

脑科学与教育译丛

译丛主编 董奇

Learning & Memory

The Brain in Action

脑的学习 与记忆

【美】 Marilee Sprenger 著

北京师范大学“认知神经科学与学习”国家重点实验室
脑科学与教育应用研究中心 译

 中国轻工业出版社

脑科学与教育译丛

译丛主编 董奇

Learning & Memory
The Brain in Action

脑的学习与记忆

【美】Marilee Sprenger 著

北京师范大学“认知神经科学与学习”国家重点实验室

脑科学与教育应用研究中心 译

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

脑的学习与记忆 / (美) 斯普伦格 (Sprenger, M.)
著; 北京师范大学“认知神经科学与学习”国家重点
实验室, 脑科学与教育应用研究中心译. —北京: 中国
轻工业出版社, 2005.6

(脑科学与教育译丛)

ISBN 7-5019-4857-7

I . 脑 ... II . ①斯 ... ②北 ... ③脑 ... III . 记忆术
IV . B842.3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2005) 第034536号

版权声明

Copyright © 1999 by the Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD).
ASCD has authorized China Light Industry Press to translate this publication into Chinese.
ASCD is not responsible for the quality of the translation.

总策划: 石 铁

策划编辑: 赵 萍

责任编辑: 朱 玲 闫 景 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: 2005年6月第1版 2005年6月第1次印刷

开本: 740 × 1050 1/16 印张: 9.50

字数: 120千字

书号: ISBN 7-5019-4857-7/G · 553 定价: 21.00元

著作权合同登记 图字: 01-2005-0670

咨询电话: 010-65595090, 65262933

发行电话: 010-65141375, 85119845

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

献 给

Scott, Josh, and Marine

感激他们无限的关爱、耐心和支持

译丛总序

近十几年来,随着大脑研究技术的创新,脑与认知神经科学飞速发展,已成为当前科学研究领域最前沿、最重要、最活跃的学科之一。目前,世界发达国家已将脑科学研究纳入国家重点科学发展战略规划,如美国的“脑的十年”计划、欧共体的“EC欧洲脑十年”计划、日本的“脑科学时代”计划等。世界各国著名大学也纷纷建立跨学科、跨领域的认知神经科学研究机构,如牛津大学的认知神经科学中心、MIT的脑与认知科学系、斯坦福大学的认知神经科学实验室、加州大学的认知神经科学中心等。在科学界最权威的刊物《科学》(Science)和《自然》(Nature)上,几乎每期都可以看到相关最新成果发表。

语言、学习、记忆、思维、情感与社会行为等人脑高级功能是当前认知神经科学研究的重要内容,学习与脑的可塑性则是目前最引人瞩目的领域之一。人脑内的单个神经元如何组织起来,执行复杂的高级功能?日常生活的经验与学习,又如何引起脑结构功能的变化?究竟用什么样的办法可以改善脑的学习、帮助脑更好更快地进行学习?诸如此类的问题,汇聚成为学习与脑可塑性研究的主题,即了解脑与学习的复杂交互作用,解释脑结构与功能随学习所发生的变化,在此基础上为儿童与成人的发展和学习提供科学的依据。1999年,经济合作组织的教育研究与创新中心(OECD-CERI)发起了“学习科学和脑的研究”项目,强调通过学习科学和脑科学研究人员之间的互动,对学习问题开展多学科、深层次的对话与研究。

我国是世界第一人口大国,但整体而言人口素质偏低、高素质人才资源缺乏,这已成为制约我国社会与经济可持续发展的瓶颈。为此,党的“十六大”强调“形成全民学习、终身学习的学习型社会,促进人的全面发展”。这一目标的实现必须有坚实的科学基础。我国3亿多儿童青少年的教育与学习质量、效率的提高有赖于对他们大脑

认知活动规律的了解。许多研究表明,在我国儿童青少年群体中,阅读障碍的发生率为6%左右,计算障碍的发生率为5%左右,注意缺陷障碍的发生率为7%左右,学习障碍的发生率则可能高达10%。它们正严重地影响着数以千万计的儿童青少年的健康成长,急需我们吸取当前脑与认知神经科学研究的最新成果,提出科学、有效的解决方案。

自20世纪90年代中期以来,在党和国家领导的直接关心下,在科技部和教育部的大力支持下,北京师范大学于2000年、2001年分别建立了“认知科学与学习”教育部重点实验室和教育部“脑与认知科学”网上合作研究中心,并于今年申报获准成为“认知神经科学与学习”国家重点实验室。我本人也主持了国家攀登计划项目、国家杰出青年基金项目、科技部重点国际合作项目、教育部人文社科重大项目等重要课题,组织北京师范大学和国内外有关专家从多学科角度进行联合攻关,并取得了许多重要成果或有所突破。

在脑与认知神经科学研究领域,探索未知奥秘与应用该方面成果解决儿童青少年学习、教育实践中的重大问题,是国家赋予我们重点实验室的两项同等重要的任务。我们的研究和国内外其他相关研究已表明,脑与认知神经科学方面的研究成果对教育、儿童青少年的学习有着极其重要的应用价值。在国外,该方面的成果已经开始得到普及,并正对教育决策和实践产生重要影响。

建立“基于脑、适于脑、促进脑的教育”,根据脑发育与活动规律、根据脑认知活动的规律进行教育教学,在充分了解和认识脑的认知功能、情感功能和自我意识等高级功能的前提下建立适应儿童认知能力发展特点的教育教学方法和教学组织策略、教育评价方式方法等,真正奠定教育的科学基础,做到科学地教与学,努力提高教与学的质量和效率,已成为世界各发达国家教育科学研究和改革的重点之一。

但是,值得注意的是,目前我国广大教育科学研究与实践工作者对脑与认知神经科学方面的新成果还了解不多,对其重要应用价值的认识也不足。鉴于此,我们重点实验室脑与教育应用研究中心决定翻译出版一套《脑科学与教育译丛》,较系统地将当前脑科学研究的最新进展、最重要的研究成果介绍给广大读者,尤其是广大教育科学工作者、决策者与实践者,把国外学者、教育工作者关于脑与教育、脑与学习的一些新的理念与较成功的做法推荐给大家,供大家了解、参考。虽然广大读者不是脑生物科学、生理科学与认知科学方面的专家,但我们希望通过对脑科学最新研究成果的学习和思考,有助于大家去探索、认识、发现、实践“基于脑、适于脑、促进脑”的

教育和学习,为广大儿童青少年探索出一条更加科学、有效、愉快的学习途径。

这套丛书的一个最大特点在于,其作者很多的并不是从事脑科学的基础与理论研究的专家、学者,而更多的是对美国本土教育和教育培训有着丰富经验和深刻经历的教育实践者和改革倡导者,他们对美国教育实践中的实际问题有着独特的认识,对如何应对这些问题、改变教育现状有着极大的热情、强烈的责任感与大胆的实践精神。他们对脑科学最新研究进展的钻研和学习不仅体现在对最新研究成果的关注和了解上,而且还更多地体现在他们将自己对于这些研究成果的理解和教育实践结合起来的行动上。正因为如此,他们所阐发的种种认识与观点才更显真实、生动和弥足珍贵,他们所总结的种种具体操作方法与建议才对我们当前的教育实践有着一定的借鉴意义和参考价值。

当然,作为当前科学研究的前沿,脑科学的研究进展日新月异,我们对于人脑的认识每时每刻都在被激动人心的新成果修正和丰富,这些变化是一套译丛无法囊括的。因此,广大读者不应仅仅局限于某些研究结论。同时,由于文化背景和教育制度等方面的差异,读者更应该注意结合我国教育的实际情况,对译丛各书中的观点和做法加以分析并判断其正确性、适用性,并创造性地思考解决自己所遇到问题的方法与途径。

最后,我要感谢中国轻工业出版社“万千教育”的同志为该套译丛的引进出版所做的大量工作,感谢各书原作者和译者的辛勤工作。同时,我还要借此机会感谢国务院科技领导小组办公室、国家科技部、教育部、自然科学基金委长期以来对脑与认知神经科学方面的基础与应用研究的大力支持。

愿本套译丛对推动我国的素质教育和基础教育课程改革、对提高教育教学质量和促进儿童青少年健康发展有所帮助。

华奇

2004年12月16日

于北京师范大学

原著前言

20 世纪 80 年代晚期，我意识到我的学生学习不再像前些年那般轻松而积极了。由于某种原因，他们正在改变——而我的方法和态度则没有改变。面对这种困境，我最初采取的方法是尽量使他们回复原样，来适应我的教学模式。但最终我发现，唯一能够改变的人只有我自己。因此，我开始不断探索新的信息。我参加纪律、养育、自尊和音乐课程，寻找新的学习方法，请教儿童心理学家，阅读我能找到的任何有关脑的材料。

1992 年，我与脑科学的“一代宗师”Eric Jensen 正式参加了一个为期 5 天的课程。在那一周时间里，我找到了新的激情——人类的脑。Eric 问我愿不愿意同他一起出去，接受正在开展的适于脑的 (brain-compatible) 教学策略方案的培训。由于暑假期间我不想同丈夫 Scott 和孩子们分开，因此犹豫不决。我自小生长在伊利诺伊州的皮尔利亚 (Peoria)，之后考入皮尔利亚的布拉得利大学 (Bradley University)，后来与我高中的恋人结了婚。对于我这个中西部的女人来说，离开佛罗里达州，同一个陌生人一起远行的想法令人惴惴不安。于是，我谢绝了他的邀请。

接下来的几天里，我一直闷闷不乐。看到这些，一直支持我、体贴我的丈夫说了几句改变我一生的话。他说：“如果你不去的话，事情将永远无法改观！”于是，我打电话给 Eric，问我还能不能和他一起出去。他说可以。在那次暑假同 Eric 一起接受培训之后，我开始了自己的研究，并且着手设计关于脑研究和教学策略的课程。之后，每逢暑假或周末有空，我就会针对适于脑的实用教学策略给教育工作者提供培训。

我对脑的研究不断继续着。我开始意识到在我的教学工作和私人生活当中，开展研究已经成为了一个十分重要的内容。对我来说，早上起来去学校再次成为一件愉快的事情。我意识到这些知识的重要性，并开始教给学生们的脑的工作原理，以便他们能

更好地学习。我发现学生们都渴望学习和记忆新的知识。

学习和记忆最终成了我的研究重点。正如我在各种州内会议和全国会议上所说的,学校教师对于这些新知识的热情很有感染力,是他们感染了我。我将这些研究应用于我的教学实践,得出了切实的证据,证明这些策略真能起到一定作用。

我决定将它们写下来。虽然这一领域的发展日新月异,但我还是想让教师们明白两点:(1)脑与学习息息相关;(2)对脑科学知识了解越多,我们就越容易做出影响学生的许许多多的决定。

我花了将近一年的时间完成这本书。Scott 一直当我的私人编辑,直到 ASCD 把我介绍给 Joyce McLeod。他的写作和编辑专长指导我完成了整个出版工作。虽然之前我自己也出过两本书,但此时此刻,我的确需要引导和帮助。Joyce 帮了我很大的忙。

我很感激那些专家学者们,是他们引导我进入脑研究这一激动人心的领域。Robert Sylwester 这些年来回答了我许多问题。Pat Wlofe 一直鼓励我,他是我的好榜样。科学作家 Janet Hopson 亲切地回答了我邮件里的许多疑问。在学习脑知识的过程中,神经科学家 Eric Chudler 很好地激发了我的中学和本科学生的积极性。他和他的出色的网站 Neuroscience for Kid (<http://weber.u.washington.edu/~chudler/neurok.html>) 对于我的许多问题不知疲倦地耐心解答,对我的学习起了很大作用。我还要感谢我的朋友们,他们听了这几年我所有关于脑的演讲,尤其是 Glenn Posner。

这些学到的知识让我可以改变自己的教学方法,让它变得富有成效。我很乐意同其他老师、管理人员、对脑工作原理感到好奇、以及对改变学生命运充满兴趣的人一起分享这些方法。

Marilee Sprenger

Peoria, 伊利诺伊

1999 年 9 月

万千教育图书目录

代号	书 名	译 者	定价
脑科学与教育译丛			
北京师范大学“认知神经科学与学习”国家重点实验室 脑科学与教育应用研究中心 译			
J401	天才脑与学习		30.00 元
J402	有特殊需要的脑与学习		24.00 元
J403	脑与学习		32.00 元
J439	脑的功能——将研究结果应用于课堂实践		25.00 元
J440	脑的学习与记忆		21.00 元
J441	适于脑的教学		22.00 元
J442	艺术教育 with 脑的开发		22.00 元
脑科学与教育译丛合计			176.00 元
新课程与教育评价改革译丛			
国家基础教育课程改革“促进教师发展与学生成长的评价研究”项目组 译			
J221	有效的学生评价		30.00 元
J222	促进教学的课堂评价		35.00 元
J224	教学中的测验与评价		35.00 元
J304	等级评分——学习和评价的有效工具		26.00 元
J312	真实性评价——小学教师实践指南		14.00 元
J316	真实性评价——教师指导手册		12.00 元
J325	中小学教育评价		35.00 元
J378	课堂教学评分规则		22.00 元
J389	成长记录袋评价——教育工作者手册		14.00 元
J390	测验的反思——对高利害测验的建议		18.00 元
J413	教育性评价		35.00 元
新课程与教育评价改革译丛合计			276.00 元
教师专业发展策略译丛			
J392	教师评价		
	——提高教师专业实践能力	陆如萍 等译	20.00 元
J393	教师职业生涯周期		
	——教师专业发展指导	董丽敏 等译	30.00 元
J394	捕捉实践的智慧		
	——教师专业档案袋研究	夏惠贤 等译	18.00 元

J399	教师专业发展评价	方 乐 等译	28.00 元
J418	教师发展 ——教师专业档案袋研究	唐 悦 等译	23.00 元

教师专业发展策略译丛合计 119.00 元

“新基础教育”发展性研究丛书		丛书主编：叶澜	
J318	“新基础教育”发展性研究报告集	叶 澜 主编	28.00 元
J319	“新基础教育”发展性研究专题论文·案例集（上） ——学校管理·班级管理	杨小微 等编	28.00 元
J320	“新基础教育”发展性研究专题论文·案例集（下） ——教师发展·学科教学	吴亚萍 等编	26.00 元

“新基础教育”发展性研究丛书合计 82.00 元

多元智能教与学系列			
J246	课堂中的多元智能	张咏梅 等译	15.00 元
J308	多元智能教学的艺术——八种教学方式	吕良环 等译	30.00 元
J314	多元智力教与学的策略（第三版）	霍力岩 等译	40.00 元
J315	多元智能与多元评价	夏惠贤 等译	28.00 元
J323	智力的重构——21 世纪的多元智力	霍力岩 等译	21.00 元
J324	多元智能与项目学习——活动设计指导	夏惠贤 等译	21.00 元
J351	多元智力再思考	霍力岩 等译	36.00 元
J385	多元智能与问题式学习	钱美华 等译	22.00 元
J400	学校中的多元智能 ——创新的研究与实践	阎 力 等译	29.00 元

多元智能教与学系列合计 242.00 元

教学模式与方法系列			
J145	透视课堂	陶志琼 等译	36.00 元
J146	教学模式	荆建华 等译	32.00 元
J147	讨论式教学法	罗 静 等译	18.00 元
J206	成功智力教学	张庆林 等译	14.00 元
J254	有效课堂——提高学生成绩的实用策略	张新立 等译	12.00 元
J259	归纳教学模式	赵 健 译	18.00 元
J303	最佳课堂教学案例	余 艳 译	18.00 元
J374	合作学习的教师指南	杨 宁 等译	12.00 元
J375	反思课堂交流——亚洲案例	余 艳 译	10.00 元
J376	学生学习合作分析——促进教学相长	方 彤 等译	14.00 元
J386	学会批判性思维	柳铭心 译	16.00 元
J387	解放亚洲学生的创造力	李朝辉 译	18.00 元

J388	建构主义课堂教学案例	范 玮 译	10.00 元
J395	中学教学方法	陈晓霞 等译	36.00 元
J396	教学框架——一个新教学体系的作用	张新立 等译	14.00 元
J410	自我指导学习——挑战卓越	池春燕 等译	16.00 元
教学模式与方法系列合计			294.00 元
非常教师系列			
J194	成功教学的策略	李 庆 等译	20.00 元
J195	塑造教师	吴海玲 译	16.80 元
J200	教师角色	丁 怡 等译	24.00 元
J201	非常教师	周渝毅 等译	16.00 元
J356	教师互动	卢立涛 等译	14.00 元
非常教师系列合计			90.80 元
反思型教与学系列			
J379	成为反思型教师	沈文钦 译	14.00 元
J380	反思型教师与行动研究	郑丹丹 译	14.00 元
反思型教与学系列合计			28.00 元
学校经营与管理系列			
J381	学校营销——从理论到实践	王 烽 等译	14.00 元
J382	学校决策者——解决实践问题的案例	廖申展 译	23.00 元
J383	学校改进之框架——提高学生成就	陈 萍 等译	12.00 元
J384	学校运营——从行政型与学习型 组织视角分析	徐 玲 等译	16.00 元
J414	学校人力资源领导——中小学校长手册	杨 英 等译	29.00 元
J421	学校财政——战略规划和管理	孙志军 等译	30.00 元
学校经营与管理系列合计			124.00 元
研究性学习系列			
J321	问题解决的教与学	范 玮 译	18.00 元
J322	问题导向学习在课堂中的运用	方 彤 译	10.00 元
J354	基于问题的学习 ——让学习变得轻松而有趣	刘孝群 等译	14.00 元
J411	跨学科主题单元教学指南	李亦菲 等译	36.00 元
研究性学习系列合计			78.00 元
学习型学校系列			
J359	学习型学校的变革	胡咏梅 等译	14.00 元
J360	学习型学校与学习型系统	铁 俊 等译	14.00 元
J361	学习型学校的专业发展	赵 丽 等译	14.00 元

J397	有效的学习型学校 ——提高学生成就的最佳实践	聂向荣 等译	18.00 元
学习型学校系列合计			60.00 元
因材施教系列			
J231	班有天才	杨希洁 等译	21.00 元
J260	多元能力课堂中的差异教学	刘 颂 等译	12.00 元
J310	差异教学 ——帮助每个学生获得成功	杨希洁 译	16.00 元
J372	差异教学的学校领导管理	杨 清 译	12.00 元
J373	学习困难学生的教学策略	刘 颂 等译	30.00 元
J404	全纳课堂的有效教学——满足不同 需求的方案、课程及活动	牛芳菊 译	48.00 元
J405	学习问题学生的教学	胡晓毅 等译	50.00 元
因材施教系列合计			189.00 元
课程与教学系列			
J232	小学社会课的有效教学	廖 珊 等译	46.00 元
J255	概念为本的课程与教学	兰 英 译	13.00 元
J256	理解力培养与课程设计	么加利 译	18.00 元
J398	写给教师的学习心理学	徐 蕴 等译	28.00 元
课程与教学系列合计			105.00 元
课堂教学心理系列			
J137	自主课堂	沈湘秦 译	10.00 元
J138	思维教学	赵海燕 译	12.00 元
J139	自我调节学习	姚梅林 等译	12.00 元
J140	培养反思力	袁 坤 译	14.00 元
J141	多元智能教与学的策略	王成全 译	30.00 元
J165	小学教学心理学	赵 萍 等译	22.00 元
J188	学习障碍的消除策略	伍新春 等译	12.00 元
J189	学习动机的激发策略	伍新春 等译	12.00 元
J250	终身受用的学习策略	伍新春 等译	10.00 元
J251	数学教学的创新策略	伍新春 等译	14.00 元
课堂教学心理系列合计			148.00 元

更多信息请登录: www.wqedu.com

* 本目录定价如有错误或变动, 以实际出书定价为准。

咨询电话: 010-65595090, 65262933

目 录

第一章 遗忘：脑细胞的功能 1

 脑细胞 2

 神经信号 9

 老鼠、猫的树突和儿童、成人的树突如何生长 11

 从这些研究中我们能学到什么 15

第二章 为脑调制的“鸡汤”：脑化学物质的作用 17

 神经递质如何工作 19

 神经递质的类型 23

 行为和神经递质 28

 在你的课堂上调制“鸡汤” 32

第三章 部分与片断：脑的解剖结构 35

 胚胎期发育 37

 三位一体的脑模型 37

 脑的解剖结构 39

 认识脑半球 48

第四章 走进记忆通路：记忆和存储系统 53

 学习和记忆 54

 暂时性存储：短时记忆和工作记忆 56

 永久性存储：长时记忆 58

 混合信息 65

 一个新想法 66

第五章 威利在哪里？记忆在脑中的定位	67
记忆形成	67
记忆提取	70
高效学习	71
记忆失效：该死的钥匙跑到哪儿去了	72
记忆的影响	74
第六章 轻车熟路：语义记忆教学策略	77
语义策略	78
改变通路	85
第七章 另辟蹊径：情景记忆、程序记忆、自动记忆和情绪记忆 的教学策略	87
阻力最小的通路	88
使用多种记忆通路	92
第八章 提供证据：针对教学策略的评估	97
有效的评估	98
在快速通路里：评估方法与记忆通路的统一	100
改变通路：教授考试技巧	105
设计益于记忆提取的测验	106
活动中的策略	107
考试焦虑	109
第九章 常问的问题	111
专业名词解释	123
参考文献	129
译者后记	133

第一章

遗忘：脑细胞的功能

一天晚上打桥牌，我和几个朋友谈论起一个朋友刚生下的婴儿。随着我们渐渐的回忆，我的几个孩子出生的情形浮现在了脑海里。我记得，那天半夜的时候匆匆忙忙赶到医院，还记起了当时疼痛、兴奋和疲劳的感觉。有些事情是一辈子也忘不了的！

一个朋友打断我的思绪，问：“你的孩子生下来多重？”

我继续回忆，搜索 Josh 出生的那个令人兴奋的日子。我张嘴说道：“Josh 有 3 千克……嗯，3 千克……”我的脑子怎么不听使唤了！这个问题的答案就像自己名字一样容易，我绝对知道，一个母亲怎么也不会忘记这件事情。他多重来着？我尴尬极了，于是我很快回答说：“哦，对了，Josh 体重 3.3 千克。”我撒了个谎。我究竟是怎么了？

回家的路上我想起了 Josh 的体重，心里轻松了许多。我想刚才我真的忘了。我是真的忘了吗？没有，最起码不是说我无法再回想起来。但为什么刚才我想不起 Josh 的体重呢？这个问题有很多种不同的答案。我们先了解一些有关脑的知识，看看它是怎么工作的。然后再回答这个有关我们记忆的问题就会容易得多。

当我想不起某一重大事实的时候，我的脑出了什么问题？

出生的时候，脑的重量约为 0.45 千克，到 18~20 岁时，重量约为 1.35 千克（3 磅）。

脑 细 胞

脑是一个迷人的器官。和身体其他部位一样,脑也是由细胞组成的,但是脑细胞与其他细胞又有很大不同。我们将讨论的重点放在两种脑细胞上:神经元和神经胶质细胞。虽然脑中还有其他类型的细胞,但这两种细胞是与学习过程联系最紧密的。

神经元

神经元(neuron)是得到人们众多关注的一种脑细胞。神经元的意思就是“神经细胞”。不久前,人们仍然认为脑是无法产生新的神经元的。但是,最近的研究在海马部位发现新生细胞的迹象(Kinoshita, 1999)。人在出生之前,脑每分钟产生25万个神经元;到出生的时候,我们的脑神经元大约有1,000亿个。虽然我们可以保持这个数量,但神经元可能会失去产生联结的能力(Diamond & Hopson, 1998)。在脑发育的过程中,如果神经元没有在适当的时候得到利用,它们产生联结的能力就会消失。神经科学家们把这个过程称为“神经修剪(neural pruning)”。因此,我们都在不断丢失智慧!

但是,你无须对那些失去的联结感到惊慌失措。因为剩下的部分足以保存你需要知道的所有知识,并且能够维持你一生的学习。一些研究还指出,我们仅仅使用了1%~20%的脑。不过,实际上我们是使用了整个脑的,只是没有用到全部的工作能力罢了(Chudler, 1998)。脑的神奇之处就在于,它的构造正是为不断学习而准备的!

什么是学习,它在脑中如何发生?神经科学家将学习定义为两个神经元彼此产生联系的过程。他们声称,当一个神经元向另一个神经元传递信息时,神经元就发生了“学习”(Hannaford, 1995)。让我们来了解一下这个过程。

神经元由三部分构成:胞体、树突和轴突(如图1.1)。可

参与学习活
动的脑细胞有
神经元和神经
胶质细胞。

人们出生的
时候拥有1,000
亿个神经元。

脑通过神经
元传递信息。