

主编 饶忠华

中国科普佳作百年选

100

聆听科学

Zhongguo

Kepu

Jiazuo

Bainian Xuan

**LINGTING
KEXUE**

上海科技教育出版社

主编 饶忠华

中国科普佳作百年选

100

聆听科学

Zhongguo

Kepu

Jiazuo

Bainian Luan

LINGTING

KEXUE

上海科技教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

聆听科学 / 饶忠华主编. —上海: 上海科技教育出版社, 2001.5

(中国科普佳作百年选)

ISBN 7-5428-2371-X

I. 聆... II. 饶... III. 自然科学-普及读物
IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 40001 号

中国科普佳作百年选

聆 听 科 学

主编 饶忠华

上海科技教育出版社出版发行

(上海冠生园路 393 号 邮政编码 200235)

各地新华书店经销 上海长阳印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 14.75 插页 1 字数 395 000

2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—3000

ISBN 7-5428-2371-X/N·376

定价: 25.00 元

科学技术的时代特征和发展展望(代序)

路甬祥

邓小平指出：“现代科学技术正经历着一场伟大的革命。现代科学技术不只是个别的科学理论上获得了发展，也不是有了一般意义上的进步和改革，而几乎各门科学技术领域都发生了深刻的变化，出现了新的飞跃，产生了并且正在继续产生一系列新兴的科学技术。”

研究科学技术的时代特征与发展趋势，有利于把握世界科学技术发展的态势，面向我国的国情和需求选择我们的工作重点，深化改革，加快发展，自主创新，加强合作，攀登高峰，促进转化，为支持我国经济和社会的持续发展提供源源不断的科学技术支撑。

未来科学技术发展的主要特征

从总体上看，未来科学技术发展将呈现以下主要特征：

(1) 科学技术发展和转化速度，将更为迅速，规模更为宏大。

科学技术知识的产生遵循指数递增规律，这是与人类对自然认识的客观进程相符合的。由于信息通信技术的进步，知识的传播将以空前的速度，几乎无时空阻隔地迅速扩散。而且更由于经济发展和竞争的推动，由基础研究向应用开发的转移愈加迅速，科学与技术之间的结合愈加紧密，科学技术成果向现实生产力转化

的速度将更加迅速,规模更为宏大。

(2) 科学技术发展,不仅继续向微观深入,而且走向宏观系统,走向复杂和综合。

学科研究的深入和分化,是几百年来科学发展的主流方向。在新的世纪,学科本身的进一步分化和继续向微观深入,仍然是发展的重要方向。但是,进入现代科学时期后,特别是近二三十年来,另一个新的方向已成为主流,而且已显现出更加旺盛的生命力。这就是向着宏观、交叉,向着复杂的综合集成或整体化趋势发展。一方面,向时空的极端方向,向跨学科,向认识自然界、人体和人类社会复杂综合系统规律进军;另一方面,在学科内部,一改过去从宏观到微观,从整体到局部,剥离、分解的方法,而向着综合和系统规律进军。如在生物学研究中,以前的主流是从种群到个体,到细胞,到分子……,呈一种“还原”趋向,现在则在问:一组原子何以构成有生命活性的生物大分子?分子如何形成功能分化的细胞?几十万亿个神经细胞在一起如何构成大脑,产生感觉,形成认知和思维?……这是一个由微观到宏观,由静态到动态,由局部到整体,由简单到复杂,由确定到不确定,由线性到非线性的新的科学思维模式和认知走向。有人认为,新的科学革命突破的方向之一,可能就是非线性和复杂性问题。

(3) 科学技术发展更加社会化、国际化。

如果说在 19 世纪及 20 世纪初期,科学家们的个体科学活动还是发展科学的主要方式的话,那么在未来的新世纪里,随着科学技术内部的交叉和联系,以及与社会相互作用的进一步增强,科学技术社会化的趋势将更加突出。科学技术已是国家目标的重要部分,需要国家力量的推动和组织,是国家实现现代化的关键所在;科学技术已成为企业竞争力的基础,企业将成为技术创新的主体;而且还已成为全球和平与发展目标的重要因素,需要各国进步力量的联合推进,科学技术的国际性交流、合作与竞争,势必比 20 世纪更为壮观。当然,无论科学技术的社会化程度多高,科学家的创新思维和对科学前沿的不懈求索精神,将永远是科学技术进步不

可替代的创造动力,而且将在社会化过程中得到更充分的发挥。

(4) 科学技术发展的社会影响将空前广泛,愈加深刻。

马克思主义创始人,早在研究第一次产业革命后资本主义发展规律时,就已指出:“科学是一种在历史上起推动作用的、革命的力量”。邓小平也指出,“当代的自然科学正以空前的规模和速度,应用于生产,使社会物质生产的各个领域面貌一新”,“科学技术是第一生产力”。这些科学论断,在 20 世纪的发展进程中,已经得到实践的验证,社会生活的各个方面,无不打上了科学技术的时代印记。展望未来,人类将进入全球化知识经济的新时代,科学技术将更加深刻、更加广泛地渗透到社会的经济、政治、军事、外交、文化、教育和日常生活的各个方面,影响并改变社会的生产、流通、组织结构,以及人类的生存和思维方式。

以上是对 21 世纪科学技术发展总趋势的展望。如果说对总的科学技术发展态势还能有所估计的话,那么对科学技术各门类的未来进展作出预测,其难度就要大得多。当今,科学技术发展的速度实在太快,不确定因素很多,以致难于对未来科学技术突破作出准确预测。下面仅从科学技术发展的大趋势,并联系我国实际,对一些重要的科学技术领域作一些展望。

数学科学与系统科学

数学科学是研究数量关系与空间形式,寻求最简单、最适用的表现模式的科学。21 世纪数学科学仍将是整个科学(自然科学、社会科学与认知科学等)的基础和方法,数学科学的应用已经突破传统领域,正向人类一切知识门类和活动领域渗透。数学科学核心领域的拓展,数学的广泛应用以及与前沿科学的交叉,计算机技术与数学的相互影响,将形成未来发展的三大方面。

高维、多变量、非线性、大范围、随机和离散型结构等数学问题,将受到更多关注,可能形成纯粹数学新的发展势头,继续成为数学发展的基础和核心。

几乎所有的纯粹数学各个分支都将发展其应用,物质科学、生命科学、经济与社会科学、地球科学和生态环境科学、认知与脑科学、信息科学等领域的许多挑战性命题,将刺激应用数学的发展;数学科学在工程技术、生产过程、医疗诊断等领域的运用,如数值计算、数值模拟、数值统计、数学分析与处理及图形变换等,将达到新的水平;数学方法作为一种普遍适用的科学方法,继续与各学科交叉结合,为各学科的发展作出贡献。

尤其是数学科学与计算机科学的相互作用,将推动科学计算、计算机应用科学的发展,计算方法的研究和科学可视化,计算机符号运算与机器证明,将取得新的进展。

数学科学是一门依靠科学家高度抽象思维、创造智慧和严谨逻辑的科学。需要进一步提高我国数学科学教育基础,完善公正有效的人才选拔机制,建立稳定的研究工作和良好的学术氛围,便捷的信息和国际交流合作条件,并合理地选择重点领域和方向。21世纪我国成为数学科学大国是完全可能的。

系统广泛存在于自然、社会、人体和思维之中。以系统的观点研究现实世界以形成系统的认识论、方法论和科学思维,这就是系统科学的任务。系统科学在21世纪将会有重大的进展,将改变科学世界的图景,革新传统的科学认识论和方法论,引起科学思维方式的革命。

信息论、运筹学、控制论,20世纪60~70年代兴起的突变论、耗散结构论、协同论、超循环论、微分动力体系、混沌理论等,为系统科学的发展提供了理论基础。然而,系统科学理论框架的构建尚未真正完成。

系统科学本来研究的重点是巨系统。其中,一类是简单巨系统,一类是复杂巨系统。

简单巨系统的组分虽然数量庞大,但种类不多,较少中间层次,相互关系简单。21世纪初有可能依靠集合论、协同论、耗散结构论,并结合动力学的确定性描述、概率论的不确定性描述,以及信息论、运筹学和控制论,对这类系统建立定量的,甚至形式化的

描述,建立起简单巨系统的组织理论,乃至系统建构、控制、优化的一般性理论。

复杂巨系统则不仅组分巨大,而且种类繁多,并有许多层次交叉重叠,相互关系也极为复杂。生态系统、人体系统、脑与神经系统,社会和经济系统,地理与环境系统等,均属复杂巨系统。这类系统中,存在着物质的、精神的和社会的各种因素,描述和归纳极其困难,目前尚无类似协同论那样的理论可以借鉴,也还没有从微观到宏观的规范性处理方法。必须在认识论和方法学上有新的创造和突破,才可能建立起复杂巨系统科学的框架。然而,未来生命科学、脑和认知科学、生态与环境、全球经济和社会等重大课题,正期待着系统科学的发展和突破。

物质科学

研究物质基本结构、运动规律、相互作用及其变化的科学,也可称为物质科学。物理学、化学属基础物质科学;材料科学属应用物质科学,它不仅研究材料的结构和性态,也包括制备和应用。

21世纪,物质科学将向更微观尺度、多种相互作用、更极端物理条件、超快变化过程和更复杂的体系进军。从有序结构到无序结构、从无机到有机、从无生命体系到有生命体系,物质科学与生命科学的交叉和结合,将是学科的前沿;介于微观和宏观之间的表面、团簇、纳米物质,介于晶态同非晶态之间的准晶物质,将成为新的研究热点;从平衡态到非平衡态,从均衡过程到不均衡过程,从相互作用的随机性到可控性和选择性,将是研究的基本发展趋势;该领域研究的仪器和装备,也将向越来越高的时间、空间和组分分辨率,形成特殊条件和综合多功能的方向发展。

计算机技术将渗透到物质科学的各个领域,以及从探测、分析、设计到制备过程的各个阶段,并发展出新的学科分支。物质科学基础研究的突破,将为材料科学技术、信息科学技术、能源科学技术、生命科学技术的发展,提供新的物质技术基础。与环境相关

的物质科学研究,诸如绿色反应、绿色工艺、绿色材料、可再生技术等越来越受到人们的重视。以物质科学新的成果创造的高技术,不仅将为物质科学本身,也将为其他学科的研究和发展,提供崭新的手段,甚至形成新的交叉学科。

天文学与空间科学

20 世纪中叶以来,由于射电天文、空间天文和多光谱天文观测技术的发展,天文学进入了一个利用物理理论解释天文现象,利用天文观察验证和发展物理理论的新时代。大爆炸宇宙学、黑洞物理、引力透镜物理,将成为天文学和物理学(引力论)紧密结合的范例。

21 世纪天文学家最感兴趣的事,将是研究宇宙中粒子的性状、相互作用和起源(如太阳中微子差缺问题等),元素的起源,天体中分子的形成和生命的起源,以及行星系统、恒星、星系,乃至整个宇宙的起源、演化和归宿,并力图描绘宇宙演化的整体图景。其研究的意义已经超越天文学本身,而深入到物质科学、生命科学和哲学的一些最基本问题。

天文研究手段已进入了全波段时代,到 21 世纪初全球将建成不下十台口径 8~15 米级的天文望远镜,量子效率不低于 80% 的电荷耦合器件(CCD)将普遍使用,大多数望远镜将配有多光纤光谱仪,中国也将建成天体物理中心,将使用由我国科学家自己设计的大天区多光纤巡天望远镜。射电天文也将从厘米波段拓展到毫米和亚毫米波段,光学/红外天文技术在追求更大集光能力和更高角分辨率上将会取得新的突破性进展。

利用空间技术,跨越大气层,发展空间天文探测,从人造卫星和空间站上观察宇宙,是天文学发展的另一特点,已形成新的分支——空间天文学。哈勃空间望远镜、伦琴 X 射线卫星巡天、超级红外天文卫星——空间红外望远镜、天体测量卫星,中国的空间太阳磁场望远镜,以及以探测宇宙反物质为目标的空间谱仪 AMS

等的运行,将形成空间天文学非常活跃的时代。

空间科学系指利用空间飞行器研究宇宙中物理、化学、生命现象和物质运动现象的一门综合性科学。

浩瀚的宇宙空间存在极其复杂的自然现象和在地球上难以获得的极端物理条件(如超低温、微重力、强辐射、高位、超真空等),蕴藏着丰富的新资源(如月球上的氦3、钛铁矿等),将成为人类研究与开发的新疆域。

利用遥感技术和地面台站网络的配合,获取全球性的、动态的统一图象,有可能系统地、整体地研究地球动力系统和生态环境的变化,形成空间地球科学。利用近地空间飞行器上的微重力环境,进行微重力流体物理、生命科学、材料科学和工艺的研究也具有重要的科学意义和应用价值。加强对太阳的观察和日地科学研究,对于认识近地空间环境,进一步深化对太阳地球系统相互作用的认识也具有重要意义。

美、俄、欧、日已经联合建立规模浩大的空间站,下一步目标将是在月球上建立实验站,并登上火星。空间科学的发展不仅反映国家的综合实力,也集中体现人类的探索精神和科学技术水平。中国作为空间技术大国之一,应选好重点目标,争取进入空间科学和空间技术应用先行者的行列。

地球科学与环境科学

地球科学研究的对象是人类繁衍生存的地球。这是一个自然和人类活动交织,并受地外星球,尤其是太阳活动影响的复杂体系。地球科学与资源环境、生态和灾害关系密切。由于自然力的作用和人类大规模的活动,森林的过度砍伐,水土流失,土地的荒漠化,河流湖泊严重污染,温室气体过度排放,酸雨频发,臭氧层破坏,全球气候变暖,生态失衡,物种灭绝,地球上的生态和环境变得愈来愈脆弱和严峻。环境科学愈来愈受到人们的重视。

地球科学与环境科学都是交叉性、综合性学科,而且都既有全

球性、整体性的一般规律,又有局域性的特殊问题。

21 世纪的地球科学,将继续从物质科学、生命科学、数学科学和计算机科学的交叉中吸取新的方法,进一步拓展和深化对气圈、水圈、生物圈、岩石圈各自演化规律及相互作用过程的认识;并综合物理、化学、生物学的相互作用,以及自然过程和社会发展相互作用的研究,发展自己的学科体系和内涵,开拓新的前沿领域。对日地空间、地球深部、高层大气、海洋和极地的研究,仍将是重要和活跃的领域;传统的定性、静态描述,将转向以演化过程为目标的精确的动力学分析。从而,将对气候系统动力学、环境和生态动力学、地球内部的流体动力学、成矿理论和板块漂移学说等,形成新的认识。遥感、地理信息系统、全球定位系统等空间技术和现代信息技术,将成为新的研究手段。

实现人与自然的协调,实现人类社会的可持续发展,将作为地球和环境科学的最根本目标。人们将建立起灾害与环境的科学监测与预报体系;开创自然和生态系统这一复杂巨系统的自组织理论和自然控制论的研究。中国的地球科学和环境科学研究,有着经济和社会发展提出的迫切需求,有自己的特色和优势,中国完全有可能成为地球科学与环境科学的强国。

生命科学与生物技术

20 世纪 50 年代 DNA 双螺旋结构的发现,以及随后遗传信息传递“中心法则”的确立和 DNA 重组技术的问世,使人类开始从分子水平上了解生物遗传发育等行为,对生命活动规律的认识发生了质的飞跃。以生命科学成就为基础,以解决人类面临的人口、健康、食物、环境等重大问题为目标的生命工程技术及产业应运而生,并迅速发展。

21 世纪,生命科学将成为最为活跃的学科,可能取得一系列重大突破,从而发展成为新的科学革命。相应地,生物工程产业将成为最重要的新兴产业。

当前,个别基因的分离、扩增、重组,以及体细胞克隆技术都已实现,某些蛋白质的结构和功能已经探明。对细胞膜内外物质和信息传递的部分机制、微生物光合作用的机制已有所了解。

科学技术界已从单个基因的测序,转到有计划、大规模地对人类、水稻、玉米等重要生物体的全基因组图谱,进行测序和诠释。美国的人类基因组计划,投资 30 亿美元,组织 2000 多名科学家,拟用 15 年时间,搞清人类 10 万个基因中的全部 30 亿个核苷酸碱基对的全部序列。目前进展顺利,有可能提早完成。中国科学院国家基因研究中心,已在国际上首次得到水稻全部基因的物理图谱,将进行全基因组测序。随着水稻等重要农作物基因组计划的成功,以及基因工程技术的深入研究,将引发农业新的绿色革命,从根本上解决人类面临的粮食问题。

人类和一些重要动物基因组计划的完成,将有益于人类的健康,许多危害人类的疾病,如心血管疾病、癌症、肝炎、艾滋病、糖尿病,以及许多遗传性疾病将得到防治,人类的衰老过程将有可能得以延缓。进一步解开生物体遗传发育的调控机制,将使作物产量、质量和抗逆性得以优化。转基因动物的研究,将为生物制药和培育可供移植的器官,开辟广阔的天地,从而形成新的产业。脑科学和神经分子生物学的进展,不仅有助于脑的保健与开发、脑及神经医学的发展,还将对心理学与认知科学带来新的突破。

信 息 科 学

21 世纪也将是信息的时代。信息科学技术将成为最活跃、与人们生活最密切相关的科学技术领域。

信息既非物质,也非能量,但它是构成我们世界的基本要素之一,是人类社会创造的知识的总和。信息资源有一个与物质资源、能量资源很不相同的特点,就是它可以被重复使用,可被同时共享,在使用过程中不仅可以不减少,有时还可产生新的增量。

信息科学技术,是研究信息的生产、采集、存贮、变换、传递、处

理过程和广泛利用的新兴科学技术领域。以 1946 年第一台电子计算机诞生,以及 40 和 50 年代半导体、集成电路的发明为发端和支柱,又得到近来发展的信息压缩和网络化技术的推动,并以凝聚态物理、材料科学、微细加工技术,以及现代数学科学、计算机科学、信息论、控制论、人工智能,甚至人文、社会科学和艺术为基础,信息科学技术以它广泛的影响和巨大的生命力,在不足半个世纪的时间内风靡全球,成为科学技术发展史上业绩最辉煌,发展最迅速,对人类影响最广泛最深刻的科学技术领域。

当代的计算机都是建立在微电子学基础上的。纳米科学技术的发展可能将使计算机建立在更微观集成、更高速的基础之上。如果把当前计算机芯片的大小比作一幅风景画,那么将来以原子和分子器件制作的计算机,就如这幅画中的单座建筑物。可以预期,随着微电子、光电子技术和纳米电子学的进步,地理信息系统、遥感和全球定位系统、宽频带高速数字综合网络、信息压缩与高速传输、人工智能、平行处理、分布系统、多媒体技术和虚拟现实技术等信息科学技术前沿的进展,以及软件的开放化、标准化、工程化和智能化,将给 21 世纪的生产过程、流通过程、消费和生活方式,以及经济、社会和国家安全带来难以估量的变化。人类将全面进入信息时代。信息产业无疑将成为未来全球经济中最宏大、最具活力的产业。信息将成为知识经济社会中最重要的资源和竞争要素。

能源科学

能源是国民经济持续发展的基础,能源与资源环境的关系也最为密切。我国是世界上能源消费增长最快的国家,也是二氧化硫、二氧化氮、二氧化碳排放的大国,环境压力越来越大。我国的能源结构和能源资源的空间分布又很不理想。煤是我国主要的化石能源,油气探明可利用储量只够用 50~60 年,核能资源储量也很有限。我国单位国民产值的能耗约为中等收入国家的 2.5 倍。

解决我国能源问题的出路,在于依靠科技、优化结构、提高效率、控制污染。下面一些能源科学技术的主要研究方向,值得我们注意。

发展洁净煤技术,其中包括先进的选煤技术、高效的燃烧器、循环流化床技术、煤气化联合循环发电技术、煤的气化与液化技术、煤的成型和添加燃烧技术,电、热、气化学品联供流程等,这是世界上许多国家共同关注的技术。1986年以来,美国已在这方面投资60多亿美元。

充分运用新的地质学成矿理论和物探层析技术,拓展我国油气储量,开发高效采油新技术,因为油气是十分宝贵的化石资源。

发展快中子堆,研究加速器驱动新反应堆的可能;开发水力资源,因地制宜地发展太阳能、风能、地热、潮汐、生物质能等可再生能源新技术,提高转化效率和并网水平。

研究和发展高效的能量传输、贮存、分配和调控技术,提高电网运行效率,发展多种形式的终端用户节能技术,提高工作机效率等。

发展高容量、高密度、高寿命、环境友善的高性能电池、燃料电池技术,跟踪研究磁约束及惯性约束可控聚合反应等。

认知科学与脑科学

认知科学是研究人类认知和智力发展的本质和规律的科学。

认知科学与人的感觉、神经和脑的活动有关,从这一点上看它们都是物质运动的一种特殊形式;另一方面,它们又跟人与自然和社会的信息交流有关,心理与认知过程又是一个社会化的过程。因此,认知科学是自然科学、社会科学、思维科学的交叉。

人脑有 10^{11} 个多自由度的神经元,相互通过 10^{15} 个突触相连接,分布在两毫米厚的大脑皮质上,人脑又通过神经细胞与全身相连接,接受感觉信息和决策、传递调控指令。研究人的感知、记忆、意识、感情、理智、智力是如何产生与发展的,这不但具有重大的科

学价值、应用意义,也具有重大的哲学意义。这里,正是唯心主义和唯物主义争论的最后焦点。

认知科学和脑的研究,是多途径和跨学科的。既要继续在认知计算理论方面,探索脑的思维机理和方法,也要通过对语言文字和图象的理解和生成的研究,探索人类的认知规律。另一方面,磁共振脑成象技术、正电子发射射线断层成象技术、高分辨率脑电技术等各种脑认知成象设备的出现,为脑科学的实验研究提供了新的手段。通过神经细胞生物学的研究,将把脑研究推向分子水平。

认知科学,有可能成为 21 世纪的带头科学,并可能继生命科学之后成为另一个新崛起的高峰,以至成为新的科学革命的中心。这不仅在于它是异常困难的科学问题,而且还在于它的突破,将对人类智力的开发、脑医学和其他学科领域(如心理学、信息科学、教育学以及生物电子学)的发展,带来巨大的影响。可以想象,由此也可能产生在社会、思维和物质之间关系上的新的科学哲学,以及超越牛顿时代以来辉煌成就的崭新科学方法和数学方法。

路甬祥 科学技术的时代特征和发展展望(代序) / 1

大师真髓

- 周光召 科学技术对社会的作用 / 3
- 宋 健 系统工程和新技术革命 / 11
- 李政道 把微观世界的研究与宏观世界的
研究结合起来 / 16
- 丁肇中 应有格物致知精神 / 20
- 梁思成 千篇一律与千变万化 / 23
- 张文裕 燕京·剑桥·普林斯顿 / 27
- 杨福家 哥本哈根精神 / 34
- 谷超豪 谈谈中国古典文学和数学思维 / 40
- 王 元 华罗庚的哲学 / 42
- 王梓坤 林黛玉的学习方法 / 45
- 朱兆良 踏上前人的阶梯 跃上自己的思路 / 48
- 周培源 成才要有文史知识 / 50
- 张孝骞 做一个有头脑的临床医生 / 55
- 钱学森 思维科学与智能机 / 59



创新“圣经”

- 王淦昌 独立思考 大胆怀疑 / 65
- 钱三强 科学的传统 / 69
- 尹文英 细致求精 兼收并蓄 / 73
- 张文佑 科研追求的目标 / 77
- 王正国 智力互补 教学相长 / 81
- 汪品先 思想活跃与科学创新 / 84
- 刘建康 弃盲从 走自己的学术之路 / 87
- 赵忠尧 我在美国的博士研究生实验 / 90
- 何祚庥 敢于创造 善于创造 / 95
- 唐守正 用数学方法构造林学理论模型 / 98



天地撷英

- 茅以升 桥话 / 103
- 李四光 看看我们的地球 / 111
- 竺可桢 中国近5000年来气候变迁的初步研究 / 115
- 黄荣辉 我国的气候灾害 / 122
- 陈吉余 罗祖德 为5亿人寻找生存空间 / 129
- 刘光鼎 来开发海洋吧 / 134
- 尹赞勋 下海、入地、上天 / 138