

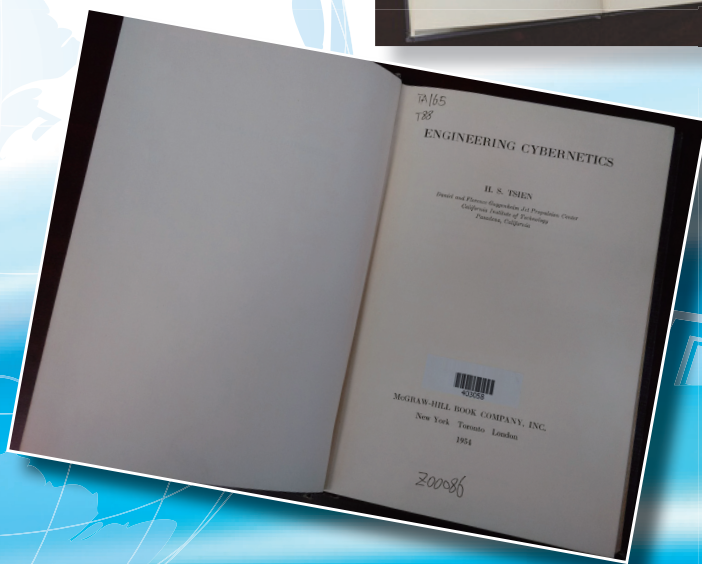
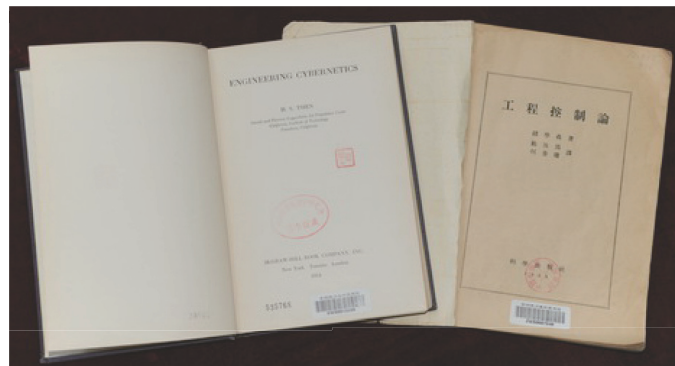


中国自动化学会通讯

COMMUNICATIONS OF CAA

主办：中国自动化学会 <http://www.caa.org.cn> E-mail: caa@ia.ac.cn

纪念《工程控制论》英文版 出版60周年



ISSN 2151-335X



6 915920 700067

2014年12月

第4期

第35卷 总第177期

Contents



第35卷 第4期 总第177期 2014年12月 www.caa.org.cn 主办单位：中国自动化学会



主编的话

脑科学是研究大脑结构与功能，探究大脑真实运行机理的综合性学科，也是迄今为止最为复杂的科学问题之一。近年来发达国家纷纷制定相关计划，加大对脑科学研究的资助，力图占领该研究的最前沿，推进相关产业的发展。

为促进自动化领域的研究人员了解脑科学的最新研究进展，《中国自动化学会通讯》2014年的第四期专刊关注的主题是脑科学。本期专刊共包含了4篇优秀的文章，在此向为本专刊贡献稿件的各位专家学者表示衷心的感谢。

中国科学院计算技术研究所的史忠植研究员介绍了我国在知觉信息的表达与处理、记忆的脑机制、人脑模型以及心智模型等方面的研究中取得的部分成果，并对脑科学在脑工作原理和与脑重大疾病相关的前沿领域上的研究进行了展望。杭州电子科技大学的胡三清教授等从以下几个方面对近年来国内脑科学的研究方向及成果进行了介绍：脑图谱研究、神经胶质细胞的新作用、大脑记忆的奥秘、大脑运行机制的研究、脑部疾病发病机制的进展以及脑机接口的研究和应用。华南理工大学的李远清教授等综述了脑机接口在神经功能辅助方面的发展与应用，分别概述了脑机接口在神经康复和意识检测方面的应用，并介绍了脑机接口在娱乐休闲、人工智能等其他方面的应用，最后对脑机接口面临的问题与挑战进行了总结。上海交通大学的张丽清教授介绍了脑机交互技术的基本原理、关键技术和典型应用，对国内脑机交互研究进展做了简要综述，介绍了基于脑机交互的脑运动功能康复系统，并对基于脑机交互技术的神经功能康复训练技术进行了展望。

脑科学研究将有助于探索智能的机理，提升人类健康水平，也可带动相关产业发展、刺激经济增长，将会成为今后的热门研究领域。脑科学研究的发展尚处于起步阶段，希望这期专刊能够推动我国在脑科学研究领域的创新和发展。

刘佳荣

专题

- 4 脑认知研究在中国
- 9 脑科学研究在中国的现状
- 14 脑机接口应用进展
- 24 脑机交互技术及脑运动功能康复

观点

- 31 人工生命和人工智能

纪念《工程控制论》英文版出版60周年专题

- 37 钱学森先生时代前沿的“大成智慧”学术思想
- 43 从工程控制到社会管理：控制论Cybernetics本源的 personal 认识与展望

中国自动化学会第十届理事会专题

- 49 中国自动化学会第十届理事会常务理事简介

新闻

- 8 喜报：我会推荐的六位学者获中国科协“首席科学传播专家”称号
- 30 喜报：中国自动化学会被评为中国科协2014年度全国学会科普工作优秀单位
- 60 第十七届国际电气与电子工程师协会智能交通系统国际会议在青岛盛大召开

本刊声明

为支持学术争鸣，本刊会登载学术观点彼此相左的不同文章。来稿是否采用并不反映本刊在学术分歧或争论中的立场。每篇文章只反映作者自身的观点，与本刊无涉。

录

Chinese Association of Automation

- 61 第八期中国科协学会改革发展论坛在浙江省温州市召开
- 62 2014年CAA优秀博士学位论文奖评奖结果公告行
- 63 喜报：由我会推荐的吴宏鑫院士、吴启迪教授和周东华教授荣获全国优秀科技工作者称号
- 64 《自动化学报》第十二届编委会第一次工作会议在京召开
- 66 学会副理事长王飞跃教授应邀参加2014 INFORMS年会分会与论坛早餐会

会员园地

- 67 我会副理事长兼秘书长王飞跃教授荣获诺伯特·维纳奖
- 67 我会理事曲道奎研究员、高级会员贾利民教授荣获“2014年度科技创新人物”称号
- 68 2014全国第十九届自动化应用技术学术交流会在浙江大学圆满召开
- 69 安控科技“Etrol安控”新VI发布
- 70 深圳自动化学会组织会员单位到“光启高等理工研究院”参观交流

党建强会

- 70 中国科协召开2014年“党建强会计划”特色活动总结会

刊名题字：宋 健

编辑：中国自动化学会办公室

地址：北京市海淀区中关村东路95号 邮编：100190

电话：(010)8254 4542 E-mail:caa@ia.ac.cn

传真：(010)6252 2248 http://www.caa.org.cn

编辑委员会

荣誉主编

戴汝为 中国科学院院士、中国科学院自动化研究所研究员
孙优贤 中国工程院院士、浙江大学教授
郑南宁 CAA理事长、中国工程院院士、西安交通大学教授

主 编

刘德荣 CAA常务理事、中国科学院自动化研究所研究员、复杂系统管理与控制国家重点实验室副主任

副主编

陈俊龙 CAA常务理事、澳门大学教授
张化光 CAA理事、控制理论专业委员会委员、东北大学教授

专题栏目

主 编

周东华 CAA副理事长、清华大学教授

编 委

蒋昌俊 CAA常务理事、同济大学教授
戴国忠 计算机图形学与人机交互专业委员会主任委员、中国科学院软件研究所研究员

张丽清 CAA荣誉理事、生物控制论与生物医学工程专业委员会主任委员、上海交通大学教授

观点栏目

主 编

孙彦广 CAA常务理事、副秘书长、冶金自动化研究设计院教授级高工

编 委

范 铠 CAA理事、仪表与装置专业委员会主任委员、上海工业自动化仪表研究院教授级高工

陈宗海 CAA理事、系统仿真专业委员会主任委员、中国科技大学教授

张文生 CAA理事、计算机图形学与人机交互专业委员会秘书长、中国科学院自动化研究所研究员

新闻栏目

主 编

陈 杰 CAA副理事长、北京理工大学教授

编 委

熊范纶 CAA理事、农业知识工程专业委员会主任委员、中国科学院合肥物质科学研究院研究员

李艳华 CAA理事、遥测遥感遥控专业委员会主任委员、中国航天科技集团公司第704研究所研究员

郝 宏 系统复杂性专业委员会秘书长、中国科学院自动化研究所高级工程师

译文栏目

主 编

刘 民 CAA理事、名词委员会主任委员、清华大学教授

编 委

王庆林 北京理工大学教授

会员栏目

主 编

张 楠 CAA常务理事、常务副秘书长、办公室主任

编 委

孙长银 CAA常务理事、副秘书长

王兆魁 CAA理事、平行控制与管理专业委员会秘书长、清华大学副教授

脑认知研究在中国

史忠植

中国科学院计算技术研究所智能科学研究组，北京 100190

摘要：脑科学研究将有助于探索智能的机理，提升人类健康水平，也可带动相关产业发展、刺激经济增长，成为当前热门的研究领域。我国在973、国家自然科学基金等项目支持下，积极开展脑科学和认知科学的研究，在脑认知领域取得了进展。本文将概要介绍我国在脑认知研究中取得的部分成果。

关键词：脑科学，脑认知，智能科学

探索智能的本质，了解人类大脑及其认知功能，是智能科学中的基本问题，也是过去、现在以及将来最具挑战性的科学命题之一。对智能问题的探索已经发展成为21世纪脑与认知科学的前沿和相关带头学科领域之一。脑认知所涉及的范围包括知觉、注意、记忆、行为、语言、推理、抉择、思考、意识，乃至情感动机在内的多层面的认知活动及其生物学基础，也包括神经精神疾病的发病规律和防治，以及机器智能等方面的研究与应用。脑认知的迅速发展标志着人类对自身精神与心理活动、认知过程与中枢神经系统的信息加工规律以及人脑创造性和智能的关系研究进入到了一个新阶段。

人脑的结构及其认知功能是长期进化的结果，对信息的处理、加工和利用的能力远远超过现有的任何计算机和信息处理系统。基于人脑智能信息处理在理论与方法上的突破，有可能带动未来信息科学与技术上的革命性发展。加强我国在脑与认知这一交叉学科领域中的基础与应用的研究，解决认知科学和信息科学发展中的重大理论问题，从而带动我国经济、社会乃至国家安全

所涉及智能信息处理关键技术的发展。

目前，国际上非常重视对脑科学的研究。2013年1月28日，欧盟启动了旗舰人类大脑计划：“The Human Brain Project”，未来10年投入10亿欧元的研发经费。目标是用超级计算机多段多层完全模拟人脑，帮助理解人脑功能。2013年4月2日，美国总统奥巴马宣布一项重大计划，将历时10年左右、总额10亿美元的大脑研究（BRAIN），目标是研究数十亿神经元的功能，探索人类感知、行为和意识，希望找出治疗阿尔茨海默氏症（又叫老年痴呆症）等与大脑有关疾病的方法。我国在973、国家自然科学基金等项目支持下，积极开展脑科学和认知科学的研究，在脑认知领域取得了进展。本文将概要介绍我国在脑认知研究中取得的部分成果。

1 知觉信息的表达与处理

知觉信息的表达、整体性知觉的组织与整合属于知觉研究的基本问题，是研究其他各个层次认知的基础。在知觉的局部性质和大范围性质的关系问题上形成特色，建立起新的知觉理论。通

过脑科学、信息科学的交叉实现计算建模。在计算理论层次、脑的知识表达层次和计算机实现层次上,把认知神经科学实验研究和计算机知觉研究结合起来,提出崭新的理论和解决的方法。

生物物理研究所国家脑和认知科学重点实验室的陈霖院士,早在1982年,就在《科学》杂志上就“知觉过程从哪里开始”这一根本问题,原创性地提出了“大范围首先”的拓扑性质知觉理论,向近代占统治地位的“局部首先”的理论提出挑战^[1]。

2003年陈霖院士与卓彦研究员和周天罡等研究人员通过对长距离似运动现象的功能磁共振研究,发现了以拓扑性质为基础的各个层次的几何不变性质是视觉信息的基本表达的生物学(磁共振成像)证据^[2]。首先,研究人员发现长距离似运动产生腹侧通路顶端的前颞叶的兴奋,而不引起背侧通路的运动区(MT区)的兴奋,提示长距离似运动知觉可能是形状不变性的抽提过程。更重要的是,前颞叶的fMRI兴奋强度和产生似运动的图形差别的结构稳定性层次之间存在系统的相关,即拓扑性质差别引起最强的兴奋;而射影性质、仿射性质、欧氏性质差别引起的兴奋依次递减,且所有差别都系统地达到统计意义。这一结果为陈霖1982年在《Science》上提出的“初期拓扑性质初期知觉”理论提供了生物学的支持。2005年,著名知觉杂志《Visual Cognition》以专辑的形式刊载了陈霖教授的成果,并配发了大量国际著名学者的评论性文章^[3]。

2 记忆的脑机制

记忆就是对过去的经验或是经历,在脑内产生准确的内部表征,并且能够正确、高效地提取和利用它们。记忆涉及信息的获得、储存和提取等多个过程,这也就决定了记忆需要不同的脑区协同作用。在最初的记忆形成阶段,需要脑整合

多个分散的特征或组合多个知识组块以形成统一的表征。从空间上讲,不同特征的记忆可能储存于不同的脑区和神经元群;而在时间上,记忆的储存又分为短时程、中时程和长时程记忆。提取时需要进行聚焦、监视和验证,以高效选取有关的信息,抑制无关的信息。对记忆过程的控制和相关的神经机理,开始成为热点科学问题。深入研究记忆的神经生理学机制,可以提高人对自身智能活动的认识,同时也会为有效智能信息处理系统的建立提供理论基础或借鉴。同时,轴突的可塑性在学习记忆中的作用,也是现在和未来认知神经科学的研究和发展的重点。

美国《Science》杂志2001年11月16日发表了中国科学院生物物理研究所唐世明研究员(第一作者)和中国科学院生物物理研究所和神经科学研究所研究员郭爱克院士(通讯作者)的一篇研究论文,题目是“Choice behavior of *Drosophila* facing contradictory visual cues”(果蝇面对竞争的视觉线索的抉择行为)。这是中国神经科学工作者完全在国内完成并在《Science》上发表的第一篇论文^[4],通过建立相对简化的但是基于“知识”的两难抉择模型。2007年6月29日在《科学》杂志第316卷第5833期发表研究报告(1901-1904页)“多巴胺和蘑菇体环路调控果蝇基于价值的抉择”,以丰富的实验证据在国内外学术界第一次揭示了果蝇决策的生物学过程^[5]。研究小组成员利用果蝇从基因-脑-行为的结合上,在分子,细胞和行为等多个层面上,揭示果蝇的学习记忆、模式识别、选择性注意和类似抉择行为的分子/细胞的,以及整合的神经机制。

2010年清华大学钟毅教授实验室发现^[6],消退遗忘和干扰遗忘存在共同的分子信号通路: Rac激活导致遗忘; Rac失活导致不能遗忘。该发现清楚表明遗忘是主动的过程,具有独立的生物学基础,直接调控记忆信息的储存和提取,从而开辟了崭新的研究领域研究脑功能和脑重大疾病。

3 人脑模型

人的大脑体积仅有 $1,400\text{cm}^3$ ，功率仅有20W，但是认知能力远远超过了现今的超级计算机。大脑皮层的200亿个神经元和连接它们的大脑白质里的数百万千米的轴突是提供人类大脑大部分高级功能，如情感、计划、思考、记忆的关键。经过一个世纪的持续研究已经产生了关于神经元的大量科学数据，但是人们对神经元的交互，新皮层的结构，新皮层对信息的处理机制仍然不甚清楚。神经科学研究表明，大脑的神经网络是一个多尺度的稀疏有向图。特别是，局部、短距离的连接可以通过重复规范的子回路的统计变化来描述，而全局、远距离的连接则可以通过一个特定、低复杂度的蓝图来描述。大脑的行为完全是通过个体功能单元之间非随机的以及相关联的互动而形成的，这也是有组织复杂性的一个关键特征。

脑图谱是脑科学、神经解剖学、神经影像学、认知科学和心理学等学科的基础，是脑结构和功能研究的必需工具。2010年，中科院自动化所模式识别国家重点实验室及脑网络组研究中心在科技部、国家自然科学基金委以及中科院战略性先导科技专项的资助下，联合国内多家综合性医院及研究所启动了新一代人类脑图谱-脑网络组图谱的研究，采用多模态脑影像技术建立有明确生物学意义的活体脑图谱及其适用性的验证方法体系，为实现脑科学研究的源头创新提供基础，为基础及临床神经科学的研究提供全新的研究工具。经过三年多来的努力，该研究团队利用多模态磁共振技术提供的脑解剖和功能连接信息进行脑区亚区精细划分，并初步建立既具有精细脑区划分、又具有脑区功能和解剖连接模式的脑图谱，即脑网络组图谱（Brainnetome Atlas）。

《Neuroimage》2013年出版了脑连接组专刊，特别邀请自动化所脑网络组研究中心主任蒋田仔研究员撰写《Brainnetome: A new-ome to understand the

brain and its disorders》一文，介绍脑网络组学的概念、脑网络组学的进展及未来的发展情况^[7]。

2014年6月8至12日，自动化所脑网络组在德国汉堡举办的第二十届国际脑图谱大会上，分别通过大会报告、展位展览以及墙报报告等形式，向国内外同行推出了首版“脑网络组图谱”，得到了本领域同行的极大关注并获得非常有价值的反馈意见。

4 心智模型

按照心智计算的观点，心智系统结构类似于计算机系统结构。它们有记忆、处理和控制部件、数据表示、以及输入/输出设备，代替支持通用计算需要的是必须支持知识的表示、获取、和运用知识实现目标。在系统结构上的重要区别是计算机的任务是固定的、独立的，而心智系统结构中智能体的知识是相互关联的，通过学习不断增加。虽然通过学习修改和补充知识，但这不改变体系结构。通过它的学习机制，又定义了知识如何变化。系统结构可以通过发展变化，但这些变化的时间尺度比单个任务大得多。尽管人们可以编程心智系统架构，以解决特定问题，心智系统结构的设计要依据创建通用的、自动的智能体，可以解决各种各样的问题，采用各种各样的知识。对于心智结构，其中一个主要的挑战是协调智能系统相关的许多功能，如感知、推理、规划、语言处理和学习。

1936年，图灵提出了图灵机模型^[8]，这是第一个具有划时代意义的心智模型，奠定了现代计算机可计算的理论基础。经过近80年的研究，人们提出了多种心智模型在人的心智中，记忆和意识是最为重要的两个部分。其中记忆存储各种重要信息和知识，意识让人有自我的概念，能根据需求，偏好设定目标，并根据记忆中的信息进行各种认知活动。中科院计算所智能科学实验室主

要基于记忆和意识的机理，提出了心智模型CAM (consciousness and memory)^[9]，它是一种构建类脑智能系统的通用框架。图1给出CAM的系统结构。

意识是生物体对外部世界和自身心理、生理活动等客观事物的觉知。意识是心理学研究的核心问题，意识的脑机制是各种层次的脑科学的共同研究对象。人类进行意识活动的器官主要是脑。为了揭示意识的科学规律，建构意识的脑模型，不仅需要研究有意识的认知过程，而且需要研究无意识的认知过程，即脑的自动信息加工过程，以及两种过程在脑内的相互转化过程。

中科院心理所认知心理学研究室从神经生理、认知心理、计算建模3个层面探讨了可视媒体的认知机理以及可计算性，提出了将认知过程的感知(perception)、记忆(memory)和判断

(judgment) 这三个阶段对应于计算流程的分析、建模和决策的PMJ认知计算模型(computational cognition model of perception memory and judgment)^[10]。

PMJ模型基于人类认知的基本原理，明确了认知与计算结合的三阶段、多通路的处理框架。图2给出了PMJ模型示意图。

5 展望

人类大脑是极其复杂的“小宇宙”，相当于银河系的星体总数。面对激烈的国际竞争，中国将在脑科学领域有何作为？主要的研究应聚焦在脑工作原理和与脑重大疾病相关的前沿领域上。它将在多学科交叉的基础上，以微观、介观和宏观尺度研究动态脑网络工作问题。脑科学、认知

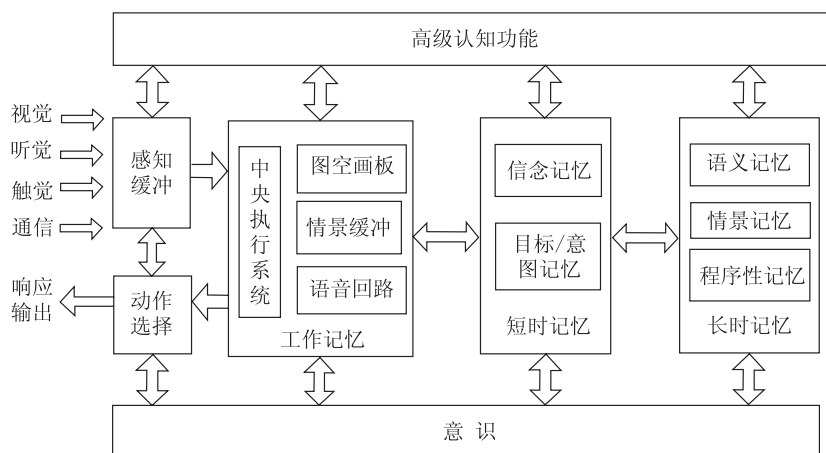


图1 CAM的系统结构

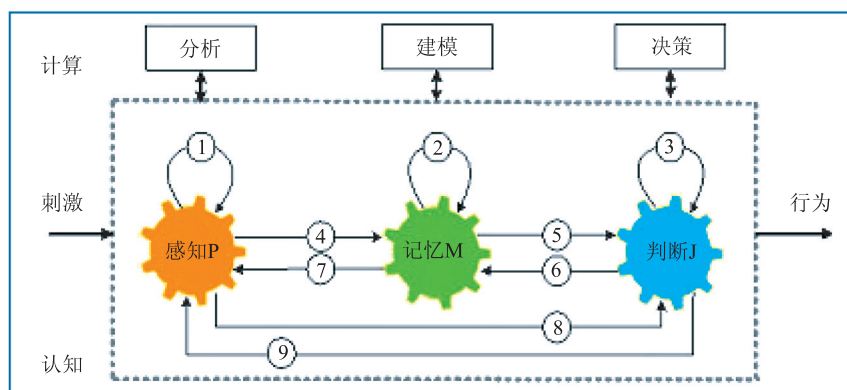


图2 PMJ模型示意图

科学、人工智能交叉研究的智能科学，将在揭示智能的本质，创新智能技术，推动类脑计算发展方面作出贡献。

参 考 文 献

[1] Chen L. (1982) Topological structure in visual perception. *Science*, 218, 699-700.

[2] Zhuo Y, Zhou TG, Rao HY, Wang JJ, Meng M, Chen M, Zhou C, Chen L. (2003) Contributions of the visual ventral pathway to long-range apparent motion. *Science*, 299, 417-420

[3] Chen Lin (2004) The topological approach to perceptual organization?. *Visual Cognition*, Vol. 12 Issue 4, 2005

[4] Tang, S., and Guo, A. (2001) Choice behavior of *Drosophila* facing contradictory visual cues. *Science*, 294: 1543-1547.

[5] Zhang, K., Guo, J., Peng, Y., Xi, W., and Guo, A. (2007) Dopamine-Mushroom Body Circuit Regulates Saliency-Based Decision-Making in *Drosophila*. *Science* 316: 1901-1904.

[6] Shuai Y, Lu B, Hu Y, Wang L, Sun K, Zhong Y*. (2010) Forgetting is regulated through Rac activity in *Drosophila*. *Cell* 140:579-89.

[7] Jiang T. (2013) Brainnetome: a new -ome to understand the brain and its disorders. *Neuroimage*. Oct 15;80:263-72.

[8] Turing A M. (1936) On computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem. *Proc. London Maths. Soc.*, ser. 2, 42, 230~265.

[9] Shi Zhongzhi. (2012) *Intelligence Science*. World Scientific Publishing Co.

[10] Fu X., Cai L. H., Liu Y., et al. (2013) A computational cognition model of perception, memory, and judgment. *Science in China Series F: Information Sciences*

作者简介

史忠植 中国科学院计算技术研究所研究员、博士生导师。中国计算机学会会士，中国人工智能学会会士，IFIP人工智能专业委员会机器学习和数据挖掘组主席，IEEE高级会员，AAAI、ACM会员。长期从事智能科学、知识工程、机器学习、神经计算、认知科学等方面的研究。2013年获得中国人工智能学会吴文俊人工智能科学技术成就奖。

喜报：我会推荐的六位学者获中国科协“首席科学传播专家”称号

2014年12月16-18日，中国科协首席科学家传播专家、全国学会科普工作负责人高级研修班在京召开。会上对第三批科学传播专家团队首席科学传播专家进行了颁奖仪式，并向专家们颁发了聘书。

此次会上，我会推选的6位专家被聘为中国科协首席科学传播专家，他们分别是上海交通大学李少远教授（控制理论与控制工程科普团队）、中科院自动化所田捷研究员（多模态分子影像科普团队）、广东电网公司电力科学研究院陈世和所长（发电过程自动化科普团队）、西安交通

大学辛景民教授（模式识别与智能系统科普团队）、清华大学朱纪洪教授（导航制导与控制科普团队）和中科院自动化所王飞跃研究员（智能自动化科普团队），首席专家聘期为3年。

自2013年中国科协聘任首批首席科学传播专家以来，首席专家及其团队陆续开展各种专题科普活动，取得了很好的收效。今后，希望更多的科技工作者积极响应国家公民科学素质建设，担负起向公众传播科学的重任，共同在科学传播的道路上前行。

（学会办公室 供稿）

脑科学研究在中国的现状

胡三清, 薛纪勤, 张建海, 孔万增

杭州电子科技大学, 杭州 310018

摘要: 脑科学是研究大脑结构与功能, 探究大脑真实运行机理的综合性学科, 也是迄今为止最为复杂的科学问题之一。近年来发达国家纷纷制定相关计划, 加大对脑科学研究的资助, 力图占领该研究的最前沿, 推进相关产业的发展。国内研究机构也做了大量工作, 取得了很多高水平的成果, 本文介绍了近年来国内脑科学的研究方向及成果。

关键词: 脑科学, 脑图谱, 认知, 记忆, 情绪

1 引言

人类大脑约有1000亿个神经元和100万亿个神经突触, 如此庞大的数目, 他们是如何工作的呢? 揭示人脑的奥秘, 探索思维的本质以及用物理的形式来延伸人的智力或行为一直是科学家孜孜不倦探索的方向。西安交通大学人工智能与机器人研究所所长郑南宁院士说过“现在的人工智能研究必须要借助于生命科学。因为人工智能要模拟人的这种思考和技能, 如果不了解人自身, 我们是没办法做到的”^[1]。所以我们要想“创造脑”, 必须先要“了解脑”。本文将从我国脑科学的相关规划, 主要研究热点及取得的重要研究成果介绍脑科学与认知在我国现状。

2 我国脑科学计划

近几十年来, 在研究成果积累和新技术突破的基础上, 脑科学基础和应用研究正酝酿着重大突破。正因为如此, 多个国家和地区纷纷投入巨资启动了各自的“脑计划”。2013年1月, 欧盟率先启动了“人类脑科学计划”(Human Brain Project), 并计划在未来十年在这个项目上投入

高达10亿欧元的巨额研究资金。紧接着在2013年4月, 美国总统奥巴马宣布启动“创新型神经技术大脑研究”即美国版“脑计划”, 并在2014年预算1亿美元用于研究此项目。日本和韩国也相继显著加大了在脑科学研究领域的资助。

中国一直重视脑科学研究, 2006年《国家中长期科学和技术发展规划纲要》将脑科学和认知科学列为八大前沿之一。随后, 国家自然科学基金委2008年启动“视听觉信息的认知计划”、2011年启动“情感和记忆的神经环路基础”等重大研究计划^[3], “973”计划也先后启动了“脑功能与脑重大疾病的基础研究”等42项脑科学相关项目。经过近十年的发展, 我国脑科学发展已具备一定优势, 在多个领域处于世界领先地位。但是, 面对发达国家在脑研究方面的强势出击, 我们必须有相应的应对措施, 因此国内科学家也提出了中国版的“脑科学计划”。并明确中国脑科学计划将面向国家重大需求, 以“健康脑”为导向, 聚焦脑工作原理和脑重大疾病相互关联两大主题, 充分利用我国脑疾病样本资源丰富、非人灵长类动物模型先进等特色 and 优势, 做到“有所发现, 有所发明, 有所创造, 有所前进”。

3 研究热点与成果

3.1 我国脑图谱研究取得重要进展

2014年9月26日,由微软创始人、慈善家Paul Allen资助,耗时3年,耗资4000万美元的小鼠大脑图谱宣告绘制完成。大脑图谱的绘制有助于解决大脑不同区域发育和功能研究过程中遇到的一些基础性难题。我国研究人员在这一领域也取得了重要成果。

由华中科技大学生物医学光子研究中心骆清铭教授率领的科研团队建立的显微光学切片断层成像系统(MOST)完成了小鼠大脑的高通量图像。用此系统对制备好的鼠脑为样本进行数据采集,获得像素分辨率为微米级的冠状断面图像。同时,对图像准确定位和预处理,实现了突起水平的小鼠全脑结构成像,在国际上第一次获得了一套来自同一只老鼠的全脑组织切片图谱^[3]。Science杂志称此成果为“迄今为止最精细的小鼠全脑神经元三维连接图谱”。

2012年11月中科院实施启动了“脑功能联结图谱”战略性先导科技专项(B),并于2013年7月获得重要进展。中科院上海生科院神经科学研究所郭爱克院士研究组关于嗅觉感知过程中脑特定功能区神经网络联结研究中利用新型神经细胞双色钙成像技术成功揭示了果蝇嗅觉感知过程中气味选择性的编码机制,以及从嗅球的投射神经元到被投射的单个蘑菇体神经元微环路的信息转换机制;其提出的新型神经细胞双色钙成像技术将可广泛应用于多种神经联结网络,以获取执行特定脑功能相关脑结构所有神经细胞电活动的动态信息,为最终完成绘制人类“智力蓝图”梦想做出贡献^[4]。

3.2 神经胶质细胞的新作用

神经胶质细胞过去一直不被科学家重视认为该细胞虽然在大脑中含量丰富,但仅仅对神经元

起支持和营养作用。然而中科院上海生命科学研究院神经科学研究所段树民及其团队发现神经胶质细胞具有可塑性^[5],并可以产生长时程增强反应。由于大脑有大量的胶质细胞,而突触的长时程增强反应又被认为与脑的信息处理、储存及学习记忆等有关,胶质细胞的突触具有可塑性这一发现及其产生机理的阐明,对人们认识脑的工作原理具有重要意义。

3.3 大脑记忆的奥秘

大脑的一大神秘之处是,人们仍然无法准确说明记忆是什么,神经回路如何存储特定的回忆。但是,过去十年间,科学家对记忆的研究取得丰硕的成果。我国上海生科院神经科学研究所的李澄宇研究组发表了关于工作记忆机制的新成果^[6]。“工作记忆”(working memory)是一种重要的短时程记忆,它负责将“正在经历”的信息进行短暂的储存和运用。李澄宇研究组通过干预“延迟期间”小鼠大脑内侧前额叶的电活动影响了记忆任务的学习正确率,阐明了该脑区在记忆学习过程中放电模式变化的规律。揭示了前额叶在延迟期间的电活动在工作记忆任务学习过程中的重要性,有利于理解工作记忆这一核心脑功能的机制。

3.4 大脑运行机制的研究进展

3.4.1 大脑的抉择

脑的认知功能是脑的高级功能的重要体现,也是脑科学研究的重点,针对“大脑是如何工作的”“物质的脑如何产生精神”这一问题。中国科学院上海生命科学研究院神经科学研究所郭爱克院士以果蝇为模式动物,从基因—脑—行为—认知相结合的角度,在学习记忆和抉择行为的分子细胞和神经整合机制的研究取得重要成果和研究进展。

面对困境,人类能够做出抉择,抉择过程是怎样发生的,由大脑哪个部门负责?郭爱克院士

研究发现^[7], 果蝇这样的低等动物也能够“辨形观色”, 然后做出抉择, 趋利避害, 而且发现了和这种抉择能力相关的脑区域; 果蝇脑内的蘑菇体在抉择过程中发挥了重要作用: 正常果蝇能够“当机立断”, 而蘑菇体缺失的果蝇则会犹豫不决, 无法作出判断。虽然人脑没有蘑菇体但是该研究成果为理解抉择的神经机制提供了更为简单的模型生物和新的抉择范式。

经进一步研究, 发现果蝇跨视觉和嗅觉模式的学习记忆的协同共赢和传递效应。在一定的时空条件下, 果蝇的视觉和嗅觉两种学习记忆之间, 可以通过协同机制达到放大, 而不是对各自的学习记忆作简单的线性叠加。这项成果对灵长类和人的更为复杂的多模态信息整合、对人工智能中的“多智能体系统”的“自然计算”、对阐明智力和创造性的本质以及基因—脑—行为之间的关系, 均具有重要的理论价值^[8]。

3.4.2 破解大脑编码情绪的秘密

人是有着丰富情感的动物。人在生活当中, 情绪会时刻发生变化或高兴或悲伤。为什么当我们高兴时心旷神怡, 而当我们悲伤时撕心裂肺? 在这些情绪的背后, 大脑是如何变化的? 长久以来, 大脑如何编码情绪信息却一直是个谜。但是中科院上海生科院神经所胡海岚研究组破解了大脑中的情绪密码^[9]。

他们利用一项叫做TAI-FISH的新技术揭示了小鼠前脑边缘系统各脑区对于喜好或者厌恶的情绪反应的编码模式。他们的研究表明, 在小鼠前脑边缘系统中, 存在着三种对相反情绪的编码模式: 分离、重合以及错合。其中, 伏隔核对相反情绪的编码呈现出有趣的错合模式, 即由两群相互混杂但不重合的神经元分别应答喜好和厌恶的情绪刺激。喜好-喜好或厌恶-厌恶的刺激组合会激活很大程度上重合的神经元, 而喜好-厌恶的刺激组合则保持交错的应答模式。这提示伏隔

核可能是编码情绪效价的关键脑区。而下丘脑室旁核则由同一群重合的神经元同时应答吗啡和足底电击, 可能编码情绪的强度信息。他们的TAI-FISH技术不仅使深入研究不同刺激对应神经环路的相互关系成为可能, 而且揭示了多个脑区神经元对于喜好或者厌恶刺激的应答模式, 提示了编码情绪效价的关键脑区。

3.5 脑部疾病发病机制取得新的进展

中国人口老龄化日趋严重, 神经发育疾病(如自闭症等)、精神疾病(如抑郁症)、脑血管疾病(如脑中风)等多种脑疾病的发病率高, 患病人数多, 发病年龄趋年轻化。脑部疾病对社会的负担日益严重。我国科学家在神经疾病发病机理研究取得重要突破。

3.5.1 脑缺血病理损伤机制的新发现

浙江大学神经科学研究所陈忠教授及其课题组首次发现了脑缺血复灌过程中线粒体自噬不依赖细胞自噬, 而且内质网应激可以通过激活线粒体自噬进而保护缺血神经元这一研究成果^[12]。科学家通常认为, 内质网应激是细胞受到多种应激刺激后发生的代偿性反应, 持续的内质网应激会导致细胞损伤。然而, 课题组在研究中发现, 低剂量内质网应激诱导剂发挥了显著的抗脑缺血作用, 其神经保护作用是通过EIF2-alpha/ATF4信号通路选择性地调控了PARK2诱导的线粒体自噬, 进而发挥神经保护作用。课题组首次提出内质网应激诱导的线粒体自噬可能是干预脑缺血复灌损伤的重要药物靶点。该项成果的发现有助于脑缺血过程的病理损伤机制研究以及治疗的研究。

3.5.2 精神疾病取得新的进展

精神分裂症是精神病中最常见的病因尚未完全阐明一种精神病, 是精神病里最严重的一种, 可导致严重的精神错乱, 累及全球约1%的人口。

近年来, ErbB4作为精神分裂症的易感基因备受关注,但其导致精神分裂症的发病机制并不清楚。国防科技大学胡德文教授利用fMRI数据研究发现精神分裂症执行功能障碍患者前额皮质区在双重任务工作记忆中激活异常^[11]。浙江大学医学院神经科学研究所李晓明教授从发育早期的神经环路入手,研究发现ErbB4虽然对Parvalbumin中间神经元所介导的抑制性突触的发育没有明显影响,但是对活性依赖性的抑制性突触传递功能有明显影响;同时,虽然对兴奋性突触的早期发育没有明显影响,却影响兴奋性突触的成熟。从而提出:敲除ErbB4后导致Parvalbumin中间神经元的兴奋性突触输入减少,为了维持皮层兴奋抑制功能之间的平衡,由Parvalbumin中间神经元所介导的活性依赖性抑制性突触传递功能可能随之减弱,而这种平衡可能在某些发育关键期如青春期受到破坏而最终导致精神分裂症的发生。这一发现对精神分裂症发病机制具有重要意义^[12]。

3.5.3 神经系统发育障碍取得新成果

自闭症是一种由于神经系统失调导致的发育障碍,通常起病于3岁之前的发育障碍,以明显的社会交往障碍、言语沟通异常以及刻板的行为方式为特征,至今还没有可治愈的药物。香港科技大学的叶玉如教授的研究团队发现,新皮层上层的神经元生产过剩会引发类似自闭症的行为。研究人员发现神经元生产过剩干扰了兴奋性神经元树突和脊的发育,改变了中间神经元的层间分布。此外,这种过度生产还破坏了兴奋性神经元和抑制性神经元的平衡,使兴奋性和抑制性突触连接失调。这项研究展示了神经元生产过剩与自闭症相关行为的因果关系,为人们提供了重要的发育线索,有助于更好的理解自闭症的病因^[13]。

3.6 脑-机接口的研究和应用

脑-机接口(Brain-Computer Interface, BCI)

是通过计算机或其它电子设备在人脑与外界环境之间建立一条不依赖于外周神经和肌肉组织的全新对外信息交流和控制通道。BCI系统通过检测人的大脑活动状态,对其进行解析并将大脑意识转换为相应外部命令直接与外部环境进行交互,最初主要是用于帮助患有严重神经肌肉障碍(如肌肉萎缩症,脊髓损伤患者或严重中风患者等)的病人与外界进行沟通(打字、假肢、轮椅、智能车控制等)。近年来,随着脑成像技术的进步、对大脑认识的进一步加深、信号处理技术和计算技术的飞速发展,BCI的含义进一步得到外扩,其存在形态和应用领域得到极大扩展,特别是可穿戴技术和设备的兴起为BCI的提供了一条新的发展思路,使之有望进入人们的日常生活。目前,BCI已经在肢体辅助、神经康复、军事及娱乐等领域得到了具体的应用,其应用领域正进一步扩展。清华大学高上凯教授实现了一种准确率达到85%的新型听觉脑机接口,该项成果将能够帮助像物理学家史蒂芬·霍金这样的神经“渐冻症”患者通过听觉脑电活动来表达自己的思想,并与外界沟通^[14]。华南理工大学脑机接口与脑信息处理中心主任李远清教授实现一种“脑控轮椅”即通过电极帽大脑发出强弱不等的脑电波输入计算机转化为指令进而控制轮椅移动,这使得残疾病患的生活质量的提高成为一种可能。由郑筱祥教授负责的浙江大学“脑机接口”研究团队在2012年成功实现了猴子意念控制机械手臂,并且机械手的5个手指都能动,就这一点,已经超过世界先进水平。2014年,郑筱祥教授团队在此研究基础上成功完成了国内首次在患有复杂性难治性癫痫病症的病人颅内植入电极用意念控制机械手的实验,病人只须动动念头,机械手就能完成高难度的“石头、剪刀、布”运动。这使得瘫痪病人重新动起了看到了希望的曙光。在脑机接口领域,除上述研究团队之外,近些年国内涌现出一大批优秀的技术研究团队,比如,电子科技大学尧德中教授团队、

北京师范大学姚力教授团队、上海交通大学张丽清教授团队、天津大学明东教授团队、杭州电子科技大学胡三清教授团队等几十个团队。这些团队构成了当今中国脑机接口领域的中坚力量。

3 总结

随着国家的重视和投入的增加以及高水平拔尖人才的引进，目前我国脑科学发展已具备一定优势，甚至在多个领域处于世界先进地位，已取得一定的国际话语权。但是与发达国家相比，还存在研究队伍体量较小，整体水平欠佳的情况。正如中科院外籍院士、中科院神经科学研究所教授蒲慕明所强调的，中国脑科学计划的实施需要创新型组织管理模式，同时脑科学研究涉及多种学科、多个部门，这决定了在脑科学计划实施中国家主导、顶层设计、部门合作、分工实施的重要性。

致谢：该文得到国家自然科学基金（61102028、61100102）和浙江省自然科学基金（LZ13F030002）的资助。

参考文献

- [1] 王毅俊.人工智能与人类生活——郑南宁院士谈人工智能的研究现状[N].上海科技报, 2010-10-22 (B03)
- [2] 阮梅花, 王小理, 王慧媛等.中美脑科学领域比较分析.生命科学, 2014.
- [3] A. Li, H. Gong, B. Zhang, et al. Micro-Optical Sectioning Tomography to Obtain a High-Resolution Atlas of the Mouse Brain. Science, 2010, 330(6009):1404-1408.
- [4] Li H, Li YM, Lei ZC, et al. Transformation of odor selectivity from projection neurons to single mushroom body neurons mapped with dual-color calcium imaging. PNAS, 2013, 110: 12084-12089.
- [5] W. Ge, X. Yang, Z. Zhang, et al. Long-Term Potentiation of Neuron-Glia Synapses Mediated by Ca²⁺-Permeable AMPA Receptors. Science, 2006, 312: 1533-1537.
- [6] D. Liu, X. Gu, J. Zhu, et al. Medial prefrontal activity during delay

- period contributes to learning of a working memory task. Science, 2014,346(6208):458-463.
- [7] S. Tang, A. Guo. Choice behavior of Drosophila facing contradictory visual cues. Science, 2001, 294: 1543-1547 .
- [8] J. Guo, A. Guo. Crossmodal interaction between olfactory and visual learning in Drosophila. Science, 2005, 309 : 307-310 .
- [9] J. Xiu, Q. Zhang, T. Zhou, et al. Visualizing an emotional valence map in the limbic forebrain by TAI-FISH. Nature Neuroscience, 2014, 17:1552-1559.
- [10] X. Zhang, Y. Yuan, L. Jiang, et al. Endoplasmic reticulum stress induced by tunicamycin and thapsigargin protects against transient ischemic brain injury: Involvement of PARK2-dependent mitophagy . Autophagy,2014,10(10):1801-1813.
- [11] 吴大兴, 谭长连, 颜莉蓉, 胡德文等. 精神分裂症执行功能障碍患者工作记忆fMRI研究,《中国医科大学学报》2007, 36(6): 737-740.
- [12] J. Yang, J. Zhang, et al. Development of GABA Circuitry of Fast-Spiking Basket Interneurons in the Medial Prefrontal Cortex of erbB4-Mutant Mice. The Journal of Neuroscience, 2013, 33(50):19724-19733.
- [13] W. Fang, W. Chen, L. Jiang, et al. Overproduction of upper-layer neurons in the neocortex leads to autism-like features in mice. Cell Reports, Nov. 2014.
- [14] J. Guo, S. Gao, B. Hong. An auditory brain-computer interface using active mental response.IEEE Transaction on Neural Systems and Rehabilitation Engineering , 2010,18(3):230-235.

作者简介

胡三清 分别于2002和2006在香港中文大学和英国伊利诺州大学芝加哥校区获得双博士学位，研究领域包括认知计算、人工智能、信号处理等。发表国际期刊SCI收录论文40多篇。长期担任IEEE Trans. on Neural Networks等四个国际期刊副主编。获得浙江省省特聘教授（2010）、浙江省“千人计划”入选者（2011）、“全国优秀科技工作者”（2012）、“中国侨界（创新团队）贡献奖”（2014）。最突出的理论成果提出了新的因果关系法，挑战了2003年诺贝尔经济学奖格兰杰提出的Granger因果关系法。

脑机接口应用进展

李远清, 潘家辉

华南理工大学 自动化工程与科学学院, 广东广州 510640

摘要: 脑机接口实现了大脑和计算机或其他外部设备之间的不依赖于外周神经和肌肉的直接通信。通过脑机接口, 人们不需要语言或动作, 可以由脑直接操控外部设备(如计算机、辅助康复器材等)。脑机接口可以有效增强运动、精神、认知障碍患者与外界交流或控制外部环境的能力, 提高患者的康复效果和生活质量, 因而在残疾人功能辅助与康复方面具有重要的应用前景。本文从神经功能辅助、神经康复和意识检测等方面概述脑机接口的主要应用进展, 并总结其面临的问题与挑战。

关键词: 脑机接口, 辅助技术, 神经康复, 意识检测

1 引言

脑机接口(Brain Computer Interface, BCI)是一种能够让人脑与外部环境直接进行交互的系统^[1,2]。它不依赖于正常的神经肌肉传导通道, 而是直接通过采集脑电或者其它与脑活动相关的信号来确定人的想法和意图。脑机接口的基本工作原理: 当受试者受到外部的刺激或者大脑进行某种思维活动(如产生某种动作意识)的时候, 其神经电活动会发生相应的变化, 这些被动或主动的神经响应形成了不同的脑电时空尺度模式。通过脑电信号的采集和处理, 这种变化可以被检测出来, 并形成特征信号^[2]。通过对这些特征信号进行模式识别, 即可把人的这些思维活动翻译为外部设备的控制命令, 直接来控制外部设备, 如字符输入、电灯开关、神经假肢等, 从而使用户能够直接与外部环境进行交流。

为了实现对脑机接口系统的控制, 受试者需

要有意识地对自己的大脑信号进行调节, 这些被动或主动的神经响应形成了不同的脑电信号模式。常用的脑电信号模式有: ①P300事件相关电位。事件相关电位是大脑对某种事件进行信息加工时诱发产生的一系列与认知有关的电活动。P300是事件相关电位的一种, 理论研究表明, 被注意的相关事件出现的概率越小, 所引起的P300电位越显著。②稳态视觉诱发电位(steady-state visual evoked potential, SSVEP)。当一个外界的视觉刺激刺激到人眼时, 在脑部的视皮层就会产生相应的变化, 产生相应的电活动, 这种信号就是视觉诱发电位。当一个恒定频率(通常大于5Hz)对人眼进行不断刺激时, 这种刺激会调制大脑视皮层的脑电信号, 这种被外界频率所调制的脑电信号就是稳态视觉诱发电位。③感觉运动节律(sensorimotor rhythm, SMR)。SMR包括mu节律(8-13Hz)、beta节律(13-30Hz)等。当人在执行或想象执行某些动作时, 从大脑皮层的感

运动区域采集到的脑电信号中可以观测到上述频段较为强烈的节律性活动。④慢皮层电位（Slow Cortical Potentials, SCP）。SCP是一种正或者负的极化脑信号，一般能够持续300毫秒到几秒。它是一种自发脑电信号特征，能反映大脑皮层的兴奋性。

脑机接口是当前的一个热点研究领域，涉及脑科学、医学、数学、计算机科学、信号处理、自动控制、传感器等，具有高度的学科交叉性。作为一门新兴的交叉学科技术，脑机接口技术的许多应用都处于探索阶段。脑机接口最初的研究动机是为运动性障碍的残疾人提供辅助康复技术^[3]。如肌萎缩侧索硬化症（Amyotrophic Lateral Sclerosis, ALS）和脊髓损伤患者，通常会退化到所谓的闭锁（“Locked-in”）状态而丧失与外界通信联系，脑机接口就成为他们的与外界交流的可能途径。根据《第二次全国残疾人抽样调查》，我国残疾人人数占全国总人口的比例为6.34%，其中肢体残疾人数已超过2400万。随着城市人口的增长和城市交通问题的日益突出，这一数字还在不断上升。又如中风、老年痴呆、帕金森病等疾病，随着我国老龄化社会的来临，发病率和发病人数也在上升。这些疾病带来了巨大的社会问题 and 经济负担。而脑机接口可以提高病人的独立生活能力，康复其神经系统部分功能，减轻病人的痛苦，同时也减轻社会和家庭的负担。此外，随着计算机技术和生物传感技术的最新进展，脑机接口的应用前景已大为改善，使其不仅可以用于助残领域，也可潜在用于其它包括游戏娱乐、军事等领域^[4]。

本文将重点讨论脑机接口的应用研究进展。首先将综述脑机接口在神经功能辅助方面的发展与应用，包括文字输入与通讯、环境设备控制和轮椅控制。接下来将分别概述脑机接口在神经康复和意识检测方面的应用。最后介绍脑机接口在娱乐休闲、人工智能等其他方面的应用，并总结其面临的问题与挑战。

2 神经功能辅助技术

人们已经对脑机接口进行了近三十年的研究，最初的研究动机是为有严重运动障碍的患者提供辅助技术。而恢复沟通能力、对环境的控制以及可移动性都是这类患者非常关切的问题。这三个方面已经成为脑机接口研究与应用的焦点。

2.1 文字输入与通讯

有严重运动障碍的患者最重要的需求之一就是恢复沟通交流的能力。Perelmouter和Birbaumer的研究^[5]表明，即使患有完全性闭锁综合症的病人，如果能与家人、朋友和看护人员进行沟通交流，也可获得良好的生活质量。

1988年，脑机接口第一次被成功应用于交流沟通。美国Illinois大学的Farwell和Donchin首次利用P300设计了一种字符输入系统^[6]，提供视觉刺激的6×6字符矩阵，包括字母、数字和空格，如图1a所示。该矩阵按照行列方式随机闪烁，即同时加亮某一行或者某一列的字符，因此称为行列（row-column, RC）刺激范式。在进行P300检测时，激发了P300的行和列交叉点处的字符即为目标字符。后来，很多基于交流的BCI系统都是采用这种范式，并成功应用到严重运动障碍的患者上。其中一个著名的应用是美国Wadsworth研究中心为一名几乎完全丧失了运动能力的ALS瘫痪病人设计了一个基于P300的BCI字符输入系统，使他可以通过脑电来写电子邮件和外界交流^[7]，如图2所示。

在P300字符输入系统的基础上，其他研究者进行了很多的改进和优化工作，包括矩阵大小^[9]，刺激间隔^[10]、刺激强度^[11]以及刺激范式^[8,12]等。其中，Guan等人在2004年首次提出单个字符（single character, SC）刺激范式^[8]。与RC刺激范式不同，SC刺激范式每次只随机闪烁单个字符，如图1b所示。因此当刺激范式上有36个字符，那么目标字符的闪烁概率为1/36，从而使得单次P300的波形幅

值更大。在Holz等人的研究中^[13]，采用SC刺激范式，通过把传统的P300矩阵中的字符改造为绘图命令，ALS患者在闭锁的情况下可以使用基于P300电位的BCI选择各种形状和颜色，以及放大、缩

小、模糊等命令来创作自己的画作，如图3a所示。最近在德国罗斯托克市推出的展览中，一位ALS患者现场使用大脑绘画，如图3b所示。总之，这些有趣的脑机接口应用给严重运动障碍的患者提供

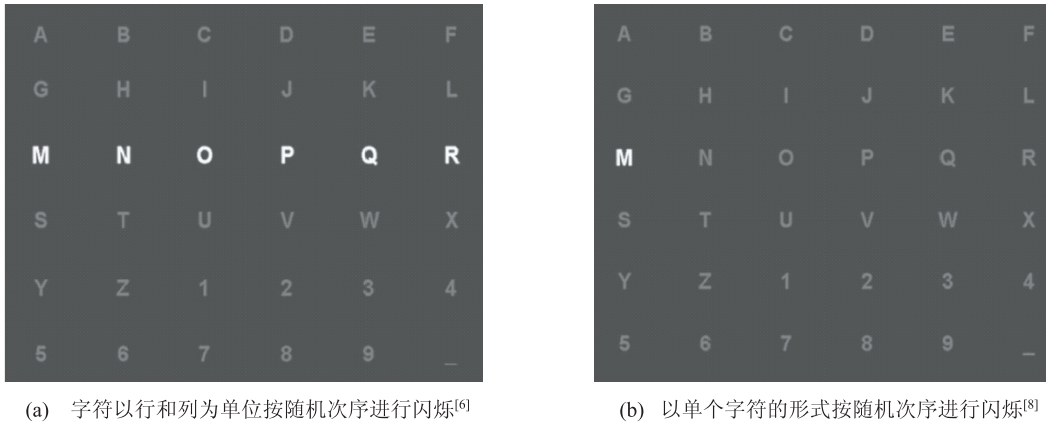


图1 基于P300的字符拼写系统的两种范式

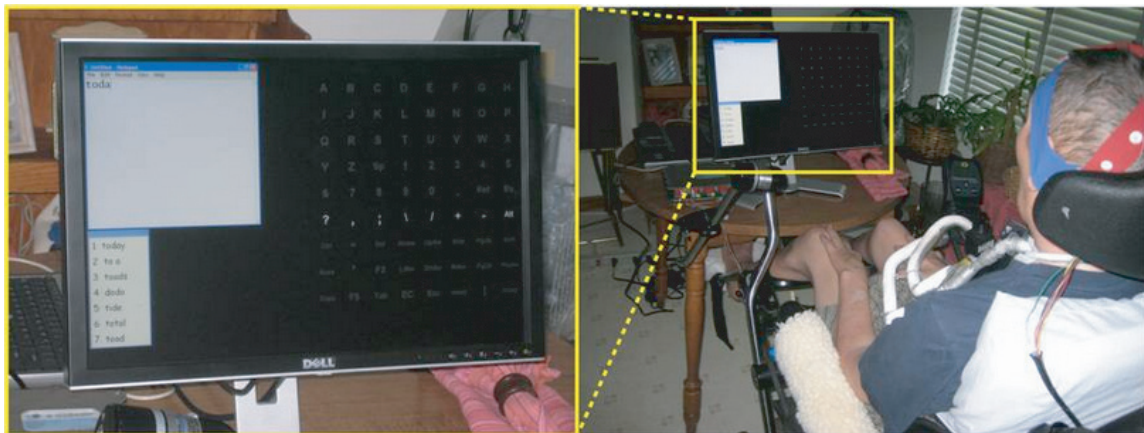
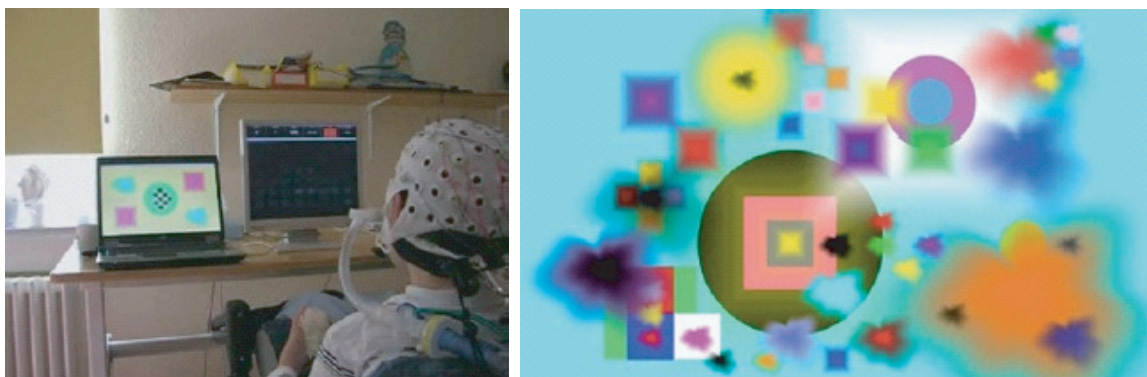


图2 Wadworth BCI-基于P300的BCI字符输入系统，严重运动障碍患者在家里使用脑控字符拼写系统的例子（ALS患者）^[7]



(a) Brain Painting能提供颜色，大小，缩放，模糊等命令^[13]

(b) 由艺术家和ALS病人共同绘画的作品“飞蛾复仇”^[14]

图3 大脑绘画

了丰富多彩的沟通方式^[14]。

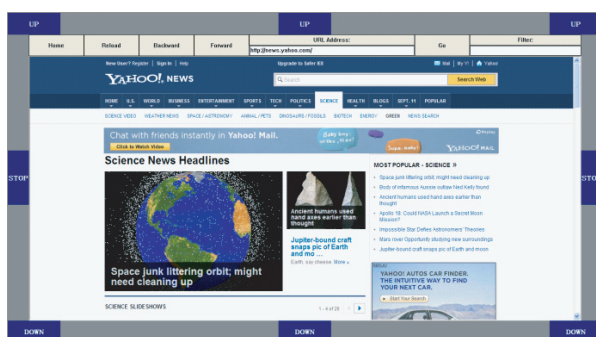
上述的系统都是一种基于视觉刺激的BCI范式，对于视觉功能有损伤或视力很差的病人并不适用。许多研究在此基础上，采用听觉或触觉刺激范式实现了类似的BCI系统^[15,16]。在Furdea等人提出的听觉范式中，P300字符输入系统中矩阵的行和列对应为不同的音调，刺激序列和视觉P300范式相同，受试者需要关注的是不同的音调^[17]。实验证明非视觉刺激一样可以诱发出P300，因此可以实现BCI通讯。

然而，除了P300以外，其它大脑信号（如SCP、SMR等）也被用于BCI系统中。华南理工大学BCI课题组采用P300电位和运动想象mu节律，开发了脑控的因特网浏览器（图4a）^[18]和邮件客户端（图4b）^[19]。多位健康受试者参与了在线实验，所有人都能够使用该系统打开想要的网页和发送邮件。德国Tubingen大学N. Birbaumer课题组首次实现的采用慢皮层电位SCP信号来控制计算

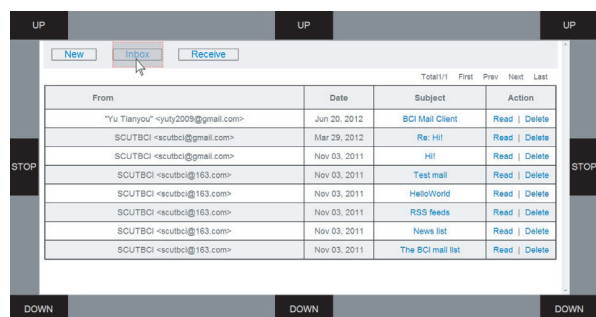
机光标系统，这项工作推动了脑机接口成为热点研究领域。他们为ALS 瘫痪病人设计了一个名为思想翻译器（Thought Translation Device, TTD）的装置^[20]，使病人通过反馈训练，自主学习控制SCP 幅度，使SCP 产生正向或负向偏移。这个基于SCP的脑机接口系统在大量晚期ALS患者中进行了测试，证明这些患者能完成如字符拼写、浏览网页、发送邮件等基本的通讯功能^[3,21]。

2.2 环境设备控制

有严重身体障碍的患者面临的另一个重要挑战是控制周围环境中的设备，例如电视机、电灯等^[22]。清华大学BCI课题组开发了多个基于SSVEP的脑机接口系统，以实现电话拨号（图6）^[23]、遥控开关^[24]等控制功能。Adams等人在2003年启动了“Aware Chair（感知椅）”项目，研究重点落在集成环境控制，如使用安装在轮椅上的通信装置对收音机、电灯和电视等进行控制^[25]。2012年，布朗大学BCI研究组利用侵入式脑机接口技术帮助一位58岁，中风15年的瘫痪病人用意念控制机械臂来喝咖啡^[26]，如图5所示。



(a) 因特网浏览器



(b) 邮件客户端

图4 华南理工大学的脑控



图5 一位58岁的中风患者，已瘫痪15年，经过训练用自己的思想来控制机械手臂，抓住一瓶咖啡，给自己倒水，并放回桌子上^[26]

为了进一步提高BCI控制环境设备的性能，混合（hybrid）或多模态（multi-modal）脑机接口的概念被提出^[27]。它指的是一个单模态脑机接口

(如P300字符输入系统、SSVEP脑开关等)和另一个系统(也可能是一个BCI系统)组成的系统。混合(多模态)脑机接口可以利用多个模态的信号提供多维的控制命令,并进一步提高系统的可靠性和稳定性,从而实现BCI在复杂环境中的人机交互^[28,29]。混合(多模态)脑机接口的研究已开始在国际相关研究领域得到了越来越多的关注,也出现了一些研究成果^[30,31]。例如,通过结合P300与运动想象mu节律,华南理工大学BCI小组提出了一个基于混合BCI的二维光标控制系统^[18,32],并在健康受试者上测试成功。Graz小组建立了基于ERD和SSVEP的混合脑机接口系统,实验结果表明混合脑机接口系统能提高系统性能,并有效解决“BCI盲”问题^[33]。他们还提出了把一个基于SSVEP的脑机接口系统作为另一个基于ERD的脑机接口系统的脑开关,并在6位健康受试者上取得较好的性能^[34]。另外,Muller等人还把多模态脑机接口研究到运动障碍患者中,一名脊髓损伤患者使用肩部的操纵杆和基于SMR的脑机接口系统来控制神经假体(图6)^[35]。



图6 一名脊髓损伤患者使用肩部的操纵杆和MI-BCI来控制神经假体^[35]

2.3 轮椅控制

轮椅是重要的助残设备。一般来说,有着运动障碍患者需要依赖电动轮椅,然而部分重度残疾患者不能控制传统接口(控制杆)的轮椅。利

用脑机接口技术,研究脑控轮椅将有助于提高严重运动障碍的残疾人的生活质量和生活自理能力。目前,脑控轮椅根据其控制方式可分为两大类:一类是通过脑信号直接控制轮椅;另一类是通过脑机接口和自动驾驶系统协同控制轮椅。

最早对脑控轮椅的研究在2005年,Tanaka提出了基于运动想象的脑控轮椅,通过3种不同的脑信号模式分别直接控制轮椅的前进、左转和右转^[36]。研究类似这种直接通过脑信号控制轮椅的还有millan课题组^[37]、A. Cichocki课题组^[38]等,他们都是用运动想象控制轮椅的方向^[39]。阿根廷圣胡安国立大学的Pablo F. Diez等开发了基于SSVEP的脑控轮椅,通过检测对应于4种不同闪烁窗口对应的频率分别控制轮椅的前进、左转、右转和停止^[40]。华南理工大学BCI小组开发了一个多模态脑控轮椅,实现了轮椅的左转、右转、启动、停止、加速、减速等多种控制功能^[41,42]。在该多模态脑机接口中,他们结合运动想象中的mu/beta节律和P300电位以实现方向和速度的控制^[41],结合SSVEP和P300电位实现停止和启动功能^[42]。

近年来,部分学者开始研究通过脑机接口和自动驾驶系统协同控制轮椅。这类脑控轮椅加入了自动驾驶系统,驾驶这类轮椅的安全性得到了保障,同时,用户不需要长时间直接通过脑机接口控制轮椅,这样会一定程度地减轻了用户的精神负担。Guan等开发的脑控轮椅,通过P300选择目的地,一旦选择了目的地,轮椅就自动导航到选择的目的地^[43]。在研究^[44]中,Iturrate等人把基于P300的脑机接口和自主导航系统结合在一起(图10),路径和目的地都是根据当前的环境自动产生的,通过脑机接口驱动轮椅到所需的位置,同时避免在用激光扫描仪检测环境中障碍物的碰撞。这一想法为用户提供了灵活性,使得受试者可在未知的和不断变化的情况下更安全地控制轮椅。

3 神经康复

神经康复是脑机接口最有前景的应用之一。随着神经科学的发展,科学家发现人在整个生命过程中中枢神经系统的功能在合理的生理电位作用下可以重塑。因此,可以让脑直接参与康复训练,利用BCI系统进行神经再恢复,通过神经反馈加强对损伤脑的干预,进一步改善康复效果。目前,多个研究小组正在探索基于脑机接口的神经可塑性(plasticity)来实现脑部“重新连线”的可能性。

3.1 运动功能修复

恢复瘫痪患者运动能力这一领域的早期研究工作在Pfurtscheller等人所著的文章中有相关描述^[45]。因脊髓损伤造成瘫痪的受试者学会了通过调节感觉运动的节奏来控制手臂和手部肌肉的功能性电刺激来完成简单任务,如握住一个玻璃杯。Daly和Wolpaw叙述了通过脑机接口恢复瘫痪患者的运动能力的两种策略:训练患者产生更多的“正常”运动脑部信号,并训练患者控制完成移动的设备^[46]。Birbaumer和Cohen提出了一种基于脑磁图描记术(magnetoencephalography, MEG)的脑机接口系统^[2]。受试者通过想象手部的运动来调制SMR的幅度,从而实现其手部张开或闭合的响应。五位瘫痪的中风患者中的四人能够根据自己的意愿,使用基于MEG的脑机接口张开和闭合手部。Moore Jackson等人重点研究了脑机接口在康复机器人方面的应用,即KINARM系列产品(加拿大BKIN技术有限公司)^[47]。在该系统中,受试者可通过想象伸手拿取目标的方式来移动机器人。针对上肢偏瘫的中风病人,新加坡Infocomm研究中心使用运动想象脑机接口与机器人的反馈进行神经功能康复治疗(图7)^[48,49]。在国内,清华大学的BCI小组开发了一个结合运动想象脑机接口和功能性电刺激(Functional Electrical Stimulation, FES)的上肢康复训练系统^[50]。



图7 使用运动想象脑机接口与机器人的反馈进行神经功能康复治疗(中风患者)^[48]

3.2 神经精神疾病的治疗

用于治疗神经精神疾病的脑机接口适用于那些因为耐药或不适合手术等原因成为难治性神经精神疾病患者。在治疗癫痫方面,基于双向脑机接口技术,探测癫痫的发作起始,给予一个反应性电刺激,将发作初始阶段的同步化放电有效地去除,从而达到抑制癫痫发作和消除神经功能异常的作用^[51]。目前美国的多个研究所已开展临床实验来验证其用于癫痫治疗的安全性和有效性^[52]。

脑机接口技术还应用在注意力缺失症的治疗上。针对小儿多动症患者,Pires等人开发了一套的基于SSVEP脑机接口的3D游戏训练系统^[53]。在游戏中,如图8所示,孩子要求集中注视屏幕上的卡通运动,如果他们不注视卡通,卡通将变得模糊。此外,脑机接口还可用于抑郁症^[54]、帕金森^[55]等疾病的治疗。



图8 注意力缺失症的治疗:3D游戏训练(小儿多动症患者)^[53]

4 意识状态检测

意识是一个内涵丰富的概念，可从两个水平体现：觉醒（arousal）和觉知（awareness）。根据觉醒和觉知水平的不同，意识障碍患者可分为多个临床状态，如昏迷、植物状态、以及最小意识状态、脱离最小意识状态等^[56]。一般来说，不同意识障碍程度的患者需要不同的治疗方案，因此，准确判定患者的意识障碍水平显得异常重要。目前，临床上评定患者的意识障碍程度主要依靠量表（例如，Glasgow格拉斯哥昏迷量表、JFK昏迷恢复量表^[57]等）以及临床经验，通过检查眼睛、言语和运动等方面刺激所引起的反应来进行综合评价。由于意识障碍患者用以交流的运动表达系统可能存在不同程度的损伤，同时其觉醒水平具有局限性且经常不稳定，因此行为判断本身在操作上的准确性也不易保证。文献[58]证实对意识障碍患者进行常规行为诊断的误诊率高达37%-43%。因此，采用更加客观和科学的方法来检测患者的意识状态是十分必要的。

德国Tubingen大学的“思想翻译器”已被用作一种诊断人处于植物状态或昏迷状态的工具^[59]。它可以通过测量刺激的相关电位评定使用者的认知功能。如果对相关电位刺激有反应，则存在认知功能。恢复意识和从昏迷中苏醒的可能性可以通

过病人相关电位的反应进行评定，这可以为闭锁状态的病人家属和医生提供关键信息。

最近，华南理工大学BCI小组把基于P300和SSVEP的多模态脑机接口应用到严重意识障碍患者的诊断中^[60]，提出了一种基于多模态视觉刺激的意识状态检测范式（图9）。多模态脑机接口通过检测患者的P300和SSVEP来确定他们是否能识别系统指定的目标（自己的相片或别人的相片）。8位意识障碍患者参加了意识状态检测的实验。其中，3位患者能使用我们的多模态脑机接口来实现听从命令（准确率70%-78%），并同时产生了P300和SSVEP反应。这表明这3位患者通过本课题组提出的脑机接口系统能检测到存留的认知功能和意识。这方面的工作，国外才刚刚起步，国内还没有其他单位开始这方面的研究。我们认为，意识障碍患者的辅助诊断、功能辅助与康复可能是脑机交互技术最先走向应用的领域。

5 结语

在过去10年内，脑机接口的研究与应用已有很大进展，已不再是科幻小说的范畴。除了前面论述的应用领域，脑机接口可用于其它方面，如娱乐休闲、虚拟现实、注意力监督等。在娱乐休闲方面，Berlin脑机接口研究小组在2008年利用运



(a) 多模态脑机接口界面

(b) 严重意识障碍患者使用多模态脑机接口

图9 严重意识障碍患者的诊断^[59]

动相关脑电信号来控制pinball machine设备来玩弹球游戏^[61]。一个叫做“Plymouth”项目提出了一种用于音乐创作的脑机接口系统，能根据脑电信号的不同频率来产生不同方式的钢琴音乐^[62]。在虚拟现实方面，Pfurtscheller等人结合脑机接口技术开发了一个身临其境的虚拟环境^[63]，用户通过想象脚的运动在虚拟世界中“行走”，通过想象手的运动以“触摸”在虚拟世界中的物体。在注意力监督方面，Nijholt报道BCI监督Alpha脑波作为一种警觉测量，要比行为测量有效，并建议用BCI监督评定困倦程度^[64]。德国的研究人员通过采集司机的大脑信号，通过BCI辅助车辆的制动，提供更快的反应时间，这是人为错误造成的车祸问题的一个潜在解决方案^[65]。此外，部分BCI系统如今已经进化超越了实验室的实验系统，被作为商业产品，如NeuroSky公司的“mindset”，Emotiv公司的“EPOC”等。

目前，脑机接口技术正受到前所未有的重视，尽管每年发表的研究论文快速增长，演示系统不断涌现，应用探索也已起步，但仍存在很多深层次和高难度的问题，其解决与否将直接影响脑机接口的研究和应用进程。这些问题包括：①脑机接口要让用户接受，需要在保证信号质量的前提下，控制设备的成本和改善系统的便携性。目前，针对这个问题，电子科技大学等课题组在脑电放大器方面作了很多研究，开发了相应的系统^[66]。中国科学院半导体研究所研发了一种采用干电极的头带式射频无线脑机接口系统^[67]。②病人由于脑损伤，与正常人脑信号存在巨大差异，需要在范式设计，算法等方面提升系统性能。③面向病人的运动、神经、认知、精神方面辅助与康复，需要结合病人的病因与病程，与相关医疗专家和心理学专家结合，进行个性化设计。我们相信随着各学科的不断发展与融合，将大大促进脑机接口的研究及应用，使该技术最终造福于人类。

参 考 文 献

- [1] Wolpaw, J.R., et al., Brain-computer interfaces for communication and control. *Clinical neurophysiology*, 2002. 113(6): p. 767-791.
- [2] Birbaumer, N. and L.G. Cohen, Brain-computer interfaces: communication and restoration of movement in paralysis. *The Journal of physiology*, 2007. 579(3): p. 621-636.
- [3] Birbaumer, N., et al., A spelling device for the paralysed. *Nature*, 1999. 398(6725): p. 297-298.
- [4] Pfurtscheller, G., et al., Current trends in Graz brain-computer interface (BCI) research. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 2000. 8(2): p. 216-219.
- [5] Perelmuter, J. and N. Birbaumer, A binary spelling interface with random errors. *Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, 2000. 8(2): p. 227-232.
- [6] Farwell, L.A. and E. Donchin, Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1988. 70(6): p. 510-523.
- [7] Vaughan, T.M., et al., The Wadsworth BCI research and development program: at home with BCI. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, 2006. 14(2): p. 229-233.
- [8] Guan, C., M. Thulasidas, and J. Wu, High performance P300 speller for brain-computer interface. in *Biomedical Circuits and Systems, 2004 IEEE International Workshop on*. 2004. IEEE.
- [9] Allison, B.Z. and J.A. Pineda, ERPs evoked by different matrix sizes: implications for a brain computer interface (BCI) system. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, 2003. 11(2): p. 110-113.
- [10] Sellers, E.W., et al., A P300 event-related potential brain-computer interface (BCI): the effects of matrix size and inter stimulus interval on performance. *Biological psychology*, 2006. 73(3): p. 242-252.
- [11] Takano, K., et al., Visual stimuli for the P300 brain-computer interface: a comparison of white/gray and green/blue flicker matrices. *Clinical neurophysiology*, 2009. 120(8): p. 1562-1566.
- [12] Shi, J.-h., et al., A submatrix-based P300 brain-computer interface stimulus presentation paradigm. *Journal of Zhejiang University SCIENCE C*, 2012. 13(6): p. 452-459.
- [13] Holz, E.M., et al., User centred design in BCI development, in *Towards Practical Brain-Computer Interfaces*. 2013, Springer. p. 155-172.
- [14] Zickler, C., et al., Brain painting: Usability testing according to the user-centered design in end users with severe motor paralysis. *Artificial*

- intelligence in medicine, 2013. 59(2): p. 99-110.
- [15] Schreuder, M., B. Blankertz, and M. Tangermann, A new auditory multi-class brain-computer interface paradigm: spatial hearing as an informative cue. *PLoS one*, 2010. 5(4): p. e9813.
- [16] Müller-Putz, G., et al., Steady-state somatosensory evoked potentials: suitable brain signals for brain-computer interfaces? *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, 2006. 14(1): p. 30-37.
- [17] Furdea, A., et al., An auditory oddball (P300) spelling system for brain - computer interfaces. *Psychophysiology*, 2009. 46(3): p. 617-625.
- [18] Long, J., et al., Target selection with hybrid feature for BCI-based 2-D cursor control. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 2012. 59(1): p. 132-140.
- [19] Yu, T., et al. A brain-computer interface controlled mail client. in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE*. 2013. IEEE.
- [20] Kübler, A., et al., Brain-computer communication: Unlocking the locked in. *Psychological bulletin*, 2001. 127(3): p. 358.
- [21] Bensch, M., et al., Nessi: an EEG-controlled web browser for severely paralyzed patients. *Computational intelligence and neuroscience*, 2007. 2007.
- [22] Ren, Y., et al., The control on the artificial limb based on brain-computer interface. *Chinese Journal of Rehabilitation Medicine*, 2004. 5: p. 002.
- [23] Cheng, M., et al., Design and implementation of a brain-computer interface with high transfer rates. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 2002. 49(10): p. 1181-1186.
- [24] Gao, X., et al., A BCI-based environmental controller for the motion-disabled. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, 2003. 11(2): p. 137-140.
- [25] Adams, L., L. Hunt, and M. Moore, The aware system: Prototyping an augmentative communication interface. *Proceedings of the Rehabilitation Engineering Society of North America (RESNA)*, 2003.
- [26] Hochberg, L.R., et al., Reach and grasp by people with tetraplegia using a neurally controlled robotic arm. *Nature*, 2012. 485(7398): p. 372-375.
- [27] Müller-Putz, G.R., et al., Tools for brain-computer interaction: a general concept for a hybrid BCI. *Frontiers in neuroinformatics*, 2011. 5.
- [28] 龙锦益, 脑信号分析的算法研究与多模态脑机接口, 2012, 华南理工大学.
- [29] 余天佑, 多模态与多自由度脑机接口研究, 2013, 华南理工大学.
- [30] Yin, E., et al., A novel hybrid BCI speller based on the incorporation of SSVEP into the P300 paradigm. *Journal of neural engineering*, 2013. 10(2): p. 026012.
- [31] Xu, M., et al., A hybrid BCI speller paradigm combining P300 potential and the SSVEP blocking feature. *Journal of neural engineering*, 2013. 10(2): p. 026001.
- [32] Li, Y., et al., An EEG-based BCI system for 2-D cursor control by combining Mu/Beta rhythm and P300 potential. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 2010. 57(10): p. 2495-2505.
- [33] Allison, B.Z., et al., Toward a hybrid brain-computer interface based on imagined movement and visual attention. *Journal of neural engineering*, 2010. 7(2): p. 026007.
- [34] Pfurtscheller, G., et al., Beta rebound after different types of motor imagery in man. *Neuroscience letters*, 2005. 378(3): p. 156-159.
- [35] Müller-Putz, G.R., et al., EEG-based neuroprosthesis control: a step towards clinical practice. *Neuroscience letters*, 2005. 382(1): p. 169-174.
- [36] Tanaka, K., K. Matsunaga, and H.O. Wang, Electroencephalogram-based control of an electric wheelchair. *Robotics, IEEE Transactions on*, 2005. 21(4): p. 762-766.
- [37] Millan, J.R., et al., Noninvasive brain-actuated control of a mobile robot by human EEG. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 2004. 51(6): p. 1026-1033.
- [38] Choi, K. and A. Cichocki, Control of a wheelchair by motor imagery in real time, in *Intelligent Data Engineering and Automated Learning-IDEAL 2008*. 2008, Springer. p. 330-337.
- [39] Li, J., et al., Design of assistive wheelchair system directly steered by human thoughts. *International journal of neural systems*, 2013. 23(03).
- [40] Diez, P.F., et al., Commanding a robotic wheelchair with a high-frequency steady-state visual evoked potential based brain-computer interface. *Medical engineering & physics*, 2013. 35(8): p. 1155-1164.
- [41] Long, J., et al., A hybrid brain computer interface to control the direction and speed of a simulated or real wheelchair. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, 2012. 20(5): p. 720-729.
- [42] Li, Y., et al., A hybrid BCI system combining P300 and SSVEP and its application to wheelchair control. 2013.
- [43] Rebsamen, B., et al., A brain controlled wheelchair to navigate in familiar environments. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, 2010. 18(6): p. 590-598.
- [44] Iturrate, I., et al., A noninvasive brain-actuated wheelchair based on a P300 neurophysiological protocol and automated navigation. *Robotics, IEEE Transactions on*, 2009. 25(3): p. 614-627.
- [45] Popovic, M., et al., Functional electrical stimulation for grasping and walking: indications and limitations. *Spinal Cord*, 2001. 39(8): p. 403-412.
- [46] Daly, J.J. and J.R. Wolpaw, Brain-computer interfaces in neurological rehabilitation. *The Lancet Neurology*, 2008. 7(11): p. 1032-1043.
- [47] Jackson, M.M. and R. Mappus, Applications for brain-computer interfaces, in *Brain-Computer Interfaces*. 2010, Springer. p. 89-103.

- [48] Ang, K.K., et al. A clinical study of motor imagery-based brain-computer interface for upper limb robotic rehabilitation. in Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE. 2009. IEEE.
- [49] Ang, K.K., et al. Clinical study of neurorehabilitation in stroke using EEG-based motor imagery brain-computer interface with robotic feedback. in Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE. 2010. IEEE.
- [50] Meng, F., et al. BCI-FES training system design and implementation for rehabilitation of stroke patients. in Neural Networks, 2008. IJCNN 2008. (IEEE World Congress on Computational Intelligence). IEEE International Joint Conference on. 2008. IEEE.
- [51] Sun, F.T., M.J. Morrell, and R.E. Wharen Jr, Responsive cortical stimulation for the treatment of epilepsy. *Neurotherapeutics*, 2008. 5(1): p. 68-74.
- [52] Anderson, W.S., et al., Implantation of a responsive neurostimulator device in patients with refractory epilepsy. 2008.
- [53] Pires, G., et al. Playing Tetris with non-invasive BCI. in Serious Games and Applications for Health (SeGAH), 2011 IEEE 1st International Conference on. 2011. IEEE.
- [54] Lozano, A.M., et al., Subcallosal cingulate gyrus deep brain stimulation for treatment-resistant depression. *Biological psychiatry*, 2008. 64(6): p. 461-467.
- [55] Odekerken, V.J., et al., Subthalamic nucleus versus globus pallidus bilateral deep brain stimulation for advanced Parkinson's disease (NSTAPS study): a randomised controlled trial. *The Lancet Neurology*, 2013. 12(1): p. 37-44.
- [56] Chatelle, C., et al., Brain-computer interfacing in disorders of consciousness. *Brain injury*, 2012. 26(12): p. 1510-1522.
- [57] Giacino, J.T., K. Kalmar, and J. Whyte, The JFK Coma Recovery Scale-Revised: measurement characteristics and diagnostic utility. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 2004. 85(12): p. 2020-2029.
- [58] Schnakers, C., et al., Diagnostic accuracy of the vegetative and minimally conscious state: clinical consensus versus standardized neurobehavioral assessment. *BMC neurology*, 2009. 9(1): p. 35.
- [59] Birbaumer, N., et al., The thought-translation device (TTD): neurobehavioral mechanisms and clinical outcome. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, IEEE Transactions on, 2003. 11(2): p. 120-123.
- [60] Pan, J., et al., Detecting awareness in patients with disorders of consciousness using a hybrid brain-computer interface. *Journal of neural engineering*, 2014. 11(5): p. 056007.
- [61] Tangermann, M., et al. Playing Pinball with non-invasive BCI. in NIPS. 2008.
- [62] Miranda, E.R., Plymouth brain-computer music interfacing project: from EEG audio mixers to composition informed by cognitive neuroscience. *International Journal of Arts and Technology*, 2010. 3(2): p. 154-176.
- [63] Pfurtscheller, G., et al., Walking from thought. *Brain research*, 2006. 1071(1): p. 145-152.
- [64] Nijholt, A. and D. Tan, Brain-computer interfacing for intelligent systems. *Intelligent Systems*, IEEE, 2008. 23(3): p. 72-79.
- [65] Van Erp, J.B., F. Lotte, and M. Tangermann, Brain-computer interfaces: beyond medical applications. *Computer-IEEE Computer Society-*, 2012. 45(4): p. 26-34.
- [66] Qin, Y., P. Xu, and D. Yao, A comparative study of different references for EEG default mode network: the use of the infinity reference. *Clinical neurophysiology*, 2010. 121(12): p. 1981-1991.
- [67] 郭凯, et al., 基于干电极的头带式射频无线脑-机接口系统. *高技术通讯*, 2012. 22(2): p. 211-216.

作者简介

李远清 华南理工大学自动化科学与工程学院教授、博士生导师、院长。国家杰出青年基金获得者，教育部长江学者特聘教授。在盲源分离、稀疏编码、脑电与fMRI信号分析、脑机接口等方面进行了多年研究，发表论文100余篇，其中在IEEE Signal Processing Magazine, IEEE Trans. Information Theory, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Trans. Signal Processing, IEEE Trans. Biomedical Engineering等IEEE汇刊上发表论文20篇，在Cerebral Cortex (IF: 8.3)、Neuroimage (IF: 6.2)、Scientific Reports (IF: 5.1)、Machine Learning、Pattern Recognition、J. of Neural Engineering (IF: 3.5)、NIPS等国际权威期刊及权威会议上发表论文13篇。获广东省自然科学一等奖、教育部自然科学一等奖，国家自然科学二等奖等多项奖励。是IEEE Trans. on Fuzzy Systems, IEEE Trans. on Human Machine Systems等期刊的编委。担任中国自动化学会常务理事、中国生物医学工程学会神经工程分会副主任委员、中国人工智能学会脑机融合与生物机器智能专委会副主任委员。

脑机交互技术及脑运动功能康复

张丽清

上海交通大学, 上海 200240

摘要: 本论文介绍脑机交互技术的基本原理、关键技术和典型应用。对国内脑机交互研究进展做了简要总数, 最后介绍了基于脑机交互的脑运动功能康复系统, 并给出了脑卒中病人的临床康复训练数据实验结果分析。

关键词: 脑机交互, 神经反馈, 脑功能康复, 交互范式

1 引言

随着老年人口的增长, 震颤(性)麻痹、痴呆、癫痫、脊髓损伤等疾病不断增加, 需要建立一个大脑与外界世界直接交互的新途径, 以便改善这方面病人的生活质量。脑机交互(Brain-computer interface, BCI)是通过读取特定脑思维模式, 建立大脑与计算机或其他电子设备的通讯和控制技术, 而不使用传统外周神经系统。脑机交互技术为脑认知功能提升与脑功能康复训练提供了新的技术支撑。

脑机交互旨在揭示特定脑思维诱发脑信号变化规律, 建立特定脑思维信号模式与行为之间的映像对应关系。应该指出, 脑机交互读取的脑思维信号模式并非直接识别受试者的思维内容, 而是通过识别特定思维脑信号模式, 转换翻译成对应外部设备的控制指令, 例如肢体运动想象诱发的脑信号模式, 控制车辆导航。

作为典型的多学科汇聚研究领域, 脑机交互是当前国际上增长非常迅速的研究领域, 诱发了多个交叉学科领域的科学研究问题并提出了对信息技术领域提出新的技术需求。脑机交互依赖于

传感器技术、复杂数据分析与建模、模式识别技术、硬件实现以及神经反馈等方面。

2007年美国国防部和自然科学基金会委托世界技术评估中心(WTEC)在全球进行了脑计算机交互研究与开发的调研。该报告指出在全球范围内脑机交互研究相当深入, 研究队伍和投入不断扩展。脑机交互研究正快速达到第一代医疗实用水平, 可用于神经通路受损患者的大脑功能重建或脑运动功能康复。同时脑机交互正在加速向非医疗领域快速发展, 特别是游戏、汽车和机器人等工业。脑机交互研究和系统设计需要多相关领域前沿交叉、综合集成。这些领域包括信号处理, 神经组织工程, 多尺度建模, 系统集成和机器人。

该WTEC研究报告收集全球的BCI研究现状和趋势, 提供给政府决策者和研究界。报告得出结论: 作为新一代智能感知技术, 未来的脑机交互具有极其广泛的应用前景, 并建议美国大量增加对其研究与开发的投入, 以保持美国在该领域的领先地位。

脑机交互研究也引起中国科技界的高度重视, 科技部和国家自然科学基金会委支持了多个

与脑机交互相关的研究计划与项目。例如，2008年国家自然科学基金会启动了《视听觉信息的认知计算》重大研究计划，将多模态信息的协同计算与脑机交互列入重点资助研究方向，旨在研究与视听觉认知相关的脑信号提取、脑区定位与脑功能网络分析方法和技术，脑机交互中的信号传输、处理与控制技术，与视听觉认知相关的脑机交互典型应用。在改善残疾人生活质量和功能康复等方面得到验证和应用，为拓展和提升人类行为控制能力提供新技术。这些研究计划极大地推动我国脑与认知科学领域的研究，为脑机交互的研究提供了强有力的支持。

2 脑机交互基本框架

脑机交互的核心是如何读出脑思维信号的模式，涉及到两个根本的问题：利用何种脑信号采集技术，鲁棒地读取脑思维信号模式？哪些脑思维信号模式能被现有智能信息处理技术鲁棒地识别出来？

脑机交互系统设计涉及到三个层次问题：在脑与认知层次上，需要理解脑机交互机理理性问

题；在信号处理层次上，需要提出高可靠性的模式识别技术；在应用层次上，需要提供可靠易用的训练系统和测试环境。具体地涉及以下一些问题：脑机交互神经交互机理、信号处理与模式识别方法、脑机交互范式设计与应用问题方案、脑机交互系统训练与适应训练等。

脑机交互系统通常由五个部分组成：信号采集系统、信号处理系统、模式识别系统、控制外部设备系统和神经反馈系统。

3 脑机交互的信号通道与交互机理

科学技术进步使得我们获得脑内神经活动信息的手段越来越丰富。人们可以记录从单个神经元、神经核团、神经皮层到脑外壳采集各种不同层次的脑神经信息。可以利用各种从电、磁、光信号等仪器途径采集脑信号。如脑电图（EEG）信号、脑磁图（MEG）信号、功能性核磁共振成像（fMRI）信号、正电子发射断层扫描（PET）信号和皮层脑电（ECOG）信号、近红外成像（NIRS）等。虽然fMRI和PET比EEG信号空间分辨率高，更能精确定位大脑皮层位置，区分不同

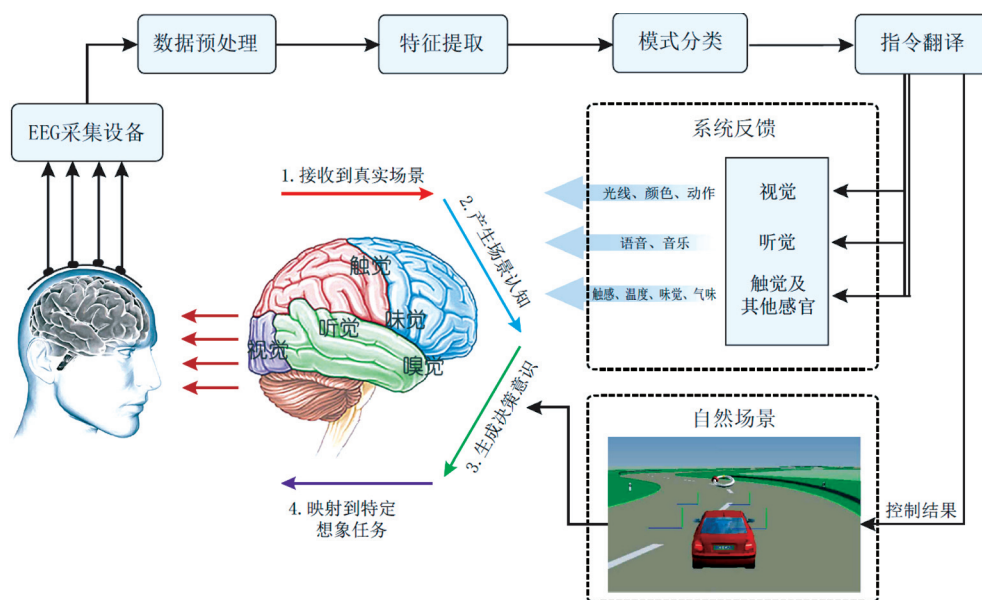


图1 脑机交互系统结构示意图

的脑区活动，但由于它们依赖血液流动等慢生理变化，因此时间分辨率远不如EEG信号。此外，用于采集MEG、fMRI和PET的设备非常复杂，价格高昂，维护困难，不如EEG采集设备普及方便，这些因素影响限制了它们的广泛使用。而ECOG尽管具有空间分辨率高、稳定性好、特异性强、信噪比高等优点，但是ECOG的采集是将电极直接置于颅内，从颅内皮层上提取电信号，这项技术对人有创伤，风险高难度大。植入式电极阵列可直接植入脑内提取脑神经活动信息，具有精度高、信号强等特点，但是只能采集局部的脑神经核团的活动信息，同时植入时间长了，采集的信号会衰弱。目前植入式信号采集方式主要用于动物实验，揭示有关脑神经信号处理机理。

基于EEG的脑机交互是当前研究最多的交互范式之一。由于EEG时间分辨率高，设备体积较小，便于携带。因此是脑机交互最常使用的信息通道，相对容易研发脑机交互应用系统。

3.1 脑机交互神经机理与交互范式

脑机交互神经机理是脑机交互理论基础，旨在发现哪些特定脑思维活动诱发的脑电模式能从脑中识别出来。本文介绍当前常用的脑机交互范式，包括瞬态/稳态视觉诱发电位、P300诱发电位、错误电位、慢皮层电位、偏侧化预备电位、事件相关去同步电位以及任务相关持续去同步等。

瞬态/稳态视觉诱发电位（VEP，SSVEP）^[1]：视觉诱发电位是从视觉皮层记录到的脑电信号，是对视觉刺激信号的响应。当视觉刺激的频率比较低，单个刺激一个接一个出现，后一个刺激出现时前一个刺激引起的枕叶皮质反应已消失，对应于每个刺激是一系列正波与负波组成的视觉诱发电位（VEP）波形，这种脑电波形称为瞬态VEP。

当视觉刺激的频率比较高（一般大于6Hz），刺激的间隔时间短于VEP时程，多次反应的波相干扰、叠加，形成节律性正弦样波的VEP，这样记录

到的VEP称为稳态VEP。另外伪随机码模式视觉刺激诱发的电位信号，与伪随机码的模式有很强的关联性。利用不同伪随机码模式的视觉刺激可以产生不同的交互命令。

SSVEP已被广泛应用在BCI系统中，常见的交互模式是在屏幕上显示多个以不同频率闪烁的目标，受试者可以通过注视不同的目标来实现与系统交互。

P300诱发电位^[2,3]：P300是事件相关电位的一种，在刺激给出后的第三个正波P3，由于当初发现的P3是在300ms左右出现的正波，故称为P300。经典的P300单个波可在新异实验模式下出现。对同一感觉通路的一系列刺激由两种刺激组成，一种刺激出现的概率很大，称作非靶刺激或非目标刺激；另一种刺激出现的概率很小，称作靶刺激或目标刺激。实验任务是要求受试者关注靶刺激信号，诱发电位可在靶刺激后约300ms观察到一个正波。P300依赖于外部刺激与受试者的关注，也同时反映了受试者的意图，因此P300在BCI的研究中得到了广泛的关注。由于P300是一种与行为和关注过程相关的慢波形变化，受试者可以通过加强关注于某特定事件来改变P300的幅值。

错误诱发电位^[4,5]：错误诱发电位（Error potential）是受试者对一事件进行了错误的反应时，并意识到自己反应错误后出现的一种特殊的诱发电位，主要有两个不同的反应组成，首先是慢负波形紧接着是正的波形。虽然负波形在正确与错误的事件情况下都会出现，区别仅在于幅值不同，但正波形仅出现在错误事件条件下，通常在事件发生后大约180ms，出现在顶叶区。因此这两个波形特点提供了有效的辨别特征。由于现有的BCI系统与其它所有的通信方法相同，都面临传输错误的问题，BCI的准确率也有待提高，并且有研究表明，受试者不仅在意识到自己错误情况下会出现错误电位，而且在发现BCI系统反馈错误时也同样会出现该电位，因此错误电位与BCI系统的

结合成为了可能, 错误电位可作为现有的BCI系统的一种辅助功能。

慢皮层电位^[6]: 慢皮层电位 (Slow Cortical Potential, SCP) 是小于2Hz的低频电位, 也可以把它当作直流电位, 可从大脑头皮采集并且与各种认知或者感觉运动事件相关。一个经典的例子是暂时的负变化, 而此负变化是发生在受试者参与某些认知事件时。脑皮层激活程度升高, 表皮呈现负值, 脑皮层激活程度降低, 则产生表皮的正值。实验显示可通过反馈信号来训练受试者学习如何自主控制SCP, 并且采用此方法来实现BCI通信。基于SCP的通信设备使用户可以通过控制SCP来实现字母拼写。

事件相关去同步/同步 (ERD/ERS)^[7,8]: 肢体实际运动与想象运动都会产生脑电波同步活动的升高或降低, 也就是事件相关去同步/同步 (ERD/ERS)。研究发现了实际运动相关的ERD现象, 并且描述了ERD与ERS现象的空间拓扑分布。比如右手与左手运动会产生 μ 节律 (8-12Hz) 和 β 节律 (18-26Hz) 在对侧头皮上的去同步现象, 脚运动产生的去同步现象主要分布在头皮中心区域。这些现象说明了特定运动产生的ERD在感觉运动皮层具有特定的空间分布情况。

任务相关持续去同步/同步 (TRSD/TRSS)^[9]: 当要求受试者按一定频率重复做肢体的运动想象, 导致了脑皮层反应处于一种“稳态状态”, 从而引发了相应脑皮层区域持续的状态。因此EEG能量变化上相当于多个单次的ERD/ERS的叠加。这种现象为任务相关持续去同步/同步现象 (TRSD/TRSS) 或称为稳态事件相关去同步/同步。稳态时间长度可以用来控制指令, 例如车辆驾驶的转弯角度等。

4 国内脑机交互研究进展

国内脑机交互研究近年来也取得了长足的进

步, 与国际脑机接口研究同步进行。国内脑机交互研究大多数采用非植入无损伤的交互范式。清华大学高上凯教授研究团队是目前国内最早从事脑机接口领域研究, 在国际脑机交互数据竞赛中获得多项第一。开发了基于运动想象的BCI系统并用来控制机器狗来踢足球等。最有特色的是设计完成了基于稳态视觉诱发电位的实时电话拨号系统, 取得了该领域领先的高信息传输速率^[10]。

华南理工大学-脑机接口与脑信息处理研究中心李远清教授团队建立了一系列半监督机器学习算法, 用于EEG信号的联合特征提取与分类, 强调脑电特征本身与分类器参数的联合自适应^[11], 另外他们提出了结合运动想象与P300的混合脑机接口, 实现了光标从随机点到随机目标点的二维控制及快速准确的功能键选择, 并将这种方法用于轮椅的方向与速度控制, 得到了显著效果。

国防科技大学胡德文教授团队在基于视觉感知与认知的脑机接口方面, 通过对视觉刺激设计、刺激编码和模式控制, 提出了ERP-BCI的交互范式, 利用多模态信息融合技术, 设计了基于P300和SSVEP的混合BCI系统^[12]。在基于脑机接口的人机协调控制系统设计方面, 建立了基于BCI的机械臂控制系统与倒立摆闭环控制系统, 并进行基于BCI的机器人运动协调控制激励方面的研究。

电子科技大学尧 中教授团队研究脑电信息处理、脑网络计算的理论与方法以及多模态脑信息融合理论与方法^[13]; 在仿脑信息技术方面, 开展事脑机接口、脑成像、音乐认知与脑波音乐等方面的研究, 开发了独具特色脑波音乐系统。

深圳先进技术研究院李光林教授团队重点研究脑卒中后遗留运动、言语及吞咽等功能障碍的神经功能康复机制。利用神经功能改善的手段从功能代偿或提高逐渐发展到史高层次的减轻神经功能障碍、实现神经功能的恢复与功能改善以及有效预防复发^[14]。浙江大学郑筱祥教授团队开展了植入电极解读脑信号的研究。利用芯片植入猴子

大脑皮层对于破译脑部精细神经信号，使得猴子能控制机械手抓取物体^[15]。

上海交通大学仿脑计算与机器智能中心研究开发了以运动想象为主的自主异步脑机交互平台，提出了任务相关持续去同步/同步（TRSD/TRSS）交互机理，较好地解决轮椅车转向角度问题。在特征提取方面，提出了基于张量分解特定思维脑电模式识别方法，研发了内源性控制的轮椅车系统^[16]、多人脑机交互赛车系统。进一步研发基于脑机交互的脑运动功能康复训练系统和医学临床实验。吕宝粮教授研究了利用脑电预测受试者的警觉度和情绪问题，揭示了脑电警觉度的时间-频率-空间上的关联及其警觉度变化规律。并且研发了基于脑电-视频-驾驶行为等多维度驾驶员警觉度预测平台。

下一节我们简要介绍脑机交互技术的典型应用：基于脑机交互的脑运动功能康复训练技术^[17]以及临床试验结果分析。

5 基于脑机交互的脑运动功能康复技术

脑卒中患者往往会造成脑运动功能损伤等后遗症。为了有效提高脑卒中后康复训练效果，需要建立脑运动意向与肢体实际动作的正向关联。脑机交互技术正好解决了读取脑运动意向问题，为脑运动功能重建提供了新的康复训练技术。

神经反馈是指人体的一些神经活动信息经提取相关特征信息后转换成视、听、触觉信息反馈给受试者。神经反馈在脑机接口康复训练系统具有关键的作用，使得受试者与脑机接口系统形成闭环回路，受试者根据反馈的信息可有针对性地实时的做出调节，以获得能有效控制系统的脑信号。神经反馈为受试者调节自己的大脑活动状态提供了一条很好的途径，可以减少脑机接口系统应用中的训练时间，提高受试者对脑机接口系统

的自适应能力。

脑损伤病人在执行动作诱发的脑电模式与正常人的有很大的差异。需要在传统的脑机交互系统上解决诱发脑电模式波形差异、脑电空间模式的迁移、以及受试人与脑机交互系统双向适应等问题。建立脑机交互和功能电刺激-视听觉多模态反馈系统，需要解决以下问题：

5.1 脑损伤患者EEG与正常脑EEG的特性变化规律

现有的大部分BCI系统基于正常大脑来实现，对于脑损伤患者的EEG需要深入研究其特性，揭示损伤区域功能在肢体动作想象对EEG的影响，建立瘫痪肢体想象运动的EEG特征刻画与相应的模式识别技术，特别是刻画损伤脑肢体运动想象的动态模式变化。

5.2 时间-空间-频率模式上多模态特征提取技术

识别准确率直接影响脑机接口系统的可靠性与实用性，研究高噪音环境下复杂脑电信号在时间-空间-频率多模态下的特征模式。我们采用EEG张量时-空-频多维表征方法，利用张量稀疏分解方法提取鲁棒的张量特征，并得到相对二维信息处理更高的识别准确率。

5.3 神经反馈脑运动功能康复机理

根据脑皮层运动功能可塑性的神经机理，如何设计具有神经反馈的康复训练系统是提高康复训练效果的重要因素。解决技术路线是通过脑机接口技术识别受试者的肢体动作意向，通过虚拟环境展示BCI识别的动作，进一步通过功能电刺激促使受试者的肢体运动。通过多路神经反馈和功能电刺激，达到脑皮层运动控制网络的加速重构。因此建立神经反馈闭环系统能有效提高人的自适应系统能力，从而减短康复训练的时间。

5.4 虚拟现实环境下损伤脑运动功能康复训练平台

作为临床康复训练平台，需要有一个良好的用户交互环境。我们集成脑信号特征分析技术、运动想象模式识别技术和神经反馈技术，设计在三维虚拟现实环境中设计适合损伤脑运动功能康复的训练平台，实时反馈患者控制效果能提高患者的控制能力与适应系统的能力。图2是我们研发康复训练平台的交互界面，康复训练任务包括从简单计算、逻辑推理到空间理解。

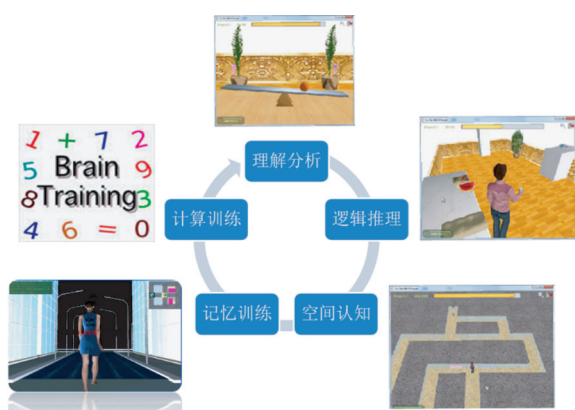


图2 基于虚拟现实的特定认知任务的交互环境

为验证基于脑机交互的脑运动功能康复训练技术的性能，我们与上海华山医院康复科联合实施针对脑卒中病人的康复实验。我们选择了10名脑卒中患者参加了为期8周的康复训练。每次试验记录了脑电信号数据和医学临床的量表学临床实验。在中风病人的康复训练数据分析过程中，康复训练病人在时间轴上康复情况进行横向对比揭示了脑运动功能恢复机理。实验数据分析显示，脑卒中病人在康复训练初期受损区的脑电能量分布相对分散，在训练后期脑运动功能逐步康复时，运动想象脑电的能量逐步集中 α 频段上。另外从分析ERD状态图观察病灶脑区在运动想象过程中的能量变化，并从中解释出了与康复过程相关的脑部恢复机理。

6 未来展望

基于脑机交互技术的神经功能康复训练技术，不仅适用于脑运动功能康复，而且可应用于早期老年痴呆病的预防训练、自闭症儿童康复训练、抑郁症患者康复训练、残疾人神经肢体等。另外脑机交互技术对正向着非医疗领域之外更广泛的领域拓展，如脑机交互游戏娱乐系统、司机警觉度预警、脑电情绪分析等。

参考文献

- [1] M. Middendorf, G. McMillan, G. Calhoun, and K.S. Jones. Brain computer Interfaces based on the steady-state visual-evoked response. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 8(2):211-214, 2000.
- [2] E. Donchin, D. Karis, T.R. Bashore, M.G.H. Coles, and G. Gratton. Cognitive psychophysiology and human information processing. *Psychophysiology: Systems, processes, and applications*, pages 244-267, 1986.
- [3] L.A. Farwell and E. Donchin. Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 70(6):510-523, 1988.
- [4] M. Falkenstein, J. Hoormann, S. Christ, and J. Hohnsbein. ERP components on reaction errors and their functional significance: a tutorial. *Biological Psychology*, 51(2-3):87-107, 2000.
- [5] G. Schalk, J.R. Wolpaw, D.J. McFarland, and G. Pfurtscheller. EEG based communication: presence of an error potential. *Clinical Neurophysiology*, 111(12):2138-2144, 2000.
- [6] N. Birbaumer, T. Elbert, A.G. Canavan, and B. Rockstroh. Slow potentials of the cerebral cortex and behavior. *Physiological Reviews*, 70(1):1-41, 1990.
- [7] J. Annett. Motor imagery: Perception or action? *Neuropsychologia*, 33(11):1395-1417, 1995.
- [8] G. Pfurtscheller and F.H. Lopes da Silva. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clinical Neurophysiology*, 110(11):1842-1857, 1999.
- [9] Q.B. Zhao, L.Q. Zhang, and A. Cichocki. EEG-based asynchronous BCI control of a car in 3D virtual reality environments. *Chinese Science Bulletin*, 54(1):78-87, 2009.

- [10] M. Cheng, X. Gao, S. Gao, and D. Xu. Design and implementation of a brain-computer interface with high transfer rates. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 49(10):1181-1186, 2002.
- [11] Li Y.Q. and C.T. Guan. An extended EM algorithm for joint feature extraction and classification in brain computer interfaces. Neural Computation, 18(11): 2730-2761, 2006.
- [12] Yin E, Zhou Z, Jiang J, et al. A speedy hybrid BCI spelling approach combining P300 and SSVEP. 2014.
- [13] Luo C, Li Q, Lai Y, et al. Altered functional connectivity in default mode network in absence epilepsy: a resting - state fMRI study. Human brain mapping, 2011, 32(3): 438-449.
- [14] Kuiken T A, Li G, Lock B A, et al. Targeted muscle reinnervation for real-time myoelectric control of multifunction artificial arms. Jama, 2009, 301(6): 619-628.
- [15] Zhang Q S, Zhang S M, Hao Y Y, et al. Development of an invasive brain-machine interface with a monkey model. Chinese Science Bulletin, 2012, 57(16): 2036-2045.
- [16] J. Li, J. Liang, Q. Zhao, J. Li, K. Hong, L. Zhang and A. Cichocki, Design of Assistive Wheelchair System Directly Steered by Human Thoughts, International Journal of Neural Systems, Vol. 23, No. 3 1350013, 2013.
- [17] Y. Liu, M. Li, H. Zhang, H. Wang, J. Li, Jie Jia, Yi Wu, L. Zhang, A tensor-based scheme for stroke patients' motor imagery EEG analysis in BCI-FES rehabilitation training, Journal of Neuroscience Methods, Volume 222, 30 January 2014, Pages 238-249.

作者简介

张丽清 1988年获中山大学理学博士学位。现为上海交通大学电信学院教授，博士生导师。2007-2013年担任中国自动化学会生物控制与生物工程专业委员会主任委员，现为自动化学会荣誉理事。担任中国神经科学会生物信息学专业委员会委员、中国神经网络学会委员。1996年被广东省评为南粤教坛新秀。2008年获日本大川基金会研究奖励基金。ACMMM2010论文获得最佳演示奖。在国际权威刊物、国际会议等发表论文200余篇。

喜报：中国自动化学会被评为中国科协 2014年度全国学会科普工作优秀单位

日前，中国科协对所属200多家全国学会、协会、研究会2014年的工作进行考核，经评审，中国自动化学会等62个全国学会被评为“2014年度全国学会科普工作优秀单位”。



2014年，中国自动化学会围绕《全民科学素质行动计划纲要（2011-2015年）》工作主题，在自动化、信息化与智能化方向的科技领域，搭建科普平台，扩宽科普渠道、丰富科普形式、创建科普品牌，取得了显著的成效。学会积极推荐科普项目参加中国科协组织开展的“全国科普日”、“夏季科学展”等活动，组建6支科学传播专家团队，成功举办中国机器人大赛暨RobotCup

公开赛、“三菱电机自动化杯”大学生自动化创新大赛、“I Love Control”中国自动化大奖赛、第一届“台达杯”两岸高校自动化设计大赛等一系列面向高校大学生的自动化领域相关赛事，有力提升了学会社会影响力。同时，在加强科普刊物建设的同时，学会积极构建全方位、多渠道的科普宣传平台，为提高全民科学素养服务。

今后，我会将在现有科普工作基础上，不断探索创新，有效动员社会力量和资源，不断提高科普的时效性和覆盖面，为提高公民科学素质做出新的更大的贡献。

（学会办公室 供稿）

转自：宇文博 新浪博客 (<http://blog.sina.com.cn/yuwenbohwa>)

人工生命和人工智能

宇文博

人工生命和人工智能的两位大师都是计算机科学的泰山北斗：一个是大名鼎鼎的数学家，计算机之父，博弈论的创始人冯·诺依曼（John von Neumann）。另一个是阿兰·图灵（Alan Turing），英国数学家和逻辑学家，计算机逻辑的奠基者，和冯·诺依曼一样被称为计算机科学之父，并被称为人工智能之父。

人工生命和人工智能几乎同时分别由诺依曼和图灵在上世纪40年代末50年代初提出。1941年第一台计算机诞生。1950年，图灵在《计算机与智能（Computing Machinery and Intelligence）》提出的图灵实验（Turing Test）奠定了人工智能的基石。如果一台机器能够通过图灵实验，那它就被认为是智慧的。这本书有pdf格式的，有兴趣者可以下载：[Computing Machinery and Intelligence \(http://blog.santafe.edu/wp-content/uploads/2009/05/turing1950.pdf\)](http://blog.santafe.edu/wp-content/uploads/2009/05/turing1950.pdf)

另一方面，1948年在加州理工的Hixon Symposium上冯·诺依曼通过他著名的讲座“The General and Logical Theory of Automata”催生了人工生命。此后他的经典著作《Theory of Self-Reproducing Automata》则是人工生命的里程碑。此书也有pdf格式可以下载：[Theory of Self-Reproducing Automata \(http://cba.mit.edu/events/03.11.ASE/docs/VonNeumann.pdf\)](http://cba.mit.edu/events/03.11.ASE/docs/VonNeumann.pdf)

尽管都是由大师开先河，但以后人工智能似乎是风生水起，在机器人技术，专家系统，模式识别……等诸多应用领域实现了工业化产业化。尤其是IBM的“深蓝（Deep Blue）”在1997年5

月战胜俄国的国际象棋大师世界冠军卡斯巴罗夫（Garry Kimovich Kasparov），更是人工智能尤其是专家系统的刹那芳华。深蓝是IBM耗资2亿5千万美元研制出来的擅长国际象棋的电脑，研制工作由美国华裔科学家许宏伟（Feng-hsiung Hsu）负责，数据库方面有美国国际象棋特级大师本杰明（Joel Benjamin）加盟。深蓝储存了200万份从18世纪到现在的经典对局，1997年的深蓝可搜寻及估计随后的12步棋，而一名人类象棋好手大约可估计随后的10步棋。

而人工生命则一直沉寂，直到最近才稍引人注意。就是这次坛子里对“奇点（Singularity）”的讨论，似乎也几乎清一色的都是涉及人工智能。这其实在某种程度上反应了人类在认识论上的习惯，或者说盲点和偏见。人以及和人有密切接触的生物圈中的高等哺乳动物都是中央集权形式的等级制社会结构形态：国家有总统，首相，主席，国王……；公司有CEO或董事长；军队有将军，元帅；狼群有头狼，所谓的Alpha Male；狮群有一只领头的雄狮……所以人们自然而然的认为，没有一个中心控制中枢，整个系统或社会必将陷入混沌完全无序状态而失效。

人们凭直觉很难接受一些极为低等的生命形态，其脑容量也许只有针尖那么一点体积，通过所谓的“分布式智慧（Distributed Intelligence）”，可能完成人类都无法完成的极为复杂的项目，比如我上次提到过的蚁冢。

另一个例子是鸟群或鱼群。大概我们在小学语文里都读过天上一群大雁飞过，有时排成

“人”字，有时排成“一”字……于是老师会解释，雁群前面的那只是头雁。雁群之所以排成人字或一字，那是因为这样它们能充分利用前面的雁飞行时的气流，节省体力……言外之意，雁群中的每只雁都是听从头雁的指令，有意识有组织地排成最佳飞行队形。

直觉有时是靠不住的。

和中国人的聪明伶俐不同，老外经常就爱认死理，凡事总要钻牛角尖。有人偏偏要挑战大家习以为常的直觉，而且用的就是被许多人不屑一顾的科学方法：居然就有研究动物行为的野外生物学家用高速摄影拍下鸟群和鱼群的运动过程，然后对录像逐幅分析，结果是鱼群和鸟群并没有一个领头的。它们的群体行为是通过其中的单个鸟或鱼对周边其他同类行为的反应，最终结果是群体的协调行为。这种群体行为和我们熟悉的高等哺乳动物的群体行为的最根本的区别，在于不存在整个群体层次上的规则和协调。高等哺乳动物群中有一个元首，比如头狼。其群体行为是由元首通过让群体成员执行它的指令来实现的。而鸟类和鱼类的群体行为中的协调行为是在群体的最低的层次上实现的：个体之间基于一些极简单的规则，比如“尽力靠近你旁边最近的那只鸟（或鱼），但不要撞上它”……等。鸟群和鱼群不存在元首。不存在整个群体系统层次上的协调和统一指挥。

这也反映了尽管人工智能和人工生命有许多交叠重合，但归根结底到哲学层面，到认识论和方法论的层面，两者其实是完全不同的。人工智能是所谓的“自上而下（Top-Down）”的方法：人工智能的仿真的基础是在系统的层次上制定规则，整个系统将按这些规则运作。比如阿西莫夫的“机器人三原则”：

The Three Laws of Robotics (http://en.wikipedia.org/wiki/Three_Laws_of_Robotics) :

1. A robot may not injure a human being or,

through inaction, allow a human being to come to harm.

2. A robot must obey any orders given to it by human beings, except where such orders would conflict with the First Law.

3. A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the First or Second Law.

但在现实世界里，上面那些简单的原则性的规则根本不足以应对五光十色的社会现象。尤其一些人们习以为常的日常生活常识，比如说“如果一个顾客在商店里拿了东西，他必须付款才能离开”……之类的，人类习以为常的简单知识，却恰恰是计算机最难以描述的，也就是所谓的“常识知识表示的困难” (<http://wenku.baidu.com/view/6ade43f7ba0d4a7302763a34.html>)。对这些简单常识的判别应用，计算机却非常容易出错。于是人们就必须规定更多更加细致周密的规则，然后出错的几率更大……如此循环往复，最后的控制操作程序多达成亿上兆行，程序的debug变得几乎不可能，系统仅仅因为其过度复杂而当机。

归根结底，简单的一句话就是，人工智能的“自上而下”和“基于规则”（Top-Down, Rule-based）的方法，想要仿真极端复杂高度多样化的生物，可能无法实现。这次关于“奇点”的讨论中的这个贴子言简意赅，扼要的说明了这一点：

你真认真啊。我的理解，强AI在理论上并没有突破，还是皇帝的新衣 (<http://www.haiguinet.com/forum/login.php?redirect=viewtopic.php?p=1847587>)

“对于生物的极端复杂性，虽然近年来非线性科学有所发展，但总体上目前的数学还无能为力。数学上没有突破的事情，诺依曼计算机自然无法解决。

我以为奇点派期望一蹴而就挑战人类智能有点哗众取宠，是找错了方向。脑是亿万长期进化的产物。不要一下子试图赶上人脑的智力规模。先从最简单的线虫神经元开始研究，再研究

低等动物的条件反射区，再研究高等动物的潜/前意识和情绪，再研究人脑皮层的功能区，特别是视力和语言区……如此长期研究下去，把复杂神经元和脑的功能结构摸清楚，外加数学上突破，进行建模，或许能有所得。当然，这也是目前大多数人的想法，能否实现也很难说。”

拍摄于1984年的《终极战士（The Terminator）》和1991年的《终极战士二（The Terminator II Judgment Day）》正是反映了八十年代到九十年代人工智能的状况以及从传媒反映出来大众对人工智能和机器人的理解。而象“Terminator”这样的机器人也确实在一定人工智能的威力和局限性并存的状态。比如《终极战士》里有个镜头，“终极战士”经过一场枪战，遍体鳞伤的回到下榻的Motel。此时服务员来送水，“终极战士”从它的数据库经过一轮扫描，才找到应对的粗话“F*ck you Asshole!”——如此简单的生活场景，也必须“自上而下”设定规则建立数据库，通过数据库搜索才能给出答案。难怪等到《终极战士二》结尾，机器人的“终极战士”遇到了它的程序中没有答案的形势，它无法应对，只好以自沉火海自我毁灭的方式解决。

可能也许这些原因，可能也许是根植于人类心底的恐惧，《终极战士》里突出反映的一个媒体和大众的焦虑，就是人类制造的机器人的智慧会不会超过人类。套用《侏罗纪公园（Jurassic Park）》里的一段台词：

Ian Malcolm: “God creates dinosaurs. God destroys dinosaurs. God creates man. Man destroys God. Man creates dinosaurs.”

Ellie Sattler: “Dinosaurs eat man…woman inherits the earth.”

那就是

……上帝创造了人，人毁坏了上帝，人创造了机器人，机器人毁灭了人……

这其实反映了人类自远古以来对未知不确定

事物的集体焦虑和集体恐惧。除了对机器智慧超过人类，另一个典型的在大众传媒中反复出现的就是外星生物的入侵。这我们以后要是有机会再讨论。

而人工智能的困境，似乎给人类的集体焦虑暂时一个舒缓。尤其是上世纪八十年代，似乎是人类自我感觉最为良好的时候。而特别有意思的是，宣告机器智慧永远不能挑战人类智慧的，竟然是英语教授们，而不是计算机科学家和工程师们。

而正在人工智能似乎走到瓶颈之际，人工生命悄然崛起。当我们进一步仔细研究人类智慧的物质载体——人脑时，我们就会发现，从自上而下的观点看，人脑毫无疑问是中枢，是控制中心。人脑制定整个人体在系统层次上的所有规则，可以说是人体中级别最高的元首。但当人们把组成人脑的个体——神经元——放到显微镜下面观察，人们忽然发现，神经元世界完全是一个真正“众生平等”的世界。从解剖解构的角度，神经元（Neuron）确是多种多样。胞体小的直径只有5~6微米，大的可达100微米以上。神经元本身的功能也是有差别的，比方视神经一定要和眼睛的一些结构相关，否则就没有可能达到视觉功能，若换别的神经和眼睛相关也不可能达到视觉功能，它比较专一的。另外人还有些自律细胞，比方心肌细胞，它的运动是不需要神经支配的。呼吸活动则又是更复杂的，神经可以通过调整肌肉运动影响到呼吸，而这种神经的调整又可分为交感和副交感两种神经来完成。但重要的是，神经元总的来说功能是有类似性的，负责传输或发出某种信号。而在这个层次上，所有的神经元都是平等的。神经元之间不存在某种类类似于组织或器官那样的金字塔式结构。只有当成亿上兆的神经元组成神经网络，再由神经网络组成人脑，才使得人脑成了整个人体是系统控制中枢。

神经网络（Neural Networks）的强大功能还在于，实际应用中网络并不需要象人脑那样复杂

包含极大数量神经元的网络。一个相对简单的，包含神经元的数量是目前计算机技术能实现的网络就可以发挥巨大的威力。最根本的原因是，由于每个神经元都和其周围若干个神经元互相通信，这种非线性的相互作用使得整个网络的功能远远超出了网络里神经元功能的简单线性叠加。

基于神经网络的人工生命算法已经成功的应用于工业。比如我们的产品中就应用了神经网络算法，无论从数据库的容量，计算速度，和结果的误差等方面都比基于常规算法的软件要高出一个甚至数个数量级。

分布式智慧，或分布式数据处理（Distributed Processing），正是人工生命的基础。最近“云计算（Cloud Computing）的产业化，人工生命似乎有和人工智能分庭抗礼之势。分布式数据处理的基本原理说起来很简单，那就是将一项任务分配给一个处理器集团（Cluster）处理。除了上面的神经网络算法，另一个人类从简单低等生物那里学来的智慧就是所谓的“群体智慧”，也就是所谓的“Swarm Intelligence（SI）。”我上次提到的蚁冢就是一个典型的SI例子。将之变成计算机算法，那就是产生大量功能简单相对比较愚蠢的个体（agents）。尽管单个agent的功能非常简单，但其整体却能完成一些极为复杂的计算，就如简单的蚂蚁可以造出极为复杂的蚁冢。

人工生命的还有一种方式是所谓的遗传算法（Genetic Algorithms, GA），那是用计算机产生虚拟基因（Virtual Genes），然后让这些虚拟基因通过进化，解决现实世界里的复杂计算问题。

所有这些人工生命的概念和方法，和人工智能比较，最基础的分别就是没有整体系统层次上的规则。在人工智能的范畴里，整个系统的行为是通过在系统层次定义的规则实现的。对定义了规则的系统，给出确定的初始条件和边界条件，系统的输出结果是确定的，可预测的。这就是所谓的自上而下的基于规则的方法。

而人工生命只对群体中的单个个体或网络中的单个神经元之间的相互作用定义最低层次最简单的规则。整个系统的规则是没有加以定义，而是由个体之间通过相互作用后产生的，也是所谓的“突现行为（Emerging Behavior）”。正是由于这种突现行为，使得如群体智慧，神经网络或基因算法等具备了类似于生命的一些特征：

（1）自组织功能：群体中的个体通过信息交换与处理，实现个体与个体之间以及个体与周边外界环境之间的信息交换，实现模拟的社会系统。

（2）自我复制（繁殖）功能：繁殖可以通过数据结构在可判定条件下的自我复制实现。同样有生必有死。个体的死亡可以通过数据结构在可判定条件下的删除实现。所谓的“有性繁殖”则通过组合两个个体的数据结构特性的数据结构生成的方式实现。

（3）自我改良，学习，和进化功能：人工生命有所谓的“记忆”功能；早先的经历可以被用来改进以后的行为。比如神经网络的特定能力就是可以通过训练（Training），不断完善网络的功能。在此基础上可以实现决策功能，也就是经过学习，不断适应外界环境，最终达成最佳的解决方案。

我自小酷爱对抗性的博弈，尤喜象棋和围棋。上文提到深蓝战胜卡斯巴罗夫，那是人工智能整体规则的一次完美表现。由此忽然就想起了围棋。如果人工智能的自上而下方法是象棋大师的克星的话，那围棋似乎就和人工生命有某种天然的联系。围棋每一颗棋子都是完全相同的，不象象棋，小卒子和车的威力有着数量级的差别。围棋子的作用完全取决于在某一时刻它所处的空间位置以及它和周边棋子的关系。这和群体中的个体或神经网络中的神经元颇为相似。围棋的规则相对于象棋要简单，而且也是定义在最低的个体层次上的：活棋的要求很简单，要有两口气。

但由棋子之间的相互关系展开，形成群体以后的变化却远比象棋复杂。比如边角和中腹的高下优劣，俗话说的是“金角银边狗肚里”；但《棋经十三篇》里却有“高者在腹，下者在边，中者在角，此棋家之常法”之说。不管国手庸手，起手大致都先占四角。现代棋枰，落星位（4×4）的大概很稀罕的了。起手落小目（3×4 或 4×3）的蛮多的。有走实地稳健路子的，可能会退一步下在“三三”（3×3）上。喜外势的，也许会下到高目（4×5 或 5×4），或甚至进一步，下到目外（6×6）上。笔者小少时偶而走边锋，会左手下三三，右手下目外，左低右高，取“右背山陵，前左水泽”之意。但这些也只是“棋家之常法”，而不是硬性的规则。记得某位国手曾有第一子下在“天元”（棋盘中央）的，号称“起手落天元”。

除了打劫，围棋中颇有兴味的是倒扑。金庸在《天龙八部》中写虚竹误打误撞，用“倒脱靴（也就是倒扑）”破了“珍珑”棋局。老金玩笔玩得炉火纯青，写起来高潮迭出，极具戏剧性。这种将欲取之，必先予之的下法，要用人工智能实现，可能又会碰上“常识知识表示的困难”。

言归正传。人工生命的这种所谓“突现行为”从技术上来说，那就是有种群体中的个体并不存在的行为，但当个体形成群体后，个体之间的相互作用导致了群体行为的发生。这种行为可以在任何群体中发生，比如说所谓的计算机集团（computer cluster），或机器人群体，或狼群，狮群，甚至示威游行的人群。这种“突现行为”因为不是在整体系统层次上有意识规定的，个体相互作用引发的结果就有着完全的随机性。如果说群体智慧有着类似生命的行为（Life-like），这种行为也可以说非常的孩子气，有着不可预期（Unpredictable），并且非常容易分散注意偏离目标（Easily Distracted）——就象我们在小学一

年级学过的《小猫钓鱼》。你如果给一个六岁的孩子十块钱，让他去打酱油。他也许在路上看到有人做俯卧撑，觉着贼好玩，压根就忘了打酱油这码事，包不准连回家的路都摸不着了。

对于这种孩子气的不可预期和偏离目标的一个解决方案是所谓的“Goal-Attainment”。太阳底下没新鲜事，所谓的“Goal-Attainment”算法并非人工生命的独创。比方工科白袜们喜用的Matlab，其中的优化算法工具包（Optimization Toolkit）就有Goal-Attainment。随便谷歌一把“Matlab goal-attainment”，你就能找到一大堆有用的文章。不过人工生命的Goal-Attainment，由于其类似生命的特点，有其特殊性。比如人工生命的Goal-Attainment算法中一种是基于动物世界捕食动物和猎物（Predator-Prey）之间的关系实现的。对一只饥饿的狮子，你很难用其他东西把它的注意力从一群羚羊或角马那儿引开。

人工生命确实是一个非常有意思的话题。上面拉拉杂杂写了一大堆，可能连基本概念都还没讲清楚。我只是抛出这么一块砖头，希望能引出祖母绿或月亮宝石来。无论如何，小结一下，人工生命的主要概念包括：

（1）自下而上的方法体系：这和人工智能中自上而下的方法体系完全不同，可以说是人工生命和人工智能最根本的区别。在人工智能中，整体的系统层次上的行为是先验地严格定义，并将之分解成一系列子系统。子系统依次又被进一步分解成子子系统……。人工生命中的自下而上的方法则相反，它模仿或模拟自然中自我组织的过程，力图从简单的局部控制出发，让行为从底层突现出来。人工生命是在最底层在个体层次上定义完全局部的相互作用的简单规则，从这种相互作用中产生出连贯的整体行为，这种行为不是根据特殊规则预先编好的。按兰顿（C.G. Langton）的说法，生命也许确实是某种生化机器，但要启

动这台机器，不是把生命注入这台机器，而是将这台机器的各个部分组织起来，让它们产生互动，从而使其具有“生命”。

(2) 集成的研究方法：自下而上的一个自然的结果就是，人工生命不是用分析的方法，即不是用分析解剖现有生命的物种、生物体、器官、细胞、细胞器的方法来理解生命，而是用综合集成的方法，即在人工系统中将简单的零部件组合在一起使之产生似生命的行为的方法来研究生命。传统的生物学研究一直强调根据生命的最小部分分析生命并解释它们，而人工生命研究试图在计算机或其它媒介中合成似生命的过程和行为。

(3) 人工生命的生命的本质在于形式和过程，而不在于具体的物质。人工生命是关于一切可能生命形式的生物学，因此并不特别关心我们知道的地球上的特殊的以水和碳为基础的生命，这种生命是传统的生物学的主题。人工生命研究的是生命的普遍规律，或者说生命的逻辑。而实际生命的物质，比方说我们目前认识的地球上以水和碳为基础的组成生命的特殊物质，则不是人工生命关注的重点。生命当然离不开物质，但是生命的本质并不在于具体的物质。人工生命把生命看作是一个过程，恰恰是这一过程的形式而不是物质才是生命的本质。人工生命研究因此忽略物质，并因此抽象出控制生命的逻辑。

(4) 人工生命不是人造生命。象通过干细胞或基因工程造人和动物，尽管也很前卫，甚至挑战人类伦理的底线，但仍然是基于传统生物学的，以地球上基于水和碳的生命形式的研究方法。人工生命中的“人工”是指它的组成部分。在目前的研究领域，是基于硅片、计算规则。。。等。这部分是人工的。但它们的行为并不是人工的。硅片、计算规则等是由人设计和规定的，人工生命展示的行为则是人工生命自己产生的。

(5) 突现行为是人工生命的突出特征。这是自下而上的自然结果，也是人工生命得以产生的基础。人工生命并非像我们在常规设计时那样可以先验的规定系统的行为。系统的行为是系统中的个体通过相互作用产生的，预先无法预期。这是人工生命和实际生命最根本的相似性。

后记

本帖并非蚍蜉撼树，不自量要扬李抑杜或扬杜抑李。本帖开宗明义就已表明，无论人工智能或人工生命，都由学界泰斗开的先河。哪一门专精了，都可成大家。再者这种网络侃大山的形式，也不适合严肃地讨论专业技术问题。俺不过是一系统（Systems）工科白袜，也不是这一行的内行；只不过平时做项目做产品需要，和做算法（Algorithms）的其他白袜得有沟通的共同语言（神经网络啊，云计算啊，分布算法啊……）。再再者，俺这人天性极其好奇，觉着人工生命特好玩。大家就当好玩看。要拍砖的，俺照单全收。

参考文献

- [1] Artificial Life: Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_life)
- [2] MIT Press Journal: Artificial Life (<http://www.mitpressjournals.org/loi/artl>)
- [3] 人工生命：探索新的生命形式 (<http://www.swarmagents.com/complex/bottomup/alexplora.htm>)
- [4] Michael Crichton “Prey” (<http://www.amazon.com/Prey-Michael-Crichton/dp/0066214122>)
- [5] Artificial Intelligence: Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence)
- [6] Caltech neuroscientists map intelligence in the brain (<http://esciencenews.com/articles/2009/03/11/caltech.neuroscientists.map.intelligence.brain>)
- [7] Technological Singularity: Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/Technological_singularity)
- [8] The Coming Superbrain (<http://www.nytimes.com/2009/05/24/weekinreview/24markoff.html>)

纪念《工程控制论》英文版出版60周年专题

钱学森先生时代前沿的“大成智慧” 学术思想

戴汝为，郑楠

中国科学院自动化研究所 复杂系统管理与控制国家重点实验室，北京 100190

1 引言

钱学森先生享誉海内外，被中央领导称为“人民科学家”。他既是中国航天事业的奠基人，中国两弹一星功勋奖章获得者，更是一个世纪难以出现的具有创新思想的大科学家。人们所熟知的是钱先生对中国航天事业的贡献，但钱先生自己更看重的是他在学术思想方面的创新性工作。

上世纪80年代初，钱先生从国防一线领导退下来后，把主要精力放在学术研究上，在系统科学、思维科学、人体科学等方面进行了开创性的研究^[1]。钱先生具有东西方深厚的文化底蕴，在国内外学术研究和工程实践中积累了丰富经验。同时，博览国内外文献，其学术思想始终站在科学前沿，创造性的提出了很多前瞻性的见解。钱先生在多年的科研和领导航天过程的实践中见证了还原论的局限，验证了整体论的不足，开创性的建立了还原论和整体论相统一的系统论。

在系统科学、思维科学、人体科学交叉研究的基础上，1990年，钱学森先生等人提出了“开放的复杂巨系统”理论以及处理这类问题的“人-

机结合、以人为本，从定性到定量的综合集成法”的划时代的科学方法论^[2]，形成名副其实的一个科学新领域。为了适应20世纪科学技术发展趋势，钱先生提出了“现代科学技术体系”^[3]的纲领性学说。现代科学技术的发展，一方面是已有学科不断分化，越分越细，新学科、新领域不断产生，呈现出高度分化的特点，表现为精细还原的极致；另一方面是不同学科、不同领域之间相互交叉，甚至是自然与社会、科学与人文之间的相互融合，呈现出高度综合整体的趋势^[4]。这两者是相辅相成、相互促进的。时至今日，信息技术、智能技术的高速发展在为人们和社会带来巨大福祉的同时，也引发了信息泛滥、数字鸿沟、人机脱节等深刻的理论与现实问题，从更深层面提出了科技与人文、个人与社会、自然与技术之间的关系问题。这些问题与社会、经济、文化等多个复杂系统相关联，是典型的开放的复杂巨系统问题，因而解决思路正蕴含于“综合集成法”之中。这一方面说明了综合集成法作为方法论创新的广泛适用性，另一方面也揭示了其卓越的前瞻性，证明了综合集成方法论作为当代科学方法论

注：本论文已投《控制理论与应用》，此处为转载。

的重要作用。

作为当代科学方法论的“从定性到定量的综合集成法”，其实质是把各个方面有关专家知识及才能、各种类型的信息及数据和计算机软件、硬件三者有机地结合起来，构成一个系统^[5]。这个方法成功之处就在于发挥这个系统的整体优势和综合优势，为综合使用信息、实现“信息->知识”的层次跃升提供了有效的手段。作为“从定性到定量的综合集成法”的实践形式，在钱学森先生指导下，我们创建了“综合集成研讨厅体系”^[6]，在现代信息技术和各种技术手段所支持的环境中，实现了“基于信息空间（Cyberspace）的综合集成研讨”^[7]，把一个非常复杂事物的各个方面综合起来，达到对整体的认识，把各种情报、资料、信息，把人的思维、思维的成果、人的经验、知识、智慧统统集成起来。按照钱学森先生的说法，这是“知识产生体系”。从思维科学的观点深入挖掘，逻辑思维形成的知识与形象思维所形成的认识，相互印证、攀升，经过各领域专家头脑的思考、碰撞，实际上是形象思维的大幅度泛化，孕育了创造思维的诞生，涌现出了新的智慧，从而实现了“信息->知识->智慧”的跃升历程，是集个体、领域、不同时期智慧之海纳百，引入中国传统文化“集大成得智慧”的观念，钱学森先生称之为“大成智慧工程”，同时是应用思维科学技术，形成“大成智慧”的过程。

2 “人-机结合”的智能科学—— “大成智慧”突破人工智能发展的 瓶颈

人工智能自上世纪50年代经历了半个世纪的快速发展，引人注目。但是过于乐观的预期，遭遇难以克服的瓶颈。上世纪80年代，对于计算机能否实现人的智能出现了激烈的争论。钱学森先

生认为思维科学是人工智能和计算机科学发展的重要理论基础，提出人工智能的发展必须走“人-机结合”的道路，人的智能的提升也应该靠机器智能的发展，机器智能也能够扩展人的智能。

钱学森先生在提出“从定性到定量的综合集成法”的过程前后有一个明确的观点，就是面对着开放的复杂巨系统，这类问题应采取的对策是“人-机结合、以人为主的综合集成法”，需要把人的心智与计算机的高性能两者结合起来^[8]。他总结了在思维科学与智能机有关问题的讨论过程中所得出的看法“我们要研究的不是没有人实时参与的智能计算机，是‘人-机结合’的智能计算机体系！”他借鉴我国哲学家熊十力把人的心智概括为“性智”与“量智”两部分，对“人、机”结合做了解释。我们可以这样理解“性智”是一种从定性的、宏观的角度，对总的方面巧妙加以把握的智慧，与经验的积累、形象思维有密切的联系，人们通过文学艺术活动、不成文的实践感受得以形成：“量智”是一种定量的、微观的分析、概括与推理的智慧，与严格的训练、逻辑思维有密切的联系，人们通过科学技术领域的实践与训练得以形成。“人-机结合”是以“人”为主，“机”不是代替“人”，而是协助“人”。从信息处理的角度来考虑把人的“性智”与“量智”同计算机的“高性能”信息处理相结合，达到定性的（不精确的）与定量的（精确的）处理互相补充。目前人们清楚地认识到计算机能够对信息进行精确的处理，而且速度之快是惊人的，但它的不足之处是定性的（不精确）处理信息能力很差。尽管研究者将一系列近于定性处理信息的方法引入计算机系统中，企图完善其处理能力，但对于真正复杂的问题，计算机还是难以解决。与此相反，与计算机相比较，人处理精确信息能力是既慢又差，但是定性处理信息的能力是十分高明的。因此在解决复杂问题的过程中，能

够形式化的工作尽量让计算机去完成，一些关键的、无法形式化的工作，则靠人的直接参与，或间接的作用，由此构成“人、机结合”的系统。这种系统既体现了“心智”的关键作用，也体现了计算机的特长。这样一来，人们不仅能处理极为复杂的问题，而且通过“从定性到定量的综合集成”，达到“集智慧之大成”^[9]。

在从事人工智能的研究中，我们应用思维科学中形象思维的研究成果，发挥形象思维泛化的作用，在采用“人-机结合”在模式识别技术中取得重要进展后^[10]，于1994年提出“人-机结合”的智能科学^[11]，突破了当时“人工智能”的瓶颈，从而把信息时代计算机的作用从科学发展的里程中引进智能科学，成为当时争相开展的学科领域。这样，既把钱学森先生关于“思维科学是智能计算机的理论基础”的论断科学地体现出来，同时，把人工智能的研究提升到智能科学的高度，把“人-机结合”的思维科学思想嫁接到智能科学的研究，开创了“人-机结合”研究的新领域^[12]。这一学术思想的创新观点，为美国十年后的人工智能研究的发展所证明。

3 社会智能科学——自然与人文融合研究，个体与社会可持续发展的“大成智慧”

当今自然与人文互为影响、社会与个人相互交织，这种多重交互所呈现出来的智慧，作为群体和环境交互所涌现出来的智能，一方面证明人的智慧与所处的环境不可分割；另一方面，如果上升到类社会，那么也必然要研究“社会思维”与其紧密相联系的“社会智能”。人类智慧的社会化进程日益明显，应用从定性到定量的综合集成法所获取的知识、智慧，及其服务对象，更加凸显其广泛的社会性。这样伴随着现代信息技术、网络空间和机器智能的共同发展，呼唤着一

个新的学科。

我们分析、归纳了钱学森先生在这些领域的论述，印证了“社会智能”的形成与发展，结合在钱先生指导下“基于信息空间综合集成研讨体系”所取得的理论研究成果，进一步经过工程实践，将“综合集成研讨体系”成功应用于经济领域、军事领域以及信息处理领域，形成了在不同领域所涌现的“社会智能”。在整理从理论论述到实现可操作平台、再到社会实际领域运用实例的基础上，我们于2007年撰写出版了《社会智能科学》^[13]一书。从而把“社会智能科学”作为一门新兴学科置于科学技术界的视线。从学科交叉的观点，开放的复杂巨系统包括人脑系统、人体系统以及Internet、城市系统、社会经济系统等，这类系统的特点就是涉及“人”，以及人与人的群体，并以此作为系统中的基本单元。开放的复杂巨系统的提出及《社会智能科学》的形成，成为人文科学与自然科学交融在21世纪的开篇之一，继而引起一些学者的讨论和重视，根据可持续发展的需要，逐步展开了“社会智能工程”应用的一些领域。

综合集成研讨厅即为综合集成法的一种应用技术，是可操作智能工程平台的一种实践形式，研讨厅汇集了古今中外专家的智慧，通过知识工程里的专家系统将其综合集成起来。研讨厅体系除了汇集了古今中外专家的智慧，还具有动态性，随时吸收互联网上广大网民的智慧成果，集大成得智慧，形成相对最为合理的解决方案^[14]。研讨厅体系所涌现的“社会智慧”，使得研讨厅体系成为社会智能的产生系统。社会分工越来越趋于细化，使得我们可以通过“交互”来获得更加高效、更好的信息。当系统变得很大时，通常会超过单个个体的掌控能力，系统将分化、分裂，子系统间的“交互”也成为必然。这也从一个侧面说明单个个体智慧是有限的，“交互”是个体智慧的扩展，是“社会智慧”涌现的重要过程，

也是“社会智能工程”应用的主要领域。在当今社会条件下，科学的、及时的、准确的处理纷繁复杂的社会问题需要的是“人-机结合、以人为本”所涌现出的“社会智慧”，而“社会智慧”正是群体的创造性思维的体现。由此可见，“综合集成方法论”及其实践形式，正是当前可持续发展的观点下解决人类面对的现实问题的科学手段。

4 “大成智慧”为智慧城市建设提供科学的总体设计

智慧城市决定了未来城市的核心竞争力。截至2012年10月，我国95%的副省级以上城市、76%的地级以上城市，总计约220多个城市提出或在建智慧城市，超过80%的城市在“十二五”期间将智慧城市作为加快经济发展转型的战略导向，作为产业预测，“十二五”期间计划投资规模超过万亿元^[15]。去年，住建部公布193个国家智慧城市试点名单，入围其中的许多城市都提出了各自的智慧城市建设计划。许多从业人士认为，“成为智慧城市试点，不但可以得到政策扶持和补助，同时也可以以此为契机，大力推进相关设施建设，带动城市经济增长。”在投入巨大人力、物力之后，面对“智慧城市”纷纷扬扬的各种现象，一些有识之士进行反思。有研究人员指出真正能够体现智慧城市内涵，以及智慧城市建设最基础内容的，目前一个也没有看到^[15]。作为风向标的媒体也就这一情况展开讨论，发表了不少领域专家的卓识。认为目前仍处于概念梳理与理论争鸣的阶段，在当前的背景下，有必要开展智慧城市建设方案及方法方面的研究^[16]。尤为重要的是，对于智慧城市的建设，应该建立在科学、适直、可持续发展的理念之上，进一步提出实用化的操作平台，其产业化研究成果将为推动我国智慧城市建设提供决策支持。

回顾智慧城市发展的历程，2008年IBM首先提出Smarter Planet的愿景，希望地球获得更透彻的感应和度量，更全面的互联互通，更深入的智能洞察。紧接着于2009年，IBM又提出Smart City的愿景，引领城市通向繁荣和可持续发展。国内将Smart City展开译为“智慧城市”，现在看来具有更深层次的寓意。我国的城市建设一直以来沿着国外的思路发展，例如“数字城市”、“城市信息化建设”等，这是城市建设过程中智能化程度的不断推进。我国当前所提出的建设“智慧城市”的内涵，正是中国建设社会主义、发展城镇化、践行社会主义核心价值观的体现。社会主义核心价值观为智慧城市注入了灵魂，社会主义核心价值观体现的正是中华民族屹立于世界之林的“大成智慧”。

目前国内外对于智慧城市的研究，多忽略城市的系统特征，在方法论上以技术路线和应用路线为主，认为从“数据->信息->知识->智能->智慧”出发，存在着一条经由数据到达智慧的链条。前者主张大数据、物联网、云计算等技术手段的大规模应用；后者则强调构建智能化的系统，例如智能能源系统、交通系统、建筑系统等，希望直接由智能应用系统获得城市智慧。但是对城市本身的历史、地域、社会、人文、结构、演化、发展定位、功能预后等方面研究较少，在许多情况下，使得智慧城市建设经常表现为单纯的工程应用项目。也有些学者和实践者提出了系统路线，但是研究尚不深入，难以打通理论与实践之间的路径。

城市由于组成部件多（常包括数以百万、千万计的居民和机构，大量的基础设施、个人与公共财产等）、部件之间的关系错综复杂（部件存在分层关系，但是层次又经常是模糊的，在层次之内、层次之间存在着大量繁复的关系，甚至存在跨越多个层次的关系，关系的类型多种多样，例如血缘、地域、业务、经济等）、居于多

样化的环境之中（例如自然环境、政治环境、经济环境、人文环境、技术环境）且与环境存在物质、能量、信息的交换，因而属于开放的复杂巨系统^[17]，自觉应用处理开放的复杂巨系统的方法论——综合集成法和综合集成研讨厅体系来处理智慧城市的建设问题。在开放的复杂巨系统理论和综合集成法的指导下，我们首先从系统动力学的角度，研究城市的动力学^[18]，即城市发生、发展、结构与功能演化的一般规律，把智慧城市的建设视为城市结构与功能的综合优化问题，利用综合集成法，探究在自然环境、经济环境、文化习俗、生活习惯的约束下，新的技术条件、城市建设方法能为城市结构带来哪些优化，从而促使城市表现出预期的功能，实现城市运行与发展的智慧化。智慧城市作为一个开放的复杂巨系统工程，是一个科技与人文融合、技术与经济交汇、人类社会与自然环境和谐互促的多方位、多维度体系，必须集大成方能体现城市智慧^[19,20]。

5 结束语

人民科学家钱学森先生的一生，在中国乃至世界科技发展史上具有重要的作用。上世纪50年代即为美国绘制了喷气航空发展的前景，冲破阻碍回到祖国，创造性的为新中国的航空、航天事业规划了崭新的蓝图。他高屋建瓴二十年前就前瞻性的预示了科学发展的新领域和新方向，开创性的提出了解决开放的复杂巨系统的方法论——“人-机结合、以人为本，从定性到定量的综合集成法”。二十年来，我们研究团队始终追随、践行和发展着钱先生的系统科学思想，在国家经济、安全等领域的科学研究和工程实践中不断验证和发扬钱先生的科学思想及科学体系，运用和发展“大成智慧”学说搭建“大成智慧工程”，解决当今社会面临的各类复杂社会问题。2008年胡锦涛总书记视察我军某重要战略研究与支撑机

构，在仔细观看了由我们团队与该机构合作研制的“战略决策综合集成研讨系统”的作业演示后，称赞采用综合集成研讨方法深入研究重大现实课题很有意义，希望相关单位把该系统建设好、管理好、运用好，使之发挥应有的作用。从“重大原始性创新的曙光”到“国家层面的战略性应用”，体现的是长达二十年的综合集成研究过程所获得的丰硕成果。这既是钱学森等老一代科学家广阔的科学视野和卓越的学术创新能力的直接体现，也是自动化所研究集体立足复杂系统理论前沿，面向国家重大应用需求，持之以恒的开展综合集成体系研究的实践成果。

今年年初，习近平总书记提出我国全面深化改革的总目标^[21]，习主席强调全面深化改革是一项复杂的系统工程，需要加强顶层设计和整体谋划，加强各项改革关联性、系统性、可行性研究。体现了他运用、深化和发展“系统科学”的成果，指出系统科学的研究、应用和普及推广是重中之重。社会主义核心价值观的提出体现了时代赋予智慧城市崭新的核心。回顾过去，展望未来，从理论框架，到重大曙光，再到战略应用，综合集成之“大成智慧”学术思想必将为我国的社会发展和科技进步做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 钱学森. (1981). 系统科学, 思维科学与人体科学. 自然杂志, 1(3).
- [2] 钱学森, 于景元, 戴汝为. (1990). 一个科学新领域. 自然杂志, 13(1).
- [3] 钱学森. (1982). 现代科学的结构——再论科学技术体系学. 哲学研究, 3, 002.
- [4] 钱学森. (1985). 交叉科学: 理论和研究的展望[N]. 中国机械工程, 1(1985), 3.
- [5] 钱学森. (1991). 再谈开放的复杂巨系统. 模式识别与人工智能, 4(1), 1-4.
- [6] 戴汝为, 操龙兵. (2002). 综合集成研讨厅的研制. 管理科学学报, 5(3), 10-16.
- [7] 戴汝为. 《论信息空间的大成智慧》. 上海交通大学出版社, 2007.
- [8] 戴汝为. (1994). “人机结合”的大成智慧. 模式识别与人工智能,

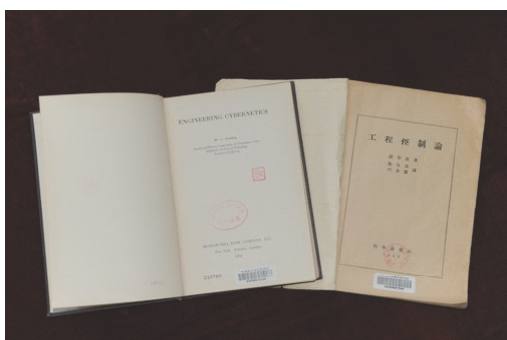
- 7(3), 181-190.
- [9] 戴汝为. (2002). 系统科学与思维科学交叉发展的硕果——大成智慧工程. 系统工程理论与实践.
- [10] Tai J W (戴汝为), Liu Y J, Zhang L Q. A New Approach for Feature Extraction and Feature Selection of Handwritten Chinese Character Recognition; Frontiers in Handwriting Recognition, Edited by Impedovo and J.O.Simon, Elsevier Science Publishers, 1991.
- [11] 戴汝为. 智能科学与工程(人机的结合). 北京: 中国科学院第七次院士大会学术报告摘要汇编(预印本), 1994. 45-50.
- [12] 钱学森, 戴汝为. 论信息空间的大成智慧: 思维科学、文学艺术与信息网络的交融. 上海交通大学出版社, 2007.
- [13] 戴汝为. 《社会智能科学》. 上海交通大学出版社, 2007.
- [14] Longbing Cao, Ruwei Dai and Mengchu Zhou. Metasynthesis: M-Space, M-Interaction, and M-computing for Open Complex Giant Systems. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans. Vol.39, No.5. 2009.
- [15] 智慧城市建设需要“大智慧”, 中国科学报, 2013-11-7 A1版.
- [16] 戴汝为: 智慧城市“建设热”的冷思考, 中国科学报, 2014-9-15 A1版.
- [17] 戴汝为. 数字城市——一类开放的复杂巨系统. 中国工程科学, 2005, 7(8).
- [18] 唐恢一. 《城市学》. 哈尔滨工业大学出版社. 2008.
- [19] 郑楠, 王丹力: 以“综合集成决策”应对巨灾, 中国科学报. 2012-9-15 A3版.
- [20] 郑楠, 王丹力: 以“社会智慧”处理城市问题, 中国科学报. 2012-10-20 A3版.
- [21] 人民日报《完善与发展中国特色社会主义制度, 推进全国治理体系与治理能力的现代化》, 2014.2.18.

作者简介

戴汝为 (1932—), 男, 1951年考入清华大学, 1955年毕业于北京大学, 后分配到中国科学院工作至今, 师从著名科学家钱学森。长期从事自动控制、系统科学、思维科学、模式识别、人工智能等方面研究工作。1980年作为国家首批派出赴美访问学者师从著名模式识别大师傅京孙(K.S.FU)教授; 1991年当选中国科学院院士。几十年来, 在钱学森先生的直接指导下, 在某些前沿科学领域进行交叉学科的整合与研究, 在我国经济、军事及社会发展领域重大问题决策中, 发挥了重要作用。E-mail: ruwei.dai@ia.ac.cn;

郑楠 (1984—), 女, 博士, 副研究员, 2012年毕业于中国科学院自动化研究所, 获博士学位。目前主要从事智能系统、信息处理、网络挖掘等领域的研究。本文通信作者。E-mail: nan.zheng@ia.ac.cn.

《工程控制论》于1956年荣获国家自然科学奖一等奖



工程控制论英文版(1954年)、中文版(1958年)

1954年, 《Engineering Cybernetics》(工程控制论)正式出版, 该书的出版在世界科技界引起广泛注意, 随即被翻译成多种文字发行, 1958年《工程控制论》中文版发行。该书把一般性概括性的理论和世纪工程经验很好地结合起来, 对工程技术各个系统的自动控制盒自动调节理论作全面的探讨。《工程控制论》学术上达到当时国际领先水平, 在自动化、无线电电子学、航天技术及系统工程等专业领域都得到了广泛应用, 该书于1956年荣获国家自然科学奖一等奖。

从工程控制到社会管理：控制论 Cybernetics本源的 personal 认识与展望

王飞跃

中国科学院自动化研究所 复杂系统管理与控制国家重点实验室，北京 100190

今年是钱学森教授《工程控制论》英文版发表六十周年之际，这是一部在我的学术生涯中产生过十分重要影响的著作。饮水思源，万千心绪，谨以本文表示纪念。主要观点：①维纳的《控制论》是今天的控制科学、计算生物、计算大脑、计算智能等许多学科的思想开端，但非实质上的奠基之作；实际上，维纳倡导的“Cybernetics”，作为一个学科，至今仍然没有真正地实现。②钱学森是世界上最早把维纳的“Cybernetics”明确为“机械和电机系统的控制和导航科学”的学者之一，并给出具体的方法，把伺服机构和经典控制等“工程实践”升华为“工程科学”，《工程控制论》理应作为现代控制科学真正的奠基之作。③安培“控制论（Cybernetique）”之本意是“国务管理（Civil Government）”或社会控制，但最初维纳和钱学森都认为这一设想无法实现的：用维纳的描述是“虚伪的希望”或“过分的乐观”，用钱学森的语言就是“恐怕永远也不会有结果”；但钱学森晚年的看法有了变化，认为“维纳一九四八年的观点是过于保守的”，而且，相信“一门新的科学终将诞生，这就是社会控制论”。

回顾自己的专业发展过程，曾有两本书几乎是戏剧性地拓展了我的研究视野，先是从力学到

控制，后再从理工到社科。在这两次变化之中，钱先生的《工程控制论》^[1]都直接或间接地起了重要的作用，也使我有机会从个人的角度理解控制论的历史和本意。今年正值《工程控制论》英文版发表六十周年，匆忙成文，谨以此向钱先生表示感谢与怀念。

一、《工程控制论》与《科学革命的结构》

第一次变化发生在三十年前，那时我还是浙江大学力学系的一个研究生，刚刚完成《正交各向异性圆柱形中厚壳的一个精化理论》的硕士论文答辩，立即花了近一周的时间细读了库恩的著作《科学革命的结构》^[2]，这是我偶然在一次物理学讲座上知道的一本“反”科学的书。硕士期间，我已在板壳力学、弹性理论和应用数学等领域完成了十二篇论文，并计划把基于公理体系的理性力学作为未来的研究方向。但内心里，一直有一种深深的彷徨与不安，觉得所学习和研究的对象与内容太机械、经典、被动，并不十分确定这就是自己一生的专业。库恩一书对科学的反省与反思，给了我很大的冲击，使我对纯的理性研究有了不同以往却更实际的认识^[3]，更加觉得自己

注：本论文已投《控制理论与应用》，此处为转载。

的研究方向“机械”、“被动”，决心转到一个开放、主动的领域。就是在这种心境之下，我望文生义想到了控制论，因为“控制”一定是“主动”的。

选择控制论的另一个重要原因就是钱学森教授，不单单是由于他的《工程控制论》，还因为钱学森与冯卡门关于柱壳屈曲研究的论文是铁木辛柯《板壳理论》中所引为数不多的华人文章之一，这使我较深地了解到他在力学上的成就。三十多年前的环境与体制，对一位刚毕业的硕士研究生而言，跨行换专业绝对是一件大事，但钱学森教授从力学到控制巨大成功，确实给了自己很大的鼓励和信心。不过，我开始读的，不是钱学森《工程控制论》的原版，而是上世纪八十年代初钱学森与宋健合著的修订版《工程控制论》上下两卷^[4]。这是我大学时就买下的非本专业“闲书”，印象深刻的就是钱先生的序，洋洋十余页高屋建瓴地阐述了控制论与技术革命和现代化的关系。

由于当时没有读原版，并不知道新版与原版的差别，甚至还不知“控制（Control）”和“控制论（Cybernetics）”在英文里根本就是不同的两个词，因此心中不时出现文字上的“疑惑”：为什么要叫“工程”控制论？控制不就是工程系统的控制吗？特别是读完两大卷本和其它控制专著之后，更觉得《工程控制论》的“工程”两字是画蛇添足，“疑惑”更深了。

二、《工程控制论》与《开放社会及其敌人》

这一“疑惑”跟随着我差不多十年，直到我开始自己研究视野新的拓广。那时我已转入智能控制研究多年，这是一个刚刚兴起、融合了人工智能、运筹学和控制的新方向，主要应用在智能机器人、智能制造和智能交通系统等领域。1990

年完成题为《智能机器的协调理论》的博士论文之后，我一直在亚利桑那大学教书，并主持机器人和自动化以及计算机集成制造两个实验室的工作。当时心里很苦恼，因为智能控制的对象应为复杂系统，由于互联网等网络技术还很原始，构造复杂系统往往需要昂贵的硬件和软件投入，经费巨大；再加上那个时期许多智能控制的论文是哲学式或漫无天际的空谈，自己除了几个机器人之外，也没有多少“复杂系统”的实践，很难理论联系实际，常常有研究的是“屠龙术”之感。

同事中有位资深的老教授，Russell Ferrell，学士修的是纯文科，英国文学，但博士攻是纯工科，毕业于MIT的机械系，还是远程控制、机器人和人机系统的创始人之一Thomas Sheridan教授的第一位博士毕业生，而Sheridan恰好又是我自己博士导师George Saridis教授的好朋友。可能是这些原因，Russ与我很谈得来，我也常同他说起自己的苦恼。Russ告诉我，问题太复杂了，就会对人的能力和智力产生过分甚至非分的要求，自然而然地导致大而空，甚至造假骗人的文章；他还向我推荐了波谱尔的《开放社会及其敌人》^[5]一书，说波谱尔之所以在书中批判了柏拉图、黑格尔等，就是因为他们的学说过于宏大复杂，容易导致“乌托邦社会工程”，进而对政治家们的能力提出非分的要求；政治家能力不够，无法实现“乌托邦”，最后只好“独裁”了事。Russ负责教授“人因工程”、“工程统计”和“质量与可靠性工程”等课程，还热心社区的政治活动，是当地民主党的积极分子，可能因为这些原因，他建议我考虑一下智能控制在人机和社会系统中的应用，因为一有了人，系统就复杂了，还要我一定再读一下维纳的《控制论》^[6]，或许能有新的启发。

说来惭愧，其实那时维纳的《控制论》我虽翻过但连一遍都没有读完，而波谱尔的《开放社会及其敌人》在中国曾一直是禁书，就更没有看过了，不过Russ的话使我认真地读了这两本书。好

在上世纪九十年代初，我已涉足“Day Trader”的行业，并开始了语言动力学的研究^[7]，本来就对社会经济系统有兴趣，但波谱尔在书中描述的“开放社会”，特别是“零星社会工程”的概念，给我的冲击不亚于库恩的《科学革命的结构》，更使我相信网络化的普及和信息化的深入，必然导致去中心、分布、扁平的“开放社会”结构与生态，从此开始认真地考虑把计算和控制方法用于社会问题的研究。有趣的是，维纳在其《控制论》的最后一章“信息、语言和社会”也认为随着信息通讯技术的发展，“小小乡村社会”要比“大社会”稳定并优越的多，这与波谱尔批评“乌托邦社会工程”、提倡“零星社会工程”异曲同工。不过，自己这方面的兴趣真正结果却又是差不多十年的光阴之后：随着网络数据和社会媒体的兴起，情报与安全信息学^[8]及社会计算^[9]应运而生，成为自己最近十多年来的主要研究领域之一。

三、《工程控制论》与《控制论》：Cybernetics的本源

学习维纳《控制论》的同时，使我回想起钱学森的《工程控制论》，以及自己对为什么要叫“工程”控制论的疑惑。于是，找来《工程控制论》的英文原版，翻开第一页，结果就发现钱先生在其简短前言的第一行里就已为我解了“惑”：“著名的法国物理学家和数学家安培曾经给关于国务管理（Civil Government）的科学取了一个名字——控制（Cybernetique）（Part II of “Essai sur la philosophie des sciences”，1845，Paris）^①。安培企图建立这样一门政治科学的庞大计划并没有得到结果，而且，恐怕永远也不会

有结果。”^[1]。原来，控制（Cybernetics）的本意委婉含蓄地说是“国务管理”，直截了当地讲就是“社会控制”，所以钱学森必须在“控制论”之前加“工程”二字予以修饰，否则仅是“控制论”就无法结果！

读完维纳的《控制论》和钱学森的《工程控制论》，我突然意识到其实很少人有机会仔细甚至直接去读经典的原文，以致多数人对其意义和作用或许有误解。因为维纳的《控制论》除了反馈的思想外，形式上几乎没有现代控制理论的影子，书中大批的数学公式，虽然已成为许多科学分支的基础，但与今日熟知的控制方程风牛马不相及，可以说没有一个能在大学标准控制教科书里找到，内容也大相径庭。其实，维纳的《控制论》很大程度上有随笔和随感的性质，更应看成是今天的控制科学、计算生物、计算大脑或计算智能等的精神和思想上的开端，而不是现代控制科学的奠基之作，这与许多控制专业人士的通常观念很不一样。实质上，维纳《控制论》的副标题：“或关于在动物与机器中控制和通信的科学”，已经充分说明这个问题。而且，我个人认为，维纳的《控制论》确实是一部划时代的巨著，但维纳书中或心目中的“Cybernetics”，至今仍然没有真正地实现，不过当下的互联网、物联网、万联网、特别是Cyberspace、人机、认知、云计算和计算大脑等技术和研究的兴起，正是落实维纳“Cybernetics”科学的大好时机。只是，为了清晰起见，建议我们为“Cybernetics”另寻一个中文名之。

反观钱学森的《工程控制论》，尽管与后来钱学森宋健的新版有很大差别，但与近代控制理论的相关表述一致，书中的数学公式也具有今日控制同类公式的影子，理应作为现代控制科学真

^①维纳在其《控制论》^[6]的引言里称“控制论这个词的产生不早于1947年夏天（the term cybernetics does not date further back than the summer of 1947）”。根据Wikipedia，安培在其著作《论科学的哲学》（Essai sur la philosophie des sciences）第一部发表于1834年，第二部1843，不是钱学森序言中所说的1845年。

正的奠基之作。可惜当时自己没有时间进一步的深究这一问题，但却开始了搜集钱学森《工程控制论》英文原版的爱好。自此十余年，收藏三十余本；回国之后，多赠于从事控制理论与应用的科研机构与人员，包括钱学森母校西安交大、钱学森之子钱永刚先生（后藏于上海交大），就是希望国人能对钱学森在控制理论方面的贡献有更加实际的认识。

实际上，钱学森可能是世界上最早把维纳的“Cybernetics”明确为“机械和电机系统的控制和导航科学（the science of control and guidance of mechanical and electrical systems）”学者之一（见钱学森《工程控制论》英文原版开篇的第三句话），但他明白其实维纳的《控制论》并没有给出控制机械或电机系统的具体方法，而当时的伺服机构和经典控制又被钱先生认作是“工程实践（Engineering Practice），远非他所心仪并且大力倡导的“工程科学（Engineering Science）”（斜体为钱学森先生自己所加），因此，他要写一本关于机电系统的控制科学的书，想必这就是《工程控制论》的原始动机和成因。

对我而言，更为重要的还是钱学森的《工程控制论》英文原版开头的话，特别是“国务管理”“恐怕永远也不会有结果”之言，从此铭刻在心。十多年后，引发了我对社会信号与社会管理问题的关注、思考与研究^[10]，成了自己最新的研究方向。

四、从工程控制到社会管理：本源的回归

一百多年前，安培在其著作《论科学的哲学》里进行科学分类时，就把管理国家的科学称为“控制论”，把相应的希腊文译成法语“Cybernetique”，在此意义下，“控制论”一词被编入十九世纪许多著名词典中。因此，用今天

更通用的术语，从政治国务角度而言，“控制论（Cybernetics）”更直截的定义就是“社会控制”，从社会事务角度理解，“控制论（Cybernetics）”可以委婉地定义为“社会管理”。

所以，“工程控制论（Engineering Cybernetics）”不是文字上的“画蛇添足”，但“社会控制论（Social or Socio Cybernetics）”在原意之下、文字之上却是真正的“画蛇添足”。这就是为什么2010年，在IEEE SMC（系统、人和控制论）学会的理事会（BoG），我反对欧洲学者提出成立“Social Cybernetics”技术委员会的原因，建议使用“计算社会系统（Computational Social Systems）”一词，并被IEEE SMC新的汇刊采用。

文字上理清了“控制论”的本意，但在《工程控制论》发表六十年后的今天，本意下“控制论”还是如钱先生所言的“恐怕永远也不会有结果”吗？

实际上，在钱先生《工程控制论》问世的三年之前，美国著名的政治学家David Truman发表了《国务过程（Governmental Process）：政治利益与公共舆论》^[11]的重要著作，主张根据观察到和可观测得行为来解释国务现象，要求采用科学的、定量的、经验的、解析的分析方法来代替哲学的、定性的、规范的、主观的分析方法，从而把国务学从“政治哲学”转换为“政治科学”，在社会学界产生过极大的影响。然而，当时没有实时的“社会信号”，实时反馈式的“国务管理”还不可能。但是，那时已经有各种各样的物理传感器，如温度、压力、电流传感器等等，可以产生充足、实时的“物理信号”，为“工程控制论”的创立与实施提供了条件，现代的工业，正是建立在有此而来的工业控制与自动化的基础之上的。

所以，在当时的历史条件下，钱先生是正确的，没有相应的实时“信号”，安培庞大的“国务管理”计划自然“不会有结果”，时代的技术

只能是走向其《工程控制论》里所描述的“工程控制”。

然而，时至今日，从社交媒体、社会网络、社会计算，甚至计算社会，基于因特网和Cyberspace的虚拟社会体系技术已经发展并成熟起来，迅速地跨入了海量的“大数据”时代，而且以社会事务的数据为主体，从微博到微信，“社会信号”扑面而来，而且几乎是无所不在、无时不在。针对这一新的历史性发展与阶段，我们必须重新审视控制论的本意。因为我们关于社会和政务的数据及信息，现在不但充分且实时，而且有时还出现“超载”现象，这种情况下，面向其本意的社会管理之“控制论”难道还是“恐怕永远也不会有结果”吗？

如文献[10]所指出的，在工业生产过程中，自然中的许多物理化学过程的动态变化在人造环境中被强化、加剧，使我们不得不借助于工程控制论加以控制，形成了目前几乎已标准化的可编程控制器（Programmable Logic Controller, PLC），分布式控制系统（Distributed Control Systems, DCS）等等。因为如果还是按农业时代的“自然”方式处理这些过程，就会在生产过程中产生许多“爆炸”（如化学反应失控等）和灾难。

现在，我们正从工业时代向知业或智业时代迈进，社会中的许多组织过程的动态变化在人工环境中，特别是网络化的环境中被加剧强化，也必将催发未来的新型社会管理产业，今天的企业资源规划（Enterprise Resource Planning, ERP），社会资源规划（Social Resource Planning, SRP）和文化资源规划（Cultural Resource Planning, CRP）等等只是滥觞。将来，我们必须有各种各样的“社会管理器”，就像PLC和DCS一样，否则，就会在社会过程中产生许多“爆炸”（大型动乱的加强、小型化与常规化等等），其效果会像由于控制不当在复杂生产中发生的重大事故一样，

甚至过之。因此，我们必须创新社会管理，必须重新审视面向社会和政务的控制论之原意。为此目的，我们首先必须考虑社会信息的采集、处理和分析等重要基础问题^[10]。

针对这一考虑，我在文献[10,12-15]就复杂系统的建模鸿沟、牛顿系统与默顿系统、牛顿定律与默顿定律、社会信号的刻画与描述、社会传感网络和计算辩证推理及其解析、社会计算、平行系统、平行管理、平行应急、平行控制、知识自动化等问题展开讨论，希望在此基础上建立面向社会信号获取、分析、解析、执行和应用的一般框架与方法体系，使“控制论”的本意能够生花结果，得以实现。

我个人认为，钱先生在晚年已经开始了他自己的回归“Cybernetics”本源之路，他所倡议引导的系统工程、系统科学、综合集成、开放复杂巨系统、社会主义建设的总体设计部等等，都清楚地揭示这一升华之后的回归，特别是他在自己合著的《工程控制论》修订版之序言里，清晰地展示了这样的信念：“在社会主义条件下，一门新的科学终将诞生，这就是社会控制论。”实际上，序言中下面的两段话，讲得十分明白^[4]：

“维纳在一九四八年曾经说过，那种认为控制论的新思想会发生某种社会效益的想法是‘虚伪的希望’，‘把自然科学中的方法推广到人类学、社会学、经济学方面去，希望能在社会领域里取得同样程度的胜利’，这是一种‘过分的乐观’。控制论的现代发展证明维纳一九四八年的观点是过于保守的。把一些工程技术方法推广应用到社会领域也不是‘过分的乐观’，而是现实。运筹学已用于经济科学，并将应用于更大的社会领域。”

“恩格斯曾经预言，在社会主义条件下，‘社会生产内部的无政府状态将为有计划的自觉的组织所代替’。充分利用社会主义经济规律的

调节作用，能够组织自觉运转的经济系统，这样的系统实质上也是一种自动系统；充分利用社会主义建设的客观法则和统计规律的调节作用，如恩格斯所预言，可以实现社会生产的‘有计划的自觉的组织’，实质上这就是一种巨型的系统，所以，控制论所研究的系统的运动形式，在高级形态的系统——社会系统中，也是存在的。因此，没有理由认为控制论的社会应用是一种‘虚伪的希望’。这是一种已经看得见曙光的真实的希望。在社会主义条件下，一门新的科学终将诞生，这就是社会控制论。这样一门科学不会在资本主义制度下出现，因为‘资产阶级社会的症结正是在于，对生产自始就不存在有意识的社会调节’。”

由此可见，《工程控制论》英文原版30年后，钱先生就认为本意下的“控制论”，在一定条件下，是“会有结果”的。当然，回归“Cybernetics”本源之路，目前还只是一个开头，而且，“乌托邦”式的“国务管理”科学，恐怕还是会像钱先生所预言的那样，只能是文学上的理想，永远不会有科学上的结果。

综观钱学森先生的一生，无论在科学、技术还是工程上，都是辉煌的一生；他驰骋在力学、控制、航天、管理、认知、系统工程和科学等诸多科技领域里，而都作出了杰出和巨大的贡献，为后辈学者立下了一个难以逾越的丰碑。《工程控制论》只是他早年的重要成果之一，本文也只会从个人的经历和角度来纪念其发表60周年，更希望年轻学者扎实学习、认真研究、不断创新，利用新时代的新思想、新方法、新技术，早日取得超越《工程控制论》的成就，努力给“钱学森之问”一个合格的答复。

致谢：十分感谢吴宏鑫院士和黄琳院士在很短时间里认真地审阅了本文初稿，并提出十分具体的建设性意见。本文反映的完全是个人的一些不成熟的观点，特此说明。

参考文献

- [1] H. S. Tsien, Engineering Cybernetics. New York: McGraw Hill, 1954.
(中文版《工程控制论》由戴汝为、何善瑜翻译，科学出版社，1958)
- [2] T. S. Kuhn, The Structure of Scientific Revolutions. Chicago: University of Chicago Press, 1962.
- [3] 王飞跃，库恩的思想与对学人、学科、学问的认识，世界哲学，2004年3期，16-18.
- [4] 钱学森、宋健，《工程控制论》修订版（上、下卷），科学出版社，1980和1981.
- [5] K. R. Popper, The Open Society and Its Enemies. London: Routledge, 1945.
- [6] Norbert Wiener, Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. New York: John Wiley, 1948; Cambridge, MA: MIT Press; 2nd revised ed. 1961.
- [7] 王飞跃，《语言动力系统与二型模糊逻辑》前言，中国科学技术出版社，2013.
- [8] 王飞跃、王珏，情报与安全信息学研究的现状与展望，中国基础科学，Vol.7, No.2, pp24-29, 2005.
- [9] 王飞跃等，社会计算的基本方法与应用，浙江大学出版社，2010年.
- [10] 王飞跃，社会信号处理与分析的基本框架：从社会传感网络到计算辩证解析方法，中国科学：信息科学，Vol.43, No.12, pp1589-1611, 2013.
- [11] D. B. Truman, The Governmental Process: Political Interests and Public Opinion. New York: Knopf, 1951.
- [12] 王飞跃，平行系统方法与复杂系统的管理和控制. 控制与决策，19(5): 485-489, 2004.
- [13] 王飞跃. 平行控制—数据驱动的计算控制方法. 自动化学报, 39(4): 293-302, 2013.
- [14] 王飞跃. 平行应急管理系统PeMS的体系框架及其应用研究. 中国应急管理, 2007, 1(12): 22-28, 2007.
- [15] 王飞跃. 迈向知识自动化, 中国科学报, 2013年12月30日.

作者简介

王飞跃 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室主任、研究员。主要研究方向为智能系统和复杂系统的建模、分析与控制。E-mail: feiyue.wang@ia.ac.cn

中国自动化学会第十届理事会常务理事简介

(排名不分先后)



陈明海，男，1962年1月生，山东邹城人；曾任化学工业部设备局（总公司）副处长、处长，中国化工装备仪表公司副总经理、总经理等职；现任中国石油和化工自动化应用协会秘书长。

长期在石油和化工行业从事专业技术管理工作，积累了丰富的专业技术、应用和管理经验。曾组织、主持或参与过石油和化工行业大批重大科研项目和重大工程项目自动化相关专业技术管理工作；曾为科研院所、大专院校和企业承担的数百项科研课题（多数为省部或国家课题）提供了技术咨询和指导；曾组织、主持或参与过数十项行业标准或国家标准的制修订工作；曾组织、主持为石油和化工行业制修订大批技术规程或规章制度；曾获授权发明专利1件、实用新型专利2件（3件专利均为独立发明），发表学术论文数篇。



费树岷教授，1961年生，1982年、1985年分别获安徽大学理学学士与理学硕士，1995年获北京航空航天大学工学博士，1997年东南大学自动化研究所博士后出站，之后留东南大学自动化研究所、自动化学院至今。现为东南大学自动化学院院长，教授，博士生导师。

近五年来，负责完成国家自然科学基金项目1项，高校博士点科学基金项目2项，负责完成国家863重点项目1项，参入国家自然科学基金重点项目1项（东大负责人）以及企业委托的合作项目十余项。目前在研的项目有：国家自然科学基金

项目1项，企业委托的合作项目5项，发表论文300余篇（其中SCI收录100余篇、EI收录50余篇），2013年获江苏省科技进步一等奖1项（排4），2014年获国家技术发明二等奖1项（排4），获授权发明专利3项。现为中国自动化学会常务理事、控制理论专业委员会委员，江苏省自动化学会理事长，《控制理论与应用》、《控制工程》学术刊物编委会编委等。



顾纯元，1958年出生于中国，上海交通大学工程专业学位和瑞典斯德哥尔摩皇家理工学院工程博士学位。1989年加入ABB，长期在ABB欧洲和亚洲工作。在工业机器人和工业自动化领域，他是全球公认的行业专家。1989年至2005年，他在瑞典机器人业务部门担任多个技术和管理职务，2006年，他回到中国，在上海领导全球机器人研发中心的工作，成为中国机器人业务负责人。2012年起，出任北亚区（含中国、日本和韩国）离散自动化及运动控制业务部负责人，负责的自动化业务中也包含电力部分，主要关注可再生能源。



贾磊，男，1959年11月出生山东省济南市。现任职山东大学教授、博士生导师，山东大学校长助理、研究生院常务副院长。主要社会兼职：中国自动化学会理事、中国自动化学会智能建筑委员会副主任、中国自动化学会过程控制委员会

常务理事、教育部高等学校仪器科学与技术教学指导委员会委员、山东省自动化学会理事长。

主要工作经历：1982年7月至1999年9月，山东轻工业学院机电工程系教授、系主任；2000年7月至2005年11月，山东大学控制科学与工程学院教授、院长；2002年3月至2002年6月，英国利物浦大学访问学者；2004年9月至2004年12月，美国马里兰大学访问学者。近几年主持完成了国家863项目、国家自然科学基金项目、国家十五支撑计划重点项目、国防重大项目等科研项目二十余项，在国内外著名刊物发表论文100余篇，被SCI、EI收录80余篇，获省部级科技进步奖一等奖三项，二等奖三项。



蒋昌俊，男，1962年5月生于安徽省安庆市。1995年中科院自动化所获博士学位，1997年中科院计算所博士后出站。现任同济大学教授、副校长、嵌入式系统与服务计算教育部重点实验室主任。担任国家自然科学基金委信息学部咨询委员、中国云体系产业创新战略联盟副理事长、中国人工智能学会副理事长、中国自动化学会常务理事、中国计算机学会理事及Petri网专委会主任、上海市科协副主席、英国工程技术学会会士（IET Fellow）等。主要从事并发系统、服务计算和交通信息工程等研究。973项目首席科学家、国家自然科学基金重大计划集成项目总体负责等。在中国科学、ACM TECS、IEEE TC、TPDS、TMC、TAE、TSMC等发表论文200余篇，被同行引用1000余次。获2013年国家科技进步二等奖（第1位）、2010年国家技术发明二等奖（第1位）等。获首届全国百篇优秀博士论文、DEDS何潘清漪奖、ACM国际会议最佳论文奖和国际期刊IJST年度最佳论文等。



李泽滔，男，1960年1月31日生于贵州遵义，2006年7月毕业于法国国家科研中心系统结构分析实验室（LAAS-CNRS）/法国国家应用科学学院（INSA）获博士学位，现为贵州大学电气工程学院院长，教授，贵州省电力系统智能化技术重点实验室常务副主任，中国自动化学会常务理事，中国自动化学会技术过程的故障诊断与安全专业委员会委员，贵州省自动化学会理事长。

曾获贵州省自然科学优秀学术论文奖一等奖一项（2010）、三等奖一项（2007）；省科技进步奖三等奖一项（1993）；贵州大学第二届“感动校园十大人物（2010）”；获得实用新型专利四项；发表重要国际学术期刊论文和重要国际会议论文20余篇。



刘磅，男，1963年10月生，教授，高级工程师，深圳达实智能股份有限公司董事长、总裁。现任中国自动化学会常务理事，中国节能协会常务委员，深圳市科技评价专家，深圳市政府投资项目咨询专家、首届“深圳市十佳青年科技企业家”获得者，曾任深圳市三、四届人大代表，人大科技组组长，深圳市南山区一届政协委员。

主要成就：组织完成国家级火炬计划“基于TCP/IP智能终端的数字社区系统”，获得“EBC智能楼宇控制系统”、“中央空调节能控制系统”等多项产品科技成果鉴定并得到大力推广，组织自主研发了国内首个“城市能源监测管理平台”，获得“中央空调变温差节能控制系统”、“中央空调系统运行仿真系统”等11项国家发明专利。在其领导下，达实公司成为国家高新技术

企业，是深圳市民营领军骨干企业、自主创新行业龙头企业、深圳市知识产权优势企业，设立了国家博士后科研工作站、深圳市工程技术研究开发中心，成为国内最有竞争力的基于自主产品的建筑智能化与建筑节能服务商，并于2010年6月在中小板上市。



宁滨，北京交通大学校长，1959年5月出生于山西稷山。国际铁路信号工程师协会(IRSE)会士(Fellow)，英国工程技术学会(IET)会士(Fellow)，国际电子电气工程师协会(IEEE)会士(Fellow)，国际电子电气工程师协会(IEEE)智能交通系统学会铁路系统与应用(RSA)技术委员会主席，中国交通系统工程学会副理事长，中国城市轨道交通协会副会长，北京铁道学会副理事长，中国欧美同学会会员，第六届教育部科学技术委员会委员兼学风建设委员会委员、能源与土木建筑水利学部常务副主任，科技部“十二五”863计划专家委员会委员，北京市第十三、十四届人大代表，北京市人民政府专家咨询委员会委员。

宁滨教授是国家高速列车运行控制、城市轨道交通列车控制和智能交通领域的专家，主持多项国家、铁道部和北京市重点项目，曾获国家科技进步二等奖三项，铁道部科技进步奖特等奖、一等奖和二等奖多项。在国际国内学术期刊和国际学术会议上发表论文30多篇。



钱锋，男，1961年4月出生，籍贯江苏省扬中市，华东理工大学副校长，长期从事复杂工业过程建模、控制、优化以及系统集成方法与关键技术的研究工作，以“过程控制单元优化系

统集成优化”为研究主线，融合物质转化机理与生产装置运行信息，研究开发了化工过程智能建模、控制与优化等系列核心技术，其中乙烯生产过程关键性能指标的预测与先进控制在国内乙烯行业全面推广应用；PTA等化工过程的智能建模与操作优化支撑了百万吨级PTA成套技术自主创新及产业化。研究工作已在乙烯、精对苯二甲酸、炼油、聚酯等20余套大型工业装置上成功应用，入选中国高校产学研合作十大优秀案例。以第一完成人先后获得4项国家科技进步二等奖（1项第二）和7项省部级科技进步一等奖等20余项省部级科技奖励；作为第一发明人，授权27项、公开24项国家发明专利，登记39项国家计算机软件著作权，获得中国专利优秀奖、2项上海市发明创造奖发明专利一等奖；发表SCI/EI收录论文200余篇。



秦继荣，男，汉族，1955年9月出生，籍贯山西省临县。中国指挥与控制学会秘书长，中国北方自动控制技术研究所研究员，工学博士、北京理工大学兼职教授、总装仿真技术专业组成员、装甲综合电子系统专家组成员，山西省兵工学会理事长、《火力与指挥控制》编委会主任、《指挥控制与仿真》编委、《电光与控制》顾问，是“指挥与控制系统工程”学科主要创建人。

长期致力于我国陆战机动平台火力指挥与控制系统的研究工作。主持和参加的科研项目曾荣获国家级科技进步一等奖1项，省部级特等奖2项、一等奖2项、二等奖1项，三等奖3项；版了《现代直流伺服控制技术及其系统设计》、《指挥与控制概论》、《坦克技术概论》、《火控系统概论》等六部专著，发表论文50余篇；获国防专利4项。2002年，入选国防科技工业首批“511”科技创新人才。2013年，获“何梁何利科学技术创新奖”。



沈轶，男，1964年12月生于湖南。1998年在华中理工大学系统工程专业博士研究生毕业，获工学博士学位，1999年至2001年在华中科技大学机械工程博士后流动站从事博士后研究，出站后留校任教。

长期从事控制理论与系统科学的科研和教学。主持国家自然科学基金6项，教育部博士点基金3项。在IEEE Transactions on Neural Networks, Automatica, IEEE Transactions on Automatic Control等国际期刊发表SCI收录论文80余篇。曾获湖北省自然科学一等奖，教育部自然科学一等奖。

现任华中科技大学自动化学院常务副院长、教授、博士生导师，兼任《IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems》编委、《自动化学报》编委、中国自动化学会常务理事、中国系统工程学会理事、中国自动化学会控制理论专业委员会委员、湖北省系统工程学会副理事长兼秘书长。



孙长银，1975年生于安徽省霍邱县。他于1996年获得四川大学应用数学专业理学学士学位，2001年、2004年分别获得东南大学控制理论与控制工程专业工学硕士、工学博士学位。2006年在河海大学晋升教授，2007年在东南大学遴选为博士生导师，2009年任东南大学自动化学院副院长（分管科研）。近年来，在《IEEE TAC》、《IEEE TNN》、《Neural Networks》等国内外学术期刊或会议上发表学术论文100余篇，其中SCI收录论文80篇，被引600余篇次；出版学术专著两本。曾获2006年全国优秀博士学位论

文提名、2007年教育部自然科学一等奖（第二完成人）、2010年教育部自然科学二等奖（第一完成人）和江苏省青年科技奖以及2013年国家自然科学二等奖（第二完成人）等多项荣誉或奖励。2007年6月-2009年8月期间任国家基金委信息科学部项目主任，2012年3月兼任北京科技大学自动化学院院长，孙长银教授是2011年国家杰出青年基金获得者，2008年教育部新世纪优秀人才，2013年江苏省“333”工程二层次中青年科技领军人才，“智能机器人感知与控制”江苏省高校优秀科技创新团队带头人（2013年）。



苏宏业，男，1969年生，博士，教授，博士生导师，教育部长江学者奖励计划特聘教授，国家杰出青年基金获得者。1995年6月毕业于浙江大学工业自动化专业，获工学博士学位；2000年晋升为浙江大学教授，2001年批准为博士生导师，1999年10月起任浙江大学先浙江大学智能系统与控制研究所副所长。主要从事复杂工业过程建模、控制与优化理论、技术及实现研究。



孙尧，男，汉族，1963年11月生，天津人，1985年6月加入中国共产党，1988年5月参加工作，哈尔滨工程大学自动控制系控制理论与控制工程专业毕业，研究生学历，工学博士，教授。先后担任哈尔滨工程大学自动控制系主任、副教授、教授，哈尔滨工程大学自动化学院院长、博士生导师，黑龙江省科技厅厅长、党组书记。现任黑龙江省人民政府副省长、省政府党组成员。



谭铁牛，院士，博士生导师。1984年获西安交通大学学士学位，1986年和1989年分别获英国帝国理工学院硕士与博士学位。1989-1997年在英国雷丁大学计算机科学系工作任教。1998年回国到中科院自动化所工作，历任研究所所长助理、所长、模式识别国家重点实验室主任。现为中科院副秘书长、智能感知与计算研究中心主任。2013年当选中国科学院院士。2014年当选英国皇家工程院院士，发展中国家科学院院士。

谭铁牛博士主要从事图像处理、计算机视觉和模式识别等相关领域的研究工作，目前的研究主要集中在生物特征识别、图像视频理解和信息内容安全等三个方向。他主持过一批由国家基金委、国家杰出青年基金、国家973计划、863计划、国际合作计划等资助的科研项目。现已出版编（专）著11部并在主要的国内外学术期刊和国际学术会议上发表论文400多篇，获准和申请发明专利50项。他现为IEEE生物识别理事会主席、国际模式识别学会第一副主席、中国人工智能学会副理事长。现为或曾为国际权威期刊《IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence》、《IEEE Transactions on Automation Science and Engineering》、《IEEE Transactions on Information Forensics and Security》、《IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology》、《Pattern Recognition》、《Pattern Recognition Letters》等国际学术刊物的编委、《自动化学报》和《International Journal of Automation and Computing》主编以及国内有关领域主要学术刊物的编委。他是电子电气工程师学会(IEEE)的Fellow、国际模式识别学会(IAPR)的Fellow、IAPR-IEEE国际生物识别学术会议(ICB)创始主席(Founding Chair)、亚洲模式识别学术会议

(ACPR) 创始主席、国际模式识别学会生物识别技术委员会创始主席。他曾获中国青年五四奖章、中国青年科技奖以及国家自然科学基金二等奖、国家技术发明二等奖和国家科技进步二等奖各1项。他曾当选党的十六大、十七大、十八大代表。



田捷，1960年1月生，安徽人。1992年于中科院自动化所获博士学位，1995-1996年在美国宾州大学做访问学者，1993年至今在中科院自动化所工作，现为中科院自动化所研究员，中科院分子影像重点实验室主任，北京市分子影像重点实验室主任，西安电子科技大学特聘教授、生命科学技术学院院长，中国自动化学会常务理事兼中国自动化学会模式识别与机器智能专业委员会主任。作为第一完成人获国家科技进步二等奖和国家技术发明二等奖各2项，IEEE Fellow，SPIE Fellow，IAPR Fellow，IAMBE Fellow，2002年国家杰出青年科学基金获得者，先后入选教育部长江学者特聘教授、中科院百人计划、百千万人才工程国家级人选、全国优秀科技工作者，两项国家重点基础研究发展计划（973计划）首席科学家。第四军医大学、东北大学等院校兼职教授。



王成红，男，1955年9月生；1997年7月于中国科学院自动化研究所获博士学位，1997年8月至1999年10月在中国科学院数学与系统科学研究院从事博士后研究工作；1999年11月至今在国家自然科学基金委员会工作，现任研究员，信息科学部三处处长；主要研究领域为控制理论及应用，系统可靠性理论及应用，共发表学术和管理类论文50余篇。



谢胜利，广东工业大学自动化学院百人计划特聘教授，博士生导师，智能信息处理研究所所长；国家杰出青年科学基金获得者、国家自然科学基金获得者、教育部创新团队学科带头人、广东省“千百十人才工程”国家级学科带头人培养对象；兼任“广东省物联网信息技术与产业化”省-部-院产学研创新联盟理事长、“广东省物联网信息技术重点实验室”主任、“广东省物联网共性技术研发工程中心”主任、中国数字家庭产业联盟协会副会长、中国软件协会信息家电专业委员会副主任委员、广东省RFID标准技术委员会副主任、广东省自动化学会副理事长、《IEEE Trans. NNLS》以及《控制理论与应用》副主编。

1993年被湖北省政府授予“湖北省有突出贡献的中青年专家”称号，1996年被选拔为湖北省首批“跨世纪学科带头人”，1998年入选广东省“千百十人才工程”省级学科带头人培养对象，2002年入选教育部“跨世纪优秀人才”培育对象，同年被教育部授予“全国高校优秀骨干教师”称号，2003年获国家杰出青年科学基金，2004年入选广东省“千百十人才工程”国家级培养对象，2007年获“教育部创新团队”学科带头人，2014年获得滚动支持。

长期从事通信、控制、信号处理领域的教学与研究工作。主要研究方向是智能信息处理、无线通信与网络、多媒体传输、射频识别等。先后主持科技部、工信部、国家发改委重点项目、国家杰出青年科学基金项目、国家自然科学基金重点项目、粤港重大领域关键技术突破招标项目、教育部创新团队、广东省自然科学基金创新团队等30多项国家级、省部重大科研项目，并获8项省部级科技奖励（其中5项一等奖）和一次国际竞赛一等奖。发表论文100多篇。在科学出版社、清华大学

出版社等出版专著4部。



徐胜元，1968年10月生，籍贯浙江湖州。2000年12月至2001年11月在比利时Université catholique de Louvain做博士后研究，2001年12月至2002年9月在加拿大University of Alberta做博士后研究，2002年9月至2003年9月获聘为香港大学William Mong青年研究员。现为南京理工大学自动化学院教授，博士生导师，香港大学荣誉教授。

博士学位论文《广义不确定系统的鲁棒控制》由教育部评为2002年度全国百篇优秀博士学位论文，2005年入选“教育部新世纪优秀人才支持计划”，2006年获国家杰出青年科学基金资助。2007年获教育部高校科学技术奖（自然科学奖）二等奖，入选“新世纪百千万人才工程”国家级人选；2008年受聘为教育部长江学者特聘教授；入选2011年度江苏省“333高层次人才培养工程”第二层次培养对象；2013年入选教育部创新团队带头人。主要从事控制理论及应用的研究工作，在德国Springer出版社出版题为《Robust Control and Filtering of Singular Systems》学术专著一部。现为《Transactions of the Institute of Measurement and Control》、《International Journal of Control, Automation, and Systems》《控制理论与应用》《控制与决策》等杂志的编委。

2000年12月至2001年11月在比利时鲁汶大学（Université catholique de Louvain）做博士后研究，2001年12月至2002年9月在加拿大艾尔伯特大学（University of Alberta）做博士后研究，2002年9月至2003年9月获聘为香港大学William Mong青年研究员。现为南京理工大学自动化学院教授，博士生导师，香港大学荣誉教授。



薛安克，教授，1957年3月生于浙江磐安，籍贯山东莒南。1982、1986、1997年在山东大学、燕山大学和浙江大学获学士、硕士和博士学位。现任杭州电子科技大学校长，浙江省特级专家。兼任国防重点学科实验室主任、教育部自动化类教学指导委员会副主任委员、自动化学会常务理事、航天航空学会信息融合分会副主任委员、浙江省控制科学与工程重中之重一级学科带头人、浙江省科协副主席、浙江省电子学会常务副理事长等。长期从事控制理论与工程应用，获国家科技进步二等奖和国家教学成果二等奖各1项、省部级一等奖3项。主持国家基金重大仪器专项、国家基金重点项目（2项）、973计划课题、国防预研重点基金等项目。出版专著3部，发表SCI论文近百篇，授权发明专利40余项。



俞凌，男，中国籍，无境外永久居留权，1966年7月出生，硕士研究生学历，毕业于中国人民解放军信息工程大学，1986年大学本科毕业后至1988年在新疆军区某部从事技术工作，1988年至1991年在中国人民解放军信息工程大学攻读硕士学位，1991年至1993年在新疆军区某部从事技术工作，1993年至1998年任新疆军区某部工程师、副部队长。现为中国自动化学会常务理事、中国自动化学会专家咨询工作委员会副主任委员、2010年度中国自动化领域年度人物，是三相计量控制器、水源井远程终端控制器、天然气流量计量远程测控终端、32位机小型远程控制终端等工业自动化产品专利设计人。于1998年9月作为公司发起人股东创立本公司并担任总经理职务；2002年1月至今担任公司董事长、总经理。



张笃周，1966年4月生。安徽省芜湖市人。研究员，享受政府特殊津贴。中国自动化学会理事、中国宇航学会理事、中国空间科学学会理事、中国宇航学会空间控制专业委员会主任委员。现任中国空间技术研究院北京控制工程研究所所长。

1993年4月毕业于哈尔滨工业大学控制、制导与导航专业，后就职于中国空间技术研究院北京控制工程研究所，历任型号副主任设计师、主任设计师、副总设计师，研究室副主任、副所长、所党委书记、所长。任副总师期间，主持开发并采用高度电子集成化综合电子产品、机电一体化动量轮、轻型星敏感器、国产长寿命陀螺等新型产品，为实现我国小卫星长寿命、高稳定控制做出了重要贡献。任所长期间，带领团队圆满完成了载人航天、深空探测、北斗导航等一系列重大专项工程型号制导、导航与控制系统及其部件研制任务，实现了中国航天器控制技术进入国际先进行列的历史性跨越。

获得2013年度中国专利金奖、曾宪梓载人航天奖。获得国家科技进步二等奖2项，国防科技进步一等奖3项、二等奖1项、三等奖2项，国防管理创新奖一等奖1项，军队科技进步一等奖1项。



张楠，女，1981年7月出生，河北保定人。博士，高级工程师。现任中国自动化学会常务专职副秘书长，办公室主任。曾任中国铁道科学院通信信号研究所主管工程师，负责地铁ATS（列车自动监控系统）系统的研发，代表性项目：天津滨海轻轨ATS系统，伊朗德黑兰地铁调度系统。目前致力于加强学会组织建设、完善会员管理和服务制度、策划与组织自动

化、信息、智能领域的大型学术、科普活动、推进职业化继续教育和培训以及产学研一体化平台工作等。



仲明振，男，汉族，1955年出生。中共党员，教授级高工。1978年毕业于东北重型机械学院。现任天津电气科学研究院有限公司（原天津电气传动设计研究所）董事长兼党委书记。中国自动化学会常务理事，中国电工技术学会常务理事，天津自动化学会副理事长，中国自动化学会电气自动化专业委员会主任委员，中国电工技术学会电控系统与装置专业委员会主任委员，中国低压成套设备标准化委员会主任，中国电器工业协会变频器分会理事长，全国变频调速标准化技术委员会主任，中国电器工业协会副会长。

主要著作有：《电气自动化丛书》，《电气传动自动化技术手册》，《中国电气工程大典》，《高压变频器应用手册》，《低压变频器应用手册》等。曾获得多项奖励：中华人民共和国机械工业部科技进步一等奖，中华人民共和国国家科技进步二等奖，中华人民共和国国家科技进步三等奖，中国机械工业集团科学技术二等奖，天津市技术发明一等奖，天津市科学技术进步二等奖，享受中华人民共和国国务院政府特殊津贴，被国家人事部授予“国家百千万工程人才人选”等。



戴琼海，男，教授出生于1964年12月，1999年至今在清华大学自动化系工作，副研究员、教授。研究方向：计算摄像学、高维视觉信息理论和关键技术研究，先后主持完成20余项国家和省部级项目，发表论文百余篇，授权国家发明专利72项。2005

年获得国家杰出青年基金，2009年度获聘国家长江学者特聘教授，2008年获得国家技术发明二等奖，2012年获得国家技术发明一等奖。



关新平，男，1963年6月生于黑龙江省齐齐哈尔市。1999年博士毕业于哈尔滨工业大学。目前是上海交通大学特聘教授，“国家基金委创新群体”带头人，国家重大科学仪器开发专项”首席科学家，中国自动化学会常务理事、中国人工智能学会理事、国家科技重大专项“新一代宽带无线移动通信网”（03专项）咨询专家。研究领域涉及复杂系统的控制、组网与优化，特别是非线性系统的控制与优化、无线传感器执行网络、网络系统的信息物理融合设计、水下传感器网络等前沿方向。近10年，在IEEE Transactions等国际知名期刊发表SCI论文200余篇，出版4部著作。2005年获得国家杰出青年基金，同年获得教育部长江学者奖励计划，2006年获教育部自然科学一等奖，2008年获得国家自然科学基金二等奖，同年获IEEE计算智能学会授予“IEEE模糊系统汇刊杰出论文奖”。



李远清，男，1966年10月生于湖南澧县。1988年本科毕业于武汉大学数学系，1994年硕士毕业于华南师范大学数学系，1997年博士毕业于华南理工大学自动控制工程系。现为华南理工大学自动化科学与工程学院教授、博士生导师、院长。国家杰出青年基金获得者，教育部长江学者特聘教授。

在盲源分离、稀疏编码、脑电与fMRI信号分析、脑机接口等方面进行了多年研究，发表论文100余篇，其中在IEEE Signal Processing Magazine, IEEE Trans. on Information Theory,

IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Trans. on Signal Processing, IEEE Trans. on Biomedical Engineering等IEEE汇刊上发表论文20篇, 在Cerebral Cortex (IF: 8.3)、Neuroimage (IF: 6.2)、Scientific Reports (IF: 5.1)、Machine Learning、Pattern Recognition、J. of Neural Engineering (IF: 3.5)、NIPS等国际权威期刊及权威会议上发表论文13篇。获广东省自然科学一等奖、教育部自然科学一等奖, 国家自然科学基金二等奖等多项奖励。是IEEE Trans. on Fuzzy Systems, IEEE Trans. on Human Machine Systems等期刊的编委。担任中国自动化学会常务理事、中国生物医学工程学会神经工程分会副主任委员、中国人工智能学会脑机融合与生物机器智能专委会副主任委员。



石红芳, 1972年2月出生, 北京人, 中共党员, 北京大学新闻学硕士, 工业自动化方向高级工程师。中国自动化学会副秘书长, 工业控制系统信息安全产业联盟(ICSISIA)秘书长。1995-1998年, 负责和参与多项自动化控制系统工程项目的组织和现场调试。1998-至今, 长期在《自动化博览》杂志社工作, 1999年创办控制网(www.kongzhi.net)。现任杂志社社长兼控制网主编。

策划组织过多项活动, 2004-2006年连续三届“中国工业以太网发展论坛”, “2007中国自动化系统平台与技术发展论坛”, 2009全国城市轨道交通自动化高层论坛, 连续九届“中国自动化产业年会(CAIAC)”, 连续四届全国自动化企业发展战略论坛, 连续七届“今日自动化技术应用在中国”主题活动, 连续五届“中国国际远程测控系统与RTU技术发展应用高峰论坛”, 连续三届“工业控制系统信息安全峰会”, 2014工业控制系统信息安全年大型主题系列活动等。



梅涛, 男, 1962年11月出生, 江西省南城县人。1982年7月浙江大学精密机械专业本科毕业, 2001年获中国科学技术大学博士学位。现任中国安防技术有限公司(CSST)中央研究院院长、中国科学院合肥物质科学研究院研究员、中国科学技术大学博士生导师、科技部973计划项目首席科学家。曾任中国科学院合肥物质科学研究院副院长、中国科学院合肥智能机械研究所所长、常州先进制造技术研究所所长。长期从事机器人、传感器与微纳制造技术研究。研制成功了仿壁虎爬行机器人、老人服务机器人、类人型救援机器人和“智能先锋号”无人驾驶汽车, 以及集成化触觉传感器、仿生电子鼻和智能手爪等关键部件。



宋永端, 教授/博导, 国家“千人计划”首批入选者, 国家特聘专家, 千人计划“工程与材料”专委会副主任。1962年6月生。现任重庆大学自动化学院院长。1992年获美国田纳西理工大学博士学位, 职业工程师(美国)。长期从事系统控制理论及应用方面的研究。发表权威学术论文160余篇, 授权发明专利十余项。

在美工作期间, 作为美国大学终身教授和美国国家航空研究院Langley杰出教授, 获得多个美国联邦机构(包括美国能源部(DOE)再生能源国家实验室, 美国自然科学基金(NSF), 美国国家宇航局(NASA), 美国军方办(ARO)等)持续资助, 并取得系列重要成果。目前主持包括国家自然科学基金重点项目和科技部973, 863等纵向和横向课题5项。

曾荣获美国2000年度NASA-FAR研究基金奖, 美国海军研究办(ONR)2002年度研究基金奖, 美国军方办(ARO)2004年度HBCU-R&D研究基金奖等。



王力，男，1956年6月出生于重庆市，1982年于东北大学获学士学位。上海宝信软件股份有限公司董事长、法人代表，国家信息化专家咨询委员会委员，中国自动化学会第十届理事会常务理事，中国软件行业协会副理事长，上海市软件行业协会执行副会长，2013年度上海市优秀软件企业家。曾担任宝钢集团总经理助理、董事会秘书、CIO等职务，长期从事大中型企业集团信息化和软件企业领导工作，在企业战略、管理信息化、自动化等方面具有丰富经验。发表论文6篇，获上海市科技进步一、二、三等奖3项，中国质量协会质量技术奖一等奖1项，中国钢铁工业协会冶金企业管理现代化创新成果一等奖1项，上海市企业管理现代化创新成果奖3项。



王巍，1966年10月生于陕西省汉中市，1988年毕业于北京航空航天大学自动控制系，1991年获该校硕士学位，1998年于中国运载火箭技术研究院获博士学位。现任中国航天科技集团九院十三所所长。王巍是我国导航、制导与控制领域有突出贡献的惯性技术专家，长期在科研一线从事新型陀螺仪表和惯性系统技术与工程实践，任多个重点型号惯性系统主任设计师、国防973项目技术首席。在新型光纤陀螺技术体制、宇航用长寿命高精度光纤陀螺仪、战术导弹用小型化光纤陀螺惯性系统、光纤电流、电压互感器技术等方面，取得了系统的、创造性的科技成就，为我国航天惯性技术的创新发展做出了重大贡献。共获国家技术发明二等奖2项（均排名第一），国家科技进步二等奖1项，部级科技奖励9项，中国专利金奖1项，获何梁何利科技进步奖、中国科协求是杰出青年奖、中国出版政府奖—图书奖、航天创新奖等，共获授权发明专利30余项，发表科技论文70余篇、学术著作3部。



孙彦广，1964年4月出生，籍贯河北省昌黎县，冶金自动化研究设计院副院长，混合流程工业自动化与装备技术国家重点实验室主任。教授级高工，博士生导师。

主要研究方向为复杂工业过程建模和智能控制、钢铁企业能源动态调控、物质流能量流协同优化等。研究开发的智能电炉控制系统、钢包精炼炉自动化系统、冶金煤气短期预报和动态调控技术、首钢京唐能源管理中心获多项省部级科技进步奖。

中国自动化学会常务理事、副秘书长、中国自动化学会应用专业委员会秘书长。北京自动化学会副理事长。中国系统工程学会过程系统工程专业委员会副主任。国际自动控制联合会（IFAC）矿山和冶金技术委员会委员。



王耀南，博士，教授，博士生导师。现任湖南大学电气与信息工程学院院长，教育部机器视觉控制技术与应用工程研究中心主任，教育部输变电与系统控制技术工程研究中心主任，智能自动化技术重点实验室主任，国家863“十二五”智能机器人专家，湖南省自动化学会理事长。1981年毕业于东华理工大学计算机系留校工作，1989-1995年分别获湖南大学工业自动化系硕士和博士学位留校工作至今。1995-1997年国防科学技术大学自动控制系从事博士后，2000-2001年获德国洪堡基金和DFG基金，留学德国Bremen大学自动化系，2002-2004年德国Bremen大学BIBA研究所从事欧盟第五框架国际合作重大项目，任中方首席科学家。

长期从事智能自动化技术与装备科研工作，在智能机器人控制、机器视觉测控与工业应用、先进制造装备智能控制系统、国家重大工程装备自动控制系统技术方面，先后主持完成国家“九五”攻关、“十五”重大技术装备研制项目、“十一五”国家

科技支撑计划重大专项、国家863重点项目、欧盟国际合作重大项目、国家自然科学基金重点项目等20多项,获国家发明专利50多项,著作7部,论文发表在《IEEE Transaction on Fuzzy systems》、《IEEE Transactions on Industrial Electronics》、《IEEE Transactions on Control Systems Technology》、《IET Control Theory and Application》、《IEEE Transactions on Vehicular Technology》等国内外学术刊物上400多篇。培养出博士53名、硕士120多名。技术成果获国家科技进步二等奖4项、中国发明创业特等奖1项、省部科技进步一等奖8项,国际IEEE高级会员,国际自动控制联IFAC会员,全国工业自动化系统与集成标准化技术委员,中国自动化学会常务理事,国家973和自然科学基金委员会评审委员。获德国洪堡学者,国家“百千万人才工程”入选者,跨世纪学科带头人,全国高等学校优秀教师,湖南省“首届科技领军人”、湖南省最高科技成就奖“光召科技奖”,第三届“中国发明创业奖”特等奖及“当代发明家”称号,全国五一劳动奖章。



管晓宏,教授分别于1982、1985年获清华大学工业自动化专业工学学士,控制理论与工程学科工学硕士学位,1993年获美国康涅狄格大学电机与系统工程学科博士学位。管晓宏教授1993-1995年任美国PG&E公司高级顾问工程师,1999-2000年访问哈佛大学,1995年起任西安交通大学教授、系统工程研究所所长,1999-2009年任机械制造系统工程国家重点实验室主任;2000年任长江学者特聘教授,2008年至今任电子与信息工程学院院长。管晓宏教授自2001年起先后任清华大学讲席教授组成员、双聘教授、自动化系智能与网络化系统研究中心主任,2003-2008年任清华大学自动化系主任。

管晓宏教授1997年获国家杰出青年基金,曾获得1996年美国李氏基金杰出成就奖、2008年

IEEE通信学会系统集成与建模最佳论文奖、2005年国家自然科学二等奖、2006年国家科技进步二等奖等奖励,1999-2011年任Automatica副编辑,2009-2013年任IEEE Transactions on Power Systems编辑,领导的团队获得2009年度国家自然科学基金创新群体。管晓宏教授是IEEE Fellow,现任IEEE Transactions on Smart Grid编辑,《控制理论与应用》等期刊编委,国务院学位办学科评议组成员、教育部科技委委员等学术职务。

管晓宏教授主要从事网络化系统的经济性与安全性,电力、能源、制造系统的优化调度,资源竞标与博弈分析,网络信息安全,物理信息融合系统包括智能电网、传感器网络等领域的研究。



朱群雄,博士、教授、博士生导师。男,1960年6月出生,籍贯:江苏省无锡市。1980年至今在北京化工大学自动化系学习与工作。现任北京化工大学信息科学与技术学院院长、智能过程系统工程教育部工程研究中心主任、中国自动化学会常务理事、中国化工学会理事、北京自动化学会理事长、中国自动化学会过程控制专业委员会副主任委员、中国化工学会信息技术应用专业委员会副主任委员、中国人工智能学会不确定性人工智能专业委员会委员、中国化学会计算机化学专业委员会委员等。近几年主持完成智能建模与优化、数据挖掘与可拓工程、故障诊断与报警优化、虚拟现实与地理信息系统等方向的国家自然科学基金、863计划和省部级科研与企业重大工程项目20余项,获省部级科技进步一等奖2项、二等奖1项,获发明专利和国家软件著作权10余项,发表学术论文200余篇;是国家级工程实践教育中心负责人、北京市教学名师,获北京市教育教学成果一等奖1项、二等奖2项;培养了中外博士、硕士研究生百余人;享受国务院颁发的政府特殊津贴。

第十七届国际电气与电子工程师协会智能交通系统 国际会议在青岛盛大召开

10月9日-11日，由中国自动化学会、中科院自动化所、青岛市相关部门联合承办的第17届国际电气与电子工程师协会（IEEE）智能交通系统国际会议在中国青岛盛大召开。作为国际智能交通领域层次最高、影响最广的学术会议之一，智能交通系统国际会议至今已成功举办了16届。本届会议汇聚了来自世界各国的逾千名专家学者和行业科技企业代表，是智能交通领域一次重要的科学盛会，会议规模创历史之最。

本届大会共收到来自37个国家和地区的834篇论文，经过严格的评审，共收录会议论文503篇，论文摘要38篇，主要涵盖智能交通系统建模与分析，旅行、交通与运输管理，应急管理 and 运输安全，人工交通系统，先进公交管理，港口、水运、内陆导航和船舶交通管理，行人与骑车人建模、仿真与控制，航空、公路和铁路交通管理，智能交通系统用户服务，交通网络，排放、噪音与环境，异常事件管理-事故、疏散、应急，安防系统，安全系统，驾驶员和旅客支持系统，商用车辆运营，智能物流，传感和干预、检测器与执行器，数据管理系统，智能交通系统中的交通理论、通信、智能技术、现场测试与实现，协同技术与系统，智能车辆，视觉和环境感知，电动车交通系统，电子支付系统，人为因素与旅行行为等方向。

本届大会共安排3场主题报告（keynote speech），9个研讨会（workshop），2个论坛（tutorial），9个专题报告（special session），



晚宴颁奖（award），智能车演示（on-site Intelligent Vehicle Demonstration）和展览（exhibition）等环节。

9日，IEEE智能交通系统国际会议开幕式在青岛鲁商凯悦酒店隆重举行，中国自动化学会副理事长、中科院自动化所

复杂系统管理与控制国家重点实验室主任王飞跃研究员主持开幕式，国际电气与电子工程师协会智能交通系统学会ITSS协会主席Matthew J. Barth教授，国家交通运输部党组成员、运输司司长刘小明，青岛市副市长徐振溪等领导出席开幕式并致辞。

8-10日，IEEE智能交通系统国际会议9个研讨会和2个论坛在凯悦三层同期进行，报告内容涵盖了智能交通众多研究领域，有力地促进了国内外智能交通领域交流与合作，对准确把握国际智能交通发展动态和趋势具有重要意义，也为进一步促进信息技术在我国智能交通领域的深度应用打下坚实的基础。

大会颁奖晚宴于9日晚隆重举行，会上共颁发了IEEE服务运筹、物流与信息化国际会议最佳应用论文奖、最佳学生论文奖和最佳会议论文奖各1项，IEEE智能交通系统国际会议最佳博士论文奖3项、优秀会议论文奖1项。此外，大会主席还为IEEE智能交通系统协会（IEEE ITS）2014年度新当选的三位IEEE Fellow颁发了证书，他们分别是来自University of California的Matt Barth教授，University of Parma的Alberto Broggi教授以及北京交通大学宁滨教授。

作为本届大会的亮点之一，由西安交通大学、

清华大学、北京理工大学联合组织的无人驾驶智能车演示环节充分展示了全方位自动泊车等先进技术，吸引了众多参会代表的浓厚兴趣和关注目光。此外，为便于国内外参会代表深入了解青岛城市发展现状，学会联合青岛相关部门精心安排了交警大队指控中心等机构的参观活动，深受代表的欢迎。

会议同期还召开了中国自动化学会智能产业高峰论坛，IEEE服务运筹、物流与信息化国际会议和亚太系统工程年会等国际学术会议。

2015年第18届IEEE智能交通系统国际会议将于西班牙举行。

(学会办公室 供稿)

第八期中国科协学会改革发展论坛 在浙江省温州市召开

12月20日，以发挥学会优势，实现同行评议的公正有效为主题的第八期中国科协学会改革发展论坛在浙江省温州市召开。中国科协所属全国学会，以及地方学会等近50位代表参加了本次论坛。本次论坛



由中国科协学会学术部主办，中国自动化学会承办。论坛分为主题研讨和自由讨论两个环节，由中国自动化学会副理事长兼秘书长王飞跃主持。中国科协学会学术部改革发展处处长徐强、浙江省科协学会部副部长谢牧人、温州市科协主席张建民出席本次论坛并致辞。

科技部高技术研究发展中心嵇智源处长和基金委信息学部王成红处长分别介绍了科技部863项目和基金委项目评审中同行评议系统、专家遴选机制、评审指标和方式程序；中国电子学会徐晓兰秘书长结合本学会在科技奖励和人才评价中同行评议的实施情况，着重介绍了电子学会科学技术奖评价指标解释、科技评价申报与评审系统以及专家库的建设。中国电机工程学会赵建军副主任详细报告了中国电力科学技术奖的开展情况，一方面建立奖励委员会，实行席位委派制，另一方面严格实行限额推荐制度，以及专家网络初评、专业评审组、评审委员会、奖励委员会的评

审流程，制度建设和程序规范双管齐下，最大可能保证同行评议的公平公正；中国核能行业协会龙茂雄副秘书长以协会多次开展的运行核电厂同行评估为例与参会代表进行了经验分享与交流；中国化学会郑素

萍副秘书长重点介绍了青年化学奖双轨评审制度和承担的2014年化学领域26个国家重点实验室评估工作，总结了学会开展同行评议具有公益、中立、服务和智力等优势；中华口腔医学会常朝辉部长和中国计算机学会朱征瑜副主任分别从各自学会实践出发，分享了开展奖励奖项评审工作的经验与思考，中国计算机学会更是借鉴评委匿名制度、分委员会主席任命制等国际先进做法；中国自动化学会发电自动化专委会尹峰副秘书长围绕同行评议面临的问题、学会在同行评议中发挥的作用和优势进行了分析，对学会实现同行评议客观公正的举措进行思考和探索。

论坛期间，研讨交流气氛活跃，参会代表发言踊跃。结合各自学会开展同行评议的现状与特点，重点就如何突破创新，实现学会同行评议公正有效进行了广泛而深入的交流与研讨。

(学会办公室 供稿)

2014年CAA优秀博士学位论文奖 评奖结果公告

为推动中国自动化领域的科技进步，鼓励创新性研究，促进青年专业人才成长，中国自动化学会自2014年起设立CAA优秀博士学位论文奖。此次论文评选工作于4月初启动，经同行评审专家组初评，评审委员会终评，共评选出10篇CAA优秀博士学位论文奖，5篇CAA优秀博士学位论文提名奖。评选结果已公示，未收到投诉意见。2014年CAA优秀博士学位论文获奖名单如下（按姓氏笔画排序）：

此次论文评选工作于4月初启动，经同行评审专家组初评，评审委员会终评，共评选出10篇

CAA优秀博士学位论文奖

序号	作者	学位授予单位	论文题目	第一导师
1	王庆	清华大学	视觉目标跟踪关键技术研究	徐文立
2	龙离军	东北大学	具有广义三角结构的非线性切换系统的构造性控制设计	赵军
3	龙锦益	华南理工大学	脑信号分析的算法研究与多模态脑机接口	李远清
4	任元	北京航空航天大学	大型CMG磁悬浮转子系统高稳定度高精度控制方法及实验研究	房建成
5	辛斌	北京理工大学	智能优化的探索-开发权衡与搜索空间压缩理论及方法研究	陈杰
6	张强	中国科学院数学与系统科学研究院	不确定环境下多自主主体系统的分布式估计与控制	张纪峰
7	周平	东北大学	复杂磨矿过程运行反馈控制方法及应用研究	柴天佑
8	贺诗波	浙江大学	无线传感器网络覆盖理论与资源优化研究	孙优贤
9	高建喜	上海交通大学	网络的鲁棒性及一致性研究	许晓鸣
10	曹汛	清华大学	光谱与深度视频捕获研究	戴琼海

CAA优秀博士学位论文提名奖

序号	作者	学位授予单位	论文题目	第一导师
1	王俊伟	北京航空航天大学	非线性分布参数系统模糊控制理论及应用研究	吴淮宁
2	王鼎	中国科学院自动化研究所	基于神经网络的非线性系统控制自适应动态规划方法研究	刘德荣
3	赵寅	中国科学院数学与系统科学研究院	布尔网络的控制与优化	程代展
4	席建祥	第二炮兵工程大学	高阶线性群系统一致性分析与综合	刘光斌
5	董宏丽	哈尔滨工业大学	基于随机发生不完全信息的非线性系统滤波问题研究	高会军

（学会办公室 供稿）

喜报：由我会推荐的吴宏鑫院士、吴启迪教授和周东华教授荣获全国优秀科技工作者称号

为深入贯彻落实党的十八届三中、四中全会精神和习近平总书记系列重要讲话精神，大力弘扬尊重劳动、尊重知识、尊重人才、尊重创造的良好风尚，充分调动和激发广大科技工作者在实施创新驱动发展战略中的创新热情和创造活力，根据《全国优秀科技工作者评选表彰办法》规定，经推荐单位评选推荐、全国优秀科技工作者评审委员会评审、中国科协全国委员会常务委员会批准，共授予962名同志“全国优秀科技工作者”称号。其中，由中国自动化学会评选推荐的北京控制工程研究所吴宏鑫院士、同济大学吴启迪教授和清华大学周东华教授获此殊荣。

“全国优秀科技工作者”是中国科协于1997年面向广大科技工作者设立的奖项，旨在表彰爱党爱国、立足本职、敬业奉献、拼搏进取、争先创优、潜心钻研、积极投身创新驱动发展战略伟大实践，为我国科技事业发展作出重要贡献的科技工作者，每两年评选一次，每次评选不超过1000名。

获奖者介绍：

吴宏鑫：中国科学院院士、北京控制工程研究所科技委顾问

在自适应控制方面提出了“全系数自适应控制理论和方法”，这是一套完整的系统性和实用性很强的自适应控制理论和方法。在智能控制方面提出了“特征建模”和“基于智能特征模型的智能自适应控制方法”等，为降阶控制器和智能控制器的设计开拓了新的道路。上述理论和方法已在航天控制和工业过程控制等多项实际对象中取得了成功地应用。发表论文70余篇，专著2部。1988年获首都“五一”劳动奖章；1992年被评为航空航天部有突出贡献专家，享受政府特殊

津贴。在空间站控制预先研究中，被“863”空间站专家组评为有突出贡献先进个人。多次被评为部、院人才培养先进个人，2004年8月被中国航天科技集团公司授予“航天人才培养突出贡献奖”，2010年被中国航天科技集团公司评为“航天人才培养先进个人”。获国家发明奖二等和三等奖各1项，部级科技进步奖一二等奖共5项。

吴启迪：同济大学教授

长期坚持研究创新与工程应用相结合，工程管理与信息化技术相结合。主持完成国家、省部级科研项目20余项；获国家科技进步二等奖2项、省部级一等奖4项。出版专著13部、译著4部，发表学术论文百余篇。培养博士生32人，获全国五一劳动奖章、省部级科技进步一等奖、国家级教学名师奖各1人。获首届“霍英东基金青年教师奖”、“全国优秀留学回国人员”、“全国三八红旗手”等荣誉称号，曾获颁德意志联邦共和国大十字勋章。

周东华：清华大学教授

从事科研工作近30年，是我国控制系统故障诊断方向主要学科带头人之一，已发表SCI 收录论文120余篇。1998年获第六届中国青年科技奖、“国氏”博士后奖；1999年入选“教育部跨世纪优秀人才”培养计划，并获霍英东教育基金会高等院校（研究类）青年教师奖；2000年获国家杰出青年科学基金；2005获全国优秀博士后奖、国务院政府特殊津贴；2006年入选“新世纪百千万人才工程”国家级人选；2007年起担任国家自然科学基金会优秀创新研究群体学术带头人；2008年当选教育部长江学者特聘教授。2012年，在此方向以第一完成人获国家自然科学基金二等奖1项。

（学会办公室 供稿）

《自动化学报》第十二届编委会第一次工作会议在京召开

2014年12月23日晚,《自动化学报》第十二届编委会第一次工作会议在中国科学院自动化研究所自动化大厦十三层第二会议室召开。学报第

十二届编辑委员会的主编、副主编和编委们共52位教授参加了此次会议。同时,中国自动化学会理事长郑南宁院士,学报顾问郑大钟教授,中科院自动化所副所长、党委副书记房自正应邀出席了此次会议。

会议分两个环节进行,第一环节由王飞跃主编主持。在会议正式开始之前,王飞跃提议大家默哀一分钟,缅怀于2014年12月3日安然逝世的《自动化学报》编辑委员会顾问委员、原学报副主编王珏研究员。王主编提到,王珏先生是我国人工智能领域的重要科学家,中国智能科学研究的主要开拓者和引路人,其自1997年担任《自动化学报》副主编,一直到2005年,为学报编辑出版工作付出了大量时间和心血,作出了巨大的贡献。

默哀结束,会议正式开始,王主编邀请学报的两个主办单位领导致辞。首先是学会理事长郑南宁院士致辞,郑院士对学报第十一届编委会的编委们表示感谢,对学报两年来取得的成绩表示认可;指出学报编委们有责任将学报做成一个在同行内有较高认可度的发布研究成果的首选平台;提到学报英文刊与IEEE的合作与正式创办为国内学者提供了一个与IEEE同等水平的论文发表



平台,希望能够在国家政策的允许下,适应自动化学科的发展,采取类似于IEEE的办刊模式,同时,促进学报工作与专委会等

研究实体相互结合;第四,郑理事长向新编委表示感谢,同时,也希望编委们能够承担起自身的义务,能够对自己研究领域相关论文把好关,本届编委会增加了海外编委,以促进与国外的学术交流。

王飞跃主编向郑校长表示感谢,表示新一届编委会将在今后的时间内努力工作,将学报工作做得更好,接着邀请中国科学院自动化所副所长、党委副书记房自正致辞。

房自正所长首先代表自动化所欢迎各位专家到自动化所参加此次会议,并对学报换届会议的召开表示祝贺,其表示学报近两年在数字出版、项目申请、引证指标等方面都有很大的提升,这得益于编委们的辛勤工作,代表自动化所向第十一届编委会表示感谢;第二,其表示自动化所作为与中国自动化学会一同的主办单位,主要是向《自动化学报》提供人、财、物的支撑,在处理学报工作时,恪守三个基本原则:1)紧跟不踩鞋;2)帮忙不添乱,3)到位不越位。近几年,中国科协、中国科学院等相关单位为期刊的发展提供了很多平台,在今后的工作中,自动化所将继续尽全力,支持学报的工作,也包括英文版的工作,提供各种各样的支撑。

王飞跃主编向自动化所自创刊以来给予的各种支持表示感谢。接下来,由学会理事长主持下一阶段会议。

首先王飞跃主编公布《自动化学报》第十二届编委会名单,在介绍名单之前,王飞跃主编介绍了此次换届卸任编委和新任编委的产生办法。同时,为了增强编委们对学报的归属感和认同感,鼓励编委尽职尽责、积极参与学报工作,从第十一届编委会中评选出了五名“优秀编委”5名,分别是:

北京理工大学	陈杰教授
清华大学自动化系	周杰教授
北京理工大学计算机学院	贾云得教授
中国科学院大学计算机学院	黄庆明教授
清华大学自动化系	赵千川教授

学会理事长郑南宁院士、自动化所房自正所长、王飞跃主编向参会的优秀编委代表颁发了荣誉证书。

在合影之后,我们听取了学报2014年度工作汇报、《自动化学报(英文版)》工作进展报告以及学报平行管理系统的介绍。

首先,学报编辑部主任任艳青代替王飞跃主编向与会编委汇报了学报2014年的主要数据指标和工作进展:

收稿:2013年共收稿1507篇,进入编委会评审环节的共733篇,截止到2014年12月17日,完成评审稿件716篇,占送审稿件的97.7%。

评审:2013年所有稿件的平均审理周期为105.74天,其中录用稿件的平均审理周期为125.6天,退稿稿件的平均审理周期为56.8天。

发稿:2014年共发稿304篇,2976页,每期均发表1到3篇长论文或综述,全年发表14篇综述,4篇长论文;全部发表稿件从投稿到录用的平均周期为195天,从录用到发表的平均周期为273天。

期刊引证数据:据中国科学技术信息研究所最新发布的《2014年版中国科技期刊引证报告(核心版)》,《自动化学报》2013年影响因子为1.39,总被引频次上升为2451篇次,稳中有升。

荣誉和资助:学报2013年和2014年连续两年获得中国科学院科学出版基金(三等)的资助,并荣获2013年中国百种杰出期刊、第三届中国精品科技期刊、2014中国最具国际影响力学术期刊荣誉称号。

然后,任艳青从三个方面总结了学报2014年度的工作:①完成了中国科协精品科技期刊工程项目和中国科技期刊国际影响力提升计划两个项目的最后一期;②因2013年组织专刊较多、录用率不断攀升,造成学报发表压力较大,为了缓解压力,2014年将页码加厚来压缩发表周期;开发了基于Android系统的手机APP和公众微信号,促进期刊的数字化出版。

接着,《自动化学报(英文版)》副主编刘德荣研究员向与会编委介绍了英文版的工作进展,介绍了学报英文刊自2012年申请中国科技期刊国际影响力提升计划、向国家新闻出版广电总局申报刊号、组建编委会,到2013年与IEEE谈国际合作、组织专刊筹备稿源,到2014年期刊正式出版的创办历程;正式公布了期刊的名称(IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica,简称为JAS)、办刊宗旨以及收稿范围等;介绍了与IEEE签署国际合作的重要内容,明确了中国自动化学会与IEEE各方权责、JAS运作的组织架构、指导委员会的组成等等;最后展示了我们2014年正式出版的封面和论文版式,以及发表的四期专刊,并呼吁编委们能够组办热点研究领域的专刊、约请优秀稿件,支持这本新刊的成长。

之后,任艳青展示了学报平行管理系统中期刊管理、编委绩效管理、后台管理的三个功能模块及相应的数据图表。

自由讨论环节，与会编委就编辑部起草的《〈自动化学报〉会议论文推荐及处理规程》展开了激烈的讨论，并达成一些共识：①学报欢迎围绕某一专业方向组织的专刊，这种专刊可以在某个会议上组织一个研讨会，以吸引优秀稿源；②会议论文不再组织专刊，但是欢迎高质量的经过修改和扩充的会议论文投稿，这些投稿按照学报稿件处理流程进行评审。

最后，根据《〈自动化学报〉优秀论文奖设置与评选方案》，经与会编委无记名投票，从学报前两年（即2012年和2013年）发表的研究性论文中评选出了两篇《自动化学报》2014年度优秀论文，分别为：

(1) 平续斌,丁宝苍,韩崇昭.动态输出反馈鲁棒模型预测控制.自动化学报,2012,38(1):31-37.

(2) 王圣尧,王凌,许焯,周刚.求解混合流水车间调度问题的分布估计算法.自动化学报,2012,38(3):437-443.

最后，郑南宁理事长对此次会议进行了总结，诚挚感谢各位编委在过去一年为学报工作付出的精力和努力、支持与贡献，并希望新一届的编委会和学报编辑部能继往开来，在学界专家同仁的支持监督之下，依靠集体智慧和共同努力，尽职尽责、全力以赴做好学报的各项工作。

(自动化学报编辑部 供稿)

学会副理事长王飞跃教授应邀参加2014 INFORMS年会分会与论坛早餐会

2014年国际运筹学与管理科学研究协会（INFORMS）年会于2014年11月9-12日在美国旧金山召开，学会副理事长王飞跃教授应邀参加分会与论坛早餐会，并与INFORMS副主席David Hunt交流，探讨合作机会。



王飞跃副理事长与INFORMS副主席
David Hunt合影



早餐会现场

我会副理事长兼秘书长王飞跃教授荣获 诺伯特·维纳奖

根据国际电气电子工程师协会（IEEE）近日发布的消息，中国自动化学会副理事长兼秘书长，“千人计划”国家特聘专家，中科院自动化所复杂系统管理与控制国家重点实验室研究员，



国防科大教授王飞跃荣获本年度诺伯特·维纳奖 大陆学者。

（Norbert Wiener Award），以表彰其在智能控制，

社会计算和平行系统等方面开拓性的杰出成就。

该奖是为纪念控制论的创始人维纳而设立的，由IEEE的系统、人、控制学会（SMC）管理，是该领域的最高奖项，王飞跃是获得此奖的首位中国

（学会办公室 供稿）

我会理事曲道奎研究员、高级会员 贾利民教授荣获“2014年度科技创新 人物”称号

12月24日，“中央电视台2014年度科技创新人物推选活动”揭晓，经过三轮评审，推选委员会从84名有效候选人物（含个人和团队）中，评选出2014年度十大“科技创新人物”。

我会理事中科院沈阳自动化所曲道奎主任、智能自动化专委会副主任北京交通大学贾利民教授荣获“2014年度科技创新人物”称号。获得此荣誉称号的还有袁隆平等7人。

科技创新人物介绍

曲道奎

他带领的团队，创造了中国机器人发展史上的88项第一，研发的机器人遍布全球15个国家。

2014年，他首创了40吨“重载双移动”机器人系统，又以20千克大负载真空机器人领先全球。他和他的团队用满满的创新自信，书写着中国机器人发展的新篇章。

贾利民

2014年，由他参与组织实施的《中国高速铁路自主创新联合行动计划》取得丰硕成果，CRH380系列高速列车在华夏大地飞驰；由他主导的高速列车“普系化”技术平台研发取得重要突破。他和中国的高铁科技团队，以世人注目的速度打造出一张响当当的中国名片。

（学会办公室 供稿）

2014全国第十九届自动化应用技术 学术交流会在浙江大学圆满召开

为了能在中国冶金行业所处于产能过剩，转型升级的关键时期，利用自动化、信息化技术寻求企业创新发展，助力企业绿色生产，由中国自动化学会应用专业委员会、浙江大学和中国金属学会冶金自动



化分会联合主办，浙江大学承办，浙江省自动化学会、中国瑞林工程技术有限公司、首钢自动化信息技术有限公司和山东钢铁集团信息化中心共同协办的2014全国第十九届自动化应用技术学术交流会于2014年10月17日-18日在浙江大学召开。来自全国冶金企业、高校院所的140余名专家共聚一堂，探讨技术发展，交流宝贵经验。

会议以“自动化和信息化技术促进企业转型升级和绿色生产”为主题，围绕冶金企业在当前形势下，如何应用智能制造和大数据、云计算等先进技术应对转型升级面临的挑战。会议邀请了12位专家



作了具有前瞻性的学术报告，包括中国金属学会常务副理事长王天义、中国工程院院士谭建荣、桂卫华、中国钢研科技集团冶金自动化研究设计院副院长孙彦广、首钢总公司副总经理

强伟等，中国工程院院士孙优贤出席了会议，浙江大学副校长张宏建致欢迎辞。为了营造浓厚的学术研讨氛围，会议还特别设立了大数据、两化在钢铁行业 and 有色行业的推广与应用三个分会场，来自浙大、北科大、宝信、首钢、武钢、太钢、通钢、重钢、中国瑞林等的17位专家作了精彩报告，必将对冶金企业自动化、信息化新技术的推广应用起到积极地促进作用。

会议期间还召开了2014年度中国自动化学会应用专业委员会、中国金属学会冶金自动化分会委员会议，会上2014全国第十九届自动化应用技术学术交流会筹备组汇报了本次会议的筹备情况；与会委员们对如何在目前形势下开展学术交流活动进行了探讨；下届大会的联合承办单位北京科技大学和内蒙古科技大学介绍了会议承办方案。

由于本次会议报告的内容丰富、技术新颖、应用性强，深受广大会议代表的关注，并给予了较高的评价，会议取得了圆满成功。

(应用专业委员会 供稿)

安控科技 “Etrol安控” 新VI发布

2014年10月28日，国内领先的工业自动化领域创新产品和行业解决方案提供商——北京安控科技股份有限公司（下称安控科技）在北京新总部隆重召开了“Etrol安控”新VI的启动仪式。休闲而别致的露台冷餐宴会，不仅展现了新总部卓越的软硬件条件，更令到场嘉宾耳目一新。安控科技执行总裁成波先生、副总裁李春福、总工程师卢铭先生等多位安控科技高层、中国自动化学会、中国石油学会等数十位学会的专家领导、三十余家媒体同仁、以及众多客户、产业界代表等嘉宾与安控科技员工共同见证了象征“新形象、新起点、新高度”的“Etrol安控”新VI的启动。

安控科技自1998年成立以来，就以创建民族自动化品牌为目标，始终坚持自主创新，现已拥有DCS、模块化RTU、一体化RTU、扩展I/O、传感器及仪表等全系列自动化产品，广泛应用于石油天然气、煤层气、页岩气的开采、处理、运输、储配等各个环节，在城市燃气、环境在线监测、水文水资源监控、城市水务、供排水等管网泵站监控领域也得到成功的应用。

十六年来，安控人用诚信和实实在在的行动打造起国内自动化领域知名品牌——安控ECHO。2014年公司成功上市，安控科技迎来跨越式发展的新阶段，打造一个能被国内外广泛认知、显著识别的英文标识，已经成为安控科技实施未来战略部署的先决条件之一。

启动仪式现场，安控科技董事、执行总裁成波先生与中国自动化学会副理事长黄星先生共同开启了代表安控新VI的“月光宝盒”。以蓝色为主基调的“Etrol安控”新VI跃入眼帘，睿智蓝与英文字母的完美搭配，个性鲜明、大气通达，科

技感、国际化以及工业美感实足，体现了安控科技稳健的发展态势和领先的技术实力。

“今天新标识Etrol安控启用，将为企业高速发展、实现自动化领军企业的愿景，迈出坚实的一步，开启安控科技迈

向更高追求的新征程。”中国自动化学会副理事长黄星先生在致辞中表示。

安控新的品牌标识和品牌内涵是一种在传承中的发展和升华，是把安控科技多年来在企业文化、产业理念、发展方式等方面的经验进行总结，并秉承安控一贯坚持的经营理念 and 核心价值观，重新系统梳理，高度提炼，使品牌定位更加清晰。

安控科技执行总裁成波先生在致辞中表示：“立足新起点，我们持续进取；塑造新形象，我们谋定而行；树立新高度，我们追求卓越。我们坚信，在未来，安控科技不仅是先进自动化技术的提供者，同时也是先进应用方案的倡导者，更是自动化领域的引领者。”

十六年风雨兼程，十六年春华秋实。安控科技过去的十六年，是“厚积薄发”的十六年，是坚韧不拔的十六年，也是硕果累累的十六年，安控ECHO创造了无数美好的记忆和辉煌，今天，新标识Etrol安控的启航，更寄托着安控科技未来发展的百年宏图。

“Etrol安控”——新的形象、新的起点，新的高度！

（安控科技 供稿）



深圳自动化学会组织会员单位到“光启高等理工研究院”参观交流

2014年11月21日，深圳自动化学会组织会员单位于“光启高等理工研究院”进行了参观及技术交流。其中有深圳市金证科技股份有限公司、深圳市英特安防实业有限公司、深圳市华越力合科技有限公司、浙大中控深圳公司、深圳市创捷科技有限公司、深圳市电信工程有限公司、深圳市顺恒利科技有限公司、深圳市博铭维科技有限公司、深圳市斯普雷博科技有限公司、广州复旦奥特科技股份有限公司、深圳市信诺兴技术有限公司、深圳市华越力合科技有限公司、深圳市创冠智能网络技术有限公司、深圳市筑乐科技有限公司、深圳市新天泽消防工程有限公司。

在一楼的展示厅，大家观摩了超材料技术创新给我们带来的视觉新领域，它以光为业务传递介质实现授权、识别及信息传递，形成了光子认证、光子支付、光子覆盖、光子防伪等独特的产品和解决方案，已成功应用在智慧园区、安防、金融、地产等多个行业。

在技术交流座谈会上，大家相互交流，各自发表了看法。活动在晚宴中落幕，大家在光启这个具有开发式的创新平台，通过学习及体验，吸引着合作伙伴共同发展。

（深圳自动化学会 供稿）

党建强会

中国科协召开2014年“党建强会计划”特色活动总结会

中国科协机关党委和学会服务中心党委于11月20日召开了“党建强会计划”特色活动总结会。学会服务中心主任、党委书记李志刚，学会服务中心党委副书记吴晓琦，中国科协机关党委办公室副主任孟令耘分别参加



了三个会场的会议。受资助的58家全国学会党组织活动项目负责人参加总结会并作汇报。我会党支部书记吕爱英同志参加了总结会并进行了汇报。

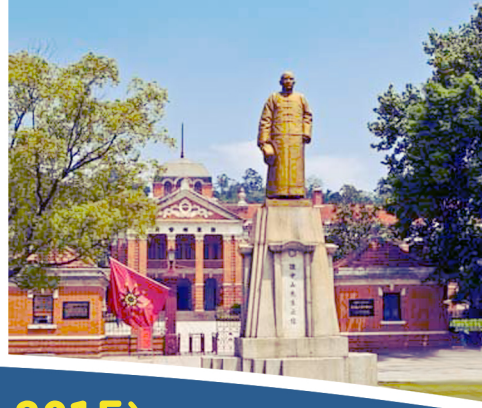
与会全国学会各党组织项目负责人分别介绍了2014年全国学会“党建强会计划”特色活动开展情况。学会党组织利用学会的优势资源，积极筹划、精心组织，学会特点明显、党的元素突出，在科普宣传、学术交流、为民服务、建言献策、自身建设等方面开展了形式多样的活动，充

分发挥党组织战斗堡垒和党员先锋模范作用，取得了良好的效果。

根据今年活动参与面广、活动类型较多等实际情况，工作总结在形式上也做了调整和改进。中国科协党委将本次总结会活动内容进行归类，分三

个组同时进行总结，并且在总结过程中充分调动大家的参与积极性，采取边报告总结、边互评打分的方式，使参会人员既是报告人，也是测评人，达到了相互学习、总结经验的目的。在总结中，大家分享了收获，中肯地分析了存在的问题，并提出了许多好的建议和意见。大家填写的《2014年全国学会“党建强会计划”特色活动测评表》，将作为评选今年特色活动组织奖的重要依据之一。

（学会办公室 供稿）



2015年中国自动化大会 (CAC 2015)

2015年11月27-29 中国·武汉

中国自动化大会是由中国自动化学会组织召开的全国性学术会议，2015年中国自动化大会（CAC 2015）将于2015年11月在武汉召开，本次大会由华中科技大学自动化学院承办。CAC 2015大会的目的是为自动化领域的研究者和工程师们提供该领域内原创科学的沟通机会，其交流重点为充分沟通自动化领域的最新研究成果与进展，共享自动化领域的实践经验。热烈欢迎全国各高等院校、科研院所和企事业单位的科技工作者积极参加。

征文范围

2015年中国自动化大会（CAC2015）热烈欢迎全国各高等院校、科研院所和企事业单位的从事自动化理论与技术研究的科技工作者积极投稿，特别希望征集能反映各单位在自动化领域研究特色的学术论文。主要征文领域范围（包括但不限于）：

先进控制理论及应用， 高端自动化系统与amp;技术， 信息融合与故障诊断， 工业系统工程， 智能制造装备与测控技术， 工业传感器与仪表， 基于数据的建模、优化与控制， 机器人与无人系统， 导航、制导与控制， 模式识别与图像处理， 网络化控制系统， 生物信息与仿生控制， 复杂系统理论与方法， 空间飞行器控制， 脑机接口与认知计算， 智能计算与机器学习， 复杂系统的平行控制和管理， 大数据技术和应用， 智能电网基础理论与关键技术， 流程工业知识自动化。

论文要求

- 来稿未曾公开发表过，具备真实性和原创性。论文摘要及全文请勿涉及国家秘密。
- 凡投稿论文被录用且未作特殊声明者，视为已同意授权出版。
- 中文论文篇幅不限，英文论文6页以内，特别欢迎能反映本单位研究特色的长文。
- 论文投稿请通过登录会议网站投稿专栏在线投稿系统进行投稿。

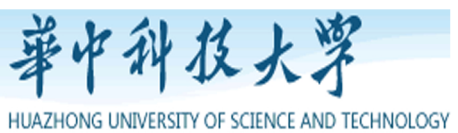
论文出版

出版会议论文集，英文论文被IEEE Xplore检索，部分优秀论文拟推荐到国内外SCI、EI检索的重要期刊以专刊形式发表。

重要时间节点

- 投稿截止日期：2015-05-01
- 终审通知日期：2015-07-01
- 终稿提交日期：2015-08-01

更多信息，请访问大会网站<http://www.cac2015.org>。





欢迎加入

中国自动化学会

Chinese Association of Automation

这里可以 **获取技术信息** **结识业内专家**
获得同行认可 **施展个人才华**

作为个人会员，你可以

- 优惠或免费获得学会提供的技术咨询和资料（以电子邮件方式为主）
- 优惠或免费参加学会或其所属专业委员会举办的学术活动
- 优惠或免费订阅学会通讯及与学会签约的学术期刊
- 优惠参加学会提供的继续工程教育培训
- 通过学会申请各类奖项和荣誉资格
- 其它可能由学会提供的服务

作为团体会员，你可以

- 派出代表参加全国会员代表大会
- 优惠参加学会组织的有关学术论坛、科技展览等活动
- 优惠或免费获得学会提供的有关资料、学术期刊和服务
- 优惠取得学会的技术咨询、新产品鉴定、工程项目验收等服务
- 优惠获得学会为单位员工进修而举办的新产品、新技术培训活动
- 其它可能由学会提供的服务

中国自动化学会办公室

地址：北京市海淀区中关村东路 95 号自动化大厦 509 室

邮编：100190

传真：010-62522248

电话：010-82544542

<http://www.caa.org.cn> E-mail: caa@ia.ac.cn