

2009—2010 学科发展报告综合卷

COMPREHENSIVE REPORT ON ADVANCES IN SCIENCES

专 家 组

组 长

白春礼

副组长

陈赛娟 冯长根

成 员

(以姓氏笔画为序)

王海波	朱 明	张开逊	张玉卓	沈爱民
肖 宏	陈运泰	宋永华	周建平	饶子和
钱七虎	高 福	梅永红	游苏宁	董尔丹
薛 澜	戴汝为			

编 写 组

委 员

(以姓氏笔画为序)

王永栋	王如松	王磐岩	方祖烈	甘吉生
田麦久	宁津生	刘 琳	江用文	李洪钟
杨瑞馥	苏晓东	张凤荣	张 霖	陈光亚
金红光	郑 辛	郑 度	胡永华	钟义信
宣 湘	袁江洋	徐祥德	程时杰	谢剑平
裴定一				

学 术 秘 书

刘兴平	黄 珏	夏 震	王安宁	胡春华
王 奕	许 英			

序

当今世界科技正处在一次新的革命性变革的前夜。人类迫切需要创新发展模式和发展途径,创新生产方式和生活方式,开发新的资源。这样的需求和矛盾,强烈呼唤着新的科学技术革命。而全球金融危机所带来的世界经济、产业格局的大变化,很可能会加快新科技革命的到来。学科创立、成长和发展,是科学技术创新发展的基础,是科学知识体系化的象征,是创新型国家建设的重要方面。深入开展学科研究,总结学科发展规律,明晰学科发展方向,对促进学科的交叉融合并衍生新兴学科,继而提升原始创新能力、加速科技革命具有重要意义。

中国科协自 2006 年开始启动学科发展研究及发布活动,连续完成了每个年度的学科发展研究系列报告编辑出版及发布工作。2009 年,中国科协组织中国气象学会等 27 个全国学会分别对大气科学、古生物学、微生物学、生态学、岩石力学与岩石工程、系统科学与系统工程、青藏高原研究、晶体学、动力与电气工程、工程热物理、标准化科学技术、测绘科学与技术、烟草科学与技术、仿真科学与技术、颗粒学、惯性技术、风景园林、畜牧兽医科学、作物学、茶学、体育科学、公共卫生与预防医学、科学技术史、土地科学、智能科学与技术、密码学等 26 个学科的发展研究,最终完成学科发展研究系列报告和《学科发展报告综合卷(2009—2010)》。

学科发展研究系列报告(2009—2010)共 27 卷,约 800 万字,回顾总结了所涉及学科近年来所取得的科研成果和技术突破,反映了相关学科的产业发
展、学科建设和人才培养等,集中了相关学科领域专家学者的智慧,内容深入浅出,有较高的学术水准和前瞻性,有助于科技工作者、有关决策部门和社会公众了解、把握相关学科发展动态和趋势。

中华民族的伟大复兴需要科学技术的强力支撑。中国科协作为科技工作者的群众组织,是国家推动科学技术事业发展的重要力量,应广泛集成学术资源,促进学科前沿和新学科的融合,推动多学科协调发展,广泛凝聚科技工作者智慧,为建设创新型国家做出新贡献。我由衷地希望中国科协及其所属全国学会坚持不懈地开展学科发展研究、学术史研究以及相应的发布活动,充分发挥中国科协和全国学会在增强自主创新能力中的独特作用,推动学科又好又快发展。

A handwritten signature in blue ink, appearing to be '李书金' (Li Shujin), written in a cursive style.

2010年3月

前 言

学科是科学技术体系形成与发展的重要标志。集成学术资源,深入开展学科研究,及时总结、报告自然科学和工程技术相关学科的最新研究进展,促进学科交叉与融合、多学科协调发展,是推动科学技术进步的一项基础性工作。中国科学技术协会(以下简称中国科协)2006年启动学科发展研究及学术建设发布项目,2009年组织中国气象学会等27个全国学会,分别就大气科学、古生物学、微生物学、生态学、岩石力学与岩石工程、系统科学与系统工程、青藏高原研究、晶体学、动力与电气工程、工程热物理、标准化科学技术、测绘科学与技术、烟草科学与技术、仿真科学与技术、颗粒学、惯性技术、风景园林、畜牧兽医科学、作物学、茶学、体育科学(运动训练学)、公共卫生与预防医学、科学技术史、土地科学、智能科学与技术、密码学等26个学科的发展状况进行了系统的研究,编辑出版了学科发展研究系列报告(2009—2010)。

《学科发展报告综合卷(2009—2010)》(以下简称《综合卷》)受中国科协学会学术部委托,由中国科协学会服务中心组织有关专家在上述26个学科发展报告的基础上编写而成。《综合卷》组织成立了专家组、编写组与学术秘书组,先后召开了数次撰写及审稿会议,并对《综合卷》内容进行了多次研讨、审议与修改。

《综合卷》分三个部分:第一部分简要介绍26个学科发展研究报告的主要内容,包括各学科最新研究进展、国内外发展水平比较以及各学科的发展趋势与对策建议等;第二部分为26个学科发展报告主要内容的英文介绍;第三部分为我国2009年度与学科进展有关的主要科技成果资料的介绍。

《综合卷》集中了各学科专家学者的智慧,对大气科学等26个学科的发展情况进行简要评述,具有较强的学术性、客观性和横向性。

需要说明的是,《综合卷》是在《大气科学学科发展报告(2009—2010)》等26个学科发展报告的基础上综合而成,只能概括部分学科的进展情况和综合发展态势,不能反映我国自然科学与工程技术学科发展的全貌。《综合卷》学科排序根据所属全国学会在中国科协代码顺序排列。鉴于各学科发展报告均列出了所引用的参考文献,《综合卷》不再重复列出所引用的参考文献。

受中国科协学会学术部委托,中国科协学会服务中心承担了《综合卷》相关资料的收集整理,文稿的起草、汇总和修订以及会务组织协调等工作;中国

科学技术出版社为《综合卷》的出版付出了辛勤的劳动。在此,谨向上述部门、单位所有为《综合卷》付出辛勤劳动的同志表示诚挚的谢意!

由于《综合卷》涉及的学科面广,编写时间短,虽经多方努力,仍难免存在各学科报告结构不尽一致等问题,敬请读者指正。

《学科发展报告综合卷(2009—2010)》编写组

2010年3月

目 录

序	韩启德
前言	《学科发展报告综合卷(2009—2010)》编写组
第一章 相关学科进展与趋势	
第一节 大气科学	(3)
第二节 古生物学	(14)
第三节 微生物学	(20)
第四节 生态学	(25)
第五节 岩石力学与岩石工程	(31)
第六节 系统科学与系统工程	(39)
第七节 青藏高原研究	(43)
第八节 晶体学	(49)
第九节 动力与电气工程	(54)
第十节 工程热物理	(61)
第十一节 标准化科学技术	(65)
第十二节 测绘科学与技术	(70)
第十三节 烟草科学与技术	(77)
第十四节 仿真科学与技术	(83)
第十五节 颗粒学	(90)
第十六节 惯性技术	(97)
第十七节 风景园林	(102)
第十八节 畜牧兽医科学	(107)
第十九节 作物学	(111)
第二十节 茶学	(117)
第二十一节 体育科学(运动训练学)	(123)
第二十二节 公共卫生与预防医学	(128)
第二十三节 科学技术史	(132)
第二十四节 土地科学	(135)
第二十五节 智能科学与技术	(141)
第二十六节 密码学	(147)

第二章 学科发展研究报告(2009—2010)简介(英文)

1 Atmospheric Science	(155)
2 Palaeontology	(156)
3 Microbiology	(162)
4 Ecology	(166)
5 Rock Mechanics and Rock Engineering	(170)
6 Systems Science and Systems Engineering	(173)
7 Tibetan Plateau Research	(175)
8 Crystallography	(179)
9 Power and Electrical Engineering	(184)
10 Engineering Thermophysics	(194)
11 Standardization Science and Technology	(197)
12 Science and Technology of Surveying & Mapping	(199)
13 Tobacco Science and Technology	(201)
14 Simulation Science and Technology	(206)
15 Particuology	(213)
16 Inertial Technology	(217)
17 Landscape Architecture	(220)
18 Animal and Veterinary Science	(225)
19 Crop Science	(227)
20 Tea Science	(230)
21 Sport Training	(232)
22 Public Health and Preventive Medicine	(237)
23 The History of Science and Technology	(239)
24 Land Science	(243)
25 Intelligence Science and Technology	(251)
26 Cryptology	(256)

附件 2009 年度与学科进展相关的主要科技成果

附件 1 2009 年度国家自然科学奖目录	(269)
附件 2 2009 年度国家技术发明奖目录(通用项目)	(270)
附件 3 2009 年度国家科学技术进步奖目录(通用项目)	(272)
附件 4 2009 年度“中国基础研究十大新闻”	(281)

第一章

相关学科进展与趋势

第一节 大气科学

一、引言

大气科学是一门古老而崭新的基础应用科学,它融合了物理、化学以及流体力学,研究行星大气的结构和演变规律,以及在大气中发生的各种天气现象。大气科学主要围绕地球大气进行研究,人们对更准确的灾害天气预报的需求日趋迫切,从而有力的推动了大气科学科学内涵的丰富与深化。我国是世界上最早进行观云测天的少数国家之一。三千多年前的殷代甲骨文中已有表达风、云、虹、雨、雪、雨夹雪等大气现象的文字。我国有据可考的最早运用近代气象仪器进行的气象观测,始于1743年(清乾隆八年)北京开展的气象观测。我国在古代就利用有限的观测资料对中国天气气候进行分析和研究。我国是历史悠久的文明古国,也是人类气象知识的重要发源地。

21世纪大气科学发展的社会需求及其特色突出了多圈层相互作用问题所涉及的相关学科领域交叉的理论研究与应用技术进步。由于全球变化“热点”问题,牵引了全球气候系统和地球系统科学概念的问世,大气科学的研究已从气圈、水圈、生物圈、冰雪圈和岩石圈的相互作用来理解发生在地球大气中的运动及其物理、化学和生物过程。当前,大气科学的探测系统亦充分利用对地观测卫星所具有的连续光谱信息的探测能力,已向以空基为主的方向发展。因此,计算机与大气探测新观测技术应用,推动了大气科学理论及其应用技术飞跃发展。气象综合探测系统技术所获得多源信息融合、同化系统和数值预报模式技术均获得了巨大的进步,并在提高天气和气候预报业务的水平方面发挥了重要作用。

当前,气候变化预测及其预估将是大气科学理论与应对技术研究的重要前沿,特别是年代际气候变化问题,它不仅与年际气候变化有关,而且还与干旱化和水资源问题有关。另外,气候和环境变化及其相互影响、预测和控制问题,日益亦成为科学界与社会公众所瞩目,尤其气候、天气灾害及中小尺度系统相关的大气动力学、气候动力学、大气物理、大气化学与数值预报理论研究日益受到重视。在21世纪中,如何提高气候和天气系统的监测和预报水平,开展人工影响天气、农业气象、气候资源开发与公共气象服务对于减轻灾害天气造成的损失将更是各国政府越来越关注的“热点”问题。另外,全球将更关注温室气体的监测和大气化学的研究。天气、气候与气候变化、大气化学、大气物理、数值预报等学科研究是推动当代大气科学技术发展的重大战略着眼点与推进基础应用理论的突破口。

二、近年来本学科的发展特点

由于全球气候系统和地球系统科学的概念的提出,21世纪初大气科学发展的一个主流特点是突出多圈层及其相互问题,以及相关学科领域交叉与应用技术的进步。大气科学综合探测系统向以天基、地基、空基相结合的为主流方向发展,当前日益发展和成熟的

物理学、现代电子技术、信息技术,特别是空基和地基遥感技术及计算机技术飞跃发展,为大气探测新技术的问世提供了契机,目前大气探测已扩展成为气象观测学科,属于地球科学研究的重要技术支撑领域。20世纪90年代以来,国际上基于卫星、飞机、气球和地面各类平台的探测技术迅猛发展,形成了从全球、区域层面到中小尺度、微尺度层面的立体探测,对大气中各种物理和化学过程的理解和定量关系的建立,并对增进大气科学各个分支及其相互关系的认识发挥了重要作用。除了大气科学本身的发展需求外,大气探测技术发展的动力还源自人类对了解大气状况和气候变化影响日益增长的需求,同时人类在大气中空间活动范围也不断增大,对其空间环境的认知十分迫切,这些需求都大大推动了大气科学探测技术的发展。

当前,卫星气象学就是伴随卫星探测技术的提升而发展的。自从1960年第一颗气象卫星发射成功以来,世界上先后有100多颗气象卫星上天。气象卫星经历了从试验到业务,从极轨到静止,从单一仪器观测到综合仪器观测,从单星系统到多星组网观测的发展,取得了显著的进步。从总体上看,世界气象卫星事业已经达到了比较高的技术水平,进入了成熟的业务阶段,应用领域广泛、应用效益显著。

灾害气候、天气及中小尺度天气动力学的研究日益受到重视,在21世纪中,如何提高气候、天气和中小尺度天气不同尺度系统的监测和预报水平,对于减轻气候和天气、强对流灾害造成的损失将更是各国政府关注的问题。影响我国不同尺度天气变化的主要环流系统极其复杂。深入认识我国天气变化的大气环流系统,如西太平洋副热带高压的强度和位置、东亚季风、中高纬天气系统、热带气旋以及中小尺度暴雨等多尺度系统,以及它们对我国天气气候变化作用,长、中短期天气预报理论和方法的完善与改进工作,是当前大气科学亟须解决的关键问题。

随着社会需求的增长和气象事业自身发展的需要,传统的天气气候预报预测将转变为从大气圈、水圈、冰雪圈、岩石圈和生物圈的相互作用来理解发生在气候系统中的各种运动和过程(包括物理、化学和生物过程),从而提高天气气候预报、预测水平;天气气候业务也将向气候系统的多时间尺度预报、预测转变。未来的气候变化研究将更充分地体现气候系统的概念。现代全球气候系统的主要科学问题包括:不同时间尺度的气候变率;海洋环流、能量循环和水循环的作用;冰雪圈的影响;平流层的作用;人类活动的影响,尤其是温室气体排放对气候变化的影响;气候预测,尤其是季节预测和年际预测以及未来50~100年气候变化趋势的预估等。深入认识气候系统与全球变化,有效适应全球变化和履行UNFCCC(联合国气候变化框架公约),需要了解过去气候变化的成因,有效地检测出人类活动引起的全球和区域气候变化信号,更加准确地预测未来气候变化趋势和情景,并研究气候变化对我国的生态系统和敏感经济部门可能产生的影响,提出适应对策建议,这是关系到我国社会、经济可持续发展和国家安全长远战略问题。随着人类活动对气候系统影响日益显著,全球变化及其相关的科学技术问题,引起人们越来越多的关注。作为新兴的交叉学科,上述领域的研究已成为当今大气科学的前沿,而且其研究成果可以直接为UNFCCC等国际环境外交谈判提供科学支撑,同时也对综合观测与科学实验提出了更高的要求。

由于高性能计算机与大气遥感技术成就的推动,从20世纪80年代起,数值预报进入

持续高速发展的时期,目前国际上主要的发展成就表现在空基与地基遥感资料同化技术的突破,而使得长期制约天气预报水平提高的观测资料空缺问题得到某种程度解决。各国已经在发展新一代非静力平衡框架下的数值预报模式,使数值预报与模拟的对象扩展到各种尺度的大气运动。数值预报模式中物理过程不断完善,特别是大气与地球其他圈层的相互作用成为模式研究发展的热点。根据现代化高科技社会的发展需求,高分辨率、局地定时、定点、定量的灾害性天气与大气环境预报将日益成为气象科学研究和业务的重点。为此,深入研究中小尺度大气动力、物理、生物与化学过程,建立精细的大气预报模式将成为关键科学问题。

大气化学是大气科学的一个重要学科,目前,大气化学是大气科学中最活跃的分支。它涉及大气成分的性质和变化,源和汇,化学循环,以及发生在大气中、大气与陆地及海洋之间的化学过程。一方面,大气化学不断与其他学科领域进一步互相渗透融合,另一方面日益成为全人类社会迫切关注的重点学科领域,它所揭示的观测事实和研究成果已经成为各国可持续发展战略和气候与环境变化国际公约谈判的基础。

大气物理学是我国发展最早的大气学科领域,从20世纪中期开展云雾物理特征研究以来,逐步创建了大气辐射、大气遥感、大气电学、大气边界层、中高层大气物理学等分支学科,基于大气物理研究领域应用理论的拓展与深化。人工影响天气已朝着用人为手段使天气现象朝着人们预定的方向转化,如人工降水、人工降雪、人工消云、人工消雾、人工抑制雷电和人工防霜冻等新技术已进入气象应用与社会服务时代。

当前大气科学已从探索性理论研究,拓展成应用性技术体系,“应用气象”领域的范畴越来越广阔,如农业气象、海洋气象、林业气象、交通气象、盐业气象与水产气象如“雨后春笋”,成功立足于相关服务行业。当前世界上农业气象工作的重点放在环境、气候变化、生物多样性、干旱和荒漠化、粮食安全和可持续发展六大问题上。国际上农业气象最为突出的成果就是成功研制许多机理的作物生长—环境模型,取得许多农业气象基础理论研究成果。开展了大规模海洋气象现场实验,20世纪80年代以来海洋气象,探测技术进步很大,并在获取海洋大气信息能力等方面具有新突破。特别是气象系列卫星和海洋卫星的相继发射,使我们获得了大范围的气象和海洋信息,对海上大风、大雾等灾害性天气进行了系统研究。在海气相互作用研究方面揭示了海洋和大气某些现象的联系,对长期天气预报和气候预测有重要价值。林业气象在森林边界层及其水热交换、碳通量、遥感技术与碳通量及其尺度转换、林业气象灾害及防灾减灾技术等方面的研究均取得重要进展,提高了气象为林业服务的水平。水文气象在水文循环和水分平衡中的降水、蒸发等方面的研究取得重要进展。气象雷达、气象卫星的应用,为降水短时预报和洪水预报相结合创造了条件。完成了流域最大降水量和大水体水面蒸发量的估算,建立了防汛抗旱水文气象综合业务系统,在26个省(区、市)推广应用。交通气象在交通气象灾害发生规律及其对公路、铁路、航空、航运的影响和监测、预警、评估技术等方面的研究取得较大进展。建立了全国公路交通气象预报系统,并发布全面主要公路气象预报。盐业气象在纳潮、积卤和盐田蒸发等方面研究有一定进展,盐业气象监测、预报服务技术不断提高,在指挥盐业生产上发挥了重要作用。水产气象在渔业生物行动、资源数量、养殖、捕捞与气象条件的关系、有利和不利气象条件变化规律及观测、预报、预防渔业气象灾害等方面有重要进展,促进

了水产气象业务的发展。

伴随着应用气象领域的拓展,20世纪中叶公共气象服务已成为一个独立的学科。公共气象服务是以气象公益性公共事业为出发点,以“提高公共气象服务能力,保障经济社会发展和人民安全福祉”作为实践科学发展观的载体,以“气象防灾减灾”和“应对气候变化”作为实践载体的两个着力点。公共气象服务学不仅研究如何将气象科学硬技术成果应用于社会生产、生活实践中提出的气象服务问题,还研究如何利用软科学理论与方法解决公共气象服务发展中的管理科学问题。公共气象服务是引领气象科学发展前进的动力,公共气象服务亦是政府公共服务的重要组成部分。中国气象局目前的职能定位为“公共气象,安全气象,资源气象”。近年来,我国气象工作者基本围绕这三个主题展开相关研究。2009年哥本哈根《联合国气候变化框架公约》大会的召开,使得公共气象服务应对气候变化的相关研究成为国内外学者关注的热点问题。

从适应社会发展需求这一重大转变,从提高我国气象基本业务能力出发,对天气、气候、气候变化、数值预报、大气化学、大气物理、人工影响天气、应用气象领域及天基、地基与空基综合观测与外场科学试验等方面进行全局性的战略设计,对加快气象事业现代化的发展步伐,为新时期我国经济社会的全面、协调、可持续发展保驾护航,具有十分重要的意义。

三、我国在本学科取得的主要成就

1. 大气科学技术取得重大进展

随着现代科学技术水平的飞跃进展,特别是计算机技术、网络和探测技术的广泛应用,我国的大气科学技术取得以下重大进展。

(1) 气象卫星发展起点较高,发展较快。我国的气象卫星发展与国外气象卫星相比起步较晚,但起点较高,发展较快。经过近十年的发展,气象卫星及应用事业取得了令人瞩目的成就。从1969年周恩来总理提出“应该搞我们自己的气象卫星”开始,科技工作者经过多年艰苦攻关,陆续于1988年和1990年研制和发射成功极轨气象试验卫星FY-1A/B(风云一号A星B星);于1999年研制和发射成功业务星FY-1C;静止气象试验卫星FY-2A,B也分别于1997年和2000年研制和发射成功,这标志着我国气象卫星已从试用、试验阶段进入业务运行阶段。我国第一颗业务静止气象卫星FY-2C于2004年10月19日研制和发射成功;经过几十年的努力,迄今我国气象卫星已实现了系列化、业务化。第二代极轨卫星FY-3在大气垂直探测、微波成像遥感、光学成像遥感(千米级到百米级)、臭氧等大气成分观测、地球系统能量平衡观测和全球资料获取方面都有了重大改进,它的研制和2008年5月27日成功发射标志着我国极轨气象卫星已进入国际先进行列。作为我国新一代极轨气象卫星的首发星,风云三号A星总体技术已达国际先进水平,标志着我国极轨气象卫星成功实现更新换代。我国风云气象卫星成功运行,被世界气象组织列入全球对地综合观测卫星业务序列,使我国成为世界上少数几个同时具有研制、发射、管理极轨和静止气象卫星的国家之一。

(2) 天基、空基和地基探测多元化、多样性发展的趋势良好。如何充分利用各种传统和新增的观测资料将是天气、气候业务面临的发展机遇和挑战。探测技术在总体上呈现

出以地基探测为主,天基、空基和地基探测多元化、多样性发展的趋势。卫星探测已进入微波遥感、主动遥感遥测阶段。由于全光谱探测能力的实现,资料质量将大幅度改善,为天气、气候业务提供丰富的信息;商用飞机、地基和天基全球定位系统(GPS)等非气象平台及相应技术在气象科研和业务上的广泛应用,极大地丰富了非常规气象资料的信息来源;多功能天气雷达、新型探空系统、微型无人驾驶飞机、风廓线仪、激光遥感等技术的业务运用将极大地提高气象综合探测的能力;自动化观测技术及设备的大规模业务应用使观测数据的时空密度大大提高。同时,为满足气候系统业务的需要,大气成分、水圈、岩石圈、冰雪圈、生物圈以及碳、水和能量循环观测资料的获取手段和来源将会极大丰富。

建设天地空一体化的综合监测体系,其中地基监测系统包括地面气象、气候监测、地基遥感探测、地基移动监测、大气边界层探测、大气成分(含沙尘暴)监测、酸雨监测、中高层大气探测系统;空基监测包括飞机、气球、火箭;天基监测包括高轨道、低轨道卫星和飞行器。

目前我国气象部门已初步形成天基、空基和地基相结合,门类比较齐全,布局基本合理的综合气象观测系统。它们由大气观测、海洋气象观测、水文气象观测、冰雪冻土气象观测、农业与生态气象观测、卫星气象观测等系统组成。截至2009年底,我国气象部门共建有2416个国家级地面气象观测站,气压、气温、湿度、降水、风向风速、太阳辐射、地温、蒸发等基本气象要素全部实现了自动化观测及业务处理;28855个区域气象观测站全部实现了采集、传输、数据处理等自动化;高精度的气候观测系统,云、能见度、天气现象等自动化观测仪器正在业务试验过程中。有146部新一代天气雷达、91套L波段探空系统投入业务应用;建设了26部风廓线仪(其中固定14部,移动12部),98个辐射站,276个GPS/MET站,232个雷电监测站,631个农业气象观测站;初步建立了气象技术装备保障业务体系,技术装备保障能力逐步提高。我国还在极地建立了长城站、中山站和黄河站。

除气象部门外,其他相关部门也开展一些与气候相关的观测业务。中科院建成了36个生态站、15个森林生态系统监测站,并在贡嘎山、天山和青藏高原建立了冰川和冻土观测站。

(3) 数值预报高速发展。20世纪80年代中期以来我国数值预报处于高速发展的阶段,全球中期数值预报系统的研发取得了重要突破。1985年“七五”国家重点科技攻关项目启动,引进欧洲中期天气预报中心的预报模式T42、T63等,解决了全球卫星资料同化的技术难题,建立了全球资料同化和分辨率为T639L60的中期数值天气预报系统。21世纪以来,中国科学家还自主发展了高分辨率的区域同化预报系统(HLAFS)以及热带气旋数值预报模式。

我国气候模式的发展始于20世纪80年代。20多年来,大气环流模式、海洋模式、陆面过程模式、耦合系统等迅速发展,气候模拟与短期气候预测也从最初的以大气模式为主向海—陆—气—冰(甚至更多分量)耦合的气候系统模式方向发展。中科院大气所的地球物理流体力学实验室(LASG/IAP)在引进国外先进气候系统模式框架基础上,发展建立了灵活的耦合气候系统模式FGOALS。2003~2004年,建立起了我国第一代短期气候预测动力气候模式业务系统,并于2005年正式投入短期气候预测业务服务。在研制和开发短期气候预测模式的同时,2004年起为进一步促进气候模拟、气候预测和气候变化预

估工作,国家气候中心、中科院大气物理研究所等业务与研究部门开始着手建立一个适合于我国气候特点并具备可持续发展能力,具有较高模块化、标准化和并行化程度的海—陆—气—冰耦合的气候系统模式,并将考虑气溶胶、动态植被、碳循环、海洋生物化学等对气候和气候变化的影响。进入 21 世纪,未来数值预报业务系统要由从国外引进逐步转为自主开发,2000 年中国气象局组建了气象数值预报创新基地。在国家科技部的大力支持下,经过近十年努力,我国新一代全球/区域多尺度通用同化与数值预报系统(GRAPES)自主研发取得卓有成效的进展。GRAPES 预报模式的发展借鉴了国际上近年流行的多种用途预报模式框架一体化设计的理念。

(4) 天气预报技术发展有了新的突破。我国经济发达地区,初步建立了中小尺度灾害性天气监测网,开展了暴雨、台风等灾害性天气形成机制及其监测与预报理论和方法的研究,灾害天气预警、预测水平明显提高。各区域中尺度天气预报模式的 3 天的预报水平提高到当前 1~2 天的预报水平,并以中尺度天气模式为基础,向超级城市群精细化预报领域拓展,建立城市街道预报和雷电预报模式,提供城市街道天气、极端天气预报和雷电预警预报服务。天气预报理论体系不断完善。我国在天气系统变化的诊断研究方面取得了显著成绩,在我国天气的主要影响因子及机制的研究方面取得了重要进展,为成功地进行天气预报、预测奠定了理论基础。天气预报水平,特别是对中期、短期重大灾害性、关键性和转折性天气过程预报准确率明显提高,暴雨和台风路径及中小尺度灾害天气预报准确率与发达国家水平相当。数值天气预报模式体系初步建成。我国数值预报模式体系,由全球中期数值天气预报模式、中期集合预报模式、有限区域数值天气预报模式和台风、沙尘暴、核污染扩散、大气污染数值预报模式等组成。中国国家气象中心已成为世界气象组织的区域专业气象中心。

(5) 气候研究逐渐发展成为全面而综合的气候系统研究。随着一系列气候领域科学研究计划项目的实施,中国气候与气候研究取得了大量成就,主要概括为:气候系统(包括大气、海洋、陆地和冰冻圈)的观测得到明显改进,中国气候观测系统初步建成;亚洲夏季风环流的爆发、中断以及平均环流结构等方面的研究取得重大预报理论成果,如提出了亚洲季风分为印度季风和东亚季风(包括中国和日本)两个不同的子系统,但二者又相互联系的学术观点;热带太平洋、印度洋的海—陆—气相互作用,青藏高原、南/北半球中高纬地区冰雪—海洋—大气相互作用,亚洲季风系统的季节和年际变化的物理机制及其对东亚气候的影响等研究取得新的进展;ENSO 强信号事件及其对我国气候影响的机理以及厄尔尼诺预报等取得重要进展;东亚季风以及我国气候演变趋势的季节、年际预测水平显著提高,开展了我国沙尘暴季节数值预报研究,大气环流异常的动力数值预测研究以及对古气候的观测和模拟研究;副热带季风系统及其密切相关的气候、气候变化等方面的研究取得重要进展;开展了大气中温室气体含量、水分环境以及气溶胶粒子的浓度等对气候变化影响的研究;对我国重大旱、涝发生机理有了新认识等。

通过“九五”国家科技攻关重中之重项目“我国短期气候预测系统的研究”的实施,揭示出了影响我国汛期气候异常的主要因子,初步建立了厄尔尼诺监测与预测、重大旱涝灾害预测和年际气候预测分系统,研制了 7 个区域级短期气候预测系统,建立了我国第一代短期气候预测动力气候模式业务系统。国家气候中心与有关科研院所和高校共同开发了

我国的短期气候预测动力模式系统并投入准业务运行,形成了具有中国特色的短期气候预测业务体系。国家气候中心已成为世界气象组织 14 个能发布年、季短期气候预测的机构之一。此外,在季风气候、农业气候、干旱气候、风能和太阳能等气候资源普查、气候风险评估等诸多气候研究领域也都开展了大量研究,并取得重要成果。

(6) 气候变化基础研究形势喜人。实施了包括“全球气候变化预测、影响和对策研究”、“我国未来 20~50 年生存环境变化趋势的预测研究”、“中国气候与海平面变化及其趋势和影响的研究”、“全球气候变化与环境政策研究”、“我国重大气候和天气灾害的机理和预测理论的研究”等重大科技项目和研究计划。其中国家“十一五”计划已安排了近百个与气候变化和节能减排有关的科研支持,有力地推动了我国气候变化科学的发展。气候变化监测、情景预估、影响评估和适应减缓对策工作正在逐步开展,并初步形成了气候变化的科学研究和对策评估专门队伍,在 IPCC 活动和国际环境外交谈判中发挥着越来越大的作用,同时也为我国在国际环境外交活动中维护国家利益和经济社会的可持续发展提供科学依据。我国利用业务模式开展了 IPCC 第四次科学评估等相关的气候变化研究工作,成为进入 IPCC 第四次评估报告的仅有的两个评估模式之一;提出了减排温室气体技术评价方法、评价指标体系以及减排的相对附加成本计算方法;提出了我国减缓主要温室气体的对策和建议,包括能源技术管理政策、减排 CO₂ 技术对策、推广减排新技术政策等;重点组织了全球气候变化的战略与对策研究,包括气候变化问题的平等权利准则、清洁发展机制、技术转让等焦点问题,为公约谈判提供科学基础。

在气候变化影响、适应及脆弱性研究方面,开展了“三峡工程”建设气候立体监测,以及气候变化对我国大中型水库水资源的影响等;评估了气候变暖背景下“青藏铁路建设工程”铁路沿线冻土带的变化趋势,为工程建设(主要是路基建设标准)提供科学依据;完成了气候变化影响下我国“南水北调工程”建设的可行性影响评价报告。开展了气候变化对区域尺度水资源的影响模拟,初步建立了气候变化对水资源影响评估业务规范。重点加强了风能、太阳能的调查、评估和监测,建立我国风能、太阳能资源专业观测网,引进、开发、建立适合中国气候和地形特点的高分辨率风能、资源数值模式系统。

(7) 大气物理学研究服务社会,效益显著。20 世纪中叶以来,我国在大气物理学研究领域也取得了一批重要的成果,包括积云动力学、云微物理结构的探测、降水生成的理论、长波辐射吸收的计算和实验研究、辐射传输方程、非球形粒子散射计算、边界层湍流结构及扩散过程的观测和模式研究,以及大气电场结构和闪电过程的研究等。人工影响天气工作取得了较好成绩。我国有组织地开展人工影响天气的工作始于 1958 年。四十多年来,人工影响天气作业规模逐步扩大,飞机、高炮、火箭增雨作业与高炮、火箭防雹作业在为地方经济社会发展,特别是“三农”服务中发挥了重大作用,并取得了显著效益。

(8) 大气化学发展迎头赶上。我国的大气化学研究起步于 20 世纪七八十年代,之后逐步得到发展。表现在其研究范围覆盖了当前国际大气化学主要领域,在温室气体、气溶胶、臭氧、反应性气体、酸沉降方面取得了一批重要成果,在区域、城市大气化学模式方面也都有了重大进展。目前,整体达到中等发达国家水平。

随着我国大气成分观测网络不断扩大,探测能力不断提高,观测要素成倍地增加,观测技术日益发展,观测方式由离线向在线发展,观测平台日益多样化、立体化。中国是较

早开展大气本底观测的国家。近年中国气象局系统性完善了全球第一个青海瓦里关山大陆本底站,以及北京密云上甸子、浙江临安和黑龙江龙凤山等区域大气本底污染监测站。上述大气本底观测系统对全球大陆、京津冀、长江三角洲与东北经济区长期实施了大陆本底与区域本底监测,它们在联合国世界气象组织(WMO)全球监测业务网络中发挥了越来越关键的作用。为全球气候变化、大气环境监测与气候应对做出了突出贡献。中国气象局三个区域本底站(新疆阿克达拉、云南香格里拉、湖北金沙)正在建设中。中国气象局还有酸雨本底监测站站网(334个)、沙尘暴监测站网(30个)、臭氧观测站网(5个)。

(9)气象服务在经济发展、社会进步和国防建设中发挥了重要作用。气象服务为经济发展做出了重大贡献。天气气候预报预测准确率逐年提高。在历次抗击洪涝灾害、抗旱救灾、扑灭林火、处理突发灾害事件等的气象服务中,气象工作者积极主动,为减少人民生命财产的损失做出了重大贡献。我国气象服务工作已发展成为政府、公众、企业三大服务体系,目前我国气象服务领域已涉及100多个行业,渗透到国民经济建设的方方面面。为适应国家战略层面的需求,面向“三农”、西部大开发和生态建设,开展有效的气象服务。气象传媒服务,如电视天气预报节目等越来越受到社会的广泛关注。调查表明,气象预报节目已成为中央电视台收视率最高的栏目。

(10)气象信息网络建设成绩斐然。在全国相关行业中率先实现了面向用户的气象资料共享。已建成连通全国2300多个县(区)、具有卫星通信和地面公共通信相结合的气象信息网络系统;初步建成了与国防、海洋、航空、航天等部门联通的通信网。国家气象信息中心已成为世界气象组织全球气象电信系统的区域通信枢纽。由峰值速度高达每秒3840亿次浮点运算的国产“神威I”和引进的其他高速巨型计算机及海量存储系统、高速局域网组成了高性能计算机网络,为天气预报和气候预测的大规模科学计算提供了保障。中国气象局共享能力处于国家科学数据共享工程建设的前列。

2. 构建了天、地、空一体化综合气象观测基础平台

伴随着近代大气科学卫星遥感、地面观测、大气探测与业务网络新技术飞速发展,我国已初步构建了天、地、空一体化综合气象观测基础平台,为我国大气科学理论研究的发展提供了技术支撑系统,推进了我国大气科学理论发展的进程。

改革开放以来,我国科学家在大气科学领域开展了更系统和更具规模的研究。一大批国家级科研项目得到实施,如台风、暴雨等灾害性天气监测、预报业务系统研究,中期数值天气预报及灾害性天气预报研究,短期气候预测业务系统的研究,我国重大天气气候灾害的预测理论和预测方法研究,我国生存环境演变和北方干旱化趋势研究,青藏高原生态与环境演变研究,我国西部生态环境演变和适应对策研究,生态系统千年评估等。此外,我国还组织了一批在国际上有重要影响的大型科学试验,如在青藏高原和极地开展了科学考察,在黑龙江、黑河、内蒙古草原和青藏高原分别进行了陆气相互作用试验,还进行了举世瞩目的“青藏高原气象试验”、“南海季风试验”、“华南暴雨试验”和“淮河流域能量与水分循环试验”等“四大”科学试验。上述研究项目的实施与完成,在基础研究,应用基础研究和应用研究方面形成了一系列重大成果,为我国气象科学技术水平的提高打下了坚实的基础。针对东亚地区气候的变化,我国科学家提出了“东亚季风气候系统”的概念,并发展了副高理论。揭示了青藏高原的动力和热力加热过程及其对东亚、全球的气候影响

机理。利用此方法,我国学者对天气、气候尺度可预报性的时空分布特征进行了较为系统的研究。我国学者提出了行星尺度波和天气波之间的非线性相互作用、波导理论以及分析新方法,并建立了大气阻塞和涛动结构的动力学理论模型。认为 ENSO 是年际气候变化的最强信号,它的发生往往给全球许多地方造成严重洪涝、干旱及其他灾害,中国学者关于 ENSO 的机理和预测研究受到全世界的普遍关注。发展了暴雨相关的中小尺度动力学、波流相互作用以及位涡理论,提出了大气运动的动力稳定性模型,上述理论与诸如锋面降水、暴雨、暴雪、台风、飚线和爆发性气旋等剧烈变化的天气异常相联系。探讨了形成灾害天气系统的各类广义外强迫源及其不同时空尺度遥响应作用,为了更准确地揭示高空天气系统的演变过程规律,提出了波包理论等。这一理论解决了标准模方法在描述实际大气演变中的不足,进一步利用 WKB 方法讨论了扰动和基流之间的能量转换等问题。近年来,中国科学家的一系列研究提出并发展了阻塞形成的包络 Rossby 孤立子与天气尺度波相互作用理论。在 ENSO 可预报性研究上,提出了条件非线性最优扰动 (CNOP) 方法等。

东亚季风和青藏高原气象学研究取得了一批重大成果,如海—陆—气相互作用对东亚季风和中国气候的影响、青藏高原对全球天气气候的影响、东亚季风形成机理等。中国科学家在国际上为发起和组织全球变化研究做出了重要贡献,在气候系统模式的开发、气候预测和气候变化预估及其影响评估和对策研究、大气温室气体观测和模型研究、气候和生态相互作用研究,以及古气候古环境研究等方面都取得了重要进展。

大气科学及相关学科基础理论和应用理论的进展极大地促进了气象业务技术水平的提高。对台风、暴雨等重大灾害性天气的机理、预测理论和方法的研究,显著提高了我国台风、暴雨的预警预报水平;我国科学家在大气物理和大气化学一些领域,其中包括气溶胶形成机理,对流层氧化能力,平流层和对流层物质交换等方面取得了新进展。并丰富了探测方法,促进了相关技术的进步。在雷电探测和人工触发研究方面取得的重要进展,使我国成为世界上最早掌握人工触发闪电技术的国家之一;青藏高原臭氧低值中心的发现和复杂地形条件下边界层特征的研究等是对世界大气化学研究的重要贡献。

通过引进国外先进的大气成分数值模式系统或者自主研发,中国气象局、中国气象科学研究院、北京大学、南京大学、中科院大气物理所开发的多个空气质量模拟、排放源反演及源同化模式、化学天气预报等系统已有新的突破,并在大气环境领域技术支撑和应用起到了重要的作用。

气象科学技术的进步,推动了我国地球系统科学和可持续发展理论的发展。主要表现在如下三个方面:气象科学技术成果极大地丰富了地球系统科学和可持续发展理论,促进了这些学科的科研和业务进步;气象观测数据以及相关的大气信息是地球系统科学和可持续发展理论的重要基础;气象科学已成为地球系统科学和可持续发展理论的重要组成部分。气象科学与地球系统科学、可持续发展理论及其他相关学科的交叉融合、相互影响、相互促进,也进一步推动了气象科学的快速发展。

3. 一支素质较高的气象人才队伍已经形成

随着气象科学和气象业务服务领域的不断拓展,气象科学多学科交叉融合的特点日益彰显,天气、气候、气候变化等众多领域都已成为当代气象工作的重要内容。据不完全

统计,截至2003年年底,中国气象局、中国科学院(如大气物理研究所、寒区旱区环境与工程研究所等)、教育部和高等院校(如北京大学、南京大学、兰州大学、中山大学、南京信息工程大学、成都信息工程大学、中国海洋大学、云南大学等)从事大气科学相关业务、科研和教育的工作人员数量已由20世纪50年代初期的几百人发展壮大到6万多人。此外,军队、民航、水利、农垦、林业、盐业等行业和部门的气象专业技术队伍亦有一定规模,且素质不断提高。目前,我国已成为世界上气象业务、科研和教育队伍人数最多的国家。近年来,大气科学领域人才队伍的学历层次明显提高,博士、硕士毕业人数呈明显上升趋势。

四、对本学科发展的建议

由于历史、经济、社会等诸多方面的原因,我国的大气科学技术水平总体上与发达国家相比仍然存在较大差距。中国气候系统观测计划(CCOS)仍在计划阶段,系统布局设计、观测规范等尚未确定。气象卫星探测资料的利用率还有待进一步提高。雷达观测网正在建设之中,观测资料的收集、分析与分发系统的建设尚未完全开展。

以多种现代科学技术为支撑的现代天气预报流程在我国尚未完全建立。现代天气预报流程的主要环节是资料变分同化、数值预报模式、数值预报产品解释应用和预报制作平台。但我国在这四个主要环节上技术水平落后,特别是在资料变分同化和数值预报模式方面,我国还没有自主研发的应用于预报业务的数值预报模式系统。同时,以卫星资料为代表的非常规资料的应用是我国的薄弱环节,数值预报模式的初始场与实际的大气状态偏差较大,造成数值预报的质量不高。与欧洲中期预报中心以及美国、加拿大、德国等国相比,我国数值天气预报的精度和时效有很大差距。

我国气候系统模式的开发还处于刚刚起步的阶段,大气化学、陆面过程、云—辐射相互作用、海洋生态过程参数化、动力学海冰模型,以及海—陆—气—冰的耦合技术是主要薄弱环节,对气候系统的模拟能力和预测水平尚需提高。此外,我国还没有建立起完善的气候变化的预测理论、预测系统以及气候变化影响评估体系。

未来几年,气候科技发展将继续趋向于多学科交叉与融合,关注大气圈、水圈、冰冻圈、岩石圈和生物圈之间的相互作用,关注区域气候变异的监测、预测和影响评价研究、业务,发展数值气候模式系统,重视气候资源的评估、利用和管理。如何定量评估全球和区域气候变化可能给我国自然生态系统和社会经济部门造成的影响,如何应对全球气候变化,趋利避害,应成为我国实施可持续发展战略必须重视的问题之一,并在成本—效益分析的基础上,提出我国应对气候变化的战略规划和行动计划。

未来动力气象学科的发展将进一步提高未来在季节、年际和年代际、千年尺度上的气候变率、可预报性和气候变化的理解水平,继续深入了解影响全球和地区水循环、辐射平衡和能量传输的大气动力学及其在全球变化过程中的多圈层相互作用的气候动力学,进一步理解造成气候变化的各个物理过程的气候强迫作用,深入了解冰雪圈(尤其是两极)与气候系统的相互作用的物理过程以及反馈作用,了解平流层动力和辐射作用在对流层天气和气候中的作用,以及这种自上而下的影响在延伸期天气预报和对流层长期气候变化中的应用。

加强亚洲和中国地区气候系统监测诊断,开展月—季—年尺度气候变异的可预测性

研究,开展气候资源开发及气候可行性论证,加快气候系统模式研发步伐,建立海—陆—气—冰—生耦合的,包含气溶胶、大气化学和碳循环过程的地球气候系统模式,重视应用气候学研究,恢复和发展具有一定基础的应用气候研究领域工作,提升农业气候、城市气候、建筑气候、医疗气候、旅游气候、水文气候等研究水平,服务于经济和社会可持续发展。

精细化天气预报以临近预报业务创新为突破口,是国际预报技术发展的主流。临近预报是目前提供定时、定点和定量的天气实时预报产品的主要方式和平台。应在国家层面上建立科研、业务联合攻关的有效机制,尽快建立我国的临近预报业务化系统;深入研究高分辨率数值预报模式所应包含的大气运动谱及其精细化的数值表示;与高分辨率、高精度数值预报模式相适应的观测资料四维同化技术和理论;高分辨率数值预报模式中的各种物理、化学过程;为高分辨率数值预报模式的持续发展和开展精细数值预报提供科学理论和技术支持。为实现这一目标,还需要加强对有效获取高质量观测资料的方法、观测系统设计、大气模式和其他圈层模式的耦合对精细天气预报的影响,数值预报的不确定性与集合预报理论的研究。

未来我国大气化学的主要目标是进一步加强大气化学机理研究。其中包括:自然和人类活动调控对流层和中层大气中化学成分的过程和机理,评价由于人类活动所引起的进一步变化;大区域尺度和全球尺度上气候和空气质量方面的关键问题,如在加强和减弱气候变化方面,大气化学过程扮演的角色,在地球系统内,物质排放和沉降的变化、长距离输送和化学变化对空气质量和行星边界层化学组成的影响。未来大气化学仪器设备的研发能力,以及模式自主研发能力等方面的提高也是不可或缺的重要方面。

加强应用气象领域的开发研究,包括农业气象、人工影响天气、大气环境及航空、医疗气象等。在科学研究从高度分化走向交叉综合的大趋势下,理工科以及哲学、社会科学等软科学之间学科相互交叉、融合、渗透,将为公共气象服务学科的创新、实践与发展提供更丰富的研究手段,同时赋予公共气象服务学科更丰富的研究领域和内涵。

21世纪的前20年,应在中国气候系统观测网全面建设的基础上,结合非常观测手段所获取的气候系统变化信息,发展气候系统多圈层信息数据综合分析处理技术,研发新一代天气、气候系统数值模式,全面增加天气、气候的预警、预报、预测、预估系统中的科技含量,提高天气、气候预报、预测、预估的准确率。全面建成空基与地基、常规与非常规手段结合,覆盖境内及境外临近地区的能监测天气、气候及气候系统的综合监测系统。形成能分析、诊断、预报、预测不同尺度天气、气候及气候系统的模式序列,提供连续、滚动、无缝隙的定量、定点天气预警、预报产品、气候预测和气候变化预估产品。建成为国家应对全球变化,特别是气候变化所带来的政治、经济、社会和环境的影响所采取决策的科学支持系统。实现气象事业的基本现代化,在各行业中率先达到世界先进水平。积极参与大型国际研究计划,要以我国科学家为主导组织区域性大型国际科学试验和科学计划。

未来大气学科发展的总体对策如下:①加强应对气候变化及其综合观测系统相关科技技术支撑研究;②加快我国自主创新与集成数值模式开发的步伐;③加强天气、气候灾害动力理论与预测方法研究;④推进大气物理、大气化学、大气环境及相关领域的理论研究;⑤加强人工影响天气、农业气象、公共气象应用技术研究;⑥推进大气探测、雷达气象、卫星遥感技术发展。

五、结束语

最近,胡锦涛总书记,温家宝总理关于做好新形势下的气象工作的重要指示指出:要坚持公共气象的发展方向,把提高气象服务水平放在首位,大力推进气象科技创新,加强一流装备、一流技术、一流人才、一流台站建设,构建整体实力雄厚、具有世界先进水平的气象现代化体系,为经济社会发展、人民生活和国家安全提供一流的气象服务。

气象事业现代化是国家现代化的重要标志之一。中国气象事业要按照“四个一流”的高标准要求,在 21 世纪的前 20 年,建设具有世界先进水平的气象事业现代化体系,率先基本实现现代化,实现从气象大国向气象强国的跨越,为全面建设小康社会提供一流的气象服务。

第二节 古生物学

一、引言

古生物学是介于地质学和生物学之间的交叉学科,研究范围包括地史时期地层中保存的生物遗体 and 遗迹,以及一切与生命活动有关的地质记录,探讨地史时期生物的起源、灭绝、演化历史和进化规律,确定地层层序和时代,推断古地理、古气候环境的演变等。古生物研究不仅是认知地球生命历史、探索生命演化规律的重要科学实践,而且对于探寻化石能源、沉积矿产等自然资源,探讨当今生态环境的演变和治理提供重要的基础科学证据。古生物学可以分为古动物学、古植物学和微体古生物学,古动物学又可分为古无脊椎动物学、古脊椎动物学和古人类学。随着科学研究的深入和生产发展的需要,古生物学与其他学科相互交叉产生了更多分支学科,在自然科学领域中广泛应用,包括古生态学、古生物地理学、生物地层学、分子古生物学和地球生物学等。

作为一个重要的自然科学领域,古生物学诞生于 18 世纪,其后的发展和成熟经历了漫长历程。20 世纪以来,古生物学研究领域不断扩大,与数学、化学和物理学等学科交叉深入,出现新的演化理论,学科发展日渐成熟。中国古生物学的研究可以追溯到 19 世纪中叶。进入 20 世纪 20 年代以后才有了真正的发展,至今已有 80 余年历史。中华人民共和国成立后迎来了第一次全面的发展。70 年代后期以来,中国古生物学进入了快速发展的时期。在国家的重视和支持下,古生物学队伍迅速壮大,一大批中青年古生物工作者脱颖而出,活跃在国内外学术舞台上,取得一系列具有重大国际影响的重要成果。中国已成为当代国际古生物研究的热点地区,被一些学者誉为世界古生物学家的“圣地”。近年来,我国广大古生物学工作者瞄准国际学术前沿积极创新进取,在基础研究、服务国家能源战略需求和社会经济发展、科普教育、人才培养、国际交流以及学术出版等领域取得了令人瞩目的新成果和新进展,并于 2006 年成功举办了“第二届国际古生物学大会”,赢得了国内外古生物学界的广泛赞誉;2010 年夏季将在伦敦举办的“第三届国际古生物学大会”专门设立中国古生物学专题报告会。中国古生物学已成为当代中国最繁荣的自然科学学科

之一,成为国际古生物学的中坚力量。近年来,中国古生物工作者奋力拼搏,取得了举世瞩目的辉煌成果,积极活跃在国际学术前沿,大批成果在国际一流学术刊物上发表,多项成果获得国家自然科学奖和省级科学技术奖励,部分成果多年被列入“中国十大基础研究新闻”,不断为国际古生物学的发展做出重要贡献。

二、近年来本学科的主要进展

中国科学家近年来在早期生命研究领域取得了重要进展,代表性成果包括:在太古宙—古元古代高变质岩中分离出生物化石,在元古界长城系串岭沟组发现疑源类可靠的真核生物化石,发现了迄今为止最早的动物休眠卵化石和6亿年前的似地衣化石。埃迪卡拉化石研究获得新进展,发现了新元古代动物胚胎发育成螺旋状构造的新证据以及具极叶胚胎化石,并对早期矿化机制开展了深入研究,深入揭示新元古代陡山沱期环境变化与生物演化事件。

中国寒武纪早期澄江生物群的发现和研究为破解寒武纪大爆发之谜提供了大量的化石证据。近年来相继对澄江生物群、牛蹄塘生物群、关山动物群、把榔动物群、石牌生物群、凯里生物群等开展了深入研究,并发现一系列重要化石类型。陕西宁强铺梅树村期寒武纪之初磷酸盐化胚胎化石的发现为最早的栉水母动物出现提供依据;报道了最早软躯体保存的节肢动物特异化石;揭示了动物集体行为在寒武纪大爆发时期就已出现;论证了捕食是寒武纪早期生物主要取食方式之一。从系统学和发育生物学的角度对寒武纪早期动物造型的系统研究成果,论证了寒武纪大爆发是现生动物造型的历史起点。在节肢动物起源和早期演化、后口动物的起源和早期演化以及脊椎动物早期演化方面取得了重要系列成果。依据中国的古生物化石材料,提出寒武纪大爆发时期生命和环境过程的综合新模式。

我国学者采用了多门类、多学科综合方法对华南奥陶纪生物大辐射开展了系统古生物学和高分辨率生物地层学的精细研究,获取了一系列重要的新认识。建立了扬子台地、江南斜坡以及珠江盆地的奥陶系高精度笔石生物地层序列,高分辨率地揭示华南奥陶纪生物大辐射的实质,是目前世界上唯一一个将奥陶纪,特别是早、中奥陶世海洋生物多样性研究精度提高到百万年的地区。提出群落生态与分类单元多样性演变的不同步现象和生态演化模式。揭示了奥陶纪主要海洋生物三叶虫、笔石、腕足类大辐射的差异性和不同的多样性演变形式;深刻揭示了奥陶纪生物大辐射生物与环境之间的协同演变关系。

中国学者在生物大灭绝与复苏这一重点研究领域,采用重要生物化石门类的详细统计,精深的高分辨率生物地层学、地质年代学、沉积学和地球化学等多学科交叉研究,剖析了显生宙生物大灭绝的模式、规模、幅度、速度及其以后的复苏进程,探索生物在地史时期灾变环境中不同响应。首次建立了华南地区自新元古代以来的海洋生物多样性曲线,阐述了来自同一板块主要门类辐射、灭绝、残存和复苏过程、特征及差异,有助于完善全球古生物多样性演变曲线和进一步探索史前生物演化过程和规律。将华南奥陶纪—志留纪过渡期首次划分为一系列宏演化阶段,包括辐射期—大灭绝期(首幕)—残存复苏期—灭绝期(次幕或尾幕)—残存复苏期—辐射期,论证了奥陶纪末大灭绝的两幕式属性。揭示二叠纪末期古海洋为局限缺氧环境并富含大量自养型绿硫细菌,表明二叠纪末期古海洋水

体曾经存在大量硫化氢,并可能对海洋生态系统造成毒化作用。

古生态学、古气候学、古生物地理学的研究对古生物分类、生物进化、地层划分、古地理变迁、生态系统演化、古环境恢复、沉积矿床的形成条件和分布规律等具有重要意义。陆相古生态学研究涉及洞穴、河流、湖泊、黄土和冰川沉积等环境的古生态学,在进化古生态学、特异埋藏化石库古生态学、地球生物演化重大转折期古生态学领域不断深入,大量基础性资料的积累及计算机技术的发展使定量古生物地理学研究取得积极进展。滇西和西藏保存完好的材料促进了晚古生代冈瓦纳区、过渡区和华南古生物地理的研究。通过对冰芯、黄土、深海沉积物、树木年轮、洞穴石笋等研究,获得了晚第四纪古温度、大气中 CO_2 含量等古气候数据,建立起气候旋回模型,分析现代人类活动影响气候的程度,以及未来气候的发展趋势。基于气候敏感沉积物大量数据及同位素分析,显生宙各时期的古气候得到重建,再现了显生宙全球气候交替变化历史,揭示了地史时期古气候带的主要控制因素。

在古无脊椎动物学方面,我国学者近年来参与重要门类的古生物学总结,包括“Treatise on Invertebrate Paleontology(无脊椎古生物学专论)”,“Brachiopoda(腕足类)”以及志书编研;将地质时期重要古无脊椎动物类群的起源、大辐射、大灭绝与复苏等宏演化研究提升到了国际水平,在界线层型(金钉子)和应用基础研究(资源勘察和开发)中展现了不可取代的作用。研究技术和手段革新迅速,使用了包括数理统计、分支分类法、散射电子技术和红外线成像技术,X射线CT、三维扫描、同步辐射光源3-D成像以及顺磁共振等方法来研究古无脊椎动物化石。地球化学方法在古无脊椎动物化石研究中广泛运用,并拓展了化石埋藏环境的指示内容。

在古脊椎动物各个门类的研究方面取得了令人瞩目的成果。我国古鱼类学研究已由几乎空白变成世界瞩目的研究中心,推动了国际学术界对脊椎动物起源与早期演化的探索,发现了高阶元类群(如脊椎动物、肉鳍鱼类、四足形动物等)的最早化石记录。古两栖类和古有鳞类研究出现了蓬勃发展的态势。西南地区三叠纪海生爬行动物群的发现和填补了若干领域的空白。我国学者在中晚侏罗世和早白垩世恐龙研究方面取得了一系列重要的发现和突破,为研究鸟类的起源、鸟类飞行的起源以及羽毛的起源等重大学术问题做出了重要贡献。这些工作不仅有力支持了鸟类的恐龙起源说以及鸟类飞行的树栖起源假说,而且对于研究白垩纪恐龙的演化也具有重要的价值。中国目前已成为世界恐龙研究的中心区域之一和研究早期鸟类演化辐射最为重要并最为活跃的地区。随着新材料的不断发现,我国古哺乳动物学研究近年来积极参与国际学术界热点问题的讨论和研究,呈现了良好的发展态势,主要表现在两个方面:①基于对化石材料详细的形态解剖学研究,探讨哺乳动物系统发育和演化关系,完善对哺乳动物一些关键特征的形成和发展过程的认识;②以新生代哺乳动物生物地层学的精细研究为突破口,完善新生代生物年代框架,并探讨新生代哺乳动物群演替规律及其对全球和区域环境变化的响应。

我国微体古生物学近年研究取得了较大进展。海洋微体古生物学为古海洋学和东亚季风演变研究的重要突破发挥了关键性作用。陆地微体古生物学在确定地层时代,进行区域对比,尤其在构造复杂地区为一些疑难问题的解决提供了直接证据。通过微体化石壳体稳定同位素、微量元素等测试来恢复古环境和古气候,利用现生生物进行环境监测的

研究成果,不仅对现今环境保护有直接作用,而且对古环境与古生态研究有很好的指导意义。不同学者利用有孔虫、介形虫、颗石藻和硅藻等生物类别对我国沿海的古气候、季风以及古地理演变等方面进行分析,得出了不同地质阶段的古海洋、古气候演化规律。利用微体古生物学一些重要门类所进行的高精度地层划分和对比研究为重要地层界线,乃至国际 GSSP(如 P/T 界线)的确定起到了决定性作用。微体古生物与相关学科结合,对于西藏东特提斯古海洋与重大地质事件、海相生物地层序列以及陆相松辽盆地生物地层与国际年代地层标准的对比等方面成果显著。利用介形类化石壳体稳定同位素和微量元素测试为探索湖泊微体生物演替与古气候和碳循环之间的反馈关系以及中长时间尺度气候变化趋势提供了科学依据。我国晚古生代放射虫动物群的研究为长期以来难以解决的华南地区晚古生代硅质岩相地层的划分对比提供了重要的化石依据。微体古生物研究已被广泛应用于化石能源的勘探和开发领域。另外,微体古生物研究开始向地球化学、数学建模等方面发展,是本学科值得关注的动向。

中国早期陆生维管植物起源和演化的研究备受国内外同行关注,正朝着植物多样性演变与环境变化、陆地生态系统和揭示全球古植物地理的研究方向发展。对华夏植物群的研究和认识不断深化,涉及包括植物群的组分、整体面貌、代表类群、组合演替序列、古地理区系、古气候和生态环境、起源、演替和衰亡等,并提出了前华夏植物群的概念;关注该植物群演替与晚古生代冰期盛衰演替的响应;对代表和特色类群以及煤核植物群等开展系统分类研究。对中生代真蕨植物生殖器官和原位孢子微细的深入研究使其达到自然分类和生殖器官分类相结合阶段,对典型类群的化石记录、地质地理分布、多样性演化等的探究,提高了对地史时期真蕨植物起源和辐射演化的认识。在辽西早白垩世早期发现的银杏化石填补了银杏属演化进程中的一个缺失链环,并相继发现银杏种子、具花粉球果、叶、胚珠器官以及角质层超微结构等。对银杏目植物的分类、化石记录、地史分布演化趋势以及微观结构等有了全面而深入的认识。在三叠系和侏罗系发现了保存有解剖构造的苏铁类型茎干、叶、木化石以及本内苏铁花化石等。对本内苏铁类部分叶化石的化石记录、地质地理分布、多样性辐射演化的认识也不断深化。对已灭绝松柏类掌鳞杉科植物角质层研究较为深入。出版了《中国木化石》专著,为探究地史时期木化石的演化和古地理与古气候提供了重要证据。深入研究中生代植物化石的气孔参数和古大气 CO₂ 的关系,初步重建侏罗纪、白垩纪和古近纪银杏表皮气孔参数和古大气 CO₂ 浓度变化趋势。利用新生代被子植物定量重建晚白垩世以来陆地气候环境变化格局与过程以及古大气 CO₂ 浓度;定量研究我国乃至亚洲第一条反映陆地上古近纪至新近纪气候变化定量曲线,对揭示植物演化及其环境演变过程和规律具有重大理论指导意义。有关早期被子植物及被子植物起源研究自 20 世纪 90 年代后期开始取得重要进展。以“古果属”为代表的若干早期被子植物化石的相继发现与报道,推动了被子植物起源及早期演化研究。

古孢粉学在区域对比、植物区系探讨、特定植物类群的地史演化等方面取得进展。在多个区域进行了较详细的现代孢粉调查、定量气候和陆地植被覆盖度、初级生产力和 CO₂ 浓度的估算以及植被模拟。应用综合观察手段,对重点和疑难孢粉化石形态学开展深入研究。中国第四纪孢粉学的研究与植被演化、植被地理、第四纪地质学、过去全球变化、古环境生态学、环境考古学以及海岸带环境地质与地质灾害等相联系。一些基础性研究工

作的突破,在很大程度上促进了学科的发展,如现代表土花粉与植被和气候的对应关系、现代花粉的沉积通量,以及孢粉数据库和花粉与古植被环境、古气候动力模拟与古气候重建等,使中国第四纪孢粉的研究水准得到了进一步的提升。此外,孢粉学在干酪根热降生油、石油生成过程、环境考古、花粉资源开发与利用等方面也得到了越来越广泛的应用。

古生物在地层学中的应用主要包括划分和对比地层、建立年代地层系统和地质年代表、研究沉积矿产的成因及分布等方面。我国在寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系和三叠系等断代研究均在国际同领域具有一定优势,迄今已确立了9个“金钉子”,包括:寒武系古丈阶、芙蓉统,奥陶系大坪阶、达瑞威尔阶、赫南特阶,石炭系维宪阶,二叠系乐平统(暨吴家坪阶)、长兴阶,三叠系底界“金钉子”等。古生物学在资源勘察开发研究中一直起着举足轻重的作用,“中国海相地层”项目的实施,全面总结和提升了元古代至早中生代三叠纪海相地层研究深度,解决了能源勘察和开发中遇到的许多疑难问题,也为中国未来能源开发战略远景规划的制定奠定了坚实的地层基础。

在分子古生物学领域,基于我国古生物研究者自20世纪90年代后期以来的探索实践,主要在古代DNA和谱系发育年代研究两个方面取得积极进展。古DNA在应用于重要历史时期生物系统的分类演化和谱系发生等方面展示重要潜能,并对生物学、古生物学、地质学、考古学和人类学等学科产生越来越重要的影响。在古代生物群体遗传学、古基因组学、绝灭生物的迁移演化及谱系地理格局、分子古人类学研究方面获得不少新认识。我国在谱系年代领域工作起步较快,在谱系年代学的精度、可靠性和古环境机制等方面取得新进展,揭示了后生动物的起源与早期分歧时间,以及陆生无脊椎动物的登陆时间等。综合古生物和基因年代数据的更为精确的生物进化年代表的建立,对于揭示生命演化历史、探索生物与环境协同演化等重要科学问题具有极为重要的意义。

由于地球系统科学和生命科学的快速进展和相互推动,地球生物学获得了迅猛的发展。我国已初步形成了一支地球科学、生命科学和环境科学相结合的研究队伍和实验室平台,在生命与环境协同演化以及地球微生物学两个方面取得重要进展。对于微生物的起源和演化主要从微生物的形态学、沉积组构、碳和硫同位素、分子化石方面开展研究;揭示了全球生物危机期间的微生物特征和变化,以及一些生物集群灭绝期或期后所出现的钙质微生物岩或微生物的繁盛,为研究地球微生物生态系提供了窗口,被认为是环境变化的标志,对地史重大突变期生物危机发生时的特殊生态系统研究具有重要意义。极端环境微生物研究近年来取得突出进展,各种极端环境下微生物的陆续发现,使生物圈的范围不断扩大,由空中到地下、由冰川到热泉喷口、由深海和深湖到深部地壳等。极端环境微生物正在以崭新的面貌诠释着生命的含义,也为生物学家探索生命起源、发现新的微生物代谢途径和生存对策等提供了前所未有的机遇。微生物与矿物相互作用的研究分别涉及微生物的物理、化学和生命三大属性并取得了新的进展,包括微生物与泥质岩中黏土矿物的相互作用、矿区硫化物矿物的微生物氧化、微生物对岩石/非晶质玻璃的蚀变、对洋壳和海水中化学物质与同位素的交换过程等,并对探索地外生命的研究具有重要意义。

近十余年来,中国的古人类学研究主要关注更新世早期人类的演化与分类、中国直立人的演化与变异、更新世晚期人类演化及现代中国人起源、古人类技术、行为与生存模式演化等方面,并取得了一系列重大进展。南京直立人化石的发现与研究代表了继周口店

之后,在中国发现并经过细致研究的最重要的直立人化石研究成果。中国直立人和早期智人化石特征及演化,中国古人类与东非及南非古人类化石的对比,对更新世中期中国与欧洲古人类之间的基因交流以及古病理、古老型智人化石的研究取得积极进展。在中国更新世晚期人类演化及现代中国人群形成与分化研究方面,发现了大量古人类化石和古人类活动的证据。用新的技术手段对原先发现的人类化石进行新的研究并取得突破。重视对古猿、巨猿牙齿微观结构、釉质发育、食物结构、健康状况、生命历史、生存环境等方面的研究,对了解中新世晚期以来古人类及其近亲的生活环境具有重要价值。中国旧石器考古学者在更新世人类技术、文化发展与行为模式、石器功能分析以及动物考古学等领域取得了一系列成果。通过对一些国内外人类化石、旧石器资料的比较、古环境的证据和遗传学研究数据的多学科综合分析,进一步论证支持了现代人多地地区进化和中国古人类“连续进化附带杂交”、中国人主要起源于当地的学说。通过对中国旧石器文化遗存的系统梳理,对旧石器时代早期文化发展缓慢和晚期出现技术突变从人群属性、环境、原料和文化的继承与创新特点方面进行了剖析,提出“综合行为模式”以及“扬子技术”及其源流的假说,探讨了华北旧石器文化的自源性发展和细石器传统本土起源的可能性。

三、对本学科的展望与建议

中国地质古生物资源丰富,具有开展古生物学研究优越的自然条件。同时,还具有世界一流的古生物学研究机构和人才。中国古生物学的发展证明,社会生产的需求,国家的富强和支持,科学家对中国地质古生物学研究的执著是中国古生物学不断发展的根本保证。

展望未来,首先要进一步加强古生物学的基础研究,尤其是各门类系统古生物学的研究和积累、总结工作,这是学科稳定持续发展的重要基础;要进一步提升系统性、理论性研究的水平,既要做好系统描述和精确地层研究,也要在探索机理、加强综合交叉研究中发挥关键作用,提高解决重大科学问题和全球综合评述的能力。充分发挥我国的地层古生物资源优势,积极推动各门类生物多样性数据库和地层数据库的建设,并积极与国际相关数据库接轨;要面向国家地质资源勘探、环境变化研究等重大战略需求,开展应用古生物学研究。

要加强新技术和新方法的应用和创新,突破传统,进一步强化化石生物学研究。充分利用我国古生物化石资源,强调多门类和多学科的交叉综合研究,如沉积学、大地构造学、地球生物学、地球化学、同位素年代学等。立足本国,面向全球,加强与国外重点实验室和科研机构的广泛交流与合作,拓宽研究思路。重视重要转折时期古生物学系统演化、生物与环境的协同演变的研究,与古地理变迁、气候变化、海水成分演化,古大气碳循环以及地球化学循环过程等全球性异常事件等联系起来。

要加强人才培养和队伍建设,强调扎实的门类古生物学基础,建议在国家层面上对古生物学和地层学给予长期、稳定、集中目标、落到实处的支持。注重培养35岁以下的年轻人才,夯实基本功训练,提高野外实践水平和团队协作能力;鼓励走出国门学习,开展国际合作。继续重视和加强学科发展平台和重点实验室建设,扩大开发度和资源共享。

要进一步加强古生物学的科普工作,利用博物馆、科普读物和网络科普等形式,强化

科学家面向公众的社会责任感,为国民科学素质的提高做出更大的贡献。

随着国民科学素质的进一步提高,国家应着手有关化石保护的立法,从而能够更好地为古生物化石的保护和科学的野外采掘起到保驾护航作用。

中国是当今国际古生物学研究最关键和最富潜力的地区,世界上许多重要古生物学的理论探究和全球重大地质问题的解决,都有赖于中国古生物资料的发现和研究。中国古生物学在能源和矿产资源勘探开发等国民经济建设,在生命和地球起源与演化的理论研究,以及在保护地球环境、科普教育和国际学术竞争中具有不可取代的作用,中国力争能成为领先世界的古生物学研究强国。

第三节 微生物学

一、引言

微生物学是生命科学的重要分支学科和前沿研究领域之一,是分子生物学理论和技术发展的基础,它涉及人类健康、农业、工业、环境和生态等各方面。

微生物学的发展经历了19世纪到20世纪初,20世纪40~70年代的两个发展黄金时期。第一个时期是微生物学形成独立学科的过程,并以传染病病原的研究取得辉煌成绩为标志;第二个时期是微生物学的纵深发展期,形成了多个分支学科,并对遗传学和分类学发展做出了突出贡献。而20世纪70年代末到90年代初的几十年间,微生物学的发展远远落后于动物学、植物学和人类相关的学科,可谓其发展的低谷期。但在1995年第一株细菌全基因组序列公布后,基因组学和蛋白质组学为代表的各种“组学”在微生物中的研究方兴未艾,为该学科的发展带来了强劲的活力,使其发展走出低谷。目前,与人类健康和疾病相关的研究成果突出、微生态的研究也渐入佳期、细胞微生物学方兴未艾、嗜极微生物和古菌的研究已经成为热点、元基因组学的研究和进化生物学的研究进展迅速,以及合成生物学的发展都标志着微生物学第三个黄金发展时期的到来,该时期将以系统微生物学和整合微生物学的快速发展为标志。

二、近年来本学科的主要进展

(一)微生物菌种保藏

微生物菌种保藏发展迅速,无论是保藏技术,还是保藏数量方面在国际上均进入资源强国之列。已制定了一批描述规范与技术规程,完成了10万株菌种标准化描述、整理与保藏,并将这些菌株的信息输入国家资源信息平台,供社会公众查询。目前我国收集、保藏、鉴定的农业微生物资源达15000余株以上,位列世界第三,其中根瘤菌和农药残留微生物降解菌种资源库为世界之最。在根瘤菌、放线菌和食线虫真菌分类学方面的研究居国际引导地位,2009年在《国际系统和进化微生物学杂志》上发表新物种的数量居世界之首。建立的新放线菌分类系统、根瘤菌数值分类系统、链霉菌多基因分析平台以及单链构

象 rDNA 多态型快速鉴定酵母的方法等受到国际同行的认可。

(二) 医学微生物

在医学微生物方面,科技部专门在“973”项目中设立了传染病专项,专门资助了病原微生物致病机制、跨种传播机制、耐药机制、微进化和感染与免疫等领域的研究,取得了显著的进展。首次报道了无形体导致人间传播的研究,在细菌(鼠疫菌、霍乱弧菌、痢疾志贺氏菌、结核分枝杆菌、钩端螺旋体和致病大肠杆菌等)的基因组学和比较基因组学的研究取得可喜进展;针对肝炎病毒、艾滋病毒、结核病的多个预防性或治疗性疫苗进入了临床实验;抗出血热病毒单克隆抗体已完成三期临床试验,进入申报国家新药证书程序。针对禽流感、甲型流感、幽门螺杆菌的疫苗已获得药准批文;针对甲型流感的疫苗已有批量生产,进入大规模临床应用,有些工作走在了世界前列。

(三) 农业微生物

在农业微生物方面,主要进展体现在农用微生物资源、微生物主导的营养转化、土壤环境的微生物修复等方面。开展了以施氏假单胞菌基因组分析为代表的微生物转化调控机理研究,植物根际促生菌无论种类的挖掘还是其作用机理得以深入扩展。在产业化方面,以微生物肥料和生防微生物制剂为主导的产品已被国家列为生物产业的组成。我国的微生物肥料形成了由 600 余家企业、年产量 800 万吨、产值超百亿的产业,各类生物农药的总需求量超过 15 万吨、产值达数十亿元的产业规模。

(四) 工业微生物

在工业微生物方面,已研究开发的较成熟的酶制剂有用于洗涤的有蛋白酶、纤维素酶、淀粉酶、脂肪酶等,已批食品加工助剂用酶制剂 50 余种;饲料用酶(植酸酶等)和纺织用酶(纤维素酶等)近几年快速增长;生物能源用酶(纤维素酶等)、石油开采用酶(甘露聚糖酶等)和造纸用酶(纤维素酶等)正在发展。

在微生物代谢工程方面:①生物合成基因簇的遗传改造在定向选育中的应用,典型的例子是阿维链霉菌中参与多拉菌素生物合成的 *aveC* 基因的修饰;②研究了一些抗生素产生过程的正负调控;③通过激活隐性基因簇挖掘新型抗生素合成的新途径,通过阻断杰多霉素生物合成调控基因 *jadR1*,使杰多霉素不在乙醇的诱导下就能产生,说明 *jadR1* 是杰多霉素生物合成基因簇成为隐性基因簇的重要调控子;④利用基因簇的异源表达进行药物新来源的探索,如在大肠杆菌中重组表达来源于拟南芥的 4-香豆酸:辅酶 A 连接酶等;⑤利用组合生物合成来重构代谢途径,如从可可链霉菌中克隆了多氧霉素生物合成全基因簇,确定了 20 个必需基因,并一举成功实现了多氧霉素在异源宿主中的工程化生产。

(五) 环境微生物

在环境微生物方面,环境微生物资源包括未培养微生物资源收集、整理、利用方面,筛选了可降解农药、多氯联苯、多环芳烃、氯代芳烃、硝基芳烃、染料等持久性有机污染物的菌株,并且在新极端微生物类群的培养技术方面取得较大的进展;在石油生物脱硫处理领

域取得了一系列国际先进的研究成果。在芳烃化合物的微生物降解机理研究及应用基础研究中取得了系列的成果,尤其是含硝基、氯取代基的芳烃化合物的机理研究;在农药残留微生物修复方面筛选到高效安全的降解菌株 500 余株,克隆出新的菊酯水解酶基因和百菌清水解脱氯酶基因,阐明了六六六等多种农药的代谢途径。有机磷农药降解酶制剂已经实现产业化。持久性有机污染物土壤的联合修复技术得到中试应用。难降解废水生物治理和填埋场垃圾渗滤液高效规模化生物处理已经产业化应用。

(六) 海洋微生物

在海洋微生物方面:①海洋古细菌,特别是极端海洋微生物的发现、鉴定和生命过程的研究,将揭示其环境适应性机理和生命进化的过程;②系统认识海洋微生物在海洋生物地质化学效应、海洋生态学效应中所扮演的主导调节功能,是保护与适度开发利用海洋微生物资源的理论基础;③海洋微生物学理论与知识的发展,将进一步促进海洋生物资源的保护和沿海人工增殖水产生物病害监测、预防与控制;④由于海洋微生物的多样性和所处的特殊生境,海洋微生物可以产生化学结构新颖、作用机制独特的活性物质,为海洋创新药物的研究与开发提供了先导化合物;⑤发现、分离和鉴定海洋特殊功能微生物类群,将在多个领域具有广阔的应用前景。

(七) 微生态研究

在微生态研究方面,在肠道菌群元基因组研究方面,开展了肥胖和非肥胖人群的研究,提出了“core gut microbiome”的概念,认为人群共有的肠道细菌并非是指相同的物种类型,而是在基因水平和代谢通路上的一致性。在对一个产甲烷反应器中的微生物群落分析表明,其中即有产甲烷的古细菌,还包括多种细菌。其中有 91% 的细菌和 80% 的古细菌都属于未培养、未知的微生物。

(八) 病毒学研究

在病毒学研究方面,利用现代生物技术分析病毒基因表达调控及其与宿主间的相互作用、鉴定病毒感染条件下差异表达、解析病毒蛋白结构并设计靶点特异的抗病毒药物、病毒病的诊断和变异分析和发现新的病毒疫苗成分方面都取得了良好的进展。

在各种动物(猪、牛、羊、马、禽等)病毒以及人畜共患病病原的诊断、疫苗和分子生物学研究方面都取得了一定的进展。

在昆虫病毒方面的进展包括:①在豆荚螟核多角体病毒、豆天蛾核多角体病毒、黄地老虎颗粒体病毒、质多角体病毒 HaCPV-5 和棉铃虫多核衣壳核多角体病毒基因组测定以及多角体包埋型病毒粒子蛋白质组学研究方面取得可喜进展。②杆状病毒膜融合蛋白(F)的机理研究取得重要突破,HearNPV 膜融合蛋白的融合肽结构与功能得到解析;研究表明苜蓿银纹夜蛾核多角体病毒(AcMNPV)基因组中的 F-like 蛋白是出芽病毒粒子(BV)的毒力因子;首次发现颗粒体病毒的 F 蛋白是有功能的膜融合蛋白。③HearNPV 编码的 WASP-like 蛋白(P78/83)参与了核内肌动蛋白 actin 的聚合(Wang Q. et al., 2008); AcMNPV 的 C42 蛋白能够搬运 P78/83 进核,是杆状病毒感染的核心蛋白。此

外, AcMNPV 的 38K 基因也是杆状病毒感染的关键基因, 并且与多个杆状病毒结构基因有相互作用。④昆虫病毒相关产业及技术的发展也取得了良好进展, 在以前的产业化基础上, 通过重组家蚕杆状病毒, 在家蚕体内高效表达人的粒细胞—巨噬细胞集落刺激因子(hGM-CSF), 制成的 hGM-CSF 口服胶囊, 经口服可被血液吸收。这一成果已经获得国家新药临床批件, 全面进入二、三期临床试验。

在植物病毒方面, 对水稻病毒基因功能及双生病毒致病机理等研究取得了重要进展, 相关领先的研究水平已处在国际领先。已完成了水稻黄矮弹状病毒基因组全序列的分析, 对芜菁花叶病毒、甜菜坏死黄脉病毒、齿兰环斑等病毒的外壳蛋白基因序列进行了分析。植物病毒检测技术已从单一的生物学测定发展为生物测定与电镜诊断、血清学和分子病毒学相结合的快速、灵敏、可靠的检测技术。

(九) 真菌研究

在真菌研究方面, 对我国热带和西北地区大型真菌资源开展了系统调查, 研究成果的英文专著在国外出版。已出版《真菌志》近 40 卷。完成了接合菌部分类群的世界性专著研究, 建立了新的分类系统。酵母菌生物多样性和分子系统学研究结果, 使一些重要类群的分类系统得到更新或修订。通过多基因序列分析, 揭示了捕食线虫真菌捕食器官的演化途径和方向。对重要人体病原真菌和虫生真菌等进行了系统的遗传学研究, 识别出了许多发育和毒力相关基因及其功能、调控和信号传导途径。已经完成及正在进行基因组测序的真菌达 20 余种。从特殊环境真菌中发现了大量具有抗肿瘤等生物活性的新结构化合物, 显示了真菌次生代谢产物在新药研发方面的重要价值。医学真菌学研究方面也取得了许多创新性结果, 包括多重耐药临床新种的发现; 外生殖器念珠菌感染主要病原菌白色念珠菌基因型的特异性及与症状严重程度的相关性; 新型隐球菌复合群在国内非 HIV 感染人群中分布的特异性等。

(十) 微生物毒素与食品安全

食品安全是当今世界人们所关注的焦点问题之一。微生物毒素污染对人畜健康和世界经济的影响越来越被社会各界所关注。在微生物毒素与食品安全方面, 主要进展如下: ①新技术用于生物毒素的检测。免疫芯片检测的技术用于了伏马毒素 B1, 葡萄球菌肠毒素 A、B 的检测, 最低检测限为 $1 \mu\text{g}/\text{mL}$ 的伏马毒素, 肠毒素 A、B 的最低检测限均为 $0.001 \mu\text{g}/\text{mL}$; 免疫传感器用于了呕吐毒素的检测; 电化学免疫传感器用于了微囊藻毒素(MC-LR) 的检测, 实现了自来水水源、水处理过程及出厂水中 MC-LR 的实时快速全自动监测。②食品卫生微生物检验方法国家标准的修订。截至 2008 年年底, 已完成 17 个标准的修订, 补充制定了金黄色葡萄球菌定量检验方法, 新制定了大肠杆菌 O157:H7 和阪崎肠杆菌的标准检验方法, 增加了致病菌的快速和自动化检验方法等。③食源性致病菌监测网的建立与运行。在部分地区建立了国家食源性疾病监测网, 对沙门菌、单核细胞增生性李斯特菌、金黄色葡萄球菌、阪崎肠杆菌等菌株进行了耐药性和基因型的分析。

三、本学科的人才培养和研究队伍建设

学科建设取决于人才培养,我国在多方面给予基金的大力支持,科技部的“973”计划、“863”计划、科技支撑计划项目和各类专项和平台项目,自然科学基金委的人才基金、重点项目、面上项目等都给予微生物学学科大力支持。同时,也培养出一批优秀青年科技人才,对本学科的发展起到了至关重要的作用。如在科技平台支持下,培养了一大批致力于微生物分类学研究的年轻队伍,不论是在新方法的开发上,还是新物种的分类等方面都取得了骄人的成绩。我国微生物分类学研究已从土壤、水体逐渐扩展到沙漠、高海拔区和地下层、干旱强紫外辐射地区、动植物微环境、海洋、极地等生境。特别是近两年对近海和远海域的微生物分类研究已发现不少的新物种。在医学、农业、工业、土壤、环境等微生物学研究领域也造就了一大批国际上有较大影响的以青年科学家为主力的研究团队,为微生物学的全面发展奠定了人才基础和技术储备。

四、本学科国内外发展状况比较与展望

我国微生物学的研究总体水平还落后于欧美等发达国家,如前述,在某些领域处于先进行列。

我国各类微生物资源丰富,但共享滞后,阻碍了该学科的合作与进步。研究技术平台较为完善,但较分散,没有形成合理的共享机制。在传染病方面,有国家科技重大专项和“973”专项的支持,资助力度较大,但战略性布局有待加强,研究课题和研究力量分散也是障碍该学科长足发展的因素之一。

新一代基因组测序技术为分类学新技术的发展奠定了基础,如何利用这些技术进步建立易于标准化和构建数据库的新分类平台是重要的发展领域。

组学技术在发展对系统微生物学的研究具有极大的促进作用,将为微生物学领域的研究带来全新的革命性变化,如何抓住机遇,促进我国微生物学的发展是值得每位微生物学工作者思考的。

传染病病原的传播、进化、致病机制、耐药机制、疫苗和药物的研发,现场快速和实验室高通量筛查技术的研究以及疾病监控网络的完善是防控传染病的关键。

在环境微生物方面,需要加强极端环境微生物资源及其多样性格局与环境因子的相关性的研究;加强环境微生物功能基因组的研究,大规模分离鉴定参与污染物降解、抗辐射等基因(簇),为环境污染治理和重要环保用制剂的研制提供重要的功能基因;进行工业和生活废水的生物处理及产品的开发;开展土壤环境污染的生物修复及产品的研发;进一步发展有机废弃物的资源化利用和环境微生物技术产业。

以土壤微生物多样性与功能、重要微生物功能基因组和蛋白质组学为核心的研究已成为农业微生物学的热点与前沿。

在工业微生物方面,用高通量筛选技术从各类微生物中筛选新酶,并对其改造,用于临床、饲料添加剂、工业生产和生物传感器研究等,并对其代谢或共代谢途径和机理深入研究是重要研究领域;另外,对微生物代谢途径的定向改造,微生物调控网络的优化以及组合生物合成技术的发展与应用,并将代谢工程与基因组学、转录组学、蛋白组学和

代谢组学相结合会极大地推动对传统微生物菌种的改造和升级,同时为具有生物活性的新型化合物的挖掘及新型药物的研制提供了重要的基础。

微生物生态学领域可谓“机遇和挑战并存”,新实验技术的不断引进和针对微生物生态学研究的技术改进,将对促进微生物生态学的研究产生极大的推进。比如,改进现有的质谱技术将有助于提升稳定同位素分析的灵敏度,并可依靠大分子标记物进行后续的系统发育鉴定,获得群落成员的信息。元基因组学领域同样面临挑战,如何从已完成注释的核酸或蛋白序列中精确提取功能信息将成为其中的关键。同时,强大高效的数据分析方法也正迅速发展,将为微生物生态学家探索群落结构与功能的内在联系提供更多的解决方案。

对于病毒学的研究,应该重点加强对病毒致病机理、病毒与植物互作及抗病毒基因工程等研究领域开展研究。

在真菌方面的研究,应加强真菌演化的研究,真菌 DNA 条形码系统建设,模式真菌、动植物病原真菌和我国特有食药真菌的遗传和基因组等组学,真菌次生代谢产物的高通量筛选、活性评价和代谢调控,人体深部真菌病及相关病原真菌的基础研究,并建立完善的真菌感染监测系统和临床真菌菌种保藏设施。

在微生物与食品安全领域,应加强微生物及其毒素在食品安全中的危害评估研究,着力现场快速定量检测技术的研发,并研究微生物及其毒素导致食物中毒的机制。

第四节 生态学

一、引言

生态学是研究生物与环境之间相互关系和作用的科学。近一个世纪以来,随着世界人口剧增,人类对自然资源和环境的不合理开发和利用,以及对生态系统的不断干扰和破坏,全球的生态与环境发生了急剧的变化,出现了全球变暖、海平面上升、大气和水体污染、生物入侵、生物多样性丧失、荒漠化加剧、生态系统退化、水资源短缺等一系列全球性问题。生态与环境问题是 21 世纪人类所面临的最大挑战,也是未来这个已经拥挤不堪的地球可持续发展的瓶颈。

与此同时,我国生态系统呈现出由结构性破坏向功能性紊乱演变的态势:生态系统更不稳定、生态服务功能持续下降、生态灾害在加重、生态与环境问题更加复杂化、总体状况不容乐观。生态系统结构和功能的破坏,导致生态系统的水源涵养、防风固沙、保持水土和生物多样性保育等生态服务功能严重退化,进而出现荒漠化、水土流失、生物多样性减少等重大生态与环境问题。研究表明:20 世纪六七十年代,我国沙漠化土地平均每年扩大 1560 平方千米,80 年代平均每年扩大 2100 平方千米,90 年代以来则以每年 2460 平方千米的速度扩展。据 1999 年全国第二次遥感调查表明,我国水蚀面积为 165 万平方千米,约占国土面积的 17.2%。虽比 20 世纪 80 年代减少 14 万平方千米,但水土流失问题依然严峻。森林、湿地、草原等生态系统的破坏,导致野生动植物栖息地丧失,野生动植物面临严重威胁。全国共有濒危或接近濒危的高等植物 4000~5000 种,占我国高等植物总

数的15%~20%;濒危脊椎动物有398种,占中国脊椎动物总数的7.7%左右,258种野生动物濒临灭绝。随着全球经济一体化,入侵生物不断传入我国并迅速扩散,外来有害生物致灾频繁,成为事关国家粮食安全、生态安全、经济安全和社会稳定的重大问题。目前,入侵我国的危险性农林有害生物已超过400种,其中造成较大危害的100余种。在世界自然保护联盟公布的全球100种最具威胁的外来物种中,我国已发现50余种。当前,我国是外来生物入侵最严重的国家之一,生物入侵形势十分严峻。

生态学能够也应该成为未来人类与自然生态系统共存的理论依据和行动指南。生态科学可以帮助人类更好地管理、恢复和创建生态系统,让生态系统为这一拥挤不堪的地球村提供更多的生态服务。近年来,生态学的发展也正在朝着这个目标努力,主要表现在:①进一步强化科学发现与机理认识;②强调多过程、多尺度、多学科综合研究;③重视系统模拟与科学预测;④提升了服务社会需求这一学科导向。

为系统总结生态学近几年研究成果,使生态学研究更好的帮助人们认识、管理、恢复和创建生态系统,维持生态系统服务的永续供给和服务人类可持续发展,本文回顾了生态学近五年(2005~2009)的发展概况;总结了近五年我国生态学发展的主要成就、重大进展和重要成果;比较了生态学国内外研究进展;展望了生态学发展趋势和未来研究方向,以期更好的促进生态学研究。

二、近年来本学科的主要进展

近年来(2005~2009),生态学发展迅速,针对科学前沿和社会需求,国内外生态学者在科学发现与机理认识,多过程、多尺度、多学科的综合研究,系统模拟与科学预测、服务社会需求及基础平台建设等方面开展了大量卓有成效的工作。

(一) 科学发现与机理认识

通过定位观测、野外控制实验和样带监测等传统手段认识生物与环境、生物与生物之间的相互关系,依然是生态学研究的重要内容,在发展和验证生态系统模型方面发挥着重要作用。

针对气温升高、降水量和降水频率变化、大气CO₂浓度升高、氮沉降增加、UV-B辐射增加等气候和环境变化,生态学家们相应布置了土壤和冠层的增温实验、冠层穿透降水转移和降水脉冲实验、自由大气CO₂富集(FACE)以及模拟氮沉降的养分添加实验等,开展了生态系统物质循环(碳、氮、水等)和能量流动过程,生物多样性变化以及生态系统结构和功能的动态变化机制研究。人类活动不断向大气中排放含氮化合物,导致大气氮沉降的增加,进而引发生物多样性减少和流域环境污染等现象。

(二) 多过程、多尺度、多学科的综合研究

针对生态系统以及生态与环境问题的复杂性,可持续性科学与复杂性科学应运而生,生态学也正步入强化多过程、多尺度、多学科的综合研究。

(1) 陆地生态系统碳、氮、水通量的联网观测,生态系统的联网观测和实验研究可以解决单站点观测空间尺度扩展的瓶颈问题。利用网络观测数据,可以阐释不同生物区系、不

同地带或生态气候区的碳循环及其与气候变化相互关系,定量分析区域分异特征及其环境驱动机理。在区域或景观尺度,通量网络观测研究可以揭示复杂地形条件、林龄、生物多样性和土地利用管理以及自然或人为干扰对生态系统碳循环的影响;在生物区系、洲际或全球的尺度,结合卫星遥感信息可以揭示碳通量与突发和异常事件(厄尔尼诺/拉尼娜、火山爆发、火灾、热浪等)之间的内在联系。

(2)通过学科交叉来发展恢复生态学。恢复生态学的学科交叉与整合,主要有三个层次:①生态系统相关学科的交叉与整合,如与生命科学相关的动物科学、植物学和微生物学等学科,以及与生态科学相关的土壤学、水文学和气象学等学科;②与自然科学其他相关学科的交叉与整合,如数学、物理学和化学等,以及生态工程学、景观生态学和园林学等学科;③与社会学相关的学科的交叉与整合,如社会学、经济学、人类学和美学等学科。学科交叉与整合,有效地指导了生态恢复的实践。

(三)系统模拟与科学预测

生态学者逐步关注复杂系统的系统模拟与科学预测,以便为调控、管理生态系统奠定科学基础。这方面研究内容:陆地生态系统碳、氮循环模拟模型研发,如生物地球化学模型(CENTURY、TEM、SILVAN和BIOME(BGC等)、全球植被动态模型(BIOME3、I-BIS、DOLY和HYBRID等)和遥感驱动的陆地碳循环模型(CASA、GLO-PEM和SiB2等)等三大类碳循环动力学模型;水循环、碳循环和氮代谢过程的耦合关系是生态系统模型开发方面的重点。目前比较著名的TEM、CENTURY、FOREST-BGC、MAPSS、BIOME、CASA和SiB2等模型大都是基于碳循环过程机理,在不同程度上也考虑了碳—氮、碳—水耦合机理,但是在现有的模型中真正实现了碳—氮—水三个循环过程相互作用和反馈关系定量描述的模型还较少。

(四)服务国家重大生态需求

生态学研究为社会需求服务和为可持续发展决策提供支撑是近年来生态学研究的重要特点之一。主要包括:①生态学在可持续发展中的应用。近年来,以土地利用变化为对象,探讨人类环境系统的相互作用及其后果的研究越来越多。这些研究从大尺度揭示了土地利用变化的生态后果,并将土地利用变化科学与政治生态学的有机结合,为通过合理利用土地资源提高区域生态系统服务功能提供了决策依据,有力推动了可持续性科学的发展。②生态系统评价与区划。生态系统脆弱性评价、敏感性评价、服务功能重要性评价、承载力评价、生态环境质量评价等生态系统评价方法及实证研究,为科学认识生态系统、合理利用自然资本奠定了基础。在此基础上发展起来的生态区划、生态功能区划等工作,进一步为明确区域产业合理布局、生态系统服务主导功能分区提供了科学方法。③生态恢复与生态建设。我国开展了天然林保护、退耕还林(草)、生态公益林保护等重大生态工程,为保障国家生态安全发挥了举足轻重的作用。生态学在监测评价生态工程的生态效益,指导生态恢复实践等方面发挥了积极的作用。与此同时,生态学在三峡工程、青藏铁路等重大工程的生态评价与恢复中也起到了重要作用。

(五) 基础平台建设

生态系统研究站和生态领域国家重点实验室的建设为生态学的迅速发展创建了良好的平台。目前,中国生态系统研究网络(CERN)共有40个生态系统试验站,包括:16个农田站、11个森林站、3个草地站、3个沙漠站、1个沼泽站、2个湖泊站、3个海洋站、1个城市站。国家林业局陆地生态系统定位研究站已有42个,包括:森林33个、湿地5个和荒漠4个。这些生态站为监测中国生态与环境变化、综合研究中国资源和环境方面的重大科学问题、发展生态学起到了关键作用。近年来,科技部还批准建设了城市与区域生态国家重点实验室、地表过程与资源生态国家重点实验室、植被与环境变化国家重点实验室等,为生态学发展及生态学人才的培养提供有力支持。

三、本学科的发展趋势及展望

(一) 发展趋势

1. 生物与环境相互关系的认识亟须新的科学发现

联合国千年生态系统评估报告指出,全球生态系统的24项生态服务评估中,有15项(约占评估的60%)正在退化,生态系统服务的丧失和退化将对人类产生重要影响,威胁人类的安全与健康,直接威胁着区域,乃至全球的生态安全。然而,人类在模拟、调控生态系统过程时,又时常缺乏对机理的深入认识,因此迫切需要探索人口增长、经济发展与资源利用、生态与环境保护之间的相互作用关系,加强对生态与环境过程的观测和监测能力,全面系统认识自然过程和人为活动对生态与环境及人类自身发展影响的客观规律。

2. 生态问题的综合性、复杂性迫切需要生态学科继续强化多过程、多尺度、多学科的综合研究

生态问题的综合性特征以及可持续发展理论的提出,促使当代生态学研究必须从全球的整体观、系统观和时空的多尺度特征出发,在多过程、多尺度上进行耦合,研究地球系统的整体行为、演变规律以及系统间的相互作用,深入揭示其自然属性与社会属性,了解和预测生态系统内的物理、化学、生物和人类社会等若干子系统的基本过程及其相互作用。上述研究需要开展多过程、多尺度、多学科综合研究,不断推动生态学的发展。

3. 科学管理生态系统需要系统模拟与科学预测的结果提供决策支持

生态与环境问题往往具有滞后性,如何有效预测人类活动对生态系统的影响,如何科学管理生态系统,确保生态系统服务的永续供给以实现区域可持续发展,是生态学工作者关注的焦点。为了解决上述问题,我们需要在科学认知生态学基本规律和原理的基础上,开展系统模拟和科学预测,进而阐明人类对生态系统的影响以及生态系统对人类活动的反馈与响应,为生态系统的可持续管理提供手段。

4. 服务社会需求是生态学发展的重要目标

生态学既包含了生态系统演化、地表过程等重大基础科学理论,又涉及生态恢复、环

境保护、可持续发展等技术性领域。生态修复、土地可持续利用、生物多样性保护等国家重大需求迫切需要生态学重大基础理论问题的突破与解决。由于生态问题的国际性,科学研究不仅是经济、社会发展日益增强的需求,而且已经提高到国家安全和国家利益层面。服务社会需求也因此成为生态学发展的一个重要目标。

(二) 展望

1. 全球变化生态学

我国位于地球环境变化速率最大的东亚季风区,具有 50 多个自然生态系统类型区域,具有空间上的复杂多变性、时间上的易变性和脆弱性等特点。与此同时,目前我国又处于经济高速发展、人口压力剧增的时期,人类活动对环境的干扰显得尤为突出。因此,利用我国在欧亚大陆的地理区位优势 and 得天独厚的自然环境条件,开展森林、草地和农田生态系统过程、结构和功能变化及其对气候变化区域响应的综合研究,揭示欧亚大陆季风气候区的碳循环特征和区域响应机制,将会极大地丰富全球变化生态学的知识体系,提高我国全球变化、生态系统碳循环研究的整体水平。

我国生态系统与全球变化科学亟须重点解决的关键科学问题包括:重要生物类群和典型生态系统对全球变化的响应及敏感性、生态系统过程对全球变化的适应性及反馈作用、生态系统格局和过程对未来气候变化的响应、应对气候变化的生态系统管理策略等。同时,也需要关注全球变化敏感区生物类群和生态系统对全球变化主导因素的响应及敏感性、生物多样性与生态系统功能关系的联网野外控制试验、全球变化背景下生物入侵预警及其生物多样性保护策略、土壤生物及生态过程对全球气候和环境变化的响应与适应、生态系统碳氮水循环过程及其耦合关系对全球气候变化的响应与适应、全球变化对生态化学计量学特征的影响等重点发展方向。

2. 生态系统服务与生态系统管理

生态系统服务是人类可持续发展的基础,如何强化生态系统管理、确保生态系统服务持续供给也是经济社会可持续发展的关键。目前,这方面的研究重点主要包括:生态系统服务功能的形成机制;生态系统的时间、空间尺度特征及其变化规律;生物多样性与生态系统服务的关系;保障生态系统服务永续供给的关键指标;与经济学、法律、政治科学结合起来,如何为生态系统的可持续管理提供决策依据等。

3. 极端生境生态学与退化生态系统恢复重建

随着全球生态系统的生态退化日趋严重,世界各国均把生态保护与生态恢复作为核心问题。强大的社会需求极大地推动了恢复生态学的深入开展,其学科的理论与方法学研究不断深入,恢复生态学成为科学界高度关注的前沿学科。

恢复生态学趋向自然恢复和社会、人文的耦合,在方法上更加注重与其他学科之间的结合和交叉应用,更加强调在日常生活和生产中的恢复;研究要以生态系统为基点,建立一个很好的评价体系,以此来保护和评价恢复自然生态系统的目标和标准。这一系列的问题都需要未来的恢复学者研究和解决,从理论和实践上来改善和充实恢复生态学。

4. 生物多样性保护与保护生物学

生物多样性和保护生物学是当前生态学领域的研究热点,主要核心领域是生物多样性的生态系统功能、生物多样性的起源、维持和丧失、生物多样性的编目与分类、生物多样性的监测和生物多样性的保护、恢复和持续利用。目前进展较快的研究方向是生物多样性现状评估和保护生物地理学、生物多样性的生态系统功能、宏生态学、谱系生物地理学、全球变化对生物多样性的影响、DNA 条形码技术和生物多样性调查、编目与监测。这些研究方向几乎涵盖了目前生态学研究大多数的焦点问题。

5. 生物入侵机制与控制

近年来,中国在生物入侵的机制与控制方面取得了较大的进展,部分达到了国际前沿水平,但总体仍处初期阶段。随着我国入侵生物学的蓬勃发展、大量研究工作与材料的持续积累、研究平台与体系的不断完善,进一步加强外来有害物种入侵的生态机制和防控技术等方面的研究,将有望在基础理论与监控技术上取得一些重大突破,更好地服务于国家重大需求。

6. 生物地球化学循环

生物地球化学循环与人类生存和生活及生态系统服务密切相关。目前人类关注的许多生态与环境问题都与生物地球化学循环过程联系紧密,如全球温室效应、空气污染、大气酸沉降、湖泊富营养化、食品污染等都与 C、N 元素的生物地球化学循环变化有关。因此,生物地球化学循环的研究已经成为生态学研究热点之一,将为人类应对全球环境变化、经济社会可持续发展提供科学支撑。

我国在生物地球化学循环方面已经进行了大量工作,如多种陆地生态系统温室气体及其他痕量气体的排放、中国碳通量观测网络、草原增温和农田 CO₂ 倍增对生态系统碳氮循环的影响、森林和农田生态系统氮淋失。由于生态系统的多样性和复杂性,与生物地球化学循环密切相关的全球和区域环境变化仍然是生态学高度关注的重点。未来应该优先研究区域生物地球化学过程、微生物在生物地球化学循环中的核心作用和多种元素生物地球化学过程的耦合。需要继续加强的新技术手段的应用,如生态系统模型、长期模拟实验、分子生物学、稳定同位素、化学计量学等,应该将人类社会经济活动耦合到生态系统的生物地球化学循环过程中,采用社会、经济、自然复合生态系统的理论,开展人类活动对生态系统服务的综合影响评价和应对环境变化对策和方案的制订。

7. 水资源管理的生态学研究

我国主要流域和湖泊的水污染与生态修复,河岸带植被与面源污染扩散的阻滞关系和溪流生态系统生态学等研究领域不断发展。另外,水资源合理配置和可持续管理一直是我国水资源开发利用的一个关键问题,研究涉及洪水与干旱管理、水资源开发对环境的影响、生态需水量确定、水资源的生态价值与风险评价以及水资源合理配置机制与流域水资源多维调控理论模式基础研究等方面是当前水资源管理生态学研究的重点领域。

我国水资源管理的生态学研究的发展目标和前景是针对中国典型区域水资源与水环境的问题,通过开展多过程、多尺度、交叉学科的研究,揭示气候变化和人类活动对水资源变化的影响。重点研究气候与区域植被的耦合变化对河川径流量及水文过程的影响,植

被对河流水质改善和调控的生态学机理,基于生态学基础的区域水资源优化配置与可持续利用,适应气候变化的水资源风险评价与管理。

8. 传染病的生态和进化研究

传染病的生态和进化问题越来越引起广泛关注,传染病的生态复杂性日益显现,其加速进化和进化模式受自然环境和社会环境影响的特点已不容忽视,对传染病的生态和进化的研究已不单纯是传染病预防控制领域关注的问题,其研究将会在以下几个方面展开:环境变化与传染病的生态和进化,包括大尺度地球环境变化与传染病的生态和进化及环境改造与环境破坏与传染病的生态和进化;经济全球化与传染病的生态和进化;传染病干预与传染病的生态和进化,包括疫苗可预防疾病对传染病的生态和进化的影响,抗生素/抗病毒药物的使用对传染病的生态和进化的影响和基因改造能力对传染病的生态和进化的影响等。

9. 生态文明建设与可持续发展生态学

建设生态文明,就是要认识、简化、调控、欣赏生态关系的复杂性,并通过人的规划、建设、管理和宣传,把复杂性变成可持续性,实现人与环境关系的科学发展。过去140年,现代生态学在从微观到宏观的不同层次、不同分支学科中都取得了长足的进展,生态学的多学科交叉及其与社会利益紧密相关的学科特点使其成为当代一门最有潜力也最具挑战的新兴学科。从基因到生物圈的地球生命系统各层次错综复杂的时空耦合关系及其人为干扰胁迫机理和复合生态效应已成为生态学及其相关学科乃至全社会关注、研究和管理的核心对象。生态学被认为是应付全球变化挑战、改善天人关系、推进地球可持续发展的重要理论依据及系统工具。

可持续发展生态学研究的热点应用领域有:生态修复与景观生态设计;生态评价的指标体系、生态规划的系统方法、生态工程的技术集成和生态管理的综合方法;生态旅游、生态卫生、生态建筑和生态产业的策划、规划、催化和孵化技术;各类农、林、牧、渔、矿业生态系统的生态保育和建设方法;以及循环经济与产业生态、和谐社会与文化生态、生态政区与区域生态建设的典型示范技术等。

第五节 岩石力学与岩石工程

一、引言

岩石力学与岩石工程是一门与国民经济建设、国防建设有着极其密切关系的应用学科。人类为了开发能源、防灾减灾、发展农业,要兴修大量的水利工程;为了修公路、筑铁路,要劈山越岭、开凿隧道(包括水下隧道);为了工业上的需要,要从地下索取大量的矿产资源;为了修筑大型桥梁,要解决最关键的桥墩岩基问题;为了缓解地面居住及城市交通紧张的状况,势将更大规模地开发和利用地下空间;为了国防建设的需要,要修筑地下洞(井)库工程等。人类这些重要的工程活动,实际上都要依据岩石力学与岩石工程学科的

理论作为原理,才能保证正确进行。没有岩石力学与岩石工程学科知识的武装,这些重要工程的设计、施工和成功修建是不可能的。我国的岩石工程,无论是地面的、还是地下的,近些年来其规模之大、难度之高、数量之多,已作为突出的特点和构建趋势明显地呈现出来。我国用在岩石工程上的投资是巨大的,例如,为世人瞩目的三峡工程、南水北调工程、西电东送工程、西气东输工程,还有一些在建的或蓄势待建的石油战略储存、核废料储存工程等,都需要巨额的投资才能修建。近年来,国家又投巨资进行基本建设,大量地修公路、铁路、凿岩、穿山、架桥。如何把这些巨额款项花得经济、合理,都需要有岩石力学与岩石工程学科知识的正确运用所提供的技术保证。

重大工程实践,是我国岩石力学与岩石工程学科发展的源泉,国家工程建设上的巨大需要,是学科发展的动力。我国岩石力学与岩石工程学科近几年来的发展也吸引了国际上大量的专家前来进行学术交流,国际岩石力学学会前任主席 C. Fairhurst 教授在致《岩石力学与工程动态》刊物主编的信中写道,“岩石力学的未来在中国”。

二、近年来本学科在国内的主要进展

(一)有代表性的理论成果

1. 岩体工程地质力学研究进展

自 20 世纪 70 年代谷德振创建岩体工程地质力学以来,我国的工程地质学、岩石力学研究取得了长足进展。在此期间,中国科学院地质研究所工程地质研究室的学者们为这一学科的发展作了大量深入的研究,并取得一系列理论成果。其中,王思敬的深入研究,使岩体工程地质力学的原理和方法都更加系统化。孙广忠首先将岩体结构的概念融入岩体力学的研究中,提出“结构控制论”,并撰写了《岩体结构力学》专著,该书获中国科学院科技进步一等奖。无疑,岩体工程地质力学的理论与方法对岩石力学与岩石工程学科的发展起到了推动作用。近几年来,伍法权科研团队针对重大工程建设中遇到的问题和学科发展的需要,系统开展了岩体工程地质力学有关岩体力学特性的方法与理论的研究,力求使岩体结构的表征从统计的意义上走向量化,并且在这个基础上进一步实现岩体力学性质表征的量化。该团队 2008~2009 年获国家科学技术进步二等奖共两项。

2. 岩石材料强度理论

强度理论是岩石力学中应用最广泛的基础理论。俞茂宏建立了统一强度理论,该理论是一系列有序排列的破坏准则和屈服准则的集合。它给出了各种破坏准则之间的定量关系,同时可以逼近其他一些非线性强度理论,形成一个系统的强度理论。高红等首次从能量角度对岩土材料的屈服进行探索,将 M-C 准则推广,建立了岩土材料的单剪能量准则,并对三剪能量准则进行一些初步探讨,建立了常规三轴和平面应变两种特殊情况下的三剪能量准则。陈景涛和冯夏庭提出了一个适用硬质岩石的三剪强度准则。杨强以二阶损伤张量为基础,导出了各向异性的 D-P 和 M-C 屈服准则。当前岩石中广泛采用能量原理解释岩石的破坏,但尚无公认的单元与整体的破坏准则。中国矿业大学岩石与混凝土破坏力学重点实验室在应用能量原理研究岩石破坏机制方面进行了大量工作,分

别从宏观和细观研究了受载条件下岩体材料中各种能量的传递和变化规律。

3. 岩石材料本构模型

岩石和岩体在工程状态下的力学性质和行为总是会明显地表现出与时间有关的特征来,岩石力学的理论研究和岩体在工程状态下力学行为的预测往往总是要考虑到这种所谓“时效性”的问题。中国科学院岩土力学研究所陈宗基等人最早提出、并率先开展了岩石流变课题的研究。在同济大学孙钧等人的推动下,岩石流变学的研究,从理论到试验技术、方法都得到了发展和突破。岩体力学在本构关系模型的研究上,一方面借鉴了其他固体力学的研究成果,并考虑到岩体的特殊性,建立了各种力学模型,如弹塑性、刚塑性、粘弹塑性、断裂蠕变、蠕变损伤等模型以及岩土广义塑性力学、随机颗粒介质力学模型等。

河海大学徐卫亚等通过将杨强提出的非线性黏塑性体与五元件线性黏弹性模型串联,建立了一个新的岩石非线性黏弹塑性流变模型(并称其为河海模型)。该流变模型可以充分反映岩石的加速流变特性。他们还推导了岩石在恒应力与恒应变条件下的流变方程,从理论上对岩石非线性蠕变和松弛特性进行分析,同时利用在岩石流变伺服仪上获得的蠕变全程试验曲线,对提出的非线性黏弹塑性流变模型进行充分验证,试验曲线与非线性流变模型比较,显示了所建流变模型的正确性与合理性。徐嘉谟用一种光弹性软材料做了从熔融态的液相转化为固相后的一系列重复性试验。根据对试验现象的观察和分析,提出一个关于成岩地质体无初始应变能、“记忆”岩石固化压力的假说。这对于重新认识成岩地质体的力学性状来说,是一个具有理论意义的原创性成果,从而引起了国内外学者的兴趣。

(二)数值分析原理与方法研究进展

近年来,本学科在数值分析的原理与方法方面的研究成果相当多,不少学者作出了重要贡献,以下介绍一些有代表性的研究成果。

岩石在载荷作用下的变形、破裂直至失稳过程的研究,一直是岩石力学数值计算方法发展中遇到的难点之一。到目前为止,还未有一种成熟的数值计算方法可以有效解决岩石和岩体工程结构在载荷作用下变形与破裂全过程的数值计算问题。东北大学、大连理工大学唐春安科研团队一直致力于一种能用于岩石破裂过程研究的数值分析工具——RFPA的研究与开发。在以他为首的团队成员的努力下,已取得一些令人鼓舞的初步成果。该方法不仅突破了传统认为有限元方法难以处理非均匀、非连续介质力学问题的局限,而且克服了岩石非线性变形分析中长期困扰人们的“不收敛性”问题,初步实现了非均匀、非连续介质破裂过程和岩石工程灾害的数值模拟。加拿大Laurentian大学校刊GAZETTE中称赞RFPA是“极具前景的数值模拟方法”。该校岩土力学研究中心GRC年度报告以“令人激动的成果”评价了RFPA方法。Int. J. Rock Mech. Min. Sci.杂志出版的《数值模拟特集》8篇论文中,RFPA方法入选。有107位国内外专家还在公开出版物中给予赞扬性评价、引用或应用。

郑颖人等拓展了有限元极限分析法的使用,在强度折减安全系数定义、破坏判据、本构关系与强度准则的选用等作了深入研究,大大提高了该方法的计算精度和应用范围,并把分析模型从二维扩大到三维,从均质土坡扩大到有结构面的岩质边坡与岩基,从稳定渗

流扩大到不稳定渗流,从边坡、地基扩大到隧道,用以进行岩土与结构共同作用的支挡结构设计,计算机仿真地基承载板载荷试验等,从而极大拓展了该方法的使用范围。

谢和平等近十几年来重点研究岩体中断层、节理、煤岩破碎、块度描述与力学行为等广泛关注的非连续介质难题,突破了传统连续介质力学理论的局限和不适应性,取得了一系列特色鲜明的原创性成果。主要进展包括:①提出和建立了岩体断裂表面形貌的客观描述模型,首创了直接量测法——投影覆盖法(Projective Covering Method,简称PCM法);②研究了矩形区域上根据局部信息获得全局信息、通过间断信息获取连续信息的二元分形插值方法,并证明了分形插值的稳定性和维数定理;③用实验方法研究了粗糙节理引起的应力场奇异性问题,建立了节理面抗剪强度、剪切变形与粗糙度的关系,发现岩石断裂表面分形维数与岩石抗拉强度成反比。

近年来,中科院武汉岩土所冯夏庭科研团队在智能岩石力学的方法及工程应用研究方面也取得了重要进展,主要体现在四个方法上:①岩石力学模型的智能识别方法;②岩石力学智能反分析方法;③高陡边坡稳定性的动态智能分析与设计优化方法;④地下工程稳定性的动态智能分析与设计优化方法。

清华大学杨强等人提出了变形加固原理,成为较完备的变形稳定分析理论。变形加固理论给出了变形体结构失稳的明确定义,为评价高拱坝和高边坡的整体稳定、坝踵开裂、坝趾锚固、断层加固等关键技术问题提供了统一和实用的理论框架和基础。

武汉大学周创兵等人在复杂岩体多场广义耦合理论提出后,经过近10年的研究,已在多场广义耦合机理、耦合模型、分析方法、软件平台和工程应用等方面取得了重要进展。

(三)岩石边坡工程研究进展

边坡稳定性分析方法研究进展已从单一方法走向多种方法相互对比、验证的评价阶段。例如,利用极限平衡法和有限元的强度折减法相结合的评价方法,同时,还可以结合其他方法进行综合评价,以追求分析结论客观、可靠。另一个进展趋势是,计算方法逐步拓展到三维空间。如朱大勇、郑宏分别与他们的协作者从各自角度通过对滑面正应力进行修正后,建立了满足6个平衡方程的安全系数显式表达式,大大地推动了三维边坡极限平衡理论,在国际上已产生了较大的影响;同时二人分别将上述方法应用到工程实践中,并取得良好的效果。

成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室黄润秋等通过20余年不断的工程实践和理论探索,在对“中国西南高边坡稳定性评价及灾害防治”的研究上取得了重要进展,并在深刻认识中国西南地区特殊地质环境条件形成机理及发育特征的基础上,建立了基于地质过程的高边坡“变形稳定性评价及重大地质灾害控制理论和方法体系”。本项成果在以下几方面取得了重要的进展:发展了以“变形理论”为基础的高边坡稳定性评价和灾害控制理论方法体系;提出了高边坡变形破坏时、空演化的三阶段理论;建立和提出了中国西南典型高边坡变形、破坏的地质—力学模型和灾害控制原理;发展了高边坡复杂岩体结构精细描述和建模技术;建立了以“过程模拟”和“过程控制”为手段的地质灾害监测、预测和防治技术体系。这一研究成果在该地区重大地质灾害防治与地质环境保护、资源开发、交通基础设施建设等领域的一大批实际工程中得到不同程度的推广和

应用,不仅为工程的可行性决策、设计、施工与安全运营提供了有力的技术支撑,有效避免了一批重大地质灾害的发生,而且显著提高了我国高边坡评价及大型崩滑地质灾害防治的科技水平,促进了西南地区经济发展、防灾减灾与公共安全,从而产生了重大社会效益和经济效益。该项成果2005年获得国家科技进步一等奖,相关成果还先后获得了5项省部级科技成果一等奖,8项二等奖。

近年来,在我国一些有代表性的重大水电工程中一些高难度、永久性岩石边坡工程的告竣,标志着我国在岩石边坡工程技术的研究上已取得了跨越性进展。三峡工程在修建过程中曾邀请岩石力学与工程界专家、学者作过10次以上的技术咨询。随着三峡库区蓄水即将达到设计的最高水位,大家正满怀信心地期待标志这一宏伟工程成功修建的后期信息。作为目前世界上规模最大、级数最多、总体设计技术水平最高的船闸,成功地解决它赖以存在的高陡边坡的稳定性及其监控施工技术难题,无疑是一项反映学科发展水平的重大成果。这项成果体现了科研、高校、设计、施工部门数百名科技工作者几十年的辛劳和智慧。由于这项工程涉及工程地质条件、岩体力学特性、地下水渗流与排水措施、施工方法及其优化、开挖爆破技术、高边坡体稳定性分析与锚固等诸多科学技术问题,没有多方面科技人员的参与和联合攻关是无法完成的。另外,信息化施工管理、边坡工程岩体在施工过程中,岩石力学工作者及时作出的稳定性分析以及动态设计方法的采用,这些具有系统工程意义的、相互间关联性很强的做法,都为这一高陡边坡稳定性难题的解决提供了技术上的保障。

我国雅砻江锦屏一级水电站是世界上现有、在建和拟建水电工程中最高拱坝电站,坝体高度为305米。左岸拱肩槽所在边坡开挖高度为530~540米,为国内外罕见。近些年来,高边坡体的大范围松动、变形一直是岩石力学及相关工程界广为关注的热点问题。此外,还有边坡体百米范围内发育的深部裂缝、两岸坝肩岩体变形性能的差异以及边坡体长期变形和稳定性等不良工程地质条件和问题的存在,直接影响着相关部门对电站修建的决策。我国岩石力学与工程的研究者们,配合多种方法数值计算、分析,对边坡在不同工况下可能出现的变形、失稳模式加以判断。在此基础上,通过采取一系列工程措施和新技术、新方法对边坡岩体进行加固处理。几年来的监测表明,加固效果良好。这一工程地质条件复杂、工程技术难度大的超高水电边坡工程得以实施和告竣,标志着我国在边坡工程和岩石边坡技术方面都取得了跨越性的进展。

我国众多学者对汶川大地震引发的大量滑坡灾害的现场调查,推动了动力作用下的边坡稳定性研究。地震后,国内众多学术期刊均设置了“地震专栏”,为地震方面的研究成果提前发表提供平台,并为灾区重建提供了岩石力学与岩石工程学科在技术上的支持。因此,这方面的研究成果骤然增加。

在边坡模型试验研究方面,张嘎等提出了一种确定离心模型试验过程中边坡的应力场和位移场及其变化过程的方法,并将物理测量与数值模拟相结合,采用离心场非接触位移测量技术测量出边坡的位移场,再通过数值模拟和反演分析等途径算出边坡的应力场。该方法已成功用于多个边坡离心模型试验中的应力场和位移场的确定,这表明该方法可以较好地得出离心模型试验过程中边坡的应力场和位移场。

边坡变形监测技术研究有许多新进展,特别值得提及的是,隋海波基于对布里渊光时

域反射技术(BOTDR)设计一套新型分布式边坡监测系统,详细阐述了工程应用中传感光纤的布设方法、光纤保护和温度补偿技术。通过将传感光纤按一定的方式布设在加固工程及坡体内,并相互连接构成基于BOTDR的边坡分布式光纤监测系统,进而实现对整个边坡的远程分布式监测。使用结果表明,基于BOT技术的边坡分布式光纤监测系统,能够准确地反映边坡及加固工程的变形情况,具有显著的优越性,可用于边坡稳定性的监测和预报。

在边坡加固技术方面,近年来,中铁西北科学研究院与有关生产、教学和管理部门相结合,获得了一些发明专利,并已在生产中得到应用,取得了明显的经济、社会效益和环境效应。主要成果是:多锚点抗滑桩受力更合理,比单锚点抗滑桩节省造价14%;微型桩群的开发应用;埋入式抗滑桩的滑坡推力分布与设计计算方法;高边坡开挖松弛机理及预加固技术;锚索(杆)锚筋长度检测技术及预应力损失检测与补偿技术;等等。

(四)深部岩石地下工程研究进展

1. 深部软岩大变形实验系统与理论研究

中国矿业大学何满潮科研团队根据深部软岩工程的特点,研发了深部软岩水理作用实验系统、深部软岩吸附量子力学计算系统、深部软岩巷道破坏结构效应物理模拟实验系统、深部软岩岩爆实验系统、温度与压力耦合作用下深部软岩气体运移规律实验系统等具有自主知识产权的实验装备,对软岩大变形机理进行了系统、深入的理论与实验研究,并取得了多方面的可喜进展。

2. 高地应力区深部地下工程岩石力学研究

随着国民经济的发展,我国西南山区高地应力条件下的岩石力学特性逐渐成为研究的热点问题。以锦屏引水隧洞工程实例为代表,在多项国家自然科学基金资助下,长江科学院等对深埋条件下的岩石力学特性问题开展了试验研究,并获得了一些新认识。以雅砻江锦屏一级、二级及南水北调西线为代表的西部水利水电工程在高山峡谷和深部岩体中的修建,具有超长度、超埋深、超高地应力、超高外水压力的特点。如锦屏二级引水隧洞单洞长16.6千米,一般埋深1500—2000米,最大埋深2525米,实测最大地应力值42.1 MPa,预计最大埋深处地应力达70 MPa,最大外水压力10.2 MPa。岩石力学学科总是随着在这些高难度工程中遇到的关键科学问题的提出和解决而不断向前发展。近年来的发展主要表现在以下几个方面:①高应力条件下的岩爆问题研究;②高应力条件下岩石力学特性研究;③高应力岩石流变特性研究;④高应力条件下岩体的现场力学试验及理论研究等。

3. 大跨度、高边墙地下洞室群工程岩石力学研究

近20年来,特别是近几年来,我国水电站地下厂房,特别是大型地下洞室群的设计、施工和管理,在理论、方法、技术和措施上已取得了很大的发展。地下工程的设计理论、理念不断得到创新、更新,新技术、新方法不断被应用、完善,同时,也积累了丰富的设计、施工经验,并产生了显著的经济效益和社会效益。我国工程地质和岩石力学的专家们在在大跨度、高边墙地下洞室群的工程地质条件选择的研究方面,诸如地下洞室群位置的选择、布局,特别是主体洞室纵轴线取向的确定,以及对埋深条件的考虑等都做了深入的工作,

使这类工程在复杂、不良工程地质条件下一个一个得以成功修建。成都勘察设计研究院宋胜武等在这方面作了深入的研究,并提出关于地下洞室围岩稳定性研究的技术路线图,他们总结了影响地下洞室围岩稳定性的因素分析(方法)、提出了围岩稳定性的评判标准。

我国学者还对地下洞室群围岩的支护设计和优化作了深入研究,提出了自己的支护设计理论和原则。另外,在系统支护以及系统支护的优化设计方面的研究也已展开。一般说来,即使工程地质勘察投入的工作量再大,也很难预测到地下工程在施工修建期间所遇到的所有问题。因此,施工期间的快速监测与反馈分析就显得尤其重要。在这方面,我国学者提出了相应的反馈分析方法。近年来,我国学者还针对大型地下洞室工程修建技术难度高的特点,进行了开挖程序的研究,从而使这类工程的修建在岩石力学的理论上和施工方法上得到保证。

4. 关于洞室围岩的分区破裂化问题研究

破解深部洞室围岩分区破裂化现象已成为岩石力学专家们的一大兴趣。近几年来,我国也有越来越多的学者开始关注和研究这一理论问题。解放军理工大学钱七虎科研团队利用连续相变的理论研究“分区破裂化”,利用相对塑性剪切变形作为序参量,利用Ginzburg-Landau形式的自由能及不可逆非平衡热力学理论得到了确定序参量的求解方程,解得了序参量及塑性剪切变形在巷道围岩中的周期性分布,首次得到了序参量及剪切变形随时间的演化方程,得到了若干破裂区同时发展的结构,求得的结果与现场观测符合。顾金才在室内试验中再现了这一现象的主要特征,给出了现象产生的条件:一是需要较大的、平行于巷道轴线的压力;二是储存于围岩中的能量须突然释放,产生卸载波,使围岩受拉破坏。对于围岩分区破裂化现象产生的条件和机理,中国岩石力学与岩石工程学会2008年组织了我国岩石力学界26位学者参加学术沙龙,开展了学术讨论,会后出版了《深部岩石工程围岩分区破裂化效应》。

5. 矿山深部开挖大变形控制研究

何满潮等从深部地应力场测量分析入手,以软岩大变形机理为突破点,研发了适应于控制软岩巷道大变形的“恒阻大变形锚杆(索)”。以此为基础,建立在关键部位加强支护的软岩巷道非对称大变形控制设计方法,提出“大断面、预留量、恒阻大变形锚杆、多次加压注浆”的大变形软岩巷道支护理念,并开发适合于大断面岩巷、大断面交叉点、洞室群和控制底臆等矿山深部开挖大变形控制专利支护技术,在实际工程中进行了成功应用,并解决一些工程中遇到的技术难题。

(五) 岩土锚固技术新发展

近年来,为适应我国土木、水利水电、矿山和建筑等工程建设高速发展的需要,加强了对岩土锚固综合技术的研究。程良奎等在岩土锚杆的荷载传递机制、设计、结构形式、灌浆工艺以及长期性能与安全评价等方面取得了一系列创新成果,并建立了我国岩土锚固技术标准体系,从而使我国岩土锚固的综合技术水平得到了提升和跨越。岩土锚固的工程应用水平已进入了世界先进行列。

三、本学科在国外的的发展状况

国外岩石力学与岩石工程学科近年来发展较快,特别是在信息技术上。2005年美国国家科学研究委员会针对岩土工程的研究报告提出,要建立新一代数字化基础设施信息系统。在这个系统中,能考虑岩土工程的多维、多重物理力学现象和时空关系,建立更加符合实际的计算模型,从而能够实现人力资源、技术支持与计算机能力的完美结合。之前,1997年曾提出“岩石数字化信息网络”。这些一旦提出来就会使同行们感到意义重大的事件,我国还没有制定相应的计划去作统筹考虑。在信息技术中,全球定位系统、地理信息系统、遥感系统、地球科学信息系统等已得到进一步发展,并在岩土工程中开始应用,可以对千里之外的工程操作场景进行实时监察和发出指挥令。这方面的技术,我国还需要迎头赶上。核废料储存技术对当今世界人类环境的保护是多么的重要,我国在这方面的研究与西方发达国家相比,存在着很大的差距。有的发达国家已在地下深部建立岩石力学深部实验室,可以更直接或靠近工程岩体进行工程性状、力学行为的观察。这方面,我国才刚开始着手研究。有些难度大的地下工程,如海底隧道,有些发达国家早已建成,而我国则起步较晚。另外,我国在岩石力学的某些理论领域的研究上,在实验技术、监测技术以及设计、施工技术方面,与国外相比还都有较大的差距。

四、对本学科发展的展望与建议

从世界范围上看,随着科学技术的进步,社会生产力的发展,人类工程活动所涉及的内容更多、范围更大。在国际上,岩石力学与岩石工程学的研究领域正在不断拓宽,研究的课题不断增加。作为一个学科研究的前沿课题的提出,必须体现出前瞻性来,这种前瞻性必须考虑到人类社会进一步发展的需要和相关科学技术发展的趋势以及能达到的水平。从比较抽象的意义上说,岩石力学与岩石工程学更应从学科意义上深入研究如何解决人类大规模的工程活动与自然关系的协调问题以及所涉及的社会问题。具体来说,有大量的学科前沿课题摆在我们面前,诸如大型水电工程修建带来的环境问题,核能开发、利用以及核废料储存有关的岩石力学问题,地下空间的开发和利用中的岩石力学问题,深部地下工程(包括深部采矿工程、深部防护工程)中所涉及的岩石力学理论与工程技术问题,信息与数字化技术问题等。在规划设计时要充分考虑在得到利益的同时可能会发生的负面影响,事先要对工程的价值和风险都要作好分析和评估。要扩大学科研究的领域,从更为广泛的意义上研究工程岩体,拓展研究空间,如与本学科有关的严重自然灾害的预测和防治问题,针对大规模暴力杀伤性攻击的防护工程岩石力学问题等。研究中,需更深入考虑多因素影响问题,从多途径解决复杂系统的各种耦合问题入手,实现研究与工程实践相结合,同时要加强与有关学科和专业之间的密切合作,重视和加强人才培养,加强学科重要性的宣传,逐步解决研究经费不足的问题。

五、结束语

长期以来,我国岩石力学与岩石工程学科一直保持着良好的发展势头,学术论文的数量已位居世界前列,在某些方面的研究成果也已达到了国际领先水平,此外,还有不少中

青年学者已在国际学术领域中崭露头角。但是,我们也必须清醒地看到,我国的岩石力学与岩石工程学科的发展,与一些发达国家相比,在某些试验技术、监测技术等方面,还存在着不小的差距,高质量论文的数量并不很多。许多研究工作,还处在“跟进”状态,原始创新、特别是源头创新的工作和成果仍显太少。某些研究工作的成果,严格来说,并不具有岩石力学学科意义上的特殊属性,而只具有一般固体力学的共同属性。有的研究者,并没有把更多的兴趣投到作为研究对象的岩石、岩体、岩体工程的特殊力学属性和行为的研究上来,个别研究者还没有摆脱学院式的研究方式和理论脱离实际的研究作风。此外,在借鉴相关学科的研究成果时,有时带有盲目性。比如,在强度理论研究,过多地照搬金属材料的各种破坏判据以及土力学中的破坏判据,而未注意到真正的岩石材料在一般岩石工程的力学条件下,并不会发生象金属材料以及塑性土(材料)那样的破裂行为。岩石力学与岩石工程学科的研究工作应针对着成岩地质体不同于其他材料体的特点进行,应在不断破解发生在工程岩体的力学现象中总结和发展真正属于本学科的理论。中国岩石力学与工程学会、学报在这些方面可以起到引导或引领的作用。

作为一门应用学科,岩石力学与岩石工程进入 21 世纪以来,也面临着更多的机遇和挑战。为使本学科充分发挥它在国民经济建设、国防建设中的重要作用,需要有适合我国国情的研究方式和特点。学科带头人更应当主动地迎接与国民经济发展战略紧密相关的来自诸如环境、能源、资源等方面的挑战,去解决同岩石力学与岩石工程学科相关的各种重大实际问题。与此同时,提醒研究者,需要把在实际工程中取得的经验不断地提高到理论上,绝不要因为岩石力学与岩石工程作为一门应用学科而轻视了它的理论和概念体系发展,从而轻视了理性思维在学科发展中的重要性。应使从事岩石力学与岩石工程学科研究工作的每一个人,特别是年轻人,都能认识到使命感、责任感和荣誉感对大家都是非常重要的。

第六节 系统科学与系统工程

一、引言

钱学森提出的系统学和开放的复杂巨系统的方法论、系统科学和系统工程在中国航天系统工程的实践中提炼成航天系统工程理论,20 世纪 80 年代初期系统工程学会提出把系统科学和系统工程运用到国民经济建设总体设计部的概念、将系统工程概念推广应用到整个国家和国民经济建设、从社会形态和开放复杂巨系统的高度论述社会系统。对系统科学与系统工程学科近两年来国内外科学前沿发展情况进行跟踪、回顾和总结,科学评价近年来系统科学与系统工程学科的理论新进展、新成果、新视点,系统工程学科的新方法、新技术等,体现学科发展研究的前沿性,对系统科学与系统工程学科发展具有重要促进作用。本节根据系统科学与系统工程学科发展现状、动态、趋势,以及国际比较、战略需求、国内学科建设,展望系统科学与系统工程学科的发展前景,提出系统科学与系统工程学科发展的对策和建议,体现学科发展研究的前瞻性。

二、近年来本学科国内外发展状况

钱学森认为：系统科学的建立是一次科学革命，它的重要性不亚于相对论和量子力学。“从现代科学技术发展趋势来看系统科学主要是宏观层次研究上的科学革命”，在这个层次上出现了生命或生物，产生了人类和人类社会；“复杂巨系统的研究以及国外的复杂性研究都是着眼于这个层次上的”。三十多年来，系统工程与系统科学在中国得到较快发展，形成了自身学科体系与特色，建立了相应的学术机构和学科建制。近几年系统工程与系统科学学科的研究主要从工程技术的工程技术、工程学的理论方法(技术科学)、系统的基础理论三个层次上展开。

系统科学与自然科学、社会科学等不同，它是把这些科学领域研究的问题联系起来作为系统进行综合性整体研究。系统科学具有交叉性、综合性、整体性和横断性，正是这些特点使系统科学处在现代科学技术发展的综合性、整体化方向上。系统科学主要研究系统的一般属性和运动规律，研究系统演化、转化、协同与控制的一般规律以及系统间复杂关系的形成法则、结构和功能的关系、有序和无序状态的形成规律等。系统科学不仅要揭示的系统规律去认识系统，还要在认识系统的基础上去控制系统。系统科学属于一种方法论学科，它为其他学科提供了一套普遍适用的研究方法、技术和程序。系统科学也提供了一种思维方式，即能够超越传统分析思维的系统思维。

系统工程是组织管理的技术，它把传统的组织管理工作总结成科学技术，并使之定量数值化，以便运用数学方法处理和计算，得到具有操作性的定量结果。系统工程是一门工程技术，但它与工程学的某些性质不尽相同：工程学的对象以软件为主，侧重于制造无形的产品；系统工程是一类综合性的整体技术、一种综合集成的系统技术、一门整体优化的定量技术，它体现了从整体上研究和解决问题的技术方法。系统工程为自然科学研究提供了定性分析方法和辩证思维方法以及深入剖析人与环境的相互关系的方法，也在自然科学与社会科学之间架设了一座沟通的桥梁。系统工程研究的对象是人工系统、有人参与的自然系统或社会系统。系统工程是对人工系统进行组织和管理的规划、设计、制造、试验和使用的科学方法与技术。许国志和顾基发提出“物理、事理、人理”的系统工程方法，是具有中国特色的组织管理技术。

在系统科学体系中，系统工程处在应用技术层次上，系统工程是直接用来改造客观世界的工程技术。系统工程是系统科学的工程应用层次，处在系统技术层次上直接为系统工程提供理论方法的有运筹学、控制论、信息论等学科领域。系统学是系统科学研究客观世界系统普遍规律的基础科学，包括复杂巨系统理论。

系统科学的基础理论主要探讨系统的结构与功能、系统的演化协同与控制的一般规律。系统学是研究系统结构与功能(系统演化、协同与控制)一般规律的科学。把控制的思想与概念引入到系统学，是钱学森的一个重要学术思想。复杂系统理论属于系统科学的基础理论层次，近些年得到了广泛研究。在国际上复杂性科学的专门机构——美国圣菲研究所，它的基本研究对象就是复杂系统，目的是寻求关于复杂系统的统一理论。从目前来看，构成复杂性科学的核心理论主要有6个：涌现生成理论、复杂适应系统理论、进化计算理论、自组织临界性理论、人工生命理论、复杂网络理论。

系统科学的方法论是关于研究问题所应遵循的途径和路线。还原论作为一种方法论在自然科学领域取得了很大成功,但最近我国有学者指出还原论不能解决和解释系统整体性问题和系统功能的涌现问题,提出了把还原论方法和整体论方法相结合的系统论和系统学方法论。

系统方法论的方法体系包括:①科学理论、经验知识和专家判断力相结合的半经验半理论的定量方法;②定性综合集成,定性和定量相结合综合集成以及从定性到定量综合集成方法和从定性到定量综合集成研讨厅体系;③人-机结合、人-网结合等以人为主的思维方法与信息处理方法。

20世纪80年代末到90年代初,系统科学的发展经历了“从定性到定量综合集成方法”以及它的实践形式“从定性到定量综合集成研讨厅体系”,并将运用这套方法的集体称为总体设计部。还原论方法和整体论方法的辩证统一,从系统整体出发将系统进行分解,再综合集成到系统整体实现“ $1 + 1 > 2$ ”的整体涌现,最终是从整体上研究和解决问题,这些体现了系统科学发展的整体观。综合集成思想、综合集成方法、综合集成理论、综合集成技术和综合集成工程构成了综合集成体系,这个体系必将对现代科学技术发展产生重大影响,特别是对科学技术向综合性整体化方向发展将发挥重要作用。

系统科学的产生与发展体现了现代科学发展中的综合性和整体化趋势,综合集成方法是处理复杂系统的方法论,综合集成方法的运用是专家体系的合作以及专家体系与机器体系合作的研究方式与工作方式。该方法是通过从定性综合集成到定性定量相结合综合集成,再到从定性到定量综合集成这样三个步骤来实现的,其实质是构造人机结合、人网结合和以人为主的信息、知识、智慧的综合集成体系,有效解决跨领域复杂系统问题。综合集成方法的提出推动了系统工程的发展,其发展将进一步为落实和发展科学发展观提供科学依据和方法。

三、近年来本学科国内主要发展的成果

近年来,本学科国内发展取得了重大进展、重要成果,发表了标志性学术论文,有代表的最有影响的科技人物。以下介绍只限于国家三大奖和部级特等奖,最有影响的科技人物则通过介绍科技成果带出。国内复杂性科学的研究进展以钱学森院士提出的“开放的复杂巨系统”及其方法论为代表,具有我国特色。一批科技人员长期以来对复杂性科学研究进行了积极探索并取得了重大成就。从20世纪80年代开始的系统科学讨论班、思维科学讨论班,到今天的综合集成研讨厅,中国的复杂性科学研究通过深入讨论和提高认识,走过了“开放的复杂巨系统”、“综合集成法”、“定性定量相结合的综合集成法”、“从定性到定量的综合集成法”、“人机结合、从定性到定量的综合集成研讨厅体系”的发展轨迹。中国复杂性科学研究以系统科学为突破口,从系统科学出发,把“开放的复杂巨系统”的研究作为创建系统科学的基础层次,进而建立起系统科学从基础理论到工程实践的整个体系结构。

系统科学与系统工程最近在产业发展中发挥了重要的作用,不仅提供理论依据,而且指导各产业采用系统科学的思想解决一些其他学科不能解决的问题、采用整体的思想解决工程中实际问题,在我国航天建设事业、经济运行、资源利用、大型工程建设与管理、环境保护等诸多领域均已取得了显著成效,其重要作用已被人们广泛认识和接受。用系统

科学与系统工程理论分析和解决国民经济与社会发展中的问题提出了有效可行的政策建议并得到各方面的采纳。如 2009 年中国航天科技集团公司的“基于系统工程的技术创新体系建设”获国际科技进步二等奖；汪寿阳教授分别在 2001 年、2005 年和 2007 年获中科院自然科学一等奖、北京市科技进步一等奖、教育部科技进步一等奖。向国务院和国家各部委呈报的 6 篇报告中有 5 篇得到了温家宝总理的批示。

系统科学与系统工程理论与应用的研究成果获多项国家级及省部级科技奖励。如：陈光亚教授关于系统科学与系统工程的系列理论研究成果获中国科学院自然科学一等奖；费奇教授主持的“三峡工程散装水泥实时调运指挥系统”获教育部科技进步一等奖和国家科技进步二等奖；黄海军、高自友主持的“网络交通流的分配理论和模型算法”获高等学校科学技术奖（自然科学奖）二等奖；张维主持的“计算实验金融研究”获高等学校科学研究优秀成果奖（人文社会科学）二等奖；徐玖平获国际运筹学进展奖银奖；杨新民获教育部自然科学一等奖等。

中国系统工程学会青年工作委员会副主任委员杨晓光获第九届中国青年科技奖；唐锡晋、徐泽水获第十届中国青年科技奖（2007 年）；吕金虎、李永建获第十一届中国青年科技奖（2009）。据不完全统计，近年来在系统科学和系统工程领域的科技工作者新获长江学者特聘教授 13 名；中科院“百人计划”6 名；各省设立的特聘教授 35 名；获得国家自然科学杰出青年基金 12 名等。

四、本学科国内外发展状况比较

中国的复杂性科学研究以系统科学为突破口，从系统科学出发把开放的复杂巨系统的研究作为创建系统科学的基础层次，进而建立起系统科学从基础理论到工程实践的整个体系结构。

系统科学与系统工程学科国外研究进展主要集中在如下两个方面：①欧洲以普里高津和哈肯为代表的远离平衡态的自组织理论。远离平衡态的自组织理论面向的是组成单元非常多，非常庞大的系统。远离平衡态的研究是欧洲复杂性研究的代表，但是从目前的情况来看，普里高津和哈肯所研究的系统特性仍属于“简单巨系统”特性的范畴，可以直接用统计学等定量工具进行处理。当这些方法运用到更复杂的系统中时，遇到了根本性的困难。②美国圣菲研究所(SFI)作为代表的复杂自适应系统理论。SFI 认识到复杂性研究的困难在于不能用传统的方法来处理复杂系统所涉及的问题，并提出了复杂性科学这一概念。但研究这种复杂性的科学方法到底是什么，至今还没有提出明确的方法，仍处于探索和困惑之中。

近 30 年来，我国系统科学与系统工程的研究与应用取得了重要的成就，为进一步的发展打下了坚实宽厚的基础。协同学创始人哈肯认为“中国是充分认识到了系统科学巨大重要性的国家之一”，这种评价与实际情况是相当一致的。

五、本学科国内外的发展趋势和展望

当前对于复杂系统的研究已经成为系统科学的研究重点，其中以非线性自组织理论为核心的系统理论、以圣塔菲研究所(SFI)为代表的理论框架、以开放复杂的巨系统理论

为核心的体系研究是比较有影响的。

在理论研究上,还原论方法和整体论方法结合起来,即系统论方法。应用系统论方法研究系统时,也需要将系统分解,在分解后研究的基础上再综合集成到系统整体,实现“1+1>2”的涌现,达到从整体上研究和解决问题的目的。以复杂自适应系统为理论指导的体系出现,为系统工程应用开创了新的领域。国内外从20世纪50~70年代一直是以定量模型和优化为主的系统方法论为主,后来切克兰特称之为“硬系统方法论”。20世纪80年代出现处理社会系统的一批软的系统方法论。20世纪90年代日本提出了西诺雅卡方法论。中国提出了综合集成方法论和物理事理人理系统方法论。还有旋进原则方法论、元决策、和谐理论和规范化管理理论等。这些方法论强调东方自己的哲学、文化和传统,因而冠以东方系统方法论。系统科学与系统工程所体现的系统思想,特别是综合集成思想是完全符合科学发展观的。综合集成思想、理论、方法、技术和实践几个方面的发展,必将为丰富和发展科学发展观提供系统的科学依据。系统工程发展的趋势是应用领域继续向社会、经济、生态等方面扩展和发展应用于软系统工程的方法论。

六、本学科发展的措施、建议

建立系统科学与系统工程方法论应基于如下四方面:①定性与定量相结合;②微观分析与宏观综合相结合;③还原论与整体论相结合;第四,科学推理与哲学思辨相结合。这样可使本学科成为一种宏观层面上的具有一定基础性的学科,与其他学科进行交叉和融合,促进本学科不断取得新的突破。

具体建议从如下方面做起:①面向国家和学科发展需求,重视复杂系统与复杂性科学的研究;②对系统科学与系统工程学科发展进一步认识;③建立系统科学理论体系;④建立复杂巨系统综合集成理论;⑤建立系统科学与系统工程方法体系;⑥建立系统工程技术方法体系;⑦注重本学科与其他学科的交叉和融合,形成新的学科增长点;⑧系统科学与系统工程在产业中推广应用。

基于以上分析,建议中国科协和国家自然科学基金委员会信息科学部每年在重点项目方面对于本学科给予必要的扶持。中国科协在扶持力度上给予重点照顾,同时保持和适当提高面上项目和青年基金的支持力度。优先支持具有一定研究基础和共性发展方向的稳定研究队伍,吸引更多的学者投入到本学科的研究中来。

第七节 青藏高原研究

一、引言

青藏高原是地球科学、生命科学、资源与环境科学研究领域的天然实验室,在科学上对解决岩石圈地球动力学和全球环境变化具有重要意义。在实践上对揭示矿产资源的形成和分布、预测高原气候环境变化及其影响、指导高原区域可持续发展都具有广阔的应用前景,有利于边疆社会稳定、民族团结和国家安全。

我国早期的青藏高原研究以科学考察为主,具有填补空白、积累基本资料的特点。随着科研工作的深入,青藏高原研究逐步发展到围绕中心科学问题开展多学科的综合研究,从基础性研究到结合青藏高原地区建设实践的专题应用研究、区域性的开发整治和建设规划。在研究方法和手段上,路线调查考察与遥感遥测以及模型模拟相结合,宏观分析和微观论证相结合,野外考察和室内实验相结合,面上考察和定位/半定位观测试验相结合。青藏高原研究逐步实现从以定性为主向定量、定性相结合研究转化和深入,从静态研究向动态研究转化和深入,从单一学科研究向综合研究转化和深入,从区域研究向与全球环境变化相联系上转化和深入。在青藏高原与全球变化具有更加紧密联系的科技与社会需求推动下,对青藏高原地区地表过程与环境变化的观测在青藏高原研究中占有突出的地位,目前正在建设观测研究、数据综合、科学分析、社会服务四位一体的国家级青藏高原地表过程与环境变化观测研究共享平台。

二、本学科的发展前沿与社会需求

青藏高原研究目前的发展前沿与社会需求主要集中在以下几个领域:

(1)复杂的岩石圈结构与深部过程及其相关的大陆动力学基本理论。对印度和欧亚两个大陆板块的碰撞、俯冲、折沉的部位、方式与空间形态开展研究,从物理—力学机制和深层过程的“链条”中发现本质性的联系,并桥接其与地质构造及化学元素分布的规律,进而从运动学和动力学的体系中揭示块体拼贴和缝合线的形成机制,构造环境与深层动力过程,高原巨厚地壳与薄岩石圈的形成及其对资源、能源及地震灾害的制约。

(2)能源、矿产形成机制与储量探测。在青藏高原的古构造、古环境频繁转换演化,物质流、能量流的多次转移、重新定位过程中,形成了各种矿产资源,研究这些资源的形成条件和分布规律,孕育和建立大陆碰撞成矿理论。

(3)强烈隆起的时空过程以及对全球环境格局的制约。了解青藏高原隆升的动力学过程,揭示青藏高原现代环境要素的相互作用机制,探讨青藏高原与全球环境变化的内在联系,对于认识地球系统及其整体行为具有重要意义。

(4)全球变化关键地区的气候环境发展历史与规律。在青藏高原地区开展分辨率高、信息量大的各种环境替代指标记录研究,揭示全球气候环境变化的耦合机制与过程,阐明高原地区气候与环境的演化规律,并预测其未来发展趋势。

(5)独特地域的地—气交换与气候过程及影响。充分理解青藏高原地区地—气相互作用的时空变化,弄清青藏高原地区气候环境时空格局的演化特征,深入认识高原自身特征与全球环境的动力学联系,理解青藏高原与全球变化的关系。

(6)气候变化中的生态系统正负反馈作用。青藏高原地区的水分、热量条件具有水平和垂直方向的明显地区性差异,出现了独特、多样而脆弱的生态系统,研究它们与区域气候环境发生自适应的机制与规律以及对全球变化的敏感性。

(7)极端环境下的生命过程特点与生理生态适应性。青藏高原的极端环境下,生物通过生态型和生理代谢功能改变等一系列变异对环境发生适应。研究生物特殊生理特征和内在调节机制、特异调控蛋白和特异基因等在环境适应中发生的变化,不仅具有重要的理

论意义,而且具有重要的实际应用价值。

(8)区域发展过程中面对的脆弱自然环境与经济社会可持续发展问题。青藏高原独特的自然条件和重要的地理区位,丰富的自然资源和脆弱的生态条件,少数民族聚居特点和迥异的文化与生活方式,以及特殊的人文环境构成了区域可持续发展的重要因素。深入研究青藏高原的自然与人文特点以及与此相适应的资源开发与利用模式,建立和保护国家生态安全屏障。

三、近年来本学科的主要进展

中国青藏高原研究在基础和应用领域方面,取得了大量科学资料,发表了数以千计的论文、报告、图件和专著,获得了重要的研究进展。

1. 高原形成演化与岩石圈结构研究

青藏高原是由若干个从冈瓦纳古陆分裂出来并向北漂移的块体,在不同地质时期拼合起来的。在特提斯洋及新特提斯洋相继俯冲拼合过程中,拉萨地块、羌塘地块、松潘(甘孜)地块的大部分或部分地区地壳已发生加厚,地表同时发生隆升。在印度与欧亚板块碰撞前,青藏地区已是高原(高山)与盆地相间的地貌。碰撞后,高原的变形方式不是分布式的,而是集中在一些地壳较薄的带上,变形可以较快地传递到高原北部使高原迅速扩展,快速隆升。

青藏高原平均地壳厚度达70千米左右,相当于正常大陆地壳的两倍。就高原整体而言,高原地壳厚度似乎是一个两边薄,内部厚,中心又变薄的倒凹透镜形状。从现有的数据来看,高原的莫霍面似乎有西部相对较深,东部相对较浅的特征。

地球物理探测结果认为,印度板块与欧亚板块的双向汇聚挤压是高原隆升的动力主源。岩石圈拆离与板块断离作用引起高原快速隆升和后期的伸展。关于青藏高原隆升的地球动力学模型有许多观点,包括:下地壳流变模式、高原的反向逆冲、造山带的侧向挤出、高原东北缘的生长、晚新生代砾岩成因等。

2. 高原隆起过程与环境效应

青藏高原的隆起具有阶段性、差异性和整体性,提出了三期隆升两次夷平的认识:第一期隆升发生在45~40 MaBP的中始新世,是印度与欧亚板块碰撞早期导致的变形和隆升。约33MaBP形成第一级夷平面。第二期隆升发生在33~30 MaBP,产生强烈的变形,形成许多新的新生代盆地。约23 MaBP形成第二级夷平面。第三期隆升发生在23~22 MaBP,产生了新生代中最强烈的变形,8~7 MaBP高原发生明显的加速隆升,这期隆升具有强烈的整体性,而变形相对较弱。

受地质构造的影响,青藏高原主要山脉、河谷和盆地的走向以近东西向为主,其次是近南北向。高原地貌的内外营力种类多样,形成多种不同等级的地貌类型。水平(东南—西北)方向和垂直方向的气候地貌分异明显。夷平面、冰川地貌、古湖泊变化、河流发育和水系演化、古岩溶等均对高原隆升以及伴随的气候环境变化具有明显反映。

青藏高原的隆起与新生代以来全球环境的重大变化具有明显联系。这些变化体现在

亚洲季风环境的形成演化和亚洲内陆干旱化,由此导致中国南方广大湿润地区和西北干旱区的出现,黄河中游地区出现大面积黄土堆积而形成黄土高原,奠定了我国乃至东亚地区现代环境的宏观格局。

3. 末次冰盛期以来气候环境变化

青藏高原大约在 800 kaBP 整体进入冰期,冰雪面积的突然增加,导致地表反照率突增,高原从原来对周围大气具有热源作用变为具有冷源效果,使得冬季风加强,导致欧亚大陆积雪面积扩大,北半球大范围地区气候严寒,有利于北极冰盖的形成与扩张。

青藏高原末次冰盛期平衡线下降,高原东南和西部边缘下降幅度大,而高原内部下降幅度小。其原因是:高原内部极地型冰川分布广泛,冰川消融弱;而边缘高山冰川消融强,并在冰期后继续强烈隆升。

青藏高原全新世气候环境变化可分为早期、中期、晚期三个阶段,其中早期与中期界限在 7 kaBP,中期与晚期界限在 3 kaBP。早全新世是末次冰期与全新世大暖期间的过渡时期,气候的总体特征是温度偏高并伴随剧烈而频繁的冷暖波动。中全新世是全新世中气候最为温暖湿润的阶段。晚全新世开始的最显著特征是气候变冷。

青藏高原不同地区过去 2000 年以来气候变化具有相似性,但也存在区域差异。从温度变化看,所有记录都显示从公元初到现在,温度逐渐上升;存在中世纪温暖期;小冰期中有三次明显的寒冷期,但在不同地区具有不同的反映程度。从温湿组合特征看,降水和温度变化的总趋势是正相关关系,但在短时间尺度上,温度和降水变化并不完全同步,温度的波动频率大于降水的波动频率。

4. 生命过程与人类对高原环境的适应

青藏高原现代生物区系是在第三纪古生物区系基础上发展起来的。青藏高原的生物区系形成演化包括晚白垩世以前、晚白垩世—渐新世时期、中新世—上新世时期、更新世—全新世时期四个时段。青藏高原生物区系具有以下一些主要特点:生物区系地理成分复杂、特有成分丰富、珍稀濒危物种多、物种的地域分布极不均匀。

青藏高原地区气候环境和地形地貌非常复杂和特殊,从东南向西北,随着海拔和纬度的升高,植被生态系统类型也发生着重大的变化,分布着森林、灌丛、草原、草甸和荒漠等生态系统。

在青藏高原极端环境中生长的动植物形态和繁殖特点的改变能迅速而准确地反映其对环境变化的适应策略,进而能揭示环境变化如何影响生命的生存和繁殖以及生物多样性的改变机制。如高原上的垫状植物特有的垫状体是对高寒、风暴的奇特适应。一些动物具有的发达鼻腔可能对适应高原缺氧有重要意义。

青藏高原的低氧环境对生活在这个区域的人体生理产生了重要影响。藏族已经通过在人体细胞—组织—器官—分子水平上的一系列改变形成了对低氧环境的根本性适应。青藏高原独特的景观生物和不均匀分布的环境生命元素对其健康有着至关重要的影响,表现在具有与生物群落相关的传染性疾病,与生命元素含量异常相关的地方病,如氟中毒、克山病、大骨节病等地方病。

5. 自然环境及其地域分异

青藏高原具有特殊的高寒气候、冰雪与寒冻风化作用普遍、独特的高原动植物和生态适应性等自然环境特点。自然地理要素具有水平分异与垂直分异的特征。高原温度、水分条件地域组合不同,呈现出从东南温暖湿润向西北寒冷干旱递变的趋势,表现为森林—草甸—草原—荒漠的水平带状更迭。按照垂直自然带谱的基带、类型组合、优势垂直带以及温度水分条件等特点,可将青藏高原各山系的垂直自然带划分为大陆性和季风性两类性质迥异的带谱系统。采用比较各项自然地理要素分布特征的地理相关法,着重考虑气候、生物、土壤的相互关系及其在农业生产上的意义,在青藏高原自然地域系统划分上,除东喜马拉雅南翼山地划归山地亚热带以外,其他划分为高原温带和高原亚寒带2个温度带,其下划分为10个各具特色的自然地带,第三级共划分出28个自然区。青藏高原以其独特的下垫面变化对亚洲乃至全球气候变化起着重要的调节作用。青藏高原是亚洲大江大河的发源地,具有充沛的水源补给系统,发挥着重要的水源涵养作用。青藏高原地表植被变化对高原本身以及周边地区的水土保持具有重要的影响。青藏高原在生物多样性保护方面具有不可或缺的作用。青藏高原的碳源/碳汇作用影响到全球气候变化。青藏高原以其对区域本身和周边地区气候、生态、资源、灾害等方面的巨大影响,成为中国和亚洲的生态安全屏障。

6. 资源、灾害与区域发展

青藏高原的土地资源研究中,基本查清了土地资源的数量及其构成,完成了土地资源评价,初步估算了土地资源承载能力。青藏高原的水资源特点是:水资源较为丰富、年内分布不均、区域间差异较大、河流泥沙含量较低、水质受人工污染程度较小。青藏高原的草地资源研究主要集中在草地资源动态监测、草地资源开发规划、草地退化和沙化防治与草地植被的恢复等方面。在青藏高原的矿产资源中,青海柴达木盆地的金属和非金属矿产都比较丰富,西藏的铬、铜、硼、锂等是区内乃至全国的优势矿产,横断山区以黄金、稀有及有色多金属、云母及铀矿等为主。

青藏高原的突变性自然灾害具有巨大的破坏性。50多年来,在察隅、当雄、昆仑山、汶川先后发生四次8级以上地震。泥石流是青藏高原东南部山区常见的突发性、破坏力较大的自然灾害。在青藏高原的气象灾害中,低温霜冻对农牧业生产具有重大的危害,雪灾导致交通受阻或中断,家畜食物短缺而饿死,干旱气候和频繁的大风导致沙尘暴频发,对人、畜、作物和土壤的影响都很大。

气候变化和不合理的人类活动影响使青藏高原地区的缓变型灾害问题也不断增强。草地垦殖和毁林开荒导致大面积的土地退化和水土流失。矿产资源开发与工业发展带来了一系列的环境污染问题。不合理的资源利用影响高原生态系统的平衡和环境质量。

青藏高原的可持续发展过程中,要具有包括对内对外开放、合作各方多赢、多民族共同发展、人与自然协调、质量和效益至上的全新发展观念;要有跨越式前进、加速缩小差距、适度集中的发展思路;要有坚持发展科教、坚持内外开放、坚持发展特色产业、坚持经济增长与人民生活水平提高并重的发展战略。

四、我国在本学科取得的主要成就

我国于1980年在北京举办首次青藏高原国际科学讨论会,打开了青藏高原研究国际合作的新局面。经过1992年的“喀喇昆仑山—昆仑山国际学术讨论会”,1998年的“青藏高原国际学术研讨会”,2004年举办的青藏高原国际会议正式被称为“第四届青藏高原国际学术研讨会”。2009年召开的“第五届青藏高原国际学术研讨会”进一步产生了国际影响,使我国科学家发起的“青藏高原国际学术研讨会”开始进入国际序列会议。

对美国ISI相关数据库(包括SCI、SSCI、AHCD)1981~2002年和2003~2008年所收录的青藏高原研究文献及其引用情况研究发现:从国际发表文献量上看,中国的发文量由世界第三位上升为第一位。从论文的国际影响力上看,全球青藏高原研究的科技文献总被引用率排名中,我国的论文也由第三位上升到第一位,但是篇均被引用率都排在第七位。从国际合作程度上看,中国与之合作发表科研成果的主要国家是西方发达国家,与青藏高原周边国家的合作还很薄弱。

五、本学科的发展趋势和展望

青藏高原研究的主要科学前沿问题集中在以下几个方面:

(1)大陆碰撞动力学及高原隆升机理。主要研究方向包括:高原岩石圈和软流圈的三维结构、物质状态与深部动力学过程;高原隆升过程及机理;高原板块运动历史、造山作用与盆地演化;青藏高原现代地壳活动与应力状态;大陆碰撞变形与高原壳幔演化。

(2)高原隆起与环境演化突变。主要研究方向包括:高原隆升不同地质时期的环境特征;高原隆升引起的亚洲季风演化特征;高原环境突变的特征、机制以及在全球变化的关系。

(3)青藏高原过去气候环境变化研究。主要研究方向包括:青藏高原过去2百年、2千年、2万年和20万年气候与环境变化的历史过程、演化规律、区域特征和分异。

(4)高原生态系统与全球变化。主要研究方向包括:全球变化与高原生态系统的物质能量循环;高原主要生态系统生物生产力、生物群落及其对全球变化响应的模拟与预测;生物多样性与环境变化关系;高原土地覆被和土地利用及其与全球变化的相互作用。

(5)高原地表圈层动态过程及相互作用机理。青藏高原是地球各圈层相互作用最剧烈的地区之一。该领域主要研究方向包括:高原地表圈层动态过程及相互作用机理;高原地表圈层对全球变化的响应及其对东亚气候变化的影响。

(6)青藏高原区域可持续发展研究。主要研究方向包括:青藏高原资源评估与合理开发;高原环境整治与保护;青藏高原区域可持续发展战略;高原地域信息系统与决策支持系统;农牧业持续发展优化模式试验研究等。

(7)青藏高原研究发展的模式与途径。主要研究方向包括:长期、系统、连续的数据采集平台建设;高原地球与环境科学共享信息数据库建设;高原各圈层相互作用的综合分析模型;建立新的国内外合作机制。

第八节 晶体学

一、引言

晶体学是研究晶体(固体的主要部分)的组成、结构与性能之间的内在联系及相关原理与应用、实验方法和技术的一门科学。其中晶体结构测定是晶体学特有的核心问题,晶体结构对于原子分辨率水平的结构化学及结构生物学至关重要,也是理解各种功能晶体性能及大分子功能的基础,与其他很多科学技术领域具有广泛的联系,晶体学涉及数学、物理学、地质学、矿物学、化学、材料科学、生物医学、药理学、生物化学、地球化学、金属学等,属于非常典型的交叉学科。其学科渗透性非常强,是几乎当前所有科学技术领域都迫切需要的。晶体学是现代许多高新技术(包括纳米科学,生命科学与医药研发等)的基础与支柱,许多高精尖材料和物质结构与功能的研究以及生物医药学的进步与发展都与晶体学的发展及教育普及密切相关。

晶体学作为一门学科在国际上的发展已经有两三百年的历史了,最早是作为矿物学的一个分支建立的。晶体学的迅猛发展是在约 100 年前德国物理学家伦琴发现 X 射线以后,德国、英国的物理学家们成功地将 X 射线衍射方法应用于测定晶体的原子结构,开创并极大地推动了结构化学、固体物理、材料科学(包括金属及半导体材料等)、结构生物学、药物研发等重要科学领域的发展。20 世纪 50 年代以来,在计算机技术及直接法理论方面的突破,使得小分子晶体结构测定解析工作成为常规;20 世纪 70 年代以来,由于同步辐射光源的发展应用、基因工程以及重组蛋白生产等方面的突破性进展,使得目前生物大分子及其复合物的晶体结构测定及解析工作也已经发展日臻成熟;跨入 21 世纪以来,在后基因组时代,随着各类基因组及蛋白质组学技术特别是结构基因组学的发展应用,大分子及其他晶体学领域已经发展成为基础理论及计算方法完善、技术及仪器设备非常完备的学科。今后晶体学的发展趋势及研究方向将主要集中在各个相关领域的应用,涉及生物医学及药物研发,材料科学、纳米技术及应用化学等方面,另外电子及中子晶体学、新型中子及同步辐射光源、各类新型探测器等也将是晶体学研究今后发展的重点及热点。

本节将就晶体学学科领域的现状、研究前沿与发展趋势,予以综合评述。

二、近年来本学科前沿、发展趋势及国内外现状分析

生物大分子晶体学,功能分子晶体研究,非线性光学晶体材料、激光晶体材料研究,多(粉)晶衍射,电子显微学研究以及晶体学相关仪器设备的发展等几个最主要的方面取得重要进展。

(一)生物大分子晶体学

生物大分子晶体学(也简称为蛋白晶体学)主要应用晶体学方法与技术途径研究生命物质的精确三维结构及其与生物功能的关系,它是晶体学与生物学相交叉的科学领域。

近年来,这一学科领域呈现出迅速发展的态势,通过晶体学测定的生物大分子(包括蛋白质、核酸、多糖及其复合物)精确三维结构的数量已超过 5.5 万。以精确三维结构为基础揭示重要生命活动规律的研究已达到前所未有的深度和广度。几乎每一个重要生物大分子及其复合物精确三维结构的阐明都揭示了一项基本的结构—功能相关机理,其范围已涉及大多数重要的生命活动及一些疾病的发生机理和药物发现。这使生物大分子晶体学的发展进入了一个新时期,其主要标志是形成了一个重要的前沿科学领域:结构生物学—基于生命物质的精确三维结构及其运动来阐明生命活动规律和生命现象本质的科学。目前结构生物学的主要前沿已将生物大分子三维结构的研究推进到从一般的水溶性细胞环境到特殊的含有脂质的生物膜环境(生物膜蛋白研究),从功能组件到“生物大分子机器”(生物大分子复合物与组装体研究),从个体到群体和整体(结构基因组学研究)。近年来,一些相对简易和低成本的结构解析方法的成熟,使蛋白质晶体学正广泛应用于生命科学研究的各个领域,精确测定的各类生物大分子的数量每年以指数曲线的速率增长,这一趋势的发展使生物大分子晶体学研究正以前所未有的广度和深度与一些重要的生物学问题及人类健康、疾病和医药研发相关问题紧密联系。

我国结构生物学特别是蛋白晶体学近年来呈现新的发展态势。近年来,我国在膜蛋白、蛋白质复合物及一些重要功能蛋白质的研究已取得一系列重要成果。包括光合作用捕光蛋白 LCHII、呼吸链复合物 II、甲酸通道 FocA 等生物膜蛋白结构以及禽流感病毒 H5N1 聚合酶 Pa-Pb1、神经营养因子 3 受体 p75NTR、AMPK 蛋白激酶等。2008~2009 两年间已在国际顶级综合性学术刊物 *Cell*, *Nature*, *Science* 发表 5 篇研究论文。这些情况显示,我国的生物大分子晶体学研究已进入国际前沿。最近几年引进了一批杰出的海外中青年科学家,结合原有基础,构成了一支以中青年为主体的极富活力和创造性的研究队伍。我国第三代同步辐射(上海光源)及其生物大分子站线在 2009 年建成并投入使用,一系列国际最先进冷冻电镜的引进,以及正在建设中的国家蛋白质科学研究设施都显示我国蛋白晶体学研究正在进入一个具备实力推动原始创新发展的新阶段。在这一时期,蛋白晶体学研究与认识生命活动规律及人类健康与疾病相关问题的关系将更加密切,作用更显著。

(二)功能分子晶体研究

晶体工程是研究小分子结晶、结构预测、晶体设计、结构与性能调控的科学,其研究对象主要是有机分子、金属配合物、金属有机化合物等。目前已知晶体结构的有机和金属—有机化合物超过 50 万种,而且以每年超过 10% 的速度增加。这些数据为自下而上构筑功能晶态材料提供了重要的知识宝库。我们可通过晶体材料的组成与结构的调控,实现对某些晶态材料的合理合成与组装,并对其物理化学性质进行调控,从而实现特定晶体物质的“工程化”设计。

有机分子晶体工程研究的主要内容,是利用氢键、卤键、堆积作用及静电作用等非共价键作用力设计构筑“功能”有机固体结构,从而探索、发展新的有机固体材料,发现分子间作用的组装规律及协同机制等。近年来,国际有机晶体工程研究进展较为迅速,主要表现在对单一及不同分子间非共价键作用力控制晶体生长及结构的规律研究已经较为系

统,发展出了许多构筑有机固体结构的单体砌块或合成子,弱氢键模式及卤键在晶体生长中的作用、规律及应用研究得到越来越广泛的关注,有机晶体材料的设计及功能研究继续受到重视等。

与有机分子晶体工程相比,早期金属配合物晶体工程研究明显滞后。金属配合物晶体工程包括分立的配合物(单核和多核)和配位聚合物两大分支。分立的配合物中,多核配合物的合理组装、结构与性能相关性研究尤其为人们所关注。配位聚合物晶体工程学所研究的对象是由金属离子(或金属离子簇)与有机桥连配体构筑的1~3维体系的分子晶体。因此,配位聚合物研究成为晶体工程与功能配位化学交叉的研究领域。由于配位聚合物的组成成分在结构、配位性质方面均可以多样化,配位聚合物的结构与功能非常丰富多彩。

近十多年来,随着理论研究和仪器条件的进步,人们合成、组装了大量结构新颖、多样化、甚至具有各种功能的有机配合物和配位聚合物晶态物质。其中,配位聚合物因具有各种重要的应用前景,如分子的吸附与分离、多相催化、分子与离子交换、手性、光电磁性能等,正吸引各国化学家的广泛兴趣,成为重要的研究前沿,并处于高速发展的关键时刻。此外,金属有机化合物不仅可以具有高效、高选择性催化等性能,而且可能作为抗癌药物、光电功能材料、液晶材料和磁性材料,其晶体化学研究也成为至关重要的手段。类似地,在无机二阶非线性光学晶体等无机晶体材料的研究中,晶体工程研究也不可或缺。

近几年我国晶体化学工作者在配位聚合物、金属簇合物、分子磁性晶体、非线性光学晶体、有机分子晶体和金属有机晶体工程等研究中均取了可喜的成绩。尤其是在分子磁性化合物、柔性与“智能”微孔配位聚合物、高核簇合物等方面研究非常活跃,取得相当丰硕的成果。但有关分子设计和结构—性能关系的研究有待进一步加强。

(三)非线性光学晶体材料、激光晶体材料研究

当光波通过介质时极化率非线性响应产生了在和频、差频等处的谐波。这种与强光有关的、不同于线性光学现象的效应被称为非线性光学效应,具有非线性光学效应的晶体则称为非线性光学晶体。非线性光学晶体包括频率转换晶体、电光晶体、拉曼位移晶体和光折变晶体等。

非线性光学晶体中应用最广泛的是激光频率转换晶体。一种优良的非线性光学晶体必须具备非线性光学系数大、透明波段宽等基本条件。目前,国际上非线性光学晶体的研制,一方面仍然是为获得具有更高非线性光学系数,获得大块紫外、深紫外非线性光学晶体,特别是四倍频、六倍频深紫外晶体。另一方面,是进一步发展长波段的非线性光学晶体,包括中远红外直至太赫兹波段可用的非线性光学晶体,包括有机及其他类型材料。从更广泛的范围来看,作为广义非线性光学晶体的电光晶体及拉曼位移晶体的探索和研究近年来也受到广泛重视。

我国在非线性光学晶体的探索和研究中取得了很大成就。我国科学家在国际上首先提出了创新性理论模型——“阴离子基团理论”;在硼酸盐KBBF非线性光学晶体材料的研究中,实现了1.05 W的193.5 nm平均功率输出,其发现、生长及其应用在国际上有重大的影响;另外BBO和LBO晶体自20世纪80年代至今得到广泛的应用,成为国际上著

名的“中国牌”晶体,生长了 $170 \times 160 \times 79 \text{ mm}^3$ 重达 1596 g 的 LBO 大晶体,居世界领先水平。

激光晶体是目前应用领域最广泛的激光材料,其研究和发展对全固态激光器的发展有重要的作用。现代高技术的发展要求激光器向高功率、短脉冲、大能量方向发展。同时,也需要发展各种新波长的激光器,从而对激光晶体的发展也有更高的要求。到目前为止,被研究和应用的激光基质晶体已经从几种增加到几十种,但应用最广泛的还是“三大基础激光晶体”,即 Nd:YAG, Nd:YVO₄ 和 Ti:Al₂O₃,尤其是前二种材料,Nd:YAG 用于高功率和中等功率激光器,Nd:YVO₄ 晶体用于低功率小型全固态激光器,而 Ti:Al₂O₃ 则用于可调谐及超快激光器。在这些材料和工艺的研究中,我国在 Ce、Nd 双掺及 Cr⁴⁺、Yb 双掺 YAG 晶体的研究和开发中作出了重大贡献;在 Nd:YVO₄ 批量生产技术方面的突破促进了 Nd:YVO₄ 晶体的应用,并促进了 Nd:YVO₄/KTP 光胶技术的发展、小型全固态倍频激光器的批量产业化及其广泛应用;Ti:Al₂O₃ 的温梯法生长技术也有一定特色。

(四)多(粉)晶衍射

多(粉)晶衍射(也称为粉末衍射)是以多晶(粉末)晶体材料对 X 射线,中子束以及电子束的衍射为基础,用于分析和表征多晶材料结构的测试方法。相对于其他的现代分析测试方法,多晶衍射提供了一种可以对复杂组分的样品进行高精度无损测试的手段,而且样品的制备和测试过程简单快捷。多晶衍射的各种应用已经深入到了科学领域和生产的诸多方面,可对冶金,化学、矿物学,法医科学,考古,凝聚态物理以及生物与医药科学等领域的未知材料进行快速物相鉴定;可以用来分析诸如制药片剂、电路板、机械焊点、地质取样、水泥混凝土,或一幅名画上颜料的物质组成和配比;此外,多晶衍射所依据的物理理论使得这种测试手段在测量面间距方面和点阵常数方面具有很高的精度和准确性,因此常常作为专业的检测手段应用于专利申请,犯罪现场取证和其他的重要领域。

近年来,随着 X 光束的单色性及其强度的改善,分析软件功能的增强,多晶衍射结构解析方法于近期取得了突破,可通过该技术来获得大分子的结构。由于中子的原子散射截面(或长度)与原子序数没有对应关系,中子衍射可以分析一些含轻元素或含原子序数相近元素在结构中的占位信息,与 X 射线衍射形成互补,同时中子衍射也是目前分析磁性材料在原子尺度上磁结构的重要方法。地质学的发展极大促进了极端条件下(高温和高压)多晶衍射的应用。随着软硬件设施的进步,技术手段的不断创新和完善,粉末衍射在材料分析领域必将有更广阔的发展前景。

当前我国各大高校、研究院所和一些企业已经普遍装备了各种型号的粉末衍射仪,上海光源也于 2009 年投入了试运行,国家散裂中子源已经开始建设,国内的多晶衍射从理论到应用都已进入了快速发展期。我国科学家在多晶衍射设备、矿物检测、薄膜衍射、应力织构、相图测定、晶体结构、微结构、药物检测、软件和数据库等领域均取得了不菲的成绩,使粉末衍射的整体研究水平有了明显提高。然而,目前国内从事粉末衍射分析新方法、新技术等深层次的研究人员偏少,具有自主知识产权的新成果更少。分析软件方面的发展亦严重落后于国外。

(五) 电子显微学研究

电子显微学与 X 射线晶体学在物理原理上是同源的,特别是电子衍射及电子晶体学技术。电子显微学近十年来在纳米科技和生命科学迅猛发展的推动下取得了长足的发展,特别是球差校正器的引进使透射电子显微镜的空间分辨率达到了 0.5 \AA 的水平,许多困扰了材料和其他相关学科多年的难题因而得到解决。结合高分辨透射电子显微镜与含水样品快速冷冻制样技术及计算机图像三维重构技术所产生的冷冻电子显微术使得以原子分辨率研究蛋白质和生物大分子二维晶体结构成为可能,形成结构生物学的又一种重要研究手段。扫描探针显微技术与传统电子显微镜的结合则使得人们将操控的端点从指尖延伸到了分子的层次,从大气进到了真空和低温,在真正的意义上实现了纳米结构的原子精度加工、操控,环境的控制以及纳米结构的包括电学、力学、光学、热学、光电、热点等性能的原位测量,极大地促进了纳米科技的发展。

我国在电子显微学整体水平上较国际发达国家尚有不少差距。但近十年在科技事业蓬勃发展的大态势的推动下,我国学者在一些新兴研究领域,包括像球差校正电子显微学、冷冻电子显微术、纳米科技等已经取得了很好的成绩。同时,我国电子显微学研究人员科学训练有素,特别是在冷冻电镜的结构生物学研究方向储备了不少优秀专业人才,购置了包括 Titan Krios 300 千伏冷冻电镜在内的国际上最先进的设备。相信通过努力,我国在电子显微学研究中一定能尽快达到世界领先水平。

(六) 晶体学相关仪器设备的发展

目前晶体结构研究应用最广泛的仪器设备包括普通 X 射线源、X 射线探测器、同步辐射光源和中子源等。

X 射线探测器是 X 射线衍射仪的重要组成部分之一,先进探测器能够大大地提高检测灵敏度,探测效率,甚至进行动态测量。目前二维探测器,CCD 探测器的视场尺寸可达 $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$,读出时间达毫秒级。

同步辐射光源是一种新型光源,具有覆盖连续谱宽、高亮度、高准直性、偏振性、时间结构、清洁光源等独特性能。同步辐射应用已被广泛认为是几乎所有学科不可缺少的分析工具,给科学技术发展提供了一个新的实验平台。因此,各国普遍重视同步辐射光源的建造和应用。美、欧和日本等许多科技先进国家和地区 20 世纪都相继建成了第三代同步辐射光源。目前,全世界有 21 个国家拥有或即将拥有加速器驱动的大型同步辐射源,共 49 台运行装置,19 台在建装置。并且,第四代装置已成为同步辐射发展的主攻方向。

目前我国已建成四台同步辐射装置:北京正负电子对撞机(BEPC)的同步辐射装置(BSRF),改造后能量为 2.5 GeV ,合肥国家同步辐射实验室(HFSRF)其能量为 800 MeV ,均属第二代同步辐射装置;中国台湾竹波同步辐射研究中心(SRRC),其能量为 1.5 GeV ,属第三代同步辐射装置;上海光源(SSRF)于 2008 年 12 月出光,2009 年竣工,其能量为 3.5 GeV ,是国际上最为先进的第三代同步辐射装置之一。这些装置的建成大大提升了同步辐射光源的性能和实验平台水平,使我国在同步辐射发展的世界性热潮

中有了了一席之地。

但是,我国目前同步辐射应用主要体现其发射谱宽、高亮度和准直性好,而光源的时间结构和偏振特性还没有充分发挥。束线技术、实验设备和实验方法与国际先进水平相比仍有一定差距。我国同步辐射装置在整体性能上有待较大的提高,以期在科学前沿研究和解决国民经济和国防重大需求上发挥更大作用。

我国中子散(衍)射技术起步较早,于 20 世纪 50 年代就建造出我国第一台中子衍射谱仪——“跃进一号”中子晶体谱仪,但随后的发展相对落后。近几年我国重新重视中子散射装置的建设,原子能研究院的中国先进研究堆(CARR)于 2009 年建成,中国工程物理研究院的 20 MW 反应堆也将投入使用,同时中国科学院即将在广东开工建设我国第一台散裂中子源 CSNS。这些中子源装置,作为服务于多学科基础研究和技术开发的大平台,结合高校、科研院所在相关领域的研究力量,必将快速提升我国中子散射科学的发展。

三、对本学科的展望及建议

针对当前我国晶体学研究与国际前沿接近而面临的机遇和挑战,我们提出以下综合性建议:

(1)在国家长期科技规划(计划)中,重视和加强对晶体学研究的总体布局,特别是对前沿领域的支持,以推动该学科领域在我国的可持续发展与提高,争取在世界先进行列中站稳脚跟。

(2)通过学会和相关部门,加强对晶体学理论与技术的宣传与普及,加强与其他学科的交融,充分发挥晶体学多学科交叉的优势,形成重大科学研究课题。

(3)对于我们已经取得突出成绩的方向,如何保持特色和领先地位,如何进一步开辟新的研究方向和研究领域都是非常值得关注的问题。

(4)重视晶体学相关人才的培养和教育工作、吸引晶体学专业人才,加强晶体学科研队伍建设。

(5)将科学研究与产业化紧密联系起来,力争发展仪器设备的国产化和自主知识产权,打破国内市场为少数国外仪器公司统治的局面。

第九节 动力与电气工程

动力与电气工程学科是研究和解决电能的生产、传输、分配与控制的科学机理、关键技术、工程方法和技术途径的学科。进入 21 世纪以来,随着我国经济的快速发展导致对能源需求的进一步增长,世界能源正在向可持续的能源生产与消费的方向发展以及地球生态环境形势的日益严峻,动力与电气学科的发展面临前所未有的机遇和挑战。

一、本学科国内外发展现状

(一) 清洁高效燃煤发电及先进环保技术

研究和发 展清洁高效燃煤发电及先进环保技术,对于我国可持续发展和应对全球气候变化具有十分重大的意义。我国掌握了 600 MW 超临界机组的设计制造技术,已有制造 1000 MW 超超临界发电机组的业绩和能力并有初步的设计能力;已掌握 300 MW 循环流化床锅炉的设计制造技术,且已接近世界先进水平;能设计制造 600 MW 等级的热电联产和空冷机组;正在建设具有自主知识产权的气化工艺和自主设计的 250 MW IGCC 发电机组;研究了多种富氧燃烧技术并在小型装置上进行了实验;在大规模利用生物质发电方面进行了有益的探索(如在大机组上生物质和煤混烧);掌握了电除尘、布袋除尘,以及电袋复合除尘技术设备设计制造能力,并接近国际先进水平;掌握了石灰石—石膏湿法、循环流化床半干法、氨法、海水法以及活性焦(炭)法等脱硫技术的设计制造能力,循环流化床半干法烟气脱硫技术已达到国际先进水平;掌握了 SCR 脱硝催化剂设计制造技术;利多种污染物联合控制技术进行了大量工程应用;在烟气中 CO₂ 的捕集、合成共聚物等再利用技术方面也取得了突破,并建立了示范工程。

(二) 智能电网的概念、功能构建

研究智能电网的概念、功能,构建符合我国国情的智能电网,对于指导和规划我国电网的未来发展具有重要的意义。智能电网可定义为:将先进的传感测量技术、先进的信息技术、先进的通信技术、先进的分析决策技术和自动控制技术与输、配电基础设施高度集成而形成的新型电网。主要具有自愈、兼容、经济、集成、互动、优化等特征。

其技术主要发展方向包括:先进的相量测量和广域测量系统;先进的动态、可视化电网调度自动化与高级配电运行自动化;用于输电、配电网的智能化网络元件和设备及智能化变电站;分布式电源和微电网运行;储能技术;基于状态和可靠性水平的设备维护检修;信息和通信技术(信息集成和共享)等。

(三) 现代输变电新技术

深入研究现代输变电新技术,对于提高电力系统运行稳定可靠性、促进社会发展和经济建设具有积极的作用。2009 年 1 月 6 日,1000 kV 晋东南—南阳—荆门特高压交流试验示范工程顺利完成 168 小时试运行,投入商业运行,这是目前世界上在运行电压等级最高的输变电工程。2009 年底,±800 kV 云南小湾—广州特高压直流输电工程成功送电;向家坝—上海±800 kV 特高压直流示范工程全线带电成功。这是世界上输送容量最大、送电距离最远、技术水平最先进、电压等级最高的直流输电工程,标志着我国直流输电技术、装备制造以及电网建设管理进入了世界领先行列。

电力电子装置在实际工程中得到应用。我国已在 6 座 500kV 变电站成功投运容量为 105~170 Mvar 的 SVC 装置。2004 年,我国第一个国产化可控串补工程(TCSC——甘肃碧口至成县 220 kV 可控串补投运。

我国电网调度自动化领域的国产 EMS 应用软件在采用国际标准、实现不同系统平台的信息交换和互操作等方面已进入国际先进行列,率先实现了国际领先的“图模库一体化”建模技术。

我国在数字化变电站设备领域的研究取得了长足进展。110 kV 及以下的数字化变电站技术已经基本成熟,220 kV 数字化变电站技术正在试点过程中。

(四) 可再生能源利用技术

高度重视可再生能源利用技术的基础研究,以传统优势学科为基础,重点发展新能源与可再生能源学科。我国目前风资源评估研究大都依靠购买国外商业软件,正在积极开展反映我国地形特点的风场模拟计算流体力学研究,争取自主开发有中国风场特色的风资源评估技术。目前我国风电机组性能达到国际水平,成本降低,具有竞争优势的特点,但是不掌握核心技术。我国的风电具有大规模集中开发、远离负荷中心的特点,需开展超大规模风电输电模式的研究。在风力发电检测认证及标准方面,国内已经完成了风电机组控制系统、变流器相关国家标准。

太阳能光伏发电应用范围不断扩大,系统集成技术不断提高,从小型独立光伏电站和通信系统,发展到与建筑结合的光伏发电系统、大型并网光伏电站和光伏微网系统。

太阳能热发电具有技术相对成熟、发电成本低及对电网冲击小等优点。我国太阳能热发电还处于技术研发阶段,第一座并网示范电站将于 2010 年底建设完成。建立国家级实验平台,集成全国优势力量,对太阳能发电技术从材料、部件、单元到系统进行全面研究,是我们赶超国际水平和将技术推向商业化的有效步骤。

(五) 核电方面

积极发展核电,是我国能源发展的战略选择。我国已经发展了完全的用于核燃料组件的铀探测、采冶、浓缩、提炼和装配工业。另外,高级铀分离技术,例如离心机、高能耗燃料以及 MOX 燃料元件,也在不断研究和发展中。

在核反应堆技术方面,我国已经对二代、三代和四代反应堆以及聚变堆进行了相应的研究。在第四代反应堆技术方面,中国实验快堆(CEFR)预计 2010 年实现首次临界及并网发电。高温气冷实验堆(HTR-10)已经于 2002 年完成。两种具有 200 兆瓦输出的高温气冷实验堆正在建设中。“973”计划“超临界水堆关键科学问题的基础研究”项目正在进行中,取得很多技术上的突破。在聚变堆技术方面,国际热核聚变实验堆(ITER)计划正式启动,我国为参与成员之一。新一代热核聚变装置——“实验型先进超导托卡马克”已于 2006 年投入运行。

在核燃料循环后段技术方面,我国已经发展了用于燃料处理、高放废液处理的完全的工业体系。已经建立了动力堆元件后处理中间试验厂。在高放废物深地质处置方面也进行了大量的研究。

(六) 大型发电及输变电设备

我国大型发电及输变电设备制造经历了从低水平、低端产品研发、制造,到高水平、高

端产品研发、制造的历程。近年来,我国常规火力发电设备制造技术连续登上了亚临界、超临界和超超临界参数三个台阶,并完成了国产化研制,达到了世界先进水平。我国混流式和转桨式水电机组的单机容量和最大转轮直径均居于世界领先地位。但是在高水头混流式机组、冲击式水电机组和可逆式抽水蓄能机组等方面,与国外先进水平之间还有一定差距。

我国高压开关设备的研发技术与国外无太大差距,产品可靠性还有待进一步验证。国产 220 kV 及以上电压等级变压器运行的可用系数要优于从国外进口的同类产品。国内套管、避雷器、互感器、电力电缆等制造技术发展整体水平与国外发达国家知名跨国公司仍有一定的差距。

二、近年来本学科的主要进展

整体煤气化联合循环发电关键技术取得突破,2009年6月采用自主开发的气化工艺和自主设计的华能天津 IGCC 项目(250 MW)开工建设,以后将进行示范运行。在 CO₂ 捕集及存储技术方面,已建成投产 3000 吨/年(食品级 CO₂)、1 万吨/年 CO₂ 捕集试验示范装置,正在建设 10 万吨/年 CO₂ 捕集装置。

燃气轮机的高性能热—功转换科学技术问题研究、F 级中低热值燃料燃气轮机关键技术与整机设计研究、巨型全空冷和蒸发冷却水轮发电机组关键技术突破及工程应用、分布式发电供能系统相关基础研究、大规模非并网风电系统的基础研究等取得丰硕成果。

我国制订了智能电网的总体建设路线、关键技术研究框架和实施方案。在 PMU 技术领域的研究和应用非常迅速,装置实现国产化。自主开发的 CC-2000A、OPEN-3000 电网调度自动化系统均获得了国家级科技进步一等奖,应用了先进的三维、动态、可视化电网调度自动化技术和先进的保护和控制、模型和模拟工具;“基于行波原理的电力线路在线故障测距技术”获得国家技术发明二等奖,在世界上率先利用故障电流行波实现了线路故障的精确定位。

我国已解决了特高压发展的三大技术壁垒:特高压电晕效应,特高压绝缘及要求,电磁场及其影响。同时,我国在电压标准选择、潜供电流限制、无功电压控制、主接线、主设备参数、防雷技术、输电线路和变电站设计等方面取得了重要成果,并已具备建设大规模特高压工程的全部技术。我国设计单位已具备国际先进的直流工程成套设计能力,并建立了自有的直流工程技术标准、设计规范、试验标准等。

在 FACTS 技术中,SVC、STATCOM、TCSC、TSSC 已在实际工程中得到应用,并可商用供货。开发成功 Bi 系高温超导带材,高温超导限流器投入试验运行,研制成功 35 kJ/7kW 直接冷却高温超导磁储能系统,研制成功 26 kVA/400 V/16 V 高温超导变压器样机和 630 kVA/10.5 kV/0.4 kV 三相高温超导变压器。我国着眼于国际主流风力发电机组产品和风力发电机组设计、制造关键技术。光伏并网逆变技术研究进展较快。

先进超导托卡马克实验装置 EAST 于 2006 年 9 月 28 日首次投入运行,是世界上第一个同时具有全超导磁体和主动冷却结构的核聚变实验装置。目前,中国实验快堆已完成安装,于 2009 年 10 月实现首次临界。大型先进压水堆核电站重大专项示范工程——CAP1400 核电站预计于 2013 年开工。高温气冷堆商用示范电站预计 2010 年正式开工

建设。中国先进研究堆完成综合调试工作,预计 2010 年达到临界。

三、本学科国内外发展状况比较

虽然我国在超(超)临界机组的设计制造技术上已有长足进展,但在超超临界机组设计方面还有一定差距,在关键材料方面差距较大。600 MW 超临界 CFB 锅炉尚处于研制开发过程中,CFB 锅炉的整体技术研发和设计水平已接近世界先进水平。2007 年自主设计制造首座 600 MW 级空冷岛主要设备,但在直接空冷技术方面还有差距。我国在 IGCC 发电技术的研究和开发上取得了重要进展(如开发了有自主知识产权的气流床气化工艺),但在关键设备——燃气轮机上存在很大差距。富氧(O_2/CO_2)燃烧技术研究起步稍晚,主要在进行基础研究和比较小型的工业试验研究。传统燃煤机组混燃生物质已在欧美各国进行了大量试验研究并已得到应用,我国虽已在一台 300 MW 机组上成功进行了生物质和煤的混烧试验,但应进一步研究、推广大规模生物质发电技术。

在多种污染物联合脱除技术方面,我国科研机构已开展了长期的研究并取得了可商业化的成果,与国外先进水平相差不大。我国已建立了 CO_2 捕集与回收实验研究基地, CO_2 聚合技术取得重大突破, CO_2 捕集试验示范装置已于 2008 年 7 月 16 日建成投产。

我国自主开发的电网调度自动化系统 CC-2000A 和 OPEN-3000 总体技术达到国际先进水平,在自动电压控制、继电保护和安全稳定控制装置、在线稳定分析和预警、动态稳定控制等方面有明显优势,基于行波的电力线路故障测距技术也处于国际领先地位。数字化变电站所涵盖的各项技术我国基本上均能自主开发研制,但从实施的程度和总体水平而言,与发达国家和技术先进的公司等还存在一定的差距。FACTS 技术研究和应用方面整体水平已处于世界先进水平。国外关于大规模可再生能源的接入和并网技术也刚刚起步。德国、丹麦等专在海上风电场的建设和运行方面已具备一定的经验,技术领先于我国。我国具有国际互认可资质的风电、太阳能光伏发电的检测机构还很少,亟待加强。国外在分布式电源、微网系统接入的具体技术和设备研发及实施上领先于我国。

我国特高压交流试验基地在多方面的技术处于世界领先水平,电气设备和器材的制造技术较差。我国在 HVDC 工程建设、设计制造、运行管理、系统分析控制技术等方面均居于世界领先水平,并已经成为世界上 HVDC 技术应用最广泛的国家。

我国超导电力技术的发展水平与国际前沿相当,目前已实现并网运行的超导电缆、超导限流器、超导变压器等装置均处于产业化前期,在规模和示范研究进度上差距较大。我国高温超导材料技术相比国际先进水平也有较大差距,还未形成第二代高温超导带材的规模化制造能力。

风电主流机型整机和关键部件设计技术大多来自国外,风况研究、风力机空气动力设计技术、结构设计技术和控制系统设计技术还不扎实,控制系统、变频器、变桨器和轴承还主要依赖进口,叶片设计基本参照国外技术。大规模风电接入电网研究正在进行。目前我国光伏技术发展水平仍有较大差距,太阳能热发电技术在系统集成和电站运行方面缺乏经验。

我国已完全掌握了铀的离心分离技术,但我国铀分离离心机设备的国产化水平与国外还有一定距离。我国已具备自主生产小规模 MOX 燃料的能力,但没有大规模生产为

快堆或热堆所实用的商业化 MOX 燃料厂。通过消化吸收,三代核电的设计能力迅速达到了国际水平,三代核电的重大装备制造技术水平也得到了快速提升。快堆、高温气冷堆、超临界水冷堆、聚变堆等四代技术基本已赶上国际上快堆发达国家的水平。

我国常规火力发电设备制造技术达到了当代世界水平,但是部分关键技术、关键软件还不能完全自主开发;某些关键材料国内无法提供或不能完全满足需要;某些特殊工艺我国还未掌握或实现工业生产。我国混流式和转桨式水电机组的单机容量和最大转轮直径均居于世界领先地位,中国在巨型水轮发电机空冷和蒸发冷却方面已走在世界前面。但是,在高水头混流式机组、大中型定桨式水电机组、冲击式水电机组和抽水蓄能机组等方面与国外先进水平之间还有一定差距。

我国高压开关设备、变压器的研发、制造技术方面与国外差距不大,但 1100 kV 套管跟国外相比依然存在很大差距。我国目前电线电缆生产水平,产品质量无法与先进工业国家竞争。在高端技术与国外的大厂商仍有较大差距,产品技术将成为制约我国电线电缆产品发展的一个瓶颈。

四、本学科的建设与人才培养

目前,我国 130 多所高校围绕动力与电气工程建立了涵盖大专、本科、硕士、博士各层次人才的培养体系。

在动力工程及工程热物理专业,有一级学科博士点 19 个、二级学科博士点 26 个,建立了 20 余个国家级实验室、工程中心和研发中心。在清洁高效燃煤发电技术和先进环保技术领域近 3 年获国家自然科学奖 2 项、国家技术发明奖 4 项、国家科技进步奖 7 项。

可再生资源发电学科承担“九五”国家科技攻关计划项目 2 项,“十五”国家科技攻关计划项目 2 项、“863”项目 9 项,“十一五”国家能源领域科技支撑计划重大项目 1 项、重点项目 1 项、“863”计划重点项目 2 项,国家科技部“973”计划项目 2 项。国家重点实验室 2 个、省部级重点实验室 6 个、省部级工程研究中心 1 个。

先进核能发电技术学科方面:一级重点学科核科学与技术有博士点 9 个,博士后流动站 7 个;二级重点学科有博士点 13 个,博士后流动站 13 个。国家重点实验室 9 个、国家工程技术研究中心 1 个、国家工程实验室 1 个、省部级重点实验室 3 个。先进核能发电技术学科承担“973”项目 7 项、“863 项”目 4 项、支撑计划 2 项,获国家级奖励 6 项。

大型发电设备与输变电设备制造技术学科有电气工程一级学科重点学科 5 个,具有“博士一级”授权的单位 22 个,具有“博士点”授权的单位 17 个。有国家重点实验室 3 个、国家工程技术研究中心 2 个、国家工程研究中心 2 个、国家工程实验室 4 个。博士后工作站(大电机)3 个、博士后流动站(大电机)11 个。承担“973”项目 6 项,“863”项目 6 项,获国家级奖励 5 项。

五、对本学科的展望与建议

1. 推进清洁高效燃煤发电技术和先进环保技术发展

为应对我国一次能源和发电能源以煤为主所带来的严峻挑战和促进可持续发展,国家应加大支持力度,积极推进清洁高效燃煤发电技术和先进环保技术的发展。需要开展

超(超)临界机组关键部件材料、检测方法和老化规律以及运行技术研究,大容量以及更高参数的燃用劣质煤和褐煤 CFB 锅炉的研制和关键技术研究,250 MW 等级 IGCC 机组的建设和示范, O_2/CO_2 燃烧技术的基础研究,生物质在大容量机组混燃对燃烧排放的研究,污染物的系统化脱除技术、资源化利用技术、联合脱除技术研究。

建议进一步加大对基础研究、应用研究和技术示范的支持力度。国家应支持科研单位、大专院校、大型企业建设相应的洁净煤发电技术、燃煤发电先进环保技术研究中心和工程中心。

2. 构建智能电网,满足多样化的用电需求

开发 WAMS 高级分析、控制功能,实现智能化的决策,以对系统实施更有效的控制。电网调度自动化技术中人工智能技术的应用。实施高级配电自动化技术与微网技术。推进智能化一次设备的研制。充电快速化、智能化、集成化,电能转换高效化,电动汽车不同的充放电运行模式。探索智能家居和智能用电小区的应用模式。研究支撑智能电网的信息支持技术、通信支持技术、信息通信融合技术。研究智能电网互操作标准。

需高度关注配电、用电侧的智能电网技术。加强有关我国智能电网建设相关标准的研究和建立。加强研究手段的建设,并建设先进的智能配电网模拟和优化实验室。

3. 加强现代输变电技术研究

进一步加强特高压交流输电、直流输电的主设备和控制保护系统的自主研发、制造技术,整体设计和试验技术等。利用最新的电力电子技术和实时控制及通讯技术提高输电系统的可靠性、可控性和运行效率。开展智能化决策技术、仿真建模技术、可感知化技术、新能源模拟技术、智能电网调度运行模拟系统的研究。研制智能化变电站主要一次设备,建立数字化变电站的全景数据。推进我国超导电力的研究和开发,使我国保持与国外同步发展并实现超越。

4. 可再生能源发电及其并网技术

尽快掌握拥有自主知识产权的风力发电总体设计和核心技术,开展风电机组优化设计技术、风电机组关键分部件核心技术、海上风电技术、风力发电电网适应性技术及风电机组整机测试技术等的研究。加快风资源分布及评估相关技术的发展,加强太阳能、能热发电特有技术和设备的研究。

加快建设风电机组整机及分部件公共测试平台,加快推进我国风电机组的检测和认证工作。加快国家级太阳能发电系统研究平台与示范基地建设。

5. 先进核能发电技术

实现铀离心机的全部国产化。加强新型燃料组件的设计和制造工作,力争形成具有我国自主知识产权的新型压水堆燃料组件生产技术。尽快启动大型 MOX 燃料制造厂的基础科学问题研究,及早开展核电站退役技术的研究工作。继续推进四代技术的研究,保持研究优势,加快示范电站的建设。

抓住“ITER 计划”这一机遇,组织科研力量参与到这项重大科学工程当中,培养大批创新型人才,开发各种创新技术,为我国抢占这一核心战略制高点积蓄能量。

6. 大型发电设备及输变电设备制造技术

加快整体煤气化联合循环电站(IGCC)的设备研制和关键技术攻关。发展大容量燃气轮机。研制百万千瓦级混流式水电机组、大型高水头混流式水电机组。开发大容量高水头冲击式水电机组。发展大容量(例如 100 MW 级以上)、高水头的灯泡贯流式机组。发展大容量(例如 500 MW~600 MW)的抽水蓄能机组。研发智能特高压开关设备。实施特高压和直流套管的研制并全部国产化。加强高温超导电缆的研究和产业化应用。

建议整合国内发电设备领域相关的研究资源,建立全国发电设备共性技术研究机构,重点开展重大原创性技术研究,开展共性技术及关键性技术的研究,开展重大产品的开发。

第十节 工程热物理

一、引言

工程热物理学是一门研究能量以热的形式转化的规律及其应用的技术科学,它研究各类热现象、热过程的内在规律,并用以指导工程实践。作为一门技术科学学科,工程热物理学的研究既包含知识创新的内容,也有许多技术创新的内容,是一个完整的学科体系。

我国面临能源和环境双重大压力,是经济和社会发展的长期瓶颈,是始终必须高度重视的重大问题。能源发展、保护环境、节能减排对我国至关重要,是确保清洁、经济、充足、安全能源供应的根本出路。大量研究和历史经验表明,解决能源与环境问题的根本途径是依靠科学技术进步,因此工程热物理等相关学科将承担起我国国民经济发展的能源与环境重大需求,努力推进节能和科学用能成为学科的指导思想和核心,加强研发和推广低碳能源技术,抓紧化石燃料的洁净技术,推进绿色经济、循环经济、低碳经济发展成为工程热物理学科的发展战略重点。

二、近年来本学科国内的主要进展

近两年来,工程热物理学科获得多项国家奖项,标志着我国在工程热物理领域的研发水平不断提高,科技实力进一步增强。

(一) 能的综合梯级利用和 CO₂ 控制原理与方法

针对能源动力系统能量利用效率低和环境污染严重的难题,以化工动力多联产系统、太阳能热化学利用系统、减排 CO₂ 的能源动力系统为对象,研究能的综合梯级利用和 CO₂ 控制原理及其方法,构建可持续发展的能源动力系统,推动工程热物理学科交叉的发展,为加快我国节能减排进程做出贡献。

1. 建立燃料化学能梯级利用原理和 CO₂ 一体化控制原理

从认知燃料化学能做功能力的物理本质出发,研究了燃料转化反应中 Gibbs 自由能

品位的变化特征,建立了燃料品位转化定理。揭示了燃料化学能做功能力梯级利用的潜力与规律,建立了燃料化学能与物理能综合梯级利用原理,实现能源动力系统的源头节能。

2. CO₂ 一体化控制方法及其能源动力系统创新

研究发明了替代燃料生产与 CO₂ 捕集一体化方法和系统。取得了燃料化学能梯级利用与 CO₂ 低能耗捕集的一体化效果,为解决能源动力系统 CO₂ 减排能耗高的问题提供了一个新途径。原创性提出无火焰化学链燃烧的动力系统。

3. 无火焰化学链燃烧的动力系统

在燃料化学能与物理能综合梯级和控制 CO₂ 一体化原理基础上,将化学链燃烧与 CO₂ 分离有机结合,发现了燃烧中高浓度富集 CO₂ 的新现象,提出零能耗分离 CO₂ (无气相分离过程的 CO₂ 控制)的新方法,是对传统动力系统中 CO₂ 控制方法的革新。

研究成果已初步形成能的综合梯级利用和 CO₂ 控制理论体系,为我国急需发展的太阳能热化学利用、洁净煤技术(IGCC、多联产)等提供了理论支撑与方法,特别是“化学链燃烧 CO₂ 捕集”成为国际上能源动力系统捕集 CO₂ 的三种主要方法之一,为建立热力学、环境学的交叉学科做出了一定贡献,促进了工程热物理学的发展。该项目获得了 2009 年度国家自然科学奖二等奖。

(二) 红外热辐射光谱特性与传输机理研究

随着太阳能利用、红外探测、航空航天、激光等高新技术的迅猛发展,遇到了大量与红外热辐射紧密相关的基础问题。如多层介质内耦合换热、高温颗粒系内热辐射传递的多尺度分析等,亟须了解红外辐射的光谱特性、方向特性和传输机理。

1. 多层吸收/散射性介质内瞬态耦合换热

提出射线踪迹节点分析法,建立了多层介质辐射与导热瞬态耦合换热模型;揭示了脉冲激光在半透明材料中产生温度响应的传输机理。发现透明界面下非入射面上只有一个温度峰值,提出了介质内出现温度峰值的充要条件。

2. 半透明介质内热辐射反问题

提出并实现了半透明介质内多参数群的同时反演;建立了三维温度场的辐射测量反演方法;提出了湍流时均温度场的多波长反演方法,发现了湍流脉动对时均吸收系数和时均温度场反演的影响规律。

3. 微尺度辐射换热

揭示了外场辐射作用下半透明微粒内部辐射吸收的分布规律,从机理上解释了入射辐射在光滑粒子内汇聚的“透镜现象”,发现吸热峰值可处于微粒内部的奇异现象弥散介质内热辐射光谱特发现吸热峰值可处于微粒内部的奇异现象。理论上解释了超短脉冲辐射下材料表面温度响应曲线的间断现象。发现了微粒内部温度不均匀对辐射各向异性的影响规律。

4. 弥散介质内热辐射光谱特性实验及分析方法

提出了可供燃用国产动力煤的锅炉炉膛设计计算关联式。构造了判断假散射特性的物理模型,为热辐射数值算法中特有的误差源分析提供了依据。在国际上率先提出了高温弥散介质内热辐射分析的多尺度概念和计算方法。

5. 梯度折射率介质内热辐射传递机理与特性

介质的组分、密度、温度的非均匀性导致介质折射率连续变化,产生折射率梯度。从理论上导出了以空间坐标为自变量的多维梯度折射率介质辐射传递方程,建立了较完整的分析梯度折射率介质内热辐射传递的理论体系。揭示了梯度折射率影响热辐射传递的三个层次作用机理,发现并解释了光线弯曲导致的特殊热辐射效应。该项目获得了2009年度国家自然科学奖二等奖。

(三) 高效低阻气体强化传热技术及其应用

突破传统气体强化传热技术的约束,采用传热学基本原理分析、数值模拟与实验相结合的方法,对高效低阻的气体强化传热理论及相关技术进行了深入而系统的研究,揭示了在气体流动阻力增加较小的条件下,能使传热得到显著强化的物理机制,提出了在气体流动阻力增加较小条件下,能有效强化气体传热的新思想,发明了中心被堵的波纹型纵向内翅片管以及开缝按“前疏后密、等热阻”原则布置的开缝翅片等气体在管内流动、与气体在管外流动时的高效低阻气体强化传热技术,实现了气体传热增加的百分数大于其阻力增加的百分数。该项目获得了2009年度国家技术发明二等奖。

(四) 油气集输的节能减排和安全高效关键工艺及装备

通过开展油气集输关键工艺所涉及的理论和技术研究,发明了油气集输的流动在线测量与控制、除砂与除湿相分离、高效加热等关键工艺和装备,实现了油气集输的高效、安全和节能减排。自主设计搭建了专门用于油气集输关键工艺与装备研发与验证的实验装置;发明了油气集输工艺中的油气水多相流流型在线识别仪和相含率在线测量仪,准确率分别高达90%和95%;发明了油气集输工艺中严重段塞流控制与消除方法,从根本上消除了严重段塞流,实现了最优节流;发明了油气集输工艺中的螺旋管流除砂器和天然气超音速旋流除湿器,除砂率大于85%;发明了油气集输工艺中的新型油气混输相变加热炉,使加热效率提高了20%~30%,排污减少30%。以上关键技术发明,解决了直接造成油气集输过程高能耗、高排放和低效率的油气水流动在线监测与控制、油气净化和分离、高效加热等关键技术难题,开发了先进的流型在线识别仪和相含率在线测量仪、螺旋管流除砂器和天然气超音速旋流除湿器,以及3大类2个系列40多个品种规格的油气混输相变加热炉等油气高效集输工艺中所必须的仪器、装置和关键装备,满足了油气集输工艺过程中的低能耗、低排放、高效率、高安全与可靠性要求,实现了油气集输的高效、安全和节能减排,并简化了油气集输的工艺流程。该项目获得了2009年度国家技术发明二等奖。

三、对本学科发展的建议

学科发展的中长期战略目标:建立一支结构合理、精干和稳定的基础性研究队伍,扶

持与建设一批比较先进的工程热物理与能源利用的研究基地,使我国工程热物理学科基础研究有更多的分支和领域接近或达到国际先进水平。孕育创新思想、积累科学储备,为解决制约我国经济发展的能源重大关键问题确定技术发展方向和奠定科学基础,并为相关的能源高新技术和产业的发展提供科学源泉与支撑。建议重点发展:

(一) 研发和推广低碳技术

与减缓气候变化相关的温室气体 CO_2 的减排控制问题已经成为一个能够对未来世界格局变化产生影响的重大国际问题。作为 CO_2 排放大国,减缓气候变化国际形势的发展使我国所承受的压力越来越大,温室气体控制问题的紧迫性愈加突出。而一次能源构成以煤为主,能源利用效率低,能源消耗量大且呈快速上升趋势等国情特点决定了我国 CO_2 减排问题的复杂性与严重性。如果不能采取积极主动的态度应对这一挑战,未来温室气体控制问题很有可能成为阻碍我国经济健康持续发展的关键瓶颈。因此,及早开展相关理论与技术基础研究对应对这一挑战具有至关重要的意义。

与传统污染物不同, CO_2 量大、浓度低,且与能源利用过程联系十分紧密。从技术角度看,虽然现有 CCS 技术能够实现 CO_2 捕集,但其将对动力系统产生难以承受的负面影响,最终的控制能耗与成本居高不下。解决问题的潜力在于从 CO_2 产生的源头即燃料化学能的释放过程中分离控制 CO_2 ,在能源、化工与环境的交叉领域寻找能够同时解决能源利用与 CO_2 控制的突破口。

探索能源利用模式革新、能源热力系统和 CO_2 分离方法的创新,围绕能源动力系统与 CO_2 控制、燃烧与 CO_2 回收、能量转换与 CO_2 关联和 CO_2 运输和埋存中的工程热物理问题等展开深入研究,凝练能源动力系统中温室气体控制的关键科学问题,发展低碳能源技术是工程热物理的重要研究方向。

(二) 大力发展风能等可再生能源

风力发电潜力很大,是当今新能源发电中技术最成熟、最具有大规模开发条件和商业化前景的发电方式。风能是可再生能源中发展最快的清洁能源,也是最具有大规模开发和商业化发展前景的发电方式。2010~2020年,可再生能源将占总能源需求的10%(不包括水能),其中并网的风能预期达到3%,即到2020年风电装机总容量将达到80GW。由此可见,以风力发电为龙头的清洁能源形式对于改善我国电源结构,实现能源开发对环境友好、可持续发展以及二氧化碳减排具有重要的战略地位。

风电的科学发展,必须紧紧围绕科技创新这个龙头,只有通过基础研究与工程实际相结合,国外技术与中国实际相结合,努力实现产、学、研三者的成功对接,从而不断提高我们的设计水平和研发实力,培养出自己的既掌握风电理论具有风电工程设计实践经验的复合型人才,才能使我国风电研究得到健康发展。建议在以下各方面进一步探讨:①建立国家级风电实验平台及综合实验中心,提供公共技术服务;②风电投资问题(金融、法律、政策、环保);③开发规划与风电发展进度的问题。先易后难,先陆上后海上;④研究风电机组整机测试技术,建立健全风电机组测试、认证体系,提高产品质量,提高市场准入门

槛;⑤产品出口相关问题。

通过工程热物理学的发展推动可再生能源成为我国未来能源可持续发展的重要支柱。

(三)能源可再生转化利用的理论研究

1. 太阳能规模制氢与燃料电池耦合系统及其内部多相多物理及化学过程的理论及关键技术研究

根据太阳能光催化和生物质热化学规模制氢技术以及质子交换膜和固体氧化物燃料电池各自的特点,对其进行耦合,对于高效、洁净和便捷的实现太阳能的高品质利用具有至关重要的意义。耦合大大增加了系统的复杂性,必须针对耦合系统内部的复杂多相多物理过程理论及关键技术开展深入的研究,以最终实现高效、洁净、便捷利用太阳能的目标。

太阳能规模制氢过程和燃料电池中都存在着异常复杂的多相多物理过程,将两种技术进行耦合更是大大增加了系统的复杂性。对于太阳能热解生物及水制氢与固体氧化物燃料电池发电耦合系统而言,太阳能热解生物及水制氢过程是高温、高压的复杂物理化学过程,固体氧化物燃料电池内部则存在着高温下伴随着复杂电极过程的传热传质现象。对于太阳能光解水制氢与质子交换膜燃料电池发电耦合系统而言,太阳能光解水制氢过程中催化剂、水和氢气构成复杂的多相流动系统,同时伴随有光解水的光化学反应,质子交换膜燃料电池内部存在着水蒸气、液态水、反应气体等多相成分的传热传质和电化学反应现象。要实现两种制氢过程与两种燃料电池发电技术的有机耦合,必须针对耦合系统内部的复杂多相多物理过程理论及关键技术开展深入的研究,以最终实现高效、洁净、便捷利用太阳能的目标。

2. 高效低成本规模化的储氢理论与技术

氢能的发展重点在于规模制备、储存与利用,而氢气的储存和运输是氢能发展的瓶颈,必须研究高效低成本规模化的储氢理论与技术,为全面实现以氢为能源载体、储氢材料为载能材料、燃料电池和微型燃气轮机为用氢装置的制氢、储氢、用氢一体化技术突破,将为能源可持续发展开辟全新的道路。具体包括:研究氢迁移性质;研究储氢材料的结构表征和吸放氢性能;研究吸氢前后单一储氢材料的结构和物理化学性质及材料多孔界面微区的传热、传质规律;研究有机液体氢化物储氢的理论与方法,包括脱氢的转化率、选择性、催化剂稳定性问题,确定转化条件以降低反应温度、提高催化剂耐硫性。

第十一节 标准化科学技术

一、引言

中国的标准化学科研究起步于20世纪70年代。1979年初,我国著名科学家钱学森提出了建立系统工程理论为指导的标准学构想。广大标准化科技工作者通过总结实践经

验和学习国外标准化理论成果,开始探索标准化的方法和原理,经过多年艰辛探索,逐渐发展成为一门新兴学科。今天,标准化的理论与实践已成为生产社会化和管理现代化的重要技术基础。它是提高产品质量、保护人体健康、保障人身和财产安全、维护消费者合法权益的重要手段;是发展市场经济、促进贸易交流的技术纽带;更是从计划经济向市场经济过渡时期立法和执法的重要技术基础、技术依据和保障。标准化学科的发展在推进科技兴国、自主创新和科技成果产业化过程中发挥了越来越重要的作用。

二、近年来本学科的发展现况

近年来,标准化学科领域学术研究十分活跃,主要表现在以下方面。

1. 研究对象和范围

研究对象和范围已从生产、流通和消费领域日益扩大至人类社会生活和经济技术活动的其他领域。

2. 搭建了支撑学科发展的体系框架

在总结标准化实践经验的基础上,搭建了支撑学科发展的体系框架,包括标准基础理论,标准工程与应用,标准科学技术其他学科等。在标准基础理论方面,形成了比较完善的系统知识构架,包括研究对象和学科性质、参数选择、优先数系等 12 个基础知识模块和质量管理、大规模定制、知识产权等 8 个应用知识模块。基础理论发展的新成果包括标准化过程概念(“基本过程”和“发展过程”)与标准化形式概念(现代标准化系统管理原理)。

3. 中国标准化学科前沿理论—模块化研究取得重要成果

这些成果直接关系到高新技术产业和国防工业的现代化发展。李春田教授 2008 年撰写的《现代标准化前沿(模块化研究)》为建立具有中国特色的“现代标准化”理论奠定了基础。

4. 学科研究开辟了新领域

(1) 标准化与知识产权关系研究。在知识经济时代,大部分核心技术已被知识产权保护起来,因此,标准中的知识产权问题成为一个焦点。对标准与知识产权问题的研究已深入到对其深层机理剖析和机制完善的研究。

(2) 主要发达国家标准化战略研究。进入 21 世纪,发达国家纷纷针对世界经济发展制定本国的标准化发展战略,并提高到国家发展战略的高度。我国也不失时机地开展了对这一重大变化的分析和研究,制定了中国标准化发展战略。

(3) 标准化与经济发展相关性研究:包括“标准化对 GDP 的贡献率和标准化与贸易”、“标准化与互联网”、“标准化与新经济现象的关系”以及对标准经济效益的评价方法和标准适用性研究等。

5. 学科研究基础改观

2001 年国家质检总局成立后,推进了标准化科研院所的改革,使中国标准化学科研究的基础条件有了很大改观。

(1) 截至 2009 年底,建有 1 个国家级、26 个行业、158 个省级和地市级标准化研究和服务机构,涉及农业、建筑、化工、航空航天、军工、交通、电力、冶金、信息等多个产业和行

业,专门从事标准化工作的科研人员已超过 10 万人。

(2)“十一五”期间,建有 1 个国家级标准化科学实验基地,旨在开展标准化科技创新的综合性基础实验研究,并为基础性、通用性国家标准和国际标准的制订提供基础技术和数据支撑。

(3)截至 2008 年年底,共有全国专业标准化技术委员会(TC)444 个,分技术委员会(SC)586 个,直属标准化工作组(SWG)7 个;依法设立的各类认证机构 171 个,认证审核员培训机构 39 个,认证咨询机构 411 个;取得认可资质的认证机构 121 个,实验室 3226 个,检查机构 103 个,各级审核员 63196 人;取得计量认证的实验室 24300 个,授权国家产品质量中心 376 家。

(4)截至 2009 年年底,全国已有 21 所高等院校在专科、本科、硕士和博士阶段开展标准化学科教育,并承担标准化学科的研究课题,有些院校还承担了“十一五”国家标准化重点课题的研究。

三、我国在本学科取得的主要进展

1. 已建成适应市场经济要求的国家、行业、地方和企业四级标准体系

截至 2008 年年底,国家标准总数为 22931 项,包括强制性标准 3111 项、推荐性标准 19675 项、标准化指导性技术文件 145 项;备案行业标准 39686 项、地方标准 14142 项。截至 2007 年年底,在 21569 项国家标准中,采用国际标准和国外先进标准的有 10024 项,占 46.47%。其中采用 ISO 标准的有 5157 项,占 23.90%;采用 IEC 标准的有 2184 项,占 10.12%;采用 ISO/IEC 标准的有 319 项,占 1.47%;采用 ITU 标准的有 50 项,占 0.23%;采用其他标准的有 2314 项,占 10.72%。到“十一五”末期,标准总体水平将达到中等发达国家水平,采用国际标准比例达到 85%,基本建成重点突出、结构合理、适应市场需求的标准体系。

2. 标准对重点领域提供了技术支撑

(1)确保环境质量和控制污染排放。截至 2009 年 8 月,国家共有环境标准 1257 项,各地人大和政府制定的地方性环境法规和地方政府规章 1600 余项,已初步形成了适应市场经济体系的环境保护法律法规和标准体系。通过制定技术标准和立法,我国对环境污染开始由末端治理向全过程控制转变。技术标准成为 2009 年 1 月 1 日起施行的《循环经济促进法》的重要立法依据和执法基础。

(2)支撑清洁能源发展。1979~2008 年,由于技术标准的制定和大力贯彻,累计节约能源 13.8 亿吨标准煤,减少二氧化碳排放 31 亿吨。单位 GDP 能耗由 1978 年的 3.745 吨标准煤下降到 2008 年的 1.102 吨标准煤,与国际先进水平的差距明显缩小。2006~2008 年,因为达不到技术标准和降低煤耗的要求,全国共关停小火电机组 3421 万千瓦,淘汰落后炼铁产能 6059 万吨、炼钢产能 4347 万吨、水泥产能 1.4 亿吨。近年来,我国能源消费以年均 5.2% 的增长支持了国民经济年均 9.8% 的增长。万元国内生产总值能源消耗由 1980 年的 3.39 吨标准煤下降到 2008 年的 1.1 吨标准煤,按可比价格计算,年均节能率为 3.22%。

(3)推进邮电通信业发展。“十一五”期间,通过加快技术标准的研发和积极采用国际标准,包括提高标准的科技含量和竞争力,有力推动了邮电通信业的发展,使其成为推动国家工业化、信息化和建设全面小康社会的重要力量。到2008年年底,我国已建成世界上最大的邮政网络。电话网络规模跃升世界第一,电话用户数达到9.8亿户,居全球之首,互联网普及率超过全球平均水平;网络覆盖了31个省、区、市的所有地区和大部分乡镇,网络媒体使用率达到78.5%,电子邮件使用率达到56.8%,网上教育使用率为16.5%。

(4)技术标准在全面建设小康社会、走新型工业化道路中发挥着重要的推动作用。2008年高技术制造业增加值比2007年增长14%,高技术工业增加值占全部规模以上工业增加值的9.6%,高技术制造业规模已位居世界第二,其中计算机、移动通信手机、抗生素、疫苗等产品的产量位居世界第一。目前,支撑我国制造业大国地位的重要基础就是科技创新和技术标准的有机结合。

(5)技术标准促进了对外贸易规模不断扩大,质量不断提升。2008年我国进出口总值达到25616亿美元,比2001年增长了4倍多。2002~2008年,我国进出口总值以年均25.9%的速度增长,7年进出口产量合计10.5万亿美元。与此同时,在技术标准推动下,高新技术产品出口与进口的平均增速分别高达36.8%和27%,高新技术产品出口占我国出口总值的比重从2002年的20.8%上升到2008年的29.1%,进口比重从28.1%上升到30.2%。

3. 合格评定不断推进

目前已形成了相对独立、完善的认证体系,开展了电工产品安全、汽车用玻璃安全、机械产品安全、信息安全等10多项认证。截至2008年年底,已颁发涉及各领域的有效认证证书485166份。其中,有包括自愿性和强制性在内的产品认证证书251661份、各类管理体系认证证书179400份、依据国家标准GB/T 9001-2000/ISO 9001:2000进行的质量管理体系认证证书179351份。此外,围绕建设“两型”社会,推动节能、节水、可再生能源产品认证;围绕新农村建设、促进出口和保障食品安全等国家大局,积极推动食品农产品认证和卫生注册等工作,选取16个省市236家企业作为试点推动GAP认证。

4. 国防科技工业标准化取得成果

目前,国防科技领域共制定国家军用标准10000多项,行业标准约17000项,内容覆盖了军事和国防科技工业的所有领域。开展了战略导弹、歼击机、驱逐舰、机载雷达、轻型鱼雷、自行高炮系统等六类装备的综合标准化科学研究,并支持了新装备基本型的研制。按照标准化要与武器装备研制相结合的方针,将型号标准化工作贯穿于武器装备研制全过程,强化型号标准化工作的逻辑程序,加强型号标准化的条件建设和组织管理创新,包括:研究和实践了适合于军用标准及武器装备研制特点的标准实施模式,将武器装备通用化、系列化、组合化作为发展武器装备的原则和军用标准化的任务之一,制定了拥有自主知识产权、体现技术创新的企业标准约16000多项。

5. 学科研究的进展和最新科研成果

(1)2002年,科技部投资2个多亿的“重要技术标准研究”重大科技专项安排了104

项课题,并在19个城市和22家企业试点。共有近10个国务院直属部门、200多省市地方政府部门、800家科研院所和高校与企业、50多个行业协会、4000多名科研人员参与。其中,“中国技术标准发展战略研究”和“国家技术标准体系建设研究”经过3年多的努力取得圆满成功。其成果包括:中国标准战略研究总报告1部、支撑报告73部、国家技术标准体系建设研究总报告1部、支撑报告69部,合计420多万字。它对制订国家和各级政府的标准化战略产生了非常重要的影响,为构建新型国家技术标准体系奠定了理论基础。

(2)2007年,在财政部、科技部和国家质检总局的支持下,176个标准化科研项目通过立项。同年,开展了“关键技术标准推进工程”项目研究。该项目实现了国家标准的自主创新。2009年,中国仪器仪表综合技术经济研究所欧阳劲松教授、中国电子科技集团第十三研究所崔波高级工程师、信息产业部四所赵英高级工程师获得IEC颁发的“1906年大奖”。

(3)合格评定的科学研究取得新进展。国家科技攻关课题“消费类产品中有毒有害物质的认证评价技术研究及示范”荣获2008年度国家科学技术进步二等奖。国家“十五”科技攻关计划项目“认证认可关键技术与示范”项目圆满完成并通过验收,首次提出认证贡献率指标,将认证对推动国家经济建设和社会发展的作用具体量化,论证了认证认可是市场经济体制下一项基础性制度安排。针对生物安全实验室、资源节约、消费类产品等一些热点问题展开攻关,突破了一些技术瓶颈问题。由国家认监委牵头、25个行业部门共同参与的国家科技课题“国家检测资源共享平台”建设取得了阶段性成果。

(4)2007年,“中国计量学院标准化本科教育项目”在全球50多个国家选送的标准化教育项目中脱颖而出,荣获ISO首次颁发的“国际标准化组织的标准化高等教育奖”。

(5)自“三鹿奶粉”、“苏丹红”等重大安全事件发生后,标准化科研开始向农业、食品业、服务业以及资源节约与综合利用、安全生产等经济发展的重点领域倾斜,围绕经济建设和社会发展的突出问题,先后制定了相关领域的标准化发展规划,及时有效地解决应对突发事件标准滞后和缺失等问题,并取得突破性进展。

四、本学科国内外发展状况比较

2008年,中国正式成为ISO常任理事国。截至2008年年底,中国担任了19个ISO/IEC技术委员会和分委员会主席,31个ISO/IEC技术委员会和分委员会秘书处。到目前为止,以我国为主导提出或主导制定的国际标准草案已达203项,增强了我国在国际标准化领域的主导权和话语权。

截至2009年底,开通了中美、中英、中德、中澳新和中韩等跨国的标准信息平台。

虽然近年来中国的国际化地位日益提升,但在标准化基础、科研实力、国际影响方面,与发达国家还存在很大差距。目前,标准化已成为西方国家经济发展的重要技术支撑,同时也成为少数发达国家用来垄断市场,进而实施贸易战略的重要武器。发达国家的标准化发展已达到一个新阶段,在标准化的理论研究,特别是标准化与相关经济的研究、科研成果转化等方面尤为突出。此外,在标准研发和技术组织发展国际化方面也走在我国前面。这是中国标准化今后发展必须认真研究和积极应对的。

五、对本学科的展望

经过几十年的发展,中国经济发展创造了令世人瞩目的奇迹。现在,经过近年世界范围的金融危机,中国经济率先摆脱危机的影响。它不仅关系到加速增长,更关系到持续增长。简言之,就是提高增长的质量。标准化学科就此面临着新的热点和前沿领域。

2009年9月22日,胡锦涛主席在联合国气候变化峰会上郑重承诺:“争取到2020年,单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年有显著下降”。有关如何应对气候变化也将成为标准化学科研究的重点领域和课题。这不仅是中国,也是世界各主要发达国家今后标准化发展研究的重要方面。国际标准化组织对此高度重视,将2009年世界标准日的主题定为“标准应对全球气候变化”。

此外,还有低碳经济、纳米技术、网络经济等,都需要开展和建立新的标准化理论和方法的研究。以上这些方面都将是中国特色标准化学科发展和应用在今后取得重大进展的领域。

综上所述,中国标准化科学技术学科的建设,还有很长的路要走。要使这门学科在我国未来经济建设中发挥更大的作用,需要广大标准化科技工作者坚持科学发展观,积极进取,锐意创新。

第十二节 测绘科学与技术

一、引言

人类生活在地球上,其一切活动,无不与测绘信息有关。什么时间,什么地方,发生了什么事情,事发地点及其周围的环境发生什么变化,有什么关联,这些都是人们最为关心的问题。经济社会发展对测绘信息的需求也在迅速增长。当今世界各国都把加速信息化进程视为新型发展战略,因而测绘信息服务的方式和内容在国家信息化的大环境下发生了深刻变化,由此促进了测绘信息化的发展,推动测绘事业优化升级,充分发挥测绘在国家经济建设和社会发展中的作用,继而催生了信息化测绘的新概念,因此现阶段的测绘科学技术学科的发展现状和趋势,主要是以3S技术为代表的现代测绘技术作支撑,发展地理空间信息的快速获取、自动化处理、一体化管理和网络化服务,以此推进信息化测绘的建设进程。

为了贯彻落实党中央、国务院指示精神,推进测绘信息化进程,全面提高测绘保障能力和服务水平,2008年国家测绘局委托中国测绘学会组成课题组研究制订《信息化测绘体系建设纲要》(以下简称《纲要》)。《纲要》提出信息化测绘体系从学科和技术层面上说其近期建设目标是,建成较为完善的全国统一、高精度、动态的现代化测绘基准体系,现势性好、品种丰富的基础地理信息资源体系,基于航空、航天、地面、海上多平台、多传感器的实时化地理空间信息获取体系,基于空间信息网络和集群处理技术的一体化、智能化、自动化地理空间信息处理体系,基于丰富地理空间信息产品和共享服务平台的网络化地理空间信息服务体系。信息化测绘体系建设是当前和今后一个时期我国测绘事业发展的战

略任务。作为学科来说,其发展既要瞄准当今学科发展的国际前沿,更要适应我国信息化测绘体系建设的实际需求,为信息化测绘体系建设提供现代测绘理论、技术和方法的支撑。

二、近年来本学科的主要进展

(一) 卫星定位测量

1. 现代测绘基准建设

现代测绘基准,是确定地理空间信息的几何形态和时空分布的基础,是反映真实世界空间位置的参考基准,它由大地测量坐标系、高程系统/深度基准、重力系统和时间系统及其相应的参考框架组成。近年来我国现代测绘基准的建设取得了重要进展。基于现代理念和高新技术的新一代大地坐标系已进入实用阶段。经国务院批准,我国自2008年7月1日起启用“2000国家大地坐标系(简称CGCS2000)”,并规定CGCS2000与现行国家大地坐标系的转换、衔接过渡期为8~10年。关于我国的高程基准,除了建立新的一等精密水准网作为高程参考框架外,还可借助厘米级精度(似)大地水准面形成全国统一的高程基准。因此我国信息化测绘体系所要建立的现代测绘基准则是在多种现代大地测量技术支撑下的全国统一、高精度、地心、动态的几何—物理一体化的测绘基准。

我国“5.12”特汶川大地震将灾区原有维护测绘基准的国家平面与高程系统以及城市坐标系的控制点摧毁殆尽,已完全不能满足救灾、抢险和灾后家园重建的要求,为此国家测绘局编制了汶川地震灾后重建测绘保障工作实施方案,采用现代测绘技术,快速高效地恢复和建立了灾区应急测绘基准体系,为灾情评估、灾后重建规划和建设提供及时、可靠的测绘服务。

2. 全球导航卫星系统(GNSS)的组建

当今世界上全球导航卫星系统除美国的GPS和俄罗斯的GLONASS之外,现在正在建设的有欧盟的GALILEO和中国的北斗二代(COMPASS)。2008年欧盟通过了GALILEO的最终部署方案,标志着为期6年的伽利略计划基础设施建设正式启动。它分两阶段实施,即2008年至2013年为建设阶段,2013年后为正式运行阶段。2008年4月27日发射升空的第二颗在轨验证元素卫星GIOVE-B已开始轨检测。GIOVE之后下一步计划就是2010年发射4颗运行卫星,验证GALILEO太空与相关地面段的设备。在轨验证阶段结束,则将发射其余26颗卫星,部署一套具有完全运行能力的由30颗星组成的星座。中国的北斗二代导航系统已开始组建。2007年2月3日,北斗系统4号星发射升空,并正常运行。2007年4月和2009年4月,我国分别将第一颗和第二颗北斗MEO导航卫星送入太空。这标志着我国将开始由区域导航卫星系统向全球导航卫星系统建设的过渡。

3. 卫星定位技术的研究热点

网络RTK和精密单点定位技术仍是当前主要研究热点。尤其是利用网络RTK技术在大区域内建立连续运行基准站网系统(CORS),为用户全天候、全自动、实时地提供不同精度的定位/导航信息。这里主要研究其技术实现方法。现在比较成熟的方法有虚

拟基准站技术(VRS)、主辅站技术(FKP)以及数据通信模式等。由于当前出现了多种卫星和多种传感器导航定位系统,因此产生了多模组合导航和多传感器融合导航技术,前者如 GPS/GLONASS/GALILEO/BD 的组合导航,后者则是将 GNSS 同惯性、天文、多普勒、地形、影像等相融合的导航系统。它们都是按某种最优融合准则进行最优组合,实现提高目标跟踪精度的目的。

4. GPS/重力相结合的高程测量新方法

GPS 可测出地面一点的大地高,如果能在同一点上获得高程异常(或大地水准面差距),那么就可将大地高通过高程异常(或大地水准面差距)很容易转换成正常高(或正高)。这里的关键技术就是高精度、高分辨(似)大地水准面数值模型的确定方法。由于这种方法可以替代繁重的几何水准测量,因此要求(似)大地水准面数值模型达到同几何水准测量相当的厘米级精度水平。目前我国出现了一些新的(似)大地水准面精化理论和解算方法,并且用于实际解算的各种观测数据也要不断丰富。

(二) 航空航天测绘

1. 高分辨率卫星遥感影像测图

随着高分辨率立体测绘卫星数据处理技术突破,如今卫星影像测图正在逐步走向实用化。高分辨率遥感卫星成像方式在向多样化方向发展,由单线阵推扫式逐渐发展到多线阵推扫成像;更加合理的基高比和多像交会方式进一步提高了立体测图精度。通过获取大范围同轨或异轨立体影像,正引起地形测绘技术的变革。高分辨率遥感卫星数据处理技术的进展,主要包括高精度的有理函数模型求解技术,稀少地面控制点的大范围区域网平差技术,基于多基线和多重匹配特征的自动匹配技术等。基于现代摄影测量与遥感科学技术理论,融合计算机和网络技术,研制成功的高分辨率卫星遥感影像数据一体化测图系统 PixelGrid 已成为我国西部困难空白区 1:5 万地形图测图的主要测图技术,并广泛用于其他有关测图工程中。地面无控制条件下自由网平差技术还可以使大范围边境区域和境外地形图测绘成为现实。

2. 航空数码相机摄影测量数据获取

目前航空数码相机已逐渐取代传统胶片式相机,成为大比例尺地理空间信息获取的主要手段。我国自主研发的 SWDC 系列航空数码相机已经应用于我国基础航空摄影。该系统基于多台非量测型相机构建,经过严格的相机检校过程,可拼接生成高精度的虚拟影像,其大幅面航空数码相机的高程精度高达 1/10000。2008 年我国自主研发的另一个型号 TOPDC-4 四拼数码相机摄影仪试验成功,并应用于我国第二次全国土地调查。而在国外又推出了新型号的 UltraCamXP 和 ADS80 以及新的大幅面 DiMAC WiDE、RolleiMetric AICX4、中幅面 ApplaniX DSS439 和三线阵 Wehrli 3-DAS-2 等数码相机,其硬件性能进一步提高。在我国“5.12”汶川特大地震中,利用中型通用航空飞机搭载 ADS40 等数码航影仪,在中高空获取大区域影像,实践证明,POS 系统支持的高分辨机载三线阵数码相机具有很好的快速反应能力。

3. 轻小型低空摄影测量平台的实用化作业

轻小型低空摄影测量平台分为无人驾驶固定翼型飞机、有人驾驶小型飞机、直升机和无人飞艇等几种。由于其机动灵活、经济便捷等优势得到了迅速发展,并逐步进入实用阶段。低空摄影测量平台能够实现低空数码影像获取,可以满足大比例尺测图、高精度城市三维建模以及各种工程应用的需要。特别是无人机可在超低空进行飞行作业,对天气条件的要求较宽松,且无需专用机场,在“5.12”汶川特大地震灾害应急响应的应用中,展现出巨大的潜力。

4. 机载激光雷达技术的广泛应用

它是通过主动发射激光,接收目标对激光光束的反射及散射回波来测量目标的方位、距离及目标表面特性,能够直接得到高精度的三维坐标信息。与传统航空摄影测量方法相比,机载激光雷达技术可部分地穿透树林遮挡,直接获取地面点的高精度三维坐标数据,且具有外业成本低、内业处理简单等优点。目前机载激光雷达系统的硬件技术已经比较成熟,激光测距精度可达到厘米级。而其数据处理软件的发展则相对滞后,数据处理过程中的诸多算法和模型还不够完善,同时由于获取的点云数据为离散点,缺乏纹理信息,不易进行同名地物匹配和地面控制。现在一般在系统中集成了中小型幅面的数码相机或数码摄像机,将点云数据与影像数据进行融合,能够有效地提高测量精度和可靠性。

5. 数字摄影测量网格的大规模自动化快速数据处理

为有效解决海量遥感数据处理的瓶颈问题,将计算机网络技术、并行处理技术、高性能计算技术与数字摄影测量技术相结合,开发了新一代航空航天数字摄影测量数据处理平台,即数字摄影测量网格 DPGrid。该平台实现了航空航天遥感数据的自动快速处理,建立了人机协同的网络全无缝测图系统,革新了现行摄影测量的生产流程,既能发挥自动化的高效率,又能大大提高人机协同的效率。目前 DPGrid 已进入实用化阶段,满足了超大范围摄影测量数据快速处理的需要。DPGrid 在“5.12”汶川特大地震的抗震救灾影像处理中,在 110 小时内成功制作了 4000 余幅航空数码影像的 DSM 与 DOM 产品,为抗震救灾决策提供了现势资料。

(三) 数字化地图制图与地理信息工程

1. 地图制图的数字化、信息化与一体化

地图制图生产全面完成了由手工模拟方式到计算机、数字化方式的转变,构建了地图制图与出版一体化系统,特别是结合地理信息系统软件和图形软件,形成了以符号图形为基础的地图制图系统,以数字地图产品的生产为最终目标。而这种数字化地图制图的延伸则是信息化地图制图。它是以地理空间信息存储、管理、处理、服务的一体化作为一个系统,以提供地理空间信息综合服务为最终目标。

2. 地理空间数据同化与空间数据库的构建

地理空间数据同化是指将异构地理空间数据进行整合,为研究区域规律、综合规划管理、应急决策指挥提供统一的、高质量的地理空间信息服务。多源地理空间数据的不一

致主要表现在基准、尺度、时态、语义等的不一致,因此数据同化主要表现为不同数学基础、不同语义、不同尺度和不同同时态地理空间数据的同化,另外还有多源非空间数据与空间数据同化(通称为“非空间数据的空间化”)的问题,这是构建空间数据库首先应解决的问题。

目前我国已构建了 1:5 万比例尺空间数据库、各种比例尺的海洋测绘数据库、1:300 万中国及周边地图数据库、1:500 万世界地图数据库,另外正在建设中的还有大规模数字政府影像数据库和各省、区、直辖市的 1:1 万数据库以及各城市的基础地理信息数据库。这些数据库为数字中国、数字省区、数字城市等的建设奠定了坚实的基础空间数据框架。此外还深入研究了空间数据库的更新技术,有效地支持了数据库的更新机制,保持了其现势性和可用性。

3. 可量测的实景影像产品

在机动车上装配 GPS、CCD、INS 或航位推算系统等传感器和设备,在车辆行驶中快速采集道路及两旁地物的空间位置和属性数据,并同步存储在车载计算机系统中,经事后编辑处理,形成内容丰富的道路空间信息数据库。它包含了街景影像视频及其内外方位元素,将它们与一般二维城市地图集成在一起,生成众多的与老百姓衣食住行相关的兴趣点(POI),形成为城市居民服务的新的地理空间信息产品。

4. 基于网格服务的地理信息资源共享与协同工作

网格(Grid)是利用高速互联网把分布在不同地理位置的计算机组织成一台“虚拟超级计算机”,是实现信息资源共享和协同工作的一种计算环境。网格地理信息系统(Grid GIS)就是利用网格技术将多台地理信息系统服务器构成一个网格环境,利用网格中间件提供的基础设施实现地理信息服务器的网格调度、负载均衡和快速地理信息服务。网格地理信息系统对政府跨部门的综合决策,特别是应急综合决策尤其重要,无论用户在何种服务终端上都能为政府综合决策提供综合集中的地理空间信息服务和协同解决问题的功能。在“5.12”汶川特大地震中,利用灾区震前基础地理信息和灾后遥感影像,快速开发了抗震救灾综合服务地理信息平台,对灾区房屋倒塌、道路交通等基础设施损毁以及泥石流、滑坡、堰塞湖等次生灾害进行解释分析。

5. 基于“一站式”门户的地理空间信息网络自主服务系统

它是一个建立在分布式数据库管理与集成基础上的“一站式”地理空间信息服务平台,面向公众提供空间信息的自主加载、查询下载、维护、统计信息及其他非空间信息的空间化、公众信息处理与分析软件的自动插入与共享等一系列服务。这个新一代服务系统是基于网络地图服务和空间数据库互操作等新技术开发而成,将分布在各地不同机构、不同系统的空间数据库在统一标准和协议下连成一个整体,采用相同的标准和协议,进行互操作,使信息共享从数据交换提升到系统集成的共享。

(四)精密工程与工业测量

1. 基于卫星定位的工程控制测量

由于卫星定位具有速度快、精度均匀、无需站间通视、对控制网图形要求低等特点,已

广泛用于建立各种工程控制网,并且同高精度、高分辨率(似)大地水准面数据模型相结合,使工程控制网从二维发展到三维一体化建设,彻底改变了传统工程测量中将平面和工程控制网分别布设和多级控制的方法。

2. 城市 GPS 连续运行基准站系统的多用途实用化服务

城市 GPS 连续运行基准站系统是一个将空间定位技术、现代通信技术、计算机网络技术、测绘新技术等集成,并与测绘学、气象学、水利学、地震学、建筑学等多学科领域相融合的实用化综合服务系统,可为城市规划、市政建设、交通管理、城市基础测绘、工程测量、气象预报、灾害监测等多种行业提供导航、定位和授时等多种信息服务,实现一网多用。

3. 三维测绘技术的工程应用

三维测绘技术就是测量目标的空间三维坐标,确定目标的几何形态、空间位置和姿态,对目标进行三维重建,并在计算机上建立虚拟现实景观模型,真实再现目标。目前有多种三维测量仪器,其中三维激光扫描仪是近年发展起来的新型三维测绘仪器。

4. 精密大型复杂工程的施工测量新技术

近年来我国完成了许多世界建筑史上具有开创意义的建筑工程。这些工程建筑物造型独特,设计新颖,结构复杂,施工困难。因此针对这些建筑的施工测量必须开展一系列技术开发,创造出相应新方法,攻克大量施工技术难关。如在国家大剧院施工测量中研制了一套复杂曲面计算程序与放样、检核方法;在奥运建筑工程国家体育场“鸟巢”的施工测量中研制了超大型弯扭钢构件数据采集、三维拼装测量和高空三维定位测量等一整套测量方法;在国家游泳中心“水立方”施工测量中创造了空间无规则球形节点快速定位测量方法。这些新的施工测量技术和方法对提高测量质量、满足施工要求、保证施工周期等方面起到突出的保障作用。

5. 精密工业测量系统的建立与应用

工业测量已成为现代工业生产不可缺少的重要生产环节。工业测量的技术手段和仪器设备主要以电子经纬仪或全站仪、投影仪或显微投影仪、激光扫描仪等为传感器,在电子计算机硬件和软件的支持下形成三维测量系统,按其传感器不同分为以下几类:工业大地测量系统,工业摄影测量系统,激光扫描测量系统,基于莫尔条纹的工业测量系统,基于磁力场的三维量测系统和用于空间抛物体运动轨迹测定的全球定位系统等。工业测量系统归纳起来主要应用于众多工业目标的外形、容积、运动状态测量,现在工业生产流水线上产品的直径、厚度、斑痕、平整度等的快速检测,动态目标的运动轨迹、姿态等的测定。

(五) 海洋与航道测绘新技术

1. 海洋与航道中的卫星定位测量

在海洋测量中目前已基本摒弃了传统的无线电定位手段,大量采用 GPS 所衍生的各种形式的定位方式,要研究的问题也同陆地卫星导航定位测量相似。其中着手探讨将提

高定位精度后的北斗二代卫星定位系统的应用范围扩展到海上。研究的问题有:北斗二代卫星定位系统用于船只姿态测量的可行性。经仿真计算证明,利用北斗多频观测进行船只姿态测量具有很高精度和效率。另外基于 GPS 测速的基本原理,采用单点定位、无线电信标/差分 GPS 和 RTK GPS 等模式,研究运动物体速度测量的方法和精度,为声学多普勒海流剖面仪作业提供准确的位置信息。在航道测量中,GPS 定位技术的应用,根本改变了原来传统经纬仪测量的人工操作方式,保证了水上(特别是洪水期)测量的安全和效率。目前长江航道已全部采用空间定位技术,将 GPS 与测深仪结合进行水上测量,不仅极大提高了航道测量的生产效率,且成果精度高、质量好。

2. 海底地形测量中的水深测量

在运动平台上进行水深测量,由于受到测量船与仪器噪声、海况和测深仪参数设置等因素影响,导致异常深度和虚假地形现象,因此对单波速或多波速测深技术的研究,主要集中在提高测量效率和精度以及测深数据的处理。例如走航测线数据跳点的剔除;海洋表层声速对多波速测深的影响;序统计滤波估计检测海洋测深异常数据以及利用趋势面滤波法进行粗差标定等方法。采用这些方法可以消除不同水下地形测量的粗差,较好地保留真实水下地形信息。

3. 海洋与航道的遥感遥测技术

海洋与航道的遥感遥测技术的研究同陆地航空航天测绘技术相似。这里的研究主要集中在该技术在海洋与航道测绘中的应用。如水域界限的提取、海岸带监测、浅海障碍物探测、声呐图像处理、影像制图以及航道水下地形和水文因子的实时更新、助航标志的动态变化监测等。不同的对象则有不同的技术方法。例如采用基于 IKONOS 卫星影像的面向对象的信息提取技术,获取红树林、其他植被和非植被覆盖分类结果;依据合成孔径雷达(SAR)成像机理分析水下障碍物 SAR 成像数字物理模型,依此模型设计水下障碍物的通用仿真计算流程,由此模拟仿真水下沙波、沙丘、暗礁、沉船等典型障碍物。另外声呐探测及其图像分析与判读也是海洋测绘技术的重点研究方向之一。

4. 基于“数字海洋”与“数字航道”的测绘信息化服务

海洋地理信息系统是在海洋测绘、海洋水文、海洋气象、海洋生物、海洋地质等学科研究成果的基础上建立起来的面向海洋的地理信息系统。它是集合了 GIS、数据库和实用数字模型等技术,可以为遥感数据、海图数据、GIS 和数字模型信息提供协调坐标、数据存储、管理和集成信息的系统结构。要在海洋地理信息系统上实现海洋信息服务,还必须建立统一的海洋信息管理网络系统,在现有相关部门局域网的基础上,进行统一规划,实现网络互连,建立集成化的海洋信息服务门户网站,提供海洋信息的社会化、网络化的应用服务。同样为了提供航道信息服务,则必须建立“数字航道”。它是以航道为对象,以地理坐标为依据,将江河干流航道及相关的附属设施,以多维、多尺度、多分辨率的信息进行描述,实现真实航道的虚拟化、数字化、网络化、智能化和可视化的规划、设计、建设、养护、管理和综合应用。

三、结束语

当代测绘科学技术已从数字化测绘向着信息化测绘过渡,在其学科发展中呈现出知识创新和技术带动能力。它已形成为一门利用航天、航空、近地、地面和海洋平台获取地球及其外层空间目标物的形状、大小、空间位置、属性及其相互关联的学科。现代空间定位技术、遥感技术、地理信息技术、计算机技术、通信技术和网络技术的发展,使人们能够快速、实时和连续不断地获取有关地球及其外层空间环境的大量几何与物理信息,极大地促进了与地球空间信息获取与应用相关学科的交叉和融合。因而现代测绘科学技术学科的社会作用和应用服务范围正不断扩大。测绘科学技术学科发展到现阶段的信息化测绘,其本质就是要以创新的技术体系实现为社会提供实时有效的地理信息综合服务。

第十三节 烟草科学与技术

一、引言

烟草的人工种植、加工与使用具有悠久的历史,目前烟草及烟草制品作为一种特殊的消费品已遍及全球的每个国家或地区。

烟草学是应用基础学科的理论与方法,以烟草及烟草制品为研究对象的多学科交叉的应用研究学科,大体上可分为烟草农学和烟草工程学两个领域。烟草农学所涉及的学科范围主要有烟草育种、烟草栽培、烟草有害生物与控制、烟草调制等;烟草工程学所涉及的学科范围主要是烟草加工工艺、烟草化学、卷烟减害降焦、烟用香料、烟用材料、烟草机械与信息化等。

近年来,我国烟草学科得到了较快的发展,在烟草农学与烟草工程学的许多科学技术领域均取得重要突破,推动了烟草科学技术的进步与烟草经济的发展,并在减害降技术研究等领域获得了一批重大成果,为维护国家利益和消费者利益做出了较大贡献。

二、近年来本学科的主要进展

(一)烟草农学

烟草农业科技持续推进,烟叶质量明显提高,我国选育的烤烟品种推广面积从“九五”末的31.1%提高到2009年的80%左右,基本实现集约化育苗,病虫害统防统治面积积达35%以上,平衡施肥技术全面开展,密集烤房广泛应用,烟草农业机械化水平不断提高。主要进展有以下几个方面:

1. 烟草新品种选育和生物技术

实施了烟草育种工程,加大育种投入,实施了一批烟草育种研究课题,建立了较为完善的育种科研协作网络和种子产业化推广体系,新品种选育取得了突出成绩,种质资源平台建设、育种新理论与新技术、种子工程等取得了较大进展。编制了“烟草基因组计划方

案”、实施了烟草 cDNA 文库、烟草突变体库、分子标记遗传连锁图谱的构建等基础项目。在特色品种选育方面成效显著,最近 3 年通过全国或省级审定的优良新品种共计 26 个,并推广应用。进一步完善了烤烟、白肋烟品种试验网络,烟草种子基本实现了产业化。

2. 烟草栽培技术

实施了“中国烟草种植区划研究”重点项目,在充分掌握气候、土壤和烟叶质量状况的基础上,建立烤烟生态适宜性评价指标体系、烤烟品质评价指标体系和烤烟生态适宜性定量评价模型;利用 GIS 叠加技术、地统计学分析方法等现代区划研究方法手段,形成烤烟生态适宜性综合分区;形成烟草生态适宜性及种植区划 GIS,提供方便高效的检索方法,并提供部分辅助决策功能;提出了 5 个一级烟草种植区和 26 个二级烟草种植区以及我国烟叶生产优势区与潜力区的布局规划。该项目获得 2009 年度中国烟草总公司科技进步一等奖。

围绕烟叶质量,在全面推广品种更新、集约化育苗、平衡施肥、三段式烘烤 4 项技术的基础上,吸收借鉴国际先进技术,开展了优质烟叶生产技术的自主开发、区域特色优质烟叶开发、优化灌溉、适宜成熟度、烟田土壤质量的恢复和培育等现代烟草农业技术研究,初步形成了适宜我国生态条件的烟叶生产技术框架和技术标准。建设了一批优质烟叶生产基地和标准化生产示范区,部分产区的烟叶质量已接近或达到国际先进水平。

3. 烟草植保技术

我国烟草植保研究向生态水平、个体水平、细胞和分子水平发展,组织实施了一批基础理论性的研究项目,特别是在重大烟草病虫害发生、灾变规律、害虫与病原菌抗药性等方面的研究取得明显进步,信息技术和生物技术在植保研究领域得到广泛应用。全国烟草病虫害预测预报网络日趋完善,研发出烟草重大病虫害测报技术,制订了烟草病虫害测报调查技术规范,病虫害监测预警水平明显提升。以生物防治为代表的环境友好型病虫害防治技术取得较大进展,分离鉴定、筛选评价了大量优良生防菌株,优化了拮抗菌株的生产工艺,部分生物防治技术与产品已在烟叶生产中得到应用,取得了较好效果。部分天敌的保护和商品化生产日益成熟,并在生产中成功应用。病虫害综合防治总体水平显著提高。

4. 烟草调制技术

重点研制推广了燃煤温湿度自控型密集烤房并大量推广应用,开展了普通烤房的改进研究工作,使烟叶烘烤质量得到明显提高,节能效果显著,生产效率大幅度提高。我国烤烟调制的整体水平明显提高,密集烤房使用材料及配套设备有了较大突破和创新,烟叶成熟采收技术进一步提高,密集烘烤工艺指标进一步优化。同时,我国白肋烟和香料烟的调制技术也有了较大进步和发展。

(二) 烟草工程学

卷烟工业科技水平不断提升,核心竞争力明显增强。我国烟草化学领域的分析检测水平达到国际先进水平,卷烟工业技术装备水平总体上达到国际领先水平。主要进展有以下几个方面。

1. 烟草加工工艺技术与装备

我国烟草加工工艺技术与装备取得了较快发展,工艺理念进一步更新,关键技术取得突破,卷烟加工技术与装备水平明显提升。在造纸法再造烟叶、高速卷烟卷接与包装设备、气流烟丝干燥设备等关键技术上取得了较大突破,其总体技术水平已达到或接近国际先进水平。卷烟产品物理质量与原料消耗水平总体处于国际先进水平,质量及稳定性显著提升。到2009年,我国卷烟烟叶原料消耗降至36千克/5万支左右,卷烟焦油量加权平均值降至12.2毫克/支,卷烟烟气中的其他有害成分含量大幅度下降。

我国已研制开发出了10000支/分的ZJ112型卷烟卷制与滤嘴接装机组,该机组综合利用了现代驱动、控制、数据通讯技术,具有自动控制、检测、诊断故障、数据采集等功能,主要技术经济指标达到了国际同类产品的先进水平。研究开发出的ZB47型卷烟硬盒包装机组,生产速度为550包/分。该包装机组设备结构合理、技术先进,总体性能达到国际同类产品先进水平。

2. 烟草化学与减害降焦技术

组织开展了“卷烟危害性评价与控制体系建立及其应用”项目,发明了主流烟气的相物连续单口取样的吸烟装置、卷烟主流烟气中挥发性有机化合物的捕集装置、卷烟逐口抽吸捕集装置等烟气捕集新方法,建立了包括GC-MS法测定卷烟烟气中多环芳烃、MALDI-FTICR-MS法测定气相自由基及低分子量醛酮等5个分析方法的卷烟危害性识别体系;发明了卷烟烟气动物染毒装置和卷烟体外毒理学主流烟气暴露装置,建立了包括动物吸烟的急性毒性实验、鼠伤寒沙门氏菌诱变性试验(Ames试验)等6种卷烟安全性毒理学评价体系;确定了卷烟主流烟气代表性有害成分;建立了有害成分与毒理学指标之间的量化数学模型,构建了卷烟危害性控制方法体系。该项目成功解决了烟气复杂体系危害性评价与控制的难题,明确了卷烟危害性控制的主攻方向。该项目获得2009年度中国烟草总公司科技进步一等奖。

烟草化学已经成为我国烟草科学技术研究的重要学科领域,在烟草和烟气化学分析检测技术、烟草和烟气化学相关机理研究、烟草生产加工过程中的化学变化等方面开展了大量的研究工作,在许多领域取得了重大突破,获得了一批高水平科学技术成果,成果水平已跨入国际先进水平行列。加强了卷烟减害降焦技术研究,在应用生物添加剂、中草药添加剂以及其他类添加剂等降低卷烟焦油量和其他有害成分释放量等方面取得了一批高水平研究成果,部分成果已得到应用。

3. 烟用香料与材料技术

组织开展了“二醋酸纤维素浆液精细过滤及高密度生产技术研究”项目,该项目以扩大产量和稳定产品质量为主要目标,通过对非牛顿高黏度二醋酸纤维素浆液过滤进行了研究,建立了等效过滤模型,实现了浆液的精细过滤,反映过滤质量的丝束断头率降到了0.39次/吨产品以下;通过对浆液喷丝的系统研究,成功研发出高温闪蒸高密度二醋酸纤维喷丝技术,解决了喷丝粘连问题,有效改善了单丝截面的异形度,滤棒吸阻稳定性提高了12.5%;自主研发的YH02型卷曲机,在传动结构等方面比进口的CP-8卷曲机有了较大改进,生产环境得到明显改善,丝束卷曲的稳定性提高了39%,产能提高25%。该项

目获得 2005 年度国家科学技术进步二等奖。

我国针对烟用香精香料技术开展了大量的研究工作,在烟用香原料开发、调香及加香技术、香精香料的品质控制技术、低焦油低危害烤烟型卷烟的补香技术以及烟用香精香料的相关基础理论研究等方面取得了较大进展。在功能性滤棒、功能性卷烟纸的开发以及现代印刷、包装、防伪技术的应用等方面也开展了大量的研究工作,获得了多项突破性研究成果并推广应用。

(三)烟草信息化领域

以行业“卷烟生产经营决策管理系统”为代表的烟草行业信息化水平不断提高,信息化基础设施初具规模。卷烟销售网络建设整体推进,电子政务、电子商务、生产经营指挥决策系统等已得到广泛应用并在卷烟生产、经营、管理等方面发挥了重要作用。

(四)《烟草控制框架公约》(FCTC)方面

在关注消费者健康和履行世界卫生组织(WHO)推动的《烟草控制框架公约》(FCTC)方面,我国政府积极开展了履约工作,通过开展减害降焦技术与成果应用,促使我国卷烟焦油量和烟气中的有害成分含量大幅度下降。我国高度重视对烟草制品的管制工作,在《卷烟》系列国家标准(GB5606—2005)中规定了焦油量、烟气烟碱量、烟气一氧化碳量的技术要求、试验方法和检验规则。同时还提出了卷烟焦油最高限量标准与要求,使我国卷烟焦油量进一步下降。

(五)烟草行业创新体系与学科建设

近年来,按照烟草行业提出的科学布局、优化配置、完善机制、提升能力的总体指导思想,全面推进了技术创新、知识创新和技术服务体系,初步构建出布局合理、定位清晰、分工协作、运行高效的行业创新体系,为提高行业自主创新能力和科技整体实力提供了基础保障。同时,烟草学科建设也得到进一步加强,为烟草行业培养了一大批高学历、高素质的科学技术人才。

三、近年来本学科的主要进展

烟草科学技术的进步对推动我国烟草产业和地区经济的发展、保护消费者的健康和为国家或地区提供财政积累等都起着十分重要的作用。近年来,我国以减少吸烟或消费烟草对人类的健康的潜在风险、减少烟草产业对自然环境的不利影响以及降低加工成本、提高产品质量为主要目标,开展了大量的研究工作,大量的科学技术的最新研究成果以及高新技术在烟草农业和工业上得到成功应用。

1. 科研开发项目

当前国内烟草行业内单位年在研科研项目数量已达到 2000 项以上(2008 年为 2372 项)。年获得的通过成果评价的科技成果数量达到 800 项以上(2008 年为 838 项)。

2. 科技成果

自 2005 年来,在烟草行业内外广大科技人员的共同努力下,取得了一批高水平的烟

草科学技术成果。“二醋酸纤维素浆液精细过滤及高密度生产技术研究”项目获得 2005 年度国家科学技术进步二等奖。有 81 项成果获得国家烟草专卖局(中国烟草总公司)科学技术进步奖,其中“烟草平衡施肥技术试验与推广”、“制丝工艺技术水平分析及提高质量的技术集成研究推广”、“‘金攀西’优质烟叶开发”、“长沙卷烟厂特色工艺技术研究与应用”、“卷烟危害性指标体系研究”、“中国烟草种植区划”共 6 个项目获得一等奖。每年获得其他省部级科学技术奖励的成果约 20 项,其中“HS-LPME/毛细管 GC-TOF-MS 快速分析烟草复杂体系中挥发酸和挥发碱”获 2008 年度河南省科技进步一等奖。

3. 自主知识产权

2005 年以来,烟草行业内单位申请且已公开/公告的烟草技术类(具有推广应用价值且可在行业内推广)专利数量逐年大幅度增加,已从 2005 年的 159 件增加到 2009 年的 830 件,其中发明专利从 2005 年的 64 件增加到 2009 年的 378 件。截至 2009 年年底,烟草行业内单位共申请且已公开/公告的烟草技术类专利累计达到 2891 件,其中发明专利 1108 件,实用新型专利 1215 件,外观设计专利 568 件。2009 年,烟草行业内单位共获得授权专利总数为 575 件,其中发明专利 88 件。

4. 技术标准研究制订

2005 年以来,烟草行业共研究和组织制定(修订)烟草类技术标准 275 项,其中国家标准 51 项,烟草行业标准 224 项。另外,我国还在国际烟草类技术标准方面取得了突破。

5. 学术论文

烟草行业内单位年公开发表烟草类学术论文 800 篇左右,其中年均在国外期刊发表或在国际学术会议宣读论文 35 篇以上。

四、本学科国内外发展状况比较

从总体上看,我国烟草科学技术发展水平与国外先进国家相比,在个别学科领域已达国际先进水平,部分学科领域基本与国际先进国家同步,多数学科领域则有一定差距。如与美国、日本、欧盟等烟草科学技术水平领先的国家和地区相比,我国在烟草化学领域的分析检测技术,烟草种质资源收集、共享与种质分析评价技术,部分烟草加工机械的设计与开发技术、烟草基因技术等方面已达到国际先进水平,烟草加工领域的总体技术装备与烟草及烟气分析仪器设备水平则达到国际领先水平。

我国烟草科学技术的多数领域与美国、日本、欧盟等烟草科学技术水平领先的国家和地区相比仍存在一定差距,主要体现在:①基础研究开展较晚,研究领域较少且不系统,研究深度不够,对烟草科学技术规律认识不深,获得的科学发现很少;②虽然进行了较多的应用技术研究,但低水平重复研究较多,取得的能够直接应用的高水平成果少,在关键与核心技术领域尚未取得重大突破;③在卷烟尤其是低焦油低危害卷烟加香加料技术、高效率烟草农业机械等学科领域与国际先进水平差距明显,关键技术尚未取得实质性突破。

五、本学科的研究重点与发展趋势

我国烟草科学技术未来的发展方向仍将主要集中在尽可能地减少烟草消费对人类健

康的风险、尽可能地节约烟叶原料和提高卷烟产品质量等领域。今后一段时期内我国烟草科学技术的研究的重点领域主要是：

(一)烟草基因组计划

重点研究烟草重要性状基因文库的构建；大规模烟草基因组测序，构建高密度烟草遗传图谱和物理图谱；建立自主知识产权的烟草基因信息数据库；烟草重要性状相关基因定位；与烟碱、有害成分、主要抗性（抗病、抗虫、抗逆）、香气物质、主要矿物质吸收利用效率、烟叶成熟和烘烤特性等主要性状调控机制相关的功能基因克隆等。

(二)高香气低危害烟草新品种选育

重点研究高香气、低危害烟草种质资源筛选和评价；主要有害成分及有关化学成分遗传规律；主要致香物质和有害成分合成及代谢的相关基因；不同烟草类型、品种致香物质的差异和特性；综合运用多种育种手段选育高香气、低烟草特有亚硝胺、酚类和稠环芳烃等有害成分或其前体物的烟草新品种；高香气、低危害烟草新品种的综合评价等。

(三)特色优质烟叶开发

重点研究优质烤烟品质特色；烟叶品质与环境关系；不同产区烟叶致香物质形成的机理和调节技术；特色品种筛选；特色烟叶定向栽培及调制技术等。还应进行烟叶质量风格特色评价与定位研究、烟叶质量风格特色形成机理研究、区域特色优质烟叶彰显技术研究、特色优质烟叶规模开发及工业利用研究等。

(四)无公害烟叶生产技术开发

重点研究有机肥吸收机理及其与烟叶质量、重金属的关系；烟叶农残降解和转化规律；烟叶重金属转移规律；生物农药的研制和生防模式应用技术；无公害烟叶生产环境；无公害烟叶评价体系；无公害烟叶综合生产技术集成与推广等。

(五)基本烟田治理技术开发

重点研究基本烟田规划；基本烟田数字化表达及信息化管理技术；基本烟田土壤质量标准、指标量化表达和评价系统；基本烟田土壤质量调控；土壤和养分资源高效利用技术；不同质量类型区土壤质量保持与提高的可持续土壤管理系统与优化模式；基本烟田合理灌溉指标体系；水氮耦合效应及水肥一体化供应技术；典型烟田生态系统退化土壤质量恢复重建的关键技术及其集成示范；农田土壤质量监测和预警。

(六)卷烟增香保润技术研究

重点研究卷烟烟气化学成分与香味、口感特性的关系；卷烟增香保润机理；增香保润系统性配方技术、加工工艺技术；卷烟增香保润技术评价方法；卷烟香味补偿技术与新型保润技术的集成与应用等。

(七) 卷烟减害技术研究

重点研究卷烟烟气有害成分及卷烟危害性机理;进一步深化研究卷烟烟气危害性评价体系;降低卷烟烟气焦油量、一氧化碳、酚类、稠环芳烃、烟草特有亚硝胺等有害成分的减害技术;中草药添加剂应用技术;卷烟香味补偿及风格特征保持技术;降低卷烟烟气有害成分技术集成与应用等。

(八) 中式卷烟制丝生产线研制

重点研究制丝及打叶复烤主要工序工艺任务和质量目标;不同加工原理、加工方式对在制品及产品加工质量的影响;设备不同结构形式对在制品及产品加工质量的影响;影响工艺质量的关键设备控制参数和控制技术;工艺流程再造技术;设备改进及集成创新;引进设备消化吸收再创新;新技术和新型设备开发等。

(九) 超高速卷烟卷制、接装与包装机组研制

重点研究超高速卷烟卷制、接装与包装机组的设计技术;成套设备制造技术;自动化、智能化控制技术;在线质量检测、控制和处理技术。研制 16000 支/分卷烟卷制与接装设备和 800 包/分卷烟包装设备等。

第十四节 仿真科学与技术

一、引言

仿真科学与技术(以下简称仿真)学科是以建模与仿真实论为基础,以计算机系统、物理效应设备及仿真器为工具,根据研究目标建立并运行模型,对研究对象进行认识与改造的一门综合性、交叉性学科。

学科已形成独立的知识体系,包括:①由仿真建模理论、仿真系统理论和仿真应用理论构成的理论体系;②由模型、仿真系统、应用领域专业知识与技术综合而成的知识与技术体系;③由基于相似原理的仿真建模,基于系统论的仿真系统构建,以及被仿真对象全系统及其全寿命、全方位活动中仿真应用等三类方法综合而成的方法论体系。

学科研究包括:仿真建模理论与方法、仿真系统与支撑技术和仿真应用工程。其中,仿真建模理论与方法包括相似理论、仿真的方法论和仿真建模理论等;仿真系统与技术包括仿真系统理论、仿真系统的支撑环境和仿真系统构建与运行技术等;仿真应用工程包括仿真应用理论、仿真应用的可信性理论、仿真共性应用技术和各专业领域的仿真应用等。

二、近年来本学科的主要进展

(一) 仿真建模理论与方法

在仿真建模理论与方法研究方面,近年来开展了大量的研究,包括连续系统、离散事件系统或混合系统、复杂系统、智能系统、复杂环境、生命系统建模等领域的建模方法,在采用多智能体和基于网络建模技术等方面均取得了令人瞩目的进展,定量与定性相结合的建模与仿真也已在各个应用领域获得重视。

复杂系统建模与仿真是近年来国内外研究热点。其研究有两条主要有两种研究思路:一种是对以钱学森院士为首的一批中国科学家多年研究的“从定性到定量的综合集成方法”和“从定性到定量的综合集成研讨厅体系”的开放复杂巨系统研究方法;另一种是将复杂性科学的相关结论和研究方法应用到建模与仿真实践当中。在基于演化、智能科学的复杂系统的仿真/控制/优化、复杂系统的定性建模/仿真/控制/推理/可视化取得较大进展。对制造系统、社会经济/环境系统、能源系统、军事系统、医学中的复杂性问题、生态系统等领域中的复杂系统建模方法的研究广泛展开。

随着研究的深入,两种研究思路各自发挥独特优势又逐渐融合,对我国的复杂系统仿真研究已经产生重要影响。

(二) 仿真系统与技术

仿真系统与技术包含仿真语言、仿真软件和仿真支撑环境。

2008年,我国已研制成功由3万个处理器组成,每秒2百万亿次以上运算速度的超级计算机(曙光(5000)),可用于复杂大系统的仿真及预测。

并行仿真中的负载均衡和处理器的剖分技术、高效并行求解技术、分布式系统的实时仿真算法、定性仿真的算法和大系统并行算法的构造、理论及其并行效率等方面的研究取得较大进展和成果,开发出了一批面向行业和应用部门的高性能并行计算软件。数学函数库和特征值算法包PQR已走向国际市场;并行软件基础框架JASMIN和有限元支撑框架PHG已经得到了国内行业的认可。

已开展了各类建模仿真支撑环境与平台、大规模虚拟战场、综合自然环境建模与仿真、仿真网格/云仿真、仿真专用工具软件、嵌入式仿真技术等研究、开发与应用。

可视化与虚拟现实技术方面有长足进步,国内的输入设备主要关键技术和技术指标达到国际水平。复杂场景数据的实时绘制达到GB级;绘制系统的性能和质量方面达到甚至超过国际水平。360度裸眼三维显示装置已经达到(部分参数上超过)公开展出的国外同类设备技术水平。新一代大视场轻型透视式头盔显示系统优于国外已有专利。

载人航天、飞行、汽车驾驶、船舶、机车驾驶等各种运载系统仿真器发展迅速,部分产品和技术已经领先于国外;在石化、电站仿真器取得了国际水平的成果;军用训练模拟器在国际上形成了有影响力的产品。

自主开发了大量的体育仿真系统,如数字化三维人体运动仿真系统、帆板帆船训练仿

真系统、大型团体操演练仿真系统、数字化三维蹦床训练辅助系统、大型广场开幕式表演智能仿真编排系统等。

数字娱乐相关的仿真技术,如图形引擎、智能化人机交互、仿真的动作捕捉系统及设备、虚拟人情绪表现、实时群体性虚拟人动画实现、4D影片智能播放系统等取得了进展,游戏领域、数字影视领域、传统文化艺术领域等仿真也均得到广泛的研究和应用。

(三) 仿真应用工程

仿真应用已渗入到我国工程与非工程各个领域,并对我国经济、国防、科技、社会、文化及突发事件应急处理等方面做出了重要贡献。

在航空航天领域,仿真工程涉及飞机、无人机、战略地地导弹、战术地地导弹、地(舰)空导弹、飞航导弹、卫星、运载火箭、载人飞船等应用背景,从型号的可行性论证、方案论证、系统设计、飞行试验前的动态性能检验,到飞行试验后的性能改进、故障分析、统计打靶、鉴定及训练模拟等各个阶段。

在实施信息化与工业化融合发展战略中,仿真技术成为产品设计与工艺规划、生产过程调度的有效支撑手段。面向 CIMS(计算机集成制造系统),研究开发了一体化仿真系统、递阶控制仿真器、加工过程仿真器等支撑系统。提出了虚拟制造体系结构,建立了支持产品全生命周期制造活动的虚拟制造平台。深入开展了虚拟样机技术研究和应用,为我国的飞机、导弹、汽车、纺织机等产品更新换代、产品结构调整做出了重要贡献。

“南水北调”是我国最大的、也是最重要的水资源调配工程,“南水北调”仿真平台,对工程关注的重大问题进行了仿真计算和试验,对于工程运行和调度方案的预演和研究,投资合理性评估,水质环境分析和引水线路沿岸环境变化的分析研究,调水区和受水区环境分析和经济效益的分析等做出了重大贡献。

三、我国在本学科取得的主要进展

(一) 重大进展

1. 复杂系统仿真建模理论与技术

军事系统提出了较为完整的体系概念和明确的体系建模方法,进行了信息化战争模拟理论与方法创新性研究,以该项工作为指导的“国防大学战争模拟实验室工程”等获 2007 年度国家科技进步二等奖。

在生命系统建模与仿真领域,2002 年我国首例“数字化可视人体”研究完成,使中国成为继美国和韩国之后第三个拥有可视化人体数据集的国家,此外,“中国数字化人体数据集的建立”获 2007 年度国家科技进步奖二等奖。

2. 仿真计算机与软件

早在 20 世纪 80 年代我国研制成功银河全数字仿真计算机 YH-F1,90 年代研制成功了银河仿真 II 型计算机、银河超级小型仿真机。2003 年研制成功了基于通用计算机的 YH-Astar 高性能实时仿真平台,达到同期国际一流水平。

曙光系列高性能计算机实现了多线程机制和细粒度并行全对称的多处理机,浮点运算从峰值速度亿次、25 亿次到 230 万亿次,在石油、气象、科研、教学、国防、商务等领域的仿真中得到广泛应用。

3. 仿真支撑系统与技术

KD-HLA 仿真支撑平台、SSS-RTI 和 AST-RTI、TH-RTI 等 HLA 系列支撑软件,打破了国外仿真软件长期占据国内应用市场的局面。KD-HLA 已在军内外 90 多家单位的分布式仿真系统中得到成功应用,TH-RTI 为我国高速动车组的自主设计开发提供了有效的支持。

COSIM-GRID、联邦式协同设计/仿真/优化一体化平台 FIA/FEI 等在体系结构、系统功能、系统性能等方面均对 DMSO 1.3 有较大突破。

我国建成了基于分布式仿真技术的“综合防空多武器平台仿真示范系统”,及“基于武器平台模型的体系对抗仿真系统”,其成果获国家科技进步二等奖。

(二) 重大成果

1. 仿真器与训练仿真系统

自主研发的以大中型合成氨、大型乙烯和大型炼油三大主流生产装置为主的石化装置仿真培训系统(OTS),在国内已占据绝对的市场份额,部分产品已经出口。拥有完全自主知识产权的基于定性仿真技术开发的计算机自动 HAZOP 安全分析技术已在神华煤制油、百万吨乙烯、千万吨炼油等国家重大石化装备上进行了应用,并列入 2004—2010 年国家安全生产科技发展计划 100 项重点推广技术。

2008 年,我国拥有的电站模拟器跃居世界首位,95% 以上都为我国研制和开发,并达到世界一流水平。具有完全自主知识产权的核电仿真平台,在泰山、大亚湾核电站得到成功应用,摆脱了对国外核动力仿真技术和产品的依赖。

我国自主研制的世界上首套可模拟万结节点全国电网的全数字实时仿真装置(ADPSS),在快慢不同时间尺度暂态过程的联合仿真、大规模电网的实时仿真、外接物理装置及数字模拟的大电网仿真等多项技术上取得重大突破,获 2009 年度国家科学技术进步一等奖。

2. 航空航天仿真工程

国内首台全任务型第三代军机大型仿真系统,其空间立体视景技术处于国际领先水平,总体技术达到了国际先进水平,获国家科学技术进步二等奖。

国内首台“飞机飞行作战指挥综合仿真系统”具有空中加受油、空对空、空对地和空对海的仿真功能,还可以完成进行“人—机”、“人—人”的高层次、高智能的协同、对抗训练,获国家科学技术进步二等奖。

中国已研制、发射和成功运行了上百个航天器,包括各种卫星、载人航天的“神舟”系列的无人试验飞船和载人飞船,空间探测的“嫦娥一号”,其中,仿真技术已成功应用在航天器研制全过程。

3. 虚拟设计、虚拟制造和虚拟样机工程

20世纪90年代末,我国虚拟制造技术结合纺机产品结构调整的发展战略,成功地实现了剑杆织机产品创新的自主开发,实现了“两年磨一剑”跨越式发展,并获得2000年国家科技进步二等奖。

基于智能计算的产品概念设计与虚拟样机技术,成功应用于包括大功率柴油机新产品、特种车新产品、380吨D38型钳夹车及大秦线25吨重载货车新产品、铁路信号新产品、电动滚筒新产品的设计中,获得2006年国家科技进步二等奖。

2006年,基于虚拟样机成功研制出海底管道检测开发系统,可用于海底管道检测工程样机及研制、试验及定标,达到了国际领先水平,为海底管道维护提供了一套完整的多功能管线缺陷检测装置及技术,对我国海洋油气开发有着重大的现实意义。

4. 工程系统建模与仿真

材料成形过程建模方法研究成果获2007年度国家科技进步二等奖。水利水电工程地质仿真建模理论与方法研究成果获2007年度国家科技进步二等奖。紊流模型和有限体积方法研究,解决了几类典型的高坝水力学问题,其成果获2008年度国家科技进步二等奖。

5. 体育系统仿真和数字表演

大型广场开幕式表演智能仿真编排系统应用仿真与数字表演技术解决大规模的广场表演,大规模并行人群活动指挥控制,大规模人群紧急疏散,演员排练与演出等,为2008年北京奥运会、残奥会开闭幕式,2009年首都国庆60周年晚会和群众游行方案的制定提供了有力支持。

四、本学科的学术建制、人才培养及科研平台建设

(一)学术建制

1. 仿真学术共同体已经确立

1979年中国自动化学会系统仿真专业委员会成立,1989年中国系统仿真学会成立,2000年中国系统仿真学会加入中国科协,正式成为一级学会。目前中国系统仿真学会下设专业委员会及分支机构16个,正在筹备的4个,地方学会6个,每年都召开有影响力的各类学术会议。2002年开始,中国系统仿真学会与日、韩等国仿真学会每年组织召开一次国际仿真学术会议,2010年将扩大为亚洲仿真学会联盟。《系统仿真学报》、《计算机仿真》、《系统仿真技术》等学术刊物每年发表数千篇仿真技术论文,为仿真学科形成、学术水平的提升提供了学术交流平台。

2. 本学科的系统性和独立性已经形成

仿真在系统科学、控制科学、计算机科学、管理科学等学科交叉、综合中孕育和发展,并在各学科、各行业的实际应用中成长,逐渐突破孕育本学科的原学科范畴。其学科的系统性、独立性主要表现在:①研究的对象既可以是已有的现实世界也可以是设想的虚拟世

界。研究方法是按照仿真的需求进行建模,从系统性的角度考虑各因素的交连。②研究的内容是包括建立研究对象模型、构造与运行仿真系统、分析与评估仿真结果等三类活动的共性知识,已形成独立的知识体系。

3. 学科建设条件已经成熟

中国系统仿真学会从2004年开始组织相关领域专家对仿真学科的内涵、研究对象与研究内容,学科的理论基础、知识基础、方法论、学科结构、学科课程体系等进行了深入的研究与凝练,对国内外仿真人才的培养模式、社会对仿真人才的需求等进行了广泛调研。多次组织了相关学科的院士、知名专家、学者就仿真学科建设进行了专题研讨和沙龙论坛。

研究结果表明,仿真学科作为一级学科的条件已经成熟,仿真学会向教育部提交了“设置‘仿真科学与技术’一级学科的建议书”,建议在我国高等教育设置“仿真科学与技术”一级学科。

(二)本学科的人才培养

系统仿真学会组织对1998~2007年中国期刊网的中国博士学位论文全文数据库、中国优秀硕士学位论文全文数据库等进行检索,结果表明,近10年来,属“211”工程的107所大学培养的与仿真技术相关的优秀硕士生占14.2%,博士生占18.4%。属“985”计划的38所大学培养的与仿真技术相关的优秀硕士生占17.5%,博士生占25.1%,部分军队院校还设立了“军用仿真工程”本科专业。通过检索PQDD数据库,国内“211”工程107所及“985”计划38所大学总计培养与仿真技术相关的研究生数达18.8%,已经超过国际平均水平(13.6%)。

仿真广泛支持着各个学科的研究工作,调查结果表明其覆盖领域十分广泛,排在前十位的是信息领域、航空航天领域、工业领域、国防军工领域、基础科学研究领域、能源领域、农业领域、生命医学领域、交通领域与环境领域。

对8个省(市)16所高校近10年教师队伍及培养研究生抽样调查表明,从事仿真研究与教学的教授、副教授达平均24人/大学,已毕业仿真学科方向的博士平均36人/大学,在读博士平均22人/大学,已毕业的硕士平均116人/大学,在读硕士平均38人/大学,表明我国培养仿真学科人才的师资已具规模,正在培养的仿真学科人才已具规模。

(三)科研平台建设

各高等学校、科研院所建立了一批仿真研究与应用实验室和工程研究中心,它们体现了当前我国仿真学科研究平台的规模和研究水平。

国家级重点实验室或工程研究中心有大气科学和地球流体力学数值模拟实验室、电力系统及发电设备控制和仿真实验室、汽车动态模拟实验室、虚拟现实技术实验室、北京仿真中心、环境模拟与污染控制联合实验室、国家CIMS工程技术研究中心和经济领域系统仿真技术应用国家工程研究中心等。近年来共获得国家级和省部级奖励111项,发明专利7项。

属于省部级重点实验室或具有行业特色的实验室的有:北京卫星仿真中心、航海动态

仿真与控制实验室、航运仿真中心、国家电网仿真中心、北京邮电大学大规模系统仿真中心、体育系统仿真开放实验室、教育部计算机仿真和模拟系统工程研究中心、中石化燕山仿真培训中心。它们涉及航天、航海、航运、电网、通信、化工、体育、教育等重要领域,为各所属领域的快速发展和人才培养做出了重要贡献。

五、本学科的国内外研究进展比较

在仿真建模理论与方法方面,国内外研究的主体内容基本一致,在热点难点问题上,国内原创性成果还不够突出,复杂系统建模仿真实理论与方法的部分研究成果与国际水平持平或略有超前。

在仿真系统与技术方面,我国仿真系统理论的研究总体上处于国际先进水平,但软件工程的思想、方法和技术在仿真系统研究与开发中仍没有得到足够的重视,影响了仿真产业的发展。网络化仿真技术在我国已经取得长足进步,国内已经成功开发多个网络化仿真系统及支撑平台,在体系结构方面有所突破。我国虚拟现实(VR)技术覆盖了该领域的主要研究方向,但技术原创性与国外相比仍有较大差距。在服务化仿真技术方面我国的研究处于国际先进水平,但在标准和规范研究与制订方面有待加强。我国已成为继美国之后世界上第二个能够研制千万亿次超级计算机的国家,但高性能仿真技术领域的研究与应用水平我国与发达国家仍有相当差距。

仿真科学与技术已经成功应用于我国航空、航天、军事、医学、信息、生命科学、材料、能源、先进制造等高新技术领域以及工业、农业、商业、教育、交通、经济、社会服务和娱乐等众多领域的系统论证、试验、分析、维护、辅助设计及人员训练等方面,其成效十分显著、影响面大。但与国外相比,在应用广度、深度,以及社会对其认同的程度还有待加强。

六、本学科的发展趋势及展望

仿真已经发展形成了综合性的专业技术体系,成为一项通用性、战略性技术,并正向“数字化、虚拟化、网络化、智能化、服务化、普适化”为特征的现代化方向发展,有八个方面的研究与应用值得特别关注,即网络化建模仿真、综合自然/人为环境的建模与仿真、智能系统建模及智能仿真系统、复杂系统/开放复杂巨系统的建模/仿真、基于仿真的采办与虚拟样机工程、高性能计算与仿真、基于普适计算技术的普适仿真,以及嵌入式仿真。

仿真科学与技术将成为支撑我国发展的战略性技术之一,为我国走“科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化道路”,和实现我国可持续发展战略做出重要的贡献,成为支撑我国发展的战略性技术之一。为此建议:

第一,在教育部学科专业目录中增设“仿真科学与技术”为一级学科,以完善仿真专门人才的培养体系。

第二,进一步加强仿真科学与技术同应用领域和相关学科的融合。

第三,要重视仿真产业的发展,以改变国外仿真系统与技术在中国市场的主导地位。

第十五节 颗粒学

一、引言

颗粒是物质存在的普遍形态,涉及固、液、气三相,通常指固体颗粒,如各种开采出来的矿物、粉体材料、药物、尘埃(气溶胶)、纳米颗粒等。有时也泛指液体颗粒,如水滴(雾)、油滴、雾化浆料等和气体颗粒,如气泡、空洞等。颗粒可以是自然产生的,也可以是人类的生产和生活活动制造出来或制造过程的中间品。

颗粒学是研究颗粒的形成、形态、性能、运动和变化规律及其工程应用的科学,包括颗粒的表征与测量、颗粒的制备与处理、颗粒的流态化、超微颗粒、气溶胶以及颗粒技术在各领域中的应用。目前颗粒学已经成为一门跨理、工、农、医等多个领域的交叉性很强的技术科学,涉及包括能源、化工、材料、建材、轻工、冶金、电子、气象、食品、医药、环境、航空和航天等多个领域。

本文将主要以社会对现代颗粒技术的需求为导向,注重颗粒学的前沿研究及热点,以目前学会所属的颗粒制备与处理、超微颗粒、颗粒测试、流态化、气溶胶等5个专委会所涉及的研究、应用领域为支线,力求多方位反映颗粒学领域近年来的重大研究进展。

二、近年来本学科的主要进展

(一) 颗粒测试

1. 颗粒粒度测试设备生产企业快速发展

近些年,国际上与颗粒粒度、形状测量有关的技术及相关测试设备的发展较快。与之同步,国内无论是国产品牌的产业发展、还是新粒度仪的研发、或是基础理论的研究,均有了非常大的进步。目前国内粒度仪市场上,国产四大品牌:LS(珠海欧美克)、BT(丹东百特)、JL(成都精新)、Winner(济南微纳)已占据了80%的市场份额。激光粒度仪的研制已不再是单纯的模仿,而是从理论研究到仪器结构等多方面都有创新。2008年以来,三种新的国产粒度仪的研发成功,即光子相关谱仪,动态图像仪,超声谱粒度仪,标志着我国在研发新型粒度仪的工作中取得了很大的成功。除了相关仪器的生产制造单位,上海理工大学、华南师范大学、天津大学、钢铁研究总院、丹东仪表所等不少大学及科研院所都形成了较强的研发能力。

2. 一级颗粒标准物质的研发取得很大进展

粒度仪出厂前要刻度,批量生产时要进行定型检定、在日常使用中要进行校准,检定和校准都要采用持有证明书的颗粒标准物质,颗粒标准物质的研制,涉及材质(稳定性好)、定值水准(即量值溯源)、单分散性(分散度 $\leq 3\%$ 最好)、球形度(95%~98%)等指标。目前我国一级颗粒标准物质研发已取得很大进展,品种也越来越多,可以满足这一要求。

3. 制定粒度测试仪品质指标,推动统一标准的制定

中国颗粒学会联合有关计量部门于2005年和2008年先后开展了二次粒度仪量值比对活动,活动的目的是对目前应用面较广的粒度测量仪器,包括纳米/亚微米/微米级粒度测量、颗粒数量浓度测量类的仪器进行比对和全面评价,对实验室测量能力及仪器的主要技术性能如准确性、分辨力、重复性进行考察。活动结果显示,无论是国内生产的粒度仪,还是国外进口的粒度仪,第二次比第一次量值比对时产品性能有了长足的进步。通过量值比对,有利于在今后修订国标时,加入准确性、重复性和分辨率等定量指标。该工作在国际上已引起重视。

(二) 颗粒制备与处理学科

1. 物理法制备技术

在采用物理法制备粉体的生产、应用和设备制造,尤其是超细粉碎、分级设备制造方面进展较快,出现了一些新类型化、高效化的超细颗粒制备设备,具有自主知识产权或发明专利技术的数量也显著增加,研发了如各式改进型雷蒙磨、上下都带粉碎(刀头)锤头的改进型ACM机、新型多力场GYM亿丰磨以及一些有特点的试验定型新机种。以国内粉体业领先公司浙江丰利、无锡凯凯、上海世控、潍坊正远、江苏密友、上海化三等为代表的科技先导型企业,成功开发的高新技术产品,在一定程度上代表着我国颗粒制备设备的发展水平。国内外普通粉体超细加工技术水平的差距在减小,国产设备基本能够达到要求。激光法等先进技术制备纳米氮化硅粉体和各种金属纳米粉体已实现产业化生产,部分产品已经出口。

2. 化学法制备技术

颗粒的制备,特别是超细化的纳米颗粒的制备,已成为当今活跃的研究领域。我国科研人员不断探索化学法制备颗粒的技术,在国际主流杂志上发表了文章、跻身国际行列,同时还有一批研究成果获得了国家和省部委的科技奖励,为促进和发展颗粒制备技术和应用做出了贡献。如,清华大学李亚栋科研团队成功实现了贵金属、半导体、磁性、介电、荧光纳米晶与有机光电半导体、导电高分子及羟基磷灰石生物医学材料等、系列尺寸均一、功能纳米晶体的合成制备(*Nature*, 2005, 437: 121—124)。厦门大学孙世刚教授课题组首次高产率制备出具有高表面能的二十四面体铂纳米晶体催化剂(*Science*, 2007, 316: 732—735),被认为是纳米尺度催化剂合成的重大突破。北京大学刘忠范教授等人在单壁碳纳米管管径和手性调控生长方面取得突破(*Nature Materials*, 2007, 6: 283—286),该研究团队的《用于纳电子材料的碳纳米管控制生长、加工组装及器件基础》获2008年教育部自然科学一等奖和国家自然科学二等奖。

3. 粉体的表面改性

近年来我国以表面改性剂配方、表面改性工艺和设备为代表的无机粉体表面改性技术,特别是超细粉碎与表面改性一体化工艺、及纳米粉体的原位修饰或表面改性工艺方面,取得了显著进展。如,自2003年投入使用的SLG型连续粉体表面改性机改变了我国自20世纪80年代以来干法改性以高搅机间歇方式为主的格局,使大规模稳定生产超细

活性无机粉体成为可能,目前该机的工业应用已达 100 多台套。表面改性剂配方技术虽然仍与美国、欧洲、日本等发达国家和地区以及相关跨国公司差距较大,但由于企业研发投入的增加,取得了显著进展。

(三)超微(纳米)颗粒学科

我国在纳米颗粒的制备科学和在常规领域的应用已跻身于世界先进行列,我国许多科学家以凸显纳米效应为中心开展了纳米材料的可控制备和性能优化的研究,在基础和应用研究两个方面都取得了引人注目的成果。在纳米粉体制备方面,不但做到了尺寸和形貌可控,还发展了表面修饰、和纳米粒子组装技术,同时在纳米颗粒性能调控和优化等方面也取得了一些新成果。在环境污染物的痕量探测和治理、太阳能光电转化、储热放热和调控太阳光中的红外线以及温致变色、光致变色玻璃等建筑材料的纳米材料、取得了一批重要的研究成果,发展了一批能满足节能减排、绿色农业需求的矿物颗粒材料。这些成果意味着我国的纳米材料研究已步入为解决国民经济需求的新阶段。

微—纳靶向给药系统是现代医药学研发、创新的主要方向,也是目前新型药物产业化的核心内容,纳米中药的研发已成国际医药业的重点方向之一,我国在这些方面的发展也较为迅速,近些年来纳米中药专利申请数量名列国际前茅,少数项目已进入中试、甚至产业化。

(四)流态化技术

1. 基础和应用基础研究

我国的流态化科技的研究与应用处于国际先进行列:我国的快速流态化理论与技术、湍动流态化理论与技术、循环流化床理论与技术、旋风分离器理论与技术、流态化分选理论与技术、特别是多尺度理论与方法、散式化理论与方法等,不仅为我国的国民经济发展做出了重要贡献,且在国际学术界具有重要地位。流态化学科的开拓者、中国颗粒学会创始人郭慕孙院士 2008 年被美国化学工程师学会评为 20 世纪对化学工程最具影响力的 50 名科学家之一。由国内外 64 名科学家撰写的《流态化手册》2008 年出版,2009 年被评为“三个一百原创图书”,并获中国石油和化学工业协会科技进步一等奖。

2. 化工和石油化工领域的流态化反应器研究

长期以来催化裂化是我国的轻质油品生产中不可替代的核心工艺。近年来,由于催化裂化原料的不断重质化和劣质化,再加上日益苛刻的环保要求,要求催化裂化装置从更差的原料生产出更加清洁的轻质油品。以流态化技术为基础,我国在催化裂化工艺技术和装备技术两方面取得了重大进展,形成了一系列具有自主知识产权的新技术,如两段提升管催化裂化技术,辅助反应器汽油改质降烯烃技术,MIP 技术,FDFCC 技术等,有些出口国外。

3. 煤燃烧和气化等流态化过程的研究

在能源危机的大背景下,作为耗煤大国,我国的煤化工正在从低效率、高能耗的开端逐渐过渡到更合理的工业过程设计和技术集成。华东理工大学多年来开发的四喷嘴煤气

化技术,在中国乃至国际市场已占有重要的地位。循环流化床燃烧技术正在快速发展,多家单位先后投运了 35 t/h、75 t/h、130 t/h、440 t/h、670 t/h 等级、不同形式的循环流化床锅炉;开发了下排气旋风分离器循环床锅炉,以及具有自主知识产权的高温分离型燃煤循环流化床锅炉;开发了超低热值(<5 MJ/kg)的煤矸石/石煤循环流化床燃烧技术;开发了具有独立知识产权的水冷异型分离循环流化床锅炉;超临界以及超超临界煤燃烧技术也有了长足的发展。

煤化工的发展给流态化技术提供了新的发展契机,如开发了万吨级浆态床甲醇技术和一步法合成气制二甲醚技术;使用湍动流化床技术实现了甲醇制低碳烯烃(MTO, MTP)技术的工业示范;成功通过了利用多层湍动流化床技术的 3 万吨级 MTP 过程的开发。

4. 颗粒流体系统的数值模拟:多尺度方法

随着计算机技术的飞速发展和计算方法的不完善,数值模拟方法已成长为研究颗粒流体系统的又一主流手段。借助极值型多尺度方法实现不同尺度离散模型间的耦合,可以构建新型的多尺度离散模拟超级计算系统。基于此方法,中科院过程工程所研制了单精度峰值达千万亿次的模拟系统,该系统在造价、运行能耗和占地面积等方面,比相同能力的传统通用系统降低了 10 倍以上。目前应用此系统,已在国内和国际上开展了一系列具有重要科学意义和工业价值的模拟研究,并组织了多次多尺度讨论会。

(五)气溶胶学科

伴随国际气溶胶科学迅猛发展和我国气溶胶污染问题的紧迫需求,大气气溶胶研究呈现出蓬勃发展的态势,我国在气溶胶研究的各个领域均取得了长足进步。沙尘气溶胶的研究由于 21 世纪初我国北方沙尘暴的频发引起了广泛关注,并取得了一系列研究成果;碳气溶胶研究开展了诸多观测与模拟工作;先进的分析测试技术得到应用,在气溶胶的物理、化学和光学观测技术、仪器设备等方面逐步更新并与国际先进技术靠近;研究气溶胶的环境效应,如其对大气“灰霾”、空气质量的影响等已发表诸多研究论文;对气溶胶直接和间接效应的数值模拟有了较为深入系统的工作;关于气溶胶对人体健康影响的研究日益受到重视;关于超细粒子(几到几十纳米)的特征及形成机制方面的研究取得了一定的成果。

这些工作在国际著名的学术期刊上发表了数百篇研究论文,涵盖了气溶胶研究的所有主流期刊。这些高质量研究论文的发表促进了我国气溶胶科学的繁荣,使我国气溶胶研究水平逐步接近国际先进水平,同时也促进了高水平人才的成长,获得国内外广泛关注。如中国科学院地球环境研究所曹军骥等参加的对全球粉尘铁联系的综述工作 2005 年发表在 *Science* 上。中国环境科学研究院王玮研究团队等完成的“亚洲棕色云综合影响及我国应对战略研究”获得 2008 年环保部环境保护科学技术一等奖。清华大学贺克斌教授等完成的“大气颗粒物及其前体物排放与复合污染特征”获得了 2009 年度国家自然科学奖二等奖。

三、本学科国内外发展状况比较

我国的颗粒学学科尽管取得了长足的进步,但总体来说与国际先进水平相比还存在着较明显的差距,原始创新和源头创新的工作还太少。

(一)颗粒测试仪器方面

颗粒测试仪器方面,激光粒度仪的国产品牌在国内已经占领了主要市场份额,但就技术水平来说,国产装备在亚微米范围和宽分布样品测量上,和世界先进水平相比还有一定差距。动态光散射仪器的生产我国刚进入商品化样机研制阶段,而国外产品已有 20 年历史。在线测量方面,我国率先将光脉动法在线测量技术投入工业化应用,超声谱法国外在 10 年前已有产品,而我国尚无国产装备。与先进国家的同行相比,国内企业的差距主要表现为:①产品品牌影响力不够;②对某些特定的样品,仪器性能还有待改善;③企业的理论水平和研究能力不足;④未建立全球性的营销网,还不能在全球销售产品。

(二)颗粒制备方面

颗粒制备方面,我国物理法制备颗粒技术,尤其是设备研发和基础研究方面,与国外发达国家还存在一定的差距,突出制约行业发展的瓶颈问题主要有:①设备总体品种不多,实用新型专利多,发明专利少;投入市场的老机型、改良型多,独创型少;企业自身的知识产权不足。②技术起步较晚,企业规模偏小,缺乏竞争能力,抗击风险和外来竞争能力较差。③缺乏相应的国家标准和行业标准。④各行业的机械法制备颗粒粉体的所需能耗不清、所采用的设备与工艺不够合理,很少考虑设备的合理应用与工艺参数的优化、设备选型和配套的科学性,造成机械法制备粉体所需能量不够合理和有效,同时影响环境。⑤从学科发展看,还没有完整的学科体系。尽管涉及面很广,但是在国家各种相关重要的指南中(如国家自然科学基金等),粉体往往都被列在第三级主题中,对颗粒及粉体的基础研究资助不足。

(三)纳米粉体材料基础研究方面

在纳米粉体材料基础研究方面取得了长足的进步,包括一些原创性的工作,引起了国际的关注,但从工业化角度来看,特别如在电子信息、生物、医药以及新能源等领域的研究与国外尚有差距,缺乏在国际上的竞争力。纳米材料领域的基础研究和应用开发研究的脱节现象尚未很好解决,应用型企业少,应用技术大都属粗放型。从国家战略需求,纳米技术创新力度不够,例如结合 IT、IC 和纳米生物技术的专利所占比例较小。结合环境、能源、国家安全、食品和农业的需求,发展有针对性的纳米应用技术还未基本到位。

(四)流态化研究及应用方面

在流态化基础研究及工业应用方面,我国处于国际先进行列。但还有许多不足之处。如随着纳米技术的发展,纳米颗粒的流态化理论与技术成为流态化领域新的研究与应用热点,纳米颗粒的聚团与调控的理论与方法有待深入研究。流态化床反应器的工业放大

与优化调控一直是该领域的难题,关键是对流化床中的介观结构与传递与反应的关系缺乏深入研究以及对结构的优化调控缺乏有效的方法,需要作为重点科学问题予以突破,与先进的计算机模拟相结合,这一难题有望解决。

(五) 气溶胶的研究方面

我国气溶胶的研究尽管近年来取得了许多引人注目的进展,但与国际先进气溶胶研究相比仍存在较大差距,主要表现在先进分析仪器的设计开发、综合观测网络与数据同化技术,空间气溶胶观测技术(遥感卫星、航测飞机)等方面的不足。

四、本学科的展望和建议

(一) 展望

进入 21 世纪,颗粒学在信息、生物、新材料领域的涉足和渗透,使其在新的科学氛围和新的技术平台上与材料科学、化学工程、现代物理学、生物学、医学等学科出现了广泛的交融。颗粒的加工处理技术在不断地变化和升级,应用范围在不断地拓展,出现了可控溶解的缓释药物、延展性好且不易脱落的化妆品、高生物利用度的超微粉体食品、高纯材料的电子元件和各类能源材料等。使颗粒更加微细化、更具有活性、更能发挥微粉特有的性能是颗粒学及其应用技术的一个发展方向,近年来关于“超微颗粒”的研究开发就是沿着这个方向。通过表面改性或表面包覆,能够赋予复合颗粒及粉体:形态学的改善,物理化学物性的改善,力学物性的改善,颗粒物性控制,复合协同效应,粉体的复合物质化等特殊的功能。颗粒功能化与复合化的发展,为颗粒学的应用开辟了新天地,通过对颗粒的表面改性或包覆,赋予颗粒在形态学方面的改善和在物理、化学、力学等物性上的改善,达到了对颗粒物性的控制,提高了颗粒的复合协同效应,为提升颗粒复合物质的特殊功能提供了可能。颗粒学的这种发展趋势反过来又使人们以多尺度思想认识物质的结构,在可操控的颗粒尺度从微米发展到纳米之后,研究的方向正在向分子量级逼近,宏观世界和微观世界的界限逐渐模糊。

如何把纳米材料的研究更好的应用于国民经济的发展中,以及如何在关系科技发展的重要领域发挥纳米材料技术的优势是纳米材料研究的重要发展方向:①发展绿色能源技术需求的纳米颗粒材料,满足节能、低碳、减排领域的需求,重点发展高效捕获、储存和转化 CO_2 的纳米颗粒材料;②发展痕量探测和治理有机污染物和重金属纳米颗粒材料;③发展满足高效廉价海水淡化技术需求的纳米颗粒材料;④发展用于快速诊断疑难病症和靶向治疗的纳米颗粒材料;⑤以国家安全为导向,发展具有高选择性、高灵敏度满足防毒、防暴传感器需求的纳米颗粒。

流态化技术在经历了半个世纪的蓬勃发展后发生了新的变化。从基础研究角度,更倾向于向微观层次发展,以及在研究中开发更为先进的无干扰流场测试仪器,建立跨尺度反应流动的流体力学模型,实现大规模数值模拟技术,进而揭示真实反应器内的复杂多相流行为。从颗粒体系角度,鉴于超微细颗粒以及纳米颗粒的尺度效应,大力发展超细颗粒以及纳米颗粒的流态化技术和理论基础是对传统流态化领域的一个重要拓展,其特殊的

物理、化学行为也会给流态化带来新的学科重点。在工业应用领域,与国际的发展不同,石油炼制及相关工艺对新兴的流态化技术需求依然强劲,导致一批新的流化床反应器技术获得了工业的推广和应用。尤其针对重油、劣质油为原料的催化裂化过程,并满足清洁油品的生产需求。通过流化床反应器组合技术及新型流化床催化剂和操作工艺,实现炼化一体化过程。同时,由于石油能源危机的影响,流态化应用的重心逐步转向以煤和生物质为原料的热解、气化、燃烧等能源化工过程。另外,重视流态化技术在一些高耗能行业的技术创新重视,以最低的能耗和最小的环境污染提取有用的矿物资源是中国迫切需要解决的问题,典型的如钛资源、硅资源的利用问题。发展先进的流化床技术,如对一些强放热过程、有爆炸危险的过程等,利用流化床的传热和传质性能,替代现有的传统固定床工艺,实现高效率、安全、大型化生产。

气溶胶研究作为一个既有重要理论需求,又有紧迫实际应用需求的学科,伴随全球变暖的广泛重视,气溶胶及其对区域与全球气候的影响将成为突出的研究热点。新的观测手段,如无人飞机、多通道的地球观测卫星、高精度的实时气溶胶质谱仪等会得到开发与应用,黑炭、有机碳等气溶胶粒子在地球环境不同子系统中循环过程与机制研究也日趋重要。气溶胶对空气质量、大气灰霾、能见度降低等环境问题的贡献,以及气溶胶对人体健康影响研究将得到更为广泛的重视。我国独特的气溶胶环境将给全球科学家提供最佳实验场地和广阔的研究舞台,这将有利于国内学者在新一轮的研究中尽快追赶国际前沿研究、做出国际领先水平的科研成果。

颗粒学的发展将是在多学科跨学科研究的基础上,以技术综合与集成为标志,特别是纳米颗粒向各学科的渗透为特点的新技术平台的拓展。强化基础研究将始终是发展颗粒学学科的根本,新理论与观点、新进展与成果、新方法 with 工艺、新产品与性能、新技术与装备将是发展颗粒学的强大动力。

面对能源日渐枯竭、资源不断减少、环境严重污染,地球能否持续发展的紧迫局面,对于颗粒学及其应用技术来说,既是严峻的挑战,又是发展的机遇,其在环境治理、生态保护、资源循环利用、废弃物再生、节能省能领域中,具有不可替代的作用。作为一个交叉学科,颗粒学向上承接多种基础科学,向下链接着国民经济的多个领域,同时又渗透在各新兴的、交叉的行业中,其未来的发展,将会是开展为经济可持续发展提供物质保障,为加强资源的有效合理开发提供无害化使用、再生、循环利用的技术,为学科的自身发展进行科学的积淀。

(二) 建议

呼吁国内各级政府部门、学术界、企业界提升对颗粒学的重视。受计划经济以产品划分工业格局的影响,国内很难找到一个与颗粒学有着对应关系的工业领域,对颗粒学及其工程技术是共性技术在认识上还未统一,影响了对其的支持力度。国内目前对颗粒学的学科地位没有给予正确的评价,在我国现有的学科目录中,颗粒学是三级学科。在我国高等教育的专业目录中,没有颗粒学及粉体技术的一席之地。在我国当前的经济体系中,虽然颗粒学及相关技术无处不在,但是各领域或行业都从自己的角度出发对待这一学科及相关技术的研发,除支持力度不够外,还出现重复引进、重复开发、低水平徘徊的局面。建议国家相关部门

在修订学科目录时,给予颗粒学以应有的学科地位,重视并加强颗粒学的理论研究和相关的工程应用,加大该学科国际交流的范围和力度,支持颗粒学会的发展和扩充。

第十六节 惯性技术

一、引言

惯性技术是用来实现运动物体姿态和运动轨迹控制的一门技术,它是惯性仪表、惯性稳定、惯性系统、惯性制导与惯性测量等及其相关技术的总称。惯性技术涉及物理、数学、力学、光学、材料学、精密机械学、电子技术、计算机技术、控制技术、测试技术、仿真技术、加工制造及工艺技术等,是一门多学科交叉的技术,主要研究惯性仪表和惯性系统的理论、设计、制造、试验、应用、维护,广泛应用于航空、航天、航海、陆地导航及大地测量、钻井开隧道、地质勘探、机器人、车辆、医疗设备等,以及照相机、手机、玩具等领域,总之,敏感物体运动姿态和轨迹、定位和定向都少不了它。

惯性技术从最初的原理探究到如今的大量产品研发和应用,经历了漫长的发展历程,取得了迅速发展。以陀螺为例,从传统的浮子式陀螺发展到挠性陀螺、静电陀螺、激光陀螺、光纤陀螺、微机电陀螺等多个类型,在军、民两类市场的引导下,向着“缩减成本、减小体积、满足需求”的方向不断发展;利用卫星、星光、景象、地形、重力、地磁等外部信息,实现多传感器的智能信息融合,进一步提高了导航系统的精度,也使得惯性技术和产品在更多的领域得到应用和推广。

我国惯性技术的发展已有 50 余年的历史,从无到有,从弱到强、从落后到先进,取得了长足的进步,创造了一系列成绩;尤其是改革开放以来,惯性技术产品的需求快速增长,伴随着我国计算机技术、信息技术、微电子技术、新材料、新工艺等高新技术的不断进步,惯性技术产业迅猛发展,已成为最具活力的现代工程技术学科之一。目前,我国已经基本具备了研制生产高、中、低精度惯性仪表及系统的能力和条件,我国自行研制的各类惯性产品已经广泛应用于国防建设和国民经济的各个领域,由此构成的海、陆、空、天武器的精确打击程度越来越高。特别是载人航天工程的圆满成功、探月工程的顺利实施,标志着我国惯性技术的发展已经具有相当的水平。

本节主要阐述近年来我国惯性技术的发展现状和惯性技术在各领域的应用成果,分析国际惯性技术发展状况及我国在该技术领域与国际先进水平的差距,研究提出未来几年内惯性技术的发展趋势,为加强我国惯性技术学科发展提出建议、措施和策略。

二、近年来我国本学科的主要进展

(一) 惯性仪表技术

我国已经建立起完备的惯性仪表研究、试验、生产体系,在基础工业进步和发展需求牵引的共同推动作用下,仪表的精度、可靠性、稳定性、环境适应性得到了较大幅度提升。

以液浮陀螺、三浮(液浮、气浮、磁悬浮)陀螺、静电陀螺、动力调谐陀螺为代表的传统机械陀螺技术不断成熟;激光陀螺性能稳步提升,光纤陀螺技术快速发展;各型加速度计性能得到提高,产品系列更加丰富;微机电(MEMS)惯性仪表技术取得了迅速发展,工程化应用技术取得突破;先进惯性执行机构技术研究进展迅速,已经进入工程应用;通过提升惯性技术新概念、新原理、新技术、新方法的理论研究水平,以光子晶体光纤陀螺、微光机电陀螺、原子陀螺为代表的新型陀螺技术与国际先进水平的差距不断缩小。

(二) 惯性系统技术

惯性系统技术的研究重点主要集中在系统分析与总体技术、仪表应用技术、试验与仿真技术、标定与补偿技术等方面。在传统机械陀螺技术不断成熟的基础上,平台式惯性系统技术得到协调发展,关键技术获得成功突破,精度水平取得长足进步,形成了产品的系列化型谱;捷联惯性系统技术发展迅速,通过开展大量的基础技术研究工作,系统精度水平有了较大提高,激光陀螺捷联系统技术已经达到相当的精度水平,光纤陀螺的捷联系统技术也已进入工程应用阶段,MEMS 捷联系统技术正在重点研究突破;为提高惯性系统精度的陀螺监控技术取得突破进展,系统长期精度得到显著提升。

(三) 惯性基组合技术

我国惯性基组合系统技术发展与各种导航技术的发展紧密相关:卫星导航技术随着“北斗”系统的逐步建设而不断成熟;自主研发的惯性/地形辅助导航系统已获得成功应用;地磁测量和地磁导航技术发展很快;天文导航中的星体跟踪器技术取得突破;视觉导航在景象匹配技术方面取得进步,所有这些都为我国惯性基组合系统技术发展奠定了坚实的基础。

(四) 惯性领域测试技术与设备

在惯性领域测试技术方面,主要开展了惯性仪表的环境适应性测试技术研究、惯性测量装置(IMU)的分离标定技术研究、惯性系统的字标定及辅助信息标定技术研究等工作,在系统的故障诊断与状态实时检测技术方面取得了进展。在测试设备方面,目前我国已经具备研制包括各类转台、摇摆台、角振动台、线振动台、精密离心机、六自由度仿真设备、目标运动仿真设备、负载仿真设备、复合环境测试设备在内的所有惯性系统测试及运动仿真设备的能力。

(五) 惯性应用技术

惯性应用技术的研究进展集中体现在惯性仪表及系统自身的性能不断提高、惯性系统在不同应用场合下的环境适应性技术得到提升、惯性产品的应用范围不断拓展。目前,我国航海领域高精度惯性系统已经从液浮陀螺平台系统发展到静电陀螺导航仪;光学捷联惯性系统在航天、航空、陆用领域的应用数量进一步增加;以微机电惯性仪表为核心的微型惯性系统的应用技术取得突破;惯性产品在石油与地质勘探测量、机器人等领域的应用技术也得到进一步提升。

三、本学科国内外发展状况比较

西方发达国家代表了惯性仪表技术的国际先进水平,以陀螺技术为例,其传统机械转子陀螺技术在经历了包括滚珠轴承支承、液浮支承、气浮支承、磁浮支承、挠性支承、静电支承在内的多种支承技术之后,已经达到非常成熟的地步;光学陀螺技术经过40余年的发展也已经达到了鼎盛时期;微机电陀螺技术以其产品在成本、尺寸和重量等方面的潜在优势正在经历高速发展期;新型陀螺技术也已得到重点关注和大力发展。我国在惯性技术领域与上述国际先进水平相比还存在一定的差距,主要原因在于理论研究的深度和广度不足,基础工业条件上的薄弱以及对惯性技术发展规律认识上欠缺。具体到技术上,体现在以下几个方面。

(一)惯性仪表技术

我国的传统机械陀螺与国际先进水平之间的差距主要体现在仪表材料技术、超精密制造技术等基础工业方面,在技术的成熟度方面还有较大的发展空间。光学陀螺技术方面,国内在仪表精度、电子技术、仪表环境适应性技术、市场占有率等方面相对落后。国外的微机电惯性仪表技术进展迅速,批量生产的产品已经进入战术级应用领域,国内在这一精度领域的主导技术仍以动力调谐陀螺和光学陀螺为主,微机电惯性仪表在设计理论、制造工艺、集成电路技术、工程化技术等方面与国外相比还有相当大的差距;我国的微机电加速度计尚未开始广泛应用,机械加速度计在精度与稳定性方面也相对落后。惯性执行机构方面,国内在磁悬浮变速控制力矩陀螺技术、陀螺/飞轮一体化技术等方面与国外先进水平相比有一定差距。我国的半球谐振陀螺技术在仪表精度与稳定性、工艺技术等方面还落后于国际先进水平。在新型惯性仪表技术的基础研究上与国外相比也有差距。

(二)惯性系统技术

我国的平台式惯性系统技术在制造工艺水平、元器件稳定性、材料技术等方面与国际先进水平相比有一定差距,在系统的长期稳定性方面也有待提高。捷联惯性系统技术方面,我国需要在惯性仪表精度、捷联算法的实际性能、系统成本与体积、功能及可靠性等方面进一步提高。在陀螺监控技术方面,国内的相关研究起步较晚,在一些重点技术环节上与国际先进水平相比还有差距,应用领域也有待拓展。

(三)惯性基组合技术

我国惯性基组合技术与国际先进水平的差距主要体现在研究的原创性及工程应用方面,在各种辅助信息的测量获得、匹配理论、匹配算法等方面也落后于国际先进水平。目前,国内的惯性/卫星组合导航技术在系统的成熟度、新技术研究的验证和应用方面有待提高;在地磁导航的数据图精度、抗干扰补偿技术方面,在星光导航的星敏感器敏感芯片技术方面,在地形导航、视觉导航的应用技术方面,与国际先进水平相比均有一定的差距。

(四) 惯性领域测试技术与设备

惯性测试技术领域,我国在惯性仪表尤其是新型惯性仪表的测试方法和技术、误差来源与补偿等方面的研究上与国外先进水平相比还有差距;在惯性测量装置(IMU)与系统级的测试技术上,国内目前还主要集中在对分立标定方法的研究上,与国外的全参数一体化标定方法相比也有待提高。测试设备领域,我国在设备的角位置分辨率与测角精度、极限转速、大载荷高动态条件下的跟踪精度与结构刚性等方面落后于国际先进水平。

(五) 惯性应用技术

我国在惯性技术的应用方面与国际先进水平相比仍存在差距。在航天、航海、航空领域里,这种差距主要体现在惯性技术的应用范围、惯性仪表与系统的精度及可靠性、系统的体积与成本等方面;在陆用领域,国内在陆用惯性系统晃动及运动基座情况下的初始对准技术实用化方面,在系统的容错和故障诊断技术方面与国外相比有差距;在石油地质领域的高端惯性仪表技术方面有待提高;在机器人领域惯性系统的体积、长时间工作能力、精度和智能化等方面相对落后。

四、本学科的发展趋势及建议

(一) 本学科的发展趋势

当前,随着现代科技的高速发展,惯性技术也朝着高精度、高可靠性、小型化、应用领域更加广泛的方向迈进。经过多年技术发展和积累,我国的现代数学、现代物理学等理论基础学科以及材料科学、电子/微电子/计算机技术得到极大发展,零件的制造、装配精度持续提高,精确的测试、特性表征和标定手段日益丰富,这为我国惯性技术的进一步发展创造了良好条件。当前国内外惯性技术发展呈现以下趋势。

1. 惯性仪表技术

传统机械转子陀螺技术日臻成熟;激光陀螺与光纤陀螺技术仍将继续占据相当大的市场;微机电惯性仪表技术发展迅猛,进入中低端应用领域;加速度计精度与可靠性将进一步提高;新型惯性仪表技术研究步伐将明显加快,有望获得突破。

2. 惯性系统技术

尽管惯性系统的基本原理并没有随着应用领域的变化而发生改变,但是由于应用领域的不同,从系统角度来看,采用的惯性仪表以及实施导航所采用的方法也在不断发生变化。未来发展中,在特定领域,平台惯性系统技术仍将保留一定市场,但总的趋势上,惯性系统将逐步从平台技术转向捷联技术;以惯性技术为主的惯性/多信息组合导航技术向深度化、多样化发展;陀螺监控技术将在超高精度应用领域里得到广泛应用,仍是静电陀螺导航仪和高精度光学陀螺惯性系统进一步提高系统精度的发展方向。

3. 惯性技术领域测试技术与设备

随着惯性技术的快速发展,惯性技术领域测试技术与设备也将继续向前迈进。单表

级试验将更侧重于长期稳定性和重复性测试,大过载测试以及角动态测试。系统级测试则趋向于自标定和对准测试,以及复合环境测试;测试系统负载向大型化、综合化发展,台体向多轴(自由度)化发展,定位向更高精度发展,配套单元向标准化、组合化、系列化发展,速度范围向低速段和高速段扩展,动态响应向大加速度宽频带发展,伺服系统将由模拟控制向数字控制发展。

4. 惯性系统应用技术

从发展趋势上来看,海、陆、空、天领域里利用纯惯性或惯性基组合系统技术实现自主、隐蔽的远程精确打击的需求不会发生本质的改变。在航天、航空、陆用领域的导航制导系统中,光学捷联惯性系统的应用数量将进一步增加,以微机电惯性仪表为核心的微小型惯性系统将在导弹的制导、稳定与控制以及陆用导航领域得到大量的应用;在航海领域高精度系统已从液浮陀螺平台系统发展到静电陀螺导航仪,并进一步向高精度光学陀螺导航仪发展,辅助以重力无源导航技术;微机电仪表技术将使惯性系统的小型化、低成本和低功耗发展趋势更加明显,惯性系统的应用范围也将进一步拓宽,不再仅局限于舰船、飞机、火箭、卫星以及导弹,而是将迅速扩展到更多领域,特别是一些不以导航为主要目的惯性系统,其应用领域将非常广泛。

(二)对我国本学科发展的建议

惯性技术以自主、隐蔽、全天候、抗干扰的突出优点是实现运动体运动测量的理想手段,已成为航空、航天、航海、陆地导航及大地测量等领域不可缺少、无可取代的重要组成部分。惯性技术的地位如此重要,使其普遍受到世界上技术先进国家的重视。我国惯性技术也正在经历着一个变革、发展的重要时期,为此,针对我国的惯性技术发展提出几点建议:

(1)在发展思路上,强化专业技术引领作用,精心谋划惯性技术长远发展。为促进惯性技术又好又快发展,建议更加充分地发挥惯性技术学会的平台作用,进一步加强惯性技术发展的顶层战略谋划,提高对惯性技术需求的敏感性和预见性,更好地把握发展方向、优化产业布局。通过对技术发展基础、技术发展优势的分析与比较,明晰专业建设与发展的分工,强调专业间的深入协作,避免重复投入。

(2)在基础研究上,积极倡导自主创新,提升可持续发展能力。进一步加强基础研究,加大新型惯性仪表基础理论、材料、工艺、测试技术等方面的研究力度;要重点突破对国防、民生有重大影响的惯性关键技术;通过基础理论的原始创新推动技术创新,应重点在微光机电惯性仪表、小型高精度加速度计等项目上开展新概念、新原理、新技术、新方法等探索性研究,切实提升可持续发展能力。注重惯性技术与现代数学、现代物理学、材料学、微电子技术等基础学科的融合,定期、有计划地开展惯性技术与各类基础学科、领域人员的交流和研讨,推进现代基础学科研究成果向惯性技术应用的延伸,加强惯性技术应用对基础学科研究的牵引作用,在惯性技术对应的基础学科层面内做好自主创新、技术引进工作,形成多学科相互促进的良性发展格局。

(3)在技术发展上,加大瓶颈技术攻关力度,满足国防、民生的急需。本着“有所为,有所不为”的发展思路,加强微惯性仪表技术研究,满足各种低精度领域对微惯性系统的急

需;加强高精度加速度计技术研究,满足国防领域对纯惯性制导精度提高的需求;加强高精度光学陀螺及其系统技术研究,满足航天、航空、航海领域对长航时高精度的需求。

(4)在成果转化上,采取小步快跑的模式,加快工程应用步伐。在惯性技术基础理论研究方面,要充分发挥高校的理论优势,同时紧密结合工程化研制,推动基础理论研究的深度和广度;在工程应用技术攻关方面,要充分发挥惯性技术科研单位优势,集中力量,重点突破相关瓶颈技术,加速预研阶段成果的应用转化。同时在产品型谱上,规范研发与应用,促进产品的通用化、系列化和模块化。深入开展惯性技术指标体系论证工作,逐步建立必要的设计和使用规范,以有限的品种、规格满足多样化的需求,进一步降低全寿命周期费用。

(5)在人才队伍培养上,加强人才体系建设,完善评价、奖励、使用机制。强化校企联合,建立持续、良性的人才培养机制。国家建立专项人才培养基金,支持技术人员去国内外高校进一步学习,参与国际学术交流、培训,建立专项人才引入基金,积极引进海外高层次人才。建立一支高素质、高水平的人才队伍,培养国内惯性技术领域的技术带头人,成为在关键技术预研攻关、产品研制、生产战线上攻坚克难、取得突破性成果的领军人物。在队伍建设上,针对瓶颈技术,凝聚行业力量,集中力量办大事,集中全国优势力量,建立理论、设计、工艺、加工与应用多方互相配合、协调一致的紧密型联合攻关的专业技术队伍,形成有效运行机制,促进惯性技术发展。

(6)在成果评价上,尽快组建惯性技术测评中心,健全联合测评考核的长效机制。建立公平、公正、公开的测试平台,形成一套统一、规范、科学的评价体系,定期举行联合测试,客观反映技术发展水平,有效评价科研成果,加强技术交流,明确攻关重点,从全局的角度把握技术整体发展,有效激励研究工作的深入,促进关键技术的快速突破。

第十七节 风景园林

一、引言

风景园林学科是保护、规划、设计和可持续性管理人文与自然环境的、具有中国传统特色的综合性学科。它综合运用科学、技术和艺术手段来保护、利用和再造自然,创造功能健全、生态友好、景观优美、文化丰富、具有防灾避险功能的、可持续发展的环境,从而在物质文明和精神文明两方面,满足人类对自然的需要,并协调人与自然、人与社会发展的关系。

风景园林是改善城市生态环境,维护城市生态安全的主要因子。作为唯一有生命的绿色基础设施,它不仅关系着城乡生态系统和人居环境的改善,在物质文明和精神文明建设中具有不可替代的地位,而且是我国构建和谐、实现生态文明的重要基础。园林绿地在节能减排、增加碳汇、促进碳吸收方面所具有的优势,使其在“发展低碳经济”战略中居于不可或缺的地位。风景园林是文化与艺术价值的重要载体,我国拥有众多的风景园林世界遗产。随着人们对游憩休闲需求的增加,风景园林日益成为

人们亲近自然,开展各种文化、休憩和交往活动的主要空间,为改善群众健康和生活质量发挥着重要作用。

风景园林学科内容丰富,涉及环境生态、园林植物、规划设计、工程技术和文化等方面,是科技与艺术高度结合的应用型学科。1988年出版的《中国大百科全书》将园林学研究范围概括为传统园林学、城市绿化和大地景物规划三个层次,并明确将园林与建筑、城市规划作为三个并驾齐驱的学科。近年,随着实践领域的拓展,学科名称从“园林”逐步发展为“风景园林”,核心内涵未变,但研究领域与方向却更为丰富,研究内容更为综合。

二、近年来本学科的主要进展

(一)理论技术与实践取得长足发展

1. 风景园林历史与理论研究取得丰硕成果

围绕风景园林历史与理论开展了大量研究,尤其在中国古代园林通史、地方园林、园林文化与传统造园理论以及中国风景园林学体系等方面有所突破:①代表当前中国古代园林通史研究最高水平的两本巨著《中国古代园林史》和《中国造园史》正式出版,另一本经典之作《中国古典园林史》再次修订,系统性的中国近代园林史研究也取得明显进展;②围绕北京、洛阳等古都园林及特色私家园林的研究成为热点,清代“样式雷”也得到学者的关注;③关于名著《园冶》和中国传统园林的研究方兴未艾,文化成为新的研究视角;④有学者将目光转向整个中国风景园林学科体系的研究,深入探讨了学科定义、内涵外延、框架体系、发展趋势等。

2. 城市园林景观规划设计理论和技术水平显著提高

结合大量的城市园林景观规划设计实践,开展了众多实例研究,反过来,又极大地提升了规划设计的理论和技术水平:①在理论方面,研究主要包括“自然与文化融合观”及其相关的场地分析、生态设计、园林景观和特色文脉关系等,“绿色基础设施”及其内涵解析、政策框架、体系构建、实现途径等,“人性化设计”及其相关的人体工学、行为学、心理学、伦理学等;②在技术方面,开展了传统设计技术的整理和传承、生态设计、人性化设计、计算机辅助设计等技术研究和应用;③在规划设计实践方面,北京奥林匹克森林公园、杭州西湖综合整治和保护、颐和园耕织图景区的恢复重建、上海新江湾城生态保育与恢复等项目,在改善城市环境的同时,也集中展示了最新的规划设计水平。

3. 城市绿地系统规划地位和科学性明显提升

城市绿地系统规划是城乡风景园林发展的纲领性规划,也是城市规划中一项重要的专项规划。近年来,规划内容不断深化与完善,技术手段也不断更新:①研究强调,城市绿地系统规划应与城市总体规划和土地利用总体规划相衔接,坚持“绿地优先”的原则;②“景观生态安全格局”、“城市生态基础设施”等理论和研究,丰富了城市绿地系统的布局理论和实践;③生态学和景观生态学被应用于城市绿地系统结构和功能研究,城市发展和绿地建设的作用关系成为新的研究内容;④城市绿地指标体系不断完善,绿地评价的科学

性逐步提高;⑤遥感和信息化技术广泛应用于城市绿地系统规划的调查、分析,城市绿地分析和评价的综合性和整体性水平显著提升。

4. 风景名胜区规划及其研究稳步推进

风景名胜区规划及其研究从体系规划、总体规划和详细规划 3 个层次展开,呈现明显的综合性、多样性和复杂性特点:①体系规划主要在省域范围展开,明确了规划的任务、作用、特征和内容等,研究了省域内风景名胜区的发展时序、战略和结构规划、与城市总体规划等的协调。市(县)域风景名胜区体系规划也逐步展开。②总体规划研究强调可持续发展和协调发展,控制游客规模、节约资源、保护环境、维持稳定、区域协调发展、量化研究方法和“3S”技术逐步得到应用。保育培育规划、典型景观规划、环境影响评价等成为规划和研究的重要内容。③详细规划研究借鉴了城市规划的方法,探讨了控制指标体系的构成和控制方法。④作为一种特殊的规划类型,开展了风景名胜区灾后重建规划和研究。

5. 园林植物研究向广度和深度拓展

园林植物的作用受到重视和强调,相关研究向广度和深度拓展:①对中国古典园林和国外现代植物造景进行了分析,开展了生态型、节约型和近自然园林植物群落和造景,以及人居环境适用的园林植物筛选和评价研究。②开展了中国传统名花资源研究,建立了品种分类系统和种质资源库。利用常规育种技术培育了具有自主知识产权的新品种,分子育种技术应用日渐增多。城市园林植物多样性研究成为重要内容。③围绕重要、濒危园林植物的保存和繁殖、种质资源保存等,开展了个体、细胞和基因等不同水平的研究。④有关城市园林有害生物的可持续控制体系、古树名木的衰老机理和综合复壮技术等研究取得了不少进展。⑤园林植物对环境的生态改良和抗体效益受得关注,开展了保健型和环保型人工植物群落研究。

6. 风景园林工程与技术 在继承的同时创新发展

通过与现代技术的融合,风景园林工程技术更加丰富,手段不断创新,应对复杂工程的能力增强:①在继承传统造园技术的同时,新技术、新材料推陈出新。混凝土、钢结构、人工合成树脂等成功应用于古建施工和维护。体现多技术集成的大型土方塑造地形工程技术体系,玻璃纤维增强水泥(GRC)假山、生态驳岸、反季节施工、大规模苗木栽植等技术已基本成熟。②针对盐碱地绿化,工矿废弃地、垃圾填埋场和道路边坡等特殊生境的生态修复,立体空间绿化等开展了系统性研究,初步形成了相应的技术体系。③持续开展了人工湿地构建和水环境生态修复相关技术研究。④围绕节约型绿地构建,进行了地带性植物选育和群落构建、雨洪利用和节水灌溉,园林绿化废弃物资源化利用等研究。⑤一系列照明、铺装、防护等新材料和新技术,以及专用施工机具在施工得到推广应用。

7. 园林绿地功能与生物多样性保护研究备受关注

园林绿地功能持续受到业界关注,生物多样性保护也是研究热点之一:①采用定性、半定量和定量等方式,对园林绿地的改善小气候、净化空气、降噪吸尘等功能,开展了大量评价研究。②结合量化数据,分析了园林绿地与城市热岛的关系及其变化趋势,提出了园

林绿地的合理面积和布局建议。③开展了园林绿地应急避险功能调研,结合城市防灾避险要求,开展了园林绿地分级、布局和规划等研究。④开展了城市生物多样性调查,数据资料整理,现状分析和评价、保护政策、规划等研究。⑤城乡生态、景观的保护与修复受到广泛关注,研究涉及政策体系、规划技术和保护策略等。⑥城市园林与低碳生态城市关系成为最新研究课题,研究从城市区域(宏观)、城市内部(中观)以及建筑区域环境(微观)三个层面展开。

8. 自然和文化资源保护与利用在探索中推进

集中开展了遗产申报和概念解读、资源保护、价值分析、环境伦理、资源要素分析、数字化管理、旅游开发等研究:①遗产资源保护管理研究越来越注重多学科融合,逐步显现将各类遗产作为整体进行研究的趋势。对遗产的“突出普遍价值”作了进一步论证,追踪分析了遗产的概念及其演变过程。更加关注遗产的公共资源属性,强调政府管理公共资源的角色,对遗产地旅游承载力、环境和管理问题、保护体系等进行了研究。②持续开展了风景名胜资源保护、旅游发展与游客管理、城景协调、景区运营管理、法制建设等研究,提出了风景名胜区体系的概念和保护思路。③开展了风景名胜区监管信息系统、动态遥感监测和数字旅游示范等研究。

9. 风景园林经济管理成为重要研究内容

探索行业管理理论,总结成功经验,构建科学高效的管理体制,完善法规、政策和标准体系,是当前风景园林经济管理研究的主要内容:①从多角度分析和论证了风景园林的社会公共属性,及其对经济、社会发展的推动作用。②管理体制研究涉及政府职能转变、职能转移,社会组织作用发挥和公众参与管理等。机制研究着力探讨市场对行业资源配置的作用、机构研究涉及政府和行业管理机构的设置、职能界定等。③行业法规、政策和技术标准制定取得较大进展。④就风景名胜区和园林绿地的管理和运营模式进行了积极探索。⑤建设市场和企业管理水平有所提升,成为行业健康发展的重要保障。

(二) 专业教育迅速发展,人才队伍逐步壮大

我国风景园林教育发展迅速,学科和专业点快速增长,分布院校范围不断扩大,已形成了多层次、宽领域的人才培养体系。截至2009年底,我国在166所高校内开设了184个本科专业点,在61所高校和研究机构内开设了151个学科点,在347所高校内开设了439个高职、高专专业点(截至2006年年底)。与此同时,教学和科研条件得到明显改善,教学工作取得一定成绩。2002年以来,我国学生获国际风景园林师联合会(IFLA)举办的国际大学生设计竞赛各类奖项共15个,其中一等奖5个,占全部一等奖数量的63%,受到国际同行的广泛赞誉。

随着专业教育的发展,风景园林人才队伍逐步壮大,为风景园林事业发展提供了有力支撑。风景园林学科领域现有中国工程院院士3人,植物品种国际登录权威2人,入选国家百千万人才计划1人。风景园林从业人员已达到相当规模。

三、本学科国外发展现状与趋势

(一) 国外本学科发展的现状特点

近年来,国外风景园林学科的发展充分体现了人们对自然的向往和对精神世界的追求。发达国家的风景园林行业在政府引导、企业参与、专业人士指导以及公众参与上,积累了丰富的理论和实践经验。现状特点包括:①法制引导并规范实践;②注册风景园林师制度是学科发展的基础;③科研与实践密切结合;④历史保护与可持续发展并重;⑤多学科团队合作增多;⑥高质量的管护水平;⑦精湛的施工技术。

(二) 国外本学科发展研究热点和发展趋势

国外风景园林学科研究热点包括:①生态规划与设计;②应对气候变化;③生态节能环保工程技术;④城市生物多样性和植物应用;⑤棕地改造与利用;⑥生态绿地系统建设。

其发展趋势可概括为:①更加尊重自然;②强调遗产保护;③关注环境保护;④凸显艺术和特色。

四、对本学科的展望与建议

(一) 本学科发展的战略需求

风景园林学科的发展与国家的发展、社会的需求息息相关,以传统园林学为基础,加强与相关学科的融合、相互借鉴,必将成为推动我国风景园林学科发展的战略需求。

学科发展战略主要包括:①促进人居环境学科体系建设,突出风景园林专业特色;②关注经济社会和人民群众需求,发挥风景园林的社会作用;③应对国家生态环境建设要求,强化风景园林学科研究;④促进精神文明建设,创造风景园林艺术精品;⑤推进节约型社会建设,探索中国风景园林学科发展新思路;⑥汲取当代科技新成果,提升风景园林学科整体实力。

(二) 本学科发展目标与未来发展趋势

围绕自然资源与人文资源保护,建设生态健全、景观优美、文化丰富的人居环境等任务,深化理论研究,提升科技水平,优化体制机制,加强人才培养,不断完善具有中国特色的风景园林学科体系。

学科近期的发展方向主要包括:①深化理论研究;②加强风景名胜区和遗产资源保护利用研究;③开展宜居城市背景下的园林绿化研究;④推进节约型园林建设研究;⑤深化园林植物研究;⑥开展新技术、新材料应用研究。

(三) 本学科发展策略措施

针对当前科研力量不足,基础性研究薄弱,法律法规不完善等问题,我国风景园林学

科发展的策略措施应包括:①理顺风景园林学科体系;②重视科研规划,强化基础理论研究;③开展专业教育的评估,加强人才培养;④理顺体制,建立稳定的风景园林人才队伍;⑤开展风景园林立法研究,推动政府科学决策;⑥加强各类学术交流平台建设。

第十八节 畜牧兽医科学

一、引言

畜牧学和兽医学是与民生息息相关的两个独立的农业学科门类,也是生命科学的重要组成部分。在社会发展中,畜牧兽医科学为畜牧产业进步提供了有力的技术支撑,为公共卫生安全发挥了巨大的保障作用,为生命科学研究提供了宽阔的试验平台。随着现代科学技术的发展,畜牧兽医科学技术也在不断地进步,科技进步又推动着畜牧产业的变革,促使畜牧产业生产水平和竞争力的提升。作为食物供应不可或缺的一部分,动物源性食品安全问题成为社会关注的热点;作为人类健康不可忽视的一部分,人畜共患病的预防控制问题成为社会关注的热点;作为全球气候变化影响因素的一部分,畜牧养殖与环境保护问题又成为社会关注的热点。这些热点已经跨越国界,成为全球性关注的话题和畜牧兽医科技工作者的研究热点。进入 21 世纪,畜牧兽医科学面临着前所未有的挑战和机遇。

二、近年来本学科的主要进展

畜牧学和兽医学是应用学科,面向国民经济与社会需求相结合、应用高新技术与传统技术相结合展开研究成为学科研究活动的最显著特征。

(一)动物遗传育种

在动物遗传育种研究方面,其前沿领域呈现出以分子水平为主,细胞、个体、群体和生态水平相结合的特点。近年来,构建了一系列研究平台和材料库,解析了畜禽品种的生长、胴体、肉质、毛皮、产奶、繁殖力、抗病力、抗逆性等重要经济性状和生物学性状的基因组;开展了转基因、体细胞克隆与继代克隆、生物反应器、胚胎干细胞等方面研究;相继克隆出了牛、绵羊、山羊、猪、水牛;研制出了人 α -乳清白蛋白转基因奶牛;在家畜干细胞系的建立、干细胞多能性与潜能性的基因调控、克隆动物异常发育的调控机制等方面也取得了重要进展。常规育种进展可喜,2008~2009 年农业部共审定通过了 21 个培育的畜禽新品种和配套系,组织鉴定畜禽遗传资源 80 个,经国家畜禽遗传资源委员会审定通过。李宁院士主持的“鸡分子标记技术的发展及其育种应用”和康相涛教授主持的“中国地方鸡种质资源优异性状发掘创新与应用”,分别获 2009 年度和 2008 年度国家科学技术发明奖二等奖。

(二)动物繁殖

在动物繁殖研究方面,提出了 FSH β 亚基基因、雌激素受体(ESR)基因是猪高繁殖力

的主效基因。获得了小鼠、山羊、牛、猪等动物的类胚胎干细胞,建立了转基因技术和常规奶牛繁育技术相结合的转基因奶牛快速扩繁体系。多种动物的胚胎移植、胚胎冷冻、体外受精、胚胎分割、胚胎和体细胞核移植、性别控制等技术获得成功,具备了大规模生产性控奶牛精液和胚胎的能力。利用胚胎移植技术,扩繁纯种肉羊、繁育高产奶牛、培育超细毛羊等。马鹿、梅花鹿和狐狸等经济动物的胚胎移植也已成功。

(三) 动物营养

在动物营养研究方面,建立了评定猪营养物质消化率的透析管体外评价方法,研发了猪及羊肝门静脉、颈动脉、回肠肠系膜静脉血管插管技术和肝门静脉超声波血流量计安装技术。采用基因组学、蛋白质组学和代谢组学技术手段,建立了猪营养相关组学技术。克隆了一系列猪肾脏与肠道磷、氨基酸转运载体基因,并研究了相应的发育规律。揭示了猪宫内发育迟缓影响新生仔猪小肠功能的分子机制。开展了家禽营养需要与代谢调控研究。研究了营养素和代谢调控剂对家禽品质性状的影响,建立了定量评定家禽品质性状的新参数和新方法。系统研究了饲料中营养素及添加剂对家禽免疫功能的影响。根据鸭消化生理特点建立了饲料代谢能测定方法,测定了我国 40 种鸭常用饲料原料的代谢能数据和常用饲料原料的氨基酸消化率。开展了反刍动物有关蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质和维生素等养分的研究,在瘤胃代谢与调控、瘤胃微生物分子生态、营养与环境、营养与健康等领域的研究,取得较大进展和一些实用性技术成果。水产动物营养研究重点是常规淡水养殖鱼类的蛋白质利用与代谢、营养物质与机体抗氧化能力和免疫抗病力关系等。饲料添加剂研究领域活跃,目前我国研制生产的饲料添加剂达到 261 种,2008 年至 2009 年农业部批准了 8 个新饲料添加剂上市。李德发教授主持的“猪健康养殖的营养调控技术研究及示范推广”、印遇龙研究员主持的“畜禽氮磷代谢调控及其安全型饲料配制关键技术研究与应用”和李爱科研究员主持的“蛋白质饲料资源开发利用技术及应用”,分别获 2008 年度和 2009 年度国家科学技术进步二等奖。

(四) 家畜环境卫生

在家畜环境卫生研究方面,温热生理研究领域在热应激、冷应激和环境适应机制方面研究有了长足进展,如高温应激初期的损伤和持续期中的修复问题,环境应激对营养代谢的影响,低温应激对机体的影响,奶牛耐热指标和营养、中药调控热应激添加剂,奶牛、繁殖母猪和产蛋鸡等耐热指标的判定标准,不同环境对畜禽健康的影响等。家畜行为学研究内容日益丰富,如规癖行为、运输应激、动物福利的研究,尤其是动物福利日益为国内学者所关注,开设了相关网站和出版了有关书籍以普及和交流有关知识。畜舍环境改善与调节的研究不断拓展,如光照制度对禽类产蛋的影响,畜舍通风换气、畜舍结构和饲养模式对生产性能的影响,利用塑膜大棚的温室效应、黑色遮阳网的冷却效应调节畜舍温热环境,采用微缝地板改善舍内空气,研究 NH_3 控制模型等。“发酵床”的推广引起学者的关注并开展了一些实用性研究。粪污处理及对环境影响研究日趋重视,陈英旭教授主持的“畜禽养殖废弃物生态循环利用与污染减控综合技术”,获 2009 年度国家科学技术进步二等奖。

(五) 兽医内科

在兽医内科研究方面,发现了导致放牧牛羊死亡的新的有毒植物冰川棘豆,并对其进行了生态特性等系统研究。从细胞核分子水平层次揭示了地方性氟中毒的发病机制。发现了硒特别是硒蛋氨酸能抵抗猪圆环病毒2型与细小病毒以及鸡法氏囊病毒的感染,阐明了硒的作用机理,研制并推广了快速诊断技术和综合防控技术。初步阐明了群发性禽营养代谢病,如肉鸡腹水综合征、痛风、笼养蛋鸡骨质疏松症的发病机理,研制出了防治药物。首次运用2D-E图谱全面展示了酮病奶牛肝脏蛋白质差异表达,并对差异表达蛋白进行了鉴定与克隆表达,构建了酮病奶牛肝脏代谢网络图谱。建立了可用于奶牛乳汁BHBA定量检测的紫外分光光度计检测方法。X线、B超和全自动生化分析仪在临床广泛应用,小动物内科的诊疗水平有了显著提高。

(六) 兽医外科

在兽医外科研究方面,开展了麻醉受体学、临床复合麻醉和吸入麻醉药物的研究。开展了高频电刀、关节镜、腹腔镜、微创手术技术、血管手术技术、显微外科手术技术、冷冻治疗技术等新手术方法的研究。针对手术技巧、手术通路、手术新型缝合材料的研究也不断深化。研究不同类型的止痛药物的临床应用。麻醉监护仪器的使用正在成为动物手术中必备的设备。各种新型的生物医学材料成为新的医学植入物。以CT、MRI、彩超、关节镜、耳镜、显微外科仪器、腹腔镜、高频X线机、CR和DR等诊断仪器正在广泛地应用于临床,成为兽医外科门诊中重要的诊断手段并逐渐普及。

(七) 兽医产科

在兽医产科学研究方面,研究了松果体激素褪黑素对动物季节性繁殖调控所起的重要作用。进行了奶牛生殖激素浓度与胎次的相关性研究。建立了检测促卵泡素(FSH)抗体的间接ELISA方法。研究了不同山羊品种LH分泌状况对繁殖性能的影响。研究了LH不同作用时间对牛卵母细胞体外核成熟的影响。探讨了不同方法对猪精子体外获能的影响。研究了仔猪睾丸组织在出生后早期细胞增殖能力变化。克隆了转染人乳铁蛋白(hLF)基因乳腺特异性表达载体pBLM-C1的单个山羊胎儿成纤维细胞和乳腺上皮细胞。研究了冷冻稀释液中分别添加不同浓度咖啡因或谷胱甘肽、不同浓度乙二醇和甘油对犬精液冷冻效果的影响,维生素E和咖啡因对小尾寒羊精液的冷冻保存效果的作用。进行了小鼠卵巢冷冻保存与移植技术研究。研究了不同激活方法对猪卵胞质内单精子注射(ICSI)效果的影响。通过B超技术研究了产后奶牛子宫的恢复情况和卵巢的变化情况。应用抑制性消减杂交技术成功地构建了具有高消减效率的奶牛乳房炎抗性相关cDNA文库,并在已构建的消减cDNA文库基础上,结合反向Northern斑点杂交技术高通量筛选出奶牛乳房炎抗性相关基因,初步揭示参与乳房炎抗性的基因种类和数量。对奶牛乳房炎抗性基因——奶牛气管抗菌肽基因TAP cDNA进行了克隆及序列分析。应用蛋白质组学技术对奶牛乳腺组织表达的蛋白质进行了检测。通过二维凝胶电泳建立了健康奶牛和临床型乳房炎奶牛的乳腺组织蛋白图谱,筛选出奶牛乳房炎相关的新生物标记

分子。研究了基因多态性与奶牛乳房炎的相关性。克隆了奶牛 β -防御素 5 基因,构建了原核表达载体,并进行了诱导表达,为应用生物技术开发重组牛 β -防御素预防奶牛乳房炎奠定了一定的基础。

(八) 中兽医

在中兽医研究方面,开展了经络实质与微血管的相关性、舌色与微循环的相关性、脾虚证的现代分子基础等研究。研究了苦参等多种具有清热解毒功效的中药抗菌作用机理。建立了中药多糖、黄酮和皂苷的提取及含量测定方法。研发出多个免疫增强剂产品、若干防治动物病毒病的中药复方和一大批提高动物免疫力以及提高畜禽生产性能的中药饲料添加剂。探讨了建立血瘀证、脾虚证、气分证等证候模型的方法、判定标准,并开展相关中药和方剂药效学及作用机理研究。采用脉冲电流法、叩听高音法在羊、猪等 7 种动物体表上进行了经穴循经特性的测定,描绘出了动物的 8 条经络循行路线示意图。揭示了针灸具有增强机体免疫机能的作用。证明了白针、电针、激光针灸均能通过提高动物的痛阈而发挥镇痛作用。成功地在针刺麻醉下实施了马、牛、羊等动物的多种手术。发现了电针双侧雁翅穴、氩氦激光照射交巢穴等对卵泡发育不全等原因引起的不孕症有较好的治疗效果。证实针灸对马、犬等动物的神经麻痹等病有很好的治疗作用。此外,在犬、猫等宠物的肝肾疾病、腹泻、咳嗽、气喘等方面也进行了较为系统的研究,中兽医在宠物临床上的应用越来越普遍。

(九) 兽医公共卫生

在兽医公共卫生研究方面,开发研制了多种食源性微生物检测技术,包括自动与半自动细菌鉴定与药敏试验的“微生物鉴定专家系统”、血清学检测方法和以现代分子生物学技术为基础的新型检测技术。初步建立了禽肉/禽类中沙门氏菌、生食牡蛎中副溶血弧菌污染水平的风险性定量评估模型。构建了食源性病原微生物监测网络。利用 PCR-RFLP 等现代分子生物学技术建立了多种食源性线虫检测技术。开展了对动物流感、狂犬病等重要人畜共患病的病原体基因组学、转录组学、蛋白质组学的研究,建立了多种检测技术和方法,制备了效果良好的疫苗,开展了相应的基因工程疫苗的研制。同时,针对埃博拉、疯牛病、新型汉坦病毒、亨德拉病毒、尼帕病毒、猴痘病毒和西尼罗病毒等严重威胁我国的新人兽共患病病原体开展了检测储备技术的研究。建立了饲料添加剂和兽药残留检测样品分离纯化技术,兽药残留的快速筛选性检测和常规分析技术测定困难的兽药分析的放射免疫测定等免疫分析技术,用于残留常规检测的超临界流体色谱等仪器分析技术。张改平院士主持的“生猪主要违禁药物残留免疫试纸快速检测技术”,获 2008 年度国家科学技术进步二等奖。

2008~2009 年,农业部共批准注册 55 个新兽药,其中一、二、三类新兽药有 51 种。赵荣材主持的“新兽药喹烯酮的研制与产业化”,获 2009 年度国家科学技术进步二等奖。

三、本学科国内外发展状况比较

在国家高度关注民生、保障畜产品有效供给的政策鼓励下,在国家逐渐加大对畜牧兽医科研资金投入的良好背景下,在畜牧兽医科学工作者刻苦钻研、辛勤努力下,我国畜牧兽医科学取得了长足进展,某些领域居世界前列。如动物胚胎玻璃化冷冻保存、牛羊体外受精、动物克隆技术等研究方面达到国际先进水平,水牛克隆、性控试管水牛等研究处于国际领先水平。中兽医学无论是在临床应用还是基础研究方面,均居于世界领先地位。高致病性禽流感等一些人兽共患病的基础研究及防控技术在世界占有一席之地。但是,整体水平与世界先进水平相比,我们还有较大的差距。跟踪模仿研究多,原创性研究不足。在研究思路、研究方法、研究手段、学科交叉、学科教育、人才培养、科研管理、成果转化等方面,亟须改进、改造和改革。

四、本学科的发展趋势和展望

目前,畜牧业已成为现代生物科学发展前沿和生物技术应用最重要的领域之一。由于分子生物学的飞速发展,国外畜牧兽医学科的研究已完全突破了传统研究的思路和方法,研究手段进一步改进,研究层面总体上向分子水平发展。因此,以分子标记、转基因等生物技术为依托,改进动物育种程序 and 操作方法,提高动物的育种效率,推动新品种(系)的培育。通过对畜禽遗传多样性的深入分析,探索其发生、发展规律,逐步建立重要畜禽遗传资源库。从分子水平上研究揭示营养物质在动物体内的代谢机理、功能和规律,并用分子技术研究评价动物的营养需要量及饲料的营养价值,为整体营养提供理论支撑和新调控思路,开发新型安全、高效、绿色和功能性的饲料添加剂。研究建立标准化规模养殖健康生产体系,研究开发适宜国情的养殖粪污处理技术。加强对群发性非传染性动物疾病的研究,开展基因组学和蛋白质组学技术在中毒性疾病和营养代谢病发病机理上的应用研究,研发动物临床诊疗新技术。加强对中兽医理论和中药有效成分抗菌、抗病毒、增强免疫、提高繁殖性能等作用机制的研究,研发安全、高效的中兽药产品。开发研制高通量的快速检测食源性病原微生物、寄生虫技术,研究兽药和饲料添加剂代谢规律及残留检测新技术,建立符合我国国情的动物产品安全检测标准和检测体系。培育新兴研究领域与方向,促进学科交叉结合。

第十九节 作物学

一、引言

近两年来,作物学学科研究在国家和省部重大科技项目支持下,立足自主创新,攻克了作物学领域中比西方国家复杂得多的科技难题。为保障我国粮食安全和农产品有效供给,维护生态安全、促进农民增收,支持经济、社会的可持续发展发挥了重大作用。

二、近年来本学科的主要进展

(一)本学科研究成果丰硕

2008~2009年,获得国家级科技成果奖29项,其中国家技术发明奖二等奖1项;国家科技进步奖一等奖1项;国家科技进步奖二等奖27项。并获得一大批省部级成果奖。以上成果的应用,获得了巨大的社会、经济、生态效益,促进了作物学的跨越式发展。

(二)本学科研究进展突出

1. 作物遗传改良和新品种选育研究

(1)农作物新品种培育成绩显著。据不完全统计,2008~2009年,育成并通过国家和省级品种审定的高产优质多抗新品种2000多个,已成为不同区域主产区的主栽品种和接班品种;获得20项国家科技成果奖。其中国家技术发明奖二等奖1项;国家科技进步奖一等奖1项,二等奖18项;以及一批省级科技成果奖。

水稻育种研究获2008~2009年4项国家科技进步奖二等奖。两系杂交稻发展迅速,两系杂交稻约占杂交稻面积25%以上。超级稻在水稻生产中的主导地位日益突出,我国超级稻研究已提前向第三阶段“2010年示范单产实现 13.5 t/hm^2 ”目标进军。

小麦育种研究有6项成果分别获得2008年度、2009年度国家科技进步奖一等、二等奖。何中虎主持,中国农业科学院作物科学研究所和首都师范大学合作完成的“中国小麦品质评价体系建立与分子改良技术研究”成果,获2008年度国家科技进步奖一等奖。该成果为我国小麦品质改良研究的规范化奠定了良好的基础。

玉米育种研究获3项国家级科技成果奖。高产抗逆广适玉米郑单958的年种植面积4000万亩以上,鲁单981和吉单536以抗倒性强、产量潜力大和适应性广的突出优势,已在华北平原、东北平原大面积应用。

油料作物育种研究获国家科技进步二等奖3项。育成的大豆新品种中黄20含油率达23.5%,超过了美国高油大豆品种的含油率,在黄淮平原和新疆等地示范推广;油菜品种中双11号的含油量高达49%以上,是我国含油率最高的品种和理想的生物燃油原料品种。

(2)生物技术育种开始进入实用阶段。我国已形成了棉花、水稻、玉米、小麦、大豆等主要作物转基因育种体系;转基因抗虫棉、转植酸酶基因玉米、抗虫水稻、抗除草剂大豆和水稻、抗病毒小麦等均取得重要成果。

水稻、小麦、玉米、大豆、油菜和花生等作物的分子标记辅助育种技术开始进入育种程序,已定位与紧密标记控制主要作物重要性状基因300多个,利用分子标记聚合育种技术选育出含有多个抗病基因的水稻、小麦、棉花新品系。建立了完善的细胞工程育种技术体系,已育成高产、优质、抗病的作物新品种(系)50多个。我国近年来发展的空间诱变育种技术国际领先,成为农作物诱发突变遗传操作技术新的生长点。

功能基因组学在水稻进化、产量、抗逆和籽粒灌浆速度等的功能基因研究取得重要进展。已克隆出水稻基因30多个,研究结果发表在*Nature Genetics*5篇、*Genes & De-*

velopment 1 篇、PNAS 2 篇。白菜、甘蓝、甘蓝型油菜等基因测序计划已全面启动,预期 2010 年将完成测序工作。马铃薯基因组测序取得重大突破。2009 年 9 月 23 日,由中国农科院蔬菜花卉研究所和深圳华大基因研究院领衔,14 国科学家组成的国际马铃薯基因组测序协作组,分别在北京、阿姆斯特丹、伦敦、纽约、利马等地同时宣布马铃薯基因组序列框架图完成。中国首席科学家、中国农科院蔬菜花卉所研究员黄三文博士,开创性地提出以单倍体马铃薯为材料来降低基因组分析的复杂度,采用快速的全基因组鸟枪法策略和低成本的一代的 DNA 测序技术的策略,成功地克服了马铃薯基因组高度杂合、物理图谱质量不高、测序成本高等难题。

(3) 作物杂种优势利用研究与应用继续保持国际领先。杂交水稻育种技术和育种材料不断创新,高配合力、高异交率的不育系在杂交组合选配及生产上成功应用,籼粳亚种间杂种优势利用取得成功。玉米杂种优势群研究和种质资源创新、改良与扩增、自交系选育取得重大进展,玉米杂交种普及率达 95% 以上,玉米已跃居我国第二大粮食作物。我国油菜杂种优势利用研究走在世界前列,油菜品种杂化率已达 60% 以上,大部分品种含油量超过 44%,且抗病性、抗逆性显著提高。大豆杂种优势利用研究居国际领先,攻克了大豆雄性不育性的保持和大豆田间的昆虫传粉两大难题,使不育系的不育度达到 100%,实现栽培大豆杂种优势利用“三系”配套。

2. 作物栽培技术与栽培理论创新成就显著

作物栽培技术与栽培理论创新取得显著成就,获国家科技进步二等奖 9 项,以及一批省部级科技成果奖。在提高大面积作物产量、质量和效益,保障粮食安全和农产品有效供给,支撑国家经济社会可持续发展,发挥了不可替代的重大作用。

(1) 作物可持续高产技术创新和理论研究取得重要进展。国家粮食丰产科技工程、粮食产业化工程等一批以作物栽培为核心的重大科技项目实施,创新科技成果 107 项、核心技术 50 项,集成三大粮食作物可持续高产、超高产、大面积丰产高效栽培技术模式近百项,两年累计应用面积达 3.6 亿亩,增产粮食 1800 多万吨,增加效益 205 亿多元。

凌启鸿、张洪程主持,扬州大学和南京农业大学等合作开展的水稻精确定量栽培理论与技术研究,创建了水稻生产全程各项调控技术指标的精确定量设计的水稻生产技术体系。有效地提高了水稻栽培技术指标量化与栽培措施的精确化,具有广泛适用性、可操作性。

三大作物可持续超高产共性理论与关键技术创新集成取得重要进展。创建了基于作物光合、源库、产量构成三大理论的作物产量“三合结构”分析新体系;作物超高产形成和高产与优质协同调控的形态建成、酶学机制和激素机理研究取得突破性进展。为三大作物持续高产、超高产技术创新集成和应用提供理论依据和指导。

王立春主持,吉林省农科院、中国农科院、中国农业大学等单位共同完成的“吉林省玉米丰产高效技术体系”成果,获 2009 年度国家科技进步奖二等奖。成果在吉林省玉米区大面积推广,获得显著的经济、社会、生态效益。

(2) 作物高产、优质、高效协同调控技术研究取得显著进展。河南农业大学郭天财等完成的“冬小麦根、穗发育及产量品质协同提高关键栽培技术研究与应用”,被评为 2009 年国家科技进步奖二等奖。该成果建立了作物高产与优质,协调提高栽培理论与技术体

系,在豫、苏、鄂、冀等省大面积推广应用,取得了显著的经济、社会效益。中国农科院油料作物研究所李培武主持完成的“双低油菜全程质量控制保优栽培技术及标准体系的建立与应用”成果,获2008年国家科技进步奖二等奖。该成果首次构建了系统配套的双低油菜全程质量控制保优栽培技术及标准体系,破解了我国双低油菜产业发展的重大技术难题。由万书波主持,山东省农科院、山东农业大学、青岛农业大学等单位共同完成的“花生高产高效栽培技术体系建立与应用”,获2008年度国家科技进步奖二等奖。该成果在鲁、豫、冀、皖、苏、辽等省应用推广,增产提质增效显著。

(3)作物栽培信息化技术研究应用取得重要突破。构建了服务于作物生产的一批数据库、管理系统和精准农业技术平台,开发了水稻、小麦、玉米、棉花等主要作物栽培管理信息系统。南京农业大学曹卫星教授主持完成的“基于模型的作物生长预测与精确管理技术”,获2008年度国家科技进步奖二等奖。该成果为作物精确栽培和数字农作提供了广适性的决策支持技术。应用推广取得了重大的经济社会效益,展现了广阔的应用前景。

(4)农作物质量安全无公害栽培技术研究取得显著进展

针对环境污染和农产品安全问题日益加重的现状,开展了主要作物清洁生产关键技术攻关取得显著进展。董树亭主持,山东农业大学、中国农科院等单位共同完成的“玉米无公害生产关键技术研究与应用”和由刘勇主持,湖南省植保所、中国农科院蔬菜花卉所和植保所、中国农业大学、山东农业大学和农业部农药检定所共同完成的“南方蔬菜生产清洁化关键技术研究与应用”,分别获2009年度国家科技进步奖二等奖。成果的大面积应用取得显著的经济、社会和生态效益。

(5)农田保护环境友好型作物栽培技术与理论研究取得可喜的进展,为粮食作物稳定增产和抗减自然灾害做出了贡献。由李洪文主持,中国农业大学等单位合作完成的“北方一年两熟区小麦免耕播种关键技术与装备”,评为2009年度国家科技进步奖二等奖。

三、本学科的学术建制、人才队伍和基础平台建设取得长足发展

1. 学术建制

作物学学科形成了作物遗传与育科学、作物种质资源学、作物栽培学、作物生理学、作物生态学、作物分子生物学和作物信息学等二级分支学科,发展成为门类比较齐全的现代作物学学科体系。

2. 人才培养与学科队伍建设

国家组织实施了人才培养专项计划。进一步加大了国家各类人才计划对农业及粮食科技创新人才的支持力度和人才队伍建设的投入力度,使我国作物学学科人才培养和队伍建设取得了日新月异的发展。

3. 基础研究平台建设

科学与技术基础研究平台是决定科技发展能力的重要条件。2009年我国建设6个有关作物学科的国家重点实验室,49个农业部重点开放实验室,22个国家品种改良中心与分中心 and 一批区域作物高产、优质、高效技术创新中心。以上作物科学基础研究平台建

设,为作物学学科发展创造了良好的条件。

四、本学科国内外研究主要进展与比较

(一)本学科发展现状、动态和趋势

1. 基础研究和高新技术研究取得突破性发展

形成了以功能基因组和蛋白质组学研究为方向,以多学科交叉融合为基础,微观与宏观相结合和传统技术与生物技术相结合的研究体系。水稻、大豆、马铃薯等作物全基因组序列测定相继完成,为揭示作物生长发育和基因克隆提供了重要的信息平台。生物技术、信息技术、农田高效节水灌溉技术、精准施肥施药技术和环保型资源永续利用成为第二次绿色革命的主导领域,并孕育第三次绿色革命。

以作物基因工程和分子标记辅助选择为核心的现代作物生物技术加速实用化,基因发掘与鉴定向规模化方向发展,为作物遗传改良提供丰富的基因资源,功能基因发掘、定位、克隆及转基因育种与分子标记辅助选择相结合,成为作物品种改良的主要途径。以“基因”为核心的作物生物技术已转移到作物生理学、生态学研究领域,逐步解决了传统作物生理、生态学研究领域的一些重大难题。

2. 应用研究更加注重技术创新集成和成果转化

作物学科应用研究,大力强化技术创新集成,解决作物生产发展中面临的重大问题,大幅度提高作物综合生产能力和农产品品质与质量安全水平,确保作物生产的高产、优质、高效、生态、安全,已成为我国和世界各国农业发展的共同战略。

(二)我国本学科发展与国际先进水平的比较

两年来,我国作物科学与技术研究取得了重大新进展和巨大的应用成效,为保障国家粮食安全、生态安全、农民增收和农业可持续发展做出了重要贡献。但是,作物学学科的发展水平与发达国家相比,特别是与我国社会经济发展的需求还存在较大差距。

1. 作物遗传与育种学研究的主要差距

生物技术育种创新有待进一步加强。特别是分子生物学技术在作物品种改良中的应用方面明显不足,生物技术与常规育种技术缺乏有机的结合。功能基因、调控基因、转化载体及转基因技术等方面的原始创新少、创新能力薄弱。

作物育种目标单一,优异的育种亲本创新缓慢,优质专用品种和优质高产多抗结合型的突破性品种缺乏,在与国外相应农产品贸易竞争中大多处于劣势。

用于作物改良的新基因发掘与利用能力和实用化有待提高。目前,我国拥有自主知识产权的基因非常少,作物功能基因组研究和蛋白质组学研究还处在起步阶段。

2. 作物栽培学研究的主要差距

作物栽培学基础理论研究薄弱。关于作物高产优质高效生态安全栽培的理论问题研究尚未取得突破性进展。尚未将分子生物学、生物信息学引入作物栽培理论研究。

栽培技术创新水平较低。对主要作物基于高产、优质、高效、生态、安全综合目标的栽

培技术研究创新还很薄弱。与现代农业发展的重大需求及发达国家水平存在较大差距。

栽培学科建设人才培养亟待提高。学科建设仍较落后,人才力量严重不足,与国家现代农业发展的需求不相适应。

五、本学科发展趋势与展望

(一)我国本学科的发展趋势

1. 作物遗传育种学方面

(1)深化作物遗传育种的基础研究,为作物遗传改良提供可靠的科学依据。

(2)发展规模化基因发掘与鉴定研究,为作物遗传改良提供丰富的基因资源。

(3)进一步完善作物分子育种技术,为作物遗传改良提供更有效的技术支持。

(4)作物育种逐步向工程化方向发展。今后应加强分子设计育种研究,建立工程化分子设计育种体系。

2. 作物栽培学方面

(1)作物栽培学研究以“十字目标”为主攻方向,由高产、高投入向成本控制下的作物可持续高产、超高产研究方向转变发展。

(2)突破作物产量与品质提高技术创新,实现高产、优质同步提高,提升农产品的国际市场竞争力。

(3)作物生产的精确定量栽培和数字化农作已成为现代作物生产和作物栽培科技发展的重要方向。

(4)高效农业和环境友好农业成为现代农业的主要发展方向。

(5)强化作物栽培学基础和应用基础研究,为技术创新提供理论指导。

(二)本学科发展目标和研究方向建议

第一,以科学发展观为指导,按照全面建设小康社会和建设现代农业的总体要求,围绕保障国家粮食安全和农产品有效供给、生态安全和增加农民收入的战略任务,瞄准国际作物科学与技术发展前沿,拓展作物学学科发展领域,全面提高自主创新能力和成果转化推广能力,促进作物学不断发展,跨入国际先进行列。

第二,深化作物学学科基础研究。在作物遗传育种的基础研究方面,重点研究作物育种重要性状形成与遗传的分子生物学基础;分离和克隆具有自主知识产权和重大经济价值的高产、优质、抗病虫、抗逆(旱、盐、寒、高温)等重要性状的相关功能基因及其表达调控元件;深化作物分子设计育种的理论和方法;作物杂种优势形成的遗传学基础,揭示杂种优势形成的分子生物学机制。

在作物栽培学基础研究方面,重点研究作物可持续高产、超高产的产量性能形成和高效调控机制;作物品质形成生理、生态机制,产量与品质协同与调控机制与途径;作物系统周年增产与资源增效的要素配置理论与优化策略,作物系统生产力对气候变化的响应机制和农田生态系统优化理论与调控机制及途径。

第三,强化作物高产、优质、高效、生态、安全的重大关键技术创新研究。在作物遗传与育种方面,重点开展作物基因资源的挖掘与利用研究,发掘有重要利用价值基因和优异资源以及优异基因聚合的新种质;研究建立多性状标记辅助选择及多性状标记辅助导入的技术体系;建立高效、安全的作物转基因技术体系;创建作物分子设计育种技术体系;建立高效细胞工程育种和诱变育种技术体系;重点突破分子标记技术和功能基因组学技术在杂种优势的应用;培育突破性的高产、优质、多抗、适应广新品种。

在作物栽培学方面,重点研究提高粮、棉、油等作物生产能力的高产优质高效栽培关键技术、大面积丰产高效简化栽培技术的集成创新和新型高效农作制度高效种植体系创建;生态、安全、环境友好栽培技术创新,建立生态安全、环境友好栽培技术体系;作物生产简化、精确定量化的高效栽培技术和数字化农作技术创新,集成建立作物生产精准作业系统和数字化农作技术体系;农业资源高效利用技术研究创新,提高作物水、肥及投入资源的利用效率。

第二十节 茶 学

一、引言

茶学是一门研究茶树种植、茶叶加工、茶资源利用的科学理论与技术的应用性学科。中国是世界上最早发现、栽培和利用茶的国家,具有五千年的悠久历史。公元758年前后,唐朝陆羽写就了世界第一部茶学专著《茶经》。19世纪中叶,我国茶叶生产技术达到顶峰。但是,现代茶学研究却没有出现在中国,而是在英国、德国,1827年英国化学家从茶叶中发现咖啡因,1847年德国化学家发现茶单宁。

19世纪后半叶,我国茶业走向衰退,茶业技术水平停滞不前。印度、日本等产茶国重视技术创新,发明红碎茶,研制茶叶加工机械,推动茶叶加工机械化。20世纪初,印度、日本等国的茶叶生产技术水平超过我国。20世纪初,我国开始在全国主要茶区建立茶叶改良场、试验站,开展茶叶科研工作,标志着我国茶学的诞生。1930年中山大学农学院设立茶蔗部,开设“茶作学”课程。1940年,复旦大学设立茶叶系,专门培养茶业高等人才。1949年中华人民共和国成立以来,茶学科以服务茶产业为宗旨,在茶产业的技术需求的拉动下,取得了长足的发展,建立了较完善的茶学研发体系,形成种质资源、育种、生物化学、深加工、机械、质量安全等分支学科。

近年来,国内外茶学研究重点关注以下方面:提高茶叶产品质量和安全水平;开发新产品,促进产品多元化;加强茶叶功能性成分的药效研究,开辟茶叶新用途;延长茶产业链,提高茶叶附加值;开展环境友好型茶叶生产技术研究,提高投入品的利用率。近年来,我国茶学研究队伍的规模扩大,结构进一步优化,科技投入加大,试验研究条件明显改善,茶学学科研究进展加快,发表科技论文约2800篇,取得200余项科技成果。其中获得国家科技进步二等奖1项,省科技进步一等奖1项、二等奖20项、三等奖42项。

二、近年来本学科的主要进展

(一) 茶树种质资源研究

中国是茶树的原产国,茶树种质资源多样性丰富。2005年以来,共收集保存茶组植物资源200余份,使国家茶树种质资源圃保存规模达3000份。

茶树种质资源的鉴定评价是优异资源发掘和利用的基础。为了加强资源鉴定工作的标准化,提高鉴定数据的可靠性和可比性,研究制订出《茶树种质资源描述规范和数据标准》及农业行业标准《茶树种质资源鉴定技术规程》。通过鉴定评价发掘了一批特异资源。为了提高资源的鉴定和发掘效率,开展了核心种质资源的构建工作,通过对1048份茶树资源的表型性状进行分析,从中确定出360份核心种质资源。

利用信息技术对茶树种质资源的数据进行标准化整理、整合,建立茶树种质资源数据库和信息共享网络平台,向社会提供信息共享,促进茶树种质资源的利用。

(二) 茶树育种研究

茶树品种是实现茶叶优质高产的最重要技术措施。近5年,我国茶树育种的重要进展表现为:一是在育种手段上重视分子育种技术,二是在育种目标上重视优质和特异。

近5年共育成通过省级以上审(鉴)定的品种20个,茶树良种的推广明显加快,良种普及率从2004年25%提高到2009年40%以上。茶树育种目标更加突出特异、优质、高抗。从地方群体品种中分离出光照诱导型茶树白化单株,并育成1个新品种“黄金芽”。低咖啡因茶树和高儿茶素类茶树育种取得成效,通过系统选育、转基因技术获得一批低咖啡因、高多酚、高儿茶素、高香型的茶树品种或品系。选育出抗茶饼病明显强于“云抗10号”的品种“佛香1号”,抗茶饼病和茶轮斑病的新品种“云抗1号”。这些具有特异性状的茶树品种的培育成功,促进了我国茶叶产品多样化的实现。

DNA遗传多样性鉴定技术已广泛应用于茶树育种材料遗传多样性比较、亲本鉴定、品种性状和真实性鉴别等。克隆并获得了一批控制茶树重要经济性状的基因或基因片段,如抗寒、抗旱、抗虫和耐酸铝等相关基因,为今后有目标地改造茶树的遗传性状和创造新的遗传资源奠定了良好的基础。茶树转基因研究在抗虫和低咖啡因方面取得初步成果。

茶树抗虫、抗寒、抗旱机理研究取得新进展。进一步揭示影响茶树抗假眼小绿叶蝉、黑刺粉虱的因素,冷驯化与ABA对茶树抗寒力及其体内脯氨酸含量有关,茶树抗旱能力受叶绿体光系统II原初光能转换效率和潜在活性的影响。

(三) 茶树栽培与营养

进一步研究氮、磷、镁、氯、氟等营养元素对茶树的生理功能,表明镁有利于改善碳水化合物由成熟叶通过韧皮部向根、新梢运输,增加茶树对氮的吸收;施氯降低茶树新梢游离氨基酸主要是茶氨酸的含量,大量使用会抑制茶树生长;茶树根系对氟的吸收属于主动吸收,适量增加土壤氟水平能提高新梢产量,但在高氟水平下新梢产量明显下降。进一步

揭示重金属元素对茶树的生理效应,茶树各器官对 Pb、Cu、Cd 和 Cr 重金属的累积量存在很大差异,重金属的分布顺序为根>茎(枝条)>叶>新梢。

查明茶叶中铅污染的主要来源,提出降低茶叶铅含量的技术措施。土壤中 Cd、Cr、Cu、Fe、Ni、Mn、Pb 和 Zn 等重金属元素是茶叶中的重要来源,土壤酸化和可溶性有机物累积是增加茶树吸收的重要因素。

研究揭示种植茶树及不同肥培措施对茶园土壤性质的影响,提出稻草覆盖、有机无机肥配施、间作三叶草等处理有利于土壤培肥,纯施化肥和完全不施肥不利于土壤培肥。

研究明确了不同园龄茶树氮、磷、钾养分的需求规律,提出了不同生产模式茶园适宜氮素用量控制指标。根据茶树养分需求规律和茶园土壤特点,成功研制出茶树系列控释专用肥,控释时间能长达 60~120 天。开展适于名优茶机采的栽培模式研究,初步提出机采茶园的技术条件。

(四) 茶园病虫害的无公害治理

开发出多种茶园有害生物的无害化防治技术。黄色诱板用于防治黑刺粉虱,行为调控剂防治假眼小绿叶蝉,获得较好的效果。茶树害虫的生物防治手段已经达到实用化。茶尺蠖病毒制剂已完成产品登记,进入批量生产,其防治效果达 95%。研制出茶毛虫病病毒杀虫剂,其防治效果在 95% 以上。

20 世纪 90 年代,化学生态学理念引入到茶树保护学研究中。进入 21 世纪,茶树—害虫—天敌三重营养之间关系的研究成为热点。目前,已明确了茉莉酸甲酯和水杨酸甲酯诱导茶树抗虫的作用机理、基本明确了茶尺蠖诱导茶树形成的挥发物及其生态功能,害虫忌避剂和天敌引诱剂正在进一步开发中。

先进研究手段的引入带来了茶树保护学研究领域的革新。例如,现代分子生物学技术的引入,使得茶刺蛾核型多角体病毒基因克隆成功、对茶尺蠖小 RNA 病毒基因组的结构分析和茶树抗虫基因的发掘成为可能。电生理技术的引入,使得对挥发性活性物质的分离和品种的抗性鉴定更加有据可依。电子鼻技术的引入,为化学生态研究提供了一项方便、灵敏的原位检测手段,使得对茶园中挥发物的实时监测成为可能。

(五) 茶叶加工和深加工研究

茶叶加工研究,一是以绿茶、乌龙茶和黑茶为重点,着力提高品质和提高工效;二是开发新产品。

在绿茶加工方面,进一步明确鲜叶摊放有利于提高绿茶品质,提出鲜叶摊放的适宜技术条件。开发出蒸汽杀青、微波杀青和热风杀青等杀青新技术,适合制作不同品质特点的绿茶。将微波和远红外新技术应用于茶叶干燥,比传统干燥技术具有更好的效果。研制出扁形茶、卷曲形茶等多种名优茶做形机,开发出芽形、扁形、卷曲形等类型名优茶连续化生产线,使名优茶加工基本实现机械化,并逐步迈向连续化。改进乌龙茶加工的晒青、做青技术,设施晒青和空调做青既提高了制优率,又保证了乌龙茶品质的稳定。开发出清香乌龙茶等不同风味的乌龙茶产品。黑茶加工特别是普洱茶的加工技术研究更加深入,初步建成黑茶清洁化加工生产线。进一步明确普洱茶的渥堆主要是微生物作用,初步查明

渥堆中起作用的主要微生物种类。开发出茉莉花茶隔离窨花新工艺,不仅减少花茶窨制过程中的二次污染,而且提高了产品质量。

热水脱除咖啡因和超临界 CO₂ 脱除咖啡因技术得到进一步完善。低咖啡因茶叶加工技术已成功产业化,茶叶中咖啡因脱除率达到了 80% 以上。开发出新一代超微绿茶粉,产品粒度达到 300 目以上,叶绿素保留率达到 70.7%。明确了影响茶叶中 γ -氨基丁酸含量的主要因素,提出 γ -氨基丁酸茶加工的最佳工艺。开发出天然花香型绿茶和天然花香型红茶等新产品。

将膜技术、酶工程技术、冷冻干燥技术等高新技术应用于速溶茶、茶饮料制备,速溶茶、茶饮料的质量有明显提高,研制出能溶于 10℃ 以下凉水的高香冷溶速溶茶、鲜叶茶饮料等新产品。

茶多酚、儿茶素、茶黄素、茶氨酸等茶天然产物的制备不断采用柱层析、树脂吸附等新技术,产品的有效成分含量和得率不断提高。儿茶素的化学改性和分子修饰技术取得重要进展,已开发出脂溶性儿茶素、乙酰化儿茶素和甲基化儿茶素等产品,为儿茶素在医药、食品、化工等行业的广泛应用奠定了基础。

(六) 茶叶质量标准与检测

近年来,我国茶叶标准的研究与制订工作明显加强。据初步统计,省级以上(含行业标准)发布的与茶叶有关标准超过 470 余项,其中国家标准 73 个。通过标准的制订对茶叶的质量安全提出了更高的要求。目前,我国对茶叶中 20 种农药和 2 种元素(铅和稀土)提出限量要求。此外,农业行业标准对有机茶、绿色食品——茶叶的有害残留物提出更加严格的限量要求。

近年来,茶叶质量检测技术和检测手段取得了快速发展。采用色谱与质谱串联技术建立了同时检测茶叶中 25 种有机氯农药、4 种有机磷农药、6 种拟除虫菊酯类农药的快速多检出技术,茶叶中农药残留检测技术已处世界先进水平。茶叶中元素快速检测采用原子吸收光谱法、电感耦合等离子体法(ICP),电感耦合等离子质谱法(ICP-MS),应用微波消解技术对检测样品前处理。一次进样可同时检测出数十种元素的含量,ICP-AES 法的检出限达到 10^{-6} 级,原子吸收光谱仪的石磨炉方法检出限可低至 10^{-9} 级。

茶叶品质成分检测技术也取得较快进展。提出采用高效液相色谱和串联质谱联用仪(HPLC-MS)测定茶黄素、茶氨酸、绿原酸、嘌呤碱和儿茶素等化合物的方法。利用近红外光谱技术建立了绿茶中茶多酚、儿茶素、咖啡因、氨基酸、水溶性蛋白质和纤维素等成分定量分析模型,该技术可实现茶叶品质成分无损检测,有利于茶叶加工过程中的质量控制。采用毛细管电泳技术研究提出儿茶素、咖啡因、茶氨酸、茶黄素的检测方法。

(七) 茶与人体健康

茶与人体健康的研究取得了可喜进展。茶多酚、儿茶素、咖啡因等功能性成分对前列腺癌、乳腺癌、皮肤癌、消化系统癌等癌症的防治功效在临床实验和相关机理研究上取得新的进展。

流行性病学研究、临床研究和实验室研究都证明绿茶及儿茶素具有抗氧化、降血压、

降血脂、抑制增殖、抗炎等作用,从而有利于保护人体心血管的健康。

发现每天饮茶(包括绿茶、红茶、乌龙茶)可以降低血糖水平,使2型糖尿病发生率降低70%。茶多糖、普洱茶水提取物对糖尿病具有防治效果。

研究发现,茶多酚对帕金森病具有防治能力。茶多酚通过抑制ROS-NO途径保护由6-羟多巴胺(6-OHDA)诱导的帕金森病症大鼠,目前茶多酚防治帕金森疾病已进入临床实验。

茶药品和茶保健食品的开发也取得较大进展。以茶多酚及其衍生物为原料研制出防治心血管疾病的“准”字号药品,茶多酚作为治疗肾病的药品,取得很好的临床效果,现在准备申报国家二类中药新药。咖啡因可作为多种药品的原料,如中枢兴奋药品-安钠咖,以及复方阿司匹林、复方感冒药品、过敏药、肌肉松弛剂、利尿剂、止痛剂等。以茶功能成分为原料开发出一系列取得保健食品证书的新产品,涉及9项保健功能:辅助降血脂、延缓衰老(抗氧化)、美容祛斑、调节免疫、减肥、辅助降血糖、缓解体力疲劳、对辐射危害有辅助保护功能、清咽等。

三、本学科的国内外发展状况比较

21世纪以来,我国茶学学科水平有了较大提高,与国际先进水平的差距在缩小,部分领域如茶树种质资源、茶树病虫害防治、茶叶农药残留检测已达到国际先进水平。与国外先进水平的差距主要表现在以下方面。

(一)缺乏原始创新

无论是基础研究还是应用研究,我国茶学科研工作者多是以跟踪研究为主。基础性研究缺少重大理论创新,应用研究缺少具有自主知识产权的关键技术。如由于对茶树遗传规律缺乏了解,使茶树育种带来盲目性,影响到茶树育种的效率。

(二)基础研究的系统性不够

由于我国茶学基础性研究团队不稳定、研究项目缺少持续性,导致我国基础性研究多在某一个点有一定的深度,但成果没有连成线,更没有形成面,基础研究的成效不明显。例如,我国拥有全世界最丰富的茶树基因库,但已经进行鉴定的资源只占到总数的约1/3,基因资源的发掘和利用的力度不够。而在茶树栽培方面,一直没有对我国茶区的土壤和气候特性和变化进行长期、系统地研究。

四、本学科的人才培养与创新平台建设

世界上只有中国把茶学作为高等教育的二级学科,专门培养茶学本科生、硕士生和博士生。截至2009年年底,我国已有57所高等院校(研究所)、职业技术学院和中专设有茶学、茶文化、茶艺等专业,其中有16所高等院校培养茶学本科生,有14所高等院校和1家研究机构培养茶学硕士生,有11所高等院校和1家研究机构培养茶学博士生。据不完全统计,每年毕业的茶学本科生、研究生超过1000人。

我国已建成较完善的茶学研发体系,茶学研究队伍的规模堪称世界最大。我国茶学

研究力量主要分布在专业茶叶研究机构和设立茶学专业的高等院校,包括 2 家全国性茶叶专业研究机构,12 家省级茶叶研究所,16 所设立茶学专业的高等院校。现有约 500 名从事茶业科技创新的科技人员,其中中国工程院院士 1 人,正高职称 80 余人,副高职称 150 余人。

依托有关茶叶研究机构,建立一批国家级、省部级茶业科技创新平台。主要包括:国家茶产业工程技术研究中心、国家茶叶产业技术体系、国家茶树改良中心、国家茶树资源保存中心、国家茶叶质量监督检验测试中心;3 家部级重点开放实验室、6 家省级重点开放实验室、2 家部级野外科学观测测试站、1 家部级茶叶质量监督检验测试中心。上述平台的建立为茶叶科技创新提供了有力的条件保障。

五、本学科的发展趋势与展望

茶学是一门应用性学科,它的首要目的是为茶产业发展提供支撑。茶学学科的发展将沿着以下两条途径:一是面向茶产业需求,解决茶产业急需解决的科技问题,提升支撑茶产业发展的能力;二是开展基础理论研究,促进茶学学科自身发展。茶学学科根据产业发展趋势和茶业科技自身发展要求,筹划茶学学科发展目标、重点领域。

(一)发展趋势

茶产业发展对科技的需求更加迫切,茶业科技对产业发展的作用更加突出。21 世纪以来,我国茶产业快速发展,成为世界上第一产茶大国,但茶产业科技水平、市场竞争力均有待提高。随着我国经济发展和居民收入水平的提高,低劳动力成本的优势将丧失。今后,茶产业的发展必须更加依赖于科技创新。通过科技创新,提高产品质量、开发新产品、提高生产率、降低生产成本,不断提高茶产业竞争力和效益。

茶产业发展呈现以下趋势:①产品趋向优质化、多样化、方便化;②产品生产趋向标准化、省力化、低碳化;③对资源的利用趋向高效化;④对环境的影响趋向无害化。

茶学学科发展呈现以下趋势:①基础性研究和原始创新将越来越重视。随着我国茶学研究水平逐步达到国际先进水平,必须从跟踪研究为主转变为自主创新为主。另外,随着科研队伍素质的提高和科研条件的改善,我国茶学也更有能力开展自主创新。②基础研究、应用研究和试验发展的一体化趋势更加明显。③学科联合、学科交叉进一步加强。随着研究的深入,越来越多的科技问题需要多学科联合攻关。④生物技术、信息技术等高新技术以及其他学科的理论不断应用于茶学,茶学研究的手段更加丰富和先进。

(二)发展目标

茶学学科以支撑茶产业发展为使命,以任务带学科发展为路径,遴选和解决未来茶产业发展中亟须解决的关键性、全局性科技问题。合理部署好基础研究、应用研究和开发研究,强化自主创新,经过 10 年的奋斗,使茶学学科的总体水平进入世界先进行列,部分领域居世界领先水平。

(三)重点研究领域

1. 茶树种质资源

开展珍贵野生资源、地方品种资源的收集与国外重要资源的引进,提高茶树种质资源安全保存的技术水平;深入开展茶树资源的重要性状鉴定和评价,发掘在优质、高产、抗逆、抗病虫、营养高效等方面具有重大应用前景的功能基因;建立和完善我国茶树种质资源的信息管理平台。

2. 茶树育种

应用传统和现代育种技术选育优质茶树品种、适合机采的品种、特异品种、高产品种、高抗逆性品种;开展茶树重要性状的遗传规律研究;研究育种新技术如转基因技术、分子设计育种技术。

3. 茶树栽培

以资源高效利用、清洁化、省力化为目标,重点研究茶树养分高效利用的施肥技术,开发可控释肥料;研究茶树氮素营养与温室气体释放的关联性及其优化控制技术;开展茶园土壤肥力评价、土壤质量演变和土壤肥力改良的研究;开展茶园省力化耕作和名优茶机采技术研究。

4. 茶树保护

以产品安全、生态保护为目标,研究茶园主要病虫害的种群演替和猖獗成因,提出主要病虫害猖獗发生的预警技术;研究茶园主要病虫害的无害化防治新技术(包括生物防治技术、物理防治技术、化学生态学技术);筛选低毒、高效、低残留、可符合国际茶叶 MRL 标准的新农药。

5. 茶叶加工

以提高品质、提高效率、拓展功能为目标,研究主要茶类连续化、自动化加工关键技术和质量提升技术,研制不同风味、不同功能的茶叶新产品;研究提高茶饮料质量的加工技术,研制不同风味的茶饮料新产品;研究茶多酚、茶黄素、茶氨酸等天然产物的制备技术,开发出一系列具有不同用途的新产品;研究茶叶加工节能技术。

6. 茶叶标准和检验

以保障茶叶品质为目标,研究制定茶叶产品的品质要求,制订茶叶品质的理化指标;采用风险评估方法制定茶叶中农药和其他有害物的 MRL 残留允许标准;研究茶叶中主要品质成分的准确、快速的检测技术;研究茶叶中可能有害物的微量检测技术。

第二十一节 体育科学(运动训练学)

一、引言

运动训练学是研究运动训练活动的规律及有效组织运动训练的行为科学,运动训练

则是竞技体育活动的重要组成部分,是为提高运动员的竞技能力和运动成绩专门组织的有计划的体育活动,其直接目的是提高运动员的竞技能力,继而通过参加运动竞赛,将其已获得的竞技能力转化为运动成绩。

运动训练学是自然科学与社会科学交叉、融合的一门综合性应用学科。它起源于运动训练实践,并依托于生理学、生物化学、生物力学、数学等自然科学和教育学、系统科学、哲学等社会科学两大知识领域,形成了具有鲜明特色的独立科学学科。

运动训练学研究的对象是运动训练活动自身具有的客观规律,并对应于这些规律,研究人们应该如何组织运动训练活动,以求有效地实现运动训练活动的目标。

按涵盖运动项目的多少将运动训练学理论划分为一般训练理论、项群训练理论和专项训练理论三个层次,其中一般训练理论研究适用于所有运动项目的规律性问题,项群训练理论研究适用于不同项群的规律性问题,专项训练理论研究适用于专项的规律性问题。

训练理论研究的具体内容包括运动训练学的含义、运动训练的目的、任务和特点、运动训练原则、运动训练方法、运动能力(竞技能力)、运动训练计划制定与过程控制、运动员选材、教练员、运动竞赛、训练管理等。

二、国内外近年来本学科的研究热点

(一) 国外研究热点

1. 运动训练体系的研究

建立了运动训练过程本质理论、运动训练的科学组织论,从而使训练过程更加系统化和科学化;对运动训练分期理论等进行了更深入的探讨;运动生物力学已经成为运动训练理论和方法的自然科学基础之一,训练观念即 Training Philosophy、或 Coaching Philosophy,成功的教练员都必须具备独特的训练观念。

2. 运动训练的基础研究

《运动训练的生理学特点》、《运动训练的生理学和生物化学基础》、《运动训练的恢复问题》等专著进一步完善了运动训练的生理学研究;探讨了成绩心理、行为心理、运动技能的训练行为过程、认知运动训练心理;完成了运动科学的词汇字典编写工作,进行了动力系统理论和运动训练、竞技能力增长的长期性观点等基础理论工作。

3. 运动员比赛状态研究

提出了主场优势理论和客场劣势理论并在相关比赛的研究中证实其存在,并发现这种现象与情景熟悉程度、旅行要素和异地参赛有关。并认为跨时区是影响运动员比赛成绩的一个因子,而且运动竞赛是一个动力的自组织系统;“Choking”的机制是运动员压力条件下运动行为的突然衰变,从而表现出竞赛结果的劣变;“Choking”是一种意识状态,是由于认知的压力或焦虑导致了注意朝向无关任务的暗示,使运动员不能捕捉到有关任务的信息而导致的;把“Choking”定义为在压力条件下,运动成绩的下降。

4. 运动训练过程的有关环节的研究

研究发现大多数运动中一般性准备活动对于比赛非常重要,依靠专项准备活动不能

代替身体准备活动对肌肉拉伸的影响,这提示人们在比赛或训练中要注重一般性准备活动和专项准备活动的恰当比例,反对互相替代的做法。

不同运动员对不同的训练内容可产生不同类型的适应,教练员应清楚地认识自己执教的团体及个人的需求,并根据需求组织相应的训练过程。对运动员的乳酸—速度曲线分析发现:不同距离、项目的运动员对训练的适应有很大差异,提示我们应根据运动员的适应特点安排训练;另外制订训练计划时,一定要认识到不同年龄、不同性别运动员在生理、技能、发育特征等方面的差异。

5. “训练周期”理论的研究

丰富了“周期训练”理论,如被称为“单元”的训练模式,或“板块”训练模式。“板块”结构强调:集中在3~4周内选择性地确定较少的训练发展目标加以实现(不超过2个),可使高水平运动员在相对集中的时间内,接受单一的,或者两个比较大的训练刺激,并且便于在每个训练板块中通过身体素质、比赛结果和生理、生化医学指标测试检查训练效果。

6. 体能训练的研究

反应力量的产生在肌肉的工作方式、能量产生以及神经调节支配等方面与传统的快速力量、爆发力等力量素质不同对部分项目体能具有决定性意义。核心力量可以通过近端固定提高末端肌肉的发力,提高运动效率;提高身体的控制和平衡能力;增加从核心肌群组织向周边肌群的功率输出;降低受伤几率;改善平衡和稳定;提高运动成绩。

7. 高原训练的研究

自1991年提出HiLo训练法,近几年该领域的研究有了许多进展。实验中发现HiLo不仅增加优秀运动员的RBC、Hb,成绩也相应提高,VO₂max有了增加;低氧训练应包括高原训练(high altitude training)、高住高训(living high training high, HiHi)、高住低训(living high-training low, HiLo)、高住高练(living high-exercise high-training low, Hi-HiLo)、低住高练(living low-exercise high, LoHi)、间歇性低氧训练(intermittent hypoxic training, LoHi)等多种方式。

(二)国内本学科的研究热点

1. 运动训练学理论向竞技体育学理论的扩展

近年运动训练学的理论也在逐渐地向选材学、竞赛学、竞赛管理领域渗透并出现了大量专著,特别是北京体育大学在国内首创了基因选材研究,并在中长跑运动员的基因选材方面取得了突破。

2. 运动训练的认识问题受到广泛关注

对训练规律的认识直接影响训练的科学化程度。随着对人体认识以及训练活动认识的不断加深,在探索运动训练规律方面有了重大突破。如出版了专著《竞技体育与奥运备战重要问题的研究》、《竞技教育学》。同时在专项运动训练理念方面也有了研究突破。如发表了论文《对中国排球运动训练实践中若干理念的反思》、《关于我国篮球运动训练理念

的构建》、《国外青少年足球训练理念研究》等。

3. “三从一大”训练原则的再认识

“三从一大”即“从严、从难、从实战出发、大运动量训练”，新时期学者对此原则的共识是：其核心是“从实战出发”，同时该原则有一定时代的局限性，在对科学训练更高追求的今天，认识该原则应该结合运动训练实际合理调配量与负荷，应与时俱进、有所发展、进一步完善。

4. 优秀运动员的个体训练问题受到关注

研究成果集中在从不同的角度研究个体训练学特征。如：刘翔的跨栏技术动作特征研究、陈艳青的备战北京奥运会专项辅助练习与竞赛成绩关系研究、杜伟的技巧运动生物力学分析，此外还有周春秀高原训练的结构特征、刘霞的北京奥运周期参赛技战术策略与实施、张湘祥的赛前训练负荷特征、王丽萍的备战奥运会比赛的训练特征等。

5. 项群训练理论的研究

近几年项群训练理论在应用领域研究较为活跃，代表性的研究成果有：体能主导类快速力量性项群运动项目爆发力训练特点、耐力项群运动员与速度力量项群的左心室舒张力量的比较、奥运难美项群竞争态势探析、难美技能类项群的美学特征与技术创新、高校田径项群归类教学模式的研究、奥林匹克运动项目的分类与不同项目群训练学特征、同场对抗类项群“技术全面”和“位置技术”的关系、隔网对抗项群竞赛规则演进趋势、持拍隔网对抗项群的五大制胜因素、隔网对抗项目技战术分析的系统、技能主导项群奥运项目优秀运动员运动寿命的特征、隔网对抗项目技战术特征等。

6. 竞技能力应用研究不断深入

有关竞技能力的研究成果主要体现在以下几个方面：首先，竞技能力结构与功能研究。如排球运动员竞技能力非均衡结构的补偿途径、同场对抗性项群运动员竞技能力非均衡补偿、运动员竞技能力的提高增长机制、竞技能力空间结构、竞技能力时空特征、优秀健美操运动员的身体素质的发展、足球运动等集体项目的研究。其次，竞技能力状态和监测系统的研究价值突出。如“我国优秀运动员竞技能力状态诊断和监测系统的研究与建立”完成标志着优秀运动员竞技能力状态诊断和监测更完备、更科学。最后，在对竞技能力构成因素的研究对提高运动成绩起到了积极作用。如改进“力量房”和专项一致的训练研究、细化力量训练研究、振动力量训练、振动训练与传统阻力训练相结合训练的研究，这些研究都为力量素质训练打开了新思路。

7. 技能训练方面的研究

近年来关于运动技术的研究又出现新的视角和观点，如从动作系统结构方面进行研究、对学生运动技能形成的特点、模式和连续突跳行为的研究、乒乓球队技术进步突破的范式研究、以建构主义学说中的“随机通达教学”对运动技术学习理论的研究，上述研究为技术训练提供了新的研究空间。

8. 运动训练控制过程研究

在过去的几年中，围绕运动训练的分工、运动训练过程中的整体与细节、比赛与训练

的关系、运动训练中的负荷等方面进行了深入的探讨。上述研究对雅典奥运会我国皮划艇项目实现了历史性突破、射箭备战重大比赛大周期训练安排、对CBA主客场赛季制竞赛期训练安排等起到了直接指导着用。

9. 参赛理论研究

参赛理论的研究主要围绕“Choking”、参赛风险的识别、评估与应对研究、易地参赛研究、本土参赛研究、竞赛信息处理研究等展开。

10. 备战大型赛事的科技支撑工作系统研究

研究主要集中在对奥运会期间进行的增强运动员心理稳定性;训练监控系统;运动员体重控制;难、新技术;规则变化及应对措施;备战奥运会信息的搜集;运动员成套动作编排等的研究。

三、国内本学科的主要研究成果及发展趋势

(一) 运动训练过程的人文教育

研究主要涉及“育人夺标”的竞技教育过程研究、运动训练的“粗放型”向“集约型”转变的研究、竞技体育和谐的研究、环保竞技运动训练研究、竞技体育伦理研究等,这些研究表明中国的竞技思想已经从“物本位”向“人本位”和“物本位”并重转变。

(二) 训练周期划分研究

训练分期理论曾经是运动训练理论的重要基础理论,对世界各国的运动训练起过重要的影响,但随着实践活动的变化,其理论的科学性不断受到质疑和挑战。质疑者认为:“训练分期”理论缺乏基础理论和实验的支持;“训练分期”理论已不适应赛制的发展,对高水平运动员缺乏指导意义。但也有学者认为:分期理论有着科学的基础与实践的支持,任何训练过程都包括“准备期”、“竞赛期”和“休整或过渡期”三种基本阶段,训练的周期性安排是不会改变的,只是在训练分期、周期结构、训练内容、训练负荷安排等方面都不断会有新的发展。

(三) “小周期”和“板块结构”理论的探索

板块结构训练理论相对于传统训练周期理论在准备期中平行发展多种身体素质,其核心思想是:“高水平运动员在相对集中3~4周的板块时间内,接受一两个比较大的训练刺激,并且在每个训练板块中通过对一些指标测试来检查训练效果”。

(四) 超量恢复理论实践效果的争议

对于超量恢复理论实践效果的质疑主要在:该理论缺乏足够的科学实验数据支持;“超量恢复”学说没有给出人体能力的极限;“超量恢复”学说强调了机能提高的短期行为,而忽视了长期积累效应;以个别代替一般,以部分研究替代整体研究。还有部分学者认为超量恢复现象是客观存在的,它是运动员竞技能力提高的物质基础,但并不等同于运动机

能的提高。

(五) 关于协调能力的归属问题

关于协调能力归属的基本观点有:运动协调属于技能范畴;协调能力是运动技能的下位概念,它包含在运动技能里面,是运动技能形成的条件,不能把协调能力与运动技能相互混淆,更不能把协调错误地理解为一般体能素质。

(六) 高原训练理论的拓展与实践

对高原训练理论以及该理论在训练、比赛中的应用仍是运动训练学领域的研究热点。目前我国在高原训练的实践理论思考,不同海拔高原训练与营养监控提高中长跑运动员运动能力,高原、亚高原训练对世居亚高原运动员最大力量素质的影响及其机制,高原训练中强度训练问题,高原比赛问题等方面进行了研究。

(七) 体能特征研究

体能特征研究一直受到学者的关注,主要成果:关于跆拳道运动员体能训练中运动素质指标的构建及效果评价、关于竞技健美操体能训练的研究、关于我国优秀艺术体操运动员体能特征及其训练运用形态机能测试、关于我国女子长跑运动员专项身体素质训练状态的诊断与评价、关于竞技跆拳道项目体能训练特征。这些研究对于我国专项体能研究的突破起到了极大的导向作用。

总的说来国内外的训练理论发展趋势是:理论的科学化、系统化、现代化、规范化、实用化;研究专项化;多学科化;视角多元化。

第二十二节 公共卫生与预防医学

一、引言

公共卫生是一门通过有组织的社区活动来改善环境、预防疾病、延长生命和促进心理和躯体健康并能发挥个人更大潜能的科学和艺术。其工作范围包括:环境卫生、控制传染病、个体健康教育、组织医护人员对疾病进行早期诊断和治疗并建立一套社会体制,以及保障公民都享有应有的健康与寿命。

我国政府对公共卫生事业高度重视。2008年,中央财政安排的公共卫生专项资金为126亿元,2009年达246亿元。我国已将公共卫生列入建设公正社会的首要议程,以达到2020年人人享有健康的目标。2008年卫生部正式提出了“健康中国2020战略规划”,目标为2010年,建立基本医疗卫生制度框架;2015年初步建立基本医疗卫生制度,使我国医疗卫生服务和保健水平位于发展中国家的前列;2020年,建立起比较完善的覆盖城乡居民的基本医疗卫生制度,实现人人享有基本医疗卫生服务,促进卫生服务利用均等化,大幅提高全民健康水平。

二、本学科国内外的的发展概况

随着世界范围的社会经济情况的激烈变动以及由此引起的人们生活方式的改变、气候的暖化和环境污染的加剧、人口老龄化,在公共卫生领域,出现了许多新的问题和挑战。为了应对和解决这些问题,各国的公共卫生与预防医学的专业人员调整了研究方向,不仅重视传统的现场调查、统计分析和环境、食品等的测定,而且注重影响相关领域的政策、法规,重视改变人们的健康行为以及与健康相关的社会环境,这些大大丰富了公共卫生与预防医学的内涵,促进了学科的发展。

在国外,由于慢性非传染病的多基因影响特点,分子流行病学、遗传流行病学研究学的研究,由过去的个别基因变异或多态性研究深入为基因芯片、全基因扫描、家系研究、双生子分析、表观遗传研究、基因与环境、行为的研究;同时,近年来出现了不仅研究遗传、心理、行为与生活习惯等所谓慢性病近端危险因素,而且把目光转向更深层的社会经济文化对健康的影响,形成了新的分支领域,即社会流行病学。为了研究各种危险因素对慢性病的长期影响,发达国家都集中人力、物力开展一些队列研究。如在前瞻性队列研究的基础上建立的美国佛明翰研究,其结果对心血管疾病的风险评估、预测和预防实践作出了很大的贡献;日本厚生劳动省资助国立循环研究中心、癌症研究中心及7所大学的公共卫生与流行病专家,在日本全国建立了10万以探索生活方式与心脑血管疾病、一般健康状况、平均寿命、癌症等关系的多目标研究队列,为提高日本国民的平均寿命、心脑血管疾病的预防、癌症的预防和早期发现、医疗卫生政策的改革做出了巨大贡献,发表英文论文100多篇,成为世界著名的健康研究队列。由于我国队列研究的资金力度、质控和管理与国际水平的差距,其产出、成果和知名度远远落后于欧盟、美国、日本等国家和地区,这是今后应该注意的。在社会流行病学方面,我国起步较晚,作为一个多民族的大国,各地区经济文化和社会发展水平差距较大、社会因素复杂,为社会流行病学研究提供了丰富的素材,如能深入仔细的总结、分析和研究,有可能在不远的将来赶上和超越国际水平。在传染病方面,经过SARS的锻炼和考验,中国在传染病的监测、报告和控制等方面都接近或达到了国际水平,但在传染病病原体的检测方面,尤其是基层医疗卫生机构的检测能力与水平,与发达国家还有一定的差距。

随着人口老龄化、经济全球化,在公共卫生和人群健康领域,出现了许多新的问题和挑战,为了应对和解决这些问题,相应地出现了新兴学科分支。在欧盟、美国、日本等国家和地区,老龄人口的比例已超过20%,由此引起的老年健康问题成为公共卫生问题,因此一些公共卫生学院设置老龄健康专业,以研究老年人常见疾病的预防和护理,使老年人健康长寿,有较好的生活质量,过有尊严的生活。我国由于社会老龄化的程度比发达国家程度轻,老年健康问题还未得到足够的重视,因此公共卫生领域对老年健康的研究尚未形成气候。

近年来,世界各地时有公共卫生突发事件发生,有的来源于自然灾害,有的是由急性传染病引起,有的是环境污染事故,这些突发事件如不能及时、有效的应对,常常会引起巨大的经济损失和社会恐慌。为此,各国政府的公共卫生部门纷纷成立公共卫生应急机构,大学的公共卫生学院也开始设立公共卫生应急中心或教研室,研究制定应对各种公共卫

生突发事件的应急预案,加强应急人员的能力建设。我国卫生部成立了公共卫生应急办公室,但无论是国内和国外,公共卫生应急能力、理论和实践经验都处于起步阶段,今后发展的空间和余地很大。

三、近年来本学科的主要研究进展

近年来,我国在流行病学研究中,更加注重了数据挖掘,开始应用聚类分析、决策树、关联规则、神经网络等定量分析方法。在人群疾病预测模型方面也做了有益的尝试,如基于 ARIMA-GRNN 的组合模型对传染病发病率的预测;利用径向基函数神经网络模型进行婴儿死亡率的预测等。广泛开展了分子流行病学的研究,在病原体分型和检测、人群中疾病流行规律和传播机制研究、慢性病研究、遗传性疾病研究、高危人群筛查和危险度鉴别评估、疾病防治等方面显示了广阔的应用前景。在关于基因多态性与包括食管癌、胃癌、鼻咽癌及乳腺癌等肿瘤发病风险的研究方面取得了一定的成果。在人群队列研究方面也有重要的成绩,如北京大学公共卫生学院的“双生子人群流行病学研究”项目,建立了中国首个以人群为基础的双生子登记系统,覆盖中国北方和南方、城市和农村,形成了可用于开展慢性病研究的双生子队列,为遗传流行病学的深入研究打下了良好基础。已开展了心血管疾病相关中间表型研究、心理健康状况研究以及健康状况多维评价研究等。

我国传染病的防治工作,尤其是针对 SARS 以及流感等呼吸道传染病的防治工作,近年来卓有成效。针对我国常见的各类传染病,例如钩端螺旋体病、人乳头瘤病毒感染、手足口病等,以及对我国可能产生威胁的传染病,例如人-猪链球菌病、肺孢子虫肺炎等,进行了流行病学及预防控制方面的研究。

经过政府和广大疾控人员的努力,我国艾滋病防治工作取得明显成效。营造了良好的艾滋病防治政策环境,建立、健全了包括全民健康教育、针对吸毒人群的美沙酮维持治疗、推广使用安全套、同伴教育、抗病毒治疗、志愿咨询检测等艾滋病防治的管理架构。大量具有高危行为的人接受了艾滋病咨询和检测。目前,我国经采供血和因使用血液制品感染艾滋病的途径已被基本切断。到 2008 年年底,现代结核病控制策略覆盖率达到 100%,新涂阳肺结核患者的发现率和治愈率分别达到了 78%和 93%。2008 年,全国 454 个血吸虫病流行县(区、市)中,80%达到传播控制或传播阻断标准。

2009 年 4 月 30 日,卫生部发布公告(2009 年第 8 号)将甲型 H1N1 流感纳入《中华人民共和国传染病防治法》规定的乙类传染病,并采取甲类传染病的预防、控制措施。我国传染病学专家针对新发流感,展开了广泛深入的研究。

近年来,我国开展了以人群为基础的慢性病危险因素监测、死因监测和肿瘤登记,部分地区开展了以医院为基础的心脑血管疾病、糖尿病等慢性病发病和患病监测。国家“十一五”科技支撑计划项目支持了多项慢性病预防控制适宜技术研究,主要包括重要慢性病风险评估体系和适宜技术,社区脑卒中和社区慢性阻塞性肺病预防与控制适宜技术及社区疾病预防与控制适宜技术推广应用和中远期效果评估。对我国人群慢性病高危和社区人群的综合干预提出了策略、措施和方法。建立和完善适应社会发展需要的健康教育与健康促进工作体系,提高专业队伍素质。围绕重大卫生问题针对重点场所、重点人群,倡导健康的公共政策和支持性环境,以社区为基础,开展多种形式的健康教育与健康促进

活动。

根据《扩大国家免疫规划实施方案》，自2008年开始，在已实行的卡介苗、脊灰、麻疹、百白破和乙肝疫苗等6种国家免疫规划疫苗的基础上，将甲肝疫苗、流脑疫苗、乙脑疫苗、麻风腮联合疫苗纳入国家免疫规划。另外，在流行地区对特定人群进行流行性出血热疫苗、炭疽疫苗和钩端螺旋体疫苗免费接种。至此，国家免疫规划疫苗可预防的传染病从7种增加到15种。通过大规模开展预防接种，疫苗可预防的传染病在我国已得到有效控制。自1994年10月至今已连续15年保持无野病毒脊灰病例报告。已实现了世界卫生组织西太区办事处提出的5岁以下儿童乙肝表面抗原携带率小于2%的目标和我国《2006—2010年全国乙型病毒性肝炎防治规划》中提出的5岁以下儿童乙肝表面抗原携带率低于1%的控制目标。我国政府已经确立了2012年消除麻疹的目标，并启动了进一步控制麻疹的活动，正在向消除麻疹的目标迈进。白喉、百日咳也得到很好的控制。我国流脑、乙脑的发病已得到有效控制。

妇女是家庭健康的监护者，是社会的重要人力资源，同时也是社会的脆弱人群。随着基层保健机构的增加、妇幼保健人员知识水平的提高、我国妇幼工作整体健康地向前发展、多学科的交流合作为妇幼保健工作提供新的思路和技术支持，不断开拓新的研究领域。为了妇女的健康和家庭幸福，我国政府从2009年开始用中央财政专项补助经费，在三年内对1000万农村妇女进行以乳腺癌、宫颈癌为主的妇女常见病检查。2009年6月卫生部在全国农村妇女中开展增补叶酸预防神经管缺陷项目，为准备怀孕的农村妇女免费增补叶酸，预防神经管出生缺陷。开展新生儿危重症救治培训，建立以地市为中心的新生儿重症监护室和转运体系试点工作，以期用科学的方法逐步规范危重新生儿的救治与管理，降低新生儿疾病的发生率和死亡率。

2008~2009年，以贯彻中共中央、国务院“关于加强青少年体育增加青少年体质的意见”为契机，教育部、卫生部、国家体育总局先后颁布了一系列配套文件，制定相关政策措施，将促进儿童青少年体质健康的国家行动推向高潮。我国建立了学校、家庭、社会三联防治屏障，为青少年营造良好生活、学习环境。以传授生活技能为主要干预模式，以健康促进学校为干预平台从预防伤害、校园暴力角度建立学校公共卫生事件应急机制。《中国7岁以下儿童生长发育参照标准》于2009年正式宣布，以季成叶教授为首的课题组编制完成的“中国学龄儿童超重、肥胖BMI筛查标准”获中华预防医学会2009年度科技进步一等奖。

在环境与健康方面，近年来开展了环境污染物的生殖发育毒性、致不育不孕效应、神经毒性、致癌致畸致突变效应的机理及早期效应、人群暴露、损伤标记物及环境基因交互作用等研究。在环境人群健康影响研究领域主要开展了重点环境污染物人体负荷研究；地表水污染与肿瘤的相关研究；公共场所空气生物污染与人群呼吸道疾病发生关系的研究；空气污染对儿童哮喘影响研究；甲醛暴露、汽车尾气污染对男性生殖的影响研究等。在气候变化对人群健康影响研究方面开展了气候变化对人群总死亡率、心脑血管疾病、呼吸系统疾病、精神疾病、虫媒传播疾病、食源性疾病以及新发传染病影响。同时开展健康风险评价与预警技术、环境污染物快速检测新技术、环境污染健康危害控制技术的研究。

在整合空气污染、饮用水污染与健康数据资料的基础上，开展人群流行病学调查，建

立我国人群的暴露—反应关系,开发新的暴露模型。开展环境化学污染和生物污染健康风险评价技术研究并逐步建立健康风险预警方法,为科学实施风险管理提供技术支持。对外源化学物中毒与危害的机理研究已进入分子水平,大量生物科学新技术应用于环境因素毒作用的评价和毒作用机制研究中。纳米安全性受到了政府、科研人员和企业界的关注和重视,我国在纳米安全领域的研究几乎与国际同步进行。

2003年SARS暴发后,我国公共卫生应急机制建设取得了长足的进步。开展多系统、全方位、综合病症的预警方法研究,探索基于我国传染病网络直报监测自动预警的信息模型,以实现传染病爆发早期预警的目的。经过几年的努力,已初步构建了覆盖全国的公共卫生信息网络,网络直报系统的建设极大地提高了报告的及时性,建立并逐渐完善了应急决策机制和应急指挥系统,在2008年“5.12”汶川特大地震自然灾害后的公共卫生应急及2009年甲型流感的防控中均发挥了重要作用。2009年侧重实施突发性传染病战略,制订禽流感及流感大流行应急预案,加强食品安全监测预警和风险评估、建立延伸到省、市、县的食品安全风险监测网络等。

临床医学与预防医学相结合,发展全科医学教育和培养全科医生,构建现代公共卫生和临床医学整合教育模式,弥补多年来临床医学与预防医学的裂痕,对保障公众健康极为重要。医疗机构的公共卫生工作水平,在很大程度上决定了我国疾病控制工作的质量和水平。2009年,由中华预防医学会牵头,组织开展了针对综合性医院、专科医院与其他医疗机构开展了公共卫生工作内容、规范和考核评价标准的研究工作并取得阶段性成果。

第二十三章 科学技术史

一、引言

科学技术史是描述和解释科学技术的产生、发展和系统化进程,以及研究它们与政治、军事、经济、工业、文化、宗教、哲学等各个社会领域之间的互动关系的学科。它作为一个独立学科逐渐形成于20世纪上半叶,并形成了思想史、社会史这两大研究传统。

在我国,20世纪初李伊、钱宝琮等学者对我国古代的科技文献与文物的发掘和整理工作,为我国科学技术史学科的萌生奠定了学术基础。新中国成立后,科学技术史研究受到国家的重视,成立了专门的研究机构,一些高校也开始进行科学技术史的教学与科研,科学技术史首次作为一个独立的学科在中国出现。

改革开放后,西方科学技术史理论和研究方法被越来越多地介绍到国内,既促进了我国科学技术史学科的加速发展,也使我国的科学技术史研究逐步融入到国际科学技术史的学术大家庭中。近10年来,我国科学技术史学科进入再建制化阶段。继1999年上海交通大学成立了我国第一个科学史与科学哲学系之后,中国科技大学、内蒙古师范大学等众多国内高校先后成立科技史院系。包括第22届国际科学史大会(北京,2005)在内的一系列国际顶级的科学技术史学术会议先后在我国召开。多位中国学者在一些国际性科学技术史学术团体中应国际同行推举而出任主席、副主席等重要职务,其中中国科学技术史

学会前任理事长刘钝研究员于2009年当选为国际科学技术史学会主席,成为首位担任这一职务的中国学者。

二、近年来本学科的主要进展

2007~2009年,我国科学技术史研究者在中国古代科技史、中国近现代科技史、中国当代科学口述史、世界科学史等研究领域取得重要成果,在学科建设上取得重要进展。

(一) 中国古代科技史研究领域的重要成果

作为我国起步最早、发展最成熟的一个科学技术史研究领域,中国古代科技史在最近三年中仍然是科学技术史学科中发展最兴旺、成果最丰富的一个研究领域。在中国古代天文学史、中国古代数学史、中国古代技术史等分支领域,近年来都有重要进展。

在中国古代天文学史方面,最重要的进展首先来自对陶寺古天象台遗址的研究。该遗址的发现填补了我国考古天文学研究上的空白,为中国古代天文学起源问题的研究提供了重要的线索和研究资料。近三年来,国内学者围绕陶寺遗址进行了大量研究,取得了很多新的发现。除了对陶寺遗址的研究,中国古代天文学史研究上的另一项重要进展出现在古代数理天文学研究中。我国的古代数理天文学研究在近年来引入了新的研究方法,利用现代天体力学方程和计算机技术,对中国古代天文历法的精度进行验证,利用现代数学语言解释和重构古历中的某些算法。近年来研究者们已经利用这些方法对我国古代多部著名历法进行了研究。除上述两方面的进展以外,中外比较天文学史和古代天文学交流研究方面也有新的变化。除了一直受到重视的元明回回天文学研究和明末清初天文学西学东渐研究之外,唐代和唐以前印度和波斯天文学对中国的影响近年来明显受到了越来越多的重视。我国学者近三年来围绕这个问题进行了很多重要的研究工作。

在中国古代数学史方面,最重要的进展同样来自考古发现。从2006年年底到2007年,西汉《算术》和秦代《数》两部简牍文献先后被发现。其中秦简《数》将是目前我国已知最早的数学文献。这些文献的发现为中国早期数学起源研究提供了重要的新材料。目前,国内一些学者已经对这些新出土文献进行了初步研究。除了两部新出土的文献,对20世纪80年代湖北江陵张家山出土的汉简《算数书》的整理和研究也有新的进展。通过对《算数书》、《算术》和《数》三部简牍文献的研究,目前研究者们对秦汉以及秦以前中国数学的发展情况有了更多的了解。除了中国早期数学史方面的进展,近年来在“吴文俊数学与天文学丝路基金”的资助下,中外比较数学史方面的研究也有很大的发展。在“丝路基金”支持下,目前《丝绸之路数学名著译丛》(吴文俊名誉主编、李文林主编,科学出版社)和《比较数学史丛书》(李文林主编,山东教育出版社)两套丛书正陆续出版,其中包括了对外国古代数学名著的翻译介绍和国内部分学者近年来在中外比较数学史方面所取得的重要研究成果。除此之外,其他几项“丝路基金”支持下的研究项目也正在进行中。

在中国古代技术史方面,近年来的研究主要是围绕传统工艺的发掘与保护这一主题进行的。随着非物质文化遗产的保护问题在国际和国内日益受到重视,作为我国重要非物质文化遗产的各种传统工艺技术的研究、还原与保护成为近年来中国古代技术史方面最重要的研究课题。过去三年里,我国研究者采用田野调查等研究方法,在这方面做了大量工作,

对很多传统工艺技术,包括一些濒临失传的传统工艺技术进行了抢救性的整理。其中比较大的项目包括《中国传统工艺全集》和《中国古代工程技术史大系》两套丛书的出版,以及自2006年开始全面启动的旨在发掘我国古代发明创造的科学价值的“指南针计划”。

此外,中国古代医学史方面,方剂学史、药史、诊疗史、各种疾病的认识,以及古代医政制度研究都取得了丰富的成果。在中国古代物理学史方面,一直悬而未决的关于张衡候风地动仪设计原理的争论在最近又取得了非常重要进展,剂量学史、中外物理学交流(以明末西学东渐为主)等方面的研究也取得了不少成果。中国古代化学史方面的研究则以炼丹术研究为主,主要进展集中在对丹经与丹方的考证、对炼丹理论的认知特征的研究、以考古发现为依据进行的丹药成分研究,以及对炼丹术在医药、火药发明过程中所起作用的研究上。除炼丹术研究外,在冶金、玻璃、玉石制造技术,以及火药和火器研究等方面,近年来也都有不同的程度的进展。

(二)中国近现代科技史和中国当代科学口述史研究的重要成果

除了一直备受重视的中国古代科技史研究领域,中国近现代科学史研究也日益受到重视,目前正处于迅速发展中。从清代晚期到民国时代现代科学技术体系在中国确立的过程是目前这个领域研究的主要内容。近年来这方面的进展主要集中在对中国近现代工业化进程,以及中国早期科研机构与科学团体的建立等研究。前者研究的重点包括西方技术在中国的早期传播(清代晚期和民国初期),以及20世纪50年代苏联对中国的技术大转移。后者则主要涉及民国时期成立的国立中央研究院、国立北平研究院等民国时期的国立科研机构,以及中国科学社、中华自然科学社、中国化学会等民间科学团体的建立和发展情况。此外,晚清和民国时代的中西科技交流,以及洋务运动中引进西方科学技术的历史等问题,在过去三年里也得到了不同程度的讨论。

与中国近现代科学史一样,中国当代科学口述史也是近年来在国内受到高度重视的一个研究领域。最近三年来,国内学者在当代科学口述史研究的史学理论方面和具体研究方面都取得了不小的进展。一方面是发表了一系列介绍当代科学口述史的理论基础和讨论相关的研究方法的论文,并举办了首次“中国当代科学口述历史学术研讨会”。另一方面,具体的研究实践也在大量进行,其中包括中国科学院和中国科协启动的一些大型研究项目。其中,由樊洪业主编的“20世纪中国科学口述史”丛书已于2009年出版了第一批著作,同系列其他著作的编纂与出版还在继续进行中。正在进行的由中科院启动的“院史研究与编撰”项目和由中国科协启动的“学科史研究试点项目”也都以口述史研究作为最重要的研究方法之一。

(三)世界科学技术史方面的研究进展

与以上三个研究领域相比,世界科学技术史研究领域在我国的发展从总体上说仍然是很不充分的。但是在近三年来,这一研究领域在研究内容和研究方法上也出现了一些积极的变化。这些变化主要体现在人物研究、学科史研究和国别史研究等方面。在人物研究方面,近年来最重要的变化是研究的范围有所扩展,除以前有不少学者研究过的牛顿、爱因斯坦、达尔文等有限的几个超一流科学家,近年来法拉第、麦克斯韦、拉瓦锡等一

流科学家也开始被纳入研究范围。在学科史方面,近年来引入了新的学科史研究理念,突破了“智识史”的编史方法,加强了对学科的制度化的研究。在国别史方面,主要是从一些在时间和空间上具有鲜明国别特征的具体问题入手,通过研究这些问题,揭示出各国在科技发展过程中表现出来的独有的特征,以及各国在科学技术的组织实施方式、社会运作方式及社会—文化背景上的差异。另外近年来发展比较快的还有对西方历史上著名的科技社团和科研机构所作的研究,一些年轻学者以英国的皇家学会、月光社、美国的富兰克林学会,以及欧洲的 CERN 等世界著名科研机构或科学团体为研究对象开展了一系列研究,并取得了不少研究成果。

(四) 学科建设方面的进展

除了对具体问题的研究,近年来在科学技术史学科的学科建设方面也有重要的进展,尤其是在科学技术史教学体系的建设上。继 2006 年第一届全国科技史教学研讨会在北京成功举行,2008 年在上海举行了第二届全国科技史教学研讨会,来自全国高校和科研机构的科学技术史教学工作者对教学中的一些原则性问题进行了讨论,并对各自的教学经验进行了交流。特别是,讨论的议题从科学技术史专业教育更多地扩展到了科学技术史素质教育上。另外中国科学院人教局、中国科学院自然科学史研究所、中国科学技术史学会和内蒙古师范大学在 2009 年联合创办了科学技术史师资培训班,以提高国内科学技术史教学人才的素质。西北大学数学与科学史研究中心也组织了“吴文俊近现代数学思想讲座”,通过这种形式培养数学史的教学和科研人才。

三、本学科发展中的问题与建议

目前我国科学技术史学科发展过程中存在的问题主要包括:

第一,世界科学技术史研究所受到的重视到目前为止仍然严重不足。

第二,对中国古代科学技术史的研究虽然相对发达,但采用新方法、新视角进行的研究还开展得很不充分。

第三,科技史应用研究亟待加强。

因此,在我国科学技术史学科未来的发展中,当务之急首先是全面启动世界科学技术史研究,其次是以新方法、新视角对中国古代科学技术史进行全面性的重新研究,再次是加强科技史应用研究工作。此外,中国当代科学口述史研究和传统工艺研究虽然在目前已经得到了相当的重视,并取得了一定的成果,但对它们的支持还需要进一步加强。

第二十四节 土地科学

一、引言

土地科学是一门富有生命力蓬勃发展中的学科。早在四千多年前,《禹贡》进行土地等级评定,按等级收税;《齐民要术》开展了土地适宜性评价,提出了合理利用技术,那时就

有了土地科学雏形。但把土地科学作为一门独立的学科还是 20 世纪以后的事情。20 世纪上半叶,中国土地科学主要围绕着地政管理及其人才培养;从 20 世纪 50 年代中期起,结合社会主义计划经济管理的需要,土地科学开始重视土地资源调查与利用规划研究;从 20 世纪 70 年代中后期起,主要开展土地分类与评价研究;20 世纪 70 年代后期,中国开始了改革开放,土地作为生产要素进入市场,推动了土地经济学研究;20 世纪 80 年代后期开始,由于经济建设占用大量耕地,又启动了以合理配置土地资源的土地利用总体规划研究;进入 21 世纪,中国土地科学家们围绕着耕地保护与粮食安全、土地调控与经济健康快速发展、土地产权制度改革与社会稳定发展等重要问题,正在开展全方位、系统的科学研究。面对中国日益严峻的人口、发展、资源、环境问题,中国广大土地科技工作者围绕社会经济发展过程中如何解决合理配置有限的土地资源,保护生态环境,高效利用土地,合理分配土地收益,保障社会经济可持续发展,开展了一系列的研究和学术活动,逐步形成了中国的土地科学学科体系。目前,比较公认和成熟的土地科学学科分支有:土地资源学、土地保护学、土地生态学、土地规划学、土地利用工程学、土地法学、地籍学、土地经济学、土地信息学、土地管理学。

在土地科学研究与社会实践中,土地科学人才培养也取得很大成绩。各高等院校每年为社会输送土地管理专业近 3000 名本科生,500~800 名左右硕士生、30~100 名博士生。这些学生毕业后大多数成为土地资源管理部门公务员和事业单位的工作骨干,提升了土地资源管理队伍的科学素养和技术水平。目前,全国已形成一支两千余人的土地资源管理专业师资队伍,在国家级和省级的科研院所,也有几百人的专职研究人员。其中,有些成为长江学者教授和新世纪百千万人才工程国家级人选。土地科学队伍在研究工作中不断壮大,未来他们会在中国土地科学研究和中国土地管理实践工作中做出更大成绩与贡献。

二、我国在本学科取得的主要成果和应用成就

(一)本学科研究取得的主要成果

中国土地科学研究始终密切结合土地利用管理问题。因此,本文以土地利用管理工作为主线,将近几年各分支学科的研究成果归类到土地资源利用与保护、土地调查评价和利用规划、土地信息科学、土地经济学和土地管理学这几个大的方面来介绍土地科学的研究进展。

1. 土地资源利用与保护研究

本部分包括土地利用/覆被变化(LUCC)、土地生态学、土地保护、土地整治与利用工程等研究方向,是重要的应用基础研究。

近几年中国的 LUCC 研究较多集中在土地利用变化的驱动力、机制及未来模拟等方面。驱动力方面主要研究了耕地减少的驱动机制,研究从重视自然因素对土地格局的影响到更加重视社会经济因素的影响,也注重了土地利用方式及管理对 LUCC 的响应。模拟方面则从单方法模拟研究转向多种方法结合的研究,涌现了许多建模方法和技术,如 Logistic 回归、元胞自动机 CA、系统动力学模型等,大大提高了科学研究的质量和深度。

并且,学者们开展了土地利用变化造成的生态环境效应研究。

土地生态学是近几年发展较快的分支学科,在推动土地管理从数量管理到数量、质量和生态并重管理中发挥了重要作用。土地景观基础理论是土地生态学研究的主要内容,大多数研究是关于区域生态系统格局的变化规律,研究区域涉及生态脆弱区、大城市、快速城市化地区等。许多学者开展了对农用地的生态服务和景观文化功能的研究,发展了生态安全格局理论。

土地利用和保护的研究中注重了生态学思想的体现,许多学者结合区域土地利用,应用资源学原理、生态学的理论与方法,研究合理利用和开发土地资源,实现区域可持续发展的目标。同时,越来越多的学者意识到非工程技术措施在土地保护中的重要作用,从社会经济发展角度、从人地关系角度去研究土地利用和保护问题。因发展权引发的耕地保护公平性及经济补偿机制研究越来越多,许多学者认为在城乡统筹背景下,应该给予种地农民生态补偿和发展权补偿。

土地整治与利用工程方面的研究则体现了紧密结合生产实际的特点,近年来研究论文集中在土地整理开发的生态环境保护、效应评价上。学者们还推动了建设用地整理的研究,在村庄整理潜力测算与效益评价、村庄整治模式以及机制创新等方面做了大量研究。工矿区土地复垦方面,学者将之与节约集约用地、增加耕地联系起来,发表了大量复垦目标与规划方面的软科学类文章。

2. 土地调查、评价与规划

我国土地调查研究始终围绕着国家开展的各项土地调查工作开展。最近两年,有关研究集中在土地调查工作的技术流程、数据质量保证/精度提高、数据库建设以及3S在土地调查中的应用等方面。学者们在土地资源信息获取和挖掘、调查与监测技术和方法、土地利用现状更新与制图工艺流程优化和作业模式等方面开展了大量应用性研究,取得了相当多的具有应用价值的成果。

土地评价作为土地科学研究的应用基础工作,从以往简单的自然适宜性评价扩展到如今的自然评价、经济评价、土地可持续评价、生态安全评价等多类型评价的综合。评价范围也不断拓展,土地适宜性评价研究范围从传统的对土地的农用适宜性评价扩张到建设用地。不同类型、不同尺度的建设用地集约利用评价不断成为研究热点。土地生态评价取得进一步的发展,由单纯土地退化的效应评价发展为更全面的土地生态安全评价。评价方法日趋定量化。地理信息系统广泛应用于土地评价中,层次分析法、主成分分析法、DEA方法、人工神经网络方法、PSR模型、农户行为等经济学分析等也被引入到土地评价中。生态学的生态足迹方法、能值分析理论也被大量使用。

在土地评价中,农用地分等研究成果丰硕,大大推动了土地质量评价方面的定量化发展,所形成的《农用地分等规程》应该说是当今世界上定量化土地评价的杰作。近几年,农用地分等研究已触及到农用地分等成果如何在耕地与基本农田保护、农用地质量及其产能监测等土地管理工作中的应用方面。

改革开放之后,土地利用规划由针对农地的“山水田林路”的规划设计进入到对区域全部土地进行总体规划布局阶段,许多专家学者参与了具体的区域性土地利用总体规划工作中,研究焦点主要体现在规划理念、各项用地指标的预测方法、土地利用分区以及土

地利用规划实施的环境影响评价研究。学者们创新了土地利用规划理念的研究,包括刚性与弹性指标相结合、空间控制缓冲区、计划与市场调剂相结合等,建立了我国土地利用规划的体系,加强了土地利用规划实施管理的相关制度建设。同时,学者们也在规划方法研究方面有不少创新,解决了规划的一些技术问题,包括 GIS 空间分析技术应用、景观生态学方法应用、国家计划控制与公众参与相结合的方法等。

3. 土地信息学

当前的研究主要集中于土地信息获取与建库技术以及土地信息系统建设方面。许多学者结合工作实际,开展了在遥感影像分类方法、土地利用现状更新技术、土地利用数据建库及其更新技术开展研究,解决了实践中的一些问题方面。也在土地储备管理信息系统、土地监察管理信息系统、土地登记信息管理系统、土地利用核查系统等方面开展了应用性研究,一些系统运行很好,支持了土地管理信息化建设。

4. 土地经济学

近年土地经济研究方向大致有土地市场、土地制度、土地税收和土地金融几方面,重点在土地集约利用、土地市场及其调控、土地收益分配关系、物业税改革、土地金融等,注重在土地的微观市场机制与宏观区域经济调控相结合方面开展综合研究,涉及了建设用地的市场经济与管理体制等深层次的问题。

土地市场方面的研究集中在城市土地市场运行,农村土地市场建设和城乡土地市场的协调发展等议题。当前热议的焦点是农民宅基地的流转和小产权房的问题。大多数学者认为,集体建设用地应该在城乡统一的土地市场中自由流转,以推动土地的集约利用和保证建设用地供给。土地金融探讨了土地股份合作制、土地抵押、土地证券化。土地税收则在热议土地增值税和物业税,包括了征税后的效应以及如何征收的探讨。在土地定级与基准地价评估方法方面进行了新方法的探索,如克立格差值方法的地价空间分析、农地征收价格模型等。同时,土地市场与房地产市场的关系,尤其是地价与房价之间的关系、地价房价的变化规律及调控手段等也是研究重点。

5. 土地管理学

土地管理学方面的研究主要集中在土地产权制度、土地政策和地籍管理几个方面。农民集体土地所有权、使用权、土地发展权等是近年土地产权制度的研究重点。大多数人认为土地所有权方面应该在维持现状的基础上,进一步加强土地使用权制度建设。土地政策的研究紧跟当前的热点问题,主要涉及土地利用规划与管理、耕地保护、土地征收与补偿、土地整理、土地登记与土地流转等现行土地管理法律制度的不足和缺陷而展开的应用性、对策性研究。有关征地文章最多的是关于如何确定“公共利益”与征收范围和征收补偿问题。耕地保护以反思现行耕地保护制度缺陷的文章居多,分别从产权制度、博弈论等多角度进行了分析,也对城乡用地增减挂钩的意义、农村集体建设用地整理潜力和模式进行了讨论。地籍管理方面对于物权法颁布后的土地登记和农用地整理过程中的权属调整的论述较多。

(二)本学科研究成果在行政管理中的应用成就

中国土地科学工作者紧密围绕国家土地管理工作开展研究,积极承担调研与咨询工作,研究成果在国家重大土地资源调查与监测工程、土地信息化建设、土地整理工程、土地利用总体规划、土地管理相关技术标准与技术规程、有关土地法律和政策的制定和修改方面起到了理论与方法指导、案例示范作用,不断地把土地管理引向科学化、制度化和规范化的轨道。

首先,推动了全国第二次土地调查、全国土地利用动态遥感监测、全国城市地价动态监测工作。第二次全国土地调查建立了国家、省、市(地)、县四级集影像、图形、地类、面积和权属于一体的土地调查数据库及管理系统,形成了统一时点的全国土地调查成果。全国土地利用动态遥感监测体系则实现了土地资源的多尺度、多频率、多角度、高精度和高效快速监测。城市地价动态监测工作则建立了全国城市地价动态监测报告制度,形成了一系列季度报告、年度报告、重点地区监测报告和专题报告。

土地科学研究还支持了土地管理信息化建设。国土资源部正集合遥感影像、土地利用现状、土地规划、基本农田、遥感监测等多源信息,建设全国“一张图”本底数据库,与国土资源的计划、审批、供应、开发、执法等行政监管系统叠加,共同构建统一的综合监管平台,实现土地资源开发利用的“天上看、网上管、地上查”的动态监管目标。

土地整理、复垦和开发是保障耕地总量动态平衡的重要途径,许多专家学者出版和发表了有关土地开发整理项目编制指南等著作,对编制土地开发整理项目可行性研究报告和实施方案起到了重要作用,保证了国家工程项目的有效执行。广大学者还不断呼吁土地管理部门重视开发耕地后备资源带来的生态问题,将土地开发逐步引向整理,并日益重视土地复垦。

同时,土地科学在各级土地利用总体规划编制中也发挥了关键作用。20年来,广大土地科学工作者发表大量文章和报告,有力地支持了土地利用总体规划指导思想从“保护耕地、保障建设用地”到“耕地总量动态平衡”,再到“节约和集约用地”目标的转变。建立了一系列的土地利用总体规划标准体系,包括各级规划的编制技术指引、规程以及相关制图规范,使规划在标准化、规范化方面进步很大。《全国土地利用总体规划纲要(2006(2020年))》已经在2008年9月得到国务院的批准,成为全国土地利用的纲领性文件。

土地科学研究成果支撑了《农用地分等规程》的编制,它科学规范地指导了全国农用地分等工作。全国农用地分等工作历时10年,于2009年8月全面完成,是世界上绝无仅有的农用地质量与生产能力评价成果。它第一次全面摸清了我国农用地等别与分布状况,第一次实现了全国等别的统一可比,成果为土地管理从过去以数量管理为主向数量、质量并重管理的方式转变提供了有力的基础支撑。

广大学者积极投身土地制度改革,在土地法律与政策制定和修改中建言献策,大量研究成果成为了国土资源部决策的重要参考,所提出的“最严格的耕地保护制度、最严格的节约集约用地制度”、“缩小征地范围、提高补偿标准”、“建设城乡统一建设用地市场”、“村庄整理”等建议被国家文件所采纳。

三、本学科国内外发展状况比较

在土地利用/土地覆被变化信息提取与分析方面的相关理论与技术方法研究方面,美国、荷兰、法国等西方发达国家处于领先水平。我国在遥感技术及其应用方面的研究,紧跟国外研究潮流,许多研究成果也处于国际先进水平。因为有政府主导的大规模土地资源调查与管理工作的需求,我国在土地调查技术与信息系统建设的工程性应用研究方面处于国际领先水平。

在土地评价方面,国外发达国家的土地评价主要关注的是农业和人类活动对生态系统和环境的影响,而且有长期的定位实验数据支持,在土地可持续利用评价方面引领着科学研究与生产实践的新潮流。中国农用地分等定级是国际上土地评价领域的杰出成果,没有哪一个国家能够在科学理论方法研究与全国性农用地评价工程应用上能够结合得这么好。我国在农用地集约利用评价方面的研究成果很多,评价不仅涉及经济效应评价,而且涉及生态环境效应与社会效应方面的评价,综合性很强,许多研究成果属于世界领先水平。建设用地集约利用的评价则是国际上创新性的研究。

国外在土地资源保护性利用的科学研究与实践方面走在了我们的前面,而我国则在高产高效利用研究与实践方面处于世界领先水平的。

在土地利用/覆被变化研究方面,国外发达国家在全球尺度和微观尺度(流域或农场)方面的研究比我国深入,在区域土地利用变化格局及其与区域环境的耦合关系的分析模型等方面处于领先水平。相比之下,我国借助于土地利用现状变更数据和对应的社会经济统计数据,则在国家级或中观尺度上的土地利用空间变化规律与驱动机制方面的研究取得了世界先进水平的成果。

中国与西方主要发达国家的社会制度不同,土地制度不同,很难在土地政策研究方面进行“研究水平”比较。但近几年,中国学者们的土地政策研究报告对政府出台“城乡建设用地增减挂钩”、“耕地保护经济补偿”、征地“同地同价”和“区片价”等新土地政策起到了重要的支撑作用。这些政策符合中国国情,很好地支持了科学发展观、城乡统筹发展和建立和谐社会的国家发展战略的实施。

四、本学科的未来展望与建议

(一)展望

1. 土地生态学和土地资源学方向

重视土地生态学基础理论研究,深化土地退化机理研究,进一步加强研究自然因素和社会经济因素对土地利用/覆被变化的耦合作用,特别是研究土地的自然禀赋对社会经济驱动力的制动作用,以及社会经济技术发展对土地限制因素的改造作用,促进土地资源优化配置和可持续利用。

2. 土地经济学方向

土地经济学研究主要有以下方向。

第一,研究在资源短缺、人地矛盾突出情况下,如何发挥规划的宏观调控与市场优化配置土地资源(资产)的问题,发展宏观土地经济学和微观土地经济学的理论与方法。

第二,研究土地公有制下的土地市场形成机制及其我国土地市场建设、运行与管理中存在的问题,研究利用市场机制配置土地资源/资产,促进城乡统筹发展和区域经济统筹发展。

第三,研究在不同社会经济发展阶段,土地收益在国家、地区、集体、个人之间分配关系问题,发展土地福利经济学理论与方法。

第四,研究土地价格形成和运行机理,利用土地价格和租、税、费调节土地收益和促进土地集约利用的经济机制,参与宏观经济调控。

第五,深入研究国家政体、土地产权制度对土地资源分配、征地及其补偿、市场运行、土地金融等方面的影响,开展土地产权制度经济学研究,为建立公正公平的土地征收与补偿、用途管制与发展权补偿和生态补偿等土地政策,提供理论基础和经济计量方法。

3. 土地信息技术方向

进一步完善数字化土地调查、监测技术与方法体系,开发和完善城乡一体化地籍管理信息系统,加强土地信息化标准体系建设,开发实战型的土地管理决策支持系统。

4. 完善和创新土地资源可持续利用工程技术

不断完善和创新土地资源可持续利用的工程技术,包括:①水土保持工程技术;②土地复垦工程技术;③基本农田整理工程技术;④土地节约集约利用工程技术;⑤生态恢复与重建工程技术。

(二)对本学科的建议

开展耕地保护机制研究,建立健全耕地保护的约束机制,出台创新型的耕地保护政策,实现国家耕地保护目标。深入开展征地制度改革研究,建立城乡统筹和城乡一体化背景下的征地补偿与收益分配机制。以城乡统筹思想为指导,开展城乡建设用地增减挂钩问题研究,制定出有利于流转,促进节约集约用地,收益分配合理的土地政策。开展地价与房价问题研究,为政府土地管理部门适时调控土地供给提供科学支撑,保证老百姓安居和经济社会又快又好的发展。

第二十五节 智能科学与技术

一、引言

智能,是利用信息和知识来发现、认识 and 解决问题的能力。智能科学技术的任务是探索自然智能(特别是人类智能)的奥秘,用以制造智能机器,促进经济、社会与国防的“智能化”发展。它是信息与生命两大带头学科最精彩的交叉领域。

21世纪是人类社会由工业—农业经济走向信息—知识经济、实现“智能化”社会生产

力的关键历史时期,智能科学技术担负引领科技、经济、社会和国防“智能化”发展的历史重任,具有不可估量及不可替代的作用。转变国民经济发展方式和应对气候变化都需要运用智能科学技术的方法才能得到合理的解决。

二、本学科发展的现状

在全球,“智能化”已经成为科学技术特别是信息科学技术发展的基本特征和普遍潮流,智能传感,智能通信、智能计算、智能控制,已经成为当前信息技术发展的主导趋势。在信息领域之外,也已经实现了“智能交通”、“智能电网”、“智能建筑”、“智能制造”等发展势头。正因为如此,IBM公司才能提出“智慧地球”的口号。智能科学技术整体上正处在快速发展时期:智能理论研究正在取得大面积的突破,智能技术的应用正在爆炸式增长,“智能领域”成为了科学技术创新的富矿区。20世纪80年代初期涌现的“信息化”正在快速升级成为“智能化”。

在我国,由于功能赫兹共振成像系统等先进研究手段的应用,关于脑的结构和脑的功能的研究正在取得重要进展;由于认知心理学与人工智能之间的互动,对于认知机理的探索不断走向深入;由于人工智能机制模拟方法的提出和建立,人工智能原来互相分立的三大理论学派正在走向互相融通,为形成人工智能统一理论奠定了必要的基础。特别可喜的是,我国智能科学技术应用研究正在把注意力从“游戏世界”聚焦于国民经济发展主战场,将从工业生产系统智能化设计这个源头上转变工业生产的方式,从而促进产业升级和转变国民经济发展的方式。

三、我国在本学科的主要成果

近年来,我国智能科技工作者运用以“信息观和系统观”为特征的新的科学方法论,发现新的科学规律和自主创建新的科学理论,在多个方面处于世界领先水平,特别在“高等智能”这个核心前沿领域开始发挥引领国际学术走向的作用。

(一)自然智能:“拓扑性质初期视觉理论”成为国际主流理论

人的视觉认知过程究竟从哪里开始是局部首先还是整体首先?国际学术界的主流学派一直坚持“局部首先”的理论。这就是“初期特征分析理论”,也称为“原子论”。中国科学技术大学研究生院陈霖教授提出了相反的论断,认为人的视觉认知过程是“大范围首先”,也就是“整体论”。陈霖院士的团队一直坚持不懈地进行研究,不断发现了新的实验证据,有力地支持了自己的理论。

2005年,国际认知科学界的认识发生了重大的变化,著名的国际学术杂志《视觉认知》(VISUAL COGNITION)以专辑的形式发表了陈霖院士的主旨论文“知觉组织的拓扑方法”,并配发了大量国际著名学者的评论性文章,支持和响应这篇主旨论文的学术思想。于是,以“整体论”为核心观念的“拓扑性质初期视觉理论”得到国际认知学科主流学术界的理解和认可。

(二)自然智能:在国际上率先发现果蝇“行为抉择”的工作机理

决策,是以认知为基础、目标为导引,制定解决问题的策略的过程,因而是智能科学的关键问题。但是长期以来,人们一直未能阐明决策过程的生理学机制。

中国科学院生物物理研究所研究员郭爱克院士领导的研究小组2007年在《科学》杂志发表研究报告《多巴胺和蘑菇体回路调控果蝇基于价值的抉择》,以丰富的实验证据在国内学术界第一次揭示了果蝇在飞行行为中所表现的决策的生物学过程。报告指出:“多巴胺”是一种神经递质和神经调质,它能够快速显示某种环境状态对果蝇生存的利害价值;而蘑菇体回路和多巴胺的合作,就完成了对于环境状态的“有利”选择。实验发现:当多巴胺调质与蘑菇体回路两者共同参与时,果蝇的决策表现为“当机立断”,而没有两者的共同参与的时候,则表现出“犹豫不决”状态,从而证明两者的联合工作是果蝇飞行决策的必要条件。

(三)人工智能:我国学者倡导的“数学机械化”研究取得新进展

数学机械化,是中国科学院数学与系统科学研究院吴文俊院士提出的具有中国学术特色的研究方向。在吴文俊院士的率领下,中国学者把方程求解的“吴消元法”用于定理自动证明、物理规律自动发现、计算机图形学、智能计算机辅助设计(CAD)、计算机视觉、图像压缩、机器人和数控等关键技术的研究中,取得了重要的进展。2006年,我国学者建立了经典几何的高级不变量代数系统,成功地处理了大计算量的问题,因而可用它证明几何定理。该成果获得当年美国计算机学会(ACM)符号与代数计算专业委员会的“IS-SAC3杰出论文奖”。2007年,证明了任意微分-差分多项式组的零点与有限个微分-差分多项式组的零点相同。此外,我国学者建立了微分差分情形的零点分解定理,解决了微分-差分多项式系统的完备理想成员问题,将数学机械化方法推广到了微分-差分方程中。

(四)人工智能:我国学者创立“云模型”和“不确定性人工智能”

传统人工智能理论也曾经是一种确定性的理论。但是,人工智能所处理的现实世界问题、特别是那些复杂的问题几乎都存在各种、甚至是多种不确定性因素。

根据现实中模糊性和随机性常常同时出现而且密不可分的事实,李德毅院士提出了可同时包容模糊性和随机性的云模型,在不确定性推理中有许多成功地应用,在此基础上于2005年出版专著《不确定性人工智能》。该书讨论了在人类知识和智能活动中不确定性存在的客观性、普遍性和积极意义,围绕不确定性人工智能的数学基础、特征、表示、模型、推理机制、不确定性思维活动中的不确定性等进行研究,从定性定量转换模型和认知的物理学方法到数据挖掘、知识发现和智能控制逐层展开,寻找不确定性知识和智能处理中的规律性,最后对不确定性人工智能研究的发展方向进行了展望。李德毅院士的这些研究成果获得了国家科技进步二等奖等多项奖励。

(五)人工智能:我国学者创立“机制主义方法”和“人工智能统一理论”

半个多世纪以来,国际学术界先后形成了人工智能理论研究的结构主义方法、功能主

义方法以及行为主义方法,成为国际人工智能理论研究的三大主流学派。但是它常有“孰优孰劣”的争论,形成了“鼎足三分”的学术格局。

2007年,北京邮电大学钟义信教授出版了《机器知行学原理》,阐明了知识的“内生态结构”(经验知识—规范知识—常识知识转换)和“外生态结构”(信息—知识—智能转换),由此提出了以智能生成机制的模拟为核心的“人工智能机制主义研究方法”,证明了结构主义方法、功能主义方法、行为主义方法分别是机制主义方法在不同知识类型下的特例,并且可以互相转化,从而使国际人工智能三大主流学派理论在机制主义框架内实现了和谐的统一,形成了“人工智能统一理论”;并揭示了原先各自独立发展起来的信息理论、知识理论、智能理论之间的本质联系。

(六)逻辑理论:我国学者创立的“R-演算”获得重要应用

逻辑是推理和思维的工具,是智能科学技术理论研究的重要手段。为了解决信息的不完全性、知识的容错性及推理的非单调性等科学问题,北京航空航天大学李未院士于1992年提出开放逻辑。为了解决在软件开发过程中规约不断被修改的问题,他于2002年提出了R-演算,证明了它的可靠性、完全性和可达性。该演算由一组变换规则组成,用以删除规约中与事实矛盾的规则,并最终得到规约的极大缩减。

2008年,李未院士把R-演算用于解决“科学理论发现”的问题,他以狭义相对论和生物进化论为例,用R-演算对这两个科学理论的发现过程进行了成功地验证。结果表明:对爱因斯坦时代的物理学而言,狭义相对论是唯一正确的选择;对达尔文时代的生物学而言,在接受自然选择原理等前提下,R-演算可以推导出3种逻辑上合理的进化论方案,达尔文的进化论是其中的一种。这一结果在国际上处于领先的地位。

(七)逻辑理论:我国学者创立“泛逻辑学”和“连续值代数”

逻辑在智能科学与技术研究中具有基础性的作用。已有的标准逻辑是一种刚性逻辑,表达能力有限,不能充分反映自然界和思维领域的复杂规律。我国西北工业大学何华灿教授于2005年在科学出版社出版了《泛逻辑学原理》的英文版,进一步阐明了以“柔性逻辑”为核心的泛逻辑学。它可以克服标准逻辑的刚性缺点而具有灵活性,可以表现丰富多彩的逻辑规律。2008年,他们又进一步提出连续值逻辑代数,证明布尔代数、三值逻辑代数和柔性逻辑都是它的特例;分析了影响连续值命题逻辑运算的不确定性因素,得到连续值逻辑代数的7种运算模型;并且发现:连续值逻辑系统是由无穷多组逻辑算子组成的逻辑谱,以一维连续值逻辑谱为基础向上可以得到 n -维连续值逻辑谱,向下可以得到三值逻辑谱和二值逻辑。这些结果在国内和国际上都处于领先水平。

(八)可拓学:我国学者创立的“可拓学”获得新应用

为了有效处理矛盾问题,广东工业大学蔡文教授创立了矛盾问题智能求解的理论与方法,称为“可拓学”。2004年,以吴文俊院士为首的鉴定委员会对“可拓学”研究成果做出的鉴定结论指出:“蔡文教授等人建立了一门横跨哲学、数学与工程的新学科——可拓学,它是一门由我国科学家建立的、具有深远价值的原创性学科”。

2005年以来,“可拓学”的研究者们开始有意识地把研究的重点从基础理论研究转向应用研究,2007年出版了《可拓工程》。近年的应用研究包括:“可拓信息-知识-智能的形式化体系”,“可拓策略生成系统的实用技术”,“可拓数据挖掘方法”,“可拓营销方法”,“可拓策划方法”,“可拓设计方法”,“可拓控制与可拓检测方法”以及“可拓方法在识别、搜索和诊断中的应用”等。这些新的研究成果证明了“可拓学”理论的正确性和实际的应用价值。

(九)模式识别:我国学者创立“多维空间仿生信息学”

模式识别方法的研究已经有了数10年的发展历史,以“模式分类”为特色的统计模式识别方法是它的主流学说。中国科学院半导体研究所王守觉院士注意到国际主流模式识别方法不符合人类识别事物的规律:它只能在已知模式集合的条件下通过比较把未知模式指定为某个已知的模式。

王守觉院士提出了“基于高维空间的仿生模式识别方法”,并实现了这种高维空间仿生模式识别方法。新方法不需要“已知模式集合”,对于任何未知模式的识别都是根据该模式本身在高维空间的特征集合来识别,而不通过与已知模式特征的比较来识别。理论与实验都证明,与国际主流方法相比,新方法具有显著优越的识别性能。这一新理论和新方法研究成果已经转化成为实际的产品。

(十)系统学:我国学者创立“协调学”理论

“协调”是工程技术、社会经济、生物生态等各领域复杂大系统的普遍需求与共性问题。如果没有良好的协调,系统将难以发挥整体功能。目前,国际学术界对于系统的协调问题进行了不少研究,但是至今没有形成完整和系统性的协调理论。

北京科技大学涂序彦教授很早就提出“协调学”的概念,展开了多方面的研究。他与韩力群教授合作给出了“多中枢自协调人工脑”理论模型;2005年,他总结和归纳了“友好协商、协同配合、分工协作、齐心协力,统筹兼顾、全局优化、取长补短、相生相克、动态平衡、综合集成、持续发展、和谐共处”等协调规律和“导引、分组、循环、全息”等协调策略。同年,在《大系统控制论》专著中,提出了“智能自律分散系统”、“协同智能信息网”;2008年,在中国科协第20届“新观点、新学说”学术沙龙,提出了“社会协调学”。

(十一)知识处理与机器学习:我国学者在本领域的新进展

中科院计算所史忠植等人在多主体系统方面取得进展,将主体计算与网格技术结合,开发了主体网格智能平台 AGrIP。在不确定性推理方面,总参61所李德毅对提出了云模型及其理论。清华大学李三江等人对空间推理的拓扑方法进行研究并在空间关系建模和空间约束求解等方面取得成果。吉林大学刘大有等提出可描述多维对象空间关系的MRCC理论,解决了著名RCC理论不能处理多维对象的不足。

中科院自动化所王珏提出知识集群的方法。南京大学周志华等在集群学习等方面研究取得进展。中科院计算所史忠植与罗平提出了一种新的条件熵。史忠植与何清等将云计算、主体与海量数据挖掘结合,研制了分布式数据挖掘平台 MSMiner。清华大学张钹

院士和安徽大学张铃教授等人提出的商空间理论产生了很大影响。中科院计算所史忠植与郑征等提出相容粒度空间模型。

(十二) 高等智能:我国学者集体提出的研究纲领在国际上获得积极响应

2006年是符号逻辑主义人工智能学科诞生的50周年。为了总结50年研究工作的经验和教训,推动未来人工智能研究的发展,中国人工智能学会联合美国人工智能学会和欧洲人工智能协调委员会等国际组织在北京举行了人工智能国际学术会议。

中国人工智能学会在会上作了主旨发言,肯定了50年人工智能研究的成就,也指出了存在的主要问题,提出了未来50年人工智能理论研究的新纲领——高等智能,它的核心要点包括:①在内部,探索人工智能的统一理论;②在外部,加强人工智能与自然智能之间的互动研究;③在深度上,重视人工智能和自然智能的深层前沿。这个“高等智能”研究纲领得到了与会各国代表高度的认同,并委托中国人工智能学会从2008年开始发起“高等智能国际会议”。2008年10月,第一届高等智能国际学术会议在北京成功举行。2009年10月,国际高等智能英文学报正式问世,标志着我国提出的“高等智能”研究已在国内外获得良好响应,开始发挥引领的作用。

(十三) 方法论:我国学者总结的“分合互动”科学方法论已见成效

为了克服“分而治之”方法论的缺点,我国学者提出了“分合互动”的新方法论。它的要点是:①“保信而分”,即在进行分解的时候,需要保全各“子问题”之间相互联系相互作用的信息;②“分而治之”,即分别求解各个子问题;③“全信而合”,即在把这些“子问题的解”进行合成的时候,必须恢复“子问题”之间的相互联系和相互作用的信息;④“分合互动”,在处理复杂问题的时候,可能需要在不同层次上多次分合互动。

“分合互动”方法论考虑了“事物之间互相联系和互相作用”的辩证关系,因而更加符合求解信息领域复杂问题的需要,体现了现代科学研究的辩证求解思想。我国智能科学技术工作者比较自觉地运用了“分合互动”的现代科学方法论,因此比较敏锐地发现问题,找到解决问题的正确方法,促成了大量学术创新成果。前面介绍的许多原创性理论新成果,都体现了“分合互动”方法论的思想。

四、本学科国内外发展状况比较

20世纪中叶,智能科学技术首先从西方生长和发展起来。直到20世纪末,我国智能科学技术一直处在跟踪学习的阶段。

由于智能科学技术的深入发展需要新的科学方法论(特别是体现信息观和整体观的辩证方法)的引领,而西方学者习惯于“分而治之”的方法论,因而具有较好辩证思维素养的我国学者便逐渐取得了学术创新的优势:发现了西方学者建立的各种理论之间的“漏洞”和“联系破缺”,发现了解决这些问题的新方法,创建了一系列新的科学理论。

科学技术研究方法轮的发展与转变,这是时代赋予我国学术界的学术研究创新机遇和优势。善用这种优势,可以使我国智能科学技术以致整个科学技术的研究发展改变落后面貌。

但是,我国智能科学技术的发展也存在许多不利因素,特别是我国在智能科学技术人才培养和应用技术研究方面的劣势状态,目前尚无根本的改观。这与我国社会诸多因素有密切关系,需要通过改革加以解决。

五、本学科发展的措施和建议

智能化是科技进步、经济发展、文明提升、安全保障的基本出路,是世界各国竞争的制高点。谁最先掌握和应用了智能科学技术,谁就能在国际竞争中把握主动权。

为了国家的根本利益,建议:第一,在国务院学位委员会增设“智能科学技术一级学科”,为国家培养智能科学技术的高层人才;第二,在国家“973”计划和国家自然科学基金设立“智能科学创新研究”重大项目,加强基础理论研究;第三,在国家“十二五”规划中设立“智能技术与经济发展方式转变”专项,把理论研究成果应用于“经济发展方式转变”和“气候应对”;第四,在国家科技支撑计划中设立“智能技术与冶金系统节能减排”、“智能技术与电力系统节能减排”、“智能技术与制造业节能减排”等项目。

第二十六节 密码学

一、引言

密码是按特定法则编成,用于通信双方的信息进行明密变换的符号。研究密码的学科就称之为密码学。现代密码主要用于保护传输和存储的信息;除此之外,密码还用于保证信息的完整性、真实性、可控性和不可否认性。密码是构建安全信息系统的核心基础。

密码学发展历史主要有以下四个阶段:①科学密码学的前夜发展时期(从古代到1948年):这一时期的密码专家常常凭直觉和信念来进行密码设计和分析;②对称密码学的早期发展时期(1949~1975年):1949年 Shannon 发表的论文《保密系统的信息理论》为对称密码学建立了理论基础,从此密码学成为一门科学;③现代密码学的发展时期(1976~1996年):这一时期以1976年 Diffie 和 Hellman 开创的公钥密码学和1977年美国制定了数据加密标准 DES 为里程碑,标志着现代密码学的诞生;④应用密码学的发展时期(1997年至今):20世纪90年代以来,密码被广泛应用,密码的标准化工作和实际应用受到空前关注。

中国于2007年3月25日成立了中国密码学会,这是我国密码学发展中的一件大事,自学会成立以来,已出版发行了《中国密码学发展报告2007》和《中国密码学发展报告2008》。

二、近年来我国本学科的主要进展

我国近几年在密码学领域取得了长足进展,下面我们将从最新理论与技术、最新成果应用和学术建制三个方面加以回顾和总结。

（一）最新理论与技术研究进展

我国学者在密码学方面的最新研究进展主要表现在以下几个方面。

(1) 序列密码方面,我国学者很早就开始了研究工作,其中有两个成果最值得一提:①戴宗铎教授领导的团队创立了多维连分式理论,并用此理论解决了多重序列中的若干重要基础问题和国际上的一系列难题。②20世纪80年代,我国学者曾肯成等提出了环导出序列这一原创性工作,之后戚文峰教授领导的团队在环上本原序列压缩保熵性方面又取得了一系列重要进展。

(2) 分组密码方面,我国许多学者取得了重要的研究成果。吴文玲研究员领导的团队在分组密码分析方面做出了突出贡献,其中对NESSIE工程的候选密码算法NUSH的分析结果直接导致其在遴选中被淘汰;对AES、Camellia、SMS4等密码算法做出了全方位多角度的分析,攻击轮数屡次刷新世界纪录。

(3) Hash函数(又称杂凑函数)方面,我国学者取得了一批国际领先的科研成果,尤其是王小云教授领导的团队在Hash函数的安全性分析方面做出了创新性贡献:建立了一系列杂凑函数破解的基本理论,并对多种Hash函数首次给出有效碰撞攻击和原像攻击。

(4) 密码协议方面,我国学者的成果在国际上产生了一定的影响,其中最为突出的是邓邁等学者在重置零知识和精确零知识方面的研究:构造了新工具,解决了国际上的两个重要的猜想。

(5) PKI技术领域,我国学者取得了长足的发展,尤其是冯登国教授领导的团队做出了重要贡献:构建了具有自主知识产权的PKI模型框架,提出了双层式秘密分享的入侵容忍证书认证机构(CA),提出了PKI实体的概念,形成了多项国家标准。该项成果获得2005年国家科技进步二等奖。

(6) 量子密码方面,我国学者在诱骗态量子密码和量子避错码等方面做出了开创性工作;在协议的设计和分析方面也提出了大量建设性意见。

(7) 实验方面,主要有郭光灿院士领导的团队和潘建伟教授领导的团队取得了一些令人瞩目的成绩,其中的“量子政务网”和“量子电话网”均属世界首创。

（二）最新成果应用进展

2009年是我国《商用密码管理条例》发布实施10周年。10年来我国的商用密码取得了长足发展。尤其值得一提的是可信计算和WAPI方面的密码应用。

(1) 通过在可信计算领域中的密码应用推广,推出了我国自主的《可信计算密码支撑平台功能与接口规范》,大大提升了我国密码算法的应用水平和密码芯片的设计和研制水平。

(2) 我国自主研发的宽带无线网络WAPI安全技术,弥补了同类国际标准的安全缺陷,形成并颁布了两项国家标准;其中的加密算法采用了自主研发的分组密码算法SMS4。该成果2005年获得国家发明二等奖。

(三) 学术建制最新进展

近几年,我国在密码学学术建制方面也做了大量的工作:

(1) 中国于2007年3月25日正式成立了中国密码学会(<http://www.cacr.net.org.cn>),并已成立了学术、教育和组织工作委员会以及量子密码专业委员会。

(2) 国家密码管理局为了推动商用密码的应用,成立了国家商用密码应用技术体系总体组,并针对不同领域成立了多个密码应用专项工作组。

(3) 中国可信计算工作组(China TCM Union,TCMU)于2008年12月正式成立(<http://www.tcmu.org.cn>)。

(4) 全国信息安全标准化技术委员会(简称信息安全标委会,TC260)设立WG3工作组,专门制订和研究密码方面的标准和规范。

三、本学科国内外研究进展比较

(一) 密码理论

总体上来看,西方发达国家和地区的密码理论研究水平比较高,成果突出,覆盖面广,新理论、新观点和新方法较多。我国在密码理论研究在总体上发展很不平衡,在一些点上的研究深度达到了国际水平,但研究的深度、广度和可持续发展性都与国际水平还有差距,新理论、新观点和新方法还不够多。

(1) 在序列密码方面,我国学者在序列密码线性复杂度方面做出过重要的原创性工作,但目前的研究工作上已落后于国外。我国学者曾肯成等提出的环导出序列是原创性工作,目前我国学者在这一领域仍处于国际领先水平。我国学者在带进位反馈移位寄存器(FCSR)序列的结构性问题处于国际领先水平。在序列密码代数攻击的研究上,我国落后于国际,但由代数攻击引发的布尔函数代数免疫问题的研究成果得到国际上的充分肯定。我国在对eSTREAM各算法的研究与国际先进水平差距很大,在序列密码的设计理论上落后于国际先进水平。

(2) 在分组密码方面,我国公布的推荐密码算法SMS4充分体现了我国分组密码的设计水平已达到国际先进水平。分组密码分析方面国内外水平相近,我国学者的某些工作处于领先地位。分组密码工作模式的研究在我国刚刚起步。

(3) 国内对公钥密码算法进行研究的人比较少,在公钥密码相关困难问题方面从事研究的人就更是寥寥无几。对于公钥密码的一些重要方面国际上一直有很多进展。

(4) 在杂凑函数方面,我国的研究现已处于国际领先水平。MAC算法的研究方面我国还处于劣势,但在安全性分析方面具有国际先进水平。

(5) 在密码协议的形式化分析方法方面,我国的研究处于发展初期,其中后继乏人是一件令人担忧的事情。

(6) 在密码协议的可证明安全性理论方面,我国学者近几年取得了一定的进展,在国际上产生了一定的影响。国内研究零知识协议的学者屈指可数,在广度上也不及国外,但在重置零知识和精确零知识上的研究处于国际领先地位。

(7)在量子密码方面,我国学者取得了大量的重要研究成果。在理论方面,我们的工作具有举足轻重的地位。在实验方面,我们在某些方面已经达到国际先进水平。

(二)密码技术

我国密码技术体系基本形成,但总体上发展很不平衡,在一些点上的研究深度达到了国际水平,研究深度和广度都与国际水平还有差距,创新技术还不够多。

(1)在密码算法方面,发达国家和地区推出了一系列密码算法,形成了一个比较完整的密码算法体系。

我国目前还没有真正建立起我国自主的密码算法体系,与国外还有一定的距离。

(2)在密码芯片方面,我国密码算法的芯片实现技术已经相当成熟,但是在一些高端芯片的设计上与国外还存在较大的差距。关于密码芯片的实现安全方面,我国主要研究基本停留在实验室阶段,缺乏实践检验;市场销售的安全产品在芯片安全方面良莠不齐,普遍缺少必要的防御措施。

(3)在侧信道分析方面的相关研究与国际水平差距比较大。

(4)在密码基础设施方面,我国近几年取得了突破性进展,完全自主掌控了 PKI 技术,已具备建设能够满足信息化发展需要的 PKI/CA 系统的能力,并已自主建设了大量的实用 PKI/CA 系统,其研究水平处于国际先进水平。

(三)密码标准

国外发达国家和地区具备成套的密码标准,不但实时跟进和更新,而且还进行超前研究。

我国在密码标准制定方面相距较远,仅有一个在 2006 年公布的 SMS4 密码算法。

(四)密码应用

国外发达国家和地区密码技术应用方案比较周密、翔实、并且可操作性强,在考虑新技术应用的同时就考虑了密码技术的应用问题和解决方案。我国在密码技术与应用的融合方面已经取得了一些成绩,但其应用水平与国外还有一定的差距,其应用深度和广度都有待于进一步加强。

四、本学科的发展趋势和展望

新技术的应用和计算能力的提升必将对密码学带来巨大的挑战,密码学的研究必须顺应时代的要求。综观全局,密码学的发展呈现出以下四大趋势。

(1)密码的标准化趋势。密码标准是密码理论与技术发展的结晶和原动力,像 AES、NESSE、eSTREAM 和 SHA-3 等计划都大大推动了密码学的研究。

(2)密码的公理化趋势。追求算法的可证明安全性是目前的时尚,密码协议的形式化分析方法、可证明安全性理论、安全多方计算理论和零知识证明协议等仍将是密码协议研究的主流方向

(3)面向社会应用的实用化趋势。电子政务和电子商务的大力发展给密码技术的实

际应用带来了机遇和挑战。生物特征密码技术是现在的一个研究热点,由于应用的需要,它也将是未来的一个发展方向。轻量级密码技术(适度安全的密码技术)的研究已成为当前很受关注的一个方向。

(4)面向新技术发展的适应性趋势。量子密码、DNA 密码等可以应对新的计算能力和新的计算模式带来的巨大挑战;随着网络技术的广泛普及和深度应用,密码技术的研究也呈现出网络化、分布式发展趋势,并诱发新技术和应用模式的出现。

具体来讲,密码学的发展趋势呈现出以下几个特点:

(1)欧洲序列密码(eSTREAM)计划有效地推动了序列密码的发展。

(2)美国 AES 计划和欧洲 NESSIE 计划的实施推动了分组密码的设计理论、分析方法、工作模式等方面研究的飞速发展。

(3)后量子时代的密码或量子免疫的密码是公钥密码研究的一个重要方向。

(4)杂凑函数的研究必将随着美国 NIST 推进的杂凑函数标准 SHA-3 计划的进展得到迅速发展。

(5)数字签名的重点研究方向是新的数字签名的设计、安全性基础问题的挖掘和已有数字签名的安全性分析与证明。

(6)既可以进行形式化分析,又具有密码可靠性的方法是目前形式化方法研究的热点也是未来的发展方向。可复合性问题是目前密码协议形式化分析的另一个热点问题。

(7)可证明安全性的发展将集中在如何为新的安全属性建立合适的模型,标准模型下可证明安全的密码协议设计等。另外,重置零知识、精确零知识也是密码协议的一个发展方向。

(8)密钥管理技术中,如何在各种应用环境中支持匿名性和隐私保护,以及适应具体应用的密钥管理新技术的研究都是目前的重要研究方向。PKI 技术将向着跨域、无中心化、容侵容错、基于身份的结构和应用研究等方向发展。

(9)面向新兴应用、新型信息安全系统的密码系统芯片的设计是未来的方向。当前的研究重点是如何降低校验方法的复杂度、硬件开销和验算时间。

(10)量子密码已进入实用化阶段,克服量子密码应用中的技术难题和进行深入的安全性探讨将是今后量子密码发展的趋势。另外,量子中继器,地面与卫星之间的量子保密通信,量子密钥容量的计算,设备无关的量子密码系统等都是未来的一些重要研究方向。

五、对我国本学科发展的建议

我国的密码学研究要全面达到国际领先水平有一定的难度,其中很重要的一个制约因素是人才问题。关于发展我国密码学学科有以下建议。

1. 加强密码学研究的经费投入

建议加大国家密码发展基金的财政投入,形成有效的基金管理机制,调动密码学研究人员的研究兴趣和积极性,资助密码学研究人员参与国内外密码算法的设计与分析的学术讨论,提升我国在密码学领域的国际学术地位。

通过国家各类基金和各类科技计划,加大资金投入,促进密码学基础、核心和关键技术的研究以及急需密码产品和系统的开发。调动行业、地方和社会各界投入和参与的积

极性,充分发挥资金的使用效益。

2. 启动中国密码算法标准候选工程

建议启动中国密码算法标准候选工程,公开征集各类密码标准、行业标准和评估工具。这样做不仅能产生具有我国自主知识产权的密码算法,而且能够在工程实施过程中锻炼培养密码学人才。

3. 推进产学研体制机制建设

建议给予企业一定的政策支持,鼓励企业增加对密码学研究的投入,促进企业与高等院校和科研机构的合作力度,使得密码学的研究能充分和应用结合起来。加强密码学学科发展战略研究,为制定国家科技发展规划提供决策依据。注重产学研相结合,在实践中发现问题、解决问题。建立有利于密码学创新的科研管理体制和成果转化机制。

4. 加强高端人才培养

要加强密码学专业人才梯队的建设,培养一大批高素质密码学战略研究、理论研究、技术开发和行业管理人才。通过实施科研项目、建设密码学人才培养基地,吸引、培养和锻炼高层次优秀人才从事密码学的研究。

5. 强化国际交流与合作

密码学是从军事和政府等领域应用走向社会应用的一门学科,具有天然的敏感性,但作为一门学科我们必须加强国际交流与合作。跟踪、研究和掌握国际先进理论、前沿技术和发展动态,积极参与国际公约和标准的制定工作,合理引进与消化吸收国外先进技术与产品,是增强自主创新能力,提升我国密码学领域的国际竞争力的必由之路。

第二章

学科发展报告(2009—2010)简介(英文)

1 Atmospheric Science

Since the 1980's, the developments of meteorological science in China have entered into a new era. Copious investigations and significant achievements have been made in the researches on weather, atmospheric dynamics, atmospheric chemistry and physics, climate dynamics, global climate change, atmospheric boundary layer, climate resources, medium to long-term Numerical Weather Prediction (NWP), tropical meteorology, agricultural meteorology, and polar meteorology, etc. A technical platform for the medium to short-term NWP has been established. Monitoring and early warning of typhoon, torrential rain, heavy snow, and dust storms have been put into practice. Wind and solar energy resources have also been exploited and utilized. These accomplishments have made great contributions to the disaster prevention and mitigation at the national level of China. It is worth mentioning that the global climate change researches pioneered by Chinese meteorological researchers have made great impacts on the international science community. A supporting network for scientific decision making in response to the global climate change in the aspects of politics, social economy development, and environment protection has been built up. Chinese scientists have played leading roles in the implementation of several regional-scale international scientific experiments and plans.

In the 21st century, there is an increasing trend for the basic and applied atmospheric research to be syncretized. Interdisciplinary, cross-subject and complementary researches have become the major tasks in the modern meteorological sciences. Advanced observing techniques have facilitated the launch of a series of meteorological satellites and establishment of highly automatized ground-based observing systems. The capability in atmospheric chemistry ecological and oceanographical observations has also been largely improved. Ground based measurements are supplemented by the measurements from and beyond the troposphere with combined conventional and non-conventional approaches and a wide geographic coverage for China and adjacent areas. A comprehensive observing and monitoring network of weather and climate has been constructed. The Fengyun satellite series have been successfully put into the operational use and are officially placed into the

global array of the earth observing satellites by the World Meteorological Organization (WMO). The fact entitles China to be one of the few countries in the world that are able to research, produce, launch, and take control of both the polar-orbit and the stationary meteorological satellites.

The meteorological modernization signifies the development level of a nation. The Chinese meteorological enterprise should follow the speeches given by President Hu Jintao and Premier Wen Jiabao when they visited the China Meteorological Administration, that is, providing best public meteorological services, encouraging the meteorological science innovation, and enhancing the equipment, technology, human power, and observation station development. The ultimate goals are to build up an advanced modern meteorological system, to make a transition from a big meteorological country to a strong meteorological country, and to provide first-class meteorological services for the overall well-being of China.

2 Palaeontology

2.1 Introduction

Palaeontology is an interdisciplinary science involving geology, biology and dealing with scientific questions, such as the origin, evolution of life on the earth, the interaction of organisms and the environment, and the origin and preservation of natural resources in the geological records. Palaeontology has a long history, since its birth in late 19th century in China. However the significant progress has not been made until early 20th century; when new sub-disciplines have been developed, interdisciplinary fields have been expanded, and new theoretical studies have emerged. Since the late 1970's, Chinese palaeontology has entered a rapid growth period. A significant number of young researchers in palaeontology have come on to the stage. Very active in domestic and international academic circles, they have made important contributions and gained international recognition. China has become one of the hottest county in contemporary palaeontological study. In recent years, Chinese palaeontologists aim at the international academic frontiers and make a series of rapid progresses, thus remarkable new achievements have been made in basic research, service for the national

energy strategy and socio-economic development, popular science education as well as personnel training and international exchanges. Palaeontology has become one of the most prosperous physical sciences contemporarily China, which becomes backbone of the international palaeontology circles. Thanks to over thirty year's reform and opening-up policy to the outside world in China, the academic status of palaeontology in this country has risen up among the international academic community. Significant achievements and great contributions have been made in China for the world palaeontology.

2.2 Important results and achievements

(1) Proterozoic biological evolution: The origin and early radiation of Eukaryotes in Proterozoic is one of the most profound innovations in the human's history. Some important fossil evidences, such as the discovery of Eukaryotes in the transitional interval between Archean and Paleoproterozoic, the multicellular algae and stem-group animals including the lichen-like fossil ca. 600 Ma, the earliest skeleton fossil, the earliest animal body fossil, the earliest embryos and fossil corallineans, and green/brown algae in the Neoproterozoic Edicaran Doushantuo and Dengying formations, have extended the root of the evolution and diversification of Eukaryotes far back into the Proterozoic, and made a best annotation to the Darwin's doctrine of evolution.

(2) The Cambrian explosion: In last five years, discoveries of new Cambrian fossils are in the highlights of palaeontology in China. These fossils include the phosphatized embryos (earliest ctenophores) and meiofauna (earliest euarthropods), Cambrian Ediacaratype fossils, and arthropod with collective behavior. New hypotheses about origins and early evolution of arthropods, deuterostomes, and vertebrates have been proposed based on these Chinese materials. High-resolution stratigraphy and chronology during the Cambrian explosion interval have been achieved based on the integrated study in China.

(3) The great Ordovician biodiversification event: The great Ordovician biodiversification event could be discussed against graptolitic biozones, and further refined than ever before in China. Taxonomically, the Ordovician brachiopod radiation, the taxonomic diversity of trilobites, and the diversity change of graptolites show different patterns on the Yangtze Platform and the

Jiangnan Slope. The Ordovician brachiopod radiation of South China first occurred in the shallow marine environments, and then gradually expanded their ecospace to both more offshore and near shore benthic regimes. The great Ordovician biodiversification of South China was also manifested by faunal turnover in all major groups.

(4) Mass extinction and recovery: The biodiversity pattern of South China from Neoproterozoic to Triassic has been established based on a large palaeontological database. Both the end-Ordovician mass extinction and the end-Permian mass extinction in South China consist of two phases. The later one is a catastrophic event which caused the demise of Palaeozoic evolutionary fauna and the collapse of Late Permian ecosystem. This mass extinction was followed by a much longer recovery which lasted for more than five million years than the recovery after the end-Ordovician mass extinction.

(5) Palaeoecology, palaeoclimatology, and palaeobiogeography are the three major subjects branching from palaeontology. They are all related with each other and concern with multiple disciplines. It is especially obvious in the new branches of palaeoclimatology, such as molecular palaeoclimatology, loess palaeoclimatology, carbonate palaeoclimatology, astronomical palaeoclimatology and dynamical palaeoclimatology.

(6) Biostratigraphy and Chronostratigraphic System: In the past decades, China has achieved remarkable progresses in the application of palaeobiology in biostratigraphy. Among them, the most glaring progresses are the establishments of 9 GSSPs in South China, which include the bases of Guzhangian Stage (Cambrian), Furongian Series (Cambrian), Dapingian Stage (Ordovician), Darriwilian Stage (Ordovician), Hirnantian Stage (Ordovician), Visean Stage (Carboniferous), Lopingian (i. e. Wuchiapingian Stage, Permian), Changhsingian Stage (Permian), and Triassic System (i. e. Induan Stage).

(7) Mega-invertebrate palaeontology: In the last five years, a series of achievements have been made in the study of mega-invertebrate palaeontology, including systematic summary of the critical mega-invertebrate palaeontology, the origination, radiation, mass extinction and recovery during the critical geological periods, study on marine stratigraphy in China, co-evolution between creatures and environments, and many models, new

methods of analysis and techniques, and the population study.

(8) Vertebrate palaeontology: Significant progress has been made in the field of vertebrate palaeontology in China. Some of these discoveries have been reported in *Nature*, *Science* and *PNAS* by Chinese vertebrate palaeontologists. Remarkable contributions have been made to the study on the origin of vertebrates, including new discoveries of osteichthyes (bony fishes), sarcopterygians, and tetrapods. Discoveries and studies of marine reptiles from the Triassic of Southwest China have been performed. New discoveries of frogs and salamanders from the Jehol Biota include lizards, over 10 different species of feathered dinosaurs, reconstruction of the habit of some theropod dinosaurs involving four-winged dinosaurs. Many new species of birds have been reported from the Early Cretaceous of Northeast China, which have greatly improved our understanding of the morphological differentiation and ecological and evolutionary radiation of early birds; and finally, over ten different species of Early Cretaceous mammals that include eutherians and metatherians have been reported.

(9) Micropaleontology: The marine micropalaeontology plays a key role in the study of palaeoceanography and evolution of ancient East Asian monsoon; whereas terrestrial micropalaeontology provides evidence for determining stratigraphic age and regional correlation, especially in the complex structural areas. Micropalaeontology plays a decisive role for the high-resolution division and correlation of stratigraphy, especially the establishment of international GSSP (such as the P/T boundary) based on the investigations on a number of important fossil categories. In addition, the summary of systematic micropalaeontological research has made several achievements; some new developing tendencies are emphasized for some research areas, including the combination of geochemistry, mathematical modeling, and other aspects of discipline developments.

(10) Palaeobotany and palynology: The studies on the origin and evolution of early terrestrial vascular plants in China are close to the international level. The Pre-Cathaysian Flora concept is proposed and the non-marine floral successions have been established. The systematic taxonomical studies were made for some representative plant groups as well as the coal-ball flora. Further studies on the reproductive structures of

Mesozoic ferns lead to the natural taxonomy of this plant group. The discovery of fossil Ginkgo specimens from the Early Cretaceous in western Liaoning represents the missing link of the evolutionary process of *Ginkgo*. Comprehensive overview of Ginkgoales was made with emphases on their classification, fossil record, distribution and evolutionary trends. The structural preservations of fossil cycad stem, leaves, and petrified wood have been reported from the Triassic and Jurassic deposits in China. The Jurassic-Cretaceous paleo-CO₂ was reconstructed based on fossil Ginkgo leaf stomatal parameters. The curve of climate quantitative change from Paleogene to Neogene was firstly reconstructed in China and even in Asia. The study on fossil angiosperm material from the Jehol Biota has promoted the global investigations on origin and early evolution of angiosperms. Through efforts made in the last 20 years, the achievements accomplished by Chinese palynologists have attracted much attention from the world, and international cooperations involved with some very important and major national scientific programs have increasingly conducted.

(11) Molecular palaeontology: A number of research groups in molecular palaeontology have been studying two major problems in China; the first one is extracting ancient DNA from geological record with emphasis on Quaternary mammals; the second one is building the time tree of life combining genetic and fossil data with emphasis on early animal divergences.

(12) Geobiology: The recent understandings suggest that the geobiology should be considered as an interdisciplinary subject involving earth science and life science as well as environmental science. Geomicrobiology has received relatively more attentions in the field of geobiology. Many scientific organizations have placed geobiology or the interaction of biosphere with other Earth's spheres on the strategic strong points in the new age, and provided special supports in recent years. The basic theory, disciplinary system, and practical application of geobiology have been reasonably investigated and considerably developed in China during the last decade.

(13) Palaeoanthropology: For the past 10 years, the Chinese palaeoanthropological studies have been mainly focused on evolution and classification of early Pleistocene hominins in China, evolution and variations of Chinese *Homo erectus*, late Pleistocene human evolution and modern

Chinese origin, technique as well as behavior and living patterns of Pleistocene humans in China. Some important advances have been made, there are discoveries of Nanjing *Homo erectus* fossils, and series of related studies; fossil feature and evolution of Chinese *Homo erectus* and archaic *Homo sapiens*; some important late Pleistocene human fossil discoveries and studies of formation as well as diversification of modern human population; Miocene hominoid studies; behavior and techniques of Pleistocene humans in China; and theories of human evolution in China.

2.3 Future development and perspectives

China has rich resources in geology and palaeontology, the recent new and fantastic fossil discoveries in Weng'an (Guizhou), Chengjiang (Yunnan), Guanling (Guizhou), Jehol (west Liaoning), and other places have opened a windows and raised new questions for further in-depth research. In a perspective for future studies in palaeontology, the emphasis is placed on strengthening the research foundation by continuing traditional quality in hard research of fossil taxonomy and biostratigraphy. On this basis of this, new techniques and methods need to be employed with emphasis on comprehensive study of multi-taxa and multi-disciplinary interactions. The extensive cooperation with domestic and foreign experts and institutions in different fields is needed. It is supposed to be prioritized that young researchers should get comprehensive training to get solid palaeontological background for the future.

Despite of recent success of palaeontology in China, there are a number of the challenges and problems for the disciplinary development in the coming years. These challenges and problems include the lack of ability to apply new analytical means to the studies, fostering the solid palaeontological research skills of younger generation, the lack of synthetic and theoretical studies of large data sets, and insufficiency of strongly integrative cross-taxa and cross-age researches. More academic exchanges among colleagues in various Chinese institutions are also necessary. More effective protections for fossil sites and curtain of fossil collections are needed by mean of establishing relevant laws and regulations in China. Establishing or reinstalling more formal programs in China's qualified universities is called for in order to ensure that students have access to palaeontology and those who are

interested in the science will have the opportunities to enter the field. This is essential for the sustainable development of palaeontology in China.

As China is becoming a critical and high potential region for international palaeontological researches, it is expected that with sufficient support from the government, Chinese palaeontologists will play an increasingly greater role in the international academia, natural resources exploration, and public education.

3 Microbiology

Microbiology is one of the fundamental disciplines for life sciences. It is related to human health, industry, agriculture, environment, and ecology, etc.

A well-developed system has been established for the microbial taxonomy and collection with leading roles in some aspects of the taxonomy area. Recently, microorganism's preservation was rapidly developed. Both preservation technique and depositing quantity entitle China to be listed as a leading country in the world. Some description criteria and technological rules have been instituted. Large quantity of strains have been preserved and have standardized description. Simultaneously, the information related to them has put on the website of National Science and Technology Infrastructure for public inquiry. More than 180,000 cultures have been provided to about 5000 institutes, universities, and companies for different purposes.

Many great progresses have been made in several aspects of hepatitis viruses, *Mycobacterium tuberculosis*, AIDS-related virus, *Streptococcus suis*, *Yersinia pestis*, *Helicobacter pylori*, bird flu virus, H1N1, and the construction of national surveillance network for infectious diseases. Genome sequences have been decoded for some medically important bacteria, such as *Yersinia pestis*, *Streptococcus suis*, *Mycobacterium tuberculosis*, etc. Human-to-human transmission of *Anaplasma* was first reported by China CDC. The preventive/curative vaccines of hepatitis B, AIDS-related virus, and *M. tuberculosis* have been put into the clinical trials. Vaccine certifications for bird flu, H1N1 flu virus, and *H. pylori* had been issued by State Food and Drug Supervision Administration.

Metabolic engineering of microbial secondary metabolite biosynthesis can not only improve the yield of active compounds and decrease the production cost and ultimately cut down the drug price, but also generate some new compounds with bioactivities. It will provide broad and abundant sources for the drug discovery and development. Metabolic engineering has been purposefully employed to modify or update the biosynthetic pathway of the metabolites and optimize the characterization of the secondary metabolism by integrating with genomic, transcriptomic, proteomic and metabolomic technologies. It is expected to improve the productivity of industrial microorganisms or to get novel metabolites.

The advance of agricultural microbiology in recent years in China mainly focused on the fields of collection and evaluation for the resource of the agricultural microorganisms, the nutrients transformation and the bioremediation for soil environments conducted by the microorganisms. By now, the Chinese collections of the microbial resource ranks the third place in the world with more than 15000 cultures; especially the collections of rhizobia and the strains of pesticide-residue decomposition are the largest in the world. The mechanism of associated-azotification has made a huge breakthrough with *Pseudomonas stutzeri* A1501. Its complete genome was decoded and the regulation of the genes of nitrogen-fixation islands was studied. Also the study of Plant Growth Promotion in Rhizosphere (PGPR) has deeply advanced in the resource collection and mechanism study for their functions. It has been proved that the strains of PGPR would play an important role in decreasing the soil obstacles to the continuous cropping and the field would be the continuous focus on the study. The applications of new techniques and methods, especially the technique of meta-genomics, have greatly promoted the progress of agricultural microbiology study. Furthermore, the study of the biodiversity and its function of soil microorganism, functional analysis for the genome and proteome for the important microbial resource will become the hot topics and from up an advancing frontier in this field.

As for the industrialization of agricultural microbiology, the biofertilizer and biocontrol products have occupied the leading positions in the microbial products, and the industry received the attention from national government

and national support by means of scientific inputs and industrialization programs. By now, the biofertilizer industry involving in more than 600 production enterprises has the production capability of more than 8 million tons and the value of the output has surpassed 10 billion Yuan per year. Regarding the industry of biological pesticide, its market demand was 150000 tons and the value of the output is near 1 billion Yuan per year. In a word, the industry of agricultural microbiology will further support the maintenance and promotion of soil fertility, enhance the quality and health of tillage soil, and ensure the continuous stabilization of agriculture production and the quality safety for agricultural products.

Enzyme engineering is an integrated technology of enzymology and engineering, and becomes one of the major fields of modern biotechnology. In recent years, China has made some progresses in the enzyme engineering research. Several enzymes have been developed for the practical applications in industry.

Microorganisms, due to their diversities, rapid mutation, and versatile metabolic abilities, are involved in the transformation of millions of natural compounds and xenobiotics. As a major member in ecosystem, microorganisms give full play to the substance cycle and environment protection. As one of the ways to solve the global problems of environment and resources, environmental microbiotechnology is an important part of the stratagem for the sustainable development, and is the flourishing industry in the 21st century. In the field of collection of environmental and unculturable microbiological resources, thousands of microorganisms that are capable of high efficiently degrading Persistent Organic Pollutants (POPs) including pesticides, Poly-Chlorinated Biphenyls (PCBs), Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), halogenated aromatics, nitro aromatics and dyes, have been isolated. The culture technologies of new extremophiles have been developed. A series of world class progresses have been made in the petroleum biodesulfurization. Chinese scientists have contributed greatly to the study of microbiological degradation mechanism of aromatics, especially of the halogenated aromatics and nitro aromatics. In the field of bioremediation of pesticides residues, more than 500 microorganisms that are capable of degrading various pesticides have been isolated, and the novel

pyrethroid hydrolase gene (*pytH*) and chlorothalonil hydrolytic dehalogenase gene (*Chd*) have been characterized. The metabolic pathways for some pesticides including hexachlorocyclohexane have been elucidated. The industrialization of the organophosphorus hydrolase enzyme is achieved. The phyto-microbial remediation of POPs contaminated soil has applied in the middle scale. The biotreatments of hazardous wastewater and municipal garbage landfill leachate have been applied in the large scale. Even if great progresses have been made in environmental microbiology, further studies need to carry out on the microorganism resources in extreme environment, the functional genomics of environmental microorganisms, biodegradation of pollutants and bioremediation of pollutants contaminated-sites, and engineered biotreatment of wastewater and garbage landfill leachate.

Marine microbiology is a newly developing discipline and interests in the origins and evolution, classification and distribution, growth and reproduction, physiology and biochemistry, heredity and variation of marine microorganisms, as well as their interactions with marine environment and with other organisms. The utilization and development of marine microbial resource has become the major subject in recent several decades. Down to date, more than 20,000 structurally unique and pharmacologically active compounds have been isolated from marine microbes. The well-known cephalosporins that isolated from a marine fungus (*Cephalosporium acremonium*) has become a global first-line anti-infective agent against infectious diseases and yielded a huge market which is more than 60 billion US dollars per year. Cyanovirin-N, a polypeptide consisting of 101 amino acid residues isolated from the marine cyanobacterium *Nostoc ellipsosporum*, has completed its phase III trials as a new medicine for prevention and treatment of AIDS. Others, for example, marine microbes-derived anti-bacterial istamycin, anti-malarial aplasmomycin, anti-viral halovir A as well as anti-cancer macrolactins are now in the different phases of the clinical trials.

According to WHO's estimation, thousands of millions of cases of foodborne disease occur every year around the world. As many as one-third population in industrialized countries may be affected by foodborne illness each year, and the disease results in human suffering and economic losses that could be run into billions of US dollars. Therefore, the risk assessment

and risk management for microbial hazards in food have great significance for the food safety. Foodborne microbial hazards can be caused by bacterial/toxins contamination, virus infection, and fungal toxins, etc. As food safety and environmental issues have become increasingly prominent, the demand for the detection of various microbiological toxins will increase, and the detection as well as analysis techniques with sensitivity, specificity, and rapidity will also become more stringent requirements. Biological toxin studies in China have advanced in many aspects, including the research on detection of *Staphylococcus aureus* enterotoxins, mycotoxin, and micro-algal toxins (MC-LR) by newly developed ELISA, immuno-chip and biosensor. By the end of 2008, 17 microbiological criteria for food standard formulation had been established or revised, involving *Staphylococcus aureus*, *E. coli* 0157 : H7, and *Cronobacter sakazakii*, etc. The results of serial experiments suggest that gut-derived endotoxemia could account for the inflammatory mediator formation and release, which might be involved in the pathogenesis of sepsis and multiple organ dysfunction following severe hemorrhage, trauma, and burnings.

There are also excellent progresses in the following areas: namely, biosynthesis of gene clusters for genetic recombination and reconstruction of metabolic pathways, regulatory networks for some antibiotics and heterogenous expression of gene clusters. The studies showed that ocean microorganism has played an important regulatory role in ocean ecology. Metagenomics has been successfully used for the studies on human gut microbial population and on microbial population in bioreactor. The advances that have made in virology and mycology are very attractive and interesting. The survey results of fungi in tropical and northwest areas have been compiled into a book and published in English.

4 Ecology

Ecology is a scientific discipline concerning relationships between organisms and their environments. For nearly a century, along with the rapid increasing human population, exploration of natural resources, and continuous disturbance of ecosystems, the global ecological environments

have changed dramatically, such as global warming, sea level rising, atmospheric and water pollution, biological invasion, loss of biodiversity, degradation of ecosystems, water shortage and desertification. Environmental problems not only are the greatest challenge mankind facing in the 21st century, but also a key issue for the sustainable development of our overcrowded planet.

Meanwhile, China has also suffered from ecosystem degradation including ecosystem instability, decline in ecosystem services, and intensification of ecological disaster. Ecological and environmental problems are becoming more complicated, and the overall situation is dim. For instance, the average annual expansion of desertification in China was 1 560 km² in the 1960's, 2100 km² in the 1980's, and 2460 km² in the 1990's. According to the second national remote sensing survey conducted in 1999, China's water erosion area was 1.65 million km², accounting for about 17.2% of total land area of China. In China, there are about 4000 ~ 5000 endangered higher plants, and 398 endangered vertebrates, among which, 258 wild animals are facing extinction. Due to the globalization of economies, a continuous introduction of exotic species into China has resulted in the rapid spread of alien plants and animals, which has become a serious matter in regards to national food security, ecological security, and economic security. At present, China has more than 50 species in a list, released by the World Conservation Union, of the world's 100 most threatening alien species.

Ecology can provide a theoretical basis and action guide for the coexistence of human beings and the natural ecosystems. In order to achieve this goal, the development of ecology in recent years has been focusing on the following four aspects.

In terms of scientific discovery and understanding mechanisms of natural processes, understanding the relationship between organisms and environments is still an important issue in ecological researches. Classical approaches such as observation, control experiment, and transect monitoring are applied to investigate the effects of global change on the ecosystem structure and function. The main topics are the biogeochemical cycles of carbon, nitrogen and water, and the relationship between biodiversity and ecosystem functioning.

As respects comprehensive studies on multi-process, multi-scale and multi-disciplines, the complexity of ecosystems needs the comprehensive studies on multi-process, multi-scale and multidiscipline. The sustainability science and complexity science come into being. The related main research fields are network for observation of carbon, nitrogen and water flux in terrestrial ecosystems, and restoration ecology based on multi-disciplines.

The lag between the presence of eco-environmental problems and its detection requires ecologists to use system simulations based on knowledge and make scientific predictions. The most famous example is modeling of carbon and nitrogen cycles in terrestrial ecosystems.

In order to meet the needs of the society, main research directions include the utilization of ecology and sustainable development, ecosystem assessment and ecological regionalization, ecological restoration and construction.

In the coming years, ecologists would continuously pay attention to the above four key issues. The most important scientific questions in some research fields for China are pointed out as follows:

In the field of global change biology, the most important scientific issues concerning ecosystem and global change science include the response, adaptability and sensitivity of major biological taxon and classic ecosystems to global change and its underlying ecological processes; changes in the relationship between biodiversity and ecosystem functioning under global change; effects of global change on biogeochemical cycles and ecological stoichiometry.

In terms of ecology of extreme environments and restoration of degraded ecosystems, restoration ecology should combine the knowledge of different disciplines with an adoptable natural process. Studies should focus on the ecosystems and establish practical evaluation systems in order to protect and restore natural ecosystems and evaluate the objectives and standards.

In terms of biodiversity and conservation biology, main research fields of biodiversity and conservation biology are rapid assessments on the biodiversity, conservation biogeography, the relationship between biodiversity and ecosystem function, macro ecology, phylogenetic biogeography, the effect of global change on biological diversity, DNA

barcoding, and biodiversity inventory and monitoring.

In terms of mechanism of biological invasion and control, with the increase of research materials and the improvement in research platforms, there are more opportunities to elucidate the mechanisms of biological invasion and develop more useful control methods. It is also expected to achieve major breakthroughs in fundamental theory and monitoring technology involving invasion species in order to meet major national demands.

In terms of biogeochemical cycles, future research should prioritize more on the regional biogeochemical processes, the role of microorganisms in biogeochemical cycles and the coupling of the cycles of various elements. It is also encouraged to strengthen the applications of new techniques such as the ecosystem model, long-term simulation experiments, molecular biology, stable isotopes, and ecological stoichiometry for the sake of pushing forward the biochemical studies. It is also recommended to introduce human activities to the biogeochemical cycles and assess its impacts.

In terms of ecological studies on water resource management, the ecological studies on water resources management should focus on water environmental issues in typical regions in order to explore the effect of climate change and human activity on the availability of water resources, the combined effect of vegetation and climate on river runoff and hydrological processes, and the optimal allocation, sustainable use, and adaptive management of water resources.

In terms of ecology and evolution of infectious diseases, studies should focus on the relationship among the ecology, evolution of infectious disease, environmental change, economic globalization, and diseases interfere.

In terms of ecological civilization and sustainable development of ecology, the purpose for building ecological civilization is to understand, simplify, control, and enjoy the complexity of ecological relationships, and to achieve a sustainable development of between human and environment through people's plan, construction, management and advocacy. Some of the emerging application fields in sustainable development ecology are ecological restoration and ecological design of landscape, index systems of ecological evaluation, systematic approaches of ecosystem planning, integration of

ecological engineering technologies, integrated approaches of ecosystem management, eco-tourism, ecological health, ecological construction, and eco-industrial planning.

5 Rock Mechanics and Rock Engineering

Rock mechanics and rock engineering is an applied science discipline that is closely related to the national economic construction and civil defense. Rock engineering projects completed in recent years made a feature of large scale, great difficulty, and huge number, and the construction tendency has substantially promoted the development of rock mechanics and rock engineering in China. A significant progress has been made in theories, methods of rock mechanic and rock engineering technology, which has attracted the worldwide attention. Professor C. Fairhurst, the former president of International Society for Rock Mechanics (ISRM), wrote “the future of rock mechanics lies with China” in a letter addressed to the editor-in-chief of *CSRME News Journal*.

The rock engineering geomechanics that was proposed by Professor Gu Dezhen from Institute of Geology of CAS 30 years ago has become a theoretical foundation and methodology for the distinctive rock mechanics and rock engineering. Wang Sijing and Sun Guangzhong have conducted in-depth studies on the rock engineering geomechanics and further developed the subject. Wu Faquan continued to investigate its quantification. In terms of rock material strength theory, Yu Maohong established relationships among various failure criteria and initiated a unified and systematic strength theory. Chen Zongji (Tan Tjong-Kie), Sun Jun, and other scholars pushed forward the researches on rock rheology. Some breakthroughs have been made in the areas from theories to experimental techniques and methods. Xu Weiya and others originated a new nonlinear elasto-plastic rheological model for the rock. Based on the experiments, Xu Jiamo discovered that the elastomer solidified from liquid phase has no initial strain energy but memory on the solidification pressure. It is a brand-new understanding of solid properties including rock material.

In recent years, many achievements have been realized in numerical

methods and related theories. Significant contributions have been made by a number of scholars. Tang Chun'an and others broke through a conventional concept that the finite element method can be hardly applied to the mechanical problems when dealing with inhomogeneity and discontinuum. They have primarily implemented a numerical simulation for the deformation, fracture and failure process of such material. The research work has won high praises from the experts in the international rock mechanics community. Zheng Yinren *et al* extended the usage of finite element methods. The thorough studies have been carried out on the safety factor for strength reduction, failure criterion and selection of constitutive relation, and strength criterion. The results have greatly improved the accuracy and application scope of finite element methods. Over the past decade, Xie Heping *et al* have studied discontinuum problems involving rock fault, joint, coal fragmentation, fragmentation characterization, and mechanical behaviors. A series of distinctive and original results have been obtained, and have significant international impacts on the field of rock mechanics. Feng Xiating has made an important progress in the area of intelligent rock mechanics and related engineering applications.

Zhu Dayong, Zheng Hong, and others have put forward explicit expressions for the safety factor satisfying six equilibrium equations. They have made a contribution to the three-dimensional limit equilibrium theory for slope and the contribution has a great impact on the international science community. Huang Runqiu has published his thesis *stability evaluation and disaster control for high slope in Southwest China*, and made an important progress through long-term exploration. The research work was received the first prize of National Scientific and Technological Progress Award. In the past few years, the technical difficulties and technical indexes encountered with some representative major hydropower projects, such as the steep slope for Three Gorges Project ship lock and slope for Jinping Stage I Hydropower Station on Yalongjiang River, are the highest in the world. The success of the projects marked that China has made a progress with leaps and bounds in rock mechanics theory and techniques for rock slopes. The experts and scholars in the field of rock mechanics and rock engineering have held a number of technical consultations in this matter and contributed their

professional expertise to the implementation of the entire projects.

Sui Haibo has developed a distributed optical fiber monitoring system based on the BOT technology for slope deformation monitoring, and realized the remote distributed monitoring and prediction for the whole slope. As for slope reinforcement techniques, Northwest Research Institute of China Railway together with related engineering, educational, and managerial departments attained a number of invention patents. These patents have been applied to the engineering practices and brought significant economic benefits.

He Manchao *et al* investigated and developed an experiment system for the deep soft rock deformation. Systematic and in-depth theoretical researches were carried out to study the deformation mechanism of soft rock and the progress has been made in many aspects. Yangtze River Scientific Research Institute and others studied rock mechanics problems related to high geo-stresses encountered with the construction of major underground projects in high mountains and canyons or in rock mass at great depth and acquired a lot of new knowledge. Song Shengwu *et al* have studied design, construction, and management of cavern groups with large span and high sidewalls. A big progress has been made in theories, methodologies, techniques and measurements. Qian Qihu has probed into the zonal disintegration phenomenon in the surrounding rock masses for deep caverns and put forward his own insights. Gu Jincai has reproduced the major features of the phenomenon by using laboratory tests and identified the occurrence conditions for the phenomenon. In connection with large deformation in the surrounding rock masses induced by mining at great depth, He Manchao has proposed a support concept in his paper titled *large cross section, deformation allowance, constant-resistance large-deformation bolt and multiple grouting*. He also developed a patented supporting technique which is applicable for mine roadways and intersections with large cross section and control of large deformation in the surrounding rock masses for cavern groups. By means of the technique, the technical problems in engineering practices have been successfully solved.

Cheng Liangkui *et al* obtained a series of innovative results on the design of load transfer mechanism, structural form, grouting technology and

evaluation of long-term performance and safety for rock bolts. They also established the technical standards for rock and soil anchorage techniques in China, which led to rapidly development and radically upgradation of the comprehensive technical level of rock and soil anchorage in China and edge into the advanced ranks in the world.

Over the years, rock mechanics and rock engineering has kept a good momentum for the development in China. Research achievements in some areas have reached the international advanced or leading level. However, comparing with some developed countries, there is still a relatively large gap in experiment techniques, measurement technologies, and rock engineering technologies; high-quality scientific research papers are quite few; a lot of research works are in the status of follow-up and lack of originality and innovation.

As an applied science closely related to the construction of national major projects, rock mechanics and rock engineering will inevitably face more opportunities and challenges in the 21st century. Everyone engaged in research work involving rock mechanics and rock engineering field, especially young researches, shall have a clear understanding on the importance of the mission and corresponding responsibility.

6 Systems Science and Systems Engineering

On September 27, 1978, an article *The Technology of Organization Management—Systems Engineering* written by Qian Xuesen, Xu Guozhi, and Wang Shouyun was published in the *Wen Hui Bao*; it marked the rise of systems engineering discipline in China. And the theoretical framework for systems science was subsequently established. During the past three decades, systems engineering and systems science have developed rapidly, formed their own disciplinary frameworks and features, and established the corresponding academic institutions and discipline organizational system. In recent years, the researches on systems engineering and systems science are carried out in three layers; the engineering technologies of systems engineering, the theoretical methods of systems engineering, and the fundamental theory in systems.



Systems science starts the research on a problem by investigating its comprehensiveness and integrity with cross-cutting, comprehensive, integrated and cross-sectional characteristics. Systems science mainly investigates the general attributes and motion laws of systems. It not only helps us to understand the systems with the laws that it reveals, but also helps us to control over the systems based on the understanding of them. Systems science is a discipline of methodology, which provides generally applicable research methods, techniques and procedures to other disciplines as well as a brand new pattern of thinking.

The fundamental theories of systems science mainly explore the structure and function of systems, the general laws of the evolution, coordination and control of systems. The complex system theory belongs to the fundamental theory layer of systems science. According to the current situation, the core theories of complex systems science include the areas as follows: the emergence of generation theory, the complex adaptive systems theory, the evolutionary computation theory, the self-organized criticality theory, the artificial life theory, and the complex network theory.

The methodology of systems science is about the ways and routes that should be followed when researching on the problems. As a kind of methodology, reductionism has achieved a great success in the field of natural science. The reductive method is dialectically unified with a holism method. It breaks down a system from an integrated point of view, and then integrates them as a whole to achieve an overall result of $1 + 1 > 2$ and finally researches and solves the problems as a whole. The comprehensive integration of thoughts, the comprehensive integration of methods, the comprehensive integration of theories, the comprehensive integration of technologies, and the comprehensive integration of projects constitute the comprehensive integration system of systems engineering discipline, which is doubtlessly to have a great impact on the development of modern science and technology, especially on the advancement of science and technology and towards a comprehensive and integrated orientation.

The emergence and development of systems science reflect the significance of the integrated and holistic trends in the development of modern science. A comprehensive integrated method is the methodology that deals

with the complex systems and it is a researching and working mode implemented by the cooperation among expert systems and cooperation among expert systems and machine systems. It is achieved by the following three steps: the qualitative comprehensive integration, qualitative and quantitative combined comprehensive integration, and the comprehensive integration from qualitative to quantitative, which essentially constructs a human-computer cooperative, human-network cooperative, and human-based comprehensive integrated system of information, knowledge, wisdom, and effectively addresses the complex cross-system problems. The purpose of the comprehensive integrated method is to accelerate the development of systems engineering, and the development of the comprehensive integrated method will provide the scientific basis and methods for the further implementation and development of scientific development concepts

Systems engineering has been widely used in the areas of agricultural development, financial engineering, large-scale project management, traffic engineering and management, grass planning and development industry, etc. It is attempted to forecast the prospects of systems science and systems engineering disciplines, and propose countermeasures and suggestions on the systems science and systems engineering disciplines in order to reflect the foresightedness of the disciplines development.

7 Tibetan Plateau Research

The Tibetan Plateau is a natural laboratory for the scientific researches on earth sciences, life sciences, resources and environment sciences. In the theoretical side, it has an important significance on lithosphere geodynamics and global environmental change studies. In the practical aspect, it also has wide application prospects on revealing formation and distribution of mineral resources, predicting climatic and environmental changes and their impacts, and guiding regional sustainable development on the plateau. The researches on Tibetan Plateau in China have advanced from previous general scientific surveys to present multidisciplinary comprehensive studies focusing on some key scientific issues. It has been gradually transformed and deepened from mainly a qualitative study to the combination of qualitative and quantitative

studies; from a static study to the dynamic studies; from a single discipline study to the integrated studies, and from a regional study to the studies closely linking up with the global changes.

The current scientific frontiers and social requirements of Tibetan Plateau researches are mainly concentrated on following eight fields: complex lithosphere structure and deep process as well as related basic theory of continental dynamics; formation mechanism and reserves exploration of energy and mineral resources; temporal and spatial processes of intensive uplift and its impacts on the global environmental patterns; climatic and environmental history and regulations in the key areas of global changes; land surface-atmosphere exchange and climatic process as well as their impacts in the unique regions; positive and negative feedback effects of ecosystem under condition of climatic change; characteristics of life process and physiological and ecological adaptability in extreme environments; fragile natural environment and sustainable development of social economics during regional developments.

The main progresses obtained on the Tibetan Plateau researches are:

As respects formation and evolution of the plateau and lithosphere structure study, the Tibetan Plateau was combined by several blocks which were split from ancient Gondwanaland and floated northward and then spliced in different geological times. Before the collision between Indian and Eurasian plates, the landforms in Tibetan area had shown the features of alternation of basins and mountains. The deformation pattern of the plateau is not evenly distributed. It focused on some zones with relatively thin earth crust. The average crust thickness of Tibetan Plateau is about 70 km, which is two times of normal continental crust. The crust thickness pattern of the plateau shows the shape of an inverse convex lens with thin rim area and thick internal zone, and furthermore the central part becomes thin again. The geophysical exploration results suggested that the bidirectional convergent extrusion from Indian and Eurasian plates is the main dynamic source for the plateau uplift.

As regards the uplift process of the plateau and the environmental effects, there were three uplift periods and two planation stages in the uplift processes of the Tibetan Plateau. The first uplift period occurred at about 45 ~ 40 MaBP and followed by the first planation stage occurred about 33

MaBP. The second uplift period happened at about 33 ~ 30 MaBP and followed by the second planation stage happened about 23 MaBP. The third uplift period occurred at about 23 ~ 22 MaBP and produced the most intensive deformation in Cenozoic. Afterward the accelerated uplift of the plateau occurred at about 8 ~ 7 MaBP. The planation surface, glacial landforms, paleo-lacustrine changes, river system development and evolution, paleo-karst, etc all have obvious reflections on the uplift of the plateau and concomitant climatic and environmental changes. The uplift of the plateau implied significant relations with formation and evolution of Asian monsoon and desiccation of Asian inlands.

In terms of climatic and environmental changes since the Last Glacial Maximum (LGM), the equilibrium line declined in LGM on the Tibetan Plateau with big amplitude in marginal areas and small amplitude in interior areas. Holocene climatic and environmental changes related to the plateau can be divided into three stages, namely the boundary of 7 kaBP for early/middle Holocene and 3 kaBP for middle/late Holocene, respectively. The climate in early Holocene showed rather high temperature with intensive and frequent warm/cold fluctuations, and the middle Holocene had the warmest and most humid climate while it became cool since late Holocene. The temperature increased gradually in Tibetan Plateau area in the past 2,000 years, during these years, there was a Medieval Warm Period (MWP). Three obvious cold phases could be distinguished in Little Ice Age (LIA) period. The general trends concerned the precipitation and temperature variation showed a positive correlation.

As respects life processes and adaptation of human being to environment of the plateau, the biota on the plateau is characterized by complex geographical composition, plentiful unique components, abundant endangered species, and uneven spatial distribution of different species. Ecosystems on the plateau are various, indicated by the forest, shrub, steppe, meadow, and desert from southeast region to northwest region of the plateau along with increased altitude and latitude. The changes of morphology and reproductive features of the animals and plants in extreme environment can rapidly and accurately reflect their adaptive strategy to environmental changes. The conditions of low oxygen density, special landscape biology and unevenly

distributed environmental life elements have profound impacts on the physiology and health of people who permanently live in this area, and show the obvious expressions in the genetics and endemic diseases.

As regards the natural environment and its regional differentiation, the natural environment of the Tibetan Plateau is characterized by the special high-cold climate, prevalently distributed snow, ice, and frost weathering effect, unique alpine flora and fauna and ecological adaptability. The natural geographical factors perform the differentiation both in horizontal and in vertical distribution. The combination of heat and water is different in geographical zones, shows a successive changing trend from warm and humid in southeast area to cold and dry in northwest area, and exhibits a horizontal belt zone of the forest-meadow-steppe-desert. The vertical natural zones of the mountain systems can be divided into two types of diverse spectrum system; they are continental and monsoon system.

In terms of natural resources, disasters, and regional development, the quantity and composition of the natural resources on the Tibetan Plateau, such as land resources, water resources, grassland resources, and mineral resources and so on, have been studied and evaluated. The major abrupt natural disasters on the plateau are earthquakes, debris flows, low-temperature frosts, heavy snow damages, etc. The slowly-occurred natural disasters on the plateau are getting increasingly serious due to climatic change and improper human activities. According to the resources and environment features of the plateau, China should have a brand new developing concept for the opening and cooperation, and ideas of leap-forward development, the strategy of developing science and education, and special industries in the process of sustainable developments.

The Tibetan Plateau research in China is generating more and more important international impacts. The International Symposium on Tibetan Plateau initiated by Chinese scientists has already entered into the international serial conferences. The amount of publications and the total citation rate related to the Tibetan Plateau research papers in China have both raised from No. 3 to No. 1 in the world. The multidimensional cooperative researches among China and many other countries have been formed.

In the future, the main scientific frontier issues involving the Tibetan

Plateau researches in China will be focused on the continental collision dynamics and the mechanisms of the plateau uplift; the uplift of the plateau and abrupt environmental evolution; past climatic and environmental changes on the plateau; the ecosystem on the plateau and global changes; dynamic processes of multi-spheres on the plateau and their mechanisms of interaction; regional sustainable development on the plateau; developing pattern and approach of the Tibetan Plateau research.

8 Crystallography

Most solid state matter on earth is in crystalline state, and crystallography is the particular field to study the formation and growth mechanism, the atomic structures and functions of all kinds of crystalline matters. Thus, crystallography is a very typical interdisciplinary research field interfaced with mathematics, physics, mineralogy, metallurgy, chemistry, biology, earth sciences, material sciences, medical sciences and drug discovery research and so on. The most unique and core techniques for crystallography are the methods for determining high accuracy and high resolution atomic structures of any diffracting crystalline materials. Since atomic structural information is required by almost all branches of analytical sciences, it is fair to say that crystallography is a fundamental branch of modern sciences.

Early crystallography belonged to mineralogy and mathematics. Only after Wilhelm Conral Rontgen discovered X-ray more than 110 years ago, and particularly in 1912, the German physicist Max von Laue discovered that X-ray diffraction by crystals could reveal the internal atomic periodicity of crystals, and the British physicists Henry and Lawrence Braggs solved the first crystal structure of sodium chloride in the next year, the era of modern crystallography had finally come. In the last 50~60 years, the overwhelming achievements of modern crystallography have always been accompanied by the breakthroughs in the fields of theoretical advancement such as direct methods; by newer and stronger X-ray sources such as synchrotron radiation; more sensitive and efficient X-ray detectors such as CCD; fast computers and application software; and in particular the exponential development of protein

crystallography has been owing to the invention and applications of the recombinant DNA technologies. We can thus expect that the further developments of novel methods, informatics tools, particularly the technologies related to the automation and high-throughput will be the key points for the large-scale, high efficiency of protein crystallography and crystallography in general.

In this review, we have divided in the following six parts: Biological macromolecule crystallography (also shorted as protein crystallography); Functional molecular crystallography; Laser and nonlinear optical crystal growth; Powder diffraction methods; Electron diffraction methods; and Crystallographic Instruments; to describe and discuss the current trends and achievements of both international and domestic crystallographic fields.

8.1 Advances in Biomacromolecular Crystallography

In China, biomacromolecular crystallography has been experiencing rapid progress in the recent years. In the last five years, Chinese scientists have reported great achievements in the structural studies on a series of membrane proteins, protein complexes, and proteins with important biological functions. In the last few years Chinese structural biologists have published 10 papers on the most top-rated academic journals such as *Cell*, *Nature*, and *Science*, and among these papers, five were successively published in recent two years, 2008 ~ 2009. These indicated that the biomacromolecular crystallographic research in China has become one of the best countries internationally. Besides, in the last five years, a series of special national or regional programs for overseas talents, such as “Thousand Talents”, “Hundred Talents”, and “Cheung Kong Scholarships”, as well as programs by individual universities and institutes, have brought back many highly successful overseas scientists. These returnee scientists, together with domestically trained scientists, are now forming many young, active, and very creative research teams. On the part of crystallographic instrument and equipment developments, China’s third generation synchrotron X-ray radiation facility was commissioned in 2009 in Shanghai. A series of the most advanced cryo-electron microscopies were purchased and installed. Together with the National Installation and National Laboratory for protein research that are in construction, we now have a world-class research platform in

protein crystallography for biomacromolecular structural and functional studies. The Chinese biomacromolecular crystallography research teams are now going to a new advanced phase and expected to make more important contributions to the challenging problems in life sciences and in human diseases and health.

8.2 Advances in Functional Molecular Crystals

This is a brief summary on the main achievements obtained by Chinese researchers in the fields of coordination polymers, metal clusters, molecular magnetic materials, non-linear optical crystals, organic crystal engineering, as well as metal-organic compounds in the last few years. Based on the literature search, the report illustrates that the researches in the above mentioned fields (especially in molecular magnetic materials, flexible and smart porous coordination polymer materials, and huge metal clusters) are very active in China, and fruitful contributions have been made in the recent years, as being evident by the rapid increase in the publications in the leading scientific journals. It has also been noticed that the synthesis and crystal structural characterizations are the very strong field, while the structure-property studies become much more active, resulting in a more in depth research in China recently. In order to have more scientific impacts worldwide, molecular design and investigation for the structure-property relationship should be further enhanced in China in the future years.

8.3 Advances in laser and nonlinear optical crystals

Laser materials take an important role in the design and manufacture of laser instruments. Laser crystals are the most popular laser materials which have been used widely in various fields. The development of laser crystals takes a key role for the lasers, especially for all solid-state lasers. Nowadays, the laser is developing toward high power, high energy and with short pulses. And new wavelength lasers are also demanded by various applications. As the result, new and high quality laser crystals are crucial to meet these demands.

The trend and development of laser crystals have been summarised up in this review including large size Nd : GGG crystal, Nd : YAG ceramics and laser crystals for femto seconds and new wavelength as well as microchip (disk) laser crystals in China. Based on the present status of research on

laser crystals, suggestions are proposed for the enhancements of the new laser crystal research, harmonic development for different kinds of laser crystals, sound basic research for laser crystal theory and also for the combinations among research, development and applications.

Manufacture of non-linear optical crystal is also a very important field for functional crystal research, and the non-linear optical crystals have been widely used in the frequency harmonic generation and Q-switch etc. An excellent non-linear crystal must possess a series of characters such as high non-linear parameter, wide transparent region and so on. It is very important to explore and develop new non-linear optical crystals for the laser technology and industry.

Great achievements have been obtained in China in the exploration of new non-linear optical crystals. The progress made in borate crystals has been introduced. 1.05 W mean power output of 193.5 nm has been performed based on KBBF-PCT prism device. $170 \times 160 \times 79$ mm³ LBO crystal weighed 1596 g has been successfully developed. The progress in IR non-linear optical crystals and Raman shift crystals has also been introduced in the review.

8.4 Advances in Powder Diffraction

Powder diffraction belongs to one of the oldest diffraction techniques and still a very useful tool for characterization of solid materials based on X-ray, neutron and electron diffractions. Relative to other methods of analysis, powder diffraction allows for rapid, non-destructive and accurate analysis of powder samples and finds a variety of applications in metallurgy, mineralogy, forensic science, archeology, condensed matter physics, and lately the biologicals and pharmaceuticals. With the recent developments in diffractometers and software, remarkable progresses in this research field and its applications have been made over the past few years.

We summarize these progresses with an emphasis of the following branches, including: ① Powder diffraction instruments; ② Phase identifications of minerals; ③ Thin film diffraction; ④ Strains and textures; ⑤ Phase transitions and phase diagram; ⑥ Crystal structure refinement and determination; ⑦ Size and strain broadening; ⑧ Pharmaceutical applications; ⑨ Software and databases.

A detailed comparison of the state-of-the-art in this research field

between domestic and overseas has been made and analyzed. The future development and our strategy are also briefly discussed.

8.5 Advances in Electron Microscopy

Electron microscopy has been rapidly developed in the last decade. In particular the introduction of the spherical aberration corrected electron microscope improved the spatial resolution of the electron microscope down to 0.5 ? approaching scattering limit, and solved many outstanding problems in such important areas as materials science and nanotechnology. Combining high resolution electron microscopy and sample cooling technology, cryoelectron microscopy has made it possible to determine the structures of large molecules and proteins, and became an important component of structure biology. The integration of scanning probe microscopy and electron microscopy, on the other hand, extend our control down to the molecule level and into low temperature and high vacuum environment, enabling measurements such as electrical, mechanical, optical, optoelectric and thermoelectric properties being carried out on individual nanostructures, and greatly promoted the developments of nanoscale science and technology.

8.6 Advances in Crystallographic Instruments

In the early period, crystallography belonged to mineralogy and developed primarily as a branch of geology. The most important instrument for the study of crystal morphology was the optical goniometer, which used to measure the angles between the normal of crystal faces, and the polarizing microscope was an important tool for the investigation and identification of mineralogical specimens. 100 years ago, the German physicist Max von Laue discovered that X-ray diffraction by crystals could reveal the internal atomic structure of crystals, and the British physicists Henry and Lawrence Braggs solved the first crystal structure of sodium chloride in the next year. The era of crystallography had come into being. Crystallography nowadays is the foundation of the solid state physics and many other branches of sciences concerning atomic structures, because most of solid state materials are crystalline materials. Since the discoveries of X-ray, electron and neutron diffractions by crystals, the methods of the crystal structure analysis extend into electron microscopy, X-ray diffraction and neutron diffraction. And the analyses of crystal structure also extend into chemistry, mineralogy and

biology. The instrumentation of X-ray crystallography has also been changed drastically; developing from various X-ray sources to different kinds of diffractometers and detectors, and finally with sophisticated computer controlled automats; the scale of X-ray instruments also extended from small sealed-tube like home-source into huge synchrotron machines. This report will touch upon the major advances on modern X-ray sources including synchrotron radiation and also neutron sources which are the most important methods for the current crystallography research. It also pointed out that it is limited and deficient in Chinese crystallographic instrument industry and the slow instrumentation development, as a consequence of the overall drawback of the equipment development in our country.

9 Power and Electrical Engineering

Power and electrical engineering is a discipline to research and solve the scientific mechanism, key technology, engineering method and technical approach involving the generation, transmission, distribution and control of electric power. Entering into the 21st century, with a further growth of energy demand resulted from China's rapid economic development, re-distribution of the world's energy structure and the worsened ecological situation on earth, power and electrical engineering is now facing unprecedented opportunities and challenges.

Firstly, the coal is the primary energy source and generates large amount of energy for China; furthermore, this situation will not be significantly changed in the long run. There is a certain gap between coal consumption in China and that of the advanced level in the world. And the overdependence on the coal has led to serious environmental problems. Now, the climate change has become a hot global issue. The per capita installed power-generating capacity in China is only the one-fifth of that in U. S. ; furthermore China's per capita hold of freshwater resources is far below the world's average level. Therefore, the development and adoption of clean and efficient coal fired power generation technology and advanced environmental protection technology are the significant strategic needs and extremely important. In recent years, a positive progress has been made in clean and efficient coal

fired power generation technology, China has become one of the countries in the world where most supercritical and ultra-supercritical power generation units and Circulating Fluidized Bed (CFB) boiler units are adopted (including several 1 000 MW-class ultra-supercritical power generation units which are in operation or under construction). The design and manufacture technology for 600 MW-class supercritical power generation units and 300 MW-class CFB combustion technology have been mastered; the heat and power cogeneration technology and the air cooling generation technology have got the further adoption and development, and 600 MW-class cogeneration and air cooling generation units can be independently designed and manufactured. The CFB combustion technology has approached the international advanced standard and more technologies with independent intellectual property rights and core technologies, such as design of air cooling island, have further grasped; units with the capacity above 300 MW-class account for more than 60 percent of total thermal power unit capacity. The 250 MW Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) power generation units that are equipped with gasification process and possess independent intellectual property right and design are under construction. Many kinds of oxygen enrichment combustion technologies are researched, and the experimental study in the small scale experimental platform is carried out. A large scale biomass power generation technology with multi-fuel combustion of biomass and coal has advanced, and multi-fuel combustion experiments on a 300 MW unit have succeeded. A clean and efficient coal fired power generation technology is moving further toward the direction that requires high parameters, high-capacity, pollutants emission reduction, resource utilization rate improvement, and so on. However, there is still a gap between the China and the international advanced standards in some respects, such as the key component material for ultra-supercritical units and key devices (such as gas turbine) in IGCC technology. Some positive progresses have also been made in the advanced environmental protection technology; China has become one of the countries in the world where most coal fired pollutants removal technologies and equipments are adopted, and some technologies and equipments have been exported to the foreign countries. The design and manufacture capacity of ESP for 1000 MW units, baghouse filter for 600 MW

unit and electrostatic-bag dust collector for 660 MW unit are mastered, it is indicated that the dust collection technologies have approached the international advanced standards. The design and manufacture capacity of desulfurization technologies, such as limestone-gypsum wet Flue Gas Desulfurization (FGD) for 1000 MW unit, CFB semi-dry FGD for 600 MW unit and ammonia FGD technology for 350 MW unit, seawater FGD for 1,000 MW unit and activated coke (carbon) FGD technology are grasped, moreover, the CFB semi-dry FGD technology has reached the international advanced standards. A low NO_x combustion technology has got a universal use in large and medium scale boiler units. The design and manufacture technologies for Selective Catalytic Reduction (SCR) denitrification catalyst which is fit in with the characteristics of coal fired flue gas in China are mastered; the catalyst production capacity of 60500 m³ per year are formed and these catalysts are used in several 600 MW units. The multi-pollutants removal technologies based on the existed dust collection and desulfurization device are in the engineering application; the capture technology of CO₂ in flue gas and the CO₂ reclamation technology, such as the polymer composition also make breakthroughs and a demonstration project has been built. The prospects for related technologies and goals, as well as strategy are briefly discussed later on.

Secondly, in recent years, “smart grid” has become a worldwide hot topic related to the future power grid’s development trend, which has been successively denominated by United States (using the term of “Intelli-Grid”) and Europe (using the term “of Smart Grid”) early in this century. However, there is not yet a unified and clear definition on smart grid in the world. In China, at present, it could be defined as a high integration of advanced sensing and measurement technology, advanced information technology, advanced communication technology, advanced analysis and decision-making technology and automatic control technology with physical power transmission and distribution grids in order to form a new type power grid.

It possesses lots of advantages, such as meeting the elevation demand of electric power caused by social development, solving the lack of primary energies, improving the reliability, safety and capability of power supply and

power quality, speeding up the utilization of renewable energy and reducing the dependence on non-renewable energy, better protecting environment and lowering the impact on environment, mitigating the impact of greenhouse gas on climate, improving energy efficiency and reducing power losses in power grid, opening power market further, realizing more interactive activities with customers and providing value-added service for customers. Smart grid has following characteristics, that is, robust, self-healing, compatible, economical, integrated, and optimized.

The smart grid technology involves power generation, transmission, distribution and customer power utilization. Its main development directions and focal points are as follows: ① advanced Phasor Measurement Unit (PMU) and Wide Area Measurement System (WAMS), ② advanced dynamic, visualized power grid dispatching automation system, ③ smart (digital) substation, ④ advanced grid components and equipments for transmission, ⑤ advanced distribution operation automation, ⑥ advanced grid components and equipments for distribution, ⑦ advanced custom power, ⑧ advanced outage management (real time) system for distribution and fast fault treatment, ⑨ distributed energy resources and micro grid operation, ⑩ energy storage, ⑪ advanced distribution management system, ⑫ charging and discharging technology for electric vehicles and construction of charging stations, ⑬ Advanced Metering Infrastructure (AMI) and Automatic Meter Reading (AMR), ⑭ demand response, ⑮ Home Area Networks (HANs) and smart home, ⑯ optimal asset management and utilization for transmission and distribution, ⑰ condition and reliability based maintenance, ⑱ information and communication (information integration and sharing), ⑲ smart grid interoperability standards, etc.

Comparing with advanced developed countries in the world, the technical level of smart grid technologies in China is as follows: in the areas of ①, ②, ④, ⑦ China is at a leading or cutting edge level, in the areas of ⑱, ⑲, China is keeping the same pace with the international advanced level, in the areas of ③, ⑨, ⑩, ⑫, ⑬, China is just started implementing, in the rest of areas, China is lagging behind or has implemented the capability technically, but the implementation conditions are not mature. In general, the smart grid technologies in the transmission field are not lagging behind and the R&D

work of smart grid technologies in the distribution and utilization field should be strengthened and the implementation should be speeded up.

The development of smart grid technology is a long and gradual process, but the technology changes are very fast; therefore, it should be closely traced and studied in depth. In view of the practical situation of power transmission and distribution grid constructions in China, the smart grid technology for transmission should be one of the focal points in the development, but a lot of smart grid technologies are at distribution and utilization sides which are closely related to the customers, thus they should be implemented step by step according to the need and planning. Implementation is a long journey and it should be carried out gradually based on practical possibility. Key technologies must be first demonstrated and then disseminated. Large-scale blind investment should be discouraged. Technologies should be implemented distinguishingly based on the different regions and situations. The research and establishment of smart grid standards should be strengthened and in line with the international standards. The laboratory construction for simulation and testing should be strengthened. A cyber security protection system should be built. It is very important to avoid overlooking the construction of physical power grids for the overall development of future modern grid technology.

The smart grid is a key enabler to the modern grid. Currently, a lot of countries in the world, including China, are actively starting their smart grid constructions due to the various challenges from the power grid in the 21st century.

Thirdly, entering into the 21st century, along with the economic and social development, the demand for electricity as well as the power system stability and reliability is gradually increasing. In recent years, in order to meet the needs of social progress, a number of modern new transmission and transformation technologies have emerged, such as Ultra High Voltage (UHV) AC/DC transmission technology, FACTS technology, new communication technology based power system dispatching system, digital substations, and superconducting electric power technology. These technologies are being or about to serve power systems, and thus play active roles in the economic and social development.

China's power grid will become stronger with the development of smart grid. The ultra high-voltage power grid is the basis for building a strong smart grid, and the reason for developing an ultra high-voltage power grid as the backbone network is quite simple. According to China's national conditions, the development of UHV power grid is the correct decision for implementing the scientific view of development, carrying out the national energy policy, and ensuring that the power industry undergoing a comprehensive, coordinated and sustainable development, and eventually achieving a wider range of optimal allocation of resources to meet future China's economic and social development and the increasing electricity demand accompanied with the economic and social development. In a word, it has great political and economic significance, as well as technological innovation significance.

In recent three years, with lots of HVDC transmission project constructions, China has realized the great development in the field of HVDC transmission project construction, equipment manufacture, and technical research. The construction scale in HVDC transmission, application level of HVDC, and design/operation/ test technology, as well as the research on and control over ac-dc system interaction are all leading the world. China has also made great progresses on the localization of main HVDC equipments as well as control and protection equipments.

In the developing process of electric power system, the most important task for constructing power networks is to ensure secure and stable operation of the power grid. In order to realize the goal of building an adequate, reliable, high-quality, economical feeding and operation of the power grid, a flexible and reliable AC control technology is called for. Flexible AC Transmission System (FACTS) is a kind of technology which applies high-techs, such as power electronic technology, microcomputer technology and control technology, to the high voltage transmission system in order to improve the system reliability, controllability, operation performance, and power quality, as well as to obtain large amounts of new synthetic technologies for the benefit of energy-saving. The technology will augment the conveyance capacity of transmission lines, optimize the operational conditions for power transmission network, expand power network operation

and control technology, and change the traditional application scope of AC transmission, etc.

The electric power dispatch automation is the core and key technology for the automation system, and plays an important role in quality and stability of automation system. Improving the efficiency of power dispatch system is an essential way to ensure reliability and safety operation of the power system. Firstly, to improve network's stability and reduce the data loss rate, the power network should be optimized; secondly, to ensure the accuracy and timeliness of dispatching work, the data instantaneity should be improved and data exchange time should be cut down.

With the popularity and development of information technology, the research realizing digitization of information, communication, decision-making and management for digital substations and networks is received more and more attentions. By using the optical fiber communication in digital substation instead of the conventional cable point-to-point communication mode, the instantaneity and redundancy of various electrical quantities has been greatly improved.

As the development of power source construction, especially large-scale hydropower projects' construction, the transmission voltage level and grid size are gradually increasing in China. After many years' rapid development, China has experienced the progress from 220 kV, 500 kV(330kV), 750 kV and even to 1000 kV in AC transmission system, got fully hold of the technology of extra-high voltage power transmission, and also grasped the ± 500 kV HVDC technology, meanwhile, the ± 660 kV and ± 800 kV HVDC projects are recently under construction.

Superconducting technology is a high-tech with the strategic significance, and is considered as a key point of the future technology competition. It mainly uses the unobstructed high-density current-carrying capacity of superconductor and the superconducting-normal state transition characteristics. It requires a close integration of superconducting materials, low temperature engineering, power electronics, and intelligent control. The main research contents for superconducting power technology include the electrical and magnetic properties of applied superconducting materials, the study and development as well as application of superconducting power

devices, superconducting power device's transient characteristics and its interaction with power system, characteristics, planning, design, operation, control, and protection of power system with superconducting devices, and so on. Now, the superconducting power technology not only has become an important pillar for the future superconducting industry, but also is considered as an important frontier development direction for advanced power technology in the 21st century.

Fourthly, wind energy has rapidly developed all over the world in the past 10 years, and the total installed capacity increases by 30% each year. China has the resourceful wind energy, and wind energy reservation which can be estimated and utilized is about one billion kilowatt. By the end of 2008, the total installed capacity reached to 12152.8 thousand kilowatt. Based on the analysis of the wind power technology actuality and the comparison between China and abroad, the future development and strategy of the wind energy in China is pointed out.

In recent years, the photovoltaic technology, as a clean and renewable energy power generation mode, is rapidly developing. The range of applications unceasingly widens and the system integration technology continue to be improved. Application forms include off-grid PV system, BI (A) PV, large scale PV, and PV Micro-Grid system. Application fields include communication, railway, meteorology, petroleum, rural electrification, PV application products, distributed power generation systems, and large-scale PV. All over the world, a lot of countries are committed to the photovoltaic technology research.

The solar thermal power generation technology is relatively mature, low cost with small impact on the grid. It is considered as one of the most promising ways of renewable energy power generation in competition with the wind energy, hydroelectric power, and fossil fuels in power generation. The status quo of China's solar thermal power generation technology is reported and a comparative analysis on the foreign technology is also given. Finally the prospect and strategy of the technology development are put forward.

Moreover, the nuclear power is a kind of safe, clean, stable, and economical energy which can be supplied at large scale. For the sustainable development of China society, it is a strategic choice for the Chinese

government to develop more and more nuclear power plants, while the closed nuclear fuel cycle is adopted by the Chinese government as a principal policy.

The present status and prospects on the technology development of advanced nuclear energy and power engineering in China are summarized from three aspects, i. e. the front part of the nuclear fuel cycle, the reactor engineering, and the back parts of the nuclear fuel cycle.

In the aspect of front parts of nuclear fuel cycle, China has already developed a completed industry system for the uranium exploring, mining, refining, enriching and fabrication of the nuclear fuel assembly. The R&D on advanced uranium separation technology, such as centrifugal machine, the advanced nuclear fuel assembly with high performance, and the advanced MOX fuel are conducted.

In the aspect of reactor engineering, the R&D is extensively performed on the Gen. II, Gen. III and Gen. IV, as well as the fusion technology.

Based on the M310-type PWR, a French Gen. II technology, China has developed its own CPR1000-type PWR. On the basis of AP1000 technology transfer, China now is developing its own advanced PWR with even more large output.

In the field of Gen. IV, China Experimental Fast Reactor (CEFR) is expected to reach its first criticality in 2010; China experimental high temperature gas reactor (HTR-10) has been completed in 2002, while two prototype high temperature gas reactors with 200 MW output in total is under construction; the fundamental researches on Super Critical Water Reactor (SCWR) are also performed with the support from a national fundamental science and technology program named “973”.

In the field of fusion technology, it is well known that China became a member of the ITER program in 2003. The Experimental Advanced Superconducting Tokamak (EAST) facility has been put into the operation in 2006.

In the aspect of back parts of nuclear fuel cycle, China has already developed a completed industry system for the spent fuel processing, solidification of the radioactive liquid, and the disposal of the high level radioactive waste. A pilot factory for the spent fuel processing is nearly completed. The R&D on the geologic disposal of the high level radioactive

waste is performed.

At last, after hard struggling for 60 years, especially the fast development for 30 years after reform and opening up, the large-scale power generation equipment manufacturing industry in China has made some remarkable achievements. The Chinese manufacturing capacity of large-scale power generation equipment ranks No. 1 in the world and some of the power generation equipment manufacturing technologies of China have already reached the world advanced standard.

The large-scale power transmission and transformation equipments are key equipments of power system; their manufacture technology level will influence the safety and reliability of power system significantly. With the development of science and technology, the design and manufacture technology of international large-scale power transmission and transformation equipments have obtained a rapid development. However, restricted by the whole mechanical manufacture technology, new material technology, the large-scale power transmission and transformation equipments, especially extra and ultra high voltage equipments, need to be urgently improved.

The improvement of design and manufacture technology of large-scale power generation, transmission and transformation equipments in China need a concert effort that coordinates related manufacture factories, research institutes, colleges, and guilds. By using the organization function of guild, the scientific research and innovation ability of research institute and college, and the design and manufacture ability of manufacture factory, solutions to the difficulties existing in the design and manufacture of large-scale power generation, transmission and transformation equipments are gradually provided.

To sum up, the development process involving manufacturing technology of generation, transmission and transformation equipments in China is reviewed. Secondly, the comparison with international advanced levels is made and the gaps are found out. Finally, the future for the large-scale generation, transmission and transformation equipment manufacturing technology in China is forecasted and some good advices and suggestions are put forward.

10 Engineering Thermophysics

Nowadays, China is facing with the dual pressures coming from energy and environment which are a long-term bottleneck for the economic and social development. Engineering thermophysics is a science which studies the rule of energy transformation in the form of heat and its related applications, and it also explores the inherent laws of various thermal phenomena and thermal processes that are used to guide the engineering practice. As a science of technology, engineering thermophysics that is a completed subject system involves knowledge innovation as well as technology innovation.

In recent two years, Chinese scientists in the field of engineering thermophysics have obtained a lot of achievements:

The principles related to the cascade utilization of energy and method of CO₂ control in the energy and power system are developed. The functional ability of fuel that is concerned with cascade utilization of chemical potential and the correspondent laws are revealed; and the fuel chemical energy integrated with the physical principle of cascade utilization is established. In terms of recycling method of chemical energy and physical synthesis steps, the usages of thermal energy cascade theory and thermodynamic cycle are expanded. By means of the establishment of a strict mathematical model of STIG, the key phenomenon is explained. A new thermodynamic cycle based on traditional knowledge is proposed. As respects CO₂ integrated control method and power system innovation, an alternative fuel production and CO₂ capture methods and systems are realized and built. As regards flameless chemical-looping combustion power systems, on the principle of fuel chemical energy, physical synthesis steps, and control of CO₂ basis, the chemical looping combustion is organically combined with CO₂ separation. A new phenomenon involving combustion of high concentration of CO₂ enrichment is found, and the new method concerning zero-energy separation of CO₂ (non-CO₂ gas separation process control) is proposed.

The infrared thermal radiation and transmission mechanism of spectral characteristics is gradually built. As respects multi-layer absorption and the transient conjugate heat transfer, an analysis method of ray trace is

proposed. A multi-medium, radiation and thermal transient coupled heat transfer model is established and the pulse laser produced in the translucent material of the transmission mechanism of temperature response is revealed. The non-incident surface of a transparent interface is found. In terms of the inverse problem of heat radiation in semi-transparent medium, a multi-parameter group of semi-transparent medium is brought forward in order to establish an inversion method of three-dimensional radiation measurement in a temperature field. As respects micro-scale radiative heat transfer, the internal distribution of radiation absorption of translucent particles under the action of external electric field radiation is revealed; according to the mechanism, the lens phenomenon which is the incident radiation inside the particle in the smooth convergence is explained. As regards experiment and analysis method of thermal emission spectra in dispersion medium, a physical model, which could determine the pseudo-scattering characteristics, is constructed; it provides a basis for error source analysis, more specifically, for a thermal radiation numerical algorithm. In terms of graded-index medium heat transfer mechanism and characteristics of radiation, the non-uniform composition, density, temperature of medium leads to the continuous changes in refractive index and results in a refractive index gradient. A multi-dimensional graded-index medium radiation transfer equation with space coordinates as the independent variable is explored in theory.

The heat transfer technology with higher efficiency and lower resistance is improved. The project has made a breakthrough on the constraints for the traditional gas enhanced heat transfer technology by combing the basic principles of heat transfer analysis with the numerical simulation and experimental method. The efficient low resistance heat transfer enhancement theory and related technologies are in depth studied, and the physical mechanism which can be significantly enhanced heat transfer is revealed.

In terms of key technology for energy-saving emission reduction of oil and gas gathering and transportation, the equipments used for measurement on line and control, removal of sand dehumidification phase separation, high efficiency heating and other key technologies are invented through the theoretical and technical studies on the key processes of oil and gas gathering and transportation. The efficient gathering and safe transportation of oil and



gas, energy saving are achieved. The experimental devices that can be used for key technology and equipment development and verification are designed and built.

However, subject development of engineering thermophysics still has a long way to go. The long-term strategic objectives for the disciplinary development of engineering thermophysics are establishing a rational structure, reducing and stabilizing the basic research team, supporting and building a number of advanced research bases on the engineering thermophysics and energy, so that more and more basic research branches and areas of engineering thermophysics in China will be close to or even reached the international advanced level. To this end, three aspects have to take action in the near future:

Firstly, the research, development, and promotion of low-carbon energy technologies should be further improved. The mitigation of climate change-related CO₂ emission reduction of greenhouse gas control has become a pattern change, which could affect the future of the major international issues. As a country with a large amount of CO₂ emissions, China has received the increasingly pressure from the development of international forms on mitigation of climate change. And the problems concerning greenhouse gas control have become more prominent urgent. However, due to the primary energy source dominated by coal, low energy efficiency, large and rapid energy consumption, these facts are decided on China's national conditions and complex and serious characteristics of CO₂ emissions.

Secondly, wind and other renewable energy sources should be vigorously developed. The following five areas are proposed for further exploring: establishing the national wind power experiment platform and comprehensive research center with the provision for public technical services; inquiring wind power investment issues involving finance, legal, policy, and environmental protection; developing plan and the program concerning wind power development issues that the first stage should be focused on land and then on the sea; development of wind turbine machine testing technology, and establishing and improving wind turbine testing, certification system, product quality, and market access threshold; finally, export-related issues;

Thirdly, the research should be focused on renewable energy conversion

theories. As regards solar-scale hydrogen production and fuel cell within the multi-phase, the coupling system based on the solar photocatalysis and biomass thermo-chemical hydrogen production technology as well as the respective characteristics of the proton exchange membrane, and solid oxide fuel cells has the critical significance for using the solar energy in an efficient, clean, convenient, and high-quality way. As respects cost-effective large-scale theory and technology of hydrogen storage, the development of hydrogen energy is focused on the large-scale preparation, storage, and utilization, meanwhile the hydrogen storage and transportation is the bottleneck for the development of hydrogen energy.

11 Standardization Science and Technology

Now the standardization science is a crucial technical foundation for China of marketing high-quality production and modernizing management practices. The contributions of standardization science are significant when China makes painstaking efforts to rejuvenate the science and technology industry, encourage independent innovation, and realize technical achievements.

11.1 Standardization infrastructure

A system framework for support science involving basic theories, standards engineering and application, and related standardization sciences have been built.

Major theoretical breakthroughs in standardization science and modularity research are achieved. The applications of the theory have pushed forward the development of the high-tech sector and national defense industry in China.

New studies on standardization science, namely, the relationship between standardization and intellectually property rights as well as the standardization strategies in developed countries are initiated.

21 departments in higher education universities of China have been established to form a complete standardization education system giving diplomas and awarding bachelor, master and doctor degrees. In addition, in-service standardization programs provide special courses for hundreds of



thousands of professionals every year.

11.2 Progress in standardization science

China has increased the efforts on the standardization science and technology. In year of 2002 alone, over 200 million Yuan has been invested in the research programs, such as a 3-year study on major technical standards.

In 2008, the high-tech research program of national level *Studies and examples of identification & assessment of poisonous and harmful substances in consumer products* was received the second prize of State Scientific and Technological Progress Award.

In 2009, the technical standard of safety engineering GB 50348-2004 with other 81 standards won the standards innovation and contribution awards jointly issued by the General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of People's Republic of China and the Standardization Administration of People's Republic of China.

The research focusing on standardization science is shifted towards major economic sectors.

11.3 Applications of standardization

By the end of 2008, China has established 22931 national standards and 485,166 certificates.

Technical standards protect the quality of environment, control pollutants and emissions, boost the international trade, and therefore contribute to the construction of a prosperous society in China.

The independent certification system has completed more than 10 certification research programs that include the safety for electrical and mechanical products.

The high-tech industry of national defense now has over 10000 national military standards and 17000 industrial standards that cover all the sectors of military and national defense.

By the end of 2008, China has established 444 (TC) specialized standardization technical committees, 586 (SC) subcommittees, and 7 (SWG) standardization working groups at the national-level.

11.4 Rising position of China's standardization in the international standardization community

When China has become a permanent member of the International

Organization for Standardization (ISO) in 2008, the rising position of China's standardization industry is quite apparent. By the end of 2008, Chinese representatives have taken over 19 chairmanships and 31 joined secretariats in ISO/IEC technical committees and subcommittees. Nine panel members of ISO/IEC technical organizations were Chinese professionals. And over 600 Chinese registered specialists have participated in ISO/IEC international standards.

11.5 Outlook

On September 22, 2009, Chinese President Hu Jintao made a solemn commitment on the United Nations Climate Change Summit in New York, and has undertaken that China would try to cut down the CO₂ emission per GDP unit considerably by the end of 2020 compared with that amount in 2005. As a result, the future key studies and standardization research programs in China will address itself to the climate change, low-carbon economy, nanotechnology, and cyber economy.

12 Science and Technology of Surveying & Mapping

It's the age of information now and the method and content of Science and Technology of Surveying and Mapping service, which is affected by the China informationization environment, have been changed in deeply. Those changes promote the development of surveying and mapping informationization. And the new concept, Informatization Surveying and Mapping, was formed. The development of the Surveying and Mapping discipline, which is supported by contemporary techniques, such as 3S technique, has advanced and expanded the establishment of Informatization Surveying and Mapping system. The modern datum system for surveying and mapping, the basic geographic information resource system, the real-time acquisition system for geographic spatial information, automatic processing system for geographic spatial information and network service system for geographic spatial information have made up of Informatization Surveying and Mapping system. Therefore, the development of the discipline, which will provide the supports in aspect of theories techniques and methods, should adapt to the requirement of the establishment of Informatization Surveying



and Mapping system.

First of all, the precondition of the satellite positioning is the establishment of modern datum system. The 2000 China geodetic coordinate system (CGS2000) has been launched. Moreover, the establishment of surveying and mapping datum, which is uniform, high-precision, earth's mass centre, dynamic and geometric-physical system, is ongoing. Secondly, the Global Navigation Satellite System (GNSS) need be constructed. Besides GPS (U. S. A.) and GLONASS (Russia), the Galileo (Euro) and COMPASS (China) projects were put in practice. Thirdly, the satellite positioning research focuses on the methods of the continuously operating reference stations (CORS) system, precision point positioning (PPP) technique, multi-mode satellite integrated navigation and multi-sensor integrated navigation techniques. Fourthly, the main progress of height measurement technique is attributed to the development of GPS/Gravity method.

The development of aero and space surveying and mapping consist of four aspects. Firstly, high-resolution satellite remote-sense image cartography was change to practical technique. Secondly, the acquisition the photogrammetry data with aero digital camera became the main technique to acquire large-scale geographical spatial information. Thirdly, light and small-sized low-altitude photographic surveying platform, with the advantages of being flexible and economical, has been applied in different engineering projects including large scale mapping and 3-D modeling of cities. Fourthly, the new digital photogrammetry data processing platform——DPGrid will solve the bottleneck question, which is the automatic rapid massive remote-sense data processing.

Many new developments have been achieved in digitized cartography and geographical information engineering. These developments includes: ① the transformation from analogue to digital model in the cartography based on which the integrated system for map production and publishing is established; ② the construction of spatial data base with a series of scales, which in turn establishes the basic spatial data frames for digital China and digital city; ③ the coming forth of measurable image products for real scene and the creation of point of interest which directly serves the everyday life of the

public; ④ The integration of grids and agents which leads to the sharing of geographical information resources and cooperative work based on grid services; ⑤ the development of independent geographical information network with “one station” portal based on new technologies including Internet map service and spatial data base interoperation, which provides a series of services related to geographical spatial information to the public.

Great developments have been got in precise engineering and industrial surveys. Firstly, GPS technology has been applied in different types of engineering control surveying, which together with quasi-geoid, brings to the outcome of 3-D engineering control networks. Secondly, GPS continuous operating reference station network systems in cities have grown to integrated service systems used by multi-disciplines with multi-functions. Thirdly, 3-D surveying technologies have been applied in different projects, which makes re-establishment of the targets possible. Fourthly, new survey techniques with high precision have been developed for the construction of engineering buildings with big size and complex structures. Fifthly, industrial surveying has become an indispensable part of modern industrial production. Techniques and equipments used in industrial surveying are developed to be automatic, intelligent and informationized.

New technologies have been used in marine charting and hydrographic surveying, which includes the application of COMPASS in attitude measurements of boats, the application of GPS in the precise measurement of velocities and the application of GPS technology in hydrographic surveying. The efficiency and precision of single beam or multi-beam sounding technologies and the related data processing techniques are studied. The applications of remote sensing technologies in marine charting and hydrographic surveying are investigated. A uniform marine information administration network system is established, based on which informationized services aimed at “digital ocean” and “digital waterway” are provided.

13 Tobacco Science and Technology

Due to the implementation of tobacco monopoly system since 1980's and establishment of the common values of Chinese tobacco industry, namely

“state and consumer’s interest come first”, Chinese tobacco industry attached great importance to science and technology. The investment in tobacco scientific research has increased by a big margin year after year; in 2008, the amount reached 1.694 billion Yuan. As a result, the overall level of science and technology of tobacco has been substantially raised, which in turn give a great impetus to the rapid development of tobacco industry in China. Chinese tobacco industry now has become one of the important realms in domestic economy. Each year, China grows about 1.1 million hectares of Virginia type of tobacco. The yearly procurement of leaf tobacco reaches 2.3 million tons. With the annual production and sales of 2250 billion pieces of cigarette, the annual profit and tax coming from tobacco industry has added up to 400 billion Yuan, the actual figure is 449.9 billion Yuan for the year of 2008. Therefore tobacco industry has been made an outstanding contribution to the national financial accumulation in China.

In general, the discipline of tobacco science and technology could be divided into two categories, which are, science and technology of tobacco agriculture and science and technology of tobacco industry. Among of them, tobacco agricultural science and technology mainly deals with tobacco breeding, tobacco cultivation, harmful tobacco biology and its control, as well as tobacco curing. While tobacco industrial science and technology mainly deals with tobacco processing, tobacco chemistry, less harmful cigarette, tar reducing, cigarette casing and flavoring, cigarette material, tobacco machinery, and tobacco related information and technology as well.

The domestic achievements of scientific research and technology in both tobacco agricultural and industrial science and technology are reviewed since 2005, the overseas development of the disciplines is investigated and studied, the discrepancy and disparity in each tobacco discipline among China and other countries in the world are compared and analyzed, while the direction, target, and research keystones of domestic tobacco discipline are studied and pointed out.

The progresses in tobacco science and technology play an important role in China in terms of promoting tobacco industry and regional economy, safeguarding consumer health, and providing nationally and regionally financial accumulation. Aiming at diminishing the potential hazard of smoking

or tobacco consumption to the health of humankind, lessening detrimental effect of tobacco industry on the environment, reducing processing cost, and improving product quality, China has carried out a substantive research work in recent years. Massive and state-of-the-arts research results and high tech have been successfully applied to both tobacco agriculture and tobacco industry.

In the realm of tobacco agricultural science and technology, the progress has been persistently promoted. The quality of leaf tobacco has obviously improved. A distinct breakthrough has been made in technology domain, such as new tobacco variety breeding, regionalized growing, balance fertilization, production of high quality leaf tobacco, forecast, integrated prevention, elimination of disease, insect, and pest, floating seedling, intensive curing, etc. The initial result for developing characteristic and high quality leaf tobacco and the research on production technology of leaf tobacco without public hazard has been acquired. Tobacco genome project has actively promoted. The basic studies on tobacco agriculture are progressively conducted. The proportion of popularization growing area of Virginia type of tobacco selected by China is increased from 31.1% in the late period of Ninth Five-Year Plan to 80% by now. The intensive seedling has been basically realized. More than 35% of leaf tobacco production is brought into the interconnected system for eliminating disease, insect, and pest. The technology on balanced fertilization is popularized in full swing. Intensive curing barn is widely applied. And the level of mechanization is continuously improved.

In the field of tobacco industry science and technology, the level of science and technology is improved unceasingly and kernel competitive capability is strengthened continuously. The breakthrough has been made on the critical technology of tobacco chemistry, characteristic process, harm and tar reduction, systematic design of cigarette, reconstituted tobacco sheet with paper-making process, equipment of high speed cigarette making, filter assembling, cigarette packing and airflow cut tobacco drying equipment. The control over cigarette production is transformed from outcome control to process control. Development and application of paper process reconstituted tobacco equipment filled a vacancy in China as well. The level of technology,

product quality, and ability of cigarette materials supplying are tremendously improved. China successfully developed and is gradually recognized by consumers for a set of cigarette products which reduce the harmful components, such as free radical, carbon monoxide, condensed nucleus aromatic hydrocarbon and tobacco specific nitrosamine (TSNA). By the end of 2008, the weighted average of tar content reduced from 16.1 milligram during the late period of Ninth Five-Year Plan to 12.8 milligram.

While in the filed of tobacco related information technology, the level of informatization of tobacco industry represented by the Number One Project is constantly improved. Infrastructural facilities of informatization began to take the shape. The construction of cigarette sales network has been pushed forward all round. The electronic administration, electronic commerce, command, and decision-making system of production management have been widely applied and played an important role in cigarette production, management, and administration.

Over the past few years, the industry is carried forward in an all-round way following the general guideline set out by Chinese tobacco industry; the guideline involves scientific distribution, optimized station, mechanism perfection and ability upgrade, technical innovation, knowledge innovation, and the construction of technical service system. An innovation system with rational distribution is fabricated, the orientation is well defined, and the works between divisions are collaborated with each other and operated in highly effective manner in order to provide an infrastructural guaranty for the improvement of independent innovation and over all technical strength. In the meantime, the discipline construction of tobacco has been further reinforced. Through which, a large number of technical talent with high academic credentials qualities is fostered for the tobacco industry.

At present, the annual scientific research projects within the tobacco industry are more than 2000, they were about 2372 for the year of 2008. Over 800 projects of which have annually appraised and adopted, and the numbers for 2008 were 838.

With the joint efforts of scientists and technicians in tobacco industry, a group of scientific and technical projects have gained good results since 2005. Among them, *Study on the technology of intensive production and*

meticulous filtration of cellulose acetate serum won the second prize of State Scientific and Technological Progress Award in 2005. 81 projects won the STMA (China National Tobacco Corporation) prize of Science and Technology Progress. *Experimentation and popularization of balance fertilization technology*, *Analysis of cut tobacco processing technical standard and integrated study and popularization of quality improving*, *Development of high quality leaf tobacco of "Jin Pan Xi"*, *Study on and application of the characteristic process technology of Changsha cigarette factory*, *Study on the hazardous index system of cigarette*, and *Regional division of tobacco growing in China* received first prizes. Meanwhile, each year there were also about 20 projects won other science and technology prizes awarded by the provincial governments and ministries. It is worth to point out that *Rapid analysis of volatile acid and volatile alkali in the complex tobacco system with HS-LPME/capillary GC-TOF-MS* won the first prize of scientific and technical progress awarded by Henan province.

Each year, about 500 patents on tobacco science and technology possessed application and popularization value within tobacco industry have been applied, opened to the public or claimed by organizations and companies within tobacco industry, the amount of patents for 2008 was about 527. Among them, about 200 patents applied were considered as a patent related to the innovation that number were about 237 in 2008. Meanwhile, about 300 patents have been granted, the figures for 2008 were about 335. Among them, about 100 patents were patent of invention.

Since 2005, totally 275 pieces of technical standard related to tobacco were worked out and promulgated by Chinese tobacco industry. 51 pieces of standards worked out or revised are classified as the national standards. 224 pieces are classified as trade standards of tobacco industry. In the meantime, about 800 academic papers concerned in tobacco were published annually. Among them more than 35 papers were published in various periodicals abroad or presented on international conferences.

Comparing with advanced countries in the world, some specific disciplines of tobacco science and technology in China have already caught up with the advanced international level. Some disciplines on the whole have kept simultaneous with the advanced countries. However, majority

disciplines still lagged behind. For instance, the infrastructural research was not conducted promptly. The study scope was little bit narrow and unsystematic. Profundity of study was still inadequate. An understanding of tobacco science and technology rules was superficial and short of scientific discoveries and findings. Even in the case conducted the research on applied technology, part of them were still considered as low level and was the repeated studies. The research results rarely could be used directly and there was almost no breakthrough in the realm of key and kernel technology.

There still is a great gap between China and the internationally advanced countries in terms of casing and flavoring technology in the realm of cigarette and low tar cigarette production, characteristic and high quality leaf tobacco growing and breeding of superior quality variety as well as the substantial breakthrough for key technology.

The orientation of tobacco science and technology in future will still focus on reducing the hazard of tobacco consumption to human health, economizing tobacco raw materials, improving the quality of products. While the pivot of scientific research in future will be centralized around the tobacco genome project and modern biotechnology, breeding of characteristic and high quality variety, production technology development of characteristic leaf tobacco, technology of public hazard free leaf tobacco, process and equipment of cigarette with Chinese characteristic, technology of hazard reducing and tar reduction, cigarette flavoring and humidification, development of high speed machinery for cigarette making, filter assembling and packing, modern information technology and development of smokeless tobacco products, *etc.*

14 Simulation Science and Technology

14.1 Concept of simulation science and technology discipline

Simulation science and technology (hereinafter referred to it as “simulation”) discipline is a comprehensive interdisciplinary subject that uses modeling and simulation theories as the foundation, uses computer systems, physical effect equipments and simulators as tools, understands and changes the study objects by building and running models in accordance with research objectives.

This discipline has formed an independent knowledge system, and included the theoretical system consisting of simulation modeling theory, simulation system theory, and simulation application theory; the knowledge technical system integrating the professional knowledge and technologies of models, simulation systems, with the application fields; and the methodology system integrating simulation modeling methodology based on the similarity principle, simulation system methodology that build on the basis of system theory as well as simulation application methodology of the simulated whole system and its entire lifecycle activities and whole orientation.

14.2 The research on the discipline in recent years

14.2.1 The theory and method of simulation modeling

Regarding as simulation modeling theory and method research, a large amount of research have been conducted in recent years in China that include modeling methods in the fields like continuous systems, discrete event systems or hybrid systems, complex systems, intelligent systems, complex environments and life system modeling. And remarkable progresses have been achieved in the utilizations of multi-agents and web-based modeling techniques and other aspects; modeling and simulation with the combination of quantitative and qualitative methods have received attention from various application fields.

14.2.2 Simulation system and technology

Progresses and contributions have been made in parallel with simulation including the load balancing and processor-subdivision technology, high efficient parallel solving technology, real-time simulation algorithms for distributed systems, qualitative simulation algorithms, and research on construction, theory and parallel efficiency for large-scale system parallel simulation algorithms. A number of parallel computing software for specific industries and application domains have been developed.

Research, development and applications have been carried out for the different kinds of modeling and simulation supporting environments and platforms, large-scale virtual battlefields, synthetic natural environment modeling and simulation, simulation grid/cloud simulation, ad hoc simulation tools, and embedded simulation technology, etc.

Visualization and virtual reality technology have made the considerable

progress. The key technologies and technical indicators for the domestic input devices, drawing systems, and display systems have reached international standards.

A large number of sports simulation systems and digital entertainment simulation technologies have been independently developed and widely applied to the areas including sports training, large-scale group performance, digital film and television, and traditional culture and arts, etc.

14.2.3 Simulation application engineering

The application of simulation has already infiltrated into all areas of China domestic economy, and has made important contributions to the economy, national defense, science and technology, society, culture, and emergency processing, etc.

In the field of aviation and aerospace, simulation projects have got involvement in all stages from the feasibility study of product types, system design and dynamic performance validation before flight test to performance improvement and failure analysis after flight test.

In the implementation of the development strategy integrating informatization with industrialization, the simulation technology has become an effective support means for product design, process planning, and production process scheduling. The architecture of the virtual manufacturing system has been proposed. Based on deep research and application of the virtual prototype technology, important contributions have been made to upgrade and structures adjustment of products, such as aircrafts, missiles, automobiles, textile machines, etc.

The simulation platform of the South-to-North Water Transfer Project has made significant contributions to simulation calculations and experiments that are the major issues concerned by the project.

14.3 Significant progresses and significant results of the discipline

The significant progresses are made in three areas as follows:

14.3.1 Simulation modeling theory and technology of complex systems

In military systems, a relatively complete system concept and a clear system modeling method have been developed, research on information war simulation theory and method innovation has been conducted and won the second prize of State Science and Technology Progress Award in 2009.

In the field of life system modeling and simulation in 2002, the research on the first digitalized visible human in China was completed, the fact make China become the third country in the world that owns the visible human data set after the United States and South Korea. The establishment of China digitalized visible human data set won the second prize of State Science and Technology Progress Award in 2007.

14.3.2 Simulation computer and software

As early as in the 1980's, the galaxy all-digital simulation computer YH-F180 was successfully developed, and in the 1990's, the galaxy simulation II computer and the galaxy super mini simulator were successfully come out. In 2003, YH-Astar high-performance real-time simulation platform based on a general computer was successfully developed, which reached the international first-class level over the same period.

Dawning series high performance computers have realized multi-thread mechanism and multi-processors of fine granular parallel holohedral symmetry with a peak performance of floating point operations from 100 million, then 2.5 billion to 230 trillion operations per second, which have been widely applied to petroleum, meteorology, research, teaching, national defense, business, etc.

14.3.3 Simulation support system and technology

HLA series of supporting software, such as KD-HLA simulation platform, SSS-RTI, AST-RTI, and TH_RTII have broken the situation that the foreign simulation software has occupied China's domestic application market for a long time.

COSIM-GRID, the Federate-style collaborative design/simulation/optimization integrated platform FIA/FEI, etc. have made a major breakthrough in the system architecture, system function, system performance and other aspects.

In this area, several second prizes of State Science and Technology Progress Award have been received.

14.4 Major achievements

The major achievements are obtained in three areas as follows:

14.4.1 Simulators and training simulation systems

The petrochemical device simulation training system (OTS) has been



independently developed and has already occupied the absolute market shares in China and some products have been exported. The computer automatic HAZOP safety analysis technology with a complete independent intellectual property right, developed on the basis of the qualitative simulation technology, has already been used in national major petrochemical equipments and has been listed at the 100 key promotion technologies of 2004 ~ 2010 national safe production science and technology development project.

By the year of 2008, the power station simulators owned by China has been ranked number one in the world. Moreover, more than 95% of the power station simulators are developed by China itself and have reached the first-class level in the world. The nuclear power simulation platforms with complete independent intellectual property rights have been successfully used in several nuclear power stations.

The advanced digital power system simulator (ADPSS) developed by China is the first digital real-time simulation device in the world that can simulate the ten thousand node level power systems of the whole country, which won the first prize of State Science and Technology Progress Award in 2009.

14.4.2 Virtual design, virtual manufacturing and virtual prototype projects

As early as the end of 1990's, due to the virtual manufacturing technology combined with the development strategy of the structural adjustment of China's textile machinery products, both independent development of rapier weaving machine product innovation and the leap-forward development of "sharpening a sword in two years" have successfully realized. It won the second prize of State Science and Technology Progress Award in 2000.

The product concept design and virtual prototype technology based on intelligent computing has been successfully used in the designs of special vehicles. It received the second prize of State Science and Technology Progress Award in 2006.

In 2006, a subsea pipeline detection develop system was successfully developed based on virtual prototype technology, which has the great practical significance for offshore oil-gas exploitation in China.

14.4.3 Modeling and simulation for engineering systems

The research result of material forming process modeling method won the second prize of State Science and Technology Progress Award in 2007. The research result of water resources and hydropower project geology simulation modeling theory and method won the second prize of State Science and Technology Progress Award in 2007. Turbulence model and finite volume method research has solved several types of typical dam hydraulic problems, and its result won the second prize of State Science and Technology Progress Award in 2008.

14.5 Establishment of disciplinary academy

In 1979, the System Simulation Special Committee of Chinese Association of Automation was founded. In 1989, the Chinese Association for System Simulation was founded. In 2000, the Chinese Association for System Simulation joined the Chinese Association for Science and Technology and formally became a first-class society. At present, the Chinese Association for System Simulation has 16 special committees and branches. Each year, there are all kinds of influential academic meetings held. Since 2002, the Chinese Association for System Simulation has organized and held an international simulation academic conference with the simulation societies from Japan, South Korea, and other countries for each year.

Journal of System Simulation, *Computer Simulation*, and *System Simulation Technology* have published thousands of papers on simulation technologies and provided the academic exchange platforms for the purpose of formation of simulation discipline and the improvement of academic levels.

Simulation is conceived, crossed, integrated and developed in cross and integration among system science, control science, computer science, management science and other disciplines. Moreover, it grows from the practical applications involving all disciplines and all industries, and gradually breaks through the original categories conceived for this discipline. The system and independence of the discipline have been formed.

Research results show that the condition for simulation discipline becoming a first-level discipline has been mature. The Chinese Association for System Simulation has submitted a proposal to the Ministry of Education to suggest that simulation science and technology should be set up as a first-



level discipline in the higher education of China.

14.6 Discipline talents training

Over the past decade, 107 universities of 211 Project have trained 14.2% of outstanding master students and 18.4% of doctoral candidates related to the simulation technology. 38 universities of 985 Project have trained 17.5% of outstanding master students and 25.1% of doctoral students related to simulation technology. 107 universities of 211 Project and 38 universities of 985 Project have trained a total of 18.8% of graduates related to simulation technology.

14.7 Discipline research platforms

The colleges, universities and research institutes in China have established a number of simulation research and application laboratories and engineering research centers. The state-level key laboratories or engineering research centers, such as the National Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, the National Key Laboratory of Control and Simulation of Power System and Generation Equipment, the National Key Laboratory of Automobile Dynamics, the Virtual Reality Technology Laboratory, the Beijing Simulation Center, the Environment Simulation and Pollution Control Joint Laboratory, the National CIMS Engineering Research Center, and the National Engineering Research Center of Economic Field System Simulation Technology Applications, have totally won 111 state-level, provincial and ministry level awards and 7 invention patents.

14.8 The development trend and prospects of the discipline

Simulation has formed a comprehensive professional technical system, become a common and strategic technology and is developing towards a modernization direction featured by “digitalization, virtualization, networking, intelligentization, service-oriented, and pervasive”. There are seven aspects deserve special attention, which are networked modeling and simulation, integrated natural/man-made environment modeling and simulation, intelligent system modeling and intelligent simulation systems, the modeling/simulation of complex systems/open complex giant systems, simulation based acquisition and virtual prototype engineering, high-performance computing and simulation, pervasive simulation based on

pervasive computing technology and embedded simulation.

The development of simulation science and technology will make important contributions to China for taking a “new industrialization road characterized by high technology contents, good economic benefits, low resource consumption, little environmental pollution, and that the human resource advantages are brought into full play”, and realizing the sustainable development strategy. It will become one of the strategic technologies supporting the development of China. Therefore, the three suggestions are pointed out as follows:

Simulation science and technology should be added to the discipline category of the Ministry of Education as the first-level discipline to consummate the training system of special simulation talents;

The fusion of simulation science and technology with the application fields and related disciplines should be further strengthened;

The importance should be attached to the development of simulation industry in order to change the dominant position of foreign simulation systems and technologies in the Chinese market.

15 Particuology

Most of the solid substances that exist in nature are in the form of particles, such as soil, sand, and dust. Food for human consumption often appears in particulate form, such as the grains, beans, salt, and cane sugar. Artifacts, such as ground coal, catalysts, cement, fertilizers, pigments, medicines, and explosives are mostly prepared in the form of powders. Morphologically, liquid drops in an immiscible liquid or in gas, and bubbles in a liquid or in a solid could all be considered as particulate. Studies of the basic phenomena related to these materials have a fundamental significance to the related fields, for example chemical, metallurgical, energy and light industries, as well as environmental protection, national defense, and health services.

The word *particuology* was coined by combining the Latin prefix *particula* for particles with the Greek suffix *logia* denoting a subject of study. The lexical meaning of *particuology* is the science and technology of



particles.

On November 27, 1986, the Chinese Society of Particuology (CSP) was inaugurated in Beijing, consisting of five subsidiary institutes, which are Institute of Particle Characterization, Institute of Particle Preparation and Treatment, Institute of Ultra-fine Particles, Institute of Fluidization, and Institute of Aerosol Science and Technology. The science and technology advances in the institutes and their respective fields are described as follows:

(1) Institute of Particle Characterization works on particle testing instruments, establishes the criteria for particle testing, characterization and properties of powder and aerosol concerned with geometrical properties, physical properties, surface characteristics, and mechanical characteristics of powder packing. Four Chinese companies, OMEC Technology Co., Ltd, Dandong Bettersize Instruments Ltd, Chengdu Jingxin Powder Analyses Instrument CO. Ltd, and Jinan Winner Particle Technology Co. Ltd, share about 80% of Chinese market in production of laser particle sizers with original design features. The successful development of three new instruments based on dynamic light scattering or photon correlation spectroscopy, dynamic digital image particle sizing, and ultrasonic spectra stands for the advanced technical level of Chinese particle instrumentation industry. The institute is credited for the considerable progresses on the manufacture of Certified Reference Materials (CRM) which are used in calibration and verification of particle instrumentation.

(2) Institute of Particle Preparation and Treatment is involved in particle preparation, dispersion and surface treatment, unit operation of bulk processes that deals with granulation, classification, drying, packaging, transportation, collection and dust removal. Its accomplishments are summarized as follows: Based on the survey on the production technologies of powder/particle in China, certain effective solutions for existing major problems are proposed. Advances in chemical preparative techniques of particles are reviewed, including coprecipitation, sol-gel processing, microemulsions, hydrothermal/solvothermal methods, and flame combustion, in particular, the main achievements of synthetic strategies of inorganic nanocrystals in China. Since 2000, the progresses in the area of powder surface modification has been reviewed, with special attention on the

modifying agents and their prescriptions, processes, and equipment, especially the preparation of functional powders and research directions for surface modification of powders.

(3) Institute of Ultra-fine Particles is related to the preparation, treatment and characterization of nano-materials; physical and chemical properties of nano-particles; dispersion, surface treatment, and property modification of nano-materials; applications of nano-materials and nano-particles. Guided by application, the researches have paid much attention to controllable fabrication and property optimization, such as size and morphology, surface modification and nano-particle assembly, as well as new materials with novel performance. The nano-powder industry in China has realized significant development in the many fields closely related to daily life as well as medicine, aerospace, water treatment, etc. However, many aspects still lag behind and need to catch up in international competition.

(4) Institute of Fluidization devotes itself to gas-solid, liquid-solid, gas-liquid-solid fluidization technology and its application, reaction, separation, purification and transportation equipment, ultrafine particle fluidization, supercritical fluid fluidization and high-temperature and high-pressure fluidization; computer simulation and scale-up of industrial fluidized beds. Fluidization technology has been widely applied to the chemical, petrochemical, petroleum-refining, energy-related, environmental, and pharmaceutical industries. Many international-level Chinese researchers in the field have become top-notch experts both in fundamental studies and in application research;

Fundamental research in fluidization is mostly related to the integration of multiple physical and chemical processes as well as to the micro-scale particle-fluid behavior in multiphase systems, for example, particle-scale movement, heat and mass transfer, chemical reactions, including advanced measurement techniques for complex multiphase flows. Cross-scale modeling and simulations have received much attention. In particular, the capacity for large-scale computations has been significantly enhanced either in terms of hardware or in terms of software. From the viewpoint of particle properties, ultrafine/nano-particles exhibit unique behaviors due to size effect, leading to unique fluidization techniques and bringing about a highly promising area for



both academic studies and practical applications.

From the point of view of industrial needs, petroleum refining and related fluidization techniques are still much in demand in China, especially in the utilization of heavy oils. Several novel designs of fluidized bed reactors have been successfully developed and commercialized, aiming at clean fuel production, as well as the integration of refining and chemicals (e. g. , low-carbon olefins) production on the basis of FCC techniques. At the same time, in order to relieve the current energy crisis, applications of fluidized bed technology has pushed toward other energy-related processes, such as pyrolysis, gasification, and combustion of coal and biomass feedstocks.

(5) Institute of Aerosol Science and Technology explores aerosol properties (physical, chemical, optical and radiative), and processes that control aerosol properties and aerosol dynamics, that is, the study on aerosol production, sampling, monitoring and analysis, as well as the emission, transformation and removal of aerosol, and their effects on weather and climate, environment and human health, etc. In recent years, there has been an increasing interest in studies of atmospheric aerosols due to their impact on climate forcing, chemical heterogeneous reactions, air quality degradation, visibility impairment and human health. Due to scattering and absorption of solar radiation by anthropogenic aerosols, the changes in energy balance in the atmosphere and at the earth surface might affect the Asian monsoon water cycle and global warming. Such studies will give rise to many new theories and technologies on aerosol measurement, and monitoring and analysis will become the current foci of the aerosol research.

In the past five years, Chinese particuology has scored considerable progress in both fundamental research and industrial application. Some achievements have reached world advanced levels, although many tasks yet need to be accomplished in order to lift its overall level. In accordance with China's policy that economic development depends on scientific and technologic progress, and scientific and technologic works must be geared to the needs of economic development, greater efforts will be made in order to bring about more effective interaction between research and development on the one hand and industrial applications on the other hand. In the meantime, particuology as a relatively new science and technology in China is expected to

play a more important role in technological progresses and economic development by aiming at international academic fronts and meeting the needs of China.

16 Inertial Technology

The inertial technology, which is used to control the pose and track of a moving object, is the generic term of inertial instruments, inertial stabilization, inertial guidance, inertial measurement and other correlative techniques. It is a kind of multidisciplinary science involving physics, mathematics, mechanics, optics, material science, precision mechanics, electronics technology, computer technology, control technology, measuring and testing technology, simulation technology, manufacturing and process technology etc., which mainly focuses on the theoretic, design, manufacture, testing, application, maintenance and otherwise of inertial instruments and inertial systems. It is widely used in aviation, aerospace, marine, land navigation, geodesy, drilling and tunneling, geologic survey, robot, vehicles, medical facilities and so on, as well as cameras, mobiles and toys. In a word, the inertial technology could not be absent for measuring the pose and track of a moving object, location and orientation.

The development of China's inertial technology has been gone through more than 50 years, and experienced from the primitive stage to the advanced phase that includes the establishment, development, and innovation. Some prominent progresses and achievements have been obtained. Since the China's reformation, the demand for inertial devices has been rapidly grown. Along with the development of computer technology, information technology, microelectronics, new materials, new process technology, and other advanced high techs, the inertial technology has become the spirit of modern engineering disciplines. At present, China is capable of developing and producing the high, medium, and low-precision levels of inertial instruments and systems, and the independent-developed inertial products have been widely used in many fields of national defense construction and national economy in China. Therefore, the precision of pinpoint strikes from the sea, land, air and space has become much higher. Making the successes of new



intercontinental missiles, the manned spaceflight, and lunar exploration project indicates that China's inertial technology has been already reached out a high level.

The development of the China's inertial technology mainly consists of the following aspects:

16.1 The development of the inertial instrument technology

A hierarchy of China's inertial system involving instrumentation, test, and production has been established. Under the influence of basic industry progress and increasing demand, the instrument accuracy, reliability, stability, and environmental adaptability have been substantially improved. The traditional mechanical gyroscope technology has grown up, and it is represented by the liquid floating gyro, three floating gyro, ESG, and DTG. The performance of the laser gyro has steadily increased and the rapid development of fiber optic gyro is quite obvious. In addition, the performance of various accelerometers has also been improved and a series of the products have increased. Besides, the technology of MEMS-IMU grows up rapidly and some breakthroughs have been made in its engineering implementation. A great progress has been attained in the advanced inertial actuator utilized in industry applications. By means of upgrading the theoretical level of new concepts, new principles, new technologies, and new methods, the gap between the international advanced level and the China's new gyro technology is narrowed down; it is indicated as photonic crystal fiber optic gyros, MEMS gyroscope, and atomic gyroscope.

16.2 The development of the inertial system technology

The research of inertial navigation system technology primarily focuses on the system analysis and overall technology, instrumentation application technology, test and simulation, calibration and compensation technique, etc. As the traditional mechanical gyro technology continuously matures, the platform-based inertial system technology has concertedly developed, and the breakthrough for key technologies has been made. The accuracy levels have also elevated in a great degree, furthermore a series-type spectrum of the products has formed. Besides, strap-down inertial system technology has developed rapidly on the basis of a large number of basic technology researches, and its accuracy has been greatly improved. The laser gyro-based

strap-down system technology has reached a considerable level of accuracy and fiber optic gyro-based strap-down system technology has entered into the stage of industry applications. Meanwhile, MEMS strap-down system technology is focusing on the breakthroughs in research. Gyro-monitor technology for improving the accuracy of inertial navigation system has made a breakthrough and the long-term accuracy of the system has been significantly improved.

16.3 The development of the inertial-based integration technology

The development of China's inertial-based integrated system is closely related to the development of a variety of navigation technologies. Satellite navigation technology has unceasingly matured along with the constitution of "Compass system". The independent-developed inertial / terrain-aided navigation system has been successfully applied, geomagnetic survey and geomagnetic navigation technology have rapidly developed and the star tracker technology of celestial navigation has achieved a breakthrough. Besides, the visual navigation has also made a progress in the area of image matching technology. All of them have laid down a solid foundation for the development of China's inertial-based integrated systems technology.

16.4 The development of the inertial-related measurement and devices

In the field of the inertial testing technology, the research mainly focuses on the environmental suitability testing, the separation calibration technology of Inertial Measure Unit (IMU), the self-calibration technology of inertial system, and auxiliary information calibration technology. Furthermore, a progress has been made in the field of failure diagnosis and real-time state detection technology. In terms of testing equipments, China has already been capable of developing all kinds of testing equipments for the inertial system testing and motion simulating, such as turntable, swing sets, angle vibration table, line vibration table, precision centrifuge, six degree of freedom simulation equipment, target motion simulation device, load simulation equipment, composite environmental testing equipment.

16.5 The development of the inertial applications

The development of the inertial application technology is mainly represented by the improvement of performance and environmental suitability of the inertial instruments and systems in different application backgrounds.

At present, the China's marine high-precision inertial navigation system has moved from liquid floating gyro-based platform system to the electrostatic gyro navigator. The applications of strap-down inertial system based on optical gyro in the aerospace, aviation, land-used areas have been promoted. Besides, the micro inertial system technology as the core of MEMS inertial instruments has made a huge progress, and the applications of inertial products in the oil exploration, geological measurement, and robotics have also been further improved.

With the rapid development of modern science and technology, inertial technology marches toward high-precision, high reliability, miniaturization, wider applications as well. At present, China's inertial technology is also undergoing a major period of innovation and development. Therefore, some suggestions on China's inertial technology development are pointed out as follows:

To strengthen a leading role of professional technology, and carefully drawn out a long-term development plan of the inertial technology; to actively promote the self-innovation and enhance capacity for sustainable development; To intensify the research on bottleneck-problems in order to meeting the demand of the national defense and national production; To accelerate the transformation speed from scientific researches to industrial applications; To enrich the human resources and enhance the training for technical personnel; To establish the center for the test and evaluation of inertial technology.

17 Landscape Architecture

17.1 Introduction

Landscape architecture is a comprehensive discipline that is characterized by Chinese traditions and specially deals with protection, planning, design, and sustainable management of natural and cultural environment. By means of science, technology, and arts, its goals are protecting, using, and rebuilding nature, and creating sustainable environment with function, eco-friendly, beauty, culture, disaster and risk prevention, and hazard aversion in order to satisfy human's needs and to form a harmonious relation among

man, nature, and society.

Landscape is the only green, alive infrastructure to improve urban-rural eco-system and human habitat. It is irreplaceable in the construction of spiritual and material civilization. Landscape lays down an important foundation for building a harmonious society and realizing eco-civilization. Green land has advantages in energy-saving, emission reduction, promoting carbon sink and driving low-carbon economy. Landscape is the carrier of natural, cultural and artistic values, and some of the landscapes and gardens in China are listed as UNESCO World Heritages. And landscape provides the significant space for the people to live, work and have leisure and to ensure their health and quality of life.

17.2 Major achievements

The major achievements of landscape architecture are described in 10 areas as follows:

(1) Outstanding achievements in the study on the history and theory of Chinese landscape architecture include the in-depth research on the history of Chinese Gardens and, case studies and classical work of garden-making and broadening on the system of Chinese landscape architecture. The publications of two monumental books, *History of Ancient Chinese Gardens* and *History of Chinese Garden-making*, represent the highest level in this field. The third important book, *history of Chinese Classical Gardens*, has revised. The research on the gardens in the old capitals and Yangshilei has made a positive progress; the research on the classical book, *Garden-making*, and traditional gardens has been conducted from new perspectives; the definition, system and trends of the discipline are deeply explored.

(2) In the fields of development of theory and practice of urban landscape planning and design, the concept of nature-culture mergence is tightly associated with site analysis, eco-design, landscape and context. Green infrastructure focused on the definition, policy, structure, and approach related to its realization. Humanized design considerations are linked with ergonomics, ethnology, psychology and ethics. In addition, landscape technology is studied and applied to the area of inheritance of the tradition, eco-design and human-friendly design, and computer-aided design. Some of the most successful projects have the significant influence at home and



abroad, such as the Olympic Forest Park in Beijing, the West Lake environmental improvement in Hangzhou, applied eco-technology in Xinjiangwan City in Shanghai, and restoration of the Genzhitu in the Summer Palace.

(3) Planning of urban green land is the key to a special planning, which is the urban-rural development. It is strengthened that the planning must be closely linked with urban general planning and urban land use planning, green land priority is a key principle. And landscape security pattern and urban eco-infrastructure have promoted the urban green land planning theory and practice. Ecology and landscape ecology have been applied to the research on the structure and function. The relationship between urban development and function of green land construction is now a research subject. The index system and evaluation of green land have improved. The remote sense and information technology are widely used in the investigation and analysis of urban land system, therefore to upgrade the level of urban green land planning.

(4) Planning and study of the scenic and historic areas focus on the system planning, general planning, and detailed planning at urban, provincial, and national level. It has the features of comprehensiveness, diversity, and complexity. And post-disaster planning of the scenic and historic areas has been quickly approved and utilized in the areas hit by earthquake in Sichuan province. System planning within the provincial areas has completed. The tasks, function, features and contents are defined. General planning is focused on sustainable and harmonious development, visits control, resource-saving, environmental protection, etc. Especially, the preservation planning, typical landscape planning, and environmental assessment are the main areas. Borrowed from urban planning, the detailed planning deals with index system structure and control. Finally, after-disaster planning and construction of the scenic and historic areas are now developed.

(5) The researches on landscape plants are conducted in the areas, such as analysis of plants arrangement in both classical Chinese gardens and foreign landscape, ecological, economical and naturalistic plant community, and selection of appropriate plants for human habitat. The research on the

resources of traditional Chinese famous flowers and their species classification and germplasm resources are established. New species with own intellectual property rights are cultivated together with the normal seed cultivation. The preservation and breeding of important and endangered species are conducted at cell and gene level. In addition, control over the harmful creatures and rejuvenation of old trees are given much attention. The research on the benefits of plants to ecological improvement, health care and environment protection artificial plants have made large progress.

(6) Landscape construction and technology are enhanced by new techniques and expertise with innovative measures, and are moved forward to deal with the complex projects. While in heritage of traditional garden-making, more and more new technology and materials, such as concrete, steel and synthetic resin, are applied to the construction and maintenance of traditional buildings. The techniques are gradually mature in the areas of GRC man-made rockery, eco-banks, plants construction in the summer and autumn and large seedlings planting. Greening of salty land and eco-restoration of brown fields, landfill and highway slope and vertical greening are successfully carried out in the practice. In addition, the research on artificial wetland and eco-restoration are conducted. Energy-saving oriented research on local plants breeding and plant community building, storm management and water-saving irrigation and waste recycling use has made progress.

(7) The research on the function of green land and bio-diversity are conducted successfully in so many areas, such as improving micro-climate and purification of the air. Rational green land use and structure are put forward based on the research of heat island. Green land disaster-prevention and hazard-aversion research and applications are carried out in the green land layout and planning. Investigation on urban bio-diversity, data research, current situations analysis and assessment, policy of protection are conducted, and much attention is given to the relationship between urban landscape and low carbon city at different urban levels.

(8) Exploration of protection of natural and cultural heritage moves towards the application and management of heritage resources with cross-disciplinary collaborations. The idea of heritage, its definition, and



characteristics of public property are deeply studied. The system planning and protection of the scenic and historic areas are put forward based on the conservation of landscape resources, tourism development and management, stewardship and related laws and regulations. Inspection and management of the scenic and historic areas, remote sensing monitoring, and digital tourism are studied and applied.

(9) Exploring the roles of the management, summarizing of the successful experiences, and improving laws, regulations, policies and standard system are the major subjects of landscape architectural economy and management. The social public characteristics and its promotion to economy and social development are proved. Some of the related laws, regulations and codes are made and put into effect. The operation of the scenic and historic areas and urban green land is carried out, and the quality control system in the enterprises is promoted professionally.

17.3 Education

Landscape architectural education is growing rapidly and great achievements in teaching, research and practice have been attained. And the universities continuously produce many high quality talents for the profession and strongly support the profession nationwide. Three specialists are the members of Chinese Academy of Engineering. Two specialists are selected as the members of international cultivar registration authority of ornamental cultivars.

Currently 166 universities offer 184 undergraduate programs of landscape architecture and 61 universities and research organizations offering 151 disciplinary points of its kind. The level of education has been upgraded. Frequent exchanges with foreign universities strengthen collaboration and benefit both sides, for example, Chinese students have won 5 first prizes and many other prizes in International Federation of Landscape Architects (IFLA) Student Design Competitions since 2002.

17.4 Goals

The long term goals for the development of landscape architecture are enhancing studies on landscape theory, protecting and using scenic and historic areas and heritage resources, landscaping and greening for livable cities, resource-efficient landscape construction, applying landscape plants,

new technology and materials.

17.5 Measures

Measures for straightening the discipline should be adopted, which enhance basic research on theory, carrying on the accreditation of the education, building up landscape human resources, strengthening academic exchanges platforms, improving laws and regulations, and emphasizing links and mutual learning with related disciplines.

17.6 Vision

Landscape architectural discipline makes contributions to national development and meets the social needs. Based on the tradition, it will definitely promote the healthy development of the discipline, improve human settlements and benefit the people and society.

18 Animal and Veterinary Science

Animal and veterinary science play an important role in both domestic economic and social development. Recently, the combination of high technologies and traditional skills has become an obvious feature in these fields. During last two years, scientists have obtained a great deal of achievements in both above scientific areas, which reflect the latest advances of research and provide positive impacts on the future development of animal and veterinary science studies.

The study on “DNA Marker Technique and Its Application in Chicken Breeding” conducted by Li Ning and his research team have discovered that majore genes or DNA markers which can be used for genetic improvement of the economic traits, such as growth, fat, meat, anti-diseases, of chickens. Based on these discoveries, further inventions provided several diagnostic kits widely used in the leading enterprise. More importantly, the discoveries and applications of *dw* and K genes, provide basic theories and novel methods for chicken molecular breeding.

Through the project “Innovation and Application of the Excellent Characters of Chinese Local Chicken Resources”, Kang Xiangtao’s team has gotten eight excellent core lines of chickens with independent intellectual property rights, and found 12 breeding and production patterns. These

researches provide new ideas, new methods and new materials for the protecting and exploiting of Chinese local chicken resources

Through the project involving “Study and Application of Nitrogen and Phosphorus Metabolism Regulation and Crucial Technique for Safe Feed Formulating in Domestic Animals”, Yin Yulong and his research team have systemically investigated the excretion patterns of endogenous nitrogen and phosphorus in swine, developed and evaluated the methods analyzing true digestive rate of amino acids and phosphorus in feed and mechanisms of bioactive elements in regulating nitrogen and phosphorus metabolism. They have established a platform for reducing the nitrogen and phosphorus excretion and improving the methods of low nitrogen diet preparation for good meat properties.

“Study of Nutrient Regulating Technique in Swine Health Industry” performed by Li Defa research team created a swine immune model responding stresses, by which can elucidate the mechanisms of essential nutrients in regulation of immune function to gut health. They also optimized the assessing system for feed nutrients. Additionally, specific techniques for detection of 13 types of banned feed additives and evaluation of biosafety of transgenic soybean meal. They have also developed multiple feed additives.

“Technique Exploitation and Application of Protein Feed Resources” conducted by Li Aike’s research team has developed a series of new ways through which rapeseed and cottonseed meals of low-toxicity & high-protein content, high-bioavailability can be produced in oil-seed processing industry. At the same time they set up new soybean processing techniques to increase protein content and bioavailability of soybean meal. Li’s team has also developed a series of new techniques to produce feedstuffs which are ideal substitutions for traditional protein feed resources and established new methods such as protein feed microscopy, nitrile & small peptides analyzing.

The project “Ecological Cyclic Utilization of the Waste in Animal Industry & Comprehensive Technique for the Waste Reducing and Controlling” completed by Chen Yingxu has obtained a great deal of the accomplishments which include development of the techniques for fermentation of the waste in animal rising and functional organic fertilizer making, invention of techniques for carbon-nitrogen-phosphorus synchronous

treatment, establishment of the ecological tech-system for high efficient cyclic utilization of the waste and the pollution controlling and reducing.

Through the research on “Immunochromatographic Strip for Detecting Forbidden Drug Residues in Pork”, Zhang Gaiping and his team have developed 15 immunochromatographic strips for fast, convenient, cheap testing for the residues of small molecules.

Through a study of “Development and Industrialization for New Drug Quinocetone”, Zhao Rongcai’s research team have developed the new feed additive quinocetone which can increase the growth rate of pigs, chicks and fishes by 15%, 18%, 30% respectively. Meanwhile, this drug can decrease the diarrhea rate by 50%~70% in animals.

Animal and veterinary science have been apparently improved with the great efforts from all scientists in these scientific areas. Some techniques, such as cryopreservation of mammalian embryos by vitrification, bovine and goats *in vitro* fertilization, animal cloning, are world-class, meanwhile some fields, such as buffalo cloning, sex-controlling tube buffalo techniques and Chinese traditional medicine, have reached the world leading levels. However, the big gap between overall level and the world advanced level must be clearly realized. The youth researches should be encouraged to create novel ways for research instead of simply following foreign techniques.

Now, animal and veterinary science has become one frontier field of biological science and biotechnology applications. With the rapid development of molecular biology, a revolution in animal science study whose characters are modification of research methods, and the study technique moves towards molecular level has been triggered in other countries. The research of animal and veterinary science has entered into a new period of development in China.

19 Crop Science

Since 1978, science and technology innovations, as a strength source for the modern agriculture science, have made major contributions to the agriculture development. The contribution rate has risen from 27% to nearly 50%. With the major project support from national ministries and provinces, the crop science has played an extremely important role in guaranteeing the

national food security, promoting the increment of farmers' income and keeping the sustainable development of economy and society by overcoming the difficulties and independent innovations.

19.1 Basic capacity building and award in crop science

Over the past two years, the crop science has made a great progress in the capacity building of discipline, research teams and platforms. So far, there has been 6 state key laboratories, 49 key laboratories of Ministry of agriculture, 22 national crop improvement centers and sub-centers, etc. From 2008 to 2009, the crop science has won 29 national awards for the science and technology achievements; including 1 First and 27 Second prizes of State Science and Technology Progress award, 1 second prize of State Invention Award and a number of awards at the ministerial and provincial levels. Also, the crop science has developed to become a modern multidisciplinary system including crop genetics and breeding, tillage and cultivation, physiological and ecological, molecular biology and bioinformatics.

19.2 The research progresses in basic research and technology innovation of crop science

Based on the functional genomics and proteomics research, a comprehensive discipline system with an integration of interdiscipline has been formed. So far, more than 300 genes of major agronomic characters in rice, wheat, maize, soybean, rapeseed, etc, have been fine-mapped and cloned, and the marker-aided breeding system is established and used in breeding procedure, and the related research progress have been published in the international journals, such as *Nature Genetics*, *Genes & Development*, and *PNAS*, etc.

The genome sequences of crops, such as rice, maize, soybean, potato, have been obtained. Modern biological technology, especially genetic engineering and molecular marker assisted selection, accelerate the utilization of crop breeding program. Gene discovery and identification have been conducted in large-scale, and have provided plenty of gene resources for the crop genetic improvement. Integration of gene discovery, transgenic with the molecular marker-assisted breeding has become a major approach in the crop improvement. Currently, the transgenic breeding system has been established in a number of crops, such as cotton, rice, maize, wheat, soybean, etc, and has made a great research progress in Bt cotton, phytase

corn, Bt rice, herbicide-resistant soybean, etc. Meanwhile, a space mutation breeding technology has rapidly developed, which is in a novel technological growth point for the genetic manipulation of crops.

Crop heterosis has made a great progress in hybrid rice breeding, maize heterotic group utilization, hybrid soybean breeding etc. The goal for the super rice breeding has been moved forward 13.5 t/hm² in 2010. The incapability in soybean male sterility and insect pollination have been resolved to robust the three line sets and achieve the hybrid soybean utilization.

In the past two years, the crop science and technology innovations and transformations have been emphasized. A number of technology innovation and transformation systems were built, such as “establishment of quality evaluation system and utilization of molecular methods for the improvement of Chinese wheat quality”, “maize high yield and efficient production technology system in Jilin province”, “The research and application of the key cultivation technique to improve the winter wheat roots, ear development and yield and quality”, “Establishment and application of the key cultivation technique and standards in quality control in double-low rapeseed whole-production system”, “Model-based crop forecasting and precision management technology”, “System development and application of peanut cultivation techniques”, “Research and application of the key non-pollution cultivation technique in corn production”, “Research and application of the clean cultivation technique in vegetable production in South China”. All of these achievements have increased the production yield, improved the quality and agric-ecological environment.

19.3 Comparative analysis on the crop science research at home and abroad

Biotechnology breeding needs further strengthen due to the weak of independent innovation. The breeding goal is simple and elite breeding materials are lack; Genomics and proteomics research are still in an initial stage. The novel genes with potential usage in breeding are short of and the capacity for isolating and using the genes should be emphasized.

The basic research of cultivation techniques theory on the high production, high quality, high efficiency and ecological security is weak with a low level of technological innovation; overall national modern agriculture development is still behind in the areas of basic construction and qualified personnel.

19.4 Trends and prospects in crop science

A molecular design breeding project, including the basis of crop genetics and breeding, large-scale gene discovery and identification, crop molecular breeding technology, etc, is registered.

Crop Cultivation research has been changed, and new technique has provided friendly agriculture for basic theory support, such as high-yield, high-quality simultaneous improvement of technological innovation, determining the precise and digital cultivation and farming research, and strengthening high-efficiency agriculture.

According to the national needs for building a well-off society and a modern agriculture, the goals for the crop science development are ensuring food and environment security, and increasing farmers' income, aiming at the international leading level of crop science and technology development, expanding the crop science development areas, and enhancing the technology independent innovations and transformations.

The basic research areas include molecular biology basis of major agronomic traits in crop breeding; isolation and cloning of functional genes of important traits, the theory and method of crop molecular design breeding; exploring the genetic basis of heterosis and mechanisms.

The research goals are establishing a crop yield, quality and efficient regulatory mechanism, optimizing the theory and strategy in crop productivity and resource efficiency management; optimizing the theory and control mechanism in crop productivity in response to the climate change, and the agro-ecosystem.

20 Tea Science

Tea science is the discipline that researches on the tea breeding, cultivation, manufacture, utilization, etc. The development of tea industry relies on the development of tea science, and in turn supports the development of tea science.

In the recent five years (2005~2009), the researchers of tea science have continuously increased; the structure of researchers has also been optimized. The research equipments for the tea have been significantly

improved, and the progress of tea science has been accelerated. During this period, total 2800 scientific papers of tea science are published, and approximate 200 achievements are acquired, 63 of them are awarded the prizes at the provincial or even higher level.

In terms of tea germplasm and breeding, about 200 accessions of tea germplasm have collected and preserved in the National Germplasm Hangzhou Tea Repository (NGHTR). The core collection for Chinese tea germplasm has primarily constructed. The *in situ* conservation and the standardized appraisal of tea germplasm have also enhanced. Approximate 20 new tea cultivars have been released to the public, the cultivars include national and provincial registered clones and plant new variety (PVP) protected clones. A batch of new lines of tea, such as high tea polyphenol content, high aroma, resistant to pests, and low caffeine content, etc. has obtained by individual selection and mutation breeding.

In terms of tea cultivation, the requirement rule of N, P, and K for different age tea gardens has illuminated. Optimum usage of N for different production pattern tea gardens has suggested. Series controlled release fertilizers that are special for the tea plant has successfully developed. The preliminary cultivation conditions for machine harvest tea gardens have put forward. The main sources of lead pollution in tea have found out and technological measurements for reducing the lead contents have proposed.

In terms of tea protection, the harmless control techniques for tea pests, such as spiny white fly, have developed. The chemical ecology concept involving the relationship among tea plant-pest-natural enemy has been introduced into the tea protection research; a new pathway to control over the tea pests and diseases is opened. Introducing advanced technologies of molecular biology and electrophysiology to the area will lead to new innovations for the tea protection research.

In terms of tea manufacture, the tea quality has improved; the secondary pollution is cut down in the tea processing procedure after the application of microwave, hot wind, far infrared, and the development of continuous processing line. The premium tea production has basically made mechanization and step by step serialization, and clearer. The techniques of membrane, enzymic engineering, frozen drying, column chromatography,



and resin absorption are applied to the tea deep processing, therefore the tea quality has significantly improved. The new technology involving the isolation of tea functional components plays an important role in the wide utilization of the medicine, food and chemical industry.

In terms of tea related standards, China has proclaimed about 470 tea related standards at national or provincial level. The limitations on the maximum residue of 20 pesticides and 2 heavy metals in tea are determined. Analysis technique and method of tea quality are fast developed. A simultaneous rapid analysis technique for multi-pesticide residues and a component quantitative analysis model are established.

In the relation of tea and human health, it is a promising field in the tea science. The research results indicate that the functional components of tea have some curative effects on the cancer, diabetes, Parkinsonism, and nephropathy, etc. The medicine that protects and cures cardiovascular diseases using tea polyphenol and its derivatives as the raw materials has been registered at the national level. Functional food containing tea functional components could be found on the market soon.

Since 21st century, the tea science in China has significantly progressed. Nevertheless, it is essentially a tracking study, lacks of important theoretical innovation, and key technologies possessing intellectual property rights. The tea science needs to widen its research fields, foster new growth points continuously by using the theories and achievements from other scientific disciplines. In particular, new breakthrough involving certain important basic theories, such as the metabolism, regulation and control mechanisms on the gene level, and stress physiology of tea plant, will strongly support the sustainable development of tea industry.

21 Sport Training

The sport training course is a science which studies the law of sports and training activities and effective organization of the sports and training activities. The sport activities that improve the athletic abilities and sports achievements of athletes are specially planned and organized. It is a comprehensive and applied subject integrated natural science with social

science. It originates from sports and training practices. It is also a combination of two great knowledge areas with training practice; the area involve some natural sciences, such as physiology, bio-chemistry, bio-mechanics, mathematics and some social sciences, such as education, systems science, philosophy, etc.

In recent years, China has developed an active exploration on the several issues, such as methods of sports and training, the humanistic education in the process of sports and training, the division of training cycle, “mini-cycle” and “plate structure” theory, the effect of over-restoration theory, the attribution of coordinate ability, and so on. The hot study topics are embodied in the following aspects: the establishment of 3-level theoretical system in sports training course and the breakthrough on the study of special training theory, the issue of public knowledge on the sports and training that has attracted widespread attention, so as the issue of individual training on elite athletes. Meanwhile the study of competitive ability has constantly gone into depth, the theoretical research on the exercise control over the training process has become routine, the technological support for large-scale events are systematically and efficiently prepared, etc.

The hot topics of sport training at home and abroad are described respectively as follows:

21.1 Hot topics related to sport training research in foreign countries

21.1.1 The research on sport training system

In the process of performance achieving, psychological effects have been treated as equal important as training skill, which causes more focus on the psychological aspect of workout; the establishment of sport training process and scientific organization theory facilitate the whole training procedure. A successful coach should be equipped with the unique training philosophy, or coaching philosophy.

21.1.2 The basic research on sport training

Several treatises further perfected the physiology study on sport training that is referred to the psychology of competition result, behavior psychology, the training behavior process of exercise skill, and cognitive exercise training psychology. The compilation of a sport training dictionary is completed and the dictionary contains the contents of basic theory researches, such as

dynamical system theory and sport training and chronic observation of competitive skill development.

21.1.3 Athlete competitive status study

The fact that home court advantage and opponent's ground disadvantage objectively exist is proposed, and it is also found that this situation is related to the occasion familiarity, travel elements, and allopatry match.

21.1.4 Study of all links and aspects in sport training

It is found that common warming-ups have the extraordinary importance in most exercise, and it can't be replaced by the specific training warming-ups.

21.1.5 Specific training theory study

Because of the different adjustment on the individual athlete affected by the different training content, coaches should have a clearly understanding of the need of their teams and teammates and make a reasonable training plan on the basis of these needs.

21.1.6 The research on training cycle theory

Training cycle theory is enriched by block training model, or the plate structure training theory.

21.1.7 Conditioning training study

The generation of reactive strength plays a significant role in different sports for its different effects on the muscle working types, energy production and neurological regulation between traditional fast power and explosive power, etc.

21.1.8 Altitude training or hypoxic training research

Since the HiLo training model was proposed in 1991, a great improvement related to this field has generated. Not only the enhancement of RBC, Hb, and VO_2 max in elite athletes can be observed in the HiLo experiment, but also their performance is better.

21.2 Hot topics related to sport training research in China

21.2.1 The extension of sport training theory to competitive sport science theory

In recent years, the sport training theory has been penetrated into the athlete material selection, sports competition and game management and produced large amount of treatise. Specially, the initial gene selection study

conducted in Beijing Sport University gained a breakthrough in the gene selection for middle-distance race athlete.

21.2.2 Wide spread public concern about sport training recognition

The recognition of training nature has the direct influence on the scientific degree of training. As the knowledge of human body and training activities increasing, the exploration of sport training has got a significant breakthrough.

21.2.3 The re-recognition of three requirements and heavy load training theory

The consensus about this training theory reached by scholars in new era have something different. The core is the idea of “start from real competition”, which certainly has a limitation of times. At this period of pursuing for scientific training, sport training should combine reasonable load with regulation, keep pace with the times, and further improve the theory.

21.2.4 Focus on the individualized training on elite athletes

Research effects mainly concentrate on the study of individualized training characters from different angles. It greatly enlarges the sport training theory from the perspective of elite athlete features.

21.2.5 The research on group event theory

In recent years, group event theory has been frequently applied to practical field study. Lots of typical results are included.

21.2.6 Research on competitive skill is intensive

The following aspects represented the chief research achievement of competitive skill in sport training. Firstly, competitive skill structure and function are built. Secondly, the research value of competitive skill status and monitoring system is highlighted.

21.2.7 Skill training study

Innovative view and new angle of exercise skill study, such as movement system structure, formation of students' exercise skills, and so forth provide a huge space for research.

21.2.8 Study of sport training controlling process

In recent years, the deep research and discussion on the labor division of sport training, the whole aspect and details of sport training process, the relationship between competition and training and sport training load, etc are conducted.

21.2.9 Competition theory study

The competition theory study mainly focuses on the subjects of “choking”, competition risk recognition, evaluation and reply study, road ground and home court competition study, competition information processing etc.

21.2.10 The scientific and technological support for the preparation of a large competition

In this area, the main issues involve strengthening the psychological stability of athletes in Olympic Games; training monitoring system; athlete weight control; difficult and new techniques; changes of rules and related reply; information preparation for Olympic Games; creation of movement series.

21.3 New concepts and explorations in the study of Chinese sport training theory

21.3.1 The humanistic education in sport training

Many studies imply that Chinese competitive sport is undergoing a significant transformation.

21.3.2 Study of training cycle division

Training division theory once was an important basis of sport training theory and had the great influence on many countries' exercise. However, as the practical activities changing, its correctness has been queried for a long time.

21.3.3 Mini-cycle and plate structure theory exploration

Comparing with traditional training cycle theory, the plate structure theory suggests developing diverse physical qualities in preparing period.

21.3.4 The argument on the practical effect of super compensation theory

The main points querying the practical effect of compensation theory include: the theory lacks of scientific experimental data; the theory has no clear idea about the limitation of human ability; it emphasizes on the short-term improvement while ignores the chronic accumulation. Some scholars firmly believe that as a kind of material basis of competitive ability improvement, the super compensation is an objective fact, however it is not equal to exercise ability enhancement.

21.3.5 The dispute between the unitary training theory and the binary training theory

It involves the philosophy side of sport training.

21.3.6 Discussion on the belonging of coordination skills

There are some basic viewpoints about the belonging of coordination skills, it belongs to a skill aspect, and the coordination skill is a sub-conception of exercise ability, so it belongs to and is a part of exercise ability. They should not be obscured and treated coordination skill as the common physical quality.

21.3.7 The expansion and practice of altitude training theory

Research on the altitude training theory and its applications in training practice and competition remains to be the hot topics in sport training field. In China, the practical theory of altitude training, the effect of different sea-level elevation training and nutrition control on middle-distance racing athletes' exercise ability, the intensity in altitude training and competition in altitude have been discussed.

21.3.8 Conditioning character study

The conditioning character study always attracts scholars' attention. The main results are as follows: exercise quality indicator construction and effect evaluation in taekwondo athletes' conditioning training, study of competitive aerobics conditioning training, study of Chinese elite eurythmics athletes' physical characters and training-related ability tests, and so forth. These researches point out the direction for Chinese specific sport conditioning training.

22 Public Health and Preventive Medicine

Public health is a science, and an art in sense. It promotes environment, prevents diseases, extends lifespan, and advocates physical and mental health. It also helps individuals to grow and explore their greater potentials. The working areas of public health include environmental health, infectious diseases control, health education, and organizing medical workers to achieve early diagnosis and early treatment of disease. It also tries to construct a set of social systems to help citizens to maintain their proper health and archive longer life expectancy.

Chinese government has attached the great importance to public health. In the year of 2008, the central government appropriated special funds of 126

million Yuan, for the public health. In the year of 2009, the funds increased to 246 million Yuan. To achieve the goal of “health for all” in 2020, the Chinese Ministry of Public Health has formally proposed a “Healthy China 2020” plan in 2008. The goals of this plan are setting up a framework of basic medical and health care system by the end of 2010; building a preliminary basic medical and health care system that numbers among developing countries by the end of 2015; establishing a relatively mature basic medical and health care system that covers both urban and rural residents, so as to provide a accessible basic medical services for everyone, and to realize the equalization in the use of health care services. Therefore, the health level of the entire population will be greatly improved by the end of 2020.

22.1 The development of public health and preventive medicine disciplines at home and abroad

With the rapid changes of human's life style, severe global warming and environment pollution, scholars in the field of public health and preventive medicine all over the world not only pay attentions to the traditional site investigation, statistic analysis and the testing of environment, food, etc. , but also address the laws, regulations, and policies affecting the related fields and attach importance to the change of the health behavior of human being and the social environment in relation to health.

Due to the feature of multi-gene effect of chronic non-infective diseases, oversea researches of molecular epidemiology and genetic epidemiology have switched from individual genetic variation or polymorphism reaches to gene chip, genome-wide scanning, family study and twin analysis, epigenetic research on gene and environment, and behavior research. In order to research the long-term effect of various risk factors on the chronic diseases, based on the prospective cohort study, the Framingham Study has established and its results have made a great contribution to the risk assessment, prediction, and prevention of angiocardioopathy.

With the entire population ageing, elderly people in EU, USA, Japan, etc. has constituted above 20% of their total population. The health issue for aging population has become a main concern of public health. Some public health universities and colleges have set the subject on old people health, and engaged in the prevention and care of the common diseases for aged so as to

make them live healthy and long.

22.2 Development of all disciplines involving public health and preventive medicine

China has substantially established a disease prevention and control and health supervision system; the infective diseases and parasitic diseases that do severely harm to the health of people have been under control; the average life expectancy has greatly increased and up to 73 years; Infant mortality rate and maternal mortality have remarkably decreased; the growth level of infants and teenagers has increased obviously; a remarkable progress has been made in the prevention of endemic diseases, such as Kersan disease and Kaschin-Beck disease, etc; the study on the prevention of occupational diseases has obtained an outstanding result. In addition, China has established an environment pollution monitoring system, the safety evaluation system for environment quality and chemical compositions and made some progresses in the environment and health researches. The research of nutriology becomes the driving force for the improvement of the food structure and nutrition state of the Chinese people.

China has realized the immunization rate of 85% for children under the immunization program taking province, county and township as unit and the bacterins under the immunization program in China can prevent 15 infectious diseases. The disease prevention and control system has been increasingly improved and a network of three-class medical prevention and care has been established nationwide in China. The public health system has become a network covering the entire population and an online direct reporting system for 39 notifiable diseases has been realized. The development in preventive medicine and public health will play a crucial role in the promotion of the socialism modernization construction of China.

23 The History of Science and Technology

23.1 Survey on the HST discipline in China

The History of Science and Technology (HST) is a branch of history which examines how humanity's understanding of the natural world (science) and humanity's ability to manipulate it (technology) have changed in the past.

This academic discipline also studies the interaction among politics, economics, industry, culture, religion, philosophy, science and technology. It was established as an independent discipline in the first half of the 20th century in the world.

Chinese scholars such as Li Yan and Qian Baocong started the research on HST in China in the early 20th century, by studying scientific and technological literatures and relics in ancient China. Since 1957, HST, as an independent discipline, was established in China, and the marked event was the establishment of the Institute for History of Science in the Chinese Academy of Science.

In recent years, the HST discipline is developing rapidly and the re-institutionalization of this discipline has been re-opened in China. Many universities have established departments or institutes related to HST, since the first one was founded in Shanghai Jiaotong University in 1999. In 2006 and 2008, the first and the second National Symposium on Teaching of HST were held in Beijing and Harbin respectively. The Institute for the History of Natural Science, CAS, Chinese Society for the History of Science and Technology, and Inner Mongolia Normal University etc. together organized the first Teacher Training Course in Hohhot in 2009 for advancing the teaching level of HST in China.

Many top-level international academic conferences in the field of HST were held in China in recent years such as the 22nd International Congress of History of Science (Beijing, 2005), the 11th International Conference on the History of Science and Technology in China (Nanning, 2007), and so on. Many Chinese HST scholars hold important positions in international academic societies for HST, for example, Professor Liu Dun has been elected as the President of the International Union of the History and Philosophy of Science/ Division of the History of Science and Technology in 2009.

23.2 Recent Progresses

During the 3 years from 2007 to 2009, many important achievements in HST research were attained in the following research fields: the history of science and technology in ancient China, the history of science and technology in modern China, the oral history of science and technology in contemporary China and the history of science and technology in world.

23. 2. 1 Progress on the History of Science and Technology in Ancient China

The history of science and technology in ancient China is still an important research field, new studies on the history of ancient Chinese astronomy, mathematics, medical science, physics, chemistry and technology emerge one after another.

In the research on the history of ancient Chinese astronomy, the archeological discovery of “Taosi Observatory” is one of the most important developments, which offers substantial new clues on the origin of Chinese astronomy. Scholars on the history of mathematical astronomy in ancient China make great progress by new methods, and they take use of modern celestial mechanics and computer program to examine the precision of Chinese ancient calendars and re-construct the ancient calendars in modern astronomy term. In addition, studies on the intercourse between ancient China and other nations in astronomy have also made a difference. Besides the transplants of Islamic astronomy in Yuan and Ming Dynasties of China and European astronomy in Ming and Qing Dynasties of China to which have been given much attention for a long time, the impact of Indian and Persian astronomy on Tang and Pre-Tang Dynasties of China was studied as well in recent years.

In the research on the history of ancient Chinese mathematics, the discoveries of the Han letter “Suan Shu” and the Qing letter “Shu” offer important new material for the research on the history of mathematics in early China. Based on them and the Han letter “Suan Shu Shu” unearthed at Zhangjiashan in 1980s, researchers have arrived new understanding on the history of mathematics in Qing and Han Dynasties of China. At the same time, supported by Wu Wenjuan Mathematics, Astronomy & Silk Road Fund, research on the history of the intercourse and the relation between China and other nations in mathematics has also made great progress. As achievements of the projects supported by the fund, two Series have been published in the name of *A Translated Series of Mathematics Masterpiece of Silk Road and A Series of Comparative History of Mathematics*.

The research on the history of ancient Chinese technology has been a noticeable field since the protection of intangible cultural heritage was regard as important in the past years. Two series have been published in the name of



Complete Works of the Chinese Traditional Crafts and A Great Series of the History of Engineering and Technology in ancient China for collecting, arranging and conserving the knowledge of the ancient craft and technology. The Compass Project is going along, which started in 2006 for unearthing the value of ancient Chinese invents.

23.2.2 Progress on the History of Science and Technology in Modern China

As a new noticed field, the research on the history of science and technology in modern China is rapidly developing in these years. This field studies the process of the modern system of science and technology established in late Qing Dynasty of China and Mingguo period of China. All the important scientific societies and the process of modern industries established in the early 20th century China are given more and more attention by researchers. Recently, some researchers give scrutiny on the history of Academia Sinica of China founded in 1928, National Academy of Peiping founded in 1929, and the Science Society of China founded in 1915. And others discuss the early history of Chinese industrialization since Self—Strengthening Movement from different aspects.

The oral history of science and technology in contemporary China is another of the hot fields in recent years. The *Chinese Journal for the History of Science and Technology* has offered a special column for the oral history since 1999 to collect and conserve the oral history materials from old Chinese scientists. The publishing plan for *A Series of the Oral History of Science in the 20th Century China* started in 2006. Several books of this Series have been published in the past year.

23.2.3 Progress on the History of Science and Technology in World

Compared with the above three fields, the research on the history of science and technology in world is still an underdeveloped field in China. There are, however, also motive changes took place in recent works from young researchers. Firstly, in the research on famous scientists, more scientists including Faraday, Maxwell, Lavoisier, and so on were studied besides Newton and Einstein. Secondly, new ideas were applied to the research on different disciplinary histories, which cared not only the accumulating process of knowledge but also the process of the institutionalization of different disciplines. Studies on Disciplinary Histories

in China Project were supported and organized by the China Association for Science and Technology. Thirdly, research on the national history has also made progress with some national characteristic problems as the key points. Lastly, the research on the foreign famous science societies are given more and more attention to, while some young researchers are studying the Royal Society of London, the Lunar Society of Birmingham and the Franklin Society in Philadelphia.

23.3 Present Difficulties and Strategies

Naturally, there are some difficulties in front of Chinese scholars in HST at present. Firstly, the research on the history of science and technology in world is still accepted little attention respectively. Secondly, the history of science and technology in ancient China need to be re—researched by means of new methods and new perspectives. And thirdly, studies on applied history of science and technology should be noticed more. Furthermore, though getting much attention already, the oral history of science and technology in contemporary China and the research on Chinese traditional crafts and technology need more supports yet.

24 Land Science

24.1 Introduction

Land science in China is an academic discipline with the vigorous evolution and a long history. As early as 4 000 years ago, a land classification method and a property tax system based on land classes were described in the book, *Yu Gong*, while a study on land use suitability was also recorded in the book of *Qi Min Yao Shu*. These works have laid down the early foundations for land science research in China.

However, it was until the 20th century that land science started to emerge as an independent academic discipline in China with the initial focuses on land administration and human capital development over the first half of the 20th century. Land survey and land use planning entered into the focus in the mid-20th century, followed with land classification and evaluation in the mid- to late- 1970's.

As China opened its doors to the outside world since 1978, China kicked

off a land policy reform and the land is started entering into the market place and gradually becoming a driving force for China's economic transformation. In the late 1980's, the Chinese government is started using a comprehensive land use planning in the land use control, particularly in preventing encroachment of agricultural land from industrial uses.

Entering into the 21st century, more systematic and comprehensive studies were initiated and implemented, including agricultural land protection vs. food safety, land control vs. healthy path of economic growth, reform of land rights vs. social harmony, etc. With the challenges facing the world's largest population base and still growing, the constraints of natural resources to support economic growth, as well as the environment issues (e. g., pollution, land contamination), the focuses of land science researches gradually shift to areas, such as optimal land resource allocation, land conservation, eco-systems protection, sustainability, and social fairness.

24.2 Major advances in land science: 2006~2009

The evolvement of land science in China has been closely tied to how government regulates and manage land uses over the last four years. As such, this report will try to summarize major progresses of land science in China during the period of 2006~2009 with the emphasis on the land management. The report is divided into five major areas, which are land use and protection; land survey, evaluation, and planning; land information systems; land economy; and land management.

24.2.1 Land Use and Protection

Land use and protection is the most active research area which includes Land Use and Coverage Change (LUCC), land ecology, land conservation, and land restoration and engineering.

In recent years, LUCC researches are concentrated on what are the driving forces, mechanisms, and simulations to future land use changes. The research on the driving forces were concentrated on the shrinking of agricultural land, with more attentions given to the natural, socioeconomic as well as the responses of land use and management to LUCC. Many modeling techniques, such as logistic regression, Cellular Automata (CA), and computer-aided information systems, have been employed to develop simulation models in order to better understand the future land use and

coverage changes. At the same time, the research also has moved toward the ecological impacts caused by land use changes.

On the basis of the basic theory of landscape ecology, land ecology becomes a hot study area and plays an increasingly important role in the land management (land inventory management, quality control, ecosystem management, etc). Land ecology focuses on the trends of regional ecosystem patterns in ecologically fragile areas, metropolitan and urbanizing areas. Now researches are digging into the ecological safety pattern, ecological service, aesthetic and cultural functions of ecosystems.

Researches on the land use protection emphasize on applying ecological principals to the development of reasonable and sustainable land use practices and to better understanding of human-land relationship. Meanwhile, the non-engineering factors in the land protection, such as influences of social and economic developments and human-land relationships, are playing increasing important roles. The unfairness caused by land use control and agricultural land protection as well as the government's low compensation standards for expropriated land have drawn an universal attention in recent years, and many experts believe that the government is in need of establishing compensation standards and mechanisms of land development right for the sake of better facilitating a major wave of urban-rural integration.

Researches in land restoration and engineering emphasize on the actual performance of land productivity and the environmental impact of land use. Construction land consolidation and revitalization, rural resident land consolidation (evaluation, modeling and mechanism), and mining land restoration are the areas that researchers are interesting in recent years.

24.2.2 Land Survey, Evaluation and Planning

Land survey researches are associated with the survey projects initiated by the government. In recent years, land survey researches has been focused on the database management, data quality, and the application of "3S" (remote sensing, global positioning system, and geographic information system) techniques. Many applied works involving information capture, data mining, survey methods and techniques, land use status quo update, cartography and process optimization have been done.

The land evaluation has evolved from the evaluation of physical



attributes to inclusion of economical and social attributes, while the scope has also expanded from the traditional agricultural land to the industrial and commercial land. The evaluation of intensively-used construction land of different types and scales is becoming the hot topics, while the land ecological evaluation has turned into the ecological safety from only concerned land degradation. More quantitative evaluation methods, such as Analytic Hierarchy Process (AHP), Principal Component Analysis (PCA), Data Envelopment Analysis (DEA), Artificial Neural Network (ANN), Pressure-State-Response (PSR), farmer behavior, and ecological footprint and energy analysis, are integrated into the land evaluation process.

The formation and implementation of “Regulations of Farmland Classification” issued by the Ministry of Land and Resources have paved the path towards a more quantitative land evaluation system, which has been widely adopted in entire China and regarded as a major breakthrough in the farm land classification. Farmland classification and related researches were also applied to the farm land protection and agricultural land quality monitoring in recent years.

Since the implementation of land reform policy, researches on land use planning switched from primarily rural land to cover all types of land within a given administrative area. Many specialists and scholars have participated in the regional land use planning initiated by local governments and engaged in the process design, supply and demand forecast, zoning policy development, environmental impact assessment, etc. Innovative methods, such as rigid vs. elastic constraints, spatial control vs. buffer zone, planned vs. market involvement are developed in the practical applications. Some technological methods, for example, spatially explicit analysis, landscape ecological methods, national quantitative control and public involvement were also been taken into the considerations in the land evaluation and planning research.

24.2.3 Land Information Systems

The land information science focuses on land information capture, database establishment, and GIS applications. In response to the practical needs, researches have utilized the Remote Sensing (RS) images classification and land use status updating techniques in creation and management of land database information systems, land registry and management system, land

use and monitoring system, and land information registration system that provide a fundamental support for the government's land and resource management.

24.2.4 Land Economy

The researches on land economy involve the economical (supply and demand, taxation, financials, etc) perspective of land use with focusing on the land market, regulation, income distribution, property tax reform, and land finance. Land economy researches highlight the connection between micro-market mechanism and macro-economic environment.

Researches on land market are concentrated on the urban land market, rural land market establishment, as well as co-development of the urban and rural land markets. Rural residential land under collective ownership and real estate with the non-integral property rights derived from rural residential land and other sources are the hot topics in the land market studies. Most scholars contend that construction land under collective ownership should be circulated in urban-rural unified market to propel the intensive land use for the sake of meeting the needs of socioeconomic development. In the field of land finance, the development of land shareholding cooperative system and land financing and securitization were performed. The land appreciation tax and property tax are two main concerned issues in the land taxation, as well as the procedures and impacts of taxation. New approaches were explored in land classification and benchmark land pricing, for example a land price spatial analysis using Kriging interpolation, a price modeling for agricultural land expropriation, etc. Meanwhile, the relationships between land market and real estate market, especially the price relationships between lands and houses, as well as regulation measures are also hot topics in these days.

24.2.5 Land management

The land management research includes property rights, land policies, and cadastral management. Within the study of land property rights system, the collective ownership of land and corresponding land use rights, land development rights have drawn broad attentions. Most opinions stand for maintaining the status quo of collective ownership while optimizing the use right system later on. Land policy studies include land use planning and management, farmland protection, land expropriation and compensation

mechanism, land consolidation, land registration, land circulation and the drawbacks of land administrative law system. Most academic publications are in the land expropriation, focus on the definition of “public interests”, expropriation scope and compensation mechanism. Publications in the farmland protection reflect on the drawbacks of existing farmland protection system from the perspectives of property rights system, game theory, and other dimensions. The significance, potential, and mechanism of urban-rural construction land interactions were also discussed by scholars. Cadastral management researches highlight the ownership adjustments in land registration and land consolidation after the property rights is enacted.

24.3 Applications of researches in the practical land management

Chinese land science scholars focus their research on providing support to the government's efforts in regulating and managing land uses. Indeed, many scholars rely on government financial supports to fulfill their research effort and in return provide expertise opinions on many government affairs. Notable examples include facilitating government's land survey and monitor, building land information systems, implementing comprehensive land use planning, establishing technical standards and regulations concerned with land administration.

For example, during the second national land survey, thousands of experts from academia were actively involved in establishment of four levels (national, provincial, regional, and county level) of land information databases and management systems with unitary time points involving land photos and images, land types, area and land attributes. Based on the remote sensing, the national land use dynamics monitoring system has realized a multi-scale, multi-angle, high precision, and real time land use monitoring. And in the area of urban land price monitoring, a land price reporting system has been established, the system includes quarterly and yearly reports, key area monitoring reports, and thematic reports.

The progress in land science also accelerates the digitization of land management information system. Currently, the Ministry of Land and Resources is building an unified database using RS images, current land use status quo, land use planning, basic farmland information, many basic social and economic information layers that can be overlaid in the land resource

systems to support the ministry's needs for planning, granting, supplying, developing and administration. Its strategic goal is to establish a common land administration platform, facilitate land monitoring for a dynamic surveillance purpose.

Land consolidation, reclamation and exploitation are the three key mechanisms to ensure a dynamic target maintaining the total cultivated lands to be met. Literatures about the corresponding process compilation have been published for guiding the investigation, study reports and scenarios, and ensuring these projects' operation. Scholars began to call for the prevention of negative ecological impact resulting from the land development, and pay more attentions to land consolidation and reclamation.

Over the past 20 years, many literatures and reports published by Chinese land science scholars have offered guidelines for the compilation of comprehensive land use planning at different levels, and prompted the conversion of planning ideologies from the agricultural land protection and construction land supply to the dynamically quantitative equilibrium of agricultural land conservation and further to the economic and intensive land use. A series of standardized systems have been established, including the processes and regulations for planning compilation at various levels and mapping standards. *framework of national comprehensive land use planning* (2006-2020) was approved by Chinese State Council in September 2008, which provides the guiding principles for the land use planning.

Compilation of Regulations of Farmland Class was accomplished and enacted in 2003. Guided by the Regulations of Farmland Class, national farmland class evaluation was accomplished in August, 2009. It's a unique achievement in the area of agricultural land quality and productivity evaluation. And it provides the first overview on the land quality classes and distribution, the class comparison at national scale, and push forward the development of quantitative and qualitative land administration.

The decision-making process of Ministry of Land and Resources are heavily relied upon suggestions and proposals on land system reform, land law legislation and revision pointed out by the scholars. Ideologies and rationales, such as establishing the most rigid agricultural land protection system and economic and intensive land use, decreasing land expropriation

scope and increasing compensation standard, establishing urban-rural integrated construction land market and rural village consolidating, and so forth have been adopted by Chinese policy makers.

24.4 Thoughts on future land science researches

The basic theories of land ecology, the mechanisms of land degradation, and the physic and socioeconomic factors that drive LUCC should be given more attentions to, specially the physic factors influencing socioeconomic forces and the function of socioeconomic and technical factors on the reclamation of restricting land attributes.

In light of the resource constraints that China is facing and the increasing complexity of human-land relationship, the land economy research should be focused on how to fully utilize macro-regulation and micro-market optimization of land resource allocation, and further develop the micro- and macro- land economy theories and techniques. More researches should be concentrated on the formation, establishment, operation and management of land market in China, and land resource and property market allocation mechanism to realize coordinative urban-rural and regional developments. The land welfare economy should be developed to solve land income distribution among nation, region, collective, and individual at different temporal stages. More researches are needed in the field of land price formation and operation mechanism by using land prices, rents, fees as the regulation tools to supplementing macro-economic regulation, promoting intensive land use. And the impacts of political institutions and land property rights system on land resource allocation, land expropriation and compensation, land market operation and land finance also need further explorations in order to provide basic theories and calculation methods for fair land expropriation and compensation mechanism, land use control and ecology and development right compensation.

The future development of land information technologies includes digitalization techniques on land survey and monitor, and improved approaches for an urban-rural land cadastral management system, land information standardization, and decision-making supporting system.

Future sustainable land use and engineering shall focus on technology innovations in following areas——soil and water conservation, land

reclamations and engineering, prime farmland consolidation and engineering, efficient land use, and ecological recovery and restoration.

Researches should be focused on the mechanism, regulation improvement, and innovative policies for cultivated land protection. In the settlement of urban-rural integration, the policies involving land expropriation and compensation mechanisms, researches on urban construction land increase and rural construction land decrease correspondingly shall be explored for encouraging land using right transfer, economic and intensive land use, and proper income distribution mechanism; and also, attentions should be given to the land and housing price; the theoretic foundation for land regulation should be provided as well in order to ensure the economic development and social harmony.

25 Intelligence Science and Technology

25.1 What is Intelligence?

Intelligence as a term is defined as a kind of ability for problem-solving through the way of utilizing the related knowledge under certain conditions whereas knowledge itself is the products refined from the information processing. It is also regarded, on the other hand, as the climax of the capability of living things for living and development both in nature and in society. Living beings of all kinds will normally have intelligence to certain extent which is named Natural Intelligence (NI) while machines may also have intelligence, through special designing, which is called Artificial Intelligence (AI). It is accepted that NI is the original intelligence whereas AI is the simulative product of NI.

A general model of human intelligence processes can be shown in Fig. 1 below.

As is seen from Fig. 1, when a problem is given with constraints, the intelligence process for problem-solving is started from information acquisition for obtaining the information concerning the problem and the constraints, and then the information is passed to the unit where information is processed to make it easy to use. The next step is the cognition in which the information is refined into the corresponding knowledge. Further, the knowledge is activated, governed by the goal given before, into the intelligent

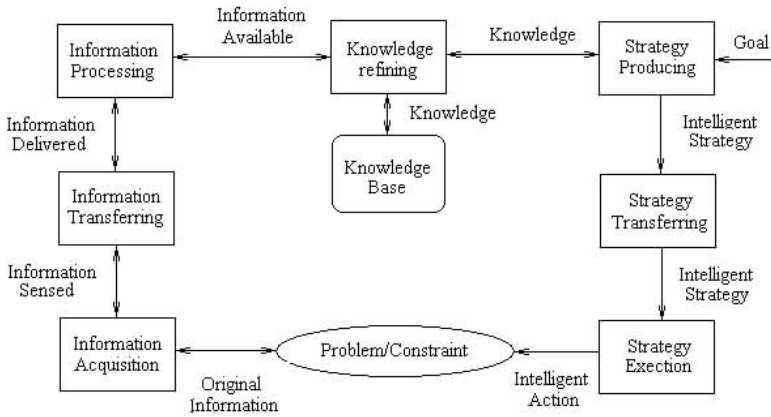


Fig. 1 General Model of Human Intelligence Processes

strategy for problem-solving. The intelligent strategy produced is passed to another unit where the intelligent strategy is executed to become intelligent action for dealing directly with the problem to be handled. If everything in the process is perfect, the problem can be solved at the end of the intelligent action execution. Otherwise, the error in problem-solving will be treated as a kind of new information and be feedback to the process so as to upgrade the knowledge and optimize the strategy, until the goal is attained.

The entire process in Fig. 1 is the comprehensive concept of intelligence.

For many reasons at the present time, however, only the parts of Knowledge Refining and Strategy Producing in the processes in Fig. 1 are regarded as Intelligence. The former is termed Cognition and the latter the Decision-making. This is the heart of intelligence, or the intelligence in narrower sense.

25.2 What is Intelligence Science and Technology?

Science is the study for understanding the properties and laws of the nature which is the environment for human and the results of science study is the knowledge concerning the nature. Technology and engineering, on the other hand, is the study, based on the knowledge provided by science, to reshape the world for better living and sustainable development for human as well as for all kinds of living beings in the globe.

It is obvious that science and technology-engineering make respective contributions to human kind and are of equally importance. It will be difficult for humans to understand the world without the contributions from science

while it will also be severely problematic for humans to live in the world without the contributions from technology-engineering. It is wise for people to have close cooperation between science and technology/engineering.

Intelligence Science and Technology, IST in brief, is a discipline in science and technology dealing with the study for understanding the mechanisms that intelligence grows and works on one hand and the study to create intelligent machines based on the mechanisms of intelligence that have been understood. IST is an inter-disciplinary study based on both Information Science & Technology and Life Science & Technology.

The task of IST is to understand in depth the mechanisms of intelligence related to living beings, particularly to human beings, that is termed the Study on Natural Intelligence (SNI), and then implant as good as possible the mechanisms of intelligence to machines so that intelligent machines can be produced that is termed the Study on Artificial Intelligence (SAI). Both SNI and SAI are interactive and mutually supportive in nature.

More precisely, SNI as science branch of IST consists mainly of Brain Science and Cognitive Science and SAI as technological branch of IST consists of various approaches to the simulations of the brain and cognitive capabilities, including many practical approaches to the simulation such as Structuralism Approach, Functionalism Approach, Behaviorism Approach, and Mechanism Approach.

25.3 Why Is IST important to the economic and social development?

Many reasons could be given to the explanation on the importance and significance of IST to the development of science, technology, economy and society. The most convinced evidence may, however, be the following.

There are three levels of human ability, named as the constitution, the strength, and the Intelligence. The constitution of human body is the base level to support all human abilities, the strength of human body, in the middle level, is the key to play the physical abilities, and the intelligence is on the top level to play the intellectual abilities, for making decisions and giving commands to control almost all the human activities. The evolution law for human ability extension is from constitution in agricultural age to strength in industrial age and further to intelligence in information age, as indicated in Table 1.

Table 1 Law of Evolution

The Ages	Science & Technology	Production Tools	Ability Extension
Agriculture	Material S&T	Man-Driven Tools	Constitution
Industry	(Energy + Material) S&T	Power-Driven Tools	Strength
Information	(Info + Energy + Material) S&T	Intelligent Tools	Intelligence

It is clear from Table 1 that the focus on the development of science and technology for the information age should be the extension of human intelligence. This can only be realized by heavily utilizing the various achievements made in intelligence science and technology to all areas in science, technology, economy, and society.

25.4 Major achievements recently made in IST in China

There have been so many outstanding achievements originally created by Chinese researchers in IST field during the past few years that implies clearly that IST in China has been in a good status of its advancement.

Some of the representatives of the achievements are briefly listed here below.

(1) The theory in visual perception being internationally accepted

The point of view “topological approach to the perceptual organization”, proposed by Professor Lin CHEN of China Academy of Sciences, has been accepted as the dominant theory in cognition in the year of 2005 by the scientists from International Society of Cognition who elected Professor CHEN as its Chairman in 2009. Not long ago, the so-called “Atomic Theory” in this field was dominant.

(2) First discovery of the mechanism of decision-making in drosophila

Chinese Professor A. K. GUO, et al has been the first group of scientist in the world who discovered, in the year of 2007, the mechanism of decision-making in Drosophila. It was reported that it was the integration of Dopamine and Mushroom Body Circuit that Regulates the Saliency-based Decision-making. Without the integration, the decision will be difficult to be made.

(3) New progresses made in mechanization of mathematics

A new algebraic system based on advanced invariant was found in 2006 that is able to successfully deal with the problem of huge volume of computation and thus applicable to the theorem proving in geometry. Moreover, the method of mechanization of mathematics has been well applied into Differential-Difference Polynomial Systems in 2007.

(4) Success of R-Calculus in theories discovery

The R-Calculus proposed by Professor Wei LI, who was also the original designer of “Open Logic”, from Beijing University of Aeronautics and Aerospace found successful applications in scientific theories discovery. Two famous theories, the Relativity Theory by Einstein and the Theory of Biological Evolution by Darwin, were beautifully re-discovered by using R-Calculus.

(5) Internationally well-known work on uncertainty in AI

A “Cloud model” able to describe the uncertainty caused by the combination of both randomness and fuzziness and the calculation of the parameters related to the “cloud” were proposed by Professor Deyi LI. Further, the investigations over the uncertainty throughout each respect of AI research were carried on and a number of methods and considerations were given for better dealing with the uncertainty based on the model.

(6) The first theory of universal logics and continuum algebra

A theory of universal logics were proposed and established by Professor Huacan HE in his book *Principles of Universal Logics* in Chinese in 2001 and in English in 2006. The universal logic, featured with “Soft Logic” whose value could be any number within the unit interval, would be able to unify all logics which have been existed already and predict all possible logics which have not been available so far.

(7) The extensibility theory found successful applications in various areas

The Extensibility Theory together with Extensibility Set and Extensibility Logic, created by Professor Wen CAI, is able to cope successfully with contradictive problems that contain contradiction in it so that they seemed unsolvable in view of traditional mathematics. Since 2007, the researchers applied their theory to the real problems in many different areas and made encouraging achievements.

(8) A new theory on multi-dimensional space bio-mimetic informatics

Different from the internationally dominate theory in pattern recognition, Professor Shoujue WANG established in 2009 a new theory, named Multi-dimensional Space Bio-mimetic Informatics based on the analysis on its own feature in multi-dimensional space and needless to compare with the features of other classes. It has been shown that the performance of the new method is much better than that achieved with traditional one.

(9) Coordination theory for complex systems

As more and more complex systems received attention in academic circle nowadays, the coordination among the elements of the system become a unavoidable issue. Professor Xuyan TU proposed a Coordination Theory to deal with the study. Based on his own work, he summarized in 2005 a number of different coordination strategies for handling the different kinds of problems in complex systems.

(10) Mechanism approach and unified theory of AI established

There have been three leading approaches to AI - Structuralism, Functionalism, and Behaviorism. Professor Yixin ZHONG proposed a new one, Mechanism Approach featured with Information-Knowledge-Intelligence Transform. Later he discovered the Knowledge Ecology. As results, the three existing approaches above were proved well unified within the framework of Mechanism Approach, thus leading to a Unified Theory of AI.

(11) Progress in knowledge processing and machine learning

Professor Zhongzhi SHI et al made progress in agent and multi-agent theory and developed an agent-grid platform. Professor Dayou LIU et al derived a theory making the MRCC able to handle the multi-object space relation. Professor Zhihua ZHOU put forward an idea of “Many could be better than all” in assemble neural networks in machine learning. Professor Ling ZHANG et al established the quotient theory in granular computing.

(12) Advanced Intelligence widely accepted

To improve AI research in the future, Chinese Association for Artificial Intelligence proposed in 2006 a concept of Advanced Intelligence that emphasized on ① the unified theory in AI should be established, ② the interaction between AI and NI should be insisted on, and (3) the integrative theory of consciousness-emotion-cognition-decision should be sought. The proposal has been accepted by participants of 2006 International Conference on Artificial Intelligence as guideline in AI research.

26 Cryptology

26.1 Introduction

Cryptography is a subject that studies the methodology of transforming

from plain texts into cipher texts according to a specific coding rule used by communicating parties. Contemporary cryptography is mainly about the security of information transmission and storage. Apart from that, cryptography is also about the guarantee of message integrity, authenticity, controllability, and non-repudiation. Therefore, cryptography is the foundation for constructing a secure information system.

The history of cryptology can be divided into four main stages:

(1) The eve of modern cryptography (from remote antiquity to the year of 1948): During this period, the design and analysis were usually based on the perception and faith of cryptographers.

(2) The early development of symmetric key cipher (1949~1975): In 1949, C. E. Shannon published his milestone paper “Communication Theory of Secrecy System”, which established a theoretical foundation for cryptography, and becomes a subject of science.

(3) The period of modern cryptography development (1976~1996): During this period, two landmark advances in cryptography are the public key cryptography initiated by Diffie and Hellman in 1976, and the USA established the Data Encryption Standard (DES) in 1977. Both events indicate the evolution of modern cryptography.

(4) The period of applicable cryptography development (from 1997 onwards): Since the 1990's, cryptographic algorithms have been widely used, and the cryptographic standardization and practical application has attracted the highest attention ever since.

26.2 The recent advances in cryptology in China

In recent years, China has made giant progresses in the area of cryptology. Following are a summary and an overview with respect to new theories and technologies, applications of new results, and academic constructions.

26.2.1 On the development of new theories and technologies

The Chinese academics have obtained many research results; they are briefly described as follows:

With respect to the research of stream ciphers, the academics in China started doing research on this field since very early years, where two aspects of representative results are significant: First, Professor Dai Zongduo and her

research team have proposed a theory of multi-continued fraction algorithms, and based on this theory, they solved many important problems in multi-dimensional sequences and a number of internationally well known open problems. Second, in the late eighties of the 20th century, Professor Zeng Kencheng initiated some pioneering works on the sequences derived from rings, and then Professor Qi Wenfeng and a research team led by him have made a significant progress on the entropy lossless compression of primitive sequences over rings.

With respect to the research of block ciphers, many Chinese academics have also made significant progresses. For example, Professor Wu Wenling and a research team headed by her have realized great achievements in the analysis of block ciphers, one of the representative research fruits is the analysis on the NUSH algorithm which caused it to be deselected by the NESSIE project; and other research fruits include the analysis of AES, Camellia, and SMS4 with the attacked round number and challenge the world record from time to time.

With respect to the research of Hash functions, some world class research achievements have been made by Chinese scholars. Among them, Professor Wang Xiaoyun and her research team have obtained many initial results in the analysis of Hash functions; some fundamental theories on the analysis of hash functions are formed, and effective collision attack and pre-image attack on a number of Hash functions are given.

With respect to the research of security protocols, the research achievements gained by Chinese scholars have won a significant international influence. One of the most eminent achievements is the results on zero-knowledge resettability obtained by Deng Yi, and based on that two internationally well-known important conjectures are solved.

With respect to the research of PKI technology, significant achievements have been made by the Chinese scholars, particularly by the research team led by Professor Feng Dengguo: an architecture of PKI model with a own intellectual property right has been constructed, where the concept of intrusion tolerate Certification Authority (CA) with double layer secret sharing and the concept of PKI entity have been proposed, furthermore a number of national standards are also proposed and approved. These research

achievements have received the second prize of State Scientific and Technological Progress Award in 2005.

With respect to the research of quantum cryptography, some of the original works on the decoy state quantum cryptography and quantum error-avoiding code have been completed by Chinese scholars; several constructive progresses has been achieved on the quantum cryptography based protocol design and analysis. Professor Guo Guangcan who is an academician of CAS and his research team, Professor Pan Jianwei and his research team have made much bright achievements in experiments, where both quantum government and quantum voice network are firstly proposed in the world.

26.2.2 On the applications of most research achievements

The year of 2009 is the 10th anniversary when the “policy on the management of commercial cryptography” has gone into effect in China. In the past 10 years, the commercial cryptography in China has gained a significant development, particularly the application of cryptography in the trusted computing and WAPI. It can be reflected by the following facts:

In order to promote the application of cryptography in trusted computing, China has issued a regulation, “Specification of cryptographic support platform and interface for trusted computing”, which has greatly pushed forward the design of applicable cryptographic algorithms and their implementations in China.

The security technology for WAPI designed by Chinese researchers has amended the security flaw existing in other similar international standards, and it forms and publishes two national standards, where the encryption algorithm adopts the SMS4 designed by Chinese scholars. These research achievements have been won the second prize of State Invention Award in 2005.

26.2.3 On the recent progress of academic construction

In recent years, much works have been done in China with respect to the academic construction of cryptology:

The China Association of Cryptologic Research (CACR) was formally found on March 25, 2007, which is a big event for the development of China's cryptology. Then an academic committee and a working committee under the association for academy, education and organization, as well as a specific

sub-committee on the quantum cryptography have been established. Since then, the CSCR has published two annual reports—*Advances in China Cryptology 2007 and Advances on China Cryptology 2008*. The official website of CACR is <http://www.cacnet.org.cn>.

In order to advance the application of commercial cryptography, a headquarter group for national commercial cryptography and its applications and multiple specific working groups has been established for the application of cryptography in different areas.

The China Trusted Computing Module Union (TCMU) was formally established in December, 2008. The official website is <http://www.tcmu.org.cn>.

The national information security standard technical committee (known as TC260) has organized a working group WG3 which is specialized in forming the standards and specifications of cryptography.

26.3 A comparison among China and foreign countries in the cryptology research

The comparison will be focused on the cryptologic theory, technology, standardization, and applications.

26.3.1 On the cryptologic theory

In general, we must say that the theoretical research on cryptology in western developed countries has reached a higher level; it is indicated as more eminent research achievements, more comprehensive coverage, and many new theories, ideas, and methods.

In China, the theoretical research development on the every area of cryptology is not in balance. Although in some areas the research represents international level, however the depth, coverage, and research continuity has an obvious gap comparing with the international level. There are not as many new theories, new ideas, and new methods as that in abroad.

About the research of stream ciphers, many original and important research achievements on the linear complexity of stream cipher have been made by Chinese scholars. However the research in general does not represent the international level.

The Chinese scholar Professor Zeng Kencheng proposed the initial work on sequences derived from rings, and the current research progress on this

topic by Chinese scholars still represents the international advanced level.

The research on the structure of Feedback with Carry Shift Register (FCSR) by Chinese scholars until now still leads the international level.

The research on the algebraic attack of stream ciphers in China remains behind the international level. However, the research on an induced problem, the algebraic immunity of Boolean functions done by Chinese scholars has received the international recognition.

The research on the algorithms (both design and analysis) for eSTREAM project by Chinese scholars is way behind the international level.

The design theory of stream ciphers by Chinese scholars is also below the international level.

About the research of block ciphers, the SMS4 algorithm designed by Chinese scholars indicates the fact that the design of block ciphers in China meets the international level.

The research of block cipher analysis conducted by Chinese scholars is closed to the international level, and some specific works represent the international level.

However, the research on modes of block ciphers is in the very beginning stage in China.

The research team involving the public key cryptography in China is very small, and considering the hard problems related to the public key cryptography, the situation is even worse. In the meantime, a persistent progress on some important aspects of public key cryptography has been made by international scholars. The research on hash function conducted by Chinese scholars now represents the international level. The research on Message Authentication Code (MAC) algorithms in China is still weak, but the analysis on MAC obtains some international level achievements. The research on the formal analysis of security protocols by Chinese scholars is in its early stage, and the big concern is that the young researchers treat the subject with less enthusiasm. The research on the provable security theory for the security protocols by Chinese scholars has made some progress in recent years and received some recognition internationally.

There are very few researchers in China doing research on the zero-knowledge protocols, and the research coverage is far behind the international

level. However the research on resettable zero-knowledge has reached the international level.

The research on quantum cryptography conducted by Chinese scholars has made great achievements, particularly the research achievements on theoretical research have significant international impact, and some aspects of experiments have also reached the international level.

26.3.2 On the cryptologic technology

The cryptology system is basically formed in China. However in general the development is not even. Although the research on some specific areas or problems can represent the international level, judging side by side with the international situation it is still lack of the depth and coverage, and there are not enough novel technologies.

With respect to cryptographic algorithms, many of them have been proposed, mostly come from developed countries and areas, and formed a fairly complete system of cryptographic algorithms. In this field, the research in China has fallen short with the international level, and the self-designed cryptographic system has not been established in China yet.

With respect to the design of crypto chips, it is quite mature in China. However we are still fall behind in the area of some high-tech chips design. With respect to the secure implementation of crypto chips, it is still in the experimental stage in China and lacks practical applications. The variety of security products is available from the commercial market; however they are usually short of a necessary protection mechanism.

With respect to the side-channel attack, there is a big gap between Chinese research and international level. With respect to the cryptographic infrastructure, in recent years breakthroughs have been accomplished in China. The PKI technology has been completely self-made, and has the capability to establish PKI/CA systems for the information development. A large number of practical PKI/CA systems have been set even though the research is able to represent the international level.

26.3.3 On the cryptographic standardization

Many developed countries have a number of systematic cryptographic standards, these countries not only promptly follow up and updates, but also conduct the advanced research. The number of formations for cryptographic

standards in China is quite a few, only the SMS4 algorithm was published in 2006.

26.3.4 On the cryptologic applications

The applications of cryptography in many developed countries and regions are relatively more comprehensive, concrete and with higher manageability. Every time considering a new technological application, it always takes the application of cryptographic technology and solutions into account.

The integration of cryptographic technology and application has made some progresses in China, but it is not as good as that in many other countries, and both application depth and coverage need to be further extended.

26.4 An overview on cryptologic developments

The applications of new technologies and the development of computational power have brought a big challenge to the cryptology, and the study of cryptology has to comply with the demand in every specific period of time. In general, the four trends for the cryptology development are as follows:

(1) The standardization trend of cryptography. The cryptographic standards are the results of cryptographic theory and technology development, and cause a big push to the subject as well. For example, the study of cryptography has been largely motivated by AES, the eSTREAM project, and the SHA-3 project.

(2) The formalization trend of cryptology. Currently, there is a requirement for the provable security of cryptographic algorithms. The formal analysis and provable security of security protocols, secure multiparty computation, and zero-knowledge proof will remain to be the main research directions.

(3) The practical application trend. The rapid development of electronic government and electronic commerce has created a good opportunity as well as a big challenge to the applications of cryptographic technology. The biometric cryptographic technology is one of the hot research topics, and will be a good direction for the future development due to the application demands. The light-weight cryptography (with appropriate security) is



another research direction that has attracted much attention.

(4) The adaptability trend of new technology-oriented cryptography. Quantum cryptography and DNA cryptography can be used to cope with the new challenges resulted from new computational capabilities and new computational modes. With the wide and in-depth application of networking technology, the research modes of cryptology will have a trend of networked or distributed development, and induce the emergence of new technology and new modes of applications.

More specifically speaking, the development trend of cryptology has the following characteristics: The eSTREAM project lunched in European has effectively promoted the development of stream ciphers. The AES project launched in USA and the NESSIE project launched in European have promoted the fast development of design, analysis, and modeling of block cipher operation. The post-quantum cryptography and quantum immune cryptography are the important research directions for the public key cryptography. The studies of hash functions will have a big leap with the progress of SHA-3 project made by NIST in USA.

Some important research directions about digital signatures are the design of new digital signature schemes, in-depth digging of security foundations, and security analysis or proof of some well-know digital signature schemes.

Another research direction in formal analysis is the methods which would enable the formal analysis and have the cryptographic reliability, and it is also a direction for the future development. Other hot topic in formal analysis is the problem involving composability.

The development of provable security will be focused on developing suitable models for new security attributes, and designing new security protocols with provable security under the standard model. In addition, the resettable zero-knowledge is also an important research direction in the field of security protocols.

In key management area, how to support anonymity and privacy in different applications and how to design new key management protocols for the specific applications are currently hot research topics. The PKI technology will be developed in order to cover the multi-domain,

decentralized, introduction and error tolerant with the ID-based structure and targeting practical applications.

The design of crypto chips aiming at new applications and new types of security systems will be a research direction in the future. The current focus is on how to reduce the error-checking complexity, the cost of hardware, and the process speed.

The quantum cryptography has come into a real application stage. The future research trend will be how to overcome the technical problems in practical applications of quantum cryptography and security analysis. In addition, quantum repeater, quantum secure communication between ground and satellites, computation of quantum key capacity, and device-independent quantum cryptography system are all the important future research directions.

26.5 Some suggestions on the development of the cryptology subjects in China

It is difficult for the overall research level of cryptology in China to catch up the international leading level; one of the reasons is the human resources. With respect to the development of cryptology discipline in China, we hereby give the following advices.

26.5.1 Increasing the funding strength on the cryptologic research

It is suggested that the financial budget devoted to the national cryptologic development foundation should be increased in order to form an effective foundation management, attract the interests and motivations from cryptologic researchers, support the domestic researchers to participate in the academic discussion involving the design and analysis of cryptographic algorithms from both domestic and overseas, and eventually to improve the academic position of Chinese cryptologic research at the international platform.

Based on the current status of different national foundation and scientific projects, increasing the grant strength, promoting the study and development on the cryptology foundation, cryptologic core and key technology as well as cryptologic products and systems are all in high demand. Promoting the participation enthusiasm from trades and all sectors of society and making the fund utilization more efficient are the major tasks at the moment.



26.5.2 Launching the selection for standard cryptographic algorithms in China

It is suggested that a project devoted to cryptographic algorithm selection should be launched in China; the purpose of the selection is to make a public call for standards of cryptographic algorithms, industrial standards, and evaluation tools. By doing this, it will not only lead to our independent cryptographic algorithms with own intellectual property right, but also give a good training in the engineering practice for the cryptologic experts.

26.5.3 Promoting the mechanism development of integrating research, development, and commercialization

It is suggested that favorable policy support are granted to the enterprises, and enterprises are encouraged to increase the investment in cryptologic research, the depth cooperation between enterprises and universities as well as research institutes is promoted, and the cryptographic research and its applications are hence better combined with each other.

The other suggestions are also given as follows: that is enhancing the study on the development policy of cryptographic subject, providing a decisional support for a national plan of scientific development, emphasizing on the combination of research, development, and commercialization, finding and solving the problems in practice, and establishing such a scientific administrative system and commercialization mechanism that is suitable for the cryptologic innovation.

26.5.4 Enhancing the education for the future leading experts

It is suggested to strengthen the human resource infrastructure for cryptologic experts, to foster a large number of well-qualified people in the field of crypto strategic research, crypto theoretic research, technological development, and industrial management. By means of scientific research projects, China should construct a base of talent people for the purpose of attracting, educating, and training highly intelligent people dedicated themselves to the cause of cryptology study.

26.5.5 Strengthening the international exchange and cooperation

Cryptology is a subject originated from the military and government applications and gradually applies to the whole society; therefore it has the inherent sensitivity. However as a scientific subject, we must raise the

intensity of international exchange and cooperation. A only path for improving the capability of independent innovation and the cryptologic study in China is to be competitive internationally, that means to follow, learn, and master the internationally most advanced theories, state-of-the-art technologies, and status que of development, import some advanced technologies and products in time and then study them creatively.

附件

2009 年度与学科进展相关的主要科技成果

附件 1 2009 年度国家自然科学奖目录

一等奖

序号	项目名称	主要完成人
01	《中国植物志》的编研	钱崇澍,陈焕镛,吴征镒,等

二等奖

序号	项目名称	主要完成人
01	湍流热对流的实验研究	夏克青
02	非线性偏微分方程的自适应与多尺度计算方法	陈志明
03	堆积理论中若干问题的研究	宗传明
04	半导体低维结构光学与输运特性	李树深,孙宝权,李新奇,等
05	太阳磁场结构和演化研究	汪景琇
06	非线性科学在心颤机理及系统生物学中细胞周期控制上的应用研究	欧阳颀,王宏利,周路群,等
07	过渡族金属氧(硫)化物的电磁行为研究	张裕恒,孙玉平,杨昭荣,等
08	基于组合方法与组装策略的新型手性催化剂研究	丁奎岭,袁宇,王兴旺,等
09	若干手性催化合成方法学及其在多肽研究中的应用	王锐,许北青,杨晓武
10	超支化聚合物的可控制备及自组装	颜德岳,周永丰,高超,等
11	电化学发光及其毛细管电泳联用的分析方法研究	汪永康,董绍俊,杨秀荣,等
12	多相体系的化学反应工程和反应器的基础研究及应用	毛在砂,陈家镛,杨超,等
13	大别山—苏鲁大陆深俯冲及其对华北克拉通的影响	叶凯,张宏福,王清晨,等
14	大气颗粒物及其前体物排放与复合污染特征	贺克斌,郝吉明,段凤魁,等
15	土壤—植物系统典型污染物迁移转化机制与控制原理	朱永官,王子健,张淑贞,等
16	若干重要药用植物的成分研究	谭仁祥,郑荣梁,贾忠建,等
17	血压波动性和器官损伤的研究	苏定冯,缪朝玉,沈甫明,等
18	拓扑异构酶 II 新型抑制剂沙尔威辛的抗肿瘤分子机制	丁健,缪泽鸿,蒙凌华,等
19	微器件光学及其相关现象的研究	吴颖,杨晓雪
20	盲信号的分离和辨识理论及其应用	谢胜利,李远清,谭洪舟,等
21	离散事件动态系统的优化理论与方法	曹希仁,赵千川,陈曦,等

序号	项目名称	主要完成人
22	特征抽取理论与算法研究	杨静宇,杨健,金忠,等
23	新概念有机电致发光材料	马於光,王悦,沈家骥
24	有机高分子发光材料及其在显示器件中的应用	王利祥,马东阁,耿延候,等
25	红外热辐射光谱特性与传输机理研究	谈和平,刘林华,夏新林,等
26	能源动力系统中能的综合梯级利用和 CO ₂ 控制原理与方法	金红光,蔡睿贤,林汝谋,等
27	复杂防洪调度系统的多目标决策及径流预报理论	程春田,李登峰,周国荣

附件 2 2009 年度国家技术发明奖目录(通用项目)

一等奖

序号	项目名称	主要完成人
01	海洋特征寡糖的制备技术(糖库构建)与应用开发	管华诗,于广利,于文功,等
02	空地协同的民航空域监视新技术及装备	张军,朱衍波,薛瑞,等

二等奖

序号	项目名称	主要完成人
01	人造板优质高效胶粘剂制造及应用关键技术	李建章,雷得定,于志明,等
02	鸡分子标记技术的发展及其育种应用	李宁,杨宁,邓学梅,等
03	近钻头地质导向钻井系统与工业化应用	苏义脑,盛利民,邓乐,等
04	超分子结构无铅热稳定剂	李殿卿,林彦军,段雪,等
05	聚四氟乙烯复合膜共拉伸制备方法与层压覆膜技术	郭玉海,张建春,张卫东,等
06	抗菌纤维材料功能化过程的界面物理与化学研究	许并社,魏丽乔,戴晋明,等
07	纺织印染废水微波无极紫外光催化氧化分质处理回用技术	曾庆福,夏东升,张跃武,等
08	超细耐磨钛酸盐纤维制备新技术及其应用	陆小华,冯新,王昌松,等
09	渗透汽化透水膜、膜组件及其应用技术	陈翠仙,李继定,蒋维钧,等
10	齿轮油极压抗磨添加剂、复合剂制备技术与工业化应用	伏喜胜,续景,华秀菱,等
11	尺寸均一、可控的乳液、微球和微囊的制备技术	马光辉,苏志国,王连艳,等
12	聚醚醚酮树脂的制备及应用技术	姜振华,王贵宾,吴忠文,等
13	高性能聚合物/超细无机粉体复合材料制备的关键技术	傅强,黄锐,张琴,等
14	高性能丙烯酸树脂的制备新技术及其在涂层中的应用	武利民,周树学,顾广新,等

序号	项目名称	主要完成人
15	稀土功能材料用高品质金属及合金快冷厚带产业化技术及装备	李红卫,于敦波,李宗安,等
16	大线能量焊接系列钢技术发明及应用	陈晓,卜勇,田志凌,等
17	抗 CO ₂ 、H ₂ S 腐蚀用 3Cr 系列油套管及制造工艺技术	张忠铧,郭金宝,黄子阳,等
18	从含铟粗锌中高效提炼金属铟的技术	杨斌,刘大春,戴永年,等
19	邮资机关键技术及其应用	张立彬,史伟民,胥芳,等
20	深海极端环境探测与采样装备技术	陈鹰,杨灿军,顾临怡,等
21	大型回转机械结构裂纹的动态定量诊断技术与应用	何正嘉,陈雪峰,訾艳阳,等
22	高效低阻气体强化传热技术及其应用	何雅玲,陶文铨,屈治国,等
23	微波通信用高温超导接收前端	曹必松,张晓平,魏斌,等
24	硅基集成功率 MOS 器件及高低压集成技术与应用	时龙兴,孙伟锋,陆生礼,等
25	新一代控制系统高性能现场总线——EPA	褚健,金建祥,冯冬芹,等
26	基于神经网络逆的软测量与控制技术及其应用	戴先中,孙玉坤,刘国海,等
27	适用于西部干燥地区的间接蒸发冷水机	江亿,于向阳,谢晓云
28	化工园区工业废水处理新技术及工程应用	任洪强,丁丽丽,严永红,等
29	人工种植龙胆等药用植物斑枯病的无公害防治技术	王喜军,曹洪欣,孙海峰,等
30	一类新药重组成纤维细胞生长因子关键工程技术及应用	李校堃,吴晓萍,冯成利,等
31	城域网多业务环技术方法	余少华,吉萌,董喜明,等
32	涂料工业清洁生产工艺和方法	曾光明,单文伟,汤琳,等
33	油气集输的节能减排和安全高效关键工艺及装备	郭烈锦,白博峰,张西民,等
34	食品功能因子高效分离与制备中的分子修饰与吸附分离耦合技术	任其龙,杨亦文,吴平东,等
35	难处理氧化铜矿资源高效选冶新技术	张文彬,蒋开喜,方建军,等
36	精度优于±5"的自动陀螺定向与亚毫米级精度机器人位移监测技术	张学庄,王爱公,张驰,等
37	成体干细胞生物学特性与规模化制备技术	赵春华,王任直,沈振亚,等

附件 3 2009 年度国家科学技术进步奖目录(通用项目)

一等奖

序号	项目名称	主要完成人
01	石脑油催化重整成套技术的开发与应用	马爱增,徐又春,赵振辉,等
02	超高压直流输电重大成套技术装备开发及产业化	宓传龙,陆剑秋,姚致清,等
03	大跨、高墩桥梁抗震设计关键技术	范立础,李建中,叶爱君,等
04	电力系统全数字实时仿真关键技术研究、装置研制和应用	周孝信,吴中习,林集明,等
05	高效短流程嵌入式复合纺纱技术及其产业化	邱亚夫,徐卫林,丁彩玲,等
06	膨胀土地地区公路建设成套技术	郑健龙,杨和平,程平,等
07	神经病理理性痛模型的创建及其在镇痛机制和治疗研究中的应用	李云庆,陈军,胡三觉,等
08	时速 250 公里动车组高速转向架及应用	张曙光,张卫华,王军,等

二等奖

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
01	棉花抗黄萎病育种基础研究与新品种选育	马峙英,张桂寅,杨保新,等
02	北方粳型优质超级稻新品种培育与示范推广	陈温福,徐正进,张三元,等
03	骨干亲本蜀恢 527 及重穗型杂交稻的选育与应用	李仕贵,马均,李平,等
04	高产、优质、多抗、广适玉米杂交种鲁单 981 选育	孟昭东,汪黎明,郭庆法,等
05	籼型系列优质香稻品种选育及应用	胡培松,赵正洪,黄发松,等
06	木薯品种选育及产业化关键技术研发集成与应用	李开锦,黄洁,叶剑秋,等
07	油菜化学杀雄强优势杂种选育和推广	官春云,王国槐,陈社员,等
08	中国北方冬小麦抗旱节水种质创新与新品种选育利用	景蕊莲,谢惠民,张正斌,等
09	中国农作物种质资源本底多样性和技术指标体系及应用	刘旭,曹永生,董玉琛,等
10	高效广适双价转基因抗虫棉中棉所 41	郭香墨,李付广,郭三堆,等
11	北方抗旱系列马铃薯新品种选育及繁育体系建设与应用	尹江,马恢,张希近,等
12	高产优质抗逆杂交油菜品种“华油杂 5 号、6 号和 8 号”的选育推广	杨光圣,刘平武,洪登峰,等
13	面包面条兼用型强筋小麦新品种济麦 20 号	刘建军,赵振东,何中虎,等
14	真菌杀虫剂产业化及森林害虫持续控制技术	李增智,王成树,陈洪章,等
15	马尾松良种选育及高产高效配套培育技术研究及应用	丁贵杰,杨章旗,周志春,等

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
16	森林资源遥感监测技术与业务化应用	李增元,张煜星,周成虎,等
17	油茶雄性不育杂交新品种选育及高效栽培技术和示范	陈永忠,杨小胡,彭邵锋,等
18	活性炭微结构及其表面基团定向制备应用技术	蒋剑春,邓先伦,刘石彩,等
19	稻/麦秸秆人造板制造技术与产业化	周定国,于文吉,于文杰,等
20	竹炭生产关键技术、应用机理及系列产品开发	张齐生,周建斌,张文标,等
21	鲟鱼繁育及养殖产业化技术与应用	孙大江,庄平,曲秋芝,等
22	蛋白质饲料资源开发利用技术及应用	李爱科,金征宇,杨海鹏,等
23	菲律宾蛤仔现代养殖产业技术体系的构建与应用	张国范,闫喜武,林秋云,等
24	新兽药“喹烯酮”的研制与产业化	赵荣材,李剑勇,王玉春,等
25	罗非鱼产业良种化、规模化、加工现代化的关键技术创新及应用	李思发,杨弘,夏德全,等
26	“好玩的数学”丛书	张景中,谈祥柏,吴鹤龄,等
27	《和三峡呼吸与共——三峡工程生态与环境监测系统》系列专题片	张群,彭涛,王亚非,等
28	多彩的昆虫世界	赵梅君,李利珍,史炎均,等
29	高速冷轧带钢多功能在线检测技术	王康健
30	高产优质广适强抗倒小麦新品种豫麦49号、豫麦49-198选育与应用	吕平安
31	供电网无功电压优化运行集中控制系统	许杏桃
32	4YW-Q型全幅玉米收获机自主研发自行转化推广	郭玉富
33	中兴通讯“新一代无线技术平台”建设工程	中兴通讯股份有限公司
34	吉利战略转型的技术体系创新工程建设	浙江吉利控股集团有限公司
35	基于科技资源整合模式的煤炭开发利用技术创新工程	神华集团有限责任公司
36	高效能服务器与存储技术创新工程	浪潮集团有限公司
37	产学研用紧密结合的钢铁精品研发基地建设	宝钢集团有限公司
38	先进金属材料技术创新平台	中国钢研科技集团公司
39	南瑞大电网控制技术创新工程	南京南瑞集团公司
40	化学固壁与保护油气储层的钻井液技术及工业化应用	孙金声,余维初,鄢捷年,等
41	大幅度提高油气产量的非平面压裂技术与工业化应用	陈勉,曾义金,雷群,等
42	二元复合高效驱油提高采收率技术	孙焕泉,王增林,李振泉,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
43	中国东部断陷盆地洼槽聚油新理论、勘探新技术与重大发现	赵贤正,金凤鸣,邹伟宏,等
44	基于深井钻柱动力学的高速牙轮钻头与振动筛研制及应用	刘清友,王国荣,张明洪,等
45	高含水期油田整体优化工艺、关键技术与工业应用	刘扬,计秉玉,宋考平,等
46	胜利油区复杂结构井钻井技术开发与应用	赵金洲,韩来聚,唐志军,等
47	中深层稠油热采大幅度提高采收率技术与应用	谢文彦,任芳祥,刘喜林,等
48	商品包装、储运安全关键技术研究与应用	王利兵,罗云波,胥传来,等
49	粮食保质干燥与储运减损增效技术开发	刘启觉,王继焕,范天铭,等
50	废纸造纸废水资源化利用关键技术研发与应用	万金泉,马邕文,王艳,等
51	L系列环保节能节材型电冰箱压缩机	杨百昌,方泽云,曹礼建,等
52	凝胶纺高强高模聚乙烯纤维及其连续无纬布的制备技术、产业化及应用开发	杨年慈,吴志泉,陈成泗,等
53	复合型导电纤维系列产品研制及应用开发	程博闻,施楣梧,李杰,等
54	乙苯脱氢制苯乙烯关键技术轴径向反应器和新型催化剂的研发及应用	朱子彬,吴德荣,缪长喜,等
55	大型乙烯装置优化运行技术与工业应用	蒋勇,钱锋,卫达,等
56	可降解生物基高吸水性树脂生产技术开发及推广应用	崔英德,尹国强,贾振宇,等
57	环己酮氨肟化路线己内酰胺生产工艺成套技术	朱泽华,吴巍,程立泉,等
58	高效洁净煤制甲醇与联合循环集成系统的研发和示范	肖云汉,耿加怀,王信,等
59	固定床催化脱氢制亚氨基(ISB)关键技术开发及应用	马建泰,李瀛,李茸,等
60	稀土催化材料及在机动车尾气净化中应用	翁端,卢冠忠,沈美庆,等
61	水泥低环境负荷化关键技术及工程示范	马保国,李叶青,李相国,等
62	聚烯烃材料的化学与生物改性及其大规模应用	殷敬华,陈学利,安立佳,等
63	高性能血液净化医用吸附树脂的创制	俞耀庭,董凡,杜智,等
64	有机化无机颗粒改性聚合物复合材料制备关键技术	李春忠,张玲,王庚超,等
65	高性能造船用钢制造技术创新与集成	张晓刚,唐复平,贺信莱,等
66	无效应低电压铝电解生产技术的开发与工业应用	李旺兴,冷正旭,刘永刚,等
67	钢铁材料及制品大气腐蚀数据积累、规律和共享服务	李晓刚,萧以德,张三平,等
68	化学镀镍动态控制技术与应用	胡文彬,钟发平,刘磊,等
69	富氧顶吹-鼓风炉强化还原-大极板、长周期电解炼铅新工艺及产业化	王吉坤,董英,周廷熙,等

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
70	大规模超薄近终型异形坯工艺技术的自主开发与创新	陈向阳,吕铭,孟宪俭,等
71	超深复杂井用超高强度石油套管及其特殊管串结构技术	孙开明,卢小庆,唐继平,等
72	转炉流程生产优质特殊钢工艺技术的开发与创新	张功焰,王新华,刘浏,等
73	飞机日历寿命定量评价方法及其延寿应用	韩恩厚,张栋,柯伟,等
74	优质铝、镁合金铸件变压反重力铸造成套技术	娄延春,冯志军,李玉胜,等
75	节能环保型球团链篦机关键制造技术及应用	杨继昌,朱圣财,张永康,等
76	高性能尾气净化器柔性制造关键技术及成套装备	刘成良,李彦明,王家明,等
77	产品复杂曲面高效数字化精密测量技术及其系列测量装备	蒋庄德,李兵,丁建军,等
78	大型非规则空间曲面零件多点成形关键技术与装备及其应用	李明哲,蔡中义,付文智,等
79	适用于大批量精密齿轮磨削的数控蜗杆砂轮磨齿机技术及产品	王俊岭,郭宝安,田沙,等
80	2150mm 宽带钢热连铸机组装备关键技术自主创新及工程应用	王光儒,高学文,吴生富,等
81	冷带轧机高精度液压厚度自动控制(液压 AGC)系统关键技术及应用	王益群,姜万录,方一鸣,等
82	中薄板坯连铸机成套技术与关键设备开发及应用	杨拉道,徐学华,关杰,等
83	巨型全空冷水轮发电机组关键技术突破及工程应用	王国海,刘平安,王泉龙,等
84	跨区域大型电网继电保护整定计算自动化系统	段献忠,李银红,柳焕章,等
85	超特高压大容量开关试验技术开发及实验室建设	裴振江,姚斯立,郑军,等
86	过电压防护的雷电流测试关键技术及其系列测试设备	姚学玲,陈景亮,孙伟,等
87	混合式脉冲转换涡轮增压系统研发及在四冲程大功率柴油机上的应用	顾宏中,邓康耀,郭中朝,等
88	恶劣环境中电气外绝缘放电特性及其在电网中的工程应用	蒋兴良,司马文霞,舒立春,等
89	水煤浆代油洁净燃烧技术及产业化应用	岑可法,周俊虎,刘建忠,等
90	自主知识产权 32 位嵌入式 CPU 系列及其数字电视等领域 SOC 产业化应用	严晓浪,张明,郑苕,等
91	非牛顿流体流变学特性测试技术研究及应用	祝连庆,董明利,胡金麟,等
92	复杂磁场分布的高热容与热导无液氦超导磁体技术	王秋良,严陆光,戴银明,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
93	原位抽取热湿法在线紫外/可见光纤光谱气体分析系统研制及产业化	王健,韩双来,叶华俊,等
94	移动通讯用滤波器关键技术及产业化	胡爱民,潘峰,曹亮,等
95	低温共烧片式多层微波陶瓷微型频率器件产业化关键技术	杨辉,陆德龙,张启龙,等
96	流程工业现场总线核心芯片、互操作技术及集成控制系统开发	于海斌,王宏,杨志家,等
97	天梭 30000 高端商用服务器系统	王思东,董小社,胡雷钧,等
98	大规模网络安全监控数据库系统	邹鹏,贾焰,杨树强,等
99	复杂与高速条件下车载信号安全控制系统关键技术及应用	邱宽民,宁滨,徐迅,等
100	基于数字版权保护的电子图书出版及应用系统	汤帜,肖建国,俞银燕,等
101	嵌入式软测量柔性开发平台关键技术及系列智能测控仪器装置开发	韩九强,曹建福,邢道钦,等
102	超高分辨率数字显示拼接墙系统	卢如西,潘远雄,刘文军,等
103	本体元建模方法及其在软构件库互操作性管理与服务中的应用	何克清,李德毅,张金,等
104	大型水电站泵站高效运行优化控制与成套自动化装置及其工程应用	王耀南,黄守道,李庆国,等
105	国家粮仓基本理论及关键技术研究与应用	王录民,王振清,袁海龙,等
106	新型组合剪力墙及筒体结构抗震理论与技术	曹万林,吕西林,钱稼茹,等
107	大型多用途智能控制试验机研制及系列化与产业化	张建民,张建卫,贾喜群,等
108	高层混合结构体系的关键技术及应用	何益斌,沈蒲生,舒兴平,等
109	结构性软弱土地基灾变控制关键技术与工程应用	陈云敏,陈仁朋,凌道盛,等
110	现代钢结构稳定性关键技术研究与应用	郭彦林,童根树,郝际平,等
111	钢管混凝土拱桥建设成套技术	陈明究,顾安邦,胡建华,等
112	分阶段施工桥梁的无应力状态控制法与工程实践	秦顺全,高宗余,林国雄,等
113	西部山区公路铁路泥石流减灾理论与技术	崔鹏,姚侃侃,陈宁生,等
114	海河流域洪水资源安全利用关键技术及应用	胡四一,王忠静,程晓陶,等
115	高坝工程泄洪消能新技术的开发与应用	许唯临,刘之平,肖白云,等
116	碾压混凝土拱坝的新设计理论与实践	刘光廷,谢树南,王恩志,等
117	沙漠、严寒地区长距离供水工程关键技术	张立德,邓铭江,周小兵,等

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
118	黄河水资源统一管理与调度	李国英,苏茂林,孙广生,等
119	平原河流防洪安全水动力关键技术及工程应用	唐洪武,王船海,何华松,等
120	中国分区域生态需水	陈敏建,王浩,丰华丽,等
121	重交通沥青路面设计的理论体系、关键技术与工程应用	孙立军,刘黎萍,张宏超,等
122	公路半刚性基层材料结构理论、多指标控制设计方法及工程应用	沙爱民,胡力群,孙朝云,等
123	公路在用桥梁检测评定与维修加固成套技术	张劲泉,李万恒,周建庭,等
124	飞秒激光光学频率梳	方占军,王强,王民明,等
125	中国优秀运动员运动训练的生理生化监控理论与方法	冯连世,冯美云,冯炜权,等
126	ITU-T 多媒体业务系列国际标准及应用	蒋林涛,聂秀英,申瑞民,等
127	受污染水体生态修复关键技术研究与应用	吴振斌,郭怀成,雷阿林,等
128	低能耗膜—生物反应器污水资源化新技术与工程应用	黄霞,樊耀波,文湘华,等
129	焦化过程主要污染物控制关键技术与应用	王光华,魏松波,何选明,等
130	畜禽养殖废弃物生态循环利用与污染减控综合技术	陈英旭,常志州,郑平,等
131	干旱沙区土壤水循环的植被调控机理、关键技术及其应用	李新荣,肖洪浪,王新平,等
132	SBR 法污水处理工艺与设备及实时控制技术	彭永臻,王淑莹,霍明昕,等
133	工程地质结构研究及重大工程防灾应用	伍法权,杨志法,秦四清,等
134	奥运气象保障技术研究及应用	王捷建,王迎春,龚建东,等
135	呼吸衰竭的发病机理与治疗研究	王辰,白春学,陈荣昌,等
136	缺损性先天性心脏病介入治疗系列封堵器及相关器械研制与临床应用	秦永文,赵仙先,吴弘,等
137	系统性红斑狼疮的发病机理及临床治疗技术	陈顺乐,沈南,顾越英,等
138	基于现代影像技术的鼻咽癌综合治疗研究及应用	马骏,罗伟,孙颖,等
139	功能影像技术引导的肿瘤放射治疗	于金明,宋现让,李宝生,等
140	人类基因组多态性和特殊微量物证个体识别关键技术及应用	李生斌,赖江华,陈腾,等
141	白血病表观遗传学基础及临床应用研究	于力,詹楚生,楼方定,等
142	中国人群高血压和冠心病遗传资源的收集和利用研究	顾东风,葛东亮,陈润生,等
143	人类辅助生殖和精子库的关键技术及其在生殖健康中的应用	卢光琇,乔杰,李蓉,等
144	2 型糖尿病的发病机理和临床诊治技术	贾伟平,包玉倩,吴海娅,等

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
145	血液干细胞技术及其应用研究	韩忠朝,黄平平,张磊,等
146	中国药用植物种质资源迁地保护与利用	肖培根,陈士林,张本刚,等
147	开郁清热法在 2 型糖尿病中的应用	仝小林,周水平,连凤梅,等
148	当归提取物治疗高血压病的作用机制与临床研究	吕圭源,陈素红,潘智敏,等
149	复杂性疾病维医病证及其方药的一体化研究	哈木拉提·吾甫尔,阿不都热依木·玉苏甫,斯拉甫·艾白,等
150	旋提手法治疗神经根型颈椎病的临床和基础研究及应用	朱立国,孙树椿,于杰,等
151	基于中医药特点的中药体内外药效物质组生物/化学集成表征新方法	李萍,王广基,郝海平,等
152	参松养心胶囊治疗心律失常应用研究	吴以岭,浦介麟,曹克将,等
153	中药超微粉体关键技术的研究及产业化	蔡光先,杨永华,张水寒,等
154	中医临床科研信息共享系统	刘保延,姚乃礼,王映辉,等
155	丁苯酞原料及软胶囊	冯亦璞,蔡东晨,杨靖华,等
156	水溶性几丁糖医用制品的研制与临床应用	侯春林,顾其胜,莫秀梅,等
157	单唾液酸四己糖神经节苷脂原料及注射剂的研制及产业化	王晶翼,张丽莉,李红英,等
158	克拉维酸钾及系列复方制剂的研制与产业化	赵志全,张贵民,曹广祥,等
159	TD-SCDMA 基站系统关键技术研究、设备研制及产业化	谢永斌,杨家军,孙晓南,等
160	无源光接入汇聚复用设备(MA5680T/MA5600T)	梅运明,蒋作谦,吴海军,等
161	无线多媒体通信传输与终端系统关键技术的创新及应用	何加铭,曹志刚,郑紫微,等
162	基于 CDMA 的数字集群通讯技术标准应用	赵先明,李健,董晓鲁,等
163	基于大型通信网络和多业务的综合网管技术及应用	魏丽红,任志军,徐海东,等
164	复杂地层特大型竖井钻机及成井工艺关键技术	王占军,金汝砺,王怀志,等
165	100 nm 高密度等离子刻蚀机研发与产业化	北京北方微电子基地设备工艺研究中心有限责任公司,中国科学院微电子研究所,清华大学,北京大学

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
166	深井煤与瓦斯突出煤层区域性瓦斯灾害防治关键技术及应用	程远平,李伟,胡千庭,等
167	尾矿坝灾变机理研究及综合防治技术	杨春和,张超,沈楼燕,等
168	低透气性煤层群无煤柱煤与瓦斯共采关键技术	袁亮,张农,卢平,等
169	含硫含碱废液过程减排新技术及在化工行业中应用	汪华林,黎树根,钱卓群,等
170	柴达木铅锌多金属资源高效利用及节能减排关键技术集成与应用	林大泽,张永德,罗学刚,等
171	混合动力城市客车节能减排关键技术	黄佳腾,罗永革,张俊智,等
172	干熄焦引进技术消化吸收“一条龙”开发和应用	郑文华,蔡承祐,徐列,等
173	太阳能和浅层地热能建筑中利用的关键技术开发与应用	王崇杰,刁乃仁,方肇洪,等
174	移动通信增值业务网络智能化技术及应用	廖建新,徐童,王晶,等
175	文物虚拟修复和数字化保护技术的研究与应用	周明全,耿国华,张仲立,等
176	武钢物流整体信息化技术自主集成与创新	顾力平,邓崎琳,吴新春,等
177	新型作物控释肥研制及产业化开发应用	张民,万连步,史衍玺,等
178	冬小麦根穗发育及产量品质协同提高关键栽培技术研究与应用	郭天财,朱云集,王晨阳,等
179	吉林玉米丰产高效技术体系	王立春,边少锋,任军,等
180	玉米无公害生产关键技术研究与应用	董树亭,王空军,李少昆,等
181	北方一年两熟区小麦免耕播种关键技术与装备	李洪文,高焕文,王晓燕,等
182	西部干旱地区节水技术及产品开发与推广	郭庆人,黄耀新,杨金麒,等
183	桔小实蝇持续控制基础研究及关键技术集成创新与推广	曾玲,王玉玺,陆永跃,等
184	南方红壤区旱地的肥力演变、调控技术及产品应用	曾希柏,罗尊长,徐明岗,等
185	大宗低值蛋白资源生产富含呈味肽的呈味基料及调味品共性关键技术	赵谋明,章超桦,崔春,等
186	功能性益生菌乳酸菌高效筛选及应用关键技术	陈卫,郭本恒,张兰威,等
187	温室关键装备及有机基质的开发应用	毛罕平,李萍萍,郭世荣,等
188	南方蔬菜生产清洁化关键技术研究与应用	刘勇,张友军,张德咏,等
189	都市型设施园艺栽培模式创新及关键技术研究及示范推广	杨其长,李远新,宋卫堂,等
190	年产 600 万吨大采高综采成套技术与装备	宁宇,王金力,王国法,等
191	GNSS 电离层监测及延迟改正理论与方法研究及应用	袁运斌,欧吉坤,霍星亮,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
192	600m 特厚表土层冻结法凿井关键技术	杨维好,蒲耀年,李功洲,等
193	自动化放顶煤关键技术与装备研发及其在国内外的应用	金太,黄福昌,王国法,等
194	两淮矿区复杂地层条件下深大井筒特殊法凿井关键技术与应用	刘谊,程桦,赵时运,等
195	西藏高原生态安全研究	钟祥浩,刘淑珍,王小丹,等
196	磷化工全废料自胶凝充填采矿技术	李夕兵,屈庆麟,赵国彦,等
197	难浸金精矿生物氧化提金新技术研究与应用	韩晓光,李忠山,武宏岐,等
198	中国 1:100 万数字地貌图研究及其应用	周成虎,程维明,钱金凯,等
199	遥感测图业务平台研制及重大工程应用	张继贤,李英成,李海涛,等
200	矿山大功率高性能电力传动关键技术与应用	谭国俊,何晓群,刘建功,等
201	分布式大型 GIS 平台开发与应用	吴信才,谢忠,周顺平,等
202	建立外科新技术治疗颅内难治部位的病变	周良辅,毛颖,赵曜,等
203	创伤感染流行病学特征、易患机制与诊治措施	蒋建新,梁华平,周红,等
204	女性尿失禁的发病及相关盆底缺陷诊疗新技术的研究与应用	宋岩峰,罗来敏,黄惠娟,等
205	颅脑手术中脑认知功能保护的微创神经外科学基础研究与应用	赵继宗,王硕,卓彦,等
206	卵巢功能异常——PCOS 和 POF 分子遗传机理及治疗新技术的建立和应用	陈子江,李媛,赵跃然,等
207	腹腔镜技术在肝胆胰脾外科的临床研究及应用	蔡秀军,彭淑牖,虞洪,等
208	脊柱畸形的临床治疗和相关基础研究	邱勇,王斌,朱泽章,等
209	阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征研究和诊治	韩德民,张罗,叶京英,等
210	主动脉夹层治疗新策略研究及应用	孙立忠,黄连军,常谦,等
211	龋病牙髓病的基础与临床研究	樊明文,边专,彭彬,等
212	单纯性近视防治的临床研究及应用	瞿佳,胡诞宁,吕帆,等
213	客运专线钢轨成套技术开发与应用	何华武,康熊,耿志修,等
214	列车过桥动力相互作用理论、安全评估技术及工程应用	翟婉明,郑健,夏禾,等



附件 4 2009 年度“中国基础研究十大新闻”

1. 北京正负电子对撞机重大改造工程通过国家验收
2. 查明中国陆地生态系统的碳平衡状况
3. 揭示 A1 型短指症致病机理
4. 发现 β -抑制因子-2 复合体信号缺损可导致胰岛素耐受
5. 实验证实诱导性多能干细胞具有发育全能性
6. 发现金属钠在高压条件下可转化为透明绝缘体
7. 阐明纳米孪晶纯铜极值强度的形成机制
8. 高温铜氧化物超导体物性和超导机理研究取得重要进展
9. 鉴别出与超级杂交水稻杂种优势相关的潜在功能基因
10. 找到鸟类起源的一些关键证据