



2011-2012

学科发展报告综合卷

COMPREHENSIVE REPORT ON ADVANCES IN SCIENCES

中国科学技术协会 主编

中国科学技术出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

2011—2012 学科发展报告综合卷/中国科学技术协会主编.

—北京:中国科学技术出版社,2012.4

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-6027-5

I. ①2… II. ①中… ②中… III. ①科学技术-技术发展-
研究报告-中国-2011—2012 IV. ①N12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 042611 号

选题策划 许 英
责任编辑 许 英 包明明
封面设计 中文天地
责任校对 刘洪岩
责任印制 王 沛

出 版 中国科学技术出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010-62173865
传 真 010-62179148
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm×1092mm 1/16
字 数 378 千字
印 张 15.75
印 数 1—2500 册
版 次 2012 年 4 月第 1 版
印 次 2012 年 4 月第 1 次印刷
印 刷 北京凯鑫彩色印刷有限公司

书 号 ISBN 978-7-5046-6027-5/N·156
定 价 48.00 元

(凡购买本社图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换)
本社图书贴有防伪标志,未贴为盗版

2011—2012 学科发展报告综合卷

COMPREHENSIVE REPORT ON ADVANCES IN SCIENCES

专 家 组

组 长 李静海

副组长 冯长根 谢克昌 沈 岩 沈爱民

成 员 (以姓氏笔画为序)

王恩哥 史培军 刘嘉麒 朱立国 朱 明

严纯华 苏 青 陈运泰 范维澄 钱七虎

高 福 游苏宁 颜 帅

编 写 组

委 员 (以姓氏笔画为序)

习 复 王 平 戈 峰 宁津生 吕建华

刘世荣 刘兴平 刘炜宏 杨宁生 李晓刚

李喜先 肖 宏 吴贵生 谷树忠 沈 镭

宋建明 张汉权 陈广仁 武夷山 赵 明

胡世民 胡洪营 柯 平 钮因健 祝 旅

聂玉昕 索传军 徐 恪 陶祖莱 黄 辉

雷 燕 樊 杰

学 术 秘 书

黄 珏 夏 震 王安宁 胡春华 吕 潇

张 雷 许 英

序

科学技术作为人类智慧的结晶,不仅推动经济社会发展,而且不断丰富和发展科学文化,形成了以科学精神为精髓的人类社会的共同信念、价值标准和行为规范。学科的构建、调整和发展,也与其内在的学科文化的形成、整合、体制化过程密切相关。优秀的学科文化是学科成熟的标志,影响着学科发展的趋势和学科前沿的演进,是学科核心竞争力的重要内容。中国科协自2006年以来,坚持持续推进学科建设,力求在总结学科发展成果、研究学科发展规律、预测学科发展趋势的基础上,探究学科发展的文化特征,以此强化推动新兴学科萌芽、促进优势学科发展的内在动力,推进学科交叉、融合与渗透,培育学科新的生长点,提升原始创新能力。

截至2010年,有87个全国学会参与了学科发展系列研究,编写出版了学科发展系列报告131卷,并且每年定期发布。各相关学科的研究成果、趋势分析及其中蕴涵的鲜明学术风格、学科文化,越来越显现出重要的社会影响力和学术价值,受到科技界、学术团体和政府部门的高度重视以及国外主要学术机构和团体的关注,并成为科技政策和规划制定学术研究课题立项、技术创新与应用以及跨学科研究的重要参考资料和国内外知名图书馆的馆藏资料。

2011年,中国科协继续组织中国空间科学学会等23个全国学会分别对空间科学、地理学(人文-经济地理学)、昆虫学、生态学、环境科学技术、资源科学、仪器科学与技术、标准化科学技术、计算机科学与技术、测绘科学与技术、有色金属冶金工程技术、材料腐蚀、水产学、园艺学、作物学、中医学、生物医学工程、针灸学、公共卫生与预防医学、技术经济学、图书馆学、色彩学、国土经济学等学科进行学科发展研究,完成23卷学科发展系列报告以及1卷学科发展综合报告,共计近800万字。

参与本次研究发布的,既有历史长久的基础学科,也有新兴的交叉学科和紧密结合经济社会建设的应用技术学科。学科发展系列报告的内容既有学术理论探索创新的最新总结,也有产学研结合的突出成果;既有基础领域的研究进展,也有应用领域的开发进展,内容丰富,分析透彻,研究深入,成果显著。

参与本次学科发展研究和报告编写的诸多专家学者,在完成繁重的科研项目、教学任务的同时,投入大量精力,汇集资料,潜心研究,群策群力,精雕细琢,体现出高度的使命感、责任感和无私奉献的精神。在本次学科发展报告付梓之际,我衷心地感谢所有为学科发展研究和报告编写奉献智慧的专家学者及工作人员,正是你们辛勤的工作才有呈现给读者的丰硕研究成果。同时我也期待,随着时间的久远,这些研究成果愈来愈能够显露出时代的价值,成为我国科技发展和学科建设中的重要参考依据。

A large, stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Han Dong, positioned above the date.

2012年3月

前 言

学科发展是科学发展和技术进步的重要基础,是国家科技竞争力的重要体现,对于推动科技创新至关重要。为发挥中国科协及所属全国学会作为科学共同体的重要作用,推动学科快速发展,促进学科交叉融合,中国科协从2006年起建立了学科发展研究及发布制度。

2011年是“十二五”规划开局之年,中国科协组织23个全国学会,分别就空间科学、地理学(人文-经济地理学)、昆虫学、生态学、环境科学技术、资源科学、仪器科学与技术、标准化科学技术、计算机科学与技术、测绘科学与技术、有色金属冶金工程技术、材料腐蚀、水产学、园艺学、作物学、中医药学、生物医学工程、针灸学、公共卫生与预防医学、技术经济学、图书馆学、色彩学、国土经济学等23个学科的发展状况进行了系统研究,编辑出版了中国科协学科发展研究系列报告(2011—2012)。在此基础上,《2011—2012学科发展报告综合卷》(以下简称《综合卷》)着重分析空间科学等23个学科的总体发展概貌,总结学科发展成果,研究学科发展规律,梳理学科发展脉络,预测学科未来的发展趋势。

《综合卷》共分四个部分:第一部分综合分析了2011年度23个学科的发展报告,梳理、总结了各学科的主要进展及共性特点,分析了学科发展总体趋势,对学科未来的发展提出了理性思考;第二部分简要介绍了23个学科发展报告的主要内容,介绍了各学科近年来的研究进展、国内外发展水平比较、各学科的发展方向与对策建议等;第三部分为23个学科发展报告主要内容的英文介绍;第四部分为我国2011年度与学科进展有关的主要科技成果资料的介绍。

受中国科协学会学术部委托,《综合卷》由中国科协学会服务中心组织有关专家编写完成。为顺利开展学科发展研究工作,组织成立了《综合卷》专家组与编写组,专家组由中国科协学会与学术工作专门委员会委员组成,编写组由23个全国学会选派的专家学者等组成。项目启动后,经过文献调研工作,2012年1月对23个相关学科提交的材料进行认真研究、分析与总结,进行了广泛深入的咨询和调研,先后组织专家召开3次撰写及审稿会议,对《综合卷》

进行了反复切磋与研讨,经多次修改、调整与完善于3月底定稿,希望能较准确、科学地反映23个学科的发展趋势和共性特点。

需说明的是,《综合卷》是在23个学科发展报告的基础上综合、提炼而成,只能概括部分学科的重要进展和总体态势,不可能完整反映我国自然科学与技术学科发展的全貌。《综合卷》学科排序按中国科协所属全国学会代码顺序排列。鉴于各学科分报告列出了所引用的参考文献,《综合卷》未再列出所引用的参考文献。

为完成《综合卷》的编写工作,相关学科及专家投入了很大热情和精力,其中汇聚了集体智慧和真知灼见,感谢所有为《综合卷》编写奉献智慧的专家学者!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、相应文稿的起草、修订及组织协调等工作,中国科学技术出版社为《综合卷》的出版付出了辛勤的劳动,感谢相关部门和单位对《综合卷》编写工作的大力支持!

由于《综合卷》涉及的学科面广,编写时间仓促,对有些问题的分析尚不够深入,加之学科发展调研工作有一定难度,虽经多方努力,其中仍难免存在挂一漏万等问题或遗憾,敬请读者指正。

《2011—2012 学科发展报告综合卷》编写组

2012年3月

目 录

序	韩启德
前言	《2011—2012 学科发展报告综合卷》编写组

第一章 学科发展综述

一、引言	(3)
二、相关学科近年来的总体发展状况	(3)
三、学科发展的趋势及特点	(10)
四、对未来学科发展的理性思考	(13)
五、结语	(14)

第二章 相关学科进展与趋势

第一节 空间科学	(17)
第二节 地理学(人文-经济地理学)	(23)
第三节 昆虫学	(28)
第四节 生态学	(33)
第五节 环境科学技术	(38)
第六节 资源科学	(43)
第七节 仪器科学与技术	(47)
第八节 标准化科学技术	(53)
第九节 计算机科学与技术	(58)
第十节 测绘科学与技术	(62)
第十一节 有色金属冶金工程技术	(67)
第十二节 材料腐蚀	(73)
第十三节 水产学	(77)
第十四节 园艺学	(81)
第十五节 作物学	(87)
第十六节 中医药学	(94)
第十七节 生物医学工程	(99)
第十八节 针灸学	(104)
第十九节 公共卫生与预防医学	(109)
第二十节 技术经济学	(115)
第二十一节 图书馆学	(121)
第二十二节 色彩学	(126)

第二十三节 国土经济学	(131)
-------------	-------

第三章 学科发展研究报告(2011—2012)简介(英文)

1 Space Science	(139)
2 Geography	(140)
3 Entomology	(143)
4 Ecology	(145)
5 Environmental Science and Technology	(148)
6 Resources Science	(154)
7 Instrumentation Science and Technology	(161)
8 Standardization Science and Technology	(162)
9 Computer Science and Technology	(171)
10 Science and Technology of Surveying & Mapping	(174)
11 Nonferrous Metallurgical Engineering and Technology	(176)
12 Material Corrosion Science	(186)
13 Fishery Science	(188)
14 Horticultural Science	(191)
15 Crop Science	(194)
16 TCM and Chinese Materia Medica	(197)
17 Biomedical Engineering	(200)
18 Acupuncture and Moxibustion	(205)
19 Public Health and Preventive Medicine	(209)
20 Technological Economics	(212)
21 Library Science	(215)
22 Chromatics	(222)
23 Territorial Economics	(225)

附件 2011 年度与学科进展相关的主要科技成果

附件 1 2011 年度国家自然科学奖获奖项目目录	(231)
附件 2 2011 年度国家技术发明奖获奖项目目录(通用项目)	(232)
附件 3 2011 年度国家科学技术进步奖获奖项目目录(通用项目)	(234)
附件 4 2011 年度“中国科学十大进展”	(242)

第一章

学科发展综述

一、引言

学科发展是科学发展和技术进步的重要基础,是国家科技竞争力的重要体现,对于推动科技创新至关重要。为发挥中国科协及所属全国学会作为科学共同体的重要作用,促进学科交叉融合,促进多学科协调发展,促进原始创新,中国科协从2006年起建立了学科发展研究及发布制度。截至2010年,中国科协先后组织87个全国学会开展了84个相关学科的发展研究,其中理科学会26个(占中国科协理科学会总数的61.9%),工科学会37个(占工科学会总数的54.4%),农科学会9个(占农科学会总数的60%),医科学会11个(占医科学会总数的44%),交叉学会3个(占交叉学会总数的10%),另有1个委托学会(中国密码学会)参加本项目的研究活动。5年来,编辑出版系列学科发展报告131卷,发行约30万余册;先后有1.2万名专家学者参与学科发展研讨,6000余位专家学者执笔撰写学科发展报告;已连续5次召开学术建设发布会,发布学科进展研究成果。

学科发展研究及发布从初创到形成规模和特色,力图集成科技共同体的集体智慧,通过研究我国相关学科在研究规模、发展态势、学术影响、重大成果、国际合作等方面的最新进展和发展趋势,服务国家发展战略需求,服务民生和社会需求,促进科技工作者、有关决策部门前瞻思考科技发展大势,统筹谋划学科发展未来,促进相关学科的学术建设。该项目逐步受到科学共同体和政府有关部门的重视,得到国内外相关学术组织的关注,社会影响力日益扩大。

2011年是“十二五”规划开局之年,中国科协组织了23个全国学会,分别对空间科学、地理学(人文-经济地理学)、昆虫学、生态学、环境科学技术、资源科学、仪器科学与技术、标准化科学技术、计算机科学与技术、测绘科学与技术、有色金属冶金工程技术、材料腐蚀、水产学、园艺学、作物学、中医药学、生物医学工程、针灸学、公共卫生与预防医学、技术经济学、图书馆学、色彩学、国土经济学等23个学科近年来取得的重大突破和最新进展开展研究,以此探讨相关学科的发展趋势,把握相关学科的未来发展,推进科学技术进一步发展。

二、相关学科近年来的总体发展状况

(一)自主创新能力得到进一步提升

自主创新是科技发展的灵魂,是国家竞争力的核心,是生产力发展实现质的飞跃的强大支点。提高自主创新能力,对于我国经济社会发展和国家安全具有重要战略意义。近年来,我国瞄准前沿科技领域,充分发挥团队攻关、交叉融合、集群创新等科研优势,高度重视关系国家全局和战略发展的重大科技问题,原始创新、集成创新和关键核心共性技术创新能力得以增强,在以自主创新为特征的空间科学、信息技术、农业科技等领域取得了

一系列重要进展。

随着人类空间活动日益频繁,航天工程和深空探测成为国际重大科技竞争热点领域。近年来,我国在空间天文学、空间物理学、空间生命科学、微重力科学、遥感研究等领域均取得重大进展。以月球科学为例,“嫦娥一号”、“嫦娥二号”探测成果丰硕,探月工程正进入“落”的阶段,实施探月二期和三期工程,加紧载人登月成为重要任务;2012年2月6日,我国发布了“嫦娥二号”月球探测器获得的7米分辨率全月球影像图,这是迄今为止世界上分辨率最高的月球全影像。该影像图总数据量约800GB,影像色彩一致,层次丰富,图像清晰,对深入研究月面细致形态和月球结构,对月球探测与开发将发挥重要作用。近年来,我国的载人航天技术取得跨越式发展,2011年11月3日,“天宫一号”和“神舟八号”成功实现首次交会对接,标志着我国已掌握载人天地往返、航天员出舱活动、交会对接等载人航天三大基本技术,为我国下一步建造空间站、开展大规模空间应用奠定了良好基础。

在仪器科学与技术领域,我国研制成功第一台航空发动机超精密装配/测量专用仪器,该仪器突破了多项关键单元技术,主要技术指标优于国外同类专用测试设备,使我国新一代核心机型发动机整机装配误差在原有基础上减小一个数量级。在测绘科学与技术领域,以地理信息数据获取实时化、处理自动化、服务网络化和应用社会化为标志的信息化测绘体系取得了初步进展。2011年1月正式上线的“天地图”地理信息公共服务平台网站,是目前中国区域内数据资源最全的地理信息服务网站;该网站集成了全球范围1:100万矢量地形数据,500m分辨率和2.5m分辨率以及全国300多个地级以上城市的0.6m分辨率的卫星遥感影像,具备地理信息数据二维、三维浏览,地名搜索定位,距离和面积量算,兴趣点标注,屏幕截图打印等功能。“天地图”彻底改变了中国传统地理信息服务方式,成为互联网地图服务的中国品牌。

计算机科学与技术是知识经济的重要组成部分,也是国家实现现代化、实施信息化的重要科技基石。近年来,我国在高性能计算机系统、下一代互联网技术、网构软件、虚拟现实内核与引擎技术、机器学习协同训练理论等方面取得了重要进展。2009年10月,我国研制成功千万亿次高性能计算机系统“天河”(TH-1)。天河系统峰值速度为每秒1206万亿次双精度浮点运算(1.206PFlops),持续速度为每秒563.1万亿次双精度浮点运算(563.1TFlops),运算速度在2009年11月世界超级计算机TOP500排名中位居亚洲第一、世界第五。2010年8月,升级后的“天河一号”二期系统(TH-1A)峰值速度提升到每秒4700万亿次双精度浮点运算(4.7PFlops),持续速度提升到每秒2566万亿次双精度浮点运算(2.566PFlops),并部分采用了自主研发的飞腾-1000中央处理器,运算速度在2010年11月世界超级计算机TOP500排名中位居世界第一,标志着我国计算机科学与技术的发展达到了新的水平。

农业发展最终要依靠农业科技进步与创新。近年来,我国农业科技在许多领域都取得了重要进展。作物学科通过生命科学与信息学等相关学科的渗透、交融和集成,作物遗传育种理论和方法不断拓展,继而推进转基因、分子标记、细胞工程、分子设计、全基因组选择等现代生物育种技术迅速发展,品种改良取得一大批具有显著应用效益的成果:选育出具有高产稳产、高抗病性的宁粳3号、超级稻新品种C两优87等水稻新品种;选育出的

浚单 29、中单 909、中农大 236、吉单 535 等玉米新品种,具有出籽率高,适应性广,抗病强,亩产超 1100 千克等特性;选育出了济麦 22 等一批高产稳产小麦新品种。

农业资源科学领域研究成功协调作物高产和环境保护的养分综合管理技术,全国 20 个省市 127 个基地的 1517 个小麦、玉米、水稻、蔬菜、果树试验示范结果表明,运用该技术可平均增产 8%、节氮 26%、节磷 20%,提高氮肥利用率 11%,减少氮素损失 47%。在水产科学技术领域,工业化水产养殖、水产育种技术以及远洋渔业开发等均取得重要进展,有力地推进了我国渔业现代化进程,为实现传统渔业向现代渔业转变作出了重要贡献。

生物医学工程是运用现代自然科学和工程技术的原理和方法,从工程学的角度,在多层次上研究人体的结构、功能及其相互关系,揭示其生命现象,为防病、治病提供新的技术手段的一门综合性、高技术学科。近年来,我国生物医学工程在深度和广度方面均取得显著进展:生物电阻抗断层成像技术获得原创性成果,解决了体内弱信号高精度采集、自适应加权阻尼最小二乘方重构算法等关键技术问题;发明电阻抗断层成像系统,并成功应用于颅脑出血性损伤(灵敏度 0.2mL)和缺血性损伤、脑疝预警和腹部脏器(肝、脾、肾、膀胱等)出血性损伤(灵敏度 20~50mL,因脏器而异)治疗;脑-机接口技术是世纪之交兴起的热点科技领域,我国科技工作者发展了基于稳态视觉诱发电位、想象运动和听觉诱发电位的脑-机接口技术,解决了视觉诱发电位、想象运动和听觉诱发电位的个体性问题,研制出可服务于运动障碍残疾人的脑-机接口系统。

保护环境、节约资源,是世界各国共同关心的重大社会经济问题,也是重大的科技研究课题。近年来,我国高度重视环境科学与资源科学技术研究,相关领域的科技进展引人注目。在水环境科学技术领域,有关氮磷深度处理技术、微量有机污染物去除机制、废水生物毒性控制技术的研究均取得突破;污水再生利用技术研究获得快速发展,再生水水质安全评价理论与方法体系初步形成;水环境修复技术、水环境监测与污染源监管技术、水污染应急与风险评估方法等均取得重要进展。在大气环境科学技术领域,有关大气环境监测和探测的关键技术取得重要突破,成功开发了大气污染卫星遥感综合监测系统,自主研发和生产了一系列在线监测技术及仪器,实现了对关键气态污染物、大气颗粒物浓度分布和理化性质的连续、高时间分辨率测量;建立了大气污染联防联控机制,可为重大活动空气质量提供保障。土壤污染与修复领域形成了污染化学、物质输移的界面与生态过程、生态毒性与微生态效应、微生物地理学等环境科学理论创新体系,发展了非均质介质多相流体数值模拟方法、风险暴露及环境风险评估与不确定分析方法和污染控制与修复技术。

水资源学完成了国家科技重大专项河流主题淮河流域水污染治理技术与集成示范项目,突破分布式河流的水质水量耦合模拟技术,攻克多闸坝河流水质水量联合调度技术,建立示范流域水质水量联合调度方案及调度系统平台,最大限度减少示范河流重大水污染事件发生概率。研发出可用于实际生产的海冰重力脱盐和离心脱盐等关键技术、海冰淡化关键设备和设施,在辽东湾和渤海湾现场完成了万方级海冰淡化工程试验;利用海冰和海冰水改良滨海盐碱地和灌溉农作物获得成功,为渤海沿岸地区增加水资源来源和减轻冬季海冰灾害提供了技术支撑。在人文-经济地理学领域,有关特定县市域或具有明显地域特点的中尺度农区农村空心化演化的地域类型、动力机制以及空心村整治潜力评

价与测算技术等问题的探讨取得明显进展,研究提出城镇化引领型、中心村整合型和村内集约型等空心村整治模式,为推进农村土地整治和中心村(社区)建设提供了科学依据。

能源、材料、信息是现代社会的支柱,新材料、信息技术、生物技术是新技术革命的重要标志。材料是人类赖以生存和发展的物质基础,是现代社会经济建设、国防建设的重要发展条件。近年来,我国在材料、冶金及其他工业技术方面都取得了重要进步。在材料腐蚀领域,提出了高温合金通过纳米化实现“自防护”的新概念,解决了传统高温合金防护涂层脆性和涂层与基体合金互扩散形成有害相两大问题;有关薄液膜腐蚀电化学研究,特别是关于非稳态薄液膜腐蚀电化学研究获得若干深入认识,逐渐成为国际上具有重要影响力的研究方向。在有色金属冶金工程技术领域,我国在铝电解技术和理论研究方面均取得重大创新,铝电解节能技术取得突破,新型阴极结构电解槽为我国首创技术,一批节能效果显著的铝电解槽预焙化、大型化及铝电解工业节能等技术已在国内铝电解企业全面推广应用。

(二)基础研究得到进一步加强

近年来,我国相关学科基础研究和前沿技术研究得到进一步加强,原创性重要研究成果不断涌现,在各主要自然科学和技术科学领域中均有重要建树,进一步扩大了在国际学术界的影响。

我国空间科学基础研究取得重要进展,在空间物理学领域,我国实施的“地球双星计划”与欧空局(ESA)的“星簇计划(Cluster)”相配合,对地球空间形成“六点”探测,获得了多空间层次、多时空尺度的科学数据,取得了突破性的科学成就:提出了磁层亚暴“锋面”触发理论,发现了弓激波前太阳风中的“离子空洞”,观测到行星际磁场北向时地球向阳面磁层顶区重联的证据,发现了中性原子源的三维分布和极光图像。

2010年6月至2011年11月,中国航天员科研训练中心(ACC)以1名志愿者和3项科学研究全程参与了俄罗斯生物医学问题研究所(IBM)牵头组织的超大型国际合作——火星500模拟实验。在全程模拟载人火星任务(520天)中,ACC开展了长期密闭环境人体中医辨证、地面模拟环境对近日生物节律与氧化应激的影响、长期密闭环境及不同文化对乘组成员非言语交流的影响研究,取得了大量宝贵资料,提升了中国在航天医学领域的国际地位。

生物科学是研究生物的结构、功能、发生和发展的规律以及生物与周围环境的关系等的学科,一直是国际科学界关注的热点领域。在作物学领域,近两年开展的“黄淮区小麦夏玉米一年两熟丰产高效关键技术研究与应用”、“海河平原小麦玉米两熟丰产高效关键技术创新与应用”研究项目,取得了高产高效生产理论及技术体系研究与应用等作物协调高产高效成果;为确保国家粮食安全、实现新增500亿千克粮食战略目标,近两年加大重大项目实施力度,成功实施了国家粮食丰产科技工程,在粮食主产区的三大平原,以水稻、玉米、三大作物为重点,开展了共性关键技术和区域12省技术集成示范研究,相关技术两年累计应用于3亿多亩农田,增产粮食1000多万吨,增效300多亿元,有效带动了粮食主产省乃至全国粮食生产水平的提高,促进了肥水资源的高效利用。

昆虫与人类的衣食住行密切相关。在昆虫学领域,近年来,我国在害虫成灾机制与防

控理论研究,高效、持久、安全的农业害虫监测预警、应急处理与可持续治理技术体系建立等方面取得了可喜成就,针对转基因作物抗虫性、蝗虫生态学、化石昆虫的研究取得了一些重大发现。例如,“转基因 Bt 棉种植导致次要害虫盲椿象大发生”是全球范围内首次针对转基因 Bt 棉花进行的大规模、长期性的田间研究,为转基因作物的生物安全评价提供了重要支撑。

围绕全球变化与生态系统相关的重大科学问题,我国科技工作者在生态学领域开展了多尺度、多学科的综合研究,在科学发现与机理认识、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取得了重要进展:定量估算了中国陆地生态系统的碳汇,揭示了生态系统碳汇的空间格局及其形成机制,发现了成熟森林土壤能够持续积累有机碳;阐明了人类活动影响下存在着湿地-旱田-水田(人工湿地)-自然湿地双向演替的基本模式,丰富和发展了湿地发育演化的基础理论;阐明了自然和人为干扰体系与物种生活史特性相互作用是热带生物多样性维持的重要机制;提出了草地控制放牧改进的资源限制性模型和健康评价体系,提出了依据生物组织层次构建生态农业基本模式。在海洋生态学领域,研究发现了哲水蚤类在温带陆架边缘海存在的度夏新机制,为物理过程-生物过程的耦合研究提供了成功案例;在景观生态学领域,研究揭示了景观格局演变及其驱动机制的多尺度效应,建立了景观格局分析与自然保护区生态网络优化和城市景观生态安全优化的框架模型,发展了源汇景观学理论,提出了基于格局-过程的景观格局评价方法。

材料腐蚀是材料受周围环境的作用,发生有害的化学变化、电化学变化、物理变化而失去其固有性能的过程。我国近年来在腐蚀电化学、局部腐蚀、高温腐蚀、自然环境腐蚀等基础研究方面取得了较大进展。腐蚀电化学近年来的研究热点主要集中在腐蚀电化学噪声解析、薄液膜腐蚀电化学、纳米尺度腐蚀电化学和新型、极端环境腐蚀电化学等方面,局部腐蚀机理研究热点近年来主要在亚稳态孔蚀行为及小孔腐蚀萌生、发展与再钝化过程的研究方面,应力腐蚀研究热点主要集中在裂纹顶端的力学-化学行为、腐蚀机理和各种新型环境的应力腐蚀等方面。在高温基础研究方面开展了多元合金单一或双氧化剂条件下的氧化机理研究,拓展了经典 Wagner 理论,为合金设计提供了理论指导。

在自然环境腐蚀研究方面,国家材料环境腐蚀野外科学观测研究平台完善了大气、土壤、水环境 28 个国家级腐蚀野外试验站的建设,进行了新中国成立以来最大规模的材料投试,搭建了公益性网络平台——国家材料环境腐蚀数据共享与服务网,积累了大量腐蚀基础数据。在金属材料自然环境腐蚀幂指数规律的建立和金属大气腐蚀初期行为与规律研究方面,有关大气腐蚀初期腐蚀的计算机模拟与仿真研究取得了重要进展;在土壤剥离涂层下金属的腐蚀行为与机理研究方面,有关高强钢在我国典型土壤环境下应力腐蚀机理与规律研究方面取得了重要进展;有关金属材料与涂层在深海环境下的腐蚀失效行为与机理研究取得初步进展,有关典型高分子材料在我国典型环境下的老化规律和机制研究,以及环境老化室内外相关性与服役寿命研究均取得重要进展。

近年来,国家加大了区域性、流域性、复合性、复杂性重大环境问题机理机制研究的支持力度,相关研究揭示了某些污染物的环境行为和污染规律,提高了一些前沿科学基础问题的认识水平。在环境化学领域,有关持久性有机物、药物和个人护理品、纳米颗粒物等方面的研究均取得一定进展,研究尺度分别向微观分子水平、局部地区乃至全球范围延

伸。在环境生物学方面,有关环境微生物多样性、污染控制、废物资源化与能源、生物监测等研究取得重要进展;基因组学技术、宏转录组学及蛋白质组学技术、同位素技术等在各种环境的应用中不断发展;聚合酶式反应技术、生物芯片技术、生物传感器、酶联免疫监测等生物监测技术成为研究热点。环境地学领域侧重重大工程建设的生态环境效应、温室气体排放及污染物在地表环境中迁移、转化、分异研究,重点研究了风险评估与公共安全的环境影响。

中医药学科以发挥优势特色和加强继承创新为主线,以提高防病治病能力和学术水平为中心,以创新人才培养为着力点,努力提高中医药为临床、经济建设等社会需求服务的科技支撑能力,全面推动了中医药学科的蓬勃发展。复方丹参滴丸成功进入美国 FDA III 期临床试验,标志着中药国际化迈出了关键和有力的一步;多学科专家联合开展的关于奥司他韦(达菲)和传统中药汤剂(麻杏石甘汤和银翘散加减方)治疗新型甲型 H1N1 流感的临床研究成果获得国际认可。中国中医科学院研究员屠呦呦因对提取青蒿素有重要贡献,获国际医学大奖——美国拉斯克奖 2011 年临床研究奖,这是至今中国生物医学界获得的世界级最高大奖。

在针灸学领域,针刺镇痛机制研究有了新的突破,系统阐明了针刺引起局部镇痛和全身性镇痛的不同机制,为针刺选穴和刺激强度提供了科学依据;经穴效应特异性的基本规律得到了初步揭示,发现了穴位沉寂与激活的不同状态,证实了经穴对疾病的调整效应和针对性明显优于非穴,开辟了针灸代谢组学研究新领域。

近年来,我国公共卫生与预防医学研究取得巨大进步,疾病预防和控制取得显著成效,特别是在疫苗研制、分离检测与诊断技术、监测技术和能力建设等方面取得了可喜的成果:研制成功乙肝成人无应答人群重组疫苗,在世界上首先完成戊肝疫苗 III 期临床试验;我国高致病性 2 型猪链球菌分离鉴定、检定分型及分子致病机理研究取得重要进展;医院感染监控与预防及其关键技术的研究,为医院感染的快速监测和有效预防提供了系列新技术、新装备和新策略,在突发公共卫生事件防控、环境监测、军事医学等领域具有广阔的应用前景。

在人地关系地域系统研究的统领下,中国的人文-经济地理学发展的一个重要特色路径是:在现实需求中凝练关键科学命题,在解决问题中实现创新并推进学科发展,在学科建设支撑下提升服务国家需求的质量水平。近年来,人文-经济地理学者主持并参与了国家和各级政府编制的各种类型、各种尺度的区域规划或区域发展战略,在服务国家战略需求中,人文-经济地理学在地域功能属性识别与指标体系算法、资源环境承载能力评价、空间结构组织等理论研究方面取得了丰硕成果。人文地理学走向复兴,在理论创新和新兴分支学科发展等方面取得了长足进步,如文化地理学、社会地理学、行为地理学等蓬勃发展;城市地理学日趋成熟,在推动中国城市化健康发展和城市规划理论建设方面发挥了重要作用;农业地理学持续发展,在服务国家和地方经济建设、服务资源高效配置和新农村建设战略决策方面做出了突出贡献;旅游地理学成为中国地理学中发展最快的分支学科之一,特别是在世界遗产保护和申报、旅游标准化建设等学科应用方面成绩显著。

技术经济学近年的进展主要体现在理论和方法的普及和应用上,有关技术进步与经济增长关系、项目评价、技术创新管理、创业管理及技术经济政策研究等方面的研究取得

显著进展。关于技术进步与经济增长的机理研究不断深化,丰富并完善了分析方法体系,开发了适合中国发展实际的纯要素生产率测算模型;项目评价指标体系不断深化和精炼,评价方法不断拓展、完善,为国家重大工程可行性分析提供了依据,基于研究成果开发的《建设项目经济评价方法与参数》(第3版)正式发布,标志着中国特色项目评价走上了更加科学化和规范化的道路;针对中国情景进行了理论发展,提出了全面创新管理、自主创新等理论;创业研究发展迅速,从跟进国际研究进入了整合研究阶段,体现中国情境的创业研究取得进展。

国土经济学是研究国土开发、利用、保护、整治、改造中的经济因素、经济现象和经济问题,探求其经济理论、经济机制与经济手段的学科。近年来,国土经济的内涵不断丰富和拓展,学科体系日益完善,理论支撑和方法建设不断增强;对国土功能与特征的认识不断深化,特别是有关国土空间经济分析理论与方法、国土规划理论与方法、国土开发理论与方法和国土安全评价理论与方法,以及绿色和低碳国土建设理论与实践等方面的研究,取得了不同程度的进展,为国土开发、利用、保护的整治等重大国土活动,提供了重要的理论与方法上的支撑。例如,国土经济学为《全国国土规划纲要》的编制提供了理论和方法支撑;中国国土经济学会倡导并推动的低碳国土实验区建设,列入国务院新闻办公室发布的《中国应对气候变化的政策与行动(2011)》白皮书;国土资源规制概念与理解的系统阐述,丰富了国土资源管理的内涵与手段。

色彩学学科是一个典型的跨界交叉型的学科群。在色彩科学与技术领域,经过多年的研发,中国学者吸取已有色彩体系的优点,以中国人视觉经验数据为基础,成功建立了中国纺织服装行业的色彩通用语——CNCSCOLOR 颜色体系,为我国纺织与纺织领域色彩表达的标准化奠定了基础。城市色彩规划理论和实践方法体系的创立,为我国城市色彩营造与管理实践提供了科学依据。

标准化科学技术是一门典型的新兴交叉学科。随着我国加入 WTO 和信息通信技术的发展,该学科已成为支撑我国国民经济发展的重要学科,近年来在学科基础理论研究、跨学科研究等方面都取得了新的成果,其理论建设的发展尤为突出。《标准化概论》(第5版)的发布,其“综合标准化”和“按制定标准的宗旨对标准进行分类”的理论思想将标准化理论提升到了新的水平。

(三)应用研究支撑效应显著

应用研究围绕制约我国产业升级的核心技术、关键技术和共性技术努力攻关,重视高新技术的应用和向自动化智能化转型,更加密切围绕国家经济发展的重大需求,更加注重科技与经济的结合,尤其是在解决诸如农业科技、能源及资源、医药与健康、先进材料、环境生态等关系到国家经济可持续发展和科技惠及民生等重大问题方面,正逐步发挥着越来越重要的作用。

仪器科学与技术领域研究完成了交流高频大电流国家基准的建立,主要解决了航空、航天、航海等装备所配置电子设备的交流高频大电流的溯源和现场校准问题;在国际上首次利用互感器方案实现了交流高频大电流国家基准的建立,实现了交流大电流在1安培时直接溯源至自主研发的国家标准,量值传递过程仅为简单的4步,相比国际上的13步

极大地降低了传递过程的不确定度积累;解决了国际上一直未能解决的电流引起电阻发热对误差影响的技术难题。

全球定位系统对国计民生和国家安全有着极为重要的作用。北斗导航卫星系统是中国正在实施、独立运行的全球导航卫星系统,2011年年底开始试运行服务,2012年2月25日成功发射第11颗卫星,并将建成由多颗组网导航卫星构建成的北斗区域导航卫星系统;已具备覆盖亚太地区的定位、导航、授时以及短报文、通信服务能力,可满足测绘、渔业、交通、气象、电信、水利等行业以及公众用户的应用需求;至2020年将建成由5颗静止轨道卫星和30颗非静止轨道卫星组成的覆盖全球的北斗导航卫星系统。

2010年8月24日,中国高分辨率立体测绘卫星——“天绘一号”测绘卫星发射成功,主要用于众多领域的科学研究以及国土资源普查、地图测绘等科学试验任务。2012年1月9日,中国自主研发的民用高分辨率立体测绘卫星“资源三号”发射成功,实现了1:50000立体测图和1:25000更大比例尺的基础地理信息更新,可满足测绘及国民经济各领域对基础地理信息产品的应用需求。

为应对全球气候变化和减少能源消耗,我国有色金属冶金科技工作者开展了富氧底吹高效铜冶炼产业化研究与开发,通过对配料、渣型和氧浓度进行系统的研究优化及工业试验,使能耗降至同行业最低,实现了低碳炼铜。通过两年多的工业试验和生产,年处理量50万吨矿,各项技术经济指标达到了世界先进水平。

从人口、资源、环境与发展的基本关系来看,中国可持续发展的资源环境基础与承载能力研究、世界自然资源态势与国家战略性资源安全研究、国土资源优化配置及其高效利用研究、自然资源开发利用的生态环境效应与社会经济效应,必然是国家对自然资源综合研究领域的重大战略需求。

图书馆是我国公共文化服务体系的重要组成部分。图书馆学是管理科学与信息科学的交叉学科。2009年以来,图书馆学领域的专家学者一方面紧跟学科发展国际前沿,另一方面密切结合我国图书馆事业发展实际开展研究,在图书馆法制建设、知识产权保护、公共图书馆服务模式、数字资源长期保存、机构知识库、知识组织、语义检索、信息可视化、公共图书馆免费服务、学科馆员、用户信息需求行为分析、智能图书馆和手机图书馆建设等方面取得了较大进展,取得了《公共图书馆法》、《公共图书馆服务标准》、《中国图书馆分类法》(第5版)等法律法规支撑研究系列成果。

三、学科发展的趋势及特点

(一) 交叉融合是学科发展的历史必然

科学技术在人类社会的进步及发展中,发挥着不可估量的作用。人类社会面临的重大的科技问题愈来愈趋向综合化、复杂化,多学科的联合攻关、跨学科的融合创新成为解决重大科技问题行之有效的方法和途径。学科与学科之间、科学与技术之间、自然科学与人文社会科学之间的交叉、渗透、融合,成为学科发展的必然趋势。

从本次发布的空间科学等23个学科进展情况看,很多重大科技突破来自于学科的综合交叉融合。例如,空间科学涉及天文学、物理学、化学、生命科学、气象学、大气科学、材

料科学等众多学科领域,“嫦娥一号”和“嫦娥二号”探测获得的重要科技成果、“天宫一号”和“神舟八号”的成功交会对接,无一不是基于涉及空间天文学、空间物理学、空间生命科学、微重力科学、遥感研究等基础研究和应用研究方面取得的重大进展,得益于众多学科的综合进步。材料腐蚀学科是材料科学、化学、电化学、物理学、表面科学和环境科学等多学科交叉渗透的学科,这些学科的进一步发展及与渗透促进了材料腐蚀学科基础理论的发展。在生态学前沿,以全球变化与生态健康为切入点,通过多学科、多尺度的整合研究,阐明了全球变化与生态系统的响应与适应规律,完善了生态系统长期研究网络的基础平台,发展了多尺度、多过程的系统模拟与多源数据整合分析方法,提高了生态系统对全球变化响应的科学预测能力,加深了对未来生态系统变化不确定性的认识,提出了全球变化的生态系统适应管理对策。

针对复杂的自然过程及重大的资源、环境、生态问题,环境科学技术学科不断加强学科间的交叉、渗透和综合集成,并与社会经济发展、城镇建设、资源开发等经济活动紧密结合。目前,环境伦理、环境权益、公共服务等成为环境科学的重点领域;环境科学研究的对象与方法除了传统自然科学的监测、实验、模拟和实证方法外,已经出现与更多社会学、心理学和经济学的思想与方法进行跨学科交叉与融合的趋势。通过近年来的努力,分子技术、生物技术、信息技术等在环境领域的应用不断拓宽和深入,使环境科研与高技术发展融为一体。

学科交叉融合的趋势进一步加快,也推动着新兴学科、交叉学科不断涌现,呈现新技术革命与新科学革命相伴互动、多点突破的发展态势。例如,近年来快速发展的生物医学工程就是运用现代自然科学和工程技术的原理和方法,从工程学的角度,为防病、治病提供新的技术手段的一门综合性、高技术学科。人文-经济地理学、资源科学与生态学、环境科学、国土经济学等在研究内容和研究方法等方面也相互影响、相互促进。多学科交叉结合的趋势不断增强,与社会科学和经济科学相融合的态势日益显著。近年来信息科学对其他学科显示出越来越强大的渗透力,例如作物遗传育种的重要成果就是通过生命科学与信息科学等相关学科的渗透、交叉和集成而取得的;公共卫生和预防医学等领域通过与信息科学的渗透、交叉和集成,拓展了本研究领域的理论和方法,相关技术迅速发展。同时,这些学科的新突破也促进了信息科学的进一步发展。

因此,在相关领域的交叉点上加强前期研究,能够更有效地趋向于学科未来发展的方向,从而及早布局,抓住新机遇,实现学科的跨越式发展。

(二) 国家战略和社会需求是学科发展的原始动力

重大科技研发成果可以产生重大的社会效益和经济效益,对国计民生发挥重要支撑作用;而人类社会和经济发展的强烈需求,又对科技与学科的发展形成强大的推动力量。瞄准国家经济和社会发展的重大需求,重视科学研究与技术开发、产业进步的结合,有助于找准和凝练重大科技课题,在解决诸如国家安全、能源资源、农业生产、医药健康、环境生态、气候变化等重大问题方面发挥着重要作用,提高了各学科对国家经济和社会发展的支撑能力,以此切实促进学科的快速的发展。

例如,作物学领域服务于国家粮食安全的需要,在作物种质资源创新、新品种选育和

栽培技术方面取得了一系列高水平的研究成果,为我国粮食实现半个世纪以来首次“八连增”、粮食总产量首次突破 5.7 亿吨作出了重要贡献。为应对全球气候变化和减少能源消耗,有色金属冶金工程技术领域开展了富氧底吹高效铜冶炼产业化研究与开发,通过对配料、渣型和氧浓度进行系统的研究优化及工业试验,使能耗降至同行业最低,实现了低碳炼铜,相关的技术经济指标达到了世界先进水平。人文-经济地理学领域完成了“全国主体功能区划”、“汶川、玉树、舟曲灾后重建规划——资源环境承载能力评价”等工作,在服务国家重大战略需求中发挥了科技支撑作用。为了保证我国中医药学在国际上的话语权,使我国在未来中医药产业国际化发展中把握主动权,我国积极推进并促使国际标准化组织(ISO)中医药技术委员会(TC249)成立,且秘书处设在中国。由我国倡议的《针灸针》国际标准研制,已经进入 ISO 的标准制定程序。2010 年 11 月 16 日,“中医针灸”被列入联合国教科文组织《人类非物质文化遗产代表作名录》,极大地提高了我国传统文化的国际地位,为中华民族与世界多元化文化的交流提供了更广阔的平台。

由此可见,注重以国家战略和社会需求为牵引,注重科技与经济的结合,学科就能在解决经济社会可持续发展和有关科技惠及民生等重大问题方面发挥更加重要的作用。

(三) 强化基础研究是学科发展的战略关键

基础研究是科学之本、技术之源,是国家综合国力竞争的重要前沿。加强基础研究对于提升各学科的原始创新能力和长远发展能力具有重要意义。

近年来,我国相关学科基础研究的重要进展对学科创新起到了重要的促进作用。例如,基因组学是进行生物遗传、生理、进化及病理等研究的重要基础。我国在黄瓜、白菜、马铃薯等蔬菜作物,人参、金蝉花等珍稀中药材,鹅、朱鹮、鲤鱼、石斑鱼等动物全基因组测序研究中取得重大进展。在园艺学领域,绘制了这些作物的全基因组精细图谱,将全基因组编码基因定位在染色体上,并在此基础上研究解决了葫芦科植物染色体进化的难题,揭示了马铃薯自交衰退的基因组学基础,发现了薯块生长发育和抗性重要基因。作物学科先后选育出了一批具有高产稳产、高抗病性水稻新品种和小麦新品种。

因此,把前瞻部署基础研究作为学科长远发展的关键,加大对基础研究的投入,建设基础研究人才队伍,构建有利于促进基础研究的学术评价体系和学术环境,能够更有效地引领我国基础研究方向,更好地发挥基础研究对学科发展的支撑引领作用。

(四) 创新人才队伍建设是学科发展的智力支撑

人才资源是第一资源,把创新型人才队伍建设作为学科建设的重要内容,优化创新人才的培养体制和机制,营造良好的人才成长环境,造就高水平、高质量的创新型人才团队,能够为学科发展提供强大的支撑。

例如,空间科学领域众多突破性的科学成就都与创新人才团队密切相关。“双星与星簇计划”通过对地球空间形成“六点”探测,获得了多空间层次、多时空尺度的科学数据,取得了重大研究成果,与此相应,空间物理学研究团队因此荣获国际宇航科学院“2010 年度杰出团队成就奖”,产生了较大的国际影响。人文-经济地理研究团队承担了全国主体功能区划的科学研究基础工作,为我国构筑合理的国土空间开发模式、形成协调可持续的

区域发展格局提供了科学基础。该团队的一些政策建议,已成功转变为国家重大计划和重大行动。由此可见,一个学科或专业领域,只有根据创新人才的成长和发展规律,完善人才制度和保障措施,激发人才的创造激情和创新活力,统筹构建高素质、多层次的人才队伍,才能保证学科的长远发展。

学科纵深分割、不断细化是现代科技不断发展的规律之一,但零散的、人为切割的学科也给科技创新带来了许多阻碍。从经济社会的发展和科技进步的要求看,那些在本学科领域里有较深的造诣,对其他学科领域的知识体系、基本理论、基本方法也有较深的了解和研究,能把握学科之间的内在联系,充分发挥不同知识体系之间相互促进作用的跨学科人才,在快速整合知识储备、迅速完善知识结构、解决复杂问题、开拓新的发展领域方面,具有明显的优势。因此,各学科应在创新人才培养方面进行组织创新和变革,通过建立良好的富有活力的新型学科教育研究组织体系,大量培养具有跨学科知识结构的创新人才。

四、对未来学科发展的理性思考

对空间科学等 23 个学科的发展趋势进行深入分析,我们可以得出以下三点启示。

1. 重视超前研究学科发展演化规律

进入 21 世纪,我国逐年加大科技投入,学科发展进入了快车道,不断取得重要进展,部分学科领域已出现领先的势头。但是也应该看到,和发达国家相比,我国大多数学科的发展水平还有较大的差距,尚处于“跟踪研究”状态。要尽快摆脱“跟踪”,进入“引领”,促进学科自主创新、加速发展,需要更加重视学科发展规律的超前研究,在尊重学科发展演变延续性的基础上,强调学科发展的前瞻性,通过揭示学科发展的内在规律和文化特征,确实明确学科发展的方向和趋势,瞄准前沿,提前部署,提升学科顶层设计、战略谋划的能力,切实做好学科发展统筹规划,促进形成更为科学合理的学科布局,使学科建设的目标更加明确、部署更加清晰,构建与创新型国家相适应的学科发展体系,有效促进学科的快速发展。

2. 以问题为导向促进学科交叉融合

多学科交叉融合是现代科技发展的大趋势,但是,学科交叉融合并不是简单地通过将相近学科领域的科研资源进行硬性“捏合”来实现的,在解决科技发展前沿问题以及影响国家经济进步、社会可持续发展的重大问题过程中,相关学科的各类资源会以多种方式实现有机整合,在逐步交叉、渗透与集成的基础上,产生新的生长点,萌芽新学科。同时,解决问题的过程,也是自主创新的过程。相关学科的交叉融合,能够进一步促进原始创新和集成创新,从而获得更多的科学发现和重大的技术发明,形成更具竞争力的产品和产业,由此不断提高自主创新能力。

3. 对知识体系深入分析以推进学科变革

每个学科都经历了不同的形成、整合和体制化过程,形成了具有学科特色的研究内容和知识体系,都有内在的演进逻辑和发展规律。近年来,随着科技进步不断加速,学科发展日益加快,交叉融合逐步加强,各门学科都在寻求新的突破点,扩展自身的研究领域和

范围。学科核心知识的个性特征不断变化,知识体系的结构、内涵随之复杂化,一些学科出现了界限不清、内容重复的现象。系统、深入地分析和研究现有学科知识体系,明晰相关学科之间的关系,强化交叉性知识的研究和积累,确定学科的对象、范畴和发挥作用的领域,重新构建学科知识体系,使其内部结构更趋合理,文化特征更具特色,发展方向更加清晰,自身优势更加明显,从而推进学科理性发展和变革,强化推动新兴学科萌芽、促进优势学科发展的内在动力,进一步凝聚研究力量,在重点方向和关键领域取得新的突破。

五、结 语

当今世界已进入前所未有的知识创新密集时代,创新要素和创新资源在全球范围内加速流动,新思维、新理念、新发现、新创造推动着科学技术的迅猛发展,新兴学科、交叉学科不断涌现,新的技术群和新的产业群蓬勃兴起。科学技术从宏观和微观两个尺度上大大提高了人类认识和改造物质世界的能力,反过来促进科学技术孕育新的突破,继而不断推动社会前进。作为国家创新体系的重要组成部分,中国科协及其所属全国学会在我国创新型国家建设及和谐社会建设中,肩负着重要的使命与责任。我们将一如既往地围绕国家经济社会发展需求和战略性新兴产业发展要求,瞄准世界科技前沿,立足自主创新发展,发挥科技共同体的组织和人才优势,积极开展学科发展研究,不断推动学科建设,努力促进我国在科技领域整体水平提升,不断增强我国在科技领域的国际竞争力,让科技更好地造福人类、造福未来。

第二章

相关学科进展与趋势

第一节 空间科学

一、引言

人类空间活动日益频繁,国际空间科学有了重大发展。空间天文观测革新了人类对宇宙的认识,使宇宙学进入了精确科学时代。如今,人类有能力将太阳系作为一个有机整体进行多个卫星的联合探测。在月球和行星探测方面都有了新进展,相继发现了太阳系天体存在的新现象。此外,在微重力科学方面,目前主要利用国际空间站(ISS)进行多类科学研究。

我国的空间科学也具有重大进展。在空间天文学领域新开展了4项具有重大意义的研究。特别是,空间物理学取得了的重大成就,其中地球空间探测双星的科学成果荣获了国家、国际成就奖,在理论上进入了国际研究前沿领域。并且,月球科学有了新进展,“嫦娥一号”卫星、“嫦娥二号”卫星的探测已获得了一流的科学成果;探月工程正进入“落”的阶段。此外,我国载人航天也取得了跨越式的发展。

今后几年,空间天文学主要向加强暗物质等探测方向发展;空间物理学主要为适应国家的战略需求,加强日地空间环境研究,提高航天活动安全保障能力;继续实施探月二期和三期工程,并加紧载人登月的论证。

二、本学科在国内的最新进展

(一)空间天文学最新进展

正在研制的硬X射线调制望远镜(HXMT),实现宽波段X射线扫描巡天,探测超大质量黑洞和未知类型天体;定点观测致密天体和黑洞强引力场中动力学效应和高能辐射过程等。中法合作研制的空间变源监视器卫星(SVOM),具有捕捉到更高红移的伽马暴的能力;作为最遥远宇宙的探针,研究宇宙的演化以及暗能量,并对发现新类型的伽马暴具有重要意义。正在研制的伽马射线偏振探测器(POLAR)将搭载天宫-2号在2014年发射;伽马暴的偏振被认为是伽马暴的最后一个观测量。暗物质粒子探测卫星进入研制阶段,卫星观测能段、能量超过国际上所有同类探测器;在暗物质探测和宇宙线物理这两大科学难题上将可能取得突破。

(二)空间物理学最新进展

目前,运行在近地磁层活动区的双星由于获得多空间层次、多时空尺度的科学数据,从而获得了突破性的成果;空间物理学的新理论、新发现包括磁层亚暴“锋面”触发理论等,并且发现了弓激波前太阳风中的“离子空洞”、行星际磁场北向时向阳面磁层顶区的“磁场重联”、向阳面磁层顶区日下点附近和高纬度区同时发生“分量重联和反平行重联”,以及中性原子源的三维分布和极光图像等。

到目前为止,我国共获得了 480G 的数据,并在两个顶级国际核心期刊 *Annales Geophysicae* 和 *J. Geophysical Research* 上各出版成果专刊一期。因此,获得了 2010 年度国家科学技术进步奖一等奖,并且与“星簇”计划共同获国际宇航科学院 2010 年度杰出团队成就奖,这是国际航天领域很高的荣誉奖,也是中国第一次获此殊荣。

同时,由汤姆森科技信息集团(总部设于美国,系全球科技信息服务企业领导者)发布的 22 个主要科研领域全球上升最快的研究机构“新星”(rising stars)名录中,中国在空间科学领域中的研究机构被评为最新的全球科研机构“新星”。

“夸父”计划的科学目标是要实现全面探测太阳风暴和极光。由 3 颗卫星组成的空间观测系统已列入了中国科学院战略性先导科技专项。

磁层、电离层、热层(MIT)耦合星座探测是利用小卫星星座系统进行探测的计划,也是国际上首个把 MIT 作为一个整体来探测的计划。

子午工程——东半球空间环境地基综合监测子午链——已开始运行。这是国家重大科学工程系统:沿东半球 120°E 子午线附近,共有 15 个观测台站,这是联合运作的大型空间环境地基监测系统。

同时,在理论上的重大进展还包括:开展了太阳大气磁天气过程、太阳风的起源和加速机制等 10 项研究。这些都产生了有国际重要影响的工作,进入了国际研究前沿行列。

(三)月球科学和比较行星学最新进展

1. 月球科学新进展

月球探测工程分三个阶段实施,即绕、落、回。目前,工程正进入“落”的阶段。“嫦娥一号”的科学探测数据已提供给了国内外的科学家,我国已研究获得一流的科学成果。

2011 年,我国“嫦娥二号”探测获重大成就,其中获 7 米分辨率全月球影像图是迄今为止世界上分辨率最高的月球全影像。这一成果的获得是我国深空探测事业所取得的一项重大的里程碑式的成果,标志着我国空间科学技术的发展达到了一个新的水平。

7 米分辨率全月球影像图是开展月球科学研究的一个基础图件和资料,通过这一基础图件可以发现在低分辨率图像中不可能发现的新的断裂、火山口或者其内部的细致结构,这些新现象、新结构的发现将为月球科学的研究打开新的窗口。首先,可以开展更加精细的月球构造及其演化的研究,其主要表现在两个方面:一是对于月球构造本身,无论是线性构造还是环形构造,高分辨率图像的应用都可以会获得在低分辨率图像下无法看到的很多细节,进而提高对构造内部结构研究深度;二是高分辨率图像的应用将识别出更多的月面撞击坑,可以增加统计样本,从而获得更为精细的年代学数据,为月球构造演化的研究提供时间标尺。同时,还可以为后续工程的实施提供基础数据,而高分辨率的图像数据是后续月球探测工程实施的基本素材。

目前,“嫦娥二号”卫星离开月球飞向离地球 150 万千米的拉格朗日点。我国正在研制月球车载红外光谱仪,在可见近红外、短波红外谱段,对软着陆区和巡视区的月壤、月岩、矿物及有用资源进行高分辨率成像光谱就位探测。

2. 火星探测现状

搭载中国首个火星探测器“萤火一号”的俄“福布斯-土壤”探测器,于 2011 年 11 月 9

日从哈萨克斯坦境内的拜科努尔发射场升空。在同运载火箭分离后,该探测器因其主发动机未能启动而无法实现变轨,至今仍滞留在近地轨道。目前,俄方航天专家已经放弃了接收该探测器遥感信号的努力。新观测结果表明,这颗航天器将于 2012 年 1~2 月间坠落于地球。

原火星探测计划包括:①探测火星的空间磁场、电离层和粒子分布及其变化规律;②探测火星大气离子逃逸率;③探测火星地形、地貌、气候变化与沙尘暴;④探测火星赤道附近的重力场。

(四)空间生命科学最新进展

在“实践 10 号”上,一批生命科学实验已进行;与德国合作利用“神舟八号”(“神八”)飞船启动了一批“空间生物学效应研究”项目。我国载人航天取得了跨越式的发展,“神五”、“神六”、“神七”先后 3 次完成了载人飞行并实现了出舱活动。

(1)失重生理效应及防护措施研究:空间环境的生理适应已有许多研究,但其发生机理以及对航天员完成任务能力的影响尚不清晰。头低位人体卧床实验是在地面开展失重生理学效应研究的有效手段。中国航天员科研训练中心进行了 60 天头低位卧床大型综合实验,开展对学习、记忆能力影响的实验。另外,中药对抗失重生理效应的作用也得到了广泛研究。

(2)空间细胞分子生物学研究:对不同类型、形式的细胞,空间环境的细胞学效应及机制研究,最新的研究已经从 miRNA 水平来探索骨丢失变化中的分子机制。在启动子水平上,研究了重力因素对骨髓间质干细胞心肌向分化的影响,证明了超重可提高骨髓间质干细胞修复受损心肌并同宿主心肌组织整合的能力。

(五)微重力科学最新进展

在空间基础物理方面进行引力物理空间研究的空间陀螺-加速度计等效原理实验概念研究,在空间冷原子干涉仪方面进行了大量的前期工作。

在“实践 10 号”科学实验卫星上,对应于星上的 20 个有效载荷有 20 项科学实验项目。

(六)遥感研究新进展

我国空间遥感技术研究,主要建立了高分辨率卫星遥感系统、航空遥感系统和无人机遥感系统。其目标是探索地球系统观测与分析的新理论、新方法和新技术,为地球科学的基础研究提高新的途径和手段。

三、本学科国际发展态势

(一)国际空间天文学态势

目前,运行的 21 颗天文卫星,获得了重大进展,其中以 WMAP、Spitzer、Hubble、Chandra 和 Fermi 5 颗为代表来阐明其新发现:

(1) 威尔金森微波各向异性探测卫星(WMAP)对宇宙学的测量,革新了对宇宙的认识,使宇宙学进入精确科学时代,引用最高的3篇论文都与此有关。

(2) 斯皮策空间望远镜(Spitzer)与 WMAP、Spitzer、Hubble、Chandra 一起称为 NASA 4 个巨型天文台,它们对了解星系和宇宙的起源有着重要意义,开辟了红外观测新时代。

(3) 哈勃空间望远镜(Hubble)的重大发现。在庆祝哈勃望远镜 20 周年时,评出了 5 项重要成果:①测量宇宙年龄 137 ± 2 亿年;②发现星系的中心普遍存在超大质量黑洞;③完善了行星形成的链条,解决了行星形成的关键问题;④在系外行星中发现了有机分子;⑤发现暗能量存在的证据。

(4) 钱德拉 X 射线天文台(Chandra)9 项重大成果:①发现脉冲星的高能粒子环和喷流;②年轻的类太阳恒星的活动;③发现新星遗迹中的激波与周围物质的相互作用;④发现了质量最大的恒星级黑洞;⑤发现了银河系中心黑洞 Sgr A* 的 X 射线耀发;⑥发现双黑洞;⑦探测到黑洞活动对星系团的影响;⑧发现了大批被尘埃遮挡的黑洞;⑨发现暗物质存在的直接证明。

(5) 费米伽马射线空间望远镜(Fermi)5 项重要发现:①探测到伽马射线脉冲星达 83 颗;②发现弥散伽马射线辐射;③发现新的 GeV 伽马射线辐射天体;④发现伽马射线暴;⑤发现蟹状星云出现 MeV 耀发。

(二) 国际空间物理学态势

1. 太阳系多个卫星联合探测

人类将太阳—太阳系作为一个有机整体来研究,进行多个卫星联合探测。

(1) 太阳—行星际探测:① Hinode 卫星拍摄到了太阳表面存在两个冕洞;② 日地关系观测台(STEREO)拍摄到太阳的三维图像;③ 拍摄到完整的太阳背面图像,这在地球上看不见。

(2) 地基观测的发展:地基探测具有“5C”(连续、方便、可控、可信和便宜)的优越性。加拿大提出地球空间监测计划,美国提出了可移动雷达计划。

2. 空间物理学的发展

(1) 日冕—行星际研究;

(2) 日球物理学研究,包括磁层物理学、电离层物理学以及中、高层大气物理学。进一步地开展日地系统整体联系过程的研究,并延拓为太阳—太阳系整体研究。

中国正在地球空间运行的双星计划、正在实施的“夸父”(KuaFu)计划和磁层-电离层-热层(MIT)耦合计划以及子午工程,也是将天基和地基监测系统有机地结合,以形成从太阳到近地空间的“无缝隙”的综合监测体系,从而探测区域向空间天气的源头——太阳不断逼近,有利于认识太阳活动物理过程和影响。只有形成从太阳、行星际传播到地球空间响应的整体观测,才能深入地揭示其物理过程的本质。

(三) 国际月球科学和比较行星学态势

美国、欧盟相继发现月球、火星、木卫二、土卫六等太阳系天体存在大量的水或地下水

洋,并在火星上发现甲烷(CH₄)。

(1)陨石研究领域:①研究热点是前太阳物质;②火星和月球陨石等特殊类型研究;③模拟实验与自然陨石对比研究。

(2)在月球上,两极月壤里存在水冰,通过多种方法确认其确实存在。

(3)在火星上存在冰源,在继“火星快车”发现火星上过去的水流、水冰之后,NASA火星侦察轨道器证实火星上存在巨大的地下冰源。

(四)国际空间生命科学态势

NASA 公布了宇宙生物学路线图,选择了三方面的基本问题;设置了了解宇宙中天然生存环境的分布、探测过去或现在的任何可生存环境、了解生命是如何从宇宙和行星早期发生等 7 大问题。

(1)行星及其卫星生命现象探索:NASA 宣布在火星大气中发现甲烷(CH₄),火星依然活跃。①木卫二(Europa)上厚厚的冰层下存在液态海洋,可能存在高智能生命;②类地球的土卫六(Titan)环境的化学特征非常接近于生命最初形成的早期地球,并拍摄到北半球有液体的反光迹象。

(2)估计宇宙中可能有生命的天体超过 1020 个。太阳系外类地星体生命环境的发现:首次在太阳系外发现了一颗可能适合人类居住的围绕红矮星 Gliese 581 的行星 C 之后,预计可以发现 50 颗以上的地球尺度的行星。

(3)各航天大国将载人探测直指火星。长期飞行环境的生理心理效应、潜在医学风险和先进防护措施成为迫切问题。国际空间站作为实验室已进行了 24 项研究。

(五)国际微重力科学新进展

微重力科学利用国际空间站(ISS)已进入新的全面使用阶段。在微重力流体物理、微重力燃烧、空间材料科学等方面都有新的进展;在空间基础物理研究方面,引力波探测、冷原子物理空间计划、凝聚态物理空间计划都有新的进展。新兴研究包含尘埃等离子体的聚集与相变、胶体晶体的相变等。

(六)国外遥感研究态势

国外遥感研究重点包括:①高分辨率卫星遥感系统;②无人机遥感系统。美国有“全球鹰”等 57 个类型。

四、本学科发展趋势

(一)我国空间天文学发展趋势

1. 天体 X 射线时变特性研究

硬 X 射线调制望远镜(HXMT)卫星的目标之一是对黑洞和中子星 X 射线双星系统的光变研究。我国提出了“X 射线时变和偏振探测卫星(XTP)”概念,以实现基本物理和天体物理研究的突破。

2. X 射线偏振观测

基于新原理,我国提出 X 射线偏振探测器,能测量宇宙极端物理条件下 X 射线辐射中的偏振效应,验证广义相对论效应等。

3. 空间暗物质探测

宇宙由 23% 的暗物质、73% 的暗能量和 4% 的普通物质组成。标准模型只能解释其中的 4%。我国提出了基于光纤加 ICCD 读出的新型空间暗物质探测方案。

(二) 我国空间物理学发展趋势

1. 适应国家的战略需求

(1) 加强空间物理学的前沿研究,了解太阳系的空间状态、基本过程和变化规律;

(2) 满足国家对应用卫星、载人航天、嫦娥工程等安全的迫切需求,提高对空间环境保障的能力。

2. 空间物理学的优先发展领域

(1) 发展方向:日冕物理学、日球物理学、磁层物理学、电离层物理学、中高层大气物理学和行星空间物理学;

(2) 优先领域:日地空间环境与空间天气领域是优先领域;

(3) 长期目标:在日地系统不同空间层次的物理过程、空间天气过程研究中,取得原创性进展。

3. 空间物理学发展战略构想

其发展战略思想为面向科技前沿、国家重大需求。为此,要建立空间物理学探测系列卫星计划;建设空间环境地基综合观测网,包括:

(1) 部署一个重大科学研究专项计划;

(2) 建设数字化近地空间保障平台;

(3) 实现我国率先提出的国际子午圈计划。

(三) 我国月球科学和比较行星学发展趋势

人类已经向太阳系内所有 8 大行星和矮行星都发射了探测器。相形之下,我国存在着明显的差距。虽然我国的航天技术发展迅速,但在深空探测领域仍处于起步阶段,无论在探测技术还是科学基础上,都与发达国家存在着较大的差距。“嫦娥一号”月球探测卫星虽是我国首个深空探测航天器,但与国外相比,在整星质量、载荷比例、载荷的技术水平、小型集成度以及在地面测控等方面,还存在着一定差距。

因此,需要加强陨石学的研究,包括陨石收集、天体化学研究以及火星陨石和月球陨石及类地行星的演化等研究。重点发展月球科学,加紧探月二期、三期工程的实施,制定深空探测发展战略。同时,需进一步开展了火星探测与比较行星学的研究。

载人登月的研究与论证:要开展载人探月可行性和必要性等研究,特别是中国科学院发布了《创新 2050:科学技术与中国的未来》丛书。预计在 2030 年,中国要实现载人

登月。

(四) 我国空间生命科学发展趋势

在空间进行基础生物学研究,包括:①空间生物学效应;②航天医学和生理学;③地基或地外星球的受控生态生命支持系统与生物安全监控,并研究火星“地球化”途径。

研究生命的起源和演化:①地球极端环境中的生命现象与形式;②地基模拟极端环境中生物大分子的生成及生命形式;③地基研究生物细胞的构建、分化与发育构成;④生物对地外环境的适应性。

此外,积极开展国际合作空间计划,探索和发现太阳系外恒星和探索地外可能存在生命的类地行星。2015年前,我国将再陆续发射“天宫二号”、“天宫三号”空间实验室。要将航天医学空间实验和地基研究更好地结合起来,促进基础理论不断深入。目前,我国载人空间站已经进入实施初期阶段,航天医学有望进入加速发展期,包括载人登月关键医学研究等。

(五) 我国微重力科学发展趋势

今后要加强微重力流体物理、燃烧前沿课题和空间基础物理科学前沿研究;搭载“实践10号”,进行微重力科学实验;实施我国“载人空间站工程”的微重力科学研究计划。

第二节 地理学(人文-经济地理学)

一、引言

在中国人文-经济地理学发展历程中,过去五年是最好的发展时期之一。人文-经济地理学是研究人类生活和生产活动在地球表层的分布及其演变规律的科学。在学科自身发展动力的牵引下,在旺盛的现实社会需求拉动下,在GIS等现代技术方法的支撑下,近年来,中国人文-经济地理学步入了一个重要的发展阶段,已经发展成为一门以交叉科学为学科性质,在地球系统科学中以研究自然圈层和人文圈层相互作用为科学命题,以解决地球表层不同空间尺度的可持续发展问题为应用目标的一门经世致用的学科。

二、近年来本学科研究最新进展

(一) 交叉学科的定位和应用基础研究的价值进一步明确

随着全球可持续发展问题的日益严峻以及地球系统科学的兴起与壮大,人文-经济地理学在地球科学体系中以研究地表各种自然圈层同人文圈层之间相互作用的交叉学科的定位被证明是合理的。与资源、生态、环境等自然科学相结合的趋势不断增强,与社会科学和经济科学相融合的态势日益显著,人文-经济地理学作为自然与社会相结合的综合性的研究学科的特点成为学科生存和发展的价值所在。人文-经济地理学在近年的应用领域

不断拓展,作为应用基础学科的价值得到比较充分地体现。基于社会经济发 展的地学基础及其资源环境效应,通过直接应用实践的方式开展了大量的不同地域空间尺度、不同部门和领域的发展状态诊断、演变过程解析、战略前景预测以及规划政策研制等应用基础研究。

(二)“人文地理+经济地理”的人文-经济地理学科架构已经成型

从地理学会人文-经济地理学及其相关分支机构的构成很容易看出,中国“人文-经济地理学”的架构是由传统优势学科为主体的经济地理学同新兴的人文地理学科为主导的两大类学科构成的。近年来,两大类学科步入了协同发展的阶段,已经建立了比较完整的学科体系。在陆大道院士的倡导下,2010 年开始正式采用人文-经济地理学来客观表达中国该学科发展的现状特征。

(三)基于人地系统研究的应用领域不断拓展

基于具有优势的传统经济地理学而逐渐形成的区域可持续发展和区域规划研究在过去几年是发展势头最好的应用研究方向。一方面,得益于学科服务国家战略需求的能力不断提升;另一方面,国家在“十一五”时期更加重视地域功能和空间管制的研究工作。人文-经济地理学者主持并参与了国家和各级政府编制的各种类型、各种尺度的区域规划或区域发展战略,如“全国主体功能区划”、“东北地区振兴规划”、“成渝经济区发展规划”、“汶川、玉树、舟曲灾后重建规划——资源环境承载能力评价”等。在服务国家战略需求中,人文-经济地理学在地域功能属性识别与指标体系算法、资源环境承载能力评价、空间结构组织等理论研究方面取得了丰硕成果。

(四)面向社会文化发展的新兴方向有所加强

诞生于改革开放初期的特色分支学科,如:旅游地理学、文化地理学、社会地理学、行为地理学等,在经济全球化背景下,伴随我国快速城市化和工业化进程在过去几年得到了蓬勃发展。

近年来,旅游地理学在一些新兴和热点领域的研究,如:社区旅游、节事旅游、遗产旅游等方面取得了丰富成果。同时,日益表现出研究视角多元化、研究手段不断革新、更加关注研究范式等新趋势。

文化地理学的研究特色主要表现为:开始进一步挖掘文化景观背后的多重意义;尝试解读电影、小说、建筑等“文本”所表征的地方文化特征;开始关注小尺度文化空间及文化生产的研究;开展了一系列地域文化认同的研究;探索运用 GIS 等新技术手段研究文化地理学问题。

行为地理学研究重点主要集中在迁居与通勤行为、消费行为、认知地图与城市意象、空间行为与行为空间等方面。GPS、手机、网络等新型调查方法在城市的行为地理学研究中逐步得到广泛应用。

(五) GIS 技术方法的应用越来越受到重视

人文-经济地理学的研究开始从个人或具体项目的数据管理与应用,走向系统的建库过程并探索如何实现统计数据 and 人文-经济地理学搜集的第一手数据的融合方法,开始具有一定规模地、并且是科研项目全流程运用计算机技术实现空间分析和人文地理过程的模拟、评价和预测。而具有一定基础的人文-经济地理学分析模型同 GIS 技术方法的结合显著地提升了空间分布特征与空间格局演变过程分析的能力,“数据-模型-地图表达”成为人文-经济地理学众多成果产出的主要范式。此外,还着手设计并探讨不同的研究案例点并逐步形成各有侧重、相互联系的研究样带,通过跨学科的开放研究网络的组织建设具有实验性质的现代人文-经济地理学研究技术方法体系。

(六) 学科发展不均衡的态势趋于明显

主要表现为以下几点:

(1) 随着具有传统优势的世界地理(外国地理)研究的大幅度削弱,对国内的研究同国外的研究出现了严重的不均衡;

(2) 包括大学与科研院所所在的研究机构之间发展的比较状态不断改变、发展态势很不均衡;

(3) 学科之间发展不均衡;

(4) 研究方法上有重计算机技术方法、轻实地调研方法的苗头,不同科研工作方法的建树与应用也不均衡。

三、本学科在社会经济发展中的重大影响

通过检索资料,列举出以下近年来人文-经济地理学的若干重大事件,从中可以比较清楚地反映出人文-经济地理学近年的重大成果、重大应用及重大影响。

(1) 人文-经济地理学者担任国家科技支撑计划项目的负责人,实现领衔国家科技计划项目的重大突破。

(2) 过去 5 年,是人文-经济地理学者申请国家自然科学基金重点项目、国家社会科学基金重点项目获得批准或正在执行的密度最高的时期。

(3) 国际刊物发表的学术论文,特别是在 SCI、SSCI 检索的刊物上发表的论文数量逐年增加。

(4) 一批以人文-经济地理学方向建设省部级重点实验室、重点学科获得审批,这在全国交叉学科类或综合性学科中建设重点实验室是不多见的。

(5) 举办了具有国际性的经济地理、农业地理、旅游地理等学术会议。以人文-经济地理学部门地理为主题,并在中国召开的国际学术研讨会以往并不多见。

(6) 获得中国科学院杰出科技成就奖(集体),是人文-经济地理学团队获得的为数不多的国家和省部级最高级别的一次奖项。

(7) 向中央政府建言献策。在城市化、乡村发展、基础设施建设等领域的咨询报告有些得到中央最高领导的批示,有些直接转变为国家重大的政策行动。

(8)承担完成了全国和部分省级主体功能区规划、国务院审批的许多重要的城市规划和区域规划、省部批复的许多土地利用规划和旅游规划的科研技术支撑任务。

(9)两位人文-经济地理学者走进中南海,在中央政治局集体学习中分别就“国外城市化发展模式和中国特色的城镇化道路”、“国外区域发展情况和促进中国区域协调发展”进行讲解。

(10)为更好地编制全国国民经济和社会发展第十二个五年规划,国家发改委组建“国家规划专家委员会”,有4位人文-经济地理学者受聘为专家委员,这是专家人数最多的二级学科之一。

(11)以人文-经济地理学者为主体连续3次承担完成的汶川、玉树、舟曲重大灾害恢复重建规划的资源环境承载能力评价工作,得到国家采纳并受到高度肯定。

从以上的重要事件中可以清楚地反映出,中国人文-经济地理学在实践应用方面成就尤为突出,在学科建设方面也实现了一次新的跨越。

四、本学科国内外发展比较

中国人文-经济地理学在理论创新、方法革新、实证研究等方面均取得了重要进展,其中一个重要的推力是同国际人文-经济地理学的研究进行充分接轨。从国内外人文-经济地理学发展的综合比较中可以看出,我国同国外的学科进展还存在着以下不同之处。

(一) 学科发展的人文化倾向并不十分突出

地理学的人文化和社会化已经成为当今地理学发展的重要特征之一。西方国家在人文-经济地理学社会科学化的影响下越来越关注现实的社会问题,与社会政策、福利政策等方面的联系越来越紧密,如:对“社会-空间”关系、非主流人群、跨国文化、空间行为等方面的研究。

与国外相比,中国人文-经济地理学发展与其人文化倾向并不同步,主要表现为对人文-经济地理现象的形成与变化的影响因素及驱动过程还是更多地关注自然地表的因素和过程以及关注人-地系统相互作用,而对中国工业化和城市化快速发展过程中出现新的社会和文化现象没有给予足够的关注,研究深度、广度和研究方法都有待于加强和提高。

(二) 研究成果直接转换为应用成果的程度,以及面向政府决策层的服务能力走在前列

受文化传统、制度环境,特别是研究经费的申请程序、评价标准等因素的影响,西方国家逐步形成“学院派”为主导的人文地理学。其注重从科学问题出发、从技术方法的要求出发开展研究,其研究范式大多建立在各种理论假设,如经济决策者的完全理性等与社会现实相脱节或有一定距离的基础上,研究成果与现实并不完全适合。

长期以来,中国的人文-经济地理学者坚持走“以任务带学科”的发展道路,以科研成果直接影响决策,为专门用户提供(咨询)报告。中国人文-经济地理学在面向决策层服务、科研成果对现实社会发挥的影响作用方面走在了世界前列。

(三) 国际交流的力度不足、国际学术地位有待提高

在国际交流中,国外人文-经济地理学者仍然是主体。在许多重要的国际会议上,来自日本、新加坡等亚洲国家以及欧洲、北美等国家的人文-经济地理学者占据了参会人员的绝大部分。在一些重大的国际研究计划、国际研究机构中担任首席科学家、主席、秘书长的也主要是来自国外的人文-经济地理学者。虽然近年来中国人文-经济地理学的国际交流与合作不断扩大,但强度有限、影响有限,特别是中国的人文-经济地理学对全球问题的研究还相当薄弱,研究成果的世界影响同其在国内发挥的作用还有很大的落差。

(四) 前沿的学术思想研究与系统的理论创新有待加强

国外人文地理和经济地理学中理论研究占据重要的地位,虽然也有一些应用导向性较强的研究,但这些应用导向性的研究大多建立在理论分析框架的基础上。由于长期重视基础理论研究,现代人文地理学和经济地理学的经典理论大多源于国外,近年来的弹性专业化、新产业空间、网络与嵌入、区域治理、区域集聚与集群等新思潮也多源自国外。

中国人文-经济地理学理论同其应用能力相比、同国外研究的进展相比仍然不足。特别是,近年来的科研工作的组织方式和评价标准妨碍了全国范围内的大型、综合、交叉研究,很多学者、特别是年轻的学者承担的研究任务过多、过散,没有充足的时间和精力做出理论上的精品和系统的创新。

五、本学科的发展与展望

人文-经济地理学科坚持以解决地球表层人类活动的有序空间结构及可持续发展等综合问题为学科发展任务,坚持以自然科学和社会科学相结合构筑具有交叉学科性质的理论基础与方法论体系,不仅是人文-经济地理学科获取持续发展动力的根本途径,也将对整个科学体系的进一步完善发挥一定的促进作用。

(一) 基础理论的建设

区域差异性和区域相互依赖性始终是人文-经济地理学的基础性问题,建构地域功能成因理论并发展人类重要的生产和生活活动的区位原理,探索信息化条件下的区域之间相互作用模型,有助于在揭示人文-经济地理现象地域分异规律方面取得重大提升,为中国不断强化的空间管治和因地制宜的发展模式选择提供强有力的理论支撑。时空尺度转换与人文界面(线)作用的基础理论问题研究在人文-经济地理学领域一直是被忽略、或者说没有得到足够重视的研究命题。这是阐释人文-经济地理学一般规律时空变异特征的重要方面,特别是结合社会和文化转型的研究,其不确定性和复杂性将显著增加,能否在该领域有实质性突破将一定程度上决定着人文-经济地理学学科建设的水准。

(二) 应用能力的提升

随着人类在自然-社会-经济可持续发展过程以及生产-生活活动空间形态与空间结构等面临的问题越来越复杂,对人文-经济地理学的应用需求就势必越来越强烈。应用的

领域将从传统产业布局、城市化与区域发展等拓展到战略性新兴产业区位、文化和社会地理空间再造等更广泛的领域。因此,必须通过“融合”创新和提升学科的应用能力。一是要保持人文-经济地理学与资源环境科学已有的融合,确保地理学科的特色和价值;二是高度重视与数据-计算-模拟-分析技术的融合,实现在更大的范畴、更深的层次、更系统的综合方面对人文-经济地理规律采用数理模型的揭示和表达;三是要加大与经济、文化等社会科学的充分融合,增强人文-经济地理学阐释地表人文现象分布格局和演变过程的社会科学内涵。

(三) 技术方法的完善

一方面,加强人文-经济地理学在演化机理、演变过程的分析模拟方法的建设。建立多空间尺度、多界面人文-经济地理过程的有效观测和多元数据的采集网络,进而建立开放型、据点式、网络化的数据库,建立人文-经济地理学不同领域刻画状态与过程的机理模型库与分析模拟模型库,提升学科的预测能力和前景判断能力。另一方面,必须重新高度重视实地调研,并将外业工作切实提升作为人文-经济地理学的“实验”手段。既要通过方案设计实现“政策”、“规划”、“调控”在现实过程中的实施效果比较并揭示其成因和机理层面的作用机制,还要逐步通过长期定点和系统样带的实验场地布局,达到对演变过程的动态监测与分析、科学判断的检验与完善。

(四) 学科结构的优化

近年来,中国人文-经济地理学科构成不断丰富、学科领域不断拓展,这给及时优化学科结构、促进人文-经济地理学整体壮大、健康发展提出了更高的要求。今后,人文-经济地理学将沿着人文化发展指向和突出人地系统研究、增强学科的社会科学与自然科学综合性发展指向的两大发展过程推进,新的领域将不断壮大。同时,如何避免一些经典研究领域,如:以技术经济方法为特色的传统工业部门地理学的弱化给学科建设带来的副作用,也应当是越来越值得注意的一个问题。忽视这两个方面都将有可能动摇学科的基础、削弱学科的价值。

第三节 昆虫学

一、引言

本报告根据近两年(2009—2010)来的研究进展,主要通过古昆虫学、昆虫分类区系、昆虫生理生化与分子生物学、昆虫毒理学、昆虫生态学、外来入侵昆虫学、害虫生物防治学、害虫综合防治学、害虫防治新技术和资源昆虫保护利用等昆虫分支学科发展的调研,了解我国昆虫学最近两年发展的现状,总结国内外昆虫学研究的新进展、新成果、新方法、新技术,从而制定我国昆虫学未来发展的规划与战略,提出昆虫学的未来发展方向与优先发展领域,提升我国昆虫学的原始创新与集成创新能力。

二、本学科国内外发展状况

昆虫与人类的衣食住行密切相关,国内外学者非常重视昆虫学的基础与应用研究。尤其是近年来,全球气候变化、产业结构调整和国际贸易全球化对我国农业害虫发生与危害产生了较大的影响。为了应对不同形势下昆虫学研究面临的新挑战、新机遇,国家逐步加大了对昆虫学科研究的投入,这不仅体现在国家自然科学基金资助力度不断攀升,也包括国家重点基础发展计划(“973”计划)、国家“十一五”科技支撑计划、现代农业产业技术体系以及公益性行业(农业)科研专项等项目的实施。这使得我国昆虫学在害虫成灾机制与防控理论研究,高效、持久、安全的农业害虫监测预警、应急处理与可持续治理技术体系建立等方面都取得了可喜的成就。

国家自然科学基金项目方面。从统计来看,国家自然科学基金委共资助昆虫方面相关研究项目 736 项,平均每年 145 项。其中,杰出基金项目 9 项(人)、重点基金 20 项、面上基金 513 项、地区基金 50 项、青年基金 135 项。

科技支撑计划方面。启动了“区域农业生态系统害虫生物防治关键技术与示范”项目,设立了“农业生态系统作物害虫自然调控的关键技术”、“优势天敌昆虫种质资源的选育、产业化及应用关键技术”、“杀虫微生物制剂的改良及其协调应用关键技术”、“以稻果菜为主的华南区域害虫生物防治模式的建立与示范”、“以棉麦玉为主的华北区域害虫生物防治模式的建立与示范”、“以稻菜茶为主的华东区域害虫生物防治模式的建立与示范”等 6 个科技支撑计划。

公益性行业科研专项方面。主要包括“主要农作物有害生物种类与发生危害特点研究”等 21 项专项。

国家重大基础研究“973”项目方面。包括“家蚕主要经济性状功能基因组与分子改良研究”、“重大农业害虫猖獗危害的机制及可持续控制基础研究”、“农业生物多样性控制病虫害和保护种质资源的原理与方法”、“重要外来物种入侵的生态影响机制与监控基础”、“作物多样性对病虫害生态调控和土壤地力的影响”以及“害虫暴发成灾的遗传与行为控机理”等 6 个项目。

2006 年 1 月至 2011 年 8 月期间共发表 13772 篇与昆虫有关的学术论文,其中 SCI 收录论文 2625 篇。包括: *Science* 6 篇、*Nature* 1 篇、*PNAS* 7 篇、*Annual Review of Entomology* 1 篇、*Nature Biotechnology* 4 篇。以昆虫生态学、昆虫生理与分子生物学、昆虫分类学、害虫生物防治及入侵昆虫学为代表的 5 个昆虫学分支学科统计表明,昆虫生理与分子生物学分支领域发表的核心论文数量最多,5 年累计 3664 篇;其次是昆虫生态学分支学科,5 年累计 2890 篇;昆虫分类学、害虫生物防治与入侵昆虫学分支学科分别排在 3—5 位,5 年累计论文数量分别为 1661 篇、855 篇和 486 篇。

三、近年来本学科国内外重大成果及进展

近两年来,我国昆虫学面向国家需求和科学前沿,以解决我国重大害虫成灾与控制的关键基础科学问题为目标,突出宏观与微观生物学相结合的研究特色,整合分子生物学、基因组学、生理学、行为学和生态学等学科,在昆虫分类区系、昆虫生理生化与分子生物

学、昆虫生态学、昆虫毒理学、害虫生物防治学、害虫综合防治学、资源昆虫保护利用和外来入侵昆虫学等昆虫分支学科上取得了很大进展,并且大量的研究成果在国际重要杂志上得到发表。

(一)外来入侵昆虫机制方面

以外来入侵烟粉虱和本地烟粉虱为材料,揭示了外来入侵害虫及取代土著昆虫的入侵机制,发现非对称交配互作驱动一种粉虱的广泛入侵及对土著生物的取代(Liu SS, et al., 2007);以斑潜蝇为研究对象,系统总结了从1987至2007年20年间该入侵种在温度适应和化学生态学方面的最新研究进展,并提出了未来发展的方向(Kang L, et al., 2009)。

(二)蝗虫生态学方面

发现飞蝗散居型和群居型两型4龄蝗蛹间转录差异最大,多巴胺代谢途径在飞蝗群居型中稳定地高表达;对散居型飞蝗注射多巴胺或多巴胺激动剂可以诱导蝗虫产生明显的群居行为,首次证明作为神经递质的多巴胺在型变的维持过程中起重要作用(Ma ZY, et al., 2011);重建出我国东部2000年蝗灾(东亚飞蝗)发生动态序列,发现干旱年份蝗灾发生的概率较大,而与气温则表现出不稳定的负相关关系;显示在大的时间尺度上,气候变化对蝗虫种群的影响可能是间接的,这种间接关系会因气候变化与降雨之间的复杂关系而发生(Tian HD, et al., 2011)。

(三)害虫防治新技术方面

以棉花-棉铃虫为材料,发明了一种植物介导的RNA干扰技术,可以有效地、特异地抑制昆虫基因的表达,从而抑制害虫的生长(Mao YB, et al., 2007);成功地分离了抗褐飞虱基因Bph14,这是国际上应用图位克隆法(map-based cloning)分离得到的第一例水稻抗虫基因,为从作物中筛选抗性基因提供了新的方法(Du B, et al., 2009)。

(四)转基因作物风险分析方面

发现Bt棉花的大规模商业化种植破坏了棉铃虫在华北地区季节性多寄主转换的食物链,压缩了棉铃虫的生态位,不仅有效控制了棉铃虫对棉花的危害,而且高度抑制了棉铃虫在玉米、大豆、花生和蔬菜等其他作物田的发生与危害(Wu KM, et al., 2008);但在Bt棉花大面积种植有效地控制了二代棉铃虫危害的同时,由于棉田化学农药使用量显著降低,给盲蝽象的种群增长提供了场所,导致其在棉田的暴发成灾,并随着种群生态叠加效应衍生成为区域性多种作物的重要害虫(Lu YH, et al., 2010)。

(五)模式昆虫果蝇方面

开创了果蝇的基于价值的两难抉择研究,发现果蝇中央脑中的蘑菇体结构和多巴胺系统共同掌控果蝇的基于价值的抉择,经验可以提升果蝇的视觉特征抽提能力,并且果蝇中央脑的一个名为蘑菇体的结构参与上述的认知过程(Zhang K, et al., 2007);深入研究了果蝇蘑菇体至触角叶的反馈机制,表明蘑菇体结构在介导嗅觉的学习与记忆及多感

觉起着整合作用,显示信息反馈在昆虫感觉处理中同样有重要的意义(Hu AQ, et al., 2010);明确了果蝇扇形体内的两层水平平行片状结构是由两组神经元的末梢分支构成,它们分别具有记忆图形的重心高度信息和记忆图形朝向信息的功能,从而使果蝇有效地分辨重心或朝向不同的图形(Liu G, et al., 2006);发现了一种对于果蝇嗅觉长时程记忆形成所必需的突变——AKAP Yu 突变,果蝇长时程记忆会受到 Yu 突变的特异性干扰,而短时程记忆和抗麻醉记忆不会受到 Yu 突变的影响(Lu YB, et al., 2007)。

(六) 化石昆虫方面

发现了距今 1 亿 6 千万年的中侏罗世时期传粉昆虫与当时的虫媒裸子植物之间存在着一种新的传粉模式,在昆虫与植物的协同演化研究方面取得了突破进展(Ren D, et al., 2009);并在中侏罗世道虎沟地层发现了两块极为珍贵的具有羽状翅斑的脉翅目昆虫,推测该类昆虫可能生活在与之相似的植物上或者以该类植物为食适应而成(Wang YJ, et al., 2010)。

(七) 绘制了世界上第 1 张蚕类单碱基遗传变异图谱

在全基因组水平上揭示了家蚕的起源进化,论证了“化性”并不能完全反映家蚕的起源驯化特征(Xia QY, et al., 2009);利用新一代测序技术构建了第 1 张单碱基分辨率的昆虫甲基化谱——家蚕丝腺甲基化谱,发现大约 0.11% 的基因组胞嘧啶被甲基化修饰,比哺乳动物和植物低至少 50 倍(Xiang H, et al., 2010);阐明了家蚕的酪氨酸羟化酶是位于黑色素合成途径中的第 1 个关键酶,而黑色素与其他色素一起构成了昆虫丰富的斑纹和体色(Liu C, et al., 2010)。

(八) 重大应用成果

我国昆虫学研究始终面向满足国家需求,解决我国重大害虫成灾与控制的关键问题。在农业害虫监测系统及灯光诱控技术研发与应用、重大外来入侵性害虫(美国白蛾)生物防治技术研究、棉铃虫区域性迁飞规律和监测预警技术的研究与应用、新疆棉蚜生态治理技术、重大外来入侵害虫(烟粉虱)的研究与综合防治、防治重大抗性害虫多分子靶标杀虫剂的研究开发与应用、天敌捕食螨产品及农林害螨生物防治配套技术的研究与应用、真菌杀虫剂产业化及森林害虫持续控制技术、桔小实蝇持续控制基础研究及关键技术集成创新与推广、南方蔬菜生产清洁化关键技术研究与应用、细菌农药新资源及产业化新技术新工艺研究、棉铃虫对 Bt 棉花抗性风险评估及预防性治理技术的研究与应用和鱼藤酮生物农药产业体系的构建及关键技术集成等方面获得国家科技进步奖二等奖 13 项,为保障国家粮食安全和生态安全发挥了重要作用。

四、本学科国内外研究进展比较

近年来,我国昆虫学已有很大发展,有的研究、技术或分支学科已达到国际先进水平和国际领先水平,但总体上与国际先进水平比较仍有差距。

差距主要表现在:①原创性理论研究不够,跟踪国外研究较多,几乎没有一条昆虫学

理论来自于我国;②缺乏研究的系统性。由于我国科学研究体制的独特性和经费资助的非连续性和相对投入不足,很少有围绕同一主题长期深入研究的,连续发表高水平论文的实验室不多;③缺乏从科研到应用的桥梁。缺乏研究集成单项技术成果和大规模应用的配套技术,缺乏上规模的害虫防治、资源昆虫利用的企业,产学研结合不紧密。一些科研部门只注重发表 SCI 论文,不关心其潜在的应用价值;④专利意识淡薄。对不同昆虫种类、资源开发、害虫控制应用技术等缺乏专利申请和保护。同时,从市场角度看,也没有做好与国外昆虫学企业进入中国市场后的竞争准备,缺乏应对措施。

五、本学科国内外研究总体发展趋势

总体上,现代生物技术和信息技术的发展给昆虫学研究带来了质的飞跃,使昆虫学的发展非常迅速。目前,国内外昆虫学的发展趋势主要集中在以下 7 个方面:

(1)重视分析昆虫进化与系统发育关系,阐明昆虫多样性演化规律。

(2)利用基因组学信息,强调从基因和分子水平研究昆虫变态、生殖、滞育、飞翔等重要生命活动的调控机理,揭示害虫遗传变异的内在机制。

(3)注重研究害虫对极端温度、干旱、温室气体和杀虫剂等环境胁迫的生理生化与行为反应,阐明重要害虫的生态适应策略和机制。

(4)从植物-害虫-天敌之间的三级营养互作关系,分析害虫致害与植物抗性互作机制、天敌昆虫寻找寄主的机理以及天敌昆虫对害虫的适应和调控机制。

(5)重视应用 3S 技术和信息技术,在大尺度上监测害虫远距离迁飞行为和发生危害动态,分析其区域性灾变规律。

(6)研究昆虫对全球变化(包括景观格局变化和气候变化)的响应特征和机制,提出全球变化背景下害虫的发生与防控策略。

(7)寻找高效的害虫调控新技术,如行为调节剂、转基因抗性品种、新型杀虫蛋白、RNAi 技术等。

六、本学科未来发展方向

未来昆虫学的发展将以挖掘和利用我国昆虫资源为基础,围绕害虫管理和有益昆虫保护为主线,以代表性重大农林害虫和主要资源昆虫为研究对象,高度重视多学科交叉与渗透,宏观与微观相结合,促进我国昆虫学的发展。本学科未来发展的研究方向为以下几方面:

(1)结合现代新技术,阐明昆虫进化与系统发育关系;古今结合,进一步明确我国重要昆虫类群起源与演化过程。

(2)开展我国重大害虫和资源昆虫的基因组测序与功能解析,为深入研究害虫猖獗为害机制、资源昆虫利用的创新奠定基础。

(3)探讨昆虫变态、生殖、滞育、飞翔、趋性等重要生命活动的分子调控机理研究,阐明害虫暴发危害的内在机制。

(4)系统开展重大害虫对极端环境(高温、低温、干旱、光胁迫)和人为干扰(杀虫剂)等胁迫作用下的生理生化与行为反应,阐明重要害虫的生态适应策略和机制,揭示害虫抗药

性机理。

(5)深入研究植物-害虫-天敌之间的三级营养互作关系的生理与分子机制和化学信息联系,揭示三者之间的协同进化,为害虫可持续控制提供新原理与方法。

(6)加强天敌昆虫人工繁育的营养学与生理学基础、生产技术、天敌引进后的适应性研究,加快天敌昆虫产业化进程。

(7)开展转基因抗虫植物培育、基因工程微生物杀虫剂、害虫功能基因的 RNA 干扰、转基因昆虫的研究;完善性信息素、灯光诱杀等防治新技术,寻求害虫可持续控制的新途径。

(8)研发高新技术在害虫监测预警领域的应用;建立重大害虫区域性暴发危害地理信息系统和早期预警模型,开展爆发成灾的大尺度、早期预警和长期预警。

(9)开展外来有害生物预防、预警、有效隔离、紧急扑灭、入侵机理和可持续控制技术研究;分析评价转基因生物安全性与昆虫关系。

(10)研究昆虫对全球变化(包括全球气候变化、景观格局变化)响应特征和机制,提出全球变化背景下农林重要害虫和入侵性害虫预警、防控新技术和新方法。

第四节 生态学

一、引言

步入 21 世纪以来,随着世界人口的剧增和经济社会的迅猛发展,人类对自然资源的开发与利用的规模和强度日益扩大,造成了对自然生态系统日益加剧的干扰和破坏。全球生态系统正在经历着急剧而又深刻的变化,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生态与环境问题,这些成为 21 世纪人类所面临的最大挑战。越来越严峻、复杂的生态与环境问题,既给生态学发展带来挑战又创造机遇。当前,全球生态学发展呈现出了方兴未艾的发展态势,生态学目前已经成为当今学科活力最强、发展速度最快的学科之一,尤其是中国的生态学发展更是一枝独秀,并逐步引起全球生态学界的高度关注。

近些年来,中国生态学家针对生态科学前沿开展多过程、多尺度、多学科的研究,丰富发展了生态科学理论与方法。同时,中国生态学家始终坚持生态学理论联系社会需要的实际,围绕可持续发展这一时代主题进行努力的探索,在不断完善生态学基础理论体系和推动发展自主创新的同时,为国家经济社会发展和生态建设服务。

二、近年来本学科最新研究进展

中国生态学研究内容主要涉及全球气候变化背景下生态系统的生物地球化学循环、动植物对变化环境下的响应与适应、退化生态系统的恢复与重建、生态系统服务功能与生态系统健康、生物多样性和生态系统管理等领域。

(一) 全球变化生态学研究

研究主要集中在全球气候变化与生态系统响应与适应,包括森林、湿地、草地、农田和荒漠生态系统的碳循环、植被物候、生产力和生态系统碳汇时空格局及其驱动力等方面。方精云等对中国陆地生态系统的碳汇进行了精确和全面的估算,揭示了中国陆地生态系统碳汇的空间格局及其形成机制。周国逸等通过对生态系统的长期定位观测研究发现南亚热带成熟老龄林能够持续积累有机碳,这一重要研究成果在 2006 年 *Science* 上报道后引发全球的关注,冲击了成熟森林土壤有机碳平衡理论的传统观念,有可能将从根本上颠覆学术界对现有生态系统碳循环过程的理论认识,并对全球碳循环研究产生深远影响。余振等(2010)基于 NOAA/AVHRR,从 1982—2006 年的双周归一化植被指数 NDVI 数据分析中国东部南北样带主要植被类型的物候表明,大部分植被类型返青起始期提前,休眠起始期延迟,而生长季长度都有所延长,但延长的方式不同。

(二) 生态系统演替与生态功能研究

湿地作为重要的生态系统类型又是新兴的研究领域,研究主要集中在湿地成因和发育规律、湿地水文过程、湿地生物地球化学循环、湿地植物群落演替、湿地服务功能价值评价、湿地保护与管理、湿地恢复和重建以及新技术和新方法等方面。中国科学院东北地理与农业生态研究所基于三江平原沼泽湿地多年研究发现,除了自然湿地演替模式以外,在人类活动的影响下还存在着湿地-旱田-水田(人工湿地)-自然湿地双向演替的基本模式。这一研究新发现丰富和发展了湿地发育演化的基础理论。

荒漠生态系统研究主要集中在荒漠植被退化与演替、荒漠河岸植物对干旱胁迫的响应与适应性、荒漠生态系统的稳定性、荒漠生态系统碳循环等方面。研究发现,在植被退化和逆向演替过程中,以胡杨林为优势种的群落类型的变化为:乔木灌丛草本群落阶段→乔木、灌丛群落阶段→乔木群落阶段或灌丛群落阶段。这一研究结果对认识干旱区自然植被演替和进行受损生态系统的恢复重建有重要科学意义。另外,研究还发现干旱区土壤无机碳作为碳酸盐的重要组成部分可能对寻找全球“碳失汇”意义重大。

森林生态系统具有重要的水文调节功能。我国主要森林生态系统水文功能比较研究发现,森林生态系统的降水截持功能主要靠土壤非毛管孔隙的调节,占综合调节能力的 90% 以上;其次是枯枝落叶层的调节,约为 3~10mm;而森林冠层的调节能力相对较弱,多在 2mm 以内。森林土壤的调节能力受制于森林的作用,只有在保持良好的森林和地被物覆盖条件下,土壤的调节功能才可能得到最大限度的发挥。

作为中国生物多样性保护的热点地区,海南岛热带林生物多样性形成机制研究发现:森林生物多样性形成机制与古植物区系的形成与演变、地球变迁与古环境演化有密切关系,地形、地貌、坡向和海拔高度所引起的水、热、养分资源与环境梯度变化对森林群落多样性的景观结构与格局产生影响,从而形成异质性的森林群落空间格局与物种多样性变化。自然和人为干扰体系与森林植物生活史特性相互作用是热带森林多物种长期共存、森林生物多样性维持及森林动态稳定的重要机制。

(三) 生态系统恢复与生态系统管理研究

草地生态系统恢复与管理研究主要集中在草地放牧、草地恢复、草地健康诊断、草地生态系统碳库等方面。我国学者经过严格的控制放牧试验,提出了改进的资源限制模型,从而提高了对植物耐受性机制的认识。任继周等(2000)将草地情况(condition, C)与Costanza(1992)提出的VOR(vigor, 活力, V; organization, 组织力, O; resilience, 恢复力, R)指标体系整合,从草地系统地境-植被界面提出健康评价的CVOR指标,这使得对草地健康评价的应用研究取得长足进步。陆元昌分析评述了近年国内外森林恢复与管理方面的研究动态,提出中国人工林的经营应该倡导多目标经营,通过近自然林经营的方法增加高经济和生态效益的本地树种比例,替代大面积的人工纯林,从而最终实现森林可持续经营的目标。此项研究已作为森林恢复专题的热点新闻在2009年的*Science*上刊登。

农业生态系统管理研究主要集中在生态农业、农业生物多样性利用、低碳农业和循环农业、农业景观生态、农业生态服务评价与管理等方面。骆世明(2009)按照生物组织层次把生态农业基本模式分为5类,即:①以农业土地利用布局为核心的景观模式;②以农业生态系统组分物流连结为核心的循环模式;③以生物种群结构安排为核心的立体模式;④以食物链关系设计为核心的食物链模式;⑤以动植物品种选择为核心的物种与品种搭配模式。在西北半干旱地区,集水技术取得了很大进展,形成了以集水为核心的低成本旱作农业技术体系,为发展中国家和地区提供了技术典范。

(四) 海洋生态学研究

研究主要集中在海洋生物、海洋恢复、海洋濒危动物保护学、海洋污染生态、极地生态系统和海洋生态系统生态学等方面。在开展夏季南黄海中华哲水蚤的生活策略、生殖策略和度夏机制的研究中,发现了哲水蚤类的另一种生活史策略,即在温带陆架边缘海存在的度夏机制,为物理过程-生物过程耦合研究提供了另一个成功的案例。这一发现被认为是国际GLOBEC计划实行以来最有代表性的研究成果之一。

(五) 城市与景观生态学研究

研究主要集中在城市土地利用和景观格局演变特征及其生态环境效应、城市物质和典型元素代谢机理及其生态环境影响、城市土地生态功能管理等方面。景观生态学格局与过程及其驱动机制仍是研究的重点,包括:①景观格局演变的驱动机制和景观格局分析与自然保护区网络构建;②城市景观评价与生态功能评价;③景观动态模拟与森林生态系统管理;④乡村景观规划与物质循环利用;⑤农田景观设计与非点源污染控制;⑥绿洲景观格局演变与生态水文平衡;⑦景观破碎化与物种遗传多样性演变;⑧源-汇景观格局分析与生态服务功能评价;⑨多尺度景观格局分析与土壤侵蚀评价。

三、本学科国内外研究进展比较

(一) 森林生态系统研究方面

国外总体起步先于国内,在研究历史、研究手段、统计分析方法、理论基础研究等方面领先于国内。但是,近些年我国森林生态系统的研究突飞猛进,取得了可喜的研究成果。不仅对国际上一些原有的理论进行了验证和探讨,还通过建立大型的森林生态系统研究平台、加强国际间合作与交流等方式,提出了具有创造性的研究理论、模型,对全球森林生态系统的研究产生了巨大影响,并受到越来越多的国际关注。

(二) 草地生态学研究方面

我国在草-畜互作、畜-土互作研究方面较少。在北方草地方面研究多,而在水热条件好、生产和生态功能潜力巨大的南方草地方面却较少报道。

(三) 湿地科学研究方面

湿地科学体系不健全,缺少适合中国自然环境特点的湿地分类系统,并且作为一门新兴学科还处于发展初级阶段。中国目前尚未建成发达的湿地生态实验站和湿地监测台站网络,缺少长期连续的观测数据和资料,对不同类型、不同区域湿地的演化过程、湿地结构与功能的科学认识不够深入,阻碍了对湿地生态过程与机理的研究。

(四) 农业生态学研究方面

国外农业生态学研究具有一些相对优势,主要表现在:①模拟和数学方法较强;②长期定位研究较强;③引领新方向的思维活跃。

从国内研究来看,又具有一些自身的特色:①中国传统农业的生态学机制研究突出;②针对中国特有的农业生态系统研究较深入。

(五) 荒漠生态学研究方面

国际上就干旱区水资源及其相关生态环境问题研究的总趋势不再单纯就水论水,而是把干旱荒漠区水资源短缺以及引起的环境变化和生态问题放在流域、区域乃至全球变化系统,从自然、社会、经济方面相互联系变化的基础和系统综合方面开展研究。我国在荒漠生态学理论研究上相对滞后,尤其在荒漠生态系统的恢复或沙漠化的逆转过程的机理研究上相对薄弱。

(六) 城市生态学研究方面

中国的城市生态研究不同于西方城市生态与环境研究特点:①强调发展而不是平衡;②强调高效率适度投入;③强调硬技术的软组装和软科学的硬着陆,实现传统技术的现代化和现代技术的生态化;④强调技术、体制、行为的结合,倡导研究、技术、管理及决策人员的结合。

(七) 景观生态学研究方面

中国在不断跟踪国际景观生态学发展的同时,充分结合中国生态环境特征和国民经济社会的需求开展了具有尝试性的探索。在将景观生态学的原理和方法应用到其他领域方面,发展出了自己的特色。但是由于发展时间较短,理论和方法尚不完善。

(八) 海洋生态系统研究方面

底栖生物生态学方面的生物扰动研究,在国际上进入了实验模拟、现场观测与建立模型相结合的新阶段,而我国在该领域的研究尚处于起步阶段。

总之,与国外研究相比我国的生态学研究总体起步要晚,研究手段、统计分析方法相对落后。我国在生态系统与全球变化研究、生态系统服务功能评估、生物入侵与生物灾害控制、生态恢复、人类生态学研究等领域与国外相比尚存在一定差距,特别是在生态学基础理论研究方面。

四、本学科的发展趋势与展望

(一) 森林生态学研究方面

通过多学科、多方法、多尺度的整合研究,获知更多的有关森林生态系统服务功能及其对全球气候变化影响的相互作用关系,这对人类发现和理解森林对缓解和适应气候变化的潜力尤为重要,也是未来森林生态学的主要研究方向。

(二) 草地生态系统研究方面

应加强草地固碳潜力、固碳能力以及影响因素的研究;加大草地数据尤其是地下生物量数据收集,加强草地碳储量的研究;加强栽培草地和天然草地两个方面研究,同时兼顾减排增汇的机理与技术研究;发展能够减排增汇的草田轮作模式和混播草地组合,研究不同土地条件(坡度、坡向、土壤等)下草地减排增汇的潜力与技术,揭示减排机制。

(三) 湿地生态学研究方面

应以湿地水陆相互作用过程为主线,通过长期定位监测与试验研究,揭示湿地形成、发育和演化规律;加大湿地退化的过程与恢复重建机制的研究力度,提出以流域生态安全为目标的湿地优化管理模式;实现湿地长期监测、保护与管理。

(四) 荒漠生态学研究方面

应加强荒漠化发生理论的基础研究;探讨在荒漠化受损生态系统中的抗干扰机制和适应对策研究;开展荒漠化地区可持续土地利用模式与综合防治措施体系研究;开展荒漠地区生态水文过程研究。

(五) 农业生态学研究方面

针对我国农业和农村的实际,围绕农业区域的景观生态布局,农业生态系统的循环设计和农业生物多样性关系的构建,继续发掘和研究适合各地的生态农业模式与生态农业技术体系;进一步联合社会经济学科和人文学科,更好地研究生态农业发展需要的政策和法规,并且争取成为政府政策,从而有力推动生态农业在我国的发展。

(六) 城市生态学研究方面

未来城市生态与环境研究的基本趋势体现在 3 大领域,即城市人居生态学、城市产业生态学和城镇生命支持系统生态学。

(七) 景观生态学研究方面

从静态格局分析到动态格局刻画、多种景观格局指数的联合使用、发展基于过程的景观格局指数、多维景观格局分析和多尺度景观格局分析等将是景观格局分析的未来发展方向。

(八) 海洋生态学研究方面

以生物群落和海洋环境作为一个整体的宏观生态学研究,同时拓展微观领域的理论及应用研究;积极开展长城站、南极中山站区和北极黄河站区等地的相关生态学研究。

面对变化中的世界对生物圈的压力与日俱增,生态学今后的研究重点将包括:全球变化生态学、生态系统服务科学、生物多样性保护、生物入侵机制与控制、退化生态系统恢复与人工生态设计、生态系统管理、生态文明建设和可持续发展等方面。

第五节 环境科学技术

一、引言

“十一五”期间,我国正式确立“科技兴环保战略”。“环境科技创新”、“环保标准体系建设”和“环保技术管理体系”三大环保科技工程不断推进,开展了首次“全国污染源普查”、“中国环境宏观战略研究”和“水体污染控制与治理”科技重大专项等一批战略性科研专项。“863”计划、“973”计划、科技支撑计划和社会公益研究、自然科学基金以及其他各项国家和地方科技计划继续向环境科技重点倾斜。环境科学与技术领域在范围、深度等方面得到前所未有的全面布局,基础和应用基础研究、技术研发与产业化、环境管理科学与技术以及基础能力建设、人才培养等方面取得了丰硕成果。在经济增速和能源消费总量均超过规划预期的情况下,COD 和 SO₂ 减排任务超额完成,集中反映出我国环保工作所取得的新的积极进展,环境科技引领和支撑我国环境保护发展的作用得到了充分发挥。

二、近年来本学科主要研究进展

(一) 基础研究不断深化, 科学揭示重点环境问题

“十一五”期间, 国家加大了区域性、流域性、复合性、复杂性重大环境问题机理机制研究的支持力度, 科学揭示了某些污染物的环境行为和污染规律, 显著提高了一些前沿科学基础问题的认识水平。

在水环境科学方面, 初步形成了湖库流域水污染及富营养化防治的整体思路、河流水污染防治战略途径, 提出了“蓝藻生长形成水华”、“流域清水产流机制”等一系列湖库富营养化防治理论研究成果, 建立了我国流域水生态功能分区理论体系、区划技术方法以及不同类型流域水环境风险评估与预警技术方法, 构建了《全国湖泊(水库)水环境调查数据管理平台》, 实现了对湖泊(水库)水环境的信息化管理。

在大气环境科学方面, 提出了“同步串级”湍流理论, 形成了具有中国特色的污染源清单技术和数据库, 构建了基于卫星遥感的“自上而下”区域排放清单反演方法, 建立了区域大气环境质量综合调控方法, 完善了污染物总量控制理论、方法以及排污权交易制度等。

在固体废物与噪音防治方面, 开展了固体废物资源化和无害化处理新技术工艺的理论研究, 在声学材料、声品质与声景观、噪音的预估监测等方面取得一定进展, 学科基础研究体系已渐趋成熟。

在土壤污染与修复方面, 形成污染化学、物质输移的界面与生态过程、生态毒性与微生态效应、微生物地理学等环境科学理论创新体系, 发展了非均质介质多相流体数值模拟方法、环境风险评估与不确定分析方法、污染控制与修复技术等。

在环境管理方面, 拓展了环境法学、环境经济学、环境管理体制、环境规划等学科理论, 完善了法制体系。

(二) 关键技术不断突破, 全面提升支撑决策能力

“十一五”期间, 以环境质量改善为主题, 以污染减排为主线, 重点突破水、气、固废、噪声等污染防治关键技术与装备, 通过技术集成和示范推广, 提高了污染控制技术水平, 特别是显著增强了区域污染防治的综合能力, 促进了环境质量的改善。

在水环境科学技术方面, 重点突破了工业污染源控制与治理、农业面源污染控制与治理、城市污水处理与资源化、水体水质净化与生态修复、饮用水安全保障以及水环境监控预警与管理等领域一批“控源减排”关键技术和共性技术, 研发出了一批关键设备和成套装备, 并集成多项关键技术。

在大气环境科学技术方面, 建立了大气复合污染综合防治的区域调控机制, 加强了工业企业大气污染源达标排放及污染物削减控制技术研究, 突破了燃烧过程中 SO_2 和 NO_x 同步控制与治理技术、工业排放有毒有害有机污染物的控制技术、脱硫副产物 (CaSO_4 、 CaSO_3) 资源化利用技术等。

在固废处理与处置技术方面, 开发了一批固体废物无害化处理和资源化利用新技术,

并在电子废弃物、危险废物、污泥预处理等多个领域取得了较大进展,进一步发展和应用了生物质能技术。

在噪声与振动污染防治技术方面,开发了具有“薄、轻、宽、强”特点的声学材料,开发出一批系列化和标准化的通用噪声控制设备,建成了基本适应我国污染治理需要的噪声与振动控制技术体系。

在土壤污染与修复技术方面,决策上已从基于污染物总量控制的修复目标发展到基于污染风险评估,技术上已从单一的修复技术发展到了联合的、集成的工程修复技术。

在环境政策法规上,研究修订了《水污染防治法》、《大气污染防治法》、《循环经济法》,研究制定了《规划环境影响评价条例》、《废弃电器电子产品回收处理管理条例》等7项环境保护行政法规,出台了《节能减排综合性工作方案》、《应对气候变化国家方案》等法规性文件,开展了1050项国家环保标准的制修订工作;区域性环境保护规划研究得到快速发展。

此外,依托“全国污染源普查”和“中国环境宏观战略研究”两个战略性专项,完成了工业行业、城镇生活污染源与集中式污染治理设施的产排污系数核定,填补了我国相关行业产排污系数基础数据空白,确立了未来10~20年环境科技的总体思路、工作目标、重点任务 and 保障措施。

(三) 重大成果不断涌现,有效推进污染控制与环境改善

“十一五”期间,环境科学与技术研究紧紧围绕调整经济结构、转变发展方式、改善生态环境质量以及国家重大活动等重点任务展开,所取得的重大成果得到应用,为经济社会环境发展提供了有力支撑,同时显著提升了环境监管能力,促进了环保产业发展的水平。

在结构减排上,完成了环渤海、海峡西岸等5大区域重点产业发展战略环评,淘汰了大量落后产能,促进了环保产业等战略性新兴产业的发展壮大。在工程减排上,高效脱氮除磷、难降解废水处理、污水再生利用等一批新技术推广应用于城镇、工业等各类废水的处理中。脱硫工艺的资源回收、脱硫副产物的高效利用、低氮燃烧以及烟气脱硝等新技术、新工艺广泛应用于大气环境污染控制上。在管理减排上,建立了污染减排指标、监测和考核“三大体系”,为全面完成主要污染物减排任务创造了条件。

在环境质量控制能力和水平方面,水环境领域发展了湖库富营养化控制新理念,攻克大中型浅水湖泊富营养化成套关键技术、城市污水深度处理关键技术和设备、流域水生态功能分区技术体系等一批难题。大气环境领域形成了区域大气细颗粒物、氮氧化物、臭氧等污染物控制技术和对策。固体废物领域开发了各类固体废物的处理处置与资源化利用的新技术、新工艺与新设备。噪声污染防治领域开发了阻尼钢弹簧浮置道床隔振技术、矩形阵列式消声器等一批环境噪声和振动控制技术。海洋环境、辐射环境、土地及农村环境等方面也涌现出多项成果,对环境质量的改善提供了支撑。

在重点流域(区域)治理方面,依托“水专项”、“国家科技支撑计划”等项目,“三河”、“三湖”、“一江”、“一库”等重点流域的水质污染、生态退化等问题的治理初显成效。此外,还突破了重点行业污染物削减与水资源高效利用的关键技术。

在空气质量保障方面,探索并构建出“统一规划、统一监测、统一监管、统一评估、统一

协调”的大气污染联防联控机制，形成了《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量指导意见》，为北京奥运会、上海世博会和广州亚运会等重大活动的空气质量提供了保障。

在环境监测方面，环境与灾害监测小卫星系统 A、B 星成功发射，天地一体化监测能力初步实现。

三、本学科国内外研究进展比较

我国的环境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一定的差距，主要是原始创新和源头创新的工作还很少，应用基础研究还比较薄弱。

环境化学研究方面取得了可喜的进步，我国环境化学学科基础理论体系渐趋完善，但在各分支学科的发展态势并不均衡。在环境分析仪器与方法上，一些新的环境分析手段和仪器得到发展：提出了离子液体富集方法分析持久性有机污染物，拓展了液相微萃取在环境分析中的应用；建立了一次净化完成二恶英、多氯联苯和多溴联苯醚 3 大类污染物同时分析的方法，在灵敏度、回收率、准确度、精密度等方面均达到了国际上通行的二恶英类污染物检测方法要求；在重金属元素分析方面，我国所发展的原子荧光仪器在国内外得到广泛应用；但在污染物的现场测试、实时测定等方面尚缺少有效的方法与仪器。在新型污染物化学方面，我国从跟踪国外到部分向引领方向转化，首次在氟化工厂环境中发现并报道了全氟碘烷的存在。在污染化学方面，尽管我国学者在高量子效率和可见光响应的纳米光催化材料研究上进行了许多开创性的工作，但在污染生态化学方向发展略显迟缓，环境污染过程和理论研究领域相对薄弱，急需在未来学科布局中重视相关学科交叉并加大支持力度。

在环境生物学科方面，微生物资源、极端微生物、微生物次级代谢以及微生物产物及功能的利用等方面的研究处于国内领先地位，并具备了一定的国际影响力。

在水环境科学与技术方面，目前尽管结合我国水环境和水资源特点及问题为我国河流、湖泊、饮用水源地的水环境改善提供了重要科技支撑，但是与国外相比仍存在一定差距。水环境整治工作基本处于水质改善和景观建设阶段，缺乏传统水利、生态系统栖息地和景观的有机结合，而国外已经形成了较为成熟的理念及相关技术、标准和规范。在污水处理与资源化技术方面，我国与国外基本同步，在某些领域属于国际领先。

在大气环境科学与技术方面，我国在部分核心技术研发上取得了显著进展，大气污染防治产业初具规模，二氧化硫和颗粒物排放总量呈现下降的趋势，大气污染防治工作正快速向区域化方向推进。但现行技术体系和管理理念与发达国家还有一定差距，如控制设备运行成本高，副产物资源化困难，次生污染物增多等因素难以支撑实施以多目标、多污染物调控为核心的区域污染联防联控，亟需在大气复合污染防治的基础理论、核心技术和装备产业化上取得突破，紧紧围绕大气复合污染防治开展学科相关管理思路、基础理论、控制技术和监控技术的研究是大气环境科学技术发展的趋势和优先领域。

在固废领域，与欧美和日本等发达国家固废处理产值已占到环保行业总产值 2/3 的现状相比，我国目前的固废处理行业还处于起步阶段。但是，在固废处置技术的某些领域已走在世界前列，如我国开发的新型二段往复式生活垃圾焚烧炉排达到国际先进水平；开

发了具有中国自主知识产权的 LDS-1 填埋场渗漏实时检测系统;CBS 城市垃圾生化菌种堆肥成套技术创新性地提出三阶段温度控制接种堆肥方法,并开发出国内外领先的高效复合微生物菌剂;细菌解毒铬渣、高碱无卤钠化焙烧工艺等新技术居于国际领先水平;含氯代有机物工业废物处理技术研究达到国际先进水平等。目前,我国应尽快研发具有自主知识产权的大型垃圾焚烧成套设备、大型炉排生产技术和焚烧工艺控制技术,研发垃圾综合处理及有机物厌氧产沼气关键技术与设备,系统研究固体废物焚烧产生的飞灰、持久性有机污染物类废物非焚烧处理处置新技术,研究不同行业危险废物的污染控制、处置与管理技术,研究场地风险评估、污染治理和修复技术等。

在噪声污染防治方面,我国在环境噪声的法律和标准体系、有源噪声控制、微穿孔板吸声材料、声二极管等方面仍然处于国际先进水平。近年来,国家环境科技投入总体提高很快,但是由于对环境物理的基础研究投入不足,在声学仿真计算、新型声学材料、声品质、噪声地图、分布式网络声学监测系统的前沿领域与国际水平拉开了一定的差距。

在环境监测领域,发达国家环境监测因子、手段、污染物种类、分析仪器、分析方法、监测质量管理、环境质量的表达方式不断创新,而我国环境监测技术与世界发展趋势和科技发展前沿还存在较大差距。主要表现为:环境监测基础研究有待进一步完善,监测技术水平有待进一步提高,监测数据评价表征与信息获取共享技术亟需深入研究,环境监测质量管理技术相对滞后,环境监测仪器设备研发能力落后,环境监测国家级实验平台亟需构建。在环境基准与标准方面,我国环境基准与标准工作在“十一五”期间取得了较大进展,但我国环境基准的研究起步较晚,研究目前仍处于起步阶段。

四、本学科发展趋势

“十二五”期间,环境保护以转变发展方式、建设资源节约型和环境友好型社会为重要着力点,确定了削减主要污染物排放总量、改善环境质量、防范环境风险和促进均衡发展的环境保护总体战略目标和任务。环境科技在学科构建、研究领域、研究手段、污染控制过程方式等方面将呈现出新的发展趋势:

(1) 学科发展从自然科学领域向人文社会学领域扩展,在传统的生态环境系统污染治理与生态保护的基础上,与社会学、心理学等社会经济发展、公共服务等社会经济活动相结合;

(2) 研究领域从单一环境要素向生态系统整体转变;

(3) 研究过程从微观到宏观,研究内容由单一因素到多元因素;

(4) 研究范围由小尺度到区域以至全球性大尺度的转变;

(5) 研究手段从传统技术方法向大力发展交叉学科促进技术创新转变,加强学科间的交叉、渗透和系统集成,使环境科研与高技术发展融为一体;

(6) 污染防治技术的研究重点从末端治理向全防全控转变,倡导“绿色经济”、“低碳经济”,使环境与发展相协调;

(7) 环境应急技术从事后应急向事前预警和事后应急并重转变;

(8) 研究热点向危害人体健康的各类环境风险转变。

第六节 资源科学

一、引言

资源科学是研究资源的形成、演化、质量和数量特征与时空规律及其与人类社会发展之相互关系的科学。其目的是为了更好地开发、利用、保护和管理资源,协调人口、资源、环境与社会经济发展的关系,实现环境友好、生态健康、经济持续增长、社会和谐的良好循环。

目前,资源科学的发展进入了重要的转折阶段。2010年和2011年分别是国家“十一五”计划之末、“十二五”计划之初的关键时期,以自然资源为研究对象的资源科学迎来更大的机遇和挑战。自然资源能否持续支撑国家未来长期发展进程是我国可持续发展面临的重大课题,这迫切需要资源科学关注社会经济发展与资源的关系、资源开发利用与生态环境的关系,迫切需要深入研究水资源、土地资源、能源与矿产资源、生物资源及诸多资源的综合开发利用和相互作用过程。

近年来,资源科学研究紧密围绕国家社会经济发展需求取得了丰硕的成果。2008—2010年在全国核心期刊发表资源科学类论文约74845篇。在2010年度的国家自然科学奖、国家技术发明奖和国家科学技术进步奖等项目中,与资源生态学(主要是生物资源)、能源资源学(主要是煤油气、资源工程、能矿资源开发利用技术)和信息资源学等学科领域相关的大量研究成果均获得了各种奖项。

作为由自然、社会学科交缘发展的一个跨学科领域,资源科学已经形成了20多个二级学科。本年度的学科发展报告选择了4个重要的综合资源学科和4个部门资源学科进行专题研究,包括资源生态学、资源经济学、资源信息学、资源管理学,以及水资源学、土地资源学、能源资源学和矿产资源学。展示了2009年以后上述资源学科的新观点、新理论、新方法、新技术、新成果等的总结和评述,同时反映现阶段我国资源学科在研究、教学、交流等方面的概况和最新进展,及其在社会经济发展中的重大应用、重大成果,分析了国内外资源学科的发展水平、战略需求、研究方向等,对资源学科未来发展方向进行分析,并提出发展策略和对策。

二、近年来本学科主要研究进展

(一)资源生态学

生态系统服务研究硕果累累,生态足迹与承载力研究日臻完善,生态修复与生态安全方兴未艾,生态补偿研究备受关注。资源生态研究在生态补偿和生态安全方面取得了较大进展。生态补偿由地方实践转向政策规范,2011年11月国务院常务会议决定在青海三江源地区建立第一个“国家生态保护综合试验区”,并要求建立规范长效的生态补偿机制。此外,“两屏三带”生态安全屏障格局的构建,2010年国家颁布的《全国主体功能区

划》中明确提出要构建“两屏三带”为主体的生态安全战略格局。

(二) 资源经济学

资源经济学研究在理论、实证和方法上均取得了较大进展。理论研究在资源、经济、环境的相互作用机理,资源税、资源诅咒、资源管理、可再生资源开发、资源评价方法与模型等方面不断深入。实证研究在自然资源与社会经济发展、资源型城市经济转型、资源评价与资源安全等方面日臻完善。方法研究在研究思维方式上,重视通过资源学、经济学、哲学等思维模式的交叉应用,指导资源的优化配置;在自然资源综合评价和测度上,通过准确、量化、综合的指标体系、数学方法来力求准确核算资源从开采到运输、从加工到应用过程的数量、质量变化,探讨资源开发利用过程中的经济成本与收益,寻求最优化的资源、开发配置模式。

(三) 资源信息学

资源信息学在资源信息获取和信息分析处理研究上取得了较大进展。在资源信息获取研究方面,航天资源信息、航空资源信息、地面定位观测与综合考察等资源信息获取途径增加。在资源信息分析处理研究方面,高分辨率卫星数据分析处理技术、长时间序列资源信息重构和陆面过程模拟及数据同化等技术不断提升。在两方面共同作用下,推动了资源信息研究的快速发展。

(四) 资源管理学

资源管理学研究进展主要体现在资源综合管理、资源管理体制与效率、资源产权、市场与价格管理、资源安全管理、资源规制理论与实践以及资源管理方法研究等方面。在资源综合管理方面,编制了中国主体功能区划,构建国土资源综合管理信息系统,实现了水、土资源的综合管理;在资源管理体制与效率方面,土地、矿产、海洋资源的管理进一步集中;资源产权、市场与价格管理不断完善;资源安全管理初具雏形;资源规制是资源管理领域新兴的一个研究方向;资源管理方法向纵深发展。此外,资源需求侧管理、参与式资源管理、社区资源管理、资源适应性管理、过程管理、协调管理等研究方法得到了进一步发展。

(五) 水资源学

水资源学在水资源动态演变规律、水资源可持续利用量化、水资源优化配置、水资源系统不确定性、水资源数量与质量联合评价、水量水质联合调度、河流健康理论方法及应用、气候变化对水资源的影响及适应性对策等 8 个方面取得了较大研究进展。特别是在渤海海冰资源开发与利用研究、国家科技重大专项河流主题淮河流域水污染治理技术与集成示范项目——淮河—沙颍河水水质水量联合调度改善水质关键技术、国家“十五”科技攻关课题“中国分区域生态用水标准研究”、国家“973”课题“海河流域水循环及其伴生过程的综合模拟与预测”、“水利与国民经济耦合系统的模拟调控技术及应用”研究等方面取得了较大突破。

(六) 土地资源学

土地资源学在土地评价方面研究成果显著,土地利用规划空前发展,土地整理稳步发展,土地可持续利用研究蓬勃发展,土地利用/覆被变化(LUCC)研究进一步深化,土地资源生态安全与生态环境友好型土地利用研究逐渐兴起。目前,中国土地整治从传统的以增加耕地面积为主要目标的土地整理阶段向以提高推进新农村建设和改善乡村发展能力为主要目标的现代土地综合整治阶段演变。基于对村庄土地利用时空演进规律的理论研究,提出了推动农村组织、产业、空间“三整合”基础理论,以及资源整合、空间重构、集约用地的指导思想。将国家战略同农民意愿有机结合,构建了城镇化引领型、中心村整合型和村内集约型等农村土地整治模式。

(七) 能源资源学

能源资源学研究在能源资源供需预测、能源安全、能源经济与效率、能源技术与低碳经济、节能减排与全球气候变化、可再生能源与新能源技术开发等6个主要方面取得了显著进展。特别是在油气工程技术方面取得了重大突破。“大庆油田高含水后期4000万吨以上持续稳产高效勘探开发技术”项目,获2010年度国家科技进步奖特等奖。该成果为大庆油田可持续发展提供了强力技术支撑,推进了勘探开发理论和技术的发展,带动了石油化工、机械等相关行业的发展,为国家能源安全战略和经济发展做出了贡献。“西气东输工程技术及应用”项目,获2010年度国家科技进步奖一等奖。该项目一举跨入以加拿大联盟管道、意大利阿意输气管道为标志的世界先进管道工程行列,西气东输工程的投产标志着我国气田开发和管道建设进入了一个新时期,开创了大规模应用天然气的新纪元。

(八) 矿产资源学

矿产资源学在地质勘查、资源管理、资源经济和矿山环境等方面取得进展。在地质勘查管理方面,完成了首轮全国矿产资源规划,全面推进了地质找矿新机制,强化了资质管理,危机矿山接替资源找矿专项取得突破性进展,地质勘查行业“走出去”步伐加快;在矿产资源管理方面,开展了持续的整顿、规范专项活动,推进了资源整合工作,完善了矿业权管理政策等;在矿产资源经济方面,矿业市场、矿业权市场机制不断完善,地质勘查产业蓬勃发展;在矿山环境管理方面,初步建立了矿产地质环境保护长效机制,加大了矿山环境治理投入。

三、本学科国内外研究进展比较

中国的资源学科研究以关键资源为突破口,以综合研究为手段,从中国中长期社会经济发展战略需求出发,进而初步建立了中国资源学科从理论到实践的学科体系结构。而世界各国及国际机构对自然资源研究关注的内容非常广泛,涉及资源勘查与开发、资源利用决策与评价、资源经济与管理、资源生态与服务功能、资源政策与法律等多项内容。

当前,全球资源研究进入了以地球资源系统为对象的综合集成与系统研究阶段,但由于各国国情和发展历程的不同,其资源科学研究机构关注的具体领域也有一定差异,但一

个非常明确的特点是,国内外都高度重视对本国资源和世界资源开发利用的经济问题、生态环境问题进行跟踪研究。与国外资源学科研究相比,中国资源学科研究还侧重于以下6个方面:①世界关键自然资源时空分布格局及其本底资料掌握情况;②资源开发利用与全球气候变化之间的机理、路径及效应分析;③自然资源可持续利用及其复杂性研究;④资源流动过程及其社会经济、生态环境效应;⑤关键自然资源安全评估及其风险管理;⑥自然资源产权和排污权的配置与管理、市场机制、法律体系构建。

四、本学科人才培养和科研队伍建设

近几年来,全国许多重点高校先后设置了与资源学科相关的教学和科研机构,并制定了较为完整的科学研究规划和人才培养的方案。现有100所左右的高等院校设有与自然资源科学密切相关的资源与环境学院或系及其相关专业,并招收相关专业的本科生和硕士、博士研究生。资源科学人才培养和科研队伍建设需要各类项目的大力支持。现阶段,我国已通过各种途径或渠道给予了资源科学人才培养和科研队伍建设大力支持,如科技部的“973”计划、“863”计划、科技支撑计划项目等,国家自然科学基金委的面上项目、重点项目、重大项目、重大研究计划等,均对资源科学人才培养、创新团队建设、乃至本学科发展发挥了重要作用。

有限的资源如何支撑中国社会经济持续、快速发展,严峻的资源形势对资源学科人才培养和科研队伍建设提出了新的需求。在未来5年内,无论是从国家和地方政府层面,还是从企业层面、科学研究和教育层面,都急需大量自然资源学科及与其相关的高层次人才,涉及资源勘查与开发、资源利用决策与评价、资源经济与管理、资源生态与服务功能、资源政策与法律等多项内容,从战略上、理论上、技术上、管理上参与国家的资源战略制定,资源合理开发、科学管理和高效利用,解决与资源有关的各类问题。此外,中国科学院设置了专门管理与资源学科相关的司局级机构(资环局),所管理的研究所达30多个,主要开展资源的调查、评价、开发与利用研究,人才需求量大。其他国家级和各省市的与资源相关的科研机构对综合资源利用的人才也有大量的需求。

五、本学科发展趋势与展望

2010—2020年是中国发展的关键时期,让世界22%的人口全面实现小康是史无前例的目标,在食物安全方面要满足15亿人口的营养与健康,在经济安全方面要让15亿人的收入增长翻两番,这就要求既要满足全面小康社会所需要的水土资源和能矿资源,又要解决人口发展所带来的生态环境问题。因此,从人口、资源、环境与发展的基本关系来看,中国可持续发展的资源环境基础与承载能力研究、世界自然资源态势与国家战略性资源安全研究、国土资源优化配置及其高效利用研究、自然资源开发利用的生态环境效应与社会经济效应仍然是国家对自然资源综合研究领域的重大战略需求。

展望未来,资源科学研究将会继续以国家重大战略需求为导向,以水资源、土地资源、能源及矿产资源等关键资源为主要对象,在上述5个方面开展研究,推动资源学科的建设与发展。

(1)区域综合科学考察与资源科学综合研究。面向国家需求,开展跨国家、跨地区、跨

部门、跨学科的现代资源科学综合考察仍是资源科学综合研究的重要基础性工作。在实地考察与野外调查的基础上,借助 3S 技术建立人口、资源、环境与发展数字模拟平台,发展资源科学综合研究的理论与方法,可以为国家制定资源战略提供科学支持和政策建议。

(2) 水土资源可持续利用及其复杂性研究。水土资源可持续利用与粮食安全是国内外关注的热点问题。水土资源可持续利用及其复杂性研究,关注变化环境下的水土资源演变规律与驱动机制,综合研究水土资源的供求平衡规律与承载能力,着重探讨水土资源平衡机理与水土资源综合利用的复杂性,揭示水土资源利用与区域可持续发展的基本关系与一般规律,为流域水土资源综合管理与区域可持续发展提供科学依据和决策支持。

(3) 自然资源流动过程及其生态环境效应研究。自然资源流动过程及其动力学机制研究是资源科学研究的前沿领域,以水土资源、能矿资源、农产品资源为主要研究对象,瞄准资源流动空间规律、环境胁迫过程、区域与全球响应以及流动过程调控机理等科学问题,揭示自然资源流动的科学机理与生态环境效应,阐明全球资源流动规律与中国利用国外资源的可能性,提出调控自然资源流动的国家策略及对策建议。

(4) 世界自然资源态势与国家战略性资源安全评估。世界自然资源态势与国家资源安全已成为国家持续稳定发展的重要制约因素。世界自然资源态势与国家战略性资源安全研究,根据不同社会经济发展水平与资源供求平衡的一般规律,阐明世界资源平衡格局与国家资源安全水平,研究世界资源通道走向与资源地缘政治格局及其对中国能源和资源安全的影响,以及我国战略性资源运输通道安全战略,把握世界资源格局与国家资源安全态势,提出保障国家资源安全的技术途径和政策建议。

(5) 资源利用过程的环境修复机理与废弃物资源化利用技术开发。立足生物地球化学与环境地学,以环境修复与资源利用为核心,以陆地表层化学物质的迁移和转化过程为主线,集成信息技术和生物技术等高新技术手段,探讨人类活动影响下的环境生物地球化学过程与区域环境质量演化,开发针对高风险地区的环境修复技术和废弃物资源化方法,为国家环境安全与资源战略提供理论依据和技术支撑。

第七节 仪器科学与技术

一、引言

仪器科学与技术是信息领域的重要组成部分,是获取信息的源头。仪器科学与技术学科是现代科技的重要学科之一,并与现代科学技术的许多学科有着紧密联系,其整体发展水平是国家综合国力的重要标志之一。随着科学与技术的发展,人们已认识到现代高新技术与基础科学实验研究对仪器仪表的先进性依赖程度越来越高,先进的仪器设备既是知识创新和技术创新的前提,也是创新研究的主题内容之一和创新成就的重要体现形式。仪器仪表已成为信息科技的重要组成部分,是工业生产的“倍增器”、科学研究的“先行官”、军事上的“战斗力”、国民活动中的“物化法官”。

物联网的发展将仪器仪表的测量控制功能在广度上向世间万物扩展,从而对仪器仪

表作为物联网基础部件提出海量需求的同时,对仪器仪表的性能指标、环境适应性、嵌入物的一体性、实时联网性等提出很高要求。物联网将仪器仪表的测量控制功能在深度上向联网的智能设备和装置扩展,从而对实现联网资源的深层次智能化测量控制提出很高要求。毋庸置疑,仪器科学与技术学科及其产业的发展必将推动物联网的加速发展,而物联网的发展也将对仪器科学与技术学科的内涵产生深刻影响。

仪器科学与技术学科作为工程学科,其创新发展与产业和应用发展领域紧密相连。目前,国际和国内仪器仪表学科及产业的主要组成相对稳定,主要包括:①工业自动化测控技术及工业自动化仪表与控制系统;②科学测试、分析技术及科学仪器;③人体诊疗技术及医疗仪器;④信息计测技术及电测仪器(主要是电子测量仪器和电工测量仪器,包括仪表校验装置和计量基准);⑤专用检测技术及各类专用测量仪器;⑥相关传感器、元器件、材料及技术。

二、近年来我国本学科科技和产业发展基本状况

目前,我国已成为亚洲除日本以外最大的仪器仪表生产国,是发展中国家综合实力最强的仪器仪表生产国。从产品的科技水平分析,目前绝大部分国产仪器产品处于国际上90年代后期的水平,中低档产品品种基本齐全,能够批量生产且质量稳定。近3年加快了向中高档产品发展的速度,开发了一批技术水平达到或接近国际水平的中高档产品,如自主研发的分散型控制系统,其基本性能和技术水平已与国外同类产品接近。由于具有很高的性能价格比,在国内市场占有率已达到30%。但在高端产品的竞争上,国外公司的中档产品以及许多关键零部件占有了国内60%以上的市场份额,大型和高精度的仪器仪表仍然几乎全部依赖进口。

三、近年来我国本学科主要研究进展

近期,我国仪器科学与技术学科加快发展,出现了相当数量的对国民经济和社会发展有重大推动作用的技术进展。特别是自主研发的分散型控制系统,其基本性能和技术水平已与国外同类产品接近。由于具有很高的性能价格比,在国内市场占有率已达到30%,先后在600MW超临界、1000MW超超临界火电、500万T/年、800万T/年炼油、45万T/年合成氨、80万T/年尿素、400万T/年氧化铝、265m³烧结装置、20000m³/h空分装置、58m³PVC聚合釜装置、轨道交通控制等重大装置和工程项目中获得应用突破和推广,并取得良好的运行效果,是近3年我国仪器科学与技术学科发展的一个亮点。下面按学科组成描述我国近期在分学科领域取得的主要进展。

(一)工业自动化仪表与控制系统领域

(1)自主研发的分散型控制系统,其基本性能和技术水平已与国外同类产品接近。国产DCS(分散型控制系统)在近年获得较大发展,产品的功能已达到或接近世界先进水平,已能满足大型或超大型项目(10万个物理点以内)的需求。

可以方便地通过组态直接无缝集成第三方系统和设备,无需更改系统程序;提供OPC/DDE/ODBC等软件标准接口,可与第三方的应用程序之间直接进行数据交换;支持

PROFIBUS/HART/MODBUS 等国际常用现场总线,可以方便添加第三方设备,如智能仪表、PLC 和变频器等;可无缝集成制造执行系统(MES),实现控制信息与生产管理信息的有机集成;可无缝集成设备管理功能(AMS),实现工厂设备的全电子化信息管理和维护;可连接常见企业管理系统(ERP),让现场控制层成为企业管理可透明覆盖的范围;可支持基于 Internet 的远程访问和浏览,即使身处异地,过程信息也可时时掌握;每个 I/O 都配备 CPU 芯片,实现 I/O 通道级故障诊断;各个部件都可以实现自诊断,自动报警。产品的应用已覆盖了绝大多数领域。

(2)创新能力建设成果显著,建成了一大批国家级工程中心以及 10 个国家大型科学仪器中心;涌现了川仪、中控等一批创新型企业。

(二)科学仪器领域

(1)在拉曼光谱技术上,首次提出并建立了壳层隔绝纳米粒子增强拉曼光谱(SHINERS)方法,从而可在电化学控制条件下获得多种分子或离子吸附在铂、金等单晶电极上的表面拉曼光谱。实验结果证明 SHINERS 可以应用于检测各类材料的最表层化学组分和任何形貌的基底,使得表面拉曼光谱提升为更为通用和实用的方法。2010 年 3 月,《自然》杂志刊登了这一在壳层隔绝纳米粒子增强拉曼光谱方法方面的重要研究进展。

(2)研制成功我国第一台航空发动机超精密装配/测量专用仪器。该仪器可完成对航空发动机核心部件转子和静子的跳动、同心度和同轴度等参数的高精度测量,使我国新一代核心机型发动机整机装配误差在原有基础上减小一个数量级,打破了国外技术封锁,且主要技术指标优于国外同类专用测试设备。

(3)建立了一种特殊结构的人造微纳晶体——“光子晶体”来实现负折射率,成功创造了多普勒效应逆转现象,光子晶体棱镜的微米量级刻蚀深宽比达到了 25:1 的国际先进水平。

(4)成功进行了高增益谐波产生自由电子激光放大与饱和的实验,成为继美国之后世界上第二个基本掌握相关主要关键技术的国家。

(三)人体诊疗技术及医疗仪器领域

(1)在医用激光仪器检测和诊断研究方面,对激光流式细胞仪和激光共聚焦技术、瘤标志物量子点激光荧光诊断仪、光腔衰荡光谱技术进行的研究,居世界领先地位。

(2)在伤员功能图像监护技术的研究领域,提出并完成“战伤功能图像监护新技术”,该技术能以图像的方式显示伤情的早期变化,能比国内外通用的生理参数监测技术提前报警,争取更多的抢救时间,走在了国际前列。

(3)目前国产 γ -刀系统具有一定创新性,在国内具有良好的竞争力,目前基本占领国内 γ -刀市场。

(四)信息计测技术及电测仪器领域

1. 电工仪器仪表方面

(1)完成“交流高频大电流国家基准”的建立,在世界上首次实现了交流大电流在 1 安

培时直接溯源至自主研发的国家标准,量值传递过程仅为简单的 4 步,相比国际上的 13 步极大地降低了传递过程的不确定度积累,解决了国际上长期以来一直没能解决的电流引起电阻发热对误差影响的重要技术难题。

(2)完成具有国际水平的“电能表智能化检测流水线”项目,实现了电能表常数校核、电能表校验、走字、耐压等检测任务的一次完成,提高了生产效率和检测结果的准确度和一致性。

2. 电子测量仪器方面

(1)微波、毫米波矢量网络分析仪跨入世界先进行列。中国电子科技集团第 41 研究所已成功研制成高水平的矢量网络分析仪,并实现了系列化,有 10 多个型号可供用户选择,包括同轴和波导校准件在内的测试附件齐全、配套性强,能够满足不同层次用户的测试要求。

我国在前几年研制成功矢量网络分析仪的基础上,将其应用领域从线性网络向非线性、大功率网络的测试和分析方向发展,掌握了多种以矢量网络分析仪为核心的自动测试技术和自动测试系统构成及应用,使我国矢量网络分析仪的设计、制造和应用水平跨入了国际先进行列。

(2)掌握调制域测试技术,研制成功调制域分析仪。调制域分析技术在越来越多的应用领域中已成为一种不可或缺的测试技术,尤其是在通信电子测试领域更有其重要的意义。此外,调制域分析仪还非常适合设计防抱死制动系统、可调节悬浮系统、自适应巡航控制系统、防撞雷达、各种航天和防御系统等。总之,调制域分析技术可以用来加速设计和表征诸如雷达、电子战、监控系统和扩频通信的工作和性能特征。目前,我国已经掌握调制域测试技术,并成功研制出了调制域分析仪。

四、近年来本学科主要特点及发展趋势

目前,仪器仪表的整体功能指标仍朝着高性能、高精度、高灵敏、高稳定、高可靠和长寿命的“五高一长”方向发展,而其内含技术正加快朝着数字化、智能化、网络化、微型化和虚拟化的方向发展。

(一)工业自动化仪表和控制系统领域

当前国际工业自动化控制系统的发展趋势是在信息数字化、控制智能化、通信网络化和系统集成化技术的支持下实现高可靠性、高性能和高适用性。

在工业自动化系统装置的应用方面,则呈现“三个紧密”的趋势,即与使用对象结合更加紧密,为不同的对象提供个性化总体解决方案;与企业的经营管理系统的结合更加紧密,使整个产业链得到优化,形成管控一体化系统;与提高经济效益结合更加紧密,通过各种过程的优化软件和先进控制算法使企业得到明显的经济利益。其具体表现为:工业软件快速增长、工业无线通信继续是热点技术、物联网技术正在催生新一代工业自动化系统、从“以产品为导向”转向“以市场为导向”、利用自动化技术提高能源利用效率和减少污染排放等。

(二) 科学仪器领域

近3年科学仪器创新发展的主要趋势是:高端科学研究和超精密制造用的超精密测试仪器进入分子、原子分析检测阶段,测试精度向纳米级逼近;通用分析仪器向多功能、自动化、智能化、网络化方向发展;进行分离、分析的仪器向多维分离和分析方向发展;生命科学仪器向原位、在体、实时、在线、高灵敏度、高通量、高选择性方向发展;检测复杂组份样品的仪器向联用分析仪器方向发展;用于环境、能源、农业、食品、临床检验的仪器向专用、小型化方向发展;样品预处理仪器向专用、快速、自动化方向发展;用于国防和生命科学的仪器向集成化、微型全分析系统方向发展;监控工业生产过程的分析仪器向在线分析、原位分析方向发展。

(三) 医疗仪器领域

该领域发展趋势为:医学影像设备向更高灵敏度、更快、更好地重现人体组织结构信息方向发展;医用电子仪器向模块化、智能化、系统化、网络化和人性化方向发展;体外诊断仪器不仅向自动化程度、灵敏度更高,特异性、准确性更好,而且不断向多功能、集成化、信息化方向发展;医用激光仪器应用范围向临床医学的各个分支扩展,技术上向多波长融合、多功能融合、检测诊断与治疗融合,与物联网技术融合方向发展;眼科光学仪器涌现出一批新兴的眼科光学检测技术和仪器,如3D眼科前/后节频域光学相干层析成像(FD-OCT)、光学生物测量仪、眼科共焦激光显微镜等;战场手术与急救设备中,针对后送救治的便携式快速检验设备和系统等是目前重点研究发展的主要方向;放疗仪器在实现精确的放射治疗的同时,向放疗网络(信息)管理系统方向发展;智能康复医疗机器人向神经康复机器人、情感交流机器人、日常生活护理机器人、智能辅具等方向发展。

(四) 电测仪器领域

1. 电工仪器仪表方面

电工仪器仪表正向智能化、微型化、网络化和虚拟化方向迅速迈进。产品系统化、网络化、智能化、终端化趋势加快,面向用户的开放式系统成为主流,实时监测、互动性服务、远程管理、自诊断与自适应等正在成为电工仪器仪表的必备功能。此外,非电量电测仪器及系统迅速发展,非电量电测技术已成为电工仪器仪表行业很有发展前途的领域之一。

2. 电子测量仪器方面

电子测量仪器稳步向数字化、智能化、多功能、远程化、模块化、虚拟化、标准化和开放型方向发展。性能指标更加优异,融合了大量高新技术,仪器与计算机融为一体并进入虚拟化时代,先进的测控总线技术蓬勃发展,测量与仪器趋于网络化,仪器与物联网进行衔接。

(五) 传感器、元器件领域

1. 传感器方面

现代传感器朝着高精度、高灵敏度、高稳定性、高可靠性、低功耗、低成本、响应速度

快、互换性好的方向发展。基于新工作原理和新功能材料,借助生物科学、材料科学、微电子、信息科学、微机械加工技术,各种新型传感器不断问世,并向微型化、多功能与多维化、智能化、网络化、模糊化等新型传感领域发展。

2. 元器件方面

(1)离散传感器的发展趋势为:离散传感器功能上向智能化和多功能化发展;产品结构上向小型化和微型化发展;产品生产向规模化和专业化方向发展;产品设计向一体化、小型化、实用化发展;产品制造向多种技术融合的方向发展;产品应用上向耐用性、适用性和“一揽子解决方案”或“综合自动化方案提供商”方向发展。

(2)生物医学光学薄膜滤光器件及技术的发展趋势为:生物医学光学薄膜滤光器件的光谱特性向高精度方向发展;环境适应性向长久稳定要求发展;在材料上,氧化物材料应用渐趋广泛以获得器件优良的环境适应性;在制造工艺上,离子镀膜的技术广泛应用,膜厚控制技术从间接控厚技术向直接控厚技术发展以获得更高的膜厚控制精度。

(3)金属波纹管及技术的发展趋势为:金属波纹管在设计上向设计手段丰富、设计方法先进方向发展;在材料上采用耐高温、耐高压和高耐腐蚀性的弹性材料;在制造工艺上技术不断创新,先进工艺装备大量应用;在检测设备上检测技术和检测设备不断完善。

五、对本学科的发展建议

(一)工业自动化仪表与控制系统领域

我国工业自动化仪表与系统需要发展的关键技术有:新型传感器技术、工业无线网络技术、功能安全技术、稳定性和可靠性技术、精密加工和特殊工艺技术、现场总线技术、智能化检测与控制技术、嵌入式系统技术、系统集成和应用技术等。需要重点发展的产品为:工业自动化控制所需智能高端自动化仪表、基于网络环境的工业控制系统产品等。

此外,政府还要大力推进自动化仪表核心技术的研发和国产化,鼓励建立技术创新联盟,鼓励企业在做好做精现有产品基础上扩大出口,并且加大对中小企业的扶持。

(二)科学仪器领域

“国家重大科研仪器设备研究专项”和“国家重大科学仪器设备开发专项”的实施极大地激活了科技界、企业界科学仪器自主创新的创造力,标志我国科学仪器技术和产业自主创新进入了一个新阶段。建议相关部门做好系统设计和整体部署,制定发展规划,加强支持体制和政策的建设。用规划引导产、学、研、用相结合,引导企业资本运作,通过重组并购增强国内企业竞争力,力争若干关键核心技术进入世界先进行列,形成在国际上有影响的科学仪器自主产业。

(三)人体诊疗技术及医疗仪器领域

重视医疗仪器的竞争与发展特点,在满足安全性和可靠性要求的基础上,医疗仪器必须与医疗技术紧密结合。这对其人-机指令界面、人机工程等方面提出了更高的要求,要

求在提供产品的同时结合医疗提供专业化的培训,加强医疗和工程的结合,营建具有中国特色的医疗仪器创新体系。

(四)相关传感器、元器件及技术领域

(1)对相关传感器及技术领域科技和产业化的建议为:加强国家顶层规划,研制新型高端的传感器;探索新机制,加强产学研联合,促进传感器研究的发展;加强统一的宏观管理和协调规划,为产业持续提升提供政策保障;大力支持国际标准、国家标准以及行业标准的制定,支持企业开展物联网技术协同创新,引导企业、产业联盟或协会组织参与制定相关技术的国际标准、国内标准及行业标准。

(2)对相关元器件及技术领域科技和产业发展建议为:在国家有关主管部门(如工信部等)的支持与领导下,由仪表元器件行业部门制定“仪表元器件自主创新战略体系”,确定仪表元器件自主创新目标,构建仪表元器件自主创新体系,强化仪表元器件行业创新体系执行力度,指导仪表元器件的产业发展;国家及各级政府应加大对仪表元器件行业D&R的投入力度,在加强对仪表元器件基础技术研究的同时,国家应重视仪表元器件中关键材料的研发。

第八节 标准化科学技术

一、引言

近年来,随着科技的迅速发展,网络经济的兴起和世界经济一体化进程的加快,标准在科技、产业乃至经济发展过程中的地位越来越重要。标准化科学技术作为支撑我国国民经济发展的新兴学科,在政府推动和广大标准化工作者的积极参与下,无论是在学科基础理论研究、人才及设施建设方面,还是跨学科研究方面都取得了新的成果。特别是理论建设的发展尤为突出,《标准化概论》(第五版)的发布,其“综合标准化”和“按制定标准的宗旨对标准进行分类”的理论思想将标准化理论提升到了新的水平。

本研究报告以学科基础建设进展为重点,围绕标准化学科理论和知识体系建设进行了深入调研,撰写了相应研究报告。通过研究报告可以看出我国的标准化学科建设开始进入标准化理论和知识体系的积累和发展阶段,广大标准化工作者的研究、探索也在不断向前发展。

二、近年来本学科研究新进展

(一)学科基础理论研究新进展

1.“综合标准化”理论研究

随着科学技术的日益现代化,跨部门、跨专业、跨学科的综合性问题日渐增多,可以说几乎所有的现代工业产品或服务都已属于这类综合性问题,都不是以单个标准就可以解

决的了。因此制定成套标准,综合地、系统地解决问题越发成为标准化活动的主导方法,成为现代标准化的科学方法论。研究报告指出,李春田教授提出的把系统论方法与“综合标准化”理论相结合的理论及其在中国实施的成功案例,是对标准化科学方法论的重要贡献。

“综合标准化”的实质是以系统理论为指导的标准化科学方法论,其突出特点是:以系统整体为目标,以目标为导向制定成套标准,对全套标准进行整体协调,按照周密的计划建立具有整体功能的标准综合体并贯彻实施,并且在实施过程中跟踪检查、反馈调整直到实现预定目标。因此,“综合标准化”是(P→D→C→A)全过程的标准化,是以解决问题为目的的标准化。

“综合标准化”的研究使标准化学科建设向钱学森关于建立“标准系统工程”的构想前进了一大步,把标准化提升到了系统水平。

2. “按制定标准的宗旨对标准进行分类”研究

李春田教授以《标准化概论》(第五版)为制标宗旨,以标准划分为“公标准”与“私标准”为契机,指出“公标准”的制标宗旨是获取最佳公共利益,“私标准”的制标宗旨是获取本组织的最大利益。报告认为这种划分是最本质的划分,它揭示了两类标准的本质区别,从而有利于深刻理解两类标准在制标目的、制标形式、标准内容、标准作用以及运作方式等方面的不同,从而采取有区别的政策,确保“公标准”的公正性和“私标准”的竞争性。这样既可使两类标准各自突显其功能,又可防止将两类标准混为一谈、公私不分的现象发生。

深入探索两类标准的不同发展规律以及它们之间的协同关系,不仅可以为如何制定好这两类标准寻求新的路径,而且可以为标准化学科建设和法制建设提供理论依据。目前,清华大学公共管理学院正在研究标准的公共利益属性以及私人利益属性,“公共标准”和“私有标准”与公共管理之间的关系问题,并且试图解决与标准化相关的公共政策设计问题。

3. 标准化哲理研究

标准化与多样化、标准化与有序化,以及标准化空间等哲理问题一直是标准化工作者讨论的重要议题。本研究中,顾孟洁教授根据术语标准化工作所面对的概念离散的现实,借鉴了K.波普尔“三个世界”学说的重大建树,进一步提出了“3W图解模型”,此项成果或许称得上是在当代哲学认识论上的新发展。从这一探索实例就可以比较清楚地看出标准化哲理研究的特殊意义和重要价值。此外,在钱学森系统论学说的指引下,从“老三论”到“新三论”以及结合对有序化和标准化两者的对比分析,深入地探索了推行标准化、实现有序化的环境与内在动因机制。

此项研究也可以说是对从自然界到人类社会的演进过程,以及人类社会标准化活动的过去、现在和未来的既具微观性质又有宏观意义的哲理分析。相信有了这个开端,在今后,通过在标准化科研管理上力度的加强,有组织、有计划地发动更多的专业人才来开展标准化的哲理研究,必定能取得更多、更大的成果,并在我国标准化学科理论建设和标准化事业发展中发挥其积极的作用。

4. 标准化基本概念和内涵的重新梳理

白殿一研究员提出,标准学知识体系包括标准化概念及通用知识、基本理论、方法论、应用技术知识、专门领域知识、特定标准知识等6个模块。他认为这个知识体系中不同层次的知识单元形成了具有一定关系的知识结构。标准化专业知识体系则是以标准学学科为基础,在标准学知识体系的基础上构建,按照社会对不同领域和岗位的专门人才需求,从标准学知识体系与其他相关学科知识体系中选取设置。

麦绿波研究员针对标准化概念定义、标准化的发展阶段划分、原理构建、标准化数学模型和基本公理创建等内容,提出了他比较独特的思想,试图将自然科学的方法用于标准化基础理论,建立标准化的概念模型和数学模型,构建标准化公理、原理、定律,从而能够让标准化现象都存在于科学方法和逻辑(数学)推理的掌控之中。

随着相关领域科研环境和学术氛围的影响,建立一个得到广泛认同的标准化知识体系,并建立理论研究和教学实践间准确“对接”的机制和知识点将是该领域今后的发展目标之一。

5. 标准编写规则的系统和本土化阐释

我国标准化学者在标准编写规则的研究和实践领域,创新性继承和转化了ISO等国际标准化组织在标准编写方面的理论和实践成果,并对标准编写的规则与方法进行了深入分析和系统梳理。白殿一研究员等所著《标准的编写》一书,内容涉及自主研制标准和采用国际标准时如何编写标准,包括:标准化对象的确定、技术要素的选择、标准文本的结构以及具体编写等。

对于标准编写规则,我国学者强调规范性要素的正确选取,标准文本结构的合理搭建,标准要素、条款、内容表述的清楚准确,从而实现标准文本的规范、清晰、统一和适用。与ISO/IEC标准编写规则相比,我国学者在理论解释的系统性、中文词汇阐述的特殊性要求等方面都有着独到见解,为这一领域的标准化学学科建设起到了积极作用。

6. 标准化历史研究

标准化历史研究是标准化理论研究的重要支撑,也是标准化学学科建设的重要基础工作。王平研究员通过对国内外标准化历史开展研究的总体情况进行深入调研和梳理,针对远古标准化研究、古代标准化研究、国外近现代标准化研究、中国近现代标准化研究,分别按照研究脉络、特点和主要观点,以及主要的案例研究做出了综述性的报告。

科技部在“十五”期间支持的重要技术标准专项中的《我国标准化发展战略研究》和《中国标准化体系建设研究》课题对我国以及国外标准化近现代史也做了一定的研究,并形成研究报告。近年来,中国标准化研究院开展了中国标准化历史研究课题,标准化历史研究也有了新的进展。

(二) 跨学科研究成果新进展

1. 标准化理论引入熵的概念

熵理论为标准化领域提供了全新的视角和坚实的理论基础,不仅更为深刻地揭示了标准以及标准化的本质,而且引导标准化研究朝着更加科学的方向发展。在本研究中,王

季云教授提出了标准熵与标准负熵的概念,进一步深化了熵定律在标准化系统中的运用。

标准熵被定义为标准化系统无序化(紊乱)程度的度量。类比熵原理在热力学中的应用,在相对封闭的标准化系统中,标准熵是不断增大的。在一般的标准化系统中,标准熵同样会随着时间的推移不断增大,标准熵表现为一个正值,直到标准化系统被输入足够的负熵,系统的熵值才可能转化为负值。以标准化系统整体最佳目标为导向,运用系统分析方法,最终高效操纵标准负熵的影响因素向标准化系统注入负熵流以达到标准化系统有序健康的状态。

2. 标准化与知识产权研究

标准中的知识产权问题在国际上已经成为学术界非常热门的研究课题。在我国,标准化界和法学界也开展了相应的研究。

本研究报告分上、下两部分介绍了标准化组织知识产权政策新进展以及标准化中专利许可模式。王益谊、朱翔华在分析国际、区域和国家标准化组织知识产权政策的基础上,选取了典型联盟标准组织 W3C、VITA、ASTM 为例,对其专利政策进行了对比分析。张平、赵启杉从网络经济效应入手,分析了专利许可政策对标准化进程的影响,剖析了目前技术标准中专利许可的基本规则——RAND 原则及该原则目前存在的问题,进而对标准化中的 4 种专利许可模式(专利池许可、单独许可、免费许可和开源许可)的含义、运行机理和其利弊进行研究,最后分析在标准制定过程中如何进行专利许可模式选择。

3. 标准化与质量管理研究

标准化的思想、原理和方法日益体现在质量管理领域中,其最显著的表现便是通用的、标准化的质量管理方法论的日益成熟和普及,以及质量管理的基本理念或指导思想的趋于一致。

本研究中,焦叔斌、徐京悦详细介绍了 20 世纪 90 年代至今的全面质量管理(TQM)阶段,卓越绩效模式、ISO9000 质量管理体系和六西格玛管理 3 种应用最普遍、影响最大的系统化的通用方法论,以及在研究、推广标准化的质量管理方法论方面取得的瞩目成就。

目前,中国标准化研究院制定的 GB/T 19580《卓越绩效评价准则》国家标准修订版也即将正式发布,为企业界实施卓越绩效模式注入了巨大的推动力。经过 20 多年的企业实践和各方推进,目前我国取得了 ISO9001 质量管理体系认证的机构已有 30 余万家。此外,在过去几年中六西格玛管理在我国已经成为了一种高度通用性的管理方法论,成为众多企业的管理利器。

4. 抽样检验技术及标准化研究

抽样检验是质量管理工作的重要技术基础,是任何质量保证模式的内容之一,是产品质量控制技术体系的重要组成部分。本研究报告中介绍了抽样检验的两种质量保证模式及国内外抽样检验技术的新发展,提出了抽样检验技术研究的目标是要体现经济性、科学性、可靠性和可用性(可操作性)等特点。

我国在许多抽样检验技术和标准上都有自己的创新性研究成果。我国和国际上分别制定了国家标准和国际标准中监督抽样标准,国际上于 2002 年发布的 ISO2859-4《声称

质量水平的评定程序》标准与我国发布的国家标准 GB/T1443—1997 在技术上基本一致。我国在对国家标准修订时修改采用了 ISO2859-4 的内容,并增加了 ISO2859-4 中缺失的声称质量水平为零的抽样方案,目前已经通过了 ISO 2859-4 的国际标准修改提案。我国专家于振凡高级工程师已经开始主持该国际标准的修订,目前已经推进到 CD 阶段。此外,我国在小总体监督抽样、计量标准型抽样检验技术的研究上都有自己的创新性成果。

三、本学科国内外发展状况及对比分析

(一) 我国的标准化理论研究发展及对比分析

对比国内外标准化理论建设的发展轨迹我们可以发现,我国标准化研究的主流把系统论的方法用于标准化的理论研究,坚持综合标准化思想,并坚持把现代工业模块化技术与标准化思想相结合的做法,形成了具有我国特色的标准化理论体系和知识体系。但在进入 21 世纪之后,随着经济全球化和信息、通信和技术(ICT)产业的发展,我国的标准化理论研究确实面临着新的挑战。

我国理论界对于 ICT 标准化研究,网络经济的发展及网络外部性产生的特殊标准化现象,以及对标准化与产业创新以及相关公共政策设计的研究方面还都非常薄弱。我国的法学界虽然对知识产权与标准化的问题有一定的研究,但是与发达国家相比还有距离。目前我国在标准化与公共管理、产业创新方面的研究没有形成体系,我国的标准化界和国外的标准化界的学术交流还不够深入。所以说,与美国、欧洲、日本相比,我国的标准化理论研究在全球经济和科技快速发展新形势下还存在较大差距。

(二) 我国的标准化教育发展及对比分析

与发达国家相比,我国在高校范围内的标准化教育并不落后。我国已经有学校在标准化教育方面做出了较为突出的成绩,中国计量学院因为在标准化与质量管理方面开设课程获得了国际标准化组织(ISO)2007 年度“标准化高等教育奖”。特别是在 2011 年初教育部又正式批准中国计量学院开设“标准化工程”本科专业。

然而我们应该看到,虽然我国高校在标准化教育方面取得了一定的成绩,但还只能说是“零星的”,所开设的课程也是很初步的。尽管我国的学科分类代码国家标准给“标准科学技术”正式留了位置(410.50),但是教育部对于标准化是否是一门学科的态度还是不明朗,这意味着我国的标准化教育确实还有很长的路要走。

四、本学科的发展趋势与展望

综上所述,标准化理论研究已经取得了一定的成果。随着这些年标准化跨学科研究加快,预计法学、经济学、公共管理学、工商管理学、工业工程学等学科中将有更多的研究成果出现。但是当前国际社会热点问题对于标准化理论研究有着极强的导向作用,在短期内主要的研究成果将依然会集中在知识产权、网络的外部性、公共政策与产业创新、联盟(Consortia)标准等方面。标准化的工科应用研究也会随着科技的发展不断出现新的

成果。

标准化知识的教育和推广活动已成为一个普遍的需求和趋势,推动标准化教育研究、加强国际合作、完善标准化教学模式已成为当前紧迫的任务。我国学者和教育界人士正积极开展和试点工程硕士领域下标准化研究方向的培养工作。若该项目能按目标推进,将成为高层次标准化技术人才教育培养的一大突破。

总之,我国的标准化学科建设要实现上述目标,需要得到政府的支持,标准化机构和高校的协同,以及加强与国外同行的学术交流等。我们相信在政府的支持和广大标准化工作者的努力下,标准化学科理论和知识体系建设将得到进一步发展,为我国国民经济的发展作出更大贡献。

第九节 计算机科学与技术

一、引言

“十二五”开局之年刚刚过去,国家已经把全面提高信息化水平作为“十二五”发展规划的重要内容,《国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》明确提出“提高信息化水平需要加快建设宽带、融合、安全、泛在的下一代国家信息基础设施,推动信息化和工业化深度融合,推进经济社会各领域信息化”。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》指出“发展信息产业和现代服务业是推进新型工业化的关键”。毫无疑问,计算机科学与技术学科已经成为知识经济的重要组成部分,更成为国家现代化、信息化实施的理论基石,它既是信息化研究的一个重要内容,也是信息化实现的重要手段。

过去的“十一五”期间,国家在信息产业,特别是在计算机科学与技术相关产业方面部署了多个重大科研计划,在关键技术研发和产业化方面取得了长足的进步。同时,在高性能计算、下一代互联网、图形和图像、物联网、软件工程、信息安全、云计算等前沿分支学科也取得了丰硕的成果。下面将回顾、总结和科学评价近两年来各分支学科发展的新进展、新成果,对比本学科国内与国外技术的发展状况,并简要分析本学科的未来发展趋势。

二、近年来本学科最新研究进展

(一) 计算机系统结构领域

长期以来,计算机系统结构作为计算机科学与技术的核心基础学科,一直发挥着重要作用。近几年来,该学科取得很多关键性的进步,核心芯片技术、信息存储技术、高性能计算技术、计算机网络技术以及物联网技术等方面均取得了丰硕的成果,不仅使本学科的理论和技术水平得到很大的提高,也推动了计算机科学与技术学科的发展。

国产核心芯片在各方面均达到国际领先水平,并在我国高性能领域的研究和实践中得到了广泛的应用,取得了令人满意的效果。在高性能计算领域,以自主技术为核心,构建中国高性能计算生态链的方针使高性能计算研究稳步健康发展。针对下一代互联网的

研究中,以可演进为基础的互联网体系结构研究取得重大进展,有望实现大规模的部署。在互联网理论和技术研究的带动下,物联网开始起步发展并获得国家大力支持。我国还针对金融、电信等领域的关键应用,研制出了高端容错计算机产品,以打破国外产品在这些领域的垄断,降低中国的信息化建设成本。我国还在核心电子器件、高端通用芯片、基础软件产品、并行算法以及高性能计算软件等方面取得了突破。

处理器芯片是信息技术的“心脏”,是信息产业的基础部件,是通信设备、网络设备、高性能计算机的核心部件。长期以来,芯片市场主要被国外公司垄断,限制了诸多行业的发展,给国家安全带来了潜在的威胁。从国家战略出发,我国大力发展具有自主知识产权的国产处理器芯片,近来各种具有自主知识产权的中国“芯”不断涌现,利用国产飞腾芯片设计的超级计算机“天河一号”荣登世界超级计算机榜首。目前国产芯片已经在国防、社保、教育、农业、电信、金融、保险、卫生等各行各业得到了广泛应用。总体而言,经过国人的不懈努力,国产芯片已经掌握了处理器芯片体系结构设计的核心技术,达到了国际领先水平。

随着信息技术的普及和快速发展,信息量的爆炸使得存储的扩容和升级速度已经远远超出了处理器和网络的升级速度,海量存储已成为继计算机浪潮和互联网浪潮之后的第三次信息技术发展浪潮。基于此,我们立志打造高效能、高安全、高可靠性、低能耗技术自主知识产权为核心的网络存储产业。科技部在2008年设立了“海量存储系统关键技术”重大项目,其目标为研制面向PB级高性能、易扩展、高可用、易管理的海量存储系统,实现在海量存储系统技术上的突破。在2009年完成重大基础项目“下一代互联网信息存储组织模式与核心技术研究”基础上,于2010年设立“面向复杂应用环境的数据存储系统理论与技术基础”项目,进一步围绕新型智能存储系统及其服务支撑技术进行研究。目前研制的PB级存储系统与技术预期指标都已经测试通过,进入应用示范阶段。

“十一五”期间,我国高性能计算机在研制、应用和产业化等方面都得到了较大较快的发展。我们以自主技术为核心构建中国的高性能计算生态链,重视基础技术突破来促进中国高性能计算的研究和发展。我国已经成功研制“天河”和“曙光星云”两台千万亿次超级计算机,国产高性能计算机分别在2010年11月和6月位居世界TOP500的榜首和第2名。不少高性能计算应用由此从百核扩展到千核、万核以上处理器的应用。

计算机网络技术方面,随着应用和需求的发展,现有互联网面临着众多技术挑战。为了更好地解决这些重大技术挑战,各国启动了多项下一代互联网研究计划,开展下一代互联网体系结构和关键技术的研究。不同于国际上改良式路线与革命式路线,我们提出了可演进的互联网体系结构,即互联网体系结构必须通过改变约束其扩展的基本要素,而产生新的指标扩展空间的特性。2009年启动的“973”项目“新一代互联网体系结构和协议基础研究”从IPv6互联网出发解决互联网的重大技术挑战,继承和发展了前期项目的初步理论研究成果。项目不仅注重体系结构的理论探索,同时更加注重体系结构和协议的基础研究,并继续深入研究多维可扩展的网络体系结构及其基本要素,以及体系结构对规模可扩展、性能可扩展、安全可扩展、服务可扩展、功能可扩展、管理可扩展的支持。路由器体系结构和相关技术的研究也取得了较大的进展。在国家“863”高科技重大专项“新一代高可信网络”项目的支持下,可重构路由器方面的研究达到了国际先进水平。可重构路

由器可根据不断变化的功能需求动态加载不同的处理构件,不但能满足各种新出现的互联网处理需求,如视频感知的处理,而且可以降低设备功耗,延长使用周期和减少电子垃圾,因此更加节能环保。

随着温家宝总理“感知中国”战略构想的提出,我国政府已经充分敏感地意识到物联网是信息技术变革的重大机遇。挑战物联网核心理论问题,发展我国具有自主知识产权的物联网技术,推动我国在该领域的跨越式发展已经在政府、学术、产业各界达成高度共识。物联网体系结构的基础研究项目针对物联网存在的大规模异质网元的高效互连、不确定感知信息的有效利用、动态化系统环境的服务提供等挑战,凝练出 3 个关键科学问题:“大规模异质网元的数据交换问题”、“不确定信息的有效整合与交互适配问题”以及“动态系统环境中服务自适应问题”,并分别进行深入研究。

总体来说,计算机系统结构领域需要更高的技术创新,不断提升计算机软硬件的性能,并积极突破高性能计算、下一代网络、海量存储等核心技术,为计算机学科的发展奠定坚实的基础。

(二) 计算机软件与理论领域

近几年来,我国在计算机软件与理论方向的研究紧跟国际步伐,取得了可喜的成绩,数据库技术、软件工程技术以及系统软件技术等方面均取得了重大的突破。数据库技术研究中,不确定数据管理技术引领数据库技术潮流。在软件工程方面,软件生产工具和集成环境飞速发展。系统软件领域,以中间件为代表的系统软件技术取得关键技术成果。新型研究领域模型检测方法引起学术界与工业界关注。

随着计算机应用技术的快速发展,传感器网络、Web 服务和 RFID 技术得到了广泛应用,在这些先进应用中不确定数据无处不在,并且无法运用确定性数据管理技术有效处理,这使得对不确定数据管理的研究成为数据库领域当前的研究热点。国内研究机构从 2008 年起,每年在数据库技术领域国际顶尖期刊和会议上都有不确定数据管理方面的文章发表,表明国内在不确定数据管理方面的研究工作与国际上是同步的,并且取得了国际同行认可的研究成果。复旦大学研究了不确定数据流的聚类 and 不确定数据流的 Top-k 查询技术,哈尔滨工业大学研究了基于概率语义的不确定图数据库上频繁子图挖掘算法,而东北大学则对基于 EMD 距离的概率数据相似性查询技术进行了深入研究。

软件工程领域方面,国内近几年在软件中间件方向取得了丰硕成果。国内各企业,如金蝶、中创软件、普元软件等,通过多年的不断研究与开发,在应用服务类中间件、应用集成类中间件、业务架构类中间件等几大类主要中间件中均有不俗的作为,尤其在应用服务器中间件上更是成果颇丰。而国内高校及研究所在国家发改委、信息产业部电子发展基金和科技部“863”计划以及核高基专项计划的资助下,通过各项目研究单位和国内骨干软件企业多年的不懈努力,在基础中间件领域已经形成丰富的技术积累,形成了以“四方国件”为代表的关键技术成果,在国际上产生了良好的影响。

在计算机软件和理论研究方面,除了加强计算机科学与技术学科基础设施的研究与建设,我国还应该注重更广的技术辐射,大力发展更多更新的技术应用,加强国家信息化的建设,同时实现信息化向其他各个领域的渗透。

(三) 计算机应用技术领域

近年来,计算机应用技术领域的研究非常活跃,我国也在图形和图像处理与分析技术、人工智能与机器学习技术等各细分领域取得了关键的技术进步,达到国际领先水平。图形和图像处理与分析技术方面,我国在计算机辅助几何设计、图形实时绘制、计算机动画、虚拟现实、人机交互以及可视化等领域发表了众多论文,取得了一系列高水平的研究成果。形成了以 Bézier 和 B 样条方法为代表的参数化特征设计和隐式代数曲面;发展了预计算的实时绘制框架,并提出了一套完整的大规模场景绘制理论与方法;在计算机动画的基础研究、平台构建、系统集成和产业应用方面均取得了重要进展,并且重点支持了三维物体输入技术、全景动态光场采集与处理技术、虚拟场景生成技术多通道人机交互技术等方向。

人工智能与机器学习方面,中国部分人工智能方面的专家学者在国际学术界影响力日益增加,有少数学者已经在国际上处于领先(领导)地位。我国学者在国际重要的人工智能学术杂志和学术会议上,担任重要学术职务的人数一直在不断增长,获邀请在相关学术会议上做大会报告的人数也在增加;并且我国学者每年在重要杂志上发表学术论文的数目也在不断增长,国内承办人工智能重要国际会议的次数在增加。除了学术领域的进展,我国还在智能机器人、个性化推荐系统、Web 语义等实际应用领域也取得了许多有价值的研究成果。

计算机应用技术领域的研究需要更深的技术挖掘,除了加强计算机科学与技术学科技术辐射的广度,我国还应该注重更深的技术挖掘,促进信息的可视化、智能化发展,促进图形图像技术以及人工智能技术的研究、发展及应用。

三、本学科国内外研究进展比较

虽然近几年国内在计算机科学与技术学科领域取得了许多重要的理论研究成果以及有价值的成果,但是计算机科学与技术学科作为国内信息产业的先导者,与世界先进水平相比还存在一定差距,里程碑式的成果和原创成果不多,许多研究在总体上还没有跳出跟踪研究的模式。

此外,我国在核心技术应用研发成果市场占有率较低,信息技术产业在国际市场上竞争力较弱,有价值的具备自主知识产权的研究成果相比国外仍有较大差距,这也是导致国内企业在国际上容易受到竞争对手掣肘的原因。

四、本学科的发展趋势和展望

未来,我国仍需要在计算机科学与技术学科继续深入理论研究,缩小与国外先进成果的差距,继续努力突破制约信息产业发展的核心技术,掌握集成电路及关键元器件、大型软件、高性能计算、宽带无线移动通信、下一代互联网等核心技术,提高自主开发能力和整体技术水平。同时注重研发核心技术应用,抢占国际市场。此外,还应该加强自主知识产权的研发与保护,提升国内信息技术产业的竞争力。在今后,应做到基础理论研究和产业化应用共同发展,因为只有做好基础理论研究才能拥有核心技术支撑产业化应用,而作为

实践性较强的学科,只有实现了产业化的应用才能体现基础理论研究的价值,从而更好地促进计算机科学与技术学科的健康发展。

我国计算机科学与技术学科的发展还应以应用需求为导向,重视和加强集成创新,开发支撑和带动现代服务业发展的技术和关键产品,促进传统产业的改造和技术升级,重点解决信息技术产品的可扩展性、易用性和低成本问题,培育新技术和新业务,提高信息产业竞争力。同时,计算机科学与技术学科还需要把发展高可信网络作为重点,开发网络信息安全技术及相关产品,建立信息安全技术保障体系,具备防范各种信息安全突发事件的技术能力。

第十节 测绘科学与技术

一、引言

随着空间技术和信息技术等不断进步,国民经济和社会信息化进程加快,测绘事业面临着技术手段、服务层次和资源配置方式等方面的深刻变化。经济社会发展和人民生活水平的提升对地理信息资源的需求迅速增长,面向全社会提供地理空间信息服务是近几年测绘学科发展的主要任务,同时也标志着我国测绘现代化和信息化发展进入了一个新的阶段。测绘学科发展主要依赖信息化测绘体系建设中的地理空间信息理论、技术、方法以及应用服务方面的进步。在 2011—2012 年已完成或即将开展的国家测绘重大工程项目,如北斗导航卫星系统、现代测绘基准建设、海岛礁联测、“天绘”和“资源三号”测绘卫星、国家 1:50000 基准地理信息数据库更新、西部测图工程、地理国情监测、应急测绘技术、数字城市、全国地理信息公共服务平台与天地图等 10 大工程既推进了信息化测绘体系建设的进程,同时也促进了测绘学科的发展。

本报告简要回顾了我国当代测绘科学技术从数字化测绘向信息化测绘过渡,并与当今世界新出现的地理空间信息学相互融合和渗透形成测绘与地理空间信息学这一新兴学科的历程,结合测绘学科的几个分支学科阐述了 2011—2012 年测绘与地理空间信息的空间基准建设、获取技术、处理方法、服务方式和应用领域等几方面的主要进展,对比分析了本学科国内外发展现状,评述了本学科发展趋势及展望。

二、近年来本学科最新研究进展

(一) 测绘与地理空间信息的空间基准

空间基准是测绘与地理空间信息获取、处理和开发利用的基础起始数据,已开始利用现代测绘理论和高新技术手段建立并维护覆盖全国、陆海统一的新一代高精度、三维、地心、动态、几何-物理一体化空间基准;特别是采用了大地测量控制站点(CORS 站、长期验潮站、水准点、重力控制点与卫星定位控制点)的并置技术,构建陆海一致的海岛礁测绘基准;地理空间信息基础框架已经建立和更新国家、省级和县市的基础地理信息数据库,并

可及时提供现势性好、准确度高、内容完备和易用的基础地理空间信息,为经济社会发展提供统一的空间定位基准和地理信息公共服务平台。

(二) 测绘与地理空间信息的获取技术

通过着力建设陆、海、空、天多平台、多传感器的测绘基础设施,发展快速获取技术,使地理空间信息数据能实时/准实时地获取。

卫星导航定位技术,我国北斗导航卫星系统快速发展,计划于 2012 年年底建成我国自主发展独立运行的覆盖亚太区域的“北斗二号”区域导航卫星系统;我国已将“天绘一号”和“资源三号”两颗测绘卫星送入预定轨道,成功建立我国自主的高分辨率测绘遥感卫星平台;数码航空摄影测量主要研究大像幅航摄仪、“倾斜摄影”的成像方式和航空影像的快速去雾处理技术;无人机航摄遥感系统的研究重点集中在无人机遥感平台多传感器集成技术、无人机飞行控制技术和无人机遥感数据专用处理算法等;机载激光扫描系统主要关注于机载 LiDAR 点云滤波和分类问题,LiDAR 点云地物提取与模型重建以及 LiDAR 与光学影像的集成处理方法等;地面移动测图系统的关键技术,如多传感器集成、系统误差检校、直接地理参考技术、交通地理信息系统等方面的研究取得了重大进展;水下地形测量在精密多波束测深数据综合处理、声线跟踪、异常测深数据处理、实时水位和水深获取、海床 DEM 建模等方面均开展了相关研究,多波束系统也实现了测深从“点”到“面”的突破。

(三) 测绘与地理空间信息的处理方法

有关数据处理方法主要研制自动化、智能化的测绘与地理空间信息数据处理平台,发展海量数据的快速精确处理和集成管理技术手段。

对地观测遥感数据处理与分析主要研究了高分辨率卫星遥感影像的直接定位技术和无地面控制条件下自由网平差技术,基于有理多项式模型表示推扫式光学卫星影像系统几何校正产品的高程起伏引起的变形规律;GNSS 数据处理与分析主要在模糊度解算、周跳探测和定位解算技术等方面,其中有的针对我国北斗导航卫星系统进行了研究,提出了若干新的或改善的方法;卫星重力数据处理与分析的研究重点是 GOCE 卫星 SGG 数据处理和解算重力场模型新方法及其测量误差分析、数据校准和成果检验,基于 SGG 观测数据提出一种构建重力场模型的线质量调和与分析方法,并深入研究了利用重力梯度张量不变量恢复地球重力场的理论与方法;大地测量数据处理主要在测量平差模型、病态条件诊断与正则化、抗差估计、滤波算法等方面提出了有创新意义的新理论和新算法;数字地图制图技术的工作重点是从数字地图和纸质地图的生产向基础地理空间信息的持续更新转移;地理信息系统技术的发展主要体现在空间数据集成、时空数据组织与管理、时空数据建模、时空分析引入智能方法、地理数据可视化等方面;目前已研制了多个基于网格计算的摄影测量与影像处理系统,如 DPGrid、PixelGrid、GeoWay - CIPS 等,解决了稀少控制的高精度区域网平差、大范围数字高程模型自动提取以及数字正射影像快速生产技术,同时全面应用数码航摄及 POS、LIDAR 等航摄新技术,实现对航空或卫星遥感影像获取 DEM 和 DOM 数据的自动化处理;在数字海图标准化方面,实现了具有自主知识产权的

同一平台上多元海图数据的同时调显;在数字海图生产方面,解决了面要素编码属性的自动识别、作业结果的自动比对、面要素综合错误的自动检测和多余面要素的自动检测等关键问题。

(四) 测绘与地理空间信息的服务方式

服务方式的新进展主要表现在网络化地理空间信息服务。

全国地理信息公共平台建设已完成了总体建设规划与技术设计,搭建了主节点原型系统,开展了公众版数据设计和实验以及相关专项的申报工作,并与平台用户单位进行了沟通;已建成中国区域内数据资源最全的地理空间信息服务网站“天地图”,集成了全球范围的 1:100 万矢量地形数据、500 米分辨率卫星遥感影像,全国范围的 1:25 万公众版地图数据、导航电子地图数据、15 米分辨率和 2.5 米分辨率以及全国 300 多个地级以上城市的 0.6 米分辨率的卫星遥感影像;利用 GIS 技术,为物联网提供基础地理信息平台, GPS 为物联网提供空间定位支持,三维 GIS 技术为物联网提供真实的虚拟展示平台,移动 GIS 为物联网提供移动计算平台;已实现将 GIS 的平台、软件和地理空间信息方便、高效地部署到“云”基础设施之上,以弹性的、按需获取的方式提供最广泛的基于 Web 的服务。

(五) 测绘与地理空间信息的应用领域

当前测绘与地理空间信息的应用领域极为广泛,可以说它已渗透到经济社会的各个领域,这里仅举几例说明。

利用网络实现了实时、快速地图服务,由简单的地理要素和空间信息查询向综合信息知识服务系统发展;在高铁与城市轨道交通工程测量中,提出了采用自由设站的方法建立轨道控制网(简称 CPⅢ),在此基础上,采用全站仪配合专用测量标志按照设计位置进行绝对定位,实现轨道板的精密安装;工程安全监测技术侧重于将几何学、物理学、计算机仿真学等多学科、多领域的融合与渗透,使变形监测技术向一体化、自动化、数字化、智能化等方向发展;矿山(地下工程)测量技术已采用三维激光扫描技术用于地面和地下空间断面测量及三维建模;应急测绘技术利用 3S 技术联合网络通信技术,完成了低空应急测绘技术装备研制,实现了防灾减灾高技术成果转化和综合集成,建立了公共应急服务地理信息平台,完善了国家和地方灾情监测、预警、评估、应急救助指挥和服务保障体系;另外,测绘与地理空间信息技术还应用于土地调查、土地利用动态监测、房产测绘技术及信息化管理等领域,并取得若干具有自主创新性的成果。

三、本学科国内外研究进展比较

(一) 国际测绘学科发展现状

随着航空航天技术、计算机技术、网络技术和通信技术的快速发展,测绘科学和技术不断取得突破性进展。当前国际上测绘学科的进展主要表现在:

(1)大地测量正从静态到动态、从地基到天基、从区域到全球迅速发展,测量精度显著

提高,应用领域不断拓宽。随着重力卫星的成功发射,地球重力场观测已经完成了地基到天基的转变,观测精度和覆盖率大大提高,这将有助于实现全球高程基准的统一。全球导航卫星系统(GNSS)飞速发展,美国正在实施GPS现代化升级改造,俄罗斯已基本完成GLONASS补星组网,欧盟的GALILEO也预计在2013年初步组网,多系统兼容互操作是国际GNSS应用研究的主流。当前,基于多种大地测量观测手段的全球大地测量观测系统(GGOS)建设已成为一个新的发展方向。

(2)航空航天遥感朝着“三多”(多传感器、多平台、多角度)和“四高”(高空间分辨率、高光谱分辨率、高时相分辨率、高辐射分辨率)方向发展,对地观测系统逐步小型化,卫星组网和全天时全天候观测成为主要发展方向。2010—2020年,美国计划执行17个新的卫星项目,涵盖地球科学的各个领域。当前,遥感应用已由定性分析转向了定量分析,卫星遥感数据已经成为1:5万及更大比例尺地形图测制更新的主要数据源,遥感数据产品呈现了高/中/低空间分辨率、多光谱/高光谱/SAR共存的趋势,为资源管理和灾害应急等方面的应用提供了及时的信息保障。遥感数据处理方面,研发了一系列采用并行处理方式的遥感数据快速处理系统,如法国研制的Pixel Factory系统、美国PCI公司的Geo-Imaging Accelerator GXL系统等。

(3)地理信息处理与管理在先进的计算机技术和网络技术支撑下,由自动化向智能化发展,三维空间数据管理已成为研究热点,基于网格计算、云计算理论的GIS解决方案迅速出现。美国和欧洲的网格GIS技术仍处于领先地位,国际GIS软件仍以ArcGIS、数据库管理系统Oracle为主要品牌。海量空间数据管理实现了属性与空间数据一体化存储和面向空间实体的数据库无缝海量数据组织新模式。在三维空间数据管理方面,美国率先推出了Google Earth、Skyline、Virtual Earth、World Wind、ArcGlobe等软件。位置服务已成为互联网的强制性要素,Web服务成为地理信息相关工程的标准要求。云计算将是分布式计算、并行计算和网格计算深入发展的必然结果。

(4)地理信息服务在未来10—20年的发展方向为全球对地观测数据的获取、处理和服务的无缝连接,形成对地观测传感器与用户直接交互的、实时提供对地观测数据、空间信息和知识信息的服务网络。

(二)我国测绘学科主要进展对比

与发达国家的测绘学科发展水平相比,我国测绘科技水平仍然存在较大差距,发达国家在测绘科技领域占优势的压力在我国仍是长期存在。主要表现为:在测绘基准方面,我国基准建设与维护主要依赖国外测绘仪器、卫星以及数据处理软件;在数据获取方面,信息获取能力较弱,高分辨遥感卫星数据依赖进口,直接导致地理信息更新相对滞后;在数据处理方面,数据处理核心技术缺乏,自主研发水平较低,国产软件整体上没有占据国内市场绝对份额;在数据管理方面,核心管理软件和网络服务软件依赖国外产品;自主知识产权的测绘技术装备水平及研发能力无法满足测绘发展的现实需求,关键设备受制于国外;在突发事件处置方面,暴露出装备不足导致应急测绘保障服务能力有限的问题;国际标准与国内标准融合不够;测绘科技成果应用转化不够等。但自“十一五”以来,紧密结合我国测绘事业发展实际需要,我国已基本建立了符合科技自身发展规律、布局合理、支撑

有力、产学研相结合的测绘科技创新组织体系,自主创新能力明显增强;以地理信息数据获取实时化、处理自动化、服务网络化和应用社会化为标志的信息化测绘体系取得了初步进展。

(1)在测绘基准方面,已完成了我国地心坐标系统(CGCS2000)全国平面控制网、高程控制网、国家重力基本网和高精度卫星定位网的建立、启动和维持工作。

(2)在数据获取技术方面,我国的北斗导航卫星系统已进入第二代建设工程,预计到2020年将建成覆盖全球的全球导航卫星系统。

(3)在航空航天测绘方面,研制了SWDC系列数字航摄仪、大面阵大重叠度航空数码相机、机载激光雷达系统、机载合成孔径雷达系统等装备,研究了低空无人飞行器航空摄影系统并向全国推广使用,部分研究成果优于国外同类产品。完成了我国测绘卫星的规划、设计、研制和发射等工作,在遥感影像压缩质量验证、影像仿真、卫星地面检校等方面取得了重要成果。

(4)在数据处理技术方面,开发了空间信息三维虚拟现实模型系统、遥感图像综合处理系统、机载激光雷达数据处理系统、数字摄影测量网格系统、高分辨率遥感影像数据一体化测图系统等,形成了从空间数据获取到输出全数字化的技术体系,革新了地理信息提取、显示和输出技术,初步建立了国家级遥感卫星数据接收和服务系统,实现了大范围高分辨率卫星影像地形测绘技术。GeoImage、ImageInfo等国产系列遥感软件的诞生,为国家重大测绘工程的顺利实施提供了自主的软件平台和技术服务。

(5)在信息管理与服务技术方面,研制了基础地理信息时空数据库管理系统、国务院全国空间信息系统、数字城市地理信息平台软件、资源环境遥感动态监测信息服务系统、西部测图安全监控系统、神州遨游等,研发了非线性地图保密处理技术,在基础地理信息管理、城市建设服务、位置导航、区域开发规划、土地管理等方面具有广阔的应用前景。

总体来说,我国的测绘学科的理论和技术水平已接近或达到国际相同水平,大大缩小了它们之间的差距。

四、本学科发展趋势及展望

测绘学科在经历了传统测绘到数字化测绘再到信息化测绘的3个阶段的发展之后,它的概念与内涵发生了根本的变化。尤其是在“十二五”期间,测绘事业发展的战略为“构建数字中国,监测地理国情,发展壮大产业,建设测绘强国”,因此,测绘学的现代概念则是研究地球和其他实体与时空分布有关信息的采集、量测、处理、显示、管理和利用的科学与技术。测绘学科的应用范围和服务对象,由原来的控制到制作国家基本地形图的任务扩大到与地理空间信息有关的各个领域,特别是在建设“数字城市”、“数字中国”或是建设“智能城市”、“智能中国”中构建用于集成各类自然、社会、经济、人文、环境等方面信息的统一的地理空间载体,即国家地理空间框架。

当今,我国的测绘学科正向着国际上正在兴起的地理空间信息学跨越与融合,在技术形态上从数字化测绘技术向更加自动化、智能化的信息化测绘方向发展。自主卫星导航定位技术、航空航天遥感技术、地面移动快速测量技术、地理信息网格技术和云GIS技术等成为测绘的主体技术。与此同时,监测地理国情、发展壮大地理信息产业也要求多种技

术集成融合,使测绘学科从单一学科走向多学科的交叉与渗透。测绘应用领域更加广泛和多元化,它已扩展到与地理空间分布有关的诸多方面,如环境监测与分析、资源调查与开发、灾害监测与评估、农业发展、城市管理、智能交通等;在服务内容上从标准化、专业化地图服务为主向多样化的地理信息服务和技术信息一体化服务转变,地理空间信息内容更加丰富和灵活多样,更加强调地理信息的分析、预测与辅助决策等功能;在服务方式方面,从封闭走向开放,从提供静态测绘数据和资料到提供随时空变化的实时/准实时动态地理信息,从面对面的直接服务向快速的网络化、流程化信息服务转变,地理信息流通更快速、获取更便捷;与此同时,服务主体也发生了转变,从“以政府部门、事业单位为主体的公共服务”向以“企业为主体的市场化服务和公益性服务”转变,测绘的资源配置方式将同时发生重大变革,地理信息服务的相关企业迅速发展。未来一段时间是全面建设信息化测绘体系、努力构建数字地理空间框架、加快推进测绘信息化进程的阶段,也标志着我国测绘事业发展进入到地理空间信息全面服务的时代。

作为经济社会发展和国防建设的一项基础性、先行性的信息学科,测绘与地理空间信息学科是转变经济发展方式的重要推动力量。因此,要努力顺应经济全球化、全球信息化发展趋势以及社会主义市场经济发展要求,加强测绘学科基础研究,提升自主创新能力,加快推进测绘学科信息化进程,着力推动测绘技术装备和基础设施的自动化智能化转型,实现测绘技术手段现代化、产品知识化和服务网络化,提高测绘保障服务能力。在我国测绘事业蓬勃发展的大背景下,测绘科技创新作为国家科技创新体系中的重要组成部分,具有抢占新一轮科技竞争战略制高点的难得机遇,将为建设创新型国家和全面建设小康社会提供强有力的测绘科技支撑。

第十一节 有色金属冶金工程技术

一、引言

有色金属是 64 种金属元素的总称,通常分为轻金属、重金属、稀有金属和贵金属 4 大类。有色金属冶金工程学科就由这四类金属相应的学科组成。

21 世纪以来我国有色金属工业发展迅速,2011 年 10 种常用有色金属产量达 3438.3 万吨,连续 10 年居世界第一。我国有色金属冶金工程技术学科在冶金过程基础理论和生产技术、金属合金材料科学及应用技术、冶金设备和自动化、冶金环境保护和治理、现代工程化理念和先进设计等各方面都取得了重大进展,并研发出一批领先于国际或达到国际先进水平的、具有我国自主知识产权的新技术、新工艺、新设备和新材料,各项主要冶金技术经济指标也已接近、达到或超过国际先进水平。

同时,我国有色金属工业的发展也受到资源、能源和环境 3 大瓶颈的制约,提高解决这些关键技术的技术水平,提高国际竞争能力是有色金属冶金工程技术学科今后发展的主要任务。

二、近年来本学科发展现状与重要进展

(一) 轻金属冶金工程技术学科

1. 铝电解冶金

2011 年我国原铝产量达 1806 万吨, 占世界总产量的 40.1%, 连续 11 年居世界第一。21 世纪以来, 我国在电解槽电场、磁场和力场方面的研究进一步深入, 预焙阳极电解槽大型化技术不断升级, 已开发出中国品牌的大型预焙阳极铝电解槽的系列设计和制造技术, 500KA 预焙槽技术也正在研发中。同时, 与此相配套的大型阴极和阳极及碳素技术、生产辅助设备、自动控制以及环境保护技术等方面的研究也取得相应发展。可以说, 近两年来我国铝电解技术和理论研究取得了领先于国际的重大创新。

2. 氧化铝冶金

2011 年, 我国氧化铝产量达到 3407.8 万吨, 连续 6 年居世界第一。多年来, 我国针对一水硬铝石原料生产氧化铝的各种问题, 研发出一套氧化铝生产工艺流程和生产体系, 各项技术指标已达到或接近国外三水铝石原料生产的先进水平。

3. 镁冶金

由于成功应用了低成本的热还原法——皮江法工艺, 2011 年我国镁产量达到 66.1 万吨, 连续 12 年居世界第一。近年来, 镁冶金方面的迅速发展主要体现在: 一是有效提高了皮江法的生产技术水平; 二是镁应用研究水平的不断提高; 三是改进了电解法炼镁技术, 更高效环保的炼镁新技术正在研究中。

(二) 重有色金属冶金工程技术学科

1. 铜冶金

多年来我国铜的生产技术是在自主研发、不断引进国外先进技术装备并不断进行消化创新的基础上快速发展起来的。目前, 世界上各种炼铜工艺大部分在我国都有使用。近年来, 具有我国自主知识产权的新的炼铜工艺不断涌现, 主要体现在闪速熔炼和熔池熔炼两方面。此外, 堆浸湿法炼铜近几年在我国有很大的发展, 已建成年产万吨级堆浸冶炼厂, 技术已接近国际水平。

2. 铅冶金

2011 年我国铅产量为 464.8 万吨, 连续 10 年居世界第一。21 世纪以来, 由于具有自主知识产权的氧气底吹-鼓风炉还原新工艺的研究成功和推广应用, 以及国外先进的富氧顶吹-鼓风炉还原技术的引进, 显著提高了我国炼铅技术的水平。近年来, 相继研发出技术更先进的氧气底吹炉吹炼-液态高铅渣底吹炉还原和氧气底吹炉吹炼-液态高铅渣侧吹炉还原两种相似的连续冶炼新工艺。此外, 铅电解精炼工艺在设备大型化、机械化和自动化等方面取得了很大进步。

3. 锌冶金

21 世纪以来, 研究开发和应用了一批原料适应性强、节能减排效果好的具有世界先

进水平的新技术。如:高铁锌精矿加压氧浸新工艺、低品位氧化锌矿直接浸出工艺、硫化锌精矿与氧化锌矿的联合浸出工艺等。

4. 镍钴冶金

金川公司的澳斯麦特炉年处理 100 万 t 硫化铜镍精矿,处理量属世界上最大,并且各项技术经济指标已达到世界先进水平。此外,国内对红土矿冶炼技术的研究也有较大的发展。我国钴资源缺乏,随着近年来我国有色金属冶炼整体技术的提高,钴的冶炼技术水平正在不断提高。

5. 锡、锑、铋冶金

锡、锑、铋是中国的特产金属,其冶炼技术我国一直处于世界领先地位。21 世纪以来,云锡公司引进了澳斯麦特炉工艺用以炼锡,并将其原来的三段熔炼改为二段熔炼。此外,还开发出一套完整的中国式锡精炼技术。锑冶炼工艺一直是用中国的特有技术,对锡矿山的单一锑精矿,采用的是中国自行开发的硫化锑精矿直接加入鼓风机,进行挥发熔炼产出氧化锑挥发物,再使用反射炉还原成金属锑并进一步精炼的工艺流程。此外,最近开发并使用了以矿浆电解为核心的铋的湿法冶炼工艺和铋精矿低温碱性熔炼工艺,解决了现行冶炼的环保问题。

(三) 稀有金属冶金工程技术学科

1. 钨冶金

近年来研发出下列新技术:①常压分解白钨矿及黑白钨混合矿的方法;②高浓度离子交换新技术;③应用“赓三元相图法”,在蒸发结晶过程中添加抑制剂脱除磷、砷、硅等杂质的新技术;④采用原位生成配体吸附的技术路线,高效除去高锡矿浸出液中锡的新技术;⑤超细晶硬质合金工业化制造技术——“紫钨原位还原法”。

2. 钼冶金

成功研制出先进的钼精矿多膛炉焙烧工艺和装备,并已制出特粗、粗、中和细粒等多种规格的钼粉,满足了电子产品的不同要求,总体水平已经进入世界先进行列。

3. 钽、铌冶金

在钽铌湿法冶炼和火法冶炼方面研发并应用了许多新技术和新设备,使生产效率、难分解低品位矿石的总收率和钽铌原料的分解率得到了提高,显著改善了钽铌与杂质的分离效果,同时还可以回收低品位矿中钛、锆、钨等有价金属。

4. 稀土冶金

针对我国稀土资源特点开发出相应的采、选、冶工艺,目前已建立起完整的工业体系,发展成为世界稀土生产大国。近年来,研究主要集中于稀土矿物高效绿色冶炼技术开发,一些研究还将其他领域的新技术,如离子液体技术、离子印迹技术应用到稀土元素的分离提纯,并已取得良好效果。

5. 钛冶金

目前我国钛、钛合金及其加工已形成比较完整的工业体系,是世界上主要的钛生产

国。近年来,从国外引进了整套大型沸腾氯化炉生产技术;采用了有机物除钒工艺和实现计算机控制生产;自主研究的一步法铝粉除钒工艺正在进行工业试验;还原蒸馏工序已接近国际先进,其中倒“U”型 12t 炉是目前世界上单炉产能最大的炉型,并已实现计算机生产控制。

6. 锆、铪冶金

近年来,我国锆铪冶炼工程技术取得较大的突破,研究成功了“MIBK - 硫酸(NH₄CNS)萃取分离锆、铪”等多种先进工艺技术。

7. 锂铷铯冶金

目前已研发出:①高镁锂比盐湖卤水镁、锂分离技术;②以提硼后的酸化液和洗涤液为原料生产碳酸锂的自主开发技术;③冬季储卤-多级冷冻日晒-积温沉锂盐田富集碳酸锂工艺;④提锂后尾卤中富集和提取铷与铯的工艺;⑤具有自主知识产权的锂云母提锂及制备系列锂盐的新工艺;⑥真空热还原法金属锂吨级制备工艺;⑦金属铯提纯及铯泡封装装置。

8. 稀散金属冶金

近年来的主要成果是:①发现了 P538(单烷基膦酸)在硫酸体系中对镓、铟、铊有较好的萃取作用,并选用不同的反萃剂实现相互分离;②研究出利用多项式拟合的方法来测定溶液萃取平衡常数;③研究了铟分别在盐酸和硫酸体系下的萃取热力学行为,首次得到铟在离子缔合体系下的标准萃取平衡常数,为工业提取分离铟和铊奠定了理论基础;④研发出技术配套的密实移动床螯合树脂吸附法,从拜耳法种分母液中提取金属镓,并已大规模工业应用;⑤用树脂吸附法分离提取铟、铊、铋的研究也都有新进展。

此外,在真空冶金方面,开发出从蒸馏锌渣中回收锗、铟,从铜阳极泥中回收硒等技术。在湿法炼锌中富集稀散金属新工艺方面,研究改进了黄钾铁矾法的铁矾渣富集铟工艺,研究成功先分离稀散金属再行除铁的铁矾矿法。在含锗煤提取锗方面,研究成功了高温干馏煤、还原挥发锗技术以及微生物浸出提取锗技术。

(四) 贵金属冶金工程技术学科

1. 金、银冶金

选矿技术方面:采用新型高效破碎、磨矿、分级和重选设备,研究和应用先进的闪速浮选、载体转移、微生物氧化浮选技术和大型高效浮选设备,以及采用重-浮选、浮选-氰化、氰化-浮选以及重选(浮选)-炭浸等联合工艺,大大提高了低品位、难处理资源的综合回收水平。

金矿提金工艺技术方面:①开发和应用了高效富氧浸出工艺(CILO)和加压、多段浸出氰化法的强化工艺及相关设备,实现了堆浸大型化;②研究和应用了浸出液提金的新型树脂离子法、酸化沉淀-中和法、膜法、离子交换法等。

难选冶矿利用技术方面:①国内研制的 BGRIMM - DN150 型沸腾焙烧装置已用于生产;②循环沸腾焙烧炉、闪速焙烧和纯氧(富氧)焙烧等无污染新工艺以及微波焙烧等新技术的研究也有新进展;③碱性热压氧化-釜内快速氰化、热压催化氧化预处理-氰化及热

压氧化预处理等热压氧化技术已在国内矿山开始应用;④生物氧化法和化学氧化法在难选冶矿的开发利用中得到成功应用并有所创新。

冶金副产品中综合回收金、银方面:①对铜阳极泥主要采用硫酸化焙烧-电解和加压浸出-吹炼-电解工艺;②对铅阳极泥研发并应用了火法熔炼-氧化精炼-电解、全湿法和湿-火联合等新工艺,使金银等有价金属得以较彻底的分离和回收,但高砷现在仍是铅阳极泥处理的难题。

二次资源中回收金、银方面:其工艺主要用湿法,也有火法,并且回收技术不断得到提升。

2. 铂族金属冶金

对金川镍矿富铂矿石用重-浮选工艺处理,引进创新了奥托昆普技术,还开展了新浮选药剂、旋流静态微泡浮选柱的应用研究,使得生产指标达到了世界先进水平。此外,金川公司研究和应用的全萃取技术大大提高了贵金属与贱金属的分离能力。

3. 铂族金属精炼

传统的沉淀、溶解分离和提纯工艺已逐步被溶剂萃取分离工艺所取代。

三、本学科国内外研究进展比较分析

我国有色金属冶金工程技术水平总体上已经达到国际先进,并在某些方面达到了国际领先,但另有一些方面还落后于国际先进水平。

(一) 轻金属冶金

(1)我国在电解铝冶金整体技术方面属国际领先,是国际上唯一全部使用先进的预焙槽技术生产铝的国家。2012年我国将在世界上首次淘汰全部160KA以下级别的小型预焙槽,成为世界上第一个全部用大型预焙槽生产铝的国家。我国铝电解节能技术世界领先,2009年我国铝电解生产平均综合交流电耗就已达到14171kW·h/吨铝,远远超过国际铝协要求2010年达到14600kW·h/吨铝的指标。

但是,我国铝电解工业与国际相比还存在某些不足和差距,如:在电解槽设计的电流密度、电解生产的电流效率、输变电的整流效率等方面都还低于国际先进;电解槽内衬和阴阳极材质还不稳定;生产辅助设施有些还不十分完善;铝的再生循环利用水平与国际先进差距还较大等。

(2)氧化铝生产整体技术已经达到国际先进水平,已经形成了一整套国际领先、具有中国特色的用一水硬铝石原料生产氧化铝的工艺技术装备体系。

(3)我国镁冶金工程技术与国际相比,所使用的皮江法技术已经处于领先水平,但还需进一步提高环境保护和自动化装备水平。在镁合金冶炼技术方面与国际先进尚有差距,电解法技术还落后于国际先进水平,特别是盐湖镁资源的开发利用水平差距更大。

(二) 重金属冶金

(1)我国铜冶炼的主要技术已经达到世界先进水平,但是全国总技术水平发展还不平

衡,一些中小企业至今尚在使用传统的工艺和装备,还处于高能耗、高污染的落后状态。另外,堆浸湿法技术还远落后于国外先进,已经用于生产的先进技术装备也还有待提高。并且还有一些需要进一步解决的问题,例如:低浓度二氧化硫的回收利用,进一步节能降耗等。

(2)铅冶炼技术已经达到国际先进水平,部分技术已经达到国际领先。

(3)锌冶炼技术与国际先进水平基本相当。

(4)我国镍、钴、锡、锑、铋等金属的冶炼技术基本达到国际先进水平。先进高效的镍合成炉是我国自主开发的国际领先技术,并且锡、锑、铋都是我国的优势资源产业,其生产技术也一直处于国际先进水平。

(三)稀有金属冶金

我国稀有金属产品齐全,产量居世界前列,总体技术水平也居国际先进。我国具有优势资源的金属,如:钨、钼、稀土、钛、锆等冶炼技术,在国际上居先进或领先地位。其他如:硅、锂、铷、铯、锆、铟、铋、镓等的冶金技术,也都基本上达到了国际先进水平。

(四)贵金属冶金

我国贵金属冶金技术与国际先进水平相当。从金川矿中回收铂族金属的技术不断提高,已研发出国外没有的独到技术,目前回收和分离总体技术都已达到国际先进水平。

(五)二次有色金属的回收

我国从分散度极高的电器元器件中回收稀有金属和贵金属的技术得到突破,回收利用率越来越多,二次金属回收整体技术与国际先进水平稍有差距。

四、本学科发展的主要方向和重点

(一)轻金属冶金方面

应研究低品位铝土矿生产氧化铝的高效低成本新工艺和调整氧化铝产业结构、产品结构的高新技术。要加快铝电解高效节能的异型阴极、导流槽等新技术的推广应用,深入开展铝电解新型结构阳极和节能型新槽型的研究。进一步深入研究赤泥和电解槽固体废料的综合回收和无害化处理,研究清洁节能的镁冶炼新技术、新工艺和新设备,争取突破阻碍镁应用的技术关键,以扩大镁的应用范围。

(二)重金属冶金方面

应加快已研究成功的底吹等高效节能绿色新工艺新技术的推广应用,加快短流程新技术的研究步伐,进一步推广和研究重金属冶炼废水、废渣的综合利用和无害化处理,进一步深入研究低浓度 SO_2 的回收利用技术,进一步开展重金属应用产品的研究和开发。

(三)稀有金属冶金和贵金属冶金方面

应进一步深入研究低品位、难处理共生矿的综合回收技术,研究高效、节能、绿色冶金

新工艺、新技术和新设备,研究稀有金属和贵金属在高新技术领域应用的新技术和新产品,研究二次资源回收利用的新工艺和新技术。

现在我国有色金属主要金属品种的冶金技术已基本达到了国际先进水平,如果要继续前进,就必须要进行更深入、更艰难的技术创新才能跨越国际先进水平,攀登新的技术高峰。

第十二节 材料腐蚀

一、引言

作为国民经济和国防建设中重要支柱制造业所属的材料腐蚀与防护学科,具有跨地区跨行业跨部门的特征。腐蚀是材料受环境介质作用而破坏的现象,是材料、部件与装备的三大失效方式之一。腐蚀导致的直接后果就是缩短工程材料的使用寿命和灾难性的事故,例如:飞机的坠毁、舰船的沉没、石油管线及储罐的爆炸、桥梁倒塌及海上石油钻井平台的损毁等,这些不但造成严重的人员伤亡,而且带来巨大的经济损失。据统计,材料腐蚀经济损失占国家年生产总值的2%~4%,在我国腐蚀费用的总和超过10000亿元。另外,腐蚀还威胁着环境安全,腐蚀产物或由腐蚀引发的化学物质的泄漏可能严重污染水资源、大气和土壤资源。腐蚀造成材料使用寿命的缩短,造成装备生产力的损失、基础设施的恶化、军事装备与工业设施服役能力的降低,给公共安全和国防建设造成极大的风险。由此可见腐蚀学科的发展对国民经济各个领域的发展和国防建设有着举足轻重的作用。特别是随着大规模基础设施建设投入的增加,材料腐蚀控制问题更关系到国家建设的百年大计,因此对我国材料腐蚀状况的了解,特别是腐蚀学科的建设与发展就变得尤为重要。

腐蚀学科作为一门应用科学,其研究目的主要在3个方面:①澄清不同材料/环境体系下的腐蚀规律与机制,服务于选材与材料开发、结构与工艺设计、优化、失效分析、可靠性评价与寿命预测;②发展防护技术,有效控制材料腐蚀的过程;③发展腐蚀检测理论与技术,以实现结构服役状况的评价。

本报告在回顾我国近年来腐蚀与防护学科的重要研究成果的基础上,将国内外研究进行对比分析,试图给出我国腐蚀与防护学科的发展方向、趋势和不足之处,希望能够见证我国由材料腐蚀研究与防护技术大国向材料腐蚀研究与防护技术强国的转变过程。

二、近年来本学科最新研究进展

随着近年来我国制造业规模位列世界第一,材料腐蚀学科本身取得了突飞猛进的发展。在基础研究方面综合实力已经名列前茅,发表论文数位列世界第二,腐蚀与防护产业也快速发展,规模位居世界第一,腐蚀与防护学科的发展和人才培养完全满足了制造业、腐蚀与防护产业以及社会各行业发展的需要,我国已经成为腐蚀与防护学科大国。

2010年,中国学者发表的腐蚀科学相关SCI论文数达到了7803篇,约为1995年的

16 倍,占到总数的 11.2%,位居世界第二(第一为美国),这表明我国腐蚀科学研究活跃,学科发展已经进入一个全新的阶段。在腐蚀基础理论研究方面取得了长足的进步,特别是在腐蚀电化学、非稳态薄液膜腐蚀电化学、高温腐蚀和自然环境腐蚀等基础研究方面取得了一系列创新性研究成果,逐渐形成国际上有影响力的代表中国水平的研究方向,表明我国腐蚀与防护基础研究不仅已经成为国际腐蚀与防护研究的重要部分,而且也处于世界领先水平。新型耐蚀材料、缓蚀剂、新型涂层与涂料和电化学保护新技术大量出现,成为推动我国乃至世界腐蚀与防护学科发展的重要推动力。腐蚀与防护产业不仅能解决我国出现的腐蚀问题,本身也形成巨大的产业。

本学科积累了大量各类材料的腐蚀数据、规律和实验研究方法等成果,并在国家重大工程建设中获得广泛应用,如为西气东输、青藏铁路、南水北调、高速铁路、跨海大桥、大飞机、海洋开发、载人航天、基础设施和环境保护等建设提供了支撑,同时为国防装备建设做出了巨大贡献。本学科最新研究进展主要体现在以下几个方面。

(一) 腐蚀基础研究方面

近年来,腐蚀电化学方面的研究热点主要集中在腐蚀电化学噪声解析、薄液膜腐蚀电化学、纳米尺度腐蚀电化学和新型、极端环境腐蚀电化学等四个方面。

局部腐蚀机理研究主要在亚稳态孔蚀行为及小孔腐蚀萌生、发展与再钝化过程的研究方面取得了很大进展。关于晶间腐蚀方面,主要表现在双相不锈钢晶间腐蚀研究方法及其敏化条件上。在应力腐蚀方面,研究热点主要集中在裂纹顶端的力学-化学行为与腐蚀机理和各种新型环境的应力腐蚀两个方面。

在高温基础研究方面,开展了多元合金单一或双氧化剂条件下的氧化机理研究,研究成果拓展了经典 Wagner 理论,为合金设计提供理论指导。在高温防护研究方面,研制开发了不同类型的陶瓷涂层及新型复合涂层体系。另外,我国学者还针对性设计并研制了不同组成和结构的纳米晶和超细晶涂层,开展了相关涂层的高温腐蚀性能研究。

在自然环境腐蚀研究方面,国家材料环境腐蚀野外科学观测研究平台完善了大气、土壤、水环境共 28 个国家级腐蚀野外试验站的建设,进行了新中国成立以来最大规模的材料投试,在数据库建设和数据共享服务方面,搭建公益性网络平台“国家材料环境腐蚀数据共享与服务网”,提升了资源的保存和利用水平。在金属材料自然环境腐蚀幂指数规律的建立和金属大气腐蚀初期行为与规律研究方面,大气腐蚀初期腐蚀的计算机模拟与仿真研究取得了重要进展。在土壤剥离涂层下金属的腐蚀行为与机理研究方面,在高强钢在我国典型土壤环境下应力腐蚀机理与规律研究方面取得了重要进展。此外,进行了深海投样,研制了深海腐蚀模拟设备,在金属材料与涂层在深海环境下的腐蚀失效行为与机理研究方面取得初步进展。并且在典型高分子材料在我国典型环境下的老化规律和机理研究以及环境老化室内外相关性与服役寿命研究方面取得了重要进展。

(二) 防腐蚀技术研究方面

我国耐蚀材料研究方面,进展主要表现在新型耐蚀结构钢、耐硫酸、磷酸腐蚀新材料和镍基耐蚀合金的发展;建筑屋顶装饰用铁素体不锈钢,用于海洋、石油行业的双相不锈

钢,耐蚀高分子材料如:高耐磨耐腐蚀改性超高分子量聚乙烯特种管材也得到快速发展。

我国表面工程的研究进展主要为,开发出用于铝合金、镁合金微弧氧化膜,提出纳米复合微弧氧化陶瓷层的设计思想,在铝合金表面成功制备了纳米复合微弧氧化陶瓷层;发动机活塞环 CrN 系复合膜和 Cr/CrN 多层膜绿色镀膜技术替代传统电镀铬涂层;研究了空间环境下润滑材料的失效规律和机理,并开发了适用于空间环境的高性能润滑涂层材料;采用激光涂敷和重熔技术在修整局部铸造针孔、疏松和裂纹等缺陷及制备金属陶瓷复合涂层取得新的应用进展;有氰电镀已经基本上被无氰电镀所代替;在表面工程领域,降低对环保负面效应方面取得一定进展,但仍是任重道远。

我国电化学保护的研究进展主要是,油气输送站场的区域阴极保护技术发展迅速;一些先进的分析计算与测量技术与传统的阴极保护相结合产生阴极保护数值模拟计算技术,阴极保护探头监测与无线传输技术大大提高了阴极保护设计和维护管理水平;交、直流杂散电流的腐蚀理论、评价体系、排除技术也得到进一步完善;阴极保护阳极材料方面,以柔性辅助阳极及海洋环境用复合型牺牲阳极材料的发展最为迅速。

我国缓蚀剂的研究进展为环境友好型缓蚀剂已成为缓蚀剂研究的热点之一。其中,钢筋混凝土缓蚀剂、气相缓蚀剂、铝/镁及其合金缓蚀剂的研究都取得了一定的进展;结合新的原位分析手段,从分子尺度研究缓蚀剂的作用行为,阐明了缓蚀剂的作用机制;完善缓蚀剂的快速、准确、原位评价的方法与技术;缓蚀剂的协同效应和基于量子化学的缓蚀剂的构效关系的研究也是缓蚀剂研究的前沿和热点领域。

(三) 腐蚀试验研究方法及设备方面

该领域主要进展体现为,利用微电极技术开发的微区电化学测试系统用于现场检测工作;各种类型的高温高压腐蚀设备用于石油工业硫化氢和二氧化碳腐蚀研究;石油化工原油腐蚀模拟与加速试验装置;开发了系列化的自然环境模拟装置,包括大气腐蚀模拟与加速、土壤腐蚀模拟与加速、海洋腐蚀模拟与加速和深海环境模拟与加速装置;针对核电环境开发高温高压环境中 pH 值在线电化学测试系统;核电腐蚀大型流程装置已经成功进行了设计工作,并进入实际组装阶段;系列化的现场腐蚀测试设备和系统广泛应用于石油、化工、电力和港口码头;国家大科学工程计划项目 8 套大型装置已经完成设计,将进入实施制造安装阶段。

以上工作将大大提升我国腐蚀与防护测试和试验设备的能力。

(四) 学术建制、人才培养、基础研究平台等方面

经过 30 余年的建设和发展,本学科在学术建制、人才培养、基础研究平台建设方面已经基本形成了高等学校人才培养,国家重点实验室、一批基础研究和应用基础研究的高水平实验平台及高校科研平台开展基础研究,企业研发中心进行应用研究的多层次互相交叉的框架模式。

三、本学科国内外研究进展比较

近年来,国际上腐蚀研究的主要趋势是:①在材料上趋于多元化,由传统材料为主向

传统与功能材料并重方向发展;②在环境上,逐渐向特殊、苛刻条件发展,并考虑光声力热电磁及生物物质影响;③现代物理理论与实验技术基础上的微观与深度方向的发展;④新的表征与腐蚀控制技术,环境保护、新能源、资源节约、生物技术、电子信息技术、空间技术、国防技术的发展是腐蚀工作者日益关注的新领域,构成了广大的新增长点。

近年来中国腐蚀研究的进展大体在 3 个方面:①跟踪国际前沿热点,取得了大量基础性研究结果,尚未形成强势的基础研究方向,但体现在大量的基础研究课题与论文发表上,研究非常活跃且有很好的学科研究显示度;②跟踪、理解性的研究取得较好成果,但是创新性不强;③各种防护技术与产品的引进消化,促进了技术进步,缩短了与国际先进水平的差别。同时,出现数量较多的新方法的探索和自主知识产权的防护技术,并成为继续努力的一个重要方向。

虽然我国已经成为腐蚀与防护学科大国,但尚不是腐蚀与防护学科强国。一方面,我国在基础研究上尚未形成足以引领世界腐蚀与防护学科研究方向的强势研究方向或贡献较大的基础研究方向;另一方面我国相关的防护技术综合水平仍然较低,原创性技术很少,高品质长寿命耐蚀结构材料、腐蚀研究所需的高档测试设备都需要进口,有关腐蚀与防护方法、技术涉及的标准体系建设十分薄弱。因此,要发展我国腐蚀与防护学科必须一方面牢牢抓住我国经济发展和国防建设的需求,另一方面必须充分关注国际上学科发展的新理论新动态,大力建设和培植在世界上有影响力的基础研究,力图引领基础研究的发展方向。

四、本学科发展趋势和展望

未来我国材料使用地域将由陆地向海洋、由浅表向深层,负荷由静载向动载,环境由大气向酸碱,应力由简单向复合变化。新一代高性能设备和构件要求能够在复杂应力、交变应力、动态载荷、多种腐蚀介质下安全服役。材料设计应针对各类不同的复杂环境,结合大气腐蚀、海洋腐蚀、特殊介质腐蚀、湿热环境对材料的性能要求进行。这就要求腐蚀学科基础研究必须从微纳米尺度到超大尺寸构件的尺度范围上探索材料与环境相互作用时的失效机理与规律,从微秒到年的时间尺度上认识材料与环境相互作用失效机理与演化规律,以及多重环境因素耦合作用下的材料失效机理与各因素影响规律等 3 个方面出发,研究其中所包含的各种科学问题。

培植我国具有影响力的基础研究方向是发展我国腐蚀与防护学科的基本原则。在此基础上,发展具有国际一流水平的耐蚀材料防腐蚀工程、表面处理与涂装防腐蚀工程、电化学保护防腐蚀工程、环境介质处理或工艺防腐蚀工程和防腐蚀专用设备工程中的新材料、新工艺、新技术、新设备,不断提升我国腐蚀与防护学科的原始创新和应用能力,才是发展我国腐蚀与防护学科的根本目的。为实现这一目的,必须针对海洋、石油、电力、交通和航空航天等领域的国家重大需求,围绕复杂环境、复合载荷、全寿命周期条件下高性能材料的设计,制造和服役行为中的共性技术,构筑政产学研用协同创新体系。建立多学科融合、多团队协作、多技术集成的协同创新平台,解决国家在海洋、能源、交通、重大装备领域急需的高性能结构材料和出现的重大材料腐蚀事故,支撑我国工业产业结构调整,促进高端工程人才培养与技术转移。

特别是在国家、各级政府和企业领导的强力支持下,以国家重点实验室、大学等相关研究团队为主体,构建我国腐蚀与防护学科基础研究协同研发平台;以企业国家实验室、行业腐蚀与防护重点实验室或中心、地方或部委腐蚀与防护重点实验室或中心为主体,构建我国腐蚀与防护学科应用基础研究协同研发平台;以国有大中小型企业的腐蚀防护中心为主体,构建我国腐蚀防护技术协同研发平台。以中国腐蚀与防护学会为协调单位,形成以上3个平台内部协同创新研究与开发的局面,构建腐蚀与防护学科基础研究协同研发平台、腐蚀与防护应用技术协同研发平台和防护技术工程协同研发平台大协作大交流的新机制,推动腐蚀与防护学科快速发展。并且,还要加强腐蚀学科的科普和立法工作,为我国尽快成为腐蚀与防护学科强国提供基础和保障,满足我国制造业向国际一流水平发展的需要。

第十三节 水产学

一、引言

2009~2011年是我国社会主义建设处于“十一五”末期和“十二五”初期的关键时期。渔业这个古老的产业在促进现代文明和现代科学技术上又迈出了新的步伐。2010年我国水产品总产量5373万吨,连续21年世界第一;水产出口额达到138.3亿元,连续9年世界第一;人均水产品占有量40kg,是世界平均水平的2倍;全国渔民人均纯收入达到8963元,是全国农民人均纯收入的1.5倍。美国经济学家布朗1994年发表了《谁来养活中国》一书,曾经震动世界。然而,2008年他在接受《环球时报》记者采访时说,中国水产养殖业的技术对解决世界食物安全问题是一大贡献。

随着我国渔业的持续快速稳定发展,渔业产业内部、产业结构和布局逐步优化,生产设施和技术装备迅速提升,技术支撑和服务体系不断完善,科技支撑能力大幅提高,健康养殖理念逐步深入人心,健康养殖技术普及推广,标准化健康养殖示范场如雨后春笋层出不穷。在一些现代渔业示范区中,到处可以看到大面积高标准的养殖池塘,配套完善的进排水系统,生态高效的废水处理和环保设施,清洁整齐绿色的环境,先进完备的现代信息化管理系统,这充分体现了不与人争粮、不与粮争地、不与畜争水、低碳环保等特点。

这些成绩的取得,除了得益于党的政策和行业上下的共同努力外,还与渔业科技进步,与我国渔业科研工作者的刻苦攻关密不可分。

二、近年来本学科主要研究进展

(一)工业化养殖成为鱼类养殖新亮点

近年来,随着我国海水养殖和水产品市场的不断扩大,公众对于水产养殖业节能减排和产品质量安全日益关注。因此,应以鱼类工业化养殖为主轴,引领其他海水养殖业升级、换代,走出一条工业化的养殖之路,养殖产业的转型和提升势在必行。

以我国鱼类养殖专家雷霖院士为首的科研团队提出了鱼类工业化养殖新概念。它是集工程化、工厂化、设施化、标准化、规范化、数字化、信息化于一体的鱼类现代化养殖新模式,其核心是开发低碳(低能耗、低排放、低污染)、路基封闭或半封闭式循环水养殖系统。循环水养殖模式是水产养殖诸多模式中工业化程度最高的一种生产方式,与流水型养殖模式相比可节水 90% 以上,并节约用地,通过污水处理还可以实现节能减排、环境友好型生产。

我国的循环水养殖虽然起步较晚,但就鲆鲽类养殖而言,其工厂化养殖在全国起步较早、基础较好,所以工业化养殖最有可能首先在鲆鲽类养殖中获得推广应用。鲆鲽鱼类工业化循环水养殖,通过 10 余年的努力,技术已经逐步走向成熟,且涌现出一批具有一定推广价值的系统模式。青岛通用水产养殖有限公司的大菱鲆养殖密度($50\text{kg}/\text{m}^3$)是传统流水养殖的三倍,成活率 99%,节约养殖用水 90%,养殖周期缩短 2~4 个月,实现了稳产、高产、节水和低排放。莱州明波水产有限公司的半滑舌鳎平均养殖密度为 $41\text{kg}/\text{m}^3$,日换水 5% 以内,主要水质指标优于养殖用水标准,与传统养殖方式相比,系统运行节电 69%,节煤 93%,节水 90%。

(二) 水产种业技术体系建设进入发展快车道

“种业”是国家战略性、基础性的核心产业。2011 年 4 月国务院发布的《关于加快推进现代农作物种业发展的意见》,指引着我国水产育种工作大踏步向着“水产种业技术体系建设”方向发展。“以市场为导向、以企业为主体、以科技为支撑,产学研相结合、育繁推一体化”的水产种业体系建设,将为全面推进我国水产养殖业的可持续发展、提升产业的国际竞争力发挥日益重要的作用。目前我国水产养殖的种类已有约 200 种,但水产养殖业的良种覆盖率只有 25%~30%。建立高效运作的水产种业技术体系对加快我国水产养殖的良种化进程具有重要意义。

经过多年努力,“中国对虾种业体系”已初具雏形。“九五”以来,黄海水产研究所经过持续的创新型研究,先后培育出中国对虾“黄海 1 号”和“黄海 2 号”养殖新品种,并在环渤海地区大面积推广养殖,成效显著;建立了适合大多数水产动物育种的“多性状复合育种技术”,开发出具有自主知识产权的水产动物育种管理软件“Aquabreeding”;形成了包括遗传育种中心、良种场和苗种场 3 级结构相配套,育种、扩繁、推广三位一体相结合的对虾种业技术体系。同时,紧密结合政策导向和产业需求,积极争取政府扶持,采用市场化运作的方式,建立了国内首家“水产种业”企业——青岛海壬水产种业科技有限公司,致力于对虾种业的研究、扩繁和推广。这些都标志着我国水产种业技术体系建设迈出了坚实的一步。

(三) 主要养殖种类营养需要和饲料蛋白源的研究取得新进展

营养需要参数是水产养殖动物饲料配方的基础,也是该研究领域的基石。近两年来,我国投入大量人力、物力和财力对主要养殖品种的微量营养素需要量进行研究。研究对象涉及大黄鱼、鲈鱼、军曹鱼、石斑鱼、黑鲷、皱纹盘鲍、凡纳滨对虾、草鱼、鲫鱼、罗非鱼、河蟹、卵形鲳鲹等。通过近几年大量的研究工作,基本构建了我国主要养殖品种营养需要量

参数的数据库平台。

此外,为了解决鱼粉紧缺这个一直困扰我国水产饲料工业的重要问题,近年来在新型动物和植物蛋白源的研究与开发上也取得了较大进展。在已有研究基础上,对现有蛋白源加工处理后再对其进行替代鱼粉的研究成为新的研究方向。这些加工处理方式包括膨化、发酵、酶解、脱壳等。近两年还进行了不同蛋白源对养殖动物蛋白质代谢、消化酶活力及相关基因表达的影响,为提高水产养殖动物对替代蛋白源的利用率,开发新型蛋白源提供了有力的理论依据。

(四) 鱼病研究不断深入,渔药研发进一步规范

近年来,我国在水产动物病原和病原生物学研究方面取得了较大进展,尤其是对一些重要的水生寄生虫病、鱼类细菌病和水生动物病毒病方面的病原特征、致病机理、传播与流行规律、防治措施等方面的研究都取得了不同程度的进展。

全国水产技术推广总站组织有关渔药专家共同编辑出版了《渔药制剂学》、《渔药制剂工艺学》、《渔药药效学等技术资料》。参照国内外的有关科研成果和中国兽药管理规定与审理评标准等,并突出体现水生生物与渔药特点,全面总结了我国渔药学科理论,基本形成了中国渔药学科理论体系,填补了国内外空白,也为今后渔药的研发、使用和管理奠定了基础。

与此同时,我国渔药研发操作的技术标准体系已经初步建立。由于水产养殖动物的变温性、个体小、生活于水体中、随水温的变化而产生生理上的变化,以及群体用药等特点,在药理、毒理与药效、药物代谢动力学等方面均不同于陆生动物,沿用兽药的标准进行有关渔药的研发并不完全适用于水产养殖业的需要,因此急需制定出适合渔业特点的相关标准体系。在农业部兽药局等有关部门的安排下,渔药专家经过两年时间的努力,完成了《水产用药研究技术指导原则》,包括“水产动物用抗菌药物药效试验技术指导原则”、“水产动物用抗菌药物田间药效试验技术指导原则”、“水产动物用驱(杀)虫药物药效试验技术指导原则”、“水产动物用驱(杀)虫药物田间药效试验技术指导原则”、“水产动物用消毒剂药效试验技术指导原则”、“水产动物用药靶动物安全性研究技术指导原则”、“水产动物用药物对环境安全性评价研究技术指导原则”、“水产动物用药物残留消除研究技术指导原则”等内容,规范了我国渔药研究和开发行为,提高了我国渔药研究技术水平。

(五) 渔业资源开发和保护技术有了进一步提升

根据《中国水生生物资源养护行动纲要》要求,围绕影响我国海洋生态保护、渔业资源养护的技术瓶颈问题,我国在近海渔业资源开发方面,研制出了不同渔具、不同结构的拖网、张网选择性释放装置 12 个;具备制定渔具网目尺寸国家或行业标准的技术参数 16 项;取得不同选择性释放装置授权专利 17 项。这些成果对构建我国渔具渔法标准化体系,养护和合理利用水生生物资源,促进渔业可持续发展,维护国家生态安全具有重要意义。

在远洋渔业资源开发方面,先后开发了东南太平洋竹筴鱼、北太平洋柔鱼、智利外海

茎柔鱼、中西太平洋金枪鱼、印度洋金枪鱼等渔业资源,拓展了我国远洋渔业作业空间,取得了明显的经济社会效益;实现了鱿鱼、金枪鱼等远洋主要捕捞对象渔情服务业务化运行与应用,提高了我国远洋渔业整体捕捞能力。此外,我国初步建立了一支南极磷虾开发船队,标志着我国远洋渔业的作业能力已经覆盖全球水域,对维护我国极地与远洋渔业资源开发利用的国家权益发挥了重要作用。

(六)海洋生物糖信息数据库构建取得重大突破

糖信息数据库是糖药物开发的基础。多糖及其复合物的高效提取分离、寡糖的特异性降解、多糖和寡糖结构及其序列分析技术等是糖库建设过程中的主要难题。以中国海洋大学管华诗院士为首的科学家经过近 20 年的积累,攻克了高效可控的寡糖定向规模化制备技术、不同寡糖规模化定向分离及结构确定的集成技术、寡糖定向(作为药物、功能制品)的分子修饰技术等海洋生物活性寡糖制备的关键技术,建立了具有自主知识产权的制备特征寡糖的技术体系,构建了国内外第一个海洋寡糖糖库,并以此成功研制了 3 个海洋糖类新药及系列功能制品。该成果不仅为海洋生物多糖资源高值化利用提供了理论和技术支撑,也为糖生物学的深入研究提供了难得的模型分子。

(七)水产生物技术研究取得了较大进展

鱼类细胞培养与细胞系建立研究成绩显著。截至 2011 年 4 月,国内有报道的、已经建立的鱼类细胞系约 50 个,主要来自 20 多种鱼类,组织来源主要有吻端、肾脏、卵巢、鳍条、鳃、精巢、肝脏、脾脏、心脏、鳃、囊胚、原肠胚和鳍条等。随着细胞系数目的不断增加,其应用范围也不断扩大,逐步扩展到病毒学、免疫学、环境毒理学、遗传学、基因组学等方面。

鱼类全基因组测序取得重要突破。得益于高通量测序技术和生物信息学的飞速发展,越来越多的水产动植物物种全基因组测序计划被提上议事日程。到目前为止,我国已经有 5 种水产经济动物(牡蛎、半滑舌鳎、鲤鱼、大黄鱼、石斑鱼)公布了全基因组序列框架图。此外,草、鲢、鳙等鱼类的全基因组测序计划也在执行中。

(八)信息技术在海洋渔业资源预报中发挥了重要作用

我国自主研发的“大洋渔场渔情信息应用技术系统”针对大洋鱿鱼、金枪鱼和竹筴鱼等资源,利用遥感等信息技术开展了大洋渔情动态信息网络构建,解决了我国远洋渔业生产中渔场渔情不明的“瓶颈”问题,从而提高我国远洋水产品的综合竞争力。“大洋金枪鱼资源开发关键技术及应用”创建了不同金枪鱼渔场的三维环境特征模型及资源时空变动规律解析方法,建立了金枪鱼渔场渔情信息服务系统,其预报准确率达到 70%。目前,该技术已推广应用到我国 47 家企业,在三大洋成功开发了 7 个金枪鱼作业渔场,近三年累计增收节支 17.4 亿元,改变了我国远洋渔业生产结构和增长方式,实现了我国金枪鱼渔业的产业化,维护了我国的公海权益。

三、本学科未来发展趋势

(一) 水产养殖良种是产业发展的先导和推动力

“一个良种可形成一个产业”。当今国内外水产遗传育种技术和方法已由单性状选育向多性状选育转变,在改良养殖品种的多种遗传性状、培育遗传稳定的优良品种的复杂过程中,越来越多地灵活运用多学科知识和多种现代科学技术,即常规育种与高新技术相互配合的综合育种技术。实践表明,这种综合育种技术将成为今后水产新品种培育技术进一步发展的必然趋势。当前,水产遗传育种领域的发展重点将会侧重在养殖动植物肉质、品质和抗病能力三个方面。

(二) 健康、生态、集约、低碳是水产养殖发展的方向

按照“规模化生产、工业化装备、社会化服务、标准化管理”的标准,现代水产养殖场将逐步实现养殖生产条件和技术装备现代化,不断研发推广高效集约式水产养殖技术,如深水抗风浪网箱养鱼、工厂化循环水养殖等。同时,将积极推进水生动物防疫体系建设,加强疫病防控、产品质量监测、环境监测体系建设和灾害预警预报体系建设,最大限度地减少养殖业损失。

(三) 现代工程技术是提升水产养殖水平的重要保证

水产养殖生产想要在营养饲料、药物使用、病害处理、环境条件和生长调控等各个方面都要达到“精确”和“量化”的水平,就必须依靠现代工程技术,包括水处理技术、生物技术、微生物技术、自动化技术、计算机技术、信息技术等高新技术。只有这些技术的综合应用才能提高水产养殖自动化程度,提高水循环利用率,提高养殖单产,降低饲料系数,控制污染物。

(四) 现代生物技术是促进水产养殖优质高产的关键技术

生物技术是促进水产养殖向优质、高产、持续、健康方向发展的重要技术。多倍体技术、性别控制技术、种质资源保存、细胞培养和细胞库建立、功能基因开发等研究已经为我国水产养殖业发展发挥了重要作用,也必将成为未来发展的动力。

第十四节 园艺学

一、引言

园艺作物包含果树、蔬菜、观赏植物三大类经济作物群。园艺学属于应用基础和应用型研究学科,是以农业生物学为主要理论基础,研究园艺植物生长发育和遗传规律的一门学科;也是研究园艺作物起源与分类、种质资源、遗传育种、栽培技术、病虫害防治及菜后

处理、贮藏保鲜等应用技术与原理的综合性学科。既有应用基础理论研究,也包含应用技术的原始创新与开发利用。

我国是世界园艺大国,蔬菜、果树和花卉的种植面积及产量均居世界首位。2010年蔬菜播种面积、果园面积、花卉种植面积合计5亿亩。园艺产业整体水平不断提升,为农民增收、提高人民生活水平发挥了越来越重要的作用。并且全国市场园艺产品数量充足、种类多样、品质不断提高。

近两年,我国园艺学研究更加受到国家和各级政府的重视。园艺作物应用基础研究和应用型研究分别列入“973”项目、“863”项目及国家支撑项目等,10个园艺作物列入现代农业产业体系。为确保蔬菜等园艺产品质量安全、提高产业素质,继2009年农业部开始启动园艺作物标准园建设项目之后,2011年农业部建设了600个园艺作物标准园,其中果树75个、蔬菜500个(包括食用菌和西甜瓜)、茶叶25个;新批准了13个与园艺作物相关的农业部重点实验室和20个野外科学工作站。以上这些由国家新近实施的重大举措,都为加速园艺学研究和产业开发提供了广阔的发展平台。

二、本学科国内外研究现状与主要进展

(一)果树学

近年来,随着国家对各项科研工作投入的增加,以及在资源、人才及成果等方面的不断积累,我国果树学科从种质资源、遗传育种、栽培生理、品质发育、生物与非生物逆境、生物技术等方面取得了显著进展。

园艺学学科建成3个国家桃种质资源圃和新疆植物种质资源数据库系统;在进行种质资源调查、收集与保存的同时,开始利用关系数据库构建技术、ASP软件开发技术和WEB信息发布技术,实现了基于INTERNET网络的各种植物种质资源数据的数字化存储和网络化查询与发布;启动了桃全基因组重测序工作;对主要葡萄、核桃等进行了遗传多样性及聚类分析;研究利用果树幼嫩新梢扦插,能在短时间内培育大量优质苗木,繁育速度快、成苗率高、容易操作,是解决生产大量急需优质苗木的一条新途径;创立了嫁接与组培结合微嫁接新技术,并用于果树良种繁殖;明确了浆果类、仁果类、核果类与仁果和瓜果类果实采后生理指标和主要营养成分的变化趋势;基于3G混合网络和WIFI无线技术的研究,建立了涪溪蜜桔果园移动视频监控系統,该系统充分利用3种不同3G网络资源优势,在3G移动终端上实现了“任何时间、任何地点、任何终端”无缝式的无线监控系统,可为果园管理提供更高效、系统的解决方案;研究明确了樱桃、枣等果品含有的功能成分及其对人体的保健医疗作用;“枣林高效生态调控关键技术的研究与示范”、“枇杷系列品种选育与区域化栽培关键技术研究应用”两项科技成果荣获国家科技进步奖二等奖;15个果树新品种通过审定。

(二)蔬菜学

从总体上看,目前我国蔬菜学应用技术研究水平基本与发达国家相当。近年来,国家加大了对蔬菜学学科研究的投入,多项研究被列入“973”项目、“863”项目、国家支撑项目

或列入现代农业产业体系。

2011年农业部建设了600个园艺作物标准园。在学科研究方面,完成了白菜、甘蓝、马铃薯等作物全基因组测序,绘制了这些作物的全基因组精细图谱,并将全基因组编码基因定位在染色体上。在以上三种蔬菜植物基因组测序基础上,研究解决了葫芦科植物染色体进化的难题;揭示了马铃薯自交衰退的基因组学基础,发现了薯块生长发育和抗性重要基因;发现白菜基因组存在的3个类似但基因密度明显不同的亚基因组。蔬菜基因组学研究给重要经济性状基因的克隆带来了极大的便利,对于推动品种改良将发挥巨大作用,多篇学术论文已经在《自然-遗传学》(*Nature Genetics*)和《自然》(*Nature*)杂志上发表;对濒临消失的无性繁殖蔬菜种质资源进行了抢救性收集,建立了无性繁殖蔬菜种质资源数据库,获得了3万多个基本农艺性状数据;建立了我国第一个蔬菜低温离体保存种质库和超低温种质保存装置,并成功地应用于种质保存实践;构建了我国特有和优异的247份大白菜,101份小白菜、75份萝卜、36份黄瓜资源的“分子身份证”,基本阐明了其遗传多样性和特异性,为建立我国特有和优异蔬菜资源保护的可操作性技术打下了基础。此外,研发出了多种蔬菜专用节能栽培设施,建立了我国蔬菜病虫害样本信息共享数据库,搭建了我国蔬菜病害病菌资源研究与数据共享平台,并且在蔬菜采后处理及贮藏加工研究方面取得较好的成绩。“北方抗旱系列马铃薯新品种选育及繁育体系建设与应用”、“南方蔬菜生产清洁化关键技术研究与应用”、“都市型设施园艺栽培模式创新及关键技术研究示范推广”、“辣(甜)椒雄性不育转育及三系配套育种研究”4项科技成果获国家级科技进步奖二等奖。

(三)观赏园艺学

近几年,观赏园艺学学科在野生花卉资源的研究方面,对我国四川峨眉山、乐山、太白山区、岭南地区、秦淮地区、青海及贵州等地的野生花卉作了初步调查研究,对一些常见的野生花卉资源有了一定了解,特别在桂花、茶花、海棠、杜鹃资源的研究方面有了突破性进展。

其中,秦岭野生杜鹃的单种蕴藏量大、抗寒性极强,观赏价值和药用价值高的种类较多,优势明显,因而成为这一地区最具开发潜力的野生植物资源之一;利用SRAP和ISSR等分子标记研究了兰花、桂花等种质资源的遗传多样性和亲缘关系;培育具有我国自主知识产权花卉新品种的能力明显加强,获得国家植物新品种保护权243个;花卉种、苗、球繁育能力明显提高,逐步摆脱依赖进口的局面,重要盆花和切花生产能力也明显提升;有害生物防治能力得到提高;采后处理新技术得到广泛应用;建立了“全国花卉标准化技术委员会”,每年有10余个行业标准颁布实施使观赏园艺不同领域的标准化程度不断提高;国家级观赏园艺研发平台“国家花卉工程技术研究中心”有序运行,基本具有较强的研究开发能力,能够承担花卉方面的重大基础研究和生产示范推广项目,能够解决我国花卉产业发展过程中的重大关键性、基础性和共性技术问题;形成了健全的观赏园艺人才培养体系;“主要商品盆花新品种选育及产业化关键技术与应用”获国家科技进步奖二等奖。

三、本学科国内外研究进展比较

(一) 果树学

(1) 种质资源研究。与发达国家相比较,我国果树种质资源基础研究起步晚、投入少,对可能受到威胁的野生种质资源、地方品种应该及早予以收集,以免造成资源流失。此外,我国对新选育的品种或创造的优异中间材料的及时、永久保存尚未实现制度化。

(2) 遗传育种研究。各国在果树育种方面,总的育种目标除了要培育出丰产、美观、耐贮、大小适度、果实营养丰富、口感风味俱佳等优良品质外,也要有一定的地区差异,而我国主要以选育大果、优质、丰产、抗寒、早熟等目标为主。

(3) 生物技术应用研究。基因组全序列蕴含了大量的信息,国外许多果树基因组测序工作已经完成,而国内的一些研究仍是基于单个基因或几个基因功能的研究,并且国内对所测果树基因组高通量数据的分析方面比较欠缺。在承担果树基因组测序的工作人员中几乎没有我国研究人员,因此应认真考虑并尽快用下一代基因测序仪对更多果树和国内特有的果树进行测序,并获得其全基因组序列和基因图谱。我国在转录组学和蛋白质组学方面的研究,在果树品种及相关问题上要多于国外,但国内偏着重于从生物分子水平解决一系列问题,而忽视了果树生产实践问题的解决。

(4) 果树栽培技术研究。尽管我国的果树栽培技术在近年来有了长足的进步,但与其他农业发达国家相比,在果树生产专业化、栽培管理模式标准化程度上仍存在一些差距。果园机械化水平低,信息化刚起步,果园标准化极不完善。

(5) 病虫害综合防治研究。我国开展了较多的害虫预测预报系统研究,而对虫害综合管理决策系统的建立重视不够。

(6) 果品加工工艺研究。我国果品加工水平还远远落后于美、日等先进国家。企业研发能力不强,缺乏坚实的科技支撑体系。

(二) 蔬菜学

目前,我国蔬菜学应用技术研究水平基本与发达国家相当,但原创性研究成果不多。

(1) 种质资源与育种研究。蔬菜作物改良的遗传基础越来越狭窄,而野生资源和创新资源的利用将备受关注。面对国外蔬菜种质资源的研究向基因源方向深入的新形势,我国蔬菜种质资源的研究不仅是量的积累,更重要的是基于精益求精、严格精细工作基础上的质的跨越,并向深度发掘基因资源。

(2) 生物技术应用研究。高通量分子标记辅助育种技术已成为国际上主要蔬菜作物育种的重要技术手段。蔬菜基因组学与生物技术研究方面,要完成主要蔬菜作物的基因组测序需要通过规模化的重测序研究与分子育种技术和基因克隆技术相结合,将基因组技术应用于蔬菜作物的遗传改良。

(3) 栽培技术研究。和技术发达国家相比较,我国蔬菜单产水平较低,蔬菜设施相对比较简陋、连作障碍严重、存在产品安全隐患等问题。因此,应以高效、安全、节能和生态安全为主要目标,在积极吸收国外先进科学技术的同时,结合我国国情,加强关键栽培技

术的研究,提升蔬菜栽培技术体系:①优化栽培设施结构,研发其配套的环控设备及低成本高保温轻质保温材料;②研究提高光热、水肥、土地等资源利用效率,减少农药投入的环境友好型蔬菜安全生产模式和技术;③研究蔬菜作物对生物胁迫和非生物胁迫机理及调控技术,提高设施蔬菜在逆境或亚逆境下的生产能力。

(4)病虫害综合防治研究。在病虫害的早期、快速诊断技术研究方面,近年国外光谱学诊断技术可以根据被危害植物内部细胞的生理生化变化,在病虫害潜育期内检测出特定光谱波段反射率的变化,进而快速、准确地判断病害的发生种类和程度,具有反应灵敏、快速、特异性强、结果客观等特点,是病害早期检测的发展趋势,因此我国需要加快跟踪研究,形成特色。国内外已开发研制生产出多种利用细菌、病毒、真菌及拮抗微生物等来控制蔬菜病虫害的新型生物农药制剂,并有多种产品上市,在蔬菜病虫害得到有效控制的同时,保证了环境和人类的安全。创制和开发拥有我国自主知识产权、高效安全而又具使用价值的生物农药新品种,是发展无公害蔬菜产业迫切需要。

(三)观赏园艺学

目前,我国观赏园艺学科所拥有的基础设施和人才储备、研究手段和研究方法基本达到了世界先进水平,具备了参与国际竞争、攻克前沿难题的能力,并且已经取得了一大批具有国际先进水平的研究成果。

1. 种质资源与育种研究

国外特别注重花卉资源的收集和花卉新品种选育,以荷兰为例,荷兰以欧洲花园和花卉王国而闻名于世,特别重视农作物和观赏植物的品种培育,平均每年推出 1000 多个花卉新品种。我国也在积极开展重要商品花卉的新品种选育,截至 2009 年底,国家林业局共授权花卉新品种 167 个,截至 2010 年年底,农业部共授权花卉新品种 76 个。

2. 花卉产业发展研究

与国外相比,我国花卉的产业化程度及新品种商品化速度比较低。近几年,虽然国内花卉企业的平均生产规模有所提升,大中型企业比重上升,生产逐步向专业化、标准化、集约化、规模化迈进,产品结构和产业结构趋于优化,市场体系不断完善,但相比于花卉业发达国家,我国花卉业的产业化水平仍然很低。而荷兰等国的花卉种植则一般会制定标准化的栽培流程,采用先进的栽培方法和技术,进行专业化、机械化、工厂化的生产模式,大大提高了生产效率。

四、本学科未来发展趋势

(一)果树学

果树学领域的发展趋势有以下几个方面:

- (1)今后将采用分子标记技术对果树种质资源进行鉴定,研究种内的遗传多样性,最大限度地收集种内的核心材料,提出各树种种质资源的核心种质,建设资源共享平台;
- (2)将常规技术与现代生物育种技术相结创新种质与选育新品种;



- (3)开展基因组学、蛋白组学研究,深入到果树遗传育种及机理探究中来;
- (4)随着分子标记技术的不断发展和成熟,在今后的研究可开发新型的分子标记,如SNP、基因标签;
- (5)利用高通量生物技术以及覆盖度广的新型标记构建高密度的遗传图谱作为基因定位的有效工具;
- (6)通过种间杂交、突变体筛选,定位和克隆我国果树种质资源的抗性和品质基因;
- (7)研究建立果树高效遗传转化体系,促进基因功能的研究和基因利用;
- (8)探明果实采后品质变化的规律、成熟衰老的生理机制、与果实软化与衰老相关的关键因子,为果实贮藏保鲜技术的开发应用提供理论依据,同时要在此基础上进行分子生物学研究;
- (9)不断强化现代果树产业技术体系建设。

(二)蔬菜学

蔬菜学领域的发展趋势将呈现以下几个特点:

- (1)我国蔬菜种质资源研究将继续加强国内特殊地区、特殊种质、濒危材料的收集和保护的,加大对国外蔬菜种质资源的引进。对重要蔬菜作物构建核心种质,对育种和生产中重要的农艺性状进行精准评价。积极创新种质,构建以信息共享为先导,实物共享为目标的蔬菜种质资源共享平台;
- (2)高通量分子标记辅助育种技术成为主要蔬菜作物育种的重要技术手段,建立利用这些技术构建的分子标记辅助育种流水线及对其产生的数据进行整合分析的育种系统;
- (3)挖掘全基因组的功能基因,高效分离基因;
- (4)细胞工程育种技术将规模化应用于蔬菜育种;
- (5)持续开展主要蔬菜作物杂种优势利用与新品种选育,保障我国蔬菜产业可持续发展;
- (6)研究蔬菜作物病虫害的为害新特点,造成为害的病原微生物和害虫的生物学特性、鉴别技术,病虫害的发生发展规律,以及诊断和综合防控技术;
- (7)加强蔬菜产品采后处理、保鲜及冷链系统的建设,减少蔬菜采后损失,改善其质量确保食用安全。

(三)观赏园艺学

根据观赏园艺学科研究对象的特点,以及国家经济和生态环境建设对本学科的实际需要,观赏园艺学科的发展方向有以下特点:

- (1)常规技术结合现代生物技术日益加强,在培育商品花卉新品种时要把传统生物技术与现代分子生物学技术相结合;
- (2)有关栽培生理、栽培环境、替代基质等研究都需要借助现代生物技术得以发展;
- (3)观赏园艺的研究领域不断扩展,除研究商品花卉,如盆花、切花的商品化生产外,观赏植物在改善人居环境领域的研究日益得到重视,尤其是观赏植物的园林配植、生态效益评价、对人的心理和生理的影响等;

(4)向多学科交叉方向发展,例如与医学、环境科学交叉产生园艺疗法、环境园艺学等。

第十五节 作物学

一、引言

2010—2011年是我国“十一五”结束与“十二五”开局之年,也是我国作物生产与科学快速发展之年。近两年来,作物学领域实施了转基因专项、国家粮食丰产科技工程、作物高产创建等一批以作物育种及作物栽培为核心的重大项目,有力地推动了我国作物学创新与发展,显著提升了作物学科技术与理论的研究应用水平,并为我国粮食实现了半个世纪以来的首次“八连增”,粮食总产首次突破了5.4亿吨,创造了历史新纪录。与此同时,作物科学的发展也取得了新进展。

二、近年来本学科主要研究进展

近两年,我国作物科学以作物生产高产、稳产、高效、生态、安全为目标,在作物育种与作物栽培领域获得多项突破性进展。2010—2011年作物学科获国家科技进步奖一等奖4项,科技进步奖二等奖19项以及省部级奖多项,取得了良好的经济效益与社会效益,并同时推动了作物学科的发展进步。

(一)作物遗传育种跨越发展

通过生命科学与信息学等相关学科的渗透、交融和集成,随着作物遗传育种理论和方法不断拓展,转基因、分子标记、细胞工程、分子设计、全基因组选择等现代生物育种技术迅速发展,以高产、优质、抗逆、养分高效的有机结合作为优良品种培育的发展目标和方向,在农作物新品种选育、遗传育种理论和方法、重大成果形成等方面均取得了新的进展与成就,为作物育种产业发展提供了有力支撑,推动了农业科技的进步。

1. 作物新品种选育

针对作物生产高产、稳产、高效、生态、安全的生产目标,围绕着生物种业的新挑战,加速了新品种的选育,选育出了一批不同作物的新品种,并在生产上发挥了重要的作用。其中,抗条纹叶枯病高产优质粳稻新品种、玉米浚单20和大豆中黄13共计3项成果获得了国家科技进步奖一等奖,有10项品种选育成果涵盖水稻、小麦、花生、油菜作物获国家科技进步奖二等奖。

2. 优良新品种选育

优良品种的选育正由表现型选择向基因型选择、由形态特征选择向生理特性选择转变,优质、高产、抗逆的有机结合已成为优良品种培育的发展和方向。以关键性状改良为主的新品种不断涌现,优良新品种单产水平显著提高,品质明显改善,抗性持续增强。近

两年培育的一些代表性品种因高产、高抗都取得了显著应用效益的成果,如水稻新品种宁粳 3 号、超级稻新品种 C 两优 87 等因具有高产稳产、高抗病性在我国大面积推广应用。小麦品种济麦 22 是高产育种的重大突破,已经连续 3 年创造出 700 千克/亩的产量结果,2011 年全国种植面积超过 3000 万亩。强优势高产玉米新品种,如浚单 29、中单 909、中农大 236、吉单 535 等出籽率高、适应性广、抗病强,具有亩产 1100 千克以上的高产能力。

3. 作物遗传育种理论和方法

我国作物遗传育种在杂种优势利用技术、作物细胞工程育种技术、作物分子标记育种技术、转基因育种技术等多方面取得了新进展、新突破。生物育种新技术与国际前沿差距正在减小,生物技术育种技术已经成为提高作物产量和品质的主要途径。特别是 2010 年矮败小麦及其高效育种方法的创建与应用,荣获国家科技进步奖一等奖。

(二) 作物栽培学科快速发展

2010—2011 年,围绕粮食持续增产的科技需求,以关键技术创新为核心,以技术集成为重点,以区域化技术体系为特色,全面开展了作物高产高效和现代技术研究,并取得了显著成效,支撑了我国粮食连续增产,获得了超高产栽培、机械化栽培、资源高效利用、抗逆栽培等重大成果。并且,通过先进实用技术集成应用,涌现出大批超高产典型,刷新了当地的高产纪录,为我国 2010 年粮食产量较大幅度恢复性增产以及 2011 年的粮食大幅度增产做出重要贡献。这些都推动了我国作物栽培学理论与技术的发展、人才队伍的建设 and 研究条件的改善,

使作物高产高效、现代生产技术的耕作栽培取得新进展。

1. 作物高产高效关键技术及其集成研究与应用取得重大进展

作为国家粮食科技重大支撑项目——国家粮食丰产科技工程,近年来继续紧紧围绕三大平原三大作物高产高效的目标,继续开展了技术集成与创新研究。两年累计应用 3 亿多亩,增产粮食 1000 多万吨,增效 300 多亿元,有效带动了粮食主产省乃至全国粮食生产水平的提高,促进了肥水资源的高效利用。经过 5 年的组织实施,粮食丰产工程“十一五”取得了显著成效。“三区”建设合计 8.35 亿亩,共增产粮食 4866.48 万吨,增加经济效益 852.92 亿元,涌现出一批具有地方区域特色的三大作物高产优质高效生态安全栽培技术体系,创造了一大批超高产典型和重大科技成果,人才、基地建设得到加强,为我国粮食增产增收做出了巨大贡献。此外,围绕作物高产高效,在玉米高产高效研究领域也喜获成果,“玉米高产高效生产理论及技术体系研究与应用”荣获 2011 年国家科技进步奖二等奖。

2. 作物一年两(多)熟协调高产技术研究与应用取得显著进展

围绕作物资源高效利用以进一步挖掘作物周年高产潜力,以小麦玉米一年为代表的两熟制不断突破北限向北扩展,在一年两(熟)协调高产高效关键技术上取得了重大的突破,建立了进一步挖掘资源内涵两(多)熟制协调高产高效理论与技术体系,有效地提高资源利用率和作物周年产量。在该领域凝练的成果,如“黄淮区小麦夏玉米一年两熟丰产高效关键技术研究与应用”获 2010 年度国家科技进步奖二等奖,“海河平原小麦玉米两熟

丰产高效关键技术创新与应用”获 2011 年度国家科技进步奖二等奖。并且,通过光温资源高效利用、节水节肥、农艺农机配套和丰产高效理论与技术的创新,支撑了黄淮海区域小麦、玉米单产的大幅度提升。

3. 作物精确定量栽培技术研究应用取得重大进展

随着生育进程、群体动态指标、栽培技术措施的精确定量研究的不断深入,推进了栽培方案设计、生育动态诊断与栽培措施实施的定量化和精确化,有效地促进了栽培技术由定性为主向精确定量的跨越,为统筹实现作物“高产、优质、高效、生态、安全”提供了重大技术支撑。此研究领域的突出成果为“水稻丰产精确定量栽培技术及其应用”,该项目获得 2011 年度国家科技进步奖二等奖。

4. 作物栽培信息化技术取得重要突破

随着作物栽培学与新兴学科领域的交叉与融合,作物栽培正向信息化和智能化的方向迈进。近两年来,在作物栽培方案的定量设计、作物生长指标的光谱监测、作物生产力的模拟预测,以及相关软、硬件产品研发等方面取得了显著进展,推动我国数字农作的发展。该领域突出成果为“数字农业测控关键技术产品与系统”,该项目获得了 2010 年度国家科技进步奖二等奖。

(三)近年来作物学科重大成果简介

2010—2011 年是作物学科硕果累累的两年。两年来,作物学科在遗传育种及作物栽培领域荣获国家科技进步奖一等奖 4 项、二等奖 19 项以及多项省部级奖项。现将重要成果介绍如下。

1. 矮败小麦及其高效育种方法的创建与应用

该项目获得 2010 年国家科技进步奖一等奖,完成单位为中国农业科学院作物科学研究所,项目主持人为刘秉华等。

成果内容及应用效果:以我国特有的遗传资源太谷核不育小麦和矮变一号小麦为材料,经过连续大群体测交筛选和细胞学研究,从 8785 株测交后代群体中得到一株既矮秆又雄性不育的小麦,这就是国际首创的矮败小麦。创建矮败小麦高效育种方法,在国际上首次利用矮败小麦轮选技术建立动态基因库,持续培育出高产、优质、多抗、高效的新品种。矮败小麦便于鉴别育性,利于提高异交结实率,兼有自花授粉和异花授粉特性,是高效育种工具。利用矮败小麦高效育种方法育成国家或省级审定新品种 42 个,累计推广 1.85 亿亩,增产小麦 56 亿千克,增收 82 亿元。

2. 抗条纹叶枯病高产优质粳稻新品种选育及应用

该项目获得 2010 年国家科技进步奖一等奖,完成单位为南京农业大学,项目主持人为万建民等。

成果内容及应用效果:首次建立了水稻条纹叶枯病规模化抗性鉴定技术体系,筛选抗病种质。挖掘和标记水稻条纹叶枯病抗性基因/QTL,创建分子标记聚合育种技术体系。选育系列抗条纹叶枯病高产优质水稻新品种,实现了南方粳稻区的快速应用。选育出适应不同生态区的早中晚熟系列抗条纹叶枯病高产优质新品种 10 个,制定栽培技术规程 4

个;2007—2009 年新品种推广 8314 万亩,2009 年推广面积占南方粳稻区种植面积的 78%,累计推广 13634 万亩,经济效益 190 亿元。该成果有效解决了我国南方粳稻区长期受条纹叶枯病威胁的难题,有力地促进了水稻生产的发展,为保障我国粮食安全、农民增收和农业可持续做出了重要贡献。

3. 玉米单交种浚单 20 选育及配套技术研究与应用

该项目获得 2011 年国家科技进步奖一等奖,完成单位为河南浚县农科所,项目主持人为程相文等。

成果内容及应用效果:浚单 20 特征株型紧凑、株高穗位适中、籽粒产量高、结实性好、后期灌浆快、耐高温干旱及阴雨寡照、综合抗性好。它的育成实现了黄淮海地区抗高温、干旱、阴雨寡照等气象灾害玉米育种瓶颈的重大突破,其品质分别达到国家普通玉米 1 级和饲用玉米 1 级标准。创造了我国夏玉米百亩连片平均亩产 1018.6 千克、万亩连片平均亩产 858 千克的高产纪录,连续 4 年年种植面积超过 1000 万亩,2009 年更是达到 3675 万亩,成为我国种植面积第二大玉米品种。至 2010 年已累计推广 9200 多万亩,创造社会经济效益达 73.7 亿元,实现了我国玉米核心种质改良的重大突破。

4. 广适高产优质大豆新品种中黄 13 的选育与应用

该项目获得 2011 年国家科技进步奖一等奖,完成单位为中国农业科学院作物科学研究所,项目主持人为王连铮等。

成果内容及应用效果:创建了广适应高产大豆育种技术体系,选育优良新种质 308 份。培育出广适应高产优质大豆新品种中黄 13,其优质特性为:适应性广、高产、优质、多抗,实现了大豆育种新突破并建立了中黄 13 育繁推一体化推广模式,实现了大面积应用。

5. 玉米高产高效生产理论及技术体系研究与应用

该项目获得 2011 年国家科技进步奖一等奖,完成单位为中国农业科学院作物科学研究所,项目主持人为李少昆等。

成果内容及应用效果:针对我国玉米生产中存在的产量低、效益低和品质差的问题,深入研究了玉米高产优质高效生态生理理论与技术,系统分析了我国玉米品种更替过程中产量及生理特性的演进规律,揭示了生态因素(光、温、水)对玉米生长发育和高产优质高效的影响,明确了限制黄淮海地区夏玉米产量提高的障碍因素,提出了通过提高根系活力,延缓根系衰老,平衡硫、氮、磷营养,延长花后群体光合高值持续期,挖掘玉米高产潜力的理论。

三、本学科学术建制、人才队伍和基础平台建设取得长足发展

作物学学科的科技发展能力建设是促进作物科技自主创新的保障。“十一五”期间,特别是近两年以来,作物学学科发生了深刻的变化,学术建制日趋完善,分支学科逐渐配套,研究机构不断健全,人才队伍不断成长,试验研究条件进一步改善,国际合作与交流进一步加强,基础研究平台建设取得长足发展。

(一) 学术建制

作物学学科已发展成为一级学科,形成了作物遗传与育种学、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,相互交融配套发展成为门类比较齐全的现代作物学学科体系。

(二) 人才培养与学科队伍建设

国家教育部、科技部、农业部实施了国家“农业高层次科技创新人才专项计划”,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。

(三) 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。至2011年,我国建设作物学学科的国家重点实验室6个,2010—2011年通过农业部重点实验室评审,确定了由33个综合性重点实验室、183个专业性(区域性)重点实验室和251个农业科学观测实验站组成的30个农业部重点实验室“学科群”。可以说,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、本学科国内外主要研究进展与比较

(一) 本学科发展现状、动态和趋势

近年来,作物学科学与技术发展发生着深刻、巨大的变化,生物技术与信息技术迅速发展并向作物科技领域渗透和转移,形成了以生物技术、信息技术为重点的现代作物学,推动了作物学科与其他学科的交叉、融合、渗透、分化和发展。

1. 基础研究和高新技术研究取得突破性发展

以主要农作物高产、优质、高效品种改良结构技术为突破口,促进传统作物科技的跨越升级。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。农作物品种改良实行生物技术与常规技术有机结合的技术路线,不断提高作物育种效率和定向水平。育种由以高产为主转向高产、优质、持久多抗性、广适应和资源高效等多目标性状的综合改良,由传统遗传改良向目标性状的分子设计育种方向发展,分子育种技术不断完善,为作物育种提供了有效的技术支持。

规模化基因发掘成为争夺基因知识产权的主要手段,分子标记选择成为提高育种效率的重要途径,分子设计育种的发展使育种具有工程化特征,体系化的分子育种成为生物种业成败的关键。这些生命科学领域的快速发展,大大提升了作物遗传育种研究水平,分子育种已成为作物育种发展的主要方向,并带动了生物种业的发展。

2. 应用研究更加注重技术创新集成和成果转化

与欧美发达国家相比较我国人均耕地少,因此我国作物生产要兼顾高产、优质和高效

等目标,主攻单产的提高将是进一步缓解人地矛盾的必然选择。近两年来,我国农业发展取得举世瞩目的成就,粮食实现“八连增”,其中作物遗传育种与作物高产栽培技术的创新集成和成果转化发挥了不可替代的作用。

(二)我国本学科发展与国际先进水平的比较

与欧美发达国家相比我国人均耕地少,我国作物生产要兼顾高产、优质和高效,主攻单产的提高将是进一步缓解人地矛盾的必然选择。近两年来,我国农业发展取得举世瞩目的成就,粮食实现“八连增”,其中作物遗传育种与作物高产栽培技术的发展发挥了不可替代的作用。

生命科学领域的快速发展大大提升了作物遗传育种的研究水平,分子育种已成为作物育种发展的主要方向,并带动了生物种业的发展。在国家相关科技计划支持下,我国已经建立了较完善的分子育种研究体系,在优质高产多抗新品种选育、分子技术育种等方面取得了显著进展。但与国际先进育种水平比较,我国遗传育种研究领域仍存在很大差距与不足,主要表现为:①新基因发掘与利用能力有待提高,我国拥有自主知识产权的基因非常少;②分子育种技术创新有待进一步加强;③育种目标不能适应市场的多样化需求,我国农作物育种以培育高产品种为主,缺乏优质型品种;④缺少具有国际竞争力的种业企业。

我国作物栽培技术与国外相比,在多熟制、高产等方面特色鲜明且并不逊色。但与欧美发达国家相比,在以机械化、信息化为主的规范化、定量化、规模化、集约化栽培,以及设施农业栽培、化学调节剂应用、技术推广服务体系等方面仍有很大差距。随着世界和我国粮食等作物产品的持续增长需求,作物栽培以“高产、优质、高效、生态、安全”为综合目标,形成了超高产技术、优质高产协调技术、精准定量技术、资源高效利用与节能减排技术、全程机械化技术、轻简技术、大面积均衡增产技术等重要研究内容和主攻方向。

因此,针对作物遗传育种学科及作物栽培学科与国际前沿水平存在的差距与问题,“十二五”期间作物学科还具有非常大的发展空间与潜力。作物学科领域应壮大科研队伍,提高科研水平,作物遗传育种学科要以国际前沿的研究方法与手段来提高学科科研水平,作物栽培学科要加强技术储备,凝练科技成果,健全技术推广体系。作物学科要站在世界作物科学领域前沿,在保障粮食安全中发挥更大的作用。

五、本学科发展趋势及展望

(一)我国本学科的发展趋势

我国作物分子育种应立足于国家粮食安全与农业可持续发展的重大需求,充分利用丰富的作物基因资源,重点开展农作物基因资源和重要性状形成的遗传和分子生物学理论基础研究,实现作物分子育种的重大科学突破。通过整合上、中、下游科技资源,大规模开展新基因发掘,通过包括分子标记育种、分子设计育种在内的分子育种技术原始创新,构建作物分子育种技术体系,从材料创制、品种选育及产业化三个层次实现重点突破,不

断促进我国作物分子育种技术升级和产业发展。

为了满足国家对优质安全农产品持续增长和环境改善的需求,作物栽培学科要围绕“高产、优质、高效、生态、安全”的综合目标,强化研究强度和深度、提高成果水平。栽培学涉及作物生产的各个环节,具有区域性强的特点,因此急需研究内容很多,但当前需主要加强作物超高产、优质高效、安全、轻简化、机械化、抗逆稳产、栽培理论与技术的研究,并积极发展现代农业栽培技术。

(二)本学科发展目标和研究方向建议

作物学科发展必须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,促进现代农业和作物学科不断发展,跨入国际先进行列。

2012—2020年我国作物学科发展目标是:建立符合我国国情的作物科技创新体系,突破一批事关农业及粮、棉、油料等作物生产可持续高产、优质、高效、生态、安全全局的重大关键技术,取得一批重大突破性科技成果,作物科技自主创新能力显著增强,科技成果转化能力显著提高,作物科技的国际竞争能力显著提升。我国作物科技整体水平跃居国际先进行列,发展成为世界农业和作物科技强国。

对作物学科发展的研究方向建议有如下几个方面:

第一,深化作物学科重大基础研究。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,阐明作物重要性状形成与遗传的分子机制和调控机制;研究作物分子设计育种的理论和方法;继续开展作物杂种优势形成的遗传学基础、杂种优势的表达与调控及其机理、控制杂种优势的功能基因及其基因结构和表达调控机理,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,重点开展作物可持续高产、超高产的产量性能要素形成的高效调控机制,高产群体构建及其源、库、流性能高效生理生态机制;作物品质形成生理生态机制,产量与品质协同的调控机制与途径;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,为栽培重大关键技术创新和集成创新与应用提供理论支持和指导。

第二,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。在作物遗传改良与育种技术创新方面,重点开展作物基因资源的挖掘与利用研究;加强作物分子标记技术研究;建立高效、安全的作物转基因技术体系,培育转基因作物新品种;创建作物分子设计育种技术体系。作物栽培技术创新与集成的研究方向为加强稳步提高粮、棉、油等作物生产能力的高产优质高效栽培关键技术研究;加强以保障农业及粮、棉、油等作物生产环境安全为目标的生态、安全、环境友好栽培技术创新研究;加强作物生产简化、精确量化的高效栽培技术和数字化农作技术的研究与创新。

第三,进一步加强作物科技发展能力建设,提升作物学科学与技术水平。作物科技发展能力建设是促进作物学科发展、提升作物科技自主创新能力的保障。

第十六节 中医学

一、引言

中医学是我国原创的医学科学,它是中华民族优秀传统文化的重要组成部分,是我国医疗体系的重要支撑点,在维护我国国民健康服务中具有重要地位和作用。中医学作为我国医学特色和重要医药卫生资源,与西医药相互补充、相互促进、协调发展,共同担负着维护和增进人民健康的任务。它是我国医药卫生事业所具有的重要特征和显著优势。

当今,科学发展观的根本目标是实现人的全面发展,而健康则是人类全面发展的基础。中医学在维护和增进人类健康方面具有独特作用,因此关系到每个人的切身利益。党的十七大以来,随着科学发展观的深入贯彻落实,以改善民生为重点的社会建设加速推进,中医学事业更加受到重视。《国务院关于扶持和促进中医学事业发展的若干意见》全面体现了党和国家对发展中医学事业的高度重视,明确提出了发展中医学事业的政策要求和保障措施,为中医学事业全面协调可持续发展提供了坚实的政策保障。

2011年6月,卫生部和国家中医药管理局联合出台了《关于在深化医药卫生体制改革工作中进一步发挥中医学作用的意见》,其中对在深化医改5项重点工作中如何发挥中医学作用进行了全面部署。“十一五”以来,尤其是2009年深化医药卫生体制改革正式启动后,国家发展改革委、财政部等有关部门不断加大中医学投入力度,中央财政支持全国中医学事业发展专项资金从2006年的5.8亿元持续增长到2011年的近60亿元。随着我国经济的平稳快速增长,社会保障体系的逐步健全,必将为中医学事业发展提供更加有力的经济支撑。

二、近年来本学科发展概况

近年来,中医学学科以发挥优势特色与加强继承创新为主线,以提高防病治病能力和学术水平为中心,以创新人才培养为着力点,努力提高中医学为临床、经济建设等社会需求服务的科技支撑能力,全面推动了中医学学科的蓬勃发展。

“十一五”期间,中医学学术继承研究深入开展,系统地整理了210位名老中医学专家的学术思想和临床诊疗经验,一批老中医学专家和民族医药专家的学术经验得到有效传承。此外,还培养了一批优秀的中医学临床骨干人才并建立了学术特点突出、临床优势明显的中医学重点学科和重点专科。中医学古籍文献、民族医药文献的保护整理与数字化工作全面开展。国家启动并投资建设了16家中医学临床研究基地,推动了全国各地一大批中医临床研究基地、重点研究室和实验室的建设。在此期间,中医学科研创新能力进一步增强,科研基础设施和支撑条件显著改善,经穴特异性、络脉学说及方剂配伍规律等基本科学问题得到初步阐释。中医学科学研究硕果累累,2006—2010年间共有25项中医学成果获得国家科学技术进步奖二等奖。

中医学院校教育继续获得较快发展,教育教学改革稳步推进,培养了一大批中医学

本、专科人才和研究生人才,缓解了各级各类中医药机构的人才短缺现象,充实了中医药临床、科研、教育、产业及国际交流与合作等各个领域。近年来,有 93 个中医药重点学科建设点通过验收,323 个中医药重点学科建设点进入新一轮建设,初步形成了一批在医学科学和生命科学领域居领先地位的重点学科,以及一批结构合理、素质水平较高的学术创新团队和较完善的中医药学科梯队,有力地推进了中医药学术进步和人才培养。

中医药应对突发公共卫生事件和重大疾病防治的能力与水平明显增强。在具有传染病收治条件的中医医院、中西医结合医院和传染病医院建设了一批中医、中西医结合治疗传染病临床基地。目前,已建立了近 50 个中医药防治传染病重点研究室,中医药防治传染病临床科研体系初步形成。

中药产业可持续发展能力得到增强,中药产业水平不断得到提升。近年来,不断采取综合措施加强对中药材的管理,保护中药种质和遗传资源,加强优选优育和中药种源研究,中药新药创制能力得到显著增强;此外,还加强了中成药临床应用指导和管理,制定相关政策积极推动中药制剂的发展,推广应用中药饮片小包装;加快了中药产业的技术改造和设备更新,以及 GMP 改造和建设步伐,使中药生产企业整体能力得到了增强,中药工业总产值继续保持高位增长;第四次全国中药资源普查工作进展顺利,中药资源保护、开发和合理利用得到重视和加强。

三、近年来本学科主要研究进展

(一) 学科建设继续完善

1. 中医药学科组织与人才建设稳步发展

按照国务院学位办颁布的学科分类办法,目前中医药学科已经分化出中医学、中西医结合、中药学 3 个一级学科,其中中医学又包含中医基础理论、中医临床基础、中医医史文献、方剂学、中医诊断学、中医内科学、中医外科学、中医骨伤科学、中医妇科学、中医儿科学、中医五官科学、针灸推拿学、民族医学等 13 个二级学科。截至 2011 年,中华中医药学会已注册的专科学会达 70 个,涵盖了全部二级学科及进一步分化的三级学科。

全国高等中医药院校在校生总数达到 460939 人,高等西医院校中医药专业在校生总数达 57364 人。高等中医院校在校专任教师 21807 人,其中正高级职称 3388 人、副高级职称 7250 人、中级职称 7358 人。目前,拥有部委属中医科研机构 10 个、省属中医科研机构 46 个、地市属中医科研机构 34 个,从事中医药科技活动的专业技术人员总数达 9662 人。中医医教研结构、规模和队伍的稳步发展为中医药学科的不断壮大搭建了稳固的平台,医疗、教学、科研领域形成了较为合理的高、中、初级中医药人才梯队。

2. 国家需求引领中医药学科发展方向

我国政府对于中医药的科学研究、技术开发和产业化等方面实施系列专项资助。2010 年中央财政安排专项资金 52.43 亿元,是新中国成立以来最多的一年。重点支持了 16 个国家中医临床研究基地、41 所地市级以上重点中医医院、147 所县中医医院建设以及中医药服务能力建设。

中医药继承创新取得新发展。中医临床研究基地建设不断推动,目前已有 16 家基地业务建设方案通过审查。协作机制和专家工作制度建立,围绕 14 类重点疾病中医药防治的特色优势和临床关键问题开展协作研究。此外,确立了全国中医药防治传染病研究中心和 41 家中医药防治传染病重点研究室。

中医药传承及基础研究进一步加强,开展了 400 种重要古籍文献的整理,为 181 位名老中医药专家建立传承工作室,建立了名老中医临床经验学术思想综合服务平台,并出版了《国医大师传承研究精粹》。《全国民族医药近期重点工作实施方案(2010—2012)》对 150 部民族医药特色文献和 140 个民族医药诊疗技术进行规范整理和研究。

中药资源普查前期准备工作加快推进,中药资源普查技术规范、中药资源分类与代码、基于我国自主卫星遥感数据的主要资源监测及服务基础性工作启动,国家中医药管理局与发改委共同实施的现代中药产业发展专项进展顺利。

(二) 科研成果硕果累累

据不完全统计,由国家自然科学基金资助的中医学与中药学项目至今已荣获省部级二等奖以上的奖项超过百项。其中,陈可冀等获得国家科技进步奖一等奖 1 项,韩济生、杨宝峰、陈竺等分别获得数个国家自然科学基金二等奖、数十个国家科技进步奖二等奖,获得省部级奖项一、二等奖的项目则更多。

“973”计划的中医理论基础研究专项自 2005 年启动以来取得重要进展,已开展的 21 个专项研究中,有 7 个已通过项目验收,国家财政已累计投入 3.47 亿元经费支持。

随着国际社会把更多的目光投向了中国传统中医药,“做科研应持之以恒和以解决人民群众的重大健康问题为出发点”的科研之风已成为中医药科研的导向。2009—2011 年间先后有 26 项中医药科研成果获得国家科技进步奖二等奖。

(三) 中医药防治传染病能力明显提升

中医药应对突发公共卫生事件和重大疾病防治能力与水平明显提高。国家中医药管理局开展了 615 个国家级重点专科(专病)和 3453 个农村中医特色专科建设项目,建设省级重点专科(专病)1471 个,建立了 41 个中医药防治传染病重点研究室。在进一步提高中医药防治常见病、多发病能力的基础上,重点加强了重大慢病、疑难病种、中医药防治优势病种和重点传染病的中医药防治工作,研究提出了一批重大疑难疾病的综合治疗方案及常见病临床实践指南,进一步提升了中医药临床疗效。中医药在治疗艾滋病、甲型 H1N1 流感等突发事件和重大传染病防治中发挥了独特作用,成效显著。在玉树抗震救灾中,中医药在预防高原反应、减少危重患者死亡率、防治呼吸道传染病和肠道传染病、骨折外伤等方面发挥了重要作用。

在 2009 年甲型流感疫情发生后,国家中医药管理局在第一时间全程参与防治甲型流感的组织协调工作,组织中医药专家展开临床救治和科学研究,及时制定《甲型流感中医药预防方案(2009 版)》,指导全国中医药防治甲型流感工作。

此外,中医药科技攻关在应对突发公共卫生事件中也发挥了积极作用。中草药筛选和中药临床试验在防治甲型 H1N1 流感中取得了引人瞩目的成果。麻杏石甘汤、银翘散

加减方、莲花清瘟胶囊、金花清感方经国内多家权威机构研究证实,对新发呼吸道传染病疗效确切,可有效地应对甲型 H1N1 流感等突发公共卫生事件,部分内容被美国卫生部网站等多个国际主流网站相继转载报道。

(四) 中医药文化建设不断深入

中医药文化建设获得空前重视,国家中医药管理局联合 23 家部委和单位主办的“中医中药中国行”活动大力地弘扬了中医药文化,增进了民众对中医药的了解和认同。中央财政首次安排近 1 亿元专项资金支持各省(区、市)开展中医药知识宣传普及建设。国家中医药管理局出台了《关于加强中医医院中医药文化建设的指导意见》、《中医医院中医药文化建设指南》等文件,确立了 71 所中医医院为中医药文化建设试点单位,推进了中医医院文化建设。

中医药申报人类非物质文化遗产代表作名录取得突破。41 项中医药项目被文化部列入国家级非物质文化遗产名录。2011 年 6 月,我国两部中医药典籍《黄帝内经》和《本草纲目》顺利入选《世界记忆名录》。2010 年 11 月,“中医针灸”正式列入人类非物质文化遗产代表作名录,体现了国际社会对中国传统医学文化的认可。2011 年 11 月,全国中医药文化建设工作会议在四川成都召开,会议全面总结了近年来中医药文化建设工作进展,研究部署了“十二五”期间中医药文化建设工作。

(五) 中医药标准化、信息化建设扎实推进

中医药标准化、信息化建设步伐加快。目前已发布了一批中医预防保健技术操作规范,一批国家标准、行业标准项目通过了专家审定,确定了 42 个中医药标准化研究推广基地,并加强研究推广工作;《耳穴名称与定位》获得 2010 年度中国标准创新贡献奖二等奖;组织编制了《国家重大信息化工程建设规划》中医药项目,中医药系统信息化水平得到明显提高;中医基本现状调查顺利完成,这是新中国成立以来第一次在全国范围内开展的中医现状调查。

(六) 中医药对外交流与合作继续深化

中医药多边合作进一步巩固发展。我国与世界卫生组织紧密合作,推进落实第 62 届世界卫生大会上通过的《传统医学决议》,积极参与世界卫生组织国际疾病分类传统医学部分制订工作;加强了与国际标准组织合作,支持中医药技术委员会(ISO/TC249)秘书处召开了中医药技术委员会第一次会议;双边合作领域得到进一步拓宽;中医药合作纳入中美 2010 年战略与经济对话合作框架并建立工作机制;成功举办中法、中新等中医药合作会议;中医药行业及管理部门积极推动孔子学院开展中医药文化传播,2010 年 6 月,习近平副主席出席了澳大利亚皇家墨尔本理工大学中医孔子学院揭牌仪式,并对中医孔子学院把中医药学同汉语教学相融合的做法给予充分肯定。

(七) 本学科特别进展

1. 屠呦呦获拉斯克奖

国际医学大奖美国拉斯克奖将其 2011 年临床研究奖授予中国中医科学院终身研究

员屠呦呦,这也是至今为止,中国生物医学界获得的世界级最高大奖。拉斯克奖评审委员会认为,屠呦呦教授领导的团队将一种古老的中医疗法转化为最强有力的抗疟疾药,将现代技术与传统中医师们留下的遗产相结合,把其中最宝贵的内容带入 21 世纪。

屠呦呦最早提出用乙醚提取青蒿,对研发青蒿素起到关键作用,从而创制新型抗疟药。本年度屠呦呦又获得葛兰素史克中国研发中心生命科学杰出成就奖。

2. 中成药丹参滴丸完成美国 FDA II 期临床试验

现代中药复方丹参滴丸于 1997 年获得美国食品与药品监督管理局(FDA)IND 临床试验批件。之后,通过在国内进行大量的深入基础研究,于 2007 年启动 FDA II 期临床试验,临床试验在美国纽约、佛罗里达、德克萨斯和加利福尼亚等分布于美国东南西北中地区的 15 个临床中心,完全按照国际公认的 GCP 临床试验标准严格进行,全部研究在 2009 年底顺利结束。结果显示,对国际公认的治疗心绞痛的黄金疗效指标(即运动耐力试验)及其他疗效指标,都一致地指向同一个方向并且遵循几乎相同的量效规则,而且在临床上及统计上均有显著意义。更重要的是,临床试验中没有出现药物相关的不良反应,这在任何西药的研究中几乎是不可能的,充分证明复方丹参滴丸优于化学药物,这对澄清人们对中药的偏见有重要的现实意义。历时 3 年的复方丹参滴丸 II 期试验圆满完成,临床研究客观地证明了其安全性及有效性。

3. 中药汤剂治疗甲型流感疗效受到国际认同与关注

2011 年 8 月 16 日,国际权威医学期刊《内科学年鉴》发表了我国学者的临床研究结果。这一研究显示,中药汤剂可以显著降低甲型流感发热持续时间,其效果与达菲相仿或有更加优效趋势。该项研究以科学的方法向世界展示了中医药在人类应对新发呼吸道传染病和突发公共卫生事件中的作用,并得到了国际上的认同与关注。研究成果在《内科学年鉴》的发表标志着国际权威医学刊物对我国中医药学研究的认可。经中国医学科学院医学信息研究所初步检索,该论文是中国大陆地区采用随机对照试验方法评价中药汤剂的第一篇登载于国际著名 SCI 期刊的研究论文。

四、本学科存在的问题与发展趋势

近年来,虽然中医药学科的发展取得了较大进展,但仍存在不少问题。主要体现在:一是中医药发展基础薄弱,国家投入还有待进一步加大,扶持促进政策需下大力全面落实并不断完善;二是中医药特色优势发挥不够,临床贡献度还不够鲜明,服务领域还需进一步拓展;三是中医药继承和创新还需大力推进。

按照《中医药事业发展“十二五”规划》,到 2015 年,中医药管理体制和运行机制更加科学合理,中医医疗服务和应急体系更加完善,中医预防保健服务体系初步构建,服务能力显著提高;中医药人才素质明显改善,结构更趋合理;继承创新体系基本建立,传承研究取得显著成效;中药产业发展水平进一步提升,现代中药工业体系建设和产业创新能力得到加强;中医药文化业态更加丰富,文化资源得以有效开发利用;实现中医药立法,标准规范体系进一步健全,信息化水平进一步提升;国际交流与合作成效更加显著,在国际传统医药领域优势地位得到巩固和加强,基本实现中医药医疗、保健、科研、教育、产业、文化全

面协调发展。

因此,未来5年我国中医药学科发展的目标为:系统整理和诠释中医、民族医理论,总结现代研究成果,在思维模式、脏腑生理、病因病机、辨证治法、药性理论、方剂配伍、中药和针灸效应原理及现代临床有效的其他非药物疗法的效应原理等方面取得创新与发展;在中医理论现代研究成果基础上,形成专业术语统一、理论层次明确的基础框架,运用现代科学理论和方法,探索其科学基础,在中医基础理论、药性理论、方剂配伍、中药和针灸效应原理、骨伤手法机理等方面进行深入研究,努力创立新学说;初步完成中医理论的系统整理和诠释,阐明理论的科学内涵,建立起由现象描述向本质阐明的中医理论体系,为中医临床和中药研发提供新的理论指导。

第十七节 生物医学工程

一、引言

近半个多世纪来,“生物医学工程是成长最快的一个科学技术领域,它取得了令人震惊的成就,且具有诱人的前景”。

历史地看,生物医学工程的概念源出于 H. von. 赫姆霍兹,他认为:“工程学将推动生物学和医学,尤其是通过用于测量和成像的仪器”。而“生物医学工程”(Biomedical Engineering, BME)一词提出于20世纪50年代,对此电气电子工程师协会(Institute of Electronic and Electrical Engineering, IEEE)的界定是“应用工程学的原理和技术解决生物学和医学的问题”。随着医学影像、人工器官等兴起,生物医学工程突破了技术的范畴,从而形成了一门独立的学科,其内涵是“工程科学的原理和方法与生命科学的原理和方法相结合,认识生命运动的(定量)规律,以维护、促进人的健康”。这里,第二句话是学科的主题,第三句话是学科的目标(人类健康的需求),第一句话则是生物医学工程方法学的特征;而独特的方法学原则的建立,正是一门独立学科形成的标志。

多层面、多方位的社会需求和学科属性决定了生物医学工程必然是一个广覆盖、深交叉(从交叉→结合→融合)、快发展、多变化的科学技术领域。因而,其分支学科和/或分支技术领域的分划(界定)是十分困难且相当模糊的。为促进学科发展,现以分支领域的科学技术基础和主目标为基准,将当前生物医学工程科学技术领域分为以下4类:

(1)以电子、电气工程技术和信息科学技术为基础,以观测、辨识组织,器官结构和形态/系统功能等为目标。医学影像、医学信息技术、数字医疗和神经工程等属此。

(2)以生物材料和生物力学为基础,结合生物技术、细胞生物学等,以认识人体生理系统、器官、组织、细胞等生命体结构—功能关系,进而修复损伤、重建功能,以达增进健康之目的。人工器官、组织工程(再生医学工程)、细胞工程、介入医疗工程、康复工程、行为工程等属此。

(3)以生物化学和生物技术为基础,结合微电子、微制作技术,以辨识、调控人体生命活动的精微变化。生物传感器、生物微系统等属此。

(4)以物理作用的生物效应为基础,运用系统工程原理和方法,实现特定的医疗/保健目标。放射医疗工程、超声医疗工程、激光医疗工程等属此。

二、近年来本学科研究进展及趋势

尽管生物医学工程科学技术领域分类边界模糊、互相渗透、互有兼容,算不上生物医学工程二级学科规范分类,但为廓清学科领域面貌,进而规范分类提供了一个虽粗但不失其正的框架。下面就在这一框架里选择若干分支领域概述近年来的主要进展及趋势,并借此凸显生物医学工程学科的内秉特征。

(一)医学影像

第四军医大学董秀珍实验室突破了体内部组织电特性体表检测和电阻抗图像实时重建两大关键技术,成功研制了生物电阻断层成像(EIT)系统,在世界上首次实现了床旁动态图像监护。颅脑出血监护灵敏度:0.2ml;腹腔脏器出血监护灵敏度:20ml(肾、膀胱等)~50ml(肝、脾等)。临床试验(87例)表明它能在体征出现前40~45分钟预测脑疝出现,确有可靠预警功能。在灾发事件、灾变创伤救治,尤其是现代化战争战伤救治具有重大意义,是我国在生物电阻抗成像领域里的重大突破。

此外,北京航天中兴医疗系统有限公司从“九五”以来,在国家科技攻关等计划支持下,从引进、吸收、再创新到突破核心关键技术走出了一条数字X-射线机(DR)自主发展之路。DR系统核心部件平板探测器,当前像素最小的是美国瓦里安公司的PaxScan4343R,尺寸为0.139mm×0.139mm,航天中兴FU-FPDR-2009平板探测器像素尺寸为0.143mm×0.143mm,空间分辨率在同一水平线上(3~3.71lp/mm);且探测器数据采集和传输速率已达1Gbps,提高了一个量级。目前航天中兴用于体检的DR辐射剂量仅为传统X-透视的1%(绿色)。另外,已开发了便携式可无线传输的DR产品和低剂量妇科盆腔造影系统及双平板常规DR系统,动态成像板正在研发中。

(二)脑-机接口(BCI)技术研究

清华大学高上凯实验室在基于脑电信号(EEG)的脑-机接口技术研究方面居于世界前列,世界技术发展中心(WTEC,美国)组织的全球评估报告指出:“高教授率先开发和应用了非侵入式、基于脑电信号(EEG)的计算机控制,引领了脑-机接口系统的实际应用方向的努力”。尤其是“这样一个容易操作而又低价格的系统之所以能获如此高的性能,说明其潜在的算法是非常有效的”。

(三)医学神经工程

清华大学李路明小组和北京品驰医疗设备公司合作,自主研发了脑起搏器,两年半临床试验(北京天坛医院)完成植入40例,平均随访时间14.6个月,未出现手术和装置相关不良事件。术后症状逐渐改善,3个月后趋于稳定。和术前相比,UPDRS日常生活评分提高了80%,运动评分提高了70%,均达到预期效果。

值得指出的是,脑起搏器是Ⅲ类医疗器械,安全可靠要求很严。李路明小组借鉴他

们在制设空间设备的经验,突出系统安全、可靠性设计,并将它分解于工艺流程、工装设计、专用检测设备研制等方面,从而保障了国产脑起搏器的安全可靠。这一研究成果成功打破了 Medtronic 公司的垄断,使中国成为世界上第二个能生产脑起搏器(自主知识产权)的国家。

(四)生物力学

在生物医学工程的学科基础之一——生物力学的领域里,受过良好交叉训练的第二代已成为我国生物力学的领军人物,并在北京、上海、重庆等地形成了若干各有特色且在国际生物力学相关分支领域拥有话语权的研究基地,学科建设取得了显著进展。这主要体现在:

一方面,我国生物力学工程(Biomechanical Engineering)已深入医学临床,在骨关节手术方案个性化设计以及相关植入物个性化设计和个性化制备方面发挥了关键作用。其中一个突出的例证是上海交通大学附属第九人民医院戴尅戎小组以多模态医学影像为基础,通过生物力学系统建模和数字实验,融合专家经验(知识工程技术),实现了人工假体(半骨盆)的个性化设计和个性化制备,在骨盆肿瘤保肢治疗方面取得了突破,避免了 1/4 截肢且功能恢复良好,至今已愈百例。在人工(半)骨盆设计、制作和临床应用方面优于国外。

另一方面,我国生物力学以应力-生长关系为核心,从器官、组织层面深入到细胞、亚细胞结构、生物大分子层面,揭示了各个层面生命体结构(形态)-功能之间的双向关系(结构决定功能,功能改变导致结构形态重建)。现举几个不同方面的突出进展为例,已见一斑。

(1)北京航空航天大学邓小燕小组从生物学的普遍性规律适应性原理(Adaption Principle)出发,对动脉血流旋动流态的作用进行了系统研究,发现旋动流态具有抑制低密度脂蛋白(LDL)等有害脂质在血管壁沉积的作用,且有利于氧运输。进而运用旋动流效应改进冠脉搭桥手术设计、血管内支架结构设计、腔静脉滤器设计和小口径(直径 $\leq 6\text{mm}$)人造血管设计,并申报了 5 项发明专利。从发现 \rightarrow 发明、发现与发明并重,体现了工程科学的特点。

(2)上海交通大学姜宗来实验室以动脉粥样硬化等发病机理和病理过程为背景,从方法学创新入手,建立了血管体外近生理脉动应力培养系统,研究了低剪应力和高血压条件下力学因素诱导血管重建过程中血管组织蛋白质组学的变化,获得了不同力学环境下血管重建过程中血管的差异蛋白质表达谱,从中筛选出 60 余种差异表达的蛋白质,进而探讨了 Rho-GDI α 、HSP27 等在应力诱导血管重建过程中的作用。

(3)北京航空航天大学樊瑜波实验室以小鼠骨髓间充质细胞(rBMSC)为模式细胞,系统研究了不同力学模态对 rBMSC 发育生长和分化的影响,发现不同的力学模态、同一力学模态不同的应力强度,导致 rBMSC 向不同的方向分化,甚至影响 rBMSC 生理过程的方向:分化抑或增殖。从而提示力的作用是调控细胞、组织等生命体发育、分化和生长的另一个独立的、或许是更为原初的信号系统。它与化学信号的耦合作用大于两者各自单独作用之和——非线性效应。

(4)中国科学院力学研究所龙勉实验室以炎症反应、肿瘤转移、血栓形成等重大疾病病理生理过程为背景,用微管吸吮技术、原子力显微镜和激光光阱等技术,系统研究了选择素-配体结合-解离反应动力学的定量规律,以及力学环境、尺度、取向等的影响。不仅深化了不同病理生理背景下细胞黏附、聚集的分子机制的认识,而且为抗体类药物分子设计和筛选提供了多指标定量评估的新的技术平台。目前在国际上跻身该领域研究的前列。

(5)与生物力学紧密相关,在介入医疗工程领域里,中国企业(上海微创、北京乐普等)在药物洗脱冠脉支架等产品领域里已居国内市场主导地位(78%),且正大力开发新一代产品——可降解材料支架,在这方面,与相关生物力学研究团队的紧密合作是不可少的。

(五)家庭健康工程

家庭健康工程是生物医学工程领域的新增长点,它体现了生物医学工程大方向的转变,即从以疾病诊断、治疗为中心转向以人(个体化)整体状态的辨识和调控为中心。由于市场前景巨大,近年来发达国家对此越来越重视。与之相比,我国和他们目前大抵处同一起跑线上,且有自己的特色。

在这方面,空军航空医学研究所航空医学工程研究中心俞梦孙研究团队是开拓者。近年来,他们提出了“以人为中心的健康医学实施模式——MIC模式”,即个体化状态监护(Monitor)、状态辨识(Identification)和状态调控(Control)三结合的健康服务模式,以个体化状态监测/检测为重点研究、开发了一系列家庭健康工程技术装备(具有原创自主知识产权),其共同特点是:①基本生理参数(生命体征等)长时间同步、连续、动态监测,以利通过信息挖掘、信息融合获得深层次的状态信息(≥ 24 小时);②要求低功耗设计;③在准自然状态下进行动态监测。要求监测过程对被测者生活、工作的干扰最小化,即监测所造成的生理、心理负担降低到最低水平;④多模态;⑤兼具SD卡存储和无线传输功能,可和互联网无缝对接。

目前他们已经成功研发了床垫式生理信息(多参数)监(检)测系统(已产品化)、可穿戴式生理信息(多参数)监(检)测系统(已在小规模试用)、血压无创连续(逐拍)动态监测系统(临床试验)、触摸式六参数快速检测系统以及佩戴式多参数动态监测-远程综合分析系统等,形成了“全天候”生理参数监(检)测系统。其中,准自然床垫式生理信息监测系统目前仍以其独创性居世界前列,而血压无创连续(逐拍)动态监测技术则是血压测量技术的重大突破,更可贵的是前两套系统已应用于飞行员高原训练中,并且取得了圆满成功。

(六)健康工程与健康物联网

与21世纪医学的变革相适应,生物医学工程正在转向人类健康工程(面向人人的健康工程)。每个人的健康,虽有共同的基石,但实际上是高度个性化的。故人类健康工程,本质上是以人(个体化)为中心,以维持、提高人体系统稳态水平(提高素质,开发潜能等)为目标的系统工程。其内涵绝不仅仅限于工程技术,而是一个人文和科学技术相融合的开放的综合体。最近,俞梦孙团队在高原健康工程研究方面取得突破性进展是一个成功

的范例,它显示了人类健康工程的特质和远大前景。

随着大西南、大西北的开发和国防建设的需要,以及灾变发生后的救援,大量人员出入于平原—高原之间,高原缺氧环境造成的健康问题是一个迫切需要解决的大问题。60年来,我国高原医学研究成绩斐然,对急性高原病的救治有不少成功的经验。但慢性高原病的防治依然是世界性的难题,尤其是非高原生长人员长期移居高原后再回归平原时,往往引发严重疾患,甚至危及生命。

空军航空医学研究所航空医学工程中心俞梦孙团队从人类健康工程的经营理念出发,开创新思路,把目标从“病”(高原病)转向“人”,转向人对环境变化的适应过程中功能状态的变化;从“治病”转向对适应环境过程中人的状态的动态调控,使之与环境的改变相协调,并发展(发明)了与之相应的状态监测、辨识、评估和调控的新方法、新技术和新装置,从而取得了突破性进展,解决了“上得去、呆得久、下得来”的难题。这里的关键在于:

(1)运用钱学森提出的人体系统工程原理,建立人体适应低氧环境的自组织过程动力学模型,进而通过实验确定人体(个体)缺氧环境自适应过程时间尺度/时间常数的概念。

(2)通过睡眠监测(准自然状态)评估人(个体)对环境变异(缺氧/富氧)速率的适应性,规范化与个性化相结合,在防止慢性高原病的前提下,优化适应性训练过程。

(3)发展了一系列提高高原适应性训练效率的“准自然”(“绿色”)状态调控技术和装备。这里,“准自然”、“绿色”意谓不因训练而引起人体内部组织的病理性重建(remodeling),从而消除诱发慢性高原病的隐患。

俞梦孙团队运用健康工程和技术在高原病(尤其是慢性高原病)防治方面取得的突破,显示了人类健康工程在防治非传染性慢性病(当前人类健康和生命的最大威胁)以及维持和促进健康方面的远大前景。

近年来,物联网(Things Net)已成为一个热点领域,而热议中的健康物联网则是人类健康工程落实于人的技术阶梯(技术平台系统)。显然,它与近年来发展迅猛的数字医疗、医疗物联网等有着必然的联系,但又有质的不同。浙江省李兰娟研究团队在数字卫生关键技术和区域示范工程项目(“十一五”国家科技支撑计划)实施中取得的重要成果,探索了由数字卫生技术区域示范工程向健康物联网转化的可行途径。

从浙江省数字卫生技术区域共享示范工程的实践成果和发展蓝图来看,该示范工程按统一标准在各级医院建立电子病历的同时,面向示范区全体居民,建立了居民健康档案,二者可以无缝对接。在此基础上,通过功能重建,逐步转向健康物联网是可能的,也是切实可行的。其必要条件是核心理念从“治病”转向“治未病”,即“治其未生,治其未成,治其未发,治其未传,瘥后防复”。与之相应,“治”的战略思路亦从对抗医学转向以中国传统医学为代表的整体医学,以顺势调理为主。浙江省数字卫生技术研究院提出的发展蓝图体现了这一设想。

三、对本学科的展望

综言之,尽管在整体上我国生物医学工程与美、欧、日本相比差距明显,但近年来在若干重要领域里取得了显著进展。生物电阻抗成像(床旁动态图像监护)、血压无创连续(逐拍)动态监测等取得重大突破,无创脑-机接口技术、准自然床垫式生理信息监测技术等居

于世界前列,是我国生物医学工程界近 20 年来几代人坚持以实际问题为目标,走自己的路的结果。而脑起搏器自主研发成功和国产冠脉支架市场占有率的跃升则表明,只要真正按系统工程原理从设计、加工工艺、检验等方面认真去做,长期为人所诟病的国产医疗器械的可靠性问题是可以解决的。而生物力学在融入生命科学和深入医学临床两方面的努力,则体现了生物医学工程学科基础进步的一个侧面。

放眼未来,中国生物医学工程的机会在于 21 世纪医学的变革之中。若能把握契机,坚持以实际问题为目标,走自己的路,则在为解决广大百姓看病难、看病贵的大问题中做出应有的贡献,那么我们必将昂首屹立于人类健康工程领域之巅峰!

第十八节 针灸学

一、引言

针灸学是我国传统中医学的重要组成部分,至今已经有两千多年的历史。在中医学完整的理论与实践体系中,针灸理论与方法始终是中医学特色与优势的杰出代表。

新中国成立以来,党和政府对中医学的发展十分重视,制定了中西医并重的发展方针,使针灸学的发展更加欣欣向荣。20 世纪 70 年代,我国针刺镇痛、针刺麻醉研究成果引起了国际医学界的关注,引发了第一轮世界性针灸热潮。1985 年经国家体改委批准,将中华中医学学会针灸专业委员会提升为国家一级学会——中国针灸学会;同年,经国务院批准,由卫生部、外交部、中国科协、国家科委共同筹备成立世界针灸学会联合会,这一国际性针灸学术组织于 1987 年在北京宣告成立。这两个学术组织的成立,为促进针灸事业在国内和国际上更好的发展创造了有利条件。1997 年,美国国立卫生研究院召开听证会,正式肯定了针灸对于一些疾病的治疗作用,使发达国家对针灸疗法兴趣倍增,相继开展了针灸的科学研究。60 年来,针灸学科已经纳入我国医学教育、科学研究、医疗体系之中,国家对针灸基础研究和临床研究的投入逐年增加,针灸界科研能力和水平不断提高,针灸事业蓬勃发展。

本报告是中国针灸学会首次接受中国科协委托,全面总结 2006—2011 年针灸学科的整体发展,学科建设中的突出成就,学术研究取得的最新成果与进展,比较国内外针灸发展情况及其差异,从而进一步明确本学科的研究方向与战略需求,对未来本学科的发展方向进行科学预测,以促进针灸学科的进一步发展。

二、近年来本学科的发展现状

2000 年,中国针灸学会在青岛召开“新世纪针灸发展研讨会”,当时许多与会专家认为,由于我国经济体制逐渐向市场经济过渡,导致针灸的发展受到了极大的冲击,存在“机构减少,病种萎缩,人才流失,效益滑坡”的现象,针灸发展前途堪忧。为此,中国针灸学会向政府有关部门提交了专题报告,得到了国家中医药管理局与部门领导的高度重视,采取了相应措施,取得了明显的成效。2006—2011 年针灸学科发展的情况证明,上述现象已

经得到有效遏制,针灸学学科发展出现了喜人的局面。

(一) 针灸学学科建设情况

2006—2011年针灸学学科建设发展趋势良好,涌现了一批国家重点学科及国家中医药管理局重点学科、专科建设单位。

目前我国有高等中医药院校46所,绝大多数设有针灸推拿专业;有设针灸推拿专业的西医高等教育机构10所;有设针灸推拿专业的非医药高等院校6所。我国的针灸高等教育已经建立起从专科→本科→研究生的完整教育体系,办学层次逐渐提高,办学规模也不断扩大。中医药教育针灸专业在校生从2006年的22800人发展到2010年的37594人。截至目前,全国有针灸博士生点12个、针灸硕士生点34个、博士后流动站7个。北京中医药大学、成都中医药大学、上海中医药大学和天津中医药大学4所大学的针灸学科被评为国家级重点学科;上海中医药大学等11所大学(学院)的针灸学科被评为国家中医药管理局重点学科。

在我国4169所中医医院(含中西医结合医院)及其门诊部中,90%以上设置了针灸科。另外,在60%~80%的综合性医院里还设有中医临床科室,其中绝大部分有针灸科。有31所中医医院(中西医结合医院)的针灸科入选国家中医药管理局中医重点专科专病建设项目名单;22所中医医院的针灸科成为国家中医药管理局中医药重点学科建设单位。

在科研队伍建设方面,有26个针灸研究实验室被评为国家中医药管理局三级科研实验室,有8个针灸研究室被评为国家中医药管理局重点研究室。天津中医药大学“针刺治疗脑病研究”入选2011年度教育部“长江学者和创新团队发展计划”创新团队,是中医领域中唯一的人选者。

到目前为止,中国针灸学会已经正式注册了20个专业委员会(分会)和3个工作委员会,基本覆盖了针灸学科各个专业领域和新兴领域。

(二) 针灸学学科科研进展情况

“十一五”期间,我国重视开展针灸基础研究。2006—2011年间,国家重点基础研究发展计划(973计划)连续6年为针灸独立立项;国家自然科学基金在针灸理论基础研究方面给予了高度重视,立项数量由2006年的19项增长到2010年的61项,总资助金额较“十五”期间增长了93.9%;在科技部“十一五”科技支撑计划中,围绕常见病的治疗方案和标准的研究累计立项3个、涉及课题12个。

1. 针灸学科基础研究不断深入

针灸基本理论的研究主要围绕着经典理论的解读、概念术语的源流与规范,对针灸经典理论的构架及其含义进行深度挖掘,从而为针灸学理论体系的进一步发展完善提供依据。

大量的研究资料证明经络学说中的三个关键的问题是可靠的。第一,经络现象是客观存在的;第二,人体体表可以观察到与古典经脉循行路线基本一致的某种路线或轨迹,它与人体的功能调节密切相关;第三,经络和脏腑之间确有相对的特异性联系,人体的功

能调节过程存在着某些循经的特性。

腧穴在病理状态下的敏化现象及机制、腧穴由“沉寂”到“活动”的过程研究受到关注。在腧穴治疗效应研究中,按照循证医学及临床流行病学的理念与方法,就几十个单穴对数十种病症的治疗效应进行了临床再评价研究,该系列研究为腧穴主治标准的制定提供了临床依据。脑功能成像技术的广泛使用有望使其成为腧穴效应特异性研究的适宜手段。

近年来的研究充分证明,针灸对神经、内分泌、免疫、呼吸、循环、血液、消化、泌尿生殖等系统均具有明显的调节效应,其作用在很大程度上是通过“神经-内分泌-免疫”网络的调制而实现的。

2. 针灸学科临床研究成绩显著

循证针灸学的创建使我国的针灸临床研究质量有了明显的提高,结论的可靠性增强。选择针灸疗效确切的病症,引入临床流行病学、循证医学的理念和方法,开展了多中心、大样本、随机对照的临床研究,用科学的数据展示了针灸治疗偏头痛、面瘫、带状疱疹、痛经、中风后遗症、便秘、抑郁症等临床效果。

针灸临床治疗模式发生了一定的改变,向各科辐射的能力明显增强。针灸科通过与康复、疼痛、神经等科室的合作共建,与临床各科的合作得到加强,使针灸疗法的优势得到了充分发挥。针灸在昏迷促醒脑血管意外并发症、抗肿瘤转移、前列腺病症、干眼病、药物镇痛后并发症等方面的运用极大地促进了针灸临床及学术的发展。“石氏中风单元疗法”的建立是针灸理论与技术创新的代表。

针刺麻醉和镇痛的研究从临床研究和基础研究两个方面阐明其理论依据和科学内涵。制定了针麻标准规范、选穴标准,筛选出了临床最优的经穴组合,评定了适宜人群,评价了卫生经济学指标。研究表明,针刺麻醉对机体重要脏器具有保护作用及免疫调节作用。

社区农村适宜诊疗技术的研究与推广极大地提高了针灸实用技术的覆盖率。国家中医药管理局组织的适宜诊疗技术的研究,包括贺氏针灸三通法治疗缺血性中风病、靳三针治疗儿童自闭症、平衡针灸针刺肩痛穴治疗肩痛等 80 余项针灸技术在社区和农村的推广应用受到了广泛的欢迎。

3. 针灸学科标准化工作硕果累累

“十一五”期间,我国针灸标准化发展突飞猛进。主要表现在:建立了相应的标准化组织,使标准化工作有了运行的平台;完成标准化发展规划纲要等一系列文件,使我国针灸标准化工作目标明确、管理规范;制定和修订了国家标准 23 项,行业标准 5 项,行业指导意见 1 项。国家标准《腧穴名称与定位》(GB/T 12346 - 2006)和《耳穴名称与定位》(GB/T 13734 - 2008)分别于 2009 年和 2010 年荣获中国标准创新贡献奖二等奖。

4. 针灸诊疗仪器的研制日益先进

现代针灸诊疗仪器的发展较为迅速,其设计与研发紧密地同电学、磁学、光学、热学、超声波、传感器和电子计算机等现代科学技术结合。目前,已研制出了很多新的产品,并应用于临床、科研、教学等领域,如电针仪、微波针灸仪、磁疗仪、灸疗仪、激光针灸仪、超声针灸仪、穴位电阻探测仪、经络导平仪、计算机多功能经络(腧穴)显示系统、针刺手法参数

测定仪器、计算机针刺手法仿真系统等。

2006年以来,针灸界获得中国针灸学会、中华中医药学会、中西医结合学会所设立的科学技术奖累计73项,其中一等奖1项、二等奖24项、三等奖48项;基础研究37项,临床研究36项。2007年,王雪苔、贺普仁被文化部确定为“国家级非物质文化遗产针灸项目代表性传承人”;2008年,石学敏获得世界中医药学会联合会中医药国际贡献奖;2009年,程莘农、贺普仁获得国家中医药管理局授予的“国医大师”荣誉称号;2010年,朱兵、梁繁荣被中国科协评为“全国优秀科技工作者”;2010年,“中医针灸”被联合国教科文组织列入《人类非物质文化遗产代表作名录》。

(三) 针灸学学科国际合作情况

伴随着国际针灸发展的热潮,我国的中医药科研机构、教育机构与国外合作日益广泛与深入。继20世纪80年代,世界卫生组织在我国的中国中医科学院针灸研究所、上海中医药大学、南京中医药大学建立了国际针灸培训中心之后,各个大学陆续建立了国际学院,招收外籍学生。据教育部统计,外国来华学习的留学生中,以中医专业为最多。世界针灸学会联合会在我国内地建立了针灸教育考试基地5所(安徽中医学院、辽宁中医药大学、长春中医药大学、河北医学院、厦门大学医学院)。中国针灸学会作为世界针灸学会联合会的团体会员,每年都主办、承办或协办国际性学术会议,组织学术代表团出国参会。

(四) 针灸学术期刊的发展情况

我国针灸界有6种针灸专业期刊,其中两种为全英文版期刊。《中国针灸》、《针刺研究》和《上海针灸杂志》被中国科技信息研究所评价为“中国科技核心期刊”;《中国针灸》和《针刺研究》被北大图书馆评价为中文核心期刊;《针刺研究》同时还是中国科学院中国科学引文数据库核心库期刊。《中国针灸》和《针刺研究》为美国国立医学图书馆医学文献数据库(MEDLINE)收录期刊。2011年,《中国针灸》和《针刺研究》双双入选“中国精品科技期刊”。

三、本学科在国内外发展比较和分析

针灸学作为我国传统中医药学的代表学科率先走向世界,并为国际社会普遍认可,我国针灸学科的发展在国际上处于领先地位。

(一) 中医药(针灸)立法与管理

中国政府高度重视中医药,立法全面明确、管理规范,并设有专门的管理机构,保证了中医针灸的健康可持续发展。国外一般将中医针灸视为补充替代医学范围,对中医药(针灸)立法有的尚未立法,有的还处于初级阶段。

(二) 针灸基础研究比较

相对于国内大范围的、系统的基础研究来说,国外研究主要集中在对经络、腧穴的研究以及针灸治疗某个疾病的机制研究,虽然投入的研究资金较多,但研究项目较分散、不

系统。在研究特点上,国外基本抓住一个也许不是很大的问题进行深入分析、持续研究,从不同角度予以证明,以点的方式对科学问题作出明确结论,注重研究设计的严密性和结论的可重复性与明确性;而国内研究则更关注技术应用的新颖性,研究的问题涉及面较广,结论泛泛。

(三) 针灸的临床应用研究比较

在治疗疾病的种类上国内外大致相同,但国外针灸治疗内科病症的机会和频度要多于国内。国外针灸治疗主要集中在私人诊所,各类医院中鲜见针灸科室。国外的针灸临床研究较为重视对针灸临床疗效的评价,严格按照循证医学的要求,设计严谨,发表的论文影响力较大。

(四) 针灸教育的比较

一些国家的针灸教育在逐渐发展,但相对来说私人教育较多,在中国学习者较多;在具体的教学中比较重视操作技能,注重技术训练,但忽视了理论学习,缺乏中医素质的培养。

四、本学科的发展对策和展望

(一) 针灸学学科发展的对策建议

(1) 以保持和发扬中医药特色为前提,重视对针灸基本理论的研究,进一步完善针灸的经络腧穴理论体系、临床辨证论治体系、疗效评价体系。

(2) 以科技创新为目标,围绕社会需要、学科发展中的重大问题开展科学研究,争取获得具有重大影响意义的原创性研究成果。

(3) 以改变临床服务模式为突破口,努力扩大针灸技术的使用人群,提高针灸适宜病症的首诊率,介入重大疾病的联合攻关,努力提高针灸业服务能力和服务水平。

(4) 以培养社会需要的医学人才为目的,探讨针灸学学科的教育模式,从多种途径培养各级、各类的针灸专门人才。

(5) 以中医针灸申遗成功和开展针灸非物质文化遗产保护为契机,加强中医药文化建设、普及中医药知识,引导人民群众正确地养生保健。

(6) 以标准化建设为抓手,提升针灸发展水平,推进国际化进程。

(二) 针灸学学科展望

(1) 针灸学理论体系将不断完善,一个既继承了中国传统中医药学合理内核、保存了其独特治疗手段,又符合现代科学理念、广为人们所接受的现代针灸医学学科将逐步建立。

(2) 借助针灸效应机制研究,实现了中医药学与其他自然科学尤其是生命科学或生物学理念沟通,在阐释针灸防治机理的科学内涵的同时,对生物医学、生命科学乃至整个现代科学的发展产生重大影响。

(3) 针灸医疗服务模式的改变,极大地提高了针灸治疗技术的运用范围,不仅成为医院中的常规治疗手段,而且在人民群众日常保健、防病健体中起到重要作用,在中医药“治未病”领域中扮演重要角色。

针灸作为一种方法独特、疗效显著、机制和谐的治疗手段,其治疗理念完全符合现代心理—社会—自然—生理的医学模式,符合现代人崇尚自然、追求“绿色”的生命理念。因此,可以预见它必将被越来越多的人所接受,成为家喻户晓、人人愿用的防病、治病手段。同时,采用针灸治病,医疗成本相对低廉,在大力提倡医疗卫生事业公益性的今天,推广针灸治病会有助于减少在医疗设备、药品、医疗消耗方面的开支,有助于政府实现“以低成本向大众提供卫生服务”的目标。在这个目标的鼓励下,针灸的服务面将不断扩大,针灸的服务能力将不断提高,针灸必将为我国国民健康水平的提高做出更大的贡献。

第十九节 公共卫生与预防医学

一、引言

预防医学作为医学的重要组成部分与公共卫生一起构成一级学科,以预防疾病、促进健康和提高生命质量为共同目的,在推动医疗卫生体制改革、促进社会进步等方面发挥了积极的作用。随着科技进步、社会发展以及医学模式的深刻变革,促使预防医学研究从以人类群体为研究对象向群体研究与个体研究相结合、宏观和微观相结合不断转变,对公共卫生活活动产生了深远的影响。

随着经济社会的不断发展,我国公共卫生与预防医学研究取得了巨大进步,疾病预防和控制有了显著成效,我国人群健康发生了明显改变,人均期望寿命明显增加。无论在速度方面还是规模方面,我国人群疾病谱的转变都是史无前例的,这使得我国处于既存在发达国家的健康问题,又具有发展中国家特有健康问题的状态下。在双重压力之下,处于经济体制改革和快速发展过程中的我国公共卫生正面临着前所未有的压力和挑战。

本报告系统地总结了最近两年我国公共卫生与预防医学所取得的最新进展,分析了卫生事业管理、初级卫生保健、病毒性肝炎预防控制等 12 个专业领域的研究进展,并进行国内外比较分析,展望了学科发展前景和趋势及提出对策、意见和建议。

二、近年来本学科研究进展

我国政府高度重视公共卫生与预防医学事业的发展。改革开放 30 年来所取得的成就和医药卫生体制改革的深入发展都极大地推动了公共卫生与预防医学研究的发展。

(一) 传染病的预防与控制

目前,我国已建立了以跟踪国外先进技术为主的一系列传染病诊断方法。如:通过现场流行病学调查及其相应的现场流行病学标本采集和诊断技术,对多种由细菌、病毒、寄生虫及其他可能的病原体引起的传染病进行诊断;发展多种重要细菌和病毒病疾病的现

场监控技术,运用科学的、标准化的监测诊断技术和方法对多种重要传染病的流行病学特征进行监测和预警,尤为关键的是建立了可用于全国推广的病原微生物分型(种)的标准诊断试剂盒及其切实可行的现场诊断标准操作程序。另外,在疫苗研制、抗传染病药物、大规模的流行病学数据和地理信息系统(GIS)应用等方面,也取得了长足的发展。

(二)公共卫生与健康

自然因素和人为因素均可导致生态环境的恶化。自然因素导致的影响具有地域性强、低频、短暂等特点,其后果相对易于消除;但人为因素对生态系统的破坏常具有地域性广、高频、持久等特点,其后果相对更为严重并难以恢复,因而是导致生态环境恶化的主要因素。人们普遍关心对健康产生严重影响的水体、土壤、空气等各种污染,以及核辐射、空气中PM10和PM2.5粒子污染等问题。我国对上述问题开展了大量研究工作,并取得了一定的研究成果。

随着我国经济的快速发展,我国职业性有害因素对健康危害形势严峻。一是职业病人数量大;二是尘肺病、职业中毒等职业病发病率居高不下;三是职业病危害范围广;四是对劳动者健康损害严重。职业病防治法自实施以来,各地区、各有关部门加大工作力度,开展职业病危害源头治理和重点职业病专项整治,规范用人单位职业健康管理和劳动用工管理,严肃查处危害劳动者身体健康和生命安全的违法行为。这使得全社会职业病防治意识逐步增强,大中型企业职业卫生条件有了较大改善,职业病高发势头得到一定遏制。

(三)慢性非传染性疾病的预防与控制

2009年3月,中共中央、国务院印发了《中共中央 国务院关于深化医药卫生体制改革的意见》。同时,国务院印发了《国务院关于印发医药卫生体制改革近期重点实施方案(2009—2011年)的通知》及《医改配套文件:关于促进基本公共卫生服务逐步均等化的意见》。这些文件的出台给慢性病预防与控制带来了良好机遇,体现了医改对有效促进预防和控制慢性病工作的积极应对。“十一五”期间,国家已经在31个省开展了高危个体管理的项目试点工作,在许多项目试点地区已证实高危个体通过干预管理后能够回复到正常状态,是慢性病预防行之有效的措施。在2009年的医改重点实施方案中,已将宫颈癌癌和乳腺癌筛查作为国家6大重大公共卫生项目之一,并为适龄妇女提供免费的两癌筛查服务。

(四)公共卫生政策与管理

2010年4月,国务院办公厅印发了《医药卫生体制五项重点改革2010年度主要工作安排》。此后,国务院、卫生部出台了一系列文件,如《国家基本公共卫生服务规范(2011年版)》、《医药卫生中长期人才发展规划(2011—2020年)》、《关于建立全科医生制度的指导意见》、《2010年农村孕产妇住院分娩补助项目管理方案》、《2010年增补叶酸预防神经管缺陷项目管理方案》、《新生儿疾病筛查技术规范(2010年版)》、《国家突发公共卫生事件应急预案》、《国家突发公共事件医疗卫生救援应急预案》、《国家流感大流行防控应急预

案》以及《突发中毒事件卫生应急预案》等,这些都极大地促进了公共卫生工作的开展。

(五) 流行病学

近年来,流行病学科积极引进国外先进的流行病学知识和方法,组织开展针对肿瘤、高血压、糖尿病、结核病、精神和神经系统等慢性病的大规模人群调查,并取得客观而宝贵的基线数据资料。同时,建立了一批慢性病队列,开展了针对我国常见肿瘤(如胃癌、食管癌、肝癌、宫颈癌)和高血压等疾病病因和防治的研究。2004年启动的我国慢性病前瞻性研究项目,旨在探索主要引发慢性非传染性疾病的环境和遗传因素,目前已经完成了我国10个省市约51万人口队列的基线调查。2011年起,该项目进入第二阶段,计划开展长期随访监测。目前,我国还开展了双生子登记系统调查研究、老年流行病学研究,以及针对新生儿和成人不同免疫策略的卫生经济学评价研究。此外,也有学者利用系统综述的方法对既往国内发表的乙肝疫苗接种策略的研究进行了评价。

(六) 食品卫生与环境卫生学

2010年我国卫生部已经组织开展反式脂肪酸风险监测评估工作。在风险评估的基础上,将按照食品安全国家标准程序组织开展标准的制定和修订工作。

2011年4月,我国首个“十二五”专项规划《重金属污染综合防治“十二五”规划》获得国务院正式批复,防治规划力求控制5种重金属,即汞、铬、镉、铅和砷。2010—2011年,国家自然科学基金资助一系列关于环境重金属暴露与人体健康效应的分子机制研究,进一步推动并深化了环境重金属污染与人体健康影响的机制机理。在空气PM₁₀、PM_{2.5}、PM₁、多环芳烃、总挥发性有机物及过敏原等物理化学性污染物的内暴露水平评价、颗粒物暴露与人群死亡率和心血管发病率等的关系、颗粒物的毒性机理研究、多环芳烃宫内暴露对胎儿生长发育的影响、过敏原与哮喘发病的关系等方面的研究取得了一定进展。

近年来,我国环境卫生标准体系逐步充实,包括:生活饮用水、公共场所、环境污染健康影响和健康损害判定、环境空气、村镇卫生、卫生防护距离、抗菌纺织品等。目前,我国环境卫生标准已发展为近160个。

(七) 感染微生物学

在微生物学基础研究领域,已建立起一系列国际领先的研究方法,如:454高通量测序技术;制作寡核苷酸芯片,并以这些基因芯片为主结合生物信息学和纳米技术,对探针设计、核酸标记等关键技术通过优化建立功能基因组学平台;UPLC-MS的代谢组学手段;无菌-息生大小鼠动物模型,筛选了系列的益生菌并研制了系列微生态制剂,同时将微生态制剂应用于各种肝病(包括慢性肝炎、肝硬化、重型肝炎、肝移植等)基础及临床研究,取得了良好效果。

(八) 初级卫生保健

我国把世界卫生组织《阿拉木图宣言》定义的“Primary Health Care”翻译成“初级卫生保健”引起了很多误解,科学的翻译应是“基本卫生保健”。到2011年,我国基本医疗保

障制度全面覆盖城乡居民,基本药物制度初步建立,城乡基层医疗卫生服务体系进一步健全,基本公共卫生服务得到普及,公立医院改革试点取得突破,明显提高了基本医疗卫生服务可及性,有效减轻居民就医费用负担,切实缓解“看病难、看病贵”问题。根据卫生部制定的战略目标:到 2015 年将使我国医疗卫生服务和保健水平进入发展中国家的前列;到 2020 年,保持我国在发展中国家前列的地位,东部地区的城乡和中西部的部分城乡接近或达到中等发达国家的水平,实现人人享有健康的目标。

(九) 国境卫生检疫

“十一五”期间,依据《中华人民共和国国境卫生检疫法》及其实施细则和《国际卫生条例(2005)》,制定了《2009—2012 年全国口岸卫生检疫核心能力建设方案》,并从口岸检疫查验能力要求、国际旅行卫生保健能力要求、口岸卫生监督能力要求、口岸卫生处理能力要求、口岸突发公共卫生事件处置能力要求等 5 个方面制订了《口岸卫生检疫核心能力建设基本标准》。

为控制传染病传播,利用与相关科研院校联合研制的红外线体温检测仪实现了口岸出入境人员体温检测全覆盖,提高了发热病人筛查的有效性,为延缓甲型 H1N1 流感疫情在我国的输入与扩散赢得了时间。同时,围绕上海世博会、深圳大运会等国际重大活动开展《重大活动口岸卫生检疫风险因子和控制措施的研究》、《大型国际活动输入性卫生检疫风险因子总体解决方案及 S. A. M. 关键技术研究》,建立了我国开展大型国际活动口岸卫生检疫保障体系。

(十) 扩大免疫规划与疫苗

2010 年,卫生部和国家药监局联合发布了《全国疑似预防接种异常反应监测方案》,建立并完善了全国 AEFI 监测、处理的有关技术要求。实施 AEFI 监测以来,全国 AEFI 监测质量不断提高,监测个案报告的省份从 2005 年 10 个监测试点省份提高到 2010 年除西藏自治区以外的所有省份;有 AEFI 报告的县覆盖率从 2005 年的 12.74% 上升到 2010 年的 81.84%;全国 AEFI 的报告例数从 2005 年的 1932 例上升到 2010 年的 54663 例。

此外,AEFI 监测的及时性和完整性也有很大提高。特别是在 2009—2010 年度全国甲型 H1N1 流感疫苗预防接种和 2010 年麻疹疫苗强化免疫活动中,AEFI 监测信息系统发挥了重要作用,通过监测证实了甲型 H1N1 流感疫苗和麻疹疫苗的安全性,妥善处理了一系列重大的 AEFI 事件。

(十一) 口腔公共卫生

卫生部组织制订的《我国口腔卫生保健工作规划(2004—2010 年)》,明确了以卫生部门为主导,多部门合作和社会团体共同参与的协调机制。此外,建立与完善了全国网络,建立口腔健康数据库,加强口腔健康促进与教育工作,增强了全民口腔保健意识与自我口腔保健能力。2011 年,卫生部疾病预防控制局组织专家制订了《我国口腔卫生规划(2011—2020 年)》,确定指导原则为“政府主导,部门配合,社会参与;预防为主,防治结合,自我管理;突出重点,分类指导,公平可及”。总目标为“基本建立覆盖城乡的口腔卫生

服务体系,控制影响口腔健康的危险因素,实施口腔疾病综合预防干预措施,降低人群龋病和牙周疾病的患病水平,着力提高儿童和中老年人的口腔健康水平”。

(十二) 肿瘤预防与控制

2008年以来,肿瘤预防学科在肿瘤登记、肿瘤的早诊早治、重点区域癌症早诊早治以及女性乳腺癌和宫颈癌筛查工作取得显著进展。至2010年,进入全国肿瘤登记中心建设项目的肿瘤登记点达到193个,覆盖人口总数占全国人口13%。肿瘤登记数据反映了我国城市与农村人口癌症的分布特点、发病水平和死亡率的差异及变化特征,为我国肿瘤发病与死亡率估计和预测提供了科学依据。

至2010年,全国癌症早诊早治项目规模由2006年10个省份10个点进一步扩大到29个省份97个点,并在基层医疗卫生机构中开展早诊早治防治工作,引进了适宜基层医务人员掌握的先进流行病学调查、电子内镜、影像学、病理学和生化学检测等诊断和治疗技术,并用于高危人群癌症防治,体现了将我国癌症防治工作重心下沉和关口前移的战略思想。据项目的最新报告,癌症早诊早治筛查项目总体检出率、早诊率和治疗率分别为0.72%、83.13%和80.38%。

(十三) 病毒性肝炎预防与控制

为有效控制甲肝,我国甲肝防治策略主要有:①建立高质量流行病学和实验室检测,尽早发现甲肝疑似病例,早隔离、早治疗;②继续开展甲肝疫苗预防接种工作;③积极开展健康教育和健康促进,增强自身防病意识;④加强饮食卫生、水源的检测与监督,确保群众饮食及水源符合卫生标准;⑤加强人员培训,提高队伍应急能力,积极应对甲肝突发公共卫生事件。

2009年11月20日,我国人力资源和社会保障部公布了新版《国家基本医疗保险、工伤保险和生育保险药品目录(2009年版)》,将目前我国所使用的抗乙肝病毒药物纳入医保报销范围,这将大大提高我国乙肝抗病毒治疗的覆盖率。2010年2月10日,国务院三部委正式发文,要求各级各类教育机构、用人单位在公民入学、就业体检中,不得要求开展乙肝项目检测,不得要求提供乙肝项目检测报告,也不得询问是否为乙肝表面抗原携带者,这在我国在消除乙肝歧视方面迈出了重要一步。

治疗丙型肝炎的具有自主知识产权的国产新型聚乙二醇干扰素已开始Ⅲ期临床试验,国外研发的丙肝病毒蛋白酶抑制剂 Telaprevir 和 Boceprevir 已获批准,不久将在我国进行Ⅲ期临床试验。

我国属戊肝高度地方性流行地区,厦门大学于1998年开始重组戊肝疫苗的临床前研究,已完成Ⅲ期临床试验,是目前国内外唯一完成Ⅲ期临床试验的戊肝疫苗。临床试验结果表明,该疫苗安全性好,预防戊肝的保护率达到100%(95%CI,72.1%~100.0%)。

三、本学科发展国内外对比分析

在公共卫生政策与管理方面,2008年卫生部编制了“健康中国2020”规划。在认真分

析我国人口、经济、社会发展大背景下,系统地梳理了我国居民的主要健康问题和主要影响因素和现状,提出针对各公共卫生领域的建议策略。

2011年9月召开的联合国慢性病峰会取得了重大成果:①国际最高层面的政治领袖们对直接领导防治慢性病活动的承诺;②国际社会和各国政府对慢性病预防的承诺;③国际社会和各国政府对慢性病早期诊断、治疗和管理的高度重视,建立有效、可负担和针对全人群的医疗体系;④建立涵盖联合国、各国政府、捐助者、多边机构、民间团体和私营机构的监督体系,对国际社会和各国政府承诺的履行情况和行动进度进行监督和报告。

流行病学是公共卫生与预防医学领域最具代表性的学科。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。我国的流行病学在近几年也有显著的进步,对各种疾病的现况调查积累了丰富的基线资料。在分子流行病学领域,一些条件较好的实验室也开始采用全基因扫描等先进的方法,但还不如发达国家进行得深入,在普遍水平上还存在一定差距。

在环境卫生学领域,欧洲及美、日等国家更注重低浓度环境污染物对生态及人的长期影响,如持久性有机污染物(persistent organic pollutants, POPs)对生态及人体健康影响。在我国,由于工业和经济的快速增长,以煤烟和汽车尾气为主的传统空气污染和工业废水排放引起的水污染仍然是我们面临的重要问题。因此,对环境污染的监测和环境污染对健康影响的关注依然是我国的主要任务。在广大农村地区,饮水安全、改水改厕还是今后一段时间的工作重点,工业与生活废水、污水、垃圾处理的研究以及相关政策研究还需进一步加强。

在感染微生物学领域,我国已经建立起了一系列国际先进的研究方法,如454高通量测序等技术。同时,将微生物制剂应用于各种肝病基础及临床研究,并取得了良好效果。国际方面,欧洲于2005年开展了人类肠道元基因组研究行动计划,主要研究人体健康及疾病状态下肠道微生态变化及相关性研究;2009年美国NIH发起了人类微生物基因组研究的5年期项目;欧美等国在肠道微生态与过敏性疾病、代谢系统疾病(如肥胖、糖尿病等),以及消化系统疾病、危重病人、手术后细菌感染及脓毒症甚至MODF等方面做了深入研究。

传染病仍是威胁人类健康的重要原因。目前,传染性疾病仍然是发病率高、病死率高的疾病,它不仅威胁我国和广大发展中国家,也威胁着一些发达国家。在世界卫生组织发表的危害人群健康最严重的48种疾病种中,传染病和寄生虫病占40种,发病人数占病人总数的85%。目前肆虐人类的传染病主要表现在两方面:一是一些被认为早已得到控制的传染病又卷土重来,一部分已被控制的传染病由于种种原因可能又重新抬头,发病率又明显上升;二是新发现的数十种传染病危害严重。世界卫生组织的报告指出:“我们正处在一场传染病全球危机的边缘,没有一个国家可以逃避这场危机”。

四、本学科发展趋势及展望

(一) 预防医学发展的主要趋势

(1) 预防医学向以社会预防为主的方向发展。随着医学模式从生物医学模式向生物—心理—社会医学模式转变,许多疾病只有通过广泛深入的健康教育,健康促进的手段以及公平合理的社会医疗保险制度才能达到少发病、早发现、早治疗,并确保人人健康的目的。

(2) 预防医学朝着防治结合、促进健康、提高生活质量和人口素质的方向发展。

(3) 环境与健康问题将成为预防医学的热点,也是预防医学发展的一个新趋势。预防医学积极参与解决环境与健康问题,特别是对环境中有害因素允许量和消除方法的研究,以及环境中微量有害因素长期危害性研究的需求尤为迫切。

(4) 重视心理、精神和行为因素对健康的影响可能成为预防医学发展的一个新趋势。

(二) 公共卫生发展趋势

(1) 深化医药卫生体制改革,坚持预防为主的方针。坚持预防为主是我国医药卫生体制改革核心理念,是实现人人享有卫生保健的最佳途径。

(2) 完善卫生法律法规体系建设。公共卫生法律体系建设面临两方面任务:一是卫生立法还有空白,需要不断制定新的法律,二是要对已经不适应发展需要的法律法规进行修订或废除。

(3) 弥合临床医学预防医学的裂痕。在应对突发事件的过程中,疫情分析和诊断、医疗救治、预防控制等一系列工作需要疾病预防控制专业人员与临床医疗工作者的密切配合,需要既懂防病又懂治病的公共卫生工作者发挥重要作用。

(4) 关注重点人群、重点地区公共卫生问题,促进公共卫生服务均等化。新医改方案首次提出促进公共卫生服务均等化,保护和促进重点人群的健康,就是人人享有卫生保健最基本的内容之一,也是我国公共卫生发展的趋势和目标之一。

第二十章 技术经济学

一、引言

技术经济学具有鲜明的中国特色,受到党和国家的高度重视。技术经济学 20 世纪 50 年代借鉴前苏联经验,在中国社会主义建设实践中不断总结和吸收国外相关学科的理论与方法逐步发展成熟。1963 年,全国《1963—1972 年科学技术发展规划纲要》把技术经济与工业技术等其他 6 大重点科技规划领域相提并论且单独成章,标志着中国的技术经济学正式诞生,也彰显了技术经济在国家科技发展和经济建设中的重要地位。1978 年,党中央、国务院批准的《1978—1985 年全国科学技术发展规划纲要》列出了 108 个重点研

究项目,第 107 项即是“技术经济和生产管理现代化的理论和方法的研究”,归类为“自然科学理论方面”。1992 年 11 月,国家技术监督局发布国家标准(GB/T13745—92)学科分类代码,将技术经济学列为经济学下的二级学科(790.41),下设 13 个三级学科。1998 年,国家教委颁布的《普通高等学校本科专业目录》将技术经济及管理列为工商管理下的二级学科(120204)。技术经济学研究范围从建设项目经济评价、价值工程、技术选择、设备更新与技术改造评价等传统领域,扩展到技术进步贡献率测算、技术进步与产业结构、环境与资源评价、可持续发展、创新管理、创业,再到科技政策、创业和创新政策等方面,并且近年来又进一步拓展到科技发展规划和战略制定、战略性新兴产业发展等研究领域,由此形成了今天技术经济学在经济学和管理学两大学科众多领域中迅速扩展的局面。

技术经济学在中国经济建设和发展中发挥了极其重要的甚至是关键性作用。从中华人民共和国成立初期苏联援建的奠定中国工业基础的“156 项工程”实施,到改革开放后冶金、化工、机械等行业重大装备及关键技术引进,以及三峡工程、南水北调、高速铁路、载人航天等跨世纪重大工程建设,技术经济分析和可行性研究发挥了重要的决策支持作用,可行性研究已经成为各种项目决策的通用方法和基本依据。在企业技术创新、新产品开发和改进原有产品,推进价值工程的应用等方面,产生了积极的效果。

随着科学技术进步的日新月异和中国经济社会发展的不断加快,对技术经济学的需求也日益强烈。技术经济研究者积极参与《国家中长期科技发展规划(2005—2020)》、《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》等文献的论证和制定工作,国家战略性规划和重大科技政策领域成为技术经济学发挥影响力的重要阵地。在国家重大项目决策咨询方面,技术经济评价发挥着基础性作用;在推进改革和发展的决策咨询和支撑方面,技术经济工作者提供的大量研究成果和政策建议受到国家领导以及政府部门的批示和采纳,直接为经济社会发展重大实践服务。

近年来,技术经济学学科教育体系逐步完善,技术经济及管理专业规模快速扩张,为中国的经济建设培养和输送了大量的专业人才。与技术经济学科相关的期刊、图书出版也有较快发展。并且在创新管理、创业等领域,国际学术论文发表和国际会议数量迅速上升,质量显著提高。

二、本学科国内外研究进展与比较

近几年,国内的技术经济学研究发展迅速,取得了丰富的研究成果。主要体现在:理论体系的完善和新突破,方法论体系的不断系统化和新的研究方法和工具的开发,应用研究的深度和广度不断拓展,以及与国外相关学科的融合不断加强等方面。具体研究领域的进展以及与国外研究的对比分析如下。

(一)技术经济分析研究方法不断创新,领域持续拓展

技术进步与经济增长和产业结构的关系研究成果丰富,目前已经形成了完整的理论体系和方法体系。技术进步及其对经济增长贡献的研究,对于把握技术进步的变化趋势,提高经济增长质量,转变经济发展方式,推动创新型国家建设具有重要作用。

近 5 年来,我国技术进步、技术创新与经济增长的机理研究成果丰富且不断深化,技

术创新与转变经济增长方式的关系分析也逐渐增多。技术经济分析方法体系不断丰富完善,最优化方法、最优控制理论等主流宏观建模方法,经济计量模型、数据包络模型和投入产出分析、动态建模和数值模拟等模型都成为技术经济分析的重要方法。技术创新与经济增长关系实证研究的范围不断拓宽,技术创新促进地区产业结构升级等问题逐渐成为实证研究的热点。

国外技术经济分析领域更多关注创新的组织制度建设、动力机制和创新模式的研究,对生产率研究的内涵不断深化。创新体系的建设、技术创新与产业集群的关系、技术创新与企业绩效的关系等方面分别是技术经济分析在宏观、中观和微观领域的研究热点。

(二)项目评价研究逐步成熟和规范,评价方法研究不断拓展和完善

项目评价已经形成包含财务评价、国民经济评价、区域和宏观经济影响评价、后评价、社会评价和环境评价的完整体系。2006年,国家发改委和建设部颁发了《建设项目经济评价方法与参数》(第三版),标志着在社会主义市场经济条件下中国特色项目评价工作走上了更加科学化和规范化的道路。

近年来,中国项目评价在基础理论领域的研究成果不多、分量不够,尤其体现在项目的区域经济影响和社会影响方面。但项目评价方法研究有所拓展和完善,建设项目经济评价指导原则有了重要转变,传统评价方法不断改进,随机方法、优化方法、计量方法等逐渐应用到项目评价分析中。项目评价研究为三峡工程后续项目、大客机 C919 研制项目、青藏铁路项目、南水北调项目等国家重大项目提供了分析决策依据。此外,实证研究领域迅速拓宽,科技计划等软科学计划的评价开始起步。国外项目评价研究更多关注影响项目效果的行为因素和目标决策体系分析。

(三)创新管理研究已从消化国外创新理论进入到拓展与创新阶段

创新实践及其管理理论研究进入一个新阶段。我国创新管理研究已经建立了跟国外相同的理论体系,包括微观(企业)层次的价值管理、中观(产业、区域)层次的集聚管理、宏观(国家、跨国)层次的系统管理等。同时,针对我国经济建设中的特殊现象和重点需求,创新管理研究在部分领域形成了中国情景的创新管理理论,包括 FDI 与创新、创新能力测度、创新绩效衡量、全面创新管理、自主创新理论等方面。

近5年,国内创新研究主要集中在创新战略、创新能力、自主创新、合作创新、创新绩效/创新测度、创新风险、知识管理、创新集群/创新网络/创新系统、创新组织、绿色创新/低碳、共性技术/创新平台、创新扩散、服务创新、管理创新等领域,形成了完整的理论体系。国外研究主要关注的领域有创新战略、创新能力、合作创新、知识管理、创新组织、商业模式等。

与国际学术发展趋势相一致,企业层次的创新管理向价值管理方向发展,沿着创新创造价值的链条延伸,破坏性创新、开放式创新、商业模式创新、动态能力、服务创新等领域得到迅速发展。中观层次的创新管理焦点转向集群、网络、平台等,强调企业与相关主体之间的联结和群体优势。宏观层次的创新管理主要集中在创新系统这个主题。一国创新系统的国际化,即创新系统要素的跨国界流动发展,和由多个国家组成的跨国创新系统成

为研究对象。另外,我国学者针对中国情景进行了理论发展,主要在创新战略、创新能力等研究领域作出了一些有特色的理论贡献。

(四) 创业研究方兴未艾,从模仿进入到整合研究阶段

创业研究从资源视角、机会视角、社会网络视角、社会资本视角等多元视角的研究成果已经形成若干个创业理论,对处于转型期的中国企业不断生成和发展起到了促进作用。

创业研究在近几年发展迅速,随着创业理论和中国创业实践的发展,中国的创业研究从模仿进入到了整合的研究阶段。近年来,国内创业研究主要关注创业网络、创业资源/能力、创业者/团队、创业环境、创业机会以及新企业战略导向等几个方面,并且对于体现中国情境的创业网络、创业资源以及战略导向的研究越发重视,成为中国创业研究的前沿问题。在研究方法方面,在引进和吸收国外成熟的方法论体系的同时,开始注重研究方法的规范化和系统化,强调方法和结论的可靠性。

由于中国情境本身的独特性和复杂性,中国创业研究具有如下特征:①从转型经济背景出发,注重转型经济下创业问题的独特性研究。例如资本市场的完善、政府政策的影响等都会对创业活动和新企业创建产生深远影响,这也导致相应的创业问题存在独特性;②借鉴西方成熟的理论,跟随国际前沿同时开始尝试挖掘新问题,更多创新性的研究成果开始出现,更多基于中国管理实践的创业研究正在涌现;③逐步重视研究方法,开始大胆尝试新的方法,例如强调实证分析和案例分析的规范化和逻辑化,思考不同研究方法在创业研究中的实用性,实验研究和计算机仿真等新方法正被尝试用于创业研究中。

(五) 技术经济政策研究紧密结合国家发展重大和紧迫问题深入开展

国内外技术经济政策相关领域的研究紧跟时代步伐,与国家的经济发展目标保持紧密联系。对于创新政策的研究,国内外学者都很重视关注国家创新能力和产业技术升级的培养,重视对政策的评价。国外学者还比较重视创新政策与经济增长的关系,特别是在创新政策对中小企业的推动,以及政府应该扮演什么样的角色。对于技术政策的研究,国内学者主要关心“中小企业政策”、“产学研合作与技术联盟政策”、“高技术产业政策”、“战略性新兴产业政策”以及“政策的实施与评价”等5个方面;国外学者则关心“科学、技术与产业的关系”、“纳米技术、清洁能源与环境保护政策”以及“产业技术发展的经验总结”等方面。相比而言,国内学者多是从微观角度进行研究,国外学者则关注宏观的技术政策的发展方向。近年来,光伏产业、风电产业等新能源领域的研究也是国内外学者共同关心的话题。

对于科学政策,国内外学者都比较关心科技体制改革、对各国经验的总结、科技资源配置政策以及“知识产权”、“技术标准”、“技术预见”等方面的研究。对于创业政策的研究,国内学者更多关注创业活动的扶持,包括对创业融资、创业制度等创业过程中可能面临的诸多问题的探索,而国外学者更多关注创业政策的实施效果与评价。

三、本学科发展趋势与展望

技术经济学面临着前所未有的发展压力和挑战,本学科还是发展中的学科,尚没有形

成完善的理论体系和方法论体系,技术经济学界对其学科属性、理论构架、学科体系、研究对象和研究内容存在较多争论。技术经济学开拓了许多新的研究领域,如网络技术经济分析、低碳技术经济分析、循环经济等,但这些领域的研究往往与其他经济学科或管理学科交叉,缺乏技术经济学理论的概括和分析。因此,技术经济学需要对原有学科体系进行梳理、完善、再创新,才能满足发展实践的需要。

技术经济学也面临着重大发展机遇。从经济发展的形势和趋势来看,进入 21 世纪以来,我国正处于经济社会转型发展的关键历史时期,既处于极好的发展机遇期,又正面临资源、能源和环境压力增大、经济全球化竞争、科技创新的全球化竞争等战略性挑战。新的具有全局性、战略性、长期性、前瞻性的重大技术经济问题层出不穷,例如:如何加快转变经济发展方式,加快经济结构优化,尽快走上创新驱动、内生增长的轨道,突破资源、环境的刚性约束,提高我国经济发展质量和效益;如何建设创新型国家,提高可持续发展能力,实现从中国制造向中国创新飞跃等,这些都为技术经济学研究提出了新的历史性任务和世纪性课题,同时也提供了重大发展机遇。技术经济学未来的发展趋势主要体现在以下几个方面。

(一) 技术经济分析不断拓展在宏观领域的应用

当前所出现的重大技术经济问题,使得技术经济分析面临着扩大研究领域以及创新理论和研究方法的巨大压力和客观需求。技术经济学科的理论与方法在微观经济领域应用较为普遍和普及,但学科在国家宏观经济与重大决策中的应用,特别是在经济增长的技术要素和技术发展的经济规律领域方面的应用研究还有待加强。如何利用当前国际技术向中国扩散的历史机遇期,实施技术追赶和技术跨越战略,将技术引进与消化吸收、自主创新有机结合起来;如何处理好制造中心与技术研究开发中心的关系问题,走出一条低成本高效益的技术创新之路,促进经济增长方式的转变;如何运用技术创新周期与经济周期的关系,促进经济平稳发展;如何贯彻创新型国家的科技战略,加强科技管理等,都是技术经济学亟待加强的研究领域。

(二) 项目评价更加注重系统性、综合性理论和方法体系的建立

首先,科学发展观决定了项目评价不仅关注项目的财务和经济社会影响,还要关注建设项目对自然和生态环境、资源和能源利用带来的影响。其次,应加强大型基础设施建设区域经济影响分析。大型基础设施建设作用凸显、任务艰巨,对区域发展的影响举足轻重,评价理论与方法的科学性和规范性成为大型项目决策的关键。在新的形势下,应进一步规范和完善大型建设项目评价。第三,加强科技规划项目和战略发展规划项目的评价理论和方法论体系的研究。科技规划评估逐步成为各个国家决策管理的重要环节和手段,而我国还基本处于传统的评估模式阶段,应加强科技规划项目和战略发展规划项目评价的理论和方法论体系的研究。

(三) 面向可持续发展、经济全球化、战略性新兴产业和服务业创新管理研究正在兴起

全球技术-经济范式正朝着绿色、低碳、可持续发展的方向演进,经济发展越来越强调对于社会包容、和谐发展的贡献。在可持续发展的经济背景下,如何构建创新系统网络各个组成要素之间高效地分工协作机制、绿色产业创新系统、跨国创新系统、创新系统的全球/国家/区域包容性等都需要探讨的重要问题。

经济全球化已成为当今社会经济发展的显著特征,跨国产学研合作创新、跨国技术并购、国际产业技术联盟、跨国研发网络管理、制造业服务增强的国际化等问题都是我国理论和实践界要面对的问题。

作为推动我国产业结构演进和经济转型的新生力量,战略性新兴产业的发展将起着至关重要的作用,成为创新管理研究发展的一个重要领域。需要进行的主要研究有:战略性新兴产业形成和发展机理、战略性新兴产业价值链、战略性新兴产业的集群培育模式、我国战略性新兴产业政策的目标定位、作用路径与运行机制等。

服务业创新管理既是实践发展的重要趋势,也是理论研究的重要方向。需要开展的研究包括:“服务”与“产品”的差异性研究、服务创新的理论基础研究、服务创新系统构建、知识密集型产业的服务创新等方面。

(四) 创业研究推动国外引进与中国国情相结合、综合性与微观深入性相结合

未来应继续关注中国转型经济特征,深入剖析中国情境下创业网络、资源/能力、创业者/团队、创业环境、创业机会、战略导向等研究领域的独特性,并关注我国经济发展过程中出现的热点、焦点以及不断涌现的新问题。借鉴国外成熟理论和方法,结合中国创业实践,建立符合中国情境的创业研究框架体系。努力完善研究方法,引入国外成熟的方法体系,提高研究方法的严谨性,增强分析的可靠性。进一步深入实践,基于创业者所处的独特情境,从更加微观的视角来剖析创业现象以及创业过程中出现的问题。注重对创业问题的跨学科研究,不仅仅只是管理学学科所包括的企业管理、技术经济及管理以及管理科学与工程等这些跨专业间的研究,还更应综合运用经济学、社会学以及心理学等学科相关理论来分析创业问题。

(五) 技术经济政策研究大力提高针对性、可操作性和有效性

首先,技术经济政策研究内容要不断深化。未来科学政策研究的重点在于如何推进科技体制改革,特别是在科技投入和科研管理方面。在产业技术政策方面,强调中央政府、地方政府和产业界的协同推进机制和产学研合作机制。在创新创业政策方面,重视科学技术与经济发展、社会进步与生态环境改善的关系研究,以及政府、市场和非营利科技服务机构之间协调发展的关系研究。其次,研究方法要多元化。未来应引入交叉学科的研究方法并结合我国的特殊情境,将政策评价与科技、经济和社会发展结合。第三,政策建议具有可操作性。未来应更深入地探讨政策的实践意义及政策的最优设计和最优干预程度,以及政策的影响效果分析。

第二十一节 图书馆学

一、引言

近三年,我国图书馆学界围绕着图书馆事业开展了形式多样、内容丰富的科学研究,随着其研究领域的不断拓展,许多新理念、新观点、新技术、新成果不断涌现,在图书馆学基础理论等研究领域进展显著,为图书馆事业发展提供了理论支撑。从相关研究成果统计与知识图谱分析结果来看,面向国家、社会和图书馆实际需求的研究成果在数量与质量上均有所提高,同时研究热点和前沿与国际趋势更加趋同,国内外学术交流日益频繁。

二、近年来本学科最新研究进展

通过文献计量和主题领域知识图谱分析可知,近三年来图书馆学在基础理论、信息资源建设、信息组织与检索、图书馆用户与服务、新技术在图书馆的应用和图书馆事业等研究领域进展较为突出。

(一)图书馆学基础理论

图书馆核心价值、图书馆精神自2006—2007年间的研究热潮之后,重点已经转向图书馆社会责任和图书馆权利等方面。关于图书馆的社会责任当下有两种对立观点:一种认为其是图书馆分内的工作,具有客观性、强制性和自觉性;而另一观点则认为它是一种自愿而非强制的行为。图书馆界对权利的解析也有两种不同态势:一种强调读者权利,另一种则呼吁馆员权利,而且往往将二者置于对立层面进行阐述。然而,图书馆自身权利诉求只有在读者权利得到维护的前提下才能实现,并需要正视图书馆权利和图书馆价值的关系。图书馆价值引导着图书馆权利的走向,图书馆权利则反映着图书馆的价值追求,从图书馆价值到图书馆权利的过程必然要通过实践活动来体现,并通过图书馆立法进行规范。

另外,长期以来在图书馆学占据主导地位的研究方法还是经验总结、归纳演绎与哲学思辨,有时甚至仅仅是纯粹的主观感悟,从而严重影响到学科的正常发展。图书馆学的实践性决定了其研究的主流范式应是实证研究,近些年基于实证法的研究成果也越来越多。

(二)信息资源建设

信息资源建设领域在信息资源共建共享、数字资源长期保存、开放存取(OA)和机构知识库等方面取得了新的研究成果。一方面信息共建共享逐渐从图书馆发展到电子政府和电子商务等领域,从机构间发展到机构与用户、用户与用户间,从城市中心图书馆发展到区(县)、乡综合文化站和农村书屋的合作,从馆际互借、文献传递等传统方式发展到开放存取和云服务等新型方式;另一方面数字资源长期保存的内容从数据库资源发展到博客等新兴网络资源,同时OA与出版产业的关系、OA资源的组织利用、获取模式和仓储

研究也成为热点。此外,针对机构知识库保存模型、元数据、保存政策、建设和法律问题也研究颇多。

(三)信息组织与检索

近几年,信息组织与检索开始关注与新技术的融合,新信息环境下的知识组织、语义检索、多媒体信息检索、检索可视化是该领域的热点。在知识组织系统构建方面,强调与语义网等新技术结合,以共建共享语义网、分面分类思想来改造传统知识组织系统,强调机器可理解的知识组织系统、编码系统的构建。在信息检索系统构建方面,提倡通过 OpenURL 链接技术来构建 OPAC,并与互联网搜索引擎结合,使 OPAC 能够整合和利用互联网资源并成为互联网知识发现工具。此外,国内外图书馆还开展了受控表与分众分类法的集成试验,并以大众分类法理念和技术构建知识组织系统与 OPAC 系统。另外,利用关联数据技术揭示数据与资源之间的多种关联关系,实现馆藏资源重组也成为知识组织新的研究热点。

(四)图书馆用户研究

数字环境下的用户需求更加个性化。目前,国内对科研人员需求研究的较多,对一般大众信息需求及其行为研究较少。而国外在用户信息行为研究中则侧重于对用户使用日志等客观数据进行分析,而我国还主要是借助问卷调查开展研究。近年国外开始关注信息素养和数字素养研究,信息素养不仅仅是指信息获取能力,而且还包括对信息的敏感度、理解力以及消化吸收能力等。目前,信息素养研究在国内的成果较少,并且还停留在文献检索课的教学探讨层面,与国外存在较大差距。

(五)图书馆服务

移动服务、自助服务、云服务和公共图书馆免费服务以及数字环境下的各类服务政策是图书馆服务的研究热点。国内外图书馆用户服务政策研究多聚焦于网络环境下的数字服务问题,同时都很重视学科馆员服务,强调对服务模式与机制的研究。此外我国学者还探讨了新技术在学科馆员服务中的应用和学科馆员服务评估体系的构建问题。此外,免费开放环境下如何进一步提高服务效率也是全国公共图书馆工作者一直在思考和关注的问题。

(六)新技术在图书馆的应用

近年来,语义网、云计算、移动互联网在图书馆的应用发展很快。国内外专家学者通过实验和案例调研等方式初步开展了一些手机图书馆的应用研究与影响分析,同时还对云计算在图书馆中的应用进行了探讨。关联数据作为一种新的语义网技术已开始引起图书馆界密切关注并逐步掀起基于关联数据的图书馆资源组织与服务研究热潮。此外,围绕 SNS 社会网络服务的图书馆服务研究仍是当前热点,同时 RFID 无线射频技术在图书馆的应用研究也是传统图书馆实现智能化建设的重要研究内容。

(七) 图书馆事业发展

随着公共图书馆事业的快速发展,图书馆相关法规、标准研究成为近几年图书馆事业研究的热点。2009年2月17日,“图书馆法”立法工作正式列入全国人大“十一五”重点立法项目。受其影响,国内图书馆学界涌现出一批图书馆法规与标准的研究成果,其热点主要集中在图书馆法的属性、立法基础和调整对象以及立法中存在的问题等。此外,还有部分学者关注了公共图书馆服务体系,中国特色文化环境下的图书馆事业发展成为我国公共文化服务体系研究的一大特色。

三、本学科国内外研究进展比较

(一) 信息资源建设

国内外都重视数字资源保存相关技术并强调扩大资源保存范围。差异则体现在:国外重视数字资源保存实践研究,而国内则强调数字资源长期保存一般问题的探讨;国外数字资源保存研究已取得一定成果并开始重视文化遗产的数字保存,而国内研究尚未引起普遍重视或仅开始有所关注。

信息资源共享研究方面,国外重视对信息资源共享系统绩效的评估,在研究方法上以实证研究为主,研究内容上将绩效评估与成员图书馆资源存取和服务提升相结合;而国内则热衷于评估理论的探讨,同时近几年针对“文化信息资源共享工程”及地方文献建设与古籍整理保护的研究较多,这也与国家相关政策紧密相关。开放存取(OA)研究方面,国内外都比较重视OA对图书馆影响、OA与出版产业关系及OA资源的组织利用研究;另外,国外重视不同领域OA资源影响力的计量研究,以证明OA的存在价值和发展动力,而国内相关研究则有待进一步加强。

(二) 信息组织与信息检索

近年来,国内知识组织研究呈现快速升温趋势,但主要侧重于原理和概念的探讨,总体上还处于借鉴国外先进经验的阶段。国外在该领域研究重点已从基础概念原理研究转向具体应用和实际操作,且不断推出新的技术和理念。此外,国内标引领域研究对分类法和主题法较为关注,编目领域研究则集中于书目数据、规范控制等方面,同时本体研究已成为热点并在今后可能得到继续加强。

在信息检索研究方面,国内研究更多还是对信息检索技术和相关模型的借鉴,仍处于检索系统的探索阶段。国外在研究检索技术的同时,更多地对信息检索用户以及特定领域的信息检索进行了探讨,从而拓宽了信息检索的研究视角,也为进一步完善信息检索技术和策略创造了条件。

用户信息检索行为方面,国外涉及的用户群体较为广泛深入,国内则主要集中在学生群体和科研人员等,同时国内研究内容呈现出主题涉及范围广、分布分散、深度不够等缺陷。另外,国外主要通过日志数据、问卷调查、专家观察等多种方法定量与定性地分析实验数据,而国内研究方法明显单一,除问卷调查外更多的还是使用引证分析方法。

(三) 图书馆用户

国内外在图书馆用户研究方面差异明显。国外图书馆界已开始关注社交网络使用过程中用户隐私保护问题,国内则更注重图书馆各工作环节中可能涉及的用户隐私问题的探讨。我国对与用户群的分层研究往往忽视对 Y 一代、Google 一代的信息需求与行为的具体研究,同时国外图书馆用户满意度评价范围较为广泛,涉及图书馆服务、馆藏、信息系统等方面。

(四) 图书馆服务

国内外数字参考咨询研究表现出较大的相似性,但研究侧重点、方法存在一定差异,国外重视实证方法,而国内重视理论研究,并且只有少数研究者采用调查方式。关于阅读服务,国外主要关注“休闲阅读”研究,而国内强调“全民阅读”,同时国外重视儿童群体的阅读研究,而国内更多强调大学生的阅读研究。

(五) 新技术在图书馆的应用

Web 2.0 是国内外图书馆学研究的热点。国外注重 Web 2.0 相关工具及其对图书馆工作带来的改变,国内研究则包括 Web 2.0 技术为图书馆服务带来的变革与数字图书馆 2.0 服务体系的设计与控制等。此外,国外相关研究还包括信息技术在传统编目分类的应用、手机图书馆、数字图书馆公共网络服务研究等。

总体而言,国外研究更加注重实际效用并也以实证为主,国内研究则主要集中于用户对数字图书馆技术应用的体验研究和信息技术对图书馆的影响等方面。

(六) 图书馆事业发展

有关图书馆事业发展研究,国外较为重视图书馆实践的研究,尤其重视学术图书馆的实践研究,个案研究较为突出;而国内则比较重视从理论上进行探讨,并强调图书馆事业的整体研究。

(七) 图书馆管理

近几年图书馆战略规划研究成为图书馆管理的一个研究热点。国外更倾向于战略管理、战略规划的实践研究;而国内则侧重于整体发展研究,并存在理论与实践契合度不高,各级各类图书馆整体协调研究不足,缺乏战略模型研究与实证研究,图书馆战略实施与评价研究不足等问题。此外,国外图书馆学持续关注图书馆服务质量评价,而我国图书馆评估理论与实践起步较晚,在评价范围、理论、方法等方面与国外存在较大差距。

综上分析,国内外图书馆学研究的差异性整体上表现在以下几个方面:

(1) 国外图书馆学呈现出数字化研究中心的态势,数字图书馆、信息技术的应用成为学科研究的主导;而我国图书馆服务研究比重较大,技术研究上对国外的跟踪研究较多,创新性研究较少。

(2) 国外重视图书馆实践研究,个案研究较为突出;我国重视理论探讨,强调图书馆精

神、图书馆事业的整体研究。此外,国内重视公共图书馆服务体系和立法研究,这是我国图书馆事业的特殊性所在。

(3)国外对公共图书馆、社区图书馆、儿童图书馆等以及特殊用户与特定职业群体均有所研究;而我国对基层、中小学和儿童图书馆以及特殊群体的研究较少。另外,国外重视用户信息检索行为、用户隐私等研究,而国内在该领域的研究不足。

(4)国外图书馆学对信息行为、数字鸿沟等问题高度重视,国内对于数字化与网络、知识管理、图书馆知识产权等问题则保持较高热情。

四、本学科发展趋势及展望

(一)图书馆学科发展趋势

1. 新技术对图书馆学研究将产生持续影响

近年来新技术在图书馆的应用成为研究热点,且在未来仍具有持续影响,如全媒体环境下的资源建设与服务等。但今后必须要在技术研究的基础上更加关注人文研究,而不能将人文与技术、传统与现代相对立,也不能忽视图书馆学技术化过程中的人文问题。

2. 面向社会的图书馆学应用研究不断增强

图书馆活动是一种重要的社会现象,也是保障大众文化娱乐的必要社会制度。图书馆与社会有不断融合的趋势,其在社会中的作用日益凸显,面向社会的应用研究也将不断加强。

3. 数字化研究仍是图书馆学研究的重点

数字资源既然是图书馆学研究的重点,相关研究应向深层次迈进:①数字资源使用研究逐渐深入;②虚拟社区与社群信息学将成为新增长点;③由信息素养教育向数字素养教育发展。

4. 多元化和国际化是图书馆学发展的新趋势

在图书馆学研究中,一方面多学科渗透成为必然,另一方面国际化也是未来趋势。因此需要加强合作与交流,通过国际间合作交流来共同学习,促进整个图书馆学学科的进步与发展。

(二)未来图书馆学研究的重点方向

1. 新技术在图书馆的应用研究

信息技术能够推动图书馆的进一步发展,因而新技术在图书馆的应用研究将是一个重点方向。具体应加强新技术对图书馆事业发展的影响研究与国内外新技术应用比较研究,并研究制定我国图书馆新技术应用的战略与策略,如物联网、云计算、关联数据、信息可视化等在图书馆的应用研究。

2. 用户信息行为研究

未来全媒体环境下用户信息需求与行为研究、青少年和弱势群体的信息行为研究、由

社群信息学延展开来的数字鸿沟和数字不平等研究将成为研究的重点。同时数字素养研究值得研究者关注,其重点在于探讨基于数字素养的图书馆数字服务体系、服务策略与模式等。

3. 公共图书馆法制建设和成效评估研究

公共图书馆作为我国公共文化服务体系的重要组成部分将会受到政府和全社会的日益关注,一方面图书馆法制建设仍将是未来一段时间的研究热点,另一方面随着投入的增多,公共图书馆的绩效问题会得到进一步的关注。由于国外图书馆评估已从绩效评估走向成效评估,因此以用户需求为导向的公共图书馆成效评估将成为重点。另外,随着党和国家对文化事业发展的重视,公共图书馆等公益性文化服务机构将会受到全社会关注,因而关于图书馆在公共文化服务体系中的作用以及基层图书馆(室)建设等问题有可能成为新的研究热点。

4. 知识语义组织与发现研究

知识的语义组织仍将是未来重要的研究方向。在关注领域本体构建的同时,重点将会转向应用。关联数据作为语义网的最佳实践将成为新的研究热点。信息检索和知识发现依然是国外图书馆学的研究重点之一,但研究重点将会从以往重视用户需求与信息行为研究,转向信息和知识的可视化表达和展示等方面。

5. 阅读研究

图书馆阅读研究尚需在研究深度和广度上加强,应关注全媒体时代的用户阅读方式,尤其是数字、手机和移动阅读等方面研究。同时,还要加强对儿童、老年人和农民工等特殊群体的阅读研究。

6. 图书馆管理与服务创新研究

首先,图书馆管理需要在继承和深化当前学科馆员、馆员素质培养、馆员职业生涯管理等研究的基础上,进一步加强馆员情感、心理等方面的研究。其次,图书馆战略研究有可能成为图书馆管理新的研究热点。最后,随着图书馆环境、形态、技术、服务模式的转型,图书馆服务创新研究会成为未来一段时期的研究重点。

第二十二节 色彩学

一、引言

色彩学学科是一个典型的跨界交叉型的学科群。这是由于人们围绕着揭示人的视觉感受特性真相、规律、应用意义与创新效果而引发多领域学科研究所致。纵观这个学科群涉及的领域,可追溯到自然科学、社会科学以及艺术科学三大学科板块。

在自然科学板块,至少有三个领域的学科群组与色彩学科紧密关联。一是视觉与色彩科学。通过视觉对光的感应研究,建立与光度、色度、颜色再现、视觉性能、目视评价、特定的人眼响应函数和评价模型,研究相应的标准色度系统和标准数据,它们是色彩评价、

光和照明领域标准化研究的基础；二是关于颜色呈现载体及工程技术学科群组。诸如颜色呈现媒介（如颜色材料学、颜色化学、色光媒介——荧屏、投影等）、颜色再现技术、复制、传递等涉及的工艺、技术等学科群；三是由于数字图像技术的高速发展，各个应用领域中颜色数字化的硬软件工程技术学科。

在社会科学板块，由于颜色视觉与色彩心理学密不可分，色彩效果影响着人与社会心理的感应，因此至少有两个领域的学科组与之关联。一是哲学社会科学诸学科，如色彩象征性与宗教、历史、政治、社会文化、文明史等学科；二是在当今现实的经济社会中，色彩发挥着越来越重要的作用，引发了新的色彩交叉学科，诸如色彩与市场营销学、色彩与经济学、色彩与管理学等。

在艺术科学板块，由于色彩总是与人类文明相伴而生，与审美关联的学科紧密相连。因此，它是美术学、艺术设计学、影视学、表演艺术等学科的重要载体或者组成部分。色彩的多元化和多样化的表现力，在提升人们生活品质方面起到关键性的作用。一方面，推动了产品及其环境的文化性、经典性与时尚性；另一方面，色彩具有分类型、可组织与可识别性。因此，色彩又可以作为视觉管理的工具渗透到城市化建设之中，于是又催生了与城市营造与管理相关的城市色彩规划学、城市夜景观色彩学等学科。

正是因为色彩学科事关社会物质文明与精神文明的发展水平，随着社会经济、文化事业与产业的高速发展，以上这些色彩学科群互为依托、相互推进，推动了我国色彩学科的发展。

二、本学科在我国的基本概况

在我国，色彩在各个学科、专业与行业的认知、理解是不同的，其命题和难题也不尽相同。因此，色彩问题的应对基本上是按照学科门类、专业和行业领域分散在各个科研院所、大专院校和相关的企业中的。

把色彩现象内在规律作为核心议题的是颜色科学，主要由相关的大学及专业的科研院所来进行研究，研究视觉与物理学、光学、视觉生理学、视觉心理学、色度学以及颜色相关的化学、材料学和工艺学等学科。随着现代信息、传媒、通信技术、网络等技术的兴起，彩色图像处理、计算机配色、互联网真实颜色信息传递等对色彩科学的要求越来越高，视觉与色彩科学的应用领域不断扩展，颜色成因的真相、精准相关的理论、创新技术成为这些学科破解的难题。

而在实际应用领域，色彩的命题分属在印刷、轻纺、家电、材料、化工、信号、照明、军事，以及文化创意产业中的影视、戏剧、舞台美术、动漫、设计、广告、市场营销、品牌塑造、网络游戏、信息咨询等领域、学科及团体与企业中。大致可分为四种情况：一是与色彩科学紧密关联的精密光学工程技术领域。色彩在这里被聚焦，如何制造出精密的仪器与设备来实现颜色的状态、观测与计算、颜色形象的呈现与复制、颜色的传递与再现等是这个领域工作的重心。二是颜色物质层面的领域。色彩被看作是一个重要的载体，诸如各类色素材料的研发与生产行业，颜色的类型、品种、品质、品相、艳度、可塑性和色牢度是它们的核心价值。三是色彩被看作是应用领域一个重要或者比较重要的元素，诸如各类产品，大到建筑、小到掌中用品，色彩是消费者青睐的要点之一。四是把色彩看成中心议题来研

究的领域,诸如色彩规划与设计、色彩效果的美学评价、流行色趋势等等与色彩艺术、色彩教育和色彩传播相关的领域。

自从我国加入世贸组织(WTO)之后,市场情况越来越向国际方向靠近,产品色彩演进节奏越来越接近国际运行的常态。每一年度由服装拉动色彩的变化,随着季节转换服装色彩每三个月都要发生一次变化,随即导致服饰配搭的变化,变化的依据是当前时尚流行状态的更新和未来市场对色彩变化趋势期盼。同时,为了推动未来一期服装色彩销售流畅,就需要在市场和时尚传媒形成未来时尚色彩流行的趋势,形成商业主要区域的色彩环境,引导人们去向往和期待。新色彩环境的出现,必然影响到人们对家居内物品色彩感受的反应。于是,敏感的家纺色彩在不同的品类作不同的变化,家纺色彩的变化周期根据品类大小和耐用程度做出半年到1年的变化,家居中的墙纸和小家电的色彩变化一般是1~2年,大家电与汽车主流色调变化的节奏稍缓,生命周期为2~3年,而建筑色彩则是3~5年为一个变化周期,这大大地快于国际同类领域的色彩变化。

三、近年来本学科发展研究状况

(一)城市与景观色彩学科领域

属于软科学范畴的城市与景观色彩规划与设计学科,本年度依然处在发展过程中。越来越多的城市决策者与管理者意识到色彩对于城市个性的彰显以及城市形象品质提升的重要性,有十多个城市提出由城市色彩规划为主导,展开城市空间多个领域的整治与管理。大的趋势显示出分区治理的实践方式,比如在老城区治理方面,主要表现为由地域性传统城市色彩研究来引领的街区街面历史风貌保护,老街面综合整治与有机更新工程的实施与管理;在建成区方面,主要表现在以城市色彩特色研究与实例设计引导展开整体形象的整治,来带动城市街面上的商业形象、城市信息系统、城市基础设施与城市家具系统,绿化乃至街面灯光等专题规划与设计,使当代城市街面景观秩序井然;在新城市区方面,包括未建成区,则表现为以城市色彩规划来配合城市规划与城市设计来共同呈现发展愿景,从而为新城区内的各个项目工程与环境营造的色彩效果把关。对于一些色彩的强控区内的开发项目,要求提供专项色彩设计,以便确保重点区块景观色彩在动态营造中的品质。

在建筑色彩方面,除因各种功能需求而引导的建筑样式出现面向未来创新大型定标式建筑、欧陆化住宅区、与本土回归新样式探索等多个方向发展之外,围绕着时代环保低碳主题发展出来的设计理念、技术与新材料,特别是建筑新材料大致呈现出诸如各类不同光泽感与色调倾向的金属,各种透明、半透明或镀膜玻璃,各种变化细腻的颜色、光泽感、肌理感与仿真的涂料,各类人造石、面砖等材料特点。随着新技术、新工艺和新材料所产生的新颖色彩、新颖表面材质感的建材大量的涌现,为建筑形象塑造提供了新的可能性。

(二)纺织与服装色彩学科领域

本年度在纺织与服装色彩学科领域中,纺织品的色彩可以由三个方面决定:一是由

时尚色彩流行趋势研究所引导,由品牌产品设计师灵感创作所致;二是主要由纤维、纱线的混纺、染料种类、染色印花工艺、染色设备后整理工艺等决定;三是面料色彩设计创新。纺织色彩的发展研究主要以纱线与面料的纤维组成、染化料变化、染色印花技术及纺织设备的发展变化为切入点来展开,探讨在多种因素影响下纺织色彩的进展、成果及发展方向。

随着环保、低碳、生态成为当今世界的主题,产业的生产过程、生产方式以及人们日常的生活方式逐步地摆脱以往高耗能、高污染的业态,而是以新的价值观主题为原则迈开探索之路。作为外观表象的色彩学科也在这一趋势的推动下,在纺织印染行业与服装服饰行业深处发挥着作用,从纱线与面料两个最基本的领域可见一斑。

1. 纱线领域

因材质与工艺的不同,形成了绞纱染色、筒子纱染色、经轴染色(连续式纱线染色)和新创的纱线段染工艺等,通过这些工艺可以非常灵活地生产多色纱线。这里主要的发展趋势是,低浴比快速染色、提高设备的自控水平以及提高染色纱线一次成功率。纱线染色在整个纺织品染色中所占比例较低,主要用于色织产品和毛绒类织物,其发展与织物染色基本同步。随着新纤维和新组织结构纱线的出现,新型纤维的染色技术也相继研发出来。

涂料染色近年来发展较快,主要是涂料染色对织物的纤维组成没有选择性,而且染色工艺简单、节水节能。涂料染纱可取代部分活性染料染色,环状涂料染纱、绞纱涂料染色产品的出现推动了针织、色织、牛津纺、牛仔布等涂料产品的发展。

色纺纱是纱线领域的一个亮点,是把两种以上不同颜色的纤维经过充分混合后纺制而成的具有独特混色效果的纱线。近年来,纱线色彩的主要研发和成果可归纳为色纺纱、散纤维染色、无染彩棉、无染彩纱、段染纱线等几个方面的创新与应用,并且都取得了较大成绩。此外,还有采用“原液着色”技术在纺丝过程中通过在线添加色母粒着色,从投入到产出的整个工艺过程无污染,并且利用彩纤为主体的无染彩棉同样无污染。

2. 面料领域

麻纺、棉纺、毛粗纺、丝绸、化纤、针织产品中的再生纤维素等品类都由于追求不同有了更多新型的工艺,或者是新工艺催生了新品种。此外,刺绣、烫金、绣花、轧花、烂花与植绒等工艺在应方面更加成熟,为织物带来更多的凹凸立体感。感温变色印花面料的出现给人们带来意想不到的趣味性。以红黄蓝三原色为主的原色纤维,按照色彩构成原理通过单色或多色合成纤维与天然纤维按不同比例混纺,在天然纤维尽可能不染色的前提下,衍生出无限的色彩来满足人们的需求。

面料色彩研发取得的主要成果可以概括为三个方面,即纤维染色的创新、染整技术的革新和染料的改进。在纤维染色创新方面,有天然彩色桑蚕茧丝、牛奶蛋白纤维、有色黏胶纤维、“原液着色”彩色纤维、纺前着色聚酯纤维、纤维纺前熔融着色等利用生物技术、精细化工的染色技术;在染整技术革新方面,有冷转移印花技术、数字喷墨印花技术、升华转印、涤纶长丝加热转移印花、滚涂工艺、低温染色、光致变色织物、色丁提花等,这些技术不仅增进各种面料品类特有的价值,给艺术设计提供更多更好的效果,而且减低了对环境的

污染;在染料改进方面,令人关注的有磁性印花浆、活性染料无盐轧蒸连续染色工艺、天然植物染料、活性染料等。

(三) 工业色彩领域

今天的工业产品色彩研究与实践大致可分三个层面:一是材料工业领域,在工业产品领域,色彩主要是通过产品外观材料来体现的。这些材料可分为金属、有机玻璃、塑料、橡胶、合成材料以及变化多端的涂料类型,以及传统的材料,如陶瓷、玻璃、木材、髹漆、皮革和石材等。虽然我国的基础色材生产能力和规模都相当可观,但主要的品牌和竞争力还都是由国际品牌主导,特别在新观念推出、新产品研发和专利技术知识产权保护与国际品牌的管理水平还有较大的差距。二是各个行业和企业自有研发部门所做的新产品企划,这些单位根据自己的研发能力、生产计划以及对市场的了解和主营的能力作有限度的创新探索。三是少量的工业产品时尚趋势用材研究机构或色彩专业设计与咨询机构,它们主要接受委托作专题趋势研究与新概念产品色彩设计。

当今物质品类极大地涌现,人们陷入了超大数量级的同类同质化的产品选择迷茫当中。产品在最短时间、最大限度地引起悦目之感就容易促成购买行为的情况下,凡能够牵引感观关注的要素,其价值均被高度地重视,这成为了时代工业产品评判的特征。

与表面外观形象直接发生关系的要素首先是色彩,其次是材质感(是否是人工的已经被忽略)和肌理感。近年来出现的时尚(表面的荧光、珠光、丝光等)或是科技感(干涉光、炫光、变幻色光以及伴随不同透明程度导透出的色光)等都成为左右人视觉、触觉以及其他心理通感的要素。这些来自市场诉求催生的要素极大地推动了新材料、新感觉、新工艺和新效果的研发,那些材料中的色素以及能够产生新效果的涂层和工艺,主要是用于人们日常生活的各种各样的品牌的产品,从汽车到大小家电、家具等各类用品。此外,工业产品色彩的打样服务能力比较弱,这大大制约了我国在这个领域的创新力发挥。

四、本学科发展趋势及特点

随着市场竞争的加剧,以高科技引领的各类技术产品和日用产品的升级换代的节奏将越来越快,人们对产品与环境色彩品质及其变化,从内部技术到外观形象都会有更高的要求。通过国内外这些领域的发展趋势与新情况端倪的研究来看,色彩的技术、艺术与经济的结盟,联动研发必将成为发展趋势。

(1)关于颜色科学的研究将继续深化。连接色彩诸多学科的数字技术将更加有效地形成跨界研究的平台,可以贯通设计研发、生产与管理的色彩系统应用软件将会有新的进步。在颜色观测、记录和分析方面的仪器设备将朝着小型化、便携式和亲和化方向发展。测色仪器除了能够得到数据读数之外,还应该能够看到标准色样。此外,我国自主研发的数字化色彩设计教育软件(如中国美术学院色彩研究所与媒体互动研究所联合开发)已经初具规模,但也面临着投入不足的问题,导致研发周期长。

(2)城市色彩规划研究、探索与实践将进一步深入,理论适应面与科学性以及实践的方法体系将进一步成熟,从整体规划、片区色彩设计以及具体项目的色彩营造与管理,将

形成一整套科学的方法体系。成功的实验将使城市色彩营造的可能性被深刻认识,从而逐步地向制度化和法规化的方向推进,使我国在城乡一体化发展过程中,朝着有特色并且整体和谐的方向发展。城市中重大建筑项目进行专项色彩设计的做法将形成趋势,比如正在建设过程中的杭州奥体中心已经开启了综合体建筑与环境色彩设计的实验,以确保城市主要节点景观品质。

(3)关于纺织与服装色彩的发展方向与应对策略方面,未来几年我国的纺织与服装服饰色彩的发展方向大致体现在如下专业方向的研究与应用中:生态染色技术、多种纤维和新组织结构纺织品的染色技术、非水和节水染色技术、高自动化染色技术、仿生着色技术、纺织色彩设计软件、数字喷墨印花技术、染织与服装配色类辅助软件和色彩管理类软件研发与应用研究等。

(4)工业设计显色物质的创造、显示界面与新感观色材、涂料等等物质、加工工艺与后处理固化技术将进一步被研发出来。诸如适用于各类产品色彩材料(不同透明程度与不透明)或者材料表面涂层、不同光源、荧屏、印刷、能带来新感觉的色素等不断推出,形成新的时尚,并且迅速地被应用继而成为趋势。

(5)关于色彩应用软科学层面的理论探讨与实验研究将继续向前推进。通过学理、法则、规律与方法的科学性探究,使色彩如何处在人们心理感受最佳状态并且通过产品或者环境加以表达是这个层面追求的课题。大到城市色彩、建筑色彩、商业色彩、城市夜景照明,小到家居色彩、汽车色彩、家电色彩、家纺色彩、服装服饰色彩、办公用品色彩、网络网站色彩、品牌形象色彩等,从色彩企划、色彩规划、色彩设计、色彩营造、色彩管理、色彩营销、色彩传播、色彩预测与引导,乃至到色彩普及教育与专项培训都是这个学科与专业方向努力的工作。

总之,如何整合我国现有上述5个板块的优质资源,合力破解难题,是离不开国家发展战略的政策引领以及行业与学界的努力,重要的是科学规划、科学实施和科学管理就能够实现科学发展。

第二十三节 国土经济学

一、引言

国土经济学是研究国土开发、利用、保护、整治、改造中的经济因素、经济现象和经济问题,探求其经济理论、经济机制与经济手段的学科。近几年,国土经济的内涵得到不断丰富和拓展,学科体系日益完善,理论支撑和方法建设不断增强,对国土功能与特征的认识不断深化。特别是在国土空间经济分析理论与方法、国土规划理论与方法、国土开发理论与方法、国土安全评价理论与方法、国土规制理论与方法以及绿色与低碳国土建设理论与实践等方面取得了不同程度的进展,为国土开发、利用、保护的整治等重大国土活动提供了重要的、不可或缺的理论和方法的支撑。

二、近年来本学科最新研究进展

(一) 国土经济学的内涵不断丰富和拓展

国土经济学主要研究 4 方面的问题:①研究国土资源要素的经济问题,其中重点研究国土资源开发、利用、保护、整治、改造的经济合理性与可行性;②研究国土环境要素的经济问题,其中重点研究国土环境要素的价值及其评价、环境核算、环境交易、环境管制等;③研究国土生态要素的经济问题,其中重点研究生态资产、生态财富、生态补偿、生态建设等方面的经济问题;④研究国土空间的经济问题,其中重点研究国土空间的市场化配置、国土空间占用的经济调节机制、国土空间经济格局演进等。

(二) 对国土功能与特征的认识不断深化

伴随着资源、环境、生态问题以及社会经济发展面临挑战的不断出现和加剧,对国土功能的认识也在加速深化。概括起来,国土的主要功能主要体现在如下五方面:

1. 生命支持功能

国土作为人类生产生活的基础,为人类生存发展提供基本的生产和生活资料,国土及国土资源为社会经济发展提供支撑,支持人类生命系统的延续。

2. 资源基础功能

自然资源作为国土资源最重要的组成部分,为社会经济发展提供最基本的物质支持,土地资源为社会经济活动提供基本的场所,是农业生产的基本投入要素;矿产资源为各类生产提供原材料和能源;生物资源是人类种植、养殖物种的基本来源;水资源也是人类生存和经济发展不可或缺的基本要素。

3. 环境承载功能

国土为人类提供基本的自然环境,如地形地貌、水文、地质、气候、植被等,构成了人类生存的基本环境。

4. 生态服务功能

构成国土的基本要素同时构成一个大的生态系统,人类的生存和发展得益于生态系统的服务功能的延续和提升。

5. 活动空间功能

国土具有承载功能,为人类生产生活提供基本的活动空间。如人类从事生产及开发建设的场所、旅游休息的场所、居住消费的场所等都是基于国土空间而分布的。

(三) 国土空间经济分析理论与方法取得重要进展

国土空间经济分析主要包括全局空间统计、空间聚集分析、空间聚类分析、市场可达性分析、空间差异识别、最佳格局设计、国土格局识别、空间直观分析、空间足迹分析等九个方面。

国土空间经济分析在如下方面具有较大发展潜力和应用前景,即:①全局空间统计的广泛应用,应用到有关空间聚类、空间聚集等领域,还可以用于确定经济发展的空间差异、最佳布局,分析市场的可达性和经济活动的空间足迹;②球面空间分析的兴起,能够更加准确地分析经济、社会和环境在国土尺度的空间依赖和相互影响,为国土规划、区域发展、产业布局等提供技术方面的支撑;③空间聚类分析在空间经济发展中的应用有助于划分不同空间密集性、不同地理尺度的多中心、网络化的城市聚集区,为界定不同的城市网络聚集区提供比较科学的定量标准;④最佳格局设计在空间发展政策中的应用,可提高设施配置需要兼顾效率、公平、安全等目标的能力。

(四) 国土规划理论与方法取得新的显著进展

国土规划理论与方法取得了显著进展,主要包括:①规划主题取得新进展,更加突出可持续发展主题和宗旨;②规划定位取得新进展,将国土规划定位为区域发展和各专项规划的“基本依据”;③规划思路取得新进展,如“国民经济和社会发展规划+空间功能分区=国土规划”的思路,以及“国土资源环境承载力和允许度+国土开发保护空间分区+重大国土开发保护问题空间落实+土地等重要国土资源开发利用政策制度创新=国土规划”的思路等;④国土发展空间类型体系取得新进展,如尝试划分为城市与工矿开发空间、农村和农业发展空间、生态保护涵养空间、国土整治空间。

国土规划理论与方法的研究进展为正在编制之中的《全国国土规划纲要》提供了重要的支撑。

(五) 国土开发理论与方法取得一定进展

国土开发的基本要素得以拓展,认为国土开发应充分考虑自然环境要素、国土资源分布和组合状况、经济和技术水平条件等基本要素。国土开发主体内容得以拓展,认为国土开发应包括开发目标、开发重点、开发原则、开发策略、开发规划、开发手段、开发管理等七个方面。国土开发经济分析方法研究得以深化,重点深化了国土开发的成本-效益分析方法研究,拓展了国土开发成本分析内涵,包括了直接成本、间接成本、机会成本和时间成本等;拓展了国土开发效益的内涵,包括基本效益、无形效益和外溢效益三种。同时,强化了国土开发的门槛理论研究,门槛主要体现在国土开发各要素及其变化和交通运输条件等方面。对国土开发的发展方向、重点和前景进行了展望,认为构建国土开发法律(或规划)体系、调整国土开发战略布局、优化国土开发的模式应作为重点;城乡区域协调发展、国土资源集约高效利用、有效防治环境污染、生态系统服务功能提升、国土空间精细化管理等方面可望取得重要进展。

(六) 国土安全评价理论与方法取得系统性进展

国土安全是指一国的国土要素,包括资源、生态、环境、空间等对国家经济社会良性发展的保障程度以及免遭外界侵害的可能性大小。在生态系统服务功能的界定、评估、建设,国土自然灾害评估与预警方法等生态系统服务功能评估的理论和方法方面取得了重要进展,深化了对气候变化与国土安全关系的认识。此外,在水、能源(石油)、矿产、海洋

重要资源安全评估方面取得了重要进展。

展望未来,非传统安全是未来影响国土安全的主要威胁源。而传统安全对国土安全的威胁主要来自海洋国土资源受到蚕食,海上领土争端和海上运输安全受到威胁而导致的局部冲突,有可能成为军事冲突的导火索。此外,国土安全综合评估方法迫切需要创新和完善。

(七)国土规制理论与方法取得开拓性进展

所谓国土资源规制,是指政府、特别是中央政府,对包括土地、水、能源、矿产资源及生物资源等在内的国土资源的勘察、开发、利用、经营等行为进行约束,并将国土资源作为规制手段,对企业、地方政府及其他社会组成部分的经济社会行为进行约束,以使之更符合国家利益、公共目标和社会需求的行为。国土规制的理论基础包括政府规制理论、自然资源基础理论和稀缺理论、公共物品理论和外部性理论、生态服务理论和环境容量理论、市场失灵理论与政府干预理论等。在土地资源规制方面,目前主要集中于土地利用规制,而针对土地开发、土地保护规制滞后。水资源规制方面,主要包括水资源定额管理、用水总量控制、水资源效率控制、水功能区限制纳污、取水许可制度、水源地保护制度等,但均不同程度存在管理体制和基础工作等方面的制约。能源资源规制方面,能源效率标准、能源政府定价或能源政府指导价是最常见的形式,效果较为显著。

(八)低碳国土研究取得一定进展

低碳国土是指在国土开发和利用过程中,以减少温室气体(GHGS)排放减少为目标,以适应和减缓气候变化为手段,高效利用国土资源的一种可持续的开发方式。在包括土地利用直接碳排放测算和土地利用间接碳排放测算在内的中国土地碳排放测算方面,在包括政府监管机制建设、农田水利等基础设施建设、二氧化碳海-气交换通量和海平面监测机制、低碳农业能力建设等低碳国土开发的政策机制和能力建设方面,以及在低碳省份城市试点、低碳国土实验区建设等在内的低碳国土建设实践方面,均取得了一定进展。

三、本学科国内外研究进展比较

在可查的文献资料中,国外尚没有关于国土经济学这个概念,但与国土经济学相关的学科很多,如资源经济学、区域经济学、环境经济学、生态经济学、经济地理学、空间经济学等。另一方面,我国同德国、日本、法国和美国等国一样,先后开展了国土规划的研究和编制工作。

因此,国土经济学是中国所特有的一个新兴经济学科,这是由我国国土开发、利用、保护和管理实践迫切需要科学理论指导的基本国情所决定的。尽管国外并没有国土经济学这一学科,但与之高度相关的学科较多且发展已经较为成熟,这些学科的发展为我国国土经济学的发展提供了丰富的理论和方法支撑。

四、本学科发展趋势和展望

展望未来,国土经济学将在5个方面加强创新和加快发展。

1. 国土要素市场化配置研究加速创新和应用

国土经济学将更多地引入市场机制,加强包括资源、环境、生态、空间等要素在内的国土要素的配置市场化机制研究,更加注重相关价格、税收、规费等价值手段的研究和应用,将更加注重对国土资源市场及其运行、失灵、规范和管理的研究等。今后,预期将在资源税费、环境税费、生态补偿、环境交易以及国土空间市场配置等方面取得显著进展,为以市场化手段调控国土开发、保护、利用、管理的格局和进程等提供重要的理论和方法支撑。

2. 国土要素配置的政府规制研究加速创新和达成共识

国土经济学的研究将更加重视国土规制的研究,将更加明确地提出在国土管理应充分发挥国土规制作为政府与市场间的桥梁作用,同时将更多地注重政府国土管理职能及其优化的研究。今后可望在国土规制体系构建、国土规制关键指标、国土规制基本手段等研究及应用方面取得重要进展,为提高国土管理的科学化、规范化和时效性、有效性等,提供重要的理论和方法支撑。

3. 国土经济学将更多地汲取新的经济学概念、理论和方法

国土经济学的研究将更多地从制度经济学、资源经济学、土地经济学、环境经济学、生态经济学、区域经济学、经济地理学等众多学科的发展中,汲取有益的营养。今后可望在国土保护经济理论、国土经营理论、国土开发理论等方面,取得重要进展,从而为我国国土有效保护、规范经营、合理开发等提供重要的、不可或缺的理论和方法支撑。

4. 国土经济学研究定量化发展

国土经济学的研究将更多地运用回归分析、时间序列分析、决策分析、优化分析、投入产出分析,以及实验、观察、访谈、测量、问卷、描述、解释和预测等分析方法,从经济、社会、国土等多个角度加强国土经济的定量化研究。近期将重点加强国土资源与国土空间的定量分析,加强国土基础数据库的开发利用,并支撑国土科学规划和决策。今后可望在国土空间定量分析方法、国土资源要素流动分析方法、国土承载力评价方法等方面取得新的进展,从而为国土科学决策提供重要的方法和手段。

5. 更多地与国土开发、利用、保护、整治的实践结合

国土经济学的研究将以国土规划的研究、制定和实施为重要契机,更加密切地与国土规划、国土开发、国土利用、国土保护、国土整治、国土经营等重要实践活动结合,实现理论与实践的良性互动发展。今后可望在国土评价(重点是国土承载力评价、国土安全评价)、国土配置(重点是国土政府配置透明化、国土市场配置规范化、土地和矿权流转等)、国土保护(重点是耕地保护经济机制、各类国土保护区保护经济机制等)等方面取得重要进展。

6. 国土经济学的学科地位将更加明晰

截至目前,教育部所颁布的相关学科分类或学科目录中还未将国土经济学包括进来。鉴于国土及相关问题,特别是国土经济问题的重要性与日俱增,以及鉴于经济学是应用性极强的学科,相信在广泛汲取相关学科理论和方法的基础上,国土经济学的学科体系将越来越健全,在经济社会发展中的作用会越来越重要,从而会在学科体系中占有重要位置。就目前学科分类体系看,国土经济学暂时可以列入“经济学其他学科”之中。

ABSTRACTS IN ENGLISH

1 Space Science

With the growth of space activities, new progress has been continually made in space science worldwide. Space astronomical observations have revolutionized our knowledge of the universe, which propels the evolution of cosmology from thinking to the era of exact science. Mankind has been able to take the solar system as an integrated system to realize multi - star joint detection and hence gain series of new achievements. Recently, in - depth explorations on solar celestial bodies such as Moon, Mars, Europe, Titan, etc. have been conducted. In microgravity science, various experiments have been carried out on the International Space Station (SSI); Meanwhile, European countries and the United States, Japan, etc. are also active in conducting experiments by use of the microgravity rocket, weightless aircraft and falling Tower.

Great progress has also been made in China's space science. In space astronomy, a number of novel studies of great significance were carried out. Particularly, significant achievements were gained in space physics, which have been awarded with several national and international prizes successively. The Meridian Project, a ground - based meridian chain to monitor the solar - terrestrial space environments in the eastern hemisphere, has started in operation. As for the new achievements in lunar exploration, Chang'E - 1 precisely impacted on the Moon surface within supposed region near Mare Fecunditatis and accomplished all its scientific goals, and now China's lunar exploration program has stepped into the stage of landing. Progress was also made in both space life science and space medicine, among which leaping developments were realized for manned spaceflight. The mission of manned space flight of Shenzhou - 5, Shenzhou - 6 and Shenzhou - 7 were sequentially finished, and the goal of the Shenzhou - 7 extravehicular activity was realized; By laying special emphasis on the space flight samples for analysis, the influence of space environment effects on mankind and its mechanism were elaborated; Since head down bed rest experiments is an effective means to study the physiology effects of weightlessness on ground, the integrated protection study of a large scale comprehensive experiment—the 60 day head - down bed rest experiment and the physiology of weightlessness effect, was

firstly organized in China, cooperated with France Space Agency and Chinese University of Hong Kong, etc. And the extensive research on Chinese herbal medicine against the physiological effects of weightlessness is also conducted.

In the next few years, the tendency and prospect of China's space science development are summarized as follows:

(1) To strengthen the study on X-ray time-varying characteristics, X-ray polarization observation and dark matter detection in the scope of space astronomy.

(2) In space physics, to meet the requirement of national strategy, it is scheduled to carry out Kuafu Project during 2012 - 2015, to carry out the Magnetosphere - Ionosphere - Thermosphere (MIT) Coupling Exploration Program during 2018—2020 and to implement the Meridian Project II around the same time.

(3) In lunar science and comparative planetary science, the lunar exploration should be stressed to urge on the implementation of China's Lunar Exploration Program II and III. The international scientific issues and developmental tendency in deep space exploration should be investigated. Meanwhile, research and demonstration on the manned lunar landing should be intensified.

(4) The research on space life science would be guided to turn into based astrobiology for extraterrestrial life science exploration. By 2015, the two space laboratories of Tiangong - 2 and Tiangong - 3 should be launched gradually. The space experiments of space medicine would be well combined with the ground research, which can pave the way for man to explore space targets further away ultimately.

(5) Taking the advantage of space microgravity environment to acquire new knowledge in the frontier of physics, chemistry and life science, hence to promote the developments of new ground-based subject; to carry out the theoretic research on micro-gravity fluid physics and combustion as well as the frontier significant research in the domain of space fundamental physics like laser cooling of atoms and equivalence principle, etc.

2 Geography

The past five years is an important period for the development of human -

economic geography in China. As social demands of sound urbanization and regional sustainable development are increasing continuously in China, human – economic geography has played a leading role in the important national regional planning and strategy consultation, a series of important research results have been adopted by the Central Government and have had a favorable impact on the society. Human – economic geographers have made considerable progress in the theories and methods, for example, in the fields of man – land system and regional sustainable development, new factors and new patterns of regional development, industrial clusters and industrial agglomeration, globalization, multinational corporations and foreign investments, transportation geography and spatial organization, transformation of resource – based cities and old industrial areas, marine economic geography, and the regional spatial planning approaches have achieved significant progress. There has been a great breakthrough in the National Key Technology R&D Program and the key projects supported by the National Natural Science Foundation of China and National Social Science Foundation of China, the quantity and quality of papers and academic books, scientific rewards, construction of provincial and ministerial key laboratories and key disciplines.

In recent years, the development of human – economic geography in China presents the following characteristics:

(1) The orientation of interdisciplinary sciences and the value of applied basic researches have been further clarified. The human – economic geographers are playing a critical role in making major spatial planning. The main nation – scale spatial planning projects are the Major Function – oriented Zoning, the revitalization planning for Northeast China, the developmental strategy of Western areas, the planning for the rising of Central China, the planning for resource – exhausted cities, the eco – regional development planning, and other key areas' planning, such as development planning of the Yangtze River Delta, Beijing – Tianjin – Hebei metropolis, Chengdu – Chongqing economic region. Based on the practical research, China's human – economic geographers provided the Central Committee and State Council of the Communist Party of China with a number of the important advisory reports and exerted great influence on the national policy – making.

(2) The combination of “human geography + economic geography” as a framework of human – economic geography has been formed.

(3) The applied field based on the man – earth system research has been expanding. With the implementation of the strategy on “building a new countryside” , a relative research on new countryside construction and renovation of the hollowed villages has attracted interest of a wide variety of researchers in China. The recent research results indicated that the process of the rural hollowing can be identified into five stages, i. e. , emergence, growth, flourishing, stability, and decline. Based on the regional economic development level and its physiographic features, the types of the rural hollowing can be categorized as the urban fringe, plain agricultural region, hilly agricultural region, and agro – pastoral region. Especially, the plain agricultural region is the most typical one in the rural hollowing, which shows the spatial evolution of the rural hollowing as a “poached egg” pattern with a layered hollow core and solid shape. Furthermore, the driving forces behind the rural hollowing are identified as the pull of cities and push of rural areas.

(4) The direction and fields of the new subject geared to the social and cultural development have been strengthened. For example, the tourism geography has nowadays become one of the fastest – growing subjects. In the pursuit of knowledge creation and diffusion, the academic standards have been discussed substantially, the issues related to the researches have been emphasized, and the self – awareness of the disciplinary development has been intensified, hence a number of achievements with Chinese characteristics have been made in the fields of community – based tourism (community participation and empowerment in the tourism development, power structure in the tourism community), event & event tourism (mega – events such as Olympic Games, World Expo, Asian Games and Canton Fair; festivals such as Qingdao International Beer Festival and Wutaishan Buddhist Festival), heritage tourism (heritage management & governance, heritage tourism), urban tourism (tourism commercialization in historic towns, recreational business districts urban tourism growth mechanism and tourism – induced urbanization), tourist flow & time – space structure, and related methodological innovations.

(5) The technology of GIS has received more and more attention.

Compared with the foreign countries, China is still lack of a humanization tendency in human – economic geography. Although Chinese scholars are good at providing scientific proposals for the government decision – makers, they have not reached the required levels of international communication, frontier academic thought and systemic theoretical originality. In the years to come, the human – economic geography research in China should be concentrated on a breakthrough in the interdisciplinary research, theoretical foundation construction and disciplinary framework optimization, and methods of data acquisition and spatial simulation. For example, with the rapid development of the national cultural industry and the strategic requirement of cultural construction of a powerful country, we should strengthen the inter – disciplinary research between the cultural geography and cultural industry promotion, and construct the subject system of cultural geography based on absorbing the overseas advanced results. Meanwhile, the theoretical scope and depth of behavioral geography should be expanded, and the experimental study should be strengthened. Additionally, the human – economy geographers should pay attention to the research of new geopolitics, urban political geography and local political geography, and promote the development of social geography based on the Sixth National Population Census Data.

3 Entomology

Insects and humans are closely related to the daily life. Domestic and foreign scholars attached great importance to the basic and applied research on entomology. Chinese scientists have paid great attention to the beneficial insect protection and pest insect control. About 11 900 memberships in the Entomology Society of China have been registered including 7 academicians of the Chinese Academy of Sciences and Chinese Academy of Engineering. The Institute of Zoology of Chinese Academy of Sciences, Institute of Plant Protection of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhejiang University, China Agricultural University, Nanjing Agricultural University, South China Agricultural University, Fujian Agriculture and Forestry

University are the superiority institutions and universities in China's entomology fields .

In recent years, especially between 2009 and 2011, in order to meet a challenge from the impact of global changes on the development of resource - poor insects, pest outbreaks and other hazards, with the support of the National Natural Science Foundation (736 projects), the National Science and Technology Support Program (2 projects, 19 subjects), the National Department Public Benefit Research Foundation (34 projects), “973” Project” (6 projects) and other foundations, China made significant progress in the classification study on the insect fauna, insect physiology and biochemistry and molecular biology, insect ecology, insect toxicology, insect biological control, integrated pest management, resource utilization and protection and alien invasive insect science and other insect branches of entomology, and took a leading position in some fields of entomology. A large number of research reports on entomology were published in the important periodicals at home and abroad. The statistic data showed that 13772 insect - related papers were published during 2009 - 2010, among which 2625 were published in SCI, 6 in *Science*, 1 in *Nature*, 6 in *PNAS*, 1 in *Annual Review of Entomology*, 4 in *Nature Biotechnology*.

In the past two years, China has made the following significant achievements in the entomology: the invasive mechanism of whitefly (*Science*, 318: 1769 - 1772), the leaf miner insect (*Annual Review of Entomology*, 54: 127 - 145), the solitary and gregarious transformation mechanism of locust (*PNAS*, 108: 3882 - 3887), the catastrophic effect of locusts response to a long - term global change (*PNAS*, 14521 - 14526), the new control technologies of cotton bollworm (*Nature Biotechnology*, 1307 - 1313) and the brown planthopper (*PNAS*, 106: 22163 - 22168), the evaluation of ecological risk of insect - resistant Bt transgenic cotton (*Science*, 328: 1151 - 1154), the sight, smell and memory study of model insect *Drosophila* (*Nature*, 439: 551 - 556), the relationship of fossil pollinating insect and at the time of gymnosperm plant (*Science*, 326: 840 - 847), and the single - base - pair resolution silkworm genetic variation map (*Science*, 326: 433 - 436).

Meanwhile, in order to meet the country's needs, take the basic science

as a key goal, and solve the problems of the major pest disaster and its control, China's entomologists have made great achievements in the entomology study and won a lot of outstanding awards, among which are 13 second prizes for the Scientific and Technological Progress Awards. The award-winning projects include the agricultural pest monitoring system and lighting control technology (*Hyphantria cunea*) biological control research, the cotton bollworm regional migration regularity and early warning technology research and application, the Xinjiang cotton aphid ecological technology in Xinjiang region, the major alien invasive pest (whitefly) research and integrated control, the polymolecular target insecticide development and application in control of major pest resistance, the natural enemies of predatory mite products and the biological control technology research and application of agricultural and forestry pest mites for the protection of national food security and ecological security, etc..

However, there is still a large gap between China and the developed countries in the entomology study, especially, in beneficial insect protection and pest control technologies. In entomology, China is weak in the basic research, and lack the originality research and systematic research. In the future, China should fully mine and use its resource-based insects, put focus on the pest management and protection of beneficial insects, take the major pests of agriculture and forest, and the insects of major resources as a research object, and attach great importance to the interdisciplinary study and penetration, the combination of macro-fields and micro-fields, so as to promote the development of China's entomology.

4 Ecology

4.1 Introduction

In recent years, ecologists in China have been making great efforts in promoting sustainable development and environmental improvement. Many new discoveries and scientific results have been achieved, which contribute deep understanding in complex ecological mechanisms in relation to natural ecosystems and nature and human coupled systems, while help to meet the increasing societal needs and build up a fundamental platform for the

development of science and research. The current ecological research fields mainly include biogeochemical cycles, responses and adaptation of plants and animals to the changing environments, restoration and rehabilitation of degraded ecological systems, ecosystem service and ecosystem health, biodiversity conservation and ecosystem management. All these research fields are approached in a broad context of global climate change.

Compared with foreign studies, the ecological research in China started late, and the research methods and statistical analysis methods are relatively backward. There is still a long way to go for China in terms of ecosystem and global change and ecosystem research, ecosystem service evaluation, biological invasion and biological disaster control, ecological restoration, and human ecology, etc.

4.2 Development trends and prospects in ecology

4.2.1 Forest ecology

The future trend of forest ecology is to strengthen the research on effects of forest ecosystems on global climate change through inter - disciplinary approaches, different methods, and multi - scale integration studies. It is particularly important for the mankind to understand the interactive mechanism of forest ecosystems and climate change.

4.2.2 Grassland ecosystem ecology

The main research trend of grassland ecosystem ecology is as follows: ①The study on the potentials and abilities of carbon sequestration in the grassland, abilities of carbon sequestration as well as influencing factors in the grassland will be strengthened. ②The long term data collection in the grassland especially underground biomass will be intensified and carbon stock and its dynamic in the grassland will be explored. ③The research on the cultivation grassland and natural grassland will be strengthened. At the same time, the mechanisms and technology of emission mitigation and sink enhancement will be conducted. ④The pasture - crop rotation and mixed seeding grassland model will be further developed, which plays a function of emission mitigation and sink enhancement. ⑤The potentials and technologies of emission mitigation and sink enhancement of grassland under different land conditions (slope, aspect, soil, etc.) will be studied to explore the mechanisms of emission mitigation and sink enhancement.

4.2.3 Wetland ecology

The research should be focused on the process of interaction between lake – land ecotone, and the formation, development and evolution of the wetland through the long – term orientation monitoring and experimental research. The research on mechanism of the wetland degradation process and restoration and reconstruction should be strengthened. An optimal wetland management mode aiming at watershed ecological safety should be developed. The long – term monitoring, effective protection and sustainable management of the wetland should be achieved.

4.2.4 Desert ecology

The research will be focused on the basic theory on the mechanism of desertification formation. The anti – interference mechanism of desertification affected ecosystems and its solutions will be explored. The systematic research on comprehensive measures of prevention and control of desertification affected ecosystems will be carried out and the eco – hydrological process in the desertification affected land will be conducted.

4.2.5 Agricultural ecology

The research will be focused on the landscape ecological layout of the rural areas, the relationship between the circulation design of the agricultural ecosystem and the agricultural biodiversity. The agricultural ecological pattern and eco – agricultural technology system in the specific areas will be explored and studied. The development of ecological agriculture in China will be promoted. The social and economic dimensions, and the humanities will be further incorporated. Policies and regulations of the society, economy and humanities need to be further studied for meeting the needs of the ecological agriculture development.

4.2.6 Urban ecology

The future research on urban ecology and environment is in following three fields: urban habitat ecology, urban industry ecology and town life – support system ecology.

4.2.7 Landscape ecology

The future research on the landscape pattern analysis will mainly include changes from a static pattern description to a dynamic pattern description by the use of a variety of landscape pattern indexes, the development of

landscape pattern indexes based on the process of the multidimensional analysis for the landscape pattern, and multi-scale analysis for the landscape pattern.

4.2.8 Ocean ecology

Biological communities and ocean environment will be viewed as a whole when conducting macro-ecology research. At the same time, a scope of the theoretic and applied research in the micro-field should be expanded. The related ecological research in Great Wall Station and the Zhongshan Station of Antarctic Pole, the Yellow River Station of Arctic Pole should be actively conducted.

In the face of the challenges of the increasingly changing biosphere, the future emphasis of the ecology research will include global change ecology, ecosystem services, biodiversity conservation, biological invasion mechanism and control, restoration of degraded ecosystem and artificial ecological design, ecosystem management, and ecological civilization and sustainable development.

5 Environmental Science and Technology

During the “Eleventh Five-Year Plan” period, China officially established the strategy of promoting environmental protection by technology to constantly boost 3 major environmental protection technology projects, including the “environmental technology innovation”, the “construction of environmental protection standard system” and the “technical management system of environmental protection”, and carried out key technology special projects, including the “national census for nationwide pollutant sources”, the “macroscopic strategic research on Chinese environment” and the “major science and technology program for the water pollution control and treatment” and a batch of strategic scientific research special projects. “863 program”, “973 program”, science and technology support program, social benefit research, natural science fund, and other national and local science and technology programs continued to be inclined to the key points of environmental science and technology. The unprecedented comprehensive layout was performed for the environmental technology research in terms of

the field scope and scientific depth. China gave full play to the role of the environment technology in guiding and supporting the environmental protection development. In the case that both economic growth and total energy consumption exceed the planned expectation, the emission reduction tasks of both COD and SO₂ were overfulfilled by relying on the environmental technology and technology support of the environmental protection industry. It fully shows that China has made great progress in environmental protection in the past 5 years.

5.1 Fundamental researches and key environmental issues

5.1.1 Water environment science

China preliminarily formed a train of thought of preventing and controlling water pollution and eutrophication in the lakes and reservoir drainage basins as well as a strategic approach to preventing and controlling water pollution in the rivers, put forward a series of theoretical research outcomes of preventing and controlling eutrophication in the lakes and reservoirs including the theory of “blue algae growth formed water bloom formed”, and “generation and flow mechanism of the clear water in the drainage basin”, etc., established the theoretical system and zoning technology method of water ecology sectorization in the Chinese drainage basin as well as the risk assessment and prewarning technology method for aquatic environments in different types of drainage basins, and constructed a “census data management platform for aquatic environments in the nationwide lakes (reservoirs)” to realize the informatization management of the aquatic environment of the lakes(reservoirs).

5.1.2 Atmospheric environment science

China put forward the synchronizing cascading turbulence theory, which formed the pollutant source list technology and database with Chinese feature, created an inversion method of the regional emission list “from top to bottom” based on satellite remote sensing, established an integrative regulation and control method for the regional atmospheric environment quality, and perfected the total amount control theory, method and blowdown right transaction system of pollutants.

5.1.3 Solid waste and noise abatement

China carried out the theoretical research on the new technology of

changing solid waste into the resource and pollution - free disposal and achieved some progress on the acoustic material, acoustic quality and acoustic landscape, noisy pre - estimate & monitoring and other aspects. The fundament research system has been gradually matured.

5.1.4 Soil pollution and restoration

China formed the pollution chemistry, material transportation interface and ecological process, ecological toxicity and micro ecological effect, microbion geography and other environmental science theory innovation systems, and developed a numerical simulation method of the nonhomogeneous medium multiphase fluid, risk exposure and environmental risk assessment and uncertainty analysis method, pollution control and restoration technology.

5.1.5 Environmental management

China expanded the theories on environmental laws, environmental economics, environmental management system, environmental planning .

5.2 Breakthrough on key technologies

5.2.1 Water environment technology

China focused on breaking through a batch of key technologies and generic technologies of source control and emission reduction, such as control and governance of industrial pollution sources and agriculture non - point pollution, urban sewage treatment and changing sewage into resource, water body's water quality purification and ecological restoration, drinking water safety control and aquatic environment monitoring pre - warning and management, developed out a batch of key equipments and completed a set of equipments.

5.2.2 Atmospheric environment science

China established the regional regulation and control mechanism for the integrated control of the atmospheric combined pollution and broke through the synchronization control and governance technology for SO_2 and NO_x in the burning process, the control technology for toxic and harmful organic pollutants in the industrial discharge, the resource utilization technology for the desulfuration byproduct(CaSO_4 and CaSO_3).

5.2.3 Technologies of solid waste disposal

China developed a batch of new technologies on the solid waste pollution -

free disposal and resource utilization, achieved great progress on the electronic waste, hazardous waste, sludge pretreatment and other multi-fields. The biomass energy technology has been further developed and applied.

5.2.4 Noise and vibration environment technology

China developed the acoustic material with thin, light, wide and strong features, and the product structure is basically adapted to the Chinese pollution governance demand. China developed out a batch of serialized and standardized universal noise control equipments.

5.2.5 Soil pollution and restoration technology

In the decision-making, the total amount control of pollutant has been changed into the pollution risk assessment, and the single restoration technology has been changed into the combined and integrated project restoration technology.

5.2.6 Environmental policy and legislation

China researched and revised the Law on the Prevention and Control of Water Pollution, the Law on the Prevention and Control of Atmospheric Pollution, the Circular Economy Law, established 7 environmental protection administrative regulations, for example, the environmental impact assessment ordinance of planning, the control regulations for recovery processing of scrapped electric appliances and electronic products, etc. and unveiled the regulation documents, for example, the integrative work scheme for energy conservation and emission reduction, the national scheme for climatic change, etc; formulated and revised 1 050 national environmental standards. The regional environmental protection program research developed rapidly.

In addition, by relying on two strategic special projects, “national census for nationwide pollutant sources”, “macroscopic strategic research for Chinese environment”, China completed verification for production blowdown coefficient of industry and town domestic pollution sources and centralized pollution governance facilities, established overall clue, work goal, key task and safeguard measure of the environment technology in the next 10 – 20 years.

5.3 Important progress achievements in environmental science

5.3.1 Structural emission reduction

China completed the environmental appraisal for key industry development strategies in five major regions, for example, Bohai coast, west coast of strait, etc., washed out a great deal of the lagging productive capacity, which promoted the development and expansion of the environmental protection industry and other new strategic industries. For the emission reduction by engineering, a batch of new technologies were popularized and applied in the town, industry and all classes of waste water treatments, such as highly efficient denitrification and dephosphorization waste water treatment, treatment of the refractory waste water, sewage recycling, etc. For the atmospheric environment pollution control, the resource recovery in the desulphurising process, highly efficient utilization of desulfuration byproduct, combustion of low nitrogen and denitration of fume and other new technologies and new process were extensively applied. For the emission reduction in management, “three major systems”, including pollution emission reduction indices, monitoring and examination, were constructed.

5.3.2 Environmental quality control ability

The new idea of controlling eutrophication in the lakes and reservoirs developed in the aquatic environment field broke through a batch of puzzles, for example, a complete set of key technologies for eutrophication in the large and medium shallow lakes, key technologies and equipments for urban sewage advanced treatment, systematized techniques for water ecology sectorization in drainage basin, etc. In the atmospheric environment field, the control technologies and countermeasures were formed for regional atmosphere particulate matter, nitrogen oxide, ozone and toxic harmful pollutants in the air. In solid waste field, the new technologies, new processes and new equipments were developed out for treatment, disposal and resource utilization on all classes of solid wastes. In the acoustical environment field, China developed out the damping steel spring levitation road bed vibration isolation technology, rectangular array type muffler and a batch of environment noise and vibration control technologies. Many outcomes also sprang up in the fields of the ocean environment, radiation

environment, land and rural environment, etc. , which provided a support for the environmental quality improvement.

5.3.3 Key drainage basin governance

China worked hard at the research and tech – demonstration in the “three lakes”, “one river”, “one reservoir”. Its governance effect for control of water pollution, ecological degradation and other problems began to appear.

5.3.4 Guarantee of air quality

China explored and constructed an air pollution joint defense and control mechanism of “ unified planning, unified monitoring, unified supervision and control, unified assessment and unified coordination”, formed “guidance opinion on boosting air pollution joint defense and control and improving the regional air quality”, which successfully provided a guarantee of the air quality for the “Beijing Olympic Games”, the “Expo 2010 Shanghai”, the “Guangzhou Asia Games” and other important activities.

5.3.5 Environment supervision and control

China successful launched the environment calamity monitoring moonlet A and B. The outer space and ground integration monitoring ability was preliminarily realized.

5.4 R&D and personnel training in environmental science

5.4.1 Construction of R&D and application

Two national key environmental protection laboratories were newly – built. China has also 9 built or building national engineering research centers (NDRC) and 11 built or building engineering and technological research centers under the Ministry of Science and Technology. 6 newly – built key laboratories and 5 engineering research centers under the Ministry of Environmental Protection. China constructed a sharing platform of national environment technology resource information. Preliminarily formed a research and information exchange platform adapted to the environment technology, environmental management and compound decision.

5.4.2 Higher education

China carried out the pilot work of the environment engineering subject certification and formulated a certification standard. 196 universities offered a master degree program of environment engineering. Therein 149 universities offered a doctoral degree program. In professional management aspect, the

number of the environmental appraisal institutions and professionals has constantly increased. The registration of environmental protection engineers have been brought into the unified planning for the nation – wide professional qualification certification system.

5.5 Prospects for environment science and technology

(1) The discipline development will be changed from the natural science field to the humanities sociology field and combined with sociology, psychology, socioeconomic development, public service and other socioeconomic subjects on the basis of the traditional discipline system of pollution governance and ecological protection.

(2) The research field will be changed from the single environmental element to the overall ecosystem.

(3) The research process will be changed from the microscopic view to the macroscopic view.

(4) The research content will be changed from the single element to the multi – elements.

(5) The research scope will be changed from the micro – scale to the regional – scale or global – scale.

(6) The research means will be changed from the traditional technology method to the interdisciplinary method, and environment scientific research will be fused together with high – tech development.

(7) The major research emphasis on the pollution prevention technique will be changed from the terminal governance to the whole prevention and control, and the “green economy” and “low carbon economy” to ensure the coordinated development of environment and economy.

(8) The environment technology will be changed from the post – event emergency to the to pre – event pre – warning and post – event emergency.

(9) The research hotspot will be all kinds of assessing the human health risks.

6 Resources Science

6.1 Introduction

Along with the global economic integration acceleration and economic

breakthrough, natural resources shortage and environment deterioration are becoming great challenges worldwide, which threaten the sustainable socio-economic development in the 21st century. The years of 2010 and 2011 are the key period for China's social and economic development. The year of 2010 is the end of the "Eleventh Five-Year Plan" period (2006–2010) and the year of 2011 is the beginning of the "Twelfth Five-Year Plan" period (2011–2015). It is an important subject whether natural resources can support China's long-term sustainable development. As the status of resources science in China's social and economic development rises significantly, its impact on the national science and technology innovation system has become more and more prominent.

Resources Science is focused on the formation, evolution, quality and quantity characteristics, spatial and temporal distribution of resources, as well as its relationship with the human society development, and is the production of combination, mutual infiltration and interdisciplinary development of natural science, social science and engineering technology. Resources science is an interdisciplinary field with the joint of many subjects such as nature, society, technology and management. Now it has formed more than 20 second-rate disciplines. In this report, 4 comprehensive resource disciplines and 4 department resources disciplines were chosen to promote the monographic research. They are resources informatics, resource ecology, resource economics, resources management, water resource, land resource, energy resource and mineral resource, respectively. The new viewpoints, new theories, new methods, new technologies and new findings of resources science are introduced in the report, so as to reflect the present general situation and progress of resources science in the research, teaching, communication, etc., and the major applications and achievements of resources science in the industrial development. The domestic and international development level, strategic needs and research fields, and future direction of resources science are analyzed, respectively, and finally, developmental strategies and solutions are put forward.

6.2 Major achievements in resources science of China

6.2.1 Science of resources ecology

The science of resources ecology is mainly focused on the interaction and

relationship between human beings and resources. By studying resources ecology, the regional and /or global ecological issues aroused from the conflict between the resources exploitation and resources protection are analyzed, and a scientific basis for the rational utilization of natural resources and environmental protection are proposed. Resources ecology has played an important role in ecological engineering, ecological industry, resources development and protection, land improvement, ecological security, “green” transformation and sustainable development. At present, ecosystem services and evaluation, ecological security and ecological compensation have become the hot topics in the research of resources ecology. Based on a review on the domestic status and recent progress of resources ecology in the past 5 years, it is concluded that in order to cope with the challenges of the resource shortage and climate change, China faces three strategic requirements for resources ecology, which include: rational utilization and protection of resources, environmental protection, and implementation of “green” transformation. The applications of resources ecology in the national economy and social development are analyzed from the point of view of the ecological security, “green” transformation, sustainable development and ecological compensation.

For resources ecology, great progress has been made in the ecological security and ecological compensation. Specifically, an ecological compensation system by shifting the regional experiment into the official policy specification has been explained.

In November 2011, the State Council decided to establish the first “comprehensive experimental zone of national ecological protection” in the Three Rivers region of Qinghai, required to establish a standardized long-term mechanism of ecological compensation, and put forward a “two-screen, three-band” security strategy as the main ecological structure. The security strategy was proposed according to the “main function of the national division” issued by the state in 2010.

6.2.2 Resources economics

Resource economics is a comprehensive discipline with reference to the research on the relationship between the economic development and resource exploitation, utilization, protection, distribution and management. It has an

important strategic significance for realization of the sustainable development to strengthen the research of resources economy. Over the past two years, so as to meet the needs of national development, China has made significant progress in the research of domestic resources and resources science. The new demands have been put forward, the abundant research data have been accumulated, and practical experience, research methods and systemic and theoretic preparations for the development of resource economics have been proposed, which has promoted the resources economy research and the development of the resource economics discipline, and has made an important contribution to the national development.

Over the past five years, for the resources economics research, major progress has been achieved in the theories, experiments and methods. For the theoretical research, some progress has been made in the interaction mechanism among the resources, economy and environment, resource tax, resource curse, and renewable resource development, etc. For the empirical research, great progress has been made in the relationship between the natural resources and economic development, assessment of resources security, etc. For the methodology research, the main progress has been made in the cross - applied mode of thinking to guide the optimal allocation of resources, exploring cost and benefit of the development and utilization of natural resources and so on.

6.2.3 Resources informatics

Resources Informatics is a subject with reference to the research on theory and methodology of the natural and social resources information, and it is especially focused on the formation, acquisition, transmission, management, analysis, processing and application of natural resources information. As an important branch of resources science, resources informatics plays a more and more important role in the development of society and economy.

In recent years, for the resources information research, great progress has been made in the acquisition and analysis processing technology of resource information. The access to resources information has become easier by ways of space resource information, aviation resource information, ground positioning observation and comprehensive investigation and so on. The

improvement of the high - resolution satellite data analysis and processing techniques, reconstruction of a long - time series of resources information, and the improvement of land surface modeling and data assimilation technology, etc, has promoted the development of the analysis processing technology.

6.2.4 Resource management science

Due to the conflict between the limited natural resources and increasing demands of mankind, the need of natural resources exploitation and management has been put forward. And a variety of issues caused by the use of resources have promoted the development of the resource management science. The resource management science mainly helps to solute the problems on the resource survey, exploration, development, utilization, protection, distribution.

Over the past five years, for the research on the resources management science, great advance has been made in the integrated resource management, utilization of resource efficiency, property rights, market and price management, management of resource security. In addition, participatory resource management, community resource management, resource adaptive management, process management, coordination management have been further developed.

6.2.5 Water resources science

Water resources are the foundational natural resources, the strategic economic resources, and also an organic part of the comprehensive national strength. At present, water, food and oil have become three strategic resources in China. The water resources science is a new branch science formatted and developed through the human long - term water - related activities, in which major studies are concentrated on formation, transformation, and movement rules of water resources, water resources exploitation, utilization, planning, management, protection, etc. However, with the rapid economic and social development, the contradiction between the water supply and water demand has become sharper, and the water shortage has become a bottleneck to the national economic development. Therefore, the study on water resources has become an important subject for supporting China's sustainable development. For the research of the water

resources science, great advance has been made in the development and utilization of sea ice resources of the Bohai River, key technologies for improving the water quality by the Huaihe River – Shahe River joint operation of water quality and quantity, ecological water standard of China's sub – region, integrated simulation and prediction of the water cycle and its associated process of the Hai River Basin, the simulation control technology and its applications of the water and national economy coupled system.

6.2.6 Land resource science

Land resources science is a new discipline in which land resources are regarded as its research target. Land resources science includes: ①investigation and evaluation of land resources types and characteristics, quantity and quality; ②land resources exploitation and use; ③land resources renovation and transformation; ④conservation and management. In recent years, for the land resources science research, remarkable progress has been made in land evaluation, land consolidation, land use and cover change, sustainable land use, land ecological security and resources security, and optimal allocation of land use. Currently, China's land remediation change from the traditional increase in the cultivated land to the construction of the new countryside and improvement of the capacity of rural development. Especially, a research team led by Liu Yansui have paid deep concern on this field and have made great progress.

6.2.7 Energy resource science

Energy is a material basis of the national economic development and social progress. There is a close correlation between human society progress, development and utilization level of energy resources.

As an important branch of resources science, the research of energy resources is focused on various kinds of energy resources and relevant laws in the exploitation, utilization and management, the relationship between natural, technological and economic characteristics of energy system, and social and economic development. In modern society, the energy demand is more prominent. Energy resources science has become an important subject to guarantee the sustainable social and economic development. For the research on energy resources science, China has achieved a major breakthrough in the “Engineering Technology and Application of West – East

Natural Gas Transmission Project” and “Daqing oil field more than 40 million tons of high water content continued to post stable and efficient exploration and development of technology”.

6.2.8 Mineral resource science

Mineral resources science is a comprehensive science about the relationship between mineral resources, and technical development and utilization, environmental protection and management, human social needs and economic development. The development of mineral resources science involves mineral resources science, mineral resources economics, mineral resources management and mineral resources industrial economics, and now it is mainly focused on the mineral resources industry. Today, scientific prospects, ready exploration, integrated development, mining area, circular economy and green mining town are the interrelated and complementary key points of mining industry.

It is important for us to format and develop the mineral resources industry, so the characteristics of China’s mineral resources should be understood and the relationship of key points be clarified. The development of mineral resources science plays a strategic role. In the period of the “Eleventh Five – Year Plan” (2006 – 2010), for the research on mineral resources science, a series of achievements were made in the land resources management, geological exploration management, mineral resources management, mineral resources economy and mineral environment management. The achievements also include new ideas of economy and management, and new technologies and experiences. In this report, the statistics on the research institutions, universities, societies, state key laboratories and state – level important scientific research achievements in the field of mineral resources were conducted, and the developmental trends and emphases of mineral resources science were projected.

6.3 Trends and outlooks

At present, global resources research enters into a critical phase, of which the object is a comprehensive and integrated study on the earth resources system. In order to achieve the sustainable development, the countries around the world are all concerning on economic and environmental issues of development and utilization of international and national resources.

In future, the countries all over the world will still focus on the strategic demand, and take the key resources such as water resources, land resources, energy resources, mineral resources, etc. as a main object to strengthen the comprehensive study on the regional scientific investigation and resources science, complexity and sustainable development, water and land resources, flow of natural resources and its eco - environment effects, assessment of a trend of the world's natural resources, national security of strategic resources, environmental remediation mechanism in the resources utilization process and development of the waste utilization technology.

7 Instrumentation Science and Technology

The famous scientist Menchiehliehfu had said: The science began from measurement. As a measuring tool in the early time, the instrument has developed as a complete instrumentation subject of science and technology under the course promoted by the modern science and technology and productive force while promoting the science and technology and productive force. As the focus expression of the measurement technology, the positive pole of the instrumentation subject of science and technology is becoming increasingly clear. It is becoming a common knowledge that the instrumentation is “the multiplier” in the industrial production, “the vanguard” in the science research, “the combat effectiveness” in the military, “the physical judger” in the national commercial activities.

According to the international developing trends and national current situation, the instrumentation subject of science and technology is consisted of the industrial automation measurement and control technology, the industrial automation instrument and control system, the scientific measurement and analysis technology, the scientific instruments, the diagnosis and treatment technology of persons and medical instruments, the information metrology and measuring technology, the electric measure instruments, the specific test and measure technologies, the various specific measuring instruments, and the relative sensor, component, material and their technologies.

In recent three years, China has been rapidly advancing in R&D of the

instrumentation subject, which greatly promotes its economic and social development. Particularly, the basic characteristics and technical level of the domestic distributed control system (DCS) with the knowledge property rights have approached the advanced world level. The DCS' domestic market share has reached 30% in the large engineering projects, and DCS has been applied in the large-scale equipments and large engineering projects, such as in the 600 MW extra-critical, 1000 MW super-extra-critical thermal power generators, the oil refining equipment of 5 MT/year and 8 MT/year, the synthetic ammonia equipment of 0.45 MT/year, the urea equipment of 0.8 MT/year, the oxidizing aluminum equipment of 4 MT/year, the 265 m³ firing equipment, the 20000 m³/h gas separating equipment, the 58 m³ PVC aggregation boiler, and the control system of city track traffic. This has become a principle focus on the development for the instrumentation subject of science and technology in China in recent three years.

In this report, the characteristics and trends of the development of science and technology, and the industrialization for the instrumentation subject of science and technology are expounded, the basic situation and gap with the international level of science and technology, and the industrialization for the instrumentation subject of science and technology of China are deeply analyzed, and the recent important progress of science, and the industrialization for the instrumentation subject of science and technology of China are emphatically expressed.

Finally, the proposals of relative measures and policies for developing the instrumentation subject are put forth in this report.

Furthermore, the 7 important domains selected from the instrumentation subject were carefully studied, and 7 relevant research reports on the special topics were made in this report.

8 Standardization Science and Technology

As an emerging discipline, standardization is a crucial subject that concerns the development of China's national economy. New progress has been made in the basic theoretical study on the subject, talents and infrastructure as well as interdisciplinary studies, especially the development

of theoretical construction with the government's motivation and standardization workers' active participation. The theoretical idea of comprehensive standardization and the study on the standards by category for the purpose of establishing standards have been raised in the fifth issue of *Introduction to standardization*. This report indicates that an intensive study mainly on the progress in the basic theories and knowledge system of standardization as well as interdisciplinary study has been conducted. And relevant reports of the studies on different fields of standardization discipline have been made.

8.1 New progress in standardization academic discipline

8.1.1 Progress in basic theoretical study

1. Comprehensive standardization theory

As science and technology become modernized, more and more interdepartmental, interdisciplinary and inter - subject issues emerge. Almost all the modern industrial products or services fall into the same categories, which cannot be specified by one single standard. Therefore, establishing a series of standards comprehensively and systematically to specify the categories becomes a leading method of standardization activities as well as scientific methodology for modern standardization. This report pointed out that the combination of comprehensive standardization and system theory proposed by Li Chuntian has been successfully proved in China, which has made an important contribution to standardization methodology.

The essence of comprehensive standardization is the scientific methodology of standardization, based on systematic theories. Its prominent characteristics are to establish a series of standards and coordinate the overall standards, based on the whole system, and to establish a standards package with full functions as carefully planned and implemented, follow - up examination and feedback adjustment during the course of execution until the realization of pre - determined goals. Therefore, comprehensive standardization is about the Plan - Do - Check - Action (PDCA) full - process for the purpose of settling matters.

The study on Comprehensive Standardization makes the standardization infrastructure move a step further to the conception of establishing Standard Systems Engineering proposed by Qian Xuesen, in which standardization is

raised to a systematic level.

2. Category for the purpose of establishing standards

Standards are categorized into public standards and private standards in the fifth issue of *Introduction to standardization*. The purpose for establishing public standards is to obtain the best public interest while the purpose for establishing private standards is to obtain the maximum organizational interest itself. It is learned from the report that such categorization is fundamental, which reveals the fundamental differences between the two standards as well as the differences in the standards establishment, form, contents, functions and operation means. Then different policies will be adopted to ensure the fairness of public standards and the competition of private standards. It may not only highlight the functions, but also distinguish between the two standards, and public and private interests. To deeply explore the different development laws of the two standards as well as the coordination relations between the public standards and the private standards can provide not only a new approach on how to establish the two standards, but also a theoretical basis for establishing standardization disciplinary infrastructure and legal system.

At present, the Public Management School of Tsinghua University is engaged in the study on the property of public interests and private interests of standards, the relations between the two standards and public management, trying to offer solutions to the design of public policies related to standardization.

3. Study on philosophy of standardization

Standardization and diversification, standardization and orderliness as well as standardization space and other philosophical issues have always been important subjects for standardization workers. Gu Mengjie has proposed a 3W illustration model as per Karl Popper's three worlds theory and conception divergence of terminology standardization. The 3W illustration model could be deemed as the new progress in modern philosophical epistemology. It has been made clear from this exploration that it has special significance and value in the study on standardization philosophy. In addition, the Qian Xuesen's Systems Engineering theory and comparative analysis between orderliness and standardization, from the SCI theory toward the DSC

theory, the environment and internal motive mechanism of practicing standardization and realization of orderliness are deeply explored.

This study also could be deemed as an evolvement process from nature world to human society as well as a philosophical analysis on the past, present and future of standardization activities of human society in both micro and macro levels. In the future more professional talents should be encouraged and motivated to conduct the study on the philosophy of standardization, which will play an active role in the establishment and development of China's standardization academic discipline.

4. Re - interpretation of basic definition and connotation of standardization

Bai Dianyi has proposed that the knowledge system of standardization consists of 6 modules, standardization definition, general knowledge, basic theories, methodology, knowledge of application technology, knowledge in different fields as well as knowledge of special standards. He believes that all knowledge units at different levels in this system will form a relevant knowledge structure; the professional knowledge system of standardization is based on the standardization scientific discipline, on the standard scientific knowledge system, and on selecting it from the scientific knowledge system of standardization as well as the knowledge system of other relevant disciplines and setting it according to society's demands for talents in different fields and job duties.

Mai Lubo has proposed a unique idea on the standardization definition, development stages, theoretical structure and mathematical model of standardization as well as the establishment of basic axiom. He tries to apply the methodology of natural science in the basic theories of standardization, to establish a concept model and mathematical models of standardization, and to establish the standardization axiom, rationale and laws so that the standardization phenomena can be under the control of scientific methods and logic (mathematical) inference.

Affected by the environment of relevant scientific research and academic atmosphere, the developmental goal of establishing a well - recognized knowledge system of standardization as well as a link system between theoretical study and teaching practice will be realized.

5. Systematic and localized interpretation of the rules for compiling standards

In the fields of research and practice of standard compilation rules, Chinese standardization researchers has inherited and transformed the theoretical and practical achievements in the ISO standard compilation and other international standard organizations, and make a deep analysis and systematic interpretation on the rules and methods of the standard compilation. *Guides for the Drafting of Standards* is involved in the independent standards formulation and how to compile standards by adopting international standards, including how to determine standardization objects and select technical factors, text structure of standard as well as compilation details, etc.

Chinese scholars value the correct selection of normative essentials very much on standard compilation rules, reasonable text structure of a standard, clear and accurate statement of standard essentials, articles and contents so as to make standard texts normative, clear, unified and applicable. Compared to ISO/IEC standard compilation rules, Chinese scholars have unique perspectives in systematic interpretation of the theories and special requirements for Chinese words, which plays an active role in establishing standardization academic discipline.

6. Historical study on standardization

The historical study on standardization is both a crucial part of theoretical study on standardization and a basic work for establishing standardization academic discipline. This report conducts deep investigation in the studies on foreign and domestic standardization history, and makes a comprehensive report on the standardization research in remote antiquity and ancient times, the foreign standardization research in modern times and the domestic standardization research in modern times, and the research sequence, characteristics and major viewpoints as well as case studies.

In the period of the “Eleventh Five - Year Plan” (2006 - 2010), supported by the MOST, some researches and reports on the subjects of *China Standardization Developing Strategy* and *Construction of China Standardization System*, and on modern histories of Chinese standardization and foreign standardization have been made. In recent years, the China

National Institute of Standardization has started the research on history of Chinese standardization and made new progress.

8.1.2 Progress in interdisciplinary research findings

1. Introduction of entropy theory to standardization

The entropy theory provides brand new perspectives and solid theoretical basis for standardization studies, which not only further reveals the essence of standards and standardization, but also guides the research of standardization towards the development in more scientific direction. In this research, Wang Jiyun has proposed the conception of standard entropy and standard negative entropy, which further deepens the application of entropy theory in the standardization system.

The standard entropy is defined as a measurement of the degree of standardization system disorder. Compared to the application of entropy theory in thermodynamics, the standard entropy constantly grows in the relatively closed standardization system; the standard entropy also constantly grows in a general standardization system as time passes by, being a positive value until it turns negative as enough negative entropy is input into the standardization system. Guided by the goal of the overall standardization system, applying systematic analysis, it finally and efficiently controls the factors of influencing negative entropy and inputs negative entropy flow into the standardization system, so as to provide an orderly and healthy standardization system.

2. Study on standardization and intellectual property

The intellectual property in standards has become a hot subject in the international academic circles. Corresponding studies have been made in China's standardization circle and law circle.

This study, divided into two parts, introduces new progress in intellectual property policies of standardization organizations as well as patent licensing types in standardization. On the basis of analyzing the intellectual property policies of international, regional and national standardization organizations, this report takes some typical cases for example, such as W3C and VITA, and conducts a comparative analysis on patent policies. Then, it makes an analysis on the effect of patent licensing policies on the standardization process and the reasonable and nondiscriminatory (RAND)

terms of patent policies as well as the existing problems of the principle, which is based on the effect of network economy. It also conducts studies on the meaning, operational mechanism of 4 types of patent licensing models (patent pool license, individual license, free license and open – source license) as well as their pros and cons, and finally an analysis on how to select the patent licensing model in the course of establishing standards.

3. Study on standardization and quality management

The conception, principle and method of standardization are reflected in the quality management especially by maturity and popularity of a general and standard methodology of the quality management as well as the coherence between basic conceptions of the quality management.

The Total Quality Management (TQM), an outstanding performance mode, ISO9000 quality management system and the most influential systematic methodology of 3 applications of the six – sigma management as well as the remarkable progress made in studying and boosting the quality management methodology, were in detail introduced in this report.

The revised version of GB/T 19580 *Criteria for Performance Excellence* formulated by the China National Institute of Standardization will be officially published soon, which provides great motivation to implement a performance excellence mode in business circles. Through over 20 years' practice and joint efforts, there are over 300000 institutions in China that have been certified by the ISO9001 quality management system. In the past few years, the six – sigma management has become a universal management methodology in China and an effective management tool for many enterprises.

4. Study on sampling inspection technology and standardization

The sampling inspection is an important technical support for the quality management work, a part of any quality assurance mode and a crucial part of the quality control system. Two quality assurance modes of sampling inspection as well as new development of the foreign and domestic sampling inspection technology were introduced, and studying sampling inspection technology aims to reflect its features of being economical, scientific, reliable and applicable (operable) was proposed in this report.

China has made much innovative progress in the sampling inspection technology and standards. National and international standards have been

established for supervising sampling inspection. The ISO2859 - 4 *Procedures for Assessment of Declared Quality Levels* issued in 2002 is technically consistent with China GB/T1443—1997. The revision has been made to the national standards by modification adoption of ISO2859 - 4 and adding the sampling plan of the zero declared quality level that ISO2859 - 4 was not included. By now, the proposal from China of making revision to ISO 2859 - 4 standards has been approved by ISO. Yu Zhenfan, Chinese senior engineer, has already started making a revision to the standards. At present, the work is on the CD stage. In addition, China has made innovative progress in the studies on the sampling inspection for the small population and sampling inspection technology with operational characteristics.

8.2 Comparative analysis on the development of foreign and domestic standardization discipline

8.2.1 Comparative analysis on the development of standardization theoretical study

Compared to the course of the theoretical development of domestic and foreign standardization, the systematic methodology has been applied to the theoretical study on standardization in China. The China - featured theoretical system and knowledge system of standardization have been formed with the persistence of comprehensive standardization and combining modularization technology of the modern industry with the conception of standardization. However, along with economy globalization and development of the information, communication and technology (ICT) in 21st century, a new challenge of the China's theoretical study on standardization is actually faced.

China is still weaker in the theoretical study on the ICT standardization, development of the network economy, and special phenomenon in standardization generated from network externality, standardization and industrial innovation as well as design of relevant public policies. Although China has conducted some studies on intellectual property and standardization, it is still far behind the developed countries. China has not formed its own system in the study on the public management, industrial innovation and standardization. The academic exchanges between Chinese standardization circles and foreign colleagues still need to be further strengthened. China still has a long way to go in the theoretical study on

standardization, complying with the fast development of global economy and technology so as to catch up with the USA, Europe and Japan.

8. 2. 2 Comparative analysis on the development of standardization education

Compared to developed countries, China is not backward in standardization education. Some Chinese universities have already made significant progress in standardization education. China Jiliang University has received the 2007 ISO Awards for Higher Education of Standardization for its providing the courses of standardization and quality management, especially the undergraduate course of standardization engineering that China's Ministry of Education officially approved in early 2011.

However, although some Chinese universities have made some progress in standardization education, the progress is still "sporadic" and the courses are still preliminary. China's Ministry of Education has still not made it clear whether standardization is a learning course or not, although a category code (410.50) has been given to "standard science and technology". China really has a long way to go in standardization education.

8. 2. 3 Development trends and prospects of standardization academic discipline

As stated above, some progress has been made in the theoretical study on standardization. As the interdisciplinary study on standardization is rapidly developing these years, more progress is expected to be made in the study on law, economy, public management, business administration and industrial engineering. However, the current international hot topics have played a guiding role in the theoretical study on standardization. Therefore, in the short term, the major progress will still be made in intellectual property, externality of network, public policy and industrial innovation, consortia standards, etc. New progress will also be made in the study on the engineering applicability of standardization with the development of science and technology.

The education and publicity of standardization knowledge have become a common need and trend. It is an urgent task to boost the study on standardization education, strengthen international cooperation and improve standardization teaching. Chinese scholars and education circles are actively

preparing for the study approaches of standardization for a master degree of engineering. If this project is successfully boosted, a significant breakthrough in training the talents majoring in the standardization technology will be made.

It needs the support from the government, standardization institutions and universities, and the academic exchanges with foreign peers. It is believed that, supported by the government and joint efforts of standardization workers and educators, the theory and knowledge system of standardization academic discipline will be further developed to make greater contribution to China's economy.

9 Computer Science and Technology

In the period of the “Twelfth Five – Year Plan”(2011 – 2015), improving the informatization has been listed as an important part. The computer science and technology, as an indispensable component of knowledge economy, serves as a cornerstone of informatization. In the period of the “Eleventh Five – Year Plan” (2006 – 2010), China deployed many significant research programs in the domestic industry and made considerable progress in key technologies and industrialization. Moreover, substantial achievements were also made in advanced sub – disciplines such as high performance computing, next generation Internet, the Internet of Things, software engineering, graphics and image, and artificial intelligence.

The computer system architecture, as a core and fundamental component of the computer science and technology, has played an important role for a long time. In recent years, plenty of key progress and great achievements in this subject have been achieved in core chip, information storage, high performance computing, network technique and the Internet of Things, not only improving the level of theory and technology, but also promoting the development of the computer science and technology discipline. In fact, two petascale supercomputers have been successfully developed through the heterogeneous system technology. Some homemade high – performance computers have been ranked among the top 500 worldwide. Among them, Tianhe I, the supercomputer designed with the homemade Feiteng chip, have

been ranked the No. 1. Besides, great progress in the core electronic devices, high – end general chips, basic software products, mass storage, parallel algorithm, and high – performance computer software have been made. In the computer networking technology, an evolutionary Internet architecture, distinguished from other countries, has been creatively presented. Meanwhile, progress in the router architecture is also impressive, and the research in the reconfigurable router has reached the international level, supported by “A New Generation of High Trusted Network” Program in National “863” High – tech Projects. According to “Sensing China” presented by Premier Wen Jiabao, China’s government officials, academic experts and business entrepreneurs have all agreed to develop the Internet of Things (IOT) technology with proprietary intellectual property rights, and promote the leapfrog development in this field. With challenges in efficient interconnection of the large – scale heterogeneous NE, the efficient utilization in uncertain sensory information and service support in dynamic system, the basic research in three key parts of the IOT architecture has been concluded. The in – depth research on the “data exchange in the large – scale heterogeneous NE” , “effective integration and interactive adaptation in uncertain information,” and “service self – adaptation in the dynamic system” has been made.

In recent years, the research in the computer software and theory has been keeping pace with the international frontier, and gratifying achievements have been made in the database, software engineering, system software, etc. In the database technology, some data management technology leads the world. In the software engineering, the software production tools and integrated environment have witnessed a rapid development. In the system software field, middleware, as a core of the system software technology, together with the other key technology achievements, have been made. In the database, research institutions in China have had a lot of papers on the uncertain data management published on international leading publications and conferences since 2008, which shows that China’s researches in this field always keep up with the latest international development and are recognized by colleagues all around the world. In the software engineering, great achievements in the middleware have been made. Thanks to the efforts of the

China's research institutions and leading software enterprises, the technology in the middleware has been substantially accumulated in China. Technological achievements such as "Orientware" have a good influence on the rest countries in the world.

In recent years, the research of the computer application technology is very active. China has achieved the key technology progress in the subdivision fields and reached the world advanced level. In addition, China has made achievements in the graphics & image processing and analysis, as well as artificial intelligence and machine learning. In the graphics & image processing and analysis, a number of outstanding papers on the computer - aided geometric design, graphics real - time rendering, computer animation, virtual reality, human computer interaction and visualization have been published. Kernel drawing and physical engine systems of virtual reality with proprietary intellectual property rights have been initially completed. Some relevant achievements have been successfully applied in the Olympic opening and closing ceremonies, and the parade simulation and military simulation on the 60th anniversary of the founding of the People's Republic of China, winning the First National Award for Promotion of Science & Technology. In artificial intelligence and machine learning, some Chinese experts and scholars have enjoyed high reputation in this field. Some of them have played a pivotal role in the international academic arena by taking important positions in the leading publications and international conferences. More and more Chinese experts have made reports at important academic conferences, and a lot of papers have been published on the prestigious academic journals. Besides, more and more international conferences in this field will be held in China.

Though significant achievements in theories and applications have been made, the development of the computer science and technology playing a leading role in China's information industry, is still lagging behind the world advanced level. China is lack of the research work of original innovation, and most researches have been limited in the follow - up study mode. Compared with developed countries, China's application ratio of achievements in the core technology is still lower, and China's competence of the information technology industry is also weaker in the international market. In the

valuable research results with proprietary intellectual property rights, China still has a large gap compared with the developed countries in the world, and it results in the fact that the domestic enterprises is vulnerable in an international competence.

In the future, in order to narrow the gap with developed countries, China should make an in - depth theoretic research in this field. At the same time, importance should be attached to core technologies and applications and the research and protection on proprietary intellectual property rights so as to strengthen the competence of domestic information industry. China should develop the basic theory research and the industrialized applications. Only by supporting the development of industrialized applications, can the basic theoretical research produce core technologies. Only by realizing the industrialization application, can the value of the basic theoretical research be reflected, and can the rapid development of this discipline be promoted.

The computer science and technology discipline is needed to make efforts to research the core technologies which are the bottleneck of the information industry development. China should master the core technologies of the integrated circuit and core chip components, large software, high performance computing, broadband wireless mobile communication, next generation network, and improve the overall technology level and the independent development ability. At the same time, China should strengthen the integrated innovation of information technology products, improve the design and development level, and focus on the challenges to develop products of scalability, usability and low cost, so as to cultivate new business and improve the competence of the industry. The discipline development should be demand - oriented. The integrated innovation should be strengthened, key products to support modern services should be developed, and the traditional industry transformation and technological upgrade should be promoted.

10 Science and Technology of Surveying & Mapping

This report briefly presents the latest progress in the contemporary Surveying and Mapping science and technologies of China from digital

surveying and mapping to Informatization Surveying and Mapping, and its merger with Geoinformatics to form Surveying, Mapping and Geoinformatics. It covers five special topic reports on Surveying, Mapping and Geoinformatics datum, acquisition technology, data processing method, service mode and application. The latest progress on the spatial datum construction includes modernization of the surveying and mapping datum, the connection and maintenance between the land and sea spatial datum, the establishment and upgrade of a spatial information framework. The report on the acquisition technology includes progress on the China's "Beidou" positioning system and orbit determination technology, the high resolution stereo mapping "Mapping Satellite - 1" and "Ziyuan III" satellite remote sensing platform construction, digital aerial photogrammetry technology, the UAV aerial remote sensing system, light aircraft large scale topographic mapping technique, airborne laser scanning system, ground mobile mapping system, ground laser scanning system, underwater topographic survey, marine gravity and magnetic survey, marine control survey and coastal topography survey. The progress on the data processing method is mainly manifested in processing of the earth observation data, GNSS data, satellite gravity data and geodetic data processing and analysis, digital mapping, geographic information system technology, photogrammetry and image processing technology based on the grid computing as well as the marine cartography and geographic information engineering. The national geographic information public service platform and its website "Tianditu", the Internet of Things based on the GIS technology, cloud GIS construction as well as their applications and services are described in the service mode report. The application report presents advances of new technologies on the map, atlas, mobile maps and the Internet map, engineering control measurement, high-speed rail and city rail traffic engineering, the engineering safety monitoring, mine (underground engineering) survey, land survey, land utilization dynamic monitoring, real estate survey and its information management.

11 Nonferrous Metallurgical Engineering and Technology

11.1 Recent achievements of nonferrous metallurgical engineering and technology discipline in China

11.1.1 Light metal

1. Alumina metallurgy

In the Year 2011, the alumina production of China reached 34.078 million tons, ranking first in the world for 6 years running. In accordance with the raw material of diasporic bauxite, a set of the alumina production process and system have been developed in China, and all technical indexes of the alumina production have approached to or reached advanced levels of the alumina production by using raw materials of gibbsite bauxite abroad.

2. Aluminum electrometallurgy

The primary aluminum production of China reached 18.0 million tons in the Year 2011, ranking first in the world for 11 years running. Since this century, China has made further progress in the research on the electric, magnetic and force fields of the electrolytic cell, the pre-baked cell technology for scale enlargement has continuously up-graded, a series of design and manufacturing techniques for the large-scale prebaked anode cell with the Chinese brand have been developed, and a 500KA pre-baked anode cell is now under research and development. At the same time, the further advances in the matched large-scale cathode, anode and carbon technologies, auxiliary equipments, automation control and environmental protection technologies have been made correspondingly. Since the latest 2 years, China has had a safe lead in the world in the research of the aluminum electrometallurgical technology and its theories.

3. Magnesium metallurgy

Due to the successful application of the low-cost thermal reduction process - Pidgeon process, in the Year 2010 China's magnesium production reached 654 thousand tons, ranking first in the world for 11 years running. In recent years the rapid development of magnesium metallurgy of China consists mainly in the effective improvement of the Pidgeon production technology, widened applications of magnesium and its alloys, and the

innovation of the magnesium electrolytic technology. A new and more efficient environment – friendly magnesium smelting technology is now under research.

11.1.2 Heavy nonferrous metal

1. Copper metallurgy

For many years, the copper production technology has been rapidly improved, based on the independent research and development in addition to introduction and continuous digestion and innovation of foreign advanced technologies and equipments. Nowadays, most copper metallurgical technologies in the world are applied in China. Since recent years, new copper smelting technologies with China – owned intellectual property rights have been incessantly emerging, mainly in the fields of bath smelting and flash smelting. In recent years, China has been progressing rapidly in the copper heap leaching hydrometallurgy. The copper heap leaching smelter with an annual production of ten thousand tons has been set up, of which the technology has been close to the world advanced level.

2. Lead metallurgy

In the Year 2011, the lead production of China reached 4.648 million tons, ranking first in the world for 10 years running. Since this century, due to the successful development of the new technology of oxygen bottom blown smelting – blast furnace reducing process with independent intellectual property rights and wide spread of its application in addition to introduction of advanced oxygen top blown smelting – the blast furnace reducing technology, the lead smelting technology in China has been significantly improved. In recent years, two new similar and more advanced continuous smelting technologies, the oxygen bottom blown smelting – high lead containing liquid slag bottom blown reducing process and the oxygen bottom blown smelting – high lead containing liquid slag side blown reducing process have been sequentially developed. Great progress in the scale enlargement, mechanization and automation of equipments used for the lead electrolytic refining process have been made.

3. Zinc metallurgy

Since this century, a group of the world advanced technologies with good adaptability of raw materials, energy – saving and less emission effects have

been developed and applied, such as oxygen pressure leaching of high iron containing zinc concentrate; direct leaching of low – grade zinc oxide ore; combined leaching of zinc sulfide concentrate and zinc oxide ore, etc.

4. Nickel and cobalt metallurgy

Jinchuan Company is possessed of an ausmelt furnace, the largest in the world, with a treatment capacity of one million tons copper – nickel sulphide concentrate per year. The various technical and economic indexes have already reached the advanced levels in the world. The laterite ore smelting technology has been studied and many good results have been obtained . China is lack of cobalt resources. Recently, because of the overall improvement of the non – ferrous metal smelting technology in China, the cobalt smelting technology has also been rapidly advancing.

5. Tin, antimony and bismuth metallurgy

Tin, antimony and bismuth are the special metal products in China with leading smelting technologies in the world. In this century, Yunnan Tin Company introduced the Ausmelt furnace process for tin smelting and reformed its original three – stage smelting into a two – stage smelting. In addition, a complete set of Chinese – style tin refining technologies have been developed. Of antimony smelting the unique technology of China has been applied constantly. In accordance with a single antimony ore in the tin mine, the following flow sheet has been developed by China itself: antimony sulfide concentrate directly feeding into the blast furnace, volatile antimony oxide produced by volatile smelting, antimony crude metal obtained through reduction in the reverberatory furnace and, finally, further antimony refining.

Recently, the bismuth hydrometallurgy process with the slurry electrolysis process as its core and low – temperature bismuth concentrate alkaline smelting process have been developed, resolving environmental protection problems caused by the traditional smelting process.

11.1.3 Rare metal

1. Tungsten metallurgy

In recent years, the following new technologies have been developed: atmospheric decomposition of scheelite and mixture of scheelite and wolframite; high concentration ion exchange technology; by means of the

“pseudo ternary phase diagram method” removal of phosphorus, arsenic, silicon and other impurities by adding the inhibitors in the evaporated crystallization process; by using a technical route of the in-situ generating ligand adsorption high efficiency removal of the tin from leaching solution of the high tin containing ore; the industrial manufacturing technology of ultrafine grained cemented carbide – the “purple tungsten in-situ reduction method”.

2. Molybdenum metallurgy

The technology and equipment of the advanced multiple- hearth furnace roasting process of the molybdenum concentrate have been successfully developed and various kinds of ultra-coarse, coarse, medium and fine-grained molybdenum powders and other specifications have been provided to meet the requirements of electronic products.

3. Tantalum and niobium metallurgy

Many new technologies and equipments used for tantalum and niobium hydrometallurgy and pyrometallurgy have been developed. The production efficiency, total decomposition yield of refractory low-grade ore and decomposition efficiencies of tantalum and niobium raw materials have been improved. In addition to significantly increased separation efficiency of impurities from tantalum and niobium, many valuable metals, such as titanium, zirconium, tungsten, etc. can be recovered from the low-grade ore.

4. Metallurgy of rare earths

In accordance with the characteristics of the rare earth resources in China, appropriate technologies of mining, mineral processing and smelting have been developed and a complete rare earth industrial system has been established. China has become the largest rare earth producer in the world. In recent years, attention has been focused mainly on the research and development of high-efficiency green smelting technologies of rare earth minerals. In some studies new technologies were introduced from other fields, such as ionic liquid technology and ionic imprinting technology into separation and purification of rare earths, and good results were achieved.

5. Titanium metallurgy

At present, a relatively perfect industrial system in China has been

formed in the titanium, titanium alloy and its processing steadily, and China has become one of the main titanium producers in the world. In recent years, a set of fluidized bed chlorination production technologies were introduced from abroad and removing vanadium by organic additions and computer – controlled production were performed. The independently developed technology of one – step removing vanadium by the aluminum power is now under industrial trial. The reduction distillation process is close to a world advanced level, and the “upside – shaped U type” 12t furnace is of the largest capacity of a single furnace in the world, of which the production is conducted under computer control.

6. Zirconium and hafnium metallurgy

In recent years, China has made a breakthrough in the zirconium and hafnium smelting technologies. The MIBK – ammonium sulfate (NH_4CNS) extraction separation technology of zirconium and hafnium, and other advanced technologies have been successfully developed.

7. Lithium, rubidium and cesium metallurgy

The newly – developed technologies are: magnesium and lithium separation from high magnesium – lithium ratio salt lake brine; production of lithium carbonate using acidification and washing liquids after boron extraction as raw materials (by independent research and development); concentration of lithium carbonate through steps of storing brine in winter – multi – frozen and evaporation in the sun – precipitation of the lithium salt by temperature accumulation in the salt pan; enrichment and extraction of rubidium and cesium from tailing brine after lithium extraction; extraction of lithium from lithium – mica and preparation of a series of the lithium salts (with the independent intellectual property rights); preparation of the lithium metal by the thermal vacuum reduction in a one – ton scale production, purification of the cesium metal and packaging the device of the cesium bulb.

8. Metallurgy of rare scattered metal

In recent years, the main advancements are as follows: the good extraction results of gallium, indium and thallium were obtained in a sulfuric acid system by extractant of P538 (a single alkyl phosphonic acid) and thereafter these elements were separated from each other by the selected

stripping agents; a new method was developed to determine the solution extraction equilibrium constant by means of the multinomial fitting method; the extraction thermodynamic behaviors of rhenium in the hydrochloric acid and sulfuric acid systems were studied respectively, and the standard extraction equilibrium constant of rhenium in the ion - association system was firstly determined, which laid a theoretical foundation for industrial extraction and separation of molybdenum and rhenium; the dense - moving bed chelating resin adsorption method with a set of technique support was developed and the gallium metal extraction was performed from mother liquor of Bayer seed precipitation, which was applied in the large - scale industrial production; studies on extraction and separation technologies of indium, rhenium and germanium by the resin adsorption method were also made; In addition, vacuum metallurgical technologies of recovering germanium and indium from zinc distillation residue and recovering of selenium from copper anode slime were developed; for concentration of rare scattered metals during zinc hydrometallurgy, indium enrichment technology of iron - vanadium slag of jarosite process was improved and the study on the separation technology of rare scattered metals before removing iron in the goethite process was made; for extraction of germanium from germanium containing coal, technologies of high temperature coal dry distillation followed by germanium reduction volatilization and the bacterial leaching extraction technology of germanium were studied successfully.

11.1.4 Precious metal

1. Gold and silver metallurgy

The gold extraction technologies from the gold ore includes: development and application of the high - efficiency oxygen - rich leaching process (CILO) and the enhanced technology of multi - step pressure leaching cyanidation process with related equipments to realize large - scale heap leaching; research and application of gold extraction technologies from the leaching solution, such as, a new type of the resin ion method, acidification precipitation - the neutralization method, membrane method, ion exchange method, etc.

Technologies for utilization of refractory ore include: domestically developed BGRIMM - DN150 type fluidized roasting devices have been used in

production; studies on new pollution - free technologies, such as, cycling fluidized roaster, flash roasting and oxygen (oxygen - rich)roasting, etc. and microwave roasting new technique have also made; some thermal pressure oxidation technologies, such as, alkaline thermal pressure oxidation - fast cyanidation in autoclave, thermal pressure catalysis oxidation pretreatment - cyanidation and thermal pressure oxidation pretreatment, etc. , have been applied in the domestic mines; biological and chemical oxidation processes for exploitation of refractory ore have been successfully applied with some innovative results.

For the recovery of gold and silver from secondary resources hydrometallurgical process are mainly applied. In some case, the pyrometallurgical process is also used. The recycling technology has been upgraded constantly.

2. Metallurgy of platinum group metal

For the platinum - rich ore in Jinchuan nickel mine the gravity - flotation process was applied, and Outokumpu technology was introduced and innovated. The applied researches on new flotation reagents and cyclone static micro - bubble flotation column have been conducted to make production indexes reaching an advanced level in the world. The research on full extraction technology has been conducted in Jinchuan Company and the technology has been applied in production, which greatly enhanced the separation capability of precious metals from base metals.

3. Refining of platinum group metal

The traditional precipitation - dissolution separation and purification process has been gradually replaced by the solvent extraction separation process.

11.2 Comparative study on development of nonferrous metallurgical engineering and technology discipline between China and abroad

In general, the nonferrous metallurgical engineering and technology in China has reached the world advanced level. In some fields it is in the world lead, but in some other fields it still lags behind the world advanced level.

11.2.1 Metallurgy of light metal

1. Alumina production technology

As a whole, China's Alumina production technology has reached the

world advanced level. A set of technologies and equipment system using diasporic bauxite as a raw material to produce alumina have been established, which is unique and takes the lead in the world.

2. Aluminum electrometallurgical technology

As a whole, China's aluminum electrometallurgical technology takes the world lead. China is the only country in the world using the advanced pre-baked cell technology in the whole domestic aluminum industry. In the Year 2012, all small pre-baked cells less than 160KA in China are the first in the world to be phased out of production. The energy-saving technology of aluminum electrolysis in China is leading in the world. In the Year 2009, the integrated AC power consumption of the aluminum electrolytic production in China reached 14,171kW·h/t aluminum on an average, which far exceeded the requirement set by the International Aluminum Association to reach 14,600kW·h/t aluminum by the Year 2010. However, in comparison with the world advanced same trades, there are still some deficiencies and gaps in the Chinese aluminum electrolytic industry. For example, the designed cell current density, current efficiency of electrolysis and rectification efficiency of current transmission are still lower than those of the world advanced level. The qualities of cell lining and anode and cathode materials are unstable, the auxiliary production facilities are not perfect, and the recycling of aluminum is at low stage, etc.

3. Pidgeon technology

In China's magnesium metallurgical engineering and technology, Pidgeon technology is of the world leading level, but its environmental protection and equipment automatization are still needed to be improved. The magnesium electrolytic technology as well as the exploitation and utilization of salt lake magnesium resources lag behind those of the world advanced level, especially, the later.

11.2.2 Heavy nonferrous metallurgy

1. Copper metallurgical technology

As a whole, China's copper metallurgical technology is of the world advanced level, but its development is uneven in the whole country. The main problems are as follows: Firstly, some small and middle scale enterprises still use the traditional techniques and equipments with high

energy consumption and high pollution. Secondly, the heap leaching technology in China still far lags behind that in the world advanced countries. Thirdly, the advanced technologies and equipments already put into production have still to be further improved. Finally, some problems are to be resolved, such as recycling and application of low concentration sulfur dioxide, further energy – saving and reduction of energy consumption in the production, and so on.

2. Lead smelting technology

China's lead smelting technology has reached the world advanced level. Some parts of techniques are even in the world lead.

3. Zinc smelting technology

China's zinc smelting technology is basically of the world advanced level.

4. Smelting technologies of nickel, cobalt, tin, antimony, bismuth and others

China's smelting technologies of nickel, cobalt, tin, antimony, bismuth and others have basically reached the world advanced level. The advanced and high – efficiency combined furnace for nickel smelting was independently developed in China being of the world leading level. China's tin, antimony and bismuth industries are possessed of rich resources advantages. Their technologies of production have constantly been in the world advanced level.

11.2.3 Metallurgy of rare metal

Almost all kinds of rare metal products can be provided in China, of which the productions rank at the top in the world. China is rich in the resources of following metals: tungsten, molybdenum, rare earths, titanium, indium, etc, of which smelting technologies are of the world advanced or leading level. Metallurgical technologies of other rare metals, such as silicon, lithium, rubidium, cesium, zirconium, hafnium, tantalum, niobium, gallium, etc, have also reached the world advanced level, basically.

11.2.4 Metallurgy of precious metal

The metallurgical technology of the precious metal in China is of the world advanced level. The recovery technology of the platinum group metal from Jinchuan mine has been continuously improved. Some unique technologies have been developed in China. As a whole, recycling and separation techniques in China have reached the world advanced level.

11.2.5 Secondary recycling of nonferrous metals

A breakthrough has been made in recycling technologies of highly dispersed rare metal and precious metal from used electrical components. The recycling amount has been greatly increased. As a whole, recycling technologies of secondary metals in China still lag behind the world advanced level to some extent.

11.3 Main goals and projects of future development of nonferrous metallurgical engineering and technology discipline in China

In the period of the “Twelfth Five – Year Planning”, emphasis of the non – ferrous metallurgical engineering and technology discipline was put on the following aspects:

1. Metallurgy of light metal

The research on metallurgy of light metal includes: new low – cost high – efficiency technology to produce alumina by low – grade bauxite and adjustment of alumina industrial and product structures by improving its technology; promotion of wide application of new high – efficiency and energy – saving aluminum electrolytic technologies, such as, shaped cathode and drained cell, etc. and new types of anode structure and energy – saving cell of aluminum electrolysis; comprehensive recycling of red mud and cell solid waste and their pollution – free disposal; new technique, technology and equipments of energy – saving green magnesium smelting; magnesium application by breaking through some key obstructs.

2. Heavy nonferrous metallurgy

The research on heavy nonferrous metallurgy includes: promotion of wide application of already developed bottom – blown and other new high – efficiency and energy – saving green technologies; short route new technology; pollution – free treatment and comprehensive utilization of waste water and slag of heavy nonferrous metal smelting; technology of recycling and usage of low concentration sulfur dioxide; heavy nonferrous metal products and their applications.

3. Metallurgy of rare metal and precious metal

The research on metallurgy of rare metal and precious metal includes: comprehensive recycling technologies of low – grade refractory complex ores; new high – efficiency, energy – saving green metallurgical techniques,

technologies and equipments; new techniques and products of rare metal and precious metal applied in the high - technical field; new recycling and applied techniques and technologies of secondary resources.

12 Material Corrosion Science

The subject of corrosion and protection , which is subordinated to manufacturing industry, plays an important role in national economy and national defense. This newer and complex subject has the characteristics of trans - regional, inter - trade and cross - department, and involves the development of various industries in a country. Recently, more and more papers from China have been published in the field of corrosion science with high quality (indexed by SCI), and the total ranked second in the world, indicating that this subject in China has entered a new era and will contribute much to the development of corrosion science in the world. A large number of new corrosion resistant materials, corrosion inhibitors, various coatings and electrochemical protection techniques have been developed, which promote the development of corrosion science both in China and in the world. In addition to solve the corrosion problem in various industries, corrosion engineering has developed into a significant industry.

For the past decades, great achievements have been made in this field, including the accumulation of corrosion data and corrosion principles of various materials in specific environments, and the development of experimental methodology, which have been applied in major state construction projects, such as west to east natural gas transmission project, Qinghai - Tibet Railway, South - to - North Water Diversion, High - Speed Railways, Sea - crossing Bridges, Large Aircraft Engineering, Ocean Exploitation, infrastructure and environmental protection. Also, many new corrosion protection techniques have been used to improve the quality of military equipments in China.

But it must be realized that compared with developed countries, China still have a long way to go in corrosion and protection field. Firstly, China lacks the leading research direction or leading original theories in corrosion fundamentals; secondly, the shortage of innovation protection technology

lead to a large amount importation of high corrosion resistance materials and corrosion research equipments; at last, the construction of standards system related to corrosion and protection technique need to be strengthened. All the above indicate that the general comprehension of corrosion and protection technology is still need to enhance.

For corrosion science, more attention has been paid to the service safety and service life of equipments or components, because corrosion affects material performances in service environments. Corrosion mechanism and materials behavior in the service environment should be understood from multiple scales (i. e. nano - scale to the component scale) and time scales (from microsecond to year). The effects of single factor and the cooperation effects of multi - factors on corrosion behaviors of materials should be also considered. The followings are noteworthy.

(1) To develop various testing methods, investigate the corrosion behavior and mechanism, and develop kinetic and *in situ* observation techniques. Research on nonlinear processes is the key to reach the goal.

(2) For corrosion mechanism, it is ongoing that atomistic - scale understanding of the effect of various specific chemical species on the initiation of corrosion. For example, the effect of ions on the processes such as pitting or cracking are still needed to understand at atomic scale; For nanoscale material applications, new fundamental understanding of surface and electrochemical phenomena at nanometer and sub - nanometer scales may be required, which will greatly affect the development of nanoelectrochemistry.

(3) Research on localized corrosion is still another important issue in the future. The key to such issue is to understand the chemical/electrochemical reactions at occluded sites (e. g. , pits, crevices, cracks, and delaminated sites under blisters in coatings).

(4) Effects of stress and strain on the corrosion initiation and propagation should be focused on in the future.

(5) With the successive research on natural environmental corrosion, a relative corrosion model should be developed and be improved gradually with the aid of computer simulation and experimental or field data. This will be a direction of natural environmental corrosion for metals.

(6) With the development of functional materials, ceramics materials, polymer materials and composite materials, especially the biomedical materials, data collection, experimental research and simulation on the corrosion failure of these new materials will be an important issue. Specially, understanding of the corrosion and failure mechanism of biomedical materials in various environments is now still limited. Therefore, this is an indispensable and important problem of corrosion science to be solved.

(7) Today, natural environments are changing gradually, as well as artificial environments. For example, more and more components or equipments will work in the space, deep sea, heat and wet marine, high - cold land and new industrial environment with strong acid, strong alkali, concentrated salts, high - temperature - high - pressure and microbes. It is necessary to understand the corrosion behavior of the materials in such environments, and build up a corresponding accelerated testing method, which can give an accurate safety evaluation and lifetime assessment of components in service environments. This is an important problem of corrosion science to be carefully studied for a long time.

13 Fishery Science

13.1 Introduction

From 2009 to 2011, China has experienced a transitional period from the “Eleventh Five - Year Plan” (2006 - 2010) to the “Twelfth Five - Year Plan” (2011 - 2015). Fishery has contributed significantly to China’s development. In 2010, the total output of aquatic products reached 53.73 million tons, being the first in terms of output in the world for 21 years running. The export of aquatic products reached 13,830 million yuan. Also in this year, the average aquatic product increased to 40 kg per capita, and the net income rose to 8,963 yuan per fisherman.

Along with the continuous development in fishery, infrastructures for aquaculture have been improved, and scientific and technical services have greatly contributed to the development of the aquaculture industry. The ideas of health management have been widely accepted and applied in the industry. Standardized practices for the culture of various species have been developing

rapidly. A large number of ponds for aquaculture have been upgraded, with construction of the drainage system and manipulation of the water quality. A much more sustainable status has been achieved in the aquaculture industry. In this report, major achievements are outlined in relation to the scientific and technical development in fishery in the period from 2009 to 2011.

13.2 Major achievements

13.2.1 Industrial fish culture system

Energy saving and emission reduction, as well as food safety of aquatic products have become the public concern in the society. An industrial, controlled culture system for fish production has been developed. The system contains various infrastructures, and is equipped with the standard digital information system. The system has several advantages: low energy consumption, low emissions and low pollution. In particular, the industrial culture system for flatfish has been well established and used practically, which increases the density, survivorship, output, but reduce the culture time – span, water consumption and pollution.

13.2.2 Rapid development in breeding new varieties

More than 200 species are cultured in aquaculture in China, but selected varieties with fine culture traits only accounted for 25%–30% of the seedlings cultured in the whole country. Notably, Chinese prawn seed system has been well developed, with two varieties selected and cultured widely in the Bohai Sea. A platform, containing software, selection technique for multiple culture traits, research centres and breeding farms have been set up as a result of Chinese prawn breeding selection project, which may have a wide implication in aquaculture.

13.2.3 Nutrient requirements and protein sources for some important cultured species

A great deal of efforts, such as man power and finance, have been placed upon the understanding of nutrient requirements of some important species in aquaculture industry in China, and upon exploitation of protein sources for the aquaculture feed industry. The database containing nutrient requirements for a series of species have been developed. On the other hand, new sources of animal and vegetative proteins have been exploited continuously, with the replacement of the fish meal becoming a direction not just for research but for

practical use as well. The technology involved in the production of new protein sources has become very much applicable.

13.2.4 Etiological research and standardization of disease control

Many efforts have been devoted to understanding pathogens of various diseases, including parasites, viruses and bacteria, and pathogenicity and transmission of some diseases are well investigated. Immune controls for some viral and bacterial diseases have been achieved at least in the local fish farms. Regarding the chemical and / or medical treatment of fish diseases, standard protocols have been formalized in relation to the use of various medicines, and to the development of treating measures. Pharmacodynamics, toxicity, efficacy of some chemicals and / or medicines are elucidated, with the formation of guidelines for the use of aquatic medication.

13.2.5 Conservation and exploitation of fishery resources

Focused on ecological and fishery resource protection in the sea, fishing tools, including trawling and trapping nets, have been recently modified, with the establishment of a few national and industrial standards. However, the pelagic fishing industry has increased, with the exploitation of the southeast, north and west Pacific. The squid and tuna fishing together with other major pelagic species has been well manipulated simultaneously with the knowledge of fishing season and ground. A fleet for fishing Antarctic krill has been well established, indicating the worldwide capacity of pelagic fishing.

13.2.6 Database for sugar of marine sources

Techniques in separating polysaccharides have been well established from marine sources, and degradation of oligosaccharides has been also achieved. Protocols to illustrate the sequence and structure of these poly - and oligo - saccharides are fully developed, providing a basis for the possible development of potential medicines.

13.2.7 Aquatic biotechnology

The major achievements in aquatic biotechnology are related with the establishment of a large number of cell lines deprived from various fish species. Importantly, genomes of an oyster, a tongue sole, common carp, a larger croaker, a grouper, have been sequenced and are partially available to the public. In addition, efforts are made to sequence grass carp, silver and

bighead carp.

13.2.8 Role of information technology in forecasting marine fishery resources

A package of software has been successfully invented by using the remote sensing and 3 - D models to forecast the fishing season and fishing ground for squid, tuna, mackerel, which has made the enhancement of fishing capacity in the three oceans possible and has resulted in a marked increase in marine fishing products and profits.

13.3 Prospects of fishery science

Breeding new varieties of cultured species, health management, and intensive, ecological as well as low - carbon aquaculture may be considered as the direction for the sustainable development of the aquaculture industry. In regard to new varieties, focuses should be placed on multiple traits, rather than a single trait. Genetic and biotechnological techniques should be combined to improve the growth, flesh quality, favour, and disease resistance. Infrastructures for aquaculture should be standardized, and aquaculture practices including nutrient requirement, disease control, water quality control, etc. should all be quantized precisely, with the application of modern biological and technological knowledge.

14 Horticultural Science

Horticultural crops contain fruit trees, vegetable crops and ornamental plants. Horticultural science belongs to the applied basic and applied science based on the agricultural biology that is a science on exploring the growth and development of horticultural crops as its major theoretical basis, and at the same time it is also a comprehensive science on the applied technology and the principle of origin and classification, germ - plasma, genetics and breeding, cultivation techniques, disease and insect pest control and postharvest technology, storage and fresh - keeping of horticultural crops, etc. It is involved in the basic research theory, original innovation, and development and utilization of applied technologies.

China is a big country in the horticultural production. The China's cultivation field and total production of vegetable crops, fruit trees and

ornamental plants have been ranked the first in the world. In 2010, the total sown area of vegetables, orchard and floral crops reached 33 million hectares. The overall level of the horticultural industry is gradually increasing and has played an important role in increasing farmer's income and improving the living standard of the people. There is a sufficient supply of the horticultural product with diversified varieties and high quality.

In the past two years, the central government and the governments at different levels have paid much attention to the horticultural science research. The basic research and applied research of horticultural crops have been listed as one of the “973”, “863” “National Support” programs. 10 horticultural crops were included in the “Modern Agricultural Industry System”. In 2011, the Ministry of Agriculture set up 600 standard production gardens of horticultural crops including 75 orchards, 500 vegetable gardens (contain edible fungi, water melon and melon) and 25 tea gardens; and 13 ministerial key laboratories and 20 scientific workstations related to horticultural crops were newly approved by the Ministry of Agriculture. The new measures taken by the central government have provided a broad platform for the horticultural crop research and development .

In recent years, a series of new progress and important achievements have been made in the horticultural science; in 2009, *Nature Genetics* published the important article of the first vegetable crop— cucumber genome sequencing and its analysis on line. This was first phase significant achievements obtained in the international cucumber genome sequencing program initiated and coordinated by Chinese scientists. In 2011, the whole genome sequencing of the Chinese cabbage, cabbage, potato etc. , was completed, the fine mapping of these crops was drawn, and genome wide gene encoding was positioned in chromosome by the international cooperative consortium initiated by the Institute of Vegetables and Flowers, Oil - bearing Crop Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences and Shenzhen Huada Gene Institute with the participation of China, UK, South Korea, Canada, US, France Australia and so on, that provided convenience for cloning of the genes with the important economic characteristics, that played an important part in the variety development; some academic papers were already published in *Nature* and *Nature Genetics*; exploration,

documentation and evaluation of peach, vegetatively propagated vegetables and rare ornamental plants have been initiated and related germ – plasma nurseries and databases have been established; more than 200 superior varieties have been developed; 7 second prizes for National Scientific and Technical Achievement Awards were obtained; the cluster analysis of genetic diversity of major horticultural crops has been conducted; the research on using new shoot cuttings of fruit trees and new macro – grafting technique have been carried out and these techniques have been used in propagation of good fruit tree cultivars; the propagation capacity of seeds, seedlings and bulbs of floral crops has been strengthened to have got rid of import; the research on stress tolerance culture of the fruit trees and post – harvest treatment and processing technology of important horticultural crops has been further enhanced; the modern biotechnology has been used in germ – plasma evaluation, breeding and IPM and initial achievements have been made.

The existing problems of the horticultural industry include that: ① The total production can meet the needs of consumption however the quality and per unit yield still need to be improved; ② The small scale production cannot comply with the large scale commercial production and market; ③ The research subjects in horticultural science are dispersed, so original creation capability of science and technology requires to be further strengthened, particularly in the field of the new variety development and extension. Some of foreign cultivars of ornamental plants and fruit trees are superior. The horticultural industry in China is facing a fierce competition with the transnational corporations. In the future, the objective of horticultural science is “strengthening scientific and technical creation and improving the industry”. In the horticultural science, less importance to the research of the fruit tree germ – plasma is attached and the conventional breeding has been all the time used at a low level of orchard mechanization and standardization. The ornamental science lacks originated achievements in its research due to a low usage of genetic resources. The genetic background of vegetable crops is becoming narrower and narrower, in comparison with the advanced countries, and the per unit yield is still low due to the humble production facilities and continuous cropping obstacles. Meanwhile, there exists still a hidden danger in product safety.

In the future, collection, enhancement of elite germ – plasma should be further strengthened; the high efficient breeding technology system through the combining biotechnology such as cell engineering, molecular marker – assisted breeding with conventional breeding should be established; the research on the breeding material enhancement, gene mapping by the molecular marker technique and marker – assisted breeding should be made; the productivity using environment – controlled horticulture by regulating cultivation environment and its utilization efficiency should be improved; IPM should be explored; The postharvest treatment and deep processing technology focused on the cold chain should be developed; and the construction of ecological gardening, etc. should be paid attention to.

15 Crop Science

15.1 Introduction

Crop science is one of the core subjects of agricultural science. Its secondary disciplines include crop genetics and breeding, crop cultivation and cropping system. Crop science is focused on the high yield, good quality, high efficiency, ecological and safe production. In the past two years, China has carried out many major crop research projects, such as the transgenic special, national science and technology project for good harvest, high yield creation and so on. They have boosted the innovation, development of crop science and significantly increased the level of technology and theory of the crop subject, and played a crucial role in the high yield. From 2010 to 2011, 4 first prizes of state scientific and technological progress and 8 second – class prizes of state scientific and technological progress were gained in the crop science. Meanwhile, many provincial and ministerial awards were also gained.

Meanwhile, between 2010 and 2011, China made a breakthrough in the crop breeding and planting, and achieved good economic and social benefits.

15.2 Progress in the research on crop breeding

Through the interaction, exchange and integration among the related subjects, a variety of modern biological breeding technologies are developing rapidly and China has made great achievements in the new crop varieties

breeding, genetic theory and breeding technique and so on, which provides a support for the development of the crop breeding industry and promotes progress of the agricultural science and technology. In the face of the new challenges of biological seed industry, many new selected varieties play a significant role in the crop production. The new species based on a character improvement are springing up. China crop breeding has made a new breakthrough in the heterosis use of technologies, crop cell engineering breeding technique, crop molecular marker breeding technique and transgenesis breeding technique. The gap between China and developed countries in the new technology of the biological breeding is narrowing gradually. The biological breeding technology has become a primary approach to increase the yield and quality.

15.3 Rapid development of crop cultivation subject

From 2010 to 2011, in order to meet the technological demands of the increasing grain yield, China carried out the research on the crop high production, benefits and modern technologies, and made remarkable achievements. Additionally, great achievements are made in the super high – yielding cultivation, mechanized cultivation, high efficient utilization of resources and adverse resistance cultivation, and models of the super – high yield with the local record broken came forth.

China's "Science and Technology Project for Food Production" has promoted the grain production. China will further tap the potentials of the grain production concentrated on the energy – efficient of crop resources, greatly improving the resource utilization and anniversary yield of the crop.

As the research on the growing process, population dynamic index, exact quantitative cultivation technique is progressing, China promote the quantification and precise of scheme design of cultivation and growth trends diagnosis.

15.4 Comparison of domestic and overseas studies

Compared with the European and North American countries, China is a country of the low average farmland and limited farmland reserve. Increasing per unit yield is an inevitable choice to resolve the contradiction between the people and land.

There is an obvious gap between China and some developed countries in

the crop breeding research field. First, China has fewer genes with our independent intellectual rights than the developed countries. Secondly, China lack innovations of the crop breeding technique. Third, the breeding objective can't meet the various demands of the market, and China's crop breeding is only based on developing high - yield cultivars. Fourth, China is still short of the companies that have an international competition ability.

Recently, China has got a quick development in the crop cultivation technique, but is still left far behind the developed countries such as European countries and America in mechanization and standardization, because their mechanization and standardization are based on information, quantification, large - scale, intensive cultivation, facility agriculture cultivation, application of chemical regulator and techniques extension service system.

Thus, for the crop subject, China has great potentials and broad prospects to narrow the gap between China and some developed countries in the crop breeding subject and crop cultivation subject. China should strengthen and expand the research team and improve the level of the scientific research. China should use the research methods in the advanced countries in the crop breeding subject to improve its level of the scientific research. In the crop cultivation subject, China should enhance the technical reserve and condense technological feats, and strengthen the technical extension system. In the crop subject, China should keep up with the developed countries in the field of the world crop science to play a more important role in the national food security.

15.5 Trends and prospects in crop science

The molecular breeding of the crop should be based on satisfying the country's food security and agricultural sustainable development, full use of the broad gene resources of the crop should be made, and attention on the basic research of gene resources of the crop and the heredity of important characters formation and basic theoretical research should be focused so as to realize a breakthrough on the molecular breeding of the crop. Only by integrating science and technology resources, can China carry out a large - scale discovery of the new genes and only by using an original innovation of the molecular breeding technology, can China build up a crop molecular

breeding system. China will make a breakthrough on the creating material, variety breeding and industrialization facilitating the increasing improvement of the molecular breeding technique and industry.

To meet the needs of a sustainable growth of quality and safe agricultural products, and the needs of environmental improvement, China must insist on the principle of the “high yield, high quality, high efficiency, ecology, security” in the crop cultivation subject. In addition, China must devote major efforts to developing the modern technologies of agricultural production so as to improve the research level in the crop cultivation subject.

16 TCM and Chinese Materia Medica

Traditional Chinese medicine (TCM) is one of the important supports for China's health care system, and plays a very important role in the maintenance of the national health service. TCM, as one of China's medical characteristics and important medical and health resources, manifests important features in the medical and health enterprise in China and has significant advantages. Since the Chinese Communist Party's 17th congress, along with the in - depth implementation of concepts both of scientific development and of improving people's livelihood, more attention to the TCM enterprise has been paid. The policy, “opinions on supporting and promoting the development of traditional Chinese medicine enterprise by the State Council” and “opinions on further emphasis on the important role of traditional Chinese medicine during the job of deepening medical and health structural reforms”, has provided a guarantee for the comprehensive, coordinated and sustainable development of the TCM enterprise, and has laid the foundation for making a comprehensive plan on how to give full play to the role of the traditional Chinese medicine in the five - focus job of deepening medical reforms. Since the national “Eleventh Five - Year Plan” period (2006—2010), the state increased the investment in TCM, and the value of TCM were further recognized.

In recent years, taking both enhancement of characteristics and advantages, and strengthening of inheritance and innovation of TCM as a main line, taking the capabilities of improving disease prevention and

treatment as a center, and taking the innovative culture of excellent academicians as a focal point of efforts, TCM disciplines have been given full play so as to improve their service abilities of the scientific and technological support of TCM in meeting the social needs, such as in the clinical development, in economic construction and in other aspects, comprehensively pushing forward the rapid development of the traditional Chinese medicine disciplines.

In the period of the national “Eleventh Five – Year Plan” (2006 – 2010), the following achievements were made: ① The ideas and experiences of 210 famous and senior academic medical experts of TCM were systematically collected; ② The academic experiences of a group of senior TCM experts and national medical experts were effectively inherited; ③ The work of digitally collection and protection of the ancient Chinese medicine literature and other national medicine literature progressed steadily; ④ 16 TCM clinical research bases were launched, invested and constructed by the central government, which promoted construction of a large number of TCM clinical research bases, research departments and laboratories throughout the country, and enhanced the research and innovation capacity in TCM; ⑤ 93 key construction points of TCM disciplines were built up and approved; ⑥ 323 key construction points of TCM disciplines were under reconstruction; ⑦ Nearly 50 key TCM laboratories against infectious diseases were set up; ⑧ Comprehensive measures to strengthen the TCM management and protection were taken; ⑨ The technological transformation and equipment renewal, as well as the pace of reconstruction and construction of GMP (good manufacturing practice) in the TCM industry were accelerated; ⑩ The fourth national census of traditional Chinese medicine resources were carried out.

The progress in TCM disciplines includes: ① The construction of TCM disciplines were continuously improved, the discipline organizations and personnel training were steadily strengthened, and the TCM cause was advancing rapidly according to the state’s needs; ② Lots of fruitful research results were achieved ; ③ The ability of prevention and treatment of infectious diseases by means of traditional Chinese medicine was greatly enhanced; ④ The TCM cultural development was continuously deepened; ⑤ The work of standardization and information technology in traditional

Chinese medicine solidly progressed; ⑥ The exchanges and cooperation in TCM between China and other countries were increasingly strengthened; ⑦ A few outstanding achievements in traditional Chinese medicine: a. “Tu Yo - yo” was rewarded by Lasker Reward (for her invention of an anti - malarial drug, namely, artemisinin); b. “Danshen Pill”, a traditional Chinese medicine, was through the clinical trial Stage II in FDA, U. S. A. (a clinical trial done in 15 clinical centers in New York City, Florida, California, and other places in the United States of America, in full and strict accordance with the international GCP (good clinical practice) standards of clinical trials; c. The therapeutic effect of TCM decoction in treating Type - A influenza were recognized and favorably received by the international community. The paper for this study has become the first academic paper in the Mainland of China, which was published in one of the SCI journals, with the method of randomized controlled trials for evaluation of the decoction of traditional Chinese medicine in treating Type - A influenza.

In recent years, great progress has been made in the TCM discipline, but there have been many problems to be resolved. The main problems in the development of the TCM discipline are: ① The weaker foundation has restricted the development in TCM, so the state should increase investment in TCM to promote its development, and only under a stronger policy support, can the problems be fully and continuously resolved; ② The characteristics and advantages of TCM are not given full play, which also restrains a clinical contribution of TCM, therefore, the service fields of TCM is needed to be further expanded; ③ As a whole, little progress has been made in the inheritance and innovation of TCM, so much of an effort is needed to be made in the work.

Currently, according to the planning of development of traditional Chinese medicine enterprise in the period of the national “Twelfth Five - Year Plan”(2011 - 2015), the strategic goals of the TCM discipline are, based on the systematic collection and interpretation of research fruits and unified terminology of TCM, to sum up the results of the modern research, to obtain innovation, development, research of TCM, and to create new doctrines in the thinking mode, physiology of Zang and Fu organs, etiology and pathogenesis, syndrome differentiation and therapeutic methods, herbal

theories, prescription compatibility, effect principle of both TCM and acupuncture, as well as the effective modern principles of other non – drug therapy; to clarify the scientific meaning of the TCM theory; to form a theoretical system from phenomenon description to nature clarification of TCM; and to provide a new theoretical guidance for the clinic experience and clinical research of TCM.

17 Biomedical Engineering

Biomedical engineering is a multidisciplinary and trans – disciplinary field of science and technology. At present, it remains a second – class discipline which does not have a standardized subject classification. Biomedical engineering is divided into four categories.

(1) On the basis of electronics, electrical engineering and information science, observation and identification of tissue, organ structure and system functions are taken as a target. In this sense, medical imaging, medical information technology, medical digital and neural engineering, etc. belong to this category.

(2) On the basis of biomaterials and biomechanics, and with the biotechnology, structural and functional relationship could be understood, and the injury could be repaired. In this sense, functional reconstruction, such as artificial organs, tissue engineering (regenerative medical engineering), interventional medical engineering, rehabilitation engineering, etc. belong to this category.

(3) On basis on the biochemistry and biological technology, the subtle changes of human body could be monitored. In this sense, biosensors, etc. belong to this category.

(4) On basis on physical biological effects, and with the system engineering principle and method, the specific medical/health objective is realized. In this sense, radiation medical engineering, ultrasound medical engineering, laser medical engineering, etc. belong to this category.

Despite it is not a standard classification of the second – class biomedical engineering disciplines, it proposes a clear field division and provides a crude and relatively standard frame. The following is a statement of major advances

in recent years, and highlights the intrinsic characteristics of biomedical engineering.

In medical imaging, Prof. Dong Xiuzhen and her colleagues from the Fourth Military Medical University have made a breakthrough in the body tissue electrical characteristics for surface detection and real-time image reconstruction of electrical impedance of two key technologies. She successfully developed a bioelectrical impedance tomography (ETI) system, which is the first in the world to realize dynamic image monitoring beside the bed. Brain hemorrhage monitoring sensitivity: 0.2 ml; abdominal bleeding monitoring sensitivity: 20 ml (kidney, bladder etc.)~50 ml (liver, spleen, etc.). Clinical trials (n=87) showed that it can forecast cerebral hernia 40~45 minutes before the symptoms appear. It is a reliable early warning in disaster events, trauma, especially significant in the modern war wound. It is a major breakthrough in biological imaging field in China.

In addition, Beijing Hangtian Zhongxing Medical System Company Ltd. has independently developed a digital X-ray machine (DR) breaking through the key technology. The pixel of the Hangtian Zhongxin FU-FPDR-2009 DR flat panel detector is 0.143 mm \times 0.143 m, which is the same level with international most advanced standard. The dose of the radiation of Hangtian Zhongxing DR device only 1% of the traditional X-ray (green).

In the research of the brain-computer interface (BCI) technology, Prof. Gao Shangkai and his colleagues from Tsinghua University lead the world in the signal and brain computer interface technology. It is reported from the World Technology Development Center (WTEC, USA) that: "Prof. Gao took the leading position in the development and application of the non-invasive, based on brain electrical signal (EEG) computer control, which lead the brain-computer interface system in the practical application". Especially such an easy operational and low price system can obtain such high performance, which illustrates its potential of the algorithm is very effective". In another focus field of the medical neural engineering, Prof. Li Luming and his colleagues from Tsinghua University (Beijing) cooperated with Beijing Pinchi Medical Equipment Company Ltd., developed the brain pacemaker independently and did two and a half years' clinical trials in Beijing Tiantan Hospital, which completed 40 cases, the mean follow-up time was

14.6 months, without any related adverse reaction. Postoperative symptoms were gradually improved, stabilized in 3 months. Compared with preoperative symptoms, UPDRS score increased by 80%, sports score increased by 70%, achieving the expected effect. This success has broken the Medtronic company's monopoly, and China has become the world's second country which can produce brain pacemakers with independent intellectual property rights.

Nowadays, a group of the China's promising young researchers, who have received the good cross training, have become the China's biomechanical leaders in the biomechanical field, one of the biomedical engineering discipline bases. Meanwhile, a number of distinctive and important international biomechanical branches have been established in Beijing, Shanghai and Chongqing. China has made remarkable progress in the biomechanical engineering field. This mainly reflected the following: on the one hand, China's biomechanical engineering technologies have been applied into clinical medicine, which has played a key role in the personalized operation design of bone-joint and related implant and individualized preparation. A prominent example is that Dai Keirong group from the Ninth People's Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University has realized the artificial prosthesis (semi-pelvic) individual design and individual preparation based on multimodality medical imaging, with biomechanical system modeling and digital experiment, fusion expert experience (Knowledge Engineering). They have made a breakthrough in the pelvic tumor limb salvage treatment, avoiding 1/4 amputations. Up to now more than 100 cases has been cured.

On the other hand, China should lay emphasis on the stress-growth relationship in biomechanics, from the organ and tissue into the cells, subcellular structures, biological macromolecules, revealing various dimensions of life structure (morphology)-the function of the two-way relationship (the structure determines the function and the function leads to structure shape reconstruction). Some outstanding achievements are as the follows. Prof. Deng Xiaoyan and his colleagues from Beihang University did a systemic research on the arterial blood rotating flow effect based on biological universal rules of the adaptability principle (Adaption Principle), found that the rotating flow pattern had the function of inhibition low density

lipoprotein (LDL) and other harmful lipid deposition in blood vessel walls, and it is good to transport oxygen. Then they applied the flow effect in improving the coronary bypass operation design, intravascular stent structure design, vena cava filters design and small diameter (< 6 mm) vascular prosthesis design, and applied for 5 patents for this invention. Prof. Jiang Zonglai and his colleagues from Jiaotong University established a blood vessel *in vitro* culture system of near physiological pulsating stress, based on the research on atherosclerosis pathogenesis and pathological processes. They studied a low shear stress and hypertensive conditions, and different mechanical environments obtained a vascular reconstruction of vascular differential expression protein through the changes in vascular remodeling processes in vascular tissue proteomic changes. They selected 60 kinds of differential expression of proteins from them.

Prof. Fan Yubo and his colleagues from Beihang University used the mouse bone marrow mesenchymal stem cells (rBMSC) for a model cell, studied the influence of different mechanical modals on the rBMSC growth, and found that different mechanical modals, the same mechanical modals of different stress intensity, leading rBMSC differentiation in different directions, and even affect the physiological process direction, i. e., differentiation or proliferation. This indicated that the force effect is to regulate the cell, tissue and other body growth, differentiation and other independently original signal system. Its effect is greater than the sum of their individual effects with chemical signal coupling—nonlinear effects.

Based on the inflammation, tumor metastasis, thrombosis forming and other major diseases processes, Prof. Long Mian and his colleagues from the Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, applied the micropipette aspiration, atomic force microscopy and laser optical trapping technology and system in the research on the influence of selecting ligands binding and dissociation kinetics quantitative rules, as well as mechanical environment, scale, orientation.

The interventional medical engineering field had a close relationship with biomechanics, China's enterprises, Shanghai Weichuang, Beijing Lepu, etc. had been in the leading position in the domestic market (78%) in the drug eluting coronary stent and other products in the field, and they are developing

a new generation of products—biodegradable scaffold. In view of this, it is essential to cooperated with the biomechanics research team .

The family health project is a new growing point in the biomedical engineering field, which embodies biomedical engineering change in direction. In this respect, Prof. Yu Mengsun from the Air Force Aviation Medicine Research Institute of Aviation Medicine Engineering Research Center is a pioneer. In recent years, he put forward “people oriented health medical mode—MIC model”, as an individual monitoring (Monitor), the state identification (Identification) and state control (Control) service model. The key research is the individual state monitoring/detection, and a series of family health engineering devices with independent intellectual property rights were developed. Their common features are as follows:

1. Long - time synchronization, continuous, dynamic monitoring of basic physiological parameters (life signs)

The long - time synchronization, continuous, dynamic monitoring of basic physiological parameters (life signs) is required for acquiring further information; and with information mining and information fusion, the deep - seated status information (>24 hours) is acquired. This requires a low power consumption design.

2. Dynamic monitoring in a natural condition

The dynamic monitoring is required in a natural condition, so the monitoring life and work interference is required to be minimized, that is, a physiological and psychological burden caused by monitoring must be reduced to the lowest level.

3. Multifunction mode

This mode has both the SD card memory and wireless transmission function, and the liking function with Internet.

Currently they have successfully developed the mattress physiological (multi - parameters) monitoring (checking) system (product forming), the wearable physiological condition (multi - parameters) monitoring (checking) system (in a small scale trial), the blood pressure noninvasive continuous (beat - to - beat) dynamic monitoring system (clinical trials), the touchable six parameter fast detection system and wearable type multi parameters dynamic monitoring - remote integrated analysis system, and formed an “all -

weather” physiological parameter monitoring and measuring system. At present, among them, the natural mattress physiological information monitoring system leads the world in its originality, while the blood pressure noninvasive continuous (beat – to – beat) dynamic monitoring technology is a major breakthrough in the blood pressure measurement technique. More important is that the two systems have been applied in the pilots’ plateau training, which gained a great success.

In addition, the “Internet of Things” is also discussed in this report.

On the whole, China has an obvious gap with the United States, Europe and Japan in Biomedical Engineering Science, but in recent years China has made remarkable progress in some important fields of Biomedical Engineering Science.

In the 21st century, China is facing the challenge and opportunity in Biomedical Engineering Science, and the medical reform will provide China with an excellent opportunity. China should grasp the opportunity, insist on taking solving the practical problems as its goal, and make R&D by self – reliance, so as to do a greater contribution to the China’s medical and health undertakings.

18 Acupuncture and Moxibustion

18.1 Introduction

Acupuncture is an important part of traditional Chinese medicine (TCM). Its theory and practice have always been outstandingly representing the unique features and merits of TCM among all subjects of this traditional medicine.

Over the past 60 years since the founding of the People’s Republic of China, acupuncture has been included in the medical education, research and health care system. There have been increasing national funds put into both theoretical and clinical researches on acupuncture, so as to promote the research capability and quality of acupuncture, as well as prosperity of the industry.

18.2 Current development in China

18.2.1 Disciplinary development

TCM higher educational system has been improving. The number of students majoring in acupuncture has increased from 22800 in 2006 to 37594 in 2010. There are 12 doctoral programs, 34 master programs and 7 postdoctoral stations of acupuncture.

Among all the 4169 TCM hospitals and hospitals of integrated Chinese and Western medicine, more than 90% have acupuncture departments. In addition, 60%~80% of general hospitals have TCM clinical departments.

There are 26 acupuncture research laboratories have been recognized as Top - level key laboratory of State Administration of Traditional Chinese Medicine(SATCM)of the People's Republic of China, and 8 as SATCM key laboratories.

18.2.2 Research development

As an independent project Acupuncture was supported by the National Program on Key Basic Research Project ("973" Program)in 6 years running from 2006 to 2011, with an investment of 108 million RMB. A total of 191 projects were funded by the National Natural Science Foundation with 54.24 million RMB, with the number of projects increased 93.9% and the investment increased 173.3% compared with the "10th Five - Year Plan" period (2001 - 2005).

1. Progress in basic theory research of acupuncture

Theoretical studies have been mainly concentrated on interpretation of the classics and the orientation and standard of concepts and terminologies in the effort to further mine the theoretical framework of classical acupuncture and its implications. Many studies have proved objective existence of the phenomenon of meridians and channels, the observable track of meridians and unique links between meridians and viscera. Topics such as the phenomena and mechanisms of sensitization of acupoints and the transition of acupoints from "dead" to "alive" under a pathological state have stepped into the spotlight. Methodologies of evidence - based medicine and clinical epidemiology were adopted to re - evaluate the effectiveness of a number of acupoints on dozens of diseases. Researches on the effect - mechanism of acupuncture have shown that acupuncture acts through the nerve - endocrine

- immune network which even reaches the gene level.

2. Remarkable achievements in clinical studies

The establishment of evidence - based acupuncture has significantly raised the quality and reliability of acupuncture researches in China. Cooperation between acupuncture and other clinical departments has been strengthened so that the coverage of acupuncture has been expanded and its advantages have been given full play. Studies on acupuncture anesthesia and analgesia were conducted to basically analyze their theoretical basis and scientific nature in two aspects - basic theories and clinical experiments. Standard clinical procedures and acupoint choices were developed for acupuncture anesthesia. Optimized combinations of acupoints were screened. Appropriate population and health - economic indicators were also evaluated. The results have shown protective and immunoregulatory effects of acupuncture anesthesia on vital internal organs. The R&D of treatment techniques suitable for communities and rural areas has significantly increased the accessibility of acupuncture.

3. Fruitful results in acupuncture standards

Special standardization organizations have been established. 23 national standards, 5 industrial standards and 1 guideline have been developed or revised. National standards of *Nomenclature and Location of Acupuncture Points* (GB/T 12346 - 2006) and *Nomenclature and Location of Auricular Points* (GB/T 13734 - 2008) won the national award for innovative contribution to standardization in 2009 and 2010, respectively.

4. More advanced acupuncture appliances

The design and development of acupuncture appliances has been closely combined with modern science and technology, and a great number of new products have been developed. The acupuncture manipulation parameter meter and computerized simulation system of acupuncture techniques have laid solid foundation for the scientific research of acupuncture techniques.

18.2.3 Academic journals

In 2005, *Chinese Acupuncture and Moxibustion*, and *Acupuncture Research* were included in MEDLINE. In 2008, the two journals were classified as core journals in Chinese edition. In 2009, *Chinese Acupuncture and Moxibustion* was honored as a China's authoritative journal. In 2011,

both *Chinese Acupuncture and Moxibustion* and *Acupuncture Research* were honored as China's excellent sci - tech journals.

18.3 Comparison and analysis of acupuncture development in China and abroad

As a representative of traditional Chinese medicine, acupuncture is among the earliest to be known to the world and is now generally accepted by the international community. China leads in the development of acupuncture. Although practiced in 142 countries and regions, acupuncture is seen as a complementary and alternative medicine in many countries where TCM or acupuncture is not legalized or in its infancy. Basic acupuncture researches in foreign countries prefer small issues with in - depth analysis and progressive studies. They try to prove a theory from different points, and pay great attention to the rigor of design and repeatability, and to the clarity of results. Clinical studies are rigidly designed in strict consistence with Evidence - Based Medicine, with objective conclusion but the tendency to overlook the features of acupuncture. In domestic, the diseases treated by acupuncture are mainly the same as foreign countries, but there are more chances and higher frequencies to treat internal diseases in foreign. In foreign countries, acupuncture is usually practiced in private clinics instead of acupuncture departments in the hospitals. Overseas acupuncture education mode is based on private teaching and studying in China. The learners emphasize more on skills and techniques of acupuncture, but often ignore the theoretical study and TCM attainment improvement.

18.4 Suggestions and prospects

18.4.1 Suggestions on acupuncture development

(1) Pay more attention to theoretical researches to further improve the systems of meridian and acupoint theories, clinical treatment based on the pattern differentiation and effectiveness evaluation.

(2) Conduct studies of major academic issues addressing the social needs, and try to gain original and influential results.

(3) Change the way of providing clinical service. Increase the coverage of acupuncture and the practice of acupuncture in the first treatment of diseases suited for acupuncture treatment. Cooperative efforts should be made in tackling major diseases and raising the capability and quality of acupuncture

service.

(4) Train medical professionals that the society needs. Explore the education mode. Cultivate multiple types of acupuncture professionals through various channels.

(5) Give publicity to TCM cultural and knowledge to guide people in preserving health in a correct way.

(6) Promote acupuncture standardization and internationalization.

18.4.2 Prospects of acupuncture development

(1) More attention to the theoretical research on acupuncture will help to further improve the systems of meridian and acupoint theories, clinical treatment based on the pattern differentiation and effectiveness evaluation.

(2) Communication between TCM and natural sciences, especially life sciences and biology, will be achieved through researching the mechanism of acupuncture. Such researches will not only explain the mechanism and scientific nature of acupuncture in preventing and treating diseases, but greatly influence biomedicine, life sciences and even the whole modern science.

(3) Change in the service mode of acupuncture will significantly expand its application scope. Acupuncture will become a conventional treatment in the hospitals. Moreover, it will play a greater role in people's everyday health - preserving, fitness - keeping and disease prevention.

19 Public Health and Preventive Medicine

China had experienced an epidemiological transition shifting from infectious diseases to chronic diseases in much shorter time than many other countries. One of the most striking was a rapid control of infectious diseases leading to a marked increase in longevity. The shifting was achieved through health interventions such as increased vaccination coverage, better hygiene, sanitation, and water quality, improved access to the medical care, and advanced social and living standards such as universal education, higher incomes, and better nutrition and housing. The population age structure is also shifting due to a decline in fertility and mortality, thereby, there is an increase in proportion of the elderly people.

In recent decades, the momentum of China's epidemiological transition has continued unabated. Many of the known risk factors for chronic diseases have dramatically increased as society change progresses. These behavioral elements include changing diets, levels of physical activity, tobacco consumption, and automobile use, etc. The same behavioral shifts have been observed in many developed counties over the past 50 years, but they have been accelerated at a historically unprecedented pace and scale in China, with the rapid growth of the national economy over the past 30 years.

Like many of other developing counties, China has also experienced dramatic, demographic and epidemiological transitions. With the process of population ageing and urbanization speeding up, China's major health threats are chronic diseases, now accounting for more than three - quarters of all deaths. Patterns of injury are also changing. China has been successful in the control of infectious and maternity - related conditions, but these health problems have been by no means solved, as exemplified by continuing infectious outbreaks, reproductive health problems, and persistent schistosomiasis. Evidence underscores the fact that China faces a daunting health future. Behavioral shifts cast a long and dark shadow on burdens due to such risk factors as smoking and changes in diet and physical activity that will be accompanied by new infections, environmental threats, and behavioral pathologies.

An important signal of China's stronger political commitment to health is shown by the expanding role of the state in health care provision and stewardship, together with the mobilization of communities and civil society for health improvement. The results of these changes are already measurable. China is now on track to reach Millennium Development Goal 4 (MDG), reducing child mortality by two - third between 1990 and 2015. This achievement has been made through antipoverty policies, land reform, investment in agriculture, and economic growth, as well as through improved health services. China has also made important progress on MDG 5, the reduction of the maternal mortality.

Nowadays, China is facing the following problems in the health care. First, China has more than 300 million smokers, 177 million people with hypertension, and about 140 million urban migrants. Second, the developed

countries spent nearly a century in completing health transitions, while China spent only a few decades. Third, China's unique national history and ecology have resulted in great diversity in health conditions and responses.

Achieving health equity is a main health challenge China faces, in view of the well documented problems of incomplete coverage, uneven access, mixed quality, escalating cost, and high risk of catastrophic health expenditures. Chinese government initiates a reform for diseases prevention and health promotion, health - care services, pharmaceutical policies, and health insurance. These efforts are the latest and most ambitious round of health reforms that aim to tackle growing health inequity. China has a unique opportunity to mobilize all its resources and to use global knowledge to achieve advances in health, saving time and lighting the disease burden that many other developed counties have had.

China is a major contributor to the control and spread of global health risk, because China faces a growing international participation in the exchange of goods, services and people. In other words, what happens in China is important for the health of the rest countries around the world. Emergency of new infectious diseases, such as severe acute respiratory syndrome, and persistence of old pathogens (e. g. tuberculosis), illustrates why China's situation has a global importance and influence.

The World Health Report 2007—A safer future: global public health security in the 21st century marks a turning point in the history of public health, and signals what could be one of the biggest advances in health security in half a century. It shows how the world is at an increasing risk of disease outbreaks, epidemics, industrial accidents, natural disasters and other health emergencies which can rapidly become threats against global public health security. The report explains how the revised International Health Regulations (2005), which came into force this year, help all countries in the world to work together to identify risks and act to restrain and control them. The regulations are needed because no single country, powerful or wealthy, can protect itself from outbreaks of epidemic diseases and other hazards without the international cooperation. The report says that the prospect for a safer future is within reach and that this is both a collective aspiration and a mutual responsibility.

Moreover, the China's energy consumption growth, industrial pollution and carbon emission will directly concern an importance of the growing global health. And recent advances in the preventive medicine and public health in China, and in the fields of the health care system, epidemiology, etc., are summarized in this report.

20 Technological Economics

Technological economics is a discipline embedded in Chinese context. Its research field covers not only such traditional research fields as feasibility study for construction project, value engineering, technology selection, renewal of equipment, evaluation of technological change, but also many new fields, for example, measurement of contribution rate of technological change, industrial structure and technological change, innovation management, entrepreneurship management, science and technology policies, entrepreneurship and innovation policies, etc. Today, technological economics is rapidly expanding into many fields of economics and management sciences.

Technological economics plays an important role in the rapid development of China, which is significant in popularizing and applying its theory and methods. Technological economists have provided a large number of research findings and policy suggestions for issues regarding evaluation of key projects, economic development driven by technological change, innovation and entrepreneurial management, etc. Some of them were adopted by the national leadership and related governmental departments, which directly contributed to economic and social development in China. In the past decades, the subject education system of technological economics has been gradually improved, and a great number of professionals have been educated for the national economic development. Periodicals and monographs associated with the subject of technological economics have been rapidly increased. At the same time, various related research activities are becoming more and more far-reaching.

In recent years, China has made significant progress in both theoretical research and practice of technological economics.

Firstly, the research on method of the technological and economic analysis has been constantly innovated and, its research field has been broadened. There are fruitful and in - depth researches on China's technological progress, technological innovation and economic growth. Meanwhile, an analysis of the relationship between technological innovation and transformation of the economic growth mode is gradually increased. Furthermore, the research paradigms and methods of mainstream economics have been gradually introduced from the developed countries, which has enriched China's method and system of the technological and economic analysis. As a result, the scope of the empirical research with respect to the relationship between technological innovation and economic growth has been continuously broadened. Especially, the role of technological progress in the total economic growth, regional economic growth and regional upgrading of industrial structure has become a hot topic in the empirical research.

Secondly, studies on project evaluation have been gradually matured and standardized. There are few research achievements of project evaluation in the basic theory at beginning, especially in the project effect on regions. With the economic development and institutional transition, however, the research on methodology of project evaluation has been improved and guidelines have been greatly changed. So the traditional evaluation methods have been bettered, and the new research methods have been continuously enriched. In the empirical research, the project evaluation research has played an important part in such a great project decision - making as the follow - up project of Three Gorges Project, the Large Aircraft C919 Research Project, the Qinghai - Tibet Railway Project and South to North Water Diversion Project. Consequently, the scope of the empirical research has been rapidly widened, and evaluation for the soft science program, such as planning of science and technology, has been launched.

Thirdly, the research on the innovation management has entered into a new stage of theoretical extension and innovation from import of foreign theories. The research on the innovation management has established a soundly theoretical system with distinct contributions. In recent years, extending along the creation of a value chain, the innovation management research at firm-level(micro-level)has evolved towards the value management

in accordance with international academic trends, and the research on disruptive innovation, open innovation, business model innovation, dynamic capabilities, service innovations, etc., have attracted much more attention. The research of innovation management at industrial – or – regional level (meso – level) focused on industrial cluster, network and platform, in which linkages and group advantages between enterprises and related subjects are emphasized. The research on innovation management at macro – level focused on internationalization of the national innovation system and construction of the transnational innovation system. The theoretical development mainly focused on innovation strategy and innovation capacity. Based on China's context, China's scholars have developed new theories in fields of innovation strategy and innovation capacity. Correspondingly, the theoretical contribution with China's characteristics has been achieved.

Fourthly, entrepreneurship study is in the ascendant and enters into a new stage of the theoretical development. With the rapid development of the theory and practice of China, the entrepreneurship research reaches a stage of integration from an imitation stage. In recent years, the China's entrepreneurship research has focused on entrepreneurial networks, entrepreneurial resources or capacity, entrepreneur or team, entrepreneurial environment, opportunities and strategy of startups. More and more attention to the China's context study have been paid, such as the entrepreneurial networks, resources and strategy – oriented research, which has become the frontier issues of the China's entrepreneurial study. As for research methods, the foreign mature methodology system has been introduced and absorbed. Meanwhile, standardization and systematization of research methods have also been taken into consideration, in which stress on reliability of methods and conclusions is laid.

Fifthly, policy studies on technological economics closely related to the major and priority issues of the national development. In recent years, the policy studies on technological economics have been kept pace with the national economic development. Amidst them, cultivation of the national innovation capacity and promotion of industrial technological upgrading are the major contents of the innovation policy research. For the research of the technological policy, the domestic scholars have attached importance to the

following aspects including the policy for SMEs, the policy for collaboration of industry, university and technology alliance, the policy for high – tech sectors and emerging strategic industries, the policy implementation and evaluation. The policy study for new energy industries, such as the photovoltaic industry and the wind power industry, has become a common concern for researchers. Furthermore, the system reform of science and technology, the comparative study of multi – national experiences, the policy for resource allocation of science and technology has also been the major issues in the policy research of science. For the study on the entrepreneurship policy, native scholars mainly concern more on the entrepreneurial support, including entrepreneurial financing, business systems and related problems in the entrepreneurial process.

Technological economics is facing unprecedented challenges and opportunities now. On one hand, it is facing a pressure to improve, re – innovate, and even reconstruct the existing disciplinary system; on the other hand, the new comprehensive, strategic, long-term, forward-looking significant technological economic issues are always emerging, which brings forward new tasks and provides a great opportunity for it as well.

In the future, for technological economics, innovation of the subject system ought to be promoted, and its application in the macro – field ought to be broadened. Meanwhile, importance on the systematic, comprehensive theory and method for project evaluation ought to be attached in its application. At the same time, in order to promote the entrepreneurial research, combining foreign introduction with China’s actual conditions, combining comprehensiveness with thoroughness, inclusive innovation systems including industrial innovation ought to be established and improved. Moreover, technological economic policy studies should be greatly improved in relevance, operability and effectiveness.

21 Library Science

Over the past three years, Chinese researchers in library science have carried out various forms of studies, the research fields have been expanded continuously and a large number of new concepts, ideas, technologies have

emerged. From the analysis based on the research results and knowledge mapping, the quantity and quality of research achievements have been improved significantly, focuses and frontiers of library science have been more in common with the international trend, and the international academic intercourse has become increasingly frequent.

21.1 Recent development in library science

By means of the bibliometrics and knowledge mapping analysis, the research over recent three years has been focused on the basic theory of library science, information resources construction, information organization and retrieval, users and services, and new technologies of libraries.

21.1.1 Basic theory in library science

The dominant research method in domestic library science were still a summary of experience, induction and deduction, even purely subjective perception, which affected the development of the discipline seriously. However, the mainstream paradigm of library science should be an empirical research.

The core value and spirit of library had shifted to social responsibilities and rights of library after 2007. There were two opposing views on this topic; one was that social responsibilities were a mandatory duty of library, the other was that it should be a voluntary but not mandatory behavior of library. The analysis on the library rights also had two different situations; one was that the reader's rights, the other called for the rights of librarians. However, the process from the library values to library rights were embodied through specific practices and standardized by library legislation.

21.1.2 Information resources construction

Some new achievements have been made in the following aspects: information resources sharing, digital preservation, open access (OA) and institutional repositories. The information sharing scope has gradually developed from the libraries to other fields such as e-government and e-commerce; sharing modes have developed from the traditional interlibrary loan, document delivery to the open access and cloud services. The long-term preservation of digital resources had developed from the database resources to the new network digital resources, such as Blog. At the same time, the relationship between OA and publishing; the organization, utilization

and access modes of OA resource have become a focus. In addition, there are many researches on the legal problems about the information preservation models, institutional repository policies, and construction or use of metadata.

21.1.3 Information organization and retrieval

In recent years, the new technologies in the information organization and retrieval have become a focus. The knowledge organization, semantic retrieval, multimedia information retrieval, and retrieval visualization have become hot topics. In the knowledge organization system, its integration with new technologies such as the Semantic Web have been stressed. The traditional knowledge organization systems have been transformed by the ideas of Semantic Web and faceted classification. In the information retrieval system, OpenURL link technology have been promoted in the construction of OPAC combining with the internet search engines, which have made the OPAC integrate and utilize internet resources and become a discovery tool of the internet knowledge. In addition, the knowledge organization system and OPAC system have been constructed by Folksonomy, and the linked data technology has been utilized to reveal a variety of relationships between the data and resources.

21.1.4 Library user research

The needs of library users were more personalized under the digital environment, but the domestic research was concentrated on the needs of researchers but not the public. For the information behavior research, foreign scholars emphasized on the quantitative research methods such as the log analysis, while the domestic research methods were comparatively single. Information literacy referred to not only the ability of obtaining information, but also the ability of sensitivity, understanding, digestion and absorption of information. The domestic researches on the information literacy were still confined to the information retrieval course.

21.1.5 Library service

The diverse services, such as mobile service, free public service, self-help service, cloud service and other digital services, were a new focus of the library service. Researchers focused on the digital services models and mechanism under the network environment. The new technology and evaluation system in the subject librarian service were also discussed. In

addition, many librarians and researchers were considering how to improve the service efficiency in the open and free environment.

21.1.6 New technology in library science

The semantic web, cloud computing, and mobile internet technology had rapidly developed in library science. The application of the cloud computing in library science was discussed, and the linked data, as a new semantic web technology, had been gradually applied in the resource organization and service. Besides, SNS (Social Network Site) and RFID (Radio Frequency Identification) were applied in the traditional library.

21.2 Comparison between domestic and international research

By comparing the domestic and international research in recent three years, many differences were found in the following aspects:

21.2.1 Information resources construction

The foreign researchers paid attention to the digital resources practice and cultural heritage preservation, while the domestic researchers attached importance to the digital resources long-term preservation. Furthermore, the foreign researchers emphasized on the performance evaluation of the information resource sharing system using an empirical methodology, While the domestic researchers were interested in discussing literatures construction evaluation or ancient books' protection.

As to the Open Access, the following studies were important: the impact of OA on library science, the relationship between the OA and Publishing industry, the organization and utilization of OA resources. However, the metrological study in the influence on OA resources was more concerned overseas, so the domestic researches needed to be further strengthened.

21.2.2 Information organization and information retrieval

More attention to the principle or basic concept were paid in the domestic studies, so, in a sense, China is still at the stage of drawing lessons from the foreign experience. However, the foreign researchers had been moving to the specific application and practical operation. In addition, the domestic indexing researchers paid attention to the classification and subject, and the cataloguing research was focused on the bibliographic data and standard control. Moreover, the ontology research had become a hot topic and may be continued in the future.

As to the information retrieval research, the domestic researchers were still drawing experience from the foreign countries on the information retrieval technology and related models, while the foreign researchers were discussing on the information retrieval user and specific information retrieval through the various methods. Research on the information retrieval behavior overseas was concerned on the extensive user groups, while the domestic researchers were concentrated on students and scientific users. Finally, the overseas methodology was a quantitatively and qualitatively analysis on the experimental data, such as the questionnaire survey, expert observation and so on. While the domestic research methods were single, such as the questionnaire survey and citation analysis.

21.2.3 Library user

In the foreign countries, the issues on the users' privacy in the process of using the social network were stressed, while in the domestic research more attention was paid to the library traditional service which may violate the users' privacy. The information needs and behavior of Generation Y or Google generation was ignored in the domestic research, while the research on the library users' satisfaction evaluation was wider overseas, which involve the library service, collection, information systems, etc.

21.2.4 Library services

The digital reference service showed a greater resemblance both at home and abroad, but there were certain differences in the research emphasis and method. Overseas, Importance to empirical methods was attached, while the domestic researchers paid more attention to the theoretical study, only a few used a survey to analysis the related practice activities. As to the reading service, overseas it was mainly focused on the "leisure reading", while in the domestic study, "reading for unity" was emphasized. Besides, overseas researchers attached great importance to the children users, while the domestic researchers emphasized on the college students users.

21.2.5 New technology in library science

Web2.0 was a hot topic both at home and abroad. In the overseas study Web2.0 tools for librarians were focused on, while the domestic researchers stressed the library services and service system in the digital library 2.0. In addition, IT technology applied in the traditional cataloging, mobile phone

library, public network services of digital library and so on were also included in the overseas research.

In general, the overseas research was even more concerned on the utilization for practice, while the domestic research was mainly focused on the affect of information technology on the traditional library science.

21.2.6 Library management

The library strategy research was a hot topic in library science. Overseas researchers focused on the strategic management and strategic planning theory, while the domestic researchers stressed the overall development of library science. In addition, More attention was paid to the evaluation of the library service quality in the overseas researches, while the domestic library evaluation theory and practice had a big gap with the foreign countries in the evaluation theories, methods and so on.

In conclusion, the differences between the domestic and international library science research were mainly reflected in the following aspects: ① The library science research abroad reflected a trend of the digital research – centered, the digital library research and application of information technology had become the dominant subjects; while the domestic services research kept a large proportion, and the technology research was still tracking the foreign research. ② Importance to the practice was attached in the overseas research, especially to a case study. While attention to the library theory and library spirit was paid in the domestic research. Besides, the public library service system and legislative research was a characteristic topic in china. ③ More attention to the public library, community library and children library was paid in the overseas research, while attention only to the primary – level library, school library and children library was paid in the domestic studies. As to the library users, great importance to the particular users and occupation groups, information searching behavior, and user privacy was attached in the foreign studies, while there was not much in the domestic researches. ④ Great attention to the information behavior and digital gap was attached in the foreign studies, while more attention to the digitalization and knowledge management was paid in the domestic researches.

21.3 Trends and prospects

21.3.1 Trends in library science

1. Continuous impacts of new technologies on the library science research

Recently, many new technologies have brought interest in library science and will be a research focus in the future. However, more attention to human studies in the technology background should be paid, and a person shouldn't be separated from technology. Moreover, the culture issues in the process of technicalization cannot be ignored.

2. Increasing application study in library science

Library activities are the social phenomena and necessary social system to provide the public culture, entertainment and so on. Library science has been continuously integrated with society and played an prominent role in society, so the society - oriented research will be reinforced.

3. Digital research in library science

As the digital resources have already been one of emphases in library science, a further research should be carried out in the future. More attention to the virtual community and community informatics will be attracted, and information literacy education will be transferred to digital literacy education.

4. Diversification and internationalization

The cross - discipline and internationalization have been a salient character in library science. Hence, cooperation and communication with international academic communities should be strengthened.

21.3.2 Key direction of library science

1. Applications of new technologies in library science

Information technologies will be contributed to the development of library science in the future, so the application of the new technologies in library science will be a key research topic. Specifically, the researches on the impacts of new technologies on the library development should be strengthened. The strategies or tactics in the new technologies should be developed, such as the Internet, cloud computing, linked data, information visualization and so on.

2. Information behavior and community informatics

A focus on the users' information requirement and behavior in the context of the omnimedia, information behavior of youths and vulnerable

groups. To the study on the digital division and digital inequality should also be paid attention in the future. At the same time, the researchers should stress the digital literacy and pay more attention to the digital service system and service strategy based on the digital literacy.

3. Legal construction and effectiveness evaluation

As an important part of the public culture service system, more attention to public libraries will be attracted. On one hand, the legal system construction in public libraries will be a new hot topic in the next few years. On the other hand, more attention to the library performance will be attracted. Moreover, the library evaluation will be transferred from performance evaluation to effectiveness evaluation.

4. Public culture service system and community library

The entire society will continuously focus on the public libraries and public culture organizations. Thus, the role of libraries in the public culture service system and the development of the community libraries may become a new research focus.

5. Reading research

In an omnimedia age, the users' reading habits should be more concerned with, and especially the digital information reading by cell phones, mobile devices and so on. Meanwhile, more attention to some special groups such as the children, the old and the peasant - workers should be paid.

6. Library management innovation

It is required to continuously improve discipline - librarians and help them develop their future career ability. The research on their emotional and psychological issues should be done. With the transform of forms, technologies and service modes for library science, the research on the library organization structure may become a hot topic in the future, and strategies of library science seem to become the next focus in the field of the library management research.

22 Chromatics

As a typical cross - field discipline cluster, chromatics involves natural science, social science and art. In terms of natural science, based on studies

on visual sense to light, vision science and chromatics have together established evaluation models on luminosity, chroma, color reproduction, visual performance and visual evaluation as well as specific human eye response curves, and studied corresponding standard colorimetric systems and standard data, which constitute foundation of the standardization study on color evaluation, light and illumination. On the other hand, regarding carriers for displaying color and related engineering technologies, chromatics overlaps with such discipline cluster as color display medium (such as color materials science, color chemistry, chromatic light medium—screens and projection etc), process and technology for color reproduction, replication and transfer and hardware/software engineering technology for color digitization in different application domains. With respect to social science, as a result of the inseparability between color vision and color psychology, color effect influences individual and social sensation, therefore giving rise to the new cross - disciplines between color and marketing, economics and management, etc. With reference to art, except for fine art itself, chromatics has integrated with urbanization, leading to the formation of disciplines such as city color planning and city nightscape color.

In China, perception and understanding on color are diverse in different disciplines, fields and industries, which bring differentiated subjects and study focus.

22.1 Color science

Color science takes internal laws behind color phenomenon as a core subject, focusing on vision science, physics, optics, visual physiology, visual psychology, chroma science and color - related chemistry, materials science and processes. With the rising of modern technologies on information, media, communication and network, color image processing, computerized color blending and matching and actual color information transmission in the network make excessive demands of color science, and application of vision and color science keeps expanding accordingly. Color genesis, theories on precision and innovative technologies is the puzzles to be addressed in these fields.

22.2 City and landscape color science

The study is focused on how color influences expression of city

characteristics and promotion of city image. The concept of renovating and managing multiple regions of urban space under the dominant guidance of city color planning has been put forward in over ten cities. The mainstream trend shows that color planning is used to cooperate with city planning and designing in the urban space division between old towns, new towns and towns to be developed, so as to jointly unfold the development vision and ensure the quality of landscape color of key regions and areas. Regarding the architecture color, design concepts, technologies and new materials have been raised under the theme of environmental friendly and low carbon development, providing a new possibility for shaping architecture images.

22.3 Textile and clothing color science

Color of textiles is determined by three factors: guidance of fashion and color trend research institutes and inspirational design of brand stylists; mixing of fibers and yarn, types of dyestuff, dyeing and printing process and post-dyeing finishing process, etc.; innovative design in fabric color. The Study on textile color development centers on fiber composition of yarn and fabric, variety of dyes and chemicals, dyeing and printing technologies and textile equipment development, and discusses evolution, achievement and trend of textile color under influence of multiple factors.

22.4 Industrial color science

Research and practice on industrial product color have three aspects: materials industry, new products planned by in-door R&D departments of each industry and company, and several fashion trend and materials research institutes on industrial products or professional color design and consulting bodies.

22.5 Color application theories and experimental research

Such research tries to keep color in a best status for human perception through scientific exploration on principles, law and methods, and looks for an outlet of expression through products or environment. The work scope in this field includes the color marketing plan, color planning, color design, color creation, color management, color marketing, color prevalence, color prediction and guidance, color promotion, and education and subject training.

23 Territorial Economics

23.1 Introduction

Territorial economics is focused on its researches on economic factors, economic phenomena and economic issues in territorial development, utilization, protection, restoration and conservation, aiming at exploring the economic principles, economic mechanism and economic measures. The researches of territorial economics include the following major issues: ①Economic issues of territorial resources; ②Territorial and environmental factors in economic issues; ③Territorial and ecological factors of economic problems; ④Economic issues of territorial space.

23.2 Remarkable progresses in researches on Territorial Economics

23.2.1 Understanding of territory functions

It is realized that territory has at least the following functions: the function of life supporting system; the function of resource base; the function of environmental bearing capacity; the function of ecosystem services; and the function of space capabilities.

23.2.2 Territorial spatial economic analysis

Progress in global analysis of spatial statistics includes: spatial agglomeration; spatial clustering analysis; spatial difference of reach ability analysis; market recognition; best pattern design; territorial pattern recognition; spatially explicit analysis and space footprint.

23.2.3 Territorial planning

Progresses in researches on territorial planning include the following: ①The understanding of the subject of territorial planning is deepened remarkably, and the subject and aim of the sustainable development is clearer and more striking than ever before; ②The understanding of orientation and position of territorial planning in the national planning system is deepened remarkably, and the position of the “basic planning” for the regional planning and sector planning is given to territorial planning; ③The understanding of the thoughts on territorial planning is deepened; ④Progress has been made in the classification system of territorial development types, theories and methods.

23.2.4 Territorial development

Progresses in territorial development are: ① The understanding of basic elements and main contents of territorial development has been deepened and widened; ② The main contents of the territorial development are even more substantial; ③ Great progress has been in the research on the economic analysis methodology; ④ Some progress has been made in the research on the threshold theory on the territorial development; ⑤ The orientation, keys and perspectives of territorial development have been analyzed.

23.2.5 Territorial security evaluation

Territorial security is identified as the security situation of the territorial elements of the nation, including the nation's resources, environment, ecology and space, that meet the demands of the nation's economic and social development; ① Great progress has been made in the definition, evaluation, establishment of ecosystem service function, and evaluation and early warning methods; ② The understanding of relationships between climate changes and territorial security is deepened; ③ Great progress has been made in the evaluation of the water resource security, energy (oil) security, mineral resources security, and ocean resources security.

23.2.6 Territorial regulation

Territorial regulation refers to the official behaviors that the government (especially the central government) restrains the activities of territorial resources (including land, water, energy, mineral, and biological resources) surveys, exploitation, utilization, operation and management, and the official behaviors that the government restrains, with the territorial resources as a main regulation measure, the social and economic behaviors of enterprises, local governments and other social communities, in order to guide or compel them to correspond the national interests, public targets and social demands. Progress has been made in land regulation, water regulation, energy regulation, space regulation, environmental regulation.

23.2.7 Low - carbon territory

Low - carbon territory refers to the sustainable territorial development pattern with reducing the greenhouse gas emission as the top target, with the countermeasures to adapt and to decelerate the climate change as the top measures, and with the efficient utilization of territorial resources as a main

aim. The progress has been made in the calculation of the carbon emission in land uses; the establishment of a supervising system for monitoring carbon emissions; the construction of agricultural water conservancy infrastructure; the establishment of a monitor system for monitoring the exchange flow of CO₂ between the ocean and atmosphere; the establishment of the low-carbon agricultural growth capacity; the low-carbon province and low-carbon cities; and the establishment of the low-carbon territorial experimentation plots.

23.3 Prospects for territorial economics

The research tendency in the territorial economics is as follows:

(1) The research on allocation optimization of territorial elements by market means will be emphasized. More and more market mechanism will be introduced in the research on territorial economics, and much more attention will be given to the research of allocation of territorial elements by market means in the resources, environment, ecology, space. Much more attention will be paid to the research of the price, taxation, charges and other values, and much more attention will be given to the research of the operation, failure, specification and management of territorial resources markets.

(2) The research of government regulation on territorial elements. The role of a bridge between the government and the market in the territorial management will be sufficiently reflected and expressed in China's future territorial management. Much more attention will be paid to the research on the government's territorial management functions and their optimization.

(3) Territorial economics will absorb much more nutrients from the latest development of economic sciences, both in concepts and theories of methods. As one of the applied economics, territorial economics will absorb the basic and important knowledge from the economic sciences, and take them as the developmental and innovative motives. Institutional economics and market theories will be the main sources for territorial economics.

(4) More and more quantitative analysis methods will be applied in the research of Territorial economics. Much more attention will be paid to the quantitative analyses of territorial resources and territorial spaces, to the establishment and application of the territorial basic data bank, and to the territorial decision-making on the basis of quantitative analyses.

(5) The relationship between the development of territorial economics and the practices in the territorial development, utilization, conservation and repair will be strengthened. As one of applied economics, both directing practices with theories and methodology, and absorbing nutrients from practices will be emphasized in territorial economics. In the future, important progress can be expected in the territorial assessment (the evaluation of territorial bearing capacity, the evaluation of territorial security), territorial allocation (the transparency of government territorial allocation, the normalization of the market territorial allocation, and the mechanism for land and mineral property rights), territorial conservation (the economic mechanism for the cultivated land protection, the economic mechanism for the protection and development of territorial conservation areas).

附件

2011 年度与学科进展相关的主要科技成果



附件 1 2011 年度国家自然科学奖获奖项目目录

二等奖

序号	项目名称	主要完成人
01	流体力学与量子力学方程组的若干研究	张 平,江 松
02	薄膜/纳米结构的控制生长和量子操纵	贾金锋,马旭村,陈 曦,等
03	轻元素新纳米结构的构筑、调控及其物理特性研究	王恩哥,白雪冬,于 杰,等
04	电荷转移分子体系光学非线性及超快全光开关实现	龚旗煌,胡小永,王树峰,等
05	引力体系动力学和热力学性质及其内在联系的研究	蔡荣根,王 斌,张元仲
06	稀土纳米功能材料的可控合成、组装及构效关系研究	严纯华,张亚文,孙聆东,等
07	超临界流体、离子液体及其混合体系相行为与分子间相互作用研究	韩布兴,刘志敏,张建玲,等
08	几类无机材料的氢、锂、镁储存与电池性能研究	陈 军,李玮瑒,陶占良,等
09	大分子自组装的新路线及其运用	江 明,陈道勇,姚 萍
10	催化材料的紫外拉曼光谱研究	李 灿,冯兆池,张 静,等
11	纳米尺度和分子水平上生物信息获取的新原理与新方法	王柯敏,何晓晓,羊小海,等
12	中国东部燕山期花岗岩成因与地球动力学	吴福元,李猷华,杨进辉
13	华北及邻区深部岩石圈的减薄与增生	徐义刚,郑建平,范蔚茗,等
14	青藏高原地体拼合、碰撞造山及隆升机制	杨经绥,许志琴,李海兵,等
15	晚中新世以来青藏高原东北部隆升与环境变化	方小敏,李吉均,潘保田,等
16	典型持久性有毒污染物的分析方法与生成转化机制研究	江桂斌,郑明辉,刘景富,等
17	典型污染物环境化学行为、毒理效应及生态风险早期诊断方法	王晓蓉,陈景文,尹大强,等
18	受体酪氨酸激酶介导的信号通路在突触发育和可塑性中的作用	叶玉如
19	多倍体银鲫独特的单性和有性双重生殖方式的遗传基础研究	桂建芳,周 莉,杨 林,等
20	棉纤维细胞伸长机制研究	朱玉贤,秦咏梅,姬生健,等
21	植物分子系统发育与适应性进化的模式与机制研究	施苏华,吴仲义,唐 恬,等
22	《中华人民共和国植被图(1:100 万)》的编研及其数字化	侯学煜,张新时,李 博,等
23	新发传染病的分子病理学和免疫学发病机制研究	顾 江,丁明孝,王月丹,等
24	缺血性脑卒中神经保护新靶点的研究	高天明,张光毅,李晓明,等
25	基于非测距的无线网络定位理论与方法研究	刘云浩,倪明选,李 默,等

续表

序号	项目名称	主要完成人
26	计算机网络资源管理的随机模型与性能优化	林 闯,李 波,任丰原,等
27	极化电磁散射传输与空间微波遥感对地观测信息理论	金亚秋,徐 丰,法文哲
28	近红外光激发下高阶多光子上转换过程及其强紫外上转换光发射的研究	秦伟平,宋宏伟,秦冠仕,等
29	介孔基复合材料设计合成、非均相催化性能与应用探索	施剑林,陈航榕,高秋明,等
30	硬度的微观理论及新型亚稳相设计	田永君,王慧田,高发明,等
31	生物矿化纤维的分级组装机理研究	崔福斋,王秀梅,李恒德,等
32	亚稳纳米材料生长的基础研究	杨国伟,王成新,欧阳钢,等
33	双剪统一强度理论及其应用	俞茂宏,李跃明,马国伟,等
34	微纳尺度传热的尺度效应及其物理机制	过增元,李志信,梁新刚,等
35	基于行为的城市交通流时空分布规律与数值计算	高自友,黄海军,杨 海,等
36	提高光催化环境污染控制过程能量效率的方法及应用基础研究	全 燮,朱永法,李新勇,等

附件 2 2011 年度国家技术发明奖获奖项目目录(通用项目)

一等奖

序号	项目名称	主要完成人
01	宽带移动通信容量逼近传输技术及产业化应用	尤肖虎,高西奇,赵春明,等
02	有机发光显示材料、器件与工艺集成技术和应用	邱 勇,段 炼,王立铎,等

二等奖

序号	项目名称	主要完成人
01	后期功能型超级杂交稻育种技术及应用	程式华,曹立勇,庄杰云,等
02	森林计测信息化关键技术与应用	冯仲科,臧淑英,马 超,等
03	仔猪断奶前腹泻抗病基因育种技术的创建及应用	黄路生,任 军,晏学明,等
04	基于光纤振动传感的油气管道安全预警技术及应用	张金权,王小军,焦书浩,等
05	高分子多糖物质加工新技术与产品应用	张卫明,蒋建新,孙润仓,等
06	全氟离子交换材料制备技术及其应用	张永明,高自宏,王 婧,等
07	适应原料多样性的乙苯清洁生产催化技术及工业应用	杨为民,邵百祥,孙洪敏,等

序号	项目名称	主要完成人
08	纤维/树脂浸润增效关键技术及工程化应用	黄玉东,刘 丽,张春华,等
09	杂萘联苯聚醚腈系列高性能树脂及其应用新技术	蹇锡高,王锦艳,张守海,等
10	连续梯度材料的共沉降可控制备新技术及其在动高压领域的应用	张联盟,沈 强,杨中民,等
11	高性能低成本细晶粒无钴金属陶瓷制备技术	熊惟皓,郑 勇,崔 崑,等
12	高耐磨性、高耐蚀性、环保型钨合金电镀技术研发及应用	何凤姣,高 晖,黄宇宁,等
13	微机电系统的泛结构化设计方法与技术	苑伟政,常洪龙,马炳和,等
14	月球车移动系统关键技术	邓宗全,高海波,陶建国,等
15	高频环节逆变技术及其应用	陈道炼,陈亦文,陈艳慧,等
16	基于微纳米技术的新型超级电容器及其实现	尤 政,王晓峰,阮殿波,等
17	高可靠性氮化镓基半导体发光二极管材料技术及应用	陆 卫,张 涛,张 波,等
18	柔性在线自动测量方法、技术及应用	郝继贵,刘常杰,吴 斌,等
19	高密度集成、高光束质量激光合束高功率半导体激光关键技术及应用	王立军,刘 云,单肖楠,等
20	特征敏感的三维模型几何处理技术及应用	胡事民,查红彬,刘永进,等
21	现浇混凝土大直径管桩及复合地基技术与应用	刘汉龙,高玉峰,丁选明,等
22	基于粗糙度系数快速测量技术的岩体结构面抗剪强度评价与应用	杜时贵,罗战友,胡晓飞,等
23	超高层智能化整体顶升工作平台及模架体系	叶浩文,顾国荣,季万年,等
24	水下无封底混凝土套箱建造技术	姜言泉,徐庆军,李丕明,等
25	基于力传感的人体运动信息在线获取方法与现场训练指导系统	孙怡宁,马祖长,杨先军,等
26	室温催化氧化甲醛和催化杀菌技术及其室内空气净化设备	贺 泓,陈运法,张长斌,等
27	基于微生物特异性的重金属废水深度净化新工艺	柴立元,罗胜联,王 辉,等
28	全高程、全天时大气探测激光雷达	龚顺生,程学武,李发泉,等
29	新型可降解涂层冠脉药物洗脱支架的研制	葛均波,王吉成,程树军
30	丹参多酚酸盐及其粉针剂	宣利江,王逸平,徐亚明,等
31	新型重组肠激酶的研制及在生物制药中的应用	郭亚军,王 皓,张大鹏,等
32	多种新型天线的发明、分析及应用研究	陆贵文,陈志豪,薛 泉,等
33	选择性激光烧结成形装备与工艺	史玉升,闫春泽,文世峰,等

续表

序号	项目名称	主要完成人
34	煤矿井下运输系统安全保障关键技术与装备	葛世荣,于 岩,张德坤,等
35	管磨开流选粉节能技术及其水泥绿色制成应用	胡曙光,陈 平,丁庆军,等
36	克服土壤连作生物障碍的微生物有机肥及其新工艺	沈其荣,徐阳春,杨兴明,等
37	玉米芯废渣制备纤维素乙醇技术与应用	曲音波,程少博,朱明田,等
38	矿用悬浮液压支柱技术及应用	李炳文,赵继云,王启广,等
39	列车结构塑变吸能技术及装置	田红旗,梁习锋,许 平,等

附件 3 2011 年度国家科学技术进步奖获奖项目目录(通用项目)

特等奖

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
01	青藏高原地质理论创新与找矿重大突破	张洪涛,潘桂棠,侯增谦,等

一等奖

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
01	玉米单交种浚单 20 选育及配套技术研究与应用	程相文,李潮海,张守林,等
02	心脑血管的关键分子机制及围术期心脑血管保护新策略	熊利泽,高 峰,易定华,等
03	特殊环境下复杂类型油气田规模高效开发关键技术	中国石油天然气勘探开发公司,中国石油勘探开发研究院
04	深海高稳性圆筒型钻探储油平台的关键设计与制造技术	倪 涛,张永康,王兴如,等
05	难冶钨资源深度开发应用关键技术	赵中伟,刘 咏,贺跃辉,等
06	环烷基稠油生产高端产品技术研究开发与工业化应用	张有林,石亚华,杨建湘,等
07	高压直流输电工程成套设计自主化技术开发与工程实践	饶 宏,李立涅,赵 杰,等
08	新发传染病综合防控技术体系的建立与应用	曹务春,李 松,周育森,等
09	国家游泳中心(水立方)工程建造技术创新与实践	傅学怡,董石麟,庞京辉,等

二等奖

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
01	高异交性优质香稻不育系川香 29A 的选育及应用	任光俊,陆贤军,高方远,等
02	花生野生种优异种质发掘研究与新品种培育	张新友,姜慧芳,汤丰收,等
03	冬小麦节水高产新品种选育方法及育成品种	郭进考,史占良,童依平,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
04	高产、高含油量、广适应性油菜中油杂 11 的选育与应用	李云昌,徐育松,李英德,等
05	枣育种技术创新及系列新品种选育与应用	刘孟军,李登科,刘平,等
06	梨白花结实性种质创新与应用	张绍铃,李秀根,王迎涛,等
07	南方砂梨种质创新及优质高效栽培关键技术	谭晓风,周国英,滕元文,等
08	核桃增产潜势技术创新体系	裴东,张志华,王贵,等
09	防潮型刨花板研发及工业化生产技术	杜官本,张建军,储键基,等
10	主要商品盆花新品种选育及产业化关键技术与应用	张启翔,朱根发,陈发棣,等
11	银杏等工业原料林树种资源高效利用技术体系创新集成及产业化	曹福亮,段琼芬,李芳东,等
12	禽白血病流行病学及防控技术	崔治中,秦爱建,孙淑红,等
13	新型和改良多倍体鱼研究及应用	刘少军,周工健,罗凯坤,等
14	仔猪健康养殖营养饲料调控技术及应用	张宏福,王恬,宋维平,等
15	坛紫菜新品种选育、推广及深加工技术	严兴洪,陈昌生,左正宏,等
16	动物流感系列快速检测技术的建立及应用	金梅林,陈焕春,吴斌,等
17	猪主要繁殖障碍病防控技术体系的建立与应用	王金宝,漆世华,吴家强,等
18	肉鸡健康养殖的营养调控与饲料高效利用技术	吕于明,张日俊,李绍钰,等
19	农作物重要病虫鉴别与治理原创科普系列彩版图书	郑永利,童英富,吴降星,等
20	讲给孩子的中国大自然	刘兴诗,张平,梁萍,等
21	《回望人类发明之路》	张开逊,郑原,李玉帼,等
22	《防雷避险手册》及《防雷避险常识》挂图	陈云峰,汪勤模,吴晓鹏,等
23	架空线路清障检测机器人	高森
24	免助燃有机化工废渣焚烧处理技术及应用	沈福昌
25	电阻点焊工艺质量自动监控技术	齐嵩宇
26	塔桅式机械设备装配式预制混凝土构件基础(简称“赵氏塔基”)	赵正义
27	光通信核心技术研发与产业化技术创新工程	武汉邮电科学研究院
28	海尔以开放式研发平台建设为核心的创新体系	海尔集团公司
29	节水滴灌技术创新工程	新疆天业节水灌溉股份有限公司
30	以体系建设为核心的新一代移动通信技术自主创新工程	中国移动通信集团公司
31	中国西电输变电重大成套装备科技创新工程建设	中国西电集团公司

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
32	万向基于汽车零部件及系统的“三位一体”创新体系建设	万向集团公司
33	内陆拗陷湖盆低渗透油田勘探开发技术及应用	冉新权,杨 华,李安琪,等
34	中国东部成熟探区新增 17 亿吨探明储量油气成藏新认识与勘探新技术	蔡希源,张善文,宋国奇,等
35	渤海活动断裂带油气差异富集与优质亿吨油田群重大发现	朱伟林,夏庆龙,周心怀,等
36	胜利油田边际稠油高效开发技术及应用	孙焕泉,毕义泉,王增林,等
37	新一轮全国油气资源评价	车长波,杨虎林,李玉喜,等
38	中国中高煤阶煤层气地质理论、关键技术与工业化应用	宋 岩,赵贤正,张新民,等
39	大豆精深加工关键技术创新与应用	江连洲,赵谋明,陈复生,等
40	造纸纤维组分的选择性酶解技术及其应用	秦梦华,傅英娟,徐清华,等
41	稻米深加工高效转化与副产物综合利用	林亲录,杨晓泉,赵思明,等
42	木薯非粮燃料乙醇成套技术及工程应用	岳国君,张敬华,吕惠生,等
43	嗜热真菌耐热木聚糖酶的产业化关键技术及应用	李里特,江正强,程少博,等
44	工业产品中危害因子高通量表征与特征识别关键技术及应用	王利兵,胥传来,黄志强,等
45	变频空调关键技术的研究及应用	黄 辉,马颖江,张有林,等
46	塑料精密成型技术与装备的研发及产业化	杨卫民,吴大鸣,张建国,等
47	高效节能小麦加工新技术	卞 科,陆启玉,郭祯祥,等
48	L-乳酸的产业化关键技术及应用	于培星,任秀莲,崔耀军,等
49	汉麻秆芯超细粉体改性聚氨酯涂层材料关键技术及产业化	郝新敏,张建春,严欣宁,等
50	高品质熔体直纺超细旦涤纶长丝关键技术开发	王华平,陈建华,丁建中,等
51	棉冷轧堆染色关键技术的研究与产业化	王力民,罗维新,李春光,等
52	催化剂物性变量的耦合调控对重油制低碳烯烃的反应优化及工业实现	刘宇键,龙 军,李继炳,等
53	超级浮阀塔板等新技术研发及其在工业节能减排方面的应用	张志炳,周 政,耿 皎,等
54	重油高效转化的加氢处理及其与催化裂化新型组合关键技术	聂 红,孙振光,石亚华,等
55	连续陶瓷膜反应器的研制与工程应用	邢卫红,徐南平,范益群,等
56	大型精对苯二甲酸装置节能降耗的优化运行技术	钱 锋,邢建良,王振新,等
57	第三代头孢抗菌素中间体活性酯关键技术及产业化	郑庚修,赵叶青,王秋芬,等
58	基于细胞生理与过程信息处理的工业发酵优化新技术	张嗣良,储 炬,庄英萍,等
59	大型新型干法水泥生产线粉磨关键装备的研发与应用	包 玮,邓小林,张永龙,等
60	太阳能电池用微铁高透过率玻璃成套技术及产业化开发	彭 寿,吴 晓,方 强,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
61	触媒法合成高级金刚石关键设备与成套工艺技术开发	赵清国,王秦生,杨晋中,等
62	高质量晶体元器件和模块与全固态激光技术	林文雄,洪茂椿,吴少凡,等
63	洁净钢冶炼用耐火材料关键技术与工业应用	李楠,顾华志,柯昌明,等
64	降低薄带钢生产消耗的关键技术	李友荣,项明武,丁文红,等
65	高品质船板高效化制造关键技术研发与集成创新	王洪,赖朝彬,仇圣桃,等
66	大跨度铁路桥梁钢成套技术开发及应用	郭爱民,邓崎琳,易伦雄,等
67	两片易拉罐用镀锡钢板的开发与应用	李海平,张世云,曹清,等
68	冷轧板形控制核心技术自主研发与工业应用	张晓刚,姚林,王国栋,等
69	大型铝合金型材挤压成套工模具设计制造技术与应用	谢建新,刘静安,谢水生,等
70	高品质镁合金集成与循环应用技术	潘复生,龙思远,马季,等
71	铅高效清洁冶金及资源循环利用关键技术与产业化	杨安国,郭学益,李卫锋,等
72	20000t×125m多吊点桥式起重装备	宋甲晶,邹胜,顾民,等
73	环类零件精密轧制关键技术与装备	华林,毛华杰,杨合,等
74	大批量混流生产工艺过程优化平台及其在汽车等行业的应用	邵新宇,张国军,安进,等
75	大型石化装置系统长周期运行风险的控制与评估关键技术及工程应用	陈学东,陈钢,艾志斌,等
76	复杂装备与工艺工装集成数字化设计关键技术及系列产品开发	谭建荣,张树有,王米成,等
77	汽车装配线摩擦输送关键技术及成套装备	杨雷,楼佩煌,唐敦兵,等
78	全地面起重机关键技术开发与产业化	史先信,单增海,丁宏刚,等
79	大型火电机组空冷系统优化设计与运行关键技术及应用	杨勇平,杜小泽,杨立军,等
80	百万千瓦超超临界机组系统优化与节能减排关键技术	冯伟忠,俞兴超,王立群,等
81	实现无燃油燃煤电厂的成套技术研究与应用	王雨蓬,高嵩,米树华,等
82	复杂约束下高效能电机智能化综合设计关键技术及其应用	夏长亮,王太勇,方攸同,等
83	供用电系统谐波的有源抑制技术及应用	王兆安,刘进军,王跃,等
84	GaN基蓝绿光LED的关键技术及产业化	肖志国,罗毅,陈弘,等
85	高性能模拟与混合信号集成电路技术的设计与开发	余成斌,麦沛然,冼世荣
86	血液净化系统监测与控制系列关键技术及整机设备	高光勇,林金朝,彭佑铭,等
87	50W级全固态激光器及其核心部件产业化关键技术	樊仲维,张国新,石朝辉,等
88	大幅面微纳图形制造技术与产业化应用	陈林森,沈雁,周小红,等
89	智能语音交互关键技术及应用开发平台	刘庆峰,王仁华,胡郁,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
90	综合型语言知识库	俞士汶, 穗志方, 常宝宝, 等
91	基于异构信息融合的非线性动态系统估计技术及应用	韩崇昭, 徐宗本, 聂凯, 等
92	多源信息环境下自主地面移动平台导航、控制及应用	付梦印, 夏元清, 周培德, 等
93	跨行业的嵌入式系统软件平台 SMART 及其应用	陈纯, 卜佳俊, 应放天, 等
94	面向安全监控的视频内容理解技术与应用	谭铁牛, 黄凯奇, 王宏志, 等
95	网构软件技术、平台与应用	吕建, 李宣东, 张成志, 等
96	面向资源管理的跨域认证与多级授权系统	陈性元, 张斌, 张红旗, 等
97	藏文软件研发与推广应用	欧珠, 仁青诺布, 格桑多吉, 等
98	网络软件基础架构平台(网驰 ONCE)技术和系统	黄涛, 冯玉琳, 魏峻, 等
99	复杂钢结构施工过程中时变分析及控制关键技术研究与应用	郭彦林, 周绪红, 罗尧治, 等
100	隧道含水构造等不良地质超前预报定量识别及其灾害防治关键技术	李术才, 李树忱, 张庆松, 等
101	混凝土桥梁服役性能与剩余寿命评估方法及应用	张建仁, 金伟良, 余志武, 等
102	大型及复杂水下隧道结构分析理论与设计关键技术	何川, 肖明清, 郭信君, 等
103	大跨径桥梁钢桥面铺装成套关键技术及工程应用	黄卫, 陈志明, 钱振东, 等
104	张弦结构体系分析设计理论及施工关键技术	陈志华, 钱英欣, 刘中华, 等
105	强潮海域跨海大桥建设关键技术	吕忠达, 王仁贵, 谭国顺, 等
106	建筑钢结构新型连接节点及体系的设计理论、关键技术与工程应用	石永久, 王燕, 侯兆新, 等
107	重大水利水电工程施工实时控制关键技术及其工程应用	马洪琪, 钟登华, 张宗亮, 等
108	江湖冲积过程联动机理与关键调控技术	李义天, 谈广鸣, 卢金友, 等
109	河口海岸水灾害预警预报关键技术、系统集成及应用	张长宽, 华祖林, 龚政, 等
110	重大水工程服役风险评定与馈控的关键技术及其应用	顾冲时, 苏怀智, 范子武, 等
111	水利与国民经济耦合系统的模拟调控技术及应用	王浩, 陈敏建, 秦大庸, 等
112	复杂地形地质条件下山区高速公路建设成套技术	白山云, 廖朝华, 徐健, 等
113	山区拱桥建设与维护新技术研发及应用	周建庭, 周志祥, 张劲泉, 等
114	提高海工混凝土结构耐久性寿命成套技术及推广应用	王胜年, 潘德强, 洪定海, 等
115	公路网快速检测与损坏修复关键技术	潘玉利, 孟书涛, 程珊珊, 等
116	车辆轮轨诱发的环境振动与噪声控制关键技术及产业化	雷晓燕, 尹学军, 徐增堂, 等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
117	基于中级轿车平台的荣威 550 车型自主开发	高卫民,郝 飞,羊 军,等
118	测长方法创新及固体密度基准的建立	罗志勇,李 岩,杨丽峰,等
119	有害物质化学成分测量标准物质研制与应用	吴方迪,李红梅,徐 蓓,等
120	北京奥运会、残奥会开闭幕式关键技术研究与应用	于建平,郑志荣,陈 威,等
121	我国二氧化硫减排理论与关键技术	郝吉明,柴发合,王金南,等
122	陆地生态系统变化观测的关键技术及其系统应用	于贵瑞,孟 伟,王跃思,等
123	大气环境综合立体监测技术研发、系统应用及设备产业化	刘文清,王跃思,刘建国,等
124	环境一号卫星环境应用系统工程	王 桥,罗 毅,魏 斌,等
125	干旱荒漠区土地生产力培植与生态安全保障技术	陈亚宁,潘存德,钟新才,等
126	现代化人机交互气象信息处理和天气预报制作系统	罗 兵,李月安,谭晓光,等
127	大型矿山排土场安全控制关键技术	连民杰,孙世国,刘汉东,等
128	重大滑坡减灾防灾关键支撑技术	殷跃平,吴树仁,李铁锋,等
129	结构性心脏病介入治疗新技术研究与应用	宋治远,朱鲜阳,张玉顺,等
130	人体免疫应答影响乙型肝炎临床转归及抗病毒疗效	王福生,田志刚,张 政,等
131	眼耳鼻咽喉疾病 CT 和 MR 技术创新与应用	王振常,鲜军舫,罗德红,等
132	肝纤维化显型表达与非创伤性诊断和临床干预	曾民德,贾继东,李定国,等
133	2 型糖尿病新治疗方案研究与临床应用	翁建平,李延兵,纪立农,等
134	α 和 β 地中海贫血的遗传分析及其在临床和人群预防中的应用	徐湘民,廖 灿,周玉球,等
135	心律失常的结构和神经重构的基础研究与临床防治	黄从新,江 洪,唐其柱,等
136	睡眠对儿童生长发育影响的研究及其应用	沈晓明,江 帆,李生慧,等
137	急性髓细胞白血病生物学特征研究及化疗新方案的创建和推广应用	金 洁,钱文斌,徐荣臻,等
138	支气管哮喘的发病机制及规范化治疗	施焕中,林江涛,殷凯生,等
139	人毛囊多潜能干细胞的获取及其在组织工程及再生医学中的应用	李玉林,颜炜群,刘晋宇,等
140	道地药材形成机理研究及应用	黄璐琦,胡世林,肖培根,等
141	中药资源化学研究体系建立及其应用	段金廛,萧 伟,钱士辉,等
142	芪参益气滴丸对心肌梗死二级预防的临床试验	张伯礼,商洪才,姚 晨,等
143	人参新品种选育与规范化栽培及系列产品开发	张连学,杨利民,冯 家,等
144	益气化痰法治疗椎间盘退变性疾病的基础研究和临床应用	王拥军,施 杞,石仰山,等
145	代谢综合征的中医认识及整体治疗	仝小林,连凤梅,朱永宏,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
146	中药莲花清瘟治疗流行性感冒研究	贾振华, 吴以岭, 郭双庚, 等
147	从毒瘀虚论治系统性红斑狼疮的增效减毒方案构建与应用	范永升, 温成平, 姜 泉, 等
148	肝脾肾同治法辨证治疗 2 型糖尿病临床研究	高思华, 龚燕冰, 倪 青, 等
149	人参皂苷新作用靶点及其临床应用	凌昌全, 李 敏, 封颖璐, 等
150	中药配方颗粒产业化关键技术研究与应用	涂瑶生, 周嘉琳, 谭登平, 等
151	面向临床的中药药性与品质评价模式和方法	肖小河, 赵艳玲, 王伽伯, 等
152	大流行流感疫苗、诊断试剂评价关键技术的创新和应用	王军志, 李长贵, 方捍华, 等
153	药物制剂缓控释技术的开发与产业化	贺 芬, 王 浩, 侯惠民, 等
154	重组人白介素-11 的研制及产业化关键技术	王晶翼, 孙丽霞, 厉保秋, 等
155	创新药尤瑞克林、乌司他丁等天然蛋白药物的技术与应用开发	傅和亮, 王小宁, 谢永立, 等
156	我国抗感染药物临床前药效评价平台关键技术的建立及应用	蒋建东, 游雪甫, 陈鸿珊, 等
157	高性能移动分组核心网智能化技术创新及应用	徐伟忠, 戴继盛, 侯志鹏, 等
158	通信网络测试与优化平台关键技术及其应用	张治中, 鞠 明, 王志勤, 等
159	3.2Tbit/s 高速光波分复用(WDM)传输系统的研制与应用创新	张成良, 蔡常天, 张海懿, 等
160	万米级特深井陆用钻机设计制造与工业化应用	王进全, 黄悦华, 陈建国, 等
161	三峡全空冷巨型水轮发电机组研制	王国海, 蒋宝钢, 卜良峰, 等
162	复杂薄板产品装配的数字化工艺设计与装备技术	林忠钦, 卢兵兵, 练朝春, 等
163	高瓦斯突出煤层群保护层开采与地面钻井抽采卸压瓦斯关键技术	严永胜, 周福宝, 李玉民, 等
164	煤矿区煤层气立体抽采关键技术与产业化示范	武华太, 贺天才, 李国彪, 等
165	我国东部煤矿深井巷道松软围岩失稳安全控制关键技术与应用	谢广祥, 孔祥喜, 谭云亮, 等
166	工程爆破作业安全和有害效应控制关键技术与应用	谢先启, 卢文波, 吴新霞, 等
167	中国煤矿瓦斯地质规律与应用研究	张子敏, 高建良, 张玉贵, 等
168	盐湖钾镁资源高效与可持续开发利用关键技术	于建国, 宋兴福, 李小松, 等
169	固体废弃物循环利用新技术及其在公路工程中的应用	徐世法, 张肖宁, 谭忆秋, 等
170	工业连续化废橡胶废塑料低温裂解资源化利用成套技术及装备	汪传生, 牛 斌, 曾宪奎, 等
171	大型高含硫气田安全开采及硫磺回收技术	常宏岗, 余朝毅, 李鹭光, 等
172	有机固体废弃物资源化与能源化综合利用系列技术及应用	陈 勇, 李国学, 刘晓风, 等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
173	化工废气超重力净化技术的研发与工业应用	刘有智, 祁贵生, 焦纬洲, 等
174	融合业务支撑环境关键技术与应用	杨放春, 苏 森, 王红熯, 等
175	中国民航飞行运行监控系统关键技术及应用	曹先彬, 朱衍波, 蔡开泉, 等
176	基于水平集成架构的下一代综合业务平台的开发与规模应用	韦乐平, 段建祥, 徐 穗, 等
177	面向现代服务业的空地一体化网络管理与远程故障诊断维护系统	潘成胜, 刘治国, 张德育, 等
178	面向数字化医疗的医学图像关键技术研究及应用	陈雷霆, 蒲立新, 蔡洪斌, 等
179	海河平原小麦玉米两熟丰产高效关键技术创新与应用	马峙英, 李雁鸣, 崔彦宏, 等
180	玉米高产高效生产理论及技术体系研究与应用	李少昆, 刘永红, 薛吉全, 等
181	水稻丰产定量栽培技术及其应用	张洪程, 丁艳锋, 凌启鸿, 等
182	土壤作物信息采集与肥水精量实施关键技术及装备	刘成良, 陈立平, 黄丹枫, 等
183	十字花科蔬菜主要害虫灾变机理及其持续控制关键技术	尤民生, 侯有明, 杨 广, 等
184	玉米籽实与秸秆收获关键技术装备	陈 志, 李树君, 韩增德, 等
185	黄土高原旱地氮磷养分高效利用理论与实践	李生秀, 王朝辉, 高亚军, 等
186	农产品高值化挤压加工与装备关键技术研究及应用	金征宇, 申德超, 陈善峰, 等
187	煤矿井下地质力学原位快速测试及围岩控制技术	康红普, 李晋平, 翟 红, 等
188	华北型煤田隐伏含水陷落柱预探评价与快速治理理论及关键技术	刘建功, 武 强, 赵庆彪, 等
189	海洋仪器海上试验与作业基础平台若干关键技术及应用	吴德星, 陈学恩, 郭心顺, 等
190	鄂尔多斯盆地生态脆弱区煤炭开采与生态环境保护关键技术	王双明, 范立民, 黄庆亨, 等
191	全球卫星导航系统精密定轨定位数据处理理论、方法和软件系统	施 闯, 赵齐乐, 刘经南, 等
192	云南中低品位胶磷矿选矿技术开发与产业化	吴元欣, 张文学, 李耀基, 等
193	复杂难采深部铜矿床安全高效开采关键技术研究与应用	李冬青, 王李管, 杨承祥, 等
194	综放开采顶煤放出理论与厚煤层开采围岩控制技术及应用	王家臣, 陈忠辉, 贾双春, 等
195	深部盐矿采卤溶腔大型地下储气库建设关键技术及应用	杨春和, 李银平, 黄泽俊, 等
196	国产铁精矿提铁降硅(杂)的系统研究与实践	余永富, 邵安林, 张泾生, 等
197	测绘基准和空间信息快速获取关键技术及其在灾害应急测绘中的应用	李建成, 姜卫平, 张 鹏, 等
198	感染性角膜病创新理论及其技术应用	谢立信, 史伟云, 王宜强, 等
199	胫腓骨骨折的系列研究及其临床应用	张英泽, 罗从风, 侯志勇, 等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
200	不孕症病因及治疗方法的研究与临床应用	乔杰, 黄荷凤, 孙莹璞, 等
201	冠心病外科微创系列技术的建立及应用推广	胡盛寿, 孙寒松, 宋云虎, 等
202	脊柱肿瘤外科关键技术及临床应用	肖建如, 袁文, 贾连顺, 等
203	严重烧、创伤脓毒症免疫功能障碍机制及临床诊断、防治新策略	姚咏明, 方向明, 梁华平, 等
204	微创脊柱外科新技术的研究与临床应用	池永龙, 徐华梓, 高伟阳, 等
205	卵巢癌进展机制及其阻遏策略的研究与应用	谢幸, 马丁, 崔恒, 等
206	新型消化道支架的研发与应用	滕皋军, 郭金和, 郭圣荣, 等
207	心脏不停跳心内直视手术临床研究	肖颖彬, 陈林, 王学锋, 等
208	烟大铁路轮渡系统集成技术及应用	铁道第三勘察设计院集团有限公司, 铁道部工程设计鉴定中心, 中国铁路建设投资公司, 等

附件 4 2011 年度“中国科学十大进展”

1. 天宫一号与神舟八号成功实现交会对接;
2. 利用强激光成功模拟太阳耀斑的环顶 X 射线源和重联喷流;
3. 将小鼠成纤维细胞成功转化为功能性肝细胞样细胞;
4. 显微光学切片层析成像获取小鼠全脑高分辨率图谱;
5. 设计出兼具低场高灵敏和高场大磁电阻的硅基磁电阻器件;
6. 揭示梯度纳米晶铜本征塑性变形机制;
7. 揭示 Tet 双加氧酶在哺乳动物表观遗传调控中的重要作用;
8. 利用化学气相沉积法制备出石墨烯三维网络结构材料;
9. 阐明冰期—间冰期印度夏季风变迁的动力学机制;
10. 实现碳纳米管的高效光伏倍增效应。