

科学前沿与未来

第 四 集

张 焘 主编

科 学 出 版 社

535138



535138

科学前沿与未来

第四集

张 焘 主编



科 学 出 版 社

1999

内 容 简 介

本书收编了1998年香山科学会议有关探讨科学前沿及其走向、展望未来发展趋势的优秀综述论文18篇,皆系国内一流科学家(其中大多数为院士)撰写的。内容涉及控制论、凝聚态物质、强场物理、人类基因组、生物信息学、RNA、吸毒的医学防治、脑内多巴胺神经系统、植物抗病的分子机理、生物和材料、高性能计算技术、量子科学与量子通讯、东亚古季风演变、可持续农业等学科的前沿问题及发展趋势。观点新颖,学术思想活跃,资料翔实,有助于科技工作者、科技管理工作、大学教师和研究生了解最有希望、最重要的科学前沿,特别是学科交叉的前沿。

图书在版编目(CIP)数据

科学前沿与未来 第四集/张焘主编,-北京:科学出版社,1999

ISBN 7-03-007513-7

I. 科… II. 张… III. 科学预测-文集 IV. G303-53

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第11912号

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

科地亚印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

v

1999年8月第 一 版 开本:850×1168 1/32

1999年8月第一次印刷 印张:10¹

印数:1 5 0 0 0 字数:229 000

定 价: 20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈杨小〉)

顾	问	卢嘉锡	周光召	朱光亚	路甬祥
		朱丽兰	惠永正	张存浩	陈能宽
		唐有祺	许智宏	吴文俊	严东生
		涂光炽	邹承鲁	师昌绪	
主	编	张焘			
副主	编	邵立勤	曹效业		
编	辑	周春来	叶玉江	马素卿	

序 一

现代科学正在突飞猛进地发展，不断扩展人类的视野，增长人类的知识，促进社会繁荣，推动经济发展，备受世人关注。

现在，科学技术正处于重大突破的前夕。新发现、新思想、新概念、新方法的不断涌现，新学科和新方向的不断产生，学科的交叉、渗透和综合趋势的日益增强，复杂性（复杂系统）和整体性研究的崛起，构成当代科学发展蔚为壮观的景象。这不仅对科学的许多原有概念提出了挑战，而且深刻影响到经济和社会生活的各个方面，包括人们的思维方式、生产方式、工作方式和生活方式。

“科学是无止境的前沿”。在科学自身的伟大创造力和经济社会不断出现的巨大需求的推动下，科学不断地推进自己的前沿和扩展研究的领域。现在，这一过程日益加速。学科前沿的错综交叉、变化多端、绚烂多彩、日新月异，令人振奋。

探讨科学前沿，了解其变化和走向，展望未来，对于促进科学发展、促进科技创新，具有战略性的意义。这种预测、研讨活动，本身就是科研工作的重要组成部分。

探明科学前沿、预测科学未来、认清萌生的生长点和蕴藏的新苗头，是非常困难的，需要雄厚的、长期系统的积累，需要扎实的、坚持不懈的努力研究。出版《科学前沿与未来》系列专著，无疑给科技界提供了交流和讨论的机会，并将吸引大家把注意力和兴趣投向最主要、最有希

望、发展最快的前沿，主要是交叉前沿，激励大家的研究兴趣，长期坚持下去。这将使我们的科研工作永远处于科学的最前沿，从而充满活力，富有创造性。

《科学前沿与未来》系列专著，以香山科学会议的综述报告和重点发言为基本内容，并欢迎在科学前沿研究工作的科学家投稿。我们希望科技界和全社会，都关心、爱护、支持这个系列专著，齐心协力，把它长期办下去，为科技发展、科技创新、培育人才做出贡献。

周光召

序 二

当今世界，科学技术的突飞猛进改变了人类社会的各个方面。科学技术走出实验室已作为一个国家综合国力的代名词。

蓬勃兴起的新科技革命，为我国的改革开放和经济发展提供了契机。在这难得的历史机遇面前，中国科技界任重道远，一方面要花大力气通过先进的科学技术，改造传统产业，发展新兴产业，不断提高科技进步在经济增长和社会发展中的作用，促进整个国民经济持续、快速、健康的发展；另一方面要稳定一批优秀队伍，在基础科学、高科技的前沿等方面做出世界一流的工作，要做到这一点，提供一个宽松的、自由阐述新思想、新概念、新发展的环境是很需要的。正是基于这种考虑，在1992年7月召开的“展望21世纪初的中国自然科学”座谈会上，产生了举办“香山科学会议”的想法。两年多来，在国家科委和中国科学院有关同志的努力下，会议办起来了，迄今已举办了20多次，在科技界产生了很好的影响。最近，江泽民主席也对香山科学会议表示关注。这无疑是对我们工作的极大鼓励和鞭策。

《科学前沿与未来》是香山科学会议的评述报告和重要发言的汇编，集各家之言，洋洋洒洒，把这些宏论良策发表出来是希望能引起社会各界，尤其是广大科技工作者的争论和共鸣，从而对当今前沿重大科学问题加深认识乃至对我国科研工作的今后布局产生影响，也希望由

此能传播香山科学会议精神，在我国科技界倡导和培育自由、宽松、民主的学术风尚，引导和激励广大科技工作者特别是青年一代勇攀世界科技高峰，为我国的科学研究、技术创新和世界科技进步作出更大的贡献。

赵炬

1995年1月6日

前 言

《科学前沿与未来》系列专著是香山科学会议的一种形式和组成部分，是不定期的系列专著。香山科学会议的宗旨是“创造宽松环境，弘扬学术自由讨论精神，推动学科的交叉和综合，促进整体性研究，面对科学前沿，面向未来，促进科学创新”。

《科学前沿与未来》系列专著是科技界交流最新突破性进展、展望未来发展趋势、探讨科学前沿及其走向、分析孕育的和萌发的新生长点的科学论坛。希望通过它，促进这方面的交流和讨论，启发思想，把握科学的机遇，并对调整学科结构、制定规划、遴选重大科研项目和基金申请有所裨益。我们期望，《科学前沿与未来》系列专著，同时能起到以下方面的积极作用：

——促使科学家和科技工作组织家把注意力和兴趣投向最重要、最有希望的科学前沿，主要是学科的交叉前沿以及那些孕育的和正萌发的新的生长点。

——激励科学家和科技工作组织家对科学未来的战略研究的兴趣，能把动态性的观察科学前沿及其变化与走向、剖析萌发的和孕育的科学苗头、探讨和预测发展趋势、展望科学的机会，当做一项战略性研究工作，持之以恒，长期地、系统地、深入地进行下去。

系列专著的内容，主要来自香山科学会议的评述报告和重要发言。它们的特点是：在较系统地回顾历史和综述最新基本进展的基础上，剖析存在的问题，探讨未来的

走向和发展趋势，提出关键的前沿问题。评述报告和许多重点发言，含有大量、系统的信息，内容丰富，很有启发性，具有创新思想，引起会议的热烈讨论，受到与会人员的高度评价。我们感到很有必要为那些在科学前沿拼搏的科技工作者所共享，而且也希望引起更广泛深入的讨论，热忱欢迎科技界人士投稿。

系列专著贯彻百家争鸣的方针，大力提倡学术平等，自由讨论，自由思考，主张发表不同的意见，甚至激烈的争论；鼓励创新思想。

在组织这个系列专著的过程中，我们将特别注意优秀的年轻科学家，给他们更多的机会，在更广泛的学术界范围内，包括在科学权威性阶层中，参与讨论，发表看法，阐述观点。

在酝酿《科学前沿与未来》系列专著的过程中，得到众多科学家的赞赏与支持。在组织系列专著和出版第一本的过程中，得到香山科学会议各执行主席和许多科学家的热烈响应。他们在百忙之中，整理发言，完善和充实文稿，这使我们深为感动，并大大鼓舞我们，坚定了把它办好，并长期办下去的信心。在这个过程中，我们得到国家科委领导和国家科委基础研究高技术司、中国科学院领导、科技政策局和中国科学院学部联合办公室、国家自然科学基金委员会的大力支持，没有他们的支持，这个系列专著是难以问世的。为此，我们向他们致以深切的谢意！

张 焘

(1994年11月于北京)

目 录

序一	周光召 (i)
序二	惠永正 (iii)
前言	张 焘 (v)

* * *

控制论科学的辉煌成就与展望	宋 健 (1)
工程控制论与控制论的发展及影响	戴汝为 (14)

* * *

面向 21 世纪的凝聚态物质研究	冯 端 (26)
世纪之交的新学科——强场物理	张 杰 (41)

* * *

人类基因组计划的进展及其影响	吴 旻 (63)
生物信息学的现状与展望	张春霆 (73)
面向 21 世纪的 RNA 研究	金由辛 (86)
吸毒的医学防治对策	秦伯益 (102)
脑内多巴胺神经系统与阿片成瘾防治的关系	
.....	金国章 朱子涛 (120)
植物抗病的分子机理	张玉满 刘玉乐 田 波 (143)

* * *

生物和材料	李恒德 (156)
-------------	-----------

* * *

高性能计算技术展望	夏培肃	胡伟武	(189)
高性能计算机的关键技术和发展趋势 ...	金怡濂	桂亚东	(205)
量子通讯和量子计算	郭光灿		(221)
电子和原子层次材料行为的计算机模拟.....			
.....	胡壮麒	王鲁红	刘 轶 (240)

* * *

7 百万年以来东亚古季风演变——风成沉积记录			
.....	刘东生	丁仲礼	杨石岭 孙继敏 熊尚发 (272)

* * *

可持续农业的内涵与我国西北干旱区的生态农业模式.....			
.....			张新时 (286)

* * *

促进创新的科学系统 —— 香山科学会议回顾与思考			
.....			张 焘 (296)

控制论科学的辉煌成就与展望*

宋 健 中国科学院院士
中国工程院院士

(中国工程院)

如果从维纳的《控制论》一书的出版算起^[1],已过了半个世纪。维纳在书中把动物界和机器相提并论,50年代初曾受到哲学界的严厉批判,引起轩然大波。人也是动物,把人与机器等同起来,亵渎了人类的尊严。有人骂控制论是“伪科学”,“战争贩子的武器”,欲置之于死地为快。1954年钱学森先生的《工程控制论》^[2]出版后,形势才有了转变。钱书深刻提示了控制论这一新兴学科对航空、航天、工业制造和电子通信等技术和产业发展的重大影响和重要意义,得到全世界工程技术界的广泛支持,哲学界有些人的反控制论热潮才平息下去。到了1960年,国际自动控制联合会在莫斯科召开第一次世界代表大会时,群贤毕至。除钱学森先生以外,维纳和潘特里雅金^[3]等控制论科学的奠基人和做出重大贡献的科学家们都出席了会议,欢呼这门科学的胜利。反对控制论的哲学家们已销声匿迹,悄悄地修改着过去的观点,抽掉重要辞书上的恶言谰语,换上了诸如“控制论是研究工业生产和自然过程的控制和通讯的一般理论”之类的新诠释。

半个世纪后的今天,与二战前相比,控制论科学和自动化技术发生了天翻地覆的变化。由于微电子和计算机技术的迅速进步和普及,自动控制技术已彻底改造了制造业、交通运输和服务业,

* 1998年12月22日在107次香山会议上的发言。

极大地提高了这些产业的劳动生产率。据统计,从20世纪50年代到90年代初,5个工业化国家(英、法、日、德、荷)的人均劳动生产率提高了15倍^[4]。在制造业中,全自动化的过程控制,计算机辅助设计与制造,数控机床、柔性加工系统,计算机集成制造系统和机器人广泛进入生产线,完全改变了生产过程的面貌,成百倍地提高了社会劳动生产率,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。最近半个世纪,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业绩。

现代自动控制技术的进步,为科学研究和科学探测开辟了新的可能性,开拓了靠人力所不能胜任的新科学事业。90年代实现了6000米到10000米深海探测。实现了对太阳系的金星、火星、木星及一些卫星和慧星的探测。高度自动化的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(Pathfinder)自动化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雄心勃勃的“人类基因组计划”(HGP, Human Genome Project),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全自动化测序装置,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^[5]。

气候学家已广泛应用控制论的概念和方法研究气候变化问题。最近有人用系统反馈理论研究了地球早元古代(22~24亿年前)和晚元古代(8.2亿~5.5亿年前)发生过两次大冰期的原

因^[6]。当时厚大的冰盖达到了今天的北纬 25°。作者们发现地球自转轴与地球椭圆度相互作用构成时滞反馈回路，用频率法计算后得到了出人意料的结论。

40 年来，在 50~60 年代一批杰出成就基础上，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，很多系统和受控对象本质上是非线性的。在可能情况下，取线性近似可以描述系统的主要特征，也有是不得已而为。对某些复杂系统，非线性具有关键性意义，是线性模型所不能表达的。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。由于非线性系统研究的重要性，近十多年来，越来越多的科学家转向这一研究方向，把控制论引向更广阔的道路，可能开辟全新的前景^[7~9]。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，对制造业和服务业具有重要价值^[10~11]。分布参数系统的研究有了新的突破^[12~14]，对解决弹性和含有连续介质的受控对象的控制有重要意义。实践证明，带有不确定性的 H_∞ 控制和系统对外扰的强健性（鲁棒性）分析设计，系统或参数识别理论和技术等，对设计和处理带有不明规律和有用信息的控制系统具有不可代替的应用价值^[15~16]。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^[17~18]。

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，机器人从爬行学会了两腿走路，成为直立机器人，而人类从爬行到直立花了上百万年。机器人已能用手使用工具，能看、能听、能用多种语言说话。它安心可靠地去干最脏最累的活。据估计，到本世纪末全世界将有上百万个机器人在生产线上劳作。现在已有近千家研究所和工厂在批量生产机器人。90 年代机器人的销售额每年增长

20%以上。机器人们正雄心勃勃,于21世纪进入服务业,当出租车司机,到医院里去当外科医生和护士,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/6000SP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,使世界象棋大师们望而生畏。Isaac Asimov曾设想^[19],“机器人有数学天才,能心算三重积分,做张量分析题目如餐后吃甜点一样”,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,那是金融炒家和政治家们的过错。相反,智能控制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,广泛应用于政治、军事和社会科学的各领域。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。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。很多政治家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,美国副总统戈尔^[20]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,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^[21],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 8000 万人的速度增长。据联合国预测,到下世纪中叶,世界人口要超过 100 亿。亚太地区现在人口为 36 亿,占世界人口 57%,下世纪中叶将超过 60 亿。新增人口主要在亚洲和非洲发展中国家。中国和印度两国现在已超过 20 亿,约占亚洲人口的 2/3。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。科学界普遍认为,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^[22~24]。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^[25~29],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 (Total Fertility Rate, TFR),它的意思是全社会平均每个妇女一生所生子女数。从控制论关于系统稳定性的观点出发,已经证明,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。