

学术引领系列



国家科学思想库

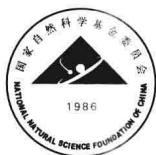
未来10年 中国学科发展战略

脑与认知科学

国家自然科学基金委员会
中国科学院



科学出版社



国家科学思想库

未来10年
中国学科发展战略

脑与认知科学

科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

未来 10 年中国学科发展战略·脑与认知科学/国家自然科学基金委员会, 中国科学院编. —北京: 科学出版社, 2011

(未来 10 年中国学科发展战略)

ISBN 978-7-03-032302-6

I. ①未… II. ①国… ②中… III. ①脑科学-学科发展-发展战略-中国-2011~2020 ②认知科学-学科发展-发展战略-中国-2011~2020
IV. ①R338.2-12 ②B842.1-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 183245 号

丛书策划: 胡升华 侯俊琳

责任编辑: 牛玲 汪旭婷 王昌凤 / 责任校对: 朱光兰

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 黄华斌 陈敬

编辑部电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail.sciencep.com

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 1 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2012 年 1 月第一次印刷 印张: 15

字数: 200 000

定价: 42.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

联合领导小组

组 长 孙家广 李静海 朱道本

成 员 (以姓氏笔画为序)

王红阳 白春礼 李衍达

李德毅 杨 卫 沈文庆

武维华 林其谁 林国强

周孝信 秦大河 郭重庆

曹效业 程国栋 解思深

联合工作组

组 长 韩 宇 刘峰松 孟宪平

成 员 (以姓氏笔画为序)

王 澍 申倚敏 冯 霞

朱蔚彤 吴善超 张家元

陈 钟 林宏侠 郑永和

赵世荣 龚 旭 黄文艳

傅 敏 谢光锋

战略研究组

组 长	郭爱克	院 士	中国科学院上海生命科学研究院
副组长	冯雪莲	研究员	国家自然科学基金委员会生命科学部
成 员	陈 霖	院 士	中国科学院生物物理研究所
	段树民	院 士	浙江大学
	李朝义	院 士	中国科学院上海生命科学研究院
	何士刚	教 授	中国科学院生物物理研究所
	韩世辉	教 授	北京大学
	蒋田仔	研究员	中国科学院自动化研究所
	张 旭	研究员	中国科学院上海生命科学研究院

秘 书 组

组 长	何士刚	教 授	中国科学院生物物理研究所
副组长	薛 淮	副处长	中国科学院院士工作局
成 员	方 方	教 授	北京大学
	傅小兰	研究员	中国科学院心理研究所
	韩世辉	教 授	北京大学
	蒋田仔	研究员	中国科学院自动化研究所
	李人卫	高级工程师	国家自然科学基金委员会生命科学部



总序

路甬祥 陈宜瑜

进入 21 世纪以来，人类面临着日益严峻的能源短缺、气候变化、粮食安全及重大流行性疾病等全球性挑战，知识作为人类不竭的智力资源日益成为世界各国发展的关键要素，科学技术在当前世界性金融危机冲击下的地位和作用更为凸显。正如胡锦涛总书记在纪念中国科学技术协会成立 50 周年大会上所指出的：“科技发展从来没有像今天这样深刻地影响着社会生产生活的方方面面，从来没有像今天这样深刻地影响着人们的思想观念和生活方式，从来没有像今天这样深刻地影响着国家和民族的前途命运。”基础研究是原始创新的源泉，没有基础和前沿领域的原始创新，科技创新就没有根基。因此，近年来世界许多国家纷纷调整发展战略，加强基础研究，推进科技进步与创新，以尽快摆脱危机，并抢占未来发展的制高点。从这个意义上说，研究学科发展战略，关系到我国作为一个发展中大国如何维护好国家的发展权益、赢得发展的主动权，关系到如何更好地持续推动科技进步与创新、实现重点突破与跨越，这是摆在我们面前的十分重要而紧迫的课题。

学科作为知识体系结构分类和分化的重要标志，既在知识创造中发挥着基础性作用，也在知识传承中发挥着主

体性作用，发展科学技术必须保持学科的均衡协调可持续发展，加强学科建设是一项提升自主创新能力、建设创新型国家的带有根本性的基础工程。正是基于这样的认识，也基于中国科学院学部和国家自然科学基金委员会在夯实学科基础、促进科技发展方面的共同责任，我们于2009年4月联合启动了2011~2020年中国学科发展战略研究，选择数、理、化、天、地、生等19个学科领域，分别成立了由院士担任组长的战略研究组，在双方成立的联合领导小组指导下开展相关研究工作。同时成立了以中国科学院学部及相关研究支撑机构为主的总报告起草组。

两年多来，包括196位院士在内的600多位专家（含部分海外专家），始终坚持继承与发展并重、机制与方向并重、宏观与微观并重、问题与成绩并重、国际与国内并重等原则，开展了深入全面的战略研究工作。在战略研究中，我们既强调战略的前瞻性，又尊重学科的历史延续性；既提出优先发展方向，又明确保障其得以实现的制度安排；既分析各学科自身的发展态势，又审视各学科在整个学科体系和科技与经济社会发展中的地位作用；既充分肯定各学科已取得的成绩，又不回避发展中面临的困难和问题；既立足国内的现状与条件，又注重基础研究的国际化趋势。经过两年多的战略研究工作，我们不断明晰学科发展趋势，深入认识学科发展规律，进一步明确“十二五”乃至更长一段时期推动我国学科发展的战略方向和政策举措，取得了一系列丰硕的成果。

战略研究总报告梳理了学科发展的历史脉络，探讨了学科发展的一般规律，研究分析了学科发展总体态势，并从历史和现实的角度剖析了战略性新兴产业与学科发展的关系，为可能发生的新科技革命提前做好学科准备，并对

我国未来 10 年乃至更长时期学科发展和基础研究的持续、协调、健康发展提出了有针对性的政策建议。19 个学科的专题报告均突出了 7 个方面的内容：一是明确学科在国家经济社会和科技发展中的战略地位；二是分析学科的发展规律和研究特点；三是总结近年来学科的研究现状和研究动态；四是提出学科发展布局的指导思想、发展目标和发展策略；五是提出未来 5~10 年学科的优先发展领域以及与其他学科交叉的重点方向；六是提出未来 5~10 年学科在国际合作方面的优先发展领域；七是从人才队伍建设、条件设施建设、创新环境建设、国际合作平台建设等方面，系统提出学科发展的体制机制保障和政策措施。

为保证此次战略研究的最终成果能够体现我国科学发展的水平，能够为未来 10 年各学科的发展指明方向，能够经得起实践检验、同行检验和历史检验，中国科学院学部和国家自然科学基金委员会多次征询高层次战略科学家的意见和建议。基金委各科学部专家咨询委员会数次对相关学科战略研究的阶段成果和研究报告进行咨询审议；2009 年 11 月和 2010 年 6 月的中国科学院各学部常委会分别组织院士咨询审议了各战略研究组提交的阶段成果和研究报告初稿；其后，中国科学院院士工作局又组织部分院士对研究报告终稿提出审读意见。可以说，这次战略研究集中了我国各学科领域科学家的集体智慧，凝聚了数百位中国科学院院士、中国工程院院士以及海外科学家的战略共识，凝结了参与此项工作的全体同志的心血和汗水。

今年是“十二五”的开局之年，也是《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》实施的第二个五年，更是未来 10 年我国科技发展的关键时期。我们希望本系列战略研究报告的出版，对广大科技工作者触摸和

了解学科前沿、认知和把握学科规律、传承和发展学科文化、促进和激发学科创新有所助益，对促进我国学科的均衡、协调、可持续发展发挥积极的作用。

在本系列战略研究报告即将付梓之际，我们谨向参与研究、咨询、审读和支撑服务的全体同志表示衷心的感谢，同时也感谢科学出版社在编辑出版工作中所付出的辛劳。我们衷心希望有关科学团体和机构继续大力合作，组织广大院士专家持续开展学科发展战略研究，为促进科技事业健康发展、实现科技创新能力整体跨越做出新的更大的贡献。



前言

脑与认知科学是以脑为研究对象的多学科汇合的新兴研究领域，是研究人和动物的认知及智力的本质与规律的科学。20世纪最伟大的生物学家、脱氧核糖核酸（DNA）双螺旋结构的发现者之一、诺贝尔奖得主克里克（Francis Crick）曾说过：“如果要想正确地懂得我们在我们周围这个极其广袤和复杂的世界中的地位，我们就必须要比较细致地认识我们的脑。”“对我们人类来说，在科学研究中没有比研究自己的脑更重要的了。我们对整个世界的认识都有赖于它。”另一位诺贝尔奖得主埃德尔曼（Gerald M. Edelman）说：“脑科学的知识将奠定即将到来的新时代的基础，这些知识使我们可以医治大量疾病，建造仿照脑功能的新机器，对我们自己的本质和我们如何认识世界都会有更深入的理解。”

本书的撰写是基于《关于国家自然科学基金委员会与中国科学院合作开展“2011~2020年中国学科发展战略研究”的联合工作方案》和《国家自然科学基金“十二五”发展规划编制工作方案》而展开的。其基本原则是突出前瞻性、战略性、科学性和普及性：①前瞻性体现在本书立足现在、着眼未来，展望中国脑与认知科学的发展趋势，谋划未来10年促进脑与认知科学可持续发展的战略思路和政策措施；②战略性体现在本书将脑与认知科学的发展规律和国家重大的战略需求有机地结合起来，不仅凝练和把握重要的学术方向，而且从战略高度探索符合脑与认知科学发展规律的资助管理与人才培养机制；③科学性体现在本书建立在数据支撑和事实分析的基础上，并借助文献计量指标等分析工具以及比较研究方法，从宏观到微观等多个层面深入了解脑与

认知科学的国内外研究现状与发展趋势；④普及性体现在研究报告既面向科学界也面向公众，力图通过简明扼要且通俗易懂的语言使深奥的科学道理易于理解，以达到促进公众对脑与认知科学的理解和支持这一目的。

根据国家自然科学基金委员会与中国科学院合作开展“2011~2020年中国学科发展战略研究”的安排，脑与认知科学学科发展战略研究组和报告撰写秘书组成立，并于2009年5月7日召开了第一次全体会议。脑与认知科学领域由郭爱克院士牵头，至2010年10月26日，共召集了6次全体会议（召开时间分别为2009年5月7日、2009年8月27日、2009年9月20日、2009年10月18日、2010年3月16日和2010年10月26日）和4次专题会议（召开时间分别为2010年7月2日、2010年9月2日、2010年9月10日、2010年9月18日）。由于脑与认知科学领域涉及的学科广泛，以及战略研究组的专家们工作繁忙，参加研讨和撰写的专家不断变动，所以参加第一次和最后一次会议的专家名单有很大的不同，50多位专家、学者对本书的写作都有不同程度的贡献，在此表示感谢。自2009年5月起，各分支学科牵头人分别通过会议研讨、调研函调研、数据库查询等不同形式，组织国内同行专家开展了充分的调查研究和学科发展战略讨论，逐步形成了本书初稿。初稿在形成后，在各分支学科、战略研究组全体会议及学科小组会议、国家自然科学基金委员会生命科学部咨询委员会、中国科学院生命科学和医学学部等不同层次、不同范围内广泛地征求专家学者的意见，历时1年多，几经修改，本书最终得以完成。尽管如此，本书仍可能存在遗漏、不完善之处，希望广大读者批评指正。

本书在研讨、撰写和定稿过程中，得到了国家自然科学基金委员会生命科学部、中国科学院生命科学和医学学部的直接指导和大力支持，脑与认知科学学科发展战略研究组在总体策划、专题调研和专家组织方面做了大量工作，承担专题撰稿任务的有33位专家：陈楚侨、陈雪峰、段树民、傅小兰、方方、范勇、郭爱克、耿海燕、高上凯、韩世辉、蒋田仔、何士刚、刘嘉、李纾、罗振革、李量、李葆明、陶乐天、尧德中、沈钧贤、吴思、王晓民、王伟、万

有、于春水、袁小兵、任维、朱莉琪、朱滢、章晓辉、张涛、张柯、张旭。此外，还有大量专家参与调研，因篇幅所限，恕不一一罗列。在此，我们对所有参与本书工作的人员和机构深表感谢。中国科学院力学研究所的吕守芹、陈娟两位同志承担了大量的会务工作，一并感谢。最后，也是最重要的，感谢国家自然科学基金委员会和中国科学院对调研的策划和支持。

郭爱克

脑与认知科学学科战略研究组组长

2011年8月17日



摘要

宇宙、物质、生命和智力的本质是自然界四大奥秘，而大脑是智力的物质基础。探索大脑、揭示大脑认知的神经机制，是人类认识自然、认识自我的极具挑战性的重要科学命题。人脑约有1000亿个神经元，每一个神经元会通过突触和其他约1000个神经元进行信息传递，神经元之间构成各种功能特异的神经环路，通过各种神经递质及其受体传递信息，产生心理活动和控制行为。在从分子、细胞水平到系统和整体水平上揭示大脑认知功能的工作原理，是目前脑与认知科学的研究发展方向。人类对大脑与智力的探索已有数千年的历史，然而过去的探索基本上是哲学思辨式的讨论和直觉经验的观察，脑与认知科学的发展，标志着人类对自身特有的精神和心理活动的研究、对认知本质和规律的研究以及对大脑与智力和创造力的关系的研究，进入到一个建立在现代科学技术基础上的新阶段。现代分子生物学、细胞生物学、遗传学、影像学和信息科学与技术的发展，为认知科学研究提供了新的方法与工具。面对极为复杂的认知过程，脑与认知科学不仅强调脑的生物学研究，而且注重认知功能研究、心理与行为研究和计算理论分析。脑与认知科学的发展也推动了信息科学等其他相关学科的发展。人类的脑与认知系统是生物长期演化的结果，它在信息与知识的处理、加工与利用等方面的能力是现有的任何人工信息处理系统所无法比拟的。面对信息爆炸时代所产生的通信、计算、控制、识别、推理、判断和决策等重大问题，社会对新的计算模型和信息技术提出了更高的要求，在揭示智力本质的同时研制具有更高智能水平的机器和信息处理系统是人类历史发展的必然。因此，脑与认知科学是研究人类认知和智力的

本质及规律的前沿科学，是脑科学、认知科学、心理科学和人工智能等的交叉学科，也必将成为21世纪的带头学科之一。

脑与认知科学的一个重要发展方向是研究高等动物的脑，尤其是人脑的正常功能及其功能失常和紊乱的神经机制。近20多年来，在分子、细胞水平上对脑功能和脑疾病机理的研究，以及在系统和整体水平上对脑功能多层次的整合研究是两大趋势。20世纪90年代初，美国等发达国家以“脑的十年”计划为标志，掀起了脑科学研究的热潮。总部设在巴黎的“国际人类前沿科学计划”，被世人看做是和美国的“战略防御计划”、欧洲的“尤里卡计划”鼎足而立的三大科学计划之一。日本的脑科学家扼要地诠释了脑科学的科学内涵和战略目标：阐明智力与思维的脑机制——“理解脑”；延缓衰老和治疗神经性、精神性疾病——“保护脑”；发展脑风格的人工智能和神经计算系统——“创造脑”；促进儿童教育和防治老龄智力衰退——“营养脑”。包括知觉、注意、记忆、动作、语言、推理和思考、意识乃至情感动机在内的各个层次和各个方面的人类认知和智力活动都被列入研究重点，同时通过将脑科学和信息科学相结合研究新型计算机和智能系统也被列为重要研究方向。

我国《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》将脑与认知科学纳入国家重点支持的八大前沿科学领域，指明其主要研究方向为“脑功能的细胞和分子机理，脑重大疾病的发生发展机理，脑发育、可塑性与人类智力的关系，学习记忆和思维等脑高级认知功能的过程及其神经基础，脑信息表达与脑式信息处理系统，人脑与计算机对话等”。近20年来，脑与认知科学的研究一直是国家攻关和支撑项目的重点内容之一，并被列入“十一五”规划，科学技术部（科技部）和国家自然科学基金委员会等均给予其重大支持，在国家总体学科发展布局中占有重要地位。我国科研人员在神经发育、神经信息传递机理、学习与记忆、感知觉信息处理、阿片类物质依赖机制、疼痛机理、脑疾病与脑保护等研究中取得的一些重要进展，形成了一定的国际影响力。

心理学是研究人类精神活动的科学，研究大脑各个部分如何协同工作以实现各种复杂认知功能、产生智力并控制行为。心理学研究结合行为反应测量和脑影像技术，研究感知觉、注意、记忆、语言等基本认知功能的神经基础，阐明复杂心理活动在神经环路、神经元和神经递质各个水平上的机制。心理学特别注重研究人类的合作、利他等复杂社会行为的认知和脑机制，研究社会文化环境对人类行为及其心理和神经机制的影响。一方面，心理学研究与神经生物学、计算机科学、神经影像学等学科结合，产生新的学科，如认知神经科学；另一方面，心理学研究与医学、经济学等学科结合，研究心理疾病、经济行为的心理和神经基础。因此，心理学研究在国家基础科学发展和经济社会发展两个方面都具有重要的战略意义。近年来，我国心理学研究人员在知觉和注意的机制、汉语信息处理的神经机制、情绪与认知过程的关系、社会认知的神经基础、组织管理和决策行为的心理机制、成瘾行为和精神分裂症的心理和生物学机制、行为与认知的遗传学基础等方面取得了一些具有国际影响力的研究成果。

在未来 10 年里，我国的脑与认知科学应针对人类智力和行为的神经基础、社会环境与经验如何影响脑、怎样维护脑的健康、如何恢复或提高脑功能等重大科学问题开展研究，鼓励提出关于脑工作原理的新理论假设，尤其是鼓励将脑作为复杂的非线性系统，从神经网络等整体观点出发进行系统性研究。在行为与心理学研究领域，根据目前学科发展趋势和国家建立和谐社会的战略发展目标，行为与心理学研究在注重解决重大基础心理学问题的同时，也为解决心理与精神健康问题提供科学基础。脑与认知科学在总体上通过学科交叉研究，争取在神经环路的形成及功能调控、感知觉信息处理与整合、认知的神经基础、社会行为的心理和神经机制、生物神经元网络的动力学及信息加工、脑连接和脑-机接口研究、意识的心理和神经机制、自我意识与自我相关信息的加工、文化与人类认知的心理和神经机制、行为与认知的遗传学基础、人类的决策与行为、人类心理的发展和心理健康等研究领域取得显著的研究进展。

以我国现有脑与认知科学研究基地和人才队伍为基础，通过人才引进与培养、重大研究项目和重点实验室建设等措施，重点建立神经环路结构与功能、感知觉、认知与行为的神经基础、神经元网络和计算神经生物学等研究体系。加强新的研究方法和技术研究，支持实时、在体观测神经活动技术的基础理论和技术开发，重视人工智能的理论、方法和技术创新，以使我国在人才队伍、技术平台和科研水平上进入脑与认知科学研究国际强国之列。



The universe, substance, life and intelligence are essentially the four great mysteries of the nature, while the brain is the material basis for intelligence. Exploring the brain and revealing the neural mechanism of brain cognition are challenging and significant scientific tasks for human to understand the nature and oneself. Human brain has about 10 billion neurons each of which communicates with about other 1000 neurons through synapses. Neurons form between themselves various neural circuits of different functions transmitting information through various neurotransmitters and their receptors, so that mental activity and control behavior are generated. Revealing the working principle of brain's cognitive functions from the molecular and cellular levels to system and overall levels is the current research and development trend for brain and cognitive sciences. The human being has thousands years' history of exploring brain and intelligence, however, our exploration in the past is basically limited to the speculative discussion of philosophy and the observation based on intuitive experience. The brain and cognitive sciences is an emerging field of research integrating multiple scientific disciplines whose research subject is the brain and its functions, and is a science studying the essence and rules of human and animal cognition and intelligence. The development of brain and cognitive sciences marks the fact the human being's research on its unique spiritual and mental activity, the research on the essence and rules of cognition, as well as the research on the relationship between human brain, intelligence and creativity have entered a new stage based on