

教作为基本理念基础的核心思想。如果科学家声称宗教信仰的这些核心信条是谬误的，却又拿不出证据，那他们既亵渎了科学又亵渎了宗教。

在宗教一边，也常常存在对科学思想的相似的不宽容。许多宗教的极端保守派坚持僵硬刻板地解读经文。对于这些人来说，排斥科学是既定的，排斥得越坚决越好，因为强烈的排斥被视作是一种机会来表明他们宗教感情的深厚：“我有信仰，我从内心深处去信仰，不管你说什么、做什么，都动摇不了我的信仰。”试图将刻板地解读经文与对现实世界的观察调和起来，常常导致让人难以置信的做法。例如在肯塔基州彼得斯堡(Petersburg)，创世博物馆的一个展览上展出成队的恐龙，它们行进在登上诺亚方舟的斜坡上。

当然许多极端保守派信徒都没有真正涉足过大多数科学领域。化学和数学基本上还未被侵扰过，物理学也不会在学校管理会议上引发激烈的辩论(虽然这可能发生变化)。进化生物学是论战最激烈的热点，这不只是因为它与创世纪中的传统创世说相悖，而且也存在这样一个假设，即如果接受了生命进化没有神介入的观点，那么宗教思想的各个方面就土崩瓦解了。将这一争论推向极端的人们认为，一旦宗教思想被摒弃，道德和社会风尚就会沦丧，剩下的仅是“丛林法则”了。宗教极端保守派信徒们想象，谁如果不认同他们特殊的宗教信仰，那么他们就无法过道德的生活。

可悲的是，这些观点纯属臆想。一个人可以有信仰，但同时又接受科学的观点，包括进化生物学(一个人还可以是谨慎的道德不可知论者和无神论者)。只有极端保守派的宗教思想才不与科学相容。所幸的是，许多世界宗教领袖承认，宗教思想与科学思想并不一定是互相排斥的。与极端保守派基督教义形成明显对照的是，英格兰、

苏格兰还有威尔士的天主教的主教们说过：“我们不能指望在经文里发现充分的科学准确性和历史上完备的精确性。”他们坚持认为，《圣经》关于人类拯救和灵魂源于神灵的章节是真实的，但是“我们不能期望《圣经》在其他尘世之事上也是完全准确的”（引自天主教真理协会出版的《圣书的恩典》，英国）。梵蒂冈已经郑重宣布，进化的科学上共识的模型是正确的，但它只解释了人性的生物学部分，而不能解释精神的奥秘。这多么合情合理啊！

我们都相信某些不能被证明的东西。这些未被证明的观点最终有待于证伪实验或观察的检验，它们组成了“科学信仰”，而不是宗教信仰。正如正统的宗教领袖和一些科学家会让你相信的，这两种思想模式并非互相排斥，毋宁说它们是同一认知河流的两条支流。脑的高度进化使得我们成为信仰者。



第九章 愚钝的大脑

多年来，对进化生物学的非议和攻击一直是美国政治和宗教界的显著特征，而在其他许多国家，这已经不太是个问题了。大多数宗教派系和基督教领袖都采用了进化论的基本教义以维系他们的和平发展：地球上所有生命都来自于 35 亿年前的一个共同祖先，生物通过随机遗传突变和自然选择慢慢变化着。事实上，教皇约翰·保罗二世在 1996 年向宗教科学院作的题为“真理不能反驳真理”的演讲中明确表明了上述观点。他说：“在罗马教皇之通谕(教皇庇护十二世 1950 年的陈述，提及进化论与宗教教义之间不是对立的)发表几乎半世纪后的今天，新知识让我们认识到，进化论是一种确确实实的理论，而不是假说。”

但是，基督教极端保守派多年来仍然坚持认真诵读《创世纪》，并且一直寻求把《圣经》的观点在美国公立学校里传播。当宪法明确规定政教分离，法院再三禁止这些传教的尝试后，一种称为“科学神创论”的新对策产生了。一群美国的基督教极端保守派宣称，他

们通过仔细地研究地质学和生物学记录，证实了《创世纪》故事的正确性——地球有 6 000 岁，所有物种都是同时创造出来的，在化石记录中看到的群体灭绝是由诺亚洪水引起的。但所有这些争论都是徒劳。事实上，不但无法收集证据和从科学的角度支持这些主张，而且用进化生物学家杰里·科因(Jerry Coyne)的话来说，就是“美国法院已经清楚地查出隐藏在实验室外衣下的牧师衣领”，并且明令禁止所谓的“科学神创论”在公立学校里传播。

20 世纪 90 年代，另一种新的对策出现了。鉴于法院总是拒绝明显和直接使用宗教引文，一些基督教极端保守派学者后退一步，试图创造一种既能挑战进化生物学同时又显得科学合理的理论。这场被称为“智能设计”的运动，并没有设法为在科学上明显站不住脚的观点寻找证据支持，比如地球有 6 000 岁、诺亚洪水或其他源自《创世纪》的故事。事实上，当面向世界宣传他们的理论时，智能设计的支持者们会小心地避讳神或宗教的问题。他们宣称生物体只是太复杂、太聪明，以至不能发生随机突变和选择。他们认为，这些形式(指生物体)太精致、太复杂了，除了极端聪明的设计者，没有任何东西能办到。因此，一定有一个大家还不甚了解的智能设计者创造了所有的这一切。如果按照这种方式来思考，就承认了生物体是逐渐变化的，并且能够解释清楚化石记录和生物体之间的亲缘关系，但产生这种变化的驱动力却是有待商榷的。

上述理论的症结在于：智能设计宣称是一种科学的理论，事实上却并非如此。教皇约翰·保罗二世曾给出了下面的解释：“理论是明显区别于观察结果、但又与观察结果一致的精心加工和提炼。藉此，一系列相互独立的数据和事实便能够联系起来，并归纳成统一的标准解释。一个理论的可靠性在于它是否能被掺假。理论会不断地

受到实践的检验，直到它不再能解释后者(实践)，此时就显示出了理论的局限性和不适应性。此时，就必须重新思考了。”(《宗教科学院致词》，1996年10月23日)

进化论是一个理论，它会因为一些特殊的发现而受到歪曲和质疑，例如侏罗纪时代的原始人类骨骼。智能设计却没有上述困扰，它只停留在主观的推理设计，不因实验或观察而发生改变。即使有某一个宗教或政治团体给予资金资助，智能设计运动也不曾提供现场工作或实验室实验来支持它的主张，这一点也不奇怪。确实如此，书已经写好，文章已经呈递并出版，甚至数学模型也已经构建完善了。科学的所有外衣它都具备，但其核心就是没有科学的东西。

智能设计运动的真正目标究竟是以正当科学的身份向进化论挑战呢，还是让隐含的神创论观点穿上科学的外衣，进而在辩论场上占得一席之地，在法院的眼皮底下得以自由传播呢？虽然智能设计的支持者们在公众面前或辩论中小心地避讳宗教的问题，但他们在原教旨基督徒听众面前却又是另外一副形象。加州大学伯克利分校的菲利普·E·约翰逊(Phillip E. Johnson，智能设计运动的创建者之一)曾说过：“我们的对策就是把标题改变一点，使智能设计能赶在科学之前被允许在校园传播，这意味着上帝的真实存在。”(美国家庭电台，2003年1月10日)美国南浸信会神学院的威廉·坚布斯基(William Dembski)是另一位众所周知的智能设计的支持者，他说：“智能设计时刻准备着去拥抱客观现实的神圣本质。事实上，智能设计只是《约翰福音》的神学语言在信息论成语中的另一种说法。”(《试金石：唯基督教杂志》，1999年7月)

在公众面前，智能设计采用聪明的技巧以使自己表面看来像是正统的科学理论，而与特定的宗教议程没有任何瓜葛。这给了政客和

学校上课的人员以挡箭牌，使他们能够坦然接受这种堂而皇之的说法：“让我们给学生充分呈现这场引人注目的科学辩论的两个对立面吧。”例如，2002年3月，美国参议员里克·桑托伦(Rick Santorum，宾夕法尼亚州共和党人)说：“智能设计的支持者们并没有通过科学来变相传播宗教，而是试图建立在科学上可能真实的理论来代替达尔文学说。”2005年8月，美国总统乔治·W·布什权衡了两方面的力量，发表了自己的观点：“这场辩论的两方面都应该准确地向学生加以讲授……以使它们能够明白这是关于什么的辩论。”

如果你相信生命是由智能力量(不管是上帝还是天使，甚至是地球外的某种力量)设计的，那么，人的大脑，这个被认为是思维、道德和信仰的汇集地，显然是探索设计的理想实验品。毕竟，这个仅有1.4公斤的大块组织能够轻而易举地解决关于认知、分类、社会交往和往往使许多复杂的超级计算机也深感困惑的难题。而这些超级计算机又往往是由许多非常有才华的硬件和软件工程师设计和编程的。这不是暗示大脑应该是由更熟练的工程师设计的吗？

智能设计的支持者们对此提出了两个主要的论点。首先，就如我们所知道的一样，他们认为生物不能通过达尔文的进化论而自然产生，因为生物的结构是“不可还原的复合体”。也就是说，如果你去掉这些结构中的任何一个部分(比如一个离子通道或是细菌的鞭毛)，整个生物体将不仅仅是部分瘫痪，甚至还有可能会完全无法正常运转。因此，当这些中间体都丧失功能时，我们怎么能够想象出那些通过随机改变和渐渐选择而产生的复杂结构呢？其次，智能设计的支持者们宣称，随机的突变和选择并不能够产生新的信息，因此也就无法产生“专一复合体”去适应变化的环境。在他们看来，只有智能主体才能解决上述问题。

分子进化论和信息学说的专家们(我都不是)通过巧妙的细节驳斥了上述支持者们的言论(参见本书的“进一步阅读的篇目和资料”部分)。就我而言,反对上述“不可还原复合体”理论最有力的证据是,我们通过仔细的观察可以发现这些“不可还原的复合体”其实并不是完全不可还原的。比如,新的细菌鞭毛(细菌的一种鞭状结构,细菌可以藉此自旋而在液体中游动)较古老的细菌鞭毛复杂。很多情况下,当介导其他一些功能(比如离子泵)的基因随机地在基因组中复制时,可能其中一个拷贝的基因会积累突变,进而就有可能产生新的功能,比如可以参与鞭毛的组成等,最后,鞭毛这样的复杂结构就慢慢形成了。

乍看之下,“专一复合体”不能通过随机突变和自然选择而产生,这种说法似乎还有几分道理,但是来自信息科学的理论批驳了这一观点——除非进化能够与给定的模式完全相符合,新的信息就不会在进化过程中产生。事实并非如此,进化过程并不是试图去构建一个预期的复杂结构,比如眼睛、肾或者大脑。进化其实是没有目标的。其唯一的驱动力是成功繁殖——亲属选择——成功繁殖后代。如果构建一个复杂结构可以更好地繁殖的话,或许这一结构就会产生;但是如果破坏掉某一复杂结构有利于繁殖,那么这一复杂结构将会很容易被破坏或者加以改变(比如穴居鱼类的眼睛基本没有功能等)。

好了,我们刚才所做的一番推论对于智能设计运动有什么影响呢?事实上,这些支持者们可能会说:“看看你们说的吧。真是太扫兴了,我们都难以把它给设计出来。”生物化学家迈克尔·贝埃(Michael Behe)在《纽约时报》社论版(2005年2月7日)上批驳智能设计时,发表了如下言论:“智能设计的强势登场表明了这样一个简单的

道理：如果一个东西看起来、走起来、叫起来都像鸭子，同时还缺乏相反的证据，我们就有正当理由相信它就是一只鸭子。智能设计不应该简单地被忽视，因为它在我们生活中是如此明显。”实际上，贝埃认为智能设计是对生物学结构错误的解释，它在与任何一种不同观点辩论时都把压力转给了对方(图 9.1)。

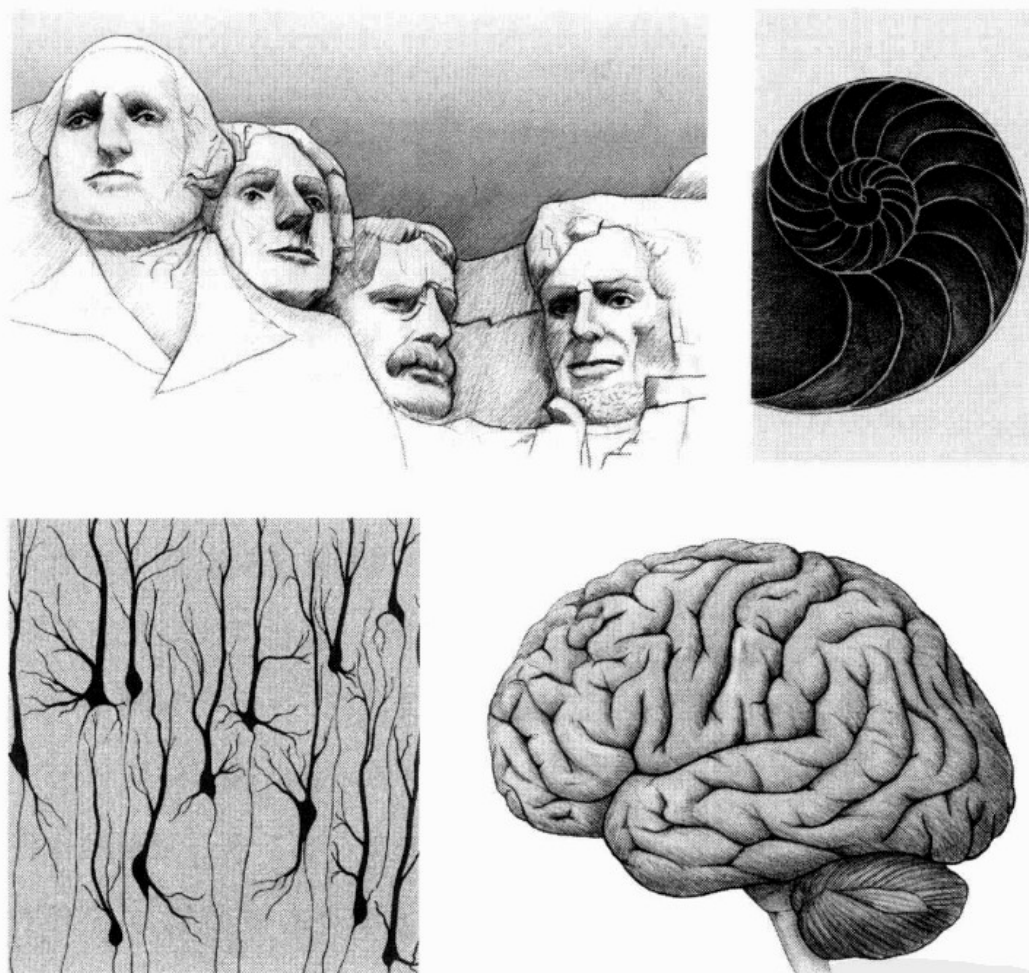


图 9.1 这些显示了智能设计者的工作吗？倡导“智能设计理论”的学者喜欢使用拉什摩尔山上 4 位有名的美国总统的雕像作为例子(左上图)，来说明宇宙和生命的传奇历史充满了智能设计的蛛丝马迹，而不需任何特殊的经验。他们认为智能设计证据和生物学结构证据一样明显，如鹦鹉螺的贝壳(右上图横切面所示)、大脑皮层神经元(左下图)、大脑整体观(右下图)。(Tycko 绘图)

但是目前设计生物系统的证据真的有那么明显吗？我认为，大脑，这个最终检测的样品，在许多方面，确实是智能设计的梦魇。

让我们回顾一下。当我们比较人类和其他脊椎动物的大脑时，可以很清楚地发现，人类的大脑似乎通过集聚作用而显得高度发达。蜥蜴和小鼠之间大脑上的差别并不是把一切推翻而重新构建那么简单。实际上，小鼠的大脑是在蜥蜴大脑的基础上增加了一些高级结构而形成的。同样道理，人的大脑又是在老鼠大脑的基础上增加一些更加高级的结构而形成的。这也就难怪我们的大脑会在两个视觉系统、两个听觉系统(一个古老、一个现代)之间纠缠不清了。大脑的构建就好像是制作冰淇淋蛋卷一样，在每一层旧的上面添上一小勺新的。

偶然的设计在脑细胞水平上体现得更为明显。神经元的功能是接受和传送电信号。但在很多方面，神经元的工作很糟糕，它们缓慢地接受信号(比铜导线慢一百万倍)，信号范围很小(每秒产生 0~1 200 个动作电位)，信号还渗漏到邻近的神经元。一般说来，神经元把信号传递给靶目标的成功概率约为 30%。就电学设置而言，脑神经元极其低效。

大脑，在“智能设计理论”支持者们的设想中，犹如这个星球上设计最周密的组织，从系统或者细胞水平来看，其实质是普布·戈德伯格(Pube Goldberg)式的(译者注：美国卡通画家，以政治漫画出名，曾获 1948 年度美国普利策奖)精巧装置而已。

不必惊讶，智能设计理论的推动者早就给自己在这一点上留下了回旋的余地。贝埃写道：“神经冲动的特征在设计上显得很特别，这可能是由于设计者出于某种原因而故意所为——艺术的原因、多样性的原因、炫耀的原因，迄今为止未曾发现的原因或者是一些不可猜想的原因——抑或并非如此。”或者，我们对复杂的生物学系统投以淡淡的一瞥，就会发现它竟是如此奇妙，这或许就是智能设计的结果。假如更近距离地研究，生物系统看起来就像用鹅卵石铺砌的精

巧设计，这仍然是智能设计的结果，仅仅是智能设计离奇的幽默感。很明显，以进化论的标准衡量上述推论是不正确的、伪科学的推测，智能设计思想仅仅是一种主观臆断。

当我们揭开表面、深入内部时又会发现什么呢？毕竟，人、老鼠、线虫和果蝇的完整基因组序列尽在我们掌握中。这些说明了什么呢？它们给出了更强的支持进化论的例子。你将会看到基因复制成为新复杂性状发生的基础。它们的确也是这样的。基因点突变后为什么所编码的蛋白质会失去功能(这些基因被称为假基因)？请核实。基因通过自然界不同物种间的突变而获得了新的功能吗？事实就是这样。

获得基因组全序列也仅仅是这几年的事情，而我们还有许多未知的东西，比如基因是如何决定结构和组织功能的，它们的表达是如何受环境因素调节的。目前我们关于基因-环境在形成脑结构和功能方面相互作用的知识还处在非常早期的阶段。虽然如此，仍有很多重要的例子说明基因结构的变化是如何成为脑结构基础的。其中最有一个代表性的例子是 **ASPM** 基因，我们最初提到它是在第三章。回忆一下这个基因，它编码了有丝分裂纺锤体的一个蛋白质(有丝分裂纺锤体是细胞分裂时染色体编组的结构)，可能决定了皮层祖细胞在最终定型为皮层神经元前的分裂次数。因此，这个基因在决定皮层体积上起着关键作用。人类 **ASPM** 基因突变者会产生小头畸形。你可能已经回忆起这个蛋白质的一个重要部分可以结合钙调蛋白的片段，而且 **ASPM** 基因的钙调蛋白结合区在线虫里有 2 个拷贝，果蝇有 24 个，人有 74 个。对黑猩猩、大猩猩、猩猩和猕猴 **ASPM** 基因的分析显示，这些基因的突变，尤其是钙调蛋白结合区的突变，在灵长动物家族中呈加速进化状态。这些发现有力地证明了 **ASPM** 基因对皮层体积大小起着决定性的作用。在接下来的几年中，我们将不用推

测进化过程中决定脑结构的基因了，因为我们已经掌握了它们。

综上所述，基因信息充分支持了进化论，包括脑的进化，这些证据是如此充分有力，智能设计的拥护者们又怎么有机会再去宣扬他们的观点呢？对此，贝埃的说法是：智能设计者在很久以前装配了一些简单的有机体，然后就袖手旁观任其不断发展。据此而言，人和猩猩、老鼠、果蝇、线虫一样，都是由共同的祖先进化而来。这样的话，智能设计在 60 亿年前就必须结束了。如果认为智能设计和进化论同时起作用，智能设计者的目的就难以琢磨了，我们只好将其归因于偶尔的幽默感了。贝埃的言论仅仅只是冰山一角，我们只能说这是一种修辞手法而不好过度攻击之。从他的角度出发，我们无法得出任何结论。毋庸置疑，这可不是谬误问题，而是说它根本就不是可靠的科学理论。不无惊奇的是，许多其他智能设计运动(威廉·坚布斯基和菲利普·E·约翰逊参与其中)并不愿意往后退缩，他们坚持认为达尔文的进化论并不能够创造出有用的东西。

这个问题也许倒令人感到几分奇怪。它非常深奥，让人困惑，因为的确大脑赋予我们人性。不用惊奇，对于某些人而言，大脑中一些令人有敬畏感的思想驱使他们用宗教性的、不可测试的、不真实的假说代替了科学的、经过考验的、真实的理论。有意思的是，虽然有许多不同的歧途可以使人犯错误，但智能设计者们却偏偏犯了方向相反的错误。我们人类经验的卓越方面，触及我们思想和认知核心的事物，并不是机器给予我们的。这些都不是一个无懈可击的大脑最新的设计特征。相反，最初的大脑好比是一台拼装电脑、一个工作区、一堆杂物，或者是一幅模仿画。人类各种各样的体验(如爱、记忆、梦和宗教思想，图 9.2)，都来自于特殊的积累，这些积累经历了漫长的进化史。在纷繁纠结的进化史中，尽管我们人类的大

脑好像杂牌电脑一样，却并没有桎梏于基本的思维和感觉。相反，我们由于这漫长的进化史，反而更加清晰地认识了这个世界。

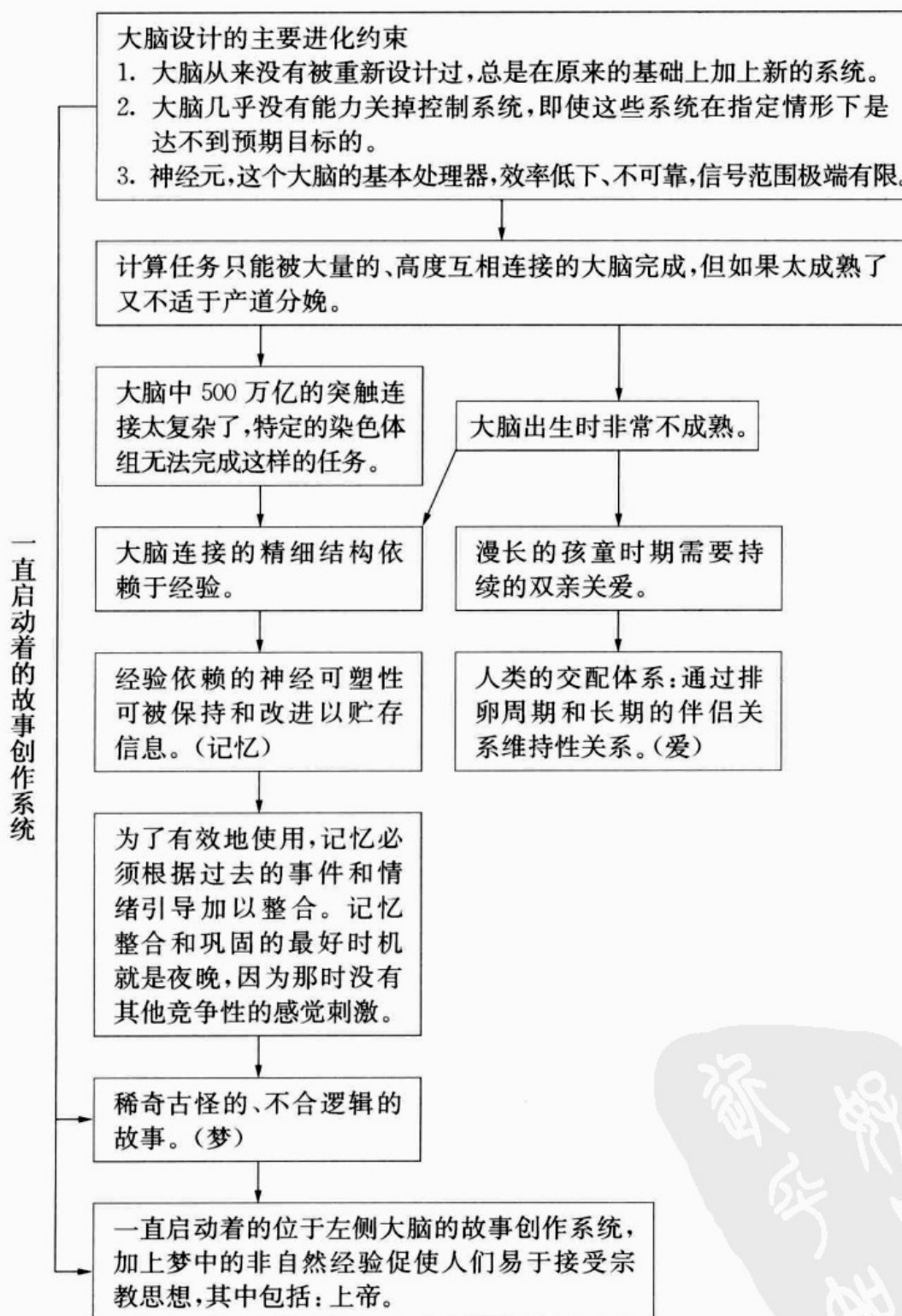


图 9.2 爱和记忆、梦及上帝：图表中包含了文中的主要争议。

尾声 缺失的中间环节

有很多有关脑功能的吸引人的主题，包括语言、大脑衰老和疾病、精神药物、催眠疗法和安慰剂效应等，我在本书中未涉及。这些都是很有意思的问题，我必须对论题作严格的自我控制才不至于使此书变得过于庞杂。更重要的是，我想你已经认识到，目前生物学对脑高级功能能够提供的许多解释是相当不完全的。但是有几个有趣的实例从分子和细胞层面上对我们所经验的提供了一种几乎完整的认识。我常举的实例之一是，人们把对辣椒的感觉(在口腔中或在皮肤上)与热的感觉等同起来。最初你可能会想象这只是在几种文化语言上的一种比喻，但事实却并非如此：在所有的文化中，凡与辣椒素(辣椒的活性成分)有接触者，人们都把这种感觉的特征称之为“烫口”，这提示其存在生物学的基础。好，然后你可能会说，答案或许是，你上腭上存在温度敏感神经元，也存在一些辣椒素敏感神经元，这两类神经元投射至大脑同一区域，该区域被激活时，给人以“热”的感觉。这种解释也并非完全正确。真实的情况是，在口腔

(或其他地方,如皮肤)的神经末梢中,存在一类对辣椒素及相关化合物敏感的受体,这些受体称为香草酸受体(香草酸是一种含有辣椒素及相关化合物的化学品),它们被辣椒素和升温刺激激活,对这两类刺激产生类似“热”的感觉。在这种情况下,在行为层面上的经验几乎完全可以在单一受体分子层面上得到解释。这甚至还解释了为什么用辛辣餐后即饮热茶,似乎特别“烫口”:升温和辣椒素一起高度激活了受体!确实,以这种方式来解释的不只是辣椒产热:类似的情况也发生在一类称为冷/薄荷型受体家族,这类受体导致在冷感和薄荷的活性成分间的那种跨文化的关联。

不幸的是,对经验和行为的生物学解释大多数都不是那么干脆利落。例如在第五章中,我谈到了学习和记忆。你知道,如果你的海马出现损伤,你就不能储存对事实和事件的新的记忆。我们也知道,为了储存新记忆似乎需要在海马的突触上发生一种化学过程,通过这种过程神经活动的某种模式导致 NMDA 型谷氨酸受体的激活。这种受体的激活转而又触动一系列化学步骤,从而使这些激活的突触变得更弱或者更强,并使之维持相当长的时间,这种现象叫做长时程突触阻抑和增强(LTD 和 LTP)。我们知道,这种分子现象似乎是陈述性记忆的基础,因为如果将药物注射到海马,阻止了 NMDA 型谷氨酸受体的激活,就会使动物不可能储存对事实和事件的新记忆。

乍看起来,这似乎是一个相当完美的解释,但实际上并非如此。所缺者是中间环节。改变海马回路中的某些突触,到底是如何产生行为过程中对事实和事件的回忆的呢?对于突触活动如何变得更弱或更强,我们提供了分子水平的解释;在行为层面上,我们能证明,干预这个分子过程(以及某些其他过程)会阻断记忆。但是,我们对中

间步骤几乎完全不了解，对脑科学家来说，这中间的环节是一个不体面的、令人困惑的巨大鸿沟。不幸的是，这中间环节的问题并非只局限于学习和记忆。在分子和行为之间类似的鸿沟同样存在于我们对许多其他复杂的认知和感知现象的认识中。

我不想最终沉沦于沮丧之中。在确定行为和经验的分子和细胞机理方面，脑科学已经取得了巨大的进展。在大多数情况下，一种完备的没有鸿沟的解释，即对于从分子到行为，以及介于其间的系统和回路有完整认识的解释，尚未在握。但是让我们来介绍一个例子，其中似乎可能找到脑科学家的“圣杯”——对解释大脑的一个高层次过程作完美的解释。这个例子是一种特殊形式的学习，它涉及你的眼肌的控制。

这里我讨论的是一种学习作业，与给予著名的巴甫洛夫狗的作业相类似。你回忆一下，巴甫洛夫狗起初对铃声并无特别的反应，而在给它肉时反射性地分泌唾液。经过多次训练后(响铃后立即给肉)，狗学会将这两种刺激关联起来。这样，单是铃声就会引起狗分泌唾液。心理学家将这种简单的学习形式称为经典条件化反应，这是一种非陈述性记忆。现在，如果你(或大鼠、兔子，或小鼠)被带入实验室，听到温和的铃声(或其他一些无害的声音)，你不会有任何特定的行为反应。如果对着你的眼睛短暂地吹气，你会反射性地眨眼，你不用去想它就会发生，这就像体检时医生用小锤敲打你的膝盖会使你的腿跳动一样。但是，如果铃声持续半秒或更长，在铃声的结束时向你的眼睛吹气，你就将开始学习如何把铃声与吹气关联起来，正如巴甫洛夫狗把肉和铃声关联起来一样。这意味着经过多次吹气和铃声的配对出现后，你会用眨眼对单独的铃声作出反应，从而在预期吹气到达时闭合你的眼睑。这种形式的学习，叫做联合型眼睑条件化

反应，它绝对需要铃声来预测吹气的到达。如果单是经验铃声或吹气，甚或两者皆有却不同步，你将学不会这种反应。当你学会了这种反应后，它完全是下意识的，不受你的意识控制——当听到铃声，你禁不住要眨眼。

世界各地的许多实验室进行了长期的研究，以了解这种简单的学习形式是如何发生的，而且已经取得了不少进展。例如我们知道，吹气激活大脑下橄榄核中的一小群神经元(下橄榄核，确实就是这么称呼的，为这一区域命名的早期解剖学家发挥了充分的想象力)。如果在兔子身上，你人为地用电极激活大脑的这个区域，它可以代替训练中的吹气。另一方面，铃声激活脑干中的一群细胞，这群细胞发生一组称为苔状纤维的轴突。与吹气的情况相似，你能用电刺激这些苔状纤维来代替训练时的铃声。这样，为了储存对联合型眼睑条件化反应的记忆，铃声信号和吹气信号必定在脑内某处相遇，而当它们一起抵达(但不是分别到达)时，它们必然产生神经回路活动的变化，最终铃声就引起眨眼(瞬目)反射。

图 10.1 显示这是如何发生的。铃声和吹气信号均在小脑处接收(小脑是悬于脑的后部棒球大小的组织块，对运动协调很重要)。尤其是，这些信号均激活一种扇形的神经元(称为小脑浦肯野细胞)。吹气信号直接通过攀缘纤维到达，铃声信号则迂回到达：苔状纤维兴奋小脑的颗粒细胞，而颗粒细胞的轴突(称为平行纤维)转而又激活浦肯野细胞。当攀缘纤维和平行纤维一起激活(这发生在铃声和吹气成对出现且又重复多次时)，其结果是被铃声激活的那些兴奋性平行纤维与浦肯野细胞之间突触强度的长时间降低，这称为小脑长时程突触抑制，或小脑 LTD。

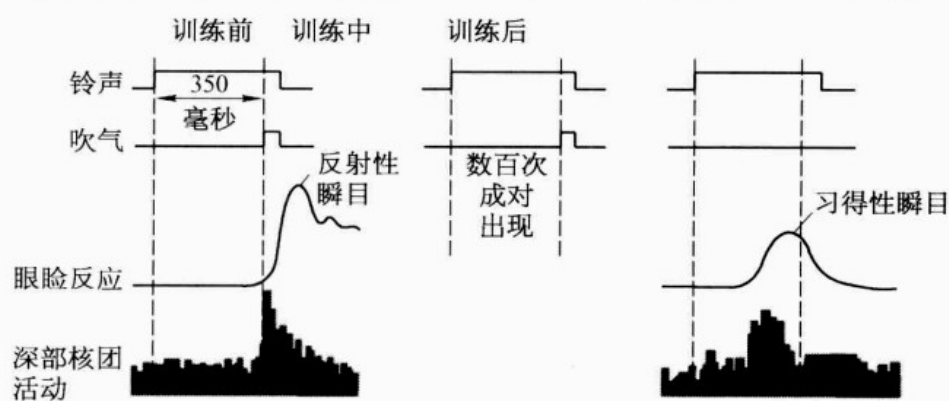
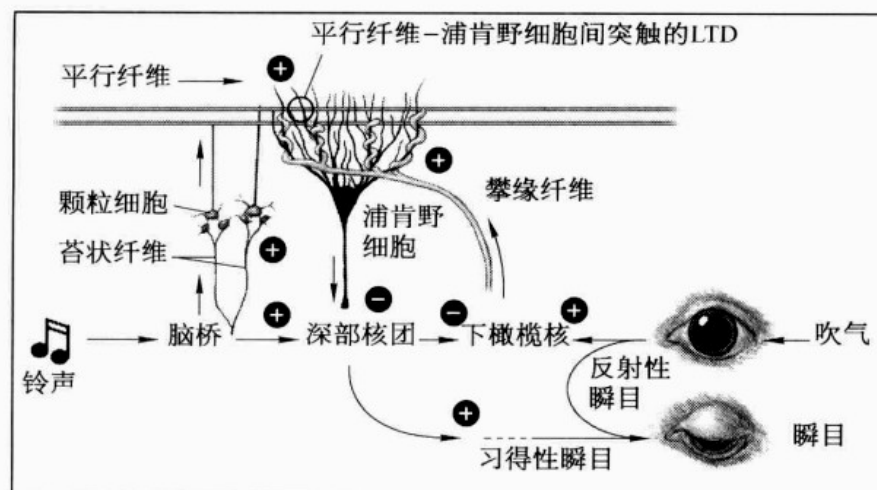


图 10.1 对一种简单形式学习——联合型眼睑条件化反应所提出的一种回路水平的解释。详见正文。在铃声和吹气多次成对重复出现后，动物知道铃声是吹气的预示，对铃声单独出现时产生反射性瞬目反应。铃声-吹气成对出现使兴奋性平行纤维-浦肯野细胞间突触产生长时程抑制(LTD)。这最终导致深部核团为铃声所兴奋的活动的增加，正是这种活动导致了习得性瞬目。(节选自 Linden DJ. 2003. *Science*, 301:1682. Tycko 绘图)

看来，我们现在对小脑 LTD 时发生分子水平上的变化已知甚多。突触由于突触后一侧的变化而变得更弱，其结果是引发了神经递质受体的内化，从而使它们不再与细胞表面上的神经递质(在这种情况下是谷氨酸)结合。对于在分子水平精心制作的这个过程的认识我们已见端倪。例如，在这个突触上谷氨酸受体的主要形式由 883 个氨基酸的链组成，引发受体内化的关键分子步骤是一个磷酸基团从蛋白激酶 C 向 880 位氨基酸的转移，这正好是一种丝氨酸。

那么我们如何从小脑的 LTD 引申对铃声的习得性瞬目呢？当平

行纤维的突触由于铃声-吹气成对出现而受到压抑时，它使浦肯野细胞兴奋性降低。浦肯野细胞转而放电更少。由于浦肯野细胞是抑制性的，接受其轴突信号的细胞所受的抑制减小，因此对铃声作出更强的放电反应。这发生在小脑中间核。对这个核团的神经活动的记录显示，随着兔子学会铃声-吹气关联后，在铃声开始和吹气开始之间的一段时间内放电逐渐增加。更有甚者，人为刺激中间核的适当部分本身就能引起眨眼。

眼下，这只是一个模型，随着进一步的实验，其中部分将被证明是不完整甚至是错误的。但这个解释令人兴奋之处是，并没有缺失的中间环节。这只是一个罕见的例子，有可能在脑中从对突触的一种变化的细致的分子水平的描述，通过一个解剖学上清楚界定的接线图，达到一种高层次的行为(在这种情况下，是一种非陈述性记忆)。之所以能获得这种回报是因为研究的是一种简单的行为(规则和程序的记忆)，而不是一种太难掌握中间环节的行为(如事实和事件的记忆)。

完整的生物学诠释行为的“圣杯”尚未在握，而且有的解释只是针对某些简单的现象。我们神经生物学家从本性上来说是乐观的，而且有一切理由相信，我们的认识水平将继续迅速提高。进而，极有可能对某些简单的学习形式(如联想型眼睑条件化反应)作出完备的分子-回路行为解释，将产生一些普遍原理和见解，能用来解释更复杂的现象。

所以，下次当你听到一些被误导的国会议员唾沫四溅地陈词说“那些象牙塔尖上的科学家们花费纳税人的钱来研究兔子如何学会眨眼睛”时，你可以通过电子邮件加以回击，确切地解释为什么这种研究思路对于认识认知的分子基础与记忆疾病是至关重要的，这是迈向下一个伟大的科学前沿征程中的一步。

进一步阅读的篇目和资料

第一章 粗糙的大脑

针对普通读者的读物

Carter R. 1998. *Mapping the Mind*(标绘脑地图). Berkeley: University of California Press.在我自掏腰包买的书当中,这是描写脑功能最佳的咖啡桌边读物。它清晰、科学性强,还有悦目的插图。

Ramachandran VS, Blakeslee S. 1998. *Phantoms in the Brain*(脑内的幻影).New York: William Morrow.本书属于我所喜爱的“以有趣的神经学个案研究阐明高级脑功能”的类型。在把个案研究与人的实验室研究及哲学与智慧史相融合方面,此书做了件好事。

科学文献和综述

Blakemore SJ, Wolpert D, Frith C. 2000. Why can't you tickle yourself? *NeuroReport*, 11:11.

Corkin S. 2002. What's new with the amnesic patient H. M.? *Nature Reviews Neuroscience*, 3:153.

Shergill SS, Bays PM, Frith CD, et al. 2003. Two eyes for an eye: the neuroscience of force escalation. *Science*, 301:187.

Weiskrantz L. 2004. Roots of blindsight. *Progress in Brain Research*, 144:229.

第二章 原始的大脑

针对普通读者的读物

Nicholls JG, Wallace BG, Fuchs PA, et al. 2001. *From Neuron to Brain*, 4th ed.(从神经元到脑, 第4版)Sunderland, MA: Sinauer.对于普通读者而言并没有多少神经分子和细胞生物学读物。依我看, 此书是这方面最好的大学教材了。

第三章 装配需要

针对普通读者的读物

Ridley M. 2003. *Nature via Nurture* (经由教养的天性). New York: Harper Perennial.文笔不错的佳作, 谈的是关于人脑的先天与后天之争。作者采取合情理的中道路线。其实是消遣书。

科学文献和综述

Bouchard TJ Jr, Loehlin JC. 2001. Genes, evolution, and personality. *Behavioral Genetics*, 31:243.

Bradbury J. 2005. Molecular insights into human brain evolution. *PLoS Biology*, 3:E5. PLoS 生物学(PLoS Biology)是一种供公开阅览的杂志, 所有的人都能在 www.plos.org 上免费阅读其内容。

Kouprina N, Pavlicek A, Mochida GH, et al. 2004. Accelerated evolution of the ASPM gene controlling brain size begins prior to human brain

expansion. *PLoS Biology*, 2:E126.

Meyer RL. 1988. Roger Sperry and his chemoaffinity hypothesis. *Neuropsychologia*, 36:957.

Verhage M, Maia AS, Plomp JJ, et al. 2000. Synaptic assembly of the brain in the absence of neurotransmitter secretion. *Science*, 287:864.

第四章 感觉与情感

针对普通读者的读物

Ramachandran VS, Hubbard EM. 2003. Hearing colors, tasting shapes. *Scientific American*, 288:52.

Stafford T, Webb M. 2004. *Mind Hacks*(心理黑客).Sebastopol, CA: O'Reilly.计算机书籍出版商欧·赖利所出的这本奇异的书属于一套丛书,其中有《谷歌黑客》、《Linux 黑客》等等。尽管把一本脑科学书塞进“计算机贴士和招数”的套路里有点怪怪的,最终结果却是你能够在家做一系列迷人的练习,揭开脑内结构的各方面。此书在感觉系统方面尤为强势,并且附有众多的网站链接,这些网站支持 Java applet、flash 动画等的心理黑客程序。

www.michaelbach.de/ot/index.html.该网站显示 53 种视错觉,这些视错觉大多数是很生动的。对于据认为是隐藏在这些错觉后的神经现象有很好的评价,并有涉及这些现象的原始论文的参考目录。

www.prosopagnosia.com.这个有关面部失认的网站,是由名叫塞西莉亚·柏蔓(Cecilia Burman)的女士所作,此人具有这方面的条件。特别有意思的是她描述了患面部失认的日常生活以及她用以适应社会情境的策略。

科学文献和综述

Beeli G, Esslen M, Jancke L. 2005. Synaesthesia: when coloured sounds taste sweet. *Nature*, 434:38.

Eisenberger NI, Lieberman MD. 2004. Why rejection hurts: a common neural alarm system for physical and social pain. *Trends in Cognitive Science*, 8:294.

Nunn JA, Gregory LJ, Brammer M, et al. 2002. Functional magnetic resonance imaging of synesthesia: activation of V4/ V8 by spoken words. *Nature Neuroscience*, 5:371.

Ramachandran VS. 1996. What neurological syndromes can tell us about human nature: some lessons from phantom limbs, Capgras syndrome, and anosognosia. *Cold Spring Harbor Symposium in Quantitative Biology*, 61:115.

Ramachandran VS, Hubbard EM. 2001. Psychophysical investigations into the neural basis of synaesthesia. *Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences*, 268:979.

Rizzolatti G, Craighero L. 2004. The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27:169.

Thilo KV, Walsh V. 2002. Chronostasis. *Current Biology*, 12:R580.

Villemure C, Bushnell MC. 2002. Cognitive modulation of pain: how do attention and emotion influence pain processing? *Pain*, 95:195.

Yarrow K, Rothwell JC. 2003. Manual chronostasis: tactile perception precedes physical contact. *Current Biology*, 13:1134.

第五章 学习，记忆与个性

针对普通读者的读物

Le Doux J. 2002. *Synaptic Self*(突触的自我).New York: Penguin.一本

关于记忆之细胞基础的研究现状的颇受争议的书，其特别出色之处是认为杏仁核在恐惧记忆中的作用，那是作者的专业领域。

Schacter DL. 2001. *The Seven Sins of Memory* (记忆的七宗罪). Boston: Houghton Mifflin. 一本行文晓畅的绝妙读物，描述健康人记忆失灵的种种缘由。是在行为和脑成像的水平而非分子和细胞的水平提出解释的。

Squire LR, Kandel ER. 1999. *Memory: From Mind to Molecules* (记忆：从心灵到分子). New York: Scientific American Library. 虽然对于此书讲细胞/分子部分的细节我可能提出异议，但我不否认，它在给出当代记忆研究的概观方面是很不错的。插图优美，具《科学的美国人》风格。

科学文献和综述

Holtmaat AJ, Trachtenberg JT, Wilbrecht L, et al. 2005. Transient and persistent dendritic spines in the neocortex in vivo. *Neuron*, 45:279.

Malenka RC, Bear MF. 2004. LTP and LTD: an embarrassment of riches. *Neuron*, 44:5.

Morris RG, Moser EI, Riedel G, et al. 2003. Elements of a neurobiological theory of the hippocampus: the role of activity-dependent synaptic plasticity in memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B Biological Science*, 358:773.

Nakazawa K, McHugh TJ, Wilson MA, et al. 2004. NMDA receptors, place cells, and hippocampal spatial memory. *Nature Reviews Neuroscience*, 5:361.

O'Keefe J, Nadel L. 1978. *The Hippocampus as a Cognitive Map*. Oxford: Oxford University Press.

Zhang W, Linden DJ. 2003. The other side of the engram: experience-dependent changes in neuronal intrinsic excitability. *Nature Reviews Neuroscience*, 4:885.

第六章 爱情和性

针对普通读者的读物

Diamond J. 1998. *Why Is Sex Fun?* (性趣何来?) New York: Basic Books.是以进化生物学为背景,对人类性生理和性行为的绝妙概览。

Judson O. 2003. *Dr. Tatiana's Sex Advice to All Creation*(泰提安娜博士给全球生物的性忠告).New York: Owl Books.本书堪称书中的绝品,集渊博、教益和趣味于一身。贾德生的噱头在于,她是个为动物提供性忠告的专栏作家。在某些十分复杂微妙的问题上,她利用这种忠告的形式普及性的进化生物学。近来,此书孵化了一个由加拿大“发现”频道制作、以泰提安娜博士为主角的3辑电视剧系列。剧中的亮点是精心打扮的音乐角色,比如“火箭火箭”讲述阴茎形状的进化,内容应该说是可信的。

Le Vay S. 1993. *The Sexual Brain*(性的脑). Cambridge: MIT Press.书中清晰介绍了一位杰出神经解剖学家对性的脑状态研究。问题是内容稍嫌陈旧,因为自从此书写成之后该领域有了很多进展,而更新为时已晚。

科学文献和综述

Allen LS, Gorski RA. 1992. Sexual orientation and the size of the anterior commissure in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 89:7199.

Arnow BA, Desmond JE, Banner LL, et al. 2002. Brain activation and sexual arousal in healthy, heterosexual males. *Brain*, 125:1014.

Bailey JM, Dunne MP, Martin NG. 2000. Genetic and environmental influences on sexual orientation and its correlates in an Australian twin sample. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78:524.

Bartels A, Zeki S. 2000. The neural basis of romantic love. *NeuroReport*, 11:3829.

Chuang YC, Lin TK, Lui CC, et al. 2004. Tooth-brushing epilepsy with ictal orgasms. *Seizure*, 13:179.

Holstege G, Georgiadis JR, Paans AM, et al. 2003. Brain activation during human male ejaculation. *Journal of Neuroscience*, 23:9185.

Hu S, Pattatucci AM, Patterson C, et al. 1995. Linkage between sexual orientation and chromosome Xq28 in males but not in females. *Nature Genetics*, 11:248.

Karama S, Lecours AR, Leroux JM, et al. 2002. Areas of brain activation in males and females during viewing of erotic film excerpts. *Human Brain Mapping*, 16.

Mustanski BS, Dupree MG, Nievergelt CM, et al. 2005. A genomewide scan of male sexual orientation. *Human Genetics*, 116:272.

Pillard RC, Weinrich JD. 1986. Evidence of familial nature of male homosexuality. *Archives of General Psychiatry*, 43:808.

Young LJ, Wang Z. 2004. The neurobiology of pair bonding. *Nature Neuroscience*, 7:1048.

第七章 睡眠与梦

针对普通读者的读物

Martin P. 2003. *Counting Sheep: The Science and Pleasures of Sleep*

and Dreams(数羊：睡眠与梦的科学和乐趣).London: lamingo.篇幅稍显冗长，但值得下工夫去细读。行文清晰，包罗广泛，翔实可靠。

Rock A. 2004. *The Mind at Night*(夜晚的心灵). New York: Basic Books.总的说来，本书着重于梦胜过谈睡眠。它取材于对一批杰出的睡眠研究者的访谈。女作者说起科学背后的某些个人故事来更是娓娓动听。

科学文献和综述

Frank MG, Issa NP, Stryker MP. 2001. Sleep enhances plasticity in the developing visual cortex. *Neuron*, 30:275.

King DP, Takahashi JS. 2000. Molecular genetics of circadian rhythms in mammals. *Annual Review of Neuroscience*, 23:713.

Louie K, Wilson MA. 2001. Temporally structured replay of awake hippocampal ensemble activity during rapid eye movement sleep. *Neuron*, 29:145.

Nikaido SS, Johnson CH. 2000. Daily and circadian variation in survival from ultraviolet radiation in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Photochemistry and Photobiology*, 71:758.

Pace-Schott EF, Hobson JA. 2002. The neurobiology of sleep: genetics, cellular physiology, and subcortical networks. *Nature Reviews Neuroscience*, 3:591.

Ribiero S, Gervasoni D, Soares ES, et al. 2004. Long-lasting novelty-induced neuronal reverberation across slow-wave sleep in multiple forebrain areas. *PLoS Biology*, 2:126.

Siegel JM. 2005. Clues to the function of mammalian sleep. *Science*, 437:1264.这一综述对于 REM/记忆巩固假说持强烈批评态度。将此

文与下面 R· 斯蒂克戈尔德(R.Stickgold)的文章《依赖于睡眠的记忆巩固》一起读,你就能了解争论双方的观点。

Stickgold R. 2005. Sleep-dependent memory consolidation(依赖于睡眠的记忆巩固). *Science*, 437:1272.

Wagner U, Gais S, Haider H, et al. 2004. Sleep inspires insight. *Nature*, 427:304.

第八章 宗教的冲动

针对普通读者的读物

Boyer P. 2001. *Religion Explained*(被解释的宗教). New York: Basic Books.一位认知人类学家从跨文化和进化的角度考察“我们究竟为何会有宗教?”的问题。

Brockman J, ed. 2006. *What We Believe but Cannot Prove: Today's Leading Thinkers on Science in the Age of Certainty*. New York: Harper Perennial.

Gazzaniga MS. 1998. *The Mind's Past* (心灵之过去). Berkeley: University of California Press.一本有趣、简洁的书,展现左脑半球一特定模块之个案,以诠释离散数据和建构叙事。以对话的风格撰写,洋溢着加扎尼加小册子的诡谲和机智。但是请勿相信此公对依赖于经验之可塑性所作的简短忏悔。在反对行为主义“白板说”传统(本不失为适当)方面,他走得稍微远了一点。

第九章 愚钝的大脑

针对普通读者的读物

Brockman J, ed. 2006. *Intelligent Thought: Science versus the Intelligent*

Design Movement (智能的思考：科学与智能设计运动的对决). New York: Vintage.这是杰出科学家驳斥智能设计模型的文章汇编。据我所知，其中杰里·科因(Jerry Coyne)的文章最出色，其大多数简洁的论据来自于化石记录。

Pennock RT, ed. 2001. *Intelligent Design, Creationism, and Its Critics* (智能设计、神创论及其批评). Cambridge: MIT Press.如果你极有兴致听一听有关这场争论的双方观点，那么这本大部头书提供了很好的入门途径。



译 后 记

本书的翻译是集体劳动的结晶，参与翻译工作的有浙江大学医学院神经科学研究所沈颖教授研究组、四川大学肖波教授研究组以及复旦大学神经生物学研究所杨雄里院士研究组的老师和学生。我在此衷心感谢全体参与者的辛勤劳动，为读者带来了脑科学的“心灵鸡汤”。这里我对具体的翻译过程作一些说明：

1. 引言、尾声由姜世香翻译，第 7、8 章由张鑫军、张晓敏、赵文杰、王霄汉、周博、刘聪蓉翻译。这两部分由杨雄里院士译校。

2. 第 1、2、3 章分别由韩文琪、苏立达、吴振永、朱佳、吴笑、陶晶晶翻译。

3. 第 4 章由邹嘉、余守洋、蔡佩玲翻译，第 5 章由田军龙、罗茂文、江万祥、陈米娜翻译，第 6 章由杨万纯、蒋万祥、杜晓霞、季一飞、江雪翻译，第 9 章由杜晓霞、季一飞、杨万纯翻译。

4. 肖桂凤翻译了所有插图的图注及图内文字。

译稿汇总后，我对全部译稿作了逐字逐句的校阅和润色，特别注意行文风格和译名的统一。作为翻译本书的组织者，本书的任何讹讹均应由我承担全责。

沈 颖

2008 奥运年于浙江大学紫金港



索引

A

阿米替林 160
阿普唑仑 160
艾伯特·爱因斯坦 36
艾滋病 144
爱德华·哈伯德(Edward Hubbard) 73
爱情的神经生物学 131
安德烈亚斯·巴特尔斯(Andreas Bartels)
131
安德烈亚·罗克(Andrea Rock) 184
安定 160

B

巴甫洛夫狗 201
白宫关于早期脑发育会议 63
白质 48,59
百忧解 39,160
保罗·麦卡特尼(Paul McCartney) 156
贝埃 195,197

背侧中缝 165
苯乙肼 160
“避光”假说 163
边缘系统 14
鞭毛 192
标记 65
表达 46
波利尼西亚 124
伯尔赫斯·弗雷德里克·斯金纳(B.F.
Skinner) 42
布鲁斯·阿诺(Bruce Arnow) 134

C

产道 58
长时程突触抑制或 LTD 107
“侧抑制” 75
陈述性记忆 88,92,97,200
出生 50,58
出生后 59
初级躯体感觉皮层 68,81

初级视觉皮层受损 80

初级视皮层 67,172

初级听皮层 67

储存 90

储存长时记忆 102

储存记忆 114,156

触觉 68,69,82

触摸敏感性 69

垂体 140

雌激素 47,135

雌性排卵期 135

刺细胞动物(Cnidaria) 25

促生长激素释放激素 14

催产素 140

催眠暗示 82

错觉 75,77

错误的记忆 101

错误归因 99

D

大脑 192

大脑的大小及形状 21

大脑的微观性和复杂性 24

大脑发育 42

大脑过冷或过热 155

大脑皮层 93,125,132

大脑设计的一个普通瑕疵 11

大脑整体性麻痹 51

大鼠实验 82

大猩猩 49

戴维·福克斯(David Foulkes) 184

丹尼尔·沙赫特(Daniel Schacter) 99

丹尼尔·沃尔珀特(Daniel Wolpert) 9

单胺氧化酶抑制剂 160

单眼夺视 155

胆碱能神经元 164,171

胆碱能突触 173

蛋白激酶 C 203

蛋白质 45

蛋白质合成抑制剂 97

蛋白质磷酸酶 1(PP1) 110

岛叶 81,132,134

迪安·哈默(Dean Hamer) 143

蒂姆·布利斯(Tim Bliss) 107

癫痫 15,51,90,181

“电话断线”的错觉 78

电活性 59

电信号 27

电信号传导 35

电休克 96

顶叶 70,138

动物 15

动物实验 8,172

动作电位 35

动作电位的传导速度 39

洞察力 157

对抗或逃跑的反应 14

多巴胺 39,95

多基因 143

多种文化中的宗教仪式 185

多种性别角色和性别人格 140

E

额区 134

额叶 16,18,138

儿童群体更易受暗示性 101

F

发育 58,64

反射 8

放射状胶质细胞 51

非 REM 睡眠 151,159,165,168

非陈述性记忆 90,92,97,201
菲利普·E·约翰逊 191
菲尼亚斯·盖奇(Phines Gage) 16
分子遗传学 45
弗兰克·达林(Frank Darling) 119
弗里德里克·凯库勒(Friedrich Kekulé)
156
抚育 123
腹侧被盖区 133,134,138
腹内侧核 135

G

改变突触结构 105
钙调蛋白 49,196
钙调蛋白激酶 2 α 109
钙离子 35,109
概率 36,39
甘氨酸 37
感官挑选 67
感觉 15
感觉和运动功能 84
感觉皮层 9
感觉系统 54
感觉小矮人 68
感觉信息在大脑里的处理 74
感受 74
睾酮 127,136
格特·霍尔斯特吉(Gert Holstege) 137
隔区 138
个人信仰 186
工作记忆 93
功能性磁共振成像(fMRI) 9
攻击 14,175
共济失调 8
谷氨酸 30,36,53,82,203
谷氨酸受体 31,46

管家基因 46
果蝇 49

H

哈维·费尔斯坦(Harvey Firestin) 140
海洛因 133
海马 14,15
海马损伤 200
海马失忆症 94
海马系统 90
海马系统的损伤 93
海马性失忆症 88
海绵 24
海森堡的不确定理论 36
含黑色素神经节细胞 162
寒战反射 13
耗能装置 28
河豚 33
河豚毒素 33
黑猩猩 49
恒河猴 49
化学信号 28,55
怀尔德·彭菲尔德(Wilder Penfield) 90
欢娱 122
环境 42,58,64
环境剥夺 62
环境影响脑发育 53
幻视 148
黄体激素 135
灰质 48
回放 159
回忆重放 170
混乱的性行为 117

J

饥饿 13

- 基因 42
 基因结构 196
 基因组 45,86,196
 激素 13
 激素循环 53
 极端保守派基督教义 188
 记录电极 29
 记忆 14,65,98,105
 记忆储存 102
 记忆动态巩固 99
 记忆巩固 96,157,166,174
 记忆和情绪 86
 记忆痕迹 14
 记忆分类 87
 记忆提取 97
 记忆整合 175
 甲状腺激素 47
 贾科莫·里佐拉蒂(Giacomo Rizzolatti) 84
 钾 28
 钾离子 32
 假基因 196
 减肥 13
 简·博恩(Jan Born) 157
 奖励中枢 133,138
 焦虑 169,174,176
 教皇约翰·保罗二世 190
 教育 63
 杰出女性 129
 杰克逊·格兰霍尔姆(Jackson Granholm) 6
 杰里·科因(Jerry Coyne) 190
 进化 6,18,22,24,74,86
 进化生物学 187
 近期记忆 97
 经典条件反射 89
 经典条件化反应 201
 经验依赖性的突触功能修饰 103
 精神病学 78,174
 警察办案 100
 镜像神经元 84
 镜像阅读 88
 绝经 118
- ## K
- 卡尔·林奈(Carl von Linné) 162
 卡尔·萨根(Carl Sagan) 24
 卡尔·约翰逊(Carl Johnson) 163
 卡普格拉斯综合征 79,139
 凯瑟琳 119
 凯瑟琳·布什内尔(Catherine Bushnell) 82
 抗利尿激素 14
 抗抑郁药 160
 科林·皮滕德里(Colin Pittendrigh) 163
 科学的理论 190
 科学神创论 190
 颗粒细胞 202
 可卡因 133
 可视物体失认症 71
 可塑性 65
 渴感 13
 克莱恩费尔特氏综合征 142
 肯德尔·路易(Kendall Louie) 159
 空间细胞 112
 空间学习 111
 空间学习测试 106
 恐惧 14,169,174,176
 控制激素 14
 口交 118
 快速眼动(rapid eye movement, REM) 151
- ## L
- 拉里·魏斯克兰茨(Larry Weiskrantz) 90
 辣椒素 199

莱茵衣藻(*Chlamydomonas reinhardtii*) 163
 兰迪·加德纳(Randy Gardner) 148
 蓝斑 165,172
 蓝绿藻 163
 劳拉·艾伦(Laura Allen) 145
 老普林尼 162
 冷/薄荷型受体 200
 冷感 200
 离子通道 32,45
 里克·桑托伦(Rick Santorum) 192
 理查德·格林 146
 理查德·亚历山大 119
 连贯性叙事 181
 联合皮层 16,21
 联合型眼睑条件化反应 201
 列宁大脑 22
 裂脑人 182
 林恩·纳德尔(Lynn Nadel) 112
 颅相学 20
 露西·布朗(Lucy Brown) 132
 氯离子 37
 氯硝西泮 153
 罗杰·戈爾斯基(Roger Gorski) 145
 罗莎琳德·卡特赖特(Rosalind Cartwright)
 173

M

马胡 124
 马克斯·德尔布吕克(Max Delbrück) 4
 马里恩·戴蒙德(Marion Diamond) 62
 马钱子碱 37
 马特·威尔逊(Matt Wilson) 159
 玛格丽特·曹 117
 迈克尔·贝埃(Michael Behe) 193
 迈克尔·加扎尼加(Michael Gazzaniga) 182
 漫长童年期 65

盲视 12
 猫 153,155
 梅丽莎·海因斯(Melissa Hines) 128
 酶 45
 梦 150
 梦的日志 169
 梦内容的解析 176
 梦游 153
 咪达唑仑 160
 米歇尔·茹韦(Michel Jouvet) 153
 面部失认症 71
 秒针 78
 膜电位 32
 母亲的免疫系统 54
 母亲的营养不良 64

N

纳撒尼尔·克莱特曼(Nathaniel Kleitman)
 150
 钠 28
 钠离子 32
 “哪里(where)”通路 70
 男性 126
 男性大脑女性化 145
 男性高潮 137
 男性和女性 126
 南美洲土著 124
 南猿 49
 挠痒痒 9
 脑成像研究 73
 脑的大小 48,58
 脑的分化和发育 121
 脑电图 169
 脑发育 54
 脑发育关键期 62
 脑发育和性行为 122

脑干 6
脑干损伤 160
脑干网状激活系统 164,171
脑脊液 28
脑连接 54,64
脑桥被盖 171
脑神经 7
脑室 48
脑损伤 12,16
内奥米·艾森贝格尔(Naomi Eisenberger)

83

内环境稳态 13
内在可塑性 114
能耗 149
尼古丁 54
逆行性失忆 93
颞叶 134,138
颞叶损伤 79
女同性恋 140
女性 138
女性大脑男性化 145
女性的性冲动 136
女性同性恋者 144
虐待儿童事件 101

O

欧内斯特·哈特曼(Ernest Hartmann) 173
偶然的设计 195

P

帕斯卡尔·博耶(Pascal Boyer) 178,184
排卵 117
攀缘纤维 202
胚盘 48
配偶 119
配偶关系 117,139

皮层 6,15,49,51
皮质醇 148
偏见 100
胼胝体 126,128,181
剽窃 99
拼装 19
拼装电脑 5,40,197
平行纤维 202,203
浦肯野细胞 204

Q

启动(priming) 89
启动子 46
前额叶皮层 94,172
前扣带回 81,132,134,171
前连合 126,181,145
前体细胞 48,51
前瞻性研究 146
乔纳森·温森(Jonathan Winson) 174
鞘磷脂 58
亲子关系 120
情感 14,98,169
情感转移 84
情绪 172,175
丘脑 13,81,164
躯体运动 16
去甲肾上腺素 38,172

R

“热”的感觉 199
人格 16
人类基因组计划 42
任务 96
蠕虫 24
入睡之初 168

S

- 萨克斯 71
- 塞莱尼·二阶堂(Selene Nikaido) 163
- 三环抗抑郁药 160
- 扫视 75,180
- 社会关系 83
- 社会文化 124
- 社会行为 13
- 射精 137
- 神经板 48
- 神经病学 78
- 神经达尔文学说 60
- 神经递质 26,31,37,38,53
- 神经递质受体 46
- 神经毒素 33
- 神经管 48,49,51
- 神经胶质细胞 24,51
- 神经外科 91
- 神经系统的可塑性 60
- 神经细胞培养 29
- 神经细胞迁移 51
- 神经元 24
- 神经元的电信号 29
- 神经元的多样性 51
- 神经元的数量 65
- 神经元总的数量 59
- “什么(what)”通路 70
- 生理功能 149
- 失聪 57
- 失明 61
- 时间感觉 75
- 实验性的遗忘 97
- 示痛不能 81,139
- 视交叉上核 162
- 视觉 75
- 视觉皮层 64
- 视觉系统的边缘强化 75
- 视盲 80
- 视前区 136
- 适应 75
- 释放位点 36
- 释梦 166
- 受体 28
- 鼠 18,62,96,106,112,144,148,159
- 树突 26,52,59
- 树突棘 26
- 数学推理 126
- 双胞胎 43,54
- 双胞胎的研究 141
- 双性恋 146
- 睡眠剥夺 148
- 睡眠的科学研究 150
- 睡眠的主要功能 154
- 睡眠-觉醒循环 161
- 睡眠周期 151,154,165,169
- 顺行性遗忘 93,106,181
- 松果体 164
- 损伤 8,15,71,87

T

- 胎儿 56
- 苔状纤维 202
- 泰耶·洛莫(Terje Lomo) 107
- 体位感觉 68
- 天主教 188
- 田鼠 128
- 条件性位置转移 82
- 调节情绪 173
- 调节运动 8
- 听觉 67
- 听觉皮层 57

通感 72,73
同卵双胞胎 48
同卵双生 43
同性恋 119,140
同源异型基因 51
痛觉的情感度 81
突触 26,27,37,65
突触间隙 26
突触竞争 60
突触可塑性 40,114
突触连接 73
突触囊泡 26,36
突触强度 103
突触抑制 103
突触增强 103
兔 107
褪黑激素 164

W

蛙 18,54
外部世界 113
外侧核 13
外胚层 48
妄想 148,172
威廉·坚布斯基(William Dembski) 191,197
维拉雅努尔·S·拉马钱德兰(V. S. Ramachandran) 73
位置细胞 159
尾状核 132
文化战 186

X

西格蒙德·弗洛伊德(Sigmund Freud) 166
西蒙·巴伦-科恩(Simon Baron-Cohen) 127
西蒙·莱沃伊(Simon Le Vay) 144
细胞分裂 48

细胞核 25
细胞体 25
细胞因子 54
细胞质膜 25
下橄榄核 202
下丘脑 13,135,140
下丘脑分泌 14
下丘脑腹内侧核 13
先天和后天 42,65,127
先天性肾上腺增生症 128,146
线虫 41,49
香草酸受体 200
象征性梦 175
小脑 6,8,50,132,138,202
小脑长期损伤 9
小脑浦肯野细胞 202
小脑损伤 8,92
小脑中间核 204
小鼠 56,105,110,112
小头畸形 49,196
谢里夫·卡拉马(Sherif Karama) 134
兴奋性突触后电位(EPSP) 32,36
猩猩 49
杏仁核 14,80,132,171
杏仁核损伤 14,92
性别角色混乱 123
性别角色认同 124
性高潮 137,138
性唤起 134
性激素 127
性取向 140,141
性行为 13,118
性娱乐 119
雄激素不敏感症 128
虚构 181
叙事性的梦 169,184

嗅觉在人类性行为中 136

选择性剪接 42

穴居人 21

学习和记忆 200

Y

延迟 77

延迟配对实验 94

一般智力 44,127,141,143

一夫多妻 118

一夫一妻 117,118

一妻多夫 118

伊莱亚斯·霍韦(Elias Howe) 156

伊丽莎白·沃林顿(Elizabeth Warrington)

90

遗传 57,64,127

遗忘曲线 96

乙烯雌酚(DES) 128

乙酰胆碱 37,39,46,164

乙酰胆碱酯酶 45

异卵双胞胎 45,48

异性装扮 123

抑制 36

抑制性突触后电位(IPSP) 37

抑制性突触活动 153

意识理论 21,85

意犹未尽的感觉 139

因果性 45

饮食习惯 44

隐秘的排卵周期 119,121

幽默感 44

有丝分裂纺锤体 49,196

右脑半球 182

娱乐式的性交 118

语言流畅性 126

语言学习 62

远期记忆 97

约翰·奥基夫(John O'Keefe) 112

约翰·布罗克曼(John Brockman) 186

孕妇使用药物 54

运动皮层 16

运动协调学习 88

Z

再次利用 39

泽米尔·泽基(Semir Zeki) 131

詹姆斯·温里克(James Weinrich) 145

“战斗或者逃走” 80

针锋相对实验 11

枕叶 134

真菌 163

正电子发射断层扫描术(PET) 172

智力测验 21

智力功能 39

智力缺陷 51

智能设计理论 195

中缝背核 172

中继 13

中脑 12,50,54

中脑的视觉 12

轴丘 27,32

轴突 26,34,39,59,81

轴突末梢 26,33,36

昼夜节律 162

朱莉安娜·因佩拉脱-麦金利(Juliane Imperato-McGinly) 128

专一复合体 192

转录因子 46,51

庄曜聪 138

锥体神经元 52

锥体细胞 112

资源丰富环境 62

自然选择理论 60

自慰 118

宗教的起源 179

宗教是跨文化的 178

宗教思想 180

综合效应 37

左脑半球 182

做梦 166,172,173

外文及其他

5-羟色胺 172

AMPA 型谷氨酸受体 108,109

ASPM 基因 49,196

DNA 45,143

fMRI 84

H.M. 15

INAH3 126,136,144

J·艾伦·霍布森(J.Allen Hobson) 175

LTD 200,202

LTP 107,200

M 细胞 69

NMDA 型谷氨酸受体 108,200

PET 137

REM 睡眠 153,157,165,167,168,173

REM 睡眠剥夺 157

SCN 163

XXY 基因型 142

X 染色体 142

γ -氨基丁酸(GABA) 37,39,75,153

