

1998

中国科学技术前沿

SCIENCE AND TECHNOLOGY
AT THE FRONTIER IN CHINA

中国工程院编



高等教育出版社

HIGHER EDUCATION PRESS

1998 中国科学技术前沿

SCIENCE AND TECHNOLOGY
AT THE FRONTIER IN CHINA

中国工程院版

高等教育出版社

编辑委员会

顾问: 朱光亚

主 编: 宋 健

副主编: 侯云德 师昌绪 金国藩 葛能全 常 平

委 员: (以姓氏笔划为序)

石玉林 师昌绪 汤钊猷 吴有生

汪旭光 宋 健 金国藩 周干峙

郑健超 侯云德 常 平 葛能全

编辑部

董庆九 刘 静 沈 廉 陈 丹 王振德

责任编辑

王国祥

EDITING COMMITTEE

Consultant: Zhu Guangya

Editor in Chief: Song Jian

Vice-Editors in Chief: Hou Yunde

Shi Changxu Jin Guofan

Ge Nengquan Chang Ping

Members: Shi Yulin Shi Changxu

Tang Zhaoyou Wu Yousheng

Wang Xuguang Song Jian

Jin Guofan Zhou Ganshi

Zheng Jianchao Hou Yunde

Chang Ping Geng Nengquan

EDITORIAL OFFICE

Dong Qingjiu Liu Jing Shen Lian

Chen Dan Wang Zhende

MANAGING EDITOR

Wang Guoxiang

目 录

信息技术

智能控制——超越世纪的目标·····	宋 健	3
出版技术的发展与展望·····	王 选	17
CIMS 的昨天、今天和明天 ·····	吴 澄 李伯虎	55

杂交水稻

走向国际的中国杂交水稻·····	袁隆平	85
------------------	-----	----

铁路与桥梁

中国桥梁工程·····	李国豪	99
高速铁路·····	沈志云	111

矿冶工程

生物工程与矿物提取技术·····	王淀佐	155
钢铁工业的发展动向·····	殷瑞钰	173
电磁流体力学与材料工程·····	傅恒志 张 军	187

高能物理工程

高能粒子物理的现代实验工程·····	叶铭汉 李 金	227
--------------------	---------	-----

核 技 术

核燃料循环与锕系元素分离	朱永贻	马翔泉	267
--------------------	-----	-----	-----

卫星与机电技术

中国返回式卫星的发展	闵桂荣	林华宝	295
微机电系统	丁衡高		313

洪患治理

从 1998 年抗洪看长江的洪患治理	文伏波	谭培伦	353
--------------------------	-----	-----	-----

能源与环境

洁净煤与环境工程

..... 岑可法 池 涌 方梦祥 骆仲浚 严建华	389
电力系统稳定性的在线评测	薛禹胜 429
保护生物多样性	金鉴明 陈昌笃 金冬霞 483

医学工程

疾病基因的多态性	黎磊石 刘志红	503
发达社会疾病——创伤	王正国	527

CONTENTS

Information Technology

Control and Automation Beyond the Century		
.....	Song Jian	13
Development and Prospect of Publishing Techniques		
.....	Wang Xuan	50
Contemporary Integrated Manufacturing Systems		
.....	Wu Cheng Li Bohu	81

Hybrid Rice

Internationalized Chinese Hybrid Rice	 Yuan Longping	94
---------------------------------------	---------------------	----

Railway and Bridge

Bridge Engineering in China	 Li Guohao	106
High-Speed Railway	 Shen Zhiyun	150

Mining and Metallurgical Engineering

Biological Engineering and Mineral Extraction Technology		
.....	Wang Dianzuo	169
Development of Steel Industry	 Yin Ruiyu	182
Magnetohydrodynamics and Metallurgy Materials Engineering		
.....	Fu Hengzhi Zhang Jun	223

High Energy Physics Engineering

Modern Experimental Engineering of High Energy

Particle Physics Ye Minghan Li Jin 262

Nuclear Technology

Advanced Nuclear Fuel Cycle Concept and the Separation of

Actinides Zhu Yongjun Ma Xuquan 288

Satellite and Microelectromechanical Systems

Development of Recoverable Satellite in China

..... Min Guirong Lin Huabao 308

Microelectromechanical Systems Ding Henggao 350

Flood Disaster Prevention

Flood Disaster Prevention in Yangtze Valley and Fight

against 1998 Yangtze Flood Wen Fubo Tan Peilun 384

Energy and Environment

Clean Coal and Environment Engineering

..... Cen Kefa Chi Yong Fan Mengxiang
Luo Zhongyang Yan Jianhua 423

Quantitative Study of General Motion Stability

..... Xue Yusheng 476

Conservation Biological Diversity

..... Jin Jianming Chen Changdu Jin Dongxia 500

Medical Engineering

Gene Polymorphism and Clinical Phenotype of Disease

..... Li Leishi Liu Zhihong 523

Trauma: A Disease in the Developed Society

..... Wang Zhengguo 543

控制论专家 宋健



智能控制——超越世纪的目标

宋 健

1999 年是国际自动控制联合会 (IFAC) 成立 42 周年。1957 年在巴黎成立的第一届理事会, 中国是发起国之一。我有幸参加在莫斯科召开的第一次代表大会。那是一次盛大的科学集会, 向全世界宣布了 IFAC 的诞生。20 世纪对控制论科学做出过重大贡献的杰出科学家们, 如 Norbert Wiener, Lev Pontryagin, Rudolf Kalman 等都出席了那次大会。现代工程控制论的先驱钱学森博士, 当时刚从美国回到祖国, 代表中国当选为 IFAC 第一届理事会成员。由于他受命主持中国的航天发展计划, 未能出席莫斯科会议, 很多人都感到遗憾。由于 N. Wiener 在他的《控制论》中把动物界和机器相提并论, 50 年代在哲学界曾引起轩然大波。人也是动物, 把人与机器等同起来, 有亵渎人类尊严之嫌, 就像哥白尼把地球从宇宙的中心搬到太阳系的一个角落而触怒了神学家们一样, 引起了激烈争论。有人骂控制论是“伪科学”。钱学森博士在《工程控制论》(1954) 一书中系统地揭示了控制论这一新兴学科对电子通讯、航空、航天和机械制造工业的重要意义和深远影响, 情况才有了变化, 哲学界有些人的反控制论热潮才平息下去。到 1960 年 IFAC 第一届代表大会时, 控制论的反对者们已销声匿迹了, 所以那是一次庆祝胜利的大会。

近 40 多年后的今天, 国际自动控制联合会第 14 次代表大会在北京召开。与 50 年代相比, 控制论和自动化技术的应用发生

4 中国科学技术前沿

了天翻地覆的变化。由于微电子技术和计算机技术的迅速进步和普及,自动控制技术已广泛应用到制造业、农业、交通、服务业、航空、航天等所有产业部门。在制造业中,从计算机辅助设计与制造,数控机床,到柔性加工系统和计算机集成制造系统以及机器人的广泛进入生产线,成十倍、百倍地提高了社会的劳动生产率,增强了脑力劳动创新能力,丰富了工业产品的多样性,改善了人们的劳动条件,提高了人们的生活水平。

在今天的社会生活中,自动化装置无所不在。通讯、金融业已接近全面自动化;医疗器械和仪器的自动化程度日益提高;自动化装置已广泛进入家庭,成为家庭主妇们须臾不能离开的东西。近半个世纪以来,控制论和自动化技术为人类文明进步做出了重要贡献,很久以后的人们将会纪念这一代人的贡献。

现代自动控制技术的进步,为科学研究和探测工作开辟了新的可能性,开拓了靠人力所不能胜任的新科学事业。90年代实现了6 000m到10 000m深海探测;实现了对太阳系的金星、火星、木星及一些卫星和彗星的探测。哈勃空间望远镜的轨道运行给天文学家研究宇宙提供了前所未有的工具和机会。1997年美国科学家们研制的“探路者号小车”胜利地完成了火星表面的实地探测,是本世纪自动化技术最高成就之一。

分子生物学家们现在正在进行的雄心勃勃的“人类基因组计划”(HGP),极大地得益于自动化装置。他们利用半自动DNA测序设备,到1998年已完成了总数为 3.5×10^9 中的 2×10^7 个碱基对的测序。最近又有公司研制出自动化测序装置,为人类基因组计划提供了更快、更准和更便宜的自动化科学设备。

40年来,在50~60年代取得一批杰出成就的基础上,控制理论本身又有了显著进步。首先,从线性近似到非线性系统研究取得了新的成就。本来,世界上真正的线性系统很少,取线性近似是不得已而为。直接在微分流形上研究非线性系统,借助微分

几何的固有非线性框架,丰富的几何结构,如李群、纤维丛、分布等构造,可以描述一大类微分动力学系统。由于非线性系统的研究越来越显得重要,越来越多的科学家转向这一研究方向,这将把控制论引向更广阔的道路,并可能开辟全新的前景。离散事件动力系统(DEDS)理论的形成,大大扩展了对离散系统的描述和分析能力,对制造业和服务事业具有重要价值。分布参数系统的研究又有了新的突破,对解决弹性体和含有连续介质的受控对象的控制有重要意义。带有不确定性的 H_∞ 控制和系统对外扰的强健性分析设计是在无穷维空间进行的。实践已经证明,系统或参数识别理论和技术对加工随机信息和处理不明规律来源的数据具有不可代替的应用价值。自适应、自校正、容错、自组织系统的研究和应用又有了新的发展,这些功能的集成使控制系统的智能大为增加,从而出现了新的、具有远大前程的“智能控制理论”研究方向。

机器人学的进步和应用是本世纪自动控制最有说服力的成就,是当代最高意义上的自动化。仅仅花了 20 年,机器人就从爬行到学会了两腿走路,成为直立机器人,而人类从爬行到直立却花了上百万年。机器人已能用手使用工具,能看、听、用多种语言说话。它安心可靠地去干最脏最累的活。据估计,现在全世界已有近 100 万个机器人在生产线上工作。有近万家工厂在生产机器人,销售额每年增长 20% 以上。机器人们正雄心勃勃,21 世纪将进入服务业,当出租车司机,到医院里去当护士,到家庭去照顾老人,到银行里去当出纳。

如果微电子学再进一步,就可以把 IBM/6 000SP 挤进它的脑袋里,运行 Deep Blue 软件,像 1997 年 5 月击败世界冠军 Gary Kasparov 那样,使国际象棋大师们望而生畏。Isaac Asimov 曾设想的“机器人有数学天才,能心算三重积分,做张量分析题目如同吃点心一样”,已不难做到。

60年代出现过的恐惧和反对自动化和机器人的社会心态已被证明是没有根据的。今天,一些应用机器人最多的国家失业率并没有明显升高,即使有,也没有人指责控制科学家和工程师。那是金融家和政治家们的过错。相反,智能技术的广泛进入社会,有利于提高人民的生活质量,提高劳动生产率,提高全社会的文化素质,创造更多的就业机会。

控制论的理论、概念和方法在计算机技术的支持下,已经远远超越了40年前主要为工业生产和军事装备的服务范围,广泛应用到了政治、军事和社会科学的各个领域。过去20年来,经济学家们从控制论中得益而获得新成就是有目共睹的事实。原属于控制论学科中的专业概念和术语,如正负反馈、系统分析、分叉、非线性系统、系统工程等已被自然科学、社会科学各学科所接受和采用,往往能在完全不同的学科中引导出令人意外的新发现。经济学家们从控制科学受益已众所周知。很多大学都把控制理论列为所有工科和部分社会科学学生的必修课。

近年来,让控制科学家最为兴奋的是,许多政治家和国家领导人开始理解控制论中的理论、概念和方法的重要性,他们很多人在演讲或论文中广泛使用控制论的语言去阐明社会政治问题。例如,美国副总统在书中就大量使用控制论的观念和语言讨论社会问题。当政治家们遇到某些棘手的政治问题时,他们时常寄希望于系统科学家伸出援助之手,即使后者的研究工作从来未涉及到政治问题。这种形势常使控制论和系统科学家们冷暖皆忘,把酒临风,心旷神怡。

最近20年来,在控制论和系统科学对国际社会、政治和法律事务产生过强大影响的领域中,人口学的发展可能是有代表性的。

自从Thomas Malthus于1789年发表了《人口论》以来,思想界和政治家们争论了近200年。20世纪,特别是下半叶世界人口猛增,引起了科学界的广泛关注。1994年9月,联合国专门召

开了开罗高峰会议，讨论世界人口问题。控制人口增长是这个会议的主题。今天，世界人口已近 60 亿，比二战前增加了一倍，每年仍以 8 000 万的速度增长。据联合国预测，到下世纪中叶，世界人口可能超过 100 亿。其中亚洲人口为 32 亿，占世界人口 32%。新增人口主要在发展中国家，集中在亚洲和非洲。中国和印度两国人口之和现在已超过 20 亿，占亚洲人口的 2/3 以上。科学家们担心，如果不控制人口增长，很快将超过地球的承载能力。科学家们普遍认为，人类只有控制住人口的增长，才能实现 21 世纪可持续发展。

20 世纪，很多人口学家定量研究过人口增长问题。80 年代以来，控制论科学家广泛介入人口发展过程的研究，对人口系统稳定性和控制规律取得了意想不到的新突破，找到了人口系统稳定性的判别准则和从常规人口统计数据中计算这个准则的方法。在人口统计中有一个关键指标叫做人口总和生育率(TFR)，它的意义是全社会平均每个妇女一生所生孩子数。从控制论关于系统稳定性的观点出发，容易证明，对每一个国家的 TFR 存在一个极限值，我们叫它做“双向生育率极限”，记为 β_{cr} ，如果 TFR 大于这个极限值，即 $TFR > \beta_{cr}$ ，人口动力学方程的本征值出现正值，人口数量将永远增长下去，永无停止之日。如果 $TFR < \beta_{cr}$ ，本征值为负数，人口数量将逐步减少。如果长期保持 $TFR = \beta_{cr}$ ，则人口数量迟早会稳定下来，最终停止增长。人口学中存在了 100 多年的这一关键问题，只有借助控制论的概念和方法才得到了完全的解决，这已为世界人口学家所接受。人口学历来被认为属于社会科学范畴，控制理论的介入，取得了意想不到的成功。

值得高兴的是，中国政府完全接受了这一理论，制定了中国的计划生育政策。80 年代中国的临界生育率是 2.16，1979 年 TFR 已降到 1.8，远低于临界值。只要坚持当前的政策，30 年后中国的人口将停止增长。至少中国不会发生“人口爆炸”。

站在进入 21 世纪的门槛上，回顾人类文明进步的近代史，如果说 19 世纪实现了社会体力劳动机械化，延伸了人的体力，那么 20 世纪的主要特征是实现了劳动生产自动化，极大地提高了社会劳动生产率，创造了比过去任何时期都多得多的社会财富，彻底改变了人类的生产和生活方式，提高了人们的生活质量，延长了人类的平均寿命。这完全是现代科学技术的功劳。我们可以感到骄傲的是，控制论科学家和工程师们为此做出了重要贡献。预计 21 世纪，自动化技术仍将是高技术前沿，仍然是推进新技术革命的核心力量。制造业和服务业仍然是它取得辉煌成就的主要领域。

在展望 21 世纪时，我们不能不注意到，20 世纪世界上已经和正在出现的一些重大问题，将由我们和下世纪的人们去解决。首先，也是最重大的挑战，要在世界人口增长一倍的情况下，保证全人类的食品安全和生活必需品供应。物质财富的生产和安全供应将永远是人类生存和发展的根本保障，制造业和服务业永远是人类社会生活的支柱，据世行统计，制造业仍占发达国家 GDP 的 30%。克林顿总统说：制造业一直是美国经济的支柱，世界 80% 的人口生活在发展中国家，还有 10 亿人口经常处于饥饿威胁之中。联合国年年发表宣言，科学界不断疾呼，全力保障下世纪各国人民的食物和生活必需品的充足供应是各国政府的责任，也是科学界的义务。继续发展和推广应用工业、农业生产中的自动化技术仍将是 21 世纪控制论科学家和工程师们的光荣任务。特别是发展中国家应该培养更多人才，通过技术转移和学习，普及和推广应用自动化技术，提高社会生产力，拯救仍处于贫困中的妇女和儿童。最近有人说：“人类将越来越多地使用比特，越来越少地使用原子”。前一句是对的，对 21 世纪信息技术的作用怎么估计都不会过分。这后一句可能把人们引入歧途，至少在发展中国家中不能成立，要当心上当。