

Cognition, Brain, and Consciousness

Introduction to Cognitive Neuroscience (Second Edition)

认知、脑与意识

认知神经科学导论 (全彩色版)

(原著第2版)

Bernard J. Baars and Nicole M. Gage



神经科学研究与进展

Cognition, Brain, and Consciousness

Introduction to Cognitive Neuroscience

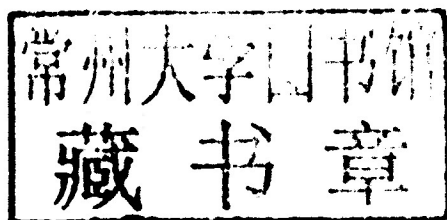
(Second Edition)

认知、脑与意识

认知神经科学导论

(原著第2版)

Bernard J. Baars and Nicole M. Gage



科学出版社

北京

图字:01-2011-4374 号

This is an annotated version of
Cognition, Brain, and Consciousness: Introduction to Cognitive Neuroscience
(Second Edition)

By Bernard J. Baars and Nicole M. Gage.

Copyright © 2010 ELSEVIER Ltd.

ISBN:978-0-12-375070-9

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.

AUTHORIZED EDITION FOR SALE IN P. R. CHINA ONLY

本版本只限于在中华人民共和国境内销售

图书在版编目(CIP)数据

认知、脑与意识: 认知神经科学导论: 第2版 = Cognition, Brain, and Consciousness: Introduction to Cognitive Neuroscience (Second Edition): 英文 / (美) 巴尔斯 (Baars, B. J.) 等编著. — 北京: 科学出版社, 2012

(神经科学研究与进展)

ISBN 978-7-03-033057-4

I. ①认… II. ①巴… III. ①认知心理学-英文 IV. ①B842.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 263888 号

责任编辑: 李小汀 田慎鹏/责任印制: 钱玉芬

封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳信达欣艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012 年 1 月第一次印刷 印张: 44 1/4

字数: 1 050 000

定价: 288.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《认知，脑与意识》（第2版）导读

认知神经科学是一个对认知的生物学基础进行科学研究的新兴学术领域，特别关注心理加工的神经机制，核心问题是心理与认知功能如何在大脑中进行的。认知神经科学是心理学与认知科学的交叉，与生理心理学、认知心理学和神经心理学在学科上有所重叠。它依赖于认知科学的理论与来自于神经心理学、计算模型的科学证据的结合。

20 世纪末，美国麻省理工学院出版《21 世纪的心理学与脑科学》，认为心理学已经进入认知神经科学的时代，该观点已成为国际心理学和神经科学界的共识。20 世纪 90 年代以来，认知神经科学以异乎寻常的速度在全球范围内发展。1990 年，美国国会通过议案，并由美国总统签署“脑的十年”；欧洲随之跟进，推出“欧洲脑的十年”；5 年后，日本推出“脑科学时代”计划，投入 200 亿美元，制定了“认识脑、保护脑、创造脑”三大目标。1998 年，国际神经信息学工作组及时推出人类脑计划（Human Brain Project, HBP），重点研究脑结构与功能，强调神经信息学，建立世界性人类脑功能结构信息库，在世界范围内推动脑科学及神经信息学研究和发展。从新世纪开始，美国又发起“行为的十年”，其宗旨：多学科共同努力，促进行为和社会科学的研究；战略目标是安全、健康、教育、民主和社会繁荣。“人类前沿科学计划”（Human Frontal Science Program, HFSP）是耗资上百亿美元的跨国研究计划，被认为是与美国战略防御计划、欧洲尤里卡计划鼎足而立的三个重要计划。以物资和能量的转换、认知科学与信息处理、支撑技术为三大组成部分。美国国家科学基金会和美国商务部共同资助了一个重大计划——“聚合四大技术，提高人类素质”，将纳米技术、生物技术、信息技术和认知科学看作 21 世纪四大前沿技术，并将认知科学视为最优先发展领域，主张这四大技术融合发展。

认知神经科学的发展趋势，是从关注大脑神经生物活动到关注大脑的高级认知功能；从关注部分层面到关注全脑层面；开始关注脑活动与行为的关系；开始从动态的发展观考察脑结构和功能的发育，以及学习和脑的可塑性；从关注脑和外在行为到关注“基因和环境—脑—行为”。进入 21 世纪，国际上的研究热点已经开始从纯科学研究拓展到将认知神经科学研究的最新成果运用于解决社会现实问题，满足国家重大需求。特别是将认知神经科学的基础研究与国民素质提升结合起来，已经成为发达国家在认知神经科学领域的研究热点，已经成为科学研究的国家行为。例如，美国国家科学基金会在 2004 年出资上亿美元，资助美国的顶级大学共同建立学习科学中心；Nature 以“小小脑的大计划”为题，报道了

这一雄心勃勃的重大事件，并指出基于脑科学的教育将完全改变人类延续几千年的教育手段与思路。英国科技部于2006年至2008年开展了以“如何提升国家精神财富”为核心的前瞻性研究计划，其核心问题包括：开发青少年与老人的脑功能、科学为早期教育服务、精神疾病的早期预防、学习必须延续一生等。

伴随着中国的崛起，认知神经科学也在中国高速发展。继“脑与认知科学”被列为国家中长期科学技术发展规划的八个前沿领域之一后，国家十二五科技规划再次将“脑科学与认知科学”列入基础科学前沿领域。2005年初，国家科技部批准“认知神经科学与学习”和“脑与认知科学”2个国家重点实验室建立，代表了国家在认知领域的科学规划与研究基地布局。近10年来，国内也开展了一系列有关认知神经科学的重要学术活动：1999年，召开了有关“意识”问题的香山科学会议；2001年9月，第三届国际认知科学大会在北京举行；2002年8月，中国科学院组织的认知神经科学国际研讨会在青岛举行；2006年1月，《认知神经科学教程》由北京大学出版社出版；同年10月，北京师范大学举办认知神经科学中西方学术交流大会，包括诺贝尔奖得主、美国哈佛医学院的Hubel博士在内的10多位中外院士和40余位中外科学家与会，介绍了认知神经科学的最新进展。目前，脑与认知科学已在中国蓬勃发展。本书导读版在中国的出版，将进一步推进中国认知神经科学的深入发展。

《认知，脑与意识》一书是由美国神经科学研究所的Bernard J. Baars教授与美国加州大学欧文分校的Nicole M. Gage教授所主编，由Elsevier出版集团学术出版社在2007年出版第一版，2010年又出版了第二版。全书仍然分为15章，但对某些章节进行了补充修订。各章简介如下：

第1章 从思维与大脑结合的研究入手，为读者展现了认知神经科学的宏观概览。首先，作者从距离、时间等概念上切入，给读者提供了很好的起点。这个起点既有让我们为之兴奋的许多奇妙事物，也有在严谨的科学实验时所具备的基本思想准备。本章还介绍了阅读本书时应该具备的一些基本知识，例如如何更容易地看懂脑的结构图；为什么丘脑和“新娘的卧房”是有联系的等。接着，作者在为读者展开认知神经科学研究历史的过程中，也展现了一个更人性化的、更丰富多彩的关于脑的研究历程。我们不仅知道了“意识”这个概念在历史的长河中是怎样的蜿蜒起伏，以及发展到今天的状况。同时，我们也知道了笛卡儿不仅是数学家、哲学家，其实他最早的时候还是学习大脑的优秀学生；而弗洛伊德不仅是一位只会思考潜意识的心理学家，其实他还发现了化学染色方法，从而使我们可以在光学显微镜下更清楚地看见一些神经元。最后，本章为如何更好地学习这本书提供了很多行之有效的方法。

第2章 介绍了认知神经科学的基本框架。用2幅经典的图片展示了认知功能的框架和人类大脑皮层的功能区，生动体现了脑与行为的关系：包括视觉、听

觉、躯体知觉、工作记忆、中央执行控制功能及语言的输入和传出等方面的研究进展及存在的问题等。可以说，本章是本书内容的提纲。在功能框架图中，左侧是以视觉、听觉、触觉为代表的感知系统，如皮层功能区的图片所示，所有的感觉传导到大脑的后半皮层。视觉和听觉的研究已经持续了两个多世纪，因此我们所知甚详；而触觉、痛觉、温度觉、本体感觉等躯体感觉也基本阐明。但我们对嗅觉、味觉的研究还处于起步阶段。一些潜在的感觉功能，例如生理节率、消化、甚至性和生育繁殖功能，都在研究之中。选择性注意一直是认知神经科学领域的重要课题，“自下而上”与“自上而下”是其主要的加工模式。选择性注意与知觉意识之间的关系非常密切。

第3章 在神经元水平了解到什么程度呢？是否也能在更具体的生物水平上给以生动的描述呢？首先，我们从神经元和神经网络的一些基本概念开始。大脑是由能够传递信号的一类细胞——神经元所组成的。这些细胞在进化的过程中具有高度的保守性，也就是说，经过亿万年的演变，它们依然保持着相对稳定的状态。不同物种之间有着类似的神经元种类，恰恰是这一观点的体现。与其他人体细胞不同的是，神经元是一些高度特异化的细胞，负责化学电信号的传导。它们通过自身的很多小分枝（树突）接受来自其他神经元的信号，然后通过一根主干枝（轴突）把化学电信号传导出去。整个大脑可以看成是一个由神经元及其连接所组成的复杂巨系统。树突和轴突是从神经元胞体内伸出的管道，一个神经元平均有一万个树突，一个或多个轴突。虽然神经细胞中动作电位的速度不及电脑里电流的速度，但是我们的人脑还是要比电脑的功能更强。现在的电脑还没有办法像人脑一样完成一些特有的活动，例如知觉、言语、语义记忆、行为控制或者是艺术创作。

第4章 一个完美的心智观察者需要能跟踪数百亿个神经元，并能对每个细胞以秒为单位进行上千次的取样。还要完美地跟踪记录那些可能进行万亿种联结的大小神经细胞团，并阐明其间的持续转换与交互作用。就像一颗现代化的侦查卫星能在太空中细致入微地观察每一个人，以及这些个体或群体之间的、从家庭到整个国家的动态关系。我们对大脑的理解就像是一幅由许多谜语碎片构成的黏贴图，合理地黏贴起来以构成一幅完整的图画。对建立在发展了数十年的认知心理学基础上的认知神经科学来说，脑成像技术具有突破性的进展。在脑成像技术成熟以前，我们的知识来自于动物研究和人遭受的偶然创伤。但是脑损伤尤其不精确，因此神经学家通常不得不在患者死后再对其脑进行解剖以确定损伤部位。比如在第1章提到的布洛卡氏区和威尔尼克氏区就是病理解剖的结果。脑通常能自我修复，经过一段时间，细胞死亡，脑的损伤情况也发生变化，产生了适应性。因此，后期检查并不一定能反映早期诊断时的损伤。而动物研究建立在预先假定的同源——即物种间的相似性上，而这一点并没有让所有人信服。因为其他

动物没有语言，就不会发生人类明显的特化现象，所以要理解动物的脑的活动是如何反映人脑的认知是非常困难的。当观察脑的活动成为可能时，这些问题就迎刃而解了。

最初是通过脑电图（EEG），然后是 X 光技术，接着是计算机 X 光断层摄影（即 CT），以及正电子断层扫描（PET）和磁共振成像（MRI）等。现在有十多种成像技术已经十分成熟。临床需要常常促使这些昂贵技术的发展并应用到人体。所以，我们现在有办法研究人脑中几十亿个神经化学感受器的分布状态、皮层的厚度、白质纤维束的高速传递系统；而对认知神经科学最重要的是脑的功能性活动，适应环境的能力及其神经基础。新的进展让科学家们得以研究不仅仅是位于特定脑区的功能性活动，还能测量它们之间联结的动态路径。图 4. 2 和 4. 3 是一些脑的主要的“导线”，但如同万维网，这些导线仅仅是故事的一部分：这些神经群间的持续变化的动态联结能在转瞬之间就发生小部分的改变。要从专家视角呈现记录和研究脑活动的工具，还可以详见附录 B。

第 5 章 人类的大脑是文化和科技存在的基础。在这一章里，我们会学习到大脑的结构组成，在具体的几个章节里，我们将进一步学习大脑的功能——它究竟是怎样进行工作的。需要强调的就是首先要认识到大脑的解剖学知识不是静态和固定不变的，一些新的、重要的事实被陆续发现。在更为微观的水平上，全新等级的神经、突触、联结方式和递质分子已经被发现。不过尽管关于大脑的知识正在连续不断的扩展，我们仍将会聚焦在基础的部分。

认知神经科学将研究的焦点集中在大脑皮层上，并且将它视为加工过程中的“最高水平”。其实，经过漫长的进化过程，大脑皮层仅仅是我们复杂的大脑中位于外部的、可见的一部分。“皮层”这个单词的原始含义是树皮，这样我们就可以理解在早期的解剖学中大脑皮层意味着什么。大脑皮层最重要的功能就是认知调控，它持续联系着其他主要的“卫星”器官，特别是丘脑、基底节、小脑、海马和边缘系统。正因为如此，我们才把皮层和丘脑紧密的联结称为“丘脑—皮质系统”。大脑的核心系统，就像信号交通甚至飞行运输一样，可以灵活地前进或者后退。大脑皮层中几个主要的脑叶可以形象地比喻为地球上的陆地，每一块陆地都有各自的人口中心、自然资源，并且通过交易和其他区域相联系。大脑皮层区域虽然有着各自具体的分工，但是它们也经常和其他区域整合，这种联系遍布整个皮层区域和相关的器官组织。我们将皮层一些外层的物质称为“灰质”，这是通过人们肉眼见到的颜色来命名的。皮质外层另外一些大量填充在大脑半球、如同水果果肉一样的物质被称为“白质”。这两个名词的叫法都是从它们的外观得来的。而事实上，灰质中包含着数以亿计的神经细胞体，这些细胞体向着不同的方向发出更多数量的轴突，而起支撑作用的髓鞘就是由白色的脂质分子构成的。这些白色的外鞘使得皮层之间的神经联结看起来是白色的，故称之为白质。

第6章 回想一下站在高处俯瞰的情景，你会发现大千世界的印象是如此生动而富有感染力，而这些印象却仅仅是由你脑中一些神经元活动的集合产生的。那么，一个值得我们花时间认真思考的问题就产生了：成千上万的神经元及其活动，是如何使你看到所有的东西，并形成你每时每刻的视觉经验呢？当我们开始思考脑活动与主观视觉经验间的关系时，会陆续产生一些令人困惑却又十分迷人的问题。人们凭直觉通常认为人类的视觉机制与照相机十分类似。在日常生活中，我们很容易把眼中的整个世界视为一幅鲜明的高分辨率的全彩图，但很像高分辨率照相机的视觉，仅仅为视觉空间中的一小块地方提高分辨率。而这种分布形式仅是大脑用于帮助其最迅速而有效地表征我们所看见的特征或客体的一种策略。这证明了我们的大脑有天衣无缝地表征外部世界的能力，而这个惊人事实往往被我们所忽视。

对大部分人来说，视觉可能是我们在日常生活中用于感知外部世界和完成各种任务的五种知觉中最重要的一种。那么，视觉的目的是什么呢？早期一位视觉科学家和计算机专家 David Marr，提出了一种看似合理的简单论点：视觉的目的在于“知道在那儿的是什么”，即空间和物体知觉。例如，当你在校园中步行或驾车寻找一座新建筑时，最重要的是要知道：其他的车辆和行人在哪儿，交通灯是红的还是绿的，我该走哪条路，如果走这条路多久能到达，在下个街角要转弯吗，眼前的这座楼是我要找的那座吗？

大脑是如何感知某种客体的呢？人类视知觉的神经科学研究结果显示知觉是多层次的。在最基本的层次上，人类大脑处理基本的视觉特征，如颜色、朝向、环境和立体视觉深度等。例如，当看到花朵时，我们也许会知觉到花的中央是黄色的，下面的叶子是绿色的，两枝茎干朝着不同的角度等。人类很擅长知觉朝向的细微差别，颜色的微小差异，以及轻微的移动轨迹。大脑初级视觉皮层中绝大部分细胞对某些特征有很高的调谐度——一些会对特定角度的线段有很强的激活，而一些对特定的颜色或运动方向有强烈的反应。这些神经元仅分别对视野中很小的一块区域有反应，即一些仅跨越1度到几度的视角的片段。如果这些神经元的活动只能分别表征视野中的一小块区域，例如视野中的小斑点是垂直的还是水平的，红的还是蓝的，运动的还是静止的，那么大脑如何对各个神经元传出的信息进行整合呢？不知何故，大脑能够将这些基本特征元素组织成知觉群。格式塔心理学家认为知觉不能仅独立通过考察基本元素来实现。格式塔这个德文词汇很难被直译，它的意思是整体大于部分的加和。这些心理学家提出了知觉组织的格式塔规则，如相似性、接近性、连续性、相同命运规则等。这些规则指出：颜色或形状越接近的元素越倾向于被知觉成一个整体；同样地，如果一些元素被排列在行列中，这些规则能决定它们被知觉排在行中还是列中。

为什么知觉组织如此重要？它能帮助我们知觉到什么特征是属于某个东西的，并帮助我们辨别图形与背景。例如，想象你看见一只金色的猎犬躺在高高的

草丛里。相似性原则会帮助我们将狗和草区分出来，而且在一旁摇动的尾巴会被认出是属于狗的，哪怕我们看见的只是尾巴的末端。如果狗开始在灌木丛中跑动，愤怒地咆哮，那么在一只猫跑动之前，我们将不会发觉它一直藏在灌木丛后面。因为猫的运动引发了相同命运的组织形式，这会激发我们对动物这一整体而非树枝和叶子间透出的皮毛片段的生动印象。

最后，我们能够知觉整个客体的形状，并通过先前的经验将这些形状与相应的客体表征对应起来。为了知觉一个客体，大脑必须经过许多步的视觉加工，从处理客体的特征元素，到将这些元素组织成各种知觉群，再最终计算出这些元素如何建构一个有组织的形状。这些对客体形状的特征必须与之后存贮在记忆中的客体表征相对应。鉴于客体数量是如此之多，而且任何客体投射在视网膜上的二维图像都会随着视点、光线或观察情况的变化而改变，客体辨认这一问题变得极具挑战性。因此，大脑必须从客体中提取出稳定的或不变的抽象特征，同时忽略掉那些在客体二维投射图像中时常变化的表面特征。

你是如何知道世界上各个事物的位置的呢？当你观察世界的时候，刺激你眼睛的视觉信息都是二维的，类似你用照相机得到的图像。这些投射到你眼睛上的二维图像被保存到大脑的初级视觉皮层中。这种加工产生了客体位置相对向中央注视点汇聚的图像。而大脑能够依此建构出原来的三维图像，并估算出空间中各个客体的距离。虽然初级视觉皮层中客体位置的表征是相对向中央集中的，但在顶叶、颞叶或额叶中更高级的皮层一般倾向于用更抽象的方式表征客体位置，如它们与人们的身体或周围环境的相对位置。

第7章 我们怎样从感听一个简单的声音，到理解复杂的语言，甚至是领会庞大乐队演绎的交响乐，是本章的重要内容。首先，我们了解声音传导的基本神经基础：从声音的感觉器官——耳，通过听觉传导道到听觉皮层。然后，我们讨论特异性的声音加工，例如语言和音乐的感知。你可以想象，声音感知改变了人类的整个生活，我们从婴儿时期就开始了语言的学习。当你是一个熟练掌握某种乐器的音乐家，或是通晓几种语言的翻译家时，你的神经加工机制有可能与常人不同。因此，我们将讨论学习与经验对脑的可塑性效应。当然，声音的加工不是，我们所听的，总是与我们所看的、所触摸的，以及我们的记忆力和经验联系在一起。

第8章 大脑一般处于清醒、睡眠和快速眼动睡眠（REM）三种状态下。尽管睡眠和做梦的功能目前还不是很清楚，但它们是人类必需的周期性状态。人处于清醒状态时，能报告意识经验、执行认知任务和随意控制肌肉进行运动。此时的 EEG 呈现快速、低幅和不规则波形，有时呈现高度同步活动。gamma 同步活动可以把视觉特征绑定为意识客体。丘脑和皮层神经元在清醒状态时高度活跃并相互作用。意识经验大多源于选择性注意，而意识经验反过来也影响注意。注

意和意识共同促进学习。清醒阶段的所有认知任务活动都同时包含意识成分和无意识成分，而随着学习和习惯的形成，可预料的习惯化行为的意识成分逐渐减少。REM 睡眠阶段与清醒阶段的神经活动类似，只是感觉输入和运动输出受到抑制。此时，意识内容主要在内部产生，内隐和程序记忆也可能在此阶段得以巩固。睡眠阶段，EEG 呈现高幅慢波，丘脑皮层系统活动出现起伏的活动，激活阈限也随之起伏活动。此时，感觉输入和运动输出受到抑制，近期情景记忆在慢波活跃阶段在海马一新皮质系统中重放，而外显记忆得以巩固。

第 9 章 记忆可定义为对思维、经验或者行为的一种持续性表征。而学习是对这种表征的获得过程，涉及大量脑区的激活。人类记忆具有非常显著的局限性，同时也可以说是一种重要的能力。例如，大多数学生都希望有“好记性”，也就是能够轻松而准确地存贮并提取信息的能力。然而，人脑的进化毕竟不是为了学术研究或者考试，这种功能是近代新开发出来的，它进化的唯一原因与目的只是生存的需要。所以，大脑最好的记忆成绩不在于能够精确地表征各种符号信息，这是最普通的计算机都能做的事，而是表现在它能够在现实生活中游刃有余的处理各种复杂的、模糊的、瞬息万变的信息。

得益于学习与记忆的支持，人类能够非常灵活地适应新环境。我们杰出的学习能力，使得从新石器时代进化而来的脑还可以帮助我们在满是计算机、脑科学以及学术研究的时代顺利而成功的生活。可见，学习能力必有独特之处。

记忆中的信息存贮向来被认为包括了大量脑区的广泛的突触交换。这个过程通常涉及大范围的 Hebbian 学习，遵循“同时放电的神经元之间会产生联结”的规律（参见第 3 章与附录 A）。因而，神经元之间相关的活动，无论是兴奋还是抑制，都会使它们之间的联系性增强。研究者们认为，瞬时的细胞集体放电维持即时记忆，而长时记忆需要更长时的突触联系。尽管有一些研究证实了这些现象，但迄今为止，我们仍未取得在相关的脑区存在长时程联系的直接证据。因此，Hebbian 记忆轨迹自身仍是一个推论性概念。

一些观点认为，通过突触联系的改变，可能所有脑区（从后部知觉区域，到前部执行与运动皮层）都参与学习。而另一些观点更关注传统上认为与记忆功能相关的颞叶。在这一章，我们主要考察脑区结构中最重要的部分——新皮层和包括海马及其周围组织在内的内侧颞叶（medial temporal lobe, MTL）。

多年来，研究者们普遍认可海马在将经验转换为记忆的过程中发挥着最重要的作用，但最近更先进的技术方法显示，整个海马所在的内侧颞叶区域可能都参与了这一过程。内侧颞叶与只有不到六层神经元的古老皮层——嗅球之间存在重叠，而新皮层是哺乳动物“新有的”脑皮层，其最显著的特点是包含六层神经细胞。当我们存贮或提取日常经验时，新皮层与内侧颞叶之间持续不断地相互交流。因为有着古老的进化血统，内侧颞叶的功能繁多。以海马为例，最初的研究主要关注小鼠及其他哺乳动物中海马的空间定位功能，此外，海马还负责嗅觉编

码，这也正是内侧颞叶的一些部分被称为“嗅皮质”（rhinal cortex）、“内嗅皮质”（entorhinal cortex）和“嗅缘皮质”（perirhinal cortex）的原因。

内侧颞叶与视觉皮层颞下回（inferior temporal, IT）之间也存在联系。你大概还记得，颞下回参与调节高级视觉客体信息（参见第8章），该脑区的神经元放电与意识状态下的视知觉有关（Sheinberg & Logothetis, 1997）。因此，内侧颞叶能够非常方便地接收到高级的意识状态下的视觉信息。

内侧颞叶周围是听觉区，听觉信息也能迅速地反馈到内侧颞叶（参见第7章）。此外，情绪信息的“集中营”——杏仁核正好在海马附近。可见，内侧颞叶可以说是一个繁忙的“交通枢纽”，各种输入信息首先在这里整合，然后再到新皮层的各个相应区域完成学习与提取，可以说这是“中枢中的中枢”。

人类脑皮层大部分是新皮层，这是哺乳动物几亿年的进化中，逐渐由旧皮层伸展出来的。上面已经提到，新皮层一般通过大量神经元之间的突触联系的改变来编码长时记忆，皮层中尤其是丘脑，有着万亿计的这种突触（参见第3章）。而海马将新皮层的认知信息与边缘系统的情绪信息完美的结合在一起，形成包含了所经历事件各方面编码的记忆痕迹。

第10章 问题解决是一种高级的认知功能，是以其他多种功能为基础的。工作记忆的参与，使我们不必提醒自己记住各种辅助信息，可以把注意力集中在问题的主要方面；执行控制功能使我们的认知具有更多的灵活性，从而克服问题解决时的“功能固着”倾向，提高对环境变化的适应力；此外，我们当前面临的问题，常常与我们的经验和过去已解决的困难有关，在问题解决过程中，我们需要反复提取长时记忆里的知识和技能。

工作记忆、注意、认知加工和执行控制都存在能力上的限制。因此我们在解决问题时的常用策略，是将问题的各个方面组块化，分解成可存储在长时记忆系统中的成分。例如，国际象棋大师在记忆中掌握了棋局的许多种变化，以及对应的解决办法，所以他们在比赛中，可以将注意力集中在棋局的新异之处。

一般认为，问题解决包含了三个要素：起始状态，即我们着手问题时所面临的状况；目标状态，即问题被解决后的状况，是问题解决者所要达到的目的；解决问题的步骤，即问题解决者将起始状态，转换为目标状态的过程中的每一个中间状态，这些状态被称为问题解决的子目标，它们的出现可能并不是很明显的。所有潜在的子目标，即我们可以作出的各种选择，构成了这个问题的空间（problem space）。问题解决可以被看作是在问题空间中，搜索通往目标状态的路径。

人类的问题解决，可以按心理活动的类型分为两类：内隐的和外显的。这两种模式有显著的不同。外显思维有清晰的、有意识的目标和子目标，从起始状态到目标状态的每个步骤都是非常明确的。我们可以举一个日常生活中的例子：心算。在心算过程中，外显思维涉及到更高级的执行控制、更多的心理工作负荷、

更频繁的有意识存取。为了追求外显目标，有更广泛的皮层区域会被激活。个体解决“汉诺塔难题”、“威斯康星卡片测试”等外显问题的表现，会显著地受到额叶损伤的影响。其他因素如滥用药物、认知负荷、困倦和分心等，也会影响被试的成绩。因此，外显的问题解决任务是脑功能研究的重要参考。

完全的外显问题解决在现实世界中是很罕有的。相比之下，内隐问题解决在平时可能更常见，因为我们的很多技能是在早年生活中就掌握了。经过反复实践，这些问题解决的技能越来越熟练，逐渐变得内隐（无意识）和自动化。例如，你对刚才那句话的理解就是一个内隐问题解决的好例子。内隐问题解决与外显模式相比，所需的执行控制、有意识存取、认知负荷更少，激活的皮层面积也比较小。从另一方面说，它对长时记忆和实践经验的依赖比外显模式少得多。因此，虽然内隐问题解决的效率很高，但是容易显得僵化，缺少灵活的控制。

我们进行学习，其中一个隐含的目的是要将外显问题解决转化为内隐模式。人类绝大部分的问题解决，都包含了外显成分和内隐成分。我们往往低估了内隐认知的复杂性，因为内隐成分是无意识的。实际上，问题解决的最有效工具通常是被反复练习的、已经自动化了的技能。问题解决的外显部分，常常是在完成个体不熟悉的任务时，在暂时性的执行功能中发挥作用。在问题解决的执行控制和自动化操作之间，需要掌握好动态的平衡。“知道感”（feeling of knowing）和“舌尖现象”（tip of the tongue）是处于意识和无意识之间的认知现象，这些现象也许能向我们揭示关于内隐问题解决过程的原认知知识。

由于问题解决需要许多种认知功能的参与，它所涉及的脑区是非常广泛的。问题解决所激活的部位包括了额叶（以背外侧前额叶为主）、顶叶、扣带回（包括扣带前回和扣带后回皮层）、腹侧颞叶，以及丘脑等神经核团。对问题解决所涉及脑区的协同工作模式的研究，牵涉到脑功能定位学说与脑功能分布式学说之间存在的长期争论。我们现在使用脑成像方法，可以观察到比以前多得多的局部脑区 and 大脑活动进程。由此，我们可以想象定位学说有朝一日会取得胜利，不过这还没有成为事实。虽然人们致力于研究更小更精细的脑区，但现在依然存在引人注目的证据，表明大脑中存在着广泛的分布式加工（见第9章）。因此，有一部分理论家正努力发展出一套理论模型，可以将脑功能定位与神经网络的广泛分布性都包含在内。

第11章 语言是人类思维与文化最重要的工具，同时也是儿童发育的重要标志。本章介绍了语言脑机制的经典研究，从语音、词汇、语义和句法等层次介绍了语言输入输出神经网络机制的最新研究进展。我们将通过研究由大量神经元联结而成的分布式皮层网络来加深我们对语言脑机制的理解。在今后几十年，语言研究可能专注于以下问题：

● 声学分析：声音转化为言语元素，例如音素、音素的编码与串联、音节的构建、词素等。

- 词汇识别：词汇输入的指定，词表的选择。
- 句法分析：识别名词、动词，以及其他语法分类，构建句法框架。
- 语义：构建词汇和句法结构的语义网络。
- 演讲与对话背景：怎样从前后文中识别对话的意思。
- 团体与社会推论：对话双方的目的是什么？

第 12 章 额叶是完成许多复杂功能的调控与整合的中心。前额叶是额叶除去运动区的部分，也是种系和个体发育过程中大脑最晚成熟的部分，包括四个大致的功能区：背外侧前额叶、腹外侧前额叶、前部前额叶和内侧前额叶。运动控制、记忆、情绪、生理内稳态控制等所涉及脑结构和丘脑内最高水平整合区都与前额叶存在海量的连接。前额叶的功能主要包括计划、自我意识和执行功能，其社会成熟和道德发展过程中也起着关键作用。大量的神经成像研究也表明前额叶在有意注意、工作记忆、执行控制、决策，以及规则采用中起着决定性作用。额叶损伤的常见症状有背外侧前额叶综合症和眶额叶综合症。背外侧前额叶综合症的典型特征表现为发动和终止行为的惰性、环境依赖行为和固执行为。眶额叶损伤导致对即时满足冲动的控制能力受损

第 13 章 你还记得 2001 年 9 月 11 日，自己身在何地吗？你也许能轻易回想起那一天，甚至对那一年的 9 月 9 号也记忆犹新。这是为什么呢？911 事件深深地蚀刻在了我们脑海里，因为关于那一天的记忆与一种强烈的情感紧紧地联系在了一起。在之前的章节中，我们已经讨论过几种更高级的大脑认知功能，例如记忆、执行功能、语言等。而我们的情绪是紧密地与支撑这些认知功能的大脑系统相结合的。在本章中，我们将探索大脑中的情绪系统，以及它与认知加工的相互作用。“情感神经科学”这个术语是在 1990 年代末期被创造出来的，用于概括一个新的研究领域：情绪的神经科学。我们对大脑中的情绪的了解已经不少，在这里将重点介绍情绪系统的形态，以及对认知加工的影响。

1. 大脑的三位一体 保罗·麦克林（Paul MacLean）于二十世纪提出了“三位一体大脑”的思想，借以描述哺乳动物大脑内在功能上截然不同的各个层面。这一理论在研究大脑内的功能组织时被广泛采用。根据麦克林的观点，大脑在脊椎动物进化过程中发展出了三层结构，各层虽然相互连接非常紧密，但仍然保留了因进化起源不同而导致的某些区别。我们可以观察到每个层面对人类行为的影响，尤其是在认知与情绪的关系上。

大脑中最古老的皮层被称为爬行动物脑。这一部分由脑干组成（包括延髓、脑桥、小脑、中脑、苍白球和嗅球）——在蛇类和蜥蜴的大脑中占核心地位的结构。这一脑皮层在学习经验上有所欠缺，而是倾向于一次又一次地以固定方式重复本能行为。对人类来说，大脑的这一部分负责控制生存活动，如呼吸、心跳或保持平衡。我们在这一章中涉及爬行动物脑的内容并不多。

哺乳动物脑位于爬行动物脑上方，它包括了边缘系统（limbic system）的主要部分。“边缘”（limbic）一词来自于拉丁语 *limbus*，意即“边界，交界”——指大脑半球内部位于脑室外侧边缘的位置。边缘系统最早在十九世纪发现，但它在情绪方面的功能一直未被了解，直到神经解剖学家帕帕兹（J. W. Papez）于 1937 年发表他的著作。因此，边缘系统曾经被称为帕帕兹回路。

边缘系统的组成成分有多种说法，取决于我们采纳哪位研究者的意见——很遗憾，并不存在公认的边缘系统成分的界定。某些神经科学家认为我们不应再保留边缘系统这一提法。但我们将继续使用这一术语，作为概括一系列影响我们情感生活的皮层下脑成分的概念。普遍被承认的边缘系统成分包括了杏仁核、海马、海马旁皮层、扣带回、下丘脑和腹侧纹状体/伏隔核。

边缘系统在人类情绪领域扮演着主要角色。我们可以意识到边缘系统的影响，尤其是特定的表象或想法所附带的效价（正性或负性的价值和感觉）和显著性（“可察觉性”）。其他哺乳动物与我们一样拥有大脑的这一部分。在我们的宠物猫狗身上，可以轻易地辨认出典型的哺乳动物情绪性反应。

根据边缘系统的合适角色，我们可以发现边缘系统包含多个相互独立的系统，这些系统是为了应对哺乳动物在进化中面临的压力（如逃避危险、生产培育生活必需品、寻求食物等）而进化出来的。例如，杏仁核和下丘脑在针对危险的早期警报系统中共同发挥作用，在发现与过去遇到的危险情景相似的刺激时，会自发地激活生存机能。不过，与大脑皮质的感知觉区域相比，杏仁核对刺激的细节加工较少。边缘系统对刺激的识别遵守接近性原则（“距离近者优先”），所以我们有时会被草丛中的一圈又长又黑的物体吓一大跳，结果发现那不是蛇，只是花园水管。根据在进化历史中习得的条件反应，边缘系统对危险的阈限很低，即使出错也要确保安全。我们有时会发现自己在杏仁核的影响下，无意识地作出行动。片刻之后，我们的理智就会为自己显得很傻的举措感到尴尬——在日常生活中，我们可以轻易地在自己身上发现边缘系统和大脑皮质系统间的相互影响。我们在下文中将对此进一步探讨。

边缘系统与脑皮质紧密地相互连接，尤其是在 VM-PFC（背外侧前额叶）的眶回部分和脑岛皮层。与 VM-PFC 的紧密联系，使边缘系统被称为思维脑的感受区。VM-PFC 是边缘系统与新皮质之间的通路。

新皮质（又称灵长类动物脑）是我们大脑进化中历史最短的部分。它包括覆盖在大脑半球上的褶皱部分（以及某些皮质下神经核团，如基底神经节）。相比于其他哺乳动物，灵长类和人类的这一部分皮质的体积出现了爆炸性增长。新皮质是我们综合认知活动、推理、运动、感觉和社交能力的源泉。新皮质使我们具有相当高的灵活性和创造性，从而适应动态变化的环境。皮质的社会化功能和控制情感表达的功能，都起源于边缘系统；皮层对环境的评估能力，对更精细的情绪技能来说是必要的，可能也依赖于边缘系统。

2. 基本情绪和反射性意识的角色 情绪性反应取决于：① 对过去曾带来愉悦或痛苦的刺激作出经典的条件反应，并由皮质下系统所调节。② 对环境中的刺激作出认知评估，并由新皮质所调节。

神经科学家对经典条件反射一直非常关心，根据动物理论模型对此作了很多研究。而大脑内可能存在的多重情绪系统，则几乎没有引起什么关注。迄今为止，恐惧情绪在杏仁核中的起源已受到重视，被认为是基于多巴胺的“奖赏系统”。但学界对于探索其他各种情绪体验的神经基础，则显得兴趣寥寥。随着精细程度更高的脑成像技术的出现，这一局面有望改观。

虽然经典条件反射仍然是与习得情绪联结有关的重要课题，但“情感神经科学家”已经开始探索从哺乳动物脑中的多个神经网络中产生的情绪。它们彼此分离、其性质由遗传决定，每一个网络都为一种特定的适应性功能服务；被激活时会引发一种独特的行为；而且每一种诱发条件（可激活该网络的刺激的性质）都不相同。这些网络构成了有意识的情绪体验的神经基础。从心理习性的角度，我们可以在适应性环境下观察到这些情绪功能。

第 14 章 认知使得人类从哺乳动物中脱颖而出，它是我们依靠内部心理状态将对方作为有意识的生物来了解的能力。其他的哺乳动物具有部分知晓其物种成员的心理状态的能力。可作为信号来感知肢体语言、发声和面部表情，并在这些信号的基础上做出行为反应。一些灵长类动物具有的“镜像神经团”，似乎可以让它们记住其他灵长类的行为和自己行为之间的共同点。尽管如此，还没有其他的动物拥有理解、利用或者依靠本物种其他成员的主观意义的能力，而这种能力是人类所特有的。

“推测他人的想法”是一个古老的哲学命题，但新近发展起来的心理学和神经科学却致力于理解他人的心理状态。迄今，心理学家和神经科学家在描述和解释社会认知的概念方面并没有达成一致。所以在我们开始学习社会认知之前，需要列举一些概要的定义。

本章涉及了移情、心理理论、内化、读心术、意向等术语。最后，强调按照我们对他人主观性和意图的感知来调整共有的交互作用的能力。如果缺乏这种能力，我们容易意识到他人在社交中的不足。例子常见于孤独症频谱障碍，以及对杂语症患者、精神病性移情缺失者和人格分裂患者的情感缺失识别中。

第 15 章 本章将概述人类从出生前到婴儿、从儿童到青少年等生命的不同阶段，我们的脑与认知功能是如何发生发展的。本章重点在脑与认知发展的早期阶段，因为在生命的头几年，随着婴儿认识世界，神经的发育呈现爆炸式增长。我们将探究先天因素和后天因素对发展脑与思想的作用，揭示遗传和经验相互影响的复杂性。

发展认知神经科学是个相对较新的研究领域，例如研究大脑成熟及其对认知

的影响。新的无创伤的研究方法测量婴儿和儿童的脑功能，这些研究方法的出现对研究婴儿和儿童早期是如何理解周围世界产生了革命性作用。对于研究脑的发展及其与行为的关系，关键是将多种技术和研究方法相结合，以阐明思想—脑的复杂性。

本章我们将简要介绍研究婴儿和儿童发展的新技术。然后，我们将描述从出生前到出生后不同生命历程中脑的解剖结构的发展。接下来将重点介绍在生命的早期阶段脑与认知的发展——一个呈爆炸式增长、大幅度改变的阶段。然后再介绍在儿童与青少年阶段思想与脑的发展。最后我们讨论在早期围产期脑损伤导致的长期影响与在儿童期脑的可塑性。本章重点介绍关于脑及其对认知的作用的最新实验研究，不论如何，谨记这是相对新的研究领域，我们才刚刚开始理解脑与人类行为的关系。

第 16 章 基因与认知的分子基础，介绍了认知的分子基础的重要新进展。神经元之间连接由基因（和后生的）细胞结构所控制，并通过表达蛋白建立。因而分子水平对理解学习、语言、知觉、思考和其他基本功能极其关键。脑中神经信号的产生和传递依赖于基本的生命分子。所有的脑内化学反应都要依赖于酶。许多物种中都保存相同的生命分子，而这些分子会依在身体或大脑中所产生的位置而分别执行不同的功能。所有人类细胞核中都具有一个双螺旋体结构的染色体的完整复本，其上所包含的遗传密码在蛋白质中得以表达。环境和基因在大脑的所有发展阶段一直存在相互作用，共同影响着大脑的细胞的繁殖、分化、迁移、轴突导向和突触形成。脑中的信使分子有递质和调质两种。神经递质在局部起作用，而调质可以被广泛传递。谷氨酸和 GABA 是两种最主要的神经递质，分别起着兴奋和抑制作用。突触神经递质的清理主要有三种途径：扩散、降解和再循环。过多或过少的神经递质都会妨碍神经系统功能，而神经递质的平衡依赖自身的负反馈系统进行调节。在学习方面有两个重要的生长因子：神经营养素和 BDNF（源于脑的神经营养因子）。神经营养素由神经元发放和突触神经递质流动所驱动。

附录 活体脑观察方法 附录对脑与认知科学的研究方法的历史背景、具体研究方法，主要对目前常用的脑电图（EEG，2. 1）、脑磁图（MEG，2. 2）、正电子发射断层扫描（PET，2. 3）、核磁共振成像（MRI，2. 4）、光学成像（2. 6）进行了介绍，还专门论述了 MRI 的将来（2. 5），以及脑成像的多样性。

第二版还列出了术语表，相信对于认知神经科学的初学者和研究者都会有很大的帮助。

【致谢】首先要感谢责任编辑李小汀、田慎鹏博士，他们的慧眼、认真和执着，保证了本书第二版的导读版在中国的及时出版。笔者的博士研究生杨奇伟翻

译了本书的原作者前言、目录和封底，以及第 8、12、16 章的简介摘译。其余各章简介的摘译为：古若雷（第 7、10、13 章）、杜博琪（第 1 章）、周立明（第 2、11 章）、欧阳峥峥（第 3 章）、杨晓昀（第 4 章）、白露（第 5 章）、吴婷婷（第 6 章）、孙世月（第 9 章）、朱湘茹（第 13 章）、黄森（第 14 章）、余芬（第 15 章）。在此衷心感谢他们为本书导读版在中国的出版所做出的贡献。

罗跃嘉

2011 年 9 月于京师园