



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
浙江省高等教育重点教材

脑科学导论

INTRODUCTION
TO BRAIN SCIENCE

◆ 唐孝威 杜继曾 陈学群 编著
魏尔清 徐琴美 秦莉娟



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
浙江省高等教育重点教材

脑科学导论

INTRODUCTION
TO BRAIN SCIENCE

◆ 唐孝威 杜继曾 陈学群 编著
魏尔清 徐琴美 秦莉娟



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

脑科学导论/唐孝威等编著. —杭州:浙江大学出版社,2006.10
ISBN 7-308-04832-2

I. 脑... II. 唐... III. 脑科学 IV. R338.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 083767 号

脑科学导论

唐孝威 杜继曾 陈学群
魏尔清 徐琴美 秦莉娟 编著

策划组稿 孙秀丽(sunly428@163.com)

责任编辑 孙秀丽

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

经 销 浙江省新华书店

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司

印 刷 杭州富春印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 10

彩 页 1.25 印张

字 数 234 千

版 印 次 2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-308-04832-2/R·204

定 价 23.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88072522

脑是我们赖以认识外部世界和认识自我的物质基础，人之所以比其他动物更能适应环境并能主动改造环境，是因为人有高度发达的脑。脑是自然界最为复杂的物质结构，脑功能是自然界最为复杂的运动形式。人类对自身脑的认识还很肤浅，有无数的奥秘尚待探索。因此，认识脑和心智的规律是一项吸引无数科学家孜孜不倦追求的事业。脑科学就是进行这方面研究的一门交叉学科。

近代医学从解剖入手，逐步认识脑的结构和功能。随着科学的进步，在研究中不断积累对脑的认识。现在的神经生物学研究已经为脑的结构和功能做出了初步的描绘，对脑的基因、分子、细胞、突触联系、神经网络、脑区及全脑的整合功能、外部环境对脑功能的影响以及脑在适应外部环境中的作用已经有了相当多的了解。同时，心理学对“知”、“情”、“意”等脑的高级功能的心理现象进行了研究，在许多领域已经有了广泛的应用。此外，有许多不同学科的科学家人参与对脑的研究和应用，逐步形成多学科的交叉和新的学科前沿，如计算脑科学、脑的生物信息学、脑仿生学和人工智能等，脑科学研究已经渗透到多学科的研究领域，对自然科学研究产生了巨大的推动作用。

脑的研究涉及多个学科，包括研究脑的结构和功能的神经生物学、研究脑的疾病与防治的临床医学、研究心理活动和行为的心理学、研究仿脑机器和人工智能的计算机科学。过去对脑的认识带有浓厚的学科专业特色，各个学科只针对脑的一个局部或一个方面进行研究，产生学科的认识局限性。例如从脑的解剖、生理、病理等方面去探索脑疾病的防治，却忽视环境和社会活动对脑的作用；从心理活动及行为去探讨人的心智，却缺少对神经生物学本质的理解；从计算机模型去模拟智能，却很少涉及生物的脑机制等等。必须强调，应当从多学科、多个角度进行综合研究，全面理解，才能正确地认识脑。

浙江大学是一所综合性大学，具有多学科的优势。学校重视脑科学的交叉研究，先后成立了脑与智能研究中心和神经信息学中心，组织开展了多学科的脑研究，并在浙江大学“十五”、“211工程”重点学科建设项目中，列入了“脑与认知

科学及其应用”项目。为了推动脑科学的交叉研究和教学，我们开设了脑科学导论课，为全校本科学生讲授脑科学的基础知识和最新进展，使学生对脑科学有一个比较全面的认识，培养和启发学生对脑研究的思维能力。

本书在介绍有关脑科学知识的基础上，力求展现当前各学科发展前沿的最新知识。第一篇介绍脑科学研究和本书的基本内容，以及无损伤脑成像知识，由理学院物理系唐孝威教授负责编写。第二篇阐述脑的神经生物学基础，由生命科学学院杜继曾教授和陈学群副教授负责编写。第三篇从临床医学方面介绍脑疾病的知识，由医学院魏尔清教授负责编写，陈忠教授参加部分工作。第四篇介绍脑与心理的知识，由理学院心理与行为科学系徐琴美副教授负责编写。第五篇讲述脑与人工智能的知识，由计算机学院秦莉娟博士编写，张威博士参加部分工作。全书由唐孝威教授和杜继曾教授主持。

我们的初衷是从多学科角度介绍脑科学，但由于学科知识所限，尚未能对各学科知识进行深入的交叉融合，随着学科交叉的不断发展，我们将会不断充实完善；希望读者在学习本书介绍内容的基础上加以融会贯通。此外，因作者知识所限，书中定会有疏漏和错误之处，希望读者提出宝贵意见。

唐孝威 杜继曾

浙江大学

2006年5月28日

CONTENTS

目 录

第一章 引 言

第一节 《脑科学导论》简介	1
一、什么是脑科学	1
二、本书各章的主要内容	2
第二节 无损伤的脑功能成像技术	3
一、fMRI 技术	4
二、PET 技术	5
第三节 人类脑计划简介	6

第二章 脑的神经生物学基础

第一节 神经系统概论	9
一、神经系统的基本功能	9
二、神经系统的组成和结构	9
三、神经科学研究方法简介	14
第二节 脑内的电信号与化学信号	16
一、电位测定	17
二、突触传递	18
三、神经递质和神经调质	19
第三节 感觉神经系统	21
一、概述	21
二、光感受器和视觉	24
三、声音感受器和听觉	29
四、嗅觉系统	34
第四节 运动神经系统	36
一、运动分类	36
二、控制运动的因素	36
三、外周感受器和脊椎对运动的调节	37
四、脊髓反射和脊髓运动神经元的募集——大小原则	37
五、大脑皮质的运动功能	38

六、神经系统的内脏功能	39
第五节 学习与记忆的神经机制	39
一、学习与记忆的分类	39
二、学习与记忆的神经基础：突触的可塑性	40
三、记忆储存的分子生物学机制	41
第六节 睡眠与觉醒	44
一、睡眠的分期和生理学意义	44
二、睡眠与觉醒的神经机制	45
第七节 神经-内分泌-免疫调节网络	47
一、神经、内分泌对免疫系统的调节作用	47
二、免疫系统对神经、内分泌系统的调节作用	48
三、神经、内分泌与免疫系统之间相互调节的基础及其作用机制	49
第八节 环境与认知	50
一、基因-环境相互作用与认知能力	50
二、糖皮质激素受体、血清糖皮质激素调节蛋白激酶和学习记忆	53
三、低氧对学习记忆的影响	57
四、失重对学习记忆的影响	59

第三章 脑的疾病

第一节 脑疾病的基础知识	61
一、认识脑疾病的步骤和途径	61
二、脑疾病的病因	63
三、脑疾病的诊断	66
四、脑疾病的防治手段	68
第二节 基本神经功能病变	69
一、运动功能障碍	69
二、疼痛	71
三、脑血管病	74
四、睡眠障碍	77
五、癫痫	80
六、脑炎和脑膜炎	82
七、脑肿瘤	84
八、脑外伤	86
九、昏迷	87
第三节 高级神经功能病变	89

一、痴呆	89
二、精神分裂症	93
三、焦虑症	97
四、情感障碍(抑郁症和躁狂症)	99
五、药物依赖与吸毒	102
六、儿童多动症	109

第四章 脑 与 心 理

第一节 脑发育与心理发展	113
一、大脑的可塑性	114
二、敏感期	116
三、大脑皮层单侧化	117
第二节 脑的心理功能	118
一、感知觉	118
二、记忆	119
三、思维——表象、推理	120
四、语言	121
五、情绪	121

第五章 脑与人工智能

第一节 人工智能	125
一、计算机器	125
二、人工智能的发展阶段	127
三、人工智能的研究方法	129
第二节 思维科学	132
一、思维科学概述	132
二、思维科学的研究现状	134
三、思维科学的展望	136
第三节 仿脑机器	138
一、脑内信息处理	138
二、神经计算	141
三、心智模型	143
四、仿脑机器的思考	147

第一章 引言

第一节 《脑科学导论》简介

一、什么是脑科学

什么是脑科学？为什么要研究脑科学？脑科学是研究脑和心智现象及规律的科学，是一个具有重大科学意义和哲学意义的科学领域。

脑是自然界最复杂的系统，是调控机体各种功能的中枢，是开放的巨系统。它的复杂性表现在，它是一个由约 10^{11} 个具有多自由度的神经元和约 10^{15} 个突触联结的信息处理和决策系统。

脑具有学习、记忆、意识、思维、语言、情绪等功能。脑的创造性思维更是复杂的运动形式。脑怎样感知？怎样记忆？怎样学习？怎样思维？怎样理解语言？怎样产生情感？……了解这些基本问题，对认识人类自身，对弄清楚精神与物质的关系，以及人类社会的发展，都有十分重要的意义。

因为脑是自然界中最复杂的系统，思维是自然界中最复杂的物质运动形式，而人类至今对脑和心智知之甚少，所以揭示脑的工作原理是当代自然科学的最大挑战之一。

脑科学研究什么？如何进行脑科学的研究？脑科学研究脑和心智的现象和规律，以及应用这些规律为人类造福。简单地说，脑科学研究的问题包括探测脑、认识脑、保护脑、开发脑和仿造脑等方面。

认识脑 是要揭示脑功能的本质，了解脑与智能的规律。脑的活动很复杂，需要从生理和心理的角度进行研究。从生理的角度来看，脑的活动有脑内葡萄糖代谢、氧代谢、血液循环等生理过程，同时伴随脑内神经化学过程和神经电生理活动等。从心理的角度来看，脑是心理活动的基础，有感觉、知觉、记忆等心理过程，以及意识、思维等复杂的心理活动。脑的心理活动和生理活动是紧密联系和统一的。

脑包括许多不同的水平，如基因、分子、细胞、回路、系统以至行为等，需要在这些不同的水平上进行脑科学研究。对于脑科学的每一个课题，既要在细胞和分子水平上进行细致的研究，又要在脑的通路和整体水平上进行整合研究，把这两方面的研究结合起来，就可能得到创新的成果。

保护脑 指要预防和治疗脑疾病,使脑更健康。脑健康对人来说是头等重要的事。脑研究对各类脑疾病的预防、诊断和治疗具有实际意义。人口老龄化与老年人脑疾病,如老年性痴呆、帕金森病,以及吸毒与戒毒的脑机制、精神和神经因素对疾病的影响等,都是需要研究的问题。

开发脑 是要在认识脑的基础上开发脑的潜力,提高人的素质,使脑更聪明。开发智力是强国之本。研究和了解智力的脑基础,进一步提高中华民族的智力水平,已受到全社会的极大关注。把脑科学的研究成果应用于教育探索和实践,使我国教育事业展现勃勃生机。此外,还有许多社会问题需要脑科学研究来解决,如独生子女的脑发育和智力发展的特点等问题。

要保护脑和开发脑,必须认识脑;而认识脑必须探测脑。近年来各种无损伤的活体脑功能成像技术进展很快。发展这些技术,并且充分利用这些先进技术手段进行脑研究,得到了各方面专家的关注,为此,要进行多学科的交叉研究。同时还要发展各种新的探测技术。

仿造脑 是在认识脑的基础上开发具有人脑特点的高度智能化的计算机或机器,即仿脑机器。脑的研究与信息科学及信息产业有密切关系。对脑内信息处理的研究将推进信息科学和计算机科学的发展。

二、本书各章的主要内容

本书共分五章。在引言之后,分别从脑的神经生物学基础、脑的疾病、脑与心理和脑与人工智能四个方面介绍脑科学研究的主要研究领域。

第一章引言,说明本书各篇的主要内容。对无损的脑功能成像技术,包括功能磁共振成像技术(functional magnetic resonance imaging,简称 fMRI 技术)和正电子发射断层显像技术(positron emission computerized tomography,简称 PET 技术)进行介绍,并介绍人类脑计划的简况。关于当今脑科学研究各个领域中的重大成就和发展展望,会分别在后面各章中介绍。

第二章说明脑的神经生物学基础。首先,介绍神经系统的基础知识,包括神经元、突触传递、神经系统的组成和结构,以及神经科学的研究方法。其次,介绍脑内的电信号和化学信号,包括电信号的传导及神经递质和调质。再介绍感觉神经系统和运动神经系统。然后介绍学习记忆的神经机制,分别说明学习和记忆的分类、突触可塑性和学习记忆的分子基础。接着介绍睡眠和觉醒,包括睡眠的分期和睡眠的生理意义。最后,介绍神经-内分泌-免疫调节网络以及环境与认知的关系。

第三章介绍脑的疾病。首先,介绍脑疾病的基础知识,包括脑功能与脑疾病、为什么脑会患病、如何发现脑的疾病以及保护脑的手段。其次,介绍常见的神经功能疾病,包括脑血管病、脑肿瘤、运动功能障碍、癫痫、脑炎与脑膜炎、疼痛、昏迷以及脑外伤。然后介绍高级神经功能的疾病,包括痴呆症、精神分裂症、焦虑症、情感障碍、睡眠障碍、药物成瘾症、药物引起的脑疾病以及儿童多动症。

第四章介绍脑与心理。从知觉、认知、记忆、思维、语言和情绪等方面进行介绍。着重说明脑发育与心理发展,包括大脑的可塑性、敏感期和大脑皮层单侧化等问题。

第五章介绍脑与人工智能。首先介绍人工智能,包括计算机器、人工智能,以及人工智能的研究方法。其次介绍思维科学,包括什么是思维科学、思维科学的现状以及思维科学展望。最后介绍仿脑机器,包括脑内信息处理、神经计算、心智模型,以及对仿脑机器的思考。

第二节 无损伤的脑功能成像技术

探测脑需要发展无损伤的各种脑成像技术。下面简单介绍脑功能成像的各种技术和实验方法。目前最常用的有磁共振成像、核磁波谱成像、正电子发射断层成像、光学成像、脑磁成像和脑电成像。

历史上最早是从解剖人的尸体和研究脑局部损伤患者来获取脑的结构和功能的知识,但这样获得的知识很有限。自从有了医学影像技术,特别是计算机断层显像技术(computerized tomography, CT)和磁共振成像技术(magnetic resonance imaging, MRI)后,就可以无损伤地测量人脑内部结构。其中CT是用X射线(或 γ 射线)照射人脑,通过多次投影来获得脑内部结构的图像。MRI是利用磁共振原理测量人脑内部质子分布,来获取脑内部结构的图像。这些影像技术在脑疾病的诊断和治疗方面发挥了重要作用。但是它们给出的图像是人脑的结构像而不是功能像。

脑功能成像不同于脑结构成像,它能显示脑内发生功能变化的区域及其时空特征。因此,若我们希望知道人脑高级功能活动在哪些脑区发生,或了解疾病状态时脑功能有什么变化,就要采用脑功能成像技术来研究。

测量脑活动时的电磁信号可以研究脑功能的动态过程。这种脑电成像技术(electro-encephalograph, EEG)和最近发展的脑磁成像技术(magneto-encephalograph, MEG)给出脑功能快速活动时的信息,但是它们对脑区定位的空间分辨率较差。EEG技术是在头皮表面放置记录电极,记录脑活动时头皮表面的电信号。MEG技术是在头皮外放置超导量子干涉器件(superconducting quantum interference device, SQUID),记录脑活动时头皮外的磁信号。

事件相关电位技术(event-related potentials, ERP)是脑电成像技术中的一种,用它可以研究由认知刺激引起的脑电信号。因为认知活动产生的脑电信号幅度比自发脑电活动信号小得多,所以它们被自发脑电活动信号所掩盖而不能观察到。而ERP技术采用计算机多次叠加的方法,可以从脑电活动中把这些信号提取出来。

一、fMRI 技术

近年来在磁共振成像技术的基础上发展起来的功能磁共振成像技术(fMRI)和磁共振波谱技术(magnetic resonance spectroscopy, MRS)是进行脑功能成像的新手段。

脑功能成像研究是当今神经科学中最重要的研究手段之一。功能磁共振成像技术作为一种功能脑成像方法,具有无创性和高时空分辨率的优点,是认知神经科学研究的重要手段之一,在感知觉、运动、语言加工、学习记忆等领域取得了其他手段不易获得的结果。该技术的出现是在 20 世纪 90 年代初,到 90 年代中期得到了迅猛的发展,目前有关的论文数目也在快速增长。

功能磁共振成像的原理是,磁共振信号与血流中含氧量有关,测量脑活动时脑内各处血流中含氧量的变化可反映相应的神经细胞活动的变化。因为当个体执行各种认知任务时,脑局部兴奋,血流增加,但氧耗量的增加小于血流量的增加,血液中脱氧血红蛋白减少。脱氧血红蛋白是顺磁性物质,可使磁共振成像的特征量 T_2 延长, T_2 加权像信号增强(磁共振成像有许多特征量,如 T_1 和 T_2 是弛豫时间, T_1 是纵向弛豫时间, T_2 是横向弛豫时间)。这种效应被称为血氧水平依赖性(blood oxygen level dependent, BOLD)效应,功能磁共振成像的原理正是基于该效应。

事件相关(event-related)fMRI 的出现是这方面实验技术的一次飞跃。采用该设计时,一次只给一个认知刺激,经过一段时间间隔,再给下一个刺激。刺激呈现后,BOLD 信号逐渐增强,一般在 5 秒钟左右到达峰值,之后又逐渐降到基线(baseline)水平(图 1-1)。利用 fMRI 技术可以检测脑功能活动发生部位血流变化情况,从而了解脑高级功能或脑疾病的发生部位和特征。

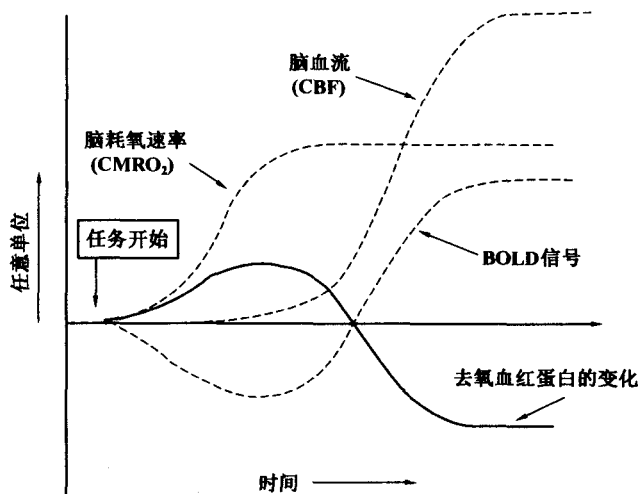


图 1-1 fMRI 工作原理

磁共振波谱技术的原理是磁共振信号有化学位移,通过化学位移可以测量脑内有关区域中各种化合物分子的谱。

二、PET 技术

核医学中的单光子发射计算机断层显像技术(single photon emission computerized tomography, SPECT)和正电子发射断层显像技术(PET)是进行脑功能成像的重要技术。其中 SPECT 是把发射 γ 射线的核素标记的化合物注入人体,使它们进入脑部,在体外测量 γ 射线而获得这种标记化合物在脑内分布的断层图像。PET 是把发射正电子的核素标记的化合物注入人体,使它们进入脑部,在体外测量正电子湮灭发射的 γ 射线而获得这种标记化合物在脑内分布的断层图像。PET 多用 ^{18}F 标记的葡萄糖(FDG)获得脑内代谢的图像,可以进行脑内葡萄糖代谢功能的定量测量;或用 ^{15}O 标记的水(H_2^{15}O)获得脑内血流的图像,可用以进行人认知活动中脑激活区的定位。用这些技术得到脑功能的三维图像,其空间分辨率为数毫米,时间分辨率差。

PET 成像的特点是:三维(3-dimension, 增加灵敏度和统计精度);活体(in vivo, 无损, 自然生理状态);动态和功能(dynamic and functional);定量(quantitation);正电子核素寿命短,且为生物体组成部分;示踪剂多样性和专一性(specificity)。但用 PET 技术得到的脑功能图像空间分辨较差,须与 MRI 或 CT 结合定位。

利用 PET 技术可以检测脑功能活动的局域能量变化(如利用葡萄糖的情况)、神经活性物质在脑区分布的特点等,从而了解视觉、听觉、语言、思维等功能活动发生的区域;也可进行精神分裂症、失语症等疾病的脑内定位。

除 fMRI 技术和 PET 技术外,还有其他的脑功能成像技术,如基于脑活动时脑内组织的光学性质变化的多种光学成像技术,可以提供观察大脑皮质功能构筑的高分辨图像。近红外谱技术(near infrared spectroscopy, NIRS)和光学相干层析成像技术(optical coherence tomography, OCT)等迅速发展,成为很有前景的新的脑功能成像技术。其中 NIRS 是利用脑对近红外光传输的影响来成像, OCT 是利用光学相干原理进行脑组织的层析成像。

目前有多种研究脑功能的技术,它们的时间分辨率和空间分辨率如图 1-2 所示。图中也标明了各种技术对脑损伤的程度。脑功能成像需要对活体脑进行无损伤的、三维的、动态的功能成像,要求有好的时间分辨率和空间分辨率,还要求有足够高的灵敏度,为此需要不断发展新的脑功能成像技术。

无损伤的脑功能成像技术为脑研究提供了客观而有效的方法。利用现有的脑功能成像技术,已经对人脑的活动取得了许多新的认识。图 1-3(见彩页)是用 PET 技术得到的几种不同刺激时脑区激活的断层图像。已知脑在进行活动时总是有多个脑区参与,通过对脑高级活动时多个激活脑区时空特性的测量和分析,有可能进一步了解脑高级活动的原理。

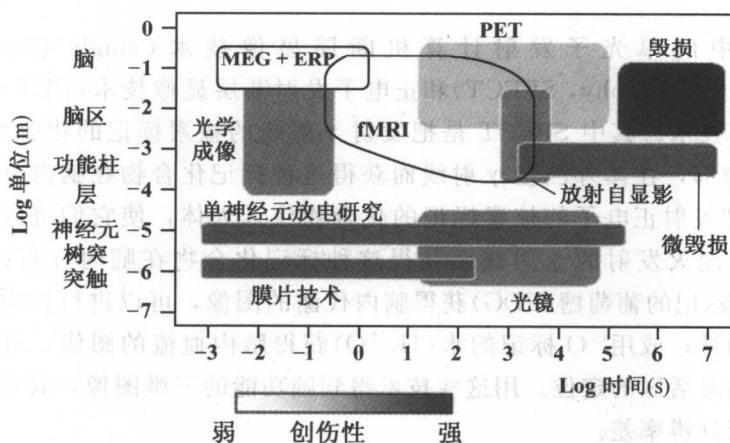


图 1-2 探测脑的各种技术的时间和空间特性

第三节 人类脑计划简介

人类基因组计划(human genome project, HGP)是生物实验结果和信息学研究的完美结合,人类基因库将为人类健康、疾病诊断、药物开发、生态平衡和生物学研究作出不可估量的贡献。许多科学家认为,在人类基因组计划之后应该是人类蛋白质计划和人类脑计划(human brain project, HBP)。人类脑计划的基本概念萌芽于 20 世纪 80 年代早期。1997 年人类脑计划在美国正式启动。

目前人类脑计划正在进行的项目包括神经元(突触、受体、离子通道等)、神经网络模型、脑解剖图谱、脑功能图像等。受体和离子通道的数据库直接与人类基因库和蛋白质序列库相连接,具有一致的数据格式,同时还提供可能的立体结构。在目前人类脑计划得到资助的项目中,脑功能图像方面的项目较多,其中包括 MRI、fMRI、PET、脑地形图等。人类脑计划还包括在实验数据的基础上发展神经信息的理论模型和仿真。

1995 年,在美国与欧洲共同体(US-EC)的资助下,建立了 US-EC 神经信息学(neuroinformatics)工作组,以组织协调欧洲与美国之间的合作。1996 年,在巴黎的政府间实体——经济合作发展组织(OECD)的大科学论坛(megascience forum)批准建立以美国为领头国家的神经信息学工作组。国际性的神经信息合作组织已召开了多次工作会议,共同策划全球性人类脑计划。我国在 2001 年参加了人类脑计划。

人类脑计划的核心是神经信息学。神经科学和信息科学是当今自然科学研究的

两大热点。神经信息学是这两大学科相结合的新兴的边缘学科，位于医学、生物学、物理学、计算机科学、数学与工程技术的交叉点上。神经信息学包括分子神经信息学和系统神经信息学，其目标是利用现代化信息工具，将不同层次有关脑的研究数据进行分析、处理、整合与建模。

神经信息学要将先进的信息科学手段和神经科学的研究结合起来，在神经科学大量实验结果的基础上，利用计算机技术建立脑的各个研究层次获得的资料数据库，用信息学手段对脑的结构、功能以及细胞、分子、基因等多层次、多水平的实验数据进行分析、处理、整合与建模，建立神经信息数据库和有关神经系统所有数据的全球知识管理系统。利用神经信息学工具和数据库，神经科学家能够在几个小时或几天内收集到世界范围内有关脑和神经科学研究的最新实验数据和研究结果，及时调整正在进行的实验设计并设计新的课题。这种神经科学和信息科学的结合不仅对神经科学本身的理论发展会有促进作用，而且将对医药、生物学、人工智能和信息科学领域作出贡献。

神经信息学的另一个任务是要从信息和信息处理的观点来研究人脑，研究神经系统信息的载体形式，神经信息的产生、传输与加工，以及神经信息的编码、存储与提取的机制等，并从系统和信息的观点建立以生物学实际为基础的神经网络模型。在过去的 6 亿年中，生物体通过进化产生出由大量神经元相互连接而形成的神经网络，最后产生了能够在不断变化的复杂环境中处理各种复杂信息的人脑。尤其是人的认知功能的高度发展，使得人类成为“万物之灵”，具备了主宰世界的能力。人脑的复杂性远远超过了我们目前的认识，传统的细胞生物学等实验研究对于了解人脑获取、储存与加工复杂信息等认知功能的机制是远远不够的，还需要多个层次的整合研究。

神经信息学工具和数学模型的应用，使人们能从有限的实验数据中找出神经信息获取、处理和整合的规律，提出在各种刺激条件下脑内信息加工的数学模型，并用计算机模拟脑内神经信息网络。有的科学家认为，对大脑复杂性的研究，并不是通过寻找某种抽象的、统一的计算方法来形成一种深奥的理论，而是根据大脑自身的工作方式，尤其是大脑的结构及功能来构建模型，在构建模型时要考虑到神经生理的复杂性和生物系统的动态性。在神经信息学研究领域中将广泛应用一种新的研究模式，这就是理论、计算和实验相结合，即根据实验数据和数学理论进行计算机模拟和预测，用生物学实验验证数学模型，再建立实验验证后的理论。这里强调计算机模拟在神经信息学研究中的重要作用，因为它可以达到事半功倍的作用。采集有代表性的实验数据，提出实验假设，利用计算机模拟脑内神经网络和信息加工过程，再进行实验验证，有可能大大加快脑的研究进程。



【参考文献】

1. 唐孝威. 脑功能成像. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1999
2. 唐孝威等. 人类脑计划和神经信息学. 中国基础科学, 2003, 2: 33
3. Ogawa S. et al. Intrinsic signal changes accompanying sensory stimulation: functional brain mapping using MRI. *Proc, Natl, Acad, Sci. USA* 1992, 89: 5951
4. Posner M, Raichle M. *Images of Mind*. New York: Scientific American Books, 1996
5. Phelps M, et al. ECAT: A new computerized tomographic imaging system for positron emitting radiopharmaceuticals. *J, Nucl. Med.* 1978, 19: 635

第二章 脑的神经生物学基础

第一节 神经系统概论

人体各系统、器官的功能都是直接或间接处于神经系统的控制之下，神经系统(nerve system)是机体内起主导作用的控制和调节系统。人体是一个极为复杂的有机体，各系统和器官的功能之间互相联系，互相制约；人体又生活在不断变化的环境中，环境的变化随时影响着各系统和器官的功能，这就需要神经系统对体内各种功能不断作出迅速而完善的调节，以使机体适应内外环境的变化。动物体内有两种调节机制——体液调节和神经调节。神经调节比体液调节更为迅速准确，而体液调节是在神经系统的影响下活动的。神经系统包括中枢神经系统和周围神经系统，中枢神经系统又包括脑和脊髓。

一、神经系统的基本功能

人的神经系统是高度发育的系统，其作用是协调人体内各系统器官的功能活动，保证人体内部的完整统一；使人体活动在随时适应外界环境的变化的同时，可以能动地认识客观世界，改造客观世界。

神经系统的基本活动方式是反射(reflex)。身体的感受器接受内外界刺激并将刺激转变为神经冲动，然后由传入神经传到中枢，经过中枢再将冲动通过传出神经传到周围器官(效应器)引起活动，这一过程称为反射。

神经系统的基本功能包括感受功能、运动功能和高级功能。感受功能是指神经系统能感受体内外的刺激。运动功能是指神经系统能对躯体、内脏器官平滑肌、心肌的运动及内分泌腺分泌活动进行调节。高级功能是指通过神经系统的高级整合功能，把机体的各种神经活动协调起来。学习、记忆、情绪行为等均属于高级功能。

二、神经系统的组成和结构

神经系统按位置和功能分为中枢神经系统和周围神经系统。中枢神经系统(central nervous system, CNS)包括头颅腔内的脑以及和脑连在一起、位于脊椎管内的脊髓两部分。脑和脊髓之外的神经成分均属于周围神经系统(peripheral nervous system, PNS)。