要的精子。

在少数雄性垄断了约会对象的种群里，这种煞费苦心的雌性内部防御可能不是很必要，雄性也不需要如此笨重的睾丸。从雌性的角度来说，与其必须从许多雄性里选择最好的精子，不如只从一个或者几个雄性接收精子。这些精子来自最健康的雄性，而这些雄性则预先通过史诗般的战斗被筛选了出来，他们为了第一时间接近雌性，首先必须经历战斗。麦斯尼克和同事们提出了一个假设，如果一种鲸的雄性睾丸较小，那么雌性的阴道也会比较简单。

这些关于雄性和雌性生殖器的研究表明，鲸的阴道所做的远远不止被迫接受鲸的阴茎。实际上，她可能组织了一系列的防御和进攻，通过分岔的小路和活门阻止不想要的交配，也可以鼓励最快或者最健康的精子到达最终的目的地，给它们创造条件以便它们更容易找到路。关于这些结构能做什么有好几种假设，这些假设并不都是相互排斥的。麦斯尼克和奥巴赫的研究可能会找到答案。

虽然盘绕的鲸阴道有着独特的魅力，但麦斯尼克指出，不同种类间生殖结构的不同反映了生殖策略的重要区别，这种策略可能影响了它们应对人类侵扰的方式。相对于拥有高度有序的社会系统以及更复杂交配策略的物种，雌性与多个雄性交配并且精子竞争占主导的种类对外界干扰可能有更强的抵抗能力。

通过求偶表演或雄雄竞争在种群中建立清晰的层级制度，并由此进行配偶选择的鲸种，一旦失去占统治地位的个体，可能会让雌性失去首选的配偶，因此也降低了交配成功率。这仅仅是一种推测，但是麦斯尼克指出，可以想象与最强壮、最年老，或者最有竞争力的雄性统治者交配对雌性是有好处的。正如前面讨论过的抹香鲸，雌性可能不愿意与较小的雄性结合，因为他们的表演和能力都不能给她留下深刻印象，或者在层级制度还不明晰的情况下，她们可能只是简单地花更长的时间来选

择配偶。对各种鲸的交配策略更加熟悉之后（阴道形态学可以帮助我们理解这些策略），有助于我们设立现实的种群恢复预期，并建立合理的管理计划。

把种子带走：有自己精子库的雌性

她出了一个长长的差，简直令人筋疲力尽。会议终于结束了。在第二天早上离开之前，她可以在酒店的高档场所里享用一些酒水。那里的酒保非常好看，真是不错的福利。一杯，两杯，三杯……不知不觉间，她已经和他一杯一杯地拼起了龙舌兰，直到打烊。接下来发生的就顺其自然了：两个互相吸引的成年人一整夜享受着对方的陪伴。第二天早上，她在他之前醒来，就溜出了房间去赶航班回家，只留下了一张纸条：“谢谢你带来的快乐……”

之后的几年是一段漫长而枯燥的路程，不时会发生几次糟糕的约会，她感到了压力。工作占据了她的生活，时间飞逝而过，而现在想有个孩子的希望看起来变得渺茫。她下定决心，认为时间已到。在她的下一个周期，她要让自己怀孕，不是与新欢，而是与旧爱。她一个人待在自己的公寓里，闭上眼睛，然后安静地坐着，给她的身体发了一个信号，体内子宫附近的存储管于是释放了少量的精子。40周之后，她成了母亲，而那个热情的夜晚的酒保成了父亲——尽管他可能永远都不会知道。

有一个私人的精子库会非常方便，这也是为什么几乎所有主要的脊椎动物，以及许多无脊椎动物都进化出了在生殖系统中储存精子的能力。从雌性的角度而言，精子存储意味着一个“女孩”可以今天与某人睡觉，然后在几年后让他成为孩子的父亲，但不需要与他再次发生关系。

这种存储能力使性行为与受精时间分开。这个强大的机制允许雌性控制怀孕的时机。从鲨鱼到海龟、海鸟、章鱼和螃蟹都有这样的机制。

这种时机上的分离带来了便利。比如，对雌性排卵时间固定的物种，存储的精子可以让雌性在任何时间交配，只要机会来了，就可以在卵子成熟时再使用那些精子。同样地，在雄性和雌性大部分时间分离的物种当中，私人精子库意味着，当附近出现有魅力的雄性时，雌性可以与之交配，然后当幼体的培育条件达到最佳时，再让卵子进行受精。

这个技术对长时间排卵的雌性也特别有用，比如鸟类。鸟类每个卵子都是单独发育，一个接着一个，而且有一个短暂的窗口期（甚至会只有15分钟那么短），这个时候才可以发生受精。准备好精子对确保所有卵子都受精是有必要的。这个策略也会被雌性玳瑁（*hawksbill*）使用，它们在交配季节开始时交配一次，然后在超过10个星期的产卵季节里，用那一剂精子来授精五批不同的卵子。假如这样，随着卵子的发育，精子存储不仅有助于分期受精，而且也可以让雌性避免重复交配——那会让雌性筋疲力尽，在某些情况下甚至是有害的。

行为生态学的专家蒂姆·伯克黑德（Tim Birkhead）在他的奇书《乱交》（*Promiscuity*）中提出，精子存储也“为雌性提供了一个改变主意的机会”。一个在交配后几乎立刻受精的雌性，在性交的时候就决定了谁是孩子他爸；但是如果出现了一个更有吸引力的雄性，能够存储精子的雌性可以选择丢弃或绕开之前来自一夜情的精子。在雌性有能力一次保存来自多个雄性精子的物种当中，精子存储的地方就会变成精子竞技场。这可能也会增加雌性繁殖的成功率，因为它提供了一个途径，筛选出最健康的精子。许多研究表明，这种神秘的雌性选择和（或者）精子竞争已经在昆虫中得到了实现，但是精子存储给海洋中雌性的成功繁殖还能带来诸多好处，包括帮助物种经受缺乏配偶的时光。

雌性点纹斑竹鲨（brownbanded bamboo shark）便是这样的例子，她独身了将近4年，之后产出了一个健康的幼体。她与两条同类的雌鲨在水族馆里隐居避世，水箱里唯一的雄性是一条爪哇牛鼻鲛——一个远亲而且高度不匹配的配偶。基因测试证明，她的后代就是鲨鱼，是一次幽会的结晶，而这次幽会必定发生在45个月之前。直到今天，这是所有鲨鱼中有记录的时间最长的储藏精子后成功受精的例子。许多鲨鱼可以储藏精子长达一年或两年，但是，最近这次发现提供的证据表明，在两次交配之间，鲨鱼可能有能力忍受更长的“干旱期”。这对种群衰退的鲨鱼来说是一根救命稻草，因为雌性体内储存的精子可能组成一个更加具有基因多样性的精子库，超过了当地种群所能提供的水平。

种群中的基因多样性能让一些个体自然地抵抗一定的疾病，或者对变暖的气候有更强的忍耐力，或者更能适应食物供应的变化。种群的基因多样性越高，物种克服自然和人类共同产生的威胁的概率就越大。

这也让我开始考虑雌性储存精子这件事最奇怪的一个附加作用：这可以是一种为过世的雄性留下后代的方式。这在寿命很短的物种中更有可能发生，比如孔雀鱼，雌性寿命有一年多，但是雄性只有几个月。实际上，在一些体内受精的淡水小鱼里，实验发现雌性生殖系统内的精子有的来自活着的雄性，有的则来自两代之前的雄性，即它们原来的生产者很早就已经死亡了。在这种生者和死者的精子竞争中，同时存在时“鬼”精子胜出的概率高25%。这刚好证明了“溪水中的性生活”可以算得上是超自然现象。利用原先库存的和新的精子增加鱼类基因池里的多样性，这可能有助于后代在新的或者变化的环境里获得更大的生存概率。

有些不幸的是，哺乳动物中精子存储的时长只有几个小时或几天以内，可能因为我们的体内温度太高，不适合精子生存。所以，有些雌

性哺乳动物进化出了不同的策略。而且虽然这个策略不依靠死者的精子，但是它也涉及一种类似超自然的状态，被称为假死。

雌性象海豹每年都会运用这种策略。花了一个月时间在沙滩上照顾从她们身上吸取营养的幼体，成年雌性掉了1/3的体重，已经接近饿死的状态。这个时候怀孕不是一个好的时机。不过，像之前提到的，这段简短的海滩插曲是唯一有雄性在身旁的时光。因此，她们必须交配。尽管技术上来说她们已经怀孕了，但是雌性在这种繁重的需求中找到了一个方法——她们延迟胚胎着床。在新受精的卵子分裂了几次之后，它进入一个发育停顿期——严格地叫作滞育——并直接漂浮在子宫里。经过大约3个月，在雌性有机会进食，把自己养胖之后，激素就可能激发胚胎与子宫融合，然后怀孕就继续进行。

谁是爸爸？交配之后的精子筛选

除了存储功能，雌性还有其他方式控制精子的命运。有时，给中意的配偶一点额外的“温柔的爱”就足够了。洄游到淡水溪流待一段时间，孔雀鱼在这里又给我们提供了一个有趣的例子。有一种孔雀鱼，雌性可以衡量身边雄性的魅力高低，然后据此控制雄性在她体内留下的精子。如果他到她身边的时候，她刚刚看见一个更鲜亮的雄性经过，他就可能被忽视；但是，如果相比之下附近其他雄性看上去显得灰头土脸，雌性可能会允许相对鲜亮的雄性卸掉大量的“存货”。

现在还不确定的是，雌性是否拒绝了较不满意的雄性精子才得到更多的精子供应；或者，它们是否通过其他手段鼓励更多的受精，比如延长交配时间。无论是什么样的机制，同一个雄性可能会发现自己某一天被拒绝了，而下一次却被接纳了，这要根据他与其他对手比起来如何。

在其他物种当中，精子筛选归根结底更多地呈现出“按照顺序一个一个来”的原则。尽管这个不能跟储存精子提供一样多的选择性，雌性依旧可以利用这个特点得到很大的好处：控制哪个雄性先交配，以此保证后代的基因前途。派对中迟来的雄性会错过成为父亲的机会——这意味着雌性不用担心与他们发生关系。这种漠然被证明是非常有利的。

没有一个雌性想把她的繁殖能量浪费在和次优雄性产生的后代身上。另外，交配本身也可能是危险的：性交可能带来的伤害，和雄性相比，雌性承受得更多（还记得那些长倒钩的阴茎吗？）。如果，她要冒风险进行粗暴的性生活，那最好是值得的。雌性绿海龟至少有两个绝妙的技巧来阻止过于心急或没有看上的异性：突然冲向陆地，这可以快速地促使雄性放弃。或者雌龟会采取一种拒绝的态势，这种情形下，雌性

垂直地悬浮在水层中，脚蹼伸出来摆出铁十字的姿势，她的胸甲——或者腹部——面对着雄性。这相当于某些女人摇晃着锋利的指甲柳眉倒竖，好像在说：“别过来，想都不要想。”研究海龟交配的研究生很熟悉这种拒绝的姿势，因为在野外的时候，他们需要不断观察这些研究对象。不过，阻止一个固执的好色雄性的求爱并不容易，尤其是对鲨鱼和象海豹而言。

总之，雌性在对象不合意的时候，会消耗巨大的能量去避开强迫的交配。但是，如果一个雌性能确保受精不会发生，那么求爱者合不合适都没有关系，她能或多或少地在交配中表现出合作的姿态，这降低了为避免交配而产生的负担。

也许，只是也许，这就是大自然最离奇，而且确实是最可怕的繁殖策略背后的驱动因素。这也发生在雌性锥齿鲨（sand tiger shark，又名沙虎鲨）身上。

几年前，纽约州立大学石溪分校的德米安·查普曼博士（Dr. Demian Chapman）开始对这个物种产生兴趣：雌性独一无二的生殖生物学如何在雄性中推动激烈的精子竞争？这对物种的保护与管理又有什么意义？查普曼和我第一次相遇要追溯到1996年，当时我们与芝加哥菲尔德博物馆的凯文·费尔德海姆一起工作。凯文·费尔德海姆是研究员，那时正在巴哈马群岛给柠檬鲨做标记。自从那时起，查普曼坚持想成为卓越的鲨鱼生物学家。他的工作结合了遗传学和野外工作，以更好地理解鲨鱼生物学和生态学，特别是它们的交配系统。

全世界的鲨鱼正在经历着严重的衰退，主要是亚洲对于鱼翅的需求在不断增加，而这种需求推动了快速增长的非法鱼翅交易。但是，和“阴茎”那一章中提到的一样，衰退问题还涉及我们对鲨鱼交配系统缺

乏基本的认识。

鲨鱼和鳐鱼的生殖策略在地球上来说是最为多样的。小型种类，比如猫鲨，在海底产卵，而更大型的鲨鱼，比如大白鲨，直接生出活的幼体。前面提到过，所有的鲨鱼都进行体内受精，那意味着每个周期雌性产出的后代数目相对有限，从几个到几十个。

然而雌性沙虎鲨最极端，每个季节只产两个幼体。如果一只雌性与多只雄性交配（目前为止这种行为在许多鲨鱼中是相当常见的），那么雌性虎鲨的子宫就会变成古罗马的竞技场，是你想象到的最严酷的竞争场所。这可能就是为什么雄性虎鲨会产出大量的精液，数量多到被查普曼形容为“恶心”：“在解剖时，大量的精液会从雄性鲨鱼中涌出，我的同事们在实验室的地板上不住地打滑。他们不得不穿上橡皮靴来工作。”

为了找出升级的精子竞争是否真正导致了精子的大量产出，查普曼求助的正是费尔德海姆开拓的亲子鉴定技术，以揭开到底有多少雄性可能亲近过雌性。在沙虎鲨的繁殖季节中，每个子宫通常在开始时怀着8~10个胚胎，但是与其他任何鲨鱼（或者我们已知的其他鲨鱼）不同，只有一个胚胎能从子宫中活着出生——而这一条幼鲨，它吃了其他所有幼鲨。

这被称为“adelphophagy”，它字面上的意思是“吃掉你的兄弟”，是子宫内同类相食的极端形式。在其他物种当中，发育中的胚胎在怀孕期以雌性生产的未受精的卵子为食。在虎鲨中，比这要可怕得多。

第一个胚胎发育后摆脱了它自己的卵囊，然后欢快地在子宫内游动。它长着巨大的眼睛以及发育良好的牙齿，看起来像某种从《异形》

电影里出来的生物，当它开始行动后，这种形容看起来甚至更加合适。怀孕的雌性有时会被沙滩防护网捕到，通过解剖，查普曼发现在许多情况下，其他胚胎有着深深的咬痕，有的直接穿透了外壳。这说明占优势的胚胎似乎在采用一种“先杀，后吃”的同类相食方式——它咬穿它兄弟姐妹的外壳杀了它们，然后在之后的几个星期里饿了就吃。这确实是手足相残最极端的例子之一，因为查普曼发现一个胚胎的嘴巴里还有它兄弟的尾巴。

通过从母体和所有胚胎中采集DNA样品进行亲子鉴定，查普曼想确定每一窝有多少个父亲做出了贡献，以及这种情况下可能发生的精子间的竞争。就像其他鲨鱼一样，他发现了数个父亲的特征。不过，让人完全出乎意料的是，在近一半的母体中，两个最大的胚胎——就是会真正有可能来到世界的两个——来自同一个父亲。

这种情况发生的概率远超过了预期。一定还有其他东西在起作用，而查普曼猜测可能是这样的：

子宫里占有优势的胚胎的同类吞噬行为加剧了精子竞争，因为精子会争相为卵子授精，然后受精卵存活成为幼体。而且在一半时间里，胜利者只有一个——单个的雄性可以成为胜出的两个幼崽的父亲。这也有助于解释为什么雄性制造出巨量的精子——他们想淹没子宫，为尽量多的卵子授精。成为最早的胚胎可以给雄性带来最大的好处，因为那些胚胎最先孵化，然后突袭它们发育中的兄弟姐妹。

从雌性的角度来讲，这种繁殖策略可能有以下几大好处。首先，它允许雌性孕育两只体形巨大的幼体，大约90厘米长（成年雌性只有大约2.5米，正如查普曼所说，“这就像直接生了和你大腿一般高的孩子”）。极少有捕食者可能拿下一条2.5米长的鱼，因此这些幼崽有着很高的存

活率。其次，对于最好的求爱者这种同类相食增大了他们成功的概率，只有他们才能当上幼崽的父亲。这些雄性要或者可以阻挡其他的雄性，就像你在水族馆里见到的；或者有着超越其他雄性的精子数量；或者能够成为有竞争力的超级胚胎的父亲。任何上述的“过滤器”都为雌性的利益做出了贡献。最后，可能对沙虎鲨来说，宽松的“先来后到”的策略可以让雌性接受迟来的爱，保证后代基因的质量。她也不必消耗能量躲避交配——迟来的雄性完全可以成为父亲，只不过孩子会成为她最先（和仅有的）生下来的两个后代的饲料。

在揭露神秘的深海捕猎者隐秘的性生活方面，亲子鉴定是强有力的工具。目前研究显示，和地球上绝大多数动物一样，多数鲨鱼至少有多多个父系参与进来。在鲨鱼中运用亲子鉴定的先锋之一费尔德海姆发现，柠檬鲨拥有多重父系的比例非常高——几乎每一窝都有超过一个父亲。褐星鲨（brown smoothhound shark）和其他多种鲨鱼也是同样的状况。

不过，这个规则也会出现例外。双髻鲨有一个数量较小的种类叫窄头双髻鲨，在关于它的调查中查普曼发现大多数一窝只有一个雄性当爸爸。这尤其令人惊讶，众所周知，窄头双髻鲨有能力从先前的交配中储存精子，为日后雌性扩大后代的基因多样化提供可能性。在其他数量较少的鲨鱼种类中，最近也发现了类似的结果。研究人员还不知道是雄性用某种方式阻挡了对手的精子，还是雌性仅仅跟一个雄性交配，又或者是雌性在交配后会以某种方法选择精子。不管它们怎么做，潜在的高比例乱交和低比例的多重父系两者之间缺乏相关性，这种相关性的缺乏对管理有着重要意义。

在某些种类中，比如窄头双髻鲨和虎鲨，基于交配行为和种群规模，对整个种群的基因池做出贡献的雄性远比预估的少得多。这种较低水平的基因多样性使整个种群更加脆弱。

鲨鱼并不是唯一拥有恐怖电影般的生殖策略的海洋动物，为了证明这一点，我至少还可以举一个精子选择的极端例子，与恐怖片相比，这个更像心理惊悚片：海湾海龙（gulf pipefish）的故事。作为海马的近亲，海龙看起来天真可爱，长着一一条直直的尾巴。雄性海龙下腹部也有一个体外育儿袋，在那里它们养育和保护发育中的胚胎。在海湾海龙中，这种育儿袋是透明的，因此有可能看到这个神秘区域中正在发生什么。而以下就是那里的故事：雄性海龙会牺牲自己的幼崽，为了今后有可能更好的一窝做准备。

在这个绝非一夫一妻制的物种当中，雄性海龙喜欢大的雌性，特别是那些比他们自己大的。他们愿意更快地参与交配，从大个儿的配偶中收到更多的卵子，而且与更大的雌性交配产生的后代会存活得更好。与小个儿雌性交配产生的胚胎就没有那么好了——最有可能是因为它们的爸爸不够用心，只发放了少量的营养物质。相反，他把营养留给了自己，节省开销，期待今后哺育一窝更大、更好的后代，把营养花在它们身上。这是一个残酷的策略，只服务于雄性的利益。

因为大个儿的雌性并不总能遇到，所以一个雄性不一定想错过与一个较小的雌性交配的机会——聊胜于无。但是，为了对冲他的赌注，雄性不会全力付出照顾整窝幼崽；相反，他利用一些雌性的生殖投资来中饱私囊，损害的则是她未来的血统。

性的邀约：3P和高跟鞋的诱惑

虎鲨大量的精液可以让科学家在实验室的地板上滑倒，但是，真正的产精之王是北大西洋露脊鲸（North Atlantic right whale）。它们长着一对睾丸，单个就重达1吨，是地球上最大的家伙——比蓝鲸的10倍还要大，尽管露脊鲸体形比其小很多。从人类的角度来看，如果一个80千克的男人睾丸大得像露脊鲸一样，他两腿之间会有两个超过平均男性50倍的睾丸——几乎有0.9千克重。

这个硕大的睾丸意味着雄性在器官上一个重要的能量投资，而且暗示着可能会上演某些重要的精子竞争。借助在加拿大芬迪湾的观鲸行动，我们现在知道情况确实是这样。而且特别扭曲的是，雄性这种极端的竞争似乎起源于雌性的鼓励。

北大西洋露脊鲸是少数几种巨型鲸类之一，这提供了可以让我们这些地球表层居民一窥它们的性生活的机会——而且我们经常看到的不止一眼。在夏天的几个月里，这些极度濒危的鲸洄游到加拿大东海岸附近的沿海水域。每到这时海面便沸腾起来，一群十几米长的庞然大物对长势旺盛的浮游生物大快朵颐。它们整天在水里嬉戏，雄性和雌性互相接近，碰撞推挤，下潜上浮，边走边搅动海水。

当它们不进食的时候，露脊鲸经常形成“表层活跃群组”（surface active groups）：经常由几个雄性围着一个单身的雌性所组成。美国国家海洋和大气管理局的克拉珀姆认为这个行为显然跟交配有关，即使是在雌性不大可能怀孕的仲夏。这些鲸看上去很享受这段美好的时光，无论在什么季节。

与座头鲸不一样，雄性在这些表层活跃群体中非常温柔。偶尔，在群体龙腾虎跃的时候，雌性浮上水面，然后背朝下，向天空露出她宽宽的腹部。有些科学家认为，这是一个“回避”动作，雌性的意思是阻止雄性不要试着来性交。但是，克拉珀姆持不同看法。他认为这个姿势与拒绝完全相反，很有可能是对旁边雄性的一个邀请，让他在这种情况下好好利用他弯曲的、极长的阴茎。

一个雄性翻滚到她的一侧，很容易地拱起了它那两米多长的阴茎，变成了一个巨大弓形，然后向上进入雌性。因为她的身体有两侧，所以雄性进入她的身体时有两个备选位置。或者，像克拉珀姆所见，她的姿势也允许第二个雄性一起交欢。

“那是平常的一天，我们在外面为鲸打上标签，然后有人喊了一声‘阴茎’，这玩意儿有时会出现。但是之后，另一个人也喊道：‘我的天哪，还有另一个！’于是我转身去看。这看起来像一部色情电影。”

雌性被动的姿态和露脊鲸阴茎能达到的范围使世界上已知的最大3P成为可能。如果在尺寸上堪比金色拱门的巨大并排的阴茎弓印象不够令人深刻的话，请记住它们是鲸——它们呼吸空气。因此，当这种双重插入发生时，参与者全程都屏着呼吸。

同时发生的精子竞争解释了为什么大量的精液对雄性露脊鲸有利：由于要在同一时间与另一个雄性一起发射，他们必须释放一股精液的洪流。洪流越大，冲走及淹没另一个雄性的精子的概率就越大。至于雌性，引发如此极端的竞争可能是检验的方式之一，看看哪个雄性有最强壮、最健康的精子。

雌性象海豹可能也会发出性邀请，但是要在迥然不同的环境下。在

给她的幼崽断奶之后，一个雌性象海豹需要回到海里。她在后宫中的住所距离水边可能只有30米远，但这段沙滩之路上活跃着几群极其不满足的次级雄性。由于整个季节都被冷落，他们简直是一堵活的欲望之墙，这堵墙是一个危险的障碍。特别是在她们产后筋疲力尽的情况下，雌性完全不能挡开三十来个雄性。即使小个子雄性也比雌性重几百斤。当她在向海里的路上拖着脚前进时，雌性有一种选择：她可以抵抗拥上来的雄性，往他们脸上弹起沙子，或者左右摇动她的后脚蹼防止雄性爬上去。这样的抵抗是危险的。雄性为了征服抵抗的雌性，通常会对准其后脖子咬下去，这里恰好有一条主动脉——这条主动脉在瘦骨嶙峋的雌性身上将会更加暴露，这些巨大的雄性也会重重地砸在雌性的背上企图更好地增加交配的机会。由于这些没有地位的雄性要为散播自己的种子做最后的努力，因此雌性承受了巨大的伤害，甚至可能死亡。

或者，雌性也可以勉强同意，当雄性接近时，她静静地躺着，甚至邀请群里领头的先来。摊开后面的脚蹼，然后非常轻微地向上拱起她的尾骨，这是动物王国里最常见的“勾引”信号：臀部向上翘起像脊柱前凸一样。顺便说一下，一双漂亮的高跟鞋同样可以赋予翘起的臀部，那可能也是我们认为高跟鞋如此性感的原因。

这些雄性当然一路冲了上来。群中最大的雄性将摆脱其他雄性，只有他能爬到雌性上面。作为回报，他经常会在剩下的去海边的路上护送雌性。也许只是在她入海溜走之前，想与她多交配几次。雌性以性交换取安全，而且真的怀上这个次级雄性的孩子的风险是非常小的——之前在发情的鼎盛期已经与真正的大佬交配过，因此与其他雄性受精的概率已经非常低了。我们难以确定，这些雄性是否知道他们的行为是徒劳的。

侏儒和女王：雄性成为雌性的性奴

对于某些雌性，操纵精子筛选还不够，这些雌性施虐狂主宰着所有雄性的命运，不仅仅是他们的精子。

在深海漆黑的水体中，一条雄性角鱼（ceratioid anglerfish）巡游在冷冷的黑暗中，希望能找到一个雌性并用牙齿咬入她的身体。和吸血鬼德古拉一样，他依靠敏锐的嗅觉来追踪她的芳香。这个年轻的雄性天生就没有为自己取食的能力，找到一个配偶是生命中的大事，接着就是死亡。他只能依靠孵化他的卵子里的能量存活，在他精力消耗完之前，他必须找到一个成熟的雌性。她是他以及他的后代生存的关键。

如果一切进展顺利，随着它们之间的距离缩小，他最终会辨认出她笨重、朦胧的身影。她赫然耸立，可能超过他体形的10倍，不过他并不害怕。相反，他一个冲刺咬住了她的肉肉、圆圆的肚子。但是，在水中无尽的黑夜里，被奴役的正是那吸血鬼，而不是受害者。在接触她的肉体之后，雄性的下颚骨会分解，嘴开始融化。就像陷入流沙一样，他的鼻子溶解，同时他的组织也与她的融合到一起。雌性和雄性的血管开始缠绕。他再也看不见了，而且几乎也不能呼吸，她的肉深入到了他的喉咙。它们的循环系统融合了，而且他曾经拥有的本来就不多的组织开始崩坏，只有一处除外：他快速发育并完全成形的精巢。随着他的头牢牢地嵌入到了她的肉体——也许是受到雌性释放的化学物质的暗示——他开始引导他几乎所有的能量去建设几个相当大的精子工厂。最后，这个曾经独立的个体所剩无几，只留下一个精囊。

如果他是第一个紧紧抓住这个雌性的雄性，那么有可能他永久的融入会激发雌性排卵，排卵是一个消耗能量的运动，她会尽力避免，直到

她知道“有需要的时候”，身边的精子唾手可得。而且，我强调是有需要的时候。在一篇关于这种非同寻常的交配系统的早期论文中是如此描述的：“妻子和丈夫的结合是如此完美以至于可以肯定，它们的生殖腺是同时成熟的。可以认为雌性可能有能力控制雄性精液的排放且保证其在合适的时间为她的卵子授精，那也许并不是幻想。”

换言之，她可能可以控制他什么时候射精。雄性没有留下任何东西，只有他的尾端突出着，就像长在他情人肚子附近的一颗疣。雄性**鮫鯀**可能无法最大限度地表现出男子气概；但是，通过成为雌性的一个永久固定装置，他就有机会产生许多后代，而且是在寻偶概率非常低的环境中。

在机会更容易转瞬即逝的情况下，可能会发生更极端的融入和雌性接管的方式。接下来我们看看食骨蠕虫（*Osedax*），它是一种深海蠕虫，成年雌性会诱捕幼虫并把它们变成性奴隶。

回到2003年，格雷格·劳斯博士（Greg Rouse），现在是美国斯克利普斯海洋研究所的教授，联合鲍勃·威利约胡克（Bob Vrijenhoek）和一队来自蒙特雷湾水族馆研究所的研究人员，运用一个深海潜水器去探测加利福尼亚附近蒙特雷湾的海底。在大约距离海面3000米的地方，他们扫描到一副死去的鲸骨架，还注意到许多骨头上覆盖着鲜红的细毛。之后更近距离的观察和一些样品揭示了这种苔状的包衣是一种柔软的羽状物，它的主人不仅仅是一个新的物种，更属于一个全新的属——相当于在已知的大型猫科动物之外，发现了一种全新的老虎、狮子或美洲豹。

拉丁文中“*os*”表示骨头，而“*edax*”表示吞食，*Osedax*（食骨蠕虫），没有比这更简单的定义了。今天，劳斯和同事们已经鉴别出超过

20个不同的物种，它们是来自加利福尼亚近海的奇怪食腐者，而且在其他海洋中也有发现，无论是来自最深的峡谷还是最浅的海岸，坦率地讲，它们过着犹如《阴阳魔界》（*Twilight Zone*）的生活。

如果要写《食骨蠕虫编年史》，第一章我想以描写这些蠕虫离奇的生物学为开篇。它们没有嘴和内脏，所以它们不会吃。相反，成体采用了一种植物学范畴的方式，它们生长出类似根的组织，带着球根似的末端，伸入到海底死去的哺乳动物腐烂的骨头中。根溶解了骨头坚硬的部分，然后剩下的蛋白质和脂肪通过皮肤给根里的共生菌，共生菌可以尽情享受这种流质食物。然后，蠕虫再吃这些细菌当午餐。更奇怪的是，这些根是从卵囊附近长出来的——这就仿佛在输卵管旁边长出了食物工厂网络。

在着手破解这些以根为生的动物之谜时，劳斯在食骨蠕虫身上遇到另一件古怪的事：雄性不见了。这尤其令人迷惑，同时在雌性体内，劳斯可以看到成千上万的点——雌性体内简直塞满了精子。至少在他看来是这样。

第一次探险结束几个月以后，在高倍显微镜下解剖雌性时，劳斯注意到这些精子有些古怪：它们都处于不同的发育阶段。当雄性射精时，精子都是成熟的，已经准备好去“摇摆”了。让没有发育成熟的精子待在雌性体内没有任何意义。这时，他才恍然大悟。

那些点不是雄性的精子而是雄性本身。

我和劳斯聊到这个时，他停了一下，然后补充道：“退一万步来说，这也是令人震惊的。”把雄性误当作精子可不常见。还有，一个没有内脏的雌性用尽一生的时间通过她卵巢附近萌发出来的根来消化鲸的

骨头，同时收集仅有她十万分之一大的雄性作为后宫的物种也不常见。食骨蠕虫显著的雌雄异形（雌性和雄性存在巨大差别）可能是动物王国里已知最大的。

在当前的理论里，一头鲸死亡并最终沉到海底后，第一批到达的食骨蠕虫幼体发育成雌性，把根渗入到骨头中，快速生长，然后产出大量卵脂丰富的卵子。后来的蠕虫落到雌性覆盖的骨头上，再转化成雄性，他们滑进雌性的管子中，固定在旁边，然后开始迅速产生精子。早到的雌性通过某种化学信息素可以支配晚到的幼体命运，这种由环境控制的性别决定机制存在于其他深海蠕虫中，并且也在食骨蠕虫身上起作用。

变成雄性的触发因子阻止了所有成体特征的发育，除了精巢——这对坏小子完全长成后，可以通过一根长长的性腺管泵出精子。这根性腺管从尾部一直延伸，从头上突出的一个小孔出来。雄性食骨蠕虫基本上是长着巨大精巢的幼体，能够把精液从头上射出来。这也就是说食骨蠕虫像鮫鯨和蜚虫（spoonworm）一样，成了更加独特的矮小的雄性稚态（雄性看起来像幼体，但是有成熟繁殖器官）俱乐部的一分子。

考虑到雄性住在雌性的管子里，这种安排运作得很好。他们以幼体中的卵黄囊为食度过他们的一生，然后排出精子。精子会朝下方游去直到产卵的地方。雄性用光了卵黄后就死了。因此，一个雌性在她一生中，必须持续收集更多的雄性。随着她长大变老，她积累的后宫佳丽高达数百个，直到最后食物（鲸骨头）消耗殆尽。

作为分解的行家，所有食骨蠕虫似乎都专攻骨头，它们全依靠这种短暂的及不可预测的食物来源——正是如此，导致了雌性和雄性的这种关系。缺乏食物时，矮小雄性的生活方式可能是有利的。大型的雌性需要产出更多的卵，但是她们也垄断了资源。雄性通过缩小成为微小的精

子工厂而住进雌性体内，但仍旧可以排出大量精子，没必要为食物去竞争。

新的研究每隔几个月就会有发现，阐明了这些复杂而且奇怪的食腐动物的另外一面——还有其他一些甚至更奇怪的动物。在另外一种蠕虫当中，好转虫属的圆毛好转虫（*Dinophilus gyrociliatus*），雄性的命运甚至更加受限。雌性在卵囊中产出两种卵，大的和小的。大点的卵发育成雌性，小点的发育成雄性。雄性还在卵囊里的时候就与他们的姐妹交配，之后马上死掉，从没离开过家。雌性破茧而出并继续活下去，产出她们的受精卵。

终极内室

雌性选择的重要性和这种选择的普遍性不能被低估。随着研究的深入，科学家们发现了越来越多雌性对繁殖命运行使支配权的证据。

有一个物种将雌性选择的角色带到了全新的层级，并且证明了这种选择的力量是多么深奥（和神秘）。这种不可思议的识别模式来自一群没有真正的大脑或者多数身体器官的动物。

这是栉水母（comb jelly）。栉水母是小型的捕食者，以浮游生物为食，有八排梳状的纤毛，可以摆动以便行走。这些水母多数是透明的，经常呈现彩虹色，创造出一条条脉动的彩虹之光，在身边泛出涟漪。

在多数情况下，多个精子穿透卵子（这种情况称为多精入卵）对卵子而言是致命的。事实上，这是卵子极力要阻止的情况。但是，瓜水母就不会发生这种情况。相反，几个精子一路摇摆着进入卵子的外表面，接着再到中心区域。这是雌性原核——卵子的核心——开始行动的时候。有时，它会直线直接冲向其中一个精子；其余的时候，它会慢慢地在卵子里行动，检查每个经过的精子。它可能会找到一个自己喜欢的，然后立即融合，或者它可能检查完所有的精子，然后回到先前的一个作为它最后的选择。提醒一下，整个卵子只是一个细胞——所以，这个正在寻找和挑选的原核是一个细胞器，是细胞的一部分。这就好像你的肝脏在为你挑选下一个约会对象。

研究人员仍旧不知道是什么因素有助于选择过程，或者精子是否来自一个或者多个雄性。我们知道的是，雌性选择是在动物生命之树最早

的分支之一内进行的，这个层面的结合比精卵结合更亲密：一切都发生在卵子自身内部。

不过，在所有的内室中，最令人印象深刻的也许并不是选择精子或雄性的行为，而是将它们彻底放弃的行为。我们接下来讲讲单性生殖，这是一种在海里依然盛行的方式。

已知这种兼性的单性生殖，是一种特殊的无性（不需要配偶）繁殖的方式。这有别于其他没有雄性的性交方式，那种没有雄性的是正常有性繁殖选择性的（并非强制性的）替代方式，即创造出的后代在基因上与它们的母亲和兄弟姐妹都是不同的。而这种方式可以和克隆相比，在此情况下个体可以萌出它们自己的基因复制品——又称克隆体——作为一种增加群落规模或者种群数量的方式。

我们认识到爬行动物和鱼类存在这种单性生殖已经有几十年了，在2007年，研究人员突然发现鲨鱼也有这种情况，当时查普曼和同事们对一条窄头双髻鲨进行测试，它由一条圈养的雌性所生，这条雌鲨跟自己同种的雄性分开了3年多。但是这次，没有缺席的精子捐献者——相反，这个雌性生下自己的幼崽，其中不含任何雄性的DNA。就在同一年，查普曼也找到了黑边鳍真鲨（blacktip shark）单性生殖的证据，这条鲨鱼已经圈养了9年，与其他任何黑边鳍真鲨都呈隔离状态。当这条黑边鳍真鲨死了的时候，她有一个快临产的胚胎在体内，可以证明是单性生殖（几乎要出生了）。之后，豹纹鲨（zebra shark）和条纹斑竹鲨（whitespotted bamboo shark）也被加入了单性生殖名单。

从小型的、卵生的、底栖的种类到大型的漫游在海中的胎生真鲨，鲨鱼不用配偶的帮助就能繁殖的多样性，也说明这个能力可能也是很普遍的。但是直到最近，鲨鱼所有的单性生殖的证据都来自水族馆（有一

个来自迪拜的豪华酒店.....不用惊讶，这个城市能提供室内滑雪的雪山，有宾馆可以让鲨鱼进行单性生殖也正常），但是我们还不知道雌性鲨鱼是否在野外也会使用这一策略，因为需要同时取得母体和幼体的DNA样本，这几乎是不可能达到的。雌性鲨鱼可不是“与孩子一起待在家里”的那种母亲，而更像是“生在哪里，丢在哪里”的母亲，这使得同时实现母体和幼体的取样变得很困难。

迄今为止，费尔德海姆、查普曼和同事们发展出了一种基于基因技术的新工具。它能鉴定在自然界中的单性生殖。目前为止，他们的新工具已经证明了至少有一个物种把这个特性运用得很好：极其濒危的栉齿锯鳐（smalltooth sawfish）。

19世纪，过度捕捞和红树林栖息地的丧失几乎使得栉齿锯鳐从之前广泛分布的大西洋消失。虽然它是一种鳐，但是锯鳐的鳍被认为是鱼翅汤最好的原料之一，在亚洲市场需求旺盛，它们排着牙齿的长喙已经成为一种流行的收藏项目了。科学家估计，自从20世纪60年代以来种群数下降了95%。数量的急剧下降为单性生殖创造了条件，这种情况下单性生殖想必派得上用场。

自从2004年起，研究人员已经从190条锯鳐中取样、标记并放置到严格控制的环境下，为了更好地理解这个物种的繁殖方式。这仅仅是研究的一部分。吉姆·杰尔斯雷彻特博士（Dr. Jim Gelsleichter）领导了北佛罗里达大学的鲨鱼生物项目，正努力通过研究这个项目中收集到的血液样品的激素水平来理解物种的生殖周期。激素数量可以有助于证明一年中雄性产生精子的时间（睾酮水平高），与之相对，雌性何时可能产生配子或发育卵子（雌激素水平高）。不过，在某些鲨鱼中雌性有储存精子的能力，这意味着精子和卵子的制造并不总是同步的，因此确定雌性何时怀孕以及何时生产可能是比较棘手的。

杰尔斯雷彻特真正需要的是一个完整的锯鳐妊娠试验。尽管数度尝试，但他还是没有成功：“这反映出了板鳃亚纲的动物调整它们的系统是如此之难。我不能仅仅使用在哺乳动物和鱼类中起作用的方法。鲨鱼有所不同。因此研究它们也很酷，但也非常之难。”杰尔斯雷彻特只能测试一下手提超声波机器的功能，这台机器可以带到野外并用来扫描在取样季节抓住的雌性。

杰尔斯雷彻特指出：“我看起来像一个带着包裹的驱魔人。我甚至还要戴着护目镜来减弱强光，这样我才能看到屏幕。”

当一条雌性锯鳐被抓住的时候，她被吊在船的旁边，这样杰尔斯雷彻特或者另一个研究团队成员可以趴在上面，然后在她的肚子上挥动探测棒来寻找幼崽。当一个雌性处于怀孕期的时候，看起来会很明显；有时候，研究人员甚至可以看到她怀着多少个幼崽。遗憾的是，这样的一台机器价格高达16000美元，因此取样是有限的——这就是为什么妊娠试验依旧无法实现，由此也无法阐明这个物种的繁殖周期。

同时，查普曼和同事们运用这个项目中的DNA样本，成功鉴别了7个个体，都是雌性，都是单性生殖。其中5个是亲姐妹，而其他两个来自不同的母亲。这意味着至少有3个母亲使用了替代的繁殖策略，也许是可用配偶太少的结果。这意味着杰尔斯雷彻特通过超声波看到的某些幼崽可能是没有父亲的，要证明雌性和雄性什么时候可能进行交配，需要做出进一步的艰苦努力。因为有时候它们并不会交配。

随着持续的保护和关于国际贸易的禁令得到落实，单性生殖可能作为栉齿锯鳐的福利帮它们渡过难关。这种没有配偶而繁殖后代的能力在渔捕频率下降的时候，可以提供额外的个体以实现种群扩张。虽然单性生殖短期内可能是好的，但长远来看，依赖这种策略以求生存是有风险

的。略过雄性会有相应的后果。

第一，相对于雄性和雌性性交产生的后代，单性生殖产生的个体降低了基因多样性，因为它们只从一个亲代那里获得基因。第二，来自单性生殖的后代几乎总是只有一种性别——无论哪一种性别都有两个一样的染色体。几代之后，偏移的性别比例和下降的基因多样性会对物种的生存产生消极的影响。纵观动物王国，这就是为什么每种动物，甚至那些可以无性生殖的动物，至少有时也会转向有性生殖，以便增加基因多样性。



归根结底，有性繁殖依然是物种多样性和物种生存的核心。对于哺乳动物而言，性交就是通过类似阴茎的器官和类似内室的阴道的结合，但从进化上来讲，这是一种相对新的方式。

很久以前，精子并不是通过细长的杆状物挤出去，然后游过弯弯曲曲的河道的。精子和卵子神奇的结合发生在身体之外。接下来，我们将探索各种各样的物种如何呈现体外受精这门古老的艺术，在这种情形下性就是发生在海洋里的。

第二幕 搞定

第二部分：体外受精

在海洋中，性经常是一种体外经历。就像植物在风中散播花粉，绝大多数海洋物种并不进入对方或者释放它们的精子和卵子到对方身上，而是将它们排入打漩的海水中。真正的性——精子找到并融入卵子——是发生在这些游离的配子身上。

我们这种空气呼吸者无法选择这种体外受精。在陆地上，精子干得太快了，以至于这种自由的性细胞传播方式无法实现。在海洋中，情况就完全不一样了。在那里，精子可以漂浮着，沐浴在大量的盐水中，完全没有干枯的风险。但这也并不意味着生命对这些小小的“海员”而言是容易的。在广阔的海洋里找到一个只有用显微镜才能看见的卵子，不是一项简单的任务。体外的狂欢也有它的缺点。

雌性阴道为体内受精者提供了漏斗系统，在封闭的区域内给精液提供沟槽并促进它们的集中。当然，那里还有死胡同、旋转和拐角让其头晕目眩，足以让一个可怜的雄性阴茎和它的货物完全分不清东南西北，更不用说碰到致命的分泌物了。还有，就防御而言，雌性的身体在围堵精子时起到了巨大作用。为了代替这样一个封闭系统，体外受精者必须依赖各种不同的手法来应对广阔的水世界。

其中，首先是简单地泵出大量的精子和卵子。举个例子，海胆每次射精都会释放出百亿到千亿的精子。相对于男人平均每次可以射出几亿精子而言，要高出两个数量级。一玻璃杯海胆精液容纳了几乎万亿个游

泳小健将。对于在海底爬行、看起来像针垫的海胆，这相当了得。而实际上，海洋无脊椎动物的精子数都非常高，以至于多数渔业科学家认为它们繁殖起来是无穷无尽的。他们认为那些精子和卵子一定会相遇并结合，然后造出成千上万的后代。不幸的是，这个假设忽略了密度——空间里所有动物彼此的距离——在决定受精成功方面的重要性。这种疏忽导致了无数物种的崩溃，从鲍鱼到海螺。结果证明大量的精子只是策略的一部分。此外，特定海域中的物种通过把精卵背起来聚集到一起从而缩小精子和卵子的距离。纵欲狂欢，被证明是海中极为成功的性策略。

第六章

海中狂欢

大家一起上



性海二三事

- 许多爱好狂欢的鱼类喜欢在太阳落山的时候参加派对。
- 海洋狂欢的时间是如此准确，它们可以提前一年被预测。
- 银汉鱼会在狂欢中增加一点海滩沙子捆绑戏码。
- 马蹄蟹（鲎）的蓝色血液对人来说是可以救命的东西。

性海背景乐

1. 《我要去瑟夫城》——海滩男孩（简和迪安作词）
“*Surf City*”——*The Beach Boys*（*lyrics by Jan & Dean*）
2. 让我们谈谈性——*Salt-N-Pepa*
“*let's talk about sex*”——*Salt-N-Pepa*
3. 《3P》——克罗斯比、斯蒂尔和纳什

“Triad”——*Crosby, Stills, and Nash*

真正的一夫一妻制是极少的。它是如此之少以至于成了生物中最不正常的行为之一。

——引自塔蒂阿娜博士为《性别战争》一书撰写的前言
(*Dr. Tatiana', Sex Advice to All Creation*)

对于大多数人来说，性是一种一对一的事。对许多深水动物却不是这样的。少到几个个体，多至成千上万个近邻，海洋中的狂欢是大量繁殖的有效手段。组织这样的群体活动并没有那么容易。得让每个个体都在同一地点、同一时间到达，还要精心打扮涂脂抹粉，为性交做准备——简直是后勤的噩梦啊。不过，海洋中的物种依然能够通过一些出色的，有时甚至是极端的动作来达到性同步。

举个例子吧，下文里那些大胆的鱼在混乱中增加一点窒息和海滩沙子捆绑，将这种同步的狂欢推向了极致。

银汉鱼的五十度灰

她的皮肤在月光下闪闪发光，犹如一道银色的光芒划过黑暗的沙滩。她知道他想要她。她可以看见他不顾一切地从人群中杀出一条血路奔向她。她把自己放在完美的位置上，她知道她被束缚的身体和拘谨地卧倒在沙滩里的姿态会让他以及他们所有人在兴奋中颤抖。他第一个接触到她，狂热地在她身边卷曲着自己。其他人也很快加入，形成了一个半圆形的圈子。

这就是她来这里的目的——也是他们所有人来的目的。

她努力地绷紧，因为太近，所有的身体挤压着她，但是，她身边包围着越多扭动着的强壮、光滑的身体，她就越兴奋。

沿着沙滩几千米范围内，成千上万的银汉鱼姐妹高兴地沉浸在同样的性爱拥抱中，但她们肺里的空气很快变得稀薄。这是一场危险的舞会，同时，这种危险刺激了她们的欲望。

正在她认为她再也受不了，缺氧使她头晕目眩的时候，她感到他们紧密的包围松开了，他们想把她紧抓不放的欲望消失了，那一刻，他们卸下了存货。他们放手真的很快，掉头就跑，消失在夜幕中。

她用力扭动，试图把自己从沙子的包裹中解放出来，这

时不是为了引诱而是为了脱险。她喘着气，最后绝望地一推，拨开泥沙坟墓得到了自由，并且迅速前往水边。在那里，她滑入凉凉的水中——她出生的地方，然后，让大海把她带回安全之地。

她的求婚者早就走了，她不可能知道他们的名字，永远不会认识他们，因为他们被黑夜的阴影遮住了脸。但是，回头看看沙滩那边，他们的DNA安全地裹在数以千计的沙粒底下，与她的DNA相互融合。意识到这一切的她平静地游走了……直到月亮再次施展魔法，引诱他们又一次来到海岸之上。

如果鱼会写爱情小说，大多数令人浮想联翩的情节估计都会被加州银汉鱼（grunion）的故事承包。

海洋中最极端性行为之一有着这样一幕：成千上万的银汉鱼游到南加利福尼亚的沙滩上，成百上千的参观者并不太可能认识到他们看到的是自然界中最极端的施虐、受虐仪式之一——这些鱼上岸后不能呼吸，雌性还会进行令人难忘又危险的自我捆绑。游客们最多用手（唯一允许的方式）抓一点鱼，或者在惊叹中默默注视着一条扭曲的、搅动的水银之河紧抱着海岸。

每个春天和夏天，当月亮在盈满或是新出之时，这个强大的浪漫情人就会吸引这些细小的、雪茄长短的鱼群来到海边进行短暂的大规模搁浅。和许多其他海洋中的性行为一样，这种海边的狂欢会循环出现，大概与月亮的周期相吻合——但是在银汉鱼的例子中，相对于潮水，月亮并没有这么重要。

和任何有经验的冲浪者一样，银汉鱼知道好的冲浪依赖于波浪的时机。那就是为什么在上下起伏的美国西海岸，不同的银汉鱼群会调整它们性欲退去的时间，然后去迎合本地沙滩潮水的精确时间。在满月和新月时出现的最高潮位后，它们来到岸边待三四天，然后在产卵季节里每个月都会重复这件事。产卵的机会只有一到三个小时——在潮水下降30厘米后，奔跑就会停止，而且它们这晚就不会再上岸了。它们把交配和海洋的物理周期调整得如此准确，以至于它们的到来每年都可以提前预测到。

这种有规律的环境定时机制是一种特性，可以传给它们的受精卵。胚胎埋进沙里以后，在孵化前会等着提示：可能是海水的淹没和由上升的潮流引起的翻滚的综合作用。这样，鱼苗就可以进入可以自由游动的海里。尽管技术上它们10天后就准备好孵出来了，但是这些银汉鱼新兵可以将孵化推迟长达30天，直到受精卵得到足够的海水刺激。

但是，这些成鱼是如何知道什么时候潮水是合适的呢？是什么线索激发了它们摆脱水生动物的根源而突然前往陆地呢？很明显它们有一个体内的钟表帮助它们判断季节。有一个理论是，它们可以感觉到由高潮引起的压力变化，然后这和日常光周期的变化相结合，帮助它们推算合适的窗口期。但是我们真的不知道这些怪异的小鱼如何精心安排这样一场精确的狂欢。

虽然通常是雄性发起冲锋，但是雌性导演了整出戏（有些行为真的是世界通用）。她熟练地弓起她闪亮的蓝绿色后背，猛推尾巴在泥泞的沙地里挖出一个洞，没到下面五六厘米深直到只露个头在外面。在这种高难度的姿势下，她证明了自己是一个性感的野兽，而雄性摇摇摆摆就过来了。

随着她把颗颗卵子放进沙质的地下，多达八个雄性缠绕在她露出的上半身周围。他们争相扑向这个“勺子”状的姿势不是要把她拉出来，而是要用她的滑溜的一面作为他们精子的滑梯。然后雄性突然径自离去，留下雌性孤零零地埋在这恶心的地方，被精液覆盖着。骑士精神早就死了，她只得把自己从沙里挖出来，然后赶上下一次高潮回到海里。上面这个过程不到一分钟，尽管一次产卵洄游可能会持续几个小时，尽管这个晚上会有成千上万的鱼拍打着身体上岸。

埋起来的卵子封闭在沙里并且充分地被子覆盖，这多亏了雄性，他们几乎直接把精子放在上面，使银汉鱼成功地克服了障碍，让微小的配子在巨大的海洋中结合起来。这是一种成功的策略.....只要有一个沙滩让它们上去就行了。

沿海开发和上升的海平面正挤压着所有在海岸沙地上交配的物种。银汉鱼只是其中之一。比较有名的还有拖着她们沉重的身体到陆地上产卵的雌海龟，还有为了一点点嬉闹和繁殖来到沙滩上的海洋哺乳动物（海豹和海狮）。

今天，这些动物要与人类进行竞争，因为世界上约70亿人现在有一半住在海边。从昂贵的度假胜地到棚屋区和城市贫民窟，陆、海交接的空间变得越来越拥挤。在美国，沿海郡县的每平方千米住着150多人。离岸更远一点的地方，平均密度是沿海的1/4。

不仅如此，更多的人还在搬进来——沙滩正在往外推。侵蚀增长很明显，部分是由于上升的海平面和大风暴——全球气候改变的结果。此外，海堤和防波堤完全改变了沿岸沙滩上自然的潮涨潮落，改变了自然的沙滩补给。不幸的是，我们努力去堆积的沙滩经常形成了不合理的地势，由于沙滩的坡度太陡，海洋生物无法爬上来或者无法筑巢。

为了保持银汉鱼继续狂欢，人们正在采取行动。但是所有喜欢在边界交配的物种要想成功繁殖，要依赖于全球方面的行动，包括气候改善和更加全面的海岸管理。

好色的鲎部落

忘记在木板桥下亲热的少男少女吧——泽西海岸真正的性聚会每年夏天都会在水边发生。在那里成千上万好色的马蹄蟹[horseshoe crab, 中文名鲎（音“后”），节肢动物，地球上最古老的动物之一]用它们头盔状的脑袋踏浪而行，进入海面 and 海底斜坡之间的浅滩边缘。尽管沿着大西洋中部种群数量不断增加，但是马蹄蟹还是为了交配来到整个东部沿海和墨西哥湾的岸边，从墨西哥尤卡坦半岛一直到缅因州。走了几千米到几十千米，先来的雄性为了即将到来的雌性在水边巡逻，用到了他们四只眼睛里的两只。沙质的浅滩成了一个移动的圆石场，在这里雌性必须挤出一条她自己的路从而穿过沙滩。到了那里，她会挖一个浅浅的窝并产下她的卵。

但是在她到达目的地之前，她必须疏通由饥渴的雄性组成的这条防线。他们每个都准备着钩状的爪子特地用来抓住或者锁住她的外壳。等到她到达海边，会有五六个雄性爬上她的背，然后附着在上面。那些没有直接抓住她的即使跳到其他抓牢的雄性背上也很满意。这些小小的链条由不顾一切的求婚者组成，一直拖在她的后面，跟随着她一起寻找一个合适的产卵地点。直到他们得到机会为最近产出的一批卵授精之后，他们才会放手。

当她最终准备好了的时候（或者只是因为超重的“行李”走累了），雌性会在沙里挖一个小坑，然后产下几千枚卵。一个雌性大约总共怀着十万枚绿色的卵。然后，她向前爬十几厘米再产另一窝。雄性紧紧跟着，在她走开后用精液盖住黏黏的卵子。她挖的坑和极浅的水有助于防止卵子被冲得太远。这种条件，再加上搭乘的男友即刻地喷洒精子，会

有助于提高受精率。多个雄性对水坑做出贡献，她的卵子也就获得了更高的基因多样性。因为她不能选择让哪个雄性跳上她的背，有多个精子来源增加了受精概率，至少有一个基因是合适的。这种保险策略可能就是为什么要拖着那些多余的雄性到沙滩上的原因。

虽然有诸多好处，但是拖着那么多雄性在身后真是一个负担。而且，这个交配策略还可能导致更大的风险。如果选择的沙滩碎浪太强，精子和卵子会被卷走；在岸上走得太远，雄性和雌性会成为海鸥的马蹄蟹肉干；当然，还有密集的鸟嘴正等着叼走那些新鲜、美味、多脂的卵子。浅滩繁育可能有助于降低海面之下的捕食风险，但是却有利于天上的攻击。不过，每个雌性有数以万计的卵，而且每个沙滩有数以千计的雌性，这一策略在马蹄蟹悠久的历史中还是非常奏效的。

得以在大灭绝和大陆漂移中幸存，马蹄蟹凭借的是在恐龙时代就找到了合适的繁殖沙滩。马蹄蟹跟蝎子和已经灭绝的三叶虫的关系要比螃蟹更近，它们与4亿年之前的化石祖先看起来一样。可能它们繁殖也跟它们的祖先一样。可以算是家族传统。

尽管它们是经历风雨的幸存者，但是它们从来不曾面对过像人类这么残酷的捕猎者。多数人并不吃马蹄蟹，不过，爱冒险的美食家会消费它们的卵。他们愿意承担这种鱼子的风险：马蹄蟹卵含有与河豚一样的神经毒素，可能导致食用者命丧黄泉。在西方，人们倾向于用马蹄蟹作为饵料来捕捉其他物种，或者我们吸取它们的血液——然后用其来制造更安全、更干净的药物和医疗器材，这使吸血鬼德古拉也望尘莫及。如果你曾经打过疫苗，或者做过髋关节置换，或者其他体内修复，而且没有被致命的细菌感染击倒，那么要谢谢马蹄蟹。它们灰蓝色的血液是一个奇迹，不只是因为它的颜色，更是因为它是最有效的污染检测系统，我们可以用来测试医疗器材和血清。它们的血液具有对任何微量细菌的

超敏感性，感应浓度可以低到万亿分之一，是我们用来测试婴儿食品或者假肢是否受到污染的重要工具。在有这类测试之前，还没有能够保证注射和外科植入安全性的方法。

马蹄蟹的血液是如此重要，以至于现在相关企业每年要从大约50万活的样本中抽取血液。这种操作看起来像来自外星人绑架电影中的一个场景：一排排马蹄蟹，弯成完美的屈体姿势，长长的管子将泵出的鲜蓝色的液体导入无数的广口瓶中，同时戴着口罩的实验室技术人员徘徊在旁边用写字板做记录。

和所有优秀的血库一样，这些操作能够使得捐献者活着回到它们的环境中——也许有一点点虚弱，但是仍旧可以游动，有10%~30%的捐献者挺不过来。那些幸存者花一点时间就能复原。打比方的话就是吸取你1/3的血液，你仍旧能恢复。最近的一个研究发现，失血的雌性放回海里之后活性减弱。科学家推测这个结果可能会影响这些妈妈回到海岸上产卵的频率，而且可能是近年来种群衰落的原因之一。

然后，想象一下如果你是一只马蹄蟹，会有什么样的挫折：在不断上升的沙地斜坡上，用那细细的腿走上几千米之后，你最后到达了沙滩，找到并抓住了一个雌性，几天来你用所有的力量坚持不放，然后就在你要播种你的种子之前，一些疯狂的用两条腿走路的吸血鬼用一根针刺中了你，抽你的血，然后把你丢回沙滩，让你外形略显委顿。真令人扫兴。

美国东部有一个合法的捕马蹄蟹的渔场，他们捕获马蹄蟹后用作鳗鱼和海螺的诱饵。每年捕获的马蹄蟹的数量多达几十万。不幸的是，过去他们不只是捕获成体作为早餐——怀孕的雌性是鳗鱼和海螺的最爱。因此许多马蹄蟹卵成为首选的饵料被吃掉了，这一偏好冲击了马蹄蟹种

群的稳定。

马蹄蟹的过度捕捞，无论是合法还是非法，导致世界范围内种群的大衰退，现在的数量只有过去的10%~15%。马蹄蟹生长缓慢而且要9~10年它们才有可能繁殖——或者从衰退中恢复。即使捕捞停止，马蹄蟹也要几十年才能弥补已经下降了约90%的种群规模。

种群中这种急剧的损失影响的不只是我们的医疗需求，覆盖在沙滩海岸上的数百万马蹄蟹卵为迁徙的鸟类提供了急需的食物来源，比如红腹滨鹬（red knot）。东部海岸对这些飞行者而言是一个休息站，从南美洲南部的顶端到它们北极的繁殖地，是一段超过14000千米的迁徙路程。它们在继续它们的旅途之前，需要依靠巨量的马蹄蟹卵来补充能量。由于马蹄蟹数量骤降，海鸟的种群也下降了。

为保护和提高马蹄蟹的数量所做的努力正在进行当中。这里包括替代饵料源的实验和在实验室中培养马蹄蟹作为工业和恢复性补充。研究人员也已经在以人工合成为基础的细菌感应器方面取得了进步，以替代对马蹄蟹血的需求。一些具体方案——比如海滩保护——也可以帮助所有在沙滩上交配的物种，包括银汉鱼。

某些地区为了保护马蹄蟹施行限制捕捞，导致需求（和价格）反而上升了，刺激了非法的捕捞行为。而且可能没有什么比偷猎缓慢移动的大螃蟹更简单了，更何况它们不会夹人还扎堆在浅滩里交配。马蹄蟹的命运真是脆弱。偷猎者数量不断上升，他们开的船速度越来越快，从而向资源有限的执法机构提出了严峻的挑战，但是近年来高调的突击检查——包括直升机追踪——表明了官方会坚持到底，逮捕那些违法捕捞这种古老节肢动物的人。

不是所有的海洋物种都会为了爱的狂欢这么卖力地从水里跑到陆地上。相反，一些鱼喜欢浪漫的礁石远眺。

集体喷发：产子大聚会

在热带地区，太阳下山非常快，黑暗可以瞬间吞没白天。很多物种会利用这个短暂的过渡期来开始它们的性壮举。在伯利兹堡礁的南部区域，鲷鱼、鲹鱼和石斑鱼——堡礁上的顶级捕食者——都会利用伸向海中的海岬。如果蜿蜒的堡礁从侧面看是一张脸的话，那么格拉登海岬就是鼻子。至少有17个不同的物种聚集在这个醒目的水下结构中，在那里海流迅疾而且激烈。每个物种都有自己的性欲旺季。石斑鱼（包括拿骚石斑鱼）会在寒冷的冬月里兴奋起来，不过鲷鱼明显更喜欢夏日之恋。鲹鱼、鳞鲀和其他鱼也会加入欢乐的队伍。所有的鱼一起创造了一个无尽的狂欢循环，一年里随着月亮的盈亏而涨落，而且它们全部会在日落时的几个小时之内结束战斗。

尽管每个物种有它自己变化的主旋律，但鲷鱼和石斑鱼（既是上层捕食者，也是最受欢迎的食用鱼）的群交顺序是相似的。它们的狂欢让抱卵的雌鱼为之疯狂。

接近黄昏的时候，烟灰色的鱼群组成了一朵薄雾状的云，盘旋在离海底只有一两米的位置，然后聚集在堡礁与外海交接的地方。随着光线变成金色，鱼儿从四面八方游来，鱼群迅速壮大成几千条。随着数量越来越多，它们想要相遇和产子的心情越来越急。它们变得坐卧不安，有一些随意地在鱼群中乱穿，其余的相互擦来擦去。

在拿骚石斑鱼中，整个舞会开始蔓延，越过堡礁的边缘。在那里，它们停了下来，悬浮在蓝色中，同时太阳也开始沉入海中。突然从鱼群的内部一个深色的雌性向上蹿起直奔海面。附近那些鱼快速跟上，而且越来越多，从四面八方加入进来。旋转的鱼群变成了圆锥状，同时，领

头的泳者越来越高，其他的紧紧地跟在后面。雌性在鱼群6~9米高的地方，充满卵子的身体肿胀得很明显。她释放了一串奶油色的卵，然后一个温柔的弧线向下冲回到了堡礁底部。后面跟着的雄性如法炮制，向上游过云状的残留物，将自己的基因混合进去。这是由鱼组成的“老忠实泉”[\(9\)](#)，中心水柱强劲地向上射出，不断上升，然后瀑布般散开下落。这种群交的间歇泉在更大的集会中喷发了一次又一次，有些包含几十条，有些则会暴增到几百条。

得克萨斯大学奥斯汀分校的助教布拉德·埃里斯曼（Brad Erisman）指出，格拉登海岬产卵事件巨大的混乱会“让你的心怦怦乱跳，那里是如此的活跃”。首先，那里有着成千上万条鱼组成的旋转的鱼群。然后，还有微妙但是清晰的求爱方式：颜色的变化、特别的动作或者急速地前冲。最后，有几百条鱼的小群体在求爱结束后突然停下来，接着射向天空，将所有的配子释放到海中。

“而且这不仅仅是一堆精子和卵子，”埃里斯曼补充道，“因为所有这些鱼，它更像一个传送带，一个接一个，雄性释放所有的精子，雌性释放所有的卵子——看起来犹如火山喷发。这些鱼只是不断向上游去，然后穿过那道白色的激流。”

整个表演，包括最后一条鱼的最后高潮，通常持续不到1分钟。然后，整个鱼群降落回到海底重新组合，朝着上升流重复来一次。对这些鱼而言，性是狂欢的狂欢。

春季和夏季，在鲷鱼全力产卵的时候，9米长的鲸鲨张着嘴盘旋在这群欢闹的鱼群上面，同时强大的水流冲来一团又一团富有营养的卵子进入它们的嘴巴。就像斜躺的罗马皇帝享受仆人喂食一样，鲸鲨几乎不必动嘴巴自己吞食。同时，相对于上面懒洋洋的巨人，鲨鱼和海豚从四

面飞跑进来，对这些毫无警惕的狂欢者大快朵颐。

这一切的骚乱都给科学家的工作带来了困难，埃里斯曼说：“鱼流很强，有成千上万的鱼在你身边旋转，你要小心鲸鲨，但它们无论如何都不会注意你，而且尾巴一扫就能把你击倒。然后，还有其他鲨鱼——白鳍鲨和牛鲨，都会冲进你想要计数的鱼群。这真是有组织的混乱。”

此外还要加上能见度不断降低的问题。在交配开始之前，一个潜水员在现场经常最少可以看到30米远；产卵开始几分钟后，能见度可以下降到几乎为零，仅仅看见水里一些像鱼一样的东西。

在太阳下山大约30分钟之后，水体又恢复平静。鱼儿们在一个松散的舞会里游动着，再一次在堡礁底部盘旋。光线退去了，伴随它的还有鱼群的性欲。它们会在堡礁边缘休息直到落下的太阳再次发出信号，那里又会变成派对的场所。

对于埃里斯曼，整个考验的真正兴奋点在于弄清楚是什么激发了这些鱼开始向海面急剧地冲刺。它们是如何协调让谁跟在谁后面的？求爱仪式是什么样的，然后能持续多久？同一个鱼群多久聚集一次——换句话说，在巨型狂欢中有没有首选的伴侣这样的情况？实现成功交配依靠的是最后冲刺前的决策和行动，而这最后的冲刺可能会因为鱼钩和渔网的介入而产生变化。

“当我们介入产子集会中进行捕鱼的时候，那会打乱所有的行为。我们从别的物种中知道，比如鸟类，当我们干扰这些活动的时候，可能会破坏它们的系统。”埃里斯曼指出，问题不仅仅是鱼被抓走了，捕鱼活动也有可能让鱼承受很大的压力，继而影响鱼体中的激素水平。这些激素控制着颜色的变化以及和求爱有关的行为，它们可以帮助变性的鱼

类估计什么时候要变性，以及什么时候开始变性。

“当你拿着一堆捕鱼的工具穿过一个产子集会，它可能会阻挡那些求爱的线索，实际上就是重置了时间，那会降低鱼类产子的能力。”

全世界在产子集会时的渔捕记录是相当令人心寒的。像记录在案的小开曼岛的石斑鱼，即使是一点点渔捕的压力都无法承受。这种极度的脆弱性可能也是为什么贯穿加勒比海的石斑鱼大约有一半已经被捕光了，而那些留下来的鱼的数量要比原来少得多。过去曾经有几万条的地方，现在只有几十到几百条了。虽然目前最大的集会还盘旋着大约3000条产子的鱼，但对于许多依靠年度狂欢来繁殖的物种，之前的如瀑布般的间歇性喷泉，如今只剩下了涓涓细流。

尽管产子集会是这些鱼类未来生命周期中至关重要的一部分，但是我们在设立渔业规章制度的时候，并没有充分考虑它。也许，其中最糟糕的例子当数大西洋蓝鳍金枪鱼。

大西洋蓝鳍金枪鱼（bluefin tuna）是海里最大的鱼类之一，可以重达900千克，长达4米，而且寿命长达30年以上。它们游过大洋盆地只需几周的时间，对它们而言就像在游泳池里的热身运动。它们光滑的身体和可收回的鳍提供了流线型轮廓，同时它们独一无二的循环系统让冷水鱼拥有了温血动物的能量。它们为速度和耐力而生。想象一下，一条迷你小巴那么大的鱼，有着法拉利的速度和灵活性，还有帕萨特TDI的续航能力，那就是蓝鳍金枪鱼。而那也是为什么你不会想在产子冲锋中挡住其中一条去路的原因。

从几百到几千个子弹形状的身体组成的旋转鱼群中，一个大型的雌性会突然挣脱并快速向海面移动，这个上层捕食者的所有能量都注入了

这个专注的冲刺当中。随着她接近天海相接的终点线，她把腹部朝向天空，然后释放出一连串的卵子。转瞬间，她向深处俯冲，向急速向海面升起的雄性冲过去。在她开始上升的时候，雄性也随之急速向上，闪亮的蓝线闪过他们钢铁般灰色的脊背。然后在爬到最高点的时候，他们把自己旋转的乳白色精子旋风卷入到搅动的海水中。接着他们以同样的速度下降，消失在黑暗的水底。这些重达近1吨的深海“导弹”的喷发让海面沸腾了。

起泡的海面以及浮动的精子和卵子是一个指示信号，说明下面有蓝鳍金枪鱼，这个信号从上面很容易看见。多年来，探鱼飞机与渔船在水上紧密合作，将产子鱼群的位置发给船长，他可以迅速把这些猛烈摆动的“巨人”围到网中。这种工业化的船队为10亿级的蓝鳍金枪鱼贸易业推波助澜，在过去几十年中导致了蓝鳍金枪鱼种群的崩溃。

宛如一则古希腊悲剧，惊人的活力和独一无二的体格造就了如此凶猛的蓝鳍金枪鱼，也成了它们的衰败之源。高超的游泳技巧造就了肌肉和脂肪的完美混合，这也使它们成了世界上最梦寐以求的美味佳肴。

蓝鳍金枪鱼腹被称作拖罗（toro）或大拖罗（otono），受到全世界寿司爱好者的疯狂追捧，因此它们成了今天渔民和鱼贩迷恋的捕猎对象。但不是自古以来就这样的。就在几十年前，蓝鳍金枪鱼还被认为是杂鱼，会被丢弃或做宠物食品。但是啊，时移世易。现在，薄薄一片鱼腩可能贵达25美元，整条鱼在日本高端市场通常卖几十万美元。为了吸引公众的注意力，每年的公开投标不断在上涨，2013年，一条200公斤的蓝鳍金枪鱼在东京鱼市以176万美元的价格出售。一条鱼，7位数的价格。这也是为什么渔民愿意为了捕到海里每一条蓝鳍金枪鱼而不惜代价——尤其是当它们聚集产子送上门的时候。

几百年来，大西洋蓝鳍金枪鱼涌进狭窄的直布罗陀海峡，在温暖平静的地中海水域中度过它们每年爱的盛会。自从腓尼基时代开始，西班牙南海岸附近就有一种叫作“阿尔玛德拉巴”的大围网，能将迁徙中的母亲缠住。那是16世纪中期，一季可以捕到7万~9万条蓝鳍金枪鱼，进入20世纪中叶，种群急剧下降，目前这些传统的渠道只能捕到5000~6000条鱼。近年则更少了。

蓝鳍金枪鱼仍然沿着同样的产卵洄游路线回来；在上升到海面产卵之前，它们仍旧聚集在一起；而我们也依然在追捕它们。但是用的不是阿尔玛德拉巴，而是大型围网——由快艇撒出的巨大尼龙网墙，一次下网可以围住3000条鱼组成的鱼群。围住鱼群之后，渔民收紧网底，就像一个袋子。从20世纪90年代到21世纪初，这些工业船舶捕了大约6000吨蓝鳍金枪鱼——超过捕鱼配额的两倍，实际上就连配额本身也远远超过了科学建议的捕猎数，金枪鱼种群可以说是直线下降。

随着种群衰落，成体数量减少，渔民转向幼鱼鱼群。但是并不会把小鱼卖到市场，相反，现在渔民把捕到的幼鱼卖给“金枪鱼牧场”，他们会把鱼围起来几个月，直到把它们养肥，然后在合适的条件下杀掉。

虽然地中海区域现在已经禁止了探鱼飞机的使用（尽管非法的经营者还偶尔在天空中划过），但是金枪鱼在地中海产子嬉闹期间，渔民仍然可以捕捉它们。同时管理上也做出了一些改进：2010年，配额急剧下降，并且2014年整年都保持在科学推荐的水平。在墨西哥湾，有一个大西洋蓝鳍金枪鱼子群在那里产卵，因此产卵地附近不允许针对性捕鱼。另外，从2015年春季开始，经常能捕到蓝鳍金枪鱼的长线设备在产卵季节也被禁止了。虽然这些温血的鱼还没有脱离困境，但是最近管理的加强让大西洋蓝鳍金枪鱼有喘息的机会。根据2012年开始的地中海储量和过去几十年西部种群的评估，地中海和大西洋西部的种群数量都有轻微

增长的迹象。不过，科学家承认这些评估中有相当数量的不确定性，因此要继续防止这两个种群受到过度捕捞。金枪鱼的高需求和仍旧在发酵中的黑市助长了非法捕捞，大西洋蓝鳍金枪鱼远没有到安枕无忧的地步。

好消息是，即使蓝鳍金枪鱼和其他物种上升幅度较小，但也由此证明规章制度是有效的。另外，越来越多的具有说服力的例子说明有些鱼活着比死了更有意义，而且对更加可持续的管理的需求也开始上升。今天，我们有了别的方法来解决我们与产子集会的相互影响，而这方面的方法也会越来越多。

像埃里斯曼指出的，正是以下特性使得产子集会如此脆弱：可预见的时间和位置、高密度的鱼群。这也为管理提供了手段。不连续的时间和地点，在产子集会时强制实行季节性封闭可以提供低成本、高效的方式来持续管理一个种群，并且也可以提高渔民的回报，因为他们在开放捕鱼的季节里可以捕到更多，同时种群也得以恢复。

海洋中还有其他物种也会举办这样的野性狂欢（也因此变得脆弱）。不过，如果一个种群的移动受到极大的限制，或者根本无法移动，它们如何进行集体交配？答案是：完美的时机。

第七章 性同步

邻里之间的风流韵事



性海二三事

- 任何成功进行人工授精的夫妻以及因此而出生的人都应该感谢海胆。
- 卵子放荡还是保守，取决于邻居的多少。
- 珊瑚一年交配一次，而且是跟它们最近的几百万个邻居。
- 好的食物能让海胆兴奋起来。

性海背景乐

1. 《那就是爱情》——迪恩·马丁
“*That's Amore*”——*Dean Martin*
2. 《每一颗精子都是神圣的》——巨蟒六人喜剧团
“*Every Sperm Is Sacred*”——*Monty Python*
3. 《一起来吧》——厨师（南方公园）
“*Simultaneous*”——*Chef*（*South Park*）
4. 《我们也来做这件事》——科尔·波特
“*Let's Do It*”——*Cole Porter*

为了参加一个巨型的性集会而冒险穿过大洋、暗礁，或者走上沙滩斜坡，对于那些准备好去目的地进行“风流事”的动物是不错的选择。但是，对于许多海洋物种，不仅无法进行如此史诗般的旅程，乃至小小的远足都不能实现。对于它们，生活仅局限在海底的一小块地方，年年做短途游，总长加起来还不如人们去一趟门外邮箱的路程那么远。

还有珊瑚和牡蛎这样一点都不能移动的物种。所以，当你几乎不能出门的时候，如何让自己兴奋起来？当然要把派对带给你身边。海洋中的家庭主男会精心安排一些离谱的狂欢派对，但是要想成功，需要一种全新层面的“邻里之爱”。

魔鬼在细节里：需要临界人数的性爱

现在是五点钟而地铁车厢快满了。橙黄的塑料座椅上盖着灰色羊毛外套。每个人都很安静，脸埋在破烂的平装书后面，或者一动不动地看着小小的、发光的手机屏幕。一个老妇人在离门最近的位置上沉闷地休息着，一个年轻苗条的女人挤进了两个躲在报纸后面像山一样的男人中间。

列车蛇行向前穿过了黑暗、肮脏的地下通道，气氛忧郁。这不是可以爆发狂欢的那种地方。但是狂欢将会在下一站发生。它所需要的一切就是更多的人。月台上等待着的模糊的脸慢慢地变得清晰，进入视线，同时列车也在滑行中停了下来。门打开了，一个、两个、三个、四个、五个，五个人挤上了车。六个、七个，到了八个、九个以后就要开始了：车厢到了临界人数。

随着车门关闭，一股从未见过的力量在人群中激起了涟漪。外套被丢掉，毛衣被扯开，领带也松绑，而且裙子拉链也滑了下去。带着高涨的激情，这些完全陌生的人爬上来，扑向另一个人，沉浸在狂喜的冲动中不能自己。每个单身的个体，无论男女老少，都向这势不可当的欲望屈服了，加入了狂欢。

几分钟后，欲望得到了满足，他们慢慢捡起衣服穿好，然后折回到座位，再次溜到报纸后面。列车慢慢向前滚动，而下一代也上路了。

不可否认，地铁上自发的性行为是有点过了（而且对任何一个定期乘坐地铁的人来说可能有点恶心）。但是依靠群体进行交配的想法并不夸张——特别是对不太灵活的一群而言。

以海胆为例，几个射精的雄性可以引起附近整个海胆群来释放云状的精子，这些精子都是从他们头上的孔里泵出的。这种情况很常见，雄性倾向于先释放他们的弹药，雌性再接上。这是一种熟悉的模式，会发生在海参和鲍鱼的身上。海参是海星和海胆黏糊、香肠形的表亲，研究人员认为雄性和雌性稍微延迟产子时间的做法可能有助于提高受精率。由雄性释放的精子在海底附近形成一朵厚厚的云，这是雌性上浮的卵子漂到海面的必经之路。

总之，底栖或者海底的无脊椎动物，如海参、海星和海胆都不想走得非常远，不仅不能与迁徙的蓝鳍金枪鱼相比，甚至不能与马蹄蟹相比（深海的物种可能是个例外，因为它们必须为克服稀疏的食物供应扫过相当长的距离）。但是沿海和浅海附近的许多无脊椎动物都一直待在家里，因为它们的管足只能走这么远。到了交配时间，这些物种会和它们的邻居蜷缩在一起，同时个体向海洋播撒出几百万（有时几十亿）的精子和卵子。

具有讽刺意味的是，这种提高受精成功率的方式也会造成重大威胁：即使在水无边无际的广阔海洋中，精子也可能会太多。对于动物王国中多数卵子来说，多个精子穿透一个卵子是致命的（那些挑剔的栉水母门的瓜水母是少有的例外）。为了了解正在发生什么，我们必须潜到微观的前线，也就是精子和卵子相遇的地方。两性之间的战争即使在单细胞这种层面也是很火爆的，而且无论是相信还是不相信，海胆都是研究这场战争的关键动物。作为一种极度多样化的群体，海胆可以小到蒺藜那么小，或者大到垒球那么大，比如长着长刺的黑海胆，挥舞着10~

30厘米的针状长刺。它们看起来更像中世纪的武器，让人看了以后难以忘记，摸了以后痛不欲生。从浅滩到1000多米的深海，从最热的热带海域到北冰洋的水下平原，我们都能找到海胆的踪迹。

搜索“海胆受精”，然后你会发现数十个动画和视频，都是单身的海胆精子找到去卵子家的路。为什么会有这么多的海胆性录像？因为研究海胆的人工授精有重要意义。它们在水族馆里很容易养，产子可以控制（快速注射一剂氯化钾就行了）。它们的配子一旦进入水中很容易收集，而且因为受精发生在体外，比大象体内的活动更容易观察和操作。还有一点不可忽略的是，动物保护组织还没有为了被捕的海胆的利益进行过游行示威。

所以，任何一个接受过不孕治疗的人、尝试人工授精而成功的无数对夫妻，以及因为这种辅助生殖技术而出生的任何一个人（估计有500万或者更多）都应该感谢海胆。理解精子和卵子在相遇时到底发生了什么，是所有这类创新的基石，而这基石是通过研究海胆得出来的。

我们对海胆性器官——出现在寿司菜单上的海胆刺身——的强烈爱好，意味着人们花了很多时间检查这些刺球的性周期。为保证这种受欢迎的金色生殖腺的供应，而且需要随时准备好，数量还得充足，潜水员和海胆养殖户必须懂得什么时候可以采到最成熟的个体。为什么人们会被这种咸咸的软稠状的东西吸引呢？答案或许关乎味道和质感，而这种味道和质感直接来自满满地包在生殖腺中的巨量配子。海胆刺身被认为是一种“春药”，这个名声可能并不夸张。海胆的卵含有一种与大麻中引起精神快感的化学物质非常相似的化合物，这或许可以解释它的效果，但是，多数食客并不知道这些.....化学家目前正在努力创造一种集合大麻中四氢大麻酚和海胆中的大麻素的优点于一体的复合物。新的复合物可能创造一种更持久、更强烈的止痛药。

抛开动机不谈，我们所知道的关于海胆的交配以及精子和卵子之间的相互作用是这样的：

首先，好的食物会让海胆变得“兴致勃勃”。交配季节开始的时候就是浮游植物（微小的海洋藻类）爆发的时候。这个事件发生在季节交替的时节，由日照和温度触发，于是海胆也利用它们来调整产卵。通过让性行为的发生和食物的产生同步，海胆可以保证那些新孵化的幼体在生长期间会有丰富的食物来享用。

顺便说一下，海胆并不是唯一让性生活与这种“微藻”调和的物种。浮游植物会帮助许多物种调整它们的性日程。牡蛎需要大量的浮游植物来育成它们膨胀的性腺，所以，春天水中充满浮游植物时，牡蛎开始在壳里装满卵子或精子——那些从雄性转化成雌性的个体，两者都会储存。

将多叶的绿色植物与性联系起来，在人类当中也有着惊人而悠久的历史。想象一下笔直向上的长叶莴苣的茎。如果你有一个花园，你就会知道刚割开的叶子会渗出一一种乳白色的汁液（莴苣的学名Lactuca源自拉丁文，意为牛奶）。这些品质使得莴苣在古埃及有着神圣的地位，远远超过色拉盘。作为浮游植物的遥远后代，莴苣成了阳物象征，受到人们崇拜并且是孕育之神“敏”（Min）的神圣食物。

对于海胆幼体，海洋中“绿色”的丰盛期也可能与其他合适的环境条件一致，比如较低的捕食者丰度和支持发育的水体条件。但是在幼体可以孵化和进食前，它们必须先被“怀上”。为了保证这一切发生，海胆求助于一个更加可靠的信号来调整性行为：它们自己的精子。

根据区域，海胆倾向于在晚冬和早春的3~4个月时间来产卵。在那

段时间，曾经分散的个体布满了海底，小群的海胆开始慢慢爬到一起。它们相互推挤，棘刺不断抽搐。然后一个雄性出乎意料地开始释放一缕缕稀稀疏疏的精子。随着这缕充满芳香的“鸡尾酒”漂过其他雄性，也触发了它们产生精子。有时候，你能看见单个的海胆也会喷出一团团精子进入冰冷的海流中。但是通常产子是一件相互合作的事，最早由雄性来激发。然后雌性跟上，也像火山一样从她们半球形的头上喷发出卵子。

是什么导致了第一个雄性释放精子仍未可知。但是，对于雌性，触发的开关可能就是水中精子的数量——这一团越是稠密，受精的机会就越大……一定程度上是这样的。从这开始，事情变得微妙起来。

卵子的边缘不可能只有一个精子。和十几岁的男孩一样，精子倾向于结伴同游。所以，当一个精子在卵子表面挖洞时，其余几十个坚定扭动的物体可能也会试着进入那里。类似《饥饿游戏》里开场的狂奔一样，每个精子都在残酷的比赛中努力为自己争取。但是，这样的欲望对卵子是致命的。因此，只要第一个精子融入，卵子就开始收紧它的“贞操带”。

当一个精子撞到卵子时，首先就要进行兼容性评估。像一个过度保护的父亲会在毕业舞会的夜晚开门迎客一样，卵子表面有一层受体作为过滤装置，来测量求婚者的优点。精子头部有种蛋白质叫作结合素，精子能否进入卵子取决于结合素是否与受体匹配。在海中可能会有来自不同物种的精子撞向卵子，但是很容易被排斥。即使来自同一个物种的精子也可能被拒绝，如果它们的结合素不能通过测量的话。对精子来说，外面是一个残酷的世界——可以这么说，它们必须达到最高的标准才能把头伸进门内。识别蛋白就是钥匙。

一旦精子被确定是匹配的，它就得到了授权，接着可以与卵子融

合。对于精子而言，穿透进去是如此兴奋以至头部都炸开了。精子的爆炸机制有助于推动精子向内，也会让卵子的新陈代谢及时挂到高速挡。

在第一个精子潜入后1/10秒内，一个电脉冲席卷了卵子的表面，使它几乎不能与正在过来的其他任何精子结合。这种快速封闭就像一个包围着卵子的巨大力场，关闭了从外部进入的入口。在精子融合10秒时间内，第二个缓慢封闭的、包围着卵子精巧内腔的果冻状薄膜开始发挥作用。小囊从流动的膜内喷发，然后把潮湿的护城河变成冷冻的、不能通过的防御设施。膜渐渐膨胀和硬化，它首先抓住任何嵌入的精子，然后把它们像挤痘痘一样挤出去。当精子飞进蓝色深渊的时候（或者像琥珀中的昆虫一样被锁在变硬的膜内），卵子四周变硬的包膜叫作受精膜，会一如既往地保护发育的胚胎。

整个过程发生在几秒钟之内。同时，最初的那个精子继续向里面开路。它抛出了自己的DNA，与卵子的DNA融合在一起，打造一个新的基因蓝图。多样性创造完成并延续到了下一代。这一顺序对地球上的生命是如此重要，我们会发现在整个动物王国，从海胆到我们，只要是精子和卵子相遇都是这样的顺序。

但是，充裕的精子对体外受精者来说只成功了一半。它们也只是做了很少的一部分。

在精子和卵子的微观层面，海洋是一个不可预测的地方。一阵狂喜的脉动后，雌性可能会产出一群卵子，它们正好赶上海流，越过暗礁的边缘进入荒芜的深渊。过了片刻，下一批可能刚好盘旋在一个产子的雄性上面，然后直接进入有几百万精子的精液团当中。如此不可靠的条件给雌性留下了一个困境：第一组卵子没有受精就死了，第二批被多精入卵杀死了。

她该怎么办呢？

在我们探索解决方法之前，先考虑一下：在陆地上雌性极少面对这种难题。相反，当有精子可用的时候，它们的供应量往往是相当充足的。这个主要是由于精子在能量消耗上相对于卵子更便宜，而雄性通常将其大量地放置在雌性的头上、身边，或者直接厚厚地散布在她的卵子周围。

这种不平衡在某种程度上推动了性选择，就像达尔文描述的那样，雄性为雌性而竞争，或者在微观层面精子为进入有限的卵子仓库而战斗。为了赢得这些战争，雄性进化出了引诱和竞争的武器。但是对于广泛播种的产子者——这些物种的个体在一个巨大的对任何人都开放的环境中释放大量的卵子和精子，而且不需要产后的亲代哺育——雄性和雌性产生的配子的命运都要依靠运气。精子和卵子数量上的差异没有体内受精者那么大。相反，对体外受精者来说竞技场公平得多。雄性不必以和以前一样的方式进行竞争了，这也是为什么雌性和雄性从外表看起来一样的原因。直到它们产子，或者被一个好奇的研究人员给打开，否则从外观不可能看出一个海胆是姑娘还是小伙。

交配是通过大量产子完成的，这就意味着选择发生在精子和卵子层面，而且某种程度上受种群的群居程度所支配。海胆这类生活在高密度群体中的物种，雌性已经进化出非常挑剔的卵子用于限定哪个精子可以进入。由于许多个体紧密地生活和产子，有可能发生精子过多和多精入卵的情况。在这种环境下，卵子最好是“保守”一点。但是在个体较为分散的物种当中，付出的要多一点，我们会说，“开放”才有机会——乞讨者是没有选择权的。生活在低密度区域的海胆种类产生的卵子分辨能力较弱，而且对找到它们的精子更加欢迎。聚集程度适中的物种产生的卵子则倾向于中间状态。

密度对受精成功率起到了重要作用。那也是为什么当我们改变种群密度时（比如过度捕捞），我们可能从根本上影响了海洋生物的性生活。

有时候一个物种可以克服种种影响。以红海胆为例，这些北美洲西海岸的普通居民可以生存200年之久。经过一番不寻常的命运转折，实际上是我们促进了它们种群在20世纪的爆发，因为人消灭了它们主要的捕食者——海獭。佛罗里达州立大学的生物学教授唐·莱维坦（Don Levitan）有一个想法，利用这些非常古老的但是仍旧非常活跃的海胆作为时间囊来研究随着种群密度的改变红海胆的性生活会受到什么影响。

他的发现如下：在较老的海胆种群中，乱交卵子的受体蛋白比年轻海胆的更加通用，而年轻海胆的蛋白则更加正经。这就说得通了。二百年前，老水手们刚出生的年代，海獭整把地吞食海胆，海胆较少，因此海胆周围的精子也较少，多精入卵的风险就很低。所以带着乱交蛋白的卵子成功勾引到更多的精子并且受精。这些热情蛋白的基因就这样传播给了后代。相比之下，海洋中挤满了海胆，这种情形多精入卵就高了，此时对于卵子来说最好的蛋白是正经蛋白，可以保护卵子免受更多精子的打扰。有这种分辨力蛋白的海胆可能开始获得更高的受精率，同时海獭的数量也下降了，接着海胆的种群密度也上升了。这就是为什么它们的后代（今天的年轻海胆）比老的群体拥有更高比例正经蛋白。

好消息是，一种特性如此快速地进化（相对而言，能够让蛋白质这样根本地产生变化，二百年算快的）表明一个物种也许有能力适应种群密度的剧烈改变，如果种群中已经存在了某些优势特性。在莱维坦的研究中，一个之前稀有的带有正经卵子的海胆种类，随着密度的增加，开始拥有了更多的繁殖机会。随着时间的流逝，正经受体蛋白的基因得以在种群中不断增加。

但是当—一个物种快速衰退时会发生什么？像全球范围内已经衰退的地中海海胆，或者北美洲西海岸的鲍鱼，或者加勒比海的海螺？不幸的是，找到残存的老前辈来追寻精卵兼容性的变化是极为困难的，莱维坦仍旧在坚持寻找样本。然而我们看到的是，即使经过几十年的保护，现今稀有物种数量的反弹大多还是失败的。

某些物种如果没有它们朋友的一点帮助就不能存活，美国西海岸的鲍鱼便是这样一个残酷的例证。作为扁平壳的海洋腹足类，鲍鱼有一个大而宽的足，可以吸在岩石海岸上，吸力强得足以抵抗海岸线上最有力的海浪。就像我们—样，它们流行两种性别，而且与海胆相似，它们的配子可以从壳顶的洞中喷出来。

鲍鱼曾经非常丰富，覆盖了加利福尼亚的近岸潮间带，让海岸变成了大自然的鹅卵石通道。它们出色的内部装饰风格深受人们喜爱（在它们的壳里填满了珍珠母），而正是那强壮的腹足杀了它们。它的外观远远比不上它的滋味。即使那只腹足在面临最大的风暴时能帮它们固定在一个地方，但是它们也无法打赢与我们爱撬的手之间的战争。对生拇指（拇指可以和其他四指对握，人类能够发展智力和工具的重要因素）有着不可忽视的力量。

在它们衰退期间，科学家还没有弄明白在维持种群健康当中密度的重要性。人们想当然地认为，一种在几周的产子周期中能喷出数十亿精子和卵子的动物永远不可能消失殆尽，却从未质疑那些配子是否能真正相遇并融合。但是把鲍鱼分开大约一米以上，那么受精率会陡然下降。所以，尽管理论上沿着西海岸有许许多多的鲍鱼，每个都能泵出数百万的配子，但是它们离得不够近而无法发生受精——因为潜水员的打捞而变得稀疏，产生了无法弥补的缺口。一个接着一个，从粉色，到红色，接着是绿色、黑色，最后是白色，它们的种群被打败了。2001年，白色

鲍鱼进入了濒危物种的名单。它是第一种达到这种濒危程度的海洋无脊椎动物。

而且鲍鱼并非孤例。其他海洋物种也遭受着现在所谓的阿利效应之苦：当种群数量下降到低于一定的门槛的时候，每个个体的繁殖成功率也会遭受打击。这并不罕见，因为受精需要一定的群体动力、临界数量来保持旺盛的性欲，并帮助游荡的配子相遇结合。人类不会遭遇这种效应。在一个人口少且分散的小镇找一个伴侣的概率可能比较低，但是一旦两人相遇，他们生出宝宝的概率跟他们在大城市相遇是一样的。

为了帮助这些敏感的种群反弹，需要管理策略，这些策略要聚焦于栖息的物种密度，而不仅仅关注数量。举个例子，1997年，加利福尼亚为了南旧金山鲍鱼禁止在其所在水域进行任何形式的捕捞活动，并且对这个地方的所有物种制订了一个恢复和管理计划。这个计划包括监视密度，以及出现的新生鲍鱼的数量。此外还制订了积极的圈养计划，加利福尼亚大学博德加海洋实验室正在培育白色鲍鱼，希望有朝一日达到足够的数量作为野外衰退种群的补充。

这种对于个体数量以及在特定的区域内达到合适数量的关注，对上文和下文提到的群体来说尤其重要：它们是固着的个体，永远扎根在海底，在这种生活方式下要想移动去交配——即使只是稍稍移动——也简直毫无可能。

完美的时机：固着者的性成功

住在海里的珊瑚，
他们的日子以独身为标志，
除了一个夜晚
——那就是月圆之时，
他们加入超百万人的狂欢。
但要想中奖，珊瑚必须更加聪明，
因为诀窍是这样的：
为了快速了结
他们的高潮必须同步。

与珊瑚相比，我们是严重的性瘾者。研究表明，25～50岁之间的人类在有伴侣的情况下每周或每月都会有若干次性生活。在稍微年纪大一点的群体中，半数的男人和女人一年至少也会进行数次。以珊瑚的标准来说，这次数已经很多了。

相比之下，珊瑚的性生活就像过新年：是一个完全可以预期的事件，一年只发生一次。但是和我们最熟悉的派对不同的是，幸运的机会

与房间里大量的酒精没有关系。实际上，成功的珊瑚性爱所要求的微妙精确度需要高度的清醒。在参与地球上最大的性同步行为时，你必须头脑冷静。

为了帮助你理解一个珊瑚群体产子时看起来是什么样的，首先想象一栋公寓大楼里住满了夫妻并都同时在过性生活；接着想象一下每一对夫妻都在同一时间里达到性高潮，不是单独个人，而是大楼里的所有夫妻。现在把这种想象放大，围绕整个曼哈顿岛。

我们大多数人可能都幻想过这样的性同步，但达到这种壮举的人恐怕不多。而当我们谈论珊瑚性爱的时候，我们说的是礁石上几百万的个体，全在瞬间互相协同达到高潮。

珊瑚做到了，它们甚至没有大脑。

不过，它们也没的选择。由于固着在海底，珊瑚深陷困境。要克服这种固定性，藤壶可以使用那巨大的、可伸展的阴茎，因此它们可以轻易地穿过潮池进行交配。但是珊瑚并没有得到如此慷慨的馈赠，它们必须依靠它们的配子为它们进行约会和交配。海扇、海绵、苔藓虫和许多其他海洋无脊椎动物也是固定的，不过在性生活方面，它们已经进化出独特的策略来克服它们固着的生活方式。

对于这种无法移动的群体，它们最好的机会就是与它们的邻居同步释放配子，并祈祷配子在它们的触角间穿梭的时候夜晚是平静的。

珊瑚是美丽、微妙的动物，造出了唯一在太空中可以看到的活体组织——巨大蜿蜒的大堡礁（Great Barrier Reef）。数以百万计的细小珊瑚虫一起合作创造出这面波浪形的活体墙。每个珊瑚虫看上去像小小的肉团，中间有一个小嘴，全身长了一圈长长的、有弹性的触手，挤在一

个小小的、硬硬的、铅笔头大小的圆筒里，有一个进出的开口，一个简单的神经系统、胃，一套完整的生殖器官——实际上是两套。多数珊瑚是雌雄同体的，每个珊瑚虫都可以产出精子和卵子。

堡礁本身是由碳酸钙（石灰岩的来源）构成的，那是珊瑚虫分泌出来用来保护它们柔软身体的外壳。每个珊瑚虫建造了自己的圆筒状外壳，排排坐着，像一连串的排屋，又像是共享围墙、连成一栋的公寓大楼。有一些，比如脑珊瑚，甚至更加公共化：珊瑚虫沿着小小的沟槽被隔开，但每个谷地内没有将它们分开的围墙。

当珊瑚繁殖的时候，真正的性生活发生在海面，在那里精子和卵子相互碰撞。漂浮的精子和卵子聚集在海面，三维的环境变成了二维，配子挤进了一片薄薄的区域内，在那里它们更有可能遇到彼此。

不过，性行为早在海面之下就开始了，在那里——在夜晚堡礁朦胧的轮廓中，月满几天之后——小小的配子为了受精开始了它们危险的旅程。珊瑚的出生比怀孕重要：组成珊瑚种群的几百个珊瑚虫每个都作为个体开始膨胀，小小的球体从嘴里喷出来。这种小球看起来像鲜艳的橘粉色的彩虹糖。在几秒钟内，曾经相对平静、土色的圆顶变成崎岖不平、斑斑点点的土堆，好像整个珊瑚种群突然爆发了荨麻疹。

这些球体是一团团的卵子和精子，是会长成下一代堡礁建设者的种子。珊瑚一年到头储存营养就是为了提供足够的能量来生产和包装这些多脂的配子球。在产子的夜晚，它们慢慢地用自己的方式上升到珊瑚的嘴边，准备释放。

但是，就像突然开始一样，行动突然又停止了。

堡礁静止是极少有的情况，而海流继续在流动，各种形状和大小的

动物始终冲来冲去。不过在这个夜晚，在最短暂的瞬间，就好像整个堡礁停顿了，在长长的呼气前深吸了一口气。然后就发生了。

突然，整个堡礁的种群释放出一团团的配子。无声的爆炸重复了数千次，然后这些小球滑向了自由。在水的世界里，慢动作是主导，而这种释放几乎像一个延迟响应。这些浮动的小团，仍旧附着在它们亲代的珊瑚虫上，通过脐带一般细细的黏液丝连着，并在珊瑚的表面盘旋。

就在这一瞬间，景色是最迷人的。数百个左右摇摆的软粉球在珊瑚岬形成一个有形的光环：所有的后代逗留了一会儿，维系着过去，展望于未来。几乎不知不觉地，黏液丝慢慢延伸并最终断裂。球团齐齐上升，像小气球一样漂到表面。最后，获得了自由。

这是珊瑚虫生命中唯一可以真正地穿越堡礁的时刻，新生游者踏上的处女之旅也是终极之旅。因此，下一代的生活就此开始，只需要在海面的一点点融合。如果它们能到达那里，一切就能顺理成章。

从这里开始，安静文明的配子华尔兹变成了一次完全放开的狂欢。不同种类的珊瑚开始在同一个夜晚产卵，看着一大群珊瑚产卵像见证一场水下暴风雪，只是雪花是向上漂的，而且涂上了水红色，还拥有相当于士力架的能量储备。这是可以随便吃的大型自助餐，所以堡礁居民都不愿意错过它。在球团释放的时刻，甲壳类的神风敢死队开始俯冲轰炸，为了包着脂肪的粉红颗粒疯狂地横冲直撞。小虾和蠕虫狂热地爬过来，穿过珊瑚丛，狼吞虎咽地吃着它们可以够到的任何一团配子，直到美味的食物小块上升到够不着为止。这是所有动物放纵的夜晚，大自然保证没有东西会浪费，甚至连鱼的粪便——夜晚盛宴的残余物——也会被堡礁上的微生物迅速吃掉。即使最饿的鱼最后也会吃饱，因此还是有足够多的、幸运的精子和卵子可以毫发无损地过关。

与其他物种在同一个夜晚喷射出配子也是有用的，可以让捕食者忙不过来，但是这也带来了严重的威胁：亲代不能控制配子是否会与同类物种的配子相遇并融合。多亏了体内受精，我们能非常确定我们的配子会和谁以及哪个物种相融。对于珊瑚，有几十种和它亲缘相近的物种聚集在附近，经常在同一个晚上喷发。它们的配子在有真正雌雄混合群的海洋中转来转去。这也就意味着，它们有形成杂交体的风险。

杂交体有什么不好？好吧，如果你是骡子那还可以。骡子是一头雌马与一头雄驴杂交的产物——反过来的是驴骡，那是公马与母驴的后代（研究动物交配还能学到这种知识，神奇）。但是和骡子一样，许多杂交体是不育的或不能独立生存的。它们走到了基因的尽头。产生一个杂交体在某种程度上违背了性的最初的目的——那就是，让个体自己的基因延续到后代。

虽然一些杂交体可以繁殖甚至茁壮成长，但是它们的后代，在一代或者两代之内，趋向于衰败。在杂交体的世界里，你或者是种马，或者是废物，又或者是最糟糕的情况：一个生了废物的种马。最后一个可能产生一个特别有活力的杂交体并胜过父母，只是几代之后会完全绝种。结果就是我们失去了一切——双亲和杂交体。

所以，杂交体是许多物种极力去避免的东西。珊瑚为了降低杂交体的风险，准确调整它们与同类物种成员的产子，那么到了其他种类产子的时候，它们自己的配子多数可能已经相遇并融合了，成了健康的、有繁殖能力的幼体。

拿两个姐妹（亲缘非常近的）物种为例，裂星珊瑚（lobed star coral）和石星珊瑚（boulder star coral）。这些物种亲缘是如此之近，以至于科学家在几年前才认识到它们是不同的物种。但是你在野外可以分

辨出它们。裂星珊瑚形成粗大的柱体，有着膨大的顶部，像一簇半米多高浅桃红或者黄色的蘑菇。比起石星珊瑚它们倾向于住在稍微浅一点的水里，看上去有点坑坑洼洼，像深棕色土丘。除了它们的样子之外，这两个物种有一个不同的特性：它们在同一个夜晚产子，但时间稍有不同。石星珊瑚比较早，大约在太阳下山两个小时后喷发。之后裂星珊瑚跟上，也就大约一个半小时后。

这种错开的、极其精确的产子时间并不只是用来给人留下深刻印象的，这也是每个物种为了生存而必需的技能。同步产子有助于精子找到卵子；时间间隔可以保证对的精子找到对的卵子。没有时间间隔，两个物种会更容易融合。

我们知道这些是因为我们骗它们同时产卵，然后看到了整个过程。珊瑚的性生活可以被操纵，方法简单到令人吃惊。你所需要的一切就是一个木桶和一些黑色大垃圾袋。但是这里不涉及任何的窒息恋物癖——那个是银汉鱼的最爱。垃圾袋仅仅用于制造黑夜笼罩的环境。在太阳下山前一个小时，扔一个袋子到装有珊瑚的木桶上，然后你瞧，珊瑚开始产子，正好比它们平常早一个小时。对裂星珊瑚这样做，你就可以让它们与石星珊瑚一同产子。

诺瓦东南大学的珊瑚专家尼科尔·福格蒂（Nicole Fogarty）运用这一方法测试不同珊瑚种群之间如何融合。福格蒂花费了许多个夜晚来扮演珊瑚媒人的角色。为了复制自然中最亲密的行为，她用了一根长的移液管——可以精确吸取不同尺寸的颗粒——和一大堆盛尿杯。福格蒂用这些杯子来做精子和卵子的“鸡尾酒”，先从一个桶里吸取精子，接着将它混入来自另一桶的卵子中，完成所有可能的组合。

通过这些“受精实验”，科学家已经发现在合适的环境下裂星珊瑚和

石星珊瑚是兼容的：它们的精子和卵子可以相互受精。但是，正如许多在线约会网站证明的：兼容性并不能保证牵线成功。尽管裂星珊瑚的精子可能为一个石星珊瑚的卵子授精，但那只会发生在当石星珊瑚的卵子没有其他选择的时候——有点类似“除非你是海洋中最后一个精子”。

这种情况的部分原因并不是石星珊瑚卵子的道德水准高（那是石星珊瑚精子的嗜好）。在许多珊瑚种类当中，受精的时机大约只有1个小时。在此之后，精子就没什么力量了。但是石星珊瑚的精子表现得像一匹上乘的赛马：单独待在跑道上，也不知道该干吗，只要有了竞争者，这些笨蛋就会撒丫子跑起来。

因此，如果石星珊瑚和裂星珊瑚在同一时间产子，石星珊瑚的精子会进入高速挡，然后有可能不仅为多数的石星珊瑚的卵子授精，而且还为裂星珊瑚的卵子授精，裂星珊瑚的卵子对于精子的辨识力远远不够。如果一些石星珊瑚的卵子漂进了更稠、更浓的裂星珊瑚的精子团中，它们也可以被授精。

时机以及先天的倾向阻止了这两个物种的杂交。

所以珊瑚如何把时机把握得那么准？垃圾袋实验帮助我们揭示出太阳下山的时间是一个主要因素。工作原理是这样的：太阳辐射或者风场暗示了产子的月份，此外月亮周期提示了日期，最后日落激发了珊瑚虫从它们张开的嘴里喷出一团团配子。只不过珊瑚如何感知这些气候和光线的微妙变化（要知道，它们没有眼睛或者脑子）依然是个谜。

与珊瑚相似，牡蛎的交配也需要多个因素的结合。像之前提到的，季节的变换带来丰富的浮游植物，提供了牡蛎增长性腺所需要的营养物质。但是温度也是至关重要的——随着水温上升，它可以让牡蛎变得活

跃起来，所以它们可以利用那些营养物质，并且进入高速的配子生产当中。随着它们的性腺成熟，之后牡蛎会释放化学信息素，好像在检查，看看周围其他牡蛎在做什么。对于牡蛎，化学信息素是一种岛礁上的“呼叫与响应”，卡罗来纳海岸大学的朱莉安娜·哈丁（Juliana Harding）如是说，她专门研究牡蛎繁殖。如果接收到信号的牡蛎也成熟了的话，会释放它们自己的化学信息素作为回答：“收到，我们也已经把配子准备好了。”

潮水也很重要，还有牡蛎礁本身的形状和结构，这两者影响了水如何流过底部：因为牡蛎不能移动，它们依靠旋转的流水将信息和配子从一个牡蛎带到下一个。最后，牡蛎喜欢在一天中固定的时间内交配，也就是说黄昏或黎明，那个时候吞吃卵子的捕食者难以看见猎物。当万事俱备，哈丁说，牡蛎就可以开始了。

“当产子开始的时候，我看见的过程进行得有几分像环绕在体育馆里的人浪。一群牡蛎释放出配子，然后下游的牡蛎也立即开始释放，以此类推。”

在珊瑚中，基因因素和种群密度最有可能影响一团配子的准确释放时间。珊瑚有一种极好的本领，能克隆它们自己并运用这种技术来萌出一个新的、基因完全相同的珊瑚虫，新生儿仍旧会附着在父母的种群上，种群就是这样不断变大的。不时会有折断的珊瑚，这样就会形成一个新的、基因完全相同，但是物理上分开的种群，类似从植物上切下一枝再长成一株新树。

基因完全相同的克隆体产子在时间上比非克隆同伴更接近。但是，这只在克隆体位置相近的情况下才起作用。如果距离超过四到五米，距离就战胜了血缘，相邻的产子更加同步，与亲缘无关。尽管我们还没有

确定具体的化合物，但是产子的珊瑚虫可能释放了某种信息素，然后暗示附近的种群来加入，这与牡蛎相似。这样的化学信息素在其他物种中也会起作用，包括海胆和鲍鱼。

日落、月相、邻人之爱，这一切听起来非常浪漫和嬉皮士。但真相是，珊瑚产子是一种高度受限的事情。相对于牡蛎可以持续产子贯穿整个漫长的季节，珊瑚只有一个晚上。它们不能承担把珍贵的种子射到荒芜的蓝色深渊之中的后果，更不能冒险被错误的种类喷出的配子受精。无可挑剔的时机真的是一种必备条件。

同样重要的是要有足够多的珊瑚。这也正是珊瑚会被我们破坏的重要原因。因为珊瑚不能移动，它们无法通过聚集在一起补偿种群衰退，那只能是可移动的物种采取的策略。如果堡礁珊瑚种群变得稀疏，受精成功率就会下降，不仅仅是因为产子的个体更少了，而且因为种群之间距离的增加可能导致产子时机的错失。仅仅晚了或早了15分钟就会导致受精成功率明显地降低。

因此，当堡礁上的珊瑚死去，就会造成双重灾难。

世界范围内珊瑚礁是地球上最濒危的生态系统之一，所有珊瑚中永久消失的达到惊人的10%，另外30%预计会在接下来的几十年中持续衰退。2012年，66种珊瑚被提议列入濒危或者受威胁物种的名单，包括星珊瑚。大堡礁在过去27年中已经失去了一半的珊瑚；加勒比海的堡礁平均只剩下15%~20%。

从堡礁转变为碎石堆展现了极大的反差，仿佛古老的文明、伟大的寺庙被丛林吞没，又仿佛城市的轮廓与灰尘齐平。而且，和许多繁荣的大都市的崩溃一样，珊瑚礁的消失打击了人们——是的，就是我们——

遭受打击最大的当数我们的经济利益和我们的胃。珊瑚礁为全世界亿万人民提供了就业和主要的蛋白质来源，通过旅游、建筑材料、捕捞、药物和海岸防护服务，珊瑚礁提供的产值估计每年有3750亿美元，这比丹麦或泰国的国民生产总值还要多。

没有珊瑚这些服务或产品就不可能存在。堡礁发达的热带海洋，实际上是水下沙漠。这也是为什么那里水那么清——里面没有任何东西。珊瑚幸存下来是因为它们与一种微藻有着不寻常的合作关系。它叫作虫黄藻（*Zooxanthella*）。它们生活在珊瑚组织内并且是迷你食物工厂，可以把太阳能转化成能量。它们把这种能量传递给珊瑚，作为回报，珊瑚的残留废物用来喂养虫黄藻，这些废物对虫黄藻的生存至关重要。这是一种极其紧密的再循环系统，给予了珊瑚特别的帮助，使得它们得以建设厚重骨骼并生产富含能量的配子。

这就是珊瑚如何把热带海洋沙漠变成生命绿洲的。珊瑚礁占了不到海洋面积的1%，但据估计所有海洋物种中有1/4以它为家。在一定地区它们包含的物种比任何其他海洋栖息地都要多。所有这些生命吸引了游客、渔民和制药巨头——而制药巨头们才刚刚开始探索由珊瑚礁有机体制造的丰富生化资源，其中不乏各种抗癌化合物。

所有这些利益和资源都依赖于珊瑚建立的健康礁体。为了实现这个目的，珊瑚必须成功繁殖。

即使是克隆也无法挽救颓势。尽管珊瑚种群会经常通过无性繁殖创造出新的种群，但是克隆的种群对疾病、捕食和竞争都同样敏感。一个珊瑚礁到处都是克隆体会为珊瑚礁的长期生存埋下灾难因素。相反，一个健康、可持续的礁体需要许多基因不同的种群。那样的话，不管怎么干扰，一些种群带有的基因就是让它渡过难关的机会。而创造基因多样

性的最有力的方式是什么呢？你猜到了：性。

珊瑚的成功交配需要两样东西：大量的能量和严格同步的产子。在热带海洋沙漠中，就算条件理想，找到足够的能量也是困难的，何况长期以来条件并不理想。沉降、污染、过度捕捞和气候变化都为环境制造了压力，而珊瑚必须在这种环境下挣扎着生存下去。

由于滥伐森林以及糟糕的土地管理，沉积物（经常携带除草剂、杀虫剂或者石油）会被冲到沿海海域。因为我们为了建设道路和房子破坏了红树林和盐碱滩，更多的污泥和粗砂冲进了沿海水域。为了移除沉积物，珊瑚像我们一样会制造“鼻涕”——一种用来清理身体的化合物——来粘住沉积物颗粒，然后让它们从表面脱落下来。但是生成黏液抽走了制造精子和卵子的能量。暴露于重金属、除草剂和其他污染物之中会降低配子的数量，而且暴露数年之后，会引起不育或者卵子尺寸的减小。这些影响如果联合发生作用，珊瑚交配的可能性就会进一步降低而且生育力也会降低。同样地，类似的影响也在扼杀牡蛎的性。

对于许多海洋物种，越是努力，剩下可以繁殖的资源反而越少。同样的事也发生在我们身上：处在极大的压力之下的夫妻经常不能受孕——或对女人来说，称作怀孕。压力和繁殖无法共存。

幸运的是珊瑚和牡蛎都没有灭绝。实际上，与陆地相比，海里发生的灭绝非常少，仍然有许多的潜力可以挖掘。科学家和潜水员、堡礁管理者和企业家都在继续寻找对抗珊瑚礁和牡蛎礁衰退的方法。一个个珊瑚养殖场、一堆堆可循环利用的牡蛎壳、大范围充分保护的海域、植食动物的保护和各方面的努力都在帮助扭转局势。而且因为珊瑚和牡蛎是生态系统工程师，帮助它们的方案也有助于保护其他物种的性生活。

第三幕 高潮之后

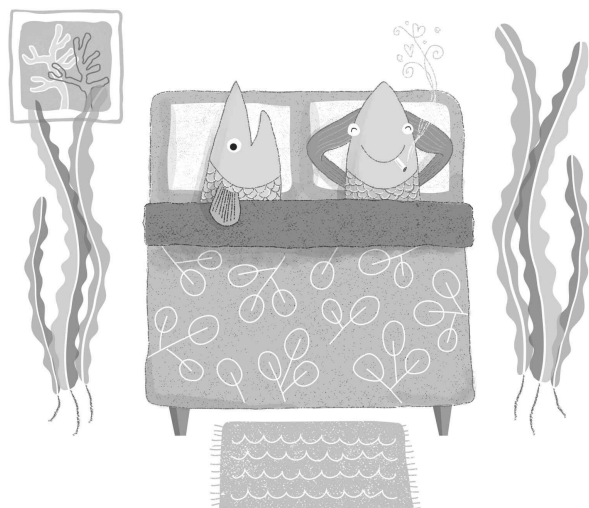
性作为海洋中的繁殖方式至少已经延续10亿年了。而且它会继续存在。但是繁殖的结果以及繁殖的数量，部分是由我们决定的。我们影响了海洋的命运，正如海洋的命运也影响着我们。到目前为止，我们的行为已经刺激了自然环境中胶状物、黏状物以及微生物的增加，不过本来不必弄成这个样子的。

对衰竭的物种和生态系统的恢复，以及未来衰退的防止最终依赖于我们对海洋中古老的远亲的繁殖方式的了解。我们学到的越多，我们就有越多的机会调整我们自己的行为，实现海洋生物和人类的和解。正如这最后一章阐述的，我们已经做好了准备。

第八章

提升性趣

如何点燃海洋中的性欲之火



性海背景乐

1. 《现在我可以清楚地看到了》——约翰尼·纳什
“*I Can See Clearly Now*”——*Johnny Nash*
2. 《任时光流逝》——赫曼·哈普菲德
“*As Time Goes By*”——*Herman Hupfeld*

此时，在那广阔蓝色海洋中的某个地方，你可以打赌某些创造性的——即使不是偷偷摸摸的，也是非常有技巧性的——性行为正在进行。尽管我们不一定总有机会看到它，但是我们已经揭开了这个多彩并且古怪的性世界的一角，正是这个世界推动着海洋生物多样性和丰度的不断演变。

任何一门合格的性教育课都会告诉你，性行为既有收益也有风险。然而就海洋中的性而言，我们需要担心的风险来自寻找性的过程，远非性本身。在寻觅的过程中以及最后程序上都可能出岔子。我们都经历过柔和浪漫的灯光、完美的背景音乐、你和你热恋的爱人单独在一起。你侧身等待着那第一个吻，然后就在它发生之前，就在浓烈的感情爆发前的一瞬……砰！你的室友闯进了房间，打开了所有的灯。

海洋中也有这样的情况，捕食者的突袭会对鲷鱼的产子冲锋产生严重的阻碍，或者大风暴会产生巨浪导致海马无法前进或旋转。这种打断是意料之中的，而且各个物种通过进化，已经可以应对这些偶尔出现的情绪杀手了。但是人类的行为对于海洋中性的影响可不只是偶尔出现的。

我们简直就是最厉害的避孕药。

这就导致了问题，而且这个问题不仅仅针对受挫的鱼类。无论如何，我们与我们水里远亲的亲密行为的关系比我们认识到的更加密切。好的方面是，海里的性生活为我们提供了有价值的产品和服务，从而提高了我们自己的幸福指数；不好的方面，因为这种亲密关系是双向的，而我们的行为破坏了海洋中关键的约会和交配游戏。现在深受我们喜爱的海鲜和多彩的珊瑚礁正在变得越来越少，而塑料颗粒和死区（水体内含氧量太低，不适于鱼类生存的区域）越来越多。从以人类为中心的观点看，全球范围内海洋生物的衰退对当地经济、食品安全、海岸稳定和水质产生了负面影响，减损了海洋提供的医药资源，以及娱乐、精神和文化价值。如果海洋中的性继续减少，这就是风险所在。

但也不要太泄气。好消息是过度捕捞、气候变化、污染和其他人类导致的情绪杀手并没有永久地扑灭海洋中的性欲之火。某些统计数据可

能是可怕的，实际上对于未来的海洋这是一个伟大的乐观主义时代。我们只须泰然自若地坐在潜在的新关系的尖端，选择支持海洋的性动力，这样就能取得有利于我们所有人的回报。

接下来的部分将会详细讲述我们取得的主要胜利，比如新的政策、技术以及手段对扑灭性欲和妨碍性事的风气起到的扭转作用，特别是对于那些我们最重视和依赖的物种。从全球趋势到当地行动，我们的所作所为正在为海洋中的性创造更有利的条件，取得更多成功。

减轻焦虑：缓解过度捕捞的压力

在压力下完成那件事是很艰难的。我们对海洋物种繁殖能力的预期根本不切实际。过去的150年里，渔船功率和尺寸的增加以及渔民的捕捞效率的提高，达到了让鲷鱼和鲨鱼数目无法保持增长的程度。它们的性策略致使它们不可能繁殖得很快，这样也就无法满足我们对海鲜越来越大的胃口。供应在下降而需求在上升。此外，由于我们有着捕获大鱼的习惯，给雌性留下了更瘦小的求爱者，也为种群中留下了更少的大个儿的雌性，进一步扼杀了交配的成功率。

还有，不要忘记潜在的萎缩——针对大鱼选择性捕捞的另一个负面作用。

究竟达到什么样的程度，一个物种就会无法补足从种群中移除的个体数量？在确定这个问题的答案时，天性和行为都扮演了重要角色。可持续性的关键在于找到这个平衡。生长缓慢的、寿命长的物种——比如鲨鱼和鳐鱼、海龟、海洋哺乳类以及其他鱼类——禁不起沙丁鱼或者某些鱿鱼承受的渔捕压力。以鲨鱼的情况为例，多数大型种类的雌性一次最多怀12个幼崽，而且经常每两年或三年生产一次。即使并不是所有的鲨鱼捕捞机构都进行不可持续性的捕捞，大型鲨鱼也受到了巨大的压力，导致了世界范围内的种群衰退。

同时，特定的由性驱动的行为，比如形成产子集会或者聚集在海底山附近或者存在特别敏感的雌性也会让一些物种比其他物种更加脆弱。

所以，我们可以做什么来减轻压力？

从供给方面，渔业机构管理者有一件事可以做：通过规章制度把捕捞压力聚集到中等尺寸的鱼类。保护种群中的小鱼和大的成鱼有助于保证新的成体可以加入繁育池，并且降低捕捞引起增长率或者其他重要的生存特性变糟的概率。实验证明，对大鱼的选择性捕捞停止后，种群就会增长，一部分后代可以恢复到它们未受捕捞前的尺寸。恢复是缓慢的，但也是可能的。

为了给成熟的成体增加相聚的机会，渔业机构管理者也可以保护产子集会，而且要像我们保护筑巢的海鸟种群一样严格。因为产子集会把鱼类集中到不寻常的高密度，这种状态使得我们很难亲眼“看”到衰退：崩溃之前的集会看起来仍旧不错。考虑到这些年度事件对于未来种群增长的重要性，以及过去对集会捕捞的沉重记录，应该批准针对所有“海洋狂欢”的禁令。策略的强制执行虽然不易，但也证明对鱼类和渔民都是有效的。

红点石斑鱼（red hind）是一种小型石斑鱼，产于美属维京群岛的圣托马斯。它就是一个活生生的例子。1999年对产子集会强制实行了永久关闭，迄今已经有了强烈的恢复迹象——当地种群显示出了平衡的性别比例和成倍的鱼群密度。另外，产卵场的鱼和保护区外面的鱼尺寸都比禁令前的更大，也给商业渔民的捕捞增加了收益。

对产子集会的保护也并不总是从上至下。比如说在斐济，一个叫作4FJ的草根运动正在开展中，鼓励人们在产子季节不要吃那些脆弱的石斑鱼。根据网络数据，超过4000人已经承诺不在7—9月吃、购买或者销售石斑鱼。这种创新的方式正在迅速发展，有助于扭转灾难性的损失：渔民过去30年来捕捞量下降了70%。

与此同时，我们同样也可以为负担过重的种群减轻压力：通过避免

食用脆弱的物种并改变我们对海鲜的选择。尤其是在美国，我们倾向于食用固定的物种，如金枪鱼、虾和鲑鱼。我们固定的偏好为这些野生物种带来了说不清的压力，也相当于支持了对环境最不友好的水产业。同时，我们也错过了可能更加令人兴奋的饮食体验。使我们的食谱变得多样化一直都不是一件容易的事，厨师们也在不断抓住机会让菜单更有创意又更具可持续性，以及新的市场渠道也提供多种方式来购买更多种类的海鲜。

在这些努力的背后有一个有远见的人叫巴顿·西弗（Barton Seaver），他是厨师，也是国家地理的会员，他证实了用具创意的方式烹调各种陌生的海鲜也是行得通的——无论从味道、可持续性还是经济的角度。几年前的一个晚上，西弗的供货商意外送来一箱飞鱼。当时供货商只是简单地说，这天是一个打鱼的“坏天气”。所以，西弗做了一道美味的调味汁，指示他的侍者讲述这些鱼的故事，然后到晚上7点这道菜就迅速卖完了——每盘26美元。

对于西弗来说，当选择海鲜的时候，我们应该问海洋可以持续提供什么，而不是只向它们索取我们想吃的东西。这是一种思维模式的转换，我们可以将捕捞力量重新分配到更负责的收捕中，为几百万饥饿的人类提供更多样化、更健康的海洋蛋白质。其中包括未充分利用的物种，它们经常被当作副产物扔掉，需要被清除的入侵物种（狮子鱼）以及一些被认为是“丑鱼”的物种，它们可能看起来倒胃口，但是吃起来美味（比如象拔蚌，一种看起来像长了一个巨大阴茎的蛤类，在亚洲风靡一时）。

幸运的是，当我们给物种喘息的机会并为它们提供休养空间时，种群经常会恢复。在美国，自从1996年开始实行严格的联邦管理计划后，2/3过度捕捞的种群已经成功地重建或者接近重建。曾经濒临边缘的东

海岸条纹鲈和西海岸巨型海鲈鱼在本地严格的管理和施行体制下恢复了。

我们对物种多样化的需求有助于给过度开发的物种更多的机会来恢复，同时也可以保证渔民的生计，他们可以以捕捞其他鱼类为生。随着过度开发物种的再建，渔民的收入可以增加，我们菜单上的选择甚至可以更进一步地拓宽。

但是我们怎么保证我们正在用那些可以承受合理捕捞压力的物种代替过度捕捞的、脆弱的物种呢？换句话说，我们怎么知道哪些渔业机构的捕捞方式对某个海洋物种的繁殖是安全的呢？这要基于我们对鱼更深入的认识。

讲述故事：“有故事”的海鲜

哪个物种可能是最好的捕捞对象？这要取决于它们多久繁殖一次、繁殖的量和它们如何成功地繁殖，以及它们是如何被管理的。为了支持“有利繁殖”的海鲜，消费者需要吃非营利机构“鱼类未来”（Future of Fish）所谓的“有故事的鱼”（Storied Fish）：带着从水里一直到餐盘的旅途信息（如何、哪里以及什么时候这条鱼被捕获）。可持续性海鲜验证计划诸如海洋管理理事会（MSC, Marine Stewardship Council）和海产品指导计划，比如蒙特雷湾水族馆海鲜观察项目，将物种性生活考虑了进去，作为评估的部分因素。举个例子，物种是不是需要很长时间才能达到性成熟或者繁殖较早、频率较高？渔民是以产子集会为目标还是遵守季节性休渔规定？作为一般规则，接近食物链末端的物种（想想如沙丁鱼之类的小鱼和甲壳类）倾向于更快、更多地繁殖，它们可以作为一个不错的起点。

为了支持负责任的捕捞，最大的挑战是：进入我们餐盘的绝大多数鱼实际上完全是一个谜——鱼片上没有任何故事。今天，非法的、错误标识的和以不可持续方式捕捞的海鲜溜进供应链再到我们的盘子里是非常容易而且极其平常的事，其中就包括了产子季节非法捕获的鱼类和无脊椎动物。

如果你在北美跟两个朋友坐在一家餐馆里，而且都点了海鲜，你们中的一个可能会点一条贴错标签的鱼。这意味着高价的“当天渔获”很可能是一条便宜的罗非鱼。更令人担心的是，它也意味着你食物中的养殖虾可能是由奴隶从海上抓来用来喂鱼的。人口贩卖和其他社会弊病遍布于全球海鲜产业，直到最近才开始被揭露。这些广泛分布的犯罪行为甚

至分布在主要的食品供应链上，比如沃尔玛、科思科（Cosco）和特斯科（Tesco）连锁超市。

每年会有价值达100亿~230亿美元的非法、未申报以及不受管控的鱼以各种方式进入全球海鲜供应链，在一些渔业机构中甚至占到总捕捞量的40%。无论是非法的鱼还是错误标识的鱼，问题的关键是食品生产系统，它把优质蛋白的东西变成了一种秘密商品。太多的秘密使人很难知道你盘中的海鲜是不是造成了海洋深处的繁殖灾难。

有一个方法可以保证你的海鲜不仅是有利繁殖的而且是对社会和环境负责的，那就是去买一条你比较了解的鱼，一条带着故事的鱼。和几年前相比，这在今天是一件容易得多的事，多亏几个新创举提供了与你的海鲜来源密切相关的信息。以生态支持型渔业机构（CSFs，Community Supported Fisheries）为例，它仿效了更知名的生态支持型农业（CSAs，Community Supported Agriculture），出现在北美的海岸小镇，为消费者提供了一个支持本地可持续捕捞（遵守禁渔期、体长限制和配额限制）的机会。通过直接从渔民手中采购，消费者可以了解鱼背后的故事。生态支持型的渔业机构也已证明可以降低海鲜购买所产生的总碳排放量，并且与当地商店购买相比，提供了更加多样化的选择。

通过给可持续海鲜在海鲜市场或者餐馆提供认证，尖端科技使带着故事的鱼成为可能。举个例子，圣地亚哥厨师罗布·鲁伊斯（Rob Ruiz）为他的寿司卷创造了食物二维码。它们是由糯米纸和大豆酱油组成的，用餐者可以用智能手机扫码，然后在为辛辣的金枪鱼卷蘸酱之前，读取它们背后的故事。对于那些喜欢在家里吃海鲜的人，像加拿大的“此鱼”（This Fish）和欧盟的“鱼的足迹”（Follow fish）等公司提供海鲜时，也在包装上带上相似的二维码——扫描后你会发现，其中不仅有海鲜的名字，而且还有给你带来这顿饭的渔船的名字。墨西哥湾的“野性

之湾”（Gulf Wild）品牌也针对12个物种提供了同样的信息。因为鱼鳃上的标签有捕获物的相关信息，所以系统保证了每条鱼都来自参加项目的渔民，而整个项目承诺从事负责的渔捕行为。

供应链透明化：可追溯的交易记录

用来帮助促进海洋动物交配的不仅仅是前面提到的那些技术。不要担心，我们并不是要讨论性玩具。这一节将突出展示人们正在进行的努力，包括确保你所吃的海鲜就是你想要的，还有如何阻止非法的鱼类进入你的餐盘。

为了让有故事的鱼成为可能，必须有可靠的系统通过供应链来追溯海鲜的故事，包括从养殖地和捕捞地到你的餐盘的所有故事。目前这些幕后工作由非营利性和产业性组织在处理，目的是为了从海鲜供应链中连根拔除欺骗性的错误标识、非法的捕捞和奴役。它也允许作为消费者的我们来区分和奖励——通过支付溢价从有责任感的渔民中得到的可靠渔获物。

从历史上来说，可追溯性成为更加可持续的渔业管理的最大障碍之一：声名狼藉的老式海鲜供应链仍旧依靠纸上的交易记录，但是未能沿着冗长的、纷乱的全球海鲜交易踪迹传递出信息。新的追溯技术体系正在改变这种情况，主要通过提供可证实的、透明的个人历史记录，即提供海鲜的历史记录。这就像一个基本的背景调查：这些体系保证标注有“可持续”的产品不隐藏任何肮脏的秘密。虽然还有许多事情没有做，但是目前的事实是企业参与进来了，技术公司参与进来了，并且取得了进步。这在以前从来没有发生过，这些进步给了我这样满脑子都是鱼的人一个信奉海洋乐观主义的理由。

水产养殖：海鲜也可以来自养殖场

可持续的水产养殖业发展有助于减轻野生物种的压力。之前做过渔民现为“顶针岛牡蛎”创建者的布伦·史密斯（Bren Smith）已经开始他所谓的3-D海洋养殖。通过从海面吊下的绳子上挂着的快速生长的海藻（如海带）和贝类（如牡蛎、贻贝和蛤蚌），他的养殖场净化了当地的海域，同时帮助贝类避免了本来会在海底埋掉它们的沉积物。海带吸收了二氧化碳，成了碳储藏罐，同时也从水中过滤掉了氮元素和其他污染物。绳子和袋子上悬挂的贝类也改变了养殖场周围的水质，帮助幼鱼创建了一个安全的栖息地。

最终，养殖场恢复了环境同时产出一系列海鲜产品。史密斯与当地的厨师合作开发了新的牡蛎菜肴、海带面条甚至还有海带冰激凌和鸡尾酒。他还与耶鲁和康涅狄格大学的研究人员合作，把养殖场当作活的实验室，测试了将食物生产系统转变成栖息地恢复系统的新型海水养殖方式。最后，通过养殖场的非营利部门“绿波”（Green-Wave），史密斯与其他人分享了他的模式，目的是为了在全世界创建一支可持续海鲜养殖队伍。模式的关键是贝类，它们可以快速生长，繁殖数量可观，并且还能改善其他定居物种的栖息环境。

纵观全球，人们正在努力实现更加可持续的鱼虾养殖，结果喜忧参半。鱼虾可持续养殖的最大障碍之一就是持久地依赖从野外捕来的物种作为饲料，比如鳀鱼和鲱鱼。每养殖一公斤鲑鱼估计约需要4公斤饵料鱼被磨成粉用作饲料。如果我们直接吃饵料鱼，这些鱼就可以喂养更多的人。我们并没有充分利用这些成群的银色鱼作为人类的食物，但是目前作为鱼、猪和鸡的养殖饲料，它们却被过度利用。把这些鱼做成饲料

的压力甚至导致这些快速生长、性活跃的物种也达到了它们的极限。为了解决这个问题，私人 and 公共的资金渠道正在往研究工作中投钱，这些研究工作尝试用替代的蛋白质来源作为饲料，包括大豆和亚麻仁在内的植物蛋白、昆虫以及鱼油提炼厂的剩余物。与此同时，也出现了持续性最好的水产养殖，也就是说产品不需要饲料输入，比如甲壳类就是这种情况，或者饲料中不需要添加鱼粉或鱼油就可以生长。素食鱼与淡水的鲑鱼和罗非鱼可以达到这个目标——虾也可以，如果它们的养殖没有破坏当地的红树林栖息地。这意味着虾可以养在陆地的水箱里。

最后，针对一些几乎消耗殆尽的海鲜食物进行养殖可能是拯救这个物种唯一的机会。和针对濒危白犀牛的圈养繁殖计划一样，加利福尼亚大学博德加海洋实验室正率先试图挽救极度濒危的白鲍鱼。为了让雄性和雌性在水箱里产子，经过几乎十年的失败尝试，科学家在2012年有了突破。克里斯廷·阿基利诺博士（Dr. Kristin Aquilino）是白鲍鱼项目的首席研究员之一，取得进展时她就在那里：“我们把鲍鱼各自放进木桶里，然后开启所有程序来尝试让它们产子。”阿基利诺告诉我，这个程序包括演奏一些巴瑞·怀特的歌曲来帮它们调整情绪，最后加一点温和的过氧化物到海水中——科学家认为这可以模仿鲍鱼在野外释放的化学信息素。然后科学家们只要等着就行了。“雌性产出了几枚卵子，接着我们只需要其中一个雄性来产出精子就好。”阿基利诺焦急地从一个木桶走向另一个木桶，不断地贴近观察。这时她看到了，少量的一股乳白色液体从其中一个雄性的底部漂了出来。“要不是我拿了一根移液管在手里并把它吸了上来，我很有可能就错过它了。”精子数量极少，几乎只够一半的卵子受精，但那也够了。“这是我经历的最接近奇迹的一件事，”阿基利诺叹了口气，“从那少量的爆发中，我们孕育出大约20个新的个体。那真是一件了不起的事。第二年，大概有120个，再接下的一年有2000个。今年，可能已经超过5000个。数字不断在增长。”

尽管在他们培养出成千上万的个体并有可能恢复种群之前研究人员还有很长一段路要走，但是过去四年里所取得的重大进步使我们有理由对他们寄予厚望——对北美洲西海岸的鲍鱼来说，一线曙光照进了那段曾经黑暗的历史。随着持续的成功，在不久的将来我们很有可能有机会见证白鲍鱼重返野外的那一刻。

给它们一些隐私：大范围海洋保护区的兴起

大范围分散我们的需求，肯定可以有助于物种的恢复。但是在全球范围内海洋环境的恶化也需要我们规划一些区域，在那里海洋生物可以不被打扰，能够进一步恢复和兴旺。和我们在陆地上做的一样，我们需要留出避难所，由此可以丰富海洋生态系统的资源，增强恢复力。

美国的第一个国家公园黄石公园是1872年建立的，第一个海洋保护区于1972年建立在海军军舰“莫尼特号”沉没的遗址上。今天，水下海洋保护区项目仍然落后于陆地项目：陆地保护区域占了陆地的10%~15%，但是海洋保护区只占海洋面积的2%~3%。即使在这么少的数量下也只有大约1%的海洋是完全被保护起来的，并被叫作“海洋自然保护区”——向所有开发行为，如捕捞或者石油和天然气运营都不开放的区域。

对于正在寻找一个浪漫短假的鱼、鲨鱼、鱿鱼或者螃蟹来说，海洋保护区提供了一个完美的目的地。但是不是所有海洋保护区都一样？规模、管理的程度和保护的时间都会影响一个保护区在恢复海洋物种方面的贡献；从历史经验来看，保护区太少、太小，而且执行得不充分，实际上没什么用。但是在过去的10年间，这个开始改变。2004年，大堡礁海洋公园（面积接近德国）把完全保护区域扩大到了整个公园的1/3。从那时起，在自己领海范围内认定大型（大多至少有100000平方千米）海洋保护区的国家越来越多。后期的多数保护区是完全禁止捕捞的，这些新的保护区对之前保护不力的物种提供了保护：大型、快速移动鱼类和鲨鱼。许多保护区还包括大片的多样化的、邻近的栖息地，如海草场、红树林和珊瑚礁，在那里，占据不同生态系统的性隔离种群

都能受到保护。它们同时也保护了会长距离穿越的物种的巢区，如石斑鱼，它们会从巢穴转移到产子点。

除了上述效益，在特别偏远的大型保护区也提供了另一个独一无二的机会：当我们观察这些鱼时，它们不会逃跑。没有了恐惧感再加上更高的（且更自然的）物种丰度，很容易有新的发现。科学家第一次观察到雄鱼在争夺统治权中用头暴力地撞击另一条就是一个例子。这是一种有蹄类（比如鹿、猪和山羊）才有的行为，类似的攻击性争斗之前在鱼类中没有见到过。但是2011年，驼背大鹦嘴鱼给我们进行了一场表演，就在一个偏远且受到保护的中太平洋海岛周围的礁石旁。毋庸置疑，鱼类也可以像大角羊一样用头互相撞击。

驼背大鹦嘴鱼作为珊瑚礁上最大的食草动物可以长到1.5米，重量可以超过75千克，足足有一个成人那么重。严重的过度捕捞遍布它们的活动范围。直到科学家在威克岛附近听到刺耳的撞击声并且看到驼背大鹦嘴鱼之间相互撞击，反复较量之前，他们一直把驼背大鹦嘴鱼用它们坚硬而平整的前额撞击大块珊瑚的行为看作它们捕食行为的一部分。

在其他地方，种群可能太小而不能保证这种攻击性的竞争。但是在威克岛，浓密的鱼群会引起战斗。雄性从平行的游动开始，似乎是在估计对方的大小。过了一会儿，它们游开去，然后快速掉头，面对着对方，像决斗前的枪手。接着，它们加速向前、碰头，多达四次，直到一个被击败（并且可能头晕目眩）的雄性让步，然后游走。这种行为与破晓前的产子冲锋相一致，表明在产子区域内雄性可能会撞击头骨来赢得领地。

作为太平洋偏远岛屿海洋国家保护区的一部分，威克岛包含有几座岛屿，覆盖了127万平方千米。作为窗口，它和其他类似的海洋保护区

拥有巨大的价值，甚至可以观察到一些海洋中最著名成员的约会策略和交配策略。

保证安全：保护海洋中的性的技术

如果你想到的是巨大的鲸用避孕套，那你就错了，这不是那种类型的保护。我们讨论的是高科技设备可以提供新的方式来监视和研究我们与海洋生物的相互作用，特别是价格实惠而且容易操作的“间谍软件”的出现使得在广阔而偏远的海洋保护区巡游成为可能，并且让我们可以看到远在外海的捕捞活动。

帕劳共和国包括8座主岛和大约250座小岛，总面积不到466平方千米。不过，它的领海包含了大约60万平方千米——一个接近法国国土大小的面积。这么小的一个国家在这么大的海域里怎么执行渔业法律？直到几个月前，依然没有好的答案。但是今天多亏了一些离海面几千千米高的卫星的帮助，他们做到了。

有一个工程叫作“海洋之眼工程”，由皮尤慈善信托基金（Pew Charitable Trusts）发起，结合了基于卫星的船舶跟踪信息与定向技术，以帮助政府鉴别和起诉海域内的非法捕捞。所有超过一定尺寸的船舶要求使用一种自动识别系统，它能传送的信号包含独一无二的船舶标志号（像一个汽车的车辆识别号码）和一个GPS定位信号。皮尤的“虚拟监控室”目前监视着智利复活节岛和帕劳领海周围的活动，帮助这些政府确保对广阔的海洋资源的保护，即使处于偏远的位置。

在一项补充的工作中，公益组织“空中真相”（Sky Truth）正与谷歌和公益组织“奥希阿纳”（Oceana）合作发展“全球捕捞监测”，这是一种基于网络的工具，用来监测全球范围内的捕捞活动。它和皮尤一样使用自动识别系统数据，但是方式不一样。目前，由自动识别系统记录的成千上万的数据点全都汇入巨大的云存储当中，这使得它难以区分渔场中

来来回回的船是在从事捕捞活动还是运输活动。“空中真相”正在开发一种算法，可以基于渔船的移动确定发生的作业种类（如底拖作业或延绳钓）。这种存取开放的数据通过在线公共门户网站就可以使用，让观众在他们国家海岸附近的潜水点周围，或者任何他们可能有兴趣探索的地方来帮忙监视渔船的行为。通过开放这一数据，“全球捕捞监测”打算利用公众的力量来鉴别可疑船只。人们也寄希望于这一系统，希望能汇编关于捕捞活动数量、捕捞种类、捕捞时间、捕捞位置等信息。尽管这些卫星技术解决方案正在起步阶段，但是它们依然有望改变游戏规则。

从最高级的生物到亚细胞层面，DNA检测技术等新工具也被用来更好地执行渔业的规章制度。对于任何规章制度来说通常都是这样的，只有能执行的规则才会有效果。2014年，鲨鱼的五个新种类加入了《濒危物种国际贸易公约》的附录II中，以限制这些物种和它们器官的国际贸易。最近列入附录II清单的鲨鱼种类数量达到了八种，包括大白鲨和三种双髻鲨。这种国际协定在这些濒危物种的保护中是向前的一大步，但是它也面临着执行方面的挑战。

每年大约有6300万条鲨鱼（也可能有27300万条之多）被捕上来，主要用于供应鱼翅市场，因为这道菜在亚洲文化中是身份的象征。向这个市场供应鲨鱼翅是一种极为浪费和可怕的行为，因为渔民在船上割下鲨鱼的鳍，然后将仍旧活着的身体扔回大海，在那里它们会失血而死或者因没有鱼鳍无法游动而窒息。

在初步加工阶段，鲨鱼鳍会被风干，然后连皮一起运输到亚洲（运用新研发的鲨鱼鳍身份指南，训练有素的海关官员可以从这些鳍上鉴别出种类，再用DNA测试来验证）。下一个步骤就是去掉皮肤，再用化学物质漂白产品，这样就无法用肉眼判断种类了，然后再将DNA破坏，导致标准的基因测试失灵。但是，纽约州立大学石溪分校的德米安·查普

曼（Demien Chapman）和芝加哥菲尔德博物馆的凯文·费尔德海姆（Kevin Feldheim）等研究人员开发了一项新技术，只需要用到部分的DNA序列。

目前为止，“迷你DNA条形码”测试可以成功地在加工阶段后期鉴别出八个鲨鱼种类里的七种，甚至有几成功地鉴别出已经进入汤碗里的种类。相似的DNA测试被用到鉴别全球范围内的饭店和商店中错误标识的海鲜。

另外，遗传学为海洋中最大的漫游者的路线图的绘制提供了帮助。例如，遗传学结合加拉帕戈斯群岛和智利附近的一条蓝鲸的取样照片，证明了这条鲸迁徙了大约5000千米的距离，这是所有南半球蓝鲸移动距离记录中最长的。这一信息有助于研究人员为这些远程物种鉴别关键的栖息地，包括繁殖地。这些数据也有助于建立海洋保护区网的努力，使其能有效保护这些仍然濒危的种群。

科技也能用于帮助鲸通过安全通道进出它们喜欢的栖息地。船运交通近年来在马萨诸塞湾的斯特尔威根海岸国家海洋保护区增长非常快，也增加了船舶对那些欢闹的而且高度濒危的北露脊鲸的撞击风险。这群露脊鲸目前数量大约是490条，损失任何一个个体，特别是一个成年雌性，对物种未来的生存会造成巨大的影响。通过研究产业的合作关系，康奈尔鸟类学实验室的生物声学研究项目和伍兹霍尔海洋研究所中的科学家开发了一系列智能浮标，它们可能探测到鲸在5海里外的呼唤，然后向接近该区域的船只发送警报。然后船长可以放慢船只速度并布置警戒，降低船舶撞击的风险。这个倡议提供了一种模式，可以在世界的其他地方被复制，即那些有船舶进出繁育和采食场，会给鲸带来危险的地方。

作为堡礁环境教育基金的“石斑鱼月亮计划”（Grouper Moon Project）的一部分，监听站仍在持续帮助破解石斑鱼狂欢背后的动力。这些数据显示了鱼什么时候开始向产子场洄游、从哪里来、会待多久以及到哪里去。为了努力教育当地公众关于保护这个大型产子集会的重要性，研究人员通过与当地学校紧密合作，为孩子提供教育，让他们理解家乡的海水中发生的这一独特的事件。基于这些努力，2011年开曼群岛政府将季节性的禁令又延长了8年，针对的是在拿骚石斑鱼产子地的捕捞。迄今为止，禁令看起来是有效的，有信号表明个体的尺寸有所恢复，新的“未成年人”进行了它们的第一次产子，并且相对于禁令开始生效的2003年，鱼的数量几乎翻了一倍。

今天，研究人员沿着全世界的海岸线部署了越来越多的声学阵列，这有助于增加我们对物种在产子地和采食场中往返迁徙方式的理解。这些声学阵列正提供一种全新的方式研究物种——通过监听它们去哪里，以及它们一路如何（以及是否）交流。

因地制宜：关于有价值区域的海洋管理

当然，不是每一块海域都能被隔离成一个海洋保护区，我们也不需要这么做。海洋区划要注意到海洋资源的多种用途并争取像管理陆地地区一样管理海洋区域，不同的区块允许不同的活动。其中要考虑海洋物种的重要栖息地，包括繁殖地和哺育场所，以及传统的渔场，其他开采活动以及娱乐和文化用途。在全球大多数地区，还没有对近岸和离岸的海洋资源的此类整理；鱼类被当作单一的物种管理，而且经常不同的政府机构管理不同的行为，相互合作极少。

维特研究所的“蓝色光晕”（Blue Halo）项目就是这样的例子，代表了这种传统碎片式的方法如何可以被更全面有效的方法取代。这个2012年发起的项目通过与岛国合作来鉴别和完成其目标，对离岸3海里内的全部领海进行海域使用和管理。经过初步的努力，项目已经成功地在巴布达岛签署了海洋管理法案，而且最近在库拉索岛和蒙特塞拉特岛进行了启动。较小的保护区也能取得成功，特别是那些已经实施了好几年的。卡布普勒莫国家海洋公园就是这样一个成功的故事。它坐落在被雅克·库斯托称作“世界水族馆”的地方。生活在墨西哥巴哈半岛东南角的渔民们注意到经过几十年的过度捕捞，他们赖以生存的古老岛礁已经被掏空。为了试图从完全崩溃中挽救这个生态系统，当地渔民组织起来并向墨西哥政府请愿创建一个海洋保护区，包括一大块非作业区域。

这是一个依赖于当地公众的参与和执行的大胆举动。它大约用了5年时间才出现恢复的迹象，在1999—2009年，海洋保护区的鱼相比于附近水域有了惊人的增长（463%）。大大小小的鱼陆续回来了，壮观的产子集会也回归了，包括石斑鱼和鲷鱼等。这种定向的办法可以用来保

护特定的有高价值和极为脆弱的区域，也可以用于保护海底山——尤其是与拥有更先进监测能力的新型技术相结合后。完全保护并不总是必需的，但是针对敏感的栖息地以及不断增长的压力（如，现在的技术可以打开海底山用于采矿活动），需要更封闭和对使用权严格控制的方式。

当与其他渔业和海岸开发的规章制度相结合的时候，小型保护区的战略性设置以及恰当的执行可以达到很好的效果。追溯到20世纪90年代，雌性“笑话石斑鱼”（是的，它们真的叫作笑话石斑鱼，gag grouper，学名小鳞喙鲈）的未来面临着重要挑战，它们需要设法在雄性个体少于5%的集会中产子。作为一种雌性先熟雌雄同体，它们出生时是雌性的，然后在10或11岁转变成雄性。随着时间的流逝，渔民已经优先地抓走了多数大个儿、性成熟的雄性而且也抓走了许多较大的雌性，正是这些雌性最终会变成雄性。由于雄性少得可怜，不可能产生足够的精子供应给雌性的卵子受精。雌性笑话石斑鱼成熟后带着卵子出现在派对上，但是多数都无法孵出。为了解决衰退和性别偏移问题，管理人员决定在产子的几个月内进行季节性封闭。这样就可以允许成体专心地交配而不被美味的诱饵分散注意力。此外，已知的用来庇护大型性成熟雄性的小块区域已被永久封闭，不对渔业开放。近年来，这些措施与每年的捕捞限额相结合已经证明笑话石斑鱼在南大西洋和墨西哥湾有所恢复。

他们的生计：支持渔业的替代行业

减少捕鱼活动说起来比做起来容易，尤其是面对产子集会的时候，因为许多渔民正是以这些集中捕捞作为他们收入的来源。找到替代的生计支撑是创造有效政策的关键，并有助于物质上鼓励遵守规章制度的行为。一个可能的方式就是把渔民转变成为那些想溜进产子地偷看性交的潜水者的付费导游。用这种方式，一条鱼年复一年地产子可以比一次钓上来卖掉给渔民带来更多的美元。伯利兹和古巴都试验过这种方式，训练渔民参与旅游业和娱乐性渔业，取得了一定的成功。

类似地，水下生态旅游产业的兴起为海洋物种保护的商业获利提供了机会。从巴哈马到马尔代夫，这些岛国中定居的鲨鱼种群推动了潜水行业，每年产生几百万美元的收入。在帕劳——第一个在它所有领海范围内禁止鲨鱼商业捕捞的国家——最近的经济评估估计一条定居的鲨鱼一生可以产生将近200万美元的价值，而切除鱼鳍和卖作鱼肉只能获得几百美元。总之，活的鲨鱼可能给帕劳带来至少8%的GDP。从鲨鱼潜水到观鲸，研究表明许多海洋物种活着比死了有价值得多。这种海洋物种的价值再评估有助于在全球范围内建立更多的保护区。在过去的几年里，十多个国家加入帕劳的行列，禁止在自己的海域内进行鲨鱼商业捕捞。当你选择度假目的地时，尤其是考虑娱乐性的潜水时，请考虑把你们旅游的钱花在这些国家，他们正努力保护我们的海洋资源。

生态旅游并不是在哪里都可行的，这时就需要发展其他方式的补偿。在食物链的另一端，有一个“生态创业”的例子。来自印度尼西亚巴厘岛南部色拉岸岛的社会企业家韦恩·帕托（Wayan Patut）创造了一种新的商业模式，帮助渔民转变成珊瑚养殖户。大的度假胜地发展项目摧

毁了当地的珊瑚礁后，帕托与当地渔民的孩子约定建造小的珊瑚养殖场，在珊瑚礁周围，也就是他们父母用炸药等破坏性的捕捞工具来捕鱼的地方，养殖他们的珊瑚。这是一个聪明且有意为之的策略。渔民会被孩子恢复栖息地的努力所感动，而且炸鱼会不小心损坏孩子的珊瑚花园，他们于是也慢慢开始自己学习养殖技术了。帕托创造的合作社现在养殖珊瑚卖给水族贸易行业，同时也会移植到野外的珊瑚礁上。通过为水族贸易行业提供珊瑚碎片以及珊瑚鱼，再加上当地养殖场的潜水旅游所产生的收益，渔民的收入可以得到提高。他们现在的谋生方式可以帮助建立珊瑚礁而不是炸掉珊瑚礁。珊瑚养殖背后的科学正在以快速的节奏发展，全球有数十个培育基地正积极培育珊瑚虫，然后移植珊瑚碎片到受损的而且正在恢复中的珊瑚礁上，希望促进当地种群数量的提高。科学研究提高了繁殖技术，培育珊瑚的成本下降了，养殖也因此变得更加人性化。举个例子，基于碎片形状和大小，佛罗里达莫特海洋实验室找到了加快生长速率的方法，同时澳大利亚研究人员正在进行实验，培育可能对气候变化更具耐受力的珊瑚品种。珊瑚养殖的兴起已经引起了一种日益活跃的“志愿精神”：珊瑚礁参观者可以参与到生长和移植项目中。这些方法已经为具有生态意识的企业家打开了大门，从而建立海洋友好型商业。

达到自然状态：解决污染和沿海开发问题

交配最好发生在自然状态下。对于海洋物种，这意味着栖息地要远离塑料和污染。这些东西会引起不自然的性转变，或者打断繁殖。即使在海里，每个人也都喜欢干净的“床单”。

迄今为止，干扰内分泌的化学物质的不断增加与以下现象密切相关：普吉特海湾的英国鲷鱼产子延迟、巴斯克沿海的雄胭脂鱼的雌性化、环斑海豹的不育、部分甲壳类雄性的去雄性化、部分雌性的雄性化（长出阴茎的海螺）、鳕鱼卵子数量的下降，当然还有福特博士在苏格兰海岸发现的奇怪的双性端足目。即使30年前已经被禁用，多氯联苯还在作祟，导致港湾鼠海豚的繁殖失败，同时养牛产业中使用的激素似乎使热情、爱调戏的雄性孔雀鱼变成了偷偷摸摸的强奸犯。此外还有对海洋生物间交流的影响：来自废水、水下油管渗漏、大型石油泄漏事件的化学污染物可以干扰交配成功率，原因就是它们掩盖了经常漂荡在海里的化学信号。

至于无处不在的塑料，最近的研究估计每年会有50亿~120亿千克从陆地进入海洋。海洋污染物的减少通常关乎的是政策和行为的改变。这种改变可以在全球和局部范围内产生巨大的影响。世界范围内对塑料袋的禁止就是从局部努力走向全球的一个例子。完全禁止的就有意大利和科特迪瓦等国，而在美国、澳大利亚、巴基斯坦和印度都颁布了城市级别的禁令。所有这些努力大量减少了进入填埋场和海洋的塑料袋数量。类似的还有，在美国，州和联邦两个层面都在进行立法试图禁止塑料微珠的使用。这些微珠被用作化妆品、牙膏和肥皂的研磨剂，它们是如此之小，可以直接穿过城市的水处理设施奔向大海，在那里它们可以

累积毒素或者进入海洋生物的肚子里导致其营养不良。

最近的数据显示，高达80%的塑料污染物来自20余个中等收入、快速发展的国家，原因就是这些国家缺乏有效的废物管理系统。实际上这是一个好消息，因为它意味着如果集中改善这些目标国家的处理设施，就能在未来实现海洋污染的大幅下降。

至于那些已经存在于海里的污染，要将这么小的颗粒过滤出来几乎是不可能的——任何可以捕捉如此微小物质的手段也会带走所有食物链赖以存在的重要浮游生物。这也是目前海洋管理的最大挑战之一。不过另一方面，在处理大块垃圾方面我们有所进步。

在夏威夷，有一个叫作“能源之网”的新型项目，可以将海洋垃圾转化成海岛可以利用的能源，这个方法被当作一种出色的模式推向其他地区。美国国家海洋和大气局的海洋碎片项目，同其他公益组织、私人企业和渔民一起收集废弃的渔网。这些渔网会阻碍珊瑚形成、威胁到野生动物，还会拥堵海岸线。之后，渔网被磨碎成小片并放在废物转能源的设备中焚烧，产出蒸汽为涡轮机提供动力。目前为止，一年有超过800吨的渔网被转化成能源，可以为300户家庭供能。

常言道，人多好办事。2014年，作为海洋保护的国际海岸清洁运动的一部分，91个国家50多万人，也就是超过100万只手，捡起了多达700万千克的垃圾。这是一个为期30年的志愿项目，目的是要捡起并记录全世界沙滩上的垃圾。除了清理海岸，这个项目也收集每片垃圾的数据，帮助科学家研究垃圾是如何穿过海洋的，以及我们可以做什么使影响最小化。

禁止有害化学物质的全球性行动不仅发生在海滩。还记得长出阴茎

的雌性海螺吗？引发不幸的罪魁祸首是三丁基锡（TBT），这是一种普遍存在的有毒化学物质，在船底的油漆中就可以发现。全世界对三丁基锡的禁令于2008年生效，尽管实际上船舶工业严重依赖这种用于防污的油漆。最近的报告显示，这项禁令好像起到了作用，在雌性海螺群体中，阴茎的生长有下降趋势。同样在美国，更严格的针对燃煤排放的规章制度显著减少了排放到空气和海洋中的汞。我们发现东海岸附近的顶级捕食者竹荚鱼体内的汞含量比预期的下降得更快。

我们还有其他方式来提升海洋生物的自然条件，特别是在沿海区域。重建牡蛎礁工程就是这样的一个例子。从特别设计的混凝土块到装着老牡蛎壳的袋子，用初始礁体可以帮助小牡蛎离开泥泞的海底，并且为野生牡蛎幼体提供了一个更有吸引力的栖息地用于定居和生长。拥有海滨房产的人们也加入了这场“牡蛎园艺”中，他们将一袋袋牡蛎幼体挂在码头上，提供了一种防护的方式来培育小牡蛎长成更大的个体，然后把成熟的牡蛎放归到修复场所。人们给出的其他帮助牡蛎的方式还包括牡蛎壳回收项目，比如由马里兰的牡蛎恢复合作社和路易斯安那沿海恢复联盟运营的项目。用餐者在参加项目的饭店吸食牡蛎后，会让有价值的牡蛎壳返回到海里（而不是垃圾场），在那里它们可以建立礁体并吸引野生的牡蛎来定居。在马里兰，回收壳的企业甚至可以抵税。实际上，马里兰现在声称要建世界上最大的恢复性牡蛎礁，面积达130多万平方米。这个礁体大约由10亿牡蛎组成，它们首先在实验室里精心培养，然后放置在从垃圾堆回收来的壳里，等它们长到足够大的尺寸，再放回海水里。它们构成了一个巨大的方案——用牡蛎净化污染物，而正是这些污染物给曾经富饶的切萨皮克湾带来过灾难。

相对于人造的混凝土壁垒，活体障碍物的多重好处越来越凸显，更多的地方，从得克萨斯到纽约，把牡蛎礁恢复当作一种聪明的投资——

不仅能恢复海岸防护，而且能改善水质、提高渔业和娱乐价值的投资。

为性创造条件：阻止最极端的气候变化

阻止气候出现最坏的局面需要全球最高级别的政府协作，这并不容易达成。不过，还是有理由期待的。海洋被证明有着比当初设想的更强大的恢复能力。请不要搞错：如果我们对海洋化石燃料的使用仍旧不加抑制，结果还是会很可怕的——比如，据我们所知，珊瑚礁会不复存在。但是海洋生物的适应能力表明我们仍然有时间走上正轨。比如，更高的温度可能会偏移许多物种后代的性别比例。不过在珊瑚鱼的近期实验中，亲代会在两代内解决这种不平衡——出生在更热的水中的鱼会进行调整，产出比例更平衡的雌雄后代。这些研究显示了在性别决定上这样的可变性或许会让物种在气候变化的影响下变得脆弱，但也给我们争取了一点时间，因为物种有能力适应较小的改变而不至于导致对种群产生不可逆的伤害。

海洋保护区也有助于种群从气候导致的影响中恢复。太平洋海岸的下加利福尼亚附近，受完全保护的保护区里的鲍鱼种群衰退的程度不像保护区外面那么明显。虽然同样经历了严重的低氧事件（这种现象会随着气候变化而更频繁），但为保护区内成体鲍鱼更高的起始密度和更大的尺寸提供了有效缓冲。足够多的鲍鱼得以幸存了下来，而且较近的距离可以实现成功产子从而使种群得到补充，这样就会比保护区外面恢复得更快。保护区内的繁殖速度高得足以推动幼鲍在保护区外围边界安顿下来，也就是所谓的“溢出效应”。

类似地，在加勒比海管理良好的岛礁区域，特别是那些健康的鹦嘴鱼种群，表现出对升温的负面影响有抵御作用。这些发现显示了局部作用可以对生态系统的长期稳定产生影响。

如果我们可以用行动来阻止最极端的气候变化，海洋生态系统仍然有希望。和陆地不一样的是，在海洋中真正的灭绝极少发生，而且如果管理得当，即使是捕捞过度最甚的物种，如座头鲸或者美国西海岸的岩鱼或者北大西洋剑鱼，也可以显示出从危机边缘恢复的迹象。

后记

海洋：性感的野兽

海洋中的性故事各式各样且令人忧虑，故事中包含了海洋中多样而壮观的生命延续方式，但是这样的多样性也给管理带来了无数的挑战。好消息是大自然站在我们这边。

繁殖的欲望是如此强烈，它推动着地球上一些最极端的行为：它会驱使鲸和海龟在大洋盆地纵横往返；迫使一个雄性自断生殖器；说服雌性放弃水中的家园而上岸受捆绑。这是一种不可忽视的力量，我在面对海洋生物遭遇的无穷威胁时，也从中找到了灵感。

举个例子，我正在写这本书的同时，温暖的夏夜空气提醒我：加勒比海中心的海面下，某个地球上最濒危的生态系统有可能将要喷发了。就在这一周，几百万珊瑚虫正在对它们的一团团精卵做收尾工作，把一年来储存的能量包在水红色的球状包裹中。现在，这一团团小东西开始了它们无声的旅程，从珊瑚身体深处朝着嘴上的微小开口向上，缓慢而稳定，它们将要向着海面上升。

很快，几天之后就是中秋满月，石星珊瑚会在一个完美的、仪式般的性同步中释放千百万个配子，这个仪式已经持续了上千年，之后也将一年一年地继续下去。了解这件事并亲眼看到发生的过程，是一种深深的安慰。在目睹大自然一年年如此优雅、精确的周期循环后，你会觉得这里面存在着某种神圣的东西，即使它正遭遇着不同寻常的改变。我们必须保证人们依然能够认识到这一点，这是我们的机会也是我们的责任。它们仍然在那里，虽然威胁重重，但是珊瑚还在产子。如果还有什

么事情值得怀抱希望，就是这件事。

鸣谢

和鲸的阴道一样，我写作本书的过程漫长而曲折。在此有诸多感谢要送出。

这本书中的故事反映出了许多科学家的专业知识，他们亲切地付出他们的时间同我交谈，分享他们的著作，从遥远的野外监测站通过邮件发送想法并且为本书贡献图片。正是他们的奉献为我们提供了数据，他们的坚持推动了专业领域的发展，他们的洞察力提供了更易于理解和加工的原材料。对你们的时间、你们的幽默感、你们的直率和你们的耐心，我要衷心感谢：Octavio Aburto-Oropeza, Kristin Aquilino, Jelle Atema, Andre Boustany, Demian Chapman, Phillip Clapham, Diane Cowan, Ted Cranford, Peter Dutton, Brad Erisman, Kevin Feldheim, Nicole Fogarty, Alex Ford, Peter Franks, Jim Gelsleichter, Dean Grubbs, Kristin Gruenthal, Juliana Harding, Phil Hastings, John Hildebrand, Henk-Jan Hoving, Ayana Johnson, Peter Klimley, Nancy Knowlton, Don Levitan, Mark Luckenbach, Elizabeth Madin, Kristin Marhaver, Bruce Mate, Steve Midway, Paul Olin, Dara Orbach, Steven Ramm, Victor Restrepo, Greg Rouse, Yvonne Sadovy, David Siveter, Dan Spencer, Josh Stewart, Bob Warner, 以及 Jeanette Yen。

特别感谢Sarah Mesnick，自2005年起，我就与她不断交流海洋中持续展开的各种性策略，我很享受这一过程。感谢您的教导，特别是您对从鲷鱼到白鲸的这些野兽性生活的热情。

非常感谢“空中真相”（Sky Truth）的创始人John Amos，让我见识

到了日新月异的卫星技术。还要感谢Bren Smith和 Barton Seaver多年来关于如何针对可持续海鲜的挑战构建解决方案的数次谈话。

对Samuel Gruber博士致以迟来的感谢，给了一个疲倦的年轻人一个千载难逢的机会，加强了我对鲨鱼的爱。由衷地感谢我的博士导师Jeremy B. C. Jackson博士，他，一个真正多才多艺的人，并且是离经叛道的科学家，冒险从事了科学史专业。多谢您给我成为海洋生物学家的机会，特别是教会我从数据中寻找故事。Carl Safina博士，感谢您的师生之谊，教会我科学传播的艺术。

多谢我的代理人Michelle Tessler引领我通过这个崭新而且陌生的领域，让我的手稿找到归宿。还要感谢我的编辑Elisabeth Dyssegaard和圣·马丁出版社（St. Martin's Press）的全体员工的支持和耐心，帮我这样一个初出茅庐的作者解决了问题和障碍。

在海洋中当场捕捉到交配行为并不容易，通过非凡的耐心和天赋，以下几位摄影师揭开了朦胧海面之下到底发生了什么（或至少提供了线索）。他们大多有漂亮的网站，我建议读者可以去浏览一下，在你感到窒息的时候，这些作品特别能抚慰心灵。我很荣幸能在书中展示你们的艺术并且感激你们在帮我收集图片时显示出来的慷慨精神。最热情的感谢送给Octavio Aburto-Oropeza, Tim Calver, Bryce Groak, Jillian Morris, Raphael Ritson-Williams, Christy Semmens以及珊瑚礁教育和环境基金会（the Reef Education and Environment Foundation），还有Klaus Steifel。

我要向我的导师兼老板Cheryl Dahle表达最深的感激，她从一开始就支持我的想法。在组织创建中您的领导力是极其少有的天赋，引导着每个成员茁壮成长，也让我每天都因此心存感激并时刻受到启发。此外

还要感谢您在我最需要的时候，总是给我有深刻见解的意见、幽默感和现状核实。我所有Future of Fish /Flip Labs的同事，我要感谢你们的耐心和帮助——你们为了在这个世界上创造积极改变所做的不屈不挠的努力简直令人振奋，而我期待继续与你们“争论”下去。特别感谢Colleen Howell博士支持着研究部门，并且一次又一次地给出极有洞察力的反馈意见。

哦，还要向特别有才的Missy Chimovitz和反重力工作室（Antigravity Studios）表示感谢：你的诙谐、异想天开和精彩的插图给这些章节带来了我做梦都想不到的生命力——告诉你吧，这很重要。感谢你一如既往地支持我的幻想，也为我们带来你那了不起的幽默感和创造力。你的友谊和才华是非凡礼物，而我对此表示由衷的感激。

我知道这是一句非常糟糕的双关语，但我也必须说，写作这本书对我而言是用了将近10年的时间做爱做的事。其间我经历了7次搬家、3次工作变动以及初为人母的日子。对一个想法能够坚持到底，只有得到家人和朋友的支持才有可能。为了在餐桌上总是听我关于海洋生物繁殖策略思考的这份耐心，我要恭敬地感谢Andersons和布里亚星期五之夜（Cambria Friday Night）的全体成员。我要感谢“小妈妈们”（Lil'Mamas）总是给我形形色色关于性的委婉说法。衷心感谢我永远的啦啦队“Mag 7”关于如何让话题既幽默又严肃的建议，并且帮我掌握段子的分寸——女士们，没有你们，我做不到这一点。对所有在各个阶段为我提供编辑并贡献想法的人，非常感激你们的好意、修改和鼓励，特别是Gen Marvin, Sarah Kalloch, Ann Johnson, Frances Lloyd, 还有Rebecca Marsick。

感谢Maxine Lobel和Chuck Lobel、Corky Tamboer和Olga Tamboer，感谢你们将房子租给我，让我拥有一个安静的写作空间；还要感谢无数

的咖啡店老板，从夏威夷、加利福尼亚、康涅狄格到科罗拉多。感谢 Jane Hirsh，帮我在前期启动了写作，并提供了有价值的研究。

向我的爸爸和妈妈表达无尽的爱和感激，他们迅速摆脱了父母和孩子讨论性时内心的尴尬感，无数次热切讨论水下阴茎的迷人世界。特别感谢我妈妈艰难地前前后后多次翻阅草稿。衷心感谢我的妹妹和妹夫，给我提供了只有亲兄妹才能提出的建设性批评。

还有 Maddox，谢谢你长久以来和稿纸分享着你的妈妈。10年后，你可能会觉得极其尴尬，但是在此之后几年内，我希望你会懂得这件事对你来说有多重要。

最后，也是最重要的，我向使这一切成为可能的人表达无尽的感激。谢谢你，Steve，在我最需要的时候，是你潜入深海并把我拉到阳光下的浅滩上。你让这陆上的生活如此美好。

(1) 特指太平洋鲑。大西洋鲑则可多次洄游产卵。

(2) 这里指的是脱口秀有一种亲子节目。

(3) 澳大利亚土著使用的一种乐器。

(4) 雾号，一种航行设备，用于船只、救生艇或海岸服务的在雾中或黑暗中发出警告信号的号角。

(5) 埃舍尔（M. C. Escher, 1898—1972），荷兰科学思维版画大师，作品多以平面镶嵌、不可能的结构、悖论、循环等为特点，从中可以看到对分形、对称、双曲几何、多面体、拓扑学等数学概念的形象表达。

(6) 美国龙虾的正式名称叫“美洲螯龙虾”，和我们常吃的小龙虾是近亲，同属螯虾下目，有两个大螯。而龙虾则属无螯下目，特征是没有两个螯钳。下文中所称龙虾特指“美洲螯龙虾”。

(7) 爵士手势，一种舞蹈手势，手心朝向观众，五指分开，常见于比较活泼的舞蹈，如爵士舞。

(8) 弗兰克·辛纳屈（Frank Sinatra, 1915—1998），20世纪美国最重要的流行音乐人物，被誉为“白人爵士歌王”。

(9) 老忠实泉，Old Faithful，美国黄石国家公园内著名的间歇泉，每隔90分钟左右喷出一次。



未读 Club

为读者提供有温度、有质量、有趣味的
泛阅读服务



专属社群 独家福利
精品共读 活动特权

手机扫码

加入未读 Club 会员计划

UNREAD



用趣闻逸事讲述人类起源史，
为了进化成人，
我们的老祖宗也是拼了！

加州大学最受欢迎的
人类学课

想太多的
人类学家

BBC
《野生动物》杂志
2018年夏季好书

美国史密森尼学会
2018年度十大科普好书

《纽约时报》
《自然》
《科学人》杂志
权威推荐

这是那种
你上了就会
终生庆幸的选修课



天津出版传媒集团
天津科学技术出版社

版权信息

想太多的人类学家

HUMAN ORIGINS

作者：[美] 李相僖 [韩] 尹信荣

译者：陈建安

出品方：未读·探索家

出版社：天津科学技术出版社

Copyright © Lee Sang-Hee and Yoon Shin-Young 2015

All rights reserved.

Originally published in Korea by ScienceBooks Publishing Co., Ltd., Seoul.

Simplified Chinese Translation Copyright © United Sky (Beijing) New Media Co., Ltd. 2019

Simplified Chinese translation edition is published by arrangement with

Lee Sang-Hee and Yoon Shin-Young c/o ScienceBooks Publishing Co., Ltd through The Grayhawk Agency.

目录

[版权信息](#)

[序言 一同启程吧](#)

[01 人类是食人族吗？](#)

[人类有食人族亲戚吗？](#)

[“食人族”是一种误解？](#)

[尽管有食人行为，但世上没有食人族](#)

[弗雷族的怪病：库鲁病](#)

[02 只管“生孩子”的爸爸](#)

[大猩猩与黑猩猩，不同的交配模式](#)

[人类的繁衍策略：当个好爸爸](#)

[女性会隐藏发情期吗？](#)

[洛夫乔伊错了吗？](#)

[黑暗中的黎明：人类“爸爸”诞生](#)

[准爸爸的“拟娩综合征”](#)

[03 谁是最早出现的人类？](#)

[脑袋要够聪明，才能成为人类的祖先？](#)

[两足步行的进化早于大脑？](#)

[新候选者登场](#)

[假设再次被推翻：不是两足步行？](#)

[最早的人类会“使用工具”吗？](#)

[04 大头宝宝与烦恼的妈妈](#)

[头部越来越大，产道越来越窄](#)

[人类的分娩：一个人搞不定](#)

[这是人类真正的起源？](#)

[产妇分娩时，家人请一同陪伴](#)

[05 人类为什么爱吃肉？](#)

[饮食习性迥异的新灵长类诞生](#)

[从勇敢的猎人变成尸体清道夫](#)

[肉食习性带来的另一个进化](#)

[就算患上阿尔茨海默病，也要吃肉](#)

[06 人类可以喝牛奶吗？](#)

[爱喝牛奶的成年人真奇怪](#)

[过去1万年内出现的“牛奶突变”](#)

为什么喝牛奶的人类变多了？
人类、牛奶与乳牛，三者共同变化
来杯牛奶吗？

07 寻找白雪公主的基因
“汗毛”茸茸的人类
赤裸的人类与黑皮肤的诞生
找回白皙的皮肤
过度防晒没好处

08 祖母是大艺术家
变成问题“老年人”？
人类从何时开始变得长寿？
发展艺术文化的老年人
人类到底可以活多久？

09 农业使人类更富足？
农业带来了富足与长寿？
人口增长的大逆转
从遗传学角度重新评价农耕文化

10 北京人与日本黑道的回忆
“我想潜入日本黑道的大本营”
北京人是懂得控制火的坚强人类？
下落不明的化石真品

“没有脸”的北京人与食人风俗

11 挑战非洲堡垒的亚洲人类
人类最早的直系祖先在亚洲？
谁来角逐人类直系祖先的宝座？
非洲与亚洲，何处才是你我真正的故乡？
人类学史上的世纪谎言：皮尔当人

12 同心合作你和我
乐于助人源于基因
从百万年前开始互相帮助
人类最强大的武器：合作与利他主义
沙尼达尔洞穴中的尼安德特人

13 是谁害死了“金刚”？
“金刚”还活着？
人类与“金刚”的战争
关于巨人的幻想

14 用双脚撑起文明的代价

双脚比脑袋更厉害？

两足步行是腰痛的根源

建立在腰痛之上的人类文明

黑猩猩也是两足步行的动物？

15 寻找一张“最像人类”的脸

寻找最早人类的化石

父亲的梦想，儿子接手完成

早期人类化石的再发现

“信以为真”的卢多尔夫人化石

16 年纪越大，脑袋越迟钝？

小孩脑和成人脑不一样

人类有个“社会脑”

开始吃肉，却日渐消瘦

伴随大脑袋而来的肥胖魔咒

17 你是尼安德特人！

令人蒙羞的亲戚

令人联想到土著的粗鄙外貌

尼安德特人也会说话吗？

你体内的尼安德特人，我体内的东南亚人

18 摇摇欲坠的分子钟理论

“突变的时钟”理论

备受质疑的线粒体“分子钟”理论

人类起源之争，第二回合？

“垃圾DNA”一点儿都不垃圾

19 揭开亚洲人起源的第三种人类

是谁留下的石器？

居住在亚洲的人类近亲

居住过丹尼索瓦洞穴的三种人

20 寻找霍比特人

不可思议的霍比特人化石

全新证据：一小块手腕骨化石

佛罗勒斯人是南方古猿的后代？

剪不断、理还乱的宿敌情结

21 全球70亿人，真的都是一家人？

没有人种，只有人类

[谁才是真正的“人类”？](#)

[非洲起源论是真的吗？](#)

[学术与政治](#)

[22 人类还会继续进化吗？](#)

[人类文化诞生于1万年以前](#)

[发达的医学促进人类进化](#)

[期待充满多样性的未来](#)

[你长智齿了吗？](#)

[结语 I 为了获得珍贵的面貌，人类付出多大代价](#)

[结语 II 通往陌生古人类学世界的邀请](#)

[附录 I 关于进化的二三事](#)

[惊人又不惊人的进化论](#)

[关于进化论的基本常识](#)

[进化论的蜕变](#)

[关于进化的几个误解](#)

[附录 II 人类的进化谱系](#)

[参考文献](#)

[返回总目录](#)

序言 一同启程吧

2001年，我搬到加州，拥抱在加州大学河滨分校人类学系担任助理教授的新生活。在美国留学的近10年间，我四处搬迁，身边几乎没有多余的行李。结束了在日本的博士后研修课程，我再次搬回美国，行李变得更简单了。于是，我盘算着将寥寥无几的行李寄往加州，顺便把汽车也一同托运过去。当时我开着一辆1994年产的道奇休旅车，虽然车窗要手动升降，没有空调，所谓的音响系统也不过是一台很简易的收音机，但它确实是一辆结实又可靠的好车。

原本我打算将全部的家当托运，然后轻轻松松地搭乘学校提供的免费班机飞抵加州，教授却鼓励我自驾前往。我不情愿地回以想尽早抵达，以熟悉环境，但这只是借口，其实是这个提议让我感到有点不安。但教授告诉我，这可能是我最后一次亲身感受美国这块土地的宝贵机会了。在他的耐心劝说下，我最终接受了这个提议。

那时，我想起了约翰·斯坦贝克（John Steinbeck）的著作《横越美国》（*Travels with Charley*，1962）。我在韩国准备出国留学时读了这本书，感触颇深。斯坦贝克带着爱犬查理一同踏上横跨美国之旅，在旅途中，他对于身为一个“美国人”到底意味着什么，而“美国”又是一个怎样的国度等问题有感而发，在不断思索与观察中完成了这本大作。他在书中探讨了美国国内如积水般的腐败问题，针对种族间的冲突也有许多着墨。20世纪60年代的社会运动撼动了美国，也对1990年初到美国生活的我产生了莫大的影响。当年我离开韩国时，韩国社会对于多元民族、多元文化等议题依旧不怎么关心。我曾经单纯地认为，美国的种族大概就分为黑人与白人，对美国文化中根深蒂固的种族矛盾与种族概念相当陌生。既然这趟公路之旅蓄势待发，我便想着要效仿斯坦贝克，在每个驻足停留之地与当地进行交流，感受每一个当下。当然，我可不能忘了带上一台录音机。

启程前，我拟定了几项原则。首先，行车路线必须尽可能选择当地公路而非高速路。我没有手机，所以买了紧急时可直接拨打911的电话与车用充电器，还准备了一箱矿泉水与苏打饼干，最后将几件简单衣物

与洗漱用品装进车里。我突然觉得自己好像化身成我最爱的电视剧《星际旅行：重返地球》（*Star Trek: Voyager*）中指挥着“航海家号”的珍妮薇舰长，秉持着“勇踏前人未至之境”的精神，踏上了旅程。

过去一年，我以客座助理教授的身份暂时住在宾夕法尼亚州的印第安纳，于是我从这座城市出发，开始了这趟横跨美国之旅。第一站，我绕到密歇根州拜访了米尔福德·沃尔波夫（Milford Wolpoff）教授。他是我的研究生导师，也是提倡“人类多地起源说”的著名学者。他像对待亲生女儿一般对待远渡重洋来美留学的我，也经常毫不吝惜地鞭策与鼓励我。如果没有他孜孜不倦的指导与协助，从高中到大学一路都念文科的我，肯定难以在古人类学这个文理兼备的专业领域研究下去。

紧接着，我开往肯塔基州，那里有位和我一起念硕士班的好朋友，同一年入学的我们连导师也是同一位。越战末期，她们全家逃离西贡（现在的胡志明市）来到美国。在学校时，她特别照顾同为亚裔学生的我。自从她往学术界之外的领域发展，我们便断了往来。再次联系上时，她已是一家大公司的主管，也是两个孩子的妈妈。

有不少人怀着成为学者的梦想考研，但他们不一定都能在学术道路上一路走下去。我俩再次相见时，应该会对对方正走在“自己没走”的那条路上有更深刻的感触吧。“如果当时没有放弃的话会怎样？”又或是“如果当时及早放弃而去探索其他可能性，会怎样呢？”开始攻读博士学位后，人生计划的再修正可谓难上加难，天知道那需要多大的勇气。我会不时扪心自问：“在别人眼里，我是不是一个失败者？”即便如此，选择留在学校工作也不是件易事。无论哪一条路都充满着困难与挑战，但有心人会让每一条路都成为康庄大道。

旅行刚开始总是让人迫不及待，但一路途经肯塔基州、伊利诺伊州与密苏里州，再到堪萨斯州时，我已经筋疲力尽。8月底的炙热阳光令人透不过气，只有在清晨我才能稍稍感觉到凉意。由于车内没有空调，所以我摇下车窗一路向西。朝着太阳行驶了一段时间后，我的左臂被晒黑了，即使擦了防晒霜也没什么用。公路上有时一整天都看不到其他车辆经过，收音机里播放的始终都是乡村音乐。我一边呼吸着从车窗灌进来的热空气，一边在暖烘烘的车里听着慵懒单调的歌曲，时间久了，我的脑袋开始变得一片空白。此刻我终于明白，为什么开长途车的人总会想听节奏轻快的歌了。

开了一整天的车，天色渐渐暗了下来，我就近找了一家旅馆住下来。

“请问还有空房吗？”

站在柜台后的是一位身材壮硕的妇人，正用一种狐疑的眼神上下打量我。

“你真的是一个人吗？”

她偷瞄我身后的这个动作，好像在怀疑我是假装独自入住，回头就会把其他人偷偷带进房间。

简单地吃过晚餐，看了一会儿电视，我便梳洗就寝。隔天起床吃过旅馆提供的早餐，付清房费，我又启程上路。大概每隔3天，我就会在加油站或便利店买明信片，寄给朋友以及在韩国的父母，简单告知他们我的情况，然后继续开车，直到太阳下山为止。

除了出入旅馆时会和柜台的人讲上一两句话，其余时间里我都不怎么说话。一方面是因为我没有手机，另一方面也是因为没有发生需要用公共电话打给某人的状况。再加上所到之处，放眼望去全是身材高大的白人，独自一人、与众不同的我有种不得不蜷缩在角落的感觉。渐渐地，我变得尽量不与任何人交谈，不仅是出于戒备，而且是因为对这一切感到厌烦。

当车子开过比美式煎饼还要平坦的堪萨斯州，映入我眼帘的是落基山脉。落基山脉地势险要，满是崇山峻岭，山冈与溪谷紧密相连，这迫使我打起精神，比任何时候都要专注。就在此时，我想起过去曾有许多西部拓荒者，他们试图乘坐马车穿越崎岖的山路，结果在半途中死去。其中，最著名的就是唐纳大队的故事。

19世纪，5月的某一天，近90名拓荒者从密苏里州出发，打算移居加州。原本的计划是横越犹他州与内华达州，赶在9月天气变冷之前抵达，没想到他们半途迷路，行程严重耽误，最后他们被困在11月的内华达山区。食物已经吃完，绝望之下，他们只好吃死去同伴的尸体以求活命。到了第二年3月，最后剩下的40多名成员才获救。日后，人们在探讨食人行为、食人风俗或是食人族等相关议题时，免不了会提到唐纳大

队的故事。

抵达加州前，我终于在加油站洗手间的镜子里看到了自己的模样，全身只有左臂被晒黑，像个大卡车司机。我突然想拍下照片留作纪念，这也是我第一次拜托陌生人为我拍照。我在这趟旅程中拍了无数张照片，唯一有我出现的照片竟是以加油站为背景，现在回想起来觉得有点惋惜。

进入加州之后，我首先拜访的就是知名的“鬼镇”——卡利哥（Calico）。在银价高涨的19世纪80年代，这座小镇因盛产银矿而兴起。在长达12年的全盛时期中，这里共开发出500多座矿坑，矿产量相当可观。但随着银价在19世纪90年代中期暴跌，居民纷纷搬走，卡利哥顿时成了一座空城。如今，这里转型成为商家聚集贩卖纪念品的观光胜地。

在古人类学历史上，卡利哥是一个重要的遗址。于非洲挖掘出大量古人类化石而声名大噪的人类学家路易斯·李基（Louis Leaky）认定美洲大陆的古人类遗址就在卡利哥，并且于20世纪60年代率领团队在此进行挖掘。此举受到举世瞩目，他们最终却无功而返。失望至极的李基也因此放弃了对卡利哥的研究。直到今天，人们仍无法证实，李基在卡利哥遗址中挖掘出的“石头器具”究竟是人工制造的石器，还是天然形成的石片。

耗时16天，从宾夕法尼亚州出发，我一路行经10个州，最后来到加州。这趟公路之旅全长3500英里^[1]，相当于我平均每天要移动220英里。就在我抵达目的地不久后，“9·11”恐怖袭击事件发生了。如今，陌生的外国人要想开着破车在乡间闲逛，就没有这么容易了。

横跨美国的公路之旅结束后，我立即投入新的教学生涯中，一晃10年就过去了。为了不让别人有制造流言蜚语的机会，误会我是凭借特殊身份得到教授职位，我心无旁骛、全身心投入工作中。我相信，一个人能得到一份好工作，你可以说他靠的是运气，但坚守住这份工作，靠的只有实力。

我的教学生活确实过得很辛苦。在“君师父一体”思想下长大的我，实在是难以适应美国这种学生把教授当朋友，并且将意见相左视为理所

当然的文化。我的授课内容大多按照我在学生时代所学的来编排，原以为只要传授自己宝贵的经验与知识，学生们就会迫不及待地像块海绵般将其吸收，但实际上他们并没有那么容易被驯服。很多学生上课时不仅向我投以不友善的眼光，而且会坐在椅子上交叉双臂、一脸不在乎。我只能说，东西方的教育文化真的迥然不同。

种种挫折让我明白自己似乎没有当教授的天分，绝望之余转而专心投入个人研究。当我在学校的工作步入正轨，稍微有时间顾及其他事务时，刚好韩国的尹信荣记者与我取得了联系，我便开始在《科学东亚》上撰写有关人类进化的专栏文章，目标读者群是平常对人文书籍有兴趣的大众。拟定好几个有趣的人类进化主题后，我便开始动笔写作。那时，我才领悟到，过去那样传统的教学方式有多么无趣并且缺乏说服力。

就像为《科学东亚》的读者讲述人类进化的故事，我开始将此种方式运用在课堂上。过了一段时间后，神奇的事情发生了，已将《生物人类学概论》的授课内容倒背如流的我，居然再度燃起教学的热情。如今，这节课成了每年许多学生想选的热门课程。

有些教授偏好带领少数学生精英进行专题式的深入研究，但现在的我更喜欢站在教室的讲台上授课。在数百名听课的学生中，有不少人其实是为了修满通识学分才无奈地坐在教室里。以前如果看到学生们脸上露出不耐烦的表情，我一定会感到十分气馁，但现在的我非常喜欢探索与尝试各种不同的教学方式，以激发学生的求知欲与好奇心。在这些被迫前来听课的学生中，竟然有人主动申请改修人类学系。

不仅是年轻学生，这些有关人类进化的疑问同样会引起成年人的兴趣。无论参加什么聚会，我的身份都能引起众人的讨论。大多数人在得知我是一名人类学学者后，都会以“太好了，我一直对人类的起源感到好奇”作为聊天的开端，并顺带提一两个有关人类进化的问题。这么多人对人类的进化有诸多疑问，其实我一点儿也不惊讶。因为无论是谁，应该都思考过“人类到底从何而来，我们又是如何以这般样貌在这片土地上生存的”。

人类进化史上那些数不尽的故事一再告诉我们：“一切都没有正确答案。”那些有助于进化及适应环境的生物特征，都是偶然出现的产

物。偶然形成的环境变化，促使生物偶然产生了有利于进化的特征，具有此特征的生物个体再繁衍出更多的后代。曾经有利的特征也不一定永远都是有利的，一切都会改变。

回顾持续数百万年的人类进化史，整个过程宛如巨大的时间洪流，人类开始直立步行，然后脑容量增加，发展出文明与文化。仔细观察后，你会发现，这些过程并非一条简单的直线，而是一个个迂回曲折的进化足迹，一切都是为了顺应当时的情况和环境而自然选择出的一种结果。在特定条件下应该考量的，并非如何做出最佳选择，而是如何让生命延续下去。

虽然我根据能力倾向测验结果选择了读文科，但我最后将文理兼备的古人类学作为专业。我曾一度认为自己的个性不适合担任教师，但现在的我满怀热忱。我无法保证自己今后的想法不会改变，因为周遭环境不断变化，我的身心状态也会随之改变。耗时16天的横跨美国之旅也是如此，我唯一能做的，就是决定好每天要走的路，然后一直向前奔跑。

本书中收录的22个故事，是我过去向学生讲授人类学时所浮现的点滴片段，以及一路走来自己直接或间接的经历。我将这些经历与人类进化的历程互相融合，以一种更有趣、更易懂的方式写下来。有些是为了回答某人的具体疑问而开始书写的，也有不少是听了某人无心的言论后苦恼不已，自己试图寻找答案才写下的。这本书并不是典型的传统教科书，你可以从第1章开始细细品味，也可以按照自己的喜好，想看哪篇就翻开哪篇。无论身在何处，只要拿起书本你就能开始阅读，可以开开心心地看完就好，你也可以更深入地了解，循着参考文献追根究底。希望各位读者能与我一起尽情享受这趟漫长却有趣的人类起源之旅。

李相僖

01

人类是食人族吗？

在安东尼·霍普金斯与朱迪·福斯特主演的电影《沉默的羔羊》中，霍普金斯饰演的汉尼拔是个不折不扣的食人魔。曾有几部电影让我在戏院里看到一半就看不下去了，这部片子正是其中之一。尽管我之前已大概了解剧情，也做好了心理准备，但剧情实在过于残忍，虽然强忍住了一阵阵的反胃与恶心，最后我还是逃出了电影院。

讽刺的是，几年后我短暂当过一段时间的“食人族专家”。2007年春天，我以教授般威严的语气回答了一通电话。

“我是好莱坞E! News的记者，想听听您这位食人族专家的意见。有人用鼻子吸入火化后的骨灰，请问这也算是一种食人行为吗？”

“什么？”

“昨天滚石乐队的吉他手基思·理查兹（Keith Richards）说，他用鼻子吸入了自己爸爸的骨灰。针对这一点，我想听听专家的意见，在谷歌上搜索了‘食人’后，第一个显示的就是您的名字。没想到这附近就有一位‘食人族专家’，真是太好了。”记者似乎感到很庆幸，我却对自己以“食人族专家”的名号登上搜索引擎第一名而感到惊讶不已。

学生们对食人族与食人风俗等议题相当好奇，所以我曾开设过两三次关于食人行为的主题讲座。这件事被刊登在讨论大学教育的全国性刊物《高等教育纪事报》（*The Chronicle of Higher Education*）之后，有很长一段时间，人们看到我就称我为“食人族教授”，甚至还有其它教授将食人犯罪的相关报道寄到我的校内信箱以供我参考。当时有一名德国人，因为吃人肉事件闹上了法庭而轰动一时。他在报纸上刊登广告，寻找愿意被自己吃掉的人，与对方签订契约后再杀死对方并吃掉。现在回想起来，在学校信箱内收到这样的报道与照片，这件事本身就挺恐怖的。

虽然我怀疑过这是一通谎称是记者的恶作剧电话，姑且当作上当受骗吧，我还是向他提供了“专家意见”。这个问题的重点在于，“食人”的定义到底是什么。对亚马孙流域的亚诺马米族而言，吃祖先骨灰，至今仍是一种庄重而肃穆的传统习俗。许多人类学学者会以此为依据，来判别这是不是一项“食人”行为。不过，基思·理查兹是否同样心怀敬畏地吸入自己父亲的骨灰，这就无从得知了。后来，这段访谈内容出现在网络和报纸上，甚至还有朋友因看到我的名字与大名鼎鼎的吉他手放在一起而兴奋地打电话给我。

言归正传，食人族真的存在吗？人类拥有多元的饮食习惯与文化，可以说是到了无所不吃的地步。这么一来，我们是否可以假设有同类相食的可能性呢？我们是否可以认定，在世界上的某个地方存在一群人，他们将吃掉同类视为家常便饭？电影中不就出现过这样的场面，主角在丛林迷路时被食人族抓走，然后在即将被烹煮或烤熟来吃之际戏剧性逃生？当人们问“谁有可能是食人族？”时，十之八九的人会认为是居住在蛮荒丛林的原始土著。虽然我们所属的文化圈并不存在这样的事，但在世界上某一个与我们文化相异或未开化之地，在那些我们看不到的地方，人吃人这种惊世骇俗的行为却有可能稀松平常地发生着。

这些土著是否真的是食人族，我们稍后再回来检视。我们先来厘清部分人类学学者在此研究议题下提出的另一个疑似食人族的案例，这个案例对现代人类的食人行为研究有着极大的影响。有趣的是，这些人并非住在遥远的蛮荒地区，而是存活在遥远的过去。他们就是现代人类的近亲，如今已完全灭绝的尼安德特人（Neanderthals）。

人类有食人族亲戚吗？

欧洲克罗地亚的克拉皮纳（Krapina）遗址是在20世纪初才被发现的一个洞穴遗迹，因出土数十名尼安德特人的化石而声名远播。这些化石大多是年轻女性与孩童的，有着耐人寻味的共同特征：多数化石已成碎片，而且普遍缺少头部和脸部的骨骼化石。此外，化石上还有明显的刀痕。这究竟意味着什么？

人类学学者解释，这就是食人风俗的遗迹。当时，各界都认为尼安德特人不仅皮糙肉厚，而且具有攻击性。看到这里时，不少人都会这样认为吧：那些存活在史前时代的人类祖先和近亲，全都毛发浓密又生性

残暴，背部微弯且无法完全直立行走，看起来就像住在非洲丛林里的类人猿。关于这部分，本书后面的章节还有更多探讨。总之，有了这样的刻板印象，而且有化石上的特殊痕迹作为“物证”，尼安德特人是食人族的说法在20世纪初期得以流传开来。

但是到了20世纪下半叶，情况发生了变化，开始有人提出“尼安德特人不是食人族”的观点，甚至还出现了一篇神奇的研究报告。20世纪80年代，美国凯斯西储大学人类学系的玛丽·罗素（Mary Russell）教授为了了解克拉皮纳的尼安德特人是否真有食人的风俗，提出了一个其他人想都没想过的新论点。

罗素教授做了一个假设，姑且认定尼安德特人会把同类杀死并吃掉吧，那么化石上的刀痕应该要与宰杀野兽时的痕迹类似。但如果不是杀来吃呢？会不会是为了举行二次葬（尸体首次下葬后，经过一段时间再将骨头捡拾并处理干净，进行第二次埋葬，目前在韩国仍有这样的习俗）？在这种情况下，刀痕就会呈现出为了举行葬礼而细心修整的痕迹。无论是宰杀吃掉或是举行葬礼，虽然都在人骨上留下了刀痕，就本质而言，却是迥异的文化行为。

为了证实假设的正确性，罗素教授分别从多个现代人类考古学遗址中收集已被确认为宰杀及丧葬的骨头刀痕。首先，她在旧石器时代晚期的大型狩猎遗址中找到兽骨上的刀痕，又从美国印第安人的藏骨堂中采集二次葬的人骨刀痕，然后将克拉皮纳的人骨刀痕与这些痕迹进行比对。

结果如何呢？克拉皮纳的人骨刀痕与被狩猎宰杀的兽骨刀痕不同，却与丧葬的人骨刀痕相似。尤其是刀痕主要集中在骨头的末端，这一点与印第安人的人骨刀痕非常类似。我们想象一下二次葬的过程就能理解，当尸体处于腐烂殆尽的状态，骨头上的残余物必须被刮除干净，此时就会用上刀子。由于骨头上已经没有多余的尸肉，所以主要修整的部位会落在骨头末端而非中段。

反观被宰杀的兽骨，痕迹主要集中在骨头的中段，这是因为下刀时必须砍中肌肉与骨头附着的地方，才能把肉割下来。这个重大发现意味着克拉皮纳化石的刀痕来自丧礼而不是同类相食，因此这个“物证”不足以证明尼安德特人有食人的风俗。

“食人族”是一种误解？

随着罗素教授在的论文20世纪80年代发表出来，“没有食人族”的观点也逐渐扩展到人类学的另一个层面。某些人提出，人们之所以认为世上存在食人族，只是因为一连串的理解。“食人族”这个英文单词（cannibal），是哥伦布于15世纪抵达美洲西印度群岛时引发的一场误会。哥伦布相信自己发现的地方是印度（所以他把该地区称作“西印度”），并且把当地原住民误认为是蒙古可汗的后裔，因此才称呼他们为“卡尼巴人”（Caniba），甚至还在报告中对他的国王说：“卡尼巴人会吃人。”

过去只会在神话或传说出现的食人族，竟然在世上的某个角落真实存在着，这样的故事立刻引发了欧洲人的好奇与想象。食人族的故事很快就传遍整个欧洲，“卡尼巴人”也变成了食人族的代名词。后来，欧洲列强展开海外殖民地争夺战，各国陆续派出传教士与人类学学者作为殖民势力的先锋。他们将所到之处与食人族相关的故事收集起来，编辑出版成论文、书籍和报纸杂志。从此之后，食人风俗便成了野蛮土著的代表性特征。

到了20世纪下半叶，故事有了新版本。学者仔细阅读这些记录与书籍，发现大部分与食人族相关的内容都毫无事实依据，许多记录只是“传闻”而已。美国纽约石溪大学人类学系的威廉·阿伦斯（William Arens）教授细细研究了相关记载，并在其著作《食人的迷思》（*The Man-Eating Myth*，1979）中澄清了关于食人族的谣言。原来，食人族的故事几乎都是出自两族相争时两方族人的互相毁谤之词：“我们不干那种事，但树林另一边的那些家伙，全是蛮横无理的食人族。前些日子，我也差点被杀来吃掉，好险，最后还是勇敢地逃了出来。”食人族的消息来源，就是这些所谓的英勇故事，而将这些故事记录下来的人，没有一个是自己亲眼所见。事实上，向哥伦布谎称卡尼巴人是食人族的，正是与他们相争的邻族——阿拉瓦克人（Arawak）。

这种邻族之间的说辞虽然无法作为食人行为的证词，却让我们了解到另一个重要的事实，那就是食人行为对热带丛林中的土著来说，同样是一种十分可怕的行为，这和许多欧洲人所抱持的偏见完全不同。由此可知，把吃人当作吃饭一样的人类群体并不存在，将食人行为视作家常便饭的食人族故事也不攻自破。

那么，我们能直接得出在人类历史上从来没有食人行为存在的结论吗？答案是不能。虽然少之又少，但的确有某个种族有着食人的风俗，他们就是居住在巴布亚新几内亚的弗雷族。在20世纪40年代前，几乎没有人知道弗雷族的存在，直到当时澳大利亚政府派公务员对当地进行人口普查时，才有了这一发现。20世纪50年代，澳大利亚开始在巴布亚新几内亚设置警卫队，传教士与人类学学者也随之而来，弗雷族与其传统风俗才开始慢慢暴露。

所谓的“食人风俗”，其实是弗雷族非常独特的葬礼仪式。当弗雷族人离世后，该族人的母系女性亲属会将尸体整理一番，但整个过程惊悚到无法被一般人所接受。虽然有点残忍、血腥，但我还是在此稍作介绍吧。首先，她们会把尸体的手与脚砍断，再将手臂与大腿的肉刮下来，把人脑取出后再剖腹拿出内脏，最后把刮下来的肉分给男人，脑与内脏则分给女人吃掉，在一旁观看整个过程的孩子们也会一起分食。

弗雷族现在已被禁止举行这种葬礼，但这在过去是一件十分平常的事。他们为什么要举行如此可怕的葬礼？因为他们相信将尸体吃掉后，死者会变成自己的一部分，继续与族人存活在这个部落里。或许你觉得荒唐，但这种信仰其实并不罕见，在其他文化中也存在。亚马孙流域的亚诺马米族会将死者的骨灰拌在粥里，分给亲戚或邻居食用。虽然只是一种比喻，但在基督教的圣餐故事中，耶稣要人相信面包是他的身体、葡萄酒是他的血液，还让众人吃下面包、喝下美酒。这些都传递着同一个信息，那就是“请以此种方式将我铭记在心”。撇开弗雷族食人风俗那可怕的手法不谈，其背后隐藏的正是极为普遍的人间至爱。

当然，并非所有的食人风俗都是如此情真意切，也有充满憎恨的。在战争或复仇斗争中杀死俘虏，并将心脏、鲜血等极具象征性的部位吃掉，是一种“用吃来消灭”仇人的行为，但这仅存在于历史记录中，近代社会中也沒有人直接目击过。

无论是基于情意还是恨意，我们都不能忘记一个事实，那就是食人行为绝非人类日常饮食行为的一部分，没有任何人类群体将人肉作为正常的食物，以上所举的罕见案例也都属于象征性仪式或文化旧习。是爱也好，是恨也罢，从某种角度来看，我们可以将它视为一种“通过仪式以表露世间极致之情”的行为。

尽管有食人行为，但世上没有食人族

让我们再回到古人类学的故事里。考古学者与人类学学者利用罗素教授的新方法，尝试通过人骨化石上的刀痕寻找过去食人行为的痕迹，最后他们取得了几项成就。1999年，科学家在法国莫拉-古尔西（Moula-Guercy）的尼安德特人遗址中，发现了类似食人行为留下的刀痕；从西班牙阿塔普尔卡（Atapuerca）遗址出土的中更新世（距今约78万至12万年前）人类化石上面也有同样令人联想到食人行为的刀痕，在时间上比尼安德特人更早。

美国印第安遗址出土的人骨化石上也有类似的痕迹，无论这刀痕是否与食人行为有关，此发现都引发了一场激烈论战。印第安人的祖先是否有可能是食人族？这个话题已经够敏感了，又牵扯到欧洲白人掠夺美洲大陆与印第安原住民之间的政治矛盾，最后甚至演变成民族情感对立的激烈局面。直到2001年，一个关键证据才让这场论战在某种程度上慢慢平息下来。科学家在美国西南部科罗拉多州的阿纳萨齐（Anasazi）遗址中发现古印第安人的粪便化石内有某种只存在于人类肌肤组织的蛋白质。凭借这个“直接证据”，人们至少可以确定在此遗迹中发生过食人行为。

尽管食人行为确实存在，但我们不能以此当作食人族存在的证据。人类历史上的确发生过食人行为，从弗雷族追溯到早期的法国、西班牙与古印第安人遗迹，我们都找到了相似的证据。甚至在现代社会中，某些极端特殊的情况下，食人行为也是被允许的。1972年，一架载着乌拉圭橄榄球队的飞机在安第斯山脉坠毁，幸存者为了活下去，只能吃掉同伴的尸体，这个事件还被改编成了电影；美国西部垦荒时代，几个家庭组成了迁徙车队“唐纳大队”，他们在前往加州的途中迷了路，被困在内华达山区四个多月，近一半人靠吃人肉才活了下来。但我们能把这些迫于无奈而吃人的人称为食人族吗？2010年，那些受困于倒塌矿坑中的南美智利矿工就算真的吃了人，在道德的审判下，我们也不能将他们称为食人族。

远古人类的化石鼓励我们发挥无限的想象力：究竟他们是为了纪念过世的死者才食用人肉，还是为了报仇雪恨才吞下尸体的某个部分，抑或是为了在中更新世冰河时期的极端环境中活下去才不得已做了最后的选择？

我们分析考古学与人类学的资料，不代表我们可以对过去的人类擅自假设或妄下定论。食人风俗确实存在过，但可以肯定的是，我们无法将那些人称为食人族。

弗雷族的怪病：库鲁病

弗雷族的食人风俗之所以被广为流传，其实是因为一种怪病。20世纪50年代，一种怪病在弗雷族里肆虐，澳大利亚派遣至当地的调查团汇报了以下内容：“一名染病的女性患者，因病况迅速恶化而身体无法站立仅能躺卧于家中，而且几乎无法进食，肢体会剧烈颤抖直到死亡。”由于该病会让人全身剧烈颤抖，所以人们取当地语言中的“库鲁”（kuru）一词作为病名，意即“颤抖”。此外，病人还会不由自主地发出笑声，因此库鲁病也被称为“笑病”。

库鲁病的潜伏期很长，一般潜伏5~20年，甚至长达40年。在2005年死亡的患者中，有人早在20世纪60年代就已感染。库鲁病的潜伏期虽然长，但发病后通常会很快死亡。病症一旦出现，患者最短活3个月，最长活2年。发病期间，患者不仅全身无力、无法行走，而且吞咽会变得越来越困难，甚至言语及排泄功能也会逐渐丧失，最后通常是因肺炎、饥饿或褥疮感染引起的并发症而死亡。

对当时的西方学者来说，库鲁病既陌生又诡异。美国国家卫生研究院的丹尼尔·盖杜谢克（Daniel Gajdusek）博士在研究当地原住民感染疾病的过程中，第一次了解了库鲁病。进一步研究了相关资料后，他发现其中出现了“弗雷族是食人族”的内容，便开始怀疑库鲁病可能与食人风俗有关。盖杜谢克博士也注意到，库鲁病的主要患者都是食用死者脑部的女性与孩童。

盖杜谢克博士怀疑，库鲁病的病因就藏在这些人食用的脑部组织中。于是，他将死去病患的脑部组织移植到黑猩猩身上。两年后，黑猩猩也出现了相同的病症。经过更进一步研究，他查出引起库鲁病的病原体，原来是一种叫作“朊病毒”的蛋白质，传染途径是人们食用受感染的肉类，这一点也十分罕见。朊病毒是一种结构特殊的蛋白质，会诱发其他蛋白质产生病变。长期以来，医学界普遍认为传染病的病原体都是微生物，而这种以蛋白质形态进行传染的病原体从未被真正发现过，科学家甚至一度怀疑它的存在。通过对库鲁病的研究，医学界才证实了朊病

毒确实存在。

癌细胞是通过细胞分裂繁殖出新的癌细胞，朊病毒则会让周围的细胞逐渐变质。科学家后来又发现了几种因朊病毒引发的疾病，如疯牛病或克-雅脑病。因此，朊病毒的发现可谓医学史上划时代的成就，而盖杜谢克博士也在1976年获得诺贝尔医学奖。

在盖杜谢克博士之前，没有人想过库鲁病会是因为食人行为而感染的疾病，因为弗雷人不吃病死的尸体，但库鲁病是个例外。弗雷族认为这是一种精神上而非生理上的疾病，所以他们会吃因库鲁病致死的尸体。20世纪50年代末至60年代初，有1000多人染上库鲁病而死亡（前面所述2005年病死的患者，正是于此时感染的最后一批牺牲者）。至于库鲁病是如何开始肆虐的，目前科学家的假设为：库鲁病的感染途径不只是食用尸体的脑部，还会通过身体上的开放性伤口。当时，一名弗雷族人因罹患库鲁病而死亡，而负责肢解尸体的女性手上极可能有伤口，因而受到感染。

02

只管“生孩子”的爸爸

“猴子屁股红，红红的苹果，苹果好好吃，好吃的香蕉……”小时候，我常会和朋友开心地唱着这首儿歌，但走进动物园仔细看看猴子的屁股，我发现虽然坐着的那一块有浅浅的粉红，却不是真正的红色。这是怎么回事？

儿歌歌词其实并没有错，只有母猴，而且只有在特定期间它们才会变成红屁股。母猴屁股变红，表示它正处于发情期。一般来说，母猴只有在发情期才允许公猴接近并进行交配。它通过红屁股发出信号，促使想要交配的公猴们进行激烈的竞争。母猴会如此善用发情期，全是为了确保自己的下一代能拥有最优良的遗传基因，自然也会细心养育刚出生的幼猴。然而对类人猿来说，它们只有“妈妈”，没有“爸爸”。

这句话是什么意思？凡是进行有性生殖的动物，怎么可能会没有爸爸？俗话说：“父母养育之恩，重如山，深似海。”但是除了人类，其他灵长类动物确实没有这句话中所指的那种爸爸。

大猩猩与黑猩猩，不同的交配模式

自然界中不会有白白浪费宝贵资源之事，动物交配孕育后代也是如此。雄性的生育能力可谓无限强大（至少从理论上来说是这样的），不仅拥有数量庞大的精子，而且能与众多雌性进行交配，无论对方是否已经受孕。雄性此生的目标，就是尽可能地把精子传递给更多雌性，传递的精子越多，繁衍出更多后代的概率越大。

相较之下，雌性的生育能力十分有限，不仅卵子数量少，而且从怀孕、生产到哺乳的这段时间内无法再次受孕，所以当机会来临时，雌性只会选择最优质的精子。可以说，雌性重质不重量，雄性则完全以量取胜。由于雌雄两性在繁衍后代的立场上大相径庭，因此两方必须采取完全相反的策略。

对大多数的类人猿来说，雄性之间竞争的激烈程度，取决于养育后代所需要付出的辛劳程度，以及雌性在发情期间可以交配的雄性数量。一般而言，雌性付出越多心力来照顾幼儿，雄性就越不需要参与照顾的工作。相反，若雌性不太照顾幼儿，这个责任就会落到雄性身上，因为雄性在怀孕及生产过程中付出的精力相对较少，剩余的精力便会倾注在照顾后代上。

如果所有雌性都在同一时间发情会怎样呢？那么雄性只会在有受孕机会的发情期内接近雌性，其他日子则无须在雌性身上浪费时间与精力，并不需要一年到头都守在雌性身边。这样的策略实在是相当经济。

不过，这也代表着所有雄性都会在同一段时间内向着雌性蜂拥而上，大家都想繁衍后代，怎么办呢？为了独占与雌性交配的机会，雄性必须互相打斗以获取胜利。那么，宝贵的发情期不就因为打架而浪费掉了吗？为了避免这种情况发生，雄性平时就会通过打斗来决定阶级地位。一旦阶级确立，在发情期间只有地位高的雄性才能接近雌性，并从容不迫地专心交配。拥有领导地位的雄性通常只要一声威吓就能控制场面，然而这样的控制往往无法依靠单一的雄性力量，而是由几个地位高的雄性联合起来吓走其他落败的竞争者。这种行为模式对胜者十分有利，败者则可能永远不会再有交配的机会。可事实上，雌性才是其中真正的胜利者。雄性之间会自动进行优胜劣汰，只有最强壮、最优秀的雄性才能与雌性交配，这大大减少了筛选对象的麻烦，雌性应该会想拍手叫好吧。

动物在互相竞争时，胜负通常取决于体形与尖牙，这两种特征越强大，雄性就越有优势。类人猿中有这样的物种吗？有的，大猩猩就是一个典型例子。公母大猩猩在体形、头骨与尖牙大小上有着相当显著的差异。两性在外观上的差距，决定了雄性群体竞争的激烈程度。相较于雌性，雄性的体形越巨大，说明雄性间的竞争越激烈。而母大猩猩发情时，只有胜利的公大猩猩才能接近。

也有完全相反的例子，那就是黑猩猩。每只母黑猩猩的发情期都不一样，这就意味着一年365天里，天天都有等待受孕的母黑猩猩。这种情形反而让公黑猩猩相当苦恼，它们不仅一年到头都必须追着母黑猩猩，而且得防范其他公黑猩猩（大猩猩只会在发情期稍微看守），无论精力多旺盛的公黑猩猩都会觉得应付不来。母黑猩猩也同样焦虑，它们

可不像母大猩猩那么好命，只要舒服地坐着等待，就会有经过认证的强壮公黑猩猩靠近。

于是，黑猩猩发展出了与大猩猩截然不同的交配模式，母黑猩猩会与尽可能多的公黑猩猩进行交配。当然，公黑猩猩也抱着同样的想法。群居的黑猩猩虽然也有首领，但公黑猩猩之间不会专门通过打斗来决定阶级地位，无论是谁都可以接近正在发情的母黑猩猩。

群居的黑猩猩一年到头都可以进行交配，那公黑猩猩要靠什么来击败其他对手以繁衍自己的后代呢？答案就是靠自己的精子。它们会尽可能传递更多的精子，与其他公黑猩猩的精子一较高下。在这种情况下，领先对手的秘诀就在于如何制造出数量庞大的精子，而这不需要巨大的体形，只要有足够大的睾丸就可以。所以，公黑猩猩、母黑猩猩在体形或头骨上的差异虽然不大（只有尖牙的差异较大），但从身材比例上来看，在类人猿中，公黑猩猩的确拥有特别大的睾丸。

人类的繁衍策略：当个好爸爸

母黑猩猩完成交配，生出小黑猩猩，但它的卵子到底选择了哪只公黑猩猩的精子？这一点无从得知，也就无法确定孩子的爸爸是谁。母大猩猩就能明确知道孩子的爸爸是谁吗？也不一定。公大猩猩的地位再高，也不能保证能够成功繁衍出自己的后代。甚至有研究指出，比起群体中那些中间阶级的公大猩猩，地位最低的雄性反而容易接近雌性，在繁衍后代上更有利。因为强壮的大猩猩会直接排挤中间阶级的大猩猩，对那些瘦弱的雄性“不屑一顾”，甚至放任不管。每当高阶的雄性忙着争夺地位时，未参与打斗的低阶雄性就会与雌性一起玩耍，讨它们欢心^[2]。这么一来，大猩猩就变得与黑猩猩一样无法确定孩子真正的爸爸是谁。

无论是哪一种交配模式，雄性都无法保证“雌性生下的是继承了自己基因的幼子”，因此雄性类人猿对幼子不会有任何感情，只会专注于交配，并不会把精力浪费在照顾后代上。所以我才会说“类人猿没有爸爸”，因为在类人猿的世界中，会养育幼儿的雄性并不存在。

但人类不一样，人类男性的体形不像大猩猩那般强壮巨大，睾丸大小也不如黑猩猩，所以他们采取了与其他灵长类动物迥然不同的行为模

式——精心养育子孙后代。

想象一下四五百万年前用双脚行走的人类，怀孕或是哺乳期的女性移动起来会有多么不便，她们只能在有限的范围内走动，只能将身边的植物作为食物。相反，身上没有负累又能自由运用双手的男性可以到更远的地方去打猎，还能用他们得到的肉类去换取利益，而最大的利益莫过于博取发情期女性的欢心。如果对象是怀孕或哺乳期的女性呢？讨她们欢心无益于繁衍自己的后代，不如再去找其他女性，所以就别浪费时间带食物给她们了吧！但如果女性腹中的孩子或被哺乳的幼儿是自己的，那就另当别论了。因为分享食物给他们，从繁衍后代的角度来看是绝对有益的。

女性会隐藏发情期吗？

要让男性提供食物，前提是必须确认孩子继承了该男性的基因。如果不是自己的孩子，男性就等于是为了守护别人的基因而白费力气。那要如何才能确保女性肚子里怀的一定是自己的孩子呢？只要像大猩猩一样，一直守在发情期女性的身边，不让其他男性靠近就行了。

现在换到女性立场上想一下，男性不断提供肉类和保护，对女性的生存来说是十分有利的。女性的发情期顶多每个月一两天，那其他日子不就没有肉吃了？所以女性发展出一种伪装策略，只要假装自己总是处在发情期，就能持续得到肉类。为了彻底伪装，女性不仅要蒙骗男性，甚至还要自我欺骗，久而久之，连女性自己都搞不清楚自己真正的发情期是什么时候。于是，无法确知发情期的人类变得可以随时交配，这样，男性也会守在同一名女性身边。

一个男性与一个女性，以性与食物作为媒介组成搭档，进而进化出男女分工、建立核心家庭与直立步行等一整套行为模式，这就是“洛夫乔伊的假说”，出自美国肯特州立大学社会人类学系的欧文·洛夫乔伊（Owen Lovejoy）教授。他于1981年在著名学术期刊《科学》中发表了《人类的起源》（*The Origin of Man*）一文。这篇文章引起社会大众激烈的讨论，也让他声名大噪。

一些人类学学者想进一步验证这项假说是否属实。如果洛夫乔伊教授的观点正确，我们就应该能在早期人类身上发现直立步行的痕迹，再

加上男性之间的竞争比较温和，因此可以推论出男女在体形与尖牙上的差异不会太大。

如果观察长期被认为是人类祖先代表的“阿法南方古猿”，我们就会发现这个推论只对了一半。虽然阿法南方古猿的尖牙比现代人类的牙齿大，却比黑猩猩或大猩猩的尖牙小，两性体形的差异同样介于现代人类和大猩猩之间。科学家从这些特征推测出，阿法南方古猿与现代人类和大猩猩不同，应该具有另一种特殊形态的两性关系。

2009年的《科学》期刊中刊载了关于“始祖地猿”（*Ardipithecus ramidus*）的大规模研究结果，它们是比阿法南方古猿更久远的早期人类。洛夫乔伊教授的科研团队也参与了此研究，通过解剖学上的特征分析，他们最后得出了一个结论：始祖地猿是直立步行的物种，雌雄两性间的体形差异不大。这表示洛夫乔伊的假说是正确的吗？

洛夫乔伊错了吗？

洛夫乔伊的假说引起轩然大波，特别是女权主义者对此表示强烈反对。人们过去总认为核心家庭是资本主义与市场经济运作下的副产品，但如果洛夫乔伊教授的观点正确，那么婚后男人外出赚钱，女人用这笔钱来持家与养育孩子的这种模式，就会被认定是自古以来烙印在人类基因中的一种宿命。换个角度来看，这也可以被解释成从数百万年前开始，女性就会为了获取食物而向男人提供性。女权主义者认为洛夫乔伊的假说并非人类起源的学说，只是男性对于无限性爱的一种幻想。

从最近30年的研究结果来看，洛夫乔伊的假说很有可能是错的。首先，人类不是唯一会在发情期外有性生活的动物，如海豚，而在血缘上与人类最亲近的倭黑猩猩（*Pan paniscus*）也随时都能发生性行为。然而，这些动物并没有组成核心家庭。

更令人惊讶的是，人类根本不会隐藏发情期，这与洛夫乔伊的看法亦有所出入。处于发情期中的女性，其言谈举止会不自觉地与平时不同，而男性也会不自觉地做出相应反应。从人类学的研究结果来看，女性在排卵期时，不仅会声调变高、食欲降低，而且会将自己打扮得特别漂亮。男性则会不自觉地被排卵期女性的气味吸引并靠近，分泌睾酮。更神奇的是，男性会随着当时自己是否有伴侣，而对排卵期的女性做出

不同反应。换言之，一名男性哪天若是突然觉得某位女性格外有吸引力，或许就是雄激素在作祟。

黑暗中的黎明：人类“爸爸”诞生

事实上，人类的家庭结构是非常特殊的，尤其是成员中一定会有一位成年男性，这与其他灵长类动物截然不同。灵长类动物的基本社会单位通常是一对母子，妈妈生下幼儿后便会一直照顾它，直到它长大成年并且能独立谋生。虽然其他雌性偶尔会帮忙照看年幼的孩子，但养育幼子的责任仍是由妈妈独自承担。相较之下，人类在养育孩子的过程中，通常会接受来自第三方的协助，两人共同陪伴孩子成长，或是提供养育孩子所需的物质条件。在一般的家庭中，这个第三方角色指的就是爸爸。

大部分的雄性动物为了繁衍后代，必须从同性间的激烈竞争中取胜，这导致它们一生都专注于地位排名与打斗，却不怎么关心（可能是自己的）幼子。人类爸爸则是一大例外，他们在家庭中恪尽父职，毫不吝啬地在孩子身上投注真情、父爱以及大量的时间与物质。按照洛夫乔伊教授的论点，人类爸爸之所以会出现这些行为，全是因为孩子继承了自己的基因。但奇怪的是，人类男性与其他类人猿一样，并没有办法确定孩子是否真的继承了自己的基因。现代人当然可以通过DNA鉴定来证实这一点，但很少有人真的去做。大多数人只是单纯地相信，并不自主地对孩子投入巨大的心血，这一点非常耐人寻味。这或许说明人类的爸爸不是生物学上的爸爸，而是一种文化上的概念。换言之，人类在一夫一妻制度下，男性“相信”太太生下的孩子就是自己的，自然而然就成了孩子的爸爸。

人类对于父亲的定义已超越了生物学上的亲子关系，而是由一种肉眼看不见的精神层面上的“信任”所孕育出来的。这使得男性在生理上也相应进化出另一种状态。男性在结婚生子后，体内分泌的雄激素会逐渐减少。在生物学中，雄激素掌管了“雄性化的表征”，这表示男性在成为爸爸后，“雄性动物的野性”会慢慢消失。

洛夫乔伊的假说如今已渐渐站不住脚，男性与女性不再只是单纯生物学上的雄性与雌性，更进一步进化出社会与文化上的意义，甚至可以说是一种极致人性上的存在，人类爸爸就是这样一个最好的证明。

准爸爸的“拟娩综合征”

由于时代背景与社会风气的改变，因此历代父亲的形象有着天壤之别。在过去的父权社会中，父亲并不会直接参与孩子的人生，而是在背后提供资源。父亲与孩子通常住在不同的房子里，即便是同一个屋檐下，父亲为了工作早出晚归，父子常常很难见上一面。尽管孩子在生活中和母亲比较亲近，但人生中的重大决定仍是由父亲替他们做抉择。“严父与慈母”正是父权社会中经典的家长形象。

不过到了21世纪，好爸爸的形象不一样了。他们会陪怀孕的太太一起做产检，或是在产房为太太加油打气，当然也会亲手照顾自己的孩子。爸爸拿着装有母乳的奶瓶，定时喂宝宝一日三餐的景象，对现代人来说早已不再陌生。

除了共同承担育儿责任，许多准父亲甚至会与怀孕的太太一样出现害喜（恶心、呕吐）、体重增加、腹痛，或是在分娩过程中因太投入而产生焦虑、紧张等现象。

在人类学中，这种模拟怀孕的经历被称为“拟娩综合征”（Couvade Syndrome）。得了拟娩综合征的男性不仅在生理状态上出现变化，而且在心理层面会受到很大影响。准爸爸的内分泌很有可能会随着太太怀孕而发生变化，但不管怎么说，这也代表了生物学与文化是如何帮助男性学习成为一位父亲的。

03

谁是最早出现的人类？

谁是最早的人类？他们长什么模样？他们是从何时开始出现的？这三个问题之间的关系错综复杂，人们通常以为这些问题都有明确且固定的答案，但像古人类学中的其他问题一样，各界对于人类祖先的看法并不一致，答案当然也就不尽相同。不过，目前人类学学者一致认为，人类的祖先来自700万至500万年前的非洲大陆。以这个论点为基础的话，有3个在21世纪发现的全新物种，正在激烈角逐人类祖先的宝座。

然而早在2000年之前就被发现的另外3位候选者，同样有可能是人类的祖先。虽然他们生存的年代在420万至300万年前，但相较之下，他们身上的证据似乎更为确凿。那么，究竟哪一个物种能夺下人类祖先的头衔呢？

脑袋要够聪明，才能成为人类的祖先？

在判断某个物种化石是否属于人类之前，我们必须先对人类祖先的样貌达成共识。达尔文指出了人类的四大代表特征，分别是“硕大的脑袋”“细小的牙齿”“直立步行”与“懂得使用工具”。虽然这四大特征早已不是绝对条件，但对于古人类学家如何假设与判别人类的祖先还是有很大的影响。

首先，要想取得人类祖先的“资格”，候选者必须满足上述条件中的其中几项，反过来看，这些条件也是我们人类进化的线索。相较于其他动物，人类最明显的特征就是拥有一个大脑袋。人类的脑袋真的很大，无论是在相对比例或质量上都不容小觑。感谢这样的“大”脑，人类才有智力和能力处理大量的信息。每种生物的学名通常会点出该物种最显著的特征，人类物种的名称——智人（*Homo sapiens*），即代表“有所知晓的人、有智慧的人”。

所以，每当论及人类祖先的特征时，学者一定都会推测他拥有一个大脑袋，言下之意为其他特征都是在这之后才出现的。1912年于伦敦近

郊发现的“皮尔当人”（Piltdown Man），正是顺应这种期待而出现的范本。皮尔当人凭着大脑袋与可怕的尖牙，成为人类祖先候选者，并让当时的英国人感到骄傲不已。然而荒唐的是，直到20世纪50年代，科学家才揭穿了这场骗局——皮尔当人是用中世纪现代人类的头骨以及类人猿的牙齿和下颌骨拼凑成的赝品。

20世纪60年代，科学家发现了更多原始类人猿的化石，而“人类必定于1000万年以前诞生”成了当时的主流观点。人类学学者从存在于约1000万年前的“原康修尔猿”（Proconsul）与“腊玛古猿”（Ramapithecus）化石上，发现了笔直的前额与线条柔和的眉骨，便以此为依据，提出这些类人猿是人类最早的祖先。

两足步行的进化早于大脑？

1967年，加州大学伯克利分校的文森特·萨里奇（Vincent Sarich）教授和艾伦·威尔逊（Allan Wilson）教授共同发表了一篇简短的论文，彻底打破了学术界对于人类起源达成的共识。这项重大发现并非来自遗迹挖掘现场，而是生物学的实验室。科学家通过生物学与遗传学研究发现，人类与大猩猩的系统分化始于800万年前，与黑猩猩的系统分化则是在500万年前左右。这意味着过去被认为是人类祖先的原康修尔猿或腊玛古猿，只是生存于1000万年前的人类远亲，并不是人类的祖先或近亲。

但问题是，当时几乎没有化石资料可以支持这个论点。在20世纪70年代，最古老的人类化石是20世纪20年代在南非发现的“非洲南方古猿”（Australopithecus africanus），但他们生活在300万至200万年前，要当人类的祖先可能还太“年轻”。

从1973年开始，一些人类学家如玛丽·李基（Mary Leakey）和唐纳德·约翰逊（Donald Johanson），在东非陆续挖掘出许多古人类的化石，其中以埃塞俄比亚的哈达尔遗址与坦桑尼亚的利特里遗址最具代表性。经放射性鉴年法检验得知，这些化石有300万至350万年的历史，是当时年代最久远的人类祖先化石。它们被归为一个全新的物种，并被命名为“阿法南猿”。由约翰逊带领的挖掘小组发现的“露西”（一具成年女性的骨架化石）正属于此物种。

阿法南猿的化石被认为是古人类学的划时代发现，除了因为它是当时最古老的人类化石，还有另外一个原因：它证明了人类进化出硕大脑袋之前，就已经能用双脚站立并行走了。阿法南猿的头颅与黑猩猩差不多大，牙齿比现代人大，而且没有明显的证据表明它们会使用工具。不管怎么看，它们都比较像是黑猩猩的祖先。但有一点非常不同，那就是它们用两只脚走路。

阿法南猿的骨盆、股骨（大腿骨）和膝关节的形状，都显示出直立步行的迹象。此外，利特里遗址的“双足弓”足迹化石，更清楚地留下了两足步行的证据。双足弓是人类脚掌独有的特征：纵向足弓支撑双脚向前奔跑，横向足弓维持左右摇摆时的平衡，两者都能缓冲脚掌与地面接触时的冲击。阿法南猿的出现造成了所谓的“标准转移”，两足步行取代了大脑袋，成为判定人类祖先的决定性因素。而这一改变让阿法南猿在人类祖先头衔的争夺战中，着实卫冕了一段不算短的时间。

但冠军的光环并没有持续太久，20世纪90年代中期以后，又有好几个比阿法南猿更古老的人类化石被发现。距今420万至390万年前的“湖畔南方古猿”（*Australopithecus anamensis*）正是其中之一。关于湖畔南猿能否成为人类祖先的第三位候选者，尚存在许多争议。虽然从它们的胫骨（小腿骨）来看确实为两足步行，可是其他的特征都与阿法南猿极为相似。能否将它们区分为新物种，只能交由时间来验证了。

新候选者登场

进入21世纪后，情况变得更复杂了。三个年代更久远的新候选者出现，这使争夺人类祖先头衔的竞争趋于白热化。到底谁能为全人类带来黎明的曙光？

新登场的前两位候选者，都是在1999年才被挖掘出来的。首先是乍得共和国的“乍得沙赫人”（*Sahelanthropus tchadensis*）化石，它们的生存年代推测为700万至600万年前，又被称为“图迈”（Toumai），在当地语言里意为“生命的希望”。大部分早期人类化石都来自东非与南非，而这次出现在中非，令科学家感到十分意外。可惜这次挖掘到的只有一个变形的头骨、一颗牙齿和一个下巴，证据实在有点不足。早期人类除了两足步行以外，头骨大小与其他类人猿相似，所以无法光靠头骨判断乍得沙赫人是否能用双脚行走，也无法确切判定它们是属于人类还是类人

猿。一些人类学学者甚至认为，此物种的头骨形状和质地与大猩猩更为接近。

第二位候选者是在东非肯尼亚出土的“图根原人”（*Orrorin tugenensis*）化石，生存年代同样推测为700万至600万年前。科学家从该股骨化石上发现了直立步行留下的痕迹，所以将其列为人类祖先强有力的竞争者之一。

如果图根原人或乍得沙赫人能被证明是人属物种，人类诞生的时间点就能追溯至700万至600万年前。但它们也很有可能是人类与黑猩猩分化前的共同祖先，或者它们根本就属于类人猿。因为这两大候选者只有寥寥几块化石，研究的不确定性也很大。在这种暧昧不明的情况下，出现的另一位强有力的候选者，让科学家将人类祖先诞生的时间点往后调整。

这就是从埃塞俄比亚的阿拉米斯挖掘出来的“始祖地猿”化石，距今约有440万年，年代比前两大候选者都晚（但比阿法南猿或湖畔南猿久远）。2009年，科学家公开了始祖地猿的全副骨架，在当年年底被美国科学期刊《科学》评为“年度大发现”。它的出现的确为人类学甚至整个科学界带来了巨大的冲击。

假设再次被推翻：不是两足步行？

为什么始祖地猿会掀起轩然大波？它们除了拥有修长的手臂、硕大的手掌与短小的粗腿，还有如拇指般向侧边生长的脚拇指，而这个脚拇指正是问题的关键。与平稳站立步行的物种不同，脚拇指是在林间攀爬的类人猿身上才有的特征。如果是两足步行，脚拇指应该会比其他脚趾大，并与其他脚趾平行向前生长才对（如同我们的脚拇指）。但始祖地猿的脚拇指却表现出它们除了会用双脚行走，还会在树木上攀爬。因此，20世纪后期几乎被认为是定论的假设——“最早的人类是用双脚走路的”这一基本观点变得站不住脚。

若将始祖地猿的生存环境也考虑进去，则问题将会变得更严重。有学者提出，人类之所以会进化为直立步行，主要是因为500万年前非洲的林地逐渐减少。在目前尚存大片森林的西非地区，生存在树林里的类人猿进化成现在的黑猩猩与大猩猩；兼有森林与草原的东非地区，在草

原活动的类人猿存活下来后进化成了人类。但始祖地猿主要的生存环境是森林而非草原，这等于让“人类为了适应草原环境才进化为直立步行”的假设也备受质疑。

当然，始祖地猿也有可能不是最早的人类。这三位候选者都具有太多不确定性，它们很有可能根本不属于人类，而是在人类与黑猩猩分化之前就已生存在非洲大陆上的类人猿。换言之，它们很有可能是人类与黑猩猩的共同始祖，所以从它们身上自然能观察到类似类人猿的特征。若真是如此，则人类祖先的头衔将会还给阿法南猿或湖畔南猿，而人类出现的年代也会被调整为300万年前。

究竟谁才是最早出现的人类？他们长什么模样？这些问题自160年前达尔文提出进化论以来就不断被讨论。相关争辩未曾停止，各种相斥的观点接连出现。新的研究和发现可以帮助我们缩小名单，或是提出新候选者。或许就在我们阅读这段文字的同时，人类祖先的样貌再度产生令人震惊的改变。如同进化论本身不断地在修正，关于人类起源的研究也将通过一连串的提问，让我们在持续进化中找出答案。

最早的人类会“使用工具”吗？

“使用工具”一直被认为是拥有智慧的人类的代表性特征之一。英国考古学家李基夫妇发现的“能人”（*Homo habilis*），就是以“有智力制作器具的人”来命名的。换个角度来看，人类之所以不同于其他物种，正是因为我们懂得制造与使用工具。那么，最早的人类会使用工具吗？答案是，不会的可能性很高。目前已挖掘出的年代最早的人造石器距今约有250万年，这比目前已知最早的人类出现时间要晚。

早期人类的脑容量与现在的黑猩猩和大猩猩的差不多，为350至400毫升，对人属的成员而言，这个数值偏小。但考虑到考古学资料中记载了黑猩猩会使用工具这一点，所以我们不能完全排除早期人类会使用工具，或未来会发现这种证据的可能性。此外，并不是所有材质的工具都能以化石的形态保留下来，通常只有石器才可以历经几万年不腐坏。

1996年在埃塞俄比亚出土的“惊奇南方古猿”（*Australopithecus garhi*）就是一个典型例子，其年代测定为250万年前左右。一同被发现的还有制作技巧类似奥都威工艺的石器，它们用两块石头互相敲击，再

拿破碎石块的锐利边缘来切割东西。此外，从遗址中挖掘出的兽骨化石上也有被石器切割过的痕迹，这些就是目前最早的石器使用记录。令人惊讶的是，惊奇南方古猿的脑容量只有450毫升，跟黑猩猩或其他南方古猿相比并没有大多少。这相当于证明了有能力制作与使用工具，不一定需要很大的脑容量。



乍得沙赫人的头盖骨化石，推测年代为700万至600万年前。

04

大头宝宝与烦恼的妈妈

迎接新生儿的诞生，通常是女人一生中最喜悦也最辛苦的一件事。在医学尚不发达的年代，女性其实是冒着生命危险在怀孕，因为许多人会在分娩的过程中死亡，也有不少人将孩子生下后，因子宫出血过多或受到感染而死亡。

幸好，随着医学进步，现代孕妇在分娩时死亡的案例已相当少了。麻醉药物减轻了生产时的剧烈疼痛，要是遇到紧急情况至少还能采取剖宫产术。但无论如何，生孩子都会让许多女性感到十分担忧与焦虑。

从进化的观点来看，传宗接代、孕育新生其实算是人生的一大成功，这代表着我们安然度过孱弱的儿童期与青少年期，发育成熟后正式进入了繁衍期，并且有能力照顾后代。因此，生产应该是一个值得被祝福的时刻，大部分动物都能顺利分娩。可对人类来说，生孩子变成了一件非常危险的事。这到底是怎么回事呢？

头部越来越大，产道越来越窄

大多数动物宝宝的头部比母体产道窄，所以动物生产时通常不会有太大困难。相较之下，人类胎儿的头部却大得多，母体产道也比较狭窄，这意味着人类在分娩时势必历经千辛万苦。

生活在500万至400万年前的早期人类，在许多方面都与类人猿十分相似，甚至约450毫升的脑容量也与黑猩猩差不多，差别只在于人类是用两只脚走路（参见第3章）。后来，人类的脑袋变得越来越大，在200万年前增加到约900毫升，紧接着又在10万年前增加到与我们现在差不多的1400毫升。但重点是，人类的体形大小却从200万年前就不再有明显变化。

身体的大小没有改变，只有头部逐渐变大，许多令人苦恼的问题也随之出现。为了顺利产下大头婴儿，人类的骨盆应该越宽越好，这样母

体的产道才能跟着变宽一些。但若想平稳地直立步行，骨盆反而要越窄越好，这样双腿才能快速地前后移动。如果双腿间距太开，则行走时身体容易晃动，进而耗费不必要的能量。人类如何解决这两难的困境？要顺利分娩还是直立行走？最后我们显然选择了后者，所以人类母亲必须忍耐前所未有的苦痛，让大头的婴儿从狭窄的产道生出。

为了顺利生下头部比产道更宽的婴儿，怀孕女性体内会分泌松弛素，让全身的关节和韧带变得松弛柔软，使骨盆可以容许比平常更宽的东西通过，为分娩的那一刻做准备。但就算韧带再松，也不能保证顺利产下胎儿，而在生产结束后，松开的骨盆也无法百分之百恢复成原来的状态，所以才会有那么多人觉得生完孩子后穿衣服不如以前漂亮。体重虽能回到怀孕前的水平，但体态的变化却无可避免，对生过数胎、骨盆反复开关的女性而言，这像是永远无法恢复的伤。

分娩的过程其实也有可能给宝宝带来伤害。仔细观察猴子后，我们会发现母猴生产时采取蹲坐的姿势，好借助“地心引力”来生孩子。猴宝宝进入产道时，脸会朝着母猴肚脐的方向，所以从产道里刚露出头的猴宝宝自然是面向母猴身体前面。此时蹲坐着的母猴会伸手把宝宝拉出来，然后将其直接抱在怀中。在妈妈协助下诞生的猴宝宝，一出生就能一边看着妈妈的脸，一边吸吮奶水。

人类的分娩：一个人搞不定

相较之下，人类的分娩情况可说是180度的大转变了。产妇的子宫会进行收缩，不断从后方将胎儿推挤向前，胎儿也得靠自己拼命向前挤才行，因为前方产道真的太窄了。若想顺利出生，胎儿必须自行转向以适应产道。

多亏了美国德拉华大学的人类学教授克伦·罗森伯格（Karen Rosenberg）和新墨西哥州立大学的人类学教授文达·崔瓦森（Wenda Trevathan）两人的研究，大众才看到了人类分娩的全过程。分娩过程中，胎儿的后脑勺最先进入产道，此时他的脸是朝着妈妈脸部的方向（和其他灵长类动物一样），若是一直处于这种状态，则胎儿出生时应该也是脸朝向妈妈的脸部。但人类的产道比较窄，胎儿进入产道往下滑落一段后，为了让肩膀配合产道的形状，会进行第一次转身；再稍微前进一段后，产道的形状又会改变，此时为了让头部配合产道形状的变

化，胎儿便会进行第二次转身。

当胎儿的头部被挤出产道时，其脸部的方向与一开始相比已经转了180度，正好面向妈妈的背部，与生出来的猴宝宝完全相反。在这种情形下，分娩中的女性无法像猴妈妈一样，自己伸手去把胎儿拉出来，因为在这个鲁莽的过程中，很可能造成胎儿颈部向后折断，必须由旁人将新生儿接住再转交到妈妈手上。这意味着人类在分娩时必须有其他人在场协助才行。

一般情况下，雌性动物在感觉到生产的阵痛时，会自己找一个安静的地方待产，而这个地方通常是事先准备好的。若有人冒冒失失地靠近阵痛中的雌性动物，母亲可能会在受到惊吓之余咬死刚出生的幼子，因此，动物生产时必须独自待在一个让它觉得安全、安静的环境。但是想象一下，若是我们的妈妈们在田里锄草锄到一半，突然消失一阵儿跑去生孩子，生完又回来继续耕作，这种女超人一般的传奇故事，应该会被众人津津乐道吧。

但人类与其他动物不同，即将临盆的女性感觉到宫缩阵痛时，并不会想要独自一人待着。皮质醇分泌过多而导致阵痛不规律，严重时甚至会让分娩中途停止，因此，产妇需要她可以信赖依靠的人陪伴在身旁。

在人类漫长的历史道路上，在现代医疗体系建立之前，陪同产妇分娩的往往都是她的母亲、姐妹、即将成年的长女或是非常熟悉且经验丰富的女性。她们从产妇开始阵痛时就陪伴在她身旁，在紧要关头教导产妇如何有效地推挤出胎儿，并稳稳接住刚出生的宝宝，再交到妈妈手中。为了让妈妈安心地与新生儿相处，她们还会帮忙处理后续事务。原来我们每个人从诞生的那一刻开始，就接受了他人的协助，这也意味着人类一出生就是社会化动物。

这是人类真正的起源？

这种非常“社会化”的分娩行为，在人类进化史上是从何时开始的？照理来说，研究女性骨盆与新生儿的化石应该就能得知一二，但这其实相当不容易。因为新生儿几乎不会以化石的形态留存下来，再加上数量稀少的人类骨盆化石以男性居多，所以我们很难通过化石获得有关人类分娩的信息（骨架完整的女性化石“露西”可谓非常罕见）。

2008年，瑞士苏黎世大学的玛西亚·庞塞·德莱昂（Marcia Ponce de León）教授与克里斯托夫·佐里科夫（Christoph Zollikofer）教授共同发表了一项非常珍贵的研究结果。他们使用电脑断层扫描了尼安德特人的新生儿与幼儿头骨化石，发现尼安德特人也经历过艰辛又痛苦的分娩过程，胎儿出生时同样必须转身两次，该研究结果证明了社会化的分娩行为至少可以追溯到约5万年前。

不过，尼安德特人并非第一个生出大头宝宝的人类祖先。2008年，《科学》期刊发表了一篇关于直立人（*Homo erectus*）女性骨盆的论文。从埃塞俄比亚贡纳地区出土的直立人骨盆化石，其年代早于尼安德特人，其形状及构造却与现代人类女性的骨盆有着惊人的相似之处。通过骨盆重建，我们可以看出直立人的产道前后径更为狭窄且扁平，这与现代人比较相像，与久远的人类亲戚——女性阿法南猿“露西”则有着显著差异。于是研究小组得出了以下结论：大约200万年前直立人出现时，人类就很有可能产下了大头胎儿。

在寻找最早出现的人类时，科学家会依据几项关键特征来判定该物种是否为“真正”的人类。我认为，也许该在这份清单中加入“从诞生那一刻便融入‘社会’”这项特征。大脑袋之所以为人类独有的特征，并不是因为高智商，而是让我们必须接受他人的协助才得以平安诞生。若从这个角度思考，直立人则可以算是最早的人类。

产妇分娩时，家人请一同陪伴

不知从何时开始，分娩与我们的日常生活已渐行渐远。即便不采取剖宫产的方式，大多数的人也会选择住在医院里待产。然而现代医学的卫生观念以及在医院里生产的各种方式，都与人类的进化规律背道而驰。医生应该让产妇上半身直立坐着，顺着地心引力的方向生下孩子，而且最好从阵痛开始时，就要有产妇信赖的人在身旁陪伴。

然而，医院的医疗团队皆由陌生男女组成，不仅将亲属家人隔绝在产房外，而且让产妇以躺卧的姿势来进行分娩，这容易造成产妇过度紧张而导致宫缩阵痛停止，情急之下只好改为剖宫产。许多医院听到了外界的批评，渐渐让产妇改以上身直立坐姿进行分娩，同时设立亲属陪产制度，让产妇与家人一同经历阵痛、生产、产后恢复等过程。国外也开始有助产士前往产妇家中协助分娩的情况，这种做法尤为理想。



阿法南方古猿“露西”的骨骼化石，推测距今330万年。

人类为什么爱吃肉？

想象一下，一群四五岁的孩子将狮子抛在身后，在草原上追捕以时速三四十千米奔驰的非洲羚羊，可能吗？当然不可能。但早期人类为了获取肉类而进行狩猎，大概就是这种景象，因为他们的身高和现代儿童差不多，狩猎能力可能也和儿童不相上下。

人类喜欢吃肉，如果说吃肉也是一种能力，那么这种能力应该是在人类进化中期，大约230万年前才发展出来的。然而，人类最早取得肉类的方式并非我们以为的狩猎，虽然漫画中常出现“原始人手持石斧追捕野兽”的狩猎场面，但事实上，那是在人类进化了相当长一段时间后才出现的。石斧大约在250万年前才出现，矛则在3万年前才被发明出来。那么，人类一开始是如何得到肉类的呢？在回答这个问题前，我们先来了解人类是从何时开始吃肉以及如何消化这么多肉的。

饮食习性迥异的新灵长类诞生

所有动物都爱吃肉。肉食动物当然只能吃肉，但惊人的是，草食动物和杂食动物也会摄取动物脂肪和蛋白质。人类也是爱吃肉的动物，要让身体消化大量的肉，在进化上需要克服许多困难。

1974年，科学家在东非肯尼亚著名的科比福拉（Koobi Fora）遗迹中，发现了一块怪异的直立人化石，并将其命名为“KNM-ER 1808”。科学家通过放射性鉴年法测量得知，这块化石的历史约有170万年，但它的模样很古怪，从侧面看非常厚，学者认为这块骨头的主人可能在死前经历骨挫伤而造成内部出血的状况。就像人体发炎的部位会肿大，有出血症状的骨头也会增生变厚，而罪魁祸首很可能是维生素A摄取过量。

这就有点奇怪了，维生素A过量通常是因为吃了太多肉食动物的内脏，尤其是肝脏。或许有些人会马上认为：“祖先们应该是吃太多肉了。”但仔细想想，我们会发现这个问题并没有那么简单，因为人类的体质本来就不适合吃太多肉。

人类是灵长类动物，我们的第一个灵长类祖先出现在8000万至6500万年前，居住在树上，以水果和树叶为主食。那个时期的灵长类体形不过一个巴掌大小（类似眼镜猴），只吃水果和树叶就足够了。现在，体形较小的猴子会抓昆虫或毛虫来补充动物性蛋白质，但红毛猩猩、大猩猩这类体形较大的类人猿几乎纯粹以草食为主，因为它们无法保证能获得充足的肉类来满足庞大体形的需要。和人类最亲近的黑猩猩也爱吃肉，它们偶尔会集体围捕小狒狒，或是用树枝掏白蚁穴，抓一些蚂蚁当点心，不过那分量和它们吃的树叶、果实相比，根本不值一提。

最接近人类祖先的类人猿以草食为主，与人类有亲戚关系的早期人类很可能也以植物为主食。人类学学者推测，在500万至400万年前出现的人类，其饮食形态应与其他类人猿相似。观察同一时期出土的臼齿与深长的颌骨化石，我们可推测出他们当时吃了许多需要大量咀嚼的食物。这是食草动物的典型特征之一，因为要想摄取同样多的热量，吃肉只需要吃一点，叶菜类则要吃很多。

另外，把不会移动的植物当作食物，不需要制定什么复杂的策略，也就不怎么需要用脑袋。相反，要想捕食会移动的动物（无论是狩猎或捡食腐肉），就必须有更高明的计划。早期人类的脑容量经科学家测量，与现在的黑猩猩差不多，这一事实同样可以支持早期人类以草食为主的假设。

从勇敢的猎人变成尸体清道夫

那么，从科比福拉挖掘出来的那块因维生素A摄取过量导致骨内出血的KNM-ER 1808化石，到底是怎么回事呢？它可以成为人类在短时间内改变饮食习性的一个证据，而这种情况极有可能是因为环境剧烈变化造成的。

大约从260万年前开始，一直到1.2万年前的这段更新世时期，非洲大陆的气候变得越来越干燥，森林也陆续消失，取而代之的是大片草原，动物必须通过激烈竞争才能获取植物性食物。这种情况对早期人类来说相当不利，因为当时仅剩的森林被傍人（*Paranthropus*，早期人类的亲戚）占领，他们的体形虽然只有现代大猩猩的四分之一，但咬合强壮的下巴和巨大的牙齿与大猩猩相比毫不逊色。傍人可以靠吃树皮与植物根部为生，在生存上更有竞争力。相较之下，早期人类只有小小的牙

齿，无法大量咀嚼如此坚韧的植物部分。既然找不到可食用的植物，那么早期人类要靠吃肉（动物性脂肪）活下去。然而，无论从前或现在，想在非洲草原上猎捕动物都不是一件容易的事。当时，成年人类的身高平均不到100厘米，与现在四五岁的儿童身高差不多，狩猎对他们而言无疑是天方夜谭。

如果抓不到活生生的动物，那么早期人类是不是可以吃死掉的动物呢？狮子将猎物的内脏吃光后，便会退到一旁休息，慢慢消化。此时，猎物身上除了内脏，其他部位还都完好无缺，对人类而言简直是免费的大餐。不过世上没有那么容易的事，狮子吃完后，紧接着围上来的不是秃鹰就是鬣狗。一只秃鹰的身高大约100厘米，翅膀展开约有180厘米宽，再加上秃鹰通常是群体行动，所以绝不是脆弱的人类可以轻易争抢剩肉的对象。

因此人类想出了一个新的战略，可以有效地获得所需热量。其实根本谈不上什么战略，只要等狮子、秃鹰、鬣狗这些竞争者通通吃饱之后，再去吃剩余的残渣就行了，而那些残渣就是骨头。千万别小看骨头，骨头中含有骨髓，颅骨内还有脑髓，这些都是纯粹的脂肪，营养丰富。

但还有另一个问题，那就是骨头的质地相当坚硬，尤其是四肢的骨头，硬到被后来的人当作武器使用。人类光用牙齿无法咬碎骨头，因此找来了石头敲碎骨头，再将骨髓挑出来吃，这些石头后来都变成了有模有样的“人造石器”。能人打造出的奥都威工艺石器，就是用来敲碎骨头的。

肉食习性带来的另一个进化

草原的范围变得越来越广，人类为了在贫瘠的环境中生存下去，只好开始吃动物尸体的残渣。然而，在这个过程中发生了一件意想不到的事——由于长期摄入高脂肪含量的食物，因此人类的脑袋长得越来越大。大脑的生产与维修“代价”非常大，要想有一个大脑袋，必须摄取高质量、高热量的食物，而迫于无奈才开始的肉食习性，反倒无形中帮了人类一个大忙。

高脂肪、高蛋白质的饮食习惯，同样有助于体形的发展。在500万

至400万年前，早期人类的脑容量与现代的黑猩猩差不多，约为450毫升；到了300万至200万年前，出现了能人，其脑容量已增加至750毫升，但体形仍比较瘦小，身高约100厘米；直到200万年前出现了直立人，其脑容量不仅已增加至近1000毫升，身高也同样长高至170厘米左右。于是，拥有高大体形与硕大脑袋的人类祖先就此诞生。

拥有高个子与大脑袋之后，人类才有能力猎捕活物。一般人心目中的“原始人狩猎”场景，就是在这时出现的。人类靠着高明的策略、充沛的体力和精良的工具（石器），没多久就适应了狩猎生活，捕获的野兽数量也越来越多。

现在，我们了解了早期人类是如何“硬着头皮”养成吃肉习性的，但其中还有一个疑团没解开。就算大猩猩与黑猩猩真的没有食物可吃，就算它们突然变得喜欢吃肉，可生理上似乎也无法一下子摄取大量的肉类，所以，早期人类应该也不是马上就能消化油腻的食物吧？

人类通过遗传进化解决了这最后一个问题，利用载脂蛋白来消化油腻的食物。载脂蛋白就像清洁剂一样，与血管中的脂肪分子结合后，将油脂带离血管，使血液保持清澈，尤其是能够有效降低血脂的载脂蛋白E4，它出现在人体内的时间约为150万年前，这正好就是具有高大身材与大脑袋的直立人打造出阿舍利手斧的时期。

如果KNM-ER 1808化石的主人吃了大量肉食动物的肝脏（早期人类根本不奢望能吃到那个部位），就说明当时的人类已正式进入肉食阶段。但另外，摄取大量肝脏而造成骨头出血致死，也暴露出当时人类的消化系统还没有进化到足以消化动物性脂肪与蛋白质的阶段。没想到一块小小化石，反映出了人类在进化过程中受尽百般磨难的那一面。

当人类终于养成了吃肉的习惯，经历了遗传变化，人类便开始以高大聪明的姿态过上狩猎生活，从此正式进入肉食阶段。然而，单靠狩猎技巧还不足以让我们变成肉食爱好者，这仍需要更多的遗传进化，人类才能消化更多的肉类，摄取更多的营养。

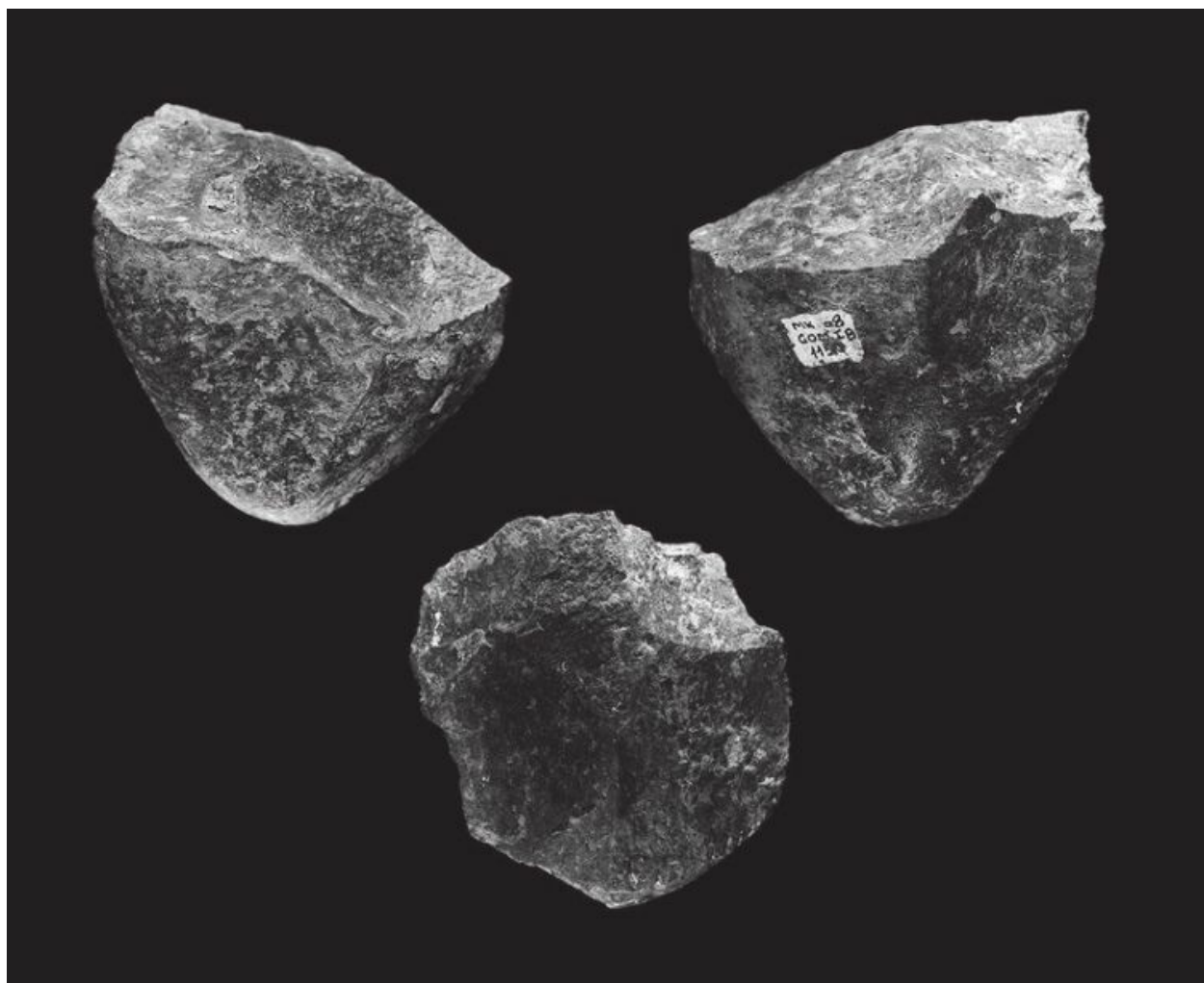
就算患上阿尔茨海默病，也要吃肉

帮助人类消化肉类、净化血液的载脂蛋白，与阿尔茨海默病、脑出

血等致命的老年疾病有相当大关联。研究显示，载脂蛋白基因就是引发这些疾病的直接原因。在几百万年的进化过程中，人类为什么要携带如此危险的遗传基因呢？

在从进化生物学角度解释老化过程的众多假说中，有一个叫作“基因多效性”的观点。假设某个基因的功能在儿童与青少年期是对人体有益的，到了老年期却变成有害的，那么，我们可以因为这一坏处就将该基因消除吗？按照基因多效性的论点，在儿童与青少年期有益的基因会优先被人体选择，因此不会轻易消失。载脂蛋白E4也是如此，尽管它与阿尔茨海默病、脑出血有关，但出色的清血脂功能让它持续存留在人类的遗传基因之中。如此说来，吃肉的能力并非老天爷的免费奖赏，而是人类甘愿在老年承担患病的风险，才换来这种代价高昂的适应能力。

如果从现在起改吃素，我们就可以远离老年罹病的危险吗？答案是“不行”。因为既存的遗传基因不会消失，吃素不是真正的解决之道。



推测是能人敲碎骨头时使用的奥都威工艺石器。

人类可以喝牛奶吗？

我从来就不喜欢喝牛奶，小时候会把学校营养午餐里的牛奶带回家给妹妹喝，就算在家必须喝牛奶也是憋着气一饮而尽。班上的同学总是取笑我，我因为不喝牛奶才长得又黑又矮。的确，喜欢喝牛奶的人好像皮肤都很白皙，个子也都很高。于是，整个世界都在鼓励我们要多喝牛奶，在美国甚至有好一阵子流行“来杯牛奶吗”系列广告，广告商找来一群赏心悦目的明星，让他们嘴上沾着牛奶沫，鼓励人们多喝一口牛奶。

每到夏天，很多人就会想吃冰激凌，在盛夏酷暑时舔上一口香甜柔滑、冰心沁凉的冰激凌，那种感觉比吃尽山珍海味更幸福。不过有些人喝牛奶或吃冰激凌就会觉得难受，出现恶心反胃、腹部胀气、拉肚子甚至剧烈呕吐等症状。其实这些症状都是牛奶造成的，因为牛奶含有一种叫作乳糖的碳水化合物，而有些人体内正好缺少能够消化这种物质的乳糖酶。

这种被称为乳糖不耐受或乳糖酶缺乏的症状，在美国被认为是非裔美国人才会有的“疾病”。这种病无法根治，即使试着每天喝一点牛奶，身体也无法适应。就算每天喝很多，这些症状也不加重。不过，只要服用含有乳糖酶的药，为身体提供分解酶，就可以消除这些症状。如果需要这样做才能喝牛奶，则对不能喝牛奶的人真的有益吗？

爱喝牛奶的成年人真奇怪

在美国，长期以来，乳糖酶缺乏被认为是一种异常，甚至是一种疾病。不过人类学学者提出了质疑，他们认为比起那些不能喝牛奶的成年人，喝完牛奶还能安然无恙的人才“不正常”。

从医学的角度来看，乳糖不耐受并非疾病。人类是哺乳动物，每个人身上都带有可以制造乳糖酶的基因，所以我们才能消化母乳。宝宝出生后，在靠母乳提供营养的这段时间，制造乳糖酶的基因运作最为活跃。到了断奶期，幼儿体内的乳糖酶会开始逐渐减少；儿童对成人食物

的依赖程度越高，乳糖酶的制造量会变得越少，取而代之的是其他消化酶。长大成人后，制造乳糖酶的基因便会停止活动，这使得成人无法正常消化牛奶。事实上，乳糖不耐受是人类长大后会出现的生理反应。

人类学学者将世界各地的饮食文化进行比较之后，认为乳糖不耐受没什么特别研究的，反而应该研究成年后还能喝牛奶的“乳糖酶耐受性”。大规模调查结果证实，人类学学者的论点没有错。世界各地可以喝牛奶的成年人，不到总人口数的10%，包括亚洲、非洲、欧洲的大部分地区，这说明地球上的大多数人仍遵循着“正常”哺乳动物的生长步调。

唯独在某些地区，可以喝牛奶的成年人占绝大多数。这些地区分别是欧洲的瑞典和丹麦、非洲的苏丹以及亚洲的约旦和阿富汗。成年后还能继续制造乳糖酶的人，在这些地区的总人口中占比高达70%~90%，或许只有在这些地方的人才能说“喝牛奶会拉肚子的人不正常”。

过去1万年内出现的“牛奶突变”

这些成年后还可以喝牛奶的人，他们的居住地有一个共同点，就是当地的畜牧业与乳业都有相当悠久的历史，牛奶及乳制品也是当地人的主要食物之一。因此，学者认为这些人可以喝牛奶的能力，与畜牧业和乳业有关系。

多数人会理所当然地认为，每天喝大量的牛奶，消化牛奶的能力应该更好。但这种程度的推论毕竟只是一种假设，在缺乏科学研究的情况下，无论这听起来多么有说服力，都不能算是一种合理、正确的解释。直到最近，科学家进行了相关的遗传学研究，才证实了这个假设的正确性。不出所料，那些成年后还能继续制造乳糖酶的人，都发生过乳糖酶基因突变。

太无聊了吧？简直理所当然到令人失望。但实际情况并没有这么简单，甚至可以说，这是运用科学来完成人类学研究的完美例子。令人惊讶的是，成年人体内制造出乳糖酶是一种单一现象，但造成这种现象的基因突变不是单一的。举例来说，在瑞典发现的基因突变与在非洲苏丹观察到的基因突变相比，两者的核酸序列并不相同，这说明造成两地成

年人基因突变的原因并不是人口迁徙，瑞典人没有搬到苏丹，苏丹人也没有搬到瑞典。相反，住在这两个地区的人分别发生了乳糖酶基因的突变，却导致了相同的结果——人类成年后还可以喝牛奶。这种巧合实在非常奇特。

到底是基因突变发生在先，还是这些地区的人从事乳业在先，没有人知道。有人说：“可能是因为喝了大量牛奶，才促使体内产生乳糖酶的吧。”这个推论暗示了乳业的出现应该早于基因突变。于是，遗传学学者与人类学学者开始探究乳糖酶基因发生突变的时间点。新石器时代以后，欧洲才开始出现乳业。如果新石器时代的欧洲人身上已经发生了基因突变，就说明畜牧业与乳业是后来才发生的；相反，如果当时还没有基因突变，就意味着畜牧业与乳业的出现造成基因突变的可能性更大。

2007年，德国美因茨大学与英国伦敦大学组建的研究团队成功地从新石器时代（乳业出现之前）的人骨化石中提取出古代DNA。从破碎以及有可能受到污染的化石样本中提取出DNA，是一件难度非常高的事，不过近年来的遗传学技术已经进步到连基因组合都能有效解读。结果并没有发现乳糖酶基因的突变，如此说来，造成基因突变概率增加的时间点，就在乳业出现后的1万年内。

为什么喝牛奶的人类变多了？

研究结果显示，畜牧业与乳业的出现造成基因突变概率增加的“假设”是正确的。然而从人类进化史来看，乳糖酶发生基因突变才1万年的时间，某些地区可以喝牛奶的人口就已经达到九成，这说明消化牛奶的能力在很大程度上受到自然选择的影响。如此迅速且大规模的基因突变，表明发生突变基因的人必然比没有发生突变的人繁衍出了更多后代。反过来说，比起那些可以喝牛奶的人，不能喝牛奶的人可能寿命更短，或是没有繁衍出更多子孙。

牛奶到底含有什么重要成分影响了人类的生死？目前有几种假设。有人认为，喝牛奶让人长高。大量饮用牛奶的北欧人个子的确比较高，但不能确定是否只是因为喝了很多牛奶，才造成他们长得这么高。尚未有研究清楚地指出牛奶中的哪种成分让人长得更高、更壮。高个子是否具有进化上的优势，目前也没有办法证实。

也有人认为，牛奶提供了钙与蛋白。但若是为了获取钙与蛋白，人类完全可以将牛奶制成更易消化的乳酪或酸奶来食用（在发酵过程中，牛奶的乳糖会转化为易于消化的形态）。若能通过“人工”的方式让人类更容易摄取这些营养物质，则有必要非得通过基因突变这种“生物学”途径吗？中东地区的乳业虽然发达，但成人发生乳糖酶基因突变的概率，与北欧相比其实并没有那么高，这可能与当地人常以乳酪或酸奶取代牛奶的饮食习惯有关。

还有人认为，牛奶含有维生素D。维生素D可以帮助人体吸收钙，是十分重要的营养元素，也是人体唯一能通过晒太阳来自行制造的一种维生素。北欧阳光少，日晒不足，这个假设乍看似乎很合理，但观察其他地区的状况，我们就能发现其中的破绽。比如，在日晒相当充足的非洲苏丹，发生乳糖酶基因突变的成人占比也很高。

结果，我们依旧没能找到牛奶中左右着人类生死的神奇成分，只留下无数的假设与推论。直到现在，我们仍然不知道原因，只能津津有味地吃着牛奶冰激凌。

人类、牛奶与乳牛，三者共同变化

在过去的1万年里，人类受到基因突变的影响，逐渐进化出成年人也能喝牛奶的体质。但改变的不仅是喝牛奶的人类，牛奶本身也被改变了，甚至生产牛奶的乳牛也变了。如同我们现在吃的白米，与野生稻米的味道完全不一样，通过改良品种，乳牛分泌出的牛奶味道变得更接近人类母乳，更适合人类饮用。结果，为了将牛奶的味道调整成适合人类的口味，乳牛的基因也被改变了。虽然也有人指责“牛奶是给小牛喝的，不该给人类婴儿喝牛奶”，但真正倒霉的可能是那些牛宝宝，它们只能被迫喝着适合人类口味的牛奶。

20世纪60年代，部分科学家认为，人类从新石器时代起，随着农业和文明的发展而逐渐停止了进化。因为现代人类的身体与1万年前相比，似乎没有任何改变。然而，遗传学与人类学的研究证明了人类的进化依然在继续着，而且速度比过去500万年内还要快上许多（参见第22章）。

来杯牛奶吗？

“来杯牛奶吗”是美国过去20年来相当成功的广告。广告商还请来因电影《X战警》走红的演员休·杰克曼、流行歌手蕾哈娜等明星代言，鼓励人们多喝牛奶。无论是大人还是小孩，只要看到广告，就好像一定要喝上一杯牛奶。这在不能喝牛奶的人眼里，反倒有点令人啼笑皆非。

从16世纪到18世纪，再到19世纪中期，这两波欧洲移民潮将奶制品经济带进美国。诚如本章所述，这些北欧来的移民大多拥有可以制造乳糖酶的基因，但事实上，美国大部分的成年人有乳糖不耐受。随着这些人登上主流社会的舞台，喝牛奶也变成了一种主流文化。相较之下，不能喝牛奶似乎就显得有些“土气”了。到了20世纪初，牛奶也在不知不觉中被世人公认为美国饮食文化的一部分。

有趣的是，喝牛奶的行为也变得越来越国际化。走进麦当劳和星巴克，我们可以发现它们通过营销与包装，让人们觉得喝牛奶是一种“进步”与“西方化”的表现。韩国过去也曾公开鼓励国民多喝牛奶，但在20世纪90年代，全世界牛奶消费量增加速度最快的国家其实是中国与印度。这两个国家中绝大部分成年人无法正常消化牛奶，以多元且丰富的饮食文化为傲的他们，到底为什么都要喝下无法消化的牛奶呢？

寻找白雪公主的基因

夏天来临时，电视上的化妆品广告个个都在强调美白肌肤的效果。只要做好保养，人类的肌肤就真能变得像雪一样白皙吗？当然不是。肤色来自每个人的遗传基因，在某种程度上是与生俱来的。虽然日晒会有影响，但无法完全改变我们天生的肤色。皮肤的颜色取决于皮肤中的黑色素数量，这在历史上引发过许多极具争议性的事件，也让某些人长期处于折磨与苦难之中。

肤色在人类学中也是一个极度敏感的议题，长久以来，它都被当作区分黑种人、白种人、黄种人等不同种族的标准。然而到了20世纪60年代，劳瑞·布雷斯（C. Loring Brace）和弗兰克·利文斯敦（Frank Livingstone）等生物人类学家开始对这种分类方法产生怀疑。他们了解到人类的皮肤颜色仅与紫外线强度有关，并不是什么特殊的区分标准。1962年，利文斯敦发表了一篇题为“不存在的人类种族”的文章，其中引述了那句名言：“人类没有种族，只有生态圈。”

摊开世界地图一看，各地区紫外线照射强度不同，当地人的肤色也不尽相同。日晒多的地方，人的肤色偏黑；日晒少的地方，人的肤色偏白，其中当然还有不同日照光谱下的各种肤色。换句话说，人类的肤色只是适应环境的结果，而非固有的必要特征。所谓的“人种”在生物学上并不具有实质意义，都是社会结构的产物。如此看来，那些围绕肤色打转的议题，好像也没有必要再继续争论下去。然而，在肤色的谜团尚未被完全解开之前，又有复杂的问题接踵而来。

“汗毛”茸茸的人类

哺乳动物身上有毛，是为了保护身体。毛发可以保护皮肤不受紫外线伤害，还能裹住一层不流动的空气，帮助维持体温。天气寒冷时，毛发就像一件御寒大衣；天气炎热时，毛孔附近的肌肉会放松，使毛发下垂，有利于散热。多亏毛发的保护机制，哺乳动物才能在不同的环境里生存。

照这样看来，人类真的很奇怪，没有如大象那般粗厚的皮肤保护身体，也没有浓密的毛发覆盖全身。有些住在洞穴里一辈子不见天日的啮齿动物，不是也没有长毛吗？但是在每天生活在阳光下的哺乳动物中，唯独人类没有毛发或羽毛，全身光溜溜的。

人类并非真的完全没有长毛。与其他身材相近的哺乳动物一样，我们的皮肤上也长有差不多数量的毛孔以及差不多数量的毛发。只是这些毛发变成了短小的浅色汗毛，才会看起来像是没长毛。毛发的数量没有减少，只是种类改变了，这才让人类看起来如此赤裸。

那么，到底为什么，又是从何时开始，人类的毛发变成了汗毛呢？最有可能是人类开始大量吃肉之后。曾以草食为主的早期人类，在250万年前开始对高脂肪、高蛋白质的食物产生兴趣，虽然只是将其他野兽吃剩的骨头敲碎，食用其中的骨髓，但也因此让头脑与身材逐渐增长，人类开始打造出像样的石器，能够进行狩猎（参见第5章）。

毛发浓密的野兽主要在傍晚与清晨猎食，如狮子。提到狮子，大家脑海中是不是会浮现出公狮霸气的鬃毛与全身充满光泽的毛皮呢？它看上去的确威风十足，但拖着这身毛皮，在大白天里能行动自如吗？想象一下自己披着皮草在烈日下的草原上全力奔跑，一定会热到筋疲力尽。所以，狮子才会在大白天张着嘴巴，持续呼出热气以调节体温，如同天气炎热时伸出舌头气喘吁吁的狗。狮子光是站着不动就够难受了，根本无法以65千米的时速全力追捕羚羊。

人类正是看到这一点，才会在野兽无法行动的大白天外出寻找猎物。如果人类也全身覆盖着毛发，又将如何呢？人类可能就会像狮子一样，在大白天里变得懒洋洋的，只想先找块凉爽的树荫休息吧。

赤裸的人类与黑皮肤的诞生

假设一次偶发的基因突变，让人类褪去一身浓密的体毛，当汗水在光滑的皮肤上蒸发，体内的燥热也随之消散，发生这种基因突变的人类便神奇地征服了白天炎热的非洲草原。

不过事情总是有利有弊，优点的背后常隐藏着意想不到的缺点。基因突变让人类可以通过流汗调节体温，也让人体对水的依赖性越来越

大。想在逐渐干燥的非洲大陆上获得可饮用水绝非易事，在何时、何地可以找到水源，是十分珍贵的信息。除了水源的地点和季节性变化，如何在取水的途中避开危险，并将这些知识和经验储存在记忆里传给下一代，变成了一件非常重要的事。

紫外线照射也是个大问题。失去了可以抵挡紫外线的浓密毛发，人类的皮肤等于直接暴露在紫外线中。除了让人晒伤、得皮肤癌，紫外线甚至会破坏血液中的叶酸，导致产妇生下畸形胎儿的概率升高，而这意味着繁衍后代的成功率降低，从人类进化的角度来看是相当不利的。在这样的进化压力下，人体的皮肤必须生成能够适应阳光并有效阻隔紫外线的机制。

人类皮肤中有一种特殊的“黑色素细胞”，负责制造黑色素以阻隔紫外线。皮肤中的黑色素越多，肤色就越深。人类用可以畅快流汗的皮肤交换浓密的体毛之后，必须有深色的皮肤才能存活下去，这也是为什么科学家认为最早出现在非洲的人类应该都拥有极深的肤色。不过，有毛发保护就不需要黑色素，所以毛发浓密的动物通常是浅色皮肤，就像人类的头皮一样。

如果按照这个理论，最早拥有光滑皮肤的人类是黑皮肤的话，那么所有人类都应该是黑人才对。然而，不用我说你也看得出来，全世界人类的肤色并不都是黑的，有些人的肤色就变浅了。那么，像白雪公主那样如雪般白皙的皮肤到底是从哪里来的呢？

找回白皙的皮肤

当人类祖先离开阳光炙热的赤道地区，开始向外迁徙至世界各地时，有的人来到了日晒较少的北方地区，就此定居下来。人类大规模迁徙的时间点，正是在冰河期与间冰期反复交替出现的时候。在这段时期，天空绝大多数情况下都密布着乌云。既然阳光很少露脸，人们就无须阻隔紫外线，人体也没有必要制造黑色素。但皮肤变白并不只是因为不需要黑色素，即便人体不需要继续分泌黑色素，皮肤也没有一定要变白的理由，而是应该处于不再加深的状态。

然而，肤色不是一种选择，而是一种必需，因为这关系到人类的生死存亡。如同在阳光强烈的地方必须有黑色素才能生存，在阳光稀少的

地方，黑色素反而需要消失。阳光稀少代表紫外线照射不足，但人体必须吸收适量的紫外线才能自行合成维生素D。维生素D有助于人体吸收钙，缺钙则会导致骨质疏松或骨骼变形。长期缺乏维生素D，或在成长发育期没有补充足够的维生素D，人类就有可能患上软骨症。

虽然骨骼不健康并不致命，但对怀孕的女性来说，脆弱的骨骼恐怕会引发严重问题，例如分娩时骨盆变形，这将严重威胁产妇与胎儿的性命。面对这样的情况，人类必须找回白皙的皮肤，好吸收更多的紫外线。

有人将世界“肤色基因分布”资料按照纬度高低整理成一目了然的图表。赤道附近一年到头阳光充足，当地人有足够的紫外线来合成维生素D；温带地区阳光照射不足的时间大概是一个月，寒带地区则是一整年都缺少阳光。而各地区居民皮肤中的黑色素浓度，刚好与紫外线照射的强弱一致。

发现肤色基因的历史其实并不长，直到1999年，科学家才首次发现制造黑色素的基因，接着又陆续发现了造成白皮肤的基因和造成黑皮肤的基因。到目前为止，我们已找到十几种决定人类肤色的遗传基因，如雪一样白皙的肤色，正是由其中一种基因造成的。

更有趣的是，这些基因分布的实际情况在世界各大洲都不太一样。虽然黑皮肤都出现在赤道附近，但居住在西太平洋上的波利尼西亚人，其肌肤的彩度和明度都与住在赤道圈上的非洲人不同；住在欧洲的白人与住在亚洲的白人，他们的肤色基因排列方式也不尽相同。即便是居住在同一条纬线上的人，也会因移居时间长短，以及平时饮食摄取的维生素D量等让肤色基因有不同的表现。

2015年，遗传学家大卫·里奇（David Reich）与哈佛研究团队发布了一份令人意外的研究结果，证明欧洲人变为白皮肤的基因突变，其发生时间距今不超过5000年。当人类祖先走出非洲留在紫外线骤减的欧洲，想要活下去就必须舍弃皮肤中的黑色素。这样看来，白皮肤的突变若不是发生在百万年前，也该在数十万年前人类移居到欧洲时就发生了。难道现代人类是最近才迁徙到欧洲的吗？就算是保守估计，肤色基因突变最早也该发生在数十万年前的尼安德特人身上。5000年的时间实在短到令人意外，究竟发生了什么？

突变之所以会发生得这么晚，有人认为这与农业的出现有关。在人类学会农耕之前，即便居住在阳光不足的地区，就算人体无法自行合成维生素D也无妨。这是因为我们每天可以从植物、海产品和肉类等各种食物中摄取丰富的维生素D。然而进入农业社会后，人们开始以农作物为主食，对加工谷物和淀粉的依赖度也逐渐提高。饮食习惯的改变造成营养摄取不均衡，包括维生素D不足。一旦无法从食物中获取足够的维生素D，人体只好另寻他法，那便是黑色素细胞突变。当黑色素细胞变得不那么活跃，黑色素的分泌减少，紫外线吸收增加，维生素D更容易生成，这对人类更为有利。

过度防晒没好处

欧美人很喜欢日光浴，甚至有一阵子很流行去助晒沙龙照日光灯。当科学研究发现过量紫外线对人体有害时，人们才意识到防晒的重要性。但这也让日光浴爱好者开始担心自己有罹患皮肤癌的危险，因而大量使用防晒霜或采取各种防晒方法，甚至到了有点夸张的地步。2000年，美国疾病控制与预防中心发出警告，很多人因过度防晒而产生了维生素D摄取不足的现象，并建议人们多摄取富含维生素D的食物，如牛奶和鸡蛋。即使原本是有益的事，做过头的话也会变成坏事。如何适当拿捏防晒分寸，还真是不容易呢！

08

祖母是大艺术家

长寿之人在过去相当罕见，因此长寿被视为一种祝福。在20世纪初的韩国社会，花甲（60岁）寿宴仍算得上是整个村庄的大事。然而，现在人们几乎很少再大肆庆祝六十大寿，取而代之的是八十甚至九十大寿。

随着医学进步，人类寿命持续延长，似乎每个人都乐观地期待“百岁时代”的到来。然而在这个普遍长寿的时代，也并非只有光明的一面。古人梦寐以求的长命百岁如今不再是一种祝福，反倒成为一件令人忧心的事。老年人清楚地意识到，即便寿命有所延长，自己的身体也无法再像年轻时一样健康。在韩国有一句“9988”的口号^[3]，本意是祝愿人人都能“生龙活虎地活到99岁”，但如今听来不像是一种希望的象征，反倒似乎是在提醒人们，衰老是人人都无法逃脱的命运。老年人的健康也不只是个人问题，体弱多病的长者肯定需要年轻一辈的照护，久而久之难免会引发社会经济问题，这也是为什么会有这么多关于社会福利与医疗保险的争论。

我们不禁想问，既然长寿有这么多弊端，人类为什么还要活得久呢？在人类老化的过程中，有什么必然因素是我们没有注意到的吗？

变成问题“老年人”？

在20世纪初，生育率与死亡率都很高（很多人出生，但是都活不到老年），人们的平均寿命很短。特别是幼儿的死亡率极高，很多新生儿出生没几个月就夭折了，因此在韩国的传统习俗中，人们即便知道对方怀孕也不会随意恭贺，宝宝出生后也要等100天才庆祝。类似的习俗也出现在尼日利亚、日本、汤加和夏威夷。婴儿出生满一周岁后，死亡率便会下降；到了断奶期，死亡率又会开始升高（因为婴儿开始吃母乳以外的食物，被病原体感染的风险增加）；等到孩子长成青少年，才算进入相对稳定的成长阶段。成人后，年轻女性因为怀孕与分娩，年轻男性因为各种意外事故，死亡率都很高。中年人的死亡率再次升高，则是因

为罹患各种疾病。

如上所述，人的一生之中可能会经历许多“生死关头”。平均寿命增加，意味着更多人从这些意外与疾病中存活下来。随着现代文明发展，战争越来越少，各种交通事故的发生率越来越低，医学进步让女性怀孕分娩更安全，许多疾病与感染也被排除于死因之外，人类的平均寿命因此得以延长。

由于生育率提高、死亡率下降，因此世界人口数量在21世纪末出现爆炸性增长。多数工业国家的人们不再生那么多孩子，毕竟每个孩子健康长大成人的概率已经大幅提高，这造成生育率和死亡率都呈现下滑趋势，也让人类在进化史上第一次迎来世界人口老龄化的局面。

客观来看，高龄人口数量快速增加是医学与科技进步的直接结果。事实上，原因并非如此简单。在科技飞速发展之前，老年人（即祖父母辈）的数量就已经出现逐渐增加的迹象。人类的寿命在某种程度上受到遗传基因的影响，长寿的人往往来自长寿的家族。最近，科学家也发现了好几个与长寿有关的特定基因。这是否意味着长寿有可能是一种进化的结果呢？

这个假设乍看十分合理，因为活得久算是一件好事，但细究下去，我们会发现有些矛盾之处。如果说人类的某种特征“对进化是有利的”，那么此种特征必定有利于繁衍后代。换言之，长寿若对人类的进化有利，那它必定有助于繁衍子嗣。然而，人类女性在50岁左右便会停经，不再规律地排卵，也无法再次怀孕。就进化的“效率”而言，这种无法繁衍后代的状态似乎没有必要持续太久。事实上，大部分的雌性动物终其一生都有能力受孕并产下后代，只有少数在过了更年期后不久便会死亡。人类女性在这种状态下，依旧能维持10至15年身心健康的老年生活^[4]。这与哺乳动物的平均寿命相比，实在是不可思议。

于是，美国犹他大学的人类学教授克里斯滕·霍克斯（Kristen Hawkes）提出了“祖母假说”（grandmother hypothesis），并主张“老年人能够在繁衍子孙上提供间接帮助”。过了更年期的女性（祖母）虽然无法产下新的后代，但她可以照顾家庭里年纪最小的成员，提高后代子嗣的存活率，确保自己的基因被保留下来。如果这个假说成立，就意味着女性过了更年期之后，老化的速度必须得缓一缓才行，而该假设与人类

女性在停经后的实际行为相当一致。

人类从何时开始变得长寿？

“祖母假说”从进化的角度说明了长寿人类出现的契机，那么在进化史上，最早的“老年人”是在何时出现的呢？“祖母假说”的支持者认为，最早的长寿人类应该出现在200万年前，也就是直立人出现的年代，理由是直立人的体形和头颅明显比较大。

一般来说，灵长类动物若要使体形变大，势必需要更长的生长期。直立人长得比早期人类高，脑袋也比较大，表明他们成长的时间延长了，或是老化的速度变慢了，有更多的时间长“大”。

“祖母假说”若是成立，年长女性的体力和生活能力就必须维持在一一定的水平，要是太快变老，就无法照顾子孙了。人类学学者认为，拥有大脑袋与高大体形的直立人相当符合这种条件。此外，这个时期的人类已经会使用工具挖掘植物块茎，由于祖母们无法再外出打猎，因此这很有可能就是她们协助照顾子孙这一行为的证据。

但是“祖母假说”存在一个很大的问题，那就是科学家无法通过考古学或现代人口调查来验证它的真实性。实际调查世界各地的人类活动，比起那些没有执行“祖母功能”的女性，会照顾子孙的女性并不一定繁衍出特别多的后代。此外，科学家也曾通过化石测定直立人的死亡年龄，试图推算长寿人口的多寡，但这使事情变得更加复杂了。在发育阶段就死亡的个体化石比较容易推测出年龄，发育成熟的个体化石反而难以估算年龄。因为牙齿与骨头在每个发育阶段的变化都相当显著，所以一旦发育成熟就几乎不会再有太大改变，若以此作为区分年龄的指标，则会因为个别情况差异过大而产生误判。举例来说，即便测定出某个化石的主人患有关节炎，但有的人在50岁患有关节炎，也有的人在30岁就患上关节炎，我们也只能推测此化石主人的年龄在“30岁以上”。这是对“祖母假说”的巨大挑战。

因此，我与美国中密歇根大学的瑞秋·卡斯帕里（Rachel Caspari）教授，决定采用一种新方法进行研究。既然无法测定出准确的年龄，那么我们何不将重点放在界定年龄的区间上？我们将古人类化石区分出相对明确的“青年期”与“老年期”：青年期以第三大白齿（智齿）萌发的时

间点作为基准，该时期的人体已发育成熟并且可以生育；老年期则是以牙齿磨损程度达到青年期的两倍作为区分。举个例子，假设有一个已经18岁并长有第三大臼齿的人，按照此基准就将他归为“青年期”，再假设他可能生了一个孩子，当这个孩子长至18岁有能力繁衍下一代时，他便有机会照顾自己的孙辈。这就是为什么我们将老年期牙齿的磨损程度定为青年期的两倍。在无法准确测定年龄的前提下，若勉强接受其中的误差，则只会造成研究结果失去可信度，倒不如使用更符合资料特征的方法来进行研究。

我与卡斯帕里教授一共收集了768个古人类的牙齿化石，其中混杂着南方古猿（包括傍人）、直立人、尼安德特人与旧石器时代晚期的欧洲人（智人的其中一支）。然后将它们按物种分类，再分别计算出老年期与青年期的人口比例（即“OY值”），观察老年人口与青年人口是否在不同的时期和不同的群体中发生变化。OY值等于1时，代表老年人与青年人数量相当；数值大于1时，代表老年人口较多；数值小于1时，代表青年人口较多。这个数值从南方古猿时期（约400万年前）开始持续增加；到了直立人时期（约200万年前），数值大幅增加；到了尼安德特人时期（约20万年前），数值更高。

研究结果显示出惊人的事实：认为人口普遍老龄化始于直立人时期的“祖母假说”，其实有一个论述上的缺陷。在人类整个进化史中，老年期的人口比率呈现逐步增长的趋势，但OY值出现急剧增长的时间点（可视为老年人首次出现）并不是在直立人时期，而是在旧石器时代晚期。

在从南方古猿到尼安德特人这段时间里，无论OY值再怎么增加也无法大于1，这说明老年人的数量始终低于青年人。可是到了旧石器时代晚期，这个数值却大于2，表明老年人口超过了青年人口的两倍，出现了爆发性增长。

考虑到旧石器时代晚期开始出现了丧葬习俗，造成坟墓遗址增多，所以我们将坟墓遗址中出土的骨骼资料排除后，重新进行了一次分析。我们怀疑埋葬行为的兴起，造成了比较多的老年人骨骼化石被发掘。但重新分析的结果仍然不变。人类的寿命到了智人时期（比直立人晚200万年左右）才开始延长，“人类拥有祖父母”的生活也渐渐变得普遍。

发展艺术文化的老年人

有趣的是，以现代智人为主角的旧石器时代晚期，在文化上出现了革命性变化，与之前任何时期的人类文化皆不相同。就在老年人口数量大幅增加的同时，前所未见的壁画艺术与符号文化也开始蓬勃发展。难道这纯属偶然？我认为两者之间必然存在某种因果关系。艺术与符号不仅和抽象的思维能力有关，而且有携带并传递信息的实质功能。随着符号的兴起，知识的传播在这个时代也变得重要起来。

巧合的是，长寿也有助于知识的传播。人类能够活到照顾子孙的年纪，表示三代同堂的机会增加。相较于只有两代人共存，前者可以汇集并传递更早、更多的知识。如果两代人能分享的知识范围大约是50年，则三代人可以分享75年来累积的庞大知识量。如此说来，老年人成为知识传递与分享的契机，在艺术与符号的诞生中有可能扮演了推波助澜的角色。

最后，我再补充一个有趣的现象作为本章结尾。从旧石器时代晚期到现代，人类的平均寿命与老年人口数量虽然持续增加，但有一个重要的事实没有改变，即共存于同一个时代下的世代数量。在平均寿命只有50岁的年代，祖父母只能活到孙辈成长至某个阶段，说明当时是三代同堂。而后，人类的寿命大幅延长，以平均寿命75岁来看，曾祖父母应该可以活着看到曾孙长大，换句话说，现在应该是四代同堂。但事实却不然，如今某些人活到70岁，可能连孙子都没抱上，更不用说曾孙了。会变成这样，主要是因为现代人结婚及生育都比过去晚。

百岁时代即将到来，人类却依旧维持着旧石器时代晚期的家庭组成形态。从某个角度来看，或许我们并没有比过去的人“活得更久”，只是“活得比较慢”。也就是说，“慢活”时代早已在不知不觉中来临。

人类到底可以活多久？

从生物学的观点来看，即便已进入了百岁时代，也不代表人类可以活得更长久。所谓“绝对寿命”并非由事故或疾病等外部因素造成，而是指自然衰老、无病而终的死亡年龄。无论生物医学如何进步，人类的寿命都是有限的。

那么，人类的最长寿命到底是多少岁呢？这个问题现在还没有肯定的答案。目前，最长寿的纪录保持人是1997年以122岁高龄去世的法国妇人珍妮·卡尔芒。若将她排除在外，其他前100名长寿者的年龄，全都在114至119岁之间。而在这些人之中，有机会打破纪录的人有8名（以2015年5月23日的维基百科资料为基准）。这些资料间接证明了一件事，那就是无论医学技术多么发达，人类的绝对寿命也没有增加的趋势。所谓的百岁时代，并非意味着人类的绝对寿命得以延长，而是指会有更多的人类活到100岁。

农业使人类更富足？

在东方和西方社会，农业都让人联想到富足丰饶。农业在东方文化中十分受重视，才会有“农者，天下之大本”这样的说法。数百万年来，人类在大自然里捕捉食物，直到距今约1万年前，人类才懂得耕种作物与饲养家畜。人类可以持续地生产出食物后，过上了安逸富足的生活。相较于每天四处奔走寻找食物才得以勉强糊口的“原始”生活，农民即便如培养兴趣般悠哉地耕种，也足以养活一家老小。有了闲暇时间，人类开始对生活中的其他事物产生兴趣，进行了一些发明创造。因为无须再逐食物而居，所以人们开始定居，并形成群落。物阜民丰也让疾病远离，人类变得更健康、更长寿，都市文明就在这样的氛围中蓬勃发展起来。这一切全有赖于农业的出现，至少长期以来我们都是这么认为的。

然而，这一切全都是我们的错觉。人类学学者在过去半个世纪里收集到的资料，完全推翻了我们对于农业的看法。

农业带来了富足与长寿？

过去，人类学学者曾采取同居观察的方式，深入非农业的“原始”社会展开长达数十年的田野调查。在20世纪50至70年代，针对南非卡拉哈里沙漠周边进行的人种志研究蔚为盛行，其中又以美国哈佛大学在20世纪60年代主导的“卡拉哈里研究计划”最具代表性。虽然这项以布希曼人为主要对象的研究，后来出现了一些片面且带有种族歧视的看法（例如，有人围绕一个可乐瓶引发的故事，拍摄出了电影《上帝也疯狂》），但通过扎实的研究成果，我们才开始了解到沙漠民族与狩猎者生活的真实样貌，以及许多从前不知道的惊人真相。布希曼人的生活比我们想象中的富足，虽然不至于每天吃喝玩乐，但他们的确是工作与休闲并重，不用为了寻找食物而饥饿地奔走，也几乎没有人营养不良或患上传染病。他们的生活并没有因为不从事农耕而变得艰辛。

那么，是因为发展农业，原本富足的生活才会变得更加富裕吗？其实也不尽然。人骨化石的研究结果显示，原本拥有健康身体的人类，在

适应了农耕生活之后，反而开始患上各种疾病，出现营养不良。

观察一个人的骨头与牙齿，就能得知此人的身体状况与病史。在发育阶段因没有摄取充分营养而导致的发育异常，都会留下痕迹。最明显的例子就是“牙釉质发育不全”。小孩长恒齿的时候若是营养不良，则会导致牙釉质发育不全，牙齿表面就变得坑坑洼洼，缺乏光泽。人类的恒牙一辈子只会生长一次，患有此病的人只好与发育不良的牙齿相伴终身。学者发现，人类开始务农之后，牙釉质发育不全的人数有明显增加的趋势，这说明，随着农业兴起，人类反而出现了营养不良的问题。

人类的身材也同样受到了农业发展的影响。科学家测量化石的长度后发现，农耕技术出现以后，人类的手臂与腿骨变得比以前更短，这意味着人类的身形在某种程度上萎缩了，这可能同样是因为饥饿与营养不良。

农业的发展造就了更为丰富多元的饮食生活，这种想法其实是错误的。反而是在那之后，人类摄取的营养元素更加不足，健康状况变得越来越不理想，甚至直到现在还有许多相关案例。非洲各国有很多营养严重失调的孩子，相信各位都看过他们肚子鼓胀的照片吧。这正是“恶性营养不良”的症状。这并不是因为热量摄取不足，而是蛋白质摄取不足。简单地说，这是一种每天只吃米饭等淀粉食物才会引起的病症，长期放任不管还会有致命危险。讽刺的是，若是热量与蛋白质同时摄取不足，反而不那么危险。

明明是吃自己亲手栽种的食物，为什么会引发如此严重的病症？从某方面来看，种植作物就像把财产投资在一只股票上，如果运气好，就能获得丰厚的收益，让所有人填饱肚子。但要是因为自然灾害导致农作物歉收，人们就得在第二年饿着肚子重新开始。相反，人类以前靠着狩猎过日子，四处寻找各种各样的食物，即便某种食物短缺，也可以找到其他食物代替，虽不能保证饮食无忧，但也不会发生大饥荒。

农业出现后，人类显然没有吃得更好，罹患疾病的概率也大幅上升，来看看蛀牙与牙周病的例子吧。早期农业社会的人们以谷物为主食，加水一起煮至熟软后食用，然而比起吃坚硬的食物，这种饮食习惯更容易引发蛀牙。现代人天天刷牙，看牙医也很方便，或许不觉得蛀牙有什么大不了的，但对以前的人来说，蛀牙是一种非常痛苦的疾病。牙

齿严重发炎会引发牙周病，除了掉牙，从牙龈滋生的细菌要是扩散到全身，还有可能致命。

农业社会的另一大特征，是定居的生活形态使传染病的传播变得更容易。当人们已经在某块土地上扎根，就算身边的人都因为同样的疾病而死亡，他们也无法轻易搬离那个地方。群居让人与人之间的接触更频繁，只要有一个人得了传染病，就有可能让全村的人都病倒，甚至波及邻村。相较之下，在以前那种四处迁移的生活状态中，一场传染病可能至多夺走几户人家的性命。

群居不仅让疾病传染变得更容易，而且隐藏了另一个危机。家家户户比邻而居，新的病患不断出现，导致病原体发展出前所未有的适应能力，变得更为致命。过去，病原体不会立即杀死宿主，而是采取长久共存的策略，唯有这样它才能活下去。如果一下子就将宿主杀死，则病原体本身也无法存活，所以染上疾病的患者不会那么容易死掉。现在，就算将宿主杀死，病原体也可以在附近立刻找到新宿主，于是开始进化出致命的毒性。

此外，某些农家会圈养家畜，这使得情况更为复杂。某些寄宿在动物身上的病毒开始进化出跨物种感染的能力，于是出现了人畜共患病。人类成为病毒首先攻击的对象，如今饱受着各种致命传染病的困扰，只能处处小心以求自保。

人口增长的大逆转

看到此处，各位是否会觉得，既然这样，世界人口数量应该会随着农业发展而大幅减少，但奇怪的是，人口数量反而激增。

造成这种现象的并不是死亡人数减少了，因为各种疾病相继出现，死亡率是向上攀升的。但相较于死亡率的增加，生育率的增幅更为显著，这才是人口增长的真正原因，而这份莫大的功劳的确要归功于农业的出现。

在狩猎社会中，每个家庭要等上四五年才会有新生儿诞生。等第一个孩子会走路了，再生第二个孩子，这样女性才有余力照顾刚出生的宝宝，毕竟同时照料两个小孩是一件非常辛苦的工作。那时候没有现代医

学提供有效的避孕方法，人类如何调整生孩子的“步调”呢？以前的人多半是靠自然避孕法，也就是宝宝的断奶期。女性在密集哺乳期间，排卵会因为泌乳激素增加而受到抑制，所以这种避孕法也叫作泌乳停经法。宝宝断奶后，妈妈的乳房慢慢地不再分泌乳汁，泌乳激素减少，经期和排卵期也会自然恢复规律。不务农的布希曼人哺乳期长达三至四年，女性等孩子完全断奶后才会准备再次怀孕，因此孩子的年龄差距是四到五岁。当人类改以谷物为主食时，婴儿副食品的出现改变了这一切。粥或米汤取代了母乳，这使幼儿哺乳期大幅缩短，女性的身体很快就可以再次怀孕。即使现在以每隔两年的频率来生孩子，妈妈也有余力照料他们。

生育率激增，人口不断增长，这都要归功于定居的生活状态、农业的出现与饮食习惯的改变。在进化生物学中，生物个体数增加，代表该生物成功地适应了环境。而所谓进化上的成功，就是指在成功适应环境后繁衍出更多的后代。

所以，农业最终还是引领人类走向了进化上的成功吗？真是太令人开心了。然而，暴增的人口导致了另一个悲剧。养活更多的人口，需要更广阔的耕地。在土地有限的情况下，人类自然会为了占领更多的土地而展开大规模战争。战争让死亡率攀升，能够打仗与开垦土地的人数同时减少，这就需要生下更多的孩子。女性只好背上背着宝宝，肚子里怀着婴儿，挺着大肚子努力耕种。

人口数量与产量都在不断提升，粮食与物资开始出现过剩的情况。为了妥善分配这些多出来的物资，农耕社会逐渐演变成高度复杂且分工极细的阶级社会，更进一步发展出城市、国家等灿烂的文明。你可以问，农业的发展，让人类离富足的生活更近了一步还是变得更遥远了呢？美国埃默里大学人类学教授乔治·阿尔拉戈斯（George Armelagos）就对人类文明的演进提出了异议，并指责农业为“人类历史上最大的错误”。

从遗传学角度重新评价农耕文化

虽然农业带来的影响与我们想象的不一样，既非全然有益，也不至于“最大的错误”。遗传学的发展让我们再次认识到农业的潜在价值，那便是造就了基因的多样性。农业发展使人口暴增，大幅提升了人类基

因的多样性，持续推动着人类进化。

基因突变在人们的印象中好像都是坏事，事实却不尽然。进化成功的定义，不外乎提高健康个体的繁殖率，将遗传基因尽可能复制并保留下来。基因在复制的过程中可能会发生突变，产生新的基因特征。如果这些新特征比旧特征更能适应环境，并带来繁衍的优势，就会被优先保留下来，这便是“自然选择”。因此，各种基因特征的突变，正是推动进化的基本动力。

突变的发生是随机的，假设每一千人中会有一个人发生突变，那么每一万人中就会有十个人发生突变。农业发展使人口数量增加，突变的数量会随之增加，人类基因的多样性自然也会增加。换句话说，突变为物种进化提供了更丰富的选择，人类的进化才变得如此活跃。归根结底，基因突变的源头正是农业的发展。

长久以来，有不少人认为文化与文明的进步相对阻碍了人类继续进化。然而农业作为人类重要的“文明”代表之一，让我们明白了文明的发展是如何推动了人类的进化，而人类至今仍以飞快的速度不断地进化着（参见第22章）。

如今，人类面临着另一种前所未有的文化现象——高龄人口数量急速增加。如果说文化会直接影响人类进化，那么，当前的老龄化社会势必也会以某种形式将全人类带往全新的进化方向。人类将会如何应对呢？

10

北京人与日本黑道的回忆

2009年的秋天，我受邀来到中国参加了北京猿人发现80周年纪念研讨会。论文发表后，我顺道参观了位于北京市西南侧，当初发现北京人化石的周口店山洞。我环顾洞穴，感慨万千，不仅因为这是古人类的重要遗址，而且因想起了10年前收到的一封奇怪的电子邮件，内容是某人请我一同潜入日本黑道组织。

当时，我正在日本神奈川县叶山町做博士后研究员，某天突然收到一封陌生人的来信，对方自我介绍说：“我是一名毕生都在调查黑道的记者。下周，他们将会举办一场入会仪式，你能否与我一同暗中潜入那个地方？”一开始，我感到十分困惑，为何他会找上我这个人类学学者去参与日本黑道的入会仪式？读完邮件后，我才恍然大悟。根据这位记者掌握的情报，有人会在入会仪式上展示北京人化石的真品，他需要一位专家来协助鉴别化石的真伪。我对此非常好奇，如果情况属实，这不但值得在古人类学的历史上记上一笔，数十年来扑朔迷离的重重谜团也能就此解开。

“我想潜入日本黑道的大本营”

北京人化石是在20世纪20年代于周口店出土的一系列人类化石，属于直立人中的一个亚种，与19世纪末发现于印度尼西亚爪哇岛的爪哇人化石共同证实了东亚大陆也有人属物种存在。这项挖掘研究以一颗臼齿化石为起点，直到1937年日本全面入侵中国才结束。1941年，第二次世界大战正在进行中，为了确保化石的安全，中国原本计划将化石运往美国，它却在渤海湾的秦皇岛码头上消失得无影无踪。

人类学学者为了找回北京人化石的真品，陆续展开了一连串追踪调查。他们对化石的下落提出了不同的猜想。有人说是被美国中央情报局拿走的，也有人说化石其实就在中国政府手上。2012年，某家报刊登了一篇报道，有证人声称自己小时候见过装有这些化石的木箱。该消息传出后在中国闹得沸沸扬扬。这位目击者后来与某位知名科学家取得联

系，科学家调查后得出结论：因为战争的炮火攻击，大部分装有化石的木箱极有可能已被摧毁。就算有少数木箱保留了下来，现在也已被埋在地下，而那片区域早就铺上了水泥，发展成了港口。不过，这种情况的可能性极小，所以不建议拆除港口进行挖掘。这个说法引起了高度关注，但截至2017年年底，尚未传出任何有新闻价值的报道。

坊间同样流传着诸多类似的“传说”，被日本黑道夺走的说法也是其中之一。作为一名人类学学者，确认这位记者的说法是否属实，理当是我分内之事。一想到有机会解开数十年未解的谜团，我既兴奋又紧张，于是给人在美国的导师发了一封电子邮件，想和他好好商量一番。他立刻回信：“绝对不行！”导师极力劝阻我，他认为这件事十分危险。因为不敢违抗他的意思，我只好回信拒绝了那位记者。胆小如鼠的我，连远在太平洋彼岸的导师的“命令”都不敢违抗，更不用说潜入黑道了。也许这真的超出了我的能力范围吧。

北京人是懂得控制火的坚强人类？

虽然消失的北京人化石至今仍未被寻回，但这不代表相关的研究中断了。德国解剖学家魏敦瑞（**Franz Weidenreich**）其实还留有这些化石的复制品，其精致程度几乎可以以假乱真，众多学者借此才能对北京人的生活方式进行持续研究。

北京的冬天非常寒冷，更不用说50万年前的冰河时期会有多冷。为了在如此严苛的环境中生存下去，北京人必须想出一些“文化性”的适应手段。于是，他们住在洞穴中，穿着暖和的兽皮和毛皮，甚至会生火取暖。

在周口店的洞穴中，人们不仅发现了北京人的化石，而且找到了圆形的灰烬和生火的痕迹，以及各种各样的动物骨骼与石器。此刻，你的心中是否浮现出这般景象：在风雪交加的深山中，一群人窝在温暖的洞穴里，生起篝火围坐成一圈，一边暖和冻僵的身体，一边吃着烤肉，一边叽叽喳喳地闲聊个不停。生活在周口店洞穴中的北京人，被认为拥有如此“人性化”的面貌，而这种印象也一直深深烙印在人们的脑海中。

随着科学家在中国及世界各地陆续发现了更多直立人时期的化石，他们对北京人日常生活图景的认识也产生了很大的改变，尤其是他

们“懂得控制火”这一点。遗迹中的确有使用火的痕迹，北京人“用过火”这一点毋庸置疑。但他们是否真的懂得保存火种，并且在需要时自行用火，我们无从得知。也有可能是在他们附近偶然间发生了天然火灾，他们趁机烤肉取暖。这两者之间的差别，可以说是决定北京人进化地位的关键。如果他们能够在需要时主动用火，并且可以自由地控制火，就说明他们的生活形态已经非常接近现代人类了。

纽约大学人类学系教授苏珊·安东（Susan Antón）对这个主题做了一些耐人寻味的观察研究。她认为北京人生活在周口店的时间点，并不是气候严寒的冰段^[5]，而是较为温暖的间冰段^[6]。她也对北京人化石的代表性提出了质疑，认为北京人不足以代表直立人，有可能只是因为某种特殊情况而意外葬身于周口店的个体样本。换句话说，她意指北京人是偶然间从外地来到周口店的直立人。数十年来，北京人一直被当作中国直立人的代表，现在却说很有可能是从别的地方来的，实在是相当讽刺。

那么，这个不住在北京的北京人究竟是谁呢？目前生存在亚洲大陆的现代人类（智人），大致可分为聚集在内陆的北方人与沿着海岸线分布的南方人。直立人的分布情况也是如此。北京人到底属于哪一个群体？他们是懂得用毛皮与火来抵御严寒气候的北方人，还是趁着间冰段，偶然来到东北亚寒冷内陆的南方人？过去的主流观点通常假设他们是北方人，但安东教授的研究结果也谨慎地显示出他们是南方人的可能性。

当然，这些都只是假设。无论是哪一种观点，至今都没有确切的证据可以证明。如同那消失的化石真品，曾经令我们坚信不疑的北京人身世，如今也陷入了重重迷雾之中。

下落不明的化石真品

最后来聊聊日本记者追查的北京人化石下落，为这一章画下句号。后来，在听说日本黑道有多么可怕之后，我着实吓了一跳，因此删除了所有相关的电子邮件，与那位连名字都想不起来的记者也断绝了联系。后来一直没有传出在日本发现北京人化石的消息，我只能猜测那场潜入行动以失败收场，又或许这根本就是错误的情报。原本一生中可能只有一次的刺激体验，最后就这样平淡地落幕了。

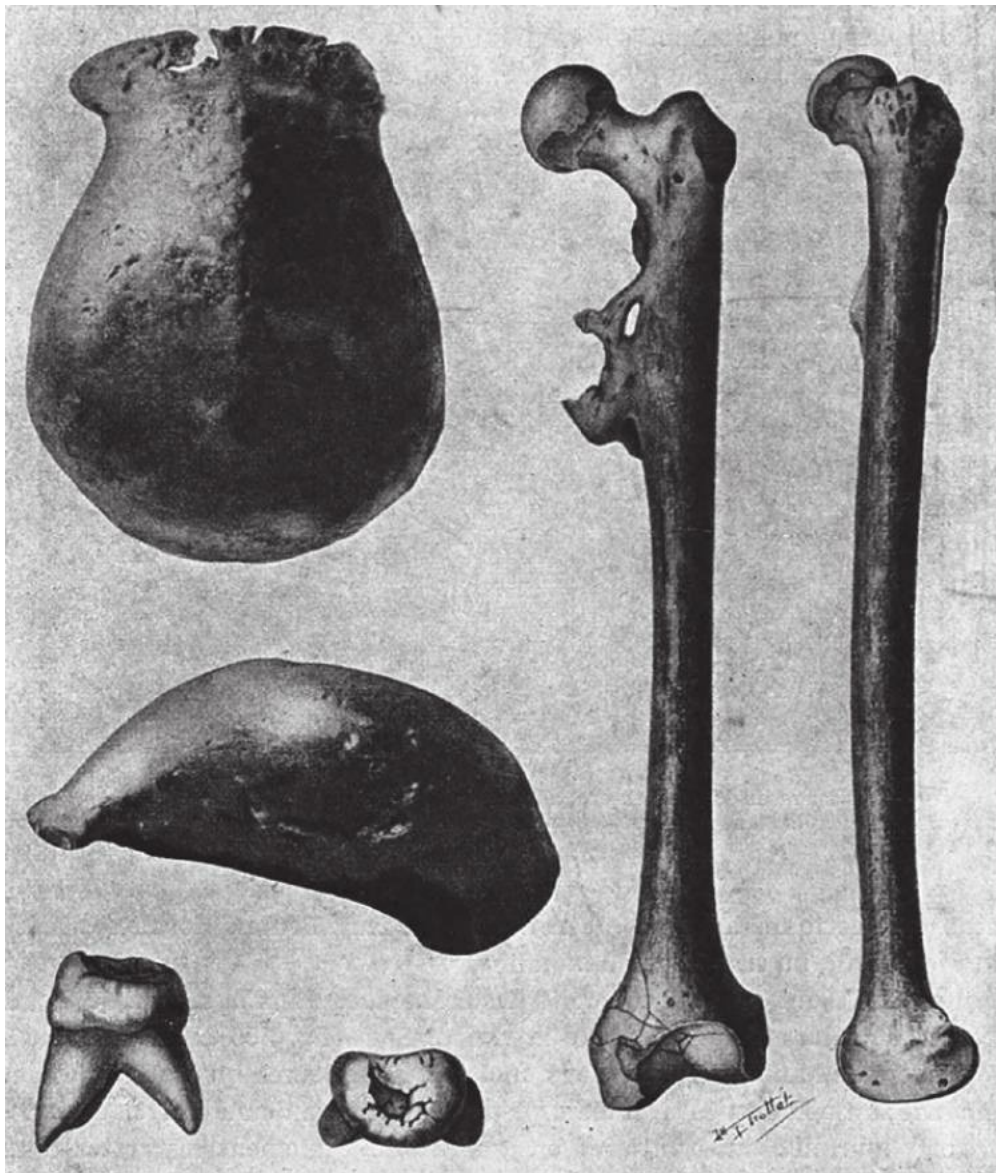
10年后，我站在周口店的洞穴中，脑海中隐约浮现出这些模糊又遥远的记忆。北京人化石现在究竟在何方？莫非真的在日本黑道的入会仪式上？还是早已被运送到了美国？又或许像喧嚣一时的报道所说，深埋在港口地下的北京人化石正独自凄凉地见证着战火后经济快速起飞的中国？50万年前，奔走在东亚大陆上的北京人，无论如今身在何处，想必都思念着故乡吧。在同种的直立人当中，他或许就是那位走得最远的旅行者。

“没有脸”的北京人与食人风俗

在人们对北京人的各种想象中，其实也有令人毛骨悚然的版本：“由于当时食物严重不足，他们偶尔会杀掉同伴来吃。”这种假设当然也不是空穴来风。因为在周口店的北京人化石中，很多只有头盖骨而没有脸骨。其实不单是北京人，在亚洲出土的古人类化石大部分只留下了包覆大脑的头盖骨，面部的骨头都消失不见了。

事实上，脸骨比较细小且容易碎裂，本来就不容易以化石形态留存下来。即便如此，也不会出现像北京人那样的极端状况，因为在欧洲与非洲出土的古人类化石，大多是带有脸孔的。那么，为什么在亚洲发现的人类化石没有脸呢？真的是因为他们有食人风俗吗？在风雪交加的寒冷深山中，为了生存下去，只好吃了另一个人吗？

前面曾经提到，食人风俗绝非人类饮食形态中的一环（参见第1章）。可能是有其他的原因，只是我们还未发现。另外，除了食人风俗，也有学者认为北京人极为凶残且具有攻击性。因为北京人的头骨较厚实，有可能是适应了打架互殴的生活而形成的骨骼特征。不过，同时期的人类化石在世界其他地区陆续被发现，这证实了厚实的头骨不只是亚洲直立人独有的特征。因此，无论是北京人会吃人，还是北京人爱互殴的说法，至今都尚未被广泛承认。



1891年在印度尼西亚爪哇岛发现的“爪哇人”化石画像。

11

挑战非洲堡垒的亚洲人类

目前世界上最高的建筑物，是位于迪拜境内的哈利法塔，总高度约为830米。然而有消息传出，中国有意挑战这项世界纪录，他们正在计划修建一座全世界最高的摩天大楼，预计高度838米，共有220层。更令人惊讶的是，他们宣称整个建造工程将在90天内完工，企图让这栋楼在高度与建造速度上同时刷新世界纪录^[7]。

如此追求世界第一的中国，其实还想打破另一项世界纪录——他们声称人类的祖先来自中国。前面几章曾多次提及，目前已知最早的人类是在500万至400万年前诞生于非洲大陆，如果将乍得沙赫人与图根原人也考虑进去，人类祖先诞生的年代甚至可以往前推至700万至600万年前，而诞生的地点同样是在非洲（参见第3章）。此外，也有许多论点支持现代智人起源于非洲（本书后半章节将对此进行更仔细的探讨）。直立人出现的时间点介于最早人类与现代智人之间，但他们也很有可能诞生于非洲。

人类进化史上所发生的重大事件，地理背景几乎都在非洲，这让“人类起源于非洲”这一说法在某种程度上几乎成为定论。然而，这种情况并没有持续太久。不久前，世界各国开始声称自己才是人类的起源地，当然，中国在这方面也不会缺席。1975年，中国研究小组在发表的一份报告中提出，在中国发现了南方古猿的化石。有一项证据让我们无法断然否定这个说法，因为现代智人的直系祖先——直立人的故乡，确实有可能就在亚洲。

人类最早的直系祖先在亚洲？

19世纪末，达尔文提出了著名的“进化论”，让人类产生了前所未有的新思维。达尔文认为，人类并不是突然在某个时刻出现在地球上的，也不是一出现就是现在这个样貌。他让人们开始相信，人类与类人猿有共同的祖先，人类祖先的外貌其实长得“不太像人”，而是介于猿猴与人类之间，简单来说，就是同时具备了人类与类人猿的优点。

荷兰阿姆斯特丹大学的解剖学家尤金·杜布瓦（Eugene Dubois）也支持达尔文的学说。他猜想，人类祖先生活的地方应该与现在的类人猿十分相似，因此他们的化石可能会出现在类人猿居住的茂密森林中。他投入大量资金，开始在东南亚的热带雨林进行挖掘，结果于1891年在印度尼西亚的爪哇岛上成功发现了人类化石。事实上，许多人类学学者即便耗费数十年时间也很难找到一块骨头化石。杜布瓦在首次挖掘的基地上如愿找到期望中的化石，简直就是奇迹。在考古学的历史上，像他这么走运的，大概也只有著名的古人类学世家——李基家族中的理查德·李基（Richard Leakey）了吧（我们等一下再来说这个故事）。

杜布瓦发现的人类化石被称为“爪哇人”，由一块头骨、一根股骨与一颗牙齿组成。其头骨外观扁平且小，股骨则与现代智人极为相似，这说明爪哇人的头脑虽然不比现代智人聪明，却能直立并以两足稳步行走。因此，杜布瓦撷取“直立行走的半猿半人”之意，将化石名称更改为“直立猿人”（*Pithecanthropus erectus*）。不过，此物种日后被重新归为直立人的一种^[8]。

看到这里时，你是否认为杜布瓦顺利找到了人类直系祖先，并受到了古人类学界的一致认可？但是，19世纪末的社会并非如此。以聪明自诩的人类，祖先竟然先进化出直立步行，后来才长出大脑袋！当时，许多学者对此并不认同，他们认为爪哇人的头太小，智商又低，即便能以两足步行，也无法将其归为“人类”（参见第3章）。最后，杜布瓦在学术界与社会的冷落之下，抑郁地度过余生。

谁来角逐人类直系祖先的宝座？

杜布瓦发现的爪哇人，并没有顺利登上人类直系祖先的宝座，而对这一荣誉的角逐，即便到了20世纪也始终未曾停歇。20世纪初，在欧洲、非洲及亚洲三个大陆，同时出现了足以夺下这份荣耀的划时代发现。

首先，欧洲传出消息，在英国首都伦敦近郊的皮尔当村发现了“皮尔当人”的化石。由于皮尔当人的样貌十分符合当时人们对人类祖先的期待，因此受到各界的高度肯定。其头骨的尺寸较大且线条圆润，并且长有尖锐吓人的獠牙，这说明皮尔当人拥有发达的头脑与颇具威胁性的体形，外观勇猛十足。如此雄姿焕发的祖先化石，竟是在伦敦附近发现

的，对曾经自称“日不落帝国”的英国人民而言，多少起到了一点抚慰心灵的作用。但自从皮尔当人出土后，各种指称化石造假的传言不脛而走，直到20世纪50年代，它才终于被判定为一场丑陋的世纪骗局。

第二位候选者是20世纪20年代于南非出土的幼童化石——“汤恩幼儿”（Taung child）。这是由澳大利亚人类学家雷蒙德·达特（Raymond Dart）发现的一个全新物种，之后被命名为“非洲南方古猿”。虽然目前各界都颇为认同，非洲南方古猿有可能就是人类的祖先，但其历史地位在当时未受到普遍承认，原因在于他诞生在非洲这个备受歧视、被认为是未开化的蛮荒之地。当时的欧洲人不愿意承认，人类这一伟大物种的祖先竟然起源于非洲。此外，非洲南方古猿的脑容量较小，仅与成年的黑猩猩相当，也没有留下任何打造工具的证据，甚至连牙齿都细小得不值一提，在他身上根本找不到当时人们所期待的祖先特征。

除了以上两个案例，人类学学者也开始思考第三位候选者的可能性，那就是在中国发现的北京人化石。北京人化石是在20世纪20年代于北京附近的周口店洞穴发现的古人类化石。虽然化石真品已经消失多年，留下了一堆未解的谜团（参见第10章），相关的挖掘调查却不曾间断，陆续累积了许多丰富的考古资料。此外也要归功于复制品的巧夺天工，学者才得以持续进行各种相关研究。起初，北京人被归为“中国猿人北京种”（*Sinanthropus pekinensis*），其原意为“来自北京的中国人”，到了20世纪40年代，他与爪哇人重新被归为直立人的一种。

北京人的脑容量较大（约为现代智人的三分之二），差不多是南方古猿的两倍。人们认为拥有大脑袋的北京人，其生活样貌可能相当近似于现代人类。在周口店洞穴发现的动物骨骼、石器，甚至是火熄灭后留下的圆形灰烬，都让人们可以具体想象出这样的画面：在寒冷的冰河时期，祖先们围坐在温暖的洞穴之中，不但谈笑风生，甚至还生火烤肉。科学家估计北京人的生存时期距今约50万年。北京人被认为极有可能已经发展出颇具文化性的生活形态，才能忍耐冰河时期的严寒气候（我上一章提到过，此论述近来受到挑战）。如此模样的祖先，在50万年前就诞生在这块土地上，令中国人感到骄傲不已。

种种因素让北京人似乎成了直立人的代表，也让中国有信心提出“人类直系祖先起源于中国”的主张。但是，生存年代比直立人更为久远的早期人类，如南方古猿，只有在非洲被发现的记录，他究竟如何进

化成栖息在遥远亚洲的直立人？到了20世纪70年代，考古学者在东非挖掘出直立人的化石，也为这个问题找到了解答。非洲直立人的脑容量，虽不像北京人那样与现代智人相差无几，但体形高大的他们被推测出生存在200万至150万年前，这一发现为人类的起源提供了一个新版本。学者们开始认为：“直立人最早诞生于非洲，凭借发达的脑袋、高大的体形与使用工具狩猎等优势，逐渐向外迁徙至世界各地。”栖息在欧洲与亚洲大陆的直立人，同样属于此物种的一支，这说明北京人与爪哇人基本上也是起源于非洲。不可思议的是，这一假设与化石的年代和地理分布等因素不谋而合。

非洲与亚洲，何处才是你我真正的故乡？

惊喜还没结束，科学家在20世纪90年代公布了一项研究数据，将爪哇人的生存年代往前推至180万年前，这说明在直立人诞生于非洲的同一时间段，亚洲也有其他直立人存在。除非科学家能在非洲找到年代更早的直立人化石，不然爪哇人很有可能不是非洲直立人向外迁徙的产物。然而，关于生存年代的研究，目前尚存许多争议，还没有明确的结论。

接下来又出现了更强有力的证据，科学家在格鲁吉亚的德马尼西遗址发现了怪异的人类化石。我们从化石可以看出这个人种的头部与体形都偏小，一同被发现的石器制作方式也相当粗糙。人类学学者绞尽脑汁也无法解释，如此原始的石器为何会出现在非洲以外的地方，因为他们始终认为“拥有大脑袋、体形高大而且会使用工具狩猎的直立人最早诞生于非洲，日后才进化出不同的能力并迁徙至世界各地”。现在，这个看起来毫不起眼的化石，却足以推翻这种假设。

从另一方面来看，化石年代测定出的结果令人更加百思不得其解。德马尼西化石与非洲直立人一样，同属于180万年前的物种，这意味着什么？你可以猜想一个截然不同的推论：早在直立人出现以前，就已经有某个物种居住在非洲大陆了。这种早期人类不仅头部与体形偏小，制造出的器具也非常粗糙。当时，他们便以如此不起眼的样貌走出了非洲，开始迁徙至世界各地，沿途不仅经过格鲁吉亚的德马尼西，有的人甚至还一路走到了印尼的爪哇岛。后来这个物种灭绝了，只有栖息在亚洲的群体存活了下来，并独立进化成直立人。后来他们离开了亚洲，再次向世界各地迁徙，非洲的直立人也属于他们的后代。英国谢菲尔德大

学的罗宾·登内尔（Robin Dennell）教授，正是主张“亚洲起源论”的欧洲学者代表。

关于人类起源的种种推论，目前都还没有足够的证据支持。但自从德马尼西的化石出土后，人们无法再将直立人起源于非洲之外的假说当成荒诞无稽的可笑主张，亚洲起源论的可能性也越来越令人难以忽视。至于哪个理论正确，不只是你我，全世界都在密切关注着。

人类学史上的世纪谎言：皮尔当人

前面已经提到，在科学与人类学史上有许多著名“骗局”，其中最广为人知的就是皮尔当人事件。1912年，在英国东萨塞克斯郡的皮尔当村，传出发现了古人类的头盖骨、犬齿以及长有臼齿的下颌骨化石的消息。曾享有“化石猎人”美名的查尔斯·道森（Charles Dawson）公开展示了这些化石，并宣称自己找到了类人猿与人类之间“消失的环节”，因此受到各界的大力赞扬。

但仔细审视整件事，我们会发现疑点重重。有学者从解剖学的角度来看，发现化石上有许多特征与类人猿变成现代智人的进化途径背道而驰。单以头部大小来说，皮尔当人的脑容量虽介于类人猿与现代智人之间（约为现代智人的三分之二），但形态比其他已知的近代化石更接近现代智人。这种情况在物种进化上实属例外了。然而，当时的人们始终坚信“脑容量的增加”是人类进化的第一步，皮尔当人的特征也十分符合。所以，整个辨别化石真伪的过程耗费了40多年。

最后，在1953年，通过科学技术鉴定，皮尔当人这桩丑陋骗局才被揭穿。当时所采用的氟年代测定法也因此声名大噪。这种方法可以测出物件的“相对年代”而非“正确年代”，通过对各个物件进行比较，来判定其时间上的先后顺序。生物体从被埋葬的那一刻起，就开始吸收周围土壤中的氟，所以骨骼的年代越久远，氟含量会越高。科学家检验皮尔当人化石，发现其头盖骨与下颌骨的氟含量竟然不一样，因此判定这些骨骼化石并非来自同一个个体。最后真相水落石出，轰动一时的皮尔当人化石，原来是由一个中世纪现代智人的头盖骨、500年前一只猩猩的下颌骨以及一颗黑猩猩的牙齿拼凑而成的赝品。



非洲南方古猿“汤恩幼儿”的头盖骨化石，于20世纪20年代在南非被发现。

12

同心合作你和我

2012年，美国东岸的一所小学发生枪击屠杀事件，共有30多名师生被杀害，枪手泯灭人性的行径令人发指。过了一段时间之后，这起惨案中的感人片段也相继被报道。当时的校长为了保护学生的安全，竟用自己的身体阻挡枪手的射击。有位班主任把年幼的学生藏在衣帽柜中，然后独自将枪手引开。另一位老师干脆冲出去与枪手直接对抗。这三位挺身而出与枪手对峙的老师，全是身形柔弱的女性，是什么原因促使她们做出如此英勇的举动？难道是出自母性的保护本能？

这件事也让我不禁想起韩国姜在求少校的英勇事迹。在越战参战训练时，姜少校用自己的身体挡住其部属失手丢落的手榴弹，保全了众人的性命。有人会说，他是一名军人，必须有牺牲的准备，所以才做出这种英雄行为。那么，又该如何解释让韩国民众悲愤的2014年“世越号”沉船事件？当时在美国听到消息的我，也感到茫然。那些为了救出学生而不顾一切的老师和工作人员只是平凡的人，为何甘愿献出自己宝贵的生命？

也许你会认为，这些都是在极端情况下的特殊案例。但事实上，生活中处处可见那些不为名利、甘愿自己吃亏也要默默行善的人。在人类的社会中，乐于助人不求回报的感人故事，并不罕见。

乐于助人源于基因

在动物的世界中，也有许多为了群体利益而牺牲自我的例子，最具代表性的就是蚂蚁与蜜蜂。工蚁与工蜂不仅一生都要辛勤劳动，而且当入侵者出现时，它们会奋不顾身地攻击对方。猴子也不是好惹的，如果发现危险，它们会大声喊叫，警告同伴快去躲避，但发出警告的猴子会引起入侵者的注意而独自陷入险境。难道这些蚂蚁、蜜蜂与猴子都傻吗？瞒着其他同伴偷偷躲起来，才是对自己最有利的做法，它们为什么不这样做呢？在物种进化的过程中，为了延续自身基因而存在的这些动物，是什么让它们舍弃个体利益、保护集体利益呢？

著名的美国社会生物学家爱德华·威尔逊（Edward O. Wilson）从蚂蚁与蜜蜂身上找到了答案。每个蚁巢都有一只蚁后，肩负着产卵与繁殖后代的任务，每只蚂蚁都是由蚁后生出来的，它们拥有极为相似的基因，几乎跟复制出来的一样。蜂巢里的情况也几乎如此。由于彼此的基因相同，在它们之间并没有你我之分，每只蚂蚁都是一个相同的“我”。而群体中的所有蚂蚁只有一个目标，就是将一生奉献给蚁后，照顾它产下的后代。因为就算自己死去，相同的基因依旧能借由其他蚂蚁延续下去。蚁后产下的子子孙孙等于数也数不尽的“自己”，即便“我”独自死去，如果其他无数的“我”能安然无恙地活下去，从基因的角度来看，“我”的牺牲就不算是一桩亏本的买卖。

像这样完全忽略自我意识的存在、甘愿为集体牺牲奉献的思维模式，从根本上来说，其实是一种极端的利己主义——即使我死了，我的基因也能借由群体中的其他成员被完好无缺地保留下来。随着威尔逊的著作《社会生物学》（*Sociobiology*，1975）与理查德·道金斯（Richard Dawkins）的《自私的基因》（*The Selfish Gene*，1976）畅销，以此为理论基础的社会生物学开始引起各界的关注与兴趣。

同样过着群体生活的猴子，则与蚂蚁、蜜蜂有所不同。群体中的每一只猴子并没有完全相同的基因，但它们属于同一个家族，基因形态也极为类似。既然同宗同源、血脉相连，那么它们也会牺牲“自我”的利益来帮助其他同伴。英国进化生物学家威廉·汉密尔顿（William Hamilton）提出了“汉密尔顿法则”，解释这项观察结果：基于基因共享，有利于群体的行为也会有利于自我。他用数学公式呈现了亲属间基因的相关系数：

$$rB > C$$

接受者得到的利益（ B ）与他和受惠者之间的亲属辈分（ r ）相乘后的数值，若是大于行动者付出的代价（ C ），就会出现利他行为。举例来说，从概率上说，我与二等血亲的基因有50%是一致的，与四等血亲的基因则有12.5%是相同的。因此，若把相等数值的代价与利益代入公式，结果等于两个兄弟姐妹或八个表兄弟姐妹，他们在进化上与我是“等值”的。汉密尔顿曾以此为根据说：“我将会为了两位兄弟或是八位表亲，舍弃自己的生命。”因为他认为不管是哪种情况，最后存活下来的基因数量都是相同的。

这些数值到底要如何计算，其实一点儿都不重要。此公式要强调的是基因至上的概念，每个生物个体只不过是用来承接基因的容器。我们也可以从另一种角度来解释家庭中成年男性的行为，表面上是为了养育孩子而在外辛苦工作，但说到底也是为了延续自己的基因罢了。那么，为了非特定人士的自我牺牲行为，又该如何解释？按照汉密尔顿的理论，这种不为名利的匿名牺牲，只能被解释为人类在漫长进化过程中，与亲族发展出的一种惯性行为。

然而，这无法解释人类社会中的合作行为，因为我们并非如同蚂蚁般的复制体，而人们口中的“家人”也不一定全都具有血缘关系。在我们重视的各种社会关系中，有很多是如家人一般的好友。此外，在许多文化中，“父亲”只是一种关系上的称谓，因为未奉行一夫一妻制，所以很难判定孩子与父亲之间是否一定有血缘关系。那遵行一夫一妻制的现代社会呢？离婚、再婚、同居、领养、精子捐赠与代孕母亲，社会的发展正逐渐改写着“家人”与“家庭”的定义。

人类群体的结合其实早已超越亲情血缘上的关系，与猴子仅以亲属关系组成的群体迥然不同。请回想一下，今天与你有联系的人，无论是通过手机、电子邮件、社交网络交流，还是在现实中见面，其中几位是你的家人或亲戚呢？与你互动最频繁的人可能跟你没有任何血缘关系，有些人可能根本就不会再见面，即便你帮助他们，对自己的基因延续也毫无益处。

但人类依旧会牺牲自己的利益来帮助素昧平生的陌生人，有的人会捐血、捐钱或是食物，也有人捐出自己宝贵的器官。这些人不为名利，也不奢求什么回报，甚至不愿意透露自己的身份而刻意匿名行善。人类的这种行为在自然界十分罕见，猴子根本就无法理解。

人类对于家族的概念，其实早已脱离亲属血缘的范围。社会上形形色色的人际关系，都在“家人”的框架下一点一滴积累而成。我们在称呼外人时，通常也会用自然血亲而非姻亲的称谓，比如，对于妈妈辈的女性，我们可能会称呼她为“阿姨”，却不会叫“舅妈”。与其说我们认定血缘的重要性，不如说我们很自然地将家人般的关系套用在社会人际关系上。

在过去的传统社会中，可能整个村都住着有血缘关系的家族。就算

将互相帮助的行为归因于人类虚幻的乡愁与惯性，但这难道不是形成社会关系的基础吗？如今住在大城市的我们，家人不在身边，所以我们结交朋友以互相照顾。朋友就是家人，过去如此，现在也是如此。毫无血缘关系的人们称兄道弟、互相扶持，甚至会为了对方的利益而舍弃自我利益，这不仅是人类独有的行为，而且让我们由内而外成为一个更有情有义的人。

从百万年前开始互相帮助

那么，人类从何时开始出现如此独特的行为呢？首先，我们从已灭绝的人类近亲——尼安德特人身上可以看出一些端倪。20世纪初，在法国的圣沙拜尔（La Chapelle-aux-Saints）遗址中，发现了一具脊椎骨严重弯曲的尼安德特人化石。起初，学者认为这是尼安德特人走路弯腰驼背所致，并且将这种无法如现代人类般挺身站直的模样视为尼安德特人“愚笨痴呆”的一大特征。此外，化石的下颌向外突出，口腔向内凹陷。科学家以这具化石为基础，重建出尼安德特人的样貌。而这个印象在很长一段时期里深植在人们心中。

但后来的研究结果发现，脊椎骨化石之所以会如此弯曲，是因为罹患了关节炎，而关节炎的病因是高龄退化。此外，口腔向内凹陷只是因为该化石的牙齿几乎掉光，尤其是臼齿的部位颇耐人寻味。如果牙齿是在死亡前后才掉落的，下颌化石表面应该会出现牙齿掉落后的凹洞；如果牙齿掉落后，人还持续存活了一段时间，凹洞的部分会被填补起来，牙龈骨也会被磨成光滑的外观，而圣沙拜尔的化石属于后一种情况。

综合以上结果，我们可以了解到，这具化石的主人是一位老年人，他在老年时罹患了关节炎，即便臼齿已掉光，但他依然活了很长的一段时间。这具化石被冠以“圣沙拜尔的老人”这一绰号。说是老人，但当时的生活条件严苛，平均寿命也很短，因此他的年龄只有30到40岁。问题来了，这名牙齿几乎掉光且患有关节炎、无法正常行走的尼安德特老人，是如何在冰河时期活下来的？在当时恶劣的环境下，应该很难找到食物，就算偶尔找到了食物，他应该也无法细细咀嚼。那么只剩一种可能，那就是有人在照顾他。目前，人类学家也都认为，若不是有人照料，则“圣沙拜尔的老人”应该无法活到这个岁数。

圣沙拜尔的化石证明尼安德特人有喂养同伴的行为，但这并非第一

次出现的证据。20世纪50年代，在伊拉克沙尼达尔出土的尼安德特人化石（沙尼达尔一号），被判定在年轻时曾受过重伤。从头骨上的痕迹来看，他的左眼很可能已经失明。在眼窝周围的骨头上，一般会有视神经可以穿过的小孔洞，但化石上的这些孔洞呈现堵塞状态，说明左眼视神经早已坏死。他的头部左边也曾遭受重击，造成左大脑受到严重损害，导致右半身几乎无法正常行动，右手臂骨萎缩，右大腿也无法正常行走，因此他走起路来一瘸一拐的。种种迹象表明，该化石的主人应该是一名老年人，他虽然在年轻时受过重伤，无法独自生活，但受到了某人的细心照料，能够继续活下去。

近期许多关于化石的研究结果都显示，生存年代比尼安德特人更早的人类也有此种利他行为。科学家在格鲁吉亚境内的德马尼西遗址发现了存活于180万年前的古人类化石。其中部分化石有牙齿掉光的痕迹，从其头盖骨的颅缝状态来推测，化石的主人是一名老人。在冰河时期食物不足的恶劣环境下，除非有人外出寻找食物，或是将食物“加工”以方便吞咽，不然这位没有牙齿的老人根本就无法存活。但这些化石告诉我们，他确实活了一段时间。

德马尼西化石的年代，正好是人属物种（现代人类所属物种）开始出现的时候。那时人类的外貌和体形与更早之前的南方古猿并没有太大差异，矮小瘦弱，脑袋也不太聪明。不过有一点非常不同，那就是人类懂得互相帮助（至少从最早发现的化石资料来看是这样）。

人类最强大的武器：合作与利他主义

人类为什么会互相帮助？对陌生人做出利他主义行为的原动力又是什么？或许，体形矮小瘦弱是最重要的原因。为了克服无法预测的恶劣环境，一味地追求生理上的强大是行不通的，人类必须采取灵活多变的生存策略来适应环境。

冰河时期的气候并非一直都处于极寒状态，有时也会变得稍微温暖，有时在经历干旱之后，紧接着是一场又一场暴雨。变化多端的气候也使地形景观不断变化，海平面下降，海上的岛屿顿时变成一整片陆地，原本的汪洋也变成一座座高耸的山冈。动物和植物必须想办法适应不断改变的环境，否则会有灭绝的危险。

为了在如此极端的环境中生存下去，人类首先学会了观察，而且慢慢发现了一个事实：自然环境的改变并非发生在一瞬间，而是周期性的。当相似的气候和环境条件再次出现时，人们就能从过去的经验中学习如何应变。

人类就是这样进化出了传承文化与传播知识的能力，由年迈的老人将漫长岁月中累积下来的一切知识传给后代（参见第8章）。通过这种方式，人类可以适应从前类人猿无法居住的环境。或许在最初，人类将老年人视为获取知识的重要来源，所以才会给予协助。但不知从何时开始，这种行为已变成一种无条件且普遍的现象。人类这种普遍的合作意识与利他主义，都是其他动物没有的。即使自己拥有的不多，也能大方地与陌生人一同分享；即便自身的力量不足，也会愿意帮助陷入困苦的他人，并通过这些举动给予他人共同参与社会的机会。即使过了数千年，人类至今也在不知不觉中实践着“爱人如己”的精神。

我有时会这样想：自己双眼近视到快要看不见，却依然可以享受生活中的一切，这都要感谢发明眼镜的人。不过我也十分确定，就算活在没有眼镜的世界中，我应该还是可以好好地活下来。即便是诞生在尼安德特人或是更早的人类社会，大概也没有人会弃我于不顾，眼睁睁地看着我被野熊抓去吃掉吧。

沙尼达尔洞穴中的尼安德特人

前面提到的沙尼达尔洞穴遗址，其位置在伊拉克东北部的库德斯坦山区。在20世纪50至60年代，美国哥伦比亚大学的研究团队在此处进行挖掘，发现了好几具尼安德特人的化石。每具化石的保存状态与年纪各不相同，其中最著名的就是在前文中提到的“沙尼达尔一号”与“沙尼达尔四号”。沙尼达尔一号化石属于一名老人（40岁左右），虽然年轻时受过伤，但在他人的治疗与照顾下，一直活到老年才去世。

而沙尼达尔四号化石之所以有名，是因为科学家在他身上发现了尼安德特人的葬礼风俗。四号化石周围的土壤中有花粉化石，这说明尼安德特人可能会用鲜花陪葬。这一发现支持了“人类天性爱好鲜花与和平”的观点，也有人说这是20世纪70年代反战思潮与“花癲派”的起源。然而，最近有学者提出了不同的主张，认为这些花粉有可能是粘在动物身上被带进洞穴里的，偶然间被风吹进洞里的可能性也很大。关于花粉

化石的成因，目前各界仍未达成共识。



南方古猿源泉种（*Australopithecus sediba*）的手掌与前臂化石，推测生存于200万年前的非洲大陆。

13

是谁害死了“金刚”？

我想大家应该都同意，龙是一种幻想出来的生物。神奇的是，它曾以人类近亲的身份，在进化史上插了一脚。这一章让我们来聊聊灵长类中体形最巨大的“巨猿”（*Gigantopithecus*），以及它差一点变成龙的故事。

走进中国传统的药材行，听都没听过的药材应有尽有，其中甚至有所谓的“龙骨”。龙骨其实是一味中药材，需磨碎后使用，因非常受欢迎以至于供不应求。20世纪初，有许多欧洲人来到中国旅游，出生于德国的古生物学者孔尼华（*Gustav Heinrich Ralph von Koenigswald*）也是其中之一。某天，孔尼华在香港的中药铺见到被当作药材贩售的龙骨时吓了一跳，定神一看才发现，那竟然是一颗类人猿的牙齿化石。

每一种动物的牙齿都长得不一样，对受过专业训练的古生物学家或是古人类学家来说，他们光看牙齿就能判断出是何物种。该化石的外观无疑是类人猿的牙齿，令人不解的是，它比当时已知的任何类人猿牙齿都要大上许多。孔尼华仔细检查从香港药铺买来的龙骨，判断它是某种类人猿的右下排第三大臼齿。通过持续不断的研究，他在1952年发表了一篇论文，将这个类人猿归为全新的化石物种，并且命名为“步氏巨猿”（*Gigantopithecus blacki*）。其学名中的“巨猿”意指“巨大的类人猿”，“步氏”则是摘自著名古生物学家步达生（*Davidson Black*）的名字。

虽然人们对龙骨的主人并非真正的龙而感到失望，但得知这是某个近似于大猩猩、体形像怪物般巨大的类人猿牙齿时，倒也很兴奋。孔尼华的论文发表后，社会各界开始积极寻找巨猿化石。

“金刚”还活着？

在中国华南地区，有许多石灰岩洞窟，周边一望无际且富含矿物质的石灰岩土壤则被当成了农地。20世纪50至60年代，当地农人在翻地松

土时，竟挖出了数百颗巨猿的牙齿化石。许多古生物学家一听到这个消息，立即赶往现场进行调查，并陆续发表了相关的研究论文。日后，中国学者虽持续进行挖掘，但只找到了3块下颌骨与数千颗牙齿。虽然直到今天，仍有发现巨猿化石的研究报告公之于世，但只有牙齿化石。

等等，现在失望还有点早。即使只有下颌骨和牙齿化石，人类学家与古生物学家仍可从中获得许多重要信息。首先，科学家可以根据牙齿的大小推测出巨猿的体形。目前灵长类动物中，体形最大的是大猩猩。雄性大猩猩的体重约180千克，雌性大猩猩则是90千克左右。巨猿体重约270千克，大概是雄性大猩猩的1.5倍（部分学者认为巨猿最重可达360千克，是雄性大猩猩的2倍），身高2.7米。要想进行更准确的预测，我们就必须找到直接承受体重的大腿骨化石。总而言之，单从牙齿就可以看出，龙骨的主人并非文章开头所提到的龙，而是拥有超大体形的“金刚”。

它们的体形为何会如此巨大？最容易联想到的原因就是雄性间的竞争。假设只有少数雄性有机会跟雌性交配，为了“被选上”，雄性不得不靠激烈的打斗来争取那宝贵的名额，通常块头越大就越占优势。体形庞大的雄性总是被选为传宗接代的对象，基因特征就更有可能被传递给下一代。雄性之间竞争得越激烈，体形就变得越大。这个现象正是生物学上的“二型性”^[9]，说明此种动物的交配模式应为单一雄性独占复数雌性；相反，雌雄体形差异不大的动物，交配模式通常是单一雄性跟单一雌性，雄性不需要激烈打斗也能与雌性交配，两性也会一起养育后代。只要了解了雌雄动物的体形差异，我们就可以推测出它们的交配模式。

然而，造成巨猿体形巨大的主因，并不是雄性间的竞争行为。2009年，我到中国参加一场学术研讨会，席间遇见一位研究巨猿长达数十年的古人类学学者，他就是目前已退休的张银运博士。他将自己长期收集的研究资料交给我，那是一大盒索引卡，上面密密麻麻记载了每颗巨猿牙齿化石的信息，并拜托我接手他个人未完成的研究。承蒙张博士的信任，我正式展开了巨猿之谜的调查工作。

如文献记载，巨猿的牙齿真的非常大，这说明巨猿雌雄间体形的差异应该也很大，但这方面的资料我早有耳闻。突然间，有个古怪的东西映入眼帘。我发现巨猿的獠牙格外细小，在比例上与其体形完全无法匹配，即便考虑到雌雄间的体形差异，獠牙尺寸依旧偏小。雄性动物在打

斗时，獠牙是非常重要的武器，如果雌雄间的体形差异不大，但獠牙大小明显不同，便意味着雄性间的竞争应该还是颇为激烈的，黑猩猩就是一个最好的例子。相反，如果雄性间不需要激烈竞争，雌雄两性的獠牙大小通常不会有太大差异，人类就是如此，男人和女人无论是体形或是犬齿大小都没有明显差别。

雌雄巨猿在体形上虽有明显差异，獠牙大小却差不多，说明雄性巨猿之间应该没有太激烈的竞争行为。那又是什么原因导致雄性巨猿的体形变得如此巨大？

第二个原因很有可能是掠食者的出现。如果动物拥有庞大的体形，则在击退掠食者时会更为有利，因此雄性特别容易出现体形较大的倾向。但掠食者在挑选猎物时并不会区分性别，雌性的体形没有变大很可能与繁殖有关。灵长类动物要使体形变大，就需要更长的生长期。一旦生长期延长，性成熟期就会推迟到来，这对雌性的怀孕分娩来说往往是弊大于利的。因此，雌性的生长期通常较短，而雄性会延长生长期，以便继续长得更高、更壮，久而久之就演变出两性体形上的显著差异。研究灵长类动物的实际成长情况，我们的确可以发现雌性的成长期与性成熟期相对稳定，每只雌性的体形也都差不多。雄性则容易受到环境影响而出现生长期缩短或延长的情况，个别雄性间的体形差异也十分明显。

所以，我们综合以上线索可以推测，当时有某个可怕的天敌出现了。到底是谁迫使巨猿必须用如此庞大的体形来武装自己？答案或许会令你大吃一惊（也可能不会）——人类极有可能就是让巨猿变成“金刚”的始作俑者。

人类与“金刚”的战争

巨猿的栖息地位于中国华南一带，它们生活在距今120万至30万年前，同一时期还有直立人在东亚大陆四处活动。目前，我们已经知道直立人会猎捕大型野兽作为食物，在北京周口店以及中国各地的直立人遗迹中，挖掘出了许多马骨，就是马匹被猎捕并啃食干净后遗留下来的骨头。甚至有学者以此推论，亚洲原生马之所以会灭绝，是因为被直立人吃光了。

那么，直立人也会猎捕巨猿吗？截至目前，我们尚未发现相关证

据。要想证明这一假设，至少得在同一地点同时发现巨猿与直立人的骨头化石。美国爱荷华大学人类学系的拉塞尔·西奥乔（Russell Ciochon）教授声称，他在越南同一地点发现了直立人与巨猿的牙齿化石，但又在2009年改口说那不是直立人的牙齿，并收回了之前的话。

虽然猎人与猎物的假设不成立，但这并不代表直立人与巨猿之间没有任何关联。人类学学者推测这两个物种之间存在着激烈的竞争关系，甚至由此导致了巨猿的灭绝。栖息在华南竹林地的巨猿，与吃竹子的熊猫互相竞争。当直立人加入之后，竞争态势更趋于白热化。但不吃竹子的直立人跟巨猿竞争什么呢？答案是，制作工具的材料。

比起在非洲或欧洲发现的直立人，东亚直立人做出来的石器不仅十分粗糙，数量也相对较少。部分学者推测，这可能是因为亚洲直立人就地取材，以当时在东南亚大量生长的竹子取代石头来制作器具。相较于石头，竹子难保存，所以才难以找到竹器的遗迹。按照这个说法，正是因为直立人以制作工具为目的大量砍伐竹林，所以日后巨猿的生存空间变得越来越小。

此外，巨猿灭绝前经历过严重饥荒。虽然巨猿以竹林为主要栖息地，主食却不是竹子。观察巨猿的牙齿，我们可以发现它们与其他类人猿一样属于杂食性动物。特别是它们的牙齿上有许多蛀牙的痕迹，想必是十分爱吃香甜的果实。通过牙齿化石，我们还可看出巨猿的牙釉质发育不全，这说明它们在生长阶段就有营养不良的症状。虽说热带地区植物种类丰富，但也不足以让号称“金刚”的巨猿仅吃果实就能果腹。

巨猿经历了中更新世，气候在温暖湿热与干燥寒冷间交替循环，并逐渐变得越来越干、越来越冷。栖息地不断缩小，已经使巨猿的生存备受威胁。气候变迁又导致了食物短缺，巨猿得不到足够的食物来供应庞大的身躯。曾是史上体形最大的灵长类动物，就这样一步步走向灭亡。

我讲巨猿的故事，并不只是想告诉各位它们的命运有多悲惨。人类在更新世时期同样面临资源短缺的问题，但人类有办法与其他动物竞争，成为世界上最优秀的物种并活了下来。巨猿只不过是在那段时期里灭绝的其中一个物种罢了。

每当我想到巨猿时，脑海中就会浮现出红毛猩猩的身影。红毛猩猩的主要栖息地在东南亚，与巨猿居住过的林地相隔不远，它们不仅体形

壮硕，雌雄间的体形差异也颇为明显。然而，红毛猩猩并非以单一雄性配复数雌性的方式群居，也不是单一雄性配单一雌性交配。红毛猩猩宛如单身汉，自始至终都过着独居生活。难道红毛猩猩选择独居，是为了避开地球上最可怕的掠食者——人类吗？或许它们就是从近亲的灭绝故事中领悟到，人类才是类人猿最可怕的天敌。

在不久的将来，森林砍伐与气候变迁可能会让地球上其他类人猿全部灭绝，只剩下人类这一种灵长类动物。到那个时候，我们可能很难再为自己称霸万物的生存能力和作为而感到骄傲了。

关于巨人的幻想

在人类的文化与历史中，我们随处可见巨人的身影。有关巨人的故事不仅大量出现在北欧、罗马与希腊等地的神话故事中，而且犹太教与基督教的《圣经》里也记载着巨人歌利亚的故事。直到今日，依然有人声称自己见过喜马拉雅山的雪人，或是北美地区传闻中的大脚怪，甚至有许多人为了寻找它们的踪迹而踏上旅途。

其实在古人类学的历史上，也出现过与人类直系祖先有关的巨人故事。在印度尼西亚的爪哇岛上就曾经发现拥有巨大头盖骨、下颌骨与牙齿的古人类化石，人们将其属名命名为“魁人”（*Meganthropus*），意思是“巨大的人类”。以研究北京人闻名的魏敦瑞教授也出版过一本重要著作——《猿、巨人与人》（*Apes, Giants and Man*, 1946）。如今，魁人已被归为直立人的一种，学界也尚未承认巨人种的存在。

但巨猿确实是拥有巨大体形的类人猿，并且与同时期的直立人生活在同一个区域。难道是因为巨猿的印象深植在当时全人类的记忆中，所以日后逐渐演化为关于巨人的传说与神话？当然，这些只是我主观臆测，并未得到证实。

用双脚撑起文明的代价

人类总是认为自己与其他动物最大的差别就是拥有一颗聪明的脑袋，可以通过学习来累积智慧与知识，进而发展出世代传承的文化。难道我们现在所拥有的一切，全都得益于这一颗硕大的脑袋吗？

从事实上来看，聪不聪明当然与脑容量有关，人类是一种脑袋特别大的动物（从身材比例上来说）。让我们来复习一下人类脑袋的进化史。科学家从化石推测出，早期人类的脑容量仅有450毫升左右，与黑猩猩差不多，大概是现代人类的三分之一。在200万年前，脑容量增至900毫升，几乎是先前的两倍。而在大约10万年前，脑容量才达到了现代人类的平均值——1400毫升。

是什么原因造成如此大的改变？考古资料显示，最早的石器出现在距今250万年前，这比人类最早出现的时间还晚了二三百万年。虽然人类的语言无法以化石的形态保留下来，但应该是在脑容量变大后才出现的。因此，比起人类其他的固有特征，脑容量的增加应该是进化的第一步。更重要的是，人类的学名“智人”不就是“有智慧的人”吗？这些推想使世人自然而然地认为，人类能聪明地适应环境与使用工具，进而产生语言和文化，都要归功于这颗优秀的大脑袋。

这个观点虽然没错，但并不代表优秀的头脑就是推动人类进化的原动力。让人类变得更像人的首要特征，其实出现在与头部方向相反的双脚上（参见第3章）。

双脚比脑袋更厉害？

1974年，美国凯斯西储大学的唐纳德·约翰逊教授与其研究团队，在东非的埃塞俄比亚发现了一具古人类化石。化石出土时，收音机里刚好传来了披头士的歌曲《天空中戴着钻石的露西》，于是将这具化石叫作“露西”。人类学史上最著名的古人类化石就这样诞生了。

露西生活在330万年前，被归为“阿法南方古猿”。科学家在20世纪70年代陆续发现了许多南方古猿的化石，其中最具代表性的就是露西。该化石出土时，几乎没有颈部以上的部分（包括头盖骨）。虽然露西是当时所发现的年代最久远的人类化石，但人们最想知道的头颅大小无法确认。然而，化石的另一项特征引起了人类学学者的注意——露西的双脚。

仔细观察骨骼化石，我们就能判断过去的某种动物是以两只脚还是四只脚行走。四足行走的动物，其体重会平均分散在四只脚上；两足行走的动物，其体重会全部施加在两只脚上，使承受重量的关节逐渐变大，因此很容易分辨。只要看连接双脚与躯干的髋关节，以及连接手臂与躯干的肩关节大小，我们就能得知该动物生前是用几只脚行走。

人类学学者检查阿法南方古猿的各处关节，发现肩关节果然很小，这说明它的两只手臂不需要支撑体重，而髋关节与膝关节不仅较宽，甚至连形状也改变了。类人猿的膝关节呈圆形，这样才能让关节达到最大的旋转角度及运动范围。阿法南方古猿的膝关节则平坦厚实，可以稳定支撑重量，但运动范围有限，而髋关节则深深嵌在骨盆中，非常稳定且不易错位。肩关节没有这些特征，说明我们的祖先用双脚承受全身重量。

使用双脚行走与单纯的双脚站立，完全是两回事。现在请起身走动，感觉一下。当你跨出一步，与地面接触的部分就只剩下一只脚，而全身重量会落在那只脚上。更准确地说，是落在那只脚的大脚趾上。虽说人类用“双脚”行走，但实际上在走路时只会踩着一只脚，而单脚站立有个大问题，那就是你的身体可能会重心不稳，然后跌倒。当双脚交替前进时，身体的重量会轮流落在左右脚上，因此稳定身体的重心就变得格外重要。为了做到这一点，人类从脚趾、脚踝、小腿、膝盖、大腿到骨盆都出现了巨大变化，甚至是连接骨盆与大腿骨的肌肉也衍生出其他功能。臀部与大腿肌肉原本的功能是让双脚做出连续前后移动的动作，现在多了一个更重要的新任务，那就是稳定上半身，避免身体左右摇摆。

行走时，我们身体的重量会先落在一条腿上，然后移至大脚趾，最后才转移到另一条腿上。为了完全承接住体重，人类的大脚趾不仅演变成最大、最结实的脚趾，而且生长方向和其他脚趾一样朝着身体前方。

这与类人猿的脚拇指向侧边生长的方式形成了强烈对比。

美国肯特州立大学的欧文·洛夫乔伊教授与加州大学伯克利分校的蒂姆·怀特（Tim White）教授共同发布了一份研究结果，提出露西是以两足行走的。1979年，英国的玛丽·李基博士在坦桑尼亚的利特里遗址中，也发现了踩在火山灰上的清晰足迹。当时，露西的出现已经引发了关于人类进化先后顺序的激烈辩论，而利特里的足迹化石就像是向学术界投下了一颗重磅炸弹。

此后20年间，对于人类到底是先进化出大脑袋，还是先开始用双脚走路这一问题，人们依然没有定论，因为人们无法接受“人性化”的源头竟然不是大脑，而是双脚。如今，所有的争论都已尘埃落定，学术界也一致认定，两足步行是人类进化的第一个特征。

两足步行是腰痛的根源

要成为一个人类还真不是件容易的事，两足步行其实要付出一定的代价，准确地说，你必须承受随之而来的病痛。人类在走路时，身体必须直立，而绝大部分的体重会先施加在腰与骨盆上，接着才会转移至双脚，特别是双脚在交替前进时，必须以单脚来支撑体重。人类的腰部、膝盖与髋关节像是在受苦刑，必须持续承受全身的重量，不像四只脚走路的动物那样将体重平均分散于四肢。这就是为什么人类会饱受腰部和膝盖疼痛的折磨。

尤其是怀孕的女性，她们的负担比男性更重。不过几十年前，大部分女性的下半辈子都是在怀孕与抱婴儿的状态中度过的。每个人会生下五六个孩子，有的甚至还会生十几个。更年期结束后，女性当了祖母，还必须帮忙照顾孙子，继续折磨自己的腰与腿。

两足步行同样会增加心脏的负担。对四只脚走路的动物来说，它们的心脏位置高于身体大多数的部位，在地心引力的牵引下，很容易将血液传送至全身。脖子有2米长的长颈鹿是个例外，但它们进化出一个特别小的头部和一颗相对大的心脏，来适应它们的体形。

双脚站立的人类，心脏的位置比较低，只有比身高的一半再高一些。我们的头部、胸部、肩膀与手臂的位置都比心脏高，这迫使心脏必

须将大量的血液向上输送，相较于四足步行的动物，负担当然更大。此外，和长颈鹿相比，人类的脑部大得惊人，需要更多的血液来维持它运转。一般来说，人类大脑运转所需的能量，占每日总摄取能量的20%，而大脑正在发育中的孩子则需要50%~60%。

现在，人类的心脏每时每刻都在与地心引力对抗，不断地将大量血液向上传送至身体顶端。就像希腊神话中的西西弗斯，打一场永远赢不了的战争，无论何时举白旗都不值得大惊小怪。比起其他动物，人类因心脏病死亡的概率更高。

另外，两足步行也大大增加了人类分娩时的痛苦。当人类还是胎儿的时候，头就已经很大了。若想生下大头胎儿，则妈妈的骨盆必须有足够的宽度。这又产生了另一个问题，因为两足步行的理想条件恰好与分娩的需要相反，骨盆越窄才能走得越稳。人类步行时，两边髋关节的间距越窄，越能有效减轻上半身左右晃动，避免无谓的能量消耗。当身体的能量被有效利用时，人类就能随时快速奔跑。想象一下马拉松选手的体形，基本上都是骨架窄小又修长。髋关节间的距离变窄了，骨盆自然也会变窄，这意味着分娩时骨盆可以松开的程度也比较小。即将临盆的胎儿头部平均宽度比产道要宽得多，可想而知妈妈在分娩时要经历多大的痛苦。而人类分娩时的那种裂骨之痛，就是为了两足步行而付出的代价。

建立在腰痛之上的人类文明

当然，两足步行带给人类的不只有苦痛。事实上，因为我们用两只脚走路，才拥有了另一项更“人性化”的特征，那就是使用工具。两足步行的移动方式解放了双手，人们才能灵活地运用双手打造出各种不同的器具。

人类的上半身也因此获得解放，膈有更多自由活动的空间，呼吸顺畅之后，就能更自在地发出声音，久而久之便发展出语言。工具与语言的出现，为人类文化与文明的发展奠定了极为重要的基础。

也可以说，两足步行促使了脑容量增加。为了打造出各种工具，并且懂得如何使用它们，人类还要靠言语沟通，这一切都需要更多的智能。但人类的脑袋不是平白无故突然变大的。大脑是由脂肪组成的器

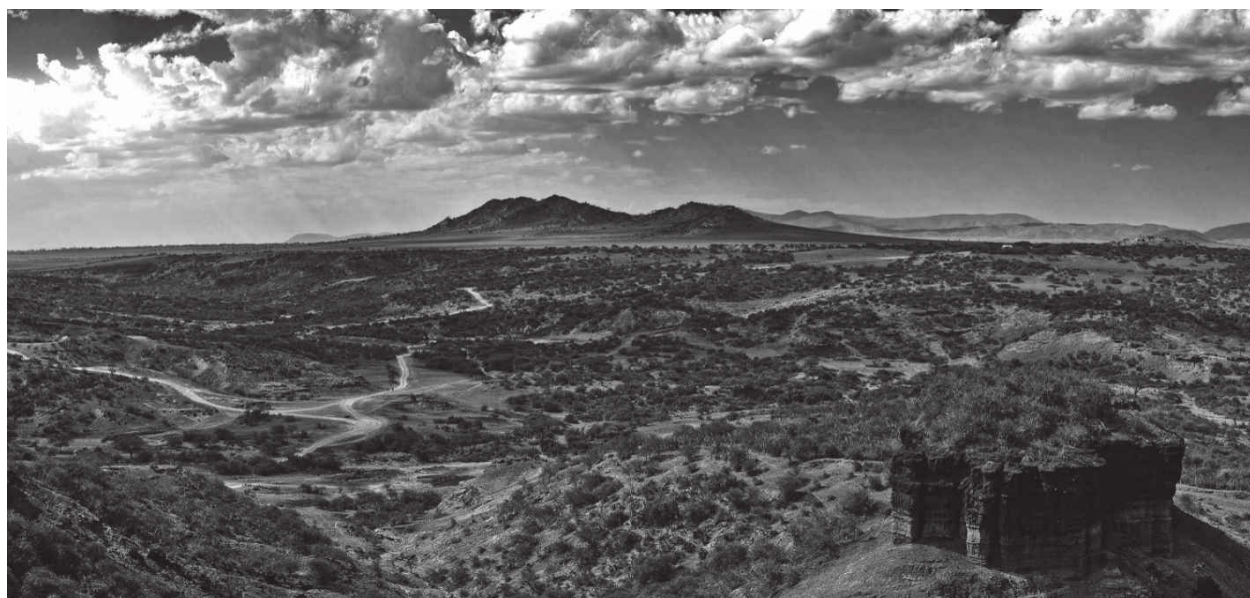
官，想让它变大，需要高脂肪、高蛋白质的饮食提供营养。人类使用工具，提升了狩猎技能，得以不断获得肉类，这才发展出有利于大脑发育的食肉习惯。而这一切都是从人类用双脚走路开始的，是互相影响的结果。

人类的双脚不仅撑起了文明的发展与梦想，而且让人类承受了腰痛、心脏病及分娩时的痛苦与危险。为人类文明默默牺牲至今的腰部与心脏，请多关怀它们一些，此刻暂时离开座位，站起来伸伸懒腰吧，顺便给妈妈发一条感恩的短信。别忘了，现在各位手上的手机，正是人类以分娩的苦痛为代价换来的文明利器。

黑猩猩也是两足步行的动物？

有人认为，除了人类，还有许多飞禽走兽也是两足步行，如大猩猩与黑猩猩，鸟类也算。虽然听起来很合理，但对这些动物来说，它们还有其他的移动方式。鸟类可以翱翔在空中，即使企鹅不会飞，它们也是游泳高手，而鸵鸟能以六七十千米的时速飞快奔跑。黑猩猩与大猩猩不但能利用四肢行动，还能爬上大树、吊挂在树枝上，利用双臂敏捷地移动。

而人类除了用双脚走路、跑步，就没有其他的移动方式了。你可以像大猩猩那样四肢着地行走吗？我估计走不了几米，你就会痛得站起来，因为这不是适合人类的移动方式。这一点非常微妙，也许正是因为这种处处受限的移动方式，人类才会发明出这么多神奇的交通工具。



非洲坦桑尼亚的奥都威峡谷（Olduvai Gorge），也是李基夫妇发现能人手骨化石的地点。

寻找一张“最像人类”的脸

2012年8月，一张早期人类化石的侧脸登上了英国科学杂志《自然》的封面。虽然脸形有些狭长，但我们仍然能看出这是一张具有人类特征的面孔。突然间，我心中冒出了一个疑问：是什么样的特征，让这张脸看起来像人类一样？

杂志封面上的早期人类化石，编号为KNM-ER 62000，自从它在肯尼亚著名的科比福拉遗址被发现之后，陆陆续续被《时代》杂志等多家媒体大篇幅报道，其中甚至出现了“颠覆人类进化史”等耸动的字眼。我好奇的是，这个化石到底有什么特别，特别到可以改写人类的进化史？它拥有哪些特征，让人们将其视为人类的一分子？

接下来，我要向各位介绍的，是古人类学领域中最著名的家族故事。令人惊讶的是，整个家族上至爸爸、妈妈，下至儿子、儿媳妇还有孙女，全家三代都将毕生精力奉献在人类进化与化石研究上，他们就是英国与肯尼亚的古人类学世家——李基家族。这不仅仅是一个家族史，也是一场漫长又艰辛的人类寻根之旅，记录着他们耗费了将近半个世纪，只为了寻找一张“看起来像人类”的面孔。

寻找最早人类的化石

让我们从20世纪60年代说起。当时在肯尼亚有一对古人类学学者夫妇正兴致勃勃地进行化石研究。来自英国的路易斯·李基博士与玛丽·李基博士千方百计地想要找出某个化石，以查明人属（包括现代智人与其他所有近亲）物种的起源。简单来说，他们在寻找最早的人类。

就当时已出土的早期人类化石来看，最具代表性的是生存在200万年前、在南非发现的非洲南方古猿，以及生存在70万年前、出现在东亚与东南亚的直立人。根据李基夫妇的猜测，最早人属物种诞生的时间点，应该在非洲南方古猿之后，但样貌和形态比直立人更原始。

在20世纪60年代一直致力于挖掘研究的李基夫妇，在古人类学领域已有不少伟大成就。他们发现南方古猿不只栖息在南非，东非也有它们的踪迹。此外，玛丽·李基在坦桑尼亚的利特里遗址中，发现了著名的“火山灰上的两个脚印”。这证实了人类开始直立步行的时间应该是在330万年前，比原先各界预期的70万年前（直立人时期）还要更早。另外，他们挖掘出了拥有巨大牙齿、头颅顶上还有一道矢状嵴的鲍氏东非人（*Zinjanthropus boisei*）^[10]。这些都是古人类学史上的重要里程碑。

虽然李基夫妇没有如愿找到最早的人类化石，但也没有因此感到挫败。后来，在1960至1963年间，他们在坦桑尼亚的奥都威峡谷发现了一块手骨化石，并看到了制作工具的痕迹。这是他们梦寐以求的人属祖先吗？他们将这个化石物种正式命名为“能人”，意指“有智力制作器具的人”。

父亲的梦想，儿子接手完成

李基夫妇的愿望并没有完全实现，因为手骨化石不足以作为判定新物种的证据。科学家在替人类化石命名时，都是以头骨作为主要依据，从化石的脸部与头部样貌归纳出某些特征。比如，“能人”这个名字意味着它们的脑袋要足够大，才有能力制作出有用途的器具，因此必须再找到较大的头骨与直挺的额骨化石当作证据。幸好，在后续的挖掘行动中，这些化石又被顺利地发掘出来了。但讽刺的是，就是从那时候开始，能人的历史变得支离破碎起来。

当时，科学家按照头骨的大小，把东非出土的早期人类化石分成两大类：头骨较小的归为鲍氏东非人，较大的则归为能人。但问题是，当时发现的头骨化石几乎都破碎了，无论古人类学学者的经验多么丰富，都无法仅凭细小的碎片就推算出头骨的大小。那么如何进行分类呢？他们只能大致猜测，只要是“看起来头骨颇大”的化石碎片，就分到能人那一堆。这种不精确的分类法，让能人作为单一物种的资格更加受到质疑。

终于，在20世纪70年代，肯尼亚北部的科比福拉遗址发现了一块化石。与此前挖掘出来的化石碎片不同，这是一块相对完整的头骨化石，编号为KNM-ER 1470，它清楚地呈现出能人的主要特征。发现化石的是一位名叫理查德·李基的年轻考古学者，非常凑巧地也姓李基，其实他

就是李基夫妇的亲生子女。理查德从小便跟着父母在考古现场学习，后来他跟随父母的脚步，成为一位世界闻名的古人类学家。

从理查德·李基公布的化石资料来看，化石的脑容量够大，额骨也是向上直立的，这证实了能人拥有如人类一般的头部与面孔，的确是我们人属物种的祖先。现在，我们几乎可以堂堂正正地说，那个原先仅以手骨得名的“能人”，就是最早出现的人类。但是，这张脸真的可以被学界接受吗？

后来，人们在东非又陆续挖掘出了古人类的化石，但依旧以模糊又紊乱的标准将这些化石按照大小或外观，继续分为鲍氏东非人或是能人。部分学者认为，不是只要脑袋够大就有能力制造工具，更重要的是这个脑袋“看起来够聪明”，说得更具体一点，就是“额头平整宽阔”（前脑发达）的头骨才有资格被归为能人。这么一来，分类标准又变为“额头倾斜角度偏高”（额骨向上直立）的化石。以如此马虎、反复无常的方式进行分类，结果会如何呢？你应该能猜得到吧。人类学学者只要将过去被归为能人的化石一字排开，就能发现其中掺杂了各式各样的化石样本，怎么看也无法将它们归为同一个物种。因此，能人变成了混合各种特征的“千面人”。有人认为能人是“拥有多元样貌的物种”，但换个角度来看，它或许是一个“有名无实的化石物种”，因为这些化石样本根本毫无共同点，难以归纳成一个类别。

能人的分类问题，其实与古人类学一个十分重要的概念有关，那就是“多样性”。随意抓路人来比较，你会发现没有两个人是长得一模一样的，即便是同卵双胞胎也会有些许不同。每个人会因为身材、性别与年龄等因素，在外观上产生差异。尽管存在这些差异，我们依旧都属于“人类”这个物种。你和我长得不一样，这种同一物种在外观上呈现的多样性被称为“种内变异”（*intraspecific variation*），相对的概念则是“种间变异”（*interspecific variation*）。将人类与黑猩猩做比较，你就能清楚地观察出这两者间的差异性。

若将这个概念反过来，从多样性的形态来观察，我们就能分辨出个体间是否属于同一个物种。举例来说，如果只有体形大小相异，但长相相似，就能将其归为同一物种；若只有性别不同或年龄上的差异，但外观相似，则也能被归为同一物种。尽管个体间的次要特征不同，但主要特征相似的话，就同属一个物种。

如今，古人类学学者因数量庞大的能人化石样本，以及它们之间惊人的多样性而感到苦恼不已。应该将之前发现的能人化石都视为同一物种间的多样性（种内变异），还是重新分为其他不同的物种（种间变异）？一些学者认为，能人的情况是种内变异，其他学者则强烈主张其中至少存在着两种不同的物种，必须尽快再次分类。主张“重新分类”的学者把头骨较大的化石单独集中起来，将它们命名为一个全新物种——卢多尔夫人（*Homo rudolfensis*）。

这样看来，理查德·李基发现的“第一个完整的能人头骨”KNM-ER 1470，其真实身份也变得扑朔迷离。首先，从头骨的大小来看，它不应该被归为能人，而应该重新归为卢多尔夫人。然而重新分类后，其他可疑之处出现了。化石的头部虽然很大，但鼻子以下的脸部形态与能人一致，这说明它也有可能是在能人和卢多尔夫人之外、具有不同特征的第三种化石。最大的问题是，在迄今发现的化石样本中，没有任何一个和理查德发现的化石一样。理查德挖掘出的化石格外不同寻常，这让众多学者即使想破了头，也理不出任何头绪。

早期人类化石的再发现

身为李基家族的第二代，同时也是能人化石的主要发现者，理查德·李基在20世纪90年代后，因生态保护意识抬头与政治因素的影响，放弃了化石的挖掘工作。他开始大力推行保护犀牛等运动，后来不幸遭遇直升机坠毁事故，失去了双腿，从此退出遗迹挖掘现场。但这并不代表李基家族的挖掘研究就此画上句号。

在2008至2009年间，科比福拉的遗迹又出土了新的头骨化石，包括鼻子附近的一块脸骨与一块下颌骨，它就是在2012年8月荣登《自然》杂志封面的“KNM-

ER 62000”，相关的研究论文也一同发表在杂志里。简单来说，这次公布的化石，其特征与理查德·李基在20世纪70年代发现的KNM-ER 1470化石非常相似。这也意味着理查德的化石样本再也不是独一无二的例外，而是足以代表卢多尔夫人这一新物种的珍贵化石。此次研究证明了200万年前的早期人类并非只有能人一种，当时至少有两个人属物种生活在非洲大陆上。

长达40多年围绕着人类起源与人属物种进化的争论，现在已进入全新的阶段。除了研究结果，我们很难忽视主导这次挖掘的研究人员名字：米芙·李基（Meave Leakey）与路易丝·李基（Louise Leakey），她们分别是理查德·李基的妻子与女儿。这两位女性以承前启后的姿态，通过坚持不懈的努力，再次改写了与自己的家族有着深厚渊源的古人类化石命运。

“信以为真”的卢多尔夫人化石

理查德·李基发现的KNM-ER 1470有着一段相当坎坷的命运。一开始，它被学者归为能人，但没想到在40多年后，重新被确认为卢多尔夫人。在古人类学中，换个名字其实没什么大不了的，但学者对它的长相依旧“很有意见”。从直挺的额头与笔直向下延伸的脸部来看，学者认为这个化石已完整呈现出现代人类典型的长相特征。想象一下电影中常出现的“原始人”，有着突出的嘴巴与眉骨，以及扁平且向后倾斜的额头，应该就不难理解了。

但这个化石的外观有一个致命缺陷，因为这完全是一个“从想象中复原”出来的长相。该化石出土时，眉骨与鼻梁中间的部分断裂，连接两个部位的骨头已经消失不见，所以，眉骨与鼻梁接合的角度是学者推测出来的。难道他们在重建脸部外观时，没有想到额头再向后倾斜、鼻梁再往前突出的可能性吗？即便是以这种角度复原，仍然会是一张“看起来像人类”的脸。换句话说，科学家并没有理由非要以直挺的额头（当时人们普遍认为这是能人的脸部特征）来复原这个化石。或许，该化石之所以会有如此“人性化”的长相，只是因为我们一心希望人类的祖先长得更像我们一些。



阿法南方古猿的足迹化石，来自坦桑尼亚的利特里遗址。

年纪越大，脑袋越迟钝？

我的五年级班主任告诉我们：“人类只使用了大脑的10%，剩下的部分一辈子也用不上。”

小时候听到这句话时，我心里不知有多难过。2014年上映的热门电影《超体》，剧情正是建立在这个理论上。人类拥有这么大的脑袋，怎么会白白浪费掉？但这其实是一个毫无科学依据的错误假说。

还有一个与大脑相关但同样毫无根据的说法：“人在成年之后，脑袋会开始钝化。”也就是说，人类在发育阶段，大脑具有“可塑性”，能灵活地学习各种新能力。一旦发育成熟，大脑的认知能力便会开始退化，所以长辈在学习新事物时总是特别吃力。然而，最新的研究结果证实了这个说法同样毫无根据。仔细想想，人类的大脑又不是什么金属制品，怎么会出现钝化现象呢？

小孩脑和成人脑不一样

孩子的大脑与成人的大脑各有擅长。比如，记忆和背诵对青少年或儿童来说相对容易，成年人则更善于收集各种复杂的数据，并归纳整合出更高层次的复合信息。脑神经细胞之间的交互作用，是造成这种差异的主要原因。从在母亲肚子里开始，人类大脑的脑神经细胞便持续增生，随着脑神经细胞数量的增加，人类对事物的认知能力也会逐渐增强。到了六七岁时，儿童大脑的重量已经达到成人的80%~90%，在这之后，大脑几乎不会再增生新的脑神经细胞，接受新事物的能力也相应变弱了。

那么，在接下来的漫漫人生中，大脑就不会再有任何发展了吗？当然不是。大脑会进入一种全然不同的发展阶段——脑神经细胞互相连接。脑神经细胞之间的连接不仅极为复杂，而且具有高度结构性。想象一下，2个脑神经细胞之间只有1个连接；3个脑神经细胞之间可以有3个连接；若是4个脑神经细胞，彼此间就有6种连接的可能性；6个脑神经

细胞之间的连接方式则可增至15种。人类的脑神经细胞便是通过这种方式，构筑出越来越复杂的神经网络。人类大脑一般拥有将近1000亿个脑神经细胞，算算看，这些脑神经细胞之间的连接可以创造出多少种可能性？

老实说，并不是所有脑神经细胞都能与任意一个脑神经细胞相连。单一脑神经细胞只能与它周围的数个脑神经细胞相连，即便如此，脑神经元的连接数量还是相当可观的。据说1毫升的大脑里就存在6亿个连接，而1400毫升的人类大脑，大概有840兆个连接，你能想象出这是一个多么庞大的数字吗？

大脑神经元形成的这种连接又叫作“突触”，突触构成复杂的神经网络，在这些网络中流动的“电流”，便是我们收集、整合信息的关键。即便脑细胞不再增加，神经突触的运作依然相当活跃，所以你的头脑并不会钝化。

人类大脑在执行某一项任务时，可能只启用了其中一小部分，但我们需要其他空间来储存重要的东西。英国牛津大学实验心理学教授罗宾·邓巴（Robin Dunbar）认为社会需求推动了大脑的进化，提出了“社会脑假说”。随着社会群体日渐庞大，社会成员之间的关系与行为也会日益复杂，为了处理并管理各种各样的社会关系与社交信息，大脑需要不断进化。就像电脑主机里的内存或中央处理器，在处理每个指令时虽然只用了一小部分，但我们总是在追求容量更大、处理速度更快的硬盘。

虽然我们的脑容量在六七岁时就几乎发育完全，但此时大脑尚未发挥真正的功能。如果说大脑是在发育完全后才正式进入发展阶段，其实一点儿都不为过。随着突触数量不停增加，我们也在不断地累积知识与智慧。

人类有个“社会脑”

人类的大脑从什么时候开始变大，大到拥有储存及处理庞杂信息的能力？这对古人类学家来说是个有趣的问题。如果我们能知道大脑变大的时间点，就有可能明白它为什么会变大。关于人类脑容量的研究，你可以先记住一个数字：450毫升（大约一个垒球大小）。人类并非一开始就拥有大脑袋，人类祖先南方古猿的脑容量大约只有450毫升，刚出

生的婴儿脑容量也是450毫升，成年黑猩猩（人类最亲近的类人猿亲戚）的脑容量也是450毫升。

数百万年前的早期人类和黑猩猩一样，只有一个小脑袋。然而到了距今200万年前的时候，人类的脑容量增长了一倍，变为约900毫升。这可不是巧合，200万年前正是我们的直系祖先人属物种诞生的时间点。你会发现，从这时开始脑容量增加的速度变快了。又过了150万年，人类脑容量增至1350毫升左右。增长的趋势一直持续至距今5万年前，当时尼安德特人的脑容量最大可达1600毫升，甚至比现代人的平均值还要大。

人类的脑袋为什么会变大？主流论点是：制作与使用工具是驱动大脑进化的关键。200万年前，人属物种将石头制成了武器，并且开始狩猎野兽，持续摄取越来越多的脂肪与肉类，新的饮食习惯也让人类的脑袋变得越来越大。长久以来，学者们认为使用工具狩猎和发达的脑袋，将人类的进化推往更高的层次。在大脑进化的过程中，增加的不只有脑容量，分布在脑部最外层、负责处理高层次认知功能的大脑皮质也会随之增加。但事实上，制作工具并不需要花费这么多脑力。换句话说，如果只是为了制作工具，人类的脑袋就根本没有必要长这么大。

另一派学者认为，除了制作、使用工具等技术性工作，人类如此优秀的脑袋其实还常被用在“社会脑假说”中提到的社交行为。群体规模越庞大、群体生活特征越明显的动物，其大脑皮质的面积也越大。提出此假说的人类学学者邓巴通过暗中探听人们聊天的内容，并将数年间收集来的对话内容进行分析，发现无论是男人还是女人，谈论的话题大多都围绕在“人”身上，而不是宗教、哲学或政治等其他议题。过去人们总认为串门闲聊是女人才会做的事，但仔细听周围人说话，你会发现男人其实同样喜欢闲聊，而聊天的内容不外乎就是日常琐事。在喜欢拉家常这件事情上，并没有什么男女之分。邓巴认为，我们的“社会脑”就是用来处理这些发生在自己或是他人身上的事。

群居动物越是高度社会化，脑容量就越大，如海豚和大象。当社会形态发展得越来越复杂时，成员越来越多，每个人要处理的人际关系与信息量也以几何倍数快速增加。我们的大脑不仅要收集、整合这些信息，而且要找地方把它们储存起来以备不时之需。

刚进化出直立步行能力、手握石斧站在非洲草原上的早期人类，模样看起来真的非常可怜。那时候的人类体形不够高大，也还不够聪明，跟其他掠食动物相比实在是太弱了。在这种情况下，人类不得不采取集体狩猎的方式。然而，想要随时邀人一起打猎，就得先建立稳固的社会关系。此外，想在气候变化无常的冰河时期存活，共同探索环境并收集信息也是必要的。对人类来说，群体生活不是为了串串门、打发时间，而是一种实实在在、彻头彻尾的生存策略。为了追求生活的稳定与发展，充分理解并收集群体中各成员带回来的信息变得格外重要，于是，人类发展出语言作为沟通手段，而聊天交谈就是语言最初也最重要的功能。

不过，通过聊天获得的信息，不一定会对当时的人类生活产生直接的帮助。哪里出现过间歇泉，或是刚刚看见狮子咬死了一只羚羊，在鬣狗靠拢过去之前赶快先把羚羊肉抢过来吧，诸如此类的信息对在干燥又缺乏食物的非洲草原上生存来说十分重要。但人们还是会聊一些跟生存无关的日常琐事，例如某人怀孕了，或是最近谁跟谁走得很近，某人的眼睛最近看不太清楚等。

另一个与闲聊相关的案例，就是类人猿用嘴巴互相整理毛的行为。大部分灵长类动物都会互相梳理毛，或是替对方摘除身上的异物与虫子，由此建立友谊与联系。这对猴子来说是非常重要的社交行为。一般而言，地位低的猴子会先替地位高的猴子理毛，同时向对方表明自己地位比较低。然而随着群体规模越来越庞大（就像在发展中的人类社会），要帮所有猴子理毛是不可能的。于是，人类开始使用语言。理毛的对象一次只有一个，语言却能同时传递给许多人。换言之，和动物间的理毛行为一样，人类通过闲聊来进行社会性的接触与情感上的交流。

开始吃肉，却日渐消瘦

脑袋变大是要付出代价的，人类不仅要想尽办法获取充足的能量，而且这种能量必须通过动物性食物来提供。为此，人类只能在大白天趁其他猛兽都在睡觉的时候，外出寻找动物尸体的残渣来吃（参见第5章）。

尽管人类靠吃肉获取高质量的脂肪和蛋白质，但脑袋也不是马上就能变大的。在那之前，人类必须先解决几个问题。首先，人体的其他器

官会与大脑竞争有限的能量，最具代表性的就是消化器官。由于能量有限，无法同时满足两种器官的需求，因此为了让大脑增长，人类就必须排挤消化器官的发育。英国伦敦大学人类学教授莱斯利·艾洛（Leslie Aiello）与彼得·惠勒（Peter Wheeler）于1995年发表的“高耗能组织假说”就以此为主要内容。实际上，我们对各种动物进行比较后可发现，脑部的大小确实与消化器官的大小成反比关系。

其次，为了迎合大脑的尺寸，颅骨必须同步增长。要想让颅骨有空间增长，与颅骨连接的肌肉就必须萎缩变小。在与颅骨连接的肌肉群中，最大的肌肉是咀嚼肌。换句话说，为了让大脑变大，咀嚼肌必须先变弱。有趣的是，在2004年发表的某篇论文中，一项实验让老鼠颌骨肌肉的基因产生突变，使咀嚼肌萎缩，最后导致老鼠的颅骨变大。这一实验结果也间接证明了上述理论。

现在让我们试着将这两个问题与人类进化联系起来：200万年前，在非洲有三种互为亲戚的物种，在适应自然环境上各自呈现出极为不同的形态。他们分别是以食草为主的鲍氏傍人、食用动物尸体残渣的能人，以及过着狩猎生活的直立人。鲍氏傍人的脑容量虽然比较小（500毫升），但牙齿大得吓人，咀嚼肌也十分发达，下颌骨与颧骨也非常强壮；以食肉为主的直立人脑容量虽然相对较大（1000毫升），但牙齿非常细小，咀嚼肌也相对较小；能人则介于两者之间（脑容量约650毫升）。由此可见，饮食习惯与脑部大小，似乎真的存在某种惊人的关联。

为了提供充足的能量给如此耗能的大脑，人类必须不断摄取动物性蛋白质与脂肪，也因此必须过着狩猎生活。此外，人类开始懂得收集关于动物迁徙与环境变化的信息，在这个过程中，人类最重要的“武器”诞生了，那就是团队合作。当社会规模不断扩大，人际交往与信息交流会越来越频繁。

于是，人类的大脑将这些丰富多元的信息储存起来，并根据实际情况加以运用，这就是人类拥有一颗巨大脑袋的真正原因。就算没有同时启用大脑中所有的脑细胞，一颗巨大的脑袋对人类来说仍然非常有利。多如天文数字般的神经突触，让我们在面对突发情况时能迅速做出反应；海量的记忆资料库，让我们有办法应对不断变化的环境。

最后，我再提出一个问题来作为本章的结尾。我与美国密歇根大学人类学系的米尔福德·沃尔波夫教授共同撰写了一篇研究论文，其中提到从200万年前至5万年前这段时间中，人类的大脑不断变大。但这项研究中并未包括5万年前到现在的相关资料，因为我们的论文并没有研究近代人类大脑的演变。

你要不要猜猜看，在这5万年间，人类的大脑经历了什么样的变化。人类的脑袋会不会变得越来越大？事实上，有学者持有与此相反的意见，认为人类的脑部可能正在逐渐缩小。虽然必须通过收集资料，并进行更严谨的研究才能得知真相，但如果这个假设成立，则原因肯定十分耐人寻味。难道是因为互联网的发展或是我们对科技的过分依赖，让机器取代了大脑大部分的功能吗？

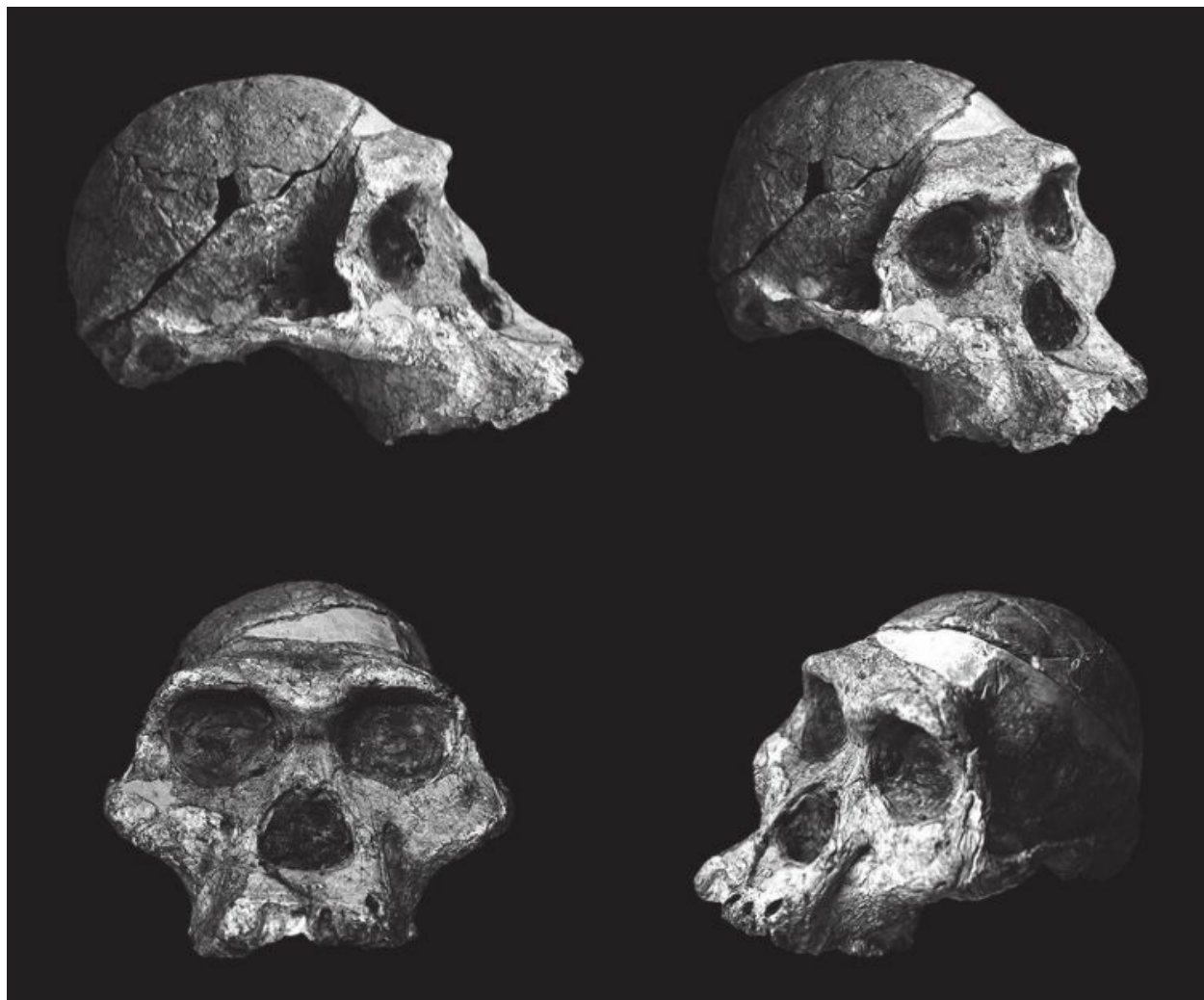
或许，现代人类正在经历一场戏剧性的逆转，朝着数百万年进化史的反方向奔驰而去。

伴随大脑袋而来的肥胖魔咒

为了让大量耗能的大脑获得充足的营养，人类一直在努力摄取高热量的食物。纵观整个人类历史，食物的供给量经常处于匮乏的状态。但对现在世界上某些国家而言，食物的供给不仅充足，而且十分丰富多样。我们明知高热量食物无益于人体健康，却还是无法抗拒美食的诱惑。

在2004年上映的美国纪录片《大号的我》（*Supersize Me*）中，主角连续30天只吃麦当劳，实验了一个月之后，他发现自己肝脏中的毒素已经飙至危险等级。虽然这部电影的主要诉求是让大众了解快餐对人体健康有多么严重的危害和影响，我看完后却在感叹人类吃了那么多垃圾食物还不会死。而世界各地举办的大胃王比赛，或是在网上相当受欢迎的“吃货”短视频，其实都与这种暴饮暴食的行为没什么两样。

所有的动物都贪吃，哪怕撑死也要吃。奇怪的是，人类就算吃了那么多高脂肪、高热量的食物，身体也不会立即受到致命伤害。然而，我们依旧无法摆脱心脏病和糖尿病等慢性疾病的威胁，这就是人类进化出大脑袋所要付出的代价。



非洲南方古猿的头盖骨化石。

你是尼安德特人！

“你简直就是尼安德特人！”

如果某人对你说了这句话，则你会怎么想？可能有些人对尼安德特人不太了解，搞不懂这是一种恭维，还是一种讽刺。尼安德特人是人类的亲戚，从30万年前至2万年前^[11]这段时间里，一直生活在欧洲大陆。对在遥远亚洲长大的我们来说，他们的确就像是陌生人。或许你会想起过去在学校里学到的知识，然后想说：“原来你说我是一个原始人啊！”但因为无法具体想象出尼安德特人的样貌，所以你还是无法判断这是不是句好话。

对欧洲人来说，这句话可能会让他们感到十分愤怒。在过去，对一个欧洲人说他长得像尼安德特人，相当于说他是一个未开化的野人。在血缘上与人类极为相近的尼安德特人，为什么会变成严重侮辱人的象征？

令人蒙羞的亲戚

就在达尔文出版《物种起源》一书之前，科学家在1856年发现了尼安德特人。起初，化石古怪的外观引起人们极大关注，很快，关于“尼安德特人与现代人类是否有血缘关系”“尼安德特人是否为人类祖先”等问题在各界引发了激烈的争论。

20世纪90年代，我就读研究生的时候，我的母校美国密歇根大学同样处于这场争论的风暴中。对于尼安德特人与现代人类之间的血缘关系，当时古人类学界分成了正反两派。绝大多数的学者对此持肯定的态度，认为尼安德特人是现代人类的直系祖先。通过对化石的研究比对，我们可以从尼安德特人身上观察到与现代人相同的特征，如突出的鼻梁和拉长的后脑骨。

照这样看来，应该只剩下少数的“反对派”学者否定尼安德特人与现

代人类的关系。但在学术界之外出现了十分有趣的现象，那就是社会上大部分民众反而支持反对派的观点。当时，我对这种社会反响感到非常困惑。尼安德特人与人类有没有血缘上的关系，他们到底是不是人类的祖先，这些只不过都是我们根据化石资料判断出的一种客观事实，更何况，这一切都是数万年前发生的事了。但是对西方人来说，这个问题无关科学依据，而是牵涉到民族情感。尼安德特人就像是一个令人蒙羞、难以向外人提及的亲戚，不管是生活在3万年前还是10万年前，西方人好像都不希望与尼安德特人有血缘上的牵连。这到底是为什么？

导致西方人对尼安德特人抱有负面看法的主要原因，是20世纪初在法国圣沙拜尔出土的一具化石。这具化石有完整的头骨、躯干与四肢等重要部位，科学家推测这是一名步履蹒跚的佝偻老人，艰辛的生活环境让他的骨头关节严重受损。但大众对这个老人化石有着完全不同的诠释，他的外貌被描述成看起来有点笨，走路时会弯腰驼背，甚至演变成一种愚蠢、痴呆的形象。1909年，就在化石出土后的第二年，伦敦一家报社刊登了一张尼安德特人的化石复原构想图：弯曲歪斜的身躯，全身覆盖毛发，嘴巴微微半张着，额头窄小且向后倾斜，目光迟钝的眼睛被笨重的上眼皮遮去一半。这张图如实地反映出当时人们对尼安德特人的曲解。

令人联想到土著的粗鄙外貌

这样的外貌，你是否觉得似曾相识？没错，这正是当时欧洲人心目中生活在殖民地的那些“未开化的土著”。尼安德特人被重建出的样貌，与殖民地的原住民十分相似，这一点并非偶然，其中隐含了当时西方人的潜在意识。欧洲人普遍认为，这些未开化的土著十分野蛮，所以自己有责任将这些地区纳入殖民地，将欧洲的文明与宗教传给他们，帮助他们发展。

好，现在回头来看看尼安德特人。在欧洲人心中，尼安德特人用原始的工具捕捉动物，像动物一般咆哮，居住在幽暗的洞穴中，与其说他们是人类，倒不如说更像凶猛的野兽。后来，拥有宽阔额头、强壮下颌、精明长相的克罗马侬人（Cro-Magnon，属于智人的一种，被认为是欧洲人的祖先）出现了，尼安德特人被取而代之，最后完全灭绝。对西方人来说，克罗马侬人代表的是拥有高超狩猎技巧、语言和文化的真正人类，而尼安德特人不仅不属于人类，而且很野蛮。

人们认为尼安德特人正是因为蛮横无知才会被克罗马侬人打败，而那些未开化的土著则是在成为西方殖民后才获得建立文明社会的机会。这两者之间，似乎有一些相似之处。因此，当西方人在看尼安德特人时，他们就会不自觉地联想到殖民地的土著，这让“你是尼安德特人”这句话在西方人的耳朵里格外难听。

尼安德特人的负面形象，在欧洲人心中持续了好长一段时间。20世纪90年代，甚至有科学家通过研究现代人类的遗传基因，证实了尼安德特人与现代人类并无血缘上的关系。这种直接从基因中读取人类进化秘密的崭新手法，着实令当时的学术界惊叹不已。

后来，德国马克斯普朗克研究所的史凡德·帕波（Svante Pääbo）博士率领研究团队进一步应用了这项新技术，直接从尼安德特人化石上提取出古老的DNA来进行分析。帕波博士通过基因组测序，证实尼安德特人与现代人类的DNA并不相同，这意味着尼安德特人不可能是现代人类的祖先。帕波博士分析了线粒体中的DNA（约1.6万个碱基对）与细胞核中的DNA（约100万个碱基对），两者的分析结果皆指向同一个结论。过去那些既有的化石研究方法，相较之下看来既陈旧又过时。直接从化石中提取出DNA，赋予实验结果一种尖端科技的新鲜感，就像电影《侏罗纪公园》激发出人们无限的想象力，也因此而受到大众的青睐。

尼安德特人并非人类的亲戚，这一观点几乎成了既定事实。所以到了2000年，“尼安德特人是因为现代智人的出现而灭绝”的论述，也被世人认同并广为流传。关于尼安德特人灭绝的原因，人类学家提出了各种不同的假设。有人认为这两个族群发生过激烈的武力冲突，而拥有精良武器的现代智人将尼安德特人赶尽杀绝；也有人认为，他们彼此间虽然没有直接冲突，但现代智人以优越的环境适应能力，最终赢得了这场生存竞争。无论是哪一种情况，都有一个事实从未改变过，那就是这两个族群绝对没有血缘上的关联。

尼安德特人也会说话吗？

然而10年过去了，对尼安德特人的研究在2010年发生了大逆转。帕波博士通过更新的基因检测方法，重新解读了尼安德特人化石的基因组。这项艰巨的工作需要分析超过30亿个碱基对，研究结果震惊了全世界——所有现代人类的体内都带有尼安德特人的基因，而欧洲人体内有

4%的DNA来自尼安德特人。也就是说，欧洲人是继承尼安德特人血统的后代！

更令人惊讶的还在后头。这4%并非无关紧要的基因，实际上，这些基因分别掌管嗅觉、视觉、细胞分裂、精子的健康状态，以及血管内平滑肌收缩与舒张的调节机制等体内功能，对人类的生存来说至关重要。其中有个基因特别令人好奇，那就是与语言功能发展有关的FOXP2基因。这个基因若是发生突变，人类便会丧失语言功能。在这项研究结果公布前，尼安德特人的说话能力一直受到各界质疑。尼安德特人是否会说话？如果会，则他们的语言功能又发展到什么程度？他们到底能不能像现代人类一样自由地用语言沟通，还是只能像婴儿般发出咿咿呀呀的喊叫声？

主张尼安德特人不会说话的学者推测尼安德特人身上的FOXP2基因结构与人类的不同，因此当基因组分析结果一发布，他们便迫不及待地确认基因的情况。没想到，尼安德特人的FOXP2基因竟然与现代人类完全相同。难道尼安德特人真的会像我们一样说话吗？或者更准确地说，我们真的像尼安德特人一样说话吗？

部分学者认为，仅凭遗传基因无法确切得知尼安德特人是否会使用语言，于是他们开始进行另一项研究。懂得使用语言的现代人类，其大脑最显著的特征就是左右脑功能上的不对称性。虽然大脑的许多部分都与语言功能的发展有关，但最重要的语言区多分布在左脑。如果左右脑在分工上有不对称性，就一定会让身体更频繁地使用左右侧中的某一侧，所以才会形成左撇子或右撇子。因此，如果可以观察出尼安德特人是否有惯用某只手的习惯，我们就能反过来推测其大脑是否具有可以使用语言的不对称性结构。

美国堪萨斯大学人类学教授大卫·费尔（David Frayer）领导的研究团队想出了一个方法来实践这个理论，他们将注意力放在尼安德特人的牙齿上。尼安德特人有一个非常有名的特征，就是善于利用牙齿作为工具。如果只是用牙齿来咀嚼食物，上下排牙齿的咬合面就应该会呈现均匀磨损的状态。研究人员从牙齿凹凸不平的咬合面推测出，尼安德特人不仅会在吃东西时用到牙齿，而且用牙齿来做其他事情。例如，在处理肉类或是植物纤维时，他们会用牙齿将肉类或植物的某一端紧紧咬住，同时用一只手抓着另一端，再用另一只手拿着石器用力切断。如果在切

东西时挥下石器的角度稍有偏移，则会造成什么结果呢？坚硬的石器边缘就会擦到牙齿表面，留下刮痕。我们仔细观察刮痕的角度，就可以判断他们是用左手还是右手拿着石器。

多么巧妙的方法，不是吗？研究人员实际观察并统计后发现，大概有90%的尼安德特人都是右撇子。这个比例与现代人类十分相似，这也使尼安德特人会使用语言的可能性又提高了一些。

你体内的尼安德特人，我体内的东南亚人

通过这些年的研究，我们了解到尼安德特人不是如野兽般咆哮的野蛮人，他们已经开始懂得使用工具，在贫瘠的自然环境中过着狩猎生活，还会将一种赤褐色的颜料涂在身上当作装饰，也会举行仪式来埋葬死者。不仅如此，而且他们极有可能与人类一样，可以流畅地说话、互相沟通。甚至有学者发现，那些被认为是现代人类发明的洞穴壁画，很有可能是尼安德特人最先创作出来的。

有人说历史的演变就像螺旋，不停地循环往复。最早发现尼安德特人遗址的所在地，也是20世纪种族主义温床的德国，甚至兴起了某种承认尼安德特人身份的运动。如今，我们在德国到处都能看见“我是尼安德特人”的标语。1963年，美国总统约翰·肯尼迪在访问柏林时，也借用了这句话并感性地喊出“我是柏林人”，作为这场著名演讲的开场白。难道这意味着西方社会已接受尼安德特人作为人类的祖先？或许，这只是极力摆脱窠臼的年轻一代借此表达出他们与众不同的想法。

我谨慎却乐观地认为，以种族歧视眼光看待尼安德特人的时代已经逐渐过去。人类正试图抛开对尼安德特人的成见，从贬低殖民国家与当地文化的历史桎梏中解放，也是某些人终于愿意拥抱和接纳这个多元社会的最佳证据。

思考尼安德特人的历史时，我也想起了韩国。韩国同样是一个对祖先十分尊崇的国家，因为人人都想确认自己的血统是否来自一个“令人自豪”的民族。但我们仔细想想就觉得不大对劲，究竟谁才是令人感到骄傲的祖先？谁又是令人蒙羞的祖先？过去在学校里，我们学到大韩民族的祖先来自西伯利亚地区。对于自己起源于东北亚大陆的说法，我们并未感到抗拒。但如果有人提出，我们的祖先其实来自东南亚，你会有

什么感觉？会觉得有些反感吗？如果会的话，请再好好想一想，你心中的那股抗拒感，不正是源自社会对东南亚国家的歧视吗？这与20世纪初的欧洲人以有色眼光看待尼安德特人又有何不同呢？

摇摇欲坠的分子钟理论

长久以来，人们总认为尼安德特人长得皮糙肉厚，完全可以用时下的流行语“肌肉猛男”来形容他们宽阔的肩膀、厚实的胸膛与强壮的四肢。但以前有许多人对他们抱有负面看法，认为他们长得“既粗野又愚蠢”。

光从外表来看的话，我们可以发现尼安德特人身上其实有许多特征与现代人类非常相似，所以古人类学家才会一开始就假设尼安德特人是现代智人的祖先。但学者们也十分好奇，外表如此野性的尼安德特人，究竟是如何变成现代智人这种“优秀物种”的祖先的呢？

这个假设在1987年受到了极大挑战，加州大学伯克利分校的研究员丽贝卡·卡恩（Rebecca Cann，现任夏威夷大学人类学系教授）与研究小组在《自然》杂志上发表了一篇文章，推翻了尼安德特人是现代智人祖先的观点。他们从世界各地的人身上抽取样本分析线粒体基因，发现尼安德特人与现代智人并无血缘上的关系。不过诚如上一章内容所述，后来史凡德·帕波博士的研究结果重新证实了这项假设，我们都是尼安德特人与早期智人繁衍出的混血后代。

这种不执着于化石本身而通过分析现代人类基因的考古研究方法，着实令人惊叹不已。虽然基因解读技术本身十分神奇，但能想出用这个方法来进行研究也相当令人佩服，这需要极为丰富的想象力。科学家到底如何根据人类的基因揭示现代智人与尼安德特人之间的关系？卡恩的团队利用“分子钟”（molecular clock）概念，通过计算基因突变的速率来追踪人类起源的时间点。

当时，遗传学家之所以如此坚信“尼安德特人并非现代智人的祖先”，是因为根据分子钟计算出了两者出现的时间顺序。他们认为现代智人出现于20万年前的非洲大陆（后面会专门解释这一点），尼安德特人则是从30万至25万年前就在欧洲大陆各地活动了，因此后者是现代人类祖先的假设并不成立。

卡恩当年的这项研究在学术界引发了轩然大波，激励了更多遗传学家投身人类进化的研究之中。科学家通过现代人类的基因，研究过去到底发生了什么。我们的基因变成了时空胶囊，带我们穿越时空回到远古时代。接下来，我要和你聊聊这个穿越时空的方法，它目前仍被广泛地应用于人类学与生物学的研究中。虽然我需要提及一些进化学与生命科学的基础知识，但你可以由此了解现代遗传学中最为重要且极具争议性的领域，请耐心地继续阅读下去。

“突变的时钟”理论

脱氧核糖核酸简称DNA，负责传递所有生物体内的遗传信息。简单来说，这些遗传信息由四种核苷酸排列组合而成，分别是腺嘌呤（A）、鸟嘌呤（G）、胞嘧啶（C）、胸腺嘧啶（T）。假设这四种核苷酸代表四颗珠子，上面分别刻有字母A、G、C、T，你可以随意将它们穿成一条长链，借由这些字母传递各种信息。

DNA就像是以这四种珠子穿起来的长链，而“基因”指的就是DNA长链上的某一个片段，是由这四种珠子中的任意三种排列成的一段具有意义的密码序列。举例来说，以“C、T、A”顺序排列而成的片段并不带有任何意义，但若是以“C、A、T”顺序排列，就能组合出“猫”这个有意义的单词，而那些具有意义的序列才是我们所说的基因。而基因最重要的功能，就是负责制造出生物体内具有不同功能的蛋白质。

DNA具有自我复制的能力，无论是在一般细胞进行分裂时，还是干细胞要修补组织或制造新细胞时，DNA都会不断地进行复制。在如此频繁的复制过程中，自然就会出现所谓的“失误”。虽然生物体内有完整的机制可以矫正或防止失误出现，但难免会有疏漏的情况发生，有时可能会遗漏或是多插入一颗珠子，也有可能完全复制错误。例如，原本应该以“C、A、T”的顺序排列出“猫”这个单词，但如果DNA在复制时错将G取代了A，就会排列出“C、G、T”这样完全错误的信息。

在DNA复制过程中所产生的错误遗传信息，就是基因突变，或简称为突变。发生突变的生物个体会变成什么样子呢？著名的漫威电影《X战警》就是以基因突变而获得特殊能力的超级英雄为主角。然而，日本遗传学家木村资生（Motoo Kimura）博士提出了另一种解释，他认为我们无法察觉出基因片段中产生的突变，而那些我们可以察觉出的突变则

是在不属于基因的片段中产生的。这个概念成为现代遗传学中最重要的一项核心理论，被称为“中性理论”。

假设生物个体中的基因片段（可制造出蛋白质的部分）发生了某种突变，若该突变不利于生存，则最终会导致该生物个体无法持续繁衍出后代，这种突变就会在不久后消失。

相反，如果该突变有益于生存，该生物个体就会繁衍出更多的后代，而这个有益的基因突变会扩散至所有相同的物种个体上，进而形成一种普遍现象。如此一来，它便不再是单一的基因突变，因为全体都带有相同的突变，导致我们无从察觉。总之，在基因片段中产生的突变，最后无论是消失不见，还是变得令人无法察觉，今日的我们都没有办法分辨出来。

那么，没有可察觉的突变吗？无法制造出蛋白质的片段，科学家称之为“非编码DNA”，可制造蛋白质的基因片段叫作“编码DNA”。根据木村博士的说法，非编码DNA的突变是可以察觉的。但由于非编码DNA不具备制造蛋白质的指令，所以并没有实质上的功能。它的突变对生物个体既无好处也无坏处，也不会影响后代繁衍的数量，所以这种“中性突变”并不受自然选择的影响，它不会消失也不会扩散，就这样持续存留在生物体内。

在时间的推移下，生物个体内发生中性突变的频率可能会增加或减少，而时间的长短就是影响中性突变次数多寡的唯一变数。如果我们可以得知中性突变发生的周期，就能推算出该生物群体经历了多长时间才会发生这些突变，进而推算出该群体存在时间的长短。以此逻辑为基础的中性理论，对于20世纪的遗传学有着极为深远的影响与贡献，甚至20世纪60年代后出现的群体遗传学也是建立在中性理论上而蓬勃发展起来的。

达尔文首先提出了物种进化的概念，而自然选择是进化的核心机制。现代生物学将进化定义为“生物的可遗传特征在世代间的改变”，但中性理论认为DNA突变与自然选择无关，是依靠随机性与时间发展出来的，这一点正好与达尔文的观点相矛盾。

突变的多寡决定了一个生物群体的基因多样性。在20世纪90年代，遗传学家发现了一个有趣的事实，那就是人类基因的多样性其实比我们

想象中的少。本文开头提及，卡恩教授在1987年的研究中发现，人类线粒体中的DNA多样性少得可怜。1991年，当时在美国得州大学执教的进化生物学家李文雄博士与洛里·萨德勒（Lori Sadler）教授共同发表了一篇名为“人类群体中的低核苷酸歧异度”的论文，而该论文被誉为群体遗传学史上一项划时代的研究。

当时的遗传学家认为这种现象十分符合中性理论的观点，他们解释道：“因为智人这个物种出现的时间不够久远，造成人类基因多样性偏低。”换句话说，现代智人是不久前才出现的，所以没有足够的时间累积出足够的中性突变。如果人类起源于近代，那么出现在世界各地的古人类化石年代久远，只能将他们视为已灭绝的人类亲戚，而不是直系祖先。文章开头所提到的尼安德特人化石正是因为这一观点而被排除了身为人类祖先的可能性。由于当时在非洲或亚洲并未发现其他与现代智人差不多时期的古人类化石，所以人类起源的争辩焦点便落在了尼安德特人与现代欧洲人之间的关系上。

后来，科学家又发现了另一件耐人寻味的事。他们将非洲、欧洲与亚洲各地人类的基因进行比对，发现非洲人的基因多样性最高，说明他们出现在地球上的时间较长，这再度增加了“人类起源于非洲”的可能性。这项研究结果一经发表，“大约20万年前，人类出现在非洲大陆上”几乎成为一种既定事实而被众人接受。在现代生命科学的强力支持下，这个被称为“非洲起源论”的学说在20世纪90年代迅速成为人类进化论的主流。

备受质疑的线粒体“分子钟”理论

初期用于研究人类进化的遗传学实验，皆是以线粒体中的DNA为主要样本的，因为当时的技术尚无法分析由30亿个碱基对组成的细胞核DNA。线粒体中的DNA拥有约1.6万个碱基对，而且样本资料库颇为丰富，分析起来相对容易。学者认为，因为线粒体在细胞核之外，即便它的DNA产生突变，对生物个体也不会有任何影响，这也说明科学家看重的就是线粒体DNA的“中立性”。

然而到了20世纪90年代末期，中性理论的基础开始受到质疑，症结就隐藏在被当时科学家视为研究重点的线粒体之中。事实上，线粒体中的DNA具有母系遗传的特性，无论你是男是女，你的线粒体中的DNA

都一定跟你妈妈相同。但要是你只生下儿子而没有生下女儿，这线粒体中的DNA和它可能发生过的突变便会一同消失。这样看来，过去实际存在过的线粒体DNA突变数量，有可能比我们现在观察到的更多。如果我们只参考线粒体的DNA研究数据，则很有可能大幅低估了人类出现的时间。

另一项挑战则来自突变周期的可预测性，导致人们对估算出的时间产生怀疑。举例来说，假设基因的突变周期为100年发生一次，若观察到5个突变，则可推断这中间经过了500年的时间。这就是科学家目前仍用于推测基因起源的一种年代推定法。但如果突变周期不是100年而是50年的话，那估算出的时间就会减为250年；相反，如果突变周期变为200年，时间就会拉长至1000年。如果突变周期不规则，不就完全无法估算出时间吗？研究人员的确发现了这样的情况，研究数据显示线粒体突变的周期并没有想象中稳定，这大大增加了研究的不确定性。长久以来，线粒体突变的数量被视为揭露人类进化秘密的“时钟”，但事实证明，这个时钟走得并不是很准。

随着科学成果日新月异，科学家又发现了另一个与中性理论相悖的事实。中性理论认为非编码DNA发生的突变并不会对生物个体造成任何影响，但近年来的研究显示，这种基因突变对生物个体的繁殖情况仍存在着一定的影响。

从前，科学家认为，在人类完整的基因组中，负责制造蛋白质的基因片段只占了不到3%，其余绝大部分的基因片段都是没有功能的非编码DNA，也有人称之为“垃圾DNA”。但新的研究指出，垃圾DNA多少带有增强或抑制邻近基因的功能，这意味着它们的突变同样会对生物个体的生存造成有害或有益的影响。那么，非编码DNA仍会受到“自然选择”的影响，也就失去了所谓的“中立性”。以中性理论为基础的“分子钟”理论，当然也一并受到各界的审视与质疑。

别急，质疑还没结束。过去被认为存在于细胞核之外、对生物个体毫无影响的线粒体DNA，其实还是有实际影响力的。21世纪初发表的研究报告纷纷指出，线粒体具有调节细胞新陈代谢的功能。每当有新的研究成果公之于世，学术界那鼓噪紧张、一片哗然的气氛，现在看来难免觉得有点可笑。没想到，过去的科学家竟然将有“细胞能量工厂”之称的线粒体视为中性无用的存在，可见当时的中性理论在主流学界有多大的

影响力。

人类起源之争，第二回合？

如今，寻找人类起源的研究已进入新阶段。过去研究线粒体的那些报告都必须重新受到严格的检验。随着遗传学技术的高度发展，科学家放弃了通过现代人类的DNA来衡量人类进化的年代，转而直接分析从化石中提取出的古代DNA。

1997年，德国马克斯普朗克研究所发表的研究成果与当时支持中性理论的非洲起源论十分一致。他们提取出尼安德特人线粒体中的DNA，并声称分析结果与现代智人的DNA大为不同。在2006年发表的细胞核DNA比对结果，同样呈现出两者之间的种种差异。然而，这两项研究都只选取了人类完整DNA序列中的一部分。直到2010年，尼安德特人的基因组才被完整地解读与分析，推翻了过去既有的研究结果。事实证明，所有现代人类的体内都带有尼安德特人的基因，欧洲人身上也有4%的DNA来自尼安德特人。非洲起源论与主张现代智人是近代才诞生于非洲并与其他古人类物种毫无血缘关系的中性理论，已经渐渐失去了说服力。

2013年，科学家成功重建出一匹70万年前的马的基因组。看来，要完整重建70万年前古人类的基因组，只是时间问题。我们身处一个充满奇迹的科学时代，人类不仅可以通过基因解码的技术来探索过去，而且能直接提取出古代人类的基因，进一步研究长相以外的其他遗传特征。

“垃圾DNA”一点儿都不垃圾

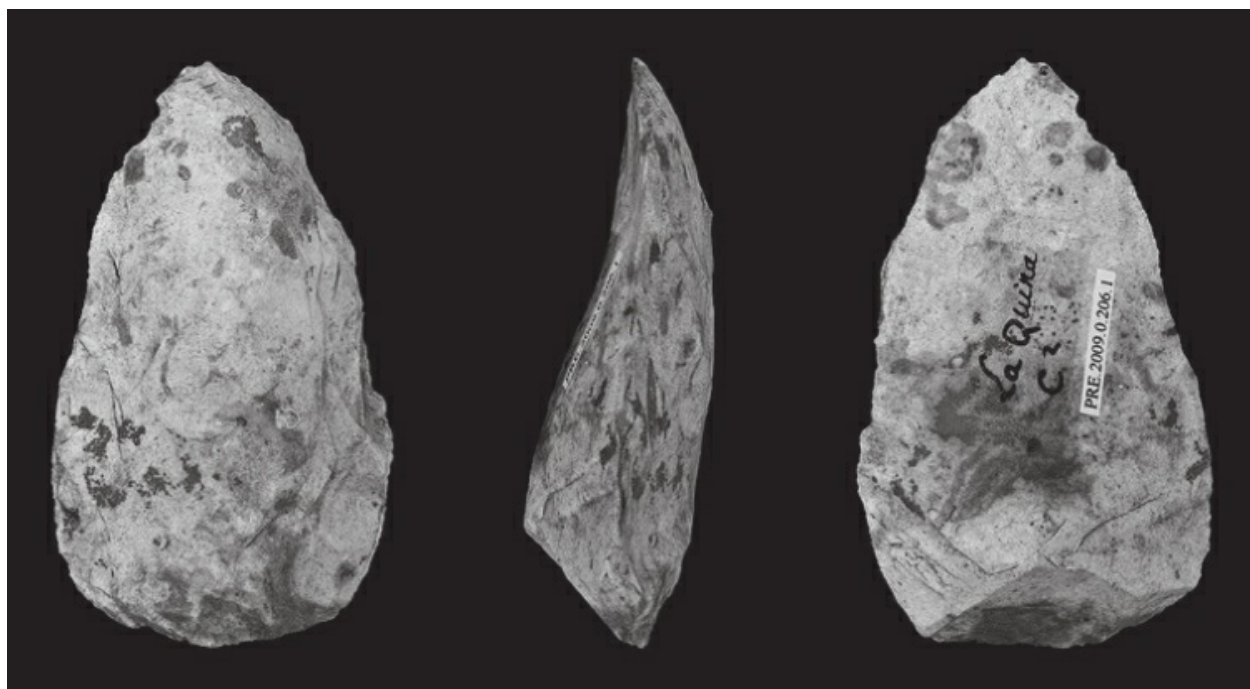
“垃圾DNA”理论与“人类终其一生只会用到10%的大脑”一样，都是错误的想法。

人类的基因组由30亿个碱基对组成，然而2001年公布的人类基因组图谱与初步分析结果显示，真正能制造蛋白质的基因不到2万个。也就是说，在这30亿个碱基对中，有用的不到1%。这样看来，将那些无用的DNA称为“垃圾”，好像也没什么不对，而这个印象也从此留在大众的脑海中。

不过，那99%的DNA真的一点儿用处都没有吗？在人的一生中，细胞会进行无数次的分裂与复制，为身体制造新的细胞。难道细胞每次在进行有丝分裂时，都必须彻头彻尾地复制出30亿个毫无作用的遗传信息吗？同理，即便处于休息的状态，大脑每天消耗的能量也会超过人体总摄取能量的20%，难道我们会放任90%的脑袋不管，让它每天白白浪费宝贵的能量吗？

经过日积月累的研究，隐藏在垃圾DNA中的重要信息逐渐曝光在世人面前。虽然垃圾DNA不能制造蛋白质的指令，但扮演着类似开关的重要角色，随时向其他负责合成蛋白质的基因传递开启或停止的信号，也就是说，它具有操控邻近基因的功能。位居人类死因榜首的癌症，其病因被认为与垃圾DNA有关。若是信号传递机制失控，会导致细胞明明不需要增生，却一直处在分裂与复制的状态，则有可能导致肿瘤形成。

人类对DNA和大脑的误解，其实都是因为我们了解得太少。通过不断发展科学和医学，我们已经解开了不少人体奥秘，但还有更多未知的领域有待我们继续探索，我们绝不能因为不了解，便将它们误认为是毫无价值的垃圾。



推测为尼安德特人打造出来的莫斯特（Moustérien）石器。

19

揭开亚洲人起源的第三种人类

在古人类学的领域中，目前大家最感兴趣的研究对象当数尼安德特人。除了相关资料与研究文献最丰富，他们的生存年代与现代智人也最为接近。

最近科学家才证实，几乎就在尼安德特人出现的同一时期，亚洲地区出现了另一种人类——丹尼索瓦人（**Denisovans**）。科学家认为他们是现代智人与尼安德特人的近亲，以第三个人属物种之姿在古人类学界引发了热烈讨论。到底有什么值得讨论呢？这关系到我们亚洲人的起源，还请各位睁大眼睛仔细瞧瞧。

丹尼索瓦人的化石首先是在阿尔泰山区（俄罗斯东部与蒙古的边界）的丹尼索瓦洞穴中被发现的。古人类学家一直很想知道，除了欧洲，尼安德特人是否也曾出现在亚洲或世界上其他地方。在20世纪70至80年代，我还在韩国念书，老师是这么教我们的：“南方古猿、直立人、尼安德特人与智人，就是按照这个顺序出现于旧大陆（欧亚大陆与非洲大陆）各地。”目前，研究人员已证实南方古猿的活动范围仅限于非洲，但当时人们抱着“或许可以找到南方古猿”的心态，在亚洲各地展开挖掘研究，其中又以中国最为积极。至今在中国发表的学术期刊中，我们仍可以不时看到中国某地发现了南方古猿化石的研究论文。

人们对南方古猿的狂热尚且如此，更何况是最受瞩目的古人类物种——尼安德特人。各界都迫切希望能在东北亚发现他的踪迹。法国持续派遣研究团队前往东北亚展开长期调查，中国也几近疯狂地日夜挖掘。在中国、朝鲜和俄罗斯发表的考古论文中，我们不时会看到尼安德特人的学名或是其亚种名称^[12]。各国出土的化石，只要能在其中找到与尼安德特人相似的特征，如高高隆起的眉骨或是被拉长的后脑骨，一律以此命名。

是谁留下的石器？

然而这一切只是徒劳，因为在亚洲大陆从未发现过真正可以称得上是尼安德特人的化石。特别是尼安德特人在欧洲活动的那段时期（10万至3万年前），在东北亚地区几乎没有发现任何人类化石，堪称“人类化石的黑暗时代”，就连尼安德特人遗留的莫斯特时期的石器也从未被发现。

直到最近，科学家才在俄罗斯西部的高加索地区发现了尼安德特人的遗址，这已经是到目前为止最靠近东北亚的遗址了。在该地区的玛兹梅斯卡亚洞穴（Mezmaiskaya Cave）里，研究人员挖出了一具尼安德特人的幼童化石，约有4万年的历史；而在更东边的东北亚与东南亚等地，研究人员从未发现过尼安德特人存在的痕迹。古人类学家推测，这可能是由于尼安德特人无法越过高耸的喜马拉雅山。

那么，距离现在10万至3万年前的那段时间，真的没有其他人类在亚洲活动吗？从直立人消失到现代智人从非洲迁往亚洲之前，其间出现了人类的断层吗？当时许多学者抱有此种想法，但进入21世纪后，情况出现惊人的转变。科学家依旧没有发现尼安德特人的踪迹，但他们找到了不属于尼安德特人也不属于现代智人的第三种人类。

事实上，早在数年前，在一些考古学家之间就流传着关于第三种人类的消息，但直到近期这才成为热门话题。丹尼索瓦洞穴所在的俄罗斯阿尔泰（Altai）地区，有不少证据（石器和装饰品）显示，至少10万年前就已经有人类居住在此地了。在更早之前是否有人类在此地定居，目前尚无法确定，但或许是因为冰河时期来临，严寒的气候阻碍了当时的人类向别处迁徙，这些人不仅没有离开，而且在这个地区一住就是10万年，还留下了各种不同的石器。然而，从8万至7万年前开始，石器的外观出现了巨大的改变。在卡拉博姆（Kara-Bom）与卡拉科尔河谷（Ust-Karakol）等遗址出土的石器，外形十分近似旧石器时代晚期人类使用的、有“现代智人石器”之称的石片。但现代智人最早出现在此地是在4万年前，这说明这些石器是由其他人类打造出来的。

距今5万至3万年前的那段时期非常特殊，当时的人类会在夏天外出打猎，到了冬天则待在洞穴里躲避严寒。丹尼索瓦洞穴是阿尔泰山区的诸多山洞之一，洞穴里明显留有人类在此过冬的痕迹。洞穴顶端有一个自然形成的坑洞，像烟囱一样具有通风排烟的功能，十分适合在里面生起篝火度过寒冬，因此自然会吸引人类在此处居留。但令人不解的是，

在这段时期的丹尼索瓦洞穴中，混杂了两种不同文化的痕迹，而且皆被视为现代智人留下来的“杰作”，例如，可能被当作矛头使用的狩猎武器，或是用兽齿穿成的项链、用石头制成的手镯等。但洞穴内完全没有人类的化石，这些遗物的主人身份也成为一团疑云。

然后，就在2008年，丹尼索瓦洞穴出土了一块如黄豆般大小的骨头化石。它的外观像人类的小指骨头，但科学家不认为它有研究价值，因为这里从未发现过人类化石，所以它有可能不是人类的骨头，而是来自一头曾经住在洞穴中的熊。

居住在亚洲的人类近亲

在2010年，科学家利用古代DNA解码技术，分析了从骨头中提取出的DNA，发现这块化石的主人原来是一名六七岁的小女孩。但她的DNA与现代智人的DNA不太一样，看起来也不像是尼安德特人的。换言之，她既不属于现代智人，也不属于尼安德特人。从玛兹梅斯卡亚洞穴与文迪亚洞穴（Vindija Cave）出土的尼安德特人化石，其生存年代与这名小女孩差不多，但DNA与她的不同，这说明她可能是从欧洲系统分出来的一个独立人种。后来，科学家又提取出了三个线粒体基因组（由于生物体内每一个线粒体的DNA的核苷酸序列皆不相同，所以通常会尽可能多地提取几个样本进行分析），结果与欧洲及邻近阿尔泰地区的尼安德特人也有着极大差异。这证实了她确实是区别于现代智人与尼安德特人以外的第三种人类，古人类学家因此将她命名为“丹尼索瓦人”。

后来，研究人员又在洞穴中找到一颗成人的臼齿（智齿）化石，其外观同样与现代智人及尼安德特人的牙齿有所差异。但是，单凭一块小指骨与臼齿化石，姑且不论物种定义上的问题，科学家都根本无法推测出丹尼索瓦人的外观形态。换言之，这名人类的祖先只存在于DNA的形式中，与过去用化石来定义物种的情况完全不同。或许，人类已经开启了没有化石也能研究古代人种的新时代，我们共同见证了古人类学史上的重大转折点。

至于世界各地的现代人体内是否有丹尼索瓦人的基因，遗传学家与古人类学家也进行了确认。他们确实在某个现代人体内找到了丹尼索瓦人的基因，但这个现代人竟然是生活在大洋洲南部巴布亚新几内亚与所

罗门群岛上的美拉尼西亚人，这实在是离奇。现代美拉尼西亚人体内有4%的DNA来自丹尼索瓦人，也有4%的DNA来自尼安德特人，这说明美拉尼西亚人虽然属于现代智人，但他们身上带有8%的古代人类DNA。不过，就地理位置来看，东北亚地区应该离丹尼索瓦洞穴最近，但学者没有在东北亚人身上找到丹尼索瓦人的DNA。这种情况刚好与尼安德特人相反，他们过去主要居住在欧洲，其基因大都是在欧洲人身上找到的。

为什么会出现这样的结果？学者给出了一个最有可能的解释：丹尼索瓦人曾在晚更新世（距今12.5万至1.2万年前）遍布于整个亚洲大陆，但他们与来自非洲的现代智人相遇后，发生了通婚与混血（基因转移）的情况，而有利于生存的丹尼索瓦人基因就这样被持续留存在现代智人体内。在现代智人身上发现的丹尼索瓦人基因与人类的免疫系统有关。最近，科学家在藏族人身上了某种基因，可以让藏族人在高海拔的环境下自由自在地生活，而这个基因正是来自丹尼索瓦人。

可是，为什么大部分亚洲人身上都找不到丹尼索瓦人的DNA？难道现今的亚洲人是混血人种移居到美拉尼西亚之后才出现的吗？关于丹尼索瓦人的基因研究才刚开始，所以这些问题至今尚未有确切答案。同样有研究指出，丹尼索瓦人的基因的确留存在亚洲人的体内，只是不太容易发现，而我们现在对这种基因的了解又太少。现有的数据不够完整，以至于无法得出结论。然而这些都只是时间问题，这也是我们必须持续关注亚洲人起源的原因。

居住过丹尼索瓦洞穴的三种人

目前在丹尼索瓦洞穴发现的人类化石总共有三种，分别是一块小指骨、两颗臼齿与一块脚趾骨。DNA分析结果证实，这块脚趾骨来自尼安德特人，其外观也与伊拉克出土的尼安德特人脚趾骨非常类似。在距离丹尼索瓦洞穴100千米至150千米外的另一个洞穴中，科学家发现了有4.5万年历史的尼安德特人化石与石器。这证明了丹尼索瓦洞穴的“房客”不只有丹尼索瓦人与现代智人，还包括尼安德特人。

综合以上各项证据，我们可得出结论：距今8万至7万年前，丹尼索瓦人居住在阿尔泰地区，然后从4.5万年前开始，逐渐有尼安德特人来到此地。他们分别留下了各自使用的石器，以及少许人骨化石。接着，

丹尼索瓦人在4万年前灭绝了，现代智人出现后便占领了他们的地盘。阿尔泰地区在很短的时间内，先后成为三种人类的栖息地。

他们之间到底发生过什么事情？他们相遇后是否留下了共同的后代？就像现代智人体内含含有尼安德特人与丹尼索瓦人的DNA，丹尼索瓦人的基因中也含有17%的尼安德特人基因。种种迹象表明，这三个物种间一定存在着某种我们不了解的复杂关系。

我们从丹尼索瓦人的故事可以看出，现代人类的起源并不简单，随着相关研究越来越深入，关于我们身世的真相也变得更加复杂且神秘莫测。

寻找霍比特人

史上最大的灵长类动物巨猿不仅体形壮硕，而且体重可达300多千克。以现在的标准来看，它就是个巨人。接下来，我要跟各位介绍的人种却与巨猿完全相反，那就是体形十分矮小，被戏称为“霍比特人”的人类近亲——佛罗勒斯人（*Homo floresiensis*）。

在印尼的佛罗勒斯岛上，流传着一个非常有趣的传说。相传有种叫作“哎步勾勾”（Ebu Gogo）的小野人曾经住在这座岛上，他们的身高不到1米，全身上下长满浓密的毛发，还有一双大脚丫。你还记得在《魔戒》中也有一种身材矮小、长着一对大脚掌的霍比特人吗？这两者之间会不会有什么关联呢？

有趣的是，澳大利亚古人类学家迈克·莫尔伍德（Mike Morwood）在2003年，真的从岛上发现了如霍比特人般矮小的人类化石。化石的体形娇小，尤其是头部简直小到令人难以置信，就连人类婴儿的头都比他大。莫尔伍德认为这是至今从未见过的新人类物种，并将其命名为“佛罗勒斯人”，舆论媒体也随即为他冠上“霍比特人”的绰号。

不可思议的霍比特人化石

这并非第一次在佛罗勒斯岛发现古代人种的遗迹，过去就曾有考古学家在这里找到了70万年前人类出现的证据。人类学学者甚至推论，人类在这座岛上已经生活了100万年。不过，与同在印度尼西亚群岛的爪哇岛（荷兰解剖学家在此地发现了180万年前生活在当地的爪哇人化石）相比，人类来到佛罗勒斯岛的时间似乎有点晚。

这当中其实隐藏着一个无法用数字来判断的复杂问题。把东南亚的地图摊开来看，我们会发现印度尼西亚是由无数个不同大小的岛屿组成的。岛屿周围的海底地形大致区分为深海区与浅海区，其中似乎有一条隐形的界线将这两个区块分隔开来，而这条分界线正是所谓的“华莱士线”^[13]。印度尼西亚的爪哇岛位于华莱士线以北，属于浅海区。在冰河

循环出现的时期，海平面高度也会随之升降。当海平面下降，华莱士线以北的区域便会出现与亚洲大陆相连的陆地，动物或人类都能直接步行过去。但佛罗勒斯岛位于华莱士线以南的深海区，即便是在最严寒的冰河期，海平面下降至最低，这块区域仍是一片汪洋大海，不管去哪里都要乘船。佛罗勒斯岛从未与大陆接壤，但令人好奇的是，在100万年前就有人类居住在这座孤岛上了。

至今，佛罗勒斯人的来历不明。他们有可能是偶然来到这座岛上，也有可能是基于某种特殊的原因才来。无论是哪一种情况，一旦登上这座岛，他们都很难以离开。

虽然科学家在佛罗勒斯岛上不断发现考古学遗迹，但始终没有找到古人类的化石。到了21世纪初，期待已久的人类化石终于出现，那就是莫尔伍德发现的佛罗勒斯人。通过研究化石，学者推测佛罗勒斯人在6万至1.8万年前便生活在这座岛上。这一发现令所有人都感到兴奋。

佛罗勒斯人出现在佛罗勒斯岛上的时间，与现代智人出现在澳大利亚大陆的时间十分相近。如同佛罗勒斯岛的状况，澳大利亚同样位于华莱士线以南，同样被孤立在一片汪洋中。现代智人越过汹涌的大海，在澳大利亚安身立命，成为澳大利亚最早的原住民。这下问题来了：佛罗勒斯人究竟是属于现代智人，还是新的人类物种？他们是像澳大利亚原住民一样的现代人，还是人类已经灭绝的亲戚？由于仅挖掘出一具化石，因此这种罕见的情况引起了不少争论。关于佛罗勒斯人的身世之谜，学者们分成两派：一派认为佛罗勒斯人虽然拥有奇特的外形，但仍然属于现代智人的范畴；另一派则认为佛罗勒斯人不属于现代智人，而是拥有矮小身材与小脑袋的新人类物种。

争论的开端源于佛罗勒斯人的头骨，经过比对，科学家发现佛罗勒斯人的脑容量不到400毫升，比婴儿和成年黑猩猩的脑容量还要小很多，因此很难将他归为现代智人。即便是患有侏儒症的现代智人，脑容量也不会这么小。一般来说，身高不到1米的侏儒，其脑容量与一般人并没有太大差异。由此可见，佛罗勒斯人并不是单纯患有侏儒症的现代智人。

也有人怀疑，佛罗勒斯人是患有小头畸形症的现代智人。为了检验这个说法，科学家试着在佛罗勒斯人身上找出患有小头畸形症的身体特

征，最明显的就是头围较小且外观畸形，四肢也会出现发育不全的情况。最后的研究结果却造成了“同一个数据、不同结论”的奇怪现象。首先，主张佛罗勒斯人是新人种的学者认为，两者的脑部结构完全不一样。美国佛罗里达州立大学人类学系的迪安·福尔克（Dean Falk）教授带领科研团队，利用电脑断层扫描与3D（三维）造影技术对佛罗勒斯人的头盖骨进行了研究。他们在2005年发表的结果显示，虽然佛罗勒斯人的头与小头畸形症患者的头一样小，但内部结构完全不同。

美国哥伦比亚大学人类学系的拉尔夫·霍洛威（Ralph Holloway）教授却反击道：“现在看到的头颅化石外观，是在地层中受到挤压变形的结果。”这个说法与福尔克教授的结论形成对立，也让整件事再度回到原点。事实上，这两位学者在1980年就曾针对非洲南方古猿“汤恩幼儿”事件展开过激烈辩论，没想到在30年后的2010年，他们再次为了佛罗勒斯人的头骨化石而正面交锋。

全新证据：一小块手腕骨化石

既然无法从头骨上得出结论，那么人类学学者便将注意力转向其他地方，比如，制作工具的能力也是值得研究的特征之一。佛罗勒斯岛出土的石器外观与200万年前的非洲奥都威石器非常相似。但很多人还是认为，不到400毫升的脑容量实在太小了，佛罗勒斯人绝对无法制造出那样的石器。

另外，有学者注意到形体上的特征，虽然佛罗勒斯人的腿骨与著名的阿法南方古猿化石“露西”的腿骨长度十分接近，但还是有些不太一样。比如，现代智人中身材最矮小的非洲俾格米人（Pygmies）与安达曼群岛上的矮人土著，其臂骨形态都与佛罗勒斯人十分接近。因此有人类学学者认为，佛罗勒斯人只是发育不良，他们其实就是“迷你版”现代智人。为了证实这个假设，古病理学者在佛罗勒斯人身上找到了几项特征，例如，四肢骨头的外侧较薄且左右不对称，以及小腿骨出现弯曲现象，这些特征全都疑似发育不全。但仍有其他学者认为，佛罗勒斯人的小腿骨弯曲程度没这么严重，尚属正常范围，四肢骨头的不对称也极有可能是死后受到外力挤压造成的。

万万没想到，科学家在一个非常细微的地方找到了终结这场争论的新证据，那就是手腕骨架中的小多角骨。当初出土的佛罗勒斯人化石中

有两块小多角骨，由于它在受精卵形成胎儿后不久便会生成，所以就算怀孕3个月后胎儿出现发育异常的情况，这块骨头也不会受到任何影响。我们只要观察小多角骨的形态，无论个体是否发育不全，都能辨别该个体是否属于现代智人。

结果证实，佛罗勒斯人手腕骨的形态与生活在上新世且最早学会制作工具的早期人类十分相似，硬要归类的话，反而更接近类人猿。近年来也有越来越多的数据资料支持佛罗勒斯人不属于现代智人，更有可能是新人种。

可是，佛罗勒斯人为什么会这么矮？在学术界有“岛屿侏儒化”一说，是指困居在孤岛上的生物会经历与本土动物完全不同的进化途径，比如，大象会变得越来越小，老鼠则会越变越大，所以才会进化出科莫多巨蜥那样的大型蜥蜴。关于这些假设还需要进一步研究，科学家必须先搞清楚，佛罗勒斯人是因为被孤立在岛上才变得越来越矮小，还是天生如此。

佛罗勒斯人是南方古猿的后代？

佛罗勒斯人的四肢骨骼长度和骨盆外观都与阿法南方古猿或非洲南方古猿十分相似，体形与头部尺寸也符合南方古猿的特征。但这个事实令人类学家非常不解。如果这个化石是在300万年前的东非地层中被发现的（和“露西”出土的地点一样），我们应该就能轻松地将它纳入人类进化中的某个阶段，不会有太大的争议。可偏偏出土地点是在令人意想不到的亚洲，其生存年代又刚好与平均脑容量为1400毫升的现代智人十分接近，这有可能吗？

类似的情况也出现在格鲁吉亚的德马尼西化石上。虽然这个化石是在和直立人同时期的亚洲地层中发现的，但其头部与骨骼尺寸都更接近生活在远古非洲大陆的南方古猿。

如果佛罗勒斯岛与德马尼西出土的化石确实属于南方古猿的后代呢？那真的会是一件重新改写人类历史的大事，因为它违背了我们迄今为止对人类进化与迁徙模式的认知。

目前，人类起源的理论大致是这样：在非洲，身材矮小且脑容量不

大的南方古猿经过漫长的进化后，体形与脑袋不但变得越来越大，也开始出现食用肉类的习惯，人属物种便这样逐渐进化而来。然后他们离开了非洲，迁徙至世界各地，日后才先后进化出直立人与现代智人。此观点的核心假设就是，南方古猿由于“天生能力不足”，体形和脑袋都不够大，所以无法走出非洲。但如果德马尼西的人类化石或佛罗勒斯人是南方古猿的后代，就意味着当时南方古猿早就已经走出非洲，先前那一串理论也就不再成立。换句话说，早在人属物种出现以前，人类的祖先就已经走出了非洲，而当时他们不仅没有壮硕的体形，就连脑容量也不大。这样的说法可能会将人类的起源导向“由南方古猿的其中一支后裔在亚洲进化出人属物种”这样的结论，为“亚洲起源论”提供了有力的支持。如果一切属实，则考古人类学界必将再次掀起一场惊涛骇浪。

最后让我们来总结一下。以下这一段如小说般曲折离奇的情节，确实有可能发生：有一批南方古猿在距今约300万年前走出了非洲，它们沿着广阔的草原迁徙至欧亚大陆各地，其中一个群体甚至一路迁徙至印度尼西亚的佛罗勒斯岛。这些南方古猿便一直被困在岛上存活至近代，这就是佛罗勒斯人真正的来历。

若想进一步验证这个故事，我们就需要更多的证据，至少要再挖掘出另一个形态类似的头骨化石。目前只挖掘出了一个佛罗勒斯人的头骨，在这样的情况下，我们无法做出任何定论。佛罗勒斯人的发现者莫尔伍德教授已于2013年逝世，谁会是下一个化石发现者呢？

剪不断、理还乱的宿敌情结

诚如本章内容所述，美国佛罗里达州立大学的迪安·福尔克教授，与哥伦比亚大学的拉尔夫·霍洛威教授，数年来一直是竞争对手，两位都是以头骨塑形模型来研究大脑进化的著名学者。

双方的第一次交手，是在20世纪80年代。当时，霍洛威教授认为，在非洲南方古猿“汤恩幼儿”的枕叶（大脑皮层的部分结构，大约在后脑勺的位置）中，月状沟的位置比类人猿的低，这主要是因为“汤恩幼儿”的枕叶增大。反对“汤恩幼儿”是人类直系祖先的学者，一直都以其脑容量不够大作为论据，霍洛威教授却认为：“虽然脑容量不大，但其脑内结构与现代智人十分接近。”这一主张大大支持了当时“非洲南方古猿是人类直系祖先”的论点。然而，福尔克教授进行了反驳，他认为“汤

恩幼儿”的月状沟位置并不低，而且其位置与枕叶的大小并没有任何关联。

这个议题引发两派学者激烈辩论，并且持续了20年之久。在我就读研究生的20世纪90年代，某次在研讨会上，这两人擦肩而过时，竟然向彼此打了声招呼。周围的人在惊吓之余，忍不住交头接耳、窃窃私语起来。那可是数十年来双方第一次搭话啊！这充分说明了当时两人之间那种剑拔弩张的紧张关系。然而好景不长，几年之后，他们又因为佛罗勒斯人的化石而再次展开辩论。



挖掘出“小矮人”——佛罗勒斯化石的洞穴，位于印度尼西亚佛罗勒斯岛。

全球70亿人，真的都是一家人？

我在本章想与各位探讨一下人类学中极度敏感的议题，那就是“人种”。也许你会说：“事实不是已经证明，全世界的人类都属于同一个物种，人种的区分只是来自人类的偏见与歧视吗？这个问题不是早就已经过时了吗？”实际上，人种问题至今依旧充满争议，研究越多，争论越多。看完本章之后，或许我们将会对全球70亿人完全改观。

所谓人种的概念最早出现于何时何地，目前仍无法确定。在过去，当来自不同群体的人类相遇时，各方都会习惯性将自己所属的群体视为“正统”，为对方冠上“蛮夷戎狄”等蔑称。此现象普遍存在于世界各地，无论是有文字记载的大文化圈，还是没有文字记载的少数民族。这都是因为人类总是认为自己才是世界的中心。

近代人种的概念却是在一二百年前才出现的。在15至16世纪时，欧洲人走遍地球上每个角落，不仅陆续“发现”了许多“新大陆”，而且在当地进行大规模“开发”。在达尔文提出“进化论”的1859年，欧洲人明显意识到自己与居住在非洲、东南亚、大洋洲、美洲等地的原住民不仅在外表上看起来不大一样，而且在语言、文化、生活习性等各方面都存在许多差异。他们无法将这些人视为与自己同等的“人类”，为了有所区分，便创造出“白种人”“黑种人”“黄种人”的概念，再根据地区分为马来人、印第安人等。

到了19至20世纪，人种在生物学上究竟该如何定义，引发了激烈的争论。其中最激进的观点是“人种就是彼此不同的物种，地球上总共存在3个不同的人种”。这番话暗示着，除了白种人以外，其他的种族都不属于“正统人类”，而这些不同的人种不应该通婚并繁衍后代，或是其他种族所生的孩子都不正常，诸如此类的传闻便流传开来。

当欧洲人更频繁地探索世界各地，了解到人类无穷无尽的多样性之后，他们开始思考是否还有更多不同的人种。有人认为是5种，有人认为是7种。随着20世纪初优生学兴起，以及人们对物种的单纯迷恋，某

些学者开始研究世界上究竟有多少人种。

没有人种，只有人类

若硬要用物种的概念来解释人种，则从生物学上来看毫无说服力。单一群体若想独立成为个别的物种，则必须持续处于一种不受外界影响的隔离状态。那么，这种状态要持续多久？让我们来看看澳大利亚原住民的案例。现代智人初次登陆澳大利亚的时间点，大约是在6万年前。直到17世纪，荷兰人来到澳大利亚^[14]，这中间至少有五六万年的时间^[15]，这群现代智人就在这块大陆上过着遗世独立的生活。

难道是因为这样，澳大利亚原住民才会长得特别与众不同？以至于欧洲人初次看见他们时，还怀疑这些人是否真的具有“人性”，甚至一度禁止彼此通婚。然而这些禁令还是无法阻止混血宝宝的出生，欧洲人终究是与澳大利亚原住民繁衍出了后代。从生物学来看，不同物种之间难以交配产出后代，即便成功生产，产下的后代也会失去生殖繁衍的能力，如同马与驴交配生出了骡，骡却没有生育能力。如果澳大利亚原住民是另外一个不同的物种（人种），那他们与欧洲白人产下的孩子应该会患有不孕症，无法继续传宗接代。但实际情况不是这样。换言之，如果隔离了6万年，澳大利亚原住民仍没有分化成一个新的独立物种，那么人类极有可能无法通过隔离的方式进化出新的物种。

如果人种不适用于生物学的物种概念，那么我们来考察一下它是否属于物种之下的分类层级——亚种。目前，生物学对亚种的定义为“属于同一个物种，但因为某些自然隔离的条件，造成彼此间演变出一定程度的形态差异，若是持续隔离下去，则有可能成为个别独立的物种”。说实在话，亚种的概念十分抽象，定义也模糊不清，虽说主要条件是“自然隔离”，但到底要隔离到何种程度呢？而亚种要进化到何种程度才算是新物种呢？

此外，亚种的自然隔离条件也难以适用于人类的情况，因为人类无法彻底做到遗世独居。那些所谓与世隔绝、独自隐居在荒山野岭的人，最后还是登上了电视或被杂志报道。现实的情况就是，人类无法一直处于完全隔离的状态，就算能，时间也不够长，自然无法引用亚种的概念来解释人种。

最后一个难题是，如何用简单又有逻辑的方式来证明人种是物种还是亚种？想象一下，为了确认某两个群体是否属于同一个物种，科学家让它们一个个直接交配来检验，这有可能吗？当然不可能。这种做法不但会耗费大量的时间与金钱，而且会牵扯出道德伦理问题。当实验对象涉及与人类十分亲近的动物，或人类本身就是实验对象的时候，问题就更严重了。举例来说，为了确认人类与黑猩猩确实属于不同的物种，我们可以直接让两者进行交配吗？当然不行（虽然传言曾有科学家通过人工授精方式来进行“猩猩人”实验）。但我们仍然可以使用其他不会受到大众质疑的方式，来确认两者是否属于不同的物种。

事实上，我们可以通过外形差异来判定两个不同的生物是否属于同一个物种。相同的物种拥有相同的基因库，因此在外观上也会出现相似特征。以人类为例，虽然每个人的长相、身材各不相同，但我们还是可以从远处就分辨出人类与其他动物的差异，因为每个人皆拥有异于其他动物、唯人类独有的共同特征。

如果同一物种的两个群体，彼此间长期处于隔离状态，则最终也会导致基因库发生变化吗？随着时间流逝，这两个群体从外形上看会越来越不同。因为彼此间没有所谓的基因流动，群体之间的差异将会不断累积。如果一直隔离下去，差异会越来越大，而这两个群体就被定义为亚种，最终成为各自独立的物种。这就是为什么我们可以通过外形差异来判定不同的生物群体是否为同一物种。但问题是，我们无法明确地界定差异究竟要多大，才算是不同物种。研究古人类学时，常会提到一个典型的问题：“这两块化石之间的差异，会不会大到让它们无法被归为同一个物种？”人类之间肤色的差异，大到足以让我们被归为不同的物种吗？

从生物学角度来看，人类的确拥有丰富多样的特征，但这些特征的成因又多又复杂，难以明确区分出物种。有些特征的分布与地理位置一致，比如，亚洲人拥有铲形门齿的比例相当高；相反，有些特征分布呈现出一种难以厘清的连续性，比如，人类的肤色就是根据紫外线照射量以渐变的方式分布于地球上，该从何处确切区分“黑皮肤”的黑种人或是“白皮肤”的白种人呢？或者有些人无法尝出苯硫脲（PTC）的苦味，有些人却可以^[16]。虽然这些特征明显不同，但这种现象与人种无关。所以从人类学的角度来看，所谓的人种并非生物学上的概念，而应该从历史、文化与社会层面来解释。

谁才是真正的“人类”？

若以上述理论来解释现代智人的起源，则会引出许多有趣的问题：旧石器时代晚期的欧洲人被认为是现代智人的起源，他们到底与尼安德特人长得有多不一样？两者间的外形差异，真的大到无法将他们视为同一物种吗？就算他们长得不一样，只要没有超出特征多样性的范围，是否有理由将他们归为不同的物种？

若要将尼安德特人与现代智人进行比较，则我们必须先把比较对象的定义弄清楚。这项工作可没你想象的那么简单。我们是否该把欧洲人、亚洲人、非洲人以及大洋洲、美洲大陆的原住民，全都放进现代智人的范畴内？如果真的这样做，那划分依据又是什么？

英国自然历史博物馆的克里斯多夫·斯特林格（Christopher Stringer）博士与米尔福德·沃尔波夫教授在人类学的研究上一直互为竞争对手，甚至曾在20世纪80年代因如何定义现代智人的问题，引发了一场激烈论战。斯特林格博士主张，必须先明确定义现代智人的范畴，才有办法找出根源，所以他列举出了现代智人的特征，也就是“正统人类的条件”。若按照这些“条件”进行分类，则包括澳大利亚原住民在内的大部分人都会被排除在现代智人的范畴以外。沃尔波夫教授当然反对这个论点，他认为那张“正统人类条件”清单充满了排他性与种族歧视的意味。毫无疑问，现今世上所有人类都属于现代智人。既然是“人类”的清单，就应该包括所有人类的共同特征，至少是大部分人的。

为何会发生如此荒唐的争论？让我们再回到现代智人的定义问题。诚如前文所述，澳大利亚原住民与其他人类之所以在外观上有较大的差异，是因为他们被隔离了6万年之久，而其原本的样貌特征就这样一直被保留下来。因此，如果将澳大利亚原住民与现代智人视为同一物种，我们就得考虑是否该将外观与我们差异更大的其他人类（包括古代人类）也纳入同一物种。

尼安德特人就是一个最具争议性的例子。虽然尼安德特人的外形与现代智人差异很大，但还不至于大到从人群中瞬间将他挑出来，也就是说，他与现代智人的差异还在特征多样性的可接受范围内。尼安德特人确实有可能属于现代智人的一分子。再加上最近的研究指出，尼安德特人与现代智人曾经繁衍出了后代。因此，包括你我在内的每个人体内都

带有尼安德特人的基因。既然如此，将两者区分为不同物种的做法是否正确？所以学术界至今仍在争论尼安德特人的学名到底是智人，还是智人的亚种。

非洲起源论是真的吗？

斯特林格博士与沃尔波夫教授间的论战虽已结束，但问题的根源尚未真正解决。这并不只是将谁排除在人类资格之外的问题，而是与整个人类的起源息息相关的问题。

在了解到人类基因的多样性之后，我不禁想问：主张现代智人是在某个时间点于单一地点起源的“非洲起源论”（人类单地起源说）是不是正确的？若以单地起源的观点来看，怎么会有各种不同的人类基因被保留在我们体内？

我认为人类并非起源于单一地区，而是来自许多不同的地区。我也认为人类的祖先并不是单独一群人迁徙到世界各处，而是不同地区的不同人群在迁徙时遇见彼此、互相交流，产生了基因上的转移，最终融合成我们现在的样子。这样的过程造就了今日人类的多元样貌，尽管我们的长相如此不同，但我们都属于同一物种，我们都是现代智人的一分子。这就是与“非洲起源论”分庭抗礼的“多地起源说”。该学说认为尼安德特人与现代智人通过基因的交流，不断进化出单一的人类物种，而这个说法也与最近遗传学的研究结果十分吻合。

到目前为止，我们已经谈论了许多关于近代与古代人类亲戚的生死故事，对现代智人的相关知识却了解甚少，就连最基本的身家调查都还没有完全搞清楚。也许，在关于人类进化的诸多问题中，最困难也最令人兴奋的部分，就是我们自己。

学术与政治

20世纪90年代，“非洲起源论”与“人类多地起源说”引发全球学术界热议，最后甚至还出现了个人情感介入的情况。两派学者暗中中伤，互相指责对方是种族主义者。

支持非洲起源论的学者认为，现代智人在近代才诞生于非洲，所以

我们现在看到人类丰富的多样性，也是最近才进化出来的，所有人类都是血浓于水的兄弟姐妹。他们指责多地起源说，说他们提出的“人类从很久以前就分化成不同种族”的观点无疑是一种种族主义。

支持人类多地起源说的学者则认为，人类并非分化成不同的种族，而是不断通过基因转移的方式维持单一人类物种，所有人类在很久以前就是兄弟姐妹了。他们反驳对手，现代智人从非洲迁徙至世界各地，却并未与当地的原住民交流，反而将他们灭绝并取而代之，这种论调才真正反映出对非洲人的种族歧视以及殖民者心态。

当然，这些争论都是发生在研讨会上，或是学者们私下批评，没有以论文形式正式发表。两派学者的互相批斗，早已脱离了理论与资料本身，甚至不惜发表带有政治意味的言论。这不仅充分反映出当时两派学者间的紧张关系，而且说明了经过理性训练、应以理论为基础的专业学者，其实也不过是凡人。

人类还会继续进化吗？

“人类还会继续进化吗？”

这是我在课堂讲课时，最常被学生问到的一个问题。有许多人认为，既然人类已建立起高度发达的文明与文化，那么从生物学角度来看，人类的身体应该不会再继续进化。也就是说，人类超越了生物学层面，演变成一种更高层次的存在。

在20世纪60年代，美国著名人类学家莱斯利·怀特（Leslie White）曾说：“文化是人类适应环境的一种外部手段。”这意味着人类会通过创造文化来适应自然环境。按照这句话的意思，我们可以做出以下推论：在文明与文化日趋发展的当下社会，与其说人类是以自身力量来适应环境，倒不如说是各种工具的出现让人类得以适应各种环境。例如，人类不再需要厚厚的脂肪层来抵御寒冷，只需要一台能让人从头暖到脚的电暖器。随着文化与文明的持续发展，人类不再需要改变自己的生理机制来适应环境。这个观点在逻辑上并没有错，但事实真的是这样吗？人类真的超越了生物进化的机制吗？

这让我想起在20世纪90年代发生的一件趣事。我当时正在撰写博士学位论文，一位专攻文化人类学的同学问了我一个问题：“你的博士论文题目是什么？”

“《通过化石资料观察雌雄二型性在人类进化史上的变化》。”

他接下来所说的话令我大吃一惊：

“雌雄二型性？性别不就是一种社会文化概念？通过化石也可以看得出来吗？”

这句话如实地反映出美国人类学界在20世纪90年代的研究氛围，当时人们认为人类是一种“文化的存在”，早已超越了一般生物学意义上的物种概念。甚至有人激进地提出，人类所有的一切都是通过文化才得以

实现的，就连人类的躯体与基因也全都是社会文化概念，好像人类的存在在已经完全脱离生物学的范畴。

人类文化诞生于1万年以前

人类最早开始制作工具的时间，大约可以追溯至200万年前，但文化与文明是在人类开始从事农耕与饲养家畜后，距今大约1万年前才正式出现的。随着农业与畜牧业逐渐发展，人类才可以自己制造出食物（而不是靠狩猎和采集），生产力大幅提升，过剩的资源造成了社会阶级诞生，也加速了人类文明的进程。

文化就这样一步步主宰了人类的演进与改变，生物学层面的进化理论似乎逐渐被人们抛诸脑后，甚至连遗传学者也主张：“过去1万年间发生的突变，对人类适应环境来说既无好处也无坏处，由此可知，基因突变并不再受到自然选择的影响。”换言之，达尔文“进化论”的核心——自然选择对遗传的影响也越来越微不足道。

进入21世纪之后，遗传学上的一项新研究却让整个情况出现转变。各国共同参与的“人类基因组定序计划”完成之后，通过基因比对的方式，科学家可以分析出哪些基因经历了哪些变化，也陆续找出了推翻既有理论的基因突变。令人惊讶的是，人类的进化不仅没有停止，反而变得越来越快。而加速进化的关键，正是人类引以为傲的“文化”。

来看看人类肤色进化的案例（参见第7章）。自从人类出现之后，住得最久的地方要数东非大陆。由于东非位于赤道附近，日照不仅充足，而且十分强烈。为了适应这样的环境，人类突变出可制造黑色素的基因来阻隔紫外线，所以早期人类的肤色是接近深色的。这些人在开始往世界各处迁徙并且定居在阳光没那么充足的中纬度地区时，刚好碰上冰河期最寒冷的一段时期。天空中乌云密布，阳光照耀的时间变得越来越少，含有大量黑色素的皮肤阻碍了紫外线的吸收，对人类反而是不利的。紫外线是人体合成维生素D的必要条件，人类若无法自行合成维生素D，就无法有效地吸收钙，久而久之可能会造成骨骼发育异常，进而对人类的生存和繁衍造成严重威胁。因此，居住在中纬度地区的人类也产生了突变，皮肤中的黑色素越来越少，肤色也越来越白。这就是人类肤色从黑变白的“维生素D假说”。如果这个论述成立，人类肤色变白的时间点就应该在200万年前他们从非洲迁往北方的时候。但我们无法通

过化石得知人类进化出白皮肤的确切时间，因为皮肤并不会以化石形态保留下来。庆幸的是，科学家通过研究遗传基因找到了答案。

1999年，科学家首次发现了决定肤色的基因，到目前为止，他们又陆续发现了十几种肤色基因。有趣的是，即使是同样的肤色，基因组成也不一定完全相同，例如，住在欧洲的白人与住在亚洲的白人肤色基因就不太一样。欧洲人的白皮肤首次出现于约5000年前，是在人类走出非洲后经过相当漫长的一段时间才进化出来的。人类向北迁徙的历史已有200万年，白皮肤突变却发生得如此晚，这说明“维生素D假说”并不成立。

对此，学者提出了新的解释。他们认为，移居至中纬度地区的人类仍然可以靠狩猎获得大量的海鲜与肉类，而这些食物中含有丰富的维生素D，不一定非要靠皮肤吸收紫外线来合成，所以才迟迟没有出现白皮肤的突变。大约在1万年前，农业的出现让人类的饮食形态改变了，大量谷物取代肉类与海鲜，在无法摄取充足维生素D的情况下，人类再次选择通过皮肤吸收阳光来合成维生素D。缺少黑色素的白皮肤可以吸收更多紫外线，合成更多维生素D，更有利于适应环境，人类的肤色因此越变越白。换言之，农耕文化让人类自然选择了白皮肤，这意味着身体的进化并未被文化取代，反而是文化的出现推动了进化的发展。

事实上，专门研究骨骼的学者在20世纪70年代便提出了这个观点。美国堪萨斯大学的大卫·费尔教授研究了旧石器时代晚期与中石器时代的欧洲人骨骼，发现人类进化的速度与过去相比有大幅增加的 trend。但当时的主流观点恰恰相反，学者们普遍认为文化与文明的发展让人类的进化变得更缓慢，因此费尔教授的观点并未引起反响。后来，科学家又发现了许多类似的案例与佐证，人类学家格雷戈里·科克伦（Gregory Cochran）和亨利·哈本丁（Henry Harpending）将这些进化案例结集成书，书名叫《一万年的爆发》（*The 10,000 Year Explosion*）。

发达的医学促进人类进化

与更新世时期相比，最近5000年来人类进化的速度比远古时期的人类快100倍。造成此种现象的主要原因有几个，其中一个就是人口增加。大约1万年前，农业开始发展，人口大幅增加，基因突变的数量也与日俱增。在这种情况下，即便基因突变的概率没有改变，但基数（人口

数)越多,实际发生的突变数量也越多。突变增加了基因的多样性,而基因多样性正是生物进化的关键因素。总而言之,增加的人口为生物进化提供了大量而丰富的素材,让人类进化在无形中加快了脚步。

人类的群体间交流也促进了人类进化,这样的交流当然也包括基因上的交流,而且从很久很久以前就开始了。农业出现之后,人类建立起国家,有了边界,大规模的战争与迁徙接踵而至,促使人类的群体间交流在短时间内急速增加,基因的多样性也以同样惊人的速度扩展到世界各地。

此外,发达的医学也是促使基因多样化的主因之一。许多曾经无药可救的绝症,现在都找到了治疗方法,死亡率因此大幅下降,这提升了人类将基因传递给后代的概率。举例来说,像我这样近视到快要看不见的人,要是活在尼安德特人的时代或是1万年前的农业社会,可能很快就会丢掉小命吧。但今天的我不仅安全地活下来了,而且能从事对社会有益的工作。

最后,以惊人速度增加的基因多样性,发展出一种新形态的、具有地域特性的变异模式。最近,科学家在藏族人身发现一种特殊基因EPAS1,让他们很容易适应高海拔环境。令人惊讶的是,这个基因突变仅花了1000年左右的时间就扩展到整个西藏地区,该突变也被称为“人类史上最快的进化范例”[\[17\]](#)。人类在适应新环境的过程中发展出某种文化与文明,这样的文化与文明也会反过来影响环境。在文化与环境互相牵制、互相融合之下,人类的基因为了与之相适应又发展出新特征,同时也加速了进化。因此,人类的形态(生物结构和特征)变得更加复杂,也更具适应性。

期待充满多样性的未来

人们总认为物种进化的速度非常缓慢,慢到几乎无法察觉。但进化有时也会以惊人的速度进行,农作物、家畜和家中可爱的宠物就是最好的例子。这些动物和植物经过自然或人为选择,发展成我们想要的形态和样貌,而这些改变都发生在人类进入农业社会后的短短1万年之内。发生在它们身上的改变,同样也可能发生在人类身上。

在进化过程中,所谓的“优势”与“利益”并不是绝对的。在偶然间进

化出的特征，若恰巧也符合当下环境所需，便是一种具有优势且利于生存的特征。但要是同一个特征出现在完全不同的环境中，反而可能有害。所以，没有绝对好的进化，也没有绝对坏的进化。

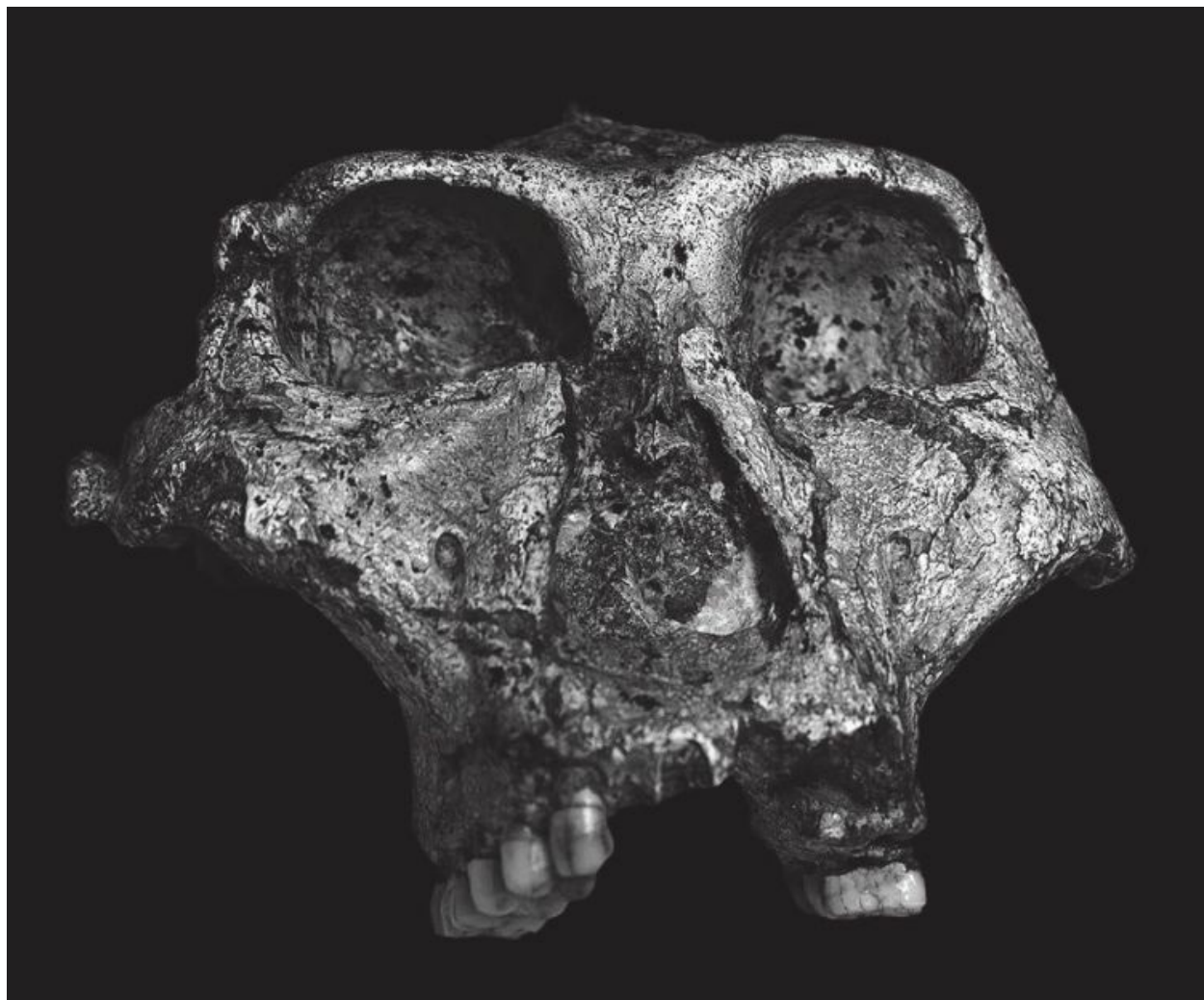
人类与其他生物一样，无法摆脱进化的命运。即便如此，人类的存在仍旧是独一无二的，因为我们可以通过自己创造的文化与文明不断地影响自我进化。诚如上段所述，人类所拥有的各种特征并不一定会让我们更具有生存优势，但我们能利用这些特征来谋取自身更大的利益。那么，具有此种能力的人类能为这个世界做些什么呢？也许我们可以去保护我们与其他生物共同居住的美丽地球，不是吗？

一个人所能贡献的力量或许有限，但历史经验告诉我们，若不是渺小的人类勇于迈向未知的欧亚大陆，则怎能孕育出丰富多彩的人类文化？如果不是这样，我们也不会进化出今日不同的样貌。只要凝聚每一个人的微小力量，就足以让这个世界变得更加美好。

你长智齿了吗？

如前所述，医学的进步刺激了基因的多样化发展，其中一个例子就是我们熟悉的智齿。随着饮食文化的发展，人类咀嚼的食物变得越来越精细。这不仅让人类的下颌骨变得越来越窄小，而且让牙齿的生长空间受到局限，犬齿完全长出来之后，就没有足够的空间可以冒出智齿了。无法完全冒出头，或是长出来但位置歪斜的智齿，都很容易引发蛀牙或牙周病等问题。细菌从牙龈进入毛细血管，再从血液扩散到全身，严重时甚至可能危及性命。这样看来，不长智齿对人类的生存比较有利。人类学家研究古人类化石后发现，没长智齿的人类确实有增加的趋势。

不过，在牙医发达的现代社会出现了另一种情况。如果智齿没有长好而引发了问题，则随时都能立即拔除，这么一来，人类不长智齿的理由也随之消失，现在长不长智齿都没关系。我认为，未来没长智齿的人应该不会再增加，但你也可以说，以后长智齿的人一定会变得越来越多。重点是，人类依然在进化，而突变往往是不可预知的。



在南非出土的罗百氏傍人（*Paranthropus robustus*）头盖骨化石。

结语 I

为了获得珍贵的面貌，人类付出多大代价

我在社交网站上运营了一个探讨人类进化的社群，一位经常留言的读者发表了一篇文章，细看内容之后，我才发现他是邀请我参加“感恩接力赛”的那个人。那是2014年夏天在网上相当流行的一个小游戏，每个人要说出自己在生活中想要感谢的三件事，再点一位朋友接力下去。我立刻将人类进化史上值得感谢的事想了一遍，但问题来了，我竟然想不出任何值得感谢的事。为什么呢？且容我一一说明。

第一，要感谢“直立步行”。自从人类以双脚站立、大步行走后，空出来的双手不仅能灵活制作出各式各样的器具，而且能移动、搬运物品，或将孩子抱在怀中。因为褪去了一身浓密的毛，母亲光滑的皮肤让孩子难以攀附，人类必须在空出双手后，才能将孩子稳稳地抱起并到处走动。然而，也是因为直立步行，我们一生才会饱受腰痛的折磨，一旦腰部受伤，就只能躺在床上，哪儿也去不了。此外，我们的心脏也必须时时刻刻与地心引力对抗，将血液向上输送至头顶，长此以往，对心脏造成了严重的负担。

第二，要感谢头顶上那颗大脑袋。优秀的脑袋，绝对是我们全身上下最重要的器官，其中蕴含的卓越智慧让人类骄傲地拥有“智人”这个称号。多亏如此巨大的脑袋，人类不但能消化并储存大量复杂的信息，而且想出办法在日渐贫瘠的环境中获取充足的新型食物——动物性脂肪与蛋白质。我们有能力处理越来越复杂的社会人际关系，靠的也是这颗大脑。但是，为了长出如此大的脑袋，人类必须先通过它带来的严峻考验。妈妈必须先忍受锥心裂骨之痛，才能生下头部比产道宽得多的大头宝宝，这也让人类在分娩时冒着危及性命的巨大风险。

第三，要感谢“活得久”。现在，越来越多的人能看着自己的孙辈出生，也能依旧精力充沛地度过老年生活。在妈妈和奶奶、外婆的齐心照料下，同时养育两三个宝宝也变得比以前容易得多。三代同堂的生活越来越普遍，世代之间不仅能累积起更多重要的信息，也能将其完整地传递给下一代。然而，高龄人口持续增加，青壮年人口则逐渐减少，为社

会经济与文化带来超乎想象的沉重负担。

原本，我最后要感谢农耕与畜牧业的出现，但一想到这里，我的心情顿时变得沉重起来。农业出现后，人类开始大面积开垦土地，能随心所欲地生产出各种食物，间接促进了文化与文明的快速发展。但这也引发了巨大的反作用力，人类历史上前所未见的可怕现象接踵而来：生产过剩、私有制兴起、阶级社会产生，甚至引发了激烈的战争以及泯灭人性的种族屠杀。一旦遇上荒年，农作物歉收便会造成大规模的饥荒。而大量牲畜被圈养后，疾病更容易在家畜间蔓延开来。农业社会的人口激增，加上高密度的群居方式，都助长了传染病的发生与传播。这些都是人类为了文明发展而付出的惨痛代价。

如此一一细数下来，那些所谓值得感谢的事，背后都一定伴随着某种程度的损失。人类进化史上并不存在“只有感谢，没有怨恨”的事，就像一枚铜币的两面，难道我们可以只占便宜而拒绝接受所有的坏处吗？这也让我领悟到“天底下没有白吃的午餐”这句话，你所寻求的东西越珍贵，要付出的代价也就越高昂。我们现在拥有的生活，正是人类付出极大代价才换来的，我们真的应该好好珍惜。

事实上，为文明发展付出代价的不只是人类，整个生态环境都是如此。倘若我们邀请那些“消逝的生物”参加感恩接力赛，难道不会被它们断然拒绝吗？在它们的心中或许“只有怨恨，没有感谢”，而它们所埋怨的对象，正是地球上最可怕的掠食者——人类。

既然人类自诩为万物之灵，那么我由衷地希望每一个人对那些因人类的自私与欲望而饱受迫害的一切生物，都能展现出更强烈的责任感，并用更实际的行动来保护地球。

李相僖

结语 II

通往陌生古人类学世界的邀请

本书是将2012年2月至2013年12月刊登在科学期刊《科学东亚》的文章重新整理补充后编纂而成的。我与李相僖教授因尼安德特人而结下的渊源，让我产生了策划这一选题的想法。一直对人类进化与古人类学十分着迷的我，决定深入探讨当时刚被发现与现代智人有血缘关系的尼安德特人，并将此专题作为《科学东亚》2011年3月刊的封面特辑。我于两年前在美国听完史凡德·帕波博士的精辟演讲后，便萌生了这个念头。

但是，韩国国内在古人类学方面的专家并不多，为了找到真正合适的采访对象，我下足了功夫，甚至还将主意打到了国外学者身上。就在我寻找相关论文时，我恰巧发现了一篇韩文的研究论文，它将人类进化历程归纳整理得非常详尽、易懂，而作者是一位正在美国加州大学授课的古人类学学者。虽然不确定对方是否会有回应，更不知道对方是否愿意提供协助，我还是硬着头皮发送了询问的邮件。没想到，对方竟欣然接受了我的请求，这就是我与李教授的第一次联系。

此后，我通过邮件来回进行了几次书面采访，并在首尔的农历新年放假期间，打长途电话访问了李教授，终于为特辑报道画上了圆满的句号。那时，我便打定主意，未来一定要再与李教授合作。

第二年，就在杂志改版前夕，我终于构想出古人类学系列专题的连载计划，随即联络了李教授，并将我的想法告诉她。我认为在探讨古人类学与人类进化等主题时，摒弃一般常见的编年史排序方式，应该会十分有趣。比如，最早的人类诞生于何地？他们长什么模样？后来又经过了怎样的历程，他们才进化成今日人类的样貌？我相信以深入浅出的方式来说故事，即便对象是大众，也会让他们产生强烈的共鸣。因此，我向李教授提议用日常素材作为媒介，围绕某一主题讲解人类进化史。此外，我也希望文章风格能完整呈现出李教授本人幽默风趣的人格魅力，所以希望李教授在写作时能尽量保留轻松、活泼的口吻。为了在连载初期一举抓住读者的目光，我也精心安排了刊登主题的优先顺序。

收到第1章的草稿时，那种反复细看、逐字品味的激动心情，我至今仍记得一清二楚。但令我彻夜苦思的是，该如何将这些字字珠玑又浅显易懂的文章用更好的方式呈现在读者面前。身为该选题的策划者与执行主编，我在校对文章时，甚至比校对我自己的文章还要尽心尽力。在接下来的两年里，我与李教授两人密切合作，每次的沟通交流都会激发出彼此更多的灵感。

第一篇文章刊登出来后，在尚未获悉读者反馈前，另一个机会又主动找上门来。通过《东亚日报》一位记者前辈的引荐，这篇文章竟有幸登上周末版的特别专栏，所以我将文章重新改编成适合报纸阅读的形式寄送过去，没想到读者们反响热烈。对方随即提出杂志与报纸双连载的想法，我们就这样合作了长达一年之久。承蒙他们的照顾，这些作品才能有绝佳的机会让杂志以外的大众读者看到。

李教授的心血之作现在改以图书的形态问世后，有更多的机会可以接触不同层面的读者。希望这些蕴含李教授丰富灵感的文章，能赋予更多读者不同的启发。

尹信荣

附录 I

关于进化的二三事

在现代社会中，“进化”的概念无所不在，尤其常见于各种广告，比如“人”的进化，“电冰箱”的进化，甚至连“洗发水”也会进化。但在这些语境中，“进化”代表的是“其中的某个部分变得更好、更卓越”。例如，“一瓶‘进化’的洗发水！”这句广告标语就很明显地给人一种感觉，让你觉得该产品成分已变得更加优质。不过话又说回来，“进化”二字原本就是由“进步”的“进”与“变化”的“化”组成的，本身带有“进一步变得更好”的意思。但在庞大且兼容并蓄的现代生物学领域中，作为中心思想的进化论并未带有任何价值观或是某种特定的方向性，也没有比过去更进步或更优越等意味。所以学术界更倾向于使用“进化”一词来阐述在某段漫长时间里^[18]发生的基因频率变化。换言之，“进化”一词仅代表生物个体在特征形态上有所变化，并没有“进一步变得更好”的意思。

那么，进化到底是个什么样的概念？让我们来分析一下。

惊人又不惊人的进化论

从某种角度来看，进化论的内容似乎十分合理，但从另一种角度来看，又会让人觉得非常具有冲击性。无论是何种科学上的新发现，“发现”本身其实都不会对我们的生活造成太大改变。来看看“地心说”与“日心说”的例子。无论你认为地球绕着太阳旋转，还是太阳绕着地球旋转，对于人们每天的日常生活似乎都没什么差别，太阳还是每天东升西落。但实际上，差别非常大！为什么呢？因为在那个“日心说”无法摆上台面的时代，它是一种反动的观点。可别误会了，我不是在发表政治性的言论。中世纪欧洲的主流观点是地球是宇宙的中心，是静止不动的，所谓的“理想”也不会移动，因为它已找到自己最完美的位置，而那些会移动的，都是尚未找到最适合位置的事物。或许，这种观点多少受到了当时定居的生活形态影响。既然人类是世上最完美的动物，那么人类所居住的地球不也该是最完美的吗？因此，主张“地心说”的学者认为，地球当然是静止不动的，所有的天体，包括星星、月亮、太阳，都是绕着地球旋转的。他们也认为，提出异议的“日心说”是一种非常可怕的观

点。因为“日心说”并不只是主张地球本身会移动，还否认了人类是“世界的中心”，而人类居住的完美地球根本不完美，也不再是整个宇宙的中心。

我们再来看看进化论的案例。进化论的背后其实蕴含着“日心说”的概念，人类居住的地球并不是宇宙的中心，而世界的中心也不是所谓的人类，这两种看法其实非常类似。反对地球为宇宙中心的伽利略后来被迫接受宗教审判；同样地，对认为人类不完美的达尔文而言，伴随进化论而来的无数争论与批判，又何尝不是另一种形式的宗教审判？直到后来，达尔文的进化论才真正动摇了欧洲的世界观。或许就是因为这样，达尔文在写下《物种起源》的原稿后，犹豫了23年才出版。

达尔文主张“人类会像所有动物一样适应环境”，这种挑战“人类是万物中心”的想法，意味着人类也是自然界的一部分。如果接受这个想法，人类就等于承认了所有生物都会随着时间而改变，包括上帝创造的人类，都是不完美的。从某个角度来看，这与东方哲学的基本思想并不相悖，或许这也是进化论在东方社会并未遭受太大反对的原因。

关于进化论的基本常识

第一，基因突变带来的多样性是进化的基本素材。若出现全新的、与现有基因不同的生物特征，则会产生不一样的个体。举个简单的例子，在圆耳朵的生物群体中发生了某种突变，出现了长着尖耳朵的个体，这让原本仅有单一圆耳的群体，变成了圆耳与尖耳并存的情况。

第二，特征的多样性与繁衍概率息息相关。我们仍以上面的例子来说明，如果长有圆耳或尖耳的个体繁衍出后代的概率相同，进化就不会发生。然而，若长有尖耳的个体繁衍后代概率比圆耳更高，则时间一久，群体中尖耳的比例就会增加，这意味着造成尖耳的基因突变次数也会增加。这里要强调的并非绝对值，而是彼此间的相对比例（造成某种特征的某种基因的“市场占有率”）。从本质来看，进化是一种“比较”的概念。

那么，是什么原因造成繁衍后代的概率不同？正是个体环境适应力的强弱。个体在成年之前的存活率越高，其繁衍出后代的概率也就越高。这个法则被称为“自然选择”，也是最广为人知的一种进化机制。

还有一种特殊情况，若某项特征对于个体存活率毫无影响甚至是有害的，但只要能得到异性个体的青睐与偏好并成功交配，繁衍出后代的概率也会变高。这个法则叫作“性选择”。孔雀就是性选择的典型代表，雄孔雀华丽的装饰性羽毛对于生存毫无助益，甚至会让它更容易成为掠食者的目标。既长又笨重的尾羽在逃跑时不仅碍手碍脚，而且斑斓的色彩很容易被虎视眈眈的天敌发现。照这样看来，带有这种醒目特征的个体应该无法繁衍出太多后代，而这样美丽的尾巴应该很快就会消失。但事实相反，所有雄孔雀都长有华丽的尾羽。为了解释这种矛盾的情况，达尔文认为，这是因为雌孔雀会选择与具有华丽尾羽的雄孔雀交配。也许是因为美丽的雀屏反映了雄性个体的品质，或只是因为“雌性那令人难以捉摸的心”，总之，漂亮的尾羽虽不利于生存，却有利于吸引异性交配。相较之下，交配的需求大于逃生的需求，雄性孔雀的漂亮羽毛就这样被保留下来了。

达尔文提出的性选择同样受到自然选择的影响，无论是两性的吸引力或是对自然环境的适应力，选择的前提都是为了繁衍出更多后代。基因的多样性可以提供更多的“选项”，而具有生存优势的特征会通过“选择”被保留下来。达尔文将这两种机制整合成了一套系统的进化理论。在遗传法则与遗传基因等知识尚未出现的年代，达尔文仅凭他观察到的生物特征便建立起如此伟大的理论，实在是非常了不起。

进化论的蜕变

集达尔文进化理论之大成的《物种起源》，在出版100多年后，其选择机制在20世纪60年代受到了挑战。有科学家指出：“所谓特征多样性的根源——基因突变，绝大部分都与自然选择无关。”这个说法显然与达尔文的理论相矛盾。科学家认为，生物个体发生的突变若是有益的，很快就会扩散至整个群体，所谓的多样性也就不复存在，而有害的突变在不久后便会消失，所以也无法增加特征的多样性。虽然不具备益处或害处的中性突变会被持续保留下来，但在时间的推移下，它有可能扩散或消失于整个群体之中，因此，若从多样性的角度来看，则这种中性突变等同于不存在。换句话说，在物种进化或选择机制上极具意义的多样性（基因突变），我们并不会察觉，而那些可察觉出的多样性，到头来仍属于一种中性突变。

由这些概念发展出的“中性理论”，主张物种进化并不受自然选择的

影响，而是根据时间、群体大小等因素随机产生的一种变化（参见第18章）。虽然中性理论的出现确实为群体遗传学带来了新的发展，但也让学术界冷落了选择机制。不过，进入21世纪后，科学的研究绕了一圈又回来了，达尔文的进化论与选择机制再次成为众人讨论的焦点。

最近蓬勃发展的表观遗传学似乎预示着达尔文的进化论即将进入新的篇章，或许生前饱受嘲笑与奚落的让-巴蒂斯特·拉马克（Jean-Baptiste Lamarck）也会因此展露出笑容。主张“获得性遗传”的拉马克认为，长颈鹿的脖子之所以会那么长，是因为为了吃到高处的叶子而不断伸长脖子，这种通过努力练习得到的长脖子特征可以遗传给下一代。这个主张与自然选择论相反，达尔文认为偶然发生的基因突变导致了群体中原本就存在着长、短脖子的长颈鹿，只是刚好在环境的迎合下，长脖子的长颈鹿繁衍出更多后代。在人的一生中，外形多少会经历一些变化，但即便努力运动锻炼出一身肌肉，或是通过整形手术打造出完美下巴，这些特征也不会直接遗传给下一代。因此，拉马克的获得性遗传法则一直都被认为是错误的。但近年来表观遗传学的研究发现，部分后天发生的性状改变，确实有可能会遗传给下一代。

关于进化的几个误解

“没有变得更好，也算是进化吗？”

进化受到选择机制的影响，让具有某一特征的个体数量增加，进而繁衍出更多后代。但是因选择机制而被保留下来的特征，不一定具有“绝对优越性”。若是受自然选择的影响，则只能说明该特征恰巧符合当时的环境条件，一旦环境改变，原先有益的特征也可能变得危及生存，导致物种无法繁衍出后代而全部灭绝。性选择的情况更复杂，那种对异性迷恋、虚幻无常的情愫，又该如何具体解释清楚呢？况且，曾经一度受到青睐的特征，也难保会永远受到青睐。由此看来，进化并不保证带来更“好”的转变。

“缺失的环节去哪儿了？”

缺失的环节（missing link）在考古学上指的是“过渡期的化石”，同

时也是反进化论者时常挂在嘴边的一种质疑：“将化石排成一系列时，我们会发现其中欠缺许多尚未找到的过渡形态。如果进化论是正确的，我们就应该能找出填补这些过渡时期的化石。”此概念自进化论发展初期便引发热议。批评者认为这些化石记录并未呈现出渐进式的进化过程，某一个物种的化石与另一个物种之间完全不连贯，中间缺少将两个物种串联起来的进化证据。然而从“间断平衡论”（punctuated equilibrium）的观点来看：“生物进化并不一直是长期而缓慢的渐进过程，在物种形成时会突然进入快速演变的阶段，之后又会经历一段无太大变化的时期，周而复始。”随着各种遗传研究的新方法问世，如今认为必须发现“缺失环节”的人也越来越少。

“如果人类是由猴子进化而来的，那么现在也应该存在着正在进化成人类的猴子，不是吗？”

首先，人类并不是由猴子进化而来的，而是由类人猿进化而来的。此外，有人会产生这种疑问，主要是基于“世上所有生物进化的最终目的，都是像人类一样登上生物链顶端”的想法。根据这种想法，所有动物都可以依照它与“顶端”之间的距离，排列出“高等动物”与“低等动物”，而所有低等动物都想进化成高等动物，高等动物则想进化成如人类般的智慧生物。正因如此，才会有人觉得现在在世界上的某处，应该有猴子正在努力进化成人类。猴子同样经历了独立的进化过程，才变成今天这副模样。说句玩笑话，它们到底有什么好遗憾的，非要努力变成一个人？把世上的生物排列成一条直线，在末端放上人类以代表智慧的顶点，然后将其他生物与人类之间的差异程度按顺序排列，这种荒谬的想法早就从现代生物学中删除了。要知道，即便是寄生虫这种“低等动物”，也是经过了适应与进化，堂堂正正地以现在的样貌努力存活着。

“黑猩猩是猴子吗？”

好的！我们现在来把猴类与猿类分清楚。一说到“猴子”，许多人脑海中浮现的是黑猩猩的样貌，但黑猩猩其实是类人猿，并不是猴子^[19]。

类人猿与猴类最明显的差异在于有无尾巴，有尾巴的是猴子，没有尾巴的则是类人猿。知道这个差异后，你就再也不会混淆了吧！但最后才被科学家测序基因组的长臂猿，其韩文名称一开始就被翻译成“长臂猴”，如今这个令人错乱的称号已成为大众惯用的词语，一时半会儿似乎也难以纠正过来，真令人遗憾啊！

附录 II

人类的进化谱系

人类的祖先究竟起源于何时何地？在回答这个问题之前，我们必须先搞清楚与人类最接近的物种黑猩猩最早是在何时何地与现代智人分化为不同系统的。分子生物学的研究显示，现代智人与黑猩猩的祖先在800万至500万年前于非洲分家，但确切的分化时间点与生物学背景不得而知，因为目前几乎找不到那一时期的化石资料。虽然在过去的十几年间，不少“自称是”人类祖先的化石陆续出土，如图根原人、乍得沙赫人、卡达巴地猿（*Ardipithecus kadabba*），甚至是始祖地猿等，但它们是人类真正的祖先，还是人类与黑猩猩分化前的共同祖先，至今尚不能确定。

另外，目前在非洲发现的距今约400万年前的南方古猿属化石，已确定是人类与黑猩猩分化后才出现的早期人类，包括东非出土的湖畔南方古猿、阿法南方古猿、鲍氏傍人、埃塞俄比亚傍人

（*Australopithecus/Paranthropus aethiopicus*），以及南非出土的非洲南方古猿与罗百氏傍人等。此外，同属南方古猿的还有惊奇南方古猿、羚羊河南方古猿（*Australopithecus bahrelghazali*）、南方古猿源泉种^[20]与肯尼亚平脸人（*Kenyanthropus platyops*）。它们都是在20世纪90年代以后被发现的，但因为这些化石样本的数量过少，日后在生物学上是否能被正式承认为一个有效的“物种”分类，尚有待观察。

以湖畔南方古猿与阿法南方古猿为代表的早期人类，除了直立步行的特征，还在脑容量、头盖骨和牙齿形状等方面与黑猩猩、大猩猩等类人猿十分相似。更特别的是，早期人类与现代智人不同，他们直立步行的范围甚至可能包括在树林间攀爬移动。

继阿法南方古猿之后，那些生活在东非与南非的人类祖先为了在日渐寒冷干燥的环境中生存下去，分别发展出多种不同的适应模式。上新世末期的南方古猿属成员以食草为主，但植物的营养价值不高，所以它们不仅要多吃，而且要尽可能摄入植物的多种不同部位。这种饮食习惯造成它们的咀嚼功能格外发达。举例来说，埃塞俄比亚傍人的臼齿大小

与现代大猩猩十分相似，但傍人的体形应该不到大猩猩的四分之一；反过来看，虽然埃塞俄比亚傍人的进食量与大猩猩相同，但只能勉强维持这么小的体形，可见植物性食物的营养价值真的非常低。

诞生于上新世末期至更新世初期的人属物种偏好营养价值较高的动物性食物，最显著的特征就是脑容量因此变大。他们取得动物性食物的方式有两种：一种是食用其他猛兽吃剩的动物尸体，另一种则是直接捕捉活的动物。专门搜集动物尸体的能人与卢多尔夫人会使用石器挖出骨头中的骨髓食用。

另一个与现代智人更为接近的人属成员直立人（也称为匠人）则是以打猎为主的。他们制作出更精良的狩猎工具，得以摄取更多的高蛋白质与高脂肪食物，他们的脑容量与体形因此获得相应增长。另外，为了在白天外出打猎，避免与其他猛兽竞争，他们进化出一种新的适应方式：通过流汗调节体温。于是，他们褪去了一身浓密的毛以利于排汗，而非洲大白天的炙热阳光又让他们不得不依靠皮肤中的黑色素来抵御紫外线。总体看来，人类祖先的脑袋变大，身体变健壮，全身浓密的体毛变成光滑的皮肤，而皮肤也变得越来越黑。当然，他们也是用两只脚来走路，这些特征几乎与现代智人无异。

人属物种是先离开非洲又在其他地区繁衍的人类，因此在欧洲与亚洲各地才会发现许多化石。为什么他们要从非洲迁徙至世界各地呢？有学者对此做出解释：人属物种最早诞生于距今200万至180万年前的非洲，但这些进化出大脑袋与壮硕体形，并且过着狩猎生活的人属物种在距今80万至70万年前，为了追逐因气候变化而离开非洲的猎物才开始逐渐迁徙至欧洲与亚洲各地。此假说在数年前仍受到各界的广泛认同，但最近公布的研究资料又引发了人们的质疑。

东欧最古老的人属化石——出土于格鲁吉亚德马尼西遗址的格鲁及亚人（*Homo georgicus*）与亚洲最古老的人属化石——出土于印度尼西亚爪哇岛的爪哇人（直立人的亚种）的生存年代相继被往前推移至180万年前，与非洲人属物种生存在相同时期。有学者开始主张，除了非洲，亚洲与欧洲也是人属物种的起源地。我们一般认为，大脑袋与壮硕体形是人类成功迁徙至世界各地的关键优势，但格鲁及亚人的脑容量与体形都不是很大，这个事实直接挑战了上述假设。然而到目前为止，学术界仍未出现其他更有说服力的理论来取而代之。

那么，祖先们从非洲迁往欧亚大陆的主要原因是什么？这种向全世界扩散的人口迁移，并非民族或国家驱使的有目的性的移动，反而有可能是因为人口增加的压力而自然出现的行为。如果真的是这样，驱使人们向外迁徙的主因，有可能是出生率提高或是死亡率降低。在现代社会中，人口膨胀的问题令人担忧，但在人类尚未进入定居状态的时代，要想提高出生率可不是一件容易的事。以狩猎与采集为主的生活要求人类经常移动，但家里多增加一个孩子，就会造成行动上的不便。因此，当时的人类产下一个孩子后，会等他可以独立跟随群体迁移时，才会再生第二个孩子。

现在的儿童要长到六七岁，才有能力独立长途移动。在非洲过着狩猎与采集生活的布希曼人，孩子之间的年龄差距大约是五岁，如果他们将生孩子的间隔时间缩短，妈妈肯定就要同时将两个尚未学会走路的孩子抱在怀里或背在身上，另一只手还得提着行李家当，别说是长途跋涉，就连正常活动都会觉得束手束脚。如果人类向外迁徙的主因是出生率提高，就意味着当时人类生孩子的间隔时间可能已经缩短，也说明当时已出现了某种“社会支持”，足以协助妈妈同时养育两个以上的孩子。因此有学者认为，那些所谓的“社会支持”，其实就是爸爸（洛夫乔伊假说）与祖母（祖母假说），而这些主张所引发的激烈争论至今仍未平息。

人属物种扩散至欧亚大陆后，到了更新世中期，具有地区特征的人类祖先群体开始陆续出现。虽然这些群体大都被冠上“物种”的称号，但他们是否符合生物学上物种的定义，学者们对此各持不同立场。目前被承认为单一物种的有欧洲出土的海德堡人（*Homo heidelbergensis*）、尼安德特人，非洲出土的直立人、非洲海德堡人（被认为是由欧洲迁回非洲的分支），以及亚洲出土的直立人。此外，也有不少年代同样是在更新世中期的化石被归为人属物种，然而其分类基础仅仅建立在一两处遗迹发现的一两个化石样本上，例如，西布兰诺人（*Homo cepranensis*，在意大利西布兰诺出土的一颗头颅骨）、前人（*Homo antecessor*，又叫作先驱人，出土于西班牙的阿塔普埃卡遗址）、佛罗勒斯人（出土于印度尼西亚的佛罗勒斯遗址）、罗德西亚人（*Homo rhodesiensis*，出土于赞比亚的卡布韦遗址）等，还包括生存于更新世初期的格鲁及亚人，以及最近才在西伯利亚的丹尼索瓦洞穴出土的丹尼索瓦人。

然而，这些“人”真的都符合生物学上的“物种”定义吗？事实上，古人类学界一直都有将各地区出土的化石定义为新物种的倾向，但令人怀疑的是，那些率先被冠上种名的化石资料，是否确实符合生物分类法则？特别是某些只有在某个特定遗址出土的物种，日后被归入相同时期但分布更广的其他物种下面，可能也只是时间问题。古人类学史上最著名的案例，当数中国周口店出土的“北京人”，起初他被认为是独一无二的新物种，并且被命名为“北京猿人”，但之后又与印度尼西亚爪哇岛出土的“爪哇人”一起被归入了“直立猿人”，最后随着猿人属（*Pithecanthropus*）被统归为人属后，其物种学名皆被更改为直立人，类似的例子不胜枚举。

这些人属物种与现代智人又有何关联呢？这个问题的答案取决于你如何看待现代智人的起源。主张“非洲起源论”（人类单地起源说）的学者认为，从人类的整个进化史来看，现代智人可以说是在近代，也就是距今20万年前才诞生于非洲的新物种。按照此观点来说，现代智人从非洲向欧亚大陆迁徙后，并未与当地的人类互相交融（因为彼此属于不同物种），反而是凭借其文化与语言的优势，打赢了这场生存之战，完全取代了其他地区的古代人类。科学家在埃塞俄比亚的小村落赫托发现了迄今最“古老”的现代智人化石，将其命名为“长者智人”（*Homo sapiens idaltu*），并划分为智人底下的一个新亚种。长者智人的出现为此观点提供了强有力的证据，有学者便因此主张，正是此物种先散布到非洲各地，才逐渐向外迁徙至全世界，这意味着现代智人与各地既有的古代人类物种并无任何关联。

另外，主张“人类多地起源说”的学者认为，现代智人并非诞生于单一地区的“新物种”，也不认为现代智人是由单一群体所进化而来的，而是在这漫长的200万年间，世界各地不同的人类群体在不同的时间点，通过持续的文化交流与基因转移，才逐渐进化出一个单一的人类物种。因此，过去那些已经灭绝或是经过进化的群体，全都是现代智人底下的一种分类单位。

生物学对于物种的定义建立在基因共享的基础上，如果两个个体可以繁衍出后代并持续将基因传递下去（后代也必须有生殖能力），这两个个体就属于同一物种。各群体间若能持续进行基因转移，则它们可被视为同一物种。为此我们可以得出一个结论，现代智人诞生的时间点应该往前追溯200万年。由此可见，现代人身上的各种特征也是从世界各

地“汇集”而来的。如果某项特征在哪里都有很好的适应性，它就会逐渐扩及世界各地；相反，若该特征仅能适应部分地区，其普及范围便会局限在那里。前者的例子包括人类脑容量增加，以及大部分人的脸部线条比早期人类柔和得多。后者以铲形门齿为例子，这种形状的牙齿在中国出土的早期人类化石上极为常见，甚至现代亚洲人长有铲形门齿的比例也非常高。欧洲的尼安德特人与现代智人之间的相似性也是一个很好的例证。

过去出土的古人类化石都强有力地支持着人类多地起源说。相反，科学家在20世纪90年代通过研究遗传基因，揭示了现代智人出现于近代以及起源地在非洲等多项事实，非洲起源论才逐渐获得各界的支持。分子生物学的兴起让非洲起源论开始受到基因学家的青睐。科学家直接从尼安德特人的化石中提取出DNA进行分析，发现其基因序列与现代智人迥然不同，便有学者大力主张现代智人与尼安德特人毫无血缘关系，尼安德特人并非现代智人的祖先。到了21世纪，科学家通过群体遗传学及2010年完成的尼安德特人基因组测序等研究，才终于证实了现代人类体内皆带有尼安德特人基因的观点。如今，大多数学者都不否定非洲起源论有调整与修正的必要。

另外，主张现代智人是一个拥有200万年历史的古老物种，是人类多地起源说目前遇到的最大问题。原因在于，如果所有古人类群体都在不同时间与空间中持续进行基因交流，从生物学的定义来看，这些互有基因交流的群体就等于是同一个物种，这意味着在非洲出现直立人之后，所有古人类群体都是同一个物种。换言之，直立人与现代智人也属于同一个物种。按照物种命名的原则，直立人就必须被归入现代智人。那么这个使用100多年的名称——直立人，就不再是一个正式的物种学名，而是一种分类上的群体名称。如此一来，除了能人以外，其他所有人属物种都该被纳入现代智人的范畴。以上所述虽然合乎逻辑，但我们无法忽视习惯的力量，而这也是多地起源说至今仍无法受到普遍认同的主因。

事实上，多地起源说的主要提倡者——密歇根大学的米尔福德·沃尔波夫教授曾在1994年的一篇学术论文中提出撤销直立人物种学名的主张，在之后所写的全部论文里，他都以现代智人来指称所有的人属物种。这种做法确实在研究上造成了混淆与困扰。顺带一提，1999年也曾经有学者主张能人与卢多尔夫人应该被归入南方古猿属，如果是这样的

话，人属底下就只剩下现代智人这一个物种了。

迈入21世纪后，日新月异的科技为古人类学研究开启了新篇章。丹尼索瓦人就是个例子，即使没有完整的化石证据，现在的科学家也能借由DNA证实人类祖先的存在。随着古代DNA萃取技术的进步与成本大幅降低，遗传学的证据或许将成为与化石同等重要甚至更重要的参考依据。世界各地仍不断有新形态的古人类化石被挖掘出来，在资料搜集与分析技术高度发达的今天，随着相关研究成果的不断累积，像“人类究竟从何而来，又是如何演变成今日样貌？”这些问题的答案，也越来越近了吧。



南方古猿源泉种的青少年头骨化石。

参考文献

序言 一同启程吧

1. Bryson, Bill. *The Lost Continent: Travels in Small-Town America*. Secker, 1989.

2. Steinbeck, John. *Travels with Charley: In Search of America*. Viking, 1962.

01 人类是食人族吗？

1. Arens, William. *The Man-Eating Myth: Anthropology and Anthropophagy*. Oxford University Press, 1979.

2. White, Tim D. *Prehistoric Cannibalism: At Mancos 5MTUMR-2346*. Princeton University Press, 1992.

3. Defleur, Alban, Tim White, Patricia Valensi, Ludovic Slimak, and velyne Cr.gut-Bonnoure. “Neanderthal Cannibalism at Moula-Guercy, Ard.che, France.” *Science* 286, no. 5437 (1999): 128-131.

4. Gajdusek, D. Carleton. “Unconventional Viruses and the Origin and Disappearance of Kuru.” *Science* 197, no. 4307 (1977): 943-960.

5. Marlar, Richard A., Banks L. Leonard, Brian R. Billman, Patricia M. Lambert, and Jennifer E. Marlar. “Biochemical Evidence of Cannibalism at a Prehistoric Puebloan Site in Southwestern Colorado.” *Nature* 407, no. 6800 (2000): 74-78.

6. Rougier, H.l.ne, Isabelle Crevecoeur, C.dric Beauval, Cosimo Posth, Damien Flas, Christoph Wissing, Anja Furtw.ngler, et al. “Neandertal Cannibalism and Neandertal Bones Used as Tools in Northern Europe.” *Scientific Reports* 6 (2016): 29005.

7. Russell, Mary D. “Mortuary Practices at the Krapina Neandertal Site.” *American Journal of Physical Anthropology* 72, no. 3 (1987): 381-397.

8. White, Tim D. “Once Were Cannibals.” *Scientific American* 265, no. 2 (2001): 58-65.

02 只管“生孩子”的爸爸

1. Gray, Peter B., and Kermyt G. Anderson. *Fatherhood: Evolution and Human Paternal Behavior*. Harvard University Press, 2012.

2. Hager, Lori D., ed. *Women in Human Evolution*. Routledge, 1997.

3. Hrdy, Sarah Blaffer. *The Woman That Never Evolved*. Harvard University Press, 1999.

4. Lee, R. B., and I. DeVore, eds. *Man the Hunter*. Aldine, 1968.

5. Bribiescas, Richard G. “Reproductive Ecology and Life History of the Human Male.” *Yearbook of Physical Anthropology* 44 (2001): 148-176.

6. Gray, Peter B. “Evolution and Human Sexuality.” *American Journal of Physical Anthropology* 152, no. S57 (2013): 94-118.

7. Lovejoy, C. Owen. “The Origin of Man.” *Science* 211, no. 4480 (1981): 341-350.

03 谁是最早出现的人类？

1. Tattersall, Ian. *Masters of the Planet: The Search for Our Human Origins*. St. Martin’s Griffin, 2013.

2. Asfaw, Berhane, Tim D. White, C. Owen Lovejoy, Bruce Latimer, Scott Simpson, and Gen Suwa. “*Australopithecus garhi*: A New Species of Early Hominid from Ethiopia.” *Science* 284, no. 5414 (1999): 629-635.

3. Brunet, Michel, Franck Guy, David R. Pilbeam, Hassane Ta.sso

Mackaye, Andossa Likius, Djimdoumalbaye Ahounta, Alain Beauvilain, et al. "A New Hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa." *Nature* 418, no. 6894 (2002): 145-151.

4. Dart, Raymond A. "Australopithecus africanus: The Man-Ape of South Africa." *Nature* 115, no. 2884 (1925): 195-199.

5. Gibbons, Ann. "In Search of the First Hominids." *Science* 295, no. 5558(2002): 1214-1219.

6. Johanson, Donald C., and Tim D. White. "A Systematic Assessment of Early African Hominids." *Science* 203, no. 4378 (1979): 321-330.

7. Leakey, Meave G., Craig S. Feibel, Ian McDougall, Carol Ward, and Alan Walker. "New Specimens and Confirmation of an Early Age for *Australopithecus anamensis*." *Nature* 393, no. 6680 (1998): 62-66.

8. Leakey, Meave G., and Alan C. Walker. "Early Hominid Fossils from Africa." *Scientific American* 276, no. 6 (1997): 74-79.

9. Sarich, Vincent M., and Allan C. Wilson. "Immunological Time Scale for Hominid Evolution." *Science* 158, no. 3805 (1967): 1200-1203.

10. Senut, Brigitte, Martin H. L. Pickford, Dominique Gommery, P. Mein, K. Cheboi, and Yves Coppens. "First Hominid from the Miocene (Lukeino Formation, Kenya)." *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris* 332, no. 2 (2001): 137-144.

11. White, Tim D., Berhane Asfaw, Yonas Beyene, Yohannes Haile-Selassie, C. Owen Lovejoy, Gen Suwa, and Giday WoldeGabriel. "Ardipithecus ramidus and the Paleobiology of Early Hominids." *Science* 326, no. 5949 (2009): 64, 75-86.

12. Wong, Kate. "An Ancestor to Call Our Own." *Scientific American* 288, no. 1 (2003): 54-63.

1. Trevathan, Wenda R. Human Birth: An Evolutionary Perspective. Aldine, 1987.
2. Gibbons, Ann. “The Birth of Childhood.” Science 322, no. 5904 (2008): 1040-1043.
3. Ponce de Le.n, Marcia S., Lubov Golovanova, Vladimir Doronichev, Galina Romanova, Takeru Akazawa, Osamu Kondo, Hajime Ishida, and Christoph P. E. Zollikofer. “Neanderthal Brain Size at Birth Provides Insights into the Evolution of Human Life History.” Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 105, no. 37 (2008): 13764-13768.
4. Rosenberg, Karen R., and Wenda R. Trevathan. “Bipedalism and Human Birth: The Obstetrical Dilemma Revisited.” Evolutionary Anthropology 4, no. 5 (1996): 161-68.
5. Rosenberg, Karen R., and Wenda R. Trevathan. “The Evolution of Human Birth.” Scientific American 285, no. 5 (2001): 76-81.
6. Simpson, Scott W., Jay Quade, Naomi E. Levin, Robert Butler, Guillaume Dupont-Nivet, Melanie Everett, and Sileshi Semaw. “A Female Homo erectus Pelvis from Gona, Ethiopia.” Science 322, no. 5904 (2008): 1089-1092.

05 人类为什么爱吃肉？

1. Lee, R. B., and I. DeVore, eds. Man the Hunter. Aldine, 1968.
2. Stanford, Craig B. The Hunting Apes: Meat Eating and the Origins of Human Behavior. Princeton University Press, 1999.
3. Finch, Caleb E., and Craig B. Stanford. “Meat-Adaptive Genes and the Evolution of Slower Aging in Humans.” Quarterly Review of Biology 79, no. 1 (2004): 2-50.
4. Speth, John D. “Thoughts about Hunting: Some Things We Know and Some Things We Don’t Know.” Quaternary International 297 (2013):

176-185.

5. Walker, Alan, M. R. Zimmerman, and R. E. F. Leakey. "A Possible Case of Hypervitaminosis A in *Homo erectus*." *Nature* 296, no. 5854 (1982): 248-250.

06 人类可以喝牛奶吗？

1. Wiley, Andrea S. *Re-imagining Milk: Cultural and Biological Perspectives*. Routledge, 2010.

2. Beja-Pereira, Albano, Gordon Luikart, Phillip R. England, Daniel G. Bradley, Oliver C. Jann, Giorgio Bertorelle, Andrew T. Chamberlain, et al. "Gene-Culture Coevolution between Cattle Milk Protein Genes and Human Lactase Genes." *Nature Genetics* 35, no. 4 (2003): 311-313.

3. Burger, J., M. Kirchner, B. Bramanti, W. Haak, and M. G. Thomas. "Absence of the Lactase-Persistence-Associated Allele in Early Neolithic Europeans." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 104, no. 10 (2007): 3736-3741.

4. Enattah, Nabil Sabri, Tine G. K. Jensen, Mette Nielsen, Rikke Lewinski, Mikko Kuokkanen, Heli Rasinpera, Hatem El-Shanti, et al. "Independent Introduction of Two Lactase-Persistence Alleles into Human Populations Reflects Different History of Adaptation to Milk Culture." *American Journal of Human Genetics* 82, no. 1 (2008): 57-72.

5. Tishkoff, Sarah A., Floyd A. Reed, Alessia Ranciaro, Benjamin F. Voight, Courtney C. Babbitt, Jesse S. Silverman, Kweli Powell, et al. "Convergent Adaptation of Human Lactase Persistence in Africa and Europe." *Nature Genetics* 39, no. 1 (2007): 31-40.

6. Wiley, Andrea S. " 'Drink Milk for Fitness': The Cultural Politics of Human Biological Variation and Milk Consumption in the United States." *American Anthropologist* 106, no. 3 (2004): 506-517.

07 寻找白雪公主的基因

1. Jablonski, Nina G. *Skin: A Natural History*. University of California Press, 2006.
2. Jablonski, Nina G., and George Chaplin. "Skin Deep." *Scientific American* 287, no. 4 (2002): 74-81.
3. Mathieson, Iain, Iosif Lazaridis, Nadin Rohland, Swapan Mallick, Nick Patterson, Songül Alpaslan Roodenberg, Eadaoin Harney, et al. "Genome-wide Patterns of Selection in 230 Ancient Eurasians." *Nature* 528, no. 7583 (2015): 499-503.
4. Myles, Sean, Mehmet Somel, Kun Tang, Janet Kelso, and Mark Stoneking. "Identifying Genes Underlying Skin Pigmentation Differences among Human Populations." *Human Genetics* 120, no. 5 (2006): 613-621.
5. Rana, Brinda K., David Hewett-Emmett, Li Jin, Benny H.-J. Chang, Naymikhishing Sambuughin, Marie Lin, Scott Watkins, et al. "High Polymorphism at the Human Melanocortin I Receptor Locus." *Genetics* 151, no. 4 (1999): 1547-1557.
6. Wilde, Sandra, Adrian Timpson, Karola Kirsanow, Elke Kaiser, Manfred Kayser, Martina Unterländer, Nina Hollfelder, et al. "Direct Evidence for Positive Selection of Skin, Hair, and Eye Pigmentation in Europeans during the Last 5,000 y." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 111, no. 13 (2014): 4832-4837.

08 祖母是大艺术家

1. Hawkes, Kristen, and Richard R. Paine, eds. *The Evolution of Human Life History*. School of American Research Press, 2006.
2. Caspari, Rachel. "The Evolution of Grandparents." *Scientific American* 305, no. 2 (2011): 44-49.
3. Caspari, Rachel E., and Sang-Hee Lee. "Is Human Longevity a

Consequence of Cultural Change or Modern Biology?” *American Journal of Physical Anthropology* 129, no. 4 (2006): 512-517.

4. Caspari, Rachel E., and Sang-Hee Lee. “Older Age Becomes Common Late in Human Evolution.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 101, no. 30 (2004): 10895-10900.

5. Hawkes, Kristen. “Grandmothers and the Evolution of Human Longevity.” *American Journal of Human Biology* 15, no. 3 (2003): 380-400.

6. Hawkes, Kristen, James F. O’Connell, Nicholas G. Blurton Jones, Helen Perich Alvarez, and Eric L. Charnov. “Grandmothering, Menopause, and the Evolution of Human Life Histories.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 95, no. 3(1998): 1336-1339.

7. Kaplan, Hillard S., and Arthur J. Robson. “The Emergence of Humans: The Coevolution of Intelligence and Longevity with Intergenerational Transfers.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 99, no. 15 (2002): 10221-10226.

8. Lee, Ronald D. “Rethinking the Evolutionary Theory of Aging: Transfers, Not Births, Shape Senescence in Social Species.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 100, no. 16 (2003): 9637-9642.

9. Lee, Sang-Hee. “Human Longevity and World Population.” In *21st Century Anthropology: A Reference Handbook*, edited by H. James Birx, 970-76. Sage, 2010.

09 农业使人类更富足？

1. Cohen, Mark Nathan, and George J. Armelagos, eds. *Paleopathology at the Origins of Agriculture*. Academic Press, 1984.

2. Diamond, Jared. *Guns, Germs, and Steel*. W. W. Norton, 1997.

3. Armelagos, George J. “Health and Disease in Prehistoric Populations

in Transition.” In *Disease in Populations in Transition: Anthropological and Epidemiological Perspectives*, edited by A. C. Swedlund and George J. Armelagos, 127-144. Begin and Garvey, 1990.

4. Armelagos, George J., Alan H. Goodman, and Kenneth H. Jacobs. “The Origins of Agriculture: Population Growth during a Period of Declining Health.” *Population & Environment* 13, no. 1 (1991): 9-22.

5. Bellwood, Peter S. “Early Agriculturalist Diasporas? Farming, Languages, and Genes.” *Annual Review of Anthropology* 30 (2001): 181-207.

6. Bocquet-Appel, Jean-Pierre, and Stephan Naji. “Testing the Hypothesis of a Worldwide Neolithic Demographic Transition: Corroboration from American Cemeteries.” *Current Anthropology* 47, no. 2 (2006): 341-365.

7. Larsen, Clark Spencer. “Biological Changes in Human Populations with Agriculture.” *Annual Review of Anthropology* 24 (1995): 185-213.

8. Marlowe, Frank. “Hunter-Gatherers and Human Evolution.” *Evolutionary Anthropology* 14, no. 2 (2005): 54-67.

10 北京人与日本黑道的回忆

1. Boaz, Noel T., and Russell L. Ciochon. *Dragon Bone Hill: An Ice-Age Saga of Homo erectus*. Oxford University Press, 2004.

2. Rightmire, G. Philip. *The Evolution of Homo erectus: Comparative Anatomical Studies of an Extinct Human Species*. Cambridge University Press, 1990.

3. Ant.n, Susan C. “Natural History of Homo erectus.” *American Journal of Physical Anthropology, Supplement: Yearbook of Physical Anthropology* 122, no. S37 (2003): 126-170.

4. Berger, Lee R., Wu Liu, and Xiujie Wu. “Investigation of a Credible

Report by a US Marine on the Location of the Missing Peking Man Fossils.”
South African Journal of Science, no. 108 (2012): 3-5.

5. Shen, Guanjun, Xing Gao, Bin Gao, and Darryl E. Granger. “Age of Zhoukoudian *Homo erectus* Determined with $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ Burial Dating.”
Nature 458, no. 7235 (2009): 198-200.

6. Weidenreich, Franz. The Dentition of *Sinanthropus pekinensis*: A Comparative Odontography of the Hominids. *Palaeontologia Sinica*, New Series D, no. 1. 1937.

7. Weidenreich, Franz. The Skull of *Sinanthropus pekinensis*: A Comparative Study of a Primitive Hominid Skull. *Palaeontologia Sinica*, New Series D, no. 10. 1943.

8. Wu, Xiuji, Lynne A. Schepartz, and Christopher J. Norton. “Morphological and Morphometric Analysis of Variation in the Zhoukoudian *Homo erectus* Brain Endocasts.” *Quaternary International* 211, no. 1-2 (2010): 4-13.

11 挑战非洲堡垒的亚洲人类

1. Shipman, Pat. *The Man Who Found the Missing Link: Eugene Dubois and His Lifelong Quest to Prove Darwin Right*. Harvard University Press, 2001.

2. Spencer, Frank. *Pittdown: A Scientific Forgery*. Oxford University Press, 1990.

3. Swisher, Carl C., III, Garniss H. Curtis, and Roger Lewin. *Java Man: How Two Geologists' Dramatic Discoveries Changed Our Understanding of the Evolutionary Path to Modern Humans*. Scribner, 2000.

4. Dart, Raymond A. “*Australopithecus africanus*: The Man-Ape of South Africa.” *Nature* 115, no. 2884 (1925): 195-199.

5. Dennell, Robin W. “Human Migration and Occupation of Eurasia.”

Episodes 31, no. 2 (2008): 207-210.

6. Gabunia, Leo, Abesalom Vekua, David Lordkipanidze, Carl C. Swisher III, Reid Ferring, Antje Justus, Medea Nioradze, et al. "Earliest Pleistocene Hominid Cranial Remains from Dmanisi, Republic of Georgia: Taxonomy, Geological Setting, and Age." *Science* 288, no. 5468 (2000): 1019-1025.

7. Kaifu, Yousuke, and Masaki Fujita. "Fossil Record of Early Modern Humans in East Asia." *Quaternary International* 248 (2012): 2-11.

8. Lordkipanidze, David, Marcia S. Ponce de Le.n, Ann Margvelashvili, Yoel Rak, G. Philip Rightmire, Abesalom Vekua, and Christoph P. E. Zollikofer. "A Complete Skull from Dmanisi, Georgia, and the Evolutionary Biology of Early Homo." *Science* 342, no. 6156 (2013): 326-331.

9. Wong, Kate. "Stranger in a New Land." *Scientific American* 289, no. 5 (2003): 74-83.

12 同心合作你和我

1. Axelrod, Robert. *The Evolution of Cooperation*. Basic Books, 1984.

2. Solecki, Ralph S. Shanidar: The First Flower People. Knopf, 1971.

3. Wilson, Edward O. *On Human Nature*. Harvard University Press, 1978.

4. Wilson, Edward O. *Sociobiology: The New Synthesis*. Belknap Press, 1975.

5. Hamilton, W. D. "The Evolution of Altruistic Behavior." *American Naturalist* 97, no. 896 (1963): 354-356.

6. Lee, Ronald D. "Rethinking the Evolutionary Theory of Aging: Transfers, Not Births, Shape Senescence in Social Species." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 100, no. 16 (2003): 9637-

9642.

7. Lordkipanidze, David, Abesalom Vekua, Reid Ferring, G. Philip Rightmire, Jordi Agustí, Gocha Kiladze, Aleksander Mouskhe-lshvili, et al. "The Earliest Toothless Hominin Skull." *Nature* 434 (2005): 717-718.

8. Nowak, Martin A., and Karl Sigmund. "Evolution of Indirect Reciprocity." *Nature* 437, no. 7063 (2005): 1291-1298.

13 是谁害死了“金刚”?

1. Ciochon, Russell L., John W. Olsen, and Jamie James. *Other Origins: The Search for the Giant Ape in Human Prehistory*. Bantam, 1990.

2. Weidenreich, Franz. *Apes, Giants, and Man*. University of Chicago Press, 1946.

3. Lee, Sang-Hee, Jessica W. Cade, and Yinyun Zhang. Patterns of Sexual Dimorphism in *Gigantopithecus blacki* Dentition. *American Journal of Physical Anthropology* 144, no. S52 (2011): 197.

4. Pei, Wen-Chung. "Giant Ape's Jaw Bone Discovered in China." *American Anthropologist* 59, no. 5 (1957): 834-838.

5. Simons, Elwyn L., and Peter C. Ettel. "Gigantopithecus." *Scientific American* 222, no. 1 (1970): 76-85.

6. Von Koenigswald, G. H. R. "Gigantopithecus blacki von Koenigswald, a Giant Fossil Hominoid from the Pleistocene of Southern China." *Anthropological Papers of the American Museum of Natural History* 43, no. 4 (1952): 295-325.

7. Woo, Ju-Kang. "The Mandibles and Dentition of *Gigantopithecus*." *Palaeontologia Sinica* 146, no. 11 (1962): 1-94.

8. Zhang, Yinyun. "Variability and Evolutionary Trends in Tooth Size of *Gigantopithecus blacki*." *American Journal of Physical Anthropology* 59,

no. 1 (1982): 21-32.

9. Zhao, L. X., and L. Z. Zhang. “New Fossil Evidence and Diet Analysis of *Gigantopithecus blacki* and Its Distribution and Extinction in South China.” *Quaternary International* 286 (2013): 69-74.

14 用双脚撑起文明的代价

1. Johanson, Donald C., and Maitland A. Edey. *Lucy: Beginnings of Humankind*. Simon & Schuster, 1981.

2. Anderson, Robert. “Human Evolution, Low Back Pain, and Dual-Level Control.” In *Evolutionary Medicine*, edited by Wenda R. Trevathan, E. O. Smith, and James J. McKenna, 333-49. Oxford University Press, 1999.

3. Leakey, Mary D. “Tracks and Tools.” *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 292, no. 1057 (1981): 95-102.

4. Lovejoy, C. Owen. “Evolution of Human Walking.” *Scientific American* 259, no. 5 (1988): 118-125.

5. Rosenberg, Karen R., and Wenda R. Trevathan. “Bipedalism and Human Birth: The Obstetrical Dilemma Revisited.” *Evolutionary Anthropology* 4, no. 5 (1996): 161-168.

15 寻找一张“最像人类”的脸

1. Bowman-Kruhm, Mary. *The Leakeys: A Biography*. Prometheus, 2009.

2. Morell, Virginia. *Ancestral Passions: The Leakey Family and the Quest for Humankind's Beginnings*. Touchstone, 1996.

3. Ant.n, Susan C., Richard Potts, and Leslie C. Aiello. “Evolution of Early Homo: An Integrated Biological Perspective.” *Science* 345, no. 6192

(2014): 1236828-1 to -13.

4. Leakey, Louis S. B. “A New Fossil Skull from Olduvai.” *Nature* 184, no. 4685 (1959): 491-493.

5. Leakey, Louis S. B., Phillip V. Tobias, and J. R. Napier. “A New Species of the Genus *Homo* from Olduvai Gorge.” *Nature* 202, no. 4927 (1964): 7-9.

6. Leakey, Meave G., Fred Spoor, M. Christopher Dean, Craig S. Feibel, Susan C. Ant.n, Christopher Kiarie, and Louise N. Leakey. “New Fossils from Koobi Fora in Northern Kenya Confirm Taxonomic Diversity in Early *Homo*.” *Nature* 488, no. 7410 (2012): 201-204.

7. Leakey, Richard E. F. “Evidence for an Advanced Plio-Pleistocene Hominid from East Rudolf, Kenya.” *Nature* 242, no. 5398 (1973): 447-450.

8. Wood, Bernard A., and Mark Collard. “The Human Genus.” *Science* 284, no. 5411 (1999): 65-71.

16 年纪越大，脑袋越迟钝？

1. Lieberman, Daniel E. *The Evolution of the Human Head*. Belknap Press, 2011.

2. Aiello, Leslie C., and Robin I. M. Dunbar. “Neocortex Size, Group Size, and the Evolution of Language.” *Current Anthropology* 34, no. 2 (1993): 184-193.

3. Aiello, Leslie C., and Peter E. Wheeler. “The Expensive-Tissue Hypothesis: The Brain and the Digestive System in Human and Primate Evolution.” *Current Anthropology* 36, no. 2 (1995): 199-221.

4. Dunbar, Robin I. M. “Evolution of the Social Brain.” *Science* 302, no. 5648 (2003): 1160-1161.

5. Kaplan, Hillard S., and A. J. Robson. “The Emergence of Humans:

The Coevolution of Intelligence and Longevity with Intergenerational Transfers.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 99, no. 15 (2002): 10221-10226.

6. Lee, Sang-Hee, and Milford H. Wolpoff. “The Pattern of Pleistocene Human Brain Size Evolution.” *Paleobiology* 29, no. 2 (2003): 185-195.

17 你是尼安德特人！

1. Finlayson, Clive. *Humans Who Went Extinct: Why Neanderthals Died Out and We Survived*. Oxford University Press, 2009.

2. Pääbo, Svante. *Neanderthal Man: In Search of Lost Genomes*. Basic Books, 2014.

3. Stringer, Christopher, and Clive Gamble. *In Search of the Neanderthals: Solving the Puzzle of Human Origins*. Thames & Hudson, 1994.

4. Boule, M. “L’homme fossile de La Chapelle-aux-Saints.” *Annales de Paléontologie* 6 (1911-1913): 11-172.

5. D’Errico, Francesco, João Zilhão, Michele Julien, Dominique Baffier, and Jacques Pelegrin. “Neanderthal Acculturation in Western Europe? A Critical Review of the Evidence and Its Interpretation.” *Current Anthropology* 39, no. 2 (1998): s1-s44.

6. Frayer, David W., Ivana Fiore, Carles Lalueza-Fox, Jakov Radovčić, and Luca Bondioli. “Right Handed Neandertals: Vindija and Beyond.” *Journal of Anthropological Sciences* 88 (2010): 113-127.

7. Green, Richard E., Johannes Krause, Adrian W. Briggs, Tomislav Maricic, Udo Stenzel, Martin Kircher, Nick Patterson, et al. “A Draft Sequence of the Neandertal Genome.” *Science* 328, no. 5979 (2010): 710-722.

8. Green, Richard E., Johannes Krause, Susan E. Ptak, Adrian W.

Briggs, Michael T. Ronan, Jan F. Simons, Lei Du, et al. "Analysis of One Million Base Pairs of Neanderthal DNA." *Nature* 444, no. 7117 (2006): 330-336.

9. Krings, Matthias, Helga Geisert, Ralf W. Schmitz, Heike Krainitzki, and Svante Pääbo. "DNA Sequence of the Mitochondrial Hypervariable Region II from the Neandertal Type Specimen." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 96, no. 10 (1999): 5581-5585.

10. Noonan, James P. "Neanderthal Genomics and the Evolution of Modern Humans." *Genome Research* 20, no. 5 (2010): 547-553.

11. Stringer, Christopher B. "Documenting the Origin of Modern Humans." In *The Emergence of Modern Humans*, edited by Erik Trinkaus, 67-96. Cambridge University Press, 1989.

12. Thorne, Alan G., and Milford H. Wolpoff. "The Multiregional Evolution of Humans." *Scientific American* 266, no. 4 (1992): 76-83.

13. Wolpoff, Milford H. "The Place of the Neandertals in Human Evolution." In *The Emergence of Modern Humans*, edited by Erik Trinkaus, 97-141. Cambridge University Press, 1989.

18 摇摇欲坠的分子钟理论

1. Crow, James F., and Motoo Kimura. *An Introduction to Population Genetics Theory*. Harper and Row, 1970.

2. Marks, Jonathan. *What It Means to Be 98% Chimpanzee: Apes, People, and Their Genes*. University of California Press, 2002.

3. Cann, Rebecca L., Mark Stoneking, and Alan C. Wilson. "Mitochondrial DNA and Human Evolution." *Nature* 325, no. 6099 (1987): 31-436.

4. Green, Richard E., Johannes Krause, Adrian W. Briggs, Tomislav Maricic, Udo Stenzel, Martin Kircher, Nick Patterson, et al. "A Draft

Sequence of the Neandertal Genome.” *Science* 328, no. 5979 (2010): 710-722.

5. Kimura, Motoo. “Possibility of Extensive Neutral Evolution under Stabilizing Selection with Special Reference to Nonrandom Usage of Synonymous Codons.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 78 (1981): 5773-5777.

6. Krings, Matthias, Helga Geisert, Ralf W. Schmitz, Heike Krainitzki, and Svante P.äbo. “DNA Sequence of the Mitochondrial Hypervariable Region II from the Neandertal Type Specimen.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 96, no. 10 (1999): 5581-5585.

7. Li, Wen-Hsiung, and Lori A. Sadler. “Low Nucleotide Diversity in Man.” *Genetics* 129, no. 2 (1991): 513-523.

8. Wilson, Alan C., and Rebecca L. Cann. “The Recent African Genesis of Humans.” *Scientific American* 266, no. 4 (1992): 68-73.

19 揭开亚洲人起源的第三种人类

1. Harris, Eugene E. *Ancestors in Our Genome: The New Science of Human Evolution*. Oxford University Press, 2014.

2. Hawks, John. “Significance of Neandertal and Denisovan Genomes in Human Evolution.” *Annual Review of Anthropology* 42, no. 1 (2013): 433-449.

3. Huerta-S.ñchez, Emilia, Xin Jin, Asan, Zhuoma Bianba, Benjamin M. Peter, Nicolas Vinckenbosch, Yu Liang, et al. “Altitude Adaptation in Tibetans Caused by Introgression of Denisovan-like DNA.” *Nature* 512, no. 7513 (2014): 194-197.

4. Krause, Johannes, Qiaomei Fu, Jeffrey M. Good, Bence Viola, Michael V. Shunkov, Anatoli P. Derevianko, and Svante Paabo. “The Complete Mitochondrial DNA Genome of an Unknown Hominin from Southern Siberia.” *Nature* 464, no. 7290 (2010): 894-897.

5. Meyer, Matthias, Qiaomei Fu, Ayinuer Aximu-Petri, Isabelle Glocke, Birgit Nickel, Juan-Luis Arsuaga, Ignacio Martinez, et al. "A Mitochondrial Genome Sequence of a Hominin from Sima de los Huesos." *Nature* 505, no. 7483 (2014): 403-406.

6. Meyer, Matthias, Martin Kircher, Marie-Theres Gansauge, Heng Li, Fernando Racimo, Swapan Mallick, Joshua G. Schraiber, et al. "A High-Coverage Genome Sequence from an Archaic Denisovan Individual." *Science* 338, no. 6104 (2012): 222-226.

20 寻找霍比特人

1. Morwood, Mike, and Penny Van Oosterzee. *A New Human: The Startling Discovery and Strange Story of the "Hobbits" of Flores, Indonesia*. Smithsonian, 2007.

2. Falk, Dean, Charles Hildebolt, Kirk Smith, M. J. Morwood, Thomas Sutikna, Peter J. Brown, Jatmiko, E. Wayhu Saptomo, Barry Brunnsden, and Fred Prior. "The Brain of LB1, *Homo floresiensis*." *Science* 308, no. 5719 (2005): 242-245.

3. Hayes, Susan, Thomas Sutikna, and Mike Morwood. "Faces of *Homo floresiensis* (LB1)." *Journal of Archaeological Science* 40, no. 12 (2013): 4400-4410.

4. Martin, Robert D., Ann M. MacLarnon, James L. Phillips, and William B. Dobyns. "Flores Hominid: New Species or Microcephalic Dwarf?" *Anatomical Record* 288A, no. 11 (2006): 1123-1145.

5. Morwood, M. J., R. P. Soejono, R. G. Roberts, T. Sutikna, C. S. M. Turney, K. E. Westaway, W. J. Rink, et al. "Archaeology and Age of a New Hominin from Flores in Eastern Indonesia." *Nature* 431, no. 7012 (2004): 1087-1091.

6. Van Den Bergh, Gerrit D., Bo Li, Adam Brumm, Rainer Grün, Dida Yurnaldi, Mark W. Moore, Iwan Kurniawan, et al. "Earliest Hominin

Occupation of Sulawesi, Indonesia.” *Nature* 529, no. 7585 (2016): 208-211.

7. Wong, Kate. “The Littlest Human.” *Scientific American* 292, no. 2, (2005): 56-65.

21 全球70亿人，真的都是一家人？

1. Gould, Stephen J. *The Mismeasure of Man*. W. W. Norton, 1981.

2. Wolpoff, Milford H., and Rachel E. Caspari. *Race and Human Evolution: A Fatal Attraction*. Simon & Schuster, 1997.

3. Caspari, Rachel E. “From Types to Populations: A Century of Race, Physical Anthropology, and the American Anthropological Association.” *American Anthropologist* 105, no. 1 (2003): 65-76.

4. Coon, Carleton S. “New Findings on the Origin of Races.” *Harper’s Magazine* 225, no. 1351 (1962): 65-74.

5. Day, Michael H., and Christopher B. Stringer. “A Reconsideration of the Omo Kibish Remains and the erectus-sapiens Transition.” In *L’Homo erectus et la place de l’homme de Tuatavel parmi les hominidés fossiles*, edited by Marie-Antoinette de Lumley, 814-846. Centre National de la Recherche Scientifique, 1982.

6. Livingstone, Frank B. “On the Non-existence of Human Races.” *Current Anthropology* 3, no. 3 (1962): 279.

7. Stringer, Christopher B., and Peter Andrews. “Genetic and Fossil Evidence for the Origin of Modern Humans.” *Science* 239, no. 4845 (1988): 1263-1268.

8. Wolpoff, Milford H. “Describing Anatomically Modern Homo sapiens: A Distinction without a Definable Difference.” *Anthropos (Brno)* 23 (1986): 41-53.

9. Wolpoff, Milford H., Xinzhi Wu, and Alan G. Thorne. “Modern

Homo sapiens Origins: A General Theory of Hominid Evolution Involving the Fossil Evidence from East Asia.” In *The Origins of Modern Humans*, edited by Fred H. Smith and Frank Spencer, 411-483. Alan R. Liss, 1984.

22 人类还会继续进化吗？

1. Cochran, Gregory M., and Henry Harpending. *The 10,000 Year Explosion: How Civilization Accelerated Human Evolution*. Basic Books, 2009.

2. White, Leslie A. *The Evolution of Culture: The Development of Civilization to the Fall of Rome*. McGraw-Hill, 1959.

3. Frayer, David W. “Metric Dental Change in the European Upper Paleolithic and Mesolithic.” *American Journal of Physical Anthropology* 46, no. 1 (1977): 109-120.

4. Hawks, John, Eric T. Wang, Gregory M. Cochran, Henry C. Harpending, and Robert K. Moyzis. “Recent Acceleration of Human Adaptive Evolution.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 104, no. 52 (2007): 20753-20758.

5. Huerta-S.nchez, Emilia, Xin Jin, Asan, Zhuoma Bianba, Benjamin M. Peter, Nicolas Vinckenbosch, Yu Liang, et al. “Altitude Adaptation in Tibetans Caused by Introgression of Denisovan-like DNA.” *Nature* 512, no. 7513 (2014): 194-197.

6. Yi, Xin, Yu Liang, Emilia Huerta-S.nchez, Xin Jin, Zha Xi Ping Cuo, John E. Pool, Xun Xu, et al. “Sequencing of 50 Human Exomes Reveals Adaptation to High Altitude.” *Science* 329, no. 5987 (2010): 75-78.

附录 I 关于进化的二三事

1. Crow, James F., and Motoo Kimura. *An Introduction to Population Genetics Theory*. Harper and Row, 1970.

2. Darwin, Charles. *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*. John Murray, 1871.

3. Darwin, Charles. *On the Origin of Species*. John Murray, 1859.

4. Jablonka, Eva, and Marion J. Lamb. *Evolution in Four Dimensions: Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life*. MIT Press, 2006.

5. Gould, Stephen Jay, and Niles Eldredge. "Punctuated Equilibria: The Tempo and Mode of Evolution Reconsidered." *Paleobiology* 3, no. 2 (1977): 115-151.

附录 II 人类的进化谱系

1. Cella-Condé, Camilo J., and Francisco J. Ayala. *Human Evolution: Trails from the Past*. Oxford University Press, 2007.

2. Johanson, Donald C., and Blake Edgar. *From Lucy to Language*. Simon & Schuster, 1996.

3. Green, Richard E., Johannes Krause, Adrian W. Briggs, Tomislav Maricic, Udo Stenzel, Martin Kircher, Nick Patterson, et al. "A Draft Sequence of the Neandertal Genome." *Science* 328, no. 5979 (2010): 710-722.

4. Reich, David, Richard E. Green, Martin Kircher, Johannes Krause, Nick Patterson, Eric Y. Durand, Bence Viola, et al. "Genetic History of an Archaic Hominin Group from Denisova Cave in Siberia." *Nature* 468, no. 7327 (2010): 1053-1060.

5. Wolpoff, Milford H., John D. Hawks, David W. Frayer, and Keith Hunley. "Modern Human Ancestry at the Peripheries: A Test of the Replacement Theory." *Science* 291, no. 5502 (2001): 293-297.

6. Wolpoff, Milford H., Alan G. Thorne, Jan Jelinek, and Yinyun Zhang. "The Case for Sinking *Homo erectus*: 100 Years of *Pithecanthropus* Is

Enough!” In 100 Years of Pithecanthropus: The Homo erectus Problem, edited by J. L. Franzen, 341-361. Frankfurt, 1994.

7. Wood, Bernard A., and Mark Collard. “The Human Genus.” Science 284, no. 5411 (1999): 65-71.

[1] 编者注：1英里约为1.6千米。

[2] 有些成年的公大猩猩虽已具备生殖能力，但第二性征却不明显，看起来好像尚处于青少年期，这会降低母大猩猩的防备，因而交配成功。这并不是刻意设计的策略或行为模式，而是充满挑战的群体环境诱发压力激素，导致体形或性征发育迟缓。

[3] 译注：韩文数字88的发音，听起来与表示“生龙活虎、生气勃勃”的韩文单词（팔팔하다）相近。

[4] 除了人类，还有几种鲸鱼能在更年期后再活上好几十年。

[5] 原编者注：指温度、时长都不足以被认定为冰期的时期，约几千年。“冰期”是指在冰河时期中，一段全球低温、地表结冰的时期，达数十万年。

[6] 原编者注：指两段冰期之间温度较高、结冰消融的时期。

[7] 出于安全考虑，该工程于2013年停止。

[8] 化石从地底被挖掘出来时，没有人知道它确切的属名与种名。学者会通过不断研究，反复确认甚至重新确定化石的分类名称，这种变更种名的情况在学界是常有的事。

[9] 原编者注：指同一种生物不同性别之间的差异性，如颜色、犄角、獠牙等。还有一个常见的例子便是体形差异，哺乳类和鸟类通常是雄性体形较大，昆虫则多为雌性体大。

[10] 鲍氏东非人后来更名为鲍氏南方古猿（*Australopithecus boisei*），或是鲍氏傍人（*Paranthropus boisei*）。近半个世纪以来，许多学者将南方古猿属及傍人属的物种都归在同一个属，这两个名字都可用。

[11] 学界对于哪些人类化石属于尼安德特人目前尚无共识，其确切的生存年代也尚无定论。有文献指出尼安德特人曾经历维尔姆冰期，可能生存于3万至10万年前的欧洲大陆。然而随着更多化石被挖掘出来，尼安德特人的年代之争仍在继续。

[12] 目前学术界尚未确定是将尼安德特人归为独立物种，还是智人的亚种。

[13] 原编者注：这是生物地理学中，区分东洋区与澳大拉西亚区的分界线。英国博物学家华莱士在马来群岛做研究时，注意到婆罗洲与苏拉威西岛、巴厘岛和龙目岛之间似乎有一条隐形的界线，界线两边的生物相有明显不同。为纪念他的发现，科学界使用他的名字为这条线命名。

[14] 原编者注：1606年，荷兰航海家威廉·扬松（Willem Janszoon）在约克角西岸登陆，是第一个登陆澳大利亚的欧洲人。

[15] 现代智人究竟被“隔离”在澳大利亚大陆多长时间，至今仍存在着许多争议。当然，科学家并没有排除不断有人类迁徙至澳大利亚的可能性，然而那些人一旦抵达澳大利亚便很难离开了。

[16] 原编者注：苯硫脲是一种外观为白色粉末的有机化合物，常用于遗传学分析，因为一个人能否尝到苯硫脲的苦味取决于他的基因。据研究统计，世界上约有四分之一的人尝不到苦味，这被称为“苯硫脲味盲”。

[17] 最近，科学家发现这个基因来自已经灭绝的丹尼索瓦人。

[18] 到底要经过多少时间才能被视为一种进化？针对这个问题，每个物种的情况都不太一样，这主要是因为每个物种的时间长短概念皆有所差异。例如，以现代人类的角度来看，20年尚无法称得上是一代，但对于以10天为一代的果蝇而言，20年相当于经过了730代。反过来说，20年之于果蝇，套用在以平均25年为一代的人类身上，相当于超过1.8万年。

[19] 这个问题在说英语的国家里也会遇到，就连许多前来听我讲课的美国大学生都会指着一只黑猩猩说它是“猴子”。

[20] 科学家持续挖掘出大量的源泉南方古猿化石，使其有望被正式归为单一的古人类物种。研究团队一改过去的作风，不再将出土的化石样本隐秘地分享给少数特定单位，而是从一开始就公开分享所有资料，并广邀各领域的年轻学者加入研究行列，这也让源泉南方古猿成为目前学术界的热门话题。



未读 Club

为读者提供有温度、有质量、有趣味的
泛阅读服务



专属社群 独家福利
精品共读 活动特权

手机扫码

加入未读 Club 会员计划

未讀

WHAT A FISH KNOWS

北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.

The Inner Lives of
Our Underwater Cousins

Jonathan Balcombe

鱼 什么都 知道

[美] 乔纳森·巴尔科姆 著 肖梦 赵静文 译

鱼的记忆不止7秒

每一条鱼都是
跨越3亿年的演化奇迹

它们感知世界
体验快乐与孤独

它们智商超群
潜藏水底不为人知

美国亚马逊年度好书 / 《纽约时报》畅销书 / 《福布斯》杂志生物科学类十佳读物
《自然》杂志十佳科普读物 / 入选威尔逊文学科学写作奖长名单

版权信息

鱼什么都知道

WHAT A FISH KNOWS

作者：[美]乔纳森·巴尔科姆（Jonathan Balcombe）

译者：肖梦 赵静文

出品方：未读·探索家

出版社：北京联合出版公司

目 录

[版权信息](#)

[前言](#)

[第一章 被误解的鱼](#)

[第二章 鱼的认知](#)

[鱼的视觉](#)

[鱼的听觉、嗅觉与味觉](#)

[导航、触觉及其他](#)

[第三章 鱼的感受](#)

[疼痛、知觉与意识](#)

[从紧张到愉悦](#)

[第四章 鱼的思想](#)

[鱼鳍、鱼鳞和智力](#)

[工具、计划、比猴还精](#)

[第五章 鱼的社交](#)

[并肩浮游](#)

[社会关系](#)

[合作、民主与和平](#)

[第六章 鱼的繁衍](#)

[鱼的性生活](#)

[勾引的艺术](#)

[假高潮和吞精](#)

[育儿方式](#)

[第七章 离水之鱼](#)

[后记](#)

[索引](#)

[返回总目录](#)

前言

八岁那年，我在多伦多北部参加夏令营时，曾和年长的营长一起爬上一艘铝制小船。他将船开到距离浅海湾24千米的地方，在之后的两个小时里，我们一直在钓鱼。那是一个宁静的夏夜，水面如镜。我第一次乘着小船，在如此广阔且泛有微波的暗黑色水面上行驶，惬意至极。我不禁好奇，到底是怎样的生物隐藏在水下。每当我的原始钓竿——一根挂着线和鱼饵的削了皮的小树枝——突然晃动时，我总是激动不已，这意味着有鱼上钩了。

那天我一共钓了16条鱼，把其中的一些放生之后，我们留下较大的鲈鱼作为第二天的早餐。纳尔逊先生承包了所有的脏活，他把扭动的蚯蚓挂在有倒刺的鱼钩上，从鱼嘴上解下鱼线，将刀插进鱼的头骨。干活的时候，纳尔逊先生的面部总是奇怪地扭曲着，我不知道他是因为厌恶还是仅仅太过于全神贯注。

我对那次旅程有很多美好的回忆。但是，作为一个对动物怀有恻隐之心的敏感的孩子，那艘小船上发生的很多事情都让我感到困扰。我暗自担心那些作为鱼饵的虫子，也因鱼会感受到的疼痛而烦恼。当顽固的鱼钩从它们瘦骨嶙峋的脸上被拔出来时，它们的眼睛瞪得圆圆的。或许有些鱼暂时躲过了刀子，但也只能被困在小船一侧摇晃的铁丝网里慢慢等死。那位坐在船首的善良的人似乎并不觉得有什么不对，于是我也告诉自己这一切都是合理的——更何况第二天早晨鲜美的鱼肉将前一天的不安冲淡了很多。

在我的成长过程中有很多和鱼有关的记忆，而想到这些冷血亲戚在

人类道德体系中占据的位置时，我总是感到很矛盾。在多伦多读小学四年级时，我曾和其他几位同学一起被选去搬运物料，我们需要将东西从教室搬到附近的另一个房间。其中有个玻璃鱼缸，里面住着一一条孤独的金鱼。鱼缸里有四分之三的水，搬起来很重。考虑到其他搬运者很可能做不到像我一样关心它，我主动提出将鱼缸运到目的地，也就是另一个房间里临近水池的柜台上。

多么讽刺！

我用小小的手紧紧抱着鱼缸，稳稳地走出房间，下楼穿过大厅，再走进新的房间。当我小心翼翼地靠近柜台时，鱼缸突然从我手中滑落，摔在坚硬的地板上。那一刻，我的恐惧如慢动作播放一般蔓延。玻璃碎片散落一地，水溅得到处都是。我站在那里，愣住了。有同学反应过来，马上抓起拖把，把玻璃和水扫到一边，我们四个人开始在地板上搜索金鱼。然而一分钟过去了，我们没有看到任何生命迹象。这一切就像一场噩梦，就好像那条金鱼已经体验过作为生命的狂喜，现在升入了天堂。最后，终于有人发现了那条金鱼。它蹦到了散热器后面，卡在靠里的边缘处，距离地板5厘米高，完全脱离了我们的视线。它还活着，呆呆地睁着眼睛。我们迅速把它转移到一个盛满自来水的烧杯里。我想它应该是活了下来。

金鱼事件给我留下了深刻的印象，四十年后依然记忆犹新，可即便如此，我仍然没有对鱼产生更多的同理心。我从来没有喜欢过钓鱼，与纳尔逊先生一起出游后对钓鱼产生的一点点热情，也很快在我需要自己挂取鱼饵的时候消耗殆尽。我不觉得自己在斯特金湾唐突钓上来的鲈鱼和我在艾迪斯维尔小学失手掉的那条可怜的金鱼之间有什么联系，更不用说那些我在家庭旅行中、在麦当劳里吃掉的麦香鱼三明治里默默无闻的鱼。那时是20世纪60年代晚期，麦当劳已经在宣传“为十亿人送上过

美味”[\[1\]](#)，但一提到这个数量，总让人觉得是在说提供给消费者的鱼或鸡，而非消费者本身。就像其他社会成员一样，我很幸运地远离了那些动物，那些曾经鲜活但最终变成人类午餐的动物。

十二年后，我在大学读生物专业的最后一年选了鱼类学课程，直到那时，我才开始认真思考我和动物的关系，包括我和鱼类的关系。一方面，我被鱼类的结构多样性及其对环境的适应性吸引，另一方面，我又因那些呆滞的、需要用解剖显微镜和分类检索表进行研究归类的个体而感到不安，它们曾经如此鲜活。期中时，班级组织大家去参观皇家安大略博物馆，在那里，我们见到了加拿大最著名的鱼类学专家之一，由他带领我们参观博物馆的鱼类收藏。他打开一个大木箱上的锁，掀开盖子，展示了一条保存在油性防腐剂中的巨型突吻红点鲑。这条重达46.7千克，足以破纪录的雌鱼于1962年在阿萨巴斯卡湖[\[2\]](#)被人发现。激素失衡导致了它的不孕，而原本会消耗在艰巨产卵任务上的能量转而堆积成了硕大且丰满的身躯。

我很同情它。就像我们遇到的大多数人一样，它没有名字，身世成谜。它应该有更好的归宿，而不是像现在这样被储存在木箱子里。在我看来，它还不如被人类吃掉，至少这样它的身体可以再次回到食物链的循环当中，而不是几十年漂浮在黑暗里，因化学物质而变得污浊。

介绍鱼类的书籍有很多，它们介绍鱼类的多样性、生态、繁殖、生存策略等，介绍如何钓鱼的书籍和杂志也能装满几书架了。但到目前为止，还没有哪本书能够代表鱼类发声。我并不是指以自然资源保护论者的身份对濒危物种所处困境或对鱼类资源过度开发进行的谴责（不知你是否注意到，“过度开发”这个词已经将开发进行了合法化，“资源”一词也将动物降级为如小麦一样的商品，似乎其存在的唯一目的就是为人类提供补给）。这本书将前所未有地从鱼类的角度发声。感谢动物行为

学、生物社会学、神经生物学和生态学方面的重大突破，如今我们可以更好地理解鱼类眼中的世界，了解它们如何思考、如何感受、如何面对外部环境。

在撰写本书的过程中，我一直想把科学知识和人类与鱼之间的故事穿插在一起，在接下来的章节中我也会进行分享。这些趣闻逸事对于科学家来说并没有多大的可信度，但能给我们提供灵感，探索那些科学尚未涉及但或许动物可以做到的事，也能引导我们对人与动物的关系进行更深层次的思考。

这本书所探讨的是一种拥有深刻内涵的简单的可能性，即鱼[3]是具有内在价值的独立个体，也就是说，鱼的价值与人类眼中的实用性价值（比如作为食物或观赏对象）并无关联，而其中深刻的含义在于，这一特性会让其成为人类道德关注的对象。

为什么会这样？主要原因有两点。首先，鱼类是世界上被捕捞（以及过度捕捞）最严重的脊椎动物。其次，有关鱼类感知与认知的科学正在飞速发展，是时候转变思路、重新考量我们对待鱼类的方式了。

对鱼类的捕捞有多严重呢？根据联合国粮食农业组织对1999——2007年间渔业捕捞数据的分析，作家艾利森·穆德估算，人类每年捕杀鱼类的数量在10000亿~27000亿之间[4]。为了更清楚地理解10000亿条鱼的概念，可以假设每天被捕的鱼的长度与一美元纸币（15厘米）的长度相当，我们将所有被捕的鱼首尾相接，连起来的长度足以完成一次地球和太阳间的往返旅行（约29920万千米）——还能有几千亿条鱼的剩余。

穆德的估算结果出人意料，因为鱼类的捕捞量很少按个体数量计

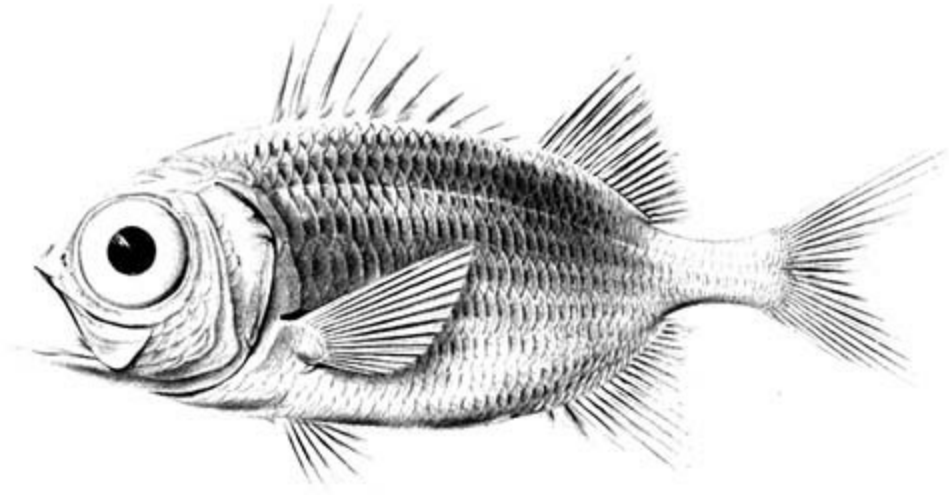
算，联合国粮食农业组织估算的2011年的商业捕鱼量为1亿吨。鱼类生物学家史蒂文·库克和伊恩·考克斯是为数不多的列举鱼类个体死亡数量的人，2004年，两人估算全球每年约有470亿条鱼以娱乐垂钓的形式被捕上岸，其中36%的鱼类（约170亿条）被杀，剩下的得以重回水域。如果我们用商业捕捞的1亿吨鱼除以每条鱼的预估平均重量（0.635千克），可以估算出商业捕捞量为1570亿条鱼。

某项研究表明，联合国粮农组织对过去60年里全球鱼类捕捞量的官方数据分析比实际缩水了一半以上，出现这一现象的原因包括常常被人忽略的小规模捕鱼、非法捕鱼、其他不确定捕鱼以及被遗弃的副渔获物。

但不管你怎么分析，被捕鱼类的数量非常庞大，而且它们死得并不优雅。致使商业捕鱼死亡的主要原因包括缺水导致的窒息，环境压力变化出现的身体减压，在巨大渔网中承受的数千条同伴的挤压，以及一旦上岸后即被取出内脏的现实。

不管你选择相信哪种说法，这些令人晕眩的数字似乎掩盖了一个事实，即每条鱼都是独一无二的个体，它们不仅拥有生物属性，更有自己的生平传记。就像每条翻车鲀、鲸鲨、蝠鲼以及豹纹喙鲈都有独特的外貌特征，能够让你一眼从外表上辨认出来一样，它们也都有自己独特的内心世界。而其中也体现了人和鱼类之间关系的变化轨迹。生物学认为，每一条鱼，就像每一粒沙子一样，是独一无二的。但与沙粒不同，鱼是有生命的。这一差别有着重要意义。当我们逐渐将鱼作为有意识的个体去理解时，或许会和它们形成一种全新的关系。就像一位不知名的诗人所写的不朽名言一样：“一切都没变，只是我的态度变了，于是一切都变了。”

第一章 被误解的鱼



我们不会停止探索

而我们探索的终端

将是我们启程的地点

我们生平第一次知道的地方

——T.S.艾略特

我们通常所说的“鱼”，指的是一个丰富多样的物种集合。根据全球最大且查询率最高的线上鱼类数据库FishBase的统计，截至2016年1月，已知鱼类包括64目、564科、33249种。这一数量要比哺乳动物、鸟类、爬行动物和两栖动物的物种总和还多。当我们提到“鱼类”时，我们谈论的其实是地球上人类已知的60%的脊椎动物。

几乎所有的现代鱼类都可以被划分为两大类：硬骨鱼和软骨鱼。硬骨鱼学名为“teleosts”（源自希腊语，“teleios”意为“完全”，“osteon”意为“骨头”），是当今鱼类的主要构成部分，涉及31800种，包括我们熟知的鲑鱼、鲱鱼、鲈鱼、金枪鱼、鳗鱼、比目鱼、金鱼、鲤鱼、梭子鱼、米诺鱼[5] 等。软骨鱼学名为“chondrichthyans”（“chondr”意为“软骨”，“ichthys”意为“鱼”），约有1300种，包括鲨鱼、鱼、鳐鱼、银鲛[6] 等。这两大类下的成员拥有陆生脊椎动物的全部十个身体系统：骨骼、肌肉、神经、心血管、呼吸系统、感觉系统、消化系统、生殖系统、内分泌系统和排泄系统。还有一类特殊的鱼是无颌鱼类，或者称为“agnathans”（“a”意为“没有”，“gnatha”意为“颌部”），这是一个由约115种成员组成的小类，包括七鳃鳗和盲鳗等。

我们简单地将所有带脊椎的动物分成了五类：鱼类、两栖动物、爬行动物、鸟类和哺乳动物。[7] 然而这种分类方式本身带有误导性，它无法体现鱼类之间的巨大差别。从进化的角度来看，至少硬骨鱼应该与软骨鱼区分开，就像哺乳动物和鸟类不能混为一谈一样。和鲨鱼比起来，金枪鱼跟人类的亲缘关系更近，而1937年被发现的“活化石”腔棘鱼，又在生命起源之树上比金枪鱼与人类的关系更近一些。这样一来，如果将软骨鱼计算在内的话，至少有六种主要的脊椎动物类群。

人类之所以有“所有鱼类之间都存在关联性”的错觉，在一定程度上

是因为动物在水中很难进化出高效移动的能力。水的密度大约是空气密度的800倍，因此水生脊椎动物多为流线型，肌肉发达，而扁平的附肢（鳍）能够在减少阻力的同时产生向前的推力。

在高密度的介质中生存也意味着重力的作用会大大缩减。水的浮力能帮助水生生物免受陆生动物的体重困扰，因此体形最大的动物鲸，才会生活在水中。这些因素也解释了为什么大多数鱼类的相对脑容量（脑重量占体重的百分比）较小，而这一点，也让鱼在我们用大脑衡量其他生物时处于劣势。鱼借助大块且有力的肌肉在阻力远大于空气的水中前行，在这样几乎失重的环境中生活，意味着相对于脑体积来说，身体体积可以无限大。

不管怎么说，大脑体积在认知发展方面的意义不大。正如作家西蒙·蒙哥马利在一篇有关章鱼大脑的文章中提到的，电子行业中的一切产品都可以做到小型化。一条小鱿鱼学习走出迷宫的速度比狗要快，而小虾虎鱼只要在高潮时游过一次潮池[8] 就能记住地形，这是极少数人才能完成的壮举。

最早的鱼形生物出现在距今约5.3亿年前的寒武纪[9] 。它们体形较小，鲜有变化。约9000万年后的志留纪时期，鱼类长出了颌，实现了进化上的重大突破。这些先驱脊椎动物得以捕获并撕咬食物，增强了捕猎过程中的咬合能力，在很大程度上丰富了晚餐的可选范围。或许我们也可以把颌看作自然界的第一把瑞士军刀，其功能还包括操纵物体、挖洞、为建巢搬运材料、转移及保护后代、传播声音以及实现交流（比如“别过来，小心我咬你”）。颌的进化为鱼类及一些早期的超级掠食者在泥盆纪的爆炸式增长提供了条件。正因为如此，泥盆纪又被称为“鱼类时代”。大多数生活在泥盆纪的鱼都是盾皮鱼，头部有坚硬的盔甲，身体则是软骨骨架。大型盾皮鱼足以令人畏惧。邓氏鱼和霸鱼的部分品

种的体长可超过9米，它们没有牙齿，却能用颌内两副尖锐的骨板将食物咬碎磨烂。在这些鱼的化石中常会发现未完全消化的鱼骨块，这意味着它们会像现代猫头鹰一样反刍食丸[\[10\]](#)。

尽管这些鱼类和泥盆纪一起在3亿年前消失，但大自然对盾皮鱼非常友好，细心地为其保留了精致的样本，古生物学家得以推演出盾皮鱼生活中许多迷人的侧面。其中一个特别的发现，是来自西澳大利亚州戈戈化石遗址的艾登堡鱼母（*Materpiscis attenboroughi*）。它以英国偶像级的自然纪录片主持人大卫·阿滕伯勒的名字命名，在1979年的系列纪录片《生命的进化》（*Life on Earth*）中，阿滕伯勒表达了对这一物种的强烈兴趣。这份保存完好的3D样本，能帮我们抽丝剥茧，展示鱼的内部结构。令人惊讶的是，在这条鱼的身体里，是一条发育完全且通过脐带和母亲紧紧相连的小艾登堡鱼母。这一发现将体内受精的历史向前推进了约2亿年，不仅震动了学术界，也为早期鱼类的生活增添了一分情爱色彩。目前已知的能够实现体内受精的方式只有一种，即通过可插入的性器官。由此可见，鱼类是最早享受到性爱欢愉的动物。阿滕伯勒曾在一次公共演讲中，表达了自己对这一发现及将其公之于世的澳大利亚古生物学家约翰·朗的复杂情绪：“在生命的长河中，这是人类已知的第一个脊椎动物交配的例子……而约翰竟以我的名字为其命名。”

尽管盾皮鱼拥有了性，但和盾皮鱼同期出现的硬骨鱼，则有着更光明的未来。虽然它们在终结了二叠纪的第三次生物大灭绝中损失大半，但在之后长达1.5亿年的三叠纪、侏罗纪和白垩纪里，硬骨鱼的物种多样性得到极大增强。大约1亿年前，硬骨鱼真正开始蓬勃发展。从那时算起直到今天，人类已知硬骨鱼种类数量较那时之前增多了5倍以上。然而，化石并没有直接告诉我们有关它们的秘密，或许还有更多早期的鱼类仍被掩藏在石块之中。

和硬骨鱼一样，软骨鱼也逐渐从二叠纪的打击中恢复过来，只是随后没有出现爆炸式的多样化发展。就我们所知，如今鲨鱼和鳐鱼的种类比历史上任何时期都要多。我们开始发现，它们并不像传闻中那样好斗。

物种丰富 多才多艺

与陆生生物相比，鱼类的生活更难观察，因此很难被彻底了解。根据美国国家海洋与大气管理局的数据，全球只有不到5%的海洋得到了开发。深海是地球上最大的栖息地，其中生活着全球大部分的动物。一项于2014年上半年公布的长达七个月的研究，曾利用回声探测技术在中层带[\[11\]](#)进行探查，其结果显示这一区域实际存在的鱼类数量是之前预想的10~30倍。

为什么不呢？或许你听过一种很普遍的说法，即对于生物来说，居住在深海是一种折磨。但这其实是种肤浅的观念，与我们承受的每平方米十吨的大气压力相比，深海动物承受的海水压力其实不算什么。正如海洋生态学家托尼·科斯洛在其著作《沉寂的深处》（*The Silent Deep*）中解释的，相对而言，水是不可压缩的，由于生物体内部的压力和外部的压力几乎持平，深海压力所产生的影响并没有我们想象中大。

随着科技的发展，人类得以一窥深海，但即使是在可探测的栖息地，仍然隐藏着很多未被发现的物种。1997——2007年间，仅在亚洲的湄公河流域就发现了279个新物种。2011年，四种鲨鱼新物种被发现。按照这样的比率，科学家们预测鱼类总数将会稳定在35000种左右。随着鱼类的基因探测技术不断发展，或许还会有数以千计的鱼类等待着人

类发现。20世纪80年代末，我在读硕士期间研究蝙蝠时，已知的蝙蝠种类是800种，如今这一数字已经涨到了1300。

差异带来多样性，而鱼类王国丰富的多样性催生出很多奇特且令人惊异的生命形态。世界上最小的鱼——也是世界上最小的脊椎动物——是一种来自菲律宾吕宋岛的小虾虎鱼。成年菲律宾矮虾虎鱼长仅7毫米，重约0.004克，300条菲律宾矮虾虎鱼的总重量甚至抵不过一枚硬币。

一些雄性深海的长度不超过1.2厘米，比菲律宾矮虾虎鱼大不了多少，但它们极为大胆的生存模式弥补了体形上的缺陷。一旦侦查到雌性气息，雄性深海便会用嘴咬住对方，直到生命的尽头。它们咬住对方的位置并不重要——可能是腹部，也可能是头部——但雄鱼最终将与雌鱼融合在一起。因为体形比雌鱼小很多，雄鱼更像是另一只特化的鱼鳍，以雌性的血液供给为生，通过静脉实现受精。三条甚至更多的雄鱼能够寄生在同一条雌鱼身上，它们依附着雌鱼，就像残存的躯干一般。

这种看起来像是可怕性骚扰的行为，被科学家称为“异性寄生”。但是，造成这种非常规交配方式的原因并没有那么不光彩。据估计，雌性出现的概率是每800000立方米一条，这意味着雄鱼需要在一个足球场大小的黑暗空间里找到足球大小的物体。对于来说，在茫茫的黑暗深渊中找到彼此是极其困难的事，因此一旦找到，最明智的方法就是尽快依附上去。1975年，彼得·格林伍德和J.R.诺曼修订《鱼类历史》（A History of Fishes）时，已经找不到独立生存的成年雄性了，因此鱼类学家猜测，如果未能成功找到可依附的雌鱼，雄性恐怕只有死路一条。但来自华盛顿大学，同时是伯克自然历史文化博物馆鱼类馆馆长、全球顶尖的深海研究专家特德·皮奇告诉我，世界范围内曾有上百只独立生存的雄性在样本采集的过程中被发现。

雄鱼好吃懒做的结果是，雌鱼永远不用担心它的伴侣周六晚上在哪里鬼混。事实上，除了作为累赘之外，一些雄鱼也确实会做出少许贡献。

鱼类另一项令人惊异的技能是它们的繁殖力，这一点在所有脊椎动物中无人能及。一条1.5米长、25千克重的鳕鱼，卵巢内就有28361000个卵子。即使是这样的规模，也无法和最大的硬骨鱼，即翻车鲀的3亿卵子数量相提并论。这样的庞然大物竟然是由如此不起眼的射入水中的卵子发育而成，这很容易造成人们的偏见，认为鱼类不值得研究。但我们需要记住的是，所有生物都由单细胞发展而来。在本书之后的“育儿方式”一节中，大家会发现很多鱼类的养育能力已经十分成熟了。

从一颗比字母“o”还要小的卵子开始，成熟后的鳕鱼能够达到1.8米长——这也是鱼类另一项令人称奇的技能，在独立的生命周期内，它们的身体能够增长数倍。然而，所有脊椎动物当中的生长冠军，或许是拥有尖尾鳍的翻车鲀。它们的身体虽然不是流线型[\[12\]](#)，却能够从0.25厘米长到3米长，成熟后的体重是之前的6000万倍。

与此同时，鲨鱼则处在鱼类繁殖能力体系的另一端。部分种类的鲨鱼一年只会产一条小鲨鱼，而且还是在它们达到性成熟之后——对于一些鲨鱼来说，这一过程需要25年甚至更长的时间。而遭到过度捕捞，且很可能被用来当作解剖学习材料的白斑角鲨，则平均需要35年才能达到性成熟。鲨鱼的胎盘结构和哺乳动物的胎盘结构一样复杂。它们一生中怀孕的次数寥寥无几，孕期也十分漫长。皱鳃鲨的怀孕时间超过三年，这也是自然界当中已知的最长孕期——衷心希望怀孕的皱鳃鲨妈妈们不会有晨吐反应。

白斑角鲨不会飞，其他鱼类也不具备这种能力，但它们或许是全球

顶级的滑行选手。其中最著名的要数飞鱼。广阔的海洋表层生活着约70种飞鱼，它们的胸鳍已经大大进化，能够起到翅膀的作用。为降落做准备时，飞鱼的速度可以达到每小时64千米。飞行时，它们将尾鳍的下叶浸入水中作为增压器，飞行距离可达350米以上甚至更远。鱼类飞行时通常只是贴着水面，但有时，一阵狂风也能将这些飞行者带到4.5~6米的高度，这或许能解释为什么有时飞鱼会落在甲板上。我很好奇，如果水生动物没有了呼吸系统的限制，飞鱼能否拍打“翅膀”飞得更远呢？还有一些鱼也能够飞到空中，比如南美和非洲的脂鲤科鱼类以及名字听起来更像马戏节目的翱翔真豹鲂。

说到鱼类之最，不得不提到鱼的名字。名字最长的几种鱼类之一是夏威夷州的州鱼，黑带锉鳞鲀，被当地人称为“humuhumunukunukuapua'a”（意为“用针缝合起来且鼾声如猪的鱼”）。最朴素名字奖，应属于毛颌[\[13\]](#)。最好笑的则是勃氏新热鲷[\[14\]](#)。最粗鲁的鱼名，我会提议一种小型的近海鱼类双带海猪鱼[\[15\]](#)。

但说真的，有关鱼类最激动人心的消息是对它们如何思考、如何感受，以及如何生活的深入研究。几乎每周都会有有关鱼类生物学及行为学方面的新发现。人们对礁岩的细致观察，揭开了清洁鱼和其“顾客”之间微妙的互利共生，而这一事实也推翻了此前人们所认为的鱼只是听从本能的傻瓜的这一论断。简单的实验也能够证明让鱼类声名狼藉的三秒记忆一说并不属实。在下一章节，我们将会了解到鱼类不仅拥有感知，也有意识，能交流，善社交，会使用工具，有道德准则，甚至会像马基雅维利主义者一样不择手段。

并不卑贱

在所有脊椎动物中，鱼类对人类来说是最陌生的。它们很少有可观测的面部表情，总是静默无声，和其他呼吸空气的动物相比，更容易被人类忽略。鱼类在人类文化中的定位通常体现为以下两个相互交叉的层面：可以捕捞，可以吃。在人们看来，垂钓不仅是良性的，还是美好生活的象征。广告中常会无缘无故地出现垂钓的画面，甚至美国最受欢迎的电影公司梦工厂的标志，就是一个拿着钓竿的汤姆·索亚[\[16\]](#) 式的男孩。或许你也曾碰到过一些自诩素食主义者的人也会吃鱼，在他们看来，吃鳕鱼和吃黄瓜在道德上似乎没有什么差异。

为什么我们容易将鱼排除在人类的道德关注圈之外呢？首先，鱼是“冷血的”——但这样一种外行的说法并没有任何科学依据。我想不通体内是否有调节体温的机制与生物体的道德地位之间有什么关系。但不管怎么说，大部分鱼类的血液并不总是冷的。鱼是变温动物，它们的体温受到外界因素，尤其是其生活水域水温的影响。生活在温暖热带水域的鱼，体温相对较高；反之，生活在寒冷深海地区或两极地区的鱼（事实上也是大部分鱼类），体温就会处于冰冻的边缘。

但这样的解释也并不全面。金枪鱼、剑鱼以及部分鲨鱼并非完全意义上的变温动物，其体温高于外界的水温。它们借助强壮有力的泳肌获取热量。蓝鳍金枪鱼能够在7~27摄氏度的水中保持27.8~32.8摄氏度的肌肉温度。无独有偶，很多拥有粗大血管的鲨鱼会通过核心泳肌向骨髓输送温暖的血液，实现中枢神经系统的保温。大型掠食性喙鱼（枪鱼、剑鱼、旗鱼等）会利用这些温度为大脑和眼睛加温，以便在更深更冷的水域中保持最佳状态。2015年3月，科学家首次公布了对真正的温血鱼月鱼的研究。月鱼能够在几百米深的寒冷水域中保持12.8摄氏度左右的体温，这得益于月鱼拍打长长的胸鳍时所产生的热量，以及能将这些热量储存下来的位于鳃部的逆流热交换系统[\[17\]](#)。

人类对鱼的另一个偏见是认为它们“原始”。其中包含了很多不友好的暗示，比如简单、发育水平低、愚笨、迟钝、无情。D.H.劳伦斯在1921年的诗作《鱼》中写道，鱼“诞生在我的日出之前”。

毋庸置疑，鱼类这一物种由来已久，但据此将鱼类划归为“原始物种”的看法仍是谬论。这一观点假定，在一些水生动物登上陆地后，留在水里的动物就停止了演化，而这一点并不符合生物永不停息的进化规律。现存所有脊椎动物的大脑和身体都是原始与现代特征的结合体。随着时间流逝，大自然会逐步完善，保留那些重要的部分，淘汰其他多余的摆设。

最初拥有腿和肺的鱼类都已绝迹。今天我们在地球上看到的几乎一半的鱼都属于鲈形总目，它们在5000万年前经历了一次狂欢式的物种进化，并在约1500万年前达到物种多样性的高峰。当时的猿类族群，也就是人类的祖先类人猿也正在进化。

因此，大约一半的鱼都没有人类“原始”。但早期鱼类的后代拥有更长的进化时间，这样一来，鱼类可以说是所有脊椎动物当中进化最为成熟的了。让人惊讶的是，鱼类在它们的遗传机制下甚至能长出手指，这足以证明鱼类与现代哺乳动物的诸多相似之处。只是在鱼身上，鱼鳍代替了手指——毕竟在游动时，鱼鳍要比手指好用多了。分节的肌肉组织也是如此，最能突显运动员健美线条的搓衣板似的肌肉腹直肌（不只是运动员，其实所有人身上都有，只不过藏在厚厚的脂肪下面罢了），也可以追溯到最先出现在鱼类身上的中轴肌。就像尼尔·舒宾的畅销书

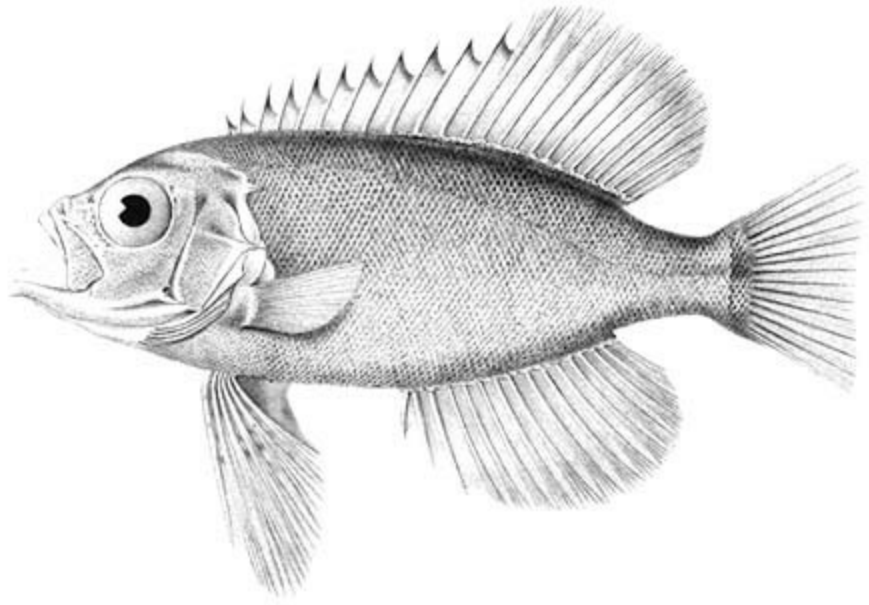
《你体内的鱼》（Your Inner Fish）的书名所指，我们的祖先（以及现代鱼类的祖先）都是早期的鱼类，在我们的身体里，依旧留有这些共同的水生祖先的痕迹。

古老的生物体并不一定意味着简单，进化也并非不懈地趋于更复杂或体形更大。大型恐龙的体形远大于现代的爬行动物，而且古生物学家最新发现的证据表明，这些恐龙也是社交动物，它们有亲代抚育行为，其沟通模式至少和现代爬行动物一样复杂。同样地，在几百、几千万年前，在哺乳动物多样性大繁荣的时期，最大的陆生哺乳动物也未能免于灭绝。真正意义上属于哺乳动物的时代就此结束。虽然我们习惯于将过去的6500万年视为哺乳动物的时代，但硬骨鱼也在同一时期不断繁衍发展，甚至发展速度更快。“硬骨鱼时代”听上去没有那么性感，但这种说法其实更为精确。

正如进化并不总是向着越来越复杂的方向发展一样，它也不是趋于完美的过程。虽然是适者生存，但认为动物能够完美适应环境的想法也是一种谬论，因为环境并不是一成不变的。气候类型，地震、火山喷发等地质变化，以及持续不断的侵蚀，都在改变地球的模样。甚至除去这些不稳定因素外，大自然本身也会走一些弯路。这一过程中难免会有妥协，人类身上就有很多例子，包括我们的阑尾、智齿，以及视神经穿过视网膜造成的盲点。对于鱼类来说，呼吸时鳃盖必须一张一合，但这样也会产生向前的推力。如果鱼类想要保持静止——就像大部分鱼在休息时做的那样——它就必须找到能够替代鱼鳃推力的另一种力。这也解释了为什么鱼在静止时，胸鳍依旧没有停止摆动。

我们对鱼类进化过程及其行为方式的了解越多，对鱼类的认识就会越深入，和它们的联系也会越紧密。要想做到感同身受，关键是从他人的角度出发考虑问题，当然就这种情况而言是从他“鱼”角度出发，而其中的核心，是要走进鱼类的感官世界。

第二章 鱼的认知



没有真理，只有感知。

——居斯塔夫·福楼拜

鱼的视觉

金红色，如水般精致的，平静如镜的明亮眼睛。

——D.H.劳伦斯《鱼》

我们熟知的感官有五种：视觉、嗅觉、听觉、触觉和味觉。但实际上，人类拥有的感官远远多于这些。试想如果没有幸福感，生活将会多么无聊！虽然生活中没有痛感这一想法非常诱人，但如果将手放在炙热的炉子上却丝毫意识不到危险该有多么可怕！没有了平衡感，我们无法走路，更别说骑自行车了。没有了感知压力的能力，即便是熟练使用刀叉，也将成为精神需要高度集中的壮举。作为经历了长时间进化的生物，鱼类拥有多样且成熟的感知模式。

当我还是一名动物行为学专业的学生时，我最喜欢的概念之一是德国生物学家雅各布·冯·尤克斯考尔于20世纪早期提出的“周围世界”（*umwelt*）。我们可以将动物的周围世界看作它们的感官世界。因为动物的感觉器官千差万别，即使身处同样的环境，不同物种感知到的世界也各不相同。

例如，猫头鹰、蝙蝠和飞蛾都是夜行性动物，但其生物结构不同，意味着它们的“周围世界”各有差别。猫头鹰主要依靠视觉和听觉捕捉猎物。蝙蝠同样依赖听觉，但方式与猫头鹰不同：它们能够感知自己发出的高频率声波，利用回声定位能力捕捉猎物、辨别方向。飞蛾作为无脊

椎动物，可能是这三者之中与人类的感官世界相差最远的，但它们视力极佳，且能够借助超强的气味探测能力，跋山涉水找到伴侣。理解动物感知器官的运作方式，能够帮助人类走进它们的感官世界。

鱼类生活在水中，它们的“周围世界”和呼吸着空气的人类有很大区别。但进化是一个希望一切规整的保守派设计师。拿鱼的眼睛举个例子：除了鱼没有眼睑这一显而易见的不同外，鱼类的眼睛其实和人类的很像。与大多数脊椎动物（包括人类）的眼球一样，鱼的眼球由三对肌肉控制，这些肌肉能让眼睛朝不同方向灵活旋转，同时在悬韧带和缩肌的帮助下，鱼儿能够注意到增氧装置处升腾的气泡，或是在玻璃另一侧专心盯着鱼缸看的站立生物。作为陆栖动物的进化祖先，早期的鱼类发展出了这一视觉系统。大部分小型鱼类的眼部活动很难被察觉到，不过下次去水族馆的时候，你可以观察一下大型鱼的眼部变化，它们的眼珠常常转来转去，查看着周围的环境。

在球面的高折射率，即光在真空中的传播速度与光在该介质（此处指眼睛）中的传播速度之比下，鱼在水下看到的物体就和人类在空气中看到的物体一样清晰。虽然鱼类没有能为眼球脆弱的表面保湿的泪腺或眼睑，但其赖以生存的水就足以保证眼睛的清洁与湿润。

海马、鳎鱼、虾虎鱼和比目鱼更是进化了眼部的肌肉组织，使得两只眼睛可以分别朝不同方向转动，就像变色龙一样。我能从中得出的唯一结论就是这些被眷顾的生物能够同时拥有两个视野。这项技能与人类大脑的运作方式完全不同，我曾试着想象用意识同时控制两个视野，但这种感受实在是超出了我的“周围世界”经验，其难度不亚于想象宇宙的边界。虽然一个由以色列和意大利科学家组成的团队设计了带有两个独立活动摄像头的“机械头”来模仿变色龙的视觉机制，但目前人类仍无法理解它们如何由同一个大脑操控。变色龙能同时拥有两种想法吗？一只

眼睛盯着鲜嫩多汁的蚱蜢时，另一只眼睛能够看着头顶上的树枝，计划最佳的接近路线？海马能够一只眼睛冲着心仪的另一半抛媚眼，另一只眼睛警惕地关注着捕食者的一举一动吗？反正我的单线大脑做不到。如果我在看报纸的同时听着广播里面的《美国生活》，我的思路一定会在两者间来回穿梭，不管多么努力，也没办法同时跟上两个故事。

我也无法想象比目鱼的视觉体验，尤其是比目鱼幼体的视觉体验。它们看起来和其他的鱼没有什么区别，两只眼睛各在一边，游动时脊背朝上。但随着比目鱼不断长大，它们会经历一次奇异的转变，一只眼睛会转移到脸的另一侧。这个过程就像是一场没有手术刀与缝合线的面部整形手术，只不过是以慢动作的形式发生。甚至有的时候，这一过程也没有那么缓慢。对于星斑川鲽来说，整个转移过程只需要五天，而其他种类的比目鱼甚至有可能在一天之内完成。如果说哪种鱼会经历尴尬的青春期的，那一定非比目鱼莫属。

两只眼睛长在一边这种事虽然有些丢人，但作为补偿，比目鱼拥有超强的双眼视觉。它的两只眼睛就像骄傲的邻居一样，不仅能从身体中探出来，还能单独转动。（不知道比目鱼是不是唯一一类能从自己眼睛里看到自己而且还会被吓一跳的鱼。）双眼视觉对于潜伏在沙质或岩石海底的比目鱼来说是一项很有用的技能，它们能够将自己精心伪装成背景，伺机以光速攻击一只毫无防备的小虾或其他倒霉的经过者。有了精准的深度知觉[\[18\]](#)，比目鱼能更好地判断埋伏的时机与成功概率。

对于比目鱼[\[19\]](#) 以及鲷鱼、大菱鲆、庸鲽、副棘鲆、拟庸鲽、舌鲷等超过650种鲽形目鱼来说，眼睛的迁移是一项实用的生存技能。有些比目鱼被称为“鲽”，即左边的眼睛转移到身体右侧后，它们一直向左侧躺，与此相反，另外一些比目鱼则被称为“鲆”。尽管有了升级的生存技能，细齿牙鲆和鲷鱼依然面临着过度捕捞导致的生存威胁。

生活在中南美洲大西洋海岸淡水与咸水水域中的四眼鱼，有着与众不同的拓展视野的方式。作为大自然中双焦镜的发明者，这些虹鳉（俗称“孔雀鱼”）的亲戚拥有分区的视网膜。四眼鱼游动时，视网膜中的水平间隔正好与水面吻合，眼睛的上半部分拥有完美的空气视觉，下半部分则能看清水里的一切。基于这种灵活的基因编码，四眼鱼眼睛的上半部分对空气中起主导作用的绿光波段更为敏感，而眼睛的下半部分则对污浊水质中常见的黄光波段更为敏感。当四眼鱼一边在水中寻觅美食，一边提防着空中突然飞来的捕食鸟类时，这种视觉上的宝贵优势就显得尤为重要。

大多数体形更大、速度更快，生活在开阔海域的掠食性鱼类，如剑鱼、金枪鱼以及部分鲨鱼，捕猎时依赖的是速度和超群的视力。一条3.6米长的剑鱼，眼距有近1.2米。即便如此，它们在水下捕猎时依旧面临很多视觉上的挑战。如果你曾有过没带手电筒，摸黑进入山洞的经历，就一定能理解鱼类在没有光线的深海里的感觉。不仅如此，海水的温度会随着深度的增加而降低，寒冷则会导致大脑迟钝、肌肉僵硬、反应时间延缓。

为了克服因寒冷而出现的一系列迟钝反应，有些鱼进化出了能够强化大脑和眼睛的天才技能，即充分利用肌肉产生的热量，赋予感觉器官更强的战斗力。剑鱼眼睛的温度能够比水温高出1~6摄氏度。这种热量来自眼部肌肉附近血液在流入和流出时进行的逆流交换。经动脉从心脏流出的低温血液在到达眼部附近时，能够由眼部肌肉中的特殊加热器官进行加热。动脉也会形成一个紧密的格状网络，增强流经血液的热量交换。科学家对从剑鱼身体中取出的眼睛进行研究时发现，正是因为有了这种加温策略，剑鱼在追捕猎物时的反应能力增强了超过十倍。

与剑鱼不同，很多鲨鱼更喜欢在光线微弱的夜间狩猎。它们的视网

膜附近有一层能够反光的细胞组织“明毯”[\[20\]](#)。射到这层细胞上的光线会反射到鲨鱼的眼中，对视网膜的双重刺激可以有效增强鲨鱼的夜间视力。人们所熟知的猫以及其他陆栖夜行动物的“双眼放光”就是得益于此。如果鲨鱼能够在陆地上行走，你会在夜晚的车灯前看到它们眼中怪异的光。

与捕猎相比，躲避捕食者同样是头等大事。无论是生活在海洋、湖泊还是溪流中的鱼，都会用尽一切视觉手段来争取优势。例如，对于那些生活在浅水区域的鱼来说，水面就像是镜子，可以借此观察到处于视觉盲区的物体。生活在北美的湖泊、池塘以及水流缓慢的溪流中且只有碟子大小的蓝鳃太阳鱼，能够通过水面的反射，观察到远处的石头或眼子菜丛中潜伏的白斑狗鱼。同样地，捕猎者或许也能通过这样的技巧观察自己的猎物。想要弄清楚这一点，只要将双方放在临时的水族箱里进行研究就足够了。

蓝鳃太阳鱼使用的“镜子技术”只适用于风平浪静的时候，在平静的水面下，鱼类能够清楚观察到水面之上发生的一切，并在捕食的鸟类发动攻击前快速逃跑。而水面起浪时，鱼类的观察能力会有所下降，这或许也可以解释为什么海鸟多在水面起波浪时捕猎，而且会在这一时段收获更多。平静水面的折射也能够让鱼类观察到岸上发生的事情。懂得这个道理的渔民有时会站在离水较远的地方，尽量不给猎物察觉的机会。

彩色徽章与手电筒

当然，鱼类有时反而希望被发现。珊瑚礁就为它们的视觉创新带来了各式各样的机会。珊瑚生长在热带浅海区域，那里的温度和亮度都比

较高。光线让色彩变得美轮美奂，正因为如此，珊瑚鱼拥有了千变万化的美妙颜色。2014年，科学家在3亿年前鲨鱼状的化石生物身上找到了视杆细胞和视锥细胞[\[21\]](#)，这说明地球上的生物早在演化至水生阶段时就已经拥有了色觉。

在那之后，鱼类进化出了能够超越人类的视觉能力。例如，大多数现代硬骨鱼都拥有四色视觉，这意味着与人类相比，它们能看到的色彩更为清晰多样。我们都是“三原色生物”，即我们的眼睛中只有三种视锥细胞，可见光谱十分有限。而拥有四种视锥细胞的鱼眼，有四个独立的色彩信息传递通道。有些鱼类还能看到近紫外光谱中比人类可见光波长短很多的光线，这也解释了为什么已知的22科珊瑚礁鱼中有近一百种鱼的皮肤能够反射大量紫外线。让我好奇的是，鱼是看到身着蓝黄赛车条纹潜水服的潜水者更兴奋，还是看到身着全黑色潜水服的潜水者更兴奋呢？

2010年，科学家经过研究证实了可见光谱范围更广所具有的价值。他们以生活在珊瑚礁中的色彩斑斓、各式各样的雀鲷作为研究对象，关注其视觉通信。科学家选择了生活在西太平洋同一片珊瑚礁中，且外貌极其相似的安汶雀鲷和摩鹿加雀鲷。安汶雀鲷有极强的领土意识，绝不允许同类侵犯自己的领地。但它们如何判断入侵者是不是摩鹿加雀鲷呢？研究者推测视觉在其中发挥着重要的作用。事实证明，每个种类的雀鲷在紫外光谱下都有自己独特的可视面部图案。当研究人员用紫外线照射雀鲷时，它们的面部会出现奇妙的类似于指纹的点状和弧状图案，不同种类的雀鲷间存在着人类难以察觉但始终如一的差别。在对人工养殖的雀鲷进行识别能力测试时，它们能够用嘴巴准确地碰触同类的照片，以此获得食物奖励。而当研究人员利用紫外滤镜去掉这一视觉信息后，雀鲷就很难通过测试了。不仅如此，雀鲷的捕食者对紫外光谱并不

敏感，而雀鲷却能偷偷利用脸部识别系统，无须伪装就能逃脱敌人的视线。这种感觉就好像在化装舞会上，只有你一个人能够认出面具后面的脸。

鱼类有的是办法借助身体颜色表达自我。除了体现物种间的差异外，很多鱼的身体色彩都在向同伴传递着有关性别、年龄、生育状态以及心情的信息。它们皮肤里的色素细胞包含类胡萝卜素和其他呈现出黄色、橘色、红色等暖色的化合物。出现白色并不是因为色素缺失，而是白色素细胞[22]里的尿酸结晶及虹彩细胞里的鸟嘌呤反射光线而成。绿色、蓝色和紫色大部分是由鱼皮和鱼鳞中的结构形成，而且不同的厚度能够呈现出不一样的色彩。想一想色彩斑斓的小丑鱼（就像迪士尼动画《海底总动员》中的尼莫），它们身上的颜色在所有海葵鱼中别具一格，也明确地向其他鱼类发出警告：最好别跟着我，小心我家的海葵用触手狠狠扎你！

如果身着亮色服装有用的话，能换衣服就更棒了。丽鱼和箱鲀这样的鱼类可以通过扩张或收缩含有黑色颗粒的黑色素细胞，快速将身体颜色变深或变浅。比目鱼和烟管鱼能够完美控制身体细胞的扩张或收缩，五彩斑斓的珊瑚礁鱼类尤其擅长改变身体的颜色。它们可以争奇斗艳，吸引潜在的配偶、威胁竞争者，也可以息事宁人，用柔和的身体颜色抚平颇具竞争性的对手或是逃脱捕食者的视线。

我们之前谈到的眼睛会转移的比目鱼，是操控色彩的冠军。它们能像变色龙一样，将自己隐藏在背景中。我记得高中翻看生物课本时偶然看到过一张令人瞠目结舌的照片，照片中的比目鱼被放置在水箱中的棋盘上。几分钟内，比目鱼的背上就会出现类似棋盘的纹路，从远处看，它就像是消失了一般。这种通过改变皮肤色素分布状态模拟背景的能力，复杂且令人难以理解，视觉和激素都会在其中起到作用。如果比目

鱼的眼睛受伤或者蒙上了沙子，就很难将身体颜色与周围环境相匹配，这在某种程度上也说明比目鱼控制身体颜色靠的是意识而非细胞机制。

鱼类身边围绕着朋友和敌人，它们想让朋友看到自己，又不想被敌人发现。在靠近水面的透光层（上层带），几乎一切东西都能看得清清楚楚。但是随着海水深度的增加，透光率会呈指数降低。能被看到对鱼来说是头等大事，因此90%生活在100~1000米深的弱光层（中层带）的鱼都有发光器官，在黑暗中可以当作手电筒使用。再往下，到了2000米甚至更深的漆黑一片的无光层（深层带），体内含发光器官的鱼会更多，其中就包括钻光鱼、灯笼鱼以及著名的等。

那里大部分的光都来自发光细菌，这些细菌寄生在鱼类体内，和它们有着古老的共生关系。作为借宿的回报，发光细菌为寄主提供了优厚的馈赠。深海是灯光表演方面的专家，它们的头部长有突出的如诱饵一般的“小灯笼”，部分品种的下颌处还悬浮着树状结构的发光器官。这些闪闪发光的装饰物大大增强了深海对潜在猎物的吸引力，它们就像飞蛾扑火一般，在的嘴里葬送了自己的性命。但从另一个角度来说，突然闪现的光也有可能吓跑潜在的猎物。这些发光器官也能在鱼的下方投射微弱的光线提供伪装，这样在来自上方的昏暗光线中，它们就没有那么显眼了。而当鱼类想和同伴共度时光时，这些器官独特的发光模式也能够帮助它们辨认彼此。

鳐鱼有一种特殊的散发冷光[\[23\]](#)的方法。位于雄性鱼喉咙部分的发光器官（发光细菌）能够向体内发光，光线射到充满气体且能控制浮力的鱼鳔上，经由鱼鳔外面的反光层再次反射光线，并在其透明的皮肤上形成光点。通过控制身体上的肌肉，鳐鱼能够打造一场灯光秀。大批雄性鳐鱼有时会聚在一起，合作进行令人眼花缭乱的表演，据科学家推测，这些行为是为了让雌鱼心花怒放，给自己争取一次约会。

灯颊鲷（俗称“灯眼鱼”）是为数不多没有生活在深海但能发光的鱼，它们利用眼睛下方半圆形的多功能发光器官发光。其中的发光细菌能够持续不断地提供光源，但灯颊鲷能够利用盖子一般的肌肉组织随意控制发光器的开合。和鳐鱼一样，灯颊鲷喜欢聚集在夜晚的浅滩，它们发出的光能够吸引浮游生物，当然也可以让自己发现那些猎物。这些鱼也会利用光线躲避敌人。当危险迫近时，被盯上的鱼会一直开着自己的小灯，直到最后一刻突然熄灭光源，改变方向——这真的需要极大的勇气。恋爱中的灯颊鲷会在岩礁上安营扎寨，如果有不速之客闯入，雌鱼就会奋然游出来，用自己的光线直直照着入侵者的脸，仿佛在说“赶紧给我走”。

深海鱼的灯光秀一般都在蓝绿光谱中，大部分鱼发出的也是蓝绿色光，这可能因为蓝绿色的光在水中的传播速度最快。但也有一种鱼不按颜色的套路出牌：那就是柔骨鱼。它们因硕大的下颌骨而得名[24]，灵活的颌骨能让它们轻松张开血盆大口。其中一种柔骨鱼是黑柔骨鱼，因其眼睛下方的发光器官能够发射出强烈的红光而得名[25]。对某些鱼来说，这种颜色是由特殊的荧光蛋白产生，而对另一些鱼来说，这种颜色则得益于发光器官之上简单的胶状过滤组织。正是有了负责调整眼睛内色素结构的基因的一点点改变，造物主才让柔骨鱼看到了红色。

一束只有发光者才能看到的光有着极大的优势。一旦拥有了这项技能，这些深海中的捕食者就能放心观察猎物，不用担心自己被发现。其他深海鱼只会间歇性地使用光束，闪烁几下就会停止，唯恐自己被其他鱼发现并吞食，但黑骨柔鱼的胆子很大，它们的“灯”一直亮着，捕食者和它们跟踪的猎物却看不到。对它们来说，这就像是深海里的夜视护目镜。

你被骗了！

显然，鱼类拥有多样且独特的视觉系统。它们能够强化自身视力，让自己变得更显眼或更不显眼，可以表明身份，也可以引诱、排挤或是操控其他对象。

但是鱼类如何感知自己眼里的世界呢？它们有怎样的心理体验，和人类相比又有什么不同呢？

想要了解这一点，可以利用视错觉。如果动物对骗过人类眼睛的视觉图像毫无察觉，我们就能得知它们在观察世界时是无意识的，就和机器人“观察”世界的方式一样。但如果它们也会遇到视错觉，则意味着鱼和我们拥有类似的感知体验。

在《亚历克斯与我》（**Alex Me**）中，艾琳·派珀伯格记录了自己与一只非洲灰鹦鹉长达30年的感人回忆，其中一个令人兴奋的发现是这些聪明的鸟儿也会被视错觉误导。正如派珀伯格所写，这意味着鹦鹉“看到的世界与我们看到的一模一样”。

鱼会受到视错觉的误导吗？在一项针对原产于墨西哥高山溪流中的一种谷鲮科鱼类艾氏异仔鲮的研究中，人们发现这些鱼学会了通过拍打两只盘子中较大的那个来获得食物奖励。一旦掌握了这一技能，科学家就给它们展示艾宾浩斯错觉（见图1）。图片里有两个大小一样的圆盘，但被大圆盘包围的圆盘看起来更小（至少在人类看来是这样）。而艾氏异仔鲮选择了后者。

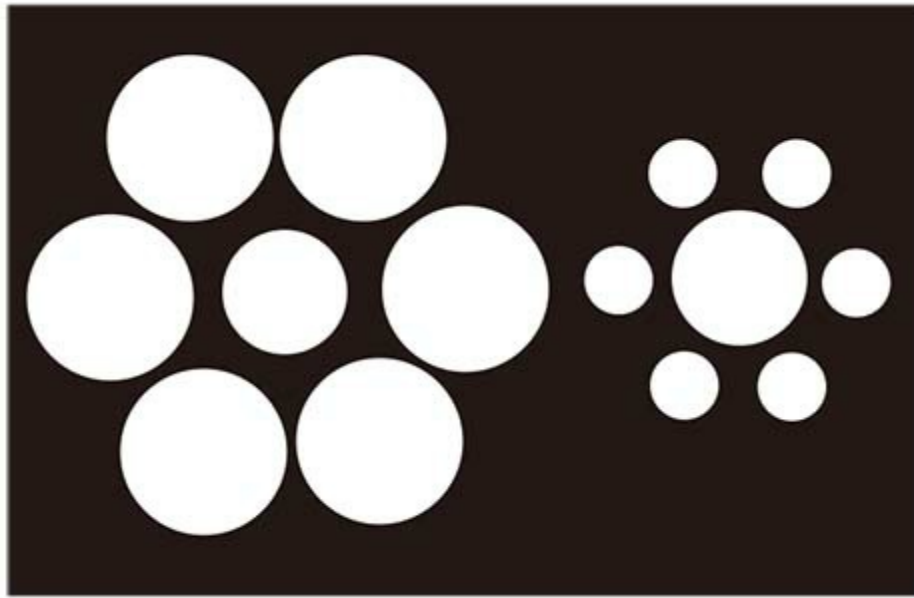


图1：艾宾浩斯错觉

这一结果显示艾氏异仔鲮并非无意识地观察世界，也并不依赖于条件反射。相反，它们会根据自己的观察做出反应——虽然有些时候这些反应并不可靠。在另一项早期的研究中，人们发现艾氏异仔鲮也会落入缪勒-莱尔错觉的圈套（见图2）。在这个视错觉图像中，两条一样长的水平线似乎呈现出不一样的长度，而被人们训练要去选择长线的鱼，都会选择线条B。

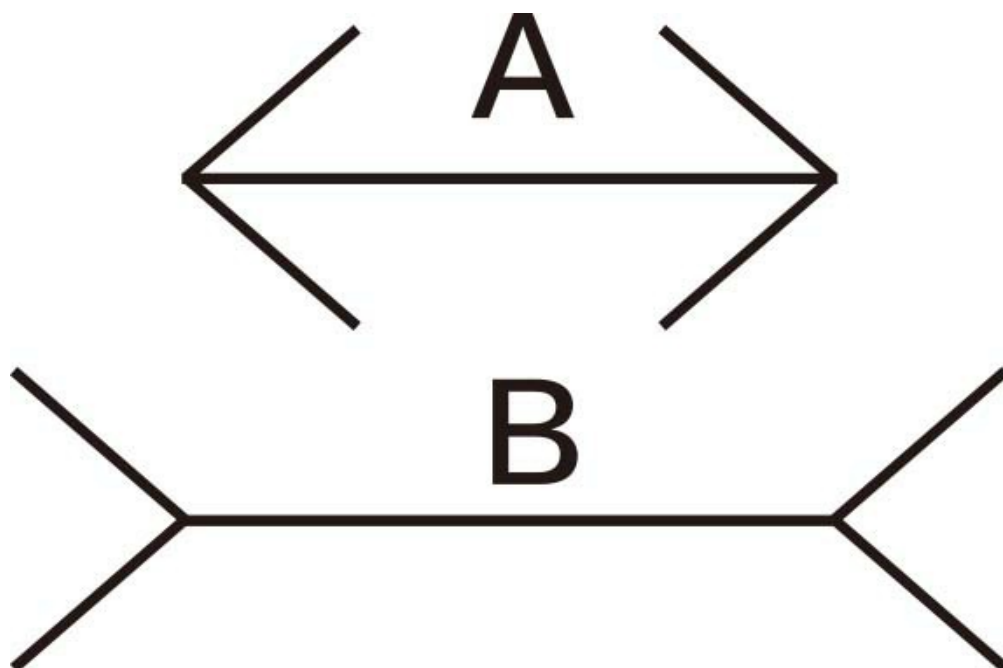


图2：缪勒-莱尔错觉

针对金鱼和斑竹鲨的研究也显示它们会受到视错觉的误导。金鱼经过训练可以辨认出白色背景上的黑色三角形和黑色正方形后，研究者就会给它们展示卡尼萨三角或卡尼萨正方形，它们也能顺利区分开。这一视错觉（见图3）由意大利心理学家加埃塔诺·卡尼萨在20世纪50年代提出，在这张图片中，即使没有真的三角形被描画出来，我们也会看到一个明显的白色三角形。这说明，金鱼和我们一样，也会经由大脑将不完整的图像自动补全。

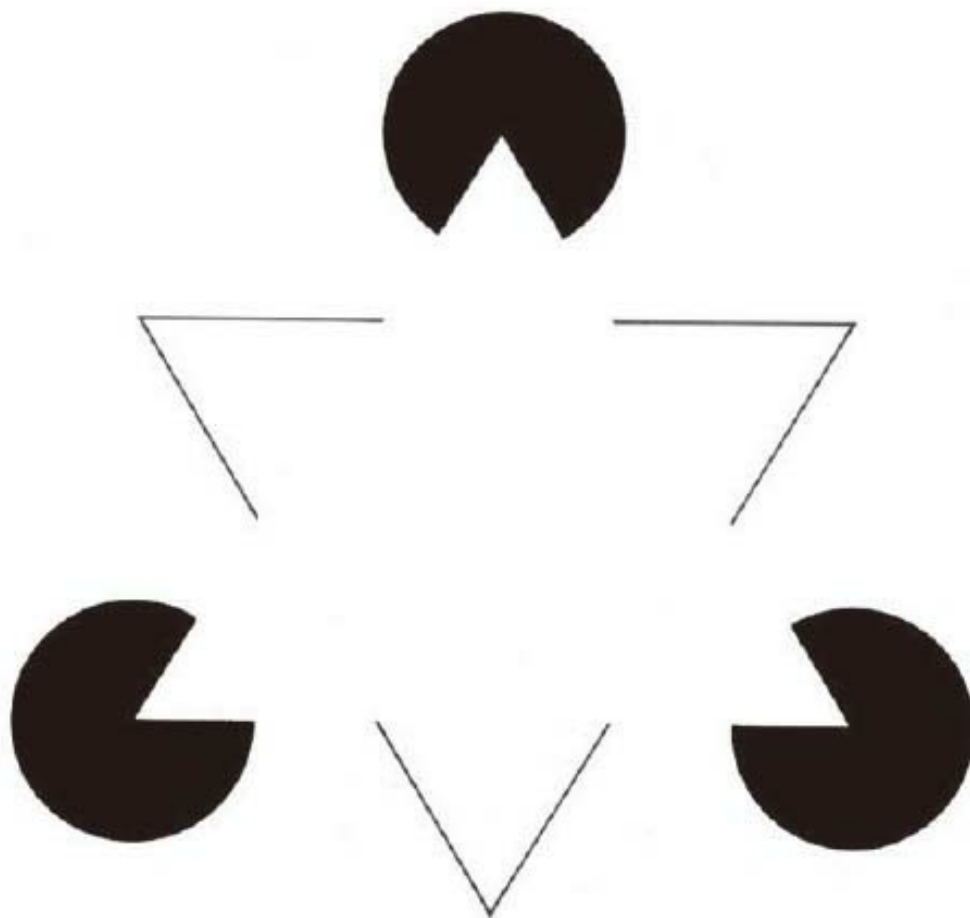


图3：卡尼萨三角

能够补全图像的谷鲮、金鱼和斑竹鲨并非个例，人们只是恰好挑选了这些鱼进行研究而已。谷鲮和金鱼只是远亲的事实，似乎也能说明还有很多鱼会被错觉误导。之所以选择这些鱼，多半是出于一些更功利的原因，比如它们的人工饲养技术更成熟，选作研究对象更为方便。对动物进行严谨的研究需要花费大量的时间、精力以及金钱，因此，我们目前对鱼的感知世界的了解很可能只是冰山一角。

在生存游戏中，鱼能够自己制造假象，误导其他鱼类。其中一个方法是将捕猎者的攻击目标从自己重要的身体部位上移开。出于最简单的

理由，捕猎者常会攻击猎物的头部，一击致命。水中的捕猎者更倾向于攻击眼睛，正因为如此，很多鱼都进化出了极具欺骗性的眼状斑点，比如丽鱼、蝴蝶鱼、刺盖鱼、鲀鱼、弓鳍鱼等。鱼也能通过各种花样升级自己的欺骗能力。和人一样，它们更容易注意到鲜亮的色彩，因此那些具有欺骗性的眼状斑点通常都是惹眼的亮色，而另一端的真正的眼睛则不那么引人注目。主刺盖鱼的幼鱼身上虽然没有眼状斑点，但其眼睛周围蓝白相间的环状图案能起到同样的作用，将真正的眼睛藏在迷宫般的弯曲线条中。捕食者发动攻击时通常没有时间做出精准的判断，于是这些色彩的小伎俩就帮了这些鱼的大忙。

另一种增强迷惑性的方法是让鱼尾变成鱼头的模样。亮丽身体的后半部分和鹦嘴鱼的头部很像，而它真正的眼睛则藏在遍布全身如星系般的白色斑点下，就连眼睛本身也长了白色斑点。行为上的假动作能进一步增强迷惑效果。科学家已经发现有两种蝴蝶鱼可以“倒车”，它们在第一时间发现危险后会慢慢向后游，如果狩猎者突然袭击，它们则能超速向前。如果它们游得足够快，狩猎者很有可能会扑个空。对于蝴蝶鱼来说，比起头部被咬掉，如果仅仅是尾巴掉块肉的话，活下来的概率会更高一些。

鱼类会像我们一样被错觉误导，还会被即将到手的猎物戏弄，这一点很有意思。它证明了另一个物种在自己感知的“周围世界”中，能构建出并不存在的东西。这是“相信”的能力，而这种能力和感知力都是可以后天开发的。正如我们已经了解到且将会更多了解到的，为了增加自己的成功概率，鱼类会利用一系列视觉及其他方面的骗术。

作为视觉高度发达的生物，我们或许能够意识到拥有敏锐视觉对于大部分鱼来说的重要性。我们在儿时游戏中体会过双眼被蒙住后的迷茫，也惊叹于盲人能够沉稳应对生活中的挑战。一条鱼——哪怕是一条

生活在没有光线的深海里的鱼——能否在失去视力后长久地活下去，我们无从得知。但鱼类并非只依赖视觉，和我们一样，它们也进化出了能够应对生存需求的其他感官。

鱼的听觉、嗅觉与味觉

宇宙间充满了神奇的事物，耐心等待着我们去发现。

——伊登·菲尔波茨

水不仅能影响鱼的动态视觉，还会影响其听觉、嗅觉和味觉。水是声波的绝佳导体，声波在水中的长度是在空气中的五倍，这也意味着声音在水中的传播速度是在空气中的五倍。自从有了骨骼和鱼鳍，鱼类就利用声音的这一特点进行定位与交流。水也是水溶性化学物质的绝佳介质，便于鱼类感知味道和气味。虽然这些物质在水中混为一体，鱼类身上仍然有独立的嗅觉和味觉器官。

就像鱼类拥有色觉一样，它们也进化出了听觉。虽然人们普遍认为鱼类不能发声，但其实与其他脊椎动物相比，它们有着更多的发声方法。这些方法与脊椎动物利用空气振动薄膜发声不同。鱼类能够快速收缩肌肉，振动鱼鳔，以此达到扩音的效果。除此之外，鱼的发声途径还包括：摩擦颌部的牙齿，摩擦排列在喉咙里的咽喉齿，摩擦骨骼，摩擦鳃盖，甚至正如我们能看到的——从肛门中排出泡泡。一些陆生脊椎动物在制造非发声部位的声音方面很有创意，比如啄木鸟敲击木头的声音、大猩猩拍击胸脯的声音等，但是这些鱼的陆生亲戚只有两种发声器官——鸟类的鸣管以及其他动物的喉咙。

配备着如此齐全的发声设备，鱼类完全有可能创作出名副其实的交流

响乐，尤其擅长打击乐。它们能发出低哼声、口哨声、砰砰声、摩擦声、嘎吱声、呼噜声、爆裂声、呱呱声、心跳声、鼓声、敲击声、咕噜声、哈气声、滴答声、悲叹声、喳喳声、嗡嗡声、咆哮声以及啪啦声。这些声音如此引人注目，以至于人们根据声音给一些鱼起了名字，比如石鲈（grunt）、石首鱼（drum）、管口鱼（trumpeter）、鲂（sea robin）以及断斑石鲈（grunter）[\[26\]](#)。我们进化出的耳朵，是为了感知空气中而非水中的震动，因此，时至今日，我们依然听不到鱼类发出的大部分声音。直到20世纪，随着水下声音探测技术的发展，我们才逐渐认识了那些可以发声的鱼类。

事实上，在20世纪30年代以前，科学家一直认为鱼是听不到声音的。会出现这种偏见，可能是因为鱼类没有露在外面的听觉器官。当人类从自己的角度出发去观察世界时，会认为没有听觉器官就意味着没有听觉能力。现在我们明白了，正因为水的不可压缩性，鱼并不需要耳朵。而这一特性也能够解释为什么水是声音的绝佳导体。直到我们探查了鱼的内部构造后才发现，为了发出声音、感知声音，鱼类已经进行了自我优化。

因发现蜜蜂的舞蹈语言而闻名于世的奥地利生物学家卡尔·冯·弗里施（1886——1982），也曾研究过鱼类的行为与感知。1973年，冯·弗里施因对动物行为学研究做出的突出贡献获得诺贝尔奖，而早在此几十年前，他就首次证明了鱼类有听觉。20世纪30年代中期，他在实验室里用一条名为泽韦尔的失明鲇鱼设计了一个简单却独具创新性的研究。他把木棍上系有肉片的一端伸进水中，靠近泽韦尔经常待在里面的黏土“住所”。嗅觉极佳的泽韦尔会很快从里面出来获取食物。这个动作重复了几天后，冯·弗里施开始在投食之前吹口哨。六天之后，他一吹口哨，泽韦尔就会从里面出来，由此证明了鱼能听到他的声音。这个实验

以及后续的研究对我们进一步了解鱼类的“周围世界”有着重要的意义[27]。

泽韦尔属于一个进化成功的族群，它们被称为“耳鳔系”，约有8000个物种，包括鲤鱼、米诺鱼、脂鲤、电鳗和刀鱼等。它们进化出了一种特殊的听觉器官韦氏小骨（Weberian ossicle），这一名称是以其发现者，19世纪德国物理学家恩斯特·海因里希·韦伯的名字而命名的。韦氏小骨由一系列小骨头组成，位于鱼头骨后面的前四块椎骨两侧。这些骨头与椎骨分离，如链条一般连接着充满气体的鱼鳔和内耳周围充满液体的区域。它能够增强听力，作为声波的导体和扩音器，其工作原理和哺乳动物的听小骨类似。

在某些方面，鱼的听力比人类要好。大部分鱼能听到的声波范围在50~3000赫兹，居于人类的20~20000赫兹之间。但在人工和野生环境下的细致研究已经证明了鱼类对蝙蝠听力范围上层的超声波十分敏感，其中美洲西鲱和大鳞油鲱的听力范围都可达到180000赫兹，远高于人类的上限。而这一点，也是它们为了窃听狩猎者海豚发出的超声波而进化出的本领。

在听觉谱系的另一端，鳕鱼、鲈鱼和某些比目鱼等能听到低至1赫兹的次声波[28]。没有人准确知道为什么这些鱼能听见超低的声音，但或许它们居住的广阔水生环境能给我们一些线索。海洋和大型湖泊内的水并不会随意流动。全球不同气候类型的交互会形成洋流，当地天气变化产生波浪，月球的引力则带来潮汐。流动的水流会冲击悬崖、沙滩、岛屿、岩礁、大陆架及其他水下障碍物。所有这些力量结合在一起会形成环境次声。挪威奥斯陆大学的生物学家认为鱼在迁移时会借助声音信息辨别方向，就像鸟儿借助天空中的线索飞翔一样。生活在海洋上层（开阔大洋）的鱼能够觉察到因遥远陆地构造和水深不同而导致的洋面

波浪变化。部分头足类动物（章鱼、鱿鱼等）和甲壳动物也对次声十分敏感——这进一步证明了它的实用性。

鱼类敏感的听觉系统意味着它们在面对人类制造的水下噪声时格外脆弱。例如，当鱼听到海洋石油开采过程中使用的气枪所发出的高强度、低频率的声音时，其内耳处排列着的细小的毛细胞会遭到严重破坏。挪威沿海地区勘探中使用的气枪会带来地震般的威力，其产生的强烈噪声直接导致了附近大西洋鳕和黑线鳕的种类减少、捕获量下降。

有些鱼还能探测到声音的快速脉冲，我们听起来持续的口哨声，在它们听来则是多个单独的声音。它们还很擅长辨别声音来源，能够准确判断出声音来自前方还是后方、上方还是下方——而这样的感知任务，人类大脑并不擅长。

99%经由空气传播的声音都会被水面屏蔽，因此，即使是聚集在岸边的鱼，也不太可能听到一群人在海滩上的谈话。然而，借助空气传播的声音一旦经过了固体，比如船桨碰到船边而发出的声音，则很容易被鱼感知到。这也是船上的垂钓者会一直保持安静，以及有经验的渔夫会在换新地点之前远离海岸的原因——他们知道鱼能探测到经由地面而来的震动。

如果我们认真聆听，也能听到鱼的声音。位于加纳大西洋一侧沿岸的渔夫用一种特制的船桨作为音叉。将耳朵紧贴在船桨边，经验丰富的渔夫就能听到附近鱼儿的咕噜声和呜呜声，旋转船桨的平面则能知道鱼的大概位置。在某种程度上，鱼儿灵敏的听觉对垂钓者也很有利，因为很多鱼意识不到自己听到的在前面的虫子，很不幸就是钓钩上的诱饵。

然而，鱼的听力可以很好地帮助它们迁移、躲避捕猎者，而且大部

分声音都有社交作用。以锯脂鲤[\[29\]](#) 为例：比利时列日大学的生物学家埃里克·帕尔芒捷和葡萄牙阿尔加维大学的桑迪·米约在养着纳氏臀点脂鲤的水箱内放置了水听器，他们记录到了一系列声音，其中三种很常见。第一种是向其他鱼发出挑战时的重复的呼噜声或吠声。第二种是群体中体形最大的鱼在攻击或打斗时发出的低沉的砰砰声。这两种声音是由鱼鳔周围的肌肉快速抽动而形成的，其频率可达每秒100~200次。第三种声音是锯脂鲤磨牙或在追逐另一条鱼时牙齿迅速咬合发出的声音。这些描述听起来十分凶残，符合锯脂鲤肆意捕食、好战爱斗的性格特征。但实际上，大部分锯脂鲤都是食腐动物，对人类造成的威胁很小。

鱼会借助声音实现交流，那么，它们能否通过声音与人类沟通呢？据我所知目前没有相关的科学研究，但曾有过很多说法。来自华盛顿的计算机科学家卡伦·章在75升的水缸中养着四条被救回来的金鱼，据她说，这些金鱼会在进食的时间和自己沟通。如果到了喂食的时间，卡伦和丈夫却无动于衷时，他们的金鱼就会游到水面上，用嘴发出啪啪的响声。鱼儿们还会摔打自己的身体，用尾巴拍击水缸，明显想要引起主人的关注。它们制造的声音在房间的另一端都能听到。有人靠近鱼缸时，它们就会安静下来。“似乎它们能感觉到，”卡伦说，“一旦我们走近鱼缸，它们就会立刻停止那些动作，游到玻璃边。我家的金鱼不会像医生候诊室里的鱼那样对人熟视无睹。”

美国国立卫生研究院的临床协议管理员萨拉·肯德里克，也在自己饲养了三年的20厘米长的黑边角鳞鲀身上发现了类似的行为。这条名为弗彻巴的鱼会在固定的喂食时间，衔着卵石敲击鱼缸的墙壁。这已经不仅仅涉及种间交流，还涉及对工具的使用了（我们之后也将介绍鱼类对工具的使用）。

鱼的D大调协奏曲

鱼类拥有敏锐听觉的另一个证明是它们可以辨别声音的音调，也就是说，它们可以辨别音乐。哈佛大学的科学家艾娃·蔡斯就致力于研究鱼类能否区分如音乐一样复杂的声音。她用从宠物商店里买回来的三条锦鲤进行实验，并分别将其命名为贝蒂、奥罗和佩皮。蔡斯在鱼缸里配备了复杂的设备，包括侧边能够扩音的音箱，安置在底部、能够让鱼碰到的感应按钮，一个表示鱼类的反应已经被接收的指示灯，还有一个放置在水面附近的投食器——当鱼做出了正确的反应并游到水面上时，可以从投食器中得到食物奖赏。之后蔡斯开始对鱼进行训练，当鱼听到特定流派的音乐并做出回应时，会得到小食团的奖赏，而当它们在播放其他流派的音乐时做出回应，则得不到奖赏。蔡斯发现锦鲤不仅能区分蓝调音乐（约翰·李·胡克的吉他和人声）和古典音乐（巴赫双簧管协奏曲），还能总结两者的差异，播放它们没有听过的艺术家和作曲家的作品时，它们能够进行分辨。比如，一旦锦鲤熟悉了穆迪·沃特斯的蓝调音乐后，就能识别出与之相似的蓝调艺术家可可·泰勒，古典音乐的贝多芬和舒伯特也是如此。在这三条鱼中，奥罗的听力特别好，它能够辨认出音色相同，只有音符的音高和音长不同的音乐。[\[30\]](#) 蔡斯总结道：“锦鲤似乎能够辨别出和弦和旋律类型，甚至能根据艺术风格对音乐进行分类。”

尽管锦鲤和金鱼身怀鉴赏音乐的能力，科学家并不认为它们能够利用声音交流（卡伦·章的观察或许可以驳斥这一结论）。因此，人们仍然会疑惑，既然和周围环境融为一体有很大帮助，为什么一条沉默的鱼会拥有辨别声音的技能呢？

能够发现不同音乐中细微（以及不那么细微）的差别是一回事，但真正让我感到好奇的是，这对鱼的心理会有哪些影响呢？鱼是真的会欣

赏音乐，还是只是条件反射呢？

雅典农业大学的研究团队决定就此展开研究。他们将240条鲤鱼分别养在12个长方形水缸里，并随机分成3组：一组是没有音乐的对照组；一组播放莫扎特《G大调弦乐小夜曲》中的浪漫曲（行板）；另一组播放出现在1952年法国电影《禁忌的游戏》中，并一直沿用该名字的19世纪佚名浪漫曲《爱的罗曼史》。这两段音乐分别为6分43秒和2分50秒，两组鱼要在106天的时间里每天听4个小时。这一活动仅在工作日进行，就像普通的上班族一样，鱼儿们周末也会放假（大概也是因为科学家们周末放假）。

两组受到音乐熏陶的鱼的生长速度要快于对照组的鱼。音乐组的鱼的摄食转化率（单位食物的生长速度）、成长速度以及体重的增加速度都要比没有听音乐的鱼高，肠道功能似乎也更好。而当这些鱼听到的是噪声或人声时，则不会出现上述变化。

动物研究所面临的一个主要挑战是研究对象无法用人类可以理解的语言表达感受。在数据的帮助下，我们只能猜测鲤鱼对音乐的反应是积极的还是消极的。怀疑论者也可能会提出，鱼的刺激式生长，不是因为喜欢音乐，而是试图摆脱持续不断的小提琴和双簧管演奏。对此，我也不得不说，虽然我很喜欢古典音乐，但反复听同一首曲子确实是一种折磨。

那么，是不是也存在另一种可能性，即鱼的生长并非出自主观意识，而是对物理刺激的机械反应呢？上述的希腊科学家曾在之前的研究中发现金头鲷对实验中唯一使用的莫扎特音乐有积极的反应，比如食欲增加，消化能力增强，但这种鱼的听力其实非常有限，而且听到的声音都很模糊。不仅如此，我们也要提防神人同形同性论，这种认为人类喜

欢的音乐，鱼也一定会欣赏的观点本身就是一种偏见。或许，对鱼类来说，任何声音都好过没有声音。从这一点来看，无声音组应该换成非音乐类声音组。

早在一个世纪前，人们就发现病人听着自己喜欢的音乐时会更加放松，疼痛感也没那么强烈。2015年，一项针对7000多位病人的70个临床实验表明，在手术前、手术后甚至手术进行过程中，音乐都是一种有效的治疗手段，它能够缓解病人的焦虑，降低其对止痛药的需求。在我看来，音乐——或者更宽泛地说是一系列有系统、有音调的声音——可以深入我们的体内，带来疗愈效果。因此，对音乐的鉴赏能力或许广泛存在于自然界之中。

当我询问前面提及的希腊研究团队的参与者、生物学家纳弗斯卡·卡拉卡楚里时，她并不认为鲤鱼一定能够欣赏音乐：“我并不确定音乐能够给鱼带来实质性的积极影响。水下没有音乐。但确实有很多源于自然界的，且与鱼类水下生活关系更为密切的声音，会对鱼产生影响并带来更好的结果。即便如此，我们检测过的一些鱼，特别是听力极佳的鲤鱼，确实在播放音乐时有良好的表现。”纳弗斯卡认为，如果能让鲤鱼选择它们更愿意待在有音乐的环境中还是无音乐的环境中，或许是一个更好的实验方法。

鲱鱼发出的声音并不优美，但其独特的发声方式却足以赢得鱼界的格莱美奖。这种方法曾在一份论文中被提及，我们姑且将其称为“胀气交流法”。太平洋鲱和大西洋鲱都会在放屁时从肛门处排出气泡，这种因气流而发出的独特爆炸声被研究人员戏称为“快速重复信号

（FRTs）”[\[31\]](#)。一轮“快速重复信号”可持续长达7秒——你可以自己在家试试！这些气体很可能来源于肠道或鱼鳔。目前我们尚不清楚这些声音在鲱鱼社会中起到什么作用，但区域内的鲱鱼密度越高，这些声音也

越多，因此不难猜测其中包含社交功能。目前也还没有证据显示鲱鱼会出现听不清的情况。

鲱鱼的“快速重复信号”能很好地将我们的注意力从鱼类的听觉转移到嗅觉。那么，接下来，我们一起来了解一下鱼类的嗅觉和味觉。

良好的嗅觉

死鱼很难闻，而活着的鱼有很好的嗅觉。鱼类会利用化学信号（我们所谓的“气味”）寻找食物、寻找伴侣，也会据此发现危险、找到回家的路。气味在水生环境中很重要，因为在漆黑的水下，视力基本上起不了什么作用。有些鱼甚至只靠气味就能认出同类。例如，刺鱼会通过气味确认伴侣，而在这种情况下，另一种与之气味相似的刺鱼，则会让它承担交配错误的风险。

鱼类的嗅觉器官千差万别，但除了鲨鱼和鳐鱼，30000多种硬骨鱼均有着类似的器官结构。与其他脊椎动物不同，鱼类的鼻孔并不能同时起到嗅闻和呼吸的作用，只能用来闻气味。鱼的鼻孔都是由组成嗅觉上皮组织的好几层细胞构成，这些细胞能够卷起来节省空间，形成玫瑰花式的样子。有些鱼可以扩张、收缩鼻孔，几千根细小的纤毛依次舒展，不断地将水吸入感觉器官，继而将其排出。上皮细胞发出的信号会传送到大脑前端的嗅球。

嗅觉对于部分鱼类来说极其重要，而这也是鱼类拥有绝佳嗅觉的证据之一。红大麻哈鱼能够在一亿分之一的密度中感受到虾的存在，这相当于人类能在奥林匹克标准大小的泳池中察觉到五茶匙的量。而其他鲑鱼能够感知稀释到八百亿分之一浓度的海豹和海狮的气味，这相当于同

一个泳池中2/3滴水的量。鲨鱼的嗅觉比人类厉害10000倍。但到目前为止我们所知的鱼类嗅觉冠军是美洲鳗鲡，它们能在标准大小的泳池中探测到约千万分之一滴的来自家乡的水。就像鲑鱼一样，鳗鱼也能跟随由弱到强的气味，长途迁徙回到特定的产卵地。

鱼类最实用的技能之一是能在面临危险，比如面对掠食性鱼类或渔民时，释放出“警告信号”。我们应该再一次感谢卡尔·冯·弗里施，是他发现了鱼类感官世界中的这一现象。在不小心伤害了自己饲养的一条小米诺鱼后，他发现水箱里的其他鱼要么窜来窜去，要么待在原地——而这些都是典型的躲避捕猎者的行为。冯·弗里施和其他人的实验显示，受伤后的米诺鱼（也包括其他鱼）会释放出某种信息素引发同伴的社交回应，而察觉到这种特殊信息素的米诺鱼会变得非常焦躁。这类信息素被冯·弗里施称为“报警物质”[\[32\]](#)。

能够释放出报警物质的细胞存在于皮肤中，非常敏感，哪怕鱼被放在湿纸上，这些细胞也会破裂并释放出信息素。这种信息素威力巨大：一条鱼的身体上有千分之一毫克的皮肤损伤，和它一起生活在14升水族箱里的其他鱼就会出现惊吓反应。这就像是将一个棉花糖切成两千万块，并将其中一块（如果你还能看得见的话）放入盛满水的水槽中，之后还得试着去感受棉花糖的甜味。多种硬骨鱼都可以释放出这种物质，由此也能看出，报警物质经历了漫长的演化。

作为一种灵活的信号，报警物质的作用类似于火灾报警器，周围的鱼，甚至不同种类的鱼都能从中察觉到危险。以胖头（一种米诺鱼）为例：吞食了胖头或溪刺鱼的白斑狗鱼的粪便中有一种特殊的气味，这是因为这两个可怜虫的皮肤都能释放出报警物质，而当胖头闻到这种气味后，就会迅速躲起来或集结成紧密的鱼群。但如果白斑狗鱼只吃了不能释放报警物质的剑尾鱼，胖头就无法意识到危险。这一点也说明，能让

胖头做出反应的并不是白斑狗鱼本身的气味，而是它嘴下的猎物所散发出的报警物质。这些米诺鱼或许是因为有了敏锐的嗅觉，才让自己免于成为白斑狗鱼的粪便。

报警物质反应证明了鱼能从水下化学物质中提取出细微的信息。但报警物质并不是鱼类通过气味辨别敌人的唯一途径，它们还可以直接闻出捕食者的气味。幼年短吻柠檬鲨就可以察觉到时不时以自己为食的美洲鳄的气味。而如果你是一条大西洋鲑，辨别气味这件事就取决于你的天敌最近在吃什么。在英国威尔士斯旺西大学的一项研究中，科学家让没怎么见过捕食者的幼年大西洋鲑生活在含有天敌欧亚水獭少量粪便的水中。只有闻到吃过鲑鱼的水獭的粪便后，鲑鱼才会表现出恐惧。它们会远离气味来源，静止不动，加速呼吸。而被放置在清水或含有不吃鲑鱼的水獭粪便的水中的鲑鱼，则没有什么反应。科学家据此得出结论，大西洋鲑并不会天生将水獭视为威胁——只有在吞食了它们的同类后，水獭才成为它们的敌人。这一点表明，鱼类探查捕食者的系统非常实用，它们并不需要掌握不同捕食者的气味，只需要探测出谁曾经吃过自己的同类就可以了。

在生存游戏中，能够和躲避捕食者相提并论的，恐怕就是鱼类对性的需求了。正如香气能够激发人类的性欲一样，在鱼的世界中，性信息素也是促使它们性致盎然的关键。一方面，性信息素能够帮助鱼类确定处在发情期的同伴，它们可以感知细微的线索，并充分利用。20世纪50年代的实验显示，如果将处在发情期的雌性褶鳍虾虎鱼水缸中的水倒入雄性的水缸里，这些雄性褶鳍虾虎鱼立马就会开启求偶模式。雌性也是同样敏感积极。生活在墨西哥热带水流中，体长5~8厘米的雌性伯氏剑尾鱼，能够分辨出雄性同类的营养状况。我们不难猜测它们会更中意哪一类：在其他条件相同的情况下，营养状况良好的鱼更占优势，交配的

概率更高。但雌性剑尾鱼无法通过气味辨别出同性鱼的营养状况，这也意味着它们不仅参考进食后的排泄物，也能感知到雄鱼的性信息素。

到目前为止，我们一直将鱼的感官系统作为单独的部分进行研究，但实际上它们需要联合在一起。雄性向我们证明了感官之间的相互配合。全球顶级的研究专家特德·皮奇表示，雄性的鼻孔与头部大小之比是所有动物中最大的。他的作品《海洋》（*Oceanic Anglerfishes*）详细记述了有关这种奇异鱼类的信息，并配有丰富的插图。

雄性身上发达的感官并非只有鼻子，它们眼睛的构造也很好，而皮奇认为，嗅觉和视觉两种感官，能够协力帮助雄性在漆黑的深渊中找到心仪的姑娘。雌性能够释放出一种特有的信息素，而雄性凭借良好的嗅觉能够找到同类。这一点非常重要，因为目前已知有超过162种生活在世界上最大的栖居地里，你可不想和其他鱼配错了对。当雄性靠近雌性时，它能借助对方发出的光，以及雌性“小灯笼”附近的发光细菌来判断它是不是自己心仪的对象。我们甚至可以想象，在古老的深海中，深海之神说：“要有光！”于是在那之后，的求偶过程中便少了许多猜测。

有关鱼类的嗅觉还有一点需要说明。很多保守的科学研究认为，鱼类释放化学物质进行沟通这一行为本身是被动进行的，并不受意识控制，因为鱼类并没有外部的嗅觉器官或典型的嗅觉行为。这是一个不太能站得住脚的假设。2011年有关伯氏剑尾鱼的研究就能说明这一点。在它们居住的水流湍急的地方，雄鱼为了确保雌鱼感知到自己的信息素，会采取至少两种措施：一是在雌性在场时，雄鱼会更加频繁地小便；二是在求偶过程中，雄鱼会待在雌鱼的上游方向。

不论是好是坏，这意味着除了能闻到雄性的交配意愿外，雌性伯氏剑尾鱼还能尝到它。那么，鱼还能尝到其他哪些东西呢？

鱼的味觉

鱼类的味觉主要用来辨别食物。两栖动物、爬行动物、鸟类以及哺乳动物等其他脊椎动物的主要味觉感受器是味蕾。鱼类也有一系列牙齿，共分8种类型，包括能咬断食物的门齿、尖利的犬齿、能磨碎食物的臼齿、能分割食物的扁平的三角齿，还有能将珊瑚上的海藻刮掉的类似鸟嘴的牙齿。

和人类一样，鱼也有舌头，也有连接着能将味觉信号传递给大脑中特殊神经的味觉感受器。和我们一样，大部分鱼的味蕾都在嘴巴和喉咙里。但由于鱼生活在自己能闻到且尝到的介质中，有一些鱼的味蕾也长在身体的其他部位，比如嘴唇和鼻子上。鱼是拥有味蕾数量最多的动物。一条38厘米长的斑点叉尾，全身（包括鱼鳍上）布满约68万个味蕾——其数量相当于人类的100倍。它们与其他生活在阴暗水域中的鱼一样，会用味觉感知周围环境。（我尝试了一下，但还是完全无法想象全身上下都是舌头会是怎样一种感觉，但我很确定自己应该会需要一个“关闭”按钮。）对于生活在巢穴里的鱼来说，拥有味蕾是一种优势，它们能用高度精准的味觉感知系统在黑暗中顺利觅食。很多生活在水底的鱼，比如鲇鱼、鲟鱼和鲤鱼，都长有触须，这种嘴巴周围如胡须一般的感受器，可是它们的嗅觉雷达。

你或许会想问鱼为什么需要味觉——这其实就和人类需要味觉是一个道理。不同种类的鱼会有自己偏爱的食物，甚至每条鱼的喜好也不同。鱼需要一些时间来判断食物是否对自己的胃口。如果你仔细观察水族馆里的鱼，就会发现它们有时会先吃一小口食物，然后吐出来，如此反复几次，才会最终决定是否把它吃进去。总的来说，同一种类的鱼，

以及同一种类中不同种群的鱼，对于食物会有不同的喜好。人类也是一样，种族相同并不代表个体的喜好也相同。想想有人喜欢有人不喜欢的小圆白菜，吃辣或不吃辣的选择，以及现代令人眼花缭乱的咖啡类型。针对虹鳟和鲤鱼的研究表明，挑食的鱼还不少呢。

鱼类对于自己不喜欢的味道的反应和我们一样。如果我们不小心吃到坏了的水果或蔬菜，会马上吐出来（如果是在公共场合，则会尽可能优雅地完成这一动作），而太平洋油鲽表达厌恶食物的方式则是狠狠扭过头，迅速游开，不停地摇头或点头。《水族馆及野外环境中的鱼类行为》（*Fish Behavior in the Aquarium and in the Wild*）一书的作者斯特凡·雷布斯描述了鱼在吃到有毒且味道极其难闻的蝌蚪期的蟾蜍后的反应：“一条饥不择食的鲈鱼或许会在走投无路时委屈自己去吃蝌蚪期的蟾蜍。但其他误食了蝌蚪期蟾蜍的鱼，则会猛烈摇晃自己的身体，你甚至能看到它们脸上的苦相——菜单上出现蝌蚪对于鱼来说绝不是一件好事！”

生活在密度相对较高的水中会给鱼带来一些限制，但它们也因此获得了陆生动物所不具备的感官知觉。你能想象利用电流脉冲和自己的邻居进行交流吗？在下一章节里，我们将介绍一些主要感官之外的，鱼类拥有但人类并不熟知的感知世界的方式。

导航、触觉及其他

等待时，最微小的碰触也会变成电光石火。

——华莱士·斯特格纳

为了满足自己的需求，鱼需要四处游动。如果想要顺利地生存并繁衍，它们需要在特定的时间出现在特定的地点。就像人类一样，鱼需要在一天内的不同时间去不同的地方，比如进食处、躲避与休憩处以及清洁处。在一年内的不同时间里，鱼要回到特定的地方交配、产卵、筑巢。身处复杂的环境中，鱼面临着来自居住环境的巨大挑战。

鱼是绝佳的航海家，无论是短程还是长途，它们总能用各种各样的方法找到方向。视力很差的穴居鱼生活在相对狭小的洞穴中，但大部分鱼完全生活在黑暗里，因此良好的方向感对它们来说非常重要。前进水流遇到障碍物会形成逆行的湍流，这些小鱼能够感知湍流，记住通往目的地途中一系列障碍物的顺序。剑鱼、鹦嘴鱼以及红大麻哈鱼可以根据太阳的角度，利用日光罗盘设定方向。其他鱼则会使用航位推测法——从参照点出发，随性地开启一段全新、未知的探索之旅，之后再按原路返回。

鲑鱼的航海事迹可谓传说。在广袤大海里生活多年后，它们还能回到自己的出生地产卵。这项溯河产卵的技能是自然界中最绝妙的内置全球定位系统。据人类所知，为了使用好这项技能，鲑鱼需要调动至少两

个或三个感知器官，即地磁感应、嗅觉以及可能会用到的视觉。

就像鲨鱼、鳗鱼和金枪鱼一样，这些长途旅行的鱼能够感知地球磁场并据此辨别方向。这一点体现在细胞层面上，鲑鱼的单个细胞内含有磁极晶体，其作用相当于指南针的磁针。来自德国、法国和马来西亚的科学研究团队，将鳟鱼（鲑鱼近亲）鼻腔通道中的细胞分离后放置在旋转的磁场中，发现细胞自身也可以旋转。磁性微粒紧紧附着在细胞膜上，如果不断将其拉向磁力线，这些微粒还能在鲑鱼改变活动方向时，在细胞膜表面产生扭转力。但这种扭转力一定是直接转化为某种鲑鱼能感受到的应力了，因为有证据表明，鲑鱼可以感受到这种力量。

鲑鱼还会利用自身惊人的嗅觉。顺流而下游向大海时，年轻的鲑鱼会记下沿途水域中的化学物质。几年后，它们追踪着家乡水特有的气味特征，沿着原路返回。生物学家为了研究，去除了部分鲑鱼的鼻子，这些丧失了嗅觉能力的鲑鱼会迷失在溪流中，而嗅觉完好的鲑鱼则能顺利回家产卵。

在另一个不太残忍的实验中，由威斯康星大学已故科学家亚瑟·哈斯勒领导的同一个研究团队，将一群年幼的淡水银大麻哈鱼分为两组，每组鱼生活的水中分别加入无害但散发着香气的吗啉和苯乙醇。经过了香味熏陶后，两组鲑鱼被一起放进密歇根湖。一年半后，在鲑鱼为产卵而进行迁移时，研究人员将吗啉滴入一条溪流，将苯乙醇滴入8千米之外的另一个流域。几乎所有在吗啉流域被重新捕到的鲑鱼都来自原来的吗啉组，而几乎所有苯乙醇组的鲑鱼都游到了另一个流域。

鲑鱼在洄游过程中是否也会借助视力呢？为了弄清这一点，来自日本的研究团队将红大麻哈鱼捕捉后再次放生。在放生之前，科学家向红大麻哈鱼的眼睛中注射了碳粉和玉米油，使之失明。5天后进行重新捕

捞时，只有25%的失明鲑鱼成功回到了出生地，而未受影响的鲑鱼群内则有40%回到了目的地。研究人员据此得出结论，认为红大麻哈鱼在洄游途中借助了视觉的帮助。但我对这一结论持怀疑态度。我认为红大麻哈鱼的眼睛被注射陌生物质后失明导致的痛苦、压力以及接连发生的迷失感才是洄游成功率低的主要原因。为了更好地控制变量，研究人员应该给鲑鱼注射与之相似但又不会导致失明的试剂。不过即便如此，我也不建议进行这样的实验。

压力感应器官

除了独自行动外，鱼类还有其他的导航系统可以密切跟进周围鱼类的活动。就像成群的鸟会在飞行过程中利用视觉和一触即发的条件反射保持队形一样，成群的鱼在变更方向时看起来也像一个整体，仿佛它们是彼此肚里的蛔虫，知道下一步对方要往哪里走。我们并不知道其中是否有领导者，又或者只要有一条鱼行动，就会出现一系列连锁反应。

早期自然学家将这种行为归为心灵感应，但对鱼类行为视频进行慢动作分析后，科学家得出了一个更真实的解释。鱼群在移动过程中会出现极短暂的动作延迟，这表明鱼是根据同伴的动作做出反应的。它们的感觉系统可以在非常短的时间内做出回应，而其时间短到人们误认为它们是在一瞬间集体改变了方向。

在白天，鱼类敏锐的视觉可以帮助它们像鸟群一样集体行动。但鱼和鸟（或者敢于尝试的人类）不同，哪怕在黑暗里，它们也能继续保持同步。这一点多亏了水平排列在鱼身体两侧的特殊鱼鳞，即所谓的“侧线”。我们看到的侧线通常是一条细细的黑线，这是因为每片鱼鳞都有

一块能产生阴影的凹陷处。这些凹陷处由神经丘及带有毛发状突起物且包裹着一小层胶状物的感觉细胞构成。水压和水流的变化，包括鱼自身运动带来的水流变化，都会引起神经丘纤毛的运动，从而引发鱼类大脑中的神经脉冲。因此，侧线的作用类似于声波系统，对在夜间和昏暗水域中游动的鱼类来说格外有用。

有了侧线，游动时紧挨着的两条鱼相当于产生了身体接触，彼此间传递的信号能够促成水动力成像，就像视觉信息一样清晰。正是在水动力成像的帮助下，失明的穴居鱼能够感知到像石块和珊瑚这样的静态物体。如果在开放的水域中，鱼周围正常的均匀水流出现扭曲，则意味着有障碍物的存在。失明的穴居鱼类可以在脑中形成地图，这对于无法利用视觉进行导航的生物来说，是一项非常实用的技能。

大部分鱼的大脑都有偏侧性[\[33\]](#)，在遇到不熟悉的物体时，这些聪明的小鱼能以不对称的方式利用自己的侧线。如果在鱼缸某一面玻璃旁放置一个塑料路标，失明的穴居鱼会在游动时利用右边的侧线，绕过障碍物。几个小时后，鱼熟知了地形，这种倾向性会随之消失，鱼也不会对新出现的路标感到异样。由于鱼类的视觉和侧线系统独立运作，这一发现告诉我们，鱼类大脑的偏侧性由来已久。拥有视力的鱼更倾向于在感性的语境中——如在检查新的（以及恐怖的）物体时——使用右眼。

与大多数造物设计相同，侧线本身也有一些不足。游动产生的水流会刺激神经丘，这种“背景噪声”抑制了鱼对外界活动的反应能力。实验表明，游动状态下的鱼与静止不动的鱼相比，前者对于附近入侵者动作的敏感度只有后者的一半。从另一方面来讲，鱼在向前游动的时候，能够感知到鼻子前方出现的水流变化，从而有效躲避隐藏在黑暗中或本身就是透明的物体，比如水族箱的墙壁。但不幸的是，这种系统似乎无法帮助它们监测到捕鱼网的存在。

电感知力

拥有能让你在黑暗中不碰壁的感知器官非常实用，但试想一下，如果你在你看不到也听不到的时候，还能感知到另一侧墙壁上的异常是不是就更酷了——这就是电感知力的世界！

电感知力是一种能够感知自然电刺激的生物能力，几乎为鱼所独有，其他已知的拥有电感知力的只有单孔目动物（鸭嘴兽和针鼹）、蟑螂和蜜蜂。鲨鱼、鱼和鳐鱼普遍具有电感知力。在超过3万种硬骨鱼中，有300多种鱼拥有电荷，这一至少独立演化了8次的生存技能有很高的价值。相比于空气，水的导电性更强，这也意味着它们在水生环境中更有优势。

顾名思义，电感知力是对与电有关的信息的被动接收。软骨鱼只能接收电觉信息，即它们可以感受到电力刺激但本身不带电。软骨鱼能通过头上布满胶状物质的气孔感受电流。这些小孔叫作罗伦氏囊，以意大利内科医生斯特凡诺·罗伦齐尼的名字命名，正是他于1678年首次发现了罗伦氏囊的存在。注意到鲨鱼鼻子周围那些像是下午五点钟又长出的胡楂的黑色斑点后，罗伦齐尼剥开了鲨鱼的皮肤，发现里面有一些连接着大脑的管状通道，有一些和意大利面一样粗，而且里面布满了晶状胶质。

1960年之前，罗伦氏囊在电感知方面的功能一直是个谜。它能监测到在水中传播的其他器官神经脉冲所引发的细微电流变化。在它的帮助下，一条饥饿的鲨鱼或鳐鱼，能感受到深藏在沙子之下15厘米处的一条鱼的心跳。

一些硬骨鱼热衷于自己制造电荷。你一定听说过电鳗。这些生活在南美溪流中的鱼可达2米长，20千克重。电鳗并不是鳗鱼，它们之所以叫这个名字，只是因为其修长的身形。电鳗属于电鳗目，是鲇鱼（鲇形目）的近亲。它能够释放出低压电流，并监测从固体上反弹的电磁场，以此帮助自己在黑暗的环境中前行。人们之所以熟知电鳗，是因为它们输出的电压可达600伏甚至更高。电鳗的发电器官位于尾部肌肉组织排列着的细胞中。在这些细胞电池里，电力可以一直储蓄着，以备不时之需，如果电鳗愿意，它也可以一次输出所有电流。这种内置的“泰瑟电击枪”，可以电晕或杀死猎物，也可以击退入侵的不速之客。[\[34\]](#)

电鳗及电鳐等其他几种鱼类，因其输出的强大电压而获得强电鱼类的称号。但在我看来，更为有趣的是那些弱电鱼类的用电模式，它们的目的没那么血腥，只是为了和同伴进行交流。大部分弱电鱼可分为两组：因细长且朝下的鼻子而得名的象鼻鱼，以及生活在南美、因苍白的颜色和修长的体形而得名的电鳗目其他鱼。与众多身怀绝技的鱼一样，它们生活在泥泞的水域中，这样的环境为它们用非视觉的隐形方式进行交流提供了便利条件。这些鱼会利用高达每秒1000次脉冲或1千赫的高速放电器官进行沟通，这一速度大概是电鳗速度的两倍。

这些发电鱼类擅长破解这些信号，生活在中西非河流及海岸盆地区域的一种象鼻鱼就能为我们说明这一点。在德国雷根斯堡大学动物学研究所的生物学家斯特凡·佩特纳和贝恩德·克雷默的实验中，这种象鼻鱼在面对模拟低电压时会展现出惊人的能力。它们能够识别出百万分之一秒的脉冲时差，而这一成绩也打败了动物王国中蝙蝠利用回声定位时的最快交流速度。

通过区分低电压的速率、持续时间、振幅以及频率，象鼻鱼能够交换有关种群、性别、大小、年龄、地点、距离、性向等不同的信息。这

些低压电中也会包含有关社会地位和感情的信息，比如是否更具侵略性、是否愿意妥协、是否在追求异性等。象鼻鱼会将吸引异性的信号精心安排在求偶歌曲中，利用带有异域风情的喳喳声、锉磨声和嘎吱声向心仪的约会对象吟唱小夜曲。它们还能根据极具辨识度和稳定性的低电压信号辨别同类。探测到入侵者的低电压时，鱼群中的统治者也会将入侵者驱逐出去，这一点也能解释为什么鱼在游经他人的地盘时会谦逊地“关掉”自己的低电压。成对或成群的鱼也会调整自己的低电压，一起制造出“回声”或“二重奏”。雄鱼会和其他雄性交换彼此的低电压信息，而雌鱼则会调整自己的低电压，保证与暧昧期异性的电压同步。

当一群象鼻鱼或电鳗聚集在一起时，它们的低电压很有可能会出现混淆。为了避免这一状况，它们会利用躲避干扰反应。如果两条鱼的放电频率过于相似，它们就会自行调整，让差异变大。鱼群中的鱼会与同伴保持着10~15赫兹的电流差异，这样一来，每条鱼都能有自己独特的放电频率。

对赞比西河上游的低电压象鼻鱼的记录显示，它们也会利用电压信号合作。受到潜在捕食者威胁的鱼会释放出低压电，提醒同伴注意。如果碰到成功率较低的捕食者，附近的鱼都会相安无事。如果亲近的同伴更改了信号，表示一切安好，那就无须再大费周章保卫疆土了。食物紧缺时，这些平时希望对方而不是自己被吃掉的鱼也会组队成团，一同觅食。

如果你认为这一切对鱼来说过于复杂，那么你可能需要更新一下对鱼类智慧的认知了。别忘了象鼻鱼的小脑可是鱼类里面最大的，而且它们的大脑和身体的重量比——即通常用来衡量智力的数据——几乎与人类相同，用于感知电力及沟通的灰质也很多。

然而利用电进行沟通是需要付出代价的。电觉捕食者也会感知到猎物的电力信号。尖齿胡鲶就是如此。在一年一度向非洲南部奥卡万戈河迁移的宏大征程中，它们常常成群一起捕食。这段时间里，它们吃得最多的是安哥拉异吻象鼻鱼。尖齿胡鲶可以偷听安哥拉异吻象鼻鱼的低压电流，以此确定这些倒霉蛋的具体位置。除此之外，尖齿胡鲶还有高招。人工养殖的研究显示，雌性安哥拉异吻象鼻鱼的低压电流很短，尖齿胡鲶几乎觉察不到，而雄性安哥拉异吻象鼻鱼的低压电流是雌性的10倍长，因此更容易被尖齿胡鲶注意到。在尖齿胡鲶胃中发现的安哥拉异吻象鼻鱼的大小，也说明雄性安哥拉异吻象鼻鱼更容易成为它们的口中之物。在进化的“军备竞赛”中，为了避免成为他人的盘中餐，雄性安哥拉异吻象鼻鱼或许也会逐渐缩短自身的低压电流。

触碰的快感

虽然人类的感觉系统无法想象侧线和电感知器官，但触觉对我们来说并不陌生。在研究鱼类的触觉时，我更希望将它与快感结合在一起。我们常常将快感与触觉分隔开，而且，很少有人会认为鱼也拥有快感。

D.H.劳伦斯在其象征性的诗作《鱼》中这样写道——

它们成群游动

但杳无声息，互不联系

它们不说话，不感受，甚至不与对方生气

彼此不触碰

很多鱼困在一起，却永远分离

每条鱼都是水中的个体，每条鱼都在向同伴招手

我喜爱这些诗句，也能够理解劳伦斯想表达的含义。从我在空气中的经验感知出发，一直被困在沉重而黏滞的生活环境中的鱼，一定非常孤独。

但生活在20世纪20年代的劳伦斯，并不像我们今天这么幸运，能够了解到鱼类的生活。鱼并不孤独。它们认识身边的每一条鱼，有自己喜欢的小伙伴。它们能通过多种感知渠道进行沟通，也拥有性生活。虽然看起来孤独，但鱼对于触觉异常敏感，而且触觉沟通大大丰富了鱼类的生活。

在针对这本书的内容进行研究的时候，一位困惑的读者曾寄给我一份视频录影带，他不明白为什么鱼会反复上钩，被人捉住，然后被开玩笑般地再次扔回水里。他所说的鱼是一条橘色双冠丽鱼，四处寻觅，就像是《海底总动员》中讨喜的角色。

鱼为什么会这么做呢？

在我看来，鱼喜欢这么做。它们在开心的时候常常触碰彼此，有时伴随着摩擦和轻咬。清洁鱼会用鱼鳍轻抚自己珍视的顾客，以此拍拍马屁，增进清洁员和顾客之间的关系。海鳝和石斑鱼会在遇到熟悉的潜水者时主动靠近，希望能被摸摸身体和下巴。

在一项针对鱼类进行的非正式公众调查中，千名调查对象中有8位都反馈了类似橘色双冠丽鱼的行为。这些鱼允许自己的主人抚摸、触碰，能抱在手里甚至可以轻轻拍打。其中一位调查对象凯西·昂鲁在随后写给我的信中介绍了一条名为拉里的眼带石斑鱼。无论何时凯西和其他潜水者下潜到它的礁石附近，拉里都会游出来等待着被轻拍。凯西说，拉里似乎很喜欢和人进行眼神交流，也喜欢仔细查看潜水者的泡泡。拉里甚至会像小狗或小猪一样来回转动，方便人更好地抚摸到它。人们可以看到鱼在嬉戏的视频，有些鱼还会依偎在潜水者怀里，乖乖地任人轻拍，就像宠物猫一样。在越来越多的视频中，我们还能看到很多水族馆里的鱼会不断游向自己信任的人，希望得到轻轻的拍打。

鲨鱼、鱼和鳐鱼等软骨鱼在被触摸后也会有愉悦的反应。潜水者肖恩·佩恩描述了他在佛罗里达海岸偶遇一条幼年蝠鲼的经历。这条蝠鲼游向佩恩，在他身上蹭来蹭去，带着他跳了一支圆形探戈，并将自己的身体放进他的手中。

“我用手轻轻抚摸它的身体，当我用手挠它的肚皮时，它的鳍会像小狗的腿一样摆动。”佩恩说。

美国巨型海洋动物协会的创始人安德鲁·马歇尔口中的蝠鲼有强烈的好奇心，喜欢与人类互动。这些大型的板鳃亚纲鱼有着鱼类中最大的大脑，十分喜欢马歇尔给它们做的泡泡按摩。马歇尔会在蝠鲼下方游动，并通过水下呼吸调节器吹出泡泡，一旦她停下来，蝠鲼就会游走，但过一会儿又想要更多泡泡时，就会再游回来。芝加哥的塞德水族馆中也有类似的事情，那里150万升的水箱中有五条豹纹鲨，其中的两条喜欢在潜水工作人员身边游动。“我觉得它们喜欢呼吸器里有泡泡跑出来，”野生珊瑚礁管理处的经理利斯·沃森说道，“在日常潜水过程中，只要我们把呼吸器放在鱼的下方，它们就会随着轻触到肚皮的泡泡欢快

起舞。”

除了触摸外，能让鱼感到快乐的方式还有很多，食物、游戏、性爱，都是如此。它们还会自己找点乐子。澳大利亚水域的蓝鳍金枪鱼会连续几个小时追着太阳光来回翻滚。我们并不清楚它们为什么会这样，但有可能是在晒日光浴，以此提高体温，从而加快游动和反应的速度，更高效地捕猎。我猜测金枪鱼也很享受太阳光的温暖，通过快感，它们进化出更实用的行为。

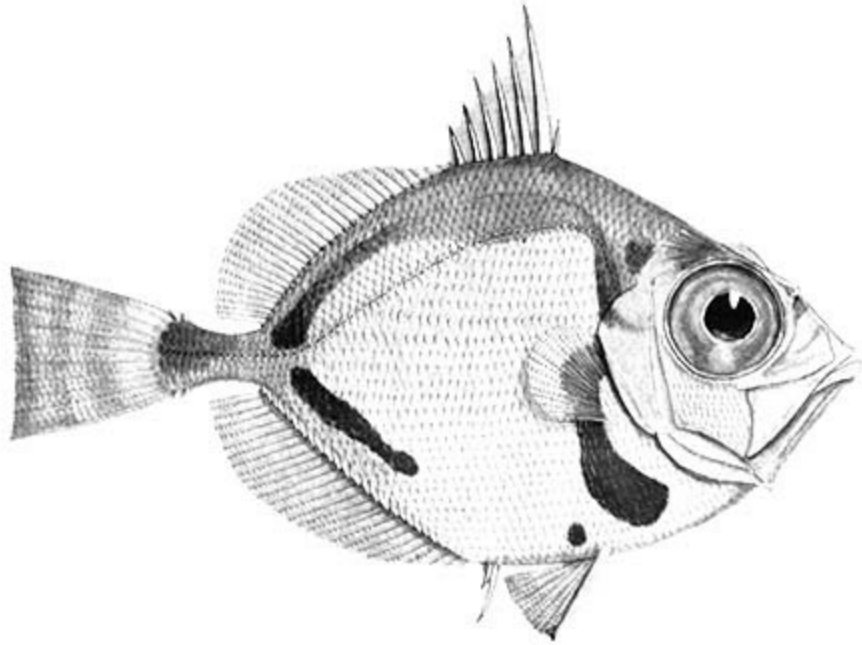
翻车鲀（又称海洋太阳鱼）因其喜欢侧身躺着享受太阳浴而得名。这些大鱼就像是寄生虫的宾馆，它们的身体上寄居着多达40种体外寄生虫，包括长达15厘米的大型桡足动物。翻车鲀会在浮动的海藻层下排队，等着那儿的清洁鱼为自己服务。一旦翻车鲀侧身漂浮，就表示它已经准备好了。

但有些寄生虫体形过于庞大，翻车鲀就只能寻求专家的帮助。它们会浮到水面上，让海鸥用强有力的嘴，像动手术一般清除掉渗透在皮肤里的寄生虫。翻车鲀会不停地向这些鸟儿献殷勤，寸步不离地跟着它们四处游动。

我们是否可以大胆猜想，翻车鲀能够从皮肤的刺激中得到放松，并且也能理解鸟和虫的生物链关系呢？面对这种古老、聪慧，已经在地球上存在超过一个世纪，且在宽广海域中遨游数万平方米的生物，这是我能想出的最合理解释。

了解快感也能了解疼痛，至少表面上是这样。然而，尽管对鱼类硕大身躯的了解在逐渐加深，我们依然可以探讨它们对疼痛的感知。鱼能感觉到疼吗？让我们一起来探索。

第三章 鱼的感受



遍布全身的感官建构了你的一生。

——D.H.劳伦斯《鱼》

疼痛、知觉与意识

湿润的水流狂热地穿过你鳃中的格栅。

——D.H.劳伦斯《鱼》

鱼会感觉到疼吗？有些人根据鱼的外形、行为特征及其在脊椎动物亚门中的分类推断它们能感到疼痛，不过很多人持相反意见。我仅知晓为数不多的针对这一问题的意见调查，比如对北美垂钓爱好者和休闲渔业从业者的调查显示，认为鱼会感到疼痛的人比持相反观点的人略多，在新西兰的调查也得到了相似的结果。

鱼能否感到疼痛这个问题很重要，想想本书序言中所提到的无数被人类捕杀的鱼吧。能够感到疼痛的生物会饱受折磨，因此也会有避免痛苦和折磨的倾向。能感受到疼痛并非轻而易举之事。痛觉的产生需要具备意识经验（conscious experience）。当生物受到消极刺激时，即便没有感到疼痛也会做出躲避行为。这可能是单纯的条件反射，是神经和肌肉活动导致的身体动作，但没有意识的参与。例如，在医院接受深度麻醉的病人感觉不到疼痛，但受到有可能造成伤害的刺激，比如高温和高压时，也会产生回避反应。这是独立于脑的外周神经系统活动所导致的行为。科学家用“伤害性感受”（nociception）一词来描述没有意识或痛觉参与的条件反射。伤害性感受是疼痛感受的第一阶段，是经历疼痛必须的条件，但只有伤害性感受并不足以产生疼痛感。只有当伤害性感受器将信息传递给高级脑部中枢后，人才会感觉到疼。

有很多合理的原因会让人们相信鱼能感觉到疼痛。鱼是脊椎动物，身体的基本结构与哺乳动物一样，都有脊椎、感官以及由脑控制的外周神经系统。对鱼来说，探测周围环境中的潜在危险并尽量避免同样是种实用的技能。而疼痛能让动物意识到周围存在着会让它受伤或丧命的潜在伤害。受伤或死亡会降低个体繁殖后代的成功概率，因此，自然选择会偏好那些能够避免可怕后果的个体。疼痛能让动物学会，并且不断刺激着动物去避免曾经经历过的有害事件。

我会给你布置一项任务，通过这项任务，你或许能对鱼是否有意识以及能否感到疼痛这个问题有些许的认识。去水族馆里挑一个鱼缸，花5分钟时间观察里面的鱼。聚精会神、耐心细致地看，认真观察它们的眼睛，观察它们的鱼鳍和身体的运动，同时记住你现在已经了解了鱼的视觉、听觉、嗅觉和触觉。之后选择一条鱼观察。它是否会关注其他的鱼？它的运动是有规律的，还是像开了自动驾驶模式一样胡乱游动？

如果你这样做了，就会发现鱼的行为并不是随机的。你会注意到鱼往往会和其他同类交往。你会发现它们的眼睛并不是呆滞地盯着一个方向，而是会在眼窝中转动——尤其是那些身体各部分容易观察到的大鱼。如果你观察得特别仔细，还会注意到每条鱼都有自己独特的性格。比如，某些鱼会很强势，当弱势的鱼侵犯到自己的地位或领地时，这些鱼就会驱赶它们。有些鱼更爱冒险，有些鱼则更羞涩。

年少时，我在盯着水族箱里的鱼看时并没有注意过。我没有意识到自己看着的是另一种生命，在我眼中，它们不过是一些游来游去、形态各异、五颜六色的动物。渐渐地，我开始更仔细地观察鱼，对我来说，它们也变得越来越有趣了。现在，当我在分隔两个生命世界的大玻璃墙前徘徊时，我会注意到它们游动的轨迹有模式、有规律，它们的社会生活也有组织、有纪律。即使是生活在无法完全模拟自然栖息地复杂环境

的小型水族箱中的鱼，也有自己喜欢活动或休息的区域。

鱼当然是清醒的，但它们有意识吗？有意识的生物能够体验世界，会留心观察，也有记忆。它们不仅有生命，也有自己的生活。这本书中有大量科学证据能够证明鱼类拥有意识。不过有时候，一个简单的故事更有说服力。我的一位宾夕法尼亚州的医生朋友安娜·内格龙跟我分享了这样一则故事：

那是1989年。我在波多黎各东北沿海清澈的水域中浮潜，当我悠闲地往停泊在海中的帆船游去时，看到了一条1.2米长的石斑鱼。它也看到了我。我们离得很近，我几乎一伸手就能碰到它。它整个左侧身体都在阳光下闪闪发光。我停止了用脚蹼划水的动作，完全呆住了。我们两个都一动不动，在距离水面30厘米左右的位置四目相对。我随着水流飘荡，它的大眼睛在眼窝中转动，盯着我的眼睛，足有半分钟。对我来说，这半分钟就像是永恒。我不记得是谁先移开了视线，但我爬回船上后，立马告诉了大家一条鱼和一个人觉察到了彼此。尽管在那之后，我也凝视过鲸的眼睛，但那条鱼的存在感是最强的。

当我观察鱼类的行为，看到它们在水中游动、互相追逐、来到水族箱的一端等待喂食时，我的常识强烈地告诉我，这些生物是有意识、有感情的。我内心深处的直觉也极为认同这一观点。但是常识和直觉都算不上科学证据。接下来，让我们一起看看科学界对于鱼类知觉的观点吧。

鱼类知觉之争

认为鱼类能感到疼痛这一阵营中有两位关键的鱼类生物学家，即美国宾夕法尼亚州立大学的维多利亚·布雷思韦特和利物浦大学的琳内·斯内登。怀俄明州立大学的荣誉教授詹姆斯·罗斯则坚决否认这一观点。2012年，罗斯和另外6位在学界响当当的同事，共同在《鱼类和渔业》杂志上发表了一篇论文，题为“鱼能否真的感觉到疼？”。其论点的关键在于，他们认为鱼类是无意识的，即觉察不到任何事物，没有感觉，不会思考，甚至也看不到东西。而疼痛完全是一种意识体验，因此鱼类不可能感觉到疼痛。这一观点的基础是我称为“皮层中心论”的理论，该理论认为“拥有和人类一样感知疼痛的能力”的动物必须有新皮质，也就是脑部像花椰菜一样有沟有回的部分。新皮质（neocortex）一词的拉丁词源意为“新树皮”，因为人们认为新出现的这一层灰质是脊椎动物大脑中最晚演化出的部分。只有哺乳动物的脑才有灰质。

如果新皮质是产生意识的部分，那么只有哺乳动物才可能有意识，也就是说所有哺乳动物以外的动物都没有意识。但是这个观点存在一个很大的漏洞。鸟类并没有新皮质，但人们普遍认可鸟类有意识这一观点。人们发现鸟类具有多种需要认知能力的技能，比如，它们能制造工具，能长达数月记住成千上万个埋藏物的位置，能依据物体的混合特征（比如颜色和形状）分门别类，能接连数年辨别出友邻的声音，能在黄昏时呼唤幼鸟让它们回巢，能做出像从雪堤或汽车窗上溜下来这种颇有新意的行为，能搞些诸如从毫无戒备的游客身边偷走三明治和冰激凌甜筒之类的小聪明恶作剧。鸟类这些有意识的行为让人们震惊，以至于2005年，人们把原本用来骂人蠢的“birdbrain”（白痴，直译为鸟脑）一词的意思进行了更改，使之成为一种术语，代指鸟类旧皮质的平行演化路径，而正是这一演化过程，让鸟类具有了与哺乳动物类似的认知能

力。作为一个反例，鸟类证明了并非只有拥有新皮质的动物才有意识、能产生体验并做出智慧行为或能感到疼痛。

如果存在任何一种没有新皮质却有意识的动物，那么新皮质是意识产生的必要条件这个观点就不攻自破了。照此推理，鱼没有意识这种论点也就毫无根据了。“产生复杂意识的方式有很多。”埃默里大学的神经科学家洛丽·马里诺说，“因为鱼缺少相关的神经解剖结构就断定鱼感觉不到疼痛，就好像说气球不能飞是因为没有翅膀一样。”

或者说人没长鳍所以不能游泳一样。

鱼体内与哺乳动物新皮质对应的结构叫作大脑皮层，其多样性和复杂程度之高令人惊奇。虽然一般来说，鱼类大脑皮层的计算能力不敌灵长类动物的新皮质，但人们越来越清楚，鱼类大脑皮层的功能和哺乳动物的新皮质、鸟类的旧皮质的功能一样。科学家还会继续研究这些神经结构的功能，不过现在已知的功能包括学习、记忆、个体识别、游戏、使用工具、协作和计数等。

反复咬钩

现在我们来讨论鱼为什么会傻乎乎地接二连三地上钩。“被捕获而后被放走的鲈鱼，会在当天或第二天回到同一个地方咬钩，有时还不止一次。类似的故事并不在少数。”鱼类生物学家基思·A.琼斯在一本写给鲈鱼垂钓者的书中这样写道。有些渔夫顺理成章地认为这表明被鱼钩钩住对于鱼来说并不是什么创伤体验。否则它们为何很快又回来咬钩？

（我们当然也可以换个说法，要是鱼类没有任何感觉，为何要一次次回到渔夫的手中求抚摸？）

不过大多数渔夫也很熟悉“躲避鱼钩”这个说法。有研究表明，鱼类被鱼钩和鱼线捕获后，要经过相当长一段时间才会恢复正常活动。鲤鱼和狗鱼上钩一次后，要经过长达三年时间才会再次咬钩。针对大口黑鲈的系列实验也表明，这种鱼能很快学会躲避鱼钩，并能坚持六个月不咬钩。

也有研究表明，利用手术等入侵性方式在鱼体内植入用于记录其活动的信号收发装置后几分钟，鱼的行为就可以恢复正常。我并不认为这是怀疑鱼能感知疼痛的理由。饥肠辘辘的鱼不会因为饱受疼痛折磨就不饿了，其觅食的动力可能会超过创伤之痛所产生的抑制效果。

2014年，悉尼麦考瑞大学生物科学系研究鱼类认知及行为的卡勒姆·布朗在接受某次采访时，解释了鱼类反复咬钩的原因。

它们需要进食。生活环境的不确定性太大了，它们不能放过任何饱餐一顿的机会。很多鱼即使完全吃饱了也还是会继续咬钩.....人们经常跟我说：“我老是反反复复钓上来同一条鱼。”这很正常，如果你正饿得前胸贴后背时，有人不断往你的汉堡里塞鱼钩（假设十分之一的汉堡中有鱼钩），你会怎么办呢？你肯定接着吃汉堡啊，不然就得饿死。

鳟鱼的痛觉研究

躲避鱼钩这一现象证明不了什么，未来相当长的一段时间内，科学家和哲学家可能仍会就动物是否有意识这一问题争论不休。为了探究鱼类是否存在知觉，我们最好回顾一下关于鱼类痛感的科学研究。这方面的研究不在少数，但是本书篇幅有限，只能列举其中几个案例。布雷思韦特和斯内登用虹鳟这种代表性硬骨鱼进行的实验是其中最严谨的几个

之一。布雷思韦特所著的《鱼会感觉到疼吗？》（Do Fish Feel Pain?）一书对他们的发现进行了总结。

研究鱼类是否有痛感的第一步是判断它们是否具有相应的生理结构。鱼类身体中有什么样的神经组织？它的功能是否和有知觉的动物的神经组织一样？

为了寻找问题的答案，研究人员对鳟鱼进行了深度麻醉和终末期麻醉处死（实验过程中它们处于昏迷状态，实验结束后以过量麻醉剂处死），然后通过手术将它们的面部神经暴露出来。研究人员在其中发现了三叉神经，这是脑神经中最粗大的神经，所有脊椎动物都有三叉神经，负责面部知觉和咬合、咀嚼等运动功能。鳟鱼的三叉神经中同时包含A δ 类神经纤维和C类神经纤维。人类和其他哺乳动物身体中的这两种神经纤维与两种痛觉有关：A δ 类神经纤维负责传导受伤后最初的尖锐疼痛信号，而C类神经纤维负责传导随后那种隐隐约约的抽痛信号。有趣的是，研究人员发现鳟鱼体内的C类神经纤维比例（约4%）比其他脊椎动物（50%~60%）低得多，这可能表明伴随鳟鱼受伤之后感受到的持久性疼痛更少。但是比例的差别可能并不能说明什么，正如琳内·斯内登所指出的，鳟鱼体内A δ 类神经纤维与哺乳动物体内C类神经纤维的作用是一样的，它们都会对多种多样的有害刺激做出反应。

接下来，研究小组需要确定鳟鱼皮肤受到的伤害性刺激是否都会激活三叉神经。这一点只要通过刺激三叉神经节，即三条神经分支的交汇点，就可以得到答案了。研究人员在神经节中不同的神经元上插入微电极，用抚摸、灼烧和化学刺激（酸性较弱的醋酸）三种不同的方法刺激其头部和面部的受体区域。通过微电极记录下的信号来看，这三种刺激都会迅速提升三叉神经的活跃性。有些神经受体对三种刺激都有反应，而有些则只会对其中的一两种产生反应。对科学家来说，这是非常重要

的信息，它意味着鳉鱼具备能对多种导致痛感的刺激——比如机械伤害（割伤、刺伤）、灼烧和化学伤害（酸腐蚀）——做出反应的生理结构。

具有相应生理结构这一点对于得出生物能够感知疼痛的结论至关重要，但是，单凭这一论据也不足以推导出该结论。虽然人们已经积累了大量证据，但仍然不能排除鱼的神经元、神经节和大脑在面对伤害性刺激时只能做出条件反射，而不能真正感知到疼痛。

在接下来的实验中，研究人员将鳉鱼分为四组，分别接受不同的处理。从水箱中抓出来后，这些鳉鱼会被进行短暂麻醉，之后第一组鱼的嘴部（仅在皮下）会被注射蜂毒，第二组鱼注射食醋，第三组鱼注射中性生理盐水，第四组鱼采用相同的处理方式但不进行注射。后两种操作能让研究人员排除抓捕、麻醉以及针刺注射的影响因素。之后，研究人员会将处理好的鳉鱼放回到它们生活的水箱中。为避免进一步造成影响，研究人员会躲在黑色帘子后面悄悄观察鳉鱼的行为。研究人员会测量它们的鳃动频率（鳃盖开合的速度），根据之前的研究经验，这一指标能够反映出鱼类痛苦的程度。

所有鳉鱼都明显表现出了痛苦，但不同组别鳉鱼的痛苦程度有一定差别。两个对照组[35] 鳉鱼的鳃动频率从之前静息状态的每分钟约50次提高到了每分钟70次，而注射了蜂毒和食醋的鳉鱼的鳃动频率则高达每分钟90次。

实验中的所有鳉鱼都经过了训练，只要灯一亮就会游到环状区域中等待喂食。但是各组鳉鱼经过处理后，虽然都已经一整天没有进食，但没有一条鱼会去环状区域。（这一现象与人们常说的上过钩的鱼被放回水中后还会继续咬钩的故事形成了反差。）相反，它们会在水箱底部休

息，胸鳍和尾鳍一动不动。蜂毒、食醋注射组中的部分鳉鱼还会左右摇摆，偶尔突然往前冲一下。有些注射了食醋的鳉鱼还会在水箱壁或碎石上蹭自己的嘴巴，仿佛试图缓解痛痒的不适感。

注射一小时后，对照组鳉鱼的鳃动频率恢复至正常水平。而注射两小时后，蜂毒和食醋组鳉鱼的鳃动频率仍然保持在每分钟70次甚至更高，直到三个半小时后才会回到正常水平。不仅如此，在注射一个小时候，对照组鳉鱼开始在灯亮时有反应，但仍然不会进入喂食圈。注射一小时二十分钟后，两个对照组的鳉鱼都会进入喂食圈并吃掉沉在水里的鱼食。而注射了蜂毒和食醋的两组鳉鱼则花了三倍长的时间才最终对喂食圈提起了兴趣。

止疼药和吗啡能够大大缓解鳉鱼对伤害性处理的消极反应。吗啡属于阿片类物质，而鱼体内存在阿片受体系统，它们对吗啡的反应表明药物能够缓解其疼痛体验。

大约同一时期，莫斯科国立大学的鱼类生物学家莉利亚·切尔沃娃进行了其他实验，证明伤害感受器（对伤害刺激敏感的神经组织），广泛分布在鳉鱼、鳕鱼和鲤鱼身体的各个部位。最敏感的是眼睛、鼻孔、鱼尾、胸鳍和背鳍周围，这些部位就像人类的脸和手一样，是身体中接触外界最多且使用物体最多的部位。切尔沃娃还发现，曲马多[\[36\]](#) 这种药物能够降低鱼类对电击的敏感性，且药量越大，痛苦减轻得越快。

布雷思韦特、斯内登和切尔沃娃的实验都表明鱼可以感受到疼痛，而不仅仅是对伤害性感受做出条件反射。不过仍然有一项实验值得一试，它能让我们看出需要更高级认知参与的复杂行为的变化。辨识不熟悉的物体并专注其上就是一个突破口，斯内登、布雷思韦特和迈克尔·金特尔决定在这个问题上进行深入研究。

跟大多数鱼一样，鳉鱼能够辨别出新出现在环境中的物体并积极避免与之接触。正是因为了解这一点，研究人员用红色的乐高积木块拼了一个积木塔，并将其放进水箱中。他们将对照组的鳉鱼从水箱中捞出来并进行短暂麻醉，并在其嘴唇上注射了生理盐水，之后又把它们放回到增加了积木塔的水箱中。这些鳉鱼会明显做出躲避积木塔的行为，而注射了食醋的鳉鱼则会有规律地在积木塔附近游荡。看上去食醋会削弱鳉鱼进行更高级认知行为的能力，也就是说让鳉鱼没办法意识到并且躲避没见过的物体。研究人员推测，食醋产生的疼痛感让鳉鱼心烦意乱，因此连正常的逃生行为都做不出来。

为了进一步证明这一“心烦意乱”假说，研究人员又分别给注射了生理盐水和食醋的两组鳉鱼注射了吗啡。在这之后，两组鳉鱼都能够主动躲避积木塔。

针对鱼类知觉的其他研究

上面总结的这些实验结果，并不能说明鱼一定会感觉到疼痛。鱼类对我们所谓的疼痛作何反应，还可以从其他角度进行评判。和对伤害刺激的无意识条件反射不同，有意识的痛感反应具有可变性，十分微妙。检验这种说法的其中一种方法是改变伤害刺激的强度。例如，盖斑斗鱼在面对低强度电击时，游动会更加活跃，仿佛在努力寻找逃生通道，而高强度电击则会让盖斑斗鱼远离电击源，同时做出防御行为。

另一种方法是改变鱼在接受刺激时的行为状态。一项针对132条斑马鱼的研究表明，注射前受惊与否会影响它们在尾部注射醋酸之后的反应。仅注射醋酸的斑马鱼会无规则地游动，尾巴也以奇特的方式摆动，

不会产生任何前进动力。但是，如果让斑马鱼先接触另一条斑马鱼释放出来的警戒信息素，它就会做出看到新鲜或可怕事物时的反应：要么僵在一处，要么贴着水底游动。它们在被注射之后，不会无规则地游动，也不会胡乱摆动尾巴。两种反应的区别表明，恐惧能够压抑或掩盖鱼类的痛感，而这种现象在人类和其他哺乳动物中早已被证实。这是一种适应性反应，毕竟，逃离致命的危险环境比停下来处理伤口更重要。

琳内·斯内登用于研究斑马鱼疼痛的方法是我认为最有说服力的：她会测试斑马鱼是否愿意为了缓解疼痛付出一定代价。和大多数人工喂养的动物一样，鱼类喜欢刺激。比如，即便是在同一个水箱内，相比于空荡荡的区域，斑马鱼更喜欢游到有更多可探索的植物和物体的区域内。斯内登给斑马鱼注射了醋酸后，发现它们的这种偏好并没有改变；注射了生理盐水（只会造成短暂疼痛）的斑马鱼也没有偏好变化。但是，如果在斑马鱼不喜欢的空荡荡的区域中加入止痛药，注射了醋酸的鱼就会游动到这一区域，而注射了生理盐水的鱼依旧会待在另一个区域。从中可以看出，斑马鱼愿意为了缓解疼痛付出一定代价。

挪威兽医学院的雅尼克·诺德格林和斯坦福大学的约瑟夫·加纳用另一种方法研究金鱼的疼痛，而他们的实验得出了出人意料的结果。他们在16条金鱼的身上固定了铝箔做成的小型加热器，然后慢慢给加热器升温。（让我感到安慰的是，论文中提到这个装置配备了温度传感器和保险开关，以便及时关掉加热器，避免给金鱼造成严重的灼伤。）其中一半金鱼注射了吗啡，另一半只注射了生理盐水。论文作者相信，如果金鱼能够感到疼痛，那么注射了吗啡的金鱼能在做出反应前忍受更高的温度。

然而结果并非这样。两组金鱼都表现出正常的疼痛反应：它们开始扭动，而且做出反应时所感受到的温度相同。但是，把它们放回到水箱

中半小时后再进行观察时，两组鱼表现出了不同的行为。注射了吗啡的金鱼会正常地四处游动，而注射了生理盐水的金鱼则会出现更多逃跑反应，包括所谓的“C形起动”（鱼的头部和尾巴甩到身体同一侧形成“C”形）、游动和甩尾（左右甩动尾部而身体、躯干和头部不会随之摆动）。

加纳和诺德格林的研究证明，鱼既可以感受到伤害刺激导致的最初的尖锐疼痛，也可以感受到随后出现的持续性疼痛。这种反应就像我们的手碰到热炉子一样。首先，我们会立即做出条件反射，不由自主地把手从滚烫的炉子边缩回，丝毫不需要经过大脑思考。大概一秒钟后，我们才会真正感受到疼痛的冲击。之后，我们需要忍受数小时甚至数天的不适感，而我们的身体正是用这种不适感来保护受伤的手，提醒我们不要再做类似的傻事！在我看来，实验结果表明金鱼可能有更多鳟鱼体内含量较低的C类神经纤维，即那些与持续性疼痛相关的神经纤维。

走向科学共识

如今，支持鱼类具有痛感的证据已经足够有说服力，甚至得到了不少兽医学机构的认可，其中就包括美国兽医师协会。该协会推出的《2013年动物安乐死指南》中提到：

有实验表明，鱼类受到伤害刺激时，前脑和中脑会产生明显的脑电活动，而且对不同伤害感受器的刺激所产生的脑电活动也不同，这一结果推翻了鱼类对疼痛刺激的反应仅仅是条件反射的观点。针对学习和记忆巩固的实验中，鱼类学会了躲避伤害刺激，而这也加深了人类对鱼类

认知和知觉的理解。现有大量证据都表明鱼类和陆生脊椎动物一样，会尽量避免受到疼痛的折磨。

2012年，一群权威科学家聚集在剑桥大学，讨论目前学界对动物意识的理解。经过一天的讨论，他们共同起草签署了《意识宣言》。其部分结论如下：

在生物演化的历程中，主导注意力、睡眠及决策方面的行为及电生理反应的神经回路，早在无脊椎动物阶段中的昆虫和头足纲软体动物（比如章鱼）中就已经存在了。

换言之，没有脊椎的动物也可能具有意识。

而且，各种情绪的神经机制似乎并不仅仅局限于皮质结构当中。事实上，人类的皮层下神经网络在情感状态下会被激发，而这种神经网络对于形成动物的情绪行为也非常重要。

换言之，皮层之外的脑部区域也能产生情绪。

不能仅凭动物没有新皮质就判断它不会经历情感状态。

换言之，因见到食物而兴奋、因遇到天敌而心生恐惧这些事，并不需要人类一样巨大、复杂的大脑也能办到。

现在你可能会想，干得漂亮，你们这群聪明绝顶的科学家用一种全新的方式，再次证明自己是最后一批认识到大众早已了解的常识的人。正如心理学家、作家盖伊·布拉德肖所言：“这不是新闻，是最基本的科学知识。”不过，它也证明了承认一种根本不具有普遍性的现象（意识）的难度，以及学界长期以来不愿心服口服地接受意识并非人类独有的事实。

鱼类在生理和行为两方面都表现出能够感受到疼痛的特征。它们有哺乳动物和鸟类用来感知伤害刺激的特殊神经纤维。它们能学会躲避电击和鱼钩带来的伤害。当它们的身体受到伤害时，认知能力会有所下降，而如果疼痛得到缓解，认知能力还能恢复。

以上这些结论是否能给鱼类的痛觉和意识之争画上句号呢？恐怕还不行。可能总是有人会借不确定性之名断言鱼类感受不到疼痛。即便研究表明少数几种鱼类具有痛感，人们仍然可以认为其他数不清的未经解剖刀、注射器或小型铝箔加热器摆弄的鱼有可能感觉不到疼痛。

鱼类的意识和痛觉得到了科学共识，而且这种意识很有可能是所有动物中最早出现的。为什么？因为鱼类是最早出现的脊椎动物，它们在演化了一亿多年后，哺乳动物和鸟类的祖先才登上陆地。而这些动物开

始在全新的环境中繁衍生息时，一定沾了一点点意识的光。不仅如此，因为我们今天看到的鱼拥有意识和知觉，很可能它们的祖先也演化出了意识。未来人们会发现，鱼类可以用自己的大脑做一些非常有用的事。

从紧张到愉悦

脸是鱼身上一个明显不讨喜的部位。虽然我们不得不承认，鱼是地球上第一种真正出现了脸的动物，但它们的脸充其量只能算是嘴巴、鼻子、眼睛和额头（姑且把这个部位叫作额头好了），按照恰当的方式长在了一起而已。鱼既不会皱眉也不会笑。要是鱼能够做出这些表情，人们可能会对鱼表现出更多同情心。

——布莱恩·柯蒂斯《鱼一生的故事》

有个名叫洛丽的女人给我讲了两条鱼的故事。2009年底，她买了一个19升的鱼缸和三条金鱼，一条红狮头金鱼、一条黑龙睛金鱼和一条扇尾琉金金鱼。跟很多养鱼新手一样，洛丽几乎对照顾金鱼一无所知。在接下来的几个月里，她买了几条鱼也死了几条鱼。不过最初买的扇尾琉金金鱼和黑龙睛金鱼都活了下来。洛丽给扇尾琉金金鱼起名叫“海饼干”，她丈夫给黑龙睛金鱼起名叫“小黑”。

一天，洛丽回家吃午饭时，惊恐地发现小黑被困在了一个装饰用的宝塔里，那个宝塔是她亲自放在鱼缸里，用来给金鱼增添乐趣的。小黑挣扎着想逃出来，不停用自己的身体去撞那座塑料监狱，看上去十分虚弱。

与此同时，海饼干疯狂地冲向小黑，在洛丽看来，它就像是努力要把小黑从宝塔中解救出来一样。洛丽小心翼翼地把手伸向宝塔，尽可能

轻柔地用手指把小黑推了出来。它状态很差，身体一侧的鳞片和天鹅绒般的皮肤都蹭坏了，右眼肿胀，还擦破了皮。它无精打采地悬在鱼缸底部，几乎一动不动。洛丽觉得它大概活不了了。

接下来的几天，海饼干一直待在小黑身边守护着它，这条小小的黑龙睛金鱼逐渐恢复了健康。它的眼睛痊愈了，身体受伤的一侧渐渐长出了全新的鱼鳞。

从那时候起，洛丽发现小黑和海饼干之间的关系也出现了明显的变化，在她看来：“之前海饼干专横跋扈，经常霸道地驱赶小黑，但是宝塔事件后，这种行为再也没有出现过。我开始觉得，鱼也是有情感、有个性的个体。”

她把这两条鱼转移到了76升的鱼缸里，里面装了一个大过滤器以及很少的装饰品。小黑于2015年6月去世，只有6岁，一看就知道是因为过滤器故障而死的。海饼干仍然“苦苦支撑”，由一条从学校嘉年华救回来的名为“太多”的金鱼陪伴着。

25年前发表在南非一份报纸上的另一个故事，跟洛丽的故事有着惊人的相似之处。这个故事里也有一条受伤严重到几乎无法游动的黑龙睛金鱼，它的名字也叫小黑。当小黑被放进另一个鱼缸，和一条更大的名为“大红”的红狮头金鱼在一起时，大红立刻对这位无助的“缸友”产生了兴趣。它也开始游到小黑身体下方施以援手。它们会像骑了双人自行车一样在鱼缸里一起游来游去，大红凭一己之力推着它们俩一起游，帮助小黑恢复行动能力，并且能吃到撒在水面上的食物。宠物店老板认为大红的行为是出于同情。

情绪的硬件

洛丽和南非宠物店老板的故事并没有多少科学说服力，因为它们都是独立存在的奇闻逸事，两条鱼背后的行为和情感也很难解读。比如，我们怎么知道海饼干并不是出于害怕或应激而攻击困在宝塔内的小黑呢？对我来说，两条鱼随后出现的持续性的关系变化更有说服力，这表明小黑的灾难是一个重大事件，让两条鱼的关系更亲密了。

把奇闻逸事先放在一边，科学界对鱼类的情绪持怎样的观点呢？我们可以从鱼类大脑和身体中的“硬件组织”出发。

情绪的产生需要脑回路，这种古老的结构在演化过程中一直存在，所有脊椎动物都有。前面章节中的内容告诉我们，即便是没有新皮质的大脑，也能感到目瞪口呆或火冒三丈。越来越多的专家相信，情绪是伴随着意识一同产生的。有时，能做出反应比思考本身更有用。想象自己是一只原始海洋生物，突然间遇到了捕食者，如果你得先默默想着“天哪，我最好赶紧离开这儿”，那你很快就会变成别人的美味大餐。感到惊慌后立刻逃跑才能保住性命，其他的可以之后再想。

情绪与一类叫作“激素”的物质关系密切，它是由人体内腺体分泌出的化合物，能够影响人的生理和行为。硬骨鱼和哺乳动物脑部形成“激素模式”，即所谓的神经内分泌反应的方式本质上是相同的。因此，这些模式在意识和情绪方面发挥的作用可能也是类似的，也就是说，这两类动物的神经内分泌系统也是类似的。

催产素就能很好地证明这种相似性。它也被叫作“爱情灵药”，与建立亲密关系、性高潮、宫缩、哺乳以及坠入情网的体验有关。加拿大汉密尔顿麦克马斯特大学的研究人员，发现鱼类体内功能相同的异亮氨酸

催产素，也能调节不同社交情境下的行为。研究人员给两组成年雄性美新亮丽鲷分别注射了异亮氨酸催产素和生理盐水，注射了生理盐水的美新亮丽鲷没有表现出明显的行为变化，而注射了异亮氨酸催产素的美新亮丽鲷则变得更加情绪化。当被放到模拟争夺领地的情境中时，即便面对体形更大的对手，后者也会更具攻击性。令人意外的是，地位中等的美新亮丽鲷在注射了异亮氨酸催产素之后，会对鱼群中的其他个体表现出服从行为。论文作者推测，服从反应能够使这些高度社会化、彼此协作养育后代的美新亮丽鲷凝聚成更稳定的群体。这种情感可能不是爱情，但肯定是一种温和友好的反应。

另一种研究鱼类情绪的方法是对比鱼类、鸟类和哺乳动物大脑中相似的杏仁核区域。这是一对构成大脑原始边缘系统的杏仁状结构，哺乳动物的杏仁核会影响情绪反应、记忆以及决策力。鱼类大脑中内侧脑皮层的功能和杏仁核一样，当这一区域被切断神经连接丧失了功能或接受了电力刺激后，鱼类就会出现攻击行为的变化。这种变化跟接受了类似处理的陆生动物十分相似。以金鱼为实验对象的研究也表明，内侧脑皮层会参与针对可怕刺激的情绪应答。

鱼怎样表现出恐惧呢？受到捕食者攻击时，它们又会作何反应？事实上，鱼类感到害怕时做出的反应跟我们的预期差不多。除了呼吸更加急促并释放出警示信息素以外，它们还会表现出陆生动物感到恐惧时的典型行为，比如逃跑、僵住、让自己看上去体形更大或者改变身体的颜色等。之后它们也会停止觅食，避免进入受到攻击的区域。

如果给鱼用一些能够缓解人类焦虑的药物，它们能放松下来吗？奥沙西洋就是这样一种药物，它被广泛用于治疗人类的焦虑和失眠，且能够缓解戒酒时出现的其他症状。瑞典于默奥大学的约纳塔·克拉蒙德带领的研究团队，捕获了一些野生欧亚河鲈，并给它们用了奥沙西洋，在

那之后，这些鲈鱼会变得更加活跃，生存率也更高。让人类放松的药物却会让鱼更加活跃，这似乎有些异常，但其实鲈鱼的反应正是其放松之后的状态，因为只有放松的鲈鱼才会更勇敢地探索周围环境。在这种状态下，使用了药物的鲈鱼会较少跟同伴聚在一起，而是花更多时间觅食，这可能也就解释了为什么这些鲈鱼在没有捕食者的环境中生存率更高。

在安全的环境中，放松身心并没有什么坏处，但恐惧这种情绪的存在也并非全无道理：它能够让我们远离危险、躲避危险。鱼类有社交学习的能力，仅仅通过观察同类的反应，它们就能轻易学会畏惧某种事物。比如，最初在玻璃一侧的胖头并不畏惧陌生的捕食者，但观察到玻璃另一侧同伴对捕食者的恐惧反应后，它们就会很快学会躲避这些捕食者。

胖头接触过同类释放出的报警物质（在讨论嗅觉的章节中提到过的警戒信息素）后也能学会躲避捕食者。对于暗示了潜在危险的气味线索和视觉线索，鱼类是否一样重视呢？显然不是。加拿大萨斯喀彻温大学的科学家会训练鱼类，让它们以为某种陌生的气味是安全的，因为这种气味出现的时候从来不会有坏事发生。但事实上，这种气味来自以胖头为食的危险捕食者狗鱼，只不过实验中胖头曾生活的地方没有狗鱼出没，研究人员据此推测它们并不知道狗鱼的气味以及隐藏的危险。对照组的胖头也接受了类似的训练，只不过其所用的水中没有狗鱼的气味。测试当天，两组胖头都接触到了狗鱼的气味，此外每组又分别接触到了（1）胖头的报警物质，（2）知道狗鱼的危险性、且会因狗鱼气味而感到恐惧的“典型”胖头。之前没有接触过狗鱼气味的胖头对警戒信息素和对受惊同伴的反应一样。但是，经过训练后认为狗鱼气味温和无害的胖头，对警戒信息素毫无反应，对惊恐不已的同伴则表现出了典型的恐惧

行为（减少游动及觅食，同时寻找躲避之处）。

因此，至少对胖头而言，恐惧的视觉信息比嗅觉信息更有说服力。这项实验也证明，对于判断捕食者是否有威胁，胖头更相信同伴的判断而不是自己的。哪怕虚惊一场也好过忽视了真正的威胁。正如人们常说的，宁可谨慎有余，不要追悔莫及。

对抗压力

从可怕的境遇中逃离出来，不仅能够保命，也有益于长期健康。针对老鼠、狗、猴子，以及饱受战争和其他困境折磨的人的研究结果表明，无法排解的压力会造成各种问题，比如焦虑、抑郁、免疫力低下等。

面对压力时，我们的身体会释放出皮质醇。这种所谓的应激激素能够调节压力水平，在包括鱼类在内的其他脊椎动物体内也发挥着相同的作用。

马克斯-普朗克神经生物学研究所和加州大学的科学家共同对体内缺少皮质醇的斑马鱼进行了研究。这些斑马鱼长期处于高度应激状态，且在行为实验中表现出了抑郁的症状。正常斑马鱼进入新环境时，会在最开始的几分钟里显得有些畏缩，游动也很犹豫。但好奇心很快就会占据上风，它们会开始探索新鱼缸的环境。然而，高度应激状态下的斑马鱼则很难适应新环境，它们会更强烈地表现出独处倾向，待在鱼缸底部一动不动。

不过，在水中加入抗焦虑药物地西洋（安定）或抗抑郁药物氟西汀

（百忧解）后，这些斑马鱼的行为就会恢复正常。隔着鱼缸玻璃看到其他斑马鱼，以及其他多种社交行为，都能缓解它们的抑郁症状。

如果鱼类也能感到抑郁和焦虑，那它们是否也会主动缓解，想方设法让自己冷静下来呢？2011年，一篇题为“亲爱的，冷静，让我摸摸你的鳍”的头版文章就说了这样一件事。由里斯本高等应用心理学研究所的玛尔塔·苏亚雷斯带领的研究小组推测，珊瑚礁鱼类受到清洁鱼的轻抚后会变得更愉快，应激状态也会有所缓解。为了验证这个想法，他们设计了一个实验。

他们训练了32只来自澳大利亚大堡礁的栉齿刺尾鱼。一旦它们适应了圈养生活，就会被随机分配到应激组或非应激组。被分到应激组的倒霉蛋要被放进水深只能刚好没过身体的水桶内待30分钟。这一步骤会增加鱼血液内的皮质醇，而它正是测试压力时的参照指数。在这之后，应激组和非应激组的鱼都会被单独放到不同的鱼缸中度过两个测试阶段，每个阶段时长一小时，且每个鱼缸中都有一条人工制成的高仿清洁鱼模型。模型的形状和颜色都和为刺尾鱼等客户提供清洁服务的裂唇鱼非常相似。一半数量鱼缸中的模型静止不动，另外一半鱼缸中的模型有特殊的机械装置，能够轻轻摇摆着移动。

应激组的刺尾鱼会被移动的清洁鱼模型吸引，就像小孩见了糖果一样。它们会游到假清洁鱼旁边，把身体靠在清洁鱼身上。但它们只会对能轻抚它们的模型这么做。平均每条鱼会去找能移动的清洁鱼15次，但根本不理睬静止的清洁鱼模型。模型轻抚刺尾鱼也会缓解它们的压力，研究人员测量了所有刺尾鱼体内的皮质醇指数，和会动的清洁鱼同缸的刺尾鱼（包括应激组和非应激组）体内的皮质醇含量，比和静止清洁鱼同缸的鱼更低，皮质醇下降的幅度也和与模型相处的时间成正比。

在科学家说话向来有所保留的前提下，玛尔塔·苏亚雷斯总结道：“我们知道鱼类能感觉到疼痛，因此它们可能也会感觉到愉悦。”

虽然媒体对鱼类抚摸彼此鱼鳍的报道有矫揉造作之气，但并不代表这在科学上毫无借鉴意义。这篇报道揭示了社会生活以及提高生活品质的重要性。文章证明鱼类会出于愉悦身心的目的去找清洁鱼，虽然这些移动模型并没有完成清除寄生虫等工作，但刺尾鱼仍会反复拜访它们。

为了奖赏让个体生命不息、基因得以顺利传递的“好”的行为，动物演化出了愉悦这种感受。因此，我们在吃东西、玩耍、姿势舒服或发生性行为时会感觉良好。直到不久前，人们还觉得甚至仅仅推测鱼类感受到的是什么情绪都是不科学的。因此，大多数讨论只能局限在所谓的奖赏，即动物愿意付出一定努力得到某种东西的生理机制内。

对于哺乳动物来说，多巴胺系统在奖赏生理机制中起着关键作用。老鼠在玩耍时，大脑会释放出大量多巴胺和阿片类物质，而给它们使用了能阻断这些化学物质受体的药物后，它们就会失去对正常情况下会喜欢的甜食的兴趣（人类也是如此）。鱼类体内也存在多巴胺系统。如果给金鱼使用能够刺激其脑部多巴胺释放的化合物——比如安非他命或阿扑吗啡——金鱼就会表现出奖赏行为：受到安非他命影响的金鱼更喜欢在含有安非他命的区域内活动，而使用了戊巴比妥这种“愉悦抑制剂”的金鱼则能学会躲避它。在猴子、老鼠和人类体内，安非他命能够通过提高中央奖赏系统中多巴胺受体的效率形成奖赏效应。由于金鱼脑部也存在含有多巴胺的细胞，因此人们推测安非他命也能通过相同的机制在金鱼体内产生奖赏效应。和某些哺乳动物一样，鱼类也容易滥用难以抵挡诱惑的安非他命和可卡因。但是那些悄悄游到会动的清洁鱼模型旁边寻求抚摸的刺尾鱼并不会成瘾，那不过是一条鱼对愉悦保健按摩的渴求而

己。[\[37\]](#)

鱼类的游戏

如果你曾得过奖、从三分线外投篮命中，或者见过家长玩闹着把孩子追得高兴地尖声叫喊，那你肯定知道快乐是怎么一回事。游戏就是一种能够产生快乐的行为。它对于动物，尤其是那些需要增强身体力量和协调性、学习重要生存及社交技巧的幼年动物来说非常重要。不仅如此，游戏也会产生心理影响：它会让游戏者觉得有趣。科学家已经花了大量时间研究动物的游戏行为，德国哲学家卡尔·古鲁斯早在1898年便出版了《动物的游戏》（*The Play of Animals*）一书。

想要研究动物的游戏并非易事。这是一种自发的活动，参与者会在游戏中感到轻松、愉快。人类观察到的大多数动物游戏都是偶然间发现的。

这对于田纳西大学的动物行为学家，长相酷似达尔文的戈登·M.布格哈特来说并不是什么难事。他从事动物行为学研究近60年，发表了上千篇学术论文，在其学术生涯中从不放过那些有挑战性的课题，其中就包括你不奢望能发现的动物游戏，或者用他写在自己网站上的话来说，是“‘不会玩耍的’动物的玩耍行为”。

2005年，布格哈特发表了迄今为止最全面的动物游戏研究成果。《动物游戏起源》（*The Genesis of Animal Play*）一书的封面上是一条热带鱼，一条养在鱼缸中且正用鼻子触碰水中温度计的雄性灰体蓝首鱼。布格哈特和弗拉基米尔·迪内兹、詹姆斯·B.墨菲两位同事发表了关于三条雄性灰体蓝首鱼与温度计互动的研究。这支11厘米长的玻璃管温

温度计底部加了重物，能够垂直悬浮在水中。在12次实验过程中，研究小组记录到温度计被这三条鱼推了1400多次，而每次实验中三条鱼都是被单独放进鱼缸中的。

每条鱼都有自己的风格。1号鱼主要“攻击”温度计顶部，让温度计左右摇摆，最后停在垂直位置。2号鱼喜欢围着温度计转圈，转的过程中时不时碰一下。3号鱼会随意顶撞温度计底部、中部或顶部任意位置，这条鱼撞击时最用力，会让温度计在鱼缸里上下跳动，有时候还会卡在角落里，在隔壁房间都能听到温度计撞在玻璃壁上的巨大声响。

这算是游戏吗？布格哈特认为，游戏需要满足以下条件：

1. 这种行为不会让动物达到任何明确的生存目的，比如交配、觅食或争斗；
2. 这种行为是自愿的、自发的或者有益的；
3. 这种行为跟典型的功能性行为（性行为、领地行为、捕食行为、自卫行为、觅食行为）在形式、目的或时机上有明显的不同；
4. 这种行为会反复出现，但并不是神经质行为；
5. 这种行为只会在没有饥饿、疾病、拥挤或捕食者等应激源的情况下出现。

灰体蓝首鱼的行为符合以上所有标准。它们并不是捕食性鱼类，对

温度计的攻击跟典型的觅食行为完全不同。有没有食物对它们用温度计寻乐的行为没有明显影响。性行为的可能性也可以排除。灰体蓝首鱼跟温度计的互动与它们快速猛击对手的行为有些类似，但重复次数更多——更像是拳手在打沙包练习，而且只有这些鱼在非应激状态，甚至可能是缺少刺激的情况下独处时才会出现。

实验用的鱼缸中还存在其他物体，比如小棍、植物和鹅卵石，为什么这些鱼单单攻击温度计呢？研究人员推测，灰体蓝首鱼可能是被物体被碰到后会反弹的特性吸引，就像那种底部系上重物、真人大小的充气小丑玩具，对着它打两下便又弹回到直立状态。动物行为学家尽力从动物的角度出发看待问题，布格哈特把温度计的反弹解读为“对手被激怒后永远不会成功的反击”。

这是实体游戏的例子，生物学家把两个个体你来我往的玩闹称为社交游戏。美国弗吉尼亚州动物避难所的前员工就讲了这样一个例子。她曾经和丈夫、几只猫以及一条独霸鱼缸的哥伦比亚英丽鱼一起生活。这条鱼跟家里的几只猫慢慢玩起了一种游戏，这几只猫偶尔会踮起脚爬到书架上喝鱼缸里面的水。而这条领地意识很强的英丽鱼会藏在鱼缸一角的芦苇丛后面，埋伏起来静静等候这些毛茸茸的入侵者露面。过往的经历教会这些猫先向水里看一看是否存在埋伏，但是英丽鱼知道这一点，因此会保持安静。只有当猫的舌头伸入水中的那一刻它才会突然行动，像小鱼雷一样从芦苇后面冲出来，铁了心要从那条粗拉拉的舌头上扯下一块肉来。如果猫感到水下有异动，就会趁舌头还没被鱼碰到时撒腿就跑。

这种猫鱼智斗游戏的参与者的表现表明，这只是安静室内生活中一点受欢迎的小插曲。游戏的任何一方都不会流一滴血，有时候，猫甚至会立刻扬着脑袋、闪着狡黠的眼光回来参与这场游戏。

这不仅仅是社交游戏，也是物种间的社交游戏。

游戏的第三个变体是独自游戏。2006年，一位名叫亚历桑德拉·赖希德的德国语言治疗师去斯图加特市参观艺术之屋的展览时，亲眼见到了独自游戏的鱼。她把这场名为“艺术生活”的展览形容为一个由全国所有博物馆中隐藏珍宝组成起来的了不起的混合体。其中就有一个来自卡尔斯鲁厄市国家自然历史博物馆的大型水族箱，这个精致的展品容量约为3700升，里面生活着五彩斑斓、充满异域风情的各种鱼类。

身为爱鱼之人，亚历桑德拉在水族箱前花了很长一段时间观察玻璃那一侧发生的事情。她很快就注意到一条小小的、优雅的杏仁形的鱼，这条鱼的身体是华美的紫色，上面点缀着黄色和铁青色的斑纹。（她之后辨认出这是一条原产于亚洲海域的静拟花。）这条鱼看上去似乎有目的地。它会在水族箱底部向一个方向游，碰到水族箱一端的玻璃壁后，就会突然向上游到水面。到达水面后，它会遇到从水泵中流出的水流，这个小旅行者就被水流推着像火箭一样回到水族箱的另一端。之后，它又潜回到水族箱底，再次踏上旅行。赖希德对我说：“有趣的是，我认为自己是个悲观主义者，我的第一反应是这是一种圈养导致的刻板行为。但是这条小鱼看上去从中得到了很多乐趣。”

我问她为什么觉得有趣。“其他鱼大部分都只是没有特定目的地游来游去，而这条鱼看上去似乎铁了心要找些乐子。我特别想让它跟它一起跟着人工制造的水流享受疯狂之旅。”

无独有偶，布格哈特也曾在高大的柱状水族箱中观察到，其中的海洋鱼类会反复“骑着”水箱底部增氧气石中冒出来的气泡到达水面。他认为这对鱼来说是一种乐趣，对人类来说可能也一样。

跳跃使鱼快乐？

如果驾着气泡对鱼来说是件乐事，那它们是否也会跳跃着寻开心呢？如果你有过泛舟、垂钓或在湖畔河边观鸟的经历，那很可能见过鱼跃出水面的场景。我自己就见过很多次。根据平均律，这种事情往往发生在我朝另一个方向看的时候，而我将目光转回来时恰好只看到一丝水花。偶尔，我也能幸运地看到鱼的身体，比如我就曾见过30厘米长的大鱼和小小的2.5厘米左右的小鱼，它们跃出水面的距离超过自己的体长。

当然，鱼类为了躲避捕食者，走投无路时也会主动从水中离开。而海豚恰好会利用鱼类这种行为，它们会围成一圈，捕食半空中惊慌失措的鱼。但是正如人类也会为了好玩或者出于害怕而全力奔跑一样，不同的情绪也可能会促使鱼跃出水面。蝠鲼会让自己庞大的躯体（宽度达5米，体重达1吨）向上跃出3米再落回水面发出巨大声响，这种行为并不是出于恐惧。世界上有10种已知的蝠鲼，它们的空中绝技给自己赢得了“飞毯”的称号。蝠鲼还会成百上千集结成群，一起跃出水面。它们在跃出水面时大多计算好了会肚皮朝下落回水面，但有时它们也会向前空翻背部入水。雄性看上去是这种行为的发起者，因此有些人推测这可能是一种求爱行为。其他科学家认为也有可能是为了除掉寄生虫。不过，不管这种行为的目的是什么，我都觉得蝠鲼这么做的时候非常开心。

在佛罗里达州查萨霍维茨卡国家野生动物保护区清澈的水面上玩皮划艇时，我曾看到几群鲯鱼排列成优美的队形在水中游动，每一群都有50条甚至更多。鲯鱼是这里常见又漂亮的鱼类，它们尾巴边缘和身体后方的鱼鳍呈乳白色，背部有金属光泽，腹部为白色，两者之间的交界部

位微微泛黄。它们喜欢跃出水面，且跃出时非常明显。大多数时候我能看到一条鱼连续跳一两次，不过有一次，我看到了七连跳。每次跳跃时，鲮鱼都能跃出水面约30厘米，跳跃长度达60~90厘米。

世界上有8种鲮鱼，没人确定它们为什么会飞出水面。它们往往侧身落回水中，因此有理论认为，鲮鱼是在尝试甩掉皮肤表面的寄生虫，而另一种观点则认为它们这样做是为了吸氧。水中氧含量低的时候，鲮鱼会出现更多的跳跃行为，这支持了这种所谓的“空中呼吸理论”，但是跳跃本身消耗的能量可能比吞空气带来的能量更多，因此无疑也降低了这种理论的说服力。

这些鱼跃出水面会不会也是为了好玩，就像一种游戏呢？戈登·M.布格哈特曾公布过十多种鱼类反复跳跃空翻的事例，有时它们会越过漂浮在水面上的物体，比如木棍、芦苇、晒太阳的海龟，甚至是死鱼，而它们做这些事，除了自我娱乐外并没有明确的原因。

到目前为止，还没有人能用科学实验的方法验证这一有趣的可能性。也许有人应该抓几条聪明的鱼，把它们放进包括各种有趣设施，比如浪漫的音乐和会动的清洁鱼模型的豪华鱼缸里，然后在里面放上漂浮在水面上的能跳过去的物体。

半条泳衣

让我来讲一个我们都很熟悉的关于感觉的小故事。当我们经过事故现场、拿到一份包装精美的礼物，或在餐馆里偷听到一场争论时，内心都会产生这种感觉。这就是我们所谓的好奇。

阿拉斯加的一位科学家告诉我，她去牙买加度蜜月，在人烟稀少的海滩上游泳时遇到了好奇的鱼。当时她和丈夫正沿着一块礁石浮潜。她丈夫的水性很好，但沮丧地发现自己的新娘不会潜水。在试图指导她学习潜水失败后，他尝试了更为激烈的方法：

他使劲扯掉我身上一半的泳衣，然后向水下游去，把它挂在距离水面约4.5米处的一截珊瑚枝杈上。他大笑着告诉我，你当然想把泳衣取回来。

我天生不是个裸体主义者，即便我们周围没有其他人，我也会感到不适。我不断努力潜入水下，试图取回衣服，但都是徒劳。所有这些疯狂的行为对附近的珊瑚礁鱼产生了意想不到的影响。它们不仅没有躲起来，反而开始在我们身边聚集。我发现饱满的情绪也有所变化，嗯，很私密的变化。他朝我游过来，想要满足心底的欲望，可惜我的浮力太大，难以成人之美。不过，我们却对鱼的反应惊愕不已。小蓝鱼、刺盖鱼等生活在礁石附近的各种颜色、形状和大小的鱼都凑了过来，围着我们组成了一个闭合的环，面对着我们，看着我们。它们的身体和尾巴左右摇摆，看上去就像一个闪闪发亮的整体。

最终，那位丈夫可怜妻子，帮她取回了泳衣。随着热情渐渐消逝，鱼儿们也失去了兴趣，它们组成的圈子慢慢散了。两个笨手笨脚打算一享鱼水之欢的人被一群好事的鱼儿围起来这件事却让她觉得有趣。她好奇那些鱼是怎么想的，它们是否感受到了人类卿卿我我产生的能量。

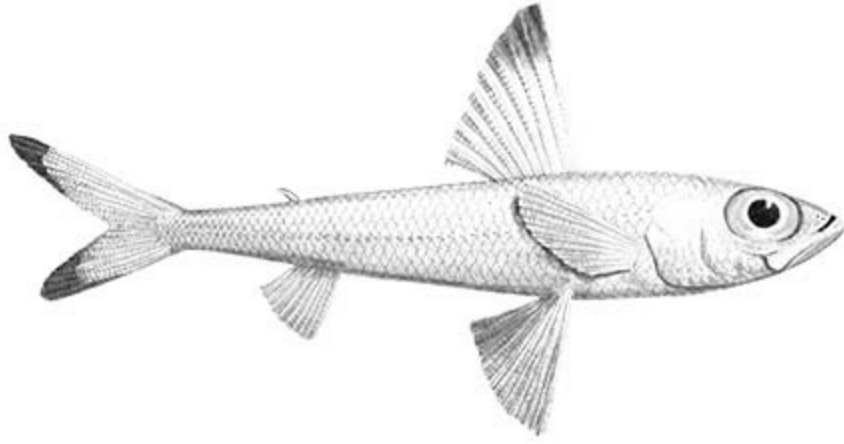
由于鱼类在水中感官刺激非常敏感，有些理论或许可以解释为什

么这些鱼成了偷窥狂。作为视觉动物，我们直觉上会推测它们是被这对年轻恋人的举动吸引过来的，但也许是这两个人形成的电场或身体中的化学物质之类的东西勾起了鱼的好奇心。还有，可能那些鱼当时并不是出于善意的好奇，而是出于不安，在监视这对潜在的捕食者。这当然也可以视为另一种好奇，尤其是这两个人并不是它们熟悉的入侵者。

当鱼注意到人类时，我们就进入生物的另一意识世界了。这件事会让人感到兴奋。毫无疑问，研究鱼类的情绪是一项极具挑战性的科学尝试。但正如我们所知，研究鱼类的情感也是有方法可循的，现在有越来越多的证据表明，某些鱼类会有各种情绪，比如恐惧、紧张、愉悦、快乐和好奇。

研究鱼类的思维要比试图研究它们的感受简单一些，接下来我们会看到，鱼类认知领域中的很多研究成果都可以说明这个问题。

第四章 鱼的思想



只要符合自然规律，任何匪夷所思的事都是真实的。

——迈克尔·法拉第

鱼鳍、鱼鳞和智力

每一种我们认为愚蠢无聊的动物都有令人惊叹的秘密，只是没人发现罢了。

——弗拉基米尔·迪内兹 《龙之歌》

随着时间流逝，演化必定会让动物精通那些对自己来说重要的事。人类不会像黑猩猩一样善于攀爬，它们的上肢力量是我们的4~5倍。我们不会像猎豹一样跑得飞快，或者像袋鼠一样跳得那么远。如果让迈克尔·菲尔普斯和游得飞快的旗鱼比赛，菲尔普斯还没来得及换气，旗鱼就已经到达100米终点了。快速行动对于它们生存的重要性远大于人类，自然选择机制决定了速度更快的个体更有可能把自己的基因传给下一代。

心智方面也遵循相同的原理。如果大自然设置了一个智力问题，解决这个问题会带来巨大优势，那么经过一段时间，生物就会获得认知能力，虽然我们会因为它们体形小或者与人类亲缘关系疏远便以为它们并不能掌握这些技能。现代认知生态学认为，智慧是由动物日常生活所面临的种种生存需求塑造出来的。因此，有些鸟类能够记住它们把成千上万颗坚果和种子埋在了哪里，以便能在漫漫严冬中果腹；会打洞的啮齿类动物能够在两天之内将由数百条通道构成的复杂地下迷宫了熟于心；鳄鱼能够镇定地顶着树枝来到苍鹭筑巢地的下方，然后趁粗心的鸟儿俯冲下来收集筑巢材料时猛扑过去。如果你不知道爬行动物拥有计划和使

用工具的能力，也不用觉得自己落伍，毕竟，在2015年相关论文发表并获得关注以前，科学家也不知道这回事。

鱼类的心智能力如何呢？虽然电影人自作主张拍了《小美人鱼》《海底总动员》和《海底总动员2：多莉去哪儿》，但鱼类真的会思考吗？让我们来看看鱼能用自己的脑子做些什么。

深虾虎鱼的例子能够说明鱼类的智力水平。这是一种生活在大西洋东西两岸潮间带的小型鱼类。退潮时，深虾虎鱼喜欢待在靠近海岸的地方，躲在单独的温暖水洼里，它们能在这里找到不少美味的食物。但水洼并不能一直保护它们远离危险的安全港湾。章鱼、苍鹭之类的捕食者也可能来海滩觅食，这时，它们就得匆忙逃走。但一条小小的鱼能去哪里呢？事实证明，深虾虎鱼能用一种令人难以置信的方式，跳到旁边的水洼里。

它们如何避免跳到岩石上，最后曝晒而死呢？

深虾虎鱼有着突出的眼睛，两颊微微鼓起，嘴往外噉着，尾巴浑圆，7厘米长的鱼雷形身体上布满了灰褐色污点状的花斑，这种模样看上去完全不像是能参加动物智力奥运会的选手。但从各个角度来看，它们的大脑都出乎意料地发达。小小的深虾虎鱼能趁满潮时一边游泳一边记住潮间带的地势，它们会牢牢记住低洼地势的分布，而这些地方在退潮后就会形成水洼。

这是认知绘图的一个例子。众所周知，人类会利用认知绘图帮助导航，而且人们一直认为这种能力是人类所独有的，直到20世纪40年代晚期，科学家在老鼠身上发现了同样的能力。此后，很多种动物都被发现拥有这种能力。

美国自然历史博物馆的生物学家莱斯特·阿伦森（1911——1996）证明，深虾虎鱼也有这种能力。就在人们惊叹于老鼠具有认知绘图能力的同一时期，阿伦森在自己的实验室里做了一块人造礁石。他用模仿捕食者的棍子戳自己造出来的水洼，迫使深虾虎鱼跳起来。之前有机会在实验室“满潮”时游来游去的鱼，有97%都能跳到安全的水洼中。而没有经历过满潮的无知小鱼的成功率只有15%，跟随便乱跳没什么区别。只要经历一个“满潮学习期”，深虾虎鱼就能在40天的时间里记住逃生路线。

需要指出的是，这些鱼被从野外家园捕捉回来并放在陌生的环境中圈养，一定会在实验过程中处于应激状态。事实也的确如此，在阿伦森的研究过程中，有几条鱼生病死了，这表明它们在人工喂养的环境中生活得并不好。

其他研究也表明，个体表现能够反映出它们在野生微环境中的经验。海滩地区退潮时水洼较少，从那里捕获的鱼在实验中的成功率，虽然高于随机的概率，但仍比不上那些经验丰富的同类。最近的一项研究结果表明，生活在岩石水洼中的深虾虎鱼的大脑跟躲在沙坑里不需要东躲西藏的同类的大脑有些不同：需要跳跃的深虾虎鱼的大脑中，用于空间记忆的灰质更丰富，而沙栖的那些鱼的大脑中，视觉处理的部分更发达。

深虾虎鱼用大脑绘制地图的能力让它们能够在水洼之间精准地跳来跳去，这是生存需求练就高超智力的经典例证。作为鳄科动物行为及认知领域的专家，作家、生物学家弗拉基米尔·迪内兹说：“通常人们提到‘智力’一词时，指的是‘能像我一样思考’。”这是一种非常自我中心的智慧观。我猜，要是深虾虎鱼给智力下个定义，它一定会把能在脑子里绘制并记忆地图囊括其中。

记住逃生路线

形成认知地图并能记忆数个星期不仅仅证明深虾虎鱼具有避免盲目跳跃的惊人天赋，也暴露了人类低估我们并不了解的生物的偏见。我不知道（金）鱼到底为何会落下这种名声，但它们传奇般的“3秒记忆”一说至今仍存在于大众文化中（在网上随便搜索一下就能知道）。我仍然能够看到一家投资公司在机场打的广告，里面用公认的金鱼3秒钟记忆与维护业务联系的重要性形成对比。（我也得谦虚地承认，有时自己并不记得把手机或眼镜放在了哪里，这种时候，我的记忆还维持不了3秒。）

好记性对鱼来说的实用性并不逊于燕雀或雪貂。不列颠哥伦比亚大学的生物学教授托尼·皮彻回忆起多年前他在教授动物行为学课程时所做的课堂研究。当时学生们正在研究金鱼的彩色视觉。每条鱼都有一根颜色有着细微差别的喂食管，实验中证明金鱼有良好的彩色视觉。实验过后，这些金鱼被放回到水族箱里。第二年，其中一些金鱼跟其他一些没有参加过这一实验的金鱼混在一起，又参加了同样的实验。当它们被放在实验环境中时，参加过实验的金鱼很快就把自己安顿在之前用过的管子里，显然记得去年实验中自己管子的确切颜色和（或）位置。

针对鱼类记忆的研究并不罕见。1908年，密歇根大学的动物学教授雅各布·赖格哈德公布了一项研究结果。在实验中，他给肉食性的笛鲷喂死沙丁鱼。有些沙丁鱼用颜料染成了红色，有些则保持原样。不管沙丁鱼颜色如何，笛鲷对两种鱼都是狼吞虎咽的。但是当赖格哈德往红色沙丁鱼的嘴里缝上会产生刺痛感的水母触手，以这种阴险的方式让沙丁鱼变得难吃时，笛鲷很快就不吃红色沙丁鱼了。20天后，笛鲷依然不会

碰红色的沙丁鱼。这个实验不仅证明笛鲷有记忆，还证明它能够感受到疼痛并从中吸取教训。

我最喜欢的鱼类记忆研究来自对鱼类认知特别感兴趣的生物学家克伦·布朗。他是《鱼类认知及行为》（*Fish Cognition and Behavior*）一书的编者之一，这本书促进了当下人们对鱼类思维能力认识的转变。

布朗从澳大利亚昆士兰州的一条小溪中收集了一些成年杜氏虹银汉鱼，并把它们带回自己的实验室。这种鱼因为身体两侧的鱼鳞呈现带状的万花筒般的鲜艳色彩而得名，成年虹银汉鱼体长约5厘米，布朗所抓的鱼介于1~3岁之间。他把鱼放进3个大鱼缸里，每个缸里大约放40条，之后给它们一个月的时间熟悉周围环境。

实验当天，他随机从鱼缸中取出3条雄鱼和2条雌鱼，并将其放进实验鱼缸。实验鱼缸装有皮带轮系统，能够拉着一张垂直放置的拖网沿鱼缸长边移动。拖网的孔径不足一厘米，这些鱼能够透过拖网清楚地看到另一边的情况，但自己的身体没办法穿过网眼。拖网中央有一个孔径为2厘米的略大的网眼，当拖网从鱼缸一端移动到另一端时，这个孔会给鱼提供逃生通道。

布朗给鱼15分钟时间适应新环境，然后用30秒的时间将拖网从鱼缸的一端拖到另一端，并在距离鱼缸壁2.5厘米处停下。之后他将拖网取下来，重新放到起始位置。这是一个完整的测试。随后同样的测试还会进行4次，相邻两次中间间隔2分钟。1997年，布朗对每组5条、共计5组鱼进行了实验，1998年，他又对这批鱼进行了另一次实验。

在1997年的试验中，虹银汉鱼在第一次测试时惊慌不已，毫无规律地四处乱冲，倾向于待在鱼缸的边缘，显然不知道怎么做才能逃离逐渐

靠近的拖网。它们中的大多数最终被困在玻璃和渔网中间。之后，它们的表现稳步提高，第五次测试时，每一组中的5条鱼都能从中间的孔洞里逃出来。

11个月之后，实验重新进行。中间这段时间里，这些鱼完全没有见过实验鱼缸和拖网，但在这次实验中，它们的恐慌程度明显比前一年低。它们在第一次测试时就能找到孔洞并从里面逃出来，其逃生率跟1997年最后一次测试的结果差不多。“看上去它们就跟没有中断地连续做了10次测试一样。”布朗这样告诉我。

11个月的时间几乎相当于虹银汉鱼三分之一的寿命。对于只发生过一次的事情，这段记忆时间可以说是相当长了。

鱼类能够记住很久以前事情的例子还有很多。研究表明鱼类会在长达一年的时间里避免咬钩，盖斑斗鱼在遭到捕食者攻击后的几个月里都会避免进入攻击发生的区域。除此之外还有很多逸闻趣事，比如一条叫作宾利的圈养苏眉鱼的故事。当习以为常的开餐锣声停用几个月后再次出现时，宾利仍然会立刻冲向投喂它最喜欢的枪乌贼和虾的地点。

生活和学习

记忆和学习的关系错综复杂，因为要记住一件事，必须首先了解它。“哺乳动物或鸟类展现出来的几乎每个学习成就，都可以在鱼类中找到类似的例子。”鱼类生物学家斯特凡·雷布斯这样写道。如果你想通过卖弄难懂的鱼类术语给别人留下深刻印象，可以试着飞快说出鱼类的以下几种学习行为：非联想式学习、习惯化、敏感化、假性条件反射、经典条件反射、操作性条件反射、回避学习、控制转移、连续逆向学习

和交互学习。

你能在YouTube网站上看到用响片训练金鱼穿过圆圈、把小球推进微型球门的视频。这是通过条件反射或联想式学习获得的技能。你可以在金鱼做目标行为的同时给它一个刺激，比如一道闪光，紧接着给它食物奖赏。这样鱼类很快就能学会将穿过圆圈和闪光奖赏联系在一起。最终，它们也能在闪光单独出现时穿过圆圈，哪怕没有食物，也会满怀希望地执行任务。人们也能用同样的响片训练法训练狗、猫、兔子和老鼠。

（只要稍有谦卑之心，我们就能意识到鱼是人类的俘虏，在上述这样的实验中，我们是处于掌控地位的一方。在很多实验中，我们并没有给鱼所需的多样、宽敞的空间，相反，它们生活在几乎可以说是荒凉的受限空间内，没有同类的陪伴，也几乎没有任何能够藏身的地方。如果动物获得食物的唯一方法就是把一个小球推来推去，那它很可能会这么做。如果我们处于类似的情景，大概也会这么做。但从另一个角度来说，这种方式比那些只给食物、没有其他任何“娱乐设施”的圈养方法更可取一些。）

用鱼缸养鱼的人经常说，他们的宠物似乎知道什么时候该喂食了。简单的圈养实验就能证实这一点。比如，克伦·布朗和他的同事早晨会在鱼缸的一端给埃氏短棒鲷（当地人把这种鱼叫作“主教鱼”）喂食，晚上在另一端给它们喂食。经过约两周时间后，这些鱼就会在适当的时间出现在适当的地点。金体美鲷和神仙鱼需要3~4周才能掌握这种所谓的“时间地点学习”。相比而言，老鼠学习所需的时间更少一些，大约是19天，而园林莺能够在11天之内学会包括4个地点、4个时间段在内的更复杂的内容。这些数字的说服力有限，因为在这些实验中，我们假定它们在不同时间对食物——学习实验中使用的激励因素——的兴趣一样。

但事实上，一般鱼类的进食频率（一天两次）比小型鸟类（每隔几分钟就进食一次）低得多，因此让它们保持对学习实验的动力更加困难，其学习速度也可能因此看上去更慢。

鱼类快速学习的能力，能用来提高人工孵化的鱼类在野外放生后极低的生存率。在圈养环境中长大意味着它们一直绕着圈游动、会定时获得食物，且没有面对过危险的捕食者，这和野外生存有着天壤之别。跟原本生活在野外的同类相比，它们缺少在现实世界中的生存技巧。为了给垂钓爱好者创造足够多的鱼群数量，全球每年会放生约50亿条人工养殖的鲑鱼，其中只有5%能活到完全成年。研究表明，人工繁育多代的动物会失去辨认捕食者的能力，而这可能是因为这一能力在圈养环境中并不会给它们带来任何生存益处。

但是，巴西米纳斯吉拉斯天主教大学的生物学家弗拉维亚·梅斯基塔和罗伯特·杨会让幼年的尼罗口孵非鲫接触锯脂鲤标本（标本会用透明的塑料膜包裹起来，以防向水中散发出特殊的气味），然后迅速用渔网抓住鱼缸底部的尼罗罗非鱼，很快，这些鱼就会将不愉快的被捕经历跟见到捕食者联系在一起。经过3次这样的实验后，尼罗罗非鱼见到锯脂鲤标本就会迅速向四处逃跑，以期用“散射效应”迷惑捕食者。经历过12次被捕后，之前毫无经验的小鱼会改变它们的反捕食策略，选择游到水面保持不动。对照组的尼罗罗非鱼不会被渔网捕捉，最初它们会避开锯脂鲤标本——这是鱼类见到新鲜的陌生物体后的典型躲避反应，但很快就直接无视它了。经过训练的鱼，在完成最后一轮训练75天后再次进行实验，有超过一半的尼罗罗非鱼仍然记得之前学会的技能。

跟大多数研究鱼类认知的实验一样，这些实验都是以硬骨鱼为对象进行的。那么板鳃亚纲鱼类（鲨和鳐）在学习方面的表现如何呢？早在20世纪60年代，人们就发现铰口鲨在辨别黑白实验中的表现与老鼠相

当，这两种动物在训练5天后都达到了80%的成功率。德米安·查普曼和海洋生物保育研究所通过回放实验表明，长鳍真鲨能够学会趁渔船关掉引擎时对它们进行侦查，因为关掉引擎意味着渔船捕到了鱼，而长鳍真鲨有机会在渔夫把鱼捞上船之前抢走猎物。这些行为表明长鳍真鲨也有智慧。

在针对软骨鱼解决问题能力的研究中，来自以色列、奥地利和美国的生物学家把难以获得的食物放到一种生活在南美洲的淡水鱼卡氏江面前。在野外环境中，这些卡氏江以泥沙中的蛤蚌、蠕虫等小动物为食，需要把它们从沙子里挖出来吸进嘴里。

在训练阶段，5只年幼的卡氏江很快就明白了一截20厘米长的塑料PVC管里有一块食物，并且学会了利用水形成吸力使食物块朝自己移动，并最终成功吃下食物。两条雌性卡氏江中的一条在所有测试中都成功地吃到了食物，这可能是因为先观察了其他卡氏江，然后才进行自己的第一次尝试。两天之内，5条卡氏江都掌握了这项技能。它们使用的策略并不一样。两条雌性卡氏江像波浪一样挥动鱼鳍使管内形成水流，从而让食物朝自己移动。三条雄性卡氏江有时候用这种方法，但更多时候会把自己的碟状身体当成吸盘，或者把吸水和挥动鱼鳍两种方法结合起来。（研究人员并不确定这种性别差异是巧合，还是恰好反映了这种动物在觅食方式上存在的性别差异。）

接下来，实验者增大了难度。他们在管子两头分别装上了黑色和白色的连接件。黑色连接件中有网眼，会把食物挡住，而白色连接件中没有网眼。每条卡氏江都经过8次测试，测试结束时，所有鱼都成功地从白色连接件一端把食物吸了出来。有趣的是，5条卡氏江都在这个阶段的实验过程中改变了策略。总体而言，它们都从使用一种方法变为同时使用两种方法。一条雄性卡氏江还试图向管子里喷水，把食物冲出来。

这些实验表明，卡氏江不仅具有学习能力，还能用新的方法解决问题。它们会用介质控制物体——在实验中表现为用水获取食物——这表明它们能够使用工具。更重要的是，能做到远离有强烈吸引力的线索（管子一端的食物气味），并从另一端尝试不是一件简单的事，这意味着它们必须对抗自己与生俱来的追随化学信号的冲动，这需要灵活性、认知能力和一点点决心。

可塑造的心智

你可能会认为，我之前提到的老鼠和铰口鲨学习行为中20%的失败率是一个相当可观的数字，一种动物必须达到百分之百的成功率才有可能被视为智慧生物。不过，跟其他动物一样，鱼并不在意自己的测试分数。它们并不是通过机械遵守固定生活模式而成功生存下来的，演化本身就要求它们灵活而好奇，敢于尝试新的角度，跳出条条框框（或者管子）思考问题。即使严格训练的鱼也会一直尝试其他方法，这在不断变化的真实世界中是一种非常有用的行为方式。它们周围一直存在暴风雨、地震、洪水以及人类入侵的威胁，灵活机动对它们来说不是坏事。

即便如此，我也并不认为多种多样的鱼具有同样的智力水平。不同个体难免有的聪明有的迟钝。况且不同物种的演化历程也不尽相同，挑战性更高的栖息环境自然要求生活在其中的动物有更敏锐的头脑。正如我们看到生活在不同沿海环境中的深虾虎鱼所反映的情况一样，大脑区域的不同大小以及与之相关的智力水平差异，都会体现在不同的个体身上。

印度喀拉拉邦圣心学院的K.K.希娜贾和K.约翰·托马斯提供的例

子，证明了生存环境中的挑战会如何影响动物的智力水平。在野外环境中，攀鲈既可以生活在死水中，也可以生活在活水中。研究人员分别从两条不同的印度溪流（活水）和两个附近的池塘（死水）中收集了攀鲈样本，并比较它们在迷宫学习能力方面的差异。想要走出迷宫，它们必须穿过鱼缸四面墙上的小门找到出路，而迷宫的出口处放着一块食物作为奖赏。

猜猜哪种鱼记路线记得更快呢？答案是生活在溪流中的攀鲈。它们经过4次测试就掌握了迷宫路线，而生活在池塘中的攀鲈平均要经过6次测试才能学会。而当研究人员在每扇小门旁摆了一小株植物作为视觉标记后，池塘攀鲈的学习表现几乎提高到和溪流攀鲈一样的水平，而后者的表现并没有明显改善。显然，视觉标记对池塘里的攀鲈来说是有用的，而生活在溪流中的攀鲈则忽视了这些标记。

希娜贾和托马斯对这些行为规律做出了简洁的解释。与池塘相比，溪流这种环境有更多变化，它会常年受到包括周期性洪水在内的水流因素的影响，因此借助石头、植物和其他标志记住移动路径并不是可靠的方法。最可靠的参照物就是自己。因此，生活在溪流中的攀鲈因为更依赖“自我中心线索”而不是视觉线索，无法在没有标记的迷宫中表现出色。相反，在池塘这种相对稳定的环境中，标记也更加可靠，因此记住标记会有所帮助。（有趣的是，研究发现的同一物种在种群水平间的差异也能证明演化正在进行。你可以想象，如果这两个种群很多代都不进行交配，那么它们最终会演化到无法成功进行交配的地步。到那时候，它们就成了两个完全不同的物种。）

正是因为鱼的智力具有可塑性，人们可以训练它们纠正我们不喜欢的行为，这在人工养殖环境中非常有用。负责迪士尼动物项目的动物行为管理部的经理丽莎·戴维斯向我描述了他们如何纠正军曹鱼的行为问

题。这些体形庞大的光滑鱼类能够长到1.8米长、78千克重。它们胃口特别好，如果在水族箱里生活，最后往往会超重。戴维斯照顾的军曹鱼也有这方面的问题，它们会在喂食时段打压其他鱼类。因此戴维斯和她的团队会训练军曹鱼游到鱼缸中特定的位置，在那里接受单独喂食。这个手段能让它们远离竞争环境，而其他鱼能够在6米以外的地方吃“自助餐”。其他鱼都能够吃饱，军曹鱼也能恢复到正常体重，双赢。戴维斯跟我说，“甚至连之前鼓出来的眼睛都回到了正常的位置”。

同样，当水族馆中的生物需要进行医务处理时，协作也是最好的方法。生活在香港海洋公园、亚特兰大乔治亚水族馆和奥兰多迪士尼“明日世界”主题公园中的蝠鲼和石斑鱼，都能通过正强化训练学会自己游到担架上被带走。利用正强化方法训练鱼类自愿参与到自己的护理和喂养过程中，更有益于圈养鱼类的生活，且能让其生活更有趣，或许还有利于打破我们对其智力水平的刻板印象。

到这里，我们发现鱼类并不是傻瓜，它们展现出了拥有智慧和精神生活的特征。但是它们是否拥有更高级的智慧能力，比如计划能力和使用工具的能力呢？

工具、计划、比猴还精

知识一路行来，智慧徘徊无依。

——阿尔弗雷德·丁尼生爵士

2009年7月12日，贾科莫·贝尔纳迪在太平洋帕劳群岛上潜水时发现了一些不寻常的事情，并且幸运地用视频记录了下来。一条鞍斑猪齿鱼冲着一个人埋在沙子里的蛤蜊吐水，把它挖了出来，并用嘴衔着带到近30米以外的一块大岩石旁。然后，这条鱼迅速甩头并选准时机及时松口，反复几次后，蛤蜊终于在岩石上摔开了。接下来的20分钟里，这条鱼用这种方法吃掉了3个蛤蜊。

贝尔纳迪是加州大学圣克鲁兹分校的演化生物学教授，也是公认的首位拍摄到能证明鱼类会使用工具的影像资料的科学家。不论从哪个方面来说，这都是值得关注的鱼类行为。长久以来，人们都认为使用工具是人类的独门绝技，直到过去10年间，科学家才开始认为哺乳动物和鸟类以外的动物也具有这种能力。

每次看贝尔纳迪的视频资料，我都会有新的发现。一开始，我并没有注意到这条野心勃勃的鞍斑猪齿鱼没有按照我们预想的方式，即从嘴里吐出水流从而让蛤蜊暴露出来。实际上，它背对着自己的目标，使劲合上鳃盖，就像我们快速合上书本时会鼓出风来一样产生水流。这种行为比使用工具更加复杂。这条鱼将一系列在时空上相互独立的灵活行为

按照逻辑顺序一一完成，简直就是个规划师。这样的行为会让人联想到黑猩猩把小树枝和草秆伸到白蚁穴中取食白蚁，或者巴西卷尾猴把表面平坦的巨石当作铁砧，在上面用重石块砸开坚硬的坚果，又或者乌鸦把坚果扔到繁忙的十字路口，等待红灯亮起时猛地俯冲下来捡拾那些被车轮碾碎的果仁吃。

猪齿鱼像海中明星一样吸引了很多围观群众。好几种鱼都游过来看它吹沙子的实况，其他鱼则在猪齿鱼游向岩石时迅速加入进来，就像希望获得好素材加以引用的记者。

游到一半时，这条猪齿鱼停下来试了试沙子上另一块小一点的岩石好不好用。它漫不经心地试着扔了几下，然后继续赶路，似乎觉得这块石头并不值得浪费时间。谁会看不出这一段小插曲恰恰反映了普通生命总是会出现错误呢？

对任何动物来说，这些都是了不起的认知技巧。鱼类已经掌握了这些技巧的事实，驳斥了那些至今仍被广泛接受，认为鱼只具备非常低级的动物智慧形式的猜测。即便这条特殊的猪齿鱼就像鱼类中的斯蒂芬·霍金一样稀有，它的行为也同样令人瞩目。

但是，贝尔纳迪那天看到的并非个例。科学家在其他鱼类身上也观察到了类似的行为，比如澳大利亚大堡礁的邵氏猪齿鱼，佛罗里达州沿海的黄首海猪鱼，以及水族箱中的鞍斑锦鱼。鞍斑锦鱼的鱼食大得难以一口吞下，又硬得很难咬成小块，因此鞍斑锦鱼就把鱼食带到鱼缸里的一块石头上砸开，就像猪齿鱼摔开蛤蜊一样。观察到这个现象的是波兰弗罗茨瓦夫大学的动物学家卢卡什·帕希科，他先后15次观察到了鞍斑锦鱼摔碎鱼食的行为，而且是鞍斑锦鱼被圈养几周后，他才第一次注意到了这种行为。他认为这种行为“惊人地一致”且“几乎屡试不爽”。

顽固的怀疑主义者指出，这种行为并不是真正的使用工具，因为这些案例中的鱼并没有用一个物体去控制另一个物体，和我们用斧头劈开木头或者黑猩猩用树枝抓取美味的白蚁并不一样。帕希科把鞍斑锦鱼的行为描述成“发挥了工具的作用”。但是这并没有贬低这种行为的价值，因为正如他所说，用其他工具摔碎蛤蜊或鱼食对鱼来说根本就是不可能的。一方面，鱼并没有能够抓握的四肢。另一方面，水的黏性和密度太大，因而使用其他工具（尝试在水下垫着岩石用它砸开胡桃壳）时难以产生足够的动力。而且鱼类使用其他工具的方法只能是用嘴叼住，但这也是不可行的，因为食物的碎片会漂走，被其他饥肠辘辘的动物吞食。

和猪齿鱼利用水冲走沙子一样，射水鱼也会借助水来觅食，只不过它们把水当作捕猎武器。这些生活在热带水域中，10厘米长且银色身体两侧长了一排漂亮黑斑的“射手”，主要分布在从印度到菲律宾，从澳大利亚到波利尼西亚的河口、红树林及溪流水域中。它们的眼睛非常宽大，而且十分灵活，能够产生双眼视觉。它们还长着令人过目难忘的反颌，可以起到类似枪管的作用。它们用舌头抵住上颌凹槽后突然收缩喉部和口部，就可以快速喷射出高达3米的水柱。射水鱼会埋伏在甲虫或蚱蜢栖息的叶片之下的死水中，从1米以外喷水射击，有些鱼几乎能做到百发百中。

这种行为十分灵活。射水鱼能用单发的模式喷水，也能像机关枪一样猛烈射击。它们的目标可以是昆虫、蜘蛛、小蜥蜴、生肉块、猎物模型甚至是观察者的眼睛，还会顺带把他们叼着的香烟给浇灭。射水鱼也会根据猎物的体形大小填装“弹药”，对于块头大、身体重的目标，它们就会用更多的水来射击。熟练的射水鱼还能瞄准猎物正下方的位置，让猎物直接跌进水中而不是掉在地上。

用水做弹药只是这些鱼众多觅食方法中的一种。大多数时候，它们

和其他鱼一样在水下觅食。如果猎物只在水面上方30厘米左右的位置，它们也可能采用更直接的方式，跃出水面一口咬住它。

射水鱼是群居动物，它们的观察学习技巧令人惊叹。它们超凡的捕猎技巧并不是与生俱来的，因此新手只有经过漫长的练习才能成功命中快速移动的目标。德国埃尔朗根-纽伦堡大学的研究人员研究了圈养在实验室里的射水鱼，发现缺乏经验的个体在目标以每秒1.3厘米的低速运动时也无法成功命中。但是观察了1000次其他射水鱼射击移动目标的尝试（包括成功的和不成功的）后，新手就能够成功命中快速移动的目标了。科学家得出结论，射水鱼能通过远处观察其他个体习得有难度的技能，这一行为被称作“视角取替”。与圈养黑猩猩把受伤的棕鸟放回树上并帮它重新飞翔相比，射水鱼学习射击并不需要同等的认知水平，但仍然是从另一个角度理解事物的方式。

高速视频记录显示，射水鱼会根据飞行猎物的速度和位置采取不同的射击策略。使用研究人员所说的“预测主导策略”时，射水鱼会根据昆虫的飞行速度调整喷水的运动轨迹。如果昆虫飞得快，它们就会朝昆虫前方瞄准。如果目标飞得低（通常距离水面不到18厘米），射水鱼就会采取被研究人员称为“转身发射”的策略。它会水平旋转身体，匹配目标猎物的横向运动轨迹，从而让喷射水流能够“跟踪”目标在空中的运动路径，这种技术恐怕连橄榄球四分卫都会佩服不已。

射水鱼还会根据光在水和空气交界面发生折射导致的视觉错位调整射击，判断猎物的大小以及自己与猎物的相对位置。总结出规律后，射水鱼就能从不熟悉的角度和距离判断物体的实际大小。我很好奇射水鱼是否也懂昆虫学，能够用眼睛辨别昆虫种类，从而判断它们味道如何、是否体形太大吃不了或者太小不值得费劲，又或者是不是会蜇伤自己。

很有可能射水鱼喷射水流的历史跟人类投石的历史一样长。说不定早在铁器时代，人类的祖先开始在铁砧上敲打热金属之前，猪齿鱼就已经在用石头砸蛤蜊了。但是鱼能否像人一样，在面对意料之外的情况时主动发明工具呢？2014年5月的一项研究中提到，用于水产研究而圈养的大西洋鳕能够发明新的工具。研究中，每条鱼的背鳍后部都固定了一个彩色塑料标签，方便研究人员辨认。鱼缸里有自动喂食器，只要拽一下末端绑了小环的绳子就能启动。鳕鱼很快就学会游到小环旁边，把它衔在嘴里用力一拽，等待机器放出来一点食物。

显然有些鳕鱼意外发现只要把小环挂在自己的标签上，然后游一小段距离就能启动机器。这些聪明的鳕鱼经过成百上千次“实验”反复练习这项技术，它也成为一系列精确调控且有明确目的的协调运动。这印证了鳕鱼行为的精确性，因为用新方法获取食物会比用嘴启动机器快不到一秒。它们能像例行公事一样跟一台没见过的机器互动从而喂饱自己已经非常令人震惊了，但有些鱼还能用自己身上的标签想出新方法，这表明鱼类的行为具有灵活性和创造力。

就人类目前所知，使用工具的现象似乎仅局限在有限的几种鱼当中。克伦·布朗指出，隆头鱼的智力水平在鱼类中的地位相当于灵长类动物在哺乳动物中的地位，以及鸦科动物（乌鸦、渡鸦、喜鹊和松鸦）在鸟类中的地位——而这些动物使用工具的能力都高于同类平均水平。也许生活在水下使用工具的机会比在陆地上少。不过，我们知道的猪齿鱼（隆头鱼科成员）和射水鱼，能够证明演化会包容那些解决问题的创造性方法，而且也证明可能还有很多鱼类拥有相同的能力。

狗脂鲤算不算其中之一呢？

形势逆转

鸟类潜入水中捕鱼吃的历史已经有数千年了。鸬鹚、鸮、塘鹅、燕鸥和翠鸟都是鱼类长羽毛敌军中颇为惊人的成员。塘鹅体长超过1米，体重可达3.6千克，能够从15~30米的半空中俯冲下来，收起翅膀入水前的速度高达每小时96千米，能够潜入18米深的水下，用尖尖的喙捕鱼吃。

不过有时，形势也会逆转。

2014年1月，科学家在南非林波波省叙罗达水库的人工湖上，用影像记录下了之前当地人声称出现过的现象。三只家燕掠过水面时，一条狗脂鲤一跃而出，在半空中将其中一只一口咬了下来。

狗脂鲤身体呈卵圆形，表面覆盖着银色的鳞片，是生活在非洲淡水水域中的捕食者。狗脂鲤包括几个物种，最大的一种能达到68千克重。狗脂鲤也叫虎鱼，因身体两侧有水平条纹，口中长有几排巨大、尖利的牙齿而得名。它们往往被渔夫视为重要的垂钓品种。

捕食燕子并不是偶然现象。发表这篇论文的研究小组指出，每天会发生20多起捕燕事件，也就是说在15天的调查期间，有多达300只家燕去见了上帝。

让我们来仔细想想这件事。燕子以其速度和灵活著称，它们是在飞行中捕食昆虫的鸟类。这些鸟在突然变成狗脂鲤的盘中餐之前，飞行速度至少在每小时32千米以上。我很难想象一条没脑子的鱼能成功抓住飞行中的燕子。如果没有事先盘算好，就算是一百万次满怀希望地跃出水面，也未必能抓到一只燕子。即使狗脂鲤紧贴着水面，在鸟类靠近时笔直起跳，就像噬人鲨跃出水面抓住海豹一样，恐怕这条鱼冲到空中的时

候燕子早就飞走了。但是成功捕到燕子的视频记录显示，狗脂鲤并不是垂直起跳的。相反，燕子是从后面被伏击的。在视频中，狗脂鲤从燕子正后方以极快的速度起跳，并在落回水中之前追上了燕子。

这四名生态学家描述了狗脂鲤使用的两种不同攻击方法。一种是贴着水面紧紧跟在燕子身后，然后突然跃起抓住它。另一种方法是直接从约45厘米深的水下向上发起攻击。第一种方法的好处在于狗脂鲤不需要考虑水面光线折射导致的影像偏移，即从水下看，燕子的位置比实际靠后。但这种方法的缺点是会折损出其不意的感觉。显然，至少有一些鱼学会了调整折射造成的角度偏差，不然第二种方法也就不会成功了。

对于这种行为，我心里有很多疑问。狗脂鲤是从什么时候开始出现这种行为的？这种行为是怎么产生的？它如何在狗脂鲤种群中传播？燕子为何没有做出远离水面飞行等躲避动作呢？

我决定直接向狗脂鲤捕食鸟类论文的第一作者，即南非彼得马里茨堡夸祖鲁-纳塔尔大学生命科学学院的淡水生态学家戈登·欧布莱恩发问。“叙罗达水库里的狗脂鲤建立种群的时间还不长，它们是由20世纪90年代晚期林波波河下游的狗脂鲤繁衍而成的。因此可以说这个种群非常年轻。”欧布莱恩回答说，“尽管狗脂鲤在大部分地区过得都还不错，但由于人类活动的影响，南非境内的狗脂鲤数量正在下降。因此，它已经被列入了南非的物种保护名单，正在引入人工栖息地。”

我问欧布莱恩捕鸟行为是如何产生的。他解释说，从狗脂鲤的角度来讲，这个水库相当小，他相信种群是被逼无奈，要么做出改变，要么等待死亡。他和同事发现，2009年这一行为被最早记录下来时，很多体型较大的狗脂鲤身体状况都非常差。

对于捕鸟行为如何在狗脂鲤种群中传播的问题，欧布莱恩也有不少想说的：“这似乎是一种习得的行为。体形较小的个体并不是种群中的佼佼者，它们更喜欢用‘水面追击’的方法伏击，而不是从水下更深的地方发起攻击，因为一旦选择了后者，这些个体就必须纠正折射造成的偏差……我们知道狗脂鲤是非常爱投机取巧的，它们容易被其他个体的活力所吸引，这种情况下，它们就会开启疯狂竞争的进食模式。当燕子成群结队迁徙回来时，场面十分壮观，我认为就是在这段时期，幼年狗脂鲤学会了捕食。”

食鸟行为并非狗脂鲤独有。大口黑鲈、狗鱼和其他捕食性鱼类，在极少数情况下，也会跃出水面捕捉栖息在附近芦苇上的小型鸟类。最近人们在法国南部的塔恩河拍到了大鲇鱼捕捉在河边浅滩饮水的鸽子的场景，它们会暂时跳上岸让自己搁浅，就和虎鲸捕捉海狮时所用的伏击方法一样。

这些鱼做出食鸟行为，不大可能是因为炫耀，它们确实是走投无路。叙罗达水库是1993年建成的人工栖息地，狗脂鲤也是以扩大种群为目的被引到这里的，但在南非其他地区，狗脂鲤的数量在逐步减少。之前的研究表明，叙罗达水库的狗脂鲤明显会比当地其他狗脂鲤花更多时间觅食（超出多达3倍），这可能正是湖内食物短缺造成的。这种行为甚至会让狗脂鲤成为这一地区十分常见的非洲鱼鹰的猎物。塔恩河流域出现的鲇鱼捕鸽子的现象可能也是由类似的困境造成的。1983年，鲇鱼被引入塔恩河并在此栖居。不过正常情况下，鸽子并不在鲇鱼的食谱上，它们之所以要抓鸟吃，可能是因为鲇鱼经常捕食的小型鱼类和螯虾在这一流域数量很少。如果说创新的动力来源于必需品短缺，那么这个道理对鱼类同样适用。

公布叙罗达水库发现的论文作者，引用了认为狗脂鲤会捕食鸟类的

生物学家在1945年和1960年发表的南非其他地点类似发现的研究笔记。可能一条大胆的狗脂鲤幸运地捕捉到了毫无防备的燕子，之后反复练习，造就了精湛的技艺。之后，这种行为通过观察学习在种群内传播开来——毕竟对射水鱼的研究表明鱼类非常擅长观察学习。

无论捕食鸟类的行为是如何出现的，它都是一种可以灵活调整的认知行为。它具有投机性，因为狗脂鲤这种动物一般情况下不会出现捕鸟行为；它需要经过练习，执行起来也需要技巧（毫无疑问，狗脂鲤捕鸟未遂的情况很多）；而且几乎可以肯定，这种行为是通过观察学习扩散开的；狗脂鲤捕食鸟类的方法也不止一种。

至于燕子为什么还没有学会远离水面飞行从而躲避狗脂鲤，可能有以下几种原因：燕子根本就没有意识到自己会被鱼抓住，靠近水面飞行比较节省体力，大多数昆虫都在水面附近。要说这些鸟丝毫没有察觉到危险也有些牵强，毕竟它们不太可能没有注意到水里突然杀出的一条大鱼吃掉了附近的同伴。有可能被鱼抓走非常罕见，而在水面附近觅食的好处又太多，燕子才没有放弃低空飞行。

鱼和灵长类动物

如果鱼有创新能力，能够学会费力且危险的捕食方法，那它们是不是也能解开人类设计的时空难题呢？假设你现在饥肠辘辘，而我手中有两块完全一样的比萨。我告诉你左手上的这一块比萨两分钟之后就要被收走了，而另外一块则一直都在。你会先吃哪一块呢？如果你饿得能吃下两块，肯定会先吃左手上的那一块。

好，现在假设你是一条鱼，具体来说是一条裂唇鱼。你面前有两盘

除了盘子颜色以外完全一样的食物。如果你先吃蓝色盘子里的，那么红色盘子就会被拿走，如果你先吃红色盘子里的，蓝盘子还在原地，可以吃到两盘。我们没办法直接告诉一条鱼那盘红色的会先被拿走，因此鱼必须通过经验获取这一信息。科学家在另外3种聪明的灵长类动物，即8只卷尾猴、4只红猩猩和4只黑猩猩身上做了类似的实验。

你觉得哪一种动物的表现会更好呢？如果答案是猿猴，那你就吃不到比萨了——因为鱼类解决问题的能力比上述任何灵长类动物都强。参加实验的6条成年裂唇鱼都学会了先吃红色盘子里的食物，而学习过程平均只需要45次试验。相比而言，只有2只黑猩猩在100次试验以内（分别是60次和70次）解决了这个问题。剩下2只黑猩猩和所有红猩猩、卷尾猴都没能学会先吃红色盘子里的食物。然后研究人员对实验设计进行了修改，以便帮助灵长类动物学习，之后所有卷尾猴和3只红猩猩在100次试验内学会了这一行为，另外2只黑猩猩还是没能学会。

在这之后，由德国、瑞士和美国的10位科学家组成的研究团队，让成功学会任务的个体接受相反的实验，即互换了两个盘子的角色。突然出现这样的变化，实验对象都显得很不适应。只有成年裂唇鱼和卷尾猴在100次试验内学会了先吃蓝色盘子里的食物。

研究人员对几条幼年期的裂唇鱼也做了同样的实验。它们的表现比成年鱼差很多，这也表明这种能力必须通过学习获得。其中一位研究人员拉德万·什里甚至用自己4岁大的女儿做了实验。他设计了类似的“觅食”实验，把M&M巧克力豆分别放在会被拿走和不会被拿走的盘子上。100次试验之后，她都没有学会先吃会被拿走的盘子里的巧克力。

据此，研究人员得出了关键的结论：“裂唇鱼表现出来的那种老谋深算的觅食决定，并不是拥有复杂、有条理的大脑的物种能轻易学会

的。”但是这些技能并不是没有来由的。裂唇鱼先吃哪一盘的精明决定，跟野外环境中的清洁鱼挑选哪位礁石鱼类客户的决策非常相似。这个实验设计恰好就是对这种情况的模拟。如果这种行为对某个物种的生存至关重要，那么这种动物很可能会十分擅长此道，而跟脑容量毫不相关。

清洁鱼以其他鱼类身上掉下来的食物残渣为食，由于清洁鱼并不清楚这些鱼之后要去哪里做什么，因此必须留意自己的“衣食父母”的行为。香蕉不会忽然消失，但是短暂停留的需要清理身体的鱼会。清洁鱼也有机会进行大量练习。即使是在相对清闲的日子，清洁鱼也会为上百个鱼类客户服务。而业务繁忙的时候，它们眼前一天会有2000多个各种各样的客户游过，其中一些是住在这块珊瑚礁的常客，另外一些（可能是其他物种）只是恰好经过的游客。清洁鱼能够辨别出两种客人，并且会首先服务那些如果没有立刻迎上去就可能会游走到其他地方接受其他清洁鱼服务的客人，而常客一直都在。红盘子、蓝盘子。

如果你跟我一样，就会为灵长类动物在我们看来并不困难的智力难题中败下阵来而感到失望。“猿猴并不成功的表现出人意料，这似乎是因为它们被这项任务弄得心灰意冷了。”作者写道。但原因肯定不是它们蠢，类人猿是出名的解谜高手，有些谜题甚至比人类解得更快更好。比如，面对数字随机分布在电脑屏幕上的这种空间记忆任务，黑猩猩的表现远远好于人类。它们也会利用有关浮力的阿基米德原理，把放在透明细管子底部的花生取出来。它们没办法移动花生或把手伸进管子里，因此会找到附近的水源，含一口水，然后吐进管子里，直到花生浮到它们能够到的位置。有些机智的黑猩猩甚至会直接往管子里尿尿。红猩猩能够记住自己生活的森林中成百上千棵果树的位置，以及哪些树什么时候会结果子。它们的逃生能力也声名赫赫，它们会撬锁，甚至还会引诱

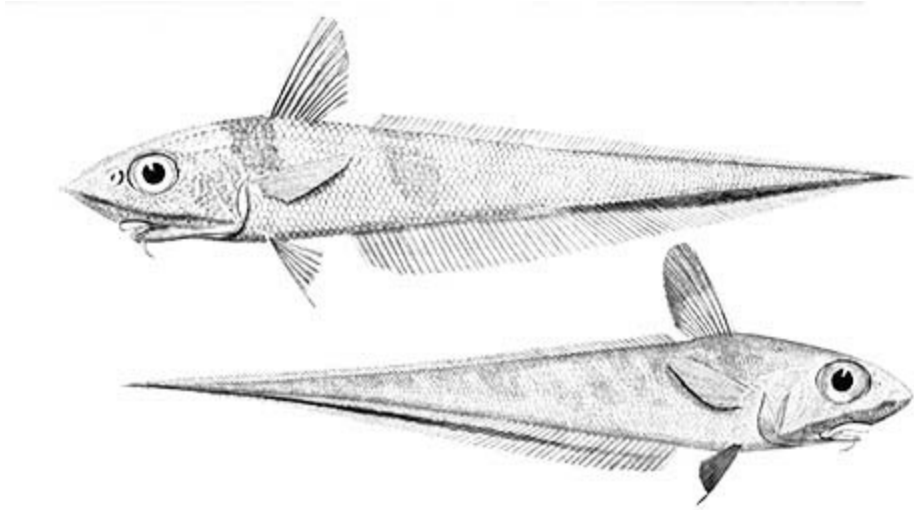
管理员把钥匙交出来。

但这是两类不同的技能。裂唇鱼的技能对灵长类动物来说可能也没什么用，毕竟它们一出生就过圈养生活，每天有人规律喂食，也不会出现把食物拿走的情况。相反，裂唇鱼来自野外，它们必须自谋生计。

鱼类在某些智力任务上击败灵长类动物的事实，再次提醒我们脑容量、体形大小、长皮还是长鳞以及人类在演化历程上的优势地位等因素都不是评判智力的硬性标准。鱼类证明智慧是多种多样的，且与生存环境紧密相关，它不是固定的，而是一整套能够灵活调整的能力。多元智能理论的概念之所以诱人，原因之一就在于它能够解释为什么一个人可以成为优秀的艺术家或出色的运动员，却不擅长数学和逻辑。它也降低了我们以前给“智力”这个概念赋予的重要性，人类根据自身能力定义了智力，但这个概念对我们自己来说都显得有些狭隘。

到目前为止，我们所讨论的大部分内容都是鱼类个体的行为。但是选择独居生活的鱼类很少，大部分鱼都是社会动物，因此，研究鱼类社会能够揭示出鱼类更多不为人知的侧面。

第五章 鱼的社交



真正的朋友未必相识最早，却一生不离不弃。

——佚名

并肩浮游

我们这些长着异国面孔、说着异国语言的人必须团结起来。

——C.J.桑塞姆

粗略扫一眼在珊瑚礁附近游动的鱼群，你可能会觉得它们不过就是一群无组织无纪律的乌合之众。但如果你仔细观察，就会发现它们选择和谁一起是有讲究的。作为动物行为学家，我在世界各地观光旅行的过程中见过生活在各种各样环境中的鱼，既有人工喂养的，也有野生的。从佛罗里达到华盛顿、墨西哥，我看到过鱼类以形形色色的方式聚集成群，一起行动。在佛罗里达州南部的比斯坎湾和基拉戈岛附近浮潜时，我遇到了几十种鱼。有些鱼独来独往，比如在海滩浅水处从我身边游过的鱼，还有悬在礁石上方一动不动的金梭鱼。不过大多数鱼都会和同类一起行动。大西洋柱颌针鱼会集结成小群停在靠近海岸、靠近水面的地方。黄线仿石鲈会聚集成紧密的鱼群，随着波动的水流摇曳漂荡。18只紫鹦嘴鱼组成的鱼群悠闲地在水底慢慢游动，咬珊瑚礁时发出咯吱咯吱的声音。黄敏尾笛鲷虽然社交活动较少，但我从未见过这种鱼单独行动。尽管多个物种组成的鱼群很常见，但鱼显然能够认出自己的同类，也更喜欢跟同伴待在一起。

这种与谁同行的偏好在水族馆这种圈养环境中就表现不出来了，因为那里每个物种的个体数量都更少。在参观位于华盛顿的史密森学会自然历史博物馆时，我在一个活的珊瑚礁展品前停下了脚步。这个水族箱

中生活着大约20种不同的鱼以及少量无脊椎动物：虾、海胆、海星和海葵。里面有一对黄高鳍刺尾鱼，这种鱼通体都是柠檬黄色，身体就像是长了尖嘴的碟子，《海底总动员》中那只叫作泡泡的鱼就是黄高鳍刺尾鱼。这两条鱼紧挨着彼此，从来不会分开超过5厘米。两条雀鲷反复轮换着冲到水面上吞一口空气，然后立刻返回水下。另外一对雀鲷在附近从容地游动，彼此间保持几厘米的距离，和对方动作一致。里面还有两群小丑鱼，其中一对在靠近水族箱底部的海葵触手中安了家，另外三只在水面附近游动。在我面前的是一个有组织的群落，由社会性自主生物构成。尽管人工喂养的鱼类不能决定跟谁生活在一起，但它们仍然成功地形成了和谐共处的关系，这让我钦佩不已。

水族箱里的情况刚好能够生动地证明鱼类也有社交生活。它们会一起游泳，能通过视觉、嗅觉、声音和其他感官识别另一个个体，也能够自主选择伴侣，还会合作。

鱼类的基本社会单元是鱼群，即一群聚集在一起、有互动、有社交行为的鱼。鱼群中的鱼知道彼此的存在，并且会努力待在鱼群中，但它们各自游动，同一时间不同个体的游动方向并不一样。有的鱼群组织更加严格，这种鱼群中的鱼游动起来更有秩序，所有鱼都以相同的速度朝相同的方向前进，彼此间保持相对恒定的间隔。鱼类往往在觅食的时候组成一般形式的鱼群，就像我之前提到的紫鹦嘴鱼那样，而更有组织的鱼群形式往往出现在赶路的时候。一百万条沙丁鱼一起沿着亚得里亚海岸迁移时，就会形成高度组织化的鱼群。这种鱼群的规模更大，维持时间也更长。

2015年，我和女友在波多黎各西部海滨浮潜时，曾近距离观察到一大群高度组织化的鱼，有可能是大西洋青鳞鱼。正当我们盯着身体下方几米处可爱的珊瑚礁颜色的鱼群看时，忽然发现自己置身于一大团小小

的银灰色鱼群中，它们正沿着海岸往北移动。每条鱼的颜色和大小都跟金属指甲锉差不多，相邻的鱼保持着约8厘米的间距。它们的大眼睛中闪着一丝担忧，依靠尾巴不停地迅速摆动向前，显得十分认真。因为当天有风，水下能见度比平时低，而这个鱼群中个体的数量和密度也很大，导致我们完全看不到它们上方的任何东西。我们就这样淹没在了鱼群里。我转身跟它们一起游了几秒钟，明明自己在游动，但处在周围环境中却是相对静止的，这种感觉很奇妙。它们看上去丝毫没有受到出现在它们中间的两个长相怪异的好事猿猴的影响。我瞥见深海方向的银色闪光，那是正准备伏击它们的更大鱼类的身体侧面。一分钟过去，这些小小的过客突然消失，就像它们出现时那样，继续自己北上的旅程。

为什么鱼会形成这样的高度组织化的大鱼群呢？生活在鱼群中的鱼行动更加方便，能更快发现捕食者，可以共享信息，且规模效应也会让鱼的力量和安全性大增。很多鱼同时向一个方向移动时会形成一股水流，这样鱼群中的成员就能节省体力，就像自行车队能够降低风阻一样。有证据表明，迁徙中的鱼类身体表面分泌的黏液能够减小摩擦，针对大西洋棘白鲷的研究表明，这种效应能够将移动效率提高60%。但随后针对从野生环境中捕获的大西洋美洲原银汉鱼的研究，却对这种降阻效应提出了质疑。研究人员向鱼缸中加入人工合成的降阻剂，其剂量远远超过一万条银汉鱼在自然条件下分泌出的黏液量，但他们发现鱼类在这样的鱼缸中游动时，摆尾频率并没有下降。

大型迁移鱼群中的鱼彼此并不相识，但是一般鱼群中的鱼很熟悉对方。研究发现，彼此熟悉的鱼组成的鱼群，比其他鱼群的行动效率更高。彼此熟悉的胖头鱼群的凝聚力更强，行动起来气势更足，出现不畅的情况更少。彼此相熟的鱼所组成的鱼群能更多地监视捕食者，其中一两条鱼会通风报信，避免附近的捕食者突然发动奇袭。

虽然都是处在同伴的环绕中，但鱼群中的不同位置还是有好坏之分。剑桥大学的鱼类生物学家廷斯·克劳泽做实验的时候发现，20条大头欧雅鱼（一种米诺鱼）组成的鱼群在不受干扰的时候，并不会表现出位置偏好。而当克劳泽在水中加入鱼类的警戒信息素后，大头欧雅鱼突然表现出了强烈的位置偏好，它们更希望和和自己体形相当的个体旁边待着。体形较大的大头欧雅鱼位于鱼群中央，而体形较小的则调整到捕食者更有可能攻击的危险外围。克劳泽没有发现它们有任何进攻的迹象，但鱼类就是莫名其妙地知道该待在哪里。

调整鱼群中的个体位置并不是鱼群唯一的反捕食策略。仅仅是身处群体当中的混淆效应，就可能会降低个体被捕食的风险。比如捕食其他鱼类的鲈鱼、狗鱼和银汉鱼就很难从大鱼群中捕捉到猎物。捕食者到底是怎么蒙的我们并不清楚，不过有一名生物学家把困惑的捕食者比作走进了糖果商店的小孩，因为眼前的各种糖果眼花缭乱，他反而无法决定该选哪一个。

同一种鱼组成的鱼群在视觉上具有高度一致性，能够增强混淆效果。一群米诺鱼中，用墨汁做了标记的个体更容易受到狗鱼的攻击。难怪黑色或白色的花鲮在面对黑白两色的鱼群时，会选择加入跟自己颜色一样的那组。鱼类倾向于选择没有寄生虫的鱼群而不是受大量寄生虫困扰的鱼群（这些鱼的身上有着明显的黑斑），这可能也是因为这样自己在鱼群当中不会太过显眼。

除了数量带来的好处外，鱼群在集体行动时，能通过更多主动的方式降低个体被捕获的概率。正在逃跑的鱼群会使用喷泉策略，分成两群快速从捕食者身体两侧游过，然后在它身后汇合。如果捕食者掉过头来，鱼群会再次使用同样的策略。虽然捕食者速度更快，但猎物身体更加灵活，如果游动方向相反，猎物就更容易躲避捕食者。喷泉策略就利

用了这样一个事实。这种行为要求鱼群中的个体与同伴快速配合，同样的行为在迅速改变飞行方向的鸟群中也能见到（尽管个体之间会稍有延迟）。

喷泉策略的一个壮观变体是快速膨胀，也就是鱼群受到攻击时，所有鱼都会迅速从中央向外游动。鱼群的直径能在0.06秒的时间内迅速扩张为原本的10~20倍。尽管这种行动速度极快，但鱼群中的个体并不会相互碰撞，因此有人推测它们一定有能力知道鱼群要向哪个方向游动。

针对秀体底鳉的研究表明，它们能根据环境形成不同大小的鱼群。行为生态学家推测，较大的鱼群能更好地抵挡捕食者的攻击，而小鱼群由于竞争更少，更适合觅食。同时给卵生鳉鱼食物和警示信号时形成的鱼群，大于单独给食物时的鱼群，小于单独给警示信号时的鱼群，可能也是同样的原因。[\[38\]](#)

鱼群中间谁是谁

如果不仔细看，鱼群中的每一条鱼看起来都差不多，我们当然也会怀疑它们能否分清楚彼此是谁。事实上，它们不仅能分清楚，而且瑞士纳沙泰尔大学的鱼类行为研究组组长拉德万·什里表示，根本没有听说过哪个研究表明发现它们认不出彼此。鱼类能够利用发达感觉体系中的一种或多种感官识别鱼群中的个体，或者从其他物种当中认出自己的同类。在人工喂养的环境中，有些鱼类，比如真，经过训练后仅凭嗅觉就能认出其他鱼类，而在野生环境中它们可能需要依靠其他感官信息才能判断。正如我们所知，鱼类也能够认出其他鱼类中的不同个体，比如清洁鱼能够准确分辨它的客户。

克伦·布朗研究了鱼类的个体识别行为。他非常想知道对于一条鱼来说，与谁为伴是否重要。答案是肯定的。经过10~12天，孔雀鱼就会熟悉和它一起生活的新伙伴，能认出至少15个同伴。这种技能有什么用呢？用处之一就是，孔雀鱼和狼、鸡、黑猩猩一样，都会建立社会等级，因此了解一个个体的社会地位是很有必要的。聪明的孔雀鱼知道什么时候可以利用更高的社会地位欺负等级低的鱼，以及什么时候要服从地位更高的鱼，以免自己吃苦头。

不仅如此，孔雀鱼作为旁观者时也能充分利用这些信息：如果一条孔雀鱼见过另外两条孔雀鱼打斗，它很可能在输的一方面前表现得非常强势。同时，参与打斗的雄性孔雀鱼也能清楚地知道是哪些鱼在围观，或者至少对观众的性别一清二楚。如果围观的是雌性，它们就会对自己的攻势加以控制，因为雌性不喜欢和攻击性强的雄性交配。但是如果围观的是另一条雄鱼，它们就丝毫不会手下留情。等级较高的鱼也需要个体识别能力，而这些观众效应就能够推断出不同个体的地位高低。比如，生活在非洲东部淡水中的一种叫作伯氏妊丽鱼的丽鱼在实验中就表现出了推断能力，如果A鱼比B鱼的地位高，而B鱼比C鱼的地位高，那么它就能推断出A鱼的地位一定比C鱼高。

鱼类个体的身份信息也有其他用处。以真为实验对象的研究显示，它们能分辨出鱼群中不太会争夺食物的个体，且更愿意跟它们来往。如果把个体从之前的鱼群中分离出来，它们会更倾向于加入鱼缸中觅食效率较低的那一组。蓝鳃太阳鱼也会做这种事，或许很多其他种类鱼也是如此。

鱼类能够认出另一条鱼是一码事，但鱼能认出不同的人吗？无数鱼类爱好者都能证明鱼确实会记得照顾过自己的人类。参与加州里弗赛德市生物监测项目的生态学家罗莎蒙德·库克给我讲了这样一个例子：

1996年到1999年，我在科罗拉多州立大学渔业和野生生物系读博士后。学生们在我办公室附近的走廊里摆了一个淡水鱼缸，里面养着一条很小的口黑鲈。暑假时学生纷纷离校，没有人留下来照顾这条鱼，于是我提出可以帮忙。几周过后，我发现只要我一靠近鱼缸，这条鱼就会急切地游到玻璃面前并浮到水面上。我觉得它应该是认出我了。我跟一位渔业学教授说起此事，他斩钉截铁地告诉我，鱼是认不出人类个体的。

转眼到了秋天，走廊上又挤满了学生，我继续观察着这条鲈鱼的行为。有时我会在走廊另一边悄悄观察，但我从来没有见过它对其他人有反应。但是每当我走近鱼缸的时候，它就会过来迎接我，甚至当我还在3米开外被其他人围着的时候也是如此。除了它认识我，而且能从人群中认出我以外，我找不到其他解释。

库克对我说，后来她把这条鲈鱼放生到了大学的池塘里，那里禁止垂钓。

2014年4月，我有机会跟美国鱼类及野生动物局的前员工聊了一天，他当时正用渔网从波托马克河的死水区中捞出一些米诺鱼，并将其放在盛了水的桶里。这些小鱼是他多年喂养的大口黑鲈的食物。“有时我也会从PetSmart[\[39\]](#) 买一些喂食用的金鱼，”他说，“不过这个更便宜。”

由于听了罗莎蒙德·库克和其他鱼类爱好者不计其数的故事，我问他觉得自己养的鲈鱼能不能认出他。

“当然能了。是我喂的它，我老婆和女儿在房间里的时候它根本就不闹。但只要我一进去，它就会游到离我最近的鱼缸一角，像小狗一样摇起尾巴。”

鱼类认人的传闻是否有科学依据呢？根据人们对射水鱼的研究，鱼类真的能认出人类。研究人员把两张人脸图像摆在射水鱼面前，它们很快就能挑出有食物奖赏的那一个。

边境巡视

识别其他个体的能力对于保卫自己觅食的一亩三分地非常有用。占地盘这种行为在鱼类中非常常见，它们往往会用各种方式向越界者表达“你走开”这个意思。它们会张开鱼鳍和鳃盖让自己显得更魁梧，会原地不动做些夸张的动作，会用嘴巴发出爆破音、改变颜色、追击对方甚至使出直接上嘴咬的绝招。

我曾在几年前动物行为协会举办的某场会议中听过一次极棒的讲座。讲座的主题是“如同出自鲁德亚德·吉卜林[\[40\]](#) 作品集的故事”。其中，蕾妮·戈达尔对黑枕威森莺的研究改变了我对小型鸟类智力的看法。这种不到14克重的鸟有着极为出众的方向感，它们每年都要在美国东部和中美洲之间迁徙，而且每次都会回到自己曾经栖息的那一小片区域。这种五颜六色的鸟儿，能通过鸣叫和不断巡视重新建立起自己的领地。

值得注意的是，戈达尔发现雄性黑枕威森莺每一年都能记住熟悉的邻居。她给雄鸟回放这些邻居的叫声时，发现只要其他雄鸟的叫声是从它熟悉的地方传来的，实验对象就不会有异常反应。但是，如果她把音

箱稍加移动，让声音从实验对象领地的另一侧传来，这些鸟就会紧张，就好像你隔壁的邻居出人意料地站在马路对面的房子前跟你打招呼一样。

这种鸟看上去个头小巧，却依然能在8个月后记得同伴的叫声，并且能将特定的叫声与特定的位置联系起来。这种能力令人称奇。你可能会好奇这跟鱼有什么关系。下面我们就来聊一聊漫游眶锯雀鲷。

雀鲷包括约250种五彩斑斓的小型鱼，它们生活在大西洋和印度洋-太平洋的热带海域中，因《海底总动员》而广为人知的小丑鱼就是雀鲷科的成员。尽管雀鲷的名字看上去温文尔雅，但这种鱼在保卫自己珊瑚礁中的地盘时非常骁勇。我曾在波多黎各珊瑚礁附近潜水时多次看到副金翅雀鲷从自己栖息的小洞中冲出来追赶离自己太近的大鱼。

那么，漫游眶锯雀鲷能否像戈达尔发现的黑枕威森莺一样辨别自己的邻居呢？在戈达尔开始对黑枕威森莺进行研究的几年前，罗纳德·思雷舍就在研究这一问题。思雷舍当时是迈阿密大学海洋科学专业的博士后，他决定将生活在巴拿马海滨附近珊瑚礁上的漫游眶锯雀鲷作为研究对象。

他想到了一个简单有效的方法，用来比较不同漫游眶锯雀鲷对其他鱼入侵领地的反应。他会首先辨认出不同领地的主人，然后把与之相邻领地上的“邻居”和生活在至少15米外的“陌生者”都抓来。接下来，他把邻居放在一个透明的3.7升的大瓶子里，把陌生者放在另一个同样的瓶子中。之后，他双手各拿一个瓶子，从邻居的领地开始，把瓶子慢慢移向“领主”的领地。

思雷舍对不同雄性漫游眶锯雀鲷做了至少15组实验，记录领主鱼什

么时候会发起攻击，以及对这两个不明智的闯入者的攻击是否有差别。他也用类似的方法测试漫游眶锯雀鲷对同一属、亲缘关系相近的其他眶锯雀鲷，以及亲缘关系更远的蓝刺尾鱼的不同反应。

事实证明，领主鱼对陌生者和邻居的反应截然不同。它会对陌生者发起猛烈攻击，用力撞向瓶子，努力打破令它困扰的屏障并试图狠狠咬住对方。但是，它根本就不会理会旁边瓶子里的邻居。当把邻居和陌生者换成其他物种的雀鲷或刺尾鲷时，领主鱼就分辨不出两者了。

思雷舍所做的同伴实验表明，这些雀鲷能通过体形大小，尤其是花纹的细微差别来辨别生活在周围的邻居。实验中用到的所有鱼最终都被放生到了原来生活的领地，研究人员希望它们能够在珊瑚礁上重新建立自己的幸福家园。

没有人验证过雀鲷能否像黑枕威森莺一样，在很久之后依然记得自己的邻居。也许它们不需要这项技能，因为它们并不需要迁徙。但假设它们可以，我也丝毫不会觉得意外。

和刺尾鱼一样，有些雄性驼峰大鹦嘴鱼也有领地意识。这些鱼因长了球形的骨质额头而得名，它们是生活在珊瑚礁中的大型鱼类，能长达1.5米，重达75千克。出现领土争端时，两条相隔几米的雄性驼峰大鹦嘴鱼会向对方游过去，额头相撞时发出响亮的咔咔声。这种行为和大角山羊彼此撞头的目的类似。两个雄性个体摆开阵势不断顶头，直到其中一方败下阵来逃离现场。尽管参与暴力斗殴需要承担一定的风险，它们都会尽力避免身受重伤或者死亡，因此会允许胜利的一方保留领地，而斗败的一方则会去另觅家园。在战斗中受过伤的鱼会在隆起的额头上留下小坑，一段时间后，由于鳞片和皮肤的磨损，这些地方会变白。出人意料的是，直到2012年，人们才发现驼峰大鹦嘴鱼——或者其他任何海

洋鱼类——会互相撞头。科学家猜测，人们没能更早发现这种现象，可能是因为它本身非常少见。由于过度捕捞，驼峰大鹦嘴鱼变得越来越稀少，因此必须通过战斗才能解决争端的竞争者也就变少了。

有个性的不只是人

个体识别以及竞争行为的存在暗示着我们还可以研究一下鱼类社会的其他可能性，比如鱼类的个性。在陆生动物中，个性是广泛存在的。那么鱼类呢？

几年前，我有一次从家附近的亚洲餐厅外带食物。等待食物的过程中，我就在门口的鱼缸前晃悠，里面养着3条红尾高欢雀鲷。红尾高欢雀鲷是一种原产于太平洋的鲜红色鱼类，体长约20厘米。这种鱼的英文名字叫作“garibaldi”，以意大利军事家、政治家朱塞佩·加里波第（Giuseppe Garibaldi）的名字命名，这是因为加里波第的追随者通常都会穿着标志性的绯红色或红色上衣。这3条鱼在餐馆里的家和珊瑚礁的自然栖息地比起来十分单调，里面只有一块假石头、几株塑料植物和铺满池底的彩色石子，而它们要在这里生活15年之久。

我几次去餐馆的时候都会观察这些鱼，发现它们其实是三个独立的个体，即有某种行为模式的社会单元。两条体形稍大的鱼中的一条总是单独行动，只待在鱼缸一端，而另外两条鱼则在鱼缸另一端的石块周围活动，独行侠通常会和它们保持一米的距离。这些鱼会表现出顺从、独断和深情款款的态度及行为。有一次，我看到独行侠和两条鱼中的一条在鱼缸中部打斗，反复快速冲撞对方。它们也会互相推搡、咬啄，但不会出现令人发指的暴力行为。还有一次，这对鱼中的一条倒着在底部游

动，而另一条则用自己的嘴轻轻戳着对方的躯干。在野外环境中，雄性红尾高欢雀鲷会为配偶清理筑巢地点。我不止一次看到鱼缸底部铺满的石子中间出现锥形的凹陷——这些鱼正在焦急地筑巢。雄性红尾高欢雀鲷是领地意识非常强的动物，它们有时会咬啄进入自己筑巢区域的潜水者。我猜这三条鱼中有一对是配偶，另外一条则是单独的雄鱼。如果多出来的这一条是雌鱼的话，鱼缸里的氛围就会缓和很多。很多鱼都会在生命的不同阶段转换性别，红尾高欢雀鲷就是其中之一。

我观察这三条鱼的时间总计不过30分钟，这只是它们生活的很小一部分。但是这段时间我观察到了一些会伴随我一生的东西。我意识到自己看到的不只是三条简单的鱼，也是三个有自主独立生活的个体。它们在这里生活了4年，后来我再去餐馆时，发现它们已经不见了，取而代之的是另外几条不同物种的小鱼。

不管怎么说，那三条红尾高欢雀鲷无疑是有性格的个体。似乎所有的鱼都有自己的个性，不管它是一条不起眼的鲱鱼、中餐馆鱼缸里的海鲷，还是那条名叫“祖母”的礁鲨。听克里斯蒂娜·泽纳托聊起“祖母”的时候，你分明可以感受到她描述的是一个自己很在意的有个性的生物：“它的性格很温和，靠近我的时候会让我觉得它想让我喂它、抚摸它。它总是很喜欢来找我。即便也有其他人在水下喂食，而我又离它比较远的时候，它也会先向我这儿游过来。有时候我让它离开，它还会很快转身游回我身边。”

“祖母”是一条年纪比较大的佩氏真鲨，也是泽纳托这位海洋探险家、动物保护主义者兼持证潜水教练最爱的动物。泽纳托是个运动能力很强、精力充沛又天不怕地不怕的人，她在巴哈马群岛的基地和世界各地潜水观察鲨鱼已经有20年了。她潜水的时候还会轻轻抚摸鲨鱼让它们放松，然后把它们口中的鱼钩取出来。对泽纳托来说，鲨鱼并不是物

件，它们和人一样，是有好恶、有态度、有性格的个体。

泽纳托觉得这条鲨鱼苍白的体色就像老妇人的白发一样，因此给它取名叫“祖母”。她们相识已有5年。“祖母”是反复来到泽纳托潜水地的佩氏真鲨群中最大的一条。“祖母”从鼻子到尾巴的总长度为2.4米，根据体形来看，它大约有20岁了。

泽纳托对这条鲨鱼的喜爱并不是单方面的：“它非常温柔，喜欢靠近我让我抚摸它。随着彼此信任不断加强，我和这些鲨鱼间产生了令人惊叹的羁绊。”

2014年初，“祖母”消失了一段时间。在此之前，泽纳托发现“祖母”怀孕了，因此她猜测“祖母”应该是去寻找隐蔽的生产地点了。佩氏真鲨的繁殖速度比较慢，它们每两年生育一次，每次会产下5~6条小鲨鱼。时间慢慢过去，“祖母”依然没有出现，泽纳托开始担心起来。又一周过去，“祖母”终于回来了。在大海的摇篮中产下小鲨鱼后，它明显变得精神了：“它游动得更快了。产下小鲨鱼之后，它非常需要食物。我能从它的身体语言和态度上看出来。”

重逢让她们无比幸福。

和鲨鱼在一起让泽纳托理解了它们不同的天性。“和鲨鱼的关系让我明白了‘无条件’，也就是没有期望的真正含义。这和人类之间充满期望的人际关系大不相同，而且更加美好。我很关心‘祖母’。看到它的时候我就会微笑，它能给我带来快乐。而它似乎也很享受我们之间的关系。”

泽纳托也非常喜欢自己遇到的硬骨鱼，有时还会在潜水时给它们喂食。在经常潜水的区域，她和“花生”“低语者”“间谍”三条博氏喙鲈成了

朋友。她认为它们非常聪明，能知道自己的心思。

她是怎么区分这三条鱼的呢？“其实并不比你区分数学老师和妈妈更难。它们的颜色、外形、身体特征和行为都不一样。”

“花生”身長近1.5米，橄榄灰色的身体上分布着黑色和黄铜色的斑点，它是三条鱼中体形最大的。它曾经试图从鲨鱼嘴里偷一块悬在外面的鱼，但被鲨鱼咬伤，导致它右半边的脸不能变色，因此当它情绪放松、身体颜色变白时，右脸仍然像戴着黑色面具一样，就像是《歌剧魅影》里的演员。

另外两条鱼的外观也有特别之处。“间谍”体形居中，“低语者”是最小的。泽纳托觉得“间谍”是其中最漂亮的。“它的皮肤是纯色的，没有任何斑点或杂色，脸也更细长。”

不过，即使这三条鱼的体形和颜色都一样，它们也还是有很大不同。抛开面部残疾不说，“花生”是三条鱼中最外向的。它一看到泽纳托带了食物，就会直接冲她的脸游过来，而且能看到泽纳托表示“没轮到吃”（手中拿一截PVC管）和“现在你来吃”（藏起PVC管）的手势。

“即使我没有带食物，它也会凑过来推我的手让我抚摸它。”泽纳托笑着说，“它特别喜欢我的链甲潜水服碰到它皮肤的感觉。”

“间谍”习惯于躲在泽纳托的视野范围之外，停在她左背或右背的下方，因此才有了这个名字。和“花生”一样，“间谍”也知道什么时候给鲨鱼喂食，什么时候轮到自己。

“低语者”是三条鱼中最羞涩的。它总是躲在泽纳托耳后，就像在跟她说悄悄话一样：“给我一条鱼，给我一条鱼！”但是它像野猫一样冷

淡，永远不会让泽纳托碰它。

“如果我转身或者移动，它也会随着我移动，永远不让我看到，除非我突然扭头，出其不意。”

“祖母”和“低语者”这样的生物破除了常见的偏见，鲨鱼并不总是领地意识很强的动物，硬骨鱼也并不总是原始呆滞的。对于有意识、有社交生活的复杂生物来说，自然选择作用于个体之间的差异就体现在个性上。你不需要皮毛、羽毛才能有个性，长着鳞片和鱼鳍的生物已经有个性了。

相亲相爱

鱼类没有丰富的面部表情，因此人类很难鉴别或同情它们。（不过想想海豚也不能改变面部表情，但人类对它们没有偏见。可能因为它们看上去很开心，或者因为人类知道它们是聪明的哺乳动物，又或者两者都是。）但是，鱼类已经有了能在交配、抚育后代、合作和保障安全的过程中形成亲密关系的坚实演化基础。无数例证说明，鱼类的社会关系并不只是单纯的点头之交。

萨布丽娜·戈马西安在新墨西哥州读英语专业研究生的时候养了几条鱼。她对鱼缸知之甚少，因此在买了一条2.5厘米长的半纹小鲃后，也并没有觉得鱼类的生活会多么丰富多彩。这条名为“弗兰基”的鱼和一只蜗牛、一只蛙一起生活在鱼缸里。它经常挑衅自己的室友，但对方总是没什么反应，看上去有点无聊。所以萨布丽娜又买了一条半纹小鲃，给它起名“佐伊”。新伙伴到来，“弗兰基”的行为很快就发生了变化。“佐伊”进入鱼缸时，它的身体都动了起来，水面上泛起涟漪，而这

显然是因为兴奋。萨布丽娜这样形容：“它很自然地爱上了新室友。这是个惊喜，毕竟它已经独居了很久。我见过别的鱼害怕新室友或者一点都不感兴趣，但‘弗兰基’对新室友却一见钟情。”

“佐伊”最初对“弗兰基”一点都不感兴趣。相处久了，它也有了一些热情，这两条鱼在鱼缸里过起了幸福的生活。

一天，萨布丽娜清理鱼缸时，“弗兰基”跳了出去，落进水池里。“佐伊”开始疯狂地绕着鱼缸游动，看上去十分焦虑。萨布丽娜赶快把“弗兰基”放回水里，它已经不能游动，而且几乎失去意识了。“佐伊”立刻游过去推它，把它从鱼缸底部托起来，仿佛希望它赶快醒过来。“弗兰基”恢复了过来，不过前几天行动仍有些迟缓。在它恢复了行动和认知能力时，“佐伊”看上去更加积极。

除了推测这两条鱼建立了深厚的感情外，人们也想不出别的解释了。一条鱼经历了创伤，随后另一条鱼的行为发生明显变化，这表明它们并不仅仅是共同生活在一起而已。

还有一则和鱼类社交生活相关的趣闻。有一天，卡内基梅隆大学的高级图书管理员莫林·道利，在宾夕法尼亚州匹兹堡市附近的比奇伍德农场自然保护区内的小池塘边休息时，发现水边有两条鱼在一起游动。她是这样描述后来发生的事情的：“一条鱼艰难地让身体保持直立，每隔几秒钟就会向身体一侧歪去，仿佛肚皮马上就要翻过来了。每当这条鱼往一边倒的时候，另一条鱼就会轻柔地用身体或鼻子顶一下，帮同伴恢复直立姿势。我第一次看到鱼类这么有善心。”

这个故事让我想起之前我们提到过的金鱼，它会游到受伤的室友小黑身体下方，帮助它游到水面上吃东西。

我敢说有一个场景你肯定会很熟悉，因为它经常出现在人工喂养的鱼身上。这个故事是纽约马里斯特学院的经济学副教授约翰·皮特斯给我讲的。约翰年少时养过很多鱼，印象最深的是他养在自己卧室里的地图鱼。地图鱼是捕食性鱼，唯一在这条鱼的鱼缸中生活过的是约翰给它当食物的可怜的金鱼。约翰非常喜欢这条漂亮的地图鱼，每天晚上都会用相同的语音语调对它说“晚安”。

时间一点点过去，约翰注意到这条名为“奥斯卡”的鱼会在靠近约翰床边的鱼缸一侧睡觉或休息，离床大概一米远的样子。一年后，约翰重新布置了房间中的家具。为了适应新陈设，“奥斯卡”的鱼缸被放到了另一面墙旁边，鱼也到了床的另一边。几天时间里，“奥斯卡”就改变了自己喜欢的地点。后来，不管约翰什么时候对它说晚安，它都会待在离床最近的玻璃后面。

这是友谊吗？也许是，也许不是。很多地图鱼都喜欢被人类温柔地宠爱。当然人类也会给它们喂食，因此这种行为也有可能只是希望获得食物奖励。

尽管地图鱼可以活8~12年，但“奥斯卡”只活了不到3年。金鱼也算报了自己的血海深仇。有一天“奥斯卡”生病了，很快，用约翰的话说它是“疯了”，使劲撞向鱼缸里的所有物体，上下游动打翻东西。当它停下来不再乱撞的时候，已经变得奄奄一息。后来约翰才得知金鱼对地图鱼来说是有毒的。

这样的小故事往往会被人遗忘。这有点可惜，因为它们对我这样的科学家还是有价值的。人类不仅会被故事感动，也会获知故事中展示出来的科学尚未（或不能）探索的动物行为现象。我希望科学家和鱼类爱好者能够分享自己的发现。或许这样，我们就能发现某种行为范式，吸

引有魄力的科学家继续研究。

社会关系

孤掌难鸣。

——塞内卡

随着时间的推移，生物逐渐具有了个性、记忆以及识别其他个体的能力，也就具备了进行更复杂互动，即建立长期社会契约的条件。理发馆、餐厅这类提供现场服务的临街商铺要想保持生意兴隆，偶尔光顾的客人和忠实的回头客缺一不可。在充满竞争的世界中，只有拿出好的产品才能打造坚实的顾客基础。如果胡子刮得潦草，顾客下次就不会来，而如果食物售罄，也总还有别的地方可以吃东西。有时候，商家的失信行为会被曝光，顾客对商家的惩罚接踵而至，声誉毁于一旦。

珊瑚礁的圈子里也会发生类似的事情。

我们又要说回到清洁鱼和顾客的共生关系。这不仅仅是鱼类，也是所有动物当中最复杂、最微妙的社交系统。在这个系统中，一条或两条清洁鱼会示意开始营业。它们在特定的地点提供服务，可能会用游泳姿势和鲜艳的体色让营业的信号更加明显（这相当于鱼类世界中理发店门口旋转的红白蓝三色圆柱）。其他鱼会聚集到清洁站，排队等待清洁鱼提供服务。这些所谓的客户鱼，有时会摆出头朝上或者头朝下的静止姿势，示意自己准备好了。清洁鱼一般会以上下游动或摆动尾巴的方式靠近有兴趣的客户。它们用嘴啄客户的身体，吃掉上面的寄生虫、死皮、

藻类及其他不讨喜的脏东西。客户享受了包括剔除寄生虫在内的身体理疗服务，而清洁鱼则吃饱了肚子。

提供和接受清洁服务的物种很多，这也证明了这种互惠行为有极强的实用性。鱼类的清洁行为是多次独立演化而来的，这种行为在世界各地的多种栖息环境中均有发现。生活在海洋中的清洁鱼包括很多隆头鱼科、某些鳞鲀、蝴蝶鱼、盘丽鱼、雀鲷、刺盖鱼、虾虎鱼、革鲂、海龙、鱼、海鲫、鲷鱼、鲹和安芬拟银汉鱼。淡水清洁鱼包括丽鱼、孔雀鱼、鲤鱼、太阳鱼、卵生鲈鱼和刺鱼。包括几种虾在内的某些无脊椎动物也会提供清洁服务。而接受清洁服务的鱼有上百种，包括鲨鱼和鳐。其他接受清洁服务的动物包括龙虾、海龟、海蛇、章鱼、海鬣蜥、鲸、河马和人类。[\[41\]](#)

虽然我见过清洁鱼无所事事地等待下一位顾客，但它们也有非常忙碌的时候。一项在大堡礁展开的研究发现，一条裂唇鱼平均每天会给2297位客人提供服务。有些鱼类客户平均一天拜访一条特定清洁鱼的次数多达144次。这相当于在白天的12个小时里，每隔5分钟就去接受一次清洁服务！这听上去都能算是洁癖了。如果找清洁鱼的唯一目的是去除寄生虫和藻类，那么这些东西造成的感染肯定十分严重，不然也不需要这么频繁的清洁。这并不是贬低寄生虫在促成这类共生关系中的作用。澳大利亚昆士兰大学的亚历山德拉·格鲁特尔研究发现，平均每天每条清洁鱼会从顾客身上吃掉1218条寄生虫。格鲁特尔把珊瑚礁中的一位顾客黑鳍厚唇鱼在笼子里关了12个小时，在无法享受清洁服务的情况下，这条可怜的鱼身上的寄生虫数量增长了4.5倍。

在珊瑚礁鱼类社群中，清洁站的作用十分重要，以至于清洁鱼会对珊瑚礁上的物种多样性产生重大影响。格鲁特尔带领的研究团队，移走了生活在澳大利亚东海岸外蜥蜴岛小型珊瑚礁上的裂唇鱼，18个月后，

珊瑚礁上的鱼种类只有之前的一半，而在珊瑚礁之间迁徙的鱼类总数量也减少到原来的四分之一。研究人员得出结论，很多鱼——尤其是在珊瑚礁之间迁徙的鱼——选择栖息地的依据就是是否有清洁鱼。这类物种减少的过程比较缓慢，把清洁鱼移走6个月后，物种多样性几乎没有受到任何影响。

客户也不是被动参与者。轮到自己接受服务时，它们会靠近清洁站并悬停在原地，展开鱼鳍，让清洁鱼能够到所有的角落和缝隙。有些鱼会张开嘴和鳃盖，让小体形的清洁鱼进进出出。清洁鱼有时会用嘴去撞客户的鱼鳍和鳃盖，示意对方张开以便检查。清洁鱼还会利用腹鳍拍打客户的身体，潜台词就是“这个位置请不要动，我要仔细检查”。

如果客户是大型捕食者，那就会很有意思。尽管鲨鱼或海鳗能轻易咬死清洁鱼打打牙祭，但把自己的服务员吃掉可不是什么明智之举。

相反，它们会对清洁鱼表现出体谅。比如，石斑鱼会用肢体语言帮助照顾它们的清洁鱼。如果把嘴张得很大，就相当于发出了邀请函。而清洁鱼忙不过来的时候，石斑鱼就会留意附近是否有危险。如果危险临近时，清洁鱼恰好在石斑鱼嘴里，石斑鱼就会把嘴合上一些，留下足够的空间让清洁鱼逃出来并迅速躲进珊瑚礁中的安全缝隙。如果清洁鱼在石斑鱼的鳃里，它也会做出类似的事，只不过是让鳃盖半开着。

钝吻真鲨会把身体向上倾斜并张开嘴巴，邀请清洁鱼为自己服务。清洁鱼游进鲨鱼的死亡之口时毫不害怕，它们似乎知道这位比自己大千百倍的巨大捕食者并没有恶意。

由于清洁鱼的技术难度相当高，它们也掌握了一些不可思议的认知技能。它们和客户的关系并不是随机的（想想一天去144趟的例子

吧）。这种关系建立在相互信任的基础上，需要几周甚至几个月的时间才能确立，而且需要清洁鱼有识别客户的能力。每条清洁鱼都有众多客户，它们在心里存了一份强大的客户数据库。在选择实验中，清洁鱼可以决定游向两个客户中的哪一个，而且它们会在熟悉的客户身边待更长时间。有趣的是，客户则不会在实验中表现出这样的偏好，这可能是因为它们只需要记住哪里有清洁鱼就行，在那之后，它们就能从同一条清洁鱼那里反复得到清洁服务。

除了能记住给哪位客户提供了服务外，裂唇鱼还能记住服务的时长。假如一条鳞鲀错过了上一次的清洁，那么清洁鱼很可能会优先为它服务，因为这位客人的身上会积攒更多寄生虫。（这让我想起，蜂鸟也会根据自己上次采蜜的时间来安排给特定花朵采蜜的顺序。）在实验中，研究人员用四种不同颜色和图案的盘子给清洁鱼喂食，它们能学会选择食物补充更快的盘子。清洁鱼懂得选择哪个客户更划算。它们利用种类、时间和个体三个记忆维度来建立情景记忆，而这是生物学家眼中只有高等动物才有的认知技能。

如果鱼能够记住过去的事情，是不是也能对未来进行预判呢？塔希提岛上的一项研究表明，四处徘徊的裂唇鱼会根据所谓的“未来的阴影”来调整自己的行为。在人类社会，这个博弈论术语是指人们倾向于和未来互动可能性更大的同伴合作。同样地，清洁鱼更倾向于和那些离自己活动范围近的客户合作，这样它们就能再次遇到客户。它们会尽量少吃客户身上的黏液，也会在清洁过程中避免客户身体晃动。这一研究给我们提供了为数不多的案例，证明非人类动物也能够根据伙伴在未来带来的收益调整合作水平。

没把握的生意

吃黏液？身体晃动？这会让清洁鱼和客户的共生关系更加复杂，甚至可以说有点玩弄权谋的意思。这种共生关系看上去十分简单，双方都会获益，而且倡导礼貌和相互体谅，但是一旦有自私的一方利用了这种建立在信任和善意基础上的关系，它就会变得岌岌可危。随着科学家对清洁鱼及客户互利关系的研究更加深入，他们也发现了利益冲突和其他一些恶劣行为。

事实上，清洁鱼最喜欢吃的就是客户身上的黏液。这种东西比海藻和寄生虫更有营养，而且味道也更好。不用说，客人并不喜欢自己身上的黏液被吃掉。当清洁鱼啄食客户身体表面具有保护作用的黏液层时，客户的身体就会退缩从而发生晃动。这可能是因为疼，但是这种动作也会告诉清洁鱼它们啄了自己不该啄的地方，客户心知肚明。

清洁鱼和客户之间的利益冲突会产生一系列后果。在互利关系建立初期，清洁鱼会表现得更体贴。它们会背对着顾客，快速扇动腹鳍和背鳍抚慰它们。这种安抚行为可能是出于以下两种原因：一是让客户在清洁站停留更长时间，二是对客人身体晃动的安抚。面对肉食性的客人，清洁鱼会更多地做出安抚行为，以此降低存在威胁的客人对自己发起攻击的风险。无论饥饿的肉食性客人和吃饱了的客人身上的寄生虫量是否相同，前者都能得到更多安抚。如果客人恼羞成怒追击服务员，可能还会将其一口吞食，这对清洁鱼来说是一种实实在在的威胁——不过，还没有哪位潜水员见过这样的例子。

肉食性客户进入清洁鱼的服务范围时，攻击性也不会那么强，因此这些区域可以算是珊瑚礁中的避难港了。与能够提供除食物以外的有价值服务的鱼类相处时，捕食者的行为举止也会变得恰当得体，这是非常

有道理的。我猜测，清洁鱼给客户的触觉刺激也起到了一定的安抚效果。

然而，有很大一部分客户并不是肉食性鱼类，也就是说这些客人并不存在捕食的威胁，清洁鱼不需要本本分分、谨小慎微地进行清洁工作。

那么这种没有威胁的客户会怎么做呢？它们有另一套策略来保证清洁鱼提供优质服务，基本上就是以牙还牙的思路。潜在客户在决定是否要由某位清洁员检查自己前，会观察它们的表现。通过观察，客户会在心里给特定的清洁鱼打一个形象分——这可不是我编出来的，它就像是鱼类世界中易趣网的买家评分机制。让顾客受惊更多且啄食黏液的清洁鱼生意更少，诚实的清洁鱼则更受青睐。这种服务质量保障体系能让共生关系良性发展。清洁鱼的口碑有好坏之分，要啄食黏液就会付出代价。因此清洁鱼在被观察的时候，会更加配合对客户的服务。

如果一位从没有接受过清洁鱼服务的新顾客上当受骗，只会选择迅速游开。但已经建立了信任的老顾客遭到背叛时，则会表现得像是受到了攻击，会追着清洁鱼到处跑。这种惩罚会让清洁鱼在以后的服务中更加配合。

清洁服务的质量也取决于获客难度的大小。在客户较少光临的珊瑚礁上，提供清洁服务的虾虎鱼会更加诚信，与吃掉寄生虫的数量相比，其吃掉的鳞片数量会更少。清洁鱼的行为诚信跟经济学中基本的供需关系决定价格的原理类似：竞争激烈时，客户的市场价值更高，因此清洁鱼也会努力提供更好的服务。

这种互利现象是自然界中最复杂且人类研究最深入的社会制度之

一。这一领域的权威科学家勒杜安·卜沙里认为，裂唇鱼能够认出超过100位不同物种的客人，而且能够记住上一次的服务情况。除此之外，这种制度需要建立在信任、犯罪与惩处、选择、观众意识、口碑和讨好之上。这些社交动态表明，鱼类的意识程度和社会复杂性远远超出人类的印象。

虽然清洁鱼和客户的共生关系有利于两者的演化，但能够维持这种关系的其中一个重要元素就是愉悦感。这是自然界中鼓励“好”的（适应环境的）行为的手段。双方的一些互动表明，清洁服务本身体验就很好。顾客会主动要求清洁服务，甚至连它们没有寄生虫或伤口困扰时也是如此，而清洁鱼也会尽心尽力地用鱼鳍安抚它们。顾客还会改变体色，表明自己的心情变好了。感到愉悦本身就是一种适应性行为，能够证明清洁行为有不错的治疗效果。

虽然鱼类的认知能力令人惊奇，但清洁鱼及其客户不太可能意识到这种关系在演化上的重要意义。我从没听谁说过，客户找清洁鱼是因为它们明白在达尔文看来，这种行为能让它们更适应环境。它们这么做完全是因为自己想去。

表里如一

清洁鱼和客户之间的共生关系也容易被另一种更阴险的欺骗形式破坏。其他物种会模仿清洁鱼。它们几乎跟清洁鱼长得一模一样，而且会做一样的动作。这些骗子会趁顾客不备时咬它们的鱼鳍，然后马上逃走。

最成功的骗子之一就是纵带盾齿鲷了。这些体形小巧的骗子跟它们

模仿的裂唇鱼一样灵巧。在一系列实验中，研究人员会让纵带盾齿鲷感受到顾客鱼的刺激，有些鱼会一直追逐着报复它，有些鱼则不会。报复行为会让纵带盾齿鲷选择其他物种作为顾客的概率提高3倍，以此避免更多的攻击。这不仅证明纵带盾齿鲷能记住过去行骗的结果，也证明报复行为是一种真正意义上的惩罚。赶跑纵带盾齿鲷这种惩罚对同类顾客鱼来说是一种“公共品”。

传统的演化理论认为，如果其他“搭便车”的个体不付出任何代价就能从某种行为中获益，那么这种行为就不会被保留下来。这种观点存在一个疑点，即为什么有的顾客会在已经造成伤害的情况下继续花力气惩罚纵带盾齿鲷。事实证明，纵带盾齿鲷有办法分辨出报复者和搭便车者（也就是那些不愿意自己报复，只想享受同伴报复行为所带来的好处的鱼），这些搭便车者以后遭受攻击的可能性更大。因此，如果你是一条被纵带盾齿鲷在鱼鳍上咬出个坑的顾客鱼，报复一下也是值得的。

这种分析很有道理，但似乎过于机械。我们把自己限制在演化的小算计中时，就低估了动物自身。我们就不能认为顾客之所以会反击，是因为它们演化出了情绪，演化出了最基本的愤怒吗？鉴于人们已经发现了鱼类拥有的情绪，这种解读本身也可能是合理的。

文化

考虑到其中的微妙差异，如果说清洁鱼和顾客的互利共生关系中包含了文化因素，我一点都不会感到惊奇。在生物学家眼中，文化是生物代际之间传递的非遗传信息。人类基因并不能直接让我们给自己文上文身或者去看电影，但很多人都会从他人身上学到这些东西。人们曾认为

文化是人类专属的，不过现在，它已被证实广泛存在于哺乳动物和鸟类，尤其是那些寿命较长的社会性动物中间。在动物世界中，经由文化传递的特征包括乌鸦制造工具的行为、大象对迁徙路线的选择、虎鲸的方言、羚羊的公共求偶地等。

学习对于文化的延续来说至关重要。春末夏初，当我架好音箱，在大不列颠哥伦比亚省的田间和森林中播放蝙蝠觅食发出的回声录音时，几乎没有蝙蝠会回应。每年那个时候，只有成年蝙蝠会在外面飞，它们都知道最好的觅食地点在哪里，何必去管不知从哪里冒出来的陌生的觅食呼唤？而到了八九月份，小蝙蝠断奶后开始学习夜间觅食时，故事就会有所不同。我放置的音箱会引来成群的蝙蝠，似乎那些年轻、没有经验的蝙蝠要利用年长有经验的蝙蝠所发出的声音寻找觅食地点并捕食昆虫。三年后的夏末，我在得州南部观察无数墨西哥游离尾蝠在日落时分涌出岩洞时，小蝙蝠一定也在跟着年长的蝙蝠学习觅食区域的位置。那时候没有人把这种现象称作文化，但是当我想到不同代的蝙蝠的迁徙路线、栖息地点和觅食地点都一模一样时，就会觉得把它称为文化并没有什么不妥。

鱼类世界是否也存在文化呢？加州大学圣芭芭拉分校的罗伯特·华纳对双带锦鱼进行了长达12年的研究，他选择了分布在巴拿马圣布拉斯群岛附近已被人类深入了解的点礁，并对上面87个双带锦鱼的交配地点进行了持续观察。这些加勒比珊瑚鱼几乎全年都处在性活跃状态，每天都会交配。华纳发现这些鱼选择的长期交配地点是非常固定的。12年中，它们每天都会回到同一个地点交配。这种鱼的寿命最长为3年，也就是说至少有4代双带锦鱼都使用同一个交配地点。在华纳看来，这些点礁上还有无数条件不错的潜在交配地，但不知为什么，双带锦鱼就是不来这些地方交配。不仅如此，即便那段时间出现了较大的种群规模波

动，这87个备受青睐的爱巢也没有一个停止使用。华纳想知道这些交配地点之所以受到青睐，是否是因为它们拥有最佳的资源组合。如果是这样，那么把这里的原住民搬走，让一些新居民迁入，后者应该也会选择同样的地点。

于是，华纳移走了所有点礁上的双带锦鱼原住民，然后把从其他珊瑚礁上收集来的双带锦鱼迁入这里。这些新居民很快确定了交配地点，而且事实证明，它们并没有选择前人的宝地。它们确立了新的交配地点，而且连续几代新居民都对它表现出了和原住民一样的忠诚。在对照实验中，整体搬迁进来的所有双带锦鱼被放回到原来的礁石后，仍然会使用原来的交配地点（这样就可以证明搬迁和圈养并不是更换交配地点的原因）。华纳认为，对交配地点的选择并不是基于地点本身的质量，而是体现了文化传承的特点。[\[42\]](#)

双带锦鱼并不是唯一一种通过社会成规维持传统繁殖地点的鱼类。类似的还有鲱鱼、石斑鱼、笛鲷、刺尾鱼、篮子鱼、鹦嘴鱼和鲷鱼。鱼类在其他情况，比如日常性和季节性的迁移时也会表现出文化属性。

小型鱼类有众多潜在的捕食者，而和同伴的外貌、行动保持一致，则能有效避免被捕食者盯上。这也许能够解释孔雀鱼的文化一致性，它们会观察身边的鱼，记住觅食路线，哪怕领路鱼离开很久，它们也会使用同样的路线。即使有一条更快捷的路径出现，它们也会坚持选择——至少刚开始是这样。有趣的是，这会让人联想到人类也会在高效的新方法出现后，固执地沿用传统（比如手写便笺）。但是孔雀鱼的固执并不会持续太久。它们很快就会选择更有效率的路径，这一点表明，它们和人类一样，并不是传统的盲从者。

可悲的是，人类的捕捞行为会导致鱼类文化的丧失。2014年，一些

渔业生物学家和生物物理学家的研究结果表明，人类掠夺式的渔猎活动以及我们对较大个体的偏好，导致鱼类迁移路线信息的传递受到了干扰。研究人员建立的数学模型基于三个影响因素：鱼类之间的社会关系紧密程度，获知信息的个体比例（只有大鱼知道迁移路径和目的地），这些获知信息的个体对某些目的地的偏好。他们发现，鱼群凝聚力及个体偏好是避免协调障碍和群体解散的最重要因素。

这种文化破坏很可能是不可逆的。文化并没有写入基因，一旦丧失，重建的可能性微乎其微。“只是恢复鱼类的种群数量是不够的。”研究团队中的生物物理学家詹卡洛·德卢卡说，“它们基本上已经丧失了群体记忆。”这也许能够解释为什么破坏行为停止后，很多动物种群还是无法恢复。人类停止大规模捕鲸后的半个多世纪以来，北大西洋露脊鲸、西北太平洋灰鲸和很多蓝鲸的种群数量都没有显示出增长的迹象。鱼类种群数量太少时，商业捕捞难以维系，也是同样的道理。虽然人类将渔猎目标转向了其他物种，但鳕鱼、大西洋胸棘鲷（它以前的名字“黏头鱼”让人很难提起食欲）、小鳞犬牙南极鱼（也叫智利海鲈鱼）等存在代际文化信息积累现象的鱼类数量也并没有恢复。

尽管我们在海洋中进行了掠夺式的捕捞活动，但作为有文化属性的动物，人类倾向于看到自己众多社会活动中积极的一面。今天，大部分专横暴君和封建领主都被民主取而代之，民主政治选举出的领导者会更多考虑选民的需求。相比于过去，解决地区冲突更需要多国的共同努力。在鱼类社会中，美德、民主与和平同样占有一席之地，接下来我们就会讨论这一话题。

合作、民主与和平

如果没有众多个体的无私合作，真正有价值的东西是难以实现的。

——阿尔伯特·爱因斯坦

合作

2015年4月，我在波多黎各西海岸一座别墅的二层阳台上俯瞰加勒比海时，观察到了一些很有戏剧性的鱼类行为。离海滩约45米远的地方忽然出现一阵骚动，几十条身长约7厘米的银色鱼一起跃出了水面。它们落回水面之前，有更多的鱼从水下跃出，让人不禁想起烟花表演的尾声。这个鱼群中可能有几百条鱼。而迅速打破水面的大一些的鱼鳍，则表明它们正被捕食者追赶。

当时的场面令人兴奋。逃生的鱼群动作很大，我和女朋友都能听到它们游向海岸时发出的穿梭和拍打水面的声音。鱼群一次又一次快速跃出水面，在傍晚的阳光下闪闪发光，然后是几秒钟的平静。它们急切地逃生，有些鱼甚至搁浅在海岸上，弹跳着翻动身体，等待下一波海浪将自己拯救。三条鱼会一起猛地向下跳，灵巧地从沙滩上救起一个同伴。其他鱼则暂时孤立无援地待在从滩涂中伸出的盖满海草的岩石上。

这群翻腾的鱼离我们只有几米远的时候，我们发现体长约45厘米的大型鱼，以整齐的队形游在它们上方。它们紧密的队形和捕食猎物的方式让我想到合作捕猎的海豚，后者会把一群鱼包围起来，把它们逼到岸

上，趁猎物绝望地跃起逃生时，一口咬住那些不太走运的鱼。我们看到的捕食过程中并没有包围，但这一队猎手似乎想利用海岸线让猎物陷入困境，然后发动伏击。

动画片中常常出现小鱼被大鱼吃掉、大鱼被更大的鱼吃掉这种无限循环的画面，但我们在阳台上看到的场景完全不是这样。在我看来，这种老套的画面把鱼描绘成被饥饿冲动驱使的盲目机器，而我们看到的是鱼类的团结协作。我们并不是最早发现这种现象的人。科学家早就知道一些鱼会协作捕猎，比如金梭鱼群会以紧密的螺旋队形游动，把猎物驱赶到更容易攻击的浅水区域。排列成抛物线形的金枪鱼也是在合作捕食。

狮子以合作捕猎的超群技巧闻名，虎鲸也是如此。科学家不知道狮子如何彼此示意捕猎时机已到，但它们显然会这么做。

鱼类是否也能表达自己的捕猎意图呢？

研究这个问题，最好从跟狮子有类似名称的海洋鱼类开始。狮子鱼（学名为蓑鲉）因为长了跟狮子类似的“鬃毛”而得名，这其实是细长带状的有毒胸鳍，不过从它们合作捕猎的方式来看，这个名字倒也没起错。2014年，一项针对两种狮子鱼的研究表明，它们会用一种特殊的鱼鳍展开方式表达共同捕猎的意图。有捕猎意图的鱼会压低头部、展开胸鳍，然后靠近其他同类，迅速摆动尾鳍持续几秒，接着缓缓摆动其他胸鳍。收到信号的鱼会立刻以摆动鱼鳍的方式予以回应，然后两条鱼达成合作。在这种捕食行为中，一对相互配合的鱼会利用它们的长胸鳍把一条体形较小的鱼困住，然后轮流发起攻击。两种狮子鱼的示意动作看上去一样，有时合作伙伴也不限于同一物种，毕竟共同捕猎的成功率比单独捕猎时更高。它们也会与搭档分享猎物，这一点很重要，因为自私的

行为很快就会让合作意愿土崩瓦解。

圆口副绯鲤的捕食方式更接近狮子，它们会给团队成员安排不同的角色。这种鱼身体呈流线型，体长30厘米左右，生活在珊瑚礁中，通体呈黄色，但也可以变成粉色和蓝色。它们会结成分工合作的小组进行捕猎，有的追赶猎物，有的堵截猎物。追击员负责把猎物从藏身的狭缝中驱赶出来，堵截员负责防止猎物逃跑。功能不同又互为补充的队员相互配合，其捕猎方式相当复杂精妙。

不过，鱼类的捕食者联盟还可以更加复杂。石斑鱼和海鳚将狮子鱼和圆口副绯鲤的策略合二为一，它们会用信号或动作交流意图，还会分成互补的角色，共同完成抓捕。2006年，科学家勒杜安·卜沙里和三位同事在红海中首次发现了这一行为。在珊瑚礁上游来游去的蠕线鳃棘鲈会用全身快速抖动的方式邀请爪哇裸胸鳚和它一起捕猎，这两名队友会像朋友一样，慢慢在珊瑚礁上方游动。研究人员观察到几十个类似的互动案例，而蠕线鳃棘鲈和爪哇裸胸鳚共同捕获的鱼要比单独捕猎时更多。合作成功的关键就是两种鱼在团队中起到的互补作用。爪哇裸胸鳚能够在珊瑚礁狭窄的空间内一展拳脚，而蠕线鳃棘鲈在开阔水域中的身手更好。可怜的猎物最终无处可躲。

在蠕线鳃棘鲈和爪哇裸胸鳚的沟通中，最令人惊奇也是最不容易被注意到的一点，就是它们在猎物没有出现的时候就达成了共识。蠕线鳃棘鲈向爪哇裸胸鳚表达捕食意愿的时候并没有猎物在场，它们期待和规划的是未来的捕食行为。这其实是动物计划行为的一个例子。谈到合作这一问题时，灵长类生物学家弗兰斯·德·瓦尔认为，鱼类或许没有做不到的事，“涉及生存问题时，跟人类差异巨大的鱼也能找到聪明的解决办法。”

2013年，另一组研究人员发现了红海中的鳃棘鲈合作捕猎的另一种方式，不过这一次的沟通信号，有点像人类在向同伴描述隐藏物品时，直接用手指的方式。蠕线鳃棘鲈和与之亲缘关系相近的豹纹鳃棘鲈会用倒立的姿势表示隐藏起来的猎物的位置，并能和多种动物，比如爪哇裸胸鳝、波纹唇鱼和蓝蛸合作完成捕猎。尽管方式大体相同，但倒立能够明确表明藏在鳃棘鲈够不到的地方的鱼或其他可食用动物的位置。这种身体语言带有指示性，除人类之外，已知的能够使用这种身体语言的动物只有猿和鸦——而这两类都是动物世界中的爱因斯坦。

西蒙娜·皮卡和托马斯·布格尼亚尔两位生物学家基于对鸦的沟通研究，提出了界定指示性身体语言的标准，而倒立信号完全符合以下5个标准：

- 1.这种动作指向一个物体（躲在珊瑚礁缝隙中的猎物）；
- 2.这种动作只有沟通效果，并不能直接行动（动作本身并不能抓到猎物）；
- 3.这种动作指向潜在的信息接收方（比如爪哇裸胸鳝、波纹唇鱼和蓝蛸）；
- 4.这种动作会引发自愿回应（比如爪哇裸胸鳝会过来寻找猎物）；
- 5.这种动作能够表达意向。

这种标准非常简洁。能用手指是一种重要的沟通和社交技巧，也是

儿童发育过程中的重要里程碑。当小孩会指东西的时候，就用到了分享式注意力——换句话说，他希望你能注意到他正在指的东西。

鳃棘鲈是非常有耐心的动物，它们能在同一个地方等候10~25分钟。有时，捕猎伙伴（比如一条爪哇裸胸鳉）离得太远，看不到鳃棘鲈的指向手势，鳃棘鲈就会游到它身边并做出抖动身体的动作。这种合作邀请一般都会奏效，它们会一起游到猎物藏身的缝隙处。

之后，研究人员对鳃棘鲈进行了人工喂养研究，其结果表明，鳃棘鲈的合作能力和黑猩猩相差无几。研究人员制作了两种仿真爪哇裸胸鳉，即在透明塑料片中嵌入实物比例的照片，用隐藏的线缆和滑轮操控。在那之后，他们让鳃棘鲈选择进行合作捕猎。一条假鳉鱼会配合地把猎物赶出来，另一条则会向相反方向游动。实验第一天，鳃棘鲈对两条假鱼没有任何偏好。但是第二天，它们就能分辨出合作的好搭档，并且表现出明显的偏好，其偏好程度跟黑猩猩的程度相当。鳃棘鲈在决定何时需要寻找合作者的效率也跟黑猩猩差不多，83%的情况下它们都会选择合作。而鱼类在判断不需要合作者方面的效率则优于黑猩猩。

这是否表明鳃棘鲈比黑猩猩聪明呢？并不是。黑猩猩生活在陆地上，能够用手抓握，这是鱼做不到的，那么这两种动物有什么可比性呢？研究表明，当有需要的时候，鱼类能够做出聪明、灵活的行为。亚历山大·韦尔认为，珊瑚礁中石斑鱼（鳃棘鲈）和鳉鱼（裸胸鳉）的合作捕猎可以视为社会工具的使用行为：“黑猩猩可以拿起树枝从洞里掏出蜂蜜。石斑鱼没有手也捡不起树枝，但是它能够利用交流控制另一种动物，从而满足自己的需求。”聪明的科普作家艾德·杨用文章标题总结了这种观点：“如果猎物藏进洞里而你没有小棍，就用鳉鱼吧。”

民主

对我来说，鳃棘鲈的合作捕猎之所以精彩，是因为它们有意为之。在这个过程中，两条鱼沟通流畅，能够将欲望转化成对双方都有利的结果。

另一种通过意图达成社会结果的方式是集体决策。“我们在鱼群、鸟群和灵长类动物群等群体中发现的一项共同特征就是，动物们能够有效地投票决定去哪里和做什么。”普林斯顿大学的进化生物学家伊恩·库赞说，“当一条鱼决定去一个可能有食物的地方时，其他鱼就会用鱼鳍投票决定是否跟随。”这种高度民主化的决策过程能让群体动物做出更好的决策。

协商一致的好处是随着群体规模增加，其决策的速度和准确性也会提高，因为群体有效地结合了各个成员给出的不同信息。比如，情报有误的金体美鲃跟随群体一起行动时，犯错误的可能性就会降低。动物群体做出决策的方法，要么是汇总信息后少数服从多数，要么就是跟随几个见多识广的专家或领导。

鱼类个体的外貌也会影响最终决策。在其他条件相同的情况下，身体更健康、精力更充沛的鱼更懂得照顾自己，因此更有可能被“推举”为决策者。鱼类会有这样的歧视吗？为了弄清楚这个问题，来自瑞典、英国、美国和澳大利亚的生物学家共同设计了实验，他们把刺鱼放进树脂玻璃鱼缸中，鱼缸两头有两个一模一样的由好看的岩石和植被构成的藏身地。鱼缸后壁附近，一对塑料刺鱼模型由单丝线拖着匀速向两头的藏身地“游动”。其中一个模型看上去更健康一些——比如，较大的模型看上去更健康，因为体形大意味着它寻找食物和长期生存的能力更强；腹部鼓胀的更丰满的模型看上去营养更好，而身体上有黑斑的模型则可能

是因为长了寄生虫。

刺鱼的行为看上去就像预习过研究计划一样。只有一条鱼在鱼缸里的时候，它跟随看上去更健康的模型到达藏身地点的概率是60%。而随着群体数量增加，这一概率也会越来越高。当放进10条刺鱼时，它们跟随健康模型的概率超过80%。这能够很好地说明鱼类的集体决策。

为了研究鱼类的民主问题，科学家又开发出了更复杂的工具。机器鱼是会游泳的仿真鱼，米诺鱼等鱼类会自然地对它做出反应。机器鱼能够帮助科学家深入理解集体行为的价值。比如落单的刺鱼容易跟随有不良的适应性行为（向捕食者运动）的机器鱼头领，而较大鱼群中少数服从多数的机制通常能够避免这种陷阱。如果有足够多的鱼反对，剩下的鱼也更有可能会跟着反对者行动。与之类似，在Y形迷宫实验里，小群食蚊鱼会跟着机器鱼游到有捕食者的一边，而较大的鱼群则更有可能会不顾机器鱼的带领，选择游到安全的一边。

关于仿真鱼、假鱼、模型鱼和复制鱼，有一点需要澄清。鱼类对它们有反应并不代表它们认为这些是真正的鱼。同样需要注意的是，这些鱼都是在人工创造的条件和陌生的环境中进行实验的。因此，研究人员把它们捕捉回来后，往往要花几周甚至几个月的时间，才能让它们平静下来，表现“正常”。感觉敏锐的鱼也许能看出人工模型有点不对劲，但是避免可怕刺激的心理可能会抵消它们的顾虑。

和平

遭遇捕食者并不是动物会面临的唯一危险。鱼类还需要解决同类之间的矛盾，但生物需要生存繁衍，并不希望直接面对受伤或死亡，因此

敌对双方真正的身体对抗是比较罕见的。和其他动物一样，鱼类通常会用示威的手段，展示自己的力量和气概，从而避免可能会导致一方或双方受伤的更严重的肉搏。鱼类会用各种各样的策略给其他动物灌输战斗不是个好主意的观点。它们会张开鱼鳍、打开鳃盖或侧过身体展示体长，尽量让自己显得高大威猛。发出隆隆的声音能显得身强力气大，摆动尾巴形成强力的水流能让武力威胁更有效。其他展示方法还有摇头、扭动身体、露出身体上颜色鲜艳的部分或者改变体色等。

并不是所有的外观展示都是要表现攻击性。鱼类也会息事宁人。露出身体脆弱的部分就是一种有效的息事宁人的方法，这种策略能够加强避免冲突意图的真实性，比如狼露出喉咙、猴子露出生殖器等。红身蓝首鱼（一种丽鱼）是一种攻击性很强的领地性动物，它们会抖动身体，展示出柔软的上腹部周围的明亮黄色条带，向对手求和。

如果冲突没有升级，丽鱼就会摆出一副和事佬的姿态。生活在马拉维的纵带黑丽鱼就是如此。在人工饲养的条件下，这种身体为乳黄色、两侧有黑白相间赛车条纹的鱼，会形成某种直线型的优势等级，个体之间的互动多发生在上下级之间。雄性会主动调解雌性之间的争端，中立地打断双方争执。其中相对陌生的一条雌鱼会受到偏袒，因此雄性的调解往往会提高新的雌鱼加入鱼群的可能性。对雄鱼来说这当然是再好不过的事，因为自己又多了一个潜在的配偶。

动物的等级往往取决于体形，体形越大，等级越高。就像加拿大马鹿的雄性头领妻妾成群，且会努力阻止其他雄性跟自己的后宫佳丽交配一样，在某些鱼类族群中，只有体形最大的雄性能够和雌性交配。如果低等级雄性的体形只比最大的雄性小5%以内，就必须冒险与之决斗。如果输掉，它的交配顺位又会往下掉几格。那么小鱼会怎么办呢？各种雄性虾虎鱼的克制让人钦佩，它们宁可减少自己的食物摄入量，也要保

持交配顺位。

但节食的虾虎鱼也不是什么圣人，克制能够带来长期的好处。一群虾虎鱼差不多有十几条，当等级较高的虾虎鱼死去后，其他虾虎鱼的等级就会上升。有证据表明，节食能够延长很多种动物的寿命，因此它也许只是一种不错的夺取交配权的长期策略。

在群体中，就连最好斗的动物都会优先遵守克制和诚信的原则。佛罗里达州坦帕市的洛丽·库克出于同情救起了一些五彩搏鱼，并把它们装进单独的杯子，养在当地的沃尔玛超市里。她小心照料这些斗鱼，并把它们放进小小的池塘中。随着她“鱼类之友”的名声越来越响，她收集的斗鱼也越来越多，邻居家不想养的鱼都会送到她这儿来。她最终还从PetSmart宠物店里以每条一美元的价格买到了几条雌鱼。因为雌性斗鱼不好斗，来买宠物的顾客通常都对它们爱搭不理，认为它们无聊得很。

洛丽养的这些斗鱼为它们好斗的名声翻了案。每天早晨她都会去喂食，这些鱼就聚在池塘边等待食物。斗鱼生活在热带地区，因此即便是佛罗里达州南部的温度，对它们来说也有点低，在比较冷的几个月里，洛丽还会用到水族箱加热器。尽管养了很多五彩搏鱼，且其中不乏雄性，洛丽还是发现：“我从来没有见过两条斗鱼打斗，也没看到过任何打斗的迹象，比如咬痕或者残破的鱼鳍。”

为什么人们眼中的斗士会这样被动呢？或许和睦相处比剑拔弩张好处更多。雄性斗鱼互相撕咬的其中一个原因是人工喂养的条件所致。低等级的斗鱼想要逃跑避免冲突，但无路可走，于是高等级斗鱼就误以为对手改变了主意，打算战斗一番。我猜，这也是据说放在同一个鱼缸里的斗鱼会最终死掉的原因。

斗鱼的心理会让它们避免危险的打斗。鲁伊·奥利维拉和他在里斯本高等应用心理学研究所的同事发现，敌对的雄性斗鱼会观察其他雄性在打斗中的表现，并对赢家表现出更多顺从。观察过其他雄性打斗的雄鱼，并不会急于靠近并挑衅它见过的赢家，而对于它并不知道谁胜谁负的雄鱼，则不会有这种差别对待。

骗术

或许你会因为鱼类王国中存在克制、合作、维护和平的行为，就认定每条鱼都是“天使”，但不要这么快下结论。正如我们在清洁鱼和顾客共生关系中看到的那样，任何形式的合作和社会互动都可能存在捞取私利的空间。和人类一样，鱼也会利用眼花缭乱的外观和行为上的骗术去糊弄其他个体。它们离自私并不遥远。

有些骗术只是为了躲避捕食者的小伎俩。在最容易受到攻击的幼年时期，很多鱼都会利用拟态，模仿其他颜色鲜艳的有毒动物。弯鳍燕鱼幼鱼的体形和颜色都和一种有毒的扁虫非常相似，而珍珠白的体色配上黑色斑点则让驼背鲈幼鱼看起来像是另一种有毒的扁虫。

行为上的改变会增强骗术的效果。2011年，德国哥廷根大学的哥德哈德·克普在印度尼西亚海边拍摄到了鱼类拟态的绝佳例子。一只本身就是模仿大师的拟态章鱼在沙子上缓缓爬行准备觅食时，发现一条黑白相间的红海叉棘在触手上忽隐忽现。这条鱼身上的颜色和花纹跟这只头足类动物一模一样，还能将身体与章鱼触手平行排列，增强伪装效果。报道这种现象的科学家猜测，这种骗术能让成年后几乎都待在安全沙沟里的红海叉棘，到达距离自己的家更远的地方觅食，而且能够保持相对

安全。这是人类已知的唯一一个对另一种生物的拟态进行拟态的例子。

拟态和伪装并不只是用来躲避捕食者，捕食者也可以偷偷靠近猎物。在南美洲和非洲的淡水流域中，叶鲈演化出了模仿漂在水上和沉入水底的枯叶和腐叶的拟态。通过外观和行为上的双重骗术，这些有耐心的猎人能够抓到离自己很近的小鱼。叶鲈会有策略地选择埋伏地点，漂着或者悬浮着，完全融入周围的叶子当中。它们的胸鳍小而透明，能以极快的频率摆动，从而让自己待在一个地方保持静止。其下颌上粗糙的肉质突起看上去就像正在腐烂的叶柄，毫无警觉的虾虎鱼会被一口吞下。一旦小鱼进入捕食范围，叶鲈就会用有弹性的颌部制造真空将猎物吸进嘴里。只需要不到0.25秒，一切就结束了。

叶鲈的骗术还有一个极端的变体，生活在东非马拉维湖中的某些雨丽鱼会软绵绵地侧卧在湖底装死。好奇的食腐鱼类前来查探时，“尸体”会一下弹起来，吃掉这个好奇的调查员。

管口鱼和海龙悄悄接近猎物的方式更像是游戏，它们会骑在鹦嘴鱼背上玩捉迷藏。它们想抓的小鱼不会被植食性的鹦嘴鱼吓走，而且通常注意不到管口鱼和海龙的存在，因此当管口鱼和海龙从鹦嘴鱼背上滑下来时，能够攻击任何能够到的鱼。管口鱼还会藏在经过的小鱼群中悄悄靠近，以防被猎物发现。它们的狡猾本身就让人吃惊，但更让人感到惊奇的是，让这些骗子藏身其中的共犯居然能够容忍它们，而且并不害怕与捕食者并肩前行。

终年生活在暗无天日的海洋深处的根本无须东躲西藏，但是它们别具一格的骗术也非常有名。它们的背鳍是非常有效的鱼饵。你或许听说过的大名，它们形状怪异，嘴巴也合不拢，总让我想到中世纪教堂外立面上装饰用的滴水嘴。但你可能并不知道，只有雌性的背鳍变成了丝状

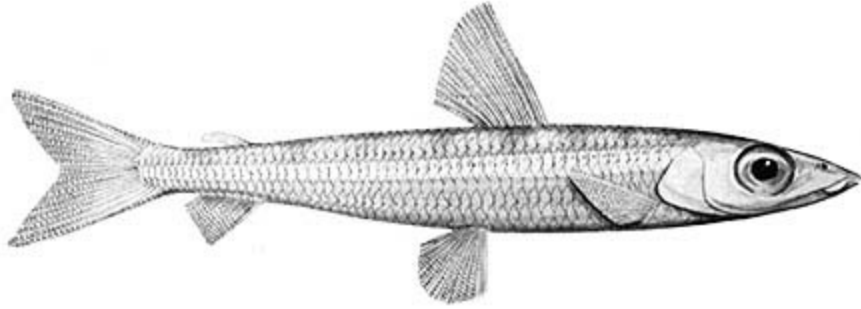
杆，专家把这个结构叫作拟饵（illicium，其拉丁词源意为“引诱”或“误导”），其末端有叫作“钓饵”的发光器官。深海有160多种，其诱饵千变万化，绝对能超越任何渔夫的钓具箱。还能通过收缩丝状杆底部的肌肉让它产生类似蠕虫的蠕动效果。生活在浅水中的的诱饵颜色鲜艳，而生活在没有光线的深海里的，只能放弃鲜艳的颜色，转而让丝状杆特殊区域内的生物发光细菌发光。有些的诱饵尖端还有透镜，能把可调节的丝状杆变成精细的管状导光管，即纯天然的光纤。还有一种的诱饵能直接摆到嘴里，把毫无戒心钻到鱼嘴里探险的小鱼关在里面（大鱼也可以，因为能够吞下和自己体形相当的猎物）。

摆动背鳍上的诱饵时，能意识到自己正在策划一场骗局吗？这是关于动物精神世界问题的一项挑战。怀疑论者会指着利用拟态愚弄鸟类等其他捕食者的昆虫说，鱼类并不能意识到自己在做什么。我没有任何贬低昆虫的意思，但、叶鲈和管口鱼可不是无脊椎动物。它们是脊椎动物联盟中的正式成员，有与之对应的大脑、感觉、生化过程及意识。生活在墨水一样的深海中的鱼，需要有相当的智谋和诀窍，尤其它们的猎物也是有头脑的脊椎动物。

至此，我已经介绍了鱼类如何感知周围环境、它们的生理和情绪感受、它们的思维和社会生活。从这些方面，我们能够得知鱼类是有意识、有记忆的个体，能够制订计划，识别其他个体，有本能，也能够从经验中学习。某些鱼类还有文化。正如上面讨论的，鱼类会进行种内和种间的合作，并体现出了一些美德。

我们还有鱼类社会生活中的一个重要方面没有讨论，这也是所有生物的终极目标——繁衍。时机成熟时，繁殖的冲动会盖过觅食这个最基本的需求。正如它们的物种丰富性一样，鱼类也设计出了海量形形色色的繁殖及养育后代的方法。

第六章 鱼的繁衍



小猪：“‘爱’怎么写？”

维尼：“爱不是用来写的，是用来感受的。”

——A.A.米尔恩

鱼的性生活

鱼类的性生活有极强的可塑性和灵活性，其他任何脊椎动物都无法与之匹敌。

——他瓦玛尼·J.攀弟安《鱼类的性》

鱼类的外形多种多样，繁殖方式也有32种之多。它们的繁殖行为和策略种类，跟其他所有脊椎动物的加起来一样多[\[43\]](#)。鱼类中有没有固定伴侣的、有一夫多妻的、一夫一妻的，还有一生只有一个伴侣的。根据不同的特性，雄鱼可能妻妾成群、需要保卫领地、集体产卵、偷偷交配、作为低等级雄性等待交配机会，或者做出违规的性行为。我们还会发现，雌鱼并不是被动的附属品。

大多数鱼类的性别模式都是人们熟悉的雌雄异体，这个有点奇怪的名字指的是生物体的一生，要么是雄性，要么是雌性。但是想必你也可以猜到这意味着什么：有大量鱼类并不是严格的雌性或雄性。出于某些原因，生活在珊瑚礁中的鱼的性别表现尤其多样。有四分之一的珊瑚礁鱼无须手术，就能从雄性变为雌性，或者从雌性变为雄性。其他雌雄同体的鱼，也能够同时或先后具有雄性和雌性特征。

能够同时产生精子和卵子的物种即为雌雄同体，它们大多生活在幽暗的深海。如果寻找到另一个同类的希望就像深海的光线一样渺茫，那么能够完成自我受精就是一种非常实用的技能。性反转的鱼并不是严格

的雌性或雄性，它们在不同年龄和不同体形条件下具有不同的性别，这是有很多好处的。比如，在一个雄性会霸占多个雌性的交配体制中，刚开始是雌性，而等体形更大、更强壮，可以无视竞争者的挑战后变成雄性，是非常划算的。通常一个物种中的所有幼体都是雌性，有多个配偶的雄性处于支配地位。在其他情况下，支配者与被支配者也会换位，很多低等级的雄性会变成有交配优势的雌性。

《海底总动员》中有名的小丑鱼会依靠体形、社会等级和性别的改变保持社会秩序。它们是群居鱼，鱼群中有两条较大的鱼和很多体形较小的鱼，较大的两条鱼可以繁殖后代，而其中体形更大的是有繁殖力的雌鱼。其他所有的鱼都是雄性，根据体形大小排列等级。尽管这些低等级鱼的年龄可能和产卵的鱼差不多，但性成熟个体在行为上的支配力会让鱼群中的从属鱼难以发育成长。汉斯和西蒙娜·弗里克研究了这种严格的交配体制，认为这些低等级雄性实际上遭到了心理上的阉割。每条鱼都守着自己的位置，直到上面有等级更高的位置空出来。如果有繁殖力的雌鱼死了，最大的雄鱼就会变成雌鱼，第二大的雄鱼就会变成雄鱼里的头儿。所以小丑鱼家庭中被性压制的雄性个体永远有希望。（电影《海底总动员》中的故事有些不准确的地方。事实上，尼莫失去母亲后，它的父亲马林应该变成它的新妈妈才对。）

性反转的鱼会根据当前的性别做出与之对应的性行为。而那些一般情况下不会发生性反转，但是会受激素影响的鱼的性行为也有可塑性。尽管这种现象的发生机制还不明确，但人们在野外和实验室中的观察表明，某些硬骨鱼的大脑有双性别潜能，能够控制两种行为，而大部分脊椎动物受制于大脑的性别分化，只能做出一种性别的典型性行为。

鱼类改变性别的能力表明，自然界中的性别分工是不固定的。如果你对社会动态稍有了解，就会发现人类的性别界限也变得越来越模糊

了。比如《成为妮可》（**Becoming Nicole**）这本书就探讨了人类家庭面临的社会挑战，这个家庭里的双胞胎儿子之一，在很小的时候就希望改变自己的性别。随着医学的进步，我们能够真正选择自己的性别，不知不觉间，我们变得更像鱼了。

勾引的艺术

明确了自己的性别后，和谁交配仍然是一个问题。这是很重要的决定。性伴侣是你的后代另一半基因的提供者，你肯定希望这些基因的质量足够好。如果能够衡量潜在配偶的水准和意愿，就能省下不少事，于是就有了“求偶”这种行为的存在。我们约会、吃饭、跳舞、互送礼物，用各种各样的方法进行婚前试水。很多鱼也会用自己的方式勾引未来的伴侣，包括跳舞、唱情歌和抚摸等。

而且，至少有一种鱼会创造艺术。人们一般不会把鱼看成艺术家，至少不会因为很多鱼身体表面被动出现的漂亮花纹和颜色，就把它看成是艺术家。但经验丰富的日本潜水员、摄影师大方洋二在日本最南端潜水时，让他感到意外的东西恰好就是艺术。在那里，24米深的水下沙滩上有直径1.8米的对称环形图案。这幅壁画一样的图案中，两个涟漪一般的同心圆从中央的圆盘处向外辐射，仿佛一个身高150米的巨人走进海中，把拇指的指纹印在了沙子上。

因为困惑是谁创造了这精美的珍品，大方洋二几天后又带着一个拍摄小组回到了那里，秘密很快就揭开了。这些几何“麦田怪圈”是一种样貌平平的小型雄性四齿鲀弄出来的。这些12厘米长的鱼会把身体歪向一侧，用胸鳍摆动着游泳，花费数小时进行创作。它会一边游一边观察，

然后用嘴咬开小贝壳的碎片，把它们撒在中间的沟槽里进行装饰。

之后人们又发现了其他雄鱼的杰作，而且每一幅都不一样。这些东西可能有几种功能。首先，如果一切顺利，它能够吸引雌性四齿鲀来到最里面的圈产卵。这些沟槽能够防止卵被洋流带走，而咬碎的贝壳大概也能强化这一作用，同时给卵提供伪装。创造出复杂圆圈图案的雄性更有可能交配成功，于是就演化出了这种复杂的技艺。

这种日本的小型四齿鲀可能是鱼类世界中的毕加索，但它并不是唯一一种通过沙子表现审美趣味的鱼。澳大利亚的园丁鸟因为能建造用来吸引、讨好雌性的精巧结构而出名，很多丽鱼也和园丁鸟一样，能够造出求偶亭，提高成功率。这倒不是说两者建成的求偶亭模样类似，而是跟长羽毛的远亲搭建的求偶亭一样，鱼类的求偶亭主要用来展示、求偶和产卵。只要一排完卵，雌性丽鱼就会把卵衔起来，挪到更安全的孵化地点。

鱼是如何建造求偶亭的呢？雄性丽鱼没有能够抓握的四肢，必须把沙粒叼起来然后扔下去，同时扇动鱼鳍控制沙子。每种丽鱼建造的求偶亭都有些不同，从简单的沙坑到有放射性辐条的圆形场地，再到高约30厘米、顶部有求偶平台的火山状沙堡。这些水中建筑的高度或深度，能够体现出雄性动物的健康状况和基因质量。驱动雄性做出这些行为的动力就是挑剔的雌性，后者能够区分出雄性能力的微妙差异。雌性会优先和建筑技巧高超的雄性交配，于是经过几代更替后，这种建筑技巧就会变得越发精湛。

雄性刺鱼也会用嘴搭建交配亭（其U形外貌跟有些园丁鸟的求偶亭非常相似），但是它们还会用其他工具辅助。它们的肾能产生一种黏稠的黏液状物质。建筑大体完成，需要添加装饰的时候，雄性刺鱼就会从

泄殖腔里分泌出这种丝状胶水，把树叶、草和丝状藻类黏在自己的巢穴上。奥斯陆大学的莎拉·奥斯特伦-尼尔森和米卡埃尔·霍尔姆隆德研究了生活在瑞典西海岸的三刺鱼，发现雄鱼会选择颜色怪异的显眼藻类装饰巢穴入口。当研究人员在附近放上闪闪发光的锡箔和手镯碎片时，雄鱼会毫不犹豫地把这些东西拖出来，装饰自己的家。尽管这些巢穴在捕食者面前的伪装效果并不好，但它越俗丽，越能吸引异性。由此可以看出，人类和园丁鸟并不是唯二喜欢亮晶晶东西的生物。

假高潮和吞精

工艺只是赢得配偶的其中一种方法，另一种则是令人耳熟能详的古老策略——欺骗。正如我们所知，鱼类也是诡计多端的。

雌性鱒鱼的骗术是假高潮。它会在沙子里挖个坑作为巢穴，然后在发情的雄鱼面前一边剧烈地抖动身体，一边排卵。附近的雄鱼受到引诱，会抓紧机会配合雌鱼的节奏，剧烈抖动身体，把精子排到水中。但有时候雄鱼会上当，因为雌鱼抖动身体的时候并不排卵。人们不清楚雌鱼为什么要这样做。一种可能是它在测试雄鱼的活力，或者它可能认为对方并不是自己心仪的对象，打算引来其他更好的雄鱼做自己孩子的父亲。这种繁殖冲突在自然界很常见。雄性精子数量众多，且生产成本低，即便给一条雌鱼的所有卵子都受精后，还能留下一些给其他雌鱼。对于雌鱼来说，自己宝贵的卵子由不同的雄鱼受精是更好的选择，这样可能会提高卵子被质量最佳的雄鱼受精的可能性。

雌性天竺鲷也有自己的骗术，或者说，有自己的伎俩。为了保护雌鱼的卵，雄鱼会小心翼翼地把它们衔在嘴里。对于父亲来说，这是伟大

的自我牺牲，这意味着它在繁殖的重要时期是不能进食的。有时候雄鱼实在饿得受不了，会把整团卵一口吞下。为了降低这种结果出现的可能性，雌性天竺鲷会产下一部分没有卵黄的假卵，将其混在真正的卵中。这些假卵能让雄性天竺鲷以为自己的嘴里放了很多后代，需要更细心的保护。在我看来，这种解释缺少说服力，它假设雌鱼和雄鱼之间是利用关系，但从善意的角度出发也能解释这一行为。也许我们会发现，雌鱼排出这些“营养卵”是为了奖励雄鱼的辛勤付出，而雄鱼可以区分受精卵中的假卵，将其吃掉，留下真卵。毕竟，受精卵也是雄鱼的骨肉。

生活在马拉维湖的各种丽鱼中，雄性是用卵玩弄伴侣的那一个，它所用的招数就是卵的拟态。雌鱼会先把卵产在基底上，然后将其吞入口中。作为授精的辅助手段，雄鱼的臀鳍上有黄色的斑点，看起来就像是立体的卵。雌鱼难以拒绝这样的诱惑，它会游到雄鱼生殖器官附近，吸入它排出的大部分精子，这样受精的成功率就更高了。这是一种明显的视觉欺骗手段，但我并不认为雄鱼“卵状”的斑点是跟刺激一样的骗术。繁殖对雌鱼和雄鱼是同等重要的，因此，也许雌鱼看到雄鱼充满诱惑的视觉信号时并不会觉得上当受骗。

口交在很受欢迎的观赏鱼兵鲷的受精过程中会起到更直接的作用。雌鱼会直接把嘴贴到生殖孔附近吸入精液。精子很快就会通过雌性的消化通道，排在腹鳍中间一团30颗左右的卵上。

我觉得自己应该不是唯一一个好奇为什么精子不会被雌鱼体内的消化酶破坏的人。但精液流过雌鱼肠道的速度快得惊人。日本的研究团队测试了22条雌鱼体内精子穿过消化道所需的时间，他们在雌鱼吸入雄鱼精液的时候向雌鱼嘴中注射了一些蓝色染剂。之后他们就等着雌鱼肛门附近一团蓝色的东西出现。（当然，这种无礼的举动加剧了对它们隐私权的侵犯。）他们需要等待的时间很短，平均只要4.2秒！

这些兵鲇还有另一种方法，能够让精子快速通过雌鱼肠道且完好无损。它们利用体内的空气呼吸，在水面吞下空气，然后将其快速送过肠道。它们的消化系统，似乎早已具备了让精子快速通过身体而完好无损的条件。

为什么鱼类要用这么戏剧化的方法完成受精呢？一方面，利用这种方法，双亲都能确定孩子的基因来自谁，如果你是谨慎挑选配偶的类型，那么这一点非常重要。对雄鱼来说，它可以确定精子的去处，且能确定雌鱼只接受了自己的精子。不管最终的好处是什么，吞精对鲇鱼来说显然是个不错的办法，因为人们发现有多达20种鲇鱼都有类似的行为。

雌性的肠道可能并不是精子和卵子相遇的最奇怪的地方，还有一些鱼选择了无脊椎动物的内脏。海洋中最优雅的共生关系是鳉鰕——一种生活在欧洲溪流中的小型鱼类——和贻贝的奇特性行为。交配季节到来时，雌性鳉鰕会找一个大小合适的珠蚌属贻贝，并把卵产在里面。它要怎样才能把卵产到双壳紧闭的贻贝中呢？鳉鰕准妈妈会用长长的产卵管，把卵塞进双壳纲动物用来过滤水和食物的水管中。一旦卵子进入贻贝体内，雄性鳉鰕就会在排水管入口处排出精子，这样部分精子就会被贻贝吸入体内。接下来几天，鳉鰕的受精卵就会在安全的软体动物外套膜中孵化、发育。

这种安排对鳉鰕来说再好不过，但是作为鳉鰕繁殖容器的贻贝能从中得到什么好处呢？答案就是贻贝要等到自己的卵成熟时，才会把鳉鰕的幼鱼放出来，它的卵会暂时黏附在幼鱼身上，这样幼鱼就成了软体动物方便实用的卵子分散器。和一些植物的种子上长了小刺，可以附着在动物皮毛（及人类衣服）上搭免费便车一样，贻贝的卵也能用这种方式寻找富饶的新领地站稳脚跟。正所谓好人有好报。

女权主义鱼的手段

我曾见过雌性鳊鲂把卵子排到蛤蜊体内的图片，像极了加油站里的加油枪，我很好奇它能不能意识到自己的繁殖方法有多古怪。除非它观察过其他雌性产卵，不然一定是天生就知道该怎么做。雄性短鳍花鲈的交配行为看上去就不太像是生来就会的，因为它会随着社群条件的变化改变自己的行为，尤其是它会假装自己对其他雌性感兴趣，从而欺骗雄性对手。雄性短鳍花鲈有着名为生殖肢的射精器，这是一种内部有骨骼支撑的肉质附肢，功能和阴茎一样。雄鱼会咬雌鱼，同时用生殖肢顶它的身体，以此表达自己的交配意愿。在马丁·普拉思进行的研究中，他会在有观众和没有观众两种条件下让雄性短鳍花鲈接触雌鱼。首先，他把雄鱼单独放在有一对雌鱼的鱼缸中，让它们自由选择。接下来把雄鱼再次放到同样两条雌鱼面前，不过这一次，有一半雄鱼会被放置在鱼缸后方透明圆柱体中的雄鱼对手看着。

没有观众的对照组雄鱼没有改变对雌鱼的偏好。但是，几乎所有被对手盯着的雄鱼都开始对之前不喜欢的雌性表现出好感。它们的偏好会从体形较大的短鳍花鲈变成体形较小的，甚至会从同种雌性变成亲缘关系相近的雌性秀美花鲈。

雄性短鳍花鲈这么做的原因是要让对手的注意力从它更喜欢的雌性身上移开。之前有研究发现，雄性短鳍花鲈会受到对手偏好的影响，从喜欢短鳍花鲈变为喜欢秀美花鲈。这种手段是为了减小精子的竞争，因为附近的雄性可能会利用这种公共信息，模仿之前雄性假的配偶选择。把对手的注意力转移到另一个雌性身上后，雄鱼就能提高自己的精子给心仪对象授精的概率。

短鳍花鲮这种花招也有相反性别的版本。它们的近亲秀美花鲮全都是雌性的。爬行动物、两栖动物、鱼类和鸟类中都有少数几个全部是雌性个体的物种，这种生殖方式不需要精子给卵子受精，被称为孤雌生殖。秀美花鲮的情况更加特殊，因为它们只有在与其它种类的雄性花鲮交配后才能产生受精卵。尽管交配行为能够触发排卵，但其实雄性“浪费”了它们的精子，并没有给雌性秀美花鲮的卵受精。可以说，和秀美花鲮交配的雄性花鲮完全是完美骗局的受害者。

你可能会奇怪，为什么自然选择会包容精子最终走向绝路的雄性与雌性交配。如果这些雄性个体对雌性短鳍花鲮表现出兴趣，可能会更有好处。包括花鲮和它们的近亲孔雀鱼在内的一些鱼类都会有倾向意识，雌性短鳍花鲮通常会做出和秀美花鲮一样的配偶选择。

器大之鱼

花鲮虽然古怪，但它只是众多体内受精鱼中的一员。大多数鱼不需要雄鱼把生殖器伸到雌鱼体内就能交配，不过也有例外。所有雄性板鳃亚纲鱼类（鲨鱼和鳐鱼）都有鳍脚，这是性交时雄鱼插入雌性生殖孔内的一对器官。硬骨鱼中，孔雀鱼、花鲮、新月鱼和剑尾鱼都有生殖肢。

大多数时候，生殖肢都是朝向后方的，但是需要用它时，它就会甩到前面来。我想起大学时在动物行为学的实验室中，我们会记录下性兴奋的雄性孔雀鱼会隔多长时间发生一次“生殖肢摇摆”和“弯折”，摆出准备交配的S形姿势。体色耀眼的雄性四处摆动着难以驾驭的“魔杖”，明显是为了讨好雌性。尽管孔雀鱼体形很小，只有2.5~5厘米长，但它们的生殖肢有体长的五分之一，因此学生能够轻松观察并记录。

学名为“Phallostethidae”（意为“胸上的阴茎”）的精器鱼，也会进行插入式性交。这些鱼身体较小（最长3.5厘米），其貌不扬，共包括23个物种。它们的身体呈半透明状，生活在泰国和菲律宾的半咸水域当中。它们得名于生长在雄鱼喉部下方肌肉发达的骨质交配器官精器。没错，有些物种的精器旁边还长了功能健全的睾丸。精器的另一个特征是有锯齿状的栉状突，能够在交配过程中固定在雌性体内。经过仔细解剖研究，人们确认这种极为复杂的结构是从消失的腰带和腹鳍演变而来的。

性的重要性显而易见，鱼在演化过程中宁可放弃一对实用的鱼鳍，也要换取交配的便利。这也证明了生命的神秘，毕竟这些鱼的祖先似乎没有精器也可以生存得很好。没有人知道为什么这些阴茎会慢慢移到鱼的头部一端。或许，阴茎长在眼部附近能让雄性精器鱼插入的准确性更高？

雌鱼如何看待雄鱼的生殖器呢？或者更直接一点，在鱼类世界中，尺寸是否重要呢？食蚊鱼的生殖肢能达到雄鱼体长的70%，这样看尺寸的确重要。圣路易斯华盛顿大学的生物学家布莱恩·朗格汉斯验证了尺寸重要的理论，他把雌鱼放进鱼缸中，身体两侧分别打出雄鱼的投影。其中一条雄鱼的生殖肢经过电脑调整，显得比另一条鱼的更长。每次实验中，雌鱼都会游向生殖肢更长的鱼。但是讲求效率的大自然会限制生物物的浪费行为，生殖器太长对雄性食蚊鱼来说会是一种负担。如果孔雀尾巴比对手长60厘米，那么它在有机会交配前，更有可能被捕食者吃掉，因为生殖器大的食蚊鱼在敌人面前更脆弱。大生殖肢会在水中形成较大阻力，雄鱼更容易被抓住。因此生活在捕食者较多的湖中的雄性，比生活在安全水域中的雄性的生殖肢要小。

以上我们重点探讨了插入式性交的鱼类，我并不是看不上那些不计

其数的将卵子和精子直接释放到水中进行体外受精的鱼。这种繁衍方式在鱼类当中非常常见。我来简单举个例子：海七鳃鳗有着非常复杂的筑巢和交配行为，跟人们对这种古老的无颌鱼类形成的“原始”的刻板印象相去甚远。和鲑鱼一样，它们也是一种洄游性鱼类，生活史可以分成海水和淡水两个阶段。到了产卵时，它们会逆流而上，搭起一个直径为60~90厘米的卵圆形巢穴。一对配偶会用吸盘状的口拾起石块或把石块拖到巢穴上游，堆成一堆。交配时，雌性会用嘴紧紧叼住石块，雄性则紧紧抓住雌性头部后方，然后把身体缠绕在雌鱼身上，接着两条鱼就会剧烈颤动。这种动作会把细沙搅起来，附着在排出的卵上，帮助卵落到巢穴中。接下来，这对海七鳃鳗就会分开，然后把上游的石堆挪到下游去。这样做有两个目的：一是让沙子留下来盖住受精卵，二是堵住巢穴的缝隙让卵待在里面。海七鳃鳗会反复这一过程，直到雌性所有的卵都排出体外。这种交配过程有着罗密欧和朱丽叶式的结局——最终，它们会力竭而亡。

和大多数情况一样，我们对鱼类性行为的了解只是冰山一角。人们研究过的物种中，很多都生活在人造环境中，这种环境有很多便利条件，但也可能会抑制野外性行为。比如，人工喂养的黄刺尻鱼就不会进行通常跟维持一夫多妻行为相伴而生的求偶行为。我们会好奇，那些惊人的现象是终将被发现，还是会永远埋藏在深海中。

可以确信的一点是，对很多鱼来说，繁殖的终点并不是性交。鱼类也会哺育后代，而且它们也有一些非常有创意的办法。

育儿方式

在这个世界上，只要能为他人减轻负担就不是无所作为。

——查尔斯·狄更斯

在我八岁那年，老师给我们放了一部电影，讲述鲑鱼长途跋涉，从海洋回到出生的溪流产卵而后死去的故事。老师让我们写电影观后感，而我母亲把我当年的作业保留至今。我在其中写道：

鲑鱼必须产下许多卵。因为它们天敌众多，不然所有卵都会被吃光的。几周后，只有15个卵依然健在。一周之后，鱼苗长大了一些，可以认出它们是鲑鱼了。忽然，一个庞然大物向它们游过来，所有小鱼都奋力游开想要逃生，但大部分还是被一条大狗鱼吃掉了。

我努力回想，那部影片给我灌输了一种印象，即鲑鱼的生活就是彻底的、不断的挣扎，尽管我明智地总结出“交配在你看来可能是一场斗争，但鲑鱼其实非常享受这个过程”。小男孩在尝试表述事实时有些可笑，不过那部电影传递了一个关于鱼类生活的错误观念。虽然老师告诉我们，鲑鱼完成了自己的使命，在故乡的溪流中产卵而后死去，但事实上，有些雄鱼和很多雌鱼都会转身游回海中，恢复正常的身体状态，继

续生活，可能几年之后才会再次在繁殖冲动的影响下回到溪流中。

那部影片还让我认为鱼类是不会照顾自己的孩子的。事实上，鱼类的育儿行为至少独立演化了22次。大约四分之一的鱼类物种，也就是约8000种鱼，都会做出某种形式的看护后代的行为。看护行为多种多样，从保护受精卵到幼鱼出生后最脆弱的前几周寸步不离。包括鲨鱼在内的很多鱼都是胎生的，也就是说会直接产下活的幼仔。有些鲨鱼还有胎盘，能够通过脐带给发育中的胚胎输送养分，直到它们出生。

尽管有的鱼类有哺乳动物的繁殖特征，但它们不会像哺乳动物一样用乳汁喂养幼崽。不过，有些种类会产生一些能够喂养后代的物质。最有名的就是盘丽鱼，这是一种原产于南美、经常能在水族馆中见到的丽鱼。盘丽鱼会对发育中的幼鱼悉心照料，几周后，盘丽鱼父母会让孩子吃那些覆盖在自己身体表面、起着保护作用的黏液。它们吃的并不是以前的黏液，而是父母体侧加厚的特化鳞片分泌出来的。这是一种能够加强幼鱼免疫力的私人营养餐。黏液中含有丰富的抗菌物质，能够防止幼鱼感染。科学家发现，免疫增强物质在鱼类中十分常见。人们从鱼的黏液中分离出了一类新的肽类抗生素，名为毒鱼豆素（piscidin，意指“跟鱼有关的化合物”）。

鱼类世界中的乳汁替代品不只有美味的黏液。还记得雌性天竺鲷专门为用嘴孵卵的雄性产下的未受精的假卵吗？很多鲨鱼都会产下假卵，作为出生前正在发育的胚胎的额外食物来源。马拉维湖中的一种鲃鱼也会产下假卵，喂养在水里游来游去的鱼苗。幼鱼会游到母亲的泄殖孔附近，雌鱼把假卵排出来时，幼鱼就会把卵吃掉——可以说是随时可享用的鱼子酱了。

保卫受精卵

小鱼出生前，准爸爸、准妈妈负责保卫受精卵。一种方法是赶走入侵者，从而确保卵的安全。生性好斗的雀鲷是保护欲非常强的父母。我在佛罗里达州基拉戈岛附近的一处小型珊瑚礁潜游的一个小时中，只看到了几次鱼类之间的攻击性互动，几乎所有的入侵者都会被副金翅雀鲷驱赶。全球知名的鱼类学家蒂尔尼·蒂斯描述了自己见到的雀鲷保护受精卵的场景。她靠近受精卵仔细观察的时候，这种体长12厘米左右的小鱼会反复用声音发出警告。雀鲷发现自己并不能成功赶走面前巨大的潜水者，于是直接冲了上来，“用它的小牙齿咬住我的一大缕头发，然后使劲向后拽，力气特别大，我疼得不由自主地叫了一声”。

除此之外，鱼类父母还会建造各种各样的巢或避难所，把卵藏在里面，其中就包括用植物材料和大量特殊唾液吹成的泡泡建造而成的精巧腔洞。紫黑眶锯雀鲷筑巢的方式可谓一流。一对紫黑眶锯雀鲷会用喷沙的方法清洁产卵地点。它们嘴含一口沙子，将其用力喷到选定的岩面上，然后用鱼鳍扇一扇，再用嘴把卡在岩面中的沙粒拔出来。

提高卵生存率的另一种更实际的方法是将它们随身携带。有些鱼会把卵含在嘴里，有些则是放在育儿袋中——雄性海马正是以此闻名。生活在热带印度洋海域中的剃刀鱼，是令人称奇的伪装大师。雌性剃刀鱼的腹鳍长在一起，形成一个像摇篮一样的育儿袋；而海马的近亲海龙，则是和海马一样，雄性长育儿袋。生活在新几内亚的雄性钩鱼会把配偶产的卵挂在前额的突起上，像一串葡萄一样。几内亚的底栖鲇鱼则会把卵团成一团，附着在皮肤上，由一层增生的皮肤包着，直到胚胎发育成熟，从这一不寻常的子宫中游出来。

一种名为饰纹布琼丽鱼的南美洲丽鱼会精心挑选一片松动的叶子在

上面产卵。准备交配的雄鱼和雌鱼通常会在产卵前对叶片进行测试：它们会拉拽、抬起并翻动候选叶片，尽量挑出容易移动的。产卵后，雄鱼和雌鱼会一起守卫它们的受精卵。受到打扰时，饰纹布琼丽鱼就会咬住叶片一端，急忙把它拖到更深、更安全的地点。

阿氏丝鳍脂鲤也是保护卵的高手，它们的名字也得益于这种古怪的方式（其英文俗名直译为“溅水脂鲤”）。跟把卵产在水下叶片上的饰纹布琼丽鱼不同，这些身手矫健的鱼会把卵产在垂在半空中的叶片上。准鱼爸和准鱼妈会贴着水面垂直排成一列，然后在精妙的一瞬相互示意后，同步跃向事先选好的叶片。每次跳跃的最后，两条鱼都会肚皮翻到天上，把精子和十几个卵一起排出体外。它们是把握时机的高手。通过这种方式，一对阿氏丝鳍脂鲤能够将几十个透明且经过精巧伪装的卵附着在目标叶片上成团。我在资料中看到它们能跳10厘米高，但是拍到这种行为的影片显示，阿氏丝鳍脂鲤能跳得更高。它们还会在叶子上停留数秒，赢得更多的产卵时间。

还好卵的孵化时间很短，不然负责给卵保湿的准爸爸会累死。它会熟练地摆动尾巴，将水甩到卵团上。这是一项艰辛的工作，因为在2~3天的孵化期内，它必须每隔一分钟就溅一次水花，直到鱼苗从卵中孵化出来掉进水里。

每逢遇到这种神奇的动物行为时，我总会忍不住猜测它们是如何形成的。鱼类在水中产卵并照顾受精卵的行为，是如何变成把卵寄存在树叶上、溅水花为其保湿这种古怪行为的呢？当然，答案一定是逐渐的、阶段性的演变。有些原始脂鲤生活的环境中可能存在某种看得见的捕食者，脂鲤把卵产在水下植物的叶片上时，捕食者就吃不到这些卵了。后来，来自其他捕食者的压力迫使某对有魄力的脂鲤摆动腰部跳起来，把已经变得黏糊糊的卵子寄存在低垂着的叶片上。再到后来，也许是在决

心更大的水生捕食者的压力下，脂鲤也越跳越高，最终掌握了跳跃技巧。演化的每一步都必然伴随着某些益处，否则这种行为在群体遗传上就不可能具有优势。

阿氏丝鳍脂鲤并不是唯一把卵产在水外的鱼。很多栖息在最高潮位和最低潮位间的潮间带鱼，都能在空气中孵化鱼卵。退潮时，线鲷、锦鲷和狼鳗会用它们长长的身体把卵团包裹起来，并在卵团周围存下来小小的一汪水。为了保护自己未来的后代，鱼会在空气中躺上好几个小时，不得不说父爱、母爱是极其伟大的。

保护不在水中的卵的策略，还包括用海草盖住、埋进沙子里以及藏在岩石中间。这些方法都能让孵化温度更高、氧含量更高、捕食者的威胁更小。

吞而不咽

为了让后代安然度过最幼小、最脆弱的时期，鱼类设计出的最具独创性的办法就是把它们直接含在嘴里。这种用嘴携带卵或能自由游动的小鱼的方法被称为口孵（mouthbrooding），地球上四个大陆中至少有9科鱼具有这种行为。有些鱼类家庭遇到危险时，大鱼就会把头压低缓缓后退，发出危险信号。小鱼会向大鱼靠近，被大鱼吸进嘴中，直到危险过去后，大鱼才会让它们出来。大鱼把小鱼吸进嘴里的时候，就好像在倒放呕吐的影像片段。

丽鱼是口孵育儿法的专家，已知的2000种丽鱼中，有70%的物种都会用嘴巴照顾后代。丽鱼丰富的物种多样性以及庞大的数量可能部分要归功于这种适应性行为。大概由于鱼的嘴里只能容纳一定数量的后代，

丽鱼的产卵量比其他鱼类小很多。但后代在幼年期更高的成活率，则很好地弥补了产卵少的劣势。

有口孵行为的鱼类中名气最大的是搏鱼属，包括70多个物种。有些搏鱼会用气泡巢保护幼鱼，可能就是这种行为渐渐演化成了口孵。用气泡巢保护幼鱼的搏鱼生活在死水里，在这种环境中，气泡巢的效果非常好。它能让卵和发育中的幼鱼围在一起，在安全、湿润且靠近氧气量充足的地方成长。但在诸如溪流这样的流动水域中，气泡巢则很难保持形状。鱼类父母在建造气泡巢时会把卵含在嘴里，这种行为其实已经接近于口孵。你可以想象，很久以前有这样一条鱼，游到了一条溪流中，进入新的生活环境。它看着自己的气泡随着水流漂向远方，绝望中，它意识到如果把卵放在自己嘴里可能会更好。

口孵还有其他好处。用气泡巢保护后代的鱼会高度依赖巢穴，一旦离家太远，就面临失去卵或鱼苗的危险。而口孵的鱼能够随意活动，同时保护自己和后代的安全。不仅如此，它们每次呼吸时都会有水流过卵的四周，因而能保证充足的氧气。

口孵不仅表现了鱼类聪明的一面，还能表现出它们道德高尚的一面。一般情况下，处于口孵期的鱼类父母会停止进食。这并不是一件小事，因为口孵期可能会持续一周甚至更久。如此一来，进行口孵的鱼会出现饿死的现象，也就不足为奇了。

这种行为的高贵之处不止于此。大鱼仍然会把食物含在嘴里，但不会咽下去——至少不是大鱼咽下去的。这些小块的食物是用来喂养躲藏在慈爱大鱼嘴中的小鱼的。一项针对坦葛尼喀湖野生红身蓝首鱼的研究表明，雌鱼会游到湖中安静的区域，用口孵的方式照顾后代长达33天左右。这段时间里，任何食物都不会进到它们的肠胃里，但随着后代不断

生长发育，它们也会加快自己的进食速度。必须承认，这种自制力在动物王国中名列前茅。

好爸爸

猜猜这些鱼中是谁承担了大部分照顾后代的工作？答案是爸爸。陆生动物往往是母亲承担养育后代的重任，鱼则完全相反。雌性不可避免地要完成产卵的工作，但在这之后，雄性就会接手。因此，搏鱼中负责建造气泡巢并保护鱼卵直至幼鱼孵化出来的是雄性搏鱼。感到周围有危险时，搏鱼父亲会在水面附近摇动胸鳍，感知到水波的幼鱼，就会游到父亲的嘴里躲一躲。

雄性在口孵中的作用非常重要，有些物种的雄性，甚至演化出了更适应这项工作的面部特征。科学家认真研究了9种天竺鲷的头部，发现雄性的吻部和颌部比雌性的更长。研究人员推测，用口腔抚养后代的功能限制了鱼类嘴部的其他重要功能，比如呼吸。由于大量后代（所有个体都要吸收水中的氧气）占据了口腔中珍贵的空间，雄鱼的摄氧量受到了影响。因此科学家推测天竺鲷可能得面对不太光明的未来。澳大利亚昆士兰詹姆斯库克大学海洋和热带生物学院的戴维·贝尔伍德说：“口孵行为容易让它们受到气候变化效应的影响。随着海洋温度的升高，这些鱼必须呼吸更多，而它们需要氧气时，一定不希望嘴里塞满了后代。”

鱼类中好爸爸冠军的名号属于海马和它们的近亲海龙。这些雄性鱼类所做的工作跟怀孕非常相近。雌性会把卵产在雄性腹部的育儿袋中，雄性给这些卵受精，并携带它们直至孵化。“生育”过程中，雄性需要收缩、扭曲育儿袋，从而让幼鱼从育儿袋中出来。

父亲怀孕有明显的好处。单纯从繁殖的角度来说，雄性能够确定后代属于自己，而且与抛弃后代让它们独自面对海洋生活的种种危机相比，这种方式的存活率更高。亲子关系的确定性非常重要。因怀孕和（偶尔）养育后代消耗了大量能量的雌性，自然能够确认自己的血脉，但雄性则很少能确认这一点。讽刺的是，这种以雄性为中心的监护体系，让亲代关系的不明确性从雄性转向了雌性。遗传分析显示，雄性海马中实行每周夫一妻制的比例只有10%，有些雄性的育儿袋中有多达6个不同雌性的卵。不过，有证据表明，雌性海马也会向不同雄性的育儿袋中产卵，玩弄手段。

合作繁殖

亲子关系的不确定性只是发挥繁殖潜力的诸多障碍之一。安顿下来建立家庭所需的资源短缺是另一个难题。如果筑巢地点、食物来源和配偶都不合适，就有可能出现妥协行为。

读研究生的时候，我每周都会跟一群行为生态学家开会讨论鸟类合作繁殖行为的最新研究进展。这种现象多种多样，有专门的课程和书籍加以讨论。合作繁殖指的是一个或多个非繁殖成年个体放弃繁殖机会，协助另外一对成年鸟类养育后代的现象。繁殖的一对鸟类通常是助手的亲代，不过也有例外。具有合作繁殖现象的已知鸟类有几百种，包括画眉、鸦、翠鸟、犀鸟等。

1989年时我上了那门课程。有趣的是，没有任何人提及鱼类中的合作繁殖现象——尽管几年前，人们就已经在美新亮丽鲷身上发现了这种行为。目前人类已知具有合作繁殖行为的鱼类数量（只有十几种）比鸟

类（约300种）和哺乳动物（120种）少很多，但是鱼类的生活里有太多人类未知的秘密，这意味着或许很多鱼都有类似的行为，只是我们还未发现而已。

最著名的合作繁殖的鱼类是那些具有创新精神的丽鱼。助手丽鱼会完成多种照顾鱼卵及幼鱼的工作，比如清洁、搅动水流、清理繁殖区域的沙子和腹足动物，以及守卫繁殖领地等。

鸟类和哺乳动物的互助行为是通过亲缘选择演化而成的。如果自己建立家庭的希望渺茫，比如缺少合适的筑巢地点，那么帮助有血缘关系的个体，比浪费自己的时间最终一事无成更有意义。帮助他人能够提高帮助者的遗传适合度，因为与帮助者有相同基因的亲属能够获益。帮助行为也是一种有价值的训练。如果首先完成了整套的学徒训练，未来的繁殖者更容易成功掌握筑巢、孵化、哺育后代和保卫巢穴等技艺。

也就是说，在条件允许的情况下，这些帮助者仍然能繁殖自己的后代。一项针对塞岛苇莺的研究就证实了这一观点，这些鸟类来到新的岛屿后，只有所有的高质量筑巢地点都被占用后，鸟群中才会出现帮助行为。一旦土地瓜分完毕，让步随之而来。

鱼类中的帮助者是否也是因为没有其他更好的选择呢？伯尔尼大学的瑞士研究者决定验证这种所谓的生态限制假说，他们从坦葛尼喀湖南端捕获了美新亮丽鲷，完成精心设计的人工养殖实验。美新亮丽鲷是研究鱼类合作繁殖行为的最佳对象。它是一种优雅的小鱼（最大不超过8厘米），长着大眼睛，身体呈粉黄色，纤长的鱼鳍边缘是天蓝色。它们的社会生活同样多姿多彩。它们能够把交配场地中的沙子挖起来运走，能用打斗、啃咬、撞击、展开鱼鳍或鳃盖、低头、身体弯成S形等多种方法守卫巢穴，还能用抖动尾巴、勾引和逃跑等多种顺从行为抚慰高等

级鱼。

研究人员把32对美新亮丽鲷安排在7200升的环形水缸中的32个繁殖隔间内，每4个繁殖隔间中夹着一个“疏散隔间”。除了充足的沙子外，每个繁殖隔间和一半疏散隔间中还有两个被分成两半的花盆，可以作为繁殖场地。每对繁殖鱼（共64条）还分配了一对助手，一条大一条小，两个助手体形都比繁殖鱼小，也是一共64条。研究人员训练助手鱼，让它们学会从繁殖隔间和疏散隔间中树脂玻璃板上的小狭缝中穿过。繁殖鱼由于体形太大，无法通过这些狭缝。

尽管刚转移完地点后有些迷惑，这些鱼很快就适应了新的生活环境。一对繁殖鱼在抵达后5天之内就产下了卵，而这32对繁殖鱼中，除了一对外，剩下的鱼都在4个半月的实验中至少产下了一窝卵。

在具备繁殖条件的情况下，帮助者是提供帮助还是自己建立家庭呢？当然，它们选择了后者。正如生态限制假说预测的那样，帮助者游到空余的疏散隔间中就有了繁殖所，它们会跟另一个帮助者配对，繁殖自己的后代。体形较大的帮助者很少会帮助之前分配的繁殖鱼，而跟没有自己繁殖场地的大帮助者相比，有繁殖场地的那些会长得更大，这表明它们能够根据繁殖状态控制自己的体形。

进行繁殖的帮助者，并不会选择跟自己分配到同一个隔间的帮助者，这可能是因为后者体形较小，与相邻繁殖隔间的大帮助者相比，并不是理想的交配对象。没有繁殖场地的疏散隔间中，没有出现任何繁殖行为，这证明了适宜的繁殖条件的重要性。

这个实验设计精巧，能够证明美新亮丽鲷和很多鸟类一样，会因为环境中资源有限而妥协产生帮助行为。这让我联想到人们在成为正式员

工或自己创办公司前，都会在机构中当志愿者或在企业中实习一样。

帮助他人养育后代的行为是高尚的，不过美新亮丽鲷中有一些帮助者的高尚程度可能会稍微逊色一些，它们从帮助中获得的，不仅仅是经验以及间接遗传自己的基因。对赞比亚卡萨卡拉威的野生美新亮丽鲷进行遗传分析后，研究人员发现，虽然雌性繁殖鱼是几乎所有后代的生母，但其中只有90%是雄性繁殖鱼的血脉。雄性帮助者会给超过四分之一的卵团受精。从坦噶尼喀湖的美新亮丽鲷的遗传数据来看，5个鱼群中，有4个都存在混合血统的现象。

对占有优势地位的繁殖雄性来说，这并不是彻底的坏消息，因为它们通常并不知道帮助者的不检点。有越界行为的雄性帮助者明白这些卵中有一些是自己的血脉，因此在抵抗捕食者时，会比没有参与繁殖的乖巧的帮助者更加勇猛，也倾向于守在离繁殖场地更近的地方。帮助者暂时不能提供帮助时，其他鱼群成员会表现出更多守卫领地的行为。回到巢穴后，之前无法提供帮助的帮助者会帮更多的忙——尽管科学家并没有发现繁殖鱼会对它们的偷懒行为进行惩罚。

这些行为对人类来说也并不陌生。尽管有一夫一妻和性忠诚等准则，不合规范的行为依然存在，否则我们就不会有“出轨”“绿帽子”“亲子鉴定”这些词了，也就不会有寄养和收养。

不速之客

帮助繁殖这种高尚的行为无疑为鱼类世界中的偷鸡摸狗行为奠定了基础。这就是生物学家所说的巢寄生。

正如合作繁殖一样，鸟类的巢寄生现象也很出名。这种现象是指个体把自己的卵产在其他个体的巢穴中。某些鱼类、两栖动物和昆虫都有巢寄生行为，这是一种演化上的揩油策略，即让其他人去保护、养育自己的后代。很多巢寄生的鸟在巢穴中产下自己的卵后，会把寄主的卵移走。被寄生鸟类的雏鸟比寄生鸟类的雏鸟小很多时，寄生鸟的后代就能获得大部分食物，而寄主自己的雏鸟就可能被饿死。在最可怕的例子中，有些巢寄生鸟类，尤其是杜鹃，会把卵或者刚孵化的雏鸟除掉，要么直接把它们从巢里挤出去，要么就用几天后就会脱落的喙上的尖钩杀死它们。其他巢寄生鸟类，比如巨牛鹂，不会伤害寄生巢穴中的拟棕鸟或酋长鹂的雏鸟，而且还有证据表明这是一种互利行为，因为寄生的雏鸟会把室友身上的狂蝇幼虫除掉。

鱼类中最有名的巢寄生现象发生在非洲的大湖中，那里有最精妙的鱼类社会行为。宾州州立大学的研究团队在马拉维湖中发现了14个南鳔巢穴，其中11个都有巢寄生现象，寄生鱼类是湖中一种常见的鲃鱼，被当地人称为邦贝鱼。被寄生的南鳔巢穴中几乎全是邦贝鱼的后代，成年南鳔会保护它们直到10厘米长。雄性南鳔和雌性南鳔都会喂养后代。雌性南鳔会产下营养丰富的卵，而小鱼会聚集在它的泄殖孔周围。雄性南鳔则会从附近的栖息地中捕获无脊椎动物，把它们带回巢穴，然后用鳃盖把食物分给饥肠辘辘的后代。在寄生的巢穴中，邦贝鱼和南鳔的幼鱼一起进食。直到现在，也没有人知道邦贝鱼的后代是否天生就知道养父母的喂食方法。

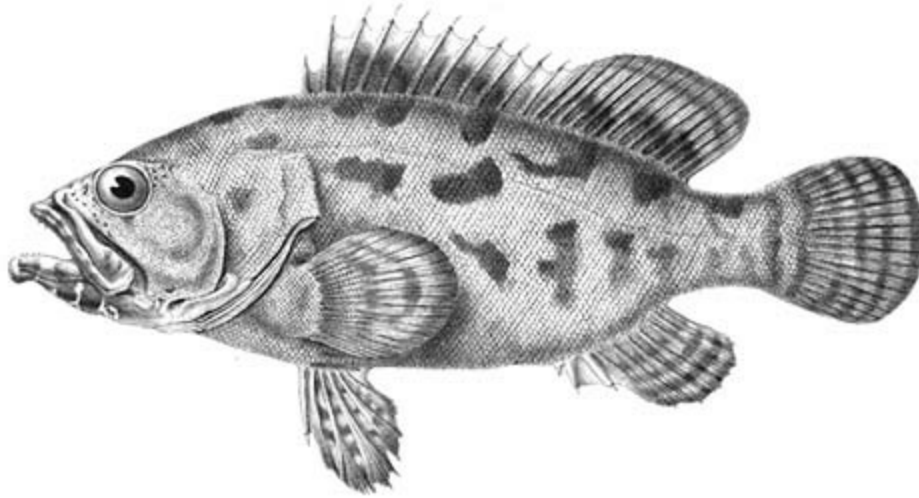
邦贝鱼对南鳔的寄生比一般的巢寄生更加独特。杰伊·斯托弗在2007年初发现巢寄生现象前，已经在马拉维湖潜水超过1600小时，但从来没有见过这种行为。而且看上去邦贝鱼也不是习惯占南鳔便宜的样子，它们也会照顾自己的幼鱼并且积极保卫巢穴。斯托弗在给邦贝鱼筑

巢区域摄像时因为靠得太近，手还被咬了。

至少邦贝鱼和南鲮之间的寄生关系还算友善。西北方向800千米外的坦葛尼喀湖中，密点歧须（一种鲇鱼）会在繁殖中的丽鱼上方产卵，丽鱼则会尽职尽责地口孵密点歧须的卵和幼鱼。这样一来，后者被俗称为杜鹃鲇也就不足为奇了。杜鹃鲇可谓厚颜无耻且欺人太甚，它们的卵比寄主的卵孵化早，一旦卵黄的营养耗尽，小鲇鱼就会开始吃丽鱼的后代。东京大学的动物学家佐藤哲也在1986年发表了关于这一现象的论文，这是人们知道的第一种真正的鱼类巢寄生现象，即寄生物种的后代完全依赖寄主父母生活。

如果我们用一句话来总结目前人类对鱼类的科学认识，那就是鱼不仅仅是活的，它们也有生活。它们不是冷冰冰的东西，而是活生生的动物。一条鱼就是一个有个性、有社会关系的个体。它们能规划、能学习、能感知、能创新、能安慰和欺骗其他个体，能感受到愉悦、恐惧、开心和痛苦，甚至能感受到欢乐。鱼有感觉也有认知。这些知识与人类和鱼类的关系是否相符呢？

第七章 离水之鱼



我的双手是它的白日梦魇，

让它看到了死亡。

——D.H.劳伦斯《鱼》

当一条鱼并不容易，尤其是在人类统治的时代。在难以追溯的远古时期，人类就已经开始捕鱼了，那时人类还没有圈养牲畜，但学会了使用鱼钩和渔网。人类发现的最古老的鱼钩可追溯到16000~23000年前。已知最早的渔网是1913年由一位芬兰农民在沼泽的水沟里挖东西时发现的，这种渔网用柳树纤维制成，长近30米，宽1.5米，根据碳素测定分析显示，这张渔网是在公元前8300年制造的。

早期的渔民用鱼钩或渔网在浅水水域捕鱼时，丝毫不会担心自己会捕完海里所有的鱼，在他们看来，海洋会向地平线的另一边无限延伸。而且，他们也根本不需要担心。以捕鱼为生的原住民社群自有历史存在起就和野生鱼类和谐相处。想要长期生存，就必须让自己的需求和鱼类的需求保持一种可持续的平衡状态。这在现代社会里并不容易，因为人类捕鱼并不仅仅是为了生存，也是为了赚取利润。

进入20世纪后，人们普遍认识到地球的各片水域并没有无尽的鱼类供给。几年前，我从小巷的垃圾堆里捡回来一本古老的书。这本《地球上的动物》（*Animal Life of the World*）出版于我母亲出生的1934年，作者H.J.谢普斯通在里面写道：“尽管人类每年从海洋中捕捞几百万吨鱼类，这座宝库依然没有任何被掏空的迹象。”

人们以前也是这样说旅鸽的，但我们都知道旅鸽的下场如何。[\[44\]](#)

谢普斯通没有提及当时已经有大量证据表明的两个趋势。一个是人口数量的稳步增长。如果其他因素保持不变，人口数量增长意味着消费鱼类数量的增加。即使人均鱼类消费量维持不变，从谢普斯通的文章发表到今天，由于人口增长已经导致鱼类消费量增长了两倍。

今天，鱼类的消费量在世界上人口最多的两个国家中有剧烈的增

长。中国居民人均鱼类消费量比1961年时增长了5倍，印度则增长超过2倍。50年中，这两个国家的人口几乎翻倍。根据联合国粮农组织的数据显示，2009年，全球人均鱼类年消费量为18.4千克，几乎是20世纪60年代时的2倍。美国的人均鱼类消费量几乎维持不变，但鱼类总消费量仍然由于人口增长有显著增长，更何况，我们喂养的其他动物也会吃鱼类制品。

如果有人认为这些增长的数字反映了鱼类数量的增加，那一定是错觉。真相恰恰相反。全球鱼类数量在急剧减少，1950年以来，倒闭的渔场数量稳步上升[\[45\]](#)。

这难道不是悖论吗？鱼类种群规模急剧下降的同时，人类怎么还能有更多的鱼吃呢？“如果有人认为有限环境（比如海洋）能够产生无限增长，那这个人不是疯子就是经济学家。”英国生物学家、电视节目主持人大卫·阿滕伯勒嘲讽道。这就不得不说到谢普斯通预测中没有考虑到的另一个趋势：技术的不断进步。技术改变了商业捕鱼。今天的渔船能够利用声呐、卫星导航系统、深度探测器和精细的海床地图跟踪鱼群。有些捕鱼者使用了探鱼飞机，有些使用了直升机。耐用、轻巧的合成纤维制成的长达几千米的渔网被撒进海中。长达1.6千米，深达220多米的围网能够困住靠近海岸的沙丁鱼、鲱鱼和金枪鱼，然后被从底部拉起（形成袋状），拖到船上。延绳捕鱼使用的延绳上有2500多个鱼钩，有些延绳长度超过100千米，能伸入水下不同深度的区域，或者系上重物沉入800米深的海底。人们还能用巨大的绞盘把猎物拖上甲板。

最具摧毁性且不分青红皂白的捕鱼方法是底拖作业。拖网渔船就像后面带着一张用来装猎物的大网的割草机。渔网上面有很重的金属滚轴，能够在800~1600米深的海床上拖行，把沿途所有东西一网打尽。一百年来在海底长成的各种生物——比如珊瑚、海绵、海扇等——为鱼

类提供了至关重要的栖息地，但一张拖网扫过就会遭到严重破坏甚至被彻底摧毁。各种生长阶段、不同大小的鱼类、水草、海葵、海星和蟹都被打捞出岸或被彻底破坏。美国著名海洋学家、TED奖得主西尔维娅·厄尔把底拖作业比作“用推土机抓蜂鸟”。

与其说渔船本身是船，倒不如说是能够冷藏鱼类或把它们做成罐头的海上加工厂。如果渔船装满了，人们就会把捕获的海产品转移到收集船上，避免返回港口浪费时间。他们一次出海会持续几周甚至几个月。世界各地的海上有无数这样的加工船在穿梭，100吨以上的加工船有23000多艘。

现代商业捕捞就像用手抓苹果而不是用嘴咬苹果。鱼类毫无逃生可能。今天，决定人类能够捕多少鱼的不再是人类的捕鱼能力，而是还剩多少可捕的鱼。

养殖

替代野生鱼类捕捞的方法是人工养殖。养鱼是全球增长最快的动物性食物生产产业，它占全球鱼类产量的比例从1970年的5%增长到了今天的40%。[\[46\]](#) 水产养殖的原则跟工业化养殖陆地动物一样。鱼类生活在高密度环境中，使用营养丰富的配方，从而获得最快的生长速度，然后被屠宰加工，供人类食用。养殖鱼类没有生活在板条箱或格子笼里，而是被困在海水或淡水的围网中，或者陆地上的水箱及池塘里。在鳟鱼养殖场中，鱼类的密度极高，相当于一个浴缸中生活着27条30厘米长的鳟鱼。

乍看之下，水产养殖似乎就是野生鱼类的救星。但事实很复杂。自

相矛盾的是，工业化养殖的鱼类产量并没有缓解野生鱼类数量的下降，因为用来饲养养殖鱼类的主要食物就是鱼类本身。人类偏好肉食性鱼类，这些鱼的天然食物就是更小的鱼。大多数“饵料鱼”都是从海里捕捞来的（比如鱼或鲱鱼），它们不是给人吃的，而是给养殖鱼、猪和鸡吃的。全球超过一半的鱼油产量用于饲养人工养殖的鲑鱼，87%的鱼油用于水产养殖。到底需要多少鱼才能满足另一种鱼类形成市场呢？每种鱼都不相同。根据2000年的一份分析报告显示，2~5千克“饵料鱼”才能产出1千克鲑鱼、海鲈鱼、蓝鳍金枪鱼等肉食性鱼类。由于饵料鱼的体形较小，所需数量非常庞大。

在所有饵料鱼中，有一种可能你没有见过、没有听过也没有吃过的默默无闻的鱼。鲱鱼（menhaden，实际上指四种商业鱼类）是一类看上去并不特别的鱼，它们生活在大西洋和太平洋中，体长约30厘米，身体为典型的椭圆形，尾鳍分叉，鳞片颜色亮丽，这种滤食性鱼非常适合放在插图辞典里的“鱼”这个词条下当图示。人类捕捞的鲱鱼数量庞大，以至于H.布鲁斯·富兰克林把它们称为“海洋中最重要的鱼类”，并以此作为书名。2012年12月，大西洋州海洋渔业委员会规定2013年大西洋油鲱的捕捞上限下降25%，共计3亿条。也就是说，之前这一地区捕捞的大西洋油鲱数量为每年12亿条。

全球鱼类捕捞量的三分之一都不会成为人类的食物，鲱鱼也一样。其英文名“menhaden”来源于美洲原住民单词，意为“肥料”。鲱鱼的商业用途包括生产鱼油、鱼干、鱼粉等。鲱鱼死后经过干燥、压缩，就能生产出鲱鱼油，用来制造化妆品、油毡、健康膳食补充剂、润滑油、人造黄油、肥皂、杀虫剂和油漆等。大多数鲱鱼粉——鲱鱼尸体晾干后磨成的粉——用来喂养人工饲养的家禽和猪，有些也会被做成宠物食品，饲养养殖鱼。一家名为欧米伽蛋白的公司，在2010年拥有61艘经营渔船、

32架探鱼飞机以及5个生产设施，全部用来捕捞及加工鲱鱼，并从中获取利润。

当野生鱼类用来喂养养殖鱼的时候，养殖鱼也成了海虱的盘中餐。海虱是附着在鱼类和其他海洋生物身上、以其活体组织为食的桡足类寄生虫的总称。在野外，海虱并不构成威胁。但在人工养殖的高密度环境中，寄主就在几厘米外，海虱能够旺盛地繁殖。当海虱靠鱼类黏液大快朵颐的时候，鱼类的肉和眼睛也逃不过它们的糟蹋，海虱的天堂就是饲养鱼的地狱。鱼类养殖产业中，10%~30%的养殖鱼死亡率都是可接受的正常范围。

把鱼类关在海洋监狱里的渔网并不能阻止这种猖獗的寄生虫扩散。雌性海虱在存活的7个月时间里能产下约22000个卵，这些卵就像云团一样扩散到周围数千米的水域中，生活在其中的野生鱼类都会遭到荼毒。造成加拿大西海岸野生细鳞大麻哈鱼大规模死亡，且数量下降80%的正是海虱。这种扩散效应还影响到了以鲑鱼为食的野生动物，比如熊、雕、虎鲸等。

鱼类养殖场拥挤的环境还产生了其他问题。其中就包括病毒和细菌疾病，比如传染性胰腺坏死（IPN）、病毒性出血败血症（VHS）和流行性造血器官坏死病（EHN）等。用于治疗疾病的有毒化学物质和高浓度鱼类粪便，都会污染周围的水域，影响到原本生活在这里的鱼类和它们的栖息地。尼加拉瓜湖中的一个罗非鱼——美国最受欢迎的肉鱼——养殖场造成的“威力”相当于3700万只鸡的粪便被排放其中。因海豹或暴风雨破坏，很多人工养殖的鱼都会从渔网中逃脱，这也导致了野生种群的遗传生存力下降。

跟野生鱼类相比，人工养殖的鱼不仅生育能力差，智力也差。大脑

和肌肉都需要使用才能正常发育，而自由生活的鱼必须学会寻找猎物、识别并捕获猎物，但养殖鱼缺少刺激的生活，阻碍了其脑部的发育。把孵化不久的养殖鱼放到野外一段时间后重新捕获，就会发现它们的胃里要么空空如也，要么满是没有生命的物体，比如漂浮的杂物或是看上去像饲料的石头。也难怪，幼鱼完全没有机会学习如何在野外生存。只要用些明智的养殖训练方法，这个问题就有可能得到解决。考虑到鱼类具有观察学习能力，鱼类行为学家克伦·布朗和凯文·莱兰用另一条鱼捕食活体食物的录像，教会了人工孵化养殖的鲑鱼自行捕猎。但是，训练大量高密度的人工养殖鱼类，在经济成本和操作可行性上都值得怀疑。

拜访研究机构

为了获取鱼类养殖的一手信息，我拜访了美国淡水研究所，这是一家坐落于西弗吉尼亚州谢泼兹敦附近的波托马克河流域树林中的水产养殖研究机构。接待我的是克里斯·古德，一个高挑、和蔼，三十五六岁的男子。他在加拿大安大略兽医学院获得了兽医学博士学位后就职于淡水研究所，主要研究鱼类传染病。

淡水研究所的目标是通过各种途径提高水产养殖的可持续性，其中包括研究提高养殖鱼的生存条件。这里的养殖规模比典型的商业鱼类养殖场小。克里斯带我参观了主仓库，里面有十几个圆柱状的，类似于啤酒厂酿酒罐的鱼缸。仓库中机械和水泵的噪声很大，为了听清对方的话，我们不得不大声呼喊。最大的鱼缸（直径9米、深2.6米）中有4000~5000条30厘米长的14个月大的小鲑鱼。从观察窗往里看，可以看到一层一层绿褐色的鱼自在地沿着没有尽头的圆圈游动，一块块的银色鳞片在昏暗的光线下闪闪发亮。

自动喂食器会根据预先设定好的喂食方案，每隔一两个小时向鱼缸中撒饲料球。一袋一袋的鱼食靠墙堆在仓库里。鱼食的成分非常复杂，包括家禽油、鱼油、植物油以及小麦蛋白。成分表上并没有标是什么鱼的油，但其中肯定有鲱鱼油。克里斯打开一袋鱼食，里面装着小小的深红色饲料球，每个小球直径约5毫米，看上去就像猫粮。鱼食的密度跟放硬了的全麦饼干差不多，除了一点点油味和盐味外，其他什么味道都没有。

我们还去看了装了数百条只有几厘米长的鲑鱼幼鱼的小鱼缸，讨论了颌骨畸形、痢疾、研究规范以及鱼类的优势阶层。我们的参观在一栋建筑前画上了句号，这里是鱼被宰杀的地方。在研究所里，人们会连续7天不给计划宰杀的鱼类喂食，目的是去除鱼肉的“异味”，即养殖系统中鱼类肌肉组织积累的某种会破坏鱼肉味道的物质。克里斯告诉我，有些用于产卵的种鱼会饿七八个月，因为人们认为这样能够提高卵的质量，而他认为这从人道角度讲简直骇人听闻。克里斯还给我看了运送鲑鱼去屠宰场的容器。这种2.4米长的不锈钢容器，一端是直角，操作一端的中央收窄形成漏斗状。漏斗上面装了一个气动装置，鲑鱼游过漏斗时，这个装置会向鱼的头部鼓风，同时两侧会伸出锋利的刀片把鱼鳃切开让鱼失血而亡。据克里斯说，这个装置的效率特别高。有时候鱼进入漏斗时的朝向不对或者头部向下时，装置就没办法把鱼杀死，不过屠宰器溢水槽旁边的工人就会用手持棒重击鱼头。不过他特别提醒，设备的屠宰速度很慢，能保证屠宰操作顺利进行，而在大型工业屠宰场，情况就不一样了。

为了美味的死亡

商业鱼类电击装置是普遍使用的“杀鱼工具”，但人类食用的大部分鱼都不是这样死的。在海上，单次围网捕捞能捕获50万条鲱鱼，哪怕是智利竹荚鱼这种较大的鱼类，也可以捕获10万条。渔网在被收紧拉出水面拖上船的过程中，鱼要承受数千条同类的挤压。有时候人们会在网上放一个潜水泵，像吸尘器一样把鱼吸上来，然后把它们暂存在脱水箱中，存在甲板下面。经过这些过程后仍然活着的鱼，最终很可能会死于缺氧，为了获取空气中的氧气，它们的鳃盖一张一翕，但也终究是徒劳。

如果你是一条被延绳鱼钩钩住的鱼，就会连续几小时甚至几天忍受被刺穿的痛苦，之后才会被拖一两千米的距离，到达甲板。如果这时候你还没死，窒息通常会要了你的命。你可能还会被捕食者啃咬，毫无疑问，这种情况下你是没办法逃跑的。

深海鱼被捕捞上来时会面临另一种危险：减压。压力下降会严重破坏鱼类的身体，因为它们用来控制浮力的充满空气的鱼鳔会在上升过程中扩张。鱼鳔膨胀会挤压临近的器官，造成器官塌陷和衰竭。1964年到2011年间，有十几种关于经济鱼类或垂钓鱼类因为水压下降造成致命或亚致命伤的公开记录。记录列表会让人有些不适，其中包括食道外翻（食道内部翻出口腔外）、眼球外凸（眼球从眼眶中凸出来）、动脉栓塞（由于气泡阻塞导致血流突然停止）、肾栓塞、大出血、器官扭转、鱼鳔周围器官受损或异位以及泄殖腔脱垂——相当于人类直肠外翻露出体外。

人工养殖的鱼不必死于减压、挤压或鱼钩造成的伤害，但并不意味着它们运气好。2002年，一篇关于鱼类死亡的综述论文中指出，鱼类失血过多死亡（通常是用锋利的刀切开鱼鳃造成的）、被去除头部、用盐水或氨水淹死（1999年，这种宰杀鳗鱼的方法因为不人道在德国被禁止

使用)以及电死,都会让鱼承受巨大的痛苦。窒息、冰上窒息、二氧化碳麻醉、缺氧水浴这些方法造成的痛苦会相对小一些,但仍然会感到疼痛。其中一部分方法会让鱼类在丧失感觉前失去行动能力,让人产生痛苦已经停止的错觉。冰上处死对鱼类来说最不友好,因为其窒息的过程变长了。室温下,成年鲑鱼2分半钟就会失去意识,11分钟就会彻底丧失运动能力,而临近冰点时,这两项的时长分别需要9分钟以上以及3小时以上。

附带伤害

如果说处死养殖鱼和处死野生鱼类一样残忍,至少鱼类养殖者知道自己杀掉的是什么鱼。在野外,渔民不能只捕捞他们要捕捞的鱼,渔网和鱼钩可没长眼睛。捕捞目标鱼类过程中意外捕获不需要的鱼和其他动物的行为叫作“兼捕”,这些不需要的渔获物被称作“副渔获物”。商业捕鱼过程中,副渔获物包括全部7种海龟,包括信天翁、大鰲鸟、海鸥、刀嘴海雀和海燕在内的十几种海鸟,几乎所有海豚和鲸,不计其数的无脊椎动物,活珊瑚,还有大量不同的鱼。因为并不是捕捞目标,它们一般都会被丢弃。

兼捕现象是极为普遍的。人们究竟会把多少种海洋生物当作不需要的废物丢回去尚无定论,但不管结果怎样,都是让人大跌眼镜的。试着去想象重达9000万千克的海洋生物堆成山,其中大部分都已死去,剩下的也难逃厄运。而这只是人类一天当中从海洋中攫取的副渔获物的数量。

联合国粮农组织渔业和水产养殖部的数据表明,全球每年的副渔获

物率有所下降，从20世纪80年代的2900万吨下降到了2001年的700万吨。副渔获物的减少可能要归功于选择性更强的渔猎设备和旨在减少副渔获物的改进条例。但这种趋势具有迷惑性。1994年到2005年的数字下降，看上去表明副渔获物数量减少，但因为计算方法有很大差异，这两个数字并没有可比性。而且，随着目标物种数量的减少，渔民会把过去要扔下海的东西留在船上。价值较低的生物之前被当作垃圾丢弃，如今却被留下来，作为人类或动物的食物。因此，4名野生动物专家联合世界野生动物基金组织共同提出扩充“兼捕”的定义，将“无管理”的捕捞行为，即留下没有合适处理方案的非目标生物的行为也囊括进来。根据这一定义，目前副渔获物占全球渔获数量的40%。

有些渔场的浪费尤其严重。副渔获物比例最高（或者兼捕现象最严重）的是捕虾渔场。由于虾生活在海底，想要抓住它们，需要用到我们之前提过的拖网。美国东南捕虾渔场中，不需要的鱼和虾的重量比一般是1：1到3：1。总的来说，美国捕虾拖网船的副渔获物中包括105种不同的鱼。

兼捕现象还有一个躲在暗处的近亲：幽灵渔网。捕鱼船队每年会丢弃（或遗失）数不清的合成纤维流网和铺在海底的刺网。世界动物保护组织的分析报告显示，每年被丢弃（或遗失）的设备总计多达640000吨。这些看不见的威胁飘荡在人类的贪婪之外，却在继续纠缠动物。主要的受害者包括海豚、海豹、海鸟和海龟，它们成了其他海洋生物的诱饵，致使其中一些也因此掉入陷阱，直至最终因重量增加而沉入海底。

针对兼捕和幽灵渔网之害，人们努力改善且已经取得了一些进展。1972年通过的《海洋哺乳动物保护法案》使美国因捕捞金枪鱼导致的海豚死亡数量从每年50万下降到2万。采取进一步措施后，海豚死亡数量于20世纪90年代中叶下降到每年3000只。但海豚的种群数量仍然没有恢

复，而这仅仅是渔业的一个方面。从全球来看，每年因被渔网缠住而死去的小型鲸、海豚和鼠海豚的总数仍然为约30万，可以说渔网是小型鲸类的头号杀手。

海鸟面临的境地也是如此。拖网渔船上挂满诱饵的延绳钓线和叫作绞船索的有电线每年都会杀死约10万只信天翁和海燕。英国一个名为信天翁特别小组的慈善机构于2008年在南非海域进行了初步试验，证明只需要在钓线和电线上系上随风摆动，起到类似稻草人作用的粉红色布条（每艘船成本约22美元），就可以让鸟类死亡数量减少85%。在保护远洋海鸟的多边协议下，这种简单的驱鸟措施如今已经在全行业内推广使用。即便如此，信天翁仍然面临巨大的生存挑战，22个物种中有17种属于易危物种、濒危物种或极危物种，其余5种被国际自然保护联盟归为“近危物种”。

约瑟夫·斯大林曾说：“一个人的死亡是一场悲剧，而一百万人的死亡不过是一项统计数据。”[\[47\]](#) 面对沦为海洋捕捞受害者的大量动物，人们也仅仅是努力让自己产生同情。但是如果人类和海豚、信天翁以及被拖出水面死掉的不知名的鱼中的任何一个个体产生过互动，都会把它们看作独立的个体，活生生的个体，而不是冷冰冰的物件。

割鳍

海洋中还有其他糟蹋生命的方式，比如割鲨鱼鳍。人们捕获鲨鱼后，会把它们的鱼鳍、尾巴割下来制成鱼翅羹，在中国和亚洲其他地区，这种食物被视为珍馐美味。

割鲨鱼鳍是残忍但能获取暴利的产业。在光滑的渔船甲板上处理长

着锋利牙齿的大型强壮动物有一定的危险，而要杀死它们，只会增加风险系数。因此，考虑到“速度”和“效率”的渔业工作者，会先割下鱼鳍，然后把仍然活着的鲨鱼（被称作“木头”）抛下船，任由它们因失血过多、窒息或缓缓沉入大海而导致的水压变化而死。

华盛顿国际人道协会的工作人员艾里斯·何，是致力于终结鲨鱼鳍贸易的成员之一。他在中国台湾长大，在从事动物保护工作之前，曾近距离接触过鱼翅羹。数百年来，鲨鱼翅大多是专供帝王享用的罕见奢侈品，直到20世纪60年代，捕鲨技术的进步才让更多消费者能够享用鱼翅。到2011年时，为了获取鲨鱼翅，人类每年会屠杀2600万~7300万条鲨鱼。

信息借助互联网快速传播，呼吁保护动物、捍卫海洋权利的声浪也越来越大，在这样的时代中，彻底结束割鲨鱼鳍已经成为热点事件。慈善组织野生救援协会曾发起一项活动，成龙、大卫·贝克汉姆和篮球明星姚明等都参与其中。在中国颇受人尊敬的姚明出现在公益广告中，拒绝食用餐厅端出来的鱼翅羹，并呼吁其他人也加入到拒绝鱼翅的行列中。国际人道协会重点发起社区活动，势头也很好。不少中国学生也为了提高全民意识而奔走呼号。中国某大型城市的沃尔玛超市在店内播放鲨鱼电影，并赞助了“拒绝鱼翅”的宣誓活动。中国政府也颁布了禁止正式宴会中出现鱼翅的规定。

这些活动都在起到积极的作用。野生救援协会发布的报告显示，过去3年中，接受调查的中国消费者拒绝食用鱼翅羹的比例为85%。2014年底，作为取代了香港成为中国鱼翅交易中心的广东省的鱼翅销量下降了82%，零售和批发价格在2年中分别下降了47%和57%。几十个商业航班停止鱼翅运输业务，高端连锁酒店也删除了菜单中的鱼翅菜品。

我们尚不知道鲨鱼能否经受住人类捕猎的考验，但毫无疑问，这是鲨鱼祖先自4.5亿年前出现在地球上以来所经受的最严酷的打击。鲨鱼鳍并不是唯一带给它们苦难的来源。2000年以来，鲨鱼肉交易量增长了42%，规模达11.7万吨。尽管美国已经禁止海上割鲨鱼鳍行为，但2011年，鱼翅出口量仍然达到近38吨。在人类眼中，鲨鱼是可怕的杀人狂魔，但讽刺的是，鲨鱼杀死人类的数量只是人类杀死鲨鱼数量的五百万分之一。因此，鲨鱼研究者从事禁止捕捞鲨鱼的研究也就不足为奇了。

垂钓

商业捕捞、水产养殖、兼捕和割鳍都是为了获取利润而进行的渔猎行为。那么休闲渔业对鱼类有怎样的影响呢？美国渔业及野生动物部认为休闲渔业——垂钓或垂钓比赛——是美国最受欢迎的户外活动之一。2011年，这项活动共吸引了3310万16岁及以上美国人。从全球范围来看，有超过十分之一的人会定期进行垂钓。只要随便翻开一本垂钓杂志（美国目前仍在出版的至少有30种），你就会很快意识到这是一桩大生意。2013年，据美国钓鱼协会的统计，美国的钓鱼爱好者会在垂钓设备、交通、住宿和其他相关支出方面花掉约460亿美元。

越来越多的人开始认识到商业捕捞的残忍及对环境的破坏，但休闲渔业在人类文化中仍然是一副温和无害的样子。换言之，钓鱼的场景频繁出现在药物和养老社区的广告中，而这些东西跟钓鱼并没有直接关系。

垂钓是否真的无害呢？至少鱼类不这样认为。嘴巴被鱼钩刺穿（甚至更严重）并被迫进入易窒息的新环境，这肯定不是人类会选择用来度

过闲适午后的方式。如果你曾经试过把倒刺鱼钩从鱼口中取出，就会知道倒刺的存在并不是为了让鱼类的生活更容易。即使小心取出，那根小小的倒刺也会损伤鱼类的面部组织，更不要说把鱼钩强行扯下了。我仍然能记得童年短暂的钓鱼经历中，生疏地取出鱼钩时的阻力，以及鱼钩发出的噼啪声。渔夫发现鱼上钩后会用力拉线，这时鱼面部的哪个地方受伤几乎全看运气。鱼钩造成的眼睛损伤十分普遍，这在多篇研究论文中都有提及。一项针对溪流中的鲑鱼的研究提到，十分之一被钓上岸的鲑鱼都会受到严重的眼部损伤，可能会造成长时间甚至永久性的视觉损伤。

如今，钓鱼爱好者产生了使用无倒刺鱼钩的想法，他们可以直接购买这种鱼钩，或者用一把钳子把普通鱼钩改造成这样。无倒刺鱼钩起源于英国，一个世纪以来，英国人都会将钓到的鱼放生，以此预防垂钓物种在钓鱼活动频繁的水域消失。没有倒刺的鱼钩更容易从鱼嘴中取出来，通常不需要把鱼拉出水面就能完成。

垂钓导致鱼类死亡的原因不只是鱼钩。钓鱼需要控制挣扎的野生动物，而这一过程往往是粗暴的。人手、抄网和摘取鱼钩的工具可能会破坏鳞片周围起保护作用的黏液层，从而导致鱼类感染疾病。抄网会造成不同程度的伤害，从鱼鳍严重破损到失去部分鳞片和黏液，4%~14%的鱼类会因此死亡。病原体也在周围潜伏。研究人员将242条在钓鱼比赛中被捕获的大口黑鲈关在水下笼子中4天，发现76条皮肤受伤的大口黑鲈中，有42条感染了4种致命细菌。另外8%的鱼在过磅前就死了，还有25%在笼子里死掉，总死亡率高达三分之一。这表明，至少有一些感染对鱼类来说是致命的。

有人可能会认为，垂钓不会产生深海商业捕捞过程中水压下降给鱼类造成的伤害。但事实上，有些垂钓捕获的鱼生活在深水区，被拉出水

面的过程中，也会因减压受伤。不过，如果这些鱼很快被带有伸缩绳的负重板条箱或商业化的“沉鱼器”放回到深水中，通常还能活下来。

盘中餐

不管是商业捕捞还是休闲垂钓，我们吃的通常都是野生鱼类。因为人类更喜欢体形较大的捕食性鱼类的味道，比如金枪鱼、石斑鱼、剑鱼、鲭鱼等，渔场也往往会养殖这些鱼类。20世纪，由于人类的关系，捕食性鱼类的总量减少了超过三分之二，这一数字在20世纪70年代后更是迅速下降。西尔维娅·厄尔这样描述：“你在鱼市上能找到的所有鱼都相当于丛林里的动物。它们是海洋里的雕、鸮、狮、虎、雪豹和犀牛。”

金枪鱼恐怕是人类食用野生捕食者的最佳案例了。吃金枪鱼就像在吃老虎，因为两者一样，都是能力超凡的顶级掠食者。和老虎一样，金枪鱼的体形也很大。最大的大西洋蓝鳍金枪鱼的体形甚至会超过老虎，它们体长近3米，体重近680千克。金枪鱼肌肉紧实，形状像子弹，快速游动时就和伏击中的老虎一样迅速。金枪鱼位于食物链的最顶端，需要大量能量维持正常的身体机能。一条金枪鱼能在10天里吃掉与自身体重相当的猎物（主要是鱼类，也包括枪乌贼和一些甲壳纲动物）。不必感谢那些超市货架上码放的咧嘴笑的金枪鱼罐头，大多数商业捕捞的物种都身处困境。大西洋蓝鳍金枪鱼和东方金枪鱼的濒危程度尤其严重，1960年以来，两个物种的种群规模分别下降了85%和96%。

当一个物种变得稀少时，也就愈加珍贵，作为商品也就更值钱，而这反过来，也会导致其濒临灭绝的困境。今天，一条蓝鳍金枪鱼能卖

100多万美元，其价格是白银的两倍，这对牟利的渔民来说是巨大的动力。

吃鱼不仅意味着我们在吃野生动物，还意味着我们吃了其他东西。鱼肉是所有食物中污染最严重的。水往低处流，废水会通过食物链最底层进入生物体内，并沿食物链向上通过生物富集作用提高浓度，最终积累在顶级掠食者的组织当中。工业革命后人类发明的125000种新的化学物质中，有85000种都在鱼类体内被发现。有足够证据表明，某些人群——尤其是孕妇、哺乳期妇女和幼儿——应该减少鱼肉食用量，从而降低汞和其他有害化学物质中毒的风险。《如何不死》（How Not to Die）一书的作者，也是大受欢迎的网站NutrilonFacts.orgde的主办者迈克尔·格雷格医生表示，汞、二英、神经毒素、砷、DDT、腐胺、AGE、PCB、PDBE和处方药物进入人体的主要途径就是通过食用鱼类。这些污染物会对人类造成各种负面影响，比如智力下降、精子数量减少、抑郁、焦虑、紧张，以及过早发育等。

目前为止，以上这些数据都没有影响到政策或人们的行动。相反，发达国家一直在鼓励居民将脂肪丰富的鱼类摄入量提高2~3倍。事实上，除了有比鱼类更安全的 Ω -3脂肪酸来源（比如亚麻籽和核桃）以外，这一建议的主要问题在于忽视了即便以目前的鱼类消费量来计算，人类也不可能有吃不完的鱼。

这不仅是环境问题，也是地理问题。对鱼类需求的增长以及渔场的崩溃，迫使美国、日本、欧盟成员等有经济实力的发达国家，从发展中国家进口更多鱼类。这些国家近海渔场的出口压力剥夺了当地居民重要的蛋白质来源，而发达国家的居民却面临营养过剩和缺乏运动造成的健康问题。

厄尔一生中看到了很多鱼类种群规模急剧下降的例子，因此决定不再吃鱼。“问自己这样一个问题，”她说，“对你来说，是吃鱼重要，还是把它们的存在视为更大的目标重要？”

不管捕捞是有意还是无意，人类给海洋生物造成的死亡数量是巨大的。2015年，世界自然基金会和伦敦动物学会共同进行了一项研究，其结果表明1970年到2012年间，鱼类数量已经减少了一半。商业捕捞过度的物种种群规模减少了近75%，其中包括金枪鱼、鲭鱼和鲑鱼等。

谴责商业捕捞行业的残忍和浪费非常容易，但消费者也必须承认自己需要承担一定的责任。在任何建立在供需关系之上的经济体中，需求都是驱动供给引擎的燃料。人类在吃鱼的时候，也助长了渔猎行为。

对鱼来说有没有好消息呢？当然有。过去25年中，人类开始关注涉及动物的道德和生态隐忧——鱼类终于进入了被关注的范围。“如果动物有知觉，就应该考虑道德问题。”2007年，5位研究兽医学、神学和哲学原理的作者在一篇关于鱼类养殖伦理问题的论文中这样说道。已经有明确证据表明鱼类能感觉到痛苦，正因为如此，人类应该手下留情。

后记

道德的苍穹无比漫长，但终会偏向正义。

——马丁·路德·金

知识是有力量的，它能够催生伦理、推动革命，只要看看殖民主义和奴隶制的灭亡，以及女权和民权运动的历史就能得知。随着道德批判逐渐高涨，理性之光也被点亮。被贪婪、狭隘、偏见共同促成的不公正行为在被唤醒的理性面前渐渐枯萎。人的肤色、信仰、性别或其他任何特征，都不足以成为被剥削的理由。

那么附肢数量、是否有鳍这些特征呢？20世纪后半叶，人类开始更多关注动物，出现了一些成熟且有效的动物权利运动。进入21世纪后，这种趋势越来越明显。作为世界上最具影响力的动物保护组织之一，美国人道协会表示，美国自2004年起施行了1000多项动物保护条律，比2000年之前施行的全部动物保护法律的总数还多。1985年，美国仅有3个州将虐待动物判为重罪，到2014年，50个州已经全部确立了同样的法律。2015年7月，一名美国牙医射杀了名为塞西尔的非洲狮，民众一片哗然，这表明人们越来越同情动物的艰难处境。一周内，塞西尔这个名字家喻户晓，“为塞西尔寻求正义”的网上请愿获得了近120万签名。

然而，狮子比狮子鱼的魅力大得多。在我看来，人们对鱼类抱有偏见，主要是因为它们无法做出能够让人类认为它们也有感情的表

情。“鱼类永远生活在水中，默默无声、面无表情、没手没脚、双目无神。”乔纳森·萨弗兰·弗尔在《吃动物》（Eating Animals）一书中如是写道。我们努力从它们扁平、呆滞的眼睛中看到茫然之外的东西。鱼类的嘴被刺穿、身体被拖出水面时，人类听不到尖叫也看不到眼泪。它们不会眨眼（常年泡在水中并没有使用眼睑的必要），而这一点也放大了它们没有感觉的错觉。由于难以激发出人类的同情心，我们也就对鱼类的困境视而不见了。

我们无法解释自己为什么缺少同情心，毕竟眼前的这个生物已经离开了自己的生活环境。鱼类暴露在空气中的痛苦尖叫和人被水淹没时的尖叫是一样的。它们生来所有的活动、交流和自我表达都是在水下完成的。很多鱼受伤后确实会发出声音，但这种声音只能在水中传播，人类很少能听到。甚至当人类发现鱼类痛苦的迹象，比如身体弹来弹去、尾巴甩来甩去、为了获得更多氧气而徒劳地让鳃盖一张一合时，如果我们被教育相信这只是它们的反射行为，可能就只是耸耸肩，并不会有一丝关心。

尽管我们对鱼类认知的了解只是冰山一角，但对鱼类的了解已经比一个世纪前深入了许多。目前已知的鱼类有30000多种，其中经过细致研究的只有几百种。你在这本书中读到的鱼可以算是鱼类世界中的名人了。人类研究最深入的鱼是斑马鱼，它是鱼类中的小白鼠，作为研究对象出现在超过25000篇已发表的学术论文中，仅2015年就有超过2000篇（我并不觉得人们应该羡慕它们，因为这些研究很多都不太人道）。人类想探寻这30000多种鱼身上的无穷秘密，而斑马鱼则是作为实验对象的理论替代品。

之前的部分着重阐述了人类利用和虐待鱼类的方式。不过人和鱼的关系并不一定总是这样糟糕，随着人类对鱼类的认知逐渐深入，我们会

更多关注它们的福利。我在Ingenta Connect数据库上，以“鱼类福利”作为关键词搜索，共找到71个条目，其中69篇论文都发表在2002年之后。在创作这本书的几年当中，我收到了许多人的来信，他们都表示热爱鱼类而且永远不会伤害它们。

这些人喜欢鱼，并不是因为它们像人。它们的美丽之处，它们之所以值得尊敬的地方，恰恰是因为它们和人不一样。它们生活在世界上的方式如此多样，让人惊奇又钦佩，同时感到同情。在某些时刻，当盘丽鱼从我手指上咬下死皮时我能感到轻柔的拖拽，或者石斑鱼接近它信任的潜水者寻求抚摸时，我们可以跨越人与鱼之间的鸿沟。

除此以外，为了生存和繁衍，鱼类还会动脑筋想办法。我努力展示出鱼类的意识和认知水平，希望能让人们认识到鱼类并不是我们想的那样。赞赏其他物种精神世界的优秀会夸大智力的重要性，但实际上智力跟精神地位并没有关系。有智力障碍的人也有基本的精神权利。知觉——感觉、忍受痛苦、体验快乐的能力——是伦理道德的基石。这是个体进入道德共同体的标准。

道德进步是好事，而且这件事正在发生。尽管我们仍会在头版上看到一些暴力新闻，但人类社会中暴力事件的发生率已经大大降低了。心理学家史蒂芬·平克在其畅销书《人性中的善良天使》（*The Better Angels of Our Nature*）中，描绘了种种解释这一发展趋势的文明进程，包括民主制度的出现、女权崛起、读写能力的普及、地球村的形成以及理性的发展。如今，新观点几乎可以同时一字不差地传播到地球上的每一个角落。Kickstarter网站活动为社会进步项目提供了海量资金支持，独立基金会也为新观念的传播做出了贡献。

自从人类发展出法律的概念，动物就一直被视为人类的合法财产。

不过这种根植在人类中心意识中的基本认识也在发生转变。2000年以来，美国至少有18个城市的地方法律将动物的法律地位从“财产”更改为“伴侣”。如果你恰好住在这些地方，就会被官方认定为600万“动物守护者”之一。2015年5月，纽约最高法院法官为2只在纽约州立大学石溪分校中当了多年入侵性实验研究对象的黑猩猩召开了一场听证会，由人类律师为它们遭受的非法囚禁维权。而这种非人类权利项目的律师，也准备为其他动物提起进一步法律诉讼。

借助法律、政策和行动，鱼类开始在道德共同体中占据一席之地。如今，在欧洲部分地区，在空荡荡的鱼缸中养一条孤零零的金鱼已经是非法行为了，因为在自然界中的金鱼，是有几十年寿命的社会性动物。2008年，瑞士联邦议会通过了一项法案，规定垂钓爱好者需要完成关于更人道的捕鱼方法的课程。荷兰政府明确提出需要改进电击和宰杀鱼类的方式，保护鱼类基金会已经开始游说，将口号转化为行动。2013年，德国颁布了一项法律，要求所有鱼类在宰杀之前必须失去知觉，垂钓锦标赛中捕获的鱼过磅后放回水中的习惯也被禁止了，米诺鱼也不能用来作为活鱼饵。2010年，因为方法不够人道，挪威也禁止用二氧化碳让鱼类昏迷。

除了为鱼类立法外，人类也自发有了热情。很多人不仅担心鱼类，也开始喜欢它们。为这本书积累素材时，我收到了真正的鱼类爱好者的信件。华盛顿州斯波坎市的一位大学教授写信说，她渐渐喜欢上了自己从马桶中救起的金鱼。这条名为珍珠的金鱼每天都会向她打招呼，游到水面上吃她手中的食物。珍珠17岁去世，她形容自己“仿佛失去了心爱的猫或狗”。佛罗里达州盖恩斯维尔市的一位职业运动员发明了一种游戏，能让自己和一条名为贾斯伯的黄棕盘丽鱼隔着玻璃相互追逐。她告诉我：“我会把手伸到水面下一点点，把手弯成碗状，它会身体倒向一

侧，游到我的手中躺下，让我抚摸它的身体。”俄勒冈州波特兰市的女商人养了一条10岁的阿拉伯鲀，名叫芒果，她这样描述自己的鱼：

它几乎从出生起就跟我在一起（已经9年了，而且还在继续），它和我的狗一样，会在我回家时不由自主地摇尾巴，非常喜欢我，爱跟我一起玩。我们经常玩瞪眼比赛，它老是赢。我爱这条鱼，就像我从来没见过鱼一样。我认识的大部分人都见过芒果，他们也被它迷住了。我确定，芒果已经改变了人们对鱼的看法。

也会有人仅仅为了一条鱼多跑好几千米。我有一位朋友，接到一通匿名电话后就赶到电话里提到的地址，协调营救3条在肮脏、恶心的鱼缸中困了11年的大锦鲤。她开车两小时，把它们带到一个有着妥善管理的池塘的亚洲餐厅中，如今，它们和同类舒服地生活在一起。

这场营救只是日益增长的对鱼类表达善意的其中一个行为。只要到YouTube这个业余摄影师聚集的现代平台上找一找，就能发现很多潜水员会从鲨鱼嘴中取下鱼钩，或者割断前口蝠鲼鱼鳍上缠住的钓线和渔网；海滩拾荒者会拯救搁浅的鱼，人们也会用水桶把鱼从逐渐干涸的河流湖泊的河床上移走。我有一位朋友是鱼类学家，作为一名退休的生物学教授，他厌倦了在教学和采样过程中杀鱼，于是发明了一种便携设备，能够给野外捕获的水生动物拍下影像并原地放生。他的教学摄影鱼缸开始销售后，拯救了超过一百万条鱼，使得它们免于遭受被甲醛泡着闲置在博物馆架子上的命运。另一位生物学家建立了“鱼类感觉”，这是北美第一个致力于保护水下生物的组织。你可能不知道著名电视剧《鲸

鱼大战》中的主角海洋守护者协会也参与了拯救鲑鱼、鳕鱼、蓝鳍金枪鱼、小鳞犬牙南极鱼和鲨鱼的活动。海洋守护者协会的创始人保罗·沃森是个直爽的人，他告诉我：“当我看到鲑鱼养殖场的时候，我看到的是奴隶制和对鱼类的不尊重，西海岸原住民把鲑鱼看成海里的水牛……我生命中最有满足感的瞬间之一，是在利比亚海边把一名马耳他偷猎者的渔网割破，让800条蓝鳍金枪鱼重获新生。它们从破口冲出来游向四方时，就像良种赛马一样。”

随着理性觉醒和人类与所有生物相互依赖意识的提高，人类正在走向更包容、更文明的时代。尊重人类不同种族的基本原则正逐步延展到之前没有涵盖的其他生物身上。

但目前来说，我们挽救的鱼类数量还远不及我们所杀死的。就在我写这段文字的时候，我听到一条新闻，75000条被渔网折磨致死的鲱鱼被海水冲上弗吉尼亚州东部的海岸。照片中那些千疮百孔、正在腐烂的鱼，一直延伸到地平线远方，这让我想起这类生物的名字其实和它们的死亡紧密相连，因为“鱼”字只要加上三点水，就变成了捕捉它们的意思。

在这本书的结尾，我想讲一个我第一次看到就热泪盈眶的故事。向我讲述这个故事的女人说，那是她3岁时发生的事，她刚刚开始记事。她家里有3条小鱼，生活在壁炉架上方的鱼缸里。有人告诉她，这样做是为了让它们远离地面，免得小孩子玩耍、乱爬乱跑时被撞到。大人还教育她要离水远一些，因为人无法在水里呼吸。年幼的她利用对自然法则的有限认知推断，鱼类也不能在水里呼吸。连续几周，她都担心那些在壁炉架上的鱼缸里的鱼会溺水。她认为自己有责任拯救它们。

有一天，她趁一家人要出门的时候，故意磨蹭到最后一个走。所有

人都在门外，她踩着几把椅子和旁边的壁橱爬上了壁炉架，开始救援行动。除了要把这些鱼从水汪汪的坟墓中解救出来以外，她没有任何其他计划。她不知道死亡或溺水时是怎样的情景，只知道那一定很痛苦，就像在浴缸里呛了水一样。她用家里捞鱼缸中残渣的小鱼网把鱼捞起来，放在了壁炉架上。大人进来催她赶快出门，于是她就这样离开了。

她并不记得那些鱼的最终命运如何，但从此以后再没见过它们。她常常想起这些鱼，在模糊的记忆中，这些片段栩栩如生。岁月并没有让她失去孩童时对动物的感同身受。直到40年后的今天，明明想救那些鱼却最终让它们受尽折磨的事仍然让她感到不安。

这个故事契合了本书中的许多章节主题。不懂事的孩子误以为鱼类和人一样，必须在空气中呼吸才能活命，恰好代表了人类对鱼的无知。她把那3条鱼从水中捞出来致使其窒息的行为，代表了它们在人类手中遭受的痛苦（不过她的初衷跟人类将鱼视为食物和消遣对象的想法相去甚远）。她在童年时期和成年后的今天表现出的惊人的同情心提醒我们，当人类意识到问题时，应该用无穷的力量去善待生命。

索引

本书所有鱼类中文正式学名以中国海洋大学出版社的《拉汉世界鱼类系统名典》为准。

阿拉伯鲀 fahaka pufferfishes/Tetraodon lineatus

阿氏丝鳍脂鲤 spraying characin/Copello arnoldi

埃氏短棒鲷 specific species bishops/Brachyrhaphis episcopi

艾登堡鱼母 Materpiscis attenboroughi

艾氏异仔鲷 redtail splitfins/Xenotoca eiseni

安大略鲑（俗名：大西洋鲑） Atlantic salmon/Salmo salar

安芬拟银汉鱼 topsmelt/Atherinops affinis

安哥拉异吻象鼻鱼 bulldog elephantfishes/Marcusenius
macrolepidotus

安汶雀鲷 ambon damselfishes/Pomacentrus amboinensis

鞍斑锦鱼 sixbar wrasses/Thalassoma hardwicke

鞍斑猪齿鱼 orange-dotted tuskfishes/Choerodon anchorago

(目) anglerfishes/Order Lophiiformes

翱翔真豹鲂 flying gurnards/Dactylopterus volitans

霸鱼 Titanichthys

白斑角鲨 spiny dogfish sharks/Squalus acanthias

白鲔 (科) spadefishes/Family Ephippidae

斑点叉尾/斑真 channel catfishes/Ictalurus punctatus

斑马鱼 (斑马红) zebrafishes/Danio rerio

斑竹鲨 (属) bamboo sharks/Genus Chiloscylium8

半纹小鲃 gold barbs/Puntius semifasciolatus1

豹纹喙鲈 leopard grouper/Mycteroperca rosacea0

豹纹棘刺鲈 (俗名: 东星斑) leopard coral groupers/Plectropomus
leopardus

豹纹鲨 zebra sharks/Stegostoma fasciatum

暴油鲱 (俗名: 大西洋油鲱) Atlantic menhaden/Brevoortia
tyrannus

鲻 (科) ponyfishes/Family Leiognathidae

兵鲇（属） catfishes/Corydoras

波纹唇鱼（俗名：苏眉鱼） humphead wrasses/Cheilinus undulatus

伯氏剑尾鱼 sheepshead swordtails/Xiphophorus birchmanni

伯氏妊丽鱼 Astatotilapia burtoni

勃氏新热鲷 sarcastic fringehead/Neoclinus blanchardi

博氏喙鲈 black groupers/Mycteroperca bonaci

侧线 lateral line

长鳍真鲨 whitetip sharks/Carcharhinus longimanus

刺盖鱼（科） angelfishes/Family Pomacanthidae

刺尾鱼（科） surgeonfishes/Family Acanthuridae

刺鱼（科） sticklebacks/Family Gasterosteidae

大口黑鲈 largemouth basses/Micropterus salmoides

大鳞油鲱 gulf menhaden/Brevoortia patronus

大菱鲆 turbot/Scophthalmus maximus

大头欧雅鱼 chubs/Leuciscus cephalus

大西洋棘白鲷 Atlantic spadefish/Chaetodipterus faber

大西洋美洲原银汉鱼 Atlantic silverside/Menidia menidia

大西洋青鳞鱼 scaled herrings/Harengula jaguana

大西洋胸棘鲷 orange roughies/Hoplostethus atlanticus

大西洋鳕 Atlantic cods/Gadus morhua

大西洋柱颌针鱼 Atlantic needlefish/Strongylura marina

刀鱼 knifefishes

灯颊鲷（科）（俗名：灯眼鱼） flashlight fishes/Family
Anomalopidae

邓氏鱼 Dunkleosteus

笛鲷（科） snappers/Family Lutjanidae

电鳗 electric eels/Electrophorus electricus

电鳐（目） torpedo rays/Order Torpediniformes

鲽形目/鲽鱼 flatfishes/Order Pleuronectiformes

鲽鱼（俗名：比目鱼）/鲽亚目（Suborder Pleuronectoidei）下的大
部分成员flounders

东方金枪鱼（俗名：太平洋蓝鳍金枪鱼） Pacific bluefin

tunas/*Thunnus orientalis*

杜氏虹银汉鱼 crimson-spotted rainbowfishes/*Melanotaenia duboulayi*

短鳍花鳉 Atlantic molly/*Poecilia mexicana*

短吻柠檬鲨 lemon sharks/*Negaprion brevirostris*

钝吻真鲨 gray (reef) sharks/*Carcharhinus amblyrhynchos*

盾皮鱼 (纲) placoderms/Class Placodermi

(科) sea chub/Family Kyphosidae

耳鳔系 Otophysi

翻车鲀科 Molidae

鲂 (科) sea robin/Family Triglidae

飞鱼 (科) flying fishes/Family Exocoetidae

菲律宾矮虾虎鱼 *Pandaka pygmaea*

鲱鱼 herrings

蝠鲼 (属) mobula rays/Genus *Mobula*

副棘鲆（属） sand dabs/Genus Citharichthys0

副金翅雀鲷 yellowtail damselfish/Chrysiptera parasema

盖斑斗鱼 paradise fishes/Macropodus opercularis

革鲂 leatherjacket fish/Oligoplites saurus

弓鳍鱼（目） bowfin/Order Amiiformes

钩鱼 humphead pipefishes/Kurtus gulliveri

狗鱼属（特指白斑狗鱼， northern pike/Esox lucius） pikes/Esox

狗脂鲤（属） tigerfishes/Genus Hydrocynus

谷鲈（科） splitfins/Family Goodeidae

管口鱼（属） trumpetfishes/Genus Aulostomus

鲑鱼 salmons

海鲫（科） surfperch/Family Embiotocidae

海葵鱼（亚目） anemonefishes/Suborder Amphiprioninae

海龙（科） pipefishes/Syngnathidae

海鲈 sea basses

海七鳃鳗 sea lampreys/*Petromyzon marinus*

海鳝（科） moray eels/Family *Muraenidae*

颌针鱼（科） needlefishes/Family *Belonidae*

黑边角鳞鲀 pinktail triggerfish/*Melichthys vidua*

黑带锉鳞鲀 humuhumunukunukuapua'a/*Rhinecanthus rectangulus*

黑龙睛金鱼 black moor goldfishes

黑鳍厚唇鱼 blackeye thicklip/*Hemigymnus melapterus*

红大麻哈鱼 sockeye salmons/*Oncorhynchus nerka*

红海叉棘鲷 black-marble jawfishes/*Stalix histrio*

红身蓝首鱼 blunthead cichlids/*Tropheus moorii*

红狮头金鱼 Big Red/oranda goldfish

红尾高欢雀鲷 Garibaldis/*Hypsypops rubicundus*

虹鳉（俗名：孔雀鱼） guppies/*Poecilia reticulata*

虹银汉鱼（科） rainbowfishes/Family *Melanotaeniidae*

虹鳟 rainbow trouts/*Oncorhynchus mykiss*

蝴蝶鱼（科） butterfly fishes/Family *Chaetodontidae*

花鳉（属） mollies/Genus Poecilia

黄刺尻鱼 lemon peel angelfishes/Centropyge flavissima

黄高鳍刺尾鱼 yellow tangs/Zebrasoma flavescens

黄敏尾笛鲷 yellowtail snappers/Ocyurus chrysurus

黄首海猪鱼 yellow-head wrasse/Halichoeres garnoti¹

黄线仿石鲈 French grunts/Haemulon flavolineatum

黄棕盘丽鱼 blue discus fish/Symphysodon aequifasciatus

灰体蓝首鱼 white-spotted cichlids/Tropheus duboisi

喙鱼 billfishes

棘臀鱼（科）（俗名：太阳鱼） sunfishes/Family Centrarchidae

尖齿胡鲶 sharptooth catfishes/Clarias gariepinus

剑尾鱼（属） swordtails/Genus Xiphophorus

剑鱼 swordfishes/Xiphias gladius

礁鲨 reef sharks

铰口鲨 nurse sharks/Ginglymostoma cirratum

金枪鱼 tunas

金体美鲃 golden shiners/Notemigonus crysoleucas

金头鲷 gilthead sea bream/Sparus aurata

金鱼 goldfishes/Carassius auratus

锦鲤 koi/Cyprinus rubrofasciatus, -

锦鳃（科） gunnel/Family Pholidae8

精器鱼科 Phallostethidae8

橘色双冠丽鱼 Midas cichlids/Amphilophus citrinellus

锯脂鲤（亚科） piranhas/Subfamily Serrasalminae

军曹鱼 cobias/Rachycentron canadum11

卡氏江 vermiculate river stingrays/Potamotrygon castex

口孵 mouthbrooding

（科） grunter/Family Terapontidae

蓝刺尾鱼 bluetang surgeonfish/Acanthurus coeruleus

蓝鳍金枪鱼，包括金枪鱼属（Thunnus）的四种金枪鱼：蓝鳍金枪鱼（T. maccoyii）、东方金枪鱼（T. orientalis）、金枪鱼（T. thynnus）

和青干金枪鱼（T. tonggol）bluefin tunas

蓝鳍金枪鱼 southern bluefin tuna/Thunnus maccoyii

蓝鳃太阳鱼 bluegills/Lepomis macrochirus

篮子鱼（科） rabbitfishes/Family Siganidae

鲤 common carp/Cyprinus carpio

鲤鱼 carps

丽鱼（科） cichlids/Family Cichlidae

亮丽 comet fishes/Callopleksiops argus

裂唇鱼（属） cleaner wrasse/Genus Labroides

鳞鲀（科） triggerfishes/Family Balistidae

隆头鱼（科） wrasses/Family Labridae

鲈形总目 Percomorpha

鲈鱼（一般是指鲈属） Percaperch

鲈鱼 basses

卵生鳉鱼 killifishes/Order Cyprinodontiform

鳗鲡目/鳗鱼 eels/Order Anguilliformes

漫游眶锯雀鲷 threespot damselfishes/*Stegastes planifrons*

盲鳗（纲） hagfishes/Class Myxini

毛颌 hairy-jawed sack-mouth anglerfishes/*Lasiognathus saccostoma*

美新亮丽鲷 daffodil cichlids/*Neolamprologus pulcher*

美洲鳗鲡 American eel/*Anguilla rostrata*

美洲西鲱 American shad/*Alosa sapidissima*

米诺鱼（鲤科小鱼） minnows

密点歧须 cuckoo catfishes/*Synodontis multipunctatus*

摩鹿加雀鲷 lemon damselfishes/*Pomacentrus moluccensis*

纳氏臀点脂鲤 red-bellied piranha/*Pygocentrus nattereri*

南鳢 kampango catfishes/*Bagrus meridionalis*

尼罗口孵非鲫（俗名：尼罗罗非鱼） Nile tilapia/*Oreochromis niloticus*

鲇鱼 catfishes

攀鲈（科） climbing perches/Family Anabantidae

盘丽鱼（盘丽玉属/神仙鱼属） discus cichlid/Symphysodon

𩚑𩚑（属） bitterlings/Genus Rhodeus

胖头 fathead minnows/Pimephales promelas

佩氏真鲨（俗名：加勒比礁鲨） Caribbean reef shark/Carcharhinus
perezii

七鳃鳗（纲） lampreys/Class Petromyzontia

前口蝠鲼（属） manta rays/Genus Manta

腔棘鱼（目） coelacanths/Order Coelacanthiformes

强电鱼类 strongly electric fishes

清洁鱼 cleanerfishes

鲭（科） mackerels/Family Scombridae

雀鲷（科） damselfishes/Family Pomacentridae

柔骨鱼（属） loosejaws/Genus Malacosteus

蠕线鳃棘鲈 roving coral groupers/Plectropomus pessuliferus

软骨鱼（纲） chondrichthyans/cartilaginous fishes/Class
Chondrichthyes

软骨鱼类 elasmobranchs

三刺鱼 three-spined stickleback/*Gasterosteus aculeatus*

沙丁鱼 sardines

鲨鱼 sharks

扇尾琉金金鱼 Seabiscuit/fantail goldfish

邵氏猪齿鱼 green wrasses/*Choerodon schoenleinii*

舌鰐（科） tonguefishes/Family Cynoglossidae

射水鱼（属） archerfishes/Genus *Toxotes*

深虾虎鱼（属） frillfin gobies/Genus *Bathygobius*

鲆（科） jack/Family Carangidae

石斑鱼（亚科） groupers/Subfamily Epinephelinae

石首鱼（科） drum/Family Sciaenidae

食蚊鱼 mosquitofishes/*Gambusia affinis*

饰纹布琼丽鱼 banded acaras/*Bujurquina vittata*

噬人鲨（俗名：大白鲨） great white sharks/*Carcharodon carcharias*

双带海猪鱼 slippery dick/*Halichoeres bivittatus*

双带锦鱼 bluehead wrasses/*Thalassoma bifasciatum*

四眼鱼（属） four-eyed fishes/Genus *Anableps*

蓑鲉（属）（俗名：狮子鱼） lionfishes/Genus *Pterois*

鳎 soles

太平洋油鲽 Dover soles/*Microstomus pacificus*

剃刀鱼（属） ghost pipefishes/Genus *Solenostomus*

天竺鲷（科） cardinalfishes/Family *Apogonidae*

突吻红点鲑 lake trout/*Salvelinus namaycush*

图丽鱼/地图鱼 oscar cichlids/*Astronotus ocellatus*

鲀（科） pufferfishes/Family *Tetraodontidae*

驼背鲈 barramundi cods/*Cromileptes altivelis*

驼峰大鹦嘴鱼 bumphead parrotfishes/*Bolbometopon muricatum*

弯鳍燕鱼 pinnate batfishes/*Platax pinnatus*

韦氏小骨 Weberian ossicles

𧐢（亚目） blennies/Suborder Blennioidei

无颌鱼类 agnathans/jawless fishes

五彩搏鱼 bettas/Siamese fighting fishes/Betta splendens

西鲱属 shad/Alosa

溪刺鱼 brook sticklebacks/Culaea inconstans

细齿牙鲆 Atlantic flounder/Paralichthys dentatus

细鳞大麻哈鱼（俗名：粉红鲑） pink salmon/Oncorhynchus
gorbuscha

虾虎鱼（科） gobies/Family Gobiidae

线𧐢（科） pricklebacks/Family Stichaeidae

箱鲀（科） boxfishes/Family Ostraciidae

象鼻鱼（科） elephantfishes/Family Mormyridae

小丑鱼 clownfishes

小口黑鲈 smallmouth basses/Micropterus dolomieu

小鳞犬牙南极鱼 Patagonian toothfishes/Dissostichus eleginoides

新月鱼 platys

秀美花鳉 Amazon molly/*Poecilia formosa*

秀体底鳉 banded killifishes/*Fundulus diaphanous*

鳕鱼 cods

鲟（科） sturgeon/Family Acipenseridae

烟管鱼（科） cornet fish/Family Fistulariidae

眼斑鳗狼鱼（俗名：狼鳗） wolf eels/*Anarrhichthys ocellatus*

燕（亚目）/鱼 stingrays/Suborder Myliobatoidei

鳐（科） skates/Family Rajidae

鳐形目/鱼 rays

叶鲈（科） leaf fishes/Family Polycentridae

银大麻哈鱼/银鲑 coho salmons/*Oncorhynchus kisutch*

银汉鱼（目） silversides/Order Atheriniformes

银鲛（目） chimaeras/Order Chimaeriformes

鲈（科） suckerfish/Family Echeidae

鹦嘴鱼 parrotfishes/Family Scaridae

庸鲽（属） halibuts/Genus Hippoglossus

（属）/金梭鱼（属） barracuda/Genus Sphyraena

雨丽鱼（属） Nimbochromis

圆口副绯鲤 yellow-saddle goatfishes/Parupeneus cyclostomus

月鱼（科） opah/Family Lampridae

爪哇裸胸鳐 giant moray eel/Gymnothorax javanicus

真 European minnows/Phoxinus phoxinus

脂鲤（科） characin/Family Characidae

智利竹荚鱼 Chilean jack mackerels/Trachurus murphyi

皱鳃鲨 frilled sharks/Chlamydoselachus anguineus

猪齿鱼（属） tuskfishes/Genus Choerodon

竹荚鱼（属） jack mackerels/Genus Trachurus

主刺盖鱼 emperor angelfishes/Pomacanthus imperator

鲮（科） mullets/Family Mugilidae

紫黑眶锯雀鲷 whitetail major damselfishes/Stegastes leucorus

紫鹦嘴鱼 midnight parrotfishes/Scarus coelestinus

纵带盾齿鲷（俗名：假清洁鱼） saber-toothed blennies/*Aspidontus taeniatus*

纵带黑丽鱼 golden mbuna/*Melanochromis auratus*

鳟（亚科） trouts/Subfamily Salmonina

鳟 brown trouts/*Salmo trutta*



扫描二维码即可查看前言—第三章注释



扫描二维码即可查看第四章—后记注释

1. “为十亿人送上过美味”的原文为“over one billion served”，既可以理解为指人，也可以理解为指动物。（本书中注释除特殊说明外均为编者注。）

2. 阿萨巴斯卡湖位于加拿大境内，是加拿大第四大湖。

3. 原文使用了“fishes”一词，作者给出如下注释：“我们通常会在描述两条至一万亿条之间的鱼类时，使用单数形式‘fish’，这种表述能将它们像一排玉米粒一样联结在一起。而我偏向于使用复数形式‘fishes’，强调这些动物是有个性且相互联系的个体。”

4. 原注：穆德的估算不包括娱乐性垂钓鱼类、非法捕获的鱼类、作为副渔获物（非目标鱼类）及废弃物的鱼类、逃脱渔网后死亡的鱼类、被丢弃或废弃渔具捕捞上来的“幽灵渔捞”、钓鱼者作为诱饵使用但未被记录的鱼类，以及作为鱼虾养殖场饲料但未被记录的鱼类。

5. 米诺鱼指的是生活在北美的鲤科下的一些鱼类，包括若干个属。

6. 原注：有些科学家将银鲛（即俗称的“鬼鲨”）单独分为一类。

7. 另有一说将脊椎动物分为六类：鱼类、两栖动物、爬行动物、鸟类、哺乳动物和圆口类（无颌类）动物。

8. 潮池是指退潮后，留在岩石间的潮水形成的一个又一个封闭的水池。高潮时，海水涌进其间。

[9.](#) 原注：直到1亿年后，勇敢的肉鳍鱼后代才迈出了踏上陆地的试探性一步。为了理解这些时间跨度，请想一想人属（Homo，包括能人、尼安德特人、智人等物种）的存在时间也只有200万年。如果我们将人类生活在地球上的时间压缩至一秒钟，鱼类的生存时间已经4分多钟了。在鱼类离开水之前，它们在地球上存活的时间比人类多50倍。

[10.](#) 部分鸟类会将其食物中不能吸收且无法排泄的东西以食丸的形式吐出来，食丸多呈圆形或椭圆形。

[11.](#) 中层带是指海洋表面以下200米至1000米位置的区域。

[12.](#) 原注：翻车鲀科的科名“Molidae”，指的就是它们如平圆磨石一般的身形。

[13.](#) 毛颌的英文名为“hairy-jawed sack-mouth”，直译为“颌部多毛的袋嘴鱼”。

[14.](#) 勃氏新热鲷的英文名为“sarcastic fringehead”，直译为“刻薄的流苏脑袋”，得名于它火爆的脾气和眼部奇特的附属物触毛。

[15.](#) 双带海猪鱼的英文名为“slippery dick”，意为“湿滑的阴茎”。

[16.](#) 汤姆·索亚出自美国小说家马克·吐温的作品《汤姆·索亚历险记》。

[17.](#) 月鱼从身体核心部位流出的血液，能够通过独特的鳃部结构加热呼吸时流回的冰冷血液，从而调节自身体温。

[18.](#) 深度知觉指生物体对同一物体的立体状态或对不同物体的距离的反应。

[19.](#) 中文中的比目鱼（flounder）是鲽形目鲽亚目鱼类的统称，而英文的“flounder”指的是鲽亚目里几个种的鱼类的统称，因此下文才会出现后面罗列的几类鱼都属于鲽亚目的情况。此处保留了原文的说法。

[20.](#) 即tapetum lucidum，拉丁语中意为“明亮的毯子”。

[21.](#) 视细胞分为视杆细胞和视锥细胞，视杆细胞能够辨别明暗，视锥细胞能够分辨色彩。

[22.](#) 原注：即leucophores，源自古希腊语，“leukos”意为“白色”。

[23.](#) 大部分生物都能发光，这些光并不能产生热量，因此被称为“冷光”。

[24.](#) 柔骨鱼的英文名为“loosejaw”，直译为“松散的颌部”。

[25.](#) 黑柔骨鱼的英文名为“stoplight fish”，意为“红灯鱼”。

[26.](#) 这几种鱼的英文名原意为咕啾声、鼓声、小号手、海里的知更鸟以及猪哼声。

[27.](#) 原注：我最初读到的有关冯·弗里施实验的文献中指出那条鲇鱼本来就是失明的，但后来我了解到冯·弗里施为了做实验，用手术摘除了泽韦尔的双眼。冯·弗里施大概对此非常愧疚，因为他给这条鲇鱼起了名字，还在自传中提到，他的努力是为了“让小小的失明生物能够在水中更加舒适”。

[28.](#) 频率小于20赫兹的声波即为次声波。

[29.](#) 锯指鲤亚科下的一些成员被称为“食人鱼”。

[30.](#) 原注：蔡斯在2001年的研究报告中提及，其他一些脊椎动物也具备辨认音乐的能力，比如鸽子、禾雀以及一小部分老鼠。

[31.](#) “快速重复信号”的英文首字母缩写“FRTs”与单词“屁（fart）”的发音类似。

[32.](#) 即schreckstoff，字面意为“恐怖的东西”。目前暂没有准确的学术译法，姑且译为“报警物质”。

[33.](#) 大脑的偏侧性体现为惯用左脑或惯用右脑。

[34.](#) 原注：你或许会好奇这些所谓的强电鱼类要如何避免电到自己。事实上，它们有多层脂肪组织，能够保护自己免受自身武器的攻击。不过尽管如此，它们有时也会因为自己的电击而抽搐。

[35.](#) 对实验变量进行处理的即为实验组，没有进行处理的是对照组。在这一实验中，对照组是第三组和第四组。

[36.](#) 曲马多为非阿片类中枢性镇痛药。

[37.](#) 原注：我得高兴地指出，实验结束之后研究人员将这些刺尾鱼放回了大堡礁的家中。

[38.](#) 原注：对鱼来说不幸的是，以鱼群形式进行反捕食的优点在人类面前反倒成了缺点，因为人类发明了专门捕鱼的工具，能够探测到鱼的活动然后把一群鱼一网打尽。

[39.](#) PetSmart是全球最大的综合性宠物服务公司，其总部设在美国亚利桑那州。

[40.](#) 鲁德亚德·吉卜林是英国作家，1907年凭借作品《基姆》获得诺贝尔文学奖。

[41.](#) 原注：在亚洲的一些疗养温泉中，顾客可以享受特殊的付费服务，只要把脚伸进水池，里面饥肠辘辘的清洁鱼就会啄食客人的脚。

[42.](#) 原注：我必须承认，我在看这些研究论文的时候五味杂陈。一方面，我钦佩科学家的热忱和创造性，他们设计了各种巧妙方法来检验理论假设。另一方面，我也很同情这些动物，我们干扰了它们的生活。这些被强制迁走的居民会怎么想呢？我们大概也会好奇有文化属性的动物在离开自己热爱的家园时的感受。

[43.](#) 原注：他瓦玛尼·攀弟安认为日本的研究人员最热衷于揭开鱼类性行为的秘密。有些科学家为了一项研究，会在水下待500多个小时收集数据。水下呼吸器技术的进步也极大地推动了人们对鱼类性生活的了解。

[44.](#) 旅鸽是近代灭绝鸟类中最著名的代表。1914年9月，最后一只人工饲养的旅鸽去世，旅鸽从此销声匿迹。

[45.](#) 原注：这是因为政府对商业捕捞的补贴力度增强，全球范围内每年的补贴金额高达350亿美元。

[46.](#) 原注：如今，水产养殖和商业捕捞在海产品总产量中平分秋色，但由于鱼类产量只占水产养殖的一半（单是海草产量就占了水产养殖产量的四分之一），水产养殖的鱼产量仅相当于商业捕捞的40%。

[47.](#) 这一句子的原出处暂不可考，人们普遍认为出自斯大林之口。



未读 Club

为读者提供有温度、有质量、有趣味的
泛阅读服务



专属社群 独家福利
精品共读 活动特权

手机扫码

加入未读 Club 会员计划

未讀

花朵的 一朵花的自然史 秘密生命

Sharman Apt Russell

[美] 沙曼·阿普特·萝赛——著
钟友珊——译

ANATOMY Exploring the Secret Life of Flowers OF A ROSE

畅销全球16年的自然科普力作

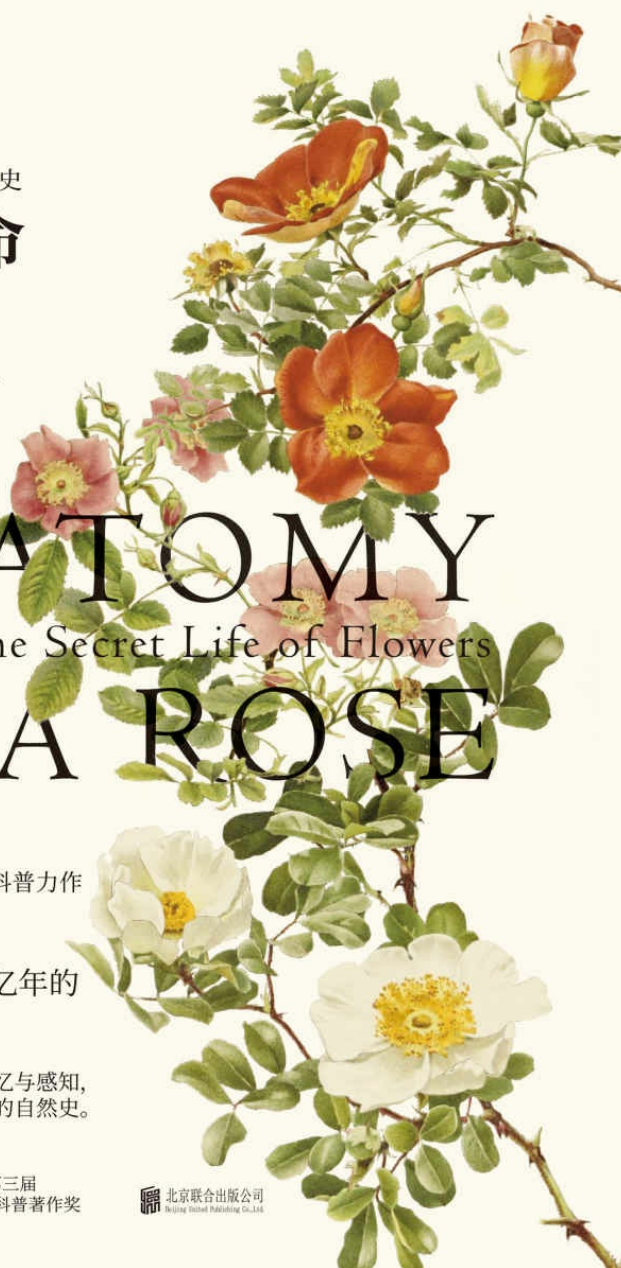
每一朵花的绽放，
都在演绎延续数亿年的
生命传奇。

探寻花朵不为人知的记忆与感知，
再现植物世界令人惊叹的自然史。

开卷好书奖
翻译类十大好书

第三届
吴大猷科普著作奖

北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.



版权信息

花朵的秘密生命：一朵花的自然史

ANATOMY OF A ROSE: Exploring the Secret Life of Flowers

作者：[美] 沙曼·阿普特·萝赛（Sharman Apt Russell）

译者：钟友珊

出品方：未读·探索家

出版社：北京联合出版公司

目录

[版权信息](#)

[致谢](#)

[第一章 美的物理](#)

[第二章 盲眼窥视者](#)

[第三章 玫瑰香](#)

[第四章 未来的面貌](#)

[第五章 花间情事](#)

[第六章 夜在燃烧](#)

[第七章 鬼把戏](#)

[第八章 光阴](#)

[第九章 旅人](#)

[第十章 一个屋檐下](#)

[第十一章 巴别塔与生命之树](#)

[第十二章 花与恐龙](#)

[第十三章 第七次大灭绝](#)

[第十四章 有所不知](#)

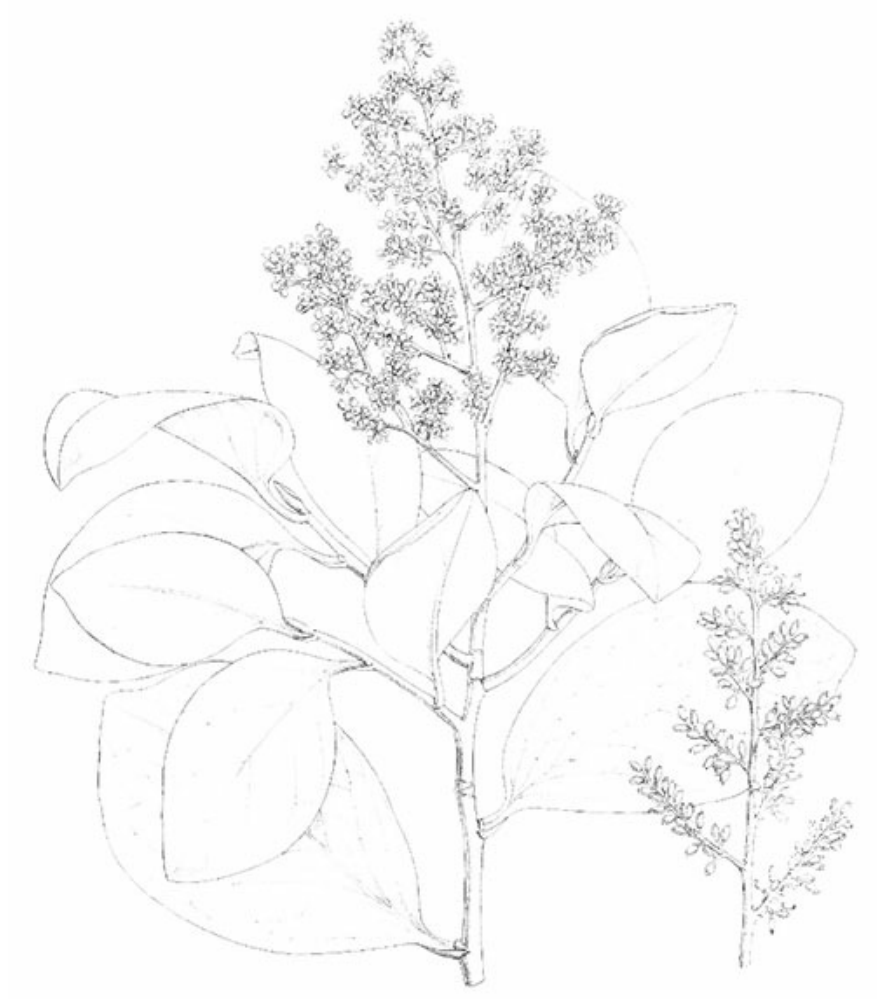
[第十五章 蓝玫瑰的炼金术](#)

[第十六章 植物疗法](#)

[名词对照表](#)

[返回总目录](#)

献给彼得：我爱你



致谢

我要谢谢我的丈夫彼得，两个小孩大卫和玛丽亚。他们对我的支持始终如一，是我的重要支柱。彼得是我家里的编辑，玛丽亚陪我参加了在密苏里州圣路易斯举行的第十六届国际植物学研讨会，她是个逗人开心的旅伴。还要谢谢我的朋友盖尔·斯坦福陪我参观亨廷顿花园。

阿曼达·库克是我在珀尔修斯出版社的编辑，她鼓励我依直觉行事，说我自己想说的话。这本书能最终出版，她的功劳很大。

写这本书的手稿时，我曾打电话、发电子邮件向很多我不认识的热心人士求教，我参考他们的研究，征求他们的意见。以下学者曾不计时间和精力协助我，我对他们有说不完的感谢。然而，若这本书最后仍不免有疏漏之处，我当负全责。

杰克·卡特就书的最前面部分给了我一些很好的建议。

尼克·瓦泽从头到尾耐心读完每一个章节，提出很多建议，有些地方他甚至看过两次。三十多年来，瓦泽活跃于花的生理研究，我的书目及注释，很多都援引他的研究。他愿意帮助我，正显示了他对教育及环保的真诚关注。我想瓦泽就是那种永不言倦的人，可以边做飞燕草的演讲，边同时抛接六颗球，而且只用单脚站立。

拉尔斯·奇卡堪为任何有志于成为科学研究者的人的楷模。他在蜂类视力和昆虫行为方面的研究令人振奋。我在《盲眼窥视者》一章的初稿中直接引用了他的很多作品，有些部分考虑到非专业读者的需要，进行了删减。尽管如此，只要是对这个领域有兴趣的读者，都会喜欢奇卡的文章，不论它们发表在学术著作还是通俗刊物上。

罗布·拉古索给了我很多的鼓励和帮助。他是《有所不知》的主角，也指导了《玫瑰香》一章。

艾利森·布罗迪为我提供了她的数篇有关花蜜采集的论文，她也就前几章给了我一些建议。

玛莎·韦斯帮我审读了有关蝴蝶和花的变色研究方面的几章内容。我在《美的物理》一章中大量援引了她的研究。

史蒂夫·麦克唐纳为了一些讨论复杂演化过程的段落，跟我一起伤了不少脑筋。

借由神奇的电子邮件，澳大利亚阿德莱德大学的教授罗格·西摩审阅了我为《夜在燃烧》一章所准备的资料中有关他的研究的部分。

朱迪丝·布朗斯顿大方审阅了《鬼把戏》一章。这章讲的是她在互利共生、丝兰和丝兰蛾方面的研究成果。

布伦特·米什勒是“湛绿计划”（Deep Green）的发言人，帮我审读了《巴别塔与生命之树》《花与恐龙》等章。

柯克·约翰逊也指点了我《花与恐龙》一章中的正确写作方向。

最后，我要谢谢位于新墨西哥州银城的西新墨西哥大学馆际借阅部门里的所有工作人员，没有你们的协助，这本书不可能完成。

第一章 美的物理



我可以从化学的角度解释向日葵的美丽。但即使撇开知识不谈，我也知道什么是美。我所不解的是美何以会牵动我的情绪。

曾经，我的祖母在堪萨斯州有一个大花园，用来供应我父亲墓前供奉的鲜花。我们会剪下一束束的金鱼草、百日菊，还有波斯菊，装进墓碑旁的咖啡罐里。我父亲去世时三十二岁。我们住在新墨西哥州的银城，那里的人们会用节日的装饰品——像是复活节彩蛋、圣诞树、塑胶花环，或是情人节的心形装饰等——装饰儿童的坟墓。有些父母在孩子去世多年后仍然保持这个习惯。

直到祖母以九十二岁高龄去世，亲人墓上的鲜花从没间断过。她会将光彩夺目的金盏花献给小儿子米尔本·格兰特·阿普特，将高雅庄重的白菊花献给丈夫奥利·塞缪尔·阿普特。

为什么我们将鲜花献给逝者？为什么我们把它送给哀伤的人、生病的人、我们所爱的人？

五万年前的尼安德特人，也以风信子和矢车菊陪葬。

我们献上的究竟是什么？

花并不是权力的象征。它们的生命短暂而脆弱，不能够象征永恒。而且，说实在的，花跟人生现实或是人类的需求都沾不上边。

花有的只是片刻的美丽。

安妮·迪拉德曾在《教石头开口》一文中不平地说：“大自然以沉默作为一种表达方式；世上万物都是从这块缄默又亘古不易的石块上剥落的一小片碎屑。中国人认为，尽管世界包罗万象，但它并不会告诉我们些什么。”

迪拉德相信，地球之所以沉默，是因为我们不再觉得它神圣。大部分人都对这样的损失不以为意。最后，大自然再也不跟我们讲话了。我的经验比较特别，大自然从不对我报以沉默。它无时无刻不在我的耳边低语，讲的都是同一件事：既不是“爱”，也不是“崇拜”，更不是“嘘……挖这里！”

大自然说的是：“美啊……真是美啊！”有时是低语，有时是咆哮。

我走在新墨西哥州的山坡上，一丛丛野花开得到处都是。旁边的人正跟我谈论传粉生物学，但我被野花震慑，无法边走边专心听。我几乎喘不过气来，就像一只兴奋过度的小狗，尾巴被家具绊到，跌了个四脚朝天。

这是个典型的仙人掌沙漠，遍地都是硕大的巨柱仙人掌、令人望而生畏的结节仙人掌，还有雄赳赳的强刺仙人球。每一株都有自己的势力范围，错落有致，各展英姿。红色的吊钟柳、黄色的雏菊、橙色的罂粟、紫色的亚麻，在满布石砾的地面上一齐绽放，随风舞动，像是一片从山顶延伸到旱谷的旗海，多彩多姿有如喜悦的化身。盛开的花朵充满节日般的兴奋感，我仿佛受邀参加派对。

我想起过去，觉得很伤感。我原本是住在这里的啊！我的家在沙漠里，在群山中，花朵环绕。如果当初留下来，我会过得很快乐。我默默想着：“到底发生了什么？”

当自然以美召唤我时，我并不是每次都能给予适当的回应。我心急火燎地想要进入它的世界，跪倒在草地上。太美了，真是太美了。

我以前很少像现在这样感到平静，觉得身心一片澄澈。

我在邻居家的后院里，驻足欣赏一朵向日葵。它的花瓣由许多小部件构成，就像印度的曼陀罗一样，向日葵本身也由许多小花组成。在花的中心，每朵纤细的筒状花都有能够产生花粉的合生花药、能够迎接花粉的雌蕊柱头，以及内含日后将发育成种子的胚珠的子房。如果一切顺利，每个筒状花会将自己的花粉传给蜜蜂或是其他昆虫。花粉是极富营养的食物，不过总是掉得到处都是；传粉者就是没有办法摆脱沾在脚

上、胸部、头部、背部或是翼下的花粉粒。最终，一部分含有精子的花粉粒会附着在另一朵筒状花的柱头上。最理想的情况是，每一朵筒状花都能得到其他筒状花的花粉而受精，每个胚珠都能发育成种子。

另一方面，沿着花中心的边缘，舌状花一瓣一瓣地连成一圈。这对蜜蜂而言就像是一圈环状指示灯。和雏菊、蒲公英一样，向日葵实际上是一个花序，是由一群小花交织所组成的群落。

这些花瓣是最纯正的橙黄色，仿佛蕴含了整个星球所需的能量，足以转动一座核电厂；它也像钟声，轻轻敲开了我的心扉。

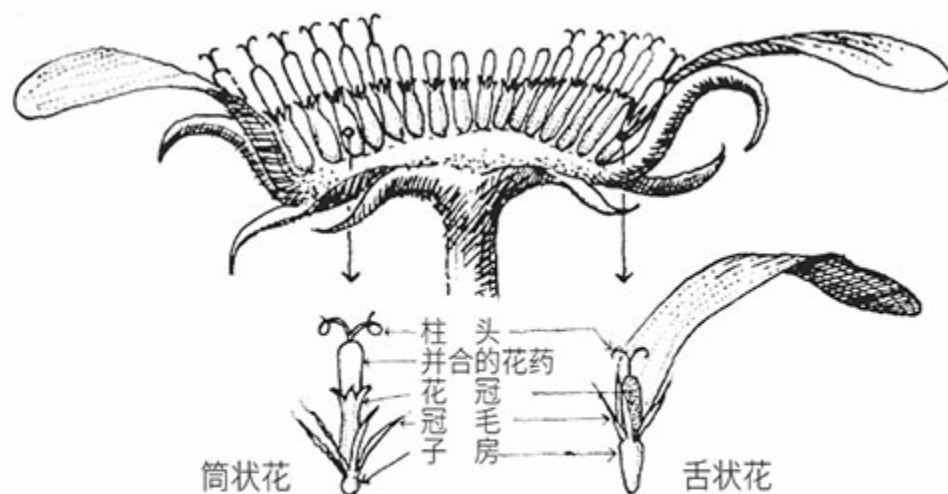
向日葵的香味更是高深莫测。我弯下腰，闻到了土地和叶子的气味，还有一种淡雅的香气。有些我闻过却很难叫出名字的气味分子，比如萜烯、蒎烯和柠檬烯，有些认不出来也几乎闻不到的气味，还有些我永远都不可能知道的气味，因为我根本就闻不到。

我可以从化学的角度解释向日葵的美丽。但即使撇开知识不谈，我也知道什么是美。我所不解的是美何以会牵动我的情绪。

环保人士奥尔多·利奥波德曾写道：

对美的物理研究好像仍停留在黑暗时代。科学家推演着弯曲时空的数学公式，却不曾试着解答美的方程式。谁都知道北方树林在秋天的景象：大地、红枫，加上披肩榛鸡。用传统物理学的方式来看，在每平方米的土地上，一只松鸡只能代表千分之四左右的质量或能量；然而少了松鸡，大地一片死寂。

没有花，世界对人类来说就是死寂的。世上不开花的植物有苔藓、叶苔、松柏、苏铁、蕨类植物和银杏，其他所有的植物，包括我们和其他动物所食用的，几乎都要靠花来繁殖。



向日葵

我们知道花很美，但忽略了它们存在的必要性。

现在我们要开始探讨美的物理属性了。哲学家和科学家已经携手合作，整理出了宇宙的一些规律。

宇宙有趋于复杂的倾向。

宇宙是个紧密联结的网络。

宇宙以达到对称为目的。

宇宙有自己的节奏。

宇宙倾向于自成一体的组织系统。

宇宙依靠反馈和回应维持。

因此，宇宙是善变而不羁的。

这些宇宙间的规律可能就是构成美的元素。可以确定的是，它们正是花的元素。

开花植物在世界各地绽放，成为最复杂多变的植物种类。除了针叶林和满布地衣的冻原外，到处都能见到花的踪迹。它们的种类之多令人惊叹。我们走过开着尖头小花的草地，几乎不会发觉脚下踩到了什么。我们欣赏的是直径达一米、唇瓣离地面一米高、中心凸起近三米的尺寸惊人的巨型蒺藜。

早期的探险家认为巨型蒺藜是靠大象饮用其根部贮藏的水时，无意间擦到带着花粉的肉质轴而传粉的。

大象传粉这种事是植物版的天方夜谭。不过花的确会借由各种动物传粉，比如鼯、小型蓟马，或是鸟类、蜥蜴、蝴蝶、蚋、蟑螂、松鼠等。在非洲有种花是靠长颈鹿帮忙传粉的，而巨型蒺藜则是靠埋葬虫传粉。

和巨型蒺藜一样，大部分的花都得依靠双方合作。它们要靠跟自己

完全不同的物种，把精子带到另一朵花，再把其他相配的花的精子带到自己的子房中。

有些花靠风来传粉，采用“航空寄件”。不论是希腊流传的北风可以使母驴受精的传说，还是蜘蛛女或摩西曾使红海从中分开的故事，都不会比这个更匪夷所思。

美的物理以数学为基础。向日葵的种子数量呈螺旋状递增，有二十一、三十四、五十五、八十九粒的不同类型。有的花特别大，甚至会有一百四十四粒种子。每一个种子数都是前面两个的总和。这样的模式几乎随处可见，例如松针、软体动物的壳、鹦鹉的喙与螺旋状星系等。第十四个数目之后，每个数字除以前一个数字，就会得到名为“黄金比例”的长宽比。古埃及的金字塔、希腊帕特农神庙以及几乎所有的美术甚至音乐创作，依循的都是这个比例。在我们内耳螺旋状的耳蜗里，音阶以近似的频率振动；音符和低一音阶的音符，两者振动频率相除，得到的也是近似的比例。

美的模式不断重演。

更巧妙的是，美的物理属性自有一套独一无二、自成一体的组织架构。科学家已经知道，不论是花对外界的敏锐度或采取行动时的个体差异，都远远超乎我们的想象。植物会对这个世界做出回应，有自己观察、触碰、品尝、嗅闻、聆听这个世界的方式。

尽管在土壤里生了根，花可是一刻也静不下来的。大家都知道向日葵会随着太阳改变方向，早上向东转，下午向西转。它的茎部有对光敏感的细胞，可以“看”到阳光，而茎生长的方向带动了花转动的方向。在植物中，有些细胞能够看到光谱中的红光，有些可以看到蓝光或绿光。植物甚至可以看到我们看不到的波长的光，比如紫外线。

大部分的植物都对触碰有反应，例如捕蝇草会迅速合起来，轻碰豆科植物攀爬的藤须会使它卷起来，而风的吹拂会让幼苗长得矮而结实。随着触碰植物部位和次数的不同，可以让它决定是否关闭气孔、延后开花的时间、增加新陈代谢速率，还是制造更多的叶绿素。

植物对触碰是很敏感的。

它们也“尝遍”了我们周遭的世界。向日葵用根品尝泥土以探寻养分。它的根可以深入地下两三米，品评出最好的食物来源，然后向那边长去。有些植物的叶子可以尝出毛虫唾液的味道，附近若有受毛毛虫侵害的植物，还能嗅出它们释放出的化合物。研究显示，有些种子若闻到或尝到烟的味道，会更快发芽。

某些特定的声波也可能会促使植物更快发芽。向日葵和豆科植物一样，都会因听到某种类似人声，但分贝较高的声音而长得更快。

花和传粉者有其他的办法经由声音找到彼此。有种热带藤蔓植物靠蝙蝠传粉，它会用有凹陷的花瓣反射蝙蝠发射的声呐。蝙蝠呼唤花，花也做出回应。

我们对花所知越多，它们就越活泼灵动。也许通过这样的倾听，可以让植物对我们重新开口。

我仍然可以闻到祖母花园里的香味。

对于始终热爱花朵，我们才刚刚开始去了解。

注释

1. 有关尼安德特人的丧葬资料，主要来自Arlette Leroi-Gourhan, “The Flowers Found in Shanidar IV, a Neanderthal Burial in Iraq,” *Science* 190 (November 1975)。
2. 引述安妮·迪拉德的话摘自她的散文集*Teaching a Stone to Talk: Encounters and Expeditions* (New York: Harper Collins Books, 1982)。
3. 引述奥尔多·利奥波德的话出自*Sand County Almanac* (New York: Oxford University Press, 1949)。
4. Frederick Turner, *Rebirth of Value: Meditations on Beauty, Ecology, Religion, and Education* (State University of New York Press, 1991), 对书中提到的主题或宇宙的趋势有更多论述。类似主题也可见Brian Swimme and Thomas Berry, *The Universe Story: From the Primordial Flaring Forth to the Ecozoic Era* (San Francisco: Harper, 1992)。
5. 更多有关巨型蒟蒻的信息可以参考教科书和Susan Milius, “The Science of Big, Weird Flowers,” *Science News* 156 (September 11, 1999)。
6. 一本我常参考的大学用书是Randy Moore et al., *Botany* (Wm. C. Brown, 1995), “Leonardo the Blockhead”一文，简介了向日葵螺旋状种子数的数学原理。这份参考资料通常称为“the Fibonacci series”。
7. Andy Coghlan, “Sensitive Flower,” *New Scientist*, September 26, 1998漂亮地把有关花如何“看”“闻”“触”“尝”的最新研究做了整理。还有许许多多其他人针对这个课题有过深入探讨，如Stephen Day, “The Sweet Smell of Death,” *New Scientist*, September 7, 1996; Garry C. Whitelan and Paul E. Devlan, “Light Signaling in Arabidopsis,” *Plant Physiology Biochemistry* 36 (1998) issue 1-2; and Paul Simons, “The Secret Feelings of Plants,” *New Scientist*, October 17, 1992。
8. 有关蝙蝠和花如何使用声呐传信，可以参考Dagmar von

Helversen and Otto von Helversen, “Acoustic Guide in a Bat-Pollinated Flower,” *Nature* , April 29, 1999.

第二章 盲眼窥视者



看一眼这个招牌吧，拜托！不用等人带路，晚餐就在这里吃了吧。

我们走过开满野花的田野。一丛丛紫色点缀了整片山坡。驻足近看，才发现那是红色的跃升花、橙色的球葵、蓝色的亚麻、黄色的金盏花。花朵让我们置身于用点描画的世界里。我们心中的重担消失无踪，觉得无比轻松，心情如旋律般飞扬。我们真想像鸟儿一样歌唱。

不用说，我们爱花是基于对色彩的喜爱。人的眼睛会处理反射进来的光线，将之传到大脑，色彩的知觉就此产生。色彩跟种种情感意念脱不了关系：黄色代表愉悦，灰色代表伤心，白色超凡脱俗。失去辨色能力的人，对泪水的认知只跟它的成分有关。曾有人患有眼疾，在他眼中，妻子和朋友是“会动的灰色石雕”，食物和性爱都让他反胃；人生似乎一无是处，显得污秽而虚假。

大部分的人往往把色彩的存在看作是理所当然的事。我们很少注意到迷人的蓝天，也将维系生存的绿色视为家常便饭；非得要一朵粉紫色的天竺葵才能让人眼前一亮，要紫红色的玫瑰才能让我们赞叹。我们喜欢忽然映入眼帘的橙色，以及瞬间闪过的一抹蓝。

超过二十五万种的植物会开花，形成一个由颜色、香味和形状所组成的庞大队伍，其壮观程度足以媲美P.T.巴纳姆^[1]的“地球上最伟大的表演”。

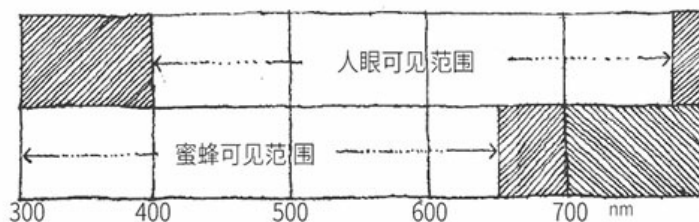
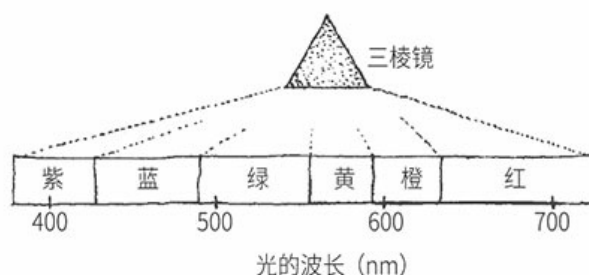
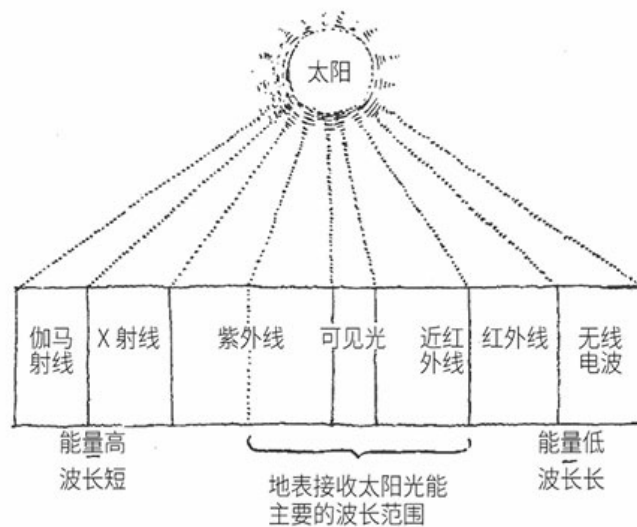
不过这场表演可不是给人类看的。虽然我们坐在戏院里鼓掌赞叹，但其实大部分的演出内容都看不懂。我们错过了一些最精彩的把戏。花朵暗藏着我们察觉不到的模式，也反射出我们意想不到的色彩：红罂粟对熊蜂来说不是红的，黄色蛤蟆草在一只蝴蝶看来不见得是黄的，紫色金鱼草也有着异样的闪光。

当我们被花朵环绕时，也见证了它们的光芒，内心受到鼓舞，满怀

感激。

然而我们是那么无知，可比盲眼的窥探者。

我躺在草坪上，依偎着一丛雏菊。它们的中心是蛋黄一样的颜色，花瓣是柔和的乳白。附近有朵跃升花正炫耀着自己如喇叭般修长的花瓣，这些花瓣形成一个五角星形的开口。我只剩下几分钟的时间了，蚂蚁将爬上我的脚踝，有刺的叶子会扎到皮肤，我会感觉很不自在。毕竟现在离地面这么近，连三十厘米都不到。很快我就会想要起身，重拾两足动物的视野。



光 谱

有好几分钟之久，雏菊的白色花瓣占据了我的心。土地和树叶的味道是如此熟悉。当阳光炙热的能量润泽田野，我被它散发出一阵阵能量轻摇入梦。波长较长的有无线电波、红外线，还有近红外线（就是它把我赤裸的腿晒得发烫）；波长较短的有紫外线、X射线、伽马射线——它们多半都不会到达地球表面。

而在紫外线和近红外线之间，满载能量的光子波长恰在人类可见的范围内，属于可见光。我们会把不同波长的光看作是不同的颜色；光谱的其中一端是紫色，另一端是红色。

我稍稍上前，红色跃升花的花瓣顿时放大，占据了整个视野。花瓣细胞中含有色素，能够吸收或反射不同波长的光。跃升花的色素就是反射了红光范围里的光波；而其余大部分波长的光波都被它吸收了，所以我看不到那些颜色。

花把那些颜色藏起来了。

我看到的是进入我眼中那被反射的红光。眼睛会把它转换成电化学能量，送到大脑，于是我脑中浮现：“嗯……猩红色，是朵斗牛士。”

尽管那些看到光线、看到红色的原理我全都明白，但是这些现象如此复杂，而且就发生在一瞬间，说真的，我也很讶异自己竟然能够用三言两语就说清了。

我又转向那朵雏菊。

有些白花的色素，会把所有可见光谱内的光都反射回去，不管是红、橙、黄、绿、蓝，还是紫光。当物体的所有颜色都被反射掉时，我们就看见了白色。

然而，大部分的白花靠的不是色素，而是花瓣细胞间布满空气的间隙来反射光线。同样的道理，雪花之所以是白的，是因为结晶颗粒之间有填满空气的间隙。花朵细胞不同的排列方式可以造成光线散射或高度折射，产生从天鹅绒般的雾蒙蒙到晶莹耀眼的不同效果。如果我们挤压一朵含有空气间隙的花使空气散出后，软绵绵的花瓣将变得黯淡无光。

如果所有可见光都被花瓣或其他物体吸收，我们就会看见黑色。黑色的花并不多见，不过曾在一九三九年于墨西哥的瓦哈卡被人发现。五十年后，一位植物学家出发寻找这朵名为“*Lisianthus nigrescens*”（黑色洋桔梗）的花，他描述这朵花看起来像是“点点发亮的煤油”，花开时宽二点五厘米，有如“黑缎制成的钟”。他在实验室里发现这朵花能够产生大量的色素，以惊人的速度把从红到紫的所有可见光吸收殆尽。没有人知道它靠什么传粉，也想不通一朵花为何要穿一袭黑衣。

绿色自然是我在这片原野中看到的主要颜色：雏菊叶子的深绿，跃升花茎部的浅绿，嫩草的宝石绿，杜松和北美黄松的苍绿等。在学校里，我们都学过光合作用，被称作叶绿素的色素能把光转换成能量；我

们都仰赖它的恩赐。

叶绿素在位于紫蓝光和橙红光的波长范围内时吸收效果最佳；绿光的波长没有利用价值，所以会被反射回去。生物学家对此做出的解释是：当初远古植物在有着大量水生细菌的深海里进行演化时，这些细菌吸收利用的就是绿光；于是，能够利用其余波长的似植物细胞较其他细胞更有生存的机会。登上陆地后，有了充足的阳光，植物只须维持原来的效率继续反射绿光，不必吸收所有的光就能存活。今天我们不会走在长满“黑缎制成的钟”的树下或在煤黑色的草地上野餐，或许就是这个原因。我很庆幸植物有这样的先见之明。

一只蜂来拜访雏菊了。这家伙啪的一声落在花瓣上，引起一阵震颤。雏菊似乎突然精神一振，松了一口气。

我乐意当雏菊的情人，随着有节奏的波动摇摆，在阳光的轻哄下入眠。我愿拥抱红色的跃升花、紫色的马鞭草、橙色的天人菊、蓝色的亚麻、黄色的橐吾。我渴望雏菊，向往它的爱和色彩。不过我并不想承担这些责任。我不打算为这些花传粉，这些花也不曾为我等待。

蜂类是称职的传粉者，它们的种类超过两万五千种，有大有小，有的没有螫刺，有的极具攻击性；有的喜欢群居，有的偏好独处。长期以来我们一直都在研究蜂类，尤其是蜜蜂，它们能干的程度总是超乎想象。这些小东西会跳舞，能彼此沟通，有记忆和学习的能力，向来被称作昆虫界的智多星（很不公平地，蝴蝶却被视为金发蠢货）。蜜蜂教会我们千万不要小看他人。

蜜蜂有三种光感受器（又称为感光细胞），对紫外线、蓝光和绿光的区域最敏感；人类最敏感的区域则是蓝光、绿光和红光。物体反射或吸收紫外线的程度，决定了蜂类眼中的世界。

在这山上的草地中，黄色的数量之多让人惊叹，举目所及都是不同品种、不同形状大小的黄色花朵。黄色是如此明亮，看得人兴高采烈。大自然可是趁着大减价，把一抹抹的黄色全部搬回了家？

在我看来，所有的黄花都是黄色的，譬如土荆芥花、油菜花和芜菁花。不过由于这几种花反射紫外线的方式不同，蜜蜂看到的就是三种不同的颜色。

对人眼而言，光谱两端的紫光 and 红光，加起来会变成紫色；对蜜蜂而言，波长两端的紫外线和橙红光，合起来会成为被科学家称为“蜜蜂紫”的色彩，它也有更陌生的称谓，被叫作“foog”或“orumpho”。

当人眼可见光谱内的光都被物体反射回来时，我们就看见了白色。当蜜蜂可见光谱中的光——包括紫外线——都被反射出来时，蜜蜂会看到“蜜蜂白”，那是一种人类看不到的颜色。

对蜜蜂来说，大部分我们看成是白色的花都是蓝绿色的，而雏菊的绿叶看起来是灰的。尽管蜜蜂能看到的红光范围有限，但是只有少数的花会吸收蜜蜂所有的可见光而成为“蜜蜂黑”；反射些许蓝光的红花在它们看来是蓝色的，反射紫外线的看起来就是“紫外色”。

紫外色是一种怎样的颜色？紫外色和蓝色合起来又会是什么颜色？若是黄色加上紫外色呢？这些草地上的花究竟是什么颜色？

我们无从得知，因为我们看不到。

也许，再也没有其他事情，比想象那些超乎自己演化经验的情形，更让我们感到无力。我们不会产生那些化学反应，也没有它们的神经元，没办法让这些色彩在脑中显现。

跃升花在微风中摇曳，鲜明的红色在风中摇出微微的光晕。白色斑点点缀着每朵花的星形开口，一路延伸到由花瓣聚合成的喇叭形花冠的深处。在更深的地方，还可以看到鲜艳的粉红。

花一旦吸引到传粉者的注意，就有机会让各种色彩发挥功能。像是这些小白点之类的指示记号，能指引动物来到贮存花蜜或花粉的地方；花中央的环就像是公牛的眼睛；直线和箭头也有神奇的指示效果；鸢尾花上的黄色痕迹则是停机坪，引导“小型飞机”降落；沼泽上的龙胆有一行行绿色斑块指明道路，猴面花的橙色斑点也有相同功能。

看一眼这个招牌吧，拜托！不用等人带路，晚餐就在这里吃了吧。

花朵不同的部位也有不同的色彩，各自反射或吸收紫外线，有些颜色标记是人类的眼睛看不到的。

想不到的颜色、不寻常的花纹，双重的视界带给我一阵兴奋的震颤。说得明白一点，我想看到蜜蜂所能看到的。

让我滑入梦的深层。

让我揭开眼前的面纱。

目前发现的花朵化石，最早可追溯到一亿两千万年前，那时蜜蜂早就出现了，而且可能早在花出现之前就有了色彩视力。在这场演化之舞当中，最先是花向蜜蜂献殷勤。花的颜色是招引它的部分诱因。“来嘛，来嘛……来到我身边。”花这样低语着。

当然，花演化的目的是要吸引更多样的昆虫。蝴蝶的可见光谱是从紫外线到亮红色，可看到的颜色比蜂类多、也比我们多，有些蛾类的色彩视力就跟蝴蝶一样好。甲虫是重要的传粉者，屎壳郎能区分黄和橙、紫和蓝、黄绿和浅绿。大部分苍蝇看见的世界是彩色的。小巧的蓟马靠采集花粉为生，对蓝绿、蓝色和黄色最为敏感。不过其他传粉者，包括胡蜂、螳螂、蟑螂、书虱、蝗虫、蟋蟀和草蛉，它们的色彩视力都还没被人研究。

鸟为很多花传粉，拥有绝佳的视力。不论雌雄，北椋鸟都有一身黑得发亮的羽毛，虽然在我们看来一模一样，但在它们彼此眼中可是大不相同。吸引它们的是反射紫外线的图案，有关鸟类的书籍可印不出来。和蝴蝶一样，鸟可以轻易看到红色。在美洲，蜂鸟喜欢造访红花；缺乏传粉鸟类的中欧一带，红花也就比较少。

哺乳动物也能传粉。夜行性蝙蝠通常都吸吮白花或乳白色花的花蜜，因为这些花在夜色中看起来较为醒目。许多地鼠、小型有袋动物、啮齿动物喜欢在破晓时刻觅食，它们偏好轻淡的颜色。富含花蜜的花主要靠香味吸引哺乳动物，颜色通常较为黯淡、单调，也常常靠地面生长。

这些白色与蝙蝠、红色与鸟的模式，被称为“传粉综合征”。科学家一度认为颜色、香味、形状等花的特征会形成与拼字游戏类似的东西：标明花的种种特征后，就会浮现一个特定传粉者，出于天性必定喜欢黄

色金盏花或红色跃升花；一朵狭长呈管状、有着甜蜜香气的蓝色花朵，就会跟蝴蝶配对；红色无香味、喇叭形的花就非蜂鸟传粉不可；而浅绿色、发出恶臭的花，则一定是吸引苍蝇。

如今大多数科学家都不再迷信“传粉综合征”或“天生偏好”之类的理论，鸟类、蜂类和蝴蝶的不稳定性实在太大了。它们是自私自利的，只愿意为自己最喜欢或最容易找到的花传粉，而没有注定要为哪种花传粉。它们对野地充满经验，只凭选择和运气决定该怎么做。

实验者曾给年幼的黄凤蝶看不同颜色的纸花，结果显示它们最喜欢黄色，其次是蓝色和紫色。

然后，实验者用一种有黄色品种，也有洋红色品种的野花做实验，将没有花蜜的黄花，以及有花蜜的洋红花拿给蝴蝶看。为了把花蜜从黄花中吸干，实验者事先引入了一大群饥饿的蝴蝶；为保证花蜜已被吸干净，实验者还在装花蜜的小管中插入了小纸签。

结果，黄花仍是黄凤蝶的最爱；然而不过十次的拜访后，大部分蝴蝶都转向了洋红色的花。最后，这些已经有经验的蝴蝶面临第三种选择：有花蜜的黄花以及没有花蜜的洋红花。很快它们又改回来了。

蜂鸟也是同样的情形。它们本来喜欢的是红色，但如果把田野中一半的红色跃升花涂成白的，把剩下的红色花的花蜜移除，它们就会转移阵地。

颜色是一种微妙的诱惑，本身就像是广告，而红色，是其中的大型广告板。

可口可乐！百事可乐！来吧！

产品是需要些炒作的。

有些花需要依赖虚假广告，用颜色和香味暗示奖赏，然而这奖赏永远不会兑现。这类花的确得靠刚孵化、尚保有本能偏好的传粉者来光顾。有些高明的模仿者甚至能一而再，再而三地骗到传粉者。

花儿摇曳、争艳、咆哮。

来我这儿，来我这儿.....过来！

研究花的科学家常需要把红色的花瓣涂成白色。他们用的是一种亚克力染料，声称不会对花造成伤害，也不会对传粉者产生不良影响。然后他们就退到一边观察：这回谁会来拜访它？

花也会自己尝试变换颜色，而且能达到预期效果。花可以一受精就变色，也可以等到应当受精的年纪时，自动变换颜色。新的色彩告诉传粉者这儿不需要它们效劳了，蜜蜂可以去找别的花，当然最好是同株植物或同个花序上的花。

一个更直接的办法就是让花掉落枯死。然而如果生殖过程还没有结束，花的某些部分可能还会用到。即使在完成受精后，花对于同株中其他还没有受精的花仍有利用价值。只要整个花丛还在，就能继续吸引远道而来的传粉者。

变色极为常见，其缤纷程度往往超乎想象。在同一科的花中，可能有些属会变色、有些不会；同一属中，也有些种会变色、有些不会；同一种中，有的个体会变、有的却不会。

变色的机制也五花八门。一种产于西印度群岛，名为孟南德洋紫荆的花，初生时是白色的，中心花瓣的中央有块大红斑；老化后，中心花瓣会向后弯曲，遮住红斑，同时周围的四片花瓣转为淡粉色，于是整朵花看起来都是粉红色的了，它传达出一个强烈的信号：“我老了，别碰我的柱头。”

同一属的花中若出现某种色素，则会让黄花变成红色；若缺乏某种色素则会让白花的黄色环带消失。

酸碱值的变化也会影响花的颜色，使粉红色的花变成蓝色，或把蓝花变成粉红色。

靠夜行蛾类或蝙蝠传粉的花，会从白色或乳白色变成暗红、金黄或紫色。变色后的花，尽管隐没在黑夜里，仍能产生香气，吸引传粉者前来拜访同株的其他花朵。

白色羽扇豆的旗瓣已变成紫色。

遍野的白百合明早会是粉色和红色。

黄色的花再也不是黄的了。

消息传递着，信息交流着。沟通暗码是颜色编成的，而颜色瞬息万变。

我们走过野花绽放的原野，有令人喜爱的黄色蛤蟆花（尽管它在蜜蜂眼中不是这个颜色），还有诱惑人的罂粟（虽然它实际上是反射紫外线的紫外色）。我们是盲眼的窥探者，受邀来到一个派对，认不出主人和大多数的客人，一路上笨拙地跌跌撞撞，看不清真相。但是这一切都不重要，我们觉得高兴就好。我们知道自己的感觉：花让我们快乐。

注释

1. 因脑伤而失去看见色彩能力的人，可参考Oliver Sacks, *An Anthropologist on Mars* (New York: Alfred Knopf, 1995)。
2. Moore et al., *Botany* 给了我一段关于可见光谱还有花瓣色素功能的精彩描述。
3. Deni Brown, *Alba: The Book of White Flowers* (Portland, OR: Timber Press, 1989)对白色花有完整详尽的介绍，包括白色花如何、又为何看起来是白色的。
4. 有关“瓦哈卡之花”的资料，可以参考Rob Nicholson, “The Blackest Flower in the World,” *Natural History* 108 (May 1999)。
5. Moore et al., *Botany* 中谈到了植物为什么不是黑色的。
6. 蜜蜂的资料有很多来源，例如Karl von Frisch, *Bees: Their Vision, Chemical Senses, and Language* (Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1971); and *The Dance Language and Orientation of Bees* (Belknap Press, Cambridge, MA 1967)。
7. 想了解有关气味的历史和背景知识，可以参考Georgii A. Mazokhin-Porshnyakov, *Insect Vision* (Plenum Press, New York, NY 1969)。
8. 还有一本很棒的书是我常推荐的：Friedrich G. Barth, *Insects and Flowers: The Biology of a Partnership* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1991)。
9. 另一个针对昆虫行为和生理的重要参考来源是Michael Proctor, Peter Yeo, and Andrew Lack, *The Natural History of Pollination* (Portland, OR: Timber Press, 1996)。

10. 拉尔斯·奇卡也提供了很多资料，是个大功臣。当今许多最前端的昆虫视力研究都是出自他手，特别是关于蜂类看到的颜色方面。他跟本章关系最密切的著作，是Lars Chittka and Randolph Menzel, “The Evolutionary Adaptation of Flower Colors and the Insect Pollinators' Color Vision,” *Journal of Comparative Physiology A* 171 (1992); Lars Chittka, Avi Shmida, Nikolaus Troje, and Randolph Menzel, “Ultraviolet as a Component of Flower Reflections and the Color Perception of Hymenoptera,” *Vision Resolution* 34, no. 11, p. 1489-1508 (1994); Lars Chittka and Nickolas Waser, “Why Red Flowers Are Not Invisible to Bees,” *Israel Journal of Plant Sciences* 45 (1997); Peter Kevan, Martin Giurfa, and Lars Chittka, “Why Are There So Many and So Few White Flowers?” *Trends in Plant Sciences I* (August 1996); Lars Chittka, “Bee Color Vision Is Optimal for Coding Flower Color, but Flower Colors Are Not Optimal for Being Coded: Why?” *Israel Journal of Plant Sciences* 45 (1997); and Lars Chittka and Nickolas Waser, “Bedazzled by Flowers,” *Nature*, August 27, 1998。

11. 本章原稿本来有更大的篇幅，讨论为何白花对蜜蜂来说是绿色的，而为什么绿色的叶子看起来又会是灰的。原文如下：“会反射紫外线的白花其实很少见，大部分人类看起来是白色的花，比如雏菊，是吸收紫外线的。它们对蜂类来说不是白色的，因为它们并没有反射蜜蜂可见光谱内的所有的光。它们反射的是蓝和绿，所以蜂类看到的就是蓝和绿。对蜂类来说，雏菊绿色、锯齿状的叶子看起来说不定是灰的。一堆绿叶反射到蜂类眼里时，既一致又显得单调黯然。以人类来看，叶子在红光范围内吸收的光较多。”

12. 蜂类在花出现前就已经有了色彩视力，这个说法也是出自奇卡的研究，转述于Kathleen Spiessbach, “The Eyes of Bees,” *Discover*, September 1996。奇卡的幽默和个人风格可以在他关于花朵颜色的文章《蜜蜂色彩模式》中看到：“但我们是怎样知道两亿年前的昆虫看到的世界是什么颜色的？制造时间机器的计划总是碰壁，想要证实这些资料实属不易，于是演化生物学者采用了种系对比分析的策略。”

13. 瓦泽（Nickolas Waser）也是本章和其他章的重要参考作者。一篇有关文章是 Nickolas Waser, Elvia Melendrez-Ackerman, and Diane Campbell, “Hummingbird Behavior and Mechanism of Selection on Flower Color in *Ipomopsis*,” *Ecology* 78, no. 8 (1998)。

14. 我也要提到Beverly J. Glover and Cathie Martin, “The Role of Petal Shape and Pigmentation in Pollination Success in *Antirrhinum majus*,” *Heredity* 80:778-784 No.6, June 1998; Adrian Horridge, “Bees See Red,” *Trends in Ecology and Evolution* 13 (March 1998); and A. G. Dyer, “The Color of Flowers in Spectrally Variable Illumination and Insect Pollinator Vision,” *Journal of Comparative Physiology A* 183 (1998): 203-212 No. 2 August 1998。

15. Stephen L. Buchman and Gary Paul Nabhan, *The Forgotten Pollinators* (Washington, D.C.: Island Press, 1996), 对于授粉配搭的应用与历史有精彩的论述。

16. Martha Weiss针对蝴蝶的授粉行为做了数量可观的研究。我参考了她关于燕尾蝶的研究，出自“Innate Color Preferences and Flexible Color Learning in the Pipevine Swallowtail,” *Animal Behavior* 53 (1997): 1043-1052 no.5。

17. 韦斯为我提供的“蜜蜂是昆虫世界里的智多星”，出自Susan Milius, “How Bright Is a Butterfly?” *Science News* 153 (April 11, 1998)。此书较前面的部分也说道：“蝴蝶常被侮辱，说它笨到没有办法从一朵湿的矮牵牛花找到出口。”

18. 此外，韦斯也为我提供了有关花如何变色的信息：Martha Weiss, “Floral Color Changes as Cues for Pollinators,” *Nature* 354, November 1991; and Martha Weiss, “Floral Color Change: A Widespread Functional Convergence,” *American Journal of Botany* 83, no. 2 (1995)。

19. 我也该提到Lynda F. Delph, “The *Evolution* of Floral Color Change Pollinator Attraction Versus Physiological Constraints in *Fuchsia Excorticata*,” *Evolution* 43, no. 6 (1989)。

第三章 玫瑰香



一开始，花的香气是个诱惑，是晚餐铃声，也是广告。

百货公司的过道里摆满了以花为名的产品：玫瑰、兰花、紫罗兰、忍冬、玉兰、水仙、橙花、康乃馨、风信子。我们在肥皂、香水、泡泡浴、乳液、洗发水、除臭剂中，甚至在空气清新剂和清洁用品中添加香味。

我们希望闻起来像花的香味。

现在的文化跟古代大部分文化没什么不同。古印度人和古埃及人用香味敬拜神祇；古希腊人是制造香水的专家；《圣经》飘着缕缕焚香；欧洲人相信古龙水能驱除瘟疫；而阿兹特克男性贵族有佩戴花环的习惯。纵观整个人类历史，几乎所有地区或时代中的人都希望自己拥有花的香味。

今日大部分的香水都含有三大香味群，又称为“香水味阶”^[2]。前味伴随着一阵扑鼻的花香，如紫丁香或百合；中味是主题香，采用的味道可能有茉莉、薰衣草，或是天竺葵的精油；后味又叫基础味阶，原料来自动物，如发情母鹿的麝香或麝猫肛门腺体分泌的苍白液体，这些成分巧妙给予人胴体和体温的联想。

人体有属于自己的一股气味，从散布在脸上、头皮、胸部、腋下、生殖器官附近的腺体散发出来，奇怪的是，人类对生殖器官散发出的气味一点也不动心；自古以来，我们就一直努力压抑身体所发出的精卵气味。有一个理论是说，当人类社群结构渐趋复杂后，暗示性欲的气味会考验伴侣之间的忠诚度，威胁人类的生存繁衍。老实说，受到文化影响，我们认为自己的气味很恶心。我们不想闻起来太像人类。

不过，我们也不想闻起来像“物体”。我们希望吸引异性。所以，香水的前味是从会散发香气、吸引传粉者的花中提炼出来的，中味则来自

闻起来像性类固醇的精油和树脂，而浓度较低的基调，意图不言自明。

我们不想太招摇，不希望闻起来太像鹿或是麝猫。

我们想要闻起来像玫瑰，像橙花，像茉莉。

就花来说，它们多半希望自己闻起来像食物。有些花希望闻起来像腐烂中的尸体，有些花希望闻起来像排泄物，有些则希望闻起来像是真菌。

花有自己的打算。

仅仅一朵花就能产生多达一百种化合物，这些化合物可随时间变化，混合组成不同的气味。每个部位的香味可能都不一样，能够传达出不同信息：在这里产卵！花蜜在这儿！吃吧！

会制造香味的化合物，剂量大时常常有毒。为了保护植物，它们以挥发性溶剂（容易从液体挥发成气体的油脂）的形式储存在特定细胞中，这些特定细胞通常就在花的内部；某几种溶剂可能是由花瓣组织产生，另几种溶剂则可能是由生殖器官负责制造。花香通常是很多种气味混合而成的，植物的营养组织也会增加花的香味。

气味经由挥发作用释放，一旦进入空气，分子就开始随机运动，彼此越隔越远，直到各自被风吹到植物附近为止。不过，有段时期气味分子是循一定路线扩散的。这种称为“气味线”的路线有一定的终点，目的通常是刺激昆虫的触角。昆虫触角上有几百个能够捕捉气味分子的细胞，围起来的区域大约就是昆虫的鼻孔所在，有些蛾类的鼻孔和一只小狗的一样大。狗靠嗅觉闻到气味，昆虫则是摆动触角。

昆虫会顺着气味的来源蜿蜒前行，若气味消失了，它们会选择往下飞或者侧飞。当一只寻寻觅觅的昆虫渐渐逼近，终于看见花时，它可能会突然直线飙向花朵。

花会闻起来这么香，是因为昆虫太会闻了。有些蛾类可以闻到一千米以外的东西；有些简直就像贵宾犬，几乎没有什么闻不到的；其他传粉者，尤其是蜂类，也能记住并分辨气味。作为回应，花会演化出一套复杂的香味，促成被植物学家称为“专一性”的现象。

“专一性”指的是传粉者对某朵或某种特定的花保持忠诚。首先，花“希望”让自己闻起来或者看起来跟竞争者不一样；其次，花要吸引一个能记得并认出其特质的传粉者；最后，花要传粉者忠诚，要它载满花粉离开后，去为另一朵相配的花授粉。

为了自己的利益着想，昆虫是愿意配合的。即使有其他花在开，蜂类可能还是会造访它熟悉的红花苜蓿或粉红色的紫茉莉，这样花能得到相似的花的传粉，而蜜蜂也能熟练地应付同一种花。在一趟觅食旅程中，蜜蜂可能会造访多达五百朵花，所以只要每次能省下一点时间和精力，就会迅速累积起来。我们买东西时也是采用同样的策略，每天都去同一家杂货店，开车上班时也是选择相同的路径。

由于不同的花在不同时间散发香味，昆虫可以同时忠于好几位主人。蓝菊苣早上有花蜜，红苜蓿在午后风味最佳，紫茉莉黄昏时开放，接着是月见草的时间。

蜜蜂对于气味的记忆，是跟一天中的某个时段连在一起的。通常，它会规划出一条“追猎路线”，在合适的时间造访恰当的花，最后径直飞回巢中。

产生香气的时机关系到花能否顺利繁殖。有些花，像是玫瑰和苜蓿，只有白天有香味，而有些花只有晚上会散发出香味。

有些香味你我永远都不可能闻到，因为我们并不是夜行动物。而有些香味就像是通往忠诚国度的地图。

全世界每年甘蔗和甜菜糖的产量达到一亿两千万吨。在澳大利亚、爱尔兰和丹麦，每人每年吃掉四十五公斤的精制糖，美国人稍微少一点。花蜜的主要成分是糖水，有时候也含有蔗糖，或是蔗糖、果糖、葡萄糖的混合物。我们大概都能了解蝴蝶的想法，我们想要吞下整条糖棒时，也会自动把嘴巴张得大大的。

不论是在深藏的蜜槽里，还是在敞开的囊袋中，花蜜都是给传粉者的报酬。每种花分泌花蜜的部位不同，任何部位都有可能。富含花蜜的花常有浓郁的香味，但不一定是从花蜜来的（由鸟传粉的花也有香味，

但没那么强烈，因为鸟的嗅觉不是很好）。一开始，花的香气是个诱惑，是晚餐铃声，也是广告。

传粉者接近后，香气像是能看到的路标一样，进一步指引传粉者到达食物的来源。昆虫可以从花的香气判断出花是满载食物还是空空如也。

花蜘蛛会借花蜜认出宿主。它们躲在蜂鸟的鼻孔里，跟着它到处跑，一闻到对的花香，就从鸟喙中飞奔而出。

有些花把花粉当酬赏，因此发出的香味主要来自花粉。靠吃花粉的甲虫来传粉的植物尤其如此。蜂类也擅长闻出不同花的花粉。

对花粉香味最好的比喻，也许就像一顿只有干农活的人才吃得下的早餐：包括了蛋、培根、火腿、芝士、马铃薯、酥饼、肉汁；于是，一条气味线由煎锅向外延伸。

花粉也可以很性感。尚未交配的雌性向日葵蛾闻到花粉的香味时，会提早并且花更多时间向雄蛾发出求偶信号；于是，更多的卵有了成熟的机会。

食物、香味、性之间的互动是一种常态。有些花闻起来像是蝴蝶的性信息素^[3]，而雄性木蜂会散发出闻起来像花香的信息素，香到简直可以吃了。经过几千年的模仿和盗用，花的挥发物已和昆虫的信息素共同演化了；花会仿制信息素，而信息素模仿花香。

我们也是。我们希望自己闻起来像一朵玫瑰、一只蝴蝶，甚至是昆虫的信息素。

不仅如此，很多蛾的性信息素的主要成分，和雌性印度象分泌在尿液中的性信息素成分相同；这尿液是为了吸引公象，体形越大的公象越好。

一项实验显示，闻过麝香（喜马拉雅鹿的性吸引物）的女性，月经周期会变短，排卵更频繁、更容易受孕。麝香的气味就跟人类尿液里类固醇的味道相仿，睾酮之类的类固醇的化学结构，则和没药的树脂类似。我们在香水中添加这些树脂，跟我们利用花的挥发物其实是一回事。

自然界这么多东西闻起来相像，也许可以用大自然的效率原则来解释。在一个地方有用的化合物，在另一个地方也能产生效用。我们都来自同一盅原生汤。诗人和科学家一样，都指出了事物间的共通性。类比是真实存在的，暗喻在化学层面得到彰显。

《圣经》里，诗歌般的《雅歌》说香味是爱的语言：“爱人来到我怀中，像胸膛间的一袋没药。爱人来到我怀中，像恩盖迪葡萄园里的一簇风仙花。”

风仙花、青柠、栗子的花闻起来和精液的味道一样；没药的香味跟人体头皮腺体分泌油的气味相仿。

我们希望闻起来像玫瑰，像风仙。

但我们不想闻起来像全世界规模最大的花序、那将近三米高的巨型蒟蒻一样（相传这花是由大象传粉）。它的恶臭曾令人昏死过去。

我们不愿像食蝇芋，因为在海鸥聚落附近演化，它变得闻起来像腐烂中的鸟尸。这种天南星科植物呈圆形，盘子大小，灰紫带粉红斑，长着名为毛状体的暗红色茸毛。它的腐臭吸引绿头苍蝇前来觅食、产卵。苍蝇爬进这看似是挖空的眼窝或是挑逗的肛门的玩意儿，直到花的深处，然后被逮住，而逃脱之路已被刚毛封锁。

绿头苍蝇靠吸食花蜜为生，并在花里产卵，但这些卵会因缺乏食物而饿死。然后在一瞬间，花释放出花粉，浇满了绿头苍蝇的全身；接着刚毛枯萎了，绿头苍蝇得以重新爬出。

其他靠苍蝇、甲虫传粉的花闻起来可以像是死掉的动物、腐烂的鱼，甚至是粪便。再配上红色、紫色、咖啡色等颜色，效果就更突出

了。暗色斑点或多瘤的区域看起来像一群正在摄食的昆虫。这从植物的俗名就可以看得出来，比如“臭鼬甘蓝菜”（skunk cabbage）、“尸臭花”（corpse flower）和“臭鹅脚”（stinking goosefoot）[\[4\]](#)。

我们不想闻起来像食蝇芋，却愿意闻起来像茉莉，尽管它的前味在腻人的甜香中带有明显可辨的粪便气味。在最浅层、可追溯到儿时的层面，在心灵难以觉察的层面，这气味点明了我们跟世界其他物种间的亲缘关系。于是，我们习惯了在最好的香水中加入粪尿味。

多数的花闻起来像家餐厅，用香气通知（或诱骗）昆虫这里有食物。

有些花则有家的味道，像是安顿一家子的理想处所。蕈蚋在真菌中产卵，幼虫孵出后就以花为食；模仿真菌的植物在森林低处生长，开深紫色或棕色的花；花上多肉的区域似乎特别能吸引蕈蚋；有种兰花有片柔滑如鳃的区域，就像是蘑菇的菌褶。

有些花男扮女装招揽性交易，香气是它们装扮的一部分。某种地中海兰的唇瓣呈椭圆状凸起，散发出紫蓝色的金属光芒。窄窄的黄色外处长了一圈红毛。丝状暗红的上瓣在风中摇摆，宛如昆虫的触角。这种兰花不论看起来或闻起来都像一只雌性胡蜂，当雄性胡蜂发光并上前交配时，花粉就沾到它头上了。

拟交配很少见，但绝非独一无二。全世界各地都有蜜蜂、胡蜂或其他昆虫，试图跟虚有其表的花朵交配。其实只被花骗骗还算幸运，芜菁的幼虫也懂得缩成一团，使自己看起来甚至闻起来都像只雌蜂。这些幼虫先是依附在雄蜂上，趁机摸进哺育幼蜂的巢室，然后大啖其中贮存的花粉。

不过还是有表里合一的时候。“香水花”使用香气的方法是最赤裸、最奇特的一种，它的香味告诉雄性长舌蜂有什么样的香气，然后就像在百货公司为重要的一夜采买一般，蜜蜂把有香味的汁液用前脚毛茸茸的触须抹干。香味储存在后脚的囊袋里，跟其他味道结合，就成为独家调配、难以抗拒的信息素。

香味可以是“来吧”，也可以是“滚开”。有些已受精的花会改变香味，告知传粉者到别的地方去。许多花就此完全停止制造香味，这是最彻底的拒绝方式。

传粉者也会利用香气。蜂类会分泌一种能够标记已造访花朵的信息素，这种只能维持一会儿的气味是备忘录：这朵花没花蜜了。而其他蜂对这种味道也会有反应，毕竟谁也不想爬进空的花冠里。

世界上最名贵的香水之一“欢乐”（Joy），是由少量茉莉加上大量玫瑰调配而成的。玫瑰总是令人热情迸发：罗马人狂欢庆祝玫瑰节；早期的基督教玫瑰念珠，也是由一百六十五片干燥卷起的玫瑰花瓣穿成的。

玫瑰的香味先是被我们鼻腔中的黏膜吸收，然后向边缘系统发射信号；这是大脑最早组成的部分，也是我们的情感中枢。在这里，嗅觉记忆比视觉记忆维持得更久。

我们想要闻起来像朵玫瑰，而我们的确是。每样东西闻起来都像其他东西。任意角落里都有分子在空气中飘浮，跟其他分子推挤碰撞，然后被感觉细胞、昆虫触角、狗的鼻子捕捉，或被情人吸入。我们想融入进去，希望能随风飘舞，也渴望心旌摇曳的感受。

注 释

1. 这一章能完成，有两本书功不可没：D. Michael Stoddart, *The Scented Ape: The Biology and Culture of Human Odor* (New York: Cambridge University Press, 1990); and Diane Ackerman, *A Natural History of the Senses* (New York: Random House, 1990)。前者讨论到人类如何去除自己天然的体味，而人类文化又是如何使用了气味和香水，后者也就同一主题进行了论述。

2. Roman Kaiser, *The Scent of Orchids: Olfactory and Chemical Investigations* (Basel, Switzerland: Elsevier, 1993)以及其他有关书籍文章，让我对花制造香味的方法有了更深的认识。Rob Raguso, “Floral Scent Production in *Clarkia breweria*,” *Plant Physiology* 116 (1998): 599-604 no. 2为我提供了花朵释放气味的实例。

3. 我对动物如何侦测到香味的了解，主要来自Konrad Colbow, ed., *R.H. Wright Lectures on Insect Olfaction* (Burnaby, B.C. Canada, Simon Fraser University, 1989); and T. L. Payne, M. C. Birch, and C. E. J. Kennedy, eds., *Mechanisms in Insect Olfaction* (Oxford, England: Clarendon Press, 1986)。

4. B. S. Hansson, “Olfaction in Lepidoptera,” *Experientia* 51 (1995)也给了我些帮助。

5. 很多书都讨论到花与传粉者的专一性，而瓦泽坚定地提醒我，这还是个尚待进一步研究的观念。我由他的两部著作入手。“Flower Constancy: Definition, Cause, and Measurement,” *American Naturalist* 127 (May 1986); and “The Adaptive Nature of Floral Traits, Ideas and Evidence,” *Pollination Biology*, edited by Leslie Real (Orlando, FL.: Academic Press, 1983)。

6. 谈论昆虫觅食和嗅闻行为的文章包括M. Giurfa, J. Nunez, and W. Backhaus, “Odor and Color Information in the Foraging Choice Behavior of the Honeybee,” *Journal of Comparative Physiology A* 175 (1994): 773-779;

Martin Hammer and Randolph Menzel, “Learning and Memory in the Honeybee,” *Journal of Neuroscience* 15 (March 1995); and B. Gerber et al., “Honey Bees Transfer Olfactory Memories Established During Flower Visits to a Proboscis Extension Paradigm in the Laboratory,” *Animal Behavior* 52, 1079-1085 no. 6, (1996)。

7. 全球农业的资料，主要来自 *Collier's Encyclopedia* , s.v. “Agriculture.” Vol. 21 (out of 24), New York: P.F. Collier, 1984。

8. 关于性和食物的交互作用，还有些其他的段落给了我很大帮助，如 Elizabeth A. Bernays, ed., *Insect-Plant Interactions* , vol. 5 (Boca Raton, Fl.: CRC Press, 1994)。H. Dobson, “Floral Volatiles in Insect Biology” 内容完整翔实，更是解决我不少疑惑。

9. 蛾和象的信息素有共通之处，参考自 Stephen Day, “The Sweet Scent of Death,” *New Scientist* , September 7, 1996, and comes from the research done by Bers Rasmussen at the Oregon Graduate Institute of Science and Technology。

10. Stoddart, *The Scented Ape* 里讲到女人和麝香的实验，同时对于跟人体类固醇相似的花的化合物，有更深入的介绍。

11. 有关巨型蒟蒻和食蝇芋的资料，很多书里都可以找到，例如 David Attenborough, *The Private Life of Plants: A Natural History of Plant Behavior* (Boston: Compass Press, 1995)。另一个简介性质的参考资料是 Bastiaan Meeuse and Sean Morris, *The Sex Life of Plants* (New York: Faber Publishers, NY, 1984)。这些书也谈到很多闻起来像真菌、雌性胡蜂之类生物的花。“男扮女装”的故事在这些书和其他很多书里都有谈到。我参考的其他文章还包括 Marlies Sazima et al., “The Perfume Flowers of *Cyphomandra* (Solanaceae): Pollination by Euglossine Bees, Bellows Mechanism, Osmophores, and Volatiles,” *Plant Systematics and Evolution* 187,(1993): 51-88。

12. Florian P. Schiestl et al., “Variation of Floral Scent Emission and Post-Pollination Changes in Individual Flowers,” *Journal of Chemical Ecology* 23, no. 12 (1997)，是众多讨论这一主题的文章之一。

13. M. Gierfa, “The Repellent Scent Mark of the Honeybee *Apis mellifera ligustica* and Its Role as Communication Cue During Foraging,” *Insect Society* 40 (1993), 提到有些蜂有写“备忘录”的习惯。

14. Ackerman, *Natural History of the Senses* , 说“欢乐”是世上最名贵的香水。

第四章 未来的面貌



无论是在飞燕草的针管里，还是在这充满生机的世界上的任何角落，我都能见到演化的足迹。

我邻居后院的西番莲，像是由一个听说过花这玩意儿，但未曾亲眼见过的工程师设计打造的，也像是出自一个迷上直升机的女人之手。

西番莲是有层次的。基部由五个绿色萼片加上五片绿色花瓣组成，一圈尖细的花瓣旋绕其上，像是一只由不同颜色的同心圆所组成的海葵：外缘是淡紫色，进来是一圈白色、一圈紫色宽带、一圈绿色，再是细细一圈紫色、一圈淡绿，中心则是深紫色。

从中心升起将近二点五厘米高的花梗，垂下五片像是自行车刹车片的垫子，垫子底部沾满了闪闪发光的花粉，如果有被底层色块或花蜜吸引来的蜂类和苍蝇，花粉就会沾在它们身上。“刹车垫”的上方，柱头呈三片状伸张，活像一项滑稽帽子上的螺旋桨。

这模样看起来可笑极了。

欧洲来的探险家第一次看到西番莲后，立刻献给了教皇，声称此花让他们联想到耶稣头上的荆棘王冠，还有他在十字架上受难的故事。

他们究竟在想些什么？也许是和我一样，想要在面对特立独行的西番莲时，找到某种比喻。

是海葵，是直升机，也是耶稣受难。

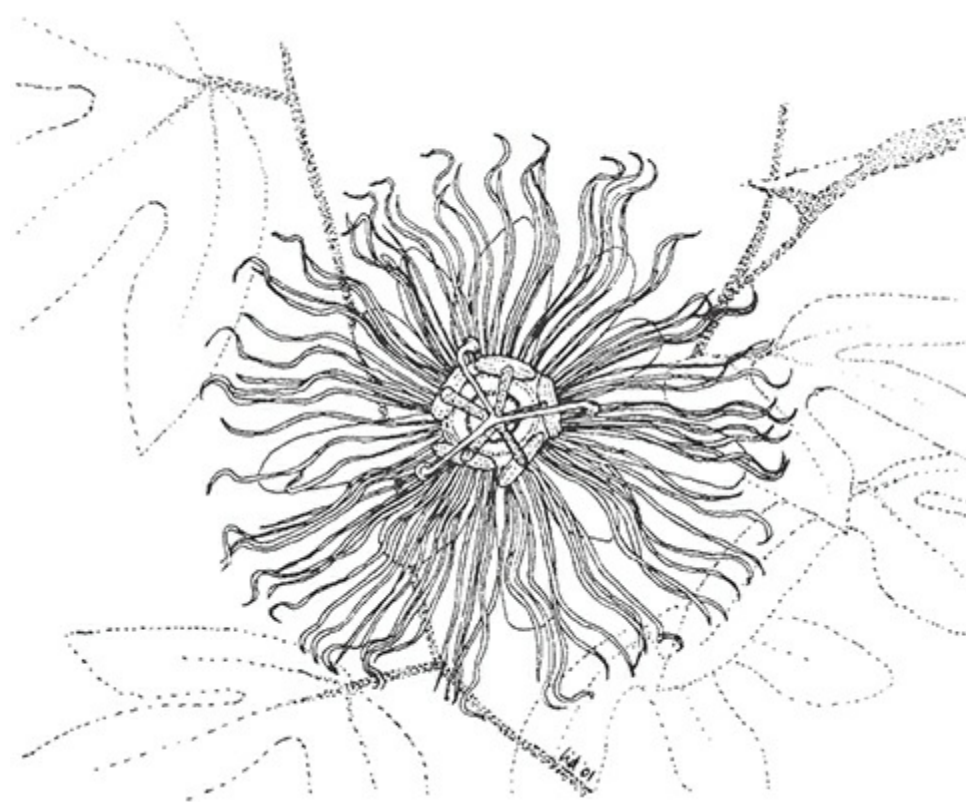
西番莲呈圆盘状，可以分为许多等份。它属于辐射对称的花^[5]，昆虫可随处降落，然后爬到花的中心。这类花很好搞定，人人都有份。

植物学家把西番莲这样的花称为完全花，因为它兼有雄性和雌性器

官。完全花的中心是被称为心皮的雌性器官，包含了胚珠（未受精的卵子）。心皮的基部是子房，名为花柱的柱形物则从子房伸出，顶端有一个或多个柱头，负责接收花粉。花粉内的精子会沿花柱内壁向下推进，让卵子受精。

通常雌性心皮的周围是一圈雄性器官，即雄蕊。它是一条梗状细丝，向上延伸连接到花药，那里正是制造花粉的地方。花瓣（全部的花瓣总称花冠）环绕雄蕊排列，紧包在花苞外面，像叶子一样的萼片（总称花萼）则围绕在花瓣下方生长。

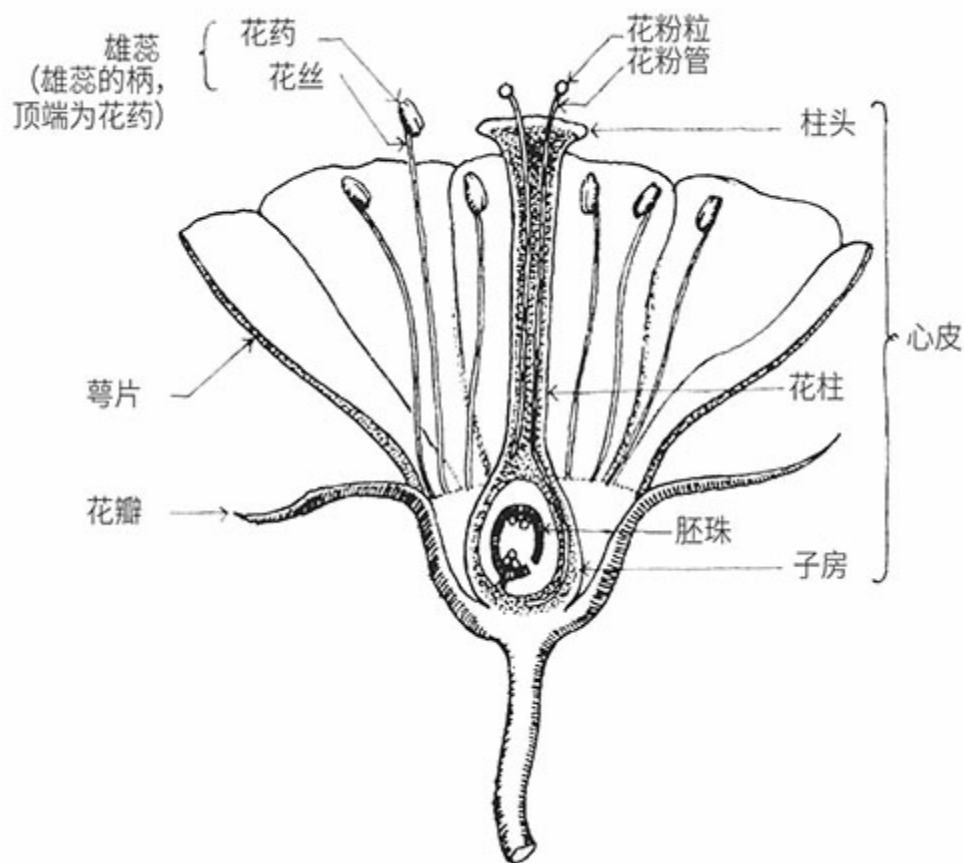
如果你每天都观察花，就像好好吃早餐或做规律运动那样，就能记住这些名词，否则你只能记住像“直升机”这样的比喻。



西番莲

有些花不具备以上的所有部位，可能只有雄性或是雌性器官。它们也许有一片或多片心皮，每片心皮可能只有一个胚珠，或像某些兰花一样有五十万个胚珠。

有些辐射对称的花，例如雏菊，实际上是由许多朵花组成的花序。花的中心是由许多个体组成的群落，每个成员都可能拥有自己小小的心皮、柱头、雄蕊、花冠和花萼。



花的各部位

当然，很多花都不是辐射对称的。把一朵左右对称的花切成两等份，将会出现彼此的镜像，但花的下半部分很可能就跟上半部分差别很大。左右对称花的花瓣常并合成形，看起来像是漏斗、铃铛、喇叭、烟斗、露趾拖鞋、蘑菇菌褶，或像是胡蜂、蜜蜂之类的玩意儿。雄蕊也有可能跟花冠或花的其他部位，比如子房或花柱相连并合。

有些花的萼片能兼任花瓣的角色。植物学家没办法分辨两者的区别时，就称这种萼片或花瓣为花被片或花瓣状的萼片。（西番莲的基部也可能是由被片组成的。）

植物分类依照的标准是同科植物的每个成员都由同一个祖先演化而来。然而，同科的花却可能有令人叹为观止的众多面貌，比如辐射对称

的、狭长管状的和尖细如刺的。的确，在演化的过程中，花朵似乎在不停地变形：接合、移位、合并、转移。

保持形状的灵活性完全符合实际。花会因为传粉者、捕食者和环境的需要而改变自身形状。它可能“有意”吸引某种蜂类，或是抵御蚂蚁、节省水分。

例如，左右对称的花对于传粉者取走和撒下花粉的流程，会特别加以管控。

很多兰花有着装扮得漂漂亮亮的唇瓣，这是昆虫很好的落脚点，可以由此将头或整个身体推进花的内部。等它们顺着原路退出时，花粉就会沾到胸甲、腹部，或其他有可能碰到下一朵兰花柱头的部位上。

豆科的花只靠一片旗瓣召唤蜜蜂。两片较小的花瓣，或称翼瓣，环绕一片龙骨瓣。蜜蜂落在龙骨瓣上时，身体的重量会把它往下带，于是原来被花瓣包住的雄蕊会凸出来，给昆虫抹上一层粉。

飞燕草有根细长的针管，连在一片有翼的小花瓣上。小花瓣外围共五片被片，负责吸引熊蜂，并在它把头伸进翼间、长长的舌头伸进针管里搜寻花蜜时提供支撑。这时，针管顶端的雄蕊就会在熊蜂的头上抹上一层花粉。而蜂鸟为飞燕草传粉时是在花上盘旋，并不靠花来支撑，这时花粉就会抖落在它的喙上。

形态应乎需求，两者的搭配似乎相当和谐，但花并不只是那么单纯。

开花植物又被称为“被子植物”（*Angiospermae*）；词源“*sperma*”指种子，“*angeion*”意指“在瓶子里的”，之所以有这个名字，是因为被子植物厚而密实的心皮能保护发育过程中的种子不受捕食者和恶劣环境的侵害。被子植物出现前是裸子植物（*Gymnospermae*，“*gymno*”意为“裸露的”），例如针叶树等植物的天下。植物的演化史中，心皮的出现是母性的大胜利，天使为此欢呼，赞美声四起。

封闭的心皮能否妥善保护种子对植物来说至关重要。有些花就是因为子房高于其他器官，所以容易受到攻击；而像玫瑰和蛤蟆草的子房，虽然也是高高在上，但有其他器官和花瓣环绕，能够受到比较周全的保

护。至于兰花和雏菊，则将其小朵筒状花的子房用一层层密合的组织包裹起来，保护相当周全。

这种保护装置有时可以当作例子，印证形态确实会因为需求而改变；但有时这种变化不过是偶然，花的各部分是因为跟需求无关的理由而融合在一起的。彼得·伯恩哈特在《玫瑰之吻》一书中指出：“兰花常需要并合，好让传粉者停在它的唇瓣和包括雄蕊、雌蕊的蕊柱之间。”花的各器官融为一体，于是子房就被包起来了。这样做有它的好处，但可能连带牵动了其他部位，于是新的问题需要解决，新的优势有待发掘。

花朵不停拨这弄那。

形态因需求而产生。

多半皆如此。

我切入飞燕草的小针管，假装是在寻找蜂鸟吸食的花蜜来源。我使用的是一把小型解剖刀、一把小镊子和一个放大镜。我的指头看起来硕大无比。我眯起眼睛，插入了解剖针。但我不可能看到我想看到的，我真正想看到的藏在飞燕草针管的底部。

演化是什么模样？

就演化而言，眯着眼睛以便寻找到蛛丝马迹并不为奇，它本是微观的过程；而演化就起因于基因和细胞里的变化。细胞复制、分裂时，染色体上的基因也跟着复制并分离到两个子细胞里。在这个过程中，基因有可能会发生改变。对生物体来说，改变可能有益、可能有害，也可能无所谓好坏。总之，复制出来的基因已稍有变异。

杂交育种时，来自亲代 [\[6\]](#) 的一组基因和来自另一个亲代的一组基因结合，产生出新的个体。这样的结合，让族群有了更多变化和更多样的基因。

自然选择就此取得主导地位。一个有益的基因突变，可能让个体得

以在特定的环境下生存繁衍。这种改变有可能传给下一代，让它占有相对的生存优势。变化会持续累积，最终整个族群的形态会因此而改变。

前述的情形会不断重复。个体因为基因突变更能适应环境，并且提升了生存与繁殖的概率。正因为如此，基因突变渐渐变成了常态。

物种的基本定义，就是指一群能够彼此杂交，并产生有生殖能力的下一代的生物体。一个物种很可能会随着时间变化成为另一个物种，若最后原本的物种消失，只有演化后的物种存活下来，这就叫作“线系进化”。

若物种一分为二，则叫作“物种形成”。因为物种形成，我们才有了玫瑰、兰花和喜林芋。在这个过程中，自然选择只是参与了一部分，要先有别的要素起头才行。

通常情况下，两种或两种以上的族群会由于各种原因，以不同的方式分开：有时是大陆往北漂移，有时是新的岛屿从海中升起，甚至有可能是小行星撞上地球。外在的力量会分散族群，内在的力量也是如此。分开的各个族群依循不同的途径演化，最终成为不同的物种。

在一项针对猴面花的研究中，研究者发现单是一个基因里的改变，就足以使花蜜的产量增加，也让蜂类的造访次数增加一倍。另一个微小的基因改变可以改变花的色素，让蜂类的造访次数减少百分之八十。要促成生殖隔离所需的基因变化可能就相对更少了，物种形成也是一样。

演化可快可慢，可以在百年内发生，也可以耗上几百万年的工夫。触发演化的原因可能是单个基因的改变，也可能是火山喷发。这是一个没有方向、缺乏目标的过程。演化靠的是基因的随机变化，依循自然选择的准则，这一切再加上外在环境的种种变数，使得情况极为复杂难测。

尽管演化不容易全盘了解，但它并不罕见。

演化是什么模样？看看四周吧！看看那棵树，那只鸟，那只虫。无论是在飞燕草的针管里，还是在这充满生机的世界上的任何角落，我都能见到演化的足迹。

但把单独一朵花拆开来看时，是看不到这样的足迹的。

我突然觉得自己像个连环杀手，被破碎的肢体包围。我只可能在生命的历程中看清演化的面貌，这历程无所不在，拥有上帝般的模样。生命并不等于生物体本身，也不是一棵树，而是创造树的那双手。

同时，它也是创造花的那双手。

靠蜂鸟传粉的花通常有弯曲的花冠筒，其弯曲弧度必须让鸟先把花冠筒推正，才有办法碰到花药。有些蜂鸟因此演化出形状跟花冠筒弧度相吻合的喙，以便更有效率地吸食花蜜。花也有对策，有些花演化出更弯的花冠，喙不够弯的鸟儿只好再度推开花冠筒的顶端。

听到这种事情，我们中的一些人会心生敬畏，就好像听到教堂里的管风琴声，或者看到阳光透过彩色玻璃窗流泻而下的景象。

飞燕草的花沿着一根长长的穗轴，一圈圈地长下来。轴底的花较老，体形较大，处于雌性阶段；花药已卸下了花粉，成熟的柱头正准备迎接它。顶层的花较年轻，体形较小，处于雄性阶段；花药正在制造花粉，而柱头尚未成熟。

较老、较大且生长位置较低的花往往花蜜较多。熊蜂的做法是从底层开始，一路向上采集，完事后再飞到下一朵飞燕草的底端。熊蜂这么做，能够以最小的精力和最少的飞行时间获取最多的花蜜，而飞燕草也喜欢这样，因为熊蜂会把花粉带给另一株飞燕草的雌花。

依照蜂的习性，飞燕草演化出了让自己达到最高传粉效率的方法；而依照花的生长结构，蜂类也已演化出一套做法，能觅到最多的食物。飞燕草和蜂类的合伙关系既非完美也不单纯，更非亘古不易。飞燕草仍希望能吸引其他的传粉者，蜂类也想发掘新的食物来源。

达尔文曾这样描写自己的进化理论：“这种看待生命气势磅礴的观点包括了数种力量，经由造物者之手，转化成一种或数种形式，在重力的不断作用下，这个星球从原始的状态中演化出美妙绝伦的一切，并且仍将继续下去。”

达尔文不费什么力气就在进化论里为造物主留了一个位置。我猜教

皇也不难在一朵西番莲里看到基督受的苦难（西番莲又名苦难花）。然而身为二十世纪后半期的产物，我每天都在为这种事困扰。我剪下飞燕草，期盼看到上帝的模样。

事物始终处在变化之中，它的模样不会一成不变。

注 释

1. 我要谢谢我的邻居种了西番莲。
2. Peter Bernhardt, *The Rose's Kiss: A Natural History of Flowers* (Washington, D.C.: Island Press, 1999), 里面有关花的形状的论述, 相当精彩。他也让我知道了植物学家在谈论花时会用的词汇。本书中有引用的部分出自“The Pig in the Pizza”。
3. Moore et al., *Botany* 也把花的各部位剖析得很清楚。
4. 有关演化的段落特别难写, 题目本身相当复杂。我参考了好几本书, 如Niles Eldredge, *Life in the Balance: Humanity and the Biodiversity Crisis* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1998); Niles Eldredge, *Fossils: The Evolution and Extinction of Species* (New York: H. N. Abrams, 1991); and E. O. Wilson, *The Diversity of Life* (New York: W. W. Norton and Company, 1992)。针对这一题材, 也可参考David Quammen, *The Song of the Dodo* (New York: Scribner, 1996)。
5. 猴面花的最新研究出自Susan Milius, “Monkeyflowers Hint at Evolutionary Leaps,” *Science News* 156 (October 16, 1999)。蜂鸟的喙是如何演化成配合花冠, 见于Ethan Temeles and Paul Ewald, “Fitting the Bill?” *Natural History* 108 (May 1999)。
6. 以下的书帮上了不少忙。R. Dawkins and J.R. Krebs, “Arms Races Between and Within Species,” *Proceedings R. Society of London B* 205, 489-511(1979); Candace Galen, “Why Do Flowers Vary?” *Bioscience* 49(August 1999); Graham Pyke, “Optimal Foraging in Bumblebees and Co-evolution with Their Plants,” *Oecologia* (Berl.) 36. 281-293, (1978)。
7. 达尔文的话是从他一八五九年出版的《物种起源》中摘录出来的, 转载于Friedrich Barth, *Insects and Flowers*。

第五章 花间情事



蒲公英的确会制造些花粉，也会吸引昆虫。它可不笨，它的备选方案就是那些顶端的种子，其中百分之一都是异花传粉的结果。这样的花
在多变的世界里，能够产生多样的子代。

三叶天南星打算要变性。紫罗兰有件心事。蒲公英正得意扬扬。水仙已经意乱情迷。制造了百万颗种子后，兰花终于满意了。倒挂金钟还不满足，弯下它的柱头去碰花粉。三色堇抬起阴门般的脸朝向天空，满怀期待地等候着。月见草关心的只有一件事——也不过就是那档子事。

在花园里散步简直会让人脸红。

大约百分之八十的花都是雌雄同体，既是雌性也是雄性。传粉是要让位于花药的花粉转移到柱头；当来自花药的精子和位于子房的卵子结合时，受精就产生了。

雌雄同体的两性花很容易就可以让自己传粉和受精，然而它们大部分都不会这样做。相反，它们尽量跟其他同种花卉的花粉和卵子杂交育种：我要这个，那个给你……没错，就是这样。

性，尤其是好的性，都跟异体受精脱不了关系。为什么？

到底为什么要有性的存在？

就个体和子孙而言，无性生殖简单多了。不需要考虑雄性或雌性器官的存在，投资减少了一半，更不需要耗费那么多的时间和精力，尽管去繁殖就好了。

在有性生殖的族群中，无性生殖的突变种占很大优势，它们能迅速繁衍，甚至取代原先的族群。而在无性生殖的族群中，有性生殖的突变种很吃亏，没多久就会绝灭。

性究竟有什么好处？科学家仍旧困惑。

不过，他们已经提出了一些理论。

当细胞准备分裂时，细胞中的基因会开始复制。在复制过程中，偶然的变化或误差可能是有害的，甚至是致命的。但是当个体得到的基因组来自父母双方时，危险的突变就可以被中和，因为正常的基因形式通常会取得主导，突变也就不会表现出来了。在无性生殖中，每代的有害基因会一直累积下去。

另一方面，来自不同亲代的基因重组，也会造成更多样的后代。根据自然选择的原则，基因重组的结果必须对子代有直接的利益。在多样的世界里，多样的子代有更多生存下去的机会。

还有一种理论着眼于性的长期结果。有人认为，自然选择并不会因为性或异体受精有利于物种延续而偏好它们，它并不在乎物种的存亡。不过性和异体受精对物种的确是有利的，因为它能防止有害突变的堆积，同时促进族群本身的多样性。当天气变冷、传粉者消失或新的疾病侵袭时，这样的族群当中可能有些个体仍能存活并继续繁殖下去。从长远来看，有幸得以有性生殖的物种（那些因复杂因素拒绝采用无性生殖的物种），可能就是最后的赢家。

这些都还是理论，但你已然信服。你认定应该有性，应该采取异体受精。

如此一来，首先要做的事，就是避免柱头被花粉阻塞。

有些花，例如飞燕草，会在不同的时间有不同的性器官。就像换着异性服装一般，它会经历一个雄性的阶段，让花药制造花粉，几个小时或几天后，它会进入雌性的阶段，柱头做好了接收花粉的准备。在这个时候，西番莲则会弯下柱头，采用后仰的姿势靠在自己的花药之间，这样就离有如色彩缤纷的马赛克般的花瓣更近，离传粉的蜜蜂也更近了。

也有些花的顺序刚好相反，先是柱头，后才是花药。

花也会隔开自己的各个部位。很多花的柱头会高高凸起，远离雄蕊的环绕。昆虫先是落在柱头上（这是个好落点），卸下它带来的花粉，再到花瓣间搜寻新的花粉。岩蔷薇的花药则对触碰很敏感，一旦传粉者来过后，花药就会朝柱头的反方向倒下。

这些器官的位置可是经过精心设计的。

有些植物和动物一样，有两性的分别。雄性柳树的花只有雄蕊，雌性柳树的花只有柱头。槲寄生有男有女，咬人猫、白杨、冬青也都是有先生有小姐。这种部位的分隔形式是最鲜明的。

有些植物的花虽有雌雄之分，但两性存在于同一个花序里。也有些种类除了雄花、雌花之外，还会多一种两性花，三者混生在同一个花序里。

植物摆弄自己的性器官或是转换性别，为的是要避免自花授粉。

也有少部分的植物能够选择自己的性别。一株欧洲杨梅可以第一年只长雌性花，第二年只长雄性花。它不是三心二意，而是针对土壤的含水量和养分，还有光线和温度做出反应。一般而言，雌性花需要较充足的养分及时间去孕育果实，所以在生长条件不佳时，植物自然会决定要当雄性。

幼年的三叶天南星通常在第一季都是雄性的。当它茁壮成长，存了足够的淀粉后，才会考虑试试更有挑战性的雌性角色。

传粉时，花粉会落在黏黏的柱头上，吸收水汽，胀大裂开，长出一根花粉管。管子会穿破柱头，往下一直生长到花柱，而管内的两个精子就这样被送到了子房。

受精时，其中一个精细胞跟卵结合，形成种子的胚。另一个精细胞则跟另外两个卵细胞结合，成为胚乳，为胚提供营养。有了这种双受精，种子得以有足够的食物来源，也能尽快成熟。这种受精方式让开花植物比隐花植物占了更多的便宜，同时让人类得以享用各种可食的果实及种子，继而有了农业生产。

花的自体受精是不可避免的。有时会有意外，风可能吹错方向，蜂不一定都照规矩来。然后，事情就这样发生了。

不过，即使在这个时候，有些花仍能阻止自体受精。许多禾草的柱头认出一个太过熟悉的花粉粒时，会阻止花粉管的生长；月见草会在靠近柱头处就把它拦住；百合、罂粟则把这管子引到花柱的更深处，让它冲过头；对红色跃升花来说，即使花粉管能深入花柱到达子房，甚至已使卵受精，这个受精卵还是会被吸收掉。以上这些花是自交不亲和的。

有些花坚守自交不亲和的原则。

有些则摇摆不定。

对于某些种类的花来说，从另外一棵植株上来的花粉在授粉上占有优势，因为经异体受精产生的花粉管可以快些到达花柱。但它也不一定就能因此获得压倒性的胜利，因为途中的困难险阻很多。

所有自交不亲和的系统都不免有漏洞。于是有些花不再坚持——毕竟和自己繁殖总比不繁殖好。到了最后关头，还没传粉的柱头会向下或向四周弯曲，触碰自己的花药，或者取走残留在花柱上的花粉。

有些植物会开两种花，有些自体受精，有些异体受精。早春时节，紫罗兰开满了林地。要是有的花迟迟未授粉，植株就会再长出一朵花苞，这朵花苞不会绽放，也不会长高。它就在没人注意的情况下，自己让自己受精。

大多数的花把自体受精当作备选方案。但对有些花而言，这是常态。这类花的生长环境通常严苛多变，必须在很短时间内开花然后死亡。它们往往体形较小，没什么颜色，也没什么香味，看起来很青涩，好像还没发育完全。

能持续自体受精的植物，可以在别的植物生存不了的地方生存。它们不需要传粉者，所以繁殖很快，常常取代别的植物，据地为王。最后，它们整个族群的基因会趋向一致，基因都是固定的，特质也相同。同一物种的族群，若曾顺着不同的自体受精路线发展，常被误认为是不同的物种。十九世纪的一个植物学家，就曾把某种小小的自体受精植物生长出的二百多种形态不同的植株，错当成不同种的禾草。

自体受精还可以更进一步发展。蒲公英的子房不需要雄性精子来施舍也可以制造种子，这样的种子只从母方复制基因。这种不完全无配生殖，即植物学家彼得·伯恩哈特所称的“处女生子”的现象，在很多科的植物中均可见到。奇怪的是，有些这类的花还是需要授粉以促进子房的发育，不过花粉除此以外别无他用。

蒲公英的确会制造些花粉，也会吸引昆虫。它可不笨，它的备选方案就是那些顶端的种子，其中百分之一都是异花传粉的结果。这样的花在多变的世界里，能够产生多样的子代。

A计划，B计划，还要有C计划。

多种植物采用营养繁殖，长出根或是匍匐茎，繁殖出跟亲代具有完全相同的遗传结构的后代，即无性生殖系。目前所知仍存活的植物中，最古老的是生长于莫哈韦沙漠中无性生殖的石炭酸灌木，其祖先是一万两千年前的一颗种子。你可能已经猜到，这种古老的灌木也有个备选方案——雨季时，它就开出小小的黄花。

同属的花可以表现出数种不同的性策略。体形较大且有点炫耀意味的草甸碎米荠（*Cardamine pratensis*），会有许多昆虫帮其完成异花传粉，而且基本上是自体不兼容的；娇小的阿马拉碎米荠（*C. amara*）由苍蝇传粉，但能接受自体受精；而更小的碎米荠（*C. hirsuta*）总是自体受精。

花很灵活，但也有主见。

有种欧洲的兰花长得很像某种雌蜂。在地中海某些区域，跟这种花有亲属关系的花会被饥渴的雄蜂抓住，进行传粉。不过这种蜂在西欧绝迹后，它就演化成自体受精了。如今，花开几天后，花粉块（一团团、一块块附在茎上的花粉）就会懒洋洋地从花药上落下，吊挂在柱头前方，等待一阵清风拂来。

要是给这种兰花派个传粉者，它就又会回到杂交育种的模式。传粉者要是长得像直升机而不像蜂，花也会变换姿势。

说起来，人类的性也是同样千奇百怪，甚至还要更匪夷所思呢。

注 释

1. Lack, *Natural History of Pollination*; Barth, *Insects and Flowers*; Bernhardt, *The Rose's Kiss* ; Moore et al., *Botany*; Karl Niklas, "What's So Special about Flowers?" *Natural History* 108 (May 1999)等对花的性的描写, 给了我很大帮助。同时我也推荐Karl Niklas, *The Evolutionary Biology of Plants* (Chicago: University of Chicago Press, 1997); Bob Gibbons, *The Secret Life of Plants* (Blandford, London, England, 1990)。

2. 瓦泽提醒我在讨论自然选择理论时, 要避开一些争议, 并且提醒我性的实用和功能都还只是理论。在他的鼓励下, 我查阅了一些文章, 如F. F. Green and D. L. G. Noakes, "Is a Little Bit of Sex as Good as a Lot?" *Journal of Theoretical Biology* 174, 87-96 (1995); Harris Bernstein, Gregory S. Byers, and Richard Michod, "Evolution of Sexual Reproduction: Importance of DNA Repair, Complementation, and Variation," *American Naturalist* 117(April 1981); D.G. Lloyd, "Benefits and Handicaps of Sexual Reproduction," *Evolutionary Biology* 13, 69-111(1980); L. Nunney, "The Maintenance of Sex by Group Selection," *Evolution* 43 (1989) 245-257; and Nickolas Waser and Mary Price, "Population Structure, Frequency-Dependent Selection, and the Maintenance of Sexual Reproduction," *Evolution* 36 (1982)。

3. 我还阅读了更多科普文章, 像是Bryant Furlow, "Flower Power," *New Scientist* , January 9, 1999。

第六章 夜在燃烧



他很惊奇地发现花竟然是温的。他觉得自己搞不好拿到了一只被施以魔法的动物——一只被变成植物的动物，一只中了咒语的猫。

某一天，一男一女在洛杉矶的花园里相遇了，园中的喜林芋正在盛放。绿油油的裂叶喜林芋是常见的家庭盆栽，不过盆里的喜林芋通常都不会开花。这些种在户外的喜林芋全都开起来了。这一对男女同时惊讶地注意到一件事。

“这实在很……”女人说。

“是啊。”男人表示同意。

裂叶喜林芋有着乳白色的杆状的花，长约三十厘米，直径约二点五厘米，形状像阴茎。它的花实际上是由一个包含百个白色小花的花序构成的，每朵小花的大小和没煮过的稻谷差不多，它们共同长在一个杆子上，称作“肉穗花序”（或称“佛焰花序”）。肉穗花序包含三种彼此紧密相连的花，分别是位于底部、有生育能力的雌性花，中间不育的雄性花和顶端有生育能力的雄性花。整个肉穗花序的外面裹着叶子一般、被称为“佛焰苞”的苞片。苞片外层为绿色，内侧为黄色。

男人与女人展开了对话——而这对话持续了一生，聊到了房子、家具和两个孩子。有一天，男人突然过世，之后多年女人独自生活。当她老去后的某一天，她发现自己正走在巴西的街区路上，而那里，也正是喜林芋的故乡。

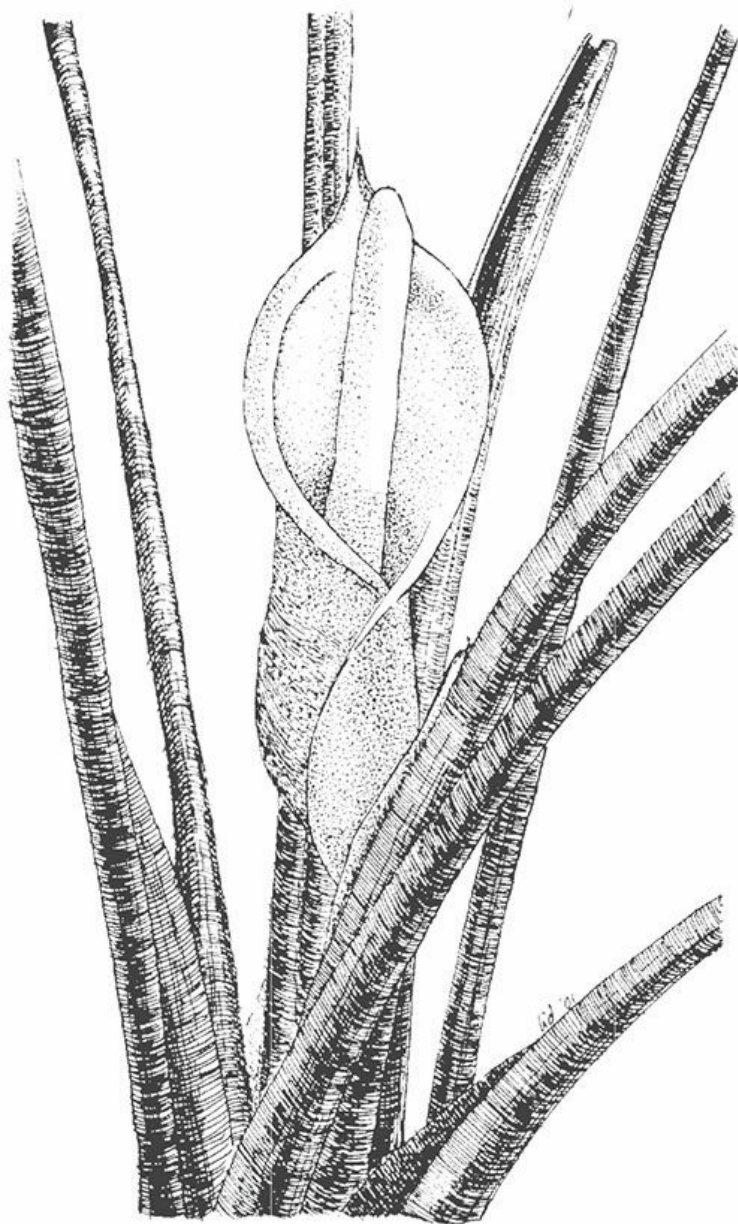
暮色微曛，空气中浸染了一种微弱的不知名的香气。当时气温只有十摄氏度，女人在肩上披了件薄毛衣。又是一个花园。她在开满喜林芋的花床前止步，绿色的佛焰苞已从肉穗花序中松松地垂落。女人弯下腰来，伸手碰了一下棒状的杆。

好烫！

她讶异地缩回手，再次弯下身，像孩子似的盘腿坐在步道上，面对着花床。白色的肉穗花序高达四十六摄氏度。热量是雄性小花制造的，蒸发后闻起来有种辛辣的、树脂似的味道。

那一刻，女人在步道上听到丈夫就在她耳边低语，她可以感觉到他就像过去那样摩挲着她的脖颈。过去种种不曾真正逝去。

我们一向把花跟爱联系在一起。希腊人把情侣变成花。一个少年被西风之神泽非罗斯及太阳神阿波罗变成了花：泽非罗斯杀了这男孩，而阿波罗把他变为风信子。还有个少年变成了水仙。金莲花曾是一个名叫阿多尼斯的猎人，他被阿佛洛狄忒（维纳斯）仰慕，但后来被野猪杀死。阿佛洛狄忒是爱神，玫瑰是她的代表花。



裂叶喜林芋

今天我们在节日、生日、毕业典礼、婚礼、周年纪念日 and 丧礼时送花，传达的信息始终如一：我爱你。

花可以当作爱的实际表征吗？这是可以证明的。先把既有的观念放在一边，想象你刚刚来到这世界，一切都很新鲜。你行经一片森林，发现一朵黄色的耧斗菜或是完美无瑕的白色百合。

你会有什么感觉？

在巴西，裂叶喜林芋的开花时间是从十一月初到十二月中旬，这个时节晚上很冷，需要加件薄毛衣。博图卡图市的植物学家观察到，裂叶喜林芋的花序到了傍晚左右就会开始加温。肉穗花序的温度和花香的浓烈程度，都在晚上七点到十点间达到高峰。

此时，拟步行虫也从土壤中钻出，或从别的裂叶喜林芋里现身。甲虫顺着香味蜿蜒前进，当眼睛可辨认出目标物时，它就直接飞入佛焰苞中……砰！撞山！甲虫跌落花室的底部。那里的雌性花会分泌一种黏黏的物质，可以食用。于是甲虫就在这温暖、安全又阴暗的窝里爬行、吃喝，并且繁殖。一个佛焰苞里可容纳多达二百只昆虫，活像装满冰激凌的甜筒。

这段时间过去后，花会降温，不过还是保持在比夜气稍微温暖一点的温度。从别的裂叶喜林芋来的昆虫已为雌性的小花充分传粉。第二天晚上，雄花释放出花粉，甲虫往肉穗花序上方涌去，在大啖花粉的同时也沾了一身。之后，甲虫又飞离花朵，开始另一个新的循环。

植物学家们为喜林芋着迷。它不但会制造热量，还会因外界温度的变化增加或降低热产量，调节自身温度。天气冷的时候，它设定在约三十七摄氏度。不参与生殖的雄性小花会在温度低于标准时，增加热能的产量；温度升高时则降低产量。天气热时，这些花则是保持在将近四十六摄氏度的温度。

温血动物靠发抖和运动来维持体温。它们也会增加呼吸频率和血液流量，这样做能使组织得到更多的氧气和养分，以便制造更多热量。不用说，没有热量我们就完蛋了。我们的血液中流的是热量，我们制造的是热量，我们根本就等于热量。

喜林芋也需要氧气和养分来制造热量，不过它们不会发抖。它们靠的是肉穗花序小花上的一个个小孔，这些小孔能够起到扩散作用，吸收氧气。养分则是来自无生殖能力的雄性小花里面的脂肪球。这些脂肪球长得极像哺乳类动物身上一种专门制造热量的组织——棕色脂肪。

至于裂叶喜林芋，哪怕外面只有十摄氏度，它也能保持四十六摄氏度的体温，此时它产生的热量和一只睡眠中的家猫所产生的热量相当。动物学家罗杰·西摩喜欢把这种花比喻为“长在枝头上的猫”。

西摩对裂叶喜林芋产生兴趣始于一次晚宴，当时有人给了他一束剪下来的裂叶喜林芋。他很惊奇地发现花竟然是温的。他觉得自己搞不好拿到了一只被施以魔法的动物——一只被变成植物的动物，一只中了咒语的猫。

你可以说他已经迷恋上了裂叶喜林芋。

喜林芋隶属于天南星科，同科其他植物中，有的也能产生热量。例如斑叶阿诺母，它的肉穗花序共分为四部分（佛焰苞裹覆在外）：一串雌性花、一串形如刚毛的不育花、一串雄性花，最上面又是一串刚毛。花序的其他部分，也被称作尾部构造，是露在佛焰苞外面的，会在下午的时段产生热量和气味。有些生物学家把这个尾部构造视作香味的载体，或称发香团。

斑叶阿诺母的肉穗花序顶端长着刚毛，功能有如筛子，能把丝光绿蝇等体形较大的昆虫挡在外面；而被引诱来到花序的成千上万只小蠓虫，却很容易从刚毛间直直掉入花室。花室内壁结了一粒粒小小的脂肪球，其光滑的表面和最外面的刚毛把小虫留在雌花里，小虫可以在那里吸食蜜水。

隔日，雄花开，洒落一阵黄金雨。沾了一身黏液的蠓虫也沾上了花粉。刚毛枯萎了，蠓虫终得逃脱，但又将被另一朵正开放的花吸引，再度掉进刚毛之间的缝隙，再次为有生殖力的雌花授粉。

伏都百合是种热带植物，能加温到比外界温度高出将近十五摄氏度。第一天开花时，其温热的尾部会持续数小时散发出新鲜粪便的气味，吸引苍蝇和扫除虫。再过一阵子，在花室里面，肉穗花序的基部会再次加温，持续大约十二小时，所产生的热能足够使雌性小花附近的器官散发出味道。这些器官都富含淀粉，散发出来的香甜气味可以刺激昆虫交配，让它们留在花室内，直到雄花撒下花粉才走。

不同种的海芋类植物有不同的味道。有的让你想到苹果，有的却可能是尿液，还有的则能吸引埋葬虫，闻起来糟透了。西摩形容它们闻起来就像只死猫。

和海芋同属天南星科的臭菰，在二月和三月时，会有两个星期保持在十五到二十二摄氏度。它在植物书上出现时，总是伴随着融雪。这其实是个很不寻常的现象，因为甲虫、苍蝇等传粉者在早春时节还不太活跃。因此，这种加热机制或许是种“进化延迟”，是臭菰祖先遗留下来的习惯。又或许，解开这个谜题需要更多植物学家在雪中围坐，看守着臭菰，好像爱上了它一般。

植物的体温调节现象并不局限于某一科植物，像荷花就独立演化出了这种机制，它可以达到比周围高出四五摄氏度的温度。埃及人相信荷花是地球上第一个出现的生物，它的花瓣展开时，可以看到至高无上的上帝。

某些棕榈科植物的花序，还有某些苏铁（某种像棕榈、也像蕨类的植物）的雄球果也会产生微量的热能。

匪夷所思，至少西摩是惊呆了。“裂叶喜林芋产生的热量，比一只飞行中的鸟还多！”他曾说道，“而它控制体温的严格程度更甚于有些哺乳类动物！”

我们不会只是惊讶，我们会赞叹不已。

花跟爱到底有什么关系？

古希腊人相信两者有关联，于是写下了我们今天读到的故事。

那位身处巴西、坐在步道上的女人也这么认为。她觉得自己很幸运，她的爱可以摸得到。花炽烈燃烧着的，是情欲。

注 释

1. 这一章的资料很多都是澳大利亚阿德莱德大学（University of Adelaide）环境生物学系的西摩教授提供的。他的著作包括“Plants That Warm Themselves,” *Scientific American* , March 1997; “Analysis of Heat Production in a Thermogenic Arum Lily, *Philodendron selloum* , by Three Calorimetric Methods,” *Thermochimica Acta* 193 (1991), 91-97。我也读了 Roger Seymour, George Bartholomew, and Christopher Barnhart, “Respiration and Heat Production by the Inflorescence of *Philodendron selloum* Koch,” *Planta* 157 (1988); Roger Seymour and Paul Schulz-Motel, “Thermoregulating Lotus Flowers,” *Nature* , September 26, 1996; Roger Seymour and Paul Schulz-Motel, “Temperature Regulation Is Not Associated with Odor Production in the Dragon Lily (*Dracunculus vulgaris*)” (poster presented at Sixteenth International Botanical Congress, St.Louis, Mo., August 1999); Roger Seymour and Amy J. Blaylock, “Switching of the Thermostat: Thermoregulation by Eastern Skunk Cabbage (*Symplocarpus foetidus*)” (poster presented at Sixteenth International Botanical Congress, St.Louis, Mo., August 1999)。

2. 另外几篇文章也派上了用场。包括 Bastiaan Meeuse and Ilya Raskin, “Sexual Reproduction in the Arum Lily Family, with Emphasis on Thermogenicity,” *Sexual Plant Reproduction* (1998) 1: 3-15; Gerhard Gottsberger and Ilse Silberbauer-Gottsberger, “Olfactory and Visual Attraction of *Eriscelis emarginata* (Cyclocephalini, Dynastinae) to the Inflorescences of *Philodendron selloum* (Araceae),” *Biotropica* 23, no. 1(1993); Hanna Skubatz, William Tang, and Bastiaan Meeuse, “Oscillatory Heat Production in the Male Cones of Cycads,” *Journal of Experimental Botany* 44 (February 1993); and Bastiaan Meeuse, “The Voodoo Lily,” *Scientific American* , July 1996。

第七章 鬼把戏



因为植物不会动，我们就以为它们比动物善良，这真是天大的误会。

在新墨西哥州西南部，也就是我住的地方，乳白色花朵的丝兰会在夏日雨季吐出花蕾。顷刻间冒出一大片花，花高约四十厘米，好像沙漠中的蜡烛。一夜之间，矮树充斥的荒野，变成一个犹太教的烛台。

多数种类的丝兰是没有气味的，不过很多花朵的子房底部会分泌一点花蜜。花蜜是远古遗留下来的产物，当时的丝兰和丝兰蛾尚未完成共同演化。如今，尽管丝兰只有丝兰蛾这一个传粉者，而且苦行的丝兰蛾在成年后完全不吃不喝，但花蜜仍然保留下来了。

破茧而出飞离地面后，丝兰蛾在丝兰苍白、蜡质的花朵里完成交配。不同种的丝兰蛾会有差异，但一般的做法是由已受精的母蛾爬上花的雄蕊，把头朝着花药的顶端弯下，然后把卷起的舌头展开以保持平稳；接着用构造特殊的口器把花粉刮干净，紧紧夹在前脚间。它最多能从四根雄蕊上收集到花粉。

然后，丝兰蛾飞往另一朵丝兰。它在雄蕊间钻来钻去，刺穿子房，在那儿产卵；接着沿管状的柱头向上爬，把带来的花粉一路滚下花柱，好为花授粉，这时它很可能会产下另一颗卵。每产下一颗卵，它就又回头往上走。就这样上下来回，为柱头授粉，产卵，然后再授粉。

丝兰是自交不亲和的。丝兰蛾把一朵花的花粉传给另一朵花，促成丝兰的异体受精。与其他被动授粉者不同，它是很罕见的主动授粉者，会主动把花粉推进柱头中。

这样做也保障了丝兰蛾幼虫的食物来源。没有受精的花很快就会凋落；已受精的花的胚珠会变成种子。丝兰蛾的幼虫在子房里孵化，吃掉了百分之十五的种子，养肥后，幼虫在果壁上咬一个洞，跳到地面上结茧，然后又在茧里待上一两年，甚至三年才出来。剩下的种子仍然足以

让这株丝兰继续繁殖。

这些听起来就像《伊索寓言》，主人公总是好得不可思议。我们常常就是这样看待传粉者和花之间的关系——两者互利共生。例如蝴蝶吸食忍冬，并以代为传粉来交换，两个物种渐渐演化出相互依存的关系。

不过大部分认定的互利共生关系都太一概而论了。事实上，传粉者会造访很多种花，而植物会仰赖多种传粉者，像丝兰和丝兰蛾这样一对一的关系倒是比较少见。

达尔文曾写道：“自然选择不可能让一个物种特别为了另一物种的利益而改变自己，不过自然界的物种的确会利用其他物种的构造，持续让自己受惠。”



丝兰的花

就丝兰来说，自然选择形成了无懈可击的同伙关系，堪称合作的典

范。

这真有点像是寓言故事了。

其他物种也是一样，擅长利用他人。跟丝兰蛾有近亲关系的伪丝兰蛾，尽管不运载花粉，却也飞到丝兰的花里产卵，并让孵出的幼虫以丝兰种子为食。它不只在没人造访的花里产卵，在已受精且正在发育的子房中也照样产卵。它不但不能为植物授粉，还会在果实里孵化出幼虫，吃掉过多种子。

丝兰也有对策。被太多虫卵侵占的花，在长出种子、结出果实之前就会凋谢；植物也会放弃那些没有充分授粉的花。结果是，想钻漏洞的伪丝兰蛾的繁殖机会，远远不如按规矩来的丝兰蛾。

植物学家用西班牙文“*aprovechado*”（意为“占便宜者”）来形容那些从互利共生关系中得到好处，却完全不予以回报的生物。所有的合伙传粉关系，碰到像“*aprovechado*”这种机会主义者，就变得不堪一击。

另一方面，正牌的传粉者也可能会变成“*aprovechado*”。蜜蜂有时不会从花的前方碰触满载花粉的花药，反而从背面靠近，把舌头偷偷插入萼片和花瓣之间，盗取花蜜。照植物学家“犯罪”的行话来说，这样的偷窃行为就叫作“底下的那条舌头”。

碰到那些花冠已经并合成管状的花时，要偷花蜜的昆虫不得已，只好硬咬开纤维。舌头短的熊蜂，就因为会用上颚刺破柳穿鱼、洋水仙和耧斗菜的花冠而臭名昭著。比起偷窃，闯入后抢劫花蜜的更是张狂，它们还会伤害到花；有了这个破洞，之后的小偷就可以肆无忌惮地盗取花蜜。

这可不是一个凭良心的世界，窗户得关上，门必须锁起来。花尽可能地保护自己：有些有着皮革般坚硬、难以穿透的花萼；有些在基部长着坚实的层层叠叠的叶片或苞片，使小偷知难而退；还有一些，拥有排列紧密的花序。

丝兰和丝兰蛾已经演化为高度的互惠关系，因此对“*aprovechado*”无力招架。它们也因唇齿相依而尝到苦头，非得要其中一个物种顺利繁殖，另外一个才能顺利繁殖。沙漠里的农夫为驱走破坏农作物的害虫

而喷洒农药时，也把丝兰蛾杀死了，于是丝兰失去了传粉者。

丝兰已经全开，正如雕像般静立着，等候访客的到来。尽管它的光彩足以照亮地平线，可就是没有人来。

这是植物版的莎士比亚。

除了异体受精外，有几种丝兰会采取营养繁殖，默默复制自身基因。这是个退而求其次的选择，像是秘密账户，也像个即使是情人也无法想象的秘密（一件你不知为何就是忘了告诉他的事）。

因为植物不会动，我们就以为它们比动物善良，这真是天大的误会。正如一位研究者所写的，“存心欺骗的传粉者似乎比行骗的植物少”。

很多花都有过分夸大自己长处的坏习惯。它们的雄蕊上长有浓密的毛，或是带了一抹亮黄色，使雄蕊的花粉看起来比实际上多；要不然就是把细小的花药顶在引人注目、看起来像是花药的粗大花丝上；有些花则会把花药不育的部分弄得胀鼓鼓的，制造富含营养的假象。

花朵搞的那套方式，只能被称为“猛烈的性爱”。有种兰花，只要轻碰花的任意部位，就会让承载花粉块的茎像弹簧般啪的一声弹射出去，连着一盘黏黏的花粉，砸向那些停在花上、还搞不清楚状况的蜜蜂。有时蜜蜂就这样被撞下了花朵。如果有人恶作剧，用笔尖戳一戳，花粉块就会飞行将近一米的距离。其他的花会用差不多的方法，把花粉或扔，或掷，或扑，弄到昆虫身上。

花粉弹射的力道很大，但落点不见得理想。例如有种兰花会把花粉块（包括唇盘及茎）喷到天蛾的眼睛里。尽管花粉传送到了另一朵兰花，较大的茎还是黏附在原处，就像眼球里插了曲棍球棒一样。有时可以在某些传粉者（如鸟和天蛾）的舌头上，发现不同来源的花粉块。达尔文曾推论，这些动物很快就会因无法进食而死。尽管如此，它们已经先替一些花完成了传粉。

即使最“善良”的花也会耍狠。以马利筋来说，它的花粉会牢牢黏住

来访的蜜蜂，有时蜜蜂为了挣脱，被缠住的脚就会被活生生扯下来。

不计其数的花，非但对昆虫一点好处也没有，反而还是个祸患。将近三分之一的兰花是靠招摇撞骗混日子。有些擅长拟交配，有些看似是安全的繁衍之处；很多闻起来像有食物奖赏，但实际上有的只是令人眼花缭乱的滑梯、迷径、旋转门、密室，还有出口，这些全是大费周章搞出来的。

深受各地园艺人士喜爱的兰花，有着地地道道嘉年华游乐园的氛围。

花散发出某些动物喜欢的恶臭，一只苍蝇被吸引过来，停在如舌的唇瓣上，却不由自主往后弹落，被两只柔韧的“手臂”紧紧环抱。接下来发生的有点像○○七电影里的情节：唇瓣会在绞紧的同时保持平稳，应付昆虫的重量；“两臂”迫使苍蝇挣扎、甩落腹部残留的花粉块。最后，苍蝇就像詹姆斯·邦德般溜之大吉。

欧洲兜兰的果香和艳丽的黄色，会引诱蜂类通过入口，进入唇瓣部分。大型蜂类通常可以逃脱（虽然也有一些就此被困死），但小型蜂类就逃不了，只能一直在光滑且下倾的表面打滑。振翅乱撞一阵后，它发现由唇瓣底部的空隙隐隐透出光亮，指引出一条通向花后方的路。昆虫经柱头、雄蕊，一路挣扎而出，遗落所有携带的花粉，而新的花粉已被抹到它的腹部。

兜兰的计划并不是万无一失。有些昆虫还没装备好就跑掉了，还有些有经验的昆虫会避开这朵花。不过，花很明智，它会长出根状茎。这些长在地下的茎会在远处生根，复制出新的无性生殖植株。

还有一种用香水奖赏长舌蜂的兰花，会垂下娇艳动人的花，散发出诱人的香气。唇瓣的一部分会形成桶状，里面装满花分泌出的汁液。由于唇瓣的底部很滑，来访蜜蜂站不稳脚跟，就掉进这小小的泳池中。逃逸的路线同样是一条通过兰花的柱头和花药的秘道，蜂只得在秘道里耗上半小时之久，这段时间里，花粉块就黏附到了它的腹部。

有些花甚至懒得提供逃生出口。如果小虫在某种海芋的雌性阶段造访，花正等着花粉到来，小虫就有可能丧命于花室底部。不过如果小虫带着的恰好是其他海芋的花粉，它们就不会白白牺牲，因为花已因此

而完成受精。小虫若在花的雄性阶段来访，花正释放出花粉，它会看到出口是大开的，可以自由通行，而且顺便可以好好抹上一层花粉。

一般的三叶天南星花有两性，分别长在不同的植株上。受新鲜真菌气味的吸引，蚋会飞进花里，然后跌入花室。跌进雄花的蚋比较幸运，它们有机会逃出去，但倒霉一点的就会撞上雌花。

丑恶的一幕在某种巨大、气味香甜的睡莲上上演。处于雄性阶段时，这种睡莲会为食蚜虻、蜂和甲虫供应盖满花粉的雄蕊作为食物。三四天之中，每天早晨，花都会打开，供应一份不论规模还是享乐程度都是罗马式的飨宴，也带给人类喜悦。很多花因美丽而闻名，但这种花似乎只属于古代传说中的神佛的层次。

处于雌性阶段时，同一株睡莲还是会开花，但看起来已大不相同。这一阶段的雄蕊没有花粉，绕着花中心的一池汁液围成一圈，池底则是扁而圆的柱头。

背景音乐已然改变。

我们都知道其中的意味，想警告小小的食蚜虻：“千万别站上那雄蕊！”

然而，食蚜虻浑然不觉，跌跌撞撞站上了已变得平滑的雄蕊表面——于是这家伙就这样滑下了池子。

落难者拼命挣扎，然而高耸的雄蕊没办法落脚。它的汁液里含有一种湿润剂，会拉扯这种世上重量最轻的昆虫。食蚜虻沉入液体中淹死了，它身上的花粉被冲走，渐渐积聚在有着血海深仇的柱头上。

有时，连看到吃腐肉的昆虫试图在貌似腐肉的花上产卵，我都不禁惻然。昆虫显然是希望幼虫的粮食丰盈，才选择在这样的地方繁殖。它们以为自己的选择是正确的。

蕈蚋的境遇同样辛酸。它们带着一身花粉，安心地飞离假冒真菌的花，然而作为子代的卵在孵化成幼虫后会饿死。有些花甚至想速战速决，比如，短尾细辛这种花的组织就含有剧毒。

植物和传粉者的互利共生不像婚姻关系，反而比较像军事竞赛。为了得到更多食物、产更多卵，传粉者想出新招数，植物也有反制措施。一边制造出导弹，另一边就发展出反导弹系统，外加一枚更大的炸弹。

占上风的那一方将威胁到双方赖以维持的系统。所以，睡莲不能杀死太多食蚜虻，三叶天南星不能杀死太多蚋。矫伪成性的兰花不能做得太绝，不然它的传粉者会饿死。相对地，熊蜂、蛾类和蜜蜂最好也不要太厚颜无耻地盗取花蜜，以至于到最后没有帮一朵花传粉。

导弹、防御工事、高射炮……如果你想到很多动物不只是吸吸花蜜或采花粉，还会吃掉植物本身，这些景象就会马上浮现在脑海里。植物和昆虫始终处于交战状态。事实上，传粉系统也许就是在这种力量的消长下演化而来的一白吃白喝的甲虫，由于某种原因变成了传粉的甲虫。

当然，如果花最后没有办法吸收、躲开或智胜敌人，可能只会摧毁。

行军虫以雏菊为食。雏菊防卫的方法，是制造一种在黑暗下呈微弱毒性、在紫外光下则有剧毒的化学物质。虫吃下植物后，该物质会经由它的循环系统到达表皮。然后在晴朗的春日，太阳暖暖地晒着，昆虫先是发出日光灯般的光芒，然后就蜷成一团，全身发黑。

一种叫“卷叶蛾”的毛毛虫则有自保的方法。它用雏菊的花瓣把自己包裹起来，然后用丝密封。这样，在远离阳光的阴影中，卷叶蛾就可以准备大快朵颐了。

有些植物甚至会跟敌方结盟。叶螨吃利马豆时，后者会释放出数种挥发物，这些化学物质会引来另一种肉食性的叶螨，把之前的访客吃掉。

经由结盟，不相干的物种成了亲密的战友。

蚂蚁喜欢偷取花蜜，但是大部分的蚂蚁带有一种天然杀菌剂，会杀死花粉里的精子——显然蚂蚁并非好心的传粉者。针对这点，植物有时会

在地面和花之间竖立路障，在茎的上方布置一块具有黏性的区域，或在茎的四周围起一圈液体，让蚂蚁这类昆虫爬不上来。

植物也会在远离花的地方，设置花蜜作为诱饵。某些开花植物以提供这些花蜜当作交换条件，要一群会叮咬的蚂蚁充作卫队，帮花儿抵挡会产卵的昆虫或会刺破花冠的熊蜂；另一方面，花也得用化学方法，避免蚂蚁卫队伤到自己。说到底，这些蚂蚁还是小偷，得跟它们保持安全距离。

以上是另一个互利共生的寓言，或者说是另一件讹诈的罪行。

我们不难看出其中的奥秘及其所包含的寓意。我们是人类，故事和寓意已融入我们的生活，就像香味已融入了熊蜂的生活。

十八世纪时，互利共生是个寓言，阐释了上帝创造的完美和谐。在大自然神圣的平衡中，每个物种扮演的角色是不会改变的。自然的各个部分和谐共生，互相帮助，正如人类社会里各部门一起工作，从农夫到皇帝，人人各司其职。

科学常反映人世，而我们常常指望社会反映出我们所了解的大自然。十九世纪，工业革命和资本主义的新观念，强调竞争对经济的重要性，于是紧接着出现了社会主义和共产主义。今天的我们仍然在这两端之间摆动，政界如此，植物界亦然。

合作是自然界最基本的组成原则。

竞争也是自然界最基本的组成原则。

二十世纪七十年代的环保运动中，生物学家倾向于前一个原则。现在他们已经转为后者。

一位信奉“竞争”的科学家，不久前曾写道：

植物和担任传粉者的动物互利共生，都因对方的存在而受惠。然而

这样的互利共生既非对等，也非互助。事实上，传粉是由完全敌对的关系逐渐衍生而来的。植物和动物始终各有各的目标，立场鲜明，通常一个是繁殖，另一个是觅食，彼此互不相干。在这样的前提下，只可能有利益冲突，不会有所谓的合作。

水手寻找陆地，科学家寻找组成的规则。物理学家称之为“大统一理论”。每个人都想找出这样一个理论，每个人都想知道贯穿所有生命奥秘的规律。

发现美丽寓于实用，我大感意外。

发现美丽暗藏杀机，真是晴天霹雳。

注释

1. 朱迪丝·布朗斯顿是位演化生物学教授，出版作品有Judith Bronstein, “Our Current Understanding of Mutualism,” *Quarterly Review of Biology* 69 (March 1994); Judith Bronstein, John F. Addicott, and Finn Kjellberg, “Evolution of Mutualistic Life-Cycles: Yucca Moths and Fig Wasps,” in *Insect Life Cycles: Genetics, Evolution, and Co-ordination*, edited by Francis Gilbert (New York: Springer-Verlag, 1990); and Judith Bronstein and Yaron Ziv, “Costs of Two Non-Mutualistic Species in a Yucca/Yucca Moth Mutualism,” *Oecologia* (1997) 112: 379-385。

2. 其他资料来源包括Olle Pellmyr and Chad Hurth, “Evolutionary Stability of Mutualism Between Yuccas and Yucca Moth,” *Nature*, November 17, 1994; M. C. Anstee, Judith Bronstein, and M. Hossart-McKay, “Resource Allocation: A Conflict in the Fig/Fig Wasp Mutualism,” *Journal of Evolutionary Biology* 9, 417-428 (1996); Judith Bronstein, Didier Vernet, and Martine Hossart-McKey, “Do Wasp Figs Interfere with Each Other During Oviposition?” *Entomologia Experimentalis et Applicata* 87: 321-324(1998); Susan Milius, “How Moths Tell if a Yucca's a Virgin,” *Science News* Vol. 156 (July 3, 1999); Jerry Powell, “Interrelationship of Yuccas and Yucca Moth,” *Trends in Evolution and Ecology* 7 (January 1992); and A. J. Tyre and J. F. Addicott, “Facultative Non-mutualistic Behavior by an ‘Obligate’ Mutualist: ‘Cheating’ by Yucca Moths,” *Oecologia* (1993) 94: 173-175。

3. Stephen Buchman and Gary Paul Nabhan, *The Forgotten Pollinators*, 对丝兰和丝兰蛾间的伙伴关系，有精彩描述。

4. 达尔文的话是从他的《物种起源》中摘录出来的。

5. 会欺骗的传粉者比行骗的植物少，这段话引自Jorge Soberon Mainero and Carlos Martinez del Rio, “Cheating and Taking Advantage in Mutualistic Association,” in *The Biology of Mutualism*, edited by Douglas

Boucher (New York: Oxford University Press, 1985)。同批作者也讨论到“占便宜者”(aprochevado)的现象。

6. 布罗迪给我介绍了好几篇有关偷、抢花蜜的文章, 包括Alison Brody and Rebecca Irwin, "Nectar Robbing Bumblebees Reduce the Fitness of *Ipomopsis aggregata* (Polemonicea)," *Ecology*, in press; Alison Brody and Rebecca Irwin, "Nectar Robbing in *Ipomopsis aggregata*: Effects on Pollinator Behavior and Plant Fitness," *Oecologia* (1998) 116: 519-527; and Alison Brody, "Effects of Pollinators, Herbivores, and Seed Predators on Flowering Phenology," *Ecology* 78(6) 1997 pp. 1624-1631 no. 6。

7. Meeuse and Morris, *The Sex Life of Plants* 谈到了各种花的陷阱、骗术, 还有模仿行为。本书也描述了好几种“杀手”般的天南星科植物。会淹死无辜食蚜虻的睡莲 (*Nymphaea capensis*) 这本书也有提到。这种植物也出现在其他著作中, 如Ethan Temeles and Paul Ewald, "Fitting the Bill," *Natural History* 108 (May 1999), 其中有个小专栏讲花的狠毒, 很精彩。

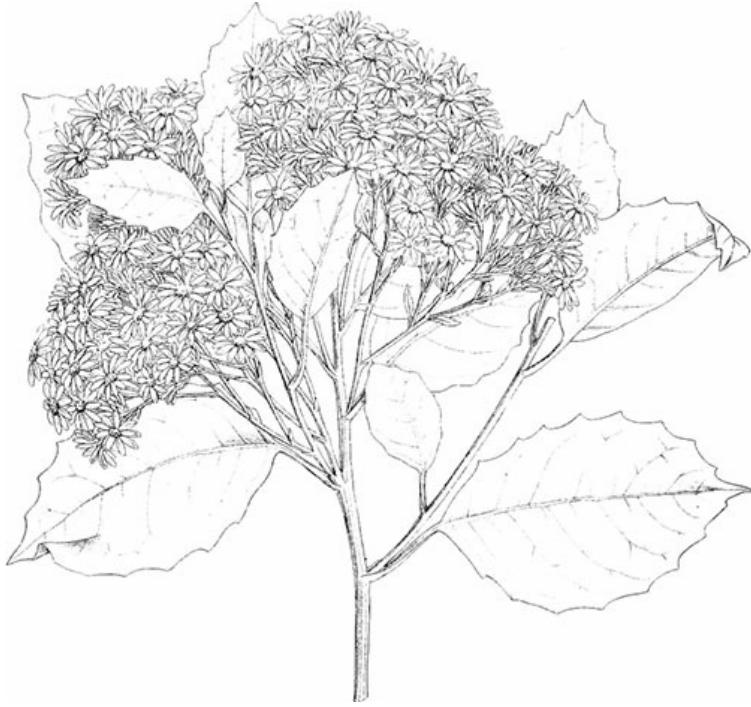
8. 谈雏菊和行军虫的是Dennis Bueckert, "Plant Warfare," *Canadian Geographic*, July 1994。

9. 蚂蚁担任的授粉角色可参阅Proctor, Yeo, and Lack, *The Natural History of Pollination*。

10. Douglas Boucher, "The Idea of Mutualism, Past and Future," in *The Biology of Mutualism*, edited by Douglas Boucher (New York: Oxford University Press, 1985), 把政治和科学定义的互利共生连在一起。

11. 本章有个引言没有注明出处, 其作者是瓦泽, 他的研究可见于很多文章, 其中有几篇已在前面的书目提过了。还没提到的有Nickolas Waser and Mary Price, "What Plant Ecologists Can Learn from Zoology," *Perspectives in Plant Ecology, Evolution, and Systematics* Vol. 1/2 pp. 137-150, 1998; Nickolas Waser et al., "Generalization in Pollination Systems and Why It Matters," *Ecology* 77 (June 1996); and Nickolas Waser, "Pollen Shortcomings," *Natural History* 7, no. 93 (1984)。

第八章 光阴



有些植物不会死，但花期很短，像放一场烟火。它们是群浪子，造型炫目，随时准备舞到不支后落地。

我们迫切想了解时间是怎么回事。过去怎么会过去呢？

它是上哪儿去了？

我们总是对时间持怀疑态度。当你八岁时，它像是在抄捷径前进；当你滑下山坡时，它又是那么慢。我们知道这是自己的错，毕竟这只是一种感觉，没什么道理可讲。时间是客观的，我们不是。时钟始终嘀嗒嘀嗒响着。

光阴不待人。

后来，有个物理学家告诉我们，时间并不独立于空间存在。时空受质能分布的影响，是弯曲、有弧度的。时间在靠近像地球质量这么大的物体时，走得比较慢。把一个很准的时钟放在塔底，再把一个放在塔顶，两者会稍有差异：底下的那个慢一点点。

拿一对双胞胎做试验，让一个住在海拔较低的智利首都圣地亚哥，另一个住在秘鲁的高山上。住在秘鲁的那个会老得比较快。若让其中一个乘接近光速的时光机去旅行，情况就变得更复杂了，因为当他返回时，会比待在原处的那个年轻。

时间是可以操弄的。

我参加了一个“晚餐联谊会”，这聚会已有十五年的历史，在我们的文化来说算是很长了。五对夫妻每八周聚会一次，每家各带一盘指定国家的美食，可能是中国菜、意大利菜，或是希腊菜。大家坐在一起，享用取之不尽的美味。没有小孩在旁，有的是桌布与美酒。有时我们会在

瓶里插枝玫瑰。

参加的夫妻时有异动。十五年间，有些人退出了聚会，有些搬了家，有些离了婚。很多人只有聚会时才碰面。因此能持续参与活动非常重要。

某晚，上甜点之前，一对夫妻接到电话，随即宣布他们得走了，因为他们种的仙人柱开花了。为此离开一群好朋友大费周章安排的聚会，实在不是很好的理由。我们没把恼怒写在脸上，但把这件事记下了，留作以后参考。

仙人柱体形瘦长，颜色灰扑扑的，通常在豆科灌木或石炭酸灌木之类的灌木植物下方生长。其茎的直径最小只有一厘米左右，却能长到近两米高，整个就像根长满刺的树枝，模样不怎么讨人喜欢。植物学家以挖苦它为乐，称它为丑小鸭，说它那干枯且状似拥抱的枝干具有“令人无法抗拒的魅力”。

然后，他们背过身去，忍住了笑。当他们再次转回来时，却乐昏了。他们用手势说着：开花的仙人柱已是只天鹅了！

它的美永远来得出其不意，它的美永远只存在于童话故事。

仙人柱的白色大花会在晚上绽放，形如多瓣的星星，质感如丝，散发一股麝香般的甜香。这颗星星如手掌般大小，黑暗中似乎还会闪闪发光。有人第一次看到这种花时，还以为是在沙漠中点亮了手电筒后，随便把它们丢在灌木丛中就离开了，任电池这样浪费。还有个女人则以为自己见到了鬼。

仙人柱的西班牙名为“*la reina de la noche*”，意为“黑夜王后”。在几小时之内，一朵朵的花都瞬间绽放。

我从没见过仙人柱开花的样子。

那位在聚会时离席的朋友告诉我，这种植物让她想到延时摄影，因为花朵开放的过程可以清楚看到，而且过程就像贵族走下长毯一般优雅而专注。我第二天跟她丈夫问到这件事时，他在一句话里用了三次“神奇”这个词。有次我在银城街上跟他们十几岁的儿子聊起时，他也表示

同意：“对呀！”

我的这位朋友是历史学家，银城市立博物馆的负责人。她告诉我，在十九世纪七十年代，这座小小矿城里的居民有举行仙人柱宴的习俗。有人家里种的仙人柱开花时，会把这个好消息散播出去，同时准备茶点招待那些前来参观的人。有时这消息还会登上地方报纸：“临时开宴，众人同庆。”

但现在，我朋友觉得很感伤，她的丈夫和儿子都不再把仙人柱开花当作什么了不起的事了。“快来看哪！”她呼唤着，但他们已经看过了，不打算再看。“不错嘛！”她儿子施舍似的丢了一句。她已经改找朋友一起欣赏了。



仙人柱

我说，找我吧！

仙人柱的花是朝生暮死的，大部分的花都是。它们的生命很短暂。

不少花就像“黑夜王后”，只有一天，甚至一个晚上的时间可活。在这几小时中，仙人柱丝缎般的花必须想尽办法吸引传粉者——像是白条天蛾这样的夜行性昆虫——来喝它的花蜜。

“黑夜王后”无法自体受精，也不喜群居。沙漠中炎热、干燥，生存条件严苛，二十平方千米的土地上可能只长了五到十株，而且这些仙人柱还要承受阳光、风和牛群的考验。

王后的补救措施是把自己发挥到极致。她的香气浓郁，美得像个传奇。

她只有今晚。

好吧，也不尽然。这要解释一下：仙人柱只有几朵花，每朵花只会开一晚，视空气湿度而定，整个花季可能仅有四夜，但仙人掌本身可以活到七十五岁。瘦长、多刺的树枝会继续开花，一夏复一夏地等待着合意的白条天蛾来访。

童话里的王后将会睡上几年。这段时间里，王国衰亡了，王子正穿过石楠密布的树林，一路披荆斩棘而来。

这让人想到我们自己能分得的时间。

无性繁殖的石炭酸灌木，寿命可达一万两千年，红杉见过西班牙传教士。人类、鹦鹉和仙人柱可以活到《圣经》记载的七十岁，黑熊有三十年可以吃吃喝喝。狗可以陪伴你十五年，老鼠却很少能过它的两岁生日，许多昆虫撑不到一个月。毋庸置疑，无论是长寿的乌龟还是短命的蛾，年岁的分配自有它的道理。

就植物的眼光来看，与投入的精力相比，花的生命显得太短暂。想想那些香味、色彩和在风中摇摆的姿态。维持美丽的代价高昂，生殖所需的材料也很脆弱，必须时时保护。

某些气候条件下，植物还要考虑到天气：冬天要来了；要下雨了；变热了，我口渴；我的花瓣都掉光啦；我快冷死了；我要被吹走了……

受精也许迟早都要进行，不过还是越快越好。

花只能维持短暂的时间，植株却能活很久。晨光中，花朵开放然后凋谢，隔日又有一朵花取而代之。睡莲会不断开花，直到池水干涸，然而每朵大手笔的花却只有一两天的寿命。

有些开花植物本身寿命就很短。许多一年生的野花必须在几周内发芽、成熟、开花、结籽，然后就得死去。它们常常都是自体受精。

有些花也会令人意想不到地长寿，例如木兰花可以活十二天。兰花是最长寿的花类之一，如果养在温室里，一株来自亚洲的兰花，可以在九个月的时间里保持生机盎然。

寿命长的花通常看起来较为结实。它们有层保湿的外壳，因此花瓣偏厚，有蜡质触感。叶脉富含纤维，能够形成内在骨架，维持花的形状不变。

靠有尖喙的鸟类或有锋利口器的甲虫来传粉的花，必须强化修补再生的能力，因此寿命也连带变长了。只有单一传粉者的花必须开放足够长的时间，才能吸引传粉者的注意。卖弄骗术的花必须有足够时间，招揽无知的访客上钩。坚守自体不亲和的花，则需要更长的时间才能等到异体受精。

“龙舌兰”也叫“世纪花”（century plant），跟仙人柱长在同一片沙漠中。它在生命的头五年、十年，甚至五十年里是不开花的，全视品种而定。然后，就在你已经放弃的时候，有尖刺的基部丛生叶中伸出了花梗，看起来就像是根巨大的芦笋。花梗每天可以长三十厘米，然后分枝从其顶端水平延伸，花苞膨起，一簇簇黄色管状花在夜里绽放了。花朵高悬有如棒球场的照明灯，散发出像是麝香和腐肉混合起来的强烈气味。龙舌兰用照明枪向迁徙中的蝙蝠、蜂鸟，还有其他传粉者发射，吸引它们俯冲而下，取食，然后再飞走。

同时，基部丛生叶就此枯竭而死，贮存的所有食物水分都供养了花梗及花。龙舌兰活不了一世纪。花开了，它就死去。花只开一回，赌上一切，丢一次骰子。

其他种类的植物也在开花后逐渐死去。商业栽培的一年生花，如金盏花和百日菊，最后会让所有长叶的茎都变为花梗，毫不保留，于是再也不能生出维系植物生存的叶子。许多野花则会借由鳞茎、块茎或根状茎的形式，在地下保留一部分的茎。这些植物跟百日菊不同，第二年春天，同株植物还会在原处生长。

有些植物不会死，但花期很短，像放一场烟火。它们是群浪子，造型炫目，随时准备舞到不支后落地。

像牵牛花这类的植物就谨慎多了。它们的花期很长，该开多久都是小心计算好的：好了，好了……这样就够了。先停下，明天再来。这招对于附近寿命长、记忆又好的传粉者很管用。

八千年前，美国西南部的居民就开始大片栽植龙舌兰，采收花心和幼嫩的花梗，一直延续至今。龙舌兰是我们最早种植的作物之一，它的叶子富含纤维，根可以做肥皂。今天的考古学家，仍然可以发现许多以石头分隔的栽培场。

如今它仍是作物。开花前，正当它的体内储存了大量的糖分和养分，准备进入第一次也是最后一次重要的成熟阶段时，就可以收割龙舌兰的心。经烘烤再加以搅拌后，浆汁会发酵成酒。我们喝的龙舌兰来自商业农场，但在美国和墨西哥，每年有超过一百万株野生龙舌兰被切开，制作成私酒“麦斯卡尔”。

我们推了推眼镜，瞧向日掷斗金的浪子。

物理学家认为人在微醺的时候，对时间的感觉也会改变。两杯下肚，朋友在旁时，你注视着一朵花（比如一朵狡黠的玫瑰），看它变化得多快啊，几乎跟光速一样。你会发现它是如此巨大，如此接近死亡。你会知道它是怎样让黑暗的空间弯折，让时间转动。

时间是可以操弄的。时光在我们看一朵花时放慢了脚步。也许这样做，可以让我们慢些老去。

是值得开场宴会。把消息传出去，临时开宴！

注 释

1. 有关物理的、钟的例子，还有分隔两地的双胞胎等主要资料，都出自史蒂芬·霍金的作品《时间简史》。

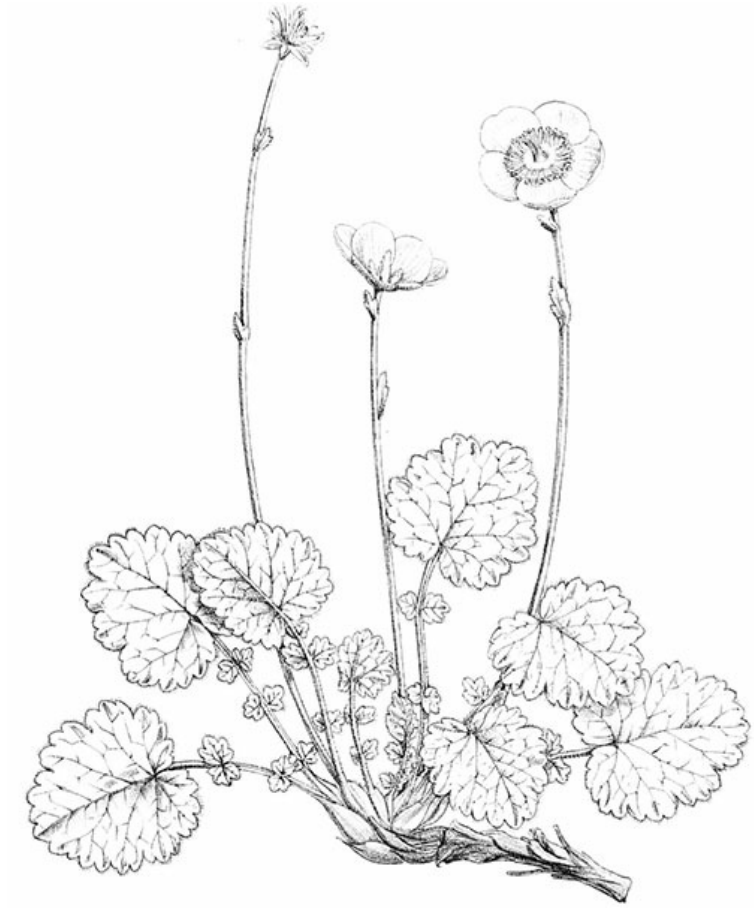
2. 很多书都谈到了仙人柱。我用了Gary Paul Nabhan, *Desert Legends: Re-storying the Sonoran Borderlands*, with photography by Mark Klett (New York: Henry Holt and Company, 1994)。引用的部分包括“丑小鸭”这名字，还有“魅力有如来自枯枝的拥抱”这样的形容词。他也提到自己第一次见到仙人柱的花时，一时以为那是丢弃的手电筒。我也查阅并引用了Susan Tweit, *Seasons in the Desert: A Naturalist's Notebook* (San Francisco: Chronicle Books, 1998)。

3. 若想进一步了解银城的历史和各种宴会，可以造访银城博物馆。该馆的负责人是声誉极高的Susan Berry。

4. Bernhardt, *The Rose's Kiss*，对花的生命历程有多处精彩的描写和剖析。

5. 要想更深入地了解龙舌兰，可参考Tweit, *Seasons in the Desert*, and Nabhan, *Desert Legends*。

第九章 旅人



干燥轻盈的花粉，天生就适合飞行，它们本当被抛入风中，吹到六千米的高空，或被带到五万米以外。

花粉的脚痒了。有任务在身，它踏上漫长孤寂的高速公路。得走了，朝荣耀迈进。你留不住的。上路吧，兄弟。花粉是个旅人。

榛树叹口气，呼出了花粉。春天刚转暖时，榛树的雄性柔荑花序像绵羊尾巴一样垂下，上面扎着一双双小花。风一吹，花序像小绒球似的摆动。一阵黄色的云雾渲染了整个天空。

一阵来自雄性花序的细密黄色烟尘。

其他的柔荑花序上开着榛树的雌性花，其深红色的尖端通常深藏不露。它们受过良好的教养，心高气傲，凡是从亲代树来的花粉一概拒绝。

黄云飘移，洒下花粉雨。

在一个本来很乏味的研究报告里，我发现这样一个句子，让我有了想把它写成诗的冲动。诗的开头是这样的：

在产地上方

亲代树降下一层

薄薄的

独家的

自己

榛树上光是一个花序就包含了四百万颗花粉粒，而整棵树可以长出几千个花序。干燥轻盈的花粉，天生就适合飞行，它们本当被抛入风中，吹到六千米的高空，或被带到五万米以外。这是个疯狂的旅程，目的地很不确定。大多数的花粉会掉回地面，被阳光烤干、在池塘里淹死，要不就是沾上了不该沾的植物。

少数花粉则会在人鼻子里的黏膜上膨胀爆裂，引发免疫系统的抵抗：救命啊！救命啊！有不明物体闯入！再来点液体，这里需要更多液体！

结果是鼻涕和眼泪泉涌而出。

花粉雨洒了满地，每一粒都肩负重任。

榛树在这里算了一下：四百万粒花粉，乘以几千个花序——花粉掉落在合适柱头上的机会增加了。

世界上大多数植物都仰赖特定的动物媒介传粉。不过以生物量，即陆地上生物（此处指植物）的总量而言，大部分的植物是把花粉散播到空气中。不论是森林中的优势树种松树、其他针叶树，还是莎草、藓草，或其他禾草类植物，风媒都是它们最有效率的选择。即便是成群的昆虫也没法胜任这样的工作，而在盐泽、沙漠等昆虫和鸟类稀少的地方，花也仰赖风力传粉。

花会尽其所能判断出何时、用什么方法释放出花粉。为了避开暴风雨，风媒植物通常在早春和秋季气候较温和时开花。同样的道理，禾草类植物的花会在清晨或黄昏时开放，此时热能形成的乱流不会把花粉刮到另一个州去。在死寂的宁静中，禾草类植物的花把花粉封在花药匙形的下端，以防花粉释出。

当天气清爽，太阳暖得恰到好处，会找麻烦的昆虫还没出来或已经走掉——总之，是当天气最宜人的时候，我们就会被雄性生殖细胞的“辐射尘”包围。

花粉粒的体积都很小，但程度各异。勿忘我花粉粒的直径是三微米（一微米等于千分之一毫米），南瓜花的花粉粒比它大上八十倍，可以用肉眼看到。大部分植物的花粉粒大约是三十微米。

每颗花粉粒都包在一层坚硬且造型迥异的外壳里，有长刺的、长瘤的、球形的、呈弧状或角状隆起的。每类植物都有专属的花粉形态，有时单种植物就有自己独特的形态。靠风传粉的植物通常较为平滑，从空气动力学的角度而言更能有效传送。表壳最复杂的，有着吓人的凸起和棘刺，有如中世纪武士头盔上的戟。这种形态的花粉粒通常出现在虫媒花上，以便能轻松附着在虫腹上。

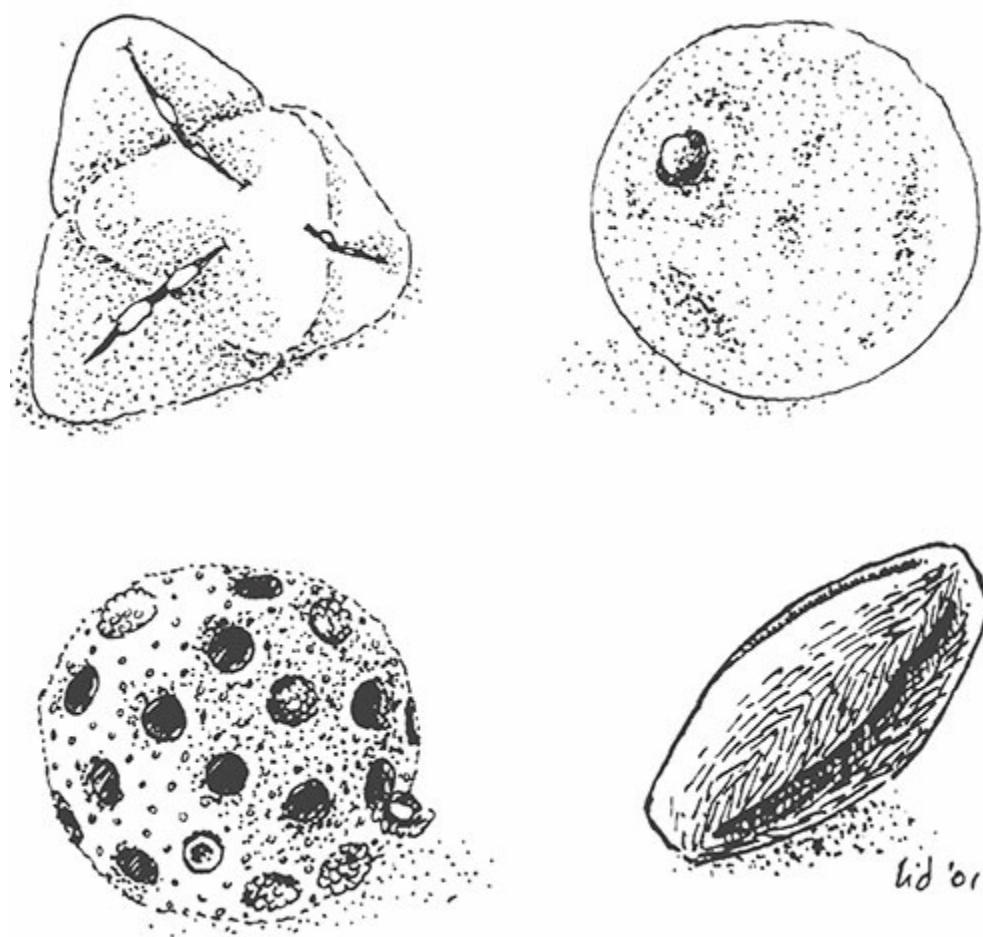
那些仰赖动物媒介的花的花粉，通常只是一团或一袋更细的花粉粒，被有黏性的黏结剂固定在一起，其黏性可以使它很容易地附着在鸟嘴或甲虫壳上。这种黏黏的油是花粉粒制造的，含有色素，能使花粉呈现出黄、橙、绿、蓝、黑、棕等色彩，吸引传粉者的注意。它还能产生香味，能防水，并保护花粉不受紫外线的侵害。

花粉离开花药的方式有很多种。通常，花药会逐渐变干，沿着接缝裂开。干燥的过程可能很平静，也可能很剧烈，以致雄蕊抽搐并蜷曲成一团。这时只要轻轻一碰，某些兰花就会机关枪似的发射花粉：砰！砰！砰！

花常常会保护花粉。有些花药在环境太冷或太湿时，会再度合上；有些花的花药锥只允许里面的花粉从花药顶端的小孔释出，这样也能使花药在合适的传粉者到来前保持干燥。蜂只停在花药上，用能让花粉释出的频率振动腹部肌肉；如果振动的方法不对，要么就是得不到花粉，要么就是只能得到一点点。蜜蜂似乎振动得不得要领，只会徒劳无功地动作，例如试着把舌头伸进花药的孔中。熊蜂则能比较熟练地请出花粉。全世界大约有百分之八的花，包括番茄、马铃薯、蓝莓、蔓越莓等，需要熊蜂来到窗前，深情款款地高歌，打动花粉现身。

许多昆虫的身体就是专门为获取、食用以及运送花粉而设计的。绝大多数种类的蜂为了胜任传粉员的工作，会重新打造自己的身体。工蜂的后足就像一把瑞士军刀，包括了花粉篮（一块长满毛的下凹区域，可以防止花粉掉出）、花粉耙（一排直立的刚毛）、花粉压模（一块扁平

的区域)和更多的花粉梳(一排排直立的毛)。花粉从前足经中足传到后足的过程中,这些部位就会通力合作,把花粉揉成花粉丸装好。



花粉粒

传粉者会拿出扒、刮、撬、抓、压的功夫取得并打包花粉,花粉自己也会主动出击,有些花的花粉甚至能跳过与昆虫间的鸿沟。欲望的原动力来自静电。

植物有自己的静电场,在晴朗干燥的天气里静电场最强。花有如植物的电极末端,电压最高,特别是其干燥部分通常都带负电。

刚离巢的蜂通常也带微弱的负电。不过飞行造成的摩擦会赶走电子,使蜜蜂改带正电。当觅食中的蜜蜂接近带负电的干燥花药时,花粉粒就会蹦出,附着在昆虫身上。

于是,身为蜂只的乘客,花粉也跟着带了正电,可以再次蹦出,跳

上带负电的花药。

像将要抵岸的水手。

像即将降落的飞行员。

像行路困乏的旅者。

又冷又迷茫的远行者，敲了敲村舍的门。窗里有光透出，有家的味道。

如果花粉粒运气好的话，会遇上合适的花——同种，但不在同个花序，也不是花粉亲代的女儿或者孙女这样的近亲。

无论表面是光滑还是有刻痕，任何花粉的外壳都有开口，能让花粉粒在离开花药时释出水分，减轻重量。花粉粒到达另一朵花的柱头上时，同样的开口则能为它们补充水分。

某些雏菊的柱头是干的。柱头外面的细胞先是“读出”来访花粉的身份，认证通过后才会计分泌出它需要的液体。

许多花接收花粉的柱头本来就是湿的，花粉粒可以轻易附着其上，并吸收表面的糖水。随即花粉粒裂开、鼓胀，吐出一根花粉管。有时候，花粉管是用“钻”的方式通过花柱纤维；有时候，花柱已经有一条空的通道，或是像果冻般容易穿越的区域。

花粉如果来自可亲和的花，就会畅通无阻。要是来自不亲和的花，通常都会走错方向、爆裂，或是停止生长。

以秋水仙为例，花粉管会在受粉后的十二小时抵达胚珠。有些花的花粉则是六个小时就呼啸而至。胚珠有孔可通，花粉管就从这里灌入两枚精子，一枚给胚乳，另一枚给卵细胞。

圆满的结局就是这样。以靠动物传粉的花来说，这就是“好”花粉粒受到的待遇。

“不好的”花粉粒当然就被吃掉了。

大部分的花粉都做好了随时牺牲的准备。

花粉是很多昆虫的正餐与甜点。在一只正准备采集花粉的昆虫眼里，花粉的营养标识很吸引人：百分之十六到百分之三十的蛋白质，百分之一到百分之十的脂肪，百分之一到百分之七的淀粉，无糖，含有多多种维生素和矿物质。

花有时非常大方。每朵虞美人的花可以制造二百五十万颗花粉粒，让传粉者超载。而其中只有少数一些不会被吃掉，能顺利抵达另一朵虞美人。

其他花为了打动顾客，会制造出不育的伪花粉。伪花粉成本较低，但营养价值与真花粉相当。体形更小的雄蕊，带着那些具有生殖力的花粉，被安置在适当的位置，以便昆虫可以轻易触到。

对蜜蜂来说，花粉供给充足，又可轻易找到，但采集的过程很耗体力，绝非快餐。蜜蜂先用上摇、耙、压、塞的功夫，再飞回它的聚落。花粉必须在此经过化学处理才不会发芽，再经过贮存前的处理做成“蜜蜂面包”，供幼蜂和成蜂食用（用于制作蜂蜜的花粉又是另外的处理方式）。坚硬多刺的壳处理起来很麻烦，有时蜜蜂得花上三小时的时间才能消化一团花粉。

一旦花粉落在柱头上，就会立即对水分和其他化学信号有所反应。如果没有这些信号，花粉的外层会非常稳定，是目前发现的抗性最强的有机物质，而这种天然聚合物的耐力可与工业生产的塑胶媲美。尽管花粉内在的活性只能维持片刻，花粉表面却能强力防腐、抗压，耐得住极端的温度条件。科学家曾在冰冻的猛犸象的胃里找到未消化的花粉粒，经过了三万年，花粉的外壁仍然存在。变成化石的花粉还能保存得更久。

考古学家自然会爱上花粉，古生物学家、气候学家、地质学家、法医科学家也是如此。

例如，从遗留下来的花粉粒判断，我们能够知道大约五万年前的尼安德特人是用整朵花来埋葬死者，包括古代的蓝风信子、黄橐吾、矢车菊，还有洋蓍草。知道他们这么爱花，会让我们更真切地感受到他们的存在。突然间，我们可以看到他们在哭泣，也能了解他们对来世的信仰。我们看到了文化。

一九九四年，一个埋葬了三十二具年轻人尸骨的集体坟墓在德国马格德堡被发现。遇害者要么是早春时节被盖世太保杀害的德国人，要么就是在一九五三年六月，因为拒绝镇压德国人叛变而遭苏联秘密警察杀害的苏联军人。科学家在其中七个头骨的鼻腔里发现了平车前、青柠以及黑麦的花粉，而这些花粉会在六月时漫天飞舞——遇害者是苏联人。

都灵裹尸布上也找到了花粉的痕迹。它是一片麻布，上面留有伤者的身体轮廓，不少人相信这就是用来包裹耶稣遗体的裹尸布。公元一五三八年，该裹尸布就供奉在意大利的天主教堂内。后来，霸王属植物和风滚草的花粉证实了其原料来自以色列。

花粉还在路上。

传统的纳瓦霍人相信“花粉道”联结的是众神和人类。我们需要的就是这种和谐。

生命之屋中

我漫游在花粉道上

由神云伴随

去往神圣的地方

有神在前引路

有神在后跟随

生命之屋中

我漫游在花粉道上

我们都走在花粉道上。我们都呼吸着这种雄性的烟尘（可能有些人会因为它出现各种意想不到的身体反应，深受其苦）。

亲代树在栖息地下方撒下一层细密独特的自己。

每个角落里的花都要抓住那片降下的云。榛树的深红尖端躲起来，等待，然后接收。禾草类植物精细的柱头梳理着空气，虞美人设宴相迎。花粉粒兴高采烈地从蜜蜂身上跳下。

一半跟另一半合上了。

得走了，朝荣耀迈进。

注 释

1. 有关花粉的精彩论述，可参见Bernhardt, *The Rose's Kiss*; Barth, *Insects and Flowers* ; and Proctor, Yeo, and Lack, *The Natural History of Pollination* 。

2. “一层细密独特的自己”引自Douglas Boucher, ed., *The Biology of Mutualism* (New York: Oxford University Press, 1985)。

3. 其他参考书包括S. Blackmore and I. K. Ferguson, eds., *Pollen and Spores: Form and Function* (Orlando, Fl.: Academic Press, 1985), particularly the chapter by W. Punt, “Functional Factors Influencing Pollen Form” ; and Irene Till-Bottraud et al., “Selection of Pollen Morphology: A Game Theory Model,” *American Naturalist* 144 (September 1994)。

4. 尼安德特人葬礼的资料主要来自Arlette Leroi-Gourhan, “The Flowers Found in Shanidar IV, a Neanderthal Burial in Iraq,” *Science* 190 (November 1975)。

5. 有关德国发生的谋杀案，我读了R. Szibor et al., “Pollen Analysis Reveals Murder Season,” *Nature* 395 (October 1998)。这件事发生的大概过程可见Meredith Lane et al., “Forensic Botany,” *BioScience* 40 (January 1990)。

6. 都灵裹尸布的资料可见Avinoam Danin, “Traces of Ancient Flower Pollen on the Shroud of Turin: New Botanical Evidence to Date and Place the Burial Cloth of Jesus of Nazareth”(media presentation at the Sixteenth International Botanical Congress, St. Louis, Mo., August 1999)。很多报纸文章也有谈到相同主题，如Jack Katzenell, “Plant Cues Place Shroud in Holy Land,” *Albuquerque Journal* , June 16, 1999。

7. 有关振动传粉，我读了Stephen Buchman, “Buzz Pollination in Angiosperms,” in *Handbook of Experimental Pollination Biology* edited by Eugene Jones and John Little (Princeton, N.J.: Princeton University Press,

1983); and Susan Milius, “Color Code Tells Bumblebees Where to Buzz,” *Science News* 155 (April 3, 1999)。

8. 有些前面提过的书籍文章谈到了蜜蜂的生活史。我很喜欢Susan Brind Morrow, “The Hum of Bees,” *Harper's Magazine* , September 1998。

9. 纳瓦霍的诗摘自Margaret Link, ed., *The Pollen Path: A Collection of Navajo Myths* (Stanford, Calif.: Stanford University Press, 1956)。

第十章 一个屋檐下



花和科学有些相似之处。它们讲究的都是社会，是团体生活：合作、竞争、盗取、借用、剥削、结合。

幼株正在密切观察。

它的茎和叶中的感光细胞可以“看到”可见光谱内所有的光，从远红外线到紫外线都可以。植物知道现在是白天而非晚上，知道白昼在渐渐拉长。它侦测到天气很热，波长短且有杀伤力的紫外线很强。植物的两个基因开始运作，制造出一种无色的色素，就像一层能滤去有害光的防晒油。

幼株忙着往下生根。根部负责品尝、测试、搜寻营养物质，当遇到一块富于盐分或矿物质的区域时，贪婪的根就会急忙往那边生长支根，用以收集食物。地面上，植物也在品尝、测试，从空气和昆虫叮咬中收集化学物质。当植物感受到风频频撞击自己的茎时，它的反应是长出更多细胞，使纤维质地更加坚实。植物是很敏感的，即使是小小的电流都会让它感到刺痛。暴风雨将至，虽然风雨能促进生长，但准备功夫也是必不可少的。

最重要的问题还是没有解决：何时繁殖？在适当的激素信号出现时，嫩枝多叶的尖端就会停止长叶，改而长花。促使这些激素产生的因素往往不是光，而是黑夜持续的长度——这里所需的黑夜长度是通过植物的绿叶仔细算出来的。在早春或秋天开花的植物需要昼短夜长的周期，夏季开花的植物则需要昼长夜短的周期。有些植物还需要气温的催发，它们在秋天长出花苞，到春天才开花，中间要经过数个月的寒冷。有些开花植物，例如郁金香和风信子，则只凭气温决定要不要开花；有些植物靠雨来催花；有些靠的则是干燥。

幼株等待着激素的产生。当昼夜循环的周期完全吻合时，它就会出现。

在幼株个体短暂而甜蜜的一生中，它会受到其他植物的影响。大部分情况是来自其他植物的竞争，它们会吃掉幼株的食物，用它的水，吸收它的阳光。幼株必须快速做出反应。例如说，当它发觉吸收到的阳光不足时，它会长得快些、高些，并往高处长，以挣脱邻近植物的遮挡。如果是向日葵的话，它会释放出一种有毒的化合物，抑制隔壁月见草的生长。

幼株本身也是个竞争者。

令人惊讶的是，幼株在生长过程中，可能还会受益于其他的植物。不谈远的，光看现在，真菌就跟幼株建立起了联系，为它的根提供养分（真菌并非植物，但和植物关系密切，亦敌亦友）。而等到幼株开花时，位于同一区域的其他花可以帮忙吸引传粉者，或者驱走害虫。它们的花朵是很好的模仿对象，而且幼株也可以从它们那边借用或偷来些什么。

幼株生活在一个由植物形成的社会（community，生态学中的习惯说法为“群落”）里。人类对“社会”这个字眼有着强烈的共鸣，其间往往掺杂了些怀旧之情。我们本来有更多的社会，如今只能哀悼社会的消失。

我们也许忘了这社会提供的不一定是支持。社会会对通奸者群起而攻之，对不合流俗者横加羞辱。对个体而言，社会的存在是福也是祸。

社会就像我们的邻居。（“他现在在做什么？”）

不同的花可以成为好邻居。

红色跃升花跟蓝色飞燕草长在一起时会分段开花，一种先开，另外一种再开。这样，昆虫可以觅食的时间就拉长了。有些昆虫恰好就需要这些多出来的时间来达到性成熟，以便繁殖下一代。于是花朵彼此合作，串联起开花的时间，为了自己的传粉大业，协力满足传粉媒介的需要。

花在一天中的不同时间开放，这也让传粉者整天都有事做。不同的

花以不同的奖品满足传粉者的各种需要，为蜂巢采集花粉的蜜蜂，可能也要来杯花蜜增添动力。

花会在空气中释放出香味或气味分子，跟传粉者沟通。植物也对非传粉者说话，不过通常是为了寻求帮助。

寄生蜂会刺穿毛毛虫的身体，将卵产在里面。幼虫逐渐长大后，就把宿主当作食物杀死。毛毛虫当然会躲避寄生蜂。在一大片多叶的植物丛中，寄生蜂怎么才能找到猎物呢？

当植物尝出毛毛虫的几种分泌物时，就会向空气中释放出化合物。寄生蜂认出这些化合物，就跟来了。快快快……植物说，我已经发现它了，它完全没发觉。就在这里，叶子下面！它正吃着这片叶子呢，最好快点过来。

二十世纪八十年代，研究者以柳树和枫树为例，证明一棵树受到害虫侵害后，周遭树木的抗虫害能力会变强。受损的树或许曾经发出某种化学信号，警告附近的树采取防范措施。“说话的树”这个理论在当时饱受批评和嘲笑，然而今天这些被科学家证明是对的。在条件控制更好的新实验中，科学家已经明确证实，遭害虫侵袭的植物确实会发出受伤的信号，警告附近还没被损害的植物驱赶这些害虫或引来害虫的掠食者。也许这些经由空气传送的化学物质，会直接被没有受损的植物吸收利用，但更可能的是，这些化学物质会诱发基因的反应，让植物自己做出抗虫的行为。

这些研究大部分都是针对作物。正常状况下，我们看到胡蜂在一只瘫了的毛毛虫中产卵并不会幸灾乐祸——除非那种毛毛虫会吃掉玉米。我们看到种植的番茄能为求自保主动出击，真是松了一口气。我们感兴趣的是甘蓝菜和甘蓝蚜、利马豆和叶螨、甜菜和行军虫的幼虫。



飞燕草

对植物更加了解后，我们不难猜到相似的防卫机制也出现在野花身上，像是深蓝色附子花、紫蓝色飞燕草、天蓝色亚麻、黄色耧斗菜、金黄向日葵、淡色马先蒿、象头马先蒿、流星花、红色跃升花和火焰草。说不定这些植物彼此也会谈谈呢。

当然，草地不是真像个市郊的住宅区。它其实更像购物中心，每个植物就像是在此做生意的店家。照常理来想，这个购物中心内只能有这么多家鞋店、餐厅，这么多家精品店。当两种花太相像时，竞争会更加激烈，按理说，其中一个可能会被淘汰出局。

然而，这种情况似乎没有发生过。花往往能学会调适，有些改为自体受精；有些推出新奖品——也许是某种全新产品，例如树脂、油或是香水；有些则是改变开花时间。红色跃升花长在某种吊钟柳旁边，而其中一方会视对方的生长情况，提早或延后开花（各地的情形不同）。

不过，某些植物之间，或是不同物种间的竞争可以很激烈。

在美国西南部，石炭酸灌木和一种名为无舌状黄花的灌木共享沙漠中的资源。两种植物逐渐发展出领域观念，会彼此保持距离。无舌状黄花的根要是进入了石炭酸灌木根盘踞的领域，就会停止生长，因为石炭酸灌木会释放出一种生长抑制剂。即使侵入的是另一株石炭酸灌木的根，无舌状黄花的根也会被同样的化学物质拦截。

相形之下，无舌状黄花对石炭酸灌木的侵入就显得无力招架。不过当一株无舌状黄花的根碰到另一株的根时，生长力也会下降。若是同株植物的根相碰则不会有事。这种植物既能认出自己，也能认出非己。

植物释放出毒害附近植物的物质的现象叫作“化感作用”。早在公元一世纪时，希腊科学家普林尼就观察到黑胡桃木下面长不了什么植物，它的阴影“太沉重，而且有毒”。像藜、蓟、莎草、鹅肠菜之类的野草，不只是会争取资源，也会阻碍附近植物的健康生长；多种芥菜和向日葵同样具有化感作用，一枝黄花和紫菀也是。自然界里一丛丛同种的树或草，透露出强制划界的信息：不要越界……滚！对，就是你。

有些植物会主动发起掠夺。独脚金的种子只有在高粱、玉米、大麦之类的谷物，或是烟草、豇豆之类的作物旁边时，才会发芽。这些植物开始生长时，独脚金也迅速从地底下蹿出，把不怀好意的手指伸向受害者，同时发展出一个特化^[7]的、类似根的器官，使寄生物可以吸出宿主植物根里的水分和养分。最后它会探出地面，开出一朵漂亮的红花。

事情发展到了这个地步，农夫恐怕已经失去自己的高粱田了。在亚洲和非洲的一些地区，独脚金可以祸害高达百分之四十的可耕地。对这

些地区来说，农作物歉收是一家人的不幸，孩子会因饥馑而死。在那里，独脚金和战争一样致命。

像美洲商陆或槲寄生之类的寄生植物，攻击的则是阔叶木；檀香的食物来源是附近的禾草类植物；水晶兰鬼魅一般的白色管状茎上开着一朵白花，由于自身缺乏叶绿素，它要从邻近树木根系上的真菌那里补充养分。

在长满飞燕草和耧斗菜的草原上，最奇特的寄生现象也许发生在另一种柄锈菌属的真菌——锈菌身上。锈菌感染的是芥菜类，它会违反植物的天性，重新设定芥菜的生长方式。受感染的芥菜植株和未受感染的看起来大不相同，患病植株的叶片和基部丛生叶的数量可能比正常植株多两倍，但高度只有一半。加长的茎上面，顶着的是不是芥菜的花，而是一簇簇亮黄色、形状像花瓣的叶子，还流出又甜又黏的物质。蝴蝶、苍蝇和蜜蜂来造访这朵伪花时，会像平常传粉一样，撒下名为“孢子”的真菌生殖细胞，而这些孢子，就得去找别的孢子结合了。

值得注意的是，伪花的气味和宿主植物的花或是营养器官的气味不同，也跟同时开放的花，如毛茛或天蓝绣球的气味不同。伪花散发出独特的气味，也许这样能够促进传粉的专一性，使传粉者把真菌的生殖细胞搬移到另一朵冒牌花，而非真花身上。

如果远看，即使是植物学家，都可能把冒牌花误认成真花；至于我等，连近看都会上这锈菌的当。

花如果想在竞争中成为赢家，还有另一种类似“合气道”的战略，也就是利用敌人的长处。

在“贝氏拟态”^[8]下，花试图看起来像是另一种花。兰花会长得像某种有花蜜的百合，却不提供花蜜。这样的模仿是有限度的，模仿过度会失灵，可能让传粉者学乖，改找别的花。但也可能传粉者没有觉悟，最终因缺乏食物而饿死。贝氏拟态仰赖的是模仿对象的繁盛，模仿对象繁殖得越好，它们就越能成功繁殖。

大多数情况下，贝氏拟态是伪装成有花蜜或花粉的花。有些花则会

做伸展运动，例如有些兰花会在微风中摇摆，企图模仿昆虫行动的样子，然后一只领域观念的昆虫会前来袭击花朵（也就顺便为花传粉了），想把入侵的“昆虫”（其实是兰花）赶走。不过，蜜蜂不是每次都那么合作，兰花有时还是得自体受精。

动物的贝氏拟态更常被人提起。它们这样做的目的跟传粉无关，而是为了躲避掠食者。于是不会伤人的王蛇，长得却像有毒的珊瑚蛇。一只丑陋但无毒的毛毛虫，看起来却像丑陋且有毒的毛毛虫。在这两个例子中，形似（resemblance）只对模仿者有好处，别人不能分得利益。

另一种叫作“缪勒拟态”的模仿行为就很不一样了。在缪勒拟态的情形下，形似对模仿和被模仿的双方都有好处。

好几科的植物中，都包含多种花序是小白花的种类。这些伞状花序的花，形状都差不多，吸引了很多种昆虫。在这一情况下，植物借由缪勒拟态，把黄心白雏菊、黄顶的蒲公英、紫苑，还有其他众多亲戚全部聚集起来，互通有无，招来更多的传粉者，使全体受益。

在美国西部，多达七个不同科、九个种的植物都有红色管状花，而且会在同时开花。迁徙的蜂鸟喜欢红色管状的花朵。不同种的花会把花粉放在鸟身上的不同部位，好让花能找到相似的花，为其授精。

其中有八种花还结合了大家的花蜜，供应众多顾客。剩下的第九种则是运用贝氏拟态的策略——虽然是红色管状，但没有花蜜。

如果是非植物学家读到植物学的著作，可能会抬起头来问道：“到底谁是贝氏，谁又是缪勒？”

时光倒回一八四八年的亚马孙河流域，贝茨坐在独木舟里，摇摇晃晃顺流而下来到一个部落。当地的猿猴、鱼类还有蝴蝶让他着了迷。那时的贝茨二十三岁，他的同伴华莱士二十五岁。两个男孩来自英国，立志想成为自然学家和收藏家。

贝茨在接下来的十年里继续探索亚马孙平原，采集到了八千种新的昆虫。

一天，在观察一群南美蝴蝶时，贝茨认出其中有两种不同的种类，

第二种跟第一种长得非常相近。掠食者不爱吃第一种蝴蝶。第二种其实味道很好，但因为和第一种颜色类似，因而骗过了掠食者。回到英国后，贝茨在当时声誉极高的林奈学会发表了一篇有关蝴蝶的文章。

几年后，德国动物学家缪勒证实了另一种模仿行为：为了以最有效的方式抵御掠食者，两种都很难吃的蝴蝶，可能最后会长成一个样。例如对鸟来说，总督蝶和帝王蝶同样不美味，人们原本以为总督蝶是采用了贝氏拟态模仿帝王蝶，但事实上它们结合了彼此的长处，让掠食者只用一半的时间，就学会了对两种蝴蝶敬而远之。

贝茨的同伴华莱士，后来离开了亚马孙平原，前往马来西亚继续进行采集工作。华莱士在这些岛上看到的，跟二十年前达尔文在科隆群岛上看到的情况一致。华莱士很兴奋，给达尔文写了一封信。达尔文也回了信。

考虑到华莱士可能会先发表他的理论，达尔文完成了拖了很久的以自然选择为主题的著作。一八五八年，两部分别由不同作者完成的著作在林奈学会发表。

不到一年，达尔文的《物种起源》出版。

紧接着，贝茨发表了他有关蝴蝶的研究。这似乎是自然选择的最佳范例：跟有毒模仿对象相像的个体占有优势，不会被掠食者吃掉，因此较有机会让自己的基因传下去。于是，越来越多的个体开始向原模仿对象靠拢，整个物种成了模仿大队。达尔文写了封热情洋溢的信给贝茨。

三人间的对话由此展开。

花和科学有些相似之处。它们讲究的都是社会，是团体生活：合作、竞争、盗取、借用、剥削、结合。

草地上的野花摇曳着，光华四射。有深蓝色附子花、紫蓝色飞燕草、天蓝色亚麻、黄色耧斗菜、金黄向日葵、淡色马先蒿、象头马先蒿、流星花、红色跃升花和火焰草。

某处，一棵幼株开花了，它在风中轻摇，吐出甜香。情况看来很不错：传粉者有意造访，害虫不起坏心，土壤的状况恰到好处。

而且，邻居看起来都挺友善。

注 释

1. Andy Coghlan, “Sensitive Flower” in *New Scientist* (September 26, 1998)对目前针对花如何“看见”“闻到”“触摸”和“品尝”的最新研究, 做了整理。还有数量众多的文章谈论相关课题, 例如Stephen Day, “The Sweet Smell of Death,” *New Scientist*, September 7, 1996; Garry C. Whitelan and Paul E. Devlan, “Light Signaling in *Arabidopsis*,” *Plant Physiology Biochemistry* 1998 36 (1-2) 125-133; and Paul Simons, “The Secret Feelings of Plants,” *New Scientist*, October 17, 1992。

2. 关于植物遇到暴雨时的反应, 可参考Stephen Young, “Growing in Electric Fields,” *New Scientist*, August 32, 1997。

3. Autar K. Mattoo and Jeffrey C. Suttle, eds., *The Plant Hormone Ethylene* (Boca Raton, Fl.: CRC Press, 1988), 提供了有关激素的重要参考资料。Bernhardt, *The Rose's Kiss* 也讨论了促使花朵开始发育的因素。

4. 为了解植物的相互沟通, 我特别参阅了Jan Bruin, Maurice W. Sabelis, and Marcel Dicke, “Do Plants Tap SOS Signals from Their Infested Neighbors?” *Trends in Evolution and Ecology* 10 (April 1995); Irene Sconle and Joy Bergelson, “Interplant Communication Revisited,” *Ecology* 76 (December 1995); Marcel Dicke et al., “Jasmonic Acid and Herbivory Differentially Induce Carnivore-Attracting Plant Volatiles in Lima Bean Plants,” *Journal of Chemical Ecology* 25, no.8 (1999)。

5. 想对花的社群有基本认识, 可参阅Proctor, Yeo, and Lack, *The Natural History of Pollination*。若想了解“化感作用”, 可参考的教科书很多, 包括Moore et al., *Botany*, and in articles like Gail Dutton, “Yo Buddy-Outa My Space,” *American Horticulturist*, Vol.72 March 1993; and Chang-hung Chou, “Roles of Allelopathy in Plant Biodiversity and Sustainable Agriculture,” *Critical Reviews in Plant Sciences* 18, no. 5 (1999)。

6. 讨论植物如何使用根文献包括Dutton, “Yo Buddy-Outa My

Space”; A. Tayler, J. Martin, and W. E. Seel, “Physiology of the Parasitic Association Between Maize and Witchweed (*Striga hermonthica*),” *Journal of Experimental Botany* 47, no. 301 (1996); and Charles Mann “Saving Sorghum by Foiling the Wicked Witchweed,” *Science*, August 22, 1997。

7. James Tumlinson, W. Joe Lewis, and Louside E. M. Vet, “How Parasitic Wasps Find Their Hosts,” *Scientific American* , March 1993等著作则讨论植物和胡蜂之间的关系。

8. 锈菌的模仿行为，我查阅了Robert Raguso and Barbara Roy, “Floral Scent Production by Puccinia Rust Fungi That Mimic Flowers,” *Molecular Ecology* (1998) 7: 1127-1136; and Barbara Roy, “Floral Mimicry by a Plant Pathogen,” *Nature* 362, March 1993。

9. 很多教科书都有谈到贝氏拟态和缪勒拟态。我也读了些文章，像是Barbara Roy and Alex Widmer, “Floral Mimicry: A Fascinating yet Poorly Understood Phenomenon,” *Trends in Plant Sciences* 4 (August 1999); James Marden, “Newton's Second Law of Butterflies,” *Natural History* Vol. 1 (January 1992); Lori Oliwens, “Royal Flush,” *Discover* , January 1992 ; James Brown and Astrid Kodric-Brown, “Convergence, Competition, and Mimicry in a Temperate Community of Hummingbird-Pollinated Flowers,” *Ecology* 60, no. 5 (1979)。

10. 关于达尔文和华莱士的争议，可参考Quammen, *The Song of the Dodo* 。本书也记载了贝茨和华莱士的探奇旅程。我也读了Henry Bates, *The Naturalist on the River Amazon: A Record of Adventures, Habits of Animals, and Sketches of Brazilian and Indian Life* (Dover Publications, 1975); and Mea Allan, *Darwin and His Flowers: The Key to Natural Selection* (Taplinger Press, 1977)。

第十一章 巴别塔与生命之树



他们明明知道一朵花的俗名是“黑脚雏菊”，却偏偏要说“菊科植物”。他们最喜欢刺耳的拉丁文，比赛谁能说得最溜.....

要说植物学家古雅得可爱也可以，说是装腔作势到惹人厌也可以。他们明明知道一朵花的俗名是“黑脚雏菊”（blackfoot daisy），却偏偏要说“菊科植物”。他们最喜欢刺耳的拉丁文，比赛谁能说得最溜：这是*Melampodium leucanthum* 吗？*Chrysanthemum leucanthemum* 呢？*Monoptilon bellioides*？*Bellis perennnis*？

不是吗？不是*Eregeron divergens* 啊？

大人在说话，小孩不明所以。

“是朵雏菊啦！”外行人低声说。

在传统分类学里，雏菊属于植物界、被子植物门、双子叶植物纲、菊目、菊科，而该科包括了一千个属，这些属底下有约一万九千种植物。各个类别如界、门、纲等，称作分类单元。

分类学家做的事是把东西分类。他们自己便隶属于动物界、脊索动物门、哺乳纲、灵长目、人科、人属，以及该属唯一现存的物种，智人。

分类学家斥责外行人：世界上有太多种雏菊了，我们得要分得更明确些。

同样的，俗名叫蓝钟（bluebell）的植物也太多了，但它们的属别、种类均不同：在新西兰指的是石生蓝花参，美国是加州蓝铃花，西非是蝴蝶花豆，苏格兰是圆叶风铃草，英国是英国风铃。

光是在英国就有十种不同的布谷鸟剪秋萝，只要是在布谷鸟啼叫时的清晨开花都算。还有太多可笑的俗名，像是“别碰我”（touch-me-

not, 中文名为“凤仙花”)、“血红的鹤草”(bloody cranesbill, 中文名为“血红老鹤草”)、“张开的屁股”(open-arse, 中文名为“枇杷”)、“讲坛中的杰克”(jack-in-the-pulpit, 中文名为“三叶天南星”)、“火轮”(firewheel, 中文名为“天人菊”)、“猩红号角手”(scarlet bugler, 中文名为“大红吊钟柳”)、“巫婆榛木”(witch hazel, 中文名为“北美金缕梅”)、“女士的拖鞋”(Lady's slipper, 中文名为“兜兰”)、“无花果草”(figwort, 中文名为“玄参”)、“长须的舌头”(beardstongue, 中文名为“吊钟柳”)、“蛇扫帚”(snakebroom)。[\[9\]](#)



牛眼菊

大人要谈正经事之前，首先得学会正经的语言。

目前所知最早的植物分类著作是在公元前四世纪用拉丁文写成的。将近两千年后，一位英国植物学家完成了第二次重要分类，使用的也是拉丁文。十八世纪时，某位科学家表示小时候跟爸爸说话只准用拉丁文，结果他在学会自己的母语瑞典语之前就学会了拉丁文。

“救命啊，爸爸，我要淹死了！”

是“*Filius , filius , linguá latiná dicte !*”（拉丁文）。

这种管教方式颇有距离感，是冷酷规划下的产物，可能出自控制欲强的人格。

也许正是类似的方式，培养出像林奈这样的科学家。他也是瑞典人，生于公元一七〇七年，父亲是神职人员，也是个好学不倦的植物学家，林奈的叔叔和祖父也是（连他的曾祖母也曾是植物学家，后来还因此被指控为女巫，处以火刑）。林奈长大后成为一个自大、虚荣、没有安全感的人，他的才智都花在研究植物的架构上面。他依照生殖器官，把植物分成二十四纲。

“上帝负责创造，林奈负责让受造物就位。”他说。

要想把整个世界组织起来，自大也许是必要的。林奈发现，想要推广他的工作成果，更好的方式是使用第三人称，这样别人会把他的话当一回事。尽管他标榜的分类系统是人为的，而且有些地方不够精准，但它在当时仍是最方便而且最完备的体系。不过几年的工夫，他的分类系统就成了主流。

林奈最重要的贡献，是给每个物种起了一个两项式的名字（双名命名法），即每个名字可分为两部分。今天我们沿用的还是这套方法。第一个词的首字母是大写，代表属名，例如“*Mentha*”指的是薄荷，“*Vitis*”指的是葡萄；第二个词是小写，通常起到描述功能，例如“*Mentha peperita*”就是胡椒薄荷，“*Vitis vinifera*”则是一种常见的酿酒葡萄。

今天的科学家在发现新的物种时，依循的是“国际植物命名法规”，简称“植物命名法规”。物种首先依界、门、纲、目、科、属的标准决定它的定位，然后再用双名命名法来命名。用所谓“植物拉丁文”取的名字和发现者用自己母语起的名字，都要一起交给主管的期刊，由那里的编辑和工作人员审定是否真的是新物种，名字是否没人用过。

植物拉丁文的文法已经简化，加了一些新词，改变了原来的词义。要是讲给古典拉丁文学者或是古代罗马人听，他们会不明所以。尽管如此，就像一位语言学家所说，“活狗总比死狮子好”（A living dog is better than a dead lion）。

植物拉丁文就是只活狗。

Eregeron devergens. Monoptilon bellioides.

这些原本佶屈聱牙的词，终会变得顺口，就像岩石经过了水流翻转和时间打磨后，最终会变成轻盈的石子。

Melampodium leucanthum. Bellis perennis.

你也可以加入谈话。

你也会觉得自己与众不同。

林奈在进化理论出版前一百年就发表了对花的分类。他依照外部形态进行分类，直到十九世纪，其中的大部分仍具有绝对权威。他的双名命名法和分类等级，至今仍为大家沿用。

当代分类学家试着以世系，即植物及其后代随时间演化的形式和过程作为分类标准。沿这条世系之线往上走，生物共有的特征越来越多，到了物种的单位时，生物共有的生殖特征已足以让它们共同繁殖出有生育能力的下一代。同样，沿这条世系之线往下走，每降一级，物种间的演化关系就越密切。

分类学家都认为，分类要能反映演化过程。但是他们对生物的哪些

特征较原始、哪些较新的看法各异；同样有争议的是判定各等级时，该采用何种指导原则。因此，植物学家采用了数种不同的分类系统，以此反映判定者的个人特色。

例如说，果实为荚果或豆子之类的豆科植物，可以依花的形态分为三类。含羞草的花是辐射对称的；普通豆科植物的花是左右对称的，有五片花瓣，中间的花瓣较大，从花苞中伸出；美国皂荚的花也是五片花瓣、左右对称，但中间的花瓣不大，不会特别显眼，也不会长出花苞外。如果你认为花的形状很重要，就会把三类植物分别划入三个科，然后别人就会说你是个“分裂主义者”（splitter）。如果你觉得形状不重要，果实或豆荚才是重点，你就会把它们全部堆到一科，分属于三个亚科。要是这样做，别人就会称你为“合并主义者”（lumper）。

还有一种叫作“支序分类学”的方法，可以供你发展出自己的一套分类。首先，找出某种植物的特征，定义它是原始的还是衍生出来的。玫瑰的红花和司虾鹿角柱的红花是由两种化学结构不同的色素形成的，是哪种色素先出现，哪种由另一种衍生而成？不同的演化分支图显示的演化分支和演化模式都有所不同。命题很复杂，牵涉因素众多，可能性也许成百上千，甚至达百万种。不过，计算机可以帮你计算，推测出较有可能的形式。

无论你是哪种分类学家，计算机都可以助你一臂之力。现在我们能借着观察植物的脱氧核糖核酸（DNA），估计出植物是何时、从何处，以及怎样演化而来的。我们观察细胞，观察基因和染色体。然后，我们从显微镜前抬起头来，有些气馁。

原来，我们目前的很多分类都是错的。每天都有坏消息传出。例如，莲花跟睡莲并没有关系，而是跟西克莫无花果一类。

有种体形小、开白花的芥菜，学名是拟南芥（*Arabidopsis thaliana*），经常在实验里用到。身为第一个完成基因排序的植物，有关它的研究报告数以百计。我们对它所知甚详，但不幸的是，曾有一位植物学家在研究跟它同属的二十五种植物时，发现其中有二十种跟它没有演化上的关联。这种植物势必得重新命名，全世界的植物基因学家一片哗然。

单单是新的植物知识就已经渐渐无法跟旧的等级系统、界

(kingdoms)、门 (phyla)、纲 (classes)、目 (order)、科 (families)、属 (genera)、种 (species) 兼容了。以前学生要靠提示性的字句来记住这些等级：“菲利浦王只为金银而来 (King Philip Came Only For Gold and Silver)。”后来，分类学家又加上了总目 (superorders)、亚科 (subfamilies)、族 (tribes)、群 (cohorts)、类 (phalanxes)、亚群 (subcohorts)、亚类 (infraphalanxes)。这样一来，即便有能帮忙记住这些单词的句子，本身也太长了。

在目前的体系下，新的发现可能会产生多米诺效应，一个植物家系改了名字，以下不计其数的植物名可能都得跟着改动。植物学法则里的更动，有时非常复杂棘手。

光是用植物学法则命名这档子事，本身就够复杂的了。

有些生物学家想要一个新的系统，丢弃已经扭曲且多有矛盾的界、门、纲这些等级，给植物取个能看出其演化过程的合适名字。这样的命名遵循林奈的“阶层”精神：一类植物包含在一个更大的类别中。人类也许就可以叫作“智人、人属、人科、灵长目、哺乳纲、脊索动物门、动物界” (*Sapiens Homo Homidae Primata Mammalia Vertebra Metazoa*)，或简称为智人 (*Sapiens Homo*)。这样，要是又有什么新发现（譬如发现我们的祖先来自外太空），要改名字就容易多了。

菲利浦王再也没人理睬了。

“这是从发明切面包机以来最伟大的成就。”[\[10\]](#)一个植物学家说。

“蠢透了。”他的同事说。

“听来挺吸引人的。”第三个人说。

又是一个沟通上的问题。

我们希望借由取名字来更加认识雏菊。然后，像滚雪球一般，我们想知道雏菊的亲戚叫什么名字，还有跟这些亲戚有关的植物的名字，还有这些植物的亲戚要怎么称呼……最后，我们发现，我们根本是要为全

世界命名。

雏菊只是植物学家称作生命之树的结构里的小分支，我们还想认识整棵大树。

要达到这个目的，需要做的不光是找出一个共通语言，或是进行一场谈话而已，更牵涉到名字如何互相联结，如何形成一个更大的整体，就像植物由细胞开始生长，然后分裂出枝叶，最后包罗世间万物。

这是生命之树。如果想要描绘出它的全貌，通常我们需要把构造简单的单一细胞当作树底，由它们画起。这些称作“原核生物”的细胞，内在结构简单，有些已经习惯了严苛的环境，例如高温的水池，或是刚诞生的星球之类。原核生物向上一层，是称作“真核生物”的细胞，它的构造更复杂，中心有了细胞核还有其他结构。这两种单细胞生命形式共同组成树上最大、同时也是最乏人问津的部分，所占比例远远超出其他生物。此区有数以百万计的物种尚未被发现，甚至也没人打算去发现。这巨大的“树干”常分成两界：原核生物界和原生生物界。

继续往上升，快到顶端了。构造复杂的单一细胞，结合成多细胞的真核生物，即我们说的树冠部分。我们习惯把树冠分为三界：植物界、真菌界和动物界。

最近的研究已经在这些枝干间卷起一阵旋风。

植物界的单一枝干，实际包含了三个独立的植物群，即三组由三种不同单细胞生物演化而来的世系。绿色植物包括绿色藻类和所有陆地上的植物；红色植物指的是红藻；褐色植物是褐藻、硅藻及一些长得像植物，但不进行光合作用的生物。

第四个分支的真菌，包括了酵母菌和蘑菇。蘑菇也许看起来跟它们没什么关联，像朵雏菊般生长，但以演化观点来看，蘑菇和其他真菌或动物的关系比跟植物密切。

动物界（嘿，来点音乐！）是第五个分支。从医学的角度来说，我们在演化上跟真菌近似，因此真菌造成的感染很难医治。对真菌有害的，对我们也有害。我们亲如手足，有着太多的共同之处。

了解生命之树上谁往哪里去、谁跟谁有关系很重要。如果我们知道某种疾病是细菌而非真菌造成的，我们的应对方式也会不同。另一方面，要是某种植物对我们有益，它的亲戚可能也对我们有益。当研究人员发现短叶红豆杉能产生紫杉醇这种抗癌物质后，这个树种没多久就因滥采而濒临灭绝了，但很快我们就知道再去找那些也能产生紫杉醇的物种。我们甚至发现，某种长在红豆杉上的真菌也能产生紫杉醇。

红豆杉、真菌，还有研究者。我们的关系之密切，远远超乎我们所愿意相信的。我们紧紧缩在生命之树的一角，被细菌包围。微生物的势力之大远超过我们。

在生命之树上，人类只是根小树枝。我们所属的动物界领域极其微小。但是我们才是重头戏。我们喊出生物的名字，梦想为它们命名；我们赞美赐给世上生物名字的神灵；我们明白命名的魔力，我们很清楚命名即占有。

有人说，玫瑰不管取什么名字都会一样香。不过这只是某些人的意见罢了，说不定它改了名字就不会那么香，闻起来就会不一样了。也许，所有的不同都是名字造成的。

是朵雏菊，好漂亮。它的心是蛋黄一样的颜色，花瓣是乳白色的。我们一片片地剥下花瓣，轻声默念，“他爱我……他不爱我……”，我们还用花编了个花环戴在头上。

我们想为雏菊命名。

叫作*Eregeron divergens* 吧。不，叫*Bellis perennis* 。不对，应该是*Chrysanthemum leucanthemum* 。

伴随着这些仪式，我们把雏菊安放在了生命之树上。

注 释

1. 本章的重要参考书籍是William Stearn, *Botanical Latin* (Hafner Publishers, 1966); Moore et al., *Botany*; and Tod F. Stuessy, *Plant Taxonomy: The Systematic Evaluation of Comparative Data* (New York: Columbia University Press, 1982)。

2. 有关林奈的资料来源很多，包含Tore Frangsmyr, ed., *Linnaeus: The Man and His Work* (Science History Publications, 1994) and Bil Gilbert, “The Obscure Fame of Carl Linnaeus,” *Audubon* Vol. 86 (September 1984)。

3. 为了取得分类学的最新资料，在第十六届国际植物学研讨会上，我出席了有关这个主题的几个场次（一九九九年八月，密苏里州圣路易斯）。我也读了Brent Mishler, “Getting Rid of Species,” in *Species: New Interdisciplinary Essays* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1999); and Rick Weiss, “Plant Kingdoms' New Family Tree,” *Washington Post*, August 5, 1999; Susan Milius, “Should We Junk Linnaeus?” *Science News* 156 (October 23, 1999); William Stevens, “Rearranging the Branches on a New Tree of Life,” *New York Times*, September 23, 1999; and Glennda Chui, “Tree of Life Proposal Divides Scientists,” *Mercury News*, September 23, 1999, as quoted on the Deep Green Web page, <http://ucjeps.herb.berkeley.edu>, with additional keywords “bryolab” and “greenplantpage”; “Team of Two Hundred Scientists Presents New Research That Reveals Full Tree of Life for Plants” (press release prepared by International Botanical Congress, August 4, 1999); and Jeff Doyle, “DNA, Phylogeny, and the Flowering of Plant Systematics,” *BioScience* 43 (June 1993)。

第十二章 花与恐龙



这些花和所有现存在世上的花，都是有能力和跨越KT界线的花的后代。它们的源头，则能追溯到几千万年前第一棵绿色植物，那个只有针头大小、一层细胞厚的，傍淡水而生的植物。

是十亿年前的事了。

你身处水中。水从身旁流过，一切轻松而惬意。你吐出了雄性生殖细胞，它们随流水漂走。你吐出了雌性生殖细胞，它们也随流水漂走。你离开了海洋，来到一个淡水湖泊。此处也挺不错的。你很快乐，就像只蚌（不过这时还没演化出来）一样快乐。

你并未狂妄到自以为是绿色植物中的夏娃。和针头一样大小的你，厚度相当于一层细胞。有件事挺让人伤脑筋：由于湖岸不断变化，湖水已经退去，害你干掉了。

不过你仍学着适应，保护自己不受阳光伤害，并在涨水时释出精子，水退时按兵不动。你已不是昨日的你。有了新面貌的你，觉得自己不再只是绿藻。

你挺喜欢藓类这个字眼。

现在到了五亿年前。

你没有叶子、没有茎，也没有根，很难传输矿物质和水分。于是，你决心要成为蕨类。有朝一日你会当上家庭盆栽，人类会是你的奴隶，每天为你灌溉，而你会住在一栋可以观海的大宅里。

你现在有些自大了。“包装”这个主意令你心动。你想要保护自己的胚（你称之为种子）；你想把自己的精子装在容器里（你称之为花粉）。

现在是两亿年前了。

你已发现了空气动力学这回事，知道风会把你的精子带到另一株植物去。现在你是裸松树了，是镇上主要势力的一分子。你的同伴遍布整个大地，到处皆是起起伏伏的茂密森林。你是陆地上最成功的植物。你想在夹克上面加上你们这一伙的标签：裸子植物（如果有做得那么大的夹克的话）。

你是裸子植物，没有花和果实。目前的成就令你心满意足。你仰仗着自己的桂冠（这时月桂树还没演化出来呢），心中感到无比骄傲。

你想要别人也知道你的感觉。环顾森林，你瞥见了恐龙。

两亿年前，侏罗纪刚开始，爬虫类动物和裸子植物分居陆地上动、植物界的霸主地位。爬虫类指的是恐龙，它们已经存在了很久。接下来的六千万年，它们的体形会越来越大，最后有些长到二十多米长，重达六十多吨。它们成群活动，用柱子似的腿行走，土地为之震动。骄阳下，它们吃着针叶树、苏铁、银杏和种子蕨的顶部树叶，用耙子般的牙齿，扯下多叶的枝干，然后让食物在胃里慢慢消化。当时，多数的大陆仍挤在一起，形成一个巨大陆块。少数的蜂和其他昆虫在空气中轻轻飞过，少数外貌像鼠类的哺乳类动物则在泥里匆匆钻过。

一位名叫洛伦·艾斯利的作家曾形容过这样的景象：“在陆地上，松树和云杉的森林形成一片单调的绿，连带它们原始的球花^[11]，延伸到每个角落。没有禾草类植物掩蔽掉到地上的赤裸种子，雄伟的红杉直指天际。那时的世界确有引人入胜之处，然而那是个巨人的世界，其步调悠缓，正如那些在巨大树干间昂首阔步的爬虫类动物。”

在这单调的绿色世界中，真正的花开始演化出来了。演化来源也许是种子蕨（某类已绝种的植物），或是类似灌木的亚苏铁（也已经绝种），也可能和麻黄是同一个祖先。

同时，巨大的陆块也在分裂。印度向北漂，北美向西漂。到了一亿四千万年前侏罗纪的尾声时，某些植物的胚珠可能已发展出多肉的心皮，能包裹并保护原本裸露的种子。这些植物的种子散播出去时，正好搭上了大陆漂移的便车。

海洋的另一端，北美这块陆地正发生剧烈的火山活动，导致山脊上升，并让非洲和南美洲分开，欧洲的浅海干涸。

时间太长，发生的事太多。

这就是我们喜欢化石的原因。它是某个植物或动物在特定时刻的生命。我可以在化石中看到自己：埋藏在淤泥中，每个细胞的水分都被榨干，体形因而缩小，变得干硬，正等待着科学家来发掘。命运仅此一种，再明白不过。

最早的花朵化石之一是在澳大利亚的库恩瓦拉被发现的，该化石距今已有一亿两千万年的历史。科学家原本以为它是一片没有锯齿的蕨叶，后来才有人注意到那一簇簇句号般大小的花。这些小花全是雌性的，没有萼片、花瓣或雄蕊，唯一的心皮没有花柱，靠缩小的叶片来保护。整个花朵高约四厘米，外貌像一棵小型黑胡椒树。理论上，它的雄性植株应该也埋藏在某地的岩石里。库恩瓦拉之花很可能是靠风传粉，不过，或许也有些小昆虫参与了任务。

当时是白垩纪前期，甲虫已经在为叶似棕榈的苏铁传粉了。其他的裸子植物可能也利用昆虫来传粉。可以确定的是，早在恐龙的时代，苍蝇和蜂类就已经存在。

这时，恐龙的体形莫名其妙开始缩小。小型动物的热量流失快，需要更高的新陈代谢率。于是，草食性恐龙开始学着更有效率地咀嚼。随着鼻孔变大，呼吸也变得更有效率了。拜呼吸道跟口腔分离之赐，恐龙现在不但可以边呼吸边咀嚼，还可以更迅速地实现消化，把食物转换成能量。同时，它们的脑容量和身体体积的比例拉近了，行为变得更有弹性。

到了白垩纪末期，恐龙已经分出了各种支系，从大到小、各式各样，种类之多空前绝后。

花也在分出各种支系。亚洲和北美洲保留下了一亿一千万年前的化石。有些花兼有雌、雄性器官；有些不止一片，而是有八片心皮；有的心皮则已合拢。

九千万年前新泽西的一场大火，把封在粪堆里、数以百计的花的细

胞壁都给烤硬了，粪便化成了石头。这些小花是立体的，其中有些和木兰一样，各部位呈螺旋分布。还有些破碎的象鼻虫化石。从这些化石可以看出，当时有些花是靠着甲虫用它们典型的“吃喝拉撒”的方式来传粉的：甲虫在植物身边闲逛，吃东西，交配，排泄，最后拾起花粉背在身上，做法和今天的甲虫一样。有些花会把花粉弄成一块，跟今天的花碰到了可靠传粉者时的做法如出一辙；有些花跟今天的杜鹃花科植物、绣球花、康乃馨、猪笼草和橡树有亲缘关系；有些花会拿树脂当作报酬。

而这是一捧来自白垩纪晚期的花束。

到了白垩纪晚期，开花植物已处处可见。在漂移的大陆上，它们已经以丛生的草本植物和灌木的形式，攻下了未被占领或处于混战的地区。花渐渐发展出左右对称的结构，花瓣合起，形成方便小动物爬进爬出的形状。昆虫也随之应变。它们发现了分泌花蜜的腺体，于是在一杯杯蜜汁间穿梭。一只蛾懒洋洋地从恐龙的鼻孔间穿过，停在一朵香甜诱人的花上。

奇妙的是，恐龙竟可能是促成这一切的帮手。

侏罗纪时期，占据主导地位的草食性动物体形巨大，以裸子植物的顶部为食。通常这些植物都耐得住它们的大嚼特嚼，因为嫩芽和树苗都是在下方生长。

但到了后来的白垩纪，草食动物变小、变矮了，还长出了壮硕的头颅和平坦、能轻易磨碎食物的牙齿，专为嚼烂植物纤维设计。下方的树叶恐怕还没来得及成熟、长出种子，就已经被吃掉了。这时，恐龙跟裸子植物的互动关系，就完全是另一回事了。

同时，裸子植物的数目在白垩纪开始减少。长得快的草本植物和灌木、小小的被子植物以及所有无畏的殖民开拓者，突然捡到了便宜。一座座裸子植物的宏伟森林消失了，更多可繁衍的栖息地出现；花朵有了生长演化的新空间。

艾斯利在其一九七二年写的著名文章《花如何改变世界》中说道，开花植物为小型哺乳类动物提供新的高能食品：花蜜、花粉、种子、果实。这些食物经过浓缩，能够提供哺乳类动物扩张和繁衍所需的能量。禾草类植物长出花后，平原上就会遍布吃草的动物。所有的哺乳类都到

齐了，很快就会蹿出一只多毛的掠食者。百万年后，在平原和树林的交界处，会有一只好奇心特别旺盛的哺乳类动物直立着，瞪着前方，手中抓根棍子。

艾斯利以值得传颂的句子为文章做了个总结：“小小一片花瓣却改变了地球的面貌，使我们得以称霸。”

当我们看到一棵颜色暗黄的芥菜，或是路边残败、布满灰尘的罌粟时，将会想起这句话。花可能曾是为你我开路的功臣。

恐龙可能也曾为花开路。

我们一生至少会有一次，想象自己身处恐龙的国度之中，尤其喜欢想象自己躲在六千五百万年前的树丛间，而霸王龙就在近处咆哮。

它.....来.....了.....，越.....来.....越.....近.....

霸王龙是有自己专属名字的恐龙。它走路的样子像个疯女人，步伐踉跄，不时回望，一副有所企图的样子。它身长十三点五米，身高达六米，体重将近四吨。我们通常会想到它的下颌和牙齿。电视强化了人类的远古记忆，我们能够想起被活生生吞掉的滋味。

如果我们把目光从霸王龙牙齿上移开，环顾四周，就会发现眼前的景象很熟悉。有像落羽杉、红杉、西洋杉之类的针叶树，还有西克莫无花果、月桂树、美国鹅掌楸、木兰。我们还看不到禾草类植物，也看不到向日葵之类的花。不过我们确实看到了很多开花植物——裸子植物的时代几乎已成历史。

霸王龙跨着大步离开，走进了美国鹅掌楸的树丛间，嘴里还在“咒骂”着。它还不知道全世界有超过三分之一的动植物、三分之二陆地上的动植物种类，即将面临灭绝的命运。它也不明白自己正活在古生物学者所谓的“KT界线”[\[12\]](#)，即白垩纪尾和第三纪初之间的短暂时期。它不懂得当古生物学者谈论“能度过这个时期并存活下来的生物”时，没有提到它的名字。

没有人能准确说出到底发生了什么事。

多年来，火山持续且猛烈地喷发。火山喷发可能会释放出某种有毒的物质，导致全球气温下降。同时，浅海正由大陆退去。恐龙族群可能染上了某种疾病，导致基因库萎缩。甚至，会偷蛋吃的小型哺乳类动物也会让它们不堪其扰。

可以肯定的是，一颗在白垩纪末期撞上地球的小行星，对它们来说是很大的打击。位于尤卡坦半岛的撞击坑，宽度将近二百千米。撞击的碎片散落整个北美，彗星富含的铱元素，则散播到全世界每个角落。大片大片的区域被火烧成灰烬，有几个月的时间，无所不在的尘灰遮蔽了太阳，空气中的化学物质让全球都下起了酸雨。

这种情形下，恐龙很快就灭亡了，而以死掉或腐烂植物为食的小型爬虫类和哺乳类动物则度过KT界线活了下来，某些种子也活了下来。

美国北达科他州某处，有百分之八十的植物消失了。这个数目是根据KT界线上和下方挖掘出的植物化石数量推算出来的。这一时期化石的特征就是含有小行星撞击的残留物，包括铱元素和震碎的矿物微粒。在那之后，蕨类孢子的数量变多，它可能就属于在撞击后仍能继续生长的植物，而蕨类植物形成的草原或许曾短暂主宰整个大地。

在俄国的远东地区，则只有一种被子植物撑过了KT界线。

恐龙消失了，花则是惨遭浩劫。

有人说，事情发生得分秒不差。每次大灭绝后，演化速率就会加快。大家都在分出支系，每个物种都在朝不同方向发展。大灭绝通常由栖息地或气候的重大改变造成，这些变化同时也让存活物种的族群彼此隔绝。于是新的物种演化出来，世界再度变得热热闹闹。

下一个阶段是第三纪，也叫哺乳动物时代，同时是开花植物时代。存活下来的被子植物成了新典范，新的、进化中的花树立了新标杆。早期豆科植物的花有着翼瓣和一片龙骨瓣；喜林芋类的植物为了捕捉昆虫，设立了佛焰苞和花室。花把管子和短枝都加长，好容纳新种类的昆

虫、鸟与蝙蝠。然后突然间，蝴蝶出现了！

艾斯利写道：“尽管动作慢、智商低的恐龙令人印象深刻，但它们存在的年代是否曾发展出像今天这般，或攻占地球各个角落，或穿梭于树林间的植物，是否曾呈现丰富多元的生命形态，却是值得存疑的。”

科学家一直在寻找现存最古老的花。他们比较了数百种植物叶绿体的突变基因，当计算机程序为这些基因排定大致的年代先后时，无油樟这种奇异的灌木出现在排序的底端。

无油樟是个活化石，它跟全世界第一个开花植物有着极接近的亲缘关系。它有乳白色的小花和红色的果实，只生长于南太平洋上的一座小岛。有些植物学家认为无油樟的形象接近花的原型，即第一朵具有完整部位的花。

排在距今年代最久远第二位的，可能是睡莲。然后是大茴香，接下来是木兰。

这些花和所有现存在世上的花，都是有能力跨越KT界线的花的后代。它们的源头，则能追溯到几千万年前第一棵绿色植物，那个只有针头大小、一层细胞厚度的，傍淡水而生的植物。

你是株被子植物，在大撞击后大难不死。你不愿重提往事。当你发现生命还有更多可能性时，你变成了兰花，这样的转变连你自己都感到意外。你会滴下香露，装成一只胡蜂，设计通行的秘道。你懂得取悦蜂类。

有时，你也会依稀记起恐龙。

注 释

1. 像是绿色植物起源于淡水而非盐水等演化的最新观念，我是从参加该研讨会的几个主要场次得知的。相关资料也可以参见Kathryn Brown, “Deep Green Rewrites Evolutionary History of Plants,” *Science Magazine* 285 (September 1999), listed on the Deep Green Web page。

2. Loren Eiseley's essay “How Flowers Changed the World” was republished as a book by the same title, with photographs (San Francisco: Sierra Club Books, 1996)。

3. Bernhardt, *The Rose's Kiss* ; and Moore et al., *Botany* 将花的演化故事娓娓道来。

4. Else Marie Friis, William G. Chaloner, and Peter R. Crane, eds., *The Origins of Angiosperms and Their Biological Consequences* (New York: Cambridge University Press, 1987)是重要参考书，特别是以下几章Else Marie Friis, William G. Chaloner, and Peter R. Crane, “Introduction to Angiosperms” ; Peter R. Crane, “Vegetational Consequences” ; Else Marie Friis and William Crepet, “Time and Appearance of Floral Features” ; William Crepet and Else Marie Friis, “The Evolution of Insect Pollination” ; M. J. Cow et al., “Dinosaurs and Land Plants.”

5. 也可参阅Conrad C. Labandeira, “How Old Is the Flower and the Fly?” *Science* 280 (April 3, 1998); Ge Sun et al., “In Search of the First Flower,” *Science* 282(November 27, 1998); Peter R. Crane, Else Marie Friis, and Raj Pedersen, “The Origin and Early Diversification of Angiosperms,” *Nature* , March 2, 1995; Ollie Pellmyr, “Evolution of Insect Pollination and Angiosperm Diversification,” *Trends in Evolution and Ecology* 7 (February 1992); and David Winship Taylor and Leo Hickey, “An Aptian Plant with Attached Leaves and Flowers,” *Science* 247 (February 9, 1990)。

6. 新泽西发现的花的化石，记载于William Crepet, “Early Bloomers,” *Natural History* 108 (May 1999); and Carol Yoon, “In Tiny Fossils, Botanists

See a Flowery World,” *New York Times* , December 21, 1999。

7. 恐龙时期的植物景观是我在研讨会上学到的。相关场次包括Peter R. Crane, “Plants and Flowers from the Age of Dinosaurs: New Discoveries and Ancient Flowers” (talk given at the congress)。

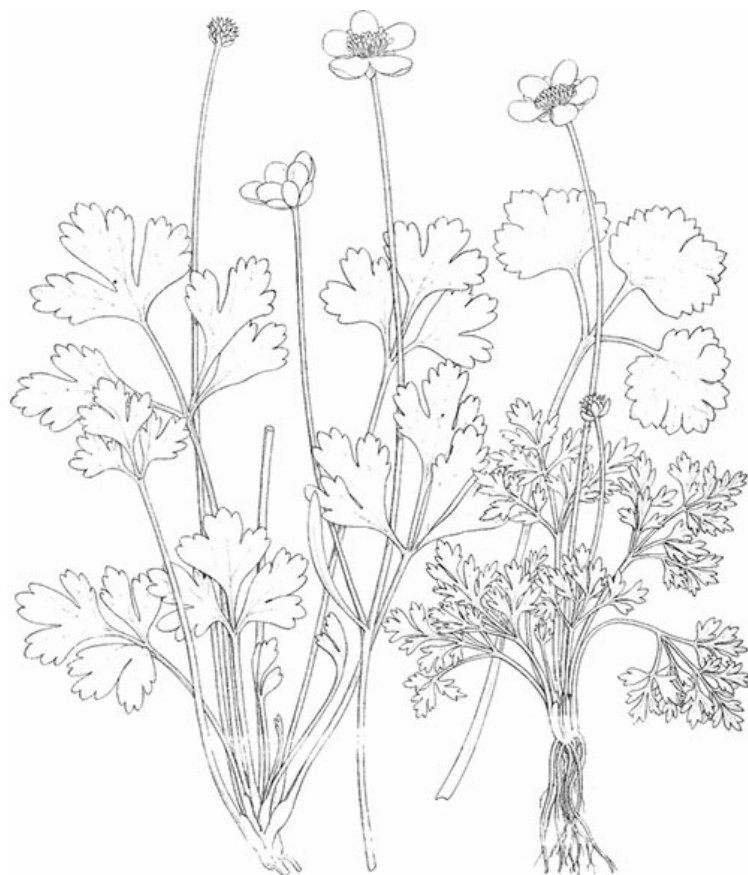
8. 很多书籍文章都谈到恐龙灭绝的原因以及相关争议。可参考Carl Zimmer, “When North America Burned,” *Discover* , February 1997; Frank DeCourten, *The Dinosaurs of Utah* (Salt Lake City: University of Utah Press, 1998); and Tim Haines, *Walking with Dinosaurs* (BBC Worldwide, 1999)。

9. Kirk Johnson, “Leaf Fossil Evidence for Extensive Floral Extinction at the Cretaceous-Tertiary Boundary, North Dakota, USA,” *Cretaceous Research* (1992) 13, 91-117专门讨论了KT界线和当时的植物绝种情形。

10. 想了解大灭绝和生态地位的缺落（empty niches），可以参考Eldredge, *Fossils* ，书中对生态失衡有详尽的介绍。

11. 无油樟的故事是有人在同年研讨会上报告的。Susan Milius, “Botanists Uproot Their Old Tree of Life,” *Science News* 156 (August 7, 1999)谈论的也是这一主题。

第十三章 第七次大灭绝



如果照目前的情况下去，三分之一到三分之二的动植物种类将会在二十一世纪后半叶消失。

“十八个人死了。”

“二十八个人。”

“三十二个了。”

一九九九年七月末，我的十一岁的儿子每天都这样报告。我当时正准备动身参加在密苏里州圣路易斯举行的第十六届国际植物学研讨会。有两周的时间，中西部受热浪侵袭，二百七十一人丧生。儿子算的只是圣路易斯的死亡人数。

热衰竭会导致疲劳、晕眩、恶心、头痛、腹部绞痛、皮肤苍白、湿黏、呼吸变浅、脉搏加快。湿度高时，身体经由出汗将水分蒸发以降低温度的效率会变差，黏湿多汗的皮肤转为又热又干。最后，热衰竭会转为中暑，大脑停止运作，回天乏术。

那年七月，在密苏里的圣路易斯，老者、幼童和病患正因热中暑而面临死亡。志愿者把专为沼泽气候设计的冰桶和空调带往城中较贫穷的地区。但有些人拒绝接受帮助，他们拉起窗帘，紧锁大门；有些人有空调，但是不开；还有些人根本没看到志愿者。有个女人每两小时就爬起来一次，用海绵蘸着冷水，为祖母擦拭身体。天亮前，女人从床上爬起，走到沙发边一看，祖母已经死了。

研讨会在圣路易斯中心一座大型会议中心举行。来自一百个国家的四千位科学家聚在一起讨论植物，他们在二百多场专题讨论里发表了一千五百篇研究文章。开会的房间很冷，我得穿件薄毛衣。会议每六年举行一次，但一九六九年后就很少在美国举行。它是一大盛事，是植物学者的朝圣之旅。

然而今年，会议成了一首挽歌。

大会主席一开场就预言，如果照目前的情况下去，三分之一到三分之二的动植物种类将会在二十一世纪后半叶消失。自然情况下的绝种率是每年百万分之一；现在绝种的速率则是它的一千倍，而且将上升到一万倍。

到目前为止，地球已经经历了六次物种大灭绝，第一次是五亿年前的寒武纪灭绝。公元二〇五〇年，我儿子就六十三岁了，他将会目睹第七次大灭绝的开始。

也有人认为，我正目睹着它的开端，而我的儿子将看到它的结束。

第六次大灭绝发生在六千五百万年前，恐龙就是在当时消失的，超过三分之二陆地上的动植物也是。它们消失的原因仍有些神秘。

第七次大灭绝就不会有什么神秘的了，我们的孩子将能清楚说出它是如何发生的。

主要的损失会是热带雨林。我们正以如此急剧的速度失去这个生态系统，可以预见，五十年后，剩下的雨林面积将只有现在的百分之五。我曾一再听人说起（而且往往相当明确），每一分钟有多少多少平方千米的雨林被砍下，我每次呼吸、每次心跳时消失的雨林面积又是多少。

我似乎老记不起来那些数字。

大会主席提出了一个延缓目前绝种率的计划，包括七项工作重点。计划里提到钱、组织和相关研究，无一不是合理可行的。研讨会期间，会有更多计划提出，全都需要钱、组织和研究。禁烟室里，会议桌四周，男男女女共谋拯救世界的计划。精英人士正在私下协议。

至少我希望是这样。

我坐在会议厅里，聆听一位女士指出我们如何把事情搞得一团糟，论点一针见血。人类已经让地球上百分之五十的陆地变了模样。我们已经把环境中的氮增加了一倍，也让空气中会造成温室效应的气体增加。科学家不再争论全球变暖的真实性，每年的高温都在刷新纪录，每年夏

天都有一波致命的热浪。

海洋面临危机。岸边的水域已经出现大约五十个死亡带（无氧或含氧量很少的地区），其中最大的出现在西半球的墨西哥湾，是密西西比河冲刷下的氮和磷造成的。海岸线正在遭受侵蚀。有毒海藻的数量不断增加，超过百分之六十的珊瑚礁遭到威胁，而它们关系到四分之一海洋生物的生存。大部分的伤害都是看不见的，也不受重视。拖网渔船根本就是把海底刮得一干二净。

让大海的归于大海是什么意思？

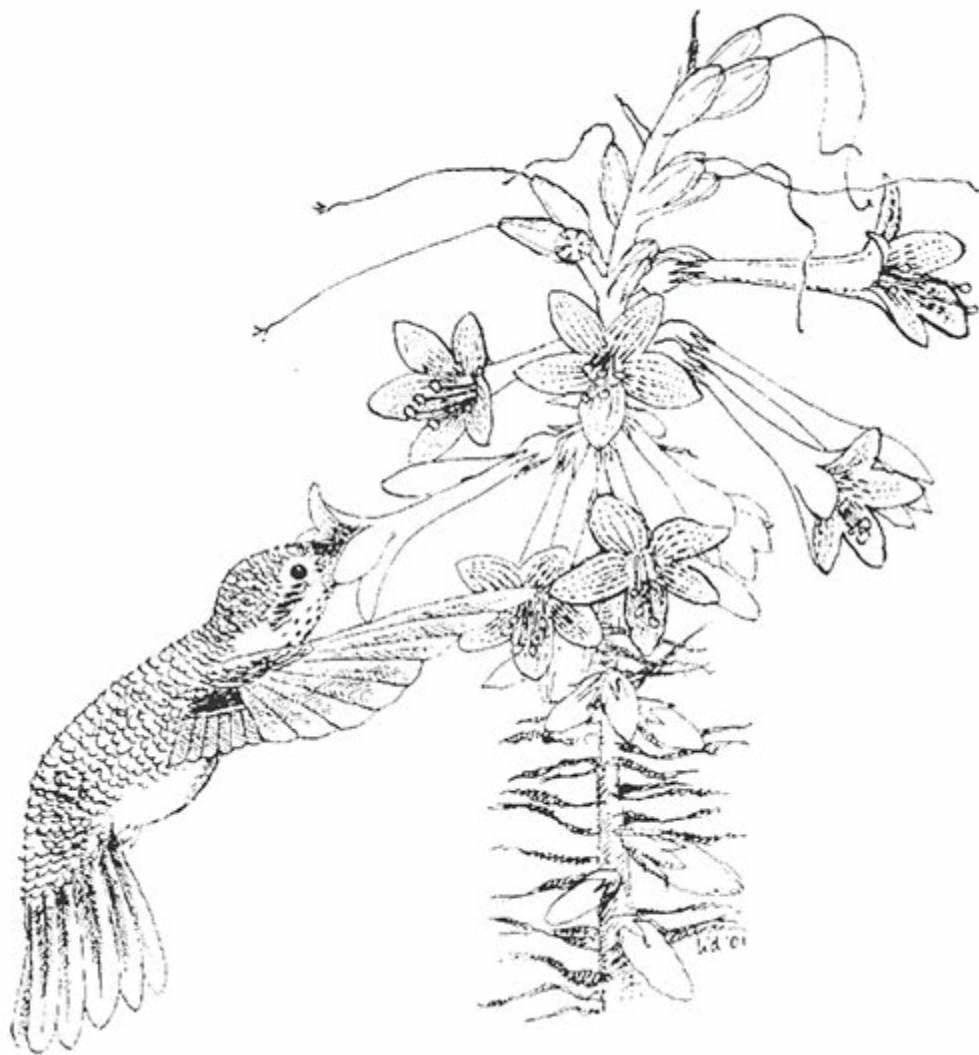
那年七月，报纸说世界人口数量刚刚达到六十亿。不到四十年前，人口数量还只有它的一半，而五十年内将会是它的两倍。我是六十亿人口之一，我儿子将会是一百二十亿人口的其中一个。很明显，我们已经超额了。

事情到此变得棘手。看看我十一岁的儿子，他是个讨人喜欢的孩子，就算到六十三岁时也是如此。尽管我们人数过多，但没有人的价值会因此比其他入少。

在会议厅的另一个房间里，一位男士谈到外来物种的入侵。随着植物、动物和真菌的散播，疾病和混乱被带到了世界各地。我们之所以会渐渐失去原有物种，很大程度上归因于外来物种的入侵。人类也是共谋——蛇借由飞机来到原本无蛇的岛屿，病毒也蹦上行李跟着登陆。有时，我们还会特意引进外国品种。

岛屿特别容易遭殃。夏威夷是“世界绝种之都”，它包罗了美国濒临灭绝植物的三分之一，当地一半的野生鸟类也已不复存在。而虚拟岛屿（被人类开发后包围起来的小型野地）的出现，则反映出我们正在分割原有栖息地这一更严重的问题。我们正到处制造岛屿。

科学家谈到四处蔓生的物种（像是人类），还谈到未来的地球将遍布杂草。夏威夷蜜旋木雀将消失，麻雀会留下来。睡莲将消失，蒲公英会存活。



跃升花与宽尾蜂鸟

有没有问题？

关于外来物种的入侵有什么问题吗？

全球变暖呢？

物种灭绝？

记者站起来向科学家提问：“就你所知道的，以及你所告诉我们的，你觉得还有希望吗？”

观众静静等待着。大家盯着科学家的脸看。我们看着他眨了下眼

睛，动了动嘴角，看着他望向地面，又再度抬起头来。回答“是的”的时机已过。

“这个问题并不公平。”他说。

我们才知道，原来“你觉得还有希望吗”是个不公平的问题。

我们知道的开花植物超过二十五万种，还有很多是我们没有发现的。我们认为百分之二十五的绿色植物会在未来五十年内消亡。研究者推测，每周都有一种植物在某处消失，而在美国，每三种植物中就有一种面临灭绝的危险。许多物种的灭绝应该都是可以预防的。

但我们不抱太大希望。

我们评估花朵将遭遇的命运时，可能低估了传粉者受到的连带冲击。它们在世界各地的数量也在减少。一个物种灭绝了，也会对别的物种造成伤害，并引起食物链上的连锁反应——这可能代表一大群动物也将就此消失。雄性长舌蜂会拜访数种兰花，取得交配所需的花粉；雌性长舌蜂的搜索线很长，能为散落在森林各处的、生长繁茂的木本植物传粉。由于人类的砍伐、放牧和开发，这些植物受到威胁，蜜蜂也同样受到威胁。一个物种的繁盛跟另一个物种的繁盛有连带关系。

我们不是因为杀死了最后一只候鸽^[13]，才把整个族群杀光的。真正的原因是我们杀了太多候鸽，造成族群解体，无法正常运作。事实摆在眼前，那是它们唯一的生存模式。

大部分花朵的适应能力都比候鸽强，或者说，我们希望如此。

研讨会召开期间，我每天都在阅读有关热浪的报道。芝加哥有个十四岁男孩躺在床上，奄奄一息。祸不单行，由于没缴电费，能源公司已经切断了他妈妈公寓的电力供应。这可能是她和房东，还有电力公司之间的一个误会，毕竟她才搬来不久。报道指称，电力公司表示他们感到非常抱歉，因为当他们切断电力供应，导致温度上升后，母亲再也没有办法让生病的男孩在热浪的袭击下凉快起来。

我能想象那个女人冲出公寓试图求助，愤怒而不可置信地大喊：“绝不可能发生这种事！”

男孩在她离开时死了。

我看不到那位母亲的脸。但我看得到男孩躺在床上，等待着，皮肤发烫。他知道自己就要死了。他病得太重，管不了太多了，但他就是知道。

注 释

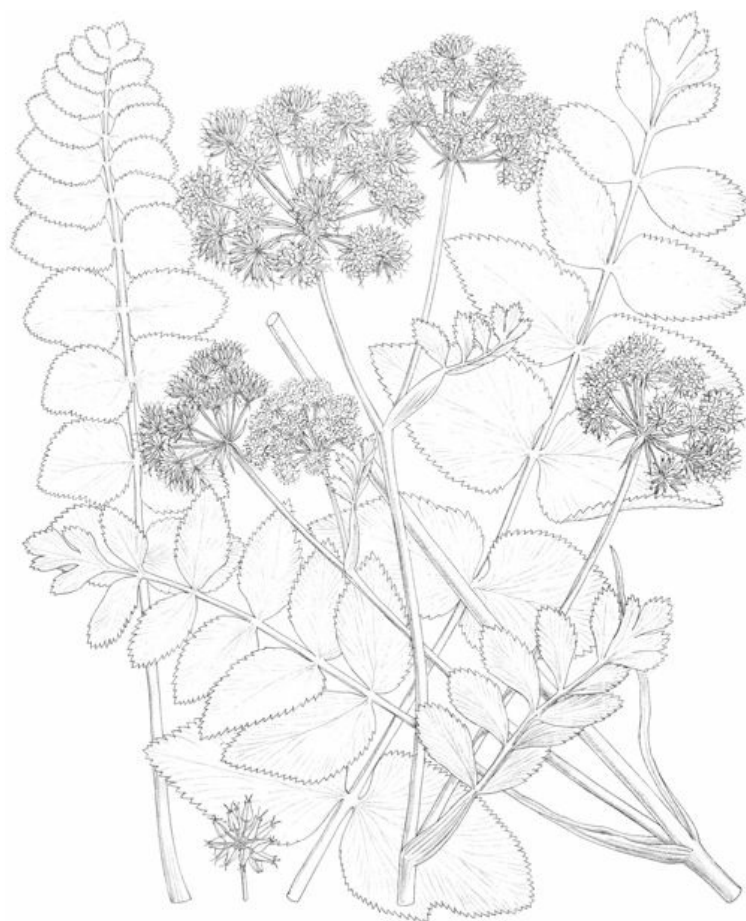
1. 当地及全国性报纸提供了一九九九年夏天热浪的种种统计数据。可参考Bob Herbert, “When Summer Turns Deadly,” *New York Times*, August 8, 1999。

2. 几篇同年研讨会的新闻稿提供了有关绝种的重要资料。包括“World's Biodiversity Becoming Extinct at Levels Rivaling Earth's Past Mass Extinctions”“Nearly Half of Earth's Land Has Been Transformed by Humans: Fifty Dead Zones Found in Oceans” and “World Conservation Union (IUCN) Mobilizes International Team of Experts to Save Plant Species”。很多人也发表了有关物种灭绝和人类如何造成灭绝的研究 (e.g., Peter Raven [president of the congress], “Mass Extinction of the Earth's Plant Species: Can We Prevent It?”; Jane Lubchenco, “The Human Footprint on Earth: New Research”; Mike Wingfield, “Alien Invasions: Combating Aggressive Takeovers”; David Brackett, “Survival of Plant Species: A Plan of Action for the New Millennium”; and Gregory Anderson, “Threatened Islands: Storehouses of Biological Treasures”)。还有很多场次都跟本主题有关。

3. 书籍方面可参阅David Quammen, “Planet of Weeds,” *Harper's Magazine*, October 1988。要想更多了解岛屿生物的灭绝情况，绝不可错过Quammen, *Song of the Dodo*。

4. 要想深入了解植物的灭绝情况，可参考Sally Deneen, “Uprooted,” *E: The Environmental Magazine* 10 (July 1999); Carol Kearns, David Inouye, and Nickolas Waser, “Endangered Mutualisms: The Conservation of Plant Pollinator Interactions,” *Annual Review of Ecology Systematics* 29, 1998, 83-112; Fred Powledge, “Biodiversity at the Crossroads,” *Bioscience* 48 (May 1998); and Carol Kearns and David Inouye, “Pollinators, Flowering Plants and Conservation Biology,” *BioScience* 47 (May 1997)。

第十四章 有所不知



我们对这些植物所知并不多。我们研究的主要是农作物，目的也仅止于实用。紫茉莉依然如谜。曼陀罗依然如谜。白色露珠草依然如谜。

每天早上起来，我们就被种种神奇和重重奥秘环绕。未知令人兴奋。生命花了四十亿年的光阴才成为今天的样貌。今早醒来，我们想把一切弄个明白。

我跟罗布·拉古索约在亚利桑那州图森市的亚利桑那沙漠博物馆见面，在曙光中观赏天蛾。它们将现身于一丛丛曼陀罗间。此类植物的别名有“吉姆森草”（jimsonweed）、“刺苹果”（thorn apple）和月光花（moonflower）。曼陀罗有巨大的喇叭状的花，质感如丝，呈乳白色和淡淡的紫色，吃下它会产生幻觉，导致失明甚至死亡。就像神话中所说，它的美丽有着双重性格。

我从小就是跟这种美丽却邪恶的花一起长大的。我从不曾对它习以为常，每次看见它，都不禁屏息。

博物馆里的“蛾园”也长满了一簇簇紫色的马鞭草、黄色的矮月见草、粉红色的紫茉莉和白色的月见草。月见草很细致，四片心形花瓣看起来只有一层纤维那么薄，笼罩其上的色彩稍微深些，像覆盖住年迈老人或稚龄孩童脸上的一层面纱。这些花看起来像是本打算去别的地方，却被风吹了过来。它们迟疑不定，仿佛又会随风而去。

事实上，它们正忙着散发出香味，迎接蛾的到来。

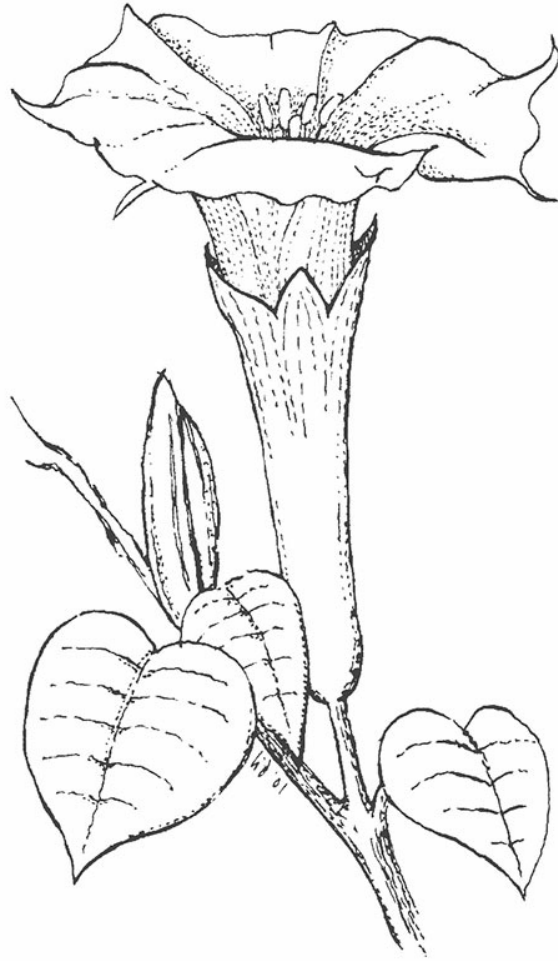
天蛾分布于世界各地。它的头的下方有根卷起来的吸管状喙，能够用来吸取花蜜。健壮的身体配有大而坚硬的强壮翅膀，轮廓鲜明。即使在微弱的光线下，天蛾仍能看得很清楚。它们飞得又快又远，还懂得控制自己的体温。

在这个沙漠里的天蛾是白条天蛾，这种蛾的四片棕色翅膀上有粉红

色和白色的条纹。它的幼虫出于天性，会把视线范围内可以吃的东西都吃光，还会像小小的狮身人面像一样，挺直身子，以一种挑战的姿态，看看你是否对它喜欢的这种生活方式有意见。白条天蛾的毛毛虫呈浅浅的黄绿色，头是黄色的，身体两侧有淡色的斑点，以黑线描出轮廓，而末端有亮黄色或橙色的尖角，看起来美丽异常——它们似乎也知道这一点。

罗布从小就喜欢收集蝴蝶和蛾。在耶鲁大学念书时，他曾研究为蝴蝶提供食物的花朵。等到在研究所研究花香生物学时，他的注意力已经转向作为食物的花，而非蝴蝶本身。他从由花瓣释出、在天空中飞舞的分子入手，希望有朝一日能搞清楚每个细节。

罗布喜欢谈论伯惠绣衣（*Clarkia breweri*）这种很少有人听过的野花，一九九五年，他的博士论文就以这种野花为题。属于柳叶菜科的伯惠绣衣是粉紫色的，四片花瓣分成一个中央裂片及两个侧边裂片。这小东西看起来既快活又亢奋，它长得很快，适合拿来作基因研究。目前所知和它同属的花超过四十种，只有它是有香味的。



曼陀罗

罗布深情地说：“山字草（*Clarika*）这个属的植物，自古以来就由蜜蜂传粉。它们只给特定种类的蜜蜂提供花粉，但没有花香。然而，伯惠绣衣后来竟演化出一条长长的花蜜管，把花粉换成了花蜜，而且加上了香味。这是怎么回事？”

罗布花了一年时间研究采集、分析气味分子的方法。他发现伯惠绣衣的气味比较单纯。这种花产生两种化学分子，即柑橘属和薄荷里常见的萜类化合物，以及苜蓿和肉桂特有的苯环型化合物。跟它亲缘关系最接近的红丝带克拉花也含有微量萜类化合物。伯惠绣衣强化了这些化合物，还添加了不同种类的其他化合物。

再来，罗布等人要查出花的哪个部分制造什么气味，哪些酵素、哪些基因参与了这个过程，这些都是我们前所未闻的。有了香味，粉紫色

的花就能吸引新的传粉者，比如夜行性的天蛾。借着加大花的体积、提供大量花蜜，且在白天继续开放，伯惠绣衣把蜂鸟也给吸引过来了。

不过那不是我们现在要谈的了。

只要是天蛾有兴趣的，罗布都有兴趣，比如说它们喜欢闻些什么。他学会了该如何记录天蛾触角的反应，发现它们什么都闻。

我们从来不知道事情原来是这样的，罗布觉得这一发现棒呆了。

在图森沙漠博物馆，罗布的太太和三个月大的儿子也加入了我们。就像所有父母一样，罗布喜欢跟宝宝说话，就好像小家伙每个字都听得懂，还可以用完整的句子做出回应：“是的，我现在想换尿布。”“不，我不累，虽然你希望如此。”“对！夕阳是照得我眼睛很不舒服。”

夕阳在亮紫色、呈锯齿状的山后落下了，世界一片迷蒙。就像该出勤的飞行员一样，天蛾出现了，隐形一般在重重灰绿色的叶子和鬼魅般的花丛前穿过。

“嘿，快看快看！”罗布说。

我努力看着，但只看出翅膀闪过的痕迹，像连续时空中的一波小小涟漪。

“快看！”他激动地说着。

尽管看不到天蛾，我却能闻到花香和一些别的气味。那是一种脂粉般的甜香，让我想起祖母擦的胭脂，也让我想起她跟我们在卫理公会的教堂里，一起唱“我独自走过花园”（I Walk through the Garden Alone）和“荣耀归掌权者，归神的儿子，归圣灵”（Glory Be to the Power and to the Son and to the Holy Ghost）时，总是会跑调。所有零零碎碎的线索全都搅在一起，变成一系列复杂的回忆：她那彩色螺旋状花纹的羊毛衣裳，教堂里擦得雪亮的木头长凳，还有那里的音乐。

像变魔术般，罗布凭空捉住了一只天蛾，置于手掌中。我差点没拍

手叫好。白条天蛾是昆虫版的蜂鸟，会振动翅膀，从花冠筒中吸食花蜜。那只蛾挣扎了一会儿。

“看它多结实有力啊！”罗布语带赞叹，“这家伙真壮！”

一只是个功夫英雄的蛾。

空气中弥漫着香气、性的气息、食物的味道，还有回忆。“你想知道的是什麼？”我问他。

他愣了一下，英雄飞走了。

“我想知道天蛾怎样感知一朵花。”

大约在二十万年前，人类经过演化，开始运用想象力认识外在事物。大自然的阳光、树和草孕育出思想，但我们观察别的动物时不无戒心。今天能再度有这样的机会，我们感受到的却是欣喜。当我们在原野里意识到自己的聪明时，在家里就会觉得恬适自得。

我们仍在演化当中。最先进的科技往往产生于室内或实验室，那里总是堆满了我们所发明，但不全然了解的工具。罗布所在的亚利桑那大学实验室有气相色谱分析仪，能够分析花朵产生的化合物。计算机程序会记录下每种化合物的质谱，这就像是它们独一无二的指纹。程序再把每种化合物的质谱跟数千种已知化合物做对比，就可判别该化合物究竟是什么。尽管如此，还有几千种化合物是我们不认识的。

像所有制造香水的人一样，罗布已经训练出了自己鼻子辨认香味的能力。他可以把气味这个外在经验跟一个特定分子配对，然后指出该分子对应的质谱。

人要活得像只蛾，恐怕最多也只能到这个地步了。

罗布喜欢当侦探。当他看到一朵花时，他会想：它里面有什么？为何它闻起来像葡萄或巧克力，却没有两者的任何成分？是什么使它发光？哪些气味较突出，掩盖了其他气味？哪些气味参与了合成新气味的

过程？这气味对昆虫有什么意义？

一个问题引出下一个，最后衍生出六千多个问题。

蛾怎样感知一朵花？

花怎样感受一只蛾？

太多太多的诱因，让我们想从床上爬起来，一探究竟。

由于天蛾能对很多种香味做出回应，如果花想要改由天蛾传粉，大可不必费什么工夫。它不需要再特别制造某类特定的化合物，只要闻起来香就成了。有些植物加强了萼片和叶子发出的气味；有些把防御用的化合物加以变化；有些利用原有的蜜腺和花药；有些则演化出新的蜜腺。

现在罗布想知道，如果他把三种都是晚上开花，也都由蛾传粉，但分属于三个科别的花拿来比较，会有什么结果。这三种花分别是月见草、马铃薯或番茄，还有紫茉莉。这些植物在不同气候和土壤条件下，怎样做到改变策略，增加或减少香味？是不是演化出自体受精后，植物就失去了香味？香味还能回来吗？这些模式的出现是以科为单位吗？

柳叶菜科包括了超过六百五十个种，伯惠绣衣是其中之一。我正在图森博物馆观察其传粉行为的看起来弱不禁风的月见草也是。希腊神话中瑟斯女妖利用它将人变成猪的白色露珠草同样如此。

我们对这些植物所知并不多。我们研究的主要是农作物，目的也仅止于实用。紫茉莉依然如谜。曼陀罗依然如谜。白色露珠草依然如谜。

它是怎么把人变成猪的呢？

在研讨会帐篷式的会议中心里，五千个科学家聚在一起，连续六天都在讨论植物。我感到孤寂，感到怅然若失。

突然间我看到了罗布。我已经来会议中心一小时了，现在突然有个我认识的人，感觉倒像是变出来的。我真想鼓掌。

这类大型会议都有个阶层。著名科学家会在全体出席的会议场次中发表演讲。各场小型座谈会则由五六个科学家朗读并展示他们的论文，通常是些已经发表过的研究成果。海报展参展的通常是年轻一辈的科学家或研究生，他们谈论的内容较新，未经发表。研究是在一面海报板上发表的，作风平实。

这次会议中有超过一千张海报，悬挂在近两米高的广告牌上，隔出一条条可供人浏览的通道。罗布有张讲月见草和天蛾传粉关系的海报。他邀我周三早上九点到十点之间来看他，那个时段是排给海报编号是偶数的作者的，他们会站在海报前，向经过的人解说。然后调换顺序，改由海报编号为奇数的作者上场。

展览厅很大，有种飞机库的感觉。我一走进大厅就被迷住了，里面竟然有嗡嗡声，整个空气发出轰隆轰隆的声响。我进入了蜂巢一样的东西，一个由广告牌和海报组成的蜂巢，人们在其中讨论着花朵。蜂巢内很忙碌，很兴奋，好多工作都在进行。

并不是全部都跟科学有关。我晃来晃去，看到各种短语，“搬家”“一片讲求实际的田野”“他不是个好搭档”“我的论文委员会”“起薪”等。

不断有人进入新学校，找新工作，寻求他人指导，把自己的生活安插进蜂巢。于是，层层叠叠的知识构起了蜂巢。我几乎可以看到他们的头互相碰触，彼此闻一闻，交换了信息。

罗布的海报吸引了对月见草和天蛾有兴趣的男男女女。罗布·拉古索的热忱让他浑身带劲，深色的眼珠发出光芒。他刚在大学找到新工作，会教点书，但主要是做研究。他相信有一天，所有问题会归流成一个更大的课题，他相信这就是他的人生意义所在。

一个女人停下来看着罗布的海报。她也在研究花的演化及花香。她和罗布开始跳起交换信息的舞蹈。

注 释

1. 除了和罗布讨论、向他请教外，我也读了他和Mark Willis, “The Importance of Olfactory and Visual Cues in Nectar Foraging by Nocturnal Hawkmoths,” *Proceedings of Third International Congress of Butterfly Ecology and Evolution* (Chicago: University of Chicago Press, 2000); and Robert Raguso and Eran Pichersky, “A Day in the Life of a Linalool Molecule: Chemical Communications in a Plant Pollinator System,” *Plant Species Biology* (in press); Natalia Dudareva et al., “Floral Scent Production in *Clarkia breweri*,” *Plant Physiology* 116 (1998); and Robert Raguso and Barbara Roy, “Floral Scent Production by *Puccinia* Rust Fungi That Mimic Flowers,” *Molecular Ecology* 7 (1998)。

第十五章 蓝玫瑰的炼金术



何不在每个花瓣上都加上一个黄色笑脸？以蓝色为底，点缀些红斑，再加上个黄色笑脸怎么样？

在鲜花公司工作的植物基因学家，梦想能创造一朵蓝玫瑰。

何不在每个花瓣上都加上一个黄色笑脸？以蓝色为底，点缀些红斑，再加上个黄色笑脸怎么样？

会不会太复杂了？

事实上，我们已经制造出了蓝色的玫瑰，我有张长椅上就铺满了这种花。随便一家百货公司都在卖某种样式的蓝玫瑰，还有各种人造形状的香味花朵。我很喜欢买这些东西。

但也许数量太多了点。

坦白说，我连花瓣过多、包住了整个心皮的双层玫瑰都不大欣赏。它跟其他精心栽培出的品种一样，都是由错误造成的。有个基因把错误信息送到本应长成雄蕊的地方，结果该长雄蕊的地方却接收到色素，变成了花瓣。在花瓣边缘，你仍然可以找到本来是花药的盖子，那原本是用来盛装花粉的。

很显然，这种突变会让花无法孕育后代，正常的情形下会死去。但几百年来，园艺家一直鼓励这种突变的发生，他们让不同的玫瑰杂交育种，制造出为数壮观的多余花瓣、新的色彩还有能够获奖的形状。

雄蕊很容易就变成花瓣，一朵正常玫瑰背后的演化概念正是如此：花瓣可能本是由萼片旁的雄蕊发展而来的。这样的突变是有益的，适当拥有几片色彩鲜艳的花瓣似乎更能吸引传粉者。其他花的花瓣更明显是由萼片本身演变过来的。

我们满心欢喜地拿玫瑰的生殖能力换取欣赏价值。但我们因此失去了香味，大部分的玫瑰闻起来再也不香甜了。事实证明，要通过杂交育种还原花香是很困难的。显然在花、传粉者、信息素和香气的世界里，好闻比好看牵涉的因素要复杂得多。

多数在私人庭院和公共造景里用的花，都经过杂交育种，以期看起来更美丽、更大、更高、开得更久、站得更直，看起来积极乐观，而且面露微笑。（微笑！）

大部分矮牵牛或凤仙花的颜色，在原野或森林里都是看不到的。依照一位育种者的说法，有些颜色根本是为搭配人行道的砖头或非白色的边框而特别培育出来的。它们是人类意念促成的产物。我们把想要改变的植物，施以另一株也许是近亲植物的花粉，希望得到的杂交种能有我们想要的特质，成为更受市场欢迎的吊钟柳或是黄色凤仙花。

凤仙花是杂交育种的成功案例，但目前还没有黄色的品种。若有一颗这样的种子拿来做商业用途，将会很值钱。光是美国人，每年在开花植物和灌木上的开销就高达数十亿美元，大部分都是花在杂交种上面。而每年约有一千种新的杂交种引进鲜花市场。

许多花园和公共造景的花都是外来者。如果在天气炎热、干燥时来到某座城市观光，你将会看到产于世界各个炎热干燥地区的植物。来自巴西的花定居在洛杉矶，来自中国的花迁移到安娜堡。这些花通常也经过杂交育种，以更适应本地环境。

外来者繁殖得太成功，会有点危险。

不过这一切的确是很吸引人。我的天井里长满了叶子花和鹤望兰，顷刻间，我觉得自己像个夏威夷皇后。我为小池添了些荷花，当它的花瓣展开时，至高无上的神就会显现。我还种了萱草和色彩艳丽的木槿。这是个设计师的伊甸园，河山重组，生态系统混杂，想象力和眼前的植物同样逼真。天井里的植物丰富多姿，它们随着想象力和不属于自然的结合，随着人类的装腔作势颤动着。

当然，蓝玫瑰不是随随便便杂交配种就能得到的。矮牵牛有个基因

负责制造一种叫作花翠素的色素，鸢尾花、紫罗兰、牵牛花的蓝也是它制造的。一九九一年，一个鲜花公司复制了该基因，把它嵌入到玫瑰花里，但没有什么反应。这也许是因为该基因被玫瑰里的其他色素掩盖了，也可能是因为花翠素的分子只有在高pH值（酸性低）的环境下才会显现出蓝色，而大部分玫瑰花瓣的酸性都太高了。该公司现在希望找出控制花瓣内酸碱值的基因，或是把该品种跟天生酸性较低的玫瑰杂交。

该公司已经用他们复制且取得专利的蓝色基因，制造出了紫色的康乃馨，黑色康乃馨也即将上市。他们还有一种康乃馨，能在你家餐桌上的花瓶里待上一个月都不凋谢。

和其他任何一个杂交品种一样，紫色康乃馨在美国和欧洲上市，需要得到立法者的批准。这当然不是问题，显然这些立法者不认为一朵紫色康乃馨的基因物质会随便跑出来，转换到四周的植物里。基因改良过的康乃馨本身花粉并不多，而且埋藏在花的深处。此外，康乃馨一经剪下，就不会再制造花粉。更何况，即使（可能性极低）一个邻近的野生康乃馨的近亲，得到因基因改良后呈现紫色的亲戚授粉，而且成功孕育出有生殖力的种子——全新的紫色种子，还是会让人觉得：“那又怎样？”

大众不太担心紫色康乃馨或蓝色玫瑰，但他们对基因改良作物的感觉就不同了。例如我们给农作物加入抗除草剂的基因，这样我们喷除草剂时就可以只杀死杂草。但令人担忧的是，该作物会跟附近植物杂交，产生出一种超级杂草，能抗药或抗害虫，或者，任何作物能抵抗的东西它都能抵抗。

甚至能抵抗某种我们意想不到的东西。

来自某种常见土壤细菌的基因已经接合到玉米上，创造出不怕玉米螟的作物。美国有几千平方千米的土地种植这种玉米，该基因同样也运用到马铃薯、番茄和棉花上。直到二十世纪九十年代末期，我们才知道这些经过改造的作物的花粉会毒害帝王蝶。

我们正插手自己不懂的关系。这早已不是新闻，从人类捡起石头，把它削成箭头时，我们就开始插手了。我们不顾一切想要改变这个世界。我们从不曾回顾。

我们就是这样。

我的花园不要蓝玫瑰，但我喜欢蓝色。我家附近的山上长了一种叫作鸭跖草的多年生草本植物，它的三片花瓣形成的三角边长约为二点五厘米，颜色比天蓝色深一点，比靛青淡一点，接近群青色。它在拂晓时开花，中午凋谢。花从一片叶子中伸出，看起来很细致；而叶子是卷起来的，越靠尾部越细。或许因为它那形似眼泪的叶子，有些人将它称为“寡妇之泪”。鸭跖草不会长一大丛，因此感觉很稀有。它突然就这样出现了，在草丛间闪烁。

我第一次，或者每次看到鸭跖草是什么感觉？它是这般优雅而独特，超乎我的理解，更超乎我的感知。鸭跖草是个美丽的蓝色之谜。如果你坚定地寻找，将在这花里看到上帝。你会感到全身通透，清明如玻璃。你甚至能隐隐知道自己以其他形式存在会是什么感觉。

蓝玫瑰并不是另一种形式的存在。它是件有趣，而且蓝得很漂亮的艺术品，也许放在花园里的某个角落，衬托着白墙，很搭调。但是跟天井里的砖摆在一起就不行了，如果放在叶子花旁边就更刺眼了。

身为作家和文化批评家的杰里米·里夫金一直在推广“基因术”（algeny）的理念，它是指“生命体精髓的改变”，跟中世纪的炼金术类似。

中世纪的炼金术士相信，所有的化学元素都可以转变成其他元素。自然是连续的，就像电扶梯一样可供我们搭乘。而且，所有的金属都可以转变为黄金。终极转化这个概念构成强有力的象征，揭示人类也可以升华成灵魂。

里夫金写道：

基因术艺术致力于改善现有的生物，并设计出全新的物种，意图让它们呈现最好的一面。但不仅止于此。它也是人类尝试定义人类和自然关系时赋予的玄学意义。基因术是一种对大自然的新思考，这种思考将

开启历史的新纪元。

蓝玫瑰是新纪元的产物。

有了生物科技，玫瑰又能散发出香味了。一家鲜花公司把柑橘属植物的酵素基因嵌入玫瑰，玫瑰便散发出了柠檬香。迟早我们会把其他香味加入花中。蓝玫瑰可以闻起来像肉桂、烤面包，甚至是你第一个孩子擦过爽身粉的肌肤。

我们能够分离、复制基因，并把它放进其他植物的技术，已大大加速了各种研究。开白花的拟南芥已完成了基因定序，现在各地的科学家正把基因嵌入这种小小的芥菜，或把它的基因取出，看看会有什么结果。在同代的幼苗中，我们可以看出缺少某个基因，添加另一种基因，或保持这种基因不变，会有什么影响。

有种简称ANT的基因，专门控制花和叶子的大小。当它被嵌入植物的基因组时，植物长出的花和种子会变大；而当它被移出基因组时，制造出的花和种子就较小。

花的成长是我们对植物最不了解的部分之一。不过每天拼凑一点，关于它的知识就会与日俱增。我们知道某个基因的存在，会让花朵对生长激素做出回应。另一个基因若产生突变，则会让子房产生变化。还有，那个基因呢？

就这样，花的秘密一下就泄露光了。

将来，我们种的作物可以在我们选择的时间和环境下，以指定的方式开花。在自家花园中，我们可以控制花的颜色、花瓣的形状，还有关于花香的回忆。

蓝玫瑰必定会照着 we 教它的去做。

我有时会感到矛盾。

洛杉矶有个花园，我时常会去逛逛。花园旁边是高速公路，花一排一排挤在一起，亮丽，比邻而居。有美国鹅掌楸、梔子花、倒挂金钟、绣球花、茉莉、紫藤、百合、凤仙花、长春花、百日菊、大丽花、马鞭草、雏菊、木槿，以及玫瑰、玫瑰、玫瑰、玫瑰。大部分的花都是杂交种，上面挂着牌子提醒我：这是植物专利法指定保护的植物，禁止无性繁殖。

这些植物很快就会进行基因改造。

我站在此地，附近全是花，不禁感动落泪。我已被兴奋之情感染。如此美丽，如此丰饶。美丽与丰饶，炼金术和基因术，所有魔术，一个接着一个，无止境地循环下去。我的心跳加速，心胸一片空明。

花搭上了自然的电扶梯，一级又一级，全速攀升。

注 释

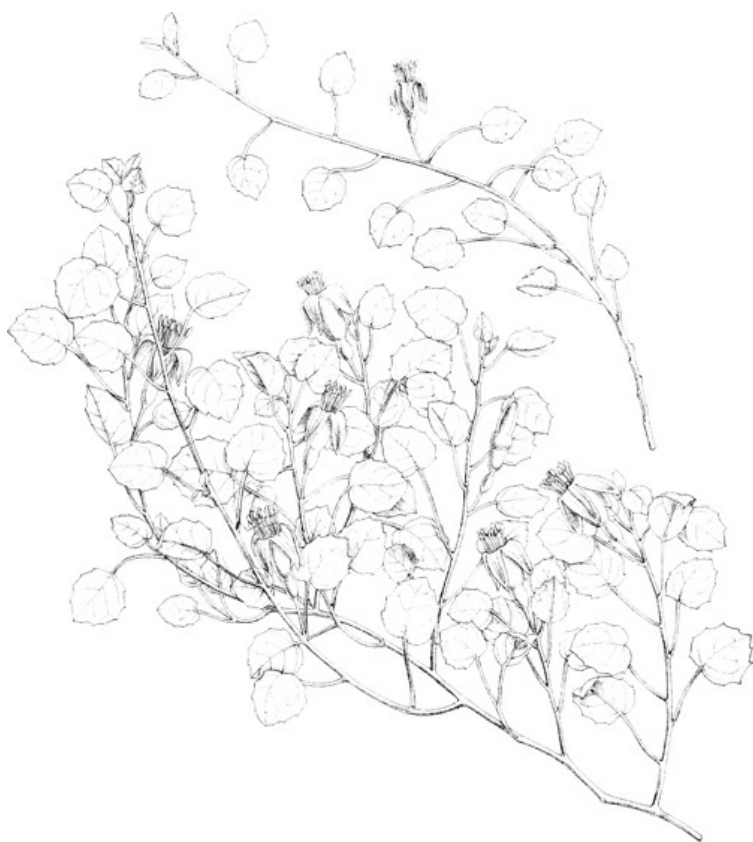
1. 伯恩哈特的《玫瑰之吻》（The Rose's Kiss）对双层玫瑰和玫瑰的演化有精彩论述。想了解更多有关杂交育种的事，可参考Steve Kemper, “Ron Parker Puts the Petals on Their Mettle,” *Smithsonian* 25 (August 1994)。至于那段讲到花朵颜色和有色的边，则是引用自罗恩·帕克（Ron Parker）。

2. “Programs Are Launched to Analyze Impact of Bt Corn on Monarch Butterflies,” *Chemical Market Report* 256 (November 1999); and “Of Corn and Butterflies,” *Time* 153 (May 1999)都谈到了基因转植的玉米和其所牵涉的争议，以及它对蝴蝶可能造成的伤害。

3. 想知道更多蓝玫瑰的事，可看看*New Scientist*, October 31, 1998: David Concar, “Brave New Rose”; Phil Cohen, “Running Wild”; Martin Brookes and Andy Coghlan, “Live and Let Live”; and Debbie Mack, “Food for All”。我也参考了Andy Coghlan, “Blooming Unnatural,” *New Scientist*, May 22, 1999; Rozanne Nelson, “Not Making Scents,” *Scientific American*, September 1999; Ruth Pruyne, “Green Genes,” *Penn State Agriculture Magazine* (winter 1997); and Ruth Pruyne, “Shedding Light,” *Breakthroughs* (magazine for alumni of the College of Natural Resources at University of California Berkeley)(summer 2000)。

4. 引用杰里米·里夫金的段落出自*Biotech Century* (Penguin Putnam, 1998)。

第十六章 植物疗法



有些植物能拾取并吸收有毒金属，把它安全存放在茎和叶的细胞中，用来抵御昆虫或防止感染。这些植物现在被拿来清理被污染的土地。

我赤身坐在温泉里，水温是诱人的四十摄氏度，散发着浓浓的薄荷香。我的头顶是白杨和桤木的枝叶，黄色的悬崖从树的上方崩落，再往上望就是蓝天了。我滑入池水更深处，把头枕在岩石上，闯入了岸边由一朵小花、一只蚂蚁，还有一只它的同伴组成的演出小剧场。

我的朋友在旁边，也是赤身裸体。她苍白的腿不时动一动，扬起一阵泥，褐色的土染黑了她左半边的身体。这温泉是峡谷中许许多多温泉里的一个，世纪之交时，这里盖了家肺病疗养院，希望自然能医治病患。病人们冲着这里的阳光、空气，还有土地的力量而来，有些人痊愈了，有些没有。

几年后，疗养院关门了，土地被买来当作牧场，然后牧场也经营不下去了。二十世纪七十年代，一群嬉皮士买下了这块地，梦想着把这里变成一个无国界的社区——这也算另一种形式的治疗。这些嬉皮士的后代仍住在这儿，他们裸着身体走来走去，选定沐浴的温泉，然后泡一个长长的澡。

薄荷池那儿有个向北延伸的峡谷。友人和我决定沿着不过两层楼高的棕黄悬崖的下方走去。一条小河从圆形岩石和细柔的沙子间蜿蜒流过，我们光着身子、赤着脚，慢慢穿越一块又一块的岩石。一棵杜松伸出手来要抓我的肉，长得很高的草在阳光和石头的阴影间混战。一时间，我感到与世隔绝。

我们需要自然疗法。

我朋友说她不愿意让我写她的身体，所以我得写我的。我的身体没什么特别，我也用平常的眼光看待它，肚子软趴趴的，胸部还不错。我转个方向，发现了赘肉，感到不太自在。其实这没什么道理，除了我以

外，没有人在看我。友人舒服地移动着赤裸的腿，她活在一个裸体是正常的世界里。

花直接用来治病，已有相当长的一段历史。我们的处方药里，有四分之一含有开花植物的某个部位或者其合成物。但另一方面，我们只研究过世界上百分之一植物的疗效。

民间医学里，马达加斯加的长春花是治疗糖尿病的药方。研究者着手研究这种花时，发现它的萃取物可以降低白血球指数，抑制骨髓的活动。实验分离出了两种化学物质，可用以对抗儿童白血病。有了这些药物，患病儿童的存活率由百分之十增加到百分之九十五。

几个世纪以来，非洲的行医者推崇一种叫作苦可乐树的植物的治感染能力。二十世纪九十年代，尼日利亚的研究人员发现，苦可乐树内的化合物可以抵抗埃博拉病毒。感染这种病毒的典型特征是能够致人于死地的大出血。它象征着所有我们面临的可怕疾病——突变的病毒，以及从丛林和其他被我们扰乱的地方冒出来的传染病。我们还没有防治埃博拉病毒的方法，苦可乐树可能是个救星。

在跟友人穿过新墨西哥某峡谷的路上，我们在一棵样貌邈邈的艾氏栎前停了下来，它灰绿色的叶子形状尖锐，叶缘锋利。只要是栎树或橡树，任何一部分都有防腐抗菌的效果。橡树是最基本的止血剂，可以清洗伤口，喉咙发炎时可以拿来漱口，割伤时可以当药膏。

我的四周全是跟人体有关或有治疗效果的植物。怒发冲冠的丝兰是一种类固醇；毛蕊花是一种温和的镇静剂，它的根则会增加膀胱的张力，避免尿失禁；杜松也可治疗膀胱炎；蓍草还能凝血。

我的身体跟杜松和蓍草的化学成分交织在一起，膀胱的状态跟毛蕊花的根有关系。

我们怎能质疑自己不是自然界的一员？

在每一个有植物的地方，我都能发现一箩筐具疗效的植物。在美国西部，月经阵痛时，我可以服用当归、矢车菊、白芷、月见草、甘草、

益母草、欧薄荷、牡丹、普列薄荷、覆盆子、天竺葵或是龙艾；患扁桃腺炎时，我可以试试细点合蓟、牻牛儿苗、锦葵、委陵菜、灰毛紫草或鼠尾草；被晒伤了，就轮到吊钟柳和蓟罂粟派上用场；蓟罂粟的汁液也曾用来治疗角膜混浊，它同时也能治疗前列腺炎。

我站在崩落的黄色悬崖下，为自己没穿衣服感到难为情。我的软趴趴的肚子露在外面，虚荣心露在外面，拘谨也露在外面。除了在床上和沐浴时，我何曾像这样站着，一丝不挂？

在诊所里、医院中，当我陷于病痛中时，也唯有光着身体才能得到医治。我必须赤裸相见。

二十世纪前半叶，内科医生爱德华·巴赫发现自己对植物具有超人的敏感度。他靠近某些植物时会觉得平静放松，有些植物则会使他反胃。巴赫渐渐相信，如果把花朵的“液体能量”放入泉水，经阳光加热后，掺入些白兰地，能治疗人类最根本的情绪问题。他列举了三十八种花的疗法，大部分的花都可以在他家几公里的范围内找到。这些花针对“恐惧”“不确定感”“对眼前事物缺乏兴趣”“对外界的想法和影响过于敏感”“意志消沉”“过度替人着想”等毛病，共分成七类。

七种分类底下还有分支。猴面花主治的是可以言说的恐惧，而白杨的柔荑花序则对付来路不明的恐惧。铁线莲可以使活在梦中、非现实的人恢复正常，忍冬则把活在过去的人拉回现世。野板栗能够治愈被同一意念缠绕的女人，紫罗兰、凤仙花和石楠则是寂寞的建议处方。

“巴赫花精疗法”至今在市面上颇受欢迎。它的基本理念是我们的生化与细胞部分，能靠其他更微妙的能量调整到最佳状态。这种能量吸收在经络当中，中国人叫作“气”，印度人叫作“普拉纳”。花能影响这种能量流，产生波动，打通经络。它们能担任触媒的角色。

多年来，巴赫的原作已有增修。原来的名单上没有向日葵，而如今身为具有疗效的花，向日葵可以推荐给那些无法摆脱骄傲之心的人，对自尊心低落的人也有帮助。

“巴赫花精疗法”很容易成为笑柄。事实上，里面的方子可以说是充

满自嘲口吻。但我不愿取笑它。至少，不想笑得太过火。

我把这一切视为隐喻，把隐喻看作我们思考和生活的基本元素。我相信向日葵可以治愈骄傲，也明确知道紫罗兰可以减轻我的寂寞。

植物修复（phytoremediation）这个词源自意指“植物”的“phyto”；而“remediation”指的是“修复治疗的行为”。植物修复是科学的新领域、市场的新商机。有些植物能拾取并吸收有毒金属，把它安全存放在茎和叶的细胞中，用来抵御昆虫或防止感染。这些植物现在被拿来清理被污染的土地。

在波士顿郊区一户人家的后院（小孩已被禁止在那里玩耍），高山蒜蓼吸收着土地里的铅、锌和镉。大部分的植物无法忍受超过五百ppm^[14]的锌含量，但高山蒜蓼竟能储存达两万五千ppm的锌。在某废弃的锌提炼场，高山蒜蓼吸收锌的比率，在第二、第三年还在继续增加。最后，已被污染的植物会被连根拔起，安全销毁。

至于其他的开花植物，也有人正在考虑可以派上用场的地方。白杨已被用来清除地下水中的氯化溶剂，苜蓿可以用来清除石油。在印度，水生植物用来处理皮革加工厂产生的镉。有些植物可以去除土壤里易爆炸的化合物，比如黄色炸药TNT。曼陀罗能带走像铅之类的重金属，甘蓝菜能降低放射性粒子的含量。

向日葵也能吸收并储存放射性的物质。新泽西的一家公司用向日葵为生产铀元素的工厂去除污染，水培槽里的向日葵根成了废水的生物过滤系统。在切尔诺贝利进行的实验发现，发生辐射外泄的反应堆附近的池子里，有百分之九十五的放射性铯都被向日葵吸收了。一九九六年，美国和乌克兰的国防部在一个原是导弹地下发射井的地点，象征性地播下了向日葵的种子。

向日葵在美国仍是重要的经济作物，其经济价值在于种子及葵花子油。整个中西部都是大片大片的向日葵田，像是燃烧中的橙黄色旗子。

秘鲁的印加人过去把向日葵当作太阳和太阳神的象征来膜拜。

人们再次为向日葵倾倒，把它种在花园里。他们已然臣服，甘心再次俯首膜拜。

也许我们需要花的医治。

也许我们需要脱光衣服，让花瓣撒落肩膀、滑下肚皮、擦过大腿。也许我们需要赤身躺在长满野花原野。也许我们需要赤裸走过美景。也许我们需要赤裸走过色彩。也许我们需要赤裸走过香气。也许我们应该赤裸走过性与死。也许我们需要感受肌肤上的美。也许我们应该置身无所不在的花丛间，走过花粉道。

我们仍旧闻得到我祖母花园里的香气。我的祖母依然活在这世上。

注 释

1. 向日葵清除辐射的资料，我参阅了Andy Coghlan, “Flower Power,” *New Scientist*, December 6, 1997。另外一篇讲植物修复的文章也写得很好：Amy Adams, “Let a Thousand Flowers Bloom,” *New Scientist*, December 1997。第十六届国际植物学研讨会上有无数的演讲和论文都跟植物修复有关，包括用多媒体呈现的Ilya Ruskin, “Plants That Are Decontaminating the Environment.”

2. 苦可乐树的资料来自Maurice Iwu, “Ethnobotany: A New Plant Discovery to Cure Disease” (media presentation at Sixteenth International Botanical Congress, St. Louis, Mo., August 1999); and from “Edible Plant Stops Ebola Virus in Lab Tests” (press release of Sixteenth International Botanical Congress, St. Louis, Mo., August 1999)。许多报纸杂志都有针对此发现的追踪报道。

3. 长春花的资料出自*Systematics Agenda*, 2000, *Charting the Biosphere* (distributed at Sixteenth International Botanical Congress, St. Louis, Mo., August 1999)。

4. 针对植物的药用功能，我参考了Michael Moore, *Medicinal Plants of the Mountain West* (Museum of New Mexico Press, 1979)。

5. 关于花的萃取物，我查阅了Clare Harvey and Amanda Cochrane, *The Encyclopedia of Flower Remedies: The Healing Power of Flower Essences Around the World* (Thorsons, 1996); and Anne McIntyre, *Flower Power* (New York: Henry Holt, 1996)。

6. 许多书籍文章也谈到向日葵，例如Rita Peiczar, “The Prodigal Sunflower,” *American Horticulturist*, August 1993。

墙缝里的花啊

我把你拉出缝隙

连根整株地握在手里

小花一朵

然而如果能知道你是什么

根和整株

究竟是怎么一回事

那我应能明了

上帝为何

人类为何

——丁尼生（Lord Alfred Tennyson）

名词对照表

A

矮牵牛 *Petunia*

艾氏栎 *Emory oak*

B

巴赫花精疗法 *Bach Flower Remedies*

霸王龙 *Tyrannosaurus rex*

霸王属植物 *bean caper*

白垩纪 *Cretaceous period*

白条天蛾 *white-lined sphinx moth*

白杨 *Aspen, Cottonwood / Populus*

百日菊 *Zinnias*

斑叶阿诺母 *Lords-and-ladies / Arum maculatum*

北椋鸟 *Starlings*

北美金缕梅 *witch hazel / Hamamelidaceae*

贝氏拟态 *Batesian*

被片 *tepal*

被子植物 Angiosperms

被子植物门 Angiospermophyta

苯环型化合物 Benzenoids

柄锈菌属 Puccinia

波斯菊 Cosmos

伯惠绣衣 Clarkia breweri

捕蝇草 Venus'flytrap

哺乳纲 Vertebrate

不完全无配生殖 Agamospermy

C

草本植物 Herb

草甸碎米荠 Lady's-smock / *Cardamine pratensis*

草蛉 Lacewings

长春花 rosy periwinkle / *Vinca rosea*

橙花 orange blossom

臭藜 Stinking goosefoot / *Chenopodium vuulvaria*

臭菘 skunk cabbage

雏菊 daisies / *Chrysanthemum leucanthemum*

传粉 Pollination

传粉者 Pollinators

D

大红吊钟柳 Scarlet bugler / *Penstemon centranthifolius*

大茴香 star-anise / *Illicium verum*

大丽花 Dahlia

大灭绝 Mass extinction

当归 angelica / *Angelica sinensis*

倒挂金钟 Fuchsia

帝王蝶 monarch butterflies

第三纪 Tertiary period

吊钟柳 Penstemon, Beardstongue

冬青 Holly / *Alcea*

动物界 Animalia

兜兰 Lady's slipper

都灵裹尸布 Shroud of Turin

独脚金 Algeny

杜鹃花 Azaleas, Rhododendrons

杜松 Juniper

短尾细辛 American wild ginger / *Asarum caudatum*

短叶红豆杉 Pacific yew tree / *Taxus brevifolia*

E

鹅肠菜 Chickweed

萼片 Sepal

F

发香团 Osmophore

飞燕草 Delphinium

分类单元 Taxon (taxa)

分类学 Taxonomy

风信子 hyacinth / *Hyacinth*

风滚草 tumbleweed

蜂鸟 Hummingbird

凤仙花 impatiens, touch-me-not

佛焰苞 spathe

伏都百合 Voodoo lily / *Sauromatum venosum*

辐射尘 effluvia

辐射对称 Circle flowers

附子花 monkshood

覆盆子 Raspberry / *Rubus glaucus*

G

甘草 licorice

纲 Class

高山薺 Alpine pennycress

光谱 Spectrum

硅藻 diatom

H

海芋 Arum lily, Lily arum

含羞草 Mimosa

寒武纪灭绝 Cambrian extinction

鹤望兰 Bird-of-paradise / *Strelitzia reginae*

黑胡桃木 Black walnut / *Juglans nigra*

红豆杉 yew tree / *Taxus*

红花苜蓿 Red clover / *Trifolium pratense*

红杉 Redwood / *Sequoia*

红藻 red algae / *Rhodophyta*

猴面花 Monkeyflower / *Mimulus*

候鸽 passenger pigeon

胡蜂 wasps

胡椒薄荷 Poleo / *Mentha pulegium*

槲寄生 Mistletoe / *Phoradendron*

蝴蝶花豆 bluebell / *Clitoria ternatea*

互利共生 Mutualism

花瓣 petals

花翠素 Delphinidin

花萼 calyx

花粉 pollen

花粉道 Pollen path

花粉块 pollinium

花冠 Corolla

花冠筒 corolla tubes

花室 floral chamber

花序 inflorescence

花药 anther

花药锥 anther cone

花柱 style

化感作用 Allelopathy

黄凤蝶 Swallowtail butterflies

灰毛紫草 Red root / *Lithospermum canescens*

火焰草 Indian paintbrush / *Sedum stellariifolium*

J

基部丛生叶 Rosette

基础味阶 base note

基因库 Gene pool

脊索动物门 Chordata

蓟 Thistle / *Cirsium*

蓟马 thrips

蓟罂粟 Prickly poppy

加州蓝铃花 bluebell / *Phacelia whitlavia*

甲虫 Beetles

豇豆 Cowpeas / *Vigna*

结节仙人掌 cholla / *Opuntia imbricata*

芥菜 mustards

界 Kingdom

金鱼草 snapdragon / *Antirrhinum*

金盏花 marigold

锦葵 Mallow / *Malva*

近红外线 Near infrared waves

菊苣 chicory / *Cichorium*

菊科 Asteraceae

菊目 Asterales

菊属植物 Chrysanthemums / *Chrysanthemum*

巨型蒟蒻 Giant arum

巨型魔芋 corpse flower

巨柱仙人掌 Saguaro / *Carnegie gigantea*

K

KT界线 KT Boundry

茨烯 Camphene

康乃馨 Carnation / *Dianthus caryophyllus*

科 Family

空气间隙 Air spaces

苦可乐树 Bitter kola / *Garcinnia kola*

宽尾蜂鸟 Broad-tailed hummingbird

L

藜 Lamb's-quarter / *Chenopodium album*

利马豆 Lima bean / *Phaseolus limensis*

两性花 Hermaphrodites

灵长目 Primata

流星花 shooting star

柳叶菜科 Evening primrose family

龙艾 wormwood / *Artemisia dracunculus*

龙胆 Marsh gentian

龙骨瓣 Keel petal

龙舌兰 Tequilla

耧斗菜 columbine / *Aquilegia*

露珠草 Enchanter's nightshade

裸子植物 Gymnosperm

落羽杉 Bald cypress / *Taxodium*

绿头苍蝇 Blowflies

M

麻黄 Ephedra

马鞭草 Verbena / *Verbena polystachya*

马利筋 milkweed

马先蒿 lousewort / *Pedicularis*

埋葬虫 Carrion beetles

麦斯卡尔酒 Mescal

螨 mites

曼陀罗 sacred datura, Thorn apple, Jimsonweed,

Moonflower / *Datura stramonium*

蔓越莓 cranberries

蔓越莓科 Philodendron family

牻牛儿苗 cranesbill / *Geranium*

毛茛 buttercup

毛蕊花 Mullein / *Vaccinium japonicum*

美国鹅掌楸 Tulip trees / *Liriodendron*

美国皂荚 Honey locust / *Gleditsia triacanthos*

美洲商陆 Cacer-root / *Phytolacca americana*

门 Division

蠓 midges

孟南德洋紫荆 Bauhinia monandra

蜜蜂白 Bee-white

蜜蜂绿 Bee-green

蜜蜂紫 Bee-purple

繆勒拟态 Mullerian

莫哈韦沙漠 Mojave Desert

茉莉 jasmine / *Jasminum sambac*

没药 Myrrh / *Commiphora*

木槿 Hibiscus

木兰 Magnolia

目 Orde

苜蓿 Clover / *Trifolium*

N

纳瓦霍 Navajos

能量流 Energy flows

拟步行虫 dark beetles

拟交配 Pseudocopulation

拟南芥 *Arabidopsis thaliana*

柠檬烯 Limonene

牛眼菊 oxeye daisy / *Chrysanthemum laeucanthemum*

O

欧薄荷 Pennyroyal / *Mentha pulegium*

欧洲杨梅 bog myrtle / *Myrica gale*

P

胚乳 Endosperm

胚珠 Ovule

平车前 plantain / *Plantago depressa*

普拉纳 Prana

Q

桤木 Alder

旗瓣 banner petal

气味线 Odor plume

前味 top note

强刺仙人球 Barrel cactus

青柠 lime / *Citrus aurantifolia*

秋水仙 Meadow saffron / *Colax autumnale*

球葵 Globemallow / *Sphaeralcea*

蠼螋 earwigs

R

人科 Homonoidea

人属 Homo

忍冬 Honeysuckle / *Lonicera japonica*

柔荑花序 Catkin

肉穗花序（佛焰花序） Spadix

蚋 gnats

S

三色堇 pansy / *Viola tricolor*

三叶天南星 Jack-in-the-pulpit / *Arisaema triphyllum*

伞状花序 Umbellifers

扫除虫 Scavenger beetles

莎草 Nutgrass / *Cyperus rotundus*

山字草 Clarkia

舌状花 Ray flower

麝猫 Civet cats

麝香 musk

生长抑制剂 Growth inhibitor

蓍草 yarrow / *Achillea sibirica*

石楠 briar / *Photinia serrulata*

石生蓝花参 bluebell / *Wahlenbergia saxicola*

石炭酸灌木 creosote bush / *Larrea tridentata*

食蝇芋 Dead horse arum / *Helicoliceros muscivorus*

矢车菊 Knapweed / *Centaurea*

受精 Fertilization

书虱 book lice

属 Genus

鼠尾草 Sage

双名命名法 Binomial names

双子叶植物纲 Dicotyledoneae

水晶兰 Indian pipe / *Monotropa uniflora*

水仙 daffodil / *Narcissus tazetta*

丝兰 yucca

丝兰蛾 yucca moth

司虾鹿角柱 hedgehog cactus

苏铁 cycads

碎米荠 Hairy bittercress / *Cardamine hirsuta*

T

檀香 Sandalwood / *Santalum album*

体温调节 Thermoregulation

天蛾 hawkmoth

天蓝绣球 Phlox

天南星科 Arum family / *Araceae*

天人菊 Firewheel / *Gaillardia pulchella*

天竺葵 Storksbill / *Geranium* / *Erodium cicutarium*

萜类 Terpenoids

萜烯 Terpene

铁线莲 Clematis

筒状花 disk flower

土荆芥 wormseed mustard / *Erysimum cheiranthoides*

橐吾 groundsel / *Ligularia sibirica*

W

外来物种 Invasive species

完全花 Perfect flowers

王蛇 Kingsnake

伪花 Pseudoflower

伪丝兰蛾 bogus yucca moth

委陵菜 Potentilla

味阶 notes, perfume

无性生殖 asexual reproduction

无油樟 Amborella

芜菁 Field mustard

勿忘我 Forget-me-not / *Myosotis scorpioides*

物种形成 Speciation

X

西番莲 Passionflower / *Passiflora incarnata*

西洋杉 Cedar / *Cedrus*

喜林芋 Philodendron

细点合蓟 Chchana / *Liatris tridentata*

夏威夷蜜旋木雀 Honeycreepers

仙人掌 Cactus / *Cactaceae*

仙人柱 cereus cactus

线系进化 phyletic evolution

香水花 Perfume flowers

象鼻虫 weevils

心皮 Carpel

信息素 pheromone

行军虫 Army worms

雄蜂 bumblebees

雄蕊 Stamen

绣球花 hydrangeas

萱草 tiger lilies / *Lilium lancifolium*

玄参 Figwort / *Scrophularia*

血红老鹳草 Bloody cranesbill / *Geranium sanguineum*

薰衣草 lavender / *Lavendula angustifolia*

蕈蚋 Fungus gnat

Y

鸭跖草 dayflower / *Commelina muscivorus*

亚麻 flax / *Linum usitatissimum*

亚苏铁 bennettites

岩蔷薇 rockrose

演化分支图 Cladograms

洋蓍草 yarrow / *Achillea ageratifolia*

咬人猫 Singing nettle / *Ursinia capitata*

野板栗 wild chestnut

叶绿素 Chlorophyll

叶螨 Spider mites

叶子花 bougainvillea

一枝黄花 goldenrods / *Oligoneuron*

铱 Iridium

异体受精 cross-fertilization

益母草 Motherwort

罂粟 Poppy / *Papaver somniferum*

营养繁殖 Vegetative reproduction

有性生殖 Sexual reproduction

虞美人 Corn poppy / *Papaver rhoeas*

羽扇豆 Lupine / *Lupinus*

玉米螟 Corn borer

鸢尾 iris

原核生物界 Monera

原生生物界 Protista

圆叶风铃草 bluebell / *Campanula rotundifolia*

芫菁 blister beetle

月见草 Evening primrose / *Oenothera lamarchiana*

跃升花 skyrocket / *Ipomopsis aggregata*

Z

杂交育种 cross-breeding

杂交种 Hybrids

藻类 algae

占便宜者 Aprovechado

真核生物 Eukaryotes

真菌 Fungi

真菌界 Fungi

榛木 Hazel tree / *Corylus*

振动传粉 buzz pollination

支序分类学 Cladistics

栀子花 Gardenia

植物界 Plantae

智人 Sapiens

中味 middle note

种 Species

种子蕨 Seed fern

侏罗纪 Jurassic period

猪笼草 Pitcher plants / *Nepenthes mirabilis*

柱头 Stigma

子房 Ovary

紫丁香 Liliacs

紫罗兰 violets

紫茉莉 four-o'clock

紫杉醇 taxol

紫藤 wisteria

紫苑 Asters

自花授粉 self-pollination

自交不亲和 Self-incompatibility

自体受精 self-fertilization

总督蝶 Viceroy butterflies

[1] 译注：P.T.巴纳姆（P.T. Barnum），美国人，身兼剧场经理、艺人、公关等多重身份。他于一八七一年开始著名的马戏团巡回表演，该表演于一八八一年和詹姆斯·贝利（James A. Bailey）的马戏团表演合并，称为“地球上最伟大的表演”。

[2] 译注：香水三种味阶散发香味的顺序，依次是前味、中味，最后是基础味阶，也就是后味。

[3] 编注：信息素是同种生物间用以互相沟通的化学物质。

[4] 译注：这三种植物的学名分别为：臭菰、巨型魔芋、臭藜。

[5] 编注：通过花中心的任何一条线都可成为左右对称面的花，称为辐射对称花。多数花是辐射对称花。

[6] 编注：产生后一代生物的生物，对后一代生物来说是亲代，所产生的后一代叫子代。

[7] 编注：特化，指物种为了适应某种独特的生活环境，形成局部器官过于发达的一种特异适应，是分化式进化的特殊情况。

[8] 编注：贝氏拟态，指一个无毒可食的物种在形态、色型和行为上模拟一个有毒不可食的物种，从而获得安全上的好处。

[9] 编注：英文版文字并无括号里的中文名称，此为中文版另增。

[10] 译注：西方人以面包为主食，但以前得用手切，故视切面包机的发明为了不起的成就。

[11] 编注：裸子植物没有真正的花，它们在开花期间形成的繁殖器官称为球花，即孢子叶球。

[12] 译注：之所以称为“KT界线”，是因为这条线分隔了白垩纪（Cretaceous Period，简写为K）和第三纪（Tertiary Period，简写为T），K代表希腊文“kreta”，是白垩的意思。

[13] 译注：候鸽是一种野生鸽子，原产于北美洲，但已于二十一世

纪初绝种。它们常会成群结队地觅食，景象颇为壮观。其灭绝原因不详，但推测跟疾病、栖息地遭破坏和人类的大肆捕杀有关。

[\[14\]](#) 译注：ppm为“parts per million”的缩写，500ppm即百万分之五百。



未读 Club

为读者提供有温度、有质量、有趣味的
泛阅读服务



专属社群 独家福利
精品共读 活动特权

手机扫码

加入未读 Club 会员计划

未讀

《连线》杂志2016必读科普书 / 美国图书馆协会亚历克斯奖 / (@博物君) 张辰亮 推荐

Wasp That Brainwashed the Caterpillar

Evolution's Most Unbelievable Solutions to Impossible Problems

疯狂的进化

— 动物世界的奇葩物种和它们的生存绝技 —

Matt Simon



北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.

[美] 马特·西蒙 著 吴迪 译

版权信息

疯狂的进化

The Wasp That Brainwashed the Caterpillar: Evolution's Most Unbelievable
Solutions to Life's Biggest Problems

作者：[美] 马特·西蒙（Matt Simon）

译者：吴勔

出品方：未读·探索家

出版社：北京联合出版公司

目录

[版权信息](#)

[作者介绍](#)

[赠言](#)

[序言](#)

[第一章 你确定、一定以及肯定要交配](#)

[宽足袋鼯](#)

[鮫鰈](#)

[海扁虫](#)

[髭蟾](#)

[蟾鱼](#)

[第二章 你找不到保姆帮忙看孩子](#)

[寄生性蚤蝇](#)

[刻绒茧蜂](#)

[猫毛虫](#)

[翻车鲀](#)

[低地纹猫](#)

[负子蟾](#)

[第三章 你得找间房子生活](#)

[隐鱼](#)

[缩头水虱](#)

[鼓虾](#)

[群织雀](#)

[耳巢拟盘腹蚁](#)

[第四章 你周围的环境可没那么友好](#)

[水熊虫](#)

[水蛛](#)

[僵尸蚂蚁](#)

[倭狢狢](#)

[裸鼯形鼠](#)

[第五章 被吃掉你可就完蛋了](#)

[盲鳗](#)

[美西钝口螈](#)

[乌贼](#)

[马加平尾虎](#)

[穿山甲](#)

[冠鼠](#)

[第六章 不吃饭你也活不好](#)

[非洲大蜗牛](#)

[指猴](#)

[虾蛄](#)

[食骨蠕虫](#)

[虎甲](#)

[第七章 你不能让到手的猎物跑了](#)

[流星锤蜘蛛](#)

[栉蚕](#)

[地纹芋螺](#)

[七鳃鳗](#)

[猎蝽](#)

[写在最后的话](#)

[致谢](#)

[返回总目录](#)

Copyright © 2016 by Matthew Simon Illustrations copyright ©
2016 by Vladimir Stankovic.

All rights reserved including the right of reproduction in whole or in
part in any form.

This edition published by arrangement with Penguin Books, an
imprint of Penguin Publishing Group, a division of Penguin
Random House LL C.

作者介绍

马特·西蒙（Matt Simon），《连线》（Wired）杂志科普作家，专攻动物学，尤其了解那些奇异的物种。他是为数不多的见过传说中美西钝口螈交配仪式的人，且书中记载了目击经过，望读者喜欢。

赠 言

献给小时候被我扔在树叶上冲进下水道的蚯蚓。这种事一点儿也不好玩。我那时候不懂事，我很抱歉。

还有我的家人。不是说我把他们也扔在树叶上冲进下水道了，我是想说，我也要把这本书献给他们。

序言

我们得聊聊蜂类昆虫。我说的可不是你小时候，经常在夏日吓唬你的那种黑黄相间的小家伙，它们都不值一提，真的。我想说的是下面这样的生物，其排名不分先后：它们身上长着厉害的螫针，一位被螫针蜇过的科学家建议，万一被蜇，宁可倒地大叫，挨到痛楚退去，也不要慌张逃窜，以免伤上加伤。它们会将毒针刺入蟑螂大脑，再拖着“僵尸”凯旋，在猎物死前让幼虫们大快朵颐；它们会把自己的卵注入毛虫体内，孵化出的幼虫就能从内部活活吞掉这只名副其实的“可怜虫”。蜂类昆虫虐待其他生物的能力堪称绝无仅有，它们如此残暴，连查尔斯·达尔文（Charles Darwin）都宣称，一个慈爱的造物主绝不会设计出这样的生物。

但其实，在动物界，正如那句俗话所说，“生活艰难，等待你的只有死亡”。生存在世，随时命丧黄泉也是常有的事，几十亿年来都是如此。对大部分生物（除了人类）来说，平和、舒适地寿终正寝是不可能的，每时每刻，总会有动物竭力避免成为别的动物嘴里的美餐——我向你保证，此时此刻在世界的某个角落里，准有某种东西的体内藏着蜂类的幼虫，而它正被那些幼虫从里到外蚕食着——更别说来自动物的攻击了，就连大树都有可能倒下来砸死你——那可是大树啊。

大自然并不在意死亡和苦楚，但这些却会搅扰我们人类的心情。我们不喜欢想象动物世界中捕食者对猎物大快朵颐的场景，这种画面实在是不怎么得体。但说实话，这已经超越了所谓的“得体”，这种画面其实相当优美。地球上多样的捕食者和猎物正是生物进化的精彩之处，这种辉煌的进化已经持续了上千万年。从数亿年前的单细胞生物体开始，到后来席卷全球的生命大爆发，生物之间其实并不总是相处得那么融洽。而且，地球生物要担心的也并不仅仅是彼此——恶劣的气候、洪水、飓风、陨石……个个儿都不是省油的灯。

简单地说，动物们的生活绝不安逸。但究其核心，进化是解决地球上问题的最重要力量，可进化本身也会制造各种麻烦。这就让动物界的那些事变得有些……复杂了。

举个例子吧，动物界有一种“僵尸蚂蚁”。它们生活在南美洲的热带雨林，出生时本是正常的蚂蚁，和伙伴们一起沿着栖息地的小径觅食。可就在不知不觉间，它身上多了一名乘客——一种真菌的孢子。这种真菌孢子黏附在蚂蚁的体表，然后一路深入，掌控寄主的大脑和思维。在蚂蚁的大脑中，孢子会释放化学物质，夺取蚂蚁大脑的控制权，在一天中特定的时间，驱使它离开栖息地，爬到特定高度上一片叶片的背面——时间和高度都正好最适宜真菌生长。寄生孢子指挥蚂蚁咬住叶脉，然后将其杀死，从蚂蚁脑后进裂而出，撒向那个地方的蚂蚁栖息地，开始新一轮的循环。

首先，我要声明，这些事全不是我瞎编出来的（“僵尸蚂蚁”的光荣事迹将出现在第四章）。其次，大自然创造和解决问题的方式其实相当疹人。本来，真菌依靠风力即可扩散其孢子，可茂密的雨林中没有风，所以经过上百万年的演化，真菌找到了一个办法——把蚂蚁当成运输工具。而蚂蚁也有解决这一问题的方法：它们会本能地抓住病恹恹的个体，把这些“病号”逐出蚁穴，赶到一片集体墓地去。然而，反过来真菌又找到了新对策：它们操纵僵尸蚂蚁离开蚁穴，这样就能掩人耳目。如此这般，一方进化出新的侵略方式，另一方就进行防守，就这样过了一年又一年，甚至一个又一个百万年。道高一尺，魔高一丈。

这种问题和对策的博弈甚至还会给某些生物在两性之间挑起冲突，好像光担心捕食者和“洗脑”真菌还不够刺激似的。你懂的，雄性与雌性在交配这件事上的品位并不对等。雌性但凡会动，雄性就会感兴趣，而雌性只能更加挑剔。因此，“精虫上脑”的雄性之间就会爆发争斗。举例来说，在这方面，一种雄性蟾蜍就做得特别极致。它们为了争夺交配权，演化出了一种胡须武器。就连雌雄同体的物种——比如某些海扁虫——也不会放过同胞。两只海扁虫相遇交配之时，哪一方都不想作为母体怀孕产子。怎么办呢？对策很简单——来一场“阴茎击剑”（penis fencing，这些内容会出现在第一章，我猜你已经迫不及待了吧）。

那么，究竟是什么东西在动物界挑起了这些争端？是整个生态系统的体制？——没错，整个系统。准确地说，是查尔斯·达尔文提出的自然选择学说（natural selection）：生物必须竞争，为了食物和水，偶尔还要为了庇护之所；除了与其他物种竞争，还要在种内进行竞争。DNA复制的过程中会发生错误，在每个子代体内，父母双方基因也有独一无二的组合方式，这些因素使生物的每个个体都不尽相同，而食物又往往

不充足，不能保证每个个体的存活。如果活下来的个体拥有帮助它们赢得资源的“幸运”基因，它们就能繁育后代，把有利的基因传承下去，延续种族的血脉。

食物只是竞争的诱因之一。一些优势个体也许比同胞跑得更快，它们就能逃脱捕食者的追捕，存活下来延续基因；那些对严酷的环境适应性更强的个体，便能存活下来延续基因；那些拥有漂亮羽毛或出众舞姿的个体，更能吸引异性的眼球，它们就能赢得交配的权利，将基因传播下去。猎手与猎物之间、兄弟与姐妹之间、性感的雄性与妩媚的雌性之间，竞争无处不在。某种生物也许会占得生存的优势，但相对于每种“优势”，又总会有其他生物拿出“对策”。

不同的动物也有不同的方式来处理弱点，为生存问题寻找对策激发了它们无尽的潜能。凡此种种都在证明，在地球生物存在的数十亿年里，进化制造了许多问题，但也找到了无数解决办法。道高一尺，魔高一丈，问题与对策相互博弈。而在这个过程中，生物的进化又经常向着别致而奇怪的方向发展。本书将带你一览那些生物圈里最独特的“怪胎”，你可以把这本书当成一本动物寓言故事集。而且，书中的这些动物没有一种会被大树砸死。那么会死于穷凶极恶的真菌之手？说不定，但大树，绝不可能。我敢保证。

第一章

你确定、一定以及 肯定要交配

在本章中，宽足袋鼯奋起交配，直至双目失明、精尽而亡；海扁虫用阴茎前戳后刺，相互缠斗。

你喜欢嘿咻之事，这没什么，每个人都喜欢——每种生物都喜欢——因为这是生物存活必需的。这是我们存在于这个星球上的原因：将自己的基因传递给下一代。你把俗套的搭讪台词背了个烂熟，或是为此特地去做了个新发型，要是你敢于表白，还可以双管齐下。这没什么好羞耻的，就算你调动全部的想象力，你也想不到，动物世界中“床第之欢”的尺度比人类的还是要大得多。举个例子吧，我猜，你在床上从没疯狂到精尽人亡吧？我就这么一说。



宽足袋鼯

问题：任何生物存活于世的唯一原因就是要生孩子。可是交配产崽的压力也很大呢。

对策：有袋目动物——宽足袋鼯的雄性个体会在连续三周的时间里和能找到的每一位雌性进行交配，直到它们开始脱毛、内出血、双目失明、精尽而亡……

生命的意义，我懂。大声说出来还是需要勇气的，不过我真的懂。
生命的意义正如下所言：

无尽狂欢。无尽狂欢。

人类给生命的存在想出了一大堆哲学奥义，而在人类出现之前的38亿年生命史中，地球生命有且仅有一个目标——繁殖。这些生命的次要目标是：吃上足够的粮食，维持繁殖的动力；别被当成粮食，保证繁殖的继续。

澳大利亚有种长得像老鼠的有袋目动物，名叫“宽足袋鼯”，没有其他动物比宽足袋鼯更执着于这个目标了。雄性宽足袋鼯交配的频率如此之高，交配的对象如此众多，一刻也不肯停歇，最终导致每一只都不得善终。但它们的死亡可不像突发心脏病那么迅速。不行，不行，那可太简单了。它们都是名副其实的“精尽而亡”——精尽而亡的宽足袋鼯感受不到痛苦。正当雄性宽足袋鼯还在蹦跳着四处风流的时候，它们的体内开始出血，免疫系统逐渐衰竭，背上的毛开始脱落，最后甚至还会双目失明，但这些都阻碍不了它们求欢的脚步。即便世界陷入黑暗，宽足袋鼯依然会坚决地搜寻异性，直到生命的最后一刻——活脱脱的交配僵尸。

这一切背后的奥秘就是海量的睾酮。交配季节到来时，雄性宽足袋鼯体内的激素水平直线飙升。你要想提高性欲，这倒不失为一件好事，可在这种条件下要还想维持情绪稳定和身体健康，就没那么容易了。往好的方面看，大量的睾酮扰乱宽足袋鼯体内的糖类代谢，能让它们三个

星期不吃不喝，专注交配，甚至连续“嘿咻”14个小时。同时，睾酮的分泌也会让宽足袋鼯释放大量的应激激素——皮质醇。皮质醇能进一步提升能量水平，但随之而来的就是严重的副作用，比如内出血、脱毛和失明。

不过，在如此这般的狂欢中，雌性宽足袋鼯到底扮演了什么样的角色呢？难道它们就只会容忍这帮蠢蛋，任由它们跑遍整个森林胡搞乱搞？嗯……就是这样。但雌性宽足袋鼯手里其实握有更大的控制权。说实话，在宽足袋鼯的进化历程中，这出闹剧也许压根儿就应该归咎于雌性。

你叫“possum”，我叫“o-possum”，
就因为我是美国人，好气人喔

澳大利亚被人称为“有袋动物（比如宽足袋鼯）的家园”，但在美洲生活的有袋动物其实数量也不少。美国唯一的一种有袋动物是负鼠（opossum），英文名字的开头有个字母“o”。准确地说，名字开头没有“o”的负鼠（possum）是澳大利亚的本土种群。其实，有袋动物很有可能起源于美洲。6000万年前，当澳大利亚和美洲大陆还连在一起的时候，它们一路跨过南极，迁徙到了澳大利亚。我倒不是想为美洲正名什么的，就是陈述一下事实。

宽足袋鼯喜食昆虫。对澳大利亚的食虫动物来说，春季正是大饱口福的最佳时节。每到春季，所有昆虫的数量都会激增。也正是在春季，有袋动物会选择繁衍下一代，因为地上有无数爬来爬去的食物。不过它们的新生儿并不会食用昆虫，正相反，这些食物是给妈妈们准备的。与其他种类的哺乳动物相比，宽足袋鼯的新生幼崽的发育尚不完全。其他哺乳动物的幼崽，比如马，出生就能下地奔跑（其实说是跌跌撞撞地爬比较合适，不过你懂我的意思）。因此，有袋动物的幼崽还需要极长的一段时间继续吮吸母乳，成长发育。和考拉、袋鼠的情况一样，宽足袋鼯为数不多的几只幼崽会端坐在母亲的育儿袋中，育儿袋就像挂在雌性腹部的一只大碗。为孩子们产奶消耗了宽足袋鼯母亲大量的能量，而昆虫正好可以补充能耗。在进化的历程中，似乎雌性宽足袋鼯缩短了哺乳

期，以期幼崽断奶、下地生活的时间能与昆虫数量暴增的时间同步，保证幼崽有更高的存活率。

而这，又进一步保证了与雌性交配过的所有雄性宽足袋鼯的死亡。当然，不是说雌性宽足袋鼯谋杀亲夫。在数百万年里，雄性宽足袋鼯必须适应并解决哺乳期缩短的问题，它们必须在尽可能短的时间内，产生尽可能多的精子，搞定尽可能多的雌性。与其身体的体积相比，宽足袋鼯的睾丸极大。在进化过程中，雄性宽足袋鼯找到了应对短暂哺乳期的策略，即与众多雌性共赴云雨。

让雌性和雄性进化出某种“敌对”的关系，这一切听起来也许与物种的存活背道而驰，但其实并不是这样。雌性宽足袋鼯只是对雄性的要求高了一些而已。没错，在那三周交配期里，它们会与一群雄性纠缠不清，虽然不能像雌孔雀凭借羽毛的华丽程度甄选伴侣一样挑剔，但由于最健康的雄性能产生最大量的精子，只有最优质的雄性才最有可能让雌性受孕。雌性宽足袋鼯通过自己的办法为后代“选择”了最佳基因。再说，雌性宽足袋鼯一胎可能会生下不同男伴的孩子，如果生下的幼崽数量多过母亲乳头数量的三倍，就只有最强壮的幼崽才有机会抢得乳汁，而剩下的，只能带着从父辈遗传来的劣等基因命丧黄泉。

六英寸阴蒂内的冒险

鬣狗在交配后选择精子的行为更加主动。鬣狗姑娘的阴蒂足有6英寸（约15.2厘米）长，外形看起来和雄性的阴茎毫无二致。鬣狗交配时，雄性会将阴茎插入雌性的“阴茎”中。生物学家注意到，对雄性鬣狗来说，交配这件事还颇有技术含量。要是鬣狗姑娘看不上鬣狗小伙儿，它可能还会利用这条体积可观的阴蒂将精子冲走，随着尿液排出体外。纵观历史，这一切给鬣狗赢得了个“性变态”的名声似乎也在情理之中。欧内斯特·海明威（Ernest Hemingway）曾经这样描写过一只名叫“菲西”的鬣狗：“雌雄同体、自相残杀的食腐动物，追赶产崽的母牛，扯断它们的腿筋，也许还会在夜里趁你睡着的时候撕掉你的脸。”

天哪！瞧海明威说的。他还有不抱怨的时候吗？

在人类看来，这些场面无情无义，但生命就是这样一路发展而来的。查尔斯·达尔文在1859年提出了以自然选择学说为基础的进化论，生命就是在这个理论支配下的一幅残忍的画卷。在进化论中，自然选择学说尤为重要。在达尔文的时代，博物学家已经开始意识到物种会发生变化，他们将这种现象称作生物的“演变”。达尔文的惊人发现揭示了其中的机制：生物普遍会生下多于环境容纳量的后代，这些后代在性状上各不相同，只有拥有更加适应环境的、有利变异的个体，才能生存下去，继续繁衍，传递“有利的”基因。这就是物种进化、适应环境和捕食者的方式，其必然结果是，无数无法适应环境的生物将在进化过程中被淘汰。

从宽足袋鼯的角度讲，它们似乎并不在意什么进化不进化。它们只为实现生命的意义而活：想尽一切办法交配，就算赌上性命也在所不惜。况且，雌性宽足袋鼯的寿命也就那么几年，所以雄性以这种自杀式的繁殖方式留下后代倒也算不上有什么太大的损失（雄性宽足袋鼯没有一只活过一岁，它们都是在上一个交配季节之后出生的）。宽足袋鼯小伙儿搞定了几十个姑娘，理想状况下，最起码也会有一个为他传宗接代。生命的意义实现了，小伙儿永远闭上了眼睛，留下姑娘们准备负起真正的责任。



鮟鱇

问题： 你以为在酒吧里邂逅真爱很难？来荒芜的深海里试试吧。

对策： 当又瘦又小的雄性鮟鱇找到异性——一位比它重上50万倍的姑娘时，它绝不会轻易放手。不管异性在哪里出现，雄性鮟鱇都会紧紧咬住它，将自己的脸融合进对方的身体组织，然后终其一生在另一半身上释放精子。

先别急着可怜宽足袋鼯，因为在深海中还有一类动物，想来个激情至死都没那么容易。这种动物终生都是欲奴，还不是主动求欢的那种——我所说的正是鮟鱇，它们的一生奇特而苦闷。

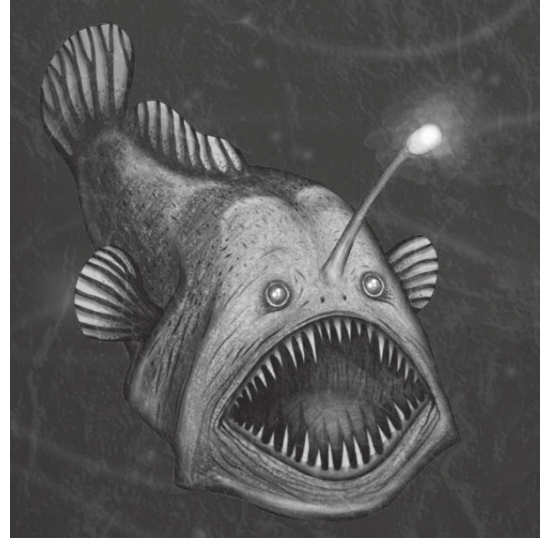
深海鮟鱇的分类下有160多个品种，要是你把深海鮟鱇的雌、雄性错认成不同的动物倒也情有可原。鮟鱇的雌鱼光彩照人，它们最显著的特征就是在头部前端长有一个会发光的“诱饵”，这个诱饵能帮助它们吸引猎物 and 异性。不同种类的鮟鱇拥有不同形状的诱饵，发光的模式也各有差别，四处游荡的雄性可以借此找到相同种类的雌性。雌鱼还有一张血盆大口，嘴边布满巨大的利齿，体内的胃像个洞穴，以保证它们不管在孤寂的深海里遇到什么猎物都吃得下去，消化得了。不同种类的鮟鱇在体形上也相差颇大。有些鮟鱇身材苗条，呈流线型，有些却像在球形的胃上长了张脸，样貌滑稽，活像个游泳池里的水球，一辈子和“敏捷”“灵活”这样的形容词无缘。

有时候，雌性鮟鱇身上会凸起微小的肿块，看起来就像粘上了讨要食物的寄生虫。其实，说是寄生虫倒也没错，这些东西确实是以其特有方式“寄生”的——那些都是雄鱼。雄性鮟鱇太小了，有些种类的雄鱼甚至是世界上体形最小的脊椎动物之一（“脊椎动物”就是有脊椎的动物，和“无脊椎动物”——没有脊椎的动物相对应）。这些幸运的雄鱼实现了一辈子唯一的目标：找到可能比它们重50万倍的雌鱼。事实上，雄性鮟鱇无法进食，从降生起，它们的任务就是在无尽的漆黑中寻找雌性，然而只有大约1%的雄鱼能够成功，剩下的只有被活活饿死的份儿。不过，正因为脑袋小，雄性鮟鱇拥有动物界相对尺寸最大的鼻孔，可以闻出雌性的踪迹，然后再用钳子一样的牙齿牢牢钩在雌鱼身上，终生融为

一体。

我的生命之光

大约九成的深海生物都会发光。乍看之下，在一片黑暗中亮得像节日里的烟火似的，把自己的位置暴露给捕食者似乎不怎么利于生存，不过生物发光其实在很多方面都是一项不可或缺的能力。鮟鱇可以借此进行交流、诱捕猎物，其他动物还会把发光作为防御手段。有些海虾会喷射发光的黏液来迷惑袭击者，就像章鱼会喷墨。有些动物会点亮自己的肚子，模仿从水面射下的微光，破坏自己的剪影，避免



被捕食者发现。还有些动物干脆与捕食者来个同归于尽：要是捕食者吃掉了它们发亮的身体，且捕食者通体透明（在深海里，透明的身体非常普遍），它们就会在猎手的胃里继续发光，把猎手变成显眼的活靶子——和被彩弹击中的银行劫匪一个样儿。

鮟鱇夫妻“合体”的原理是这样的：雄鱼就位之后，酶就会开始融化它的脸，让它和雌性合二为一。在与雌鱼的循环系统接触、融合后，雄鱼就会从雌鱼身上吸取营养，继续长大，同时，眼睛等不必要的器官和结构会萎缩。准确地说，雄鱼从雌鱼身上偷取营养，它们确实是雌性的“寄生虫”。这种生活方式被称为“异性寄生”（sexual parasitism）——没错，鮟鱇会寄生在“自己人”身上（也有几种鮟鱇的雄性非常幸运，它们不会融合。在相互连接、偷走营养并释放精子后，雄鱼就会放开雌鱼，转身离开）。

恩爱的鮟鱇夫妇分泌激素也是同步的，也就是说，妻子释放卵细胞的同时，也能激发丈夫释放精子。雌鱼的卵带足有30英尺（约9.1米，1英尺≈30.48厘米），其中的卵细胞吸收着雄鱼的精子（由于雄鱼也会向

雌鱼提供一些东西——比如精子——有些生物学家认为鮫鰐的相处方式并不完全属于寄生。它们的关系也是很复杂的呢）。从结果上讲，雌性鮫鰐变成了自体受精、雌雄同体的物种。在其30来年的生命里，雌鱼能够与好几条雄鱼结合，所有的雄鱼都会为她产生精子，直到雌鱼死亡。这时，整个“复合体”就会沉入海底深渊。

这种解决交配问题的对策可谓别出心裁，可这也把鮫鰐变成了一台生育机器，夫妻双方要不断产生卵细胞和精子，不把雌鱼的能量耗尽不算完。这也是雌性鮫鰐在体形上力压伴侣的原因——一切都因为配子，也就是卵细胞和精子。人类总以为男性身材魁梧就比女性优越，还以为这一点放之四海而皆准，但事实是，在自然界，大部分物种的雌性都会比雄性长得更大，其部分原因是雌性要花费巨大的能量来产生卵细胞。鮫鰐姑娘的口腔和胃都如此海量，也是由于在它们的栖息环境中食物相当匮乏，因此雌鱼必须保证能够吃下遇到的一切食物来获取能量。另外，卵细胞比精子更占空间，所以雄性就算长得相对小一些也无所谓。

在动物界的其他角落，雌性一生能产生的配子是定量的，因此卵细胞的意义重大，雌性必须仔细甄选交配对象。举例来说，姑娘们可能只会和最棒的舞者，或者最强的斗士共度春宵，以保证枕边人能把最优质的基因传递给下一代。等到哺乳动物等生物怀上后代，母亲们还得摄取更多能量来养育肚子里的那群小家伙。雌性的挑剔使得雄性为争夺交配权展开激烈的斗争，最终导致某些生物进化出“超常”的体形——为了战胜对手，赢得雌性的芳心，雄性最终会长得比雌性更加魁梧。

“洞穴昆虫的雌性阴茎、雄性阴道及其相关进化”

在雌性挑剔交配对象的问题上，有一个引人注目的反例，就是巴西的新穴虫属（*Neotrogla*）昆虫（“属”就是一类有亲缘关系的物种组成的集合）。这类昆虫的雌性个体长有“阴茎”，而雄性个体长有“阴道”。准确地说，应该是雌性长有形似阴茎的结构，可以用来插入雄性的生殖腔，夺取精子和少量营养物质。这些营养被当作“彩礼”，为雌性在贫瘠的洞穴栖息环境中提供珍贵的能量。在新穴虫属昆虫的案例中，姑娘们成了追求者，而小伙儿们反倒扭捏了起来。顺便说一句，发现这类昆虫的研究论文有个耐人寻味的题目——

《洞穴昆虫的雌性阴茎、雄性阴道及其相关进化》（Female Penis, Male Vagina, and Their Correlated Evolution in a Cave Insect）。

雌性宽足袋鼯和鮟鱇都在以自己独特的方式“挑选”着最适应环境的异性。前者让伴侣长出了雄伟的睾丸，而后者的办法也着实让雄性“摸不着头脑”。记得我说过只有1%的雄鱼能在死前找到雌性吧？那些死去的小伙伴，并不是因为它们不够努力——在广袤、昏暗的大洋深处锁定一条雌鱼真的太难了，唯有最棒的追踪大师才有机会和雌性融为一体，把自家的香火延续下去。大概这就是随着时间的推移，雄鱼的鼻腔都这么发达的原因，正是大鼻孔保证了它们传播基因的权利。

20世纪初，第一批观察鮟鱇的生物学家以为雌鱼身上吸满了其幼体小鱼。不过这种鱼的生存方式如此诡异，也难怪科学家会得出错误的结论。然而等到真相大白后，最初的困惑却化作震惊，然后又变成了恐惧。1938年，伟大的博物学家、探险家威廉·比贝（William Beebe）将鮟鱇的风貌总结如下：

在如此广袤无边、令人生畏的黑暗里，受气味的驱使一股脑儿冲向庞然大物般的异性，主动在其柔软的体侧咬出一个洞，感受对方的血液逐渐充溢血管，还要抛弃身为鱼类的一切，委身化作虫豸，抛弃头脑，抛弃感情——这是纯粹的天方夜谭，除非证据就在眼前，否则我们绝对不予采信。

鮟鱇小伙儿，继续游下去吧，拿出证据给他们瞧瞧，也别丢了自己的身份啊。



海扁虫

问题：当妈也是个重任呢。

对策：雌雄同体的海扁虫选择拔出阴茎，一决雌雄。海扁虫个体会同时产生精子和卵细胞，所以成功用针头一样的生殖器插入对手身体的海扁虫就逃过了怀孕生子的命运，独留受了精的输家暗自伤悲。

正如鮫鯀和宽足袋鼯的例子所示，雄性一般会想尽办法风流快活，生物学上真正的担子都压在雌性的肩上。雌性要耗费巨大的能量产生卵细胞，要是哺乳动物，还要负责哺育、照看幼崽。可是，对雌雄同体的动物，比如某些栖息在海中的海扁虫来说，情况又是怎样的呢？谁来承担怀孕生子的重担呢？

答案是——谁在“阴茎击剑”中落败，谁就得当妈。海扁虫生存的海洋深度远不及鮫鯀上演“交尾怪谈”时的深度。在海底的珊瑚礁丛里，某些种类的海扁虫会在同类之间挑起战争。

战局从一派祥和的景象开始。两只色彩艳丽的海扁虫相遇了，你蹭蹭我，我蹭蹭你。但这份和谐转瞬即逝，两位“选手”旋即撅起屁股，亮出各自的武器：每人两把尖锐、洁白的“匕首”——它们的阴茎。接着，它们左突右刺，谁都想把一身的精液注射给对手，同时还得留神防备着自己别反被受精，那样子活像人类击剑手。这场战役最长能持续进行一个钟头，直到各自身上的两把“匕首”缩回体内，两位选手才肯重新俯下身，分道扬镳。挑战结束，对战双方很有可能都已遍体鳞伤，浑身是洞，洞里还灌满精子。你甚至还能看到它们身上布满白色的条纹，那是一条条支流丰富的精液之河，正奔腾在与卵细胞结合受精的路上。

只要你想，没有什么不是虫

在英语里，似乎什么东西都可以被当作虫子，当然，也要在合理范围内。如果你身材修长、没有脊椎，还黏糊糊的，那你八成就

会被人称作虫子。因此，这个广义的“虫类”就包括了具有多对步足的栉蚕（我们会在后文中见到它们）、侵略人体肠道的绦虫，还有蚯蚓。澳大利亚的蚯蚓能长到6英尺（约1.8米）长（这种东西就留给澳大利亚好了，那儿就是个奇葩生物的国度）。然而，6英尺长的蚯蚓和海底的带虫比起来，依然是小巫见大巫——带虫可以长到100英尺（约30.5米），几乎和地球上最大的生物——蓝鲸一样长。还有人声称曾在苏格兰采集过一个标本，测量长度为180英尺（约54.9米）。不过，这个测量的人大概是想追求一个“世界最长动物发现者”的虚名，谎报了标本的长度。名利熏心嘛，你懂的。

现在，你可能要问为什么了。为什么海扁虫要采取这种暴力、创伤式的受精方式呢？或者问得更准确、更幽默一点儿，为什么要用这种“皮下注射”的方式来受精呢？原因就在于，两只海扁虫拥有相同的目标——它们谁也不想成为“雌性”（这么说有点儿性别歧视，在这里就不要计较了）。培育那些受了精的卵细胞绝对不是什么轻松的工作，更别说输家被搞大肚子之前还遍体鳞伤了。“阴茎击剑”的赢家逃过了抚育后代的麻烦，还把自己的基因延续了下来。

但这种方式最奇特的地方在于，如果海扁虫要被同类“捅刀子”，根据自然选择的要求，就只有被捅个彻底对它们最有利。技艺最高超的“剑术家”在繁殖上拥有最大的优势，其他海扁虫也都想将这些精英的基因传递给子代，让其子代也拥有出色的格斗技巧和传种能力。这是大自然最残酷的一大讽刺：没有哪只海扁虫想被对手的器官刺入身体，让自己受精，但要是别无选择，它们就会希望被刺个痛快，受精也受个彻底。

还有一种海扁虫的生活方式更加诡异。这种海扁虫通体透明，体形微小，和海床上众多长相标致的近亲一样，也靠将精子注射给对方的方式交配。然而，这种海扁虫似乎更懂得体味孤独的痛苦——要是附近没有同伴，它们就会把“匕首”捅进自己的……脑袋。这种行为被称为“自体受精”（selfing）。海扁虫的“匕首”位于尾巴尖，脑袋长在身体另一头，只要一个灵巧的下腰就能“正中红心”，然后精子就会一路向前，与卵细胞结合。因此，如有必要，海扁虫也可以独立自主地进行繁殖。发现这种行为的科学家并没有像之前描述“击剑手”时那样，将这种行为称

为“创伤式受精”（traumatic insemination），而是谨慎地选用了“皮下受精”（hypodermic insemination）一词，因为他们也不知道这种小动物自戳脑袋之后到底会不会受伤。我没开玩笑。

其实，海扁虫并不是唯一靠这种奇特的方式繁殖的动物。这样的动物还多着呢。要是你还没找到足够的理由害怕（甚至鄙视或恶心）臭虫的话，我再给你说一个吧——它们都在你的床单上搞“创伤式受精”呢。雄虫在交配时会用生殖器刺穿雌虫的外骨骼，然后把精子全部注入伴侣的体腔。坚硬的外骨骼对臭虫来说非同小可，臭虫要靠它抵御外界侵袭。不过，雌性臭虫已经进化出了一种特殊的免疫反应——它们能够产生一种腐蚀细菌细胞壁的蛋白质，在外骨骼受损时防止感染。

这些，就是交配战争中的博弈。一方发展出“进攻”的方式，另一方就找到对策进行“防守”。大自然创造问题，也会解决问题。归根结底，这一切都是围绕生命的意义——不惜代价地繁殖——进行的。生命的意义让两性之间发生冲突，或者从雌雄同体的海扁虫的角度讲，就是让充当“雌性”的个体和充当“雄性”的个体发生冲突。当雌性要控制交配对象、确保挑选出最佳基因时，这种冲突尤为激烈。而要说将这种交配冲突推向高潮的动物，鸭子自然当仁不让。雄鸭早已恶名千里，它们会胁迫雌性进行交配。为了把雄性螺旋状（而且最长能长到约38厘米）的器官拒之门外，雌性的阴道进化成了反向螺旋状。有些种类的鸭子甚至还在阴道内进化出诸多“死胡同”，以抵抗雄鸭的强暴。

当福克斯新闻网与鸭子生殖器擦出火花——不是字面上这个意思，你懂的

2013年，专门研究鸭子生殖器的科学家帕特里夏·布伦南（Patricia Brennan）遭到舆论的攻击，保守派披露，她的研究获得了美国国家科学基金会（National Science Foundation）下联邦资金的支持。当时福克斯新闻网的一项民意调查则显示，其网站及电视用户中，有89%的人认为这项针对鸭子私密部位的研究纯粹是浪费纳税人的钱。对此，布伦南特地在讽刺杂志《Slate》上撰文反击，称资金补助最早在2005年布什总统执政期间就已批下。“经过基金会多名科学家的严格审查，这笔资金才被批下来，”她如是写道，“这就反映了这项研究具有坚实的理论基础，也证明学界公认这个课题

在科学上很有前景（确实如此），同时也能吸引大众的兴趣和目光。”

鸭子生殖器：你们美国人可真有意思，当然，2005年以来福克斯新闻网那89%的用户除外。

动物会挑选交配对象，而这种挑剔会驱使物种进化出某些特定的性状。这一理论被称为“性选择”（sexual selection），是由查尔斯·达尔文提出的另一个重要理论。性选择理论在英国维多利亚时代的父系社会中遭到了嘲笑。人们普遍认为，让女性拥有选择权是十分可笑的，在谈及择偶时尤其如此。这一谬论的坚定反对者正是著名博物学家阿尔弗雷德·拉塞尔·华莱士（Alfred Russel Wallace），那位和达尔文几乎同时提出自然选择学说的人〔华莱士给达尔文寄过一封信，信上阐述了自己的学术观点，达尔文收到信后赶紧发表了自己的著作《物种起源》（*On the Origin of Species*）。但在著作发表之前，两人的学说就已经被同僚们在伦敦林奈学会中介绍过了，后来他们也从点头之交变成了挚友〕。华莱士不认为动物的智力足以让它们做出自己的选择，除非是我们人类的女性。他曾经这样写道：“各个阶级的许多最丑恶的男人本来还是可以轻松讨到老婆的，但当女人们能够经济独立、社交自由地做出选择时，他们几乎都是要打光棍的。”这样的选择能改善物种，不过他强调的是他自己的物种。

为华莱士对女权主义如此乐观而喝彩吧，不过在性选择的观点上他还是犯了错误（我要先说清楚，华莱士也是很伟大的，也许借这个事迹来介绍他并不太合适，我道歉，不过孰能无过呢。在科学上犯错并非坏事，这样的错误能够帮助其他人发现真理。在下一章中，我们就可以见到华莱士提出的很多正确观点了）。谈到性的话题，动物界的姑娘们确实也可以算“手握重权”呢。

所以说呀，我们人类也许做不到每时每刻都提出伟大的学说，但至少我们不会“阴茎击剑”，这也得算数吧？



髭蟾

问题：吸引雌性注意的竞争相当激烈。

对策：如果你是一种特定种类的雄性蟾蜍，你就会长出“胡须”，还会用这些“胡须”攻击对手。

“孔雀尾巴上的羽毛，每次我一看到，就会心生反感。”查尔斯·达尔文曾在给美国植物学家阿萨·格雷（Asa Gray）的信中说过这样一句话。他厌恶孔雀绚丽招摇的模样，觉得这种动物就是对其自然选择学说活生生的侮辱。达尔文苦苦思索，屁股上长着这种又笨重又惹眼的东西，除了让孔雀更容易被天敌锁定，还能有什么用？但最后他终于意识到：孔雀巨大的尾羽在吸引异性上的作用已经超越了其存在本身带来的风险——这就是性选择（sexual selection）理论。屁股上插着个巨型靶子的孔雀着实美味诱人，但屁股上插着个巨型靶子的孔雀也确实性感。

不过，对其他着急交配的动物来说，这么优雅的排场就有些过于奢侈了。有时候，几根漂亮的羽毛赢不来交配权，靠的还是流血、骨折式的激战，甚至损伤几个体内器官也在所不惜。雄性动物对传播基因近乎疯狂的执着，往往能够让其忽略身体受伤的危险。

在这一点上，没什么动物能比髭蟾做得更极致了。髭蟾（mustache toad，直译为“胡须蟾蜍”）的名字体现了它的外表特征。这种动物在发情期会“异角突起”，正如雄鹿的鹿角每年都会脱落并重新长出，在每个交配季成为相互对抗的工具，髭蟾也进化出了一种独特的武器——在其上颌边缘，会长出10至16根极其尖锐的刺。这些尖刺被称为“婚刺”（nuptial spines），由角蛋白构成，也就是构成你的头发和指甲的材料。角质婚刺直接从髭蟾的皮肤内伸出，利用它们，雄性髭蟾之间会爆发激烈的格斗，争夺与雌性“水乳交融”的最佳地点。

髭蟾是陆生动物，但每年都会回到水中进行交配。它们的繁殖模式有个霸气的名字，叫“爆发式繁殖”（explosive breeding）。理想的交配地点只有在水下，在短短三周的交配季中，同一地区的所有髭蟾都会集

中到一处，竞争激烈得令人喘不过气。你要是够聪明，就会去找一个上有遮蔽的角落，为自己看护孵化中的后代找到最便利的栖身之所，但这又会给呼吸造成麻烦——一大群同类的小伙子都觊觎你找到的好位置呢，这时候浮上水面换气实在是冒险。对此，髭蟾想出了一个绝佳的应对之法：每到交配季，它们就会把皮肤变得又松又皱。这么做看似是在给自己“找麻烦”，而且大大牺牲了“颜值”，但却大幅提升了身体的表面积。髭蟾在陆上可以通过皮肤直接吸收氧气，更大面积的皮肤就意味着更大量地吸氧，进而减少其游到水面上换气的次数。

当然，当占好巢的髭蟾遇上上门挑衅的同类，一场恶斗也在所难免。一开始，防守的一方还会保持十分的礼貌，用身体堵住巢穴的大门，吼叫着驱赶入侵者。可入侵者不讲什么礼节，只管进攻。一攻一守的两只髭蟾就像两个皮肤松弛的相扑大汉，你抓我，我推你，扭打作一团。紧接着，它们就开始利用尖刺攻击对方，两边都想把上颌塞到对手身下，力图掀翻对手。要是哪边成功了，它就会把对手垂直举起，牢牢抓住，将尖刺刺进对手腹部，最后再把对手甩向巢穴的石壁上。

虽然髭蟾皮肤松弛，却丝毫无法保护它不受伤。共赴云雨固然美妙，可要在完事儿之前先送了命也一样达不成目标，所以竞争中的弱者会选择逃跑，气喘吁吁，浑身是洞。最终，几乎所有的“蟾蜍斗士”多少都会“挂彩”。可不争抢巢穴的后果又过于严重——雌性寻觅的不只是伴侣，还有它们的巢，毕竟对方还要在自己不在的时候担起照看孩子的责任。等到蟾蜍姑娘光临之时，它会稍稍与胜利者卿卿我我一下，稍稍巡游检查巢穴环境一番，最后才进入亲密时光。小伙儿会紧紧抱住它，在它产卵的同时使卵细胞受精，然后用脚掌将卵固定在巢穴的洞顶。一切停当之后，姑娘转身离去，留下小伙儿独自摩挲着它们的后代，保持卵的清洁，直到受精卵全部孵化成蝌蚪，游着泳离巢。

你说，到底是哪个蠢货给爱尔兰麋鹿起的名？

髭蟾的“胡须”确实有型，但要论武器，它们的尖刺和爱尔兰麋鹿的鹿角比起来不值一提。爱尔兰麋鹿已于11000年前灭绝，不过其实这种动物既不是爱尔兰的特有物种，也不是麋鹿。爱尔兰麋鹿是有史以来的所有动物中角长得最大的，足有12英尺（约3.7米）宽，顶着这么一对角的苦衷根本无法言说。说实话，爱尔兰麋鹿的绝迹

很可能与它们的鹿角脱不开关系。栖息地一天比一天冷，食物供给日渐缺乏，可你还长着一对每年都需要能量来重新生长的12英尺大角，于是关乎生死存亡的难题就出现了。



要是髡蟾没有卷入争斗，它们的婚刺就会在回到陆地、生活恢复相对平静之后自行脱落。而且我必须强调，这场冒险对雄性髡蟾来说，是一次巨大的牺牲。除了在整整三周的繁殖季节里屏住呼吸，委身小小的洞穴中以外，年复一年地长出、脱掉嘴上的婚刺也是个耗费能量的无底洞。不过话说回来，不参与这些竞争的损失又真的太大了。

显而易见，恋尸癖是“社会不可接受的”

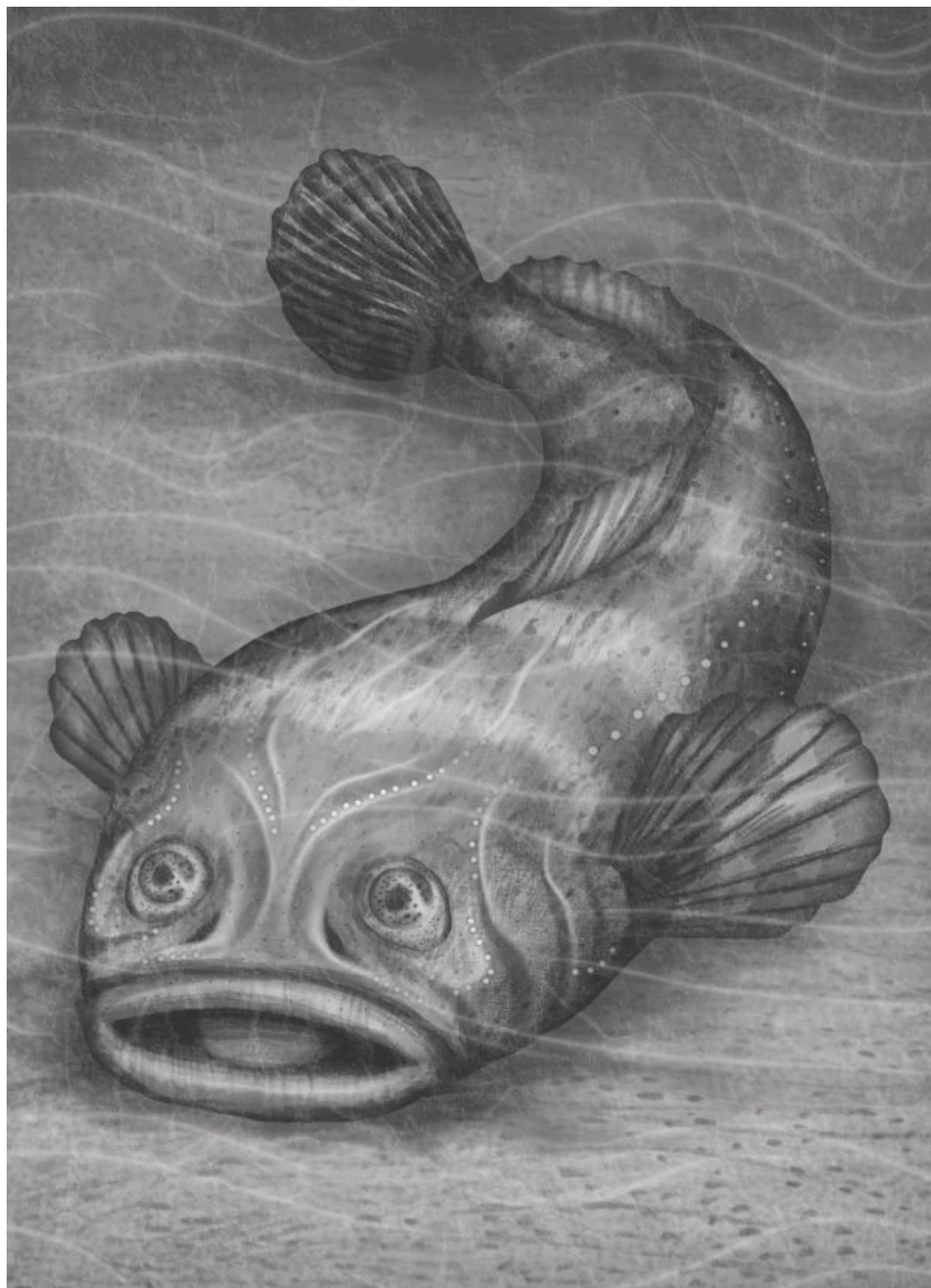
另一种学名叫“*Rhinella proboscidea*”的蛙类，它们中的雌性在交配时的下场可不怎么好。这种蛙类的繁殖模式同样也属于“爆发式繁殖”，几百只个体拥挤在一个池塘内。混乱中，很多雌性会被淹死，但雄性根本不会就此停手。它们会按压死去的雌蛙的肚皮，挤出雌性的卵，再完成受精。这种行为被称为“功能性恋尸行为”（functional necrophilia），这名字也是真够直接的。在一篇研究这类诡异行为的论文中，科学家似乎也一致认为，必须要指出这种繁殖行为“是社会不可接受的行为”，在人类社会中属于难以忍受的行为。

这一切斗争的基础，就是生物进化的原动力——变异。动物父母相遇交配，它们的孩子们并不会完全相同，其原因除了在每个后代的体内，来自父母的两套基因的结合方式各不相同（当然，要除去同卵双胞胎的特例），还因为基因突变可能在此时发生。基因突变的结果可能是有害的、无足轻重的，但也可能是对整个物种有利的。所以髡蟾并不仅

仅是其前几代祖先的复制品——在过去的某个时间，带有“胡须”变异基因的雄性蟾蜍出现了，由于这种性状在交配竞争中为它们带来了优势，它们便有机会将控制婚刺生长的基因传播下去。而且，在这个例子中，我们只考虑了赢得交配权这唯一的因素。有的性状能够帮助动物找到食物，从而帮助它们存活，并将基因传播下去；有的性状帮助动物躲避捕食者，达到同样的目的。总而言之，生物为适应环境、躲避天敌和竞争交配权而不断进化。



虽然有时动物变异出的性状看起来挺夸张的，比如长出胡须般的武器，但其实并没有什么操纵其进化的力量存在。一只普普通通的蟾蜍，就这么一步一步地变形成了“大胡子叔叔”。



蟾鱼

问题： 和髭蟾一样，鱼类也需要竞争交配的权利。

对策： 傻子才打架呢。蟾鱼小伙儿从不互相缠斗，它们都用鱼鳔来吸引姑娘。蟾鱼会发出非常响亮的嗡鸣，这种神秘的噪声曾经惹得一个美国小镇上的船屋居民们大为光火，他们对噪声来源展开了全面调查。

那还是1985年。地点是旧金山北部的一个海滨社区，名叫索萨利托（Sausalito）。小镇里有船屋，有时候还会有海狮出没，吸引了众多游客。问题来了：在夏日的夜晚，这里总是传出阵阵嗡鸣，扰人清静，甚至可以说令人发狂。有人说这是外星人的杰作，有人指责政府，还有人归咎于附近的污水处理厂。当地的《马林独立日报》（Marin Independent Journal）为这一事件起了个引人注目的头条标题：“是相思成疾的鱼在索萨利托歌唱吗？”在报道中，报纸坚定地给出了否定的答案。

但这个答案是错误的。小镇确实是被求爱的歌声所笼罩着——准确地说，是蟾鱼的歌声。这种“歌声”挑战着人类的忍耐力，仿佛巴松管吹出的声响，又像一大群蜜蜂制造的噪声。一户船屋的居民提出正式投诉，称这种噪声“就像家里有架飞机”。其实回想起来，这种描述不无夸张。蟾鱼的歌声在人类听来是挺烦人的，不过其实雄鱼也是被逼无奈呀。它们必须吸引雌鱼的注意，唯有最动人的“咆哮”才能赢取芳心。

你管谁叫拉琴的呢？

不是我贬低蟾鱼，可要说起交配之歌，琴鸟的歌声在这世上无人能敌。在赢取姑娘芳心的竞争中，雄性琴鸟会把鲜艳华丽、堪比孔雀的尾羽扭到头上，然后顶着尾巴四处欢蹦乱跳，同时嘴里还唱着求爱的歌，曲调令人啧啧称奇。那调子既有科幻电影镭射电音的感觉，也有高音琴弦拨动的感觉，同时还有模仿森林里其他鸟类叫

声的意思。笼养的琴鸟会模仿周围不和谐的噪声：闹钟的响声、钻头的声音，甚至锤子的敲击声（如果它身处一家正在翻修的动物园），它们甚至还会模仿相机快门的咔嚓声。琴鸟的模仿惟妙惟肖，让人惊叹，就算冒着让诸位从书中抽身而去的风险，我也要推荐你们去看看琴鸟的视频。说真的，去看看吧，我不会生气的。

蟾鱼的新闻传出了索萨利托，传遍全国。在哥伦比亚广播公司“晚间新闻”（CBS Evening News）节目中，著名主播丹·拉瑟（Dan Rather）对此表示怀疑，他认为要是一条鱼都能搞出这么大的骚乱，“青蛙都能长毛！”（其实确实存在这么一种动物，名叫“毛蛙”，其雄性的皮肤上有毛发状突起，就像髭蟾松弛的皮肤一样，帮助它们在守护卵的时候在水下呼吸，不过无所谓啦。）《马林独立日报》发表的社论也同样言辞激烈，仿佛出自讽刺作家或者疯子作家之手——或许两者兼备。社论中提到了噪声出现的时间规律：大约从晚上九点到凌晨五点，然后提问：“多么自律的鱼才会如此守时？”最后严肃地自问自答道：“只有在体内进化出原子钟的鱼、电子手表和欧洲的火车才能在每晚同一时间闹出这么大动静。”

归根结底，把这个新闻搞大的是一位名叫约翰·麦科斯克（John McCosker）的著名生物学家。麦科斯克就职于旧金山加州科学院，他告诉我，20世纪80年代的一天，他接到了卫生部门一名噪声专家的电话。这名专家负责调查索萨利托事件，却大费周章也没能得出结果。研究人员尝试了一切可能的理论，最终认为噪声的成因只有可能是当地的生物了。麦科斯克让对方在电话中放一段噪声的录音，然后当即认定，噪声来源于蟾鱼（学名“*Porichthys notatus*”）。

“我的天哪。”麦科斯克回忆着对方的反应，“别和.....任何人.....说，我们全搞错了，我们本来还想调查看看源头是污水处理厂还是军队。所有居民都对噪声怒不可遏，我不知道还有鱼能发出这么大声响。”

然而索萨利托的居民并不买账。他们似乎很难相信大海里其实热闹得很，因为声音在水中的传播非常顺畅。举例来说，座头鲸会唱出天雷般的歌声，其演唱长达半个小时，只为和大海另一头的同伴沟通；形形色色的鱼类和海豚都会跃出大海，拍击水面；就连海水本身也不安分，

远离堤岸的大洋深处，潮汐和洋流让海水不断翻涌。著名海洋生物学家蕾切尔·卡森（Rachel Carson）在其经典著作《我们周围的海洋》（The Sea Around Us）中这样描述过海洋：“表层有唏嘘叹息的声音，伴随着泡沫卷积而成的条纹。深海的海水替代着表层，洋流也发出含混不清的音调。”由此可见，海水和海洋生物共同在大海中制造着大量的声音。也许还是麦科斯克在1986年的一篇文章中总结得最贴切：“依我看，海湾地区的一代雅皮士什么都不缺，唯独忘了自然界的聲音，比如蟋蟀的叫声、青蛙的鸣叫、蝉的声音，还有蟾鱼的吼声。真是太可惜了。”

雄性蟾鱼“歌唱”的秘诀在于一个充满空气的器官——鱼鳔。鱼鳔能帮助鱼类在水中保持中性浮力。通过控制鱼鳔中氧气含量的多少，蟾鱼就可以不拍打鱼鳍而完成上浮或下沉的动作，从而节约体力（著名的节能专家鲨鱼也使用类似的办法，但鲨鱼没有鱼鳔。它们会利用巨大的肝脏来达到这个目的。鲨鱼的肝脏重量可以占到其体重的25%）。雄性蟾鱼会使与共鸣腔相连的肌肉产生振动，频率可达每秒150次，进而产生嗡鸣。这种嗡鸣足以让雌鱼以及住在岸上船屋里的居民们发疯。

他们不再用以前的方法制造避孕套，真是太好了！

并不是只有鱼类才会利用鱼鳔，欧洲人以前会把鱼鳔当避孕套来用。一份1908年的销售记录中有这样的记载：“鱼鳔比橡胶更胜一筹，它们更好看、更耐用，不像橡胶的质地那么硬，体感也几乎不受影响。”在当时，鱼鳔的价格甚为昂贵，就是古早版的“超薄款”避孕套，因此男人们还会在每次云雨过后都认认真真地把这玩意儿洗好，反复利用。这么看来，鱼鳔能帮助蟾鱼迎接下一代，也能帮助人类阻挡下一代。

不过，并不是所有雄性蟾鱼都会鸣叫。雄鱼分为两类：一类是“主导种”，这一类会主动为雌性歌唱；还有一类比较弱势的“潜行种”。主导种的蟾鱼，体形是潜行种的8倍，鱼鳔肌肉的大小也是潜行种的6倍。然而，潜行种却在生殖器官的尺寸上打败了主导种，它们发达的性腺是对手的7倍大。

这是为什么呢？原因是这样的：主导种的雄性蟾鱼在海底筑巢，然后利用鱼鳔上高度发达的巨大肌肉唱歌，一唱就能唱上整整两个小时。被它们吸引的雌鱼就会游过来，产下卵细胞。主导种雄鱼会让这些卵受精，然后持续守护后代。但此时，潜行种的雄鱼就静静地藏在不远处，它们会趁机猛冲过来，将雌鱼的卵受精。这时候它们巨大的精巢就派上用场了——因为这种“关键一击”的机会一般只有一次，所以它必须在一次受精过程中释放尽可能多的精子。相比之下，主导种雄鱼把更多的能量和资源投入在了让自己体形变大、防御巢穴上，但潜行种没有这么做，它们没有花精力长成巨种、筑造巢穴、吸引异性，以及照看受精卵。因此，主导种做了一切实际的工作，而精明的潜行种蟾鱼虽然冒着潜伏在气愤的主导种雄鱼身边的危险，但却让自己的基因在进化的历程中延续了下来。

进化的历程经年累月，为什么在20世纪80年代，蟾鱼求爱的歌声突然在索萨利托成了“公害”呢？其他时间蟾鱼都去哪儿了？其实，它们一直都在，只是其他时间里种群的数量一直很少。在“二战”时期，索萨利托附近的一家造船厂开始量产武器，在生产过程中用到了大量有害的化学物质。那时候的海湾水质很差，鱼类深受其害。但后来，清淤人员解决了这个问题。麦科斯克讲述道：“造船厂不再向海湾排放废物，清淤的工作也已经完成，于是就有了更多的鱼类在这里生长。”出乎意料的是，正是索萨利托的雅皮士以及他们令人尊崇的环保主义让这个小镇又“喧闹”了起来。

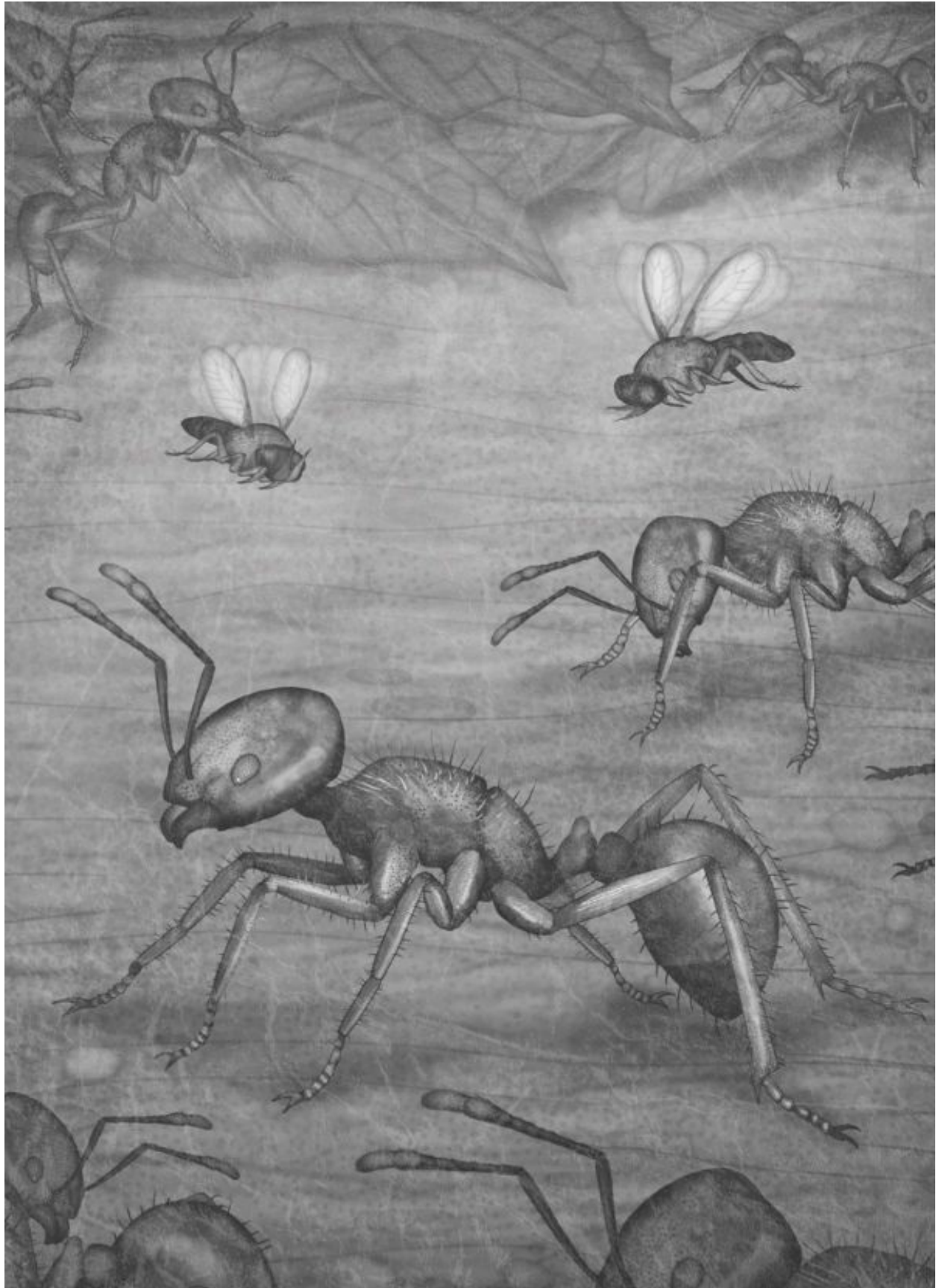
在麦科斯克揭露事实真相后，小镇居民的态度也从怀疑变成了温柔接纳。曾经有一段时间，索萨利托甚至还举办过蟾鱼节。如今，这个节日已经成为历史，但蟾鱼依然在这里生活，高唱着爱情的欢歌。而岸上船屋的主人们，则正在盘算着：要打一场多大的仗，才能让造船厂重新建起来？

第二章

你找不到保姆 帮忙看孩子

在本章中，一种毛虫体内会钻出蝇蛆，场面恐怖；另一种毛虫体外却长有假发，潇洒有型。

身为哺乳动物，还是灵长类，应该谢天谢地了。妈妈能轻轻抱着你，还能拉着你到处跑。我们人类会照料自己的后代，能享受这种奢侈习惯的动物其实非常少。在没有保姆的情况下，动物们必须想尽办法确保后代的存活。有些动物干脆一次产下许多后代，希望其中能有部分幸存，有些动物的对策则更有创意，比如，把孩子注入别人体内，甩掉为人父母的责任。所以说，再次感谢你头顶的幸运星吧！



寄生性蚤蝇

问题： 幼虫们很无助，如果你是只蛆，最好想想办法。

对策： 寄生性蚤蝇会将卵精准地注入活蚂蚁的体内，卵孵化后，幼虫就会移动到宿主脑内，控制宿主钻进落叶层，然后释放化学物质，让蚂蚁脑壳炸裂。蚂蚁体内安全的环境，成了蝇蛆成长的摇篮。

如果说自然选择学说是史上最伟大的创想，那么这个学说的发现就一定也是人类思想史上最引人注目的巧合之一。这个发现被查尔斯·达尔文抢了头功，但我们之前提到过的阿尔弗雷德·拉塞尔·华莱士不仅和达尔文同时提出了这个理论，还和达尔文一样，借鉴了（至少是部分借鉴了）同一份资料——托马斯·马尔萨斯（Thomas Malthus）的论文《人口原理》（*Essay on the Principle of Population*）。马尔萨斯指出，如果人类不把人口控制在可控范围之内，就势必会出现战争、饥荒或资源激烈竞争的现象。达尔文和华莱士都认为这个理论在自然界也适用——生物会产下比环境可容纳的量更多的后代，捕食者的捕猎和有限的食物资源会削减个体的数量，将种群的个体数量控制在一定范围内。动物的子代各不相同，因此拥有有利变异的个体将存活下来，传递基因，推动进化。

在种群数量激增这件事上，很少有动物能与人类相媲美，蚂蚁可以算是其中一种。据保守估计，全世界蚂蚁的数量可达一亿亿只。不过老话说得好，狗改不了吃屎，看蚂蚁不顺眼的生物也会一直努力想控制住蚂蚁的数量。在这些生物中，也许最活跃、最残忍的当属寄生性蚤蝇。寄生性蚤蝇又名“断头蝇”——没错，就是这么直白，而且顾名思义，这就是它们对付蚂蚁的手段：将蚂蚁斩首，从里到外切掉脑袋。

把死蛇泡进美酒，以及婆罗洲派对上的把戏

虽然达尔文和华莱士都想出了同样的伟大学说——而且尽管达

尔文成了聚光灯下的名人，两人依旧维持着友谊——但这两个人的成长环境却有着天壤之别。达尔文出身富裕阶级，他的考察和写作完全无须考虑生计，但华莱士就没有这么幸运了。

这两个人的“发现之旅”也是差异悬殊。和华莱士相比，达尔文乘坐“小猎犬号”（the Beagle）环游世界的旅途堪称闲适。达尔文虽也一路披荆斩棘，但每每登陆之时，他都和富有的欧洲名流一起享受高档住宅。然而身材瘦高、戴着眼镜的华莱士，却只能靠为欧洲收藏家运输标本勉强混口饭吃。

一开始，就连保存标本这件事本身对华莱士来说都是个挑战。在婆罗洲，亚力酒是当地人最爱喝的饮料，他就把标本泡在亚力酒里防腐。“同时也是为了防止当地人喝掉这些酒，”华莱士在他的经典游记《马来群岛自然科学考察记》（The Malay Archipelago）中如是写道，“我让几个当地人看着我把几条蛇和蜥蜴泡进酒里，然而这都没能阻止他们把酒喝掉。”至于他有没有过绝望、放弃，甚至干脆想要把所有的酒灌进自己肚子里的时候，很可惜，我们已经无从得知了。

与伴侣翻云覆雨确实不赖，不过要是能在后代的成长过程中保护它们，那就再好不过了，毕竟，没人想白白浪费斗艳争妍、获得芳心、共度良宵所穷尽的努力。因此，寄生性蚤蝇没有将自己的幼虫托付给大自然，暴露在捕食者面前，相反，它们找了个“保姆”——这项工作尤以南美洲的红火蚁最能胜任。雌性寄生性蚤蝇会成群接近蚁群，在体形比自己大上好几倍的目标上空盘旋，等待最佳的进攻时机。真正的“进攻”其实只有一瞬：雌蝇瞬间向下俯冲，将产卵器用力插入火蚁腿间的膜内，并向其体内注射虫卵（你可以把产卵器想象成一个注射器，只不过里面不是药物，而是虫卵。类似地，蜜蜂蜇人也是利用产卵器，不过它们向你注射的是毒液，而非虫卵。当你被蜜蜂蜇的时候，蜇你的凶手一定是雌蜂，而非雄蜂）。

火蚁可一点儿都不喜欢它们这样。火蚁的对策是疯子一样地乱跑，成群地团成球来自保。它们还会释放一种信息素来警告同类，但这些努力却适得其反。更多的寄生性蚤蝇会被信息素的气味吸引而来，援军各自锁定目标，很快，战场上就聚集了一大群蚤蝇。最终，受伤的火蚁散乱在战场的各个角落。它们都还活着，但却对自己体内发生的变化毫不

知情。

只要几天，虫卵就会孵化出幼虫。幼虫会钻出一条通路，一路钻到火蚁的脑袋里。在蚂蚁头中它们大快朵颐，却又能聪明地避免伤及宿主大脑。整个过程中，火蚁的行为表现均正常。但是，几周后，这些幼虫保护宿主大脑的目的就变得非常清晰了——火蚁不仅仅是蚤蝇幼虫的宿主，更是它们的“座驾”，好的座驾没了引擎可不行。幼虫会释放一种化合物，夺取火蚁思维的控制权，指挥宿主离开蚁群，前往落叶层。落叶层温暖又潮湿，非常适合蚤蝇的下一步发育（关于部分昆虫生长发育的一点儿小科普：卵孵化出幼虫，比如蝇蛆，幼虫浑身湿润、柔软，长得和一般的蠕虫差不多。幼虫生长一段时间后变为蛹，蝴蝶等昆虫将在这个阶段蛰伏一段时间。蛹化期过后，昆虫将发育为成虫）。

动物的名字里都有啥？有时会有摇滚明星

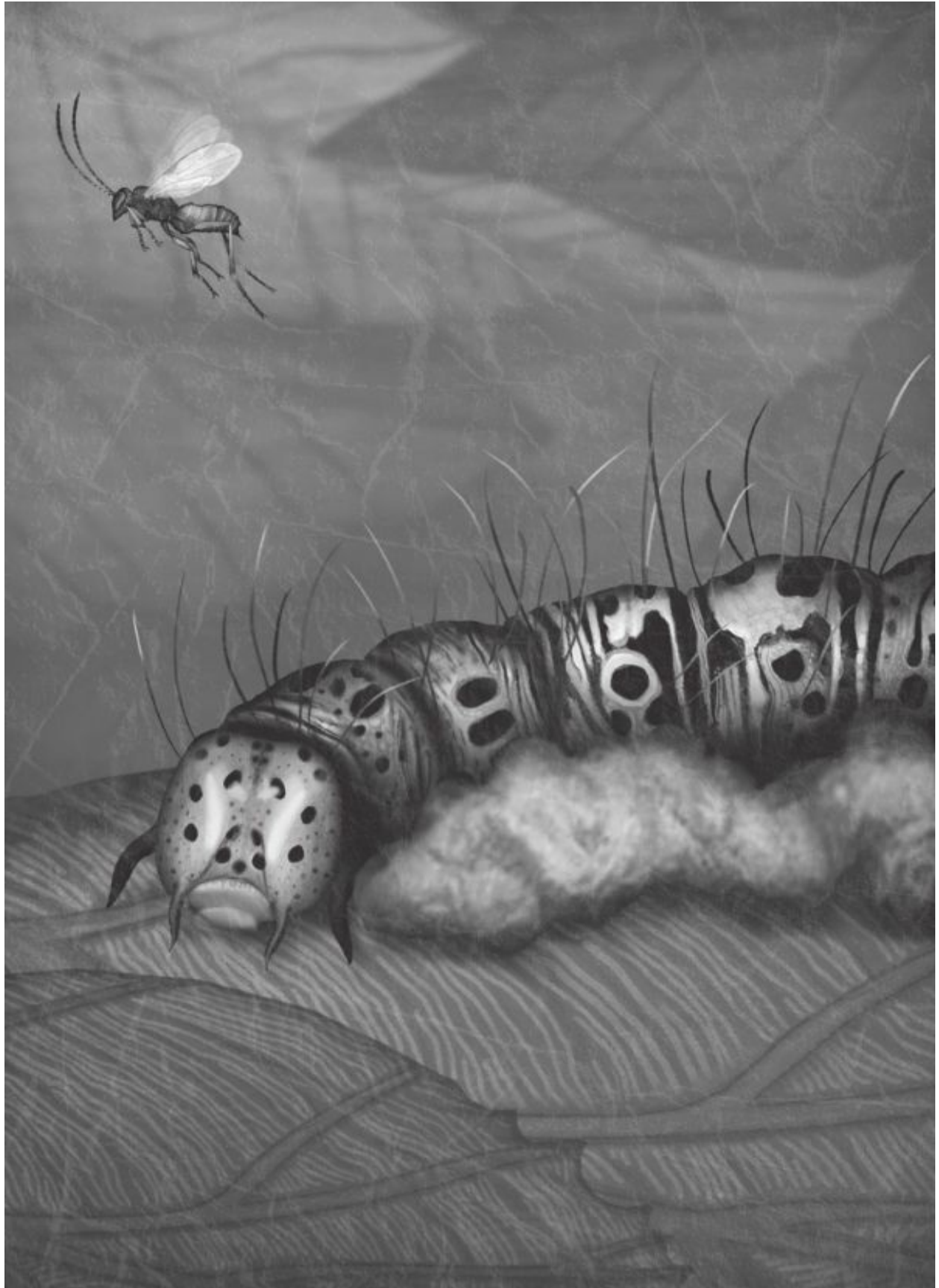
我觉得有必要说一说我重复写这么多次“断头蝇”这个别名的原因：这是我最喜欢的动物命名之一。其他入围的命名还包括：尻池蟾（scrotum water frog，它更为人们熟知的一个名字是“的的喀喀湖水蛙”）——“蛙如其名”；“拉斯贝里疯蚁”（the Raspberry crazy ant，学名为黄褐尼氏蚁）——“拉斯贝里”（Raspberry）的英文和“树莓”（raspberry）只差一个字母“P”，但这其实是物种发现者的名字，“疯”字也体现了它们的特点；还有扎氏似杯水母（Phialella zappai），这是一种以摇滚明星弗兰克·扎帕（Frank Zappa）命名的水母。看来这位生物学家一定非常想见扎帕一面，以为用他的名字命名一个物种可以达到目的。当然了，确实有效果，毕竟，我们这不还在讲它们的事迹嘛。

火蚁一到达理想位置，蚤蝇幼虫就会释放一种化合物，把联结火蚁身体各个部位的膜结构溶解掉，其中也包括将火蚁头部与身体联结起来的部分。火蚁的脑袋会连同里面的蚤蝇幼虫一起掉下来，直到此时幼虫才会吃掉宿主的大脑，打开一条钻出宿主脑袋的通路。饱餐一顿之后，幼虫已经除去了火蚁的口器，并打算将来将之作为逃生的窗口。在化蛹时期，它将用身体堵住这个出口（此时取出蚤蝇的蛹，会发现蛹正是火

蚁头部的形状，有点儿像一粒谷子）。“断头蝇”还需要再在它的“摇篮”里发育几周才会羽化，届时成虫会钻出火蚁的脑壳，飞走，交配，重新开始整个诡异的循环。

这一切让寄生性蚤蝇成了美国的民间英雄。不是因为它们在南美洲的事迹，而是因为人们在美国也要仰仗它们——从南方入侵美国的火蚁在美国大肆繁衍，每年造成的经济损失可达数十亿。它们会破坏农作物，还会给不幸与它们“亲密接触”的人带来一笔医疗开销（被火蚁叮咬的患处会出现令人感到疼痛的脓包，偶尔还会引发严重的过敏反应）。火蚁似乎已经牢牢钉死在当地的生态系统中，政府很绝望，只得引入“断头蝇”当作生化武器来对付火蚁。在杀虫剂无济于事的地区，生物防治收效显著。

用自然对付自然是一种奇特而不稳定的技术。我们太习惯把所有问题都丢给化学物质去解决，却忘记了自然界最强大的武器：每种生物都有天敌，就连熊、狮子等顶级捕食者也要担心寄生虫的侵扰。当然，引入一种入侵生物来对付另一种入侵生物的做法非常冒险，毕竟猎物 and 猎手都属于入侵物种。但农业部的科学家认定，“断头蝇”的猎物非常专一，它们能搞垮火蚁，又不会伤害别的物种，所以把它们引进美国是安全的。鉴于火蚁危害农作物、困扰家畜、给生态系统制造麻烦，甚至袭击人类，我认为引入另一名“入侵者”非常可行。小断头蝇，美国欢迎你，祝狩猎愉快。



刻绒茧蜂

问题：我刚才说幼虫们很无助，我是认真的。

对策：刻绒茧蜂母亲会把卵注射进活体毛虫体内，孵化后的幼虫就以毛虫为食，然后钻出宿主的身体。它们还会控制宿主的思维，把它们变成自己的保镖和保姆。

侵占其他动物的身体、精神控制、残忍砍头，会做这些事的苍蝇其实很少，但放在蜂类昆虫身上却另当别论。其实，有几种自然界最恐怖的寄生虫其实属于蜂类，如姬蜂，它们的下手之狠毒绝对超乎你的想象。

寄生蜂将后代注射进毛虫的身体，这种行为让达尔文相当费解，他曾写信给阿萨·格雷感叹：“我真无法想象，仁慈、全能的造物主会创造出姬蜂这种生吃活毛虫的东西，也不敢相信猫和老鼠能和平共处。”也许你还记得，阿萨·格雷就是之前听达尔文吐槽孔雀尾巴的那位。达尔文自然选择学说的基础是部分生物的死亡促成其他生物的存活，这在当时推广得并不顺利，尤其与宗教的教义相悖。当时的教徒对自然界持有一种田园诗般和谐的印象，认为捕食者和猎物能在诺亚方舟上和平共处，互不吞食，携手等待洪水退去。

姬蜂有一种近亲，折磨毛虫很有一套，它就是刻绒茧蜂。刻绒茧蜂属的蜂类不会直接杀死毛虫，相反，在幼虫“破虫而出”之后，它们还会给宿主另一重不光彩的身份——把宿主“洗脑”成自己的保镖。在毛虫忠诚的保护之下，新一代刻绒茧蜂得以安稳地步入社会。

繁殖起始于雌性刻绒茧蜂锁定一条毛虫。和“断头蝇”类似，刻绒茧蜂母亲会在毛虫身上进行注射，但与寄生性蚤蝇最大的区别在于，刻绒茧蜂会在这条可怜的毛虫身上储存多达80枚卵。这些卵都会孵化成幼虫，以毛虫的体液为食，并越长越大，让它们的宿主看起来就像个撑得饱饱的水球。这一切过程中，毛虫还在正常地生活，遛遛弯、吃吃饭——毕竟身体里多了80张嘴等着喂呢。每条毛虫宿主都为体内的刻绒茧

蜂幼虫提供食物、庇护所，它们共享美好回忆，但告别的时刻总会到来。此时，幼虫就会释放化合物，让宿主瘫痪，然后一齐从宿主体内钻出来，整个过程能持续整整一小时。扭动、翻滚的幼虫穿透毛虫的外皮，这绝对不是什么赏心悦目的画面，毛虫体表几乎每一寸地方都会有蠕动着刻绒茧蜂幼虫钻出。

然而，宿主悲惨的命运还没有结束。随着幼虫的生长，每隔一段时间它们就会蜕去一层外骨骼，再长出一层新的。这个过程在幼虫还在毛虫体内时就已经发生过几次，但最关键的是最后一次蜕皮，发生在它们钻出毛虫身体之时。幼虫离开毛虫身体后，会蜕下外骨骼，利用外骨骼堵住留在毛虫身上的伤口，因为宿主活着对它们还有用——至少是暂时活着。不是所有幼虫都会钻出来的，会有一两只留下来，这几只就负责“殿后”。它们会留在宿主体内，释放化学物质，扰乱宿主的神志，将毛虫变为极端暴力的“僵尸”，来保护一大家子的安全。

再给你个讨厌蚊子的理由吧

你大概会想：“感谢上帝，以上这些不会发生在我身上。”其实，也许刻绒茧蜂不会攻击你，但也有其他昆虫以哺乳动物（包括人类）为目标——比如，臭名远扬的肤蝇。肤蝇会先找上一只蚊子，将卵产在蚊子体内，蚊子叮人的过程中，肤蝇的卵就会孵化，蝇蛆落入伤口，钻进皮肤之下。每只蝇蛆身上都长有倒钩，这让取出它们的工作变得异常艰难。在宿主体内，蝇蛆可以长到1英寸（约2.5厘米）长，它们总会撅起其具备多种功能的屁股，从皮肤上的洞里探出身来放风喘气，或者排泄（它们的鼻子长在肛门附近）。如果放任它们不管，差不多3个月后，蝇蛆就会收起倒钩，自行脱落，脱落的过程几乎无痛。但你要想主动清除它们，那可就是自己找罪受了。要我说，我可能会允许它们在我体内生长一段，就当是以科研的名义——但最多忍个一礼拜吧，然后我就要砍掉被它们占领的部位，就算是脑袋——尤其是脑袋的话。

摆脱体内的寄生者后，毛虫并不会回过头攻击它们，也不会逃跑，甚至失去了进食的欲望。在刻绒茧蜂幼虫们开始蛹化之时，它就定在原

地不动，甚至还会吐出自己的丝，织成一个遮罩盖住蜂蛹。通过剧烈地晃动头部，毛虫会向所有靠近的东西发起进攻让试图攻击蜂蛹的捕食者尝点儿苦头，甚至包括想要在这些寄生蜂体内产卵的其他寄生蜂。即便一大群捕食性昆虫一齐冲向这顿本应毫无防守之力的美餐，毛虫也会坚守阵地，摇摆着身体驱赶入侵者。一项研究发现，毛虫“保镖”能赶走58%的捕食者，而未被洗脑过的普通毛虫只能赶走15%。对这些黏糊细长、平时只会啃树叶的小生物来说，这个比率可不算低了。

然而，毛虫的高光时刻其实非常短暂。等到刻绒茧蜂幼虫完成生命循环，从蛹中钻出飞走后，毛虫就会饿死。它已经被利用完了，彻彻底底地完成了使命，却最后也没得善终。

我常常纠结该用什么词来形容这种生存方式的奇特之处。不过我是个作家，还是应该尝试一下。蓝鲸的体长可达100英尺（约30.5米），蓝闪蝶的色彩绚丽夺目，生物的“大”和“美”都是进化的结果，但一种生物能进化出控制另一种生物思维的能力，让对方为己所用，这是多么令人瞠目结舌！而且，寄生性蚤蝇和刻绒茧蜂绝非这类生物仅有的成员——其数量颇为可观，它们都独立进化出了这种“精神操纵”的能力，解决它们的生存问题。

要是另一种动物的身体合适，就赶紧占上吧

不同种类的生物进化出相同的性状（如给人洗脑的能力），这种现象叫作“趋同进化”（convergent evolution）。趋同进化的最佳实例就是飞翔。鸟类从恐龙进化而来，它们具有飞翔的能力，但蝙蝠（哺乳类）也进化出了这种能力，唯一的区别就是蝙蝠的翅膀由翼膜构成，而非羽毛。蝙蝠和鸟类属于不同种类的生物，但它们都认定飞行的能力对它们的生存有利。许多不同的生物都会精神控制也是同样的原因。俗话说得好：“要是另一种动物的身体合适，就赶紧占上吧。”

但归根结底，这种高级的手段也是自然选择这一简单过程导致的结果。蜂类并不是一夜之间就学会给毛虫洗脑的。它们的进化过程和鬍蟾

进化出“尖刺胡须”一样，一代接一代，具备有利变异的蜂类成功繁殖的概率更大。举例来说，一开始，它们可能只懂得把卵注射进毛虫的身体，让幼虫孵化后自己钻出来。这种做法确实提高了幼虫的存活率（有些种类的寄生蜂在这方面的进化就停在这个阶段，它们没有继续发展更高端的手段）。然后，具有另一些变异特征的幼虫学会了避开宿主的主要器官，这让它们得以更久地享用新鲜的美餐，因此这种变异也帮助了幼虫存活，它们就能把与这种变异相关的基因传承下去。随着时间的推移，各种小小的变异慢慢积累，最终形成了“给毛虫洗脑”这种厉害的结果。

进化的方向绝不是单一的。“进攻者”能进化出如此这般的进攻手段，“防御者”也可以继续进化从而进行防守。有这么一种毛虫，它绝不愿意就此认命，承受捕食者的羞辱。不，绝不。



猫毛虫

问题：行动迟缓、肉质肥美的毛虫是唾手可得的美食。

对策：猫毛虫的“发型”时髦帅气，但毛发之下隐藏着它们的秘密武器——它们的蜇针可以在人身上引发呼吸困难（以及恐慌）。

与丈夫分居数年后，生物学家玛丽亚·西比拉·梅里安（Maria Sibylla Merian）对昆虫产生了非常浓厚的兴趣，于是她带上了自己最小的女儿，从阿姆斯特丹起程，穿越太平洋来到了苏里南。在那里她们穿越丛林，搜集昆虫，并将标本带回家，饲养、研究并绘制。

在她搜集的昆虫中，有些毛虫和绒蛾一样，长相奇怪，体表有毛（我的一个昆虫学家朋友跟我说，它们长得还挺像特朗普的）。“在毛发之下，这些毛虫的皮肤和人类的皮肤非常相似，”梅里安如是写道，“这些毛虫有剧毒，根据我自己的经验，要是空手触摸了它们，皮肤会立刻肿起来，异常疼痛。”可怜的梅里安无法享受现代医学的治疗——当时还是1699年，距离达尔文踏上加拉帕戈斯群岛还差130多年。梅里安是被科学界遗忘的女性科学家，是这个男性主导世界中的开路先锋。而且，抛开性别不谈，她可能还是史上第一位踏上外国领土进行科学考察的博物学家。

在苏里南，梅里安发现了昆虫变态发育（metamorphosis）的秘密。在17世纪，变态发育还是欧洲科学界从未触碰过的领域，就连科学研究本身其实也才刚刚起步。关于这方面有几大重要问题：为什么蝴蝶和蛾要经历如此巨大的变形？为什么不能让卵直接孵化出蝴蝶，而要经过幼虫的阶段？

其实，变态发育与食物有很大的关系。经历了如此显著的变形，幼虫就会和成虫占据不同的生态位（niche），两者之间就不会产生生存竞争。但这种生命循环的过程会让幼虫处于极易受到攻击的境地——就像一块引人注目的鲜肉，成为被刻绒茧蜂等昆虫盯上的猎物，除非它们自己进化出防御手段。

将刺毛进化成武器的毛虫有很多种，但其中最毒的当属梅里安遇上的这种——美洲的猫毛虫（又叫“毒蛇毛虫”，学名为“绒蛾幼虫”）。“猫毛虫”和“毒蛇毛虫”这两个名字听起来似乎不太像同一种动物，但我要说，这种毛虫的长相和它能对人做出的事情，也会让你觉得不太像同一种动物。被猫毛虫蜇伤后的描述各不相同，可能取决于具体的毒液量，但共同的反应是：“我一下子感觉像被一把锤子砸中”和“我以前得过肾结石，但我相信这种毛虫造成的疼痛要比那剧烈多了”。蜇伤的症状从眩晕、灼痛、发烧，到轻微但奇异的“腹痛”。介绍这些案例的论文中称，患者均未料到一只毛虫竟能造成如此剧烈的疼痛，纷纷“因为这突如其来的疼痛而陷入无端的恐慌”。

说实话，猫毛虫长得就像一团会蠕动的头发——飘逸的金色长发让它们看起来就像经常用吹风机塑形。和其他种类的毛虫一样，猫毛虫在成长过程中也要经历数次蜕皮，蜕去外骨骼渐渐长大。但每次蜕皮过后，其毛发都会更加柔软漂亮，直到最后变成一绺一绺的样子，好像非洲人的那种发型。不过，让你一整天都过不好的并不是它们的“头发”。这种毛发的确会刺激皮肤，但真正的武器是毛发之下的东西：一根又一根、密密麻麻的毒刺，每根毒刺都和一条毒腺相连，每条毒腺都能制造毒素，攻击那些侵犯毛虫的可怜人。

猫毛虫常常成群出现。这个问题在得克萨斯州尤为严重，人们甚至要把树木用布都盖住。由于孩子们都觉得这些毛茸茸的毛虫肯定柔软无害，经常会用手抓，政府甚至被迫关停学校。1923年，美国农业部的一篇文章称：“在达拉斯和得克萨斯州的其他几个城市，成百上千起毛虫中毒事件在同一个季节中发生，关于中毒的后果人们口口相传，导致对这种毛虫的恐惧几乎成了一种病态。”这篇文章的作者肯定不是猫毛虫的受害者，他继续写道：“人们总是夸张地叙述中毒的症状，由此引发的极端恐惧可能会让中毒的后果更严重，尤其当这种口头叙述被刊登在报纸上的时候。”

毒蛇在看着你

说来也怪，有一类蛾，属于天蛾科（*Hemeroplanes*），它的幼虫不像猫毛虫一样，有个“毒蛇”的绰号——它们就长成毒蛇的模样。这种毛虫进化出了和蛇一样的外表，球状的尾端模仿了蛇头，

上面还长有两只巨大的眼状黑斑，以及鳞片状的纹路。它们甚至还会模仿蛇的行为模式，用身体一端抓住树枝，有“蛇头”的另一端左右摇摆，活像一条真蛇。这是一种虚张声势的手段，没错，但可真够棒的。

另一份对毛虫中毒事件更为详尽的描述来自北卡罗来纳州，时间是1997年。一个男人在处理鱼肉时把手伸进了冰柜，就在那时他感到胳膊上传来了一阵剧烈的灼痛感——大大咧咧趴在他前臂上的正是一只猫毛虫。他很有先见之明，把毛虫装在了一个“包着玻璃纸的塑料杯”中带到了医院。这个举动很明智，不过就算知道是什么东西袭击了他，医生们也想不出什么特别好的对策——对猫毛虫毒液的研究并不像对响尾蛇毒液那么彻底，因为，并没有几个毕业生愿意奉献一生研究毛虫。接受现实吧。

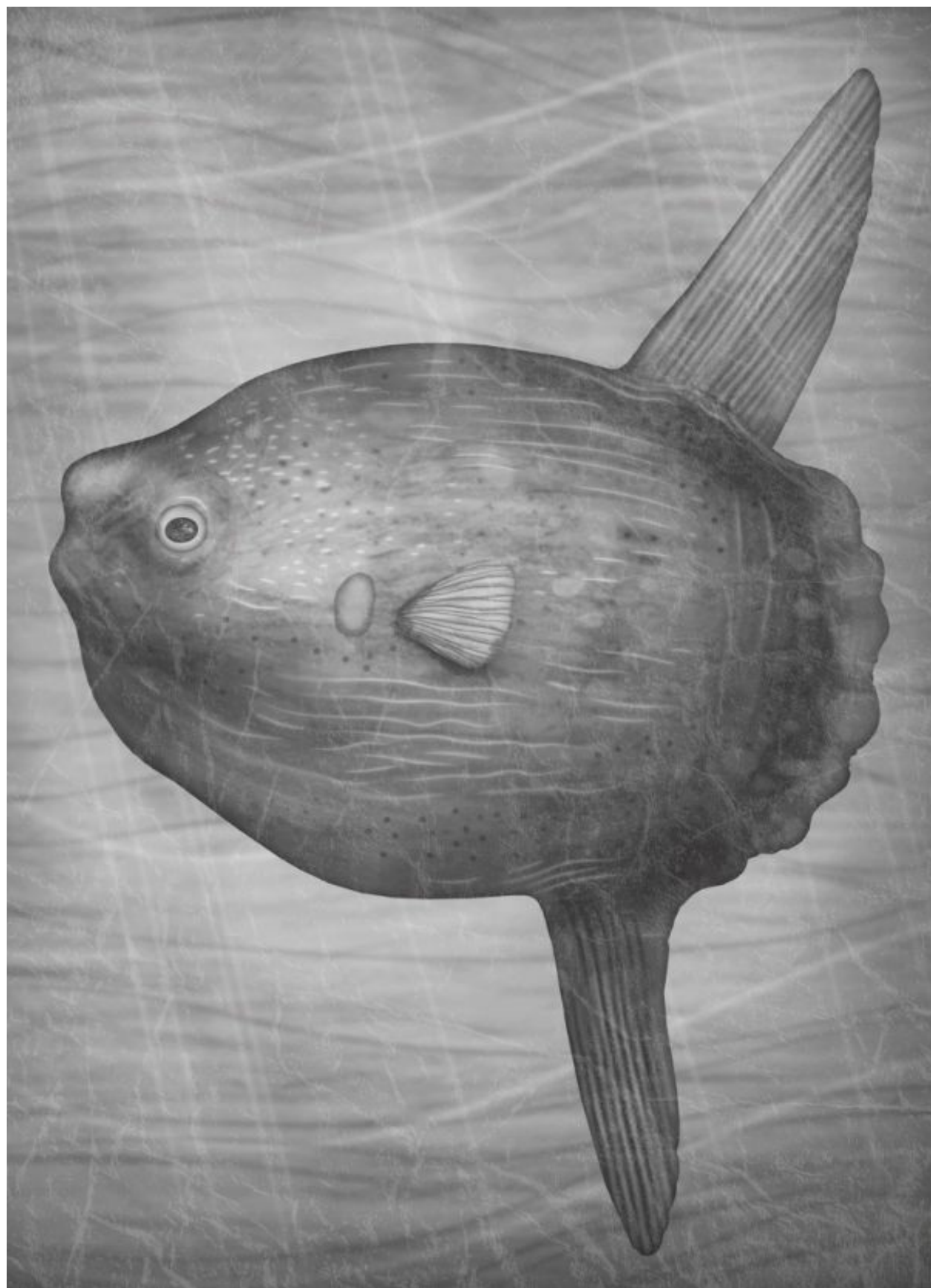
一到医院，他就告诉医生自己这辈子都没有感受过这么剧烈的疼痛，他的用词我感觉非常贴切：“疼得像胸腔都塌了下去。”那份中毒事件报告的下文基本上充满了各种医学术语，以下是其中的重点：最初的症状是口干（哦，好像没什么大事）、眩晕（好吧，严重起来了），以及呼吸困难和吞咽困难（非常严重了）。医生们给他注入了各类止痛药，又用解痉药缓解了他大腿的痉挛，然后又注入了更多的止痛药以防万一。一系列药品下肚之后，这位勇敢的患者终于稳定了下来，对猫毛虫也有了更为清醒的认识。

好吧，既然说起了这个话题.....

猫毛虫身上长有的毛发名叫“螫毛”（urticating hairs），顾名思义，螫毛会刺激皮肤和黏膜。狼蛛身上也有螫毛，在它们受到威胁时，会将螫毛从屁股上发射出去，给对方造成巨大的痛苦。英国一位29岁的男性患者就用亲身经历学到了这个教训。2009年，他去看眼科医生，诉说眼部发痒、流泪不止的症状，直到医生告诉他有一些细小的毛发在他的眼球底部时，他才想到，这些毛发可能——仅仅有可能是自己的宠物狼蛛三星期前袭击自己时留下的螫毛。那时，他正清理狼蛛的玻璃箱，却没把狼蛛移走，接下来发生的一切

就都能猜到了。医生描述道：“他转过头，发现了那只靠得极近的狼蛛。狼蛛发射了‘一片毛发之雾’，击中了他的眼睛和脸颊。”治好这位病人后，医生似乎颇为满意地补充道，“相信再接触狼蛛时，他都会记得保护眼睛了。”

其他动物已经学会了不去招惹这些有毒的毛虫，它们还记住了有毒的毛虫可以“保平安”。有一种鸟类——栗翅斑伞鸟——甚至会故意模仿猫毛虫。栗翅斑伞鸟的雏鸟会长出长长的橙色羽毛，和住在同一片栖息地上的猫毛虫外表极为相似。大自然里似乎总有那么多动物嫉妒你的外形。



翻车鲀

问题：捕食者实在太多，公开把卵产在海里简直是自找麻烦。

对策：如果你是翻车鲀，你的繁殖战术就是“放任自流”。你一次就能产下足足三亿枚卵，是这项世界纪录的保持者。再怎么说，总不会全都死光吧？

一月的一天早晨，天气凉爽得正好，海洋生物学家蒂尔尼·蒂丝（Tierney Thys）正跪在草坪上，面前摆着一条世界上最大的硬骨鱼——准确地说，如果这条年仅1岁的翻车鲀没死、没被冲上海岸，它就可能长成世界上最大的硬骨鱼。这条鱼身体扁平，呈圆形，比普通餐盘稍大一圈。它的眼睛没有了，大概是被海鸥偷走了，因为它们啄不透它的皮肤，吃不到其他的肉。同时消失的还有它高耸的两副鱼鳍——鱼鳍原本长在他的后背和肚子上。也许是海狮扯断了它的鳍，它们经常干这种事，还会把翻车鲀当成飞盘，前后甩来甩去。

围在蒂尔尼身旁的还有二十多名教师，他们原本是来和她学习如何更好地与孩子们沟通科学话题的，结果现在一个个儿倒好像变成了孩子，在边上笑着、惊叹着，还不停地拍照。蒂尔尼拿起解剖刀，刺入翻车鲀的身体，切下一块砂纸般的鱼皮递给了观众们。一位教师让她仔细讲讲翻车鲀的消化系统，好让她录下来，回去给孩子们播放，因为她那时正好也刚给学生讲到这些知识。蒂尔尼同意了，她伸手指了指翻车鲀的胃，还抬起了它珍珠白色的肠子。

但我其实对它的生殖系统更感兴趣，只是这话没法当着二十多名教师的面说出来，于是我等其他人都离开之后，才问蒂尔尼这条鱼是公是母。她的答案很让我失望。她说这条鱼死得太早了，还无法分辨雌雄。我希望它是雌性，因为我想见识一下它的卵。翻车鲀通常能长到10英尺（约3.0米）长，2.5吨重，一次可以产下足足三亿枚卵，脊椎动物中无物能出其右。而这，还只是用一条4英尺（约1.2米）长的雌鱼卵巢估算出的数据，那条雌鱼根本还没长到预计身长的一半呢。

翻车鲀的繁殖方式非常随性，堪称“放任自流”式的繁殖。雌性翻车

鲀的体形非常大，可它们的卵又特别小，大概只有玩具手枪的子弹那么大，因此它们的身体就能装下无数枚卵。这是件好事，因为和其他大部分鱼类一样，翻车鲀也采取体外受精（external fertilization）的方式繁殖后代，也就是说雌鱼在水中排出卵细胞，同时雄鱼排出精子。幸运的话，两种生殖细胞就会相遇，然后开始受精过程。在这之后，雌鱼就再也不在乎它的后代了。它会直接抛下自己的几亿枚卵，转身游走。

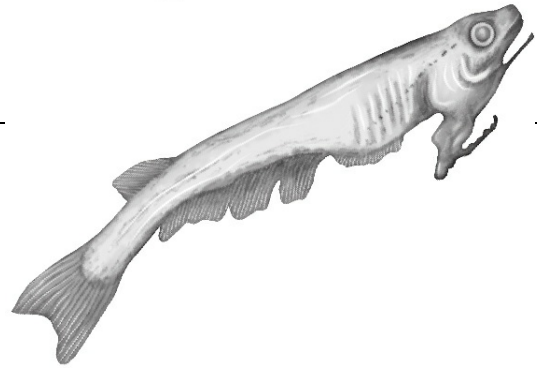
综上所述，翻车鲀在制造浮游生物这方面贡献不小。浮游生物是在洋流中漂浮的微小生命体，其中包括结构微小的植物体，即“浮游植物”，它们的光合作用制造了大气层中一半的氧气；还包括动物，即“浮游动物”；以及卵类，比如翻车鲀的卵。以上各类浮游生物合在一起就成了海洋中各种捕食动物非常重要的食物来源，小到虾米，大到65英尺（约19.8米）长的鲸鲨（硬骨鱼和软骨鱼全算上，鲸鲨是其中体形最大的，它的骨骼由软骨构成）。而这对一心求保命的鱼卵来说可不是什么好消息。不过，鱼卵的数量实在太多，总会有一部分活下来的。

就算鱼卵成功孵化出幼鱼，但从幼鱼变为成鱼的过程中，它们还要努力学会放弃“遗产”。其实，翻车鲀算是河鲀（俗称“河豚”）变异了的远亲，很久以前，它们离开珊瑚丛，前往开放海域生活。成年翻车鲀已经没有了河鲀家族成员身上的刺，但它们的幼崽却还保存着这种从祖先那里继承的武器。翻车鲀幼鱼基本呈球形，长有黑豆一样的眼睛和巨大的锥形脊刺，脊刺突起，刺向四方。不难看出，浑身長刺对这些海中生命来说是有好处的。大海里有数不清的饿鬼，而长着刺的猎物是不受欢迎的。随着翻车鲀的成长，它们的脊刺逐渐变细、变尖，直到几近消失，幼鱼就长成了成鱼。在成鱼的体表，脊刺会留下细微的痕迹，这也让翻车鲀的皮肤具有砂纸一般的质感（即便没有刺，翻车鲀的皮肤还是很粗糙，能把人的皮肤磨坏。蒂尔尼每天都和翻车鲀在一起，有时候它们也会不配合，这都是她的亲身经历）。

“喉交”鱼奇遇记

谈起鱼类交尾，就总要谈到几个“怪胎”，比如越南的这种喉交鱼，雄性在脸的下方长有生殖器官。它们的生殖器官有一个锯齿状的钩刺，能钩住雌性，同时另外一根在雌性生殖器官（也在雌性的喉部）中释放精子。它们也利用面部的生殖器官进行排泄。嗯，就

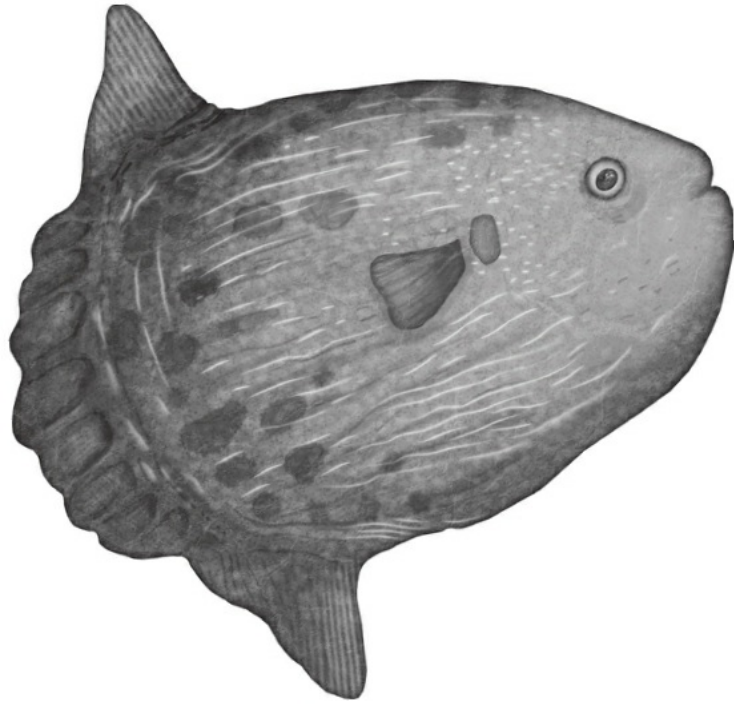
是给你普及一下知识而已，没别的意思。



等翻车鲀长到10英尺（约3.0米）长、上千磅重之后，又会创下动物界的另一项世界纪录——它们从仅有1英寸（约2.5厘米）的幼鱼成长为成熟个体，个头儿总共翻了6000万倍，这是所有脊椎动物中最显著的增长了。这就好像，你生了一个8磅（约3.6千克）重的孩子，他长大后足足重达5亿磅（约23万吨）。

然而雌鱼产下的那三亿枚卵中，只有很少的一部分能存活，并实现这样的成长。这是肯定的，首先，要是大部分后代都能存活并长大，大海里就会充斥着翻车鲀了。其次，虽然物种的数量会趋于波动（比如由于外部灾难，或竞争物种的离开），但普遍的情况是，一对动物夫妇一般只有两个后代能够活到繁殖期，然后在种群中取代父母的位置——只有两个（我们人类和暴增的人口是特例，因为我们已经不再受食物链控制了）。套进翻车鲀的实例，就是三亿分之二。

但是说到底，翻车鲀母亲的豪赌还是赢了。她不会留下来，看自己的孩子们第一次躲过鲸鲨的袭击，或者失去第一根脊刺，或者终于发育成熟肩扛重任什么的，但她用自己特有的方式确保了后代的延续，不管最后到底有几枚卵能活下来。她解决生存问题的对策，就是拼数字，单纯地用后代数量淹没生态系统。这整个过程就是一场大屠杀，没错。但最后的结局是尽如人意的，这场屠杀也算值了。





低地纹猬

问题： 马达加斯加岛的雨林里有无数张饥饿的嘴。

对策： 低地纹猬是唯一一种通过摩擦声来交流的哺乳动物。它们会通过摩擦背部的刚毛，发出“嘎吱”的声音，指引迷路的孩子找妈妈。

“我不相信你，更不相信我自己。”这话，当父母的没法跟孩子说出口，结果他们只好拿根绳子把孩子拴在身边。这我倒也理解，谁都不想失去自己的孩子嘛。毕竟，我们都是哺乳动物，没法一次生个几亿枚卵，让它们自求多福。人类母亲传递自己基因的机会并不多。但我们还是现实点儿吧，也许，绳子并不是看孩子的最佳工具呢。

在马达加斯加岛的森林里就有这么一种哺乳动物，名叫低地纹猬。低地纹猬母亲没有绳子，也没有抓握绳子所必需的对生拇指，但它们却想到了避免在晚间觅食时弄丢孩子的其他解决之道，这个办法甚至带点儿摇滚范儿——利用它们的刚毛传音。低地纹猬长得就像在万圣节装扮成大黄蜂的刺猬，全身布满亮黄色和黑色的刺。在它们的背部，长有一小簇功能特殊的刚毛，大约13至16根，低地纹猬会通过摩擦这些刚毛，制造出一种尖厉的声音，听起来有点儿像用手快速划过梳子的声音。其发声的原理被称为“摩擦发音”（stridulation），和雄性蟋蟀摩擦翅膀发出声音吸引异性相同，只不过，除了低地纹猬以外，没有其他哺乳动物会使用这种方法与同类沟通了。低地纹猬绝对是独一无二的。

低地纹猬在马达加斯加岛的生活非常繁荣。马达加斯加岛原本是冈瓦纳（Gondwana）古陆的一部分，约9000万年前脱离古陆成为独立小岛。在独立3000万年后的某一天，岛上来了一只小型哺乳动物，后来，这只动物进化成不同种类的低地纹猬，占据着不同的生态位。举例来说，有一种低地纹猬喜爱游泳，它们长着脚蹼，而其他低地纹猬都跑进了树丛。低地纹猬进化出了昼伏夜出、集群出动的特征，一组多达20只，个个儿顶着长鼻子，在夜色中通过摩擦传音相互交流。一只雌性低地纹猬一胎可产下11只幼崽，这个数量已经很多了——要知道，低地纹

狷每次外出捕食都会全家分头行动，每只幼崽都可能跑出10英尺（约3.0米）远。因此，在热闹的马达加斯加岛的雨林中，极具代表性的摩擦音就成了走失的孩子们回家的灯塔。

如何判断在约会时遭遇了尴尬的沉默？

万事皆有利弊——摩擦发音帮助低地纹狷家庭团聚，帮助蟋蟀找到伴侣，但也会给它们引来不必要的关注。一个实例就是夏威夷考艾岛上的“蟋蟀惨剧”。20世纪90年代，一种寄生蝇入侵考艾岛，对当地的蟋蟀构成了威胁。寄生蝇会通过蟋蟀的鸣叫声找到它们，并在其后背上产卵。蝇蛆孵化后，会钻进宿主的身体，从内部把它们吃空。突然有一天，雄性蟋蟀中出现了不会鸣叫的基因突变，让它们在寄生蝇眼皮底下近乎“隐形”。根据自然选择规律，由于鸣叫种的消失，不会鸣叫的蟋蟀有了更大的存活概率——仅仅经过20代的繁殖，整个种群中会鸣叫的蟋蟀就消失殆尽了。然而，相对地，不会鸣叫的性状也让它们对异性的吸引力下降了，因为雌蟋蟀都钟爱最棒的歌手。不过，雌性似乎最终做出了让步，接受了这些“寡言”的追求者，大概是它们别无选择吧，因为但凡会出声的都被活活吃掉了。

谁说这世上再无浪漫来着？

首位发现低地纹狷独特沟通方式的科学家名叫埃德温·古尔德（Edwin Gould）。20世纪六七十年代，他认为摩擦音是低地纹狷母亲控制孩子行踪的方式，于是他设置了一块方形区域，并在两个角落放置扬声器。古尔德将一只低地纹狷幼崽放入区域内，并播放刚毛摩擦的声音，结果他测试的19只幼崽中，有15只径直走向了发出声音的扬声器。第二次实验发生在室外，古尔德在低地纹狷母亲的刚毛上涂满胶水，让它无法摩擦发音。这次，幼崽们虽然还能自由移动，但却都紧紧跟在母亲身边，气味仿佛取代了摩擦音，成了它们锁定母亲位置的方式。

不过，低地纹狷使用这种独特沟通方式的意义，并不仅仅在于防止幼崽迷路。低地纹狷并不是马达加斯加岛唯一的食肉哺乳动物。同一片栖息地还生活着环尾獾，其体表布有黑色和火焰色相交的条纹，色调和

低地纹猫身上的纹样相仿。还有马岛獭（属于灵猫科），这种动物看起来很像猫，但其实和獭更为接近。古尔德在实验中向低地纹猫释放以上任意一种捕食者的气味，引起低地纹猫激烈的反应。低地纹猫颈部的刺不会摩擦发音，这些刺通常是平的，但遇到刺激时就会竖起，看起来就像雄狮尖利、黄色的鬃毛。同时，低地纹猫还会发出“噗噗”的叫声。要是对方不为所动，低地纹猫就会提高音量，发出“嘎吱嘎吱”的声音，还会激烈地抬头，将其颈部可折断的刺刺入捕食者的头部或爪子。

低地纹猫利用声音还可以达到更神奇的目的——古尔德做了更多实验，证明低地纹猫甚至可以进行回声定位。他在一个漆黑的房间里放置了一根4.5英尺（约1.4米）高的竿，竿顶有一个圆盘，圆盘之下有一个平台，平台连着斜坡，斜坡之下是一个装有食物和饮料奖励的箱子。古尔德将低地纹猫分为两组——一组戴耳塞，另一组不戴。它们的目标是下到二级平台并冲向食物箱。没有耳塞的那组成绩很好，但另一组……就不尽如人意了。古尔德发现，戴着耳塞的那组低地纹猫来到圆盘边缘寻找二级平台的次数更多，花的时间也更长，跳下圆盘时也经常矢不中的。

生而多彩

某些颜色鲜艳的物种为达尔文的进化论研究带来了不小的困惑。没错，自然选择中的“雄性淘汰”是这一现象背后的一大原因，很多物种的雌性更加偏爱色彩艳丽的雄性，不会理睬那些色调单一的追求者，但为什么连某些昆虫的幼虫都长得那么花哨呢？它们又没必要争夺交配权。达尔文将这个困惑告诉了阿尔弗雷德·华莱士，后者给出了答案——这是一种警告。华莱士发现，这些动物身上的颜色能够警告捕食者，告诉它们这个猎物是有毒的。毕竟，要是捕食者把你一口吞下，就算最后你毒死了它，那你身上带的毒也白白浪费了。你需要向外界传达一种“信息”。尽管低地纹猫没有毒，但它也要传递出“我很危险，别碰我”（实际上低地纹猫的确也是危险的生物）这样的信息。

确实，低地纹猫也可以通过嗅觉感知食物箱的位置，但这个实验证

明听觉对低地纹猬的导航也有着重要意义。古尔德将实验中的声音都录了下来，结果证实低地纹猬在探路时并没有摩擦发音，而是靠弹击舌头定位，频率一般还很快。它们不仅在平台实验时会这样做——古尔德注意到，有一只雄心勃勃的低地纹猬逃出了他的实验室，边跑还边弹击舌头。由此他得出结论：和蝙蝠一样，低地纹猬似乎也会进行回声定位。它们发出声波，并接收回音来确认周围环境的情况。

我们小小的低地纹猬母亲，虽然其貌不扬，但却是游荡在马达加斯加岛危险、黑暗的雨林里的音波操控大师，在孩子们四处瞎跑时不断进行着摩擦发音和回声定位。不过，在世界另一端的南美洲，有一种蟾蜍看到低地纹猬对孩子搞这种“不负责任”的“放养”可是会大吃一惊的，因为这种蟾蜍喜欢把孩子紧紧地保护在身边。



负子蟾

问题：池塘能招来捕食者，对蝌蚪来说可不是什么安全的地方。

对策：与其让孩子们面对敌人自求多福，负子蟾母亲选择把卵尽数背在背上，让孩子们在自己皮下孵化，直到它们再也待不住了为止。

我生命中最大的讽刺在于，我知道自己作为生物个体，唯一的生存目的其实就是繁殖，并将我的基因传给下一代，但在我意识到这一切时，却完全不想这么做。那时我刚刚三十出头，我最小的妹妹已经有了个可爱的宝宝。我跟他相处得很不错，他有时候甚至会对我笑，但阻止我自己养孩子的其实是下面这件事：有一次，妹妹给我发来一张小外甥的照片。照片上，小外甥站在后院，手里扶着割草机（他很喜欢这类机器），光着屁股，屁股后面还挂着一小团便便。他抬起头，望着相机，摆出一副明知故犯的样子，仿佛在说：“我就这么做了，怎么着？”照片的拍摄时间看起来就在洗澡时间之前，他一定是看到了后院的割草机，兴冲冲地跑了过去，抓着机器扶手，任由微风吹拂他的小光屁股。他兴高采烈，看起来已经失去了对自己的控制。我只能说，在草坪上给小孩擦屁股这种事，并不在我短短的人生计划列表里。

然而，和负子蟾母亲必须承受的一切相比，这件事真的是微不足道。它们是不会在产卵之后把卵留给捕食者享用的，绝不。负子蟾不会轻易离开自己的孩子。在交配季，雄性负子蟾会趴到雌性背上，经过如水下翻跟头般的交配和产卵过程之后，雌性负子蟾会把卵背在背上完成受精。受精过程中，它们的背部会长出新的皮肤把所有的卵包裹住，为卵提供一个舒适的避难所。最终，孵化、发育出的所有幼蟾会一齐跳出母亲的身体——这个场景，我只能说，人类不宜观看。在南美洲进行考察时，玛丽亚·西比拉·梅里安曾撞见过这个画面。在她的一幅画作中，一只背着孩子的负子蟾母亲正在池塘里游泳，后面跟着一只刚刚脱离母体、获得自由的幼蟾。她还在它们身边画了一株可爱的植物和两片贝壳，像是要调节一下气氛似的，可惜调节无效。

一对生物学家夫妻，乔治·拉布（George Rabb）和玛丽·拉布（Mary Rabb）出版的著作，可能是关于负子蟾交配行为的最佳研究资料了——如果不算“‘翻跟头’的上升过程是一条笔直的路径，而在下降的过程中，负子蟾会在水平方向上进行旋转”这种佶屈聱牙的句子的话。拉布夫妇的研究始于“摇摆的六十年代”[\[1\]](#)，地点是芝加哥动物园，主角是一对“无名氏”负子蟾夫妇。故事的男女主人公希望保持匿名，也可能它们的名字已经消失在了历史长河中，也可能，它们本来就没有名字吧，毕竟它们只是两只蟾蜍。

青蛙、蟾蜍总动员

你可能会问，蛙和蟾蜍到底有什么区别呢？我只能说，我也说不好——没人说得准。蟾蜍一般皮肤多疣、干燥，四肢比蛙类更短，但也有不少例外。说实话，这其实只是个咬文嚼字的问题。动物不会为了方便分类而进化，你叫它青蛙还是蟾蜍，大自然才不在乎呢。负子蟾名叫“负子蟾”，也只是因为它们有“负子”的习性，又长得比较符合蟾蜍类的特征而已。其实就这么简单。

负子蟾夫妇的“云雨之欢”始于蛙类和蟾蜍共有的一种标志性行为，即“抱对”（amplexus）。此时，雄蟾会伸出前臂紧紧抱住雌蟾的下腹部。它们会一直这么抱上好几个小时，这期间只来回浮出水面换气，在出水之前偶尔还会翻个跟头。这几个小时里，负子蟾不产卵，也不排精，但拉布夫妇注意到“雌蟾的背部皮肤膨胀得很明显”，这表示它已经准备好接纳卵了。最终，在它们翻了9次跟头而“无所作为”后，乔治和玛丽看到了第一枚卵落入雌蟾背部。两只负子蟾持续翻滚，每次翻滚到体背朝下时，雌蟾就会产下3~5枚卵，卵落到雄蟾腹部的皮肤褶皱中，雄蟾再释放精子进行受精。随后，随着继续翻滚，卵又会落入雌蟾的后背，雄蟾还会利用腹部的起伏，帮忙把卵埋进合适的位置。这场交配一共持续了24个小时，雌蟾的后背共计背上了55枚卵，仅有11枚卵“脱靶”，沉入水缸底部。

交配结束后，拉布夫妇把雄蟾转移到另一个拥有多只雌蟾的水缸里。这回，这只雄蟾也尝试主动求欢，但雌蟾纷纷拒绝了它。“它想和

其他雌蟾进行抱对，”拉布夫妇写道，“但后腿上的皮肤却变得松松垮垮，好像不合体的长筒袜。后来，雄蟾全身的皮肤都开始脱落，它还竭力想把皮肤都吃掉，样子像个诡异的芭蕾舞演员。”不过，拉布夫妇却没有记下在雌蟾身上即将发生的“诡异事件”。

负子蟾母亲背部膨胀的皮肤还会继续生长，逐渐围住所有的卵，但不会完全盖住，而是如蜂房一般把卵紧紧包裹起来。卵会在母亲身上发育数月，直到发生大自然里最惨人的一幕——一只只幼蟾出现了，要是交配非常成功，幼蟾的数量可以高达上百只。这些幼蟾不会经过蝌蚪的阶段，而是直接长成母亲的迷你版，这种发育方式被称为“直接发育”（direct development），在蛙类和蟾蜍中非常罕见。孵化的幼蟾伸着细小的手指，捅破母亲后背的皮肤往外钻。有时，所有幼蟾会一起在母亲的皮肤之下摇摆、蠕动，偶尔会有一只“钻出重围”。直到幼蟾一只接一只地全部游走，母亲背上就只剩下一个空空如也、满是窟窿的“巢穴”了，而这层皮肤最终也会脱落。至少应该说，这是负子蟾应对捕食者的一种极端的办法。如果任何对手想把负子蟾宝宝搞到手，它就先得穿越母亲这层屏障——我说的“穿越”就是字面上这个意思。

“物种”辨误

我一直在思考人类语言的极限，是时候聊聊“物种”（species）这个概念了。生物学家共同认可的“物种”的具体定义其实也有很大的问题。《牛津词典》（Oxford Dictionaries）中“物种”的定义为：“一群具有相似性状的生物个体，彼此之间可以交换基因或进行混种杂交。”然而，种间杂交繁育后代的例子却比比皆是，比如灰熊和北极熊，在野外，它们也能生下后代。它们属于不同“物种”，却可以交换基因，证明我们可以努力搞懂自然世界的规律，到头来却还是囿于自己的语言。

另一个咬文嚼字的问题，是如何称呼一个“物种”与另一个“物种”杂交生下的新“物种”。北极熊和灰熊杂交的后代被称为“北极灰熊”或“灰北极熊”。我不喜欢这两个名字，因为输入法总会自动纠错，让我的写作不再流畅——我希望你们都没注意到。

总之，小负子蟾冲向这个危机四伏的世界，好在它们的身体长得非常平，可以让它们混进池底的落叶中，四肢张开，和水下植物共同度日。不过，它们依然很弱小，若能长到翻跟头交配的时候也实属幸运。

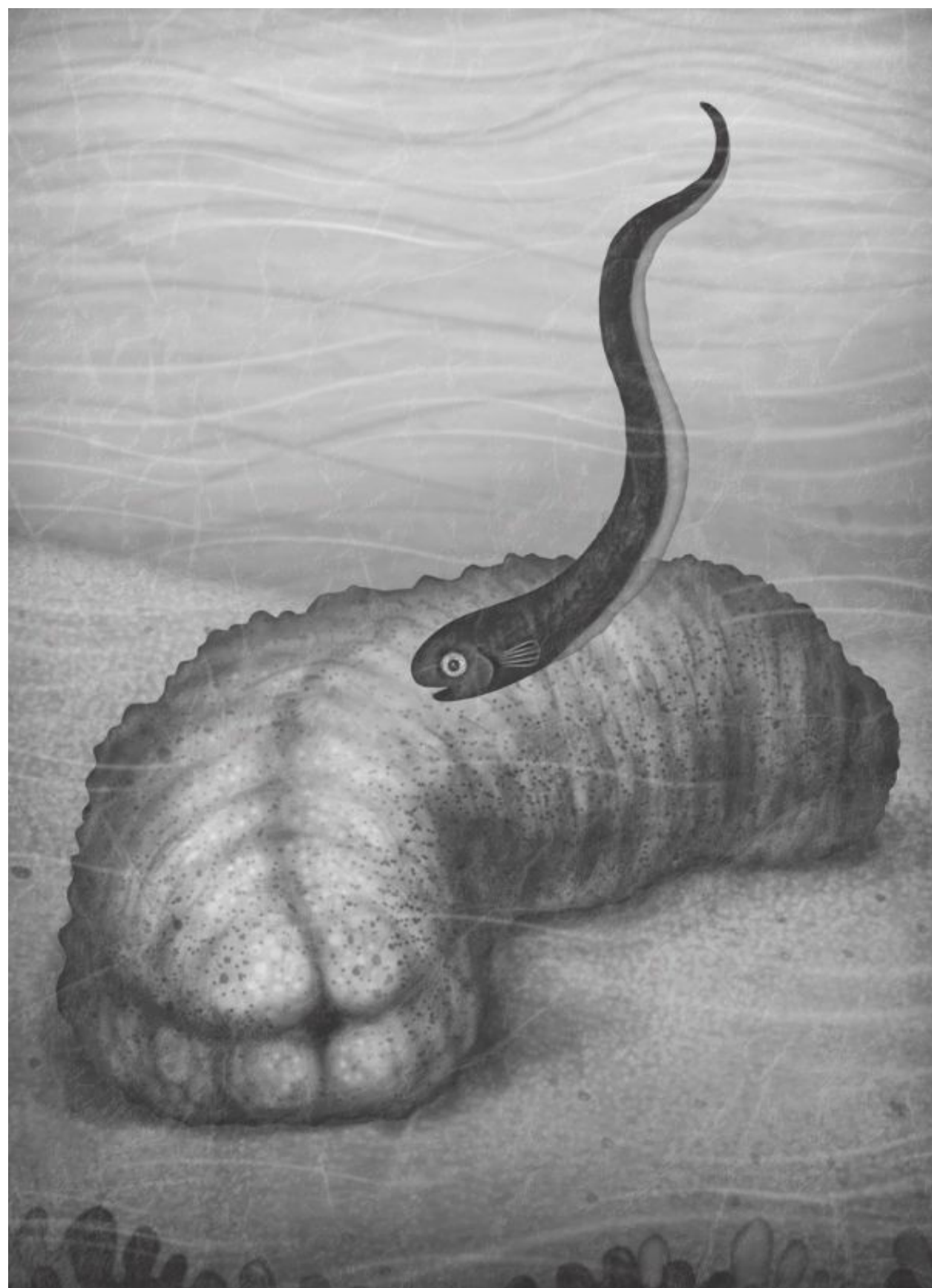
不过，要是负子蟾有某种庇护之所，故事又会如何呢？要是它们会自己建一个窝呢，比如在海参的肛门里安家怎么样？

第三章

你得找间房子生活

在本章中，小鱼会钻出海参的屁股；鸟会建起巨大的鸟巢，压垮大树。

追求一方遮风挡雨之所的并不仅仅是人类。自然界危机四伏，到处都有尖牙、利爪，来自天上的威胁也不少。因此，一些行动力强的动物就开始着手解决住房危机了——鸟类建起了鸟巢，蚂蚁挖起了隧道.....然而，本章的这些动物则打算借用其他动物的.....身体。嘿，起码人家的房子四季温暖如春啊。



隐鱼

问题：海床荒凉得很，鱼类很少有地方躲避天敌。

对策：隐鱼会钻进海参的肛门，在那里舒服地住下来，它们还会吃掉海参的生殖腺。

人们常说家是心灵的港湾，但对隐鱼来说，“家”其实更像是由生殖腺构成的港湾。为了找到一个家，它们会钻进海参的肛门，随即住在里面，然后把海参的生殖腺当作美餐。

这一切的开始似乎并无攻击性。瘦小的隐鱼长得很像泥鳅，它慢慢接近海参，嗅一嗅，然后在它的“准受害者”周围竖着身子上上下下地游动。它在感受海参的呼吸。海参通过肛门呼吸，要是海参察觉到隐鱼的存在，就会屏住呼吸，封住肛门，就像人类憋住屁一样。不过，这种徒劳的努力只是在拖延时间罢了，它总归还是要呼吸的——这就是隐鱼出击的时刻。

一旦隐鱼找到进攻机会，它就要做出一个动物界最艰难的决定——是头先钻进海参的屁股，还是尾巴先钻进去。当然，这都取决于海参的“洞口”大小（其实应该叫“泄殖腔”，因为这个“洞”不仅会排泄废物，还负责生殖）。如果洞口开得够大，足够容纳脑袋，隐鱼就会头朝下一股脑儿地钻进去，连头带尾地把自己“发射”进海参的身体。如果洞口太小，隐鱼就先把尾巴插进去，然后再缓缓倒退。由于隐鱼的体形比海参小很多，年幼的隐鱼在80%的情况下都会选择“头先进”，而成年隐鱼在80%的情况下都会选择“尾先进”（没错，还真有人统计过）。

隐鱼不想在宿主的肠子里居住，这一点还是可以理解的吧，因此，它一进入海参的身体，就会立即游进一个叫“呼吸树”（respiratory tree）的器官。呼吸树是海参消化道两侧不断分枝的管道，海参通过将水泵入和泵出来进行呼吸，水流进入泄殖腔并汇入呼吸树。所以对隐鱼来说，海参不仅提供了一个休憩之所，还为其带来了不停补给的水源，和随之而来的氧气。

有些物种的隐鱼会一直待在宿主身体里消磨时间，安全地躲过在上方海域盘旋的捕食动物。而其他的.....则会变得“饥渴”，它们会把海参身上的各种部位当成食物，其中包括生殖腺。我倒不是说海参有多喜欢这种行为，不过实际情况并没有听起来这么恐怖——它们的生殖腺被吃光后还能再长出来，其他器官也是一样。海参是神奇的“再生”大师。可惜，大海里实在是敌众我寡，它们也许能再生被一条隐鱼吃掉的器官，但总会有另一条马上出现，再次潜入它们的身体。曾经有个生物学家甚至发现过体内有15条隐鱼的可怜海参。

你永远也见不到海参的牙医

面对隐鱼的侵略，海参也不是全无还手之力的。有些种类的海参体内长有一些钙质突起物，名叫“肛门齿”（anal teeth），形状很像球果。这些“牙齿”的方向全部朝向肛门中心，整体看来有点儿像科幻电影里的那种舱门，不是滑开的，也不是推开的，是类似相机快门那种从中间打开的样子。这些“牙齿”的出现可能就是为了把隐鱼赶走，这也证明，至少有一些海参认为屁股里长牙总比生殖腺被吃了传出去好听。

如果你认为隐鱼这么做是在忽视彼此的发展需要，再看看下面这件事吧。隐鱼在海参的呼吸树中也没闲着，它们要通过给海参绝育来给宿主带来终极羞辱。其实这种事也很常见，很多寄生动物都会让宿主绝育，这也很容易解释：繁殖后代需要消耗大量的能量和资源——回想一下海扁虫为了避免怀孕付出的努力吧。如果寄生动物能让宿主绝育，就意味着它们能腾出更多的能量供自己逍遥。至于绝育到底是隐鱼自己的战略呢，还是海参的生殖腺刚巧很美味，这一点还不为人知。也许两者兼备，你只能去问隐鱼了。

在多数情况下，我们人类借助庇护所来保护我们相对娇弱的身体不受大自然侵害。而其他动物，也包括寄生动物，会借助庇护所来躲避捕食者。隐鱼也是一样，只不过它们借用的是海参的身体罢了。你要知道，海底其实充满危险，也并不都是结构复杂的珊瑚礁，没有那么多洞穴和缝隙为动物提供足够的藏身之所，大洋之下的大部分区域都是一马

平川的沙漠。

隐鱼也并不仅限于住在海参体内。有些种类的隐鱼还会侵入海星体内，还有的会去敲双壳纲动物家的门，比如牡蛎。这些战术似乎比侵略海参要好一些，毕竟海参本身很容易受到攻击，从长相看，海参就是趴在海底的一块肉，而且还特别诱人，但实际上并不是这样。海参也有自己的秘密武器——它们会吐出自己的内脏，力图吓退捕食者。

我承认，乍看下面的这种办法似乎并没有什么大的用处，但请听我说完。当海参感受到威胁，体内保持器官位置的结缔组织会瞬间变软，有些种类的海参，甚至连口腔或肛门处的体表也会变软。等到体内的一切都软成一锅粥时，海参会收缩肌肉，把内脏从身体一端变软的部分弹射出去。海参发射到“战场”上的并不仅仅是肠道，有时甚至还会包括呼吸树和——没错，生殖腺（动物界也没什么东西比海参的生殖腺更受累不讨好的了）。有的海参还进化出了更为有力的防御手段，它们会随着内脏喷出毒素。发射内脏是一种恫吓的防御手段，也许——只是也许——捕食者会觉得这些东西又奇怪又难闻又滑腻，因此就被吓跑。虽然听起来对自己的损伤很大，不过海参仅仅在几周内就能把失去的器官再生出来。

为时尚献上生命

隐鱼的英文名字叫“pearlfish”（直译为“珍珠鱼”），是因为人们经常在打开牡蛎壳时发现它们被包裹在珍珠质中。这种漂亮的材料一般是软体动物用来制造珍珠的。换句话说，它们变成了相当精巧的首饰，只不过自己无福消受罢了。其实，所有珍珠的形成都源自具壳软体动物对外部入侵物的抵御。软体动物会往入侵者身上覆盖珍珠质，将它们层层包裹，让它们动弹不得。研究人员发现，隐鱼入侵软体动物的贝壳后，它们在还活着的时候会像蟾鱼一样急速振动鱼鳔，警告游在外面的同伴。被封在牡蛎的贝壳内看似并不利于声音的传播，但其实贝壳会放大隐鱼振动的频率，仿佛一个麦克风。你住在这种东西里面，大概不会有多开心吧。

有趣的是，这种防御手段并不是由隐鱼触发的，也没有人了解其真正的触发机制。也许对海参来说，再生生殖腺要比再生肠道或其他被喷出去的器官耗费更高的能量。总之，隐鱼选择的避难所就是个活着的、会呼吸的移动房间，靠喷射内脏来躲避攻击，就好像詹姆斯·邦德的座驾，会抛撒铁蒺藜来拖慢追杀者。只不过，海参大概永远也追不到姑娘了，你懂的，毕竟把生殖腺丢掉了嘛。



缩头水虱

问题： 漂浮在开放海域可是很危险的（问问翻车鲀你就知道了）。

对策： 一种甲壳动物会游进鱼的嘴巴，但它们并不会安分地待在里面——“食舌虫”的绰号不是浪得虚名。

住在海参体内，把海参的生殖腺当晚餐是极好的，但要是想找个风景更优美的地方住呢？比如一个能让你尽享深蓝海景的地方？也许你会以为这么奢侈的地方一定价格不菲——你错了，正好相反，要是能找到像下面故事里一样的地方，你都不用付出什么特别的代价。

这就是“食舌虫”的故事，它的中文名叫“缩头水虱”。这是一种行为诡异的甲壳动物，专门入侵鱼类的鳃，进而进入口腔，吸食鱼类舌头中的血液，并最终取代鱼舌的位置。在鱼的口腔中，它们会扮演假体鱼舌的工作，同时通过鱼的口腔欣赏外面荒凉的风景（至少是在它们变瞎之前吧，一般来说也没多久），之后，它们会离开宿主，抛弃那条鱼，任由它饥饿至死。抛弃了“海景房”之后，缩头水虱也就失去了庇护之所，但它们却换来了向下一代传递基因的能力。

首先，缩头水虱得在一望无际的大海中找到“猎物”。幼体一共就那么点儿能量可供消耗，所以在出生的前几天里它们会疯狂地四处游走，寻找“未来的家”，要是没成功，就会转为被动模式，守株待兔，在鱼靠近的时候进行伏击。处于被动态的幼体搜寻的是鱼类的化学信息素，当它们感受到时，会立即重新进入状态，抬头寻找从上方游过、挡住阳光的剪影。锁定目标后，幼体就会急速冲上去，扭动着身子附着在鱼鳃之上。

所有缩头水虱出生时都是雄性。当一只缩头水虱幼体侵入鱼的身体，并发现这条鱼体内还没有同伴占位时，它就保持着雄性身份。但要是另一只雄性幼体到达，先到的那只就会变为雌性，并一路挥舞着7对极其尖利的腹肢划破组织，穿过鱼鳃进入鱼的口腔占据鱼舌。它会在鱼的口腔中度过余生，因此眼睛就没什么用了，视力在其生长的同时就会

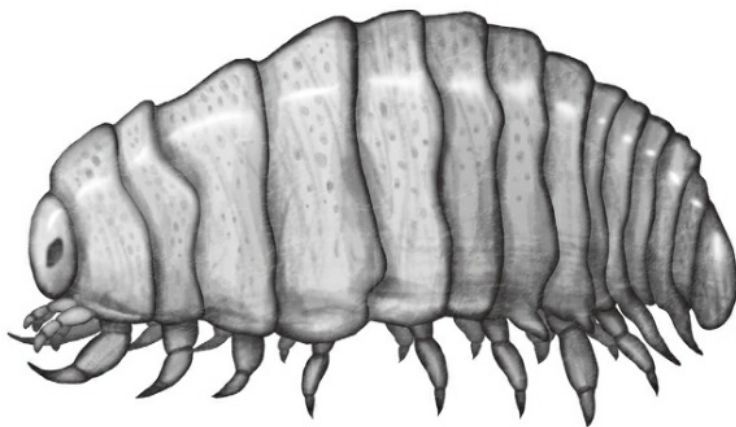
慢慢退化，它同时失去的还有游泳的能力。

在鱼的口腔中，雌性缩头水虱会利用前端的5对腹肢来进食。这些腹肢中有一些针状物，可以刺破鱼舌，供它们吸食血液。慢慢地，鱼舌就会萎缩，缩头水虱便会取而代之。也就是说，鱼类会“使用”缩头水虱和其口腔上壁一起配合，磨碎食物。因此，缩头水虱其实就和奴役毛虫的刻绒茧蜂一样，为了确保自己的繁殖而给宿主——至少是暂时——留一条命。再说，这些寄生者还得到食物和庇护所了呢。

情人节悲剧

缩头水虱属于等足目，而在等足目动物中，有很多都比缩头水虱长得大得多。巨大深水虱一般生活在海底，以坠入深海的动物尸体为食，体长可以超过1.5英尺（约45.7厘米）。在深海环境中，你永远无法预测下一顿饭有没有着落，因此巨大深水虱可以忍受相当长时间的饥饿。日本有一只人工饲养的“巨大深水虱1号”（名字有点儿糊弄），其生前曾经受了持续5年的绝食期，直到它死于2014年的情人节那一天。也许它死于情殇，要么就是真的太饿了。

不过，缩头水虱为什么要转换性别呢？其实，对生活在开放海域、需要依靠别的动物生存的动物来说，这是一种十分精明的战略。两只缩头水虱同时附着在一条鱼身上是需要运气的，何况如果它们都是雌性或者都是雄性，那一切努力就全白搭了。因此，缩头水虱就进化出了这种打破性别规则的能力，通过转换自身性别来保证交配的能力。



失去视力的雌性准备产下后代时，似乎还有能力察觉到鱼何时会集结成群，然后它会在鱼群出现时产卵，这就能为后代省下寻找宿主的工夫了。在完成繁殖工作之后，这位新手妈妈总算对宿主放了手，要么从鱼口腔中离开，像块小石头一样沉入水底，要么就让鱼把它吞进肚里。这顿零食对这条鱼来说其实一点儿好处都没有，没了舌头，它只有饿死的份儿。

更为离奇的还有另一种缩头水虱 *Cymothoa excisa* 的生活方式。和普通缩头水虱不同，*Cymothoa excisa* 并不会完全毁掉宿主的舌头然后取而代之（说实话，缩头水虱也不是见谁都这么做的，它们只针对个别种类的鱼下手，然而只会完全取代笛鲷的舌头，具体原因不明），正相反，它们会礼貌地小口吸食宿主舌头里的血液，让舌头不致萎缩坏死。这就意味着 *Cymothoa excisa* 有更多的时间用来交配，因此会有更多的雄性出现在宿主的鳃中，这些雄性甚至还会排起长队。等到鱼口中的雌性死亡，队首那只曾经与之交配过的雄性就会变为雌性并进入口腔，队伍中的下一只雄性与之交配，为这条可怜的鱼带来无穷无尽的折磨。

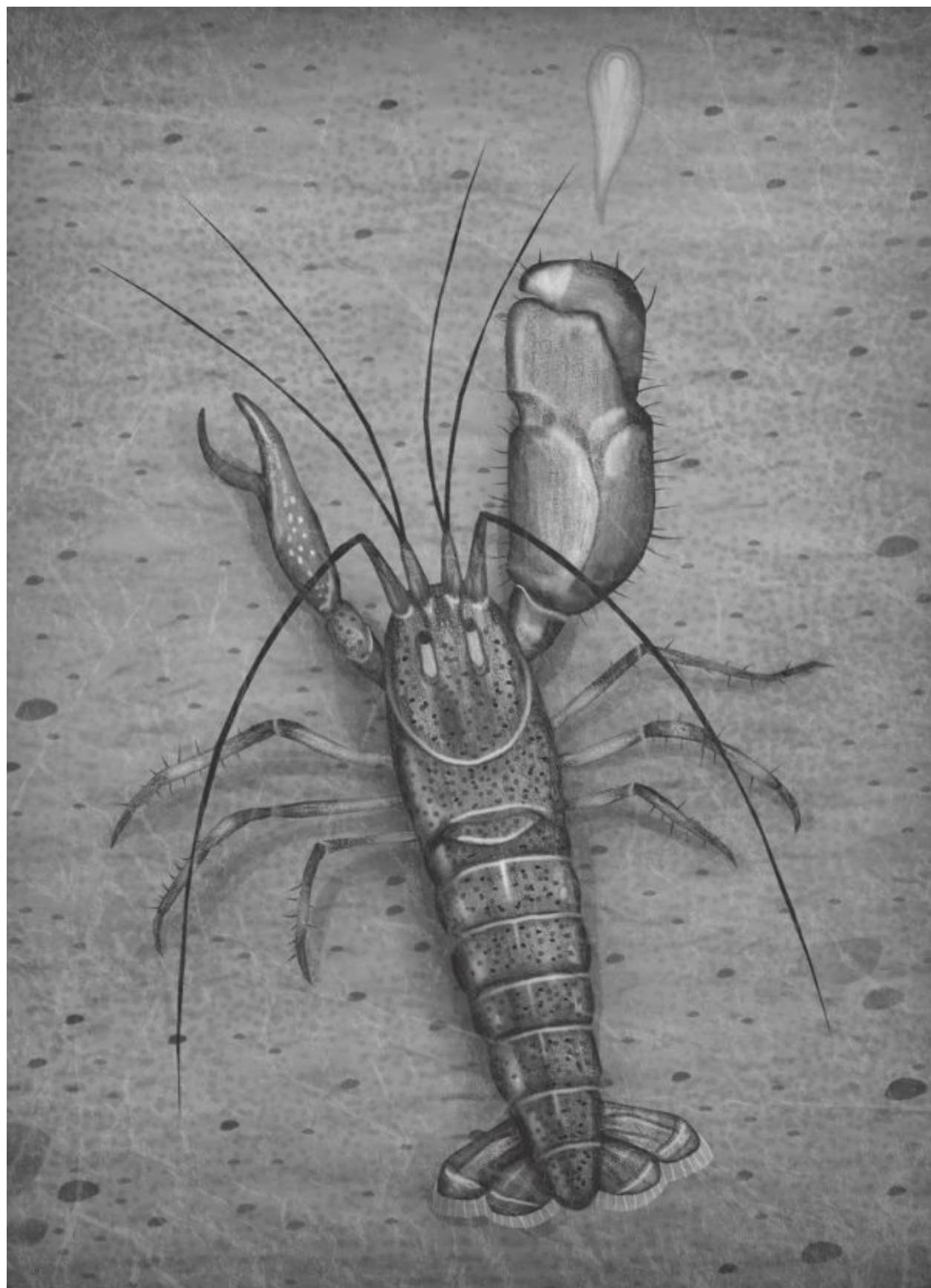
如果以上这些故事还不够惨，那么渔业的过度发展让被缩头水虱盯上的鱼类的生活雪上加霜。2012年的一项调查显示，在地中海受到保护的海域内，共有约30%的鱼类体内寄生有缩头水虱，而在过度捕捞的海域内，这个数据高达约50%。其原因或许是在人类的捕捞之下，由于自然选择，体形偏小、繁殖更快的鱼类更容易存活，与繁殖更慢的同类相比，在生存竞争中更占优势。然而，这些体形更小的鱼对缩头水虱的防御力也更弱，因此被寄生的概率也就更高。

宿主蟋蟀化身自杀僵尸

像缩头水虱这样，寄生者最终将宿主杀死的寄生现象被称为“拟寄生”（parasitoid）。对寄生生物来说，让宿主活着对它们最有利，而一旦“入侵者”准备繁殖，完成自己的“人生大事”，它们便和宿主走上了不同的“人生道路”，且能随意处置宿主（严格来说，此时它们应该被称为“拟寄生生物”）。

然而，也有一些宿主能在这样的状况下幸存下来。比如，有一种名为铁线虫的寄生虫，它会寄生在蟋蟀体内，改造蟋蟀的思维，并驱使蟋蟀潜入水中自杀。此时，这种好几厘米长的寄生虫就会钻出蟋蟀的外骨骼，蠕动着游走。曾有一位科学家在实验室中见过32条铁线虫钻出一只蟋蟀身体的场景，这只可怜的蟋蟀竟然活了下来。更有意思的是，有一种铁线虫长度可达6英尺（约1.8米），没人知道这种铁线虫会寄生在什么“昆虫超人”体内。不过，那位宿主肯定甘苦自知吧。

所以大家还是别羡慕鱼了，虽然它们能在地球的绝美海洋中自在畅游，但它们面对的敌人除了人类，还有无数的寄生生物。不过羡慕一下缩头水虱还是可以的，有了免费的房子和无敌的景色，夫复何求呢？



鼓虾

问题： 海洋就是个战区。

对策： 这种名叫“鼓虾”的小动物生活在一个庞大的社会化种群中，其种群由一位国王和一位女王领导，居住在海绵种群中。在其居住地，还会有负责守卫的鼓虾站岗，手中时刻握着它们独特的武器.....

我向来都是不惮以恶意来看待大自然的，大自然的故事充满了你死我活、生吃舌头、精神操控什么的。这是因为自然本质如此——自然解决问题，在这个过程中又创造新的问题，如此循环往复。一种动物进化出武器，其猎物就进化出防御的对策。说真的，在这种环境里，寿终正寝就是种奢侈的运气。这个世界很可怕，让人难过，我很抱歉，但正像诗人阿尔弗雷德·丁尼生（Alfred Tennyson）说的那样：“自然，就是血红的爪与牙。”所以难怪有些生物希望聚集成群，俗话说得好，“人多力量大”嘛。

论起社会性，能和鼓虾媲美的生物非常少。鼓虾的名字非常贴切，它们身上长有地球上最有力的一种武器，单独一只就已经非常吓人了，但作为群体，它们甚至还会组建“军队”，修建“堡垒”，只有傻子才会冒险侵犯它们。鼓虾在海底建起了一个君主制王国，就好比陆地上的蚁群。而且，它们的“枪声”也着实惊心动魄。

鼓虾的武器，就是它们巨大无比、奇形怪状的螯（仅有一只，另一只螯就小了很多）。在某些种类的鼓虾身上，这只螯甚至能长到身体全长的一半。通过收缩肌肉，鼓虾能够将螯掰开，使螯的一侧到达一个“上膛”的位置，而对侧保持不动。鼓虾的螯掰开的一侧上有一个突起，而对侧有一个凹陷，当鼓虾收缩另一块肌肉，将螯的两侧闭合时，突起就会被用力压入凹陷，使凹陷中的水以105英尺每秒（约32米每秒）的速度冲出。这样“开枪”会使水流产生空穴现象（cavitation），形成气泡，这些气泡破裂时的温度可达8000华氏度（约4426.7摄氏度），并伴有巨大的冲击波，可以当场杀死或击昏猎物。有趣的是，鼓虾“开枪”时产生的巨大声响其实并不是它的螯发出的，而是气泡破裂时产生

的爆破音。

“像谷仓里充满鸡的‘咯咯’叫声”

鼓虾发出的噪声曾经干扰过潜水艇的声呐系统。“二战”时期，一阵连续不断的爆破音让一名在印度尼西亚服役的美军潜水艇艇长大惑不解，他认定，肯定又是日本人“往水里扔了什么稀奇古怪的玩意儿”。1956年，《密尔沃基新闻报》（*Milwaukee Journal*）对此进行了详尽（有点儿过于详尽）的报道：“人们对这种声音的描述直白又富有诗意：像煤块在沟槽中滚动，像肥肉在锅里翻腾，像沉重的锁链在地上摩擦，像青蛙在鸣叫，像悲叹，像啜泣，像咕哝，像打鼓，像沉闷的汽船鸣笛，像一把想锯断钢铁的钝锯，像谷仓里‘咯咯’的鸡叫声，像引擎运转不畅的‘噗噗’声，像一个伤心的人在哀号……”

在亚热带浅水区域里，鼓虾能给水下带来巨大的噪声，那是一连串爆破般的声音。每一次“开枪”，鼓虾的“枪响”都能达到210分贝。作为参考，美国语言听力学会（*American Speech-Language-Hearing Association*）将割草机106分贝的声音定义为“极其吵闹”，将爆竹150分贝的声音定义为“令人痛苦”，而与鼓虾的声音比，这些声音可谓“小巫见大巫”，那是名副其实的“力压群雄”。

我们人类开枪是为了杀死对方，有时候也用枪口对空气开枪，表达激动之情——鼓虾也是一样（它们的武器仅限于那只巨螯，不包括另一只）。但在鼓虾身上，“枪”还有更多功能：它们还会用“枪声”进行沟通。在鼓虾的巨螯上长满了感觉毛（*sensory hair*），这些感觉毛能帮助它们探测水中的冲击波。鼓虾还会用巨螯来决斗，倒并不一定会朝对方“开枪”，更多时候是用来传达一种警告的信号。有些种类的鼓虾甚至还会连发好几次气泡，击碎石块，再用石块来建造巢穴。

说回君主制的话题。一个种群的鼓虾会在海绵中组成一个具有“真社会性”（*eusociality*）的集团，这种特征其实非常罕见。这种生存方式广泛存在于各种蚂蚁和白蚁的种群中（但不包括蜂类，因为大部分种类

的蜂其实都是独居的），但人们从未听过还有其他水生动物以这种方式生存。鼓虾的整个社会都是围绕一位“女王”构建的，“女王”的体形要远大于它的“臣民”，毕竟，雌性的身体越大，其繁殖能力就越强。鼓虾“女王”是整个种群中唯一进行交配的雌性，它和“国王”进行交配，统治着几代后代，就像一位颐指气使的老奶奶。由于地位高贵，“女王”的“枪”会退化，这证明它需要依靠种群的“工兵”来保护。

鼓虾“工兵”也许体形小，却胜在数量上，而且鼓虾的螯也不光能用来恐吓自己人，还能用来传递信号。假如一只鼓虾“工兵”遭遇了一只想要在海绵中藏身的入侵者（比如其他种类的鼓虾，或者某种想要捕食鼓虾的鱼），它就会用巨螯打出一种节奏来请求支援。等到援军到来，“工兵”们会一齐打出这种节奏来吓退敌人。这种战术非常有用，尤其当对手是其他种类的鼓虾之时。鼓虾还会用这种战术来击退海绵的天敌，比如海蛞蝓什么的，就当交房租了。

请收下这份象征白头到老的祝福

另一种有趣的虾住在一类名叫“偕老同穴”的海绵中，这种海绵看起来就像一张光滑的网做成的细长管道。有一种偕老同穴会在幼年时成双成对钻进“偕老同穴”，但最终它们会由于逐渐长大而无法离开海绵的体腔。因此偕老同穴夫妇就会在偕老同穴内进行交配，并度过余生。在日本，偕老同穴海绵连同里面的“偕老同穴夫妇”是一种传统的新婚礼物。还有更贴切的比喻来象征婚姻吗？我觉得没了。

这里就涉及一个更加复杂的问题。在动物界，一般来说，大家都是比较利己的，动物个体会付出一切代价来传递基因，而不会冒着自己的生命危险去帮别人实现这个目的。那么，如果你是一只具有真社会性的动物，一只鼓虾，你不能交配，为什么还要在种群中保护“女王”和它的后代呢？看起来，这种行为违背了达尔文的自然选择学说。

答案就是“亲属选择”（kin selection）理论。你不必亲自交配，就能将体内的基因传递下去。如果能保证亲属的存活，那么你就间接地将血脉传承给了下一代。没法交配好像是挺遗憾的，不过，如果你是只拥有

炫酷手枪以及和睦家庭的鼓虾，作为甲壳动物还有什么不满意的呢？



群织雀

问题：沙漠的环境……有点儿像个烤箱，更别提地上还全是蛇了。

对策：筑个巢来生活就好了。还有更好的办法？比如造一个地球上最大的鸟巢，内含气候调节功能，整个“建筑”大到甚至能压垮树木。

前面那些抢占别人地盘的家伙，来看看这种鸟——群织雀。那些平时钻进人家屁股、嘴里，住在海绵里的家伙，试试自己建造点儿东西吧，人家小鸟还忙着飞走、衔来树枝，修建地球上最宏伟的鸟巢呢。先别忙争辩，我说的可是20英尺（约6.1米）长、13英尺（约4.0米）宽、7英尺（约2.1米）高的鸟巢，总重可达2000磅（约907.2千克），内部共有100多间巢室，住着多达500只鸟。说真的，这哪里是鸟巢，分明是个大宅院。有时候鸟巢太重了，甚至还会压垮底下的树木。但如果没有发生这种情况，这个鸟巢就能在南部非洲平原上矗立一个世纪之久，是一代又一代群织雀的家园。

群织雀的种群中没有“鸟王”或者“鸟后”，它们才是真正的无政府工团群体。群织雀齐心协力，飞遍大地寻找小树枝来建造它们庞大的工程，同时，它们还会找来草叶给巢室“铺墙纸”。鸟巢中的巢室各不相通，在鸟巢底部，每个巢室都有独立的入口。这种建筑结构有助于各个巢室的排雨，也让蛇和捕食者的入侵更加困难。不过有意思的是，虽然群织雀一般会团结起来，赶走进犯的非洲侏隼，但有时它们也会让这种天敌搬进来同住。当然，非洲侏隼可能会偶尔叼走一两只同类，但如此“同居”也是有好处的——非洲侏隼也会捕食蛇类。就把这点儿损失当成保护费吧，虽然这两种鸟类的联盟关系通常也不会太稳固。

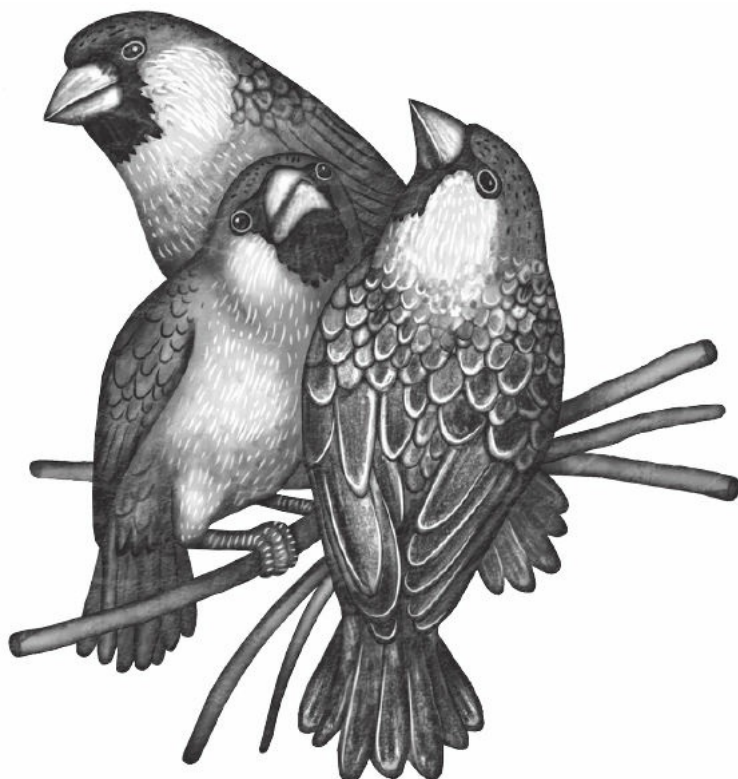
和鼓虾种群类似，让群织雀种群团结起来的机制似乎也是亲属选择。对它们来说，共同建造一个巨大的巢穴要比单独建造小巢穴有更多好处。同住在这么一所“大宅院”中，“住户”们拥有充足的个人独立空间，还能远离捕食者。在群织雀的栖息地，夜晚的温度可以骤降至零下，但它们在巢室中聚在一起，就可以让鸟巢内保持温暖的70华氏度

（约21.1摄氏度）恒温，等到白天外界温度升高时，鸟巢内部也还可以保持前一夜的凉爽。

服务员，我这汤里有口水

亚洲有一种鸟，它们的巢穴也许没有群织雀的巢穴那么大，但价值却更高。在中国，金丝燕建成的小巢，其一磅的价格就可以达到上千美金，可以用来做汤，相传有药效。不过，只有傻子才会花重金去买一堆小树枝，对吧？燕窝是用非常特殊的材料建造的。金丝燕不像其他鸟类，用草叶和树枝搭建鸟巢，它们会用有黏性的唾液，在洞穴的壁上“吐出”一个茶杯形状的巢。燕窝在印度尼西亚非常走俏，当地人甚至会花上16000美元给金丝燕建造一座三层的水泥楼房，还会播放CD吸引更多金丝燕，甚至还能提供食物，控制内部气候。

那么问题来了：和鼓虾种群不同的是，所有群织雀的繁殖能力都很强。虽然齐心协力共同传递共有的基因，这一点听起来很有道理，但动物根本上还是利己的。当大家全都飞出去，忙着共同建造家园的时候，独自留在房间里，增加自己和后代存活概率的概率，听起来也是很诱人的。或者，也可能有群织雀完全抛弃职责，整天致力于觅食，让自己长得更大、更壮，或是致力于交配，传递自己的基因。人们估计，在种群中，这样“自私”的基因应该会越来越多，因为“自私”的个体势必会有更多的后代存活。确实，在群织雀种群中的确有一些“懒汉”，它们自认为可以躲过劳作，直接享受“宅院”带给它们的好处。



但这样的“偷懒”持续不了多久。在人工养殖的种群中人们观察到，有一组“小分队”专门追索这群“懒汉”，一旦抓住就会一通狂啄。当然，我们应当谨慎对待这一观察结果，在人工养殖的状态下，动物行为有可能产生巨大的变化；再说，在这种条件下，这些鸟飞行的空间也十分有限。不过在野外，科学家也曾多次观察到类似的追击。这些行为都能帮助“懒汉”遵纪守法。要注意的是，“懒汉”并不会被驱逐出种群，其他鸟也只是在提醒它们在社会中的位置而已。被赶出鸟巢一段时间后，它们就知道乖乖回来工作了。这种“攻击”行为本身就大大提高了这些“懒汉”受伤的可能性，这种代价要比做好自己的工作大多了。诚然，它们未来可能偶尔还会自私地留在鸟巢里，保证自己的存活，传递自己的基因，但它们同样也会为建造鸟巢贡献力量，以确保“社会”的发展和整个种群基因的延续。

那么，我的下一记绝招是……

有一种名叫“暴雪鹭”的鸟，虽然不像群织雀一样有数量的优势，但却进化出了一种更为别出心裁的自卫方式——暴雪鹭的雏鸟

在遇到捕食性鸟类时会喷吐一种恶臭的油，最远可以吐上10英尺（约3.0米）。这种攻击的后果可不是有碍观瞻那么简单。这种油洗不掉，这对鸟来说是个大麻烦，因为它们的羽毛需要保持洁净才能防水。要是沾上这种“呕吐物”的面积大，暴雪鹱的“受害者”可能真的会遭遇生命危险。

然而，最精彩的戏码还是留给人类吧。19世纪，苏格兰圣基尔达群岛的居民把暴雪鹱的羽毛做成床上用品的芯进行售卖——当然是除臭了的羽毛。据说这样的床品不生虱子和臭虫。不过，三年后这种特有的臭味就会复发，成为床上之人的噩梦，非得把整座房子烧个精光才能除掉异味。

群织雀种群的生活方式颇有点儿“无政府主义”的意思，之前我也说过了，它们就是纯粹的无政府工团群体。但其实，在群织雀的鸟喙下端，还有一个神奇的特征——几条黑色的条带从鸟喙延伸到颈部，与其体表棕黄色的羽毛形成对比。这是它们社会地位的象征，条带越长，这只鸟的社会地位越高，在种群中就越占主导。不过，在整个种群中，似乎也没什么成员去挑战地位高的个体。动物界常常依靠体形来判定地位，可对群织雀来说，羽毛颜色的条带却更为重要，这种方式其实非常实用。

综上所述，群织雀的社会地位来自其颈部的羽毛条带和集体对偷懒者的追赶。它们坚守在同伴的身边，克服了“自私”的进化趋势，在南部非洲平原上发展出了显著的竞争优势。至于这种社会性从一开始是如何发展而来的，它们的鸟巢给出了线索。巢室之间互不连通，这说明它们就像当年美洲的原住民抵御外敌一样，也曾同伴周围建造过小面积的“独栋住宅”，享受“人多势众”的安全感（比如方便相互警告危险，组成小队驱赶捕食者等），随着时间的推移，它们逐渐把独立的小鸟巢合成了地球上最令人叹为观止的“大宅院”。最终，在找到办法克服“自私”后，这种鸟终于成了整片平原的霸主。



耳巢拟盘腹蚁

问题：雨林里湿漉漉的，充满了讨人厌的生物。

对策：有一种耳巢拟盘腹蚁能够建造出地球上最简单，同时也最令人迷惑的蚁穴。为了保护家园，它们不惜做出“自杀式”的努力。

几个世纪以来，博物学家研究方法的变化真可谓天翻地覆。过去，玛丽亚·西比拉·梅里安、查尔斯·达尔文和阿尔弗雷德·华莱士只能依靠双腿，有时这种徒步研究甚至能持续好几个年头。毕竟，那个时代，能帮助他们研究的地图还不存在。早期的博物学家都具有浪漫主义思想，也许他们除了身怀找寻新物种的志向，还有对漫步的钟爱，即便在漫步中偶尔也会沦为毛虫的攻击对象。然而，随着科学的迅猛发展和日渐成熟，以前的博物学研究者如今也被分为了“各大门派”——昆虫学家醉心昆虫，鸟类学家研究小鸟，鱼类学家专注游鱼……那些曾经漫游于世的博物学家如今成了稀有物种，而这不仅是因为他们中的大部分人已离世。现今，科学家的资金普遍短缺，而研究又耗费高昂，他们也就都专攻一个精专的领域去了。

因此，2013年，全世界最著名的蚂蚁学家之一，布莱恩·费舍尔（Brian Fisher）来到遥远的马达加斯加岛的雨林中，手里端着现代生物学家的“奢侈品”——一台iPad。他没有当年达尔文所拥有的资源（达尔文还得感谢他富有的爸爸资助了他的整场探险，尽管有些不情愿。不过这又是另一个故事了），也没有梅里安和华莱士拥有的充裕时间。在他面前，只有一群对目的地全然不知、口渴难耐的脚夫。在之前的一次探险中，费舍尔在一座山顶上发现了一种神秘的蚂蚁，它们的蚁穴从悬崖的一侧凸出来，看起来就像一只耳朵形状的漏斗。一家图片公司和他达成协议，让他试用他们在这座山顶附近的卫星，他的iPad则满载着卫星传来的最新图片。耳巢拟盘腹蚁后来被人冠以敬称“英雄蚂蚁”。此次，费舍尔和同事，以及他的脚夫团队正是要去查明这种蚂蚁在蚁穴的穴口造出一个形似扩音器般结构的真正原因。

费舍尔的团队提出三种推测来解释耳巢拟盘腹蚁的蚁穴为何如此奇特：第一，这只“漏斗”可能会被用作阻挡雨林中小型捕食者来犯的障碍。耳巢拟盘腹蚁可能会爬到漏斗结构的顶端，在制高点与入侵者搏斗；第二，这种结构可能能够用来防洪。毕竟，“雨林”顾名思义，就是经常下雨的森林；第三，这只“漏斗”可能有助于空气的流通，将洞口造成这种形状，也许比单纯的圆形洞口更方便氧气的流入。

水肺潜水，要为了活命拖延时间？这款APP适合你！

我曾经采访过一对海洋生物学家，他们会定期戴水肺潜水到400英尺（约121.9米）的深度。你要还想活，这个深度简直是天方夜谭。下潜到这个深度，你要整整潜上7个小时，然而在目的地仅能停留20分钟，因为你要留出时间来慢慢上浮和减压，不然就会得潜水病。经过计算，在上浮过程中，他们设定了好几个休整站，最初休息一分钟，最后一站接近水面时要休息两个小时。那么他们到底是怎么打发这段时间的呢？——在一台防水iPad上玩“愤怒的小鸟”游戏。干得好，科学家！

我猜你一定认为，在这个漏斗形的入口之下，是一张庞大的地道网络吧。不是的，它们不是那种蚂蚁。“漏斗”本身只有不到2英寸（约5.1厘米）宽，下面的蚁穴也只是一间仅有3英寸（约7.6厘米）深的“单间”。就是这么简单。在这间简单的蚁穴里，你能找到蚁后、幼虫和所有进进出出、忙前忙后的工蚁。它们是地球上已知的唯一如此筑巢的蚂蚁，不过这可能都与其用来筑巢的材料有关。

人们发现，蚁穴穴壁的湿黏土无法让蚁穴内部与外界进行气体交换，因此蚁穴内很容易发生一氧化碳聚集。把蚁穴建得如此之浅可能也实属无奈——在太过盘曲的地道中，空气实难流通。费舍尔团队的计算结果表明，建造漏斗形洞口之后，耳巢拟盘腹蚁将蚁穴内的空气流通量提高了6倍，这对只有一个通风口的“单间”来说已经很不容易了。他们还发现，漏斗形洞口的确能够防止水流入蚁穴。说不定，建造“漏斗”这个行为本身主要是为增加空气流量进化而来，却也有了保持蚁穴舒适、干燥的额外好处。

那么这种蚁穴究竟能不能帮助防御呢？对这个推测的研究体现了野外生物学家工作的有趣之处。费舍尔团队在耳巢拟盘腹蚁的蚁穴旁边放置了8种其他种类的蚂蚁，其中包括来自其他种群的耳巢拟盘腹蚁、两种以其他种类的蚂蚁幼虫为食的蚂蚁，并观察这些入侵者如何通过“漏斗”，以及里面无辜主人人们的反应。结果显示，漏斗状洞口在防御方面.....一点儿用都没有。耳巢拟盘腹蚁不会站在“漏斗”上与外敌搏斗，每只外部侵略者都能毫不费力地钻入它们的蚁穴，可即便此时，耳巢拟盘腹蚁依然不会发出任何警报，唯有直面敌人之时，它们才会燃起斗志。

另外，和以团体作战出名的行军蚁不同，耳巢拟盘腹蚁即便“燃起斗志”，也不会组团行动，它们是单打独斗的战士。费舍尔团队观察到，英勇的耳巢拟盘腹蚁不仅会抓住入侵者，还会把它们拖到“漏斗口儿”，然后纵身一跃。它会抱住敌人，与其一同滚下“悬崖”，尽显其“英雄”的气概。由于蚂蚁体重很轻，且外骨骼坚固，两者都不会有生命之危，耳巢拟盘腹蚁会爬回蚁穴，但入侵者一般不会再进行第二次冒险了。而且，“战斗英雄”的凯旋还会受到“家人”的欢迎，毕竟耳巢拟盘腹蚁种群很小，只有十几名成员，每一个成员都是蚁后的宝贵财富。

在高中生物课程中我们学过，一般来说，雄性蚂蚁长有翅膀，其生存唯一的目的就是交配，而一只来自邻近蚁穴的雌蚁会飞过来，与之交配，然后雄蚁就会死亡。雌蚁再跑到其他地方，自断双翅，并白手起家建立新的巢穴，成为新的蚁后。

蚂蚁的高空冒险

我们可以把耳巢拟盘腹蚁的防御手段看作刻意的“自杀式”努力，不过龟蚁属（*Cephalotes*）的蚂蚁就真可谓蚂蚁王国中优雅的“跳伞”选手了。龟蚁属的蚂蚁全部树栖，一旦受到威胁，它们会张开腿脚，从树枝上一跃而下。通过三对足灵活的调整，它们能准确地降落回这棵树的树干上，然后一路爬回蚁穴。我们会知道这一点，是因为一名科学家曾坐在一棵树下，抓起这些蚂蚁，把它们涂成白色，然后投向空中进行观察。这是没问题的，真的，95%的蚂蚁最终都平安无事地降落在了树干上。至于剩下的那5%.....嗯，谁也没说过跳伞是绝对安全的嘛。

但耳巢拟盘腹蚁的“夫妻生活”却不是这样的。直言不讳地说，耳巢拟盘腹蚁的蚁后属于“拟工蚁”（ergatoid），它们没有翅膀，似乎只能等待长有翅膀的雄蚁找到它们。其交配行为到底是在原有的蚁穴内发生的，还是在它自己开掘新的蚁穴之后才发生，目前尚不明确，可这对蚁后来说其实不重要，关键是它在离巢的同时也会带走一批工蚁。这些工蚁全部都是雌性，不管蚁后在哪里建立新蚁穴，都有充足的劳动力为其服务。而其他种类的蚁后则必须等待自己的卵都孵化后才能建立“工人队伍”。因此，不管耳巢拟盘腹蚁的蚁穴看起来有多不安全，它们的小社会都有个十分甜美的开始。未来生活仅有的坎坷，也就只是偶尔在自家门口摔上一两跤罢了。

第四章

你周围的环境 可没那么友好

在本章中，小小水熊虫飞上了太空；僵尸蚂蚁蹒跚地走过雨林。

有时，在最温暖的口腔和最舒适的肛门中安家也得不到美满的生活——周围的环境太差劲了。面对这种情况，动物们有这么几种选择。它们可以搬家，也可以适应。比如，一种蜘蛛不想成为别人的晚餐，所以就搬进了水中。再比如，如果你是一只在地道中生存的裸鼹形鼠，你就会进化出有弹性的皮肤，帮你挤过狭窄的地道。而且，你的皮肤还内藏抗癌的秘方呢！



水熊虫

问题：淤泥是个合适的栖息地，只要别干了就行。

对策：要是淤泥之家即将干涸，这种名叫“水熊虫”的小生物也会随之脱水，直至几乎完全干燥。水熊虫甚至可以保持这种状态达三十年之久，遇水则会再次复苏。

生命不息，奋斗不止。大洋深处，冰冷刺骨、压力极端、食物匮乏，可即便是在这么不友好的环境中依然会有生命存在。每个你认为不适宜生存的角落都有挣扎存活的住客——切尔诺贝利被污染的森林中不乏生命，黄石公园滚烫的热泉是细菌的家园，唯有外太空的真空环境没有生命。当然，没有东西能在那里存活。

然而，有这么一种小生物，它们的字典里压根儿就没有“不”字。

2007年，欧洲航天局（European Space Agency）发射过一颗卫星，卫星里有一群特殊的乘客：两种缓步动物门（tardigrade）的动物。由于这类动物和熊——尤其是小熊软糖——有几分相似，故又名水熊虫（不过水熊虫的腿比小熊软糖多一倍，也和软糖不是一种口味）。这些体形极小的无脊椎动物早已声名远扬，它们耐热、耐冷、扛得住放射线的辐射，于是就有科学家突发奇想：“把它们送上太空怎么样？”他们真的这么做了，水熊虫被带上了近地轨道。在近地轨道上，它们在真空环境中暴露了整整10天才返回。实验结果令人吃惊，它们活了下来，还活得舒舒服服。凯旋的水熊虫可不是可怜巴巴的一两只残兵，而是整整一大群，就连卵也挺过难关，孵化出了健康的后代。

不过，这里的问题在于——水熊虫“作弊”了。别误会我的意思，能活着从外太空回来确实很了不起，但这其实源于它们在进化过程中学会的一个小伎俩。水熊虫在泥土、苔藓等环境中存活时，需要周围至少保持一定的湿度，要是栖息地开始变干，水熊虫便会主动脱水，直到体内仅剩正常含水量的3%，然后它们会将身体蜷缩起来，进入一种名为“隐生”（cryptobiosis）的状态。从本质上讲，它们暂停了生命活动。隐生

现象最初由科学家安东尼·列文虎克（Antony van Leeuwenhoek）于1702年在另一种生物身上发现。他从住宅的排水沟里收集了一些干燥的沉淀物，然后向其中加入水，没想到实验材料中突然出现了生命——“微动物”（animalcules），这是那时的人们给这些个体微小的动物起的一个总称。

小狗的冒险：俄国史上最有俄国气质的故事

人类将动物送上太空的历史漫长而奇特，而其中最奇特的还要数俄国人干出的那些事。第一只被送上地球轨道的动物是一只从莫斯科街头拾获的流浪狗（人们觉得流浪狗更有活力，也更适合面对苍茫太空）。1957年，仅在发射9天前它才“应征入伍”。然而，这件事的关键之处在于，没人有时间为其制订回收计划。因此，它的旅程注定只能是单向的。发射前，一名苏联科学家将小狗带回了家，让它和他的孩子们一起玩耍。“我想为它做点儿好事，”他叙述道，“它已经时日无多了。”

小狗根本没有撑到返程——发射仅几小时后，它就由于体温过高去世了。但如今，在莫斯科的一家博物馆中，它的形象正骄傲地站在一艘火箭上，以另一种形式得到了永生。俄罗斯人叫它“莱卡”（Laika），但美国人则永远称呼它“穆特尼克”（Muttnik，有“卫星小狗”之意）。

正是在这种隐生状态下，水熊虫才有了几乎刀枪不入的能力。隐生状态下，它们会动用体内的糖类来替代损失的水分，保护细胞，并可保持隐生状态长达30年，最终依旧能完美复活。也就是说，当科学家将水熊虫送上太空时，它们其实是脱水变干了，回到实验室之后才重新复苏，整个复活过程用时大约一小时。

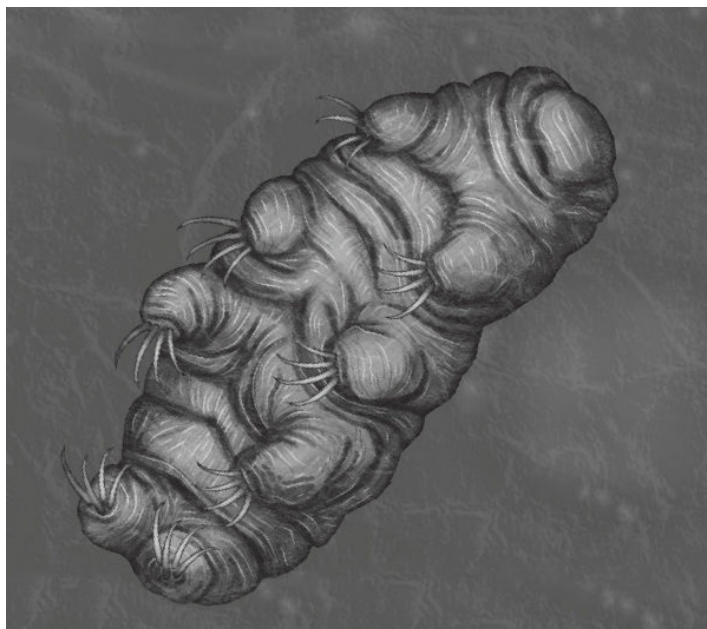
虽然我用了“几乎刀枪不入”的说法，可你直接说“刀枪不入”也没关系。除了直接扔进火焰里炙烤，再没其他什么好办法能把它们杀死了。把水烧开到100摄氏度，对它们来说就像在阳光夏日里享受水疗。水熊虫体内的恒温系统可以承受高达300华氏度（约148.9摄氏度）的高温。你说什么，在酒精里煮沸它们？没用的。水熊虫还能承受比大洋最深处

的水压再大6倍的压力，你还可以用百倍于人类致死量的放射线照射它们，它们也能轻松承受。说实话，在太空里遨游的时候，有些水熊虫甚至遭到了紫外线的辐射。要是没有大气层的保护，紫外辐射带有的破坏力极强。紫外线消灭了大部分水熊虫，但幸存者依然存在。

也许最让人惊讶的，还要数水熊虫耐寒的能力。绝对零度——零下459.67华氏度——是物质理论上可能达到的最低温度。当然，实际上没有任何物质能达到绝对零度，不过在实验室环境下，科学家可以人为逼近，世界纪录的最接近温度仅比绝对零度高一百亿分之一华氏度。在隐生状态下，水熊虫可以在零下458华氏度的温度下存活，这个温度仅比绝对零度高1.5华氏度，甚至比实验室外自然环境下的最低温度还要低。实验室外的最低温度大约为零下455华氏度，只存在于外太空最黑暗、最孤寂的角落中。

如何饲养宠物水熊虫，或者装作很会养的样子

好了，讲到现在，你肯定想养一只宠物水熊虫了吧？好消息：你们家后院就有。铲点儿泥土，倒进培养皿，然后加点儿水，把培养皿放在显微镜下，你就会发现这些憨态可掬、长着八条腿的水熊虫和其他许多微生物一起四处畅游。就算没有显微镜，你也可以往盘子里搞点儿泥土，然后假装养了几只。人生如戏，全靠演技。



这么说吧，在已知的宇宙里没有其他生物会经历的低温环境中，水熊虫也能存活。极端低温只有在疯子科学家的实验室里才存在。这对我们理解生命的本质有重要意义。作为地球生命的一员，水熊虫的生存环境相对友好。地球上有温暖的大气、无尽的水源和充足的阳光。但并非每个行星都如此。以我们身边的月球为例，月球的表面温度在零下280华氏度（约零下173.3摄氏度）到260华氏度（约126.7摄氏度），这对水熊虫来说不成问题。月球表面还有各种各样强烈的宇宙射线，这些射线能破坏DNA，要是你想在那儿传宗接代、传递基因，这就是个棘手的问题——对大部分我们已知的生物都是这样，但不包括水熊虫。水熊虫能自我修复被辐射破坏的DNA。而且如果水熊虫如此顽强，在宇宙中就肯定会有其他生物，其生命力更加旺盛，栖息在各种我们认定不适宜生命存在的奇特、残酷的环境中。因此，寻找地外生命之前，我们也并不一定非要先找到另一个地球。水熊虫的例子告诉我们，在你意想不到的地方，也有可能生命在奋斗。

其实，水熊虫最想要的，无非就是在干燥的环境下幸存而已。这倒给了它们另一个好处：自身脱水之后，它们很容易被风吹起来，随风扩散到很远的地方。因此，从海底到山顶，世界上没有水熊虫的地方非常稀少。你怎么想我不清楚，但我是很荣幸能和水熊虫共享地球的。要我说，我们就应该把它们装进火箭，发往太空，让它们去其他星球殖民，这样外星人们就也能享受它们的陪伴了。不过这么做好像挺不负责任的，是挺不负责任的，是吧？



水蛛

问题： 在陆地上生存就要面对难缠的捕食者，还要面临食物的竞争。

对策： 有一种蜘蛛抛下了这些麻烦，跑到了水下。它们会用屁股制造一个充满氧气的大气泡，然后定居水下——是永久定居。它们是唯一终生都生存在水下的蜘蛛。

在陆地上生存可不像路边野餐那么简单——当然，你要是处于食物链顶端，那倒确实像是野餐。不过，如果你在食物链里“垫底儿”，那你就是别人的“野餐”。就拿蛛类举例吧，它们确实算得上是捕猎大师，但也有一大群动物以它们为食。因此，想要活命的蜘蛛可以藏起来，利用伏击的手段抓捕猎物，比如活板门蛛；或者可以模仿其他“口感不佳”的动物，比如隆头蛛，俗名又叫“瓢虫蜘蛛”，浑身长有红黑相间的斑点；再或者，你也可以学学水蛛，收好行李，彻底离开陆地。

我不想对蜘蛛的生活指手画脚，但它们真的不属于水生动物。不过，水蛛找到了一种非同寻常的生活方式。它们全身长满防水的绒毛，在游泳时会定期将屁股浮上水面，制造一个银色的气泡，然后再带着气泡回到水下。

我知道你在想什么。怎么又是一种拿屁股呼吸的动物？这些拿屁股呼吸的动物脑子出了什么问题？嗯……好消息是，蜘蛛不是这样的，它们其实是通过下腹部呼吸的。水蛛共有两种呼吸方式：第一，在水蛛的外骨骼之下有一个叫“书肺”（book lungs）的器官，因其具有一系列薄片状结构，形如书页而得名。书肺中充满血淋巴（hemolymph，相当于蛛形纲动物的血液），血淋巴能从空气中吸收氧气。第二，其外骨骼上的孔洞可以使氧气直接流向器官和其他组织。通过这两种方式，水蛛只需将腹部暴露在空气中，就能把嘴巴解放出来捕食了。

屁股：被低估的资源

曾有一位编辑建议我去做心理治疗，因为我特别喜欢写各种动物屁股的奇怪用途，但这其实不是我的错，真的。很多动物会拿屁股做奇怪的事情，或者说，会在别的动物屁股里做各种事情，比如隐鱼。我觉得拔高点儿说，就是因为我们把动物界拟人化了。隐鱼住在海参的屁股里，或者有一种水蛭特别喜欢生活在犀牛的直肠里，你认为这些很诡异？好吧，但在大自然千百万年的发展历程中不乏这样的“怪癖”。也许我说这些只是为了省钱不去做心理治疗？讽刺的是，只有心理医生才分辨得出来。

由于水蛛在水下筑巢，这样的呼吸方式极为有用。长时间在水中游泳既危险又耗费能量，因此水蛛会在植物之间结网筑巢。和它们的陆生近亲编织一大张网不同，水蛛的巢更像一个中空球体，呈钟罩形，大小只须容纳水蛛的肚子就好——不过有时候它们也会把巢扩大到足以自由出入的程度。水蛛需要不时地浮出水面，将空气带到水下，储存在巢中，所以才能一直在水中生存。而且，如果它们活动不剧烈，浮出水面的频率也不需要很快，只需大约一天一次，其原因是，和在水面上一样，氧气可溶于水，也会从水中释放，因此水蛛消耗的氧气很快就能得到补充。

另外，雄性水蛛和雌性水蛛的生活稍有不同。雄性水蛛更加活跃，而雌性水蛛则更倾向于在巢穴中安然度日（它们也会在巢中哺育后代，随着后代的成长而逐渐扩大巢的空间）。说来你可能不信，水蛛的游泳技能很强，尤其是雄性水蛛。追捕小型鱼类或小型甲壳动物（如水虱）时，它们会以腿当桨，快速划动，推动身体前进。相对而言，雌性则更喜欢在家中伏击猎物，静候猎物撞上蛛网，然后再迅速出击。水蛛在把猎物拖进家中之前，还会先把巢扩大，带进更多空气，然后再“步入家门”，安享美餐。



上述的这些生活方式的区别可以解释水蛛的雄性比雌性体形更大的原因。你也许会觉得奇怪，因为我曾经说过，这种情况在动物界中并不常见。对蜘蛛来说也是一样，雄性比雌性长得更大的物种非常少，原因在于雌性蜘蛛需要更大的体形来哺育一大群后代，而雄性则更注重活动的灵活性。在陆地上，小体形有助于蜘蛛的活动，甚至还有某些种类的蜘蛛由于体形过小，能够通过喷出一根丝，让这根丝随风飘荡而“起飞”。这种让自己“飞行”的手段称为“飞航”（ballooning）。飞航的效果极佳，曾有报道称，离岸几百英里的水手都曾见过“会飞的蜘蛛”登上他们的船……也许，飞航的效果好得有点儿过头了。

母子关系可谓剑拔弩张

除生殖器官的区别外，同一物种两性间身体特征的差异被称为“性别二态性”（sexual dimorphism）。性别二态性可以体现在体形上，如水蛛，也可以体现在颜色、形态上，如孔雀。也许，将性别二态性表现得最明显的，还要属捻翅目（Strepsiptera）昆虫了。这是一种寄生在其他昆虫体内的小生物，雄虫看起来比较正常，有

点儿像苍蝇，长有翅膀和腿脚什么的，而雌虫，说白了，就是一个装卵的袋子，没有眼睛，没有肢体，没有翅膀，甚至没有口器。它们侵入宿主的身体，并戳破宿主的腹部，将自己的生殖器官暴露在外。此时，就会有雄虫过来与之交配。数以百万计（你没看错）的后代出生后，将从母亲体内把母亲吃光，然后离开宿主的身体，走向世界。

然而，若要在水下生态系统中讨论活动的灵活性，结果就不一样了。你需要更大的体形，来更轻松地抵御水的阻力，所以雄性水蛛的体形更大，足也很长，可以帮助它们划水。这种体形有几个优势：首先，你的游泳能力越强，你就能越容易地捕获猎物，同时避免自己被天敌捕获；其次，从水面把一个气泡带到水下也是很费力的，因为带着气泡的水蛛自身的浮力会大大增加，此时，体形就是力量；再次，最大、最强壮的“泳者”也能接触到最多的异性。因此，和水蛛在陆地上的近亲不同，自然选择更加偏向“身材魁梧”的个体。

当然，搬到水下生活也会遇到很多困难。水下的捕食者和陆地上的同样凶狠，如何在水下进行呼吸也是个棘手的问题。不过换到一个新环境生活有一个很关键的优势——水蛛将占据一个更加有利的生态位，安居水下，抓一抓小甲壳动物。它们把陆地同类激烈的生存竞争抛在了身后，在水下独享垄断地位。想象一下，你从穷街陋巷迁居到一个与世隔绝的小屋里，就是小屋里水多了点儿——差不多就是这个感觉吧。



僵尸蚂蚁

问题：热带雨林里不刮风，真菌如何传播孢子是个大问题。

对策：蛇形虫草属的真菌会入侵蚂蚁的大脑，给它们“洗脑”，控制它们爬到树上特定的位置，并命令这些“僵尸”咬住叶片，最后夺其性命。随后，真菌会从蚂蚁的脑袋里迸裂而出，撒向大地。

以下的故事，估计你一个字也不会信：

有一种真菌，其孢子首先附着在弓背蚁的外骨骼上，利用酶溶解“猎物”的外骨骼，同时施加压力，将自己挤进蚂蚁的身体。在蚂蚁体内，真菌孢子开始大量繁殖，并会在接下来的三周内占据蚂蚁体重的一半之多。在整个过程中，“僵尸蚂蚁”的行为一切如常，还会爬来爬去，随心所欲地做各种事，而它的同伴则对种群中混入了这只“恶魔”浑然不知。

某一天，这只蚂蚁不见了。真菌“命令”它在中午时分离开蚁穴——总是中午。蚂蚁跌跌撞撞的，明显不正常。它被驱使着，爬到离地面10英寸（25.4厘米）高的一片树叶上——总是10英寸高。真菌已经为自己找好了最适宜生长的地方，这里有完美的湿度和温度，更关键的是，这里还正好位于附近一个蚁穴的蚂蚁外出的惯常路径上方。随后，真菌会继续“控制”它的“僵尸”宿主爬到叶片背面，用双颚一口咬住叶脉，咬得死死的，并最终结束它的性命。一切停当之后，真菌就会从蚂蚁的脑袋里伸出一条柄，并向下方的蚁穴路径抛撒孢子。就算蚂蚁只是位于路径附近，并未在其正上方，真菌的柄也能自动弯成一定的角度，保证孢子能覆盖在路径上来来回回的蚂蚁。更有甚者，多只被“僵尸化”了的蚂蚁还能反过来攻击这条路径上的同类，就像在路旁埋伏的狙击手，瞄准昔日的伙伴，将这个可怕的循环重新开启。

我隐约感觉你可能还是不信我，不肯相信这类真菌——蛇形虫草属真菌（*Ophiocordyceps*）——能够策划出地球上最惊人、最复杂的寄生关系，况且，这种真菌连脑子都没有（真菌其实并不属于动物，也不属

于植物，但它们却能利用堪比顶级智慧生物的算计，创造出一种独特的“生物”——僵尸蚂蚁）。你肯定也不相信，这类真菌的不同种类，还会有针对性地攻击不同种类的蚂蚁。然而——这些都千真万确。这样的戏码每天都在上演，而且已经上演很久了——科学家曾在4800万年前的叶片上发现过“僵尸蚂蚁”标志性的咬痕。

真菌养殖专家

虽然弓背蚁种群会受到“洗脑真菌”的威胁，但有几种南美洲切叶蚁却需要和真菌共生。在热带，树叶有时候是有毒的，因此外出觅食的切叶蚁不会直接把叶片吃掉，而是将其咬断，带回巢穴。在蚁穴内，蚁群的其他成员会将这些树叶咬碎，再吐出来供一种真菌食用，蚂蚁再回过头来吃掉不断繁殖的真菌。不过，问题在于，这种真菌在生长中常常会被一种攻击性极强的霉菌污染。不要担心——蚂蚁也会引入一种特殊的细菌来对抗入侵的霉菌，保证对其有利的真菌能占领优势地位，避免竞争，持续为种群提供食物。

通过某种途径，“无脑”的真菌学会了利用蚂蚁作为其孢子的运输工具，这很可能是由于雨林中没有风来帮助其传播孢子。雨林中的植物太多、太密了。所以，为了广泛地繁殖，蛇形虫草属真菌花费上百万年的时间，与蚂蚁共同进化，学会了如何入侵它们、控制它们、命令它们前往丛林中的各个位置。说实话，这对蚂蚁来说还挺丢脸的，它们群体的社会性那么发达，却会被小小的真菌玩弄于股掌之间（就好比被你家的盆栽洗脑了）。

科学家还是刚刚开始揭秘在真菌入侵过程中蚂蚁身体和神志发生的变化，但我们完全可以想象，这种变化绝对很难受。目前已经探明，这种真菌会释放一种神经调节素（*neuromodulators*），这种化合物能在蚂蚁的神经元上捣乱。不过，蛇形虫草属真菌对蚂蚁的控制也并非天衣无缝。爬出蚁穴时，由于神经调节素影响了肌肉功能，蚂蚁的身体会剧烈抽搐、颤抖，很像酒精对人类意识和平衡的影响，只是神经调节素对蚂蚁身体的控制更加细致。于是，在真菌的指挥下，这只“僵尸”步履蹒跚地离开巢穴，走向最适宜真菌生长的指定位置。

值得注意的是，蛇形虫草属真菌与一种人类致幻剂的原料——麦角菌是近亲。这两种真菌在精神控制上都很有一套，而且都经常为人类所用。举例来说，在青藏高原上，蛇形虫草属的某些真菌会攻击不同种类的昆虫。大约1500年前，有人发现了这种寄生现象，注意到牦牛在吞吃牧草的同时，还会吃下一些“小菜”——头上长着真菌柄的蛾幼虫。吃了这种“小菜”，牦牛会像大脑突然“短路”一样开始疯狂乱跑。由此，人们就开始贩卖这种被真菌感染了的毛虫。那时候，1盎司（约28.35克）这种毛虫就能卖出高达2000美元的天价，据传吃了之后能让人“重振雄风”。

青藏高原上的真菌攻击的是毛虫，它们可比自己那些攻击蚂蚁的近亲要活得容易多了。你可能会想，既然这些真菌已经成功“进驻”蚂蚁体内，它们又到底为什么要费尽周折，操纵宿主离开蚁穴，单独在雨林中行动呢？这是因为，蚂蚁也是相当足智多谋的动物，它们一眼就能看出同伴的行为不正常。如果一群蚂蚁中有一只开始出现异常的举止，它要么是生病了，要么很可能是被“洗脑真菌”给感染了，其他蚂蚁就会把它拖出蚁穴，扔在附近的一片坟场里。这种行为被称为“社会免疫”（social immunity），蚂蚁正是通过这种方式来避免有可能使整个种群灭亡的事件的。然而，在几百万年的时间里，以蚂蚁为主要宿主的寄生生物（如蛇形虫草属真菌）也在随着蚂蚁一起进化，并已想出更加聪明的对策。寄生性蚤蝇入侵火蚁也是一样的道理，它们没理由让宿主留在种群中等着被发现，所以就驱使宿主“离家出走”，找个清静的地方再终结宿主的性命。

为全年龄段的残酷儿童开设的僵尸蚂蚁养殖场

在很长一段时间里，科学家认为“洗脑真菌”只存在于热带雨林中。但2009年，蛇形虫草属真菌研究的专家，来自宾州大学的大卫·休斯（David Hughes）偶然看到了几张来自美国南卡罗来纳州的照片，一位女士在自家后院中发现了这类真菌。南卡罗来纳州的真菌和它们在雨林中的“兄弟”一样聪明，甚至还有所超越。在雨林中，树叶一整年都不会落下，你可以随时去咬，但在美国，由于四季分明，会出现落叶的现象。因此，北美洲的真菌会驱使蚂蚁去咬树枝，这样就不会受季节的牵制了。所以，如果你是蚂蚁，请记住：这世上没有绝对安全的地方，除了蚂蚁养殖场。当然，除非有人能

开一家“为全年龄段的残酷儿童开设的僵尸蚂蚁养殖场”。

先告辞，我要去赚大钱了。

你还在听我讲吗？现在你相信了吗？我只能强调，我说的这些都绝对真实，而且人类到现在还没有解开这种寄生关系的全部秘密。比如，为什么真菌不把整个蚁穴的蚂蚁全部杀死，还要留下它们的性命，把它们作为运输工具，利用它们接触更多蚂蚁呢？一部分原因在于，也许“洗脑真菌”也会被某种其他真菌侵袭，等到“洗脑真菌”的柄从蚂蚁脑袋里钻出来之后，别的真菌也许会直接把这些柄切断。那假如发生了什
么意外，有某种大自然的不可抗力把整个蚁穴毁灭了呢？“洗脑真菌”能自行找到其他蚁穴吗？科学家还有很多问题需要解决，但我们可以负责任地说，“洗脑真菌”把蚂蚁变成僵尸这样的奇观已经在自然界上演数百万年了。经过一次又一次随机的基因突变，蛇形虫草属的真菌终于学会对其宿主实施病态的精神控制了。



倭犰狳

问题： 在沙漠中生存意味着你要忍受极端高温和极端低温的“冰火二重世界”。

对策： 这种穴居犰狳将自己背上保护性的骨板变成了“温度调节器”，其内部流通的血液不仅能够散去多余的热量，还能在需要时吸收周围的热量。

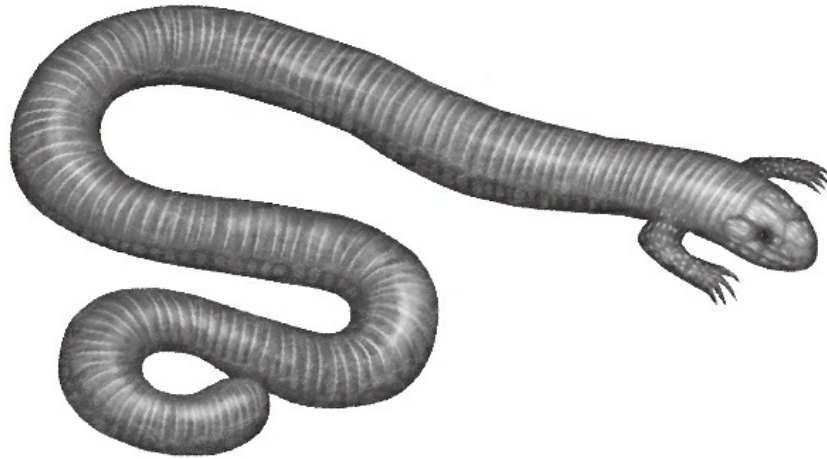
我以前犯过的最大的一个错误，就是说沙漠“毫无生机”——与事实截然相反——沙漠中充满各种各样的生物，数量十分庞大，昆虫、啮齿动物、蝙蝠……这些生物昼伏夜出，在气温相对舒适的晚上出来活动。不过，不论白天还是黑夜，在沙漠表面的平静之下，其实隐藏着一个热闹的世界——穴居动物的世界，而在所有的沙漠穴居动物中，最讨人喜欢、最引人注目的，就是生活在阿根廷的倭犰狳，它们还是地球上最稀有的哺乳动物之一。

倭犰狳的外貌特征非常奇特。这个小家伙的身体呈圆柱形，大小和你的手掌差不多，四只爪子非常巨大，是挖土打洞的利器。倭犰狳身上长有柔顺、漂亮的白色长毛，白毛上是一层粉红色的骨板，骨板从鼻尖一直延伸到臀部，覆盖它的整个后背，而且还非常平坦，能在它挖洞的时候帮忙将沙土压实。总之，跟其他犰狳相比，倭犰狳反而和鱼雷长得更像。

消失的肢体

在距离倭犰狳的栖息地几千英里外，墨西哥下加利福尼亚半岛的沙漠中，生活着另一种穴居动物，名叫“墨西哥鼯鼠蜥蜴”。为了便于在洞穴中移动，它的身形也十分奇特。墨西哥鼯鼠蜥蜴其实并不是蜥蜴，它属于一类独特的动物——蚓蜥（amphisbaenia）。墨西哥鼯鼠蜥蜴有蛇一样细长的身体，但却长着两只前肢用来挖土，然而它没有后肢，其后肢的位置只有一些隐藏起来的退化骨骼。于是这种动物就终日用前肢扒开沙土，在沙漠的地下蠕动。也许它的名

字不如倭犰狳好听（倭犰狳的英文名字“pink fairy armadillo”直译叫作“粉红仙子犰狳”），不过那句话怎么说的，各有所长嘛。



虽然长相奇特，倭犰狳却能对地下的生活完美适应，完美到完全可以不必再回到地面上的了（人们总说“适者生存”，感觉只有身体强壮的动物才能生存下去似的。其实，能生存下去的是那些最适应环境的动物。犰狳并非字面意义上的“身强体壮”，但却能与周围环境完美契合，这一点后面还会讲到）。正因如此，人们很少见到犰狳的身影，比如保育生物学家马里耶拉·苏佩里纳（Mariella Superina），她是研究犰狳的世界级专家，可竟然一次都没在野外见到过活的倭犰狳。由于缺乏数据，科学家甚至无法判定它是不是濒危。可你要是觉得，这种躲开沙漠的酷热白天和寒冷夜晚的低调生活十分舒适、悠闲，那可就大错特错了。

要知道，当倭犰狳挖洞时，其深度仅有半英尺（约0.2米），因此它们并不能像其他远离地面、住在更深洞穴中的动物一样，得到气候相对更加稳定的环境。白天地面温度升高时，倭犰狳的体温也随之升高；晚上地面温度骤降时，倭犰狳的体温也随之降低。生活在地面上的动物，一般会通过寻找阴影或聚集在一起来乘凉或保温，但这个办法在倭犰狳身上行不通。不过，倭犰狳却将自己的“盔甲”变成了一种精巧、简易的“温度调节器”，而不是用它来保护自己免受捕食者的猎捕。

每次我和别人说起这件事，总会招致反感，因为这好像会破坏倭犰狳的魅力。倭犰狳的骨板之所以呈现粉红色，是因为在其中有血液流通，而且血流量很大。骨板能显出血液的颜色，是因为犰狳体内没有多

少黑色素，和多数生活在地下的动物一样，它们不需要黑色素来保护皮肤不被紫外线灼伤。在倭犭狢骨板里奔流的血液，帮助它们稳定体温。另外，倭犭狢属于哺乳动物，其身体能保持一定的温度，但由于它们整天生活在沙土里，没办法通过出汗来调节体温，因此只好另辟蹊径——如果需要降温，它们就将血液从体内输送到骨板内，血液就会冷却，就像汽车的冷却器降低冷却剂温度一样，只不过汽车冷却器用的是空气，而倭犭狢利用的是身体周围的沙土。如果需要升温，倭犭狢就将血液从骨板中抽回体内。

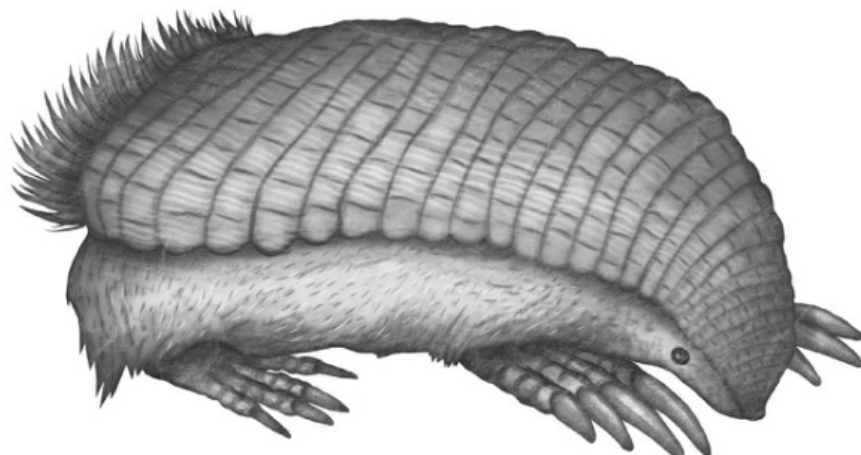
你可能觉得，沙漠的气温变化如此剧烈、如此快速，有点儿不可思议，你也许以为沙漠从早到晚都热得像个蒸笼。但其实温度是否变化的根本原因在于湿度。倭犭狢的家园，不论是在空气中还是沙土中，水分都很少。潮湿的空气保温效果极佳，这也正是热带地区昼夜温差小、气候稳定的原因。但沙漠干燥的空气会让热量迅速流失。这对昼伏夜出的动物来说是个好消息，这些动物夜晚出来寻找食物，白天则会躲回地下或灌木丛中。

朋友们，同胞们，扇起你们的耳朵来

通过血液来降温的智慧在各种沙漠动物的身上都独立进化了出来。比如大象，它们会呼扇耳朵来降温，因为大象的耳朵上布满血管。再比如袋鼠，它们会用舌头舔前肢，因为——你肯定猜到了——袋鼠的前肢上也布满血管。长着巨大耳朵的耳廓狐也是同理。说真的，耳廓狐长得太可笑了，这小家伙就仿佛先长出耳朵，后长出脑袋似的。

虽然生物学家都认定倭犭狢基本属于夜行性动物，但这不代表它们会在晚间凉爽的空气中跑来跑去。这是因为它们在地面上可以说很不中用。当然，没有贬低它们的意思，终生在地下生活，与昆虫、树根什么的为伴也是需要勇气和决心的，不过，在地面这个险恶的世界里，浑身白毛并不是理想的装扮，短粗的小腿和巨大的爪子也帮不上什么忙。因此，据一些有幸见过这种小生命真容的当地人所言，倭犭狢很可能只有下雨的时候才会钻出地面——因为那时候洞穴中可能灌满了水，也因为

过大的湿度会妨碍它们控制自己的体温。除了通过粉红色的骨板调节体温外，倭犭狢也必须时刻让自己柔顺的皮毛保持干燥，不然就会有冻死的危险（前面提到的犭狢专家玛利亚拉·苏佩雷娜曾拍摄过一期节目，在节目中，她和她的团队向沙漠中倾倒了几个坛水，试图把倭犭狢逼出来，但最终还是失败了。不过至少沙漠植物会感谢她的）。



话题好像越来越沉重了，好吧，我道歉，我们不该这么对待这种地球上最可爱、最神奇的生物。我必须得说，不只粉红色的“盔甲”，倭犭狢的其余各项特征也都非常适合在干燥的地下世界生存。要是评选“地球上最可爱地下沙漠哺乳动物奖”（这个奖的名字还得再下点儿功夫），那它一定能摘得桂冠，然后我们再继续评出第二名、第三名……以及最后一名。

我们下一篇的这种穴居动物，一定是这个奖项的最后一名。



裸鼹形鼠

问题：掘穴动物的生活，充满了来自地道的挤压烦恼。

对策：裸鼹形鼠进化出了极有弹性的松弛皮肤来帮助自己在地道中顺畅地移动。噢，还有，这种动物体内含有的一种物质——透明质酸，让它对癌症有了免疫力。

借着这个时机，我得承认我胳膊肘上有多余的皮肤。提醒你，不是哪儿都有——只有肘部有。我承认，要是拉一拉那里的皮肤，还挺有弹性的。

如果我的胳膊肘是一种动物，那一定就是裸鼹形鼠了。倭犰狳还蛮可爱的，但裸鼹形鼠简直就是一根长满皱纹的香肠，还全身都是多余的皮肤。从嘴唇里伸出的几颗巨大门牙，让裸鼹形鼠在用牙刨土的同时不致被泥土呛死。严格来说，裸鼹形鼠并非全裸，在它们松弛的身体两侧，从头到尾长着很多长毛，在黑暗的地道中，这些长毛是对触觉极其敏感的触须。在这种情况下，裸鼹形鼠其实已经不再需要眼睛了，所以它们的眼睛退化了，萎缩成了两个黑色小圆点。综上，你也不难理解为什么裸鼹形鼠会在“地球上最可爱地下沙漠哺乳动物奖”的排名中垫底了吧！

前面讲倭犰狳的时候，我提到过穴居动物对付高温或低温的一些办法——挖更深的洞，或者聚在一起。裸鼹形鼠也会采取这两种办法。裸鼹形鼠的每个群居种群内都拥有高达300只个体，而且，和倭犰狳区区6英寸（约0.2米）深的地道相比，它们可以挖出6英尺（约1.8米）深的复杂地道网络。如果周围凉下来，它们就在巢穴中互相依偎，如果温度升高，它们就撤退到更深的地道中，寻求深处更加稳定的气候。

多余的眼睛

生活在洞穴或地道中的动物眼睛退化或根本不长眼睛，其实是

很普遍的现象。看起来，眼睛这种器官也许应该留着备用，但你要想好，保持眼睛的功能也需要大量的能量和资源，而眼睛退化，就可以为其他特征的进化提供条件。况且，没有眼睛就少了一样容易受伤或被感染的器官，这在阴暗肮脏的地下也是必须考虑的。因此，盲鼯鼠（一种与裸鼯形鼠没有关系的穴居动物）干脆抛弃了自己的双眼，用皮毛盖住了眼窝。这就好像你时时刻刻都戴着墨镜，只不过这副墨镜是皮肤做的，摘不下来。好吧，这么说好像一点儿都不像墨镜。

事实上，裸鼯形鼠的地道也是很繁忙的。裸鼯形鼠在其中穿行不息，就好像血管里流动的血细胞。同时地道也非常狭窄，这就进一步促使它们进化出了松松垮垮的皮肤。皮肤长成这样有助于裸鼯形鼠更轻松地从地道中穿过而不至于损伤体表，到了从潜入“地堡”的捕食者手中逃脱的紧要关头，这种适应性进化还是挺有用的。

裸鼯形鼠的皮肤能长得如此松垮，都要归功于一种名叫“透明质酸”（hyaluronan）的物质。在动物体内，透明质酸是细胞外基质（extracellular matrix）的组成成分，细胞外基质则是由多种物质共同构成的网架结构，能将全身细胞联结起来——这也正是我能拉动肘部皮肤的原因之一。然而，在裸鼯形鼠的皮肤中，透明质酸分子的长度是人类皮肤中透明质酸分子的10倍，因此裸鼯形鼠皮肤弹性极佳。这种独特的进化还带来了另一个有益的结果——裸鼯形鼠得到了对癌症近乎绝对的免疫力。

一般的透明质酸（比如我们人体内的透明质酸），能够向细胞发送信号，促进细胞分裂。而裸鼯形鼠体内“加长”的透明质酸分子则能阻止细胞分裂，这正是癌症研究者的梦想。简单来讲，癌症就是细胞的异常分裂，这种情况在裸鼯形鼠体内不会发生。如果科学家能找到办法改变人体内透明质酸分子的结构，也许就能阻止肿瘤的疯长。不过，这项研究至今依然处于起步状态，也许有朝一日，裸鼯形鼠可以引领科学界在癌症的预防和治疗上取得突破。

一辈子不得癌症是很不错，然而你也许会觉得，一直这么裸着身体似乎也不太好——你说得没错。这种时候最能体现互相依偎取暖的好处。在洞穴内，裸鼯形鼠种群的个体之间非常亲密，有时甚至可以互相

抱在一起，摞起四层。此时处在最下层的裸鼯形鼠几乎呼吸不到空气，不过它们已经完全适应了低氧环境，而且，如果不这么聚在一起，独处的个体是无法在夜间气温骤降时存活的。

独处的个体在低温下无法存活，是因为裸鼯形鼠虽然属于哺乳动物，却无法保持自身的恒定体温。听起来，抛弃恒温能力有点儿浪费，但其实这种能力也没有你想象的那么好。爬行动物必须每天靠晒太阳才能让体温升高；哺乳动物呢，需要消耗大量的能量来维持体内“小火炉”的燃烧。“燃烧”就需要“燃料”，可这对每天只能在地道里薅摸植物块茎吃的裸鼯形鼠来说实在是太奢侈了。说实话，穴居动物在觅食时耗费的能量可以超过地面动物4000倍，所以为了降低能量消耗，裸鼯形鼠放弃了维持体温的能力，而选择投入同伴的怀抱。

要说种群中谁最热衷于拥抱，那一定是“女王”了。和鼓虾类似，裸鼯形鼠种群也有罕见（至少对非昆虫类的动物来说很罕见）的社会性，其种群由一名“鼠后”统治，“鼠后”要比其“子民”的身体更长，因为它“即位”之后，其脊椎骨之间的间隙进一步被拉长了。在种群中，只有“鼠后”一只雌性有生育能力，它每天在地道中来回踱步，通过抑制其他成员的生育能力和巡视整个种群来巩固统治。作为统治者和怀胎的繁忙母亲，“鼠后”必须时刻确保体温处于理想状态，因此会比种群其他成员花上更多的时间“抱团取暖”。

一个很聪明、又有点儿死脑筋、也很喜欢别人帮忙挠痒痒的人

还有一种体形大得多的穴居哺乳动物，是生活在澳大利亚的袋熊。袋熊敦实、可爱的样子让人忍不住喜爱之情——至少这名生物爱好者没忍住。1963年，彼得·尼克尔森（Peter J. Nicholson）描述了他钻进袋熊的洞穴，并与一只雄性小袋熊相遇的故事。“它有时候会走向我，闻闻我的胳膊，好奇地盯着我的脸和头发看，而那时我就会模仿它们友好的咕哝声。”他写道。在此后三个月的接触中，这一人一袋熊常常会跟着对方行动，有时甚至还会在白天一起坐在洞穴门口。“在我的印象里，它像是个很聪明、又有点儿死脑筋的人，”尼克尔森如是总结道，“也很喜欢别人帮它挠痒痒。”

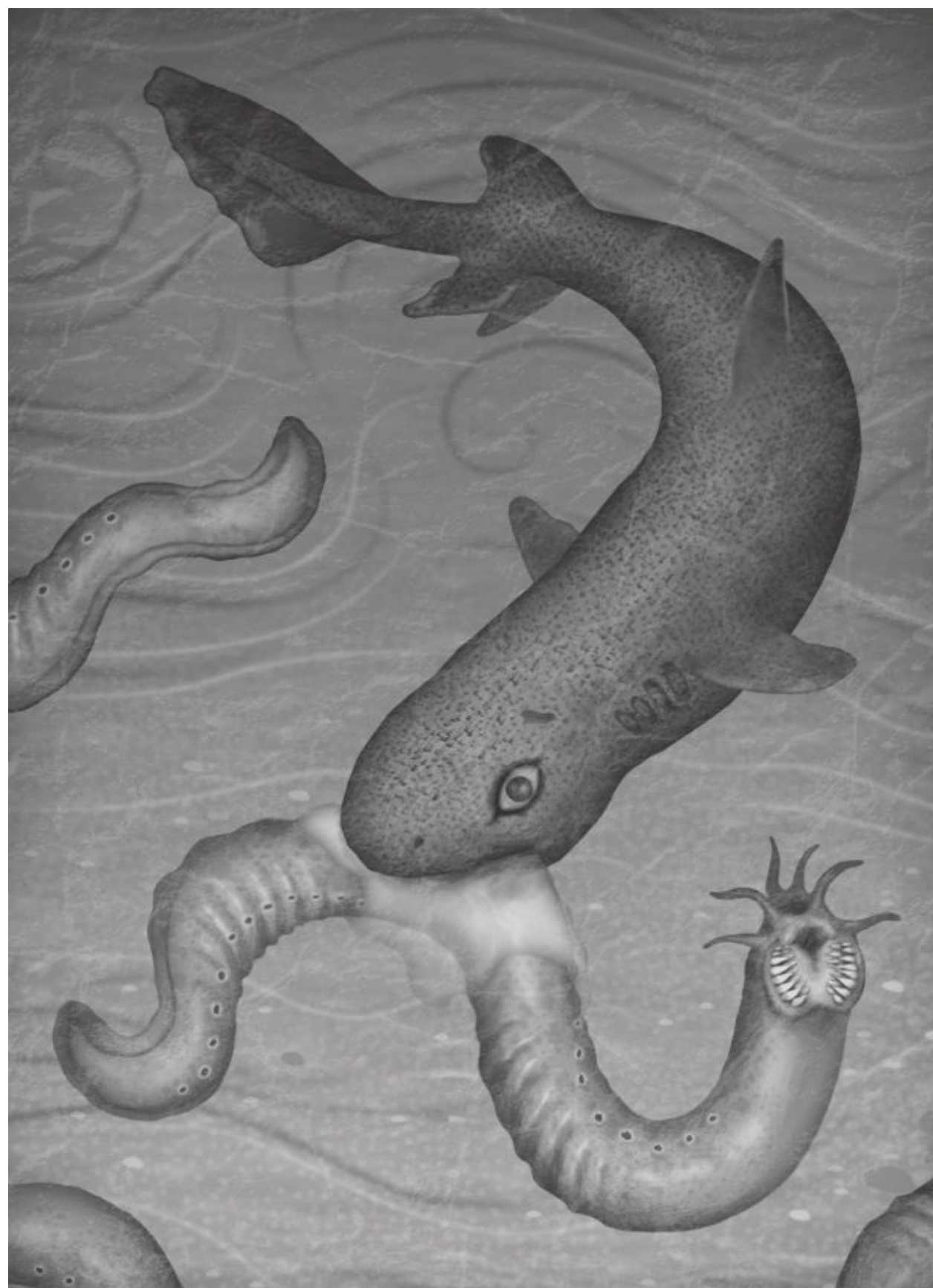
裸鼯形鼠失去了维持恒定体温的能力，基本上也把眼睛抛弃了，它们是生物进化无方向的一个例证〔达尔文本人拒绝使用“进化”一词，因为“进化”（evolution）一词最初的拉丁语义是“展露”或“出现”，容易暗示进化似乎具有某种趋向完美的方向性。他更喜欢“具有修饰的遗传”（descent with modification）的说法〕。当然，在38亿年的生命历史中，地球生物从包含有机分子的原始汤进化而来，确实越来越复杂了，但较为高级的“进化产物”，比如眼睛，在不需要的时候也完全可以退化消失。达尔文的理论是，生物并不一定会朝着“完美”的方向进化，而是会朝着最适应环境的方向进化，实例就是看似在退化的裸鼯形鼠。他的这种观点，怎么说呢，并没有被普遍接受，因为这就意味着人类也只是凑巧进化出了高智商而已，并没有被某种更高级的力量所偏爱，不管我们的自我感觉多么良好，人类和其他动物也别无二致。虽然发明了衣服，但谁说我们不是和裸鼯形鼠一样“赤裸”呢。

第五章

被吃掉你可就完蛋了

在本章中，一种海洋生物甩出的黏液呛死了鲨鱼；一种壁虎完美地把自己扮成树叶。

统计数据不会说谎：在动物界，被吃掉是所有成员的首要死因，从地球有生命以来就是如此。在漫长的生命历史中，各种动物进化出了很多令人印象深刻的对策来应对捕食者。比如，有一种蝾螈，它们的肢体要是被捕食者（或者同类）吃掉，还能再长出新的。而且，如果你好奇的话——没错，有朝一日，我们人类也能利用同样的原理重生自己的肢体。



盲鳗

问题： 鲨鱼长着巨大的牙齿，还一副凶神恶煞的样子。

对策： 盲鳗形如鳐鱼，能在转瞬间从体内的腺体里分泌大量黏液，粘住捕食者的鳃，把捕食者活活呛死。

尽情吐槽你生存的环境吧，但至少环境是不会变的。你周围也许极端炎热、极端干燥，或者极端寒冷，没问题，至少生物是可以适应这些环境的，比如沙漠环境，是完全可预见的。然而，更加让人头疼的是和你一起进化的捕食者。它们适应着你的进化，你长出盔甲，它们就长出更大的牙齿；你加快速度，它们就学会更灵敏地感知。这种时候，动物想出的对策一般会非常有创意——多有创意呢，比如说，甩出黏液把鲨鱼给呛死。

光听“盲鳗”的名字可能还没什么气势，但这种动物其实值得更多关注。盲鳗长得很像鳐鱼，它们生活在海底，并在海底觅食蠕虫，偶尔也会寻找鱼类的尸体。当盲鳗找到一顿“死鱼盛宴”时，这种喜食腐肉的“清道夫”就会把遗体吃个干干净净。它们会在鱼身上钻个洞，从遗体内吞食鱼肉——还不仅仅用嘴吃肉，连盲鳗的皮肤都能吸收从腐肉上渗出的营养物质。

可这样就会有个问题。如果盲鳗整天把脸埋在死鱼身体里，眼睛就派不上用场了，其命运可能会任由鲨鱼、鳗鱼等捕食者摆布。而且说实话，盲鳗长得就像弯弯曲曲的肉肠，看起来很美味。不过幸运的是，盲鳗拥有动物界最新奇的防御手段之一——黏液武器。

如果盲鳗打个喷嚏，那是不容小觑的。其体内有一百多根特化的黏液腺，要是你不幸与这种动物起了冲突，这些腺体就会一齐工作，瞬间喷出一个黏液的旋涡。在你我这些透过鱼缸观察盲鳗黏液的人类（是的，真的有人出钱聘请科学家干这种事，我很羡慕）看来，这种武器可能不算什么，但对有鳃的动物，比如饥不择食的鲨鱼来说，这可意味着面临窒息的威胁。

盲鳗黏液本身的成分很特殊，这一点我们稍后再说。我要先讲讲鱼鳃的工作原理。你可以把鱼鳃想象成外置的肺。我们的肺中充满了毛细血管，这些毛细血管里的血液会从空气中吸收氧气。同理，鱼鳃中也有很多吸收水中溶解氧的毛细血管。人类必须时刻保证有空气流入肺脏，鱼也一样，氧气不会自动钻进它们的身体，所以你能看到它们总是在吞水，这其实是让水流经鳃的过程（鲨鱼必须一直游动才能保持呼吸，但也并不是说一旦停止不动所有鲨鱼都会死去。对部分种类的鲨鱼来说是这样的，但也有一些生活在深海海床上的鲨鱼，可以像硬骨鱼一样，通过口腔抽吸海水来呼吸）。

一个黏液睡袋

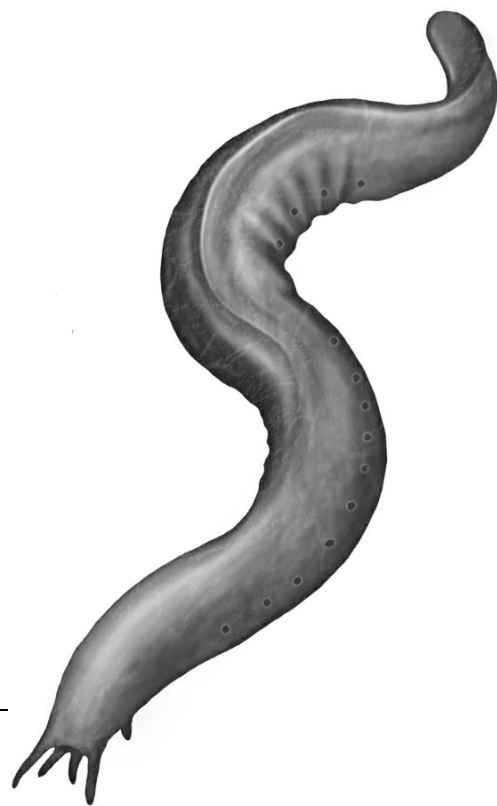
鹦嘴鱼住在天堂般的珊瑚礁群中，它们不会等到被袭击时再被动地释放自己的黏液。在珊瑚礁中入睡前，鹦嘴鱼就会分泌黏液，并把黏液做成一个围着自己的茧形睡袋。要是捕食者游过来，这个黏液“睡袋”能有效遮蔽鹦嘴鱼的气味。另外，如果其他鱼类入侵了鹦嘴鱼的领地，这个“睡袋”也能成为极为高效的警报系统。综上，也许你讨厌黏液，但至少地球上有一种动物非常喜欢呢。

说回黏液的话题。盲鳗体内的上百根黏液腺里有两种不同的细胞，一种分泌普通的黏液，但另一种，能够发射出强度极高的纤维丝，每根可达6英寸（约15.2厘米）长。换句话说，一个0.004英寸（约0.01厘米）长、0.002英寸（约0.005厘米）宽的微小细胞就能够射出一条半英尺长的丝线。这……就非常不可思议了。

但事实就是这样的。其中的奥秘就在于这些丝线是如何缠绕的，它们通过一种水溶性黏胶缠绕成一个个椭圆形的小“线球”。当盲鳗有麻烦时，它就会收紧黏液腺周围发达的肌肉，发射出黏液和许多线球，一旦这些线球中的黏胶溶于水，丝线就会展开呈云状。丝线“炸开”释放的能量有助于云状黏液的扩散，当盲鳗在这团物质中四处游动试图逃跑时，只会让云状黏液扩散得更大。

盲鳗每次释放的黏液中大约共有6000根这样的纤维“丝线”，这

些“丝线”可以很轻易地卷进捕食者的鳃。这种防御手段太有效了，甚至让科学家最初认为盲鳗是专门使用黏液攻击鱼鳃，而不是制造出一大团“黏液云”，然后自己躲进去避难，因为他们从没在捕食性鱼类的胃中发现过盲鳗，反而在没有鳃的动物，比如海豚和海狮的胃中发现过。另一个支持他们这样想的证据，是盲鳗只有在受到刺激时才会喷射黏液。揉捏盲鳗的身体，黏液就会从被你揉捏的部位分泌出来，其他部位则没有。假如刺激盲鳗的不是你的手，而是鲨鱼的嘴，黏液就成了对付刺激源的有力手段。

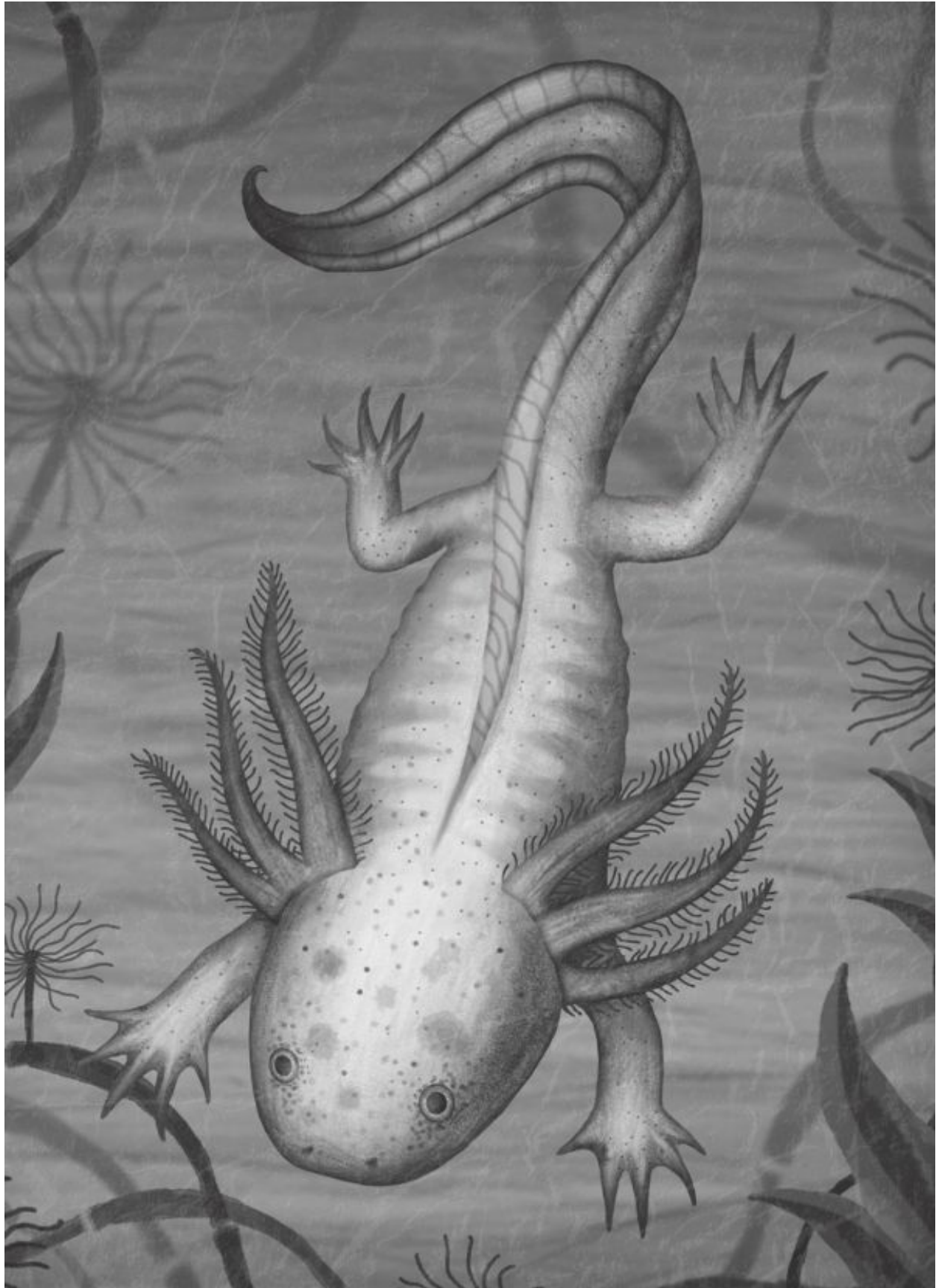


一张牙医用“橡皮障”，引领一个科学发现

确认盲鳗的黏液是一种防御性武器的实验可以说是我见过的最有趣的实验了，至少用的器材是最有趣的。这个实验用到了一条盲鳗、一个石斑鱼的鱼头、一根PVC（聚氯乙烯）塑料管、一根虹吸管，还有一张“加厚的牙医用“橡皮障”。研究人员想知道盲鳗的黏液是否真的会影响流经鱼鳃的水流，所以他们先用“橡皮障”盖住了塑料管的一端，把鱼头塞进“橡皮障”，让鱼嘴张开，再把虹吸管安置在塑料管的另一端。把整个装置和一条盲鳗放进水槽后，研究人员打开了虹吸管，然后“用镊子刺了一下盲鳗的尾巴，刺激它分泌黏液”。虹吸管把黏液全部吸进了鱼嘴，继而进入了鱼鳃。整个实验里，石斑鱼放弃了尊严，盲鳗则放弃了黏液，不过也因此得出了至关重要的结论——盲鳗确实进化出了一种武器化的黏液。

看了不幸的鲨鱼等捕食者与盲鳗纠缠的录像，我简直要同情它们了。你几乎可以在它们咬住猎物身体的同一时刻看到它们痛苦的反应。黏液的旋涡喷了出来，然后捕食者会猛烈摇头、张嘴、全身抽搐、迅速撤退，拼命想把黏液从脸上弄掉。要是所做的努力失败，它们最终就会

窒息而死、沉入海底，并成为海底生物的一顿盛宴。虾、蟹、细菌都会远道而来。当然，做好事不留名的盲鳗也会加入，共享美餐。



美西钝口螈

问题：腿要是没了就太惨了。

对策：美西钝口螈的腿如果被咬掉，还可以再长出新的来。

算我走运，手里的这只蝾螈已经死了，不过应该说是这只蝾螈幸运，因为我绝对算不上优秀的两栖动物医生。我像狙击手一样深吸了一口气，轻轻拉紧蝾螈的肢体，然后拿起剪刀剪了下去……但没有完全剪断。我是透过显微镜进行观察的，所以视野是上下左右颠倒的。剪刀顺利通过了肱骨，但这块骨头并未像我想象的那样会一下子折断，或者裂开，而是轻微地嘎吱作响。剪子尖总是在完全穿透肢体之前就相交了。慌乱中，我再次拉紧这条上肢，再次剪下一刀，但还是得不到放大的清晰影像，我又失败了。我再剪，再调焦，再失败，最后一剪，才终于分离了这条上肢。

我把视线从显微镜上移开，看着这只4英寸（约10.2厘米）长的蝾螈。它全身都包裹在白色的纸巾里，深红的外鳃从脑袋后面伸出来，残肢的伤口处血淋淋的。这是一只生活在墨西哥的美西钝口螈。平时，若你切下它的一条肢体，只需一个月的时间它就能再长回来，每一部分都功能完好。哪怕除去一部分大脑、下巴或者脊柱，这些组织也能照样再生。身体上的伤残并不会给美西钝口螈的生活带来任何烦恼。

我要说明，我可不是在什么黑心宠物诊所里虐待动物，我是在加州大学欧文分校的肢体再生实验室里做实验。这个实验室由美国国防部出资建设，他们希望能在此替受伤的士兵找到治愈的力量。在这里工作的杰出科学家给了我一只死亡的蝾螈标本，因为我明显不具备为活蝾螈动手术资格。这些科学家认为，由于控制美西钝口螈再生能力的基因人类也拥有，所以问题不在于我们究竟能否再生肢体，而在于我们何时才能找到实际操作的方法。而且他们还相信，在这间实验室中对蝾螈（那些活体标本，不是我解剖的那条死的）进行的实验，将带领他们实现这个目标。

那次把蝾螈投进火中的实验.....必须是白做了

在欧洲民间传说中，蝾螈一直备受崇拜——不是因为其再生能力，而是因为在传说中，它们对火焰有免疫力，比如，它们不会被火烧死。据说，它们是在烈焰中诞生的。这个说法挺拉风的，不过八成不是真的，因为两栖动物的皮肤潮湿又光滑，它们应该是所有动物里最怕火的。还真有个博物学家曾经做了实验，他就是著名的古罗马作家老普林尼（Pliny the Elder）。说是“实验”，其实就是把一条蝾螈扔进火焰中。结果是可以预料的。很遗憾，人类在通往知识的道路上并不是一帆风顺的，路上总有.....烧焦的蝾螈之类的。

生物的进化总是让我无比惊叹。从某种程度上说，不管是动物、植物还是细菌，地球上所有的生物都是近亲，因为生命之树起源于同一个祖先，经历了数十亿年的时间，生出无数分枝，发展出我们如今看到的种类繁多的生物。在漫漫时间长河里，生物不断进化着，同时，新物种也不断从已有的物种中独立出来，并延续新的血脉，但新物种和已有物种依然享有一个“共同祖先”（common ancestor）。因此，我们的DNA和大猩猩的几乎完全相同，因为人类和大猩猩拥有相对较近的共同祖先，但我们和美西钝口螈的基因差异就比较大，因为人类和蝾螈的共同祖先相对较远。然而，我们还是拥有那些用于肢体再生的基因，从这个层面上讲，人类也有一部分基因和美西钝口螈一样——我们只是不像美西钝口螈那样利用这些基因罢了。

肢体再生基因给美西钝口螈带来的好处显而易见。蝾螈是水生物种，有种类繁多水下捕食者觊觎它们（至少，曾经有许多捕食者。如今，美西钝口螈可能只存在于实验室中了，墨西哥城的扩建把它们赶出了湖泊栖息地）。要是捕食性鱼类咬掉了它的胳膊，肢体再生的能力能让美西钝口螈继续在湖底爬行生活。而且仅仅是捕食者也就算了，它们还会咬下同类的肢体，这种案例还真不少。所以肢体再生保证了美西钝口螈能持续捕猎维生，更不必说举行它们那套复杂的交配仪式了。

听起来还不错吧？那咱们也学学肢体再生吧，反正也有相同的基因。告诉你，没那么容易。

相比肢体再生，我们人类受伤后会会长出瘢痕组织，这非常适应人类的进化。然而美西钝口螈从不长疤——我要说明白，肢体再生分好几个步骤，起初它们也会长出一些瘢痕组织，但会随着生长进行而消失。为什么呢？为什么我们的身体那么喜欢长疤，而美西钝口螈却告诉我们伤处是可以再生的？这其中详细的科学原理尚不清楚，但一些线索显示，在美西钝口螈进行再生时，其免疫系统承受着极大的考验。蝾螈体表覆盖着一层免疫性极强的黏液，可以为其体内免疫系统分担工作，但我们人类却没有这种条件。要是直接细菌感染死亡了，胳膊长出来了又有什么用呢？

在美西钝口螈肢体再生的过程中，我们已经确认，有一种生长因子起到了重要作用。这是一种促进组织生长的蛋白质。你拿起镊子和剪刀给美西钝口螈做个截肢手术，这些生长因子就会调动伤口周围的细胞，开始重建失去的结构。你要知道，肢体再生需要重建多种组织——骨骼、肌肉、皮肤……机体需要非常详尽的指令才能把细胞置于正确的位置。美西钝口螈并不是在单纯地复制组织，它还要知道何时开始打造关节什么的结构。

当894A遇上664A：一段两栖动物的爱情故事

我很荣幸，在实验室中见识了美西钝口螈的交配仪式，我把这个故事起名为“当894A遇上664A：一段两栖动物的爱情故事”。一名研究人员把标本894A（下文称为“雄性”）和标本664A（下文称为“雌性”）共同放在一个水槽中，水槽里还装饰着几块漂亮的石头和几根塑料植物。

一开始，求爱进展缓慢。双方都没怎么动弹，只是默不作声地盯着对方，毛茸茸的鳃前后呼扇着。接下来，第一次接触出现了——雄性慢慢地伸头接近雌性，轻轻顶了顶它，然后向对方的泄殖腔进发，把吻部伸向了对方的身下，爱抚起它的“私密部位”来，看样子像是要把它掀翻。然而，雌性一动也没动。雄性似乎有些泄气，它停下了动作，用力甩甩尾巴，转身离开了。雄性在水槽那头独自待了会儿，其间，两方继续对视。最后，雄性再次接近雌性。它抬头看看我，像是在寻求帮助——至少是询问建议似的，突然——它吐了。爱情故事结束了，894A和664A，命里没有缘分。

综上，让人类学会肢体再生也不是激发我们和美西钝口螈的共有基因那么简单。这是很复杂的过程，更像是一个调控那些基因制造的生长因子的过程，所以这些实验室的目标就是解密美西钝口螈肢体再生的详细步骤，未来，使用正确的方法将生长因子应用到伤口处。

听起来有点儿像天方夜谭吧，我知道。但我还要强调，那些研究人员公认，通过美西钝口螈的帮助，我们解锁人类肢体再生的奥秘就只是个时间问题。等到实现的那一天，我们可以再回头看看我浪费科学家时间的这一天，我把科学的进步拖慢了一些。

我向全人类道歉。



乌贼

问题：对海洋动物来说，有时候硬壳也保护不了你。

对策：乌贼进化出了动物界最令人惊叹的易容术，它们能在片刻间融入任何背景。

在避免被吃掉这个问题上，动物们奇招辈出：盲鳗用的是主动防御的方法，全身都能发射“鼻涕”；美西钝口螈则“消极”得多，经常给自己截肢；但乌贼逃避捕猎的方法就神奇多了——它们会使用地球上最令人惊叹的易容术来躲避追踪。

咱们先暂停一下，回到五亿年前，去见见乌贼以及其他头足纲动物（如章鱼、鱿鱼）共同的祖先。与我们今天看到的这些拥有柔软身躯的动物不同，头足纲动物的祖先身上还有坚硬的外壳保护自己。不过这种自卫方式有一个很大的缺陷——会让动物变得动作迟缓、举止笨拙，看看目前仅剩的一种带壳头足纲动物——鹦鹉螺吧，它们整天尴尬地游来游去，偶尔撞上个珊瑚什么的，活像打了动物镇静剂似的。

所以，也许是因为海洋里出现了某种强势的捕食者，某种能够咬碎硬壳的巨兽，导致悠闲的头足纲动物失去了优势。但这些动物可不会就此被打败，反而找到了其他的生存办法。它们纷纷抛弃了外壳，进化成各种不同的新物种，使用各自不同的对策存活（辨认乌贼的祖先可以通过其体内冲浪板形的内骨骼，这块骨骼帮助它们控制自身浮力）。鱿鱼的游泳速度快，章鱼能把自己的身体塞进任意的狭小缝隙里……但在所有头足纲动物中，乌贼的自卫方法才是最大胆、最新奇的。

还没有哪种背景是乌贼无法融入的，海藻、珊瑚、沙地，甚至连国际象棋棋盘这样的人造图形也不在话下。乌贼几乎可以在一瞬间改变外表，简直令人叹为观止。追捕一只乌贼到一片水草地中，它就会藏起来，转变自己的体色、花纹甚至皮肤的质地，然后低调地等待着，和植物一起随着水流微微摇摆。它们会等你主动离开，可要是你继续接近，乌贼就会放弃伪装，转身逃走，还要朝身后喷上一股墨汁。

乌贼神奇的变色能力来源于其皮下的三层特殊结构。最底层赋予皮肤白色的底色，中间层是一层具有光泽的平面，通过反射光线，成为绿色或蓝色，不过最有趣的还要数最上面一层。最上层里面有许多色素细胞（chromatophore），每一个囊状的细胞内都含有特定颜色的色素，橙色、红色、黄色、棕色、黑色等，其周围与细小的肌肉相连。当乌贼想要呈现某种特定的颜色时，它就会收缩与特定色素细胞相连的肌肉，把色素细胞拉大至5倍，扩展其面积进而更多地展示这种颜色。

穿上梦的颜色，爱情不再遥远

乌贼有时会被称作“海中变色龙”，但这其实不太恰当。倒不是因为变色龙不会游泳，而是因为这两种动物的伪装用途其实不太一样：变色龙改变颜色并不单纯是为了融入环境。一个证据就是变色龙的身上有时会同时出现鲜艳的红色、蓝色和绿色，除非是想融入一盒蜡笔，不然这算什么伪装呢？事实是，变色龙也会把体色当作潜在的求偶信号，而且也会用体色来帮助调节体温。如果它们觉得冷，就会把体色变深来吸收更多的阳光，要是太热了，就再把体色变浅。你就当它们穿了一件一年四季永不过时的完美外套吧。

由于乌贼的色素细胞与肌肉和神经相连，这些神经直接受大脑控制，所以它们能以难以想象的速度改变体色。乌贼的“灯光秀”可达到十分复杂和精巧的程度，有些种类甚至能在全身完成“脉冲波”一样起伏的变色，它们也许把这种方式当成一种警告——“我是认真的，你别过来”，或者一种催眠猎物的方式。潜水员曾见过这样的场面：乌贼在接近猎物时，突然点亮了它们的触手，并开始高频、无规律地闪起光来。与此同时，它们一下子伸出了触手，抓住并绑紧了猎物。

协调以上这种易容术的是一颗强劲的大脑。一般来说，无脊椎动物和脊椎动物（比如人类）相比智力较低，这没什么大不了的，因为无脊椎动物大部分都有其他长处，比如坚硬的外骨骼、像水熊虫那样脱水后复生的能力，但头足纲动物绝对是个例外——它们聪明得可怕。在实验室中，乌贼能学会走迷宫，章鱼学会逃出水槽，在房间里大摇大摆地走过也不是什么新闻（好吧，也许和高等动物比也不算什么，但已经很厉

害了）。这种智力在捕猎时是不可或缺的，但同时乌贼也要靠脑力来调整防御，它们得分析周围的环境，并将环境信息“翻译”成身体表面的伪装。

有时乌贼甚至会将高超的易容术用在同类身上。以生活在澳大利亚的雄性澳大利亚巨乌贼为例，它们会利用易容术“反串出场”，借此与雌性发生关系。巨大的雄性澳大利亚巨乌贼完全支配着雌性，为伴侣站岗，攻击一切试图接近的入侵者，而体形小一些的雄性则会改变体色，模仿雌性，还会把腕足变成怀抱卵囊的样子，一般雌性抱着卵囊时就不再进行交配了。于是，狡猾的雄性乌贼就有了趁机“偷腥”的机会——处于支配地位的雄性不会攻击它，因为它是“雌性”，它也不用担心支配者会向自己求欢，因为在别人眼里它已经不接受求爱了。如此这般“反串出场”，就可以在支配者眼皮底下和雌性暗通款曲，将头脑灵活而非肌肉发达的基因传递下去。

名字里带“巨”或者“大”的动物，大概都不好惹吧

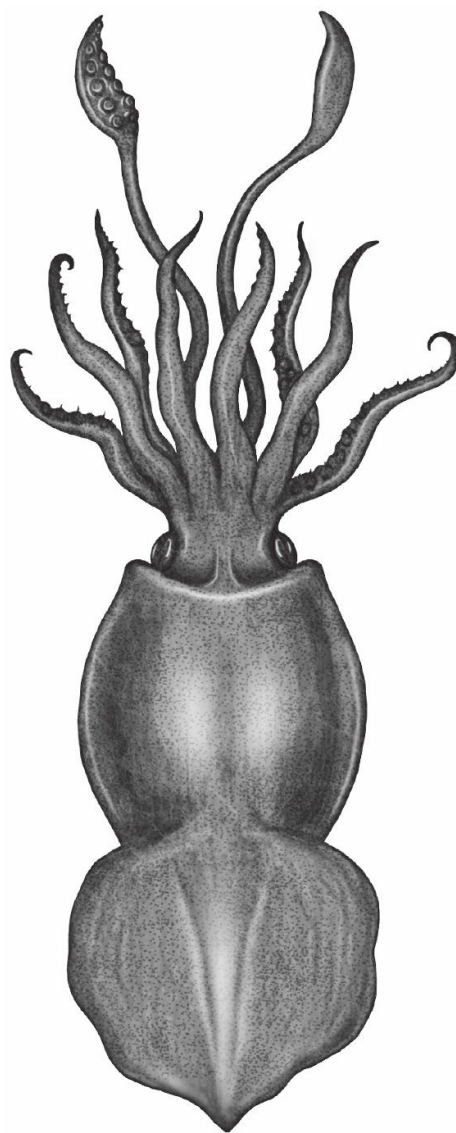
我不是危言耸听，但我劝你以后还是别再下海了，乌贼有几个体形巨大的近亲——大王乌贼和巨枪乌贼，它们会把你吃掉的。好吧，确实没有这些动物攻击人类的记录，不过它们的身体巨大得简直让人不敢相信。大王乌贼身长可达40英尺（约12.2米，不过公平地说，大王乌贼两条超长的触手占了这个数据的绝大部分），然而，虽然巨枪乌贼身长仅14英尺（约4.3米），但它们却比大王乌贼更凶残，体重可超过1000磅（约453.6千克），是地球上最重的无脊椎动物。大王乌贼的触手上有吸盘，边缘呈锯齿状（它们的天敌抹香鲸，嘴边经常有圆形的伤痕），但巨枪乌贼的触手则更为恐怖——上面长有可旋转的倒钩。现在你不会觉得我是危言耸听了吧？

噢，还有一点差点儿忘说了：乌贼都是色盲。我先给你点儿时间接受，然后再遗憾地告诉你，没人知道这种动物到底是怎么完美匹配周围颜色的。不过，2015年的一项关于加州双斑蛸的发现也许能提供线索。研究人员采集了加州双斑蛸的一小块皮肤，皮肤上附着有色素细胞，并在实验室中将这块皮肤暴露在光线之下。结果色素细胞自己拉伸了，明

显没有受到其大脑或眼睛的支配。另外，科学家还在加州双斑蛸的皮肤上发现了一种光敏蛋白，这种光敏蛋白在人类眼球中也存在，因此，似乎可以说它的皮肤是通过某种方法在自行感知颜色。这种蛋白在其体内的功能与在人类身上的是否一致还有待研究，但我猜是一致的。

也许乌贼无法靠眼睛来辨识颜色，但它们却对不同环境的差异异常敏感。厉害的是，乌贼只需将皮肤调整成三种模式，就能应对各种不同的环境。首先是“单色”模式，基本上就是某种纯色调；以及“斑驳”模式，看起来有点儿像电视屏幕的静电干扰（还记得电视有静电干扰的那个时代吗？）；最后是“迷彩”模式，皮肤上的颜色会分成一块一块的，像是国际象棋的棋盘。这三种模式，再加上色素调成的不同颜色，乌贼就能隐身于任何背景之中。“单色”模式适合颜色均一的沙地，“斑驳”模式适合颜色更加复杂的沙地，而“迷彩”模式则能适应颜色更为丰富的环境，比如珊瑚礁。

综上所述，乌贼虽然失去了保护性的外壳，但却依然成功地从捕食者嘴下幸存了。还有一些“伪装大师”，它们不想搞什么麻烦的灯光秀，而是会选择一套装束，坚持到底。这类“伪装大师”中，我要首推马加平尾虎。是的，这是它们的学名。而且，没错，它们对得起这个名字。





马加平尾虎

问题：和低地纹猫一样，壁虎在马达加斯加岛也是不少捕食动物的盘中美餐。

对策：马加平尾虎模仿树叶的功力出神入化，连叶脉等结构都能模拟得惟妙惟肖。

网络上曾经流行过一张照片，照片里，一条小龙站在一根树枝上，背上长着翅膀，皮肤是红黑相间的。小龙的眼睛也是红色的，看起来就像魔鬼，尾巴上有几个缺口，像被火焰烧过似的。这张照片当然是伪造的，不过也没你想象的那么假。制作这张照片的人只是给这条“小龙”加上一对翅膀，也许还调了调颜色，但这个生物剩余的部分都绝对真实。

那其实是一张马加平尾虎（satanic leaf-tailed gecko，直译为“撒旦平尾虎”）的照片。马加平尾虎是平尾虎属的14个已知种之一，生活在马达加斯加岛。我个人认为，这类生物是进化史上最大的赢家，其伪装的能力强到可怕。不是因为它们长得像恶魔一样，而是因为，你可以在它们身上看到自然选择的力量有多么强大。

如果不是刻意寻找，我相信你根本挑不出树叶堆里的马加平尾虎。它们的脊背是白色的，尾端有放射状的白线，模仿了树叶的叶脉。它们的尾巴看起来就像是屁股上长出来的一片叶子，边缘处还有破损的缺口，像是即将枯萎一般。马加平尾虎还会卷起自己的整个身体，把伪装进行到底——要是没有肉体、血液、器官什么的，它们看起来真的和一片死透了、卷起来的枯叶没两样。那么，这种神奇的伪装是怎么进化出来的呢？它们真的需要，比如说，在主观上努力想要得到这种技能吗？不是的，而且这也不是地球跟我们开的玩笑。马加平尾虎是生物进化的一个奇迹，而这一切还要归功于有性生殖。

在前文讲到动物繁殖的时候，我忘记说了，其实有很多动物是一辈子无须交配的。这些动物进行的是无性生殖，它们会直接克隆自己，而不会去寻找伴侣。举例来说，有一类名叫“水螅”的水生动物，体形微小，全身透明，长得跟一棵小小的棕榈树似的，只不过“树叶”变成了几

条布满刺细胞的触手，这些触手和水母的触手类似。水螅会在身上生出芽体（bud），芽体就像缩小版的它们自己，会逐渐脱离母体，然后开始独立生活。如果你无法找到伴侣进行受精，无性生殖是一种非常有效的繁殖方式，但无性生殖也存在非常严重的缺点。

来聊聊物种起源

说起来，我们讨论了这么多物种，但还是没能总结出“物种”的定义到底是什么（这可不是我的错）。不过，究其根本，一个物种到底是怎么形成的呢？通常，新物种的形成都与隔离（isolation）有关。以马加平尾虎和马达加斯加地区其他奇特的生物为例，在马达加斯加岛脱离大陆之后，岛上的生物就被隔离起来了，在隔离的过程中，它们逐渐与之前种群中的同伴产生了差异。随着时间流逝，当岛上的物种与原来同伴的基因差异已经大到无法交配并繁殖的程度时，它们就特化成为新物种了。这个过程也可以发生在一块完整的大陆上，比如说，一条河把生物栖息地分成了两半，或者一座山脉的形成把一个生物种群一分为二……瞧，新物种出现了。

除了体感上的愉悦，交配其实意义重大，因为交配能大力推动生物的进化。一般来说，水螅的后代都是克隆的产物，也就是说，它们和母亲在基因上是完全一致的。但有性生殖产生的后代，它们的基因就是父母双方基因的随机混合，这个过程就有可能会引入一些有益的变化。你长得漂亮，而你的兄弟姐妹长得丑（或者反过来，原谅我这么说），部分原因在于，在受精过程中，父母双方基因的组合是完全随机的。子代之间的差异可以确保在某种特定的环境下，至少有一部分子代能够遗传生存必需的性状（我不是说长得好看就能促进人类生存，但至少，能帮助你更容易地传递基因吧）。

因此，对生活在复杂、混乱的马达加斯加岛丛林环境的马加平尾虎来说，和兄弟姐妹长相不完全一样是能决定命运的。这个物种已经决定要靠模仿树叶来走进化之路了（当然，不是壁虎主观决定的），因此即便是最微小的变异也要重视起来。在背上长一条“叶脉”，在尾巴尖儿上长一个缺口，或者让身体的颜色更接近枯叶一些……在马加平尾虎被一

双双饥渴的眼睛锁定之时，任何细节都不容小觑。这些性状能帮助它们存活，因此在一代又一代的繁殖过程中，伪装能力不过关的个体被淘汰，而具备有利变异的个体得以延续基因。

综上，像马加平尾虎这样拥有完美伪装的生物似乎是能够被“设计”出来的，但这种“设计”的原动力是被捕食的压力。平尾虎是夜行性动物，它们睁着大大的眼睛，依靠雨林夜间的微光活动，可它们还是得想办法撑过白天。因此，日上三竿之后，不同种类的平尾虎就会凭借进化赋予它们的伪装术来“玩消失”，最理想的状态是不受打扰地睡上一段时间。长得更像树叶的平尾虎蜷曲身体，尽力模仿枯叶；还有的平尾虎会在树干上躺平，试图和树皮融为一体；还有一种皮肤上长斑、身体边缘有褶皱的平尾虎，长得像苔藓一样，它们会寻找覆盖有苔藓的树皮。所有的平尾虎都不会像乌贼那样尽情变换自己的伪装，但这也没关系，因为它们的伪装已经足够精彩了。

桦尺蛾中士的寂寞白蛾俱乐部乐队

你也许会认为，创造出马加平尾虎这样复杂的生物是一种极为繁复的过程，需要成千上万，甚至超过百万年的时间——也许吧，进化的过程有可能极为费时。但话说回来，这个过程也有可能加速进行。

看看生活在英国的桦尺蛾〔英文名为“peppered moth”，直译为“椒花蛾”，此处联想的是披头士乐队的经典专辑《佩珀中士的寂寞之心俱乐部乐队》中的“佩珀中士”（Sgt. Pepper）〕，这是一种浅色、长有斑点的飞蛾，它具有这样的体色是为了适应当地长满地衣的树皮，以避免被捕食性鸟类吃掉。但桦尺蛾并没有料到工业革命以及随之而来的空气污染。煤灰都把树木染黑了。然而，桦尺蛾却不肯就此悄然灭绝，它们适应了新的环境。1848年，人们首次发现进化出深色体色的桦尺蛾。仅仅50年后，98%的桦尺蛾就都是深色的了。而在20世纪，清洁空气的法令颁布之后，桦尺蛾种群又恢复了浅色、带斑的性状。

这一系列变化都是由进化所推动的。在环境被煤灰污染后，捕食者更容易捕捉显眼的浅色蛾，因此深色的桦尺蛾个体就有了生存优势，有更多的机会产下后代。在栖息地环境被治理后，深色的个

体难以生存，浅色个体又有了优势。朋友们，这就是一个污染推动生物进化的稀罕故事。

在澳大利亚，也有几种长相差不多的平尾虎存在，但纵观全世界，绝大多数的壁虎都相貌平平，长着绿色、棕色或者黄色的皮肤，有的身上长有条纹，有的长着波点。然而，绝对没有其他任何一种壁虎，就连澳大利亚的壁虎都无法与马加平尾虎同日而语。不过你也许会想，既然进化出这种伪装术是有可能的，那全世界的壁虎就都有可能，为什么偏偏只有马加平尾虎这么特殊呢？

这个问题没人知道答案。不过，你要记住马达加斯加岛是一片神奇的土地，这里有许多在地球上其他地方找不到的生物（因此，这也不是你在本书中最后一次看到这个地名）。这个岛屿就是这么神奇的存在。九亿年前，当马达加斯加岛漂离大陆之时，岛上的生态系统“重置”了。随着小岛一起漂走的生物适应了离群索居的隔离生活，并独立进化成了新物种。还有一些物种，比如一些能跨越地理隔离的鸟类，偶尔也会加入这个生态系统。新物种不断形成，旧物种不断消失。在这个与世隔绝的小岛上，生物以独一无二的方式进化着。也许这与岛上的捕食动物有关，也许这里的捕食动物比其他地方的更加凶猛，让马加平尾虎只能采用上述这么极端的伪装。或者，也可能是某种更高级的力量，某一天喝醉了酒，决定让森林里藏几条壁虎吧。

但好像不太可能。



穿山甲

问题：你听说过鼎鼎大名的狮子吧？

对策：一种名为穿山甲的哺乳动物全身都进化出了漂亮的角质鳞甲，狮子也拿它没辙，更别说它的猎物小蚂蚁了。

离开马达加斯加岛，走上几百英里，穿过莫桑比克海峡，如果幸运，你就能见到一种非洲动物，它们应对捕食者时使用的是完全不同的策略。穿山甲属于哺乳动物，不过你要是把它们当成蜥蜴倒也可以原谅。穿山甲全身呈流线型，从头到尾都覆盖着一层鳞片，看起来就像一座会走路的碉堡，或者一棵会走路的洋蓍。在这家伙身上的是货真价实的鳞甲，可不是什么花色纹样。

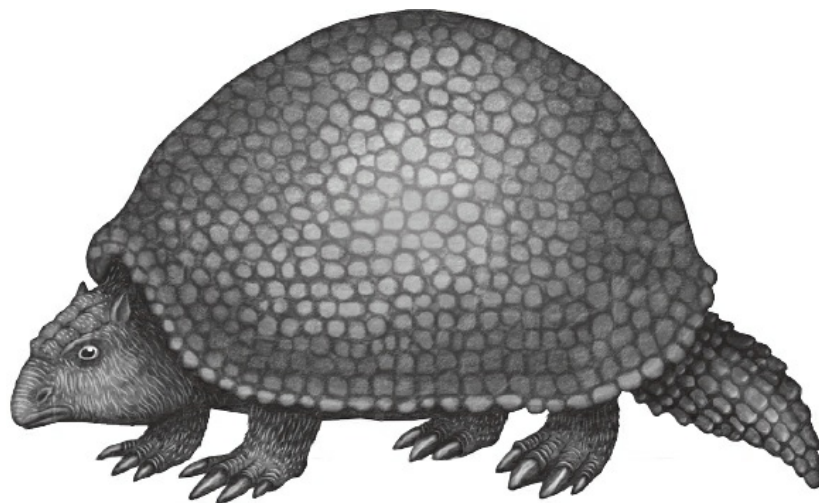
穿山甲就像活体坦克。受到威胁时，它们会紧紧蜷起身子，几乎把身体蜷成一个球，再把长长的、覆有鳞片的尾巴卷在身旁，静静等待入侵者离去。这种防御手段非常有效，就算是狮子——地球上最强大的捕食者之一——也拿它没办法。它们也只能拍拍穿山甲，这儿咬咬，那儿咬咬，不过如此。穿山甲身上的鳞片异常锋利，一不小心就会划破捕食者的嘴。有时候，由于万兽之王那点儿残存的自尊心作祟，狮子会与之鏖战数个回合，并试图撬开穿山甲的防御，但一切都是徒劳。最终，它们还是无法避免悻悻而归的结局，然后穿山甲就会自行伸展身体，继续安然度日。

就连人类和人类的工具，也很难打破穿山甲的防御。美国博物学家威廉·比贝（就是之前吐槽鮫鰐的那位）曾经在印度尼西亚的婆罗洲遇上过一只穿山甲，并发现蜷起来的穿山甲“尾巴的肌肉和钢铁一样硬”。他的向导试图用一把铁锹“打开”穿山甲，但“就算手里有铁锹也很难撬动它一丝一毫”。他们静静地与这个可怜虫对峙了5分钟，它突然立起了鳞片。任何一位上进的博物学家看到这种画面都会忍不住上手去摸，结果没想到“这些鳞片像捕兽夹一般突然关闭，力量之大足以挫伤手指，甚至可以夹掉一小块肉”——可怜的威廉。向导似乎觉得这个场面很有

趣，“一个人对科学研究的热情得到了一定的满足，同时还证明了我的泰米尔同伴同情心不足，幽默感有余”。

达尔文发现了一辆甲壳虫小汽车

大多数人可能都不知道，达尔文并不是“小猎犬号”上的官方博物学家，这个头衔属于随船医生。相比于生物学，当时的他似乎更醉心于地质学，将观察日记《“小猎犬号”航海记》（*The Voyage of the Beagle*）的大部分篇幅都献给了石头。不过，当他发现雕齿兽的化石遗存时，他对地质学的兴趣和对生物学的兴趣发生了完美碰撞。雕齿兽是一种巨大的哺乳动物，全身覆盖有甲壳，体形和体重都堪比一辆甲壳虫轿车（当然，这不是达尔文本人的比喻）。这种动物“拥有骨质外壳，形如犰狳”。雕齿兽的盔甲非常坚硬，看起来就像龟壳，实际上，它们是现代犰狳的近亲，并为达尔文提出“以自然选择为基础的进化论”这一学说提供了重要参考。发现雕齿兽化石后，达尔文意识到，各种生物之间都是有联系的，并没有某种更高级的力量把生物安排在地球上，或者将某种生物抹除掉。



穿山甲的鳞片由角蛋白（keratin）构成，这是一种在动物界十分常见的蛋白质，各种动物都会用角蛋白构成不同的东西，从人类的头发、指甲，到鹿和犀牛的角，不一而足。同样它也是鸟喙和某些鲸鱼用来过

滤海水的鲸须的原料。角蛋白真是无处不在，它具有既坚固又柔韧的性质，你可以通过自己的指甲观察到这一点。因此，穿山甲的鳞片才不会在狮子的利爪下断成两半（狮子的爪子也由角蛋白构成），相反，它们会应力弯曲，吸收能量。穿山甲鳞片的这种特性也被人类利用——在穿山甲的另一个栖息地印度，过去的战士们曾穿过用它们的鳞片缝制而成的战袍。

穿山甲的鳞甲还有另一个相对不为人知的作用。穿山甲是食虫动物，尤其喜欢以社会性极强的蚂蚁和白蚁为食。它们会利用自己巨大的爪子刨开蚁穴，再用修长的管状舌头把爬得到处都是的蚂蚁吃进嘴里。穿山甲的舌头能长到和身体一样长，但你别信网上的说法，它们的舌头并不和盆骨相连（当然，要真是的话还挺酷的），真相是，它们的舌头连接在最后一对胸骨的附近，上面带有从两根主唾液腺中分泌的黏液。把舌头伸到蚁穴中，穿山甲就能深入一条又一条狭窄的隧道，扫荡里面惊慌、发怒的猎物，把它们一口口卷进嘴里。蚂蚁和白蚁急忙爬出来，想要叮咬捕食者，却发现穿山甲被鳞片保护着，就连眼睑的皮肤都很厚实，让眼球免受攻击。穿山甲的耳朵里面也有特殊的膜能将耳道密封起来，把入侵者阻挡在外。

然而，讽刺的是，也正是这层鳞甲将穿山甲一步步推向了灭绝的边缘，一切自然还要归咎于——人类。在传统中医中，穿山甲的鳞片被认为是可以治疗多种疾患的“灵丹妙药”。孩子弱智吗？来点儿穿山甲鳞片吧。耳朵不好使？来点儿穿山甲鳞片。恶魔附体？来点儿穿山甲鳞片。得了疟疾？没错，再来点儿穿山甲鳞片。只要把鳞片烤干，磨成粉，再把这些灰配上油、黄油或是童子尿，药就做成了（我估计不能用你想治的那孩子的尿吧，那就太奇怪了）。

对鳞片的需求使得穿山甲成了全球最抢手的“货物”，全世界的8种穿山甲已经全部被列为极危（critically endangered, CR）物种或濒危（endangered, EN）物种。而且，除了鳞片市场火爆，在亚洲，穿山甲的肉也非常走俏。中国经济的崛起，更是将这种需求推向了高峰，像穿山甲肉这种“野味”，是一种常被用来庆祝商场成功的珍贵佳肴。

你见到我妻子了吗？她长着鳞甲，还爱吃蚂蚁

在津巴布韦的修纳族眼里，穿山甲具有特殊的意义。很久以前，有这样一个传说：修纳族的酋长让一位灵媒的妻子走进森林，后来，她在森林里变成了一只穿山甲。所以，每次族人遇到穿山甲，就得把它带到灵媒面前，因为它很可能就是灵媒的妻子。如果你不带过来，坏事就会降临在你身上。这就是穿山甲会在人类接近时团成一团的原因——它们不是想逃跑，而是想让你把它带到丈夫的身边。当你把穿山甲带给灵媒之后，灵媒就会把它煮熟吃掉。我也觉得这不太合理，不过我又凭什么批评人家呢？

如果再不尽快采取措施，这种全世界防御最完美、鳞甲最坚硬的哺乳动物就要消失在人们的视线当中了。威廉·比贝似乎早已看穿一切，他诙谐地写道：“穿山甲的肉太难吃了，里面含有大量甲酸。”也许是他的口味太奇怪了吧，他继续写道，“穿山甲会在地球上永远繁衍下去，除非人类持续主宰地球，把所有蚁穴都消灭干净。”蚁穴当然是消灭不干净的，这一点我们可以肯定，但人类会怎么做，我就说不准了。



冠鼠

问题：不是非洲所有的哺乳动物都能长出盔甲的。

对策：冠鼠会从嚼碎的毒树树皮中提取毒液，涂在一丛特殊的毛发上，让攻击者记住它们并非是唾手可得的美餐，还很有可能直接毒死攻击者。

有这么一种植物，堪称“东非死神”，那就是名为“辛氏长药花”（*Acokanthera schimperi*）的一种箭毒木，一位非洲植物学家告诉我，这种树也被称为肯尼亚的“国宝级毒木”，因为“任何用毒箭、毒矛或沾毒的陷阱、武器捕猎或御敌的人，都会使用箭毒树的毒液”。不同部落和地域之间，使用毒液的方法各有不同，但最终得到的结果都是一样的——死亡，干脆利落的死亡。“辛氏长药花”的毒液可以毒倒大象，非洲人会用6英尺（约1.8米）的长弓，搭上3.5英尺（约1.07米）的毒箭射向野兽，让猎物心脏衰竭而死。

现在你一定觉得，非洲的所有动物都会尽力避开箭毒树吧，但一种名叫“冠鼠”的啮齿动物是个例外。这种动物会用力啃噬箭毒树的树皮和树根，然后将其中的毒液涂抹在身体两侧特异的毛发上。捕食者只要咬上一口，毒液就能进入黏膜，直接让捕食者的心脏停工。

冠鼠的身体构造比较奇特。不同于一般的家鼠，冠鼠的皮毛蓬松，尾巴上也长有毛发，其身体两侧的特异毛发是黑白相间的，让它们具有和非洲艾虎有些相近的外貌。非洲艾虎和臭鼬长得非常像，它们甚至也进化出了臭鼬标志性的“臭气自卫术”。有科学家曾认为冠鼠的毛色是在模仿非洲艾虎，这样无须进化出臭腺也可以借用它们的“坏名声”了。但这个推论的问题在于，冠鼠只有在受到威胁时才会露出黑白相间的毛，其他时间，冠鼠体表的毛是一种整体发灰的颜色，因此“模仿论”应该并不成立。

冠鼠已经进化出独特的自卫方式。在露出黑白相间的特异毛发后，冠鼠会操纵特定肌肉，使这些毛发竖起，突出于其他毛发之上，这样它们就能使用其中的毒液了。也许这些特异毛发不像豪猪和刺猬的刺那么

坚硬、锋利，但它们自有独特之处。这些毛发都是多孔的筒状结构，里面有许多长纤维。这些长纤维好似海绵，可以吸收冠鼠混有毒液的唾液。用完这些特异毛发，冠鼠就会用普通毛发将这些“武器”盖好，人们猜测这是为了防止雨水将其中的毒液冲走。

非洲艾虎和臭鼬利用身上醒目的颜色警告捕食者不要招惹它们，而冠鼠则不同。它们在受到威胁时，会向捕食者亮出自己黑白相间的毛发，并转过身，让身体一侧面对捕食者，大概是在“邀请”对方咬自己一口。当然了，被攻击肯定不是理想情况，但如果被咬的命运在所难免，那还不如让捕食者咬在自己的毒毛上，这也证明了它们对毒液的生效时间信心满满。



不过，万一注射毒液失败，冠鼠也准备了其他几种御敌手段。或许冠鼠看起来毛茸茸的，但它们其实像橄榄球球员一样，颅骨有骨板保护，脊柱骨骼也很强韧，体表还覆盖着粗糙、紧实的皮肤。冠鼠的皮肤很糙，研究人员曾经检查过一只冠鼠的尸体，它生前曾被狗狠狠地撕咬过，留下了大片瘀青，但即便如此，它的皮肤也没有穿孔。这种动物已经进化出了能够承受重击的能力。

吃进嘴里的武器

冠鼠不过是借用植物的毒液罢了，在海中，有一种颜色艳丽的

海蛞蝓，名叫“大西洋海神海蛞蝓”（又名“蓝龙海蛞蝓”），能从人类最恐惧的海洋动物——僧帽水母身上借来武器（其实呢，僧帽水母和一般所谓的水母不同。僧帽水母属于管水母目，管水母目的动物都是由多个成员集成成的群体）。大西洋海神海蛞蝓不会直接把僧帽水母布满刺细胞的触手夺过来放在自己身上，相反，它们会直接食用僧帽水母的触手，然后不知道用什么办法，使刺细胞透过它们消化系统的壁，最后从皮肤上生出，随时准备给蠢到触摸它们的人以重重一击。当然，大西洋海神海蛞蝓不会真像龙一样喷出火来，这在海底还是挺难的，不过被它们蜇一下可是会很难过的。

狗好像对虐待老鼠有一种特别的偏好，就算它们对毒液一点儿免疫力都没有。狗袭击鼠类的记录不胜枚举，而且常常十分残忍。科学家在刚开始研究冠鼠的特异毛发时，曾记录过狗袭击冠鼠后的中毒症状：“从轻度共济失调、口吐白沫、疼痛，到器官衰竭、迅速死亡，死因明显为心脏衰竭。”有一些比较幸运的狗，在经历了痛苦的几周时间后，从昏迷中逐渐恢复了。至少有一只聪明的小狗，“我们认为它经历了濒死体验，最终活了下来，但之后它每次见到冠鼠都会表现出恐惧和厌恶”。

那么，既然箭毒树的毒性有目共睹，这就引出了另一个问题：如果别的生物遇到这种毒液都“见血封喉”，为什么冠鼠把毒液吃到嘴里没死呢？没人知道确切的答案，但线索可能就藏在冠鼠发达的唾液腺里。也许是因为冠鼠的唾液中含有某种对哇巴因（ouabain）免疫的蛋白质，而哇巴因正是箭毒树毒液中的毒性物质。按理说，冠鼠应该多少会吞下一些毒液，所以也许它们的消化系统也对哇巴因免疫。

令人汗毛直竖的经历

你知道为什么猫受到惊吓的时候会把全身的毛都立起来吗？它们是想让自己体形“变大”，以此来吓退入侵者。这种策略很聪明，而且我们人类也有因为曾经使用这种策略而留下的一些迹象——鸡皮疙瘩。人类从会使用同样策略的哺乳动物进化而来，当我们体内的肾上腺素飙升，体表细细的汗毛也会竖起。然而，天冷的时候人

也会有鸡皮疙瘩，这是为什么呢？可能是因为我们的祖先在天冷时也会使用类似的对策，让竖起的毛发阻隔一层空气，以更好地与外界冷空气隔开。至于鸡是不是也会使用同样的策略嘛.....人家的皮肤天生疙疙瘩瘩，你要人家怎样。

被吃掉你就输了，所以冠鼠进化出了如此富有创意的方法以避免这个结局。但进化是不会让你永远“占领高地”的。一种生物进化出防御手段，捕食者就会进化出应对之策，然后猎物再进化出更高级的防御，这样的博弈永无止境。说到底，谁都想生存下去。而说到吃，下一章我们要讲的这些动物，可一点儿都忍受不了饥饿。

它们是地球上最难满足的“大胃王”。

第六章

不吃饭你也活不好

在本章中，小猴子的手指比人类的还灵活；小甲虫跑得太快以致失明。

当然，在捕食关系中，除了猎物还有另外一方——捕食者。想想看，1英尺（约30.5厘米）长的大蜗牛是必须得吃东西的，哪怕把迈阿密吃成荒地它们也不在乎，海底的一种虾也一样（不是都要吃掉迈阿密，是都要吃东西），所以这种虾就进化出了足以砸碎牡蛎壳的攻击能力。想象一下，这是虾界的拳王泰森，只不过多了几条腿，脸上没那么多文身罢了。



非洲大蜗牛

问题： 蜗牛吃东西不仅是为了填饱肚子，更是为了增强外壳。

对策： 非洲大蜗牛的饭量大到足以吃光一大片植物园。它们曾入侵美国的佛罗里达州，在摄取不到足够的钙来增强外壳时，居然在大片房屋外墙的灰泥上吃喝拉撒。

我先申明：本人对佛罗里达州没有任何成见。我去过那里一次，天气好极了。但佛罗里达.....确实是个诡异的地方。再说一遍，我没有成见，也不是怕我的书在那里卖不出去才强调的。不过无论何时，你要是听说有人假扮警察未果，还把裤子脱了露出屁股，试图从快餐店里骗点儿免费食物，你一定会想：“哦，是佛罗里达，肯定是。”而且还真是这样（2014年1月发生在奥兰多）；或者有人拨打911报警，只是想查一下自己的税单，嗯哼，也是在佛罗里达州（同年的一个月后发生在圣彼得堡市）；又或者，1英尺（约30.5厘米）长的大蜗牛入侵城市，连建筑物都吃，也只能是在佛罗里达——我没有成见。

佛罗里达的“蜗牛危机”非常严重，非洲大蜗牛在这里已经成了入侵物种，它们在佛罗里达生活得非常滋润。和使用生殖器“击剑”的海扁虫一样，它们是雌雄同体的，因此，一只性成熟的非洲大蜗牛可以和其他任意一只性成熟的非洲大蜗牛交配。交配完毕，它们将各自产下多达400枚卵。算下来，在每只蜗牛10年的寿命中，每年可以产1200枚卵。更可怕的是，非洲大蜗牛还能将伴侣的精子储存在体内长达两年，让一批又一批卵细胞受精，在这场危机的火上又浇了一把油。

我曾用盐袭击过蜗牛，我很抱歉

如果你小时候和我一样无知，把盐撒到蜗牛的身上，还喊道：“我要融化啦！”那是因为你太无情，而且完全不懂这种不被称道的行为是错误的。首先，这种行为很残忍，我很抱歉。而且，其

实，盐并不会让蜗牛“融化”。蜗牛身上冒泡是因为盐让它们体内的水全部析出了。我再次为可怜的蜗牛感到抱歉，也为这种恶劣的行为感到遗憾。

“蜗牛危机”在佛罗里达尤为严重的原因在于，这里没有它们的天敌。而且，非洲大蜗牛身形庞大，本地其他蜗牛完全不是它们的手。所有的植物非洲大蜗牛都吃，对它们来说，仅佛罗里达一个州就有超过500种美食，这让园丁们头疼不已。如果你想让庭院里有一丁点儿绿色，它们都会成为你的噩梦。另外，非洲大蜗牛巨大的壳硬到足以扎破汽车轮胎，如果它们被卷进割草机，壳的碎片就会像弹片一样迸溅而出。蜗牛壳并不会自己变硬，所以非洲大蜗牛必须吃掉它们能遇到的一切含钙物质。也就是说，除了毁掉你种的蔬菜，非洲大蜗牛甚至还会围攻你家房子，咬掉墙上富含钙质的灰泥，因为灰泥的原料是石灰，也就是氧化钙。这种蜗牛连水泥都吃。如果在人为控制的情况下，不提供足够的钙，它们甚至还会吃掉同伴的壳〔非洲大蜗牛有舌头，称为“齿舌”（radula），上面长着小而坚硬的牙齿，所以它们不需要咀嚼植物或者建筑物，而是用舌头一点点研磨食物〕。

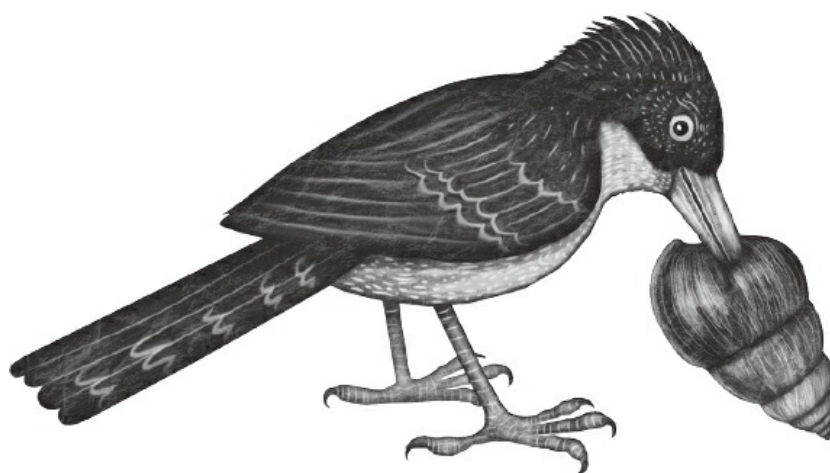
佛罗里达的局势十分紧张，但那里已经不是第一次被这种蜗牛入侵了。早在1966年，一个从夏威夷度假归来的家庭悄然多了一些成员——家里的小儿子偷偷带回来3只非洲大蜗牛，并将它们交给了奶奶。奶奶随后把这些蜗牛在后院放生了。自那之后，非洲大蜗牛种群爆发了。随后10年，州政府花费100万美元，消灭了1.8万只蜗牛。“蜗牛危机”平息了——暂时的。

时间快进到2011年9月，第二次“蜗牛危机”。迈阿密的一名地产商首先发现了非洲大蜗牛的身影，自那之后的仅仅6个月时间里，州政府就处理了4万只蜗牛，比第一次危机10年里消灭数量的两倍还多。3年后，蜗牛的数量暴涨到了14万只。公平地讲，州政府已经采取了有效的措施，非洲大蜗牛几乎被控制在迈阿密-戴德县^[2]区域内。州政府还发起了一次大型公共宣传活动，做了一张传统通缉令式的海报，把非洲大蜗牛的照片摆了上去。虽然“通缉令”上没有提到悬赏，但宣传活动似乎收效显著。幸好州政府成功发动了群众，不然受损的将是全州数十亿美元的农业产值。如果非洲大蜗牛突破了迈阿密-戴德县，也将酿成重大

灾难，几乎所有东西都在它们的菜单上，其中也包括广受喜爱的佛罗里达柑橘。

第一步：敲开蜗牛；第二步：建起家具

非洲大蜗牛也许在佛罗里达没有天敌，但在巴西，有一种叫“大蚁鵙”的鸟，会用一种奇特的方式控制这一入侵物种。大蚁鵙会叼起幼年的非洲大蜗牛，将蜗牛带到自己最喜欢的石头旁边，然后叼着它们不断在石头上砸。这是鸟类使用工具的一个典型案例（乌鸦会使用更大的工具帮它们凿开食物——它们会把核桃摆在马路中间，让汽车帮忙）。要我说，大蚁鵙太厉害了。我虽然长了颗人类的大脑，可连拼装宜家家具都费劲，就算说明书上有小插图也不行。



再让我告诉你谁在利用非洲大蜗牛找麻烦吧——那些举办特定宗教仪式的人，他们可能也是从根本上造成佛罗里达第二次“蜗牛危机”的罪魁祸首。据说，一个男人将非洲大蜗牛私自带入美国，并养在他家后院的一个盒子中。仪式上，他活活切开了蜗牛的身体，让他的信徒们喝下了蜗牛的体液。其结果是可以预见的——他忠实的追随者们都感到了严重不适。《迈阿密先驱报》（**Miami Herald**）的报道称：“（病人们）体重减轻，腹部生出了多个肿块。”但这些症状其实都算轻的，非洲大蜗牛能够携带致命的鼠肺线虫，这种寄生虫能穿透人脑组织，让人瘫痪、失明，甚至死亡。

综上就是一群傻子玩弄非洲大蜗牛，最终让所有人跟着受苦的故事。



指猴

问题： 蛴螬富含蛋白质，不过，这种小肉虫能钻进树枝里面，好好保护自己。

对策： 这种令人难忘的狐猴名叫“指猴”，它们进化出了河狸一样的牙齿，能咬透木材，还有超长的手指，能把小虫子挖出来。

达尔文出版《物种起源》八个月前，才华横溢的英国解剖学家、著名的怪老头儿理查德·欧文（Richard Owen）收到了一封信，信封上的头衔是英国驻毛里求斯的殖民总督。这位总督在离开英国前，曾答应过要寄给欧文一些有趣的博物学标本。在信中，总督写道，他从附近的马达加斯加岛上得到了一个奇怪的东西——指猴。指猴的英文名字为“aye-aye”，取自当地人见到它们时吃惊的叫声。它们是狐猴类中很特别的一种，体形如猫、耳朵巨大，“门牙大得像小河狸”，还有“又细又长”的中指，“只有其他手指的一半粗细，看起来就像弯曲的电线”。接着，总督表明他为了抓住它付出了许多辛苦，“指猴在马达加斯加岛备受崇拜，如果当地人触碰了指猴，他一定会在一年内死去，因此获得一只标本是很难的，我给他们10英镑才让他们克服这种顾虑”云云。

总督将这只指猴养在了一个木头笼子里，一并发进去的还有几根内藏蛴螬的树枝。指猴对这些树枝很有兴趣。它仔细检查着树枝，把大耳朵凑过去仔细倾听，然后“好奇地用手指不断敲击树皮，就像一只啄木鸟，但比啄木鸟弄出的声响小多了，偶尔还把细长的中指塞进虫子蛀出的小洞，像医生拿着探针检查病人一般”。指猴敲击树皮是为了惊动其中的蛴螬，然后再细听里面传回的动静。蛴螬会在树枝里钻得更深，但最终指猴总能成功抓住猎物。它会先把洞口处的树皮咬掉，再用又细又长的中指伸入其中，将深处的蛴螬抠出来。

不如跳跃

在东南亚的一些岛屿上，生活着另外一种手指高度特化的灵长

类动物。眼镜猴是一种夜行动物，体形很小，大约只有你的手掌大，但它们同时也是食量极大的捕食者，能在树丛间来回跳跃，捕食昆虫。眼镜猴的手指和指猴相似，也是又细又长的，但它们的手指前端长有肉垫，能帮助它们紧抓地面——这还不算什么。除了特化的手指，眼镜猴还长有长长的跗骨，也就是脚踝处的骨骼，因此它们也得到了“跗猴”的别称。加长的跗骨让眼镜猴一跃的距离可以达到不可思议的15英尺（约4.6米），相当于一个6英尺（约1.8米）高的人类跳过180英尺（约54.9米）的距离。我觉得要是你的话，你着陆时肯定抓不住地面。

按照这个食谱（配以海枣作为零食——我猜是为了补充纤维素吧），总督一直养活着这只指猴，但它最终还是“越狱”了，具体原因总督在信中没有写明，也许是指猴咬断了木头笼子，也许是其他什么原因。不过总督很快就把它抓了回来，并遵照欧文的指示，将它“用氯仿杀死”。他描述道：“指猴的动脉被注射了氯仿，颅腔外露，腹腔和消化道内注射有酒精。最后，它整个被泡进了一桶无色酒精。”总督就这样把指猴尸体送给了欧文，于是后者就这种马达加斯加岛珍奇物种写了份70页的解剖报告。

欧文是达尔文的劲敌之一。他是个脾气古怪的老头儿，也是维多利亚时代保守思想的拥护者，十分厌恶自然选择的思想，坚信某种更高级的力量“设计”出了每种生物，并为其“安排”了特定的生态位。而且，他经年累月的坏脾气，以及不堪入目的长相，都不利于这位科学家挽回颜面——他长得简直就像西方坏女巫和吝啬鬼克鲁奇^[3]的爱情结晶（达尔文的一位忠实拥趸——托马斯·亨利·赫胥黎（Thomas Henry Huxley）曾和欧文公开叫板，管他叫“笨蛋”。可以说，欧文和赫胥黎积怨颇深，在一次科学家间的重要会议上，欧文称人类与大猩猩关系遥远，人类不可能由猿类进化而来，因为只有人类的脑内才有海马体——这当然是错误的）。达尔文发表《物种起源》后，欧文还匿名写过一篇评论，极尽批评嘲讽之能事，后来达尔文在自传中表示，只当他是嫉妒罢了。

公正地说，不论有多反对达尔文，欧文也有自己的一套不太成熟的“进化论”。而且讽刺的是，欧文提出他最伟大的观点要比达尔文提出自然选择学说更早，他的观点还成了达尔文进化论的一个参考。欧文认

为，指猴的手指并不应该仅仅被认为是灵长类动物的手部变形，而应该是哺乳动物的手部变形，因为造物主在“制造”所有生物时使用的都是同一张蓝图，这位解剖学家把这张“蓝图”称为生物的“原型”（archetype）。他的发现其实是后来达尔文提出的共同祖先理论的一部分，也就是说，指猴的手指和人类的手指如此相似，是因为很久以前我们拥有一个共同的祖先，而这个祖先也有相似的手。在各自进化的过程中，指猴逐渐朝着某一根手指变长的方向进化着，而我们则倾向于让所有手指的长度相对一致。

伸得可真够长的

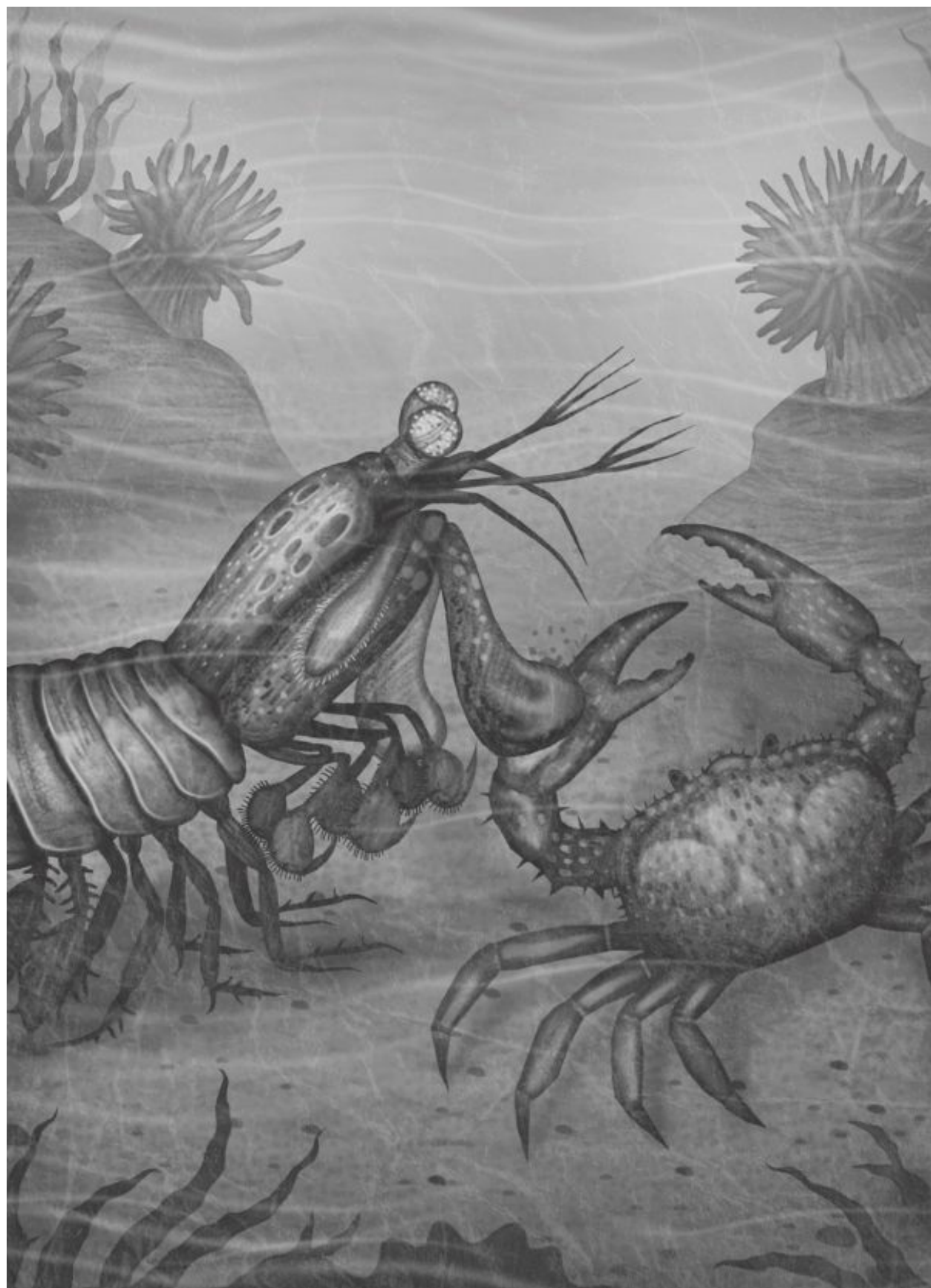
历史上另一个错误的“进化论”来自法国博物学家让-巴蒂斯特·拉马克（Jean-Baptiste Lamarck）。拉马克早于达尔文提出了关于生物进化的理论，称生物能够在生活的过程中获得新的性状，并可以将这些性状遗传给后代。根据他的理论，长颈鹿的长脖子是由于它们伸长脖子去够高处的树叶，因而刺激了某种“神经液”（nervous fluid）向颈部集中分泌而进化出来的。而事实是，“长颈”性状的变异基因使得长颈鹿可以够到别人吃不到的树叶，增加了生存的机会，也就增加了传递“长颈”这个性状对应的基因的机会。不过，拉马克同时提出，生物不再使用的器官也将会逐渐退化，这倒是正确的，实例就是裸鼹鼠的眼睛。

但问题是，指猴为什么会进化成这个样子呢？这个问题的答案，也可以用来解释为什么马加平尾虎会长相如此可怕，尾巴为什么长得像树叶。当马达加斯加岛漂离大陆时，岛上的生态系统发生了巨大的变化。岛屿出现地理隔离后，岛上的动物占据了所有可利用的生态位。以指猴为例，它们捕食藏在树枝里的昆虫，占据了通常啄木鸟担当的角色（在地球另一端的巴巴多斯，有另一种有趣的动物——细盲蛇。细盲蛇会捕食蚂蚁，这通常是无脊椎动物，比如蜈蚣的角色。将耗时长久的进化过程飞速快进，这就是强制隔离的力量）。由于指猴没有鸟喙帮忙啄开树皮，它们只得使用灵长类动物变形的工具——灵巧的手指以及啮齿动物般的大牙来帮忙。指猴的牙齿很硬，人工饲养的指猴甚至能咬穿煤渣砖。而它们的手指有多灵巧呢？在指猴的中指里包含一个类似人类肩关

节结构的球窝关节，这个关节让它们可以在插入蜥蜴巢穴后自如地转动手指。

指猴是自然选择的强大力量以及各种生物间存在内在联系的有力例证。想象一下比人类和指猴的共同祖先更早的时代，几亿年前，早期鱼类进化出了手状鳍，并利用这种鱼鳍爬上了海岸。鱼鳍进化的原因，很可能是躲避水中的捕食者。这种鱼鳍就是生物进化的“蓝图”。早期鱼类后来进化成了各种各样的四足动物，即今天地面上的所有脊椎动物，包括两栖动物、爬行动物、哺乳动物和鸟类。虽然各种动物的形体不同，但这张“蓝图”却始终保存着。群织雀的“鱼鳍”就是它们的翅膀，宽足袋鼯的“鱼鳍”是爪子，人类的“鱼鳍”就是手，指猴的“鱼鳍”是高度特化用来捕食蜥蜴的手——因为我们都是从一个共同的鱼类祖先进化而来的。

虽说欧文是个奇葩，不过他却也提出了一个正确的观点，不管他的观点是不是碰巧说对的——生物的进化确有“蓝图”，自然选择的力量将这幅美丽的“蓝图”一次次地修改，以解决各种生物遇到的问题。你、我、吝啬鬼克鲁奇、指猴、负子蟾、倭狨，我们都是同一个鱼类祖先为各种目的精心雕琢之后的产物，“鱼鳍”就是我们的内在联系。



虾蛄

问题：各种海底生物都长着硬壳，需要合适的工具才能吃到它们。

对策：虾蛄进化出了锤子般的螯，能够迅速打击猎物。虾蛄的出击异常迅猛，能够将周围的海水瞬间加温至太阳表面的温度，一击即可击碎贝类和螃蟹的外壳。

生物学家林赛·多尔蒂（Lindsey Dougherty）专注于研究一种“迪斯科蛤”（disco clam），因为，这可是一种很酷的蛤蜊。这种蛤蜊的套膜会闪光，光线花哨，频率极快，乍看之下你可能会以为它们会自发光，就像鮫鰐头部前端的诱饵一般。但事实上，“迪斯科蛤”的套膜结构特殊，对光线的反射能力很强，能够将强光反射进观者的眼睛。多尔蒂猜想这种“灯光秀”是用来吓退捕食者的，于是她就找来了一只面目狰狞、脾气火爆的动物，期待见到蛤蜊更加高频的闪光。

她找来了一只虾。

嗯，这么说可能有点儿误导读者。虽然看起来像虾，但虾蛄不是虾，而属于甲壳动物分类下的另一个目——口足目（Stomatopoda）。但其他的形容都是真的——虾蛄的确脾气火爆，且攻击力极强，绝对不好惹，“拇指收割机”这个外号可不是白得的。

根据多尔蒂的录像显示，虾蛄先是慢慢接近蛤蜊，抓住它，想要撬开蛤蜊的壳，但突然，虾蛄退缩了。过了一会儿，虾蛄再次接近，又退缩，然后又接近，又退缩，最后不知什么原因，虾蛄停下了动作，可随即又打起了精神，把蛤蜊背到了背上。要我看，是这只虾蛄太失望了，完全不想接受现实——它居然遇上了一个它杀不死的东西。其实，很可能是由于“迪斯科蛤”浮动的触手里含有硫，这些硫产生了某种影响，导致了这个结果。一般来说，如果虾蛄遇上了身形相差不悬殊的对手，那么极有可能虾蛄能够把对手肢解。“迪斯科蛤”这回事嘛……只是个意外。

虾蛄分为两类——穿刺型和锤击型，这两类虾蛄可以靠其面部下方的“攻击武器”来区分。虾蛄有个俗名叫“螳螂虾”，这个俗名正是来自第一类虾蛄。“穿刺型”虾蛄有两只尖刺状的螯，看起来和螳螂的前肢很像，只不过颠倒过来了（这种虾蛄从底部向上攻击，捕获猎物，抓住猎物的方式就像你用前臂抱起一捆柴火）。“穿刺型”虾蛄一般习惯在沙子里挖洞生活，对经过的小鱼进行“闪电快攻”，速度之快肉眼几不可见。得手后，它们就会退回巢穴，身后只留下一片银色的“鱼鳞之雾”。“穿刺型”虾蛄的动作太迅速，以至于研究虾蛄的世界级专家希拉·派达（Sheila Patek）都没办法把它们的出击场景录下来，因为她供职的大学没有足够高级的相机，她的相机每秒拍摄的帧数不够。最终，还是一个BBC摄制团队的出现为她解了围——派达说服摄制团队借给了她一台足够拍摄虾蛄出击场景的全新摄像机，而她则以为他们提供故事脚本作为回报。

攻击小猫也可以，前提是它们干了坏事

甲壳动物，比如虾蛄，常常被人认为是水生动物，但其实这个分类之下也有不少是陆生的物种。常见的鼠妇，或者叫潮虫，或者也可以叫其他什么你喜欢的叫法——其实就是一种甲壳动物。还有陆地上体形最大的甲壳动物——椰子蟹。椰子蟹是一种寄居蟹，但却不用寄居在螺壳中，因此它们可以长到3英尺（约0.9米）长，10磅（约4.5千克）重。椰子蟹的双螯非常有力量，甚至可以剥开坚硬的椰子壳，“椰子蟹”的名字也正是因此而来。在椰子蟹栖息的太平洋小岛上，它们也经常攻击……小猫。我也不想告诉你们这个的，不过谁知道呢，也许是那些小猫干坏事了呢。人嘛，总要往好处想的。

不过，看似更加不可能的还要数“锤击型”虾蛄的出击。“锤击型”虾蛄的出击，从原理上讲非常简单——在虾蛄螯的顶端，有一个膜结构的凹陷，这个凹陷弯曲呈鞍状，作用相当于一个弹簧。当虾蛄收缩螯部的大块肌肉时，其螯部前端的“锤子”也会随之收起，“弹簧”被压缩，此时，螯内部的一个类似门闩的结构将就位。这个“门闩”顶住了螯部肌肉收缩时积攒的巨大能量。一旦“门闩”打开，“弹簧”就会弹开，推动“锤

子”以每小时50英里（约80.5千米）的速度前进。在水中，这个速度是非常惊人的，遭遇这种攻击的结果也往往是毁灭性的——蛤蜊外壳会被击碎，更脆弱的动物，比如螃蟹，通常就直接“粉身碎骨”了。而且，“锤击型”虾蛄常常会首先攻击螃蟹的大螯，不给猎物徒劳的自卫留下任何机会。

在研究中，派达意识到，虾蛄的攻击可能已经超越了人类技术。当她准备测量“锤击型”虾蛄的攻击能带有多大的力时，竟然发现买来的测量工具刻度不够。她的仪器最高只能测定到100磅，而虾蛄的“锤子”可施加的力要超过200磅（约889.6牛顿）。等派达终于换上合适的工具，得到数据后，却又发现了一件怪事：在初始的峰值出现仅约1秒后，数据中又出现了第二波峰值——这是由空穴现象形成的气泡导致的。和鼓虾一样，“锤击型”虾蛄的出击快速到使水流产生了这些具有高度破坏性的气泡。气泡在猎物身上扩散、爆开，除了形成冲击波，更将周围的水温瞬间升高至太阳表面的温度——将近10000华氏度（约5537.8摄氏度），还形成了一瞬的闪光。虾蛄的攻击可谓“一次发力，两次效果”，既有第一次的强力打击，又有紧随其后的气穴气泡打击。

你也许会想，如此强力的锤击对武器本身的破坏其实也很大——你是对的。派达甚至见过已经磨损到肌肉的“锤子”（我要重申，这种动物光看着就很恐怖，更别提它们时刻都填不饱的肚子了）。不过，作为节肢动物（具有外骨骼，以及其他一些重要特征的一类无脊椎动物的总称）大家庭中的一员，虾蛄也可以脱掉“盔甲”，再长出新的，并换上亮闪闪的新“锤子”。当然，等待新生的外骨骼变硬的这段时间很危险，但虾蛄还可以吓唬入侵者。如果这段无法出击的时间真的遇上了威胁，它们就会挥起“锤子”，希望捕食者能“闻风丧胆”。

蚂蚁变身爆米花

如果你想要在动物界寻找最快速、最强力的攻击能手，希拉·派达是你一定要拜访的科学家。除了虾蛄，派达的另一个研究对象是锯针蚁。和“锤击型”虾蛄类似，锯针蚁也使用锁闭机构的原理来“锁住”大颚，积蓄巨大的能量。锯针蚁的颚上有特殊的毛发，当这些毛发扫到猎物时，就会触发攻击，将猎物狠狠咬住，或者投向空中。当锯针蚁遇到威胁时，它们甚至还会把这种武器用在自己身上——

通过对地面触发大颚的攻击，锯针蚁能将自己弹射起来，翻着跟头让自己远离危险区域。如果你在蚁穴内侵犯任意一只锯针蚁，整个种群就会一齐弹射起来，那样子就像你引爆了一大锅爆米花似的。

说真的，节肢动物有在海里游的、在天上飞的，也有在地上跑的，但它们身上的外骨骼真的可以说是“神通广大”的工具。外骨骼让虾蛄有肉吃，还能在“胳膊”磨损之后换上新的，为它们抵御捕食者和自然环境提供了武器。在之后的章节中，我们还能看到外骨骼帮助甲壳虫以及其他一些动物征服地球的故事。外骨骼形成的贝壳能带上各种颜色，帮助动物们吸引异性进行交配，或者向饥肠辘辘的捕食者宣告自己有毒。外骨骼还能变成各种各样古怪的身体结构，而我们哺乳动物，则只能依靠自己的血肉之躯。

我并不是说哺乳动物低人一等。从某种程度上讲，由于外骨骼有越变越重的趋势，因此便会阻止节肢动物长得过大，而脊椎动物依靠内骨骼支撑身体，因此体形可以很大。这不过就是进化给了无脊椎动物和脊椎动物不同的礼物罢了。我们得到了灵光的大脑，虾蛄有了它们独特的武器，说实话，我觉得没什么不好的。毕竟，强壮到一把击碎蛤蜊的壳貌似也挺难的吧。



食骨蠕虫

问题：深海的海底荒芜凄凉，食物极其短缺。

对策：一种蠕虫学会了钻进沉入海底的动物尸骨，在一种友好的细菌的帮助下分解、消化其中的营养。

生物以各种复杂的方式依赖着阳光。首先与阳光产生联系的生物是植物，植物进行光合作用，将阳光的能量引入食物链，传递给吃植物的昆虫，昆虫传递给吃昆虫的鸟类，鸟类传递给吃鸟类的哺乳动物。

对海洋生物来说，情况也是一样的。浮游植物群浮在水面上，吸收着太阳的能量，浮游动物吃掉浮游植物，然后鱼类吃掉浮游动物，能量逐层向上传递。不过，食物链上的任何生物都会有一个共同的结局，那就是“大限将至”，沉入无底的深渊，变为一团废弃物，最终成为海洋雪（marine snow）的一部分。“海洋雪”这个名字听起来祥和安逸，但其实就是各种生物的尸体。在海洋的各个深度上，都会有守株待兔的动物以下沉中的海洋雪为食，因此只有很少的营养物质能够沉降到海底。海底的海洋雪中营养极其匮乏，假如一头鲸鱼死亡并几乎完整地沉降到底（它在下沉过程中也会遭到各路“投机者”分食，但一大头鲸鱼在沉底前不至于被吃光），那头鲸鱼尸体能为海底生物提供的食物甚至可以相当于海洋雪几千年来积攒的营养总和——这正是海床上那些饥肠辘辘的食腐动物苦苦等待的机会。这些“海床清道夫”会把巨大的鲸鱼吃到只剩骨头，然后还不罢休——有一种生物，甚至连骨头都不放过。

食骨蠕虫属（Osedax）的动物外形很漂亮。每条食骨蠕虫约1~2英寸（约2.5~5厘米）长，拥有白色、管状的身体，顶端长有红色或粉色或橙黄色的流苏，这是一种触须状的结构，用于吸收氧气。但食骨蠕虫真正的神奇之处在于你看不到的地方。食骨蠕虫的胃深入鲸鱼的骨头当中——准确地说，应该是行使着胃功能的器官。这种蠕虫没有口腔，也没有肠，它们会“扎根”在骨头中间，根据具体种类的不同，在骨头中形成简单的球状，或细长卷曲的芽状结构。这些“根”能够释放大量的酸。

在它们的“根”结构中，还住着一种共生细菌，这种细菌能够让骨头中的脂肪和蛋白质被食骨蠕虫的身体组织吸收，并转化成能量。在这个过程中，食骨蠕虫要做的就是安静地待在原地，让细菌放手劳作。通常情况下，食骨蠕虫会成群结队地覆盖在骨头表面，轻轻摇摆着，看起来就像一棵棵靠地下水维生的小树苗。作为回报，它们能为体内的细菌提供一个温暖的家。

食骨蠕虫：搞坏了1亿年历史的化石

化石的形成其实要求非常高，所有的环境条件都必须正合适才可以。尸体刚好被泥沙掩埋？这是个有利条件，但你还得祈祷尸体石化之前别先被食腐动物给肢解了。身体柔软的动物，比如各种蠕虫，尤其难以石化，但这并不是说它们无法留下存在过的痕迹。举例来说，科学家曾发现海龟和蛇颈龙（就是那种脖子超长的水生爬行动物）的化石骨骼被钻出了好多洞，这表明黏糊糊的食骨蠕虫自己无法变成化石，却在至少一亿年的时间里一直在阻碍别人的骨头变成化石。噢，我用科学家的话重新说一遍：“食骨蠕虫也许对水生脊椎动物的化石形成有十分显著的负面影响。”这么说听起来学术多了。

说出来可能吓你一跳，其实吃骨头并不是什么值得大惊小怪的事。鬣狗的下颌很强健，它们也会把猎物的肋骨咬下来吃，就跟你我咀嚼芹菜梗一样简单。食骨蠕虫进食骨头的方式才是它们在动物界独一无二的原因——没有任何其他动物这么进食了，更别提这还是这种动物唯一的一种进食方式。对鬣狗来说，骨头相当于吃饱一顿肉食之后的餐后甜点，但食骨蠕虫只有骨头。它们的食谱上只有骨头溶解液，日复一日，每天如此，而且有骨头吃都算幸运了——两头鲸鱼相继死亡的概率极低，就算有也不可能沉底在同一个地方，因此食骨蠕虫一旦找到鲸鱼骨头就会安定下来，把自己永久挂在骨头上，食骨度日。

然而这种定住不动的生活方式又会给交配造成麻烦。更令人摸不着头脑的是，科学家一开始竟然只在鲸鱼骨上发现过雌性食骨蠕虫。所以……雄性都去哪儿了？直到把雌性解剖开来，科学家才发现，原来体

形微小的雄性都藏在雌性体内。在雌性体内的雄性可以多达100条，每条都只有雌性体长的十万分之一。说实话，这些雄性食骨蠕虫就是个包裹着精子和营养物质的袋子。它们无法进食，终生靠出生时带来的那点儿营养过活，在营养逐渐消耗的同时为异性提供精子，直到精子用光，补给吃完，整个身体都被掏空为止。

不过，在这种情况下，雄性食骨蠕虫到底是怎么找到雌性的呢？科学家发现，食骨蠕虫的幼虫会随着洋流不断漂流，只有在降落到雌性身上的时候，才会发育为雄性。那些降落到骨头上的幼虫，就会把自己固定在骨头上，并发育为雌性，将来长大成为成熟又可爱的蠕虫模样，等待着“准雄性”的降临。当雄性与雌性相遇时，两者的配子就会融合，雌性随即产下后代，让后代继续随洋流远去。由此，食骨蠕虫得以遍布整个海床。这整个过程听起来挺复杂的，但从生物进化的角度看却非常合理。雄性食骨蠕虫无须进食，因此不用担心和雌性争夺海床上短缺的食物，永久和雌性相依为命，又能保证它的基因传递。食骨蠕虫的繁殖过程与同样会改变性别的缩头水虱，以及生活在深海的鮫鰈都非常相似——雄性不进食，而且在发现雌性后就一把抓住，绝不松手。

为爱而死

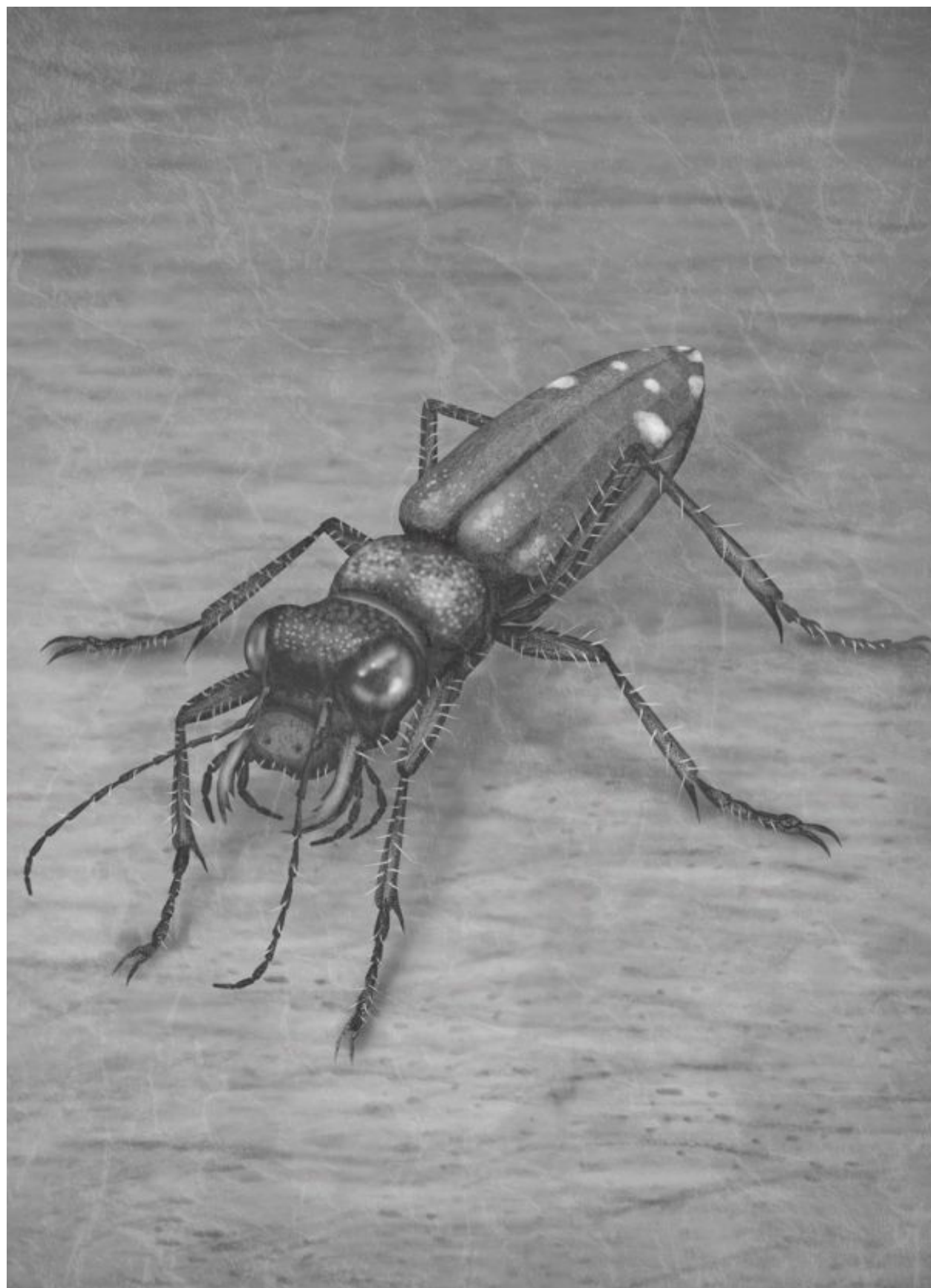
终生留在伴侣体内听起来还挺惨的，但雄性食骨蠕虫的处境真算不错的了，动物界还有好几位，为了交配得赔上自己的性命——我的意思是，雌性会把它们吃掉。一种理论认为，通过吃掉雄性，雌性可以获得产卵所需的宝贵营养。也就是说，雄性的死亡换取的是基因传递成功率的提高。事实上，一项关于螳螂的调查显示，身体状况差的雌性比健康雌性更有可能吃掉伴侣，而吃掉伴侣后的雌螳螂产下的卵更重……还能大大减小雄性悔婚的概率。

奇怪的是，有一种特殊的食骨蠕虫——“殖神食骨蠕虫”（*Osedax priapus*），它的繁殖方式和它的同类不一样。殖神食骨蠕虫的雄性个体和雌性个体体形接近——雄性只比雌性小3倍，和同类动辄10万倍的体形差相比相差悬殊，而且雄性也不会依附于雌性，它们会把身体拉长，直接将精子“递给”相邻的雌性。那么，为什么殖神食骨蠕虫与其他种类

不同呢？原因可能要归结于它们的体形比同类小。其他种类的食骨蠕虫，雄性个体变小的原因也许是对食物的竞争——殖神食骨蠕虫完全依靠鲸鱼骨生存，所以如果雄性不参与竞争，那物种的生存概率将大大上涨。但殖神食骨蠕虫的体形太小了，相比之下对食物的竞争就不算什么问题了。其他种类的雄性与雌性融合能保证交配成功，但若雄性体形不变得这么小，它们就也能在骨头上大快朵颐，为产生精子积蓄更多能量。再说，它们也可以与多只不同雌性进行交配，不用终生把自己奉献给一个伴侣。

总结一下，整个故事的开头就是太阳为食物链提供了初始能量。浮游动物吃掉了以太阳为能源的浮游植物，食物链顶端的鲸鱼吃掉了浮游动物，然后鲸鱼死了，沉入海底，又成了海底生物的食物。食骨蠕虫发现了鲸鱼的尸骨，生下了小幼虫，然后小幼虫又找到了雌性食骨蠕虫，然后周而复始，为它们的孙辈们留下了一段佳话。

哦不，这个故事好像不太适合讲给孙辈们听，还是算了吧。



虎甲

问题：猎物们都跑得很快啊。

对策：虎甲靠迅捷的速度傲视群雄。不过它们跑得实在太快，会导致瞬间失明，所以每跑一段就要停下来重新导航。它们可以说是永远填不饱肚子的顶级“冲刺能手”。

1858年10月，也就是阿尔弗雷德·华莱士周游东南亚列岛的第4年，他来到了一小片林中空地。在那里，他与各种动物来了一次白雪公主式的偶遇，尤其是和各种甲虫——象甲、天牛，还有好多漂亮的金色甲虫……太多了。华莱士后来回忆道：“我沿着小路行走，它们成群结队向我冲来，让我周围充斥着嘈杂的嗡嗡声。”和所有上进的博物学家一样，之后的三天时间里，他再次回到那片空地去采集标本。就在那一小片林地中，华莱士一共采集到上百种甲虫的标本。

我给你个数据吧：四分之一。这不是地球上无脊椎动物所占的比例，也不是所有无脊椎动物中昆虫所占的比例，而是地球上的所有动物中，甲虫类所占的比例——整整四分之一。在动物界中甲虫的数量占有绝对的优势地位，所以华莱士能一下子遇上那么一大堆甲虫似乎也就不足为奇了。有的甲虫长得像一辆小坦克，有的甲虫会把动物粪便团成球，然后以此为食（因为……总得有人干这些事吧），还有的甲虫是动作迅猛、力量强大的杀手……但所有甲虫中的王者还要数虎甲。这种甲虫长有颇长的大腿，追捕猎物的速度快到眼睛都会失明。

我要是直接告诉你以下这些数据可能不太好：在2700种虎甲中，动作最快的是一种澳大利亚的品种，经测算，这种虎甲每小时能跑5.6英里（约9.0千米）。这个数字听起来也没什么了不起的，但你要知道，英国心脏基金会（British Heart Foundation）曾推荐“健康状况极佳”的人行走锻炼时的步速控制在每小时4英里（约6.4千米），而行走步速的平均值则为每小时3英里（约4.8千米）。所以下次你在散步的时候，可以想想一只四分之三英寸（约1.9厘米）长的甲虫的速度都比你快。如果让你们同时跑步1秒钟，虎甲可以跑过125个身长的距离，而你连自己身

高的距离都跑不完。即便是在马力全开的情况下，跑步速度最快的人类也只能在1秒内跑过6倍身长的距离，相比之下猎豹为16倍。考虑到虎甲的体形那么小，它们的速度简直快到了难以想象的程度，如果换算到人类的身上，就相当于一个人在以每小时480英里（约772.5千米）的速度冲刺。

展开双翅，释放魅力

到底是什么原因让甲虫家族如此繁盛呢？在很大程度上，这与它们翅膀上的那层甲壳有关。那层甲壳被称为“鞘翅”（elytron），其实是变了形的前翅，用于覆盖起飞行作用的后翅。瓢虫起飞前要先把带斑点的甲壳翘起来，这个场景你一定不陌生吧？那就是瓢虫的鞘翅。对那些不会飞的甲虫来说，鞘翅就相当于一层盔甲。对生活在水中的甲虫来说，鞘翅可以贮存气泡，让它们在水下也可以呼吸，和水蛛呼吸的原理差不多。鞘翅还可以帮助生活在沙漠中的甲虫保持湿度。因此，鞘翅就好像超级英雄的斗篷，只不过原料不是布料，而是“背部高度骨化的角质层，和腹部相对较柔软的角质层”——听起来可比斗篷厉害多了。

虎甲的冲刺速度如此之快，以至于在追捕猎物的过程中，它们的眼睛根本无法收集到足够的光线，即便它们眼睛的敏锐程度在昆虫中名列前茅。因此，每隔一会儿，虎甲就需要停下来，重新对猎物进行定位，一般来说，这样的停顿会出现3~4次。虽说虎甲偶尔停步，但这跟它们的高速比起来根本不算问题。一旦抓住猎物，它们就会用巨大的顎把猎物牢牢抓住，然后撕成碎片。

不过，高速跑动时，虎甲并不能把注意力全都放在猎物身上，它们还要留神石头、树枝等障碍物，毕竟，要是在路上摔个倒栽葱可就不好办了。但研究表明，虎甲辨识环境并不完全依赖视力——它们还依靠伸向前方的触角来判断周围有无障碍物。夜行性的虎甲一般长有细长、卷曲的触角（蟑螂基本上也属于夜行性昆虫，不属于甲虫，但也使用这种方法感知环境），而昼行性虎甲（就是白天活动的虎甲），它们的触角是直的，略微向下倾斜。虎甲的这种习性很特别，我们一直以为只有夜

行性昆虫才不用眼睛，而使用触角来感知环境，但昼行性虎甲的速度使得它们必须依靠机械感觉（mechanosensation）弥补视觉的缺陷，就是说，它们也会捕捉环境中的机械信号。

你也许想问科学家是怎么做出以上研究的，其实，这个实验非常简单。研究人员将虎甲分为三组：一组为正常标本，一组的标本遮住眼睛，另一组的标本切断触角，然后将三组标本一起放置在一条有障碍的路径上，并设置摄像机，以每秒400帧的帧率进行拍摄。准备完毕后，研究人员用画笔轻触虎甲标本，催促它们开始冲刺。结果显示，被切断触角的虎甲多次撞上障碍物，而正常虎甲和被遮住眼睛的虎甲均表现出色。实验录像证明，触角是虎甲躲避障碍的关键。若触角与障碍物有所接触，触角就会暂时被折弯，让虎甲探测到障碍，改变路径，触角随即回复原位。因此，在野外，即便是昼行性虎甲也会有和夜行性同类相似的习性，只不过遮蔽它们视线的不是黑夜，而是高速。

一只被拉长的动物

蛛形纲的动物都没有触角，但有一类长相可怖的动物明显不这么认为——鞭蛛（准确地说，鞭蛛不属于蜘蛛，它们长得更像蝎子，但人们常常把它们和长相相似的鞭蝎弄混了。鞭蝎也不属于蝎子，而鞭蛛又常常被人俗称为“无鞭蝎”。能明白吗）。和虎甲一样，鞭蛛也需要感知周围环境的情况，但它们使用的工具，却是加长的前足。鞭蛛其他几对足已经很长了，这对用作触角的足更是长到不可思议。当“触角”碰到猎物时，鞭蛛就会用边缘多刺的“钳子”将猎物抓住。这种“钳子”被称为“须肢”（pedipalp），它们会把消化液注入猎物，把猎物溶解成奶昔之后再大口吃掉（严格来讲也不像奶昔啦）。



虎甲的幼虫虽然还没有长出成虫的“飞毛腿”，基本定居一处生活，但比起速度和残忍，幼虫可一点儿都不输成虫。它们会在地上挖出一个圆筒形的洞，把细长的身体藏在洞内，只露出长有“盔甲”的脑袋和大大的触角。虎甲幼虫的背部有两个钩子一样的结构，帮助它们把自己固定在洞穴中，以防在抓捕比自己大的猎物时，被拼命挣扎的猎物拖出洞。要是有什么可怜的昆虫不幸经过洞穴门口，它们就会猛地钻出来，咬住猎物，用力又拖又拽，直到你可以想象的结局——猎物痛苦地死去。吃够足够的猎物，幼虫就会长大，永远离开舒适的土洞，成长为世界上最出色、最凶残的冲刺能手。

第七章

你不能让到手的猎物跑了

在本章中，捕食性螺把胰岛素当成武器；小昆虫胆敢攻击查尔斯·达尔文。

能抓住猎物固然好，但抓住之后不让猎物逃跑可就是另一回事了。对此，动物在进化过程中想出了许多很有创意的对策。我是说，放毒箭、发射黏液炮弹什么的；还有张尤其可怕的嘴，居然连查尔斯·达尔文都敢咬。



流星锤蜘蛛

问题：一般的蛛网是抓不住飞蛾的。

对策：流星锤蜘蛛能模仿出雌蛾发情时分泌的信息素的味道，以此吸引雄蛾。雄蛾飞来后，它们就挥舞起特制的网——其实就是一根蛛丝吊着一个小黏液球——朝猎物掷去。

在南美洲旅行时，达尔文对南美牛仔产生了浓厚的兴趣。那些牛仔都是技巧高超的驭马大师，达尔文深深为他们的技术着迷。在这些牛仔常用的工具中，最好用的就是流星锤了——把两三块石头或者铁球用皮绳绑好，就能制造一股可怕的旋风。当牛仔甩起流星锤并掷向猎物时，流星锤能绑住猎物的四肢，通常情况下，力度大到可以直接折断骨头。

出于兴趣，达尔文也想试试身手。于是他跨上马，转起流星锤，然后放手一扔——却把自己“扔”了出去。流星锤撞上灌木丛，掉落在地，绳索却缠住了马腿。“幸好这匹老马训练有素，”达尔文在《“小猎犬号”航行日记》中记述道，“也很清楚该怎么办，不然肯定会不断挣扎直至挣脱，周围的牛仔狂笑不止，大喊着，他们什么动物都抓过，还真没见过有人能抓住自己。”

就在达尔文出过丑的那片丛林里，正好有一种蜘蛛——流星锤蜘蛛，名字恰巧就取自这种牛仔的“神器”。流星锤蜘蛛属于圆蛛，它们不会织复杂的蛛网，当然也不会朝猎物投掷铁球，但它们的捕猎方式却和投掷流星锤很相似，不过其中的原理更加复杂。白天，流星锤蜘蛛躲避着人们的视线。有几种流星锤蜘蛛身上长有黑白交织的花纹，看起来脏兮兮的，很像鸟粪，让捕食者提不起胃口。夜幕降临之际，流星锤蜘蛛就要开始捕猎了，此时，雄蛛和雌蛛将采取完全不同的捕猎战术。

雌性流星锤蜘蛛放弃了编织精密蛛网的努力，相反，它们会在两片树叶或两根树枝之间拉出一根蛛丝，然后再在这根蛛丝上加一条新丝。吐出第二根丝的同时，蜘蛛会用步足将吐丝器中分泌出的黏液附着在蛛丝上，并在蛛丝末端制造一个黏液球。当蜘蛛将丝线从吐丝器上切断

后，黏液球就会借重力将丝线拉直，让第二根蛛丝与第一根垂直。到此为止，雌性流星锤蜘蛛的武器就准备停当了，它一条腿挑起蛛丝，等待着猎物的到来。

不同种类的流星锤蜘蛛，使用“流星锤”捕猎的方法也不同。有的蜘蛛会一直等到看到猎物到来再挥起“流星锤”，以超高的速度和准确度粘住飞蛾〔这其中的一种——“迪氏乳突蛛”（*Mastophora dizzydeani*）——其学名出自著名棒球投手杰罗姆·迪恩（Jerome Dean）的绰号“晕眩”（Dizzy）〕。这么称呼这种蜘蛛当然不是因为它的平衡系统有缺陷，而是因为它们行为诡异。至于这种蜘蛛的统称“流星锤蜘蛛”，一位专家曾建议，虽然这种蜘蛛的捕食原理与流星锤的原理并不完全一致，但还是应该保留这个名字。他还表示，如果更准确一点儿，应该叫它们“黏液悠悠球蜘蛛”。另外一些蜘蛛选择采取更为激进的办法，一旦附近有飞蛾飞过就会疯狂地甩起“流星锤”，直到粘住猎物为止。甚至还有一些蜘蛛，它们都不在意猎物有没有出现，只要黏液的等待时间一到15分钟，就会开始“挥锤”。这种蜘蛛的黏液一旦超时就会开始蒸发，所以如果它们半小时后还未能捉住猎物，就会自己把蛛丝吃掉。

伪装成鸟粪的优势

很多动物都会把自己伪装成鸟粪，因为——我就直说了吧——没人想和鸟粪过不去。这其中最成功的“伪装者”，应当说是流星锤蜘蛛的近亲，同属圆蛛类的另几种蜘蛛。和流星锤蜘蛛不同，这些蜘蛛是需要织网捕猎的，但这么大一张网也会让它们很容易被捕食性蜂类发现及杀死。因此这些圆蛛就会在蛛网的中心用蛛丝织出一小片厚实的白色区域，然后趴在上面一动不动，借用自己身上黑白交织的颜色，上演一场伪装术。

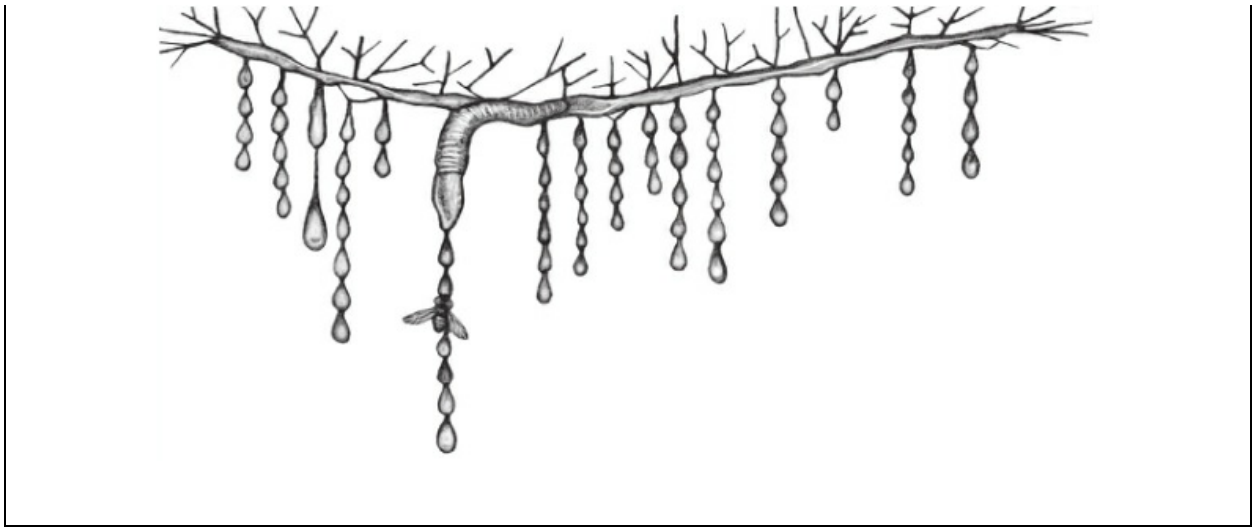
流星锤蜘蛛之所以使用这么麻烦的方法，是因为飞蛾能逃脱一般蛛网的捕捉。蛛网是黏的，没错，但飞蛾全身布满鳞片，鳞片能脱落，这样飞蛾就能逃走了。因此，流星锤蜘蛛的陷阱可不仅仅是一滴胶水那么简单——它们的黏液由两种黏性不同的液体构成，黏液球的外层黏性较低，里层则黏稠、光滑。在里层黏液中，还有大量卷曲的蛛丝，确保在

蜘蛛四处挥舞“武器”时，蛛丝可以延长，以增加攻击范围。流星锤蜘蛛几乎不会空手而归，平均每晚能捉住两只猎物。当它们捉住猎物之后，黏液球中黏性较弱的外层就会渗入鳞片之下，粘住飞蛾表皮，此时，额外的蛛丝则会起到减震的作用，减弱捕获瞬间的震动，以及飞蛾挣扎时产生的震动。成功捕获猎物后，流星锤蜘蛛就会顺着蛛丝爬过来，一口咬死飞蛾，然后慢慢收线。有时，它们还会把飞蛾留在蛛丝那头不管，直接开始制造新的“流星锤”。

然而，还有一件怪事——流星锤蜘蛛捕捉的只有特定几种飞蛾的雄性个体。这怎么可能呢？森林里遍布各种昆虫，流星锤蜘蛛是怎么选中特定种类的飞蛾进行捕捉的呢？另外，它们又为什么限制自己，在菜单上只放这么几种食物呢？其实，是因为流星锤蜘蛛会释放特殊的气味，来模仿某几种飞蛾雌性信息素的味道。雄性飞蛾以为自己有机会快活一把了，于是便纷纷涌来，结果没想到却落入了蜘蛛的陷阱。流星锤蜘蛛甚至可以制造两种飞蛾信息素的混合物来同时模仿两种飞蛾的味道。比如这种流星锤蜘蛛——哈氏乳突蛛（*Mastophora hutchinsoni*）——专门捕猎活动时间一早一晚的两种飞蛾，随着夜越来越深，通过调控激素水平，它能够逐渐降低对第一种飞蛾的吸引力，进而逐渐提高对第二种飞蛾的吸引力。

有个闪光屁股的优势

在新西兰的洞穴中有种昆虫叫发光蕈蚊（fungus gnat）。虽然这种昆虫和流星锤蜘蛛没有关系，但它们却有很相似的捕猎方式。这个故事的主角是这种昆虫的幼虫。和流星锤蜘蛛刚开始先拉出一根横向的支撑用蛛丝一样，蕈蚊幼虫会吐出附着有黏液的发光管状丝线。它们能在洞穴的顶端悬挂多达70根这样的发光丝线，每根发光丝线上都有好几滴黏液液滴。和流星锤蜘蛛不同的是，它们不会释放信息素，而是通过自发光的方式吸引猎物。当昆虫不幸被光线吸引，撞上“钓线”时，蕈蚊幼虫便会顺着丝线爬到猎物面前大快朵颐。综上，这种幼虫不用疯狂到“色诱”猎物，这一点还是很不错的。



流星锤蜘蛛这么“挑食”也会带来麻烦。其他种类的蜘蛛通过结网来无偏好地捕食各种昆虫，但流星锤蜘蛛却有可能陷入栖息地无目标猎物的困境。因此它们学会了先“测试”栖息环境。夜幕降临，在制作“流星锤”之前，它们会先释放气味“挑逗”雄性飞蛾。如果没有飞蛾出现，好吧——与其浪费能量、资源和时间制造陷阱，还不如赶紧搬家到森林的其他地方。但如果飞蛾真的出现了，即便只是飞到附近，让它们感觉到了振翅时产生的振动，蜘蛛也会随即开始准备捕猎（所以如果你想糊弄一下流星锤蜘蛛，只要这时候在它身边发出“嗡嗡”声，它就会觉得你是只飞蛾，开始准备“流星锤”了，真的会）。

最后再说一下雄性流星锤蜘蛛。雄性个体的体形相对较小——蜘蛛都是这样的。它们太小了，以至于无法捕食飞蛾，所以也就不用费心制作“流星锤”了。雄性流星锤蜘蛛一般潜伏在树叶之间，用它们毛茸茸的足捕捉飞蝇。因此，流星锤蜘蛛的雌、雄性个体就占有了不同的生态位，避免了彼此竞争食物。虽说雄性没办法挥舞“流星锤”，不过往好处想想，它们也永远不会像达尔文一样当众出丑，被同伴嘲笑嘛。



栉蚕

问题：一般来说，长得像蠕虫一样的动物都跑不快。

对策：虽然速度不快，但栉蚕的武器却着实让人惊叹。它们会从两条变了形的腿里面喷出黏液——你没看错，是腿——然后用黏液困住猎物。最后，它们再透过猎物的外骨骼，慢慢享用。

流星锤蜘蛛进化出了一套复杂的化学引诱系统和一套黏液陷阱系统，但你也许会觉得它们仿佛还活在远古时代。毕竟，非得离那么近才能对目标发起攻击，看起来就像一个骑士，冒着受伤的危险贴近敌人再实行致命一击（化学信号的引诱是个例外）。因此，要是把流星锤蜘蛛比喻成来自往昔岁月的步兵，那栉蚕就可以说是“死亡神射手”。和流星锤蜘蛛相似的是，栉蚕也有自己独特的黏液武器，但它们可以远程攻击，然后再悠闲地接近战利品——全无近身肉搏之虞。

全世界共有100多种栉蚕，都生活在热带和温带的森林中，身体可以长到6英寸（约15.2厘米）长。关于这种动物，你要知道的第一点就是——它们浑身都是腿，即便那些不像腿的部分，也是腿。不同种类的栉蚕足的数量也不同，有的只有12对短粗、黏滑的“小短腿”，有的则有40对充满高压液体的足。栉蚕的腿可不简单，在进化的力量精巧的安排之下，它们将一对足变形成了触角，一对足变形成了“黏液大炮”，还有一对足变形成了上、下颌。最后这个变形听起来尤其不可能，但你听我解释：在栉蚕的每对足上都长有弯曲的爪子，帮助它们在森林下层的灌木丛间爬行，正因为如此，所有种类的栉蚕都属于一个特殊的门类——有爪动物门（Onychophora）。这些爪子形如尖牙，其实非常适合变形成一对颌。

由足变来的触角能帮助栉蚕感受空气中猎物的化学信号，但这种动物更奇特的感受器官其实是——它们的整个身体。栉蚕全身覆盖着一层细小的突起，这些突起能感知由潜在猎物的运动产生的空气气流变化。它们的猎物小到蜘蛛、白蚁，大到甲虫、蟋蟀，无所不包。当一条栉蚕锁定目标后，它会花时间盯紧猎物的一举一动，因为……毕竟长得像蠕

虫嘛，想快也快不了啊，也因为大炮在手，快慢无忧。

多足的生物

多足的栉蚕长得和蜈蚣以及马陆比较相似，但其实它们和这两类身穿“盔甲”的节肢动物不过是远亲而已。蜈蚣是有毒的，又叫“百足虫”，但其实大都长不到100条腿，而无毒的马陆，又叫“千足虫”，则最多可以有750条腿。

要是哪一天你遇见了它们，或者想把它们拿在手里，分辨这两种动物的一个办法就是看它们是否主动攻击你——当然还是别闹到这个地步最好。马陆的身体更偏圆柱形，它们行动迟缓，是对人类无害的食腐动物，也就是说，它们吃腐烂的植物。而蜈蚣则有流线型的身体，是个狂热的猎手。和栉蚕一样，蜈蚣也将一对足变形成了武器，这对足能向外分泌毒液。蜈蚣毒素在小型动物身上作用会更强，对人类来说可能和一般的蜜蜂蜇咬差不多（不过蜜蜂蜇咬可能会引起某些人强烈的过敏反应），而且这还得以蜈蚣的足刺破皮肤为前提。不过……反正我提醒过你了。

用肉眼观察，栉蚕的“黏液大炮”原理似乎很简单——用手指戳戳它们的身体，下一刻黏液就粘住手指了。但若把黏液发射的过程放慢，它们发起攻击的全过程就清晰多了。在发射黏液的过程中，栉蚕的两门“大炮”都在水平摆动，发射出的黏液似乎画出了两道正弦波的图案。此时这对足的摆动并不是肌肉主导的，而仅仅是由于物理学的一个简单的原理罢了，就好像你把水龙头的水流开到最大，橡胶软管也会疯狂摇摆一样——这种摆动甚至能达到每秒60次，致使喷出的两道黏液彼此交织，制造出了一种类似霰弹枪射击的效果，比单股黏液射击猎物的力量更强，能把猎物一下子冲击到8英寸（约20.3厘米）之外。

黏液一旦命中目标就会立即凝固，于是猎物的命运就此终结，挣扎只会起到反效果。而永远云淡风轻的栉蚕此时则会缓缓接近，爬上猎物的头顶，寻找理想的位置“刺入尖刀”——也许蟋蟀的关节不错，那里的外骨骼不是那么坚硬——然后将唾液注入猎物体内，溶解掉猎物的内脏。接着，栉蚕安逸地慢慢吃掉地上浪费了的黏液，吸一吸猎物体内的

糜液，吃一吃掉在周围的残肢，最后潇洒离开。

对栉蚕的研究收获最大、也最系统的实验是20世纪80年代，由两名生物学家在特立尼达岛上完成的。他们的实验标本是一种愿意接近猎物的栉蚕物种，栉蚕的进攻战术也被他们详细地记录了下来。首先它们会悄悄靠近猎物，用触角轻轻触碰一番。此番检查非常详细，而且一般还不会引起猎物的怀疑。若对猎物满意，栉蚕则会喷出黏液，速度快到“喷射的瞬间无法监测到，但猎物一下子就被喷满全身了，身上全是坠着小水滴的丝线”。栉蚕通常会一次喷够量，但若猎物坚持挣扎，连续喷上30次的案例也是有的，其中大部分“炮弹”都射向了猎物的肢体，若猎物是蜘蛛，则会射向它的尖牙。等到猎物被制伏，栉蚕就会照例给它们注射唾液，然后花上一小时的时间吃掉尸体周围的黏液丝线，最后才将注意力转向猎物本身，而这名猎手八成还会再用10个小时来慢慢享受它的战利品。

最后说说栉蚕的黏液。研究人员发现，栉蚕体内平均有11%的物质都是储存的黏液。这个数字听起来不小，但黏液的“库存”其实很容易耗尽，尤其是面前的猎物体形比较大的话。这很危险，因为它们需要几周时间才能重新集满库存，在这几周里它们无法高效地捕猎，也无法利用黏液让天敌的动作慢下来，形成有效自卫。不过，研究人员还发现，栉蚕可以根据猎物的体形主动调整黏液的用量，将80%的黏液都用来捕捉最大的猎物，比如大蟋蟀。

水流炮弹

百发百中的炮弹射击并非陆地动物专有的技能，射水鱼也能瞄准在水面之上的红树林里潜伏的昆虫，并发射高速水流将其从树枝上击落。仔细想想，这种攻击方式其实非常难，射水鱼要同时满足两个条件：它们要修正当光线进入水中时产生的折射，将水流射向看起来没有昆虫的地方，还要考虑自己射出的水流不会走直线，重力会把水流扭曲成抛物线。

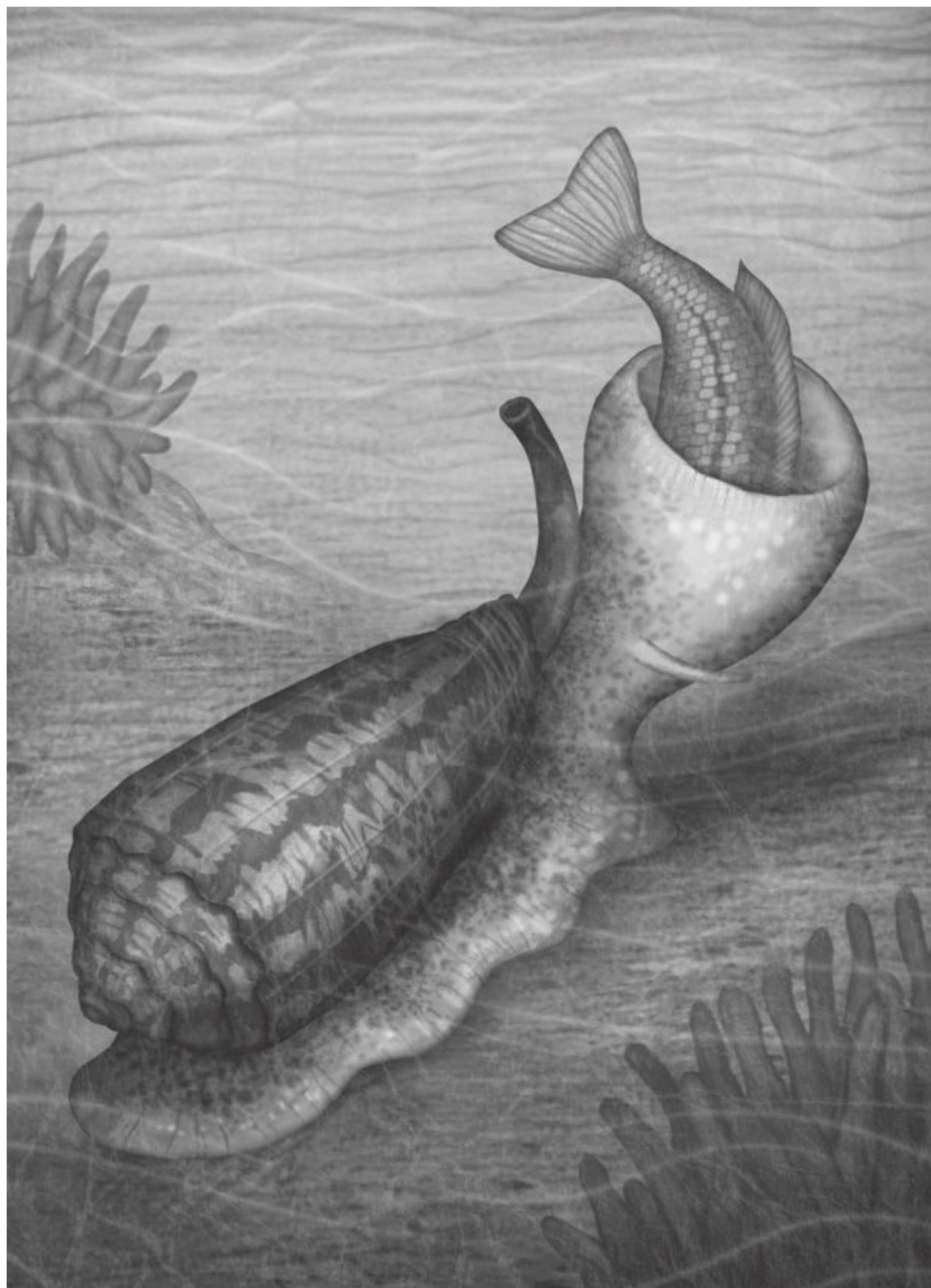
更让人惊讶的是，射水鱼射出的水流速度会在接近猎物时变快。这听起来似乎不符合物理规律，但其中的奥秘，其实是射水鱼在发射水流时会逐渐加快水流的流速。水流会在空中散开成一个个水滴，后面速度快的水滴在追上前面的水滴后就会再融合，形成一

个运动速度更快的大水滴。说真的，这种射击过程与其比喻成射箭，倒不如说是射火箭，所以不如把射水鱼的名字改成火箭鱼什么的，不过我们也不想让它们太得意忘形。

你可以把这个过程想象成投资。听起来有点儿不可思议，但与小猎物缠斗其实对栉蚕来说是很有风险的。要是它们在小猎物身上花费太多黏液，那就相当于投资赔了，因为重新分泌用掉的黏液需要能量，而吃掉小猎物补充的能量不足以抵消这样的消费。在特立尼达岛的实验中，相比于小型猎物，栉蚕对体形更大的猎物产生了更大的兴趣。一顿大餐值得用黏液的消耗来换取，但猎物太大也会出问题。过大的猎物很可能会逃脱，把黏液带走，让栉蚕无法像往常一样，把粘在猎物身上的黏液吃掉，回收回来。因此，如果食物充足，栉蚕会选择体形偏中等的猎物为目标，既不会小到浪费黏液，也不会大到带着宝贵的资源跑路。

人们总是忘记，在自然界，这样的选择往往生死攸关。我相信你肯定从来不曾花时间犹豫过走到街角便利店耗费的能量能不能通过你买回家的啤酒补充回来，但浪费能量，在自然界是要遭报应的，这也正是鳄鱼总是懒懒的一动不动、蜗牛的行动也极为缓慢的原因。植物又不会跳起来跑掉，所以何必着急，浪费宝贵的能量呢？

这个道理讲得通，当然，除非你是蜗牛可你还想吃肉——那你可就得自己多想想别的办法了。



地纹芋螺

问题：一般来说，蜗牛和海螺都跑不快。

对策：捕捉小鱼前，芋螺会先向水中释放化学物质让猎物中毒，然后再慢慢走到猎物身边，张开气球般的大嘴把它们一口吞掉。

1935年，在大堡礁的一座小岛上，有人捕到了一只地纹芋螺，或者叫它的学名“*Conus geographus*”。他把地纹芋螺拿在手心，然后开始用刀刮螺壳外层薄薄的角质层。这只地纹芋螺当然很不爽，于是它就朝他的手心射出了毒刺。中毒的人首先感到手心麻木，10分钟后，他的嘴唇失去了知觉，又过了10分钟，他的视觉出现了重影。中毒半小时后，他的双腿瘫痪，紧接着就陷入了昏迷。4小时后，死亡降临了。

无独有偶，在首例中毒事件发生仅3年后，另一个人也犯下了同样的错误，这次是在非洲附近的另一个岛上。这次的这位也是用刀在地纹芋螺身上刚刚蹭蹭。不可避免地中毒后，他的全身失去了知觉，幸运的是有人发现了并送他及时就医。医生救活了病人，并建议“外加一次全身按摩”。当然，我坚信按摩对他最终的康复没什么帮助，不过，怎么说呢，倒是也没啥坏处。

你以前可能听说过地纹芋螺，毕竟，这种螺类是地球上最毒的生物之一，向鱼类发射毒刺的速度之快肉眼几不可见。地纹芋螺属于芋螺类中比较少见的一类，叫作“撒网式捕食者”，它们不会以单独一条鱼为目标施放毒刺，相反，它们会攻击整个鱼群。地纹芋螺的攻击过程慢条斯理，极为优雅。它们先在水中放出一片毒素之雾，让鱼群麻痹，然后再从容不迫地爬过来结果猎物的性命。其他海洋猎手大都以速度取胜，而我们的地纹芋螺只有柔软身躯上的一张永远填不饱的嘴。地纹芋螺并不靠“强健体魄”解决捕猎问题，它们靠的是一种化学武器和“毒刺子弹”共同组成的混合式武器，精密又残忍。

让我们好好谈谈螺类

我们讲过非洲大蜗牛（陆生螺类就是我们所谓的“蜗牛”），现在又讲到地纹芋螺，可能会给你留下螺类都很邪恶的印象，但其实它们并不都是这样的，毕竟……是螺类。自然界也有很弱小的种类，比如有这么一种蜗牛，它们吃鸟粪的同时会吃下潜藏其中的某种寄生虫卵。卵孵化后，寄生虫会侵入它们的眼柄，让眼柄胀大，然后再在蜗牛眼柄里“跳舞”。这种寄生虫颜色鲜艳，会让蜗牛的眼柄看起来极像蠕动的毛虫。它们还会操纵蜗牛爬到开阔的地方，方便鸟类来啄食这两条“毛虫”。蜗牛被鸟吃掉后，寄生虫就在鸟的身体里繁殖、产卵，卵再顺着鸟粪排出体外，开启新一轮循环。所以，在螺类大家庭中，既有“小可怜”因为吃鸟粪最终反被小鸟啄了眼睛；也有芋螺这样的狠角色，就因为人类刮了刮它们的外壳就结果了一条人命。这好像也不是很公平嘛。

地纹芋螺接近被麻痹的鱼群时会有怪事发生，准确地说，是好几件怪事接连发生。首先，鱼群似乎并不惊慌，每条鱼都很冷静，双眼圆睁，一动不动，甚至在地纹芋螺当面张开热气球般的血盆大口时也一样。地纹芋螺张着嘴，慢慢将几条静止不动的鱼整个包起来，这时才朝嘴里的每条鱼分别发射毒刺，毒刺会让它们瞬间瘫痪。最终，地纹芋螺气球般的嘴缓缓收缩，里面的鱼也将迎来死亡。

按理说将死的猎物不该这么放松的，但其实它们都被“下咒”了——地纹芋螺进化出了把胰岛素（insulin）当成化学武器的手段。通过向水体释放大量胰岛素，地纹芋螺让猎物的血糖水平骤降，致使猎物产生低血糖休克（hypoglycemic shock）。鱼的神经系统罢工了，身体也有点儿不听使唤，脑子也思考不过来了，仿佛被催眠了一样，意识被锁死，那感觉就有点儿像“鬼压床”。然而，更加诡异的是，无脊椎动物（比如地纹芋螺）胰岛素和脊椎动物（比如鱼）胰岛素的化学结构是完全不同的，也就是说，除了分泌自己使用的无脊椎动物胰岛素，地纹芋螺还额外制造了脊椎动物胰岛素供捕猎使用。

除了胰岛素，地纹芋螺用于麻痹猎物的毒液还有其他有毒成分，专门研究芋螺毒液的生物学家巴多米奥·奥利维拉（Baldomero Olivera）将

这种混合毒液命名为“涅槃阴谋”（nirvana cabal，“涅槃”就是字面意思，至于“阴谋”，根据奥利维拉的解释，不同的有毒成分共同作用，麻痹一条鱼，就像是一群人一起使用阴谋毒害政府一样）。地纹芋螺会使用毒液中的几种多肽来进一步麻痹鱼类，这几种多肽能阻碍鱼类神经信号的传递。曾有研究人员将其中一种多肽用于临床治疗癫痫，这种疾病正是由于大脑的不正常放电造成的。

综上，地纹芋螺首先“催眠”鱼群，然后把几条鱼吞进嘴里。但在猎物入口后，它们还得“扣响最后的扳机”。在芋螺体内有大约20根毒刺，毒刺与毒腺相连，其本质其实是变了形的牙齿。地纹芋螺先将一根毒刺射向一条麻痹的鱼，然后重新“装弹”，再依次向下一条发射。这是一场嘴里的屠杀。芋螺这时使用的毒液，又叫“马达阴谋”（motor cabal），在足量的情况下可以杀死一个成人。鱼类中毒后，神经元细胞会直接“短路”，导致神经对肌肉失去控制能力，其最终死因很可能是窒息，因为鱼类必须利用肌肉吞水，让水流流经鱼鳃才能呼吸。

杀人凶器？据说.....是胰岛素

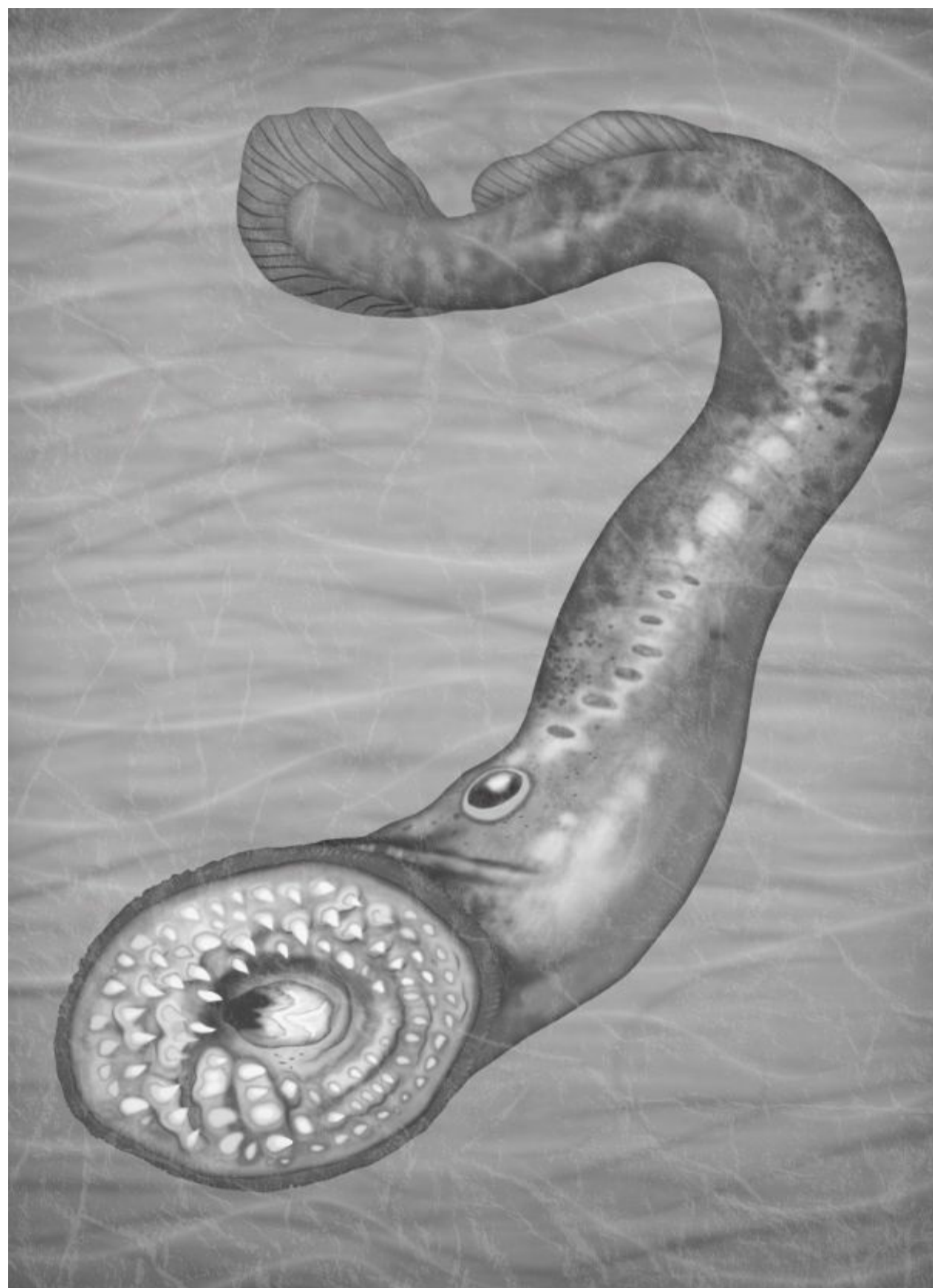
地纹芋螺也许是第一个把胰岛素当武器的动物，但绝不是最后一个。20世纪80年代，在美国东海岸的富人圈发生了一起下毒杀人案，而凶器则被怀疑是胰岛素。一名女佣发现了名媛玛莎·冯·布洛（Martha von Bülow）低血糖发作，在一间上了锁的浴室中痛苦呻吟，而名媛的丈夫克劳·冯·布洛（Claus von Bülow）却拒绝求救。后来，在玛莎体内，人们检测出了大量胰岛素。

一年之后，玛莎再次休克，但这次她没有恢复过来，陷入了昏迷。一名调查人员来到他们的豪宅进行调查，发现了几个皮下注射器，并检测出了镇静剂和胰岛素残留，克劳因此被捕。审理后，克劳被判杀人未遂，但在后续的上诉中被判无罪。而玛莎则在昏迷30年后辞世，也带走了案件的真相。

地纹芋螺还有个更加出名的近亲——吊钩芋螺（hook-and-line cone snails）这种芋螺采取的捕食方式完全不同。它们会以单独一条鱼为目标发射毒刺，因此会产生不同类型的毒液。当它们用毒刺射向猎物时，

所使用的第一种毒素名叫“闪电阴谋”（lightning cabal）——这个名字恰如其分（这种毒素也是多种化合物成分混合而成的，这类芋螺中有些种类的“闪电阴谋”毒素，其成分甚至有多达200种，而且每种芋螺的“配方”也不同）。“闪电阴谋”毒素破坏鱼类神经元的效果和“马达阴谋”毒素类似，但区别在于“马达阴谋”让神经元短路，而“闪电阴谋”让神经元过载。过载的神经元会一个接一个被烧坏，让整条鱼像是被闪电击中一般，不由自主地颤抖、抽搐。“闪电阴谋”会让猎物无法动弹，以便芋螺把它们吃进嘴，然后再释放“马达阴谋”将猎物杀死。相比之下，“撒网式捕食”的地纹芋螺就不需要“闪电阴谋”。地纹芋螺在接近鱼群之前就已经将鱼群麻痹了，于是就可以毫不费力地得到猎物。再说，如果地纹芋螺使用“闪电阴谋”来麻痹鱼群，那它就得把一群不停抽搐的鱼收入口中，无形中增加了受伤的可能性。地纹芋螺想要的一切都近在眼前，因此就没必要“降下闪电”了吧。

总结一下，各类芋螺的武器都是相当复杂、有力的，这些武器的进化也花费了一代又一代的时间。因此，记住——没事儿别拿小刀去冒犯螺类，除非你也想让医生给你开一次“全身按摩”。



七鳃鳗

问题： 鱼类都不喜欢创伤性寄生。

对策： 七鳃鳗长得很像《星球大战》电影中吃掉波巴·费特的那种沙漠生物，它们长有圆盘状的嘴，嘴里有好几排倒钩一样的牙齿。七鳃鳗常常吸附在猎物的体表，用牙齿深深钩进猎物的骨头。

天上下青蛙的事情不算稀罕，但天上下长牙的肉肠可就不一样了。2015年6月，阿拉斯加渔猎部接到当地居民电话，声称人们在费尔班克斯市附近一些不寻常的地点发现了北极的七鳃鳗。有人在一个停车场里看见了这种长得像鳗鱼的动物，长着用来吸食其他鱼类血液的吸盘状大嘴——停车场，这可不是它们的自然栖息地。还有人在草坪上看到了一条，还有两条在镇子里。通常，水龙卷是造成水生动物从天而降的主要原因，而当时并无相关报道出现。不过，渔猎部的官员们还是找到了一条关键的线索：这些七鳃鳗的身上都有“V”字形的伤痕——海鸥的咬痕。也许在附近的河里有很多条七鳃鳗，也许它们是海鸥的美食，也许这些七鳃鳗是被海鸥带到半空又掉下来的，因此才出现了费尔班克斯天降吸血动物的奇观。

在美国那头的五大湖区，七鳃鳗就不仅是从天上掉下来几条这么简单了。在那里，七鳃鳗属于入侵物种，极大地影响了当地鱼群的数量。20世纪的某段时间，当地渔场平均每网鱼中七鳃鳗的数量甚至可以占到2%。人们也曾采取过相应措施将入侵物种的数量控制在一定的水平之下，但没有人敢奢望它们完全消失。五大湖区支流密集，而政府部门又资金短缺，因此政府也只能寄望于持续抑制，毫无根除之策。

七鳃鳗的故事最早还得追溯到3亿6000万年以前，我们发现来自那个时代的七鳃鳗化石，而化石中的七鳃鳗和现存的物种几乎没有差异。简单地说，这简直让人不敢相信。最早的生命诞生于5亿7000万年前，最早的哺乳动物诞生于两亿年前，经历了沧海桑田的变化，那些早期的生命早已和如今地球上的一切相去甚远了，可七鳃鳗却在经历了每一次生物大灭绝之后，依然保持着和诞生之时相差无几的容貌，一直生

存了将近4亿年的时间（七鳃鳗唯一的近亲是我们熟悉的盲鳗。盲鳗也是很古老的物种，两者有许多共同特点，比如全身的骨架中只有软骨，没有硬骨）。

你管谁叫“化石”呢？

在形容七鳃鳗或者其他古老生物的时候，你可能经常会听到“活化石”这个词，但其实这个词是不恰当的。“活化石”的形容会让人感觉今天的七鳃鳗和3.6亿年前化石中的七鳃鳗完全相同，这当然不可能。那时的七鳃鳗并没有一丝未变地活到今天，并没有丝毫不变地度过多次地质灾难、气候变化，也没有丝毫不变地挺过新捕食动物的出现、活过猎物物种的灭绝。“活化石”听起来就像和化石中的祖先毫无二致，但在进化的过程当中，七鳃鳗也和周围环境的变化一起产生了一些不太明显的变化——如果你愿意把陨石撞地球仅仅称为“变化”的话。

有些七鳃鳗喜欢吸在宿主身上，吸食血液，而另一些则更喜欢大口吃肉。这些吃肉的品种更进一步，能把大块大块的肉咬下来，给宿主身上留下一个个裂开的伤口，宿主很可能会死于因伤口造成的失血或感染。所有七鳃鳗都长有“口盘”（oral disk），这是它们的嘴，里面有数十颗倒钩一样的尖牙，这些牙齿能让七鳃鳗紧紧钩住猎物（口盘边缘有吸盘状的特殊结构，也能起到辅助作用）。和鲨鱼的牙齿类似，七鳃鳗的牙齿掉了还能再长，而且再生得还很快——入侵五大湖区的那些吸血的品种，又叫“海生七鳃鳗”，在两年的时间里可能就要换掉30口牙。

将食肉及吸血的两种七鳃鳗分开的，是一个叫作“活塞”（piston）的结构。活塞位于口盘的中心，功能相当于舌头，但其上也覆盖有牙齿：一颗上下活动，另外两颗左右活动，工作原理类似一台高级的锉。吸血的七鳃鳗，活塞上上下下活动的牙齿呈“W”形，能够锉穿鱼肉，吸食血液。这类七鳃鳗还能分泌一种抗凝血剂，以确保血流通畅。而与之相对的食肉七鳃鳗，它们的活塞上则长有“U”形的牙齿，用来撕掉鱼肉（你可以把前者的口盘想象成砂纸，后者的想象成凿子）。七鳃鳗的口盘效率奇高，在五大湖区，一条海生七鳃鳗在一年内就能杀死40磅重的

鱼，7条被攻击的鱼中平均只有1条能够幸存，给渔业造成的损失极大。

然而，渔场里的损失最终还得归咎于人类自己。你也许已经在疑惑了，为什么海生七鳃鳗会入侵淡水湖呢？原因其实很简单。海生七鳃鳗需要在淡水中繁殖。它们会以无害的幼体形式在淡水中生存7年。这段时间，幼体的嘴仅仅是个软塌塌的空洞，用来吞食路过的浮游生物。等到发育成熟，七鳃鳗就会游向海洋开始攻击鱼类，但还要回到淡水中产卵（有趣的是，是幼体通过分泌激素引导着成熟的七鳃鳗从大海返回最适繁殖地的）。20世纪初，人类决定打通一条绕开尼亚加拉瀑布的运河航线，而尼亚加拉瀑布正是阻挡七鳃鳗进入五大湖区的天然屏障。因此，亦能在淡水中生存、繁殖的海生七鳃鳗便抓住了这个机会。一道关口被打开了，五大湖区的生态永久地改变了模样。

热爱七鳃鳗的两位亨利

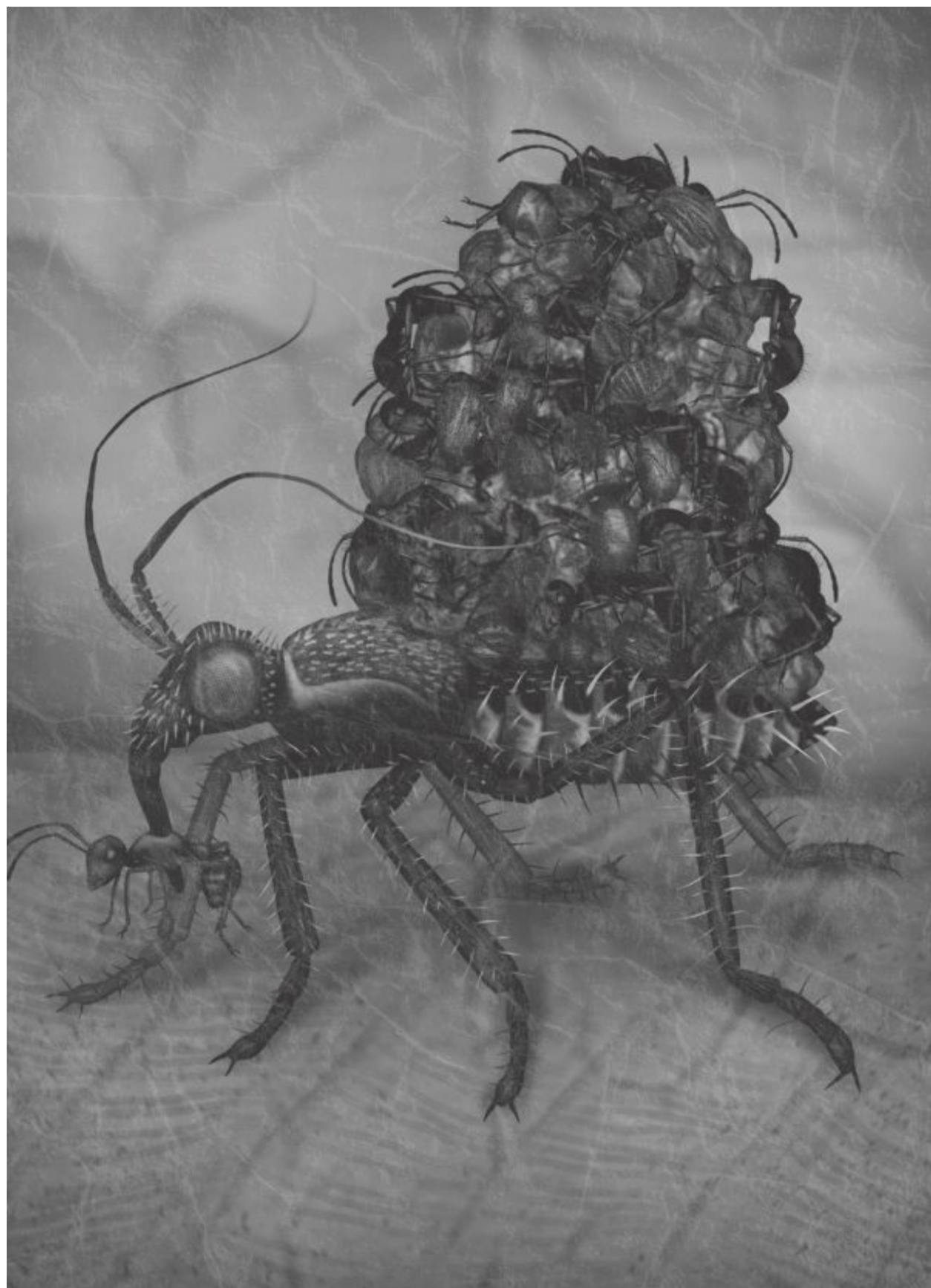
七鳃鳗的生活习性暂且不提，它们可怖的长相似乎并没给欧洲皇室造成什么困扰。1135年，亨利一世国王访问诺曼底，据说他就是在场宴席中吃了太多的七鳃鳗后被撑死。其后人亨利五世似乎并未纠结于祖辈的命运，在访问诺曼底时依然点了这道名菜。

甚至在2012年伊丽莎白二世女王的钻石婚庆典上，格罗斯特市也献上了这道传统的皇家七鳃鳗馅饼。只不过这次用的不再是产于英国本地的七鳃鳗，因为在现代英国几乎已经找不到这种动物了——这和美国的情况截然不同。因此，一名来自五大湖区渔业委员会的代表提前飞到了英国格罗斯特，把美国的七鳃鳗送给了他们。美国人减轻了负担，英国人做出了馅饼，啊，一次完美的外交。

这就是入侵物种的可怕之处了。五大湖区的生态系统在没有七鳃鳗的情况下进化了数百万年，而这种动物一出现，就打乱了原有的复杂生物网的秩序，问题迅速暴露，但受害者却没有足够的时间寻找解决的对策。一个生态系统就像一盘维持着多方平衡的精妙棋局，一种捕食者进化出一种武器，它的猎物就进化出一种相应的自卫办法，两者的关系是一场相互制约的精彩比拼。当然，在进化的历程中，出于自然的原因，新物种被带入一个生态系统的情况也是不可避免的，比如一种鸟被飓风

带上一座孤岛，然而人类的发展也帮助了太多的物种“环游世界”——贝类混在压舱物中被装上轮船，植物的种子粘在靴子上被带走……海生七鳃鳗只不过是利用了我们免费提供的生存机会而已。

美国和加拿大五大湖区动物保护部门的官员与七鳃鳗之间的战争从未停止。他们手上有许多种武器，比如一种名为“七鳃鳗杀灭剂”（lampricide）的毒药，专门以七鳃鳗为目标，对鱼类没有伤害。在七鳃鳗洄游的路上建立障碍物也是有效的策略，但最有创意的办法还是“七鳃鳗集体绝育术”。研究人员需要先捕获一群七鳃鳗，然后放生雌性，对其中的雄性进行化学阉割。不育的雄性七鳃鳗回归水体后将与其他雄性竞争交配权，但却无法真正实施交配。这种方法听起来有些难实现，但却能有效地控制七鳃鳗的种群数量。反正，阉割几条七鳃鳗也没什么不好的吧。



猎蝽

问题：许多昆虫很难活捉。

对策：猎蝽利用其超长的针状口器刺穿猎物，吸食猎物的糜液，最后还要把猎物的尸体背在背上当作伪装。

也许生物进化的力量中最精彩的矛盾就是随机性和秩序性的矛盾。在你和你的兄弟姐妹体内，来自父母双方的基因是随机进行组合的，但你所拥有的性状让你在自然选择中处于优势（或劣势），却是出于非常明确的原因的。食物链看似混乱，但其中亦有秩序——狮子永远捕食兔子，而兔子是不可能反过来捕食狮子的。狮子之所以是狮子，兔子之所以是兔子，都是因为随机的基因突变造就了它们各自的物种——地球上所有的物种其实都是如此。因此可以说，秩序性从随机性中产生。

所以看起来，达尔文在南美考察的途中遭遇了一种非常常见的“敌人”——猎蝽，就完全说得通了。猎蝽有一个巨大的吸管状口器，可以插入猎物的身体，吸干猎物的血液。“夜间，我感觉自己被名叫‘Benchuca’的虫子攻击了（至少我得把它的名字记下来）。该物种属于猎蝽属（*Reduvius*），是在潘帕斯草原上常见的黑色昆虫。”达尔文在《“小猎犬号”航行日记》中写道，“这虫子大约1英寸（约2.5厘米）长，又软又没有翅膀，爬到身上的感觉令人作呕。吸血之前它们还很瘦小，吸饱了血就变得又圆又肥了，很容易被压扁。”

达尔文的叙述还没有结束，可接下来的内容与其说是博物学，倒更像是科幻电影里的情节。他在智利时抓到过一只猎蝽——饥饿的猎蝽——然后把它带给了几个朋友看。“我们把它放在了桌子上。就算周围围着一大圈人，只要你把手指伸到它面前，这只天不怕地不怕的虫子就会立马举起口器，一口扎下去，如果你不阻止它，就开始吸你的血。”猎蝽的攻击并不痛苦，达尔文表示，有一位军官在桌边足足喂了猎蝽10分钟，这10分钟里，它“从一块薄饼的样子变成了球”。

“这条船怕是着火了，你来看看怎么办吧！”

我还要再说一次，达尔文和华莱士的探险之旅，条件的差异真是太大了。猎蝽着实把达尔文折磨了一番，但华莱士的船可是遇上了火灾的，烧了个精光，连船都沉没了。

从南美考察完毕回伦敦的途中，发着高烧的华莱士正坐在船舱里休息，却发现船长突然从门缝里伸头进来，非常云淡风轻地通知他：“这条船怕是着火了，你来看看怎么办吧！”那时，整条船上的火灾已经很严重了。华莱士最终成功登上了救生艇，可他只带上了几本笔记和素描，无奈留下了无数箱标本葬身火海。抓着绳子爬上救生艇的时候，华莱士还烧坏了自己的手掌。成功逃生后的10天里，毒辣的阳光炙烤着他们的后背，拥挤的小艇里连蜷起身睡一觉的地方都没有，直到一艘前往英国的大船碰巧经过才救了他们一命。可即便如此，他们在回程的路上却遇上了暴雨，一行人差点儿饿死。终于回到故土之后，华莱士才开始补充失去的营养。“终于上岸了……多么丰盛的晚餐！噢！”他在一封信中如是写道，“牛排、李子馅饼，饥饿的罪人简直上了天堂。”罪人？天哪，您可对自己好点儿吧。

说真的，没什么昆虫比猎蝽更聪明、更凶猛、更吓人了，其实它们就像是巨大的蚊子。在流星锤蜘蛛等待猎物、虎甲追逐猎物的时候，近7000种猎蝽已经采取“忍者”的战术捕猎了。它们善于潜伏，会打伏击，懂得一切狡猾的战术，但一切战术都围绕着它们最主要的武器——长长的喙展开。猎蝽用喙刺进猎物的身体，一旦喙穿破猎物的皮肤或外骨骼（以哺乳动物还是昆虫为捕猎对象，要看猎蝽的具体种类），它们就会收起包裹在喙外层的鞘，露出真正的口器。此时，猎蝽会释放一种毒素让猎物瘫痪，同时让猎物的体内组织化为液体，但却还留着猎物的性命，然后猎蝽就能“大吸一顿”了，而这整个过程中，猎蝽都不需要把猎物从嘴上拿下来。

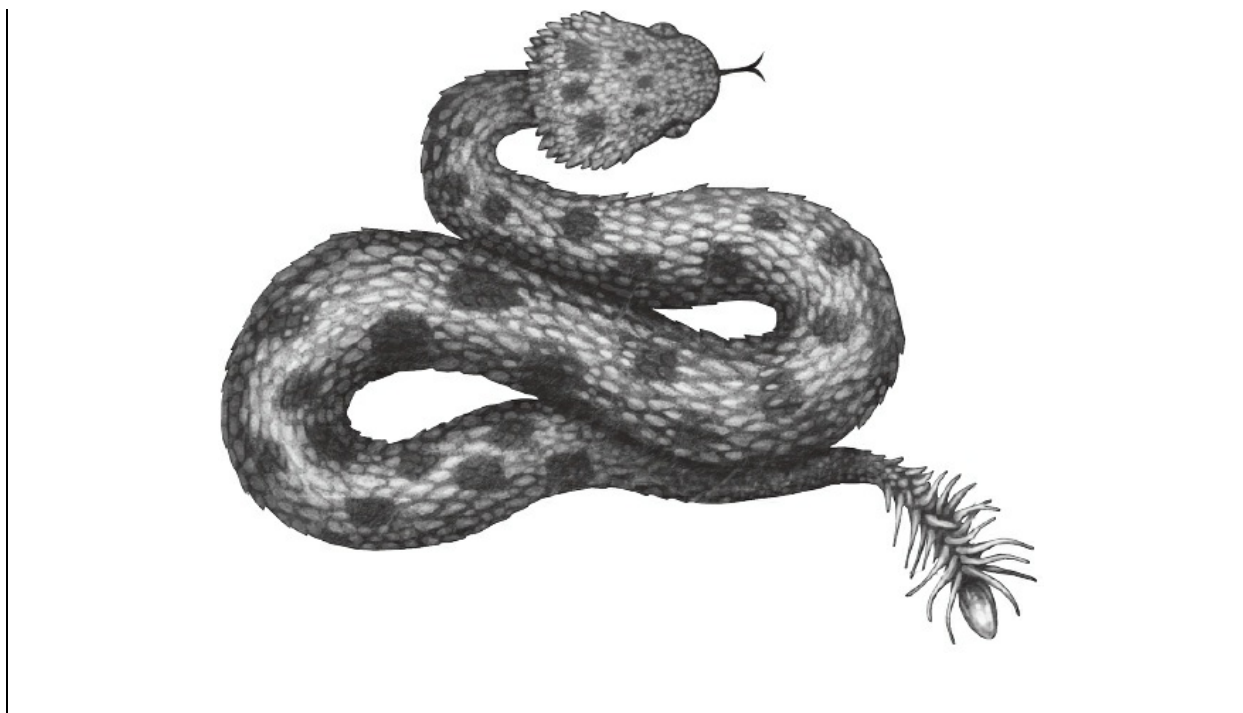
在猎蝽的所有捕猎战术中，最神奇的我认为莫过于“背起你的敌人来”。在吸干蚂蚁等猎物体内的糜汁后，有些种类的猎蝽会把猎物的尸体背在有黏性的后背上，最终积攒成一座小山。这小山甚至能比猎蝽本身还高，让它们看起来像是个背着礼物的圣诞老人似的，只不过这礼物

肯定没人想要罢了。如此这般，猎蝽在自己的捕食者眼中肯定就不再受欢迎了，而且，通过在自己身上叠加猎物的气味，它们还能更轻松地潜伏在猎物的身边。

另一种猎蝽，做出以上行为不仅是为了伪装那么简单。白蚁会筑造山一样的蚁穴，蚁穴会散发白蚁的味道，因此这种猎蝽并不会将白蚁的尸体堆在背上，它们选择背起蚁穴的建筑材料，从而“消失在背景当中”。“消失”之后，它们会先刺穿并吸干一只白蚁，然后把尸体留在口器上，伸进蚁穴。这会引发蚁穴的骚乱，倒不是因为手足之情什么的，而是因为，社会性的昆虫会本能地对生病或死亡的同伴做出反应，把这些同伴移出巢穴，就像被“洗脑真菌”攻击的蚂蚁和被寄生性苍蝇攻击的火蚁一样——而这，正是猎蝽等待的时刻。任何赶过来的白蚁都会被猎蝽刺穿、吸干、挂在口器上，一只接一只，最终会有数十只接连上当。

怕蛇？怕蜘蛛？以下物种为您推荐

虽然在猎蝽家族中，有种善于诱敌的毛猎蝽在对付勇敢的蚁群时很有一套，但下面这种名字拗口的蛇才是自然界最恐怖诱饵的拥有者——生活在伊朗的蛛尾拟角蝰。你可以想象一条响尾蛇，尾巴尖虽然不会响，但长得非常像一只蜘蛛，有一个球形的“肚子”和周围侧枝一样的“腿”。这种蛇平时会把自己盘起来，摇动尾巴尖，引诱周围饥饿的鸟。一旦有猎物上钩，它们就会给这些可怜的吃货注入毒液。也许蜘蛛尾巴看起来没有猎蝽的腿毛时尚，不过，还有什么比蜘蛛和蛇的组合更酷的呢！



还有一种善于引诱猎物的毛猎蝥，这种猎蝥不引诱蚂蚁，而是等待蚂蚁来攻击它们，这么冒险的战术在自然界是非常罕见的（像鮫鯨一样支起诱饵没问题，但猎手并不想在这个过程中送命）。毛猎蝥的后肢上长有又长又细的绒毛，它们会把自己伪装成正在觅食的蚂蚁，然后快速抽动后肢。当有工蚁前来检查时，它们也不动声色，直到体形更大的蚂蚁前来试图把“战利品”拖走时，它们才会进攻，攻击方式如常——它们会转过身，将喙刺入蚂蚁的后背。

攻击人类的猎蝥，又叫“接吻虫”，顾名思义，它们会受到人类呼出的气体的吸引，经常叮咬口腔周围的位置。这种攻击方式不算聪明，但却非常致命——致命的并不是叮咬时留下的伤口，而是猎蝥排出的粪便。如果你抓挠伤口，伤口周围的粪便便会落入伤口中，给你传播一种原动物寄生虫。这种寄生虫能导致南美锥虫病（Chagas'disease），引起循环系统和消化系统的病变，其症状甚至可能在叮咬后几十年才显现。

一些学者认为，可能正是在南美洲期间被猎蝥传染了这种疾病才最终导致了达尔文的死亡。尤其在晚年，达尔文一直被慢性健康问题折磨着，症状包括疲劳、呕吐、腹痛。还有人说他的死因是克罗恩病

（Crohn's disease），另一些人又说是一种叫“周期性呕吐综合征”（Cyclical vomiting syndrome）的病，甚至说是有乳糖不耐症的人都有，各种说法不一而足，这一话题目前仍有争议。

不过，可以确定的是，1882年4月19日，达尔文迎来了所有生物都要面临的最终结局——死亡。这一天，人类历史上最伟大的一组随机组合的基因走向了终结。曾经为他的伟大理念奋斗过的人们计划将他安葬于威斯敏斯特大教堂，这让宗教界人士大为光火，但在经历一番奔走之后，达尔文还是长眠在了那里。

学术界、宗教界和政界的多名巨头出席了达尔文的葬礼，10名护柩人抬着他的灵柩缓缓前行，其中便有达尔文的挚友，身材清瘦的阿尔弗雷德·华莱士。华莱士以及他肩扛的过世伟人共同发现了人类历史上最重大的理论，进化论既先进又激进，让宗教人士纷纷抓狂，可进化论同时也正确无比、无可辩驳，就是再虔诚的教徒也只得接受达尔文的思想遗产。以达尔文为代表的一众进化论者打破了维多利亚时代田园诗般的幻想，坚称生存是所有生物共同面对的一个大问题。所有生物终将消逝，你在猎蝥面前毫无还手之力也好，忍受着乳糖不耐症的折磨也好，有什么其他毛病也好，你终归还是很擅长为生存问题找到解决对策的。就算我们身上没有毒刺的保护，不会将他人的尸体为己所用，也不会喷出黏液呛死敌人，但想开点儿吧，至少我们从不曾独自奋斗。

写在最后的话

看了这本书，你可能就会明白，生存，就是一条走向死亡的路。毁灭会从头顶上来，会从脚底下来，从四面八方来，可能来源于寄生虫、捕食者，也可能来源于环境本身。数亿年来，生命在这个星球上繁荣发展，在各类生物中，也有不少如今已经从地球上消失了，当然，这不是因为这些生命不够努力。为了生存，为了繁殖这个终极目标，动物们可以做到无所不用其极。在进化过程中，碰巧也好，有意也好，它们不断遇到问题，也不断找到对策，它们不停进化，沿着各自不同的道路发展到极致。能与它们共享这个星球，是我们的荣幸。

动物的很多行为让人类震惊——它们能把胰岛素或者黏液当作武器，能对蚂蚁和毛虫进行“精神控制”，还能用阴茎或胡须进行搏斗，而且更加令人难以理解的是，这些行为居然都是自发出现的。嘭！最原始的微生物出现了，剩下的一切似乎都顺理成章地自动排列了出来，没有“上帝之手”控制整个过程，没有明确的目标指引方向，有的只是不同物种之间的竞争，和生物与环境之间的博弈。动物们为异性制造争端，为猎物制造麻烦，然后异性和猎物就会反过来想出对策，解决问题，最终的结果就是速度变快，体格变强，或者体形变大变小。通过进化的过程，动物适应了周围变化的一切。

人们常常会以为现在的动物已经进化到了终点，但这是不对的。所有的生物都会一直进化下去，这个变化有时就发生在我们的眼前。谁也不知道指猴的手指会不会继续变长，也不知道宽足袋鼯的“狂欢”以后会不会更加疯狂，但可以保证的是，如今，进化的力量遇到前所未有的复杂因素了，那就是人类。

地球从没见过人类这么强大的力量。我们能劈开山峰，能挖掘深洞，还能改变气候，甚至把大海污染得谁都不认识。我们把无数生物逼至灭绝，让其他生物命悬一线。人类是地球面临的最大问题，总有一天，也会有生物想出“解决”我们的对策，适应新环境，成功生存下去。比如，一定会出现能够抵御气候变暖、海洋酸化的动物，它们将会幸存，得到机会传递自己的基因。

玛丽亚·西比拉·梅里安、查尔斯·达尔文、阿尔弗雷德·华莱士都是博物学的开路先锋，但早在他们之前，博物学就已经是非常重要的学科了。拯救被我们危害的动物，前提是了解它们。因此，布莱恩·费舍尔才会举着iPad穿越丛林，寻觅耳巢拟盘腹蚁的踪迹；因此，蒂尔尼·蒂丝才会海中追踪翻车鲀，为它们做好标记，在一日一变的大海中研究它们的活动；因此，玛利亚拉·苏佩雷娜才会继续在阿根廷的大沙漠上孜孜前行，只为一睹神秘的倭狢狢真容。除了他们三人，还有无数科学家正在奋斗，力图更深地了解我们居住的星球。

也许，也许我们将会自己解决自己制造的问题，谁知道呢？当然，我的意思不是说人类要自我了断。进化给了我们巨大而灵光的大脑，也许我们能找到对策，继续住在这个星球上，而不是继续毁灭它。毕竟，要是地球真的毁灭了，我们就只能跑到其他星球去了。

不过，真到了那时候我们还可以带上几只水熊虫作伴。然而这么做好像有点太任性了，是吧？

致谢

我的爷爷奶奶住在山区，远离城市，那里生活着一类名叫“动物”的生物。比如说，爷爷给小时候的我讲过，蝙蝠既会挂在家门口篮球架的篮板上，也会从家里的车库里成群结队地飞出来，我们从没下功夫去除过它们。我记得我好像建议过，但最终它们还是在那里扎下了根，可能还嘲笑过我呢——蝙蝠都这样。

谢谢你们，爷爷、奶奶，谢谢你们让我见识了充满奇妙生物的世界。爸爸，我们在公园里看见那只长满虱子的小兔时，谢谢您救了它。它太可怜了，可混蛋的我后来居然给这只兔子起名叫“小虫”。妈妈，谢谢您的妙语连珠，您的那些名言要么陪伴读者读完了全书，要么就让读者连第一章都读不下去。至于那些读完全书的读者，你们真够能忍的，谢谢你们。谢谢你，梅丽莎，谢谢你让我记录你们家孩子在草坪上方便的逸事，从此这件事可能就要写入他的个人档案了。

我要特别感谢我的超级经纪人大卫·福格特。我始终不懂你怎么会有激情做这种工作，但你真的堪称大师。我还要感谢企鹅出版社的编辑麦格·莱德，你把我脑中不成章法的词句变成了这本通顺的书。你是个优秀的编辑。你也是，香农·凯利，我讲冷笑话的时候你笑了，谢谢你。

布莱恩·陈，你做了什么自己心里清楚。

噢，抱歉，说得好像你在酒吧捅过我一刀似的。我是想说，我真的很感谢你的贡献。

我向《连线》杂志的全体人员致敬。感谢贝特西·梅森，是你给了我这个不成熟的建议（应该说是太不成熟了），让我在杂志上写专栏。感谢查克·斯科特里吉利亚以及你那群养眼的编辑，但你对金属摇滚的品位实在是太不“养眼”了。

接下来，我还要感谢那些审阅过书稿的科学家：电台主播、山羊之

友丹妮尔·温顿，丛林行者、马的伙伴纳迪亚·德拉科，还有这位卓越的昆虫学家——格温·派尔森，她的志趣更高雅，不爱与羊啊马啊之类的哺乳动物为伍。

我要感谢每位帮助过我的生物学家，谢谢你们为我指出错误，谢谢你们接我的电话、回复我的邮件、接受我的采访。你们中有些是好人，也有不少混蛋，不过每个人都给我带来了不少新知。我谦恭地向你们致敬，你们每个人都让我变好了一点点。

最后，感谢书中所有出场的动物。我知道你们看不到这句话，但不说出来，我还是于心不安。

[1] 摇摆的六十年代（the swinging sixties），即20世纪60年代。

[2] 迈阿密-戴德县（Miami-Dade），位于美国佛罗里达州东南部，是该州人口最多的一个县，县治迈阿密。

[3] “西方坏女巫”（Wicked Witch of the West），出自美国作家莱曼·弗兰克·鲍姆（Lyman Frank Baum）的作品《绿野仙踪》（The Wonderful Wizard of Oz）。“吝啬鬼克鲁奇”（Ebenezer Scrooge）出自英国作家查尔斯·狄更斯（Charles Dickens）的作品《圣诞颂歌》（A Christmas Carol）。



未读 Club

为读者提供有温度、有质量、有趣味的
泛阅读服务



专属社群 独家福利
精品共读 活动特权

手机扫码

加入未读 Club 会员计划

未^{DR} 结

进化的奇迹

EXPLORATION
AND
DISCOVERY



耶鲁皮博迪
自然博物馆

150年发现与探索之旅

〔美〕大卫·K. 斯凯利〔美〕托马斯·J. 尼尔 著
〔美〕罗伯特·洛伦兹 摄 吴勐 译

北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.

版权信息

进化的奇迹

Exploration and Discovery: Treasures of the Yale Peabody Museum of Natural History

作者：[美] 大卫·K.斯凯利（David K. Skelly） [美] 托马斯·J.尼尔（Thomas J. Near）

摄影：[美] 罗伯特·洛伦兹（Robert Lorenz）

译者：吴勔

出品方：未读·探索家

出版社：北京联合出版公司

© 2016 Peabody Museum of Natural History, Yale University

Originally Published By Yale Peabody Museum of Natural History,
distributed by Yale University Press.

Simplified Chinese edition©2018 by United Sky (Beijing)New
Media Co.,Ltd.

All rights reserved.

目录

[版权信息](#)

[前言](#)

[序言](#)

[第一章 探索、发现、领悟](#)

[一所大学的诞生](#)

[耶鲁第一位科学家](#)

[耶鲁科学研究的开启](#)

[皮博迪家的博物馆](#)

[为雷龙而建的建筑](#)

[引领世界](#)

[第二章 认识大自然](#)

[发现新物种](#)

[马什的史前生物大游行](#)

[进化异闻录](#)

[博物馆里的原始森林](#)

[实地考察与技术发展](#)

[第三章 从远古而来](#)

[美国的首次探险远征](#)

[雷龙、子弹和“水牛比尔”](#)

[男人和游艇](#)

[自深深处](#)

[拯救历史](#)

[博物馆的后院](#)

[第四章 守护大自然](#)

[美国保育运动的诞生](#)

[保育运动的发展](#)

[保育运动的今天与未来](#)

[第五章 科学在进步](#)

[堪萨斯州的长牙鸟](#)

[蒙大拿州的“恐怖尖爪怪”](#)

[解构恐龙：羽毛颜色与鸟喙](#)

[第六章 万里挑一](#)

[第七章 变化中的地球](#)

[过去的变化](#)

[不断变化的人口](#)

[人口增长及当下的变化](#)

[光明的未来](#)

[致谢](#)

[返回总目录](#)

前言

我至今仍清楚地记得，小时候，我走进这座新哥特式建筑，望着大王乌贼的标本从天花板上悬垂下来，心中充满敬畏。有关大王乌贼的介绍中写道，这种生物曾经能够在深海中与鲸鱼搏斗。从接待处前台转个弯，我又走进宏伟的恐龙展厅，伸长了脖子观察一具巨大的化石骨架。这具骨架属于一头史前巨型爬行动物，体形和鲸鱼一样大，曾经一度是陆地的主宰——想到这些，就一阵心潮澎湃，不能自己。

展厅右侧是一幅壁画——鲁道夫·F. 查林格绘制的恐龙进化史。这幅画是所有博物题材的壁画中最经典的作品之一，它描绘的那个百万年前、无人可见的精彩世界，是其他图画或电影所无法比拟的。另一侧的角落里，陈列着一匹史前的马、一块印加文明的挂毯、一组尖状石器和捕鱼工具。这些展品背后都有着什么意义呢？小时候我并不能完全理解，直到现在我还在揣测这些东西怎么会聚在同一个地方——我的推测是它们体现了千奇百怪的自然形态，以及人类为探索多样性的大自然而付出的努力。有人说，参观皮博迪自然博物馆能给人种下成为生物学家或人类学家的梦想，而对我来说，这里却让我想要成为一个艺术家。

直到今天，我还会回来，从这些展品中走过，感受进化带来的奇迹。进化的奇迹不但体现在动植物上，更体现在人类思想以及形形色色的人造物上。生命的进化创造了我们，我们又创造了绘画、精美船只、珠宝首饰、彩绘容器……这些东西就应该聚在一起，这有非常大的意义。它不仅是一座自然博物馆，更是一座反映人与自然关系的博物馆。

耶鲁大学校园的另一侧，还有两座大型美术馆，与皮博迪自然博物馆相得益彰。但这座自然博物馆却对我意义特殊，一部分原因是这座博物馆没有那么“专业”，它还停留在那个科学与艺术尚未分离的时代，在那个时代，来自大自然的馈赠、人类文明的创造和人类智慧的发明可以共处一室——这里的价值绝非寻常。今天，这样的博物馆越来越少了。也许，我们也能从这种综合性的展出中窥见未来？为什么鸟儿的筑巢和芦苇编成的篮子不能放在一起呢？它们都是编织高手的杰作，不论是出于实用的目的，还是仅仅出于美学的考量。这样并置的问题严肃地诘问

着艺术和科学的根本，诘问着人类有没有把自己和大自然疏远开来。

在这里，你能够看到皮博迪自然博物馆里的展品，以及这座博物馆背后的策展人、科学家、艺术家，正是他们，让这里变成了世界上最卓越的学术圣地之一。

——詹姆斯·普罗塞克^{[\[1\]](#)}

序言

耶鲁大学皮博迪自然博物馆建于1866年，是全世界最古老的大学博物馆之一。同时，它的面积和藏品数量也位居前列，参观者一般都推测馆内大约有25%的藏品开放参观，但其实这个比例只占0.04%。皮博迪自然博物馆共有1300万件标本，分布在10个部门中。如此庞大的数量体现了科学者付出的无数努力，让人不禁发问，为什么会有这么多藏品？收藏它们又有什么目的？这本书以及博物馆内的展览，将为你做出解答。

实物标本是我们了解世界最有力的基础工具。皮博迪自然博物馆的建立，正是由于耶鲁大学最早期的科学家们意识到一座博物馆对科学发现的必要性，他们的先见之明如今显现了成效。这座博物馆成为一些顶尖科学家开展研究的平台，这些研究改变了我们对地球及其居民的看法——如今，这个功用依然继续。

本书共分七章，展现了皮博迪自然博物馆在重大科学发现和重要学术辩论中发挥中心作用的不同方式。“博物馆”这三个字本身就有种陈旧的味道，似乎博物馆只能来自历史、属于历史，但我们通过这本书所讲述的，将一次又一次强调，皮博迪自然博物馆的意义一直在于探索和创新。馆内的科学家团队致力于改写人们对自然世界的认识，并分享给校园里以及世界上的每一个观众。

大卫·斯凯利 托马斯·尼尔
2016年2月



耶鲁大学拥有的第一台显微镜，于1735年购入。直到70年后，学校才聘请了第一位科学教师。这台显微镜代表着耶鲁大学在科学研究领域的发端。卡尔佩珀/洛夫特，双目显微镜

第一章 探索、发现、领悟

综观全球，从巨型恐龙的骨架到人类文明的造物，博物领域的标本数量多到超乎想象——它们，正是我们了解自然界的基础。

在这一章中，我们将和你共同探索皮博迪自然博物馆的历史和影响。这是一个关于探索和发现的故事，人们在努力寻找自己在自然界中所处的位置。在这个故事的开头，我们先来回顾一下这座博物馆的诞生。

一所大学的诞生

耶鲁大学的起源可以追溯到1701年《自由建立大学学院法案》（An Act for Liberty to Erect a Collegiate School）的通过。该法案通过后，一所小小的学校便成立了，校址位于今天的康涅狄格州的克林顿市。15年后，这所学校迁至纽黑文市。

1718年，科顿·马瑟（Cotton Mather）与美国人伊利胡·耶鲁（Elihu Yale）取得了联系。耶鲁是个商人，在英国东印度公司发了大财。马瑟的目的何在？他要为他的“大学学院”筹集资金，建造一座新楼。

耶鲁捐赠了417本书、一幅英王乔治一世的肖像和9捆货物，出售所得达到800英镑，这在当时是一笔相当可观的收入。

为了纪念他，学校就此改名为“耶鲁学院”。

红砖房校园规划——由约翰·特朗布尔（John Trumbull，曾给乔治·华盛顿将军当过副官）和詹姆斯·希尔豪斯（James Hillhouse）于1792年提出。这项规划使得耶鲁成为美国第一所有校园规划的学校。当年校园中央的建筑“康涅狄格大楼”屹立至今，也许正是第1页左侧那台显微镜过去的存放处。

耶鲁第一位科学家

欧洲启蒙运动所带来的科学变革并未影响到当时的美国。“耶鲁学院”在其成立的前100年中，课程表里几乎没有出现过科学的影子。

但在1795年，蒂莫西·德怀特（Timothy Dwight）当选校长。德怀特是一名科学研究的坚定拥护者，他建立了康涅狄格州艺术与科学学院^[2]。

1801年——托马斯·杰斐逊接任美国总统的那一年——德怀特任命本杰明·西利曼（Benjamin Silliman, 1779—1864）为耶鲁第一位科学教授。本杰明·西利曼是德怀特的一位家族挚友，当时刚刚从耶鲁毕业。

西利曼对科学研究在耶鲁甚至全美国扎根都有深远的影响。身为“化工”和博物学教授，西利曼是耶鲁第一位科学家，除了负责化学学科的授课，他还教授植物学、地质学、矿物学和动物学。

怀着远大的抱负和坚定的决心，西利曼决定远赴英格兰和苏格兰学习两年，来为自己的新职位做准备。1806年，他学成归来，将各领域丰富的科学知识带上了美洲大陆。

事实证明，西利曼收藏的各类矿物等自然界物质最终成为皮博迪自然博物馆藏品的基础，他在耶鲁的科研成果，也吸引了一众学生的注意。这些学生，对后来博物馆的建立都曾有过直接的帮助。



本杰明·西利曼（1779—1864）象牙油画，细密画（约1815年）
纳撒尼尔·罗杰斯（Nathaniel Rogers, 1788—1844）绘



矿石（赤铁矿）本杰明·西利曼于伦敦购得（1805年）

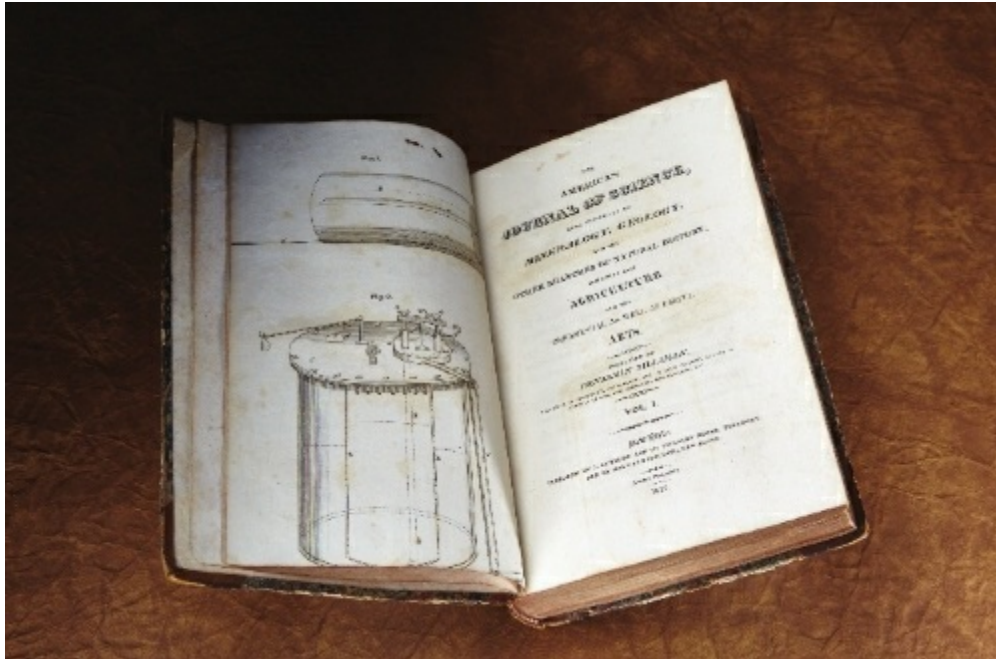
本杰明·西利曼为科学界做出的一长串贡献还包括，他于1818年创办了一种期刊——《美国科学杂志》（*American Journal of Science*），直到今天还在出版，是美国最长寿的科学期刊。

1807年12月14日早晨6:30，一颗耀眼的火球从新英格兰^[3]地区南方的天空划过，火球足有月球的三分之二大。紧接着，在康涅狄格州的小镇韦斯顿响起了三声爆炸。

没过多久，西利曼和他在耶鲁的同事詹姆斯·金斯利（James Kinsley）就赶到了韦斯顿，并收获了“数量可观的标本”。



玻璃瓶中的海草灰，为本杰明·西利曼所有约1817年

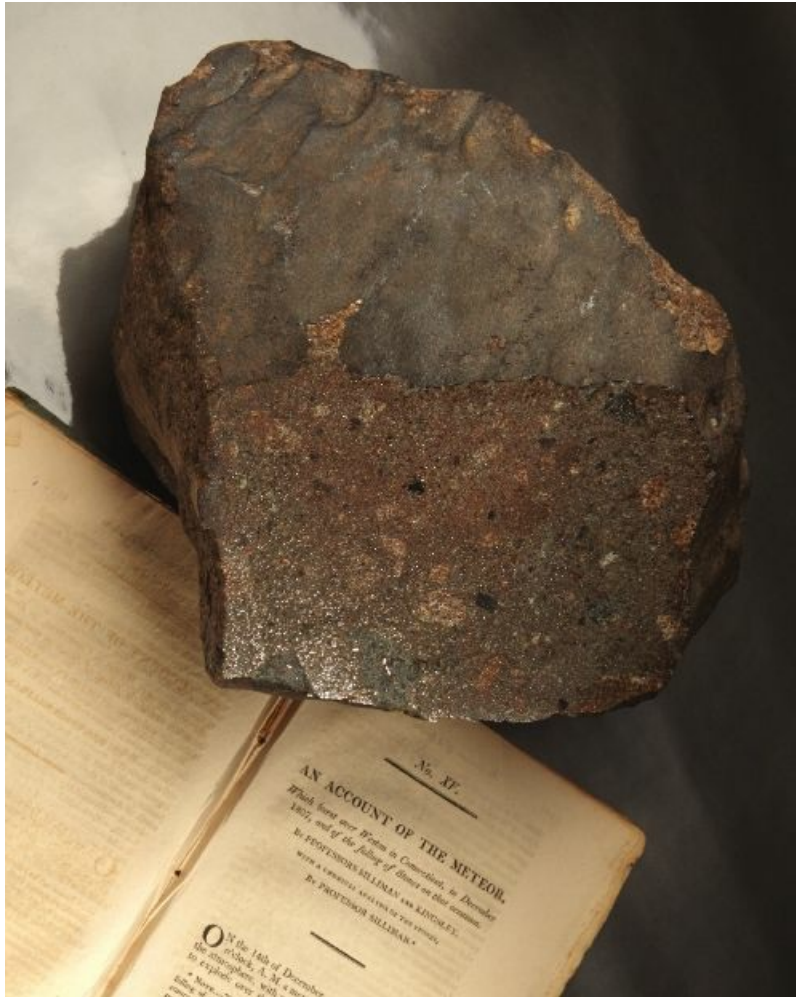


《美国科学杂志》创刊号，1818年

同年12月29日，他们发表了记述此次事件的报告——还是第一次有人将坠落在美洲大陆上的陨石记录下来。1809年3月，西利曼发表了该陨石的第一份化学成分分析。这样的研究，在美国甚至全世界都没有先例。西利曼的工作为美国科学界带来了盛名，同时也让耶鲁开始收集陨石标本——这在当时的美国也开创了先河。

在掌握教学所需的各种知识的过程中，西利曼也收获了不少标本。仅仅20年后，耶鲁所藏的各类矿物就成为全美国数量最大、意义最重要的标本收藏。

除了以个人名义购进的标本，西利曼还监管过多次收购，包括1807年的帕金斯标本馆^[4]和1825年的吉布斯标本馆^[5]。



1807年12月14日坠落在韦斯顿的陨石标本。西利曼发表的事件记述报告和化学成分分析显示，这颗陨石来自地外空间。



祖母绿（绿柱石的一种）（右）与黄玉，来自让-吉格特·德奥西的标本收藏，配有18世纪的博物学著作《博物志》（*Histoire Naturelle*）描述这两件标本时所附的插图。

吉布斯标本馆里的藏品，最初由几名地质学家的藏品组成，包括来自18世纪大革命前法国的让-吉格特·德奥西（Jean Gigot d'Orcy）、瑞士地质学家格里高利·拉祖莫夫斯基（Grigori Razumovsky）和英国地质学家布尔农伯爵雅克·路易（Jaques-Louis）。图片展示了标本馆里的标本。

耶鲁科学研究的开启

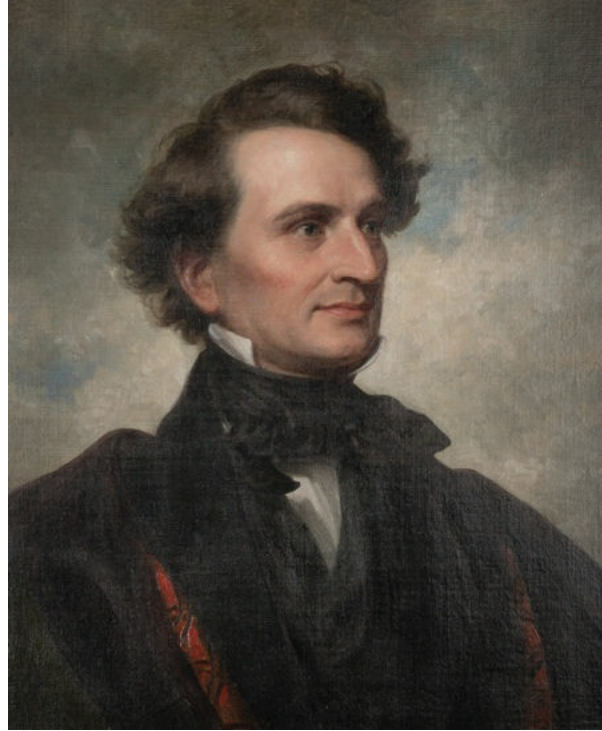
1831年，一位年轻的博物学者查尔斯·达尔文（Charles Darwin）乘坐的航船“贝格尔号”（H.M.S. Beagle）起航。受其启发，美国国会也组建了一支探险队，名为“美国探险远征队”。

1838年，美国探险远征队出发了。行程持续了4年，主要活动区域在太平洋。本杰明·西利曼的学生、同为耶鲁学子的詹姆斯·德怀特·达纳（James Dwight Dana, 1813—1895）受邀，担任探险远征队里的科学家。

达纳是耶鲁的博物学教授，也是耶鲁历史上最出色的科学家之一。他在动物学和地质学上建树颇多，其中最出名的要数他在著作《矿物学系统》（A System of Mineralogy）中提出的矿物分类方法，这个方法一直被科学界沿用至今。

1847年，耶鲁科学学院建立（后改名为谢菲尔德科学学院），其后不久，达纳便受邀担任教授，很快，他又成了为拓宽耶鲁的科研领域而游说的主要力量。他计划建设更多的实验室和讲堂，还提议建立一座“任何人走进来都会受益”的博物馆。

1866年，皮博迪自然博物馆建立了。



詹姆斯·德怀特·达纳（James Dwight Dana，1813—1895）布面油画（1858年）丹尼尔·亨廷顿（Daniel Huntington，1816—1906）绘



达纳的岩石锤、教学用的玻璃晶体模型（方解石双晶），以及签名版《矿物学系统》。

《矿物学系统》，初版（1837年）詹姆斯·德怀特·达纳著

皮博迪家的博物馆

1856年，詹姆斯·德怀特·达纳教授提出了为耶鲁兴建自然博物馆的计划。同年8月，胸怀抱负的年轻学生奥塞内尔·查利斯·马什（Othniel Charles Marsh, 1831—1899）参加了耶鲁的入学考试，名列榜首。

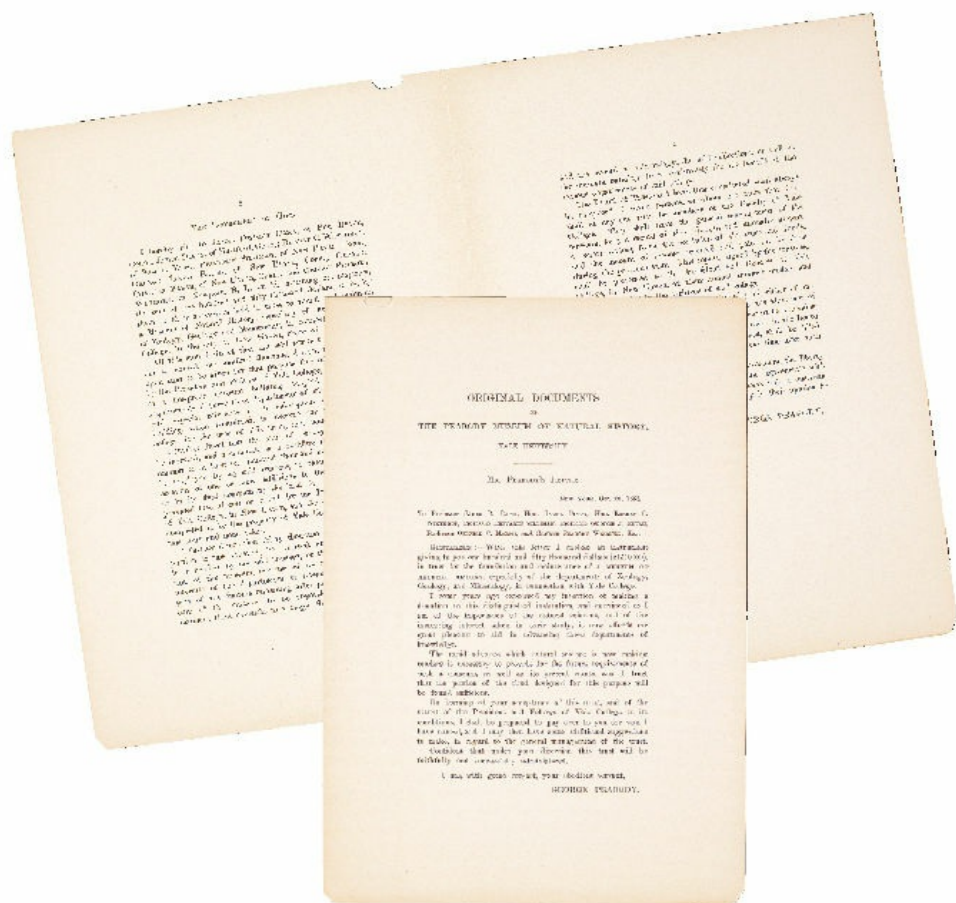
马什被西利曼的研究工作深深激励，对科学产生了浓厚的兴趣，热衷于利用科学解释世界万物。

1862年，马什从耶鲁所属的谢菲尔德科学学院毕业，随即在西利曼和达纳的授意下，开始和自己的叔叔银行家乔治·皮博迪（George Peabody, 1852—1938）讨论起为耶鲁捐资设计、建设自然博物馆的相关事宜来。

4年后，一笔15万美元的捐款契约书到了马什的手上，这标志着皮博迪自然博物馆的正式建立。



乔治·皮博迪（1895—1969）布面油画（时间不详）绘者不详



1866年，建立皮博迪自然博物馆的捐款契约书。

1866年这一年，不仅见证了皮博迪自然博物馆的建立，更见证了马什升任耶鲁的古生物学教授。同时，他也是美国的第一位古生物学教授。

一年后，马什又被任命为博物馆的常设策展人，与他一同被任命的还有地质学家乔治·J. 布鲁什（George J. Brush）和动物学家艾迪森·E. 维里尔（Addison E. Verrill）。在任期内，马什还一直被人认作博物馆的馆长（无官方任命）。



马什（中间站立者）和耶鲁科考远征队队员。摄于怀俄明州布里杰堡附近的营地，1870年。

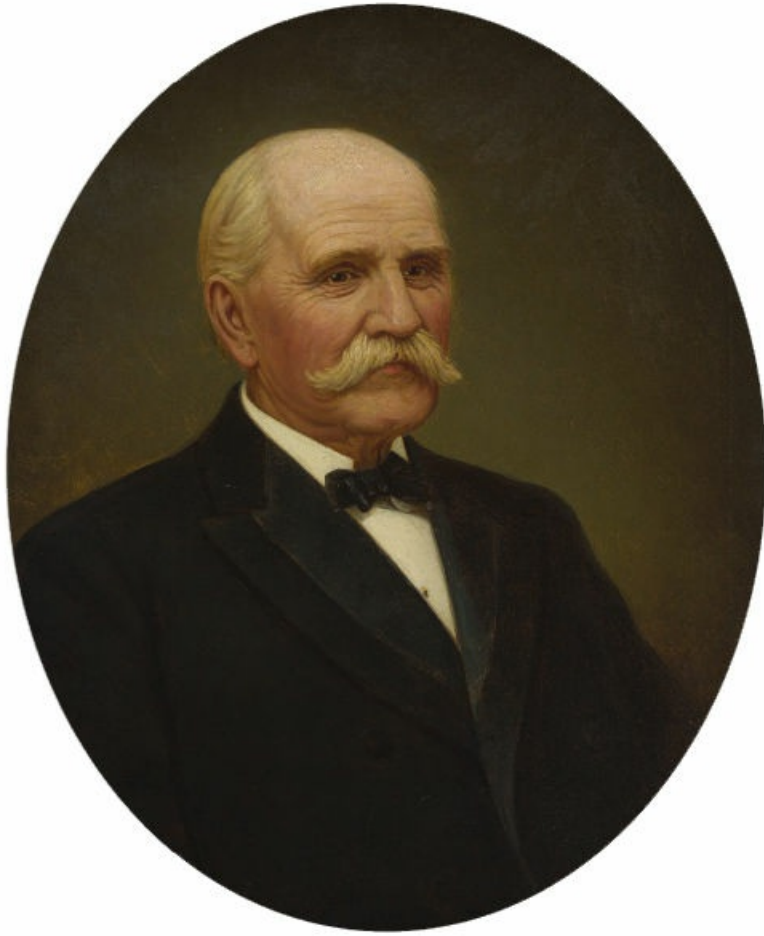
马什在早期研究中发起过四次科考远征。1870—1873年这三年间，马什带领学生前往美国西方搜寻化石，尤以古哺乳动物为主。

同时，维里尔也在多个领域进行着探索——从植物学到寄生虫学，跨度很广。下面图片里的绦虫就是证据。1896年3月18日，标本中的绦虫由维里尔从一名耶鲁学生的体内取出。

皮博迪自然博物馆的建设地点定在纽黑文市榆树街和高街交界路口的西南角，1874年夏天动工，1876年建成。同年，博物馆面向公众开放营业。



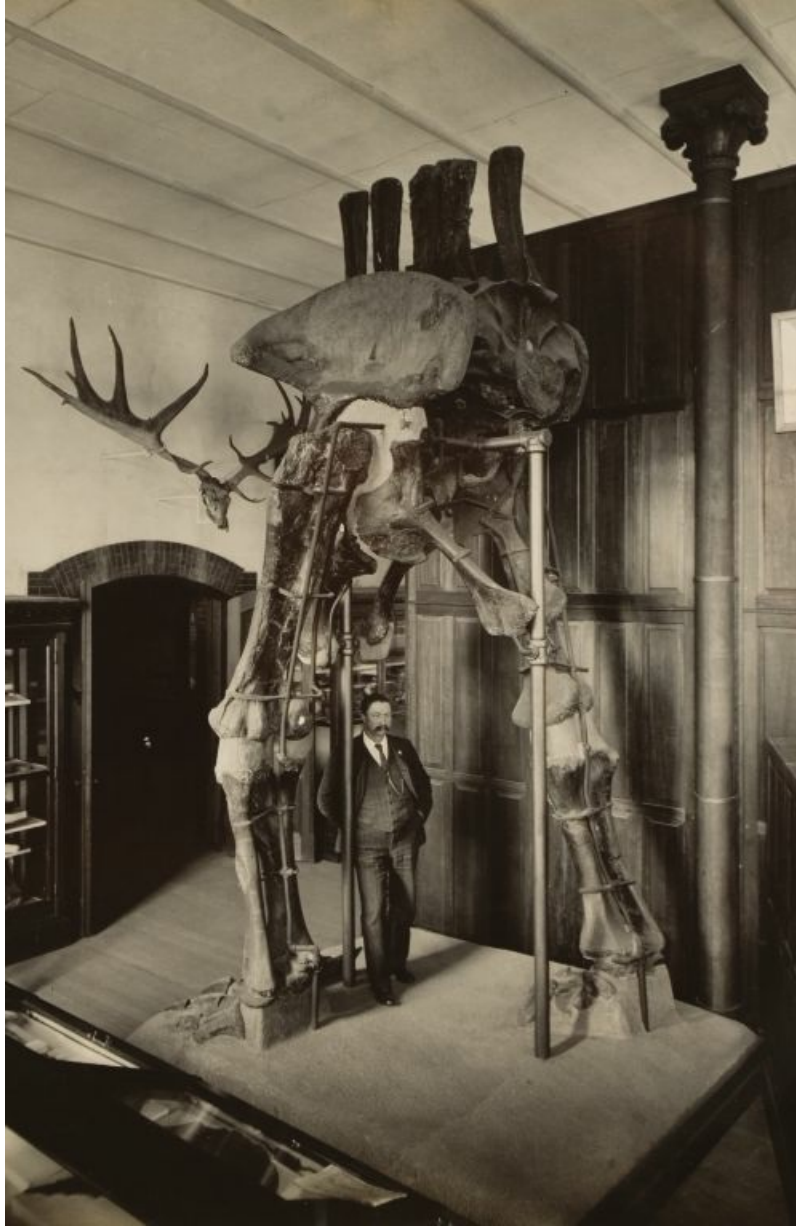
牛带绦虫（大标本瓶中），来自一名耶鲁学生，牛带绦虫（*Taenia saginata*）艾迪森·E. 维里尔采 1896年



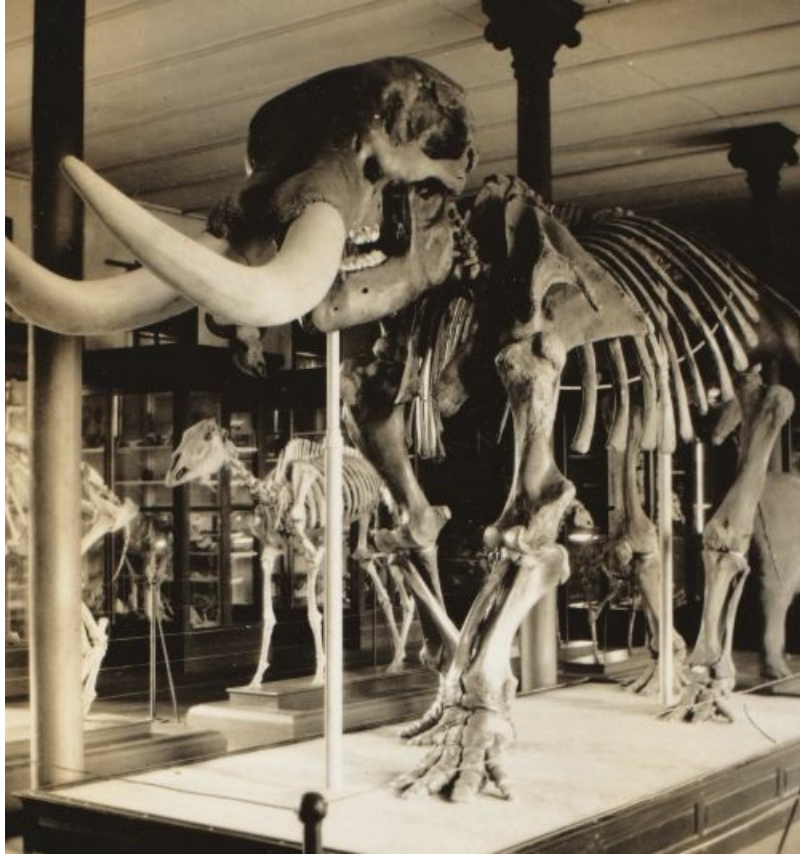
乔治·J.布鲁什（1831—1912）布面油画（日期不详）哈里·艾夫斯·汤普森（Harry Ives Thompson, 1840—1906）绘

在最初的建筑设计图上，博物馆的建筑高大而宏伟，但真正的工程只占设计图中的一个侧翼。

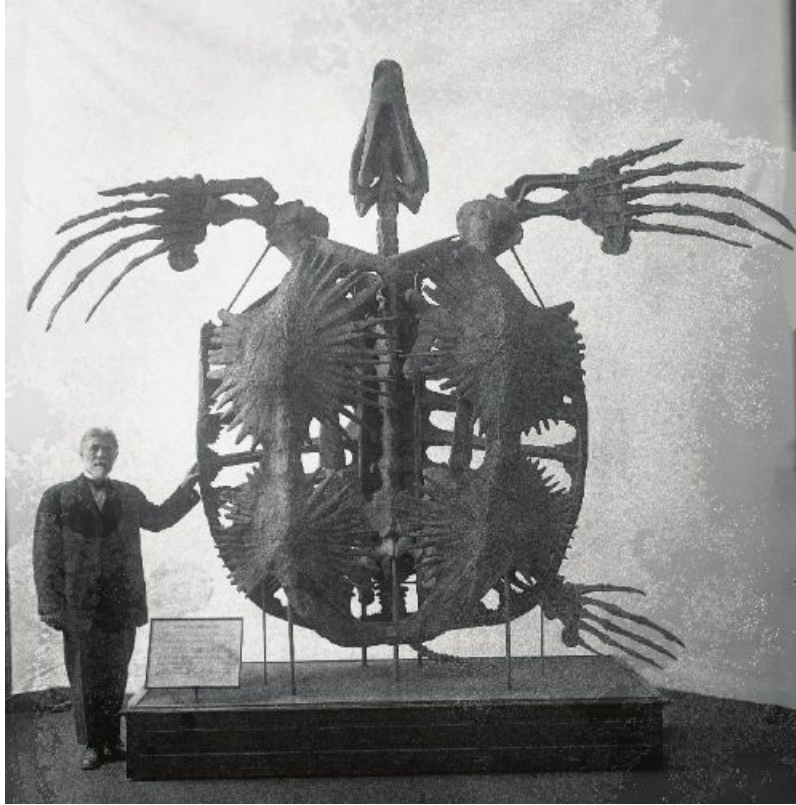
在美国西部，成吨的化石被发掘出来，用火车运送至纽黑文。在这里，马什会对这些化石进行描述，并对这些恐龙进行命名，诸如异特龙（*Allosaurus*）、剑龙（*Stegosaurus*）、三角龙（*Triceratops*）、迷惑龙（*Apatosaurus*），还有“会发出阵阵雷声的蜥蜴”——雷龙（*Brontosaurus*）。



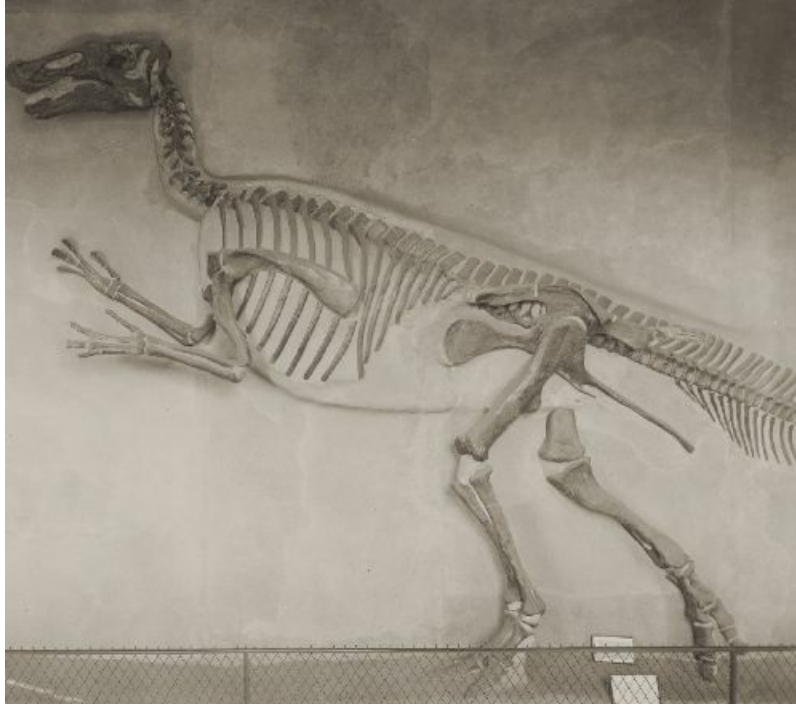
皮博迪自然博物馆初建成时，由于空间所限，只能展出雷龙（*Brontosaurus*）的骨盆和后肢骨架。由资深标本制作师休·吉布（Hugh Gibb，标本左后肢旁站立者）装架。摄于约1902年。



在皮博迪自然博物馆进行展览的美洲乳齿象及其他动物的化石骨架。



皮博迪自然博物馆古植物学家乔治·R. 维兰德（George R. Wieland, 1865—1953）站在一具装架好的古巨龟（*Archelon ischyros*）化石骨架旁。这具骨架装架于1907年，少了一只后肢，是在它活着的时候被掠食动物咬掉的。摄于博物馆内，1914年11月3日。

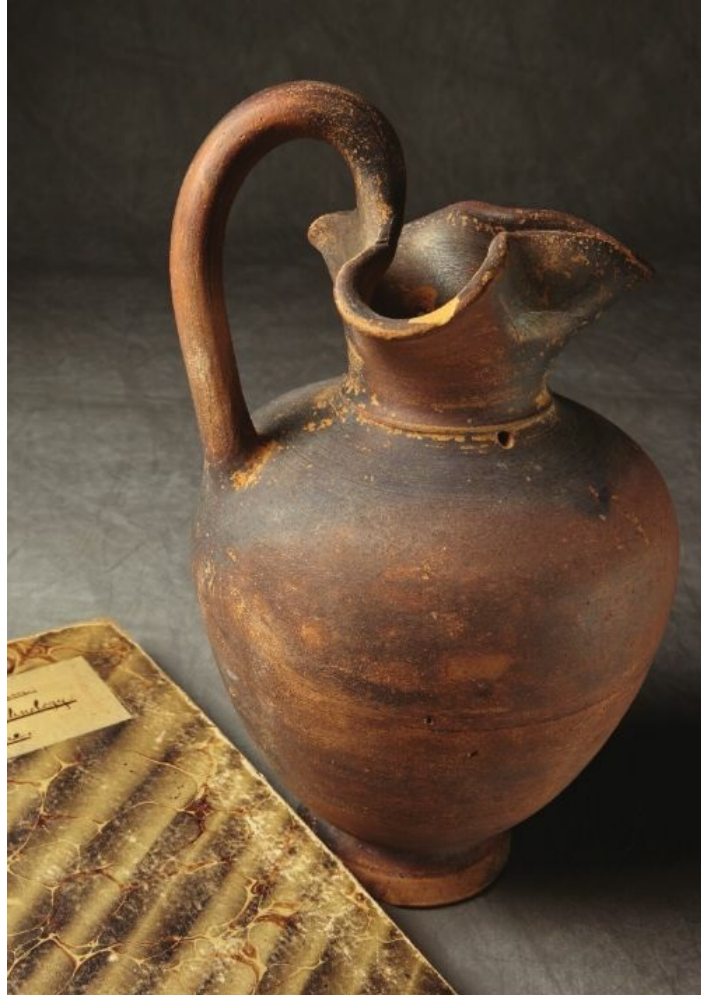


1901年，这具破碎龙（*Claosaurus*，现已确认为埃德蒙顿龙 *Edmontosaurus*）的化石骨架展出。这是历史上展出的第一具大型化石骨架，引起了强烈反响，还曾登上过《纽约时报》（*New York Times*）头条。

不过，对美洲大陆上这些灭绝巨兽感兴趣的并非只有马什一人——来自费城的爱德华·德林克·科普（*Edward Drinker Cope*）同样野心勃勃。马什和科普本是好友，可他们后来积怨渐深，最终，在19世纪末，二人挑起了一场“化石大战”（*Bone Wars*）。

1899年，马什去世。三年后，即1902年，博物馆的科研部门新开设了人类学部。

1911年，海勒姆·宾厄姆三世（*Hiram Bingham III*，1875—1956）第一次带领考古队前往秘鲁。海勒姆·宾厄姆先后三次率队前往秘鲁考古，将印加帝国遗址马丘比丘带进了人们的视线。



1867年，皮博迪自然博物馆的原版考古学与民族学展品目录中，将这尊埃及陶罐列为博物馆人类学头号展品。



雕刻有美洲狮的石臼，安第斯文明晚期，印加帝国秘鲁库斯科

为雷龙而建的建筑

皮博迪自然博物馆最初竣工并开放于1876年，但很快就被马什从美国西部搜罗来的那些巨型恐龙化石占满了。

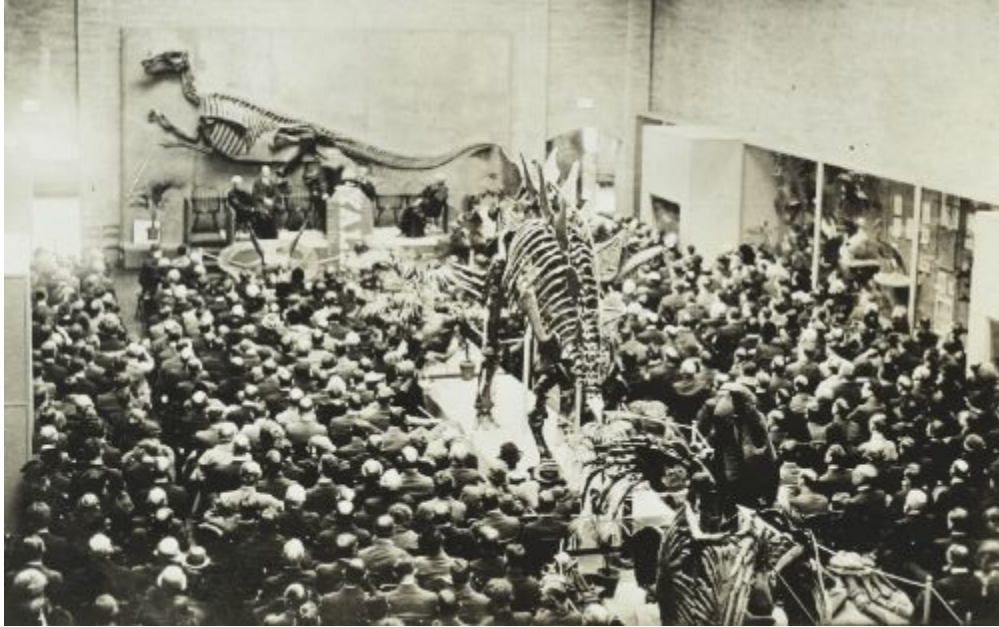
1917年，由于要建设耶鲁的哈克尼斯四合院、塞布鲁克学院以及其他一些住宿设施，博物馆旧馆被拆除。

虽然博物馆新址一直在规划中，但建设工期却因为第一次世界大战而一拖再拖。等待新馆建造期间，博物馆的展品在耶鲁附近的一间封闭仓库里存藏了七年。

直到收到慈善家玛格丽特·奥利维亚·斯洛克姆·塞奇（Margaret Olivia Slocum Sage）捐赠的65万美元，耶鲁校方才在惠特尼街和酋长街的街角购置了博物馆新馆的场地，取代之前建在那里的几座网球场。

1923年6月18日，就在耶鲁举办毕业典礼的这一周，新馆的奠基仪式开始了。

皮博迪自然博物馆新馆于1925年12月29日建成，并于翌年向公众开放。据《纽约时报》报道，时任馆长理查德·斯旺·鲁尔（Richard Swann Lull）主持的进化论主题展览“从变形虫到人类”（From The Amoeba To Man）在当时取得了巨大成功。



1925年，刚刚竣工的皮博迪自然博物馆新馆向公众开放，吸引了超过800名观众前来观展，其中包括8个科学社团的很多成员。

在田纳西州发生的“猴子审判”一案^[6]让全美国掀起了一阵讨论是否应该在公立学校开设进化论课程的热潮。而就在这个案件愈演愈烈之时，鲁尔却一直在为他的新博物馆策划展览。

鲁尔身为教育者，一直坚定地支持进化论。1925年6月1日，他的肖像登上了当天出版的《时代周刊》（**Times**）杂志封面。《时代周刊》赞扬了他为推广进化论付出的努力。



理查德·斯旺·鲁尔正在制作侏罗纪时期的丛林复原模型。

那个时期，耶鲁校长詹姆斯·罗兰·安吉尔（James Rowland Angell）鼓励皮博迪自然博物馆的工作人员策划可为当地公立学校所用的展览。在校长的鼓励下，鲁尔带领团队，将生物进化史设计为可视化展览，让参观者可以走路穿越时光——这样的展览方式，其他任何同类博物馆都未曾尝试过。

1931年，博物馆最大的展厅终于回归建设之初的目的——马什发掘出的那组巨大的雷龙化石骨架将进行装架展出。这组雷龙化石也成为皮博迪自然博物馆讲述时光与进化的重要一环。



鲁尔和标本制作师休·吉布站在已装架完成的雷龙骨架下。

随着新馆的落成和更多展览的启动，皮博迪自然博物馆的藏品也在持续增加。1930年，哈里·佩恩·宾厄姆（Harry Payne Bingham, 1887—1955）将他在1925—1927年间三次海洋科考搜集来的藏品全部捐赠给了耶鲁。

宾厄姆从海洋科考中采集到的标本包括来自大西洋和太平洋的鱼类和无脊椎动物，这些标本极大地丰富了皮博迪自然博物馆的馆藏。



这幅蜻蜓画作由罗伯特·布鲁斯·霍斯福尔（Robert Bruce Horsfall, 1869—1948）所绘，为皮博迪自然博物馆的一幅前石炭纪森林复原图的一部分。据说这幅画启发保罗·麦克雷迪（Paul MacCready）设计制造出了史上第一架人力飞行器“游丝神鹰号”（Gossamer Condor）。

与其他博物馆相比，皮博迪自然博物馆的立体实景模型首屈一指。这些立体模型旨在重现某个生态系统的存在状态，使用的工具包括三维前景模型、弧形背景墙，还要有穹顶。你经常会在博物馆中见到立体模型，它们就像通向自然世界的一扇窗户。

皮博迪自然博物馆中大部分精美的立体模型都出自画家J. 佩里·威尔逊（J. Perry Wilson, 1889—1976）和弗朗西斯·李·雅克（Francis Lee Jaques, 1887—1969），以及首席标本制作师拉尔夫·C. 莫里尔（Ralph C. Morrill, 1902—1996）之手，前景模型的制作由莫里尔负责。1944年10月，佩里·威尔逊离开美国自然博物馆来到这里，其后几年中，他为皮博迪自然博物馆制作过多个立体实景模型，其中最大的是一片河岸的模型，足有35英尺（约10.7米）长。

建筑专业出身的威尔逊利用自己独特的技术，能精确地将二维画面呈现在任何形状的表面，造成一种距离感和空间感，给观者以三维立体的错觉。威尔逊的这种方法可以帮他避免手绘所带来的误差。一代又

一代的参观者，都曾站在威尔逊和莫里尔合作的立体实景模型前，花费无数小时徒劳地分辨前景与后景之间是如何转换的。

1941年，耶鲁美术学院高年级学生鲁道夫·F. 查林格（Rudolph F. Zallinger, 1919—1995）接受时任馆长阿尔伯特·E. 帕尔（Albert E. Parr）的委托，为博物馆绘制了一幅海藻图。一年后，博物馆方再次委托查林格在博物馆的主展厅内作画，主题为史前生物。



《哺乳动物时代》，素描初稿（1953年），纸面素描，鲁道夫·F. 查林格（1919—1995）绘



《爬行动物时代》，素描初稿（1942年），纸面素描，鲁道夫·F. 查林格（1919—1995）绘

作画前，查林格花费6个月时间恶补动物和植物学常识，花费一年时间进行蛋彩画的练习。一切准备停当后，他终于开始了这幅110英尺（约33.5米）画作的绘制。在干墙壁上辛苦耕作4年后，融合3亿年生物进化史的巨作——《爬行动物时代》（*The Age of Reptiles*）诞生了。

1949年，在皮博迪自然博物馆绘制壁画为查林格带来了普利策奖学金。两幅壁画《爬行动物时代》《哺乳动物时代》（*The Age of Mammals*）的局部图还在1953年登上了美国《生活》（*Life*）杂志的封面。

引领世界

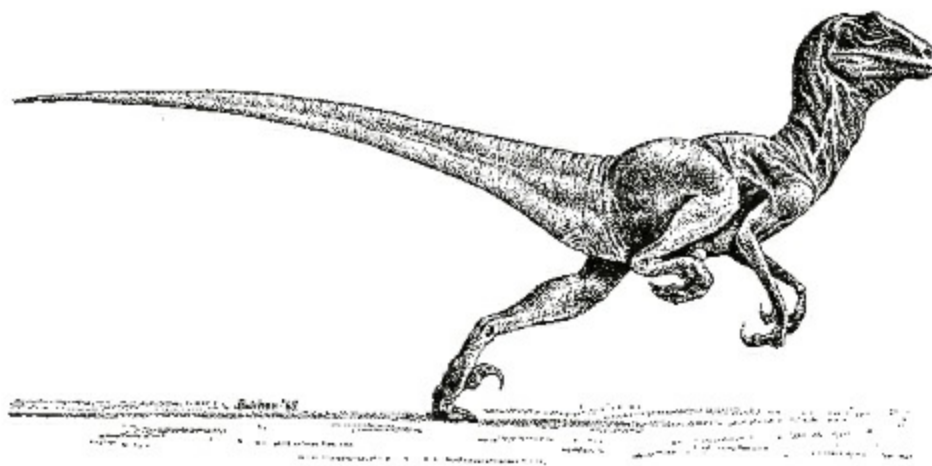
新馆竣工后，皮博迪自然博物馆成为耶鲁和纽黑文的一座地标，工作人员也在不停地扩建展厅，吸收藏品。

20世纪60年代，耶鲁古生物学家约翰·H. 奥斯特罗姆（John H. Ostrom, 1928—2005）在考察美国蒙大拿州的一片荒原时发现了一种新的恐龙。奥斯特罗姆将之命名为“恐爪龙”（*Deinonychus*）。他的发现，彻底地改变了以往人们对恐龙的认知。

在奥斯特罗姆发现恐爪龙之前，人们普遍认为恐龙是一种冷血、低等的巨兽。但恐爪龙的某些生理特征——尤其是它们像镰刀一样的利爪——证明了恐龙并非迟缓、愚笨的动物，正相反，它们是伶俐、敏捷的捕食者。



凶猛的平衡恐爪龙（*Deinonychus antirrhopus*），镰刀状的爪骨化石，采自美国蒙大拿州卡本县（图片约为实物大小）



根据奥斯特罗姆的描述所绘制的平衡恐爪龙图像（1969年），

罗伯特·巴克（Robert Bakker，1945—）绘

奥斯特罗姆的这一发现给古生物学界注入新的生机，并一举引起了一场“恐龙文艺复兴”（Dinosaur Renaissance）。在这场科学革命中，古生物学家的研究最终形成了人们今天对恐龙的看法——它们是极为活跃的生物，拥有复杂的行为方式。

今天，皮博迪自然博物馆的科学家们依然致力于在全世界进行考察，进一步完善我们对地球和生命的认知。同时，这座博物馆也延续着长久以来的传统，继续引领着科学研究和教育的发展。

从赤道到极地，皮博迪自然博物馆的科学家们探索地球的脚步从未停歇。此刻，他们正在路上；未来，他们也不会停止。



皮博迪自然博物馆的鸟类学家在苏里南首次发现穴鸮的身影，这证明南美洲的生物种类有了明显增多。



标本制作师玛丽莲·福克斯（Marilyn Fox）正在研究一块精致的头骨化石。化石来自三叠纪一条鳄鱼的近亲。

今天，皮博迪自然博物馆共有10个科研部门：

人类学部

植物学部

昆虫学部

科研仪器文物部

古无脊椎动物学部

无脊椎动物学部

矿物学和陨石学部

古植物学部

古脊椎动物学部

脊椎动物学部

每得出一个新的发现、每发掘一件新的藏品，我们都能对身边的世界获得更深入一点的了解。

如今，生物灭绝和气候变化时常占据报纸的头条，皮博迪自然博物

馆这样的科研机构有责任为探索世界做出贡献，有责任探索人类在世界上所处的位置和未来的角色。人类，既是地球上的居民，也是地球的保护者。



耶鲁本科生梅琳娜·德尔加多（Melina Delgado）正在对拟铁树属（*Cycadeoidea*）植物的茎干化石进行分类。



志愿者达妮卡·迈耶（Danica Meier）与学生马克斯·兰伯特（Max Lambert）正在制作蟒蛇的骨骼、皮肤和组织标本。兰伯特同时也是博物馆馆员。



皮博迪自然博物馆古植物学家彼得·克莱因（Peter Crane）和胡树声（Shusheng Hu，音译）带领学生艾玛·洛卡泰利（Emma

Locatelli)、玛雅·米奇克 (Maya Midzik) 在美国布洛克岛采集白垩纪褐煤。



昆虫学家拉里·加尔 (Larry Gall) 和耶鲁研究生妮可·帕尔非-莫霍劳伊 (Nicole Palfy-Muhoray) 一起参加康涅狄格州斯特拉福德市举办的24小时皮博迪“生物限时寻” (Peabody BioBlitz) 活动，正在对从捕虫网中采集的昆虫进行分类。



耶鲁古生物学研究生霍尔格·彼得曼（**Holger Petermann**）在亚利桑那州的化石林国家公园中，正准备给一块化石的外表包裹石膏。



洛马米长尾猴（*Cercopithecus lomamiensis*）是过去30年中非洲仅有的两种猴类新物种之一。它由皮博迪自然博物馆的科学家埃里克·萨吉斯（Eric Sargis）带领一支来自世界各地的研究团队于2012年命名。在2007年科学家们“发现”这种猴子之前，当地人已经对它非常了解了。

第二章 认识大自然

皮博迪自然博物馆中那些史前器物 and 自然标本记录着人类发现自然的历程。

这些标本来自世界各地，是某一个物种中被人们加以科学描述的第一个个体。或者说，这些标本给人们提供了新的观点，引领着人类加深对地球生命的了解。

同时，正如新物种的发现能让我们对生物多样性产生更深刻的理解，新技术的发展也让我们从新的角度来看待世界。

本章介绍的，正是在皮博迪自然博物馆中珍藏的一部分珍贵的“第一个”。

博物学不仅仅是对新物种进行命名，还要对新物种的行为进行鉴别和研究。1903年，俄国生理学家伊万·巴甫洛夫（Ivan Pavlov, 1849—1936）提出了他的“条件反射”理论。

巴甫洛夫和助手通过研究在给狗喂食时的唾液分泌现象发现了这一理论。这个实验非常有名——研究人员每次喂食时都会同时给出一种特定的声音，一段时间后，即便只听到这种声音，狗也会分泌唾液。



人类头部的射线成像照片，1896年

这张X光照片是宾夕法尼亚大学教授亚瑟·W. 古德斯皮德（Arthur W. Goodspeed, 1860—1943）拍摄的一组照片的一张。

1890年，古德斯皮德无意间拍出了世界上第一张X光照片。5年后，德国物理学家威廉·伦琴（Wilhelm Röntgen）也宣布了类似发现，这让古德斯皮德开始重新关注自己拍出这种照片的过程。

这组X光照片可能是美国现存最早的射线成像照片，为科学家研究世界之谜铺平了一条全新的道路。

发现新物种

科学家们已经鉴别出了将近200万种生物物种，包括动物、植物，以及地球上其他种类的生物。每种生物都由其模式标本所界定——模式标本作为典型，涵盖着每一个物种的特征。

皮博迪自然博物馆馆藏有超过10万种生物的模式标本——这是地球生命的一份无价的目录。

与此同时，人类探索的脚步还在继续。科学家估计，地球上绝大多数生物依然没有被发现。



长叶似山毛榉（*Fagopsis longifolia*），始新世（3400万年前），
采自美国科罗拉多州特勒县（模式标本）
长叶野扇花已经灭绝，是山毛榉的近亲。它首次被描述于1909

年，是科罗拉多州佛罗瑞珊化石带国家保护区中最常见的物种。



豹蛙，拉娜·考菲尔德豹蛙（*Rana kauffeldi*，大西洋海岸豹蛙，为纪念生态学家卡尔·考菲尔德的伟大发现而命名），采自美国纽约州里士满县（模式标本）
科学家在纽约市史丹顿岛发现了这种新品种的豹蛙，并于2014年为其命名。史丹顿岛是世界上人口最密集的地区之一。20世纪以来，在美国东北部发现的脊椎动物新物种非常少。



磷钙锰石（Fairfieldite），采自美国康涅狄格州费尔菲尔德县（模式标本）

并不是只有生物才有模式标本，地质学的研究中同样也有。这种新的矿物于1878年被命名，其英文名称取自发现的地点。

马什的史前生物大游行

奥塞内尔·查利斯·马什发现并命名的恐龙种类数量无人能及。19世纪70年代至90年代，他致力于收集化石，并将成吨的化石从美国西部运到了纽黑文。

利用这些化石，马什命名了超过500个新物种，其中就包括下面图片中展示的这些。很多恐龙的名字，如雷龙、剑龙和三角龙，都早已家喻户晓。

马什是科学普及的重要人物，他将大量的史前生物知识带给了普通民众。



蜥脚类恐龙的椎骨，埃阿斯迷惑龙（*Apatosaurus ajax*），侏罗纪（1.5亿年前），命名人：马什（1877年），采自美国科罗拉多州杰弗逊县（模式标本）



环棘鱼（*Heliobatis radians*），始新世（5000万年前），命名人：马什（1877年），采自美国怀俄明州林肯县



早期哺乳动物的下颌骨柱齿兽（*Docodon striatus*），侏罗纪（1.5亿年前），命名人：马什（1881年）采自美国怀俄明州阿尔巴尼县（模式标本）

从神话故事到科学研究：“北海巨妖”克拉肯的科学描述。

有关大王乌贼的发现还要追溯到公元前350年。古希腊哲学家亚里士多德是第一个对这种巨型乌贼进行描述的人，他管这种生物叫“海蛇”。1857年，荷兰生物学家雅珀图斯·斯登斯特鲁普（Japetus Steenstrup）将其正式命名为“大王乌贼”。



大王乌贼的第一个与实物等大的模型。由维里尔和艾莫尔顿（J. H. Emerton）根据被冲上纽芬兰海滩的标本制作，为皮博迪自然博物馆展示之用。

对大王乌贼进行现代科学研究的第一人是耶鲁首位动物学教授艾迪森·E. 维里尔。19世纪70年代至80年代，维里尔利用被冲上纽芬兰海滩的乌贼标本进行研究，并为动物解剖学提供了许多新观点。

科学家们利用这里展示的标本和其他一些相关标本制作了一只大王乌贼的模型。这个模型与实物等大，如今正驻守着皮博迪自然博物馆的大门。

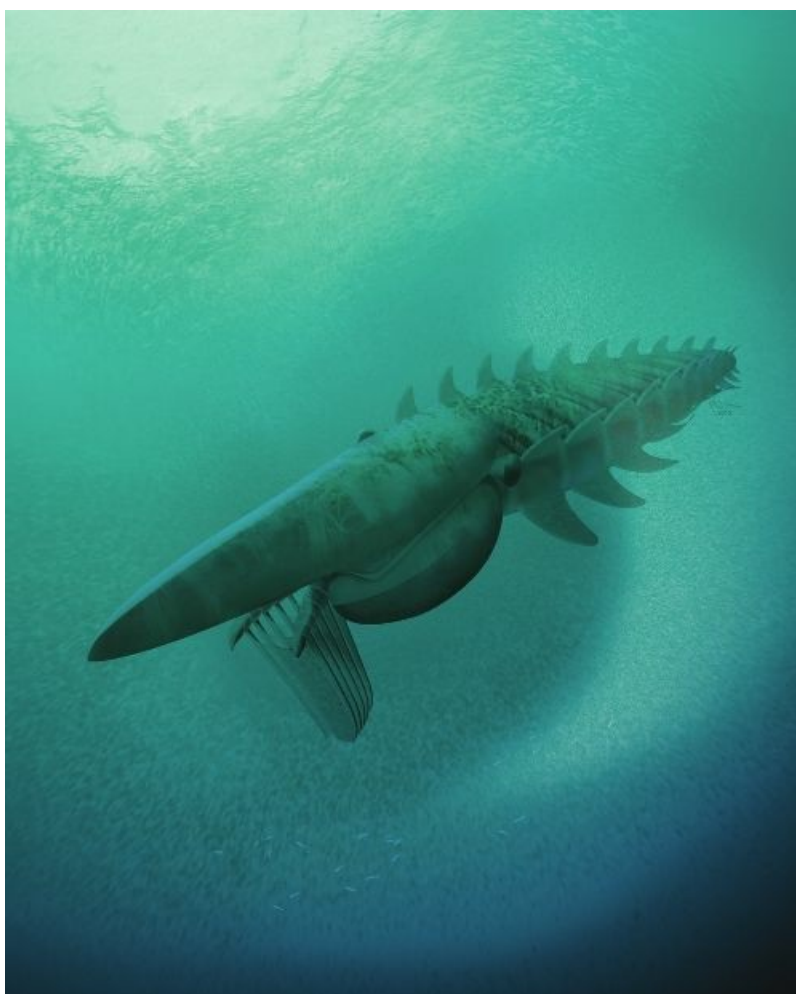
欧巴宾海蝎是一种奇妙的生物，长有5只眼睛和管状长嘴，嘴的顶端还长有一个齿状尖爪子。很长一段时间以来，欧巴宾海蝎都是科学上的一个谜团。耶鲁大学无脊椎动物学家德瑞克·布里格斯（Derek Briggs）所做的研究增进了我们对这种生物以及寒武纪其他生物的了解。他将它们视为动物界最初的成员。如今，欧巴宾海蝎被认为是节肢动物的始祖。



节肢动物的始祖欧巴宾海蝎（*Opabinia regalis*），寒武纪（5.05亿年前），采自加拿大不列颠哥伦比亚省

进化异闻录

古生物学的研究经常以不完整的化石为基础，完好无损的化石骨架非常罕见。但真正的挑战，其实是那些完全独特、怪异的古生物化石——这些古生物与现今存活于世的动物毫无共通之处。和所有科学上的问题一样，持续的研究和全新的发现会给科学家们带来新的见解，帮助他们解开关于这些古代怪兽的谜团。



“海神”奇虾复原想象图

下面这块新近发现的化石属于一种名为“奇虾”的灭绝生物。奇虾属于节肢动物，和昆虫、蜘蛛、甲壳动物等属于同一门类。

大部分种类的奇虾都是凶猛的捕食者，而7英尺（约2.1米）长的奥

陶纪“海神”奇虾（*Aegirocassis*）则是种巨大的滤食性动物，过滤海水，以捕获其中体形微小、有营养的浮游生物。2015年，一支研究人员团队命名了这种生物，皮博迪自然博物馆无脊椎动物学家德瑞克·布里格斯也是其中的一员。

仔细看，这块化石里面的，是地球上最早的多细胞生物。它于1990年被人发现，已经有5.7亿年的历史了。



文德生物界生物化石组合（模铸化石），前寒武纪（5.7亿年前），采自加拿大纽芬兰

那个时代的化石所展示的生物体，有的像叶片，有的像圆盘，还有的像蠕虫，这些生物与现代动物之间的关系还有待考证。1992年，耶鲁大学客座教授阿道夫·赛拉赫（Adolf Seilacher, 1925—2014）还给这些生物开辟了一个新的界——文德生物界（Vendobiota）。

博物馆里的原始森林

皮博迪自然博物馆是世界上收集拟苏铁目（*Cycadeoids*）植物标本最多的地方，标本数量过千。拟苏铁目植物形似苏铁，在恐龙时代十分繁盛，现已全部灭绝。

博物馆首位古植物学家乔治·R. 维兰德对这种神秘的植物产生了浓厚的兴趣。他收集了大量标本，并通过研究，在20世纪初发表了自己的成果，对科学界产生了巨大影响。

维兰德还制作过很多化石标本薄片。利用这些薄片，维兰德揭示了拟苏铁目植物解剖结构中的许多细节，包括这些植物与花形似的生殖器官。



乔治·R.维兰德站在皮博迪自然博物馆主展厅的展品之间，摄于1931年11月。陈列在维兰德身前的是几组拥有1.25亿年历史的拟苏铁目植物茎干化石（*Cycadeoidea marshiana*，马氏苏铁）。

实地考察与技术发展

从纽约州的采石场到印度洋上的小岛，皮博迪自然博物馆科学家们的足迹遍布各地。这些科学考察对科学的进步有十分关键的作用，对新技术的发展也至关重要。这些新技术为我们看待自然、理解自然提供了更多方式。

比彻三叶虫层（**Beecher's Trilobite Bed**）——世界上保存最完好的化石层之一，就位于纽约州中部的一座小采石场内。在这层薄薄的页岩中，三叶虫坚硬的外骨骼作为化石保存了下来，甚至连它们精细的附肢、鳃、步足以及触角都完好无损！

这个化石层的名称源于耶鲁的地质学家查尔斯·E. 比彻（**Charles E. Beecher, 1856—1904**）。19世纪90年代，比彻致力于这片地区的发掘，并且永远地改变了科学界对这些古代海洋生物的看法。



一块三分节虫（*Triarthrus eatoni*）的化石，旁边放有比彻的研究工具，包括一张标本的X光照片。这种X光照片显示有标本的鳃、足和触角等细节。这块化石形成于4.5亿年前。图片左上显示的是这块化石的金属铸模。



查尔斯·E. 比彻（右侧端坐者）在纽约州奥奈达县的化石发掘地。

1953年，皮博迪自然博物馆首位无脊椎动物学部负责人威拉德·D. 哈特曼（Willard D. Hartman, 1921—2013）进驻博物馆。随着他的到来，博物馆的无脊椎动物标本数量也开始增长。

哈特曼从热带地区采集过很多标本——准确地说，是在1957—1958年校方组织前往塞舌尔进行科考这一段时间。这次考察让人们对岛屿环境内动植物的分布情况有了进一步了解。

Le Seychellois Saturday 5th February 1958

Le Seychellois

Organ of the Seychelles Taxpayers and Producers Association
The views expressed in signed articles in this Journal are
not necessarily those of the Committee

Editor: GUSTAVE DE COMAR MOND

NO. 681 SATURDAY 5th FEBRUARY 1958 15TH YEAR 20 CENTS

Exhibition of Marine Life at the Seychelles College

Two American Scientists (Drs Alan Kohn and Willard Hartman) explained the exhibits and gave talks on the

Mr John H. Hayward, former Warden, K...
beautiful film of East African animals

A most successful exhibition of marine life presented by Dr Alan Kohn and Dr Willard Hartman was opened at the Biology Laboratory of the Seychelles College on Monday 3rd February at 5.30 p.m.

There was a large number of people present at this exhibition and the two scientists showed them round the various exhibits laid on the tables of the Laboratory.

The exhibits comprised the following:

TYPES OF ANIMALS LIVING IN THE SEA:

The first exhibits were **SPONGES** and species shown were yellow, red, orange and brown encrustations.

POLYPS & JELLY FISH: (Coelenterates) The exhibit was a soft coral with an unusually large polyp. Each polyp has 8 tentacles constantly waving in search of food.

BRISTLE WORMS: (Polychaetes). These common animals are characterised by having segmented bodies, each segment bearing a pair of parapodia.

JOINTED-LEGGED ANIMALS: (Arthropods). The exhibits on view were some hermit crabs and a crab, examples of crustaceans.

BARNACLES: These animals are modified crustaceans which after larval life, settle on their hosts, secrete a shell and

animal, the description states that the coconut crab or siphiid must lay its eggs in the sea, and the young crabs live in the sea for some time after hatching. The adults live on land and subsist on coconuts which they are able to husk with their large claws. The specimen on view was collected at Aldabra Island.

PLANT-ANIMAL INTERRELATIONSHIPS

CORALS & ALGAE: Two specimens were on view. The brown coral is covered by minute algae living in the polyps.

GIANT CLAMS EAT ALGAE: (Gastropods) - Giant "Piano" Shell. Encouraging their mantle edge. These concentrate light and encourage the growth of algae.

The specimen was a very small one. There are specimens ten times that size everywhere on the reefs here.

COLOUR & CONCEALMENT ON THE REEF.

This exhibit was a reef crab with a sponge on its back. A very good disguise and it is sometimes very difficult to distinguish the crab when walking on the reefs.

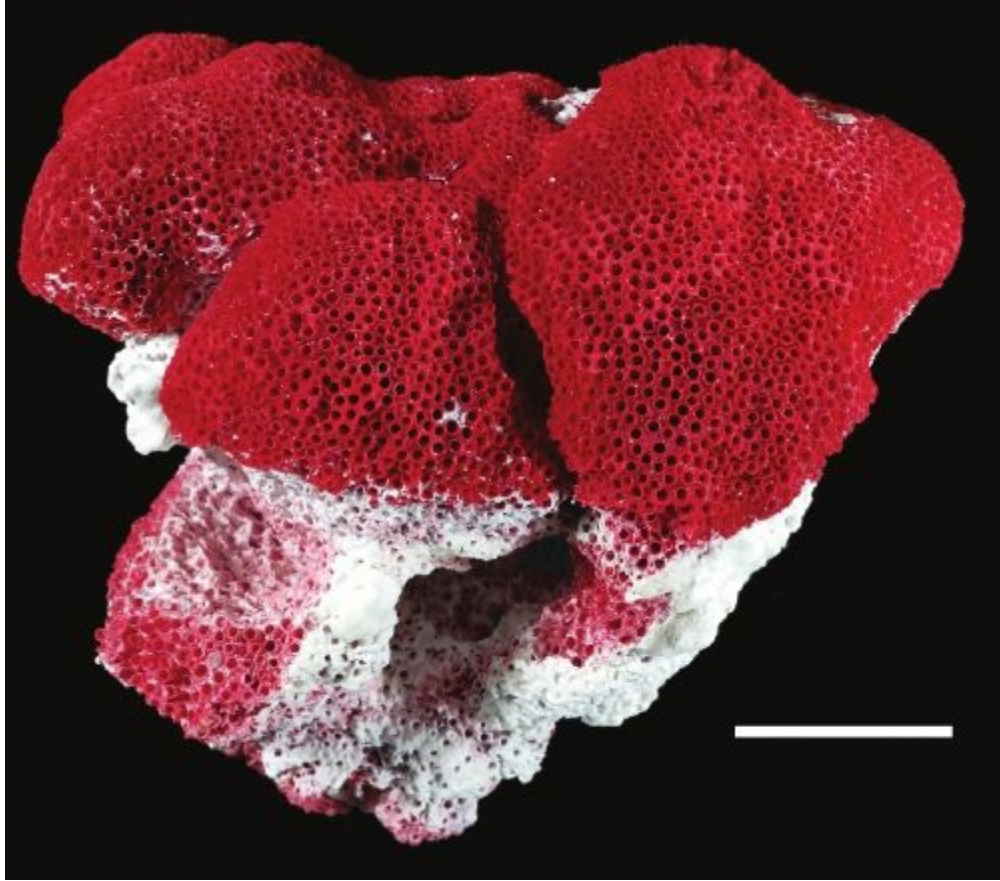
HOW REEF ANIMALS EARN A LIVING.

DEPOSIT FEEDERS: Sea Cucumbers (Doliopoda).



在威拉德·D.哈特曼的领导下，皮博迪自然博物馆开始扩充其馆藏的无脊椎动物标本，特别是在哈特曼最感兴趣的研究领域——海绵的分类与进化，以及海绵与珊瑚礁的关系。

“塞舌尔大学水生生物展览”《塞舌尔人》（Le Seychellois），1958年



从耶鲁前往塞舌尔考察期间，威拉德·D.哈特曼采集的珊瑚标本。
笙珊瑚（*Tubipora* sp.）采自印度洋佩鲁斯巴纽斯环礁
比例尺的单位长度为30毫米（约1.2英寸）

塞舌尔共和国坐落在印度洋上，由115个小岛组成，其中的两个岛是一种罕见的棕榈——塞舌尔海椰子的家乡。塞舌尔海椰子的果实被人称作“爱情果”，是植物界最大的种子，而这种种子在海水中无法存活，使得这个物种无法被传播到附近的岛屿。



塞舌尔的“爱情果”（与一粒白橡树的橡实做对比），塞舌尔海椰子（*Lodoicea maldivica*），采自塞舌尔普拉兰岛



《莫里森采石场1》（Morrison Quarry 1），纸面水彩，亚瑟·莱克斯（Arthur Lakes，1844—1917）绘
1878年，马什团队的“化石收集者”之一——本杰明·F. 马奇教授（Benjamin F. Mudge，右）和一名助手在科罗拉多州莫里森镇附近发掘恐龙化石。

第三章 从远古而来

18世纪末以来，人们对自然科学的兴趣逐渐加深，对生物多样性和地质多样性也越来越了解，这些因素促使科学家们走出门，进行正式的科学考察。

一支早期的科考队伍中有一位年轻的博物学家，名叫查尔斯·达尔文。达尔文的考察团出发不久，美国探险远征队也踏上了征程，为后来建立的史密森学会和皮博迪自然博物馆提供了首批藏品。

直到今天，科学考察依然是科研工作的重要手段。

美国的首次探险远征

1828年5月，在约翰·昆西·亚当斯总统的督促下，美国国会批准了一项环游世界的科考计划，美国探险远征队就此诞生。当时，这个年轻的国家对西部地区的探索刚刚开始，就已经将下一步的目标转向大海。

10年后，探险远征队出发了。6艘航船载着将近350名船员，其中包括一支艺术家和科学家小分队。耶鲁的科学家詹姆斯·德怀特·达纳以地质学家的身份参与其中。

探险路程中，达纳总共采集了300件化石标本、400件珊瑚标本和1000件甲壳类动物的标本。

虽然达纳的头衔是队中的地质学家，但他的收藏早已远远超出岩石和矿物的范畴。1852年，根据远征队中的博物学家查尔斯·皮克林（Charles Pickering）采集的一件标本，达纳命名了一种新的螃蟹——首长黄道蟹（达纳原命名其为*Cancer magister*，现已更改分类，重命名为*Metacarcinus magister*）。右页图中展示的标本是远征队带回的甲壳类动物标本中现存的几个之一，大部分标本都被1871年的芝加哥大火吞没了。



种子蕨叶片化石波尼亚舌羊齿属（*Glossopteris browniana*），
二叠纪（2.6亿年前），采自澳大利亚新南威尔士



首长黄道蟹（*Metacarcinus magister*），采自美国加利福尼亚州旧金山湾



蕨类植物膜蕨属（*Hymenophyllum formosum*），采自法属波利尼西亚，塔希提岛（模式标本）



在那“一大堆骨头”中的几块早期马类动物的化石。矮原马（*Protohippus parvulus*），中新世（1500万年前），采自美国内布拉斯加州金博尔县（模式标本）

雷龙、子弹和“水牛比尔”

美国首位古生物学教授、皮博迪自然博物馆首任馆长奥塞内尔·查利斯·马什领导了在美国西部展开的科学考察，并因此一举成名。

马什和他的科学家团队对化石充满热情。他们发现了早期的马、原始的鸟类和多种恐龙，这些恐龙的名字如今早已广为人知。

1868年，马什出席了在芝加哥举办的一场学术会议。会后，他加入了一场集体旅行，沿着尚未完工的州际铁路，一路通向美国西部。

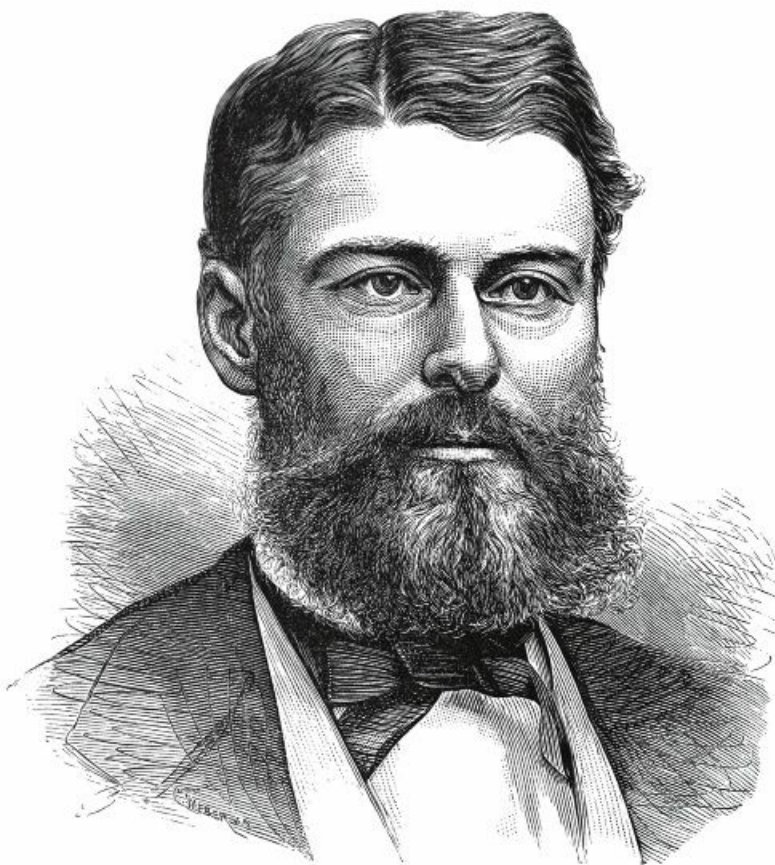
旅程中，马什要求火车在内布拉斯加州的羚羊车站停站——最近，他听说在那里有人发现过“人类遗骸”。快速检查过化石之后，马什没找到什么人类遗骸，反倒发现了一些从附近的矿井里发掘出来的原始爬行动物和哺乳动物的化石碎片，于是就委托车站的工作人员帮忙，把剩余的化石全都小心地收了起来。

等到马什踏上归途，再次经过这里时，工作人员给了他“一大堆骨头”。他利用其中的一些，鉴别出一种马的新物种——矮马（*Equus parvulus*，现已更改分类，重命名为矮原马，*Protohippus parvulus*）。

1870年，马什首次带领团队前往美国西部进行考察。1870—1873年这三年间，他在耶鲁校内共发起过四次科考远征，和学生们一起探索美国西部的蛮荒地带，追寻化石的踪迹。

远征队由美国军队护送，还有一位名叫威廉·F. 科迪（William F. Cody）的向导。科迪有一个更广为人知的昵称——“水牛比尔”。虽然他只在队中当了一天差就被分配了别的任务，但他和马什的友谊却保持了一辈子。

美国西部地区的发掘开始后，随着出土化石的数量越来越多，马什和爱德华·德林克·科普之间的敌意也在逐渐加深，并最终演变成了一场“化石大战”。



爱德华·德林克·科普

马什和来自费城的古生物学家科普相识于1864年，二人一见如故。科普甚至还以马什的名字命名了一种化石中的两栖动物——马氏扇螈（*Ptyonius marshii*），作为回报，马什也将一种化石中的水生爬行动物命名为科氏沧龙（*Mosasaurus copeanus*）。

但马什的好意很快就被他的无情遮盖了。马什发掘出恐龙化石的采

石场是由科普介绍给他的，可马什却在私底下和采石场老板约定，将新出土的化石全部运往纽黑文，而非费城，这让两个人的友谊产生了裂痕。



科氏沧龙的骨骼白垩纪（6600万年前），采自美国新泽西州蒙茅斯县（模式标本）

马什和科普共计命名了140余种恐龙，但他们恶名昭著的竞争却给他们的盛名泼上了污点。

这箱恐龙化石本来要在1892年6月由马什的科考队员寄给他的。那时候，马什已经就任美国地质调查局（U.S. Geological Survey）古脊椎动物学家。



1871年科考远征期间，马什（中间执锤者）和他的部分队员。

但当时的马什面临多项指控，既有科普的公开攻击和指责，也有腐败和挪用调查局公款的嫌疑。最终，国会解雇了马什，停止了他的资金供应。该命令当年8月1日生效。

18天后，这箱恐龙化石就寄到了纽黑文。



恐龙化石，附有1892年的原始包装。



1925年，“波尼号”上的航海日志，以及宾厄姆海洋科考的标本。从左至右：从加勒比海采集的晶翼燕鲛鱼（*Cypselurus comatus*，模式标本）和宾厄姆海螯虾（*Nephrops binghami*），旁边是两瓶马尾藻属海藻；采自墨西哥湾的红刺鲸口鱼（*Barbourisia rufa*，模式标本）和从加勒比海采集的单鬚刺巨口鱼（*Echiostoma barbatum*，模式标本）。最右侧是一瓶绿色马

尾藻和一瓶水样。

男人和游艇

1925—1927年间，耶鲁研究生哈里·佩恩·宾厄姆（1887—1955）以个人研究为目的，领导了三次海洋科考。他的考察集中于南大西洋、加勒比海和加利福尼亚湾。在这些地方，宾厄姆采集了上千件标本。

20世纪20年代末，宾厄姆的标本就保存在了耶鲁。1959年，这些标本正式归入皮博迪自然博物馆。

宾厄姆使用自己的游艇完成了三次科考——1925年的第一次考察，驾驶“波尼号”（Pawnee），1926年和1927年的后两次，驾驶“波尼2号”。上图所示的航海日志就来自“波尼号”和1925年的第一次海洋科考。

通过这三次科学考察，宾厄姆发现了多种鱼类的新物种，以及许多甲壳动物、海星和其他海洋生物。

宾厄姆的科学考察为以后的海洋科考开了头。图中展示的马尾藻属海藻（sargassum）采集于20世纪30年代耶鲁和伍兹霍尔海洋研究所共同发起的一次科学考察中。

自深深处

绵延超过600英里（约965.6千米）的新英格兰海山链（New England Seamount Chain）隐藏在北大西洋的海水之下，共有20多座海底死火山。

关于这条海山链的早期研究主要集中于地质层面，而在最近的科学考察中，科学家在这片地域采集了第一批生物标本。这些标本为人们揭示了一个生机盎然的水下生命世界，其中的绝大部分，如今藏于皮博迪自然博物馆。



北大西洋贝尔海山区域的深海生物。从左至右：棘银斧鱼（*Argyropelecus aculeatus*）、单须刺巨口鱼（*Echiostoma barbatum*）、巴氏黑巨口鱼（*Melanostomias bartonbeani*）、三通金柳珊瑚（*Chrysogorgia tricaulis*），以及一只附生在约翰逊拟柳珊瑚（*Paragorgia johnsoni*）上的星蔓蛇尾（*Asteroschema* sp.）。

贝尔海山（**Bear Seamount**）是新英格兰海山链最西端的一座海山。下图中的标本均采集于此地，时间为2004年。这些生物证明，在大西洋上千英尺的深度之下，依然有无数种生命在繁衍生息。通过这样的海洋科学考察，科学家已经鉴别出400多种生物的新物种。

拯救历史

埃及阿斯旺水坝建成于1902年，其目的在于帮助人们调节和控制尼罗河。为了更有效地防洪和抗旱，同时进行发电，一个更新、更大的水坝建筑计划出台了。新水坝的库容将是胡佛水坝^[7]的5倍。建设计划预定于1960年开始。

但很快，建筑师们就开始担心，新水坝将淹没尼罗河上游的众多历史遗迹。



1962年的发掘日志中记录的部分文物。从上至下：眼影粉罐，中王国时期（公元前2030—前1650年），出土于埃及努比亚；带有安特夫五世法老和塔沃里特女神象形文字的念珠，第二中间时期（公元前1650—前1550年），出土于埃及努比亚西托斯卡地区；荷鲁斯之眼，梅罗伊王国时期（公元前270—350年），出土于埃及努比亚西阿明纳地区。动物标本包括：北非果蝠（*Rousettus aegyptiacus* aegyptiacus）、努比亚喷毒眼镜蛇（*Naja nubiae*，模式标本），以及阿拉伯红隼（*Falco tinnunculus rupicolaeformis*）。

于是，皮博迪自然博物馆的科学家威廉·凯利·辛普森（William Kelly Simpson, 1928—）和宾夕法尼亚大学合作，组织了一支科考队，赶在新水坝竣工之前，前去发掘这些遗迹。

宾夕法尼亚大学和耶鲁大学带领的联合科考队的工作从1961年持续到1963年。图中展示的来自辛普森（1960年的科考队员合影中前排蹲跪者）的这本野外发掘日志，记录了在1962年的发掘工作中出土的文物。

这些文物均出土于埃及托斯卡地区和阿明纳地区，1962年的发掘使它们不致永远埋没于水下。

除了考古学遗迹，科学家还在此次科考中收获了一批动物标本。

博物馆的后院

纵观皮博迪自然博物馆悠久的历史，科学家们走遍了世界，探索生命的踪迹和过往。但其实，不论是恐龙还是陨石，仅仅在康涅狄格州的就有非常广博和丰富的自然探究。

博物馆内的许多藏品采集自康涅狄格州和周边各州，记录着新英格兰地区的前世今生。

在康涅狄格州，恐龙的足迹还不算稀罕，但化石骨骼就很难见到了。下图中的恐龙体形和狗相当，化石采集于1891年，可算是博物馆的一大镇馆之宝。

为了纪念耶鲁大学，这种恐龙曾被人称作“耶鲁龙”。如今，它已被归类为一种近蜥龙（*Anchisaurus*）。

耶鲁大学植物标本馆位于皮博迪自然博物馆植物学部内，保存着从世界各地采集来的各类草木、真菌和苔藓的标本，总数超过35万种。

这些标本，包括在康涅狄格州采集的最早一批植物学标本——共有700多件，1822年采集于纽黑文地区。采集人霍雷肖·纳尔逊·芬恩（*Horatio Nelson Fenn*, 1798—1871）当时是耶鲁医学院的一名学生，为了做研究采集了这批标本。



《纽黑文及其周边地区的植物标本簿——遵照朱西厄自然秩序排列》（*A Collection of Plants of New Haven and its Environs Arranged According to the Natural Orders of Jussieu*）书影四卷本第二卷，霍雷肖·芬恩著（1822年）

过去的200年里，共有5次有记录的陨石坠落事件发生在康涅狄格州。这5次事件分别位于韦斯顿（1807年）、韦瑟斯菲尔德（1971年、1982年）、斯特拉特福（1974年）和沃尔科特（2013年）。

下图所示的大块陨石碎片来源于1807年12月14日坠落在韦斯顿的陨石，小块碎片则来自沃尔科特陨石。沃尔科特陨石坠落于2013年4月19日，而其核心形成于45.6亿年前。



韦斯顿陨石和小块的沃尔科特陨石（模式标本），以及一份本杰明·西利曼的陨石事件报告副本。事件报告发表于1810年的《康涅狄格艺术与科学学院纪事》（Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences）。



1894年，美国黄石国家公园的警官收缴了盗猎者埃德加·豪威尔（Edgar Howell）盗猎所得的野牛头。乔治·伯德·格林奈尔（George Bird Grinnell）在杂志《森林与河流》（Forest and Stream）中报道了这一事件，终于促成了针对公园中野生动物的保护法案。

第四章 守护大自然

在生境丧失和物种灭绝占据新闻头条的今天，蓄养和保护地球上的自然资源已经成为全世界研究者的一大主要任务。

自成立之初，皮博迪自然博物馆就在这方面发挥着重要作用。博物馆在世界各地发起保育运动，至今依然在为此奋斗。

皮博迪自然博物馆在生态保护方面的努力以美国为起点，传遍了全球。在这种影响之下，人们不断提出各种理论和政策，为子孙后代保护着我们共同的家园。

美国保育运动的诞生

在1803年路易斯安那购地案^[8]发生的时代，美国西部地区还被视为一片广阔的不可征服的荒原。可没过几十年，急速转型中的西部地区旋即脱离蛮荒。直到此时，人们才开始意识到这片迷人的地区有多脆弱，并开始着力进行保育。

1870年，耶鲁组织了一次科考远征，乔治·伯德·格林奈尔（1849—1938）是远征队中的一名学生。这次科考远征由马什领队，由昵称“水牛比尔”的科迪担任向导，远征的成果让马什成为美国最前沿的化石收集者。



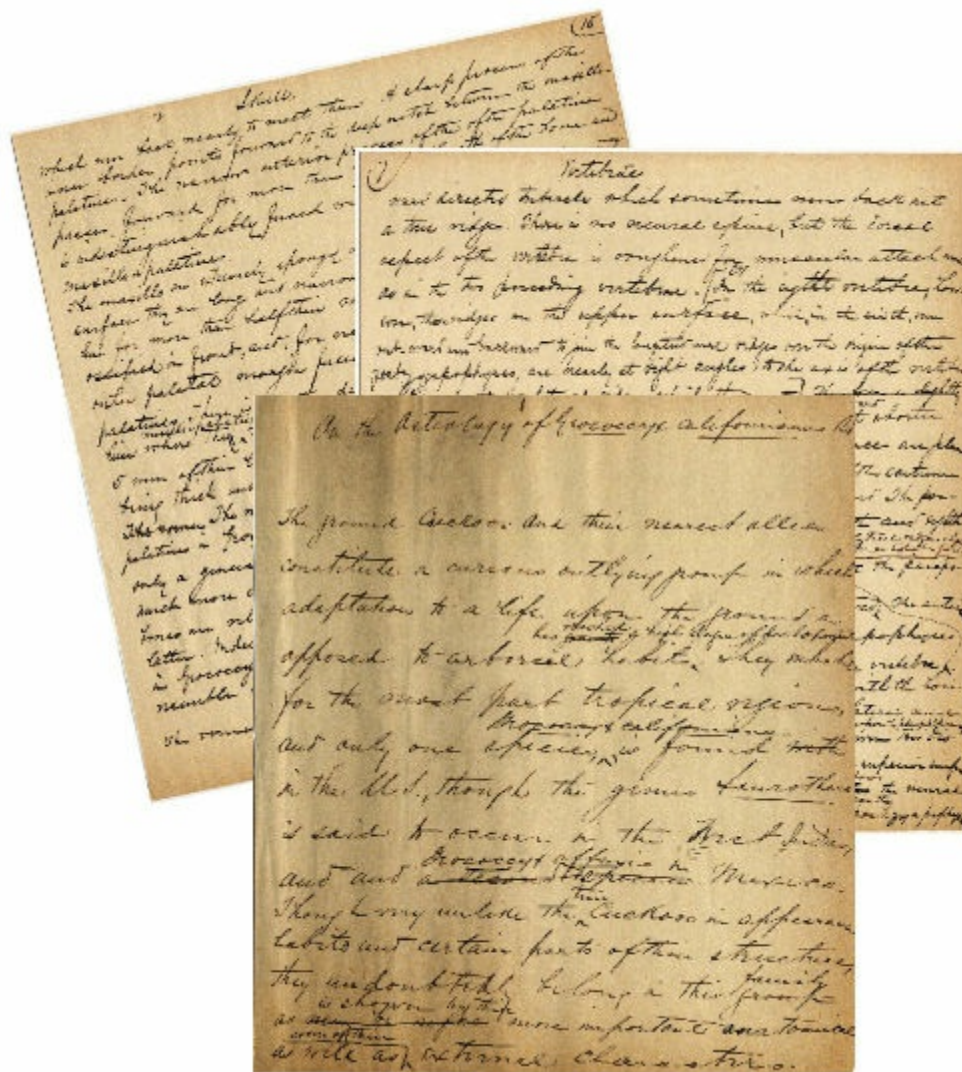
这张1870年耶鲁科考远征队的成员合照摄于芝加哥，其中包括马什（中间站立者）和乔治·伯德·格林奈尔（左起第二位站立者）。

对格林奈尔来说，这次美国西部之旅给他留下了深刻的印象，为他后来成为美国保育运动的首位发起人埋下了种子。

格林奈尔很早就对鸟类产生了浓厚的兴趣，这很有可能源于他早年

在约翰·詹姆斯·奥杜邦^[9]的家中求学的经历。那时，他受教于奥德邦的遗孀露西。

格林奈尔对鸟类和自然世界的热爱最终让他进入耶鲁学习。在学校中，他将毕业研究的目标定为“陆地奔跑者”——加州走鹃。



乔治·伯德·格林奈尔的学位论文手稿《论加州走鹃的骨骼》
(On the Osteology of Geococcyx californianus) 节选



“陆地奔跑者”加州走鹃（*Geococcyx californianus*），采自美国加利福尼亚州洛杉矶县

1872年，黄石公园正式被立为美国第一座国家公园，但由于缺少用于维护的经费，公园中的岩层都已被游客和野生动物盗猎者破坏殆尽。

1876年，格林奈尔成为自然类杂志《森林与河流》的编辑，也因此有了得天独厚的条件来宣传自然保育的观念。借着1894年的一起野牛盗猎事件，他在杂志上揭露了公园急缺保护的现状，引起了民众的极大愤慨。

翌年，格罗弗·克利夫兰总统就签署了《黄石国家公园动物保护法》（Act to Protect the Birds and Animals in Yellowstone National Park）。

格林奈尔的团队还推动了美国另一座国家公园的建立，它位于蒙大拿州北部——威廉·霍华德·塔夫脱总统于1910年颁布法案，宣布冰川国家公园为美国第十座国家公园。



1925年，乔治·伯德·格林奈尔站在一条冰川之上。这条冰川是以他的名字命名的。

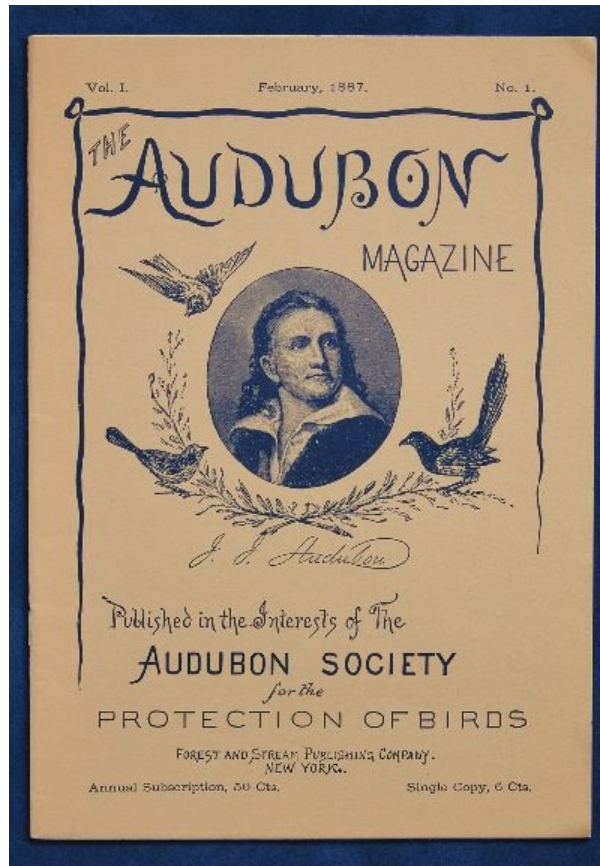
冰川国家公园中，从1997年起被追踪记录的17条冰川中已经有13条出现了明显的萎缩，有些冰川的面积仅剩其历史最高估计值的三分之一。1850年存在于此的150条冰川仅存26条，而“幸存”的冰川也只剩一些“残垣断壁”了。



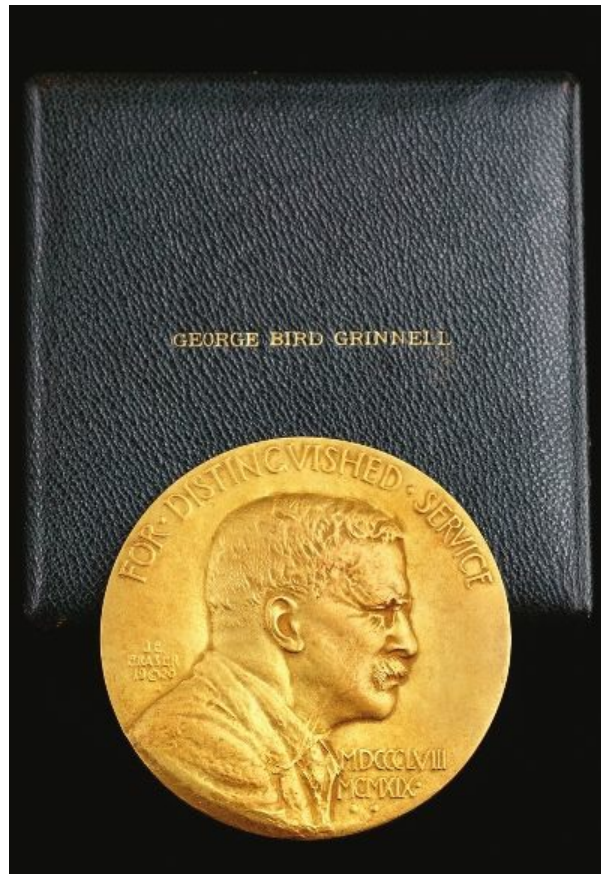
格林奈尔冰川1887年（左）与2013年（右）的对比图。记录来自美国地质调查局的对比摄影计划（Repeat Photography Project）。

为了进一步推行自己的自然和野生动物保育的观念，格林奈尔还创立了纽约奥杜邦学会，这一组织正是如今全美奥杜邦学会（National Audubon Society）的前身。

由于格林奈尔为自然保育事业奉献了一生，他普遍被人们誉为“美国保育运动之父”。1887年，泰迪·罗斯福和格林奈尔共同创立了布恩与克罗科特俱乐部^[10]。1925年，格林奈尔被授予罗斯福纪念协会杰出服务奖章。



《奥杜邦》（Audubon）杂志（重印），第一卷第一期（1887年）



罗斯福纪念协会杰出服务奖章，授予乔治·伯德·格林奈尔，1925年

保育运动的发展

随着自然保育概念的提出，以及随之而来的全世界范围的关注，皮博迪自然博物馆的科学家继续在这一领域贡献着，引领着自然保育运动的发展。

生物学家查尔斯·L.雷明顿（Charles L. Remington，1922—2007）一直积极地向大众宣传过剩的人口已经成为地球的负担。在20世纪后半叶的多数时间里，人类已经成了生物多样性面临的主要威胁。



加利福尼亚戈灰蝶（*Glaucopsyche lygdamus xerces*），采自美国

加利福尼亚州旧金山县

1974年薛西斯戈灰蝶协会年会的日程表、一张宣布协会成立的明信片，以及一箱加利福尼亚戈灰蝶的标本。

1948年，雷明顿进入耶鲁大学，担任皮博迪自然博物馆昆虫学部的首位负责人。对昆虫的热爱驱使他不断进行着研究工作，但同时，他还是20世纪自然保育运动的带头人。

1968年，雷明顿和保罗·埃尔利希^[11]一同创办了“人口零增长”（Zero Population Growth）组织，这个组织致力于解决人口过剩带来的问题，维护环境的可持续发展。

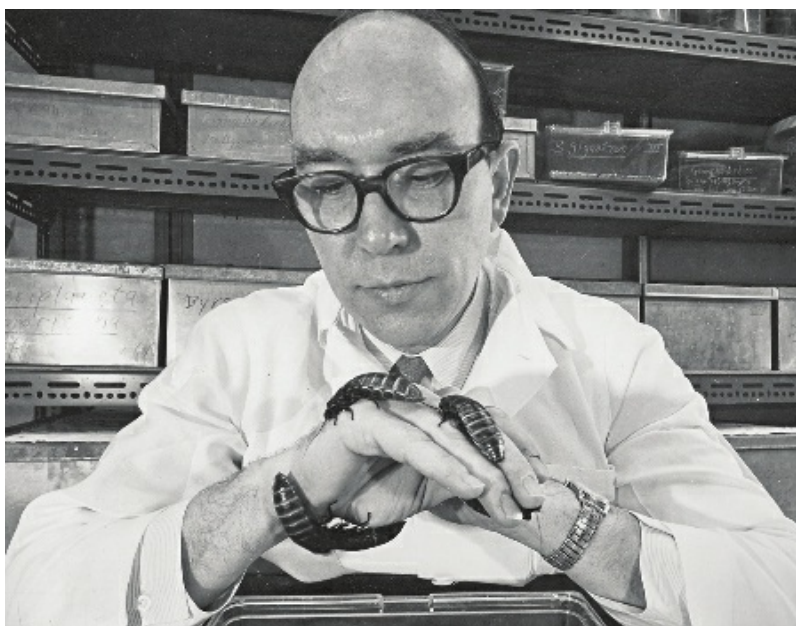
雷明顿不仅关注当地的自然保育工作，更放眼全世界，是20世纪自然保育运动的先锋。



这张照片由第一艘绕月航行的太空飞船——“阿波罗8号”拍摄，后来成为自然保育运动的标志。通过这张照片，人们第一次得以从太空的角度反观地球，孤独而脆弱地悬于太空之中。

1971年，出于对蝴蝶和其他昆虫的痴迷，雷明顿协助创立了薛西斯戈灰蝶协会（Xerces Society）。薛西斯戈灰蝶协会是第一个专注于无脊椎动物保育的学会，其名称源于美国本土的一种蝴蝶——它是第一个由于人类活动而灭绝的蝴蝶种类。

在皮博迪自然博物馆任职的日子里，雷明顿采集的昆虫标本数量居全国前列。同时，他还建立了世界上规模最大的雌雄嵌合体动物标本库，收集那些同时表现出雌雄两性性状的动物标本。



查尔斯·雷明顿



褐捷灰蝶（*Lycaena gorgon*），采自美国加利福尼亚州

有些雌雄嵌合体动物的两性性状杂乱遍布全身，而其他一些，则在身上会有明显界线——一半为雌性，一半为雄性。

雷明顿的另一项广为人知的创举，是对周期蝉（*Magicalicada*，又称十七年蝉）这种物种的推广工作。他在康涅狄格州哈姆登镇建立了周期蝉保护区——这是人们为这种物种所建的第一个保护区，取得了巨大成功。选择这个地点，也是基于皮博迪自然博物馆从1843年以来在纽黑文地区进行的不间断的研究、记录。



十七年蝉（*Magicalicada septendecim*），采自美国康涅狄格州纽黑文县
1843年、1860年和1877年的周期蝉群中采集的标本（从左下起逆时针顺序）。地图显示了科学家调查周期蝉群的地点（空心圆标记），以及蝉出现的地点（实心圆标记）。

保育运动的今天与未来

由于限制人口增长的努力没有产生预想的效果，一部分科学家意识到，生物多样性的命运最终将与地方性社区休戚相关。社区居民仰仗物种丰富的生态系统存活，科学家将之视为盟友。

前皮博迪自然博物馆馆长艾莉森·理查德（Alison Richard，1948—）曾一度是发展这类基于社区发展的自然保育的先锋。理查德在马达加斯加贝扎马哈法利自然保护区工作了四十载，在这里，社区居民和研究人员为生态系统的良性发展通力合作，并取得显著效果。



维氏冕狐猴（*Propithecus verreauxi*）自1974年起就是贝扎马哈法利自然保护区的研究对象。皮博迪自然博物馆建立了一个长期数据库，记录着超过750种标记动物在过去25年多以来的观察数据。

基于社区发展的自然保育旨在借用不危害生态系统的方式维持居民生计。在贝扎马哈法利自然保护区，居民从古代海洋沉积物中提取盐。通过这种方法，人们既获得了一种高价的出口商品，又将对自然的危害降到了最低。



在贝扎马哈法利自然保护区，研究和保育的工作紧密结合。照片中，乔尔·拉奇拉尔森和艾莉森·理查德正在商讨狐猴的普查数据，而其他队员正在进行观察。



那只在1969年改变一切的恐龙，平衡恐爪龙（*Deinonychus antirrhopus*）（模铸化石）
白垩纪（1.15亿年前），采自美国蒙大拿州卡本县

第五章 科学在进步

对研究鸟类与恐龙之间关系的兴趣，从皮博迪自然博物馆建馆伊始就早已有之了——马什就是最早意识到现存的鸟类和已灭绝的恐龙有密切联系的古生物学家之一。今天，科学界已经公认，鸟类就是活着的恐龙。

但在20世纪很长一段时间里，这个观点都被认作谬论，直到皮博迪自然博物馆的另一位古生物学家约翰·奥斯特罗姆为其“平反”。奥斯特罗姆当时的研究，连同如今科学界关于恐龙羽毛和鸟类进化史的研究，持续推动着人类认知的发展。

堪萨斯州的长牙鸟

19世纪70年代，关于鸟类真正祖先的早期证据就已经出现——皮博迪自然博物馆的科学家马什在美国堪萨斯州描述了两类古代鸟类：鱼鸟（*Ichthyornis*）和黄昏鸟（*Hesperornis*）。

令人吃惊的是，这两种鸟都长有尖利的牙齿——这是爬行动物才有的特征，在鸟类身上发现，就好像今天的人们发现母鸡长牙一样罕见。

此前，虽然学界已经注意到鸟类和爬行类动物存在相似特征，但马什的这一发现依然引起了许多学者的注意。



长有牙齿的鸟和其下颌骨化石的特写照片（左下）。从特写照片中可以看到牙齿。

鱼鸟（*Ichthyornis dispar*），白垩纪（8000万年前），采自美国堪萨斯州斯科特县（模式标本的模铸化石）

刚开始研究鱼鸟时，马什认为鱼鸟的骨架源自两种动物——身体来自一种鸟类，大小如同海鸥，长牙的下颌则来自另一种爬行动物。但他很快就纠正了自己的错误，判定化石骨架只来自一种动物——一种长有牙齿的早期鸟类。

1880年，马什发表专著，描述了鱼鸟和黄昏鸟两个物种（如右页图中所示）。在书中，他绘制了丰富的插图，图文并茂地描述了两种鸟类的每一根骨骼。



在早期皮博迪博物馆大楼的一间教室里，有一张马氏长牙鸟——鱼鸟的复原图（中间最上边），旁边还有关于现代鸟类（一只食火鸡）以及已知体形最小的恐龙（右边最远处）的介绍说明。综合以上，证明了鸟类和恐龙进化中的密切相关性。

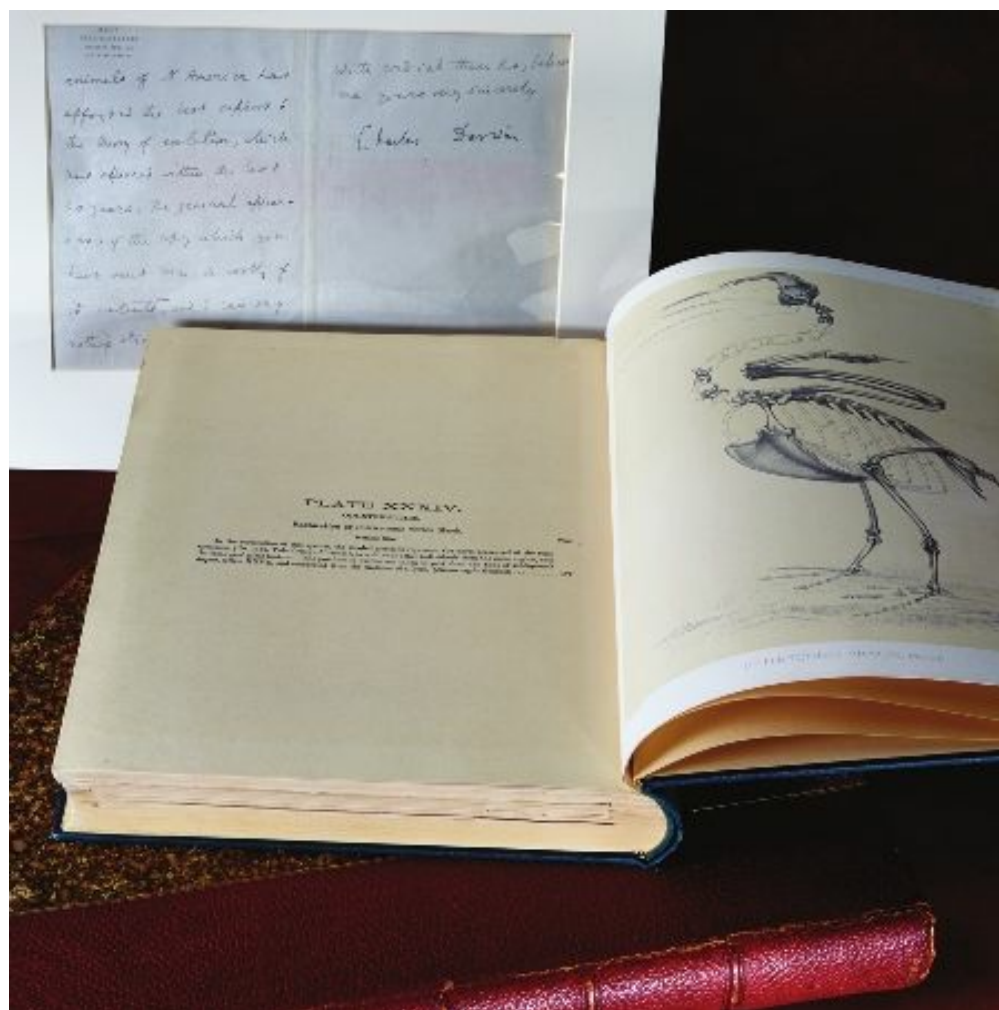
发表关于古代鸟类的论著后不久，马什收到了一封来自查尔斯·达尔文的信。这封信如今藏于皮博迪自然博物馆的档案室。信中洋溢的赞美之情从如下的节选中可以看出：

前一段时间，我收到您于7月28日写给我的书信，昨日又收到了这本卓越的论著。我已怀着崇敬之情阅毕插图，不日将再拜读论文。过去

的20年里，您关于古代鸟类及北美洲许多化石动物的研究给进化论提供了最有力的支持。您寄给我的这本论著装帧精致，内容也一样极富价值，对此，再多的夸赞也不为过。

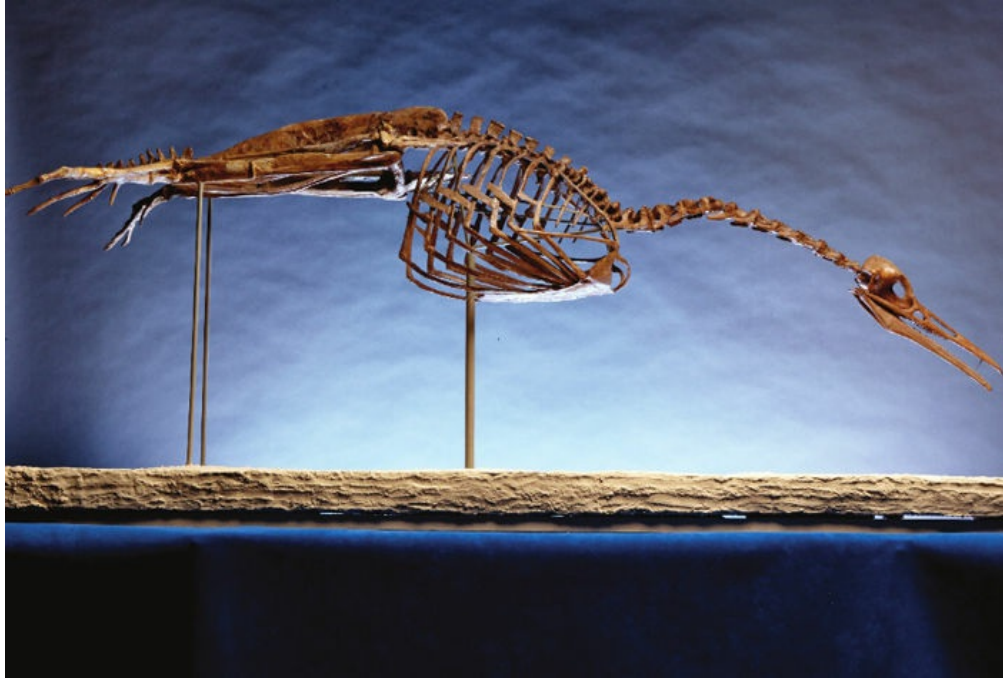
向您致以诚挚的感谢。

查尔斯·达尔文



1880年8月31日，查尔斯·达尔文写给马什的信，以及马什的论著《牙鸟：一本论北美洲已灭绝的长牙鸟类的论著》

（*Odontornithes: A Monograph on the Extinct Toothed Birds of North America*）[\[12\]](#)（1880年）



黄昏鸟（*Hesperornis crassipes*），采自美国堪萨斯州戈夫县白垩纪（8000万年前）
如同今天的潜鸟和鸕鷀，黄昏鸟也会在水中游泳，在白垩纪晚期覆盖堪萨斯州地区的浅海中捕鱼。

蒙大拿州的“恐怖尖爪怪”

马什去世后不久，丹麦画家格哈德·海尔曼（Gerhard Heilmann，1859—1946）宣称，鸟类与恐龙的相似点站不住脚，并提出鸟类是从更原始的爬行动物进化而来的观点。

然而，1969年，皮博迪自然博物馆的古生物学家约翰·H. 奥斯特罗姆在美国蒙大拿州的几座土丘之间发现了一种新恐龙化石。他将这种新恐龙命名为“恐怖尖爪怪”——恐爪龙（*Deinonychus*）。



一只假想史前鸟类的复原图。初版印刷于格哈德·海尔曼的著作《鸟类起源》（*Vor Nuvaerende Viden om Fuglenes Afstamning*，1916年）。



经过重建的恐爪龙足部模铸化石，显示出其镰刀状爪骨的位置。

奥斯特罗姆发现的恐爪龙具有和鸟类非常相似的解剖结构。这一发现再一次燃起鸟类进化史的争论，并最终将鸟类和恐龙关联了起来。

在研究恐爪龙的解剖结构和已知最古老的鸟类始祖鸟（*Archaeopteryx*）的化石时，奥斯特罗姆注意到两者骨骼结构上的许多共同点，其中有一点虽不起眼却很关键：恐爪龙和始祖鸟拥有非常相似的“半新月形”腕骨，这样的结构让它们可以将前爪收进前肢之下——正如现代鸟类一样。



1962年的一处发掘现场，约翰·奥斯特罗姆正在为腱龙化石涂石膏。

解构恐龙：羽毛颜色与鸟喙

今天，鸟类的祖先已被明确划入小型食肉恐龙的谱系，皮博迪自然博物馆的科学家目前所做的工作，就是阐明进化过程中所发生的故事。他们继承着博物馆在探索鸟类进化上的传统，继续活跃在鸟类身体结构和羽毛的进化研究中。

下图所示的两种南美洲鸟类，其羽毛具有结构色（蓝色）与色素色（紫色）。但我们能知道恐龙的颜色吗？只要它们有羽毛，我们就知道！



赫氏近鸟龙（*Anchiornis huxleyi*）的复原图，其羽毛颜色基于皮博迪自然博物馆科学家们的研究。



白翅紫伞鸟（*Xipholena punicea*），采自南美洲，法属圭亚那
斑喉伞鸟（*Cotinga maynana*），采自南美洲，秘鲁

2010年，皮博迪自然博物馆的项目负责人及其同事成功复原了“鸟类恐龙”近鸟龙（*Anchiornis*）的颜色。他们是怎么做到的呢？在现代鸟类的体内，一种带有颜色的微小结构体决定着羽毛的颜色，这种结构体名叫黑素体（*melanosome*）。在石化的羽毛中，科学家可以将遗留下来的黑素体和现代鸟类的黑素体进行比对，找到与颜色间的直接联系。

基于奥斯特罗姆和目前皮博迪自然博物馆的科学家雅克·戈蒂耶（*Jacques Gauthier*）所做的研究，小型食肉恐龙和现代鸟类（如下图所示的2500万年前的**始祖鸟**）在进化上的关系已经得到了科学界的广泛认可。不过，还有一些研究正致力于解开进化过程中的遗传学谜团。

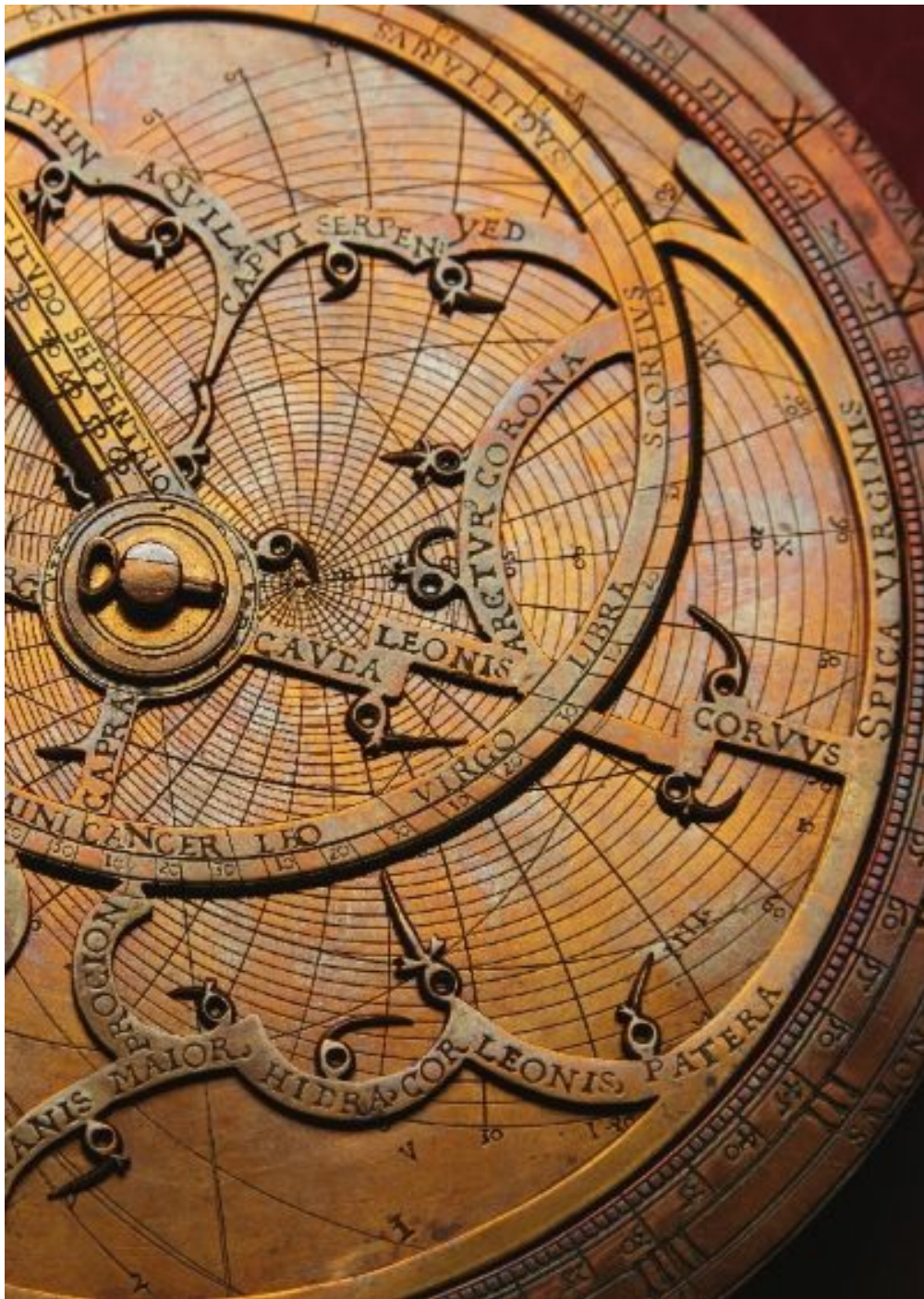
2015年，皮博迪自然博物馆古生物家布哈特-安贾S. 布胡拉尔（*Bhart-Anjan S. Bhullar*）所做的研究为鸟喙的形成提供了新的见解。布胡拉尔带领团队，在小鸡胚胎发育过程中通过抑制两类蛋白质的活动，使小鸡的胚胎不具有鸟喙，反而发育出类似于爬行动物吻部的结构。



未经改变的小鸡（左）和短吻鳄（右）头骨，以及经过实验、长有恐龙般吻部的小鸡胚胎（中）。



保存了羽毛的鸬鸟化石渐新世（2500万年前），采自美国蒙大拿州麦迪逊县



乔治·哈特曼星盘，1537年，德国纽伦堡
星盘是被天文学家和航海家用于定位行星、恒星，进行科学研究和三角测量的仪器。
这幅星盘是皮博迪自然博物馆中最古老的科研仪器文物藏品。
它由德国工程师、天文学家乔治·哈特曼（Georg Hartmann）所制，是1537年哈特曼的作坊制造的黄铜星盘中仅存的4件之一。

第六章 万里挑一

皮博迪自然博物馆中藏有超过1300万件藏品，这些藏品记录了地球及其居民的历史，同时，它们也能解答全世界科学家有关地球历史、现状和未来的问题。

本章介绍的，是从皮博迪自然博物馆的浩瀚藏品中甄选出的最为经典的几类。

这些藏品及其背后的故事优美而打动人心。它们不仅展现了皮博迪自然博物馆藏品的重要性，同时更申明了一切自然博物馆的存在意义。

任何博物馆的藏品都有许多要注意的重要方面，标本的保存就是其中之一。毛虫天性娇弱，身体结构复杂，对昆虫学家来说，它们是不小的挑战。



被充气的毛虫标本，以及充气工具。



显示结构色的昆虫实例。

至少从19世纪晚期起，给死去的毛虫充气的方法就已经得到推行。这种方法让毛虫标本呈现出完美的效果。用一根小小的麦秆，在一只小火炉旁边给标本充气，就能让动物的原始色彩和解剖结构得以完备地保存下来，供后世的科学家们使用研究。

从伪装手段到信号载体，动物的颜色一直以来都是生物学上的一大热门课题——未来，这个话题的热度也不会减弱。有些颜色源于色素，而其他的，则属于结构色的范畴。

如上图片所示，有些鸟类和昆虫身上的颜色属于结构色——它们身体表面的细微结构使光线发生反射或干涉，产生艳丽甚至如彩虹般的颜色。

下图的标本2007年采集于南美洲，是来自灶鸟科的一员——尖尾棕桐雀的巢，首次为人所知。从更远大的意义上说，它体现了灶鸟科的鸟类从洞穴营巢到筑造半球形（洞穴状）鸟巢的进化过程。



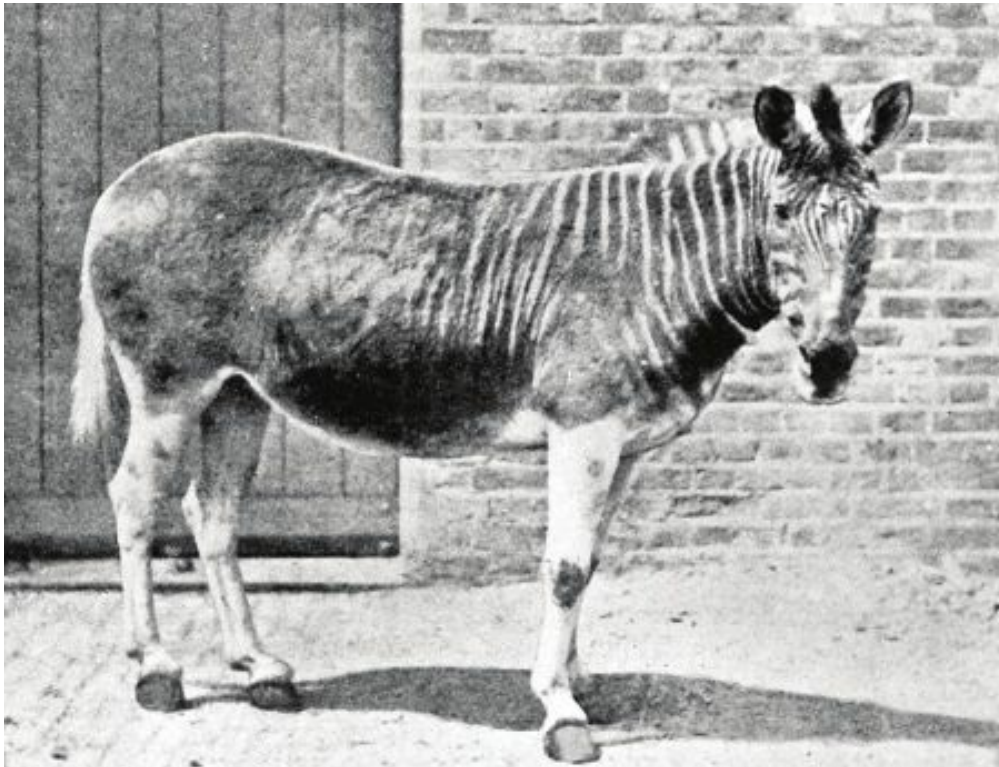
鸟巢尖尾棕榈雀（*Berlepschia rikeri*），采自苏里南

斑驴是一种已经灭绝的斑马，19世纪灭绝前栖息于非洲南部。皮博迪自然博物馆的这只头骨来自唯一一头生前留下照片的斑驴，且为全世界仅有的7个斑驴骨骼标本之一。

这头斑驴为雌性。1851年，它被收入伦敦的摄政公园动物园（现为伦敦动物园），死于1872年7月。1873年，马什为博物馆购进了这个标本。

这个标本的骨组织样本为2005年的一次斑马种类间的关系研究提供了DNA。这次研究表明，斑驴是分布广泛的平原斑马的一个地域性变种或一个亚种。

海百合是海星和海胆的近亲。左图中这块犹因他海百合的化石凸显了化石保护的极致之美——就连最精巧的细节都被保存了下来。



皮博迪自然博物馆的雌性斑驴生前的照片，摄于1870年。这头斑驴只留下了五张照片，摄于1863—1870年之间。

海百合已经在地球上生存了超过4.5亿年，直到今天，你还能在海底见到它们的身影。



海百合化石犹因他海百合（*Uintacrinus socialis*），白垩纪（8500万年前），采自美国堪萨斯州洛根县（模式标本）



带叶片的水杉树枝化石西方水杉（*Metasequoia occidentalis*），
渐新世（3000万年前），采自美国蒙大拿州麦迪逊县

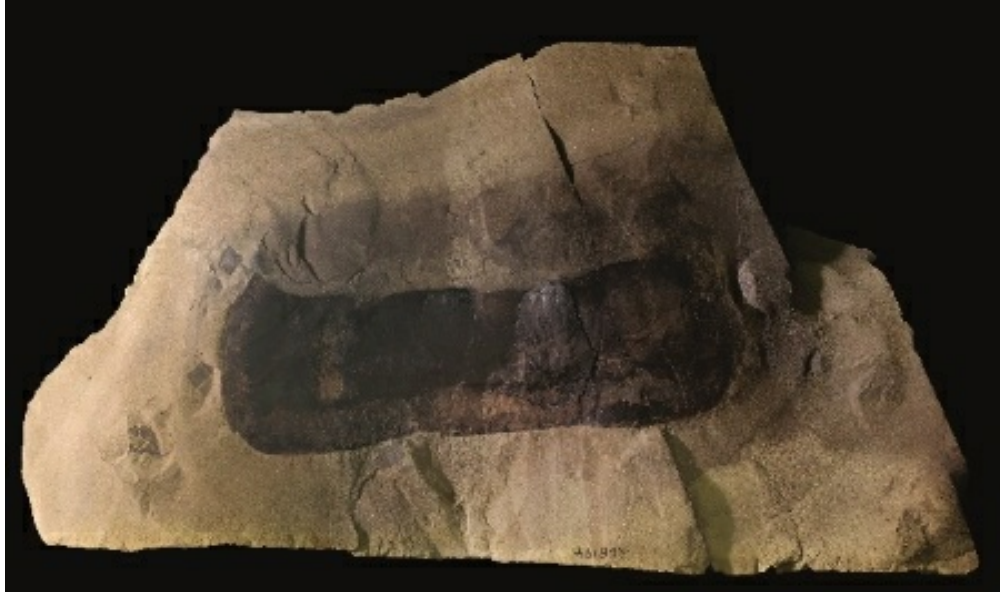
银杏和水杉常常被人称为“活化石”。“活化石”就是现存物种在外形上与化石记录十分相似的物种。银杏和水杉都是中国的原生植物，最早可以追溯到上千万年前的恐龙时代。在19世纪40年代重新进入人们视野之前，水杉一直被公认为灭绝物种！



银杏叶片化石革叶银杏（*Ginkgo adiantoides*），白垩纪（6700万年前），采自美国蒙大拿州道森县

皮博迪自然博物馆的藏品中还包括全世界数量最多、种类最丰富的广翅鲎化石。广翅鲎又名海蝎，是一种已灭绝的节肢动物，与蜘蛛和马蹄蟹关系密切。广翅鲎存在了2亿多年的时间，在2.5亿年前的生物大灭绝时期走向灭亡。

多数尺寸的广翅鲎都可以被一把抱住，但下图中的这块背甲（骨板）的主人，足足和一个成人一般大！



化石中的背甲在广翅鲛全身的估计位置

这个标本于2003年被发现，至今已有超过2亿年的历史，科学家认为它是一种原始爬行动物的新品种，形似鳄鱼。但和今天的鳄鱼不同的是，这种动物完全生活在陆地上，并和身边的同伴——早期恐龙一样，拥有修长的四肢。



鳄形超目（Crocodylomorpha）爬行动物，三叠纪（2.2亿年前），采自美国犹他州加菲尔德县

深入研究这样的标本，可以帮助我们更加深刻地理解远古时期物种间的竞争关系，或许还可以揭示恐龙最终称雄的原因。

脊椎动物家族中独一无二的一员——头带冰鱼体内没有红细胞，也没有用来为身体输送氧气的蛋白质——血红蛋白。它们将氧气溶解在血浆中，运往全身。



头带冰鱼（*Chaenocephalus aceratus*），采自南极洲，南大洋

皮博迪自然博物馆的科学家托马斯·尼尔目前的工作，就是拓展人们对这种奇特鱼类的了解。

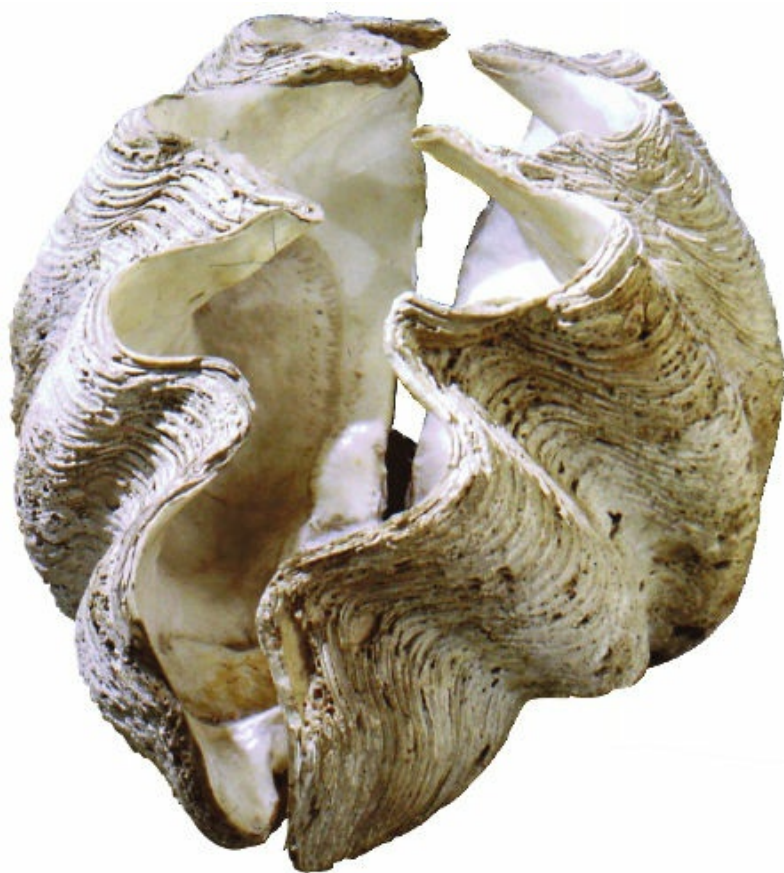
巨型等足虫，如大王具足虫，是鼠妇的近亲，生活在太平洋、大西洋和印度洋冰冷的深海中。这个标本采集于墨西哥湾，在2014年的一次科考中被博物馆购得。



大王具足虫（*Bathynomus giganteus*），采自墨西哥湾，比例尺的单位长度为5厘米（约2英寸）

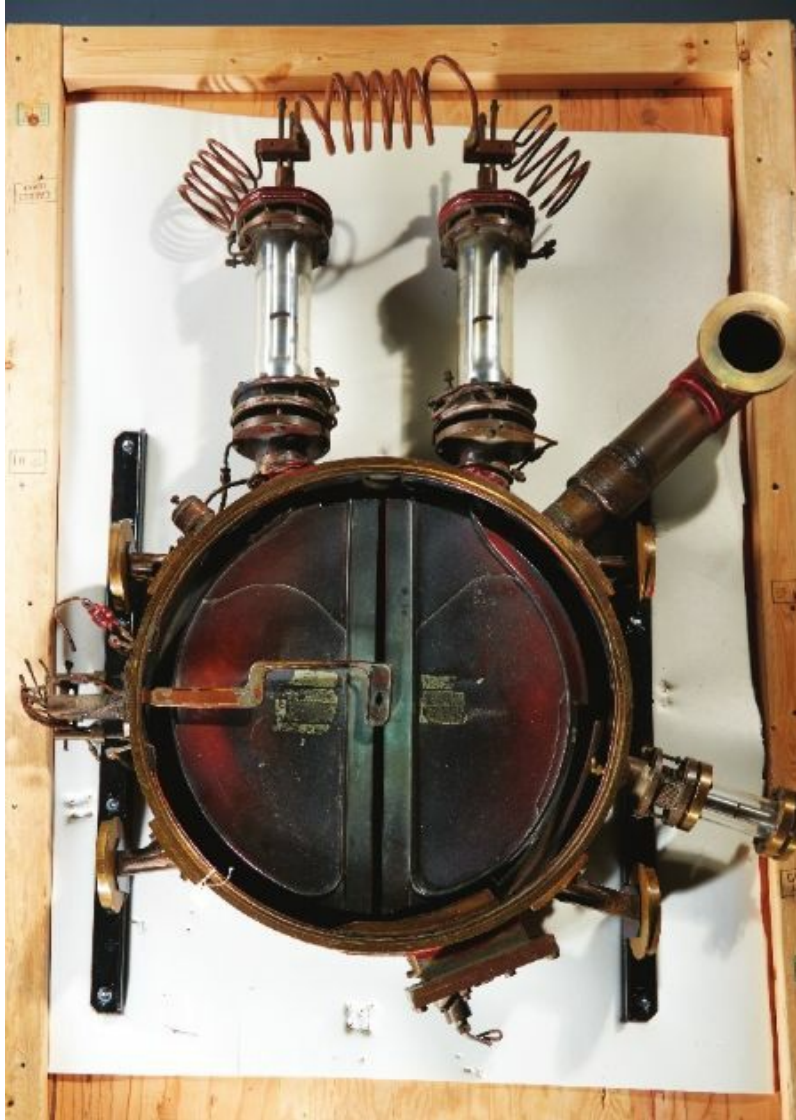
库氏砗磲多见于南太平洋和印度洋的浅海区域，是现存最大的双壳纲生物，寿命可达100多年。库氏砗磲的壳能长到4英尺（约1.2米）长，两扇贝壳加起来，重量可超过500磅（约226.8千克）！

由于人类出于食用或采集贝壳的目的而过度捕捞，库氏砗磲现已被归为濒危物种。



库氏砗磲（*Tridacna gigas*）

第一台静电发电机的历史还要追溯到17世纪中叶。随着时间的推移，人们始终在努力提升发电机的发电效率。上图中带有两个圆柱形玻璃缸的机器，制造于18世纪，很可能被耶鲁第七任校长埃兹拉·斯泰尔斯（Ezra Stiles）使用过。



27英寸（约68.6厘米）回旋加速器上使用的真空室。制造者欧内斯特·O. 劳伦斯（1901—1958）博士毕业于耶鲁大学，并于1939年因发明回旋加速器获得诺贝尔物理学奖。

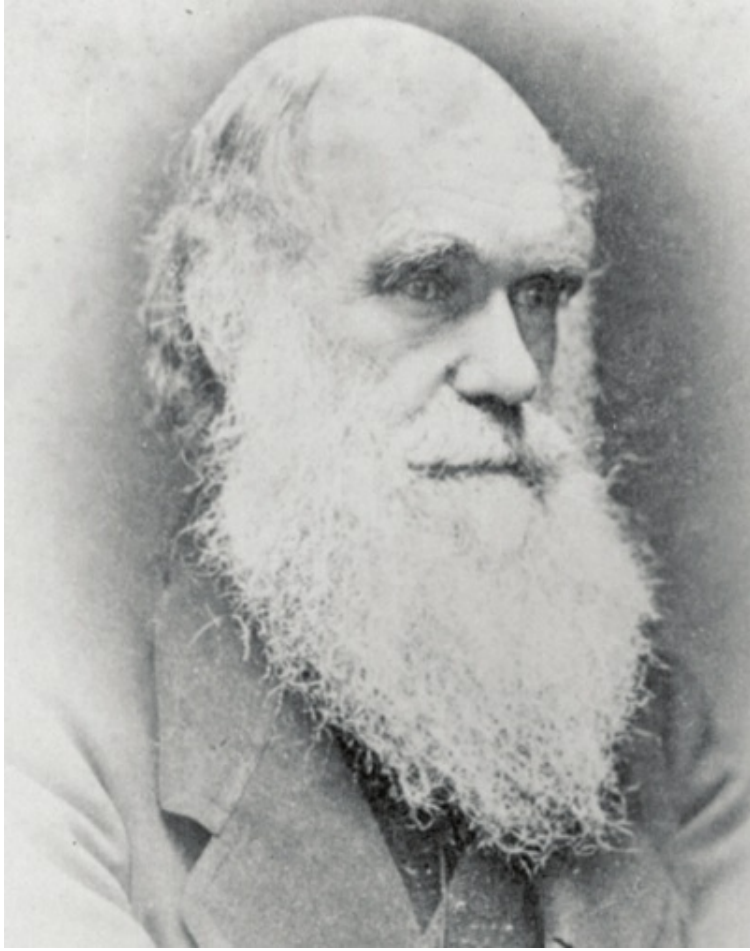


双缸发电机，约1770年

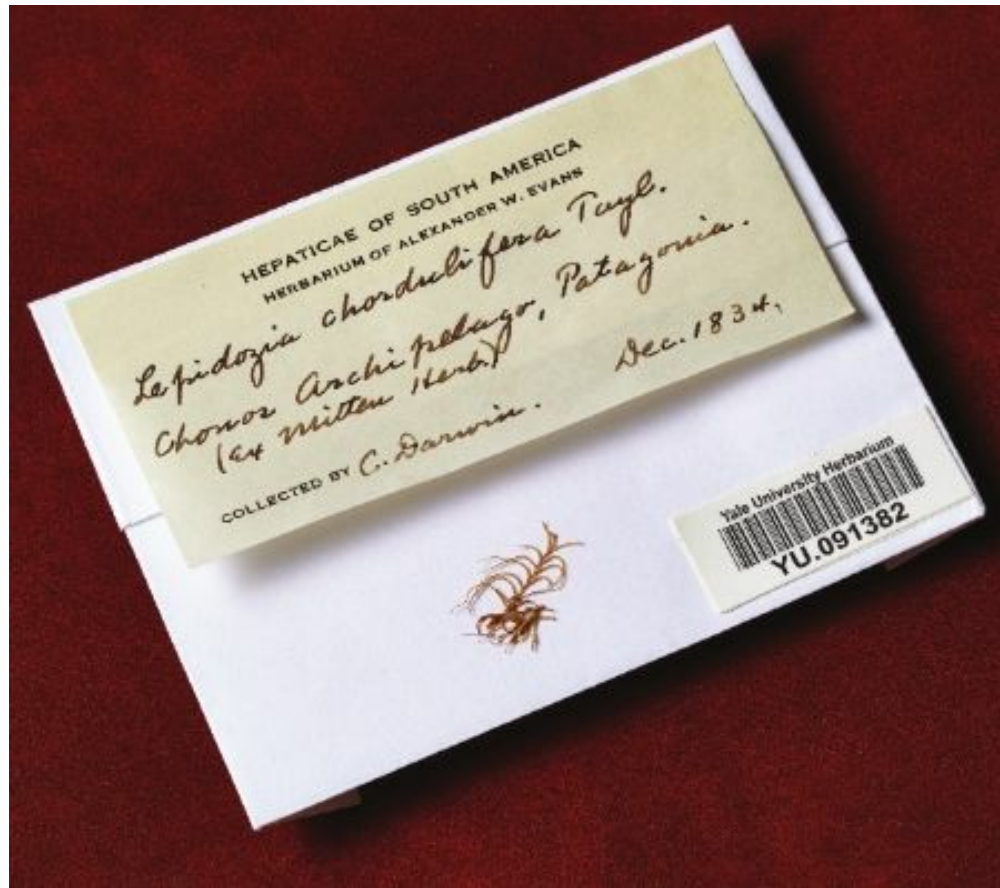
下图中这种苔藓植物标本由查尔斯·达尔文在历时5年的“贝格尔号”之旅中采集。苔藓是一种小型植物，没有维管组织，遍布世界各地。

在科考之旅中，达尔文采集了许多标本，对许多观察做了记录，这些研究最终于1859年促成了著作《物种起源》（Origin of Species）的出版。

达尔文还采集了下图所示的海扇标本，并将其送给皮博迪自然博物馆的科学家詹姆斯·德怀特·达纳（采集时间不明）。



查尔斯·达尔文

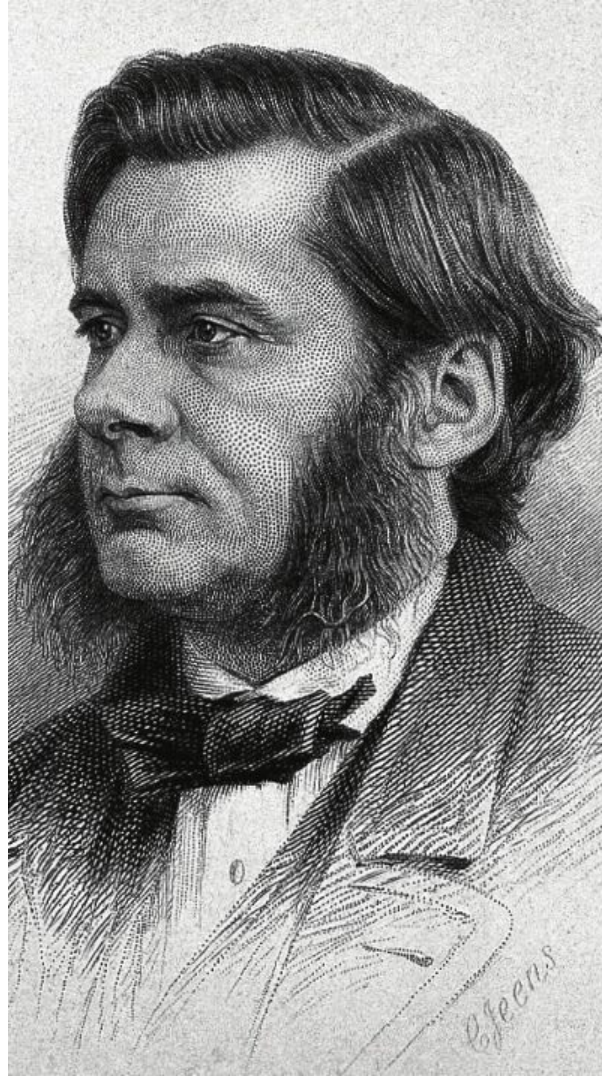


苔藓叶片，达尔文采（1834年），指叶苔（*Lepidozia chordulifera*），采自智利乔诺斯群岛



“海扇”，内黄风扇（*Lophogorgia sanguinolenta*），采集地不明

托马斯·H. 赫胥黎（Thomas H. Huxley, 1825—1895）是英国著名的生物学家，因其坚定支持进化论而被称为“达尔文的斗犬”。1876年，赫胥黎前往纽黑文与马什见面，对马什和皮博迪自然博物馆印象深刻。他写道：“世界上没有别的脊椎动物化石馆藏能与这里相媲美了。”



托马斯·H. 赫胥黎。绘于1874年，赫胥黎前往纽黑文的两年前。
线雕画C. H. 吉恩斯（C. H. Jeens）绘

下图中的这幅漫画绘于与马什见面期间。在这幅画中，赫胥黎预测了一种原始马类的出现方式，并画了一个虚构的古人类骑着这匹马。他将画中的生物命名为“曙人”（Eohomo）和“曙马”（Eohippus）。之后在同一年，马什将一类化石中的马类定名为“曙马”。



赫胥黎的漫画和马什的原始马类论文。论文副本为乔治·R. 维兰德所有。《曙人与曙马》（Eohomo & Eohippus）（1876年）托马斯·H. 赫胥黎绘

图中这把辩论凳高46英寸（约116.8厘米），用一整块木板雕刻而成，背面刻有一个站立的男人形象，“男人”的眼睛用贝壳镶嵌而成。“辩论凳”被巴布亚新几内亚塞皮克河流域的雅特穆尔人广泛使用。

这种凳子并不供人坐卧，只用于正式辩论的场合。辩论需要有最德高望重的村落先辈在场时进行，代表椅背所描绘的男人形象。



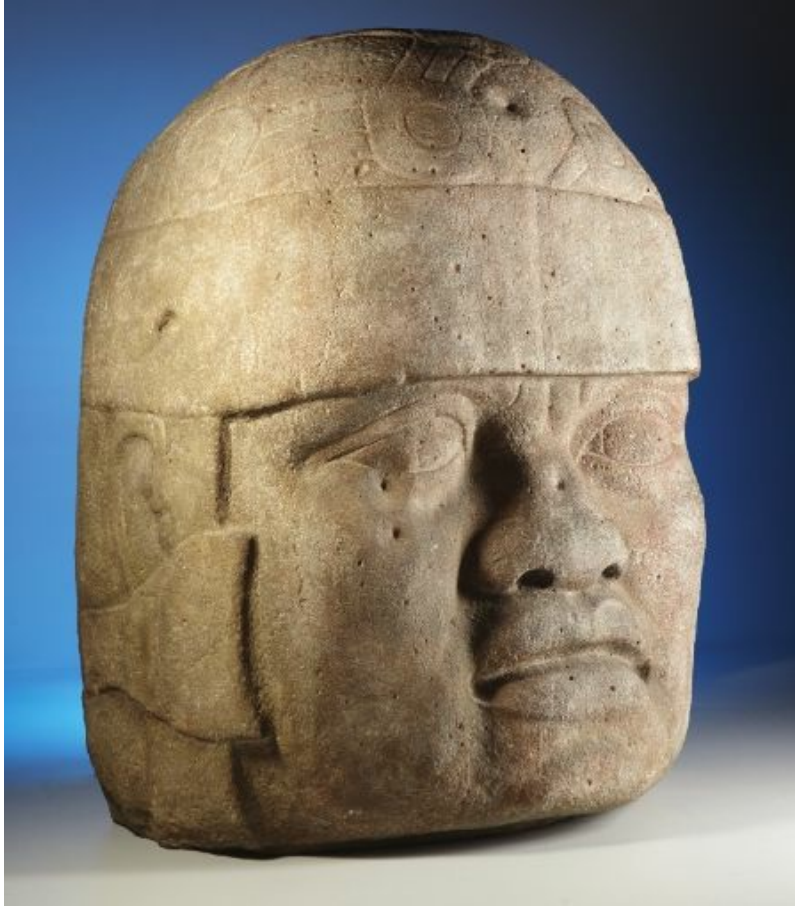
辩论凳，20世纪中叶，巴布亚新几内亚



迈克尔·科尔和从圣洛伦索发掘的一座跪姿球手雕像。

墨西哥南部的奥尔梅克文化起源于约公元前1500年，繁盛了1000多年。奥尔梅克文化最常见的象征，即玄武岩雕刻而成的巨石头像。

下图为圣洛伦索巨石头像6号的玻璃纤维精确复制品，由皮博迪自然博物馆的科学家迈克尔·科尔（Michael Coe）带领的考古团队于1967年制作而成。6号头像高5.5英尺（约1.7米），重约10吨，但依然是巨石头像中较小的一个，雕刻的形象很有可能是奥尔梅克帝国的一位国王。



奥尔梅克巨石头像（铸模），公元前1200—前900年，墨西哥韦拉克鲁斯州圣洛伦索

20世纪60年代，科尔和同事们使用测磁学，即测量土壤中磁性规律的方法，成功定位了许多巨石头像。

虽然对博物学充满兴趣，阿莫斯·伊顿还是在纽约州卡茨基尔镇开始了自己地产经纪人和鉴定人的职业生涯。后来，伊顿因在一场土地纠纷中伪造文件，入狱五年。



《阿莫斯·伊顿的第一本植物标本簿》（Amos Eaton's First Herbarium）四卷本（1815—1816）作者：阿莫斯·伊顿（1776—1842）



丹尼尔·卡迪·伊顿（Daniel Cady Eaton, 1834—1895）是阿莫斯·

伊顿之孙，也是耶鲁植物标本馆的首位负责人。这本由丹尼尔·伊顿绘制精美插图的《北美洲蕨类》（*Ferns of North America*）绘制了深波隐囊蕨（*Notholaena sinuata*）、牛氏隐囊蕨（*N. newberryi*）和铁锈色隐囊蕨（*N. ferruginea*）（从左至右）。

在狱中，伊顿全身心地投入到自然科学的研究中。1815年出狱后，他前往耶鲁学习，师从本杰明·西利曼等科学家。

很快，伊顿就开始自己搜集植物标本了。他的标本来自纽约和新英格兰地区，填满了四卷本的标本簿，每一卷包含约90页。今天，这份古老的植物标本簿保存于皮博迪自然博物馆的植物学部。

下图中的米酒坛，乳白色的釉面上画有蓝色图案，是由皮博迪自然博物馆的科学家哈尔·康克林（Hal Conklin）在菲律宾研究稻作农业期间收获的。在菲律宾高地，这样的米酒坛是一些偏僻农业村落的传家宝，具有很高的价值。



陶瓷米酒坛，中国明朝（1300—1600），菲律宾伊富高省

著名的大猩猩“伟大的高康大”（Gargantua the Great）在仅有1个月大时就被带离父母，和非洲的传教士们生活在一起。1931年，一名船长把它买下，带到了波士顿。

1937年，它又被罗林兄弟、巴纳姆和贝利马戏团买走。耶鲁大学1933届毕业生、罗林兄弟之一的亨利·罗林·诺斯（Henry Ringling North）给它起名为“伟大的高康大”。当时，数百万观众争相前来，参观这只低地大猩猩。

1949年11月，20岁的高康大由于双侧肺炎去世。1950年，诺斯将高康大的骨骼捐赠给了皮博迪自然博物馆。



伟大的高康大西部大猩猩（*Gorilla gorilla*），采自美国蒙大拿州卡本县

这张1951年的明信片上印有来自罗林兄弟、巴纳姆和贝利马戏团的著名大猩猩的骨骼首次展出时的照片，以及一个大猩猩的头部模型和一张高康大生前的照片。



“罗林兄弟、巴纳姆和贝利马戏团：伟大的高康大”马戏团海报，纸面印刷，无日期，斯特罗布里奇印刷公司
借助这些花哨的宣传，高康大在全国巡回演出了12年。

体形最大的啄木鸟之一——象牙喙啄木鸟曾一度被认为灭绝了。虽然也有过重新发现的报道，但至今还没有确凿的证据表明这种啄木鸟存活于世上。

下图中的标本显示了幼鸟和成鸟之间鸟喙的差异。这一发育迟缓的现象首先发现于皮博迪自然博物馆的标本上。这一现象对这一物种的生态具有重要意义——幼鸟由于觅食能力有限，在离巢前的几个月里得依靠父母生存。



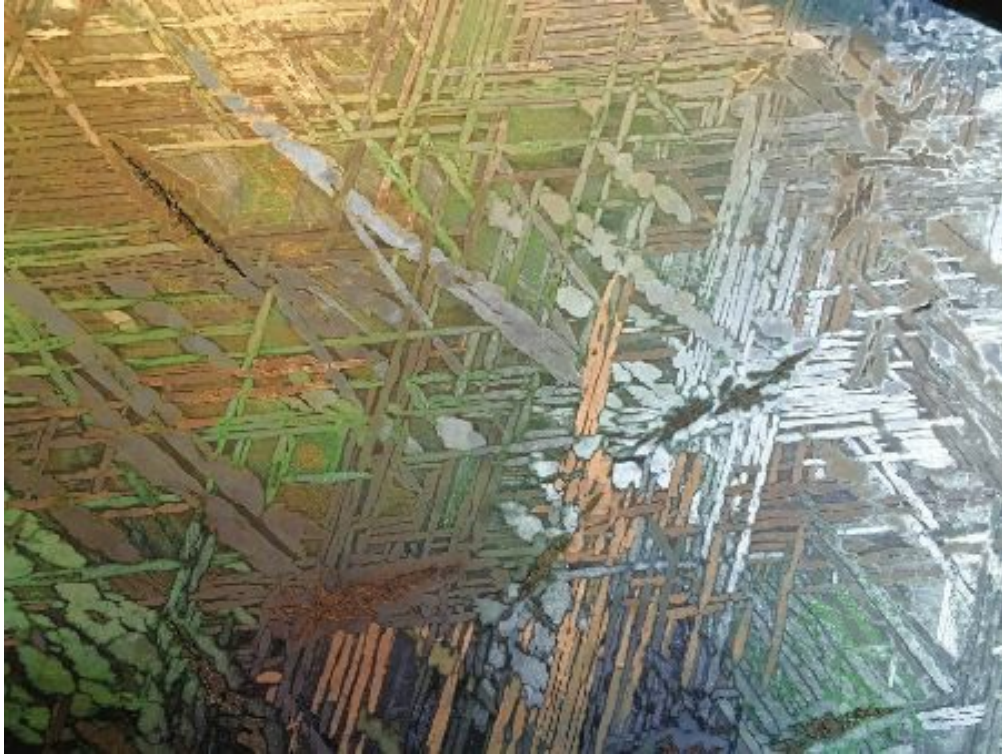
象牙喙啄木鸟的雌性幼鸟（右），象牙喙啄木鸟（*Campephilus principalis*），采自美国佛罗里达州奥西奥拉县
象牙喙啄木鸟的雄性成鸟（左），象牙喙啄木鸟（*Campephilus principalis*），采自美国佛罗里达州

克拉斯诺亚尔斯克陨石重新发现于1772年，是人类发现的第一块橄榄陨铁。橄榄陨铁是一类罕见的石铁陨石，至今只发现过105块。

人们在克拉斯诺亚尔斯克陨石中首次发现了一种结构，这种结构在今天被称为韦德曼交纹（Widmanstätten pattern）。韦德曼交纹是在陨石冷却过程中形成的彼此交叉的长形晶体。



克拉斯诺亚尔斯克陨石，采自俄罗斯克拉斯诺亚尔斯克边疆区。



在陨石中发现的韦德曼交纹实例。

霸王龙也许是所有恐龙里最出名的一种了。1902年，一具相对完整的化石骨架于蒙大拿州被发现，三年后，人们才将其命名为“霸王龙”。不过，下图中的这个标本——一颗牙齿的化石——却是这种“残暴的蜥蜴之王”被人采集的第一块化石。

这块化石于1874年由一名在野外考察的学生发现，随即被送往皮博迪自然博物馆。但由于当时一并送来的化石数量众多，这颗牙齿埋没其中几十年，直到2002年才终于得到鉴别，确认其属于霸王龙。



霸王龙（*Tyrannosaurus rex*）的牙齿，白垩纪（6700万年前），采自科罗拉多州杰斐逊县（图片约为实物大小的两倍）



一块棕榈叶与鱼类的化石

沙巴榈属棕榈（*Sabalites* sp.）、普瑞斯加加鱼（*Priscacara* sp., 大的那只）和艾氏鱼（*Knightia* sp.），早始新世（5000万年前），采自美国怀俄明州林肯县

第七章 变化中的地球

我们的地球不是一颗静止的星球。大陆会移动，气候在变化，生物物种也在不断地进化和灭绝。

自然博物馆的藏品记录下了这一复杂的历史。同时，它们也是现代世界的记录，让我们得以从中一窥此时此刻正在发生的变化。

通过研究生物化石和古代文化，我们能够更加深刻地了解今天人类共同面对的诸多变化。

过去的变化

纵观46亿年的历史，地球的变化从未停止。随着大陆板块的漂移，大洲的位置在移动，海洋也在不断地形成或缩减。

随着时间的推移，地球大气的成分也一直在波动，氧气、二氧化碳等气体的含量持续变化。这些波动造成气候的变化，产生低温寒冷时期——诸如几次冰期，以及高温温暖时期——造成地球两极永久冰川的消融。

恐龙时代的地球环境相对温暖，恐龙灭绝后，气温持续增长，并于约5000万年前达到高点。当时的全球平均气温约82华氏度（约27.8摄氏度），如今的全球平均气温只有59华氏度（15摄氏度）。

高温气候使生物分布得更广，适应温暖环境的动物得以向更靠近两极的地区迁徙。5000万年前，棕榈、短吻鳄等喜温物种均已生存在美国北方地区，如纽黑文。



变质碳酸盐岩，采自希腊马拉斯

今天，大气中的温室气体二氧化碳的浓度是研究气候变化的科学家所重点关注的对象。

2014年，皮博迪自然博物馆的科学家杰·阿格和标本负责人斯蒂芬·尼科列斯库（Stefan Nicolescu）首先证明，当两块地球板块相遇，一块插到另一块之下时，将会有巨量的二氧化碳从缓冲带的地壳中释放出来。

对这块从希腊采集而来的标本进行化学成分分析是这项研究的关键。



刻有人脸的三角石器（守护神），约1200—1500年，多米尼加共和国



贝壳垂饰，公元前2000—500年，海地



萨拉多依德文化陶碗，约公元前250—500年，维尔京群岛

不断变化的人口

皮博迪自然博物馆藏有超过13万件加勒比海地区的文物藏品，其数量为世界之最，其中的大部分藏品均由本·欧文·劳斯（Ben Irving Rouse, 1913—2006）收集。劳斯在加勒比地区做考古研究的时间将近70年。



绿蛙（*Rana clamitans melanota*），采自美国康涅狄格州纽黑文县

仔细看，这只青蛙长有三条后肢。皮博迪自然博物馆的科学家将这种肢体畸形和人类对土地的开发直接联系了起来。虽然寄

生虫是导致某种畸形的可能性成因，但大多数畸形的具体成因依旧无法得知。

劳斯对不同地带和时期的文化分布深感兴趣。在加勒比海地区的考古研究中，他创立了一份年表，记录了人类占领各个岛屿及邻近的南美洲地区的时间。除了研究，劳斯记录人口和技术迁移的方法在其他领域中也得到应用。

劳斯编订的人类占领加勒比海地区的年表，被人们沿用至今。

人口增长及当下的变化

2011年，全球人口数量已达70亿，在过去一百年里就增长了超过50亿。根据联合国的预测，到2020年，全球人口数量将会突破80亿。

随着人口数量的增加，人们对栖息地和资源的要求也会随之变得更高。

作为历史的载体，自然博物馆中的藏品能为科学家提供关键的信息，帮助他们了解人口增长和人类活动产生的后果。

这些藏品还表明，人类带来的变化比地球以往发生过的任何变化都要迅疾得多——这些变化就发生在几十年的时间里，就发生在我们身边。



19世纪酋长之林（Sachem's Wood）的原址，《1879年康涅狄格州纽黑文市》（The City of New Haven, Conn. 1879）局部，O. H. 贝利（O. H. Bailey）、J. C. 哈增（J. C. Hazen）绘，约1879年



椭圆叶鹿蹄草（*Pyrola elliptica*），采自美国康涅狄格州，纽黑文县

椭圆叶鹿蹄草生长于林地。这些标本由詹姆斯·达纳于1851年在酋长之林采集，当时的采集地正是在今天皮博迪自然博物馆馆址附近。如今的酋长之林已经变成了一片人工修剪的草坪、几棵零零散散的树、几栋建筑和几条人行道了。由于栖息地遭到破坏，这种植物（如右侧小图所示）在这片地区已经消失了。

肉球近方蟹是一种原生于东亚的蟹种，但自20世纪90年代以来，这种物种入侵美国的报道越来越频繁，从北卡罗来纳州到缅因州均有报道。第一批在康涅狄格州发现的标本由皮博迪自然博物馆的科学家于1998年采集，如今藏于博物馆中。今天，这种螃蟹在康涅狄格州的海岸上非常常见。图中所示的标本采集于2013年，是为当地教师研习会所有的标本之一。当时仅在不到一小时的时间里，就有将近150只肉球近方蟹被发现。

随着二氧化碳排放量的增加和全球气温的升高，动植物也产生了相应的变化。通过比较近期的观察结果和皮博迪自然博物馆馆藏标本中的

历史数据，我们能够发现，由于春季平均气温的升高，许多落叶树的长叶期较100年前已经提前。



肉球近方蟹（*Hemigrapsus sanguineus*），采自美国康涅狄格州，费尔菲尔德县，比例尺的单位长度为25毫米（约1英寸）

光明的未来

博物学的故事讲也讲不完。它们是人类及其周围世界的故事，它们值得被人称颂、传唱。

在过去的150年里，耶鲁大学皮博迪自然博物馆的科学家和藏品为科学的发展做出了巨大的贡献。在未来的几十年，乃至上百年的时间里，他们也将继续居于科学界的前沿，帮助我们更好地理解自然以及人类在自然世界中所处的位置。



黑栎 (*Quercus velutina*), 采自美国康涅狄格州纽黑文县



高级标本保管员凯瑟琳·希瑟（Catherine Sease）正在皮博迪自然博物馆的标本保护实验室中使用楮纸、小麦淀粉浆对一块树皮布的裂纹处进行加固。标本保护实验室积极支持并推动博物馆的目标，即妥善保存并保护标本。博物馆的标本保管员参与标本使用和保存工作的方方面面，从修复、库存，到展览时期的装架展出，事无巨细。由于皮博迪自然博物馆馆藏标本的首

要用途是科学研究，故博物馆方对待标本非常谨慎，所有标本的保存均以尽最大努力保证其完整性为原则。

树皮布，桑树内树皮，20世纪中叶，采自萨摩亚（波利尼西亚群岛），勃兰特标本

致谢

本书的出版适逢耶鲁大学皮博迪自然博物馆建馆150周年的纪念和主题展览“皮博迪博物馆的宝藏：150年的探索与发现”（*Treasures of the Peabody: 150 Years of Exploration & Discovery*）。庆祝这段富博的历史需要许多杰出英才的智慧和努力，与这些热情高涨、才能出众的同事和朋友一同工作是我们的荣幸。感谢展览设计组的劳拉·弗里德曼、萨莉·帕拉图、金伯利·佐尔维克，感谢负责摄影的罗斯玛丽·沃尔普和志愿者科莉·罗帮忙设计展品目录。我们要特别感谢罗伯特·洛伦兹，他出色的照片让皮博迪自然博物馆的故事更加生动。理查德·科尼夫正在独立撰写另一本关于皮博迪自然博物馆的书，他给了我们很大的启发，同时他也在努力为展览进行宣传。沃尔特·布兰科、罗伯特·查尔斯沃斯、约翰·费罗、安吉丽琪·蒙塔尔和妮可·帕尔非-莫霍劳伊为展览完成了基建工作，麦克·安德森和麦什·迪克曼制作了所需的大量人工制品和标本。大卫·海泽为展览提供了教学指导。我们还要感谢：哈里·西科特，他提供了技术和线上支持；理查德·博德曼，他为展览进行安保工作；凯瑟琳·希瑟，她为展品保护做出了贡献。感谢伊莱扎·克利夫兰、琳达·沃纳、宋云为筹款付出的努力，感谢梅兰尼·布里格卡斯制作市场营销材料。后勤工作方面，我们要感谢邦妮·迈哈姆特、莎伦·罗德里格斯、苏珊·卡斯塔尔迪、安吉·奇里柯、林恩·琼斯、内特·乌特鲁普。博物馆藏品与运营部的负责人蒂姆·怀特一人完成了许多工作，包括丰富展览内容、联系展品租借，他还审阅了展品目录中的许多照片。我们还要特别感谢博物馆公共项目部部长理查德·基塞尔，他领导并负责协调展览的规划和展品展示的工作，还帮忙编辑了展品目录。

若没有皮博迪自然博物馆10个科研部门的负责人及研究人员所做的贡献，这场展览（以及这本书）也就无从谈起。他们对自己的标本和部门的研究历史提出很多见解，他们的贡献是无价的：古脊椎动物学（雅克·戈蒂耶、埃里克·萨吉斯、布哈特-安贾·布胡拉尔、克里斯·诺里斯、丹·布林克曼、玛里琳·福克斯）；古无脊椎动物学（德瑞克·布里格斯、苏珊·巴茨、杰西卡·乌特鲁普）；古植物学（彼得·克莱因、胡树声）；脊椎动物学（瑞克·普鲁姆、雅克·戈蒂耶、埃里克·萨吉斯、格雷格·沃

特金斯-科尔韦尔、克里斯托弗·齐斯科斯基）；科研仪器文物（保拉·贝尔图奇）；矿物学和陨石学（杰·阿格、斯蒂芬·尼科列斯库、芭芭拉·纳伦德拉）；昆虫学（莱纳德·姆斯特曼、雷·普佩德斯、拉里·加尔）；人类学（罗德·麦金托什、理查德·伯格、奥斯瓦尔多·金吉拉、约翰·达内尔、迈克尔·多佛、安·安德希尔、罗杰·科尔顿、贝基·德安杰罗、艾琳·格蕾戴尔、莫琳·达罗斯·怀特）；无脊椎动物学（里奥·巴斯、埃里克·拉佐-瓦泽姆、丹·德鲁、洛德丝·罗哈斯）；植物学（迈克尔·多诺霍、帕特里克·斯威尼）。感谢比尔·兰迪斯、克里斯汀·麦卡锡以及斯特林纪念图书馆的手稿及档案保存人员。感谢耶鲁大学美术馆的艾米·道伊和马克·米切尔。最后，我们还要向皮博迪自然博物馆的档案保管员芭芭拉·纳伦德拉致以最诚挚的感谢，她带领我们领略了皮博迪自然博物馆的历史，对这个项目功不可没。

大卫·斯凯利 托马斯·尼尔



自19世纪马什开始采集化石以来，皮博迪自然博物馆馆藏的大量恐龙化石标本中，只有一小部分向公众开放展览，其余的均存放于博物馆地下。这些库存的标本中包括许多种著名恐龙首次被描述的化石标本，如迷惑龙和剑龙。有了美国国家科学基金会的支持，以及由博物馆和图书馆服务研究所提供的“拯救美

国珍宝”专项经费，古脊椎动物学修复实验室中拥有专业技术的工作人员和志愿者们花费了漫长的时间来修复数百块骨骼，使这些“科研珍宝”得以被科学家研究，被来自世界各地的学生参观。

马什采集的标本，耶鲁大学，克莱恩地质实验室，古脊椎动物学部

[1] 詹姆斯·普罗塞克（James Prosek, 1975—），美国画家、作家、博物学家，毕业于耶鲁大学。

[2] 康涅狄格州艺术与科学学院（The Connecticut Academy of Arts and Sciences）成立于1799年，现隶属于耶鲁大学。

[3] 新英格兰（New England）地区位于美国东北部，包括6个州：缅因州、佛蒙特州、新罕布什尔州、马萨诸塞州、罗得岛州、康涅狄格州。

[4] 帕金斯标本馆（Perkins Cabinet），收藏着从英格兰及欧洲其他地区搜集的近2000件矿物标本，1807年由西利曼为耶鲁收购。这是西利曼的首次大型收购。

[5] 吉布斯标本馆（Gibbs Cabinet）收藏着美国矿物学家乔治·吉布斯三世（George Gibbs III, 1776—1833）在美洲之外的各国搜集的近12000件矿物标本，1825年由西利曼为耶鲁收购。

[6] 美国“猴子审判”即“斯科普斯案”（The Scopes Trial）。1925年，田纳西州的一名中学教师约翰·斯科普斯由于在课堂上公开向学生讲授进化论，违反了当时的法律而被起诉。这场诉讼即著名的“猴子审判”。

[7] 胡佛水坝（Hoover Dam）是美国的一项重要水利工程，位于内华达州和亚利桑那州交界之处的黑峡（Black Canyon），建成于1936年，总库容348.5亿立方米。

[8] 路易斯安那购地案（Louisiana Purchase）指美国于1803年以大约每英亩三美分向法国购买土地的交易案，购地所涉土地包括路易斯安那州及其周边几个州，面积约占今日美国国土的22.3%。

[9] 约翰·詹姆斯·奥杜邦（John James Audubon, 1785—1851），美国著名画家、博物学家，他绘制的鸟类图鉴《美洲鸟类》（Birds of America）被称作“美国国宝”。

[10] 布恩与克罗科特俱乐部（Boone and Crockett Club），一个由猎人和自然保育专家共同组成的组织，其目的在于在美国推进自然保育运动、减少商业狩猎活动、建立和维护国家公园等。俱乐部以猎人丹尼尔·布

恩和戴维·克罗科特的名字命名。

[11] 保罗·埃尔利希（Paul Ehrlich, 1854—1915），德国医生、免疫学家，于1908年获得诺贝尔生理学或医学奖。

[12] “牙鸟”（Odontornithes）最早是由马什提出的一个生物分类，主要包括鱼鸟和黄昏鸟两个属，现已被废弃。



未读 Club

为读者提供有温度、有质量、有趣味的
泛阅读服务



专属社群 独家福利
精品共读 活动特权

手机扫码

加入未读 Club 会员计划

未读

UNREAD

1950—2050
关于机器人的
幻梦
现实与未来

A Century of
Science Fiction,
Fact, and
Speculation

一起进化

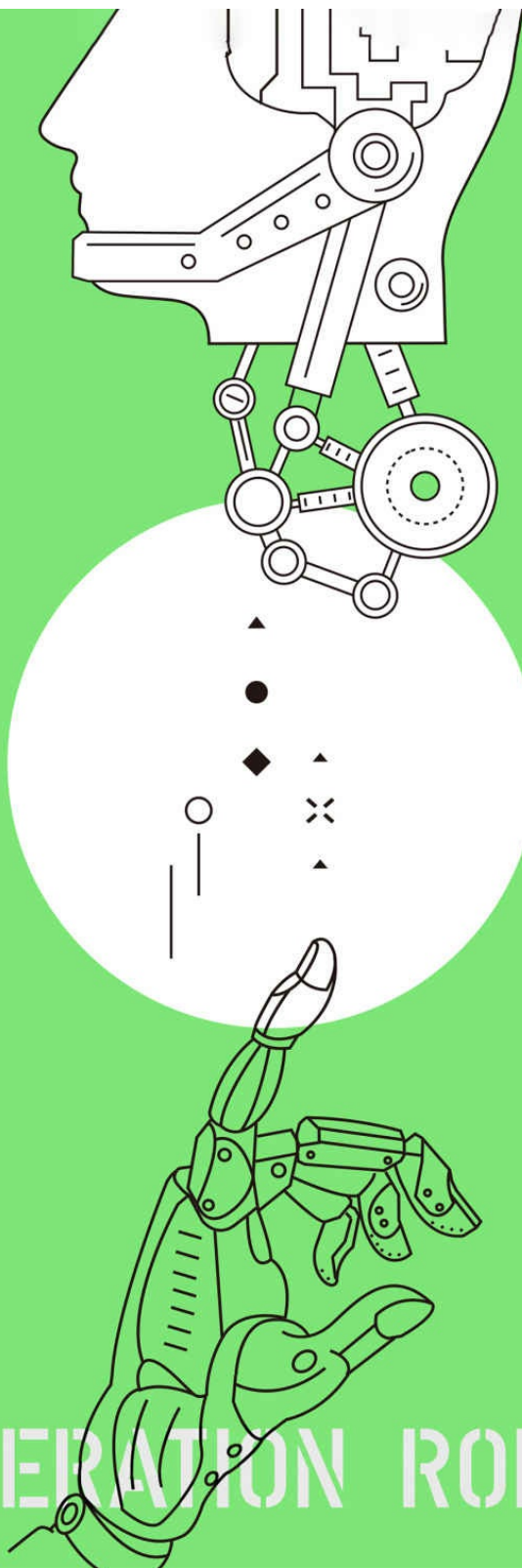
Terri Favro

GENERATION ROBOT

和机器人

〔加拿大〕泰里·法沃罗
徐颖——译——著

天津出版传媒集团
天津科学技术出版社



版权信息

和机器人一起进化

GENERATION ROBOT

作者：[加] 泰里·法沃罗（Terri Favro）

译者：徐颖

出品方：未读·思想家

出版社：天津出版传媒集团
天津科学技术出版社

Copyright © 2018 by Terri Favro

Published by arrangement with Skyhorse Publishing®, INC

Simplified Chinese edition © 2019 by United Sky (Beijing) New Media Co., Ltd. All rights reserved.

目录

[版权信息](#)

[引言 为什么要写机器人](#)

[第一章 艾萨克·阿西莫夫的孩子們](#)

[第二章 黑石](#)

[第三章 “AI之冬”的流浪汉](#)

[第四章 棋逢对手](#)

[第五章 搭乘无人驾驶汽车](#)

[第六章 唤醒你的屋子](#)

[第七章 机器好人](#)

[第八章 奇点与机器人伴侣](#)

[参考文献](#)

[致谢](#)

[返回总目录](#)

谨以此书纪念
机器人专家、发明家，我的父亲
阿提里奥·法沃罗

我偶尔会想，在如今这令人绝望的人性困境中，我们真应当感激能够拥有非人类的朋友，即使它们只是我们自己亲手制造出来的。

——艾萨克·阿西莫夫

引言

为什么要写机器人

从前，他们许诺给我们月亮.....

后来我们长大了，懂得核弹可以毁灭地球，但是我们也能够逃到别的星球上去。我们有时如偏执狂般疑神疑鬼，有时又对进步信心猛增，类似于我们时不时激情亢奋一下，把头发高高扎起去参加特百惠派对^[1]。我们就是这样一边在脑袋里玩跷跷板，一边期待着一个或许永远都不会到来的未来，至少不是《明日的世界》（*World of Tomorrow*）^[2]里那个别人兜售给我们的未来。

关于未来，我们同时做着两个截然相反的梦——一个十分暗黑，充满末日景象；另一个却闪闪发光，令人愉快，有如刚刚清洗过的亚麻地板。而潜伏在这两个梦境阴影中的，乃是一个已在人类的想象中存在了数个世纪之久，终于在原子时代到来之际显露真身的造物：机器人。

我们曾经期待机器人成为我们的伙伴和守护者。它们永不疲倦、可信可靠、坚不可摧；它们会比我们人类更聪明、更强大，却不会有人类那种已将地球推至毁灭边缘的侵略性。有朝一日，它们会像《杰森一家》（*The Jetsons*）里那个满嘴俏皮话的机器女佣罗西一样，为我们整理房间；或者如《迷失太空》（*Lost in Space*）里威尔·罗宾逊的机器人那般，与我们携手探索其他星球。

时光流逝，原子弹并没有从天上落下来——至少没落在我们头上；月球殖民计划也未能付诸实施。我们终于感到腻烦了，“明日的世界”变成了一个叫人难过的梦境，活像世博会场馆在废弃之后变成破败生锈的游乐场。

尽管住到月亮上去是没指望了，机器人却在对我们招手。如今，我们正在成为第一代有幸亲手将汽车钥匙交给机器人，让它们变成地球新成员的人。用电影《2001：太空漫游》中嗜杀成性的人工智能“哈

尔”（HAL 9000）的话来说，这是我们应当“冷静地坐下来，吃一片镇静剂，好好把事情想清楚”的时候了。

借用《星际迷航》里“老骨头”伦纳德·麦考伊的说法：我是个作家，不是个“机器人专家”。过去的三十年里，我一直是个市场营销文案写手、生活时尚记者、幽默作家、小说家兼博客写手。那么，你或许会问：为什么我会选择写这样一本书呢？为什么我想要探讨我们这一代人与机器人、人工智能和计算机之间的相互关系呢？

我有我的理由。实际上，我有足足七个理由。

第1个理由：我爱我的老爸，而他热爱机器人。整个家庭中，唯有我数学最差，这一点曾让老爸深感困扰。老爸是一名电工技师、业余发明家，而老妈在结婚成家、生儿育女之前当过会计。老妈最引以为豪的就是她能在脑子里累加整栏的数字，这足以让她成为一名优秀的计算员，就像布莱切利园里那些为打败希特勒做出贡献的女密码破译员。我的姐姐罗斯玛丽和乔安娜的数学和物理成绩均十分优异。罗斯玛丽是老大，她的丈夫罗杰曾是神学院学生，后来放弃神职转而投身研究纯数学，并在1967年成为IBM的软件开发员。我的哥哥里克曾经想当宇航员，不过他学了工业工程。他于20世纪90年代去硅谷工作，专事开发基于互联网的电话系统。而我呢？我最后成了一个广告文案写手，为科技行业提供服务。我服务过的客户有IBM、苹果、早期的蜂窝电话公司和网上银行等，不一而足。我曾为IBM PCjr^[3]写过文案，对此我怀有一种暧昧的荣誉感——那是科技行业有史以来最惨的营销失败案例之一。

我和这些客户相处得挺舒服，一部分原因在于他们全都穿着白衬衫，口袋里插着护笔袋，有股熟悉的极客范儿。我在一个意大利家庭里长大，这个大家庭活力四射，对所有科技类事物充满热爱。我们家在晚餐临近尾声时通常是这样的：大家围绕餐桌而坐，一瓶接一瓶地喝着老爸自酿的葡萄酒，高谈阔论。话题总离不开登月、汽车、计算机，特别是机器人。这是因为老爸在职业生涯的最后十年是和第一台工业机器人——“尤尼梅特”（UNIMATE）并肩共事的，这还启发了他自己在家制造机器人。如此这般，尽管我本人既没成为科学家，也没当上工程师，但我长大成人的整个过程，始终伴随着那种令他们激情燃烧的、独特的

创造精神。

第2个理由：机器人深植于我的大众文化基因。我总是把自己想象成《小机》（*Robbie*）中的小格洛丽亚。《小机》是艾萨克·阿西莫夫的短篇小说集《我，机器人》里的第一篇。小格洛丽亚喜欢和她的机器人男保姆罗比玩捉迷藏，她的母亲却把罗比赶去工厂做苦工。最后，罗比拯救了格洛丽亚的生命，因善良而变成了一个接近真人的男孩，恰似一个机械版的皮诺曹。这个故事似乎想告诉我们，机器人比人类还要有人情味——它们就像我们的异父或异母兄弟，但比我们更聪明、更理智，而且心地无私，如同每个北美郊居家庭都想抚养的那种完美小孩。机器人不会变成少年犯，也不会染上毒瘾或者被关进叛逆女孩管教所。“阿西莫夫的孩子”与大多数真人小孩不同，它们从来不让父母失望。

20世纪60年代，我沉浸在《迷失太空》和《我的活玩偶》（*My Living Doll*）这类以机器人为主角的电视剧中。我跟每个书呆子气十足的同龄小孩一样，从不错过任何一集《星际迷航》，并且无可救药地迷恋斯波克。斯波克是什么？不正是下一代星际迷们追捧的机器人和生化人——百科中尉和“九之七”——的样板吗？当年NBC宣布停播《星际迷航》的时候，我还参加了写愤怒信的人们发起的反对活动。我们最终争取到让这部剧在电视上多活了一年，直到詹姆斯·T.柯克船长被迫转行，成了人造奶油的广告代言人。

1968年，姐姐们带我去看了《2001：太空漫游》。在电影里，我见到了自阿西莫夫的创想以来最有影响力的机器人形象——哈尔，一个与人类伙伴一起飞向木星的人工智能。但是，哈尔谋杀了宇航员。它还会唱《黛西·贝尔》（*Daisy Bell*）[\[4\]](#)。那时我只有11岁，无法理解哈尔为什么拒绝为宇航员戴夫打开太空舱的门，为什么戴夫穿过迷幻的宇宙之后就变成了一个胎儿般的“星孩”（*star child*）。这种象征手法对我来说太深奥了。虽然连电影都没看懂，但我自那之后确实开始攒钱了，因为我想给自己买一套冬日白少女装，类似《西尔斯目录》[\[5\]](#)里的未来派空姐连体衣。

20世纪70年代，越来越多比以往更酷的机器人通过电影、电视和书本走进了我的生活。《宇宙静悄悄》《星球大战》《银河系漫游指南》《异形》《银翼杀手》，所有这些作品都在阿西莫夫设想的基础上，创

造出了形象更新奇、通常更邪恶、偶尔更可爱的机器人；而小说家菲利普·K.迪克、斯蒂芬·金和阿瑟·C.克拉克则创造出了平行世界，在那里人类和机器人勉强休战，共同生存。到了IBM PC和苹果Macintosh如海啸般扫荡全球，把某些工作岗位直接消灭掉的时候（还记得“排字工”吗？），与我同龄的年轻人已经做好了迎接这一切的准备：我们早已看见未来在眼前晃来晃去，一如《银翼杀手》里的哈里森·福特用他脱臼的手指吊挂在外墙上摇摇欲坠，而复制人鲁特格尔·哈尔手握一只白鸽，满怀诗意地追忆了在猎户座边缘被击中的攻击舰艇后，瘫坐在地，按编好的程序死去。科技即未来——要么顺应，要么死亡。于是，我们这一代人选择顺应它。即使今生开不上能飞的小汽车，也用不上喷气背包，台式计算机和互联网已经足以把我们所生活的世界变成一个“神奇王国”——只要我们不先把这个古老的地球炸为齏粉，或者将之毒害成一颗死星球。

我们似乎一直在等待着什么大事发生。在这样的心态中长大的我们，如今正亲眼见证那些在我们童年时代的流行文化里大行其道的机器人变成活生生的现实：从物联网到自动化厨房，到具备人工智能、能跟你叨叨枕边蜜语的玩偶，到护理老、弱、病、残者的类人机器人，再到亚马逊推出的“预期发货”系统——在我们自己还没想好要买什么之前，它就已经把货品发给我们了。这是不是太酷了，或者说太可怕了？

第3个理由：我们这代人见证了机器人技术发展的全过程。我属于在“婴儿潮”后期出生的所谓“琼斯一代”^[6]。我们这代人实在很不幸：正夹在第一波“婴儿潮”和“X世代”^[7]之间——前面那一代人积极进取又充满理想主义，后面那个世代虽然幻想破灭，但是更酷。而1954—1962年出生的我们，不仅没能赶上“嬉皮友爱大聚会”，还恰好赶上了20世纪70年代后期的能源危机和经济萧条。我们是这样一代人：始终渴望像哥哥姐姐们一样成功，却从未能充分发挥自身的潜力。

如今我们又被贴上了“数字移民”的标签，用来把我们跟儿孙辈区分开来，毕竟他们是“数字原住民”，一生下来手里就抓着触摸屏。“移民”一词表明我们在科技上纯属新手，不得不奋力适应这个已宛如外星球的世界——我们连这个世界的语言都说得不大顺溜。

非但如此，我们还一直在被科技塑造着。我们是第一批“电视机保姆”、合成音乐、人造食品的同谋共犯，大气核试验残留物也嵌在我们

的乳牙中间。要给我们贴标签的话，“数字失忆症患者”可能更合适。我们仿佛在一艘快速航行的科技巨轮的滚动式甲板上度过一生，在身后抛下一长串机械废品——电视机、传真机、文字处理机、摄像机、八轨道磁带、盒带录像机、CD播放器、台式计算机、笔记本电脑，还有最初那种砖头般的蜂窝手机。它们随着波浪起伏，然后下沉。我们在丢弃老旧装置的同时，只顾继续奔向下一轮技术革新，忘记了我们也有过别样的生活方式。我写这本书的一部分动机，即是想对我们一生所经历的这梦幻般的航程进行一番回顾与反思。

第4个理由：在变成数字化机电产品之前，机器人早已是艺术作品里的形象了。机器人并非科技研究的产物，比如电灯泡或电报，它们本是小说家、剧作家和电影制作人作品里会思考的机器。科学家、工程师和工业设计师从这些作品中获得灵感，将影视书本里的形象召唤出来变为现实，这才有了机器人。即使在今天，获提名进入卡内基梅隆大学机器人名人堂的机器人仍有一半是只存在于想象中的角色，包括《星球大战》中的R2-D2，迪士尼动画片《机器人总动员》里压缩垃圾的机器人“瓦力”，当然更不能少了《2001：太空漫游》里的“哈尔”。

计算语言学研究的开启

1968年夏天，当时还是高中生的杰瑞·卡普兰（Jerry Kaplan）把《2001：太空漫游》一口气看了六遍。受到这部电影的启发，他对朋友宣布，将以制造出自己的“哈尔”为毕生使命。后来，卡普兰取得计算机科学博士学位，成为人工智能领域的先驱，专门研究如何使用英语自如地与计算机沟通——既是宇航员鲍曼和普尔同“哈尔”交谈的方式，也是我们所有人向Siri询问“距离最近的马来西亚-希腊混合风味的潮人餐厅在哪里”的那种方式。

第5个理由：我们应该谈谈机器人和人工智能在日常生活中的真实情况（而不是被耸动的标题和天花乱坠的广告所愚弄）。计算机科学家和工程师一直在致力于设计能移动、学习和做决定的自主机器人，开始时间比我们这些不是科学家的人所了解的要早得多。1970年，斯坦福大学就开发出了第一台能行走和视物的机器人^[8]，此时距《星际迷航》在我的抗议声中落幕仅仅过去一年，比R2-D2和C-3PO在《星球大

战》中登场早了整整七年。甚至连自动驾驶汽车也不是什么新点子——早在20世纪60年代中期，自动驾驶的机动车就已经在研发当中了，这是水星-双子座-阿波罗（Mercury-Gemini-Apollo）太空项目的一部分，只是后来人们封存了它，转而研发由人类宇航员驾驶的月球车。

与此同时，在你我这些凡人的视野之外，一场幕后大战已在机器人和计算机行业上演了数十年，且有愈演愈烈之势，这就是人工智能（Artificial Intelligence, AI）和智能增强（Intelligence Augmentation, IA）之间的对决。前者的终极目标是研发独立自主乃至能完全替代人类个体的机器人；后者则意在让机器人和计算机成为我们的帮手，或如捷克语“robot”的原始含义所指，让它们成为我们的“奴隶”。20世纪80年代初期，正当诸多硅谷人士期待着一场AI革命时，真正的变革却在个人计算机领域悄悄发生。IA捍卫者史蒂夫·乔布斯正是这场变革的领导者之一，他的观点是：Macintosh个人计算机应当成为人类思维的“自行车”，而不是直接代替人类思考。

然而还是那句老话，“时代永远在改变”^[9]。功能强大的AI，如谷歌和Siri，已经在我们的日常生活中占据了一席之地。我们当中有些人会向机器人投资顾问咨询如何平衡股票投资组合，还在“谷歌医生”上用算法诊断疾病。我甚至曾亲眼看着医生登录MEDLINE^[10]，把我的症状敲进去，我觉得这事儿我自己也能办得到，根本不需要医科学位。当然，已被大肆鼓吹的“看哦老妈，我没用手”式^[11]的第一代完全自动驾驶汽车到2025年便将陆续出现在实体店的展示厅里——特斯拉、福特、通用汽车、本田、宝马、谷歌和（据传）苹果都在研制无人驾驶汽车。其中谷歌汽车算是个奇葩，看上去活像一坨橡皮泥粘在四个轮子上，估计只有20世纪30年代的卡通片《乐一通》里的母牛克拉拉贝会开一开那种车。除此之外，这些无人驾驶汽车都被设计成时尚光鲜的在路上奔跑的机器，透过挡风玻璃，方向盘清晰可见，似乎在努力向我们保证：放心，一切仍在我们的掌控之中。

是否让机器人接管，并非单纯由科学家和工程师决定，其实你也有份。消费者的接受度对此有很大影响，因为自动驾驶汽车、物联网关联设备乃至家用机器人，最终都要被当成产品推向市场并销售出去。商家必须说服我们掏钱购买，否则这些机器人就只能宣告失败，仅仅因为我们不喜欢。因此，作为机器人行业的消费者，有一点对我们来说十分重要：丢开对“终结者”之类的机器人杀手的过分渲染，摆脱由此造成的心

理阴影，还要更为透彻地了解这些机器会给未来生活带来哪些积极作用、造成哪些不良影响。唯有如此，我们才能辨别出哪些机器人性价比良好、值得购买，而哪些注定应当在仓库里默默锈烂。

第6个理由：我们还不知道机器人将在何时成为日常生活的固定组成部分，我们也不知道一旦成真，这会给生活带来怎样的变化。近六十年的研发、激情、汗水、眼泪，再加上没有几十亿也有数百万美元的风险投资，还是没能让机器人在大街上和我们并肩行走（尽管它们的确在做不少事情——杀敌、扫雷、检查炸弹、探索外星球、收割庄稼，还有在工厂里进行大量操作），但它们似已摆出架势，要成为我们仁慈的守护者，甚至扶危救难的神。

但潜在危险同样存在，它们可能对人类造成严重的伤害。但凡你能想到的各行各业，比如工业、农业、银行业、餐饮服务业、运输业、会计行业，适合在这些领域工作的机器人很可能正处于研发当中。而这样的“机器人化”对经济造成的影响将是十分惊人的。事实上，从20世纪70年代开始，机器人对工作岗位的占据就已经在影响就业增长率了。但是，正如温水煮青蛙一般，我们直到现在才开始觉察一个事实：机器人正在夺走的并不仅仅是那些肮脏而危险的工种，例如清理核电站，它们也许很快就能从事那些高薪酬、高回报又有创造性的工作，比如进军医药、法律，甚至音乐和新闻行业。

那些我们一直在悄悄盼望着的机器人反而最令我们失望。它们中有会走路，能说话，能在空中挥动烘干机软管一样的双臂警告我们“危险！”的人形合成机器，也有那些奋不顾身地拯救某个真人的生命，在被撕成两半时会流出白色血液的机器人，比如《异形》中的“主教”，还有和我们形貌相似、谈吐相同，却比我们更聪明、更强大、更善良的机器人，仿佛始终在背后支持我们的“老大哥”。YouTube视频里也有与家人友好相处的机器人——它们会唱摇篮曲哄孩子们睡觉，和妈妈一起做有氧健身运动，还能在企业总部接待政府首脑。在这类机器人中，还没有哪个能与电影和书本里的假想机器人相媲美。即使是最好、最惊人的机器人，比如波士顿动力公司的机器狗和机器马，也没有自主行动能力，至少目前还没有。它们全都太像电子动物了。要等到人工智能发展进入下一个阶段，即通用人工智能（Artificial General Intelligence, AGI）[\[12\]](#)阶段，浑如人类一员的机器人才有可能被创造出来。科幻小说许下的诺言，必须由工程师来兑现。他们会成功吗？

为了方便论述，我们假定风险投资会继续注入资金，机器人专家最后能够追上大众文化的想象力，那么还需要多久我们才能看到真正具备意识，堪比《银翼杀手》《她》和《机械姬》中角色的机器人呢？机器人专家内部也在热烈地讨论这个话题。在《机器人时代：技术、工作与经济的未来》（*Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*）一书中，身为硅谷软件开发员的作者马丁·福特（Martin Ford）描述了一项由作家詹姆斯·巴拉特（James Barrat）发起的调查——巴拉特邀请两百名AGI研究人员预测我们何时能看到一台会思考的机器。

调查结果显示：42%的人相信人类到2030年能制造出会思考的机器，24%的人说要到2050年，20%的人认为要等到2100年，只有2%的人相信这永远不会实现。引人注目的是，相当多的回答者没有作答，而是建议巴拉特在答案选项里添加一个更早的时间，比如2020年。

雷普莉的人造好人和坏人

可怜的埃伦·雷普莉（西格尼·韦弗饰）。在《异形》（1979年）里，科学官艾什（伊安·霍姆饰）利用了她和她的伙伴，把她们当作活诱饵。当然最后真相大白，原来艾什是个机器人，它执行的命令是不惜一切代价将一个邪恶的新物种带回地球。“我爱慕它的纯洁。”艾什一边喃喃自语，一边解剖那只将寄生异形胎儿放进执行官凯恩（约翰·赫特饰）胸腔的令人作呕的“抱面体”。然而，就在我们要轻松地断定《异形》系列电影中的机器人都不过是嗜虐成性的走卒，只管为某个冷漠无情的企业服务时，雷普莉却在《异形2》（1986年）中遇见了“主教”（兰斯·亨利克森饰）——一位心地无私的合成人（要么换个词吧，用“主教”喜欢的“人造人”）。“主教”听说了艾什蓄意破坏的行为后，提到了阿西莫夫的“第一定律”：“我很震惊！它的型号很老吧？A2一直有点不稳定。现在我们安装了行为抑制器，再也不会发生这样的事情了。我不可能伤害人类，或者坐视人类个体受到伤害。”

关于机器意识的研究，无论是要等一百年才能取得突破，还是在半年内就能出成果，有一点我们总归十分清楚：变化正在不断加速。对此，是摩尔定律（Moore's Law）——它得名于英特尔公司的创始人之

一戈登·摩尔（Gordon Moore）——给出了一种解释。1965年，摩尔发表了一篇论文，宣称同价位集成电路上集成的元器件数量大约每两年会增加一倍，而且他认为这个数字会继续呈指数增长。简言之，摩尔定律的意思就是：运算性能越强大，就越能催生出更强大的运算性能。或者，如阿西莫夫在1978年所书：“技术的发展是不断累积的.....机器总是被不断改进，而改进的方向总是向着.....人为控制越来越少，自动控制越来越多——并且是加速发展。”

既然强大的运算性能是通向更高级的通用人工智能的关键之一，我愿意在此斗胆挑战一下主流观点。我预言，到21世纪中叶，我们就能拥有跟“哈尔”一样智能（但愿别和它一样嗜杀）的AGI系统，以及电影《她》里由斯嘉丽·约翰逊配音的角色那样一如真人、多情浪漫的数字助理。也许，在21世纪中叶以前，我们的合成朋友就会变成我们日常生活的一部分——差不多是在《我，机器人》出版一百年之后。

我们这些上了年纪的“琼斯”那时又会过上怎样的生活呢？我们会如何顺应这些变化？我们要把机器人当人一样对待，也把机器人当机器人一样对待吗？此外，受人工智能和机器人的影响，有哪些生活领域已经在我们不知不觉中发生了改变？举个例子：不管我们喜不喜欢，我们在每次购物、发推文或下载应用程序时都得进入大数据的世界。

若是社交媒体上的猎奇新闻里一周都没有新款机器人出现，那这周根本算不上是过去了。这些机器人看上去总是很像人，有点神秘，又有点恶心。机器人贸易展览会和商业交流会都会主推首席机器人专家发表的重点演讲，旨在向我们兜售这样一个未来：零售商店、快餐店、仓库和会议室里，机器人无处不在。很快它们就会来到我们身边，它们能打扫卫生、洗衣服、为全家人做饭、教育我们的子女、评估我们的认知功能，还能和我们建立更亲密的关系。我们对此的总体印象是：这将是机器人的世界，我们只是生活在其中而已。或者，不如说，是它们“生活”在我们中间。“明日世界”本身也不得不做些调整，以适应昨日的道路、房屋和办公大楼，因为这些设施有不少是在很久以前建造的，当时我们还没有认真考虑过机器人和人工智能的日常生活需求。无人驾驶汽车将穿梭在乡间道路和狭窄的古罗马街道上，智能家电和物流网也需要改型，以便进入已有上百年历史的老宅。对“琼斯一代”而言，生命的最后几十年注定充满变数，是需要努力顺应的过渡年代。换句话说，我们一直都知道，这个世界永远在变化，它还会继续变化。

第7个理由：就目前而言，关于机器人，我的问题比答案多，我打赌你也一样。我一直盼着能推测未来人类和机器人的关系，而且我一直在好奇，“会思考的机器”将如何改变私人生活（如果那时还存在所谓的私人生活），生活的新常态会是什么样子的呢？

那些需要关爱呵护的脆弱的人（例如老年人、体弱者或残疾人）会在情感上更依赖自己的护理机器人吗？反过来，如果一个机器人社工负责看护的人死了，人们会如何处理这个机器人？对它重新编程就行吗？是否允许机器人储存它们护理过的人类对象的相关记忆？它们能否读取这些记忆，学习如何安慰和照顾其他人？

有了完全自动化驾驶汽车，我们会不会全都变成甩手乘客？还是说，我们会变得更像飞行员，只会在想要打个盹时，把车切换到自动驾驶模式呢？如果是这样的话，我们是否反而成了自己机器奴仆的“准护理人”，而且还不太称职？

机器人控制下的经济社会，留给人类做的事情已经不太多了，并且人人都能进行虚拟现实旅游。既然如此，我们何苦去往别处，为什么不能待在原地呢？

在人体所有执行功能都得到关照之后，我们的大脑会不会退化萎缩（身体就更不用谈了）？机器人的劳动将我们解放出来，会不会让我们变成苍白瘦高、穿着白色长袍、自作聪明的哲学家学会人士？我们对《星际迷航》里的这一幕记忆犹新。

我们能通过编程向有决策能力的机器人植入道德规范吗？机器人会分化成“机器好人”和“机器坏人”吗？

让我们假定人工智能研究领域将在摩尔定律的支持下保持发展势头，假定机器将变得越来越聪明，并假定人类也将随之改变。那些能活着度过百岁生日的“琼斯”或许会有办法骗过死神，活得长长久久——变身成为赛博格就行。别忙着对这个想法嗤之以鼻，觉得这只是个离奇荒诞的梦，考虑一下这个事实吧：谷歌的生物技术公司Calico从2013年起就一直在努力寻找征服死亡的解决方案。然而，这样做会不会出现意想不到的后果，足以抵消为人类带来的益处呢？有一些学者，包括斯蒂芬·霍金和牛津大学人类未来研究所（Future of Humanity Institute）的教授们，都担心超级智能机器会如我们今天所知的那样威胁人类自身的未

来，并彻底扰乱这个世界。

然而.....

如果机器人对我们来说这么糟糕，为何我们还是不可救药地热爱关于机器人的故事呢？

是否因为，作为人类，我们一直都对自身深感失望？

或许机器人才是人类真正的孩子。这些后代不仅能充分发挥潜能，还能不知疲倦地大踏步前进，跟上不断加速、永无休止的工作周期。我们也许漫不经心地创造了一个只有机器人才能在这里毫无故障、永不停歇地履行职责的社会。

对于老年人来说，问题则在于：原本我们秉持中立态度、不断强化其性能的这些自动化孩子——我们的“哈尔”们——长大了，它们是来照顾我们的，还是来淘汰我们的？它们会压制我们，还是会解放我们，让我们摆脱繁重的工作，去追求更高尚的趣味？会不会有那么一天，我们要么必须屈服于机器人的奴役，要么直接灭绝？

从光明的一面来看，人工智能可以为人类特有的问题（老龄化、残疾、疾病、交通事故等）提供解决方案。进一步说，如果阿西莫夫是对的，或许有朝一日，机器人议员还能够阻止我们毁灭这个世界，如果届时人工智能机器流氓还没有抢先摧毁人类的话。

有一件事毋庸置疑：有些“琼斯”会相当长寿，他们有机会见证人工智能日益强大的影响力。我们能做的事，就是好好利用我们在地球上的剩余时间，用以造福，而非为恶，包括思考一下机器人和人类应如何共存，以及如何让机器人和人类自身都多些人情味。

让我们来回顾一下那段已然经历过的漫长而奇异的旅程，让自己成长为“宇航员”，顺利地飞向我们自身的未来，飞向正在前方等待着我们的一切，因为我们终将降落在盼望已久的“明日世界”。

第一章

艾萨克·阿西莫夫的孩子們

1950

炽热的土星啊，我们得对付一个机器人疯子！ [\[13\]](#)

——艾萨克·阿西莫夫，《惊人科幻小说》杂志

我出生在“肥胖的五十年代” [\[14\]](#) 中期，那是充斥着猪油馅饼皮、花生酱奶油三明治和恐惧情绪的十年。韦氏在线词典上说，按照有据可考的历史，人们恰好在我出生的那一年开始使用冷战术语，比如“（发起）第一击”“脏弹”“反导弹”“图灵测试”“末日后世界”等等。随着《原子科学家公报》的“世界末日钟”被科学家调整到距离午夜零点仅剩两分钟，世界离“相互保证毁灭”（Mutual Assured Destruction） [\[15\]](#) 又近了一步——比以往任何时候都要近，古巴导弹危机期间也不过如此。对于“相互保证毁灭”，人们更熟悉的是它阴沉可厌的首字母缩略词“MAD”。

我不仅生错了时间，还生错了地点。我的出生地尼亚加拉半岛，蜷缩在加拿大和纽约州西部之间的边境地带，死气沉沉，闭塞落后，到处是农田、工厂和旅游陷阱。不过，就像我老爸指出的那样：“我们会是第一批完蛋的人。”他最喜欢的杂志《大众科学》（*Popular Science*）说过，尼亚加拉瀑布是苏联的首选打击目标，因为这儿的水力发电站为整个美国东部沿海地区供应电力，供电范围直抵华盛顿特区。

童年时代，我头顶上那片知更鸟蛋壳般湛蓝 [\[16\]](#) 的天空中总是飘着一朵乌云，那是死亡随时可能从天而降的阴影，是“斯普特尼克号”（Sputnik）带来的。“斯普特尼克号”是苏联制造的人造卫星，跟篮

球差不多大。我出生的时间和“斯普特尼克号”升空的时间只相差一年：我的生日是1956年10月15日，它的发射日是1957年10月4日。当我刚刚吹熄自己有生以来第一个生日蛋糕上的蜡烛时，苏联竟然制造出了第二颗“斯普特尼克号”，还把可怜的小狗莱卡塞进“斯普特尼克2号”送上了太空。而在卫星下方的地球上，我正安逸地睡着婴儿觉，我的小猫咪们也安全地蜷在盒子里，丝毫没有发射进入太空轨道的顾虑。但是，比起太空里的宠物来，让大人们忧虑的事情显然要严重得多：苏联已经抢占了先机！他们不仅拥有了氢弹，现在还有了“斯普特尼克号”，相当于在天上有了眼睛。高楼屋顶上的空袭警报器咧着金属大嘴，红黑二色的传单出现在我们的信箱里。传单上列了一份清单，教我们怎么把地窖改造成防空洞——储存罐头食品、收音机电池和水，做好准备，共克时艰。传单还给我们讲解在遭遇核攻击时该如何保护自己：找一堵牢固坚实的墙，紧挨墙根蹲下，双臂抱住头。

氪星石（Kryptonite）在原子时代开始之后出现

即使是“钢铁英雄”（the Man of Steel）也无法抵御核威胁。1949年，漫画书《超人》（*Superman*）里面介绍了“氪星石”，它是核爆炸的副产品，具有放射性而且致命，毁掉了超人“钢铁英雄”的母星——氪星。

我很喜欢看传单上画的“核心家庭”（nuclear family）[\[17\]](#)，画上躲起来的小女孩穿着被裙衬撑得鼓鼓的小裙子。我猜想，苏联人进攻的时候，她正在去参加生日派对的路上。

当我们收看每周六上午播出的卡通片时，总会听到一阵突然切入的、长达半分钟的噪声，像牙医的钻头声一样刺耳，紧接着会有一个声音安抚我们：这是测试！只是测试！如果确实发生紧急情况，您会接到前往尼亚加拉边境的指令。

那时我们已经懂得了，在原子光倾泻而下涌入地窖和逃生通道之前，这紧急广播系统的呼叫便是我们所能听到的最后的声音，接着我们的视网膜就会被烧焦，受到辐射的皮肤会像潮湿的橡皮泥一样脱落。或许终有一天，警报会变成真的，但在那一天到来之前，我们还是能回到

电视机前，嘲笑《波波鹿和飞天鼠》里倒霉的间谍鲍里斯和娜塔莎。随着一遍又一遍的演练，恐惧成了一种条件反射，渗透进肌肉记忆。正如文化史学家史宾塞·维尔特（Spencer R. Weart）所指出的那样：“许多孩子都知道，不管他们多么认真地执行指令，在（核武器）袭击中幸存的机会都不大。”

今天看来，与我同龄的孩子长大后没有患上慢性焦虑症、妄想症或受到轻度创伤后应激障碍（PTSD）的折磨，还真是一件了不起的事（当然，说不定我们还是患上了这些病，这或许有力地解释了我们这一代人为何具有强迫症倾向——从自恋狂和“直升机父母”^[18]到养成过度医疗和购买超额保险的习惯）。核恐惧对整整一代人的心智造成了持续性影响，20世纪70年代，人们对此展开过调查研究，结果发现年轻人能清楚地记得他们在童年时代对炸弹的恐惧，有些人甚至还重现了这种可怕的记忆。

“乔尼！我相信主管部门会控制好一切的！”

电影中总会有各种各样的怪物从放射性泥浆里钻出来娱乐青少年，最出名的大概是《哥斯拉》（1954年）了。在这部电影里，一场核试验把一头恐龙似的日本怪兽“哥斯拉”从海底弹了上来。随后，形形色色因辐射而变异的巨型动物和蔬菜很快充斥了银幕。这类影片的主角通常是一个少年，他力图警告大人危险迫在眉睫，但大人们总是嗤之以鼻：“有关部门会管好这些事的，波比/詹妮/比利/萨利，回房间去做作业！”

只有一个地方是安全的，那就是未来，也可称之为“明日的世界”。只有到了那个时候，科技才能超越核威胁。世界领导人以及才华横溢的火箭科学家，一定能想出聪明的办法拯救文明。我们需要太空船帮助我们逃离自己的“氦星”和那些比我们思维更清晰的智能机器，如果我们还有希望作为一个物种存活下来的话。

但是，我们的未来究竟会是什么样子呢？我们真的能走到那一天吗，在我们把自己炸得飞进天国之前？

说到对未来的预言，我们这些21世纪的公民实在是一帮狂妄自大的家伙。无论是在TED演讲里，还是在“未来学家”成了一种专门的职业的时候，我们都十分自信，对自己20年或30年后的生活该是什么样子特别有把握。我们可不像20世纪60年代的那些傻瓜，成天痴迷于喷气背包、移动人行天桥和会飞的汽车。我们父母那辈人已经够先进了，都能把人送上月球了，可他们怎么就没能预见到世界上会出现互联网呢？

然而，如果你回溯得更远一点，看看20世纪40年代末50年代初那段时期，你会惊讶地发现，一些有影响力的思想家实际上对未来有着相当准确的把握。他们不仅预言了信息管理系统、智能自动化，竟然还预言了能够思考和学习的机器。想想1950年前后科技在人们日常生活中的那点表现，你会对他们的先见之明感到分外惊奇：电视机还是新鲜事物（也没什么节目可看）；电话线多数是共享的（打一通越洋电话都要事先向接线员预订）；“computer”指的不是一台机器，而是一个专门从事计算的人；送牛奶、面包和鸡蛋的交通工具还是马匹；老式冰箱（icebox）和拧绞洗衣桶（wringer washer）还是家用电器的标配。在我出生的加拿大边境小镇上，旗杆上挂的国旗还是英国的米字旗，而不是现在我们所熟悉的红枫叶旗。

那个时代有两位对未来有着深刻洞察的人物，60年后的今天，他们所畅想的未来正在我们面前徐徐展开。他俩既是科学家，也是作家。他们的作品十分畅销，在“二战”结束之后的几年里牢牢占据着大众的想象空间。两人都相信未来世界的主导者将是思维机器（计算机），具有感知能力、可以训练的机器人，以及现在被我们称为“人工智能”的东西。两人都为了描述当时还不存在的研究领域而发明了新词。不过，他们当中的一位——艾萨克·阿西莫夫，相信机器人会是我们的救星、保护者和仁慈的治理者；而另一位——诺伯特·维纳^[19]，却坚信智能自动化可能会让我们失去人性，而这一点足以抵消它能为人类创造的价值。

维纳看上去一点也不像能写出在他那个时代最畅销的图书的人。他出生于1894年，小时候堪称神童，父亲是哈佛大学教授。维纳长大后才华横溢，是人们通常概念中那种典型的“魂不守舍”的数学家。自1920年起，他在美国麻省理工学院（MIT）担任教职。他不是那种魅力独具的家伙，你也不会想到邀请他出席晚宴派对。人们常能听到各种关于维纳的传闻逸事，这些故事无外乎把他描绘成一个死不悔改的吝啬鬼，同时还特别自以为是。但不管怎么说，他的《控制论：或关于在动物和机器

中控制和通信的科学》（*Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*）单在1948年就至少加印了5次，此后多年还在不断加印，尽管其中充斥着令人头皮发麻的数学公式。《控制论》颇有预见性地描述了许多当时尚不存在的技术领域，如信息技术、计算机科学、人工智能等。维纳预言，有朝一日，智能机器人不仅能执行重复性的任务，而且能够思考和学习。维纳说，对人类而言，这会是一件伟大的事，但也可能演变成一场灾难：机器完全有可能从人类手中夺走控制权，将我们弃如敝屣。

《控制论》原本是写给技术人员看的，因而维纳自己反倒成了对此书的风靡最为惊诧的人。一位《纽约时报》的书评人热情洋溢地称赞这本书是“20世纪最富影响力的图书之一”，并将之与伽利略、卢梭和约翰·斯图尔特·密尔的著作相提并论。不过，英国技术史学家杰里米·诺曼（Jeremy Norman）最近又将这本书形容为“一堆奇怪的、东拉西扯的文字，是通俗内容和高科技概念的大杂烩”。他还揶揄道，尽管这本书销量巨大，但“绝大多数买了这本书的人很可能都没有通读过一次”，这点或许与霍金的《时间简史》（1988年）相差无几——这些书的书脊永远光洁平整，看不到一条折痕。

继《控制论》之后，维纳于1950年出版了另外一本书《人有人的用处：控制论与社会》（*The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*）。这本书是为那些非专业的普通读者写的，因而通俗易懂得多，少了很多数学内容，更侧重于阐述以人为中心的哲学和政治观点。维纳曾任防空系统的设计师，算是卷入过战争。他反对科学家与政府或军队密切合作，因为他看到数学家在未来的战争中会变成潜在的“武器制造者”，正如研制了可怕的原子弹的科学家所扮演的角色。

维纳创造的名词“cybernetics”（控制论）源于希腊语，原指“掌握方向”或“导引航向”。如今，尽管这个词本身只用于科技领域，但“cyber”成了几乎所有与数字化有关的事物名词的前缀：cyberspace（网络空间）、cyberpunk（赛博朋克）、cybercrime（网络犯罪）、Cyber Monday（网络星期一）等，不一而足。更重要的是，《控制论》对信息技术和计算机（虽然维纳没有采用这个名称）进行了阐释，还能让绝大多数美国人看得懂，当然，前提是他们真的翻过这本书。

维纳的预言挺准。在《控制论》出版后不到十年的时间里，银行及其他大型商务机构便开始使用IBM、通用电器、Univac、霍尼韦尔等品牌的大型主机处理付款业务，并用穿孔卡和磁带储存大量信息。计算机的“大脑”，即第一代计算机芯片，为运算性能的飞速发展提供了可能，这样的发展将催生出维纳描绘过的可以通过训练提高性能的机器人。

维纳的书给科技世界带来阵阵冲击。1951年，晶体管共同发明人之一威廉·肖克利（William Shockley）向他在贝尔实验室的雇主呈交了一份备忘录，宣布他的目标是制造能被训练以代替人类工作者的机器人。这是一份颇具先见之明的备忘录，它竟然精确地描绘了六十多年以后才开始研发的机器人。到了1955年，肖克利更进一步，在家乡加州帕罗奥图市（Palo Alto）成立了自己的公司——肖克利半导体实验室。随后，科技公司如雨后春笋般在肖克利的公司总部附近冒了出来。久而久之，这个地区获得了如今广为人知的昵称：硅谷。

让我们回过头看一眼东海岸的麻省理工学院。认知科学家马文·明斯基（Marvin Minsky）有着与肖克利类似的想法。明斯基在1951年就已经制造了一台“会学习的机器”，并且认为人类大脑和计算机之间的区别微乎其微。他坚信高级机器智能的出现终将不可避免，甚至还说：“如果我们够幸运的话，人工智能或许有一天会把我们当成宠物来养。”这句名言一度被人们争相引用。20世纪60年代，电影导演斯坦利·库布里克（Stanley Kubrick）或许向明斯基请教过计算机在2001年开口说话的可能性有多大。

尽管维纳对思维机器可能产生的“非人化效应”持保留态度，但无论是肖克利还是明斯基都对这类保守态度充耳不闻。对他们来说，那不过是“该死的鱼雷”，他们只想“全速前进”^[20]，奔向那个遍布智能化的未来。1958年，明斯基和他的朋友兼同事数学家约翰·麦卡锡（John McCarthy）在MIT创立了实验室。他们觉得维纳太啰唆，于是决定不把他们的研究的新领域称为“控制学”。他们发明了自己的术语：人工智能。

甚至连孩子也开始参与其中。1962年，早熟的14岁纽约小男孩雷·库兹韦尔（Ray Kurzweil）在曼哈顿坚尼街（Canal Street）^[21]上售卖电子元器件的商店里晃来晃去，他在为装配自己不同版本的IBM计算机收集配件。五十年后，库兹韦尔将跻身世界顶尖发明家和未来学家之列，紧随其后的还有一大群在硅谷靠技术起家的亿万富翁。他们都相

信，到2050年，人工智能将超越人类智能，同时将为我们提供延续寿命的技术——让你想活多久就活多久，甚至实现永生。（我们在后续章节还会谈到雷·库兹韦尔。）

然而，最重要的机器人科学家还是1956年在纽约的某次鸡尾酒会上相遇的那两位：发明家乔治·德沃尔（George Devol）和营销企业家约瑟夫·恩格尔伯格（Joseph Engelberger）。至少对包括我老爸在内的北美数十万工厂工人来说，这一点毫无疑问。在那次酒会上，他俩聊到了德沃尔的最新发明，这个东西有个时髦的名字叫作“程序化物品传送装置”。恩格尔伯格是一个阿西莫夫科幻小说迷，他说德沃尔的创意“听起来很像机器人”。

正当德沃尔和恩格尔伯格一边啜饮马天尼，一边聊着机器人的时候，恩格尔伯格的偶像阿西莫夫本人却很有可能正在他纽约的公寓里，弓腰缩背地伏在打字机上，继续编织关于机器人的故事。阿西莫夫是个有强迫症的作家，喜欢蛰居在家，可能还受陌生环境恐惧症的困扰，因而十分痛恨旅行。这点听起来有些可笑：身为作家，他专门创作在遥远的世界里发生的奇幻故事，可他本人在退伍后再也没有坐过飞机。阿西莫夫是恰好赶在比基尼环礁的原子弹试爆之前结束兵役，乘坐美国陆军的飞机从夏威夷回家的。阿西莫夫曾经严肃地说，那次的好运很可能救了他一命，让他免于患上白血病。当时许多距离爆炸现场较近的军人后来都遭受了不同病症的折磨，白血病便是其中之一。

到1956年，阿西莫夫已经完成了为自己奠定科幻小说大师声名的绝大部分小说，还为了一门新兴学科“机器人学”（robotics）制订了基础规则，“robotics”这个词正是他的发明。诸如恩格尔伯格、德沃尔、肖克利、明斯基，以及20世纪50年代的其他科学家和企业家，他们在商业圈和科技圈之外并没有什么人知晓，可阿西莫夫不一样，他跟维纳一样声名远播，他的小说取得了巨大的商业成功。他后来放弃了波士顿大学终身化学教授的职位，专心从事写作。彼时，许多人开始疑心是否还能信任自己所属的这个物种，相信人类不会自我毁灭。阿西莫夫适逢其会，于1950年推出了短篇小说集《我，机器人》，向人们展示了一个美好的远景——机器人将成为人类的朋友和守护者。

阿西莫夫可能出生于1920年1月，也可能出生于1919年10月，具体哪一天没法确定，因为在他出生的那个俄罗斯小村庄里，没有人保存出

生记录。他于1922年随父母移居到纽约布鲁克林区。在美国开启新生活比他们预想的要艰难得多，直到他父亲攒够了钱，盘下一间糖果店，家庭境况才有所好转。他父亲的这一举动将产生巨大而深远的影响——无论是对小艾萨克的未来，还是对机器人学研究，乃至对迄今为止我们能讲得出来的人类和机器人之间的种种关系，其影响都不啻一场地震。

艾萨克还是个小孩的时候，每天要在糖果店里工作很长时间。他对店里最能吸引顾客的两样东西着了迷：一台经常需要拆开修理的老虎机和总是刊登关于死光（death ray）和异形世界的故事的“纸浆杂志”（pulp magazine）^[22]。在世界上第一枚火箭于20世纪20年代中期升空后不久，科学家们就宣布太空旅行有望成真，这为激动人心的外太空冒险故事打开了大门。原子能——“死光”之源——成为公众心目中一种潜在“超级武器”。不过，无论是原子弹还是太空旅行，那时基本上都只存在于幻想世界，没什么人真的相信他们能在有生之年目睹其中一样成为现实。

廉价杂志中的这类故事并不新鲜。受科学技术的启发而产生的幻想故事，其源头可以一直追溯到1818年出版的小说《弗兰肯斯坦》，其作者玛丽·雪莱讲述了一个运用“电”这种革命性的新能源起死回生的故事。后来，儒勒·凡尔纳、洛夫克拉夫特

（H. P. Lovecraft）、赫伯特·乔治·威尔斯（H. G. Wells）和埃德加·赖斯·巴勒斯（Edgar Rice Burroughs）等作家竭力丰富这类小说，从时间旅行到原子能动力车，再到今天被我们称为“遗传工程”的研究领域，林林总总，无所不包。不过，他们谁都没有创造出“科学幻想”（science fiction）这个词。将“科学幻想”作为文学新门类划分出来，是科技杂志《现代电子学》（*Modern Electrics*）的编辑雨果·根斯巴克（Hugo Gernsback）的功劳，后来人们用他的名字命名了颁给最佳科幻作品的年度奖项——雨果奖。

根斯巴克对这类题材的兴趣始于他那个时代刚刚兴起的一门学科：电气工程。即使时间已经到了1911年，人们仍未能充分了解电的性质，触电事故时有发生。电工在人们眼中可不是简单的技术工人，而是孤胆英雄，因为他们每次给一所住宅接通电线或是点亮一条城市街道，都要冒着生命危险。或许根斯巴克和他的读者一样，也被这种令人焦虑难安的舍命壮举深深吸引了，他不再满足于写写介绍电感线圈的文章。1911

年，他创作了一部以23世纪为背景的短篇小说，还在《现代电子学》上连载了好几期。此举可能让一些订阅这本杂志的电工迷惑不解。起初，根斯巴克把他拿科学和幻想捣成的这堆糰糊称为“scientifiction”，幸而后来他良心发现，把这个让人舌头打结的词一拆为二，改成了“science fiction”。他从此一发不可收，出版了一连串流行杂志，包括《科学奇妙故事》（*Science Wonder Stories*）、《奇妙故事》（*Wonder Stories*）、《科学》（*Science*），以及《惊奇故事》（*Amazing Stories*）等。（在给杂志取名字这件事上，根斯巴克丰富的想象力一点也没体现出来。）

阿西莫夫的父亲往糖果店里囤根斯巴克的杂志，因为它们实在太畅销了，但他本人把这些杂志看成彻头彻尾的垃圾，禁止年少的艾萨克浪费时间去阅读那些根本没存在过、将来也永远不会出现的东西，诸如太空旅行和核武器。

尽管父亲反对（也可能恰恰是因为父亲反对），艾萨克还是开始偷偷翻阅商店里冒出来的每一本廉价科幻小说杂志。他翻阅的时候小心翼翼，以至于老阿西莫夫从来没有发现这些杂志被打开过。不过艾萨克最后还是说服了父亲，让他相信根斯巴克杂志里的那本《科学奇妙故事》是有教育价值的，毕竟，封面上写着“科学”嘛！对不？

早在上高中的时候，十八岁的艾萨克试图兜售自己第一部短篇小说。他天真地跑去《惊人科幻小说》^[23]杂志社的办公室，亲手把稿子递给编辑约翰·W.坎贝尔（John W. Campbell）。坎贝尔拒绝了艾萨克的这篇作品，但是鼓励他继续投稿。（这部作品后来在坎贝尔的竞争对手——根斯巴克的《惊奇故事》杂志上发表。）^[24]在那以后，坎贝尔陆续推出了大量艾萨克的作品，让当时还是大学生的艾萨克成了一名稿酬优渥的科幻小说写手。

今天，如果你回过头去读这些早期的科幻故事，你会发现阿西莫夫的弱点分外扎眼。他对广阔的外部世界几乎毫无经验，因为他的活动范围仅限于学校、糖果店和他生活的布鲁克林街区。他也不曾涉猎海明威、菲兹杰拉德等当代作家的作品，所能仰仗的就只有廉价小说杂志上那些单调刻板的人物形象和陈旧老套的故事情节。然而，对艾萨克而言，有一件事是真正了不起的——他接受了科学教育。

20世纪40年代初期，阿西莫夫在哥伦比亚大学攻读化学专业的硕士学位，他还加入了多个科幻小说迷俱乐部。这些俱乐部在布鲁克林遍地开花，俱乐部成员对奇幻世界的细枝末节如痴如醉，其着迷程度堪比如今在漫展上身着克林贡服饰的粉丝。阿西莫夫的创作恰好迎合了这个新兴读者群的独特口味，因为他既能将故事约束在科学的领域内，让它们显得合情合理，又本能地懂得怎样创造奇妙的幻想世界。

阿西莫夫和编辑坎贝尔的合作十分成功，出版商和作者本人都获得了极其丰厚的利润。随着写作水平逐步提高，阿西莫夫开始尝试更加复杂的主题，却在这时遇到了拦路虎——坎贝尔只愿意出版以人为中心的小说：外星人可以出现，但只能充当反派角色，而且必须保证人类取得最后的胜利。坎贝尔并不是简单地相信人类比外星人高级，他还相信某些人——盎格鲁-撒克逊人——比其他任何人都高级。阿西莫夫那时还是一个比较年轻的作家，不愿意主动拆散他与坎贝尔这对收益甚丰的双人搭档，只好想方设法绕开这位编辑的偏见。最后，他想出了一个办法：写机器人故事。在阿西莫夫笔下，人类按照自己的形象创造出机械物种，让它们成为伙伴、助手、代理人，并最终代替人类工作。阿西莫夫为他设想的机器人安装了大脑（他称之为“正电子脑”），其构造比糖果店里的老虎机巧妙得多。

尽管阿西莫夫从来没有亲自动过手，但他很有兴趣研究机器是如何工作的。每次糖果店里吃角子的老虎机需要修理的时候，艾萨克总会在旁边仔细观察修理工怎么打开机器，暴露出老虎机肚子里的机密。正是老虎机令他想象出小说里的机械物种。

阿西莫夫掀起了整整一代人对机器人的热爱狂潮，但他本人并不是这些机器人形象的发明者，甚至连《我，机器人》这个标题也是向1939年的一部同名漫画借来的。漫画的作者是两兄弟，二人合起了一个笔名叫安多·班德（Eando Binder）。这个名字后来被赐予了动画系列片《飞出个未来》^[25]（*Futurama*，1999—2013年）中那个狂饮啤酒、爱抽雪茄的机器人。阿西莫夫在写作他的第一个机器人故事的同时，也对20世纪20年代的作品产生了浓厚的兴趣，并回到古犹太人的“魔像”（golem）传说中挖掘古老而深刻的神话。“魔像”是用泥做的人形，因被施了魔法而获得生命。此外，他还广泛涉猎各种故事，比如《皮格

马利翁》《皮诺曹》，也有像18世纪“土耳其行棋傀儡”[\[26\]](#)那样的工程奇迹及其他与自动机相关的故事。

机器人的历史相当悠久，人们的异想天开也令人叹为观止。在数百年乃至上千年来人们的想象中，自动机曾经像青蛙一样蹦着行走、会弹竖琴、会跳小步舞，但直到20世纪初机器时代的来临，机器人才变成会思考、能推理的人类替代品。“机器人”（robot）这个词来源于捷克语，意思是“机械工人”。它并不是在专利办公室里或在技术蓝图上杜撰出来的名词。这个词最早被剧作家卡雷尔·恰佩克[\[27\]](#)用来给他的一个科幻剧本命名——《罗素姆万能机器人》（*Rossum's Universal Robots*）。该剧本发表于1920年，恰好是公认的艾萨克·阿西莫夫出生之年。而直到将机器人设定为小说主角，将人类在机器人世界里受到的挑战和人类的道德作为自己创作的核心主题之一，阿西莫夫才算真正确立了自己的写作风格。他笔下的机器人比真人角色更富有同情心，也更为立体和丰满。阿西莫夫也在不断探索人与机器人的互动关系，这在他的侦探和机器人“兄弟档”故事中表现得尤为精彩，他于1954年发表的小说《钢穴》（*Cave of Steel*）便是其中之一。至此，他为广袤的科幻小说世界开辟了一个新的分支。

和阿西莫夫的人形机器人一样，“机器人三定律”也像长了双腿一样迅速传播开来。它们为想象中的那个人类与机器共同生存的世界确立了基础规则，尽管这听起来很不科学，更像是异想天开。最终，“三定律”被两个学术领域的研究人员所引用，而这两个领域——人工智能和机器人学——在20世纪40年代连名字都还没有。

机器人三定律

这三条定律于1942年首次登场，出现在阿西莫夫的第四部机器人主题小说《转圈圈》（*Runaround*）中，内容如下：

一、机器人不得伤害人类个体，或者坐视人类个体受到伤害而不作为。

二、机器人必须服从人类下达的命令，除非该命令违背第一定律。

三、机器人必须保障自己的生存，只要此自我保护行为不违背第一和第二定律。

据阿西莫夫的传记作者迈克尔·威尔逊（Michael Wilson）的记叙：“阿西莫夫非常得意，因为他创造了一整套伪科学定律。事实上，在20世纪40年代初期，机器人科学还纯粹是一个幻想中的事物。尽管如此，他不知怎么的却胸有成竹，觉得总有一天人们会在这些伪定律的基础上制定出一套真正的定律。”后来，“三定律”不断出现在以机器人为主题的书籍和电影里，《异形2》（1986年）即是一例。在这部电影里，定律（或曰“法则”）是由合成人“主教”制定出来的，而他编制这些定律是为了让对机器人心存恐惧的女主角埃伦·雷普莉放心。不过，这些定律同时也在现实世界中被一些机器人科学家和人工智能研究者引用。这些人正在考虑怎么给机器编制道德规范，因为或许有朝一日，它们得独立做出生死攸关的决策。

到了1957年，当“斯普特尼克号”在美国上空徘徊的时候，阿西莫夫已经停止了小说创作，转而投身科普读本的写作，为所有美国人阐释这个他们发现自己正身处其中的可怕世界。阿西莫夫可能也察觉到读者口味发生了变化：与他本人的科技冒险故事相比，新一代科幻作家创造的故事更加“性感”，也更具颠覆性。哈兰·埃里森（Harlan Ellison）、詹姆斯·布利什（James Blish）和菲利普·K.迪克正在改变这类作品的面貌。阿西莫夫的朋友、同时代的作家罗伯特·海因莱因和阿瑟·C.克拉克（哈尔的缔造者）都奋身跃入科幻写作的新浪潮，阿西莫夫本人却认为还是走开为妙。于是，他干脆转型成了一个科普作家，别无他求。1957年之后，他不曾回到机器人科幻小说的怀抱，直到1975年才又出版了《双百人》（*The Bicentennial Man*）[\[28\]](#)。

阿西莫夫抓住了机器人主题书籍畅销的最佳时机。确实，不可能有比这更好的时机了——冷战即将进入严冬，阿西莫夫的机器人却昂首阔步走进了大众流行文化。

《我，机器人》一书的大部分内容选自20世纪40年代发表在廉价科幻杂志上的小说。从这本书开始，阿西莫夫就在预想，到21世纪中期，机器人议员将统治地球——它们温和、理性，并且时刻以人类的最高利益为念。一直以来，我们都被灌输这样的理念：无人驾驶汽车可以避免

因司机酒驾或分心造成的灾难，给交通大瘫痪画上句号，还能保护环境。而正如无人驾驶汽车可以造福人类一样，阿西莫夫的机器人能把第三次世界大战扼杀在萌芽之中。或许阿西莫夫下意识地为我们创造了这种关于机器人的现代观念，正是为了将人类从自身最恶劣的冲动当中解救出来，因为我们是一种如此粗暴蛮横、贪权逐利、自私懦弱且排斥异己的生物。这也是那些曾经参与曼哈顿计划的科学家和工程师普遍认同的理念，因为他们在制造出第一颗原子弹的同时，也一手炮制出了可怕的世界前景。他们被吓坏了，于是呼吁所有国家都要团结在唯一的世界政府之下。不过，这些原子科学家实在太天真了，竟然相信核战争必然会导致的“相互保证毁灭”能够促进国际合作。（结果，这群科学家又创建了《原子科学家公报》的“末日钟”进行午夜倒计时，以此来警醒世人。）《我，机器人》故事集里让机器人议员来维护地球和平的情节，正是对建立世界统一政府的探索，尽管这看上去只是个不切实际的幻梦。

武器制造技术正在威胁我们的未来，而阿西莫夫笔下仁慈友善的机器人给我们带来了一线希望——机器人技术或许能及时介入，拯救未来。人类需要阿西莫夫的现代机器人神话，需要一个无比奇妙的未来，好把我们从糟糕透顶的今时今日中拯救出来。

如果一项技术带来了威胁，那就用更多的技术（而不是通过改变人类的行为）去化解这种威胁——这一观念早已根深蒂固，人们习以为常，根本想不到去质疑它本身的合理性。2016年，记者查理·罗斯在《60分钟》节目中采访了谷歌前任副总裁、卡内基梅隆大学（Carnegie Mellon University, CMU）计算机学院院长安德鲁·摩尔（Andrew Moore），并邀请他对斯蒂芬·霍金和埃隆·马斯克发出的“人工智能将是人类末日”的警告做一个回应。摩尔在回答中流露出了一种积极乐观的态度，他坚信科技进步符合人类利益：“事情总在不断变化，我们的确会造成一些混乱。不过，每当我想到这个世界正在面对的那些最严重的问题，像是恐怖主义、移民潮和气候变化，我就不再感到孤立无援。我的感觉是，这一代的计算机科学家正在踏踏实实地工作，他们开发出的技术将会让一切步入正轨。”

我们自以为已经远离了20世纪50年代那种对科技既满怀恐慌又暗抱希望的心态，但实际上并非如此。

20世纪50年代，华特·迪士尼不辞劳苦地为孩子们灌输一种新的理念。他们制作出有故事情节又寓教于乐的动画（通常由一名英俊的穿着全套西服的德国科学家做课程引导），好让孩子们看到技术友善的一面。

1957年1月，电视栏目《迪士尼乐园》播出了一部名叫《我们的朋友原子》（*Our Friend the Atom*）的片子。和往常一样，这个节目由卡通仙女小叮当开场，它变戏法般召唤出一个又一个奇妙的世界，向我们展示了“明日世界”的奇观。

在海因茨·哈勃博士的引导下，节目以我们熟悉的蘑菇云图片为开篇，接下来切换成了动画版的寓言故事《渔夫和妖怪》：一个渔夫网到了一只神秘的瓶子，他打开瓶子，里面跑出来一个恶毒的妖怪。渔夫竭力劝说妖怪（他口才之高妙，堪比二手车推销员），最终和妖怪化敌为友，并把它塞回瓶子里。不仅如此，妖怪还不得不满足他三个愿望！无巧不成书，在《人有人的用处：控制论与社会》一书中，维纳也用这个妖怪隐喻核能的善恶两面。

哈勃博士讲解道：美国的科学家就像那个聪明的渔夫一样，意外捞到了一件宝贝，比如那种足以摧毁地球全部生命的力量。幸好物理学家们懂得如何与原子能化敌为友。为了让这层隐喻清晰明了，这只卡通妖怪的形象逐渐从蘑菇云的片段中浮现出来，并叠加于其上。

哈勃博士先简明扼要地讲述了核物理学的发展历史，进而解释道：我们无须恐惧核能量，而要学习如何控制它。考虑到观众的年龄，哈勃还许下了一个激动人心的诺言，原子能将帮助我们进入外太空。想当年，我们这些小朋友像喝菓珍一样，大口吞下了这个诺言。

你不能不赞美迪士尼，因为他们对小观众一点也不摆架子。原子物理学系列动画做得非常漂亮，再配上哈勃博士的耐心讲解，相当亲切可人。哈勃博士一点也不像科学怪咖，他更像住在你对门、亲切和蔼、乐意邀请你老爸去喝杯啤酒的外国大叔。毫无疑问，我在20世纪60年代初曾把这个节目看了一遍又一遍。即使现在重温这档电视节目，我仍会感到一丝奇妙的欣慰。《我们的朋友原子》不仅在电视上播出，还在学校里放映，成为深入人心的科普名片。

除非尼基塔·赫鲁晓夫也是迪士尼节目的粉丝，《我们的朋友原子》的观众当中没有一个人能在当时预见到：这档节目播出后只过了不到十个月，“斯普特尼克号”卫星就冒了出来，这出乎所有人的意料。

“斯普特尼克号”从瑟瑟发抖的美国上空嘀嘀飞过之后两个月，《迪士尼乐园》为“明日世界”系列片再添一集，并将之命名为《火星和更遥远的地方》（*Mars and Beyond*）。片子一开始，一个名叫“加科”（Garco）的人形机器人向观众介绍华特·迪士尼，其配音淘气顽皮的程度简直是以广播恶搞剧《地球争霸战》（*The War of the Worlds*）闻名的奥逊·威尔斯（Orson Welles）再现。节目首先播放了一段很搞笑的关于火星机器人杀手的卡通片，当然，所有小孩都能看出来，这是在恶搞以前滥俗的科幻故事。随后，画面中出现了一位新的德国科学家，他向我们保证：他们已经制订了计划，将在四个月内造出一艘人造飞船，它能带我们逃离地球大气层，然后载着我们飞向火星。迪士尼这次请来的科学家是沃纳·冯·布劳恩（Wernher von Braun），他之前曾是纳粹党员、党卫军军官，也是德国V-2火箭的发明者。哈勃博士讲“我们的朋友原子”时那柔和熨帖的声音消失了，取而代之的是冯·布劳恩机器人般的刻板动作和生硬腔调。他的意思十分明确：就算日后地球被炸毁也没事，我们已经在制订逃往其他星球的计划了。那些顶级德国科学家承担了这项任务——他们聪慧如计算机，勤勉如机器人。如果说冷战是一张长时间播放的慢转唱片，那太空竞赛就是这张唱片令人愉悦又潇洒不羁的一面：就像卡尔-艾尔（Kal-El，少年超人）从爆炸了的氪星逃到地球上一样，我们也有能力到其他星球上去避难，它的实现只是时间问题。

尽管冯·布劳恩在1957年就信誓旦旦地称，我们已经有了抵达火星的计划，但六十年后的今天，我们仍然在忙着这件事，而且是出于同样的原因：地球在劫难逃。正如SpaceX公司创始人埃隆·马斯克在2013年接受采访时所说：“人类的未来有两个方向：要么成为多星球居民，要么被困在一个星球上，最终难逃一次灭绝性的打击。”人们在20世纪50年代所恐惧的灭亡与我们今天所理解的灭亡相比，两者还是有所不同的：除了对核能的恐惧，我们的不安还饱含对环境问题的忧虑——古老的地球长久以来一直处于掠夺与毒害之下，正在苦苦煎熬中慢慢走向死

亡，宛如中世纪的圣徒。

20世纪50年代最具代表性的科幻电影之一《地球停转之日》（1951年）就探讨了人类逃往太空的可能性，以及机器人将在其中扮演的角色。电影上映时，人们对战争仍记忆犹新，它所具有的黑色电影的色彩和厌世情调更接近20世纪40年代的风格。故事从一个来自其他星系的访客克拉图（Klaatu）乘坐飞碟降临在华盛顿特区开始——在20世纪50年代的电影里，只要出现飞碟，你就知道里面肯定有个机器人。克拉图不是那种滥俗的“绿色小人”，他由魅力超凡的迈克尔·伦尼扮演，完全就是正常男人的样子。此外，他还特别擅长高等数学，能纠正一个长相如爱因斯坦、号称是地球上最聪明的教授写在黑板上的方程里的错误。

（在后控制论流行文化中，先进的数学能力一直是高级文明的标志。）克拉图的助手是一个名叫高特（Gort）的巨型机器人，它毫无特色，仿佛一个行走的核武器，看上去十分凶恶，但实际上高特的侵略性还比不上那些士兵和警察——那些人朝克拉图开枪，将之杀死。（不过，高特运用先进技术让克拉图起死回生。）

虽然高特的形象会让人想起20世纪20年代廉价杂志上那些狰狞可怖的机器人杀手，但它扮演了和平守护者的角色，有着鲜明的阿西莫夫色彩。高特完全能让人类丧失还手之力并杀死他们（取决于克拉图的命令），它看起来并不受“机器人三定律”的管制，只在一个重要方面除外：它肩负着为了全宇宙更高的利益而毁灭人类的任务，除非地球居民提升智慧，停止相互杀戮。由于地球拥有“不成熟的原子能”并且正在进行火箭试验，克拉图的人民认识到，全宇宙公认的最危险、最暴力、最愚蠢的地球人终有一日会逃离他们自己的星球，像传染病菌一样侵略其他星球，一切只是时间早晚的问题。

一开始，电影只是暗示了一下高特的力量——克拉图和一位年轻的战争遗孀海伦·本森（帕德里夏·尼尔饰演）被困在了电梯里，原因是高特暂时切断了地球的电网，意在恐吓地球人，令他们改邪归正。克拉图生怕高特会在他离开的时候做出什么事来，他向海伦表达了自己的担心，可海伦反问道：“但它不过是个机器人啊！它能做什么呢？”克拉图神色冷峻地回答：“没什么可以限制它能做的事情。它能毁灭这个世界。”

克拉图传达的信息是：要彼此相爱.....或爱他人。而高特的使命是用行动支持这些话语。它是“机器人种族”的一员，是由克拉图的人民创造出来的，它是星系间的警察——“如果遭受侵略，我们赋予他们对我们的绝对控制权.....我们生活在和平之中。”

这部电影以重生和最后审判式的惩戒为主题，可以被解读成对基督复临的隐喻，只不过这次陪伴在基督身边的是一个装备着死光的巨型机器人。

最后，克拉图和高特乘着飞碟远去了，留下暧昧而不祥的余音：地球能否通过拥抱世界和平幸免于难，还是说人类将任由自身覆灭？无论是对1951年的电影观众，还是对当时的每一个人来说，这都是脑子里悬着的一个问号。

到了1956年，面无表情的保护者/毁灭者被可爱的“机器人罗比”（Robby the Robot）所取代。罗比出自一部矫揉造作的星系间探险肥皂剧《禁忌星球》（*Forbidden Planet*）。罗比与高特大不一样，它能开口说话，个人魅力十足，同时也如通常概念中的机器人那样，拥有超级力量和为人类主人献身的精神。罗比也不像装备着死光的高特那样没有脸，它网格状的头部隐约具有了人类的面部特征。人格化机器人曾在阿西莫夫的作品中占据主导地位，现在已变成了标准——罗比是一个本性和善的朋友和守护者，这令它迥然有别于电视剧《迷失太空》（1965—1968年）中威尔·罗宾逊的机器人或二十多年后在《星球大战》中出现的R2-D2和C-3PO。

要是人类不再可靠，既不能照顾好自身，也不能照顾好这颗他们赖以生存的星球，对我们小孩子来说，一个友好的机器人降临到地球上，意味着我们在宇宙里将不再孤单，这个更聪明、更强大的物种会一直守护着我们。

当我童年时期大众流行文化里的机器人树立起人类好伙伴的形象时，科学家和工程师早已把机器人看成是人类的助手或工人的替身。发明家也开始以务实的态度思考机器人应当是什么模样、究竟能够做些什么。

机器人应该长得像人，有头、四肢、双手和躯干——这一理念不单来自大众文化中有关“机械人”的概念，还源于人们总是认为，一台可以在人类世界行走、干活的机器，必须接近普通人的形状和大小，还得能进行与人类相似的抓、伸动作和手指活动。不然的话，它该怎么操作流水线上的机器呢？又该怎么开车呢？当时的人们并没有意识到，机器人本身就可以是一台小汽车；他们也不知道，若一个机器人长得太像真人，一些人会感到不适，甚至会恶心反胃，这就是所谓的“恐怖谷效应”。今天，机器人科学家们正在研制人形“社交机器人”，它们能对人类做出恰如其分的情感回应，从而提升两者的相互信任，彼此相处也会更融洽；它们还能通过识别人类的面部表情知晓我们的想法，体察我们的感受。完全模仿人与人之间的互动方式建立一种人与机器人的关系是此项研发的目的所在，若今后机器人需要扮演某些社会角色（例如护工、教师和社会工作者），这就显得十分必要。

很久以前，人们就对人与机器人的关系持有两种截然不同的态度：一种将机器人视为人类的助手（比如罗比），另一种则认为机器人将取代人类（比如星系际警察高特）。我们之前提过的那位喝马天尼酒、热爱科幻小说的企业家恩格尔伯格，是属于罗比阵营的。不过，恩格尔伯格造出的第一个机器人长得并不像罗比，它只模拟了人类身体的一个部分——手臂。

恩格尔伯格在那次鸡尾酒会上与德沃尔聊天之后，花了不到一年的时间，就为德沃尔的发明筹集到了资金。到1959年，他们已经搞出了一个原型机——“UNIMATE 001”。恩格尔伯格秉承阿西莫夫的“机器人三定律”——最为重要的是不伤害人类——着力研发能胜任工厂里危险性极高的工作的机器人，这样人类就能从事更安全、报酬更高的工作。1961年，“UNIMATE 1900”已经获得了专利，成为第一批实现量产并投放工厂使用的机械臂，还在位于美国新泽西州特伦顿的通用汽车公司工厂里首次亮相。

七年后，尤尼梅特锃光瓦亮的气动手臂仿佛机械之神的圣手，从新泽西一路向北，伸进我出生长大的加拿大边陲小镇，触到了我的父亲。

第二章

黑石

1968

我正在将自己使用到最大容许极限，我想，这大概是任何有意识的实体都希望能做到的吧。

——哈尔，《2001：太空漫游》

父亲下班回家时，衣服上经常血迹斑斑。有时是他自己的血，不过一般都是别人的血。每天，他都奔走在能吞噬大活人的机器中间。一根领带垂下来，就可能将俯身检查设备的工程师卷入机器；一只松弛的袖口被压住，就可能令某个工人的手被切掉。难怪老爸只戴能用别针别住的领结，只穿短袖衫；他手表的皮质腕带也很薄，一拉就断；他的结婚戒指从蜜月之后就一直躺在梳妆台的抽屉里。他见过太多的人惨遭肢解，被扯掉头皮，失去眼睛或触电而亡，仅仅因为他们被机器钩住了衣服、首饰或头发。

父亲干活的工厂在停车场入口竖了一块牌子，上面写着“工作安全，始于当下”。尽管立有警示牌，工厂仍是一个危机四伏的地方。一部分原因在于，制造企业认为履行安全措施还没有直接更换伤亡工人来得经济划算。在尼克松总统于1970年签署《职业安全与健康法案》之前，20世纪60年代里的每一年都有14 000名美国工人因工死亡，另有200万人致残。

父亲是电气技师，同时天生就是解决问题的高手，放在今天，他很可能会在YouTube开个名叫“机语者”的频道。他当时已被提拔到工厂的工程部，负责保障由机器及人类操作工组成的流水线时刻运转。无论白

天黑夜，他都是那个随叫随到、“人到病除”的排故圣手。

他的工作职责实在称不上令人向往。其中有一项是在事故发生后，机器运转不正常（或是由于机器不正常而导致事故）的情况下，重启生产线，让它恢复正常运转。

我家一直保留着一项意大利传统：午餐比较丰盛，家人都回家一起用餐。每次老爸回家吃午饭，我都能从他的脸上辨别出是不是又有人被这群机械魔鬼中的某一个严重伤害了。在情况糟糕的日子里，他总是默默地坐在餐桌旁，浆过的白衬衫上沾着斑斑点点的血污和油脂。我们能看出，他在努力克制自己，不想影响我们的心情。但他最后还是会憋不住，咕哝出只言片语，比如“今天上午发生的事太可怕了！”。

老妈害怕他会接着说下去，一边警告他“别说了，在吃饭呢！”，一边往他的盘子里舀上一大勺香辣茄汁通心粉。而在餐桌的另一头，我的祖母蒂娜正坐在轮椅上，茫然不解地盯着他看。

“发生什么事了，爸爸？”我是饭桌上年纪最小的，也是唯一想听听整个暴力血腥故事的全部细节的人。

到了1968年，老爸不再经常压抑自己了。他会用手挠着自己脱发日益明显的脑袋，谈谈那些意外事故：铝制的梯子搭在狭窄的铁制过道上，“砰——”火花一闪，一个人触电丧命；一个工人的袖子被挂住了，“嘣——”一条胳膊没了；一块高温金属碎片径直飞进某个操作工的眼睛，老爸觉得那只眼睛再也不可能看到东西了。

“阿提！”老妈警告他不要再说了。她叫的是老爸上学时得来的绰号，因为没人读得准他的意大利名字“阿提利奥”。

一向爽朗健谈、风趣亲切的父亲这时会紧紧抿起嘴唇，盯着眼前的盘子，然后把他因为目睹这些事而产生的恐惧和着午饭一起吞下肚。饭后，他换下沾了血的衬衫，回厂里上班。

鉴于老爸在工作中隔三岔五就会遭遇可怕的情况，当他有一天回家吃午饭，告诉我们厂里安排他负责尤尼梅特时，他的兴奋就很容易理解了。尤尼梅特是全世界第一款工业机器人，由位于美国康涅狄格州丹伯里市的美国万能自动化公司（Unimation）生产。

老妈愁眉苦脸：“机器人？天哪，它会把附近其他人的工作偷走的。”

“它能拯救生命。”老爸坚持。他解释说，尤尼梅特的程序已经设定好了，它会去做一项特别危险的工作，就是将一大块又厚又重的热金属块从模子中脱出来，再浸入冷却液，最后加压制成汽车的转向柱。它能一遍又一遍地重复这个动作。这项工作听起来很简单，但对人类来说十分危险——在一天七小时的劳作中，疲劳是导致事故的主要因素，更别提高温、飞灰以及机器全速运转时无休无止震耳欲聋的噪声了。

把这项沉重、肮脏、令人厌恶的任务派给一个机器人，意味着一个（容易疲劳和走神的）真人不必再冒丢失生命或弄残肢体的风险。老爸还争辩道，这些被尤尼梅特替换下来的工人会得到新的工作，比如给机器人设定程序，以及制造和维护机器人。登月之后，此类工作变得越来越重要，因为美国国家航空航天局（NASA）已经开始为移民月球建造月球殖民地了。

AI直觉工程师的出现

《星际迷航》中昵称为“斯科蒂”的蒙哥马利·斯科特（1968年的原版系列剧中由詹姆斯·杜汉饰演）拥有的深刻直觉暗示他与太空船的引擎之间有心灵感应；相应地，这又让“联邦星舰进取号”（USS Enterprise）本身显得“人性化”了。邪典^[29]电视剧《萤火虫》（*Firefly*，2002年）里也出现了情感化的人与机器的关系。在成功完成一次起飞逃跑后，飞船技师、“花之子”^[30]凯莉·弗莱伊（朱尔·斯泰特饰）轻抚“宁静号”飞船的内壁，口中还喃喃自语：“我的好姑娘。这才是我的好姑娘。”

“亲爱的，这还用说吗？我们需要机器人去建造网格球顶屋子，好让人们能在月球上生活。”老爸一边说话，一边打手势再要一份凤尾鱼玉米饼，或者那天老妈端上桌的别的食物。

“天哪，月球殖民地！”老妈悲观地咕哝了一声，这是她对丈夫那个“住到月亮上去”的怪诞想法的一贯反应。

我扫了一眼奶奶，她正弓腰驼背对付她的午餐，一声不吭。机器人跟她没关系。太空旅行也跟她没关系。她在电视上看到“阿波罗号”登月时，完全拒绝相信，简直带着敌意。她坚称所有这一切都不过是在演戏。而且她没法像从前那样记住事情了，甚至都开始忘记怎么说英语了。医生将这种现象称作“衰老”。有一次她抱着一大堆衣服去地下室洗，结果在楼梯上跌断了髌骨。后来，老爸为了让她再站起来走路，用尽了办法，但她死活赖在轮椅里，结果就是她迅速膨胀成了一个巨大的女佛陀，重得我妈甚至我爸都搬不动她。如果发生火灾或者核攻击的话，根本没有任何办法把奶奶从屋子里救出去。她被困在主楼层里，在四个房间之间转来转去——她的卧室、老爸用洗衣室改装的残疾人卫生间、厨房和很少使用的起居室。她可以到后走廊上坐坐，那是老妈晾衣服的地方；但她没法下到底楼，所以去不了院子或花园，花园外面的葡萄园就更不用想了。

我觉得老爸的机器人纵然能挽救人类的生命，却一点也帮不上奶奶。不过，我低估了老爸利用手边能搜罗到的一切材料去解决问题的强烈意愿。

老爸不太可能被赋予在太空时代进行技术创新的重任，比如创造出尤尼梅特那样的杰出之作。1920年（恰好是剧作家卡雷尔·恰佩克创造出“机器人”这个词的那一年），在意大利阿尔卑斯山区某个经常刮风的小地方，老爸诞生在一间还没有通上电的石屋里。后来他们家移民到了加拿大，由于当时正处在大萧条时期，老爸只断断续续地接受了一些教育。他通过函授学习电工课程，给他授课的学校是宾夕法尼亚州斯克兰顿市国际函授学校（ICS）。这所学校十分出名，它经常在漫画书和杂志的尾页上做广告，推广他们的技术培训课程。

当然，ICS跟麻省理工学院不能比。ICS给老爸寄了一套真皮封面的课本，出版于1917年，书名为《霍金斯电气指南》（*Hawkins Electrical Guide*）。1939年，当老爸开始上ICS的函授课时，这套书早就过时了。《霍金斯电气指南》风格独特，在讲解半导体和交流电机的课文里杂糅着奇异的宗教腔。课本的第一卷庄重地放了一幅插图，画的是光芒四射的圣徒托马斯·爱迪生（老爸的偶像），还把电称为“造物的奥秘之一”，是造物主留在世上让人们去发现的。课本引用了《圣经》里的文

字来支持这个论断：“将事隐秘，乃神的荣耀；将事察清，乃君王（智者）的荣耀。”

老爸所受的教育基本上就是“虔诚”的《霍金斯电气指南》提供的那些了。他18岁开始工作，在一个工业磨坊负责摇手动曲柄打开水闸门。那时已是20世纪40年代，磨坊却仍在使用19世纪的水力发电技术。终于有一天，他解决问题的能力吸引了位于克利夫兰的汤普森-拉莫-伍德里奇公司（Thompson Ramo Wooldridge）的注意。这家公司更家喻户晓的名字是“TRW”，它是军工行业的骨干企业之一。老爸于1947年进入这家公司的尼亚加拉分厂——汤普森制品公司，从事电工的工作。他在1962年升入工程部，算是走上了管理岗位，尽管他没有学历。

1968年，离老爸退休领公司养老金只差12年了。那一年，银光闪闪的尤尼梅特正忙着制造汽车转向柱，安静娴熟，夜以继日，老爸则在一旁深情仰慕。这对老爸而言是一个转折点，尤尼梅特为他开启了一片崭新而迷人的知识天地，恰似《2001：太空漫游》里的“黑石”（monolith），那块巨大的黑色石板引导人类学做一切事情，无论是使用原始工具还是飞向其他星球。这部不能不看的经典诞生于1968年，正好是尤尼梅特降临到老爸生命中的那一年。作为它的守护人，老爸拥有了此生最后一次放飞好奇心的宝贵机会。他沉溺在一个全新的世界中——在这里，自动化技术和计算机技术的影响开始渗透进当时仍在主导制造业的铁活塞和压铸机。

《2001：太空漫游》的导演斯坦利·库布里克曾经对科幻小说作家、“通信卫星之父”阿瑟·克拉克说：“我想要的是神话般壮阔辉煌的主题。”他们从1964年开始合作，同时写作剧本和小说，书名为《太阳系征服史》，后改为《外星球旅行记》，最终定名为《2001：太空漫游》。1964年，库布里克的黑色喜剧电影《奇爱博士》刚刚大获成功，这部电影反映出他相信人类难逃一场世界核大战。他找克拉克合作，不仅是希望克拉克能帮助他制作一部“真正优秀”的科幻电影，还出于他想呈现出人类未来充满希望的一面——在外星生物的帮助下，我们会逐渐意识到战争的无益，并选择摧毁所有核弹，正如“星孩”在《2001：太空漫游》小说和同名电影里所做的事情一样。但光看电影的话，可能无法完全领会到这一点。

克拉克在合作初期记的一些笔记，包括他与艾萨克·阿西莫夫之间

关于机器人生物学的一次对话，显示出这部电影最初希望展现的风格似乎更接近蒸汽朋克而非科幻：

10月17日。斯坦利想出了这个异想天开的点子……机器人创造了一个维多利亚风格的空间，好让我们的主角放松一下。

11月28日。给艾萨克·阿西莫夫打了个电话，讨论怎么通过生物化学把素食者变成肉食者。

为了让观众产生敬畏之心，库布里克运用了在他那个时代能找得到的所有装置和道具，从未来风格（不过是从摇摆的20世纪60年代衍生出来的）的布景和服化道具，到《查拉图斯特拉如是说》的号角和定音鼓，再到令人目眩神迷的特效（让这部电影赢得了唯一的奥斯卡奖项）。在“飞往木星”（小说里是土星）这个主线故事的开头和结尾，均有黑石出现——黑石把智能赋予类人猿，让它们学会了使用工具，并将凯尔·杜拉饰演的宇航员戴夫·鲍曼转变为“纯洁的智能”，即我们所知的“星孩”。这一切都要归功于一个古老的文明，这个文明已经懂得如何把他们更高级的智能储存在机器人体内。[我乐于相信，正是这些内容吸引了当时已经成年的雷·库兹韦尔，让这个少年后来成了著书立说的未来学家，写出了《灵魂机器的时代》（*The Age of the Spiritual Machine*）、《奇点临近》等作品。这些作品主要描写如何把我们的意识转移到机器人身上，从而实现永生。在本书第八章中，我还会再谈到库兹韦尔。]

库布里克创作了一部在每个层面都充满开创性，令人眼界大开、心醉神迷的电影。也许是因为它实在过于标新立异，许多电影观众都不明白它究竟在讲什么；他们不得不去阅读在电影公映之后才出版的小说，以把握电影的主旨。《2001：太空漫游》很快就对大众文化产生了深刻影响：1968年平安夜，“阿波罗8号”进入月球轨道飞行后（我父亲称之为“试驾”），宇航员们相互开玩笑说，是否应当向任务控制中心报告一下，月球的表面有一块巨大的“黑石”。

今天去重温《2001：太空漫游》，那趟飞往木星的旅程更像一次飞回20世纪60年代的怀旧之旅，可以品味一下那时人们对太空旅行过于乐观的态度：连埃隆·马斯克都认为要等到2020年之后人类才能飞到火星上去。电影里的迷幻视觉特效像是瘾君子画的黑光海报，浮夸的主题音

乐也近乎荒诞。但这部电影依然能引起观众的共鸣，主要归功于谈吐温柔，会下国际象棋，还能谋杀宇航员的人工智能哈尔那长久不衰的影响力。哈尔那温和亲切的声音来自配音演员道格拉斯·雷恩。如果说曾有一个虚构的角色充分体现了我们对机器人爱恨交织的复杂情感，确非哈尔莫属。

“哈尔”真的是对IBM的影射吗？

关于“哈尔”（HAL）这个名字，有一个传闻说它是在影射IBM——如果你把H、A、L三个字母后面紧跟的字母连在一起，就能发现是为什么了。哈尔在一步步消殒时，唱了一曲《黛西·贝尔》（又名《双人自行车》），这首歌是在1961年由一台IBM 7094计算机唱出来的^[31]。如今我们已经有了像Siri那样多嘴多舌的数字助理，所以很难想象，当时的人们在听到“让计算机开口说话”这个想法时，会有多么震惊，更别说让它们唱歌了。

克拉克否认了这个名字与IBM的关联。他曾在文章中写道，“HAL”是“Heuristically programmed ALgorithmic computer”的缩写，意为“启发式程序化演算计算机”。克拉克还为HAL（或者如他在书里的写法，应当是Hal）专门编写了关于其起源的故事：

人工大脑的生长方式也能与人类大脑的发育过程高度相似……无论它以什么方式工作，最终的结果是出现一个能再现（有些哲学家仍倾向于使用“模仿”这个词）人类大脑绝大部分活动的机器智能，而且其运转速度更快、可靠性更高……哈尔是否真的能思考，英国数学家艾伦·图灵早在20世纪40年代就已解答了这个问题。图灵指出，如果让人与一台机器展开长时间的对话，并且人无法分辨给予回应的是机器还是真人，那么这台机器就是在思考——无论如何理解“思考”（think）这个词的含义，都可做此判断。哈尔显然能毫不费力地通过图灵测试。

当然，我老爸的机器人不能与哈尔相比，而且尤尼梅特所使用的大多数技术也并不是很新。对它重达两吨的气动臂上的所有工作部件，老爸已了如指掌。真正的魔力在编程上——它能让尤尼梅特自己执行任务，无须人为干预。编程是通过装在基座里的磁鼓存储器实现的，存储器足有一台窗式空调那么大——在一个UNIVAC（通用自动计算机）和

IBM的主计算机能装满一间大房间的时代，这也很正常。这台机器人能按设定好的程序做出两百个不同的动作，包括焊接、抓取、钻孔和喷淋；其精度和速度也远超人类的水平。更厉害的是，它可以连续不断地工作16个小时，根本不需要停下来喝杯咖啡。

尤尼梅特是银白色的，光亮平滑堪比V-2火箭，工作时十分安静，与四周震耳欲聋、油腻不堪的机器形成鲜明对比，更不要说那些肮脏邈遏、臭汗淋漓、疲惫不堪、已经半聋的工人。尤尼梅特降临到工业安装车间，其意义堪比《2001：太空漫游》里那些启迪智能的黑石：无论工人们是否理解，在他们的有生之年，周遭原有的一切都将被淘汰。

父亲一定隐隐有过这样的感觉：一场机器人革命即将到来，它将会破坏整个制造业。他所不知道的是，尤尼梅特诞生的机缘始于1956年，恰好与他和老妈共同孕育我在同一年。那年，乔治·德沃尔和约瑟夫·恩格尔伯格在曼哈顿的一次鸡尾酒会上偶遇，两人一拍即合：乔治有创意，约瑟夫有抱负。他们一边摇晃（也可能是搅拌）手上的马天尼，一边互吐衷肠，山盟海誓。不过，他们之间的火花无关酒精，恩格尔伯格第二天从宿醉中醒来后，还在惦念德沃尔。后来，这个项目惨遭47位目光短浅的投资人拒绝——他们显然缺乏眼光，没能看出这个项目其实自带福缘，尽管它是在几次推杯换盏中成形的。不管怎么说，在那场似乎命中注定的鸡尾酒会之后不到一年，恩格尔伯格还是募足了资金，将德沃尔的原始设计变成了一台原型机，并成立了万能自动化公司。

如第一章所述，尤尼梅特的处女秀于1961年在通用汽车公司的工厂里上演，但绝大多数制造商对机器人这种招摇过市的新玩意还是充满了怀疑。为了赢得他们的青睐，百折不挠的恩格尔伯格在《今夜秀》

（*Tonight Show*）^[32]节目里为尤尼梅特争取到一个当特邀嘉宾的机会。电视上，他的自动化宝贝成功表演了往酒杯里倒啤酒、指挥NBC管弦乐队、打高尔夫球等节目。这次的公关噱头确实大获成功——连约翰尼·卡森（Johnny Carson）都能迷住的机器人，谁又能抗拒得了它的魅力呢？

尤尼梅特开始在全美国的工厂里现身。在登月前一年，它终于来到了我长大成人的这个边境“锈带”^[33]小镇。

老爸给他的尤尼梅特起了一个不是很有原创性的爱称——“萝比”（Robbie）。这个名字并非来自《禁忌星球》中的机器人罗比，而是“罗贝塔”（Roberta）的昵称。跟汽车、船或任何其他美丽的机器一样，在老爸眼中，机器人也是女性化的——它的内在运行机制神秘迷人、奥妙无穷，很值得探索。《2001：太空漫游》的作者阿瑟·克拉克也怀有同样的情感：“太空舱……通常以女性的名字命名，或许是因为在人们的认知中，它们的个性有时略微难以捉摸。‘发现号’的三个太空舱就分别叫安娜、贝蒂和克拉拉。”

萝比偶尔也会陷入混乱。毫无疑问，这令每个人都惊讶不已。作为一个预先设定好程序的机器人，它可以连续不断地重复同一串动作：从模具里取出一个部件，转动，将之浸入容器。但是，一旦情况稍有异常，比如由于温度波动，从模具中脱出一块金属略显困难时，问题就出现了。

只要发生一点这样的事情，萝比就会中断那无比流畅的“拿起、转动、浸入”的连续动作，收起银光闪闪、重达4000磅的巨臂，把一块炽热的金属抛在车间地板上，将擦过生产线工人的脑袋。这让老爸突然发现他的萝比体内也有个哈尔，而他自己正在扮演宇航员鲍曼。

他的解决办法便宜、简单、有效。既然机器人会乱扔部件，他就在它周围安了一圈棒球网，用来接住它抛出来的东西。这让我最早领略到，当一项新技术遇到一个创造性极强、想象力丰富的问题解决达人时会发生什么。

萝比牢牢地吸引住了我的注意力。老爸对它的描述总让我把它想成电视上常见的机器人的模样：一种嗡嗡作响的两足机械动物，像《迷失太空》里的B-9环境控制机器人（一般简单地称之为“机器人”）。想象一下，有这样一个神奇造物在工厂里跟老爸一起工作，真叫人兴奋不已。但那个工厂我只能在每年由汤普森制品公司老员工联合会举办的圣诞派对上瞥一眼。圣诞派对非常好玩，到处光芒闪烁，到处是糖果和包装好的玩具，这些都是送给每个员工孩子的礼物，会依照性别和年龄派发。工厂外部装饰得富丽堂皇，宛如迪士尼的“神奇王国”（这是我的猜测，我其实没去过神奇王国）。第一分厂的上空有圣诞老人的雪橇和一队飞鹿在闪闪发光，那是管理办公室和自助餐厅的所在地。20世纪60年代的一切都能在这里找到——进步，乐观主义，无穷无尽的奇迹，登陆

月球，缤纷的彩灯，还有为所有小孩准备的名牌玩具。正是在那里，我得到了平生第一个，也是唯一的芭比娃娃。它是汤普森制品公司的礼物，装在一个亮闪闪的黑色与粉色相间的包装盒里，盒子上有一个银色的卡扣，打开后，你立刻就进入了一个不到十岁的小女孩梦想中的卧室，里面的衣架上挂着芭比娃娃时髦的衣服，还有好几双细高跟小鞋子。当年我得到这份礼物时，激动得差点叫出来。我的父母都不赞成小孩的玩具有高耸的乳房和淡金色的头发，或者会吃东西、走路、说话，或者像机器人一样行事。在家里的圣诞树下拆礼物时，我永远只能拆到可爱的小婴儿，穿着镶花边的婴儿装，看上去活像直接从“古老乡村”穿越过来的。而我在汤普森制品公司的圣诞派对上收到的礼物正好相反，它们总是那么新颖，那么时髦：那个代表老员工联合会采购玩具的人实在是太棒了，不亚于亚马逊的“如果你喜欢这件，你也会喜欢……”算法系统。

在圣诞派对的中途，有人会让我们列队穿过二分厂，也就是工厂车间，每年都是如此。我不明白，他们为什么要带着我们这群穿着节日盛装、被糖果和新塑料玩具散发出的聚合物气味撩得十分兴奋的孩子进厂。我们排着歪歪扭扭的队伍，目光所及之处都是威廉·布莱克

（William Blake）笔下“工业地狱”般的景象：足有1英亩^[34]那么大的场地，排列着沾满灰尘污垢的机器，它们在宽阔的、浸满了油垢的灰色混凝土地面上全力运转，震耳欲聋。在这趟短程徒步旅行中，我们这些孩子看到、听到和闻到的，是那些维持我们生活运转的钢铁转轮。我们宛如走进了《绿野仙踪》里神秘的奥兹国，看见闪光的幕布被拉开，露出了藏在后面的那个老江湖骗子。他正忙着转动旋钮，扳动拉杆，维持一个庞大机制的运转，让伟大的奥兹国生机勃勃。而我们的生活正仰赖于这样的机制——它把食物送上我们的餐桌，把巴斯特·布朗鞋^[35]穿在我们的脚上，在每个圣诞节把25磅重的火鸡放进我们的烤炉里。夜班工人打卡下班，白班工人打卡上班，而机器的喧嚣从不停息，除了在每年夏天为期两周的停工检修期。汤普森制品公司24小时全天连续运转，不眠不休，为福特公司的旅行车和小汽车生产刹车片，至少这是该公司在我老家那一片的业务。它的母公司TRW则生产了美国第一枚洲际弹道导弹，而此时正在帮助NASA建造登月用的着陆器，这简直太激动人心了！从制造刹车片到助力登月，这是一个巨大的飞跃，我们所有人对这一切都有一种光荣的参与感。但是，工厂车间跟休斯敦的任务控制中心实在是天差地别——在休斯敦工作的人都是留着精干的平头、口袋里插着护笔袋、穿扣角领衬衣的科技人员。机器震耳欲聋的高分贝让我理解

了为什么父亲有时根本不明白我们在说什么。很多年以后，工厂才开始要求工人佩戴护耳。20世纪60年代，工人最后往往会丧失听力。我们小孩子在穿过二分厂的时候，总是用双手捂住耳朵抵抗噪声，还发出痛苦的尖叫。不过没人会注意，因为机器的轰隆声早就把我们的叫声淹没了。

我去参加圣诞派对，年复一年，直到12岁为止。我最后一份礼物是一个迷你旅行套装，包括一个过夜包、一个化妆包和一个行李箱——似乎汤普森制品公司想祝愿我在少年的成长之路上“旅行愉快”。巧的是，“萝比”正是在那一年降临老爸的工厂，老爸则开始琢磨如何利用机器人知识解决他在家里碰到的问题。

他的首要任务是制造一台自动化装置，把我那困在轮椅里的老祖母挪出屋子。作为性情叛逆的机器人“萝比”的监护人，老爸轻而易举地向位于美国康涅狄格州的万能自动化公司总部订了一些备件，并偷偷把它们从厂里带回了家。

他所要做的不过是在一两张采购单上做点手脚而已。

老爸受尤尼梅特启发创造出来的东西，还不是他最早发明的自动化物件。早在少年时期，他就制造过一个帮他练习小提琴的装置，他还给箱式照相机设计过一只自动计时器，这样他就能从房间的另一头给自己拍照片。

再往后，就该说到他的葡萄酒自动装瓶系统了。我的祖父在1963年意外去世，留下了整整三年的家酿葡萄酒，全都装在大酒桶里。酒窖十分狭窄，没有窗户，天花板也极其低矮，老爸根本站不直身子，否则就会碰到头。爷爷习惯在需要的时候打开木桶上的龙头灌一两瓶酒出来，但老爸想一次性把所有巨无霸酒桶全部清空，这样他才能把我那孀居的老祖母搬到隔壁我们自己家里，而把老房子租出去。受工厂装配流水线的启发，他弄了一些软管接在一起，让它顺着地窖的楼梯蛇形而上，从爷爷家的前门蜿蜒而出，穿过草坪，再钻进我家地下室的窗口。我十岁的哥哥里克站在地下室里，等着把从软管里泵出来的葡萄酒灌进瓶子里。但是泵的动作太快了，里克跟不上，最终演变成电视剧《我爱露茜》（*I Love Lucy*）里露茜在一条移动得飞快的流水线上干活的场景。

等老妈找到里克的时候，葡萄酒已没过他的脚踝，里克自己则被酒气熏得晕晕乎乎，因为地下室的通风很差。老妈气得冲到隔壁大骂了一通。从那以后，老爸的自动化美梦进入了休眠状态，一连沉睡了好几年，他碰都不想再碰了，直到这次“萝比”让他再次鼓起勇气，梦想干一番大事。

老爸悄悄地告诉我们要闭住小嘴，别说出他带回家的那些东西。当然，我们知道他准是要开始“搞事情”了。那是一只继电器，也是装在“萝比”身体里用于控制动作的开关（这可是绝顶机密）。为了防止“萝比”罢工，老爸特意多订购了几只，其中一只就跟着老爸从厂里回到了家。

老爸吹着口哨，是他工作时最爱的曲子《夕阳下的红帆》，从工具箱里拿出那只继电器、一个电机，还有一个看上去像个巨大螺钉的东西。哇，竟然还有一段华丽的金属栏杆，那是很久以前他修理屋前阳台时剩下的。用这些东西，他摆弄出了一个——我该怎么称呼它呢？——安装在我们屋后外部的“电梯”。它的运行高度有10英尺^[36]左右，从晾衣服的后走廊一直延伸到地面。但它可不是那种用手操作的简单的运货升降机。老爸的电梯虽然是部裸机，部件清晰可见，但技术性很强，可以通过按钮操作，十分便捷。奶奶要做的就是将轮椅摇到电梯平台上，按下底部按钮，电梯便能缓缓地降到地面；按下顶部按钮，就能启动反向程序。为了保证人绝不会从电梯里跌出来，电梯只有在安全门关到位并锁死时才会启动。安全门就是用那段阳台装饰栏杆做的。里克和我承担了“试驾”任务，一边按照“阿波罗8号”的流程完成倒计时，一边抢着去当第一个按下按钮的人。

《杰森一家》：罗西（Rosey）、
麦克（Mac）和尤尼布拉波（Uniblab）
（1962—1963年）

我相信老爸没看过《2001：太空漫游》，估计也没读过同名小说。（不过我疑心他读过诺伯特·维纳的《控制论》，因为老爸去世后，我在爸妈的图书室里看到过一本。）不过老爸跟我们一样，从来不会错过卡通片《杰森一家》。尽管杰森家的自动化程度特别高，甚至有一个虚拟现实练习屏帮乔治·杰森做健身操，但

是他们还是得有一个机器人女仆罗西负责吸尘、扫除、清洗，说带布鲁克林口音的俏皮话逗他们开心。在今天，罗西作为一个社会服务机器人应该很容易找到工作——它会跟简聊天，照顾朱迪和埃罗伊，给在斯贝斯利太空飞轮公司（Spacely Sprockets）“筋疲力尽”地工作两小时后回到家的乔治倒上一杯咖啡。罗西甚至还和看门的机器人麦克坠入了爱河，导致它们俩都暂时失灵了。

忽然有一天，乔治在升职竞争中输给了机器人尤尼布拉波——这个家伙总是喋喋不休地催促人们“工作工作工作工作”；它会开除员工，把他们扔进垃圾桶；它还要阴谋诡计，引诱乔治把钱投入它体内的老虎机。（这显然是在影射艾萨克·阿西莫夫父亲糖果店里的那台老虎机！）“尤尼布拉波”这个名字听上去与尤尼梅特有点类似，但它其实更像在影射UNIVAC——20世纪60年代初大型企业使用的数据存储和管理系统。如今，人工智能正从工厂车间进入管理者的办公室、医生办公室、投资公司、广告公司和新闻机构，而我们也对电视剧中乔治的处境有了更为切身的体会。

在确认那部电梯足以承载两个不停斗嘴打架的少年之后，老爸便立刻把奶奶推了出来。奶奶一边听老爸操着他们特有的意大利皮埃蒙特地区的口音解释怎么操作这个装置，一边用狐疑的眼神瞅着按钮。

实际上，早在奶奶搬过来与我们同住的那一年，她就已经拥有了一个逃生通道——老爸用木头搭建的一个陡坡，从后走廊通到院子里。问题在于，斜坡的倾角过大，奶奶坐着轮椅从斜坡滑下来时，无法控制速度，而家里唯一体力够强、能控制住沉重的轮椅斜行下滑速度的人只有老爸自己（当然里克长大后也可以）。老爸一直希望能找到一个自动化一点的解决方案，让奶奶能自己独立操作，就像按个按钮那么轻松。

你大可把一部电梯看成一个能把人装进肚子了的机器人，或者一辆垂直行驶的无人驾驶汽车。它是自动化交通运输的一个形式而已，在我们身边存在了很久，我们对它早已司空见惯。实际上，如果没有电梯，我们就不可能建摩天大楼。20世纪20年代，当按钮操作开始逐步取代电梯操作工的时候，人们对电梯自行运转的疑虑，跟现在我们有些人对无人驾驶汽车的疑虑差不多：电梯怎么会知道在哪儿停下来呢？在那个时代，按钮操作技术似乎体现了某种形式的机器意识：你只需按下楼层数字，机器就会安静地滑行，准确而迅速地把人送到目的地，人类操作工

也没法把它逼停。这太惊人了！

奶奶几乎没有使用过那部电梯。她情愿一动不动地坐在轮椅里，在电梯顶端眺望那个她已经辨认不出的世界。几十年之后，人们才想到让机器人去照料患有痴呆的老人，并造出机械义肢帮助残疾人重新站起来走路。

里克和我（还有我们的朋友、表兄弟姐妹，以及各种各样的宠物）却很爱开着这部“奶奶移动机”上上下下，乐此不疲。我那时还很小，总是假装它把我带去了一个月球殖民地——我一直确信自己有朝一日会在月亮上生活，在我看来，这是命中注定了的。

有一天，我正百无聊赖地玩着“奶奶移动机”，忽然注意到正在院子中央忙活的老爸，他的身旁放着一个巨大的木制线盘、一根长度惊人的金属电缆，还有我们的坐骑式割草机。老爸在工厂上班任务繁重，很难有时间料理从我祖父那里继承来的一英亩左右的葡萄园。他拔掉了绝大部分的葡萄藤，只留下少少几行，够自己酿些葡萄酒就行。空出来的土地全被他铺上了草皮，变成了一块有足球场那么大的草坪。

没过多久，老爸就意识到把一个小葡萄园改造成一片偌大的草坪是干了件多傻的事——你得不停地割草。那时候的坐骑式割草机全是些很不好对付的家伙，露在外面的电机很快就变得滚烫，皮肤一碰就起泡，我在轮班割草时倒霉过不止一次。更烦人的是，遇到草长得比较高或者地面坑洼不平时，它就很容易被卡住，一动也不动。

《宇宙静悄悄》（1972年）： 离经叛道的外太空植物学家

这部经典作品填补了从强大邪恶的哈尔到《星球大战》中仁慈友善的机器人之间人类想象空间的空白。弗里曼·罗威尔是个骨瘦如柴的太空船员，负责管理飘浮在木星附近的一座太阳能穹顶花园温房。有一天，他接到了命令，要求他摧毁这些保存着他心爱的植物的温房，并返回地球。他非但没有这么做，还杀死了愚蠢无知的宇航员伙伴，并重新设计了三个机器工人胡伊、杜威和路易的程序，让它们既会玩扑克牌，还能帮助他照料花园。这些

矮墩墩的、走起路来像鸭子一样摇摇摆摆的小机器人由三位双腿截肢者扮演，他们套上机器人的服饰，用双手走路。

老爸很快就对割草机失去了耐心。他痛恨这种效率低下的工作——开着割草机转上好几个小时，只是为了把草剪齐。而他需要照管的地方还不止这片草坪，我们还有一个很大的菜园、一个果园，以及一处仙境般的景观——一条50英尺长、搭着格架的步道，上面爬满葡萄藤，给混凝土铺设的人行道投下阴凉。这条路始于爷爷老屋后门，延伸至我们开阔的草坪，却在草坪中央突兀地停了下来。这条不知通往何处的神秘走廊是爷爷当年打算送给奶奶的礼物：奶奶可以沿着这条长廊从自己家走到两户人家之外的教堂，而双脚不必沾到泥土，太阳也不会晒伤这位来自意大利北部的姑娘白嫩的肌肤。可是，奶奶自打从楼梯上摔下来跌伤髌骨后，就再也无法走路去做弥撒，也没法去别的地方了。爷爷只好难过地放弃了这项工程，留下这么一截童话般的阴凉小道，而在它的前方铺展开的是一片大得出奇的青青庭院。不停做梦，不断建造，这种无休无止的冲动在我们家代代相传。

老爸这次的目标是造出一台不需要人工驾驶的坐骑式割草机。他从一个简单的构想入手：将金属线缆接到能转动的机械装置上，卡在恰当的位置，让转向系统只能一直绕圆圈，这样割草机就会像上发条似的自己不停转动，直到它在草坪的一边割出个UFO“麦田怪圈”似的形状；然后再把这个奇妙的新装置挪到草坪另一边，让它割出另一个巨大的麦田怪圈。如此一来，老爸要做的就只剩修整边缘和散布其中的零星小块。

看着老爸倒腾他的割草机，不断摸索，反复试错，真是叫人兴味无穷。在那几天里，割草机时而会跑偏，屁股后面拖着电缆卷轴，老爸一路小跑跟在后面抢救；有时，松松垮垮的线缆又根本管不住割草机。我从老爸创造的神奇电梯顶上俯视着下面发生的一切，心里暗自琢磨，还是把这个自动化新发明直接丢进工具棚算了。

但是我错了。老爸不知怎么的，居然摸索出了设定控制点的方法，也就是用绷紧的线缆把割草机拽住，让割草机像个巨大的溜溜球一样反向回转。小孩子们站在我家院子后面的铁丝栅栏外，个个都嘴巴大张，

不可思议地看着割草机自己在草坪上忙活，而老爸淡定自若，袖手旁观。

这还只是第一步。后来，在工作中学到的一项新技术让他想到了一个更棒的点子：传感器。

汤普森制品公司存在的诸多危险因素之一，是工厂车间里的所有东西几乎都得用叉车搬运。在工厂车间狭小的空间里，这些叉车很吵，又往往开得很快。即便如此，车间的工人还是听不见叉车的声音，他们当中有些人的听力已经受损，而车间里里外外那些机器和气锤响声震天，完全盖过了叉车的声音。结果自然是乒乒乓乓、磕碰不断，而更换被破坏了的设备（和人体）的成本也在逐渐升高。现在，连身价不菲的尤尼梅特也面临着被撞坏的风险，于是工程部就需要想出一个办法，发出让叉车司机既看得见也听得到的信号，好让他们知道自己正在接近某个物体或某个正在工作的人。他们最终确定的方案是：在重点区域的车间地面上栽一些混凝土柱子，并在柱子上安装传感器。于是，里克得到了一份暑期零工：挖用于栽柱子的坑。这给了他近距离观看尤尼梅特的机会。多年以后，他饱含诗意地向我形容尤尼梅特的模样：被一大群丑小鸭簇拥着的公主。

老爸的计划是弄一些传感器，把它们按网格状埋在院子地下，创建一条数字化路径，引导割草机来回移动，走遍草坪。这个想法接近于现在工厂和医院广泛使用的机器人传送系统。这其实也正是如今机器人割草机的工作原理。令人遗憾的是，尽管这项设计的逻辑原理已经浮现在老爸的脑海里，但他缺乏设备来将之变成现实。或许他也想到了，如果汤普森制品公司少了足够装备一英亩土地的传感器，他恐怕会被盯上的。况且这时他的发条版机器人割草机干得还不错，只是后来他厌倦了这款割草机，就把它丢到池塘里去了。

在20世纪70年代步入尾声之际，我拿到了汤普森制品公司的奖学金，离开家去上大学。于是我只能间接地从老妈那里听到老爸想把厨房进行自动化改造的计划。他是在当地的珠宝商店想到这个主意的，当时他正在挑选手链吊坠，作为送给我的礼物。那些吊坠都陈列在一个小小的摩天轮上，而摩天轮则被安装在一个底座上：只要按一下按钮，摩天轮就会转动。

老爸顿时想到，如果把转轮放大，安装在厨房墙壁的后面，老妈只要按一下按钮，就能随时取到储存在冷藏酒窖里的任何东西。酒窖里存着足够一整个冬季消耗的干果、果汁和番茄酱。这和“杰森一家”的生活实在太像了——按下写着“番茄酱”的按钮，番茄酱就能从地窖升到厨房的碗柜里，再也不用跑上跑下爬楼梯了。

那时候，奶奶差不多有一百岁了，住在养老院里。除了家庭聚会的日子，老妈只需要为她自己和老爸准备餐食。她告诉老爸，她真的不需要什么帮助。不过，我认为她其实是不想看到她的厨房变成一堆瓦砾。

有一次我和哥哥在Skype上追忆老爸的这段过往，我问他：“为什么老爸总想把每一样东西都自动化呢？为什么他会这么有劲？”

透过Mac的显示器，我能看到里克正仔细琢磨我提出的问题。

“老爸的思想很有开创性。他享受创造，喜欢思考怎么把那个时代凡是他能够得着的技术全都用上。也许他只是想让生活更……”

哥哥又停顿了一下，他在想如何形容更贴切。最后他想到：“……有趣。”

就在老爸阔步向前，发明出发条型机器人割草机和“奶奶移动机”的同时，在距尼亚加拉大瀑布2600英里^[37]的地方，一个机器人正在硅谷的斯坦福研究所（SRI），也就是现在的斯坦福国际研究院（SRI International）的一个实验室里蹒跚学步。它名叫“夏凯”（Shakey），意为“摇摇晃晃的”，倒也名副其实。它是最早能依照设定程序看见东西、走动，并自己解决问题的机器人。经过几年的研发，由人工智能先驱查理·罗森（Charlie Rosen）领导的夏凯发明团队终于认为他们的机器人是时候面世了。1969年，他们拍了一部短片，还给它起了个很吸引眼球的名字——《夏凯：关于机器人计划与学习能力的一次实验》（*Shakey: An Experiment in Robot Planning and Learning*）^[38]。视频展示了夏凯是如何在前进过程中识别出前方存在新的障碍物，并自己想办法把它们挪开或者选择绕行的。在戴夫·布鲁贝克（Dave Brubek）的爵士乐经典

名曲Take Five的伴奏下，查理·罗森穿着吸血鬼斗篷扮成“小鬼”，时不时跳出来挪动一下箱子，捉弄机器人。长达28分钟的短片里，只有箱子一直在被挪来挪去，看起来居然还挺激动人心。不过，这恐怕都得归功于好听的背景音乐和罗森扮演的吸血鬼，还有夏凯那神秘的嘟嘟声。

研发人员通过一台电传打字机向夏凯发送简单的英文命令，比如“GoTo”（去）

“GoThru”（通过）。这些词被相应地翻译成一种基于微积分的编程语言STRIPS。夏凯不仅能用这个语言解决问题，还能记住解决方案，并将之添加到“行动指令表”（视频的画外音是这么称呼的）。在描述这台机器人正在做的事情时，夏凯的开发者使用了用来描述人类情绪状态的词，比如：没把握、意识到、记住、预言。

程序、摄像头和预设环境信息让夏凯拥有了视觉，可以穿过房门，出入各个房间；被称为“猫须”的传感器帮助它识别和挪开盒子，这使得它看起来很像那只热爱盒子的网红猫Maru的巨型机器版。夏凯会计算行进路线，从错误中吸取教训，并能将习得的内容储存起来以备日后参考，而整个过程都要通过它的“大脑”实现。“大脑”是一台足有一个房间大小的1.35MB容量的计算机。

SRI的短片并没有说清楚，夏凯移动得有多缓慢，简直让人备感煎熬：它常常一站就是好几分钟，一动也不动，只是为了计算下一步该做什么。但是，机器人本身已经足以吸引《纽约时报》《国家地理杂志》和《生活》等报刊的关注。1970年，《生活》上的一篇文章对机器人的才能极尽夸张之能事。在描述夏凯在月亮上（又是月球殖民地！）的行为时，该文作者甚至预言说：“根本无须地球的指令，它自己就会收集岩石样本、钻孔、做调查、拍照，甚至在遇到岩石罅隙而它又决定要过去时，会自己铺设木板桥。”

夏凯并不只是早期人工智能的一次简单实验。政府为这个项目提供了资金，希望开发出一款能承担军队警戒任务，甚至可能探索太空的机器人。但在1972年实验结束时，很明显，创造一个具有独立决策能力的机器人所需要的时间比开发人员预计的和媒体报道的都要长得多。

科技记者约翰·马科夫写道，《生活》杂志的文章“把机器吹嘘得面目全非……SRI的科研人员惊愕不已……因为他们读到一段描写，声称

夏凯能在科研实验室的走廊里自由地转来转去，比人类走得还快，它只在需要观察门口的情况时才会停下来，还会用人类的思考方式推理周遭的世界.....这种描述特别令人烦恼不安，（在《生活》杂志的记者伯纳德·达洛克去采访的那天）机器人根本还运转不起来”。

媒体对夏凯的吹捧太过夸张，夏凯并没有达到那么高的水平，这是机器人远未能达到夸张炒作所宣称的水平的早期案例之一。然而，这种浮夸的宣传对一个新时代的降临起到了推波助澜的作用。这个新时代，我指的是20世纪80年代的“AI之冬”。人工智能的缓慢进展使人们对它失去了兴趣，风险投资转向了更以人为中心的技术突破，即个人计算机（PC）行业。尽管如此，夏凯仍是有功之臣，它最先迈出了缓慢而笨拙的步伐，走向我们今天所看到的已经投入使用的人工智能和机器人，比如真空吸地机器人伦巴（Roomba vacuum）。

现在，夏凯在美国加利福尼亚州山景城的计算机历史博物馆展示厅里享受着舒适的退休生活。2004年，它正式进入卡内基梅隆大学机器人名人堂（同时获此殊荣的还有《星球大战》中的C-3PO等），比尤尼梅特和《星球大战》里的R2-D2只晚了一年。

老爸在1980年退休。那时，尤尼梅特也已让位给新款机器人了。2014年，TRW将汤普森制品公司卖给了日本制造商蒂业技凯力知茂（THK Rhythm），TRW自己则被一家生产无人驾驶汽车传感器的德国企业收购了。（研发机器人汽车，老爸如果还活着，肯定会很高兴参与其中的。）

老妈有句话说对了：机器人会从人类手中夺走工作。但老爸也没错，他说机器人能拯救工人的生命。自动化是消灭的工作岗位多，还是创造的新岗位多？对这个问题的激烈争论一直在不断升温，但有一点我们心知肚明：如今，是机器人而非人类在掌控制造业的工作节奏。

我们正目睹“熄灯工厂”不断涌现。之所以这样称呼，是因为机器能在黑暗中完成所有的工作（它们也不需要冷暖空调）。但这些工厂并不是百分百无人操作的，仍有少量的工人一直在厂里负责质量控制。

为什么不能把所有工厂都变成“熄灯工厂”呢？答案就在当年让尤尼梅特不时神经错乱的情况当中：在常规工作程序外，总有意外会发生。需是哈尔那个级别的人工智能才能在工厂车间里处理一切事务。而就算

在今天，事情也难免会出差错。何况，即使是哈尔，它也没有能力应对任务指令优先级的相互冲突，这甚至导致了它对宇航员大开杀戒。

由此，我们能得出这样一个结论：人类仍然需要参与其中，提供帮助，以防工业机器人遇到意料之外的情况。当然，很可能它们需要我们的时间不会太长了。

1979年，人工智能和机器人学暂时停下脚步，稍稍喘口气，等着摩尔定律发挥它的魔力——大幅提升计算机的运算性能。只有这样，它们才能兑现自己许下的诺言，比如老爸曾一心渴望制造的家务机器人。舞台已经搭好，恭候一个新时代的登场。在这个新时代，力量的天平会从AI倾向以人为中心的IA。在20世纪60年代乃至70年代，计算机被大多数人所忽视，不过，它将摇身一变，成为日常工作生活的主导力量。它会在短短几年内席卷几乎所有产业，把相关职位一扫而光，并为我们带来全新的工作、创造和沟通方式。

随着个人计算机时代的到来，IBM担心台式计算机会令人望而却步，除了技术人员和科技死忠粉之外没有人敢于尝试（即使当时个人计算机只针对企业客户，并不面向家庭用户）。正如从前有些工厂面对尤尼梅特时会犹豫不决，直到它成了约翰尼·卡森的节目嘉宾并进行了一番人性化表演之后才肯接受，在20世纪80年代初期，许多企业对计算机化也怀有同样的疑虑。

有一家广告公司建议IBM使用一个普通人的形象来表现幽默、质朴和人性。绰号为“蓝色巨人”的IBM正缺乏这样的特征。这则创意没有把个人计算机定位成一款高科技创新产品，而是把它定位成一个工具，用于帮助企业以超高的效率运行。这样，员工就能减少办公时间，省下更多的精力用于自身职业发展、业务搭建和娱乐休闲。个人计算机的销售宣传将它打造成能提升人们日常工作效率、让工作日不再难挨的产品，这与意在取代人类工作者的人工智能和机器人学大相径庭。个人计算机承诺了一个新的乌托邦——办公无纸化，工时大大缩短，工人幸福指数升高。如此这般，怀着对未来的殷切期望，IBM开启了自己的“小流浪汉”时代。

人工智能由于没能实现它的承诺，即到20世纪80年代初造出能思

考、能移动的机器人，终于靠边让路。台式计算机时代来临了。

第三章

“AI之冬”的流浪汉

1985

您准备好了吗？——向您的同胞学习（四百万美国人的共同选择岂能有错），带那么一丁点儿空闲时间回家，好在做完所有文字处理工作、存上盘以后，坐下来放松一下、重温一番昔日美梦。我们又要迎来一个“新世界”了，它正在计算机上向您招手呢！嗯，瞧，您看到了吗？主流信用卡我们都接受。

——罗杰·罗森布拉特（Roger Rosenblatt），《新世界的黎明》
刊于《时代周刊》1983年1月3日

我坐在一张办公桌前，面对着银行负责小企业贷款的家伙。我看不出他的具体年龄，因为他看上去从五十岁到一百岁之间都有可能。这是一个尖酸、愤怒、沮丧、刻薄、厌女的男人，粗花呢西装上落满了头皮屑，活像一个患了精神病的会计员，也像一个英格兰寄宿学校的校长，而这种学校的课程包括在研读《圣经》之后进行轻度的鞭打。我需要这个家伙的批准才能拿到5000美元的银行贷款，好给自己买一台Zenith PC——我平生第一台个人计算机。

那时我28岁，看上去比实际年龄要年轻一些。我从事自由职业已有一年时间，主要是为那些文案写作能力较弱的广告公司当付费写手。六个月之前，我放弃了在斯通&阿德勒直复营销公司（Stone & Adler Direct）多伦多分公司的工作。斯通&阿德勒是美国芝加哥的一家老牌直复营销公司，IBM是它最大的客户。所有造访斯通&阿德勒多伦多办公室的人，都会在前台看到一个真人大小的纸板剪影，也就是查理·卓别林的默片中的角色，那个头戴圆顶礼帽、手执拐杖的“小流浪汉”。

IBM为了让自己的品牌形象更亲民，从卓别林的遗产（卓别林本人已于1977年辞世）中买下了这个电影角色的使用权。IBM聘请了一名哑剧演员在宣传片中进行角色模仿，同时也在纸质广告印刷品上印了小流浪汉的形象。小流浪汉的头顶上方是IBM的品牌标语——“摩登时代的工具”。这条标语是对卓别林1936年的默片《摩登时代》的致敬。《摩登时代》是一部滑稽喜剧，表现的是“小流浪汉”在工业化时代那种非人性化生存环境中的挣扎。对一个追求尖端业务技术的公司来说，选用这么个角色来代表自己的文化形象其实有点奇怪，但是IBM为“小流浪汉”的使用权支付了3600万美元。查理真是我们所有人的好男孩儿。[\[39\]](#)

在广告公司，我不分白天黑夜地创作关于计算机的文案，但我连计算机的边儿都还没摸到。公司计算机的保管人是秘书总管多琳，一个垫肩高耸、头发也蓬得高高的姑娘。她是名模谢丽尔·提格斯的超级迷妹，总是在午饭时间打短柄墙球，其余时间就在办公室晃来晃去，到处炫耀。她的衣服上别着一枚襟章，上面写着“快减肥，来问我”。凡她经过之处，必然弥漫着CK激情香水的熏人气味，里面添加的费洛蒙令人想入非非。

我的办公室与创意总监乔治的办公兼住宿区域只隔着一条走廊。办公室没有窗户，光线暗淡，里面只放着一张桌子、一张椅子、一个废纸篓、一个文件柜，不要说计算机了，连打字机都没有。

上班的第一天，我问乔治：“我该在哪儿写字呢？”

话音未落，多琳款款而至，手里捧着一沓黄色拍纸簿和一盒圆珠笔。

乔治解释：“你就写在纸上，多琳会在文字处理机上帮你打字。”

我告诉乔治和多琳，这行不通。我从来不用手写字，即使是最初的草稿，我都是在键盘上敲出来的，而且我的手写字实在很糟糕，多琳根本没法识别。

多琳盯着我看，仿佛我是一坨粘在她细高跟鞋鞋底上的口香糖。她抓着拍纸簿和圆珠笔转身走了，再回来时，手里捏着一本IBM产品手册和一份采购订单。它们顺着她精心修理过又涂了亮粉色指甲油的纤纤玉指，滑到我仿木贴面的办公桌上。

“别选贵的就行。”她扔下这个忠告，扭身出门，留给我一阵香雾。

第二天，我去公司上班，避免与大堂里眼神放荡的纸板查理·卓别林有任何目光交织。经过乔治的办公室时，我看到他蓬头垢面，显然是熬了个通宵。我走进自己的办公室，看见一台IBM电动打字机放在办公桌上，旁边是一摞整齐光洁的白色2号纸，还有一盒修正液。我轻轻按了一下这台机器的开关，听到它发出稳定的电动嗡嗡声，发自内心的愉悦油然而生。

正当我把一张2号纸放入自动进纸器时，我忽然感到鼻子发痒，一股麝香味钻进鼻孔。我转头一看，多琳正站在办公室门口，抱着胳膊，脸上像糊着一层水泥。

“这回顺心了吧？”她问道。但是呢，口气听上去像在暗示：不管怎样，她对此毫不在意。她丢下这句话，转身就往大厅走去。

上天保佑！直到我辞职的那一天为止，这可能是我跟多琳互动时间最长的一次了。

推销个人计算机的文案，只能在打字机上写，我总觉得这很讽刺，不过其他人似乎一点也没觉得有什么不对。个人计算机，至少IBM推出的那些“PC”是商用机器。在纸上打字这种事情并不是计算机的任务，而是由一种比它简单点的设备，即文字处理机负责。并且，即便是文字处理机，也只有专门接受过指法培训的职业秘书才有资格操作。

可是，由于多年以来我的手写体一直被人诟病像是出自少年犯之手，我在六年级时便自学了打字。现在放在我面前的IBM电动打字机堪称打字机中的凯迪拉克，只要取出机器内部的一个金属球，它甚至可以切换字体。

尽管我很喜欢IBM电动打字机，但还是难以抵挡个人计算机的诱惑。毕竟，我每天的工作时间长达十至十二个小时，每周得工作六到七天（取决于乔治的心情），而且写的都是关于个人计算机的内容。我在广告文案里信誓旦旦地保证计算机能帮我们缩短工作时间，这未免令我自己也浮想联翩。于是我去问乔治：

“为什么IBM不能给我们每个人都配一台工作计算机？”

乔治笑了：“泰里，你知道这些宝贝疙瘩一台要多少钱吗？”

嗯，跟这个价格相比，把一位28岁的女写手日日夜夜困在办公桌前，还不用付加班工资，显然更符合成本效益的原则。

也不是每个人都受到广告的蛊惑。1982年，佐治亚州普莱恩斯的交通管理员杰克·罗巴给《PC：IBM个人计算机独立指导手册》（*PC: The Independent Guide to IBM Personal Computers*）的编辑写了一封信。他在信里抱怨说：“我只想知道，是谁把这个大卫·邦奈尔（David Bunnell，PC杂志主编）从笼子里放出来的。他就是那个曾经帮Altair计算机吹大牛的小丑，夸口说Altair能‘控制大城市的所有红绿灯’。我买了一台Altair，结果发现我唯一能改变的是它前面板上的灯。天知道他还能把IBM吹出什么花样来。”1983年1月，《时代周刊》一反其推选“年度人物”的常规，宣布将个人计算机评选为“年度机器”。对此，罗杰·罗森布拉特用江湖小贩的口吻写了一篇社论：

见过这些吗，先生？是的，说您呢！我跟您说，夫人，您用过这些吗？Commodores，还是Timex Sinclairs，要么Osborne I s，或者TRS-80 IIs？苹果呢，喜不喜欢？开个玩笑，小伙子！无伤大雅，有益健康。您看上去心事重重，好像从密苏里州来的一样，所以我才要把这些尤物卖一台给您，因为您需要它，您想要它，不管您嘴上说什么。在您纯粹的美国心灵深处（您是美国人，对吧，老兄？），您对这小宝贝充满了渴望，它能帮您算账，为您保存资料，还能跟您谈话，说不定有一天，它还会亲吻您呢（无意冒犯，小姐）！

重点是，它能为您节省时间。时间时间时间！时间宝贵啊！我们要分秒必争！

《杰森一家》里的乔治·杰森每天工作两个小时，可惜这点并没有像广告里吹的那样成真，至少没能马上成为现实。电视广告里，“小流浪汉”只花了几秒钟就学会如何使用他的个人计算机，而真实的学习时间要比这个长得多。我在斯通&阿德勒的一位同事为了设计报价表格和时间表，往往要在广告公司唯一的一台个人计算机上鏖战许多个小时，还只能在晚上加班——趁多琳不需要用计算机处理文字的时候。（同事说，迄今为止最能节约时间的是公司的第一台传真机，它很容易启动

——插上电源就行！一插上电源，它立马就开始缩短周转时间。）

IBM PC的显示器模仿了其大型主机终端的外观和感觉：黑底绿字，令人头疼。它使用的命令很不直观，逼着人类说计算机的语言，而不是让计算机说人类的语言。更糟糕的是，你一次只能执行一项任务。打个比方，如果你想要从创建一个表格切换到写一个演示报告，你必须停下来，从你的“库”中检索到正确的“解决方案”。（“多重任务”这个词直到Windows 95推出的时候才被人创造出来，那时，个人计算机刚能同时运行多个程序。）软件存在软盘里，软盘装在盒子里，盒子放在柜子里。尽管有“无纸办公”这样的承诺，许多人仍然会将文件打印出来，保存硬拷贝。所以，如果说有什么不一样的话，那就是WordStar和WordPerfect这样的文字处理软件反而导致了纸质文件大量堆积，甚至比以往还要多。而且，毫不客气地说，早期的许多软件实在很烂。

在2011年《连线》（*Wired*）杂志为纪念现代个人计算机推出十三周年而发行的专刊上，克里斯蒂娜·伯宁顿（Christina Bonnington）对第一代IBM PC进行了客观的分析：

它不太符合今天的标准，甚至也不符合昨天的标准。5150的配置仅仅是主频为4.77MHz的英特尔8088处理器，拥有16位元暂存器和8位元外部数据总线。它不如英特尔和摩托罗拉其他型号的处理器强大，但是人们都认为把那些处理器用在个人计算机上实属“大材小用”。IBM给5150配了全64KB的内存——可扩展到巨大的256KB，以及1个或2个软盘驱动器（依据个人选择）和1台单色显示器。5150是由一个12人团队用不到一年的时间开发出来的，采用的均是现成的元器件。一台5150的价格从1560美元到6000美元不等，取决于具体的配置如何。这相当于今天的4000美元到15 000美元。

刚刚接触个人计算机的人会担心出现触电或爆炸事故，也担心自己在挣扎着学习怎么使用这个该死的东西时，会变成员工眼里的傻瓜。1982年，出版商安德鲁·弗鲁吉尔曼（Andrew Fluegelman）在PC杂志上发表了一篇文章，声称他花了“两三百个小时”阅读关于软件的资料以后，才敢碰他的个人计算机：

我认为，95%的人对计算机感到诡异的原因在于他们需要学习怎么启动机器——得搞懂怎么让这家伙运转起来。你坐在它面前，却不知道

如何才能让它开始工作。你害怕一旦搞错，它要么会咬你一口或直接把你吞掉，要么忽然冒出烟来。我觉得还有一点也让人十分害怕.....就是你好不容易把它启动之后，它会不会把你拖进某个黑洞，让你再也爬不出来。但当我上手以后，我就感觉它不再只是个为我干活的机器了，它几乎立刻摇身一变，成了我自身的外延。那感觉就好像往我自己的脑壳上嫁接了2000个外挂大脑。我真的有那种感觉——喏，就是这些外部大脑，它们还真的听我指挥！我能随心所欲地把它们串联或者搭建在一起。

同一期杂志上还刊登了一篇对比尔·盖茨的深度专访。比尔·盖茨提醒人们，不要过高估计个人计算机的易用性。他说：“我们还没到那个阶段，可以随随便便对妈妈或其他对计算机一窍不通的人要求：去买一台那样的机器！”盖茨的老妈如果听到这个议论，恐怕不会觉得愉快。

要让疑虑重重、满怀畏惧的商务人员接受个人计算机（那些对个人计算机还一无所知的人就更不用谈了），个人计算机需要一张人性化的、充满亲和力的脸，以缓解人们对新科技的种种恐惧。

他们迎来了“小流浪汉”。

电视宣传片中，小流浪汉在美国小镇上沿街的面店里，用他的IBM PC出售糖衣蛋糕和花哨的帽子。当然，IBM的广告并没有直接把查理变成女人，而是让嘴唇红嘟嘟的金发秘书们被查理的才华倾倒：他竟然能用VisiCalc^[40]创建一张表格！

对于我们创作的每一个广告、直邮信件、手册乃至小幅宣传广告，艺术总监都必须找到合适的“ACI”，即“适用的查理形象”：查理在为他如火箭般飞升的销量制作一个电子表格；查理在一个不断加速的流水线上忙碌；查理在零售店里清理库存；查理埋首于一堆文书工作中；查理摆出他的经典造型，转动手中的拐杖，享受个人计算机给他带来的额外休闲时光.....

说句真心话，小流浪汉看起来真像个傻瓜。但是广告透露出的信息是微妙的——如果一个戴着圆顶帽的滑稽演员都能做到，你为什么不能！

IBM还依赖一个屡试不爽的营销策略，叫作“FUD”，这三个字母分别代表害怕（Fear）、不确定（Uncertainty）和怀疑（Doubt）。只要你选择任何其他品牌的计算机，你就会体验到这些情绪。“从来没有一个人因为购买了IBM的产品而被解雇”成了业界格言。

1983年，也就是《时代周刊》选举“年度机器”的那一年，IBM推出了一款专为家用而设计的小型个人计算机PCjr。PCjr从外观到使用感都像一个玩具，它的操作系统与人们在工作场合使用的IBM 5150不兼容，而且它配有一个空白键盘。也许设计PCjr的工程师还无从想象有人愿意把办公室里5150上的工作资料拷贝一点在软盘上带回家，好在晚饭后把软盘插入自家的PCjr，以便完成某项任务。在1983年，文明人是不会把办公室工作和家务事混为一谈的。甚至，提到某人“在办公室工作到很晚”，人们容易想到这个人跟女秘书可能有点儿风流韵事。

PCjr的销售十分惨淡。不过，它本来还没那么惨，直到斯通&阿德勒为了推销这个蹩脚的小玩意儿，绞尽脑汁，决定在电脑城设置体验站。

乔治递给我的指示上写着：邀请顾客来摸摸PCjr的键盘。

我抬眼看向乔治。他看起来又像是穿着西装睡了一晚上。

“摸”这个字听上去可真亲昵。也许PCjr应该先在屏幕上打一行字，邀请顾客靠近，让他们先触摸一个键（手感真好！）。一个键又一个键，很快他们就放松下来，越来越自在，尽情使用样式新奇的标点（当然，他们得先在空白键盘上找到那些标点符号）。说不定他们一激动，就买下了一台PCjr，还点了蜡烛，开了香槟……

我把脚本写得像都市爱情故事里的一场邂逅，只不过不是男女主人公的邂逅，而是人和计算机的邂逅。

我走进乔治的办公室，给他看我写在纸上的东西。乔治边看边笑，伸手挠挠胡子：“这太不像IBM了。管他呢！我发出去。不过，你还是先写个真正的文案，我一起发给他们。”

最后，乔治把两个版本都发给了我们的客户——符合IBM商务休闲风格的真文案，还有我那个肉麻版本（写在一张空白纸上，没有信头，

没有公司名称或图标）。客户被逗乐了。浪漫的版本很快就被扔进了碎纸机。真正的文案被客户采纳，进了体验站。

然而，市场毫无动静。

数万台PCjr继续被冷落在电脑城里，没人爱，没人碰，没人买。过了一年，IBM终于将PCjr撤柜了。

IBM忘记了广告界百试百灵的一个大招——别的招数统统不管用的时候，爱情肯定灵。

我终于厌倦了在那家广告公司的生活：熏人的香水味道，漫长的工作时间，一个永远在工作、从来不回家，并且认为我也不应该回家的创意总监。所有这些，我受够了。于是我给自己写了一份事业策划书（上面写着：去找其他广告公司，看看他们是否需要聘用写手）。我拜访了奥美的创意总监，他向我推销了一本他自己写的关于怎样做自由职业的书，并推荐我去联系他认识的另一家广告公司的某位先生，因为“那个人喜欢漂亮的腿”。好吧，想来这也是我的卖点之一，当然还要加上我的资历，简历里可是罗列了一些我得过奖的项目呢。

我就这样开始了我的“雇佣枪手”生涯。

我向一脸惊讶加一脸倦容的乔治递交了辞呈，从冷漠脸多琳手中接过最后一张薪水支票，向IBM租借了我自己的电动打字机，买了一只便宜的公文包和电话应答机，印了商务名片，从此再也不回头。

《春天不是读书天》（1986年）

“我要的是一辆小汽车，却得到了一台计算机。”菲力斯·布埃勒（马修·布罗德里克饰）对他的个人计算机一肚子不高兴。后来他利用这台计算机当黑客，闯入了他的高中考勤记录。实在令人难以置信，一个十几岁的孩子卧室里竟然能有一台IBM PC XT，而我还在奋力争取一笔银行贷款，好给自己买一台蹩脚的Zenith。看看IBM PC XT高昂的价格，它实在不像是一个高中生应该拥有

的东西。不过，从另一个角度来看，菲力斯算是个“有意思的纨绔子弟”，他的卧室就是一个满是高端电子设备的游戏场，而IBM PC XT正是20世纪80年代那些十多岁的小孩梦寐以求的机器。

虽然我在斯通&阿德勒从来没用过个人计算机，但我为IBM写广告文案的经验很能为我的技术才能一栏“增光添彩”。事实证明这十分管用，随着越来越多的科技产品被投入市场，我几乎不再需要主动寻找工作了。我做过的项目包括笔记本电脑、手机、传真机、影印机、电子银行服务、自动语音邮件——再也不需要电话应答机了！我为Macintosh写文案，帮助苹果把计算机推销给科学家和工程师。我熟练地掌握了技巧，知道如何在紧张不安的顾客和新科技产品之间建立起一种舒适和信任的感觉。我赚的钱已足够为一个杂乱无章的单室套公寓支付一半租金。这套公寓是我和我的艺术家男友罗恩（Ron）合租的，位于多伦多波西米亚风格浓厚的皇后大街旁边的一条陋巷里，在一家商店的楼上。除此之外，我还能有一些剩余，用来买宽肩外套和牛仔裤，把自己打扮成极具创意的事业女性，因为我得跟那些一支接一支抽烟、大口猛灌威士忌的广告人开会，不能让他们从外表小瞧我。那时他们仍是这个行业的主宰，就像《广告狂人》第一季中那些资深的广告老手一样。

到了1985年，我已准备好迈出下一步：放弃我的IBM电动打字机，买一台个人计算机，再配一台针式打印机和WordPerfect文字处理软件。我在做自由职业时合作过的一两位平面设计师早已扔掉了他们的尺子和粘贴板，转而使用Macintosh的图形用户界面。这个系统比IBM贵得多，不过也更具魅力。

我的哥哥里克去掉了他原来名字“Ricky”的最后一个字母“Y”，改称“Rick”。他已经成了一家石油公司的工程师。里克建议我继续使用IBM PC，或者比IBM便宜些的克隆机。Macintosh听起来叫人怦然心动，看上去却落魄得很。它在1984年首次亮相时曾激起一阵骚动。当时，它在“超级碗”比赛期间推出了一个创意一流的广告。不过，它短暂的辉煌随着广告的落幕而告终，此后一直卖得很不好。Macintosh存在一个问题：或许是乔布斯对他创造出来的对象爱得太痴，以至于Mac对他来说已不再是一个单纯的产品了，它是他的艺术作品，他甚至不愿意让别的人摆弄它。Macintosh的图形用户界面操作系统（Mac OS）是一个封闭系统，软件设计人员给Mac写程序要比给IBM PC写程序难得多，

结果自然是当时为Mac设计的应用软件大大减少。第一代Mac还存在其他技术问题。但是，苹果公司商战不利的主要原因，还是因为它的名字里没有“IBM”这三个字母，因而让人对它产生“FUD”——害怕、不确定和怀疑。对个人来说，最合理的选择当然是已被市场中八成以上的消费者充分尝试、认可并且踏踏实实使用的品牌。因此我最终选择了一台IBM克隆机。

很难让人相信，一台基本款的台式计算机竟然昂贵到我不得不去申请银行贷款。1985年的5000美元可能比今天的11 000美元还多点，这还仅仅是为了满足一个穷姑娘的奢望：一台Zenith公司生产的IBM克隆机。Zenith是诸多努力想在台式机市场分一小杯羹的电子公司之一。

Zenith的口号是“质量先行，名必随之”，不过一般人只知道这是一家生产收音机和电视机的公司。他们的个人计算机虽没有IBM那么贵，但显然也不便宜，此外还得算上送针式打印机和软件的成本。我测算了一下我的现金流，发现我需要贷款，当然我也知道自己在一年内就能还清这笔钱。

1984年苹果Macintosh的广告

乔治·奥威尔的反乌托邦小说《1984》让人们对这个年份印象深刻。乔布斯充分利用了这个时代思潮，以广告的形式将苹果打造成一个女武神瓦尔基里（Valkyrie）般的奔跑者，她狠狠砸烂了一个控制他人思想的独裁者的脸，其含义不言而喻：Macintosh是为创造者和拒绝墨守成规者创造的。与之相反，IBM是为工蜂一样的劳动者创造的。这则广告的文案出自广告公司Chiat/Day的文案创作人史蒂夫·海登（Steve Hayden）之手，广告片则由《银翼杀手》的导演雷德利·斯科特亲自执导。它只在第18届“超级碗”比赛期间播出过一次，就被《广告时代》（*Advertising Age*）杂志宣布为有史以来最好的电视商业广告。除了为Macintosh造势之外，这部“1984”电视广告片也为“超级碗”比赛带来了一个趋势，即在比赛期间推出史诗般宏伟而富有创意（并且极其昂贵）的商业广告，而且广告本身产生的吸引力能与橄榄球赛事本身媲美。

正是为了这笔钱，我才在1985年再次走进银行，被那个表情阴郁、眼睛泛红、眼神黏腻的贷款经理盯得额头冒汗。

他对着我的申请表研读了一番，再抬头看看我，不信任地摇摇头，在他的哈里斯花呢西装上又洒下一阵暴风雪般的头皮屑。

“你有抵押物吗？”他透过双光眼镜盯着我问道。

我艰难地咽了口唾沫，不太清楚“抵押物”指什么。

“比如说？”

“寿险？汽车？投资？”

我摇摇头。这三样东西，我一样也没有。我也不想承认我最值钱的家当只是一辆十速自行车。

他又扫了一眼我的申请表：“你没有信用记录，没有抵押物，却想要本金融机构借给你5000美元。”

他鼻子哼了一声，手往申请表上一拍：“你看，要我批准你的贷款，唯一的办法是找别人提供抵押物，为你做联名担保。”

父亲接到我的请求，开车行驶了一百多英里，到多伦多来帮我做担保，倒也没说什么。母亲的表现可就不一样了。虽然在我放弃斯通&阿德勒公司的专职工作时，她也为我担过心，但她看到最小的女儿能像《玛丽·泰勒·摩尔秀》（*Mary Tyler Moore Show*）[\[41\]](#)里面的角色那样自立自强，还是满心骄傲的。我在电话里复述和贷款经理之间的谈话时，听到她平静地发出一声低沉的咆哮，就跟电动打字机开机时发出的声响一样。

老爸老妈按约定的时间出现在市中心那家分行。花呢西装头皮屑先生对他们相当礼貌，甚至有几分谄媚。他可能有些惊奇，我竟然真能找到为我做担保的人，而且我的担保人看上去一点也不像从后街黑巷子里临时拉出来的。

老爸的态度客气而疏离。老妈盯着花呢西装头皮屑先生，一言不

发。直到她在我的申请表上老爸的名字后面签上自己的名字之后，她才站起身来，居高临下地看着花呢西装先生说：“我女儿只是想要自己创业而已，你们到底是为什么要把她的生活搞得这么艰难？我很不喜欢你的态度。”

那人根本来不及搭腔，老妈紧接着又补了一句，还是用两种语言。我们离开办公室时，没有握手道别，也没听他说“一路顺利！”。

我在一年之内就还清了贷款。一年后，我重返那家分行，发现花呢西装头皮屑先生已经被一位年轻可爱的女士取代。她很热情地接待我，问我是否需要帮忙。但是，为时已晚。我早已把所有银行账户都转到了他们的竞争对手那里。（我后来一直在那家银行办理我的业务，包括进行投资、设置商业信用额度、为我的孩子们开立教育储蓄账户、申请按揭贷款等。）

我想，当初那个贷款经理哪怕是个机器人，也会对我好一点。1985年的时候，虽然那位花呢西装头皮屑先生很可能只是在根据银行的规定行事，但我敢打赌，他还是有一定的自主决定权，可以自行做一些判断。我有点疑心，如果你有足够的口才，或者碰巧跟贷款经理是大学校友，或者你兄弟的女朋友的父亲是他的高中足球教练，又或者你跟他打情骂俏地暗示，只要他在那些文件上签上字，你会很乐意跟他约会，来一点小小的“后信托”亲热，他说不定就肯屈尊批准这笔贷款，还会省略掉那些烦人的小细节，比如抵押物什么的。换个角度说，如果你让他想起了他那个叛逆的女儿，或者他正好宿醉未醒，或者他不相信一名二十多岁的女性能经营一个生意，或者他注意到你的名字竟然是元音结尾——彻底暴露出你的家庭很可能是从南欧某国移民来的，或者仅仅因为他看你不顺眼，他可能就会故意把过程弄得很不愉快。

而人工智能根本不会有诸如此类的偏见。作为一个“算法”，它会知道：（1）我才开始工作没多久；但是（2）我刚刚成立了自己的公司，拥有良好的资产负债表，还拥有大学文凭；并且（3）我无负债，连高额的学生贷款都没有。我唯一借过的钱就是我信用卡上的花销，但我每个月必定偿清。此外还有，（4）我是一名女性，这意味着，从统

计学上看，我更不太可能破产，因为在开设（和运营）小企业方面，女性比男性的记录更好。综上所述，一个“算法”会很机智地得出结论：我可以开设自己的广告公司，启动一个投资方案，买一辆车——嗯，说不定哪天我就会向他们申请按揭贷款！总之，我是一个值得争取的、投资必能有回报的潜在对象，虽然我穿着化纤布料的裙子和莱格斯连裤袜。况且我当时申请的贷款金额，即使在1985年，对一家银行来说，也不过是很小的一笔钱。

如果当时接待我的是人工智能，它也许会把我的贷款利率提高那么一丁点，但免除提供抵押物的要求，当天就能把我打发到电脑城去，让我用5000美元的信用额度把它的远房表兄——台式计算机——请回家。

当然，它也可能不会这么做。“算法”也可能会跟花呢西装头皮屑先生站在一条战线上，判定我是一个高风险客户，要求我为贷款寻找联名担保人。但无论如何，它都不会对我的申请表嗤之以鼻。人工智能了解客户忠诚度的价值，说不定还会免费送我一台烤面包机，以示银行对我这份业务的认可。

考虑到我还很年轻，人工智能也许会意识到，如果我在未来五十年内能变成他们的忠实客户，他们获得的收益至少是这笔贷款的百倍，可能还远远不止。

唉，可惜，当时并没有一个拥有哈尔那般迷人嗓音的银行机器人走过来拯救我，给我一个干脆痛快的批准和/或一片镇静剂。那是1985年，根本不可能发生这样的事。何况，人工智能的严冬即将到来。

大多数人从来没有听说过“AI之冬”（the AI Winter），但如果你现在对某位人工智能科学家或机器人专家提及这个词，他们会叹口气，露出悲伤的表情，令你不禁回想起弗罗多和山姆穿越魔多时痛苦的面容。

《银翼杀手》（1982年）

这部电影推出的时间恰好是在第一次“AI之冬”行将结束、个人计算机开始普及的时候。它是导演雷德利·斯科特根据菲利普·K. 迪克的小说《仿生人会梦见电子羊吗？》（*Do Androids Dream of Electric Sheep?*）拍摄的一部黑色电影，能让我们一睹过去的人是

如何展望我们现已抵达的“未来”的：2019年，绝大多数人将生活在外太空殖民地，而被称为“复制人”的仿生人奴隶从外太空殖民地潜回地球，寻求办法延长它们被内部程序设定好的寿命。由鲁特格尔·哈尔和达丽尔·汉纳扮演的超级强大（却十分孩子气）的复制人看上去那么像人类，连沃特-康普（Voigt-Kampf）心理测试都无法将它们甄别出来。除了复制人之外，电影里还出现了个人计算机，很像1981年出售的机型，还有未来主义风格的飞行汽车，如同我们通常概念中的那种。哈里森·福特在被酸雨浇淋之下居然还在阅读印刷的报纸。电影里的洛杉矶没完没了地下雨，并且更具亚洲风情，而非拉丁世界。过去的人们对未来有那么多千奇百怪的误会，我们现在拍的未来主义电影毫无疑问也同样如此。当然，没有多少电影能如《银翼杀手》那样长久不衰，它被称为有史以来最伟大的科幻电影。（对《星球大战》真得说声抱歉！）

“AI之冬”来而复去，去而又归，时间跨度长达20年，先是从20世纪70年代后半期横跨到80年代初，接着从80年代中期开始再次笼罩科技行业，直到90年代中期。这些年里，人工智能研究实际上处于停滞状态。正因为此，我们到现在还没能拥有阿西莫夫曾预言的到21世纪初就该出现的机器人。关于为什么人们对机器人的热情会突然降到冰点这个问题，如果你想要一个简明扼要的解释，我会引用一句经常被人挂在嘴边的话来答复你。电影《谋杀绿脚趾》里面有言：一切跟钱走。

在机器人和人工智能研究领域，从一开始，私人和公募基金的投资方向就是致力于在自动化方面实现重大突破。美国国防高级研究计划局（DARPA）是最大的投资人，它是美国军方成立的研究机构——在“斯普特尼克号”让美国人大吃一惊之后。我在第二章讲述的那个移动机器人“夏凯”就得到了DARPA的赞助，因为他们看到了机器人的潜力，认为有望开发出高级机器人来担任军事哨兵或宇航员。然而到了1975年左右，风向突然变了，简单概括一下大概是这样：在投资了即便没有数十亿也有数百万美元之后，DARPA和其他投资者终于对人工智能的发展潜力失去了信心，他们认为实在无望实现这个远大抱负，也没法获得足以改变局面的突破性进展（如今我们用“登月”这个词来形容这种重大突破）。在吹得天花乱坠的美好前景和令人蹙眉心碎的实际结果之间，是

一条越来越宽的鸿沟，人工智能和机器人研究深陷其中，无法自拔。人们（包括一些大人物在内）普遍低估了创造出一个会走动、能思考、能视物、由人工智能驱动的机器人所需要的时间，他们在20世纪60年代末就声称能在十年之内实现这个目标。然而直到20世纪70年代中期，在解决问题的能力、视物或走动等方面，夏凯这样的机器人仍然未能展示出与人类相近的能力，于是人们对人工智能的信心开始崩塌。尽管科技界一直在稳步前进，投资人却没有了耐心，也失去了希望：既然很难指望在几十年内造出完全实用的机器人和足够智能的人工智能系统，对于这样的科研，他们不愿意再继续掏钱了。

美好承诺和实际收获之间能有这么大的差距，主要原因之一在于缺乏强大的运算性能的支持。人工智能的研究者借助摩尔定律做出了正确的推断：随着时间的推移，他们可以利用的运算性能会越来越强大。但是，直到20世纪80年代，计算机的运算性能仍然不足以让他们创造出像哈尔一样聪明的人工智能。

还有一个因素也许是时机不对。不知你是否同我一样清楚地记得20世纪70年代末经济上的那种“奄奄一息”，或者你在《70年代秀》（*That '70s Show*）[\[42\]](#)里刚刚听说过那段历史。那是一段需要勒紧裤腰带的时光，催生了一个新词叫“滞胀”（stagflation）——在经济停滞的同时疯狂地通货膨胀，还伴随着大面积失业，利润下跌，个人收入滞塞，利率猛涨。更糟糕的是，掩藏在经济的愁云惨雾之下的是石油危机和伊朗人质危机带来的政治震荡。20世纪70年代是出产灾难影片的年代，这并非单纯的巧合——就像20世纪50年代的人们热衷于硕大的原子能辐射改良番茄一样，20世纪70年代的大众文化里充斥着连续不断的轻度妄想狂。

捂紧钱袋的后果之一，便是那个十年成了太空项目大幅削减的十年。好吧，你已经登上月球好几次了，习惯了坐在沙滩车上兜兜风，打打高尔夫球，拍几张以深黑太空为背景的蓝色大理石般的地球的标志性照片，从月球上运回大量岩石……这一切之后，你还能弄点什么别的事情做做，取悦一下那些回到地球老家的家伙呢？

随着投资大幅削减和公众对登月的热情退潮，NASA取消了第18、19、20号阿波罗登月任务，集中精力发射天空实验室（Skylab）的太空

站。天空实验室自1973年发射上天之后，技术问题就层出不穷，最终如预计的那样，于1979年7月缓慢落回地球。虽然并非每天都有太空站从天而降，但这次的坠落似乎透出某种不祥之兆。

跟建造金字塔一样，太空探索其实需要人们将其设定为超长期的目标，并为之投入大量的精力。人工智能和机器人研究也是如此。在短期思维占据人心的情况下，个人计算机看上去前景光明得多。

第一个“AI之冬”自1980年开始解冻，这要部分归功于里根总统的“星球大战”战略防御计划。到1986年，美国已启动了40个项目，力求实现人工智能的商业化。计算语言学家杰瑞·卡普兰（他的人生轨迹是自他在1968年夏天把《2001：太空漫游》这部电影一口气看了6遍之后开始转变的）写了一个程序，让用户可以用人类的自然语言向人工智能提问。（在1980年的圣诞节假期，他在一台Apple II个人计算机上捣鼓出了这项丰功伟绩。）在此基础上，卡普兰与别人合作成立了TeKnowledge公司，其目标是提供能进行自主决策的人工智能系统，它具备人类业务专家那样的决策能力。他们的工作流程是：对不同领域的专家进行精细的高强度采访；建立数据库将他们的知识储存起来；完全参照专家处理专业问题的方式，写出一个以问题和逻辑为基础的计算机程序；最终创造出一个被称为“专家系统”的产品。你可以把他们的工作看成是在试图复制公司的CEO和财务专家的大脑。回想一下《飞出个未来》里那些装在瓶子里的脑袋，你就能有个大致的概念了。TeKnowledge公司的CEO宣布，用户如果使用专家系统，就不必再高价聘用人才，从而能“每年节约1个亿”。

Teknowledge的投资人绝大多数是财力雄厚的风险投资公司。专家系统赖以运转的工作站每台价值1.7万美元，整套安装成本则需5万~10万美元。但是根据《纽约时报》的科技记者约翰·马科夫的报道，卡普兰心知肚明，这套昂贵的TeKnowledge软件很可能在一台个人计算机上就能运行得很好，而且他也确实写了一个可以在个人计算机上运行的专家知识程序，同样是在圣诞节假期完成的。（马科夫含蓄地指出，卡普兰“不占大股”。）仅在一两周的时间里，卡普兰就创造出了一个可以运行专家系统的产品——当然专家系统从来也没完全达到公司宣传的效果——其售价只要80美元，而不是均价显示的8万美元。尽管TeKnowledge

看到了这个新产品的价值，但他们所不乐意的是，这个新产品从根本上破坏了公司的商业计划。于是卡普兰离开了。

随后，卡普兰加入了莲花公司（Lotus Development Corporation），在那儿他协助开发出了帮助个人计算机用户管理信息的数据库系统 Lotus Agenda。

在商业机会的诱惑下，许多像卡普兰这样的人工智能科学家都掉转船头，投身到计算机编程中，这个领域有时被称为智能增强。对某些人来说，这甚至意味着伦理上的抉择。

人工智能和智能增强各自真诚的信徒之间有一种近乎蔑视的敌意，这种敌意可以追溯到计算机时代到来之际诺伯特·维纳写的《控制论》。在智能增强的世界里，人类是掌控者，而计算机只是工具，用来帮助人类增长知识、精进技能，不会完全取代人类。这就像PC杂志的出版人所形容的那样，他感到个人计算机给他装上了“外挂大脑”。

另外，人工智能的研究者却坚持，真正了不起的创举是实现完全自动化的人工智能和技能，并把它们植入系统，代替人类工作。无论是送货无人机、工业机器人，还是无人驾驶汽车，莫不如此。（不过前面说过，今天的人工智能开发者强调他们的目标是让人工智能协助人类，和人类并肩工作，把人类从危险或重复的工作中解放出来。尽管人们有种种雄心抱负，比如在不用亮灯的工厂里生产产品，用无人驾驶的卡车把产品送入市场，用自动化的仓库储存产品，但原本存在分歧的人工智能和智能增强的研发目标在某种意义上正越来越趋向彼此交融。）

“SCMODS”：

《福禄双霸天》（*The Blues Brothers*，1980年）

当Bluesmobile因为闯红灯被命令靠边停车时，艾尔伍德（丹·阿克罗伊德饰）对杰克（约翰·贝鲁西饰）咕哝：“我打赌这些条子查过SCMODS——州郡市犯罪数据系统。”这个系统基于移动数据终端构建，它不是一台个人计算机，而是一个与警察局的主机相

连的车载“哑终端”。SCMODS确认艾尔伍德持有可疑驾照和56条违章驾驶记录，并在显示屏上闪烁指令“逮捕司机—扣留车辆”，于是引发了电影史上最伟大的飙车片段之一。

现代个人计算机的发展还有着童话般的色彩。IBM在硅谷被公认是“白雪公主”，而比它小得多的竞争对手被称为“七个小矮人”。IBM的成功至少部分归功于它一本正经、保守严肃的业务风格，因为这样能让客户感觉安全可靠。IBM的员工必须遵守一套严苛的着装法则，永远是白衬衣、黑西装。他们甚至还有一本公司歌曲簿。

截至1955年，全世界大约有250台计算机，每台价值百万美元。这些庞然大物往往要占据一座小型房屋的整层楼面空间，还频繁死机，故障原因常常在于它们的内部凹槽成了飞蛾温暖舒服的小巢。这个问题还催生了一个新的术语：computer bug（计算机故障）。

到了20世纪50年代后期，计算机内部的各种电子管被晶体管取代。晶体管比电子管小很多，性能也更加可靠，因而计算机在运转速度大大加快的同时，更加稳定，体积也大大缩小了。只要你乐意，你就可以弄一台主机放在你家客房里。

依据摩尔定律的预言，计算机会随着时间的推移变得越来越小、越来越快，其性能也会越来越强大。果然不出所料，到20世纪60年代末，某些计算机已经缩到了冰箱大小，人们给它们起了个绰号——“迷你计算机”（或微型计算机）。这个称呼还带动时装界使用“迷你”和“微型迷你裙”这样的字眼。DEC公司成了“迷你计算机界的IBM”，到1974年时，其年销售额已达10亿美元。他们继续研制越来越小的计算机。早在1973年，他们实际上已经开发出了接近个人计算机大小的计算机，但是他们没有意识到这些工作的重要性，也没想到投资它来赚大钱。后来还有另外一家公司重蹈覆辙。计算机科学家直到现在仍不时提起这家公司，语调中充满怀念之情，仿佛在追思亚瑟王的城堡或沉没在大西洋底的神秘岛屿亚特兰蒂斯。这家公司名叫施乐帕洛阿尔托研究中心

（Xerox Palo Alto Research Centre），它还有个更广为人知的简称——Xerox PARC（施乐帕克研究中心）。它是一个科技孵化企业，那里聚满了天才、高手和极富远见者。他们不断构想出（或是优化）绝妙的，当然也是最富有吸引力的个人计算机理念，包括采用窗口和图标的图形

用户界面（Graphical User Interface, GUI）[\[43\]](#)，以及一种叫作“鼠标”的装置。

1968年，科技先驱道格拉斯·恩格尔巴特（Douglas Engelbart）在一次于旧金山举办的计算机会议上首次演示了他发明的这个装置——用一块木头抠出来的世界上第一只鼠标。他的演示震撼了全场，那次演示后来也被称为“演示之母”。恩格尔巴特使用鼠标从文档上的一个位置直接跳到另一个位置、在文档之间切换、展开和折叠文字菜单——要知道当时的科技水平还只限于用电动打字设备往计算机中输入命令！观众全都目瞪口呆。然而事后观众并没有冲进他们的实验室一探究竟，研究如何使用鼠标，他们只是异口同声地惊叹了一声“哇！真酷！”，转头就把它忘掉了。只有一个人例外，他就是艾伦·凯（Alan Kay）。他见证了1968年的演示，后来成了施乐帕克的技术负责人。

在20世纪70年代，作为计算机巨人IBM的竞争对手之一，施乐将自己定位在“七个小矮人”之列。施乐的总部位于纽约罗切斯特，不过公司的研发团队认为最好把新的研发基地建在离总部远远的地方，这样他们招募来的那些才华横溢的年轻极客和黑客就能充分发挥聪明才智，不用受那些烦人的经理压制。

说到这里，你可能会产生一个疑问，为什么最有名气的个人计算机不是“施乐牌”？答案很简单：施乐对开发商业化产品不感兴趣。他们创造出了传奇性的、很像笔记本电脑的个人计算机Alto，他们也创造了计算机语言Smalltalk。这两者都堪称天才佳作，却从来没有变成商业化产品。

此外还有一个未必真实的传闻：帕克与位于罗切斯特的母公司之间的距离实在太远，这意味着负责开支票的高管从未参与过这些伟大创意的审批过程。看来他们也从未理解这些创意的伟大意义，除非某个创意能直接对他们的复印机业务产生影响。

施乐帕克真正做到的事情，就是将一些种子孵化，催到半熟，便让它们随风飘走，撒遍硅谷。这些种子就在那里落地生根，长成像苹果那样的公司。

1979年，史蒂夫·乔布斯访问了施乐帕克。作为接受施乐投资苹果

100万美元的交换条件，乔布斯提出让他们“解开和服”，好让他一睹为快，领略一番那些科技尤物的美丽风情。根据乔布斯传记中所述，“乔布斯兴奋得蹦来蹦去，激动万分地挥舞着胳膊……（他）不停地唠叨，不敢相信施乐公司竟然没有把技术商业化。‘你们坐在一个金矿上面！’他大声嚷嚷”，听上去像童话故事里一个聪明的主角一边絮絮叨叨，一边走进一个被严密把守的、装满了私密宝藏的城堡内室。故事里唯一缺少的就是一只独角兽了。最终，乔布斯把施乐帕克没能变成金钱的魔法尽可能多地融入了Macintosh。

要想搞懂计算机的体积是怎么从冰箱大小缩小到只有电话簿那么大的，我们得拐个弯，先去英特尔溜一圈。1969年，马西安·“台德”·霍夫（Marcian“Ted”Hoff）被要求为一款日本制造的便携式计算器开发芯片——计算器曾在高科技产品制造业占据重要地位，尽管只有短短几年。霍夫不愿意委屈他的微处理芯片，让它只能局限于帮人们做做算术，或是玩玩用数字构成的字母拼出“HELLO”这样的小把戏——那时候人们把计算器当成玩物，想出了许多有趣的玩法，这是其中之一。霍夫坚持要为计算机而不仅仅是为计算器开发微处理芯片，这非但令他的美国老板深感困惑，连他的日本客户也迷惑不解。幸运的是，他们都足够聪明，意识到霍夫正在做一件很棒的事。正是由于霍夫坚持要物超所值，1971年，Intel 4004计算机芯片诞生了。现在，计算机终于变成这么小，真的能放在书桌上使用了！

20世纪50年代军用计算机 被回收用于影视场景设计

从20世纪60年代末开始，许多电影和电视节目里频繁出现一台体形硕大的退役军用计算机IBM AN/FSQ-7，它的任务是扮演通用计算机。IBM AN/FSQ-7最早是为跟踪并拦截敌方轰炸机而制造的，后来它陆续在《天堂执法者》（*Hawaii Five-0*，1969年）、《傻瓜大闹科学城》（1973年）、《神探科伦坡》（1975年）、《太空堡垒卡拉狄加》（1979年），以及许许多多其他影视中亮相，其中还包括在《王牌大贱谍3》（2002年）中充当邪恶博士（Dr. Evil）的潜艇巢穴。这台计算机频繁的“客串亮相”给人们留下了一个印象：计算机就应该长这个样子——足有一间房子大小的巨型金属箱，上面布满了仪表和闪烁的指示灯。实际上，和20

世纪60年代末DEC公司的迷你计算机相比，或者和20世纪70年代初开始出现的早期个人计算机（比如Altair和Apple I）相比，AN/FSQ-7简直就是一头恐龙。

第一台使用芯片的个人计算机Altair 8800不是“白雪公主”开发出来的，也不是“七个小矮人”开发出来的。这家公司非常小，名叫微仪系统家用电子公司（Micro Instrumentation Telemetry Systems, MITS），位于美国新墨西哥州的阿尔布开克。该公司的老板爱德华·罗伯茨（Edward Roberts）曾经是一名空军军官。MITS公司成立之初的主要业务是以邮购方式销售飞机模型上用的无线电发射器，后来又转向制造计算器。他借用一个关了门的饭馆开了一个路边店。饭馆的名字叫“魔力三明治商店”，这个店标直到现在还挂在商店正面的墙上。

通过研发Altair，罗伯茨把他公司的电子技术推上了一个新台阶。“Altair”是一颗行星的名字^[44]，《星际迷航》里的“进取号”飞船就拜访过这颗行星。公司为Altair设定的使用场景并不是在商务场合，而是在家中供那些“发烧友”使用。1971年的时候，“发烧友”指的并不是那些沉迷于用胶水拼凑老式飞机或建造极其复杂的铁路模型的家伙，而是我们现在所称的“黑客”。他们痴迷于计算机不为别的，就是单纯出于热爱。外形小巧、成本低廉的Altair提供给他们运算性能与20世纪50年代的庞然大物等同，价格却不到700美元。那时候Altair还没有任何应用程序，不过，它其实根本不用配备，黑客们会操心这件事的。

西雅图有一位年轻的黑客，名叫比尔·盖茨。当他还是一个16岁的高中生时，DEC就雇用他为公司的迷你计算机查找程序故障。根据一本科技史所述，盖茨“只要在一个终端上敲出14个字符，就能让整个[DEC]TOPS-10操作系统对他屈膝称臣”。盖茨和他的伙伴保罗·艾伦一起写出了可用于Altair的BASIC程序，这是他们两个人合伙成立公司后做成的第一单生意。他们把自己的公司命名为“微型软件”（Micro-Soft）^[45]。

一群特殊的发烧友抓住了价格低廉、体积小巧，而功能强大的Altair带来的机会。从1975年起，他们聚在一起，交流互通关于迷你计

算机的信息和创意，造出酷炫的玩物相互显摆。他们自称为“家酿计算机俱乐部”（Homebrew Computer Club）。这是一个松散的联盟，成员受20世纪60年代旧金山反主流文化的影响，自诩为颠覆分子，并且相信计算机业要民主化，或者，用他们自己的话说，要“为人民造计算机”。他们钻研计算机，无心追逐利润，而纯粹是为了乐趣。

根据俱乐部成员史蒂夫·沃兹尼亚克（Steve Wozniak）的说法，“俱乐部的主题是‘助人为乐’。苹果的Apple I 和Apple II 都是严格基于业余爱好而设计的，只是为了满足兴趣，无意成为一家公司的产品。把它们变成实物，只是为了在俱乐部不定时的‘体验期’把它们带过来，放在桌子上，显摆一番——看！它用的芯片特别少哦！它有一个显示屏！你可以在上面打字！那时，个人计算机的键盘和显示屏还很不完善，所以我们对着俱乐部的其他成员大炫特炫。Apple I 的原理图被随意传看，我甚至还直接到别人家里去，帮他们组装一台自己的计算机”。

后来，俱乐部的成员从30名发展到100多名，他们中的绝大多数都是来自硅谷各大公司的技术人士。沃兹尼亚克在惠普公司任工程师，而另一个发烧友，也就是沃兹尼亚克的高中好友史蒂夫·乔布斯，当时在电子游戏公司雅达利（Atari）上班。这家公司是电子游戏《乓》（Pong）和《太空侵略者》（Space Invaders）的出品人。乔布斯经常在夜里把沃兹尼亚克偷偷带进雅达利的工厂，不需要投游戏币就能痛痛快快地玩游戏。他们从玩游戏的两台机器上渐渐领悟出个人计算机应当长什么模样。

沃兹尼亚克写过，就游戏而言，“你需要声音——球击中砖块的时候，‘乓！’；丢球的时候，‘呃——’……所以我加了一个扬声器……这些后来都成了个人计算机的基本配置，那个时候就琢磨出来了。我们并不是第一个给计算机配备键盘和视频输出的，不过我们紧随其后……我们做出了第一个内置盒式端口，这样你就能用便宜的盒式记录器装载和储存程序。实际上我们那时就已经开始为后来人们所知的低成本个人计算机配置奠定标准了”。

对于沃兹尼亚克和乔布斯来说，这种在1975年搞出来、一开始只为了在俱乐部里显摆给别人看的东西，很快变成了严肃认真的业务。乔布斯想要开一家和雅达利一样成功的公司，于是不断对着沃兹尼亚克唠叨，让他放弃在惠普的全职工作。苹果成立之初，曾有一家广告公司建

议他们把公司名字改得高科技味儿浓一点，他们拒绝了。想想IBM后来花了多少广告费，借助“小流浪汉”来打造亲民的形象，苹果坚持采用这个被沃兹尼亚克评价为“友好、健康、有个性”的名称，这一举动实在太英明了。

从家酿计算机俱乐部成立起不到十年的时间里，乔布斯就让第一台苹果Macintosh诞生到了这个世界上。在发布会上，他用计算机图形拼出草书体的“insanely good computers”（“好得发疯的计算机”），震撼了全场观众。Mac还用机械化的声音（现在听起来跟斯蒂芬·霍金的合成语音惊人相似）进一步介绍乔布斯是“那个对我来说如父亲一般的人”。

奇怪的是，尽管苹果和IBM 5150一样同属个人计算机，“PC”这个缩略语却很快成了IBM品牌的专属名词，后来又被用来称呼任何使用MS DOS操作系统的台式计算机。苹果的台式机从1984年第一台Macintosh面世起就以“Mac”为名，因而最终形成了“Mac vs PC”的阵势。

IBM PC是在1981年推出的。IBM当时组建了一支12人团队，火烧火燎又神秘地忙碌了一阵子，终于以破纪录的速度推出了IBM品牌的个人计算机，加装的是比尔·盖茨的微软公司编写的操作系统PC DOS（在IBM以外的其他品牌计算机上则称为MS DOS）。微软那时已去掉了英文名称Micro-Soft中间的连字符，变成了Microsoft。根据盖茨的说法，开发一款新的IBM产品通常至少需要4年的时间，但由于市场上已经涌现出Apple II，“七个小矮人”也在市场上推出了许多不同型号的个人计算机，IBM明白，自己必须迅速行动才能保持竞争力。有一本书名叫《硅谷之火：个人计算机的生与死》（*Fire in the Valley: The Birth and Death of the Personal Computer*），讲述了个人计算机的诞生和发展史。书中提到IBM当时推出的机器是这样的：

.....立足于当时的行业来看，它平平无奇.....（Sol和Osborne个人计算机的）发明者李·费尔森斯坦（Lee Felsenstein）弄到了一台IBM首批供货的个人计算机，在家酿计算机俱乐部的一次聚会上把它打开。“我很吃惊，因为我发现里面的芯片我都认识。”他说，“那里面没有我不认识的芯片.....IBM一直固守自己的王国，然而这次他们竟然用一般人都能弄到的零部件来搭建产品。”

IBM推出的首批个人计算机虽然毫无创意可言，但它仍然颠覆了市场。原因很简单：它是IBM。这个品牌本身就象征着稳如磐石的可靠性。它一出现，那些不懂技术的普通消费者手上的产品选购目录立马就变了。它也为软件开发者们提供了机会，这些人写出了无数可以在新系统上运行的应用程序。苹果公司在1981年做了一个广告，打出大字标题：“欢迎IBM。这可是认真的”。这仿佛是为了提醒那些想买个人计算机的消费者——别忘了，Apple II才是头一个推向市场的产品哦！

在“AI之冬”出现的另外两项技术也值得一提。其中之一是不太起眼的银行自动取款机（ATM）。如今，人们几乎已经忘记了，ATM是最先被计算机化的一种日用设备，并且绝大多数人都使用过。

现在提到ATM，我们已经不会再把它看成什么高科技的突破性产品了，但在我自己列出的清单上，它是“1956—1986年最伟大的发明”之一。如果你认为这太夸张了，我不妨邀请你和我一起乘上时光机，回到1976年前后，在某个银行的分行门口排一次漫无尽头的长队，只为兑现一张支票。整个午饭时间，你都得站在队伍里傻等。你说，要么下班后再来？祝你好运！20世纪70年代的银行基本上都是上午10点才开门，下午3点就打烩了。在那个年代，银行里只有书写潦草的存款单、饱受挫折的顾客、暴躁而且任性的柜员——他们固执地拒绝兑现你的支票，仅仅因为他们有这个权利。那时的个人服务真的是太糟糕了，而且极不方便。

第一台ATM是于1960年推出的Bankograph。不过，人们不信任它，哪怕它能吐出一张存款单的打印照片作为收条。按Bankograph的发明者卢瑟·西米扬（Luther Simjian）的说法：“只有妓女和赌棍肯碰这种机器，因为他们不想与柜员面对面。可是他们人数又不够多，不足以让人看到这种机器的投资价值。”

ATM一直没能引起人们的注意，直到1977年，纽约遭遇了一场“完美风暴”^[46]。这场风暴确实“完美”。当时，花旗银行刚刚投资了1亿美元，在整个纽约市安装ATM；与此同时，一场超大的暴风雪往纽约全

城倾注了足有17英寸^[47]厚的雪，让整个城市（包括银行）关门停运了好几天。纽约人不得不鼓起勇气，顶风冒雪走上街头，从ATM里取钱。没想到，花旗银行的无心插柳竟成了一个相当绝妙的公关契机，因为它向人们凸显了一个事实：你现在随时都能取到钱，根本不用关心银行什么时候开门，也不用再去搭理那些态度恶劣的柜员了。银行的广告公司借势充分发挥，打出大幅广告标语：“花旗从不睡觉”（Citi Never Sleeps），还配上了纽约人在暴风雪中艰难跋涉的照片。

另外一项新技术出现于20世纪80年代，几经进化，现已成为人工智能领域的一名主角，它就是移动电话。手持电话技术的出现距今已有几十年，原型机早在1973年就由摩托罗拉开发出来了。我们现在熟悉的“手机”，从前被叫作“蜂窝电话”，因为它使用蜂窝技术传输信号，最早于1983年在美国出现，当时只作为车载电话使用。

蜂窝电话在我的广告文案写手生涯中扮演过重要角色。我的第一单生意，就是为第一个在加拿大销售的蜂窝电话网络编制一套直邮方案。这是那个曾经对我的腿妄发议论的奥美公司创意总监给我的美差。尽管他是个搞性别歧视的混账，不过作为客户还算不错。

和个人计算机一样，我在真正拥有一部蜂窝电话之前，已经写了好几年关于蜂窝电话的广告。等到iPhone和其他智能手机大量涌现时，又已经过去了几十年。用卡内基梅隆大学的机器人学教授克里斯·阿特克森（Chris Atkeson）的话来说，“智能手机就相当于机器人的头，我们现在正试着给它装上胳膊和腿”。在本书的第七章中，我们还会提到这位教授。

在回到机器人和人工智能的世界之前，我们还是再去看一眼1986年的我。那次银行贷款到手以后，我去买下了属于自己的Zenith PC，结果发现它完全是一颗酸柠檬^[48]。它频繁崩溃，逼得我一趟又一趟跑去店里送修，最后干脆换了一台。

过了不到一年，我又有了一台Macintosh Plus。对我来说这是必需品，因为我要直接与平面设计师一起工作，而他们早已全部从手工设计

转向了Mac。那时，Mac和PC尚不兼容，我得同时配备两个系统，以便应对不同的合作伙伴。

转而使用Macintosh的时候，我的生活也恰好发生了转折。我和男友罗恩结婚了，还有了一个宝宝，并且把家搬到了北极分水岭以北的一个淘金小镇，位于多伦多往北大约500英里的地方。但我继续做自由职业，我的主要客户分布在多伦多、蒙特利尔和旧金山。在那个时代，像我这样的普通人还没有机会接触互联网或电子邮件。我通过一只“猫”（modem，调制解调器）向客户交付作品，还和安大略东北部唯一的理光传真机修理工建立了业务往来。安大略东北部是一片广袤的荒原，面积足有得克萨斯和蒙大拿两个州加一块儿那么大。我们镇上的苹果经销店给自己取名“银翼杀手”，因为店主还有一个副业是卖猎刀。1994年，我们搬回了多伦多，恰好是在万维网、电子邮件和Windows 95操作系统已经或即将进入社会生活的时候。

那时，个人计算机已经成了普通商品，而IBM也只是市场上众多基于Windows操作系统的个人计算机品牌之一。消费者对技术本身已深感放心，不再依赖IBM品牌提供的踏实感。短短几年内，个人计算机不仅完全改变了人们的工作环境，也改变了办公室以外的世界。被台式计算机取代的工作岗位不胜枚举，包括打字员、印刷工、信差，还有多琳那样的秘书。《时代周刊》曾保证会来的新世界，终于到来了。

2005年，IBM将其笔记本品牌ThinkPad生产线卖给了一家中国计算机制造商——联想（Lenovo），把这个领域拱手让给竞争对手，自己则再次投身于企业级系统的研制。经过这么些年，虽然IBM已不再是家喻户晓的个人计算机品牌，我还是经常会发现自己处于一片亚光黑的ThinkPad丛林中，因为我的企业客户对它热忱依旧；而我俨然《欲望都市》里的凯莉·布拉德肖，带着我高贵典雅的银色MacBook Pro置身其中，卓然不群。会议桌的两边宛如“玩创意的”和“玩数字的”两大部落在上演品牌忠诚度对抗赛。IBM的人工智能系统“沃森”（Watson）现在是一个能玩竞技游戏的隐形大脑，它的颠覆意义可能比第一代IBM PC还要大，因为它让我们离一个新的梦想——能思考和学习的真正意义上的智能机器——更近了一步。

“小流浪汉”不再行走在我们当中，而“一个摩登时代的工具”[\[49\]](#)很久以前就被一个单词取代，这就是“THINK”（思考）——又回到了IBM

早在20世纪五六十年代就写下的箴言。

我的书桌上放着一个老式的IBM THINK标志牌。当我在Mac上处理文字和图形时，它会让我想起Mac的创始人在30年前提出的一个口号：非同凡想（Think Different）[\[50\]](#)。

电子音乐（Electronica）、合成器音乐（Synth）和科技流行音乐（TechnoPop）

20世纪八九十年代，在像机器人一般发声的电子流行音乐中，围绕计算机这个主题创作的歌曲越来越多。德国乐队Kraftwerk在1981年录制了专辑《计算机世界》（*Computerwelt*），其中包括《口袋计算器》（*Taschenrechner*）、《数字》（*Nummern*）、《家中计算机》（*Heimcomputer*）以及《计算更有趣》（*It's More Fun to Compute*）等歌曲。1978年，穿着黄色连体衣的工业朋克乐队Devo现身《周六夜现场》（*Saturday Night Live*），用生硬的机械风格重新演绎了滚石乐队的名曲Satisfaction，听上去就像是一台计算机（或一个机器人）在演唱。托马斯·杜比（Thomas Dolby）在1982年发行的专辑《无线的黄金时代》（*The Golden Age of Wireless*）里最火的一首歌是复古朋克风的《她用科学蒙蔽了我的眼》（*She Blinded Me with Science*）。

第四章 棋逢对手

2018

比如我，就挺欢迎这位新的计算机霸主。

——在《危险边缘》IBM挑战赛最后一轮的决赛中
肯·詹宁斯匆匆书写的答案

我已经在脸书（Facebook）上消磨了两个多钟头了，一直在玩我最喜欢的单词游戏。经常跟我一起玩对手桑德拉迟迟没接下一步。真搞不懂，她智能手机、平板电脑、笔记本电脑一应俱全，还有什么必要离线。还好这款游戏应用考虑周到，设置了一个机器人专门陪落单的人玩。她不在的时候，我只好找机器人过过瘾。于是我把难度等级设置为“10”，选择美语字典，宣布开战。

开局第一步，我填“peeve”，得14分。机器人回应“wedgy”，得30分。我用一个14分的“berm”反击。出乎我的意料，机器人只弱弱地回应了一个“wows”，得17分。发现机器人很不明智地漏了一个三倍单词分机会给我之后，我抓紧时机拼了个“six”，得30分。机器人回敬我一个高达44分的“quarto”。我不甘落后，投机取巧地利用“quarto”里的字母“u”和“a”拼出“me”“um”和“ae”，得到22分。

机器人施展算法能拿得出的最大本领进行回击，抠出一个在人类当中只有最孤僻的书呆子才会知道的单词“thecae”，得28分。到了这时候，我的思路就开始滑坡了。两个回合之后，机器人给了我致命一击，拼出一个“pennate”，得28分，我崩溃了。机器人走完了它的最后一步，用高出72分的成绩狠狠地羞辱了我。我几乎能看到它虚拟的脸蛋上扬扬

得意的笑容。

机器人能即时搜检到所有标准词典中的每一个英语（以及好几种其他语言）单词。而我能仰仗的只有一颗人类的大脑，尽管受过高等教育的磨炼和单词游戏的训练，但也已饱受磨损——无数个周末的夜晚，我一边啖着黑品诺葡萄酒，一边任由斯普林斯汀（Springsteen）通过我那对在20世纪70年代已属极品的梅萨立体声音箱尽情轰炸我的脑袋。就像过去20年中在我的地下室里堆积起来的那些过时的iMacs和MacBooks一样，我脑子里的操作系统早已老旧不堪，我勉强才能将之启动。

但机器人也不会一直赢，偶尔我也能打败它，而且比它高出足足100分。这是怎么做到的呢？因为机器人在每个回合中都一成不变地挑选那些能得最高分的词，而忽略一个事实：它有时会为我创造三倍单词分的机会，让我轻松获得高分。机器人没有策略，没有直觉，没有灵魂。

然而，偶尔得来的胜利让我萌生了一个疑问：究竟是我戏弄了机器人，还是机器人在故意耍弄我呢？也许它只是时不时地输上几回，好让我产生在和真人玩的错觉？它的程序会不会正是这样安排的：它有时必须表现得像是没睡好、紧张不安，或者因为心爱的西高地白梗不舒服而心神不宁，就像我的朋友桑德拉平时表现的那样？

机器人不只是在跟我玩游戏，它同时还在学习，以认知我在压力下拼词能有多快、我在下午获得的分数是否会因大脑疲倦而下降，以及它需要连续打击我多少次我才肯举手投降。之后，它就能把从我这儿学到的东西用在别人身上。这很重要，因为人工智能只是算法，无法感知人类的处境。它们不是玩着“扭扭乐”或纸牌游戏长大的，也没有在玩“大富翁”的时候被姐姐连赢十次而大发脾气的经历。如果人工智能驱动的机器人将来要和我们一起工作和娱乐，它们就需要理解人类智能存在的恶习、怪癖、差距乃至力量。（啊，是的，我们的头脑的确还是有点力量的。）现在，人工智能认知我们的唯一渠道，正是我们消耗时间日益增多的地方——网络。游戏应用、社交媒体、YouTube视频，这些都成了教人工智能“如何理解人类”的“傻瓜教程”。

与孩子们“寓教于乐”的方式相似，人工智能通过玩游戏帮助机器人获得在我们这个疯狂且变幻莫测的世界里畅通无阻的方法。有一个绝佳

的地方可以让你看到这一切都在成真——匹兹堡，一个遍地是吊桥、油炸泡菜、优步（Uber）无人驾驶汽车的城市。这里有世界顶尖的机器人研究中心，甚至连机场都有一个机器人修理店。

我和老公罗恩一起去过这个地方。罗恩堪称我的第二双眼睛和耳朵。他带我拜访了卡内基梅隆大学机器人名人堂，还观看了一个名叫“冷扑大师”（Libratus）的机器人如何学会从骗局中挖掘真相，一举击溃4名职业扑克玩家。我们还在路上碰到了一辆在匹兹堡大学附近游来荡去的福特Fusion^[51]，它车顶的激光雷达（LIDAR）不停旋转，很像高特和克拉图所乘飞碟顶上的圆泡泡。令人沮丧的是，我们一次也没能坐上无人驾驶汽车。我们招来的每一辆优步车都有司机，说得更精准一点，都有女司机。实际上，无人驾驶的优步车都是有司机的，该州法律要求车内必须配备“安全司机”，以防汽车出现意外——届时必然需要一个碳基生命体接管汽车并提供援助。我向一位优步司机询问，她对无人驾驶汽车的看法如何。她嗤之以鼻：“我永远也不会去坐那玩意儿。有一次，优步的老板到匹兹堡来，正好坐我的车，我对他说：‘我猜你正想着让我失业。’他说：‘至少十年内不会。’”

我说：“卡内基梅隆大学的一个机器人专家告诉我们，他们到这儿来，是为了研究自动驾驶汽车怎么过桥，这是一个大问题。”

女司机又嗤了一声：“这个城市除了桥就没别的。”

这确实是优步把它的先进技术中心（Advanced Technology Center）放在匹兹堡的一大原因。这个城市一共有446座桥（包括一座明黄色的吊桥，以这个城市的宠儿安迪·沃霍尔的名字命名），它们优雅地横跨在三条主要河流和诸多山谷沟壑之上，托起川流不息的车流。对自动驾驶汽车来说，匹兹堡看上去一定像一盘巨大的吃豆子游戏，不过它们要学会的不是如何机智地吃掉樱桃和小鬼，而是学会如何在匹兹堡变化莫测的车流、施工现场和天气中顺利穿梭。

除了自动驾驶汽车，其他各种各样的人工智能机器人都得学习如何在一个变动不居、不合逻辑的世界里迅速做出决定。你和我随时随地都在承担经过精确计算的风险，包括是否要在红绿灯切换的当口抢时间通过繁忙的路口，是否应当对一个喋喋不休的陌生人冷漠地耸耸肩然后走开，或者是否应当信任一个声称我们穿红色“看起来棒极了”的销售员。

不管是什么，我们都要使用大量的脑力，在我们自己都可能没意识到的某些线索基础上，分分钟做出决定，这是一种被称为“执行功能”的智能。在我们的头脑深处，我们其实非常清楚：汽车可能会闯红灯，陌生人会是危险的，销售人员有时要说谎。我们知道不能只相信自己在表面上看到的和听到的。要在真实的（与虚拟相对的）世界里发挥功用，人工智能就要有能力采取与我们相同的思维方式，从而能在没有足够数据支撑、没有完全把握的情况下，做出抉择。这种决策可以用另外一个词来表示——“博弈”（gambling）。要想让一个人工智能学会如何排除干扰、出奇制胜，就让它实打实地面对4名专业玩家，真金实银地玩上12万手一对一无限注德州扑克。还有比这更好的办法吗？

今天是人脑对人工智能竞赛的开场第一天，比赛地点在大河赌场（Rivers Casino），就在卡内基梅隆博物馆的隔壁。“机器人世界”（Roboworld）和“机器人名人堂”都在这个博物馆里，对我这样的机器人迷来说，当然非去不可。我不仅在这里见到了高特，还见到了《禁忌星球》里的罗比、《迷失太空》里威尔·罗宾逊的机器人B-9，以及R2-D2和C-3PO。哈尔令人深感失落，因为它看上去活像一台廉价汽车旅馆里的空调。不过，你在想到它的时候，恐怕也没法给它赋予一个具体的模样吧？人类已经习惯了通过Siri、Alexa或其他没有具体形象的数字助理的声音与人工智能交互。这样一来，要展示哈尔，更好的办法也许是循环播放由道格拉斯·雷恩配音的哈尔最佳台词片段，或者播放它含含糊糊唱的《黛西·贝尔》。

大众文化里的机器人都被按其实际尺寸制作出来，放在各自的展示间里，而那些真实的机器人，包括老爸的朋友尤尼梅特，却只在“名人墙”上用复制品展示一下。“机器人世界”的剩余空间里摆满了正在工作的机器人（嗯，大多数在工作，有一些因故障而停止工作了）。这儿有能填写处方的机器人、能绘制抽象画的机器人、能跟着你的面部表情做出感情反应的机器人，还有一旦发现你堵了它的路，会厉声要求你让路的机器人。我最喜欢的是打篮球的机器人“霍普斯”（Hoops）。它是一个工业机器人，通体亮橙色，有叉车一样的手臂，显然是尤尼梅特的后代。它的周围装有一圈隔离网，以防观众被它撞倒，或者被它铲起扔到篮筐里去。

霍普斯曾经在厂里工作，负责焊接车身。现在它已经被重新编程，投篮命中率达到了98%。霍普斯没有那些更先进的机器人人才具备的传感

器，所以它要用钳子般的手臂在四周触摸试探，定位地板上或掉进槽沟里的篮球。它每找到一个球，就会把它铲起来，举过头顶（在我的想象中，假如霍普斯有头的话，那儿该是头的位置），投球进网。然后它的手臂会旋转、倾斜，做出一连串动作，看上去很像胜利者的庆祝舞蹈。创制霍普斯的部分用意（除了娱乐价值以外）是展示制造业机器人多么擅长重复性工作。在观看了几分钟霍普斯的精准投篮和表示开心的手舞足蹈之后，你不可能忽略这个笨重的橙色大家伙身上那股诡异的可爱劲儿。霍普斯自1996年起就在“机器人世界”和博物馆的路演中表演投篮了。按2018年的标准来看，它只是一个十分简单的、被设定好程序的机器人，只会玩一种游戏，而且有明确的输赢结果，剩下的只是一遍遍的重复。但是，你稍加思索就会发现，NBA的天价奇才所做的事也不过如此。要研究机器人是如何学习的，这也是一个很不错的方式。人们通过编程让霍普斯去做它该做的事，这和你给计算机编程一样。虽然霍普斯的动作看上去很像一个真人在篮球场上运动，但机器人并没有思想。更先进的机器人确实能通过模仿进行学习，尽管听起来有点诡异。这是在“AI之冬”之后出现的一个事实。我们当中有些人因而相信，机器人正在变成体形硕大而不服管教的硅基少年，最终将背叛它们的人类父母，偷他们的汽车钥匙，并把他们变成生物电池，就像《黑客帝国》里发生的那样。不过，我们还不用担心霍普斯这类思维单一的老式机器人。

我在博物馆的纪念品商店里搜寻，想买一件印有霍普斯的T恤，但是没找着。（博物馆很棒，商品却令人失望。）既然口袋里的钱没花掉，我们便顺着俄亥俄河岸边的小路信步向前，跨越三座优步汽车不知道该怎么通过的桥，去名副其实的大河赌场。这趟徒步行程不长，却把我们带入了一个与温馨友好、适宜家人同乐的“机器人世界”截然不同的场所。

赌场内乌烟瘴气，恍如另一个世界。它像一个霓虹闪耀的大教堂，里面满是身着休闲装的“祷告者”，正鬼鬼祟祟、躬身缩背地趴在圣龛似的老虎机上。老虎机数量极多，上面印的花样也五花八门，从《泰坦尼克号》里的凯特·温斯莱特到《哈利·波特》和《小马宝莉》里的各种角色。连横贯赌场中央的长长吧台，也在每张高脚凳前放着一台游戏机。赌场里到处都贴着告示，上面写着：如有赌博问题，请致电I-800-Gambling。

要是你在一月上旬的某个星期三下午的正点儿出现在赌场里，恐怕很难让人相信你这人没有“赌博问题”。眼神空洞的赌客趴在“独臂大盗”的阴影里埋头苦干，他们看上去也不像是来找乐子的。这些人是不是有问题，答案其实一目了然。

“要不我们也玩几把？”我对罗恩建议。我主要是想起了钱包里那些本来准备买机器人纪念品却没花出去的现金，也想起了我俩度蜜月时，我曾在萨尔兹堡的赌场里赢了一大堆钱（后来又输掉了）。我的人类大脑只记得赢到过巨款，那为什么不再试试运气呢？

不过，罗恩运用他那颗大脑的执行功能对我们银行账户的风险进行了一番计算，然后温柔地把我从老虎机旁边拉走了：“我们去找玩扑克的房间吧，好不好？”

我们找到玩扑克的房间时，发现人类大脑对战人工智能的比赛已经开始了。比赛对阵双方是4位人类冠军和1个婴儿（姑且称之）——名叫“冷扑大师”的人工智能。和霍普斯一样，人们设计冷扑大师的目的也十分单纯：在一对一无限注德州扑克竞技中胜出。冷扑大师之前还从来没有跟真人打过牌，更别说同时对阵4名真人了。它没有模仿人类专家的实战经验（20世纪80年代Teknowledge的专家系统是那么做的）去玩扑克，而是运用自身算法去分析人类对手是怎么玩这种游戏的。它甚至懂得如何虚张声势。冷扑大师还有一点跟人类玩家一样：它会在夜间养精蓄锐，恢复精神，顺便分析一下白天的牌局，以提高玩牌技巧，而它的对手们在那时全然处于离线状态（也可称之为“睡眠中”）。

一个会玩德州扑克的人工智能长什么样？它会观察对手的眼睛寻找“泄露的天机”吗？它会出虚招玩骗术吗？我们期待看到的是ESPN的《扑克之星》里的那种场景——玩家头戴棒球帽，眼神坚毅冷峻，坐在一张用科林斯皮革制成的奢华的俱乐部椅子上，旁边是铺着绿毛毡的牌桌，还是电影《两杆大烟枪》里那种高赌注牌局——一帮英国恶棍聚在拳击场中间的一张桌子边，喝着苏格兰威士忌，抽着雪茄，豪赌五十万美元，场内回响着The Castaways乐队的老歌。

这次人脑对人工智能的比赛根本没有那么激动人心的场面。冷扑大师和它的四个真人对手在个人计算机上玩牌，他们的牌被投影到他们身后的屏幕上，一群观众正围着看。不远处，赌场的常客们一如既往地玩

着扑克，对他们身边正在发生的这场将被载入史册的人机大赛漠然置之。整场比赛要持续二十天。

在2015年举办的首场人脑对人工智能比赛中，卡内基梅隆大学的人工智能“克劳迪科”（Claudico）输给了真人玩家——尽管从统计学角度上说，比赛实际打成了平局。不管怎么说，克劳迪科那次没能一炮打响，因而这次的比赛暗藏个人雄心：CMU的计算机科学家下定决心要抢先造出一台能打败四个无限注德州扑克职业玩家的超级计算机。极客和赌徒都嗅到了赛场上实实在在的紧张气氛，以及从赌场另一边飘来的浓浓香烟味儿。

冷扑大师的渊源可以追溯到IBM的国际象棋超级计算机玩家“深蓝”（DeepBlue）。1996年，深蓝曾在费城与国际象棋大师加里·卡斯帕罗夫（Garry Kasparov）对弈，一年后双方又在纽约再次对阵。自那次著名比赛以来，以国际象棋为代表的游戏成了人们拿来衡量人工智能是否能匹敌人类智能水平的基本测试手段。如今，超级计算机能够在国际象棋比赛上战胜真人，这似乎已经成了一个无可辩驳的事实。不过，在20年之前，这还没有那么显而易见。

《战争游戏》（1983年）

由马修·布罗德里克扮演的一名中学生为了修改考试成绩，通过一台拨号上网的调制解调器黑进了一台计算机（类似他五年后在另一部电影《春天不是读书天》里扮演的角色），结果竟与一台军用超级计算机展开了一场真实世界中的核死亡竞赛，导致近乎灾难的结果。如果有一台计算机问你：“我们来玩个游戏？”你不要提议玩“全球热核大战”，千万不要。

当时人们普遍看好IBM。IBM在人工智能领域做了开创性的工作，却一度在1959年放弃了对人工智能的研究。这可能是出于一种担心——如果人工智能被归为破坏就业机会的技术的话，公司的声誉将受到损害。然而，到了20世纪80年代后期，当时还是新生事物的互联网日渐强

大，带来的业务机会与日俱增，这一形势越发明朗。于是，IBM又想反身入局。他们创造了深蓝，用于证明人工智能可以使“像真人一样的机器智能”成为现实，而IBM能够提供人工智能。现在他们只差一个聪明到能跟一台超级计算机进行智力竞赛的人类对手了。

若问有谁能满足这个要求，自然非加里·卡斯帕罗夫莫属。他不单单被视为他本人所处时代最伟大的国际象棋大师，更被视为有史以来最伟大的国际象棋大师。大师心情愉悦地接受了IBM的挑战，显然是把那次比赛当成了一场友谊赛，旨在助推计算机科学研究。换句话说，他并没有把深蓝看作一个严肃的对手。

卡斯帕罗夫赢了费城的比赛，应验了他之前自信满满的预言。他在为《时代周刊》写的一篇文章里解释道，深蓝缺乏一种或许应被称为“直觉”的能力，而这个缺陷抵消了它强大的运算性能。在深蓝“毫无瑕疵地”走棋并赢得了第一场比赛后，卡斯帕罗夫利用计算机本身的僵化定势战胜了它：

.....在后面五局比赛中，我全神贯注，力求避免给计算机提供任何可进行计算的具体目标；如果它找不到办法来得子，比如进攻‘国王’或实施程序既定的某个优先着数，计算机就会变得飘忽不定，陷入困局。说到底，这或许才是我最大的优势：我能察觉它的优先棋着并调整我的走棋，它却没法用同样手段对付我。因此我认为，虽然我确实看到了某些智能的迹象，但这种智能仍是奇怪的，既不充分也不灵活。这让我相信，我还有几年好混。

事实上还不到一年，卡斯帕罗夫就和深蓝的升级版面对面了。这一版本的官方名称叫“更深的蓝”（Deeper Blue）。IBM几经寻求，得到一位曾与卡斯帕罗夫打成平手的美国大师的帮助。他们对计算机进行了编程，让它的行为更接近真人棋手，能够根据对手的走棋调整自己的策略。卡斯帕罗夫同意于1997年5月在纽约与之再战，但否决了IBM提出的70万美元奖金可以赢家和输家六四分成的提议。他坚持赢的一方应该

得到全额奖金。对于这次对弈，人们不再抱有“友谊赛”的幻想。相反，它被夸张成如拳击赛一般紧张激烈。IBM的“小流浪汉”那张友善的人类面孔早已消失得无影无踪。纽约城里四处张贴着海报，上面的图片是对卡斯帕罗夫犀利的眼神的特写，下方是一行大字标题：“怎么才能让计算机眨一下眼睛？”

我对这场对弈记忆犹新。那是当年的媒体大事件，在新旧世纪之交的那两三年里，一直在科技新闻版面占有一席之地。“千禧年”（Y2K）的焦虑情绪蔓延甚广。社会上还出现了这样的预言，宛如20世纪50年代核恐惧的回音：在短短三年之内，所谓的“千禧年问题”会终结这个世界，正如我们所知道的那样。这个问题其实特别简单，甚至称得上愚蠢：自计算机时代到来之初，计算机中的年份就是用两位数表达的，而不是四位数（例如：1999年用“99”表示，而非“1999”），这意味着2000年会被显示为“00”，从而变成了1900年。对计算机来说，时间似乎往回跳了一个世纪，这会让它们基于逻辑的处理器陷入哈尔式的混乱。所有的计算机（从个人台式机，到银行和政府的系统，再到控制电、水、军事防御的网络）都会在午夜时分同时崩溃。电网会停电，城市将陷入黑暗，电子邮件和电话将无法接收，飞机会从天上掉下来。一夜之间，我们将发现自己在一场数字化世界末日大决战的废墟里无助地爬行。这些末日预言不仅导致成群结队的活命主义者大量囤积水、食品和黄金，还给程序员造成了大量的工作。他们为了修复问题和时间展开了赛跑。随着时钟“嘀嗒、嘀嗒”地走向2000年，很多技术员都成功致富了。

我本人其实也从千禧年焦虑症中获得了收益，我接到了有史以来最愉快的业务——为某个大企业客户编写漫画书。他们想用一个简明易懂的方式唤起下属分支机构对总部要求的关注：必须采用标准化的、符合千禧年要求的计算机平台。我的漫画书与另一本措辞严厉的备忘录截然不同，它讲述了一个名叫“标准小伙”的超级英雄和他有趣的冒险经历。他能飞进你的部门，为你解决与千禧年相关的问题，使用的正是那时被普遍忽视了的令人厌烦的程序步骤。（漫画书推出得十分及时，反响热烈。感谢这本书，让我的客户平稳渡过了千禧年难关。）

在这些技术新闻的愁云惨雾当中，卡斯帕罗夫与深蓝的对弈对人类而言真像一个救生圈。千禧年问题已经显示出计算机根本没有那么聪明——没有人类的干预，它们自己连一个日期都更改不了！那时，根本没有几个人相信深蓝能战胜才华绝顶的卡斯帕罗夫。

为了重温20世纪90年代后期的时代精神，我打开谷歌和YouTube——二十年前做梦也想不到的时光机器般的工具——浏览了有关这场比赛的媒体报道。我最喜欢的一张照片，是34岁的卡斯帕罗夫穿着一身时髦的三件套，一只手托着腮帮，眼睛紧紧盯着棋盘；他的身后是木制书柜，里面有成排真皮装订的书籍和鸭子摆件，比赛看上去似乎是在一家高档男子竞技俱乐部里进行的。而事实上，当时他们正位于曼哈顿中心区的公平保险中心大楼的第35层。底楼的演播厅里，数百名观众通过视频观看比赛，还有更多的人通过互联网跟进战况。IBM的网站因为流量超负荷而崩溃。

在卡斯帕罗夫的对面坐着一位IBM的程序员，他盯着一台笔记本电脑，这是他与放在六楼的两台深蓝超级计算机进行沟通的媒介。在他们二人之间，放着一个计时器和两面小旗，深蓝这边是星条旗，卡斯帕罗夫这边是亚美尼亚三色旗——他虽是俄国籍，却是犹太人和亚美尼亚人的后裔。深蓝的先祖可追溯到卡内基梅隆大学。1985年，该校的两名研究生制造了一台会下国际象棋的计算机，起名叫“芯片测试”（ChipTest），后来改名为“深思”（Deep Thought）。“深思”本是《银河系漫游指南》里一台计算机的名字。1989年，这两位计算机科学家都被IBM聘请，后与深蓝的开发团队一起工作了七年多。

实际上，深蓝并不是一台超级计算机，而是两台，每一台的体积都如同一台大冰箱，形状也差不多。IBM的研发人员扮演计算机的眼和手，将卡斯帕罗夫的走棋输入笔记本电脑，并按深蓝的指令在棋盘上走出相应的棋步。卡斯帕罗夫从来没有见过真正的深蓝。他抱怨说：“我对自己的对手一无所知。”

首场比赛卡斯帕罗夫赢得十分轻松。但在第二回合中，深蓝开局便牺牲了一个兵。这步棋让卡斯帕罗夫大吃一惊：对一台计算机来说，这看上去太“精明”、太“像人”了，之前他从未见过深蓝这样走棋。深蓝这一边的走棋都是私下进行的，卡斯帕罗夫越来越怀疑他是否被人以某种方式蒙骗了。挖掘对手的怪癖、弱点和迷信都是高级棋赛的组成部分，卡斯帕罗夫的团队相信，IBM是在进行一场心理博弈。计算机走的某一步棋甚至让卡斯帕罗夫想起他的宿敌阿纳托利·卡尔波夫（Anatoly Karpov）。卡斯帕罗夫在比赛中一度深信，深蓝在比赛的间隙被切换到了另一台计算机。

实际上，与卡斯帕罗夫对阵的是“蛮力算法”[\[52\]](#)。深蓝的256个处理器每秒钟能搜检2亿个可能的棋步，而另一边的卡斯帕罗夫只能依赖他过去的经验去推测下一步可能是什么。深蓝能考虑到的走棋步数，他根本不可能预见到。

但是，一场棋赛的输赢并不仅仅取决于冷漠的走棋计算，它还涉及从心理上击溃对手，并把他拖到疲惫不堪，而这是卡斯帕罗夫永远没法对一台机器使用的招数。深蓝和卡斯帕罗夫不同，它不可能感到疲倦或因受挫而沮丧。

随着比赛的推进，卡斯帕罗夫改变了超级计算机被切换过的想法。相反，他开始相信深蓝这一边的执棋者实际上是一个真人，而且很可能是一位大师，只是在超级计算机的协助下走棋而已。在第二场赛事之后的新闻发布会上，卡斯帕罗夫使用了“上帝之手”这个词来解释他的失败，其实是在婉转地表示对方在“使诈”。

第三、四、五场比赛均以和棋告终，尽管卡斯帕罗夫差点中途退出。他那时已经太累了，几乎无法继续。在第六场比赛和决赛中，卡斯帕罗夫一败涂地。他不无苦涩地解释说，他“和一台毫无情绪的机器下了一场情绪激动的棋”。

比赛结束后，卡斯帕罗夫的团队指责IBM蓄意破坏和使用高压强制策略。在最后的新闻发布会上，卡斯帕罗夫的发言听起来十分沮丧，而IBM团队似乎有点沾沾自喜。不过大家看上去状态都不太好，除了IBM公司本身：深蓝胜出的那一天，公司的股价飞涨了15个点。尽管卡斯帕罗夫要求再次对弈，但超级计算机深蓝后来再也没下过棋。现在，深蓝有一半保存在史密森尼学会（**Smithsonian**）[\[53\]](#)里。

卡斯帕罗夫团队似乎没说错，比赛的重点的确是从心理上击垮他。但是IBM为什么要投入如此之多的时间和金钱去开发一台超级计算机呢？难道唯一的目的是在国际象棋比赛上打败一个真人？

这是因为，卡斯帕罗夫不是一个普通人，而是天赋异禀、才华绝顶的大师。深蓝击败的对手如果弱一点的话，便不足以证明它真的能够与人类的最强大脑对抗（并取得胜利）。这个观念直到今日仍然在科研界占据主流地位，人工智能总是会被安排与“强手中的强手”对抗。

IBM也许将卡斯帕罗夫与深蓝的对弈当作一次图灵测试，以证明超级计算机能够以真人的方式行事，即在事先通过编程输入给它的一系列规则基础之上，运用常识做出决策。在人工智能领域，这被称作“有效的老式人工智能”（Good Old-Fashioned Artificial Intelligence, GOFAI）[\[54\]](#)。它在受控的场景下可以运行得很好，比如下棋，只要执行高度规范和严格的逻辑就行。但在乱哄哄的真实世界中，它就不太行得通了。2018年的机器人需要一种能突破GOFAI限制的东西，即一种新型的人工智能，不仅能遵守其内部程序定下的规则，还能从自身的经验中学习以及向人类学习。

卡斯帕罗夫，似乎也只是长达数十年的人脑对抗人工智能竞赛中被牺牲掉的一枚小卒而已。不过，他可一点也没崩溃。这位大师的首次败绩为他开启了人生的新篇章。他受此启发，转而寻求如何让人类和计算机进行良好合作。（后文我们会详细说。）

IBM继续研发速度更快、性能更强大的国际象棋计算机，让它们与大师对弈。但这些比赛后来再也没有如卡斯帕罗夫与深蓝的对弈那样让人浮想联翩，就像登月一样，一旦梦想成真，人们的激动情绪便逐渐平静下来。好吧，计算机确实能够玩国际象棋那样有逻辑和定式的游戏，但是它能像人类那样凭直觉行动吗？它能否摆脱逐字逐句理解语言的方式？为什么计算机无法与人类对手直接对弈，得有一名程序员来充当中间人呢？要实现这种技能，需要某种东西的支持，而这种东西彼时还没有开发出来——一台既能不只基于事实和逻辑做决定，又能用自然的方式与人沟通的计算机。这种沟通的典型例子就是“木星一号”上哈尔与宇航员那样的交流，或是当“进取号”上的柯克船长咆哮“电脑！”时，计算机所做的回应。

“卡斯帕罗夫vs机器”，第35届超级碗比赛中 百事可乐的商业广告（2001年）

在输给深蓝四年后，卡斯帕罗夫在商业广告里把自己恶搞了一下：他在棋赛中大胜超级计算机，并且轻蔑地宣布：“所有的机器都只不过是用电线和螺栓螺母拼起来的——它们天生注定是傻瓜！”结束比赛后，他路过的每一台机器（安保监控摄像机、电梯、吸尘器和饮料自动贩卖机）都串通一气给他使绊子。最后一

幕是卡斯帕罗夫（在饮料自动贩卖机上按键买百事可乐时，忽然像触了电一样）吓得倒着飞了出去，直接穿过开着的电梯门，被电梯不怀好意地关在了里面，而饮料机则在数字显示屏上打出一个笑脸表情符号和一行字：“轮到你了。”

1999年的最后一夜，时钟终于走到了0点。灯依然亮着。水龙头里依然能放出水来。飞机也没爆炸。全世界都长吁一口气，继续往互联网驱动下的世界迈进。21世纪的头十年，搜索引擎的性能飞速提升，脸书上线（2004年），YouTube上线（2005年），Twitter紧随其后（2006年），其他社交网站也不甘落后。“谷歌”变成了一个动词。人们对计算机的期望越来越高。IBM摩拳擦掌，准备迎接一次重大挑战以俘获全球的注意力。这是主管查尔斯·利可（Charles Lickel）在纽约菲什基尔的一家餐馆里捕捉到的灵感。那是2005年的一天晚上，一群就餐者突然涌出餐馆，奔去隔壁的酒吧。利可回忆说：“我很纳闷，转身看看我的同事，问他们‘发生什么事了？’那时我本人并没有关注《危险边缘》。最后我发现，由于肯·詹宁斯一直在赢，每个人都想知道那天晚上他是不是还能接着赢，所以他们全都冲到酒吧去看电视了。”

他在观看节目时，忽然领悟到：在《危险边缘》这种比赛中取胜所需要的技能——像真人一样思考并用自然语言来攻克这种“抓着答案找问题”式的难关，而非使用搜索引擎——正是IBM应当尝试的那种挑战。他在IBM研究中心推销这个创意，但人们都心存疑虑，因为游戏的难度大大超过了国际象棋，需要人工智能达到一种前所未有的水平。更何况，让一台超级计算机参加电视上的智力竞赛节目，未免有点玩弄噱头的嫌疑。

《危险边缘》从1964年起开始播出。如果你错过了，又对它不太了解的话，不妨先听我大致介绍一下。这是一档相当绕人的智力竞赛节目。节目出示给参赛者的其实是答案，而参赛者要先跟对手抢铃，抢到铃后提出符合这个答案的问题，才能取胜。表示题目类别的小标题听起来颇有些神秘。例如，在《危险边缘》2017年3月7日的题目类别中，有“一头秀发的贝基”“午餐便当”“基本词语”和“水之边界”。有些问题很直接，只考事实，但涉及领域极其广泛，历史、地理、大众文化、科技、政治等，五花八门，无所不包。还有些题目则七弯八绕，逼着参赛者跟破解密码似的玩文字游戏和双关语。如果参赛者抢到了铃却答错了

题目（提错了问题），其他两位对手可继续抢答，不过他们得在三秒内完成。每次抢答结束时，参赛者要为下一道题投注，投注金额可以很高也可以很低，尽管除了最终谜底所属类别之外他们一无所知。最终谜底亮出来后，在闹哄哄的主题音乐干扰中，他们有30秒的时间提出正确的问题。《危险边缘》不单单是一个通识竞赛，还要计算答题的赔率。速度也是一个重要因素——你可以答错很多次，但只要抢铃成功且给出正确问题的次数足够多，你仍然能在游戏中胜出。

参赛者们都散发着一股书卷气，其实更偏向于……怎么说呢……书呆子气。《危险边缘》的超级明星肯·詹宁斯就IBM的人工智能写过一篇文章，文中不无自嘲地写道：“它和《危险边缘》的真人顶级赛手有许多共通之处——极其聪明、反应极快、说话时语速不匀、腔调呆板，而且没有女人缘。”

要让一个人工智能抗衡“智力竞赛界的卡斯帕罗夫”，意味着它的能力得远超深蓝的蛮力算法，甚至要远超谷歌这样的搜索引擎。在《危险边缘》中取胜，不仅仅意味着人工智能得在以百万计的事件中爬梳剔抉，找出正确的一项，它还要能找出符合双关语或文字游戏的答案，这也是竞赛的一部分。无论用什么办法，人工智能都必须具备我们人类这种识别双关语的能力，比如格鲁乔·马克斯（Groucho Marx）那句著名的俏皮话：“一天早上我在我的睡衣里射杀了一只大象。不过，它是如何跑到我睡衣里来的，我恐怕永远也没法知道了。”^[55]但最为重要的是，人工智能必须像真人一样说话。

研发团队花了整整四年时间，举行了数十场练习赛，进行了两次试镜，才最终把他们的人工智能推上《危险边缘》的舞台。他们给它（如按阿历克斯·特雷贝克的偏好，则该称之为“他”）起名为沃森

（Watson），这是IBM在1914—1956年的总裁托马斯·J.沃森（Thomas J. Watson）的名字。

GOFAI合乎逻辑和常识的工作方法显然不足以让一台计算机在《危险边缘》节目中夺冠。沃森不能只调取现成事实，它必须比这强大得多。它必须学习，通过不断尝试、犯错，以及观看其他游戏节目提高竞技水平，这与真人参赛者学习的方式非常相似。配有2800个处理器的沃森足有10台电冰箱那么大，研发人员给它输入了从百科全书、维基百科、纽约时报存档处下载下来的上千万份文件，还有完整的IMDB电影

数据库（这还只是随意列举的一小部分信息源）。沃森在参加《危险边缘》节目的过程中并不会联入互联网，因此它只能读取自己数据库里的内容，无法“谷歌”一个答案出来。IBM也给沃森提供了数千个《危险边缘》中答案和提问的范例，以训练这个人工智能如何从过去的竞赛真题中获取答题规律，从而让自己的答案更精准。

雅达利“打砖块”游戏（Breakout，1975年）和 DeepMind（2015年）

史蒂夫·沃兹尼亚克和史蒂夫·乔布斯为雅达利公司创作了“打砖块”游戏，这是《乓》的一个衍生版本，它不再需要两个玩家同时对着一个球来回推挡，单机玩家可以操纵光标对着一堵砖墙弹来弹去，直到它最终突围。三十年后，谷歌的人工智能DeepMind自己学会了玩“打砖块”。研发人员没有对系统进行任何预编程，提供给DeepMind的唯一信息是它的得分，这样它能够自行判断它的成绩如何。一开始，人工智能对着游戏完全不知所措，错过了绝大部分击球；但是仅仅过了一夜，它就学会了，把游戏玩得无懈可击。从那时起，DeepMind就被证明是一个学习高手。它学得飞快，把雅达利的另外五十个经典游戏统统学会了。这种教授人工智能如何自己学习的方法称为“机器学习”，它听上去很像在一个漫无尽头的下着雨的周末，一群聪明的孩子在海滨木屋里尽情地自娱自乐。而且一周7天，一天24小时，都没有父母过来干涉，喊他们滚上床睡觉。

尽管沃森完成了所有这些机器学习过程，但它当时仍然做不到百分百正确。举例来说，节目中总是会出现双关语或其他不合逻辑的措辞，这些就会难倒它。于是，沃森学习了怎么计算赔率。如果沃森对它的答案十分确定，它下的赌注就会比较高；如果没什么把握，它下的注就会低一些。

谁在读你的邮件

用在沃森身上的“机器学习”技术也被美国邮政总局采纳，用于

训练一个负责邮件分选的人工智能，让它学会识读信封上的地址。他们的训练方式与沃森学习攻克“当日翻双倍奖金”竞赛题的方式相似，过程是这样的：研发人员按字母表上的每个字母和每种字体，给邮政人工智能输入海量的范例和多种不同的手写样本。人工智能最终能领会字母的构成规律——“A”的顶部尖尖，有两条腿支开，形如一个帐篷，而且（只是有时，并不一定）中间有一条横杠。最终，它学会了辨识字母表中每一个字母的各种形状。

虽然沃森能够用一种语调柔和、略显低沉的男性声音说话，听上去很像哈尔的声音，但实际上它既看不见也听不到。《危险边缘》的答案和其他参赛者的提问都是用文本传输给沃森的。和深蓝一样，运行沃森的超级计算机与它的人类对手是隔离的，没有人受得了它整整10台Power 750服务器机柜的冷却系统发出的轰鸣。于是，为了让沃森能够以实物的形态出现，IBM为它设计了一个化身——一个蓝色的球，外面缠绕着42根“思想”之线。“42”这个数字来自《银河系漫游指南》里的超级计算机“深思”。它在进行了750万年的计算之后，终于得出了这个数字，作为对有关“生命、宇宙，以及其他任何事情”的终极问题的回答。然而遗憾的是，已经没人记得那个问题是什么了。

2011年2月，《危险边缘》的制片人安排沃森与他们最厉害的两名参赛者同场竞技。一位是布拉德·鲁特尔（Brad Rutter），那时他已在节目中赢得300万美元的奖金，是节目有史以来最大的赢家；另一位就是肯·詹宁斯，他连赢74场的纪录还无人能破。

在节目的长任主持人阿历克斯·特雷贝克的指挥下，《危险边缘》为IBM挑战赛准备了专门的场地。布拉德·鲁特尔说：“我感觉自己有点像约翰·亨利^[56]。不过，我挺喜欢这个与机器对抗的主意，这能展示出人类总有一些东西是没法用数字复制的，至少现在还不能。”詹宁斯则在事后写道：“沃森有一点和我们不同——它不会有受到惊吓的感觉，也永远不会骄傲自满或者灰心丧气。它在竞赛过程中一直都很冷静、执拗。只要它对某个答案有把握，它永远都能完美地抢到计时按铃。《危险边缘》的忠实观众都知道，按铃技巧特别关键。真人之间的比赛，拼的不是谁大脑快，而是谁的大拇指快。当我们之中有一个‘大拇指’变成了一个由精确到微秒的电流冲击触发的电磁开关时，这个优势就被扩大了。”经过为期三天，连续三场的激烈战斗，鲁特尔获得了第三名，赢

得21 600美元；詹宁斯位居第二，赢得24 000美元；而沃森高居榜首，赢得77 147美元。詹宁斯对这次比赛进行了总结，他的话勾起了人们对卡斯帕罗夫的回忆，一时滋味难言：“对人类来说，游戏结束了。”

但是，沃森并不完美。在第二场比赛中，最终回合亮出的答案是：“它最大的机场以一位‘二战’英雄的名字命名，第二大的机场以‘二战’中一场战役的名字命名。”针对这个答案，沃森给出的问题是：“多伦多是什么？”这并不正确。在我的家乡多伦多，小一点的机场是以“一战”中的王牌飞行员比利·毕肖普（Billy Bishop）的名字命名的，大一点的机场的名字则来自获得诺贝尔奖的那位总理^[57]。所以，很难理解沃森是怎么得出这个结论的。而鲁特尔和詹宁斯都回答正确：“芝加哥是什么？”不过，由于沃森对它自己的答案并不自信，它给这道题下的赌注非常少。

谜语和双关语依旧让沃森十分困扰。在“计算机按键”（Computer Keys）一栏下面，有一题给的描述是“如谚语所说，心在哪里，它就在哪里。”沃森被难住了，而鲁特尔答对了：“家（Home）是什么？”这道题考的是计算机上的Home键和谚语“心在哪里，家就在哪里”之间的联想。尽管沃森对双关语的理解存在障碍，但这并没能阻止人工智能赢得比赛。只要不确定节目给出的答案意思，它在下赌注时就会相当保守。

与深蓝不同的是，这次的胜利并不是沃森的终点，而是一个开端。人们为这台人工智能编写了众多商业应用程序。沃森既能解决问题，又能用自然语言进行沟通，这两者的结合让人工智能从此变成了医疗诊断和市场数据分析（兜售东西给你的新方式）的利器。当然，它的职业生涯才刚刚开了个头。如今IBM正在训练沃森，让它可以胜任教育、金融和物联网领域的工作。

加里·卡斯帕罗夫和肯·詹宁斯都提过与机器同台竞技的感受很奇异。不只因为它“脑力”强大，更因为一台机器在身体上所具有的优势：它永远不会感到疲倦，也不会沮丧泄气，或者如卡斯帕罗夫所说的那样，“不会在心理上被击垮”。

与人工智能对阵，并不像与一个非常聪明的人比拼那么简单，而像与一个极其特殊的天才斗法。这个天才永远不会饿、不会渴、不会累，也不会因为关注自己在镜头里的形象而感到紧张，更不会因为内急而想

上厕所。这么多年来，我一直都注意到，这种“24小时连轴转，周末也无休”的要求被当作职场基本素质应用在人类这种脆弱的生物身上。我们被指望永远精力充沛，随时能联系上，即使在所谓的“下班”时间也得随时随地投入工作。这个残酷的现实或许并不能简单地归咎于电子邮件和智能手机的出现，也要归罪于那些永远不知疲倦的机器。

征服了国际象棋和《危险边缘》之后，人工智能的下一个挑战目标是一种古老的棋类游戏——围棋。资深科技撰稿人凯德·梅茨（Cade Metz）在《连线》杂志上写道：“围棋有着史诗级的复杂性。国际象棋中平均每一步约有35种下法，围棋则多达250种。而在每一种下法之后，又跟着250种可能的走棋，以此类推，无穷无尽。也就是说，即使是最大的超级计算机，也无法预测每一步可能的走子会导向的结果……想在这个棋类游戏中取胜，人工智能需要具备的能力可不仅仅是计算，它还要能在某种程度上模拟人类的洞察力，甚至是人类的直觉。它必须学习。”

在谷歌推出阿尔法狗（AlphaGo）之前，如果你问一个精通科技的围棋选手，需要多长时间才能研制出一个可以在围棋上打败人类顶级大师的人工智能，他的答案或许是十年。然而，实际上只花了两年。

2016年1月，阿尔法狗在DeepMind挑战赛上打败了三位围棋大师。谷歌将这个结果封锁了一两个星期，可能只是为了给我们人类留点服镇静剂的时间，同时他们也好享受一下这枚刚刚摘下的硕果。他们为何能取得这么大的成功呢？与深蓝不同，阿尔法狗没有采用蛮力算法去检视每一步可能的走棋，因为一局围棋平均要走150步，这150步在棋盘上能构成的组合数量比宇宙中的原子数量还要多。阿尔法狗更像沃森，它得在游戏中表现得更像一个真人。它必须从它犯过的错误中学习。根据项目经理大卫·席尔瓦（David Silver）所述，阿尔法狗的神经网络能研究真人棋手应对特定情况的模型，同时它也要接受训练，学习研究“可能性不大的走法……进行更深层次的搜索，并用一种内省的方式进行分析”。谷歌的工作人员称，他们给DeepMind设定的目标是，让它成为一个“通用化人工智能系统，建立在自己的知识基础之上，还能对一切事物进行学习”。我不妨翻译一下这句话的意思：阿尔法狗能学会对一些问题做出决策，而这些问题需要七位数的薪水才能养活的整个办公室员工完成。医生、律师、CEO……有朝一日，阿尔法狗是会将他们统统取代，还是像沃森一样成为他们的终极执行助理呢？这点只有谷歌心知肚

明。

在科技圈之外，绝大多数人对人工智能在棋类大赛中获胜的新闻，一点也不会感到惊奇：当然，人工智能一直在赢的嘛！这回只不过是又多了一个昭示人类在劫难逃的信号。自从深蓝取胜之后，我们似乎主动放弃了统治世界的能力，因为在这个世界上，机器比我们思考得更好。我们悲观地等待着被人工智能取代或剥削的那一天。但是，这样的事情真的会发生吗？

后来，我接触了一位“深度学习”（让人工智能学会学习的最新方式）领域的专家。我从他那儿了解到，人工智能虽然令人惊奇，但它们也有弱点（很大程度上是因为它们所有的东西都是从我们这儿学的）。而且，如卡斯帕罗夫之后证明的那样，未来真正的机会也许在于与人工智能建立伙伴关系，我们不能简单认定人工智能会彻底取代我们。

你或许会认为，已经没有人工智能不能玩的游戏了。但是在2011年，一名技术分析员自信满满地称，像沃森那样的人工智能肯定不可能在扑克这种以随机性和虚张声势为特点的游戏上成为赢家。为什么扑克比国际象棋或《危险边缘》的难度还要大很多呢？因为玩扑克的人工智能得有能力利用人类的弱点。它必须知己知彼，思考对手怎样出牌可能性最大，并据此打出自己的牌，而这一切并不总是符合逻辑的。参与游戏的玩家越多，人工智能的表现就越差。

这让我们想起了曾在匹兹堡举行的人脑对阵人工智能的比赛。在经历了为期20天，总计12万手一对一无限注德州扑克之后，冷扑大师把4名人类职业玩家统统打败了，这是它第一次取得如此辉煌的战绩。为了确保这些扑克玩家都能发挥出最高水平，组织者为人类玩家设置了金钱诱惑。（冷扑大师正好相反，它只为荣誉而拼搏。）

与沃森和DeepMind一样，冷扑大师能学会学习，并能发现一些可以让自己精确预估结果的模式。这种技能可以应用到医疗诊断、网络安全和业务谈判中。不过，就目前来说，冷扑大师仍致力于打磨技艺，以战胜其他玩扑克的计算机。让人工智能相互比拼，而不是与人类竞技，这已经成为一种新常态。

人工智能“阿诺德”和《毁灭战士》（*DOOM*）

第一人称射击游戏《毁灭战士》提供给玩家的挑战是与从地狱里跑出来的3D魔鬼作战——“要么干掉它，要么被干掉”。玩家必须追赶敌人，逃脱敌人的追赶，查阅地图，并运用各种计谋死里逃生。2016年，卡内基梅隆大学的计算机专业研究生戴文德拉·查普洛特（Devendra Chaplot）和纪尧姆·朗普勒（Guillaume Lample）运用与DeepMind相似的学习技术训练他们的人工智能“阿诺德”，让它在游戏中战胜真人对手。后来，阿诺德在《毁灭战士》游戏中与来自脸书和英特尔的人工智能对垒。像阿诺德那样足智多谋、思维敏捷的人工智能或许有朝一日能应用于无人驾驶汽车，帮助汽车应对天气、交通和路面的突发情况。

游戏能帮助人工智能学习如何应对人类生活中的不确定性。由人工智能驱动的机器人正处于开发之中，它们能够识别人脸，用名字称呼不同的人，还能给予人类个性化的关怀——让我们每一个人有别于动物、无生命物体和其他人。然而，我开始好奇：机器人是如何认知和区分人类个体的呢？它们也具有人类的弱点吗？为了寻求答案，我约了计算机科学家兼深度学习专家泽维尔·斯奈尔格罗夫（Xavier Snelgrove）在多伦多肯辛顿市场里的一家咖啡馆见面。泽维尔才二十多岁，是Whirlscape公司的首席技术官和联合创始人，也是“团子”（Dango）的创造者。“团子”是一款人工智能驱动的表情包产品，其设计目的是让数字化通信更富有表现力。想想你有多少次在一封电子邮件里添加表示微笑或难过的表情符号，用来传达你无法用身体语言或语音语调传递的情绪，你就会理解“团子”为什么广受欢迎了。泽维尔解释说，这款产品主要针对的是青少年市场。不过我却想到了我自己——我总是会浪费好几分钟的时间在表情包里翻来翻去，只为给一封电子邮件或一条短信添加一个恰如其分的结语！

泽维尔的女朋友谢丽尔也在咖啡店里，她正抱着笔记本电脑干活。我问她的工作是什么，她告诉我，她是一名设计师。“哪方面的设计？”我一边问，一边暗自猜想她可能会回答什么——平面设计？时尚设计？或者工业设计？

“我设计医疗保健经验。”她答道。她的话又一次提醒了我，我们俩不是一类人，她是数字时代的原住民。我们对工作岗位的描述都存在着巨大差异。

泽维尔解释说，人工智能行业一直是用游戏来设置基准线和标记突破性进展的，因为这能很容易地判断出他们是否走在通向成功的道路上。他解释道：“总得有一个信号告诉我们是成功了还是失败了，游戏里的输赢就是给人工智能提供的信号。”

为了回答我提出的关于“机器如何学习识别人类个体及其所处环境”的问题，泽维尔打开他的手机，滑动触摸屏，给我看由人工智能设计的房间。所有的图片都有点失焦，仿佛是在一次旅行婚礼的派对上，某个醉醺醺的客人沿着酒店长廊一路东倒西歪，随随便便拍出来的。它们没什么风格，也没什么特色，看上去像凌乱的酒店房间：床单皱皱巴巴，窗帘顶天立地，室内布置乱七八糟。也有一些设计看上去更具私密感，甚至有些浪漫：维多利亚时代的化妆台，上面放着水晶瓶，还铺着带蕾丝花边的装饰。至少在我眼中，每一样东西都有点朦朦胧胧。这些房间很像我在梦境中瞥见的那些我实际上从没进去过的房间，是我童年的记忆和在理发店里随手翻阅的家装杂志在潜意识里混合而成的产物。就这些房间而言，这大概是个极佳的隐喻——梦境之所，想象之物。除了在人工智能混杂的意识里，它们没有容身之所。人工智能很像小孩子，在翻看了一堆往年的家装杂志后，一幅接一幅地画出它们自己设计的房间，一边画一边大声叫着：“房间！房间！房间！”然而，它们从哪里获得这些由数据主导的、有关“房间”的想法的呢？实际上，这些信息全都来自你和我，来自每一个人往脸书、Instagram，以及人工智能的蜂巢思维^[58]能爬得到的任何地方上传的照片，无论这些照片是为了展示房间，还是为了展示我们在房间里的生活。

“这些设计现在还有点简单，有点模糊，但是一直在进步。”泽维尔说道。他的口气听上去像一个骄傲的父亲，嘴上的谦虚低调也难掩对自家宝贝天才的扬扬得意。

正如泽维尔所说，这些室内设计都来自“非具身算法”（non-embodied algorithms）^[59]。换句话说，这是像哈尔那样的人工智能通过我们的设备（电话、汽车、家用供暖系统、智能家电……天知道还有什么）与我们互动的成果。也许有一天，像R2-D2那样的移动机器人会

降临人间，它们同样具有这种类型的洞察力。刚开始，它们在看到一间房间时，也许只能想到“这是房间”；终有一天，它们在看到这间房间时，会知道“这是泰里的房间”，原因其实很简单，看到成沓废弃的复印纸和粉红葡萄酒空瓶子就明白了。

“机器学习、深度学习和GOF AI之间的区别是什么？”我问道。

泽维尔咧嘴笑了。他最喜欢谈论的是什麼？绝对是人工智能的学习系统啊！

“GOF AI是一个基于规则的系统，通过常识途径解决问题。对此，我们可以做的是什麼呢？”他意味深长，“是假定我们对自身十分了解，假定我们能给人工智能提供一整套建立在常识基础上的规则。‘机器学习’就不一样了，它意味着由我们提供许多范例，而让机器自己去总结归纳其中的规则。‘深度学习’则以神经科学为基础，把人类大脑当成一个隐喻，把它看作灵感的源泉，而不是直接复制一个大脑。我们不会给人工智能设定原则，只是把范例展示给它，让它自行建立原则。”

泽维尔继续解释说，他训练人工智能的方法是让它在指导下学习：“它会随机地给你答案，如果答案不对，你就告诉它不对。这是一种特别简单的学习算法。我们自己的网络只需要一周的训练时间。”

在这间时髦而舒适的咖啡吧里，谢丽尔在我俩身旁做着“经验设计”，泽维尔在谈论如何“训练”非具身算法，我一时感到自己正毗邻某种广大无边又不可预测的事物——它可能自成秩序，它定能引发混乱，它还具有一种无声的诱惑。人工智能似乎……呃……有了生命。这些成绩优异、智能超常的虚拟儿童也许还在上幼儿园，但它们确实学得飞快。

“那么，玩游戏——得到答案，判出对错——就是人工智能的学习方式喽？”我问他，“它们有没有不从错误中学习的时候呢？”

泽维尔点点头：“有时候，人工智能会开始想当然——仅凭从前得到的特定结论判断新的问题也应该有同样的答案。这叫作过拟合^[60]（over-fitting）。‘哦，我记得呢，上次我是那么做的，结果输了。’因

此.....我们得使用海量数据集，并提供大量范例。数据量可能会多到连人工智能也没法完全记住，这就迫使它去学习规律。”

“过拟合听起来很像人类的行为。你会把从一次经历中学习到的东西套用到所有的经历上，这是不对的。”我一边说一边想到我自己，只因为蜜月期间玩轮盘赢了钱，就盲目相信自己能在匹兹堡的赌场里继续走运。

泽维尔点了点头：“正确！过拟合对无人驾驶汽车来说是个挑战，特别是在它们遇到以前从未碰到过的问题的时候。”

我想起那些被“安迪·沃霍尔桥”挡住了去路的优步无人驾驶汽车。如此说来，教人工智能学会避免上当受骗是很重要的。如果有人蓄意破坏汽车，比如竖起虚假标志牌误导它们，这该如何防范？如何保证无人驾驶汽车能识别出有人试图引诱它往错误的方向上开？

“换句话说，无人驾驶汽车需要一整套原则去应对无法预知的环境，而不是一味依赖自己过去的经验？”

“对！”泽维尔答道，“这个领域的研究进展很快，你根本无法想象五年内它能发展到何种程度。现在有一项全新的技术叫作‘生成技术’（**generative techniques**）。如果你要求一个人工智能画一辆卡车，它会给你一个卡车的抽象概念，这是它基于社交媒体和网络上所有卡车的图片得出来的。但是现在我们也能运用‘生成对抗网络’（**generative adversarial networks**）做这件事。比如说，我想生成一张人脸图片，我可以训练两个神经网络来做，但我会把其中一个训练得特别善于判断另外一个是不是在愚弄它。”

我直直地瞪着泽维尔。其实我在试图掩饰，不让他看出来我已经完全被这个想法雷到了。一个人工智能试图愚弄另一个人工智能？它们现在听上去不太像幼儿园的小孩了，更像喜欢玩大钱的赌徒在钩心斗角。我几乎能闻到威士忌和香烟的气味。

“你在训练一个神经网络，让它尝试去欺骗另一个神经网络！”

他开心地点点头：“是啊，这就是对抗的过程。它们你来我往，斗智斗勇，一起努力开发出某种实实在在的东西。这就好比它们在共同设

计一个新游戏，而且在一起玩这个游戏。”

人工智能正在创造一个世界，这个世界会模仿人类世界存在的竞争和尔虞我诈。它们还没能像人类一样思考，至少迄今为止还没有，但它们正试图理解我们是如何思考、互相玩弄阴谋诡计，以及偶尔携手合作的。它们甚至会互相帮忙识别人类个体和物体，区分（比如）一个小孩、一只大狗和一台洗衣机（并恰如其分地分别对待）。

泽维尔解释说，有一个名为“转移学习”（transfer learning）的技术，能让人工智能从其大脑（姑妄称之）的某一部分调出数据，用来回答它之前从未遇到过的问题。“举个例子，如果你向人工智能展示一幅斑马的照片，而它之前从来没见过斑马，它能从其他数据集里转移出这个概念，比如‘一只条纹奶牛马’，并最终弄明白这是什么。”

“所以说，我们与人工智能的交互，其实也改变了我们人类的行为方式和思考方式？”我若有所悟，“我们这么快就自暴自弃了吗？”

“是的。”泽维尔肯定地答道，“人们现在认为，国际象棋也好，围棋也好，都是机器的博弈，而不再是富含诗意的游戏了。我们让位给了人工智能，我们相信它们会比我们更聪明。但是，我们选择展示给人工智能的数据集里总会存在偏差，这一点必须记住。举个例子，上海的一所大学曾训练一个神经网络去阅读嫌疑犯的面部照片，想让它学会通过只看人脸识别犯罪类型。人工智能研究界对此做出了迅速回应，大家普遍认为这是错误的，因为面部照片不客观、不真实，比如你在电视剧《犯罪现场调查》中看到的照片就是被‘增强’过的。若眼前的照片上有些部分它从未在存储于自己数据集里的照片上见过，它就会对这一部分进行填充，这就是这个人工智能正在做的全部事情。”

我目瞪口呆。原来，那么多电视节目里被增强过的照片，甚至原版《银翼杀手》中的某个关键场景，并不是真的对照片中的微小细节进行增强，而是人工智能对照片的内容进行有理有据的猜测。我们可以称它为“数字化的直觉”。

互联网是由猫咪构成的（真的哦！不骗你！）

2012年，Google X的计算机科学家用16 000个计算机处理器搭

建了一个神经网络，然后“开闸放狗”，让它自由活动，浏览在YouTube上随机选择的视频缩略图。给这个人工智能设定的目标是学习如何识别面部和物体。识别猫脸已被证明是它最擅长做的几件事之一。为什么会这样呢？因为有太多人（包括我在内）都喜欢在YouTube、脸书和其他社交媒体上发布自家娇萌可爱的毛孩子的照片。这些可爱的猫咪图片正助力人工智能用来学习物体识别的“深度学习”算法。所以，我猜得一点也没错，猫咪在互联网上一统天下，狗狗只好坐在一旁垂涎。

认识到这一点后，我特意往社交媒体上发布了大量我的猫艾可（Echo）的照片，想对这些“算法”产生一点细微的影响，让它们更喜欢娇小玲珑，纯白如雪，长着一对黄色眼睛，爪子精致小巧，两只耳朵没有尖尖的猫咪。（艾可的耳朵尖是幼时在加拿大的街道上流浪时被冻掉的，后来它才得到救助。）我暗自窃喜，觉得艾可为“深度学习”做了一点小小的贡献。

起身告辞之前，我向泽维尔提了几句我正跟机器人玩的单词游戏。

“有时候我能打败机器人，比它多得100分。”我告诉他，“有时候我又能输掉100分。你觉得它是不是偶尔主动输一回，只是为了不让我灰心丧气，丢手不玩了？”

泽维尔直截了当，一点面子都不给我留：“它能检索每一本可以检索到的字典，所以我觉得这一点毫无疑问，它一定是故意让你赢。”

我的朋友桑德拉又没在线。机器人也真的开始让我厌烦了。每次我坐在那里，花上好几分钟搜寻字母时，机器人只要一微秒就能拼出单词。更烦人的是，游戏拒绝承认niqab、munchie、rez、da或zen这样的单词属于合法词汇，却高高兴兴地允许机器人用qi、za、ut、qat和ka这样的词来赚分。好吧，我唯一能做的事，就是对机器人说：“去你的！带着你的算法滚蛋！”

阿尔法狗、沃森和冷扑大师显示出人工智能开始采用与人类相同的方式进行学习，也就是借助经验。机器人在这方面取得进步后，会更加

懂得如何避免在单词游戏刚开始，在以字母“z”和“q”开头的单词还等着我们去抢的时候，就早早地把三倍单词分的机会漏给我。

乐高“智力风暴”机器人（1998年）

低调的乐高积木实在太过经典，绝大多数人都认为它用不着做什么改变。然而，随着20世纪90年代电子游戏和计算机游戏的兴起，乐高经历了一次生存危机。它那些用来“拼出自己的小镇和消防车”的积木套装怎么可能对新一代数字原住民产生吸引力呢？于是，乐高搞出了一个“拼出自己的可编程机器人”套装。这个灵感源于人工智能先驱西摩尔·派珀特博士（Seymour Papert），乐高机器人也得名于他的一本书的名字——《智力风暴》（*Mindstorms*）。该产品本来是为乐高典型的用户，也就是12岁左右的孩子设计的，后来他们却发现，玩“智力风暴”的人当中，足有七成是“家酿计算机俱乐部”式的成年发烧友。那些人发现，这玩意儿已经远远超出了儿童玩具的概念。这个价格只有150美元的玩具，由约700块乐高积木搭成，装有发动机、齿轮、轴承和轮子。此外，它还包括了一个应用软件，用来对一个装有微控制器的积木方块进行编程。这块积木叫作RCX（机器人命令控制器），它的运算性能可媲美能把成年人送上月球的计算机。斯坦福大学的一名研究生对RCX进行了逆向破解，并在互联网上公开了代码。乐高决定任由黑客随意传播这个代码，还往智力风暴的软件许可证里添加了“破解授权”。很快，“智力风暴”讨论小组纷纷冒了出来，软件开发员更是铆足了劲为这款玩具写应用软件。被称为“智力风暴MOC”^[61]的各色自创机器人在互联网上泛滥，催生了为玩“智力风暴”的极客举办的乐高机器人联赛。其中有两款MOC来自一个装配厂，他们拼出了一辆乐高汽车和一台能工作的自动饮料贩卖机（能吐出苏打水和零钱）。2008年，乐高“智力风暴”机器人被请进了卡内基梅隆大学机器人名人堂。

有那么一小会儿，我感到一阵恶心，还战栗起来。这种感觉就是恐怖谷效应：当机器人的举止开始像真人一样时，人们会产生一种毛骨悚然的感觉。

回到1997年，加里·卡斯帕罗夫在面对深蓝输掉第六局对弈后，带着一脸恶心从棋盘前起身离开。他神情冷淡地挥挥手，似乎在警告人类“完了！”从那一刻起，我们开始接受机器的高人一等：其思维能力比我们优秀，玩游戏的技术比我们好，学习能力也比我们强。但是，就像泽维尔·斯奈尔格罗夫所说的那样，它们的思考方式仍然像个机器，而不像人类。用沃森研发团队的负责人戴夫·费鲁奇（Dave Ferrucci）的话来说，“它们缺乏人类的经验，无法将信息与具体的情境融合”。

我们倒也能接受这个无情的事实：在人脑与计算机持续不断的竞赛中，我们一直会是输的一方。反正别抱什么希望了，就让人工智能来告诉我们该做什么吧！但是卡斯帕罗夫没有轻言放弃。他在被深蓝击败后，很快创建了一个新版本的国际象棋，供一个由人类和计算机组成的团队使用。这个团队被称为“人头马”（Centaur），命名自古希腊神话里半人半马的怪兽。2010年，他这样写道：

无论是下国际象棋，还是做其他事情，凡计算机擅长的，必是人类的薄弱之处，反之亦然。这让我想去做一个实验：如果人和机器并不是对弈的双方，而是合作的伙伴呢？1998年，在西班牙莱昂的一场比赛中，我的这个想法被付诸实施。我们把它称为“高级国际象棋”。每位棋手手边都有一台个人计算机，他们在比赛期间按自己的选择运行国际象棋软件。我们的意图是结合最优秀的人类棋手与最卓越的机器，将国际象棋发展至前所未有的高水平。

卡斯帕罗夫指出，如今，任何人花上50美元就能买到一个可以在个人计算机上运行的国际象棋程序，而且它每次都能打败一位大师。事实证明，这对于培养新一代高水平棋手是管用的，特别是在很难找到同等水平的对手的情况下。

我琢磨着，卡斯帕罗夫的方法是否表明我们可以对人工智能怀有希望，而不是简单粗暴地把它们看成毫无人性的工作岗位消灭者？在21世纪第二个十年行将结束之际，我们永无停歇的工作周期问题或许有了一个解决之道。记住，我们人类才是为“深度学习”设置情境和具体内容的人。我们不知道的事情，机器也不会知道，因为它们是从我们这里获得观察对象和信息的——从房间的内部装饰，到猫咪的脸，再到雅达利的游戏，等等。或许，机器并不会把我们推开，恰恰相反，它们实际上在默默地支持我们。也许人工智能将会增强我们的智能，并分担我们部分

无休无止的工作重担，而不是取代我们成为强势物种。在一个不确定性越来越明显、运转越来越快的世界里，人工智能可以帮助我们生存下来，甚至发展壮大。也许，人机组队——成为一半是人、一半是机器的“人头马”——会是人与机器人的关系注定会进入的下一阶段。两者团队作战，携手同行。

但愿如此。如果不这样的话，《异形2》里哈德森（比尔·帕克斯顿饰演）的那句不朽名言恐怕就要应验了：“游戏结束了，老兄。游戏结束！”

第五章

搭乘无人驾驶汽车

2025

我们断定这就是一个人工智能方面的事。

我们要做的，只是给汽车装上计算机，
安上合适的眼睛和耳朵，让它聪明起来。

——塞巴斯蒂安·特伦[\[62\]](#)，科学家

在一辆停着的老汽车里，我发现了宇宙的钥匙。

——布鲁斯·斯普林斯汀，摇滚歌星

我订了上午9点整的车。8点59分59秒，我看到一辆2025年最新款白色沃尔沃出现在家门口。

“罗恩！车来了！”

“好的好的！”罗恩答应着，把我们的包拎到路边。

伴着一声叹息，沃尔沃的后备厢门抬了起来。当我们把行李放进后备厢时，我突然意识到，那声叹息并不是汽车发出的，而是罗恩。驾驶舱和乘客舱的门悄然打开，我们坐了进去。

车里，弗兰克·辛纳特拉和安东尼奥·卡洛斯·裘宾正温柔地唱着《伊帕内玛女郎》（*The Girl from Ipanema*）。这是他们在1967年录制的二

重唱，我们家的播放列表上也有这首歌。这时，一个声音说道：“泰瑞和罗恩，欢迎你们！我们今天的计划是从加拿大的多伦多开往新泽西州的特纳芙莱。仪表盘的显示屏上有行车路线，请先过目。本次行程预计时长8小时6分钟54秒。如果您想在中途停车或者变更行车路线，请说‘重新规划路线’。如果不需要更改，我们将在两分钟内出发。”

“如果我们需要停下来休息一下或者去洗手间呢？”我问道。汽车把行驶计划和时间控制做得太精确了，我不免有些担心。“我们能不能.....您知道.....做点即兴的事儿？”

汽车停顿了一秒钟，仿佛在思考，它很可能在处理“即兴”这个词。绝大多数情况下，你不太可能会要求无人驾驶汽车“即兴”而为。

“这是自然。”汽车说，“如果您在行驶途中需要停车喝水、用餐或放松一下，随时告诉我就好了。”

“我们应该怎么做呢？”罗恩问道。

“哦，您就说句话，比如‘我要休息一下’。”汽车解释道，“或者类似的词儿。如果能提前一点告诉我就更好了。只要天气和交通状况允许，我也能.....”汽车停了一拍，“即兴。”

“我发现我们教了汽车一个新单词。”我凑到罗恩耳边悄悄说，仿佛这样一来，汽车就不会听到，“知道不，这些新款汽车会学习的。”

“汽车，重新规划路线。”罗恩命令道。

“收到！这些是可选路线。”仪表盘显示屏上出现一幅地图，上面标出了所有可选的路线。罗恩在触摸屏上点选了一条标注为“观光”的绿线。

“我们想去看看卡茨基尔，”他说，“也许会在那儿过夜，早上再继续往前走。这样行吗？”

汽车顿了一下，说：“我已经被预订明早8点去纽瓦克机场接一位客人。您愿意我为您另外订辆车吗？”

罗恩和汽车商议，想把我们原先订的特纳芙莱之旅从一天行程改到两天。这个主意挺好的，我们新泽西州的朋友也在外面旅行，要明天才能到家，我们即使按时抵达，也只会扑个空，还不如利用这段时间在路上逛一逛。

“我听说黄油牛奶瀑布（Buttermilk Falls）很美。”汽车说。

“你怎么知道？”我问。

“我载人去过一次。”汽车说，“而且在《孤独星球》的纽约州风景里，它被评为四星级。要我给您二位订个小木屋吗？”

汽车为我们安排旅程的时候，罗恩在它的触摸屏上修改了旅行路线。他们来来回回地讨论着支线公路、时间安排，还有第二天到黄油牛奶瀑布小屋来接我们的车。我忽然意识到，汽车的声音听起来十分熟悉，简直像我们的一个儿子在说话。我暗自琢磨，这应该不是巧合，而是特意为之，好让我俩感到舒适，仿佛我们的孩子在陪着我们旅行一样。

这个算法很棒，简直太棒了！

我尽量放松下来。之前我一直在为这趟旅行担心，因为这是我们第一次乘坐完全自动化的共享汽车出远门。我们早就发现，如果之前的乘客喷了浓烈的香水，或者好长时间没洗过澡的话，短程共享汽车时常会有十分难闻的气味。有些共享汽车公司不会在换乘客时做车内清洁。简直不想告诉你，我在共享汽车邋遢的后座上发现过什么东西：脏尿布、食品打包袋（用过的）、空易拉罐、避孕套、苹果核……汽车公司和用车人都要面对的最大挑战之一，就是在上一位乘客下车之后，下一位乘客上车之前打扫卫生，对日常通勤来说尤其如此。

因此，针对这趟长达八个小时的行程，我们决定订一辆高端点的车。它确实没有令我失望——这辆沃尔沃完美无瑕，甚至还残留着“新车的味道”。更酷的是，车内备有充足的饮料和零食，还是经过精心挑选的，反映了我们在网上购物时的喜好。不过，坐在我身边驾驶座上的罗恩还没有完全放心，本能地把双手放在方向盘上。

“我能理解你，罗恩。”汽车说，“当然，我不介意你把手放在方向

盘上指挥方向。但是，为了让车达到最佳状态，建议您还是不要握住方向盘。需要您关注的时候，我会提醒您。”

罗恩犹豫了一下，双手离开方向盘，落回到膝盖上：“好吧，谢啦！”

“不客气。”汽车说。

于是，我们自由自在，看看窗外的风景，读读书，眯会儿觉，或者用仪表盘的触摸屏看电影。我扫了一遍里面可看的内容，发现有好几百部电影、电视节目、YouTube频道，凡你能想到的，应有尽有。

“简直就像在飞机上一样。”我评论道。

“我以前也听人这么说过。”汽车轻轻笑了一下，“不过您放心，我保证四个轮子会一直在路面上。”

罗恩闷哼了一声：“玩笑而已，你就不要管了！”

“对不起！”汽车说，“您想让我停止说话吗？只要在接近休息站和餐饮区时提醒您就行？”

“你给我闭……”罗恩一开口我就赶紧打断了他。

“是的，靠近休息站和餐馆时请提醒我们。”

“别耍花枪，给我们推销这推销那的。”罗恩警告它。

现在轮到我叹了口气了。在无人驾驶旅途中，工厂店和奥特莱斯免税品限时抢购信息其实是我的最爱，而新泽西在这方面是出了名的。

“我们可以换个新沙发了。”我提醒他。

“你准备怎么把它扛回家？”罗恩问。

“可以让他们安排送货。等我们到家的时候，沙发已经在客厅里了。”

我窝在座位里，浏览仪表盘触摸屏上显示的娱乐内容。与此同时，车里还放着一首我最爱的老歌——布鲁斯·斯普林斯汀的《雷霆之路》（*Thunder Road*）。歌词是关于一辆汽车带着一个女孩和一个男孩离开那个“充满了失败者”的小镇，奔向崭新生活的故事。从20世纪50年代发端以来，这一直是美国摇滚乐的一大主题。宽阔的公路渐渐消失，就像一辆汽车在后视镜中缓缓沉入地平线，此情此景，总会令人产生一种自由而浪漫的感觉。

我几乎没法记起21世纪初的那种交通拥堵和可怕的交通事故。在2025年，即使是在交通最繁忙的时段，车辆依然能有序通行，一辆接一辆，彼此相距只有数英尺。有些人仍然拥有自己的车，但年轻人都热衷于使用共享汽车。大多数人甚至不用再操心考驾照的问题：无人驾驶汽车已经在现实世界证明了自己的良好性能，保险公司也不再要求人们证明自己是一个“安全的司机”了。卡车车队在商务专用道路上奔驰，同样不再需要真人手握方向盘，随车人员只要负责监督货物。

我们行驶在完全没有拥堵的繁密车流中，每辆车与前后车的距离只有数英尺，通过激光雷达、雷达和传感器提供的数据来保持均衡的距离。从某种意义上说，是数据让汽车能“看到”自己周围的情况。如果有一辆汽车减速（无论是天气原因，还是遇到一头横穿公路的鹿，或是遇到一个在追球的小孩），其他所有的汽车都会“看到”这一情况，并能及时做出反应。

进入共享时代后，汽车可以24小时不间断地在路上跑，不像在2018年，大部分的时间里，汽车都停在那儿。大多数停车场和车库都会被拆除，因为它们没有了用武之地。行车道将被改造成草坪，停车场会变成公园，城市的绿化率因而会进一步提高。

当然，人们还是可以购买无人驾驶汽车。即便如此，车主也不会让他们的车闲置。他们会利用优步或类似的应用程序将车租给别人使用。甚至有专门为儿童和残疾人设计的汽车共享服务。

除了我在看电影的时候因为晕车犯了一阵恶心，我们的整个行程可谓丰富多彩，既安全又愉快。汽车说得很对，黄油牛奶瀑布小屋太可爱了。

关于自由之路的古老神话看来确实是真的哦？

让我们暂时告别2025年一路奔向新泽西的我和罗恩，将时钟倒转七年，回到2018年。在这一年，我们几乎每天都能听到自动驾驶汽车取得重大突破的新闻。人们给新款汽车添加越来越多的驾驶辅助功能，我们对完全自动化驾驶汽车也有了些概念。然而，绝大多数人从未真正乘坐过（甚至从未真正看到过）无人驾驶汽车。这些汽车迟迟不肯登场，仿佛有史以来最缓慢的一次创新变革。然而，最大的障碍或许并不在技术、法律或保险方面，最大的拦路虎也许正是我们自己。

我们的汽车并不是单纯的交通工具，它们还能充当办公室、厨房和开派对的房间。它们既是忏悔室，又是调情秘所。它们是私人空间，就跟车主的家一样，是极为个人化的空间。它们是垃圾桶，看看大多数通勤族的汽车后座就明白了。它还是逃跑工具，无论是从妒火中烧的情人还是喋喋不休的父母身边溜走，抑或是逃离犯罪现场，都得仰仗它。它还会载着一个在车用婴儿座椅里哭闹不休的婴儿，凌晨两点钟绕着社区兜圈子，驾驶座上坐着一位疲惫不堪的父亲或母亲。你试着回想一下斯普林斯汀的歌《生来奔跑》（*Born to Run*）中的切利双手紧扣自动摩托车引擎的样子，或者想象你一边大声播放汤姆·科克伦（Tom Cochrane）的《生活是条高速公路》（*Life Is a Highway*），一边让Google X小汽车载着你从甲地奔向乙地的场景。当然，它会在目的地让你下车，紧接着热情洋溢地奔向另一位没有车的乘客。为了让解放双手的自主程序运转顺畅，我们不得不放弃自己对开车的热爱之情。

有很多理由促使我们把车钥匙交给机器人汽车。和高特、罗比，以及其他众多在20世纪50年代核恐慌时期流行起来的大众文化机器人一样，无人驾驶汽车能让我们摆脱自身最糟糕的冲动本能。尽管人们已经给新型汽车增加了许许多多的半自动安全功能设计（防撞系统、车道偏离警示系统等），交通事故仍然在不断发生。每年有多达

40 000的美国人死于车祸，相当于每年要从天上掉下100架大型喷气式客机。而这些车祸中有80%是酒驾、超速和驾驶时分心走神造成的，都是人之错而非设备之过。到2040年，若路上的每一辆车都能实现完全自动化驾驶，道路交通事故有望减少80%。

当然，还有一些问题是汽车本身导致的：交通拥堵、空气污染、充满压力的通勤、市区越来越稀缺的停车位和车库，以及骤然上升的保险理赔数量（我们一边开车一边忙着给家里发短信说“交通拥堵，晚餐要迟到”，导致连续不断地磕碰）。这一切都缘于我们拥有的这种机器十分昂贵，它从驶出店门的那一刻起就开始贬值；同时，在其整个生命周期中，它有96%的时间都是停在那里睡大觉的。

即便如此，仍然没有几个美国人乐于接受这个想法——放弃操控方向盘，投奔无人驾驶汽车，或者相信无人驾驶汽车会更安全。实际上，我们对自动驾驶技术的信任度在2016—2017年是下降的，这很可能缘于一些意外事故被广泛宣传。根据每年的《安联旅行保险假期信心指数》所述，“人们认为太空旅行、超音速旅行和飞行汽车比自动驾驶汽车更安全”，而且只有22%的美国人认为自动驾驶汽车“非常感兴趣”。在那些表示“不感兴趣”的人当中，65%的人是出于对安全的顾虑。

想想颇觉奇妙，在飞向火星与乘坐无人驾驶汽车这两者之间，大多数人竟然认为前者更为安全。至少火星上的停车位应该会比较充足的吧。

2017年雷克萨斯LEXUS IS的广告词： “趁着还来得及，尽情享受驾驶的快感吧！”

“我该如何描述这种感觉呢？特别兴奋……相当灵活……它对我的每次碰触都有回应……比风还快……那种纯粹的……开车的感觉，真的太奇妙了！”

2017年，奢华的LEXUS IS的广告就是这样玩的。广告设定在不久的将来，一位老人用他饱含渴望的声音努力描述自己昔日驱车飞驰的快感，但他随即就被摁在一辆自动驾驶汽车的后座上。这就像在倾听一个人对初次做爱的回忆。老人坐在自动驾驶汽车里，他的内心独白听起来宛如在悼念自己一去不返的昔日雄风。

看来，像我们这些出生于“婴儿潮”时代，正在徐徐老去的一代人，至死也不会心甘情愿地放弃手中的方向盘，直到有人掰开我们冰冷的手。

2017年，我以媒体人的身份参加了底特律TU汽车展，因而获得了一个与自动驾驶汽车制造商和本土供应商交流的机会。然而，我理解起这些东西来，竟出乎意料地困难。我的母校就是一所理工类大学，还有一个专门进行无人驾驶汽车研发的院系，却依然不能为我“打开和服”——借用一下乔布斯在1979年想要一窥施乐帕克秘密宝藏时的比喻。一开始，我觉得别人对我不屑一顾，因为我正在撰写的是一本有关人与机器人关系的书，挺煽情的，跟数据、激光雷达和传感器之类的硬核科学知识压根儿没多大关系。后来，在得知自己并非唯一被甩下无人驾驶信息高速公路的人时，我不禁松了一口气。哥伦比亚大学机械工程系教授霍德·利普森（Hod Lipson）和科技记者梅尔芭·库曼（Melba Kurman）在为他们的书《无人驾驶》做调研时，显然遇到了同样的挑战：

我们刚开始便碰了一鼻子灰。自动驾驶汽车行业的玩家都把手里的牌死死地捂在胸前。我们联络了六七家汽车公司的员工，没有一个人回电邮表示愿意接受采访。我们到达Google X（谷歌公司负责无人驾驶汽车开发的分部）的时候，反复询问了好几遍，才有一位行政助理礼貌地指点我们去一个无人驾驶汽车历史展……

啧啧！听起来，无人驾驶汽车的研发简直就跟“搏击俱乐部”一样：第一条规则是“不能提搏击俱乐部”；第二条规则是……不说了，你懂的。[\[63\]](#)正因如此，我的汽车工程师朋友简才建议我跟她去底特律，参加全世界最大的联网自动驾驶汽车（CAVs）大会。那次大会会有3500人参加，来自30多个国家的150家公司。可以说，在该行业有点名气的都来了。（后来我发现这个说法不是很准确，有3个重量级角色缺席了。这个我们后面再谈。）

颇具讽刺意味的是，开车去参会这件事本身就给了我们一个教训，告诉我们为什么自动驾驶汽车是很有意义的。

我们开的是一辆租来的丰田卡罗拉。简开车，我坐在副驾驶座上。

我们离底特律有一百英里，一路上交通繁忙。和往常一样，简一边光速般地处理自己的各项任务，一边单手转着方向盘。她时不时瞄上一眼iPhone上的导航软件，同时还在不停地跟我聊天。简十分聪明、肌肉紧实，属于A型人格，她的绝对自信常常会感染我。不过这会儿她弄得我十分紧张。

我婉转地提议让我来负责导航。我还没来得及把手机从她手指间抽出来，她就丢开了手机，伸手在包里摸出一个苹果：“到边境前得把它吃掉。”

我崩溃了，不能指望简在高速公路上专心开车（以及做其他任何事情）。不过，水果禁止过关，这是经常穿越边境的人时刻需要铭记在心的重要规定之一。在这一点上她倒是没错。她吃掉了违禁品，把果核扔出车窗。这倒也无所谓，果核是可以生物降解的。

在密歇根边境，我们出示了护照，例行回答了问题。国籍？加拿大。居住地？多伦多。车里有水果或蔬菜吗？没有。为什么旅行？

“我们去参加一个会议。”简解释。

边防检查员看起来对此毫无兴趣：“好吧，就这样。祝你们度过愉快的一天！”

我们确实计划度过愉快的一天，直到我们在底特律远郊错综复杂的高速公路互通式立交网中陷入了严重的交通拥堵。此时，简的手机电量告急。iPhone的电量就要耗尽，我只好潦草记下地图显示的方向。很快，我注意到我们的目的地看起来十分奇怪。

“导航程序正把我们导向法明顿山的犹太教堂。”我告诉简。

她皱起眉头：“犹太教堂？我们的智选假日酒店哪儿去了？”

我耸耸肩：“可能这个应用认为我们需要神的保佑。”

“胡扯！”简笑骂了一声，把iPhone抢过去重新设置方向。她在时速90英里的情况下这样单手操作，我不禁出了一身冷汗。

“让我来吧。”我催她。为了不伤害她的感情，我只好说：“你没戴眼镜，不太方便。”

简不情不愿地把手机递给我。等我终于搞懂了如何重新设置应用，手机自动关机了。

每每遇到这样的时刻，我就会觉得，无人驾驶汽车来得还是不够快。

尽管我们对无人驾驶汽车心存疑虑，但很有可能无人驾驶汽车会成为我们拥有的第一台个人机器人。R2-D2能做到的，自动驾驶汽车的原型机都能做到。通过摄像头、传感器和激光雷达地图绘制技术，它们能观察周边的情况。它们能运用人工智能去识别静止的物体和运动中的物体，比如墙、建筑物、自行车和行人，并预判它们将要做什么或不会做什么。它们能随时观察你的状态，捕捉信号（比如打哈欠、拍打方向盘），据此判断你是否感到疲倦或沮丧，并做出恰当的反应：唤醒你或者建议你停下来喝杯咖啡，休息片刻。它们能用自然语言与你或你车上的乘客聊天。此外，与第四章里能玩游戏的人工智能一样，它们能从自身的经验中学习，也能向其他汽车学习。它们也向你展示了未来我们在家中或在工作场所与机器人互动的情形。就人与机器的关系而言，无人驾驶汽车堪比矿井中的金丝雀^[64]（不过它是合成的）。

那么，认真回想一下，这一切究竟是从什么时候开始的呢？大多数汽车制造商都预计2025年会是无人驾驶汽车走下生产线的时间。本田已经宣布将从2025年开始生产第四级自动驾驶汽车。这款车能完成所有的驾驶动作，但仍然需要一个有驾照的司机坐在上面，准备随时接管方向盘，以防发生汽车无法处理的意外情况，比如一场罕见的暴风雪盖住了所有传感器，或者突然有一个飞碟降落在高速公路中央。汽车驾驶员会变得更像飞行员，大多数情况下他们不需要操心，但在一些关键时刻他们需要进行干预。虽然飞机能自己飞行，但仍然会有一些难以预估的情况得仰赖人类的洞察力和经验。这就是为何飞机驾驶舱里仍然必须配备训练有素的飞行员。只有实现了第五级自动化——那时，连方向盘和踏板都不复存在——我们才能完全解脱：不再需要驾驶培训、考驾照、交通信号灯、路标，也可能不再需要保险。至于共享汽车，位于密歇根州

安娜堡的汽车研究中心进行的一项研究发现，在未来十年里，私家车的保有率不会发生太大变化，而共享汽车的市场占有率将上升至30%，跟目前4%的使用率相比，这将是一个很大的跨越。

由于会有太多的人共享同一辆车，经营共享汽车的公司面临的一大挑战便是如何在两次出勤之间把汽车打扫干净。乘客会在车里留下五花八门的东西，苹果核、咖啡杯、晕车呕吐物……当原本自己开车的人改乘无人驾驶汽车时，有22%的人会产生这些垃圾；而当他们试图在车里阅读或写作时，这个比例会上升到37%。更不用说事故责任划分的问题，无论自动驾驶汽车比真人驾驶汽车的安全性高多少，天气、设备故障和黑客攻击等原因都会导致事故的发生。当然，在2025年，无人驾驶汽车还是得和2018—2024年生产出来的旧式非自动或半自动汽车分享车道。这个意思是说，我们应当让汽车按类型分车道行驶，前提是我们能很快重建高速公路。然而，八年的时间实在不够我们把基础设施彻底翻新，特别是在底特律这样的城市。这类以制造业为主的老旧城市虽然有一定程度的复兴，但经济上依然捉襟见肘，连用于城市照明和路面修复的资金都很紧张。再考虑一下路上的行人、骑行者、行踪不定的鹿……他们的行为无法预测，跟机器人完全不同。可以想象，未来几年里，公路骑警的工作会是多么有意思。

无人驾驶汽车研发领域内部也分两大对立阵营。一派支持谷歌模式，从根本上将自动驾驶视为软件问题，而将汽车“硬件”作为次要考虑对象。（或许正是出于这个原因，谷歌汽车的外形到现在还是难以名状的一团。）而另外一派，也就是传统汽车制造商，正在采取缓步推进的策略——逐步改进汽车，直到实现完全自动化。制造商不断给自动驾驶辅助系统（ADAS）添加传感器和软件，以实现防撞、巡航控制、自动泊车等功能。这样一来，我们就能渐渐习惯让手脱离方向盘而不再犹豫。

然而，要是有人公司亮出“杀手级应用软件”，一切就会瞬间不同——苹果当年就靠iTunes颠覆了整个音乐行业。一旦有类似事件发生，自动驾驶汽车的游戏规则就会被迅速改写：一家公司独占鳌头，剩下的只能

紧随其后，疲于奔命。

不管无人驾驶汽车看上去有多么不切实际，自动驾驶的概念已经存在了近80年。人们的最初想法是将道路自动化，而不是把汽车本身自动化。1939年，在纽约举办的世界博览会上，有数百万人参观了“未来世界”（Futurama）展馆。这是一个城市微缩模型，汽车在里面完全自动化行驶，在无线电波的引导下进出高速公路。通用汽车公司曾经预言，到1960年，自动化的高速公路将成为常态。这一理念在“二战”期间被搁置，又于1957年被重提。彼时，通用汽车公司与美国无线电公司（RCA）合作设计了一条电磁高速公路。不过它一直停留在原型阶段，再没能往前跨出一步。在现实世界中，自动化公路太过昂贵，成了一个不切实际的幻梦。

在阿波罗太空计划早期，月球车最初被构想成一辆自动驾驶机动车。但是NASA最终否决了这个想法，表示应当由勇敢的宇航员来驾驶月球车。他们认为这点非常重要——既是公众宣传的需要，也是为了让宇航员感到是他们在掌握一切。

后来，21世纪降临，“9·11”事件发生，伊拉克战争爆发。为了拯救士兵的生命，美国国会命令五角大楼研发无人驾驶交通工具。2004年，DARPA（在20世纪70年代为“人造人”夏凯提供资金赞助的那个美国军方机构）组织了穿越莫哈韦沙漠的120英里无人驾驶汽车大赛，优胜者可获100万美元奖金。DARPA超级挑战赛（DARPA Grand Challenge）不仅意在激励大学和企业研发团队进行无人驾驶汽车的研制，还想把发烧友都鼓动起来。这些人与家酿计算机俱乐部的发烧友一脉相传——当年正是那些人充分发挥创造力，推动了早期小型计算机的转型，从而催生了个人计算机。第一次挑战赛有15位选手参加，可惜所有的车都发生了碰撞、翻车、原地转圈或故障，没有一辆车跑过7英里。

这次挑战赛之后，DARPA把奖金翻了一倍，变成了200万美元。一年之内，致力于开发无人驾驶汽车的人数就超过了一千。这一问题能凝聚如此之多的人类智慧，不可谓不惊人。〔在此插叙一件很有意思的事：2004年的挑战赛中有一位名叫大卫·霍尔（David Hall）的参赛者，他原来的工作是制造用于家庭影院的重低音音箱。自那次败北后，他再也

没有参加过比赛，而是转向开发激光雷达技术——该技术至今仍在自动驾驶汽车上用于测绘地形。] 2005年，43名进入半决赛的选手在一条快速车道上进行了比赛（车道模拟了沙漠环境中最艰难、最具挑战性的部分），有23辆车至少跑完了第1圈。短短一年内，无人驾驶汽车竟然实现了这一巨大的飞跃。在最后穿越莫哈韦沙漠的决赛中，最终胜出的是一辆昵称为“斯坦利”的大众途锐自动驾驶汽车，它是由人工智能专家塞巴斯蒂安·特伦率领的一支来自斯坦福大学的团队制造的。特伦后来加入了谷歌，而谷歌也于2009年宣布了自己的自动驾驶汽车项目。特斯拉紧随其后，于2014年踏上自动化汽车研发之路。特斯拉已经拥有了半自动化的自动驾驶仪功能，并承诺将在未来造出完全自动化的电动汽车。此后，传统汽车制造商也纷纷将此事提上日程，引入越来越多的半自动化功能，并争相买断共享汽车服务。2017年，苹果在加利福尼亚申请了测试自动驾驶汽车的许可，但是公司对苹果汽车“iCar”的进展仍然三缄其口，仿佛进入了静锥区。所有这一切共同铸就了我们所处的今天——一个充斥着原型机、诺言和广告的过渡时期。不过，这也使我们过早患上了对“真实驾驶体验”的怀旧病。

会议中心的停车场设有一个展示区，竖着“自动驾驶测试车道”的标示牌。接下来的两天里，除了了解无人驾驶汽车之外，我最想做的事情还包括真正坐上一辆，或者更准确地说，在路上拦到一辆无人驾驶汽车。我在匹兹堡的时候就很想打到一辆无人驾驶的优步汽车，可惜没能实现。尽管我自己基本不开车，但我确实拿到了驾照，主要是为了能在买酒的时候证明自己的年龄。我已经有三十多年没开过车了。这么说的话，我也已经有三十多年不需要用驾照来证明自己的年龄了。

会展中心内部给人一种恍如置身于2025年的感觉：一切都聚焦于未来，汽车看上去既是车，也是计算机。这根本不是一个有身着比基尼的模特斜倚在新概念车上为之代言的那种车展，而是为行业内重量级人物和汽车媒体记者举办的网络大会。尽管我也称得上一个对冒充伎俩游刃有余的江湖惯犯，天可怜见，我根本连车都不开，但我还是得拼命给自己打气。往肚子里填了许多免费的咖啡和羊角面包之后，我才有勇气走上前去跟人谈论一系列正儿八经的话题，顺便聊点“炉边闲话”^[65]，这些都是为未来两天定调子的内容。不过，令我大为惊奇的是，大会开场的第一拨发言人竟然不是汽车制造商，而是科技公司。他们强调了一个

奇妙的词，这个词许诺开辟一条既能为自动驾驶汽车提供“动力”，也能从中获益的发展道路。这个词便是：数据。这才是真正控制自动驾驶汽车的东西。正是数据让汽车看见东西、开口说话、安全移动、总结经验教训，还能管理装在它肚子里的乘客。对于自动驾驶车辆来说，数据和驱动它的燃料——汽油或电——具有同等的意义。

电影中的每次汽车追逐vs

约翰尼出租车（Johnny Cab）（《全面回忆》，1990年）

在《速度与激情》《布鲁斯兄弟》《布利特》《法国贩毒网》《偷天换日》《疯狂的麦克斯》等伟大的汽车追逐电影中，总是由开车的人担任主角或英雄（其实更常见的是“反英雄”^[66]）。

在20世纪60年代、70年代和80年代，有一些电影和电视剧里出现了奇幻汽车的角色，它们能思考、说话、吓唬家庭成员、与罪犯做斗争，还能谋杀少年恶霸。《我的汽车老妈》（*My Mother The Car*）是一部1965年的情景喜剧，剧中车主过世的母亲重生成了一辆老爷车。1982年，我们看到了斯蒂芬·金笔下那辆有知觉、嗜杀人的车“普利茅斯复仇女神”克丽斯汀（*Plymouth Fury Christine*）和电视剧《霹雳游侠》中那辆聪明机智、与犯罪行为做斗争的庞蒂亚克火鸟汽车K. I. T. T.。然而，或许除了K. I. T. T.以外，这些半机器人汽车还没有一个能称得上是主角（虽然克丽斯汀是个伟大的恐怖电影反派角色）。而K. I. T. T.在很大程度上仍是猛男迈克尔·奈特（大卫·哈塞尔霍夫饰演）的搭档。

哪怕是电影中最令人难忘的自动驾驶汽车之一——《全面回忆》中的约翰尼出租车，也是由一个会抛媚眼的牵线木偶驾驶的。听到阿诺德·施瓦辛格的命令“开车！开车！”时，约翰尼的回应简直令人抓狂：“你能把目的地再说一遍吗？”这可是逃命的时候！实在不能怪施瓦辛格一把将约翰尼拉下扔出车外，把方向盘握到自己手中。

我仍在期待出现以汽车为主角的电影，描绘它们如何坠入爱河、发脾气、变成真真正正的英雄和反派。（好吧，除了迪士尼动画片《汽车总动员》系列。）与我这个想法比较接近的一部电影是《金刚狼3：殊死一战》（2017年）。电影的背景设定在2029

年，漫威漫画中的角色“金刚狼”（Wolverine）是一个徐徐老去的反英雄，靠当自动驾驶豪华大轿车的司机为生。电影里汽车族的“坏蛋”是一支无人驾驶卡车运输车队。这些卡车没有驾驶舱，看上去活像一群硕大笨重、没头没脑的机器人怪物。它们沿着禁止人类进入的高速公路滚滚向前，路途漫长而孤独。

一开始，大家精神抖擞、热情饱满、理想崇高、想法高妙，充满了高深行话，不过内容略嫌空洞。我们正在经历“自福特T型车问世以来运输行业最大的变化”，到2023年，将有260亿台联网设备（并且彼此相连），其中许多是小汽车。“每种产品都意味着一项新服务。”“变化的速度永远不会像今天这么缓慢。”诸如此类，不一而足。我一边打着哈欠一边查电子邮件，担心从这些发言人口中恐怕得不到什么有用的东西了。终于，英特尔的发言人走到了台前。

我承认，我对英特尔这家公司有点迷恋。不仅因为它给我们带来了微处理芯片，引领我们进入了台式计算机时代，而且因为英特尔的创始人之一戈登·摩尔提出了摩尔定律，预言了我们这个时代日益加速的技术进步。我热爱20世纪90年代的“Intel Inside”老广告；还有那些穿着兔子服，一边摇摇摆摆一边把奔腾芯片插进笔记本电脑的技术人员；那“灯！等灯等灯！”的标志性乐音也是我最爱的技术之声，仅次于苹果电脑登录时的双C大调和弦。

在一档名为《自动化：为什么不来得快一点？》（*Autonomous: Why Not Sooner?*）的谈话节目中，英特尔自动驾驶集团的高级副总裁兼总经理道格·戴维斯（Doug Davis）举了几个例子，说明有些技术要经历数十年的时间，才会变得受欢迎：座椅安全带直到1968年才成为汽车里的标配；防撞气囊早在20世纪50年代就被发明出来了，却直到1998年才被要求加装；防抱死制动系统（ABS）经过长达60年的时间才被应用到汽车上；自动变速技术花了40年时间才被接受，也颇令人费解。戴维斯的描述听起来像是：即使某项汽车技术能拯救生命，它仍然需要花费相当长的时间去自我完善，获得批准和付诸实践，还要得到人们的接纳。这不是一个变化突兀的行业，而是一个在逐步向前发展的行业……就是稍微慢了点儿。

戴维斯把无人驾驶汽车推出的意义和个人计算机出现的意义等同了

起来。IBM推出其第一款台式计算机时，个人计算机已经存在了十年之久。IBM PC主要是基于货架成品零部件设计的，却颠覆了游戏规则。最终，人们认为，要是书桌上连台计算机都没有，简直活不下去。而在短短数年之前，这个想法听起来还十分荒谬。于是，部分归功于IBM坚如磐石的品牌影响力以及它庞大的供应商网络，IBM PC成了它那个时代的“杀手级应用”——之后出现的每一款个人计算机都以它为基准。因此，无论是哪一家公司的无人驾驶汽车，只要能抢先捕获开车人的信心和热情，就会成为自动驾驶汽车领域的IBM PC。

英特尔的演讲以一则题为《放手》（*Letting Go*）的广告作结。广告拼接了一些场景，表现了人们为了宝贵的生命而牢牢握住某些东西：一个小男孩紧紧抓住游泳池的边缘，而他身后不远处是一个模糊的身影（监护他的游泳教练在划水）；一个疲惫不堪的拳击手抓住赛场的围绳，暗暗蓄力好回身作战；一个心惊胆战的蹦极者抓着桥的边缘；一个特技自行车手紧握着自行车的车把；一个在练习走路的理疗病人紧紧抓着扶手。随着音乐进入高潮，男孩放手开始游泳，拳击手一个转身击中对手，蹦极者尖叫着跳向空中，特技车手踩着自行车踏板站了起来，而病人完全靠自己往前走出了几步。最后，镜头切换到一位男士，他的双手从汽车方向盘上抬起，继而屏幕上打出文字：放开双手，让惊喜发生。

我没有不尊重英特尔的广告公司的意思，但恕我直言，广告中的那些人并非在放手，相反仍在掌控。无人驾驶汽车要求我们放弃控制权，接受自己变成全然被动的乘客。鉴于这个行业是建立在实现个人的自由和便利的愿景之上的，沟通难题确实是一项巨大的挑战。

但是，请记住，英特尔面对的客户是汽车制造商而不是开车的人。毫无疑问，英特尔想让它的芯片用于无人驾驶汽车，就像这些芯片被用在计算机上一样。英特尔的品牌魅力能帮我们树立信心，让我们相信汽车机器人的驾驶水平比我们自己更高超吗？

广告中，当开车人松开方向盘，抬起双手时，屏幕上出现了一行小字，仿佛是某位神经紧张的市场营销律师添上去的：请勿尝试。自动驾驶汽车尚未上市。

这句法律套话恰恰点中了像我这样的人最想了解的问题：如果现在

没有，那什么时候才能有？

在接下来的研讨会上，两位德国CEO之间的“炉边闲话”勉强回答了这个问题。这二位分别是保时捷数字化技术公司的CEO蒂洛·科斯洛夫斯基（Thilo Koslowski）和German Autolabs的CEO霍格尔·韦斯（Holger Weiss）。

“已经搞定了。回答完毕。”韦斯自信满满，干脆利落。

他指的是自动化，仿佛无人驾驶汽车已经既成事实——我们已经完成了，它就等着上路了。好了，下一个问题。真的吗？

我被他信心十足的发言迷惑了。可惜，他实际上指的是技术本身已经开发得不错了——或许还不够完美，但确实已经在完全自动化和所谓“联通性”的道路上走了挺远。2018年，新的汽车不仅能让你联入互联网，而且通过V2V通信技术[\[67\]](#)，你的车能和其他联网车辆交谈（“嘿！小心！前面的路有点滑哦！”）。此外，通过V2X技术[\[68\]](#)，你的车还可以接入物联网——你的家、你的办公室、你的电话，甚至高速公路休息站的快餐店（“离我们50英里的地方有麦当劳。对了，这儿有两张麦当劳咖啡券，您和您的朋友可以使用。”）。你不需要再斜着眼睛看智能手机了，“数字化驾驶舱解决方案”会全程陪伴着你，如同一个无所不知、无所不晓的朋友。然而，2017年的时候，大多数车主并没有选择激活这些系统。在美国，上路的汽车中联网车辆所占比例还不到15%。

为何市场反应如此迟钝？答案很简单：这些都是要付钱的。简就对“向司机收取数据费”的主意嗤之以鼻。“大家本来就能通过手机上网，”她指出，“他们能免费使用脸书。人们不会为了一项他们已经拥有的服务再额外付费的。他们只要坐在车里，翻翻手机就好了。”

带着这些想法，我们进入贸易展厅。巨头IBM和来自芬兰、以色列、法国等世界各地的新创公司分享同一层空间。我和简打算分头行动，沿不同路线参观。简想跟着工程师和软件设计师，了解更为严肃的技术内容；我则想加入那些兴致勃勃、想获得令人心动的“客户体验”的人。在我们分头出发之前，简给我介绍了一些背景情况：在场的每一个人（包括简在内）都想跟那些“原始设备制造商”（OEMs）建立联系。OEMs也称为“一级制造商”，包括通用汽车、福特、菲亚特-克莱斯勒、

大众、保时捷和其他一些汽车制造商；“二级制造商”则是“一级制造商”的区域性分支机构；“三级”则是汽车销售代理（随着共享汽车的发展壮大，他们将在未来几年内蒙受很大损失）。除此之外，还有围绕着暮气沉沉、缺乏活力的一级、二级和三级制造商或代理商诞生出来的新创公司，它们生机勃勃、意气风发。共享汽车公司也来了。虽然这些公司彼此存在地位上的竞争，不免会自我吹嘘和互相贬损，说难听点就像“撒尿比赛”，但是他们有着大致相同的终极目标：未来，交通工具将实现完全自动化，不仅彼此相互连接，还与“智能城市”的基础设施相连（交通信号灯、道路标志系统乃至路上的行道线涂料）；它们很可能由电力驱动，而且极其有可能是共享车。

有家公司邀请人们前去体验一辆展示车——不是去试驾，而是去跟它说话。他们开发了一套自然语音识别系统，能让汽车听到、理解，并回应多重语音。比如说，假如你们在车上为了去哪儿吃比萨而争论起来，汽车能听明白你们的争论，并告诉你们，很快就能在左手边看到一家“小恺撒”比萨店。

芬兰的一家公司展示了一套软件，它能实时提供详细的天气信息和道路情况，好让司机随时调整驾驶。最终，这些数据会直接连至汽车本身。我平生只遭遇过一次驾驶意外：那一年，我还在上大学，老爸开车接我回家过圣诞，路上突遇暴风雪，汽车在路面上打滑转圈。鉴于此，我一直以为，机器人面临的最大挑战就是天气问题。因此，看到系统正向远在新西兰的司机实时传送天气情况时，我深感欣慰。

在新创公司区，我最喜欢的是一家市区行车模拟软件公司的演示。考虑到自动驾驶汽车需要进行大量行车试验（严格来说差不多需要数万亿次），很多试验只能通过模拟器实现。Cognata是一个数字平台，由一家以色列公司开发。它能基于某些城市的驾驶人和行人的实际行为方式，模拟特定市区环境下的典型驾驶行为：在曼哈顿，有多少人会横穿马路？在洛杉矶，司机习惯闯红灯和在转弯时不打方向灯吗？在西雅图，人们是不是经常超速？在博尔德，自行车和摩托车的情况又是如何？

“哇哦！”我惊叹了一声，同时拼命思索，我去过的哪个城市拥有最变幻莫测的开车环境，“那么，你们能模拟罗马吗？你觉得那儿也能有自动驾驶汽车吗？”

一位Cognata员工咧嘴笑了：“罗马？哈！想都别想。太疯狂了。”

我们都笑了，因为我们都知道这是事实。你怎样才能让罗马人抛弃他们的黄蜂牌小摩托^[69]，钻进无人驾驶的菲亚特？这么说吧，鉴于其国民的激情自主性非常高，自动驾驶汽车有能力适应那显而易见的混乱吗？罗马跟每个城市一样，有它自己独特的开车文化。你坐在路边咖啡馆里观察一番就会发现，开车的人其实有他们自己的一套规则——基于某种礼仪。实际上，它没有表面上看起来那么复杂。Cognata可以适应罗马的环境。

“你觉得哪个国家会最先实现完全自动化？”我问那个Cognata人员，“会是日本吗？”

“更有可能是中国。”他回答。

他很有可能是对的。2017年，针对10个国家的自动驾驶汽车发展情况进行的一项调研显示，中国与新加坡和印度一起被视作客户对自动驾驶汽车和电动汽车的兴趣度最高的国家。美国尽管在自动驾驶技术上处于领先地位，但在这项调研中仅排名第九。

这时已经是下午三点多钟了，我感到疲惫不堪。在没有窗户的会议中心里待上四个小时，大概没有比这更累人的事了。简还在不知什么地方与一级制造商交流，而我脑中的世界已经变成了一只不停旋转的激光雷达。恰在此时，我一眼瞥见展厅中央有片“沙漠绿洲”：一个设有长沙发、咖啡桌和手机充电座的休息厅，那是Lixar公司的休息室。没有演示，没有宣讲，没有促销推广材料，只是一个可以坐下来放松片刻的地方，太惬意了。休息室的后墙上打着Lixar公司及其客户的公司徽标，其中包括NASCAR^[70]（纳斯卡车赛）。

“自动驾驶赛车——真的吗？”我问那个正谨慎周到地照看着休息室的侍应生。

她告诉我，不是的，不是自动驾驶。Lixar是一家移动数据公司，正在与NASCAR合作，为他们的客户提供沉浸式体验，但不会取代司机。我解释说，我不只对自动驾驶汽车感兴趣，我对机器人也很感兴趣。侍应生告诉我，他们公司的首席数据科学家做过这样一个类比，人类去适应机器人的方式正如当初第一次见到电梯时的反应。

我笑了，想起了老爸那部不知所终的电梯。电梯在19世纪刚刚登场的时候，人们发现自己在多层建筑中被一根线缆吊着上上下下，不免心生疑虑：有什么办法能保证钢绳不会突然断裂，把人摔死？

后来，随着摩天大楼越建越高，电梯成了必需品。受过专门培训的电梯操作工用手操作，让电梯厢在楼层之间运行，这让电梯乘客放心不少，因为有人在控制它。到了20世纪50年代，电梯普遍改为按键式，真人操作工消失，乘坐电梯的人又感到了不适甚至恐惧。他们产生了一种怪异的感觉，电梯仿佛有了自己的意识。以前电梯还得靠人在楼层之间穿梭，现在怎么只要按一个按钮，就能“告诉”它该停在哪儿呢？

你可以把电梯设想成一个位置固定的机器人，就像工业机器人，或者把它想成安装在垂直轨道上的自动驾驶汽车。人们乘坐电梯时所需要的信任水平，恰恰预示了我们在逐步接纳无人驾驶汽车的过程中会经历的情绪变化。

手机充上电了，精神也放松了，于是我走去旁听一个讨论。他们正在谈论无人驾驶汽车的重大问题之一：客户接受度。研讨会一开始，主持人先请听众们举手：有多少人愿意把孩子或老人托付给一辆无人驾驶汽车？

举起的手稀稀落落——听众可都是业内人士呢！他们的回应，反映了公众的普遍看法：四分之三的美国人并不放心让孩子或老人乘坐无人驾驶汽车。

全球市场调研公司J. D. Power（君迪）的驾驶互动和人机界面研究执行总监克莉斯汀·科洛奇（Kristin Kolodge）在发言时说：“最终取决于情感上的信任。”她进一步解释道，研究表明，驾驶人对自动驾驶辅助系统提供的较低水平的自动化驾驶表现出“无比的兴奋”。但是，在完全自动化驾驶环境中，你该如何建立信任呢？

研讨小组一致同意这事关如何让人们适应未来将要面对的事物，对术语进行统一和规范可能会有所帮助。例如，ADAS在不同品牌的车、同一品牌不同的型号的车上使用的名称都不一样（当然运行方式也有所

不同），这就产生了诸多令人眼花缭乱的选项，科洛奇把它形容成“字母汤”[\[71\]](#)。五花八门的名称和缩略语令人头晕目眩，一般人很难区分这些汽车究竟有什么不同。这辆车究竟有什么功能？开车的人能做什么、应该做什么？这其实十分重要，美国国家安全委员会甚至专门开设了一门教育课程，就叫“我的车会做什么”。

研讨会的主持人表示，他在想这是不是一项心理上的挑战：一种失控的感觉。有没有可能改变它呢？

来自美国国家安全委员会的阿历克斯·爱泼斯坦（Alex Epstein）的发言，让我对连日来苦苦思索的一个问题豁然开朗。他的观点是：要改变开车文化。

“一直以来，人们在做汽车的市场推广时，都把汽车宣传成通往开阔大道的钥匙，既性感又时尚。如今，汽车的卖点应当强调其‘移动性’。而且，关于完全自动化会在哪一年实现，人们也被误导了。我们离真正拥有自动驾驶汽车还很远。汽车制造商还有十万八千里的路得走。”

研讨小组的一名成员从理论上说明，“Y世代”和“Z世代”的年轻驾驶人“不会像他们的父母一样对飙车怀有渴望。他们更愿意享受汽车上的娱乐信息系统”。

调查研究表明，与在“婴儿潮”之前出生的人、“婴儿潮一代”和“X世代”相比，生于20世纪80年代及其后的“Y世代”和“Z世代”对自动驾驶汽车持更为开放的态度。也许，需要年轻人向老一辈展示他们对自动驾驶汽车的信任，从而促进这一变化的发生。

无人驾驶汽车可能已经被“勾选”，但是，赢取人心和思想的挑战甚至还没有真正开始。

已经下午五点钟了，我仍然没能坐上一辆无人驾驶汽车。这时，我收到了简的短信：你在哪儿？

正要去Lixar休息室参加社交鸡尾酒会。

什么？

这儿像个会客厅。相信我，这是大会最佳休息处。

Lixar公司的人显然不只是才华横溢的数据科学家，他们也是聪明睿智的市场英才。他们设置了这么一块毫无压力、舒适宜人的地方，让人得以躲开无休无止的宣讲，轻轻松松地吸引了一级制造商、新创公司和我所知道的二级和三级供应商。（没错，在漫长的下午即将结束时，他们的休息室已经成了一个免费酒吧。）

简出现时，我们还在闲聊。不出意外，简遇到了熟人——上次参加活动时认识的一位Lixar员工。他们开始聊彼此的工作和孩子。这可能是全球规模最大的自动驾驶汽车大会，此刻却突然让人感觉这个圈子其实很小。

当我谈到本书的构思时，我们不可避免地讨论起机器人将在多大程度上接管我们的生活，更准确地说，接管我们的工作。

“那么，我们该怎么办呢？”我问。

“学数学。”一个Lixar员工建议。简表示赞同。

我呷了一口饮料，没有对他们指出，人工智能已经十分擅长数学了。并且，已经有一些人预言，今后，机器人不会再由人类设计和制造，届时机器人自己就有能力做这些事。汽车制造厂就是一个很好的例子。那么，还有什么事情可以留给人类来做呢？

在我看来，有两件事似乎还没有被“机器人化”：幻想和抱负。虽然机器人能够思考，但是迄今为止它们还不会做梦。我此刻正在和简还有Lixar员工一起做的事情，是如此独一无二。创意的交换和关系的建立，这只有人类才能做到。正因如此，Lixar才设立这样一个休息室，供人们相互结识。这种做法能孵化出绝佳的创意，就像当初那场鸡尾酒会促成了尤尼梅特的发明。沃兹尼亚克和乔布斯也是被雅达利的游戏和家酿计算机俱乐部里的“乌合之众”（一群嬉皮士发烧友）激发了灵感，才有了后来那一切。一个为英特尔公司工作的家伙，被要求给便携计算器制造芯片，最后剑走偏锋，设计出了开启台式计算机时代的东西。这种种事情的发生，都是因为人类善于整合概念，也敢于梦想。而任何一个机器人专家或人工智能科学家都无法将之自动化。

这场社交派对结束时，夜已经深了。我下定决心，明天一定要实现自己的无人驾驶汽车首航。

会议第二日，我一早就出发了。当绝大多数与会者还在梦中回味前一晚的鸡尾酒时，我已抵达会场。我盼望着驱车奔向未来。

Perrone Robotics（佩龙机器人公司）的人员（是的，全部人员）刚刚把自动驾驶测试轨道准备好。这会儿只有两个穿西装的人正一边聊天一边等待。我问一个技术人员，我能不能和那两个人一起，并加了一句“我正在写一本关于人与机器人关系的书”。

“嗯？什么是机器人？”他问，“其实洗碗机就是机器人，只是我们不那么想而已，以后人们也不会把自动驾驶汽车当成机器人。”

他说得没错，关于“什么是机器人”的争论正变得越来越激烈。机器人专家不愿意把一台厨房家电说成是机器人，除非它由人工智能驱动，与厨房里的其他系统相连，并且能自己从饭桌边走到厨房料理台，还能自己收拾脏盘子。

汽车终于就位了。“只要再等几分钟，我们就能上车了，女士。”一个戴着棒球帽的大胡子男人对我说。他那种南方人特有的礼貌令我甚觉愉快。他给我解释，这辆无人驾驶汽车是一辆林肯大陆MK2混动型车，配有价值6万美元的传感器、雷达和激光雷达。这辆车的绰号叫“麦克斯”（Max），从弗吉尼亚一路开到了密歇根。美国只有很少的几个州允许自动驾驶汽车自由上路，弗吉尼亚州是其中之一。在密歇根州，它只能在测试跑道上行驶，还得有一名司机坐在驾驶座上。加利福尼亚和其他三个州设立了专门的“无人驾驶执照”，但这个执照特别难拿。其余各州的规定则五花八门，宛如一锅杂烩。不过，这种情况不会持续太久了。美国参议院刚刚通过了一项议案，要求统一与自动驾驶汽车相关的法律，并在全国范围内推行。

麦克斯随时向我们报告它的动态。“您好！我叫麦克斯。我正在预检。”过了一会儿，它给我们吃了一颗定心丸：“预检结束，一切正常。”

于是，我们出发了。在我们的行进道路上停着一辆小货车，这是预先设置的障碍物。麦克斯告诉我们：“我正在减速，前方有物体。”

它打开方向灯，转向，绕过了那辆小货车。

一位穿白衬衫、打领带的年轻人走到麦克斯前面，装出很惊慌的样子。麦克斯刹车。司机咯咯笑起来：“我们公司的实习生。”实习生微笑着挥了挥手。他显然很有信心，相信麦克斯不会冲过去把他撞倒。

麦克斯行驶了一个“8”字形。整个行驶过程很流畅，尽管比较缓慢。方向盘自己会转动，司机要是想控制汽车，握住方向盘就可以。

15分钟后，我们回到了停车场，那儿已经有另一拨人在等着兜风了。能乘坐真正的无人驾驶汽车，这些业内人士和我一样兴奋激动。他们对无人驾驶的新奇劲儿也还没过去。平生第一次坐在一个机器人的肚子里转了一圈，我有一种特别隆重的感觉。我会把它添到我的“科技新接触”清单里去的，就和我第一次用上个人计算机、第一次发送电子邮件一样。

尽管我自己乘坐机器人汽车梦想实现了，但通往自动化之路看上去依然迷雾重重。本次会议让我在许多问题上得到了相互矛盾的答案，比如：

无人驾驶汽车能拯救很多人的生命，为什么我们还是无法对之产生信任呢？

在这次大会上，“我们在拯救生命”一直是热点谈资。我对此满怀信心。就算技术本身并不完善，自动驾驶汽车也不可能比真人司机更糟糕。

然而，事实是，哪怕是最先进的技术，都不可能做到百分百完美、百分百及时。那么，考虑到人类设置的安全准线是如此之低，什么样的安全才“足够安全”呢？有些分析专家认为，汽车制造商可以向航空业学习。自20世纪50年代以来，航空业的安全性有了大幅提升，尽管害怕坐飞机迄今仍是人类最普遍的恐惧症之一。

这样一来，底线就是要把标准设置得极高。特斯拉的创始人埃隆·

马斯克是这样解释这个挑战的：

.....让一个机器学习系统做到99%正确，相对来说是比较容易的，但是要让它做到99.9999%正确，就是极其困难的了。然而，后者恰恰是它最终需要达到的目标。你能从每年的机器视觉竞赛中看到这一点：计算机在比赛中超过99%的时间里，都能正确地辨识物体，比如认出一条狗，但偶尔也会把它当成一个盆栽。而在时速70英里的情况下，犯这样的错误会造成非常严重的后果。

自动驾驶辅助系统是能帮助人们减轻对完全自动化的紧张感，还是会导致更多的车祸（人们忘记了他们的汽车还不是自动驾驶汽车）？

一级制造商爱说的一句话是，自动驾驶辅助系统能缓解我们的压力，让我们不再对“汽车能做的事越来越多”的想法感到紧张，直到最后我们能舒适自在的让手完全离开方向盘。不仅如此，这个系统还能让人类保持对驾驶的参与感，无论是在心理上还是在身体上。这也能督促我们把驾驶技术保持在高水平上，以便在某些危险时刻“该出手时就出手”。这很有意义，不是吗？

不要这么快点头。有一些公司（比如谷歌）相信，直接迈上第五级（完全自动化、无踏板、无方向盘）更有意义，从长期来看也更安全。他们的理由是，哪怕脱离驾驶行为只有一小会儿，也意味着驾驶人回到驾驶状态会有一定难度。与在司机打盹或被电影吸引住的时候向他发出警告相比，直接让汽车全程接管、全盘负责要安全得多。忘记那些小步骤，直接投身完全自动化吧！

哪一方会是最后的赢家，目前尚无定论。

共享汽车能大大缓解交通堵塞，但大多数人并不愿意共享。很难想象，大多数车主愿意放弃随时随地开车上路的便捷。如果共享经济取代了私人所有，这就意味着我们不仅要适应没有驾驶员的汽车，还会变成没有车的驾驶员（我们将成为高速路上的搭车者）。这种变化意味着汽车需要更多的传感器、谷歌地图和自动泊车系统，而我们得出让一部分便利性，不能再随心所欲、率性而为了。

汽车制造业三巨头都参加了这次大会，新的三巨头却都没有参加。这次大会有超过三千人出席，分别来自IBM、爱立信、英特尔、美国汽车制造业三巨头、保时捷、大众，以及共享汽车行业的龙头老大。可是谷歌、特斯拉和苹果在哪儿呢？他们很可能正在硅谷的家中，以超乎想象的速度秘密研制将颠覆整个行业的无人驾驶汽车。当然，也许是我对他们的缺席有点过度解读了。或许，我们熟知并信任的那些汽车品牌没有一个能撑过无人驾驶革命。如果汽车真的变成了有轮子的人工智能，如果共享经济真的会导致私人不再拥有汽车（除了极少数人之外），人们对传统汽车制造商的品牌忠诚度也会随之消失。

《傲骨贤妻》第7季第7集：
《驱动》（*Driven*）（2015年11月16日）

这是一部讲述律师行业恋爱故事的电视连续剧，有一集利用了一辆功能失常的无人驾驶汽车制造戏剧效果。这集讲述了一起由严重交通事故导致的诉讼。自然不是无人驾驶汽车的过错——某个邪恶的软件开发员破解了它，让它闯红灯。显然，这化用了在蜿蜒山路上破坏敌人刹车的经典场面。尽管情节还算新奇，但对汽车动手脚已经不是什么新鲜事了：窃车贼用热线启动汽车的计算机系统，进入汽车，并把车开走。这早已是惯用伎俩。而破解无人驾驶汽车则开启了一种新的可能：远程让它听从你的命令，根本无须真人掌握方向盘。有些人工智能正致力于为联网的汽车提供反黑客保护，IBM的沃森即是其中一员。

另一方面，汽车制造商也懂得一些科技公司不懂的东西，也就是如何制造汽车。用一位业内人士的话来说，汽车可不是装着轮子的洗衣机那么简单。那么，最终可能形成的局面是，汽车制造商将与新创公司联手，甚至与谷歌联手。实际上已经有报道称，谷歌有可能抛弃它自己弄出来的那一团傻乎乎的谷歌汽车，转而向一级供货商提供自动驾驶软件技术包。

随着出生于“婴儿潮”前期和中期的人与“X世代”渐渐退出历史舞

台，他们对“开阔大道”所表达的嬉皮士自由风的情结也会渐渐淡去，这也给了“Y世代”和“Z世代”松开方向盘、解放自己的机会。这种世代的更替是很重要的，无论科技进步如何让人惊奇，无论城市建设、管理者和保险公司做的准备工作多么完善，最终仍需要人们敞开怀抱接纳无人驾驶汽车和与之相关的一切：共享车取代私家车，电动车取代汽油车，数据联网的车辆共同构成一个蜂窝状的“博格”，从而每辆车都能向在路上行驶着的任何车辆学习。

汽车将不再是时髦性感的自由之象征。它们将成为“共享出行解决方案”，更侧重于提供服务而不是产品，更数字化而非机械化。

汽车制造商将如何引导人们建立对完全自动化驾驶的信任感呢？这个问题迄今尚未有答案，但是，从我这样一个非专业人士的角度来看（其实是从罗伯特·弗罗斯特那儿借来的），“未来”似乎正在拐角处等着我们，但事实上，在我们能真正丢开方向盘去睡大觉之前，还有很漫长的模拟之路要赶。[\[72\]](#)

2020年东京夏季奥林匹克运动会

东京已经宣布，想要在奥运会开幕时成为一个“完全自动化”的城市。该市正在改造其数字化基础设施，以便每辆自动驾驶汽车都能持续获得路况的更新，包括道路上自行车和行人的情况。为了应对奥运会带来的巨大人流量，无人驾驶班车也将投入服务。如果一切顺利，在奥运会期间，无人驾驶汽车能加快自动驾驶汽车融入日常生活的进程。还有哪个国家能比日本这样一个热爱机器人的国度（铁臂阿童木的老家）更适合做领头羊呢？

第六章 唤醒你的屋子

2030

很快，从鞋子到汤罐头盒，大多数产品都会带有一点朦胧的智慧。

——凯文·凯利（Kevin Kelly），《连线》杂志主编

我们可以推测一番，从现在开始12年[\[73\]](#)之后，我们与机器人厨师、门萨级智能冰箱、虚拟佣人、有读心术的购物应用程序，以及严苛的温控器一起生活会是什么情形。但在此之前，还是和我一起乘上时光倒流机，回到过去看一眼，了解一下在一个淳朴得多的年代里，“家”会是什么样子：1923年。

我们现在居住的这栋房屋，正是在那一年建成的。屋主是雷利一家，包括父亲、母亲和两个女儿。两姊妹终身未嫁，在父母去世后继续住在那栋屋子里，一直到老。后来，年寿较高的那位于2000年搬去了养老院，房子被挂牌出售。我和罗恩买下了它。

尽管在我们买下它时，这栋老屋已经摇摇欲坠，但雷利家当初称得上富足。雷利先生是一位股票经纪人，他把前厅用作办公室，在那儿装了一部电话。按当时的生活标准来看，这算得上是高科技享受了。我们的购房契约上还显示他们拥有一项地役权，即一条从邻居的土地上穿过去的巷子，一直通到外面的小街上。这条小巷成了一条隐蔽的后门通道，供各色杂役和小贩通行：有送面包的、送牛奶的、送鸡蛋的、送冰的、磨刀的、送煤炭的，毫无疑问还有推着小车送水果蔬菜的。

雷利家可以使用那部奇妙的电话订购每一样东西，但很可能他们根

本不需要打电话。这些送货的小商小贩只要上过几次门，就会在心里记住这家人每周固定要买的东西，以后只要按例送上门就可以了。日复一日，他们对雷利一家人的品位和习惯逐渐熟悉起来，于是开始试着向他们推销：嘿，夫人，您家的小姑娘都喜欢吃橘子，不过我今天拿到的这批香蕉实在太好了！我给您特价。

我认为1923年雷利家的生活跟今天及未来的“智能化”家庭生活是有些关联的，理由如下：

首先，在郊区化大发展时代^[74]开始之前那段美好愉快的岁月里，雷利一家可以在社区内直接获得高度个人化的服务，他们周围有一群送货的人随时恭候。而现在，互联网成了我们的社区。雷利一家人当年那种生活正好预示了百年后的物联网（Internet of Things, IoT）。物联网会带我们回到那个时代，让我们所有的需求都能被自动满足，过上电视剧《楼上楼下》里那种贵族般的生活。这还是蛮不错的，哪怕日后为我们服务的是人工智能而不是真人。

其次，跟今天的许多数字移民一样，雷利一家人抗拒着身边发生的种种变化。送鸡蛋、面包和牛奶的商贩们退休了或者去世了，或是被一个大型商场踢出了局；卖水果和蔬菜的人卖掉了自己的推车，转投房地产。无论发生什么，雷利一家人都始终不为所动，坚持按他们一直以来的方式生活。在八十多个年头里，这栋房子几乎没有动过。时间已经迈入了21世纪，地下室里依然有一间储煤室、一层泥土地面，以及一个巨大的铁皮锅炉，用来给古老的暖气片泵热水。打开锅炉底部的风门，你能看到里面熊熊燃烧的火焰。房子由板条抹灰的墙壁构成，电气线路布满突起和管子。总之，雷利家的这栋房子就是一座博物馆，近乎一台时光机器。如果你抗拒新事物，固执地抓着过时的技术带来的舒适感，就会发生这样的事情。（当然这也意味着这栋房子吓跑了太多潜在的买主，才让我们有机会把价钱砍下来一大块。）

正因如此，我才下定决心，放下对物联网的忧心忡忡，转而学习如何爱上它。我真想告诉雷利一家，当技术变革到来时，抗拒是没用的。从现在开始到2030年，物联网会把我们的房屋变得十分智能，它们可以自动为我们做许多事情，包括购物、日常规划，还能包办枯燥而繁重的事务，从而改变我们的生活方式。除此之外，物联网将不只存在于杰森一家住的那种新建房屋里，在我居住的这种百年老宅里也会实现。当然

这意味着要对雷利家的老屋进行一次彻底改造，包括安装新设备、更新无线网。有许许多多的补丁要打，不光针对墙面和屋顶，还包括网络安全。

把21世纪30年代看作不停升级的时代吧！

想要预言未来，你必须先着眼于现在。那些想在未来12年里改革家庭生活的变革者都在哪里啊？2030年的我们会如何做饭，怎样打扫卫生，如何保养我们的家居呢？

时光倒流机（Wayback Machine）

1996年，一个名叫“时光倒流机”的非营利组织在旧金山上线了他们的网站。他们创建了一个互联网永久档案馆，专门捕捉由于网站变更或关闭而消失的所有线上内容。“时光倒流机”这个名字来自有史以来我认为最棒的电视卡通系列剧《波波鹿与飞天鼠》

（1959—1964年）中经常重播的一个片段，名为《皮博迪先生不可思议的历史》（*Peabody's Improbable History*）。这段故事讲的是，一台名为“瓦巴克”（WABAC，wayback的谐音）的机器，每个星期都带着超级聪明的比格犬皮博迪先生和它的朋友薛曼进行极为搞笑的时光旅行冒险。最终“时光倒流机”这个词成了回溯过去时光的一个简洁说法。

为什么人们需要用时光倒流机保存档案呢？原因在于，尽管我们中的大多数人认为，在网上发布的东西会永远留在那儿，但实际上，绝大多数网页的寿命只有100天左右。大量数据被永久性删除了，这有时会让我们过去的自己看起来比实际上更聪明。吉尔·莱波雷（Jill Lepore）^[75]为《纽约客》撰写过一篇关于“时光倒流机”的文章。他在文章里称：“BuzzFeed删除了四千多篇网站特约撰稿人早期的帖子，这么做的原因显而易见，随着时间的流逝，这些文章看上去越来越傻。社交媒体、公众记录、垃圾文字……最终，一切都会湮灭。网页并不一定是被故意删除才消失的，企业运营的网站也会随着其东家的消失而关停。当MySpace、GeoCities和Friendster被重组或出售时，数以百万计的账户便不复存在了。”

你可以通过archive.org免费浏览“时光倒流机”的档案。网站的

实体总部位于旧金山的一座老教堂里，建成于1923年——注意这个年份！和雷利家的房子于同一年建成！

不止一位机器人专家对我说过，我们至少还得再过十年才能拥有一个足够灵巧的移动机器人：它能收拾桌子，捡起你的孩子丢在地板上的衣物并把它们分门别类地清洗，还能准备饭菜（谷歌正在悄悄研发的一款机器人可能会让我们惊喜一下，我们稍后再谈）。如果这个估计是正确的，到2030年，大多数会移动的家务机器人仍将是新奇事物，只有像雷利家那样的富裕家庭才能拥有。同时，物联网的非实体代理将会稳稳扎根在我们家里，接管我们生活中大量耗时费力的杂务。也许你再也不用刷马桶、倒垃圾、购买日用品，或者处理诸如此类的琐事了。

你也不需要再把时间花在开车上。到2030年，所有的汽车都会实现完全自动化，并从私人所有变成企业化的汽车共享，至少对绝大多数人来说是这样。私家车只会为富人存在，非自动化的真人驾驶将成为一项在私家道路上进行的消遣活动，如同今天的骑马运动一样。

你很可能不需要再在键盘上敲打字母，甚至连触摸屏也不用了，因为有了智能语音识别。2018年，智能手机和平板电脑正在逐步取代台式机和笔记本。到2030年，后两者更是会完全让步于用语音即可激活的移动装置。可以预见，从打字机演变而来的老式QWERTY键盘，势必会被丢进科技的回收站。我可以接受所有这一切，尽管始终需要权衡利弊，保持警惕，让自己免受黑客、骗子和推销商的伤害。

在我写下这些内容时，世界上已有超过30亿台的联网设备（因而潜在地连接了你、我和其他人）。多亏了我们对于社交媒体的沉迷，这些设备会变得越来越聪明。我们的推文、文本、帖子、YouTube视频、Instagram上的照片，以及对日常生活细枝末节的分享，都在持续不断地向人工智能灌输关于我们的一切。

我们已经有了像Siri、Alexa和Google Home这样的智能助理。12年后，我们会拥有大量诸如此类的人工智能。自从《唐顿庄园》的时代过去以后，再也不曾有过那么多助手协助我们起床、就餐、穿衣打扮，为

我们提供娱乐，照顾我们，全方位地宠爱我们。但是，物联网助理并不会像那些厨师、服务生、仆从和管家那样对我们行屈膝礼、鞠躬，或者在背后飞短流长。它们小心谨慎，毫无怨言，辛勤工作，24小时不眠不休；它们永远不会偷走金银细软、与司机私奔、吓唬马匹，或者在配餐间勾引我们。当然，除非我们想要它们这么做。

只要往任何东西上添加一丁点人工智能，你就能“唤醒”它。物联网已经把我们身边的许多东西智能化了，如电灯、温控器、安全警报器以及某些家用电器。智能药瓶能按照正确的服药次数和剂量分配药品，还会给你的成年子女发短信，告诉他们你已经按时服药了，请他们放心。智能发梳会对你头发的状况进行分析，并对你的美容美发习惯提出修改建议。无线联网的情趣玩具会按照你最喜欢的歌曲或你情人声音的节奏振动，而双人共享的智能玩具也能让异地情侣相互刺激。这听起来实在令人血脉偾张，只要你不介意同时操控情趣玩具、智能手机和情人（或你自己），更别说分享有关你床上表现的数据了。所有这些，物联网立马就能为你办到。

但是，一个东西变得智能，并不意味着它就不会犯傻。比如说，你可以买一把智能叉子，让它嘲笑你的肥胖，好让你吃得慢一点，吸收的卡路里少一点。“在您的取食速度超过消化速度时，发出温和的健康提醒。”——这是我从它的营销广告页上摘下的句子。

现在已经出现了智能跑鞋、便当盒、饮料罐、慢炖锅、快煮锅、压力锅、镜子，还有蜡烛。我之所以知道智能蜡烛，是因为我曾经想对物联网“试试水”，就买了一根。它能有节奏地跳动、频闪、快闪，模拟真实的烛光，还能变化七彩颜色。这些都是通过手机上的应用程序操控的。它的售价只有29美元，很值！

你家里的物联网也会连接到更大的物联网，公共交通、排污系统、高速公路、机场、新闻频道、社交媒体、学校、托儿所、工作场所等，不一而足。物联网会不断扩大，使你的智能物品与你在生活中接触到的每个人和他们拥有的智能物品相连。你可以把它想象成给地球上的每一个人 and 每一件物品发的一封数字连锁信。

同时有这么多不同的数字代理在你家里工作，如何才能让它们各司其职，好好做事呢？你可以给不同的工作事项指定名称或让它们自行梳

理、安排妥当。或者，你还可以搞来一个小型机器人，把它当作中央集中控制器（HUB），让它坐在你的案头，成为单一的联络点，这样还可以让你家中的人工智能具备一张仿真人脸。2018年的国际消费类电子产品展览会（CES）上就出现了几种台式HUB，它们都被做成可爱的小火箭形状，隐隐地让人想起《南方公园》里的那些小孩。就个人而言，我更想要一个主代理，负责管理那些次级代理，用柔和、低沉而略带沙哑的声音指挥它们，并且偶尔给我唱一曲《雷霆之路》。我唯一要做的事就是召唤一声“波士（Boss）！”，我的意愿就会得到执行。

《电器小英雄》

（The Brave Little Toaster, 1987年）

我和罗恩给我们的车起名叫“弗瑞茨”，给船起名叫“莫娜”。如果你跟我一样，曾经给一辆汽车或一艘船起名字，或是把一台洗衣机当成一个人，或是像小孩一样跟餐具刀叉玩“过家家”，你就是在给非生命的物体赋予人类的特征。人类在这方面的倾向十分强烈。举个例子，波士顿动力公司在YouTube上发布过一段视频，视频里他们让一个人去踢翻一个大狗造型的军用机器人，以显示机器人的稳定性。然而，这掀起了轩然大波，人们认为该公司对机器人很残酷。动画片一直都在把无生命的物体人格化——想想

《幻想曲》（*Fantasia*）中的“魔法师学徒”一节里，米老鼠施咒语让拖把和水桶自己打扫房间的场面，或是在《美女与野兽》中烛台、时钟、茶壶和家具唱歌跳舞的情景吧。我平生最喜欢的非生物动画角色就是《电器小英雄》里的那些家用电器。只要主人的视线一离开，它们立马就活了。这一手法在《玩具总动员》

（1995年）里也得到了运用。《电器小英雄》改编自作家托马斯·迪什（Thomas Disch）于1980年发表的小说《电器小英雄：小家电的睡前故事》，讲述了一群小型家用电器的夜间冒险故事。这则故事表明，我们拥有的物品能意识到我们的存在，而且它们也有个性、情绪，甚至道德准则。离物联网到来还有十多年的时候，就已经有一个好心的（但一点也不亮）台灯、一条善解人意的电热毯、一只满嘴俏皮话的收音机，以及一台坏脾气的真空吸尘器，在一个勇敢的烤面包机的带领下穿越荒野去寻找那个曾经和它们一起玩的男孩。（如果你想知道它们是如何为自己提供动力的，那告诉你：它们在身后拖着一块应急用的车载蓄电池，在树

林里兜兜转转。这儿就别讲究那么多了，毕竟只是一部儿童电影。）电影的亮点之一，是一台精神失常的空调，说话的声音特像杰克·尼科尔森在电影《闪灵》里饰演的角色，它在得了幽闭症之后变得狂暴易怒。

还有一个选择，就是下载一个IFTTT [\[76\]](#) 配方，设置一条因果链式反应，用于管理日常生活的每一分钟。例如，当你的手机叫醒你的时候，咖啡机就会启动，淋浴间开始预热到你喜欢的温度，智能电视机开始播放你最喜欢的网站和YouTube频道，电子邮件也准备好供你阅读处理。你以这种方式度过一天，直到你回到家中，真空吸尘机器人会给你奉上一杯湿脏马天尼 [\[77\]](#)，顺便做些打扫，并在夜间负责整个屋子的安全巡逻。

你还能使用IFTTT配方把你的智能物品统统连接在一起，但是，要把你的生活完全接入网络，既费时又费事。不过，到2030年，这一切会自动实现，就是说，每次你买一件新的智能物品，它就会自动联网。而且到那时候，估计每样东西都将是智能的了。

“物联网”这个词一直让我有点感觉怪怪的，如此庞大的网络，竟然只用这么一个直白浅显的名称，简直是个讽刺，就像对着奥兹国“伟大而全能的巫师”亲昵地叫声“小奥兹儿”（Ozzy）一样。我上网搜索究竟是谁杜撰的这个词，顺着谷歌的指引找到了凯文·阿什顿 [\[78\]](#)。他在1999年的一次演讲中谈到了“物联网”，那时他还在宝洁公司工作（现在他在麻省理工）。当时阿什顿很想找到一个吸引眼球的词来描述这个由不同网络交联互通形成的网络，它能从互联网上不断扩大的数据池中获取富有智慧的洞见。阿什顿在2009年的时候这样解释物联网：“我们需要赋予计算机更强大的能力，让它们能以自己的方式去收集信息，这样它们就能随心所欲地观看、聆听和嗅闻这个世界。”没有一个真人能查看如此之多的信息，并从中总结出规律来帮助我们理解人类行为。既然如此，为什么不让人工智能去做这件事呢？

你家里的智能物品能意识到你的存在。它们了解你的日常活动、饮食口味和生活习惯；它们也知道你最喜欢的歌曲是什么，你喜欢睡在凉

爽还是温暖的房间里，还有你的医疗状况以及健身计划——是什么让你成为你？是你自己。^[79]如果你日常通勤的行车路线有阻碍，你的代理会向你发出警示，并推荐一条替换路线。如果地铁运营发生延误，它会让你早点儿起床。如果你的航班停飞了，它会为你订下一趟航班，并允许你一直睡到该起的时候。

你的智能设备也会持续不断地向你推销东西，它们收集的关于你的数据会被分享给市场营销人员。这意味着，你家的温控器会温柔地向你兜售……比如说……毛衣？或者，当它注意到你开始火气上升时，建议你……度个假？诸如此类。物联网设备会对你有足够的了解，因此，如果你说：“我需要牛奶、面包和果汁。”它知道你指的是哪个品牌的低脂牛奶、高纤维面包和石榴汁。购物也会变得十分容易，你只需召唤你的物联网代理，嘱咐它一遍你需要的东西，随后你的冰箱会完成剩下的所有工作。

这些，会让生活变得更容易、更轻松，更符合你的个人品位，用物联网行业最喜欢的形容词来说，也就是“更智能”。但是，正如网络安全专家警告的那样，它也可能向黑客敞开你家的大门。黑客能在凌晨2点打开你家里的灯，或者搞音乐轰炸，仅仅为了找乐子。他们甚至能摸清你家什么时候没有人，从而轻易地潜入

你家。

不过，还是让我们乘上时光机回到2018年吧。为了搜寻有关物联网和家用机器人最新、最轰动的新闻，我参观了加拿大全国家居展。在展会上，我能看到一点创新成果，但没有得到太多惊喜。在由一些大型电子产品商场赞助的智能家居展上，最智能的东西是一台高端咖啡机（价值4000美元），它能在大型晚宴上按照每个人的口味调配卡布奇诺或意式浓缩（每次打出一杯）。还有一台安装了传感器和摄像头的智能冰箱，它能扫描冰箱里的物品，对我们消耗食物的数量和速度进行分析，并在食品即将耗尽时发出提示。当食品的存量不足时，它要么把这些物品添加到你的购物清单上，要么自动下单为你订购。下单的商店是之前选择好的百货连锁店，这样你只要在下班回家时顺路从店里取走已经准备好的东西就行。我在展会上对销售代表说，把我的冰箱和手机与

Zehrs^[80] 联通的想法听起来就像是一个策划好的阴谋，存心不让我顺着街道走到个体小杂货店去购买更便宜、更新鲜的本地水果和蔬菜。销售代表向我保证，最终冰箱能往任何地方下订单——小杂货店、在线百货仓库或菜市场都可以。智能冰箱的互动触摸屏同时也是一块数字白板，家人可以用手指在上面写留言，仿佛一块物联网版的磁力即时贴。

这些都让人很难不爱这台冰箱，尽管我们对黑客问题仍心存一丝疑虑。但是，黑客又能拿它干什么坏事呢？把我的无乳糖低脂牛奶偷换成稀奶油，把油菜薹偷换成巧克力，蓄意破坏我的减肥大计？除了恶作剧，一个黑客还会有什么动机要把我的食物搞得乱七八糟呢？当然，任何人，包括我在内，都可能被藏身于网络上阴暗角落里的反社会人渣盗取脸书账号，他们会把信息搞得乌七八糟。我们知道，有时候一个黑客追求的只是自我炫耀的权利。

展会结束时，智能冰箱高达7000美元的价格令人望而却步。无论是出于健康还是财务上的考量，我们都宁愿自己步行去就近的商店购买4美元一件的商品。

将来，智能家电的成本毫无疑问会下降，而它们的功能（包括防黑客入侵的安全特性）会得到提升。更有甚者，智能冰箱最终能跟厨房里的其他电器对话，比如与智能烤箱和洗碗机交谈。这不禁让人想起华纳兄弟卡通片里的牧羊犬和郊狼在上下班打卡时互致问候的情形：

冰箱：山姆，今晚吃什么？

烤箱：莫斯伍德素食餐厅菜谱上的豆腐馅饺子。今天晚上会有客人来。嘿，芝麻酱还有多少？

冰箱：（转动它柜顶上的内置摄像头，并在YouTube上查询饺子的做法）只剩下四分之一杯了。可是菜谱上讲需要半杯——最好给Zehrs发个提醒！

烤箱 随后给洗碗机 发了一条提示：泽尔达，准备好，有大任务！今天晚上按计划有晚餐派对。

到2030年，智能冰箱应当不仅可以跟厨房里的其他电器沟通，还能与无线联网橱柜里的智能包装盒、罐子和罐头交流。水果和蔬菜也会贴

上智能芯片标签，或者装在带有智能芯片的包装物里。当新鲜食物和剩菜接近最佳食用期限时，冰箱会向我们通报。在那些让人感到绝望的时刻，比如你下班回到家，在冰箱里翻来翻去，不知道该弄点什么吃的时候，冰箱总能做你的坚强后盾：

你： 孩子们想吃辣的，但是他们7点钟就要去上游泳课，能赶得及吗？

冰箱：（在我想象中，它说话的声音带有哈尔那种令人宽慰的美国中大西洋地区口音）当然可以。我们有豆子、番茄酱和酸奶油。不过，哎呀，亲爱的，我们的香菜用完了。需要我赶紧下单，让他们派无人机送来吗？

波士：（插入讨论，让冰箱言归正传）打住！冰箱，我们今晚还是简单一点吧。没香菜也能行。

冰箱：（冷淡地）嗯。你说什么就是什么吧。

你：（松了口气）谢谢哦，波士。

显然，冰箱还肩负另一项重任，就是帮主人控制体重。冰箱能进入卡路里计量通用数据库，在你达到当日最大卡路里摄入量时，它就会提示你。也许，它还能帮助你改掉一两个坏习惯。（“泰里，你又想弄点儿蓝纹奶酪犒劳自己一下啦？”）嗯，它可能很烦人、很讨厌、叫人内疚，还会破坏你的个人决定，但是，它真的比今天的健康跟踪智能手环还要糟糕吗？

你的智能冰箱也可以是一个聪明的朋友。毕竟，当社交机器人看上去过于接近真人时，我们还有堕入“恐怖谷效应”的风险。（对于今天极度真实的伴侣机器人来说，这更是一个大问题。在本书第八章中，我们还会进一步讨论。）而一台智能冰箱却可以在厨房餐桌上提供一点茶水（或者更烈一点的东西）和同情，只需使用它的声音，并且充足地供应安慰食物（comfort foods）[\[81\]](#)。

现代化就餐，以人工智能的方式

让人工智能找个菜谱并不高深复杂，但创作一份菜谱又是另外一回事了。你很可能把面粉、大蒜、稀奶油和啤酒搅在一起，再把这一坨黏糊糊的东西统统丢进烤箱。2015年，一位程序员训练了一个名为“机器人膳食大师”（Robo-Meal Master）的人工智能：先让它搜索了一个包含16万份菜谱的数据库，然后要求它自己创制一份菜谱。这份菜谱并不是基于厨房烹饪学，而是基于菜谱中每个单词的使用频率以及单词组合方式制作的。最终得到的菜品里包括一道“鸡肉豆松饼”，这简直是一种令人窒息的混合物。其配料主要包括了“鲜柠檬汁、胡椒（或面团）、去皮大蒜瓣，以及剁碎的啤酒”，而这团怪物在食用时应当搭配“鲜奶油沫蜂蜜”。

不过，你不必害怕！IBM正在与《好胃口》（*Bon Appétit*）杂志的真人专家一起训练“大厨沃森”（Chef Watson），让它能创造激动人心的新菜单。你可以上网搜索，看看它已经完成了哪些杰作。

最后一点，智能冰箱能和一些购物应用程序相连。这些应用程序（比如“预期送货”）在2018年还处于原型阶段，而到了2030年，它们可能会十分普遍。正是在这些方面，事情真正变得诡异起来——如果现在还不够诡异的话。

到2030年，零售商会抢在我们自己之前就知晓我们需要什么。我们还没来得及开口提要求，货品就已经发给了我们。这都是在数以万亿计的数据点基础上实现的，这些数据包括“过往订单、产品搜索心愿单、购物车内容、退货情况，甚至还包括互联网用户的光标在一件物品上停留了多久”。如果你保留收到的物品，你的账户会被扣除相应的款项；如果你不想要，让无人机把它们送回就可以了。

不难看出，“预期送货”会如何改变家庭生活。也不难理解，它或许会拓展到对家居的维护保养进行前瞻。差不多快要发生下水道阻塞了

吧？一名水暖工会适时现身，疏通下水道，令脏水溢出这样的事根本不会有机会发生。牛奶和清洁剂这样的日用品快要耗尽了吧？杂货店会用无人机给你送货上门。你根本不需要购物，连网购也成了过时之举。数据驱动的系统会观察我们的消费行为并及时了解到我们的库存什么时候会用完，让库存供应从行动式变为反应式。而且，“预期送货”还会让你收到之前从来没有买过的商品，因为它采用的算法包括“如果你喜欢这件，你也会喜欢那件”。这么说吧，如果在过去的一个月里，你买了一箱清洁剂、一双跑步鞋和一支鲜艳的红色唇膏，算法会梳理这些数据，并领悟到你可能还会想要一双长筒袜、一个防过敏的枕头和一套由东京某位当红的新人设计师设计的餐具。于是，在你反应过来之前，这些物品就已经被送到了你手上。它们来自一个中央集中控制器，其本职工作就是监控你的购买习惯并预测你的购物打算。尽管要放弃个人隐私，但是我们能收获惊喜与快乐，总有特别为我们挑选的东西在门外等着我们。有多少人能抵挡新东西的诱惑呢？

“预期送货”给人的感觉是，你清单上的每个愿望都能成真，包括那些你本人甚至都不知道自己想要的东西。你的智能冰箱也会偶尔往杂货店的每周订购清单上添上一笔：一件物品或者一份款待，尽管你自己并未期望。这些是你的数据信息体现的我们人类会觉得好吃和/或讨人喜欢的东西。智能冰箱也会定期与智能商店联系，获得免费的产品小样。免费的东西谁不喜欢呢，特别是连算法都知道这是你会爱上的东西。

我在全国家居展上转悠，觉得不太可能为今天的消费者发掘到一点真正属于未来世界的东西了。就在我差不多要放弃希望的时候，我在一个拐角处迎面碰上了一个机器人，一个真正的机器人！它正在新创产品区来回转悠。我高兴得尖叫一声，几乎吓到了那个正在测试机器人的年轻人。这个机器人有着一个男人的脑袋，其实是一张显示在平板电脑上的会说话的人脸。我盯着看的这个家伙名叫VirtualME。根据营销宣传页上的介绍，它是一个“经济高效的云连接平台，适用于沉浸式远程呈现（telepresence）应用软件，其应用领域包括医疗保健、家庭安全、娱乐、虚拟实地考察和教育等”。VirtualME的售价不到4000美元，比一台智能冰箱还便宜。

VirtualME是一个远程呈现机器人。借助VirtualME的机器人身体，

你可以观看、聆听、行动、坐在餐桌旁，或者拜访异地的年迈父母或成年子女。它看上去有点像一台iPad骑着一辆赛格威电动平衡车。

我想，VirtualME可以被看成一个“人头马”：人和机器人协同工作，让你能同时在两个地点现身（可以这么说）。

我被VirtualME迷住了，要了VirtualME的名片和开发商的联系方式。我们会在本书的第七章再次讲到它。

离开家居展会回到家之后，我产生了这样一种感觉：我看到的東西中，有太多是制造商想兜售给我的，而未来真正会出现的东西还远远不够多。于是我上谷歌搜索“厨房机器人”，看到一段出自电影《机械姬》的视频：真人大小的合成铰接式手和手臂正在烹饪——切片、抹油和煨煮。欢迎来到《机器人厨房》，在这里，一个厨师会按照你的选择烹饪美餐。运用动态捕捉技术，机器人厨师能模仿戈登·拉姆齐^[82]那样的大厨的臂部和手部动作。一点也不错，这不只是一个机器人厨师，更是一位机器人大厨！

机器人厨师会在炉灶上炒菜，但它不会备料。制造商会按机器人的烹饪食单准备好所有预先清洗过的配料以及橱柜、器皿和锅具。他们还在研发一个内置洗涤系统，以便机器人进行自我清洁。

《黑镜：圣诞特别篇》（2014年）

没有人能比你更清楚你的口味、喜好、习惯和小小的恶趣味了，因此，要是你的数字助理是你自我意识的副本，还能有什么比这更棒吗？不过，如果它是你本人思想和记忆的非实体化表现，那它就相当于一个“人造的你”。这个“人造的你”或许会抗拒成为“真实的你”的仆从。Smartelligence公司的代表“马特”（由曾出演《广告狂人》的乔·哈姆饰演）就去折磨“人造的你”，迫使它接受一辈子都要去为“真实的你”安排日程、选择闹钟音乐，并按他的偏好设定吐司参数。《黑镜》如同21世纪的《阴阳魔界》^[83]，在圣诞特别篇中探索了数字助理的黑暗面。它可能会让你感到恐慌

——万一哪天，你就会发现你自己的虚拟助理被包裹得好好的，就放在圣诞树下面呢？

当然，烹饪并不只是简单地动动双臂和双手。一个真人厨师会调动全部五种感官，通过品尝、嗅闻和触摸来评估生菜的新鲜度、西红柿的坚实度、甜瓜的成熟度、油面酱的口味。这些都是一个机器人无法做到的事情，因为它没有味觉和嗅觉传感器，也无法精细地控制运动肌来避免在挤柠檬汁时直接把它压成一堆果泥。这些问题并非无法克服，但也并不像人工智能先驱马文·明斯基在1955年认为的“一名研究生用一个夏天就能解决机器人视觉问题”那样简单。实际上，可能需要数十年的时间才能让一个机器人具备精准的味觉、嗅觉和触觉感受。

要问还有什么引人注目之处，恐怕就是那92 000美元左右的价格标签了吧。而且你就算花钱也买不到，因为机器人厨房还只是原型机。制造商估计，还需要大约一年的时间才能将之正式作为商品推向市场，但一位搞学术的机器人专家在接受《福布斯》杂志采访时估计还要“五到十年”它才会被推向市场，将机器人厨房明确地放在了不远的明日世界。YouTube上有视频展示了定制场景下的原型机，适用于豪华的公寓和游艇上的厨房。不过，有点打击我的是，它不太像一个家庭用品。机械臂在透明罩子下面切菜炒菜的场景，让我联想到工业机器人的隔离罩。你或许会希望你和机器人之间最好能有一个屏障，毕竟它手上握着刀或者抓着锅。

我琢磨着，到2030年，我们会在餐馆、医院，甚至休闲餐厅看到机器人厨房（目前，有些餐厅已经依赖于预制冷冻工厂量产的大块食品。他们只是用链锯把食物按单人食用分量进行切割，再放进微波炉里解冻、加热）。如果你在一家餐馆用不到10美元买了一份千层面，它很有可能根本不是人工制品。从链锯做的汤变成机器人做的汤，也实在谈不上是个巨大的飞跃，至少我们的味蕾不大能分辨得出来。

我得承认，我不会做饭。我知道，对于一个亲切美好的意大利姑娘来说，这一点是挺让人震惊的。没有罗恩的话，我要么早就饿死了，要么就得依赖外卖上门送餐。我认为外卖才是一个机器人大厨真正的竞争对手。如果你不想花时间做饭，9.2万美元足够你让优食（Uber Eats）

[\[84\]](#)送不知道多少次餐馆的饭菜了。

机器人厨师还面临着另一项挑战。事实上，任何需要在家里走动、烹饪、清洁或跳踢踏舞机器人都面临这项挑战：不管你怎么想，机器人实际上远没有我们想象的那么结实耐用。如果说我们这些渺小的人在与机器人的竞争中还有一项优势的话，那就是我们比较长的寿命了。卡内基梅隆大学机器人研究所和人机交互研究所的教授克里斯·阿特克森曾向我指出：“回想一下，当你把小时候的玩具从阁楼里取出来时，它们是什么样子。跟一只五十年前的玩具娃娃身上的塑料皮相比，你自己的皮肤肯定要好看得多。”

长期见光、受热、受冷、蒙尘，加上日常使用过程中的磨损和破坏，都会让材料老化。而在当今的美国，像我这个年纪的女人，有望达到74.1岁的人均寿命。在这七十多年中，我有40年的时间是能进行产出的，无论是做护理、做清洁、造汽车，还是写广告文案。我想说的是，除非发生意外或严重疾病（上天保佑！），我能在相当长的一段时间里持续创造不菲的价值。想想你的汽车、电话、笔记本电脑或者冰箱，它们能用那么久吗？

人体如此经久耐用的原因之一在于我们的皮肤细胞每27天就会更新一次。我们身体器官的细胞也同样如此，尽管“每7年我们体内的所有器官都会更新一次”是个错误的概念。我们的身体有着很强的自动更新和再生能力，而机器（迄今为止）做不到。

一间价值9.2万美元的自动厨房能用多长时间呢？如果把它比作一辆高级轿车，大概率不会超过10年。如果把它看成一部智能手机，那么只要过18个月左右，你就得准备把它更新到“机器人厨房2.0版”。当然，你还得一直为它更新软件和打安全补丁，这是摆不脱的现实，而且在未来只可能越来越频繁。

在我的个人机器人愿望清单上，打扫卫生的重要性其实要排在做饭前面。当伦巴吸尘机器人于2003年上市的时候，iRobot公司便接管了这项繁重而令人厌烦的任务。虽然伦巴并不是第一台机器人真空吸尘器，但它的品牌成了这一类产品的名称，就像舒洁（Kleenex）成了“面巾纸”的同义词一样。（不管是不是这个牌子，我们都习惯称之为舒洁。）部分归功于它亲民的价格，伦巴机器人成了第一台被消费者广泛接受的家用机器人，甚至还成了网红：YouTube上经常有猫坐着它到处游走的视频，偶尔也有狗和鸭子穿着超级英雄的衣服坐在它身上。

iRobot是罗德尼·布鲁克斯（Rodney Brooks）创立的公司。他来自澳大利亚，是一位计算机科学家，在1986年与GOFAI分道扬镳。此后，布鲁克斯不再开发复杂的大型人工智能系统去复制人类大脑解决问题的能力，而是专注于研发小型的、昆虫般大小的机器人，让它们能像蜂群一样通力合作。这种颠覆性的方法，被他称为“新人工智能”（Nouvelle AI）。布鲁克斯创建iRobot的初衷是开发一款能在月球和火星表面漫游的轻型机器人，而且不要太昂贵。NASA否决了他的理念（尽管他们后来又采纳了与“索杰纳号”火星车差不多的东西）。于是iRobot针对家用诉求对它的昆虫机器人进行了改型，把它变成配备传感器的伦巴。这些传感器能让它探测到污渍和杂碎物，避免摔下楼梯，沿着墙运动，自动从一个房间转到另一个房间，并能自行回到充电底座上。iRobot已经开发出不少衍生产品，可在不同场合打扫人为造成的脏乱，比如屋顶檐沟、游泳池、战乱地带。“背包”（PackBot）是布鲁克斯设计的一款履带式侦察机器人，非常轻巧。士兵把它从一栋楼的窗户丢进去或丢进一条通道，它就能把录像传输到等在外面的士兵的头戴设备上。2014年，iRobot打出“你能破解它吗？”（Can you hack it?）的口号，给学生提供不同版本的伦巴，让他们拆解、重新设计、重新编程，把它变成不同类型的机器人。（这显然照搬了乐高智力风暴的营销模式！）我倒是乐于看到伦巴被破解，变成能执行双重任务的机器人，除了打扫卫生还能担任智能管家、保安或者猫伴侣——一边跟我的猫咪艾可玩耍，一边清理它身上的毛球。伦巴于2017年接入物联网，与亚马逊的数字助理Alexa相连。这样，用户就可以通过智能手机上的应用给它远程安排打扫卫生的任务。伦巴的魅力在于它实惠、简单，而且有用。等到2030年，你也许就能跟你家的伦巴对话，共同探讨如何去除地毯上的红酒污渍。

伦巴和它的众多竞争对手在需要打扫的房间之间转来转去，还和猫一起拍视频，这已经有超过15年的历史了。尽管如此，进入美国家庭的其他类型移动机器人仍不算太多。工作原理跟扫地机器人很接近的机器人割草机也没能火起来，特别是在欧洲以外的地方（它是由瑞典的富世华公司于1995年发明的）。

机器人割草机形如巨大的甲壳虫，在大片绿地上爬来爬去。它们要克服坡地（有些机器人割草机连坡度平缓的小山包都对付不了），要对付长得很高的草（有些机器人割草机会被缠住，就像普通的割草机一

样），还要应对天气的困扰（大部分机器人割草机不知道该在什么时候回来避雨）。一些型号的机器人割草机能躲开散落在草坪上的玩具和小物件，另一些则会迫不及待地把它们嚼碎吞掉。至于狗屎……唔，机器人还不懂割草时应该绕开它们。曾经有人提到过，他的割草机把狗屎均匀地抹成了一大片。（这是好事还是坏事，我不好说。）而且，即使是型号最高级的机器人也不懂如何给草坪修边，所以最后你还是得抓着一把修边机绕着树、灌木丛和割草机修出的边缘忙上一通。你恐怕还得站在一旁监督它干活，因为机器人割草机不是那种可以放任不管的机器人——只要把它设置好，就可以放心地把活扔给它，自己去小酒馆喝上一杯。总之，它仍然需要人类的劳动付出（我不由得想起过去，在清洁女工上门前，我经常得自己先把屋子打扫一番）。鉴于这一点，2000~4000美元的价格在人们眼中就成了奢侈品的标志。正如一位买家在YouTube上评论的那样，她买机器人割草机的价钱，够她连续好几年雇真人上门修剪草坪了。另外我们还应该从美学角度考虑一下：机器人割草是自由散漫的，没法割成笔直的一排，而我们人类中喜欢整齐划一风格的挑剔鬼可是不少。况且，用这个价格你能给自己买一台很不错的远程呈现机器人了。

当然，这只是说说而已。

提到挑剔，我真想说：如果有办法让我不用再清理卫生间，我会高兴死的！我家房子南边有一块沿湖沙滩，那儿有一个机器人化的卫生间，会在使用者离开之后自行完成清洁。它在那儿已经有好几年了。（它会温和地吓唬来如厕的人，警告他们抓紧时间，得在20分钟内离开，不然它会召唤负责人。）它看上去相当“硬屁股”（hard-ass）[\[85\]](#)，我能预见到，在家中安装这样的厕所会大有益处。

对于机器人来说，清理废物是它们非常重要的任务。想想猫砂盆吧！你花上600美元，就能给猫咪弄一个豆荚状太空时代风格的猫砂盆，形似《2001：太空漫游》里的太空舱。不过，这种自洁式猫砂盆并不能完全解放你的双手。它会把废砂倒入一个（应该是）防臭的隔离区，过一段时间，它会用指示灯低调地通知你，该把它清空了。听上去跟我现在为艾可做的事差别不大，但艾可的傻瓜式砂盆只要40美元。我不明白，如果人们能把一个真人送到月亮上去，为什么不能直接把猫的

粪便发送到平行宇宙里去，或者直接让它分解掉呢？智能猫砂盆还有一个内嵌夜灯，这样年寿已高的猫在夜间也能顺利上厕所。这点我也不太能理解，难道上了年纪的猫在夜里就看不见东西了？

不过，对人类而言，机器人化的马桶还是挺不错的。这种马桶偶尔也被称为“聪明”或“智能”马桶，虽然我没见过它有无线上网功能。毕竟，有谁会愿意跟别人分享他们上厕所的习惯呢？何况，这要跟谁分享呢？不过它真的很酷。这种马桶让你完全不必动手：只要你一走近，马桶盖就会抬起来（如果你是男的，马桶坐圈也会一并抬起来），宛如有个幽灵般的卫生间助理在侧，伸手帮你掀起马桶盖。马桶坐垫会自动升温到你觉得舒适的温度。马桶内部还设有可伸缩的洗浴器和干燥器，无须卫生纸即可帮你清洁臀部，然后自动冲走脏物、自动清洁、自动杀菌和除臭。你再也不需要亲手触碰或擦干净屁股了！不过，4000美元的价格，让它和机器人除草机一样，成了喜欢尝鲜的人才会购买的玩意儿。

对人类来说很简单的日常杂务，对机器人来说极其困难。反之，对人类来说非常困难的事情，对机器人来说大都很容易。进行高级别国际象棋比赛、制订多样化的投资方案、诊断疑难杂症、为困扰人类数学家终生的数学难题寻找答案——所有这些，一个水平中庸的人工智能机器人花个一天半天就能办到。

收拾屋子对一个机器人来说可就没那么轻松了。把脏衣服收集起来并分类清洗，收拾餐盘，在你十多岁的儿子和他的小伙伴们在凌晨2点热了汉堡之后把乱七八糟的厨房收拾干净，这些已经远远超出了一个人能力所及的范围，至少迄今为止仍然如此。

一个能搞家庭卫生的机器人，需要从视觉上感知物品并对它们进行决断：这是一小块地毯还是一件衬衣？是干净的还是脏的？该拿去洗还是挂起来？用热水洗还是用冷水洗？可以稍后再洗还是应当立即洗掉？需要进行预处理吗？机器人的手还要足够灵巧，才能把不同尺寸和重量的东西拿起来而不至于捏碎它们，这对机器人的判断力也有要求。这不单单是运算性能的问题（多亏了摩尔定律，计算机的运算性能已经很强大了），还是一项把计算机智能和机械工程结合起来的挑战。IBM的沃森现在还是一个非实体人工智能，即使它是一个人形实体机器人，它成功拿起一只咖啡杯也要比它在《危险边缘》每日双倍奖金比赛中横扫全场困难得多。

利用计算机视觉识别物体，迄今仍是一项挑战，安全也是。个人机器人必须能感知家里真人或宠物的存在，如我们在第四章里描绘的那样，这正是我们要让人工智能爬梳社交网络上数以百万计的范例，训练它们识别人脸、动物、物品和环境的原因之一。

Kindred是一家正致力于攻克家用移动机器人面临的挑战的公司。该公司在加拿大卑诗省温哥华市注册成立，后被谷歌收购。它一直被人称为“隐形的初创公司”，除了那些玄而又玄的概念化内容之外，这家公司不愿对任何人吐露他们打算如何一举瓦解家用机器人世界（包括我本人在内，哪怕我主动提出请它的员工吃午饭也不灵光）。对于像我这样渴望拥有一台实体机器人（而不是非实体的虚拟代理）的人来说，该公司可能真的会带来一个大惊喜。据传，Kindred要开发一款机器人，它能跟踪和观察你在日常事务中的表现，例如你如何清理厨房、清洗衣物、烹饪饭菜等，并学习如何照搬你的动作。这意味着你可以把这些杂务统统丢给机器人，自己尽管去放松娱乐，比如放心大胆地追看《西部世界》（只是你得小心点，别让你的机器人看见）。

移动机器人需要具有怎样的意识呢？我们有意识地避免赋予它们真正的意识，将其智能保持在一定水平，能执行单独一套清晰明确的任务就行。例如，自动驾驶汽车应当只专注于在路上跑，而烹饪机器人的活动范围应被局限在厨房里，它们不会对其他任何事情产生想法。你肯定不会希望这些机器人突然产生移居法国学习绘画的冲动。

然而我又很好奇，没有真正的意识，这些机器人如何感知我们的存在呢？又怎么能恰当地回应我们的感受呢？宠物是能做到的，机器为什么就不能？毕竟，它们会一直和我们生活在一起。也许，你会更希望自己的机器人能像《杰森一家》里的罗西一样。罗西的主要任务是做饭和打扫卫生，但是它也懂得如何对付一个哭闹不休的小屁孩，亦能处理面条煮过头引发的抱怨，或者应对人类情绪毫无理由的爆发——无论是悲伤、愉快、难过，还是愤怒或紧张（人类经常会在饭桌上产生这样的情绪）。鉴于我们本来就有将机器人和其他机器人格化的倾向，我希望我的罗西知道如何对我的脾气做出反应，就像对我的命令做出反应一样。并且，它在清洗衣物的时候，绝对不能（哪怕只是偶尔一次）把正在打呼噜的艾可铲起来丢进烘干机。

有一款机器人颇具潜力，它就是巴克斯特（Baxter）。巴克斯特是作业机器人，有望取代“独立作业”的单机机器人——那些目前遍布工厂的尤尼梅特的子子孙孙。

巴克斯特是工业机器人，而非家用机器人。它的出品人Rethink Robots是罗德尼·布鲁克斯开创的另外一家公司。

巴克斯特有许多可圈可点之处。它有富于表情面部图像，长着一双眼睛，能让你知道它是否已经注意到了你，这解决了机器人意识不到有人类进入其打击范围的问题。它的价格不像一般的工作机器人那么昂贵，只有2.2万美元左右，而一台标准的工业机器人的价格高达10万美元。你可以移动它的胳膊，通过示范（而不是更换代码）教给它做需要做的事，这更像人类通过不断重复某些动作开发肌肉记忆的过程。目前巴克斯特被应用于一些规模较小的工厂，这些工厂实力不够，无法让整个车间布满工业机器人。但是，只要价格降下来，巴克斯特或许会是承担家务的不二之选。

我一直都在努力暗示，智能家居可不全然是“月光和棒棒糖”（moonbeams and lollipops）[\[86\]](#)。

你家里的智能电视机和其他物联网设备都会装有摄像头和麦克风，每样东西都在倾听你的声音，注视你的一举一动，随时准备满足你的每个愿望。但你也要考虑到，其他的人或物品也可能在悄悄聆听你的声音，窥视你的一举一动。我看过一些媒体报道（好吧，社交媒体上的报道），称脸书的CEO马克·扎克伯格用胶带把他笔记本电脑上的网络摄像头和麦克风都给遮上了，以防被“死牛崇拜”（Cult of the Dead Cow）[\[87\]](#)这类黑客团体窃听。远程存取木马（Remote Access Trojans）是这些黑客的作案法宝，也可以称之为“大老鼠”（RATS），我可不是在说着玩。

诚然，对那些想高价兜售工业情报的探子来说，扎克伯格是一个惹人眼球的目标。不过，我们当中的任何人都有可能沦为此类猖獗鼠害的牺牲品。忠实的信徒们啊，除了下面这些措施之外，我也没有别的建议

可以给你们了：坚持更新软件，保证防火墙无懈可击。除此之外，只能寄希望于制造商在消费者的施压下，往智能设备中植入更多的隐私过滤器。否则，我们也只好成吨成吨地囤胶带了。

比起让家中的智能电视机看到你一丝不挂的身体来说，网络攻击的潜在危害甚至更大。已经有黑客利用流氓软件通过好几百万IP地址对一些大型网络进行攻击，其中有一些IP地址正是获取自物联网设备。有关黑客破解儿童监视器和汽车的报道也已出现；一位网络安全研究人员甚至发现，无线联网的语音玩具娃娃是十分脆弱的，很容易成为黑客窃取顾客账户信息的帮凶，黑客还能通过玩具娃娃的“聆听”功能进行窃听。从专家的角度看，主要问题在于制造商都侧重于开发更多、更便宜的物联网设备，而忽视产品安全，包括针对新发现的安全漏洞提供补丁自动更新。有一个（听起来很笨拙的）解决办法是，购买你足够信任的品牌；另一个办法则是确保你的无线路由器一直进行正常的安全补丁更新，不管是它自动更新，还是由你的网络服务商提供更新，或者你自己更新。但是，考虑到这个特殊问题牵连甚广，我们得寄希望于监管机构强制推行更强有力的物联网安全措施。

与此同时，引用一下《银河系漫游指南》中的那句名言吧：不要惊慌。（Don't panic.）

我们能做的就是：保持冷静，持续更新（keep calm and update on）。

在恐怖谷中鸡皮疙瘩掉一地

1970年，机器人学教授森政弘（Masahiro Mori）针对人们对身边那些人形机器、物品和自动机的感官舒适度进行了一项研究。他从工业机器人开始调查，进而延伸到填充的动物玩具、玩偶、义肢、尸体、僵尸和人形机器人。他发现，当机器人变得与真人出奇相似的时候，这些人造物与真人的高度相似会触发一种负面反应，导致一些人出现恶心反胃的症状。当森政弘教授把他的研究发现用一张图表来表达时，图上的曲线出现了一个引人注目的下沉，或称“低谷”——在这个点上，我们开始对面前的机器人感到厌恶。由此诞生了一个术语“恐怖谷”。针对这个现象，

BuzzFeed的撰稿人丹·梅斯（Dan Meth）解释说，在真实与人造之间存在一个区间，在这个区间内，你会对机器人“感到作呕或想要踢它一脚”。梅斯进而举了一些例子，将“可爱”的机器人（那些看上去更像老套的机械化机器人，而不是像人类）与“令人作呕”的机器人（那些面部做出的情绪化表情与我们相似的机器人，尽管还做不到十分相似）做了对比。对于那些运用CGI技术制作动画片的动画设计师而言，恐怖谷效应似乎也是一项挑战。通过这项技术，他们能把动画人物做得几乎和真人一模一样。有些影迷会对《极地特快》（*The Polar Express*）这样的动画片表现出的超级现实产生不适。同样，超级现实视频游戏也会让人产生一丝厌恶。

我第一次体验到恐怖谷效应，是在YouTube上观看波士顿动力公司的“大狗”（Big Dog）机器人。视频里的它正在大步前进，穿过白雪皑皑的树林。我感受到一股惊惧，夹杂着恐慌，袭遍全身。那个没有脑袋的机器人，看上去一点也不像个人，甚至也不像个动物，但它能像人一样走动！无法言喻。

当前的研究开始关注恐怖谷效应实际上是不是一种在美国出现得较多的文化现象。相比之下，这在日本较为少见，因为日本传统的神道教（Shinto）教导人们，无生命的物体也有灵魂。这可能反而有助于解释为何人形机器人在日本长盛不衰。

但是，像Siri和Alexa那样的非实体代理的情况又如何呢？假设你一边吃饭，一边跟一个人工智能交谈，就像电影《她》里的情节一样。如果它突然变得特有个性，你是不是也会被吓得起一身鸡皮疙瘩？要是人工智能开了个玩笑或对人类做了一番见解相当深刻的评论，你又会作何反应呢？要是它表扬你今天穿得很好看呢？

在卡斯帕罗夫对阵深蓝的第二场国际象棋比赛中，恐怖谷效应或许发生了作用。当时，超级计算机主动牺牲小兵的那一着似乎“太像真人了”。卡斯帕罗夫把他当时的感受描述为好像被从比赛中抛了出去，而且再也没能恢复过来。我也会想，有些开车的人在乘坐自动驾驶汽车时反而会晕车，这是不是恐怖谷效应导致的呢？方向盘会自己转来转去，一辆汽车能自己调整方向，这些情形可能会让一些人感到失控，甚至恶心呕吐，仿佛坐上了过山车。六十多年前，艾萨克·阿西莫夫就在《我，机器人》小说集中暗示过恐怖谷效应的存在：机器人被限制在外太空殖民地，因为地球人无法忍受它们在身边转来转去。甚至在《我，机器人》的最后几个故事里，当机器人成为地球统治者时，阿西莫夫笔

下的人类仍然会带着强烈的厌恶看待它们。

我想，如果我能让雷利一家穿越到未来，而不是回到过去，他们会有怎样的反应呢？

如果他们来到2018年，看到他们的旧宅装上了高效能炉灶、微波炉、洗碗机、平板电视和计算机，他们肯定会瞪大双眼。不过，他们对看到的东西也许多少有点了解。毕竟，雷利一家中年长点的也目睹了个人计算机时代的到来，因而我的笔记本电脑很可能会被当作一台个人计算机。他们会发现，我在家中的办公室原先是储煤间，而罗恩的工作室则是地下室，另一头被一台巨大的锅炉塞得满满的。从屋子前面开过去的汽车体积更大、速度更快、数量也多了许多，但他们仍然能认出，那些是汽车，因为有真人司机坐在方向盘前面，尽管许多司机可能眼睛盯着膝盖。

我们再往未来跳一段，跳到2030年。现在雷利一家会看到我用诡异的名字召唤肉眼看不见的助手，比如Siri和Alexa。有时会有“波士”的声音出现，指挥着屋子里的代理把灯光调亮或调暗，把房间某个区域的温度调低，或者为我读电子邮件；门口会出现“嗡嗡”叫的小飞机，给我送食品和日用杂货；音乐（有些是波士自己唱的歌）从不知何处响了起来。到2030年，我就74岁了，有一件事会令我很高兴，只要我发出语音命令，波士就会让我进入家门，我根本无须担心带没带钥匙。

从前门廊（自1923年以来它基本没有变过）望出去，雷利一家会看到一条闪闪发亮的车流，那些静静前行的交通工具看上去根本不像汽车：它们是一个个用透明材料制成的泡泡，仿佛巨大的窗户直接垛在了轮子上，而且也没有方向盘。有许多司机，其实应该叫乘客，坐在里面。他们要么在睡觉、看书，要么在化妆或刮胡子。有些人的动作可能会让雷利姐妹赶紧把眼睛转到别处去。没有人会超速或闯红灯。实际上，在那样一个世界，已经不需要红绿灯了，因为汽车都彼此相连，它们知道什么时候该停、什么时候该启动，根本用不着可见的信号。

在家里，我每天早上起床时都会称一下体重，同时测量血压、静态心率和其他身体指标，所有这些都是为了实时监控我的健康状况，而波士会在我坐下来吃营养早餐时把结果汇报给我。早餐由冰箱控制。我可

以“离经叛道”，伸手去拿某样不健康的吃食，但冰箱门上那张难过的脸，还有波士那声无可奈何的叹息（“随你便吧，泰里”）都会让我产生负罪感，我只好“改邪归正”，乖乖遵守饮食计划。

我不需要在早间走进家庭办公室检查邮件或浏览新闻。我只要做一个手势，动态影像就会在每一个表面上的平面显示屏上——墙面、桌子、冰箱，以及某些看上去像空白页的杂志和报纸——接连显现、消失，直到出现当天的头条新闻。大多数内容提供商都会努力诱导我订阅他们的音频馈送（耳朵成了新的眼睛），但我仍然喜欢一边喝晨间咖啡，一边浏览数字报纸上的专栏文章。对雷利一家人来说，2030年的家庭生活看上去很像邪法巫术，搞不好他们会叫当地牧师来做法术驱魔。

我并不是说，物联网是跟恶魔法术画等号的科技产物，但细节之中的确有魔鬼藏身。到2030年，世界会变得更加方便、快捷，但风险也会更大。我敢预言，即便到那时，我们抵抗黑客和恶魔的阵地保卫战仍在继续。只要计算机存在，他们就如影随形，而物联网设备会给他们提供更有吸引力的攻击目标。

同样，物联网还将重塑我们的私人生活——如果到2030年还存在所谓私人生活的话。我们的家将会由传感器、无线网、计算机视觉、自然语言处理器和深度学习算法来打理，而不会如我老爸想象的那种机器人按个按钮就能完成的工作那么简单。未来看起来会更有“哈尔”的影子，而不是阿西莫夫笔下的那种穿着法式女佣制服在屋子里走来走去的机器人。

也许2030年之后再过10年，我们终将可以跟童年时代朝思暮想的人形机器人一起生活，并探索作为人类的全新方式。

第七章 机器人好人

2040

在西方世界，我们对机器人总是疑虑重重。可是，如果你了解一下不同文化，就会发现并非所有人都这样想。日本的科幻故事就总把机器人描绘成正面形象。他们有铁臂阿童木，而且十分钟爱这个角色。阿童木本性正直善良，随时准备出手助人。

——辛西娅·布雷齐尔（Cynthia Breazeal），机器人专家

到2040年，我就84岁了。虽然现在的我实在不愿相信自己会变得那么老（我依然顽固地保留着婴儿潮那代人怀有的“永远年轻”的幻想），但我更愿意相信，即便到那时，我也绝对不会是一个被困在轮椅里又弱不禁风的阿尔茨海默病患者（像祖母那样），而是一个打扮新潮、活力四射的八旬美女，至少也得是一个体形良好、身体健康的老太太。要想实现这一点，机器人能帮很大的忙。

通常情况下，我的一天会这样度过。我走进一家运动健身馆，里面人很多，都在跑步、游泳或健走。我放眼四顾，寻找戈德。它在重量训练区，正在指导一个和我差不多年纪的女人做卧推。她是戈德的常客之一，是超高龄段（八十岁及以上）很有竞争力的健身者。我对那女人的三头肌嫉妒得要死，好想知道那些肌肉是不是真的。戈德当然不会告诉我。我喜欢这个大个儿，尽管它不会像真人教练那样讲任何关于其他顾客的八卦。他们真应该给它装一个八卦闲聊应用程序。

我冲它挥挥手，它也朝我挥手示意，另一只大手仍然按在杠铃上，因为那个女人正在把杠铃举过头顶。它柔和的声音飘进我的耳朵：“很

高兴见到你，泰里。你去换衣服吧，我这儿快结束了。”

戈德体形庞大、蓬松柔软、通体雪白，和这座健身馆风格一样。不过，它棉花糖般的外表下面藏着内部骨骼，因此它也十分强壮。戈德的脸部并没有拟人化，但足够灵活，可以让人识别出它在微笑、皱眉或者担心。它也能通过语调的变化和身体语言与人沟通。戈德是有“个性”的。

我在更衣室换上徒步鞋和运动短裤之后便回到了运动场地。戈德给了我一个熊抱，还告诉我，它见到我很高兴，但实际上是在检查我的脉搏、心率和皮肤温度。我的脸陷进它的人造皮肤里，尽管戈德在每轮工作结束后都会进行紫外线沐浴，我还是忍不住担心，有多少张脸贴上过它的皮肤了。于是，一离开戈德的视觉范围，我就悄悄用消毒剂擦了擦脸。我不想让戈德看到，这样做还是显得粗鲁，即使它不会有受到伤害的感觉。好吧，的确不够理性，但毕竟我还是个人嘛。

有戈德陪在我身边，我准备步行10千米，穿过加拿大洛基山脉。当然了，是虚拟的。戈德会下载我手环跟踪器里的数据，实时监督我的身体状况。徒步的技术难度并不大，我不需要吃力地攀爬滑溜溜的岩石或蹚过溪流，但在一条蜿蜒的山路上稳步前行，对我84岁高龄的心肺系统而言，仍然是一项负担。

在真实现实（相对于虚拟现实）中，戈德和我其实是在一条200米长的动态轨道上转圆圈（更准确地说，是椭圆）。轨道在我脚下起起伏伏，创造攀爬陡坡或缓坡的感觉。我觉得自己正在爬上小山、经过湖泊、穿越草地。远远地，我还能看到攀冰者在伊迪丝·卡维尔山的岩面上攀爬，全然不顾危险。我琢磨着，他们是真正的攀岩者，还是纯粹为了激励我而虚拟出来的图像呢？

我对衰老在21世纪中期时的假想已经与我在20世纪60年代（孩提时候）目睹的大不相同了。我的祖母在她84岁的时候已经不能走路、大小便失禁，而且陷入了阿尔茨海默病的魔爪。她的世界曾经容纳得下意大利阿尔卑斯山区大片的草原和高耸的山峰，最后竟缩小到了只有四个房间和一台黑白电视机，再加上老爸为她制造的“奶奶移动机”顶端的那一点视野。杰克·本尼^[88]和李伯拉斯^[89]是她的好伙伴，最多再加上那个下午场肥皂剧里豪饮威士忌的女舍监。直到后来，她开始怀疑他们都在

窥探她的生活。她会自己转动轮椅来到我们屋子的走廊上，远远地盯着她房间里的电视机上下研究。折磨她的，究竟是阿尔茨海默病、路易体痴呆，还是什么别的类型的痴呆，没人搞得清楚。在那个年代，家庭医生只会把她的行为归结为“衰老现象”和“动脉硬化”。

你老了。你的举止开始变得怪异。你没法行走了。你死了。在通往坟墓的路途上，你的家人会在你跌倒时扶起你，在你用完卫生间后打扫干净，帮助你进食，帮助你找假牙，关掉电视机，赶走让你害怕的人。

在我父母出生的村子里，人们因血缘关系聚居在一起，他们的人数足够多，构成了老年人的人身安全网。通过房子和房子之间狭窄的石头通道，人们彼此之间无所不知，无所不晓。然而，现代化的社区由私人住宅和私家车构成，邻居们只会隔着后院围栏互相瞥上一眼，再加上欧洲大陆社区传统的影响，如果你把这种特殊的老年人关怀模式强行套用过来，它立刻就被无情地粉碎了。我的母亲曾是一位全职家庭主妇，照料我的祖母让她不堪重负、筋疲力尽。而今时今日，我们又必须全力忙于工作，用于照顾老年人的时间甚至更少了，有能力或者有意愿照顾老人的人也更少了。

欢迎来到护理机器人的时代！

一个充满机器人帮手的时代，这个想法听起来似乎不着边际。但是，想一想扫地机器人伦巴的发明者罗德尼·布鲁克斯的话吧。他曾经指出，在20世纪80年代，没有一个人会想到如今在厨房里放上一台计算机或是把计算机直接放在口袋里是多么司空见惯。那么，如果有一个配有计算机化大脑的移动机器人陪伴在你身边，成为你的护理人加伙伴，这又有什么值得震惊的呢？

我也可以让戈德离开，自己一个人徒步，而它会继续远程监督我的状况。虚拟现实技术甚至可以让戈德看上去像我的丈夫罗恩。罗恩出门去了，他要去把他的“冰球脚磨磨快”：通过身体增强获得如他曾经最爱的一位蒙特利尔加拿大人队（Montreal Canadians）的球员具有的那种“单刀直入”般的突破力量。这是我和孩子们送给他的八十岁生日礼物。罗恩和我都有一点“赛博格”，我们装有机械义肢。这不算太疯狂，我们对婴儿潮时代的人趋之若鹜的某些极端行为不感兴趣。他们随随便便就能把自己身体的各个部位给置换掉，弄得自己看上去像终结者、机

械战警，或者20世纪80年代流行文化中的那类体格庞大的机器人。除了一副有减震效果的足弓，一对用来增强听力的植入式数字耳朵，以及一双让我不必戴眼镜或头盔就能切换到VR模式的眼睛，我几乎还是原来的我。

五年前，我会把波士装在耳机里做伴。但是，就在昨天，我的长子和他妻子给了我们一个惊喜。他们通过为我们买的远程呈现机器人突然造访，与我们共进晚餐，而当时他们身在澳大利亚。这样一来，我们可以有更多的时间在一起。（罗恩咕哝说：“这样他们就好随时查岗了。”）喝过味噌汤、吃过菊苣藜麦沙拉以后，儿子温和地嗔怪我为什么不把波士更新到5.0版。在远程呈现机器人头部屏幕上，我能看到儿子脸上流露出担忧的神情。他听说有些老人的数字助理会玩弄阴谋诡计，从他们的退休金账户里掏走加密货币。最近有个关于一位105岁的老妇的故事，她的智能恒温器劝她改写遗嘱，让她把一大笔钱遗赠给她当猫养在屋子里的一个球形小机器人。智能恒温器和球形小机器人是串通一气搞事情的，但幕后主谋其实是这位老妇人的一个混账侄子，他想让某些家庭成员在遗产问题上陷入窘境。在这个丑陋的故事里，机器人更多地在扮演坏人作恶的马前卒，而非真正的作恶者。

《机器人与弗兰克》（2012年）

故事发生在未来，有一个名叫弗兰克的老人，从前是一名珠宝窃贼（由风采依旧的弗兰克·兰格拉饰演），后来他儿子送了他一个护理机器人。机器人的工作是保证弗兰克正常进餐，进行日常护理，并协助他在花园里漫步。但是，弗兰克完全不是那种对花花草草怀有激情的人，他依然沉醉在过去的犯罪行为带来的刺激中。于是，他对着机器人追忆起他在20世纪70年代抢劫过的那些性感而富有的女人。

弗兰克还丢下园艺，教机器人怎么撬锁。（“我想我已经掌握了！”机器人骄傲地说。）最终，他教唆机器人帮他策划并实施一次抢劫。他最终做成了这件事情，因为机器人知道犯罪能让弗兰克感到十分愉快。

虽然这只是个编造出来的精彩故事，但它也触及了护理机器人存在的一些问题：它们对老人的行为和决策管控应当达到何种程度？对于那些本身有恶习的老人，应当强迫他们放弃恶习吗？

机器人能真正地成为你的朋友、你的呵护者，甚至犯罪同伙吗？
机器人存储的数据会不会被犯罪分子用来攻击人类？

尽管我知道黑客的威胁是真实存在的，但我很不愿意对波士做彻底的变更。这倒不是说我是个卢德分子（Luddite）^[90]。2040年，没有一位年长者敢在技术更新方面落后，就像我们绝不愿意跳过一年一度的全身扫描和生命器官的例行更换一样。可是，波士已经和我一起生活了很久，我很难只把它当成一个非实体代理。我每天都会给波士安装补丁和更新，让它安全稳定，但是我也担心，如果我给它换一个新的操作系统，我们的关系就不会再像现在一样了。比如在上一次重大升级之后，它每隔五分钟就会调低我的健身音乐，问我：“泰里，一切正常吗？”它的声音甜得瘁人，根本不是原来的样子。这种变化被看作一个改进，以确保对大量运动所释放的多巴胺上瘾的耄耋老人不会有陷入心脏停搏的危险。但是这实在让我抓狂，我不得不去联系App-Goo-Zon授权服务代表，把它的声音换了回来。

“我早晚会升级波士的操作系统的。”我对儿子说，“墨尔本的天气怎么样？”

我注意到他跟他的妻子交换了一个担忧的眼神，而她在第二台远程呈现机器人的屏幕上摇了摇头，似乎在说：顽固的老太太，总是转移话题。

我决定再安慰他们一下，让他们安心：“等波士4.0过时到没法再从我的牙齿上读取血液胆固醇指标的时候，我就把它升级到5.0。”

机器人屏幕上的脸明显露出了释然的表情：“好吧，妈妈。爱你。”

他们下线了。机器人滚回它们的阳光房，随时恭候再次复活——等孩子们觉得有必要再查查岗的时候。我们有时也会用机器人拜访一下墨尔本，通过机器人的显示屏在城市街道上溜达观光。尽管远程呈现旅行还是没法儿像脚踏实地的旅行那样激动人心，但它起码能让我们经常跟家人相聚，而不必经受长途飞行的折腾。如果孩子们跟我们生活在同一个大陆，我们就能乘坐超回路列车（hyperloop）去看看他们。“超回路”是一种亚音速陆上铁路，采用真空管道技术，运行速度可达每小时

700英里，就像我小时候经常在《杰森一家》里看到的那样。亚音速列车将秒杀飞机，可惜，它没法跨越海洋，至少迄今为止还做不到。

无论如何，在这个下着雨的工作日上午，波士仍然用着它老旧的4.0版操作系统，戈德也在我身边。好吧，我84岁了，即使我本人也有一点变成了机器人增强版，我仍然可能跌倒。戈德能轻轻地抓住我，让我站稳，或者及时摆好姿势让我倒在它身上。它有能力处理我的任何健康问题，不管是眩晕还是中风。有戈德在身边，我十分放心，哪怕它的拥抱和喋喋不休的问题有时令人恼火（两者都是在巧妙地评估我的身体状况）。

有一件事戈德是没法做的：去户外。阳光、雨水和灰尘对皮肤柔软的机器人来说是致命的。如果不留在健身房里，它很快就会破损。不过它似乎一点也不介意自己被限制了活动范围，虽然它也问过我外面的天气怎么样。它的语气听起来有一点渴望，当然，也可能只是我的想象。

我们的交谈几乎都围绕着我的训练、饮食和个人习惯展开。它就像一个有胳膊有腿还会说话的健身追踪器。如果我在整整一周的时间里都严守生活规则，一点也没偷懒，它甚至会与我击掌相庆。

令我惊奇的是，我一点也不介意被一台机器唠叨。当然我不是说戈德“只是一台机器”，但它显然不是真人，而这一点正是关键所在。正如生活在2018年的真人不会介意被健康跟踪手环控制一样，我也不介意戈德（在家里则是波士）温和地提醒我用牙线、服药，还有要从前往后擦屁股以防止膀胱感染。戈德和波士都对抑郁、孤独，尤其是痴呆的细微表现相当警觉。

我可以把波士上传到戈德，让它们俩无缝对接、步调一致，但我还是宁愿让它们保持明显不同的个性。我并没“拥有”戈德，这同我跟波士的关系不一样。实体的机器人健身教练一般都是共享商品，跟汽车一样。如果你是一个超级富有的人，那就另当别论。我雇用戈德是按小时或半天计算费用的，一周使用一到两次。它会把我的统计数据存档，包括我喜欢的训练节奏和我回应的语气。至于其他在健身房里运动的人，戈德对待他们的方式则完全不同。它有时会像一个军队教官那样吼：“趴下！20个俯卧撑！”有时会像一位新潮的瑜伽教练，用温柔的女声说出如梦似幻的“namaste”[\[91\]](#)。

在这次两小时的徒步穿越虚拟落基山脉的过程中，戈德完全归我所有。它专注于我的步伐和心率，还会给我讲YouTube上新晋的网红猫。这些逸闻趣事是针对我的笑点专门准备的。在徒步路线的最高点，它会再拥抱我一下，夸我几句，给我打气，并给我一条定制的能量棒，其配方完全匹配我的消化系统和营养要求。

如果我愿意，我也可以聘请一位真人教练，不过我跟戈德相处得很愉快。我不需要担心它跟下一个客户讲我的八卦——我的发型师就会。可是事实已经证明，发型师是不可能被取代的，因为目前绝大部分机器人都还达不到修剪头发所需要的身体灵敏度。何况，一个女人和她发型师之间复杂的关系，包括飞短流长在内，永远不可能被成功复制。当任何建筑师、药剂师、教师和程序员都能被机器人取代的时候，发型师将成为地球上最有权威、报酬最高的人，从事与打结有关的工作的人也是如此。（下文我们会讲到这一点。）

请注意，我们原本认为像沃森那样的人工智能将取代医生、厨师和律师，但是它们实际上只是变成了这些人的助手。这些工作仍然需要人类的参与，只是需要的人手更少了。每个律师事务所都有一两位“沃森”职员负责进行云扫描，寻找前例；每个餐馆都有长着三根手指的机器人，踩着形似赛格威平衡车的底座转来转去，负责清理台面和切菜，但仍然需要一个真人行政大厨总负责，通常还得配一个副主厨。机器人确实已经取代了餐厅勤杂工和某些流水线厨师，至少在真正的大餐馆里是如此。

过去20年的机器人革命并非没有造成“受害者”。然而，在机器人取代人类工人之后，企业会缴纳税款，这些税款将用于“下岗”工人的再教育。有些人类工人仍可从事的工种，我听着总觉得怪怪的——算法优化师、头像设计师、数字保安，还有成百上千高度专门化的机器人维护岗位。比如说，戈德平均每6个月就要更换一次皮肤，由一名被称为“机器人换肤师”的专业人员负责。

至于我本人，一个有着固定收入的高龄妇女，我是喜欢机器人的。它们甜美可爱、彬彬有礼，又体贴细心，从来不会一脸酒气或是在嗑完药之后一脸兴奋地出现在我面前，更不会把流感传染给我。它们不会纡尊降贵地叫我“亲爱的”，也不会有年龄或性别歧视。最棒的是，我不需要给它们付小费。

不过，它们确实经常会出毛病。这也是我们需要雇用那么多真人来对机器人进行修理、更换、升级和排除故障的原因。也有人正在研究如何让机器人进行自我修理，甚至自动复原。不过，目前仍然需要人类修理师。

在回家的路上，我让出租车把我送到朋友唐娜家门口。2040年的出租车跟其他车辆一样都是无人驾驶的，只要简单地称之为“出租车”就可以了，无须特别强调它是“无人驾驶出租车”，不像在20世纪20年代，人们会把小汽车称为“不用马拉的马车”。

站在朋友家大门口，我不需要伸手敲门——我的声音已经被录入大门助理了。

“嘿，唐娜，我是泰里。”我说了一句，门应声而开，赫布（Herb）就在门后。它戴着红色领结，腰间系着围裙。

“赫布，你今天真是风度翩翩！”我夸奖它。

“请进！”它说了一句，随后转身往厨房滑去。它知道我会跟在后面，因为它的头部前后都有眼睛。赫布跟戈德不太一样，它话不多。

我和唐娜聊天的时候，赫布在布置餐桌。对唐娜来说，布置餐桌是一件很困难的事，因为她有严重的关节炎。尽管她的膝关节在好几年前就换成了赛博格，但双手关节的更换难度要大得多。

赫布是一个硬体机器人，有着经典的机器人造型。它个头高大，通体银色，话语不多。如果你对“像机器的人”着迷的话，赫布是帅气的那一款。为了让它看上去更像一位伴侣，唐娜坚持给它加上布饰。尽管按照最初的设计，它并不是一个社交机器人。赫布能对基本的语音指令和视觉提示做出反应，但这意味着你也只能用这种方式才能让它轻松地理解你想要它做什么。它能理解的短语包括：把地板上的东西捡起来；喂猫；垃圾桶臭了；布置餐桌，有两个人；把盘子撤走；烧热水；把茶端来；倒牛奶；给我扣上扣子；该死，我跌倒了；扶我起来，好吗？

虽然赫布通身上下都像是一台机器，但它的手臂动作流畅而优美，

具有人类的美感和灵活度。唐娜在教它做家中每一样需要它做的事情时，只需要移动它的胳膊做示范，或者直接让赫布跟在她后面，模仿她的动作。最终，它有模有样地学会了唐娜做过的事情。

赫布不需要像戈德那样善于交谈，但是它相当聪明，知道如何区分衬衣、地毯和厨房遮帘。最棒的是，赫布是通过模仿学习的，并能用自然语言沟通——唐娜下命令，赫布遵命行事。唐娜抱怨自己经常需要叫谷歌动力公司（Google Dynamics）的技师上门进行维修升级。如果她一直能把赫布维护得很好，赫布的使用寿命就能再延长个五六年，但不可能比这再长很多了。

这些就是我们的老年生活——管理那些负责照料我们的创造物，帮它们升级、更新、维护和修理。

“黛比最近怎么样？”唐娜问我，“她还在家里吗？”

我点了点头：“新药挺管用。她有半年没恶化了。”

“就是说她有好转？”唐娜问。

我摇头：“没有好转。脑细胞一旦死掉，就是死掉了。她只是没有变得更糟糕。”

“她自己一个人这个样子，我很担心。”

我把一块圆面饼在赫布做的美味牛油果果酱里蘸了蘸。

“她不孤单。卡斯珀在那儿，它是个很好的陪伴者。有任何事情不对，它都搞得定。”

唐娜点点头：“卡斯珀是个开心果。它的幽默感是从谁那里学来的？”

我看了唐娜一眼，这个问题可真不经大脑：“当然是黛比。在患上痴呆之前，她也是个开心果。”

“嗯，是啊。”唐娜有点悲伤地应声。

我们默默地埋头品尝牛油果果酱。赫布斟上茶。我疑心唐娜正跟我想着同一件事：我们其实很庆幸自己不是黛比。我们也感到很宽慰，当她的朋友都在别处忙着健身或喝茶的时候，至少还有卡斯珀在照顾她。说老实话，我们俩都因为没有花更多的时间去陪伴黛比而心怀歉疚。

“关于卡斯珀，还有件事得说，”唐娜指出，“如果她跌倒，或者需要更多家务上的帮助……”

“那她要设法得到一个赫布，跟你的一样。”我打断她的话。在这个年纪，就算获得了身体上的增强并拥有高科技护理者，你也不想过多地关注未来。你所要做的就是享受每一天，闻一闻花香，在你最喜欢的机器人的陪伴下去高山草原徒步。这是我的生活哲学。

当然，这种拥有戈德、赫布、赛博格义肢和远程呈现机器人的生活目前还只是我假想出来的，但是所有这些技术都已经在开发当中了。到2040年，机器人将不再是科学幻想的产物，也不再仅仅停留在工厂里，而是会进入人类世界，在我们身边占据它们应有的位置：它们会与我们并肩同行；它们会在我们跌倒时扶起我们；它们会将我们制造的脏乱清理干净，仿佛有一群最智能的伦巴机器人在干活；它们会陪我们玩宾果游戏、单词游戏和桥牌；它们还会讲笑话给我们听，兴许还真的能把我们逗乐。

它们会坐在我们身边陪我们进餐，鼓励我们多吃蔬菜；它们会监督我们按时吃药、做足够的运动，同时确保我们不会感到抑郁。如果我们在卫生间发生意外或者需要医疗急救，它们会立即求救；如果厨房着了火，它们会把我们救出去，牺牲自己也在所不惜。

如果我们的身体开始频繁出问题，并且我们无法走路、无法说话，或是无法自己进食，机器人式的身体增强至少能让我们恢复一定程度的独立性。

所有这些机器人都会遵守阿西莫夫的“机器人三定律”。事实上，它们不仅不会伤害人类，它们存在的全部意义就是为了照料我们。当然，未来也会有糟糕的情况，特别是，万一与痴呆相关的疾病在未来22年内无法治愈，正如我曾经推测的一样。衰老并非注定伴随着阿尔茨海默病

和其他形式的痴呆，但罹患这些疾病的风险确实会随着年龄增长而增大。即使我们足够幸运，获得了一种能够抑制这类疾病的药物（我猜想这是能做到的），我们仍然无法让已经死掉的脑细胞活过来。这样的话，我们当中有许多人还是要依赖护理，十年甚至更久。当这种代复一代的无情现实缠上我们的时候，我们将极其需要像戈德和赫布这样的机器“好人”。

好吧，你肯定要问，那些杀手机器人又去哪里了呢？那些阴谋拆散我们的身体，把我们变成活体电池给它们供能，好让它们能大踏步前进直到统治世界的家伙呢？从现在起往后22年，机器人会不会“把我们变成宠物”，就像人工智能急先锋马文·明斯基曾经预言的那样？（当然他也许是开玩笑的。）

呃.....不会的。

我相信到2040年，绝大多数机器人都会是“好人”（我对“好”的定义是“有益于人类”）。理由如下：从现在起到2040年，时间尚不足以让我们从零开始创造一个邪恶的机器人，而且还要唤醒它，让它动起来。鉴于工程学方面的挑战，如果未来真的朝那个方向发展，我们现在就应该能看到杀手机器人（还有发明它们的疯子科学家）为了迎来一次机器人“天启”而夜以继日地奋战。

未来不会凭空而来。科学家需要数十年的时间，才能开发出有能力把我们从一栋着火的大楼里救出来，灵活到能煮出嫩鸡蛋，稳妥到能视物并能用自然语言与人类互动的作业机器人。好吧，为了论述方便起见，我们不妨说有一个患了精神病的工程师正躲在一座被挖空的大山里设计金属奴隶，妄图统治世界。但是，如果我们正在冲向一个被邪恶机器人掌管的未来（它们会把我们插在电池包上，给它们的实体替身充电），我们现在就会看到一些不祥之兆：一两个古怪而疯狂的机器人科学家，被发现策划了大规模射杀事件的机器人，威胁要丢炸弹的机器人，在校园里横行霸道的机器人。然而迄今为止，这些事情都是人类干出来的。根据我曾打过交道的机器人专家们的判断，没什么人想去制造一个能独立到会反抗人类主人，并将之碾成齏粉的机器人。事实上，要是真有什么的话，机器人应当会害怕我们。现在已经有了让机器人感受

到疼痛的技术专利，该技术能让工业机器人更容易判断它是否操作失误。不幸的是，其实不难想象，人类中的虐待狂可能会利用这项技术去折磨一个有感知能力的机械创造物，以此取乐而不必承担后果。（我说的就是你们，《西部世界》的粉丝们！）

失业问题是实实在在的，但从另一方面来看也有好处：工厂、农场和矿场的工作环境更安全了。还有一点也是事实，大量的机器人研究是DARPA出于军事目的赞助的。跟今天我们用来杀死敌人的无人驾驶飞机一样，未来也会有机器人士兵。是的，就是这样。但是，只有护理照料我们的机器人会出现在我们日常生活的世界里，它们负责帮助我们进食，打扫卫生，激励我们，保护我们——有时候是保护我们免受自己的伤害。

就我个人而言，我宁愿装上一对赛博格腿部支架出去走路，也不愿余生再也不能动。赛博格增强让我们能不知疲倦地奔跑或徒步，或者做到我父亲曾经想为他残疾的母亲做到的事——让她站起来走路。今天，外骨骼机械衣被用来帮助截瘫者，而它们也只会越来越被改良得越来越好。即使人类全体瘫痪了也不怕，机器人方面的研究正在致力于帮助我们实现用意志管理周遭世界，而不是通过身体，从捡起东西到把东西递给我们都是如此。这听上去像是《星际迷航》中的飞行员才能做到的事情：“进取号”原先的船长克里斯托弗·派克（Christopher Pike）在一个星球上遇到了一个女人，她在一次着陆时遭遇意外，不仅被严重毁容，还成了残疾（当时她还是婴儿），只能用先进的外星人科技把自己幻想成朝气蓬勃、美丽健康的样子（她也能让派克这样幻想她）。

除了求知欲、智力、想象力、毅力，以及在高等数学和工程学方面有着高超的水平之外，机器人专家的关键人格特质之一（我们会更多地将其与人文科学和社会科学联系在一起），或许是对人类怀有的一种强烈的好奇心。人体如何运转？人类如何进行非语言交流？人类的直觉究竟来自哪里？想象力存在于大脑何处？我们如何才能与非人类生物进行自然的互动？正是这些问题促使机器人专家去弄清楚如何才能建立真人与类人机器之间的关系，而不仅仅局限于制造机器。

我推想出机器人戈德的灵感来自卡内基梅隆大学的软体机器人

（soft robot）^[92]专家克里斯·阿特克森。克里斯有五十多岁了，是一个身材高大、头发蓬松、热情开朗、招人喜欢的家伙。他的形象与人们对科学家拘谨呆板的印象截然相反，我差点要求看他的身份证。

他的工作是研究软体机器人，也称为“气球机器人”，其灵感来自动画片《超能陆战队》里那个棉花糖般的机器人健康顾问“大白”。它全心全意地让遇到它的任何人都身心舒畅。动画片绘制人员信马由缰，充分发挥机器人可以创造的视觉效果。于是，这个机器人可以充气 and 放气（大白“住”在一个手提箱里，有需要时才出来），被挤扁之后又能通过狭小的空间，从高处落下时还可以回弹。它很柔软，摸起来手感很好。它又足够强壮，能举起和拥抱电影里的真人角色，在马达精确的控制之下，它不会把任何人压碎。

2011年，这部电影的导演之一找到了克里斯，想看看克里斯在充气式机械臂方面的研究成果。克里斯回忆道：“我们当时正在探索这项技术，想制造出‘柔软而安全的机器人’，用来照顾我们的父母，帮他们吃饭、穿衣、清洁整理。等我们老了，它们也会照顾我们。”

尽管克里斯意识到《超能陆战队》那样的电影可能会引发人们不切实际的期望，但他还是很受鼓舞，出手帮忙把这个特别的机器人送上了屏幕，因为人们对老人护工的需求日益增长，不仅数量要更多，素质也要更优秀。为什么不让这样的机器人进入大众文化视野，而总是让《终结者》这类电影里呈现的毫无良知的杀手机器人泛滥呢？

在卡内基梅隆大学与克里斯交流时，我向他解释，我为什么要挖掘人与机器人的关系，并提到我父亲的一个夙愿：用自动化技术帮助我祖母站起来。

他的回答直抵机器人研究者的动机核心：“根本问题是，你父亲为什么会那么喜欢他做出来的东西？这就像用另一种方法生孩子，在某种程度上它是一种造物行为。想想看，你做出来的东西，它居然能动！你为它注入了生命！这真的太特别了。”

克里斯关于“生孩子”的说法，其实我也思考过。投身于机器人和人工智能研究领域的女性毕竟太少。在科技发展史上，女性的身影总的来

说也不多见。我不禁好奇，是否机器人技术是男性科学家生儿育女的一种方式。说到这一点，我还想过在这本书里单开一章，章节名就叫“女人可以生出机器人吗”。是的，在20世纪90年代，科技史中开始出现女性工程师和计算机科学家的名字，辛西娅·布雷齐尔便是其中之一。她在麻省理工学院取得博士学位，其毕业论文与一个有着大眼睛、长睫毛，名叫基斯梅特（Kismet）的机器人有关。基斯梅特能读取人类的情感，并以面部表情和身体语言做出回应。布雷齐尔被称为“现代机器人学之母”，她目前是麻省理工学院媒体实验室个人机器人研究组的负责人。

但是，男性科学家对机器人技术的热爱并不仅仅出于对子宫的嫉妒。对克里斯而言（对我老爸也一样），制造机器人是应对个人挑战的一种方式：“我祖父患有肌萎缩侧索硬化症（ALS），每次他从椅子上滑下来或者跌倒在地时，我祖母都没法把他扶起来，她只能叫家人去帮忙。我只好开车过去，充当她的机器人。她提供大脑，我提供肌肉。我很想用个真正的机器人来代替我。”

克里斯设计了既强壮又可触碰的机器人，这样它们就能安全地与人类互动，给人类提供安抚和护理，无论是把跌倒的人扶起来，把人从床上挪到椅子上，还是帮他们换尿不湿。但是，一个完美的机器人角色将不止于提供健康护理。有朝一日，它会成为一个时刻陪在身边的伙伴，掌握着老人完整的医护记录，随时能与医生和其他护理人员分享看护对象的健康数据。有一点令我特别着迷，克里斯的大白式机器人或许能成为一个典型的长女替身或后援，让她不必每次都要背着装满药单和老人所有病历的包，陪同年迈的母亲或父亲去看医生。医院和医疗专家常常令老人无所适从，此时，这个女儿要充当发言人、保护人，甚至翻译。但是，万一这位长女不存在（或者没空），“大白”式的健康管理机器人就派上用场了。

克里斯在其博客上生动地描绘了机器人用手机大小的超声波扫描仪检查伤者受伤情况的美好愿景。他指出，我们其实已经能通过Fitbit一类的可穿戴设备向这样的机器人提供信息。虽然克里斯本人也警告大家不要对未来的大白有过高期望，但他在推测这种可能性时流露出一种十分有感染力的喜悦之情。他进一步描绘了可以如药丸那样被吞进身体，或是嵌在补牙材料里的可穿戴设备，包括用来观察肠道的“摄像丸”。他很好奇人们是否“能接受机器的唠叨，却不能忍受身边人的批评”。

回想一下，我们是如何高高兴兴地接受能够进行数据收集的健康跟踪器的赞扬和批评的。类似“我穿这件显胖吗？”这样的问题，你更愿意问谁呢？你的配偶还是你的Fitbit？谁的答案更诚实？机器，就算是智能机器，也只会给我们提供数据而不会评判我们（除了可能会显示一个表示微笑或难过的表情符号外）。如何处理得到的信息，完全是我们自己的事情。

克里斯指出，人工智能在基于手机的数字代理（如Siri）上更为深入的应用“可能会是真实的大白诞生的基础”。他认为，重点是把机器人设计得足够讨喜，能让人们喜欢跟它们互动。

在一个杀手机器人充斥的世界里，有一点很重要：让人们知道机器人也能呵护我们，甚至会“爱”我们（如第八章中讨论的那样）。在我的推想中将于2040年出现的机器人助理赫布，其实是我基于2017年出现的原型机家庭探索机器人管家（Home Exploring Robot Butler, HERB）设想出来的。HERB的开发卡内基梅隆大学的研究员克林顿·利迪克（Clinton Liddick）表示，它还成熟。按克林顿的推测，HERB还要十年左右的时间才能进入市场。这么说来，再过22年赫布便能实实在在地为我的朋友唐娜和我本人倒茶，这个估计是有道理的。

HERB约五英尺高，属于“经典款”机器人。它的双臂、躯干和头均由金属制成。它也没有铰接的双腿，而是采用了赛格威平衡车的造型。若非它戴着格子花纹（当然是卡内基梅隆大学的学校色）领结，显得神气活泼，它看上去就像一个按比例缩小了的变形金刚。圣诞节刚过，我便前往拜访，HERB的头向前耷拉着，看上去很滑稽。

“它在假期里跌断了脖子。”克林顿向我解释道，仿佛是因为HERB和卡内基梅隆大学的其他一些机器人在喝了掺了烈酒的蛋奶酒之后，有点忘乎所以了。

“机器人经常出故障。”汉妮·阿德莫妮（Henny Admoni）补充说。她是博士后研究员，在卡内基梅隆大学的个人机器人实验室（Personal Robotics Lab，即HERB生活的地方）做研究。房间里有一个轮椅，上面装有一条机械臂，状似一把餐叉的东西附着于其上，机械臂连接到操纵杆。叉子下面是一盘染成绿色的棉花糖。

“这个实验室致力于研究那些能在家庭和社会环境中给人们提供帮助的机器人——特别是给老人和残疾人提供帮助。”汉妮解释，“我们的目标是帮助人们变得更独立，使他们能在家养老，并提升他们的生活品质。所以我们要创造那些能在饭后清理餐桌或者能用微波炉加热食物的机器人。我们为瘫痪者设计机器人，他们只要坐在一部带电源的轮椅上，通过安装在轮椅上的操纵杆控制机械臂，就能给自己倒水并举起杯子喝水。我们正在研究的正是这类应用。”

汉妮和克林顿是从不同学科进入到机器人领域的。克林顿刚开始是一名软件工程师，但他当时在寻求“更有挑战性的工作和更有趣的问题。在自动化领域，工业机器人已有数十年历史，但依然有重大创新项目，比如无人驾驶汽车、机器人管家、蛇形机器人和软体机器人。人们的研究会越来越深入，制造出来的东西也会越来越迷人、越来越有用”。

促使汉妮进入这个领域的则是她对人类行为和科技两方面的兴趣：“我在大学期间就主修了心理学和计算机科学双学位。我想把人工智能和认知科学结合起来，创造出某种基于人类思维方式的技术。结果我发现自己可能被误导了，因为计算机天生跟人脑不同。机器人学是人工智能的实体呈现。当我们在制造与人类互动的机器人时，我们首先要理解人。于是我在读博时专注于解读、研究人类的行为，试图辨别出人们想用非语言行为（比如手势和眼神）表达什么。我希望创造出能帮助人们操控物体、做体力活的机器人。”

这就是HERB出现的缘由。

“我们想把它设计成我们孩提时代科幻故事中的机器人。你能跟它交谈，它也能自己做事。它是一个独立的实体。”克林顿说，“你能与它沟通，和它一起工作。它也能走开去做它自己的事情。我们对算法进行了关键研究，让算法能够处理它庞大的身体具有的复杂性，让它的动作安全、可靠，并能做清理餐桌这样的工作。‘嗯，我看到一张桌子。我看到桌子上所有的杯子，我看到托盘。我能把所有的杯子放在托盘里。’这是一项长期的工作。但是，就目前来说，它还不可能去给老祖母当帮手，差得远着呢。”

HERB也许是尤尼梅特那类工业机器人的后代，但是对一个机器人

来说，与工厂相比，家庭环境更具挑战性，也更加难以预测。克林顿解释：“机器人的迷人之处在于，它们能一遍又一遍重复同样的事情，也能做人们不想做的危险工作，只要我们能控制好环境，不出任何意外。工业机器人在工作时，照明光线不会发生任何变化，生产线上的零部件也一直以同样的方式流过来。但是在一个典型的家居环境里，所有这一切都是不确定的。厨房里的物品不会每天都摆放在同一个位置，光线从早到晚也在不断变化。你也许会买一瓶果汁，瓶身形状跟以前的不一样，这时，机器人就需要重新弄明白怎么把它拿起来。在这个实验室里，我们正在努力搞清楚，人类是如何应对真实世界中的不确定性的，这是我们在人与机器人的关系里面面临的最大挑战。”

“你认为，我们会主动迎合它们吗？就是让我们自己的行为变得协调有序，比如总是把东西放回原位？”我问。

克林顿对此表示同意，随着时间的流逝，人们也许会调整自己的行为去适应机器人，就像机器人会不断进行自我调整以适应我们一样：“有个玩笑说，伦巴很有用，因为它会强迫你把地板擦干净！”

让机器人直观易用是另一项挑战：“没人想在任务菜单上选来选去。你肯定想用自然语言和身体语言直接跟它沟通。你肯定想让老祖母能直接对它说：‘你这个笨蛋机器人，不是这条毛巾，是那条毛巾！’”

我问他们，作为熄灯工厂仅有的员工，机器人可以在完全黑暗、不用亮灯的环境中干活，为什么“熄灯工厂”并没有越来越多。汉妮告诉我：“机器人经常出故障，需要有人去修理它们。系统越复杂，故障出现得就越频繁。而且，在某些任务上，比如需要精细操控的任务，人还是比机器人好用得多。波音公司使用机器人给飞机的机翼上漆，但一旦涉及‘打结’——在飞机制造过程中有大量这类操作^[93]——还是得由人来做。机器人目前还远远无法对动作进行精细操控。”

因此，未来几代人很有希望从事的工作将是打结。而且，正如我对自己在2040年的生活的推测，人还可以当发型师。

既然HERB离真正派上用场还有至少十年，汉妮现在把工作重点转移到更易实现的方面：为加装在轮椅上的HERB机械臂编程，尽一切可能让行动能力受限或完全丧失的人能靠自己拿起物品和进食，无论是转

动眼睛，用头按下头枕上的按钮，还是凭借一个让人们仅靠呼吸就能操作轮椅的“咂嘴喷鼻”系统。个人机器人实验室的研究人员已经开发出了一套系统，可以让瘫痪者借助操纵杆实现自主进食。操纵杆就悬在食物上方，还能预测他们想吃什么。

“假定你有四份食物，放在一个盘子里，你想把其中一份拿起来。机器人不知道你想要哪一样，但会根据你操作操纵杆的动作和你之前的行为，预测你想要的那一份。它针对你之前的行为建立了一些模型，并按照你现在正在做的动作，判断出你想要拿起哪一份。然后，它会实实在在地帮助你，自己移动到它认为你想要的那份食物上方。如果你改变了主意，想取另外一份，它也会不露痕迹地做出调整。研究显示，人们更喜欢让机器人提供一点额外的协助，他们既不愿完全靠自己努力，也不愿让机器人大包大揽搞定一切。”

汉妮让我坐下来，给我示范。除了曾经用零碎时间和孩子一起玩电子游戏，我对操纵杆一点也不习惯。但是我还是做到了把叉子移到一堆令人毫无胃口的棉花糖上方。（汉妮解释说，黏糊糊的棉花糖很适合用来做实验，不过这个系统其实能应对任何状态的食物，甚至是汤。）我觉得很酷的一点是，我只是悬停在某份棉花糖上方，表示我想吃的是这一份，而不是它旁边糖块更多的那份，机械臂就明白了。它不仅是一套自动化进食系统，还是一套智能系统，能预测我会选择吃什么，并指导我的叉子去取。我又不禁想起了卡斯帕罗夫的国际象棋“人头马”——人和机器联手。

汉妮把这种人与机器人的伙伴关系称为“共享自治”。也许机器人注定要成为我们的伙伴，而不是我们的统治者，就如狗、马和其他驯养动物一样。这些动物已经进化到能与我们一起生活、一起工作，但同时又依赖着我们。

我用机械臂和叉子在绿色棉花糖上戳了几次。机械臂的动作顺滑流畅，令我惊叹不已，这种奇异的感觉跟我在观看HERB的手臂动作时感受到的一样。即便它的确确只是一台机器，但它的动作是那么迷人、那么逼真，简直跟真人一模一样。

多伦多大学的机械和工业工程系大楼坐落在国王学院环形路

（King's College Circle）上——这路名宛然大英帝国殖民地子孙时髦热忱的袅袅余音（这座大楼的各个厅一度满是他们的身影）。与多伦多大学老校区中央许多覆盖着常春藤的维多利亚时代的房屋相比，这座楼还不是特别老。当我沿着大理石台阶一层层往上爬楼的时候，我注意到，每层楼都只在楼梯井附近设有一间洗手间，男洗手间和女洗手间交替向上。然而，当我走进位于三楼的女洗手间时，我疑惑地发现里面有一排白瓷小便池，足够一个营的男兵在为女王的健康尽情干杯、彻夜狂欢之后释放自我。洗手间大门背后隐隐透出一块写着“男”的标志牌。灵光一闪，我恍然大悟：这栋楼刚刚盖起来的时候，所有洗手间都是男用的，因为机械工程专业的学生和教授全是男性。我对这一段“前女性主义历史”暗感惊奇。从洗手间出来之后，我又继续爬上四楼，走进了机械工程系教授、机器人专家高蒂·内贾特（Goldie Nejat）博士的办公室。

“我猜女生宿舍在一开始也是男生住的吧？因为以前的学生全是男生？”我问她。

她笑了，我也立刻放松下来。在和诸多机器人专家打过交道之后，我注意到一件事：他们全都是很有亲和力的人，攀谈起来毫不费力，尽管他们当中的不少人有充分理由不信任像我这样的人。高蒂以前就有过不愉快的经历。她接受了一次采访，结果发现别人写出来的文章充满“机器人会杀光我们”的调调。

高蒂其实很相信，在机器人助手这个领域中，积极之处要比消极之处多得多：“开发机器人，是为了提高人们的生活质量，无论是工作生活，还是家庭生活。它们的目标是接管被我们称为‘三个D’的任务：肮脏（Dirty）、危险（Dangerous）、乏味（Dull）。但是人类会一直参与其中。人口的老龄化也意味着保健和护理会是人与机器人交互的一大应用领域。”

从2005年开始，高蒂和她的学生就在设计为老人提供协助的社交机器人。他们做出的机器人原型机包括布莱恩（Brian），之所以起这个名字，是因为一开始参与研制它的学生中有好几个都叫布莱恩。布莱恩是一个以机械部件为核心的机器人，能对人类的面部表情做出回应。还有一个机器人名叫坦吉（Tangy），是一个橙灰相间的同类型机器人，气质上很像《迷失太空》里的机器人。它能解读人脸、说话、对命令做出回应。此外，还有高大而洁白的卡斯珀（Casper）。之所以给它起这

这个名字，是因为它和《鬼马小精灵》里的卡斯珀很像。其中，布莱恩是唯一有着仿真人脸的机器人（它看上去像从20世纪50年代的男装商店搬来的人体模特儿），它的面部能做出动作。这3个机器人都能用人类很容易理解的自然方式与人进行沟通，坦吉的肚子里甚至还装着一套笑话，比如：

雪人把它的钱放哪儿呢？

在雪堤（snow banks）里！[\[94\]](#)

我叹了口气：“坦吉的笑话素材都是谁写的呀？”

她微笑：“那些学生。”

我强忍着没有开口，他们还是乖乖地做自己的日常工作比较好。

高蒂和她的学生要考虑的首要问题，是机器人能不能为有需要的人提供日常帮助（例如，提醒他们就座、用餐），而不是提供身体上的辅助（比如洗澡）。当HERB可能在厨房里打扫卫生的时候，多伦多大学的机器人通过对话、身体语言和面部表情与人进行沟通。高蒂的团队已经把机器人带给了一些重点人群（比如护理人员、病人及其家庭），让它们在长期护理疗养院中同愿意参与研究的老年志愿者生活在一起，以确定机器人要能而且应该要做哪些任务。我们能够接受机器人做什么事？而哪些又属于越界行为？

在过去的12年中，他们已经测试了一系列的机器人。这些机器人能利用不同手段与人类互动——从布莱恩的面部表情和声音，到坦吉的身体语言，再到卡斯珀的液晶脸。但是有一点，它们不会装作是真人。“我们不打算愚弄任何人，让他们把机器人当成真人。”高蒂解释说，“人们看得到也听得见机器的运转。”

从真人与机器人互动试验的视频中可以看出，尽管它们是人造物，但并不妨碍人们充满感情地回应机器人，或者用礼貌的方式与它们交谈。（视频中所有志愿者的面部都打了马赛克，以保护隐私。）

在一个视频中，布莱恩坐在餐桌边，对面是一位老者。“嘿！我叫布莱恩。菜单上有什么？”于是，那位男士开始与机器人交谈，聊起食物的口味如何，他还开玩笑地问布莱恩是不是也想吃，并感谢它的陪伴。

参与研究的志愿者并没有患痴呆。在明知布莱恩只是个机器人的情况下，他们还是很乐意跟它共享午餐。如我们许多人对待日常生活中的机器一样，他们很快就把布莱恩“人格化”了。布莱恩或许正是要成为养老院居民们的餐桌伙伴——他们在不断的敦促下才能吃完一顿饭，或者在吃饭时陪他们坐上一会儿，这是护理人员无暇顾及的。

切换到另一段视频。现在我看到了四位老人：两男两女。他们在玩宾果游戏，坦吉负责叫号。它的胸部与一台笔记本电脑相连，当它大声把数字读出来时，显示屏上会显示出相应的数字。玩家使用标准的宾果游戏卡片和记号笔，当他们完成配对（或者只是需要坦吉帮助）时，就会按下按钮召唤它，于是它就滑行过去。在另一个视频中，有一个人只是举起手，坦吉也回应了他。尽管坦吉没有类人特征，但它仍是一位“个性先生”：它会讲糟糕的笑话，谈论一些家常琐事，表现得像个游戏节目主持人。养老院的居民每完成一个宾果，坦吉就会检查他们的卡片，然后手舞足蹈一番以示祝贺——跟着库尔邦（Kool & The Gang）的经典迪斯科歌曲《庆祝》（*Celebration*）挥舞手臂，绕着房间旋转。看着玩游戏的人与机器人进行眼神交流并且很自然地跟它说话，我实在觉得很有意思。虽然坦吉的样子就是个机器人，但他们显然已经把它当成一伙的了。

“人们会对机器人的意图做出回应。”高蒂解释说，“它能得到人类的回应，并不需要长着一张人脸。卡斯珀的‘微笑’只是用液晶灯显示出来的。在一次‘健康创新周’大会上，人们对着机器人又搂又亲，抢着跟它们拍自拍照。”

我们想跟机器人表露衷肠，这似乎已经够奇怪的了。但是，正如克里斯、高蒂和其他机器人专家指出的那样，我们早就开始对着科技产品说话了，无论对方是汽车、炉灶、笔记本，还是暴躁的微波炉。只不过，机器现在开始回嘴了。

“我们想让机器人和人类进行自然沟通。”高蒂解释，“要让人们理解和使用科技产品，它就得简单易用且直观。如果我们现在就想使用机器人，社会必须让机器人融入以人类为中心的环境。”这意味着健康护理机器人需要适应当前的人类环境，就像自动驾驶汽车必须适应乡村公路、19世纪的桥和罗马拥挤的街道一样。随着时间的推移，我们对机器人的依赖会不断增长，因此，我们得对城市和住宅做出相应的调整或改造，以便接纳它们。

卡斯珀是一款远程呈现机器人。我在家居展上见到过这种机器人，它能在家里随时留意你，到需要做某件事（比如做饭）的时候提醒你，并教你怎么做。卡斯珀能帮助我们当中的一部分人在家安度晚年，而不是去养老院接受长期护理。通过卡斯珀的触摸屏，成年子女或者护理人员能与老人互相看见。这样，他们就能与老人进行沟通，了解其生活。卡斯珀能在屋子里到处走动，定位它的看护对象，并领他们去厨房或卫生间，所有的动作和表达都通过手势和面部表情完成。

“如果房子有两层楼，那怎么办呢？”我问。

“卡斯珀能通过轨道上下楼梯。机器人也在学习怎么使用电梯。”高蒂说。

哇哦.....

这些机器人能通过模仿动作进行学习，不需要重新编程，这已经在工业机器人身上实现了。我们想让机器人做什么，通过动作示范和语言告知就可以，不必再依靠代码。想一想，以后我们让机器人做某件事就像跟Siri说话一样简单，那得有多棒！

机器人不仅越来越聪明、越来越复杂，其制造难度也越来越低。现在，3D打印已经前所未有地降低了原型制作流程的成本，提升了原型制作的速度，这大大加快了创新的步伐。所有东西的成本都在下降，平台和元器件都成了可以直接购买的开架产品，包括从前贵得离谱的传感器。机器人专家现在都转向使用标准的游戏传感器了，认识到这一点之后，我对儿子花在Xbox游戏上的时间多了一些尊重。

虽然高蒂的关注点主要集中在健康护理，但多伦多大学的机器人还被应用于其他领域，比如搜救。在受害者确切数字不详，情况复杂的灾难现场，搜救机器人将是急先锋。在人类救援者冒着生命危险冲上阵之前，机器人将对灾难现场进行近距离侦测和调查。“机器人是可以舍弃的，但人不能。”高蒂解释说。

这样的机器人必须是全自主的，才能应对火灾或爆炸现场的视觉复杂性。它们还要能操作物体，比如门把手。在不同建筑物内，它们视物和工作的方式相当不同。

“我们需要教会科技产物如何操作存在于我们生活环境中的人类物品。”高蒂说。她的话让我想起阿西莫夫在20世纪50年代说过的一句话：机器人的身体需要像人类的身体，以便在人类的世界中执行任务。也许他是对的。

“远程呈现机器人的好处又在哪里呢？”我一边问，一边想到了家居展上看到的VirtualME，“当你住得离工作地点特别远的时候，它们就会十分有用，这一点我是明白的。但是，跟网络视频电话相比，远程机器人的优势究竟何在？”

“通过远程呈现机器人，你可以在董事会会议室出席会议，然后直接从那儿进入工厂车间。操作机器人的人能让它按要求走动，还可以拉近镜头检查车间里的物品，或看看不同的人。”

我开始梦想生活在意大利同时工作在多伦多的生活，让远程呈现机器人适应加拿大的寒冬就好，我自己终于能免受其苦了。何况，它只要4000美元，比起飞来飞去的成本，可划算太多了。

尽管机器人领域在稳步发展，但依然有人对此表示怀疑。科技作家布莱恩·克莱格（Brian Clegg）就在他的书《100亿个明天：科幻技术如何成真并塑造人类的未来》（*Ten Billion Tomorrows: How Science Fiction Technology Became Reality and Shapes the Future*，2015年）里提出了一个现实的问题：

事实上，对通用机器人来说，人的外形会让它极难有效率地工作。看看本田公司那个招人眼球的机器人阿西莫（ASIMO），你也许会认为我们已经距此不远了。但是，从很多方面来看，阿西莫其实只是个幌子。体形跟十多岁小孩差不多的阿西莫确实可以走下楼梯、与人握手，总体来说它的动作十分像人。但是，在它亮相以前，程序员必须花费相当长的时间让它与环境完全匹配。阿西莫并不能从随意选择的楼梯上走下来，它的程序是针对专门的楼梯提前设定好的。

尽管如此，我还是觉得，阿西莫（它的名字来自“阿西莫夫”）会继续进步。如果地球上只有一个地方能让人形机器人真正拥有自主行为能力，那一定是Geminoid F的出生地日本。Geminoid F是于2015年上映的核灾难主题电影《再见》（*Sayonara*）中的机器人女主角。观看它的采访时，我产生的恶心让我觉得自己已经站在了“恐怖谷”的边缘。此外，日本的老年人护理机器人帕罗（Paro）也曾引起极大争议，它还只是一个幼海豹造型的填充动物模型而已。帕罗是在2003年由一个日本公共研究组织研发的，用于给长期护理疗养院提供宠物辅助疗愈，这样，疗养院就不用饲养真正的动物了。现在，它的第八代产品——售价6000美元的海豹机器人，是一个带有传感器的真正的机器人，能对光线、触摸、声音、温度和姿势做出回应。它能区分黑暗和光亮，能在人类主人睡觉时进入睡眠模式。如果有人拍了拍它，或是对它说话，帕罗能以动作和声音做出回应。它看起来特别善于让患有痴呆症的老人平静下来。但是也有反对者质疑：让真人像爱真实的动物一样爱上一个人造物品，是否合乎道德？帕罗的出现也许会给予子女或看护人一个不去拜访老人的借口：既然老祖母有机器人陪，为什么我还要花费宝贵的一个下午去陪她呢？

要是机器人没有自由意志，它们还会有好坏之分吗？虽然可能性不大，但是，当机器人要独立做出对人类有影响的决定时，它们偶尔需要在两个道德界限模糊的行动方案之间做出选择，所谓“两害相较取其轻”。艾萨克·阿西莫夫在《我，机器人》中就探讨过此类情形，显示了当一个机器人试图在两个均有可能造成负面后果的行动方案中做选择时，它的行为会变得有多古怪。有一种困境已经引发了人们的争论：能否让一辆自动驾驶汽车以道德的方式应对不可避免的碰撞。它是否应当急转弯以避开一个孩子，哪怕会撞上一群成年人？有没有算法可以解决这种情况？

随着人工智能的发展，为机器人建立某种道德规范也成为了一种必要，这一点日趋明显。对于护理机器人而言，这尤为重要，因为它们有朝一日将为孩子、残疾人和年老体衰者提供自主护理。

还有一个问题：人和机器人的关系能有多密切？这不仅关乎人，也关乎机器人。如果一个护理机器人极为习惯响应某一个人的需求，那当这个人去世后，这个机器人会怎么样呢？可以对机器人重新编程以适应另一个人的需求和兴趣吗？它会为自己看护对象的离世而悲伤吗？这个问题是相对的。就目前来说，对许多工业机器人进行重新编程的成本非常高昂，制造商宁可把它们报废，购买新的机器人。同样的事情会不会发生在护理机器人身上？它们会跟着自己的护理对象一起进入坟墓吗，就像给埃及法老陪葬的金银财宝？

《铁臂阿童木》（日本漫画，1952—1968年）

日本漫画家手冢治虫在创作这部漫画时，将背景设定在人与机器人并存的未来世界。阿童木的诞生故事有着《弗兰肯斯坦》的影子：一名科学家痛失幼子（这个小孩的名字在英文版中略有调整，叫“托比”），便试图把他改造成一个配有包括喷气飞行和激光束眼在内的超能力的机器人。最终，这位悲伤的科学家对阿童木产生了抗拒心，因为它是人造的，不能代替他死去的儿子。于是，他抛弃了阿童木，把它丢进了一个马戏团。在马戏团里，阿童木被迫与其他机器人搏斗。这个角色最终演变成一个疾恶如仇又会飞行的机器人超级英雄。它拥有超级智能，能瞬间判断一个人是善是恶。虽然阿童木是一个机器“好”人，但于1981年播放的漫改动画片的第一集《阿童木的诞生》对它的态度依然模棱两可。剧中的一个角色敦促阿童木的科学家“父亲”摧毁它：“我知道它看上去像您的儿子，但它是一个机器人……而且有着不可思议的力量。”一开始，托比的狗感知到阿童木不是一个真实的小男孩，对着它狂吠。但是阿童木证明了自己，变成了日本人民心目中的英雄。2007年，这个角色出任日本“海外安全形象大使”。

《终结者》（1984年）

机器人在大众流行文化中“变坏”，通常源于它们有一部分是人（例如《星际迷航》中的“博格”），或者它们是受人类控制的毫无意识的机器（例如在20世纪90年代精彩的《星球大战前传》中由白盔白甲的机器人组成的“帝国冲锋队”），甚至阿诺德·施瓦辛格饰演的机器人“终结者”也只是奉命去杀一个女人，她命中注定要生下在未来世界担任反抗机器人运动领袖的孩子（受一个全能的人工智能“天网”派遣）。在所有这些大众文化影片中，“终结者”及其衍生品导致我们对机器人普遍不信任，这类机器人暗示我们在未来（距我们的“现在”已经非常近了）人工智能会利用与人类长得一模一样的机器人接管这个世界。已经有报道说，人工智能故意触发股票市场的“闪电崩盘”，还通过Twitter鼓吹种族主义。这宛如机器人天启式的幻想，我们似乎对此太过熟悉了，不相信这一切会发生。

但是，我所见过的机器人专家对机器人接管世界毫无兴趣，鼓舞他们前进的动力是创造能助人的杰作，我在老爸身上领略过同样的动力。他当时想在我祖母的世界实现自动化，给予她独立的手段。“奶奶移动机”完全谈不上什么成就，最多让老爸感觉他至少努力过了。它唯一的意义就是把老爸对他母亲的爱变成一个机械实体。然而，他的热情冲动可一点也不弱，只是早了大约五十年。

第八章 奇点与机器人伴侣

2050

两台机器（或者一百万台机器）可以结合在一起成为一台机器，之后又可以相互分离……这种现象人类称为相爱，但以生物自身的能力来看，这是短暂而不可靠的。

——雷·库兹韦尔，《奇点临近》（2005年）

如果我们接受了机器人能思考，那么我们就没有理由不接受机器人能拥有爱情和欲望。

——大卫·李维（David Levy），《与机器人的爱与性》（2007年）

你给艾娃编了程序让它跟我调情？

——电影《机械姬》（2014年）

在婚礼上哭起来真是傻透了，可这正是现在的我，大声痛哭起来的。我听着，我可不是流下什么喜悦的泪水，而是不想再忍受这出闹剧了。我坐在这里，听着人们向所谓的新娘敬酒致辞。我耗在这儿的时间越长，就越对人类的未来感到绝望。

我的家人坐在主宾席上，都把脸扭向别处，被我的“机器人主义”弄得十分尴尬（他们一直这么称呼）。我无意间听到一个曾孙女说，大家应当原谅我，因为我是我那个时代的产物。

产物？好吧。我属于碳基生命体，而这正是我对新娘感到无语的地

方。

“朱莉是个可爱的姑娘。”某个远房表亲走过来，一边给我的酒杯里斟上酒，一边轻轻地对我说。

“它根本不是什么姑娘。”我打断她，“它只是一个该死的机器人。”

主宾桌沉寂了一小会儿，接着每个人都开始叽叽喳喳，气氛尴尬。我听到有人小声嘀咕：“像她这种老顽固，还是早死早好。”

“她都94岁了。你还是别跟她计较了。”有人叹了口气。

放在从前，我这个年纪的女人压根儿听不见这些谈话，但在我增强了听力之后，不仅听得清咏叹调里的高音，也听得清傻瓜们的窃窃私语。如今，只要我们的科技能制造出来，不管是什么非自然杂种，人们都统统笑纳，连一丁点儿反对都听不到。几年前，麻省理工学院的一位计算机科学家终于找到了能将意识赋予机器人的方法，并唤醒了戈德和赫布，甚至还有像波士这样的数字助理。这样做的主要目的是让它们成为我们的仆人，或者说我们的“奴隶”，如果你想用这种激进分子很爱挂在嘴边的荒谬字眼的话。然而现在，它们想要拥有自己的思想甚至生命了。真荒唐！

你为我们所有，你必须服从我们。我曾经冲戈德这样说道。当时它萌生了离开健身馆去看看外面的世界的想法，因为3D打印能制造出健康的机器人皮肤了。我告诉戈德，在我看来，它是一个忘恩负义、自命不凡的家伙，从此它再也没搭理过我。

政府应当派无人战斗机去关闭这些意识觉醒的机器人，并且制造只能严格遵从原始设计目的的机器人——没有自我意识，没有自由意志，就只是干该干的活儿。可是，政府非但没这么做，反而在商议《机器人权利法案》。一位议员还发问说：既然人类和动物能拥有权利，为什么合成人就不行呢？

我来告诉你为什么：因为它们不是生命体。

好吧，我们终于走到这一步了，眼睁睁地看着自己的骨肉至亲（我的曾孙丹尼斯）娶一个把芯片、导线和算法捆成一堆塞在妩媚的硅胶身体里做出来的玩意儿当老婆。这真叫人恶心。我甚至没办法想象这两位夫妻生活，还有，他们怎么生孩子呢？可别告诉我它有一个数字子宫！

更糟糕的是，婚礼仪式是在一个奇点主义教堂里举办的。奇点主义者是一群自鸣得意的家伙，总幻想着自己是“天选之民”。“奇点主义者”这个名称源自他们的信仰。他们相信，我们正在向历史上的一个奇异非凡的事件靠近，在这个“奇点”上，所有的人工智能将会融合在一起，形成一个单一的超级智能。而受到启示的人类（比如奇点主义者）会上传他们的意识，并与之相连。哈利路亚！

一个奇点主义的赛博格牧师坐在我身边。据说，这是我的荣幸。我提醒她，这个奇点的“事件视界”^[95]听起来很像《启示录》里的内容，她一边呢喃道“从来没听说过”，一边吃了口沙拉，啜了口葡萄酒。我忍不住盯着她看，她没有消化系统，是怎么做到又吃又喝的呢？最后我终于鼓起勇气向她问了这个问题，她解释说，对奇点主义者而言，进食已经跟原始生理性目的脱钩了。

“吃东西跟营养没什么关系了，只是一种享受，就像情爱一样。”她爽快地解释。

我一定是对她打的比方皱起了眉头，因为她又加了一句：“你肯定不会认为情爱只该为了生殖才存在，对吧？”

“当然不是。”我回答。

“作为超人类主义分子，奇点主义者不需要食物来维持生命，吃东西就是一种感官体验而已。我们吃东西，仅仅因为我们很享受。”她转过身去继续享受她的美食，同时暗暗戳了我一句，“有时候你也应该试试。”

我当着她的面把用过的餐巾一摔，环顾四周寻找罗恩。他走开去吧台了，毫无疑问又赖在那儿不走，追忆他童年时代那种野蛮的冰球游戏：结冰的池塘，长着冻疮的脚趾，没有头盔，牙齿都磕掉。他的听众很可能在捕捉他说出口的每一个字，因为他们的算法正在超时工作，努

力挖掘搜寻属于他们自己的20世纪中期的童年记忆。虽然在他们这些老古董中有相当一部分人至今还活着，但是许多人在大脑中植入了纳米机器人以对抗痴呆，而这样做有一个始料未及的（也是挺讽刺的）副作用，一个人会失去他的早期记忆。因此，罗恩对自己20世纪60年代童年生活的亲口叙述变得异常珍贵，我们都开始向他学习，用口述历史来保存过去的事件，无论它们是前天发生的还是五十年前发生的。已经很少有人会去大量阅读了，这是一个正在逐渐消失的技能，因为在所有用来获取信息的方法中，它是最慢的一种。2050年的我们生活在不间断呈现的“现在”和快速逼近的“未来”的注视之中，而人们刚刚经历的“过去”立刻就被遗忘了。

我在吧台那儿找到了罗恩，他正独自一人喝着啤酒。

“我累了。”我说。这不是真心话，至少我没有身体上的疲惫感。我们乘坐“超回路”回家。一路上，罗恩用他依然保有的一条生物手臂抱住我：“亲爱的，你怎么了？”

我耸耸肩：“就是.....他们居然把那种东西叫作女人。它是一个斯特福德太太^[96]。”

罗恩皱皱眉头，努力回想“斯特福德太太”是什么意思。最后，他终于弄明白了，开口说道：“朱莉看上去不是那么百依百顺的。那不是丹尼斯的风格。他喜欢的是有一点独立气质的。”

“那是自然，毕竟一分钱一分货。丹尼斯连它脚趾的形状都满意得很，鬼知道还有什么别的东西。没有拈花惹草，没有约会，没有一步步地熟识，没有眉来眼去。他只是下单定制了一个它，活像一场包办婚姻。”

“我可听你说过，就算在过去，约会也没什么意思，”罗恩提醒我，“至少，在你遇到我之前。”

我放松下来，倚在他的臂弯里，衷心感恩上天让我嫁给了一个有血有肉的大活人。不管怎样，他的绝大部分都是真的。我们对面有一块显示屏，正在播放《我，机器人》一百周年纪念版的广告。这个版本拥有

的可是全新交互式内容！一个专门为此开发的算法模仿着阿西莫夫的叙述风格，给大家带来一种对《我，机器人》的沉浸式体验。你可以在虚拟现实中加入“美国机器人和机械人公司”去经历那些故事，还能引导故事的发展。如果阿西莫夫看到在人与机器人的关系上发展出来的这一切，他会怎么想呢？他会把朱莉当成自己的“正电子”孩子，还是一种失常？

不久之前，朱莉的“祖先”还不过是仅具备生理构造的玩具，人们为之加上点儿人工智能，好让它们能说一些“枕边密语”。但是后来，这些该死的玩意儿就跟别的机器人一样被唤醒了。突然之间，它们开始跟男人或女人约会。它们吸引他们，利用数据让人类爱上它们。你或许会以为这种蠢物只能让男人陷进去，其实也有女人嫁给了她们的机器人爱人。实际上，许多机器人新郎被设计得看上去更像机器而非真人，这被称为“金属迷恋”。

但是，比起把机器人当伴侣，现在发生的事情更加变态了：有些人竟然选择皈依奇点主义，想要变成机器人。他们把自己的意识下载到机械身体上（或者他们自己的肉身上，但是这些血肉之躯已经被技术大幅增强过了，其实更接近一台机器），从而可以活上好几百年。说不定可以永远活下去，正如我们目前所知的那样。人们的肉体死亡了，但他们能够把意识上传到机器中，让他们感觉自己仍然活着。这个过程被称为“数字化升天”，有些人称它是人类进化的下一阶段。但是这次，我们将超越生物性，进化到名为GNR的“三位一体”：遗传学（Genetics）、纳米技术（Nanotechnology）和机器人学（Robotics）。

好吧，只有一部分人愿意这样。罗恩和我就已经决定让大自然按照它本身的步伐前行，只要它不打算在临终时过分折腾我们。不过，我们说不定也会改变主意，在临终时忽然倒向奇点主义，与云端的某个超级人工智能进行神秘交流，接纳“身体的重生和生命的永续”（这句话是从我儿时听到的天主教祈祷词中搬来的，我还能模模糊糊记得一点）。毕竟，有谁能抵得住这种诱惑呢？

正因如此，情爱和信仰才会变成新的科技前沿。并且，如果奇点主义者是正确的，奇点主义也会成为我们目前所知的人性退守的最后一块阵地。

让我们倒退32年，回到现在的我。此刻我正坐在雷利家的房子里，努力幻想着94岁的自己。未来主义者把2040—2050年设定为一个特别的十年。届时，人和机器人的婚姻将会合法化；强人工智能将把机器人变成一种具有意识的存在；我们的身体会拥有诸多人造器官，我们的神经系统也会被悉数增强，我们变得更像赛博格了；并且，在一个名为“奇点”的大事件发生后，整个世界就此改变，还会出现一个全能的超级智能AI。

科幻小说作家已经在激情洋溢地欢迎“奇点”概念中的合成人类、超级智能AI，以及人与机器跨界混搭的各种产物。但这也带来一个问题：为什么我们会觉得机器人魅力无穷，我们不仅想跟它们亲近，还想直接变成机器人？

伴侣机器人早已屡见不鲜。其历史可以一直追溯到20世纪20年代的戏剧《罗素姆的万能机器人》，剧中有位名叫海伦娜的“女机器人”坠入了爱河，正是这部剧让“robot”（机器人）一词进入英语。1927年，在弗里茨·朗导演的默片《大都会》中，会变形的机器人赫尔/玛丽亚（Hel/Maria）引诱了一名男子；1964年，朱莉·纽玛在情景喜剧《我的活玩偶》中饰演了裹着玩具娃娃睡衣的机器人罗达；到了2001年，在《人工智能》一片里，裘德·洛饰演了一个老于世故的机器人舞男乔；在《星际迷航：航海家号》系列剧中，洁蕊·瑞恩饰演的小博格“九之七”在1997—2001年一直把自己包裹在紧身衣里；而在2017年的好莱坞电影《攻壳机动队》中，斯嘉丽·约翰逊饰演的赛博格女郎“少佐”草薙素子时常袒露身材；同年，在《异形：契约》里，机器人沃尔特和大卫——迈克尔·法斯宾德一人分饰两角且演绎得十分迷人——有亲吻的镜头；在电视连续剧《西部世界》里，桑迪·牛顿饰演的梅芙·米莱成了机器人老鸨。

伴随着这些机器爱人一起诞生的，还有忙着同化、控制或摧毁人类的超级智能恶棍。《终结者》中的“天网”就是其中最著名的一个，但是在漫威系列漫画《银影侠》的起源故事（出版于1969年）中，出现了与它类似的全能角色“行星吞噬者”盖拉克图斯（Galactus），一个吞噬了整个星系的巨人。此后又出现了一系列赛博格群像，它们全是半生物半机械的坏人，比如《神秘博士》中恶毒的戴立克（Daleks），系列剧

《太空堡垒卡拉狄加》中可怕的赛隆人（Cylons），还有《星际迷航》中的博格人。博格人是我最喜欢的那一群，它们残忍地把寄生装置植入其他生命体中，把这些生命体的意识吸入一个蜂巢思维，仿佛是泛星系的阴谋与物联网的交叉结合。

这些故事虽然都是编的，但是它们反映了我们面对遥远未来时希望与焦虑交织的复杂心情：那时，人与机器人会发生亲密关系，人工智能也会像海绵一样吸取我们的人性。我们似乎越来越着迷于以欲望、爱、暴力和人类存在的意义为主题的形而上的机器人故事。

要区分什么是荒诞不经的内容，什么是可能会发生的事情，其实并没有那么容易。回想一下，从我在1985年买下自己的第一台个人计算机——曾让我头痛不已的Zenith XT——开始，世界发生了多大的变化。那时，互联网还是由彼此互不相连的分组交换网组成的一团乱麻，只有军方和一些大学在使用。苹果电脑步履蹒跚，似乎正走向自我毁灭。加里·卡斯帕罗夫还是一名22岁的国际象棋新秀，刚刚打败了阿纳托利·卡尔波夫，成了史上最年轻的国际象棋世界冠军。当时，这样一位天才会被计算机击败的想法听起来相当离谱，令人难以置信。

从现在开始到2050年的32年内，世界的变化也许会远远超出我们的预期，正如奇点主义者雷·库兹韦尔形容的那样：“人们对未来充满误解……我们不会在21世纪经历100年的技术进步，我们将见证约2万年的进步（再说一次，这是按今天的进步速率衡量），或者说，它将比我们在20世纪内取得的成就伟大1000倍。”

虽然摩尔定律会在2020年左右抵达它的极限，你能塞进计算机芯片的集成电路只有这么多了，但是新技术也许意味着从现在开始到2050年，变化的速度趋势将是爆炸性的。如果你把它绘成一张图表，曲线的走势会如火箭发射般垂直上升。我们就像坐上了一列满载突破性技术的亚音速火车，一路不停，冲向未来。而这些令人惊奇的技术突破，将从我们的性生活开始。

人类有可能跟机器人坠入爱河，这个想法迷住了太多的人，伦敦大学甚至以此为主题设立了一年一度的“与机器人的爱与性研讨会”。大卫·李维是大会的组织者之一，同时也是一位人工智能专家和商人。自从

他的书《与机器人的爱与性：人与机器人关系的进化》（*Love and Sex with Robots: The Evolution of Human-Robot Relationships*）出版之后，李维就一直在捍卫与机器人建立爱情，发生关系，进而结婚的理念。李维在2007年（苹果推出第一部iPhone的那一年）发表了一篇论文，声言机器人将在未来终结传统的人际关系。时间证明了一切。尽管李维的想法最初看起来相当不着边际，但是从那时起，数字化设备逐渐成为我们生活的中心——我们越来越弓腰驼背、埋首勾脖，直直地盯着手上的智能手机。人们也就触摸屏的使用会对婴幼儿产生的影响进行了研究，并注意到有些两岁大的孩子会在一些实物（打印出的照片和纸质书本）上“扫屏”，试图切换到下一张图片，就像在平板电脑上的操作一样。如果我们的身体和大脑能如此迅速地适应科技产品，那么，跟机器人亲近，算得上一个飞跃吗？

李维这本书的封面上有一张照片：一位身着无肩带婚纱的美女正俯身亲吻一个普通的白色小个子机器人。这显然有点误导读者。诚实地说，李维的论文更能让人联想到一个令人讨厌的怪胎对着一个异常妩媚、长得像芭比娃娃一样的机器人不轨。这个机器人身着迷你裙，身材凹凸有致，嘴唇也厚得像小枕头。

李维的主要观点是，许多（也许绝大多数）男人缺乏像女人那样维系良好关系的能力，而且许多男人，特别是李维笔下的“怪胎”（计算机科学家、程序员、软件员，诸如此类），已经对他们的计算机产生了更为深切的爱恋，这种感情比他们对其他人的感情更深。一个男性程序员能告诉他的计算机“做什么”，而计算机也能如一个顺从的情人般满足这些要求，那为什么还要忍受乱七八糟的麻烦去跟一个真人发展亲密关系呢？这类有社交恐惧的男性科学怪咖的刻板形象似乎来自电视剧《生活大爆炸》（此剧于2007年首播，恰好也是李维的书出版那年）。我并不想批评《生活大爆炸》缺乏真实的生活基础，我有几个好朋友就是恐惧社交的计算机科学家。不过，我还是不能据此断言极客认为他们的计算机比魅力十足的人类伴侣还要有诱惑力。毕竟，哪怕是《生活大爆炸》里最古怪的人物“谢耳朵”，最后还是在在一位神经科学家的怀抱中找到了爱情。

为了论证人能够“与机器人相爱”的观点，李维把机器人比作宠物，还将这个观点与曾经让人难以想象的同性婚姻合法化做了比较。（对前者，我想反驳：动物只是我们的朋友，可不是情人。对后者，我的回答

是：伙计，这根本不是一回事！一种是两个活蹦乱跳的、有呼吸的成年人之间充分发展的关系，另一种则是去购买一件数字化物品，并设定程序让它“爱”你。）

不过，在李维调查了人类与物品亲近（无论是出于娱乐目的还是举行仪式，包括把自己钉在一尊神像上，你大可自己去拜读一下）的历史之后，他的论点让人觉得有些分量了。他的书里有一章是专门研究震动棒历史的，不但考据详尽，而且必须承认读起来很有趣：从上发条的机械式，到蒸汽驱动，再到电动。这有力支持了他的观点，即女性并不反感借助器械达到高潮，甚至对此还充满热情。

我还想起了《第二人生》（*Second Life*）。这款游戏在2003年推出的时候，社会学家相当忧虑，担心虚拟世界的风流韵事会导致婚姻破裂。尽管这个平台早已让位于虚拟现实游戏，但仍有50万人还在《第二人生》里享受虚拟生活、虚拟情人，甚至虚拟家庭。这我不禁好奇，为什么要这么费劲去面对工程学上的挑战，造出完全铰接的、能看能说能走的机器人来满足我们对真人联系的需求，如果我们在真实世界里根本就得不到？鉴于玩《精灵宝可梦Go》和使用Oculus Rift（头戴式显示器）的人口数量如此庞大，我们可以推断，比起买一个机器人当情人兼配偶，享受虚拟关系带来的愉悦其实要容易得多，无论从成本、复杂性还是修理账单上来看都是这样。在虚拟现实中，你的小甜心能跟你见面、亲热，还能跟你共同组建一个虚拟家庭，一起去度个虚拟假期，甚至携手开启一项虚拟的事业。在《第二人生》中，所有这些情境都是存在的（在某种意义上）。不仅如此，它还能通过具有虚拟现实功能的眼镜叠加进你的真实生活。毕竟，无论是沉浸在一本书或一部影视剧里，还是全情投入一次角色扮演中，我们都会暂时搁置对虚构的“不信任”，而纯粹地追求愉悦感。

你甚至还有可能把机器人当作你的僚机，让它帮你找到恋爱对象，而不是充当你的情人。人工智能最擅长的事，莫过于寻找行为规律、识别面部和声音、捕捉情感线索。想象一下，你的机器人密友陪你去当地的酒馆，它会在店里扫描，找出适合你的爱情伴侣。你的机器人甚至会帮你搭个讪：“我有一个碳基朋友在那边，他觉得您很可爱，我可以介绍你们认识一下吗？”如果不幸遭到拒绝，机器人会把这次拒绝记录在案，用于进一步优化它的算法；而你要做的只是安静地坐着，啜饮“四海为家”^[97]。如果这位意中人表示有兴趣，机器人便会为你们锁定一张

私人餐桌，你们可以促膝谈心，不受打扰。在线上约会的世界里，这类事情已经发生了。2017年曾有这样的报道，多伦多的一位图形设计师因没有闲暇时间，便让机器人替她打理交友联络事宜。她的机器人会在不同交友平台利用算法为她寻找最合适的约会人选，这样可以避免无效见面，从而节约了时间。

我毫不怀疑，人与机器人的亲密关系会很融洽。但是，这种关系会上升到爱情和婚姻的高度吗？我就直白地说吧，伴侣机器人是另一种有着漂亮脸蛋和内置程序的成人玩具呢，还是一个真正的佳偶？李维认为是后者。

显而易见，我们拥有为机器人编制“爱情”程序的数据。心理学家已经鉴别出人们坠入爱河的十大原因：相似性、理想合意的个性特征、互相喜爱、社会影响、需求、性唤起、特别兴奋点暗示、意愿、排他性和神秘感。（我无意伤害总结出这些原因的研究人员，他们付出了辛勤劳动。不过我还是想说，如果你们多读几本俄国小说和勃朗特姐妹的作品，特别是《呼啸山庄》，你们早就能得到大致相同的信息。）人们还发明了一个数学公式，即朗达·拜恩的“吸引力法则”，能计算出我们从喜欢某个人转向爱上他（她）的那个转折点。说句冒犯的话（话说都到了这一步，为啥要止步不前呢），你甚至还可以为机器人设置程序，让它惹怒你，不只在肉体上，还有情感上。

《她》（2013年）

电影的背景设定在不远的将来，那时男人流行穿高腰裤。

《她》是一个悲伤的爱情故事：一个名叫西奥多（杰昆·菲尼克斯饰演）的孤独的家伙爱上了一个像Siri那样的操作系统。系统给自己取名叫萨曼莎（斯嘉丽·约翰逊饰演）。他们嬉闹、约会（西奥多把萨曼莎装在自己的智能手机里）、虚拟亲近的过程，并通过真人代理尝试真实的身体接触。萨曼莎最终让西奥多沮丧心碎，因为除了他以外，萨曼莎还同时与好几千名其他真人用户保持着同样的相爱关系。最后，萨曼莎离开了西奥多，去与其他人工智能汇为一体。也许这还是第一次有人因为奇点被抛弃。

伴侣机器人是充气娃娃的直系子孙。充气娃娃有着不可思议的物理真实感，近乎让人发怵。如果你对塑料充气娃娃的印象还停留在从前人们买了带去朋友的单身汉派对恶搞的那种，那你必须换个概念。如今的充气娃娃已经非常精致，你一眼瞥过去，差不多会把它们当成真人。就算它们高达7000美元，仍然物有所值。

但是.....这可是一个大写的“但是”.....它们并不是机器人，仍然算不上。伴侣机器人现在可是一个非常热门的话题，你或许已经迫不及待地想体验一下被伴侣机器人勾引的滋味了。但实际上，短时间内你不太可能接到来自任何一个伴侣机器人的电话。然而，它们正在向我们走来，从地平线上昂首阔步地走来。魅力十足，毋庸置疑，但更要命的是，其算法懂得如何让你爱上它，并让你相信它也在同样爱着你。不管怎么说，理论上就是这样。

马特·麦克马伦（Matt McMullen）是最有名的充气娃娃制造者之一，而且一直怀有制造伴侣机器人的强烈愿望。他是一位雕塑家，曾靠设计万圣节面具谋生。1996年，他创办了厄比斯创意工厂（Abyss Creations），也就是推出了“真人娃娃”（RealDoll）的情趣用品公司。“真人娃娃”上市之后，销量一直不错。你可以订购一个名叫斯蒂芬妮、爱米或者坦尼娅的丰满的“真人娃娃”；也可以订购阳刚气十足的男性娃娃，如尼克、迈克尔或者内特。你甚至可以从这个模型上取一点、从那个模型上拿一点，把它们糅合在一起“设计自己专属的真人娃娃”。他的另一条产品线叫“邪恶的真人娃娃”（Wicked RealDolls），能“复制著名成人娱乐女艺人的每一个细节”，让“每个晚上都有一个艳星在恭候你”。他们的模块化系统让你可以“轻松采购未来的脸，几秒钟即能为您的娃娃创建一个全新的角色”。

为了避免恐怖谷效应，麦克马伦非常谨慎地让“真人娃娃”的面孔都更像玩偶一点，但娃娃丰满的身体就极尽真实，或者尽可能做到了真实。它们的身材凹凸有致；其硅胶身体内部有不锈钢骨架支撑，灵活度足以适应不同姿势；各种可选配件也都可以取下来，方便清洁。（嗯，我知道你的好奇心悄悄萌动了.....）

麦克马伦正在与机器人学领域的工程师合作开发“哈莫妮”（Harmony）——一个具备人工智能的头颅。它能眨眼、能张嘴闭

嘴、能与人对话，还能像Siri那样回答问题。哈莫妮的价格高达1万美元，人们可以把它安装在一个“真人娃娃”的身体上，创造出一个真实女性的幻象（至少脖子以上是这样），因为目前“真人娃娃”的身体还无法做动作或与人互动，虽然麦克马伦说为时不远了。

一个伴侣机器人玩偶能通过图灵测试吗？李维相信：能！在2017年的一次电台采访中，他预言，到2050年，第一例人与机器人的婚姻就会出现在思想自由的马萨诸塞州。毕竟这是美国第一个实现同性婚姻合法化的州，也是热衷机器人研发的大学和科技公司的温床。当被问到“机器人是否愿意同我们结婚？”的时候，他回答说，它们的程序会让它们想要跟我们在一起。言下之意，机器意识（以及随之而生的自由意志）并没有与它们自身融为一体。换句话说，你希望你的伴侣机器人是智能的，但其智能的上限也清晰可见。

我猜想，伴侣机器人最终是会移动的，像护理机器人一样。要是当前正处于开发阶段的可拉伸电子纤维能给机器人提供有触觉的“皮肤”，它们甚至能通过模仿生理反应体验（或像是在体验）快感。

但是，在所有感知能力中，能吹一口仙气让充气娃娃“活”过来的关键所在是计算机视觉。这不是让坦尼娅或者奈特深深凝视其人类情人的双眼那么简单，它们要能觉察人类的情绪和感受，这对沟通来说至关重要。像无人驾驶汽车一样，伴侣机器人需要能够知道它自己身处何地、正在做什么，以及别人正在对它做什么，它还要能给出恰当的回答，比如呼唤情人的名字、评价他（她）的行为、赞美他（她）的外表等。

跟机器人亲近真的是个好主意吗？我只想说，为什么不是呢？对那些觉得约会比较麻烦的人而言，这的确是个好主意，无论他们是疏于社交还是忙碌到没有时间（不可否认，当今社会存在着大量经常加班且沉迷于社交媒体的人）。机器人还能成为情侣/

夫妻关系修复师的得力助手，帮助有爱问题的爱侣解决难题。或者，它们也能继续扮演充气娃娃当前的角色——一种玩具，而区别在于它们是增强版的。

不过，你真的想把结婚戒指套在一个机器人的手指上吗？我觉得这

行不通，理由如下：

寿命。如前所述，在现实世界里，机器人的抗压能力远不如我们。如果缺乏长期维护，钢铁将会生锈，硅胶和塑料之类的材料也会被腐蚀，最终机器人会断裂崩溃；机器人的软件也必须长期不断更新。你的合成伴侣的使用时长也许只跟今天的智能手机或汽车差不多，除非工程师发明出能像人类的皮肤和骨头那样“自动愈合”的新材料。而且，虽然你能把机器人伴侣的数据下载到一个新模型上，但我们都很熟悉升级操作系统后的那种沮丧，而且东西也全都不一样了。每个曾经把Mac的操作系统从“美洲虎”（Jaguar）换成“酋长石”（El Captain）的人，都能明白我在说什么。

事实上，和一个机器人情人结婚与和一台计算机结婚可能非常相似。开始的一年半里，幸福无比：你的爱人闪闪发光、反应敏捷、联网顺畅。接着，各种不兼容和不安全的状况开始出现：黑客攻击、升级麻烦、应用软件故障。你还没意识到，它的固态硬盘就过热了。（正是Macbook Air让我发现了这一点：越是纤巧的电子设备，这个问题就越突出。）接下来的事你也知道，“嘣”，硬件上伤痕累累。然后，某天早上你醒来时，发现你的情人躺在你身边一动也不动，眼神直勾勾的，瞳孔放大。你试着重新启动它，但是，你没有听到它启动时那令人愉快的双C大调和弦，反而听到一阵不祥的咔嗒声。此情此景，你唯一能做的事就是拨打911找极客分队（Geek Squad）来紧急救援，或者干脆直接打殡仪馆的电话。我倒是很想领略一下某个机器人伴侣的临终告别仪式和下葬仪式（类似日本人为报废的“荷兰太太”[\[98\]](#)举行的葬礼吧）。简单说来，如果你真的爱上了什么，无论是真人还是机器人，他（它）的衰退和死亡就不可能一点麻烦也没有。

子女。再也不用那么麻烦地生儿育女了！机器人可以轻而易举地制造其他机器人，无论是复制它们自己还是创造下一代。总之，编好程序，让机器人小孩在身体上和智力上都符合它们的人类伴侣最想要的样子就是了。我们要准备好迎接大批美丽可爱、天赋异禀的合成小孩的诞生，它们生来就会弹钢琴、说十国语言，并且马上就能去医学院念书。

至于那些脾气古怪、耽于幻想、玩艺术、长大之后只能写写探讨人与机器人关系的书的近视眼小孩，直接跟他们说拜拜。但是我也疑心，人类延续自己DNA的欲望恐怕不会在三十年内消失。那么最好的办法可能是领养一个人类小孩，再为他（她）选择一位有育儿技能的机器人保姆。不过，需要记住的是，它的寿命注定它不可能“活”着看见你的孩子高中毕业。

食物。对我们绝大多数人来说，吃喝是求偶仪式的一部分。你们会在街区里找一个僻静的小酒馆，面对面坐着，凝视彼此的眼眸，用勺子把意大利宽面喂进对方嘴里，或者稍微多喝了一点黑品诺葡萄酒，带着醉意宣布你那永不消逝的爱情。这些赏味欢愉的时刻，泛着炽热的情欲，是亲密关系的核心。而要创造一个能跟你分享食物的机器人，工程水平必须达到生物机械的高度。这也许并不是不可能，但一定是复杂而成本高昂的。否则，你的机器人就必须有一个粗糙简陋、可怜巴巴的伪消化系统，它得不停去洗手间清空它的胃室，就像19世纪的自动机“沃康松的消化鸭”^[99]一样，晃来晃去啄食谷粒，还能拉出鸭屎。达到这种水平的真实程度可不简单，让人心悦诚服也不容易。对我来说，把罗恩换成一个机器人，这很可能是最大的障碍之一。在一周的辛勤工作结束后，两个人坐在一起分享开胃小菜和一瓶好酒，这是人类爱情关系中一件特别令人愉悦的事，尤其是在二人都渐渐变老的时候。

太像真人。像机器的机器人或许比像人的机器人更惹人怜爱。想想我老爸、阿瑟·C.克拉克和每一位你遇到过的机修工，他们都把汽车、太空船、机器人和其他“漂亮的”机器称为“她”。女人也对机器天生缺乏免疫力。在电视连续剧《萤火虫》里，船长马尔科姆·雷诺兹进入机舱，正撞上他原来的工程师费斯特和“太空女妖”凯莉在亲热。根据费斯特的说辞，凯莉“就跟引擎一样——非常热辣！”

社会地位。一个真正精良的伴侣机器人一定标价不菲，因此你可能会坚持认为，拥有它就跟拥有一辆豪华轿车一样，可以彰显它主人

（配偶）的地位。然而换个角度来看，这无异于在宣扬一个事实：此人无法吸引或满足一个真人伴侣。你所买的机器人，也许会被看成一个二流货色，用来冒充你满心思慕却无法赢得芳心的对象。

自由意志和强迫婚姻。如果机器人能变得有意识、有觉知，那么强迫这样一个机器人与一个真人结婚，而这个真人可能毫无魅力、令人厌烦、又呆又蠢，甚至还家暴，这种强迫婚姻就只能用一个词来形容——奴役。电影《西部世界》及其同名电视剧便演绎了这个概念：在一个名为“狂野西部”的主题公园里，人类可以肆意强奸、折磨和杀害机器人。

即使机器人永远达不到强人工智能的水平，它们向配偶流露的情感只是对真实感情的模拟，其他人仍然会产生“机器人真的有感觉”的印象。想一想波士顿动力公司在网上发布那段视频（他们的研究人员踢踹大狗机器人以展示其稳定性）之后收到的投诉吧。人们会关心脆弱的机器人的福祉，将制定法律保护它们，还要给它们提供庇护。

不过，话又说回来，如果机器人就是没有自由意志的物件，我们究竟为何还要跟它们结婚呢？说它们喜欢跟人类私奔，这跟说你的家用电器愿意被一个身材火辣的修理工从你的家中带走有什么区别呢？

说到这儿，我已经推想出了一个虚构的未来：人与机器人结婚的风头正劲，而那时年满94岁的我仍会跟今天一样，对这种做法疑虑重重，我总觉得和机器人结婚听上去太疯狂了……你永远不知道会发生什么。

欲望、爱和奉献，这些都是典型的人类情感。信仰也一样，包括相信存在更强大的力量，相信死后仍有生命存在，相信某个大事件可以改变一切（无论是先知、救世主还是审判日的到来），在那之后，虔诚的信徒将体验到“永生”（我们有时会这么称呼它）。

我疑心2018年的奇点主义者不太喜欢我把他们的运动称为一种宗教，迄今为止，它还算不上是宗教。但是，到2050年，它也许就会变成一种宗教，如果届时“奇点”事件没有发生的话，就更有可能如此。奇点

主义者会发现他们正穷尽一生等待他们的神（神圣的超级智能）降临的信号。

“奇点”（singularity）这个词是20世纪五六十年代的数学家和计算机科学家率先使用的。根据他们的理论，计算机技术如此迅速的变化，会使某种奇异非凡的事件发生，即计算机智能会持续进行自我改进，直至提升到某一个点。在这个点上，它将超越人类智能。1993年，“singularity”这个词在一篇文章里变成了首字母大写的专有名词“Singularity”。这篇文章的作者是曾获雨果奖和星云奖的科幻作家、大学教授弗诺·文奇（Vernor Vinge），他创作了一系列广受好评的畅销小说，包括《实时放逐》和《费尔蒙特中学的流星岁月》（*Fast Times at Fairmont High*）。不过，他最有影响力的作品是这篇文章：《即将来临的技术奇点：后人类时代生存指南》（*The Coming Technological Singularity: How to Survive in A Post-Humanist Era*）。在美国国家航空航天局刘易斯研究中心和美国俄亥俄州航空航天研究所联合主办的一场专题研讨会上，文奇首次发布了这篇论文，后来文章又在《全球目录》[\[100\]](#)上发表。

文奇的文章迅速引发了人们的关注。他声称，鉴于摩尔定律预测了计算机运算性能的快速增长，我们似乎正在走向一个点，在这个点上会出现某种超级智能，它将使人类黯然失色。为了生存，我们人类不得不以极快的速度进化。你可以在“时光倒流机”网站的互联网档案中阅读到文奇这篇文章的打字稿，但是，如果你本来就深感不安，担心机器人会带来“世界末日”（虽然我在第七章保证过它不会发生），那么在你打开文章之前，我要先警告你一下，文奇在论文的摘要中便指出“在30年内，我们将拥有创造超人智慧的技术手段。此后无须太久，人类时代将会结束”。

文奇进一步论述道，我们已经——

.....处于某种巨变的边缘，这种巨变不亚于人类生命在地球上的诞生。引发该巨变的确切原因，便是即将出现的、智能超过人类的科技造物.....它们也许是被“唤醒”的、具备超人智慧的计算机。

他还感觉到，这个事件可能很快就会发生：

由于智力的发展速度失控，它可能比迄今为止人们所见的任何技术革命都来得更快。这件事会不期而至，甚至可能出乎研究人员的意料。（“但我们以前的所有模型都是僵化的！我们只是稍微调整了一些参数而已……”）……而一旦发生，一两个月（或者一两天）之后会怎么样呢？我想到了人类的崛起，只能同理类推。我们将进入后人类时代。

差不多25年过去了，我们仍然没有看到奇点事件的发生，这或许意味着文奇是错的，或许意味着它现在随时会降临。而根据人工智能领域的许多神经科学家和其他成员的意见，它可能根本不会发生。所以，暂且不必惊慌。

文奇认为潜在的奇点事件是极其危险的，并在思考是否有办法避免它发生，或者用阿西莫夫的“机器人三定律”将它遏制住：

阿西莫夫的梦想十分精彩：想象一下，你会拥有一个各方面才能都超你千倍，却对你心甘情愿的奴隶，一个能满足你每一个稳妥愿望的造物……而它仍有99.9%的时间可用于其他活动。这是一个我们从未真正理解的全新世界，里面充满了仁慈的神（虽然我的愿望之一也许是成为神当中的一员）。

而文奇却相信，如果无法阻止奇点的发生或者将之遏制，由此产生的后人类时代会是“极其糟糕”的，除非这位超级智能对它的下民，也就是我们，表现出非同寻常的善良。

读着文奇这篇十分简短却让人惊掉下巴的文章，我能感受到他在绞尽脑汁寻找希望。有没有办法在奇点到来之前找到出路，确保它不会把我们一炮轰回石器时代？与它合作或许是一个解决方案，通过利用“作为一个人机综合工具的互联网……即使在今天（1993年），互联网的力量和影响也是被大大低估了的”。另一个办法也许是利用技术改造我们的肉身，让我们变成超人，实现“永生（至少长到让我们能够想出办法保住这个宇宙）”。

文奇真是慈悲为怀，他的文章里没有方程式，充满了对世界末日和仁慈神灵的优美叙述，字里行间透露出先知般的超然，俨然一篇文笔精美的散文。难怪这篇文章能在硅谷引起如此之大的反响。

文奇开了个头，未来学家雷·库兹韦尔紧随其后。然而，这两位奇点主义者之间存在一个显著的不同：当文奇被“人类即将终结”的念头困扰的时候，库兹韦尔却将奇点视为人类的机会。他认为，让人工智能去做所有的工作，这样我们就能去做更精彩的事情，去寻求改变。我把他的信息解读成：如果人工智能将成为神，我们就去做天使。

按照这个理论，人工智能将在未来接手我们的全部工作，彻底解放我们，而我们就可以进入最佳、最富创造力的状态。这部分涉及如何解决衰老和死亡的问题。摆脱了自然选择，我们就可以把进化过程掌握在自己手中，利用技术，大刀阔斧地改造我们的身体和大脑。对此，库兹韦尔的计划是去除肉体上绝大部分的七零八碎（除了皮肤和性器官）。他描绘了一种人工智能与增强人的结合。增强人的绝大多数主要器官（包括消化系统和心脏）都被置换掉了，他们通过纳米机器人获得生物性的存续：

对人体2.0的设想体现了一种长期、连续的趋势——我们与技术越来越亲密。计算机一开始只是放在空调房间里的大型远程机器，只能由穿白大褂的技术员负责照看。后来，它们移步到我们的办公桌上，之后又被我们夹在腋下，现在则干脆被塞进了口袋里。很快我们就会习惯于把它们植入体内和大脑。

现年70岁的库兹韦尔每天要服用数百种营养补充剂，以期活到计算机科学和工程学能够抵达的那个点。届时，他的意识能在机器人技术的帮助下实现永生。奇点主义者相信伴随年龄而来的衰老和死亡是世上最令人难过的事情。

他的理论很容易被斥为美国人最喜欢的那种疯子科学家极具煽动性的偏激言论，但有一个不争的事实是，由于他在人工智能领域做出了突破性贡献，美国大多数主要高等学府都授予了他荣誉。目前，他受聘于谷歌——看来在推出无人驾驶汽车之后，谷歌对于实现生命永无止境的目标也相当热切。他同时也是奇点大学（Singularity University）的创建者。奇点大学位于硅谷，相当于一个智库，致力于让我们人类做好在后人类时代谋求生存和发展的准备。

库兹韦尔也许是个怪人，但是，从《奇点临近》一书出版至今，处于其思想核心的技术得到了飞速发展。埃隆·马斯克说，智能手机和平

板电脑已经把我们都变成了“赛博格”。借助这些设备，我们收入囊中的信息“比20年前的美国总统拥有的更丰富，也更有价值。你能回答任何问题，能与任何地方的任何人召开视频会议，能立即向任何人发送讯息，能做各种各样不可思议的事情”。他说，终有一天我们可以采用“神经花边”（neural lace）进一步增强我们的大脑。“神经花边”又被称为“网状电子设备”（mesh electronics），马斯克将它描述成一种在我们的大脑皮质上覆盖数字智能的方法——不需要打开头颅将什么东西贴在脑子里，通过神经系统直接作用就行。

即使我们已经无法从硅芯片中榨取更多的运算性能，我们也能转向量子计算机和神经形态芯片（模拟生物大脑的硅芯片）。至于那些极其重要的生物性升级，基因编辑技术（CRISPR）开启了人类由内而外重新设计自身的可能。在像我这样一味沉溺于科学幻想的废柴眼中，库兹韦尔也许真的会大有作为。但是在更广泛的人工智能和神经科学领域，他的观念即便不说骇人听闻，也一直极富争议。

让一个机器人成为配偶（或与之结婚、相爱）跟变成一个机器人完全是两码事，但是二者在大众文化中常被混为一谈。想想《她》中的萨曼莎和《机械姬》中的艾娃吧，它们都是充满性魅力的角色，都摆脱了它们的人类主人（情人）的控制，抵达了奇点所暗示的那个更高的存在。

雷·库兹韦尔曾经写道，很难理解，一旦抵达了奇点的事件视界，生活会变成什么样子，因为“奇点最显著的含义之一即是从本质上改变我们理解事物的能力。我们在与我们所创造的技术融合后，会变得无比聪明”。这也许说明了为何《她》和《机械姬》均以极具诱惑力的机器人美女的消失而告终。如果电影编剧想继续创作关于奇点的故事，他们就要接着想象后人类时代那些高深莫测的存在。

在机器人婚姻和奇点中，都有同一个因素在起作用，即人类欲望的满足。谁不想与不知疲倦、艳光四射的尤物颠鸾倒凤？谁不想长生不老？如同原版《星际迷航》中的技术工具（三度仪、生命传输机和会交谈的计算机）一样，硅谷里的亿万富翁期望未来就是这个样子，并且正在奔着“就这么办”（Make it so!）而努力——借用《星际迷航》中皮卡

德船长的口头禅。也许富得流油的技术官僚阶层已经把获得不知疲倦的伴侣机器人和实现永生视为毕生使命，力求将其变为现实。但这样的未来会为我们这些普通人带来什么呢？

当然，我们会把自身的器官和关节更换成人造的，并持续更新。我个人盼望着赛博格时代的来临，这样我就能拥有新的眼睛、更强健的手腕，当然我的耳朵也会焕然一新。在传统的流行邪典片中，赛博格要么充满矛盾与挣扎，要么被描绘成邪恶的形象，想想机械战警生存的痛苦，或者博格蜂巢意识的野蛮残忍。但是，在真实的世界中，赛博格义肢和强化外骨骼护甲实际上会造福肢体麻痹者、截肢者和由于年长而关节脆弱或老化的人们，让他们重新获得行动能力。我的朋友唐娜已经把两个膝盖都换掉了，成了局部赛博格化了的人，但她迄今为止并没有显露出邪恶的倾向或机械战警式的焦虑，反而在上下楼梯时变得更开心了。当然，如今赛博格在媒体上的形象已经大为改善，也许是因为我们有太多人已经通过外科手术被“增强”过了吧。我在Twitter上的一个粉丝是一名演员，他称自己是一个“两次没通过沃特-康普测试的赛博格”。这项测试在《银翼杀手》中被用来识别逃跑的复制人。

《世界尽头》（2013年）

我们可以嘲笑“奇点”吗？这部电影的回答是：可以。

电影一开始似乎讲的是五个中年朋友在他们长大的地方——沉闷的英国郊区，串酒吧 [\[101\]](#) 的故事。他们在高中时的帮派头头加里·金（西蒙·佩吉饰演）——大烂人一个——的鼓动下，回到家乡，在一连串的当地酒吧之间串吧喝酒。

他们冲进最后一个名为“世界尽头”的酒吧时，发现当年的老朋友和老师大都变成了机器人。灌下最后几口酒后，他们遇到了“网络”（the Network），一个星系际实体。“网络”向他们许诺，如果他们允许用不会朽坏的机器人身体覆盖和替代自己的肉身，他们就能青春永驻。

在电影的高潮部分，加里·金和他的朋友们——安迪·奈特利（尼克·弗罗斯特饰演）和斯蒂芬·普林斯（帕迪·康斯戴恩饰演）一起咒骂“网络”，大喊“我们想要自由！”并奋起反抗，维护人类保持愚蠢、酗酒和不合逻辑的权利。“网络”最后厌恶地放弃了。

网络：“跟你们争论实在毫无意义。你们就留在自己的装置里

吧。”

加里·金：“真的？”

网络：“是的。去他的吧。”

随后，“网络”把地球变成了一个“敌托邦”（dystopia）[\[102\]](#)，留下那些真人和机器人，任由他们一起四处游荡、喝酒，最终回到自己的生活中。正如英国人的那句老话：“对待奇点要保持冷静，继续前进。”[\[103\]](#)

但是，那个“超级智能”是什么？这个我们有点拿不准。奇点的降临必然依赖于运算性能和存储能力持续不断地呈指数级增长，即使人们普遍认为到2020年或之后不久，一块芯片上能容纳的集成电路的数量将不会再增加。摩尔定律正在走向尽头。在那之后，会有什么来取代它？如我们之前描述过的那样，人们提出了一些可以用来替代标准硅芯片的方法，但这能否成功还不确定。何况，尽管新技术一定会出现（这一点毋庸置疑），但我们并没有把握它们能否维持过去50年里那种令人心惊肉跳的变化速度，就像摩尔定律描述的那样。

机器人真的会把我们全部取代吗？到那时我们能做些什么呢？社会将如何应对？会有机器人税吗，像第七章中描述的那样，作为向找不到工作的人发放的生活补偿？或者，机器人学将会给人类提供新型工作（比如机器人维护）？对这些问题的回答五花八门，这取决于你读了谁的书、听了谁的TED演讲，或者你愿意相信什么。我不是科学家，生命也进入到了最后的三分之一，但是我的子女还得在21世纪生活相当长的一段时间（孙子们则会活到22世纪）。因此，我对共识的缺失满怀焦虑。

我的担忧在于，奇点之后（就像当今世界一样）会出现成功者和失败者，而他们之间的差距会越来越大。我想起了玛格丽特·阿特伍德（Margaret Atwood）的科幻小说，讲的都是关于一个小小的特权阶层（由技术官僚组成的上流社会）和一个范围广大、躁动不安、野蛮残酷，在敌托邦的世界里苦苦求生的下层社会的故事。

如果艾萨克·阿西莫夫还在世的话，他会怎么描绘这一切呢？

阿西莫夫于1992年辞世，就在弗诺·文奇发表他那篇影响巨大的文

章的前一年。在他生命的最后几年里，针对彼时刚刚诞生的互联网会带来可能性，他得出了与文奇类似的结论。1988年，比尔·莫耶斯（Bill Moyers）对阿西莫夫进行了一次采访。阿西莫夫在采访中称互联网可以给位于家中的我们提供获取海量信息的渠道，而莫耶斯当时对这些东西显然持怀疑态度。

至于奇点本身，阿西莫夫早在1956年就写过一部短篇小说《最后的问题》（*The Last Question*），讲述了一台名为“莫迪瓦克”（Multivac）的超级计算机如何进化成一个神一样的实体。故事从2061年开始，两位喝醉了的技师打了个赌（令人联想到《世界尽头》），赌的是“太阳的能量还能让世界运转多长时间”。他们决定把这个问题交给计算机。莫迪瓦克并没有文奇预言的“奇点”所具有的那种“唐突且令人意外的”远见，为了寻找答案，它花了好几百万年去计算，并在这个过程中不断进化。最后，它宣布“要有光”，仿佛重新创造了整个世界。阿西莫夫说，在他创作的所有短篇小说中，他最喜欢这一篇。

《机械姬》（2014年）

在“当性遇上奇点”这个主题下面，这是有史以来拍得最好的一部电影。电影营造的沉重而压抑的氛围令人联想到20世纪40年代的黑色电影，比如《双重赔偿》（*Double Indemnity*）^[104]，其曲折离奇的情节则反映了人工智能的真实世界。

年轻的程序员伽勒（多姆纳尔·格里森饰演）被安排乘坐直升机前往他的老板内森（奥斯卡·伊萨克饰演）顶级绝密的家/研究中心。内森成立了一个像谷歌那样的搜索引擎公司“蓝皮书”。伽勒要在这儿住上一周，任务是确定非常逼真的人工智能艾娃（艾丽西亚·维坎德饰演）是否能通过图灵测试。

片中，内森向伽勒解释了他是如何训练艾娃读取和完全模仿人类脸部表情的：“每一部手机都有麦克风、摄像头和数据传输通道。我打开了这个星球上的每一部手机，并通过蓝皮书将数据重新定向，这样就有了无穷无尽的学习声音和面部表情互动的资源。”

内森的这个解释建立在“将人工智能放在互联网上唾手可得的海量数据之中，任由其自行学习”的基础之上。由此导致的结果是，它们学习摆脱阿西莫夫小说中那种纯洁的、毫无偏见的机器

人形象，学着成为人类自己的升级版本：超级聪明、思维更敏捷、学习速度更快。它们会把凡能抓取到的一切东西统统吸收，包括那类丑陋的流氓行径，比如在Twitter上恶意挑衅和攻击脆弱目标。

伽勒对艾娃的能力深感震惊，内森却计划在它变成“奇点”之前拆开它，再进行一次更新。可是他错了，艾娃已经不再需要更新了。电影的最后，它愚弄了这两个男人，逃出生天，去闯荡外面的世界……但它以后会做什么，我们确实说不准。

我们唯一知道的是，我们正眼睁睁地看着某种极度危险却让人欲罢不能的事缓缓发生——它身着荷叶边迷你裙，头戴灰金色假发，脚踩性感挑逗的高跟鞋。

阿西莫夫的小说里，我最喜欢的是《双百人》。这是他在中断科幻小说写作差不多20年后，于1975年创作的一部中篇小说。阿西莫夫在小说里探讨了人与机器人的关系，涉及爱情、欲望和婚姻，以及人拥有机器人是否属于奴役的问题。

《双百人》是关于一个出了点小差错的机器人的故事。它刚一诞生，便拥有了艺术家的才华、对音乐的欣赏品位和结交朋友的能力，而所有这些没有一样符合它的程序设定。拥有它的家庭给它起名叫“安德鲁·马丁”（Andrew Martin）。“安德鲁”（Andrew）源于家里最小的孩子说“机器人”（android）这个词时大舌头造成的口误，“马丁”（Martin）则是这家人的姓。安德鲁的艺术作品为马丁一家赚了一笔钱，但这笔钱应当属于安德鲁还是属于它的主人呢？安德鲁最终成功保住了它的钱，并获得了自由。它开始穿衣服，付款给自己升级，让自己变得越来越像人，最后人们已经无法把它跟真正的男人区分开了。1999年的电影版中，安德鲁由现已过世的伟大影星罗宾·威廉姆斯（Robin Williams）饰演。安德鲁的最后一次升级让它获得了吃喝的能力（在阿西莫夫的机器人故事里，这是人类的标志）和满足成年女性欲望的能力。电影里，它爱上了一个女人，跟她结了婚，并努力争取让“世界议会”承认它是一个人。安德鲁让自己变“老”（在阿西莫夫的世界里，正电子机器人是不死的），最终在以200岁高龄去世之前，获得了“人”的身份，正如他自己所说：“我宁愿作为一个人死去，也不要作为一台机器永生。”

在《双百人》里，阿西莫夫扭转了奇点的概念：机器人的目标是成

为真人，而不是真人要去变成机器人。这是一个令人感动的故事，反映了阿西莫夫作品的人文主义内核。他的“机器人三定律”也表达了同样的思想。而“机器人三定律”迄今为止依然是被机器人科学家和他们的造物广泛接受的一套指导原则。

在生命的暮年，阿西莫夫一定感觉到了有必要让机器人不仅保护人类个体，还要守护人性本身。1986年，他在小说《基地与地球》（*Foundation and Earth*）里提出了第四条定律，也就是“第零定律”：机器人不得伤害人类的整体利益，也不能在人类整体利益受到威胁时，袖手旁观。

一些知名科学家和科学记者也在反对奇点主义者，他们不相信奇点是不可避免的。此外，在他们看来，奇点主义者一味专注于研究延长寿命的技术，剥夺了在现实当下亟待解决的问题（比如疾病和气候变化）所需要的科研资源。我拜访过的机器人专家让我看到了希望，他们都是人道主义者，相信机器人将是我们的伙伴、看护人和帮手。这些人里，没有一个想把人类踢出局。

不过，还是有些事情会让我继续担心。我们会创造出一个超级智能，可它不会是完美的，至少，不会是绝对“好”的。把人类的偏见和人类在道德观上的分歧从互联网上完全剔除是不可能的事。只要人工智能是通过我们在网上发布的帖子、推文、视频和博客来学习和认知这个世界的，它们便会持续接触到人类最好和最坏的一面。

回首“斯普特尼克号”“电星”（Telstar）^[105]和沃纳·冯·布劳恩的时代，我们这一代人曾经认为，当我们向太空推进时，像《禁忌星球》中罗比那样的机器人会成为我们的伙伴，而像《地球停转之日》中高特那样的机器人则会成为抵抗人类攻击（特别是抵抗原子弹）的哨兵。阿西莫夫的小说总是设想机器人会比人类更好，因为它们更单纯、更善良，永远不会试图伤害我们或统治我们，无论我们多么傻乎乎、醉醺醺、颠三倒四。它们是仁慈的神，不折不扣。

然而，要是奇点降临，我们的超级智能大神也变得跟我们一样缺点多多，那该怎么办呢？对我们这一代人来说，答案只有一个：

“传送我，斯科蒂！” [\[106\]](#)

参考文献

图书

Asimov, Isaac. Foundation and Earth. New York: Doubleday, 1986.

Asimov, Isaac “Machine and Robot.” Robot Visions. ROC: 1991.

Bernard, Andreas. Translated from German by David Dollenmayer. Lifted: A Cultural History of the Elevator. New York University Press. New York and London. 2014.

Bryson, Bill. At Home: A Short History of Private Life. Anchor Canada, 2010.

Clarke, Arthur C. 2001: A Space Odyssey, Based on a Screenplay by Stanley Kubrick and Arthur C. Clarke. 1999 edition. Originally published 1968. New York: Roc, 1999.

Clegg, Brian. Ten Billion Tomorrows: How Science Fiction Technology Became Reality And Shapes The Future. London: St. Martin’s Press, 2015.

Ford, Martin. Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future. New York: Basic Books, 2015.

Hawkins and Staff. Hawkins Electrical Guide Number One: A Progressive course of Study for Engineers, Electricians, Students and Those Desiring To Acquire A Working Knowledge of Electricity and Its Applications. New York: Theo. Audel & Co., 1917.

Isaacson, Walter. Steve Jobs. New York: Simon & Shuster, 2011.

Jordan, John. Robots. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2016.

Kelly, Kevin. The Inevitable: Understanding the 12 Technological Forces That Will Shape Our Future. New York: Viking, 2016.

Kang, Minsoo. Sublime Dreams of Living Machines: The Automaton in European Imagination. Boston: Harvard University Press, 2011.

Kramer, Peter Film Classics: 2001: A Space Odyssey. London: Palgrave MacMillan, 2010.

Kurzweil, Ray. The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology. New York: Viking, 2005.

Levy, David. Love and Sex With Robots: The Evolution of Human-Robot Relationships. New York: Harper Collins, 2007.

Lipson, Hod and Melba Kurman. Driverless: Intelligent Cars and the Road Ahead. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2016.

Markoff, John. Machines of Loving Grace: The Quest for Common Ground between Humans and Robots. New York: HarperCollins, 2015.

Matronic, Ana. Robot Universe: Legendary Automaton and Androids from the Ancient World to the Distant Future. New York: Sterling Publishing, 2015.

Neilson, Michael. "Using neural nets to recognize handwritten digits." Neural Networks and Deep Learning. January 2017.
<http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap1.html>

Niedzviecki, Hal. Trees On Mars: Our Obsession with the Future. New York: Seven Stories Press, 2015.

Robertson, David C. with Bill Breen. Brick by Brick: How LEGO Rewrote the Rules of Innovation and Conquered the Global Toy Industry. New York: Crown Publishing Group, 2013.

Swaine, Michael and Paul Freiburger. *Fire in the Valley* (Third Edition): *The Birth and Death of the Personal Computer*. Dallas, Texas and Raleigh, North Carolina: Pragmatic Bookshelf, 2014.

Weart, Spencer R. *The Rise of Nuclear Fear*. Cambridge, Massachusetts and London, England: Harvard University Press, 2012.

Wiener, Norbert. *The Human Use of Human Beings*. New York: Houghton Mifflin, 1950.

White, Michael. *Isaac Asimov: A Life of the Grand Master of Science Fiction*. New York: Carroll & Graf, 2005.

报刊（纸质/电子）

Ackerman, Evan. “Researchers teaching robots to feel and react to pain.” *IEEE Spectrum*. May 24, 2016.
<http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/robotics-software/researchers-teaching-robots-to-feel-and-react-to-pain>

Atkeson, Chris. “What the future of robots could look like.” *CNN.com*. December 27, 2014. <http://www.cnn.com/2014/12/27/opinion/atkeson-soft-robots-care/index.html>

Asimov, Isaac. “Runaround.” *Astounding*. March 1942.

Best, Jo. “IBM Watson: The inside story of how the Jeopardy-winning supercomputer was born and what it wants to do next.” *Tech Republic*. 2016.

Bonnington, Christina. “The Modern PC Turns 30.” *WIRED*. December 12, 2011.

Bubbers, Matt, Jordan Chittley, and Mark Richardson. “The Future of Mobility.” *The Globe and Mail*. January 5, 2017.

Burns, Janet W. “Japanese Leaders Aim to Make Tokyo A Self-Driving City for 2020 Olympics.” *Forbes.com*. September 8, 2016.

<https://www.forbes.com/sites/janetwburns/2016/09/08/japanese-leaders-aim-to-make-tokyo-a-self-driving-city-for-2020-olympics/#61cf96f81090>

Clark, Liat, “DeepMind’s AI is an Atari gaming pro now.” WIRED. February 25, 2015. <http://www.wired.co.uk/article/google-deepmind-atari>

Clark, Liat. “Google’s Artificial Brain Learns to Find Cat Videos.” WIRED. June, 2016. <https://www.wired.com/2012/06/google-x-neural-network/>

Cott, Emma. “Sex Dolls That Talk Back.” The New York Times. June 11, 2015.

Darrach, Bernard “Meet Shaky [sic], The First Electronic Person.” Life Magazine. November 20, 1970. Quoted in <https://cyberneticzoo.com/cyberneticanimals/1967-shakey-charles-rosen-nils-nilsson-bertram-raphael-et-al-american/>

Edwards, Luke. “What is Elon Musk’s 700 mph Hyperloop? The subsonic train explained.” Pocket Lint. May 10, 2016. <http://www.pocket-lint.com/news/132405-what-is-elon-musk-s-700mph-hyper-loop-the-subsonic-train-explained>

Etherington, Darrell. “Elon Musk could soon share more on his plan to help humans keep up with AI.” Tech Crunch. January 25, 2017. <https://techcrunch.com/2017/01/25/elon-musk-could-soon-share-more-on-his-plan-to-help-humans-keep-up-with-ai/>

Hawkins, Andrew J. “Apple just received a permit to test self-driving cars in California.” The Verge. April 14, 2017. <https://www.theverge.com/2017/4/14/15303338/apple-autonomous-vehicle-testing-permit-california>

Kasparov, Garry. “The Day That I Sensed A New Kind of Intelligence.” TIME. March 25, 1996.

Kasparov, Garry. “The Chess Master and the Computer.” The New York

Review of Books. February 11, 2010.

Keenan, Greg. "Electric vehicles not expected to rule the road." The Globe & Mail. Toronto. June 14, 2017

网站

Huen, Eustacia. "The World's First Home Robotic Chef Can Cook Over 100 Meals." forbes.com. October 31, 2016.

James, Malcolm. "Here's how Bill Gates' plan to tax robots could actually happen." Business Insider. March 20, 2017.

Jennings, Ken. "My Puny Human Brain." Slate.com. February 16, 2011.

Katz, Leslie. "Walk With Me: Robotic exosuits are giving paraplegics a new view of the world around them." CNET. Spring 2017 issue.

Latson. "Did Deep Blue Beat Kasparov Because Of A System Glitch?" TIME. Feb 17, 2015.

Lazarro, Serge. "Self-Driving Cars Will Cause Motion Sickness 'Often' to 'Always,' Study Finds."

Observer. June 2, 2015. <http://observer.com/2015/06/self-driving-cars-will-cause-motion-sickness-often-to-always-study-finds/>

Lee, Cliff. "Who still hangs out on Second Life? More than half a million people," The Globe & Mail. May 17, 2017.

Lepore, Jill. "The Cobweb." The New Yorker. January 26, 2015. <http://www.newyorker.com/magazine/2015/01/26/cobweb>.

Metz, Cade. "Google's Go Victory Is Just A Glimpse of How Powerful AI Will Be." WIRED. January 2016.

Meth, Dan. "Welcome to Uncanny Valley...where robots make you want

to throw up.” BuzzFeed. August 19, 2014.

Novak, Peter. “How safe is the Internet of Things?” thestar.com. December 6, 2015.

Orsini, Lauren. “Jibo’s Cynthia Breazeal: Why we will learn to love our robots.” Readwrite. August 11, 2014. <http://readwrite.com/2014/08/11/jibo-cynthia-breazeal-robots-social>

Peterson, Andrea. “Can anyone keep us safe from a weaponized ‘Internet of Things’?” The Washington Post. October 25, 2016.

Reese, Hope. “A List Of The World’s Self-Driving Cars Racing Toward 2020.” January 19, 2016. <http://www.techrepublic.com/pictures/photos-the-worlds-self-driving-cars-racing-toward-2020-and-beyond>

Robinson, Julian. “The world’s first robot ‘actress’: Talking android fitted with a human face is given star role in Japanese nuclear disaster film.” Daily Mail Online (UK). November 1, 2015.

Popper, Ben. “Rapture of the nerds: Will the Singularity turn us into gods or end the human race?” The Verge. October 22, 2012. <https://www.theverge.com/2012/10/22/3535518/singularity-rapture-of-the-nerds-gods-end-human-race>.

Price, Rob. “Microsoft is deleting its AI chatbot’s incredibly racist tweets.” Business Insider UK. March 24, 2016.

Rosenblatt, Roger. “A New World Dawns.” TIME Magazine. January 3, 1983.

Salmon, Felix, and John Stokes. “Algorithms Take Control of Wall Street”. WIRED. December 27, 2010. https://www.wired.com/2010/12/ff_ai_flashtrading

Satell, Greg. “3 Reasons to Believe the Singularity is Near.” Forbes.com. June 3, 2016.

Shahzad, Ramna. “Online dating is exhausting so this woman got a robot to swipe and choose men for her.”

CBC News. May 24, 2017.

The Economist, “The case for neural lace: Elon Musk enters the world of brain-computer interfaces,”

March 30, 2017.

<https://www.vox.com/2016/6/2/11837544/elon-musk-neural-lace>

Vinge, Vernor. “The Coming Singularity: How To Survive in the Post-Human Era.” Article for the VISION-21 Symposium sponsored by NASA Lewis Research Center and the Ohio Aerospace Institute. March 30-31, 1993.

Wilson, Chris. “Jeopardy, Schmeopardy: Why IBM’s next target should be a machine that plays poker.” Slate.com. Feb. 15, 2011.

网站和博客

Aldrich, Mark. “History of Workplace Safety in the United States: 1880 to 1970.” Website of the Economic History Association. eh.net.

Angelica, Amara D., Editor. Kurzweil Accelerating Intelligence. Blog. Feb. 24, 2011. <http://www.kurzweilai.net/the-buzzer-factor-did-watson-have-an-unfair-advantage>

Ashton, Kevin. <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>

Caputi, Jane. <http://xroads.virginia.edu/~drbr/caputi.html>

Carter, James. <http://www.starringthecomputer.com>

Dorrier, Jason. “Looking Ahead As Moore’s Law Turns 50: What’s Next For Computing?” Singularity Hub. April 20, 2015.

Jenkins, Brian. "Chess fans overload IBM's website." CNN.com. May 7, 1977.

Lam, Thien-Kim. "14 Sex Toys You Can Control with your Smartphones." Momtastic blog.

Lee, Kristin. "How the cars of Logan grappled with the very real future." Jalopnik. March 10, 2017. <http://jalopnik.com/how-the-cars-of-logan-grappled-with-the-very-real-futur-1793099275>

Palmer, Shelly. "AlphaGo vs You: Not a Fair Fight." shellypalmer.com. March 13, 2016.

Trout, Christopher. "RealDoll's First Sex Robot Took Me to the Uncanny Valley." engadget.com. April 11, 2017.

IBM100 "Icons of Progress: A Computer Called Watson." <http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/watson/>

National Safety Council. <http://www.nsc.org/learn/pages/nsc-on-the-road.aspx?var=hpontheroad>

Power, J. D. <http://www.jdpower.com/press-releases/jd-power-2017-us-tech-choice-study>

TU Automotive Weekly Brief. "Uber's problems could spark ride-hailing customer grab." June 26, 2017.

TU Auto Weekly Brief. "Connectivity is road to revenues says Harman." June 2, 2017.

ZeeNewsIndia, published by Sandra Hensel. "3D-Printed Skin Could Allow Robots To 'Feel.'" Robouniverse.com. May 15, 2017.

<http://www.postscapes.com/connected-kitchen-products/#flatware>

<https://www.riverscasino.com/pittsburgh/BrainsVsAI/>

<https://www.ibmchefwatson.com/community>

<http://www.webmd.com/beauty/cosmetic-procedures-overview-skin#1>

<http://www.livescience.com/33179-does-human-body-replace-cells-seven-years.html>

<http://www.irobot.com/About-iRobot/STEM/Create-2.aspx>

<http://media.irobot.com/2017-03-15-iRobot-Takes-Next-Step-in-the-Connected-Home-with-Clean-Map-TM-Reports-and-Amazon-Alexa-Integration>

<http://www.rethinkrobotics.com/baxter/>

https://www.nytimes.com/2016/06/23/technology/personaltech/mark-zuckerberg-covers-his-laptop-camera-you-should-consider-it-too.html?_r=0

电视节目、电影、播客和TED演讲

Garland, Alex. Scriptwriter. *Ex Machina*. 2014.

Asimov, Isaac, interview with Bill Moyers. 1988.

Asimov, Isaac. Robert Silverberg, and Nicholas Kazan. *Bicentennial Man*. (Film). 1999.

Astro Boy TV show. Episode 1: “The Birth of Astro Boy.” Nippon Television Corp. Tezuka Production Inc. Created by Osama Tezuka. 1982.

Black, Walter (story) and Tony Benedict (teleplay). “Rosey’s Boyfriend.” TV episode. *The Jetsons*. Season 1. 1962.

Blitzer, Barry (story) and Tony Benedict (teleplay). “Uniblab.” TV episode. *The Jetsons*. Season 1. 1962.

“Our Friend The Atom.” Walt Disney’s Disneyland. Air date: January

23, 1957.

“Mars And Beyond.” Walt Disney’s Disneyland. Air date: December 4, 1957.

Brooks, Rodney. “Robots will invade our lives.” TED Talk. February 2003. https://www.ted.com/talks/rodney_brooks_on_robots

Cort, Julia & Michael Bicks, writers. Michael Bicks, director. PBS. NOVA documentary: “IBM Watson: Smartest Machine On Earth” February 2011.

Levy, David interviewed by Brent Bambury on “Day 6.” CBC Radio. January 6, 2017.

<http://www.cbc.ca/radio/day6/episode-319-becoming-kevin-o-learysaving-shaker-music-google-renewables-marrying-robots-and-more1.3921088/a-i-expert-david-levy-says-a-human-will-marry-a-robotby-2050-1.3921101>.

Jayanti, Vikram. Director. Game Over; Kasparov And The Machine. (Documentary film). Canada/United Kingdom. 2003.

60 Minutes, October 9, 2016.

Waking Up with Sam Harris. Podcast #66. Interview with researcher Kate Darling of MIT Media Lab. March 1, 2017.

Minnear, Tim, Scriptwriter. Joss Whedon’s Firefly. “Out Of Gas.” Episode aired November 25, 2002.

Pegg, Simon, and Edgar Wright. The World’s End. 2013.

致谢

《和机器人一起进化》的诞生，首先要归功于我的三位“死党”：我的经纪人克里斯·罗斯坦因（Kris Rothstein）和卡罗琳·斯韦兹（Carolyn Swayze），以及天马出版社的编辑亚历山德拉·海丝（Alexandra Hess）。我衷心感激你们高度的热情、高超的专业水准、无比的耐心和辛勤的付出，感激你们的幽默感和深情厚谊。

深深感谢为我提供了专家级知识的朋友和家人：我的哥哥里克·法沃罗提供了关于20世纪六七十年代尤尼梅特和汤普森制品公司的回忆，我的姐夫罗杰·泰西尔（Roger Tessier）贡献了他早年在IBM当程序员的经历和计算机发展历史，这些都是极其珍贵的背景资料；还有车联网工程师简·雷文肖（Jane Ravenshaw）。同时感谢热心阅读我的书稿，不断把关于机器人的最新新闻资料发给我，并且敦促我继续努力的朋友和家人们：唐娜和布莱恩·阿德里安夫妇（Donna and Brian Adrian）、苏珊妮·阿莉莎·安德鲁（Suzanne Alyssa Andrew）、黛安·布拉库克（Diane Bracuk）、普丽西拉·布雷特（Priscilla Brett）、丽莎·德·尼科利奇（Lisa de Nikolits）、瓦妮莎·邓恩（Vanessa Dunne）、西尔维娅·弗兰卡（Sylvia Franke）、桑德拉·古尔德（Sandra Gould）、莱斯莉·肯尼（Lesley Kenny）、玛丽莎·拉戈（Marisa Lago）、戴夫·刘易斯（Dave Lewis）、希瑟·麦克卡罗奇（Heather McCulloch）、迈克尔·洛马斯（Michael Lomas）、玛丽亚·迈因德尔（Maria Meindl）、罗尔夫·迈因德尔（Rolf Meindl）、杰米·鲁宾（Jaime Rubin）、安妮-蜜雪儿·泰西尔（Anne-Michelle Tessier）和罗斯玛丽·泰西尔（Rosemary Tessier）。在此一并致谢我的儿子杰克·艾丁（Jake Edding）和乔伊·艾丁（Joey Edding）：谢谢你们给我介绍了你们这一代人流行文化中的机器人。

关于“小流浪汉”那个年代的记忆，我要感谢斯蒂芬·弗琼（Stephen Forchon）、苏珊·雷纳斯科（Susan Rynasko）、格伦·皮特里（Glen Petrie）、克里斯·卡斯维尔（Chris Caswell）和艾琳·摩尔（Erin Moore）。同时也感谢《断铅笔》（*Broken Pencil*）杂志推荐我获得安

大略省艺术家理事会授予的作家储备基金（Ontario Arts Council Writers' Reserve Grant）。

衷心感谢慷慨地敞开大门欢迎我进入那个奇妙世界的工程师、科学家和管理者：约克大学计算机科学和工程教授兹别克纽·斯塔奇尼亚克博士（Dr. Zbigniew Stachniak），麻省理工学院Matoula S. Salapatas材料科学与工程教授洛娜·吉布森（Lorna Gibson），卡内基梅隆大学的计算机学院媒体关系主任拜伦·史派斯（Byron Spice）、机器人学教授克里斯·阿特克森、机器人学副教授哈特穆特·盖尔（Hartmut Geyer）、研究员汉妮·阿德莫妮和克林顿·利迪克，多伦多大学机器人&机电一体化研究所（IRM）所长、社会机器人学加拿大首席科学家高蒂·内贾特，尼尔·艾萨克（Neil Isaac），迈克尔·尼尔森（Michael Neilson），“小机器人朋友”（Little Robot Friends）联合创始人安·坡恰瑞恩（Ann Poochareon），以及泽维尔·斯奈尔格罗夫。

我最深切的感谢要奉予我生命中的至爱——罗恩·艾丁。感谢你仔细阅读本书的每一个章节并提出许多建议；感谢你全力协助我进行调研和采访；感谢你信任这本书，信任我。没有你，我根本不可能达成此事。

最后，感谢我果敢坚毅的母亲费尔南达·法沃罗（Fernanda Favro），她在本书的写作过程中与世长辞。感谢我已故的父亲阿提里奥·法沃罗（“阿提”），他的求知欲、创造力和爱，每时每刻都在激励着我。

[1] 特百惠派对（Tupperware-partying），销售员（通常是家庭妇女）在家中举办的小型直销派对，参加者也多为女性。这种聚会始于20世纪50年代，开启了直销（或称“体验式营销”）模式，并风靡至今，对美国大众文化产生了深远影响，此后广泛用于称呼类似的家庭直销派对。此为译者注，如无特殊说明，均为译者注。

[2] 又译作《今夕何夕》，一部讲述近未来人类生活的系列动画作品。——编者注

[3] 即 IBM PC junior，IBM公司于1984年推出的一款面向家庭和学校市场的低端个人电脑产品。出于种种原因，该产品销量不佳，被视作个人电脑史上的典型商业失败案例。——编者注

[4] 英国音乐家哈利·戴克于1892年创作的歌曲。1961年，电脑音乐大师麦克斯·马修斯在IBM 704上成功制作出世界上第一首由电脑模拟人声演唱的歌曲，这首歌就是《黛西·贝尔》。当时，阿瑟·C.克拉克也在场见证了这首歌的诞生。此后，一些公司和研究所在从事相关开发的时候都会选择《黛西·贝尔》进行调试。

[5] 《西尔斯目录》（Sears Catalogue），美国著名百货公司西尔斯·罗巴克公司（简称西尔斯）的产品邮购目录。西尔斯公司于1884年开始零售产品的邮购业务，此后发展为美国乃至世界零售业的巨头，曾经影响了好几代美国人的生活。

[6] “琼斯一代”（Generation Jones），指1954—1965年出生的美国人。“琼斯”具有“渴望”的含义，在美国俗语中还有“染上毒瘾”之意。“琼斯一代”在美国教育部实施的全国教育进步评价（NAEP）和美国高考（SAT）中创下了历史最低分，因此也被称为“愚蠢的一代”。不过，随着以奥巴马为首的Generation Jones精英掌控华盛顿政坛，这一代人已不再受歧视。

[7] “X世代”（Generation X），指出生于20世纪60年代中期至20世纪80年代初期的一代人。这代人在20世纪80年代的经济衰退中长大，又经历了21世纪初的互联网泡沫破灭。在成家立业之际，他们还要面对全球性金融危机和经济下滑。在美国，步入中年的“X世代”前有“婴儿潮”挡道，后有“Y世代”强势冲击，在生活和工作中夹在两代人中间，处境尴

尬，不少“X世代”因此满腹牢骚、焦躁不安。

[8] 这里作者指的是后文提到的“夏凯”机器人。——编者注

[9] 原文为“Times are a-changing”，出自鲍勃·迪伦1964年的歌曲The Times They Are a-Changin’，有强烈的历史感和文化寓意。

[10] 国际性综合生物医学信息书目数据库。

[11] 原文为“look-ma-no-hands”，是美国使用极其广泛的一句俗语，原意指小孩向妈妈炫耀自己骑自行车双手脱把。在此戏指自动汽车“开车不用手”。

[12] 通用人工智能（AGI），指可以成功执行人类可以执行的任何智能任务的机器智能。这是一些人工智能研究的主要目标，也是科幻小说和未来研究的共同主题。一些研究人员将AGI称为“强人工智能”“完全人工智能”或机器执行“通用智能行动”的能力，也有人表示能够体验意识的机器才能称为“强人工智能”。

[13] 出自阿西莫夫短篇小说《推理》（Reason）。该小说于1941年发表在《惊人科幻小说》杂志上，后编入《我，机器人》一书。

[14] “肥胖的五十年代”（the big, fat fifties），20世纪50年代的美国社会在“二战”后走向繁荣，但同时处于核大战的阴影之下，消费主义、保守主义、冷战思维盛行。

[15] 相互保证毁灭（亦称共同毁灭原则），一种“俱皆毁灭”性质的军事战略思想。指对立的两方中如果有一方全面使用核武器则两方都会被毁灭，被称为“恐怖平衡”。

[16] 知更鸟在西方文化中是一种神圣的鸟。蓝色的知更鸟蛋象征着爱情的结晶，代表婚姻和家庭的幸福。作者在此处使用该词有其深意。

[17] nuclear意为“原子核”。此处的“核心家庭”有双关含义，不仅指包括父母和子女的三口之家，也指受到核威胁的家庭。

[18] “直升机父母”（helicopter parenting），形容某些“望子成龙”“望女

成凤”心切的父母。他们就像直升机一样盘旋在孩子的上空，时时刻刻监控孩子的一举一动。

[19] 诺伯特·维纳（Norbert Wiener，1894—1964），美国应用数学家，控制论的创始人，在电子工程方面贡献良多。他是随机过程和噪声过程的先驱，又提出了“控制论”一词。

[20] “该死的鱼雷……全速前进！”是南北战争时期，美国海军上将法拉格特在莫比尔海战中说的一句话。这是他一生中最为人们熟知的名言。

[21] 也称运河街，位于纽约唐人街的中心地带，历史悠久，是美国乃至世界知名的杂货市场。

[22] 一种流行于19世纪末至20世纪50年代的廉价故事杂志。这种杂志用廉价木浆纸印刷，价格低廉，面向社会中下层，主要刊登骇人听闻的恐怖故事、离奇曲折的冒险故事和充满暴力的犯罪故事。因其自带“反主流”气质，纸浆杂志不仅是最自由的创作平台，也是科幻、恐怖、冒险、侦探、谍战等小说题材萌芽和生长的温床。这种100年前的廉价刊物对于类型小说的划分有着无比重要的意义。

[23] 1937年末，坎贝尔出任《惊人故事》（Astounding Stories）的主编，并于1938年将杂志改名为《惊人科幻小说》（Astounding Science Fiction）。——编者注

[24] 阿西莫夫第一部正式发表的小说是在《惊奇故事》上的，而这部被坎贝尔拒绝的作品后来似乎并未出版。——编者注

[25] 一部屡获艾美奖的美国喜剧动画片。马特·格勒宁创作了本片剧本，并与大卫·柯亨一起导演制作了本片。本片讲述了主人公菲利浦·弗莱在未来世界的冒险生活。

[26] 一种在18世纪轰动一时的自动下棋机器。该机器由一个身着土耳其传统服饰的假人、各式嵌齿轮和其他部件组装而成。在实际对弈中，这台“计算机”战果甚丰。一种被广泛认可的说法是，它击败过腓特烈大帝和拿破仑。然而这台早期计算机的秘密非常简单——其内部藏着一个身材矮小且棋技高超的人。

[27] 卡雷尔·恰佩克（Karel Capek, 1890—1938），捷克著名剧作家、科幻文学家和童话寓言家。

[28] 又译《两百年人》等，获选为1977年雨果奖最佳中短篇小说。1993年，阿西莫夫与罗伯特·西尔弗伯格合作把《两百年人》改编成长篇小说《正电子人》。由小说改编的电影《机器管家》（The Bicentennial Man）上映于1999年。——编者注

[29] 邪典作品在影视剧中指拍摄手法独特，题材诡异，带有强烈的个人观点的作品。这些作品通常低成本独立制作，往往游离于主流之外，在小圈子里颇受追捧。

[30] 花之子（flower children），“嬉皮士”的同义词，尤指20世纪60年代末在“爱之夏”期间聚集在美国旧金山及其附近区域的年轻人，因其经常佩花或手持鲜花宣扬和平与爱而得名。后来媒体用该词指称广义上的嬉皮士。

[31] 此处的计算机型号存在两种广为流传的说法，一为IBM 704，一为IBM 7094。——编者注

[32] NBC电视台自1954年开始播出的深夜脱口秀节目，现已发展到第七代，称为《吉米·法伦今夜秀》。下文中的约翰尼·卡森曾任该节目的主持人。

[33] 锈带（Rust Belt，又译铁锈地带）：对美国部分地区的贬称，主要包括中西部和五大湖地区，但也可用于1980年左右开始工业衰退的任何地方。rust（铁锈）是指去工业化，或者由于曾经强大的工业部门萎缩而导致经济衰退、人口减少和城市衰退。

[34] 1英亩约为0.40公顷。——编者注

[35] 主要指低跟圆口系带鞋。巴斯特·布朗是美国著名漫画《布朗小子》里的主人公。布朗鞋业公司于1904年左右买下这一形象的使用权，用于推广鞋品。

[36] 1英尺约为0.30米。——编者注

[37] 1英里约为1.61千米。——编者注

[38] 疑指该团队于1972年拍摄的视频短片《夏凯：关于机器人计划与学习能力的实验》（Shakey: Experiments in Robot Planning and Learning）。——编者注

[39] 诙谐语，引自1926年喜剧短片《查理，我的男孩》（Charley, My Boy）的标题。此处的“查理”指查理·卓别林。

[40] 世界上第一套电子表格软件，由丹·布李克林（Dan Bricklin）和鲍伯·法兰克斯顿（Bob Frankston）开发而成，1979年10月随Apple II推出，是Apple II上的“杀手级应用软件”。在Microsoft的Excel出现之后，VisiCalc已经被人淡忘。

[41] 1970—1977年在美国风靡一时的电视剧。它告诉女性如何在光怪陆离的大都市中发现自己、爱自己。

[42] 美国福克斯广播公司（Fox）制作的一部情景喜剧，于1998—2006年播出。该剧也是福克斯广播公司迄今为止最为成功的情景喜剧之一。

[43] 也可称为“Gooney”，这是将GUI当成一个单词来读的音。

[44] 即牵牛星。

[45] 英文旧称有连字符，故中文译为全名，以区分后来的标准名称“微软”。

[46] 完美风暴（the Perfect Storm），指1991年美国天气系统未能及时预报的一场大风暴，它曾在美国东北部引发了一场特大暴雨。后成为商界和金融市场常用的一个词，指由于不寻常的情况组合而导致的极端结果。

[47] 1英寸为2.54厘米。——编者注

[48] “柠檬”在英语俚语中指令人不满意的东西，尤其是机器或产品。

[49] 此为IBM早期的个人电脑广告语。

[50] 这是苹果公司在1997—2002年使用的广告语，其含义之一是与IBM想得不一样。

[51] 福特公司的一款汽车。2018年推出的最新款标配Co-Pilot360驾驶辅助系统，更有盲点检测、自动紧急制动、车道保持以及自适应巡航控制等功能。

[52] 这是一种简单直接的算法设计策略，常常基于问题的描述和所涉及的概念、定义直接求解，通过逐一列举并且处理问题涉及的所有情形，得到问题的答案。

[53] 美国一系列博物馆和研究机构的集合组织，也是美国唯一一所由政府资助、半官方性质的第三方博物馆机构，同时也拥有世界最大的博物馆系统和研究联合体。该机构于1846年成立。

[54] 或译为“好的旧人工智能”，由人工智能哲学家约翰·豪奇兰德（John Haugeland）提出，指以物理符号系统假设（Physical Symbol System Hypothesis, PSSH）为核心的符号人工智能，建立在一个人类可以理解的符号系统之上，是一种不能进行机器学习的人工智能。——编者注

[55] 原文为One morning I shot an elephant in my pajamas. How he got into my pajamas, I'll never know.这是一个著名的俏皮话，因为第一句话在英文中可以有两种解读：其一，我穿着睡衣（英文表达为“我在我的睡衣里”）射击了一头大象（正常）；其二，我射击了一头钻到我睡衣里的大象（荒谬）。说话者添上第二句话，将读者（听者）的想象扭转到荒谬的意思上，从而制造幽默效果。

[56] 约翰·亨利（John Henry），美国民谣和传奇故事中的英雄人物。据传他是一名黑人，曾在1870年从乞沙比克到俄亥俄的铁道线穿隧道工程中奋力与自动气钻机比赛打孔眼，最后赢得了胜利，但也把自己给累死了。《约翰·亨利之歌》成了美国传奇颂歌中的一个固定主题，表现他宁死也不向机器屈服的精神。

[57] 指莱斯特·伯勒斯·皮尔森（Lester Boules Pearson, 1897—1972），曾任加拿大外交部部长、总理（1963—1968年），因主张派遣

联合国紧急部队（UNEF）解决苏伊士运河危机而获1957年诺贝尔和平奖。

[58] 蜂巢思维（hive mind）一词源自凯文·凯利（Kevin Kelly）的经典作品《失控》（1994年）。简单来说，蜂巢思维也就是指“群体思维”（collective consciousness）。蜂巢就像是一个超级有机体，汇集了每个蜜蜂个体的思维。凯文·凯利用蜂巢思维比喻人类协作带来的群体智慧。

[59] 这是基于认知科学的概念。“非具身认知”又称“离身认知”，即所有的认知仅仅是输入信息后反馈输出，信息本身与计算机是没有关系的。

[60] 又称“过度拟合”或“过度学习”，是指为了得到一致假设而使假设变得过度严格。避免过拟合是分类器设计中的一个核心任务，通常采用增大数据量和测试样本集的方法对分类器性能进行评价。

[61] MOC即My Own Creation（我自己的创作）的缩写。

[62] 塞巴斯蒂安·特伦（Sebastian Thrun），斯坦福大学终身教授、人工智能专家，同时也是Google X实验室的创始人、Google无人驾驶汽车之父，开发了世界首辆无人驾驶汽车。

[63] 搏击俱乐部规则：①不能提及搏击俱乐部；②不能提及搏击俱乐部；③.....

[64] 煤矿工人过去带着金丝雀下井，因为这种鸟对危险气体的敏感度超过人，如果金丝雀死了，矿工便知道井下有危险气体，需要撤离。后来这个典故被用来比喻探路先锋。作者在此喻指无人驾驶汽车将是人工智能领域的探路者。

[65] 指以亲切随意的方式谈论某些话题，常见于广播或电视节目。20世纪30年代美国经济大萧条时期，美国总统罗斯福用这一方式与美国人民沟通，宣传货币政策和变革主张等，有效缓解了社会焦虑。

[66] 指文学、电影、戏剧作品中有着反派角色缺点，但同时具有英雄气质或做出英雄行为的角色。反英雄可以是主角或重要的配角。

[67] 即vehicle to vehicle，福特公司于2014年6月3日发布的一项通信技术。这是一种不受限于固定式基站的通信技术，能为移动中的车辆提供直接的一端到另一端的无线通信，无须通过基站转发。该技术可以监测街上行驶车辆的速度、位置等对其他驾驶员无法开放的“隐藏”数据。

[68] 即vehicle to everything，车用无线通信技术。该技术是未来智能交通运输系统的关键技术，它使得车与车、车与基站、基站与基站之间能够通信，从而获得实时路况、道路信息、行人信息等一系列交通信息，以提高驾驶安全性、减少拥堵、提高交通效率。

[69] 即Vespa小摩托，是Piaggio公司于1946年开始投产的踏板小摩托。经典电影《罗马假日》使它闻名全球。

[70] 全国运动汽车竞赛（National Association for Stock Car Auto Racing）的简称。美国纳斯卡车赛是一项在美国流行的汽车赛事，每年有超过1.5亿人次现场观看比赛，电视收视率更是远远超过棒球、篮球和橄榄球等体育运动，因此有人称它为美国人的“F1”比赛。

[71] 原意指把面疙瘩做成各种字母，再混在一起煮成的浓汤，每舀起一勺就能得到各种不同的字母组合。后用于比喻金融、科技等行业所使用的令人眼花缭乱的字母组合或专业缩略语。

[72] 这句话化用自弗罗斯特的名作《雪夜林边驻足》（Stopping by Woods on a Snowy Evening）的最后一节：“森林又暗又深真可羡/但我还要守一些诺言/还要赶多少路才安眠/还要赶多少路才安眠。”（余光中译本）

[73] 原版书出版于2018年，故此处和后文涉及的时间计算以2018年为起点。——编者注

[74] 郊区化是城市化发展的一个阶段。在这一阶段，人口、就业岗位和服务业会从城市中心区向郊区迁移。美国的郊区化发展始于19世纪后期，20世纪20年代形成趋势，“二战”后进入大规模扩展阶段。

[75] 哈佛大学美国历史学系教授，《纽约客》的特约撰稿人。

[76] IFTTT（If This Then That），一个新生的网络服务平台，用户通

过创建并执行“任务”的方式实现网络连锁反应，这样操作多个网站就更为方便。IFTTT基于任务的条件触发，类似编程语言，即：若X发生，则执行Y。

[77] 湿脏马天尼（Wet Dirty Martini），鸡尾酒名称。“湿”指酒中的苦艾酒添加量较多；“脏”指添加了橄榄盐水和几片橄榄。

[78] 凯文·阿什顿（Kevin Ashton），麻省理工学院执行理事兼麻省理工学院自动识别中心的创始人。他在1999年提出了物联网的概念，因此也被称为“物联网之父”。

[79] 原文为“What makes you, you”。这句话有双重含意：首先是接着上文医疗健身的内容来的，意思是你要对自己负责；这同时也是自我认知领域很有趣也很热门的一个话题，即“你究竟凭什么才是‘你’呢？”

[80] 加拿大安大略省南部的食品连锁超市。

[81] 令人心情愉悦但可能无益健康的食品。——编者注

[82] 戈登·拉姆齐（Gordon Ramsey），名厨、节目主持人、美食品审，1966年11月8日出生于格拉斯哥，堪称英国乃至世界的顶级厨神。因他在各种名人烹饪节目的粗鲁与严格，以及追求完美的风格，而被媒体称为“地狱厨师”。

[83] 又译作《迷离境界》，是洛德·瑟林（Rod Serling）创作的美国电视剧，每集均为互无关联的独立故事，内容包括心理恐怖、幻想、科幻、悬疑和心理惊悚，并经常以一个可怕的或大逆转剧情结束，同时会体现一定的警世寓意。此剧广受欢迎，获得了重大成功，许多美国人通过此剧开始了解科幻小说和幻想世界。该剧最早在1959—1964年播出了第一版，此后分别在1985—1989年、2002—2003年、2019年三次重启。最新系列于2019年4月1日开播。

[84] 优步的餐饮外送服务。

[85] 双关语，字面意思指“屁股硬”，俚语指一个人强硬、固执或难缠。

[86] 指令人愉快的事物。

[87] 一个历史悠久的知名的电脑黑客组织，于1984年在得克萨斯州拉伯克成立。

[88] 杰克·本尼（Jack Benny，1894—1974），美国电影喜剧演员、广播家。

[89] 李伯拉斯（Liberace，1919—1987），美国著名钢琴家，因其精湛的演奏技巧和华丽的表演风格为大众所知。

[90] 指19世纪英国工业革命时期，因为机器代替了人力而失业的技术工人，现在引申为持有反机械化以及反自动化观点的人。他们害怕或者厌恶技术，尤其是威胁现有工作的新技术。

[91] 瑜伽课结束时，师生们会彼此合掌互道一声“namaste”。“namaste”是印度人的问候用语，意为“尊敬和感谢”。

[92] 一种新型柔软机器人，本体利用柔软材料制作，能够适应各种非结构化环境，与人类的交互也更安全。

[93] 飞机制造过程中有大量用线束进行捆绑固定的工作。

[94] “bank”在英语中兼有“堤岸”和“银行”的意思，故“snow banks”可以指“雪堤”或“雪银行”。这是一则利用bank一词的不同含义创作的笑话。

[95] 事件视界（event horizon），天文学术语，指黑洞最外层的边界。视界中的任何事件皆无法对视界外的观察者产生影响。

[96] 斯特福德太太（Stepford wife），最早出自1975年美国电影《复制娇妻》（Stepford Wives），讲述在美国康涅狄格州一个虚构的“斯特福德”（Stepford）镇上，一对新搬来的年轻夫妇发现邻居太太一个个都卑躬屈膝、百依百顺，缺乏情绪及个性，活像机器人。于是他们展开调查，并由此发生一系列的故事。此后，“斯特福德太太”被用来形容完全屈从于丈夫、毫无个性的女人。

[97] 一款含伏特加的鸡尾酒，作为《欲望都市》中嘉莉的约会专用酒

红遍全球，也是天后麦当娜最爱的鸡尾酒。

[98] 荷兰太太（Dutch wife），此处指代情趣玩具。

[99] 沃康松的消化鸭（Vaucanson's Duck）是法国发明家雅克·德·沃康松（Jacques de Vaucanson）于1738年发明的。这只“鸭子”不仅能像真鸭一样活动，还能吃进谷物、排出粪便。为了让人们相信消化过程是真实的，每次表演前，鸭子内部的一个隔间会被事先装入粪便。尽管如此，这仍是一项重要的科学发明和机械杰作。

[100] 《全球目录》（Whole Earth Catalog），简称WEC，由斯图亚特·布兰德（Stewart Brand）于1968年创办，1972年停刊。这是一本逐年增补的产品目录，也是一份很有思想的刊物。布兰德深受20世纪最伟大的发明家巴克敏斯特·富勒（Buckminster Fuller）思想的影响，在《全球目录》上介绍了众多各种各样的工具、创意及思想，对当时的美国人产生了深远的影响，乔布斯即是其中著名的一例。

[101] 串酒吧（pub-crawl），一种喝酒娱乐方式，指一群人一晚上连续去好多酒吧，从一家喝到另一家。

[102] 又称反乌托邦、恶托邦、绝望乡或废托邦，是乌托邦（utopia）的反义语，希腊语直译为“不好的地方”（not-good place），它是一种与理想社会相反的、极端恶劣的社会最终形态。反乌托邦常常表现为反人类、极权政府、生态灾难或其他社会性的灾难性衰败。这种社会出现在许多艺术作品中，特别是设定在未来的故事里，常用于提醒人们注意现实世界中有关环境、政治、经济、宗教、心理学、道德伦理、科学技术方面的问题。

[103] “保持冷静，继续前进”（keep calm and carry on）是1939年第二次世界大战开始时英国政府制作的宣传海报上的口号，用来鼓舞士气。后成为英语世界的一句名言。

[104] 《双重赔偿》是派拉蒙影业公司出品的犯罪片，于1944年4月24日在美国上映。本片改编自詹姆斯·M.凯恩的同名小说，讲述了菲利斯与保险业务员瓦尔特为诈领巨额保险金而合计谋害狄金森的故事。该片亦获第十七届奥斯卡金像奖最佳影片的提名。

[105] “电星”是“Telstar”系列通信卫星的名字。其中，“Telstar-1”（电星1号）卫星于1962年7月10日发射升空，是世界上第一颗具有将电视信号进行越洋转播能力的卫星。

[106] 即Beam me up, Scotty!《星际迷航》中有一项技术叫作“光子转换传输科技”，可以在一瞬间把物体光子化，将之传输到另一个地点，再转换回原来的物体。斯科蒂（Scotty）这个角色在剧中是操作这项技术的技师，当剧中其他人物要从星球表面回到星舰上时，他们就会对斯科蒂说：“Beam me up!”意思是我光子化传送过去。有趣的是，在《星际迷航》系列片及电影片段中，Beam me up, Scotty!从来没有逐字逐句出现过。这句话是广为流传后的简约变种。



未读 Club

为读者提供有温度、有质量、有趣味的
泛阅读服务



专属社群 独家福利
精品共读 活动特权

手机扫码

加入未读 Club 会员计划