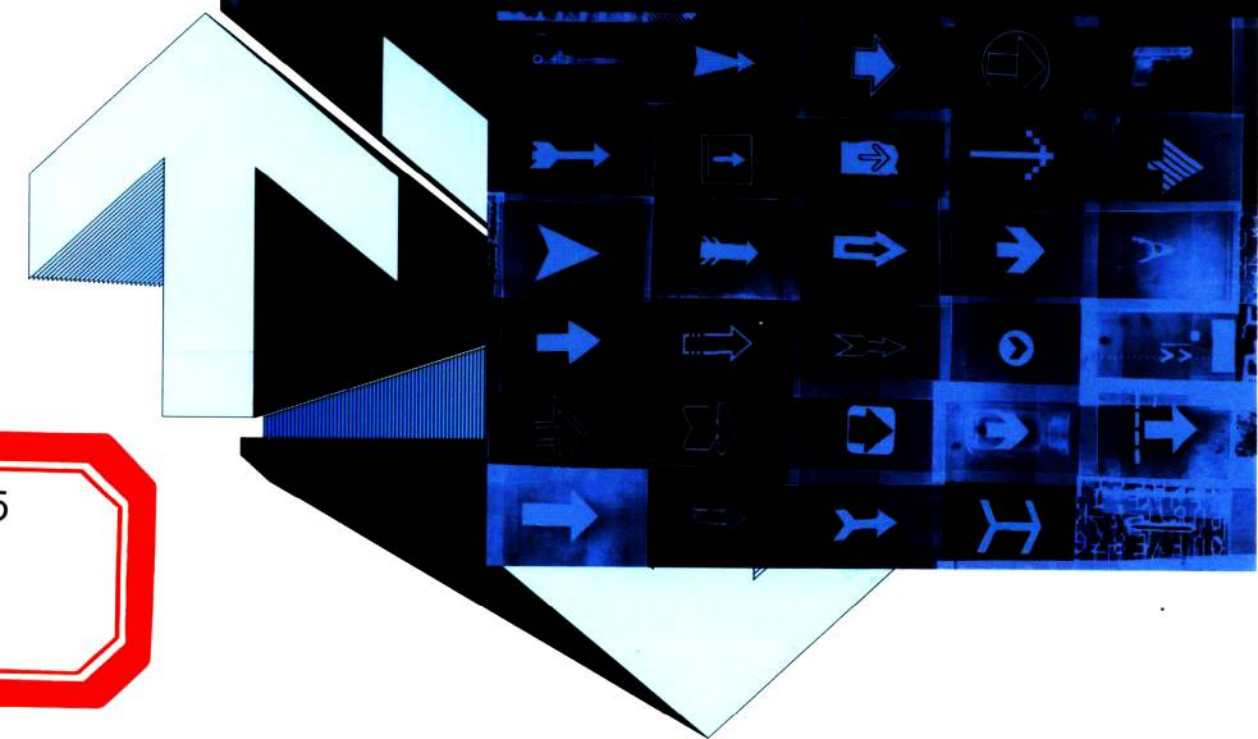


问题解决 心理学 Problem Solving

【英】S. Ian Robertson 著 张奇 等译





Problem Solving

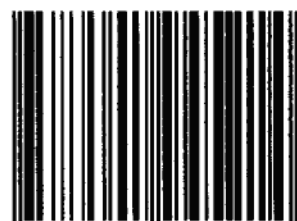
本书为心理学专业大学生和研究生学习问题解决心理学知识的好教材。

书中详细论述了问题的解决、问题解决的迁移、问题解决的学习和问题解决能力的提高等一系列教育、教学领域关心的问题，必将引起广大教育工作者、教师 and 更多读者的关注。

本书内容丰富，观点新颖，论述清楚，是一部问题解决心理学的力作。

封面设计 | 集束视觉

ISBN 7-5019-4521-7



9 787501 945214 >

ISBN 7-5019-4521-7/B · 029

定价：20.00元

心理学导读系列

Problem Solving

问题解决心理学

【英】S. Ian Robertson 著

张 奇 等译

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

问题解决心理学 / (英) 罗伯逊 (Robertson, S.I.) 著;
张奇等译. —北京: 中国轻工业出版社, 2004.9

(心理学导读系列)

ISBN 7-5019-4521-7

I . 问 ... II . ①罗 ... ②张 ... III . 问题解决 (心理学)
IV . B842.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 085464 号

版权声明

© 2001 Psychology Press Ltd.

All Rights Reserved.

Authorised translation from the English language edition published by Psychology Press,
a member of the Taylor & Francis Group.

总 策 划: 石 铁

策划编辑: 李 峰

责任编辑: 朱 玲 李 峰 责任终审: 杜文勇

版式设计: 陈艳鹿 责任监印: 刘智颖

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京天竺颖华印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

开 本: 850 × 1168 1/32 印张: 10.50

字 数: 200 千字

书 号: ISBN 7-5019-4521-7/B · 029 定价: 20.00 元

著作权合同登记 图字: 01-2004-3667

咨询电话: 010-65262933

发行电话: 010-88390721, 88390722

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

E-mail: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部 (邮购) 联系调换

译者序

《问题解决心理学》一书是伦敦大学S.I.罗伯逊教授的一部新作。这部书展示了问题解决研究领域中心理学的最新研究成果。全书共10章。阐述了问题的类型、问题解决的研究方法、问题解决研究的信息加工观点、问题的表征、问题解决的过程、问题的顿悟、类比问题的解决、教科书中问题的解决、问题解决中的迁移、问题解决学习和问题解决能力的培养等问题解决心理学研究的重要内容。该书内容丰富，观点新颖，论述清楚，是一部问题解决心理学的力作。

人工智能科学和认知心理学的诞生给问题解决研究带来了新的生机和活力。人工智能科学技术在机器的问题解决研究领域迈出了坚实的步伐，同时也为问题解决的心理学研究提供了新方法，注入了新的活力。问题解决的认知心理学研究在问题的表征、问题解决的过程和问题解决的策略等方面取得了新进展。同时，也深化了顿悟问题、问题解决的迁移、问题解决的学习，以及问题解决能力的培养和提高等传统议题的认识。这本书充分展示了这些新观念、新方法和新的研究成果，是从事问题解决研究的心理学专业大学生、研究生和心理心理学工作者的一部新的参考书。

该书对专业知识的阐述条理清楚，解释详细；书中例题丰富，接近生活，深入浅出，通俗易懂。是心理学专业大学生和研究生学习问题解决心理学知识的好教材。由于本书详细论述了问题的解决、问题解决的迁移、问题解决的学习和问题解决能力的提高等一系列教育、教学领域关心的问题，所以，它必然会引起教育

研究者、广大教师和更多读者的注意。认真阅读，定会获益。

本书的翻译出版，最初由我的博士研究生赵弘提供了该书英文原版书的出版信息。而后，我们及时与中国轻工业出版社“万千心理”取得了联系，由此得以顺利出版。在此感谢所有给本书出版提供帮助的人。

本书的翻译工作由我和我指导的研究生合作完成。承担具体翻译工作的有：张奇（第一章）、郑琳娜（第二章）、赵弘（第三、七章）、滕国鹏（第四章）、林洪新（第五章）、赵彤（第六章）、崔艳（第八章）、郭菲菲（第九章）、赵刚（第十章、问题答案和术语表）。最后，我对照原文校对全部译稿，并做了部分改译、补译和整理。

由于我们的学识水平和翻译能力有限，译文会有不足。尽管我们竭尽全力减少这种遗憾，但疏漏难免，恳请读者批评指正。

张 奇

辽宁师范大学教育学院心理学系

2004年7月15日

前 言

尽管本书的主题是问题解决，但我担心这本书不一定能帮您解决任何个人问题。因为，它是讨论问题解决的心理过程的，即我们怎样解决不同类型的问题，哪些因素会增加解决问题的难度，以及我们如何从解决问题的经验中进行学习，等等。

这本书是写给谁的呢？本书主要是（但并不仅仅是）供心理系大学生学习使用的，同时它与认知心理学、认知科学、问题解决与思维等学科有一定的联系。人工智能和计算机模拟专业的学生也可把本书作为学习的参考书。本书一大部分的内容是“学习迁移”，换言之，本书主要探讨了特定学习情境的有效性或无效性。因此，对于包括教师在内的教育者来说，本书也有一定的吸引力。商业、工业及临床医生也会对如何有效地解决问题和表征信息产生兴趣。本书的第二部分探讨了信息呈现方式对理解信息以及解决特定问题的影响。

尽管写作本书的初衷是指向特定读者的，但我尽量使它能被更广大的读者群所接受。心理系学生所熟知的概念和术语在本书中重新给予了解释，本书后的词汇表有助于您提取这些概念。

本书包括哪些内容？首先我要澄清，这本书没有涉及演绎推理的内容，也没有涉及不确定条件下的判断和决策问题。本书严格遵循了信息加工观点中关于问题解决概念的界定。

有两条暗线贯穿全书。第一条是“哪些因素导致问题解决难度增大”的问题；第二条是“通常问题解决和思维都需要加工给定信息”的问题。也就是说，我们在解决问题时，既受信息呈现

方式的影响，也受突出的问题特征或情境特征的影响。

本书共有10章，分成四大部分。第一部分即第一章概括介绍了本书的主题，以及在以下章节出现的一些基本概念。第二部分包括对本书主题的概述、问题解决研究的历史概况（主要是格式塔学派的研究）以及现代信息加工观的发展历程。第三部分主要讨论了我们如何将所学知识应用到其他情境中去。常识告诉我们，我们必须能够将一种情境下习得的知识（如在教室中学习的法语）迁移到另一种情境中（如到法国旅行）。不过研究也表明有时很难发现这些迁移的证据。第三部分还讨论了类比问题解决、类比的创造性运用以及类比可作为传授和解释新概念的教育手段。最后还涉及到教科书问题的解决，我们在学校学习数学、科学和计算机程序等科目时主要是以教科书为工具的。第四部分共两章，主要是关于样例学习和专长发展的问题。在本章的最后，将写作看做一项复杂的问题解决任务，综合探讨了本书所有相关的主题。每章结尾都给出了本章的结论，并对本章内容进行了小结。

书中的“活动”栏目让您思考一些问题，它体现了教科书的作用，即在没有教师的情况下，书本本身可以帮助学生进行学习。我希望您能颇有兴致地去做一下。书中的“研究箱”负责详细介绍有关的研究，还有一些“信息箱”，负责详细解释有关的概念。其目的是尽可能使您深入理解某些研究及概念，同时保证全书的结构严谨，内容流畅。

S.I. 罗伯逊
于伦敦大学

目 录

第一部分 绪论 /1

第一章	问题解决研究概述	3
	何谓问题	3
	问题的分类	6
	研究问题解决的方法	14
	本书讨论的三个问题	18
	小结	21

第二部分 问题表征及问题解决过程 /23

导言		25
第二章	特征性问题解决	29
	信息加工的观点	30
	分析定义明确的问题	34
	问题解决者与任务情境的交互作用	41
	启发式搜索策略	44
	小结	56
第三章	问题表征：“顿悟”的案例	57
	建立一个问题表征	58
	重新表征问题	58
	问题解决的格式塔解释	61
	顿悟的信息加工解释	69
	顿悟问题与其他问题的关系	81

· II · 问题解决心理学

影响问题表征: 指导效应	85
小结	87

第三部分 类比问题解决 /89

导言	91
第四章 学习迁移	95
正迁移和负迁移	97
定势: 负迁移的例证	98
假设检验理论	99
定义明确问题中的迁移	102
特殊迁移	106
一般迁移	118
什么知识可以迁移	121
小结	122
第五章 问题相似性	125
相似性的类型	126
关系相似性	138
结构相似性	145
实际的限制	150
表面相似性与结构相似性的关系	152
小结	155
第六章 类比问题解决	157
类比的重要性	158
类比问题解决的研究	159
寻找解决靶问题的源问题	163
生成自己的类比	165
讲解式类比	170
“审美”类比	177

	小结	179
第七章	教科书问题解决	183
	教科书作者面临的困难	184
	教科书中例题的作用	188
	教科书问题解决的过程	191
	领域内实验研究和教科书问题解决	193
	理解问题修正	199
	图例对增进理解的作用	200
	提供文本图式	204
	小结	206
 第四部分 学习与专长的发展 /207		
导言		209
第八章	专长及其获得	211
	归纳	211
	图式归纳	213
	建立在图式基础上的知识	217
	问题解决和学习的模式	219
	ACT—R 中的技能学习	225
	学习的幂定律	234
	对于产生式系统模型的批评	234
	程序性知识发展的神经学证据	239
	小结	241
第九章	专家、新手与复杂问题解决	243
	专家与新手的区别	243
	专家更聪明吗？能力存在差异吗？	245
	技能发展	249
	知识结构	253

· IV · 问题解决心理学

	认知过程	259
	写作专长: 一项个案研究	265
	小结	272
第十章	结束语	275
	解决问题过程中的问题	275
	问题表征	277
	迁移	280
	学习	281
答 案		285
词汇表		289
参考文献		305

第一部分

绪 论

第一章 问题解决研究概述

我们在日常生活中每天都要面临一个又一个的问题。两岁婴儿面对的问题是该如何独自爬出他们的小床。青少年面对的问题是在他自己口袋里的钱比他所有的朋友都少的情况下如何生活。学生面对的问题是怎样完成家庭作业中的数学题。我们面对的问题是晚饭吃什么，怎样组织一个聚餐晚会，圣诞节买什么酒，当吸尘器坏了时如何修理。从小的简单问题到大的复杂问题，或者从小的复杂问题到大的简单问题，问题几乎无处不在。至少在某些情形下，对于那些有着解决问题经验的人们而言，问题的存在是显而易见的。这本书旨在讨论人们在尝试解决问题时，实际上做了些什么。

为了帮助读者掌握问题解决心理学中讨论的议题，我们需要定义一些术语，例如，问题的确切含义是什么？问题解决包括哪些过程？经典问题是否存在有用的解题方法，它如何能帮助我们尝试做出典型的处理？在问题解决的研究中采用什么方法？推动人类（和机器）问题解决研究的动力是什么？等等。

本章的目的是概述这些问题，并且解释本书的结构和书中提及的问题事例的种类。首先我们要了解“问题”的构成，并对本书将要出现的定义和概念作简要介绍。

何 谓 问 题

当您在曼彻斯特的家里想去圣·特罗伯兹海滨时，或者当您阅读教科书的一段内容后尝试去做后面的练习题，却又没有解题的线

索时，您的问题就出现了。在这些例子中，您现在的状态（在曼彻斯特）和您想达到的状态（去圣·特罗伯兹海滨）之间存在着差异。每一种“您想去哪儿”的情形就是一个“您喜欢在那里”的想像（或思考）状态。换言之，问题的一个显著特征是存在着一个您想达到的“目标”，而且您还不知道怎样才能达到目标。简言之，当您想做一件事情，却又不知道怎样去做时，便产生了问题。然而，也许下一个比较完善的定义才更合适（Duncker, 1945, p.1）：

“一个问题产生于一个活着的人，他有一个目标，但又不知道怎样做才能达到这个目标之时。每当他不能通过简单的行动从一种情境达到另一种需要的情境时，就要求助于思考……这种思考的任务是设计某种行动，这种行动能使其从当前的情境达到需要的情境。”

这个定义的要点是：如果您已经知道怎样根据已知的情境去行动（或系列行动），那您实际上就不存在问题。只有当您不知道采取什么步骤达到目标，或者必须采取中介行动时，您才算遇上问题。图 1.1 用图示概括地说明了一个问题和两种中介行动的确切含义。第一 一个问题存在于当您想从 A 到 B，而且道路被阻塞时

一种行动（见图 1.1 中的 b）是尝试沿着一条似乎能够指引目标方向的小路行动的示意图。如果您的问题是怎样到达圣·特罗伯兹海滨，那

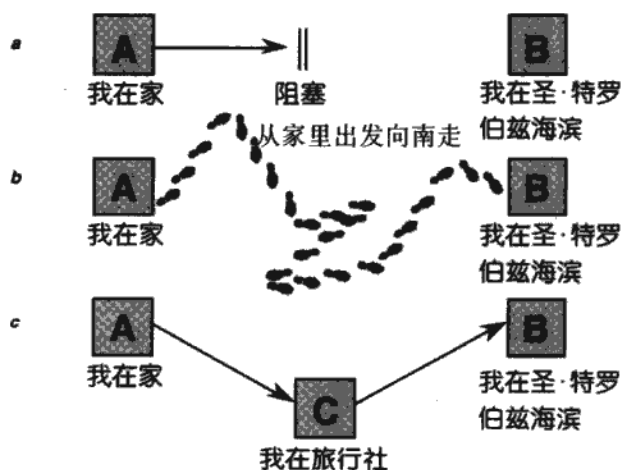


图 1.1 问题解决

么, 您这是在做实际看上去没有把握的行动。第二种行动(见图 1.1 中的 c)将使您更容易到达目标, 因为这是理智的行动, 比如, 您可以从旅行社了解到您想知道的任何事情。

按照已知的定义条件, 您能给下列问题分类吗?

A. $2+3=?$

B. $237 \times 38=?$

如果是同类问题, 为什么是?

如果不是同类问题, 为什么不是?

在活动 1.1 中, A 题不是一个真实的问题, 因为, 您可以从记忆中直接提取答案, 它不需要解题的中介步骤。B 题有点儿棘手。您有了一个解题的目标, 但是您可能已经知道怎样去解决这个问题。所以, 在这种意义上说, 您实际上也没有遇到问题。换句话说, 您可以用已有的知识去解决它。

安德森曾经说过:“问题解决被定义为任何指向目标的认知操作程序”(Anderson, 1980, p.257)。这个定义不能区分一个已经知道如何到达目标的行动程序和一个不知道怎样立即达到目标的行动程序之间的区别。第一种情况(即上述的 A 题)是经验的结果; 第二种情况(即上述的 B 题)是初学者面对的问题。换句话说, 问题解决强调的是邓克尔的观点, 即“当您不知道怎么做时, 您做什么?”(Wheatley, 1984, p.1, 引自 Frensch & Funke, 1995)。安德森较新的问题解决定义已经对问题解决的最初尝试与问题的“自动解决情形”作了区分。问题的自动解决“自始至终都不属于问题解决”。

问题解决起始于一个问题的表述或已知初始情境(称为问题的“初始状态”)。根据问题的情境和您已有的知识, 您必须为问题的解决而工作。当您达到目的时, 您就进入了问题的“目标状态”。在从初始状态到目标状态的过程中, 您经过了一定数量的“问题中间状态”(这种中间状态将在第二章详细阐述)。

在一些情况下, 您不知道进一步的答案是什么, 您必须去发现它。您怎么发现答案实际上并不重要。在一些问题中它是明确

的。而您是怎样获得精确答案才是重要的：“我不得不乘大卡车回去，因为我的轿车坏了”；“我必须吃掉这个家伙，将死它”。做课本上的练习题的关键是学会解决典型的问题。如果您所感兴趣的只是答案，那您可以把书翻到后面找到答案。例如，有时您要证明某个定理，定理是已知的，而证明过程才是重要的。

当然，当您对一个问题的答案仅仅有个模糊的想法时（尽管当您看到它时您有可能认出它），或者对这个模糊的观念您不知道是怎样产生的时候，您也算是面对了问题。承担撰写一份4000字的实验报告就是一个例子。问题是您能否写出4000字。另一个事例是折衷处理一项关于工业方面的争论。这是当您事先完全不知道可采用折衷的办法，或不知道怎样找到折衷的办法时面对的问题。

问题解决中，“解决”这个术语有两层含义：其一是找到了问题的最后答案；其二是找到了解决问题的方法（即解决问题的步骤）。从这本书中很容易看到“解决”的这两层含义。在书中所有问题解决的例子中，“解决”这个术语的含义不是第一种就是第二种。图 1.2 中的A代表问题的起始状态或已知的条件。B 表示目标或问题的目标状态。两者之间上方的连线隐含着复杂的解题步骤、问题解决的两方面的联系和从记忆中回忆出的有关信息。

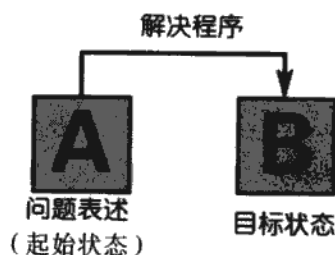


图 1.2 根据问题的表述表征一个问题，解决问题程序和目标状态

问题的分类

从寻找吃午饭的地方，到解决世界旅行的延误问题，到发现治疗癌症的方法，问题的种类很多。知道问题的多样性可以帮助

我们对其进行分类。正如您思考每一个问题时要思考怎样解决它一样,也要思考它属于哪一种类型。划分问题类型的维度很多,一种方法是看解决问题所需要的知识类型。例如,可以按照如下的标准进行分类:

1. 要用已有的知识来解决的问题;
2. 涉及目标性质的问题;
3. 问题的复杂性;
4. 问题本身是否告诉您解决问题所需要的一切,或者是否需要您自己得出您解决问题所需要的东西;
5. 当前的问题是否与您以前解决过的问题相同;
6. 如果您可以想出解决这个问题的步骤的话,那么,它是需要多步骤解决还是一步解决。

1.2

您遇到过下列问题吗? 解决它们需要什么知识?

1. 做一个原函数的反函数。
2. 解方程: $3(x+4) + x = 20$
3. 圆点排列问题: 从下面给出的圆点系列开始排列圆点。

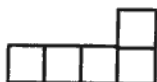


重新排列这些圆点, 使它们达到下列排列形式。



一个圆点只能移到相邻的空位上。一个圆点只能跳过一个另一种颜色的圆点。白色的圆点只能向右移, 灰色的圆点只能向左移。

4. 用16根火柴棍儿摆出下面的5个正方形。移动其中的3个火柴棍儿形成4个正方形。



5. 政府应该采用什么政策减少犯罪?

需要知识来解决的新问题

面对一个新问题，为了解决它，我们要尽量回忆那些我们所有的知识。然而，我们会推断出在活动 1.2 中的第 1 题对大多数读者来说是无意义的。因为，我们没有关于这个问题的知识，或者不能从记忆中回忆出什么有用的东西。而第 2 题对于大多数人来说可以一直求出答案。

第 3 题对您来说可能也是个新问题。但是，这一次您可能求助于几个一般的策略。这些策略是您在过去解决类似的问题时学到的。对于这个问题，您可以移动圆点，看它是否是您的解题目标所需要的。同时，一步一步地接近目标。在其他不相似的问题解决中，您可能从一般的假设开始，然后去验证它们，直到您找到解决问题的第一步。这些策略通常适用于各种范畴的知识，或者叫领域（domains）知识，所以，它们常被称为“通用领域”（domain general）知识。

换句话说，解决第 1 个和第 2 个问题需要的是一定数量的具体的知识。大多数熟悉领域的新问题需要的是我们过去解决此类问题的经验。在这种情况下，我们可以使用特定领域（domain-specifics）的策略。这些策略仅在这些特殊类型的情境中使用。例如：如果您必须设计在克里特的第一次假日旅行，您的策略就是去咨询旅行社。这个策略只用在决定假日旅行上。如果您的问题是聚餐晚会吃什么？那必然遭到旅行社代理人的拒绝。

在活动 1.2 中的一些问题有一个简单的结构。第 3 和第 4 题有简单的规则，而且对问题开始是什么样的和最后是什么样的有清楚的表述，即问题的起始条件和目标状态明晰。也存在一些要求您如何去做的限制性条件。例如第 4 题，您不能移动 3 根儿以上的火柴。在这些例题中，那些用很少的知识就能解决的问题就是“知识贫乏型”（knowledge-lean）问题。而第 1

题和第 5 题则是“知识丰富型”(knowledge-rich)问题。第 1 题需要大量循环性程序知识。如果您有这方面的知识,那解决起来就很简单。如果您是一个新手,就会感到非常困难。如果您没有这方面的知识,那么,这个问题对您来说就没有任何意义,因为您根本无法解决它。同样,第 5 题需要许多犯罪诱因方面的知识,可能涉及到政治学、社会学、犯罪法规、心理学等方面的知识。

不同的目标类型

正如前面提到的,一些问题明确地表述了它的目标是什么。解决问题的任务就是找到实现目标的方法。“圆点排列问题”就明确地给出了目标,问题是您怎样达到它。活动 1.3 中的第 6 题略有不同。这个问题的目标随着答案一起提出(即一定数量的法郎),但您不需要知道它是否是正确的(见下一部分)。第 7 题中给出的怎样达到目标的信息非常有限,虽然您可能对能否达到目标做了充分的估计。您可能感到紧张,因为,因此而被捕不是一个好主意。第 8 题有无数个解法,但却很难做出评价。不幸的很,它可能是一个不能解决的问题。

1.3

如果在解决活动 1.2 中的“圆点排列”问题中您的排列达到了目标,那么,您对解决下列这 3 个问题有多大的把握?

6. 圣·特罗伯兹的一个旅客要用 85 英镑兑换成法国法郎。如果兑换率是每英镑兑换 28 法国法郎,她将会拿到多少法郎?
7. 您的任务有两部分:一、找到并且破坏北方 MSR(主要供应路径, Iraq)区域内的线路;二、找到并且破坏飞毛腿……直到问题被解决,我们都不是真的烦扰您如何去做这些事情, (McNab, 1994, p.35)
8. 我怎样写一本任何人都能看懂的问题解决的教科书?

定义明确的问题和定义不明确的问题

像圆点排列这样的问题包含了解决它所需要的所有信息，这些信息描述了问题的当前状态（即起始状态），也包括了问题解决后的状态（即目标状态），解决问题所要进行的操作（算子，operators）也是清楚的。在圆点排列问题中操作就是移动（移动一个圆点）。同时，还明确地告诉您不能做什么（操作限制，operator restrictions）。由于支配问题解决的是思维，所以，作业操作的是心理“算子”。即使是多重操作的作业，例如口算需要用嘴说，但是它始终要受“算子”的支配。因此，算子就是知识结构。一个记住这些术语的有效方法就是记住起始状态（initial state）、目标状态（goal state）、算子（operators）和限制条件（restrictions）这些英文单词的头一个字母拼成的缩写词 IGOR。

问题本身提供了解决问题所需要的全部信息，这样的问题就是“定义明确”（well-defined）的问题。实际上，即使您知道了从哪儿开始做、向哪个方向努力、需要做什么操作，也难肯定地说您已经掌握了解决问题所需要的全部信息，比如您还不能说出操作时使用什么东西。比如，在一个代数问题中（例如问题2），有乘、除、加和减四种运算，但是，您可能还不知道怎样运用这些算子，或者不知道以什么顺序应用这些算子求出答案。

在活动 1.4 中的第 9 题与此不同。问题的起始条件是已知的，目标是找出为什么这个年轻男子的妻子经常喜欢看他输钱的原因，但是，问题没有告诉您解决问题的算子是什么，也没有告诉您限制的条件是什么。由于缺少这两个条件，所以，这个问题被看成是“定义不明确的问题”（ill-defined）。

在活动 1.5 中，如果您认为第 2 题是定义明确的问题，那么，您就知道什么算子是有用的。您也可能不得不设想可能的目标状态是什么。这是一个“知识丰富型”的问题。您需要用一定的知

尝试解决下面的问题：

9. 这个故事像一个笑话，说的是一个年轻男子有一次去请一个算命人看手相。当他听了算命人的预言时，他大笑起来，而且大声说算命人说的全无意义。年轻男子不知道的是，这个算命人是一个魔法无边的女巫。不幸的是，年轻人极大地触怒了女巫，所以，女巫把一个符咒投在年轻人身上。她的符咒将他变成一个既是强有力的赌徒，又是一个永远输钱的人。他不得不去赌博，却又赢不到一分钱。年轻人赌场失意，但却是情场得意。他刚刚与一个非常富有的女人结婚。她每天都十分高兴地陪着丈夫去赌场。她给他钱，当他在轮盘赌桌上把所有的钱都输掉时，她面带着幸福的微笑。就这样，他们一起幸福地生活到永远。为什么年轻男子的妻子这样喜欢看输钱？

识去解决它。如果您能想出与解决问题有关的知识，而且它确实能够填补题目中没有给出的信息（例如算子或目标状态），那么，这个问题也是一个定义明确的问题。如果不是这样，那就是一个定义不明确的问题。正如在活动

第2题（下面又重新写出）是一个定义明确的问题，还是一个定义不明确的问题？

$$\text{解方程：} 3(X+4) + X = 20$$

1.2 中的函数问题就是定义不明确的问题。因为您没有线索去写出函数的方程式。

迈克詹纳·欧姆罗和克罗尼克也提到过“抽象定义”（abstractly defined）的问题。这种抽象定义的问题与“定义明确”的问题具有共同的成分，只是把目标定义为抽象的术语。例如活动 1.2 中的“火柴问题”。如果您解决了这个问题，您的结果应该是这个问题的目标所表述的状态。

语义丰富的问题和语义贫乏的问题

另一种划分问题类型的方法是根据解决问题者已有的用来解决问题的知识的多少来划分。当我们遇到一个词时，在第一时间里，它的意义可能是不明确的。而再一次在另一种上下文中又遇到这个词时，它的意义可能就变得明确了。这是因为有了更多的语义联想 (semantic associations)。语义 (semantics) 是词的意义学习。您对一个词或者概念的意义 (您形成的联想和关系) 知道的越多，您的语义空间 (semantic space) 就越大。当一个人第一次遇到像“圆点排列问题”或“火柴问题”时，属于语义贫乏的问题。正如问题解决者所体验到的，能够用来解决问题的知识和经验非常贫乏。如同一个人第一次玩国际象棋那样，初学者没有下棋的经验。相反，对于一位专业棋手来说，他的下棋经验是“语义丰富的”。专业棋手具有有关开局、防守位置、策略、上千种遇到的棋局甚至整个比赛方面的丰富知识和经验。

相同结构的问题

请您考虑一下活动 1.6 中的问题，再重新考虑一下活动 1.3 中的第 6 题。从问题的表面来看，关于“用英镑兑换法国法郎”的问题与汽车旅行距离的问题是完全不同的两个问题。然而，这两个问题却具有相同的解决原理。也就是说，两个问题都使用相同的解题规则： $a = b \times c$ 。

在“汽车旅行”问题中，旅行距离等于汽车行驶的速度乘以所用的时间。在兑换货币的问题中，法郎的数量等于兑换比率乘以英镑的数量。尽管这两个问题的“表面

活动 1.6

解这个问题是否提醒您想起刚刚看到的任何其他问题呢？

10. 以平均每小时 40 英里的速度行驶的一辆汽车在 5 小时之后到达它的目的地。它行驶了多远的距离？

特征”(surface features)不同,也就是说它们表面上看来是处理不同的事情。但是,在它们的表面特征下面却有着相同的“结构特征”(structural features),即解决它们所用的原理是相同的。

除非注意到这两个问题涉及同一个简单的解题等式,否则,您不可能注意到它们具有相似性。

多步骤问题与顿悟

一些问题的类型可以按照解决问题所需要的决定性的步骤来划分。一旦获得解题的步骤,问题的解决就变得相当直接或非常迅速。它们被称为顿悟(insight)问题。例如,您可以思考一下活动 1.7 中的问题。

在您突然发现问题的答案之前,您可能会想到随意抽出您的袜子或者您可能集中注意 4 比 5 这一比例的作用。在火柴问题(问题 4)中,在您突然发现答案之前,可能拿着火柴棍儿移来移去。第 6 题是一个计算的问题,在放下硬币之前好长时间可能都是一个难题。

“你突然地看到了答案”“答案偶然碰到你”“硬币掉下来”这三句话的隐喻是强调在您没有发现任何解题步骤之前,“顿悟”常常是突然发生的现象。例如,在“圆点排列问题”中的必然情形。由于“顿悟”(有时把它称为“啊哈!”或者“我找到啦!”的经验)现象的直接性,心理学家们,尤其是格式塔心理学家早在 20 世纪的上半个世纪就把它作为一个专门术语用在问题解决中。实际上,它是系统研究问题解决的首要类型之一。

活动 1.7

解决下述问题:

11. 我有满满一抽屉袜子,黑色袜子和蓝色袜子的比例是 4 比 5。我得从抽屉中抽出多少袜子才能确保得到一双同颜色的袜子?

研究问题解决的方法

人们怎样解决问题的研究一直在进行着。实验心理学家倾向于给被试呈现问题，然后坐在后面观察被试怎样解决问题。问题被编成各种类型。典型的是，研究者控制问题呈现的指令方式，等等。研究者可以采用各种测量指标进行测量，如正确解决问题的数量、解决问题所用的时间、错误的类型、被试能够记住的解决问题的步骤数量等等。许多包含顿悟的问题解决过程的研究采用简单的询问被试（在解决问题时您是怎样思考的？）的方法来进行。通过分析这些有声的口语记录（verbal protocols），我们可以推断被试解决问题的过程。而且，由于口头报告所呈现的是人们解决问题的自然情况，所以，它可以作为问题解决的计算机模型的基础。

口语记录分析

口头报告的方法之所以被采用是基于这样一个事实，即思维过程被类比成信息加工的过程。计算机也是一个信息加工系统（information-processing system）。当我输入这些单词时，计算机能够把它们转化成1和0的字符串。这些字符串作为信息被计算机所理解。在我打字时，也会出现错误，例如，我常把“the”敲成“teh”。这意味着我不得不回过头来，点击“teh”，将其加亮，并更正为“the”。这是可以看得到的效果。然而计算机必须在内部编辑的0或1的字符串基础上进行操作运算。我们也可以让计算机浏览全篇文章，同时将“teh”更换为“the”；而计算机将再一次以0或1的字符串为基础进行操作以完成这一替换过程。计算机信息加工的方式就是对字符串进行操作。虽然计算机的实际运算过程对于作者来说是不可见的，但是其结果却能在计算机屏

幕上显示出来。

人类也可以被看成是拥有一个有限容量的短时工作记忆和一个容量巨大的长时记忆(LTM)的信息加工系统。短时记忆(STM)容量的有限性意味着系统在同一时间只能进入或储存少量的信息(Miller, 1956)。在以前,短时记忆被看成是一个相对被动的记忆系统。换句话说,工作记忆(WM)被看成是一种处于活动状态的短时记忆。工作记忆的功能包括从短时储存的信息中选择、操纵和释放信息(Baddeley, 1997)。按照这种较新的短时记忆的观点,我们能够把信息编码成初级的视觉或声音的信息(Baddeley, 1981),即我们能够用我们内心的眼睛看到表象,听到内心的声音。正如计算机一样,产生这些表象和声音的过程不会发生混淆,因为它们加工得很快,而且意识水平较低。系统存取的是这些信息加工的结果,而这些结果是能被看到和说出来的。当然,对这一点还存在争议(Ericsson & Simon, 1993)。研究者的工作是根据一些原理分析口头报告的材料,并允许推论口头报告下的信息加工过程。按照西蒙(Simon)和卡普兰(Kaplan)(1989, p.23)的观点:

口语记录通常所提供的直观信息是有关解决问题时所需要的知识和信息,而不是实际使用的加工过程。所以,有必要从口语记录的信息中推论出加工过程而不是尝试直接去编码这一加工过程。

艾里克森和西蒙(1993)的关于出声思考的理论详见信息栏1.1。

艾里克森和西蒙的(1993)“口语记录”理论

艾里克森和西蒙的“出声思考”理论认为有三种言语表述的内容。第一种是直接的言语表述。这种表述是被试简单地大声说出他们内心“正在说”的话语。例如,你可以查找一个电话号码,并通

过复述(也就是自己多次重复)将它保持在短时记忆中直到打电话时说出。这是相当容易的。因为,电话号码已经在短时记忆中被编码,所以,可以大声说出。直接的言语表述也包括比较复杂的作业。一般的非数学专业的人,当他们在心里做 48×24 的心算作业时就是在用言语编码解决问题。出声说出就是直接的言语表述。这种言语表述没有报告被试自己内部的思维过程,例如,他没有说出像“我正想像 8 下面的 4”这样的话。因此,这种直接的言语表述不会减慢正常问题解决的速率或者影响问题解决步骤的顺序。

第二种口头报告涉及到短时记忆内容的重新编码。这种类型的言语表述在一定范围内会减缓问题解决的速率,因为,被试要对信息进行重新编码。最一般的例子是当被试正在做一个表象作业时,要求被试出声表达他的思考。描述一个表象需要进行口头言语的重新编码。当信息加工的负荷过大时,被试就会感到进行言语表达的困难。因为,言语表述与正在进行的表象作业争夺有限的注意资源(Kapland & Simon, 1990)。根据艾里克森和西蒙的理论预测,第二种口头报告不会影响问题解决的顺序。

第三种口头报告涉及到解释。与第一种和第二种口头报告不同的是第三种口头报告要对所进行的操作作出解释或推理,这必然严重影响问题的解决。例如,要求被试口头或书面报告为什么在实际的问题解决过程中改变了后来的解题步骤(Ahlum-Heath & DiVesta, 1986; Berry, 1983)。与此类似的,要求实验组被试对课文进行精心的加工,回忆的成绩要比沉默的控制组好(Ballstaedt & Mandle, 1984)。这种作业虽然有益于问题的解决,而且回忆的成绩也有赖于精心的加工和提供的原因,但是,这种表述对打乱手头正在进行的作业是有责任的。在为行为提供解释的同时,打断了要解释的行为。更确切地说,我们不能总是认为被试的解释是准确地反映了他们实际使用的加工过程。正是由于这些原因,第一种类型和第二种类型的口语记录在分析人类问题解决的研究中应用得更普遍。

人工智能模型

既然人类的思维可以被看成是信息加工的过程,那么,人类的思维模型就可以用另一种信息加工装置的模型来类比。这种最一般的信息加工装置就是数字计算机,它可以用来模拟人类思维的某些方面。这种计算机模型仅仅等同于它们所依据的理论,而且只有当这些理论足够详细才能够建立相应的计算机模型。如果我们关于人类思维的理论特别充分,那么,就可以以此作为计算机程序的基础,该程序能够用例子说明(instantiates)它所依据的理论。建构心理结构模型有两种主要观点。每一种观点都侧重于人类认知的不同方面。因为,它们表征了心理结构,因此,被称为认知建构(cognitive architectures)。

对认知建构的理解如同对一座房子所做的建筑学思考(Anderson, 1993)。房子的居住者需要防雨,所以屋顶的形状是需要考虑的。房子的结构需要支撑屋顶和保持居住者温暖的墙。房子的特定部分需要具有特定的功能:居住者需要一个准备食物的地方、睡觉的地方、放松的地方,等等。还需要有进出的门和让阳光射入的窗。正如一座房子的建构一样,一个认知的建构包括需要保证认知的特定结构,不同的部分具有不同的功能:一部分需要储存信息,另一部分用来加工从外部进入的信息,等等。

一种被称为产生式系统的建构,强调以下事实:即我们的多数行为,尤其是问题解决行为,是受规则支配的,或者说是按规则组织起来的,而且在性质上常常是序列性的(我们一个接一个的思考问题)。另一种观点是联结主义的,这种建构强调学习和分类,以及我们怎样能够自然地例证中提取一般性知识。由于我们这本书主要论述一般问题解决的意识经验,所以,在第四章和第七章中着重讨论了产生式系统的有关问题。而对联结主义没有进行进一步的讨论。

本书讨论的三个问题

这本书论述问题解决心理学研究的三个主要问题：我们怎样表征给出的问题及问题解决的过程如何？在不同的学习内容中，我们学习什么能扩展它的应用范围？我们怎样从问题解决中获得经验？为了回答这三个问题，这本书的剩下内容分为三个部分：第二部分包括问题的表征、问题解决的过程和策略；第三部分包括学习迁移和相似性推理；第四部分论述问题解决专长的学习和发展。

问题表征和问题解决的过程

“大前提”是首先我们怎样形成问题的表征。表征是什么？我们怎样定义它？为了使问题解决变得容易一些，对于改变我们的问题表征，我们能做些什么？

贯穿本书的关于人类思维的一个普遍观点认为：运用我们可能利用的信息来解决问题要比忙于做出推论容易得多。这就是说，我们要善于利用环境中默默呈现的信息（又见 Gigerenzer & Todd, 1999）。问题的表述对人们怎样解决问题有极大的影响，这种观点贯穿全书，但重点在第三章和第八章中论述。

第二部分讨论了问题表征的特性和我们怎样加工我们可以利用的信息。第二章详细论证了在概述中提到的一些要点，并且原则上着眼于定义明确的问题。问题解决技能的研究随处可见。研究者刚刚认识到的是，难题的用处在于说明问题解决者在问题的作业领域（问题的上下文）和集中在问题表征和过程上的知识，而不担心问题解决者有多少预备知识用在问题解决过程中。在第三章着眼于格式塔心理学对定义不明确问题的顿悟研究。解决顿悟问题其实是一个确定问题的正确表征的问题。顿悟问题的早期研

究和类似的研究倾向于重点谈论我们为什么在解决顿悟问题时经常犯错误。关于顿悟问题的重新评价在信息加工心理学中有了新的亮点。

学习迁移问题

第三部分着眼于学习迁移和类比问题解决 (analogical problem solving) (通过类比解决问题)。对于心理学家来说, 迁移是一个问题。因为, 在类比迁移(analogical transfer)的研究中出现了似是而非的说法。首先, 支持这一观点的理由是我们似乎能把过去解决问题的经验应用到新的相似问题的解决中。然而不幸的是, 我们往往不能认识到先前解决的问题会对我们当前试图解决的问题有所帮助。更普遍的观点认为, 学习一个学科的知识似乎不会对我们学习另一个学科的知识有所帮助。技能不能直接地迁移, 它们通常受专业领域的限制。不过学习的一些方面在一定程度上还是存在迁移的。如果我们要写一篇社会学方面的文章, 我们会发现, 学习怎样建构和讨论地理学问题的文章对此可能是有帮助的。第四章涉及一些迁移方面的一般问题。

如果我们要用一个例题来帮助我们解决另一个问题, 那么, 两个问题之间一定要有某种相似性。第五章我们在一定深度上定义相似性的不同特征。由于某些原因, 问题可能是相似的: 它们可能是表面上相似(例如, 它们好像涉及相同的目的); 或者, 它们的相似性可能是由于具有某些相同的抽象性质(例如它们可能是有独立前缀的德文单词)。更重要的是, 它们相似是因为它们可能具有相同的解决问题的结构(即结构相似性)。

第六章论述类比问题的解决过程。如果您面对一个新的问题, 而且它的某些特征使您想起了以前的知识, 那么, 引起回忆的可能性是建立在两个问题表面相似性(surface similarities)的基础上。表面相似性是类似于两本不同内容的书都是绿色的封面这样

的特征。当一个新问题的表面特征几乎没有与您以前熟悉的特征相似时，您就没有回忆有关旧知识的机会。实际上，我们在识别新旧两个问题的相似性方面并不是很好，除非是我们明确地回忆起那些在某些方面是相同的旧知识。在相似问题的解决中，相似性启动的是长时记忆中与其最相似的一个问题。在相似问题解决中的另一个困难在于调整相似性以促进当前问题的解决。第六章也看重论述相似性在教学设计中的重要作用。

第七章则着重探讨如何利用相似性来提高教科书的教学作用。这一章里所说的相似问题的解决不同于我们在第六章里所提到的相似问题的解决。在这一章里讨论的是不同学科领域间的相似性。教科书里提供了学生用来解决练习题的例题，这是本领域内的相似性。当学生在第一时间里学习某些知识时，他的长时记忆里不可能有与之类似的问题。他们只有一本教科书。教科书里一般有解释解题步骤的例题。但是由于学生是一个初学者，他们不可能完全理解例题。所以，调整例题以利于解决练习题可能是非常困难的。

我们从曾经解决过的问题中学习什么

第四部分紧随学习迁移和教科书问题解决的讨论之后，着重论述我们怎样从例题中进行学习。第八章关注的是问题解决和学习两者的内在联系：

1. 我们怎样从经验中提取问题的结构。这个问题结构或问题图式（problem schema）可能会使我们识别同类型的新问题，并且获得潜在的有用的解题策略；
2. 我们怎样从具体的例题中抽取出一般的解题规则。这就是所谓的规则产出(rule induction)。

这部分也涵盖了问题解决的人工智能模型和学习以及认知建构。学习的终极目标是成为一个专家，至少对一些人是这样。因

此，第九章讨论专家和新手的有关研究，并着重于他们之间的区别。这一章还讨论了复杂问题的解决。复杂问题是专家处理的一种问题，而且它不同于最初问题解决研究的难题。本章以着眼于写作专长的一篇摘要作为结尾。

小 结

1. 问题解决包括发现达到目标的途径。有时目标是显而易见的，有时只有当您见到它时才能够再认它。
2. 问题可以做如下的分类：
 - 知识贫乏型问题，问题的解决只依赖较少的知识。您可能只运用本学科内的一般性知识来达到目标。这些一般性知识是适用于许多问题解决类型的一般策略和方法知识。
 - 知识丰富型问题，这种问题的解决需要使用大量的已有知识；这样的知识是专业领域的知识，即它们仅应用于特定的领域。
 - 定义明确的问题，即所有解决问题所需要的知识或者明确地给出，或者能够被推论出来。
 - 定义不明确的问题，即问题的某些方面，例如您应该做什么，仅仅被含糊地陈述出来。
 - 语义贫乏型问题，即问题的解决者只有少量问题类型的经验。
 - 语义丰富型问题，即问题解决者具有许多问题类型的经验。
 - 顿悟问题，在问题被解决之前通常伴有“啊哈！”经验。
3. 研究问题解决使用的方法包括：
 - “实验室”实验法。在这种方法中，变量被控制，问题

的解决在研究者的控制之下。

- 口语记录分析法。问题解决者在解决问题的同时大声说出，然后，分析说话的记录。
 - 人工智能模型。人类解决问题的理论被编成计算机的运行程序并且通过程序运行的检验。不同的“建构”类型能够模拟人类思维的不同方面。
4. 有三个关于人类问题解决的重要问题贯穿于本书，它们是：
- 当我们不知道做什么时，我们怎样形成一个问题的内部表征和问题解决的策略。
 - 在一种上下文中所学到的知识和技能能够被迁移到另一种上下文中去。这里也包含思维相似性的作用。
 - 学习的过程和专家的形成。

第二部分

问题表征及问题解决过程

导 言

设想一种情境：您是位家长，通常在上班时顺道把女儿送到学校。有一天，你们俩都钻进了汽车却发现车子无论如何启动不了。您会怎么做呢？

为了讨论起见，我们假定：您要尽快去上班，您女儿要尽快赶去上学，这对你们来说很重要。但是您又必须修理车子。您决定叫辆出租车并且给修车厂打电话请他们出来检查一下。这时您意识到修车人员会需要一把车钥匙。在您等出租车的时候您给修车厂打了个电话解释一下情形。您说您会在上班途中将钥匙留给修车厂。好了，到目前为止，一切顺利。下一个问题是晚上您怎么回家，怎么把女儿从学校接出来。您想好了，最简单的办法是下班时乘公交车，在距离修车厂最近的那一站下车，取走车钥匙（假定车子并没有大的问题）。然后，您就可以去女儿的学校接女儿。她可能得在学校等上一会儿，不过幸运的话，她也许不用等上一刻钟。

五分钟后，出租车到了。

这个小故事的关键之处在于：要解决这个问题，您所要做的除了打电话以及思考之外就是站着等了。在您实际做出行动之前，设想或者说考虑一下行动的结果以及行动的步骤是非常有利的。但是，思考究竟意味着什么呢？思考涉及到对某种情境的推理，如此一来，我们的大脑中就必须有关于这一情境的若干动态“模型”。我们对这个心理世界的模型的任意变动应该是反映了现实世界的变动。那么，这个心理模型或者说心理表征（mental

representation) 来自哪里呢?

在开始某种有意识的问题解决活动之前,解决者首先应该理解问题。理解问题意味着根据当时的情境或者说问题表述以及个体先前的知识在大脑中建构出某种对问题的表征。在心理表征中才有可能对问题加以推理。因此,产生一个有用的心理表征是成功解决问题的一个最重要的因素。

我们形成了怎样的问题表征呢?当我们谈到心理表征时我们指的是信息编码的方式。“rabbit”(兔子)这个单词可以通过视觉代码加以形象的表征,还可以通过听觉代码来表征。我们也知道“rabbit”的含义,因此,也存在语义编码(一种有意义的编码)。我们对来自问题情境的信息进行编码的方式通常是听觉和视觉形式。比如,当我们读到一段文章时,不仅仅对那些得到清晰表述的信息进行编码,也会附加一些推论以便弄懂文章的意思。大部分这样的推论是自发产生的,我们经常意识不到我们已经做了推论。布瑞斯佛德、巴克莱和佛莱克斯(1972)给人们呈现了以下语句:

1. 三只海龟在一根漂浮的圆木上休息,一条鱼在它们下面游来游去。

在这之后给他们其中一些被试进行了再认测试,其中包括这个句子:

2. 三只海龟在一根漂浮的圆木上休息,一条鱼在它下面游来游去。

布瑞斯佛德等假定被试会做出“鱼在圆木下面游”的推论(要注意这并不是原始句子的陈述)。实际上,在再认测试中呈现第二个句子的部分被试和在再认测试中呈现原始句子的被试一样,都坚信原始的表征。此处的症结在于个体基于阅读而形成情境记忆中可能包括了个体在建构文章的表征和提取文章的表征的同时所做出的那些推论。

所以呢，问题解决涉及建构问题情境的心理表征，包括您在阅读问题时做出的推论，它们将使您采取行动。换句话说，对于有用的心理表征来说，必须包括一些基本特征，即您所能做的要能使您从原始问题情境逐步达到目标状态。接下来的问题是，如果您对主题了解不多，或者您先前从未尝试过这样的问题，那么您对问题的理解可能不是很理想。格拉塞（1984，p.93）对此的解释是：

在分析问题的最初阶段，问题解决者尝试通过对原始的问题表述做句法分析来“理解”问题。这一内部表征的质量、完整性和一致性决定了进一步思考的效率和准确性。而问题表征的这些特征是由问题解决者先前的知识以及知识的结构所决定的。

这并不是说在开始解决问题之前表征必须“完全”。如果您对问题已经有了“完全”的表征，那么您也就没有问题了，因为您清楚地知道怎样从当前所处的状态达到想要的状态。问题仅仅在不能立即看出如何从您现在的位置达到目标位置时才存在。一个充分的表征应该至少能令您明白您能采取的步骤，以及使您开始向目标前进。第二章的内容即是我们如何建构问题的心理表征以及我们如何利用问题的心理表征来解决问题。

不过，也有这样一种情形：那些原始的问题表征使得我们一无进展。此处难点在于要找到一种不同的问题表征方式（有时也被称为“横向思维，lateral thinking”，尽管对问题进行再表征的概念在这一术语产生之前早已存在）。不过，仅仅知道您应该找出一种新的表征问题的方式并不能给您实际上的帮助，但是您还必须得找到这一新的表征方式。而且，当一种新的表征方式浮现于脑中的时候，问题通常就迎刃而解了；或者至少您就知道了该怎么做能使您尽快地解决问题。这种涉及先有阻滞直到突然知道怎么做的问题解决方式称做“顿悟”，这是第三章的主要内容。

顿悟并不仅限于所谓的“问题顿悟”，同样的现象在解决教科

书中的几何问题或者解决日常生活问题时也可能时有发生。在此，原始的表征可能极为无用，仅仅在找到新的表征时，成绩差的学生或者学习障碍学生（DIY）才能应用这套由于产生了新的表征从而显得简单的解决方案。因此，问题顿悟的研究能有助于我们理解日常问题以及教科书中的问题。

第二章 特征性问题解决

正如第一章所述,某些类型的问题可以按照一套清晰又完整的规则加以解决。从大体上说,这套规则能使您从问题开始描述的状态(起始状态)逐步达到目标状态。多数这样的问题并不依赖于知识,也就是说,要解决它们并不需要多少专业知识。第一章也指出了其实这些问题在日常生活中很罕见,尽管这些是信息加工心理学在过去用了大量时间加以研究的典型问题。那么为什么要研究它们呢?

第一,实验者事先已知道了一个“完全理智”的解决者要解决这一问题所可能采取的所有途径。因而实验者能集中考察人们使用的策略而不是问题本身,也能考察人们在重复多次这样的问题解决后能力是如何得以提高的。实际上,如果您准备花上足够的时间,您就能看到“专长”的出现。

第二,在采用界定清晰的问题的实验中,被试一般对呈现给他们的不依靠先前知识的问题一无所知,这就使得心理学家可以考察一个人如何建构问题的有用的心理表征。而且,为了探索问题解决中的核心环节,通常有必要控制被试间变量,而知识就是问题解决中干扰实验的一个被试间变量。

第三,由于问题结构通常相当清晰,心理学家们能够通过呈现具有相同结构即类质(isomorphs)和不同表述(cover story)的两个问题来考察从一个问题到另一个问题上学习迁移的普遍性特征。例如,与河内塔问题“类质”有关的一些事例有:走钢丝的杂技演员,带球的怪物,哈姆雷(Himalay)的茶仪式等。这些问

题都具有不同的表述。因而我们得以了解人们在理解表述不同的问题上存在的差异。或者，我们得以了解我们能把在一个问题上所获得的知识应用到同类问题上的前提条件。

信息加工的观点

思维和问题解决的信息加工观很大程度上得益于 A. 纽厄尔 (Alan Newell) 和 H. 西蒙 (Herb Simon) 的研究，这种观点在其著作《人类问题解决》中有过详细的阐述 (A. Newell & H. Simon, 1972)。实际上，他们的人类及计算机问题解决模型可被称之为问题解决模型的模型，可被用来解释更大范围内的思维研究 (参见 Ericsson, Hastie, 1994)。这种问题解决模型可以与记忆模型相媲美 (Atkinson, Shiffrin, 1968)。

为了理解纽厄尔和西蒙的模型，我们来举一个简单的思维方面的例子。花上点时间做一下活动 2.1。当您解决问题时，要努力使自己意识到您是怎么做的，尝试去设想您要经历的每一个步骤。

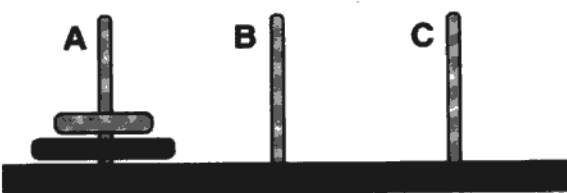


图 2.1 河内塔问题的简易版本

看一下图 2.1 中河内塔问题的一个简易版本。仅通过您的想像，怎样在三步之内将 A 柱上的两个圆环移到 C 柱上去，同时注意：

- 每次仅能移动一个圆环从一柱到另一柱；
- 您不可以将大圆环放在小圆环之上。

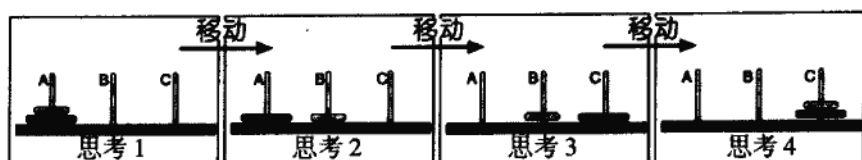


图 2.2 解决两个圆环的河内塔问题中想像的转移步骤

您在心中对这一问题的解决可能会类似于图 2.2 中所显示的情形。运用图 2.1 的图解您可能会形成一个类似于图 2.2 中“思考 1”的心理表象。活动 2.1 描述了问题在开始时的“状态”（起始状态），而“思考 1”仅是模拟问题的起始状态的一个心理表征。问题最后的状态（目标状态）可被表征为“思考 4”。在此要注意，在活动 2.1 中并没有对应于“思考 4”的图解。反而您要通过目标状态的语言描述去建构相应的表征。在这两个状态中间是过渡状态，即“思考 2”和“思考 3”，而且您每次仅移动一个圆环。所有这些考虑不是现实操作而是在头脑中进行的。您在头脑中创建了一个问题模型并在这个模型中解决问题。当我们读到对一个问题的表述时，就像活动 2.1 中的那样，我们就把所有认为相关的信息放在一起去建构问题情境的内部模型。内部的模型对应于外部世界中特定的具体情境，这使得我们能对外部情境进行推理。如此一来，您得运用在问题表述中关于该问题的相关信息。那么理解过程指的就是在问题陈述中所提供的关于目标状态、起始状态、您不能做的、您应采取的操作的信息以及在您个人先前经验的基础上去建构“问题是什么”的内部心理表征。例如，过去的经验会告诉您将小圆环从 A 柱移到 C 柱再由 C 柱移到 B 柱纯粹是浪费时间。当您将每一种状态下关于问题的知识都了然于心时，每一个“思考”就对应于一种知识状态（knowledge state）。

您或许早已意识到您的思维进程的另一个特征，即思维是连续的。这就表明您的想法是相继出现的，正如图 2.2 所显示的那样。我们大部分的思维是有意识的、连续的这一事实的重要性在

于, 我们通常能把所思考的内容很容易地用语言表述出来。我们可能会在头脑中听到这样的声音, 比如“好的, 小圆环放那里……不, 放那儿。然后, 大圆环放那里……”等等。事实上, 对许多人来说, 把问题大声说出来有助于他们解决问题, 这可能是由于对他们所说内容的听觉记忆有助于减轻工作记忆的负担(工作记忆主要负责贮存和加工信息的记忆部分)。许多问题解决可用这种方式进行言语表述, 这给心理学家们提供了一个新的途径去找出人们是怎样解决这些问题的(Ericsson & Simon, 1993)。

接下来, 要注意您从一种状态转换到另一个状态仿佛正沿循一条穿越问题的途径。如果您先前扫视一下图 2.3 和图 2.4, 您就会发现这一问题的较难版本涉及到大量的选择问题。实际上, 在简单版本中您也面临着一开始是将小圆环移到 B 柱还是 C 柱的选择。由于问题难度加大, 您要用最少的步骤来解决问题的话, 应该做何选择就不是那么显而易见的了。在这种情形下, 穿越问题的理想途径并不清楚, 您必须搜索正确的途径。

您或许还意识到了您可能很难一时将所有必要的信息都贮存在头脑中。尝试一下活动 2.2, 并在进行的同时对您的思维进程加以注意。

活动 2.2

尝试在心中计算 243 乘以 47。

像活动 2.2 这样的作业是用来唬人的, 因为我们工作记忆的容量是有限的, 我们一段时间仅能在脑中保持有限的信息量, 一旦超载, 就会发生遗忘或在问题中一筹莫展。信息栏 2.1 中列出了我们的信息加工容量有限的另一些例子。

信息栏 2.1

加工限制和符号系统

问题解决的信息加工观是将问题解决看做信息加工系统(问题解决者: 人或计算机)和任务情境(其中的问题)之间的交互作用。

通过把人类问题解决者定义为一个信息加工系统 (IPS), 纽厄尔和西蒙发现人类信息加工与其他类型的信息加工并没有质的区别。一个 IPS 是以符号或符号群的形式来加工信息的, 并且人类 IPS 在信息加工过程中有许多限制。这个信息栏大体上列出了人类问题解决中加工限制的概况以及符号、符号结构和符号象征的所谓何意。

加工局限性

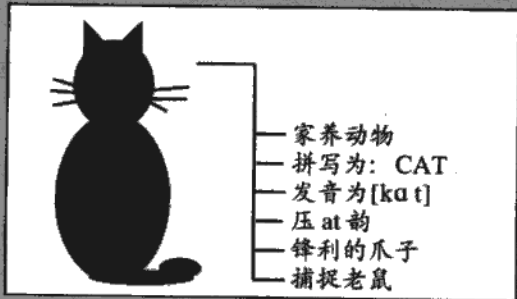
人类信息加工系统有特别的局限。表现在:

- 一段时间在工作记忆中保持加工的数量;
- 信息编码的能力——我们可能意识不到一项任务的某些方面是相关的, 我们可能也没有能力对同时由功能观获得的所有信息进行编码;
- 贮存信息的能力——某一时刻的记忆可能会受到后来记忆的干扰, 或者受先前期望的破坏 (参见 Brewer 和 Treyns, 1981);
- 提取信息的能力——正如你已意识到的, 人类记忆是易犯错误的;
- 保持积极的动机和唤醒水平的能力——我们变得烦躁、厌倦。

符号、符号结构和象征

纽厄尔和西蒙将人类问题解决者视做一个信息加工系统。一个 IPS 使用符号来对单个信息进行编码。换句话说, 一个符号就是某个事物的表征。符号类似于语句中的单词, 图画中的物体, 方程中的数字和运算符号等。这些符号组合成某种模式就成为符号结构。所谓知识就是贮存的符号及符号结构。下面一例是“cat” (猫) 的一个符号结构。

在短语“猫坐在草垫上”中特定的单词“猫”就被认为是个符号象征。对于符号本身来说, 符号象征指的是信息加工者。当你读到短语“猫坐在草垫上”时, 你加工个别的单词。加工单词“猫”(cat) 意味着接近你已贮存的关于单词



“猫”(cat)的知识,并提取其中的一些使得加工(有时也称为“运算”)继续进行:

……当加工“猫坐在草垫上”(这本身只是某种自然结构)时,某些方面的局部运算(加工)遇到了“猫”这一单词,必须由“猫”开始扩散到与其有关的一组知识(已编码的),并且要将一些表明所指的确是“猫”有关的、单词“猫”是个名词(也有其他的可能)等等的信息反馈回去。确切哪些知识被提取以及它是如何组织的取决于加工计划。在任何情况下,象征词“猫”的结构都不会包含所有必要的信息,可能在其他地方贮存,必须接近它然后提取出来。

Newell, 1990, p.74

分析定义明确的问题

为了研究问题解决的过程,首先我们需要找到一条分析任务的途径。我们将从定义明确的问题入手,比如符合IGOR格式的河内塔问题。也就是说,它们具有清晰的起始状态、清晰的目标状态,也给出了所应进行的操作和限制条件。图2.3给出了河内塔问题的起始状态、目标状态、操作及限制条件。

图2.4显示了进行两次转移操作所能达到的不同状态。在状态1中,只有最小的圆环可以移动,有两个柱子可供它移放。如果解决者把它放在C柱上,那么问题就成了状态2的情形。在状态2中,可以做三个转移:最小的圆环从C柱移回到A柱,则解决者回到了问题的起始状态;或者将最小的圆环从C柱移到B柱形成状态4;再将中等大小的圆环移到B柱形成状态3。如果这么分析下去,那么结果您将得到一张包含各种可能状态和所有从一种状态到另一种状态转移的图解。尽管在河内塔问题中您需要进行的操作仅仅是“移动”,但其他的问题可能涉及大量的心理操作。因此,您最后得到的图解就被称为状态-行动图(state-action

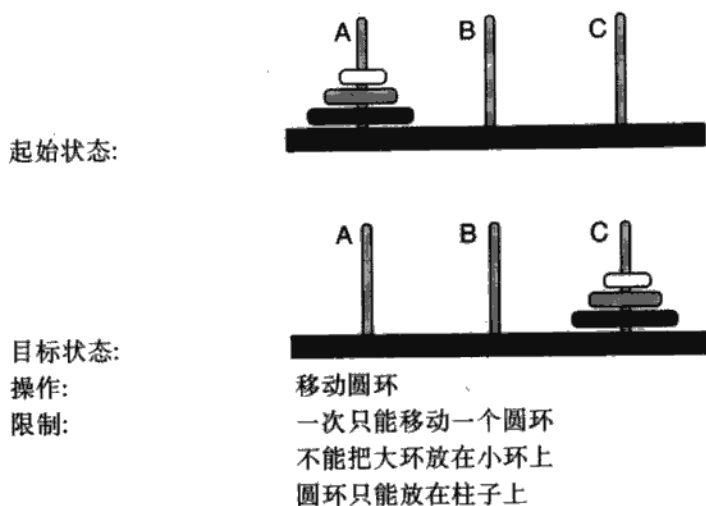


图 2.3 河内塔问题的起始状态、目标状态、操作及限制条件

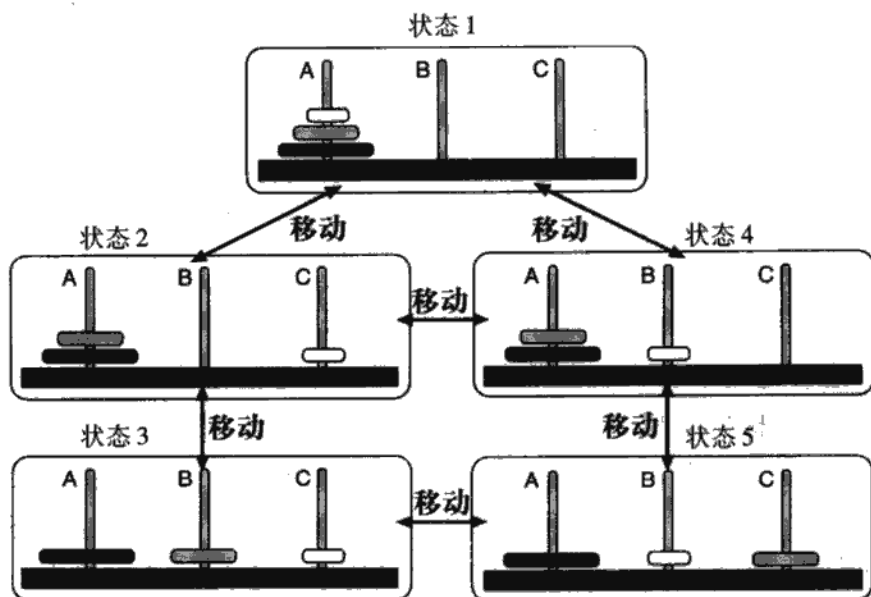


图 2.4 河内塔问题中两次移动后所能达到的可能状态

diagram) 或状态空间图 (state space diagram)。

状态—行动空间

想通一个问题可能有点像在一座不熟悉的复杂建筑中(比如大学校园或医院)找到一个房间。假定您必须到一个复杂建筑的A313房间去,最初您寻找道路的尝试可能包括对该建筑的大致探索。这种最初的探索,即您试着去收集关于您的“问题情境”的有用的信息,可被看做是理解问题的尝试。您发现这些建筑有名字而不是字母代码。而且,有座建筑是 Amundsen 楼。由于它是以 A 字母开头的,您猜测(假设)这就是您要找的那座,于是您决定查个明白(验证假设)。您进去后,四下寻找上三楼的途径(进入相关的操作)。您看到了一个楼梯,挨着它的是电梯。您乘上电梯。当您到达三楼后,您看到左边走廊和右边走廊前端各有一个休息室。左边休息室的门外有一标牌写着“301—304, 321—324”,右边休息室门外的标牌是“305—308, 317—320”。您想去的是 313,那么现在怎么做呢?(顺便提一下,答案在第 285 页上。)

找房间类推过程将问题解决比作在三维空间中进行搜索。包含问题情境的某些特征是有用的,至少能让您进行推理。房间号码在一定范围内是连续的,尽管并不清楚为什么也有跳跃(间隔)。而且,在尝试找出穿越这个方法中,您唤起了已有的知识引导您的探索。找房间的问题确实是定义得相当清楚的,因为,您知道您在哪儿,您知道您想去哪儿,您知道怎么去那儿(走路、乘电梯、爬楼梯),虽然您确实不知道该走哪条路。

活动 2.1 显示了问题解决可以看做是从问题的一个状态转移到另一个状态。当您进行转移时,您对自己在问题中所处状态的了解是不断更新的。也就是说,您经历了一系列的认识状态。如果您继续分析河内塔问题中每一种状态所有可能的选择情形,像在图 2.4 中那样,您将最终得到一个关于该问题的搜索图(图 2.5)。

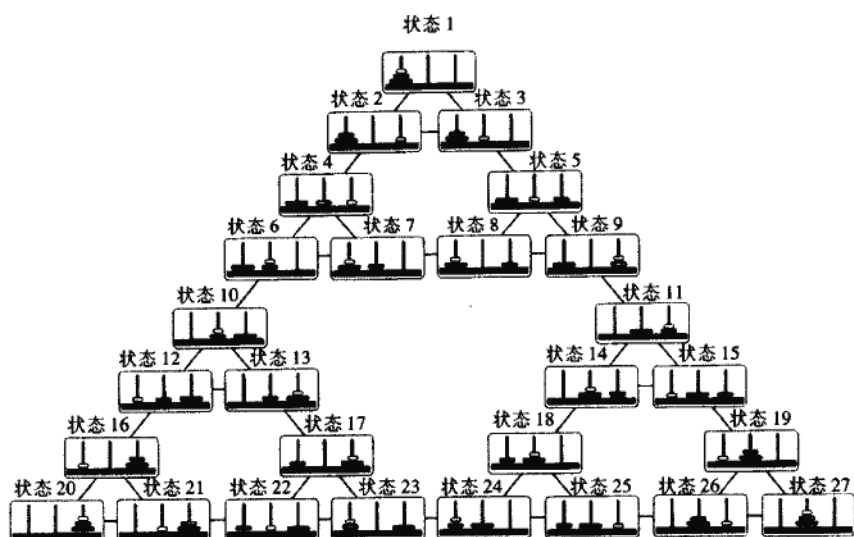


图 2.5 三圆环河内塔问题所有合理移动的状态空间

在图中您可以看到除了三角形顶端的三个状态只有两种选择情形外（见状态1，状态20，状态27），其余每种状态都与其他三种状态相关联。图2.5给出了完整的三圆盘河内塔问题所有合理转移（移动）的状态——行动空间或简称状态空间。在这种树形图中，树生枝的位置称做结点（nodes）。所以，所有带标号的状态都是这个状态空间图的结点。我们先前提到的“圆点排列问题”有一些空端以及再不能有任何可能移动的目标状态，这些结点称为终结点（terminal nodes）或叶结点(leaf nodes)。

一个问题中所有可能的状态空间，如图2.5所显示的那样，“代表了一个无所不知的观察者对问题结构的看法”（Kahney, 1993, p.42）。比如，在活动1.2中的圆点排列问题上您可能会达到成百上千种可能的状态。没有一种系统，无论是人还是计算机能穷尽一盘棋所有的状态空间。实际上，一个典型的棋局的问题空间估计有 10^{120} 种。这就意味着我们对问题的心理表征在某些方面可能会完全枯竭。反过来也就是说，穿越问题的途径可能并不

都很清楚。纽厄尔和西蒙（1972）将我们所形成的问题表征称为“问题空间”（problem space）。

一个人对问题所作的心理表征，作为一种个性化的表征，是不能“以一种客观事实的方式进行说明和描述的”（Newell & Simon, 1972, p.59）。不同的信息源相结合形成了问题表征。主要的信息源有：

任务情境 问题本身是建构一个恰当的问题空间的最重要的信息源。它定义了起始状态、目标状态，可能还提供了关于如何操作和限制性的信息。如果问题表述得越不一般，也就越能影响人们的理解。而且，问题是出现于一种上下文背景中的，这种背景可能也会影响任务的进行。

对状态、操作和限制的推理 在问题陈述中遗漏的信息可能必须借助长时记忆加以推理。对解这样的一道题“ $(3x+4)+x=20$ ”来说，没有提供操作，解决者必须从长时记忆中搜寻到相关的数学运算知识。解决者还得去猜最终的目标状态可能是什么，以便达到时能辨认出来。

背景推理 我们可能需要从背景中做出其他的推理。例如，一个问题是这样的：一辆车在比另一辆车晚出发半小时的情况下赶上了它，那么解决者将（可能）推断当两辆车相遇时它们行驶的路程是相同的（也可参见Kintsch, 1998 (on understanding text); Nathan, Kintsch & Young, 1992）。

先前与该问题有关的经验 解决者可能拥有与当前问题或情境相同的经验，可以提取出来帮助解决问题。

先前一个相似问题的经验 解决者可能会发现先前一个表面上看来与当前问题的解决无关的问题，其结构（即本质）与当前问题的解决有关。例如，一道“汽车以一定速度行驶所经过的路程”的问题所建立的等式可能与货币兑换率的问题所建立的等式一样，尽管二者领域不同。这种情形出现的可能性是相当小的，可

一旦出现,就可能出现所谓的“顿悟”(见第三章)。

错误信息 解决者可能会基于对问题某些方面的错误理解而形成问题空间。根据纽厄尔和西蒙的观点(1972, p.76):

搜索空间的结点所代表的状态不必与外部世界的现实状态相对应,而可能是想像的状态。因为,对于问题解决者而言,它们是在头脑中形成的。反过来,这些状态可能是由那些并不满足条件的操作导致的。

例如,某个人或许会决定在三圆环河内塔问题上一次移动三个圆环,而没有意识到或回忆起每次仅能移动一个圆环的数量限制。

解题步骤 从一般的问题解决经历中,问题解决者获得了大量将外部情境信息(如河内塔问题中对问题的书面表述、圆环及柱子的状态等)与个体长时记忆中的信息相结合的操作程序。因此,解决者能形成特定情境的启发式以解决问题。例如,在一个纵横填字字谜游戏中,问题解决者可能会挑出那个他认为变换一下位置就可构成另一个单词的字母,并把它填在空格中以便于问题的解决。

外部记忆 外部情境可能含有问题所处状态的线索。比如,河内塔问题中,在您每移动一个圆环使它变为一种可见的新状态时,这种状态都会提供关于问题当前状态的明确信息。与之类似,在您解加减运算题的时候,顺手写上的数字或符号都可作为一种外部记忆(external memory)用来帮助我们尽量保持工作记忆中的信息。如今,日记、记事簿、电子工具、储存在移动电话中的电话号码等都是外部记忆的形式。

指导语 纽厄尔和西蒙(1990)进一步指出问题空间来自于指导语。在一个关于反应时的心理学实验中,一般在特定的预备实验之前都会给被试特定的指导语;而在正式实验之前也会给出指导语。当被试进入实验室时,指导语就给他们提供了实验的情境及他们应做什么的要求。

所有的信息源结合起来就构成了个体问题解决发生的空间。它们为我们定义了问题的结点（状态）以及按照某种从一个结点到另一个结点移动的策略而形成的结点间的关系。海斯（Hayes, 1989, p.53）列举了下面一个问题空间的例子：

问题解决者如何寻找解决办法呢？打个比方，我们假定一个人走迷宫，迷宫的入口是问题的起始状态而出口是目标状态。迷宫中的道路，包括那些支路和死胡同相当于问题空间。也就是说，相当于解决者可能会选择的移动步骤。

纽厄尔和西蒙认为，问题解决就是找出穿越问题空间的路径（找到穿越迷宫的道路）。由于工作记忆容量有限，我们仅能注意到当前的几步而可能记不住之前曾经历过的所有状态。图 2.6 尝试着去捕捉个体在理解一个新问题时可能运用的部分信息。图中的阴影部分说

明这一事实：我们仅能意识到当前的几步，在某一时刻我们的工作记忆中可能仅贮存着两三个先前的状态。在注意焦点上的问题状态正是当前活跃着的认识状态。

尽管我已区分了作为问题解决中所有

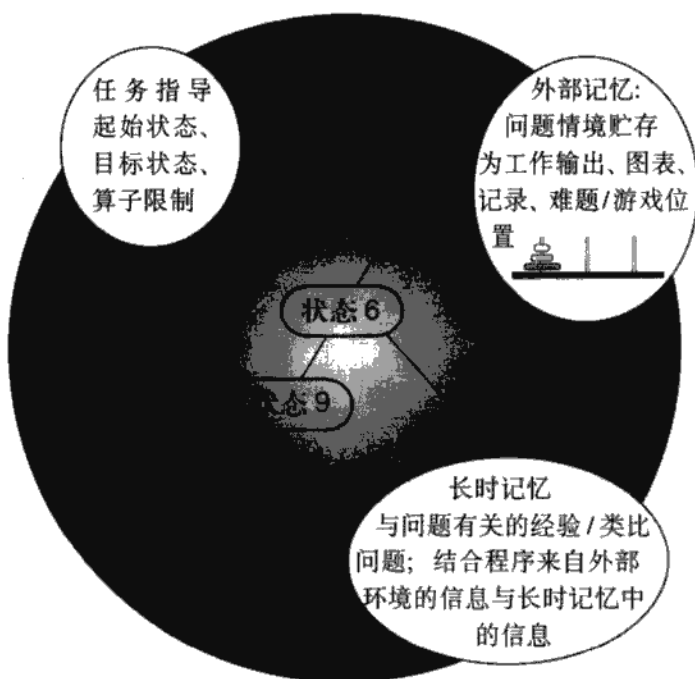


图 2.6 决定问题空间的信息源

可能移动空间的状态空间和作为个体对问题进行个人表征的问题空间，您们还会经常看到“问题空间”这一术语被用来描述像图 2.5 那样的搜索树。比如，瑞德、恩斯特和贝纳基（1974）就将图 2.5 中的形式当作合理移动的问题空间。同样，亨特（1994, p.221）这样描述国际象棋活动：“象棋中，起始结点就是棋局一开始的布局。目标结点是对方的王被‘将死’的任一结点。其间所有合理移动的位置走向就构成了纽厄尔和西蒙所说的问题空间”。上面两个例子中的这种问题空间是“客观的问题状态”。在给定了起始状态、操作及评价达到目标的标准后，解决者在理论上能实现的各种可能途径及状态。问题解决者（纽厄尔和西蒙指的是信息加工系统）“并不是在跨越整个上下文情景的意义上形成问题空间，而是在已有的符号结构和程序上形成问题空间，这种符号结构和程序通过系统的生成假设并验证假设等步骤而使问题解决者逐渐形成问题空间”（Newell 和 Simon, 1972, p.78）。

除了不能穷尽一些状态空间的绝对大小，人们通常也意识不到它们的存在。正如范莱恩（VanLehn）所指出的（1989, p.531-532）：

一个无可争辩的认知原则就是人们没有必要意识到其信念的演绎推理，这一原则也同样适用于问题解决。尽管状态空间是对起始状态和操作的一种演绎推理，人们却意识不到它们的全部。

解决者采取的穿越状态空间的实际路径并不依赖于他们是否意识到了它。人们通常设法将搜索空间限制在一定范围内，这才是问题解决研究的兴趣所在。

问题解决者与任务情境的交互作用

纽厄尔和西蒙强调在解决不熟悉的问题中有两个主要的环节：理解和搜索。正如先前提到的，理解指的是个体在把问题的表述、

根据一般性知识对问题表述做出的推理和个体过去解题经验相结合之后建构问题表征的过程。依据这个表征,信息加工系统开始搜索以找到一条解决问题的途径。

如果对任务本身的分析已足够表明个体是如何执行任务的(即解决问题),那么将研究集中于任务情境似乎很合理。但当然这不是事实。人们并非完全理性,详细地分析任务并不一定能告诉我们问题是怎样被解决的,以及是否真正地被解决了。任务分析也不能告诉我们解决者是否会使用某种特定的表征(问题空间)来解决问题。那么这种分析意义何在呢?

莱尔德和罗森布鲁姆(Laird and Rosenbloom, 1996)提出了“合理性原则”支配个体智慧行为的解释(其实这一思想来自纽厄尔),即个体倾向做的行为其实是已有知识表明最终会达到目标的行为(P2)。纽厄尔和西蒙指出,个体的行为在其适应性的意义上来说通常是合理的。这就意味着人们的问题解决行为是对任务情境的一种适当的反应,并假定它们被激发出来,以达到任务所要求的目标。吉格润泽和托德(Gigerenzer and Todd, 1999)也补充说,我们已经形成了花最少的运算达到目标的问题解决捷径(“快速又简单的启发式”)。纽厄尔和西蒙(1972)强调:“如果一种情境要求做出某种行为,而如果正好一个被试这么做了,那么,其行为将为我们揭示更多关于任务情境而非关于他本人的信息”(p.53)。如果我们想了解问题解决的行为心理学,那么,考察完全由任务情境支配的行为将使我们一无所获。另一方面,如果我们的问题分析揭示出(就其可能性而言)一个完全理性的人将如何解决问题,那么,我们就可以将一个被试遇到同样问题时的实际行为与之比较,二者的差异就可以告诉我们问题解决者的真实心理状态。

信息加工系统(问题解决者)所做的第一件事是在问题表述的基础上形成关于问题情境的内部表征,包括对问题空间的选择。

问题空间的选择会受任务情境中对被试的控制及问题表述中的已知条件的影响。问题空间选择的结果是使系统选择合适的问题解决方法。方法其实就是“产生一些能实现问题解决的合理联系的过程”(Newell & Simon, 1972, p.88)。问题解决方法一般有两种类型:“强方法”和“弱方法”。强方法(Strong methods)是指习得的特定方法,保证能解决问题。也就是说,当您已经知道如何去解决问题的时候使用强方法。当然,如果您一看到问题就已知如何去做(即您已有了可用的强方法),那么您也就不会有什么“问题”了。弱方法(Weak methods)是当解决者并不知道怎么直接解决问题时所求助的一种通用的问题解决策略。这些方法将在下个部分讨论。

所选择的特定方法将决定进一步的问题解决。使用问题解决方法的结果是受监控的;也就是说在方法应用的过程中,每一特定步骤的结果都会提供反馈信息。这种反馈信息会导致问题表征的改变。假如您在一台并不熟悉的电视上寻找某个频道,有两个按键分别标有-P和+P,您不明白它们代表着什么。由于缺乏找出正确频道的强方法,您只有求助于弱方法。您面临着三个选择:您可以按-P键、+P键,或者同时按下两个键。过去的经验可能告诉您同时按两个键可能不是个好注意——充其量其作用互相抵消。选择就剩下了两个。剩下的您就只有采用试误法,即一种您可以采用的弱方法。您决定按+P键,一个能辨认的频道出现了,而且屏幕左上方标有频道号码。其结果是,您能推测出按+P键意味着以升序调出频道,而按-P键则是以降序调出频道。因此,仅使用一次试误法就足以使您根据对行为结果的监控,重新对问题进行了表征。另一方面,如果按按键的策略失败了,屏幕上什么也没显示,您或许必须改变一下问题空间,比如找遥控器或找一个熟悉这台电视的人。

启发式搜索策略

搜索解决问题的途径通常不只“试误”一种方法，除非把它作为最后的努力或在搜索空间很小的情况下使用。实际上人们往往尝试使用启发式（heuristics）帮助他们进行搜索。启发式是比较粗糙的方法，虽然有助于在一定程度上限制问题（换言之，帮助您避免盲目地尝试错误），但不能保证使您找到解决问题的途径。启发式通常与算法（algorithms）相提并论，那是一种能保证您找到问题解决途径的方法，它会一直搜索下去，如果问题是规则的，那么您终将找到结果。不过，启发式也是一种算法。丹尼特（Dennett, 1996, p210）曾对二者做过最清晰的描述：

在计算机科学和数学中有将启发式和算法相对立的传统：启发式具有冒险性，不能保证产生结果，而算法能保证得到结果。我们如何解决这种“矛盾”呢？其实根本不存在矛盾。启发式的算法像所有算法一样也是机械地保证做些什么的程序，只是它允许做的是冒险性的搜索！它们并不能保证找到什么——或至少它们不能保证在特定的时间内找到特定的结果。不过，就像技能比赛一样，好的启发式算法也倾向于在一定的时间内产生有意义的、可靠的结果。

信息栏 2.2 给出了两个例子。

启发式有助于缩减您的选择范围，从而为问题解决提供有益的限制。而且，还有一个更一般的启发式，问题解决者可能会用得到它。即当您不知道在一个问题中做什么是最恰当的时候，第二恰当的就是选择做那些能减少您现在所处状态与想达到的状态之间差异的行为。假如您要写一篇2000字的文章，而且您还不知道如何开始写导言部分。那么第二恰当的事就是随便写些看上去还算理想的文字。可能不是特别好，但至少您现在只剩下1800字

要写了，您有点接近您的目标了。在河内塔问题中，这意味着解决者会将他们现在所处的状态与他们想要达到的状态（一般指目标状态）做个比较，并选择能离开起始状态而接近目标状态的一步。这种一般性的启发式称做差异递减法（difference reduction），其中最著名的就是爬山法(hill climbing)和手段-目的分析(means-ends analysis)。

爬山法

爬山法这一术语是对在一无所知情形下解决问题的一种形象比喻。设想您在大雾中迷路了，您想钻出来看看您在哪儿。您有四个方向可选择：东、南、西、北。您先向北迈了一步，结果似乎是下倾。于是，您收住脚步，向右转90度面向东又踏出了一步。这次看来是上倾，所以，您完成了这一步并朝相同的方向又踏出一步。看来也是上倾，您又走完了这步并继续前行。这次是朝下倾，于是您收住脚步，向右转90度再试。这样下去，直到最后您发现无论朝哪个方向，所有的步子都是下倾。此时您已站在了山顶。

这种问题解决的启发式是有效的，比如，您汽车上的发动机回转似乎显得偏高，您得试着调整一下汽油与空气混合的比例。您通过往某个方向调螺旋来进行调整：如果回转加快，那么您就换个方向调螺旋；如果回转降得太低，车子就有抛锚的危险，于是您还要朝另一个方向把螺旋往回调。就这么持续地做调整，直到发动机听上去转得不快也不慢。

虽然爬山法最终能把您带到山顶，但并不能保证这是最高峰的山顶。您可能从大雾中钻出来后发现仅仅还在山脚处，山顶离您还远着哪。也就是说，在某些情形下，您并不一定知道您已达到的解决状态是不是正确的，或者说，是不是最理想的。丹尼特(Dennett)于1996年指出，这种对下一步进行局部选择的做法正

算法和启发式

为了说明算法和特定的启发式的区别,设想您如何解决拼版玩具问题。

算法:

从一堆拼版部件开始,保证能解决问题的算法可能进展如下:

1. 从一堆拼版部件中挑出一个放在桌子上。
2. 检查剩下的一堆中多于零个部件:
 - 如果匹配,进行操作 4
 - 其余,进行操作 3
3. 检查放到一边去的那堆中多于零个部件:
 - 如果匹配,将这些归入原先的那堆,进行操作 2
 - 其余,进行操作 7
4. 从一堆部件中挑出新的一块。
5. 检查新挑出的是否与桌子上原先的相匹配:
 - 如果匹配,进行操作 6
 - 不匹配,把它放入撇在一边的那堆,进行操作 2
6. 检查颜色匹配:
 - 如果匹配,进行操作 2
 - 不匹配,把它放入撇开的一堆,进行操作 2
7. 完成。

启发式:

按照颜色、是否是直边、是否属于同样的物体将拼版部件分类。

组装已归类的拼版部件。

寻找填补可察觉的空隙所需要的特定的拼版部件,等等。

是达尔文进化论式的做法。这种方法的另一个问题在于它只适用于有办法测量您是否朝目标更进一步的情形。如果不论您选择哪个方向，感觉都像平地，那么任何方向都无所谓孰优孰劣，您选择走出迷雾的路径将是盲目的。那些曾经陷在代数难题中的人都会知道这种感觉。最后您可能随意地乘以某数或减去某数，但无论您做什么，似乎都不会令您更接近正确答案。

常用于验证爬山法的一个问题就是所谓的野人与传教士过河问题。被试倾向于用爬山法作为主要解题策略以减少他们在问题中所处的状态与想要达到的状态间的差异。活动 2.3 是这个问题的一个基本形式。在您继续往下看到整个合理移动的问题空间之前着手去做一下。

三个传教士和三个野人在一个渡口过河，他们找到了一只船，但船太小，一次最多只能乘上两个人。如果岸上的传教士数量或船上的传教士数量低于野人的数量，则野人会吃掉传教士。找出一个最简单的过河方案，以保证所有的传教士和野人都能平安过河。假定船上的乘客在下一步活动之前都得先上岸，并且每次过河船上至少要有一个人。

(Reed et al., 1974, p.437)

这个问题有许多版本：土著和海怪问题 (Greeno, 1974; Thomas, 1974)，如果土著数量少于海怪数量，则海怪会吞掉土著；焚书者和爱书者问题 (Sternberg, 1996a)，如果焚书者人数超过爱书者，则他们会烧掉爱书者的书；还有传教士与野人的另一版本，如果传教士人数多于野人人数，则传教士会教化野人 (Eisenstadt, 1998; Solso, 1995)。问题的结构很有意义，因为总有两步合理移动：一步使您返回起始状态，另一步使您更接近目标状态 (见图 2.7)。

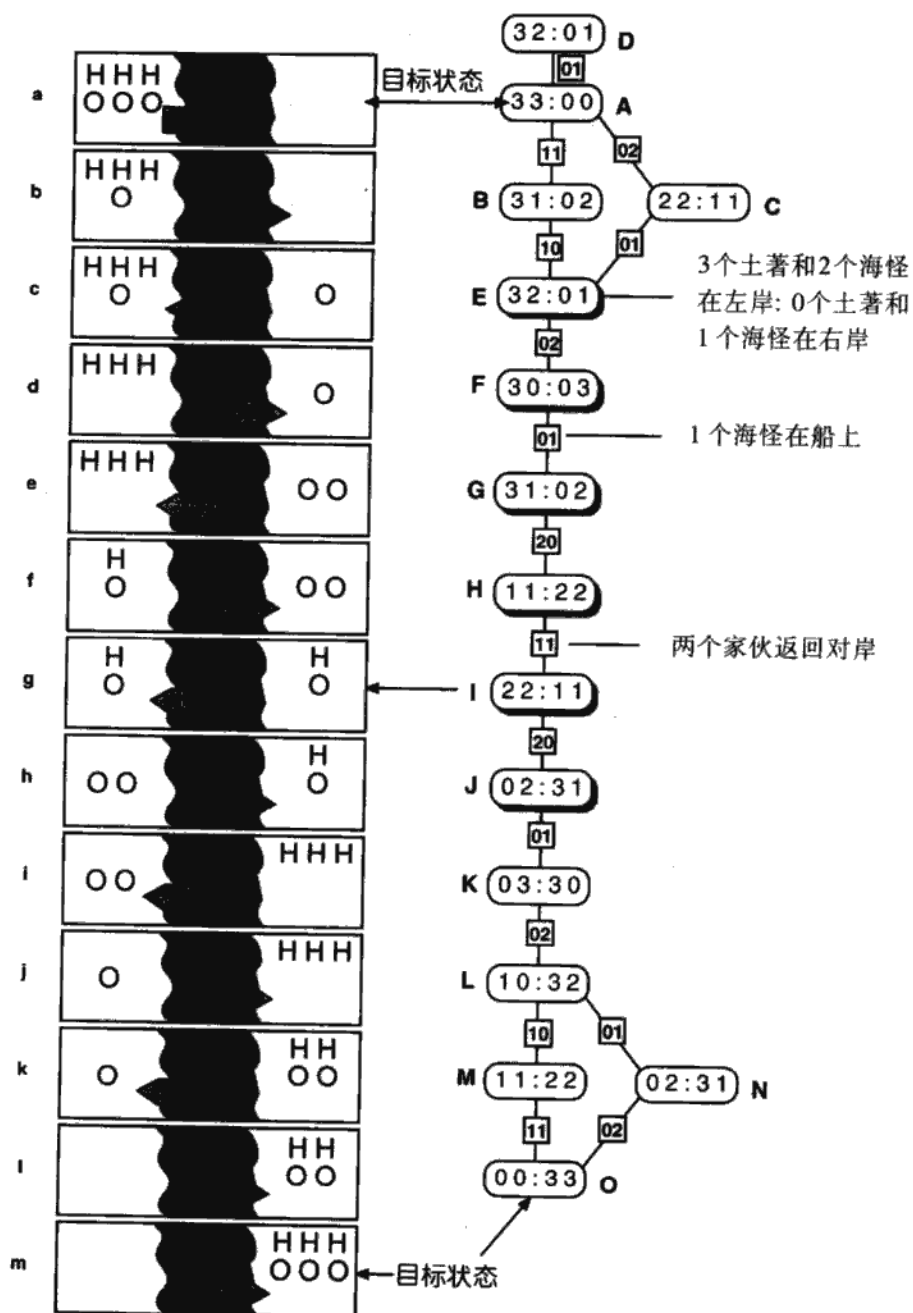


图 2.7 土著与海怪问题的解法及状态 - 空间图

图 2.7 给出了土著和海怪问题的图画表征及状态 - 空间图, 使我们更容易理解图表的含义。被冒号分隔开的数字表示任一时间两岸土著和海怪的数量 (左边的数字指的是土著的数量, 而右边的数字指的是海怪的数量)。因此, 33:00 表示左岸有三个土著和三个海怪, 右岸没有土著和海怪。在连接包纳这些数字的椭圆形的连线上, 数字表示船上的乘客是谁, 以及其数量是多少。因而, 在连接状态 B 和状态 E 的连线上, 10 意味着船上有 1 个土著而没有海怪。从起始状态 (状态 A) 出发有三条合理移动的路线, 分别到达状态 B、C、D。如果一个海怪从起始状态出发乘船过河, 则左岸剩下三个土著和两个海怪, 而在右岸没有土著只有一个海怪, 如状态 D 所示。这是无意义的移动, 因为, 接下来可能做的仅是这只海怪再乘船返回左岸 (即回到初始状态 A)。所以, 两个人乘船更有意义, 或者是两个海怪 (进到状态 C) 或者是一个土著一个海怪 (进到状态 B)。

从图 2.7 中可以看出, 如果您能避免出现不合理的移动和返回先前状态的移动, 您就向朝目标近了一步。那么, 是什么使这个问题变难了呢? 如果用爬山法解决这个问题, 那么一个人可以做出若干预测: 在哪儿人们会出现困难? 如果, 假定您正处于夜雾中, 且正在试着采取上山的举措, 那么, 如果您达到了一种“当时的极限状态”(即无论怎么走都像是下山的), 您就会受到阻碍。如果在问题中出现了同样的事情, 那么, 问题解决的速度会变慢或者您可能会出错。

托马斯 (Thomas, 1974) 和格里诺 (Greeno, 1974) 也研究过土著和海怪的问题。研究栏 2.1 中描述了托马斯的研究。如果您回顾一下图 2.7 中的状态 H, 您会发现在右岸有两个土著和两个海怪。如果被试正在使用爬山策略, 并尽力减少其所处状态 H 和想要达到的状态 (即增加右岸的人数) 之间的差异时, 状态 H 就出现了问题。要进一步解决这个问题, 一个土著和一

研究框 2.1

托马斯的“土著和海怪”研究

托马斯 (1974) 使用了两组被试。要求控制组在计算机上解决问题, 并记录了被试解决问题的第一部分和第二部分分别用的时间。第二组 (即“部分-整体组”) 先获得了解决从 H 开始的问题的第二部分的经验, 然后要求他们解决整个问题。

结果

表 2.1 土著和海怪问题中每部分移动的平均时间

组别	任务的第一部分	任务的第二部分	首次尝试(部分-整体组)
控制组	13.0	15.5	—
部分-整体组	10.8	14.3	12.0

讨论

在问题的第一部分, 部分-整体组的表现显然优于控制组, 而在问题的第二部分两组并没有显著的差异。这说明部分-整体组获得的关于问题第二部分的先前经验有助于后来解决整个问题时对第一部分的移动。不过, 两组在问题部分上不存在显著差异的事实表明存在着一种较强的“上下文”作用, 当他们达到状态 H 时不愿意再做“迂回”。结果表明手段-目标分析对问题解决也有重要的影响, 使得被试不愿意选择那些看起来似乎背离目标的移动。

个海怪必须同时乘船返回左岸, 这样被试好像看起来有点背离了目标。这类似于使用爬山策略努力向上爬时走了一步看来是下山的路子。

在托马斯的研究中被试似乎还在另一处陷入阻滞。如图 2.7 中的状态 E 所示, 存在三步合理移动分别达到状态 F、B 和 C。这是问题中惟一的一处被试可以后退却不致返回到先前的问题状态。实际上, 被试会发觉在这一点上他们陷入了“怪圈”, 比如, 从 B

到 E 到 C 到 A 到 B 又返回了 E。

被试可能碰到的另一个问题是意识不到一步特定的移动会导致错误发生，即导致他们的土著被海怪吃掉。问题再次集中在 E 和 H 处，在此，被试平均会犯 4 个错误，而在别处最多也就是 1 个错误。

如图所示，在每一种状态改变之前的时间延迟，遵循一种相似的模式。而在状态 E 和 H 处被试再次陷入困境。最长的反应时出现在状态 A 处，在此处被试正在思考问题，计划该怎样移动。在后来解决问题的持续努力下，这种时间延迟显著缩短。

这些研究提示我们，当问题解决陷入困境时您不必去坚守那个复杂的状态空间。若主要采用爬山法，您很可能在必须做出背离目标的移动时难以采取行动。不过，我们还有一种更有力的搜索问题空间的差异减少策略。

手段—目标分析

纽厄尔和西蒙提到的最重要的通用问题解决启发式就是手段—目标分析。在手段—目标分析中，解决者也试图减少当前所处状态与想要达到状态之间的差异。他们通过选择心理操作的方式或选择不同于常规的途径来减少这种差异。这种启发式与爬山法的不同在于问题解决者能把一个问题分解为若干个子问题。例如，您要写一篇 2000 字的论文，题目已经摆在面前。这时您并不是立即挥笔，而可能先形成一个子目标，计划一下导言中写些什么。为了写导言，您需要有一些关于论文的设想，如论据是什么，如何安排它们等，于是您就又有了写个论文大纲的子目标，等等。下面举例加以进一步的说明。

假如您想去格瑞特岛的乔治欧泊里（Georgioupoli in Crete）度假。为举例起见，我们假定您喜欢自己规划假期而不是喜欢盲从别人。您可以按下面的方式来思考问题：

起始状态：您在米顿·凯尼斯（Mitton Keynes）的家中（好吧，某些人必须在那儿生活）

目标状态：您在乔治欧泊里

通常您有几种从一地到另一地旅行的途径（操作）。您可以步行、乘船、乘火车、乘飞机、坐出租车等。不过，您的常识告诉您去格瑞特岛是趟长途旅行，而且那是座岛屿。这种认识将限制您的操作选择。

限制：去格瑞特岛是趟长途旅行

您想尽快赶去那里

您的常识告诉您由陆地到海岛最快捷的旅行方式是乘飞机。于是，

操作：乘飞机

不幸的是您的问题还没有解决。乘飞机旅行有特定的先决条件，最少得有一个飞机场可以起飞，而米顿·凯尼斯却没有飞机场。因此您必须建立一个子目标以减少您在家和您在飞机场之间的差异。您必须再一次找到恰当的途径使您到达飞机场。由于路程原因，一些操作不可行（比如步行），还有一些方式，您可能由于认识到在飞机场停车的费用问题或乘出租车赶飞机场的花销问题而拒绝采用。最后您决定乘火车去。

起始状态：您在家

子目标：您在飞机场

限制：您不想花很多钱

您不想走着去

操作：乘火车

而乘火车出行的前提还是没有满足，因为火车并不是停在您的家门外，于是您又设定了一个子目标：从您家到火车站；等等依次类推。

所以手段－目标分析包括将一个问题分解为“目标－子目标”

的结构，它应该提供一系列操作，最终能使您达到目标状态。这种问题解决方法也被称为“子目标”法。它也可用于解决河内塔问题。西蒙（1975）概括了三种将目标分解为若干子目标的策略。其中之一是“目标递归策略”。假如目标是将三个圆环从A柱

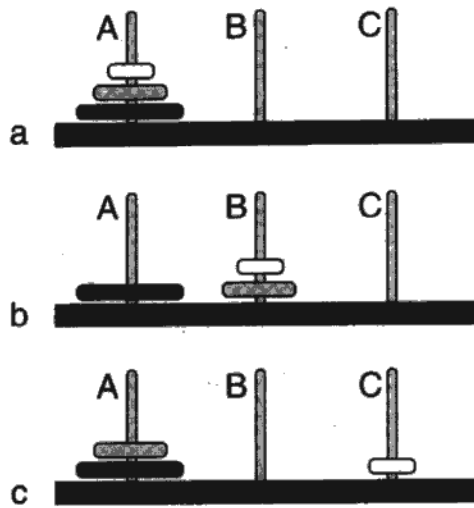


图2.8 解决河内塔问题的目标递归策略

（见图2.8a）移到C柱，那么首先将上面的两个圆环从A柱移到B柱以便将大圆环移到C柱（见图2.8b）。然后建立起子目标，将两个圆环的锥体从B柱移到C柱。另一个更小的子目标是将两个圆环的锥体从一柱移到另一柱。假如目标是将两个圆环从A柱移到B柱，那么，首先将最小的圆环从A柱移到C柱（见图2.8c）。

这种子目标的方式也称为逆向工作法，因为您是从目标状态开始分析问题，逆向工作以发现需要做些什么（即达到什么样的子目标）。之所以被称为“递归”策略，是因为移动整个圆环锥体（如3个圆环、5个圆环、64个圆环）包括先移动减去一个圆环的锥体，而移动减少一个圆环的锥体，需要先移动再减少一个圆环的锥体，依次类推下去。在图4.1中给出了递归策略的图表形式。递归策略可以描述如下（Simon, 1975, p.250）：

要将锥体（K个圆环）从A移到C：

 将锥体（K-1个圆环）从A移到B

 将圆环（第K个）从A移到C

 将锥体（K-1个圆环）从B移到C

此处, K代表着圆环的数量(第四章的图4.1说明了河内塔问题的基本结构)。解决这一问题的难点在于对短时记忆造成的潜在压力。“对于一个应用这种策略的被试来说,他必须有办法在头脑中表征这些目标,在他实现这些子目标的过程中一直将其保持在短时记忆中。这种策略需要的短时记忆容量大小取决于在短时记忆中同时贮存的目标的多少”(Simon, 1975, p.270)。

当我们解决某些类型的问题时会在头脑中建立“目标群”的思想来自于计算机科学。一些计算机程序是有着严格的等级序列的,要达到目标A,您先要达到目标B,而要达到目标B您得先达到C,依次下去。纽厄尔和西蒙举了一个送孩子上学的例子(主要目标),但是由于车子不能启动,所以必须先修理车子(新目标),要修车得给汽车修理厂打电话(次新目标),继续下去。注意这些主要目标和子目标之间是相互依存的关系,每一个都有赖于接下来的那个。当您有了一个新目标时——即目标群的终端加上一个新目标,被称为“拓展目标群”。而当某个目标达到(例如,你已经给修车厂打了电话)时,打电话的目标就从目标群中去掉,即“收缩目标群”,您也就向下一步目标靠近:在本例中即是等待修理工来修车。

安德森(1993)讨论过人们使用这种目标群的方式解决问题的心理有效性。信息栏2.3中有各方面的阐述。

纽厄尔和西蒙的人类问题解决理论已经对理解人类和机器思维产生了深远的影响。他们的容量有限信息加工系统模型(在一个为系统提供信息的环境中进行操作)也还在继续影响着当前问题解决的行为模型。像手段-目标分析这样的通用问题解决启发式解释了在我们遇到前所未有的问题时我们一般是怎样解决的,还使得这种行为可以在计算机上被模拟出来。

信息框 2.3

目标群的心理有效性

安德森 (Anderson) 于1993年指出我们的多数行为都可以被描述成目标和子目标的等级结构。例如, 实验室实验中一个被试正努力地解决河内塔问题, 从而完成参与实验的要求, 进而通过心理学的课程, 获得大学学位, 找一份工作, 赢得社会尊重 (1993, p.48)。这种目标等级结构在“行为-反应”认知模型中作为目标群得到了模拟 (见第八章)。像在实验室被试的例子一样, 目标之间是相互依赖的, 个体仅能通过完成当前的目标来取得进展 (当前目标即位于目标群顶端的那个目标)。由于目标的等级性和必须先完成当前目标的逻辑, “目标群从而迎合了外部环境的结构” (1993, p.49)。由于“目标是对环境的反映”, 安德森提出: ①我们已经发展起协调规划的大脑结构 (前额叶皮质); ②我们可以在其他物种中找到这种等级规划的证据。“制造工具就是一种明显的子目标 (一种达到目标的途径), 而制造工具可能涉及到下面许多复杂的子目标的相互协调。无论是等级规划还是使用工具都不是人类特有的行为, 在其他灵长目动物中都有不同程度的表现” (1993, p.49)。

存在的一个有争议的问题是有些类型的遗忘不能按此说法得到充分的解释。比如, 人们有时在冲洗完照片后会忘记从复制者那里取走底版。这可以解释为冲洗照片并带走冲洗好的照片是目标, 但不包括拿走底版。伯恩和博威尔 (Byrne & Bovair, 1997, p.36) 指出, 当冲洗照片的上一层级目标达到后, 它和与它有关的子目标就会一道儿从目标群中清除, 因此, 忘记了取回底版的反应屡屡发生。

尽管这一解释有直观意义, 但并不能进行完全合理的预测。根据这个解释, 人们每次都会犯这种错误。因为, 冲洗照片这样的任务的目标结构并未改变, 所以错误就会永无止境地持续下去。

另一方面, 如果将“后续检查”这一步骤一直放在目标群中作为整个目标的一部分, 那么这种错误应该永远不会出现。

小 结

1. 问题解决的信息加工说强调问题解决者与情境（此即指问题）之间的相互作用。纽厄尔和西蒙指出，问题解决包括理解和搜索两个操作过程。理解指的是基于了解问题上下文而建立问题表征的过程。这一表征构成了一个“问题空间”。搜索指的是在问题空间中寻找解决途径的过程。
2. 搜索和理解相互作用。搜索过程可能导致解决者改变心理表征，或者，解决者重新审视问题或问题的某部分（作为理解问题的方面），从而为进一步解决问题的搜索过程指明方向。
3. 为引导穿越问题空间的搜索，人们倾向于采取启发式策略。其基本思想是尽力减少当前所处状态和想达到的状态之间的差异。一种较为盲目的方法称为爬山法，问题解决者朝着似乎可以解决问题的方向前进。另一个较有力的方法是手段-目标分析，这一方法考虑了问题的目标与子目标的结构。
4. 工作记忆可被当作一个“目标群”。目标群意味着行动是有计划的，进而将计划分解为目标和子目标的结构。目标群是对外部有组织的世界的一种合理适应，其中我们能够辨认原因和结果。
5. 合理的现实意义在于：①我们的思维方式是进化的结果；②在我们能力范围内我们凭借已有的知识追求目标的实现；③我们的思维可能会受到已获得知识的片面影响。

第三章 问题表征：“顿悟”的案例

我最喜欢的问题解决的例子就是下面这个真实的故事。我读大学时，曾经参加过系里举办的学术讨论会。在这次讨论会上，有一位教师候选人要向大家介绍他的研究成果。刚开始的时候，他就发现第一张幻灯片在屏幕上的位置太低了，于是大家就帮他想办法。一位教授大声问大家：“谁有一本书或是其他什么东西？”有个人说他有一本书，那位教授又对大家说：“不行啊，这本书太厚了，这样幻灯片的位置就会太高了。那位教授再对大家说：“不行啊，这本书太厚了，有没有薄一点儿的？”于是大家又赶紧找薄一点儿的书。过了一会儿，另一位教授喊道：“天哪！我简直不敢相信！”然后他走到幻灯机前，拿起那本书，从中间翻开，垫在幻灯机下面，然后，他看了看所有的人，摇摇头说：“我简直不敢相信这一屋子的博士中，居然没人会翻书！”（Ashcraft, 1994, p.576）

这一章阐述了一屋子的博士（除了一个人之外）都不能解决这个问题，特别是详细阐述了最后一章提出的关于我们通常都不能完整地表征问题这一观点。也就是说，在我们表征一个问题时，通常都会忽略一些事情，比如翻书这件事，或者我们对于问题的表征根本就是不恰当的。另一个观点是：拥有高智商的人并不一定能成功地解决问题。在上面的例子中，问题的解决方法人人都该想得到，因为，并不存在阻止人们想出解决方案的智力因素。最后，这个问题解决的例子，说明某个人突然意识到

该怎么做的时候，就像是恍然大悟一般。这种恍然大悟——“啊哈！”经验——就是所谓的顿悟（insight）。

建立一个问题表征

在现实生活中，我们很少会遇到所有相关信息都提供的问题。通常我们都需要从长时记忆中补充关于需要解决的问题信息，以便能够得出结论。选择允许我们改变思维模式的解决问题的方法，这种思维模式会反映出我们操纵有形世界时发生的事情。我们在得出结论的过程中遇到的困难是双重的。首先，我们可能会根据所看到或听到的信息建立完全错误的思维模型。例如：如果您听说有一个人走进酒吧后就摔倒在地，您可能就会想像出这个人的姿势以及他周围环境的样子。但是如果您接下来听到刚才的“酒吧”其实是一根“棒”的话，您已经建立的思维模式可能就会改变。您可能知道“bar”这个单词至少有两个意思，但我想您只是挑出其中一个意思，而忽略了其他的意思——至少是无意识的。一旦我们建立了一种思维模式，我们就习惯于一直使用这种模式，这就是我们觉得有些问题很难解决的原因，下面几部分就阐述了这个原因。

我们遇到的第二个困难是：我们可能会想到一个非常正确的初步表征，但是这个表征并不一定就能解决问题，因为，我们不知道什么结论是相关的，就像可以把书翻开这件事，甚至，最糟糕的情况是，我们可能无法得出任何结论。这样我们就很难解决问题。活动 3.1 中举出了类似的例子。

重新表征问题

您可能在头脑中想像怎样在方格板上摆骨牌来解决“残缺的

活动 3.1

假设有张方格板，板上有 64 个黑方格和白方格。

还有 32 张多米诺骨牌，每张骨牌在方格上占两个方格，这样可以用 32 张骨牌摆满整个方格板。

现在，假设把这张方格板一条斜对角线上的两个方格去掉，如表 3.1。现在有 62 个方格，怎样才能用 31 张骨牌摆满这 62 个方格呢？

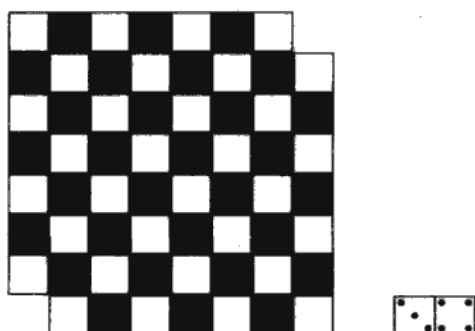


图 3.1 残缺的方格板问题

方格板”（Mutilated Chequer Board）问题。过了一会儿，您就会发现有很多摆放方法。事实上，您无法记住所有的方法。您用这种方法无法解决问题，因为您的工作记忆很快就超载了。您很快就忘记刚才的摆放方法。如果您改变一种表征的方式，就可以找到一种简单的方法。这里，我们提供三种重新表征“残缺的方格板”问题的方法。

注意问题的另一方面

首先，您能注意到一张骨牌要占一个黑方格和一个白方格。如果您有 31 张骨牌，这些骨牌应该占 31 个黑方格和 31 个白方格。但是，只有 30 黑方格和 32 张白方格，所以您无法用 31 张骨牌摆

满这些方格。

注意特例

重新表征问题的另一个方法是：设想一种更简单的情景。您得到的任何结论可以放大到适用于整个问题的程度。但是这种方法并不一定在任何情况下都有效，它只是一种试探法。图 3.2 展示的是“残缺的方格板”问题的简化形式，它与最后一段形式的目的是相同的。在这个形式中，您也可以想像着将多米诺骨牌放在方格上，您会很容易地发现不论它们是如何排列的，您都无法将所有的方格盖住。然而，除非您知道原因，否则是不能真正确定用于全部版本的同样方法。

另一个例子就是在活动中引用的“圆点”问题（第一章）。如果您以难题（图 3.3）的最简单的形式开始，看到涉及的问题并解决；然后就会看到一个较难的形式，再看到涉及的问题并解决。那样，您就可以建立一个策略图，此策略图用来解决全部“圆点”问题。

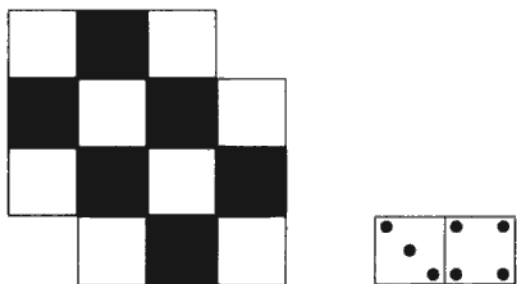


图 3.2 “残缺的方格板”问题的简化形式

找出类似的解决方案

虽然您的自然想法的相似性很小，但是，第三种重新表征此问题的方法仍然是使用一个适当的类比物。（见第六章）结构与重组的方格板问题一致的问题是在活动 3.2 中给出的舞池异物同构问题。

舞池异物同构问题的答案很明显是“不能”。有两个男子会没有舞伴。被重组的方格板问题不能被骨牌盖满的原因与此相同，也会空

下两个方格。如果您想真正难住别人，就只需去掉一个白方格，这样会使重组的方格板问题变得更难些。

在舞池问题中，有32对舞伴——32个男子和女子。如果其中的两个女子离开，剩下的62个人可能组成异性舞伴吗？对您的答案做出解释。

（来源：Gick & McGarry, 1992）

问题解决的格式塔解释

格式塔心理学家感兴趣的问题是我们如何表征问题，以及我们如何对问题进行重新表征。格式塔学派因其对知觉过程的研究而闻名。对于格式塔心理学家来说，视野中的元素之间的关系产生了“完形”。在图3.4中，观察者看到的是一个正方形而不是一些被切掉1/4的黑圆点。

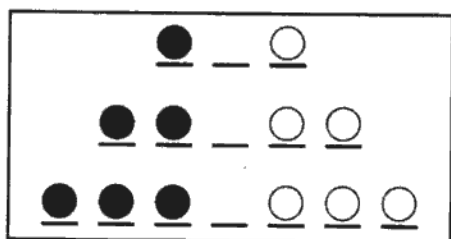


图 3.3 “圆点”问题较简单版本

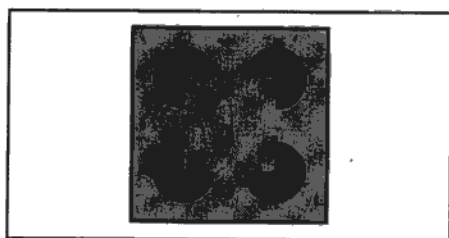


图 3.4 从黑圆点布局中“显现”的正方形

如同它们对知觉现象的研究一样，格式塔学派为许多问题解决现象提供了说明并以此成为他们的一种有效的标志。然而，随着行为主义学派的产生，对问题解决和诸如此类的难懂的心理事件，如顿悟的研究在20世纪中期有所降温。正如我们在第二章中

所见到的一样，认知科学的诞生对问题解决格外重视，提出了一些新的见解，包括顿悟的研究，都纳入到信息加工的理论框架之内。

下面的数字能被9除尽吗？
1,000,000,000,000,000,000,
000,008

格式塔心理学家十分强调如何“构造”问题。当我们解决问题遇到困难时，通过重新构造（restructuring）问题，顿悟就进入了问题的解决。现今，我们谈到的一个问题的最初表征可能有错误，至少对解决问题是无助的。问题的解决来自于我们对问题进行正确地“重新表征”之后。活动栏3.3给出了一个格式塔心理学家感兴趣的数学问题的例子。

解决此问题的最初方法也许是用9除这个数字，看其结果如何。这也许对于看似除法问题的最佳的普通方法。我们过去解决除法问题的经验使我们很容易想到尝试采用我们所知道的这种方法解决除法问题。但是，有时，一个已知的方法并不是解决问题最容易的方法。在活动3.3中，用这个数字中减去9，然后注意一下得出的结果。现在，您就知道此数字是否能被9除尽了吧？

通常也可以试着采用“特例法”来解决问题。如果这样做，您就会注意到这个简单情况，18、108、1008、等都可以被9整除。这样，您可以大胆推断，活动3.3中的数字也可以被9整除，您甚至可以做出解释。

这种重构问题的另一例子经常可以在中学数学教室的墙上发现。有时您还可以在那里找到一张海报描述6岁的卡尔·高斯是如何成为著名的数学家的（高斯，磁通量单位就是以他的名字命名的）。他就是采用重构问题的方法很快解决了一个乏味的算术问题。他的老师想给自己留几分钟安静的时间，就要求全体同学从1一直加到100。当高斯举手回答问题时，全班同学几乎才开始艰难地加所有的数字。他做得够快吗？

高斯用类似于图 3.5 的方式，看出了问题的结构。这个图形看上去有点像一条边长为 100 个单位的长方形沿对角线去掉了一半。高斯所做的就是想像出图 3.5 对角线的另一半，像图 3.6 那样把它加到图 3.5 图形的下面。最后得出长方形（ 100×101 ）的面积是 10100。

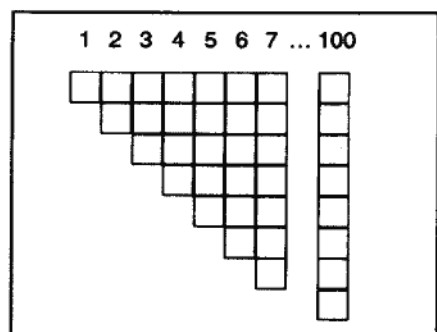


图 3.5 问题可以从增加的方块数量中看出

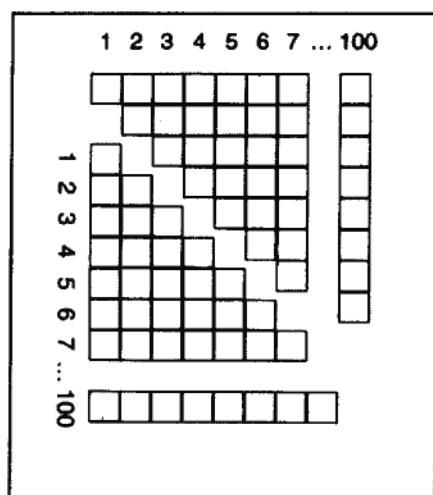


图 3.6 通过把图 3.5 中的方块加倍，问题就简化成求长方形的面积了

因此， $1+2+3+4+5\cdots$ 一直加到 100，系列相加的结果恰好等于 10100 的一半，也就是 5050（也可参见 Gilhooly, 1996）。

年轻的高斯能够看出问题之间的联系，但是班里的其他学生却看不出来。换句话说就是他已经明白了问题的潜在结构。魏特海默（Wertheimer）把高斯的这种思维称为“创造思维”（productive thinking）。他是与“再现思维”（reproductive thinking）相对应的一种思维形式。再现思维就是用以前学习过的方法尝试解决问题的思维形式。在上面谈到的高斯所遇到的问题采用从 1 一直加到 100 的思维方法。这种再现思维是一个结构盲（structurally blind），其表现是没有真正理解问题后面的结构。

缺乏对问题（或是概念，或是关系系统）的理解可能导致肤浅地回答问题，或者是盲目地使用某种程序来解决问题。剑桥大学地方考试联盟大众科学意识主考官皮特·休斯感叹，在一次英语A级科学考试中，学生对科学问题的回答太依赖真实的知识而缺乏思考。例如，学生一味“假设使用电动小汽车可以保护环境，而不考虑电动车辆与汽油车辆的效率，也不探讨其他的发电方法，如利用风能或核能等”（Hughes, 1996, p45）。

定势效应

正如魏特海默分析的那样，格式塔心理学在问题解决研究方面所取得的成就之一为，人们在解决问题时经常遇到困难是因为不适当地使用以前学得的知识。使用已有的知识有时可能使我们形成某种形式的心理定势（psychologically set）。因此，当存在解决问题的简单方式，但却用学到的规则或程序来解决问题就称之为定势效应（set effect）。格式塔心理学对于用学来的方法（一种可能是既快且有效的简单方法）解决问题所用的术语是“心向”（Einstellung）。“心向”可以被认为是一种“盲目的习惯效应”（the blinding effects of habit）（Luchins & Luchins, 1950）。用习得的程序去做事，这在大多数情况下是非常有用的。如果我们不能把过去学来的规则应用到现在遇到的同样情境上，我们就不能发展得更好。能有多少种新的沏茶方法或解决乘法问题的方法呢？我们一定要想出新奇的方法做事吗？不过，卢金斯（Luchins, 1942, p93）指出，解决一种特定类型问题的机械程序就是一个工具，“当遇到类似的问题时，不是人控制习惯，而是习惯控制人”。

另一种心理定势是功能固着（functional fixedness）或功能固定性（functional fixity），即我们看不出如何将一个物体作为工具来帮助我们解决问题，因为，这不是这个物体的正常功能。在继

* Einstellung 在德文词典中译为：心向。译者注。

活动 3.4

假设您和朋友将去野餐，您带了一瓶酒。找到合适的地点后，在附近的小溪中冰镇酒。你们准备开始就餐。就在这时，您发现忘带瓶起子了。你们翻遍所有口袋寻找可用之物。结果找到了一张10英镑钞票，一个打火机，一根绳子，一张20英镑的钞票，一些大小不同的硬币，一支钢笔和一盒火柴。灵机一动，您发现了打开酒瓶盖的方法。您是怎样做的呢？

续阅读之前，活动栏 3.4 将对功能固着作详细的说明。

这里的关键是您发现口袋中的物品都有它们特定的功能，但却与打开酒瓶盖无关。在想到新方法之前，一时还不能忘记物品的固定功能。在活动 3.4 中，您可能已经想到用钢笔把瓶盖顶到酒瓶中。您可能在过去也这么做过。但是，瓶盖还在酒瓶中，而且当你倒酒的时候，它还会阻塞酒的流出。如果您把绳子牢牢地系到瓶盖根部，一拉绳子瓶盖就打开了。

重构、心向和功能固着可通过梅尔（Maire, 1931）、卢金斯（Luchins and Luchins, 1959）以及邓克尔（Duncker, 1945）的三个经典实验来解释。研究栏 3.1 描述了在一个顿悟问题中梅尔对重构的说明；研究栏 3.2 描述了卢金斯对心向的研究；研究栏 3.3 描述了邓克尔对功能固着的研究。

梅尔的两条绳子问题（two-string problem）

理性的思考

本研究的目标是为了考查人们是如何通过“重构”来解决顿悟问题的，以及他们是如何想到这样做的。

方法

在梅尔的实验中，被试被实验员领到一个屋顶挂有两条绳子的房间，房间地板上还有钳子和伸缩绳。被试的任务是将两条绳子系

在一起。但是，他们发现握住一根绳子时，另一根根本够不到（见图 3.7）。

惟一的方法就是用地板上的物件。梅尔特别留意被试对钳子的使用。被试经过一番努力后，梅尔给出了两点提示：

- 被试故意甩动绳子使之摆动。
- 如果第一个提示未成功，几分钟后把钳子递给实验者，告诉被试可用它来解决问题。

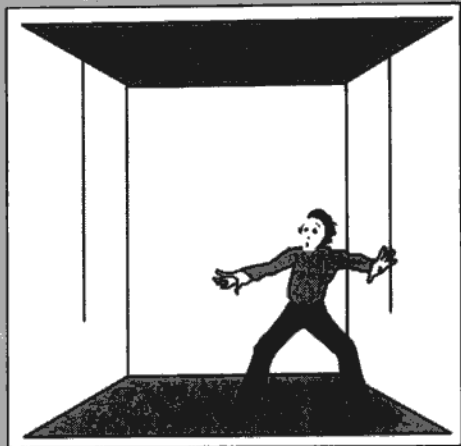


图 3.7 梅尔的两条绳子问题

结论

梅尔认为故意地甩动绳子使之摆动就使问题“重构”了。有趣的是，需要提示来解决问题的被试好像都认为根本没给他们提示。根据后来的汇报，可将被试分为两类。一些被试汇报说“猛然想起解决方法”，还有一些人经过一系列步骤之后说“让我想想，是否可以移动绳子”“用东西扔向绳子”“吹绳子”“像钟摆一样摇绳子”“啊！”。通过这些试图解决问题的失败的方法来认清问题的本质，并最终解决了问题。这就是解决方案的拓展 (Solution development) (Duncker, 1945; Gick & Holyoak, 1980)。

研究框 3.2

水罐问题 (Luchins 和 Luchins, 1959)

理性的思考

卢金斯大部分的实验都是为了考查先前学习的解决问题的方法对后续问题解决方案的影响，特别是能否用更简单的方法解决后续问题。在这种情况下，先前的学习实际上阻止了后续工作的执行。

方法

本研究中给被试出了一系列与装有不同水量的水罐有关的问题。用这些水罐作为量具，要求被试量取一定量的水。例如，如果水罐A可盛18升水，水罐B可盛43升水，水罐C可盛10升水，如何量取5升水呢？



图 3.8 卢金斯的水罐问题

答案是在水罐B中盛43升水，从其中倒出一些水盛满水罐A，然后将水罐A中的水倒出；接着，用水罐B中的水盛C两次，每次再倒空，最后水罐B中所盛的水就是5升。经过一系列这样的问题，被试开始明白把水从一个水罐中倒入另一个水罐总是用同样的方式。事实上，倒水的方式或规则是：B-A-2C（从水罐B中倒出足够的水盛满水罐A，然后再盛满水罐C两次；也即 $43-18-(2 \times 10) = 5$ ）。以下的例1、例2和例3也遵循同样的规则（自己试一下2、3和4）。

	水罐 A	水罐 B	水罐 C	目标值
1	18	43	10	5
2	9	42	6	21
3	14	36	8	6
4	18	76	3	25

结果和讨论

当被试经过一系列练习终于解决了问题。但是例4中改变规则。受B-A-2C规则影响，被试表现更差。事实上，只要用A-C的规则就很容易解决问题。不仅如此，当问题可以用两种规则（如B-A-2C和A-C）来解决时，被试仍是选用复杂的规则而不考虑简单的规则。

例如，例3用两种规则都可做到，您注意到了吗？

结果说明了心向的影响。已学习了一种解决问题的方法，被试盲目地使用，因此，也就忽视了更简单的方法。而且，那些学过规则的人们在解决例4问题时比那些没学过的人所用的时间更长。这表明了再现思维的不利之处。

研究框 3.3

蜡烛台问题 (Duncker, 1945)

理性思考

本研究是为了考察“物体的功能固着对问题解决”的影响。即人们能放弃物体的一般使用功能而利用其特殊功能来解决特定的问题吗？

方法

本实验向被试提供图 3.9 所示的物品。他们的任务是把蜡烛固定在门上而使蜡油不滴到地板上。本实验在不同的条件下重复多次。在第一种条件下，要求被试将三根蜡烛固定在一扇门。在他们前面桌子上的其他物体中有三个火柴盒大小的盒子、图钉和三根蜡烛（见图 3.9a）。第二种条件下，盒子中装满蜡烛、火柴和图钉。由于盒子是用来支撑物件的，使用前被试不得不将其倒空，这一条件称为“预利用后”条件（图 3.9b）。前一种条件称为“无预利用”条件，因为盒子预先并未使用。

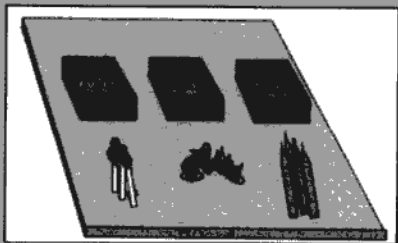


图 3.9a 邓克尔的蜡烛台问题：“无预利用”条件

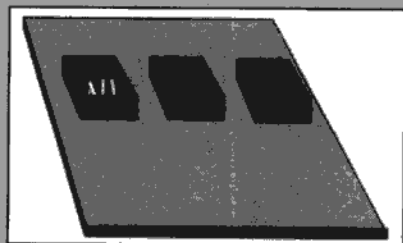


图 3.9b “预利用后”条件 (Robertson, 1999. p.85-86)

结果

在“无预利用”条件下，所有的被试都解决了问题。但在“预利用后”条件下，7个测试者中只有3个人解决了问题。在第三种情况下，盒子中装有相干物品，如钮扣。这种条件下只有一个测试者解决了问题。

讨论

被试不应预先形成盒子只装火柴的概念，比如，它也可以作为蜡烛台，这是因为人们把它的功能限定为火柴盒。引用邓克尔的话说“关键的物体（盒子）被埋置在特定的上下文关系中，使功能的整体在某种程度上被能动地隔离开了”（1945, p.100）。如果功能整体分解了，如图3.9a的情况，基本要素（盒子，蜡烛和大头针）就被“从它的束缚中释放出来”。

当格式塔心理学描述顿悟发生或未发生的情况，以及检验解决问题的有效方法（如使用口语记录）时，并未对顿悟潜在的过程做明确的说明。诸如对“短路”的解释，正常的问题解决过程没有告诉我们怎样或为什么发生这种短路。因此，最近有建议用信息加工理论来解释顿悟式问题解决。

顿悟的信息加工解释

顿悟给现代信息加工理论解释问题解决过程出了个难题。为什么不停地寻找解决问题的方法却没有结果，而完美的答案有时却突然在脑中闪现呢？根据奥尔森的观点(1992, p.2):

顿悟过程对于思维的信息加工理论是一个极大的挑战。如果思维是一种符号加工的过程(Newell, 1980)，那么，问题解决方案被认为是通过启发式的搜索、方法-结果分析、计划或其他明智-步骤逐步形成的。当然，也存在着少量相信广泛的解决问题

可能发生在意识之外的理由,例如,在平行加工模型中就有深思熟虑效应 (deliberate effects), 因为, 人类加工信息的能力 (capacity) 是有限的。完整的问题解决方案的突然出现, 其内部的异常意识构成不能被没有辅助假设的计算理论所接纳。

奥尔森接着解释顿悟如何有准备地插入信息加工的框架内 (见65页)。不过, 当代心理学家中对于顿悟是如何特殊仍有不同看法。

顿悟是一种特殊的产物

解决下面两个问题涉及的是相同的基本认知过程吗? 或者第一个问题有什么特别之处吗?

1. 一个陌生人向博物馆馆长提供了一个古代青铜硬币。这一硬币从外表上看可信, 上面有 544BC 的日期标志。馆长以前总是通过物品的来源来确认真假, 可这次他立刻叫警察逮捕了这个陌生人。为什么? (来源: Metcalfe, 1986, p.624)
2. $(3x^2 + 2x + 10)(3x) = ?$ (来源: Metcalfe & Wiebe, 1987, p.245)

一些心理学家认为解决这两个问题用的是同一种加工过程。例如, 韦斯伯格和奥尔 (Weisberg & Alba, 1981, 1982) 指出格式塔心理学的顿悟问题过程中的重构产生于纽厄尔和西蒙所描述的同一种类型的探求过程这种论点。他们认为顿悟问题解决包含对问题空间的搜索和对记忆的搜索。“问题重构产生于对记忆的进一步搜索, 并经过在主体解决问题过程中增加的新信息的提示。这与格式塔的观点, 即重构是自发性的观点形成对比” (Weisberg & Alba, 1982, p.328)。

梅特卡夫 (J. Metcalfe) 提出相反的论点, 如果同样的记忆过程在顿悟或非顿悟问题解决中都起作用, 则会发现元认知过程

也应一样。元认知 (Metacognition) (有时也称为“元记忆”或“元知识”) 是指“知道你所知道的”。如果您玩过“琐事追踪” (Trivial Pursuit), 就能很好地体验到“舌尖现象” (the tip-of-the-tongue phenomenon) 了。您确信您已经知道答案, 但就是一时说不出来。这表明在给予一定的时间或给予提示 (如第一个字母) 的情况下, 人们能够很好地估计他们是如何发现了一个问题的答案, 这个产生过程如同产生“舌尖状态”一样 (Cohen, 1996; Lachman, Lachman & Thronesberry, 1979)。事实上, 您可以形成一个从“确实不知道”到“如果给更多的提示或时间可以知道答案”的“知道的体验” (feeling-of-knowing, 缩写为: FOK) 梯度。因此, 顿悟问题包括用问题现有的状态作为提示而对记忆进行搜索的过程。人们可能会有根据地预测他自己对“知道的体验”梯度的估计 (在这种情况下, 体验到你离答案有多近), 有准备地顿悟问题正如回忆知识乃至代数问题一样。

梅特卡夫 (Metcalf, 1986) 发现在被试对平凡问题的“知道的体验”梯度的估计之间有显著的正相关, 但顿悟问题却不存在显著的正相关。更进一步地说, 人们在解决代数问题, 演绎推理问题或是河内塔问题时, 在接近答案时产生一种“兴奋”等级, 越接近答案就越“兴奋” (越自信则越能接近答案) (Metcalf & Wiebe, 1987)。事实上, 这些类型的问题显示了人们从1级 (“冷淡”) 到7级 (“非常兴奋”) 兴奋每15秒钟的逐渐增长。而对于顿悟问题, 从另一方面来说, 除非马上能发现解决方法, 否则兴奋感觉几乎没有增加。因此, 梅特卡夫和威伯 (Metcalf & Wiebe) 得出以下结论: “顿悟问题……要用灵感来解决问题” (p.292)。他们还指出他们的研究“显示出人们认为是顿悟的问题与那些一般认为需要顿悟的问题 (如代数问题或多步骤问题) 之间存在着以经验为主的可论证的区别” (p.243)。他们甚至提出这种“兴奋记录”可用来判断问题的类型。

顿悟并不特殊

除了梅特卡夫的结论之外，还有一些试图用“经典”信息加工的术语来解释格式塔顿悟问题。大多数解释有共同点，因为他们要求一系列的认知过程，这些过程通常存在于其他形式问题解决中，如从长期记忆中搜索信息，在问题空间中搜索，从记忆中搜索相关的算子，问题理解等。

卡普兰和西蒙对顿悟的解释

卡普兰和西蒙（Kaplan and Simon, 1990）在题目为《顿悟研究》（In Search of Insight）的论文中试图表明搜索是顿悟问题解决的一部分。不同的是，不是问题表征的发展，而是搜索表征（问题空间），问题解决者必须搜索出适当的表征。卡普兰和西蒙用一个在暗室里寻找宝石的过程来比喻顿悟过程。首先，您可能蹲下去，用手摸索宝石。之后，您可能感觉这种方法太慢了。因此，您要用另外的方法来找出宝石，并决定从寻找一个电灯开关做起。如果您能找到一个，并打开它，则立刻能看到宝石了。

卡普兰和西蒙利用“残缺的方格板问题”的变式来考查顿悟式问题解决的搜索过程。如果您重新读一下活动栏 3.2 中的问题会发现，最明显的解决方法是用骨牌来覆盖方格。这种解决问题的搜索方法就像是在暗室中寻找宝石一样。此策略失败的原因在于搜索的空间太大了（一名研究生用这种方法尝试解决问题花了 18 个多小时）。另外一种搜索方法却是因为问题中缺少足够的限制（constraints）——可以搜索的路线太多了。问题的限制让您“修剪搜索树”。图 3.10 会使这个想法更清楚一些。

卡普兰和西蒙对问题的难度进行讨论是因为没有足够的限制。惟一可以找到解决方法的办法就是停止对最初表征的搜索（用多米诺骨牌覆盖方块问题空间）并从有更多条件限制的那个表征开

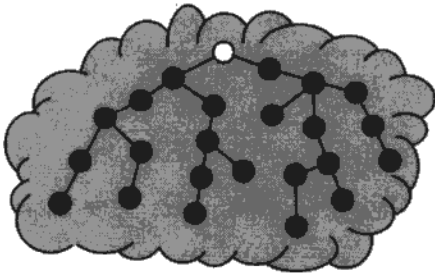


图3.10a 图中描述了一个假想的问题，显示出起点（白圈）至终点（黑圈）所有可能的步骤（灰圈）及可以走的路线

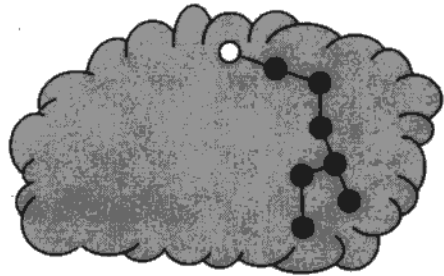


图3.10b 对搜索树进行修剪后的效果。这些限制可以使你将精力集中在穿过问题空间的少数几条路线及步骤中

始搜索。图3.11描绘了从一个表征的搜索转至对一个元表征的搜索（问题空间的问题空间）。图3.11也包括了一些被试使用过的和利用出声思考记录确定的问题空间。所有的被试在第一次寻求解决时都采用了用多米诺骨牌覆盖方格的方法。当这种方法失败后，他们最终转向了问题的另一种表征。一些人试图寻找一种数学的解决方法；一些人试图用划分区域的方法来处理方格板；一些人寻找相似物或相似的问题。最后，所有的尝试发现的解决办法是“对等”（也就是，解决办法必须根据这样的—个事实：多米诺骨牌必须同时盖住两个不同颜色的方格）。

总之，卡普兰与西蒙认为顿悟不是一种特殊类型的问题解决现象，而且包含其他问题解决形式的相同过程。“一般用来搜索问题空间的同样过程可

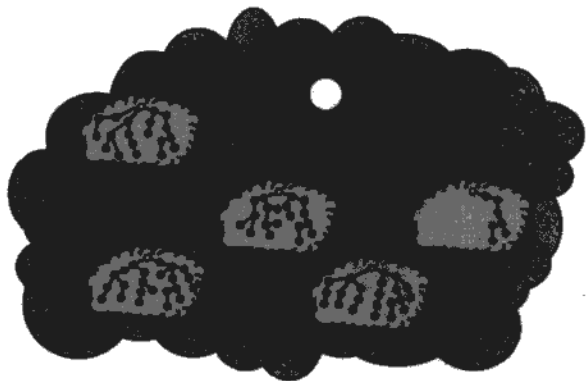


图3.11 残缺方格板问题的不同表征（源自：Robertson, 1999, p.50）

以用于对问题空间（表征）的搜索”。（Kaplan & Simon, 1990, p.376）。被试在解决问题中的困难主要归结为一个不适当的和未限定的表征。

基恩（Keane）对功能固着的信息加工解释

基恩用信息加工的术语对格式塔心理学顿悟问题做出另外一种重新解释。按照基恩（1989a）的观点，解决“结构”问题（例如：梅尔的“两条绳子”问题和邓克尔的蜡烛台问题）的困难归因于①被试对物体所包含的属性没有形成一个完整的表征；②从而未能在记忆中找出适当的解决方案。

对物体属性完整表征的失败导致了功能固着。当我们在思考物体与类别时，我们接近了这些物体与类别的上下文独立的信息（context-independent information）。当我们想到臭鼬时，就会联想到臭味；当我们想到钳子，我们就会联想到那种可以紧夹小物体的，由铁制成的东西；当我们想到一个盒子，我们就联想到了一个容器，等等。这些上下文独立的信息表征着一个物体概念的核心（conceptual core）（Barsalou, 1989）。然而，我们关于一个物体或类别的知识可能包括在正确环境下的上下文联系的信息（context-dependent information）。正如巴萨鲁（Barsalou, 1989）提出的“例如，当人们在隔绝的环境下读到青蛙时，可被人食用是保持在记忆中的典型的非激活的念头。但是，当在一家法国餐馆中读到青蛙时，可被人食用的念头会变得活跃起来”（p.77）。另外，如果最近提起过或遇到过，就更容易捕捉到这种上下文联系的信息。例如：如果某个人最近刚刚在餐馆吃过青蛙腿，则当他想到青蛙时，首先想到的就是可以吃。

将这个想法应用到我们如何对格式塔的“结构”问题中的物体性质进行回忆。基恩指出，无论它在考虑解决方案时是否起到暗示作用，这些上下文独立的性质都会很明显。如果您在一个电

工工具箱底看到一副钳子，那么夹紧物体的性能就会突显出来，因此，您就会将其纳入工具的表征中。另一方面，如果您在一具头部流着血的尸体旁边看到钳子，您首先会根据这个情境进行表征。因为，这一特性在此情境中是显著的。在梅尔“两条绳子”的问题中，钳子（紧夹，金属制成）的上下文独立性能就会表现出来，而钳子的重量却不会那么明显。在邓克尔的蜡烛台问题中，突出了盒子作为容器的显著性特征，因为它用来盛装图钉及火柴等。而盒子的其他特性就没有被立即表征出来。

基恩理论的第二个方面涉及到把问题解决的过程看成是尝试从长时记忆中寻找相关解决方案过程。在梅尔和邓克尔的问题情境中，放在屋子四周的物体对于回忆相关的解决方案是“不良的暗示”。“这种把问题解决看成是一项记忆储存的回忆任务的观点与传统的问题解决观点是相抵触的，因为，这样解决问题将是比回忆更简单的事情。但是，在正确的时间想起正确的事情却不是一项平凡的事情，而事实上，这应该被看成是人类智慧非常重要的基础”。（Keane, 1989b, p.4）

概而言之，基恩的解决某类格式塔心理学顿悟问题的观点涉及到根据我们表征物体的方式寻找解决方法的过程和根据这些物体的表征起作用的回忆过程的类型。我们的物体和类型的表征程度不稳定（unstable）（Barsalou, 1989）（也就是说，我们相信的一个物体或类型的信息会因为从一种上下文到另一种上下文的变化而相当不同的），我们常常不能辨别出物体的显著特性，这就导致了功能固着。例如，有时只有上下文独立的性质被表征。然而，一个物体的显著特性是可以被熟练地使用，使得它更有可能向我们提示出适当解决方案。因此，在邓克尔的蜡烛台实验中，当盒子中的物体是蜡烛、火柴和图钉时，盒子的容器特性就变得显著起来。而当所有的物体包括盒子都被分别放置时，盒子的“容器”特性就没那么显著了，而更像是一个可以找到答案的物体。

奥尔森 (Ohlsson) 的顿悟理论

顿悟问题的一个特征就是,一旦您读到了问题并做了几次错误的尝试解决之后,您就被难住了。解决问题的过程被阻断了。在解决问题的过程中被难住通常是指遇到了一个僵局 (Laird, Newell, & Rosenbloom, 1987; Newell, 1990; VanLehn, 1990)。顿悟问题的第二个特征是人们通常能够解决这些问题,而他们就是意识不到。当听到答案时,又常常觉得它是非常明显的。因此,理解如何解决一个顿悟的问题有点像是开了个玩笑 (Koestler, 1970)。笑话常常是依赖听者对情境所产生的一种典型的、在这种情况下又是错误的理解而形成的。我们可以将“一个人走进了一家酒吧 (bar), 并跌倒在地板上”这句话,再加上一个“为什么”而变成一个顿悟问题。答案 (妙语) 是,那个是一根铁棒 (bar)。如果您接触到 bar 这个词的相关意思,就可以解决这个问题了。这不是说您不知道 bar 这个词有两个意思,但您却没有意识到它的另一个意思。因此,“顿悟就出现在僵局的上下文中,它与思考者所想的意思不一致,事实上其是有能力解决这个问题的” (Ohlsson, 1992, p.4)。必然的结果就是如果您没有特别的能力,您就不可能有顿悟。您就是奥尔森所说的“最终被难住 (terminally stuck)”的人。可用一个笑话再一次分析这一点:

问题: 换灯泡要花多少海森堡 (Heisenberg) ?

答案: 如果您知道的话,您就不知道灯泡在哪儿了。

如果您不知道海森堡的测不准原理,那么您就不会明白这个笑话,那您就是最终被困住的人。同样,如果您没有解决顿悟问题所需的知识,您是没有办法摆脱困境的。

顿悟问题的第三个方面的特征,正如韦斯伯格 (Weisberg, 1995) 指出的,当不能把您遇到问题正常地归类为一种顿悟问题时,您就会有“啊哈!”体验。您可能会有怎样解一道代数题的

突然顿悟。然而，一个顿悟也有可能完全是错误的。奥尔森以最初由邓克尔 (Duncker, 1945) 使用过的射线问题为例说明了这些特点和其他特点。但是，这里看到的 (活动3.5) 是缘自吉克和霍利约克 (Gick & Holyoak, 1980)。

假设您是一名医生，面对着一个胃部有恶性肿瘤的病人。但您不能对这个病人做手术，否则病人会因此而死去。有一种放射线可以消除肿瘤。如果射线可以全部立刻到达病人胃部的肿瘤，则高密度的射线可以消除肿瘤。不幸的是，在此种密度下，射线所通过的健康组织也会被破坏。但如果密度低，又不能消除肿瘤。那么用什么方法可以让射线既能消除肿瘤又不伤害健康的组织呢？

(Gick & Holyoak, 1980, p.307-308)

奥尔森的理论以问题解决的5个原则为基础。

1. 阅读一个问题，并对问题的已知条件 (问题所描述的情境) 和解决准则形成心理表征。
2. 根据心理表征，我们进入到一系列我们认为可能有用的心理算子。由这些算子联想到获得信息的先决条件及应用它们的效果。当运用算子时，解题者能够“看到”在他心理的眼睛中发生的事情。
3. 解决问题是有顺序的，一次只能从记忆中选择和应用一个算子。在启发式或计划的基础上，从恢复的记忆中只能选择一个算子。任何没有恢复的算子自然地也就不能被执行。
4. 从数量巨大的记忆库中回忆相关的算子非同寻常。它是经过激活的扩散 (spreading activation) 获得的 (语义网络中与当前的上下文相关的信息比其他信息更活跃因而被激活)。激活扩散从当前工作记忆中的信息或目标任务开始。激活扩散是一个无意识过程。
5. 我们形成的问题情境的心理表征作为一个探针从长时记忆

中寻找相关的算子。回忆出的算子与问题情境和目标有着某些语义联系。没有这种语义联系的算子则不能被回忆出来。注意,在这方面奥尔森的理论 with 基恩的理论很相似,问题的显著特征激活了相关的算子。

当我们遇到不熟悉的问题时,我们就不能以最佳的方法来解释它。当我们形成了一个无法从记忆中回忆相关算子的表征时,我们就遇到了僵局。此时,惟一的方法就是重新构造一个新的问题表征(我们“重构”问题)。新的表征就会产生不同的激活扩散。

在放射线问题中,任何包含射线的解释都不可行。例如:从食管处向下放射是行不通的,因为,没有直接可以通向胃的路线。显然,把胃打开直接使用射线又是被禁止的。但是,对问题提供的暗示或改述问题会对记忆进行不同的搜索,就可以激活不同的心理算子,从而尝试不同的解决方法。邓克尔把描述放射线问题的两张不同的图分别分给两组被试(图3.12a和图3.12b)。图3.12b对于启发问题的解决方法更有效些。他也尝试改述问题使被试注意问题的其他方面:

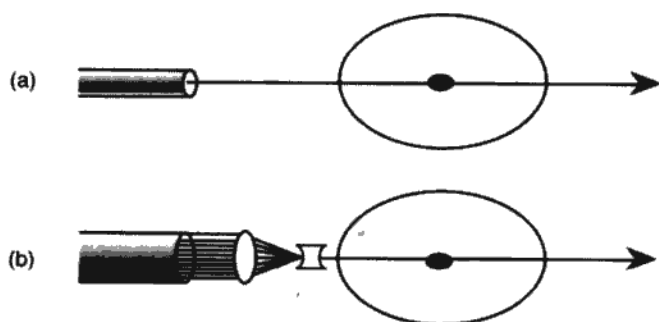


图 3.12 邓克尔用来描述放射线问题的图(选自 Duncker, 1945)

1. 怎么防止人被射线伤害……
2. 怎么样保护人的健康组织不受伤害。

不同的图表和呈现问题的不同方式影响被试形成问题的表征。按照奥尔森的理论,有三种方法可以改变最初的表征:

详尽的细节：问题解决者应该注意他以前没有注意到的问题特征。这将会丰富或拓展问题的表征。例如：在“残缺的方格板”问题上，解题人应该注意多米诺骨牌所盖住的每个方格的颜色。因为，如果错过了棋盘上相同颜色的两个方格，就不能用多米诺骨牌将棋盘全部盖起来。详尽的细节可以从记忆中提取相关的信息。

重新编码：问题的表征可能是错的，而不是不完整。在邓克尔的蜡烛台问题中，解题者必须把盒子从容器重新编码为平台。同样，在梅尔的“两条绳子”的问题中，思考者也不得不将钳子重新编码为一个有重量的钟摆。

限制的释放：有时，问题解决者可能假定问题具有事实上并不存在的限制。在放射线问题中没有什么阻止你使用多台射线机或更改射线密度的限制。要解决这个问题，您必须按照医生的建议释放您所强加的有关射线机数量的任何限制。

完成解答

如果对问题的重新表征成功地打破僵局，就会得到一组新算子。这就会导致部分顿悟(partial insight)或完全顿悟(full insight)。当看到解决问题的一个新途径时，会发生部分顿悟。完全顿悟是答案突然醒目地出现在您的面前。后者很难在信息加工的理论框架内得到解释。奥尔森指出解决方法是在顿悟的那一刻创立的。这个过程很快，好像是直接的（“啊哈！”经验）。

可以从一个有名的顿悟问题的新观点看到这种创立过程是如何产生的。“九点”问题是难于导致突破自我限制的例子。（在活动 3.6 中的图 3.13）

活动 3.6

画四条直线将九个点都连接起来。文中有提示（答案在 235 页）。

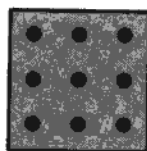


图 3.13 九点问题

对九点问题的格式塔解释是,这里存在着一个知觉限制,即被试假定他们划的线段必须得在这九个点所构成的正方形之内(Scheerer, 1963)。然而,对此问题中是否存在限制有一些争议。韦斯伯格和阿尔巴(Weisberg & Alba, 1981)发现只有20%的被试在给予“可以超出点外”的提示后得出了正确的解决方法。由于如此少的人在解决该问题时忽视限制,可以推测为限制的“释放”,因此,韦斯伯格和阿尔巴认为解决问题的困难不能归因于知觉的限制。伦和多米诺斯基(Lung & Dominowski, 1985)认为限制在于人们觉得所划的线必须开始和终止于同一个圆点上。

在一系列的研究中,麦格雷戈、奥默罗德和克罗尼科(出版中: Chronicle, Ormerod & MacGregor, 出版中: Ormerod, Chronicle, & MacGregor, 1997)认为自我欺骗的限制归因于问题需要的信息加工。例如,克罗尼科等人发现,尽管给被试提供视觉线索来引导他们释放限制,志愿参加实验的被试还是不能解决问题。因此,麦格雷戈等人根据两个一般问题解决的启发式(一个是手段-目标分析策略,另一个是根据一些准则所进行的进展监控策略)提出了一个九点问题的操作模型。九点问题是一种抽象定义的问题,所以,它没有确定的目标状态,即没有“终点”。正因为如此,它可以通过逐渐缩小差异而很容易地实现。然而,麦格雷戈等人认为在抽象定义的问题中,人们尝试使用“局部理性”(locally rational)的算子。这种算子会使问题解决者缩小问题所处的状态与和一些“局部子目标状态”之间的差异。尤其是,他们试图在一次划线中尽可能连接更多的点。麦格雷戈等人把这种手段-目标分析策略称为“最大限度的启发式”(maximisation heuristic)。第二个策略是监控问题的进展。这样做的方式之一是注视向前移动的一个或更多的点。不幸的是,加工容量的有限性限制了我们如此做的能力。另一种进展监控的方式是根据一些准则评估预期的移动:在此例中,每次移动划线平均划掉2.25个点。

麦格雷戈等人认为对于基本的九点问题，应用局部手段—目标启发式的结果是注意力集中于正方形或未考虑到非圆点处的转折点。他们的发

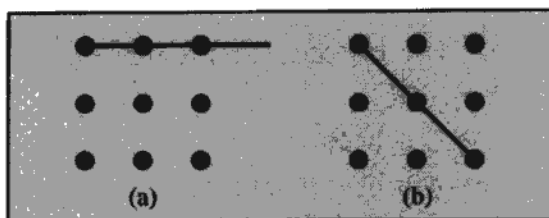


图 3.14 麦格雷戈等人展示的“九点”问题的两个变式（出版中）

现也可以用图 3.14 来解释。在该图 (a) 中的第一条线比起 (b) 中的对角线就不太可能导致正确的解决方法，尽管水平线好像可以表明将你限制在正方形内的限制的释放。

这个模型也预示了在这类问题的解决中标准经验的失败，可能是由各种操作引起的，也可能是由于问题空间的扩展和对可能转致顿悟式解决方法的新算子的寻找（例如，在圆点排列之外划线）。这种移动可能产生一个可能转而导致问题重新概念化的“有希望的状态”（promising state）。

麦格雷戈等人好像已经成功地建构了对诸如“九点问题”等抽象定义问题的成功与或失败的详细过程模型。传统的顿悟问题已经得出了一个信息加工的说明，它能够对问题和问题的变式预测出成功或失败的原因。不仅如此，而且他们的模型还表明“如何通过一个或许多部分解决方法的经验逐渐达到顿悟”。

顿悟问题与其他问题的关系

对问题的重新表征的必要性不限于那些通常被称为顿悟问题的问题。在代数和物理学方面被称为“应用题”（word）的问题——涉及到某种封面故事（cover story），而不是简单求和的问题——要求解答者在明确一种解决方法（求解过程）之前，首先要形成问题的正确表征。所以“顿悟问题”的研究对我们解决

3.7

速度问题

1. 疯狂鸟问题

两个火车站相距 50 英里。在一个星期六的下午两点钟时分，有两列火车同时从两个车站相对行驶。就在火车驶出车站的同时，一只鸟从第一辆火车的车头飞向空中，并且以 100 英里/小时的速度向第二辆火车的车头飞去。当这只鸟到达第二辆火车车头时，它又折回来，向第一辆火车飞去。这只鸟反复这样飞行，直到两辆火车相遇为止。如果两辆火车都以 25 英里/小时的速度行驶，那么在火车相遇之前这只鸟已经飞行了多少英里？(Posner, 1973, p.150-151)

2. 河流问题

您站在一条河的旁边，河水正以 5 英里/小时的速度从您面前流过。您发现上游 1 英里处有一个木筏在随波逐流而下，上面有两个无助的男孩。接着您发现在下游 1 英里处，男孩的父母正乘着木筏，朝着上游的方向划过来救他们。假设您知道在平静的河水中，男孩们的父母能以 4 英里/小时的速度前进，那么经过多长时间才能到达孩子们身边？(Hayes, 1998a, p.25)

注：为了方便整数运算，英制单位不换算，1 英里 = 1.6 千米。——译注

各式各样的问题很有帮助。活动 3.7 包括了两个“路程 = 速度 × 时间”问题的例子和表征它们的方式。

这种类型的代数问题有两个很重要的特点。第一个特点就是您常常得抛开常识（鸟不能以 100 英里/小时的速度飞行，它为什么那样来回飞行？父母如何知道他们的儿子正在 2 英里远的一只木筏上漂流着？）。因为，常识通常会干扰我们解决这类问题。第二个特点就是上面两个问题的描写采用了突出某些特征的方式。这样做的一个好处是可以引导您来表征这些问题。在第一个例子中，可能引导您从鸟的角度出发，来对问题进行表征。在第二个例子中，可能引导您从岸上人的角度出发，来对问题进行表征。这

两种表征都会使解决方法变得更加复杂。

从疯狂鸟的角度（如图 3.15 所示）出发，对“疯狂鸟问题”的一种表征包括求出每一次鸟从一辆火车飞向另一辆火车时所飞行的路程，然后进行合计，这样会使解决问题变得相当困难。但是，如果我们暂时不考虑鸟，而把注意力放到火车上面（如图 3.16 所示），问题就会迎刃而解了。您所要找出的只是两个火车相遇时所用的时间。因为两列火车都是以每小时 25 英里的速度缓慢行驶，并且在行驶了 25 英里后它们会相遇，所以，它们需要 1 个小时就能相遇。现在问题就转变成了：如果鸟以 100 英里/小时的速度飞行，那么在 1 小时内它飞了多远？答案当然就是 100 英里。

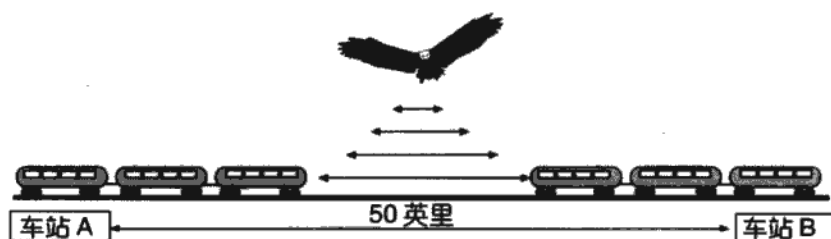


图 3.15 从鸟的角度分析“疯狂鸟问题”



图 3.16 从火车的角度分析“疯狂鸟问题”

河流问题也可以用两种方法进行表征（如图 3.17 和 3.18 所示）。在图 3.17 中，两个男孩的父母正在以 4 英里/小时的速度划木筏，但是河水是以 5 英里/小时的速度流动的，因此他们实际上在以 1 英里/小时的速度远离观察者。男孩们正以 5 英里/小时的速度与河流方向同向运行，因此，这两个速度之差是 4 英里/小时。也就是说，两个男孩正以 4 英里/小时的速度向他们的父母靠



图 3.17 从观察者的角度分析“河流问题”

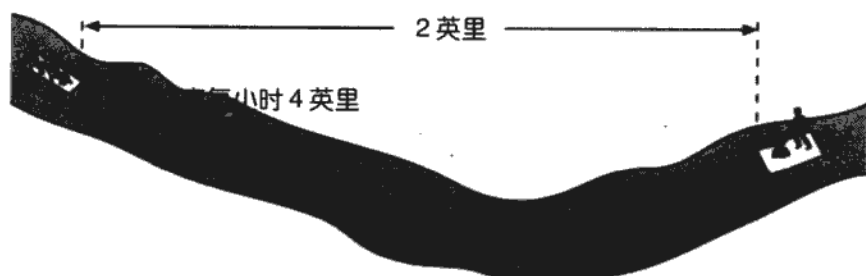


图 3.18 从忽视观察者的角度分析河流问题

近。如果他们一个小时内能行进 4 英里，那么，他们在半个小时内就能前进 2 英里。

在图 3.18 中，我们不考虑观察者，而是从木筏上两个男孩的角度来分析问题。我们也可以不考虑河流，因为，它对父母和男孩的影响是相等的（同样的，如果您正坐在一辆以 80 英里时速行驶的火车上，您通常不会认为检票员以 82 英里的时速移动——因为火车的速度对您两人都有影响，您可以忽视火车的速度，而当作检票员以更为稳定的 2 英里时速移动。）因此，惟一相关的数字就是父母划木筏的速度，即 4 英里/小时。在这种情况下，他们将在半小时赶上男孩们。

影响问题表征：指导效应

刚刚引用的两个例子说明了我们如何经常通过问题的文字措辞而被“说服”，形成特别的问题表征。疯狂鸟问题可能产生了涉及一只鸟在两列火车之间飞翔的心理表征。河流问题则让您以河流流过观察者的速度来表征问题，因此，那就是您要做的事情。给予您的信息，通过问题的措辞是显而易见的。因此，您所形成的表征就是根据这种明显的信息。

西蒙和海斯（1947；Simon & Hayes, 1976）使用河内塔问题的两种变式对指导给人们形成问题表征带来的影响做了研究。当两个问题拥有同样的基础结构时（如问题显示的，例如，状态-空间分析），我们就说它们是异物同构的。西蒙和海斯使用的河内塔问题的两个异物同构（isomorphs）在表 3.1 中列出。在移动异物同构（A move isomorph）中，球体从一个妖怪转移到另一个妖怪，同河内塔游戏中的一个圆环从一个木桩移到另一个木桩上是相同的，并且有相同的限制条件——如果一个木桩（妖怪）不止有一个圆环（球体），只能将最小的转移到另一个木桩（妖怪）；大的圆环（球体）不能放置在已有较小圆环的木桩上（移动给一个妖怪）。变化异物同构（A change isomorph）更为错综复杂。它涉及到更改球体的大小，以及球体停留在一个单个的妖怪手里。实际上，所发生的事情是木桩和圆环的等同物在两种表征中的交换。移动异物同构中的一个圆环的等同物实际上就是变化异物同构中的木桩。

西蒙和海斯开发了一个称为 UNDERSTAND（理解）的计算机程序，作为输入问题指令、识别目标、状态以及问题适用的算子。然后，此信息将传至一个称为“通用问题求解程序”的通用程序。UNDERSTAND（理解）程序预示，问题解决者形成的表

表 3.1 妖怪问题

移动异物同构

3个5只手的外星球妖怪持有三个水晶球。由于其近邻的量子力学特性，妖怪和水晶球都是确切的三个尺寸，不允许有其他尺寸：小的、中等大小的和大的。中等大小的妖怪持有小的水晶球，最小的妖怪持有最大的水晶球，最大的妖怪持有中等大小的水晶球。因为，这种情形违反了他们对称性的发展，他们决定将水晶球从一个妖怪传给另一个妖怪，这样，每个妖怪将有一个与其自身大小成比例的球。妖怪的礼节使这个问题的解决复杂化了，因为它要求：

1. 一次只能传一个球。
2. 如果一个妖怪持有两个球，只能传递较大的那个球。
3. 球不能传给持有较大球的妖怪。

妖怪们按照什么顺序传递水晶球才能解决这个问题呢？

变化异物同构

3个5只手的外星球妖怪持有三个水晶球。由于其近邻的量子力学特性，妖怪和水晶球都是确切的三个尺寸，不允许有其他尺寸：小的、中等大小的和大的。中等大小的妖怪持有小的水晶球，最小的妖怪持有最大的水晶球，最大的妖怪持有中等大小的水晶球。因为这种情形违反了他们对称性的发展，他们决定收缩或扩大水晶球，这样每个妖怪将有一个与其自身大小成比例的球。妖怪的礼节使这个问题的解决复杂化了，因为它要求：

1. 一次只能改变一个球。
2. 如果两个球相同大小，只有较大妖怪持有的那个球可以被改变。
3. 持有较大球的妖怪不能改变球。

妖怪们按照什么顺序传递水晶球才能解决这个问题呢？

(引至：Simon & Hayes, 1976, p.168 ~ 169)

征（根据状态和算子）完全由问题指令来决定。例如，在变化异物同构中的一次移动被表征为一个特别的妖怪更改其球体的大小。当西蒙和海斯（1976）对试图解决这两个变式的人们的口语记录进行分析时，发现他们的被试正如 UNDERSTAND 预示的一样，受到了给予他们的故事版本的强烈影响。

本章说明了我们对于一个问题的最初表征通常能决定它的难度，即使这样的表征能解决问题。特别是在“顿悟问题”中，我们开始经常会走入死胡同，无法进一步解决问题。在定义明确的问题中，可以通过在问题空间内进行搜索，从而找到一个解决方法；而在顿悟问题中，只能通过寻找一个有用的问题空间才能找到一个解决问题的方法。最近，理论家已经表明：解决定义不明确或抽象定义的“顿悟”问题所使用的方法本质上与解决定义明确的问题使用的方法是相同的。现在我们能够比较准确地说明这类问题难解决的原因了。

小 结

1. 我们遇到问题时所采用的表征方式对我们解决问题有很大的影响。有时我们对一个问题表征得差，导致我们被难住——进入了死胡同。
2. 利用下列方法有时可以帮助我们走出死胡同：
 - 注意力集中在问题的另外一个方面；
 - 查看极端条件；
 - 努力寻找一个类比物；
 - 重新编排问题的各个方面——尽力使用不同的方法考虑它们；
 - 去掉我们由于疏忽而加在问题上的限制条件。
3. 格式塔心理学家对我们如何表征并重构问题很感兴趣。他们把思维看做是再现思维（即我们使用前面学过的方法而不用过多考虑问题的结构）或创造性思维（思维是根据对问题结构的深入理解，而不是盲目的）。
4. 他们同时也对由于下列情况所导致的思维失败感兴趣：
 - 功能固着——指我们不能注意到一个物体可能有不止一种的用途；

- 定势的影响——指本来可以使用一种比较简单的方法，我们却使用了前面学过的方法。

5. “顿悟问题”常常会给解决问题的信息加工理论带来许多问题，因为它们不含有连续的、有意识的探索式寻找。结果一些研究者把“顿悟”看做解决问题的一种特殊情况；其他一些研究者把“顿悟”归纳到了传统的信息加工方法中：

- 卡普兰和西蒙把“顿悟”看做探求一个表征方式的过程，而不是看做在一个表征中进行探求的过程。
- 基恩指出“功能固着”可以按照物体的显著特征来进行理解。也就是说“功能固着”是由于语义记忆的机制造成的。
- 奥尔森举出理由证明，通过我们对问题最初的表征，我们每一次使用了一个算子。回忆出算子是一个无意识的过程包括激活扩散（因而也依赖于语义记忆的机制）。当我们在最初的表征基础上找不到一个算子时，我们就是走进了一条死胡同。此时，在找到相应的算子前，我们就不得不改变一下对问题的表征。

6. 麦格雷戈等人已经为“抽象定义的顿悟问题”如“九点”问题的解决方法找到了一个详细的模型，这种模型包含启发式，如手段-目标分析。同时，也展现了顿悟的解决方法是如何出现的。

7. “顿悟问题”的研究很重要，因为它采用的方法通常与恰当表征一个情境或应用题时使用的方法相同。如果没有一个恰当的表征，就不能找到相应的算子，问题的解决就会陷入僵局或变得比较困难。

8. 问题的表征方式对我们理解问题有很大的影响。西蒙和海斯向我们展示了如何从问题说明中形成一个初步的表征，并且这个表征是如何能被计算机所模拟的。

第三部分

类比问题解决

导 言

通常我们解决一个问题最简单的办法是回想过去我们解决类似问题所用的方法。一般认为类比问题解决 (analogical problem solving) 的定义是运用以前解决问题的方法去解决新的问题。我们不仅把以前解决过的问题作为类比的范例, 而且类比可以在更广泛的现象中应用。例如, 我们要向某人解释一个不熟悉的概念, 通常的做法就是用一个大大家熟知的概念作类比。比喻形式的类比能使我们以一种新的方式考察熟悉的事物, 也可能使我们发现新的、潜在的关系。

类比的形式多种多样。由于它的普遍存在, 同时也具有广泛的用途。您可以从以下各种形式中发现类比的存在:

诗歌: 我可以将您比作夏天吗?

精辟的谚语: 当我们变得鲁莽时, 经验是自然界给予我们的一把梳子。

课本的释义: 俄国木偶可以用来解释递归。

对于系统的解释: 心脏可以看成是一个泵。

机智的应答:

不知名的谈话者: 啊, 我看我们得较量一下智慧了。

奥利弗·温德尔·霍姆斯: 先生, 我从不和赤手空拳的人交战。

美学散文: “没有一个警察会像泛滥瓷器店一样滥用性别 DNA 档案。” (道金斯, 1995, p.40)

指导教材: 科学、数学和其他计算性的课本通常包括例

题和练习题，学生们运用例题去解练习题。

关于应用以往的范例或经验去解决当前的问题或理解目前的形式的一些重要问题将在第四章中阐述。一般来说，要实现运用类比解决新问题的价值，最重要的一个前提是：如果这个类比确实有用，您必须理解它。同样，如果某个例子被用来解释教科书中的新概念，那么这个例子必须是可以理解的，否则新概念就不能得到充分理解。类比问题解决的这个方面对类比教学有重要的启示意义。柯蒂斯和赖格卢特（Curtis and Reigeluth, 1984）发现，在26种科学读物中共运用了216个类比来解释概念。他们还特别探讨了教科书的问题解决，这将在第七章中阐述。

类比的另一个重要方面是相似物与您要解决的问题（或您要理解的概念）之间的相似性可能是非常大的。瓷器店里的警察与性遗传从表面看来没有什么相似性。但是，一辆轿车超车的例题与一辆卡车超车的练习题却非常相似。

为解决一个新问题，所有的类比必须在一些方面进行调整。由于需要在一些方面调整类比，因此，调整后类比失败这一点非常重要。类比物的表面特征和为解决新问题对类比物所做的调整对类比问题的解决有重要影响。对于一个新手来说，确认有关的相似性和忽略不相关的差异是相当棘手的，把注意力从问题的表面特征转移到问题背后的结构，这样的类比可能有助于新手的问题解决。

当给我们呈现大量相同类型的事物时，我们最终都能概括出它们之间的共同点。在幼年时，我们通过观察大量狗的实例，逐渐学会识别新品种的狗，并能将狗和猫区别开来。现在，即使我们首次见到一种陌生的不寻常的狗，我们也能将它归入到狗的范畴中去。这种从众多例证中抽取共同特征的过程称之为归纳（induction）。而把我们所学的，即从几个例证中概括出来的知识应用到新问题的整个领域就是所谓的演绎（deduction）。归纳是从

特殊到一般的过程，演绎是从一般到特殊的过程。我们所学的大部分知识都是通过归纳得来的。正因为如此，本书将用大量篇幅专门介绍归纳在类比和例题学习中的作用。

第四章 学习迁移

在活动 4.1 中所描述的两个问题其表面特征不同（一个是货币兑换率，另一个是汽车旅行），但是它们的深层结构相似，都是用两个数相乘得到答案（两者都运用等式 $a = b \times c$ 来解决问题）。问题表面特征的各成分之间（72 千米/小时，5 小时）是相互联系的，这种确定的关系（这里表征为等式结构）构成了问题的结构。如活动 4.1 中的例题所示，这种确定的关系指出了解决问题的程序。阅读本部分其他几章的内容后，您会发现，在解决问题的过程中，有时关系结构是重要的，有时从这种关系结构中推导出的解决问题的程序是重要的，然而，两者是交织在一起的。

运用以往问题解决中所获得的经验来解决新的、同样类型的问题就是类比迁移（analogical transfer）。人们能够进行概括、分

活动 4.1

两个问题是相似的还是不同的？

- A. 一个在圣·特罗伯兹海滨的游客要把 85 英镑兑换成欧元，英镑对欧元的汇率为 1.8 : 1，他会得到多少欧元？
 - B. 一辆小轿车以平均每小时 64 千米的速度行驶 5 小时后到达目的地，它走了多远？
1. 学习解决问题 A 对促进问题 B 的解决有多大的可能性？
 2. 设想您刚刚兑换完钱，独自行驶在法国乡间的公路上，并盘算着 B 问题，您能回想起 A 问题的可能性有多大？
 3. 如果能，为什么？如果不能，又是为什么？
 4. 在何种情况下，您会运用问题 A 去解决问题 B？

类,进而形成陈规,这些看起来很容易。这表明学习迁移是简单而直接的事情。正如J.拉金所言(Jill Larkin, 1989, p.283):

每个人都相信迁移是存在的。我们坚信凭借在学习中所获得的经验,我们能学得更好。学习第二语言(人类或计算机)要比学习母语容易……所有这些共同的理念都反映出一个不争的事实,即一旦我们掌握了某一种背景知识,那么在以后相关背景的学习中,就会节省时间,并提高学习的效率。

然而,我们的学习迁移能力存在着一些出人意料的局限性。因此,许多研究者展开了关于迁移条件的研究,即在什么条件下,迁移能发生;在什么条件下,迁移不能发生。

20世纪初,或者是在此之前更长的一段时间里,人们假定儿童学习了某一科目的知识就会有助于儿童学习其他学科的内容。拉丁文就被认为是这样的科目,其学习结果能迁移到其他各门学科中去。它的逻辑结构被认为能提高学生的数学、科学以及语言的学习。最近,计算机程序语言(Logical语言)已经取代拉丁文成为向其他学科领域产生学习迁移的主要科目(Klahr & Carver, 1988; Papert, 1980, 1993)。

20世纪初的另一种观点是桑代克的共同要素说(identical elements)(Thorndike, 1913; Thorndike & Woodworth, 1901)。这种观点认为,如果两个问题没有相似的表面特征,即使有共同的深层结构,也不会发生迁移现象。一项作业要想对另一项作业的完成起促进作用,其前提是两项作业之间必须有共同的显而易见的知觉特征,如颜色、形状等,或者两项任务必须有共同的特定的刺激-反应模式。这种观点大大限制了迁移发生的条件。学习拉丁文不会对数学学习有影响,因为二者没有共同的表面特征。学习一种计算机语言(如Lisp)也不会对学习另一种新的计算机语言(如Prolog)有帮助,等等。最近,这两种对立的观点(即存在普遍迁移的观点对只有少量迁移的观点)集中在一般专业技

能和特殊专业技能所起的相对作用上。

一般迁移 (General transfer) 涉及一般性技能或习惯的学习。如果您擅长写政治学或经济学方面的论文,那么,您就很有可能运用您善于组织结构这一特长,写出同样好,但内容却完全不同的历史学或心理学的论文。也就是说,当您转向一个新的领域时,您不必从头学习论文的写作。而且,有一种现象叫“学会学习”,即当学习者一旦开始新的学习,如学习一系列单词或一系列配对单词(即一对单词中的第一个词作为后一个词的回忆线索)。那么第二次做这样的作业时,成绩会有很大的提高,即使两次使用的单词完全不同(Postman & Schwartz, 1964; Thune, 1951)。

特殊迁移(Specific transfer) 类似于桑代克的共同要素说。许多数学课本提供了大量相似的练习题。一旦学生掌握了例题,就很容易解决其余类似的问题。不过要注意,这里所指的新旧知识的迁移必须是二者在某种程度上不同。如果两个问题非常相似或完全一样,则只能称之为提高而不能称之为迁移。

正迁移和负迁移

我们经常在新情境中运用旧知识。如果学习者能够运用以往所用过的程序成功解决新的问题,则可称为正迁移(positive transfer)。如果您已经会驾驶越野车,那么学习开福特汽车的时间会大大缩短。这是因为在一种情境中学习的知识(学习驾驶越野车)很容易迁移到另一种情境中(学习驾驶福特车)。同时,两种车也可能存在差异,比如仪表盘的设置等,因此您必须学会一些新东西。不过,以往习得的方法也可能阻碍新方法的学习,这就是负迁移(negative transfer)。在这种情况下,以往的学习影响了您解决新的问题,至少妨碍您采用合理的方法。试想,如果您已

经能够熟练地开一辆车，这辆车的指示器在操作台的右边，而挡风玻璃的雨刷在左边。过几年后您又买了一辆新车，指示器和雨刷的设置与您的旧车相反。在这种情况下，由于您对老车的习惯就会影响您驾驶新车。您试图将您的习惯用在不当的情境中。

应该明确的是负迁移通常很难发现。它通常会与部分合理的正迁移相混淆。设想一下，您在学习使用某种特殊应

活动 4.2

在前几章里也出现过负迁移的例子，您能回想起来吗？

用程序的文字处理软件，直到相当熟练地操作它。然后，让您使用另一种与先前不同的应用程序的文字处理软件。就像一个人会对新车中的设置很不习惯一样，您会恼火地发现很难学会这些新的应用程序。您感到旧的知识干扰了新知识的学习。但是，如果您比较一下学习第一个软件所用时间与学习新软件所用的时间，您就会发现除了刚开始的干扰之外，新软件的学习还是要比先前第一个软件的学习用的时间少（Singley & Anderson, 1985）。挡风玻璃的雨刷和指示器是否真是如此，倒是一个需要讨论的问题。

定势：负迁移的例证

格式塔心理学家提出的问题解决中出现的一些困难可以作为负迁移的例证。最明显的例子是定势。在卢钦斯的水罐实验中，被试学习一套解决问题的规则，然而，学完之后，这套规则却妨碍他们在接下来类似的问题中使用一种简便的方法。类似的功能固着现象妨碍了您合理地解决问题。比如您形成了“钳子是用来夹东西的”的牢固观念，就想不到它还可以做重锤水准仪。在一种情形中习得的知识会妨碍您在不同的情境中用同样的工具去解决问题。

假设检验理论

研究者竭力想弄明白为什么正负迁移影响着问题解决。约翰·斯威勒（1980；Sweller & Gee, 1978）进行了一系列精巧的实验，结果表明同样的范例既可能产生正迁移，又可能产生负迁移。斯威勒（1980）认为，正迁移意味着顺序效应（Hull, 1920）。顺序效应是指，如果有一系列难度递增的相似问题，那么按照从易到难的顺序去解决要比按照从难到易的顺序去解决更容易。学习者解决前面问题的经验会加速对后面问题的解决。而且，对莱文（1975）的假设检验理论进行修正就可以解释这种正迁移和由定势所产生的负迁移现象。

应当指出的是，在接下来的讨论中“假设”和“规则”几乎是可以互换的。这是因为它们有着相同的结构：如果操纵X，则Y发生变化，这就是规则或假设的共同含义。

假设检验理论有三个假定：

1. “如果人们觉察到问题是有联系的，他们倾向于通过验证那些与先前正确的假设密切相关的假设来解决每一个问题……可以推论，如果人们没有发现问题间的联系，那么他们对当前问题所建立的假设就不会受以往问题的影响”（Sweller, 1980, p.234）。

因此，如果您有一套用于解决相似问题的规则（或紧密相关的规则），那么就使用它。这些规则或类似的规则在过去运用得越多，在后继问题的解决中越能发挥作用。反过来说，如果您不能发现新旧问题之间的相似性，那么就不可能用先前的解题规则来解决现在的问题，原因很简单，就是因为以前您就没有做过。

2. 相对简单或独立的假设比复杂的假设或与其他假设有许多

关联的假设更重要(见活动4.3)。换言之,简单的假设比复杂的假设的作用更显而易见。

3. 如果假设2与假设1发生冲突,则优先选择假设1。比如,在选择简单还是复杂的规则或假设及选择在以往类似问题中成功运用的规则或假设的抉择中,您更可能选择后者,而不管它是简单的还是复杂的。

活动 4.3

A: 一个简单的假设:

完成下列的序列:



B: 一个复杂的假设:

完成下列的序列:



当我们学习新知识时,往往以简单的范例开始。经过学习并练习难度逐渐增大的例题,最终能够解决这一领域内非常复杂的问题。当我们学会解决某一类型的问题后,新问题的某些特征就会激发相应的解题程序。正如我们在水罐问题中所看到的那样,即使出现一个非常简单的问题,该问题的某些特征仍能激发复杂的解题程序。也就是说,一个特征与复杂问题相似的简单问题也能激发一套复杂的解题程序。

斯威勒关于迁移效果的研究见研究栏4.1。结果表明,如果您学会了解决包含相关规则的类似问题,那么您就能够解决更为复杂的问题。由于获得了相关的规则,人们很容易形成与过去问题相似的新问题的假设。条件是问题以一个相对简单的假设开始,并逐渐变得复杂。同理,一个简单的问题也可以逐渐变得复杂。当

一个新的问题需要使用简单却不同的规则时，同样的规则学习能力（即解决一开始不能解决的问题）却能导致定势现象。正如斯威勒指出的，“在初始问题中那些可识别的差异既可使简单的问题复杂化，又可以使复杂的问题简单化。这要求所建立的假设必须是以新旧问题间一定的相似性为基础的”（1980, p.237）。

斯威勒（1980）对迁移效果的研究

原理

假设检验理论假设，不论被试生成规则的问题情境多么相似，仍将存在不同的迁移效应（正负迁移）。同样的，可能使简单的问题变复杂（由于负迁移的作用），或者使难题变得简单（由于正迁移的作用或者顺序效应）。

方法

给被试呈现一个两位数字，如49，并且对此做出不同的反应，然后给予他们正确答案。如此重复进行，直到被试7次中答对6次，或完成40次实验。有两种可能的反应，一种是简单的相加反应，即正确答案是两个数字之和，如“两位数49”的正确答案是13（4与9之和）。第二种反应类型则基于一套渐趋复杂的规则。第一个问题非常简单，无论给被试的两位数是什么，被试的回答总是10。在第二个问题中，两种反应交替出现。对于第一个两位数的回答是12，对于第二个两位数的回答是7，第三个是12，以此类推。第三个问题需要被试选出三个数字的顺序，等等。

结果

没有一个掌握渐趋复杂程序的被试能在10次以内解决要求他们将两数简单相加的问题。几乎所有控制组的被试（13个中的12个），他们没有经过特殊训练，都能在10次以内解决两数简单相加的问题。而没有一个被试不经过练习就能解决运用复杂规则的问题。

斯威勒的研究意义重大,因为它为探讨人类思维提供了帮助。斯威勒将从经验中生成规则的过程看做一种自然适应。因此,正负迁移是一枚硬币的两面。定势现象不是人类刻板、非理性思维的一种表现,而是我们试图生成规则,使世界可以预测地理性思维的必然结果。

定义明确问题中的迁移

运用第二章所介绍的方法去分析问题的结构,我们可以分辨出两个问题是否具有同样的结构。如果人们解决结构相同问题的能力不同,那么问题难度主要取决于较难的问题的某些方面,而不是结构本身。正如在第三章中所指出的,有着同样结构和同样限制条件的问题被称为同构(isomorphs)。表3.1中的海怪问题就是两例同构问题,现在来看一看活动4.4。

活动4.4中的问题是河内塔问题的翻版。显然,河内塔问题及其三个同构问题的惟一差别在于故事的文字表述。由于从表面看起来问题是如此的不同,以至于您不能意识到其内在结构与河内塔问题相同。所以,四个问题若从表面特征来看是不相同的,但在内在结构上却是一致的。正如在第三章中所指出的那样,尽管本质相同,但表面特征仍能迷惑人们。喜马拉雅的茶仪式就是“问题迁移”的一个例子:事情从一个人转移到另一个人,如同表3.1中的第一只海怪那样。西蒙和海斯(1976)使用了13个河内塔问题的同构问题,都是两种操作形式的海怪问题的变式,既改变和迁移。结果发现被试们受问题指导语的影响很大;几乎没有被试将两个问题相对照,而使得问题更容易解决,“只有两三个被试想到或注意到了这种类比”(1976, p.166)。

活动4.5中的问题很容易识别。瑞德等人(1974)在相似问题的迁移研究中使用了该问题。“嫉妒的丈夫问题”,Hobbit问题

活动 4.4

喜马拉雅山脉的 (Himalayan) 茶仪式

在喜马拉雅山脉村庄的一些小茶馆里经常进行一种高度文明且非常考究的茶仪式。仪式包括一名主人和恰好是两名客人。当客人们到来并在桌旁落座后,主人为他们提供三项服务。喜马拉雅人对待他们认为最尊贵的客人的三项服务如下:

给炉火加柴,
煽出火苗,
为客人送米饼。

在仪式期间,任何一位在座的人都可以问另一个人,“尊敬的先生,我可以为您做这件麻烦的事情吗?”

不过,一个人请求为另一个人所做的事情只能比别人已经做过的事情的等级低。而且,如果一个人不论想做任何一项事情,他都不能要求做比他已经做过的最高等级的事情。习惯上要求,到仪式结束的时候,所有的事情都要由主人传递给最年长的客人。

这是怎么完成的呢?

(根据西蒙和海斯的故事改编, 1976)

活动 4.5

嫉妒的丈夫问题

三个很有嫉妒心的丈夫和他们的妻子要穿过一条河,他们在渡口找到一条船,但是,船很小,一次只能运载两个人。找出一个最简单的渡河方案让六个人都过河,但是条件是没有一个女人被单独留下来和男人在一起,除非他的丈夫在场。假定所有的在船乘客在下次旅行前都要上岸,并且在渡河过程中至少有一个人在船上。

和 Orcs 问题具有相同的结构 (见表 2.7), 然而在“嫉妒的丈夫”问题中有进一步的限制条件,即一个妇女不可以单独与其他男人留在一起,除非她的丈夫在场。“由于丈夫们是不等同的,转移两个传教士相当于转移任何三个可能的丈夫的组合。但是三种转移中只有一种是合理的。所以,在“嫉妒的丈夫”问题上会有更大

的限制”(Reed et al, 1974, p.438)。这一附加的限制条件意味着这三个问题不是确切的同构,而是“同构”(homomorphic)。问题相似,但并不一致。研究栏 4.2 中列出了瑞德、厄恩斯特和巴纳吉的实验。

研究栏 4.2

瑞德、厄恩斯特和巴纳吉, 1974

原理

瑞德和他的合作者的研究目的在于“探索问题解决中类比的作用”。他们验证了在何种条件下执行第二项任务会得到提高。

方法

在实验 1 中,要求被试解决传教士与野人问题(MC)和“嫉妒的丈夫”问题(JC)。一半的被试先做 MC,再做 JC。另一半则相反。在两个问题间没有发现迁移。下面两个实验的目的是找出迁移是如何产生的。实验 2 要寻找重复同样问题在哪些方面有所提高,提高的标志是什么?一半被试做两遍 MC 问题,一半被试做两遍 JC 问题。实验 3 要验证两个问题的关联是否产生了迁移。自变量是:花费的时间、移动的次数和不合理移动的次数。

结果和讨论

所有的实验中,移动次数没有显著性差异,但在某些条件下,第二次解决问题时的解题时间变短了,而且不合理移动的数量减少了。正如人们期望两次做同样的问题会有所提高一样。但是,只在先做“有嫉妒心的丈夫”问题,再做传教士问题中发现了迁移,而且还要提示被试这两个问题是相同的。有些学习迁移只发生在较难问题到较易问题时。

瑞德等人发现了许多事实。第一,由于附加条件的限制,使得在“嫉妒的丈夫”问题中做一次合理的移动变得十分困难。结

果是增加了被试判断的时间,而且出现更多的移动错误。第二,迁移是不对称的,也就是说,只从“嫉妒的丈夫”问题向其他两个问题迁移,而不会出现其他迁移。第三,两个不同问题间不会产生迁移,除非明确提示被试回想以前的问题(想想您以前如何解决“嫉妒的丈夫”问题,现在如何解决传教士问题)。第四,被试承认即使给他们提示,他们也不能很好地运用先前的问题。没有一个被试说出,回想起了以往解决问题的正确顺序。相反,被试回忆问题往往从一个“总体的角度”进行。也就是说,他们回想起了一些通用策略(如平衡传教士与野兽的数量;首先移走所有的传教士等)。

从瑞德及其合作者的实验中还得到了另外一个重要发现。正如在西蒙和海斯(1976)关于河内塔的同构问题上,他们认为问题的结构并不是问题解决的难点。主要的困难在于确知某一特定的移动是否合理。卢格尔和鲍尔(1978)对这一点做了进一步的验证。他们发现河内塔(TOH)和茶仪式(HTC)这两个问题间存在迁移的对称性,即无论哪一个故事先呈现都能发生学习迁移。他们的研究结论与瑞德存在差异,对此他们提出的解释是河内塔问题有一个“有意义的、类似蜂巢的亚结构”(见图4.1),其意义是在学习解决两个变式的其中一个时,要将该问题分解为子问题,这种分解的方法可以用于另一个同构问题。“传教士和野人”问题却缺乏这种问题的子结构。

我们首先来看,经过检验的关于在某种程度上可被迁移的特殊知识的研究。通过呈现“如果-那么”规则(也即是产生式规则),一些研究者宣称能够预测被试在多大程度上将某一领域的规则向其他领域迁移。接下来,我们再看一般性知识的迁移。这主要是指一些策略性知识,元认知能力(比如时间、情绪和任务的分配),以及学会学习。

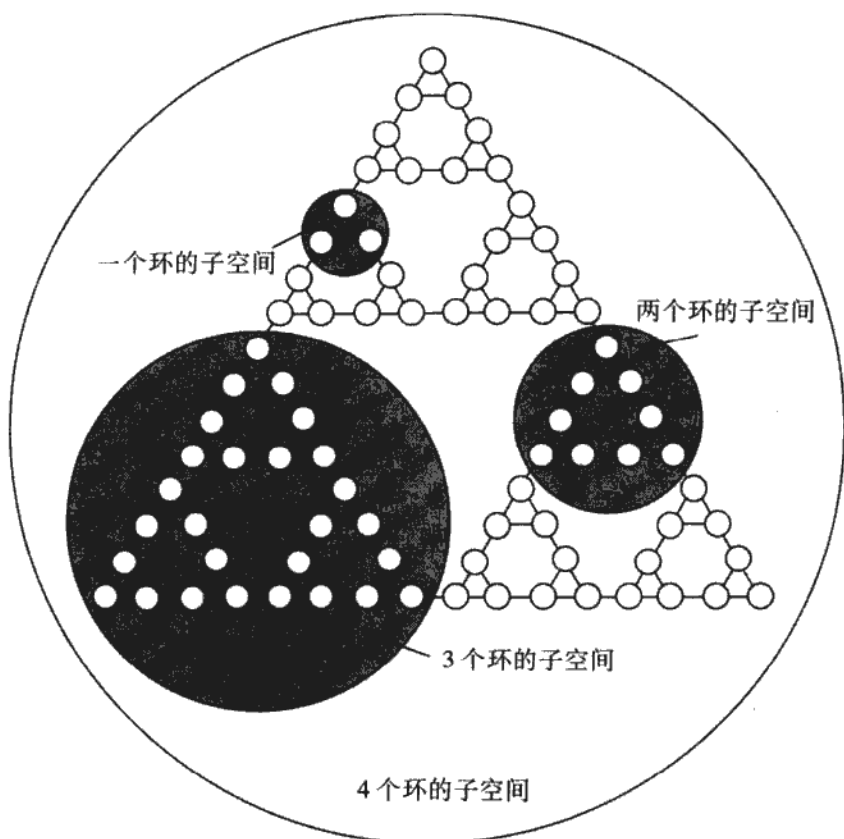


图 4.1 四圆环河内塔问题的状态空间

特殊迁移

一直以来，在许多关于学习的研究中，除非给予提示，否则不会发现迁移的存在。但是联系到我们的日常生活，情形就大不一样了。我们不断地面对新的环境，并不断地运用过去的经验去解决新的问题，大多数情况都成功了。我们从过去中学到许多东西，并且能够运用所学去解决现在遇到的问题。

为了验证哪些方面的经验可能会用于新的情境，我们需要一

种新的方法来界定或表征旧经验。正如在本章开头所提到的那样，一种鉴别相似性的方法是看新旧问题是否存在共同的成分。桑代克所指的共同成分是一套“刺激-反应”的联结。环境中的某些方面将引发某种已习得的特殊行为。当日后碰到相似的环境，相应的行为就会被激发出来，即使问题的情境可能稍微有所差别。但是，这种联结必须是非常紧密的，两种行为系统才会被同时激发。结果，由一种情境想到另一种情境的学习迁移是极少发生的，除非两种情境几乎相同。

最近，辛格利和安德森（Anderson & Singley, 1993; Singley & Anderson, 1985, 1989）对迁移理论做了进一步发展。他们对共同要素说进行了修正，提出了迁移的产生式理论。该理论重点讨论技能的迁移，一种技能可以分解为诸种成分或它的产生式。在详细了解这个理论之前，先介绍一些有关知识分类的背景知识。

陈述性和程序性知识

设想您第一次学开车（或者回想您根本不会开车的那段时间）。为了知道正确的做法，您必须接受指导或者阅读关于驾驶汽车的说明，您可能知道必须从二挡挂到三挡，但您却不知道如何去做。知道的事实叫做陈述性知识（declarative knowledge）。有时您必须将陈述性知识转化为一套行动，即从一个挡位换到另一个挡位的操作程序。如何去做的知识称做程序性知识（procedural knowledge）（见信息栏 4.1）。

请注意程序性知识既不可以用正确或错误来界定，也不能用有没有用处来界定（如 4.1 中所提到的最后一个规则）。通过驾驶汽车的例子，我们可以看出两种知识的差别。您可以记住驾车的说明书，并且倒背如流，但这并不说明您已经会驾车了。实际上，如果您以前从未开过车，那么您冲出路面而不抛锚只能算您幸运了。

信息框 4.1

陈述性和程序性知识

陈述性知识（知道）是关于事实的知识，是关于自然、人物等的一般性知识。如：

- 罗马是意大利的首都
- 我们正摆脱萧条
- $E=mc^2$
- 驾车说明书
- 我晚饭吃鸡肉

一般性的陈述性知识有正确和错误之分。

程序性知识（知道怎么做）是关于怎么做的知识。它强调我们的技能性表现，与自我意识没有多少关系。这就决定我们不能从最初所形成的程序性知识回到陈述性知识。陈述性知识可以通过总结出规则转化成程序性知识。试比较陈述性知识 $E=mc^2$ 与下列程序性知识的例子：

- 如何驾车或骑自行车。
- 如果您想发现系统中的能量 E 有多大，那么用质量 m 乘以光速 c 的平方。
- 如果您想知道一个人是男还是女，那么，您就看他是否是长发。

陈述性知识可以分为三种类型（Ohlsson & Rees, 1991）：

1. 事实性知识。诸如驾车说明书等一般性知识。事实性知识一般与特定的物体或事件有关。如“现在汽车上正挂在二挡上”。
2. 情景性知识。这种知识应该是第一种知识的一个子类，是一种有关个人经验的知识。这种知识是与个人经历的具体情境相联系，如“上次我曾经试图换挡而使车抛锚”。
3. 抽象知识或一般原理。这种知识可以被应用到许多具体的事

物中,如算术法则,无论一系列数字的排列顺序如何,它们相加所得的结果都是一样的,如 $3 + 7 + 2956 + 675 = 7 + 2956 + 3 + 675$ 。

程序性知识特指在特定条件下所采取的行为,通常指操作能力。初学开车的人在换挡时,可能有许多关于如何做的陈述性知识,但这并不意味着当他第一次驾驶一辆汽车时,他就能够正确进行操作。程序性知识是通过练习获得的,在许多有关问题解决和技能获得的理论中,陈述性知识往往是作为程序性知识的预备性知识而存在的 (Anderson, 1983; Byrnes, 1992)。

两种知识的另一种差别是其组成成分的用途不同。一般性的语义陈述性知识和情节陈述性知识是相对独立的。它们可以被用到不同的情景中,可以用于不同的目的 (没有特殊规定它们应该怎样使用)。另外,陈述性知识有对错之分,如“我们正走出萧条”,“意大利是乌克兰的首都”,“传动装置上端的按钮能使排气筒运转”等。而程序性知识只有基于它所达到的目的才能被正确理解。它是针对特定的情境如何去做的知识,没有严格的对与错的差别,在实现目标时作用有大有小:

如果目标是下午 5:00 到达市中心

那么看一下巴士时间表

然后步行去汽车站

上巴士

买票

等等。

如果目标是将变速器从二挡提升到三挡

目前车挂在二挡

那么将脚踩在离合器上

将变速挡恢复原样

然后将变速杆拉向右边

将变速器推向三挡的位置

让您的脚慢慢从离合器上离开。

注意在这些例子中，程序是已知的。在第二个例子中，陈述性知识已经被整合进程序性知识，而且一系列独立程序已经被串联起来。陈述性知识如何转化成程序性知识将在第八章中论述。

并不是每一个人都认为陈述性知识与程序性知识有着严格的区别 (Lard et al., 1987; Newell, 1990; Silver, 1986)。希尔弗 (1986) 举例说，程序的流畅 (如驾驶一辆车) 并不依赖概念的流畅 (如内燃机知识)。他认为概念性知识对于掌握程序性知识来说既不是必要的，也不是充分的，但是，二者是相互关联的。不过，概念知识等同于抽象的知识，这种类型的陈述性知识可能不是学习程序性知识的相关类型。但是，程序性知识的学习可能一直需要以事实性知识和情景性知识为基础。“将手放在挡柄上，向前推”这种类型的陈述性知识对程序性知识的学习是更合适的。

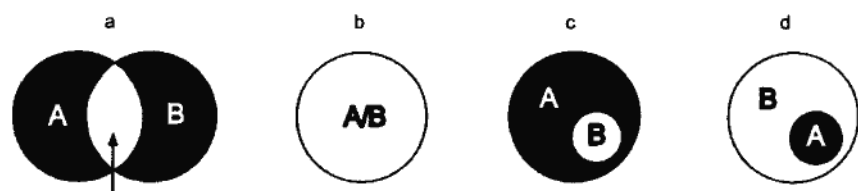
同一产生式迁移理论

如果我们将学习驾车或学习解决问题看做程序性知识的获得，那么，就会发现知识是如何从一种情境迁移到另一种情境的问题。让我们再回到那个学习驾车的老问题上。设想那是一部左侧驾驶的汽车，一旦您学会了开这辆车，那么相对来说也很容易把另一辆左侧驾驶的汽车开走。但是，现在让您开一辆卡车或一辆右侧驾驶的汽车就显得十分困难。在每一种情景中，新车与旧车之间既存在差异，也有相似之处。这种相似之处使您容易学会开一辆新车，换句话说，它们之间存在正迁移。但是，如果在驾驶方式上新旧车之间有所不同，您就必须从头学一些新的方法。最后，正如在本章开头所指出的那样，差异的存在 (如雨刷和指示器的设置不同) 会对学习开新车产生一定程度的负迁移。

如果我们能够区分出某种程序的相似性与差异性所在，我们

能预测出一种情境向另一种情境迁移的程度吗？事实上，根据希格利和安德森的研究结果（Anderso & Singley, 1993; Singley & Anderson, 1985, 1989），我们可以做如此预测。他们认为共同要素说对于解释各种迁移都是适当的，尽管他们的解释与桑代克所提出的刺激—反应模式的解释有所不同。然而，如果将迁移看做产生式重叠（见 VanLehn, 1989），那么就可以通过一种学习的效果来预测另一种学习的效果（见图 4.2）。

希格利和安德森（1985, 1989）做了许多实验来考察文本编辑技能。他们的被试学习了各种屏幕编辑技能。希格利和安德森的兴趣在于明确，学习一种文本编辑对学习另一种不同的或者是按要求做了些改动的文本编辑的效果。文本编辑任务可以用一种产生式系统来模拟。希格利和安德森发现，被试在一种文本编辑任务中所用的产生式数量可以预测学习第二种编辑任务时节省的时间。例如，在两个“行编辑”ED 和 EDT 下有许多共同的产生式，因此，就有较大的可能由一种情境迁移到另一种情境。但是，



A、B 两项任务有相同的难度，白色区域代表重合部分（存在从 A 到 B 的部分迁移）。

两项任务（同构）有完全相同的产生式（存在从 A 到 B 的完全迁移）。

在 c 和 d 中，迁移似乎是不对称的，但实际并非如此（两个任务间相同产生式的数量是一致的）。在 c 中，迁移是从 A 到 B，这里 A 是更复杂的任务，它包含了完成 B 任务所需的所有产生式。在 d 中，B 是更复杂的任务，对 A 任务的学习，只能部分帮助 B 任务的完成。

图 4.2 包含 A、B 两个任务的四个例子，其中每两个任务都有共同的产生式

它们与第三个编辑 EMACS 共用的产生式很少, 因此, 在“行编辑”和 EMACS 之间迁移相对较少。实验的结构见表 4.1。

在第三天, 三种编辑的实验组 (three-editor-group) 从一种编辑任务转到另一种编辑任务。可是在执行编辑任务时他们所用的时间与两种编辑的实验组并没有差别。实际上, 在实验自始至终, 三种编辑的实验组与两种编辑的实验组在得分上一直保持一致。可见, 从一种行编辑向另一种行编辑发生的是完全的迁移。在第 5 天, 所有的实验组转换到 EMACS 编辑任务, 结果行编辑任务与 EMACS 编辑任务间存在显著差异, 后者任务执行得更好。但是在第一天, 行编辑任务的执行速度仍然快于 EMACS 编辑任务的执行速度, 所以, 可能存在部分正迁移。

在这些结果中, 一个值得注意的现象是负迁移似乎没有发生。由于任务 A、任务 B 有一些共同的产生式, 所以 A 对 B 要么起促进作用, 要么不起作用。似乎没有负迁移发生的机制。希格利和安德森验证了这一预测 (表 4.1 中的实验 2)。他们另创了一种 EMACS 编辑, 其关键操作与前者不同。例如, 在 EMACS 编辑中

表 4.1 希格利和安德森文本编辑任务中的条件
(采自 Singley 和 Anderson, 1993, p.189)

	天		
	1 和 2	3 和 4	5 和 6
实验 1			
一种编辑	EMACS	EMACS	EMACS
二种编辑	ED	ED	EMACS
	EDT	EDT	EMACS
三种编辑	ED	EDT	EMACS
	EDT	ED	EMACS
控制	类型	类型	EMACS
实验 2			
负迁移	EMACS	改版的 EMACS	EMACS

按键组合“Ctrl-D”表示删除一个字母，“Esc-D”表示删除一个单词，“Ctrl-N”表示移动一行。在改版的EMACS编辑中，“Ctrl-D”表示移动一行，“Esc-R”表示删除一个字母。实验共有两组被试，一组只学习一种EMACS，共学习6天；另一组先学习EMACS两天，然后学习改版的EMACS两天，再学习EMACS两天。尽管在第三天被试在改版的EMACS中的表现非常糟糕，但在转到改版的EMACS的第二天，表现就明显好于第一天。这就是说，看上去像是负迁移，而实际上却是正迁移，正像共同要素说所预测的那样。

安德森认为，他的ACT-R产生式系统（或者说实际上大多数其他的产生式模型），与桑代克的比较刻板的共同要素说相比，是一种更灵活的表征知识的方法（Singley 和 Anderson, 1989, p.112）：

在文本编辑实验中对迁移所进行的分析暗含了迁移的产生式模型。两种编辑的共同命令很少，却发生了高水平的迁移，这就再一次表明桑代克提出的注重表面特征的共同要素说模型是不充分的。

换句话说，对于迁移而言，关键的不是它们有多少共同的表面成分，而是是否有共同的产生式系统。

基拉斯和博威尔（Kieras and Bovair, 1986）进行了一项类似的关于迁移效果的研究。他们考察按照特定的执行系列行为的指导语，被试如何将陈述性知识转换为程序性知识。然后他们又考察了被试如何能够更好地学习新的程序性知识。其研究详见研究栏4.3和信息栏4.2。

如果把程序分解并加以详细的描述，也就是说把程序转化为特定的产生式规则，那么学习一种新的相关程序所需的努力就取决于新旧产生式之间的差别。如前所述，陈述性知识是不可以被执行的。不过一旦通过产生式加以体现，陈述性知识就可以被执行了。这是因为它被用来达到一个具体的目标。如果知识的效用发生变

研究框 4.3

基拉斯和博威尔(1986)

原理

基拉斯和博威尔的兴趣在于如何验证由安德森所提出的认知技能获得模型,他们尤其想找出①由包括各种执行程序的指导语所表征的陈述性知识是如何转换为产生式规则的;②服从产生式规则的程序性知识表征是否能够预测由一项任务到另一项任务的迁移量。

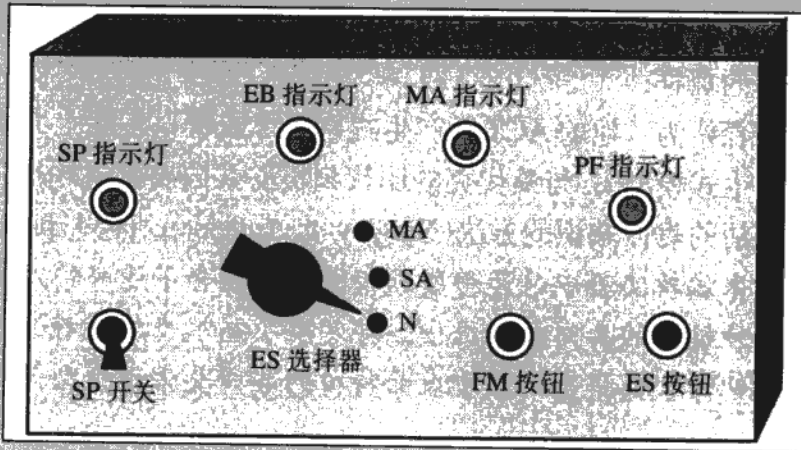


图 4.3 装置的控制板 (引自基拉斯和博威尔, 1986)

方法

被试要学习操纵一项装置的一系列操作程序(如图4.3所示)共有两个“正规”程序和8个“故障”程序。例子取自于基拉斯和博威尔(1986, pp.508~509)。

正规程序举例

如果命令是执行 MA 程序,则操作步骤如下:

第一步:将 SP 开关打开。

第二步:将 ES 选择器旋转至 MA。

第三步:按下 FM 按钮,然后松开手。

第四步:若 PF 指示灯闪动,那么请注意此时操作成功。

第五步:当 PF 指示灯停止闪动,则将 ES 选择器旋至 N。

第六步：将 SP 按钮关上。

第七步：如果程序成功，则打出“S”代表成功。

第八步：程序结束。

故障程序举例

如果命令是执行 MA 程序，那么操作步骤如下：

第一步：将 SP 开关打开。

第二步：将 ES 选择器旋转到 MA。

第三步：按下 FM 按钮。

第四步：如果 PF 指示灯不闪，那么请注意出现故障。

第五步：如果 EB 的开关是打开的，而 MA 的开关是关闭的，那么注意这个故障可能排除。

第六步：将 ES 选择器扭到 SA。

第七步：按下 FS 按钮，然后松开。

第八步：如果 PF 指示灯不闪，那么请注意这个故障是不能排除的。

第九步：将 ES 选择器扭到 N。

第十步：将 SP 开关关闭。

第十一步：若故障无法排除，那么将打出字母“N”表示无法排除。

第十二步：程序结束。

考虑到可能会有顺序效应，共设了三组不同的训练顺序。被试必须在进行下一步前正确执行三种不同顺序的程序。

LISP 中有一个程序，用于在产生式规则的基础上模拟迁移效应。作业的产生式系统模型的支持证据见信息栏 4.1。基拉凯洛斯和博威尔的模拟程序报告了“与已有规则一致的规则的数量，能被已有规则同化的规则数量以及新增规则的数量”。

结果与讨论

被试的表现与模拟程序预测的结果有相当大的重叠，而且，学

习新程序所用的时间取决于必须学习的新的产生式规则的数量。由于安排了特定的训练顺序，学习新程序所需要的时间长度持续减少，因为，后面的程序不需要学习或仅需要再学习一两种新程序。（其他训练程序的安排则表明，随着必须学习的新的产生式规则的数量不同，时间会呈现“之”字型变化。）由于模拟程序建立在表征执行程序规则的产生式系统的基础上，而观测到的结果与预想效应间又存在一致性，基拉斯和博威尔认为“产生式规则表征能够精确地描述学习一套相关程序的相对难度”（p.507），而且，“通过程序的产生式系统表征可以很好地预测迁移量”（p.507）。

化，那么发生迁移的可能性就很小，尽管在两种情景中知识的效用基于同样的事实（陈述性知识）（Pennington 和 Richder, 1996）。

根据同一产生式迁移理论，我们如何解释卢钦斯和斯威勒研究中的定势效应呢？（见研究栏 3.2 和 4.1）。对负迁移的一种解释是假定一个问题的特征使人回想起了以前解决问题的程序，但由于使用的方法不当而出现了负迁移效应。他们认为，或者是由于缺乏对获得正确答案行为的反馈，或者是由于通过不必要的、繁琐的方式得到了正确答案。希格利和安德森之所以没有发现负迁移，是因为被试对他们应该做些什么毫无概念。

证据表明迁移的共同要素说并不能说明全部问题。佩恩、斯奎布和豪斯（1990）给被试一系列文本编辑的任务，考察被试们在两种文本编辑任务中的迁移现象。他们发现了概念性迁移的证据，这就是，被试做一种导致一个“串”（“串”的特征包括空格和标点符号的字符串）概念的文本编辑（Mac Write），并能够将获得的概念性知识迁移到另一种文本编辑的作业中（IBM 的个人编辑）。尽管事实上这两种编辑操作的程序是不同的。“这一类型的迁移在迁移的共同要素说模型及产生式模型中是未被承认的，它超出了应用知识模型的范畴。在这些模型中，方法是对专业知

基拉斯和博威尔的产生式规则的例子(1986)

(MA-N-START

如果 (且 (检测目标执行 MA 程序)
非 (检测目标执行 ??? 这一步)))
那么 ((添加目标执行 SP-ON 这一步)))

(MA-N-SP-ON

如果 (且 (检测目标执行 MA 程序)
(检测目标执行 SP-ON 这一步))
那么 ((操作控制 *SP-ON)
(等待装置)

(删除目标执行 SP-ON 这一步)
(添加目标执行 ES-SELECT 这一步)

(MA-N-ES-SELECT

如果 (且 (检测目标执行 MA 程序)
(检测目标执行 ES-SELECT 这一步))
那么 ((操作控制 *ESS MA)
(等待装置)

(删除目标执行 ES-SELECT 这一步)
(添加目标执行 FM-PUSH 这一步)))

(MA-N-FM-PUSH

如果 (且 (检测目标执行 MA 程序)
(检测目标执行 FM-PUSH 这一步))
那么 ((操作控制 *FM PUSH)
(等待装置)

(操作控制 *FM 被释放)
(删除目标执行 FM-PUSH 这一步)
(添加目标执行 PFI-CHECK 这一步)))

(MA-N-PFI-CHECK

如果 (且 (检测目标执行 MA 程序)
(检测目标执行 PFI-CHECK 这一步)
(看 *PFI 在闪动))

那么 ((添加注释操作成功)
(删除目标执行 PFI-CHECK 这一步)
(添加目标执行 ES-N 这一步)))

(MA-N-ES-N

如果 (且 (检测目标执行 MA 程序)
(检测目标执行 ES-N 这一步)
(看 *PFI 关闭)

那么 ((操作控制 *ESS N)

规则名称: MA-N-START

条件: 如果目标是要执行 MA 程序, 且
你还没有启动任何步骤

运行: 那么添加目标要执行 SP-N 这一
步到 WM

规则名称: MA-N-SP-ON

条件: 如果目标是要执行 MA 程序且
要执行 SP-ON 这一步

运行: 那么打开 SP 开关
等待装置反应

删除目标要执行 SP-ON 这一步
添加目标要执行 ES-SELECT 这一步

规则名称: MA-N-ES-SELECT

条件: 如果目标是要执行 MA 程序且要
执行 ES-SELECT 这一步

运行: 那么转 ESS 到 MA
等待装置反应

删除目标要执行 ES-SELECT 这一步
添加目标要执行 FM-PUSH 这一步

```
(等待装置)
(删除目标执行 ES-N 这一步)
(添加目标执行 SP-OFF 这一步)))
(MA-N-SP-OFF
如果 (且 (检测目标执行 MA 程序)
(检测目标执行 SP-OFF 这一步))
那么 ((操作控制 *SP 关闭)
(等待装置)
(删除目标执行 SP-OFF 这一步)
(添加目标执行 TAP 这一步)))
(MA-N-TAP
如果 (且 (检测目标执行 MA 程序)
(检测目标执行 TAP 这一步)
(检测注释操作成功))
那么 ((删除注释操作成功)
(添加注释类型 S-FOR 成功)
(删除目标执行 TAP 这一步)
(添加目标执行 FINISH 这一步)))
```

识的惟一编码” (Payne et al.P.442)。

一 般 迁 移

到目前为止,我们讨论了一个问题到与其相似的问题或同类的问题之间的特殊迁移,这些问题所涉及的知识有部分的重叠。一般迁移可能包括诸如如何选择操作、审视极端条件、改变表征、降低限制、聚焦于问题的难点、生成类比等方面的原理。其他领域的一般性技能如写论文、运用信息和交流工具、写报告等则依赖于图式的习得。图式即知识的结构,由语义知识单元及语义知识间的联系所组成。如关于房子的知识,会包括以下事实:它们有屋顶、窗户、墙和一扇门。您很难想像不具备以上特征的房子。这些“固定价值”会一并被整合到房子的图式中。如果我告诉您我把自己锁在门外了,您就可以用有关房子的知识来理解我的意思,您能在心里表征出我的困境。因为您知道房子有门,门上有

锁，开锁需要钥匙。这是您能自然而然想到的。所以，如果叙述中某一信息缺失，您能够从您关于房子的一般知识中提取相关内容来填补这一空缺。现在事实是，因为我忘记了密码锁的号码，我把自己锁在外面了，但这并不是您能立刻想到的。

许多领域包括问题解决都提到了图式问题。有了关于房子，去电影院，“距离=速度×时间”等问题的经验，您逐渐学会识别并区分它们，还能做一定的推测，比如，电影院在上演什么，或解决某种类型的问题时您会做些什么。

图式是从日常经验中提取出来的，并且有不同的抽象水平。那么，一定抽象水平上的迁移是怎样的呢？某些方面的问题可以迁移到完全不同的问题上吗？

表征迁移

L. 诺维克 (Novick, 1990; Novick & Hmelo, 1994) 针对这些问题进行了研究。通常认为，类比问题解决要回忆出以前的解决过的问题，从而想出可用于当前问题解决的程序。表征迁移则是在没有共同解决程序条件下的迁移，迁移的仅是表征问题的方式。

诺维克和米洛 (1994) 考察了四种类型的表征：网络型、层次型、矩阵型和部分—整体表征 (参见图4.4)。他们发现，问题解决者获得的合

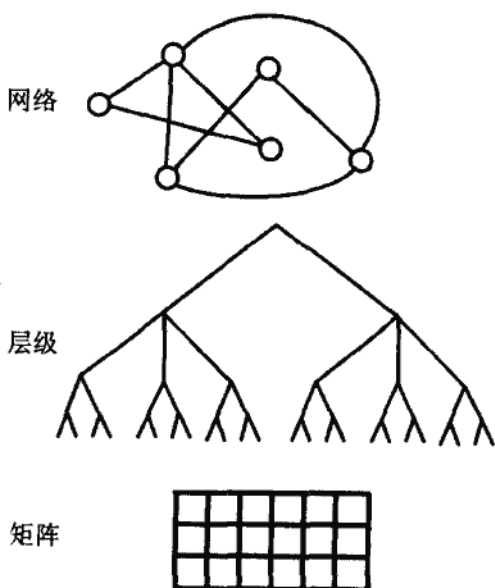


图4.4 三种类型的图例表征 (采自 Novick & Hmelo, 1994, p.1299) 版权 1994 为美国心理学会所有，此处引用获得允许。

理的表征图式可以帮助他们将这此图式迁移到新的问题中去, 这些新问题的内在结构使其与特定的符号表征相匹配。

在第二章我曾提到过韦特海默的再现思维和创造思维二者的特异性。再现思维是指“盲目”地运用业已有的知识去解决现在的问题或执行一项新任务, 而不考虑问题的内在结构。而创造思维则需要理解问题的内在结构。现在的研究发现“好学生”在学习新材料时能进行“自主解释”(Chi et al, 1989; Chi & Bassok, 1989; Chi, de Leeuw, Chiu & La Vancher, 1994), 这些解释能使这些学生获得对所学材料的更精细的表征, 从而更好地理解问题的结构。因此, 进一步促进了问题解决和迁移。另一方面, 当学生第一次尝试学习难题时, 特别是当给出的解释比较模糊时, 迁移很可能只局限在陈述性知识的范围之内。因为, 此时并没有学到多少程序性知识(Robertson, 2000; Robertson & Kahaey, 1996)。罗伯逊(2000)的研究就发现, 在这种情况下, 从一个问题到另一个问题的迁移多数是以陈述性知识为主的, 这是因为它们看上去非常相似。

根据彭宁顿和雷德的观点(Pennington and Rehder, 1996, p.265), 上述讨论隐含着如下意思:

死记硬背式的学习其结果是只有在高度相似的问题之间才能产生迁移, 而“理解式”学习却能在低度相似或完全陌生的问题之间出现迁移。……同样, 信息加工的概念已经让共同要素说从原有的形式上迈出了一大步, 出于对于详尽的描述细节的考虑以及向有效程序的转化, 可能有助于将“理解”引入迁移理论。

内隐迁移

最近的研究表明迁移并不需要在心里形成精确的认知地图并加以类比。比如, 舒恩和邓巴(Schunn and Dunbar, 1996)发现某一领域的概念性知识可以被自发迁移到另一领域, 尽管两个领

域的表面特征存在巨大差异。给予实验组被试一个生化方面的计算机模拟问题，其目的在于解释遗传的作用；控制组做相似的问题但并不涉及遗传。第二天，给两组被试同样的分子遗传学领域的问题，遗传的概念与此任务相关。舒恩和邓巴发现，学过遗传问题的实验组比控制组能更好地解决问题。当时的出声报告以及事后的调查问卷均表明被试并没有意识到他们在运用前一领域的相关概念（遗传）。舒恩和邓巴将这些发现解释为“概念的启动效应”，不过，他们指出这种联系是单一的而非系统的。由于类比推理要使用系统的相关，所以操作起来相当费力。而启动效应是“自发产生的，不需要产生复杂的心理结构”（p.272）。

什么知识可以迁移

目前的讨论表明知识或技能只有在特定的情境下才能由一种情境迁移到另一种情境。拉金（1989）曾重新提出了“什么知识能够迁移”的问题：在什么程度上一般知识发生迁移，什么程度上特殊知识发生迁移？对于第二个问题的回答主要取决于两种任务在所需技能上有多大重叠。对于第一个问题，主要取决于所指的是哪一种知识。一般知识实际上是有效的策略性知识，如手段目标分析、爬山法等。希格利和安德森（1985）曾指出成年人是非常熟悉这些知识的。当在新的领域展开学习时，技能（比如通用问题解决策略）的提高也许是十分困难的，并不会导致整体性的提升。另外，拉金也指出解决某些问题所需要的专业知识远远超出所需要的一般知识。

例如，计算或实验设计就需要许多特殊领域的问题解决技能，并不需要多少一般性的技能。如果您花大力气提高您的一般技能，那么针对于特殊领域所需要的技能提高是很小的。相反，如果您花大力气学习专业技能，那么，对具体问题的解决会有极大提高。

关于知识或技能能否从一种领域迁移到另一种领域的争论在《教育研究》刊物上持续进行。情景学习(situated learning)的支持者强调学习与特定情景相联系的紧密程度,尤其是社会情景(Cobb & Bowers, 1999; Greeno, Moore & Smith, 1993; Lave & Wenger, 1991)。卡拉尔和施利曼(Carraher, Carraher, and Schliemann, 1985)在一个非常著名的例子中表明,巴西街头的儿童能在街道上进行非常复杂的数学运算,但却不能在学校里进行复杂的数学运算。

安德森、雷德和西蒙(1996)反对这种说法,认为无论是特殊知识还是一般知识都不能迁移。在教室里学会阅读并不代表您在室外也会阅读。在学校学会运算并不代表到超市里也一样会算。而且,正如我们在本章中所看到的,“既存在大量的迁移,也存在中等程度的迁移,或者没有迁移,甚至存在负迁移”(Anderson et al, 1996, p.8)。

拉夫和温格(Lave and Wenger, 1991)把学习看做是“合理的环境参与者”。这就意味着知识或技能的获得需要学习者参与到一定的社会-文化情景中去(学习者是该情境的一分子),而不能将学习与其社会背景隔离开来。另外,安德森等人曾经观察到会计在与大量顾客打交道和处理大量的业务时,能记住大量税务编码,而学习使用计算器却不需要顾客或其他什么人在场。

正如您可能看到的,这远远不只是一场学术讨论。迁移的作用和迁移的条件是我们对子女进行教育的基础。

小 结

1. 迁移是教育进程的基础。我们期望在教室中所学的知识能够迁移到教室外的环境中。然而,对于迁移的程度还存在许多争议。

2. 迁移有各种形式:

- 正迁移指一种学习对另一种学习的促进作用。
- 负迁移指一种学习阻碍了另一种学习。
- 正负迁移的发生是由于它们有相同的内在结构——负迁移的发生可能是由于情景的不当导致的。
- 特殊迁移是一种经常发生的迁移, 当两种情境中的特定知识有较大重叠时, 迁移就产生了。
- 在一种情境中习得的问题解决的一般策略或表征图式被应用于一种完全不同的情景中时, 就产生了一般迁移。
- 内隐迁移是一种概念启动效应, 当前后两种学习有一定时间间隔的时候, 前面所学的陈述性(概念)知识会不自觉地应用到另一个领域中。

3. 人们发现一种情景到另一种情景的迁移很难发生, 除非:

- 给出利用先前问题的提示;
- 以前解决的问题比现在的难;
- 有一个清晰的目标子目标结构, 该结构能架构两个问题间的桥梁;
- 问题解决者能以一种“有用的”方式表征问题;
- 两个问题有共同的产生式, 问题看起来也是相似的;
- 两个不同的领域包含共同的知识(如学习物理时获得的数学知识会使学习化学知识变得非常容易; 或者在更抽象的水平上, 两个不同的领域却有共同的论据结构或基本原理的知识, 如物理学和化学中的科研方法);
- 学习者能够意识到, 并且能够获得表征问题的一般策略。

4. 特殊知识和一般知识的相对作用, 以及情境在学习中的作用, 对于教育过程而言都是极其重要的。

第五章 问题相似性

爱情像麻疹——在生命来得越迟越可怕。

——D. 杰罗尔德 (Douglas Jerrold)

爱情像手心里的水银。手指伸开，水银会停留在上面；手指合上，水银会匆匆溜走。

——D. 帕克 (Dorothy Parker)

爱情像战争：开始容易结束难。

——H.L. 门肯 (H.L. Mencken)

在这些例子中，爱情都被类比成其他事物。每一个例子都解释了爱情和它的类比物之间的相似性。在表面上，爱情当然不是它的类比物。在室温下，爱情不是粘稠银色的液体金属；在通常情况下，爱情不会转瞬即逝；爱情中通常不会出现坦克、炮兵和死亡。因此，这些相似性在于其他方面，在一个更深刻的水平上。布莱克 (Black, 1993, P30) 在研究隐喻时提出：“每一个隐喻都是隐藏一个例子的过程”。(我将相似性归为隐喻的一种，例如本章开始所举的例子。)

如果想要弄清类比是如何进行的，我们必须掌握描述“相似性”的方法。也就是说，我们需要掌握一些方法，它们能准确地指出在某些方面两个（或两个以上）问题或概念具有相似性，在某些方面具有差异性。首先，我们将探讨概念之间的相似性；其次是连接概念之间的关系的相似性；最后是含有复杂关系系统的问题之间的相似性。

相似性的类型

类比就是从已有的知识经验中提取一个问题、概念或情境,然后把这一问题、概念或情境运用到一个新的问题、概念或情境中去。记忆中已有的问题、概念或情境称为“源”(source),当前的问题、概念或情境称为“靶”(target)。“提出或简单地理解一个类比,需要经过思维的跳跃。一个概念从“源”逐步推论到“靶”,就像火花跳跃式地跨过一条空隙。两个类比物最初看似没有关系,但是经过一系列类比就在它们之间建立了新联系”(Holyoak&Thagard, 1995, P.7)。表 5.1 列举了一些例子,每一个源都是用来理解和启示靶的。

表 5.1 类比的创造性应用

源	⇒(匹配)	靶	类比者
附着在狗皮上的毛	⇒	维可牢	G. 梅斯特罗
坐在电车里想像车外的钟塔	⇒	相对论	A. 爱因斯坦
以光的速度向后退			
人耳骨骼通过薄而纤细的 薄膜来工作	⇒	电话	A. G. 贝尔
水泵	⇒	心脏	W. 哈维
隐喻			
“福克兰群岛事件就像两个秃顶男人在抢一把梳子。”			
秃顶男人	⇒	英国与阿根廷	J. L. 博格斯
梳子	⇒	福克兰群岛	
“货币投机是世界经济的艾滋病。”			
艾滋病	⇒	货币投机	J. 奇瑞克
其他类比应用			
教科书中的例题	⇒	教科书中的练习题	
水流	⇒	电流	

在表 5.1 中,“源”和“靶”对应的内容表面上看起来没有相似性,然而,我们知道在每一个例子中都存在着潜在的相似性。例如,水泵通常是铁制的人造机械设备。通过铁制的(或橡胶制的)转轮的旋转或活塞的运动,水就从入口管流入,从出口管流出。心脏不是铁制的,也没有管道,更没有任何形式的内部旋转转轮。事实上,水泵和心脏的运行规律完全不同,但我们却可以将心脏比喻成水泵。这意味着“源”和“靶”之间的差异性不重要,关键在于它们之间的相似性。

结构的相似性和差异性

在介绍结构相似性和差异性之前,请您试着解决活动栏 5.1 中的堡垒问题。

堡垒问题

一位独裁者对一个小国实施独裁统治。独裁者居住在一个牢固的堡垒中统治全国。这个堡垒坐落在国家的中央,四周是农场和村庄。堡垒外有许多条道路向远处发散,就像车轮上的轮辐。一位伟大的将军率领一支部队在边境地区发动起义,立誓要夺下堡垒,解放全国。将军知道如果整个军队同时进攻堡垒,那么就会取胜。士兵们现在停在其中一条通向堡垒道路的起始端,准备攻打堡垒。然而,一个间谍给将军带来了一份令人苦恼的情报。无情的独裁者在每一条道路上都埋了地雷,只有小部分人可以避开地雷安全地通过,因为独裁者的士兵和工人也要进出堡垒。但是,任何大规模的武装力量经过时都会引爆地雷。这不但会炸毁前进的道路,使攻打堡垒变成不可能,而且还会毁坏许多村庄。因此,大规模直接攻打堡垒的计划是不可能了。

吉克和霍利约克(Gick&Holyoak, 1980, P.35)

将军最终是如何成功地夺取堡垒的?

这是一个定义不明确问题的例子。然而，这个例子中的问题和您在第三章碰到的问题在解题方法上是相似的。如果您恰巧记住了那个问题，这个问题解决起来就会相当容易。当然，那个问题已经过去很久了，在此期间，您可能又获取了大量新信息、新经验，遇到一些新问题。如果您仍然没有想到解题方法，图5.1将给您进一步的提示。

图5.1是堡垒问题的图示表征，它可以帮助我们了解问题状态和问题目标之间的关系。如果您仍然回忆不起第三章的问题，131页对该问题的源进行了描述。

霍利约克(Holyoak, 1984)从以下四个方面描述了两个问题之间的相似性和差异性。

1. 同一性。同一性是指“源”和“靶”(类比物)之间存在相同的要素。在给定范围的类比中，这些相同要素更容易被找出来。例如，给您呈现一个关于机械方面的例子，在例子中有滑轮和斜面，然后再呈现一个包含滑轮和斜面的问题，那么，例子和问题之间就存在一些相同要素。同时，同一性也包括应用于两个类比物之中的一般规则，例如，“努力就能实现理想。”这些同一性就是“内隐”在源中的图式。
2. 不确定性相似。它是指问题解决者没有确定，但却隐含在

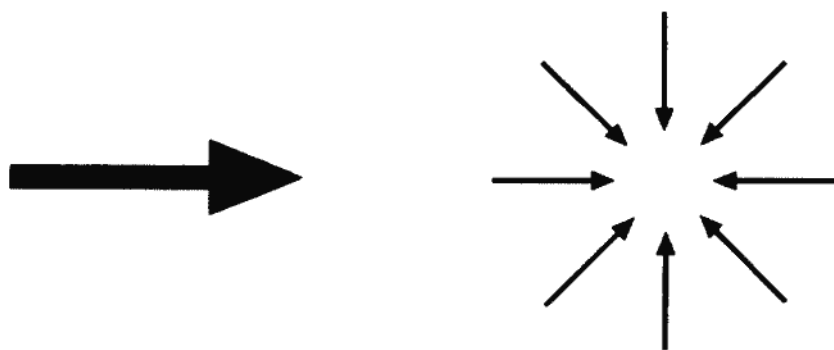


图 5.1 堡垒问题的居中表征

问题中的一些要素。在问题解决过程中，问题解决者需要指出“源”和“靶”之间存在的相匹配的要素。有一些要素可能已经找到了，有一些要素还没有考虑到。那些没有考虑到（或问题解决者还没有确定）的相匹配要素称为不确定相似。试着将第三章变形怪物中的要素与河内塔中的要素匹配起来，这需要慎重考虑，一些人的匹配在某些方面会不准确。

3. 表面结构差异性。这些差异性指的是问题的表面特征，即使改变这些表面特征，也不会影响问题的解决。不过，值得注意的是它们在两个问题中充当相同的角色：军队和射线是消除的手段；堡垒和肿瘤是预期目标。表面结构差异性也包括那些在问题解决中不起任何作用的言语表述。如果堡垒问题中加入一句，“夏季的一天，天气晴朗，一位将军率领部队到达了……”，天气与问题结构无关。
4. 内部结构差异性。这些差异性影响解决问题方法的潜在结构。堡垒问题和射线问题都运用了“分散”和“集中”的解题策略。军队可以分成若干小组，但射线不能分割；分割射

堡垒问题的类比与解答

邓克尔（Duncker, 1945）的射线问题

设想您是一名医生，面对着一个胃里长有恶性肿瘤的病人。病人无法做开刀手术，但是不消除肿瘤，他就会死去。现有一种可以消除肿瘤的射线。如果这种射线以高强度一次性充分接触肿瘤，肿瘤就会被消除。可惜的是在高强度射线经过时，它们同样也会损伤健康的组织；低强度的射线不会对健康的组织造成损害，但它们同样也不会消除肿瘤。要利用射线来消除肿瘤需要采用什么样的程序，同时又不会损害健康的组织呢？

解答：首先将强大的力量（射线或军队）分成几组分别进入，在到达目标时，再将它们集中起来同时攻击目标。

线的方法显然也不能立即想到。射线问题的解题方法就是将几台仪器放到一起并降低射线的强度。在处理堡垒问题时，要改变射线问题中所用的算子。

相似具有连续性。在一个极端上，两个问题可能相似到完全相同；在另一个极端上，两个问题可能仅仅看做是相似，因为它们是不同的问题。我们遇到的多数问题与已经解决的问题既不是完全相同，也不是完全不同。也就是说，我们现在遇到的问题通常是以往问题的变式(variants)。这些变式可能是“近变式”(close variants)，也可能是“远变式”(distant variants) (见图 5.2)。一类特定问题的变化程度很可能会影响我们识别两个问题之间的相

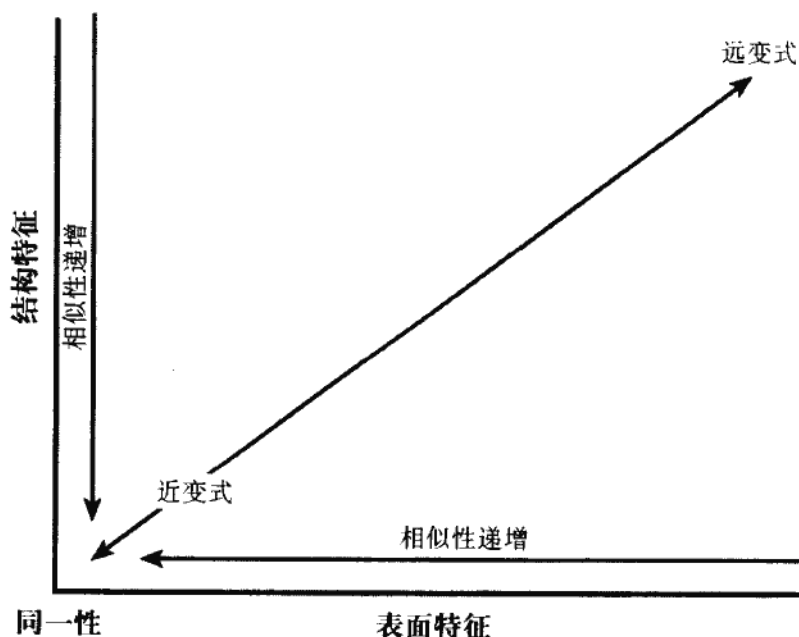


图 5.2 相似的连续性。一个靶随着源的表面特征或解题方法的变化而变化，内部结构的差异性越大，两个问题的差异性也就越大，并一直大到它们不再同属于一种问题类型。如果两个问题的表面特征和结构特征相同（如图左下），那么它们就是同一个问题。

似之处, 从而影响我们利用源去解决靶的能力的发挥。

图 5.2 说明可以从两个方面改变一个问题。一方面是改变问题的表面特征, 潜在的解题程序不变; 另一方面是问题的表面特征不变, 改变潜在的解题程序。表 5.2 列举了如何改变问题的表面特征和结构特征。

在表 5.2 中, 我们注意到一些表面特征或“事物”(400 英里, 时速 50 英里)在问题解决中起了一定的作用, 而有些则与问题解决无关(如格拉斯哥, 伦敦)。同时也可以看到, 尽管在“表面—相似”或“结构—差异”维度上, 事物之间存在相似性, 但在解题程序中要将两个维度结合起来, 而在源上要将两个维度分开看。

现在试着找出堡垒问题与射线问题在实际解题方法上的相似

表 5.2 问题的结构特征和表面特征

源问题		
一辆小汽车以平均每小时 50 英里的速度从格拉斯哥驶向伦敦, 请问小汽车到达伦敦需要多长时间?		
问题的表面特征: 小汽车, 格拉斯哥, 伦敦, 时速 50 英里, “多长……”		
解答规则: 时间 = 距离 ÷ 速度 $a = b \div c$		
靶问题		
结构变量		
表面变量	相似	差异
相似	巴黎与里昂相距 480 公里, 一辆卡车从巴黎出发, 以平均每小时 80 公里的速度驶向里昂, 请问多久才能到达?	一辆小汽车以平均每小时 40 英里的速度从格拉斯哥驶向伦敦, 共行驶了 10 个小时, 请问小汽车行驶了多长的路?
差异	一位游客以 1.5 美元的外汇比率将 300 美元兑换成英镑, 问她拿到多少英镑?	一位游客以 1.5 美元的外汇比率将她的美元兑换成 200 英镑, 问她原有多少美元?
解答规则	$a = b \div c$	$b = a \times c$

性和差异性。找出一条途径来描述这些相似性和差异性是什么，为什么有些相似性和差异性在类比中起重要作用，而有些与类比无关。想要弄清这一问题，接下来我们首先讨论表面相似性。

表面相似性

一个问题是一辆小汽车以一定的速度行驶了一定的时间。一个与之相似的问题是一辆小汽车以相同的速度行驶了不同的时间。这里所有的对象（车速，时间）是相同的，只是各自的时间不同。在表 5.2 中相似对相似部分，汽车换成了卡车。两个问题仍然被认为是相似的，因为物体（汽车和卡车）之间具有相近的语义相关性。

我们是如何描述或表征语义相似性的呢？一种方法是各种客体可以表征成相关概念的语义层次结构。“汽车”和“卡车”同属于陆路交通工具，“飞机”和“直升机”同属于航空交通工具，“渡船”和“邮船”同属于水路交通工具。这些工具彼此具有相似性，因为它们是不同的运输工具（见图 5.3）。位于层次结构上面具有概括性的概念“运输工具”称为上级概念。“陆路运输工具”不仅有一个上级概念，而且在它的水平之下还包括一些下属概念。由于它们之间存在语义相关性，因此，一架直升机以一定的速度飞行一定的距离会让您联想到前面提到的汽车问题。

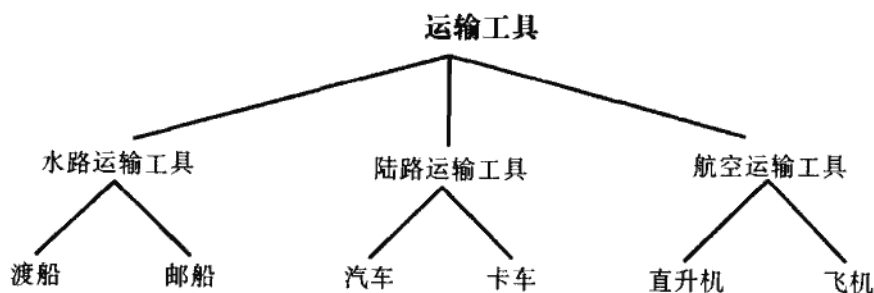


图 5.3 运输工具的语义层次结构

尽管语义相似性可以表征为层次结构，但这并不意味着人脑中的概念表征就是这样的。在语义网络中，我们可以将每一层次结构水平上的概念都看成是结点（见图 5.3）。结点间以连线相连，有些连接较强，有些连接较弱。也就是说，有些概念之间很容易联想到对方，而有些概念不易联想到对方（见图 5.4）。而且，联想到的概念是与某个概念相连接的概念，而非运输工具之类的概念。当听到或看到“汽车”这个词时，首先激活与它联系最紧密的概念，其次激活距离它较远的概念，这就是“激活扩散”（Anderson, 1983; Collins & Loftus, 1975; Collins & Quillian, 1969）。结点之间的连线有自己的活动性或暂时被加强的“权数”。例如，如果您正在讨论运输工具，其他形式的运输工具就可能同时被激活（见图 5.4）。换句话说，如果您正在讨论污染问题，与污染相联系的事物就很容易被激活，如汽车，废气，污水排放等等（见图 5.5）。问题表征可以看成是语义网络的一种激活模式。如果一个表征不恰当，就会导致语义网络中的一些联系被暂时性加强，一些联系被削弱，这会阻碍正确地表征。对于系统来说，这时想通过一条被削弱的连接（该连接有可能导致问题的解决），采用迂回路径解决问题是非常困难的。在这种情况下，您最好忘记这个问题（或者就在您嘴边的某个女演员的名字），直到被加强的连接恢复到初始状态。然后，您可能发现您的大脑里会突然闪现您一直在寻找的答案。在问题解决中，这种现象称为“潜伏”（incubation）（见 Simon, 1966; Yaniv & Meyer, 1987, 对潜伏的不同解释）。激活扩散是由奥尔森（Ohlsson, 1992）提出的一种理论机制，用来解释顿悟现象（见第三章）。

在类比问题中，具有语义相似性的事物之间更容易匹配。表 5.3 列举了两种情境中相关事物的匹配。

表 5.3 相似事物间的匹配

源问题	⇒ (匹配)	靶问题
相同事物		
汽车	⇒	汽车
相似 (语义相关) 事物		
汽车	⇒	卡车
激光束	⇒	X 射线

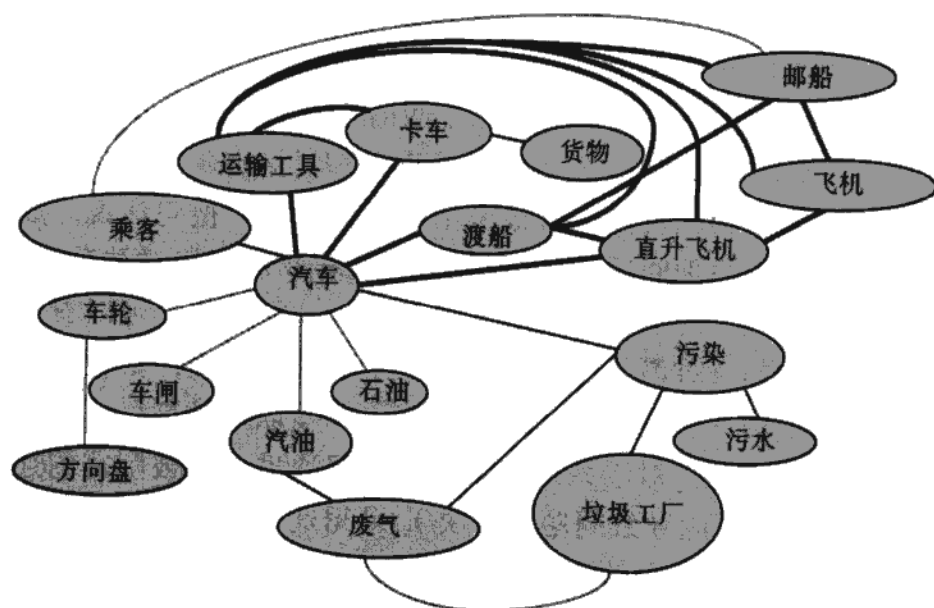


图 5.4, 在该语义网络中主要激活了“汽车”与其他形式运输工具之间的连接 (黑粗线)。其他的连接被抑制了 (灰线)。

如果您正在野餐, 发现自己有一瓶酒, 却没有开瓶起子, 这时您可能会想起曾经读过问题解决一书, 书中介绍了用一根绳子和一支铅笔开启木塞的方法。然而, 找遍口袋只找到碰巧随身携带的一支圆珠笔和一根电线。您可能会意识到用圆珠笔代替铅笔, 用电线代替绳子。当事物之间具有较大语义相关性时, 它们之间往往拥有很多相同的特征。在某种意义上说, 不仅同一种类事物

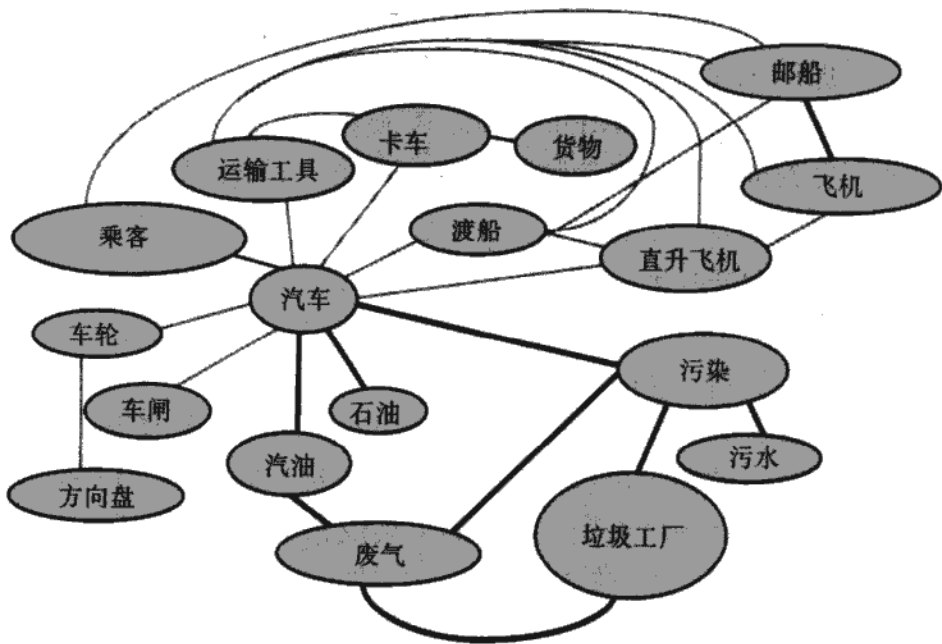


图 5.5 在该语义网络中主要激活了“汽车”与“污染”的连接（黑粗线）。其他的连接被抑制了。

之间具有相似性，具有不同特征的事物之间也是有相似性的。您现在已经注意到绳子和电线在功能和类别上不是特别相近。如果您没认识到，很可能是因为它们的特征和属性过于相似。绳子和电线都相对较长，很细，有弹性。在涉及车辆的问题中，车辆的用途方面通常显得更重要——车辆是用来将某些事物从A点运到B点的工具。圆珠笔和铅笔相匹配不是因为二者属于同一类别中的事物，具有相同的功能，而是因为它们都很细而且坚硬。

事物之间很相似，可能因为它们拥有一些重要的共同特征，这些特征对问题解决可能有用，也可能毫无意义。语义相关事物之间很可能具有一些相同特征。西红柿和草莓很相似，它们都是红色的，可食用，很柔软，有甜味，内有种子。另一方面，没有语义相似性的事物之间也有相同特征：西红柿和汽车之间可能有

相似之处,二者都是红色的,但红色可能是二者仅有的共同特征。

知识的表征如“西红柿是红色”通常采用命题表征方式 (propositional representation), 命题表征首先描述事物的特征, 在特征之后的框架内表征与特征有关的事物。因此, “西红柿是红色”可以表征为:

红色 (西红柿)

“我的汽车是红色”可以表征为:

红色 (我的__汽车)

任何红色的事物都可以追加到框架内来表征这个命题。因此, 每一种特征后的槽内可以添加任何具有该特征的事物。在第二个例子中, “我的”和“汽车”之间的下划线表示“我的__汽车”是同一个事物。

现在我们有了一种比较事物之间特征的方法。在野餐问题中, 铅笔和钢笔的相似性重点不在于它们都是书写工具, 而是它们都很细, 而且坚硬, 可以插入瓶颈。一根细的绿树枝也能做到这点。表 5.4 显示了如何进行特征匹配。

这里有两点很重要, 值得注意。第一, 在坚硬的, 窄的与有弹性的, 细的特征后添加的事物没有相关性。任何坚硬而且细的事物都可添加到槽内。任何有弹性的细到可以打结的事物都可以把木塞从瓶颈中拉出来。霍利约克和萨加德 (Holyoak & Thagard, 1995) 指出: “选择性地注意某一事物的个别特征, 然后是注意事物之间特定相似性的能力是一种重要的认知发展, 因为, 它摆脱

表 5.4 特征匹配

源	⇨ (匹配)	靶
坚硬的 (铅笔)	⇨	坚硬的 (钢笔)
细的 (铅笔)	⇨	细的 (钢笔)
有弹性的 (绳子)	⇨	有弹性的 (电线)
细的 (绳子)	⇨	细的 (电线)

表 5.5 用变量代替具体意义的特征匹配

源	⇒ (匹配)	靶
坚硬的 (X)	⇒	坚硬的 (Y)
细的 (X)	⇒	细的 (Y)
有弹性的 (A)	⇒	有弹性的 (B)
细的 (A)	⇒	细的 (B)

了对整体相似性的依赖”(P.25)。第二,在每个例子中,同一事物的两种特征对问题解决都是必要的。无论您使用的物体是什么,它都必须细到可以通过瓶颈,坚硬到可以把木塞压到瓶底。甘草茎是无法同时满足以上两点要求的。表 5.5 显示了我们如何实现从钢笔到铅笔的匹配。

由于钢笔和铅笔之间具有一般性语义相似性,在某种意义上,我们先是在抽象水平上实现了对它们的匹配,然后上升到对它们的特征进行匹配。然而,特征之间也存在语义相似性。“细的”和“微小”,“绿色”和“松石绿”分别是尺寸和颜色特征的一对标准;同是放在玩具店里的一把小扶手椅和一本袖珍手册可能会被认为是相似的。

类比中的语义限制

霍利约克和科 (Holyack & Koh, 1987) 研究了被试运用类比问题的能力,即运用“集中”解题策略解决堡垒问题和射线问题。研究发现,在类比过程中,事物间语义越相似,借助源问题解决靶问题的被试就越多。例如,在呈现射线问题之前,即用 X 射线消除肿瘤问题,先给被试呈现一个用激光束修理灯丝坏了的灯泡问题,这样被试就会很容易解决射线问题,如果被试第一次碰见堡垒问题,即军队攻城问题,他们会很难想到解题方法。这是因为激光束和 X 射线具有相似性——两个问题都包含将射线束集中起来的特征。此外,它们在语义上的相似性暗示了在问题中

它们起相同作用。因此，激光束和X射线之间有较高的透明度。“军队”和“射线”是不同事物，具有较低的透明度。研究表明，靶问题的解决多取决于两个问题中的事物之间语义相似程度的高低(Gentner, Rattermam, & Forbus, 1993; Gentner & Toupin, 1986; Holyoak & Koh, 1987; Ross, 1987)。

关系相似性

到目前为止，我们已经了解了两个问题中事物之间的匹配类似于相同事物或语义相关事物间的匹配。特征匹配让我们在事物自身水平之上去重新认识和利用相似性，从而实现两事物间的特征匹配。现在，我们要进一步探究两个或两个以上事物之间关系的相似性。在“乔打开酒瓶”这个命题中包含两个事物，“乔”和“酒瓶”，还有一个描述它们之间关系的动词“打开”。这个命题可以用自然语言的形式表征为“乔打开酒瓶”，也可以表征为下面的形式：

打开（乔，酒__瓶）

在这个例子中有两个槽值，框架前的动词表示一种关系，而不是特征。框架外的关系和特征称为谓项。框架内的事物称为实体。一个谓项可能有许多实体，如动词“给”，它包括赠送者，接受者和赠送物。“查尔斯给达芬奇一束鲜花”可以表征为：

给（查尔斯，达芬奇，束__的__鲜花）。

了解关系相似性的本质，在某种意义上我们就学会了类比，例如，“货币投机是世界经济的艾滋病”。在表5.1中，与“艾滋病”相匹配的是“货币投机”。然而，这种描述过于简单。首先，进行这一类比的目的是希望通过这个类比来表达货币投机对世界经济的严重负面影响，但是面对货币投机，人们却束手无策。我们是如何得出这些推论的呢？实际上，这句话缺少了一部分内容，

我们需要把它找出来。艾滋病不是影响世界经济的一种疾病，而是影响人类的一种疾病。所以，为了更好地理解这句话，我们可以把它读成“货币投机对世界经济的影响就如同艾滋病对人类的影响”。在分析这个类比的含义之前，我将简单地介绍一下比例类比。

比例类比

在智力测验中经常会看见比例类比之类的术语。它们的表现形式通常如下：

$2:4::6:?$ （2比4相当于6比？——2和4之间是什么关系，将这种关系运用到6中会得出几？）

以下是四个选项

- a. 8
- b. 7
- c. 9
- d. 12

6和答案的差距与2和4之间的差距呈现相同比例。解决问题的目标是要确定2和4之间的关系，然后把它运用到6中。您首先要推导出2和4之间的关系，然后运用到6中。实际上，从类比的第一部分可以推出几种关系。这种关系可能是“加2”，“乘2”，或是随意加一个比2大的数字。如果您推出的关系是“加2”，运用到6中的答案就是8；如果推出的关系是“乘2”，运用到6中的答案就是12；等等。言语类比也是相同形式，如：

猫：厨房::狗：？

$A:B::C:D$ 形式的比例类比称为4项类比。比例类比的推导程序将在后面做详细解释。与此同时，我们将列举一个简单的却没有简化的模型来说明关系匹配。设想您现在要完成下面的3-项类比：

热：冷::干燥：？

首先，您必须清楚每一个单词的意思（图 5.6a）。根据单词提供的信息，您能提出“热”与“冷”之间的关系假设（见图 5.6b）。然后，您尝试将这种关系运用到“干燥”中（见图 5.6c），得出答案是“潮湿”（见图 5.6d）。在推论或归纳“热”与“冷”之间的关系的过程中，您创建了这个新结构：

相反的_____（热，冷）

这一推论过程称为归纳。在类比过程中，当您将归纳运用到具体概念中，您就是在对一个例子进行概括。这又产生了下面的结构：

相反的_____（A，B）

将一般原理运用到具体事例中的过程称为演绎。因此，您可以把这一结构运用到其他概念中，形式如下：

相反的_____（高，矮）

相反的_____（胖，瘦）

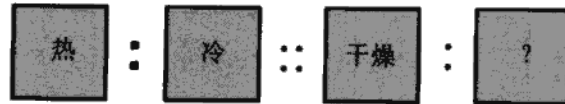
在这些例子中，从源问题到靶问题进行匹配的是关系，框架内的概念与关系匹配没有太大关系，除了在关系初始建立时，为了明确关系提供了具体例子之外。

现在，我们能够更准确地理解 J. 奇瑞克（J. Chirac）的类比：“货币投机是世界经济的艾滋病。”建立高级关系“相反 - 的”的目的是寻求一条建立缺失概念的途径，而在奇瑞克的类比中，它的最终目的是要建立高级关系。换句话说，如果了解了艾滋病的影响，您就会明白货币投机对世界经济的影响（见图 5.7）。

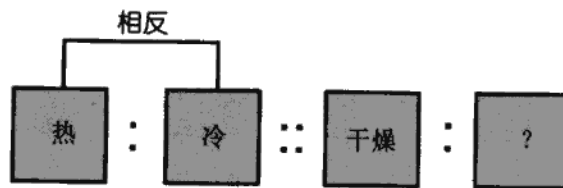
关系相似性：建构还是再建构

前面我提出了在语义系统中寻找两个概念之间的关系，这是确定两个概念之间关系的基本要求。刚刚讨论过隐喻的一个特征就是将两个从未并列使用的概念放在一起，想出类比并理解它

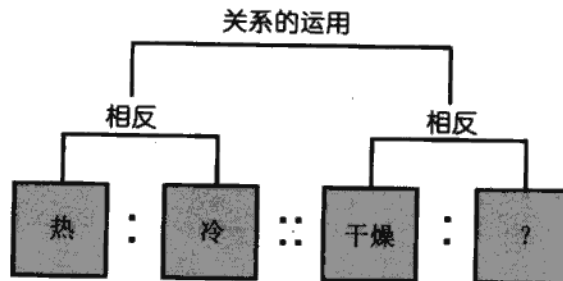
a. 对“热”和“冷”的意思进行编码



b. 推导出“热”和“冷”之间的关系，确定为“相反”。



c. 对“干燥”编码，将“相反”关系运用于“干燥”中。



d. 根据“干燥”的意思得出结论。

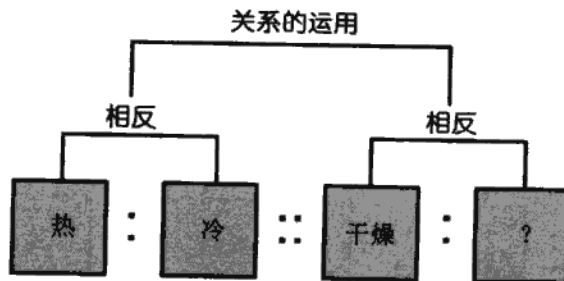
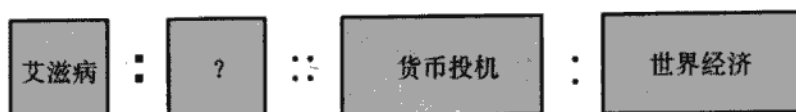
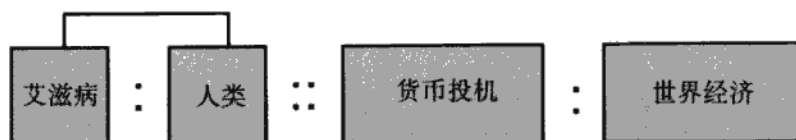


图 5.6 类比过程概况: 热 : 冷 :: 干燥 : ?

a. 对概念意思的编码。

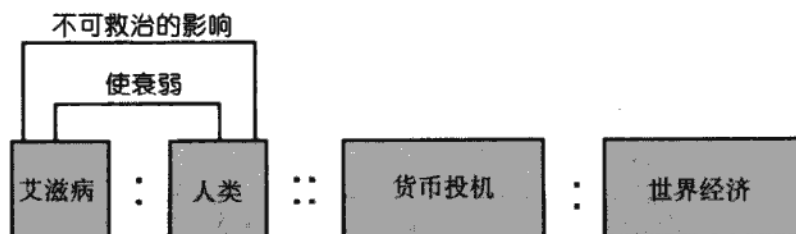


b. 推导缺失的概念。



c. 推导关系。艾滋病有两大显著特征：

1. 人衰弱；2. 不可救治。



d. 运用这一关系理解货币投机对世界经济的影响。

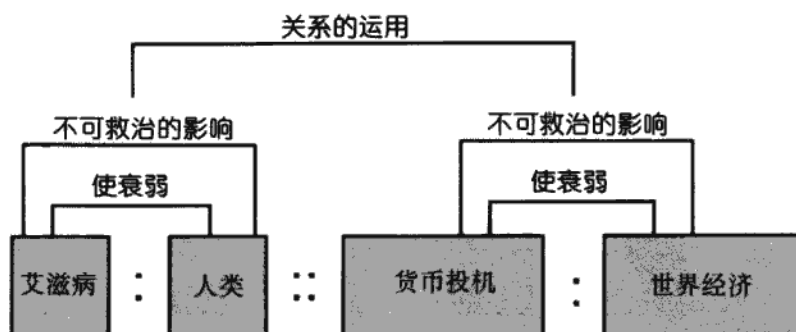


图 5.7 通过关系匹配理解在一个目标领域内关系的影响。

们是一种创造性能力。比较下面两个类比：

1. 叔叔：侄子::阿姨：？

2. 酒精：度数::黄金：？

在第一个例子中，叔叔和侄子之间有一系列突出的关系。侄子是叔叔的兄弟或姐妹的孩子，两者都是男性。接下来阿姨这一概念引导我

们要与一个女性后代产生并列关系。在我们完成这个类比过程中，我们正在重新建构一系列重要关系。

在第二个例子中，这个例子就像是隐喻一样，问题解决者很可能从来没有将这些概念并置在一起。无论问题解决者做出什么样的答案，他都是对该问题的首次建构。也就是说，两个概念之间关系的相似性（在这里第二个概念是测量第一个概念纯度的标准）对于问题解决者来说是新颖的。当然，如果现在还不能发现刺激物间的新关系，我们就不能理解奇瑞克所讨论的内容。正因为如此，我们假设出无数的可能关系的能力和理解能力就被视为创造能力（Bejar, Chaffin, & Embreson, 1991; Chaffin & Herrmann, 1988; Johnson-Laird, Herrmann & Chaffin, 1984）。

活动 5.2

以图 5.7 为例，分析这一隐喻：“福克兰群岛事件就像两个秃顶男人在抢一把梳子”。（答案见 p.286）

关系要素理论

贝加等人（Bejar et al, 1991）认为关系有两种类型：已有的关系和需要建构的关系。“关系的多样性表明人们能够认识大量非限定性性质不同的语义关系。在这个例子中，要想运用关系表征网络明确地列出所有可能的关系是不可能的”（P.18）。

贝加等人认为概念形成和概念表征理论都不能真正地解释关系是如何产生的。约翰森-莱尔德（Johnson-Laird, 1989）在论证发现相关关系（某一类别成员之间的关系）是一个算术过程时指

出, 关系之间具有相似性。然而, 在“深层”类比中, 如解决复杂问题或理解某一新领域的知识时, 则需要更深层的解释。

贝加和他的合作者的理论认为, 在 $A:B::C:D$ 的类比中, A 和 B 已经给定, 被试需要从给定的 $C:D$ 答案中选择一个, 每个答案中 $C:D$ 的关系都是相似的。人们根据给出的例子很快就会找出答案 (Bejar et al., 1997, P.26)。

实际上, 人们评价关系的相似性是很重要的, 因为, 它意味着关系可以分解成许多基本要素。判断两个实体之间是否存在相似性, 就必须认识它们在哪些方面是相同的, 在哪些方面又是不同的 (Tversky, 1997)。“您不能比较苹果和橘子”这一格言就说明了这一观点。苹果和橘子看成一个整体时是不可以比较的, 如果把它们分解成相同点——大小、形状、营养价值; 不同点——纹理、味道、颜色, 这时就可以比较了。迅捷的关系比较暗示着这些关系很容易被分解成更多的基本要素。

贝加等人列举了“包含关系”的类型。它们是: 空间包含, 即某一实体在另一实体之内 (牛奶: 瓶子); 部分包含, 即某一实体是另一实体的一部分 (引擎: 汽车); 类别包含, 即某一实体是另一实体的一个例证 (知更鸟: 鸟)。三种包含关系的复杂性不同。空间包含比较简单, 主要包括某实体在另一实体之上、之内、之下等等。部分包含不仅包括某实体在另一实体之上、之内、之下, 还包括在某些方面部分与整体是相连的。比贾进一步指出, 在类别包含中, 一个实体包含在总的 (上级) 类别之内, 并与总的类别有更深层次的关系, 该实体必须具备一些与总体相似的特征。包含关系以三种关系要素 (relational elements) 为特征: 包含\连接\相似。

每种包含关系都具有一种或多种关系要素。如果要比较关系, 您必须以每种关系中包含的关系要素为依据。贝加等人列举了以下的例子:

部分 车轮是自行车的一部分 (包含; 连接)

空间 自行车在车库里 (包含)

根据以上例子, 您可以得出结论。然而, 这些结论要以相同要素为基础。换句话说, 如果说车轮是自行车的一部分, 自行车在车库里, 我们就很容易推论出车轮也一定在车库里。但是, 我们很难推论出车轮也是车库的一部分这一结论。这是因为〈包含〉关系是两个例子仅有的相同关系要素。

空间 车轮在车库里 (包含)

部分 车轮是车库的一部分 (包含; 连接)

通过将关系分解成“关系要素”, 比贾等人将一个大的智力测验概念分为10类, 每一类在难度上是有差异的。实际上, 他们认为包括类比问题在内的不同类别的推导过程都是不同的。

在许多比例类比模型中, 研究者都忽略了语义的作用(例如: Pellegrino & Glaser, 1982)。比贾等人却发现测验题目的语义特征是决定一个题目难易程度的重要因素。在言语分析之类的智力测验中, 被试之间的个体差异主要是由关系的语义特征发生变化造成的。

此外, 斯坦博格和尼格罗 (Sterberg & Nigro, 1983, P.36) 还使用比例类比来研究一般情况下人们是如何理解隐喻的:

根据这一理论, 当语义空间中存在路程的隐喻和车辆的隐喻, 并且两个隐喻处于同一语义空间之内时, 那么路程(靶问题)和车辆(源问题)之间的相互作用就开始了……在某些情况下, 这个匹配结果就是路程和车辆各自的本质在一个人的知觉中发生了转移。

结构相似性

到目前为止, 我们已经了解到, 如果两个实体之间有紧密的语义相关, 那么它们就是相似的(如, 卡车和货车); 如果两个实

体之间有相同的特征，它们也是相似的（黄色的卡车和黄色封面的书）；有相同关系的两个实体也可以说具有相似性。我们一直在探索相似性的层次结构，然而，我们需要进一步看一下复杂结构之间的相似性。相似的层次结构是如何匹配的，金特纳（D. Gentner）的理论可以给予解释。

金特纳的结构—映射理论

金特纳认为，一个类比不能简单地说成是一个实体像另一个实体。“小狗像小猫”或是“牛奶像水”等都不是类比。在金特纳的概念里，它们属于字面上的相似，因为它们有相同的特征，例如，前者中的“小”和后者中的“液体”都是两个事物间的相同特征。金特纳（例如：Falkenhainer, Forbus, & Gentner, 1989; Gentner, 1989; Gentner&Toupin, 1986）和沃斯那杜（Vosniadou, 1989）认为，“真正”的类比存在一个因果关系。在“小狗对狗如同小猫对猫”这一类比中，“小狗”与“狗”之间的关系也同样可以运用到“小猫”与“猫”之间，这个关系就很容易解释了。一个所谓的类比包含从源问题（小狗和狗）到靶问题（小猫和猫）映射成一个可解释的结构的过程。

金特纳（1983）认为类比就是关系结构从一个领域到另一个领域的复制。这就是系统性（systematicity）原则。他认为人们更愿意对关系层次结构系统进行映射，在系统中高级关系制约着低级关系。换句话说，从两个秃顶男人为抢一把梳子而战是毫无意义的，我们就能推论出英国和阿根廷之间的战争就像两个秃顶男人为一把梳子而战一样毫无意义。

结构—映射理论在执行时充当结构复制引擎（Falkenhainer et al., 1989），并使用各种属性计算（predicate calculus）命令来表征类比的结构。最低级的命令是0级，0级命令是对实体（显著的表面特征）进行类比，例如“军队”和“堡垒”，“公路”和“将、

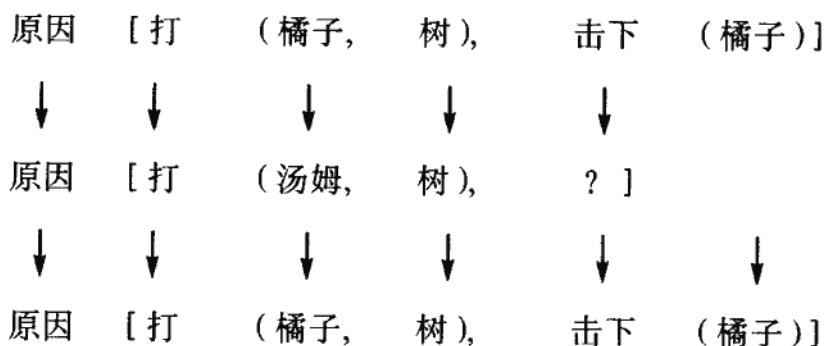
军”。当用一个例子用来做类比时，一个领域内的实体要与另一个领域内的实体相一致，从而达到符合类比结构的最佳映射。

在下一级水平上，0级水平上的实体可以成为判断的论据。因此，在使用“攻击”判断给“攻击（军队，堡垒）”时，“军队”和“堡垒”是相关的。这是1级命令。

一个判断等于1级命令加上它的论据命令的最大值。“军队”和“堡垒”是0级命令；“更高__比（X，Y）”就是1级命令；“原因[更高__比（X，Y），停止（Y）]”就是2级命令，因为至少它有一个实体已经是1级命令。

原因，包含和依靠是典型的高级关系。“根据这一定义，一个概念的命令表明了它下面结构的深度。有很多层理由的论据能对高级命令结构进行表征”（Gentner, 1989, P.208）。

对一个可解释的结构进行映射可以使使人从新领域或新问题中得出一些推论，如同源问题中的关系也能用到靶问题中一样。值得注意的是这些推论都以纯粹的基础结构为依据。一个结构，例如，原因[打（橘子，树），击下（橘子）]可以用于汤姆和杰里漫画中来确定当汤姆撞到一棵树后会发生什么——原因[打（汤姆，树），?]——会产生推论原因[打（汤姆，树），击下（汤姆）]。关于汤姆撞到树后发生了什么，通过橘子撞到树这一结构就可推论出缺失的内容。在判断击下（橘子）中可以插入与目标橘子相映射的汤姆。



原因 [打 (汤姆, 树), 击下 (汤姆)]

金特纳认为类比就是从源问题结构到靶问题结构的一一对应系统的映射。实体表面特征的描述与靶问题映射无关。例如,橘子的颜色或杰里的肤色都是无关因素,因为它们在结构中不起任何作用。因此,吉克和霍利约克(Gick&Holyoack, 1980, 1983)论述的问题解决与这一定义下的问题相似。

有的研究者喜欢给类比下一个广义的定义(例如, Anderson&Thompson, 1989)。例如,霍利约克(1985)认为类比包括“从现实到隐喻”。然而,金特纳(eg, 1989)的定义严谨得多,她在对问题相似性进行分类时区分了类比和其他类型的相似(Falkenhainer et al., 1989; Gentner, 1989; Gentner et al., 1993)。图 5.8 概括了相似的类型和相似的连续区(见 Gentner, 1989, P.207)。

言语相似性。言语相似性通常是特定领域内的类比。当两种情境或两个问题具有言语相似性时,两个问题的结构和表面特征就是相似的。您会发现言语相似性都是特定领域内的类比。在“牛奶像水”这个例子中,牛奶和水有许多相同的特征。二者之间的模糊界线需要通过技术来鉴定,两者有相同的关系结构和相似的言语描述。

表面映射。表面映射仅仅是低级判断的映射,这种映射忽略了关系结构。在金特纳“发光的玻璃桌面像水面”的例子里,它仅仅对源问题和靶问题的相同物理特征给予描述。她认为初学者倾向于只看到表面映射(见第九章)。

抽象映射。抽象映射是从变量或抽象原理到靶问题的映射。例如,“热量是可传递的”。抽象映射假定已有的经验对读者很重要,因为,就像在刚刚给定的例子中,抽象可用来对类比问题进行分类或显示一个程序或规则。类比中的抽象映射也可形成连续区。

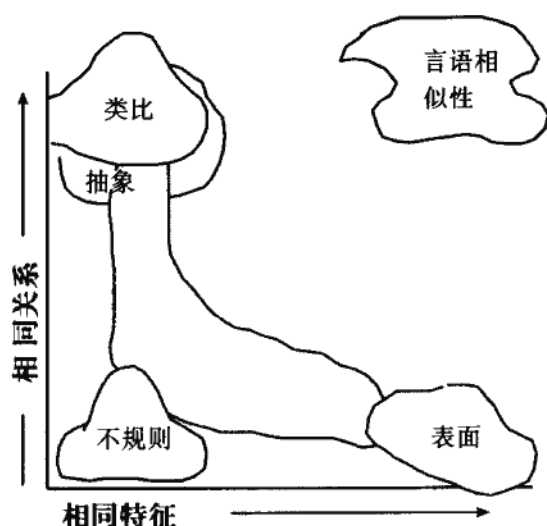


图 5.8 相似空间：相似的类型以各种相同的判断为基础。（来自金特纳，1989，P.207。经剑桥大学出版社同意后转载）。

结构映射

金特纳与其合作者通过大量研究来证明类比产生于对整体关系结构的映射。研究栏 5.1 是金特纳和托平（Gentner and Toupin, 1986）给出的一个例证。金特纳和托平的研究表明，儿童理解了故事的内部结构关系，他们就能转换自身角色去适应故事的结构。在余下的时间里，他们根据早期故事中语义相似部分行为发生的顺序做了一些简单的模仿。年龄较小的儿童不能充分理解早期故事，并把其中的关系运用到以后的故事中。

这种现象不仅出现在儿童身上，金特纳和舒马赫（Gentner & Schumacher, 1987; Schumacher & Gentner, 1988）在成年人身上也发现了同样的现象。他们让被试首先学习一个模拟计算机设备的程序，然后运用该程序去学习一个新设备。这里又一次使用了系统性和透明度。在提供一个任意模型设备或一系列简单的操作程序时，系统就发生了变化。透明度由设备组成的

类型决定。结果显示, 系统性制约着目标设备的学习和迁移。透明度对迁移也有很大影响。当前后设备的相应组成部分相似时, 学习新设备的速度相对于前后设备的相应组成部分不相似时要快。

实际的限制

到目前为止, 我们已经了解了实体的概念、特征、关系和结构之间的相似性。每一种相似都限制类比。类比的目的是对类比的深层限制 (Holyoak, 1985)。因此, 限制主要包括以下三种类型:

语义限制: 主要包括实体之间, 特征或属性及关系之间的相似程度。

结构限制: 主要是与金特纳的系统理论的限定相关的类比结构。

实际限制: 主要指类比者在进行类比时的目标。

霍利约克认为类比者思考的内容和目标制约思考过程。语义限制与结构限制都会降低我们获取有关问题或情境的信息量。如果您的目的是使儿童在看完漫画以后发笑, 漫画的内容是一只名叫汤姆的猫正在追逐一只老鼠, 突然, 汤姆撞到一棵树上, 这时您不可能将猫脸设计得很恐怖。因此, 在猫脸上您会限制您的类比, 说, 猫脸就会像一个橘子打到树上撞扁了一样。换句话说, 如果您是“辛普森斯”(The Simpsons)的一位漫画家, 在“汤姆和杰里”漫画中, 汤姆碰巧发生了一些棘手的问题, 您想拿这些事取笑汤姆, 这时源问题中的刺激——来自(果汁, 橘子)就可以运用到靶问题中。(我将让您自己去想像其中的映射。)

金特纳和托平(1986)

研究目的

本研究的目的是为了观察改变故事的系统性和故事中实体间的透明度(故事中人物间语义相似性的程度和他们在故事中扮演的角色)对被试的影响。本实验以儿童为被试,其目的就是找出在类比中儿童使用结构映射的能力是否有发展趋势。

研究方法

金特纳和托平(1986)呈现给儿童一些故事,要求他们用动作表演出来。第一个故事(源问题)与后面的故事,故事间的透明度和故事的系统性都会发生变化。通过改变故事中的人物来改变透明度。例如,最初故事(金特纳将源问题看成基础)包括帮助麋鹿逃离青蛙的花栗鹿。在高透明度情况下,动物换成了松鼠,角鹿和蟾蜍。在中等透明度情况下,可以换成不同类别的动物(与源问题中的动物没有语义相关)。在低透明度情况下,动物的角色可以互换(导致交叉-映射):在新故事中,角鹿可以充当原故事中的花栗鹿,蟾蜍扮演麋鹿,松鼠代替青蛙。

系统性的改变可以通过在故事的开头加一句话,从而建立一个场景,也可以在故事结尾以教育总结的形式加上一句话。在非系统性条件下既不加教育性总结也不加任何场景。

给儿童特定角色让他们表演出原故事,然后再次表演出原故事中的各个角色。

结果与讨论

在高透明度情况下,即相似的人物扮演相似的角色,尽管缺乏系统性,两个年龄组的儿童表现都很好;在中等或低透明度情况下,低年龄组儿童比高年龄组儿童受人物之间的相似性影响更大;表面相似性导致他们产生非系统性解决方法。对于高年龄组儿童来说,系统性让他们“掌握”于恰当的映射。

霍利约克宣称“类比最终被定义为关于类比探索中的系统目标”，并且“结构方法上(例如金特纳的系统论)没有考虑到类比迁移中目标的作用，所以注定要失败”(Holyoack, 1985, P.70)。在金特纳的图式里，高级判断(例如原因、暗示、依赖、解释、需要、阻碍等)是在结构方面对达到目标起重要作用的因果要素(1985, P.73)。因果方面的知识可以指导类比映射。

金特纳一直对她的结构映射理论的特征不太满意，这并不令人惊讶。她认为类比或者根据上下文进行，或者独立进行(Gentner, 1989)。在上下文中进行的类比，她认为主要是类比问题的解决，某一领域内的问题解答规则知道了就可用于其他领域，例如吉克和霍利约克射线中的变量。独立的类比主要是隐喻中的类比，例如培根的“一个伟大的地方升起来的所有事物都依赖于风的大小”。金特纳认为类比映射进行语用描述前，类比者要了解哪些内容是相关的。因此，独立进行的类比需要解决一些问题，例如培根的隐喻，科学发现中的创造性类比。对话用上的考虑最好放在类比者之外(见图59)。类比问题解决中，语用方面对结构的影响详见基恩(Keane, 1988)。

表面相似性与结构相似性的关系

如果问题、事物或情境的表面特征没有说明，我们就将陷入困境。事物或情境的表面特征通常暗示了它们的本质。斯威勒(Sweller, 1980)定义相似性为“拥有相同的表征判断”，也就是金特纳系统理论中的低级判断。这些表征判断与表面判断相接近。斯威勒指出具有相同特征对于借助源问题具有很大的启发性。因此，具有相同表面特征的两个问题也具有相同潜在结构是合理的。他认为通过相同表面特征使用源问题可加强对组成思维表征的判断的制约。

沃斯纳窦 (Vosniadou, 1989) 也发现显著的特征是连接表面和结构相似性的一种途径。一个特征之所以显著是因为它直接与潜在结构相连。显著特征很重要, 因为人们本质上倾向于在表面和结构相似之间建立一个因果关系。例如, 一个红色的西红柿(红

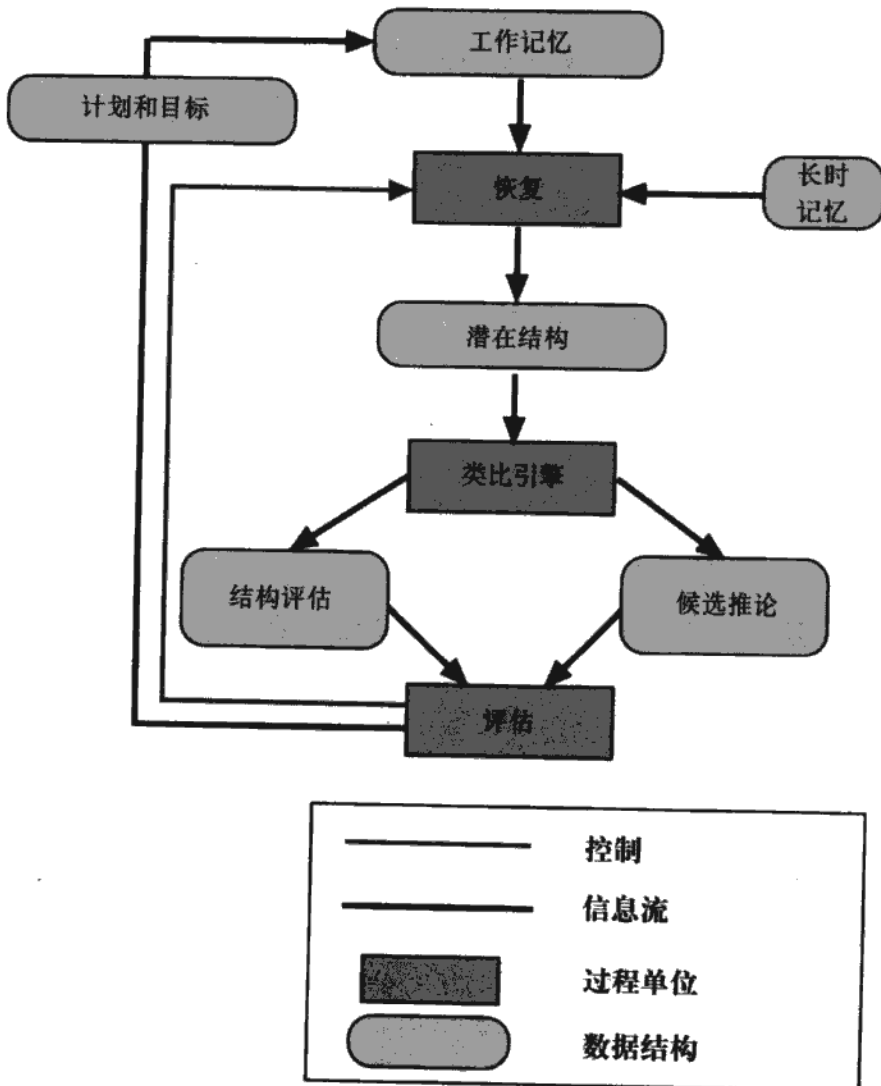


图 5.9 类比结构构造 (来自 Gentner, 1989, p.216, 经剑桥大学出版社同意后转载)。

色是表面特征)与潜在特征“成熟”之间存在因果关系。这种认识可能产生于已有经验,也可能由苹果的“红色”与“成熟”的关系类比得出。如果初学者表征的例子之间有相同的表面特征,他们就能合理地推出这些例子中包含相同的潜在关系,这种关系可以运用到当前的问题中。依次类推,当两个问题之间没有显著的相似特征,那就没有理由让您根据靶问题的特征去借助一个相关的源问题。

在概念形成过程中,表面和结构之间的关系也是相关的。梅迪恩和奥托尼(Medin and Ortony, 1989)认为我们对相似性的判断是以我们对事物或问题的表征为基础的,而不是实体本身。实体的描述性特征或表面特征通常与深层的不易接近的特征相关。因此,注意实体的表面特征很重要,它们可以启发我们去接近潜在结构。

不仅只有初学者通过表面特征的启发去借助可能的相关源问题,或对源问题分类。欣斯利、海斯和西蒙(Hinsley, Hayes and Simon, 1977)发现他们的专家被试在听了几个短语后就可以对问题进行分类。布莱辛和里斯(Blessing and Ross, 1996, P.806)认为问题类型与它们的内容(或表面特征)之间存在相关,有经验的问题解决者根据这些相关对问题的类型做出假设:

以表面内容为基础的快速接近,即使不能保证这是正确的,但它是一个引人注意的最初假设,人们还需要更长的时间来确定深层结构……专家在能够对问题的解决方法进行理论化的同时仍在重复它,从而节省问题解决的时间。

在问题解决研究中,它是一个可靠的发现,在日常生活中,人们受问题或情境的表面特征影响很大。我们倾向记忆那些显著的信息,并受这样的信息影响。我们可能会记住一位美国总统候选人从演讲台上摔下来,然后,根据这件事来判断他是否适合当总统。如果一个人读了对遗传有影响的食物的书,您就会想到“弗

兰肯斯泰因食品”这一概念很适合它们，虽然，它们是没有意义的，但这个概念可能影响我们对这种食品的看法。

金特纳等人也曾被这个问题难住：“人类思维有时如此严密和准确，为什么会受思维定势的限制？”(P.567)。他们认为以表面特征为基础接受信息是进化论中的一种古老机制，而不是推论。有一些论据说明以表面特征为基础接受信息是一种非常快且有效的“思维”方式，即使它有时会导致错误结论。无论如何，“如果某个事物像老虎，它就很可能是一只老虎”(1993, P.567)。金特纳等人把这看成为一种普遍假设。在一定环境中，显著的表面特征和结构特征有紧密联系。吉格仁格和蒂德(Gigerenzer and todd, 1999)指出我们已经习惯了这种环境，我们已经形成的快而有效处理环境的方式使我们更加聪明。虽然依赖表面特征会出现错误，但在部分时间里，它可以产生又快又省力的决定。有所失就会有所得。

小 结

1. 类比问题解决要求问题解决者看到当前问题（靶问题）与记忆中已有问题（源问题）之间存在的各种相似。相似的程度依赖于问题是怎样表征的。
2. 相似的类型
 - 同一性——源问题和靶问题中的物体或表面特征是相同的。
 - 语义相似——源问题和靶问题的表面特征存在语义相关。
 - 特征相似——源问题和靶问题中的物体之间存在相似性。
 - 关系相似——源问题和靶问题中的物体之间存在相同

关系。

- 结构相似——源问题和靶问题中存在包括高级关系在内的相同层次结构。

3. 语义相似和结构相似对类比的限制

- 语义限制主要制约着从源问题到靶问题中相关物体的映射。
- 结构限制主要制约着层次结构中填在相同槽内的物体的映射。
- 实际限制主要制约着反映类比者目标的实体和关系之间的映射。

4. 问题之间可以在表面特征和潜在结构上存在差异。表面结构差异性允许类比者利用源问题推导出靶问题中的相关操作。类比者可以像操作源问题一样去执行靶问题中的各种行为，而不必过分担心靶问题中的特殊物体。在内部结构差异性类比中，类比者需要改变源问题的某些方面。内部结构差异性往往阻碍相关操作的运用，从而导致类比无法进行到底。

5. 问题的表面特征和潜在结构之间通常是相关的。凭借表面特征就可以启发人们找到相关的源问题。这似乎就是人类认知系统如何发展运行的。

第六章 类比问题解决

类比在人类思维中的重要性没能得到足够的重视。许多试图捕捉人类思维特点的人工智能模型都具有某种类比映射的机制（如，Anderson, 1993; Carbonell, 1983; Gentner & Forbus, 1991a, b; Hofstadter, 1997; Holyoak & Thagard, 1989a; Kolodner, 1993）。例如，安德森的 ACT-R 模型和由霍夫斯塔特（Hofstadter）和弗拉伊德类比研究小组（the Fluid Analogies Research Group）提出的各种类比模型都认为类比是人类思维和学习的基础。

隐喻和明喻形式的类比在言语中随处可见。看例证可点击下面的网页：

<http://metaphor.uoregon.edu/metaphor.htm>

<http://www.le.ac.uk/psychology/metaphor/metaphor.html>

人类思维的进化起源理论将在彼此相对封闭的思维领域间建立类比的能力看做是人类智慧的标志。对过去在法律和税收系统案例上的争论常常用来解释法律。这是领域内的类比，通常称为以案例为基础的推理。信息的图解或形象化表征具有同样的类比作用。它们有助于人们抽取概念间的重要联系，而这些联系用其他方法则很难发现。伦敦秘密地图（The map of the London Underground）舍弃了大量诸如精确表征距离和位置的“表面信息”，取而代之的是我们看到的关系信息。图解也具有类比的功能，它剔除无关的表面特征，而突出了内在的结构。

本章和下一章的内容主要是关于类比问题解决（APS）与思维的研究，以及类比在教科书中所起的作用。正如我们在第四章

中讨论过的定义明确问题的迁移研究一样, APS的主要难点在于首先要获得一个相关的类比。其次, 调整并将它运用到新问题的解决或新概念与新情境的理解中去。本章的第二部分考察类比在教学和解释上的应用。

类比的重要性

米辰 (Mithen, 1996) 认为人类心理的进化包括特殊效用的“智力”的发展。伴随一般效用智力的发展, 平行地出现了: 自然历史智力、社会智力、技术智力和来自社会智力的言语智力。更进一步的说, 意识的发展来自于一个涉及复杂社会关系的心理理论的需要。这种观点是根据尼古拉斯·汉弗莱 (Nicholas Humphrey, 1984, 1992) 的论述。这些特殊效用的智力最初是“压缩的信息包” (informationally encapsulated), 也就是说, 它们彼此封闭, 而且不同智力之间没有沟通。然而, 现代人类已经打破了这些智力之间的屏障, 智力的融合产生了艺术、宗教和科学。实际上, 在彼此独立的领域之间发现相似性和做出类比的能力引起了导致人类文明的思想爆炸。

米辰用了三种主要的类比: 一把瑞士军刀代表多重智力, 早期人类的大脑对不同的思想有各自不同的智力工具; 一座大教堂代表心理, 各个不同的小教堂代表不同的思想类型, 每座建筑或多或少各自经历了不同的时间, 但是, 它们的“墙”已经被现代人打破, 为它们之间的沟通提供了自由; 一场演出代表我们的史前史, 不同时期的艺术代表我们心理进化的不同阶段。要想更进一步地举例说明类比思想的重要性, 我能做的没有比米辰本人引用的话更好 (1996, pp.153-154):

杰里·福多尔 (Jerry Fodor, 1985, p.4) 发现, 类比的冲动是心理的各种非模式化中枢过程的一个主要特征……霍华德·加

德纳 (Gardner, 1983, p.279) 确信在现代人类思维中多元智力“彼此协调, 尤其在执行复杂的人类行为时配合得天衣无缝”……

保罗·罗金 (Paul Rozin, 1976, p.262) 总结道: “智力进化的特点是一种能力首先在单一情境中出现, 然后扩展到其他的领域。”

丹·斯佩博 (Dan Sperber, 1994, p.61) 得出一个类似的观念, 即他的模式元表征概念, 他认为模式的元表征的进化至少能导致一种“文化爆炸”。

安尼特·卡米洛夫-史密斯 (Annette Karmiloff-Smith, 1994, p.706) 认为人类心理能对知识进行再表征, 因此“知识除了较为固定的用途外, 也能运用到其他方面, 从而可以在不同的领域间建立表征性的联系”。

这种观点与苏珊·凯里和伊丽莎白·斯派克 (Susan Carey and Elizabeth Spelke, 1994, p.184) 提出的“不同知识系统之间的映射”的概念以及玛格丽特·博登 (Margaret Boden, 1994, p.522) 的“创造源于‘概念空间的转换’”的观点相似。

类比问题解决的研究

“类比思维的核心是通过一个映射的过程, 将知识从一种情境转化到另一种情境, 即在一种信息的主要方面和另一信息的主要方面找到一一对应的定势(通常不能完全一致)”(Gick&Holyoak, 1983, p.2)。啊哈, 您必须首先找到正确的类比物……

在第五章中, 我给大家呈现了堡垒问题, 而且我提到了您在第三章以前就已经遇到过解决的办法。多数人没有注意到堡垒问题和前一章中的放射问题之间的相似性。这是学生在阅读数学或科技书时面临的一个困难。教科书的作者在每章的后面经常出一些练习题, 通常隐含的假设是即使学习差的学生也能够完全记住并理解前一章讲过的知识。教科书里的例题和练习题均属于同一领域(这些将在下一章中具体论述)。然而, 更多的研究已经深入

到不同领域中类比的效应。

吉克和霍利约克(1980, 1983)对在运用类比问题解决邓克尔的放射问题中的先前经验的作用感兴趣。他们采用了各种控制。他们给一些被试呈现堡垒问题的不同解决方法,从而发现这样做会对被试发现解决放射问题的方法有什么影响。例如,如果给被试提供一个解决堡垒问题的方法是沿着“公开的补给路线”(一条被忽视的路线)进攻,那么被试就倾向于用沿着食道管发射线的方法来解决放射问题。如果前者的方法是挖掘隧道,那么更多的被试就倾向于给肿瘤患者做手术。那种将部队分成若干个组分头前进,然后,在堡垒下同时集中的方法叫“分散集中”法(或者叫“聚合法”)。因此,前一问题的解决方法影响到了后一问题的解决方法。

吉克和霍利约克的研究中表现出的另外一个重点是:他们的被试注意到类比的能力非常差,即在解决问题的过程中用到了一个类比,也是因为他们受到了主试的提示。在控制组中,即事先没有给予类比提示的被试中,只有10%的被试能够用“分散集中”法来解决问题。在那些只提供一种类比的被试中,只有30%的被试使用了堡垒问题的类比,而没有使用主试提示的方法去解决射线问题;而有75%至80%的被试在解决射线问题时使用提示的类比。这就意味着只有大约20%的人注意到了两个问题之间的相似性。这与西蒙和海斯(Simon and Hayes, 1976)以及瑞德等人(Reed et al. 1974)的研究结果是一致的。瑞德等人(1974)发现,被试的类比能力很差,即能够注意到摆在他们面前的表达清晰的两个问题是可以类比的能力是很差的。虽然,没有对堡垒问题和放射问题做出很好的解释,然而,解决它们的方法的深层结构是一致的。虽然,他们表面上的特点不一样,但在问题的深层结构特点上具有相似性。吉克和霍利约克已经指出了这种结构的相似性,如表6.1。

表 6.1 两个趋同问题和它们图式的对比

堡垒问题	
起始状态	
目标	用军队来夺取堡垒
资源	大量充足的军队
操作	部队分组、前进、进攻
解决计划	所有小组沿着不同道路同时出发
结果	堡垒被军队夺取
放射问题	
起始状态	
目标	用射线来破坏肿瘤
资源	足够力量的射线
操作	减弱放射强度，移动放射源，提供射线
限制	不能在一个方位提供高强度射线
解决计划	在不同的方位同时提供低强度射线
结果	肿瘤被射线破坏
聚合式图式	
起始状态	
目标	用某一力量征服特定目标
资源	充足强大的力量
操作	减弱力量强度，移动力量源，提供力量
限制	不在一条路径上不安全地提供力量
解决计划	在不同路径同时提供较弱的力量
结果	特定目标被征服

表 6.1 来自吉克和霍利约克《认知心理学》中的“类比问题的解决”，12, 1~38.1980 年由学术出版社出版。此处引用经版权者允许。

用有关的过去经验来解决一个当前问题的一个主要障碍就是，首先要找到相关的过去经验。为什么要这样做呢？我们看到这两个“故事的封面”是不同的。堡垒问题是一个军事策略问题，而放射问题涉及到的的是一个外科治疗过程。他们出自不同的领域，因此，我们没理由将它们联系在一起。试图用有关中世纪的历史

知识去解决热力学方面的问题是在浪费时间，或者说简直是愚蠢的。所以，我们也不能在军事策略领域中寻求解决外科手术问题的答案。

使用已有经验的第二个障碍是调整过去经验以适应当前的问题。尽管已经告诉被试解决放射性问题与解决堡垒问题的策略是一致的，即“分散集中”。但是，约有 20% 的被试没有能够解决放射性问题。这里存在的困难是怎样使解决堡垒问题的方法适用于放射问题。而且，人们在解决问题时之所以不能举一反三的原因是多种多样的。由于受自身整体知识结构的影响，人们往往在问题解决时擅自加上一些问题本身并没有限制的东西。再有就是不同问题的事物之间没有清晰的映射关系：

常识。认识的多样性可能妨碍人们找到可行的解决问题的办法。例如，人们认为放射性仪器是一种很大的仪器，而且认为在手术室里应该只有一台这样的仪器而不是几台。那么，外科大夫在哪里操纵若干台仪器呢？在英国，国家医疗服务机构看上去总是资金短缺，那些外科大夫工作的医院如何支付得起几台放射性仪器呢？而且，问题的解决者还可能产生一种错误的射线工作模型，有可能降低射线的强度吗？有人曾告诉我，他想像不出几种微射线集中在肿瘤上照射会产生什么后果。他不相信放射效果的可累积性。其他常识的干扰也可能会影响解决问题的能力。

强加不必要的限制。在第三章中，我提到问题解决者有时在解决问题时，人为地加上一些问题本身所没有限制。例如，在“排列九个点子”的问题中，人们人为地限制自己只能从一个点子开始和结束，但问题本身并未作如此要求。在放射性问题中这样说到“有一种射线可用来杀死肿瘤”。这就有可能被错误地理解为只有一台放射性仪器（问题中并未作此明确说明）。如果只有一台机器，那么堡垒问题的解决方法在这里就失灵了，因为，依此方法需要几种不同的微射线。

表 6.2 堡垒问题和放射问题在表面特征（对象）上的映射

源	⇒ (映射到)	靶
事物		
1. 暴君	⇒	肿瘤
2. 军队	⇒	射线
3. 村庄	⇒	健康的组织
4. 公路	⇒	?
5. 矿	⇒	?
关系		
6. 分割（军队，小组）	⇒	分开（射线，？）
7. 分散（小组，公路尽头）	⇒	?
8. 聚合（小组，堡垒）	⇒	聚合（射线，肿瘤）

映射因素。两个问题中的一些事物在问题解决结构中起着同样的作用，另一些则不然。表 6.2 显示了哪些是（相对）明显的映射之处，哪些是映射失效之处。在暴君、军队和村庄中可以发现匹配之处，也可以在集合军队同时向堡垒进攻中发现匹配之处。不过，先看表 6.2 中的 4，5，6，7。尤其在 6 和 7 中，怎样着手分布射线仪或者射线，以及怎样分散由分割肿瘤所引起的后果并不是显而易见的。

表 6.2 的另一启示是：如果要采用一种解决方法，您必须找到最合适的抽象水平。

寻找解决靶问题的源问题

图 6.1 显示了类比问题解决的一个“理想化”模型。图中有一个源问题（A），假设它存在于长时记忆系统中。记忆中也包含如何解决问题的信息，图中用连接 A 和 B 的连线表示。图中的 C 是您要解决的当前问题。问题 A 要想有所作用，问题解决者必须知道 A 和 C 是同类型的问题。

寻找一个相关的源问题就意味着这两个问题中有可被理解和认识的相似性；即A和C一定在某种程度上相似。一旦获得了相关的源问题，那么，其解决问题的程序(P)可以被应用于解决新问题。在应用解决源问题的程序时，问题A中的事物映射到问题C中具有相同作用的事物上(第五章中详细论述了该问题)。源问题的解决程序要想与新问题相适应，就有必要作些调整，因此形成了源问题解决程序的变式(P')。例如，在表6.2中，事物以及事物之间的关系没有了，人们必须推出新的东西，比如，减弱射线强度，或者寻找一些射线仪，或者建构复杂的映射系统。

之所以说图6.1显示的是类比推理的一个理想化过程，是因为事实上人类的行为和这里所描述的有所不同。比如，赫勒(Heller, 1979)发现人们在解决像 $A:B::C:D$ 的比例类比问题时，形成了各种各样的映射关系，但仅有一些是相关的。一个问题解决者可能会在A和B、A和C、B和D、C和D之间做大量的比较。赫勒的一些被试也做过背离问题结构的比较。比如，他们在A和D、B和C、A和B和C等等之间做无关推理和比较(参看Kahney, 1993，其中对赫勒的模型有充分的讨论)。

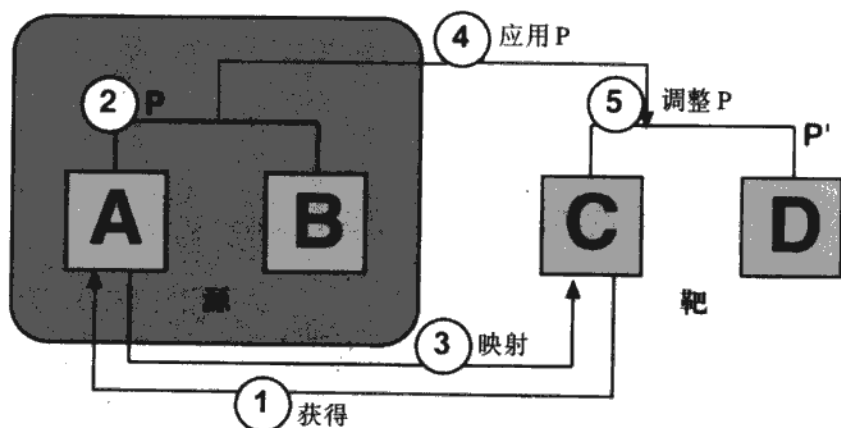


图 6.1 寻找并采用一个源问题来解决靶问题

同样，通过观察被试根据说明书解决问题的过程，卡内（1982）、康韦和卡内（1987）发现，被试通常回顾先前问题的解决方法，忽视了实际问题的表达和它的解决办法之间的联系，取而代之的是将练习题的陈述映射到的解决方法中（从C项目到D项目）。

生成自己的类比

为什么在源问题结构特征的基础上给人们呈现一个靶问题时，人们却很难提取这个相关的源问题呢？布兰切特和邓巴（Blanchette and Dunbar, 2000）试图解释这一难题。他们认为大多数实验室实验采用的是一种“接受范式”（reception paradigm），即实验者给被试呈现源和靶。而采用“产生范式”（production paradigm）时，他们让被试根据靶生成自己的类比性源。他们发现被试选择的是结构特点与靶相匹配的类比性源的另一方面。在接受范式下，给被试呈现无论在表面上还是在结构上都很相似的源时，他们通常会根据表面特征选择类比性源。

布兰切特和邓巴（2000, p.109）认为“接受范式也许会抑制人们寻找结构上的联系，而且这种范式提供了一幅类比推理的图示，即低估了被试们运用深层结构特征提取类比性源的能力。在现实世界情境中，人们可以生成属于他们自己的类比”。他们还提出：依据表面特征提取类比源（尽管询问被试哪些源情境“可以用于生成恰当的类比”）可能是因为源是根据其表面特征进行编码的（让被试评价源情境的愉快程度）。

然而，这项研究不包括下列情况，即靶问题不是被试立即能解决的问题，尽管先前曾出现过这样的类比。

原理－提示

罗斯(Ross, 1984, 1987, 1989b)讨论了类比问题学习(APS)中的两种可能情况: 原理－提示观(principle-cueing)和例题－类比观(example-analogy)。原理－提示观认为, 学习者通过当前问题的特征及特征间的联系, 可能会回想起先前的一个样例。这一回忆激活了与当前问题有关的先前问题中的抽象信息或原理。在吉克和霍利约克的研究中, 原理可能是“分散与集中”的问题解决图式。在代数问题中, 它有可能是一个方程, 如: $\text{距离} = \text{速度} \times \text{时间}$ 。获得共同的原理后就有助于理解新情境或解决具有相似结构的新问题。问题表面特征的作用就是为获得可能的相关源问题提供线索。

霍兰、霍利约克、尼斯比特和萨加德(Holland, Holyoak, Nisbett, and Thagard, 1986)把类比看做是在解决问题过程中重建的“内隐”图式。在图6.2中, A代表问题陈述, B代表解决方法。AB之间的关系用其间的连线表示。如果该问题是一类问题中的一个实例, 那么从A到B的解决问题的程序就可以应用到其他同类的问题中去。因此, 在问题解决中有一个内隐图式, 可以应用到一系列相似类型的问题中。如图6.2中的S框所示。获得

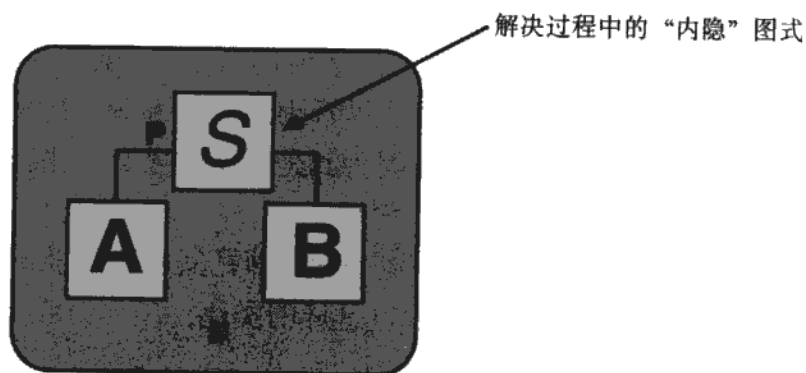


图 6.2 一个问题和它的内隐图式的解决方法之间的联系

一个源（图 6.3 中 A 和 B），就获得了隐藏于源问题解决中的原理（连接 A 与 B 的 S），并能用于靶问题上（C），生成解决办法（D）。

根据原理 - 提示观，当人们回想起一个类比时，这种回想就可以将当前事物分类。当呈现的问题是“一条河中有两只小船以不同速度前进”时，人们也许会想起以前同样类型的一个（或几个）问题。因此，就将当前问题归类为“渡船问题”或者“速度乘以时间的问题”或是其他什么问题。吉克和霍利约克的研究表明解决者要想抽象出内隐图式，仅需获得同类问题的一种表述即可。不过，只在内隐图式相对简单易懂时才可行。更复杂的概念如“循环”（请看第二章和图 4.1），可能就需要若干个例子才能提取出有助于解决新问题的内隐图式。无论源问题简单还是复杂，学习者一旦理解了这种从源中提取出来的抽象原理，那么表面的细节对于解决靶问题来说就不再重要了。但是，源问题是重要的，它有助于学习者理解问题中的原理以及如何应用它。

原理 - 提示观认为根据实例解决另一个问题需要从实例中抽取出一般原理或程序并应用于靶问题中。这就是抽象映射（abstraction mapping），也就是说是实例中的抽象原理，比如一个

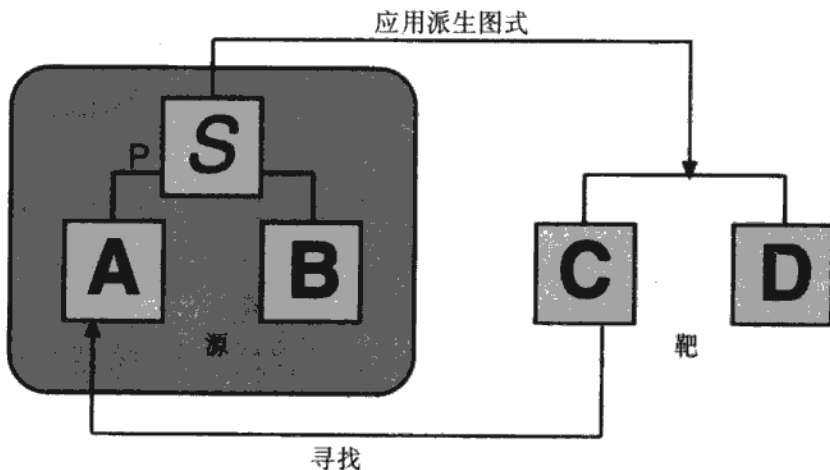


图 6.3 寻找源问题的内隐图式并用来解决靶问题

方程,而不是表面的因素映射到靶问题中(参见148页)。在当前的例子中,抽象原理被“隐藏”或者内隐在实例中,在它被应用之前必须被抽取出来。许多关于专家与新手的差异的研究集中于如何使问题的正确知觉接近“问题图式”(Chi, Glaser & Rees, 1982; Larkin, 1978)。反过来,这个问题图式提供了直接的、系统性的解决方法。而新手通常不能确定问题图式或者相应的问题范畴。而且,原理—提示观再次假定类比者首先要理解原理,以及知道如何将它应用到特定的问题中(比如,什么变量可以与一个方程中的变量相匹配)。可是,如果研究对象是新手,这将是不可能的事情。

如果问题解决者想要在不熟悉的领域中用复杂的实例作类比,那么,就没有理由假定解决者一定能形成内隐的或其他什么样的问题图式。问题中可能隐含着一个内隐图式,但不能保证解决者的头脑中就有这样的表征。有可能原理—提示既对那些相对简单的问题有效(可以提取大量的已知常识),又对那些问题解决者已掌握了部分图式的问题有效。

运用实例做类比

罗斯用一系列实验挑战了下一个观点,即:表面特征的作用是获取源问题。根据类比的第二个观点——例题—类比观(Ross, 1987, p.629):

原理只能根据先前的实例被人理解。也就是说,原理和例题是一体的。因此,即使给出了原理或公式,学习者也会用先前问题的细节来推导怎样将原理应用于当前问题……

罗斯的多数工作集中于问题表面相似性的作用和应用。研究栏6.1是罗斯研究的一个实例。

研究框 6.1

问题解决中的问题相似性效应 (Ross, 1987)

原理

在罗斯的 (1987) 研究中, 实例和测试问题之间的表面相似性在故事梗概和物体一致性上是不同的 (即源和靶中的相似物体互相映射的程度)。对象之间的一致性可以是相似的 (在两问题中起相同作用的相似物体)、相反的 (物体所起的作用不同), 也可以是和研究问题无关的 (故事表面的对象就不同)。(注意, 尽管两个实验的目的不同, 但该问题的一般结构与加德纳和托平 (1986) 在第五章中的研究是相似的, 见表 5.1。)

方法

表 6.3 总结概括了适用条件。这些问题是有着各种故事梗概的概率问题, 比如 IBM 部件选择什么公司的汽车才好用。在相同与相同条件中, 问题之间只有很小的表面变化, 内在的问题解决结构仍是相同的。在相同与相反的条件中, 如 IBM 的销售人员会选择哪些部件对他们的汽车是好用的, 所以在学习和测验问题中使用相同的物体, 但是它们起的作用是相反的。相同与无关条件包括 IBM 大楼里的计算机和办公室。无关与无关条件包括为一支高中运动队卖门票, 而客体 (运动队和老师们) 与这个实例问题是无关的。

表 6.3 罗斯的学习 - 测验关系 (1987)

学习 - 测验关系			
条件	故事梗概	客体	一致性
相同与相同	相同	相同	相同
相同与相反	相同	相同	相反
相同与无关	相同	无关	无关
无关与无关	无关	无关	无关

结果

罗斯发现, 即使公式已经给出, 被试使用有关公式的能力仍然

依赖于问题的表面相似性,问题中物体之间的相似性被应用于公式中,因此物体就起着和在实例中一样的多种作用。因此,在相同与相同条件中(比如在实例和测验中机件选择汽车),成绩就会高于无关组。如果物体的一致性是相反的,即相同与相反条件,成绩就会低于无关条件。那里不容易说明应用什么公式,有着相同内在结构问题的表面相似性就会在那里得到最好的成绩。

在问题结构表征不充分的条件下,试图在两个问题之间进行类比,通过理解变量表征什么来举例说明变量(将特殊变量插入变量中)的一贯做法就变得非常困难。缺乏这样的理解,新手就只能依靠表面相似性。这就意味着,即使在测验中为学习者提供了公式,他们仍会利用先前的实例来解决当前的问题,在这些实例中原理是合并在一起的。因此,罗斯的实验结果与那些主张原理-提示观的人们的研究意见不一致,他认为实例的作用只不过是一个已经被熟知或已经被诱发图式或原则的一个具体实例。

讲解式类比

类比讲授是指“在学习中能够以类比推理的形式应用类比信息的表征”(Simon, 1984, p.513)。在文中使用类比的另一个目的是使散文更有趣。不过,这两个目的有时会冲突。不仅如此,还会出现类比失效的现象。因此,作者必须谨慎地运用类比。

讲解课文时,作者充分利用类比来解释新概念,而且很有效地帮助学生们理解概念。比如,通常用水流解释电流的流动。的确,由于这种类比,“流动”的概念可以适用于电力装置。拉瑟福德通过与太阳系结构的类比使人们充分理解原子的结构。当类比被用于教育情境时,他们的目的通常是让学生在类比物和学生必须学习的概念或程序中抽象出共同的内在结构。作者们希望可

以用它来解决或理解具有共同结构的新问题或者新概念。

人们已发展起来的或接受的类比的种类多少会对他们的思维产生很大的影响。如果您认为萨达姆·侯塞因与希特勒相似，而且其侵略科威特与第二次大战中德国侵略波兰相似，那么，这将会影响您对侵略以及处理伊拉克问题的反应。如果将您的性心理能量理论（弗洛伊德）和动物行为理论（廷德博根）与水力学作类比，那么您会自然而然地看到人类行为的另一些方面，即在一处获得压力，而在另一处释放压力。

流动的水和涌动的人群：电流的心理模型

我们对物理系统的理解通常是建立在类比基础上的。比如，关于电流，有两个实用的类比：一个是水的流动，一个是人群的移动。这两个类比既可以帮助也可以妨碍一个人对电流的理解。

金特纳等人（Gentner and Gentner, 1983）考察了这两个类比对于理解电流的作用。管道系统的类比对于理解电流十分有用。管道系统的一些特征可以映射到电力系统上（请看图 6.4，图 6.5 和表 6.4）。金特纳发现采纳“水流”做类比的被试要比采纳“人群移动”做类比的被试更容易推断出串联及并联电路中电流的情形。然而，当问题涉及到电阻器时，那些采纳“人群移动”做类比的被试要比采纳“水流”做类比的被试更容易推断出电阻器的作用。那些根据水流进行推理的人认为，无论电阻器如何排列，电

表 6.4 水和人群的源领域以及电流的靶领域之间的映射

目标		源： 流动的水	源： 涌动的人群
电阻器	⇒	管道里狭窄部分	旋转门
电流	⇒	水流的速度	人群的移动
电压	⇒	压力	人的数量
电池	⇒	蓄水池	?

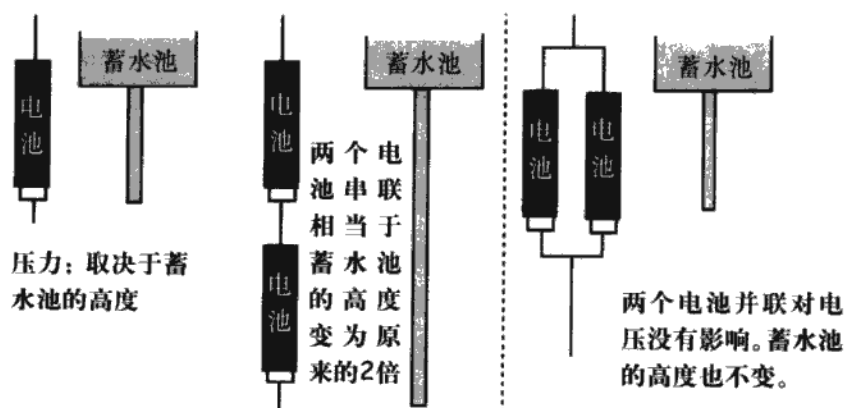


图 6.4 电池和蓄水池之间的类比效应

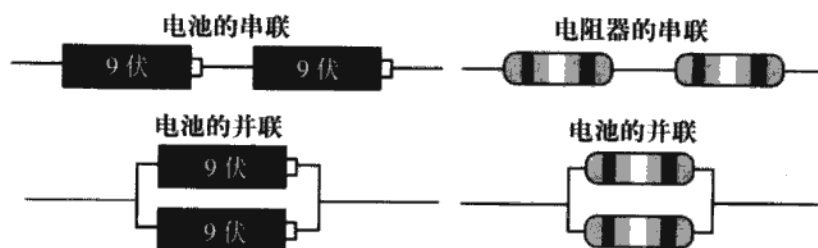


图 6.5 电池和电阻器的串联及并联

流都会受到限制。而将电流与穿过旋转门的人进行类比，却能对穿越电阻器的电流形成一个更有效的心理模型。

伊幸、汉尼梅恩和哈克 (Issing, Hannemann, and Haack, 1989) 的一项实验考察了迁移中不同类型表征的作用。这些表征是对晶体管功能的图形类比。实验情境有四种，分别是只呈现一篇讲解式文章、呈现文章并做水闸类比、呈现文章并做拟人类比、呈现晶体管电路图。结果发现，水闸类比（包括水流）更有助于理解晶体管的功能。拟人类比的有效性差一点，而只呈现电路图和只呈现文章的有效性最低。

伊幸等人提出，拟人类比具有人为性，且不能促进认知功能。

他们说,这就说明了为什么拟人类比不如水流类比更有效。如果他们考虑到金特纳结构—映射观,那么这将是一个奇特的结论(请看第五章)。另一个可能的原因是水流类比与拟人类比相比,与晶体管的操作原理有更高级的联系,所以,显示了水闸类比的高效性。

唐纳利和麦克丹尼尔(Donnelly and McDaniel, 1993)做了一系列学习科学概念时类比效应的实验。分别呈现给被试关于这一科学概念的文字说明、类比说明以及熟悉领域的比较说明(他的实验4)。表6.5中给出三个实例。

研究揭示了教学中类比有效性的一些重要特征。第一,类比能够帮助被试回答推理性的问题,但是不能帮助他们回想起靶领域内的事实情形。您可以按照学习目标来理解这一点:提供类比将迫使学习者思考类比的结构怎样能促进他们对新概念的理解。只提供文字说明使得学习者更多地关注表面特征。换句话说,除非对概念进行分析,否则人们将倾向于注意新概念的表面特征。

第二,类比对初学者的帮助比高级学习者更大。如果概念已在已知的领域内得到验证,那么类比也就没有了价值。人们完全

表 6.5 唐纳利和麦克丹尼尔(1993)新概念呈现的不同方式

文字说明

陨星。陨星在不断聚拢并变小的过程中旋转得越来越快,之所以发生这种星体快速旋转且体积减小的现象,是因为遵循一个称之为“角动量守恒”的原理。

类比说明

陨星。陨星旋转得越来越快,体积不断减小。就像一个冰上芭蕾舞演员,收拢双臂时单足旋转得更快一样。冰上芭蕾舞和星体都遵循一个称之为“角动量守恒”的原理。

熟悉领域的比较说明

试想一个冰上芭蕾舞演员,当他收拢起双臂时,单足如何旋转得越来越快。冰上芭蕾舞遵循一个称之为“角动量守恒”的原理(p.987)。

可以用已知的相关领域的知识来解决问题（可参见 Novick & Holyoak, 1991）。类比对初学者起作用，因为类比能为他们提供一个“锚点”或者“高级组织者”（Ausubel, 1968）。也就是说，初学者能够根据已知的领域推论未知的领域。

第三，唐纳利和麦克丹尼尔指出，被试在图式诱导之前（就是说，根据个体经验形成图式之前）能够进行类比推理。也就是说，源类比物与靶物之间并没有整合。这就强调了图式诱导是类比的副产品，而且图式是逐渐建立起来的（视领域复杂性而定）。

乔拉的研究

乔拉（Giora, 1993）曾经提出，说明文中的类比是多余的，而且还有碍于课文的理解和回忆。在一系列实验中，她让被试阅读许多段落，最后问他们“这一段讲的是什么？”一些段落包含类比（请看表 6.6）。乔拉发现类比对段落的事实回忆和理解有所削弱。事实上，类比越长，被试的成绩就越差。

这些结果似乎不支持其他论证类比对思维有促进作用的研究。乔拉认为“类比，一个与当前问题不相关的领域中的实例，由于偏离了主题，因此需要更多加工”（p.597）。她还认为“一篇组织

表 6.6 有类比和无类比文章的实例（采自 Goira, 1993）

文字说明

在科学史上经常会出现这样的现象：重要的发现出于偶然。一个科学家正在观察一个事物，意外地发现了远比他正在观察的这个事物更重要的另外一个事物。青霉素就是这种发现的产物。

类比说法

在科学史上经常会出现这样的现象：重要的发现出于偶然。一个科学家正在观察一个事物，意外地发现了远比他正在观察的这个事物更重要的另外一个事物。比如索尔（Saul），他在找驴时，意外地发现了一个王国。青霉素就是这种发现的产物。（Giora, 1993, p.592）。

良好的说明文容易理解,因为它提供了充分的信息,含义明了,而且它的组织顺序(主题结构)代表了其‘重要性’,我更愿意称之为信息丰富”(p.596)。换句话说,一篇写得好的文章不需要类比。

如果您将唐纳利和麦克丹尼尔研究中的文章和吉拉研究中的文章作比较,那么,我们就可以看到他们为什么会对类比的作用持不同的意见。乔拉用的故事和类比十分简单。比如“在科学史上许多发现是偶然的”这样一个概念要比“角动量守恒”这样的概念简单。乔拉实验中的被试不需要用类比来理解文章,它们确实成为了题外话。另外,“角动量守恒”这是一个初次见到不易理解的概念,而类比就能帮助人们理解它。

远类比和近类比的影响

目前为止,研究表明远类比(distant analogies)能影响我们理解新概念的方式。那么,由于要学习的概念与类比物之间有更多共同的表面特征以及内在结构特征,可以假定:近类比(close analogies)对理解会有更大的影响。哈尔彭、汉森和里弗尔(Halpern, Hanson, and Riefer, 1990)验证了这一假设。他们给被试小册子让他们学习,段落内容涉及淋巴系统、电学和酶。小册子中综合了近类比、远类比和无类比。例如,淋巴系统的远类比有“水在海绵中的移动”;近类比是“血流过静脉”。哈尔彭等人发现远类比在学习靶课文后能产生更多的即时回忆,一周之后,回忆量仍较高,而且,与近类比和无类比相比,被试能回答出更多的推理性问题(参见Iding, 1993, 1997)。

哈尔彭等人认为,远类比使得被试花更大的力气将类比结构映射到靶领域中。正是这种“获取意义的努力”(Bartlett, 1932),或者说是在更深一层水平上对源和靶的信息进行的编码,导致了远类比的深远影响。一般来讲,用远类比讲解课文比用近类比讲解课文更能提高学习者的理解力,因为,远领域通常是学习者已

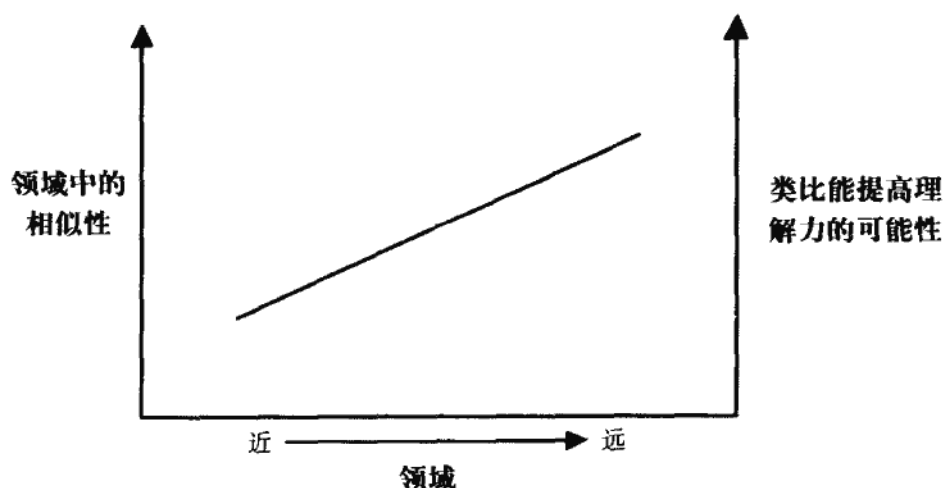


图 6.6 近、远类比及它们可能对提高理解力的作用

知的或已理解的知识领域。教科书的作者正是基于这个原因才选择了它们。如果某一领域是一个新的领域而且结构复杂，那么即使是近类比也可能难度很大，类比的作用不突出。如图 6.6 所示。

影响思维

从前面的讨论中可以明显看出类比在影响思维上起到很重要的作用。类比的一种作用方式就是激活图式，从而能影响我们思考当前情境的方式。一些相对简单的隐喻，比如寻求避难的“洪流”可能使您想到一些不可操纵的、具有毁灭性的东西，这显然比直接说“大量的”避难者更加震撼人心。转基因食品被英国一家报纸称之为“弗瑞肯斯特恩食品”（Frankenstein food）。这个短语有可能影响那时英国正在进行的关于 GM 食品的争论趋向。与之类似，基恩（Keane, 1997）指出将禁毒类比为战争，可能使人想到“这是一种以武力和刑罚为手段的解决方式而不是以提高

* Frankenstein 一词出自英国作家 Mary Wollstonecraft Shelley 于 1818 年所著小说中的生理学者，他创造了一个怪物，而自己被怪物毁灭。该词常用来比喻自己所创造的、而又无法控制的事物。这里用音译。译者注。

治疗基金和教育程度为手段的解决方式(病态社会的类比可能会产生相反的作用)”(p.946)。

在论证某一问题的时候,我们必须对所用的类比万分谨慎,因为,这些类比对思考当前情境有着深远的影响。在我们继续讨论类比教学可能出现的问题之前,先看下面一个关于类比怎样影响人们思维的最新例证(Halpern, 1996, pp.84~85):

我们经常用类比来说服某人,因为X与Y类似,所以如果X正确那么Y也一定正确。布兰斯福德、阿比特曼-史密斯、斯坦和维(Beansford, Arbitman-Smith, Stein, & Vye, 1985)举了一个非常好的例子说明这种“类比推理”。他们陈述了在一本书——《本分到死》(*Till death us do part*)(bugliosi, 1978)中描述的一场司法审讯,在审讯中出示的多数证据无法证实。被告的律师辩护说证据就像一个链条,结实与否要看它最薄弱的环节。他继续辩护说,在证据中有许多薄弱环节,因此,陪审团不应该判定罪名成立。原告为阐释他的观点也用了—个类比。他认为证据像一条有多股独立的线拧成的绳子,尽管有些股可能很弱,还可能会断开,但你仍然有一条结实的绳子。同样,尽管有一部分证据是薄弱的,仍然有强有力的证据判定有罪。(原告获胜。)

“审美”类比

课本中类比的第二种方式是用审美的手法增加散文的趣味性。不过,这两种方式的分界线通常不清晰。这里有一些发展心理学、进化论和宇宙学方面的例子:

……情绪是认知发展的一个灰姑娘。我不会假装是她公正的教母,但是我能集中做一些事情,并可能找到那个带她去舞会的魔法师(Meadows, 1993, pp.356~357)。

我的“河”是一条DNA河,在地质时代流淌和分岔,那种

“陡坡限制每一物种的遗传下来的游戏”这一隐喻成为一个有惊人力量的、有效的解释装置 (Dawkins, 1995, xii)。

“当我们追溯到宇宙的开端, 时间会停止”这样的事实概念是难于掌握的。“前”和“后”看起来很自然以至于我不能想像“大爆炸之前一无所有”是什么意思。这是受爱因斯坦相对论影响的结果, 物质和时间密不可分, 它们是同时被创造出来的。那么, 怎样能容易地掌握这样的概念呢? 史蒂芬·霍金 (Stephen Hawking) 曾试图以地球做类比 (图 6.7)。

然而, 常常会出现类比失效的时候。结构-映射理论提出在进行类比时忽略了低级相关。比如, 拉瑟福德在原子结构和太阳系结构之间作的类比。在金特纳的结构-映射理论中, 太阳的体积和它非常热这一事实与类比无关, 没有任何作用。然而, 有时在进行类比时却忽略了高级相关。将图 6.7 中霍金的类比与下面这段达林 (Darling, 1996, p.49) 的评论进行比较:

宇宙学家所提出的最奇特的类比之一就是讲宇宙的来源与地球的北极进行类比。就像没有什么在北极之北一样, 因此大爆炸之前什么也没有。我们应该对此确信不疑, 尤其在史蒂芬·霍金

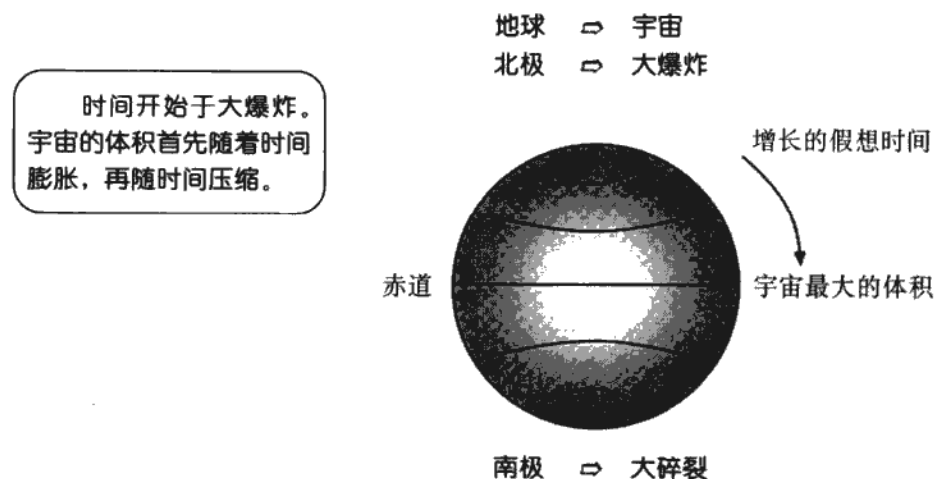


图 6.7 霍金关于宇宙与地球的类比 (采用于 Hawking, 1988, p.138)。

梦寐以求它是可行的以来。但是这并非事实。地球并非从北极发展而来。也不存在什么突然涌出星体的空洞。北极存在是因为地球存在——而不是什么其他原因。

这个故事的寓意是：到目前为止您只能作一个类比。而且还会经常出现类比失败的情况。在下一章中我们将研究是什么使得问题或情境相似，以及哪些方面能或者不能被合理映射。

小 结

1. 类比已被看做人类思维的一个基本特征。
2. 问题解决的研究表明提取相关的类比并不经常是自发的过程。一种情境所处的背景或领域能深远地影响其后在不同的背景中提取它的可能性。
3. 霍利约克已经列出了不同的类比问题解决（APS）过程（请看信息栏 6.1）。

信息栏 6.1

类比问题解决的过程

霍利约克列出了类比问题解决的一些步骤。每一步骤都要依靠前一步，尽管有可能会有一些麻烦（比如类比者也许不得不在一步中反复几次）尤其是第 3 步和第 4 步，他们是：

形成一个源问题和靶问题的表征

寻找“一个记忆中的相关类比”（Holyoak & Tngard, 1989b）。这就要依靠问题解决者形成的问题表征。如果解决者要从记忆中寻找一个先前遇到过的问题，那么，他们形成的目标表征必须与来源相匹配。这一点提出了是什么构成了问题的相似性这一问题。

在源和靶的一致元素之间映射。一致性是在源和靶中起相同作用的特征。在复杂的能被理解的系统中进行水流和电流的类比之

前,限制水流管道的狭窄部分不得被看成相当于在电路中的电阻器。

若被问题的共同的内在结构限制,可以转换映射,在目标中生成一个解决方法。这一步也被称做类比推理或迁移。了解到当水流过水管一个挨一个的两个狭窄部分时会发生什么,将会让学生推断出当电流流过两个串联的电阻器时会发生什么。

学习。这采用了在比较实例(内隐或外显)中图式抽象的形式。有了解决一种类型问题的经验,学生可以抽象出内在结构而且可以不用提到先前解决的方法就可以将其应用于新的问题类型。

映射和转换被看做是有严格次序的。映射“可以用一个等级制的方法构建,过程可以用不同的抽象水平重复”(Holyoak, 1985)。类比问题的解决,假定问题解决者在长时记忆中有一个源的表征,而且问题内在结构被足够好地理解,以至于问题解决者通过它映射并在靶上生成推理。

霍利约克呈现了不同阶段的不同步骤。这里呈现的五个步骤是从不同的资料来源中派生的。(Catrambone & Holyoak, 1989; Holyoak, 1984, 1985; Holyoak & Thagard, 1989a, b)。

4. 申和邓巴曾指出人们进行类比的能力差,是由实验本身造成的。当要求被试生成自己的类比时,他们就会产生结构合理的类比。
5. 相似问题比较的最终结果是学习采用图式归纳的形式。第八章中的样例学习被认为是更进了一步。
6. 讲解式类比是一种用来帮助学习者理解新材料的类比。它在初学者已经知道的知识和他们所要理解的新材料之间提供了一个“锚点”或者一座桥梁。在教学中采用什么样的类比非常重要,因为,这可能会影响对新材料的理解方式;而且,确实,这种方式有可能被误解。

7. 当即将学习的材料很困难时，课本中的类比非常有用。如果材料容易理解，那么类比就没有什么作用。类比在这种情境下也可能有一个纯粹审美的作用，它们使文章活泼生动而不是画蛇添足。

第七章 教科书问题解决

我曾经试图通过阅读教科书学习 Prolog 程序语言的基础知识。偶然间我发现自己正在阅读递归这一部分。这一部分主要解释递归的概念并给出了递归的 6 个例子。当我阅读这部分时，我感觉这个概念解释得很清楚，给出的几个例子也容易理解。在这部分的后面有几道练习题，我便拿出一张纸开始做第一题。可是，很快我就发现自己根本不知道该如何下手。

现在有两种原因可以解释上述这种情况：首先，自我安慰自己，认为只不过不会调用 Prolog 程序而已；我又不是一个计算机程序员（这种想法就是布兰斯福德和斯坦在 1993 年提出的所谓“逃避心理”：当问题出现在某个专门领域，解决者便会宣称“噢，不，我又不会代数”或“我又不会几何”或“我又不会统计”或又不会什么，等等。由于一种习得性无助，解决者一看到问题就放弃了）。

第二，我想我在读这一部分时可能错过了一些东西。于是，我回头从那些已看过的例子中寻找与所要解决问题相类似的问题，结果没有找到。我仍没有解第一题的思路，所以，我和大多数面临这种情境的人一样，把书翻到后面看答案。这下就清楚了，因为，这道题的答案不仅仅告诉了结果，而且还有这部分中我所没有看到的内容。实际上，就是教我如何解决这个特殊的练习题。如果在开始阅读这部分时我就对递归的概念有了较深的理解，也许我就能解决这道题了。然而，作者很可能认为对深入理解这道题他已提供了足够的解释。不过我敢说学生在学习不熟悉的某一领

域的教科书时，他们不可能看过第一遍后就理解得那么好。

很难想像一种不通过教科书或电子设备来传授的现代文化。也很难想像某个人从未被练习题卡住过或者至少有时出过错。在活动7.1中，我不妨假设您对第3题的答案是您自己。这是一种合理的猜想，因为，多数人会因为自己不能解决教科书问题而“责备”自己（如果他们能想到这一点）。我们总坚信教科书的作者为我们提供了足够的解决问题所需要的所有信息。这或许不能成为众多原因中的一种，其中一些我将在下一节介绍。

通过推敲运用例子来解题的过程是学生在遇到教科书问题时解除困难的一条途径。把教科书中的例子作为类比物与上两章讨论的相似问题解决有着重要区别。目前为止，我已经集中将类比看做从熟悉的领域到不熟悉的领域的知识迁移或映射进行了考察。在隐喻中，迁移是从一个熟悉的领域到另一个熟悉的领域。不同的是，对于教科书中的例子，学生却是试图用它们解决从一个不熟悉的领域到另一个不熟悉领域的问题。

当您运用熟知领域的知识解决了令你困惑的问题时，类比推理在起作用。在教科书问题解决中，给学生提供的例子是为了解决练习题作类比的。最大的区别在于例题和练习题同属一个领域，而学生（假定他是初学者）并不了解该领域，否则他就不是初学者了。简单地说，这就是使用教科书中的例题解决问题的困难所在。

活动 7.1

您做过教科书中的练习题吗？
您被其中的某一道题卡住过吗？
您常“责备”谁？

教科书作者面临的困难

教科书作者在编写教科书时面临很大的困难。为使写作容易些，他们不得不对读者作出一些假设。

预备知识的假设

如果教科书是为那些在某些领域（例如，通过了该领域的考试）已达到一定水平的读者而写的，作者就会假定读者有着良好的预备知识。如果教科书是为更广泛的读者群写的，读者就会被分成几个层次：有些读者较明白，另一些不太明白；有些读者全明白，另一些读者完全不懂。

以温斯顿和霍恩（Winston and Horn, 1989）编写的Lisp教材为例，书中给出了一个递归函数的例子（p.73）用LISP来计算斐波那契数列（Fibonacci series）。如果您已经知道什么是斐波那契数列，那您就很容易理解这个函数要解决的问题。如果您不知道，所幸的是，这本书用了半页的篇幅来解释它。在阐述问题的解决方法之前不得不先解释问题的含义，这就为读者增加了一定的难度水平。

回忆已呈现信息的假设

作者必须对读者记住了多少前几章的内容做出假设。即是说，当一个问题出现在第五章时，假定读者能很容易地回忆出第一章至第四章的所有相关内容，这是鲁莽的。在安德森、法雷尔和索尔斯（Anderson, Farrell, and Sauers 1984）的一项关于新手程序员的研究中，一些被试在解决当前的问题（即温斯顿和霍恩教科书中第三章中的第1题）之前，不得不提醒他们回忆前一章（即第二章的第5题）中曾经出现过的例题。

理解的假设

另一个不明智的假设是，假设前几章至当前这一章的所有内容都被学生理解了。几项研究表明：学生对他们已经从教科书中理解了多少知识没有清晰的概念（chi et al., 1989, 1994; Ferguson-Hessler & de Jong, 1990; VanLehn, Jones & Chi, 1992）。例如，在分析

学生学习物理教科书的过程中,弗格森-赫斯勒和德·琼(Ferguson-Hessler & de Jong)发现差生说“全明白了”的次数常常是优生的3倍,然而,成绩表明事实并非如此。他们还发现差生运用陈述性知识比优生多,而优生更多运用情境性和程序性信息。

为什么差生与优生相比,会更认为自己什么都明白了呢?这可以用希伯特和勒非弗(Hiebert and Lefevre, 1986)关于初级理解(primary understanding)和思考理解(reflective understanding)之间的区别来解释。当学生对一个新领域的理解处于表面水平时,就属于初级理解。也就是说,学生仅接受了与呈现的信息同样抽象水平甚至更低水平的知识。这种理解非常依赖上下文和具体情节。具体例子似乎讲得很清楚,但学生很可能不明白怎样对这个例子加以调整以适用于其他问题。当学生能够认识到问题的深层结构特征并把问题同以前学的知识联系起来时,就属于一种水平更抽象的思考理解。

教材结构的图式性知识假设

作者必须确保他们不违背学生已有的科学教科书的结构图式。因为,教科书总有一个千篇一律的模式。学生很可能对于像数学、科学和计算机编程等正式领域的教科书的设置有一个预期(Beck McKeown, 1989; Kieras, 1985; Robertson & Kahney, 1996; Sweller & Cooper, 1985)。随着对教科书经验的增加,学生逐渐形成了教科书的类型图式。图式中包含一些错误的假设,如,解决方法紧跟在问题陈述的后面,而不是在它之前;教科书的各个部分应在这部分的末尾处为解决问题提供足够的信息等。然而,这仅仅是教科书的特例而非其组织方式(参见 Britton, Van Dusen, Gulgoz & Glynn, 1989)。

概括的假设

是否呈现问题类型的变式或变式的范围是作者面临的又一个

难题(见图7.1)。通过呈现具体的例子可以帮助理解原理、概念、怎样写出方程式等(如图7.1的例1)。这种具体的例子通常是表征问题类型的典范或范例。表7.1展现了一些具体的例子。

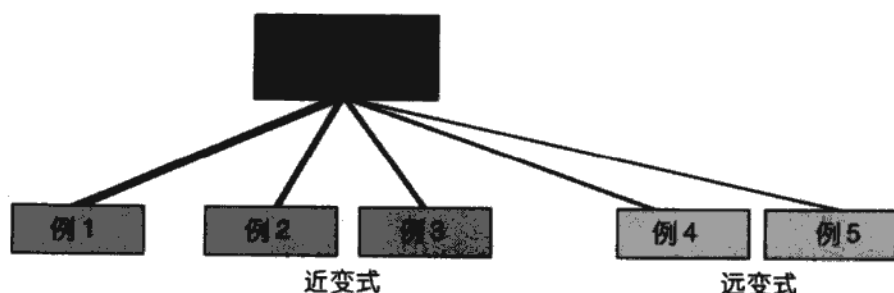


图 7.1 通过呈现一定数量的近变式和远变式能解释问题的范畴吗?

表 7.1 不同问题类型的近变式和远变式

领域	问题范畴	范例	近变式	远变式
Prolog	递归	has_flu(bill). has_flu(X) :- kisses(X, Y). has-flu(Y).	on_top(floor). on_top(A) :- above(A, B). on-top(B).	member[X(XITail)]. member[X(HeadI Tail)] :- member(X, Tail)
法语	与……一致	Je l'ai achetee hier.	Je les ai achetes la	C'est bien la voiture
语法	呈现直观物体 的已有经验		semaine derneere.	que j'ai vue.
代数	速度1 × 时间 1=速度2 × 时 间2	一辆车早10: 00离 开某地, 以30英 里/小时的速度行 驶。另一辆车于早 10: 30离开此地, 沿相同路线以40 英里/小时的速度 行驶, 多少小时 后, 第二辆车可以 超过第一辆车	一辆车以30英 里/小时的速度 行驶。两小时 后, 另一辆车开 始以45英里/小 时的速度沿相同 的路线追赶它, 多少小时后, 第 二辆车能超过第 一辆车?	一辆轻型小货车在 一辆大货车离开3 小时后以比其快15 英里/小时的速度 赶超它。7小时后 赶上了大货车。求 两车的速度。

尽管如此,读者也很难判断建立在某一例子基础上的概念、原理或问题解决程序是否有关或有效。所以,常常要呈现一组例子。如果这些例子是由典型范式组成的,那么读者就有可能在它们之中抽象出共同的部分,也就能很好地理解概念、原理、或者问题解决程序,从而使解决这些问题的子问题成为自动化过程。不过,必须首先阐述概念、原理或程序等的适用范围(Cooperhe & Sweller)。

如果学生想解决教科书中某问题的远变式,作者就得提供在例题和同类型其他问题之间关系的具体信息(Conway & Kahney, 1987; Reed et al., 1974)。而提供问题类型信息的例题,所包含的类型特征信息越多,对读者来说就越有益处。

教科书中例题的作用

为什么还要烦劳例题呢?问题的文字解释难道不充分吗?如果有人要执行一个复杂的程序,教他的最好方法就是示范。一旦人们已经读过某一科目的教课书,像物理、数学或者是计算机程序,如果能够明白书中的阐述,就不愿意再读一遍。相反,如果人们试图解决这一节的课后练习题,他们就会集中精力把例题弄懂。罗斯(1989a)曾提出,有大量的证据表明,例题作为“有影响力的老师”,对于问题解决的重要性远远胜过其他方面。这种现象被很多研究(LeFevre, 1987)论证过。例如,皮尤里(Pirolli, 1991)提出:“当读者遇到一个新的题目时,最先考虑的办法就是运用书中与所要解决的问题类似的例题”(p.209)。范莱恩(VanLehe, 1990)也主张问题解决的具体例题比文本性解释更重要。研究栏7.1中包含一些更具体的例子。

范莱恩提到一种学生如何从课本实例和解释中进行学习的“民俗模式”(folk model)。那些解释被认为是教学的重要方面,而

且根据推测对学生学习解决问题的程序而言具有足够的帮助。同时他主张解释作为学生的向导，应从例题中获得更精确的含义。

那么，为什么例题对学习如此重要呢？根据罗斯（1989b）的观点，被记住的先前例子有四种可能的效果，即例子相当于扮演着不同的角色。

首先，它可能让学习者去记住一个解决过程的细节而不是一种抽象的原理或规则（如方程）。“关于上次做些什么的记忆是相当牢固并具体的，能够使学生把各部分整合起来，不用分别记住每一部分在结果中的位置”（Ross, 1989b, p.439）。

其次，即使学生记住了适用于某一问题的原理或规则，也可能不知道如何应用它。活动7.2解释了其含义。对代数初学者来说，告诉他们一些隐含在问题中的规则（相关方程）可能毫无用处，因为，他们不一定知道如何替换哪些变量。初学者在解决问题前必须根据该领域的知识进行大量的推理。

第三，初学者可能不理解镶嵌在原理或规则里的概念，甚至可能误解它们。例如，活动7.2中的方程基于一般等式：路程=速度 $\times$ 时间。两车行驶相同的路程，那么路程（A汽车）=路程（B汽车）；由于路程与速度 $\times$ 时间相同，则两车的“速度 $\times$ 时间”也必须相同，这就有了上面那种形式的方程。现在，如果您知道一点关于代数和数学的一般知识，那么，这个解释可能很容易弄懂，并且您能够理解方程是从何而来的。如果您几乎没有任何数学知识，那么方程的起源可能相当模糊，也就是说，您可能不理解包含在方程中的概念。

第四，试图解决当前的问题可能会促使初学者从先前的问题中提取出比解决该问题本身更多的信息。如果您看到了怎样解决建立在放射问题上的堡垒问题，那么，您就可能从与“分离和聚合”问题具备更高相关的放射问题中抽象出一些重要信息。

研究框 7.1

勒菲瑞和狄克逊 (LeFevre and Dixon, 1986) 发现学生在学习编程时宁愿用例子作为信息的来源而对那些操作规程置之不理。

范莱恩 (1986, 1990) 提出一种理论, 认为孩子们在弄清楚那些论据时宁愿使用例子而非书面的解释。范莱恩 (1986) 估计 85% 的孩子所犯的误差是因为误解了教科书对问题的解释。

皮尤里 (1991; Pirolli & Anderson, 1985) 发现编程者在解决 LISP 递归问题时, 更多地依靠例子而不是操作规程。

卡罗尔、史密斯-柯克、福特和梅热-瑞梅茨 (1987—1988) 重新设计了计算机训练手册, 就是因为考虑到学习者在传统训练手册中被那些“废话”所限制。

活动 7.2

汽车 A 在早晨 10 时离开某地, 以 40 英里/小时的速度行驶, 汽车 B 在早晨 10:30 时离开此地, 以 55 英里/小时的速度行驶, 多长时间后汽车 B 超过汽车 A?

用到的方程是: $\text{速度}_{(\text{汽车 A})} \times \text{时间}_{(\text{汽车 A})} = \text{速度}_{(\text{汽车 B})} \times \text{时间}_{(\text{汽车 B})}$

您用什么数字替代方程中的变量?

赖曼和舒尔特 (1996) 列举了三个用例子解决的问题, 分别是“解释问题”、“控制问题”和“概括问题”。

解释问题: 例子应该表明理论原理在一个问题中是如何被解释和运用的 (罗斯的四个角色中的第二个)。例子应该展示问题描述和它们所体现的概念或原理之间的关系。

控制问题: 在解决任何一个代数问题的过程中, 您能应用大量的可行性操作 (与罗斯的四个角色中的第一个有关)。例子应该表明应用什么样的特定操作能论证特定的问题解决程序。

概括问题: 对于初学者而言, 认识到一个问题的主要方面 (或

一本教科书的主要问题)是十分困难的。也就是说,他们很难区分那些与结构有关和无关的表面特征(见第五章金特纳的结构-映射理论的讨论),只能概括问题的表面特征。

教科书问题解决的过程

可以根据某一问题的文本表述进行各种不同的表征。当教科书中要解决的问题是文字题时,学生首先看到的是一段文字。因此,学生要做的第一件事就是弄懂文本的意思,所以需要几个不同层次的表征。

首先,文本是由一个个的单词构成的,对这些词语的理解是通过我们的心理词典(mental lexicon)中该项目的语义知识实现的。根据单个词语和句子的上下文关系,我们就逐渐理解了问题的文本。金茨(Kintsch, 1986, 1998, Nathan et al., 1992; Van Dijk & Kintsch 1983)指出文字题需要解决者形成一组不同的表征。对文本的初步表征是一个称作“文本基础”的陈述性表征。然而,懂得问题的文字意思并不意味着能理解这个问题。金茨(1986, p.18)举了一个试图理解计算机手册的例子:

我们通常看起来十分“理解”那本计算机手册,但是,对于做些什么,我们仍然茫然不知所措;在这样的情况下,对文本集中再多的注意也是没有用的。问题不在于单词和短语,甚至不在于整个文本的结构;实际上,我们可以记得整个文本却不知道去按哪个按钮。问题在于要理解文本描述的情景。清晰地理解文本并不是理解做些什么的充分条件。

在文本基础上,学生必须对文章描述的情境建立起表征。范迪克和金茨(Van Dijk and Kintsch, 1983)把这种心理模型称作情境模型(situation model)。为了成功地解决问题,解决者必须做出所

有可能的推断,以便使建立的表征对解决问题有足够的用处。反过来这就意味着初学者必须有足够的相关领域知识才能做到。

在后一个公式化的理论中,内森、金茨和扬(Nathan, Kintsch, & Young, 1992)将情境模型分成了两个。他们对情境模型和问题模型(problem model)进行了明确划分。情境模型包括根据对文字的理解所进行的精细推理,这些推理可能包括:两辆汽车在不同的时刻从同一点出发,并且第二辆汽车赶上第一辆,此时两辆汽车经过的路程相等。“两辆汽车经过了相等的路程”这个事实在文章中可能没有明显地提及。内森等人(1992, p.335)也补充说:

由于进行推理的附加要求,读者只在他们认为必要的时候才进行推理。较差地解决问题者倾向于将其从他们的表征中省略,所以,他们也就从解决的问题描述中省略了相关的方程(支持关系)。而依靠情境进行推理的问题解决者则倾向于包括这些推理基础的方程。

内森等人提出的另一个表征形式是问题模型,它包括从文本中提取的关于数学结构的常规知识,以及根据文本信息建构的操作程序。为提取有用的问题模型,根据文本进行推理的能力有赖于学习者已有的与之相关的专业知识。

金茨(1986)认为文本决定了建立什么样的情境模型以及如何建构这种模型。情境模型对于学习很重要,而文本基础对于记忆文本很重要(此处情境模型和问题模型在脑中加以整合)。在一项问题解决和对以前问题提取的研究中,他发现回忆已解决的文字题是由文本基础的性质和建构的解决问题的模型所共同决定的。正是情境模型为回忆先前的问题提供了支撑而不是文本基础的再现。根据金茨的观点,理解有赖于从例子中建构起来的问题模型,而回忆有赖于文章的连贯性。例如,普通词汇在正确句子中的重复导致更强的连贯性和更好的回忆效果(Kintsch & Van Kijk,

1978)。他认为,如果有一个具体的、熟悉的结构,建立一个恰当的情境模型就更容易(至少对儿童来说如此)。然而,另外一些研究(例如,Chen & Daehler, 1989; Novick, 1990)表明这只是一个方面。通过抽象的表征,成人和儿童的问题解决迁移也能发生(参见第4节)。

塔迪欧、埃利希和吉斯埃林克(Tardieu, Ehrlich, and Gyselinck, 1992)考察了文本的陈述性(文本基础)表征和精细的情境模型之间的区别。他们提出,在一个特定的领域中,初学者和专家对同一文本的陈述性表征可能没有什么区别。但是两组情境模型(这里情境模型和问题模型同义)就不同了。塔迪欧等人发现在对文本的解释上专家和初学者之间没有什么区别(例如,他们都提出了大致相同的文本基础),但是在推理问题上专家做得比初学者要好(他们根据文本提出了不同的情境模型)。

表征的层级对于初学者如何理解课本中的解释和例子具有两种含义。首先,由于他们不熟悉那个领域,容易倾向于只对例子的表面特征进行描述。用例子来解决问题意味着将二者的表述进行匹配,而且,不可能用对关系结构的理解来引导。第二,初学者可能不知道需要进行精细推理来建构完整的情境或问题模型。

下面一节举了一个研究的实例,在这个例子中,学生不能提出一个完整的情境模型或问题模型。

领域内实验研究和教科书问题解决

图7.2呈现了一个“比率”问题的层级。层级越低,问题就变得越特殊、越具体。层级中任意两个结点间的距离代表层级之间迁移数量的大致程度。一般的说,用课本中的例题来解决问题

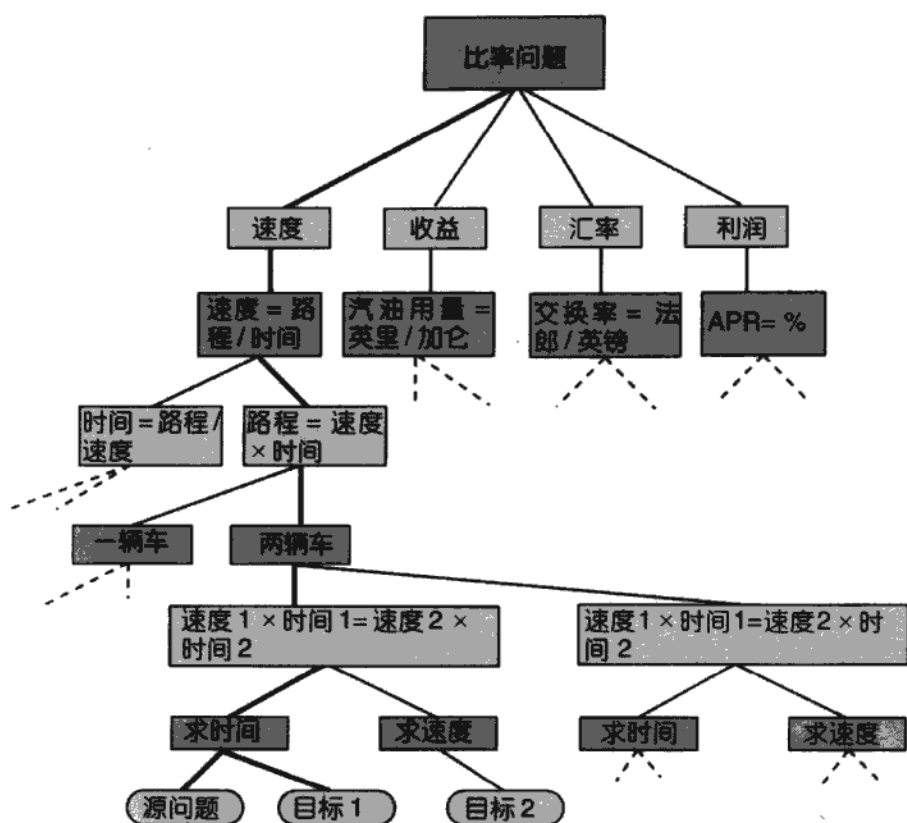


图 7.2 比率问题的层级

时，例题和问题的层级是十分接近的。

里德、登普斯特和埃廷格 (Reed, Dempster, and Ettinger, 1985) 进行了 4 个实验，其中一个实验是：问题和答案已经给出，此后，期待学生解决一个迁移问题，或者一个问题的解决程序与练习题无关。在里德等人的术语里，迁移问题称作“等价”或“相似”。我们将考察整个实验，并专门考察对代数应用题的一种看法，即看看哪些问题解释提供了无效的说明。

研究 7.2

里德等 (1985)

原理

里德等人对领域内问题解决的迁移是如何发生的很感兴趣。他们运用各种数学教科书中的问题并阐明如何解决它们(这些解释比教科书中的解释写得要好)。通过例题和相关的解释,他们考察了例题的近变式和远变式的迁移情况。

方法

要求被试在6分钟内解决下面的问题,然后给出答案。下面讨论的是源问题:

汽车A在早晨10时离开某地,以30英里/小时的速度行驶,汽车B在早晨11:30离开此地,以40英里/小时的速度行驶,多长时间后汽车B超过汽车A?

这是一个路程-速度-时间问题,其中:

$$\text{路程} = \text{速度} \times \text{时间}$$

开始,我们用一个表格呈现两辆车的路程、速度、时间。我们想知道第二辆车超过第一辆车所用的时间。用 t 表示这一时间并把它列入表格中。第一辆车行驶了 $(t + 3/2)$ 小时因为它先离开 $3/2$ 小时。第一辆车的速度是30英里/小时,第二辆车的速度是40英里/小时。注意如果第二辆车要超过第一辆车它必须开得更快一些。现在我们把每辆车行驶的路程用速度乘时间表示出来。如下表所列:

	路程	速度	时间
	(英里)	(英里/小时)	(小时)
汽车			
第一辆	$30(t + 3/2)$	30	$t + 1/2$
第二辆	$40t$	40	t

因为当第二辆车超过第一辆时,两辆车行驶了相等的路程,我们建立路程相等的关系式:

$$30(t + 3/2) = 40t$$

求出 t 的步骤如下:

$$30t + 45 = 40t,$$

$$45t = 10t,$$

$$t = 4.5 \text{ 小时}$$

呈现三种类型的测试题:一个是没有使用同样方程或不具有同样表面特征的无关问题;一个是近变式问题,即解决者必须找到两车相遇所用的时间(表 7.2 的目标 1);一个是远变式问题,即解决者必须找到两辆车的行驶速度(表 7.2 的目标 4)。在第一个实验中,说明在呈现两分钟后撤掉;要求被试解决一个靶问题。

结论

在事先不呈现源问题的情况下,被试很难解决靶问题(仅 6% 的被试成功解决);接下来的实验允许多数被试组参考源问题的解决。尽管事实上所用的方程与源问题的方程相同,当全部测验题呈现在学生面前时,也仅有 22% 的学生成功解决了远变式(目标 4)问题。

诺维克和霍利约克(Novick and Holyoak, 1991)研究了例题和练习题之间的关系(1991)。运用代数应用题,他们考察了数字映射在迁移问题中的效果。例如:在“数字映射线索”条件下,给出如下线索:“队列问题中的 12、8 和 3 类似于花园问题中的 10、4 和 5”(p.415)。给被试提供数字映射比提供概念映射更有利于迁移的发生,概念映射如“你的目标是将一些乐队成员排成行或列,以使每行或每列都有相同的人数,一个也不剩。这就和在花园里种植植物的问题很类似,要种植不同种类的植物,以使每一种植物都有相同的数目,没有任何空地剩余”(p.415)。诺维克和霍利约克发现数字映射是迁移的必要(但非充分)条件。难点在于被试不得不适当地调整程序来解决迁移问题。

问题调整有多种形式,每一种形式对于问题解决者都有各自的困难。诺维克和霍利约克列举了其中的 3 个:

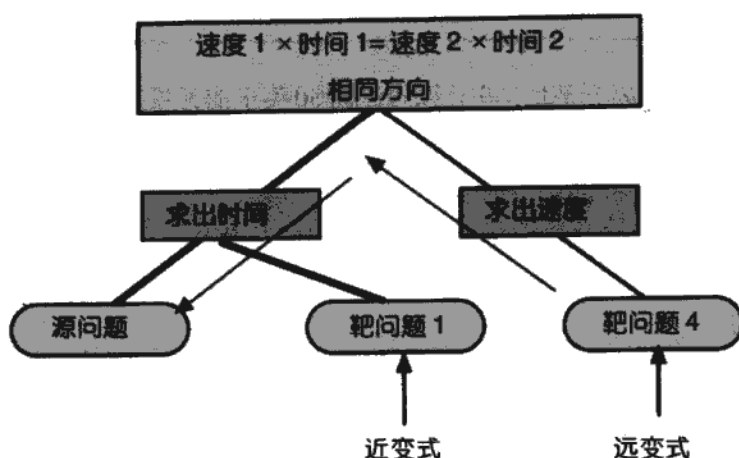


图 7.3 应用源问题解决靶问题 4 包括两个层级水平

1. 用源问题的数字替代靶问题中的数字。一个问题的要素必须与其他问题的要素相对应。比如在路程-速度-时间问题中,一个问题中的30英里/小时与另一个问题的40英里/小时相对应,不能正确映射数字就是里德所说的“数量错误”。将源问题中的数字不加改变地用到靶问题中,也会导致“匹配错误”。当要解决的问题是近变式时,这种调整并不困难。
 2. 假定在源问题中没有描述测验题的新要素。这通常发生在靶问题是源问题的远变式时。如果源问题包括“花费的时间”,但靶问题却没有,或者靶问题要求的是“行驶的速度”,但源问题没给出来。这样,就会产生新的问题要素,这就是瑞德等人的被试所面临的困难。
 3. 以保持程序的本质结构的方式概括源问题的解题程序。如果程序涉及在例题中建立一个方程,则该方程必须在任何问题中都有相同的形式。不能保持问题的结构就会出现里德等人所说的“框架错误”。这种方程形式也是错的。
- 问题的难度取决于学生对某个领域的理解水平 and 问题的性质

表 7.2 速度 × 时间问题举例

源问题

一辆车上午 10:00 离开某地, 并且以每小时 30 英里的速度行驶。另一辆车于上午 10:30 离开此地, 沿相同路线以 40 英里/小时的速度行驶, 多少小时后, 第二辆车可以超过第一辆车?

靶问题 1

一辆车以 30 英里/小时的速度行驶。两小时后, 第二辆车在同样的路线, 开始以 45 英里/小时的速度追赶第一辆车, 多少小时后, 第二辆车能超过第一辆车?

靶问题 1 与源问题几乎一致。运用例题就能自然而然地找到答案。也就是说, 所给的数据 (30 英里/小时, 45 英里/小时, 11:00 和 12:30) 可被源问题中的数据替换, 解决者只要照搬源问题的解决办法就可以了。这就无须任何“理解”。

靶问题 2

汽车 A 早 10 点离开某地向南以 40 英里/小时的速度行驶, 汽车 B 在半小时后出发, 行驶同样的路线, 速度比前者快 15 英里。多少时间后汽车 B 超过汽车 A?

在这里除汽车 A 的速度外, 其他变量都不能被直接替换, 解决者必须使用与源问题不同的算术运算。例如, 要求给出靶问题中汽车 B 的速度, 被试需要将 40 加上 15。

靶问题 3

一辆卡车离开某地半小时后另一辆卡车以比它快 15 英里/小时的速度追赶它。假设第一辆车的速度是 40 英里/小时, 多长时间后第二辆车能赶上第一辆车?

在这里, 汽车被卡车代替。尽管如此, 就像霍利约克和科 (Holyoak and Koh, 1987) 指出的, 解题者很容易将汽车替换成卡车。然而, 解决者可能将卡车弄混, 因为在卡车问题中, 第二辆是先提到的。一些解题者因此就在方程中代错了数字。的确, 一些人就是这么做的 (Robertson, 2000)。

靶问题 4

一辆轻型小货车在一辆大货车离开 3 个小时后以比它快 15 英里/小时的速度追赶它。如果轻型小货车用了 7 小时赶上了大货车, 求每辆车的速度。

在这个例子中, 不仅卡车被替换了, 问题也变成了求两辆车的速度。这是一个远变式的例子, 因为, 希望问题解决者解决的是一个与给定的例题不同的问题。例题给出的是求一辆车超过另一辆车所用的时间。并没有告诉问题解决者如何求速度。这就解释了里德等人没有发现怎样将时间问题迁移到速度问题上去 (见课文) 的事实。图 7.3 给出了问题变式之间“距离”的说明。概括来说, 里德等人要求被试解决他们并不知道如何解决的问题 (远变式)。

水平。以文本为基础形成情境模型，问题模型则依赖于学生先前的知识，包括事实性知识和概念性知识。在一个不熟悉的领域内“理解”问题究竟意味着什么呢？

理解问题修正

“理解被认为是解决问题的最重要成分（Duncker, 1945; Greeno, 1977），表征指出了解决者是怎样理解问题的……如果一个人不理解问题，是不能解决问题的（除非碰运气）”（Novick, 1990）。但另一方面，如果您几乎不做任何变动地照搬例题，您也能在不理解的情况下解决问题。

初学者在阅读问题时，不能进行精细推理是有很多原因的。首先，他们对课文的表征常常是支离破碎、不完整的，他们也不知道课文的哪方面重要或与结论相联系。其次，他们在形成必要的推论规则之前，需要练习解决问题。换句话说，他们关于某一领域的陈述性知识（或概念性知识）不是以支持推理的形式存在的。

许多学习模型如 ACT-R、SOAR、Sierra、PI（见第八章）等等，都强调知识来源于经验。也就是说，解题程序是在解决问题的实际经验中产生的。这一阶段的学习者会表现出一些程序化技能但不能从概念上对此加以理解。一个例子是：从纯粹的“句法”的角度应用Lisp写递归函数。人们可以学会成功地写出递归函数而不用事先懂得递归函数是如何运行的。既使在不完全理解概念的情况下它们仍然是有效的思考工具。即使问题或问题解决程序没被完全理解，数学程序也依然允许问题解决者解决问题。其中，范莱恩（1990）曾表明，理解一个成功解决概念问题的程序并不意味着学生对概念要有正确的理解（Brown & Burton, 1978; Brown & VanLehn, 1986, 1990; Yong O'Shea, 1981）。

当然,也可能理解了概念,但不知道怎么应用概念。就是说,不知道怎样用具体的例子说明。人们可以在抽象的水平上理解概念,如递推或“后面的规则与前面的直观物体一致”,但却很少应用它们。即使学生理解了概念,也并不意味着他们掌握了应用概念的必要程序 (Ohlsson & Rees, 1991)。

伯恩斯 (Byrnes, 1992) 提出了一个“动态-交互作用”模型来解释概念理解和程序理解。他们的模型表明概念和程序储存在相对独立的记忆系统中。这两类知识的分界点在于索引概念的激活程序。不过,这个过程并不定义概念。相反,西尔弗 (Silver, 1979, 1986) 则认为,两者有很多根本性的关联,没有必要区别它们。也就是说程序有概念基础,同时概念也有程序基础。比如,“等边三角形”这个概念可能就包括区分等边三角形和非等边三角形的过程,由此,可以通过应用概念的步骤来界定概念 (也参见 Ross, 1996)。

概念性知识被认为是“具有丰富联系的知识” (Hiebert 和 Lefevre, 1996)。在学习概念时,通过其定义也掌握了其意义。然而,您有可能或也没有可能掌握程序的意义。这就产生了矛盾。如果概念性 (陈述性) 理解在先,那么肯定能掌握程序的意义。因为,程序可以对已知的概念进行推理。但是,如果程序掌握在先,那么,概念的理解就在习得程序后发生。也即是说,程序性知识有可能是先于某些特定的陈述性知识产生的。这些论点将在下一章讨论。

图例对增进理解的作用

一个新领域的许多概念并不存在于人们先前的经验中。正因为如此,提供一些可以将未知的东西和已知的东西联系起来的中介通常是相当有用的。如果新概念能“锚上”学习者已有的知识图式,那么人们就能更好地理解新概念。如果文章成功地提供了

这些锚点，读者就能很好地理解和记住这些新知识。因此，解释教科书中的概念的一个方法就是尽量将它们与读者已有的知识联系起来。在前面几章中我们已经讨论了这一观点，接下来我们要探讨的是借助图例来增进概念的理解。

架桥类比与中介表征

图表、数字、表格是表征信息的形象方式。它们可以用来促进对课文信息的理解，也可用于对问题表述或问题解决程序的再表征。在此，它们称为“中介表征”。

试以所谓的“中介架桥类比”(Brown & Clement, 1989)为例，这种类比的作用与其他中介表征的作用相同。比如，人们经常感到很难理解桌子表面会因受到与放置在其上的物体(甚至是一张纸)的重力相同的压力作用而变形。为了帮助理解这一概念，试想像一个重物放在一块橡皮上，橡皮的变形是清晰可见的。再想像，一块石头放在硬木板上，变形会小一些，但仍可以看得见。最后想像一个重物放在桌子上，以前的想像会使你觉得桌子表面似乎由于重压而变形，虽然你的眼睛不能清楚地看出来(见图7.4)。

A 桌子表面对物体施加一种与置于其上的物体对其所施加的压力大小相同但方向相反的力。表面桌子等于置于其上的物体的压力。表面的压力是由变形引起的。

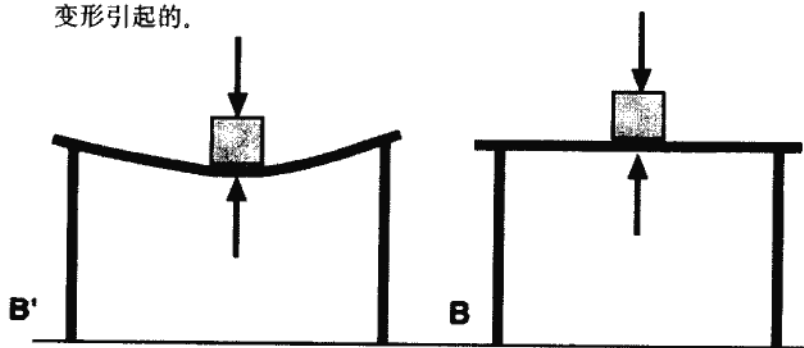


图 7.4 中介架桥表征

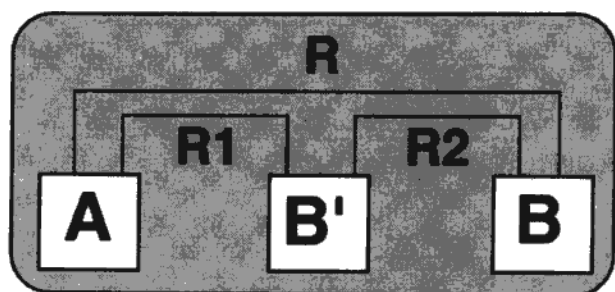


图 7.5 架桥类比或中介表征 (B') 帮助类推者从概念 (A) 过渡到具体实例 (B)

图表、图解和表格,经常用于教科书中为材料提供中介表征。当学生很难理解抽象的概念结构或者将这些概念与课文中的具体例子相联系时,他们会发现运用中介表征就会使理解变得容易。在图 7.5 中, R 表示 (A) 概念和具体实例 (B) 的联系, R1 表示概念和中介表征 (B') 的联系, R2 表示中介表征和具体实例的联系。这种中介表征组成了解释教科书中抽象问题的一个重要部分,并且作为一种“支架”去搭建学习者已有知识与新概念之间的桥梁。

根据雷斯尼克 (Resnick, 1989) 的观点,通过文本材料的不同表征,作者可以“牵引”出学习者的新概念结构。“将理论结构具体化”,也就是说,使抽象的变得具体,可以通过给学习者提供某些形式的实物操作来实现。这样一来,理论结构就可以“看”得到了。

有许多实验验证了中介表征对解决问题的促进作用。这些表征可能包括一些视觉表征 (Beveridge & Parkin, 1987; Gick 1985, 1988; Lewis, 1989)、力图澄清概念的类比 (Brown & Clement, 1989) 以及诸如表格一类的其他表征方式 (Reed & Ettinger, 1987)。

吉克 (1985)、贝弗里奇和帕金斯 (1987) 考察了视觉类比对解决问题的作用,结果发现视觉表征可以作为一种有效的提取线索。贝弗里奇和帕金斯采用图表和彩色线条作为线索,结果表明:不同密度的彩色线条,代表着问题中概念类比的总效应,是最有

效的提取线索。提出一个具有视觉表征的问题，似乎有利于提取答案。同样地，吉克用大量的箭头代表巨大的力量，用几支小箭头排成一个圈代表力量的分散并集中到一个目标上（见图 5.1）。此外，图表还提供了堡垒问题的解决方法。当图表在靶问题里再次出现时，有利于自发性迁移。同样，在解决迁移问题之前给被试呈现图表也是非常有效的。

鲁宾逊和基维拉（Robinson and Kiewra, 1995）发现，被呈现含有图表结构课文的学生比被呈现给课文提纲的学生学得更多，也更多地应用了所学的知识。

作者还必须保持谨慎，保证所提供的新结构的文本表征和中介表征在结构上是相同的。读者在已知的源领域中所做的推理也应该能在靶问题中进行。否则在将内隐结构向同类的新异问题中迁移时，学习者将遇到难题。

拉金和西蒙（Larkin and Simon, 1987）讨论了图片或图例表征之所以有效的原因。课文是以线性顺序提供信息的，理解这些语句表征（sentential representation）将要花费大量的搜索时间。语句表征中的数据结构越大，搜索时间就越长。这就好像是您必须搜索大量的“心理文本”来提取相关的信息或进行有效的推论一样。在图解表征（diagrammatic representation）中，信息是按照二维定位索引的，因此，图表可以使人们更明确地知觉事物之间的关系，语句表征则不能。根据拉金和西蒙的观点，图表：

- 可以生成大量的自动的感性推论；
- 不必匹配符号标签语（将一处语句表征中的变量与其他相关的变量相匹配）；
- 不必搜索问题解决的推论。

图形表征有助于我们理解概念或系统，同时它们也有一些其他的功能。莱文（Levin, 1988）将“课文中的图片”的用途分为五类：

1. 修饰：图片可以使课文更加吸引人但却与内容无关；

2. 表征: 图片使得课文更加具体, 比如儿童的书籍;
3. 组织: 图片加强了课文的结构;
4. 解释: 图片使得课文更易于理解;
5. 转化: 图片使得课文更易于记忆。

莱文通过适当迁移过程 (transfer-appropriate processing) 这一概念 (Morris, Bransford, Franks, 1977) 将上述功能与散文学习的不同结果联系起来。学习者必须考虑学习上下文的目的并采取相应的学习策略。在采用图片的课文中, 莱文指出作者应该根据他们是想鼓励学习者理解材料, 还是记住材料, 或者是应用材料而采用不同的图形表征。比如, 在贝弗里奇和帕金斯 (1987) 以及吉克 (1985) 的研究中, 中介表征的主要功能是帮助提取。

提供文本图式

另一种帮助读者理解新概念的方法就是采用说明性图式。表 7.1 列举了一些表征某一类问题的例子。提供一般性图式用于解决一系列同类问题是可能的。难点在于提供一个适当抽象水平的图式 (参见第九章)。如果太抽象就很难将它应用在具体的例子中。如果太具体又很难将它迁移至同类问题的远变式中。

陈和戴乐 (Chen and Daehler, 1989) 考察了儿童的故事表征类型 (具体或抽象图式) 与正负类比迁移的关系。当呈现一个抽象的图式时, 尽管源和靶几乎没有任何表面相似形, 儿童也能自发地迁移相似的问题解决方法。事实上, 源类比的抽象表征是正迁移的决定性因素。当靶问题的解题原理与源问题不同时, 就会产生负迁移。不过, 虽然图式训练对正迁移有积极的作用, 决定何时应该应用图式的能力也是一个重要因素。

史密斯和古德曼 (Smith and Goodman, 1984) 已经列出了说明性图式的一些用途, 与图解和其他图形表征——如图例和表

格等的用途相同,并可以与拉金和西蒙的信息加工模型联系起来。在表 7.3 中进行了比较。

表 7.3 说明性图式和图解的用途

图示	图解
史密斯和古德曼 (1984)	拉金和西蒙 (1987)
图示提供了一个解释的框架或“脚手架”。它们可以促进理解,因为已有的框架间的联系可以直接映射到新领域中去。	在拉金和西蒙看来,图解和课文应是“等价信息”。因此,一种形式表征的信息也可由其他形式得到。
图示含有能够填充知识缺口的信息并有助于在知识鸿沟间建立联系。	图解也具有生成感性推论的能力。
基于图式的教学能够减少理解各步骤之间关系的时间。	在图解中不需要进行搜索。
图示提高了对特殊信息的记忆。	在拉金和西蒙看来,图解使读者聚焦于知觉线索,便于从记忆中提取与问题相关的推理步骤。
图示提高了根据对各步骤间关系的理解进行操作的水平。	同样,图解有利于计算,因为图解中的信息容易索引,并得到了感性推理的支持。
图示形成了材料的层级组织,并形成了“组块”,易于回忆。	图解中的信息在知觉水平上分组——相关的信息块彼此接近。

学会在不熟悉的领域解决问题是一件痛苦而有压力的事情。作者可以用 3 种方式使学习者的任务变得相对容易一些:

1. 不对学习者理解的知识进行过多的假设。不幸的是,何谓“太多”是一个经验问题。
2. 新的概念和信息能够通过提供诸如类比和图例等的中介表征而容易理解,这些中介表征可以将新材料与读者已有的知识联系起来,或者可以使材料看上去清晰一些。
3. 既呈现一些具体的例子又提供中等抽象水平的解释(一个图式)可以帮助读者明确怎样调整例题以适应不同的情境。

小 结

1. 类比问题解决就是通过对熟悉领域的推理去解决陌生领域的问题。但是，教科书问题解决却需要将陌生的例题映射到更陌生的练习题上。
2. 教科书的作者必须对读者做出一些假设。包括：
 - 读者以前的知识水平。
 - 读者记住先前章节内容的可能性大小。
 - 他们对先前章节内容能理解多少。
 - 他们关于课文结构的图式性知识。
 - 读者对例题和解释的概括性程度。
3. 教科书中的例题是一项重要内容。这是读者关注最多的部分，也是解决后面问题的可参考部分。它们表明：
 - 抽象的原理是如何具体化的。
 - 在特定条件下进行什么操作。
 - 通常能概括出什么样的特征。
4. 不同形式的表征对理解文字题而言是必要的。包括词汇知识、对课文连贯性（文本基础）的理解、文本及其推论所描述的情境心理模型（情境模型）等。后者和问题解决者所具有的领域性知识（如数学知识）之间的关系促成了问题模型的建立。
5. 当解决者试图用一个例题作为源问题来解决靶问题时，如果两者的内容非常接近，问题很可能得到成功解决。如果它们是远变式，那么文本解释就得包括概括不同变式的说明（如需要提供问题图式）。
6. 图解和类比给我们提供了一个在熟悉的与新奇的情景之间建立桥梁的方法。尽管，图片、图表和图例在文章中起着不同的作用，但却和文章中的类比与图式一样具有教学功能。

第四部分

学习与专长的发展

导 言

尽管知识从一种上下文迁移到另一种上下文仅有几种情境，然而，我们还是设法把学到的东西应用到新情境的学习中。通过大量的练习，一个人最终可能成为一名“专家”。接下来的两章将着重介绍专业技能的学习与获得，以及专家和新手的区别。

第八章考察学习和专长发展的机制，第九章进一步检验专家与新手在一些方面的不同。

第八章 专长及其获得

在某个领域内解决一些问题的结果是，我们在这个领域内学到了一些东西。由于经验的作用，学习在个人行为上显现出一种永久的改变，尽管这种改变又会进一步产生变化或受到经验的影响。在这里，我们主要讨论两种学习方式，它们都能够使人具有某种特殊领域的专业特长。这两种学习方式是：关于这个领域知识的增长即陈述性知识的学习，与关于这个领域技能的增长即程序性知识的学习。这两者之间必定是相互联系的，在特定的情景中，应用陈述性知识可以导致程序性知识的发展。陈述性和程序性知识已在第四章、第七章讨论过了。在这一章里，我们将主要看看两者的相互关系。

几种类型的陈述性知识常产生于归纳的过程中。根据问题类型的经验，我们可以相应地产生关于问题类型的图示，这个图示可以帮助我们辨别和区分问题类型并且进入相关的解决问题的程序。通过重复的练习，一个程序可以变得自动化。反过来，这种自动化（automaticity）可以释放资源去处理特殊问题和情境的任何新的方面。因此，接下来的两部分论述图示的归纳和当我们把新问题呈现给专家时，他们是怎样把程序变得自动化的。

归 纳

归纳允许我们从周围世界的经验中进行概括。我们没有必要去认识世界上的每一块煤来学习煤的燃烧，几个例子就可以证明

这一点,甚至有时一个例子就可以证明。推理能力对于我们的生存是特别重要的,它可以使我们从一个特殊的例子去推出一个恰当的结论,这个结论也可以反过来使我们做出预测:“我很冷,如果我把这些黑色的石块点燃,我将得到温暖。”用另一种方式来理解,我们在人群或种族的样本中验证的假设,可以推断在整个人群或种族中是真实的。

归纳没有必要对推理的形式非常熟悉。大部分的生物体天生就能把事件A和事件B联系起来。一只老鼠能够学会按压杠杆就意味着食物丸的出现。猫能够学会什么东西它们能吃,什么东西它们不能吃;能学会什么情况是危险的,也能学会在早晨5点钟闯进卧室,大声地“喵喵”叫,就可以得到新鲜的食物。同其他的动物一样,我们也倾向于从单个的例子中做出推断。我们只需要做简单的尝试,即吃掉一个有毒的蘑菇就可以避免去吃长得一样的所有蘑菇,这就是所谓的自由归纳(liberal induction)(Robertson, 1999)。实际上,我们可能过分依赖于概括而避免以后吃任何种类的蘑菇,归纳的主要问题是,直到达到我们关切的目标为止,都不能确保归纳是正确的。归纳事情太容易可能是危险的,正如约翰逊-莱尔德所(Johnson-Laird)指出的:“归纳会招致政府的警告。”(1988a, p.234)。

不过,更合适的一种归纳是保守归纳(conservative induction)(Medin&Ross, 1989)。这种归纳意味着,人们很在意他们思考的深度,这样的概括才是安全的且是非常谨慎的。就问题解决来说,保守的归纳意味着当我们使用一个例子去解决同一类型的另一个问题时,我们很依赖上下文的情境和问题表面的细节。结果,我们通常得到的概括常常包括大量详细的、很可能是没有必要的信息。更进一步的,根据巴索克(Bassok, 1997)的观点,不同的人对不同的问题内容可能得出不同的结构。斯潘塞和韦斯伯格(Spencer and Weisberg, 1986)、凯特兰博恩和霍利约克

(Catrambone and Holyoak, 1989) 发现了被试从他们见到的例子中抽取的任何图式都含有多余的无关详细信息的证据。陈、亚诺尼茨和戴赫勒 (Chen, Yanonitz and Daehler, 1995) 认为, 当儿童与具体的上下文密切联系时, 他们很容易发现使用抽象的规则。伯纳多 (Bernardo, 1994) 也发现对问题所做出的概括包括问题的具体信息 (请看 Perkins & Salomon, 1989)。里夫斯和韦斯伯格 (Reeves & Weisberg, 1993) 认为, 问题的细节对于引导一个解题规则从一个问题迁移到另一个问题是必要的。

归纳如此保守的原因是由于我们倾向于根据物体、问题和例子的各种特征的分类来归纳, 而不是抽象的归纳。

图 式 归 纳

文学作品的归纳倾向于集中在种类上的归纳 (例如水果、动物、家具等等)。而且, 研究发现这种归纳同样适用于问题分类的学习 (Dellarosa—Cummins, 1992; Ross, 1996; Vanlehn, 1986)。根据一般特征划分问题类型是您必须做的事情, 尤其是, 问题类型不仅根据问题的一系列特征来划分, 也根据这些特征之间的关系来划分。反过来, 这些关系倾向于是由用来解决问题的算子的种类决定。根据问题类型的经验, 我们开始建立一种心理表征, 这个表征既包括问题特征的信息, 也包括解决程序的信息 (Marshall, 1995; Vanlehn, 1989)。吉克和霍利约克的“分散与集中”图式就是一个例子。

关于例题作用的两个观点已经在第六章介绍过了, 它们是“原理—提示”观和“例题—类比”观 (Ross, 1987)。根据原理—提示观, 例题用来接近隐含的已知的原理或图式。图 6.3 说明例题包括一个“内隐图式”, 这个图式能够被提取并且应用于相同类型的新问题。源例题的作用就是提供这个图式的。当我们遇到

一个新问题时，源问题的表面结构帮助我们生成图式，而且这个图式信息有助于问题的解决（Blessing & Ross, 1996）。它的模式是： $C \rightarrow A \rightarrow S \rightarrow D$ 。当前问题的特征（C）使你进入到相关的源例题（A），这个源例题能够产生达到结论的图式（S），而这个图式反过来又能应用于目前的问题，并从中得出结论（D）。随着相同类型问题的进一步解决，解决者有了相应的经验，于是，他们形成了一种解决问题的图式，这个图式变得日臻完善。

如果仅能从一两个例题中归纳出一个原理或图式，那么这个观点成立。然而，在一个不熟悉的领域中，是不容易从问题中归纳出一个图式来的。这时归纳可能是保守的，它可能更适合于例题-类比的观点。这种观点把例题的训练看成是学习者必须遵循的一种方法。因此，可以应用从源问题那里模仿来的行动系列解决靶问题。任何从问题解决中概括出来的图式都把例题发展为一种源问题与靶问题进行比较的副产品。在图 8.1 中，A 和 B 的关系对比概括到 C 和 D 的关系中。对比概括生成的图式（在图 8.1 中的“S”）作为副产品而产生。图中表示为一条从源问题到靶问题的虚线箭头。

在问题解决的最初阶段，可能遇到用难以理解的例子去解决更难理解的问题。这就是图 8.1 所描绘的情境。连接 A 和 B 关系（结果程序）的建立很难表征（因此图 8.1 用虚线），而且在当前问题的解决过程中必须包括从例题中模仿来的解题步骤（C）。在这个过程中，作为一个成功或失败的反馈结果形成了一个不完善的图式（在图 8.1 中的 S）。当问题解决者再次面对同一类型的问题时，他很可能唤起以前的例题和已经形成的那个不完善的图式。（图 8.2）

图 8.3 显示对于相似问题的重复练习的作用。根据大量的经验，这个图式变得日臻完善，最终，问题解决者或者直接唤起图式，或者唤起变化的能激活图式的例题（实际上，直接唤起图式

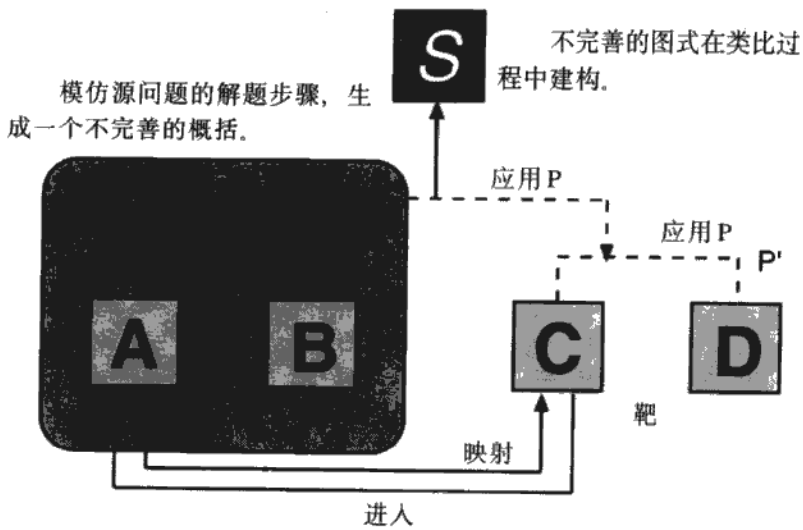


图 8.1 图式归纳的例题 - 类比观。使用难以理解的例子去解决更难以理解的问题，生成了问题的不完善的图式。

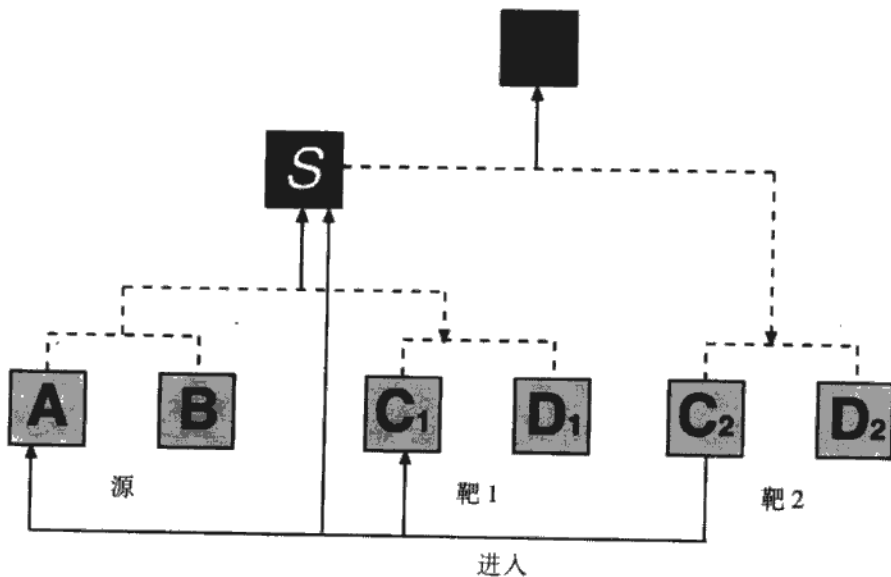


图 8.2. 用一个例题或对问题类型类比概括一个图式来解决问题的过程。当再次面对相同类型的问题时，解决者或者唤起图式，或者唤起一个以前的例题（或者两者同时唤起）。

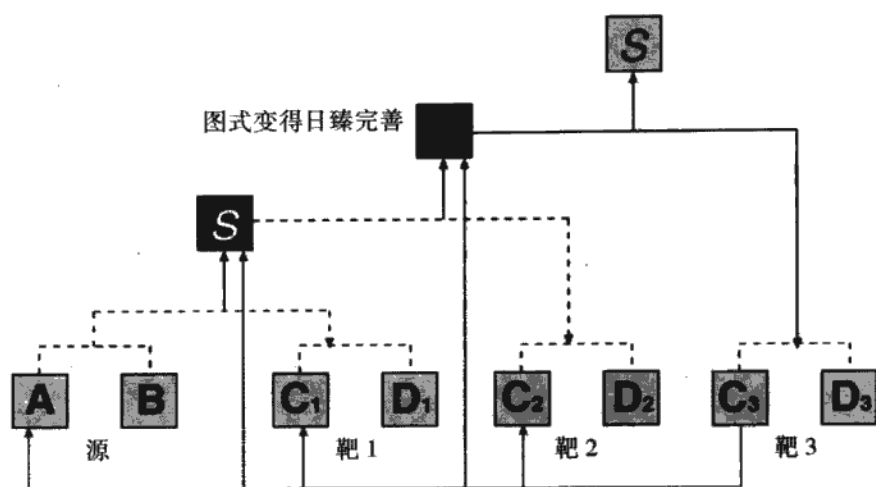


图 8.3 对例题反复的练习意味着图式变得日臻完善

就意味着他们知道怎样解决问题，而不必用例题）。

保守型图式归纳的好处之一是，如果图式包括一些特殊内容的信息，那么它很容易被激活。抽象水平不高的图式，可以在源问题和靶问题之间进行快速的映射。也就是说，它会使在两个相似的问题中起同样作用的事物变得更清楚（Bassok, 1990; Bassok & Holyoak, 1989）。

因此，一般地来说，当我们在一个新的领域学习时，丢弃例题的具体特征是不明智的。在学习过程中，具体的细节是有用的。根据罗斯（1996）的研究，通过问题类型的相互作用，问题解决者可以根据问题的解决程序而不是问题的表面特征来进行重新分类。罗斯认为问题分类和其他概念的分类是一样的。一个类型的使用导致表征这种类型方式的变化。解决问题的经验导致问题分类方式的变化。一般地说，这意味着从基于表面特征的分类到根据解决步骤分类的变化。使用一种分类或者解决问题的经验会增强问题解决者注意问题特征之间的关系，而不只是特征本身。

建立在图式基础上的知识

各种不同种类的知识都能够压缩在图式中,因此,图式能够表征从具体到抽象的结构知识。马歇尔(1995)列出了问题图式包含的一些知识类型,这些类型包括典型特征知识或特征结构知识、抽象知识和范例知识、计划性知识和问题解决的算法。信息栏8.1更详细地列出了这些知识内容,并且确认了5个基本的应用题图式,这些应用题是根据问题的基本文本推导出来的。

信息栏 8.1

问题图式

马歇尔(Marshall)表述了与图式相连的4种知识类型:

1. 识别性知识。这种类型的知识是由一些问题特征的结构组成的。它是问题图式模式识别方面的知识。例如,在欣斯利(Hinsley)及其同事(1977)研究的河流问题上被试的再认知识,它包括专家被试注意到的那些方面的知识,例如,船和河流的速度,航行的方向等等。
2. 细节性知识。这是有关问题主要特征的陈述性知识。它既包括具体的例题,也包括更一般的抽象概念。根据它们能够在给定的情境环境中建立心理模型(问题模型),例如,可能是河流渡口例题的一个具体解题范例,它能使人们接近有关的解决图式。
3. 计划性知识。它是用来确定解题计划、目标和子目标等方面的问题解决知识。有的人可能能够辨别出问题的类型(通过识别性知识和细节性知识),但是他们没有计划性知识去解决它,例如“这是一个重复性问题,不是吗?但我仍不知道怎么做。”
4. 执行性知识。这是有关解决问题的程序性知识。它使人执行由计划性知识得出的解题步骤。例如,解决问题者要遵循的一个相关的计算程序,或者形成与这种问题相连的程序技能。这种知识包括一

种要求执行计划扑灭油井火灾的技能或者骑上马接受祝贺的技能，或者其他什么。

马歇尔确认了5个基本的应用题图式（根据问题的基本文本）：

1. 改变：斯坦的集邮册中有35张邮票，他的叔叔又送给他8张作为生日礼物。现在他的集邮册中收集了多少张邮票？

【算子：将题目中的数量相加】

2. 分组：在哈里森先生的三年级班级中，有18个男孩和17个女孩，那么，在哈里森的班级里有多少个学生？

【算子：将题目中的数量相加】

3. 对比：比尔15分钟走1英里，他的弟弟汤姆用18分钟走完相同的路程，请问，哪一个走得比较快？

【算子：将题目中的数量相减】

4. 重述：在宠物店，商店的窗户上小猫的数量是小狗的两倍，在窗户上有8只小猫，请问，在窗户上有多少只小狗？

【算子：将题目中的数量相除】

5. 变动：马丽买了一袋软糖，里面有5块软糖，如果她买5袋软糖，那么，她将有多少块软糖？

【算子：将题目中的数量相乘】

马歇尔（Marshall, 1995）将“执行性知识”作为一种具体的图式包含在知识结构之内。安德森（1993）则更喜欢将图式知识与解决问题所需要的程序性知识分开。一般来说，图式用于辨别问题的类型和在一个相当概括的水平上指出这种类型的问题应该怎样解决。对于怎样解决一个具体问题的详细知识则要根据对解决问题的具体程序知识的考察。在一定意义上说，这意味着可以从不同的角度分析问题。安德森认为，如果我们关注的是解决问题技能的获得而不是问题的类别的话，我们就能更好地考察解决问题所采用的方法。这正是现在我们把话题转到问题解决技能获

得这方面的原因。

问题解决和学习的模式

产生式系统的结构

研究问题解决和学习的一个重要途径是建立模型。这就如同一位建筑师可以做出一个二维方案或一个三维模型一样，来展示一个建筑物相互联系的不同部分和服务设施。所以，一位心理学家能够建立一个结合我们如何思考的一种理论的模型。这种模型可能是一个图表、一个数学模型，或者是一个计算机程序（或者三者都有）。人们可以建立一个模型来检验认知的各个具体方面，例如，相貌再认或句子识别，或者人们可以建立一个各种认知过程都能模拟的概括模型或结构。这样一个认知结构可以描述一个思维系统的各个方面的功能。例如，一个认知系统必须具有把外部世界的信息输入和编码到模型中去的功能，还必须具有一些存储信息的系统，使在短时记忆或长时记忆系统中的信息保持足以用来使用它的时间，还必须具有一些提取控制功能，使系统对哪些信息与当前的需要和目的相关做出决定，并且根据存储的知识做出推断。这个系统也必须能够解决问题和从经验中进行学习。

现在已经存在几个一般的认知模型。这些模型都是围绕着产生式系统建立的。这个产生式系统在本质上是一个“如果—那么”的规则。举个例子，“如果今天下雨，那么我们就带伞”。您会看到“如果”部分和“那么”部分可归结为各种形式。例如，一个规则的左边和右边，目标与子目标，或者条件与行动。一个规则的条件部分是说明具体情况的（今天下雨），在此之下的行动部分是由条件引发出来的（拿伞）。如果一个规则的条件事件是火柴，那么行动部分就可以叫做“点火”。产生式记忆可以比作程序记忆

(procedural memory), 它是关于我们怎样做事的记忆。而且它与陈述记忆 (declarative memory) 形成对比, 陈述记忆是我们对事实和情节的记忆。因此, 一个产生式系统就是一系列“条件—行动”规则。而且, 一个产生式系统的结构具有一些与其他部分相关联的产生记忆形式, 诸如, 工作记忆或陈述记忆, 与它们一道保持与外界之间的联系。

在安德森的行为 (ACT) 结构中 (1983, 1993) 有三种记忆系统: 一个长时程序记忆系统的产生式记忆、一个事实记忆系统 (这些事实不是孤立的, 而是在一个“相互联系的等级体系”内相互关联) 的陈述式记忆和一个工作记忆系统。进入工作记忆的外界信息或从陈述记忆回忆的信息与在产生式记忆中规则的条件部分相匹配, 然后, 执行产生式系统的行动部分。在工作记忆中的产生式规则的执行部分可能反过来导致其他规则的激活。例如, 进入感觉的外界信息 (正在下雨) 可能进入工作记忆。这个信息可能与产生式规则的条件相匹配 (“如果正在下雨, 那么请带伞”), 在这个例子中, 规则的行动部分被激活 (“带伞”)。然后, 信息返回工作记忆 (“您有一把伞”) 并可能激发进一步的行动 (“如果您有伞, 现在正在下雨, 那么请打开您的伞”) 等等。

然而, 陈述性知识也能表述为产生式。在 SOAR 的结构中 (Laird et al., 1987; Laird & Rosenbloom, 1996), 没有独立的陈述性知识储存。人类认知的两个模型都主张模拟人类思维的各种变化。由于它们强有力的解释, 纽厄尔和安德森都主张把纽厄尔提倡的 SOAR 模型 (Newell, 1990) 和安德森珍视的 ACT—R 模型 (Anderson, 1993) 合并为一个统一的认知理论。例如, 安德森极力主张“认知技能可以通过产生式规则来实现” (1993, P.1)。

霍兰及其同事提出了 (Holland and co-workers, 1986) 另一个关于怎样从经验中归纳类别和规则的模型。他们提出一个一般

的认知结构，主要强调归纳是基本的学习机制。霍兰和同事的模型的一个重要方面是强调规则表征从经验中得出的种类。这导致成功达到目标的规则得到加强，并且有可能被激活。信息栏8.2展示了这个模型的一些主要特征。

信息栏 8.2

归纳的过程 (PI)

霍兰等人 (1986) 展示了一个根据规则的不同类型进行归纳的模型。

即时规则 (Synchronic rules) 表征一个物体的或一类成员的一般特征。

历时规则 (Diachronic rules) 表征随时间变化的特征。有两种即时规则，一种是绝对规则 (categorical rules) 和联想规则 (associative rules) (Holland et.al. 1986, P.42)。

绝对规则包括的规则如下：

如果物体是一只狗，那么它就是动物。

如果物体是一只体型较大又很修长的狗，而且它有白色和金色相间的长毛，那么它就是一只牧羊犬。

如果物体是一只狗，那么它就会汪汪叫。

要注意的是，这些规则既包括一个等级（狗是动物的例子）又包括个体成员的特征（狗属于会叫的那类动物）。但它与柯林斯和奎利恩 (Collins and Quillian, 1969) 的概念层次网络截然不同，在柯林斯和奎利恩的概念层次网络模型中，样例和它的特征联系在一起并处在同一个等级水平上。

联想规则包括：

如果物体是一只狗，那么就能激活“猫”这个概念。

如果一个物体是狗，那么就能激活“骨头”这个概念。

因此，联想规则表征扩展行动或启动的作用。

历时规则也有两种：“预测规则” (predictor rules) 和“结果规则” (effector rules)。

预测规则允许对外界可能会发生什么做出预期。预测规则的例子是：

如果一个人激怒了一条狗，那么这条狗就会对人吠叫。

如果一个人对狗吹口哨，那么这条狗会向这个人跑来。

结果规则告诉系统在给定的情境中怎样行动。它包括下面的规则：

如果一只狗追逐你，那么你就要跑开。

如果一只狗接近你，尾巴还摆来摆去的，那么你就要爱抚它。

我们对世界的心理表征趋向于通过对它某方面的归类来简化真实的世界。为了使世界具有明确意义，同时又不增加认知系统的负担，一种划分类别的功能是“把外界状态绘制成一个模型状态的较小的成员”。由这种“多对一” (many-to-one) 映射出的世界模型就是同构论 (homomorphism)。

现在，有时候概括(分类)会导致错误。如果您对一只鸟说“呸”，它就会飞走。虽然企鹅也是鸟，然而，不管您大声说多少遍“呸”也不能把企鹅吓飞。为了妥善处理企鹅问题，需要另一个更具体的规则。其结果是，您可以用一个从较高层次(更为概括的)到较低层次(更为具体的)，再到具体例子的层次结构来表示。高层次的类别规定了不履行的预期(当您说“呸”时，鸟飞走了)。而例外地(当您说“呸”时，企鹅快速地摇摇摆摆地走掉了)唤醒层次结构中较低层次的类别。一个包括一系列状态变化的层次结构模型带来一系列(一个水平到其他水平的)转换功能，这就是所谓的“准同构” (quasi-homomorphism)，或简称为 q-morphism。

图 8.4 是根据外部事件的状态(一系列算子应用到一系列问题状态)表征的一个心理模型。上半部分表征外部状态之间的转换，下半部分是外部状态的心理模型。

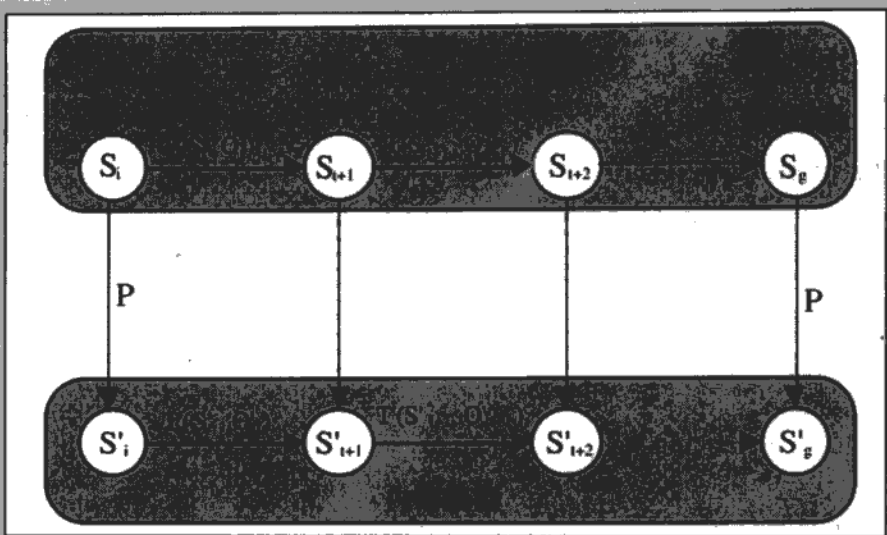


图 8.4 一个同构论的问题模型。T 是一个转换函数， S_i 是问题的起始状态， S_g 是问题的目标状态，O 代表算子的种类，P 则代表分类归类的作用。首字母 (T', S', O') 代表这些算子、状态和函数的心理表征。(摘自 Holland et al, 1986, p.40)。

一个有效的问题模型的必要条件是：(1) 给出问题的起始状态 S_i 和 (2) 与外部环境的目标状态 S_g 相对应的心理目标状态 S'_g 。(3) 在心理模型中的行动系列 (即算子的类型) $\{O'(1), O'(2), \dots, O'(n)\}$ ，即是在心理上把起始状态 S'_i 转化成目标状态 S'_g 的一系列行为，也就是在外界环境中达到目标状态 S_g 的一系列有效行动的內部描述。在一个理想的问题模型中对所有外部环境要素的描述和对具体实现成功解决计划的充分描述是必要条件之一。由逐渐达到这种理想状态的心理模型生成的目标引导归纳的过程。

(Holland et al, 1986, p.40)

在图 8.4 所表示的同构论表征模型中，P 是一个外界环境要素映射为心理模型要素的分类函数。

类比问题解决可以由假设一个“次级同构” (second order morphism) 在这个系统中进行模拟。在图 8.4 中的一个源模型可以

用来生成一个目标模型。

概括化

由相似的条件产生的相同行动能够引起“条件-简化”(condition-simplifying)的概括化。假设有一个要学习的规则,例如:“如果X有翅膀,而且X是棕色的,那么X就能飞”和“如果X有翅膀,而且X是黑色的,那么X就能飞”。一个简化了的概括化是去掉“X是棕色的”和“X是黑色的”条件,因为它们看起来和会飞没有多大的关系。

人们对事物实例的分类形式是趋向于变化的,也就是说,我们的概括是根据事物种类的自然属性和我们对事物类别特征变化的相信程度来概括的。因此,归纳在自由和保守的范围内浮动。归纳加工(PI)系统把这种变化性纳入到以实例为基础的概括化归纳之中。

具体化

我们世界的一个特性是规则且有一些例外。以前,我们曾学到一个规则,规则说如果动物有翅膀,那么它能飞翔;但是,当我们遇到企鹅时,我们的估计就错了。归纳加工能够产生一个例外的规则(准同构是被重新定义),它似乎包括了企鹅这个特例。企鹅的非一般性特征可以建构在规则的条件部分。

专长

专长的获得通过一个导致问题成功解决的一系列规则可以由“一系列传递规则的队列”的算法来加强的假设以建立模型。这个算法通过沿着一个相连规则系列的返回传递而增值。在规则系列中的最后一个规则得到最大强度的增值。由于归纳加工是一个设计用来表明我们怎样从实例经验中学习的模型,而且由于它既包括概括化的算法又包括具体化的算法,所以,它是一个用来解释专长发展的一般模型。

ACT—R 中的技能学习

安德森建立了一系列试图尽可能紧密地接近认知的一般理论模型。安德森的模型，即所谓的“思想的适应性控制”（Adaptive Control of Thought，缩写为：ACT），是在过去的40年中逐渐发展而来的，而且形成了许多具体化形式。最近的一个具体模型是所谓的ACT—R模型，其中“R”代表理性。不幸的是，在过去的几年里，在“理性”术语的含义中一直存在一种“遗传学趋向”。最早的意思是“合乎逻辑的正确推理”。另一个意思更实际，指有机体试图做出他们自己最感兴趣的行为。第二章则更倾向于纽厄尔和西蒙的“预期的理性行为”或“有限的推理性”的观点。莱尔德和罗森布鲁姆（1996，p.2）更倾向于把理性的原理归结为纽厄尔的，靠那个“指向将要实现目标的知识”管理一种智慧“动因”的行为。安德森的术语是以经济学家所使用的观念为基础的。根据这种观点，理性是“实现人类目标的最佳行为”（Anderson, 1990，p.28）。安德森的“理性的一般原则”是这样陈述的，“认知系统在所有时间里的操作都是实现有机体行为适应的最优化”（1990，p.28）。安德森（1993，p.47）随后写道：

认知的某些方面似乎是为系统信息加工的最优化而设计的……最优化意味着实现目标的可能性最大，而为此付出的又最小。更准确地说，在这里，理性被定义为预期得到的与预期付出的之差，即最大的预期效果。

在某种意义上，安德森的定义强调的是我们思维形成的展开过程，而莱尔德和罗森布鲁姆强调的是这种过程的结果。我们的认知系统已经发展成为能够让我们去最好地适应我们自己在环境中发现的环境需要和实现目标的路线。这就是说，一种记忆的搜索所付出的和这种搜索所可能得到的（记忆的成功恢复）之间必

须是平衡的。根据这种关于“理性”的讨论结果，建立在ACT—R模型上的认知机制是根据贝叶斯安(Bayesian)概率(见信息栏8.3)。例如，我们居住的世界有一定的结构，在世界中物体的特征是趋于变化的。如果我们看见一个动物有翅膀、有羽毛，那么我们就可能认为这个动物能飞。建立一个这样认知系统是有用的，它能够相对容易地确定某种假设。这种假设是错误的，但这个错误发生在一个非常小的事件百分概率之内。这种能够做出快速归纳的系统所获得的价值远远超过小概率错误事件发生所耗费的价值。假如您是一名有经验的司机正在一个十字路口等车，一辆从左边驶来的小汽车发出向右拐驶向您所在的马路的信号。实际上，汽车向右拐的概率非常高。然而，在这种情况下，错误所付出代价也相当高。所以，您可能需要等待他们显示另一种信号，例如，在您决定把车开走之前，这辆车可能会减速行驶。

ACT—R模型的一般结构如图8.4所示。在ACT—R模型中有两种类型的长时记忆：一种是陈述记忆，一种是程序记忆。陈述性知识(事实和情节知识)能够用言语表达、描述或报告出来。而程序记忆能够观察到，并在一个人的作业成绩中表达出来。人们常常能较好地使用程序性技能，而忘记陈述性基础知识。

安德森一贯认为所有知识都是以陈述性知识的形式进入系统的。在上下文中使用这个知识能产生程序性知识，这个程序性知识在产生式记忆中表征为一系列产品式。关于人心理的承受力存在一个争论，认为一些形式的概念知识可能产生于程序性知识的结果，就像第七章解释的那样。例如，在解决河内塔难题上变得日益精通的结果是，人们可能只注意每下一次移动时最小圆环的移动；或者使用一个单词处理机的结果是人们可能学会“一串”这个概念(Payne et al, 1990)。

信息框 B.3

贝叶斯定理

在这个世界上，几乎所有的事件或特征都是以可能性为基础的，而不是确定性的。在桌子上台球的运动是难以预测的，当球杆儿击中球，而球又击中其他球时，不确定性控制了基本球的运动和方向；如果一个人是长头发，那么这个人很可能是女人；大部分（不是全部）的水果都是甜的等等。幸运的是，一些事件或特征的“共变”比起其他事件来是更为可预测的，否则这个世界比它本来的面目更难以预测。我们的信仰反映一个事实，即一些事物比其他事物更有希望发生，艾斯奇勒斯（Aeschylus）很可能没有权衡坐船外出的利弊，他是冒着被暴风雨杀死的潜在危险的。

贝叶斯的理论使我们把先前的信仰或事件看成事实和周围环境的改变联系起来。当新的证据出现，或在我们完成目标时特别的行为被证明是有用的，那么我们的信仰（或我们的行为）就能在这个新证据基础上被更新。这个理论被表示为：

$$\text{Odds (A given B)} = \text{LR} \times \text{Odds (A)}$$

这里的A表示一个人的信念、理论、对人有用的基因突变或其他什么；B表示可观察的证据或事件的其他类型。Odds (A given B) 反映一种疾病特定症状的可能性，例如，在这个方案中，odds (A) 指的是人们知道的先前的可能性——一个信仰似乎可能的尺度或一个事件的可能性。例如，如果一个人刚从非洲回来，我们很容易猜想他可能患上了痢疾。LR 表示可能性的比率，表示它的公式是：

$$\text{LR} = \frac{P(\text{B given A is true})}{P(\text{B given A is false})}$$

这里的P代表一种可能性，B代表一个事件（或证据），A代表提到过的信念、理论和其他事件。因此，这个可能性的比率得考虑发生事件（B）的可能性与另一个事件（A）的联结（适应一种疾病

的症状)和缺少A的情况(因为任何其原因显现出来症状的可能性)。

安德森在他的对行为和认知的“合理分析”中应用了贝叶希安(Bayesian)的可能性理论。例如,在记忆的研究领域,一个术语被重新使用的可能性依赖于近来是怎样使用这个术语的,以前使用它的次数和在给定的情景中它被重新使用的可能性。在问题解决中,有一个日益增长的可能性,即通过在相似目标中使用实例问题产生的诱导性干扰与接下来相似的情况是非常有关的。

ACT—R 中的陈述性记忆

在陈述性记忆中,“组块”是知识的基本单位。组块(chunk)是一种数据结构,也被称为工作记忆元素(Working Memory Elements)(或 wimees)。只有有限数量的元素可以合并成组块,一般是3个,例如,缩写词:USA、BSE和AIDS。组块具有兼容性,所以,不同的元素组合有不同的规则。“1066”是一个组块,因为它是一个有意义的知识单元(假定你了解诺曼底征服*)。但是,如果只是重新安排元素而形成了6016,那么它就不再是组块了。组块可以按照等级被组织起来。布罗德本特(Broadbent, 1975)发现54%的人把进入到工作记忆的术语成对地区分开,29%的人把它们分成3个项目,9%的人分成4个项目,还有9%的人分成更多的项目。法国的电话号码被分成成对的数字是理想的,一般来讲,2个或3个项目是组块的合理宽度。

在陈述性记忆中,组块也可用来代表图示,表8.1表征一个附加问题的图式。在第一部分,问题用一个给定的名称来表示(“问题1”),紧跟着是一系列的“槽”,第一个(“isa”槽)是问题类型,下一行是纵行槽,它们在括号内已被列出。这一部分也

*指1066年威廉征服英国。——译者注

显示了一个简单的等级安排的例子，因为，纵行本身是用图式组块来表示的。如果我们把“纵行1”作为例子的话，我们可以看到这里表示兼容的信息。组块的类型（通过“isa”槽表示）决定接下来与之联系的槽的类型范围，而组块的宽度也是由与之联系的槽的数目决定的。

表 8.1 问题的图式表征

264	
+ 716	
问题 1	
是数字的安排	
纵行 (纵行 0 纵行 1 纵行 2 纵行 3)	
纵行 0	
是一个纵行	
上面空格	
下面 +	
回答空格	
纵行 1	
是一个纵行	
上面 2	
下面 7	
回答空格	
纵行 2	
是一个纵行	
上面 6	
下面 1	
回答空格	
纵行 3	
是一个纵行	
上面 4	
下面 6	
回答空格	

组块名字
组块类型
代表对工作记忆元素“指向者”的槽
(3个行)

ACT—R 中的工作记忆

工作记忆是一个恰当的虚构，它是当前活跃和有效的陈述性记忆的简单部分。信息能够通过陈述记忆中的分散活动，从外界环境进入工作记忆(联合启动——见第三章)，或者也可以看作是在产生式记忆中激活一个产生式的结果。例如，如果您想做三位数的加法，而且您还没有从最右边的竖行开始相加，那么您就要从最右面的竖行加起。如果您已经加完最右边的一行(现在工作记忆开始变化)，那么就要对中间的竖行相加。如果您把最右边的竖行和中间的竖行都相加完了，那么您就要加最左边的竖行，如此等等。

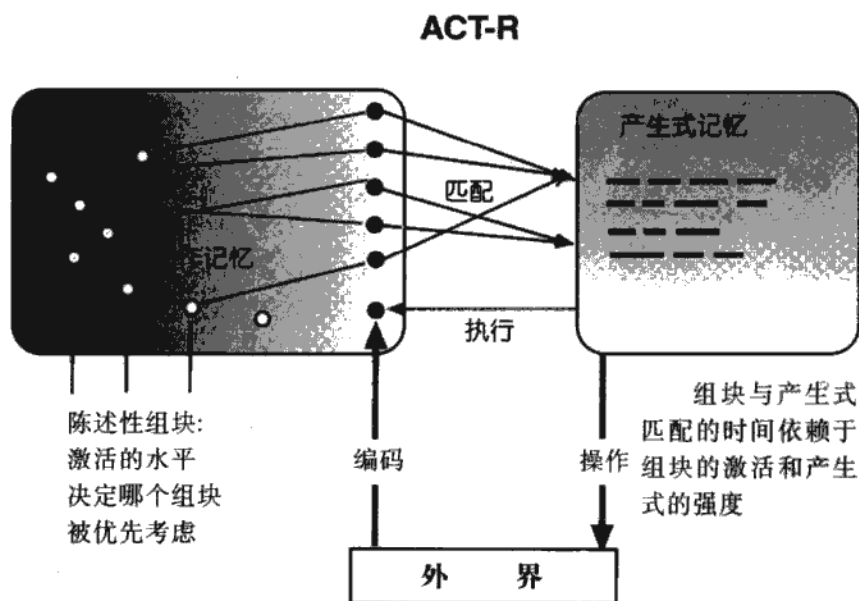


图 8.5 ACT - R 的结构 (Anderson, 1993)

ACT—R 中的产生式记忆

在程序性记忆中,产生式是知识的基本单位。关于产生式的例子已经在第四章提到了,并且第四章还介绍了在程序性技能转变过程中它们所起的作用。陈述性知识是程序性知识的基础。ACT—R要求在学习一项新技能的早期阶段,陈述性结构对于支持程序性学习是非常有用的。产生式是ACT—R的基本构成物,也就是说,去掉一个产生式规则将不能使系统相互碰撞,然而,这对系统的行为将产生影响。如果您有一个完整的关于两位数减法的模型,而且要删除能代表减法问题的产生式规则之一,那么,您在做减法运算的时候就会产生错误。这就是您可能有错误模型的一种情况,当孩子们第一次学习减法运算时,他们也常犯这种错误(Young & O'shea, 1981)。

在ACT—R中,程序性记忆能够根据系统的目标,对相同的刺激条件做出完全不同的反应。

ACT—R 中的学习

认知技能的发展包括设法使陈述性知识转变成程序性知识(例如,开车的说明书)。这个过程的结果是知识被重新编辑(compiled)。这是一种与在程序运行之前,高水平语言必须被计算机内设的编码机制翻译过来的计算机的类比。也就是说,程序必须被编辑,把它转换成机器代码的结果意味着机器不能直接接纳信息的最初形式。安德森的这种关于程序性知识是怎么来的观点经过了几年的演化。

当我们第一次遇到一个新问题时,我们常陷入一个死胡同,即我们不能立即知道该怎么做。因此,我们努力地回忆以前遇到过的相似问题,并且努力应用它去解决当前的问题。根据安德森的理论,这个过程包括翻译问题解决的过程。这就是说,我们的

问题解决是以一个问题解决情节的陈述性解释为基础的。例如，这里可能包括使用课本中的例子或老师写在黑板上的信息。安德森认为，即使我们仅有说明而没有具体掌握的实例，我们也应该通过想像的例子来翻译那些说明，并且试图通过翻译这个例子来解决当前问题。其结果就是信息被重新编辑了。“在ACT—R中，创立一个新产生式仅有的方式是通过编辑类比的过程来实现的。接下来我们要说明创立一个产生式的例子，这个例子说明通过类比能够学习一个程序”（Anderson, 1993, p.89）。

简而言之，安德森强调，学习一个新的产生式，这是往大的方面说，而且所有的技能学习都是通过问题解决的类比发生的。从这种意义上来看，这个模型与霍兰及其同事的PI模型非常相似。

图8.6显示的是在ACT-R中的类比机制，它是根据这本书中使用的的问题表征绘制而成的。在这个模型中，A和C框代表目标（包括问题目标的问题的表述）。B框称为目标状态，A、B之间的连线称为“反应”：即达到目标状态的程序。在类比的其他模型中，映射（在图8.6中的2）涉及在例子与当前的问题之间找到一致。

在寻找ACT—R类比机制更多的细节之前，试着解决一下活

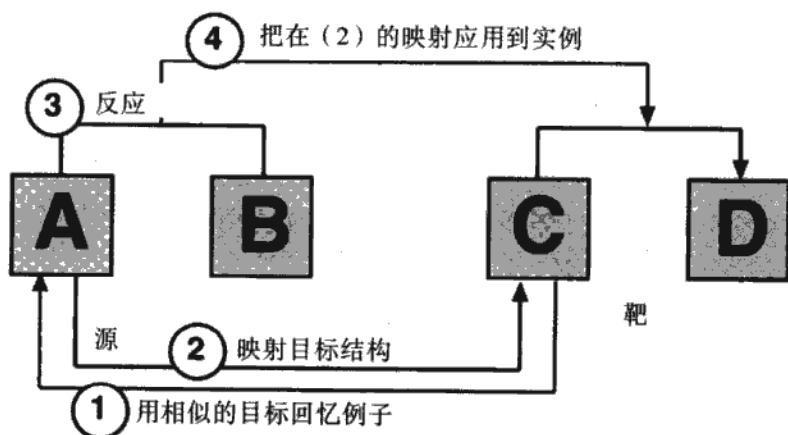


图 8.6 ACT - R 中的类比机制

动 8.1 中的问题。例题中的元素映射到当前问题上的元素的详细情况显示在图 8.7 中。显示给您的例题结构包括一个 Lisp 运算，这个运算涉及乘法，它有两个“论据”：论据 1 和论据 2，而且由反应 1 显示一个解决问题的方法。这些元因素都能映射到当前问题的元素上。两个问题的类型不同，然而，两者却都是算术运算。它们是相似的，不仅因为它们语义上的联系，而且因为它们属于同一上位种类的类型。

活动 8.1

假如给您的问题是写一个将 712 加上 91 的 Lisp 函数。还给您一个例子，给您显示怎样写一个两个数在一起相乘的 Lisp 函数：

```
Defun multiply-them (23)
```

```
  × 23
```

您知道，“defun” 定义为一个函数，而“multiply-them” 是为函数发明的一个名字，× 是乘法运算的符号。

您怎样用 Lisp 语言写出 712 和 91 相加的函数？（请看附录中的答案）

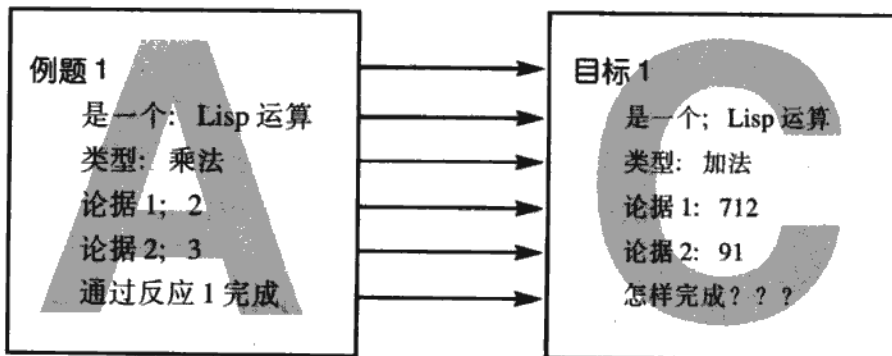


图 8.7 例子和当前目标之间映射的对应关系

学习的幂定律

我们练习的次数越多,事情就变得越容易,这是一个普遍的经验(它太普遍了以至于不用特别强调)。另外,您也会注意到,您很难达到看起来没有任何进展的那一点。例如,顶尖级运动员进行大量的练习只是为了使自己站稳(如果这个比喻听起来不那么古怪的话)。事实上,在现实生活中已有的大量调查结果表明,学习一些新内容可以画出一条预期的曲线。也就是说,在练习次数和成绩测量中,例如,反应时、认知的时间、回忆单词的数量、单词的正确率等等,都是存在一定的关系。图 8.8 说明了练习次数和成绩测量之间的关系,测量指的是反应时或错误率等等。

这个关系就是人们常说的学习幂定律(Newell&Rosenbloom, 1981)。它之所以叫幂定律是因为这个方程包括一个练习次数的乘方: $T = cP^x$ 。这里的T指的是完成一项任务所需要的时间,c是一个常数,P是练习的次数,而x则代表在图 8.8 中线的斜率。图中的曲线表明,尽管我们仍旧在练习,但练习的效果会变得越来越小了。关于学习幂定律的例子在所有领域都出现过(Anderson, 1982; Anderson, Boyle, & Yost, 1985; Logan, 1988; Newell&Rosebloom, 1981; Pirolli&Anderson, 1985)。

安德森提供了几个例子和几个怎样运用贝叶希安分析幂定律运算和ACT—R的学习机制怎样必然生成这种学习曲线的基本原理。(见安德森 1990, 1993, 2000a 中更详细的内容)。

对于产生式系统模型的批评

对学习和专长的产生式系统模型有许多批评。例如,安德森认为产生式规则有一个缺点,那就是规则的条件能够引起反应,

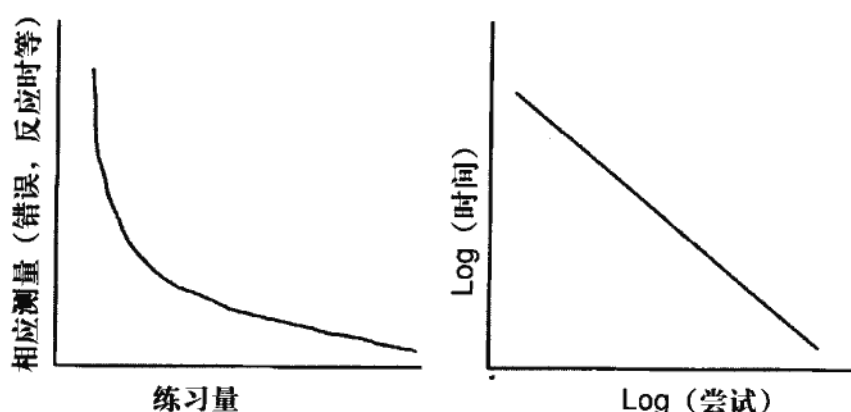


图 8.8 学习的幂定律：(1) 代表有待证实的练习曲线；(2) 是用对数形式表示的曲线。

而反应却不能激活条件。条件和反应在它们的规则中不能互相作用。学习 LISP 语言的编码不能概括出使用 LISP 编码的意义，例如，一个人可以成为一个在解决“纵横填字的字谜” (crossword puzzles) 问题上非常有技能的人，但是，这种技能不能转化成一种理论来提高其他人解决纵横填字的字谜问题。技能是不同的。我们在第四章看到，只有在产生式重叠的新旧作业之间才可能有迁移。一种职业技能创造出特殊用途或特殊背景关系的产生式规则。麦肯德里和安德森 (Mckendree and Anderson, 1987)，安德森和芬查姆 (Anderson and Fincham, 1994) 已经提供了在产生式规则中这种特定用途的实验证据 (见表 8.2)。ACT—R 成功地模拟了这种迁移或检索的不对称现象。

练习 1：如果目标是评定的 (CAR V1)

A 是 V1 中的第一个要素
那么，得出 A。

练习 2：如果目标是生成一个函数

而且答案是 V1 中的第一

表 8.2 在麦肯德里和安德森的评价和生成作业中所呈现的信息 (1987)

信息类型	评价	生成
V1	(A B C)	(A B C)
函数称呼	(CAR V1)	?
结果	?	A

选自 Müller (1999)。

个元素

那么, 得出 (CAR V1)。

在表 8.2 中, V1 是一个变量, 它有 3 个值, 即 A、B、C。CAR 在 LISP 语言中是一个“函数”, 它能返回到系列表中的第一个元素。在这种情况下, 这个列表是 (A、B、C), 第一个元素是“A”。在表 8.2 中间的那个栏目表示任务, 在这里是评价一个 LISP 的表述。第三栏目表示一种情境, 即有人想产生一种函数名称, 这种名称将从系列表 (A、B、C) 中提取“A”。麦肯德里和安德森认为在评定和生成任务中, 产生式规则是不同的。

由于这两个产生式的条件不能匹配, 那么, 在它们之间的迁移就会受到限制。人们头脑中表征它们的知识被重新编辑。安德森和芬查姆也得到了类似的发现, 他们让被试在各种不同的活动中练习日期的转换, 例如: “某某在星期六的 3 点钟玩的曲棍球, 现在是星期一的 1 点钟。”把天数和时间转换成另一种包括从天数加上或减去 1 天或 2 天 (例如: 星期六 + 2)、小时加上或减去 1 小时或 2 小时的形式。一种转换的练习并不能迁移到相反形式的转换上。

然而, 缪勒 (Müller) 对编辑知识的特定用途的观点提出了挑战。这种特定用途的知识的效应之一是技能的操作变得不是固定化, 而是专门化。如果它能被任意的使用, 就意味着知识能够被灵活地使用 (专长的这方面特性将在下一章讨论)。缪勒也使用 LISP 语言的概念, 例如 LIST、INSERT、APPEND、DELETE、MEMBER 和 LEFT。他也让他的被试用这些概念或者学习生成作业, 或者学习评价作业。他设计的研究是用来区分使用与背景有关的知识所获得的结果与使用他自己假设的概念一体化 (conceptual integration) 的知识所获得的结果之间的区别。根据这个假设, 概念介于问题给出的条件与要求的答案之间。有大量特征的概念会聚成一个一体化的概念单元。这个假设的基本设想

是 (Müller, 1999, p.194):

(1) 概念性知识被内部地表征为一体化的单元; (2) 接触概念性知识的内部表征依赖于表征的信息与概念特征之间的匹配程度; (3) 概念化单元用来监控获得一个问题答案的产生式; (4) 一个具体特征一体化到内部表征依赖于它在指导过程中的显著性, 依赖于它的相关练习过程, 或两者都依赖。

与其相反的是, ACT—R 模型预期的结果是: 不同知识应用之间的迁移将随着练习次数的增加而减小, 而概念一体化假设预期的结果是: 涉及相同概念的作业之间的迁移随着练习次数的增加而增加。缪勒在他的实验中发现了典型的学习曲线, 但是没有发现这种推测的被编辑的知识是使用具体化的。在预测迁移和技能操作的灵活性上, 只有相互重叠和相互关联的概念特征才是重要的。回到我们的“纵横填字字谜”问题上, 似乎有理由假设一名解决“纵横填字字谜”问题的能手能够把他怎样解决“纵横填字字谜”问题的知识线索迁移到生成这些问题的作业上。缪勒的假设能够对这种类型的迁移作出解释, 而产生式的应用具体化不可能出现这种迁移。其他人的批评是, 产生式系统被看做是认知技能的表征。

科普兰 (Copeland, 1993, p.101) 指出:

当我煎出尽善尽美的鸡蛋饼时, 是因为我的大脑恢复了以前获得的一系列适当的“如果—那么”的规则, 而我自己意识不到是遵循了这些规则, 还是因为我在完全不同的另一种解释机制下精熟地搅拌鸡蛋和操纵平锅的技能? 有一点肯定是正确的, 即我的动作可以用“如果—那么”的句型来表示: 如果混合体 (这里指黏糊的鸡蛋液体) 粘住锅底儿, 那么我就轻摇平底锅, 等等。但是, 不能把我的动作的产生过程描述成在我的大脑中通过对一系列的“如果—那么”的规则进行检索的过程 (而在计算机专家系统中却是这样工作的)。

科普兰认为这里把知识看做是产生式规则可能是一个有用的虚构。克兰西 (Clancey, 1997) 认为, 把知识等同于知识表征是一个错误。后者是一个人为的产物。ACT—R 模型和 SOAR 模型的结构是描述性的、是以语言为基础的, 而人类的知识是在活动中建构的: “人与世界相互作用的方式和看待世界的方式、建构时空的方式、前数字化的人类语言和描述性理论” (Clancey, 1997, p.270)。另外, 他认为产生式系统的结构有太多的缺陷, 例如, 专家操作的文化和背景。

约翰逊-莱尔德 (Johnson-Laird, 1988a, b) 认为产生式系统的结构可以解释大量的自然增长的关于人类认知的证据。然而, 它们太一般的特性使它更像是一种程序语言, 而不是一种理论, 因此, 很难用实验来驳斥它。他还认为 (Johnson-Laird, 1988b) 条件-动作规则是紧密联系在一起的内容 (产生式的条件部分), 因此, 它不能很好地解释人类的抽象推理。另外, 他认为 (1988b) 把专长看做编辑的程序意味着专家的操作是不能展示的僵化的操作 (这个方面将在下一章进一步讨论)。

理解和概念的变化

一些研究者认为学习的产生式模型趋向于忽视元认知技能和学习的社会背景 (见 Glaser & Bassok, 1989, 学习理论的对比)。例如, 布朗和佩林卡萨 (Brown & Palincsar, 1989), 指出, 学生应学习专门的获得知识的策略。分类设置促进了理解和概念的变化, 而且它与下面的情境形成了对比, 即 “促进一种技能的自动化、形式化和规则化的情境, 在这种情境中强调的是思想提出的速度” (Brown & Palincsar, 1989, p.395)。在自我规划的学习研究中强调的是元认知策略在学习过程中的作用 (Chi et al, 1989, 1994)。米什林·奇 (Micheline Chi) 及其同事强调理解和问题解决基础上的陈述性 (概念) 知识。例如, 奇和巴索克 (Chi

and Bassok, 1989) 认为“关键的问题是学生们如何理解控制得出结论的陈述性原则以及理解的程度”(p.254)。

科布和鲍尔 (Cob and Bowers, 1999) 也认为安德森提出的学习的认知方法对于指导学生在课堂情境下决定做什么可能是无用的, 而在这种情境下, 情境学习的方法才更有用。(见第四章关于这一争论的更多内容)。

程序性知识发展的神经学证据

关于区分陈述性知识和程序性知识的神经学证据已存在一段时间了 (e.g. Squire, Knowlton, & Musen, 1993)。最近, 出现了更多的神经机制方面的详细证据, 其中包括组块、条件—动作结合的学习、程序性技能的发展和最初支持陈述性知识的伴随性遗忘。

格雷贝尔 (Graybell, 1998) 发现基底神经节参与了大脑皮层的信息编码过程, 而且是导致动作序列自动化的原因。这出自运动神经组块 (“chunking” of motor) 和认知动作的顺序化。这显示了与 ACT—R 模型一致的刺激—反应学习或条件—动作学习的神经学证。这种编码和组块的结果之一是, 曾经是有意识的、而且是慢的动作序列变得自动化并加快 (Graybell, 1998, p.131):

在 S—R 的学习中, 缺少有意识警觉对于把动作组块看成是基本单元 (例如, 而不是作为反应链) 的组块机制可能也是一个优势特性。我们不想让“监督的注意” (Shallice, 1988) 或有意识地控制介入内部的大单元本身。组块把它的优越性从可操纵大块信息缩减为基本实体, 而且意识或注意的介入可能实际上瓦解了它们平时的使用。

雷切勒 (Raichle, 1998) 考察了技能的学习。他的目的是被试在进行新的口头作业和较难的口头作业时, 识别大脑系统的活

动, 并且对平常的动作作业与自动化的动作作业的大脑系统活动进行对比。雷切勒实施的这种研究包括采用大脑的正电子层析照相术 (PET) 和功能磁共振成像术 (fMRI)。

检测到被试如下的五种大脑状态:

1. 被试是醒着的, 眼睛是闭上的, 不完成任何任务的大脑状态。
2. 被试保持在能看到的电视监视器, 并只有一个固定视点的大脑状态。
3. 当一般的英语名词在固定视点呈现时, 被试保持能看到电视监视器的固定视点的大脑状态。
4. 以每分钟 40 个的速度呈现物体, 并要求被试大声读出物体的名字 (名词) 的大脑状态。
5. 当给被试呈现每个名词时, 要求被试大声地说单词的恰当使用或它的动词形式的大脑状态。

计算机被用来从另一个阶段减去这个阶段的数字化形象。例如, 从状态 2 所显示的大脑活动区域减去大脑在状态 1 所显示的“发亮”部分, 状态 2 的大脑活动区域对应的是被试注视一个固定的视觉观察点时的区域, 它没与当被试处于休息状态时的大脑活动区域所混淆。口头作业的练习导致内在出声言语的减少, 也就是说, 呈现的单词重复的次数越多, 被试反应的就越快——通常是千篇一律的回答, 对每一次呈现的名词回答出相同的动词。

在进行作业过程中, 学习任务揭示了大脑活动区域发生的戏剧性的延时变化。大脑的大部分区域参与了学习的早期阶段, 但是大脑活动区域的范围 (数量) 随着练习次数的增加而减小。另外, 随着练习次数的增加以前不活跃的中枢变得活跃起来。

结果显示, 早期的学习需要大量的脑活动, 特别是涉及到监控和计划行为的大脑区域, 例如, 前扣带皮层, 左额叶前部皮层和左颞叶皮层。在学习的最初, 大脑活动区域分布的广泛性似乎

与监管注意系统相对应(实质上就是意识)。当这些大脑区域不再活动,作业变得自动化时,作业就不再经常进入意识状态。

一个人是否赞同“认知技能是通过产生式规则实现的”观点,依赖于这个人能否在一个适当的水平上解释产生式系统。或许决定它的适当性的一种方式是其解释力度。ACT—R的准则确实是有力的。然而,仍存在着与之竞争的结构模型,例如,SOAR模型和联结主义,所以,我们需要以各种方式一直寻找一个统一的认知理论。

小 结

1. 关于我们是怎样从我们的世界的经验中学习的,有几种解释模型。它们大都承认类比是导致图式和新技能学习的基本机制。
2. 归纳是一个强有力和普遍存在的学习机制。依靠它我们从经验中提取普遍性,因此,用它作为我们演绎和预测世界的基础。
3. 一般来说,在环境的显著特征和它的基础结构之间存在相关。因此,注意和保持我们经验中具体细节是有用的。
4. 保守性归纳意味着我们的记忆包含例子的具体细节或最初学习发生的背景,当它是清楚的时候,它就表现出来那些能被概括起来的那些方面。
5. 图式归纳经常是一个逐渐的、保守的过程。因此,早期的图式包括获得的背景部分。随着时间的延续,图式变得日益完善。
6. 图式包括不同的知识类型,这些知识使我们不但能对遇到的问题进行分类,而且指出怎样做可能解决问题。
7. 一旦问题类型被确定,我们就要进入解决它的相关程序。现

在的几个模型都假设大部分的人类思维是以规则作为基础的。以“如果 - 那么”或“条件 - 动作”规则为基础的产生式系统结构是用来模拟从陈述性知识得来的专业技能的发展和新手对于自动化分类与专家技巧的使用。

8. 对于产生式系统的结构是学习和问题解决的一般模型的批评, 主要集中于以下几点:

- 认知过程能被最好地模拟成“如果 - 那么”规则的观点;
- 以解决方法为基础的概念性知识和产生式的发展状况这方面缺少详细的描述;
- 背景变量的影响, 特别是社会背景变量的影响。

9. 建立在产生式系统上的这种条件 - 动作学习、自动化和随着练习次数的增加, 意识控制的减退等都存在神经学证据。

第九章 专家、新手与复杂问题解决

在特定领域内的学习和不断的实践，能够让人获得所谓的专长。通常专家是指在其所从事的领域内具有 10 年以上经验的人 (Simon & Chase, 1973)。在所有可能进行的各领域已经进行了大量关于专长的研究，譬如，考察专长的发展状况（我们在上一章考察过）；直接将新手和专家进行多维度的比较；进行天才或者“一般”专家的个案研究；或者寻找专家之所长。然而，无论我们关注哪一方面，都存在对专家和新手的潜在比较。

专家与新手的区别

在简单智力测验题的研究中，心理学家假设我们所学的问题解决心理知识能够普及到其他“现实生活”的问题情景中去。然而，人们所面临的大多数问题都是定义不良的问题，并依赖于已有的相关知识经验。一个人对某个领域（不管如何定义）的知识掌握得越多，就越能够驾驭这一领域内的复杂问题。因此，在某一领域内不同个体的问题解决能力具有广泛的差异。

国际象棋在迷宫问题 and 理解专长之间建起了一座桥梁。德格鲁特 (DeGroot, 1965, 1966) 曾对专长发展的认知过程进行过一些在早期颇具影响力的研究。德格鲁特本人是一位出色的棋手，他致力于研究不同级别的棋手如何走棋。他给 5 名大师级棋手和 5 名专家级棋手呈现数盘残局，要求他们用“出声思考法”报告下一步棋的走法。结果发现：相对于专家级棋手而言，大师级棋

手能够找到更好的一步棋(由独立的评价者判断),尽管他们似乎并不比专家级棋手考虑了更多步棋,或者进行了更深的探索。德格鲁特认为这是因为大师级棋手研究或经历过更多棋局,具有更为丰富的棋局模式。换句话说,新手和专家的主要区别在于他们所拥有的不同的知识量。

这种研究表明我们已经超越了建立在AI问题解决模型基础上的一般问题解决能力的研究。尽管纽厄尔和西蒙致力于一般信息加工系统的研究,他们同样也指出可能存在个人突破加工局限的情况。因此,自19世纪70年代以来,研究内容从认知过程的一般模型向组成专家系统的专长模型转变。实际上,当今人工智能的研究就具有与人类专长研究相结合的趋势(Hoffmun, 1992)。只是从一般领域知识到特殊领域的专长的转变还没有得到广泛的认可(Stock, 1997)。

在过去十几年的研究里,我们发现专家和新手在各种表现中都存在质和量的差异。奇、格拉泽和法尔(Chi, Glaser, and Farr, 1980, pp.xvii-xx)列举了如下7个“专家工作的关键特征”:

1. 专家主要在其所从事的领域内表现出色;
2. 专家能够在其所从事的领域内知觉大量有意义的模型;
3. 专家的反应敏捷: 专家能更快地操作该领域技能,能更快地更好地解决问题;
4. 专家表现出非凡的短时记忆和长时记忆能力;
5. 在专业领域内洞察和表征问题时,专家处在比新手更高的(更具原则性的)水平上,新手的问题表征往往停留在表面水平;
6. 专家把更多的时间用于分析问题的质的方面;
7. 专家具有高度的自控能力。

在考察专长时,这些特征都有不同程度的体现。根据不同的个体倾向性,如智力、个性、思维方式、动机等的差异分别对个

体的专长进行了研究，我们假设新手与专家的差异不仅仅是因为他们所拥有的知识量的不同。

在上一章里，我们已经考察了程序性技能的发展情况。在积累专长的过程中，人们逐渐建立起处理常规情境的自动性程序。人们通常认为，在复杂任务上存在若干可以识别的技能发展阶段，而且不同阶段中个体的表现也具有可衡量的差别。

这7个关键特征所体现的另一个共同点是专家对任务的表征方式，影响个体表征问题方式的不仅有个体所拥有的知识量，还有其知识建构的方式。再者，我们可以考察从“零”（毫无专长）到“新手”（有较少专长），再到“中间者”（有几年经验），最后到“专家”（有10年左右的经验）的专长的发展情况；专家最终形成了自动化的整合程序，从而使他们的表现比新手优异。第四，专家可能逐渐形成了推理和问题解决的策略，促进他们解决专业领域内异乎寻常的或者难以解决的问题。一开始时，设计或表征问题的方式和时间分配会存在显著差异，所掌握的知识差异也影响着知觉的过程以及工作记忆的作用。专长能够改变个体知觉情境的方式（至少在某些领域如此）。如图9.1所示。

专家更聪明吗？能力存在差异吗？

在专长的获得中，知识是惟一的或者主要的影响因素吗？还是应该考虑其他的因素（比如“能力”）的作用？一个世纪以来，对于特定领域内的特殊表现解释不一。通常，他们倾向于从下面两个方面加以考虑：先天的能力还是后天习得的能力；一般能力还是特殊能力（Ericsson & Smith, 1991）。另外，有些解释也包括了个性、动机和思维风格的作用。

一直以来，“智力”被认为是在特殊表现中具有重要作用的一种特定能力（用引号意味着这个概念的含糊性）。换句话说，我们

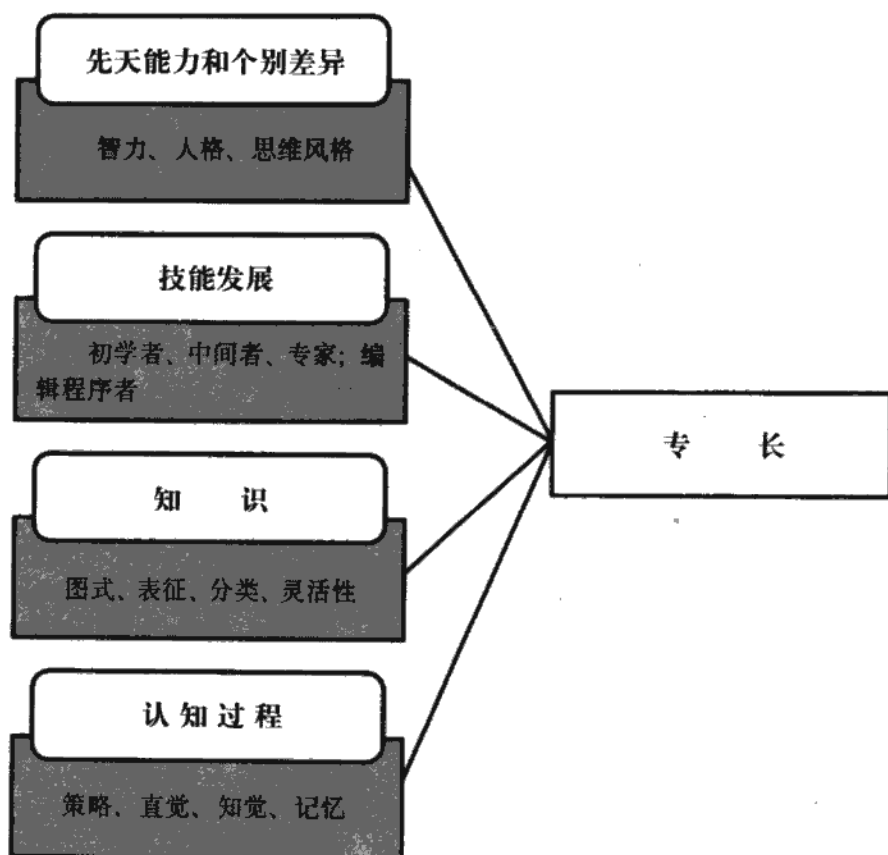


图 9.1 个人理解和研究专长的维度

可以提出这样的问题：您需要聪慧些，从而成为专家吗？这个问题的实质就是：是否有某种一般能力，有了这种一般能力就可以掌握某一特定领域的专长吗？一些研究发现专家级棋手也能够在诸如棋类新闻学和棋类语言学的领域内表现优异（DeGroot, 1965; Elo, 1978）。然而，尽管智力与学业成绩存在高相关，但它与诸如职业、社会地位、所获得的金钱等因素之间似乎无显著相关（Ceci, 1996; Sternberg, 1997a）。施奈德、卡克尔和韦纳特（1986）发现，具有丰富的足球知识的小孩，尽管他们在IQ测

验中的得分较低,但是在完成与足球有关的阅读理解、推理和记忆任务时,其表现比在IQ测验中得分高的小孩更优秀。塞西和利克特 (Ceci and Likert, 1986) 对两组赌马者进行比较,其中一组在预测赛马的最后出线率上具有专业能力。与非专业组不同的是,专业组在估计出线率时,采用了七个具有交互作用的变量,给他们的真马或假马的每一组信息(一个变量)都将影响他们考虑其他组信息(另外六个变量)的方式。尽管这种任务存在着如此的“认知复杂性”,但实际上这些专家在赌马场的成功和他们的IQ得分的相关是-0.07,即几乎不相关。

斯旺森、奥康纳和卡特 (Swanson, O'Connor, and Carter, 1991) 根据学龄儿童在一些问题解决任务中的言语报告将其分为两组。其中一组被指定为“天才智力组”,因为他们所用的方法和策略非常老道。对两组儿童的IQ、学业成绩、创造力、归因方式(人们对成功或失败的看法)进行了比较,结果没有发现实质性的差异。斯旺森等人提出,与其他测量变量相比, IQ与根据专家或新手的表征所定义的智力并不直接相关。如果一个人在某一任务中表现出“天才智力”,并不意味着他具有高智商。

成为某一领域的专家有助于理解和积累其他领域的专长吗? 回顾已有文献,弗伦斯奇和巴克纳 (Frensch and Buchner, 1999) 指出我们不能证明某一领域的专长能够延伸到其他领域。艾里克森和查尼斯 (Ericsson and Charness, 1997) 也证明了(尽管特指记忆方面)“专家为了在特定领域进行编码并展开特殊活动而获得了某种记忆能力,因此,它们似乎不能从一个领域迁移到另一个领域”(Ericsson & Charness, 1997, p.16, 附录)。

另一方面,一些在某一领域发展起来的技能也有可能迁移到有一定重合的其他领域。舒恩和安德森 (Schunn and Anderson, 1999) 对“领域—专长”和“任务—专长”的区别进行了研究,研究确定了三组被试:记忆认知心理学领域的专家、社会科学领域

的专家(任务专家)、心理系大学生。要求三组被试验证两种关于集中练习和分散练习效果的记忆理论。要求被试在设计实验时采用出声思考法。结果表明,所有专家在实验设计的过程中都提及了理论本身,但是只有一小部分学生这样做了,学生在解释结论时也很少提及这些理论。领域专家设计的实验相对复杂,同时操纵多个变量,而任务专家设计的实验相对简单,仅控制少数几个变量,学生所设计的实验的复杂性上介于二者之间。舒恩和安德森认为,至少在这个领域存在一些共同的、一般性的、可迁移的技能,这些技能能够或多或少地脱离具体背景而习得。

然而,我们需要解释为什么一些人能够在某一领域脱颖而出,而另一些具有相同经验的人却不能。我们用于解释特殊表现的因素有个性和思维风格。总有一些人会在一些事情上比其他人表现更优秀。加德纳(Gardner, 1983)认为多元智能能够解释不同领域内的个体的特殊表现。根据他的观点,当个体特定的智力符合某一特定领域的要求时,就会有特殊表现或表现出专业技能。

此外,人们的思维风格也各不相同。有些人倾向于在某一任务或者领域里纵观全局,而有些人喜欢关注细节;有些人擅长执行程序,而有些人喜欢首先设计该程序(Sternberg, 1997b)。

因为个人的经历、个体倾向性以及思维风格都存在差异,就可以设计一些测验。在测验中A的表现优异而B的表现却比较糟糕,或者完全相反(Sternberg, 1998)。A可能擅长园艺测试但不能应付IQ测试,B可能擅长IQ测试而不能应付园艺测试。在这种情况下,测量智力实际上就是测量学习成绩。因此,斯腾伯格认为智力和发展专长在本质上是一回事,有关智力的研究文献应该是专长文献的一部分。

不过,知识差异并不是专长获得过程中个体差异的惟一表现。首先,人们获得和开发知识的能力就是不同的,在应用技能中交互作用的各种变量导致个体在操作上的差异。斯腾伯格和弗伦斯

(Sternberg and Frensch) 也指出了同样的问题, 他们的理论以斯腾伯格的智能操作模型为基础。他们指出 (1992, 1993):

两个经常下棋的人, 其中一个可能成为专家而另一个却一事无成, 其原因是前者能够以一种高效的方式探索知识而后者却做不到。专家坚实的知识基础既是棋手获得专长的原因, 也是其结果。这一知识储备能大大提高专家将其在数小时内获得的信息有效组织起来的能力。

总的来说, 在一般情况下, 尽管个体的能力或个性与其特殊表现的联系甚微, 但仍然存在一系列的因素 (包括先天素质) 影响专长的积累和特殊表现的形成, 这些因素也有助于解释具有同样经验的个体在完成同样的任务时为何会存在广泛的个体差异。

技能发展

上一节我们详细论述了技能获得的问题。在此基础上, 最近的研究文献都将重点转移到长期实践的作用上来了, 例如, 艾里克森、克兰皮和泰什-罗默 (Ericsson, Krampe, and Tesch-Romer, 1993) 认为专家的成绩是大量精细的练习次数的函数, 比如拉小提琴。下面我们将探讨专长的发展和专家与新手的差异问题, 并忽略组内的个体差异。

一些研究者把从新手到专家的过程划分成各种阶段。例如, 德赖弗斯 (Dreyfus, 1997) 提出了五阶段模型: 第一阶段为新手; 第二阶段为高级初学者; 第三阶段为胜任者; 第四阶段为能手; 最后一阶段为专家。

格拉泽 (Glaser, 1966) 概括提出专家业绩发展的三阶段论, 并引入了“力量转换”的概念, 这三个阶段分别是: 外界支持期 (external support)、过渡期 (transitional)、自我调整期 (self-regulatory)。第一阶段中, 新手从父母、老师、领导等处获得支

持, 他们为新手建构学习的环境; 第二阶段是过渡期, 这时在第一阶段所建立的“脚手架”(scaffolding) 逐渐移开, 学习者开始发展自我控制和自我调整技能, 同时开始确立高级表现的标准; 在最后的自我调整阶段, 学习环境的安排已处在学习者的控制之下, 学习者在意识到表现中的缺陷时, 可能会向老师、领导或者其他的信息源寻求帮助, 但是学习和调整行为完全处于学习者的控制之下。

另一个阶段模型是由舒马赫和契尔文斯基 (Schumacher and Czerwinski, 1992) 提出来的, 该模型在此指的是记忆表征系统 (如计算机操作系统) 的发展。其阶段分别是: 史前阶段 (pretheoretical stage)、经验阶段 (experiential stage) 和专家阶段 (expert stage)。史前阶段包括从当前情境的表面特征的记忆中提取特例以及从长时记忆中提取储存的实例, 提取过程假设情境的表面特征和系统的内在结构特征相关; 在经验阶段, 开始理解支持该系统的因果关系, 并开始对实例经验加以抽象; 在专家阶段, 学习者可以在不同的系统表征间加以抽象, 因此获得的知识可以迁移。

理解专家系统的心理模型为研究如何帮助新手建立正确理解复杂系统的适当表征奠定了基础。一个系统的概念模型, 比如计算机操作模型, 能够作为基本的教学工具。不过要保证教学工具的有效性, 其基础的概念模型就应该尽可能精确。因此我们需要专家来建立并使用适当的模型。例如, 卡迪纳尔 (Cardinale, 1991) 发现使用这种系统概念模型进行训练能够明显改善低能力新手的概念水平、策略水平和语法知识。杭格和奥尼尔 (Hong and O'Neill, 1992) 发现, 相对于给新手呈现纯粹的陈述性解释而言, 如果我们在程序或定量式教学之前, 先以图表或其他概念教学的形式呈现适当的心理模型, 那么新手就不易混淆概念。

舒马赫和契尔文斯基的阶段模型反映了我们先前所论述的问

题解决图式的获得。埃里奥和沙夫 (Elio and Scharf, 1990) 模拟了这种从新手到专家的转变过程, 并研制了一种叫 EUREKA 的计算机模型, 包括从运用新手所用的策略 (如手段—目的分析) 到建构专家的概念知识的过程。EUREKA 模型模拟了对问题表面特征的理解转换, 并发展起包含相关的问题解决程序的问题类型图式。当 EUREKA 解决问题时, 会抽取问题的共性, 决定转换的问题特征也会随着时间的推移越来越具有可辨别性。模型以这种方式确立反映物理学基本原理的特征。其他关于经验学习的计算机模型还包括拉金、赖夫、卡博内尔和古利奥塔 (Larkin, Reif, Carbonell, and Gugliotta, 1986) 以及基恩 (Keane, 1990) 建立的模型。兰普博茨 (Lampberts, 1990) 则采用一种将联结式系统与产生式系统混合的系统, 前者能基于问题特征对问题进行分类并确认问题, 后者包含解决问题的相关解决策略。

中间者效应 (The intermediate effect)

至少在某些领域内已经证明, 中间者效应是学习者成为专家的必经阶段之一。莱斯戈尔德及其同事 (lesgold 等, 1998; lesgold, 1984) 发现了这种中间者效应存在的依据。在这个阶段, 尽管他们比新手拥有更多的经验, 但在完成某种任务时的成绩可能突然下降甚至不及后者。莱斯戈尔德 (1984) 发现具有三四年经验的临床医生诊断 X 光照片的表现比具有一两年经验的临床医生或专家都要差。帕特尔和格罗恩 (Patel and Groen, 1991) 也发现了同样的现象 (同样见于 Schmidt, Norman & Boshuizen, 1991)。莱斯戈尔德认为这不值得大惊小怪, 学习语言的小孩在经历超越规则的中间阶段时也会出现同样的现象。例如, 小孩刚开始时常说 “I went……”, 但是, 学习了英语中过去式的规则形式后, 于是在他学会区分过去时态中的规则动词和不规则动词之前, 便会经历一个说 “I goed” 的阶段。帕特尔和格罗恩 (1991) 认为中

间者具有大量的、但没有组织好的知识,缺乏一致性的结构使他们难以对当前信息进行编码或从长时记忆中提取相关信息。专家具有按等级组织好的图式知识,这使得他们能够提取相关内容而忽略无关内容(Patel & Ramoni, 1997),新手不知道哪些是相关内容,他们可能抓住情境的表面特征并以其为基础进行表征,中间者却致力于“加工垃圾”。因此,在莱斯戈尔德(1984)的研究中,新手依赖于问题的表面特征(它们通常是内在特征的体现),专家会考虑问题的背景,而中间者企图这样做却又力所不及。

劳法斯特、艾瑞尔和马里纳(Raufaste, Eyrolle, and Marine, 1999)提出的对中间者效应的解释是:有些知识不是轻易能够获取的。专家的大多数知识都具有内隐性,经验则将这种内隐的知识加入到对该领域的专业学习而获得的原始知识结构中去。劳法斯特等人进一步区分了两种专家类型:基础专家(basic experts)和“超级专家”(super expert),基础专家是平常人的典型(至少是法兰西放射性研究者的代表),而“超级专家”则是指极少数的世界级专家,两者的区别与专家级棋手和象棋大师的差别类似。劳法斯特等认为基础专家和超级专家之间存在质的差异,如果莱斯戈尔德在研究中使用基础专家,那么根据新手、中间者和专家在诊断X光照片时的表现所画出的U形曲线将成为一条奇怪的直线。图9.2对比了莱斯戈尔德的中间者效应模型和劳法斯特及其合作者的模型。

尽管基础专家的练习次数明显少于超级专家的练习次数,对无关记忆的需要及其内隐的和直观的知识还是不足以解释基础专家和超级专家之间质的差别,似乎还有一些谜一般的东西造成了这种巨大的差异。

新手到专家转变中的其他变化涉及到知识呈现的方式和新手与专家能有效运用的知识内容。卡尔亚格、钱德勒和斯韦勒(Kalyuga, Chandler, and Sweller, 1998)指出材料呈现方式的不

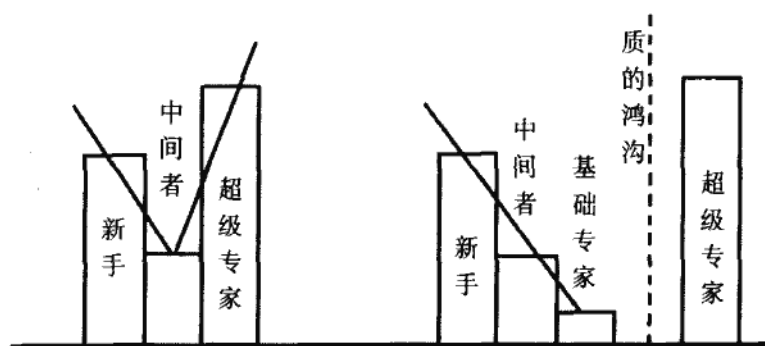


图 9.2 劳法斯特及其合作者 (1999) 对中间者效应的重新表征

同可以增加或减轻工作记忆的任务或者所谓的“认知负荷” (Sweller, 1998)。在书本知识学习的早期阶段,通常给学习者呈现的概念附有图表或数据的解释。斯韦勒和他的同事指出附有例证的文章能够使某一领域内的早期学习者减轻认知负荷。卡尔亚格等表示附在文章中的图表能够减轻新手的认知负荷,却会增加专家的认知负荷,他们擅长处理没有多余上下文的图表 (见 Marans, Cooper & Sweller, 1996; Ward & Sweller, 1990)。

根据格拉泽 (1996) 的理论,在专长发展的最后阶段包括一定程度的自我调节技能。奇、格拉泽和瑞斯 (1982) 发现物理学家在判断问题的难度上优于新手,因为他们具有大量关于特定图式难度的经验。

知 识 结 构

专家其实不比新手知道得更多,这一事实并不会让很多人震惊。同样,人们也并不惊奇于专家其实并不比新手有更多的经验和技能。事实上专长的特征非常明确,心理学更感兴趣的是知识是怎样组织的。

中等抽象水平的概念表征

蔡茨 (Zeitz, 1997) 认为专家的知识是在中等抽象水平上进行表征的, 即所谓的“中等抽象水平的概念表征”(moderately abstract conceptual representation, 缩写为 MACR)。这种表征的水平处在抽象(比如物理、化学方程式)和具体的特定问题之间。太抽象的表征(比如方程和一般原理)并不适用, 例如一组方程, 其本身并不包含使用条件。另一方面, 太具体的表征不容易转换, 如果专家不得不对大量的个别问题进行表征, 那么这样的表征似乎就显得不经济。因此, 我们需要某些适用于既定领域的中等水平的表征, “在既定领域内加工适当抽象水平的信息时, 也有利于专长的发展”。(Zeitz, 1997, P45)

蔡茨认为处于既不过于抽象和精简, 也不过于具体和详细的抽象水平是有利的:

- 详细表征因为逆向干扰的作用而不易实现; 抽象表征则显得过于稳定 (见 Brainberd & Reyna, 1993);
- 中等抽象水平的概念表征 (MACR) 具有更为广泛的提取线索, 因此更易实现;
- 中等抽象水平的概念表征 (MACR) 因其图式本质而更易操作;
- 在具体表征中, 加工非本质的细节可能产生误差, 也会干扰推理。

中等抽象水平的概念表征 (MACR) 把低抽象水平的特定问题和专家广泛的知识联系起来。我们可以认为策略模型和因果模型都是中等抽象水平的概念表征 (MACR) 的实例, 这些模型有助于将系统的细节特征与高水平的抽象观念联系起来。在科教领域, 因果模型将自下而上的细节知识与高水平的抽象观念 (方程式) 联系起来 (White, 1993)。凯廷格和安德森 (Koedinger and

Anderson, 1990) 发现几何学家不是逐步演算而是在更高的抽象水平上运算, 因此他们能跨步进行。

人们发现电脑程序专家具有处理特定的程序任务的图式或抽象策略, 即人们所谓的固定的代码“组块”或类似脚本的策略。“均分策略”即是将一总数等分为几个数的知识 (Rist, 1989)。程序专家通过序列性的代码组块在抽象水平上设计程序, 最终完成既定的任务 (Erlich & Soloway, 1984)。这些策略都是中等抽象水平的概念表征 (MACR), 因为, 他们将抽象的知识与具体情境中的应用联系了起来。

安德森 (1981) 发现新手根据句法对计算机程序代码进行分类, 而专家则运用基于内在程序原理的层级结构对其进行分类。陈 (1997) 发现建筑专家的知识是以一种层级性的函数形式组织起来的。按层级组织的知识结构应该能使专家将中等抽象水平的概念表征 (MACR) 作为一种基础性的表征, 从而在运用知识时更加灵活。

图式的发展和自动化效应

图式是十分有用的, 它能使知识的不同方面从获得知识的最初背景中抽象出来。因此, 知识就可以迁移到其他的背景中去, 抽象的知识也能够迁移到各种相似的情境之中。然而, 图式化也有其弊端 (Feltovich, Spiro & Coulson, 1987, P126):

……正是抽象, 它们是对提取它们的现实世界的还原, 也可以是对应用它们的具体情境的还原……一个不良的后果就是这些心理模型可能使人们的观点过分的重复和规范化, 从而引起实际上并不存在的情境预期的干扰。

因此, 可以料想, 图式获得的结果和知识在概括水平上应用的效果之一, 就是专家在操作上的潜在僵化。正如我们所看到的 (第三章), 规则学习可能导致功能固着, 或者如艾因斯特朗、斯

腾伯格和弗伦希 (Frensch & Sternberg, 1989; Strnberg & French, 1992) 所论证过的, 例如, 专家的自动化程度放松了对新问题反应的约束。也就是说他们的知识已经被编辑, 而且不再很容易地被意识到 (Anderon, 1987; Carbonell, 1982; Glaser & Bassok, 1989)。因此, 当所学的程序不太适宜于当前的任务时, 自动化可能会导致失控。当所需要的是一个常规的程序时, 专家与新手的的成绩可能并没有什么区别 (spence & basso, 1997)。实际上, 存在的一种讨论是, 行为的自动化可能会使专家比新手犯更多的错误 (或者至少新手不大可能犯错误)。

在里森的一般错误模型系统 (Generi Error-Moaelling System, 缩写为: GEMS) (Resason, 1990) 中有三种类型的错误: 技能基础 (skill-based, 缩写为: SB) 的衰退和丧失 (发生在自动化行为中)、规则基础 (rule-based, 缩写为: RB) 的错误和知识基础 (knowledge-based, 缩写为: KB) 的错误。技能基础的错误和规则基础的错误可能是由很好学习过的“牢固而错误” (strong but wrong) 的例行程序引起的, 而且可能是在技能水平提高之后发生。在技能基础的错误中, “行动向导被邻近结点中最活跃的运动图式夺取, 其原因是结点失去注意的控制或把结点搞错了” (Reason 1990, p.57)。规则基础的错误同样是由环境信号与熟知的“解决麻烦问题”的规则的错误匹配造成的。知识基础错误是难以预料的, 因为“它们是由一个‘被束缚的理性’与不完善的或不准确的心理模型之间的复杂相互作用引起的……不论专家们怎样应付熟悉的问题, 一旦他们所有规则在新情境的需求面前显得无能为力时, 他们的成绩就几乎和新手一样” (1990, p.58)。

因此, 在某些情况中, 新手可能不次于甚至可能好于专家。由于新手和专家信息表征方式的不同, 安德森 (1984) 假设程序专家的程序表征比新手的表征更抽象, 她认为新手表征程序的方式比专家更具体, 他们会根据程序做什么进行表征。对该理论的补

充是,在根据一个程序的具体或抽象表征如何处理问题上,新手和专家存在差异。在实验中,安德森向被试呈现程序的流程图(抽象表征)或者向他们描绘程序的功能(具体表征),然后要求他们回答“程序执行了什么”(抽象)或者“程序怎么执行的”(具体)。她发现如果给专家们呈现抽象表征,但却要求他们回答具体问题时,他们所犯的错误可能比新手还多。同样,新手在抽象情境中所犯的错误比专家多。

思维的灵活性

在习得性程序、自动化、已编辑的知识以及图式化(随便您怎么称呼)导致作业成绩不良时,专长的概念就显得有问题了。如果专家不能够灵活地解决问题就不能称之为专家。

哈塔诺和艾纳加基(Hatano and Inagaki, 1986)对常规专长(routine expertise)和适应性专长(adaptive expertise)进行了区分,前者是指能使专家有效地解决标准的、熟悉的问题的图式性知识;而后者则指可以使专家灵活运用所学知识寻找非标准的、不熟悉的问题的事先不知道的答案。

根据莱斯古德等人(Lesgold, 1988)的研究,放射性研究专家能够根据所呈现的新问题的特征灵活地改变他们的表征。例如,费尔托维奇等人(Feltovich, 1984)让专家医生和新医生分别诊断一个具有“花园小径”^{*}结构的临床病例,也就是说该症状暗示了一种“典型的”(但却是错误的)疾病。结果新手比专家更容易根据假定的、抽象的疾病图式错误地诊断该病例;专家却在咨询了病人的病情之后做出了正确的诊断。费尔托维奇、斯皮罗和库尔森(Feltovich, Spiro, and Coulson, 1997)认为事实上专家具有大量组织良好的、区分度很高的图式组,这意味着他们对不匹

^{*} 用“花园小径”来形容病情的复杂和不易诊断。——译者注

配的事物更加敏感,当问题出现时,专家会比新手进行更深入、更广泛的探索。

表 9.1 是关于专家诊断一位十几年前做过部分肺切除手术的病人的 X 光照片的备忘录。幻灯片显示的是一个看似在慢性衰竭的肺,切除手术所造成的后果就是肺内部器官出现位移,备忘录显示了专家在检查这个“衰竭的肺”的时候所应用的图式以及他发现这个图式中存在异常迹象的过程,在备忘录的最后部分,专家转换到肺叶切除的图式,并对该图式进行了核查。

莱斯古德等人(1988, p.317)也从放射性研究专家的工作中发现他们的行为符合以下的一般模型:

首先,在建立心理表征的最初阶段,引导放射性诊断的每一个图式似乎都有一组先决条件,在控制观点和诊断之前必须先满足这些条件。第二,专家能有效地达到控制适当的、一般性图式

**表 9.1 来自一个专家备忘录的摘录,
显示早期图式的援引、转变和灵活性**

这里有问题,是慢性疾病:“我们也许正在处理一个慢性过程的……”

试图寻求图式:“我要了解为什么纵隔和心脏移到了右胸,没有足够的理由解释这个现象。我没有发现裂缝(肺叶的界限)的移动。”

瓦解图式的实验:也许这是右下叶的衰竭,但是右部横隔膜仍然清晰可见。这种特征不符合它……

进行验证,图式仍不相符:“再看看右胸,这些肋骨挤在一起……肋骨架挤在一起可能是因为先前的外科手术所致。事实上……第三根肋骨和第四根肋骨过于狭窄而且不规则,因此他可能以前做过外科手术……”

解释病例:“他可能做过某一些肺叶的切除手术。不可能是中叶,可能是上叶,可能是一个并不紧要的肺叶切除手术,它可能只是胸膜后部变粗而引起的一小瓣肺叶切除。”

确证:“我看不到右肺门……,事实上,可能是由于我所假设的以前的外科手术所致。……不能看见右肺门……被看成衰竭……”

来源:莱斯古德等,(1988)。

的阶段。最后，每一图式都包含一组程序使观察者能够进行诊断并加以确认。

根据沃斯、格林、波斯特和彭纳（Voss, Greene, Post, and Penner, 1983）的观点，专家知识的灵活性就是能够用专家所拥有的知识结构方式去解释信息，新信息能够被适当地结构同化。与之相似，奇、格拉泽和里斯（Chi, Glaser, and Rees, 1982）认为专家比新手拥有更多的图式及专业化图式，这使他们能更好地胜任当前的任务。专家广博的知识和分类能力也许可以引发专家的直觉。但是，当所谓的直觉上升不到意识水平时，却能在联结系统而不是规则系统内实现最佳的模拟。

认 知 过 程

奇、费尔托维奇和格拉泽（Chi, Feltovich, and Glaser, 1981）进行过一项著名的关于专家与新手分类差异的实验研究。他们给物理学专家和新手呈现一些卡片，每张卡片都是简单的初级物理学问题的图表，要求被试对这些卡片进行分类（见图9.3）。他们发现新手趋向于将问题的表面特征，诸如是否包括滑车和斜面作为分类的依据；专家的分类则以深层结构为依据，也就是以问题所包含的牛顿力学原理为依据。

请回顾一下我在本章开始时介绍的德格鲁特（DeGroot, 1965, 1966）进行的一项在早期颇具影响力的有关专长发展的认知过程的研究。研究被试为国际象棋专家和国际象棋大师，分别给五位大师和五位专家呈现一盘展开的棋局，要求他们用出声思考法报告下一步要走的棋。实验结果表明大师比专家走得更好（由独立的评价者判断）。然而，大师似乎并不比专家考虑到更多步棋或者进行更为深入的探索。德格鲁特认为这是因为大师研究或经历过更多的棋局，拥有更为丰富的棋局模式。在另一个研究

中, 德格鲁特给被试(包括大师)快速呈现一盘棋局, 要求他们凭记忆进行复盘, 大师当时能平均将91%的棋子准确复位, 而棋手专家的准确复位率为41%。德格鲁特认为大师与专家相比能对更大棋局模式进行编码。当给专家和大师呈现任意摆设的棋局时, 他们所恢复的棋子数量并没有差别——大师并没有表现出更好的记忆力。

蔡斯和西蒙(Chase and Simon, 1973)假定专家级棋手和新手的区别在于他们在任何时候所能编码的“组块”的大小上。他们要求棋手按照眼前呈现的棋局模式进行复盘, 主试记录棋手观看棋局的次数和每看一次所能放置的棋子数量, 结果表明成绩最好的棋手每看一次能够编码2.5粒棋子, 同时他看一次的时间短于成绩最差的棋手, 而成绩差的棋手每看一次只能放置1.9粒棋子。因此, 可以说专家级棋手能对更多的信息进行编码。

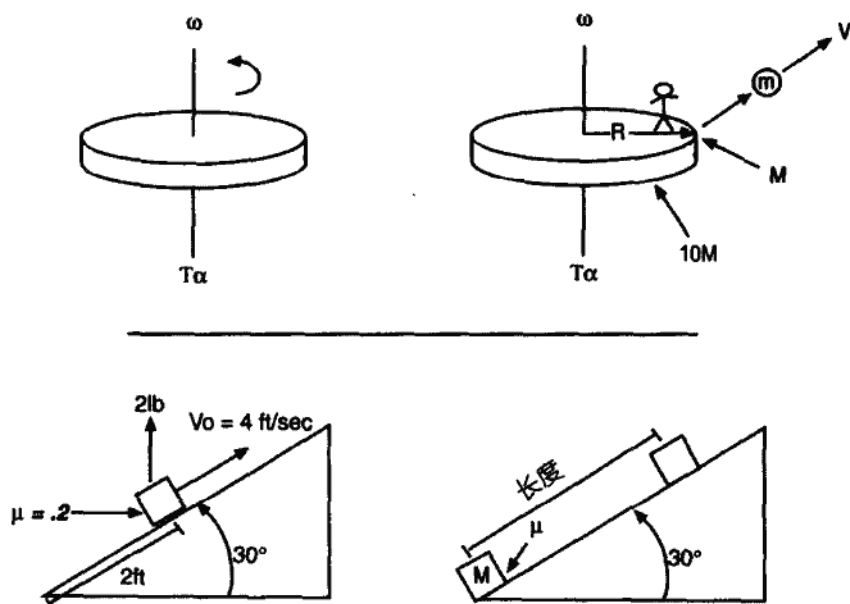
在其他的领域我们也得到了相近的结论。沃特斯、安德武德和芬德利(Waters, Underwood, and Findlay, 1997)发现了在乐谱识读过程中出现了同样的知觉“组块”。实验中他们确定了三组被试: 一组是专门学音乐的学生; 一组是通过了音乐考试的心理系学生; 还有一组被试没有音乐基础。从三组被试中各取8人, 要求他们对两首视觉呈现的音乐片段进行对比。结果表明具有音乐经验的人可以在更少、更短的视觉扫视情况下对音字符串进行编码。

从计算机编程(Mckeithen, Reithman, Rueter & hirtle, 1981)到花样滑冰(Deakin & Allard, 1991), 从各个领域的研究中得出来了相同的结论。安德森(1981)发现程序专家在对信息进行编码时能比新手回想出更多的代码串和更大容量的组块。

知觉在技能操作中的作用

按照德格鲁特、蔡斯和西蒙的观点, 知觉是象棋类技能的核心(Cooker, 1992)。然而, 这种说法也许在一定程度上有些本末

新手的问题分类图



专家的问题分类图表

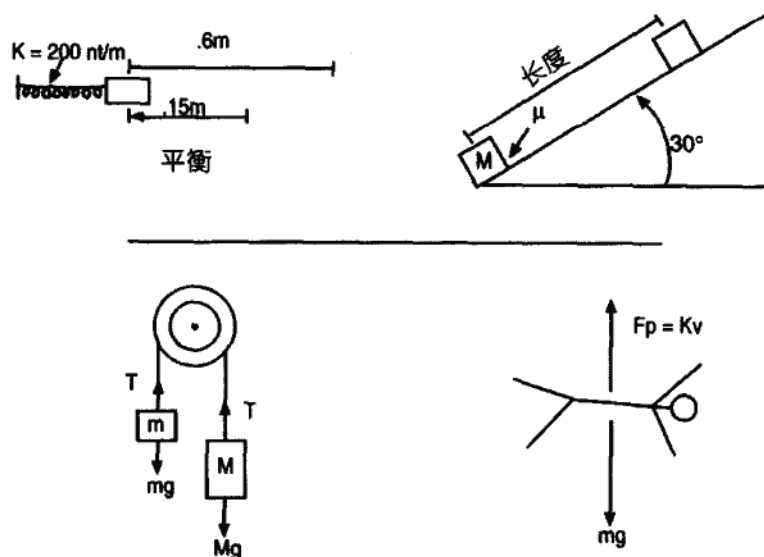


图 9.3 在奇及其同事的研究中的问题图表举例
(采自 chi 等, 1981)

倒置。识别知觉模式的能力和 problem 及情境的分类能力都是专长发展的结果。除非他们自己已具备必需的原理性知识——概念性知识，否则，您很难教会他们对问题进行分类。您也不可能在缺少相关经验和概念的情况下知觉材料。

伊根和施瓦茨 (Egan and Schwartz, 1979) 重复了经典的新手与专家完成有意或无意记忆任务的研究。这次的研究领域是电子线路制图。在某一条条件下，专家试图根据技能上相关的单元恢复有关机能定位的电子循环模型的制图，结果专家比新手更加迅速地完成了任务。伊根和施瓦茨认为与其用知觉组块 (perceptual chunking) 的假说来解释这种现象，还不如认为是因为发生了自上而下的认知过程。不是大量的知觉组块，而是概念组块 (conceptual chunking) 在起作用，也就是说更高水平的概念控制了知觉组块的排列。

在库克、阿特拉斯、莱恩和伯杰 (Cooke, Atlas, Lane, and Berger, 1991, 引自 Cooker, 1992) 的研究中也提到了概念组块，他们给棋手呈现有意义的棋局，并在棋盘呈现之前或者之后对其布局进行口头描述，当口头描述在视觉呈现之前时，专家的成绩提高。这意味着更高水平的 (概念上的) 信息有助于完成模式再认 (知觉上的) 的任务。约翰逊和默维斯 (Johnson and Mervis, 1991) 对专业女歌手的分类研究中也发现了概念知识与知觉的交互作用。

专家的分类并不比新手的分类更清晰。墨菲和赖特 (Murphy and Wright, 1984) 要求专家和新手列举出三种儿童期失调的属性，结果对每一种失调，专家列举出的特征都比新手的多，而且专家之间具有更大的相似性。但是，他们提出的失调类型的界限比新手提出的失调类型的界限更模糊。对这种差异的一种解释是新手在训练中掌握了原型实例，而专家却具有每一原型的特例，因此，他们具有一种更宽泛的类型观。

诺曼、布鲁克斯和艾伦 (Norman, Brooks, and Allen, 1989) 也提出专家的信息加工并不像更具“视觉”特征的专长领域 (如棋局模式) 里的研究发现一样“富有成果”。不过一些类型的专长能够使人根据知觉线索快速地做出决定。在许多运动中, 根据微妙的线索做出准确预见的能力可以提高运动员的击球率, 例如, 在篮球运动中, 有经验的运动员能够在前80毫秒以内预测场上的形势 (Paull & Lencross, 1997)。

专家对问题、事物 (比如狗、鱼或者树) 的分类, 通常是根据特定的目标而不是根据简单的分类方法 (Ross, 1996)。罗斯引证了大量的研究, 这些研究表明, 专家是根据目标定义的分类来做判断的。而且分类得出的是与类别成员反复相互作用的结果。在奇与其同事的研究中, 专家的项目分类法不是目标而是达到目标的一种手段 (解决相关问题的手段)。因此, 专长的发展是一个从根据表面特征的分类向根据解决方法的分类转换的问题, 而且只能首先经过解决此类问题之后才会出现。

记忆在专家操作中的作用

蔡斯和西蒙最初的研究假定短时工作记忆的容量是7个组块。在20世纪70年代和80年代对有关专家记忆的大多数研究都得出了同样的结论。但是, 最近出现的大量研究和文章引起了对这个早期结论的重新评价, 例如, 戈贝特和西蒙 (Gobet and Simon, 1996) 发现专家级棋手所能恢复棋子的位置和数量比原来预计的要多。在实验中, 大师级棋手能够以70%的正确率再造九盘棋局, 大约正确放置160个棋子。戈贝特和西蒙认为特定领域内的专家能够运用长时记忆模板编码和储存信息。

艾里克森和金茨 (Ericsson and Kintsch, 1995) 试图解释专家和技能选手怎样能在短时记忆测验的操作中处理原容量10倍 (ten-fold) 数量的信息。他们引证了大量记忆领域的研究和专长

的文献, 这些研究结果似乎与工作记忆的有限容量局限在7个项目的观点不符。

艾里克森和鲍尔逊 (Ericsson and Polson, 1988) 描述了一个著名招待员 (JC) 的事例, 招待员 (JS) 能够记住又长又复杂的订餐单。他采用一种记忆策略使得他能过后提取相关的信息。而且, 其策略能够迁移到除食物菜单以外的其他类别的任务中, 即这种策略没有领域局限性。

医学诊断也显示“短时工作记忆容量有限”的说法有问题, 许多症状和事实以一种易于恢复的形式保存在医生的记忆中直到他做出诊断。

因此, 艾里克森和金茨提出了与熟练的技能操作和专长有内在联系的长时工作记忆。专家能够将信息存储在长时记忆中而不是仅仅保留在短时记忆里。要想这么做并且动作迅速, 必须符合以下三个标准:

- 专家必须具有与所需信息相关的、广博的知识;
- 专家对所从事的活动必须十分熟悉, 不然就不可能预计什么是必须提取的信息;
- 信息的编码必须加入适当的、作为提取结构的提取线索。当提取线索被激活后, 原来的编码条件将部分重建, 从而可以使相关信息从长时记忆中提取出来。

艾里克森 (Ericsson & Charness, 1997; Ericsson & Hastie, 1994) 认为, 目前为止, 我们只是进行了专家和新手的对比, 然而, 更实用更有效的任务是考察个体重复表现出来的专长的特征。也就是说专长是可以考察的, 我们可以通过考察标准化条件下专家所擅长的一组表征任务来确定专长的标准。德格鲁特对展开的棋局和任意位置的下一步走棋的研究就是一个很好的实例。艾里克森和查尼斯 (Ericsson and Charness, 1977, p.3) 认为优异的表现最好不要用已有能力和加工程序的日益精练来解释, 而应该

用专长生成机制的精细性、独特性和依赖广泛的练习来解释。这种独特的训练，或者说是符合某一领域要求的“努力适应”，使得专家重新建构他们的操作，并获得新的方法和技能。

遗憾的是，不管我们怎么努力，那种诺贝尔奖得主和“天才”所拥有的成绩水平，总是我们大多数人可望而不可及的。就如斯腾伯格（1996b, pp.352 ~ 353）所说的：

事实上精细的练习只是一部分原因。不管心理学家工作如何努力，他们中大多数人都不会像华生一样卓越；大多数的物理学家也不会都是爱因斯坦；大多数作曲家都疑惑为什么他们就不能成为莫扎特。如果我们像约翰·华生一样让人们相信他们能将孩子塑造成他们想要的样子，这对后代将没有什么好处。行为主义时代已经过去，我们要超越它而不是老调重弹。

写作专长：一项个案研究

人们在中学、大学要解决的一项复杂任务就是写作。学术论文写作是一个定义不明确的问题，给学生一个主题（如一个评论问题）和作为惟一明确条件的字数限制，初始状态是一张白纸或一个空屏幕，目标状态则界定模糊。如果给学生一些A等论文和B等论文的条件信息，那么这种信息作为标准会增加更多的特定限制：如“A等论文应该对理论进行清楚简洁的评价……”。学生们可能发现很难判断写成的论文最终是否能满足这些限制条件。

写作研究表明，这个领域似乎存在大量的矛盾。在其他的领域里会有初学者、新手和高级专家之分。根据布赖森、贝雷特、斯卡达玛利亚和乔姆（Bryson, Bereiter, Scardamalia, and Joram, 1991）的研究，写作专长和其他领域的专长不同，因为，写作似乎不会随着经验的增加而变得容易。从新手到专家，写作都存在认知超负荷的问题。

获得权威奖项的作家不一定是（或不经常是）最具写作经验的写作者。实际上，我们很难断定谁应该被认为是高级作家。是因为他获奖最多的还是其著作最畅销？

写作新手（包括学龄儿童）经常使用的是一种“工作推进”策略，也是作家经常采用的写作方式。一旦给小学生布置一个作文题，他们就能开始写。在大学里监考人员经常看到学生展开考卷就立即开始写作文。另一方面，作家不断经历的痛苦干扰可能会使他们在其他领域被当作新手来对待（Bryson 等，1991）。

贝雷特、斯卡达玛利亚（1981）认为如果我们假设作家和新手所解决的问题并不相同的话，那么写作任务对于新手和专家来说都不容易，尤其当目标状态的定义不明确的时候，不同的写作者也许具有完全不同的目标。这种情况不仅出现在学术论文写作中的新手和专家之间，也会出现在获奖和书籍畅销的作家身上。

在学术论文写作中的另一个现象就是专家和新手差异不仅表现在写作技能和知识的运用上，也会表现在两者在特定领域内所拥有的知识量上。一个大学一年级的学生如果被安排完成一项2000字的写作任务，比如“比较皮亚杰的发展理论和维果斯基的发展理论”，也许他们以前从来没有（或者很少）接触过这种评论。不仅如此，甚至他们从没听说过皮亚杰和维果斯基。他们主要的信息来源就是教材，所以，连抄袭都不方便的时候，这些可怜的学生该怎么办？专家的情况也不见得更好，他们不断地转换自己的目标状态，写作任务中出现越来越多的冲突性限制，从而使任务存在一定的难度。

写作过程

海斯和弗劳尔（Flower & Hayes, 1980, 1981; Hayes, 1989b; Hayes & Flower, 1980）尝试概括写作过程的特征，他们把写作当成一个复杂的问题解决任务，并试图运用口语报告分析法建立

一个有关写作过程的模型（见图9.4）。该模型主要借鉴了纽厄尔和西蒙（1972）的人类问题解决模型。

在模型中，主要操作体现在任务情境中，任务情景包括任何作者自身之外的影响任务操作的因素（Hayes & Flower, p.12）。有三种主要的写作过程：计划（planning）、转换（translating）和

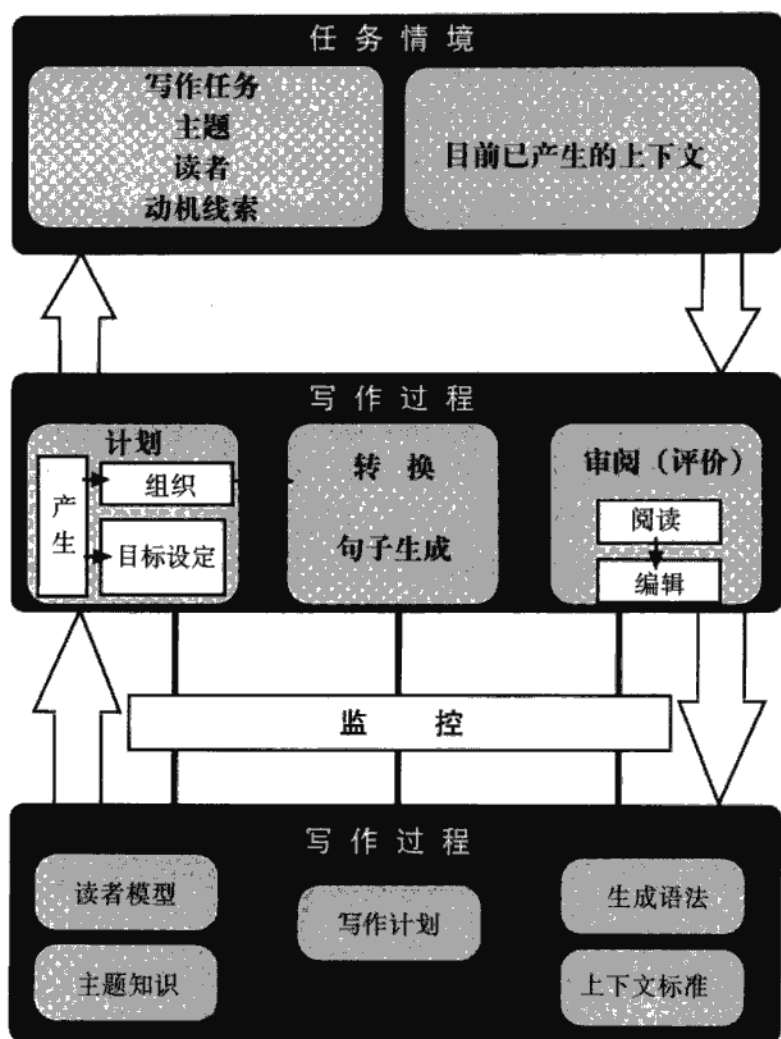


图 9.4 海斯和弗劳尔的写作模型（根据 Hayes, 1980b; Hayes & Flower, 1980）

审阅 (reviewing)。

计划: 主要包括生成、组织和目标设定三个子程序。生成过程是指运用包括动机和条件线索在内的任务情境从长时记忆中提取相关信息。组织过程从所提取的信息中选取最有用的材料并把它编入写作计划。目标设定是指一些被提取的信息虽然不能成为必要的内容信息但却是符合特定读者需求标准的。计划就像艺术家最原始的草图一样, 它们提供大纲和内容的基本信息, 而且可以及时修正。“好的计划足以展开工作并经得起讨论, 但也可以随时被抛下” (Flower & Hayes 1980, p.43)。

转化: 假定从长时记忆中抽取的信息以命题的形式存在, 这些命题需要转换成书面语言。

审阅: 这个过程分为阅读和编辑两个子程序, 用于审视写作中的偏差和扭曲, 也包括对上下文进行评价, 看其是否符合写作目的。

海斯-弗劳尔模型是一个有效的写作模型 (competent writing), 它主要强调理想的写作过程。不过该模型也允许个体差异的存在, 尤其在水平作者的写作目标和他们进行写作的限制条件方面。新手也许会遇到这些限制: 写作时间、上下文的可用性、学科知识的贫乏、避免抄袭、长度、风格、结构和适当的语言风格 (语言必须符合要写文章的体裁, 如报道、规范论文、给老奶奶的感谢信等)。专家所受的限制有: 独创性、趣味性、严谨性、吸引读者等。“写作就像各种机构按照官方规则办事一样” (Flower & Hayes, 1980, p.34), 把握不住这些大量限制的后果之一就是“认知超载” (cognitive overload)。

作家的主要限制在于修辞问题 (rhetorical problem): “不管作家要表达什么, 最后都必须符合他们根据写作目的、愉悦读者、设计好的自我或假想角色等因素所设定的结构” (Flower & Hayes; 1980, p.40)。专业知识和书面言语生产的其他限制都是

修辞问题——怎样达到写作目标的引申。为了使写作任务易于执行并避免认知超载，我们可以采取以下几个策略：

忽略限制 (Drop constraints)：“我不愿意采纳读者的观点”；“我不操心标点和拼写问题”。

分解问题 (Partition the problem)：“我将任务分解并逐步处理”。

满意 (Satisficing)：“我将采用第一个符合我的标准的问题解决办法”。

自动化 (Automatisation)：“我已经具备了常规经验和技能，所以不用再费工夫考虑语法问题或担心段落之间的衔接”。

计划 (planning)：“灵活、高水平的计划使我能够将写作分步处理之后再将它们重新整合，这样就能减轻认知负荷 (cognitive load)”。作为一个有效的写作模型，它能够通过强调或者忽视模型的这个或那个方面来解释新手与专家的差异性，例如，新手没有太多的计划，他们能够修正拼写和标点错误，但不能组织文章。

为了说明新手与专家在写作过程中设定的目标不同这一事实，贝雷特和斯卡达玛利亚 (1987) 建立了两个不同的模型：一个用来解释新手的写作问题，另一个用来解释专家的写作问题。尽管依据出声思考所记录的内容表明新手很少运用计划，但他们通常能写出连贯的、有想像力的文章。写作过程包括大量交互变量与目标的交互作用，由此，所产生的认知负荷应当（通常也会）超出写作新手（尤其是在大学水平）的承受能力，并导致写作障碍。然而，新手的确在尽力写作，尽管缺少相关内容领域的复杂知识和写作的专长，有时他们也能取得高分或写出一篇可读的故事。

贝雷特和斯卡达玛利亚认为写作新手之所以能做到这点，主要是因为他们采用了知识陈述策略 (knowledge-telling strategy)，该策略将作者遇到的问题降格为讲述个人对该主题的理解。知识

陈述模型如图 9.5 所示。在这个模型里，以主题识别为线索，按逐步扩展的刺激的过程获得知识。另一线索是论述性（或相关风格）知识（discourse knowledge），这是一种关于特定体裁书面文章的结构图式的知识。这个图式可能会当您打算写一篇文章阐述自己的观点时，为您提供相关的论据做支持。这种图式可以作为提取线索使作者能够从相关知识中提取论据证明某一论断：“凯洛格（Kellogg, 1980）的证据支持我的观点”。一般而言，在提取过程中所回顾的信息或多或少地都被记录了下来。

根据贝雷特和斯卡达玛利亚的理论，专家级作者采用另一种称之为“知识转换的策略”（knowledge-transforming strategy）。这些作家试图同时解决两个问题：作者的知识和问题；达到写作目标的问题。两者相互作用。图 9.6 显示了知识转换模型的结构。它有两个相互作用的问题空间：内容问题空间和修辞问题空

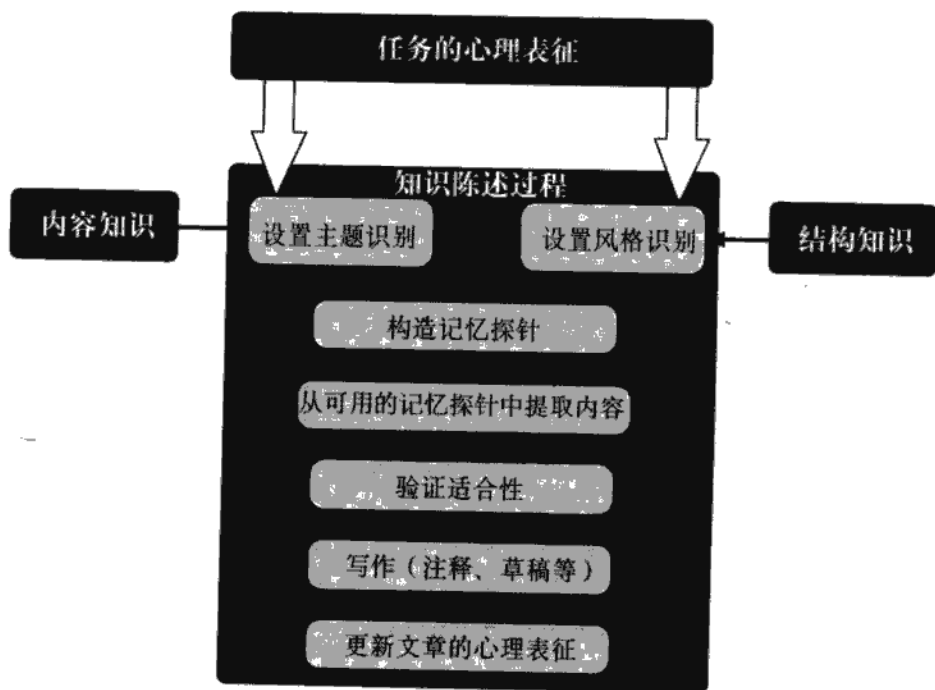


图 9.5 知识陈述模型的结构（采自 Bereiter 和 Scardamalia, 1987）

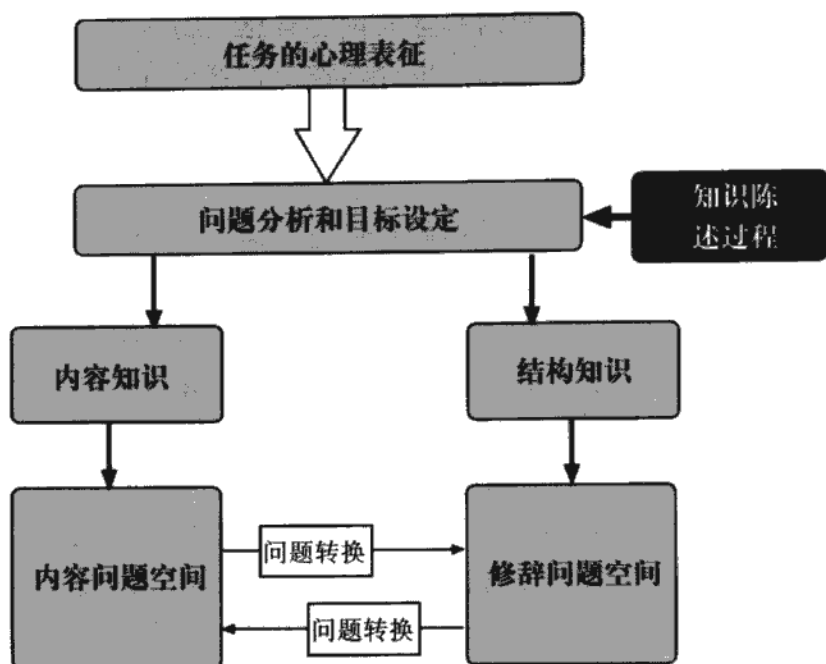


图 9.6 知识转换模型的结构（采于 Bereiter 和 Scardamalia, 1987）

间。内容知识隐含着“问题是怎样被组织起来的”，一个难度大的概念也许需要大量“锚点”、广泛的具体实例或者以类比为根据等。与之相似，决定如何解决修辞问题也隐含了个体将如何运用内容知识。“根据修辞判定中的内容含义和内容判定中的修辞含义，知识转换的作者从根本来说是对文章的问题无数次任务的心理表征进行解释的过程，从而产生了心理超载”（Bryson 等，1991，p.73）。

因此，写作专长似乎并不完全符合我们前面所陈述的奇及其合作者（1998）所列举的用于区分专家和新手的特征：

专家主要在自己的专业领域内表现优秀：可能一些领域的专家和写作专家都不符合这个结论。布里顿等人（Britton, 1989）让 5 位写作专家重写由教育领域专家写过的文章，结果发现学生能更多地记住其中 3 位写作专家的文章而不是教育领域专家的文章。

专家能在自己的领域内知觉大量的有意义的模型：在某些领域里知觉组块之间并不相关，也许写作专长就是其中一个领域。

专家的反应敏捷：专家比新手在技能操作上更为迅速，他们能更快更好地解决问题。

专家表现出卓越的短时记忆和长时记忆能力：在写作专长中如何加以证明尚不清楚。

在专业领域内洞察和表征问题时，专家处在比新手更高（根据原则性）的水平上，新手的问题表征往往停留在表面水平：这反映了写作新手和专家在写作过程特别是计划和学习等各方面所存在的差异。总之，知识陈述相对于知识转换来说是一种相对肤浅的策略，后者需要如何达到写作目的的、更深层的表征。

专家多把时间用于定性地分析问题：专家级作者通常是这么做的，在表征写作问题和计划方面表现出来。

专家具有高度的自控能力：专家级作者通常如此，在文章修改过程中能很明显地表现出来。

小 结

1. 专长和特殊表现的研究已长达一个世纪之久。最早的理论关注的是人格、智力和心理倾向的差异。然而，最近的研究表明专长和IQ的相关很小。不过，思维风格或者智力特征的差异能使不同的人在不同的领域内成为专家。
2. 专家是相对于某一领域的专家，专长不会迁移到其他专业领域，除非两个领域需要相同的技能。因此，我们认为“内容性”知识只是对某一领域而言，而“任务性”知识可以迁移到与其密切相关的领域。
3. 几种关于专长发展的阶段模型。研究已经证实在获得专长的过程中存在“中间者效应”，在这个阶段，拥有部分知识

的人比对该领域几乎一无所知的人表现更差。劳法斯特等人(1999)认为中间者效应是在研究中混淆“基础专家”和“超级专家”的副作用。

4. 蔡茨(1997)认为在中等抽象水平上进行表征,则专家的知识最易理解。中等抽象水平的概念表征(MACRS)提供了一种介于具体、特定的表征与抽象、与上下文无关的表征之间的水平。
5. 自动化使专家的操作“僵化”,这是因为人们不能再意识得到规范化的、容易操作的程序。尽管自动化能在特定的情境下导致错误,但如果专家不能灵活地运用知识,那么专家也就不能称之为专家了。如果假设存在处理典型问题的常规专长和处理新异问题的适应性专长,那么就可以解决这个两难问题了。专家具有涵盖典型和特例的图式与策略。
6. 许多领域内获得专长可以导致:
 - 迅速的分类: 专家与新手对问题的分类不同。
 - 知觉组块: 专家能够组织更大的认知结构。
 - 长时工作记忆: 专家已在自己专长的领域形成了使用长时记忆执行任务的策略,而新手只依靠容量有限的短时记忆完成任务。
7. 艾里克森和查尼斯(1994)指出研究一个领域的专家擅长什么才更有价值,专长应包括对该领域条件的努力适应。
8. 写作与众不同,因为写作任务似乎不会随着经验的增长而变得简单。处在不同阶段的作者都会根据自己的水平调整写作目标,从而使写作任务维持一定的难度水平。也就是说面临同一任务的专家和新手在试图解决不同的问题。
9. 海斯和弗劳尔的写作模型假定写作是一种包括多重限制的、复杂的问题解决形式。根据这个模型进行计划、转换和审阅的作者都试图解决修辞上的问题(试图满足作者的交流

目的)。

10. 贝里特和斯卡达玛利亚根据写作新手和专家的表现建立了两个模型。写作新手采用“出声思考”法进行所谓的“知识陈述”策略，其特点是：

- 记下您所知道的与主题相关的全部内容；
- 几乎没有计划和组织；
- 很少考虑到读者；
- 只校正表面细节（拼写、标点符号等）；

11. 写作专家采用“知识转换”策略，其特点是：

- 内容问题空间和修辞问题空间相互作用；
- 从记忆中提取的信息能依次转换成作者的交流目的；
- 具有精细的计划；
- 校正不仅包括结构调整也包括大幅度的内容调整。

第十章 结束语

解决问题过程中的问题

我们从考察问题的构成入手，以如何使您变得真正善于解决问题，使您每天所遇到的典型问题都将不再是问题而结束。首先，我们不知道如何克服限制条件，或者不清楚可以应用哪些算子，这就意味着我们对一个问题情境或一项任务的理解很困难，这样我们就遇到了一个问题。然而，我们学习对内部限制条件的操纵和学习应用哪些算子以及何时应用算子的经验会使问题迎刃而解。

限制

当一个目标被阻塞时，您就遇到了问题；当您知道了绕过这个障碍物的路线，或者知道了如何移走它时，您的问题就少了一些。通常这些阻塞是由限制条件引起的，而这些限制条件可能就是问题本身（如果不是因为一些限制，那么河内塔问题将不成为问题；如果不是因为金钱、工作和照看婴儿的原因，那么飞往墨西哥度假也将不是问题）。环境能够增加限制，例如，当周围存在许多强烈的噪音，或者当天气变坏时，一项具体任务的完成就会变得很困难。最后的限制可能就是问题解决者本人。面对一些问题的无能为力，可能归因于在问题陈述中没有提到的多余的限制。顿悟问题就是一个例子。但是，在日常问题中总会出现一些同样的问题，例如，我有一个会议要主持，而围绕议题存在各种有分歧的观点；我如何避免冲突，获得一个一致的意见呢？您假定自

已不得不选择一个高于其他观点的观点，这或许就是一个不必要的限制。可能有第三条途径可走。放宽限制或者转向不同的问题空间，这可能会产生新的表征问题的方式。

算子

要解决问题，您需要知道该做些什么。这就是，您必须能够从记忆中回忆起相关的算子。不言而喻，如果您的记忆中原本就沒有它們，那您就不可能回忆起它們。當您對所涉及的領域不熟悉時，這一點就變得更困難。另一種妨礙您成功解決問題的情況是，儘管您擁有相關的算子，但您所回憶出的卻是錯誤的。您可能會用減法來代替加法。在頓悟問題中，您或許知道要做些什麼，但您不知道您所知道的。您對於一個領域知道的越多，您就越可能在必要的时候会回忆起相关的算子，因而也就越可能把问题解决。关于某领域的知识比逻辑推理能力更重要(Novick & Holyoak 1991)。创造性的解决问题常常需要发现一个能够唤起一系列新的潜在算子的一个新的隐喻或类比。舍恩(Schon, 1993)举了一个产品开发小组为一个生产涂料刷子的工厂进行产品开发的例子。他们最初不能使人工合成的毛像天然的毛一样起作用。后来，某个人想到了一个主意，他认为涂料刷子实际上就是一种泵。这种隐喻引出了一个全新的研究方向。突然之间，他们可以研制一系列新产品。

确保您在一个新的领域内应用正确算子的另一种方法是运用一个例子。如果您能尽最大的可能模仿例子，就能最好地确保您使用正确的算子。在罗伯逊(Roberson, 2000)的一项研究中，呈现给儿童们这样一个例题：两辆汽车在不同时刻离开了同一地点，后来第二辆车超过了第一辆车。如果例题把1.5小时改写成 $3/2$ 小时，那么一些儿童就会在练习题中把2小时改写成 $4/2$ 小时，尽管这样做是完全不必要的。他们之所以要把它转换一下就是因

为在例题中是这么做的。这个故事的寓意是，当您不能肯定自己所做的是正确的时候，您最好使自己的首次经验稳健一些。

目标

问题随着目标的性质而变化。在一些问题中答案是已知的，问题的解决者只需要找出如何达到目标的方法。在另一些问题中，目标可能只被含糊地表述，但当您发现它时，您需要对它进行辨认。例如在一个代数问题中，目标是要求您求出“ x ”的值，而当您得到“ $x = \text{某某}$ ”时，您也就得到了答案。同样地，如果您试图为一个新产品起一个吸引人的名字，当您已经想出了一个名字时，您也就知道了您是否完成了这个任务。当然，还会有某种针对明确性或含蓄性程度的检验，它会告诉我们目标是否被完全满足了。有些其他问题的目标还要更含糊一些，直到您已经把它们完成时，您才知道自己要达到的目的是什么。写作就是一个例子，艺术创作则是另一个例子。

问题表征

试图解决一个问题或做出一个决定，或者仅仅是注意什么的方式取决于环境中各因素的突出特征。因此，突出特征是影响我们表征世界（包括我们面对的问题）方式的因素之一。一个购房者，一个建筑师，以及一个正在看房子的窃贼，他们将会发现房子的不同方面的突出特征。因此，人们根据他们的过去经验对问题和情境产生出不同的表征。这样做的结果是人们有可能用在训练中熟练掌握的可能解决问题的方法去解决问题。（Hayes & Simon, 1974; Simon & Hayes, 1976）。博士熟练地运用各种信息资料，企图让我们按照一定的方式来表征它。

环境以某些方式表现出的特征很可能就是相关的或重要的特

征。虽然大多数情况下，注意到环境中显现的那些突出特征是极有启发作用的，但也有一些时候它会把您引向歧途。我们的感知系统已经进化了几百万年，它能够使我们对物体和表情进行迅速的识别。但我们的感知系统也会因为同样的原因而成为视错觉的牺牲品。我们读句子的方式会导致我们最初的误解，如同读“老人船”这个句子那样。类似地，您从难题书中看到的各种技巧性问题，它们所依赖的就是突出一些特征，并且影响您如何做出反应。活动栏 10.1 给出了一些虽然琐碎但很典型的例子（答案见 287 页）。

在一些较重要的环境中，他们发现的突出的特征对他们的行为有或好或坏的影响。解决顿悟问题或创造性的解决一个问题的方法，往往涉及把一些迄今为止不相干的特征突显出来。在舍恩的新涂料刷子的例子中，刷毛之间的空隙突然间变得比刷毛本身更重要（那就是涂料被抽出来的地方）。经验（学习）引起了那些突出特征的改变。对于不同的人来说，发现事物不同特征的不同方式归因于人们各自经验的不同。这种差异在工作时间相差较小的专家与新手之间表现得比在专家与新手的工作时间相差数年的更明显。在奇、费尔托维和格拉泽（1981）关于新手与专家的差别研究中，专家所发现的突出特征不同于新手发现的那些突出特

活动 10.1

1. 一个农民有 17 只羊，除了 9 只都死了。他还剩多少只羊？
2. 如果把 joke 拼写成 J O K E, folk 拼写成 F O L K, 那么，鸡蛋的蛋清 (white) 如何拼写？
3. 在一个房间里，有一个篮子，篮子里有 6 个苹果，房间里有 6 个女孩。每个女孩拿了一个苹果，篮子里还有一个苹果。这是怎么回事？
4. 两个罗马尼亚人上了公共汽车。一个罗马尼亚人是另一个罗马尼亚人的儿子的父亲。这是怎么回事？

征。一种情境的突出特征能够启动一套习得的程序（可以将小汽车驾驶盘右手边的手柄轻拉下来示意向右转）。而当情境改变时，这些特征可能就变得不相关了（挡风玻璃的雨刷打开时）。在邓克尔的烛台问题中，一方面，盒子作为容器这一特征是突出的，而当把它空着呈现时，它的这一特征就并不突出。

当然，关注一些表面特征通常也是可靠的，因为它们常常能反映出一些潜在结构上的特征。如果某种有羽毛的东西是您以前没见到过的，那么判断它能飞的可能性最大。这是一个历时规则（diachronic rule）的例子（Holland et al., 1981）。然而，另一方面，基于人的肤色或民族而得出结论或其他行为方式方面的判断，那将是一件很愚蠢的事，因为这些特征不会告诉您任何关于个人的东西（见 Hinton, 2000）。

直到问题解决者对他所研究的问题有了一个心理上的表征时，问题的解决才能开始。从作业环境中产生的表征应包括基于主题的推理、从长时记忆巨大的语义网络里回忆起的信息，以及任务环境中的信息所暗示给我们的算子。这种形式的问题表征就是纽厄尔和西蒙所描述的两大问题解决过程中的一种。以您所能做的事情种类和您所能接触到的问题状态的种类来表征问题，称为在他们的图式内的“理解”。在知识依赖性问题的解决过程中，最初的理解形式以对整个问题的搜索为基础。在新手的问题解决过程中，最初的心理模型是靠翻译问题的文字表述得来的。对专家来说，这一过程有些不同：“专业知识使人可以用识别来代替搜索”（Vanlehn, 1989, p.529）。对专家而言，问题表述中的特征会启动一些适当的图式，这些图式有时会依次指出适当的解决程序，范莱恩把它称为“图式的另一半”（1989, p.548）。

迁 移

学习从一种背景迁移到另一种背景的可能性取决于短时工作记忆中的目标和长时记忆中的源资料两者所形成的表征。一个问题的一种形式的表征要包括学习过的上下文的各个方面。上下文在回忆中的作用是我们所熟知的。如果您把某物品放错地方了,那么回到您一直放过它的地方,这将会有助于您想起用它做过些什么。在考试中,学生常常会发现他们不能确切地回忆起他们需要的那些信息,但他们记得那些信息是在他们的课本一个左手页的右下角。我们所需要的信息所在的位置是不重要的,但它仍然储存在记忆痕迹中。

问题的突出特征与上下文共同决定一个特定的源资料是否可能首先被读取。如果一个相关的源问题被发现,那么,它需要做一些调整来适应当前的情境。当这个过程发生了,并且发现了解决的办法,那么,这就是一个正迁移的例子。在相对很少的情况下,如果学习某东西妨碍了我们学习一些新东西,那么这就是负迁移的例子。负迁移的例子包括心理定势(Einstellung)和功能固着(functional fixedness)。它们共同意味着,我们的活动模式、我们的习惯或者我们对一些工具和材料的使用,这些都会妨碍对解决问题的行为和功能的取舍。另外,过分强调我们所精通的程序中消极的方面是一种危险。它们都是相当有用的,而且99%的时候它们都能使我们实现目标。

上下文在迁移中所起的作用越大,这个迁移就越具体。换句话说,一般的迁移包括从一种上下文向另一种上下文迁移知识或技能。这种知识必须在某种程度上被前后联系起来,才能使迁移发生。正如辛格利和安德森所指出的(Anderson & Singley, 1993; Singley & Anderson, 1985, 1989),当源资料和目标内的要素(产

生规则)之间存在重迭时,才会发生特殊的迁移。一般的迁移也包括技能的重迭。为写一篇实验报告,在心理学数据库中搜索相关文章的学习将有助于学生在考古学数据库中为了写一篇该领域的报告而搜索相关文献的学习。舒恩和安德森(Schunn & Anderson, 1999)列举了一个“作业领域”专家迁移的例子。诺维克已经证实存在高度抽象的表征方法的迁移(Novick, 1990; Novick & Hmelo, 1994);而且彭宁顿、雷赫德(1996)和缪勒(1999)都强调概念迁移的重要。类推迁移依赖于源资料与目标之间存在的某种相似性。他们可以有同样的对象或表面特征,或具有同样的潜在结构。金特纳的结构-绘制理论(Falkenhainer et al., 1989; Gentner, 1983, 1989; Gentner & Toupin, 1986)解释了如何克服两种情境表面特征的影响,把与之相干的结构从一种情境绘制到当前的情境中。

学 习

尽管知识的迁移常受上下文的限制约束这是事实,(上下文通常是“呆滞的”)我们仍设法去学习。事实上,通常用类推作为一种教学手段(Mayer, 1993; Petrie & Oshlay, 1993)运用已知的或在课本中出现的例子做类推,最终都能将它们之间共有的特征抽象化。一个人学习识别问题类型和探索适当的解决方法,最终是以图式的形式对它的表征进行描述。经过多年的扩展练习以后,就会依次形成某一领域的专长。若想在一些多变的情境中能够应用问题图式,那么它就必须得是通用的,可以在很多情境下应用,并且是足够详细或具体的,可以用来解决特定的范例。 $E = mc^2$ 实际上不是来告诉您如何解决一个已知问题的。方程和一般原理通常都很抽象以至于它不能帮助初学者。从经验中形成的图式表征必须处在适当的抽象水平。

在已经从一些例子中归纳出一种问题图式后，我们就应当能够把它应用到新的事例中。有关我们如何从经验中总结出图式的模型很多，第八章只涉及了它们中的一些。尽管概括是一种很重要的机制，但具体化也很重要。在学习规则本身的同时，也要学习这些规则不适用的特例：除了在字母 c 和其他几个不违反规则的字母之后以外，字母 i 是在 e 之前。专家的发展包括图式的学习，这种学习包括事例的通则，也包括例外。由于这个原因，专家的表征可以很灵活，而且他们至少在某种程度上能够克服机械性的影响。

尽管本书主要着眼于包含在问题解决和学习中的一般认知过程，但是还有许多其他的变量影响着一个人能否成功地解决问题，实现他的目标，学习一个新的领域，可以在这个领域畅行，或者设法达到一种可以称作卓越成就的水平。正如最后一章指出的，有许多因素影响我们如何解决问题和最终发展为专家。查尼斯、克拉姆和 迈尔（1996）描述了一种因素分类，这些因素在技能获得和卓越成就的发展中都是很重要的。外在的社会因素（如，父母的、文化的和财政的支持），内在因素（如，动机、竞争力）和外在的“信息的”因素（专业的性质以及关于它的信息来源）都是影响一个人投入练习的数量和质量。它们依次与认知系统相互作用，包括系统的“软件”（知识基础和问题解决的过程）和“硬件”（例如，工作记忆容量，加工速度）。对于一些领域来说，不同的因素很可能会比其他因素更重要。例如，熟练的国际象棋表演更多地依赖于认知系统而不是外在因素，尽管后者也不容忽视。

图 10.1 包括了一些在本书中没有提到的因素。个人的任何作业成绩都受许多因素整体的影响，这些因素包括文化的、社会的以及背景等因素，还有与它们相互作用的，通常很稳定的动机的、个性的和生理的因素。这些因素与时刻改变的知识的内在差异之

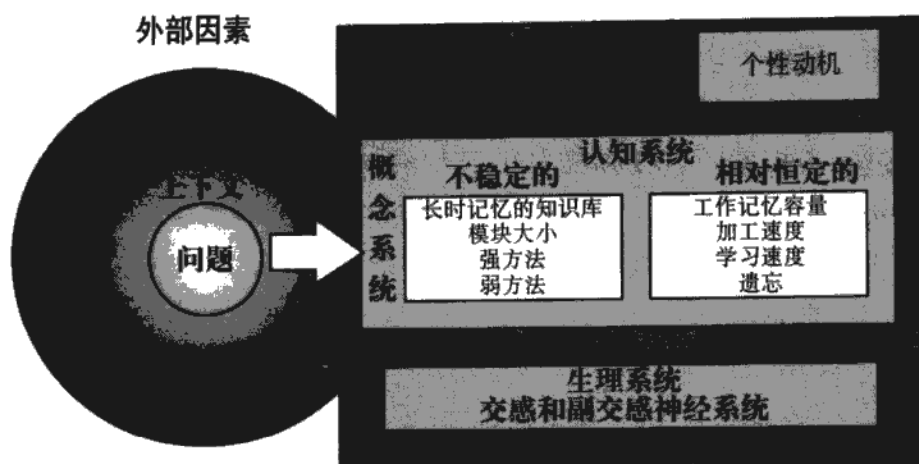


图 10.1 影响问题解决和学习的外部 and 内部因素

间，以及与相对地保持稳定的认知过程的差异之间相互影响（在一些限度内）。一个具体的问题是嵌入在某种即时的上下文中的，这种上下文可能具有某些需要的特性。解决者可能问自己“我为什么被约来做这个实验。这可能是一种记忆任务吗？”二择一的问题可能是一种类似于暴风雪中的汽车在一个不知道的地方抛锚的情况。在这种情况下，像温度这样的物理因素就会影响问题解决的性质。

社会背景可能非常重要。例如，正是因为其他人在场而影响了加工速度（Zajonc, 1965, 1980）。文化背景可以影响一个人如何看待问题，甚至是否认为当前的情境是问题。一种文化可能会花时间来研究多少天使能在大头针的末梢跳舞，或者妇女是否有灵魂这样的问题。另一种文化则会认为这些问题是不值得放在首要位置来考虑的。上下文关系、社会背景、个体的神经系统以及个性因素能够共同地影响作业成绩。在一个测试中，回答一篇文章中问题的成绩与坐在家里的壁炉旁回答同样问题的成绩会截然不同。

总的说来，本书集中研究了问题的上下文与认知系统之间的

相互作用，而且试图展示了人类一般（偶尔是一些其他形式的信息加工系统）是如何设法解决问题的。如果我们想要充分地理解任何一个已知的个体是如何面对一个特定类型的问题的话，就需要进一步探索图 10.1 所概括的其他领域。面对一个问题，有的人最初并不能解决它，后来成为（或没能成为）世界级的专家，如果我们要弄明白这其中的个体差异，那么上述这些领域同样需要我们认真思考。

答 案

第二章

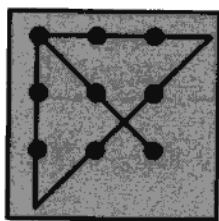
状态行动空间：在大楼中找到你的路

大楼的构造如下：

301—304	楼梯	305—308	楼梯	309—312
321—324	电梯	317—320	电梯	313—316

第三章

九个圆点问题的解决方法



第四章

活动 4.3

(A) 简单的前提



(B) 复杂的前提



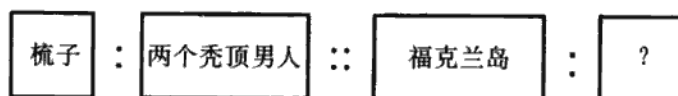
三种图形的顺序像这样改变：圆—正方形—三角形变为正方形—三角形—圆，再变为三角形—圆—正方形，以此类推。同时，图形的颜色也变化：一白—一黑，二白—二黑，三白—三黑。

第五章

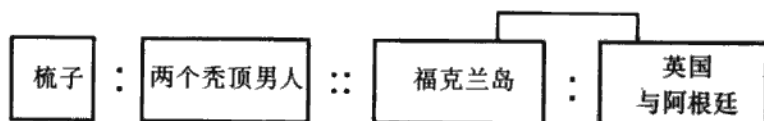
活动 5.2

分析隐喻：“福克兰岛事件就像两个秃顶男人为抢一把梳子而争斗。”

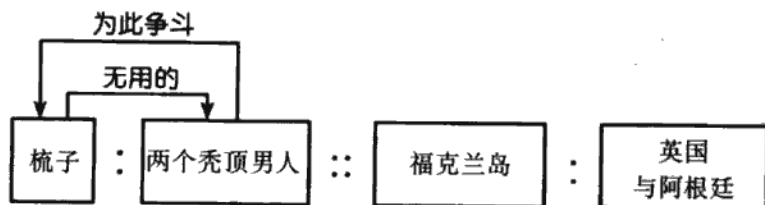
a. 给各项的意义编码



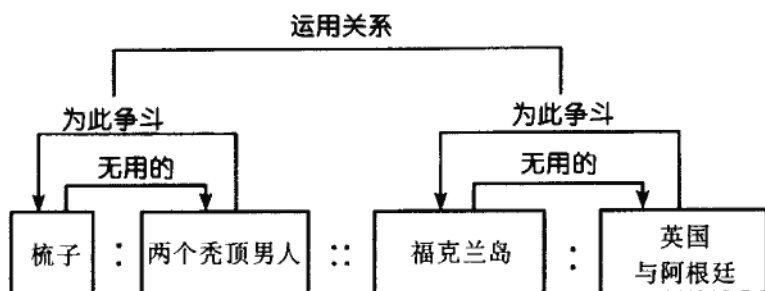
b. 推断缺失项



c. 推断关系。秃顶男人不需要梳子。然而，他们却为此争斗。



d. 运用这些关系来理解国家与福克兰岛之间的关系。



第八章

活动 8.1

把它们相乘 (2 3)

$\times 23$

将会变成

把它们相加 (712 91)

$+23$

名称由“把它们相乘”变为“把它们相加”(即使你不改变它的名称, 这个方程仍会起作用)。数字由2变为712, 由3变为91。最后, 算术的算子由 $\times$ 变为 $+$ 。

第十章

活动 10.1

1. 9

2. WHITE

3. 其中一个女孩拿了装有一个苹果的篮子。

4. 一个是他的妈妈。

词 汇 表

抽象知识 (abstract knowledge): 一种陈述性知识, 是一般原理的知识。

抽象定义的问题 (abstractly defined problems): 这种问题具有定义良好的问题的所有成分, 只不过目标是用抽象的术语定义的。

适应性专长 (adaptive expertise): 通过寻找特定的方法来解决不标准、不熟悉的问题, 这类专门知识能够让专家灵活地运用他们的知识。

算法 (algorithm): 问题解决的程序, 如果被详细说明就能够确保起作用。

相似问题解决 (analogical problem solving): 用一个熟悉的问题去解决不熟悉的问题。相似物(熟悉的问题)的结构特征被映射到不熟悉的问题上。

相似迁移 (analogical transfer): 把在一种情形中习得的知识运用到一种新的情形中(看相似问题解决)。

中项 (arguments): 在谓项计算的例子中, 中项就是那些受谓项支配的对象, 就像在“给(Bill, Mary, 花)”这个例子中, “给”所处位置就是谓项, 而括号内的对象就叫中项。

属性映射 (attribute mappings): 从一种情境到另一种情境的属性的映射。例如, 牛奶和水具有共同的属性特征即它们都是液体。

属性 (attributes): 一个概念的性质或特征。

自动化 (automaticity): 操作已经变得自动了 (而且很迅速), 并且不再需要注意资源来执行。

组块 (chunk): 一种数字结构, 构成知识的基本单位。

近变式 (close variant): 与另一个问题相似的问题, 如果用它来解释那个问题, 那么几乎不需要对这个问题做什么调整。

认知建构 (cognitive architecture): 一种心理结构理论, 这种建构能够描述一系列认知行为所必需的功能和系数。

汇编知识 (compiled knowledge): 这种知识最初是陈述性的, 后来被自动化, 因此不容易被有意识的审查所理解。

概念的核心 (conceptual core): 一个概念的不依赖于背景的特征。

概念结合的前提 (conceptual integration hypothesis): 概念被假定为充当问题的已知条件与所要求的答案之间的中介。这个前提解释了这样一个事实: 如果两种任务包含同样的概念, 那么通过联系, 从一种任务到另一种任务的知识迁移偶尔会增加。例如, 从解决纵横填字的字谜到得出它们。

条件简化的概括 (condition-simplifying generalisation): 当一个概念的两个或更多的实例特征被认为是不相关的时候, 这种概括就产生了。这些特征可以从概念的表征中被忽略。例如, 猫的皮毛的颜色与猫能否“喵喵叫”没什么关系。

联结机制 (connectionism): 由神经元一类的结点组成的认知结构, 通过一些具有不同连结力的链条连接而成。学习和表征是由结点间权重的格局构成的。

保守归纳 (conservative induction): 人们往往对他们所做出归纳的概括很谨慎, 因此这些概括可能包含许多不相关的具体细节。

限制 (constraints): 问题的某些方面, 它们所起的作用是限制了哪些行动是可行的或恰当的。

依赖上下文的信息 (context-dependent information): 是关于概念的信息, 它往往容易受一定背景的限制。

不依赖上下文的信息 (context-independent information): 是一个范畴和一个概念的特征, 它们在背景中往往保持恒定。

表面故事 (cover story): 在问题陈述中所描述的“故事”或情境。

陈述性知识 (declarative knowledge): “知其然”——一个人所知道的关于世界的具体情节和一般的语义知识。这种知识要么是对的, 要么是错的。利用这种知识不需要依靠什么 (看程序性知识)。

陈述性记忆 (declarative memory): (见陈述性知识)。

演绎 (deduction): 从一个或一些事例概括到整个系列的新的事例。

历时规则 (diachronic rules): 随着时间而变的规则。历时规则有两类: 预言规则可以预期世界上很可能发生什么, 例如, “如果一个人惹恼了一只狗, 那么狗就会吠叫”; 效应规则告知系统在给定的情境下如何行动, 例如, “如果一只狗追赶你, 那么赶快跑开”。

图形表征 (diagrammatic representation): 以图形的形式对任务、概念或情境进行的表征。

差别缩小 (difference reduction): 一般目的问题解决的启发式, 它包括估计你所在的位置与目标间的距离, 并且努力找到一种算子来缩小这一距离。

论述的知识 (discourse knowledge): 以图式形式呈现的知识, 是关于某种类型写作结构的知识 (也看风格)。

差别较大的变式 (distant variant): 一个问题, 它的结构的一些方面与它是同一类型的问题相差很多。这样, 运用其中的一个去解决另一个就需要做很大的调整。

领域 (domain): 知识、技能或努力的范围。

领域通用的 (domain-general): 应用于任一和一系列领域的知识、策略和程序。

领域特殊的 (domain-specific): 关于一个领域的具体的知识、策略和程序。

心向 (Einstellung): 一种类型的心理定势(见定势效应)。当可能获得更直接的方法时,人们就会选择习惯性的问题解决办法。

详尽的推理 (elaborative inferences): 建立在对文章理解基础上的推理。例如,一辆小汽车超过了一辆与它从同一地点出发且早于它的小汽车,这个问题就包括对两辆小汽车做出已经走过同样的距离的详尽推理。

情节知识 (episodic knowledge): 一种陈述性知识,有关个人经历事件的知识。

样例类比 (example-analogy): 一种类比问题解决的观点,通过运用源样例的细节知识来帮助解决当前靶问题。

经验阶段 (experiential stage): 专业知识发展的第二个阶段。一种对因果关系的理解,这种因果关系巩固了随着对经验中事例的抽象而形成的知识系统。

专家阶段 (expert stage): 专业知识发展中的第三个阶段。学习者可以对各种系统的表征进行抽象概括,所获得的知识可以进行迁移。

外部记忆 (external memory): 环境中的任何一个客体都可以被用来储存信息,那样就能减轻工作记忆的负担或帮助长时记忆,样例就成了通讯录和记事本。

事实知识 (factual knowledge): 一种陈述性知识,关于事实的一般知识。

完全顿悟 (full insight): 解决问题的方法突然间被获得了(看部分顿悟)。

功能固着 (functional fixedness): 一种定型的作用、一个物体的典型的或最常见的功能使得一个人很难发现这个物体其他的可能的功能。

功能固定性 (functional fixity): (看功能固着)。

一般的迁移 (general transfer): 领域通用的技能的迁移(也被称作“可迁移的技能”)。

风格 (genre): 适用于所做文章类型的语言——一个报告,一篇正式的小说,一封感谢信,它们属于不同的风格。

问题的已知条件 (givens of a problem): 问题陈述中所描述的情境。

目标群 (goal stack): 假设人类的行为是受目标指引的,目标是成体系的(成群的)被安排的。因此,如果一个总目标包括实现一个子目标,那么这个子目标就可以成为这一体系首要的,并且要首先来实现。

目标状态 (goal state): 当你实现了你的问题解决的目标时你所处的地方。

启发式 (heuristics): 单凭经验形式的方法,能够帮助制约问题(因此常能加速问题的解决),但不能保证会起作用。

爬山法 (hill climbing): 有系统地搜索策略,包括从当前的状态向更接近目标的状态移动。当问题的目标——子目标都不很清晰时使用此法。

同构问题 (homomorphic problems): 结构相似但并不完全相同的问题(例如可能有一些额外的约束——看异物同构问题)。

同构论 (homomorphism): 通过“多对一”的映射形成的关于世界的模型,世界上大量事件的状态都被映射成较小数量的状态放在关于这个世界的心理模型中。

同一成分理论 (identical elements theory): 只有当两种情境和任务间存在相似的表面成分时才能够发生。

定义不良的问题 (ill-defined problem): 这样一种问题, 解决它的方法不是立刻就显示出来的, 要么是由于相关的算子没有被详细说明, 要么是由于目标描述不够清楚。

绝境 (impasse): 在问题解决中一个人受阻的那一点。通常, 在问题解决可以继续之前, 一个人不得不走一些“弯路”来创造一个子目标, 进而排除绝境。

潜伏 (incubation): 假定的一个没有意识到的过程, 尽管事实上你从没有意识到你正在思考的问题, 但在这个过程中问题的答案好像突然间进入到了你的脑子里。

归纳 (induction): 从具体事例中抽象出一般规则的过程。

信息加工 (information processing): 对关于世界的心理表征 (信息) 进行操作 (加工)。

信息加工系统 (information-processing system, IPS): 加工符号和符号的结构系统, 这些符号是从心理上对外部世界的表征。人类有一定的加工局限。

信息通路 (informationally encapsulated): 与其他系统相隔离的系统, 例如视觉和听觉。

起始状态 (initial state): 问题开始的状态 (例如, 一个文章的问题和一张白纸)。

顿悟 (insight): 一种现象, 依靠它不需要什么明显的有意识的运算就能想出解决办法。解决办法就像是突然间闯入意识之中。

以事例为基础的概括 (instance-based generalisation): 从一个概念的一个或多个事例概括出的相似性存在着变化性, 这种变化性取决于一个人对于事例特征的变化性的认识。PI 系统 (Holland et al., 1986) 可以从一个事例或多个事例的经验中作出概括。

示例 (instantiation): 一个普通概念或变量的具体的形式或例子 (一个实例)。

中间者效应 (intermediate effect): 在一些领域, 一个阶段的学习者在他通往成为专家的途中, 在某些种类的任务的成绩上会出现下降的情况。因此, 尽管新手有了较多的经验, 但他们仍过多地依靠媒介物行事。

异物同构问题 (isomorphic problems): 一类问题, 它们的潜在的解决方法的结构是相同的。

异物同构 (isomorphs): (看**异物同构问题**)。

知识状态 (knowledge state): 在问题解决中你所处的特定阶段, 具体指的是你在那一刻所达到的心理状态。

知识贫乏的 (knowledge-lean): 需要很少的知识就能解决的问题。

知识丰富的 (knowledge-rich): 需要高级的领域知识才能解决问题。

知识讲述策略 (knowledge-telling strategy): 一种写作策略的, 能够把作者所面对的问题缩减, 它能说明一个人关于主题所知道的东西。

知识转变策略 (knowledge-transforming strategy): 一种专家写作策略, 在这一策略中, 作者试图解决表征他或她的知识和信念的问题, 而且还要解决达到文章的目标的问题。

横向思维 (lateral thinking): 通过搜索一个二选一的问题空间, 而不是在整个问题空间里搜索, 来解决定义不良的问题或顿悟问题。

横向归纳 (liberal induction): 基于较少的证据描述出概括的轮廓——通常只是一个例子。

长时记忆 (long-term memory, LTM): 对于事件、一般知识、程序、策略等的记忆, 它们的保持超过几分钟。现在还不知道长时记忆中的信息容量和可以保持的时间限度。

手段-目的分析 (means-ends analysis): 一般目的问题解决

决的启发式，它包括把一个问题拆分成可以解决的子目标。通过分析当前问题状态与子目标间的差距，并且选择一种能够减小这种差距的方法，这才能使得问题空间解决继续下去。

心理词汇 (mental lexicon): 我们头脑中储存的单词；它们的拼写、发音和含义。

心理模型 (mental model): 通常是以形象为基础的表征。这类表征是关于某物如何工作的以及如何想像某种情境。

心理表征 (mental representation): 关于物体、问题、事件的情况、布局等的知识成果被储存在头脑里。与在现实世界中处理事情的方式相似，表征会以同样的方式在头脑中被操作。

元认知 (metacognition): 知道了认知是如何进行的，例如记忆的工作机制，因此一个人就能够控制它们。

中等抽象水平的概念表征 (moderately abstract conceptual representation): 一种各抽象概念间的抽象中间体的水平，例如一般原理或方程和具体的例子。

负迁移 (negative transfer): 学习在一种情境下解决问题阻止或妨碍在另一种情境下解决相似的问题（看积极迁移）。

结点 (nodes): 状态—行动图表的分岔点；在联结系统里的像神经元一样的成分。

算子 (operator): 能够被用来改变问题的状态的行动；例如，“移动一个环”，“成倍地增加”，“乘公共汽车”。

算子限定 (operator restrictions): 由一个问题强加给的约束，通常说明了你不可以做什么。

部分顿悟 (partial insight): 对问题的一种顿悟，反映出一个人如何行事才能实现解决的办法（看完全顿悟）。

计划 (planning): 写作中的一个过程。它包括从长时记忆中概括出信息，并将之运用于任务情境这样的子过程。

正迁移 (positive transfer): 学习在一种情境中解决问题能

够使你增加在另一种情境中解决相似问题的速度和准确性(见负迁移)。

学习的幂定律 (power law of learning): 似乎是一种支配学习的规律: 某件事我们练习越多, 它就变得越容易, 但却更加难以改进 (改进是练习的一种幂函数)。

谓项计算 (predicate calculus): 基于谓项和它们的中项进行表征知识的方法。

谓项 (predicate): 一个或多个对象间的关系, 我们可以把它表述为谓项。在“给 (Bill, Mary, 花)”这个例子中“给”就是谓项 (看中项)。

前理论阶段 (pretheoretical stage): 专业知识发展的第一个阶段。在这一阶段, 从记忆中提取具体事例要依赖于当前情境的表面特征和储存在记忆中的事例。

初步理解 (primary understanding): 这种理解发生在学生对信息的理解停留在表面的水平; 通常它的抽象水平与信息表征的水平相当或低于后者。

合理性原则 (principle of rationality): 人们会选择那些他们认为会实现他们的目标的行动, 与这一事实有关的原理有各种不同的表现形式。行动的选择取决于知识和加工系统的能力范围。

原理暗示 (principle-cueing): 相似问题解决的观点。靠它来搜索源问题能够暗示出潜在的原理, 这一原理可以用来依次解决目标问题。

问题模型 (problem model): 情境模型的一种, 包括一些有关如何在问题段落中描述的情境转化成一种解决方法的程序这样的知识。例如, 它可能包含一些有关从文本中提取出的合乎格式的知识。

问题图式 (problem schema): 从经验中抽象出的问题结构, 它能使我们鉴别出一种特定类型的新问题, 并且能发现潜在的有

用的解决策略。

问题空间 (problem space): 通过问题表述、上下文联系, 以及过去经验中所表述的信息建立起来的关于问题的心理表征。这种表征包括通过应用问题解决算子所能达到的状态。

问题理解 (problem understanding): 依据问题表述中的信息 (有关目标、初始状态、限制条件和运用已知算子) 与个人过去的经验来构建关于问题的初始心理表征的过程。

问题变式 (problem variants): 同一基本类型的不同问题。变式可以是很相近——例如, 一个练习的问题与一个榜样的问题——或者两者相差较多——例如, 有的榜样问题需要做很大的调整才能用来解决当前的练习问题。

程序性知识 (procedural knowledge): “知其所以然”——关于如何做某事的知识 (骑自行车, 游泳, 烤蛋糕)。在一个人实现目标方面多少有一些作用。

程序性记忆 (procedural memory): (看程序性知识)。

产生式系统 (production systems): 思维和问题解决的模型, 在那里行为被看作是相继而生的且实际上是由规律决定的。规律 (产生程序) 的一般形式是“如果……那么” (条件—行动规律)。

创造思维 (productive thinking): 产生一种问题解决办法有赖于对问题“深层结构”的理解。

比例类比 (proportional analogies): $A : B :: C : D$ 形式的类比 (A 比 B 就像 C 比 D), 在这种类比中, A 和 B 之间的关系与 C 与 D 之间的关系是“成正比的”。

命题 (propositions): 描述一个论述或主张的知识单元, 通常以谓项加中项形式呈现。

命题表征 (propositional representation): 一系列命题的形式抓住深层含义的表征。

理性 (rationality): 这个有两层含义: ①逻辑上正确的思维;

②运用它能够推动我们目标的思维。多数情况下在课本中是指第二种含义（看合理性原则）。

递归 (recursion): 一种解决方法的程序。包括在这个过程内运用同样的算法直到某种不定的条件被实现。例如，如果要查明某人是否得了流感，那就要核实他们是否亲吻了得了流感的人。依次地，要查明那个人是否得了流感，就要核实他是否曾经亲吻过其他得了流感的人；以此类推。

深入理解 (reflective understanding): 当学生们认识到问题较深层次的结构特征并将它们与以前的知识联系起来时，就发生了深入理解。

有关要素 (relational elements): 组成一个概念与另一个概念之间关系的一系列要素。按照比贾等人的观点（1991）“轮子是自行车的一部分”包含有关要素“包括”和“连接”。

再现思维 (reproductive thinking): 运用以前习得的解决办法来解决问题。这种方法由问题的类型引起，而不是由对问题的“深度”理解引起的（看创造思维）。

重构 (restructuring): 格式塔心理学术语。当当前的表征对一些问题不奏效时，就有必要寻找一种新的问题表征，这就是重新建构。

审阅 (reviewing): 在写作，再细分的阅读和编辑中都包含的一种操作。这一过程能审查出书面表达中不规范的地方。它也包括对文章做某种评价，看它是否与作者的目标一致。

修辞问题 (rhetorical problem): 有关写散文时要使之与作者的目标保持一致的问题，而且它是直接指向预期的读者的。

常规的专家 (routine expertise): 意指基于图式的知识，专家用它来有效地解决标准的、熟悉的问题。（看适应性专长）。

规则归纳 (rule induction): （看归纳）。

图式 (schema): 由多个语义知识点以及它们之间的联系组

成的知识结构（看问题图式）。

搜索 (search): 从事问题解决包括在问题空间里搜索。解决者寻找一系列可以用来解决问题的算子。

搜索图 (search graph): (搜索树) 类似于一个状态—行动图解, 问题空间的图形式描述。

语义联想 (semantic associations): (看语义学)。

语义网络 (semantic network): 语义上相互联系的概念的网络 (也看语义学; 扩散激活)。

语义空间 (semantic space): (看语义学)。

语义贫乏的问题 (semantically lean problems): 解决者遇到的、没有多少优先的知识可以指派的问题。对解决者来说这样的问题没有多少语义联想。

语义学 (semantics): 关于含义的学科。一个人拥有的关于一个词和一个概念的知识越多 (一个词具有越多的联想和联系), 它的语义空间就越大。

语句表征 (sentential representation): 对于一项任务, 一个概念和一种情境的表征实际上通常都是线性的; 而它是以文章描写的形式表征的。

定势效应 (set effect): 当有一种较简单的方式可以做一件事时, 人们就会运用一种习得的规则或程序来做。

短时记忆 (STM) (short-term memory) (STM): 集中记忆中的容量有限的信息储存。这些信息未必经受过太多的加工或解释。

处于某种境地的学习 (situated learning): 一种学习理论, 强调学习背景在迁移学习上的重要性 (尤其是社会背景)。

情境模型 (situation model): 在一篇文章中所描述的情境的心理模型, 是从文本中提取出来的。

槽 (slot): 图式表征中的要素 (包括命题的表征), 槽可以被

赋予一定的值。

解决方法的发展 (solution development): 朝着一种解决方法操作——解决问题时, 一些失败的尝试有时可以帮助琢磨问题是什么, 进而把解决者引向一条更有成果的解决方法的途径。

解决方法的程序 (solution procedure): 一种方法, 通常包含一系列的行动, 用以解决问题。

源问题 (source problem): (也被称作**基础问题**) 较早期的问题, 通常在长时记忆里, 可以用来做一种类比来解决当前的靶问题。

特殊迁移 (specific transfer): 领域特殊的技能的迁移——通常从一个问题到另一个十分相似的问题。

扩散激活 (spreading activation): 与当前背景相关联的语义网络中的记忆痕被激活, 有一些比其他的强一些。激活一个记忆痕导致许多高于某种阈值水平的相关记忆也被激活。

状态空间 (state space): 所有能够达到的问题状态的空间以及它们之间的途径(**问题空间**)。解决者可以应用一种算子沿着一条途径从一个状态到达另一个状态。状态空间可以直观被描述成一个状态——**行动图解**或**搜索图**。

状态—行动图解 (state-action diagram): (看**状态空间**)。

状态—行动空间 (state-action space): (看**状态空间**)。

强方法 (strong methods): 我们所知道的问题解决方法, 用它可靠地解决问题。

结构特征 (structural features): 与问题解决方法相关的那些特征, 可以用它来划分问题类型。

结构盲 (structurally blind): “再生产”问题的解决, 不考虑问题的潜在结构(看**再现思维**)。

结构上相似的问题 (structurally similar problems): 具有相同潜在解法结构的问题(也看**结构特征**)。

子目标 (sub-goaling): (看方法—目标分析)。

下级类目 (subordinate category): 某些类目能够分等级地识别。“长毛垂耳狗”是高级类目“狗”的下级类目。

上级类目 (superordinate category): 某些类目能够分等级地识别。“长毛垂耳狗”是高级类目“狗”的下级类目。

表面特征 (surface features): 问题的那些与解决方法不相关的特征。

表面相似性 (surface similarities): 两个问题可能很相似, 因为它们是关于同一类事物的 (例如, 计算机), 尽管问题的潜在结构或许不相同 (也看表面特征和结构特征)。

符号结构 (symbol structures): 由符号集合而成的结构。

符号的标志 (symbol tokens): 一个符号标志代表一个符号。一个词、物体、事件等, 它们特定的出现 (一个符号标志) 要把信息加工者归结为符号本身。

符号 (symbols): 对世界上某一事物的表征, 例如句子中的词、画像中的对象、数字、算术算子等等。

共时规则 (synchronic rules): 表征一个物体和它的种类全体成员的一般特征的规则。有两种共时规则: 绝对的和联想的。绝对规则是这样一种类型: “如果一个物体是一只狗, 那么它是一个动物”。联想规则是这样的类型: “如果一个物体是只狗, 那么会激活‘骨头’的概念”。

系统性原理 (systematicity principle): 依照金特纳的类推理论, 人们喜欢把关系描绘成等级系统, 在这一系统中, 较高级的关系约束较低级的关系, 系统性控制了一个类推起作用的程度。

靶问题 (target problem): 当前需要解决的问题 (当前处在工作记忆中)。一个源问题被找到 (通常是从长时记忆中) 并作为一个类比来使用。

任务情境 (task environment): 问题所处的背景。问题情境

可能包含某种特定的与问题相关的信息或提示,可以帮助从长时记忆中提出与问题相关的信息。

终点 (terminal nodes): 状态——行动图终止的地方(解决者不能进一步继续)。终点或许是一个目标状态或者是一个彻底的完结。

文本 (textbase): 一个段落最初的命题表征。从这一文本中,我们能(希望)推出一个情境模型——段落中所描述的情境的心理模型,包括复杂的推理。

迁移的适度加工 (transfer-appropriate processing): 在加工的信息中,学习者必须考虑正在学习的背景的目标,并且相应调整学习的策略。例如,目标是作诗,那么最好按照字的发音来进行信息编码。

过渡作用 (transition function): 一种作用,能在现实世界或在心理模型中产生一种状态的改变。运用一个算子于一个特定状态的元素就会产生向另一个状态的过渡。

翻译 (translating): 写作中的一种操作。从长时记忆中提取出的信息被假定是以命题形式存在的,这些命题需要被翻译成普遍的写作文体。

透明度 (transparency): 两个问题情境中的物体看起来起到同样的作用和具有同样的特征时的那个度。当物体间存在大量的语义相似性时就产生了高透明度,一个解决者或类比推理者就能比较容易地看出一种情境如何映射到另一种情境上。当物体间存在很少的语义相似性时,尽管它们起着同样的作用,但这时出现仍是低透明度的(“军队”和“射线”)。

理解 (understanding): (看问题理解)。

认知的综合理论 (unified theories of cognition): 一些认知理论,这些理论试图尽可能多地解释人类的认知行为,这样做的最终目标是要得出一个单独的认知表征框架和模型。

不稳定的表征 (unstable representations): 这涉及到一个事实——我们关于哪些是概念的相关特征的知识随着背景的改变而变化。

字句草案 (verbal protocols): 在解决者解决问题时, 要求他出声思考, 由此获得的草稿。

无力的方法 (weak methods): 当我们不知道如何解决一个问题时所使用的一般目标问题解决法。

定义良好的问题 (well-defined problem): 从这样的问题中, 解决者能够获得关于目标状态、算子和约束条件的信息。

逆向运算 (working backwards): 一种问题解决策略, 包括从目标状态开始, 然后从它起做逆向运算, 查出需要做些什么(即需要实现哪些子目标)。

工作记忆要素 (Wimees) (working memory elements (wimees)): 一种块; 构成暂时贮存起来的知识的基本单元的数字结构。

工作记忆 (WM) (working memory (WM)): 短期的仓库, 当进行加工时信息都装在那里。有时当作是与短时记忆等价的来使用, 尽管强调比起传统的对于短时记忆的“消极”观点来, 它是一个更具动态特点的记忆系统。

参 考 文 献

- Adelson, B. (1981). Problem solving and the development of abstract categories in programming languages. *Memory & Cognition*, 9, 422-433.
- Adelson, B. (1984). When novices surpass experts: The difficulty of a task may increase with expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 483-495.
- Ahlum-Heath, M.E., & DiVesta, F.J. (1986). The effects of conscious controlled verbalization of a cognitive strategy on transfer in problem solving. *Memory and Cognition*, 14, 281-285.
- Anderson, J.R. (1980). *Cognitive psychology and its implications*. New York: W.H. Freeman.
- Anderson, J.R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89, 369-406.
- Anderson, J.R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson, J.R. (1987). Skill acquisition: Compilation of weak method problem situations. *Psychological Review*, 94(2), 192-210.
- Anderson, J.R. (1990). *The adaptive character of thought*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Anderson, J.R. (Ed.) (1993). *Rules of the mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Anderson, J.R. (2000a). *Cognitive psychology and its implications* (5th ed.). New York: W.H. Freeman.
- Anderson, J.R. (2000b). *Learning and memory: An integrated approach*. New York: Wiley.
- Anderson, J.R., Boyle, C.F., & Yost, G. (1985). *The geometry tutor*. Paper presented at the Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence-85, Los Angeles.
- Anderson, J.R., Farrell, R., & Sauers, R. (1984). Learning to program in LISP. *Cognitive Science*, 8, 87-129.
- Anderson, J.R., & Fincham, J.M. (1994). Acquisition of procedural skills from examples. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 1322-1340.
- Anderson, J.R., Reder, L.M., & Simon, H.A. (1996). Situated learning and education. *Educational Researcher*, 25(4), 5-11.
- Anderson, J.R., & Singley, M.K. (1993). The identical elements theory of transfer. In J.R. Anderson (Ed.), *Rules of the mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

- Anderson, J.R., & Thompson, R. (1989). Use of an analogy in a production system architecture. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 267-297). London: Cambridge University Press.
- Ashcraft, M.H. (1994). *Human memory and cognition* (2nd ed.). New York: HarperCollins.
- Atkinson, R.C., & Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K.W. Spence & I.T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 2). London: Academic Press.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Baddeley, A. (1997). *Human memory: Theory and practice* (rev. ed.). Hove, UK: Psychology Press.
- Baddeley, A.D. (1981). The concept of working memory: A view of its current state and probable future development. *Cognition*, 10, 17-23.
- Ballstaedt, S.-P., & Mandl, H. (1984). Elaborations: Assessment and analysis. In H. Mandl, N.L. Stein, & T. Trabasso (Eds.), *Learning and comprehension of text* (pp. 331-353). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Barsalou, L.W. (1989). Intraconcept similarity and its implications for interconcept similarity. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. London: Cambridge University Press.
- Bartlett, F.C. (1932). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bassok, M. (1990). Transfer of domain-specific problem solving procedures. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(3), 522-533.
- Bassok, M. (1997). Two types of reliance on correlations between content and structure in reasoning about word problems. In L.D. English (Ed.), *Mathematical reasoning: Analogies, metaphors, and images. Studies in mathematical thinking and learning* (pp. 221-246). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Bassok, M., & Holyoak, K.J. (1989). Interdomain transfer between isomorphic topics in algebra and physics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 153-166.
- Beck, I.L., & McKeown, M.G. (1989). Expository text for young readers: The issue of coherence. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 47-66). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Bejar, I.I., Chaffin, R., & Embretson, S. (1991). *Cognitive and psychometric analysis of analogical problem solving*. New York: Springer-Verlag.
- Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1987). *The psychology of written composition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Bernardo, A.B.I. (1994). Problem specific information and the development of problem-type schemata. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 379-395.
- Berry, D.C. (1983). Metacognitive experience and transfer of logical reasoning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35A, 39-49.
- Beveridge, M., & Parkins, E. (1987). Visual representation in analogical problem solving. *Memory and Cognition*, 15(3), 230-237.
- Black, M. (1993). More about metaphor. In A. Ortony (Ed.), *Metaphor and thought* (pp. 19-41). Cambridge: Cambridge University Press.
- Blanchette, I., & Dunbar, K. (2000). How analogies are generated: The roles of structural and superficial similarity. *Memory and Cognition*, 28(1), 108-124.
- Blessing, S.B., & Ross, B.H. (1996). Content effects in problem categorisation and problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(3).

- Boden, M. (1994). Précis of "The creative mind: Myths and mechanisms". *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 519-570.
- Brainerd, C.J., & Reyna, V.F. (1993). Memory independence and memory interference in cognitive development. *Psychological Review*, 100, 42-67.
- Bransford, J.D., Arbritman-Smith, R., Stein, B.S., & Vye, N.J. (1985). Improving thinking and learning skills: An analysis of three approaches. In J.W. Segal, S.F. Chipman, & R. Glaser (Eds.), *Thinking and learning skills* (Vol. 1, pp. 133-206). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Bransford, J.D., Barclay, J.R., & Franks, J.J. (1972). Sentence memory: A constructive versus interpretative approach. *Cognitive Psychology*, 3, 193-209.
- Bransford, J.D., & Stein, B.S. (1993). *The ideal problem solver* (2nd ed.). New York: W.H. Freeman.
- Brewer, W.F., & Treyens, J.C. (1981). Role of schemata in memory for places. *Cognitive Psychology*, 13, 207-230.
- Britton, B.K., Van Dusen, L., Gulgoz, S., & Glynn, S.M. (1989). Instructional texts rewritten by five expert teams: Revisions and retention improvements. *Journal of Educational Psychology*, 81(2), 226-239.
- Broadbent, D.E. (1975). The magical number seven after fifteen years. In R.A. Kennedy & A. Wilkes (Eds.), *Studies in long-term memory*. New York: Wiley.
- Brown, A.L., & Palincsar, A.S. (1989). Guided cooperative learning and individual knowledge acquisition. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 393-452). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Brown, D.E., & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18(4), 237-261.
- Brown, J.S., & Burton, R.R. (1978). Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills. *Cognitive Science*, 2, 155-192.
- Brown, J.S., & VanLehn, K. (1980). Repair theory: A generative theory of bugs in procedural skills. *Cognitive Science*, 4, 379-426.
- Bryson, M., Bereiter, C., Scardamalia, M., & Joram, E. (1991). Going beyond the problem as given: Problem solving in expert and novice writers. In R.J. Sternberg & P.A. Frensch (Eds.), *Complex problem solving* (pp. 61-84). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Bugliosi, V. (1978). *Till death us do part*. New York: Bantam Books.
- Byrne, M.D., & Bovair, S. (1997). A working memory model of a common procedural error. *Cognitive Science*, 21(1), 31-61.
- Byrnes, J.P. (1992). The conceptual basis of procedural learning. *Cognitive Development*, 7, 235-257.
- Carbonell, J.G. (1982). *Experiential learning in analogical problem solving*. Paper presented at the AAAI-82: Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence, Los Altos, CA.
- Carbonell, J.G. (1983). *Derivational analogy and its role in problem solving*. Paper presented at the Third National Conference on Artificial Intelligence, Washington, DC.
- Cardinale, L.A. (1991). Conceptual models and user interaction with computers. *Computers in Human Behavior*, 7(3), 163-169.
- Carey, S., & Spelke, E. (1994). Domain-specific knowledge and conceptual change. In L.A. Hirschfield & S.A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 169-200). Cambridge: Cambridge University Press.
- Carraher, T.N., Carraher, D., & Schliemann, A.D. (1985). Mathematics in the streets and in the schools. *British Journal of Developmental Psychology*, 3, 21-29.
- Carroll, J.M., Smith-Kerker, P.L., Ford, J.R., & Mazur-Rimet, S.A. (1987-88). The minimal manual. *Human-Computer Interaction*, 3, 123-153.

- Catrambone, R., & Holyoak, K.J. (1989). Overcoming contextual limitations on problem-solving transfer. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(6), 1147-1156.
- Ceci, S.J. (1996). *On intelligence: A bioecological treatise on intellectual development*. London: Harvard University Press.
- Ceci, S.J., & Likert, J.K. (1986). A day at the races: A study of IQ, expertise, and cognitive complexity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 255-266.
- Chaffin, R., & Herrmann, D.J. (1987). Relational element theory: A new account of the representation and processing of semantic relations. In D. Gorfein & R. Hoffman (Eds.), *Memory and learning: The Ebbinghaus Centennial Conference*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Chaffin, R., & Herrmann, D.J. (1988). *The nature of semantic relations: A comparison of two approaches*. New York: Cambridge University Press.
- Chan, C.S. (1997). Mental image and internal representation. *Journal of Architectural and Planning Research*, 14(1), 52-77.
- Charness, N., Krampe, R., & Mayr, U. (1996). The role of practice and coaching in entrepreneurial skill domains: An international comparison of life-span chess skill acquisition. In K.A. Ericsson (Ed.), *The road to excellence: The acquisition of expert performance in the arts and sciences, sports and games*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Chase, W.G., & Simon, H.A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4, 55-81.
- Chen, Z., & Daehler, M.W. (1989). Positive and negative transfer in analogical problem solving by 6 year old children. *Cognitive Development*, 4(4), 327-344.
- Chen, Z., Yanowitz, K.L., & Daehler, M.W. (1995). Constraints on accessing abstract source information: Instantiation of principles facilitates children's analogical transfer. *Journal of Educational Psychology*, 87(3), 445-454.
- Chi, M.T., Bassok, M., Lewis, M.W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Chi, M.T.H., & Bassok, M. (1989). Learning from examples via self-explanations. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 251-282). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Chi, M.T.H., de Leeuw, N., Chiu, M.H., & LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-478.
- Chi, M.T.H., Feltovich, P.J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Chi, M.T.H., Glaser, R., & Farr, M.J. (Eds.) (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Chi, M.T.H., Glaser, R., & Rees, E. (1982). *Expertise in problem solving* (Vol. 1). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Chronicle, E.P., Ormerod, T.C., & MacGregor, J.N. (in press). When insight just won't come: The failure of visual cues in the nine-dot problem. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.
- Clancey, W.J. (1997). The conceptual nature of knowledge, situations, and activity. In P.J. Feltovich, K.M. Ford, & R.R. Hoffman (Eds.), *Expertise in context* (pp. 247-291). London: MIT Press.
- Cobb, P., & Bowers, J. (1999). Cognitive and situated learning perspectives in theory and practice. *Educational Researcher*, 28(2), 4-15.
- Cohen, G. (1996). *Memory in the real world*. Hove, UK: Psychology Press.
- Collins, A.M., & Loftus, E.F. (1975). A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.

- Collins, A.M., & Quillian, M.R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 8, 240-248.
- Conway, M., & Kahney, H. (1987). Transfer of learning in inference problems. In J. Hallam & C. Mellish (Eds.), *Advances in artificial intelligence*. Chichester, UK: John Wiley.
- Cooke, N. (1992). Modelling human expertise in expert systems. In R.R. Hoffman (Ed.), *The psychology of expertise: Cognitive research and empirical AI* (pp. 31-60). New York: Springer-Verlag.
- Cooke, N.J., Atlas, R.S., Lane, D.H., & Berger, R.C. (1991). *The role of high-level knowledge in memory for chess positions* (unpublished manuscript). Houston, TX: Rice University.
- Cooper, G., & Sweller, J. (1987). Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem solving transfer. *Journal of Educational Psychology*, 79(4), 347-362.
- Copeland, B.J. (1993). *Artificial intelligence: A philosophical introduction*. Oxford: Blackwell.
- Curtis, R.V., & Reigeluth, C.M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, 13, 99-117.
- Darling, D. (1996). On creating something from nothing. *New Scientist*, 151(2047), 49.
- Dawkins, R. (1995). *River out of Eden*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Deakin, J.M., & Allard, F. (1991). Skilled memory in expert figure skating. *Memory and Cognition*, 19, 79-86.
- DeGroot, A.D. (1965). *Thought and choice in chess*. The Hague: Mouton.
- DeGroot, A.D. (1966). Perception and memory versus thought. In B. Kleinmuntz (Ed.), *Problem solving*. New York: Wiley.
- Dellarosa-Cummins, D. (1992). The role of analogical reasoning in the induction of problem categories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18(5), 1103-1124.
- Dennett, D.C. (1996). *Darwin's dangerous idea*. London: Penguin.
- Donnelly, C.M., & McDaniel, M.A. (1993). Use of analogy in learning scientific concepts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(4), 975-987.
- Dreyfus, H.L. (1997). Intuitive, deliberative, and calculative models of expert performance. In C.E. Zsombok & G. Klein (Eds.), *Naturalistic decision making. Expertise: Research and applications* (pp. 17-28). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Duncker, K. (1945). On problem solving. *Psychological Monographs*, 58 (Whole no. 270).
- Egan, D.E., & Schwartz, B.J. (1979). Chunking in recall of symbolic drawings. *Memory and Cognition*, 7, 149-158.
- Eisenstadt, M. (1988). *PD622 Intensive Prolog*. Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Elio, R., & Scharf, P.B. (1990). Modeling novice-to-expert shifts in problem-solving strategy and knowledge organization. *Cognitive Science*, 14(4), 579-639.
- Elo, A. (1978). *The rating of chessplayers, past and present*. New York: Arco.
- Ericsson, K.A., & Charness, N. (1997). Cognitive and developmental factors in expert performance. In P.J. Feltovich, K.M. Ford, & R.R. Hoffman (Eds.), *Expertise in context* (pp. 3-41). Cambridge, MA: MIT Press.
- Ericsson, K.A., & Hastie, R. (1994). Contemporary approaches to the study of thinking and problem solving. In R.J. Sternberg (Ed.), *Thinking and problem solving* (2nd ed.). New York: Academic Press.
- Ericsson, K.A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102, 211-245.
- Ericsson, K.A., Krampe, R.T., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100(3), 363-406.
- Ericsson, K.A., & Polson, P.G. (1988). A cognitive analysis of exceptional memory for restaurant orders. In M.T.H. Chi, R. Glaser, & M.J. Farr (Eds.), *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

- Ericsson, K.A., & Simon, H.A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data* (rev. ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Ericsson, K.A., & Smith, J. (1991). Prospects and limits of the empirical study of expertise: An introduction. In K.A. Ericsson & J. Smith (Eds.), *Toward a general theory of expertise: Prospects and limits* (pp. 1-38). Cambridge: Cambridge University Press.
- Erlich, K., & Soloway, E. (1984). An empirical investigation of tacit plan knowledge in programming. In J.C. Thomas & M.L. Schneider (Eds.), *Human factors in computing systems*. Norwood, NJ: Ablex.
- Eylon, B.-S., & Reif, F. (1984). Effects of knowledge organization on task performance. *Cognition and Instruction*, 1(1), 5-44.
- Falkenhainer, B., Forbus, K.D., & Gentner, D. (1989). The structure-mapping engine: Algorithm and examples. *Artificial Intelligence*, 41, 1-63.
- Feltovich, P.J., Johnson, P.E., Moller, J.H., & Swanson, D.B. (1984). LCS: The role and development of medical knowledge in diagnostic expertise. In W.C. Clancey & E.H. Shortliffe (Eds.), *Readings in medical artificial intelligence* (pp. 275-319). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Feltovich, P.J., Spiro, R.J., & Coulson, R.L. (1997). Issues in expert flexibility in contexts characterized by complexity and change. In P.J. Feltovich, K.M. Ford, & R.R. Hoffman (Eds.), *Expertise in context* (pp. 126-146). London: MIT Press.
- Ferguson-Hessler, M.G.M., & de Jong, T. (1990). Studying physics texts: Differences in study processes between good and poor performers. *Cognition and Instruction*, 7(1), 41-54.
- Flower, L.S., & Hayes, J.R. (1980). The dynamics of composing: Making plans and juggling constraints. In L.W. Gregg & E.R. Steinberg (Eds.), *Cognitive processes in writing* (pp. 31-50). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Flower, L., & Hayes, J.R. (1981). Plans that guide the composing process. In C.H. Fredriksen & J.F. Dominic (Eds.), *Writing: The nature, development and teaching of written communication*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Fodor, J.A. (1985). Précis of "The modularity of mind". *Behavioral and Brain Sciences*, 8(1), 1-42.
- Frensch, P.A., & Buchner, A. (1999). Domain-general versus domain-specificity in cognition. In R.J. Sternberg (Ed.), *The nature of cognition*. London: MIT Press.
- Frensch, P.A., & Funke, J. (Eds.). (1995). *Complex problem solving: The European perspective*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Frensch, P., & Sternberg, R.J. (1989). Expertise and intelligent thinking: When is it worse to know better? In R.J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 5, pp. 157-188). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. New York: Basic Books.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical reasoning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. London: Cambridge University Press.
- Gentner, D., & Forbus, K.D. (1991a). *MAC/FAC: A model of similarity-based access and mapping*. Paper presented at the 13th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Chicago, IL.
- Gentner, D., & Forbus, K.D. (1991b). *MAC/FAC: A model of similarity-based retrieval*. Paper presented at the 13th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Chicago, IL.
- Gentner, D., & Gentner, D.R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. In D. Gentner & A.L. Stevens (Eds.), *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Gentner, D., Rattermann, M.J., & Forbus, K.D. (1993). The roles of similarity in transfer: Separating retrievability from inferential soundness. *Cognitive Psychology*, 25, 524-575.

- Gentner, D., & Schumacher, R.M. (1987). *Use of structure mapping theory for complex systems*. Paper presented at the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 14-17 October, 1986, Piscataway, NJ.
- Gentner, D., & Toupin, C. (1986). Systematicity and surface similarity in the development of analogy. *Cognitive Science*, 10, 277-300.
- Gick, M.L. (1985). The effect of a diagram retrieval cue on spontaneous analogical transfer. *Canadian Journal of Psychology*, 39(3), 460-466.
- Gick, M.L. (1988). Two functions of diagrams in problem solving by analogy. In H. Mandl & J.R. Levin (Eds.), *Knowledge acquisition from text and pictures* (Vol. 58, pp. 215-231). Amsterdam: North-Holland.
- Gick, M.L., & Holyoak, K.J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306-356.
- Gick, M.L., & Holyoak, K.J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38.
- Gick, M.L., & McGarry, S.J. (1992). Learning from mistakes: Inducing analogous solution failures to a source problem produces later successes in analogical transfer. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 623-639.
- Gigerenzer, G., & Todd, P.M. (Eds.) (1999). *Simple heuristics that make us smart*. Oxford: Oxford University Press.
- Gilhooly, K.J. (1996). *Thinking: Directed, undirected and creative* (3rd ed.). London: Academic Press.
- Giora, R. (1993). On the function of analogies in informative text. *Discourse Processes*, 16, 591-596.
- Glaser, R. (1984). The role of knowledge. *American Psychologist*, 39(2), 93-104.
- Glaser, R. (1996). Changing the agency for learning: Acquiring expert performance. In K.A. Ericsson (Ed.), *The road to excellence: The acquisition of expert performance in the arts and sciences, sports, and games*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Glaser, R., & Bassok, M. (1989). Learning theory and the study of instruction. In M.R. Rosenzweig & L.W. Poerter (Eds.), *Annual review of psychology* (Vol. 40, pp. 631-666). Palo Alto, CA: Annual Reviews Inc.
- Gobet, F., & Simon, H.A. (1996). Templates in chess memory: A mechanism for recalling several boards. *Cognitive Psychology*, 31(1), 1-40.
- Graybiel, A.M. (1998). The basal ganglia and chunking of action repertoires. *Neurobiology of Learning and Memory*, 70, 119-136.
- Greeno, J.G. (1974). Hobbits and Orcs: Acquisition of a sequential concept. *Cognitive Psychology*, 6, 270-292.
- Greeno, J.G. (1977). Process of understanding in problem solving. In N.J. Castellan, D.B. Pisoni, & G.R. Potts (Eds.), *Cognitive theory* (Vol. 2, pp. 43-83). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Greeno, J.G., Moore, J.L., & Smith, D.R. (1993). Transfer of situated learning. In D.K. Detterman & R.J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (pp. 99-167). Norwood, NJ: Ablex.
- Halpern, D.F. (1996). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking* (3rd ed.). Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Halpern, D.F., Hanson, C., & Riefer, D. (1990). Analogies as an aid to understanding and memory. *Journal of Educational Psychology*, 82(2), 298-305.
- Hasemer, T., & Domingue, J. (1989). *Common Lisp programming for artificial intelligence*. Wokingham, UK: Addison-Wesley.
- Hatano, G., & Inagaki, K. (1986). Two courses of expertise. In H. Stevenson, H. Azuma, & K. Hatuka (Eds.), *Child development in Japan*. San Francisco, CA: W.H. Freeman.
- Hawking, S.G. (1988). *A brief history of time*. London: Bantam Press.

- Hayes, J.R. (1989a). *The complete problem solver* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Hayes, J.R. (1989b). Writing research: The analysis of a very complex task. In D. Klahr & K. Kotovsky (Eds.), *Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon* (pp. 209-268). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Hayes, J.R., & Flower, L.S. (1980). Identifying the organisation of writing processes. In L.W. Gregg & E.R. Steinberg (Eds.), *Cognitive processes in writing* (pp. 3-30). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Hayes, J.R., & Simon, H.A. (1974). *Understanding written problem instructions*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Heller, J.I. (1979). *Cognitive processes in verbal analogy solutions*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh.
- Hiebert, J., & Lefevre, P. (1986). Conceptual and procedural knowledge in mathematics: An introductory analysis. In J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics* (pp. 1-27). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Hinsley, D.A., Hayes, J.R., & Simon, H.A. (1977). *From words to equations: Meaning and representation in algebra word problems*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Hinton, P. (2000). *Stereotypes, cognition and culture*. Hove, UK: Psychology Press.
- Hoffman, R.R. (Ed.) (1992). *The psychology of expertise: Cognitive research and empirical AI*. New York: Springer-Verlag.
- Hofstadter, D. (Ed.). (1997). *Fluid concepts and creative analogies: Computer models of the fundamental mechanisms of thought*. London: Allen Lane, The Penguin Press.
- Holland, J.H., Holyoak, K.J., Nisbett, R.E., & Thagard, P.R. (1986). *Induction: Processes of inference, learning and discovery*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Holyoak, K.J. (1984). Mental models in problem solving. In J.R. Anderson & S.M. Kosslyn (Eds.), *Tutorials in learning and memory: Essays in honour of Gordon Bower* (pp. 193-218). San Francisco, CA: W.H. Freeman.
- Holyoak, K.J. (1985). *The pragmatics of analogical transfer*. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 19). New York: Academic Press.
- Holyoak, K.J., & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory and Cognition*, 15(4), 332-340.
- Holyoak, K.J., & Thagard, P. (1989a). Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 13(3), 295-355.
- Holyoak, K.J., & Thagard, P.R. (1989b). A computational model of analogical problem solving. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. London: Cambridge University Press.
- Holyoak, K.J., & Thagard, P. (1995). *Mental leaps*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hong, E., & O'Neil, H.F. (1992). Instructional strategies to help learners build relevant mental models in inferential statistics. *Journal of Educational Psychology*, 84(2), 150-159.
- Hughes, P. (1996). Failing the comprehension test. *New Scientist*, 151(2046), 45.
- Hull, C.L. (1920). Quantitative aspects of the evolution of concepts. *Psychological monographs*, 28(123).
- Humphrey, N. (1984). *Consciousness regained*. Oxford: Oxford University Press.
- Humphrey, N. (1992). *A history of the mind*. London: Chatto & Windus.
- Hunt, E. (1994). Problem solving. In R.J. Sternberg (Ed.), *Thinking and problem solving* (2nd ed.). New York: Academic Press.
- Iding, M.K. (1993). Instructional analogies and elaborations in science text: Effects on recall and transfer performance. *Reading Psychology: An International Quarterly*, 14, 33-55.
- Iding, M.K. (1997). How analogies foster learning from science texts. *Instructional Science*, 25(4), 233-253.

- Issing, L.J., Hannemann, J., & Haack, J. (1989). Visualization by pictorial analogies in understanding expository text. In H. Mandl & J.R. Levin (Eds.), *Knowledge acquisition from text and picture* (pp. 195-214). Amsterdam: Elsevier.
- Johnson, K.E., & Mervis, C.B. (1997). Effects of varying levels of expertise on the basic level of categorization. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126(3), 248-277.
- Johnson-Laird, P.N. (1988a). *The computer and the mind: An introduction to cognitive science*. London: Fontana Press.
- Johnson-Laird, P.N. (1988b). A taxonomy of thinking. In R.J. Sternberg & E.E. Smith (Eds.), *The psychology of human thought*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P.N. (1989). Analogy and the exercise of creativity. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. London: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P.N., Herrmann, D.J., & Chaffin, R. (1984). Only connections: A critique of semantic networks. *Psychological Bulletin*, 96, 292-315.
- Kahney, H. (1982). *An in-depth study of the cognitive behaviour of novice programmers* (HCRL Technical Report 5). Milton Keynes, UK: The Open University.
- Kahney, H. (1993). *Problem solving: Current issues* (2nd ed.). Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors*, 40(1), 1-17.
- Kaplan, C.A., & Simon, H.A. (1990). In search of insight. *Cognitive Psychology*, 22(3), 374-419.
- Karmiloff-Smith, A. (1994). Précis of "Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science". *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 693-745.
- Keane, M.T.G. (1988). *Analogical problem solving*. Chichester: Ellis Horwood.
- Keane, M.T. (1989a). Modelling "insight" in practical construction problems. *Irish Journal of Psychology*, 11, 202-215.
- Keane, M.T.G. (1989b). *Modelling problem solving in Gestalt "insight" problems* (HCRL). Milton Keynes, UK: The Open University.
- Keane, M.T.G. (1990). *Incremental analogizing: Theory and model. Vol. 1: Representation, reasoning, analogy and decision making*. Chichester, UK: John Wiley.
- Keane, M.T. (1997). What makes an analogy difficult? The effects of order and causal structure on analogical mapping. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23(4), 946-967.
- Kieras, D.E. (1985). Thematic processes in the comprehension of technical prose. In B.K. Britton & J.B. Black (Eds.), *Understanding expository text: A theoretical and practical handbook for analyzing explanatory text* (pp. 89-107). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Kieras, D.E., & Bovair, S. (1986). The acquisition of procedures from text: A production-system analysis of transfer of training. *Journal of Memory and Language*, 25, 507-524.
- Kintsch, W. (1986). Learning from text. *Cognition and Instruction*, 3(2), 87-108.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kintsch, W., & Van Dijk, T.A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review*, 85, 363-394.
- Klahr, D., & Carver, S.M. (1988). Cognitive objectives in a LOGO debugging curriculum: Instruction, learning, and transfer. *Cognitive Psychology*, 20(3), 362-404.
- Koedinger, K.R., & Anderson, J.R. (1990). Abstract planning and perceptual chunks: Elements of expertise in geometry. *Cognitive Science*, 14(4), 511-550.
- Koestler, A. (1970). *The act of creation* (rev. Danube ed.). London: Pan Books.
- Kolodner, J. (1993). *Case-based reasoning*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
- Lachman, J.L., Lachman, R., & Thronesberry, C. (1979). Metamemory through the adult lifespan. *Developmental Psychology*, 15, 543-551.

- Laird, J.E., Newell, A., & Rosenbloom, P.S. (1987). SOAR: An architecture for general intelligence. *Artificial Intelligence*, 33, 1-64.
- Laird, J.E., & Rosenbloom, P.S. (1996). The evolution of the SOAR cognitive architecture. In D. Steier & T.M. Mitchell (Eds.), *Mind matters: A tribute to Allen Newell*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Lamberts, K. (1990). A hybrid model of learning to solve physics problems. *European Journal of Cognitive Psychology*, 2(2), 151-170.
- Larkin, J.H. (Ed.) (1978). *Problem solving in physics: Structure, process and learning*. The Netherlands: Sijthoff & Noordhoff.
- Larkin, J.H. (1989). What kind of knowledge transfers? In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 283-306). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Larkin, J.H., Reif, F., Carbonell, J.G., & Gugliotta, A. (1986). *FERMI: A flexible expert reasoner with multi-domain inferencing* (Tech. Rep.). Pittsburgh, PA: Department of Psychology, Carnegie-Mellon University.
- Larkin, J.H., & Simon, H.A. (1987). Why a diagram is sometimes worth ten-thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65-99.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LeFevre, J.A. (1987). Processing instructional texts and examples. *Canadian Journal of Psychology*, 41(3), 351-364.
- LeFevre, J., & Dixon, P. (1986). Do written instructions need examples? *Cognition and Instruction*, 3, 1-30.
- Lesgold, A., Rubinson, H., Feltovich, P., Glaser, R., Klopfer, D., & Wang, Y. (1988). Expertise in a complex skill: Diagnosing X-ray pictures. In M.T.H. Chi, R. Glaser, & M.J. Farr (Eds.), *The nature of expertise* (pp. 311-342). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Lesgold, A.M. (1984). Acquiring expertise. In J.R. Anderson (Ed.), *Tutorials in learning and memory* (pp. 31-60). San Francisco, CA: W.H. Freeman.
- Levin, J.R. (1988). A transfer-appropriate processing perspective of pictures in prose. In H. Mandl & J.R. Levin (Eds.), *Knowledge acquisition from text and pictures*. Amsterdam: North-Holland.
- Levine, M. (1975). *A cognitive theory of learning: Research on hypothesis testing*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Lewis, A.B. (1989). Training students to represent arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 521-531.
- Logan, G.D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95(4), 492-527.
- Luchins, A.S. (1942). Mechanization in problem solving: The effect of Einstellung. *Psychological Monographs*, 54(248).
- Luchins, A.S., & Luchins, E.H. (1950). New experimental attempts at preventing mechanization in problem solving. *Journal of General Psychology*, 42, 279-297.
- Luchins, A.S., & Luchins, E.H. (1959). *Rigidity of behaviour*. Eugene, OR: University of Oregon Press.
- Luger, G.F., & Bauer, M.A. (1978). Transfer effects in isomorphic problem situations. *Acta Psychologica*, 42, 121-131.
- Lung, C.-T., & Dominowski, R.L. (1985). Effects of strategy instructions and practice on nine-dot problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 11, 804-811.
- MacGregor, J.N., Ormerod, T.C., & Chronicle, E.P. (in press). Information-processing and insight: A process model of performance on the nine-dot and related problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*.

- Maier, N.R.F. (1931). Reasoning in humans II: The solution of a problem and its appearance in consciousness. *Journal of Comparative Psychology*, 12, 181-194.
- Marcus, N., Cooper, M., & Sweller, J. (1996). Understanding instructions. *Journal of Educational Psychology*, 88(1), 49-63.
- Marshall, S.P. (1995). *Schemas in problem solving*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R.E. (1993). The instructive metaphor: Metaphoric aids to students' understanding of science. In A. Ortony (Ed.), *Metaphor and thought* (2nd ed., pp. 561-578). Cambridge: Cambridge University Press.
- McKeithen, K.B., Reitman, J.S., Rueter, H.H., & Hirtle, S.C. (1981). Knowledge organization and skill differences in computer programmers. *Cognitive Psychology*, 13, 307-325.
- McKendree, J., & Anderson, J.R. (1987). Effect of practice on knowledge and use of Basic LISP. In J.M. Carroll (Ed.), *Interfacing thought*. Cambridge, MA: MIT Press.
- McNab, A. (1994). *Bravo two zero*. London: Corgi.
- Meadows, S. (1993). *The child as thinker*. London: Routledge.
- Medin, D., & Ortony, A. (1989). Comments on Part I: Psychological essentialism. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. London: Cambridge University Press.
- Medin, D.L., & Ross, B.H. (1989). *The specific character of abstract thought: Categorization, problem solving and induction* (Vol. 5). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Metcalfe, J. (1986). Feeling of knowing in memory and problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12(2), 288-294.
- Metcalfe, J., & Wiebe, D. (1987). Intuition in insight and noninsight problems. *Memory and Cognition*, 15(3), 238-246.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Mithen, S. (1996). *The prehistory of the mind*. London: Thames & Hudson.
- Morris, C.D., Bransford, J.D., & Franks, J.J. (1977). Levels of processing versus transfer appropriate behaviour. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 16, 519-533.
- Müller, B. (1999). Use specificity of cognitive skills: Evidence for production rules? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(1), 191-207.
- Murphy, G.L., & Wright, J.C. (1984). Changes in conceptual structure with expertise: Differences between real-world experts and novices. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 144-155.
- Nathan, M.J., Kintsch, W., & Young, E. (1992). A theory of algebra-word-problem comprehension and its implications for the design of learning environments. *Cognition and Instruction*, 9(4), 329-389.
- Newell, A. (1980). Physical symbol systems. *Cognitive Science*, 4, 135-183.
- Newell, A. (1990). *Unified theories of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Newell, A., & Rosenbloom, P.S. (1981). Mechanisms of skill acquisition and the law of practice. In J.R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Newell, A., & Simon, H.A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Norman, G.R., Brooks, L.R., & Allen, S.W. (1989). Recall by expert medical practitioners and novices as a record of processing attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(6), 1166-1174.
- Novick, L.R. (1990). Representational transfer in problem solving. *Psychological Science*, 1(2), 128-132.
- Novick, L.R., & Hmelo, C.E. (1994). Transferring symbolic representations across nonisomorphic problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20(6), 1296-1321.

- Novick, L.R., & Holyoak, K.J. (1991). Mathematical problem solving by analogy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17(3), 398-415.
- Ohlsson, S. (1992). Information processing explanations of insight and related phenomena. In M.T. Keane & K.J. Gilhooly (Eds.), *Advances in the psychology of thinking* (pp. 1-43). London: Harvester-Wheatsheaf.
- Ohlsson, S., & Rees, E. (1991). The function of conceptual understanding in the learning of arithmetic procedures. *Cognition and Instruction*, 8(2), 103-179.
- Ormerod, T.C., Chronicle, E.P., & MacGregor, J.N. (1997, August). *Facilitation in variants of the nine-dot problem: Perceptual or cognitive mediation*. Poster presented at the 18th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Stanford, CA.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers and powerful ideas*. New York: Harvester Press.
- Papert, S. (1993). *The children's machine*. New York: Basic Books.
- Partridge, D. (1987, June). *Is intuitive expertise rule based?* Paper presented at the Third International Expert Systems Conference, Oxford.
- Patel, V.L., & Groen, G.J. (1991). The general and specific nature of medical expertise. In K.A. Ericsson & J. Smith (Eds.), *Towards a general theory of expertise* (pp. 93-125). Cambridge: Cambridge University Press.
- Patel, V.L., & Ramoni, M.F. (1997). Cognitive models of directional inference in expert medical reasoning. In P.J. Feltovich, K.M. Ford, & R.R. Hoffman (Eds.), *Expertise in context* (pp. 67-99). London: MIT Press.
- Paull, G., & Glencross, D. (1997). Expert perception and decision making in baseball. *International Journal of Sport Psychology*, 28(1), 35-56.
- Payne, S.J., Squibb, H.R., & Howes, A. (1990). The nature of device models: The yoked state space hypothesis and some experiments with text editors. *Human-Computer Interaction*, 5, 415-444.
- Pellegrino, J.W., & Glaser, R. (1982). Analyzing aptitudes for learning: Inductive reasoning. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. 2, pp. 245-269). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Pennington, N., & Rehder, B. (1996). Looking for transfer and interference. In D.L. Medin (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 33). New York: Academic Press.
- Perkins, D.N., & Salomon, G. (1989). Are cognitive skills context bound? *Educational Researcher*, 18, 16-25.
- Petrie, H.G., & Oshlag, R. (1993). Metaphor and learning. In A. Ortony (Ed.), *Metaphor and thought* (2nd ed., pp. 579-609). Cambridge: Cambridge University Press.
- Pirolli, P. (1991). Effects of examples and their explanations in a lesson on recursion: A production system analysis. *Cognition and Instruction*, 8(3), 207-259.
- Pirolli, P.L., & Anderson, J.R. (1985). The role of learning from examples in the acquisition of recursive programming skills [Special Issue: Skill]. *Canadian Journal of Psychology*, 39(2), 240-272.
- Posner, M.I. (1973). *Cognition: An introduction*. Glenview, IL: Scott, Foresman.
- Postman, L., & Schwartz, M. (1964). Studies of learning to learn: Transfer as a function of method and practice and class of verbal materials. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 3, 37-49.
- Raichle, M.E. (1998). The neural correlates of consciousness: An analysis of cognitive skill learning. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London B: Biological Sciences*, 353(1377), 1889-1901.
- Raufaste, E., Eyrolle, H., & Mariné, C. (1999). Pertinence generation in radiological diagnosis: Spreading activation and the nature of expertise. *Cognitive Science*, 22(4), 517-546.
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Reed, S.K., Dempster, A., & Ettinger, M. (1985). Usefulness of analogous solutions for solving algebra word problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 11(1), 106-125.
- Reed, S.K., Ernst, G.W., & Banerji, R. (1974). The role of analogy in transfer between similar problem states. *Cognitive Psychology*, 6, 436-450.
- Reed, S.K., & Ettinger, M. (1987). Usefulness of tables for solving word problems. *Cognition and Instruction*, 4(1), 43-58.
- Reeves, L.M., & Weisberg, R.W. (1993). On the concrete nature of human thinking: Content and context in analogical transfer [Special Issue: Thinking]. *Educational Psychology*, 13(3-4), 245-258.
- Reimann, P., & Schult, T.J. (1996). Turning examples into cases: Acquiring knowledge structures for analogical problem solving. *Educational Psychologist*, 31(2), 123-132.
- Resnick, L.B. (1989). Introduction. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 1-24). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Rist, R.S. (1989). Schema creation in programming. *Cognitive Science*, 13, 389-414.
- Robertson, S.I. (1999). *Types of thinking*. London: Routledge.
- Robertson, S.I. (2000). Imitative problem solving: Why transfer of learning often fails to occur. *Instructional Science*, 28, 263-289.
- Robertson, S.I., & Kahnney, H. (1996). The use of examples in expository texts: Outline of an interpretation theory for text analysis. *Instructional Science*, 24(2), 89-119.
- Robinson, D.H., & Kiewra, K.A. (1995). Visual argument: Graphic organisers are superior to outlines in improving learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 87(3), 455-467.
- Ross, B.H. (1984). Reminders and their effects in learning a cognitive skill. *Cognitive Psychology*, 16, 371-416.
- Ross, B.H. (1987). This is like that: The use of earlier problems and the separation of similarity effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(4), 629-639.
- Ross, B.H. (1989a). Distinguishing types of superficial similarities. Different effects on the access and use of earlier problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 510-520.
- Ross, B.H. (1989b). Reminders in learning and instruction. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 438-469). London: Cambridge University Press.
- Ross, B.H. (1996). Category learning as problem solving. In D.L. Medin (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 35, pp. 165-192). New York: Academic Press.
- Rozin, P. (1976). The evolution of intelligence and access to the cognitive unconscious. In J.M. Sprague & A.N. Epstein (Eds.), *Progress in psychobiology and physiological psychology*. New York: Academic Press.
- Scheerer, M. (1963). Problem-solving. *Scientific American*, 208, 118-128.
- Schmidt, H.G., Norman, G.R., & Boshuizen, H.P. (1990). A cognitive perspective on medical expertise: Theory and implications. *Academic Medicine*, 65(10), 611-621.
- Schneider, W., Körkel, J., & Weinert, F.E. (1989). Expert knowledge and general abilities and text processing. In W. Schneider & F.E. Weinert (Eds.), *Interaction among aptitudes, strategies, and knowledge in cognitive performance*. New York: Springer-Verlag.
- Schön, D.A. (1993). Generative metaphor: A perspective on problem-setting in social policy. In A. Ortony (Ed.), *Metaphor and thought* (pp. 137-163). Cambridge: Cambridge University Press.
- Schumacher, R.M., & Czerwinski, M.P. (1992). Mental models and the acquisition of expert knowledge. In R.R. Hoffman (Ed.), *The psychology of expertise: Cognitive research and empirical AI*. New York: Springer-Verlag.

- Schumacher, R.M., & Gentner, D. (1988). Transfer of training as analogical mapping [Special Issue: Human-computer interaction and cognitive engineering]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 18(4), 592-600.
- Schunn, C.D., & Anderson, J.R. (1999). The generality/specificity of expertise in scientific reasoning. *Cognitive Science*, 23(3), 337-370.
- Schunn, C.D., & Dunbar, K. (1996). Priming, analogy and awareness in complex reasoning. *Memory and Cognition*, 24(3), 271-284.
- Shallice, T. (1988). Information-processing models of consciousness: Possibilities and problems. In A.J. Marcel & E. Bisiach (Eds.), *Consciousness in contemporary science* (pp. 305-333). Oxford: Oxford Science Publications.
- Silver, E.A. (1979). Student perceptions of relatedness among mathematical problem solvers. *Journal for Research in Mathematics Education*, 10, 195-210.
- Silver, E.A. (1986). Using conceptual and procedural knowledge: A focus on relationships. In J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics* (pp. 181-198). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Simon, H.A. (1966). Scientific discovery and the psychology of problem solving. In R.G. Colodny (Ed.), *Mind and cosmos: Essays in contemporary science and philosophy* (pp. 22-40). Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
- Simon, H.A., & Chase, W.G. (1973). Skill in chess. *American Scientist*, 61, 394-403.
- Simon, H.A., & Hayes, J.R. (1976). The understanding process: Problem isomorphs. *Cognitive Psychology*, 8, 165-190.
- Simon, H.A., & Kaplan, C.A. (1989). Foundations of cognitive science. In M.I. Posner (Ed.), *Foundations of cognitive science* (pp. 1-47). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Simon, H.H. (1975). The functional equivalence of problem solving skills. *Cognitive Psychology*, 7, 269-288.
- Simons, P.R.J. (1984). Instructing with analogies. *Journal of Educational Psychology*, 76(3), 513-527.
- Singley, M.K., & Anderson, J.R. (1985). The transfer of text-editing skill. *Journal of Man-Machine Studies*, 22, 403-423.
- Singley, M.K., & Anderson, J.R. (1989). *The transfer of cognitive skill*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Smith, E.E., & Goodman, L. (1984). Understanding written instructions: The role of an explanatory schema. *Cognition and Instruction*, 1(4), 359-396.
- Solso, R.L. (1995). *Cognitive psychology* (4th ed). London: Allyn and Bacon.
- Spence, M.T., & Brucks, M. (1997). The moderating effects of problem characteristics on experts' and novices' judgments. *Journal of Marketing Research*, 34(2), 233-247.
- Spencer, R.M., & Weisberg, R.W. (1986). Context dependent effects on analogical transfer. *Memory and Cognition*, 14(5), 442-449.
- Sperber, D. (1994). The modularity of thought and the epidemiology of representations. In L.A. Hirschfield & S.A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Squire, L.R., Knowlton, B., & Musen, G. (1993). The structure and organisation of memory. *Annual Review of Psychology*, 44, 453-495.
- Sternberg, R.J. (1996a). *Cognitive psychology*. Orlando, FL: Harcourt Brace.
- Sternberg, R.J. (1996b). The costs of expertise. In K.A. Ericsson (Ed.), *The road to excellence: The acquisition of expert performance in the arts and sciences, sports, and games* (pp. 347-354). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Sternberg, R.J. (1997a). Cognitive conceptions of expertise. In P.J. Feltovich, K.M. Ford, & R.R. Hoffman (Eds.), *Expertise in context* (pp. 149-162). London: MIT Press.
- Sternberg, R.J. (1997b). *Thinking styles*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Sternberg, R.J. (1998, June). *Abilities as developing expertise*. Paper presented at the International Conference on the Application of Psychology to the Quality of Learning and Teaching, Hong Kong.
- Sternberg, R.J., & Frensch, P.A. (1992). On being an expert: A cost-benefit analysis. In R.R. Hoffman (Ed.), *The psychology of expertise: Cognitive research and empirical AI* (pp. 191-203). New York: Springer-Verlag.
- Sternberg, R.J., & Nigro, G. (1983). Interaction and analogy in the comprehension and appreciation of metaphors. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35A, 17-38.
- Stork, D.G. (1997). Scientist on the set: An interview with Marvin Minsky. In D.G. Stork (Ed.), *HAL's legacy: 2001's computer as dream and reality*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Swanson, H.L., O'Connor, J.E., & Carter, K.R. (1991). Problem-solving subgroups as a measure of intellectual giftedness. *British Journal of Educational Psychology*, 61(1), 55-72.
- Sweller, J. (1980). Transfer effects in a problem solving context. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 233-239.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Sweller, J., & Cooper, G.A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 2, 59-89.
- Sweller, J., & Gee, W. (1978). Einstellung, the sequence effect and hypothesis theory. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4, 513-526.
- Tardieu, H., Ehrlich, M.-F., & Gyselinck, V. (1992). Levels of representation and domain-specific knowledge in comprehension of scientific texts [Special Issue: Discourse representation and text processing]. *Language and Cognitive Processes*, 7(3-4), 335-351.
- Thomas, J.C. (1974). An analysis of behavior in the Hobbits-Orcs program. *Cognitive Psychology*, 6, 257-269.
- Thorndike, E.L. (1913). *Educational psychology* (Vol. 2). New York: Columbia University Press.
- Thorndike, E.L., & Woodworth, R.S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions. *Psychological Review*, 8, 247-261.
- Thune, L.E. (1951). Warm-up effect as a function of level of practice in verbal learning. *Journal of Experimental Psychology*, 42, 250-256.
- Tversky, A. (1977). Features of similarity. *Psychological Review*, 84, 327-352.
- Van Dijk, T.A., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- VanLehn, K. (1986). Arithmetic procedures are induced from examples. In J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- VanLehn, K. (1989). Problem solving and cognitive skill acquisition. In M.I. Posner (Ed.), *Foundations of cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- VanLehn, K. (1990). *Mind bugs: The origins of procedural misconceptions*. Cambridge, MA: MIT Press.
- VanLehn, K., Jones, R.M., & Chi, M.T.H. (1992). A model of the self-explanation effect. *The Journal of the Learning Sciences*, 2, 1-59.
- Vosniadou, S. (1989). Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: A developmental perspective. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. London: Cambridge University Press.
- Voss, J.F., Greene, T.R., Post, T.A., & Penner, B.C. (1983). *Problem solving skill in the social sciences* (Vol. 17). New York: Academic Press.
- Ward, M., & Sweller, J. (1990). Structuring effective worked examples. *Cognition and Instruction*, 7(1), 1-39.
- Waters, A.J., Underwood, G., & Findlay, J.M. (1997). Studying expertise in music reading: Use of a pattern-matching paradigm. *Perception and Psychophysics*, 59(4), 477-488.

- Weisberg, R.W. (1995). Prolegomena to theories of insight in problem solving: A taxonomy of problems. In R. J. Sternberg & J.E. Davidson (Eds.), *The nature of insight*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Weisberg, R.W., & Alba, J.W. (1981). An examination of the alleged role of "fixation" in the solution of several "insight" problems. *Journal of Experimental Psychology: General*, 110, 169-192.
- Weisberg, R.W., & Alba, J.W. (1982). Problem solving is not like perception: More on Gestalt theory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 111, 326-330.
- Wertheimer, M. (1945). *Productive thinking*. New York: Harper & Row.
- Wheatley, G.H. (1984). *Problem solving in school mathematics* (MEPS Technical Report 84.01). West Lafayette, IN: Purdue University, School of Mathematics and Science Center.
- White, B.Y. (1993). Intermediate causal models: A missing link for successful science education? In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. 4). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Winston, P.H., & Horn, B.K.P. (1989). *LISP* (3rd ed.). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Yaniv, I., & Meyer, D.E. (1987). Activation and metacognition of inaccessible information: Potential bases for incubation effects in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 187-205.
- Young, R.M., & O'Shea, T. (1981). Errors in children's subtraction. *Cognitive Science*, 5, 153-177.
- Zajonc, R.B. (1965). Social facilitation. *Science*, 149, 269-274.
- Zajonc, R.B. (1980). Compliance. In P.B. Paulus (Ed.), *Psychology of group influence* (pp. 35-60). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Zeitz, C.M. (1997). Some concrete advantages of abstraction: How experts' representations facilitate reasoning. In P.J. Feltovich, K.M. Ford, & R.R. Hoffman (Eds.), *Expertise in context* (pp. 43-65). Cambridge, MA: MIT Press.