



2012-2013

*Report on Advances in Control
Science and Engineering*

中国科学技术协会 主编
中国自动化学会 编著

控制科学与工程
学科发展报告

中国科学技术出版社



学科发展报告

014033602

0231
69
2012-2013

2012—2013

控制科学与工程 学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN CONTROL
SCIENCE AND ENGINEERING

中国科学技术协会 主编
中国自动化学会 编著



中国科学技术出版社

· 北 京 ·



北航

C1721815

0231

69

2012-2013

图书在版编目 (CIP) 数据

2012—2013 控制科学与工程学科发展报告 / 中国科学技术协会主编; 中国自动化学会编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2014.3

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-6557-7

I. ① 2… II. ① 中… ② 中… III. ① 自动化技术—科学进展—研究报告—中国—2012—2013 IV. ① TP2-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 032436 号

策划编辑	吕建华 赵 晖
责任编辑	张 楠 杨 丽
责任校对	刘洪岩
责任印制	王 沛
装帧设计	中文天地

出 版	中国科学技术出版社
发 行	科学普及出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编	100081
发行电话	010-62103354
传 真	010-62179148
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	365 千字
印 张	16.25
彩 插	1
版 次	2014 年 4 月第 1 版
印 次	2014 年 4 月第 1 次印刷
印 刷	北京市凯鑫彩色印刷有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-6557-7/TP · 393
定 价	60.00 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

2012—2013

控制科学与工程学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN CONTROL
SCIENCE AND ENGINEERING

首席科学家 王飞跃

专 家 组

组 长 戴汝为 孙优贤

副组长 吴宏鑫 黄 琳

成 员 (按姓氏笔画排序)

吴启迪 宋 健 张育林 郑大钟 郑南宁

柴天佑 郭 雷

编 委 会 (按姓氏笔画排序)

王红卫 刘成林 李少远 张长水 张学工

张笃周 陈 杰 周东华 赵千川 胡小平

学 术 秘 书 张 楠 陆 浩 吕爱英 姜 伟 赵学亮

王 坛

序

科技自主创新不仅是我国经济社会发展的核心支撑，也是实现中国梦的动力源泉。要在科技自主创新中赢得先机，科学选择科技发展的重点领域和方向、夯实科学发展的学科基础至关重要。

中国科协立足科学共同体自身优势，动员组织所属全国学会持续开展学科发展研究，自2006年至2012年，共有104个全国学会开展了188次学科发展研究，编辑出版系列学科发展报告155卷，力图集成全国科技界的智慧，通过把握我国相关学科在研究规模、发展态势、学术影响、代表性成果、国际合作等方面的最新进展和发展趋势，为有关决策部门正确安排科技创新战略布局、制定科技创新路线图提供参考。同时因涉及学科众多、内容丰富、信息权威，系列学科发展报告不仅得到我国科技界的关注，得到有关政府部门的重视，也逐步被世界科学界和主要研究机构所关注，显现出持久的学术影响力。

2012年，中国科协组织30个全国学会，分别就本学科或研究领域的发展状况进行系统研究，编写了30卷系列学科发展报告（2012—2013）以及1卷学科发展报告综合卷。从本次出版的学科发展报告可以看出，当前的学科发展更加重视基础理论研究进展和高新技术、创新技术在产业中的应用，更加关注科研体制创新、管理方式创新以及学科人才队伍建设、基础条件建设。学科发展对于提升自主创新能力、营造科技创新环境、激发科技创新活力正在发挥出越来越重要的作用。

此次学科发展研究顺利完成，得益于有关全国学会的高度重视和精心组织，得益于首席科学家的潜心谋划、亲力亲为，得益于各学科研究团队的认真研究、群策群力。在此次学科发展报告付梓之际，我谨向所有参与工作的专家学者表示衷心感谢，对他们严谨的科学态度和甘于奉献的敬业精神致以崇高的敬意！

是为序。



2014年2月5日

前言

根据中国科学技术协会 2012—2013 年学科进展研究项目的工作安排,中国自动化学会于 2013 年组织了 80 余名专家学者,启动《2012—2013 控制科学与工程学科发展报告》的编写工作。

在历时 10 个多月的报告撰写过程中,项目组与专家组紧密结合,开拓性地采取了定量与定性相结合的方法对本领域科研进展进行描述。该方法以数据驱动的知识自动化为指导,围绕控制科学与工程领域(控制理论与控制工程;检测技术与自动化装置;系统工程;模式识别与智能系统;导航、制导与控制)5 个二级学科的 2011—2013 年度网络文献及数据资源,以 iCAN (integrated China Automation Network,自动化学科集成网络)解析平台为分析工具,采取有效机制与各二级学科专家互动,专家用数据说话,避免了传统报告的一些局限性问题的。采用新方法,本报告较为全面地总结了国内控制科学与工程领域近 3 年来的主要研究成果,并对学科的现状与发展态势进行了概述、分析和展望。

控制科学与工程是自动化的基石。半个多世纪之前,现代控制理论的奠基人、美国学者维纳教授就认识到由控制论引发的自动化将给社会带来一次新的工业革命,即“第二次工业革命”。钱学森教授随后出版的《工程控制论》更是为这场革命从理论到现实开启了具体的方法和技术。正如英国物理学家和科学史家贝尔纳所指出的,自动化的兴起不仅是一次“新的工业革命”,而且或许可以更公允地将这场革命叫作“第一次科学技术革命”。

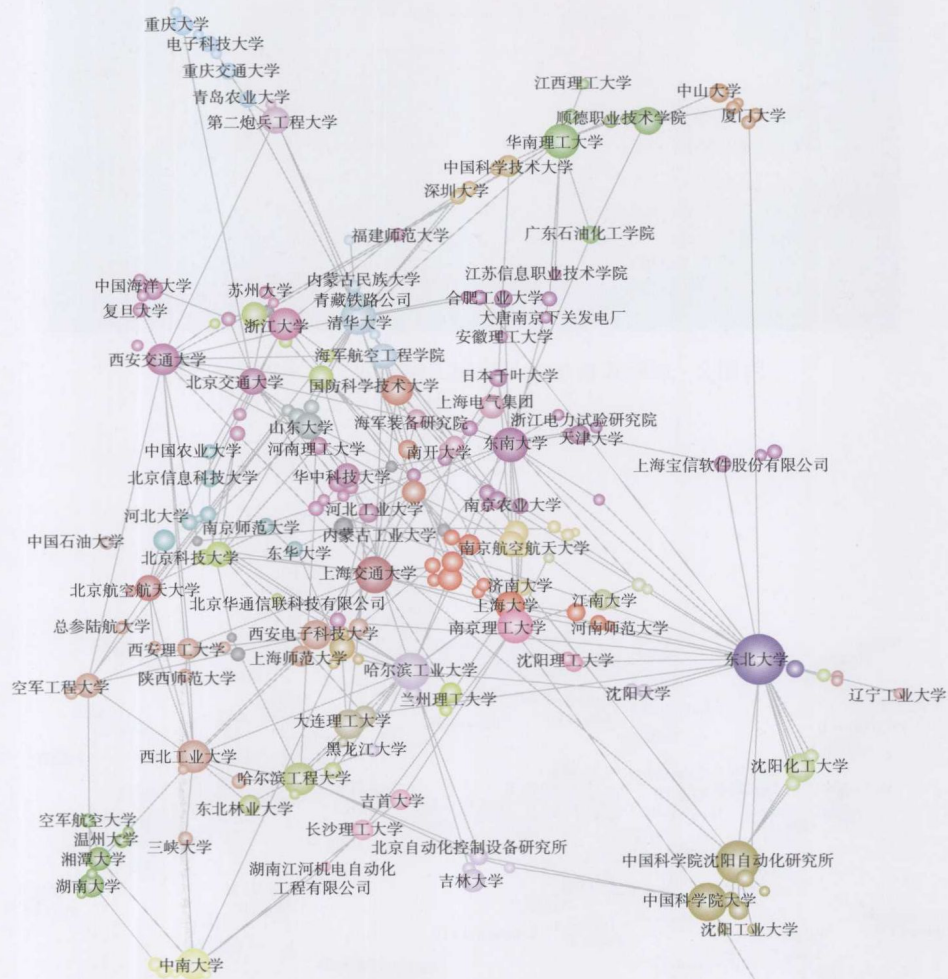
今天,这场革命已把我们带到了信息社会,也为自动化的发展带来了巨大的挑战和无尽的生机,更使智能科学和方法成为新时期自动化的灵魂。科技发展表明,自动化是信息化的必然,是智能化的基础,是人类体能和智力扩展的关键技术,是我们从信息社会迈向知识社会的必经之路。因此,我们必须进一步加强控制科学与工程学科的建设与发展,为国家社会与经济的深入发展提供有力的保障。

在现代控制理论与工程萌生之初,以中国自动化学会首任理事长钱学森教授为代表的中国学者做出了开创性的贡献,极大地推进了控制基础理论的发展,并促进了自动化技术的实际应用。在过去几年里,我国自动化领域的科技人员取得了巨大的成就,为科学的发展和国家的国防与经济建设做出了重要的贡献。然而,在许多方面,特别是在自动化应用和产业化方面,我们离国际先进水平、国家安全的迫切要求以及社会经济的发展需求还有很大的差距。我们必须发扬老一辈科学家的科学精神和工作态度,系统并且前瞻性地规划控制科学与工程学科的未来发展。在进一步加强自动化科学基础研究的同时,更加深入地开展自动化技术的自主创新和实际应用;在满足国家战略需要的同时,为中国整体产业的转化和升级、从制造大国到制造强国提供有力的科技支持;为中国整体社会经济的科学和高效发展,从协调可持续到和谐社会,做出切实的贡献。

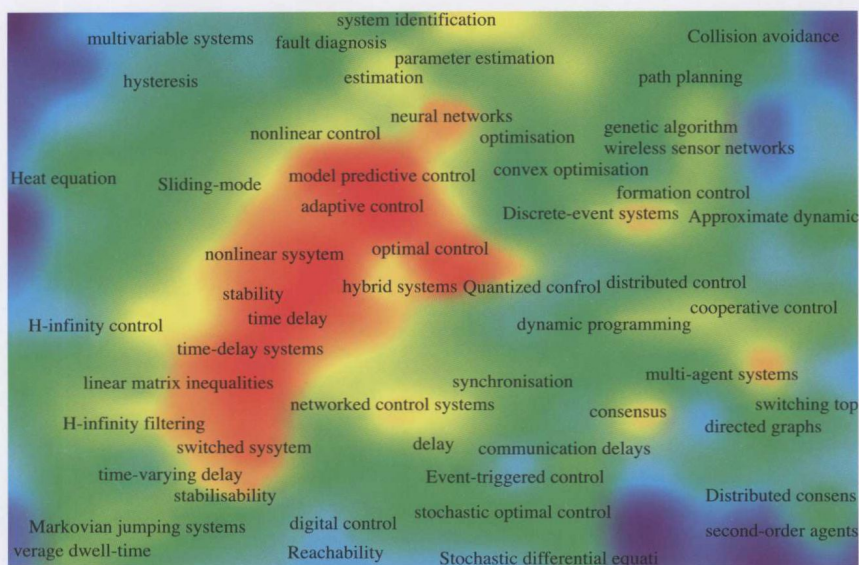
这是中国自动化学会第三次组织撰写本学科的发展报告。我们谨代表学会向参与编写的所有专家学者表示衷心的感谢。同时，也向中国科学技术协会的有关领导和工作人员、中国科学技术出版社的有关工作人员以及中国自动化学会的有关工作人员，表示衷心的感谢。

中国自动化学会

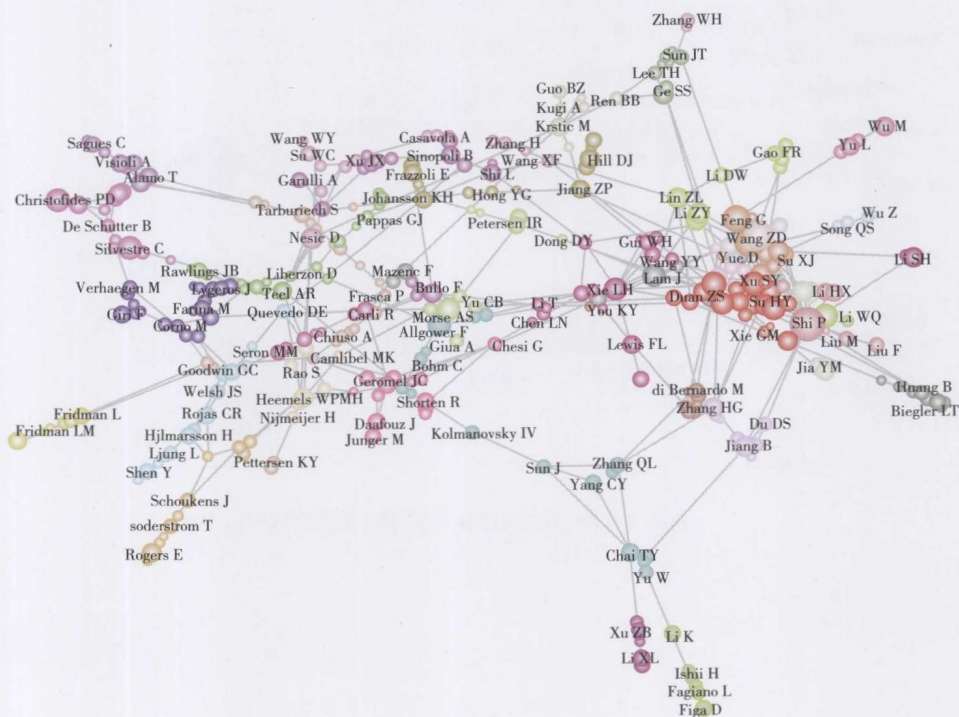
2013年11月



附图 1 国内控制理论与控制工程机构合作网络



附图 2 国际控制理论与控制工程期刊文章关键词图谱



附图 3 国际控制理论与控制工程文章作者合作网络



目 录

序	韩启德
前言	中国自动化学会

综合报告

控制科学与工程学科发展现状与趋势	3
一、引言	3
二、本学科近年的最新研究进展	6
三、本学科国内外研究进展比较	21
四、本学科发展趋势及展望	33
参考文献	35

专题报告

关于实时优化方法——极值搜索的发展研究	43
高阶 / 非线性多智能体一致性控制发展研究	46
事件驱动系统控制与优化发展研究	51
网络控制系统资源优化与控制发展研究	56
网络控制系统发展研究	60
带有通信约束的多自主体协作发展研究	65
基于代数状态空间方法的逻辑动态系统发展研究	70
集值系统辨识与适应控制发展研究	75
智能优化控制发展研究	80
控制系统故障诊断技术研究进展	85
生产计划调度发展研究	98

体系工程与体系结构技术发展研究	106
网络科学发展研究	111
系统仿真发展研究	120
模式识别学科发展研究	131
脑影像与脑认知发展研究	141
数据挖掘学科发展研究	152
网络多媒体发展研究	162
导航技术发展研究	170
飞行控制发展研究	182
航天器智能自主控制发展研究	191
航天器自主导航发展研究	196
空间操作控制发展研究	201

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Control Science and Engineering	209
---------------------------------------	-----

Reports on Special Topics

Research Report About a Realtime Optimization Method—Extremeum Seeking	218
Research on Discipline Development of Consensus Control for High-order/Nonlinear Multi-agent Systems	219
A Survey on Recent Progress on Event-based Control and Optimization	219
Resource Allocation and Control in Networked Control Systems	220
Progress Report on Networked Control Systems	221
Research on the Development of Coordination of Multi-agent Systems with Communication Constraints	221
Recent Advances in the Logical Dynamic Systems Based on Algebraic State Space Approach	222

Scientific Report on the Identification and Adaptive	
Control on Set-valued Systems	223
Research on Development of Intelligent Optimized Control	224
Report on Fault Diagnosis of Control Systems	224
Highlights in Production Planning and Scheduling Research	225
System of Systems Engineering and System of Systems	
Architecture Technology	226
Highlights in Network Science Research	226
The Method, Technology and Application of System Simulation	228
Recent Advances in Pattern Recognition	229
Report on Brain Imaging and Cognition	230
Recent Advances in Data Mining	231
Highlights in Web Multimedia Research	232
Highlights in Navigation Research	233
Development of Flight Control	234
Report on Advances in Spacecraft Intelligent Autonomous Controls	235
Report on Advances in Spacecraft Autonomous Navigation	236
Report on Advances in the Control of Space Manipulation	238
索引	240

综合报告

控制科学与工程学科 发展现状与趋势

一、引言

自动化服务于人,将人从单调而繁重的重复性工作中解放出来,进而更多地投入到创造性的工作中,极大地拓展了人类认识和改造世界的能力。当今世界,自动化科学已经成为衡量一个国家科技发展水平和综合国力的重要标准之一,而以自动控制和信息处理为核心的自动化技术也已经成为推动生产力发展、改善人类生活以及促进社会前进的源动力之一。

近年来,结合网络和数据技术的最新发展,自动化领域呈现出许多新的趋势,其中最引人关注的动向之一就是知识自动化的快速兴起和广泛应用。目前,知识自动化已在知识的生成、传播、影响、应用和评估等方面产生了变革性的冲击作用。就学科发展的分析评估这一特定问题,国外已研发出 VIVO, iPlant, LiquidPub 等系统,中国自动化学会也开展了 iCAN (integrated China Automation Network, 自动化学科集成网络) 和 AI 3.0 (Analytics Intelligence, 情报解析系统) 等项目与平台的建设,试图使 SciTS (Science of Team Sciences, 群体创新科学) 成为一个具体的知识自动化范例。《2012—2013 控制科学与工程学科发展报告》就是利用知识自动化的理念和方法,以数据说话,将定性与定量分析相结合,以直接明确的方式,对本学科发展进行分析评估。

本文在 iCAN 研究解析系统的基础上,完成了对近年国内自动化领域的主要研究成果和未来发展方向的分析工作。由于是首次开展这项工作,为了便于读者理解,下面先从数据源收集和分析结果两方面介绍相关的背景。

(1) 数据源收集:数据源的确定过程包括以下步骤:首先,由自动化学会向各领域专家发放需求分析表,征求领域内的核心学术期刊、学术会议、专家学者、学术组织、研究机构、研究方向和关键词的推荐建议。收集过程中共发放了 50 份分析需求表,最终收到 26 份反馈,通过对专家推荐的信息进行进一步处理,共收集到领域内相关期刊 103 个、会议 64 个。然后,通过人工方式对候选数据集进行进一步筛选,数据集缩减为源自 88 种期刊、41 个会议的 10 万余篇文献数据。最后,考虑到会议文献数据集与各学科划分之间

的关系很难界定,而期刊文献的研究方向比较固定,并更具权威性,因此数据源最终确定为 88 种期刊,分析时间跨度为 2011—2013 年。

使用 iCAN 研究解析系统的 ASKE (Application Specific Knowledge Engine, 面向领域的知识引擎) 数据采集引擎获取数据源文献数据,系统自动过滤掉期刊目录、征稿通知、期刊声明等无效条目,并通过中图分类号对综合类期刊文章进行分类筛选,总计获得 46242 篇文章,其中控制理论与控制工程方向 8186 篇,模式识别与智能系统方向 20100 篇,检测技术与自动化装置方向 9933 篇,导航、制导与控制方向 4213 篇,系统工程方向 3810 篇。其中,模式识别方向又进一步划分为 4 个子方向,分别是模式识别理论、数据挖掘与知识发现、脑影像与脑认知、生物信息学。每个方向上按国内和国外分别收集期刊文献信息,其中数据挖掘与知识发现、脑影像与脑认知、生物信息学 3 个子方向,由于国内的期刊文章较少,本次没有开展国内文献的定量分析。详细数据情况如表 1 所示。

表 1 数据源情况

学 科 领 域		国内期刊		国外期刊	
		种 类	文献数 (篇)	种 类	文献数 (篇)
控制理论与控制工程		6	1823	20	6363
模式识别与智能系统	模式识别理论	3	541	13	4645
	数据挖掘与知识发现	—	—	3	520
	脑影像与脑认知	—	—	3	2436
	生物信息学	—	—	12	11958
检测技术与自动化装置		7	5909	4	4024
导航、制导与控制		8	2721	5	1492
系统工程		4	1722	4	2088

说明:数据获取对象为期刊的官方网站;对于其中部分不提供网上开放文献数据浏览的期刊,从 Web of Knowledge 数据库和 CNKI 数据库进行二次文摘数据采集;为避免数据版权的问题,未对全文数据进行下载和使用。

(2) 分析内容与结果: iCAN 研究解析系统分析对象主要包括 3 种,分别是研究热点、研究人员和研究机构,分析内容与分析结果如表 2 所示。

表 2 分析结果及分析结果介绍

分析内容	分 析 结 果
研究热点分析	关键词图谱:基于关键词的共现矩阵,利用网络可视化工具构建关键词图,其中关键词的大小由其出现的文章数与关联关键词数共同决定,关键词颜色体现了其重要程度,颜色越深(红)表明相关研究越多,颜色的渐变表示研究热点的变化
	关键词排行:对关键词进行统计,主要计算每个关键词所在的文章总数以及其作为第一关键词出现的文章数。根据关键词所在的文章总数进行排序