

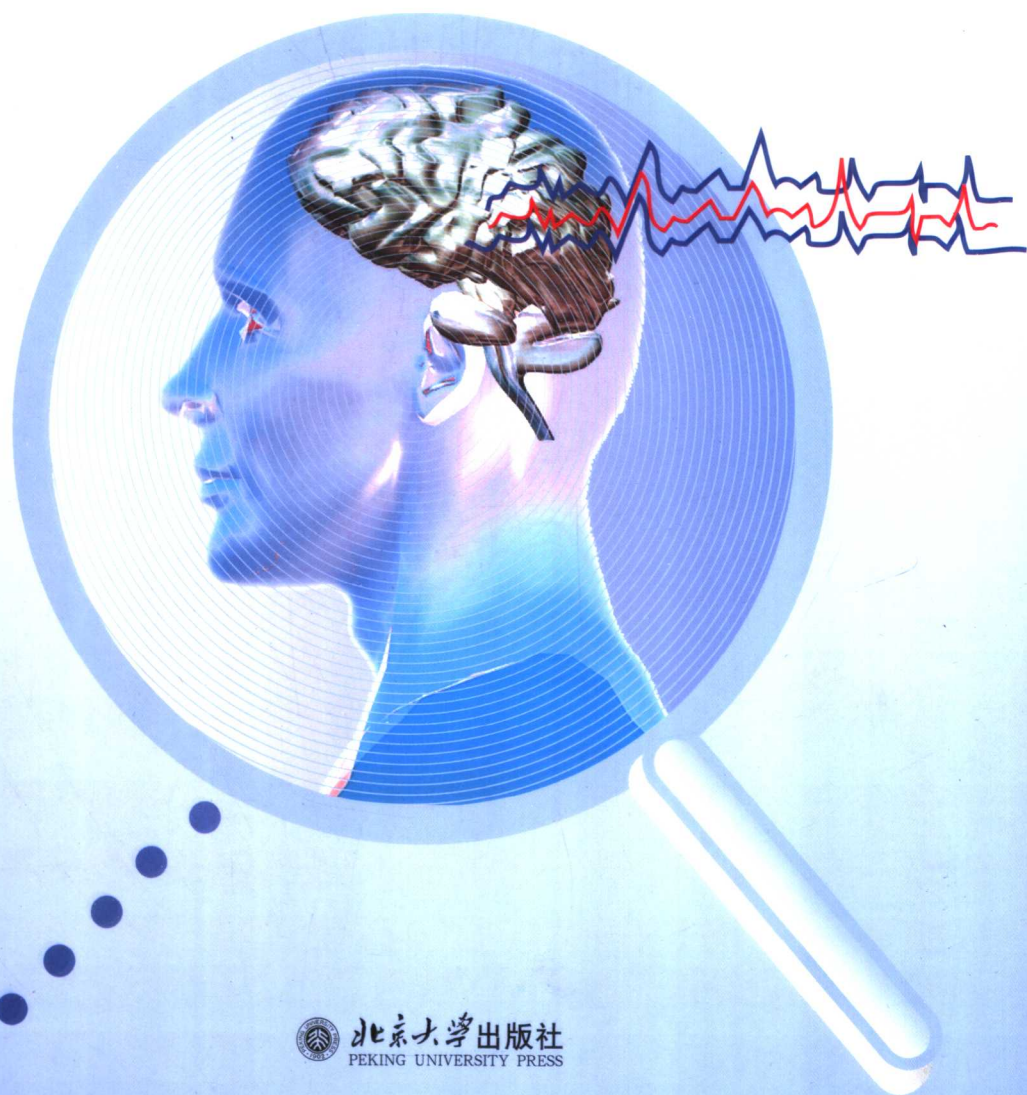
COGNITIVE  
NEUROSCIENCE

认知

神经科学

教程

罗跃嘉 主编 姜扬 程康 副主编

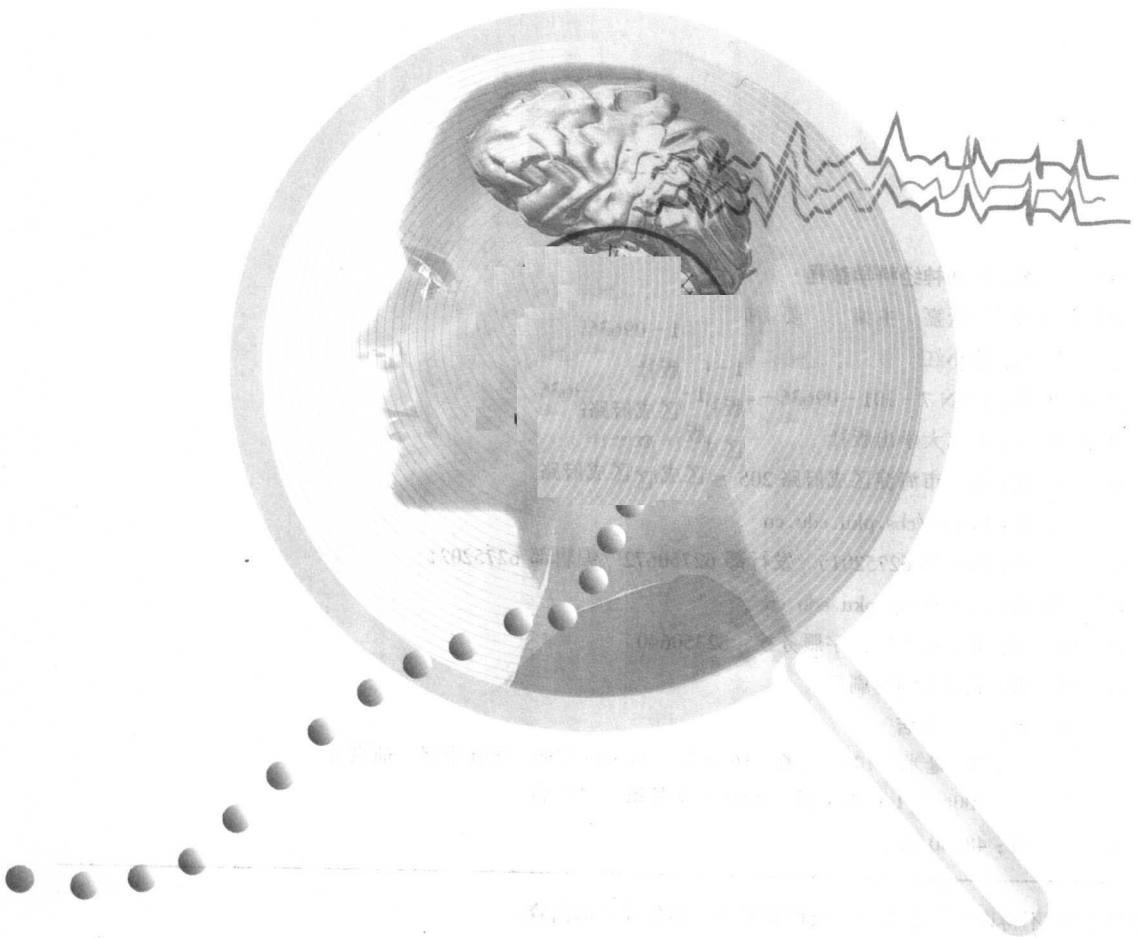


北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

COGNITIVE  
NEUROSCIENCE

# 认知 神经科学 教程

罗跃嘉 主编 姜扬 程康 副主编



北京大学出版社  
BEIJING UNIVERSITY PRESS

**图书在版编目(CIP)数据**

认知神经科学教程/罗跃嘉主编. —北京:北京大学出版社, 2006, 1  
(北京大学心理学系列教材)

ISBN 7-301-09636-4

I. 认… II. 罗… III. 认知科学-高等学校-教材 IV. B842.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 101865 号

**书 名:** 认知神经科学教程

**著作责任者:** 罗跃嘉 主编 姜 扬 程 康 副主编

**责任编辑:** 陈小红

**标准书号:** ISBN 7-301-09636-4/Q·0106

**出版发行:** 北京大学出版社

**地 址:** 北京市海淀区成府路 205 号 100871

**网 址:** <http://cbs.pku.edu.cn>

**电 话:** 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752021

**电子信箱:** zpup@pup.pku.edu.cn

**排 版 者:** 北京高新特打字服务社 82350640

**印 刷 者:** 北京大学印刷厂

**经 销 者:** 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 30.625 印张 730 千字 插页 2

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

**定 价:** 48.00 元

---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究

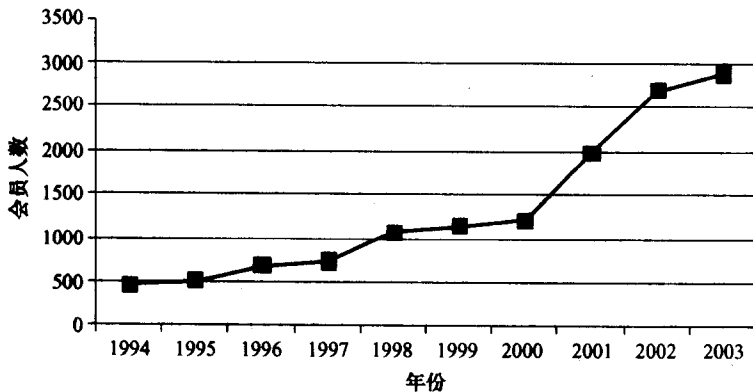
## 编著人员

- 第一章 罗跃嘉、王乃弋
- 第二章 程康、钟咏梅、K. Rockland
- 第三章 李葆明
- 第四章 罗劲
- 第五章 马原野
- 第六章 胡小平
- 第七章 L. Kaufman、吕忠林
- 第八章 罗跃嘉
- 第九章 陈昭燃
- 第十章 王钢
- 第十一章 蒋田仔
- 第十二章 钱宁
- 第十三章 胡德文、周宗潭
- 第十四章 李兆平
- 第十五章 贺菊芳
- 第十六章 吕忠林、B. A. Doshier
- 第十七章 姜扬
- 第十八章 周晓林、叶铮
- 第十九章 何生、R. Blake
- 第二十章 陈昭燃
- 第二十一章 李红、李富洪
- 第二十二章 陈静
- 第二十三章 舒华、毕彦超
- 第二十四章 许珂、胡应

# 序 一

管子曾说：“一年之计，莫如树谷；十年之计，莫如树木；终身之计，莫如树人。”这本书正是为培养和激发迅速成长的新一代中国认知神经学家的百年大计而写。令人瞩目的是，中国的认知神经科学家们已不仅在中国发挥作用，从本书作者们的工作单位来看，中国科学家们在世界各地建立和领导实验室，更不必说大量的中国研究生、博士后在国际一流实验室接受培训。显然中国科学家已活跃在这一世界科学发展的新领域里。

认知神经科学的飞速发展，单从认知神经科学学会成长为一个新的成功的国际学术组织就可略见一斑。从1993年到2003年的十年中，会员从440人增加到3000多人，其中来自中国的会员也在不断增加。这个数字还不包括世界各地的神经科学学会，如美国神经科学学会，或中国神经科学学会中不断涌现的新的认知神经科学学家。与学会会员增加相呼应，认知神经科学杂志 *Journal of Cognitive Neuroscience* 和 *Trends in Cognitive Science* 现已成为在生物医学领域中影响最大的杂志。近年来，认知神经科学中也出现了不少专业化的杂志，其中包括 *Human Brain Mapping* 和 *NeuroImage*。



认知神经科学学会会员增长情况

为什么认知神经科学会在当今世界上有如此迅猛的发展呢？认知神经科学是对大脑与精神的研究，是神经科学的中心。对这一新发展，2000年诺贝尔生理学或医学奖得主 Eric Kandel 做了很好的概括。他认为：“认知神经科学，即对知觉、行动、记忆、语言和选择性注意的研究，它将会不断成为代表 21 世纪神经科学的聚交点。”认知神经科学是原子、分子神经科学与心理学交叉的界面上生长起来的学科。认知神经科学家越来越多地应用分子生物学，如改造动物基因、载体病毒等方法，同时又运用行为学研究手段，即心理学与脑成像等方法对认知的神经机制进行研究。认知神经科学家不是以研究的技术手段定义的，而是以研究的内容而定的。认知神经科学研究方法的重要性在大脑与行为各个层面的研究上显示出来。

一方面，对脑与行为的第一层次的分析是基因。随着人类基因图（及越来越多动物基因作用）的进展，我们正处在一个新时代的边缘，即对正常与非正常行为，从生到老这一生命过程中

遗传因素的贡献有全新的理解。这些方法将最终引导我们为治疗认知损害疾病找到新的药物,为医学、生物技术和药理学发展的新纪元奠定基础。虽然遗传学本身并非认知神经的分支之一,但认知神经科学家已开始探索遗传变异对正常与非正常认知的影响。如儿茶酚-氧位-甲基转移酶(COMT)基因的两个等位基因与工作记忆的表现有关。有不同形式 COMT 的人在进行工作记忆时会有不同的大脑活动。这其实颇有道理,COMT 在前额叶多,表明神经递质在认知的作用中起重要作用。更有意思的是,一种基因在精神分裂症中十分常见,这一发现有可能最终导致新药的发现。当然,要理解遗传对认知的作用,必须先对认知功能本身有很好的理解,还需对基因及环境交互作用对个体的可塑性有所了解。这些方法要求遗传学、统计学、神经科学的专家和心理的专家进行合作,并需要与对脑有关精神错乱有一定经验的精神科和神经科医生共同努力。这方面的内容,特别是语言、大脑老化和遗传学与认知等,在本书中由李红、陈静、舒华和许珂进行了阐述。

比基因更高层次的分析是神经元和神经系统。虽然对神经元分子水平上的分析已经有了惊人的进展,但对分子机制功能的重要性一般来说知道的甚少,这需要对该神经系统在行为上的作用有深刻理解才能做到。我们越来越多地找到原子机制与行为功能的联系。比如,海马回的长期记忆(LTP)的分子机制与从老鼠到人的海马神经元对储存新的记忆的功能密切相关。程康、李葆明、罗劲和马原野对主要脑结构和在认知上的功能进行了介绍。对动物研究工作的一大重要进展则是脑记录系统的不断完善,使认知神经科学家得以对清醒甚至自由运动的动物的大量神经元进行同时记录。相类似的是,光学方法可以对大面积脑区的神经活动进行高时间精度的监测,这些方法的迅速发展使得我们可以“看到”并监测神经网络中分子的动态运动。这些神经生理学和光学方法在动物细胞水平的神经科学研究和猴与人脑的功能磁共振成像技术之间搭起了桥梁。

动物研究上的新技术和人脑功能成像技术的并行发展是科学技术上的一次革命,正如遗传领域里的技术创新一样具有深远的意义。脑成像技术上的进展在胡小平、罗跃嘉、吕忠林、陈昭燃和王钢的章节里有描述。虽然,磁共振成像技术与相关脑活动的软件和硬件(即对神经活动以及脑结构的)非直接的测量还不像个人电脑一样普及,但该技术在世界各地的神经科学研究中心已越来越普遍。目前许多医学中心拥有 1.5 T(特斯拉)的 MRI 机器。认知神经科学家已在中国不少医学中心使用这些机器。在中国所做的工作已开始在最具有学术影响的杂志上发表,如《科学》杂志。世界各地的许多神经科学中心已经使用到 3.0 T 的磁共振仪,以便进一步提高空间精度。令人欣喜的是,中国科学院北京重点认知科学实验室购买了先进的 3.0 T 机器,为国内同行的研究提供了方便。除了对神经活动的间接的测量, MRI 和正电子断层扫描技术还可以用来对大脑的原子结构和对高时间精度的脑活动进行研究,如高时间精度的脑磁图和事件相关电位技术。另一在未来极受关注的领域是高空间精度技术(如功能磁共振成像技术)与高时间精度技术(如 MEG)相结合的软件及硬件的技术。还有,对脑区进行短期刺激和抑制的技术——经颅磁刺激仪——可以使认知神经科学家对脑结构和特定行为的关系的假说在正常被试大脑进行鉴定。

认知神经科学所使用的许多工具及方法来自于计算方法。虽然很多神经科学的发现基于神经活动的质的描述或脑活动的简单图像,越来越多的需要是用复杂的数字方法建立数据模型,再对实验结果在不同神经网络上进行模拟。这些计算方法的巨大价值是可以通过实验测试进行量的估算。有关数学计算方法,如数据分析和建立模型的内容在钱宁、蒋田仔和胡德文

所写的章节中有所介绍。

最后,借助动物神经科学、认知科学、数学计算、人与动物的脑成像技术,认知神经科学家们开始对高级认知功能(从知觉到注意、记忆、语言、情绪和运动技能)的神经机制有了新的了解。我们对这些基本认知功能的新理解,如对注意和知觉觉醒的知识可最终引导我们对人类意识的基本成分有进一步的认知。有关内容在李兆平、贺菊芳、吕忠林、姜扬、周晓林、何生和陈昭燃执笔的章节中有详细描写。我们认为,对人的认知的神经机制的理解将会对儿童教育,发展下一代计算机系统的人工智能,培训有学习障碍如失语症的人及脑损伤患者,包括医治精神分裂症、抑郁症、失明以及由老年痴呆症造成的记忆丧失都会有重要的影响。

总而言之,我想在此表达我能为这本认知神经科学教材作序的兴奋之情。我坚信这决不是最后一本有关认知神经科学的中文教材。

Robert Desimone

美国科学院院士,麻省理工学院(MIT)教授, MIT McGovern 脑研究所所长

(姜扬译)

## 序 二

### 脑与意识研究——人脑智慧的考验<sup>\*</sup>

从 20 世纪初高尔基和卡哈尔发明神经细胞染色法,创建神经元学说开始,脑研究走过了它辉煌的 100 年。在这 100 年当中,有 34 位神经科学家共计获得了 17 项诺贝尔奖。100 年以前,人们在显微镜下看到了神经细胞和它的突起;而在今天,借助于正电子断层扫描(PET)和功能磁共振等神经成像技术,我们可以透过颅骨直接观察到与各种复杂的心理活动相关的脑活动区的影像。这是一个多么大的飞跃!在我们所面临的新的 100 年当中,脑科学将如何发展,将达到怎样的高度,这将是难以预料的。不仅取决于今后科学与技术的新成就,甚至也决定于一些偶然的发现。但是,有一点是可以预见的,21 世纪将成为“脑的世纪”,而探讨意识与脑的关系(心-脑关系)将成为脑科学的热点。

#### 一、一个跨世纪的科学难题

自古以来,意识的本质和起源一直是哲学家们争论不休而科学家们又感到束手无策的问题。17 世纪法国哲学家笛卡儿(Descartes)提出,意识问题的核心是“我思故我在”(I think therefore I am)。在笛卡儿看来,“意识”等同于“思维”,只有思维者本人才能体验到意识的存在。时至今日,持悲观观点的人仍然怀疑,在人类进化的现阶段,用人脑的思维来研究人脑的思维是否可能!20 世纪伟大的神经生理学家谢灵顿(Sherrington)就曾断言,意识问题不可能从科学上加以阐明。现在,大家都知道脑外伤和全身麻醉会导致意识丧失,再没有人怀疑意识是与某些脑结构的的活动相关联的,关于意识问题的争论也已经从神圣的哲学殿堂转移到了科学讲台。脑与意识成了神经科学家、心理学家、物理学家、信息科学家、数学家和分子生物学家目光汇聚的焦点。用现代的科学思想和方法来探索脑与意识的奥秘,已经成为考验科学家的勇气和智慧的试金石。

#### 二、意识研究的困扰

在最近 30 年中,国际科学杂志上所发表的与意识有关的研究论文多达 18000 余篇。然而这些研究最多只是触及了这个问题的皮毛,远未涉及到意识的脑机制。更令人难以接受的一个事实是,这些研究积累的资料越多,关于意识问题的观点也越是紊乱。有些研究者专注于寻找意识的神经相关物,他们相信,某些特殊的脑结构可能与意识有关,被这些作者提到的有丘脑层间核、网状核、中脑网状结构、大脑皮层第 1 和 2 层内的大范围水平联系、皮层丘脑回路

---

<sup>\*</sup> 本文是作者为《21 世纪 100 个交叉科学难题》一书(科学出版社,2005 年,北京)所写的一章,承蒙该书主编李喜先生同意,转发于此,代以为序。



等;有的人认为那些有神经纤维投射到前额叶的脑区都与意识有关;有人相信大脑中一些特殊的皮层细胞起着关键性作用;有人提出大脑细胞通过某种频率振荡波的共振而产生意识;有人设想不同的脑区分别主管不同的意识过程。目前甚至没有人能够提得出一个研究意识问题的合理战略。

意识研究的一个最主要的困扰是,意识(或思想)与运动和感觉等一般生理过程不同,是一种发生在大脑内部的隐蔽过程,无法用客观的指标来加以测量。这种情况直到20世纪的最后10年中才出现了转机。由于物理学和计算机技术的发展,特别是PET和fMRI等神经成像技术的出现,现在人们可以通过这些先进技术,直接观察到在大脑中所发生的与知觉、注意、记忆、思维、想象、策划等意识过程相关的活动,以及各种意识障碍病人大脑中病变的位置。

意识研究的另一个困难是脑结构的复杂性。脑是亿万年生物进化的产物,动物越高等,脑的结构也越趋复杂。人类大脑包含大约 $10^{11}$ 个神经元,它们之间形成的突触联系大约有 $10^{15}$ 个,在这许多神经元和突触联系中,大约75%与意识活动有关,它们主要分布在大脑的顶叶、颞叶和额叶三个所谓的“联合区”内。人脑与其他灵长类动物脑在细胞形态和细胞结构方面并无根本差别,主要区别在于脑区之间特别是大脑联合区与和其他脑结构之间神经通路的数量。遗憾的是,目前使用的电生理学和形态学通路追踪方法都不能应用于人脑研究,关于联合皮层与其他脑结构之间的神经联系的资料大都来自实验动物。最近,已经有人尝试用fMRI来无损地探测正常人脑的神经联系,或用PET来显示人脑神经递质的分布。在进一步克服一些关键性的技术困难之后,也许在不远的将来,可以用神经成像技术,或其他加更完善的新技术,来探测与各种认知活动相关的神经回路。

### 三、用神经成像技术窥视脑的意识活动

各种神经成像技术的出现为研究意识与脑的关系提供了有力的手段。现在,每年都有数百篇论文应用fMRI、PET、多道脑电图和脑磁图等脑成像技术来研究意识的相关脑区。脑成像研究观察到,当受试者执行某种意识作业时,在脑的一些区域会出现与该作业相关的活动。尽管有些实验强调,在执行不同的意识作业时被激发的脑区有所不同,然而一个共同的结论是,每一种意识作业都会牵涉到大片脑区的激活。与此相反,在深度睡眠时(深度睡眠是一种无意识状态),整个大脑和丘脑的血流量(代表脑细胞突触活动的程度)都明显减少。在意识研究中,双眼交替现象(给左眼和右眼看不同的图形,人只能知觉到其中一幅图形,并且左眼和右眼刺激引起的知觉交替出现)经常被用来测量知觉的转换。脑磁图记录显示,这种知觉过程也涉及大片脑区,包括枕叶、颞叶和前额叶。

认知是意识活动的基础,目前有关意识的研究多数集中在这个方面。认知过程包括注意、记忆、知觉、策划(planning)和语言等环节。当大脑接受到来自外部世界或身体内部的形形色色的感觉刺激后,通过注意的选择,以及同已经储存的信息(记忆)的比较,形成某种特定的知觉,并作出合适的反应(策划)(planning)。根据脑损伤病例分析和动物实验结果,一些研究者认为,认知功能也像感觉和运动功能一样有特定的大脑功能定位,注意、识别和策划分别由大脑的顶叶、颞叶和额叶三个联合区主管,而记忆则是分散在所有这些联合区内。这个结论看来是把复杂的认知过程过于简单化了。从结构上看,联合区与整个大脑、丘脑、脑干、海马、基底节、小脑之间都存在着广泛的神经联系,它们彼此之间也有大量神经纤维沟通。因此,任何一

个区域的活动都必然会牵动大部分甚至于整个脑的活动。此外,从功能上看,认知过程的各个环节是不可分割的。感觉刺激必须通过注意的提取才能进入大脑,还必须通过与已存储的信息(记忆)进行比较才能形成知觉,任何一个环节的启动都需要有其他环节的参与。以记忆为例,有人利用 PET 研究短时程记忆的脑活动图像。他们发现,有关空间位置的短时程记忆发生在右侧大脑半球的四个脑区:前额叶、前运动皮层、顶叶和枕叶;有关词语的短时程记忆则是发生在左侧大脑半球的三个脑区:前运动皮层、顶区和下颞区。根据上面的分析,这种广泛激活是可以理解的。枕区的活动反映了储存的空间图像信息,前运动皮层的活动反映了储存的眼球位置信息(由眼外肌输入)和发声器官的运动信息(与词语相关的声带和舌运动),顶区下部和下颞区的活动可能反映语音和文字图像信息的存储(这两个皮层区被认为是人脑词库之所在),顶叶的活动反映受试者的注意状态,而前额叶的活动则反映了相关的行为策划。这些结果说明,认知是脑整体的功能。意识的复杂性由此可见一斑。

#### 四、对新技术的期待

应该看到,当前的神经成像技术并不是研究意识问题的万能法宝,因为这些技术充其量只能告诉我们某一种意识活动是发生在脑的某一个或某一些位置,并不能回答为什么这个或这些脑结构的活动会导致某种意识过程的产生。此外,这些技术目前所达到的水平也远不能满足脑与意识研究的要求。例如,为了能够看到与不同意识过程相关的脑细胞功能建构,要求这些设备必须达到微米级的空间分辨率;要观察与知觉、注意、思维、决策等意识活动相关的大脑动态过程,必须将这些技术的时间分辨率提高到毫秒级。然而,目前 PET 和 fMRI 成像的空间和时间分辨率都很低;脑光学成像技术由于不能穿透颅骨只适用于实验动物;多道脑电图和脑磁图可以实现毫秒级的时间分辨率,然而其空间分辨能力却非常之差(厘米级)。这些技术上的缺点和局限性已经成为制约当前脑与意识研究的瓶颈。这是全世界物理学家和神经科学家们目前正在努力解决的一个难题。

#### 五、结 语

在新世纪来临之际,世界各国科学家对发展意识科学寄予了厚望,正在从不同的角度对这个复杂的科学问题进行探索。一方面期望能够逐步了解人脑的这种最令人迷惑不解的功能,同时也期望由此带动人工智能、机器人和脑型计算机等第三代信息产业的发展。研究脑与意识的关系,实质上是要回答从物质如何转变为精神这样一个最根本性的科学命题。因此,这是一项极其困难极具挑战性的前沿科学。如果说在过去的一个世纪中神经科学取得了奇迹般的成就,那么毫无疑问,在今后的 100 年内,更令人鼓舞的突破必将出现在对脑的认知、注意和思维等意识过程的认识方面。智慧的人类将运用自己的智慧去揭示智慧的奥秘。

李朝义

中国科学院院士,中国科学院上海  
生命科学院生命中心研究员

# 目 录

## 第一编 认知神经科学基础

<b>第一章 认知神经科学的兴起与发展</b> .....	(3)
一、认知神经科学的起源 .....	(3)
二、认知神经科学的研究现状 .....	(14)
三、认知神经科学在我国的发展 .....	(16)
<b>第二章 神经解剖方法和皮层结构的基本原理</b> .....	(22)
一、神经解剖方法 .....	(22)
二、脑皮层区域 .....	(32)
三、皮层连接 .....	(36)
<b>第三章 前额叶皮层</b> .....	(48)
一、前额叶皮层的注意力调控功能 .....	(49)
二、前额叶皮层的学习和记忆功能 .....	(50)
三、前额叶皮层的行为抑制功能 .....	(55)
四、前额叶皮层的行为计划和策略形成 .....	(56)
五、前额叶皮层的发散性思维能力 .....	(57)
<b>第四章 海马与记忆</b> .....	(60)
一、海马与内侧颞叶的解剖结构与功能 .....	(60)
二、内侧颞叶与联结的形成 .....	(61)
三、内侧颞叶与多重记忆系统 .....	(65)
四、内侧颞叶与回忆性经验 .....	(69)
五、MTL 与长时记忆的时效性 .....	(73)
<b>第五章 脑和认知功能的演化</b> .....	(78)
一、自下而上的发育 .....	(78)
二、自后向前的发育 .....	(81)
三、自右向左的发育 .....	(82)
四、语言,表情,工具的应用等和智力演化的关系 .....	(85)
五、关于鸟类认知功能的问题 .....	(90)

## 第二编 认知神经科学的研究技术与方法

<b>第六章 功能磁共振成像</b> .....	(95)
一、基本原理 .....	(96)
二、缺陷 .....	(102)
三、新的发展 .....	(103)

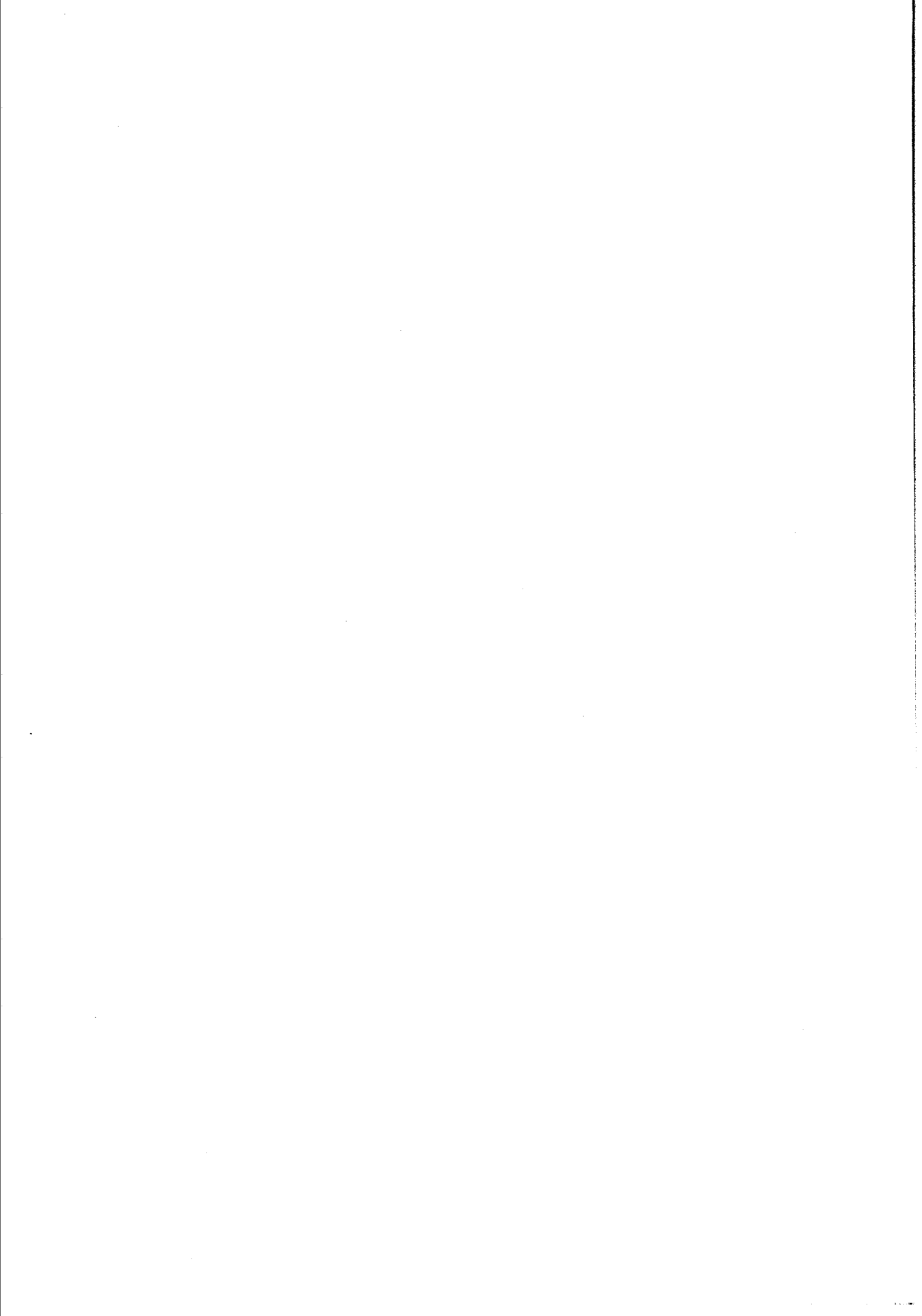
<b>第七章 神经磁场学与磁源成像技术基础</b> .....	(109)
一、MEG 的神经发生原理 .....	(109)
二、神经磁场的测量 .....	(113)
三、事件相关的脑活动 .....	(115)
四、发生源定位 .....	(123)
五、其他功能影像技术的特点 .....	(125)
<b>第八章 事件相关脑电位技术</b> .....	(129)
一、基本概念 .....	(129)
二、ERP 的基本技术 .....	(133)
三、ERP 成分 .....	(149)
<b>第九章 经颅磁刺激：生理、心理、脑成像及其临床应用</b> .....	(157)
一、历史和发展 .....	(157)
二、物理学基本原理：磁场和感生电流 .....	(158)
三、安全性和操作要领：基本参数 .....	(159)
四、脑内机制：脑电图/事件相关电位的头皮映射以及 PET/fMRI 脑成像 .....	(160)
五、在生理学中的应用：感觉-运动效应 .....	(160)
六、在心理学中的应用：知觉、学习、记忆、认知和语言 .....	(162)
七、在神经病学中的应用：运动障碍、中风和癫痫 .....	(164)
八、在精神病学中的应用：强制性障碍、情绪、抑郁症和精神分裂症 .....	(165)
九、在药理学中的应用 .....	(166)
十、TMS 的展望 .....	(166)
<b>第十章 光学成像及其在神经科学研究中的应用</b> .....	(170)
一、利用染色剂显示神经元活动的光学成像技术 .....	(170)
二、不用染色剂的神经元活动光学成像 .....	(175)
三、结论 .....	(178)
<b>第十一章 计算神经解剖学</b> .....	(180)
一、计算神经解剖学简介 .....	(180)
二、分割理论 .....	(182)
三、配准理论 .....	(186)
四、统计形状分析理论 .....	(188)
五、计算神经解剖学的应用领域 .....	(192)
<b>第十二章 基于生理学的立体视觉模型和运动-立体整合模型</b> .....	(196)
一、视差计算的能量模型 .....	(198)
二、模型的工作方式 .....	(202)
三、视差计算的能量、相位方法之间的关系 .....	(203)
四、视差吸引与排斥 .....	(203)
五、垂直视差 .....	(205)
六、相对视差与绝对视差 .....	(210)
七、双眼感受野模型 .....	(210)

八、运动-立体整合 .....	(211)
九、时变刺激的视差反应 .....	(212)
十、Pulfrich 深度错觉 .....	(213)
十一、由运动而确定的深度结构 .....	(215)
十二、结论 .....	(219)
<b>第十三章 神经图像分析技术</b> .....	(224)
一、引言 .....	(224)
二、脑图像预处理和后处理 .....	(225)
三、基本脑图像分析方法: 相关法、频率法和多窗口谱估计 .....	(230)
四、统计参数映射(SPM) .....	(235)
五、独立成分分析技术 .....	(239)
<b>第三编 认知过程的神经基础</b>	
<b>第十四章 初级视皮层中的显著图</b> .....	(249)
一、以一个 V1 模型来模拟显著图 .....	(249)
二、通过视觉搜索任务检验显著图理论 .....	(250)
三、视觉搜索微弱不对称的例子 .....	(253)
四、从心理物理学角度预测 V1 的生理学与解剖学特性 .....	(254)
五、从 V1 生理学、解剖学的角度理解心理物理学现象 .....	(254)
六、未来工作中要解决的问题 .....	(256)
<b>第十五章 听觉认知与信息过滤</b> .....	(261)
一、听觉 .....	(261)
二、丘脑的听觉过滤 .....	(263)
三、非丘系的内侧膝状体的离皮层调节 .....	(267)
四、假想的 TRN 神经元与中间神经元的功能区分 .....	(271)
五、离皮层调节效应与声强 .....	(271)
<b>第十六章 知觉注意的机制</b> .....	(281)
一、知觉模板模型观点 .....	(281)
二、经验结果与空间注意机制的分类 .....	(284)
三、神经生理学机制 .....	(286)
<b>第十七章 记忆过程及其脑机制</b> .....	(289)
一、记忆的过程 .....	(289)
二、记忆的某些特性 .....	(290)
三、记忆与学习过程的脑成像 .....	(290)
四、外显记忆的编码与提取 .....	(294)
<b>第十八章 语言认知的脑基础</b> .....	(300)
一、词汇知觉 .....	(301)
二、词汇产生 .....	(305)
三、句子理解 .....	(307)

<b>第十九章 意识的实验科学研究——视觉意识的神经机制</b> .....	(314)
一、刺激和知觉分离的现象.....	(315)
二、研究无意识状态下的视觉信息加工.....	(317)
三、用功能脑成像方法研究视觉意识的神经机制.....	(318)
四、用心理物理方法研究意识的神经基础.....	(319)
五、意识研究的警示及反思.....	(325)
<b>第二十章 情绪和大脑</b> .....	(331)
一、人类情绪和人类情绪范畴的科学定义.....	(331)
二、学术问题及研究.....	(332)
三、脑成像研究进展.....	(336)
四、情绪的模型与应用.....	(342)
<b>第四编 认知神经的发展与障碍</b>	
<b>第二十一章 认知发展的神经机制</b> .....	(349)
一、认知的发展.....	(349)
二、认知发展与脑的关系.....	(356)
三、以后研究展望.....	(371)
<b>第二十二章 认知的老年化</b> .....	(375)
一、认知老年化的现象.....	(375)
二、关于认知老年化的理论.....	(379)
三、脑功能的老年化.....	(384)
四、脑功能老年化的行为表现.....	(390)
五、脑结构的老年化.....	(391)
<b>第二十三章 语言损伤与语言表征及加工</b> .....	(396)
一、基本逻辑与方法.....	(396)
二、词典的基本表征.....	(400)
三、词汇加工.....	(405)
<b>第二十四章 认知与遗传</b> .....	(414)
一、总论.....	(414)
二、基因与认知研究概况.....	(416)
三、基因与行为研究概况.....	(421)
四、认识遗传学的研究方法.....	(425)
<b>索引</b> .....	(433)
<b>附录 认知神经科学研究仪器设备</b> .....	(450)
<b>作者简介</b> .....	(461)
<b>后记</b> .....	(471)

# 第一编

认知神经科学基础





# 第一章 认知神经科学的兴起与发展

## 一、认知神经科学的起源

认知神经科学是在传统的心理学、生物学、信息科学、计算机科学、生物医学工程,以及物理学、数学、哲学等学科交叉的层面上发展起来的一门新兴学科,旨在阐明自我意识、思维想像和语言等人类高级精神活动的神经机制,换句话说,它研究脑是如何创造精神的。

“认知神经科学”这一名称是在 20 世纪 70 年代后期,由美国心理学家 George Miller 提出来的。当时的神经科学家致力于研究大脑皮质如何组织,怎样对简单刺激进行反应,并了解了视知觉一类简单认知过程的机制。他们对知觉的研究主要依赖于生理学的方法,比如研究脑损伤与认知障碍之间的特定联系的简单损毁法。然而生理学的方法似乎并不适用于知觉以外更复杂的认知成分,无法满足研究复杂心理活动的需要。因此,神经科学家开始建立单个细胞之间如何相互作用以产生感知的模型。另一方面,20 世纪 50 年代以后随着行为主义的逐渐衰退,大多数心理学家不再把行为主义作为解释复杂认知的可靠方法。在这样的情况下,迫切需要将脑科学和认知科学结合起来,认知神经科学于是应运而生。Michael S. Gazzaniga, George Miller, Michael I. Posner(图 1-1)等都为这门新学科的产生作出了重大贡献,特别是 Gazzaniga,自 20 世纪 90 年代连续推出 *Cognitive Neuroscience*, *New Cognitive Neuroscience* 等著作,对认知神经科学的发展起到了极大的推动作用。

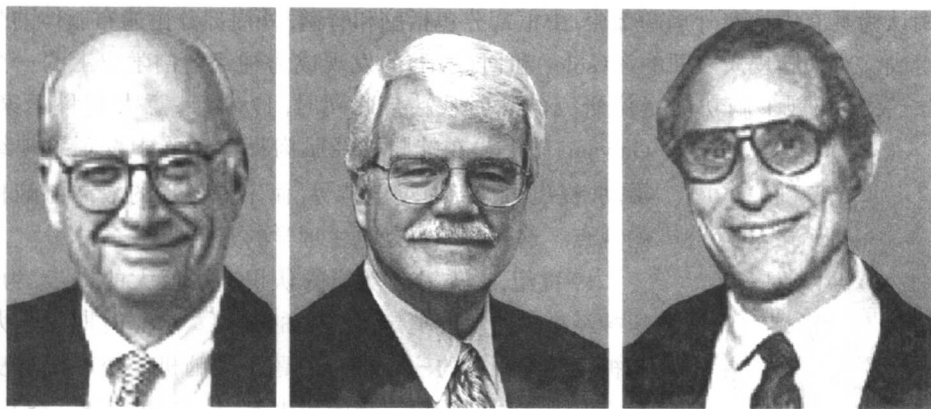


图 1-1 从左到右 M. S. Gazzaniga, G. Miller, M. I. Posner

### (一) 神经科学的起源

神经科学(neuroscience)的发展经历了漫长的历程。尽管我们的史前祖先已经意识到脑对生命活动的重要作用,但一直以来,心脏都被视为智慧的发源地。直到公元前 4 世纪,以