



2006-2007

# 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

2006—2007 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, 2007. 3

ISBN 978-7-5046-4543-2

I. 2... II. 中... III. 科学技术—研究报告—中国—2006—2007  
IV. N12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 027895 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志, 未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010-62103210 传真: 010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京中科印刷有限公司印刷

\*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 17.25 字数: 410 千字

2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 45.00 元

ISBN 978-7-5046-4543-2/N·105

---

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、  
脱页者, 本社发行部负责调换)

# 2006—2007 学科发展报告综合卷

COMPREHENSIVE REPORT ON ADVANCES IN SCIENCES

## 编撰人员名单

### 专家组 (以姓氏笔画为序)

王海波	邓楠	白春礼	冯长根	朱明
肖宏	沈爱民	张开逊	张玉卓	陈运泰
陈赛娟	周建平	饶子和	钱七虎	高福
梅永红	董尔丹	游苏宁	薛澜	戴汝为

### 编写组 (以姓氏笔画为序)

叶成	田野	宁津生	吕爱平	朱立新
朱明	刘西拉	许世卫	苏天森	苏青
杨文志	李家春	李喜先	沈镭	宋天虎
张礼和	张伯礼	张怀良	张侃	陆辛
金国藩	金相灿	郑纬民	赵群力	钟南山
俞忠钰	唐启升	陶文沂	陶祖莱	盛炜彤
谢在库	蔡运龙			

学术秘书	刘兴平	黄珏	张国友	胡春华	朱宇
	齐志红	许英	李万刚		

# 前 言

学科是科学技术体系形成与发展的重要标志,开展学科发展研究是推动科学技术进步的一项基础性工作。为深入贯彻落实全国科技大会和《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》精神,促进学科发展和原始创新能力的提升,提高我国科技自主创新水平,建设创新型国家,从2006年起,中国科学技术协会(以下简称中国科协)在2002年起开始编写的《学科发展蓝皮书》的基础上,组织有关全国学会启动了学科进展研究及发布项目。该项目计划每年组织并资助20~30个属自然科学一级学科的全学会对本学科进展和发展趋势进行系统研究,编撰出版学科发展报告。各学科发展报告的编撰周期一般为两年。

2006年,中国科协组织中国力学学会等30个所属全国学会开展学科发展研究,编撰完成了30本相关学科的发展报告。在这些工作基础上,中国科协学会学术部组织有关专家编撰了《学科发展报告综合卷(2006—2007)》(简称《综合卷》)。《综合卷》共分四个部分:第一部分在综合分析30个学科发展报告的基础上,归纳总结了学科发展的特点和趋势;第二部分简要介绍了30个学科发展报告的主要内容;第三部分为30个学科进展及发展趋势的英文简介;第四部分为2005~2006年度与学科进展相关的主要科技成果。

在中国科协学术与学会工作专门委员会指导下,为确保《综合卷》编撰出版质量,成立了编撰专家组以及由相关学科专家组成的编写组;中国科协学会服务中心和中国科学技术出版社的有关同志为《综合卷》的编撰出版承担了大量的具体组织协调、资料收集整理、文稿修订等工作。在此,谨向为《综合卷》的编撰、出版工作付出辛勤劳动、做出贡献的所有同志表示诚挚的谢意!

需要特别说明的是,本《综合卷》是在中国科协所属全国学会自由申报、中国科协第六届学术交流工作委员会审定后确定的2006年开展的30个一级学科进展研究及其编撰的发展报告基础上编撰的,尚未包含所有的学科领域。因此,《综合卷》只是对相关的30个学科进展进行了汇总,并不能代表学科发展的全貌。《综合卷》第二部分30个学科进展及发展趋势的排列顺序,是根据这些学科相对应的全国学会在中国科协所属全国学会的代码顺序而定。《综合卷》编写工作尚属首次,加之时间仓促,研究的时间跨度、内容结构不尽统一,疏漏和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

《学科发展报告综合卷(2006—2007)》编写组

2007年3月

# 序

基于我国经济社会发展和国际社会竞争态势的客观要求,党中央、国务院做出增强自主创新能力、建设创新型国家的战略部署,这是综合分析我国所处历史阶段和世界发展大势做出的重大战略决策。学科创立、成长和发展,是科学技术创新发展的科学基础,是科学知识体系化的象征,是创新型国家建设的重要方面,是国家科技竞争力的标志。在科学技术繁荣、发展的过程中,传统的自然科学学科得以不断深入发展,新兴学科不断产生,学科间的相互渗透、相互融合的趋势不断增强;边缘学科、交叉学科纷纷涌现,新的分支学科不断衍生,科学与技术趋向综合化、整体化。及时总结、报告自然科学的学科最新研究进展,对广大科技工作者跟踪、了解、把握学科的发展动态,深入开展学科研究,推进学科交叉、融合与渗透,推动多学科协调发展,促进原始创新能力的提升,建设创新型国家具有非常重要的意义。为此,中国科协在连续4年编制《学科发展蓝皮书》基础上,自2006年开始启动学科发展研究及发布活动。

按照统一要求,中国力学学会、中国化学会、中国地理学会等30个全国学会申请承担了2006年相应30个一级学科发展研究任务,并编撰出版30本相应学科发展报告。在此基础上,中国科协学会学术部组织有关专家编撰了全面反映这30个一级学科的总报告——《学科发展报告综合卷(2006—2007)》。

中国科协是中国科学技术工作者的群众组织,是国家推动科学技术事业发展的重要力量,开展学术交流、活跃学术思想、促进学科发展、推动自主创新是其肩负的重要任务之一。开展学科发展研究及学科发展报告发布活动,是贯彻落实科技兴国战略和可持续发展战略,弘扬科学精神,繁荣学术思想,展示学科发展风貌,拓宽学术交流渠道,更好地履行中国科协职责的一项重要举措。这套由31卷、800余万字构成的系列学科发展报告(2006—2007),对本学科近两年来国内外科学前沿发展情况进行跟踪,回顾总结,并科学评价了近年来学科的新进展、新成果、新见解、新观点、新方法、新技术等,体现了学科发展研究的前沿性;报告根据本学科的发展现状、动态、趋势以及国际比较和战

略需求,展望了本学科的发展前景,提出了本学科发展的对策和建议,体现了学科发展研究的前瞻性;报告由本学科领域首席科学家牵头、相关学术领域的专家学者参加研究,集中了本学科专家学者的智慧和学术上的真知灼见,突出了学科发展研究的学术性。这是参与这些研究的全国学会和科学家、科技专家劳动智慧的结晶,也是他们学术风尚和科学责任的体现。

希望中国科协所属全国学会坚持不懈地开展学科发展研究和发布活动,持之以恒地出版学科发展报告,充分体现中国科协“三服务、一加强”(为经济社会发展服务,为提高全民科学素质服务,为科学技术工作者服务,加强自身建设)的工作方针,不断提升中国科协和全国学会的学术建设能力,增强其在推动学科发展、促进自主创新中的作用。

中国科学技术协会主席



2007年2月

# 目 录

序 .....	韩启德
前言 .....	《学科发展报告综合卷(2006—2007)》编写组
第一章 学科发展综合特点与趋势	
第一节 基础研究不断涌现高水平原创性成果 .....	(2)
第二节 应用研究更加重视科技成果转化 .....	(5)
第三节 高新技术与国际先进水平差距日趋缩小 .....	(7)
第四节 工程技术更加注重服务国家经济建设 .....	(9)
第五节 学科间交叉渗透融合趋势日益明显 .....	(11)
第六节 学科发展整体水平仍需大幅提升 .....	(12)
第二章 相关学科进展与趋势	
第一节 力学 .....	(16)
第二节 化学 .....	(21)
第三节 空间(太空)科学 .....	(25)
第四节 地质学 .....	(32)
第五节 地理科学 .....	(37)
第六节 心理学 .....	(41)
第七节 环境科学技术 .....	(45)
第八节 资源科学 .....	(49)
第九节 机械工程 .....	(55)
第十节 农业工程 .....	(62)
第十一节 仪器科学与技术 .....	(65)
第十二节 电子信息 .....	(69)
第十三节 计算机科学 .....	(75)
第十四节 测绘科学技术 .....	(79)
第十五节 航空科学技术 .....	(87)
第十六节 冶金工程技术 .....	(93)
第十七节 化学工程 .....	(98)
第十八节 土木工程 .....	(103)
第十九节 纺织科学技术 .....	(108)
第二十节 材料科学 .....	(114)
第二十一节 食品科学技术 .....	(119)
第二十二节 农业科学 .....	(122)

第二十三节	林业科学	(125)
第二十四节	水产学	(129)
第二十五节	医学	(134)
第二十六节	中医学	(141)
第二十七节	中西医结合医学	(145)
第二十八节	药学	(151)
第二十九节	生物医学工程	(156)
第三十节	体育科学	(162)

### 第三章 学科发展报告(2006—2007)简介(英文)

1. Mechanics	(170)
2. Chemistry	(175)
3. Space Science	(178)
4. Geological Science	(179)
5. Geographical Science	(181)
6. Psychology	(182)
7. Environmental Science and Technology	(185)
8. Resources Science	(187)
9. Mechanical Engineering	(189)
10. Agricultural Engineering	(191)
11. Instrumentation Science and Technology	(197)
12. Electronics and Information Technology	(198)
13. Computer Science and Technology	(204)
14. The Science and Technology of Surveying & Mapping	(206)
15. Aeronautical Science and Technology	(208)
16. Metallurgical Engineering and Technology	(210)
17. Chemical Engineering	(213)
18. Civil Engineering	(214)
19. Textile Science and Technology	(217)
20. Materials Science and Engineering	(218)
21. Food Science and Technology	(221)
22. Agricultural Science	(223)
23. Forestry Science	(225)
24. Fishery Science	(227)
25. Medical Science	(229)
26. TCM and Chinese Materia Medica	(231)
27. Integrated Traditional Chinese and Western Medicine	(233)
28. Pharmacy	(236)



29. Biomedical Engineering .....	(238)
30. Sports Science .....	(240)

附件 2005—2006 年度与学科进展相关的主要科技成果

附件 1 2005 年度国家自然科学奖目录 .....	(244)
附件 2 2006 年度国家自然科学奖目录 .....	(245)
附件 3 2005 年度国家技术发明奖目录 .....	(246)
附件 4 2006 年度国家技术发明奖目录 .....	(248)
附件 5 2005 年度国家科学技术进步奖目录 .....	(249)
附件 6 2006 年度国家科学技术进步奖目录 .....	(255)
附件 7 2005 年度中国十大基础研究新闻 .....	(262)
附件 8 2006 年度中国十大基础研究新闻 .....	(262)



# 第一章

---

## 学科发展综合特点及趋势

进入 21 世纪,新科技革命的迅猛发展,推动了学科的交叉、融合、渗透、分化和发展,并孕育着新的重大突破,因而将深刻改变经济和社会的面貌。计算机等新的运算方法的引进使传统学科焕发了青春,基础研究的重大突破为技术和经济发展展现了新的前景;信息科学和技术发展方兴未艾,依然是经济持续增长的主导力量;生命科学和生物技术迅猛发展,将为改善和提高人类生活质量发挥关键作用;能源科学和技术得以高度重视,为解决世界性的能源与环境问题开辟新的途径;纳米科学和技术的新突破接踵而至,将带来深刻的技术革命;空间科学和技术重新升温,在把人类探索的目光不断推向悠远天际的同时,也为开拓人类未来的生存空间带来了希望。

为顺应并反映科学技术发展的这种趋势,2006 年,中国科协启动了学科发展研究及发布活动。该活动以各全国学会为依托,以开展学科发展研究及其相应的学术交流为活动内容,以撰写并出版“学科发展报告”为成果体现,以召开学科进展发布会为宣传方式,旨在探索学科发展规律,跟踪学科发展态势,把握学科发展方向,报道学科最新进展,宣传学科研究成果,促进学科发展交流。2006 年,共有中国力学学会等 30 个全国学会申请承担了相应的 30 个一级学科的发展研究任务。承担这项任务的全国学会分别组织相关领域专家学者深入开展了学科发展专题研究,在充分占有资料、掌握信息并召开专题研讨会的基础上,完成本学科发展报告的编撰工作。在此基础上,就力学等 30 个学科进展、特点及发展趋势综合概括如下。

## 第一节 基础研究不断涌现高水平原创性成果

基础科学的本质是揭示客观世界的运动规律,是人类关于客观世界基本规律的知识体系,这样的知识体系是技术创新和革命的先导与源泉。在知识经济兴起的时代,知识创新,尤其是科学和技术的原始创新,是增强国家综合实力和核心竞争力的关键所在。近年来,我国政府高度重视基础研究,大力倡导原始创新,在基础学科领域取得了一批高水平原创性理论研究成果。

基础农学学科是农业科学的技术基础,是发展现代农业、加快社会主义新农村建设的强大动力。在分子生物学方面,我国形成了以功能基因组和蛋白组学研究为方向,以多学科交叉为基础,微观与宏观相结合的研究体系,以阐明重要农作物农艺性状分子调控机制为核心的研究已全面展开。随着籼稻全基因组测序和粳稻测序的完成,我国先后克隆出抗病、耐盐、抗旱、高效利用氮磷和调控生长发育等有潜在应用价值的重要农艺性状基因,为水稻优良品种选育提供了重要的基础数据。遗传学家、小麦育种专家李振声长期从事小麦与偃麦草远缘杂交与染色体工程育种研究,育成小偃麦八倍体、异附加系、异代换系、易位系和小偃 4、5、6 号等系列小麦良种;利用偃麦草蓝色胚乳基因作为遗传标记性状,首次创制了蓝色单体小麦系统、自花结实缺体小麦系统;建立了选育小麦异代换系的新方法——缺体回交育种法,为小麦染色体工程育种奠定了基础;开展了小麦高效利用土壤

氮、磷营养元素研究,完成了种质资源筛选、生理机制、遗传规律和育种研究,开辟了作物营养遗传育种研究的新途径。李振声被授予我国 2006 年度国家最高科技奖。

近年来,化学学科取得重大进展,研究成果丰硕。仅 2006 年,我国化学工作者就获国家自然科学奖一等奖 1 项、二等奖 10 项,国家技术发明奖二等奖 7 项,国家科学技术进步奖二等奖 17 项。刘文剑获得国际量子分子科学院授予的 2006 年度大奖和亚太理论与计算化学家协会颁发的 2006 年度 Pople 奖;柴之芳荣获 2005 年度国际放射分析和核化学最高奖——George von Hevesy 奖;李灿在 2004 年获国际催化界最高奖——国际催化奖。支志明在无机化学领域取得重大研究进展:创立了活性钌-氧、钌-氮和钌-碳多重键配合物化学,并用于揭示原子和基团向有机底物转移的反应机理;报道了手性  $\text{Ru}=\text{O}$ 、 $\text{Ru}=\text{NR}$  配合物,并用于直接观察对映选择性原子或基团转移反应;开拓了包括钌催化卡宾体转移反应、分子内碳-氮键的形成、用氧对映选择性氧化烯烃以及 Wacker 型烯烃氧化成醛等在内的一系列可应用于药物合成和精细化学品合成的技术;创立了磷光金属配合物光化学,利用光化学的方法合成并测试了多种新型高活性  $\text{Os}=\text{O}$ 、 $\text{Os}\equiv\text{N}$  配位不饱和金属激发态物种,这些物种具有基态分子所无法达到的特殊性质和反应性;解决了包括氮偶合反应、闭壳金属离子激发态配合物的形成和仿生物有机氧化等多个化学领域难题。他的研究项目“金属配合物中多重键的反应性研究”取得的突出成果得到国际学术界的高度评价,并获 2006 年度国家自然科学奖一等奖。

在材料学科领域,闵乃本等完成的“介电体超晶格材料的设计、制备、性能和应用”项目,将超晶格概念推广到介电材料,研制成周期、准周期和二维调制结构介电体超晶格。他们深入研究了电磁波与弹性波在介电体超晶格中的传播、激发及其耦合效应,从新效应、新机制的理论预言到材料制备、实验验证、原型器件研制进行了系统性的原创工作:基于级联光频转换和多波长同时产生,研制成功超晶格全固态白光激光器;基于超晶格振动与微波的耦合,将与极化激元相关的长波光学特性由红外波段拓展至微波波段,为微波带隙材料设计提供了新途径;基于准位相匹配增强效应,将拉曼信号增强 4~5 个数量级,为新型拉曼激光器的设计提供了新原理;基于新型光学双稳机制,实现了多束光双稳态;基于超声激发的相干叠加效应,研制成多种超声原型器件,填补了体波超声器件从数百兆到数千兆的空白频段。该成果荣获 2006 年度国家自然科学奖一等奖。

2006 年,程耿东、郭旭、顾元宪课题组完成了“结构拓扑优化中奇异最优解的研究”项目,取得了具有原始创新性的研究成果:①首次正确描述了奇异优化问题的可行域形状以及奇异最优解的本质特点,纠正了以往研究中的错误认识,指出了传统拓扑优化算法求解奇异性问题的固有缺陷以及不同类型拓扑优化问题的本质区别;②首次将连续性分析引入奇异最优解研究,为奇异性现象的分析及求解方法的构造提供了有力的理论工具;③在优化问题列式中用内力约束代替应力约束并予以放松,提出了处理奇异最优解的 Epsilon-放松及其系列算法,成功地将结构拓扑优化和尺寸优化统一在了同一框架之下。该算法能够从任意的均匀初始设计出发,以相当高的概率得到全局最优解。该成果得到了国内外同行的高度评价,有关奇异最优解产生原因的工作被认为是“处理由奇异拓扑导致的计算困难的相当大的进展”,“是在正确方向上前进的一大步”;所提出的 Epsilon-放松及其系列算法被广泛、实质性地引用、推广。该研究成果获国家自然科学奖二等奖。

地质学领域目前正在实施的国家重大科学工程——中国大陆科学钻探工程 2005 年 1 月 23 日终孔深度已达 5 118.20 m,并取得了一系列重要创新成果和研究进展:①建立了中国第一井 5 000 m 的系列“金柱子”;②首次在国内完成了长井段岩心深度和方位测井归位和结晶岩区的三维地震探测,揭示了孔区附近精细的地壳结构;③在主孔、卫星孔以及区域范围内不同岩性的锆石中普遍发现了柯石英和超高压矿物包体,表明苏鲁地区曾发生巨量的大陆地壳物质深俯冲至 100 km 以下的地幔中并经历了超高压变质作用的壮观地质事件;④确定了超高压变质年龄以及与构造抬升有关的退变质年龄;⑤在主孔岩屑中发现一批新的异常地幔矿物,在主孔榴辉岩中发现金刚石,在主孔中新发现了 400 m 厚的金红石矿层;⑥发现了地下气体地球化学异常与印尼苏门答腊 9.3 级地震之间的对应关系;⑦在不同深度、不同岩性中发现了大量极端条件下形成的微生物新家族,并培植成功微生物活体;⑧提出了新的陆—陆碰撞深俯冲剥蚀模式。

国家高技术研究发展计划(“863”计划)和载人航天工程(“921”工程)的实施,实质性地推动了我国空间科学各个领域的全面发展。以空间物理与空间探测领域为例,近年来,我国科学家在太阳风起源和湍流传输本质研究中取得突出成果,通过对不同离子的多普勒速度以及发射谱线的辐射图与由光球层磁图外推到不同高度的无力磁场的相关分析,发现太阳风流动起源于极冕洞磁漏斗结构中光球层上方 5 000 km~20 000 km 的高度范围;提出沿径向的太阳风流动是由垂直径向大尺度对流运动驱动的新观点,突破了以往学术界流行的太阳风起源于一维流管的想法和理论;提出 5 000 km 尺度或更大的磁圈在漏计结构中磁重联供给太阳风初始的质量和能量,为太阳风的起源和形成机制的基本问题提供了新的研究方向。

人类基因组计划是当代生命科学和基础医学领域的一项伟大科学工程,这项于 1990 年正式启动的宏大项目奠定了 21 世纪生命科学发展和现代医药生物技术产业化的基础。我国在 1993 年启动了相关研究项目,目前已高质量完成基因组 1%即 3 000 万个碱基对测序任务,为基因组全序图的完成作出了贡献;我国人类基因组计划第二期也已完成,该期工作包括建立了 42 个民族和 58 个群体、3 119 株永生细胞株的细胞库;在完成遗传资源保存任务的同时,还开展了大量基因组遗传多态性研究,包括单核苷酸多态性(SNP)的系统筛查和单倍型目录的构建,初步建成了代表我国人群的 SNP 数据库,并于 2004 年加入了国际单倍型图(Hap Map)计划;2006 年,我国科学家与国外科学家一起完成了人类 3 号染色体的 DNA 测序和分析工作,标志着我国在基因组研究方面又有了重要进展。

络脉与络病理论是中医学术体系的独特组成部分,吴以岭主持的“络病理论及其应用研究”课题,率先提出了络病研究的理论框架“三维立体网络系统”,形成了系统络病理论;建立了“络病证治”,并运用络病理论探讨了多种疾病的病理机制与治疗,开辟了从络病论治难治性疾病的新途径;依据“脉络—血管”同一性,提出了“脉络—血管系统病”概念,开辟了血管病变防治的新学术领域。该研究成果获 2006 年度国家科学技术进步奖二等奖。

“海洋动植物中活性先导化合物的发现和优化”研究项目以发现海洋生物中活性先导化合物为导向,对我国东南沿海海洋生物资源包括动物和植物进行了考察;确定了 600 余种海洋天然产物的化学结构,其中 80 余种为国际上首次发现的新的结构化合物,8 种为全新骨架化合物;发现 45 种化合物对多种肿瘤细胞、T 和 B 淋巴细胞的增殖反应和免疫

调节有显著活性,4个化合物对与2型糖尿病直接相关的蛋白质酪氨酸磷酸酯酶 PTP1B 有显著的抑制作用;确定4种具有新药发展前途的药物先导化合物。皮肤遗传学是当今最活跃的医学研究领域之一,我国的研究水平已经步入世界先进行列;在世界上首次发现染色体 4q31-q32 上存在汉族人银屑病的易感基因,首次发现染色体 4q13-q21 上存在汉族人白癜风的易感基因,两项成果均被国际权威遗传学数据库(OMIM)收录并分别命名为 PSORS9 和 AIS4。资源科学正处于不断完善和发展阶段,2007年《资源科学技术名词》将正式公布与出版,标志着资源科学在我国学科体系中的地位已经形成并被社会承认。

## 第二节 应用研究更加重视科技成果转化

应用学科是基础学科在社会生产和生活中的运用,它强调研究成果所带来的经济效益和社会效益。其研究一般具有很强的任务性、目标性和时间性,把基础研究的成果以及应用学科中的创新理论和理念、方法,应用于解决社会经济发展中面临的重大问题,促进研究成果的生产力转化,应是应用学科的首要任务。

“青藏铁路工程与多年冻土相互作用及其环境效应研究”项目有效地解决了青藏铁路建设中的一些重大技术难题,为青藏铁路工程建设奠定了科学基础。研究人员根据长期在青藏公路、青康公路的科学研究积累,以“空间换时间”的理念,创造性地提出了“冷却路基、降低多年冻土温度”的主动保护多年冻土的设计新思路,改变了传统的被动保护多年冻土的设计思想。该项目还构建了青藏铁路冻土区工程稳定性长期监测、评价和预测系统;开发了青藏铁路地理信息系统及数字路基与仿真平台;建立了以冷却路基为核心,以调控热传导、辐射、对流为理论基础的筑路技术的理论和方法;提出了块石路基、碎石护坡、复合路基、通风管路基等一整套工程措施及其设计参数,促进了冻土工程学理论和技术的发展。国际冻土协会主席布朗称赞“中国青藏铁路等工程代表了国际冻土工程的最新进展”,“在冻土工程方面所取得的成就可以为别国所借鉴”。该项目2005年获中国科学院重大杰出科技成就奖。

江泽慧主持的联合攻关项目“竹质工程材料制造关键技术研究示范”从竹材基础研究入手,揭示了竹材材性变异规律及其与加工利用的关系;在新型竹质装饰材制造和新型竹炭材料制造等方面的关键技术上取得创新与突破;开发出竹质建筑大梁、无甲醛竹集成材、柔性大幅面无纺布强化竹材装饰单板、纳米改性竹炭等三大类十一种新技术新产品,并在建筑、装饰、食品和环境等领域得到广泛应用。目前,我国据此已建成竹质工程材料示范点39个、中试示范生产线15条,建立各类试验林、示范林总计达1285.9 hm<sup>2</sup>,辐射推广面积达4.27万 hm<sup>2</sup>;产业化的推广应用带动了竹藤产区经济的发展,实现直接经济效益1.69亿元。该项目荣获2006年度国家科学技术进步奖一等奖。

在材料学科应用研究领域,我国学者在材料的环境协调性评价及其方法论方面,比较系统地开展了钢铁、铝、水泥、建筑材料、塑料、陶瓷、涂料等典型材料的环境负荷评价研究,探索了符合我国国情的材料环境负荷指标表征和计算方法,对典型材料进行了基础数

据调研、汇总,初步建立了我国自己的 MLCA 数据库并开发了材料环境协调性评估软件。尤其是,我国在用于光解水制氢和环境净化的可见光活性的新型光催化材料研究开发方面,取得了颇有特色的研究成果:在世界上首次发现可见光活性的  $\text{In}_{1-x}\text{Ni}_x\text{TaO}_4$  催化剂,并成功地应用于光解水制氢,在此基础上又成功开发出系列的可见光活性的新型光催化材料,在环境净化和分解有害有毒物质方面取得了突破。此外,我国科学家在蓄能/光催化复合材料的研究方面也取得了进展,这种材料在夜晚等黑暗条件下仍然具有相当好的环境净化和抗菌杀菌作用。

仪器科学与技术学科在现场总线仪表和大型控制系统的产业化和大型工程的应用中取得重大进展:①基于 HART、FF 现场总线的变送器、执行机构、控制系统等方面的研究成果达到国际先进水平并已开始实现产品化,打破了由国外大公司垄断的局面;②原创性地提出了 EPA(Ethernet for Plant Automation)工业控制网络通信技术,制订了我国第一个拥有自主知识产权的现场总线国家标准和国际标准;③产生出一批国内知名企业和著名品牌,树立了国产自动化仪表与系统的良好形象,国产控制系统的产业规模和竞争力得到相当大的提升;④解决了大型控制系统在工程应用中的可靠性问题,在石油化工、大型电力、核电、冶金等领域得到广泛应用。

进入 21 世纪,钢厂生产流程整体优化问题成为解决钢铁工业面临的综合性挑战的有效措施。殷瑞钰提出了钢铁企业要集产品制造、能源转换、废弃物处理与再资源化三大功能于一体为主要内涵的新一代钢铁制造流程新理念,强调构建新一代钢铁制造流程的知识是包括基础科学、技术科学、工程科学三个层次知识体系的集成。目前,这一理念正在不断深化和开发应用中;根据这一新理念,《国家中长期科学和技术发展规划纲要》及《“十一五”国民经济和社会发展规划纲要》已把包括这一新理念的“新一代可循环钢铁生产流程”作为钢铁工业发展的主要方向。

工程结构的耐久性问题是目前我国土木工程领域最突出和最紧迫的问题之一,也是国际同行最关心的应用研究问题,我国在基础理论研究和工程应用方面取得了一系列重大成果:对混凝土中钢筋锈蚀问题,研究者抓住了含氯环境下影响临界氯离子浓度的两个关键因素,即足够小的混凝土电阻和腐蚀电位超越点蚀电位,得到了各种环境下的以占水泥用量比例表示的临界氯离子浓度取值;在混凝土冻融方面,建立了混凝土冻融试验中动弹模变化与强度变化的关系,初步建立了在试验室进行的混凝土冻融标准试验与大气环境下混凝土的冻融规律的关系;一些成熟的调查研究成果已反映到相关的规程和标准中,《工程结构可靠性设计统一标准》也增加了对工程耐久性的要求。

我国科学家高度重视重大传染病防治的应用基础研究,在艾滋病疫苗、禽流感疫苗、SARS 疫苗等研究方面,均取得了重大的进展。2004 年底,我国自行研制的艾滋病疫苗获准进入临床试验,在艾滋病药物国产化方面取得显著成绩,降低了艾滋病患者服药成本,在个体化用药、控制艾滋病患者机会感染、中医中药治疗、提高免疫功能、延长艾滋病发病时间等方面也都取得了丰富的经验。2005 年,我国科学工作者选择自行培育、免疫效果良好的一株新城疫病毒弱毒疫苗为载体,采用国际先进的反向基因操作技术,在国际上首次研制了表达 H5 亚型高致病力禽流感病毒抗原基因的重组新城疫病毒活载体双价疫苗;之后又自主研发出国际最新型的 H5N1 基因重组禽流感灭活工程疫苗。2005 年,



我国科学家寻找到了 15 种可有效抑制 SARS 病毒的先导化合物,其中肉桂硫胺为可以直接应对 SARS 的药物。钟南山领导的攻关协作组研制出的 siRNA(小分子干扰核糖核酸)在猴子身上试验获得成功,证明小干扰核酸药物对 SARS 冠状病毒具有明显的治疗和预防作用。

比较基因组学研究也取得了重要突破,基因转化已在水稻、玉米、棉花、马铃薯、油菜、大豆和烟草等主要作物中获得成功;农作物的抗病、抗虫、抗逆,提高产量和品质以及采后保鲜等方面的遗传改良研究也取得了重大进展,培育的转基因材料为转基因农作物的产业化提供了重要的品种资源。目前,我国转基因抗虫棉等已大面积推广种植,产生了重大的经济效益和社会效益。

运动医学学科在积极备战 2008 年奥运会开展科研攻关和科技服务工作的同时,高度重视全民健身科技指导研究工作,将国民运动健身科学指导系统研究方面取得的重大进展运用于指导实际工作之中。

在纺织行业,成功研制的聚酯装置自主创新地实现了生产的大容量、高水平 and 低成本,该装置与新研制的直纺涤纶短纤成套设备和直纺涤纶高速长丝纺丝机等联合推广应用,能使生产单位投资下降 30%,极大地提高了涤纶行业的技术水平和市场竞争力。

### 第三节 高新技术与国际先进水平差距日趋缩小

运用高新技术改造传统产业,进一步优化我国国民经济结构、实现经济增长方式的转变,不仅关系到我国能否赶上世界高科技发展与创新的潮流以及中国的国际竞争力的不断提高,还关系到中国的可持续发展以及经济安全和国家主权。可以说,紧跟科学技术迅猛发展的步伐,加快落实我国高科技发展战略,推动高新技术及其产业化进程,已成为各高新技术学科必须面对的重大战略性课题。

2006 年 12 月 29 日,我国自主研发生产的新一代战斗机——“歼十”公开亮相,标志着我国航空科技取得了重大进展。“歼十”是我国自主研发生产的多用途战斗机,分单座、双座两种,该机采用了大量新技术、新工艺,创造了我国航空史上的多个突破:在气动布局上,采用了机腹进气、双三角中单翼加三角前翼的近耦合鸭式气动布局,既能发挥三角翼飞机高空高速的优势,又通过前翼增加升力提高了飞机中低速时的机动性,并且缩短了起降距离;在机体设计上,采用了翼身融合体技术,提高了飞机的隐身性和内部油箱的容量;在动力系统上,采用了国产大推力高推重比涡扇发动机;飞机的航空电子系统和机载武器系统也取得了一系列的突破,作战能力大幅度提高。通过研制“歼十”,我国掌握了飞机设计、主动控制和航电综合化等方面的新技术,完成了多项新材料的研制和工程应用转化,自主开发了先进的飞控、航电、救生、应急动力等系统,建立起一整套设计、试验设施,在试制、试飞方面突破了多项关键技术。“歼十”的研制成功标志着我国军用飞机已经实现了从第二代向第三代的历史性跨越,大幅度缩短了我国与发达国家战机的差距,对于提高我国的国防实力具有重要意义。目前,“歼十”已成建制地装备部队,并已形成实战能力。“歼十飞机工程”成果获 2006 年度国家科学技术进步奖特等奖。

近年来,我国在应用卫星和载人航天技术领域取得重大突破:2003年发射了真正意义上的空间科学卫星——地球空间双星;继“神舟”5号飞船2003年成功载人发射升空,2005年“神舟”6号飞船再次成功载人上天并安全返回,成为中国航天史又一新的里程碑。月球探测工程是当今世界高新技术中极具挑战性的领域之一。该工程对提高我国科技的自主创新能力和促进我国航天技术的跨越式发展,带动相关高新技术的进步,进而推动我国的社会经济发展,具有十分重要的意义。我国的深空探测已经起步,月球探测一期工程进入工程研制阶段,主要目标是实现绕月探测,“嫦娥一号”探月卫星将于2007年发射,卫星平台和运载火箭已进入正样生产,测控、发射场和地面应用系统进入系统联调和联试阶段。二期工程是实现月球软着陆探测和自动巡视勘察,2006年已被正式列入国家中长期科技发展规划的重大专项中,目前正进行立项前的准备工作。三期工程是实现自动采样返回。走独立自主的空间科学技术创新发展道路,使我国已发展成为一个航天技术大国。

纳米科技是进入21世纪以来世界上最富有挑战性的关键科学技术,世界各国都将发展纳米科技作为国家科技发展战略目标的重点,并以纳米材料的制备与加工、纳米材料性能、纳米器件、纳米材料及结构的应用等为主攻方向,我国《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》也把纳米研究列入“重大科学研究计划”。近年来,我国在这一高新技术领域取得了一批赶超世界先进水平的研究成果:①在新型纳米材料研制方面,采用自下而上的构筑思路,发展了模板脉冲电沉积技术,充分利用纳米材料的小尺度效应,制备了半金属Bi/Sb、Bi的Y型结, SiO<sub>2</sub>/Si的异质结,以及喇叭型半金属一维纳米结构阵列,做到了直径和结数量可控。这些带结的纳米线的两端分别表现出不同的特性,如金属/半导体特性,其电阻输运特性完全不同于单一的材料。②在纳电子方面,成功研制出波导型单电子器件晶体管和电荷载超敏感的库仑计;实现6 nm宽的半导体量子线台面和6 nm宽的线条金属栅,制备出了间隔仅为10 nm的多种“纳米电极对”;用GMR效应进行高灵敏度传感器和硬盘磁头原型的研制工作。③在一维量子线、零维量子点材料方面,目前,GaAs、InP基和GeSi/Si等低维半导体材料生长与制备,量子线共振隧穿,量子线场效应晶体管和单电子晶体管、存储器研制等已取得重大进展。特别是量子点激光器,主要性能指标已经超过了量子阱激光器,正处于实用化研究阶段;大功率长寿命量子点激光器、红光量子点激光器和量子点超辐射发光管等研制方面,取得了国际先进水平的成果。④在信息存储方面,中国学者利用自己提出的“幻数团簇+模板”方法和分子束外延技术,成功地在硅衬底上制备了尺寸相同、空间排列严格有序、面密度高达 $10^{13}/\text{cm}^2$ 的金属纳米团簇阵列。这种结构具有良好的热稳定性,并与硅平面工艺兼容,有望在超高密度存储方面获得应用。

2006年,中国科学院计算技术研究所成功研制出新一代通用中央处理器芯片——“龙芯2号增强型处理器芯片”(即“龙芯2E”)。该芯片包含4700万个晶体管、功耗在3~8 W之间,性能达到了中档奔腾IV处理器水平。作为通用64位处理器,“龙芯2E”成为目前世界上除美国、日本之外性能最高的通用处理器,也是中国内地第一个采用90 nm设计技术的处理器。处理器最高主频达到1.0 GHz,峰值运算速度达到40亿次/s双精度浮点运算,单处理器设计已达到国际先进水平,是具有自主知识产权的CPU芯片。

我国的雷达技术已显著缩小了与国际先进水平的差距,地(海)面雷达技术已达到相

当高的水平,机载雷达技术取得了大的进展,星载雷达技术也有了良好开端。其中,机载合成孔径雷达技术已从单一的 X 波段发展到 P、L、S、X、Ku 波段,从单极化发展到多极化,分辨率从 10 m 级提高到米级,测绘带宽从几千米发展到几十千米。空间和空中探测雷达越来越多地采用了相控阵技术,相控阵技术已从无源相控阵发展到了有源相控阵,已研制成功各种频段和各种体制的测风雷达和测雨雷达(也称天气雷达)。

2006 年 8 月,国家标准化委员会颁布了《数字电视地面广播、视频编码 AVS 国家标准》(GB 20060—2006)。从此,我国有了自己的地面数字电视广播传输标准,由此将带动一大批产业的发展。2006 年 3 月 1 日,《信息技术 先进音视频编码 第 2 部分:视频》(简称 AVS)国家标准正式实施。AVS 是数字音视频编码压缩的信源标准,被认为是当前国际上最重要的三个先进视频编码标准之一,该标准的实施是我国数字音视频产业“由大变强”的重要里程碑。AVS 标准颁布后,我国企业已相继开发出 AVS 实时编码器、AVS 高清解码芯片、AVS 机顶盒、AVS 解码软件等产品。

“CASM ImageInfo 一体化遥感综合处理平台及工程应用”是测绘学科近年来最为重要的进展。张继贤等以多源遥感数据一体化集成处理技术为核心,凭借全新的设计理念和先进的遥感处理技术,研制开发出具有我国自主知识产权的一体化大型遥感数据综合处理平台——CASM ImageInfo TM。该成果突破了遥感处理平台的流水线式处理架构、海量数据处理、通用数据引擎等核心技术,发展了稀少控制的高分辨率遥感影像高精度定位、大范围高分辨率卫星遥感地形测绘等高新技术,成功解决了国产中巴资源 01 号星的红外谱段的条带等问题。

## 第四节 工程技术更加注重服务国家经济建设

学科发展的动因在很大程度上可归结为社会需求的驱动。国家建设和社会发展的需要直接推动了学科的发展,尤其是工程技术学科的发展。

农业工程科学技术是实现农业现代化的重要物质基础和科技保障,也是建设现代农业和社会主义新农村关键的科学技术领域之一。吴普特等承担的项目“西北地区农业高效用水技术与示范”,以雨水资源高效利用技术研究、节水灌溉关键设备研制与开发,以及渠灌类型区农业高效用水技术体系与集成为重点内容,通过技术研究开发与试验示范,形成了特色鲜明、先进实用的节水高效农业综合技术体系,为缓解西北地区水资源危机,促进该区社会经济生态的可持续发展,以及西部大开发战略的顺利实施,提供了技术支撑。该研究成果获 2005 年度国家科技进步奖二等奖。

孙宝国主持完成的“重要含硫食用香料的研制”项目,实现了制约我国硫醇、硫醚、二硫醚类香料生产的一系列行业共性关键技术的突破,建立了对称二硫醚类化合物、甲基不对称二硫醚类化合物、邻二硫醇类化合物、邻羟基硫醚类化合物等四类香料制备的通用技术平台,提高了这些香料的研究开发和产业化速度,降低了产品成本,并实际应用于 2,3-丁二硫醇、 $\alpha$ -甲基- $\beta$ -羟基丙基  $\alpha'$ -甲基- $\beta'$ -巯基丙基硫醚等 7 种重要含硫食用香料的生产。这些香料目前已在国内 6 家香料生产企业投入生产,产品香味纯正,质量达到国际同

类产品先进水平,出口到日本、美国和欧洲,促进了肉味香精工业的科技进步,推动了方便面、肉制品、鸡精、调味品等食品工业的发展,取得了显著的经济效益和社会效益。该研究成果获 2005 年度国家技术发明奖。

在化学工程领域,我国科学家研制成功大比表面积非晶态镍合金催化剂。该催化剂具有的优异低温加氢活性和磁性正好能满足磁稳定床的要求,由此解决了均匀磁场放大和线圈长周期安全运转的技术难题;据此开发了磁稳定床己内酰胺加氢精制新工艺,建成一套 6 000 t/a 和两套 250 kt/a 工业装置,的工业示范装置,空速为一般固定床的 20~30 倍。与釜式反应器相比,使用新工艺的这套装置的杂质加氢脱除效果提高了 3~5 倍,催化剂耗量降低了 50% 以上,动力消耗也大为减少,使我国在国际上首次实现了磁稳定床反应器的工业应用。

在仪器科学与技术领域,我国在数字化医学影像仪器研制方面已经突破了永久磁体磁共振成像系统(MRI)国际公认的场强极限,自主开发了世界第一台 0.45 T 医用永磁 MRI 系统,在永磁 MRI 磁体、梯度等核心技术上走上世界科技前沿。开发出的 MRI 图像导航介入治疗系统,将手术导航系统结合到磁共振扫描机上,把手术器械(如穿刺针)的影像及虚拟的进针路线投射到 MRI 实时成像的解剖图像上,以达到准确定位和实时监控目的。该系统现已进入临床试用阶段。我国目前已成为国际上低场永磁开放式 MRI 系统的最大生产国和出口国。我国已成批生产出适合国情的普及型低剂量直接数字化 X 射线机。该射线机具有自主知识产权的线阵探测器,实现了数字化采集光子信号,将 X 线图像信号转换成数字化影像,降低了本底噪声。这个基于平板探测器的动态 DR 系统乃是全球首先投入临床使用的机型,在国内占有较大的市场份额,并已进入国际市场。

在水产学领域,“海水养殖种子工程”成功验收标志着海水养殖动物育种技术实现了历史性突破。该工程有“黄海 1 号”中国对虾、“大连 1 号”杂交鲍、“海大蓬莱红”扇贝和“荣福海带”4 个新品种获新品种证书:一批名特优良海水养殖种类的产业化,昭示着我国海水养殖动物种苗繁育关键技术实现了跨越性发展,促进了符合我国海区特点的海水养殖种苗繁育技术体系的形成。这一系列研究成果不仅对提高我国海水养殖业的经济效益,发展区域经济具有长远影响,而且对渔民顺利转岗转产再就业,维持沿海地区社会秩序的稳定也具有重要意义。

在机械工程学科,我国的精密制造技术发展很快,在下述领域取得了一批具有自主知识产权的成果并应用于生产实践:①在轻金属精密成形制造技术领域,成功开发了流动控制成形成套技术镁合金零件,并在汽车、摩托车和 3C 产业中开始应用;②在高效精密成形制造技术领域,解决了航空复杂锻件的精确成形、组织和流线控制等关键技术问题,研制成功飞机钛合金框侧部件等温锻件;③在激光加工成形制造技术领域,在钛合金、镍基高温合金及铝合金等零件表面上制备出了性能优异的快速凝固多功能涂层材料;④在高效精密加工制造技术领域,一是数控柔性加工技术已成为主流加工模式;二是以高速、高效为先导的高效加工技术日趋深化应用。

“十五”期间,我国纺织工业获得前所未有的大发展:聚酯产能从 2000 年的 490 万 t/a 增加到 2005 年的 1 800 万 t/a;棉纺能力从 3 000 万锭增加到 7 500 万锭以上;2005 年,我国的纤维加工量已占世界总量的 37%,化纤、纱、布、呢绒、丝织品、服装等产量均居世界

第一位;出口创汇 1 175 亿美元,占世界纺织品贸易额的 1/4,贸易顺差 1 004 亿美元。纺织行业之所以快速发展,关键原因之一是其相关科学技术的发展成效显著。

## 第五节 学科间交叉渗透融合趋势日益明显

科学创新涉及广泛的新知识、新观点和新技术,促使跨学科间的合作迅速增加。学科之间的交叉、渗透与融合,往往导致科学上的重大发现和新兴学科的产生,它也是科学研究中最活跃的部分之一。30 个学科的发展报告也印证了这样一个事实并反映了一个发展趋势。

在与数学、物理学、地球科学和生命科学相互促进、交叉和融合的过程中,力学学科形成了物理力学、生物力学、环境力学、爆炸力学、岩石力学、等离子体力学等交叉学科,并在这些交叉学科的基础和应用研究领域取得了一批突出成果。例如,“铁电陶瓷的机电耦合失效与本构关系研究”、“张量函数表示理论与材料本构方程不变性研究”、“复杂非线性系统的某些动力学理论与应用”、“随机激励耗散的哈密顿系统理论”、“‘神舟’4 号飞船上液滴热毛细迁移空间实验”、“返回舱气动计算和评估”、“铁道机车车辆—轨道耦合动力学理论体系、关键技术及工程应用”、“薄板冲压工艺与模具设计理论、计算方法和关键技术及在车身制造中的应用”等。

作为一门研究物质相互作用的科学,化学是一门承上启下、渗透于各种新兴和交叉学科的中心科学。在化学学科领域,研究者利用属于物理学科范畴的低温超高真空扫描隧道显微镜,对吸附于金属表面的钴酞菁分子进行“单分子手术”,在世界上首次成功实现了单分子自旋态的控制;利用属于信息科学和数学学科范畴的国产超级计算机开发的分子动力学并行算法,在膜蛋白和配体对信号通路调控的分子动力学模拟和实验方面取得了具有国际先进水平的研究成果。

地理学的研究对象和研究内容已大大拓展,学科间的交叉、渗透和融合使它成为一门包容自然科学、人文社会科学和工程技术科学,以人类环境、人地关系和空间相互作用为主要研究对象的综合性学科。当前国际地理学的重点研究领域和应用方向主要有:人类对生态系统的影响及适应,全球化及其对空间层级关系的冲击,社会—经济—环境变化与区域发展,环境质量、食物安全与人类健康,地理信息科学与技术应用。这些问题不仅需借助其他学科的知识 and 手段方能完满解决,而且在解决问题的过程中还将进一步促进学科间的交叉、渗透和融合,乃至产生新兴学科或边缘学科。

心理学也许是最能体现这种学科间交叉、渗透和融合的综合学科之一,它有十几个主要分支领域。这些领域或与医学、教育学、管理学有关,或是涉及社会学、法学、军事学、史学等学科。以医学心理学为例,它是应医学模式发展的需要,将心理科学与医学相结合的一门新生心理学分支学科。尽管在我国的历史较短,但这门新兴学科几乎汲取了心理学中所有与健康相关的分支学科的内容,尤其是将心理学知识与技术应用于对人类健康的促进,以及疾病的病因与病情分析、诊断、治疗、预防。

在环境科学技术领域,近几年,分布式网络化环境噪声监测技术发展和应用非常迅

速,由此带来的网络传声器以及与之相关的 MEMS 传声器、智能传声器、网络化监测、阵列化处理等一整套技术的发展和运用,给环境噪声监测的学科和技术发展注入了许多新的活力。

神经工程学是神经科学与工程学交融发展起来的一门新兴学科,在康复工程、(广义)仿生工程、生物安全、国家安全等方面有着广泛的应用前景,而脑—机接口则是其中的前沿与热点研究领域。高上凯小组在这一领域的研究工作目前居于世界前列。他们开发出了 2 种基于脑—机接口技术的残疾人环境控制器:1 种用稳态视觉诱发电脑实现;1 种通过想象运动实现。前者可拨打手机;后者可操控机器狗踢球,甚至可 2 人对抗。

21 世纪,基于知识的产品设计、制造和管理将成为知识经济的重要组成部分,这也是传统的机械工程在当代最重要和最基本的特征之一。智能制造技术已渗透到制造过程的各个环节,彻底改变了传统的制造工艺和制造过程,它可以通过模拟人类技工和专家的智能活动,对制造信息进行分析、判断,并完成推理和决策,继而取代或延伸了制造过程中人的部分脑力劳动。绿色制造是指在保证产品的功能、质量、成本的前提下,综合考虑环境影响和资源效率的现代制造模式,其目标是使产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废及回收处理的整个生命周期中不产生环境污染或使环境污染最小化,资源利用率最高,能源消耗最低,最终实现企业经济效益与社会效益的协调优化。毫无疑问,绿色制造的实现离不开综合运用机械学、生态学、管理学、环境科学、资源科学、工业设计、物流等学科领域的专门知识。

当前,医学各学科之间、医学和其他学科之间呈现出了交叉、整合和重构趋势,并由此产生了一批新兴学科,例如,医学基因组学、药物基因组学、应激医学、医学生物信息学、生命伦理学。在基础医学研究领域,研究方式更加强调综合、交叉与渗透,如遗传与环境、遗传和发育与进化、生命与信息、生命与数学、微观与宏观、个体与群体、分析与综合、结构与功能、部分与整体、理论与实践、研究与开发等相结合,向着系统科学、立体研究发展;研究者更加重视对复杂系统和重大生命现象进行多学科综合研究,特别是利用系统生物学的理论和方法来研究生命科学和生物医学的重大问题。中西医结合医学是我国独创的一门新兴学科。中医基础理论中许多概念在“十五”期间的中西医结合研究过程中得到发扬。2003 年,面对 SARS 新病种的侵入,中西医结合研究者利用中医瘟疫理论,结合现代病毒学和生物医学理论,在抗击 SARS 工作中发挥积极作用的同时,还丰富发展了中西医结合瘟疫理论。“中西医结合治疗 SARS 临床研究”和“中医瘟疫研究及其方法体系构建”分别于 2005 年和 2006 年获得国家科学技术进步奖二等奖。

## 第六节 学科发展整体水平仍需大幅提升

近年来,本报告所涉及的 30 个学科尽管都取得了重大突破和重要进展,但是,从学科发展的整体来看,我国的科学技术水平与发达国家仍然存在着较大的差距,自主创新的环境依然存在许多不尽如人意之处,自主创新的能力依然比较弱,赶超发达国家科学技术先进水平的任务仍然任重道远。

以地质学为例,我国的地学研究就存在“三多三少”现象,即:证明西方学者提出的假说和理论的研究多,提出我国自己的假说和理论少;单一学科封闭式研究多,真正意义上的多学科交叉与综合集成研究少;模仿性研究多,独创性的成果少。董树文 2005 年将 20 世纪国际地质学的学科结构及其演变趋势与我国进行对比分析研究,发现国际地学学科分化的分水岭在 20 世纪 60 年代初期,而我国地学学科的分化出现在 20 世纪 80 年代初期,大致存在 20 年的差距。这个差距从某种程度上反映了我国地质科学研究水平与西方国家的综合时代差距。

在机械工程学科领域,我国的高端数控装备和大型重载装备的独立制造能力不足,中档及以上数控系统市场基本上被 FANUC、西门子等国外品牌垄断。据估计,我国的数控与数字装备技术落后世界先进水平 10~15 年;而在智能化装备技术或智能机器方面落后世界先进水平 5~10 年。超精密机床方面的主要差距则主要表现在:①产业化程度差;②超精加工机床大多为较小尺寸规格;③机床制造精度尚需提高;⑤加工精度未达到深亚微米( $0.01\ \mu\text{m}$ )级;⑥品种类型不足。总体而言,我国的精密化制造技术与国外相比仍然存在阶段性差距,精密成形和精密、超精密加工技术水平整体落后工业发达国家 10~15 年,个别技术甚至落后 30 年。

与发达国家相比,我国的航空产品、航空技术和航空科研能力仍然存在着比较大的差距。即使是新获国家科学技术进步特等奖的“歼十”战斗机,与美国的 F-22、F-35 相比,在技术水平上也相差一代。此外,我国只掌握了中小型运输机研制技术,还没有掌握大型和超大型运输机研制技术;在倾转旋翼机、变体飞机、高超声速飞机研制等方面,我国目前还只是做了少量理论研究工作;我国的飞机结构综合一体化设计技术及其工程应用,明显落后于国外先进技术。

近年来,我国冶金工程技术的部分创新成果达到了国际先进或领先水平,但在下述方面仍与国际先进水平仍存在着差距:①前沿科技自主开发创新能力及成果产业化程度不如国外先进企业;②已自主开发成功的关键装备与技术有的系统性不够全面,有的产业化后应用不够稳定,技术经济指标与同类国际技术装备尚有一定的差距;③大、中、小企业落后与先进技术装备并存的局面,已成为我国先进技术应用及优化的重大“瓶颈”,并将影响学科的发展;④科技创新总体投入强度偏低,严重影响成果水平推广及产业化进度。

但到目前为止,我国利用空间进行的研究工作都带有试验性质,与世界先进水平有很大差距。特别是缺少自主知识产权的空间科学卫星计划很难得到原创性的重大科研成果。INSPEC 数据统计结果表明,在空间(太空)科学领域,我国与全球科学论文产出的年增长趋势相近,但我国发表论文数占全球比例很小,这与我国航天大国的地位不相符。随着综合国力的不断提高以及国家在航天和空间领域战略需求的不断增长,我国空间(太空)科学已经具备了产生具有原创新概念的空间科学项目并取得突破的条件,中国科学家迫切需要更多的自主进行空间科学研究的机会,以推进我国基础科学研究和空间研究的发展。

我国纺织科学技术领域创新能力不足,缺少具有自主知识产权的核心技术和产品;产品技术含量及附加值低,高档产品不能替代进口;品牌竞争力不足;环保与清洁生产技术落后。

在仪器科学与技术领域,我国在科技上的差距主要体现在:①产品的可靠性较差;

②产品的性能、功能落后；③产品技术更新的周期慢；④缺乏针对使用对象而开发的专用解决方案；在企业综合实力方面的差距则体现在：①行业规模小，仪器仪表行业的总产值较低；②企业劳动生产率低；③企业开发投入普遍不足；④近期国外仪器仪表行业纷纷以独资、合资方式占领我国仪器仪表市场，这是对我国仪器仪表行业的极大挑战。

在药学学科，我国在制剂设备、药用辅料和给药装置等方面更是长期依赖发达国家，药品不良反应漏报情况普遍存在，对病例报告的分析评价不够，药品安全性信息的利用还处于初级阶段。在超导材料研究领域，从研发和产业化能力来看，低温超导材料方面目前我国与国际水平差距较小；而在高温超导材料方面，BSCCO 高温超导带材与国际水平差距较小，并开始进入产业化发展阶段， $MgB_2$  材料理论和实用化研究水平也已达到国际先进水平，但 YBCO 涂层超导带材作为第二代高温超导材料方面则与国际水平相比存在较大差距。

如何加快我国学科建设与发展，迅速提升我国学科发展的整体水平，迅速缩小我国学科发展水平与发达国家的差距，继而推动我国科学技术的突飞猛进，促进创新型国家建设，将成为我国广大科技工作者义不容辞的责任。



# 第二章

---

## 相关学科进展与趋势

# 第一节 力学

## 一、现代力学的发展趋势

力学学科有悠久的历史。300 多年前,牛顿力学的出现标志着真正自然科学的兴起和黎明。“观察、实验、理论”科学方法的三部曲是由力学家开普勒、伽利略和牛顿完成的,从而开创了科学研究的崭新时代。力学是自然规律因果论和决定论思想的重要来源和直接证据。发现对初始扰动敏感依赖的混沌现象,是力学对自然规律认识论飞跃的又一重大贡献。

然而,力学不仅是有关力和运动的学科,也是有关介质(固体、液体、气体、等离子体)力学行为的学科。18 世纪,连续介质力学的出现,使力学学科从物理学中脱颖而出,成为一门独立的学科。如果说,19 世纪力学仅限于研究理想流体和弹性固体的范畴。那么,20 世纪,人们通过研究可压缩、粘性、塑性等真实介质行为,使我们能够计算阻力,克服声障,逾越热障,设计飞机、航天器,使人类进入空间时代。21 世纪,真实介质行为,包括流体湍流和固体强度在内,将是现代力学学科研究的基本问题,而且它们往往是非均匀、非线性、非连续、非确定的,处在极端条件和多场耦合的环境下的复杂介质。由于它们普遍存在于自然界和工程结构中,往往成为认识自然和解决许多工程问题的瓶颈,因而也是极端重要的。在这个过程中,由于机理研究的需要和高新技术的发展,力学研究从宏观转向宏、细/微观结合,高性能计算和先进实验技术成为重要手段。现代力学继续保持其与工程紧密联系的特征。大型客机、载人飞行、登月工程乃至空间站、深空探测等在减阻、降噪、防热方面,在轻质、强韧、隐身材料设计方面,在推进技术方面对力学提出了新的挑战。能源、环境、材料、信息、生物医学工程的需求,促使现代力学正在不断拓展它的应用领域。所以,钱学森说:“不可能设想,不要现代力学就能实现现代化。”力学学科还在与数学、物理科学、地球科学和生命科学相互促进、融合过程中,形成了物理力学、生物力学、环境力学、爆炸力学、等离子体力学等交叉学科。由此可见,现代力学仍将是一门具有广泛应用前景和强大生命力的重要基础学科,并在认知世界,促进经济、社会发展和维护国家安全中具有不可替代的作用。

## 二、我国力学学科的研究现状

钱学森、周培源、钱伟长、郭永怀是我国近代力学事业的奠基人,在国际上享有盛名。他们在喷气推进、航空工程、湍流理论、板壳理论、广义变分原理、空气动力学、应用数学等方面的开创性工作,赢得了国际力学界的尊重。与此同时,力学对新中国科学技术发展和国民经济建设肩负着特殊使命,作出了巨大贡献,“两弹一星”是力学理论在生产实践中发挥巨大作用的范例。

目前,中国力学学会的会员总数超过 2 万人,从事与力学相关研究的两院院士有 60 余人。对国内 86 个单位的调查结果表明,目前国内有 5 300 余人从事力学基础研究(具

有正高级职称的人员 1 651 人,副高级职称人员 2 363 人,中级职称人员 1 289 人)。

中国力学在国际力学界处于举足轻重的地位。目前,我国在国际理论与应用力学联合会(IUTAM)中有 4 名理事,1 名执委会委员,1 名大会委员会委员,2 名工作委员会委员。对 SCI 源库中 106 种力学期刊的国际联机检索统计数据表明:2000~2004 年间,中国力学学科(不含港澳台)的论文数从 655 篇增长到 993 篇,世界排名从第 3 上升到第 2,而中国 SCI 收录论文数为世界第 11 名。最近 5 年,在力学类影响因子前 10 位期刊上发表的论文数,从 13 篇上升到 48 篇,中国学者在力学顶级刊物上发表的论文数由 1.4% 增加至约 5%,呈明显增加趋势。

在湍流、流动稳定性、复杂流动、本构关系、断裂、宏微观力学、计算结构力学与优化设计、光测实验力学、运动稳定性、非线性振动、结构振动与控制,爆炸力学、微重力等相对优势领域,我国学者的研究在国际学术界产生重要影响。

### 三、我国力学学科主要研究成果

#### (一) 获奖成果

最近 5 年中,力学学科共获得国家自然科学奖二等奖 6 项、国家科技进步奖一等奖 3 项、二等奖 14 项。同时,保持着一支活跃在国际学术研究前沿的研究队伍。如:清华大学破坏力学研究组、中国空气动力研究与发展中心空气动力学研究组、大连理工大学计算固体力学组和中国科学院力学所高温高速气体动力学研究组,都已经成为国家基金委的“创新研究群体”。

2006 年,本学科获得国家自然科学二等奖 2 项,国家科技进步二等奖 1 项,国家自然科学基金委创新群体 1 个。

##### 1. 结构拓扑优化中奇异最优解的研究

所谓“奇异最优解”问题,指的是拓扑优化中由于某种原因可能并非最优的拓扑。这一问题从理论上对结构优化提出了挑战。我国学者首次正确描述了奇异优化问题的可行域形状与本奇异最优解的本质特点;将连续性分析引入奇异最优解研究,为求解方法构造提供理论工具;用内力约束代替应力约束,提出处理奇异最优解的 Epsilon-放松及其算法,统一结构拓扑优化和尺寸优化框架。从而可以从任意的均匀初始设计出发,以高概率获得全局最优解。上述理论和算法,在大型结构分析与优化设计软件 JIFEX 中实现,并应用于工业和国防等结构优化选型的研发中,取得了显著的社会效益。国际结构与多学科优化协会创始人、国际杂志《结构与多学科优化》主编 Rozvany 教授指出,该项研究对结构拓扑优化是“非常重要的”、“具有里程碑意义的贡献”。

##### 2. 振动控制系统的非线性动力学

振动控制系统的动力学研究具有两大难题:一是测控环节的时滞导致的无穷维动力学问题;二是弹性约束、磁流变迟滞阻尼等引起的非光滑动力学问题。中国学者揭示了反馈时滞、弹性约束、迟滞阻尼等因素对振动控制系统的影响,发现非线性自治时滞系统会存在无限多个 Hopf 分叉及相应的自激振动,时滞速度反馈系统具有无限多个共存周期振动;揭示了弹性约束系统周期振动的擦边分叉机理,提出了在擦边分叉附近控制混沌振

动的方法;对于具有迟滞阻尼的系统,实现了金属橡胶、磁流变阻尼等非线性迟滞阻尼器件的实验建模和车辆悬架受迫振动和飞机机翼模型自激振动的半主动控制。该项研究被国际著名学者在 *AMR* 等期刊上评价为“耳目一新的、系统的方法”,“先驱性工作”。研究成果已被直接应用于装备研制中。

### 3. 用于车身结构及部件快速精细设计、制造分析的 KMAS 软件系统

汽车车身的更新换代水平和周期直接体现国家的自主创新能力。因对于成形差、各向异性强、易破裂、回弹敏感的轻型钢板,难以保证质量和设计周期。本项目研制了贯穿复杂车身部件“上、下游”数字化设计与制造工艺紧密集成的 KMAS 软件系统。该系统能够适用于任意复杂车身结构及部件的快速仿真、精细结构分析和模具工艺优化设计。创新点是:基于率相关拟流动角点本构理论的弹塑性大变形接触问题计算塑性力学理论体系;可制造快速预示的车身部件参数化设计技术;引入工艺因素的车身结构快速、精细碰撞分析技术;高精度冲压模面回弹翘曲仿真与补偿技术。KMAS 软件系统及其相关技术已经和正在包括美国通用汽车公司和第一汽车集团公司在内的多家国内外主流汽车和模具制造公司,在国内卫星天线设计与制造行业得到应用。

### 4. 空天飞行器高温气体流动研究

装备国际上首座爆轰驱动激波风洞 JF10,产生总温达 8 400 K,总压达 800 atm 的高超声速气流,是我国高超声速地面试验技术标志性成果。美国著名通用应用科学实验室专家评述,爆轰驱动是超高速研究性价比最优的选择,美国、德国花巨资将活塞驱动改为爆轰驱动。开展高超声速推进系统和飞行器气动构型研究,氢/空气超声速燃烧实验用支板与壁面横向喷注增强混合,使燃烧效率达 90% 以上,在国际上首次发现传统超声速燃烧自点火规律的局限。煤油/空气超声速燃烧实验用氢引导火焰、燃烧室壁面凹腔和充气雾化,解决煤油点火、煤油/空气混合增强和稳定燃烧的关键技术问题。在氢充气气泡增强雾化煤油射流条件下,超声速燃烧效率达 80% 以上。提出信息保存法(IP),克服 DSMC 方法计算低速稀薄气体流动时统计涨落难题,并成功应用于微尺度气体流动计算。

## (二) 突出的基础和应用研究成果

近 5 年我国突出的基础和应用研究成果如下。

### 1. 铁电陶瓷的力电耦合失效与本构关系

系统、定量地探讨了铁电陶瓷在力电耦合加载下的失效过程,分析了电致断裂和电致疲劳裂纹扩展的起因,提出了电致疲劳裂纹控制和电致畴变增韧的模型,发现弛豫型铁电陶瓷的标度律,研制了测量铁电陶瓷耦合变形的本构试验系统,建立了一种宏微观相结合的本构理论。在国内外学术界产生了广泛的影响。

### 2. 张量函数表示理论与材料本构方程不变性研究

首次提出和解决了为建立现代张量函数表示理论完整体系而有待于解决的主要命题,构成现代张量函数表示理论的基础、基本框架及其应用基础,为形成现代张量函数表示理论及奠定其应用基础做出了决定性贡献。这些成果在国际上被广泛应用于建立各种

复杂材料行为的模型。

### 3. 复杂非线性系统的某些动力学理论与应用

将 Lyapunov-Schmidt 方法与奇异性理论结合,提出了能揭示非线性振动系统拓扑周期分岔解与系统结构参数间关系的理论方法(国际上称为 C-L 方法),解决了非线性参数激励系统中长期困扰非线性振动界的疑难,为结构优化、参数识别和分岔控制提供了新的途径;上述理论应用于非线性转子动力学,提出了大型高速转子重大振动故障综合控制治理技术,取得了显著的经济效益。

### 4. 随机激励的耗散的哈密顿系统理论

将非线性随机动力学系统表示成随机激励的耗散的哈密顿系统,按相应哈密顿系统的可积性与共振性分成不可积、可积非共振、可积共振、部分可积非共振、部分可积共振 5 类,发展了随机激励的耗散的哈密顿系统理论,建立了一个崭新的非线性随机动力学与控制的哈密顿理论体系的框架,解决了该领域“求非线性随机动力学系统能量非等分解”和“发展非线性随机最优控制理论方法”的难题。

### 5. “神舟”4 号飞船上液滴热毛细迁移空间实验

为开展微重力基础研究,在“神舟”4 号飞船进行了大 Marangoni 数液滴空间实验,液滴热毛细迁移 Marangoni 数达到 5 500(国际上最高)。在实验期间加速度水平可达到  $10^{-5}g_0$  ( $g_0$  为地面重力加速度),实验观察到了大 Marangoni 数液滴热毛细迁移的非线性动力学特征,发现绝大多数尺寸液滴在整个迁移过程中不断加速,空间实验结果为发展新的理论模型提供宝贵的基准数据。

### 6. 返回舱气动计算和评估

在“神舟”系列返回舱技术论证工作中,用我国先进的 CFD 方法和软件,克服气动计算中大钝头外形和速度范围宽的难题,取得如下研究成果:①“返回舱气动一体化设计系统”的建立;②气动特性数值计算及气动力数据手册的形成;③返回舱飞行试验气动参数辨识及飞行性能分析评估。这些研究成果在“神舟”系列 3~6 号飞船的研制和飞行试验中发挥了重要作用,为确保载人飞船的成功返回做出了巨大贡献。

### 7. 铁道机车车辆—轨道耦合动力学理论体系、关键技术及工程应用

率先创建机车车辆—轨道耦合动力学全新理论体系,建立了机车车辆—轨道统一模型,被称为“翟—孙模型”(4 种代表性模型之一)。研制了具有我国自主知识产权的机车车辆—轨道耦合动力学仿真系统,为超负荷铁路轮轨系统动态安全设计提供技术平台;广泛应用于我国铁路机车车辆开发设计、取得了显著的社会经济效益,为我国铁路现代化建设做出重要贡献。

### 8. 薄板冲压工艺与模具设计理论、计算方法和关键技术及在车身制造中的应用

攻克了机械加工、汽车制造和飞机制造等行业中冲压工艺与模具设计等方面的难题,形成了基于 CAD/CAE/CAM 一体化的、与实际工程应用相配套的、具有自己独立知识产权的关键技术与工艺实验装备。相关成果直接带动了制造业的新产品开发和行业的技术

进步,实现了行业跨越式发展,创造了显著的社会效益和经济效益。

## 四、力学学科的重点研究领域

根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要》制定的“自主创新,重点跨越”的指导思想,通过对学科发展趋势和我国研究现状的分析,确定未来几年内的重点研究领域。一方面,为了提高科技自主创新能力,必须开展前沿的基础研究;另一方面,力学学科必须面向国家需求,这些领域必须针对制约我国可持续发展的难题或关键科学问题,力争对社会和经济发展产生长远影响。

### (一)力学学科前沿领域

- (1)湍流、非定常流动及控制;
- (2)复杂介质及超常环境流动;
- (3)非线性系统的复杂动力学与控制;
- (4)微纳米力学;
- (5)新型材料与结构的多场耦合力学;
- (6)跨尺度关联;
- (7)生物力学;
- (8)仪器设备研制及实验力学新技术与新表征方法;
- (9)工程科学计算与软件。

### (二)力学学科所面向的国家需求的领域

- (1)国家安全中的关键力学问题;
- (2)航空航天中的关键力学问题;
- (3)深海环境下资源开采中的关键力学问题;
- (4)环境与灾害关键力学问题;
- (5)人类健康科学领域的关键力学问题;
- (6)先进装备中的关键力学问题。

## 五、力学学科的奋斗目标

新中国的力学已经走过 50 年不平凡的历程,从一张白纸发展成为世界力学大国。但是,我们还应该清醒地认识到,中国力学同先进国家相比还有一定的距离。中国力学界,肩负着使命和责任,满怀着希望和憧憬,经过认真思考,制定了到 2020 年中国力学既宏伟又实际的奋斗目标。

(1)力学将适应新时期国家发展的重大战略需求,继续发挥支撑经济发展和国家安全的主力军作用,不断为现代工程技术的自主创新做出前瞻性、引领性的贡献。

(2)造就一支高水平的力学研究队伍,培养一批杰出的力学人才,能够应对激烈的国际科技竞争的挑战。力争在 15 年内,这支队伍能够成为国际力学界具有重要影响的力量。

(3)经过 15 年的努力,中国力学应当、也有可能缩小同美国和俄罗斯两个领先国家的差距,跻身于世界力学强国的行列。

## 第二节 化学

化学作为一门研究物质相互作用的科学,是一门承上启下、渗透于各种新兴交叉学科的中心科学。化学已经渗透到国民经济的发展和人民物质文化生活的改善和几乎所有方面。坚持以人为本的科学发展观,实现可持续发展与建设和谐社会的战略方针和宏伟目标,对化学科学的发展提出了新的挑战,提供了更大的发展机遇和用武之地。

### 一、我国化学科学研究成果丰硕

我国化学工作者在 2005 年共获得国家自然科学奖二等奖 8 项,国家科技发明奖一等奖 1 项、二等奖 8 项和国家科技进步奖二等奖 12 项。在 2006 年国家科技奖授奖项目中,化学有国家自然科学奖一等奖 1 项、二等奖 10 项,国家科技发明奖二等奖 7 项和国家科技进步奖二等奖 17 项。在国际上,刘文剑获得了国际量子分子科学院授予的 2006 年度大奖和亚太理论与计算化学家协会颁发的 2006 年度 Pople 奖,柴之芳获得 2005 年度国际放射分析和核化学最高奖——George von Hevesy 奖,李灿在 2004 年获得国际催化界最高奖——国际催化奖。

自 2001 年起我国发表的论文被美国《化学文摘》(CA)的收录数一直仅次于美国和日本,居世界第 3 位,2005 年已占 CA 总收录数的 13.19%,增长速度远远快于美国、日本和其他发达国家。我国学者在国际著名刊物上发表的论文数量猛增,2006 年发表在著名化学刊物 *J. Am. Chem. Soc.* 和 *Angew. Chem. Int. Ed.* 的论文数是 2001 年同期发表数的 4 倍以上。不少论文被包括 *Nature* 和 *Science* 在内的刊物予以专门介绍和评述,不少论文的点击率被评为“前 10(Top Ten)/前 3(Top Three)”,比如,在 *Macromolecules* 的点击率前 20 名的论文中,有 5 篇是我国内地学者发表的;2006 年 *J. Catal.* 上发表论文中的 9.3% 为我国学者所发表。特别是 2005 年,我国有 18 807 篇化学论文被引用了 53 459 篇·次,而且被引用数的增长速度比论文数的增长更快。2005 年我国已经有 19 种化学期刊被 SCI 所收录,比 2001 年增加了 11 种,其中 *New Carbon Materials* 的影响因子已经达到 1.463。这些都充分反映了我国化学基础研究水平的明显提高。研究布局更合理、更符合国际发展趋势,研究队伍更壮大且结构日趋优化,也是近年来国内化学学科发展的特点之一。

### 二、化学科学取得的重要进展

#### (一)坚持技术创新与知识创新互相促进,为国民经济发展服务

发明并在国际上首次实现的非晶态合金催化剂和磁稳定床的集成创新和工业化,已经用于己内酰胺的生产,取得了明显的经济效益,并已用于医药中间体加氢过程和葡萄糖加氢制备山梨醇的生产和完成了氢气精制脱 CO 和芳烃吸附脱硫等过程的工业试验。开

发了将 SAPO-34 催化材料用于甲醇制低碳烯烃的催化过程和与之配套的成套技术,建成了目前世界上第一套万吨级甲醇制烯烃工业化装置。四川攀西矿高效、清洁稀土分离流程,经专家鉴定一致认为“达到国际领先水平”。稀土顺丁橡胶质量达到国际先进水平;世界最大规模的二氧化碳基塑料的万吨级生产线正在进行关键技术攻关;年产 30 吨规模中试的通用 PLLA 产业化研究产品性能基本达到了 Cargill Dow 公司产品的水平;形成了自主知识产权的制备无形状要求的淀粉泡沫缓冲包装材料的全套技术。

## (二) 重视原始创新,新兴领域呈现良好发展势头

利用低温超高真空扫描隧道显微镜对吸附于金属表面的钴酞菁分子进行“单分子手术”,在世界上首次成功实现了单分子自旋态的控制的论文在 *Science* 上发表,并在同期的“透视”栏目中被专门评介。

在 *Nature* 和 *Adv. Mater.* 等上提出了“液体—固体—溶液”相转移、相分离的机制,制备了系列尺寸均一、单分散功能纳米晶。*Science* 以“晶体生长:明星品质”为题专门介绍了我国用化学溶液法合成具有 14 个腔洞的 14 面体硫化铜美丽微晶的工作。

在国际上最早开展了有机纳米体系的研究,在光谱行为的调控规律、材料制备、激子手性尺寸依赖性以及氢键组装等方面的系列结果为有机纳米功能材料设计和制备提供了理论基础。

在固体表面由化学自组装构筑不同的纳米结构及其规律、特性;纳米复合型“金属/氧化物”催化剂概念的提出和催化剂制备;高分子瓶刷状纳米线、高含量化合物半导体量子点纳米粒子/聚合物复合材料纳米纤维制备;利用纳米间隙电极的高频阻抗特性进行距离控制的方法的提出与实现、纳米材料的热化学烧孔型存储技术、界面反应生长法、介孔材料控制合成的“酸碱对”选则和手性介孔结构的合成等许多方面都取得重要进展。

利用国产超级计算机开发的分子动力学并行算法在膜蛋白和配体对信号通路调控的分子动力学模拟和实验取得具有国际先进水平的工作;在国际上首次提供表明转录因子 c-Jun 在下调 *mdr-1* 基因表达和诱导凋亡过程中起着关键作用的直接证据;基于核酸探针的分子医学研究作出了国际领先水平的工作;发现 PKC $\zeta$  为一个新的抑制癌细胞扩散的药物靶标的论文在 *Breast Cancer Net* 被专文评论,并被用于指导药物筛选。“人类肝脏蛋白质组计划”首次建立了规范化的中国人肝脏组织标本库和国际第一个系统化人类健康肝脏蛋白质组数据库,开发和改进了包括蛋白质的高效、高通量分离和高灵敏度鉴定的色谱方法在内的一系列蛋白质组学的新技术新方法,为人类所有组织、器官、细胞的蛋白质组计划提供了模式与示范。“微流控生化分析系统的基础研究”的重大研究项目通过验收,总体达到国际先进水平,5 年中被 SCI 收录的论文数已居该领域世界第 2 位。

此外,在生物热化学、超分子体系中分子识别的热力学起源、药物的分子动力学模拟、生物无机化学、生物光化学、生物电化学、高分子仿生及制备、酶催化的理论计算和放射化学的应用等都做出了具有国际水平的工作。

在高迁移率和稳定性的场效应材料及显示良好 p-型场效应性能、可在较低操作电压下工作的场效应晶体管、高迁移率夹心型有机场效应晶体管器件、利用四硫富瓦烯单元的氧化态和电荷转移调控的化学传感器和荧光探针、超高密度有机信息存储、有机单晶纳米器件和聚合物纳米分子器件以及有机光伏电池等方面都取得了开创性的结果,在国际上



产生较大影响。用单一发光层实现白光发射的高分子发光材料报道被 *Nature* 等多种刊物介绍和评述;报道了国际上第一个在紫外区发光的共轭聚合物二烷基取代聚硅芴和第 1 例能在近红外区域具有电致发光性能的非稀土离子和染料离子体系共聚物。

### (三) 坚持科学发展观,为国民经济和社会的可持续发展服务

气相和多相光化学反应机理和大气污染物治理、有毒污染物的迁移转化和风险评价、水体沉积物中有机污染物记录以及持久性有机污染物(POPs)的动态过程和 risk 评价研究、污染物在土壤中的吸附和降解、污染土壤环境的修复、生物标志物在污染环境诊断和生态 risk 评价中的应用、手性污染物的对映体选择代谢和毒性、POPs 和环境内分泌干扰物以及有机污染物的定量结构和活性关系(QSAR)和定量结构和性质关系(QSPR)等研究取得明显进展。

高效绿色催化的高选择性氧化和卤化催化剂体系、高空间选择性的立体选择催化、手性 Michael 加成、自负载手性催化剂多相化等在国际同期工作中都是领先的进展。离子液体负载的铑纳米簇催化剂被 C&EN 专文评述。

### (四) 传统学科基础研究的成绩斐然

“金属配合物中多重键的反应性研究”项目被授予 2006 年国家自然科学奖一等奖,这是继 2002 年之后又一次由化学家荣获一等奖。

继国际上首例同自旋“单链磁体”叠氮钴一维配合物和锰的叠氮桥手性分子磁体合成之后,又在二维磁体、磁性纳米线、具有反铁磁相互作用的奇数核环形簇合物、具有新颖结构和高自旋基态的簇合物与一维聚合物、高长程有序温度的配合物分子磁体、多孔反铁磁材料、有机无机杂化的反铁磁材料和三维长程磁序的功能材料等方面取得重大进展。新的原位 C—C 键脱氢偶联和羟基化的配体反应、新型微孔材料、多维配位聚合物、d/f 混金属配合物、金属—氧簇合物等配位化学和晶体工程及其在功能材料与器件的研究成果受到国际学术界的关注。

发现了首例能在空气中操作、可用于不对称催化氢化的含吡啶联芳手性配体;首次以烷基铝进行羰基化合物不对称烷基化并获得了高立体选择性,为不对称烷基化的工业应用提供一个可行途径;发展了羰基化合物的不对称炔基/烯基化反应;金催化烯炔底物的环化;钡、铈和碲等参与的反应;吡咯的三氟甲磺酰甲胺催化的立体选择性共轭加成为烯酮的反应;Halipeptin A, (+)-Absinthin 和 Machaeriol D 的高质量全合成等是有机化学的重要进展。

高分子研究中,可控聚合取得突破,得到了不对称区域与立构高选择性交替共聚聚碳酸酯;利用主客体超分子相互作用实现对超支化聚合构筑的调控的结果被 *Nature Material* 专门评述;在易制备无规共聚物、均聚物或树枝状嵌段聚合物自组装,环境响应(光控、温敏、pH 敏感、仿生物膜等)囊泡的研究,聚合与组装一步完成等方面做出了很有特色的研究工作,特别是在高分子多组分、多层次、多尺度组装与功能集成方面取得了重要进展,克服了国际上主要采用嵌段聚合物来组装聚合物所存在的合成困难、品种及结构有较大的局限性的问题。聚合物自组装形成多级空腔胶束的论文被美国化学会网站 Heart Cut 栏目介绍和评

述。光电功能高分子进展显著,在国际上产生较大影响。发展了新的液晶高分子流体本构方程和建立了包括描述流场中聚合物熔体大分子链线团形态以及体系黏弹特性变化过程的流变模型、描述凝胶化过程的剪切黏度数学模型在内的多种流变模型与数字分析平台;输油管道结蜡预测软件已经成功应用于国家“西油东送”等重点工程。

实验证实反应物共振态之间的奇特量子干涉效应、用零偏角法精确确定界面分子取向、柴油氧化萃取超深度脱硫、甲烷直接催化脱氢芳构化、纤维二糖直接转化、催化中的量子效应研究、新型两亲分子聚集体结构转化、反胶束模板约束合成、药物分子与两亲分子有序组合体相互作用、电催化和化学电源等取得突破性进展; *Science* 对通过气/液二维界面上的对称性打破过程来构建由非手性组装单元构筑而成的具有光活性的手性超分子聚集体进行了专评。

相对论密度泛函理论等方法取得国际上有影响的重要进展,气相化学反应的 3 原子体系的量子动力学问题的论文发表在 *Science* 上,并给出了 4 原子反应过程的态-态微分截面;发展了激发态从头算动力学和阿秒( $10^{-18}$  s)过程准确量子动力学理论。此外,与国内实验研究紧密结合,在材料、器件、量子调控、纳米结构、催化等众多领域的理论化学研究也都取得了特色的创新成果。

高维数据的解析取得突破,实现了实际复杂体系的直接快速定量分析。

超重元素和新核素的合成和化学研究、先进核燃料后处理化学及工艺过程、全球禁止核试验条约和禁产公约等中的化学研究、核武器和核试验的化学研究、用于心肌、脑和肿瘤等显像和诊断的放射性药物化学、基础铜系元素理论、环境放射化学、核废物处理和处置化学、放射分析化学等方面取得了一批被国际同行认可的成果。

### 三、展望与建议

化学研究在不断延伸到国民经济的各个方面,特别是能源、环境、医药、食品等重大领域,需要解决的实际问题和具有重大研究背景的课题日益增多。纳米科技、材料科学(功能材料和结构材料,特别是功能材料)、能源和生命科学是当今世界各国都特别重视的领域,新的交叉学科不断涌现,化学家们必须进一步予以更大关注。

化学与可持续发展和构建和谐有着密不可分的关系,坚持科技创新与知识创新的相辅相成,进一步加快化学成果的转化、强化环境与绿色化学的研究、关注与公共安全中的化学问题的研究都是极其重要的大课题。

化学原创性成果的取得强烈依赖于基础研究的发展,继续加大基础研究特别是传统学科的基础研究依然是化学发展之本。对化学现象与规律本质的认识需要理论,未来应该对理论与计算化学方向有更多的关注与投入,以促进化学研究更好更快地发展。

新技术装备的开发和推广以适应化学学科发展本身的需要,也是值得重视的一个方面。

进一步加强对化学科研人才的培养和队伍结构、学科布局的合理整合也是需要关注的问题。

## 第三节 空间(太空)科学

在我国近期的空间天文学研究中,主要是为实现“X射线调制望远镜(HXMT)计划”而进行的分阶段研究,其目的是为了增强高能天体物理学研究,并计划在2010年发射HXNT。为了深入太阳物理学研究,研制多年的空间太阳望远镜(SST)也正在进行关键性技术研究。

要继续加强空间物理学研究与太阳系探测,这包括正在制订的“夸父(KuaFu)计划”,以增强日地空间物理研究。同时,正在发展业务型空间环境卫星,以增强日地空间天气预报的能力。

目前,在太阳系探测中,主要在实施月球探测计划,预定“嫦娥一号”探月卫星于2007年发射,二期探月计划也在论证中。接着,在探测月球的基础上,主要目标是将开展火星探测。空基对地球观测,主要了解全球变化以及人类活动对空间信息的反馈机制。

微重力科学研究主要含微重力流体物理、微重力燃烧、空间材料科学和空间(空基)基础物理研究等领域,以获得对自然现象的新认识。

空间生命科学研究包括:主要从分子、细胞、组织直到个体生命复杂系统,认识其对空间环境的响应和适应规律;生命个体之间的相互关系、生态系统内物质循环和能量流;基于空间环境的生物工程技术,等等。

由于空间科学研究计划历时很长,因此,对未来研究必须有战略构想及其相应的规划。在2010年后的构想主要含:空间天学研究,包括X射线和 $\gamma$ 射线天体物理研究等;空间物理学研究,主要通过“夸父计划”的实施(2012年发射探测卫星),达到预定的科学目标;太阳系探测,将实现月球探测的后续计划,并转向火星探测,同时将把我们居住的地球作为一个行星进行研究;将更多地利用卫星和飞船系列进行微重力科学和空间生命科学研究。

### 一、国外空间科学态势

#### (一)21世纪初(2006~2034)空间科学宏伟计划

##### 1. 美国的宏大计划

(1)空间探测远景计划。美国总统布什宣布新空间探索计划后,美国航空航天局(NASA)就制订了空间探测远景(Vision)计划。其中提出了5项指导性国家目标:①人类和机器探测太阳系及其外部空间;②2020年重返月球、2030年载人登陆火星、太阳系其他行星(准备);③对地观测;④发展新技术支持探测计划;⑤国际合作。为此,进一步制定了18项战略目标,其中第15项的总目标(2006~2034):探索日地系统以了解太阳,太阳对地球、太阳系和载人探险之旅所必经的空间环境条件的影响以及试验演示可以完善未来运行系统的技术。

(2)科学问题和相关探测计划,分为目前计划,近期计划,中期计划和长期计划(2025~2034)。

(3)关键技术领先:太阳帆技术,太阳系内海量数据返回技术,数据分析、可视化技术等,以提取有效信息。

总之,美国趋向于减少航天飞机和空间站的投入,以加大空间科学各个领域的比例。

## 2. 俄罗斯等空间大国的计划

(1)俄罗斯。2006~2015年计划实现火星载人探测,建造新型6人航天飞机代替“联盟号”飞船。研究学科较全面:天体物理,X和 $\gamma$ 射线探测;太阳物理;日地物理;对地观测;空间天气预报;行星及卫星探测,与欧洲空间局(ESA)合作探测火星、金星、土卫六,与NASA合作载人探测月球。

(2)欧洲空间局(ESA)。宇宙全景计划,未来20年发展蓝图。目前,有Mars Express(2003),Double Star(2003),Venus Express(2005)等7项计划。未来,地球观测,2009年将发射3颗极轨卫星;水星探测将于2012年发射,4年后到达;太阳极轨探测将于2015年发射。

(3)日本。三类计划:月球探测,30年内建成月球基地;行星探测,金星、水星探测;天文观测,包括Astro-F和Solar-B计划。

(4)加拿大。计划优先等级:宇宙、太阳系、太阳、地球大气层和在太空生活。主要参加ESA,NASA国际合作计划,包括中国的“夸父”计划。

## (二)各国空间科学发展比较

### 1. 共同性

空间科学对国防、经济、社会、科技等有着重大的意义,各国都在尽力发展。凝练前沿科学问题,力求达到目标,精心设计探测计划;总体布局,短、中、长期衔接;与本国实力相符,满足国家战略利益等需求;利用国际合作契机。

### 2. 差异性

世界上,虽有10多个国家能参加空间科学研究,但在规模、技术水平等方面相差甚远,探测能力(多种技术集成创新能力)差异凸现,国际合作存在着不对称性。以美国为代表,空间科学、技术、实用全面发展,总的战略目标是保持世界领先,从而保住全球霸主地位。

## (三)对我国的启示

我国是一个航天技术大国,发射了技术实验(实践系列)、通信、资源、气象、海洋等卫星系列,对经济、社会发展起到巨大作用。但直到2003年,才发射了真正意义上的空间科学卫星——地球空间双星。为了使我国成为空间科学、航天技术和应用全面发展的大国,必须调整空间政策和改变领导体制等的落后状态。

(1)必须有国家统一的领导、管理机构。

(2)用系统综合集成方法,制订军民融合、寓军于民的国家级空间科学技术规划、计划。

(3)科学目标与实用需求相结合和促进。

## 二、我国空间科学现状

### (一) 近年空间科学概况

“863”计划、“载人航天”工程的推动,“双星”计划的实施,“神舟”系列飞船多项实验的完成,国家微重力实验室的建立,“子午”工程的实施,等等,这些都表明我国已加强了能力建设,有一批专业研究机构及相应的研究队伍。但与国际相比,发表论文数仍较少。

### (二) 空间天文学

以 X 射线和  $\gamma$  射线观测研究为主的高能天文观测是空间天文的主力学科,突破性的进展还是在“神舟”系列飞船上实现了对宇宙  $\gamma$  射线暴、太阳耀斑和近地轨道上的高能粒子沉降事件的观测,首次自主设计和研制了  $\gamma$  射线暴探测器系统,实现了短时标、宽能段、多个探测器对空间爆发量的联合观测,记录和发现了 30 余例  $\gamma$  射线暴事件、包括几个最强的太阳耀斑在内的 130 余例太阳耀斑爆发事件,以及 142 例太阳活动峰年期地磁粒子沉降事件,实现了我国首次对宇宙  $\gamma$  暴等高能爆发现象的空间实测研究。

### (三) 空间物理与空间探测成就

(1) 太阳风起源和湍流传输获突出成果。

(2) 双星观测获前沿性成果:①磁层小尺度结构在大尺度范围上演化;②磁重联、磁亚暴等研究获重要成果;③星上中频电磁波探测器获重要数据。

### (四) 空间环境及应用

(1) 空间环境预报等关键技术获得实际应用。

(2) 空间碎片碰撞预警系统发挥重要作用。

(3) 建立了空间天气预报新模式等。

### (五) 空间化学与地质学新进展

(1) 在陨石学研究中,提出了太阳、行星形成的新观点。

(2) 在月球研究中,建立了月表有效太阳辐照度模型,进行了月面平均反射率估算、月球地体构造分类,研制出月壤模拟样品等。

### (六) 微重力科学新进展

(1) 利用“神舟”系列飞船进行了多项实验,如生物、材料、流体物理等。

(2) 利用返回式卫星进行了多项实验,如细胞培养、过冷池沸腾、气泡热毛细迁移。

(3) 医学实验,如头低位卧床 21 天、神经前庭系统、中枢神经系统等实验。

### 三、我国未来几年空间科学学科发展

#### (一) 空间天文学

##### 1. 加强高能天体物理

为 2010 年发射硬 X 射线调制望远镜(HXMT)进行前期研究。

(1)科学目标:以理解太阳作为离我们最近的天体物理实验室和黑洞作为恒星演化以及宇宙演化的探针为突破点;对各种尺度和层次的天体的多波段空间天文观测研究。

(2)关键科学问题:早期宇宙、星系与宇宙结构的大尺度特性;第一批恒星和星系的形成;暗物质和暗能量的本质;各种尺度黑洞的形成和演化;恒星及其行星系统的形成以及巨行星和类地行星的诞生与演化;理解作为恒星的太阳。

(3)发展目标:拟在 2010 年硬 X 射线调制望远镜,对硬 X 射线天文学观测、对脉冲星等致密天体和黑洞强引力场中动力学和高能辐射过程进行高水平研究,争取在黑洞物理研究等领域取得突破。

##### 2. 深入太阳物理

(1)与法国合作研制太阳高能小卫星(SMESSE)。通过与法国的合作,共同研制并发射太阳高能小卫星,实现在峰年期间对太阳的高级波段的持续观测。

(2)继续支持空间太阳望远镜(SST)研制,深入进行关键技术预先研究,实现 0.1" 空间分辨能力的地面演示验证,在条件成熟的时候发射。

#### (二) 空间物理研究与太阳系探测

##### 1. 加强日地空间物理

(1)围绕“夸父(KuaFu)计划”的前期研究。

科学目标:通过研究太阳活动——行星际空间扰动——地球空间暴的链锁变化过程,理解日地空间天气的发生和发展。

关键科学问题:太阳剧烈活动的规律和产生机制,太阳扰动在行星际空间中的传播与演化;地球空间暴的多时空尺度物理过程;日地链锁变化中的基本等离子体物理过程;日地空间天气物理与数值预报模型;日地链锁变化对人类活动和生态环境的影响;日地空间特殊环境研究。

(2)日地空间天气预报。

发展业务型空间环境及效应监测卫星,与应用卫星搭载的空间环境监测载荷配合,长时间积累空间环境数据,为空间天气预报和航天器远行服务。

##### 2. 太阳系探测

(1)月球探测。

科学目标:在月球上建立观测基地及月球资源的分布规律和利用研究;通过地球与其他行星的比较研究;进行地—月系统科学研究。“嫦娥一号”探月卫星预定于 2007 年发射。

(2)火星等探测预研究。

以火星为主的类地行星的矿物组成和化学特性及其与地球的比较;以火星为主的类地行星上的生命问题;以火星为主的类地行星的大气和表面水体的消失和演化过程及其现状特征。

### (三)空间地球科学

科学目标:进行全球观测,了解地球各层的结构活动特性和全球变化,包括人类活动的作用。了解地球系统各圈层的相互作用,人类活动对空间信息的反馈机理。制订空间地球科学研究系统卫星计划。

### (四)微重力科学

科学目标:利用空间微重力环境进行微重力流体物理、微重力燃烧、空间材料科学和基础物理研究。包括:①将重点研究表面和界面现象,多相流和热传递过程,复杂流体现象等在地面难于研究的问题;②微重力燃烧消除了重力引起的热对流,有利于揭示燃烧的内在规律;③空间材料科学将研究材料的凝固规律和高品质材料的制备;④基础物理涉及引力理论、激光冷却和低温凝聚物理等基本问题,蕴育着物理学的重大突破。

### (五)空间生命科学

(1)科学目标:探索空间和地面的重要生命过程及其本质、空间环境对生命过程的影响。

(2)关键科学问题:从分子、细胞、组织直到个体生命复杂系统,认识其对空间环境的响应和适应规律;生命个体之间的相互关系、生态系统内物质循环和能量流。争取发射1~2颗返回式(微重力科学和空间生命科学共用)科学卫星。

## 四、我国 2010 年后空间科学发展战略构思

### (一)空间天文学

大力发展高能天体物理。

(1)X 射线和  $\gamma$  射线天体物理。优化“硬 X 射线调制望远镜”的科学目标和观测方案,开展 X 射线和  $\gamma$  射线天体物理的研究:活动星系核、X 射线双星、中子星、超新星遗迹、星系团等不同尺度的天体及结构的 X 射线和  $\gamma$  射线辐射物理机制、相对论喷流、激波和高能粒子加速、黑洞的形成和演化等重要天体物理前沿研究。

(2)磁场、磁重联过程及其在各种尺度天体物理过程的作用研究。

### (二)空间物理与太阳系探测

#### 1. 重点发展日地空间物理

(1)日地系统研究。主要实施“夸父”计划。科学目标:通过 2012 年发射 3 颗卫星的联测,完成从太阳大气到近地空间完整的扰动因果链探测,以研究日地系统能量输入和输出、日地爆发事件的形成和因果关系以及空间天气连锁变化过程。

(2)磁层、电离层、热层耦合。在地球空间,有多种机制参与了磁层、电离层和中高层大气的耦合过程,必须进行综合的同时探测。

## 2. 太阳系探测

(1)太阳—行星空间探测。地球空间天气和空间环境主要由从太阳输出的等离子体、粒子及电磁辐射的影响所决定。太阳的输出在许多时间尺度上变化:从爆炸重联到对流翻转,到太阳旋转,到太阳磁场 22 年周期,甚至更长时间的不规则波动。

1)探测内容包括:探测太阳风及太阳风起源;从太阳极轨原位或遥感探测日地空间太阳风和行星际日冕物质抛射事件的传播和演化;跟踪从太阳内部到日冕的磁场结构的演化;研究外太阳大气的加热机制;探测太阳耀斑和物质抛射的触发和爆发机制;追踪从太阳到地球的能量流和物质;揭示日冕物质抛射的真实的三维结构的确定等。

2)研究太阳风加速机制;研究日冕等离子体加热机制;确定太阳风的日冕源头的位置与特征;研究确定太阳风等离子体性质的日冕现象。

我国构想行星际空间探测,可以与 NASA 规划的日球层暴(Heluostoem, HS)太阳高能粒子(SEPM)任务等计划相配合。

(2)火星等类地行星探测(2010 年后)。应该考虑在几十亿年前的火星空间环境与现在有很大的不同,对火星大气和水的逃逸有明显的约束作用。火星的内在偶极子磁场比现在可能大很多,这些火星空间环境的科学问题都与火星地质地貌及生命存在的可能性相关联。为此,需要研究火星尾流及磁尾结构,火星离子逃逸的物理过程,输运机制和火星电离层密度剖面等。

(3)比较行星学。火星各空间主要区域与地球、金星的比较;探测火星的空间环境,为人们深入认识和了解地球、金星的空间环境提供有益的比较和启示。

## (三)微重力科学

### 1. 基础物理学

(1)空间牛顿反平方定律实验检验。利用空间良好的实验环境在更高精度上开展牛顿反平方定律实验检验和新的相互作用的实验检验,对现有的超引力或超弦等理论以及统一 4 种相互作用提供实验依据。

(2)新型等效原理实验:①研制出三轴静电陀螺和测量系统、完成地面组装和模拟实验并进行高精度的地面标定和测试;②进行百米落塔自由落体演示实验;③进行高空气球自由落体高精度实验。

(3)高精度时标实验。原子时间频率标准不知不觉中已深入到人类生活中的各个方面。时间频率测量准确度和精确度的提高,将从根本上改变一系列重大自然科学和应用技术科学的面貌。

在空间微重力条件下,原子无沉降效应,可冷却到更低的温度,可利用更慢的原子增加相互作用时间,获得 MHz 量级的谱线宽度。空间微重力环境为冷原子钟提供了极佳的工作条件,因而可研制出性能极好的原子钟,空间可得到稳定度在  $10^{-16} \sim 10^{-17}$  的空间原子钟。



## 2. 微重力流体物理学

- (1) 流体界面或表面研究。
- (2) 微重力两相流及其传热研究。
- (3) 复杂流体研究。

## 3. 微重力燃烧学

结合我国国情和发展战略目标,选取具有重大科学意义和应用前景的研究方向,通过地面实验、数值模拟,并利用短时间微重力设施(落塔和气球),对燃烧过程的机理和载人航天器火灾安全问题进行深入研究。

- (1) 燃烧基础研究。
- (2) 空间火灾安全研究。
- (3) 地基能力研究。
- (4) 筛选空间实验等研究。

## 4. 空间材料科学

- (1) 材料物理、化学特征研究。
- (2) 新材料、高性能材料制备研究。
- (3) 纳米材料、自组装材料等研究。

## (四) 空间生命科学

未来空间生命科学的研究就是要把空间生命科学研究的长远目标与生命科学研究的当今发展总趋势紧密地结合起来,利用现代科学的理论或概念,路线或方法,技术或设备开展空间生命科学基本问题和空间生物技术的发展与应用研究。将以我国载人航天工程二期计划和返回式微重力科学实验卫星系列规划为依托,以国家重大科技、高技术发展需求为主,兼顾重要基础科学问题,开展如下前期预研。

### 1. 生命个体对空间环境的响应、适应

在分子、亚细胞、细胞、组织、器官直到整体(个体)水平研究动物、植物和微生物,特别是一些模式实验生物和有经济价值的生物繁殖、生长和发育、生理和代谢、运动和行为、遗传和变异等。

### 2. 生命群体在空间环境的相互关系

特别关注不同物种之间的关系及空间生态平衡系统的建立。从单物种到多物种,或从二元系统到多系统。物种之间的关系是复杂的,相互间存在着有益的影响,相互间也存在着有害的影响,这些影响在空间的表现也会与地面不同。这些影响将关系到空间生态平衡系统的设计、构建和维持。

### 3. 空间生物技术的发展

密切关注在生物技术的发展过程中,哪些新技术的障碍是与地球重力有关的。当前生物技术是在不断地发展和完善,也会有新的生物技术替代原有的生物技术。但是,在一些新的技术中同样存在着一些明显的障碍或困难,其中不排除有的障碍或困难与地球重

力有关。

进一步完善已有的、有应用前景的空间生物技术,提高效率,无论是在空间,还是在地面,达到真正可用的程度。如空间生物大分子的分离、纯化、结晶技术,空间细胞工程技术,空间组织工程技术,空间诱变技术,等等。

## 第四节 地质学

### 一、当代地质科学发展趋势

地质科学从供给驱动向需求驱动的转变,拓宽了地质科学的服务功能。地质科学思维由分析性思维向协调性综合思维转变;从常规观察、单学科发展,向综合技术、现代信息技术手段、系统发展;从局部研究认识地质现象,转向把地球作为整个系统从地表到深部从微观到宏观多层次地加以研究;从描述解释地球、把地质体作为主要研究对象,转向规划地球和管理地球、着眼于研究人类活动和地质体的相互作用;从由认识、找寻和利用自然资源为主要目的,转向以保持良好的生态环境、合理利用与保护资源、有效防御灾害为目的;从传统地质科学向现代地球系统科学转变。当代地质科学以需求为导向,以调查为基础,以高新技术为先导,促进地质学科发展;以地球系统科学为核心的新思维观的形成与发展,促进了地质学科体系的重大转变。

### 二、我国地质科学发展存在的问题与差距

#### (一)存在的问题

未来 10~20 年是我国经济社会发展的重要战略机遇期,也是地质科学发展的战略机遇期。“国家中长期科学技术发展规划(2006—2020 年)”明确提出要建立“创新型”国家,把我国科技创新工作提到前所未有的高度。面对我国经济社会发展的重要机遇期,地质科技迫切需要制订未来 10~15 年具有全局性、长远性、前瞻性的科技发展战略,需要统筹规划、统一部署全国地质科学及其各分支学科的发展。当前,地质科技体制改革不到位,人才严重不足,高新技术应用不够,技术手段落后,地质科研与地质调查结合不够紧密,地质科技投入力度不够,科技管理水平不高,已经成为严重制约地质科学各分支发展的重要因素。

#### (二)差距

我国的地学研究仍然存在所谓“三多三少”的现象,即证明西方学者提出的假说和理论的研究多,提出我国自己的假说和理论少;单一学科封闭式研究多,真正意义上的多学科交叉与综合集成研究少;模仿性研究多,独创性的成果少。多数成果缺乏先导性,在国际上缺乏影响力。根据董树文(2005)对 20 世纪国际地质科学的学科结构及其演变趋势和我国相对比,发现国际地学学科分化的分水岭在 20 世纪 60 年代初期,而我国地学学科的分化出现在 20 世纪 80 年代初期,大致存在 20 年的差距。这个差距从某种程度上反映

了我国地质科学研究水平与西方国家的综合时代差距。

### 三、地质科学各分支学科发展的原则

根据中国地质学会所涵盖的分支学科,我们在对重点分支学科成就与前景的总结基础上,我们对地质科学学科发展战略提出以下思考。

#### (一)全面发展,突出重点

地质科学分支学科的发展是地质科学发展的核心与基础,地质科学的发展为分支学科的发展和新学科的形成不断创造新的机遇。

未来5~10年,地质科学应保持分支学科的全面协调发展和布局的相对稳定,以保证地质科学作为一个整体的可持续发展,为国家重大需求提供战略性、前瞻性的地质人才和知识储备。在注重全面性、均衡性、完整性的同时,关注学科发展和布局中的变化,突出重点,关注重点学科的发展,实现重点学科的突破。

#### (二)需求导向,突出交叉

以需求为导向,以任务带动地质科学各分支学科发展,是地质科学发展的重要特点。矿产资源保障、地质环境监测与保护以及灾害的减轻、基础地质研究与发展,是实现各分支学科发展的重要途径。

#### (三)技术先导,突出前沿

现代高新技术的发展不仅正与地球科学的前沿融为一体,而且对地球科学的发展起到了先导作用。因此,世界发达国家地质调查机构都把高新技术的研发与应用列为地质调查工作优先领域或重点领域。通过高新技术的应用,推动地质科学前沿学科的发展。

### 四、地质科学各学科发展战略重点

#### (一)古生物学

在板块构造理论发展的时代,古生物学在地球科学中的地位开始整体衰落,但目前正在形成一些新的生长点。例如,地球早期生命演化、极端条件下生命的起源与演化、地球生物学、分子古生物学研究、后生动物起源与演化、脊椎动物的起源;对瓮安生物群、澄江动物群、关岭生物群、热河生物群等重要生物群的深入研究;探讨生命的起源、发生、发展和演化。

#### (二)地层学

积极参与高分辨率国际地质年代表的制定工作;加强地层学立典性研究,健全和完善我国各地层区的地层系统,特别是地层表中未建阶的研究,深化和完善各系已建阶的界线层型研究,尽早完善“中国年代地层表”。加强青藏高原和中央造山带等重要地区地层学研究;开展不同地层区系、不同沉积相区之间地层对比研究,建立从海相到陆相、从碳酸盐岩台地到深海大洋沉积地层之间的联系。

#### (三)岩石学和矿物学

研究矿物和岩石形成与深部地质作用过程的关系;矿物、岩石成因类型及其大地构造

环境;壳—幔物质运动的状态、过程及其动力学等岩石学表现;大陆地壳生长、大火成岩省与造山带火山岩浆作用、岩浆活动与全球变化、高压超高压变质作用及 UHP 和 HP 岩石的剥露作用、变质作用的 P-T-t-d 轨迹、变质流体、沉积学、层序地层学、盆地分析、碳酸盐岩与全球变化等。

#### (四) 构造地质学

在板块构造指导下,构造地质理论不断深化与完善,这也将是未来研究的主要方向。在全球动力学、大陆动力学和地球系统科学的观点指导下,构造地质学研究思路逐渐形成了以流变学理论为核心的四个新方向。超越板块构造,从地震到造山作用的“缺失的联结”,大地构造、气候和地表过程的动力相互作用,地球与生物的共同演化。

#### (五) 石油和天然气地质学

跟踪油气地质研究国际前沿,针对我国油气形成的复杂性和特殊性开展研究,主攻制约我国特殊地质背景下油气资源勘探的关键基础理论问题和相应的探测技术,发展和完善叠合盆地油气地质理论,形成有效的预测方法和实用技术,揭示中国叠合盆地复杂油气藏形成机理和分布规律,提高油气勘探成效,推动中国叠合盆地油气资源勘探进程。

#### (六) 矿床地质学

在建立新的地质科学知识体系框架下,区域成矿学不断提出新的成矿理论,现已形成岩石圈构造不连续、超大陆旋回、地幔柱与成矿作用关系等新的研究方向,各个方向都处于快速发展时期,不断产生新的成矿理论。加强区域成矿学、成矿系列和成矿模式、成矿年代学的研究;开展矿床环境地质学研究;加强低品位、难利用资源,非传统矿产资源和尾矿资源利用技术的研究。重点突破难利用铁矿资源的利用技术、低品位铝和铜多金属矿的综合利用技术、复杂铅锌多金属矿的利用技术、高砷高硫复杂金矿的合理利用技术和低品位钒矿的合理利用技术。

#### (七) 非金属矿产地质学

加强非金属矿产地质学和矿产应用技术的研究。深化中国非金属矿床特征、含矿建造、成矿系列、成矿模式等研究。加强非金属成因矿物学、找矿矿物学、应用矿物学、环境矿物学和矿石工艺学的研究,开展各矿种新用途的开拓及矿石提纯、超细(包括纳米级)、改性和改型以满足尖端科技和市场发展的需要。

#### (八) 水文地质学

加强水资源时空分布不平衡规律的研究,特别是加强黄淮海平原、东北平原、西北广大干旱地区地表水、地下水联合调蓄的研究、加强饮用水安全的调查与研究,继续在红层、岩溶缺水地区,充分发挥地下水在时空分布的优势,为解决居民饮用水安全作出不懈的努力。加强地下水污染调查与防治,为城市、区域地下水资源保护与可持续利用提供科学依据。

### (九)环境地质学

加强气候与地质环境,特别是与海岸带地质环境的相互关系的研究。加强城市化的环境地质研究,包括城市饮用水安全问题、城市重大工程及地下空间开发的地基基础稳定性、区域地壳稳定性和不良地质体的处理与利用以及城市固体废弃物(生活、建筑材料、封闭垃圾)和生活、工业污水的处理问题。加强地质灾害形成、分布规律的研究。

### (十)工程地质学

城市地质、区域地壳稳定性、地质灾害的预防与治理,是工程地质学重要发展方向。通过重要领域研究,发展和形成我国系统的地质工程方法与技术。主要研究领域包括:构造活动带地形变和地震安全性,动力环境下岩土体工程性质与动力,荷载环境下岩土体工程性质,高陡边坡的变形,深埋长大隧洞工程的围岩环境与变形机制;大跨度复杂洞室群围岩变形与稳定性;冻土、可溶岩岩体利用和河床深厚覆盖层的处理与利用等工程地质问题。

### (十一)勘查地球物理

重点研制和自主开发航空重力系统,引进和消化多波列地震设备、多功能电法设备等大型物探仪器。加强直升机时间域电磁系统研究、井中高精度三分量磁力仪及其解释方法研究、高温超导三分量磁强计、电法二维、三维反演方法的完善与研究、航空磁梯度测量技术的完善、适合于深部矿产勘查物探方法的技术研究、核磁共振找水仪研制。开展新参数的区域地球物理调查,包括全国性的大地电磁测量、地温测量和深部地球物理调查。重点开展地下水和地表水的污染监测、地下固体废弃物的探测、滑坡监测、岩溶和洞穴探测等地球物理方法技术研究;开展土壤调查和灾害调查等地球物理方法研究。

### (十二)勘查地球化学

重点研究领域包括:研究超低密度地球化学填图理论与全球地球化学填图方法、研究元素垂向迁移机制与覆盖区地球化学勘查方法研究、区域矿床地球化学模型与矿产资源远景评价、原生地球化学模型与深部隐伏矿的预测、区域环境地球化学填图理论方法与技术研究、多目标地球化学调查成果的综合评价研究。

## 三、地质科学优先发展领域

### (一)地质科学前沿领域

阐明区域岩石圈结构、组成与演变规律,建立更加符合实际的中国大陆动力学模型,进而揭示深部地球动力学过程对资源形成、环境演变和自然灾害的控制作用,以及地球环境与生命过程的演化关系。开展地球深部过程与大陆动力学研究、地球环境演化与生命过程等领域研究。

主要内容包括:地球早期生命和环境的协同演化;重大全球变化期环境效应与重要类

群的起源、演化;生物地球化学过程与地球表面环境演化。

## (二)基础地质调查领域

开展地质调查成果综合研究,在重点区域、重要成矿带、重点领域乃至全国范围内,通过对已有科技成果进行综合、集成、编图,提高区域地质规律的认识。

主要内容包括:开展矿物学和岩石学的系统研究;对各时代主要地层和地质多学科的综合型立典研究;修订中国地层典;更新各省区域地质志;建立符合中国地质实际的地壳岩石元素丰度表;编制基础地质、矿产地质、地质生态环境评价系列图件。

## (三)能源矿产领域

能源矿产是重要的战略资源,必须放在地质勘察的首要位置。按照深化东(中)部、发展西部、加快海域、开辟新区、拓展海外的方针,重点加强渤海湾、松辽、塔里木、鄂尔多斯等主要含油气盆地勘查,积极探索陆地新区、新领域、新层系和重点海域勘查。积极开展煤层气、油页岩、油砂、天然气水合物等非常规能源资源的调查评价和勘查。围绕重点勘查区、重要油气资源类型,开展地质科技攻关。

## (四)非能源固体矿产领域

以国内极缺的重要矿产资源为主攻矿种,兼顾部分优势矿产资源,按照东部攻深找盲、中部发挥特色、西部重点突破、境外优先周边的方针,力争实现矿产勘查的突破。加强矿产资源综合利用研究,不断提高资源综合效益。

主要研究内容包括:深部找矿理论与方法,西部特殊景观区金属矿产快速评价技术,矿产资源综合利用与资源综合效益,等等。

## (五)地质环境与地质灾害领域

以人类和地球表层系统动力系统相互作用理论为指导,以先进的观测和探测技术为支撑,注重区域地质环境重大问题研究,注重提高主动防灾减灾能力,促进人与自然和谐相处。

主要内容包括:地下水循环运动规律及其环境与生态效应,地质灾害监测预警预报关键技术与平台,重大工程建设中稳定性、地壳形变研究。

## 六、地质科学发展的技术支撑条件建设

现代地质科学与技术研究,一方面必须重视以高新技术武装的野外调查、观测和探测;另一方面也必须重视实验室的测试、分析和模拟,才能保证创新目标的实现。因此,在今后一段时间内,应致力于调查、观测、探测、分析、测试和实验等基础设施与仪器设备的建设。要通过自主研发、引进、消化、再吸收,提高地质科学研究的装备水平。

加强对地观测能力、地面观测探测能力、深部和海洋探测能力、分析测试能力建设,加快地质信息技术推广与应用,加强长期观测站建设。

## 第五节 地理科学

以人类环境、人地关系和空间相互作用为主要研究对象的地理科学,已成为一门包容自然科学、人文社会科学和工程技术科学的综合性学科,建立了独特而比较完整的学科体系。国际地理学的主要发展领域可概括为区域分异规律与区域综合研究,人地关系思想、人与环境互动、人类参与的地球系统研究,地缘政治与地缘经济思想,地理学的人文化和社会化,对地观测与地理信息技术,以及方法论的进展六大方面。

在中国,钱学森院士倡导建立地理科学体系,认为地理科学是与自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、文艺理论、军事科学、行为科学等相并列的科学部门,将地理学推向了一个新的境界。中国地理学的进展主要体现在科研方向的突破,对国家建设的贡献,研究手段的革新,对社会的贡献,对科学和教育的贡献几大方面。但中国地理学的基础研究有待加强,竞争能力需要提高。

### 一、理论、方法的近今发展

#### (一) 全球变化及其区域响应

围绕全球变化及其区域响应进行了一系列基础性、战略性和前瞻性的科学研究,揭示了我国对全球变化的响应与影响,剖析了环境变化的自然和人文因素,为我国典型区域在全球变化背景下的可持续发展提供了对策和决策依据。

#### (二) 人地关系地域系统

以系统的观点开展人地关系地域分异研究,提出了全国及大区的“自然—人文”区划、生态经济区划、陆地表层综合地域系统划分等;深入揭示了“人地系统”的特性,包括半开放性、非稳定性和或然性;发展了人地关系地域系统综合集成的研究方法。

#### (三) 区域发展新因素

揭示出经济全球化、信息化、技术创新已成为影响当今区域发展及其空间结构的最重要因素,认识到全球化和技术变化对产业集聚的形成演化所产生的影响,并研究了金融在塑造区域发展形态和决定区域经济增长中的重要作用。

#### (四) 城市化与城市转型

揭示了我国城市化的特征和动力机制,指出我国特色的城市化道路应该是城乡关系良性互动的城镇化,速度、规模适度的有质量的城镇化,是多样化和因地制宜的城镇化,是资源节约环境友好的城镇化,是市场经济和政府调控相结合的城镇化。

#### (五) 土地利用/覆被变化及其效应

揭示了土地利用/覆被变化(LUCC)对局地生态系统的强烈影响,对温室气体全球收

支平衡的改变,以及对土壤质量的影响;广泛应用土壤侵蚀模型(USLE)及其修正模型(RUSLE)来认识 LUCC 对土壤侵蚀的影响;通过 LUCC 的水文效应模拟提供了区域资源、环境、生态问题政策分析的手段。

## (六)生态建设与生态评估

概括了我国生态恢复重建研究的主要特点,总结出十种主要生态示范区建设类型,并提炼出其经验和原理。探讨了全球、区域、城市以及单一生态系统或者单个物种的生态系统服务功能及其价值评估的理论与方法,并通过一系列研究实例得出一系列重要结论。

## (七)自然灾害综合研究

从全球、区域、地方等不同空间尺度,开展了对灾情形成机制的研究,并将灾情形成与自然资源开发紧密地联系起来,揭示了灾情形成机制与发展过程。减灾思路从以致灾因子研究和工程措施为主,调整为减灾综合化。

## (八)空间信息格网

提出空间信息格网这种空间信息综合体和新一代空间信息基础设施的概念、总体框架与服务体系,展开了空间信息格网的各种关键技术研究,为构建空间信息格网及其应用提供了理论和技术支持。

## (九)空间信息引擎与空间信息分析处理

在地理信息系统的核心技术方面取得了巨大突破,推出了较为成熟的空间数据引擎产品,研发出支持海量影像数据管理的新技术;在空间信息组织与分布式计算方法方面也取得众多进展。

# 二、地理科学应用研究发展现状

当前国际地理学的应用方向和重点领域主要有:人类对生态系统的影响及适应,全球化及其对空间层级关系的冲击,公共管理,社会—经济—环境变化与区域发展,环境质量、食物安全与人类健康,地理信息科学与技术应用,可持续性。

中国地理学近年来的主要应用方向和重点领域可以概括为以下方面。

## (一)区域规划与地域空间规划

更加重视政府可调控资源和地方需求,研究了区域在全国乃至全球劳动地域分工中的地位 and 职能、跨区域性基础设施建设和生态环境治理等单个区域无法自行解决的重大问题,以及规划实施的保障措施等支撑体系建设问题。吸取了经典经济地理学理论与方法的合理内核,在应用中不断创新,提出了诸如门户城市、区域相互作用、产业集群以及可持续发展框架下的自然和人文综合集成研究等理论,丰富和发展了空间组织理论体系。构建了系列化、序列化、支持多目标空间(区域、国土)规划的时空数据集成平台、方案模拟平台和动态监测平台,建立了基于时空信息的区域规划模型库与方法库,对各种区域规划



关键要素变化及其空间效应进行了分析模拟。选取典型区域开展和深化了空间(区域、国土)规划。

## (二) 区域发展状态监测与区域政策研究

《中国区域发展报告》系列以“政策—行动—效果”的基本视角,连续跟踪全国及各地区经济和社会发展的决策和重大举措,并做出相应的评价;分析了区域发展战略和政策的实施效果;揭示了区域增长差异的因素与趋势,并提出了相应的对策建议。在阐述沿海地区发展战略、“三个地带”发展方针以及地区协调发展方针方面取得了显著突破,也分析了这些方针在实施中的负面效应。对于政府部门决策和制定科学的区域发展政策和战略规划,对于学术界和社会各界了解我国区域发展及区域差异状态,都提供了有益的参考。

## (三) 区域可持续发展研究

立足于服务国家战略目标,揭示区域系统内部各要素的相互作用机制,引导区域向有利于资源环境可持续利用的模式发展。着重研究了区域可持续发展的关键问题及影响因素和典型区域可持续发展的关键问题与战略。

## (四) 区域性基础设施研究

侧重研究了集装箱运输网络、客运网络与物流网络等重点领域,研究了城市交通问题,参与了《全国民用航空运输机场 2020 年布局 and “十一五”建设规划》、《东北经济区的现代物流规划》、《京津冀区域交通网络规划》等编制任务,为区域性基础设施的布局政策提供了科学依据。

## (五) “三农”问题研究

研究了农业资源可持续性评估,主要农业资源利用效率、优化配置、调控模式及方式途径等。用农业系统理论、生态经济学理论和优化控制理论建立了可持续农业发展模式。通过不同地区农业发展的现状及潜力分析,提出各地区农业产业化的地域模式。开展了农业结构战略性调整、现代农业与农村发展的区域问题研究。

## (六) 生态系统碳收支

初步建成了中国陆地和近海生态系统碳通量观测网络,阐明了中国陆地和近海生态系统碳收支的主要科学问题,为全球变化背景下中国社会经济可持续发展以及各类生态系统的管理、为国家参与联合国气候变化框架公约等的谈判提供了科学依据。

## (七) “西部大开发”中水土资源配置与生态建设

研究了西部生态与环境的演化过程、水土资源的持续利用、生态与环境现状评价及未来 50 年变化趋势预测等,为科学认知我国西部地区生态与环境变化规律,促进西部地区水土资源可持续利用等提供了科学依据和技术支撑。

## (八) 东北地区水土资源配置、生态与环境保护和可持续发展

系统研究了东北地区农业水土资源态势与持续利用对策,揭示了区域农田系统水分高效利用机制,并提出了典型退化土壤的生态修复理论,建立了典型农田环境质量预警系统与无公害生产关键技术体系,通过不同生态类型区农业水土资源高效利用关键技术的集成与示范基地的建设,为东北地区农业可持续发展提供了决策与技术支撑。

## (九) 黄土高原水土流失治理

应用“尺度—格局—过程”原理,系统分析了黄土丘陵沟壑区不同尺度景观格局演变的时空变化特征及其驱动因素,探讨了多尺度景观格局变化与水土流失的关系,在揭示区域水土流失机制方面进展显著,提出关于黄土丘陵沟壑区的景观生态建设等一系列有价值的治理建议,对我国黄土高原水土流失治理提供了依据。

## (十) 长江中下游湖泊富营养化治理

在湖泊底泥内源污染及释放机制、富营养化湖泊内源污染控制及生态修复的理论和治理,以及太湖梅梁湾水源地水质净化示范工程等试验研究方面都取得了创新性进展,为我国即将开展的大规模湖泊富营养化治理提供了科学储备和技术支撑,同时也为填补国际湖泊学有关浅水湖泊的研究空白作出了重要贡献。

## (十一) 和谐城市

研究了大城市的流动人口问题;结合城市社会空间结构特征及其演变分析,研究了城市外来人口、失业贫困人口及其日常活动空间、意向空间、贫富差距和阶层分化、社会空间结构转变等;研究了不同的空间形式和活动系统如何影响老年人的社会行为;从城市空间环境的形态布局、空间盲区的综合治理、空间地域的防控管理和公安机构空间布局的调整等方面论述了城市犯罪的空间防控。

## (十二) 旅游发展

广泛开展了旅游资源的调查和评价、开发和保护规划。在旅游的环境容量与环境影响、旅游资源的保护、生态旅游的发展模式、旅游空间结构等方面得出系列新见解,为旅游者出行和旅游市场开发等的决策提供了科学依据。

## (十三) 文化建设与遗产保护

研究了文化景观、文化区、城市文化空间等文化地理问题,并涉及文化产业发展。还在地方文化特征的确定、历史文化城镇保护、城镇发展与文化遗产保护等问题上提出了新观点,为社会舆论宣传和导向、地方文化事业的发展等提供了理论基础和科学依据。

## 三、地理科学展望

从地理科学社会需求的国际态势、中国可持续发展对地理学的需求、中国科学技术发

展对地理学的需求来看,社会对地理学的需求巨大。以此为基础,联系学科现状和发展趋势,未来中国地理学主要发展领域是:陆地表层过程与格局的综合研究,土地变化科学研究,全球环境变化及其区域响应与适应研究,自然资源保障与生态系统研究,环境—健康—发展研究,重点区域自然地理综合研究,空间规划方法研究,城市化与区域可持续发展研究,产业转型机制及其与区域环境变化的耦合关系研究,区域基础设施研究,农业地理与农村发展研究,全球化与信息化下的城市空间重构及以人为本的城市社会建设研究,新文化地理研究,旅游地理学理论与方法研究,地理信息科学的理论化和工程化以及学科交叉的泛化,地理信息及其技术的标准化、多维化、集成化、网络化、智能化和虚拟化,地理信息及其技术应用的社会化。

中国地理学发展的总体思路是:以国家需求为导向,解决国家发展中的重大地理学问题;加强基础研究,在若干主攻方向上占领国际学术前沿阵地;充分发挥我国的地理优势,发展具有中国特色的地理学;整合和提升已有基础,造就优秀地理学家群体。战略目标是:为国家发展做出应有贡献;形成有中国特色的现代地理学体系;建立地理研究的高新技术体系;建成世界一流的地理研究和实验基地;造就新一代高层次学术带头人;产出具有世界影响的地理学成果。

实施地理学发展战略,需要政策保障、社会保障、投入保障、教育保障、组织保障等方面的措施。

## 第六节 心理学

在我国经济实力和综合国力迅速发展的基础上,全社会对心理学知识和服务的需要也快速增长,中国心理学近年来得到了的蓬勃发展。到2006年底,全国已有187个心理学系(研究所),中国心理学会会员总数超过6000人。2006年10月11日,党的十六届六中全会通过了《中共中央关于构建社会主义和谐社会若干重大问题的决定》,文件明确提出要在构建和谐社会中注重“心理和谐”。这对心理学的发展又是一次巨大的推动。

心理学是一个综合性学科,有十几个主要的分支领域。本丛书的《(2006~2007)心理学学科发展报告》一书分别对认知心理学、生理心理学、医学和临床心理学、发展心理学、教育和学校心理学、人格心理学、社会心理学、人力资源管理、心理测量、运动心理学、法制心理学、军事心理学、心理学史与基本理论等13个主要的心理学分支领域进行综述。

### 一、认知心理学

认知心理学采用信息加工的观点,研究知觉、注意、记忆、语言、思维等认知过程。近些年由于ERP, fMRI等新的技术手段的出现与运用,认知心理学逐渐转向认知神经科学。认知神经科学是一门在心理学、生物学、神经科学交叉的界面上发展起来的新兴科学,从某种意义上说,21世纪的认知心理学已经进入认知神经科学的时代。我国心理学家主要在知觉、注意、记忆、语言、数学、思维、情绪等七个领域开

展了深入的研究。在研究成果产出方面,是发表 SCI 论文和在 *Science, Nature* 上发表顶级论文最多的领域,成为我国生命科学基础研究的展示窗口之一。认知神经科学今后将采用多学科结合的实验手段,在分子、细胞、网络、系统、全脑、行为等多个水平上开展研究,强调对脑功能,特别是高级脑功能的理解;强调对教育、临床的理论指导和实际应用。

## 二、生理心理学

生理心理学研究心理行为活动的生理学机制。我国生理心理学和神经科学工作者在紧跟本领域中的国际前沿的同时,密切关注我国社会发展的现实需要,因此既扩展了研究领域,又展示了应用前景。研究的领域主要包括应激行为与脑机制,脑、行为与免疫的相互作用,成瘾行为及其神经生物学机制,神经和行为的可塑性研究,学习和记忆的神经基础等。特别是在心理免疫学方面已经取得令人瞩目的进展。该领域在国内外重要学术刊物上发表了数百篇高水平的论文,其中许多被 SCI 或 SSCI 收录和引用,并获得多项研究成果奖和多项发明专利。

## 三、医学和临床心理学

医学心理学是应医学模式发展的需要,将心理科学与医学相结合的一门心理学分支学科,在我国历史较短,但颇具特色。它几乎吸取了心理学科中所有与健康相关的分支学科的内容,尤其是生理心理学、异常心理学、健康心理学、临床心理学等,将心理学知识与技术应用于对人类健康的促进以及疾病的病因与病情分析、诊断、治疗、预防。近 15 年来,我国的医学心理学将生物—心理—社会医学模式贯穿于理论与实践之中,其研究范围涉及了心理学与医学的所有分支领域,尤其是在临床心理评估、病理心理、神经心理、心理健康、心理咨询和治疗等方面取得了长足的发展。

## 四、发展心理学

发展心理学的目标主要探讨人生各个阶段个体身心发生、发展规律及其相关机制。在我国,发展心理学领域的研究和教学人员最多,研究工作发展较快。我国发展心理学家从事的研究方向有儿童“心理理论”、儿童数学认知、儿童“朴素理论”、儿童气质类型和人格、儿童的攻击行为和亲社会行为以及家庭、同伴与儿童青少年发展等。随着研究的深入,将会出现更多的交叉学科,如发展心理语言学、发展心理生物学等,为个体心理发展研究开辟了新的研究思路。同时发展心理学在研究对象上将继续以个体生命的全过程为研究对象,而且在研究的重点上,将继续突出强调研究个体早期和中老年期的心理特点,并更加关注儿童社会性等应用方面的研究。

## 五、教育和学校心理学

教育心理学是心理科学与教育科学的一个共同分支,主要研究“教”与“学”过程中的各种规律及其应用,是教育实践需要与心理科学发展紧密结合的产物。学校心理学主要研究学生的心理和行为问题,是心理学应用和服务于学校的具体表现。近

年来,随着我国教育心理学研究队伍的日渐壮大,教育心理学的理论与实践研究取得了长足发展,学校心理学也日益受到重视,在社会生活和教育改革的诸多领域产生了重要影响。在学习与教学方面,我国心理学家对概念转变、情境学习、多媒体学习、结构不良问题解决、学习动机、学习评价等方面开展了深入研究,在学校心理健康方面,主要从事学生心理素质的培养和学习能力的开发训练、对特殊群体和危机事件的心理干预,关注网络成瘾问题、农民工子女的教育和心理健康问题,教师心理健康研究等。

## 六、人格心理学

对人格问题的关注一直是心理学的主题之一。我国的心理学工作者早在 20 年前就已开始了人格心理学研究中国化的探索。近年来我国的人格心理学家在探索中国人人格结构的基础上,对中国人人格的研究取得了初步的成绩,特别是价值观、青少年健全人格以及时间与人格的心理学研究,对我国的素质教育实践有着重要的理论指导意义。中国人“大七”人格因素模型的提出,对我们从根本上理解中国人提供了理论依据,也从文化与人格的角度阐述了人格的文化基础。我国的人格研究还包括中国人中庸思维的研究、中国人辩证思维的研究、中国人职业枯竭现象的研究、关于胜任特征的研究等。这些研究从理论和实践上极大地丰富了人格理论。人格心理学今后的发展趋势可以概括为科学化、综合化、文化化和实用化四个方面。

## 七、社会心理学

中国社会心理学重建 25 年以来,一直在争鸣中进步与发展,表现出相对活跃的学术氛围。该分支学科的研究对象包括人际冲突与和谐行为,作为与社会发展和人类幸福联系最为密切的学科之一的社会心理学研究,在构建社会主义和谐社会的事业中发挥着非同寻常的作用。近两年的社会心理学研究一方面体现出基本心理与行为过程理论研究的细化和深化,特别是对于社会认知过程及群体认同和互动中的影响因素进行了越来越深入的关注;另一方面则体现出对大众生活的更加贴近。婚恋、夫妻关系、好生活、生活控制感、满意度、丧亲之痛、文化、恐惧管理等日常生活心理学话题都成为研究的焦点。研究主题包括自我价值定向理论与价值观、社会认知与社会表征、人际互动与组织行为等。

## 八、人力资源管理

人力资源管理和经济社会的发展密切相关。近年来,中国的心理学家在人力资源的管理与开发领域进行了许多卓有成效的探索,涉及人员招聘与筛选、人才培养与开发、绩效考核与管理、工作态度、员工激励与薪酬管理、领导力研究、工作压力与健康等多个方向。研究对象非常广泛,包括进城务工人员、酒店管理人员、教师、IT 领域管理人员、制造业企业员工、企业管理人员以及党政领导干部等。同时,依据或主要依据人力资源方面的研究成果进行社会服务的公司和咨询机构也出现了大发展的势头。在未来的研究中,人力资源管理的心理学研究应该突出中国当前社会的特点,对于目前国内迫切需要解决的相关人力资源管理问题进行重点研究。例如,结合构建和谐社会的背景,研究人力资源管

理中的“员工关系”、“管理冲突”、“薪酬分配”等敏感课题。

## 九、心理测量

正确评价人的认知能力、人格特征及情感和动机,是实施“人才强国”战略的核心,而心理测量是评价的基础。测量不仅为评价提供科学信息,而且测量的结果成为评价的重要依据。近年,项目反应理论、概化理论等现代测量理论被引入国内后,经国内学者研究和吸收,目前也已在理论和实践上有了准确把握。国内研究者已由修订国外测验发展为编制标准化的中国测验,且心理测量的使用范围逐渐扩大。目前,心理测量已广泛应用到教育、医疗、卫生、军事、人事、经济、管理等多个领域,如航天员和飞行员的甄选、党政领导干部选拔、公务员选拔、兵员选拔等。

## 十、运动心理学

为配合 2008 年的北京奥运会,我国运动心理学家们积极呼应“科技奥运”的主题,做了许多切实可行的研究。运动心理学的主要研究领域分为三个部分:一是竞技运动心理,包括心理训练、运动认知、心理生理、自我观念、心理疲劳;二是大众锻炼心理,研究身体锻炼与心境状态、自尊、认知功能、生活满意感的关系,探寻促进心理健康的运动处方;三是体育教育心理,包括体育学习的心理动力、体育教师的心理特点、体育教育的心理建设功能、体育教学模式的心理效应。

## 十一、法制心理学

在法制心理学的所有领域,国内都已经有一定程度的研究,部分分支学科已经建构了成型的理论与方法论体系,研究进展较快、成果比较集中的领域包括犯罪心理学、刑事司法心理学、罪犯矫治心理学、证人证言心理学、被害人心理学、警官心理学、犯罪心理测试技术、再犯可能性测试技术等。立法心理学、法律传播心理学、守法心理学、民事司法以及行政司法心理学的发展较为薄弱。在研究比较深入的学科领域,我国法律心理学工作者依据心理学的理论与方法,结合我国国情和司法实际,创建了许多具有学术价值与实践意义的理论观点,并在此基础上形成流派。犯罪原因、犯罪心理机制、犯罪心理学研究方法、群体犯罪心理、侦查心理学、犯罪心理测试技术、警察心理健康、罪犯心理矫治等方面取得了丰富成果。

## 十二、军事心理学

军事心理学以军事需要为目的,以军事作业环境为出发点,注重军队文化特点,解决部队实际问题;她既不是建立在一套系统理论上,也不是一套常规性技术总和,而是心理学原理和方法在军事环境中的应用。国际军事心理学 85 年的发展历程,使她在军事人员心理选拔、军事人因学、特殊军事环境与心理训练、军队领导与组织、军队临床心理、军事应激和心理战等领域形成了独立的研究风格。然而,军事心理学毕竟是为各国军事斗争服务的武器,信息封锁是获取资料 and 开展国际交流难以逾越的屏障。近年来,由中国心理学会军事心理学专业委员会组织全军心理学工作者编写、翻译的《军事心理学研究》、《军

事心理学手册》、《军事心理学导论》以及《第四军医大学学报》和《心理科学进展》专刊等，在很大程度上缓解了军事心理学研究资料的匮乏。

### 十三、心理学史和基本理论

心理学史和基本理论是心理学中比较特殊的学科，主要在宏观和哲学层次上思考心理学的学科走向和历史沿革。20世纪80年代，作为心理学的一个基础学科和基本研究途径，西方理论心理学在学派时期心理学基本理论问题研究的基础上重新发展。换句话说，理论心理学的复兴本身，也可以看作心理学史学研究的成就。当代理论心理学所面对的问题可以归纳为三个方面：关于研究对象的建构论与实在论之争、关于研究方法的一元论与多元论之争、关于心理学学科的自然科学观与人文科学观之争。文化转向为三个方面问题的研究提供了基本的时代背景，而整合研究则是三个方面共同的指向。后现代心理学、进化心理学和积极心理学是当代西方心理学中的三种新的研究取向，这三种取向典型地表现出三个方面基本理论探索的实际进展。

## 第七节 环境科学技术

### 一、当前面临的环境形势

伴随我国经济社会的高速发展，我国的环境形势十分严峻，生态环境已进入大范围生态退化和复合性环境污染的新阶段。环境与资源约束瓶颈加大，环境污染呈加剧蔓延趋势，例如能源、资源利用率低，污染物排放强度高，全国范围内主要污染物排放已超过环境承载能力；污染与破坏已从陆地蔓延到近海，从地表延伸到地下，从单一污染发展到复合污染；工业结构性污染呈现不同空间尺度的梯度性转移和变化；在一些重要经济区域和流域形成了点、线、面源污染共存，生活、生产污染叠加，各种新旧污染物交织，水、气、土污染交互影响的复杂态势，核与辐射环境安全存在隐患等。新污染物质和持久性有机污染物的危害逐步显现，对生态系统、食品安全、人体健康等，存在着更大的风险和更久远、更难以预料的潜在影响。生态与环境问题变得更加复杂、风险更加巨大，一系列重大环境问题，如湖泊与近岸海域水体富营养化，区域酸沉降与城市大气复合污染，土壤与面源污染，有毒有害污染物排放，区域（流域）生态系统退化，生物多样性减少，外来物种入侵和遗传资源流失，以及突发的重大环境污染事件等，越来越多地危及社会稳定与环境。在当前经济全球化、市场一体化的过程中，资源与环境的国际贸易争端与摩擦不断加剧，履行国家环境义务、改善全球环境质量、保障国家资源供给、突破绿色贸易壁垒等，已成为国家外交事务的新热点和基本内容之一。

### 二、环境科学技术学科发展近期任务

我国正努力发展循环经济，建立一个节约型、创新型的社会，我国“十一五”环境保护的目标是，切实控制住环境污染的发展，污染物排放总量比20世纪明显降低，重点地区环

境质量进一步改善;初步遏制生态环境恶化的状况,率先建成一批经济快速发展、环境清洁优美、生态良性循环的城市和地区。

环境科学关注人类生存环境的演变、人类活动对生态环境的影响以及污染物运移规律及其治理。面对当前严峻环境形势的重大挑战,面对建设环境友好型社会的战略目标,环境科学技术必须在全面推进、重点突破基础上,为切实解决突出的环境问题提供最有效的科技服务。结合全面建设小康社会的国家战略目标,未来我国在环境保护领域的长期科技需求主要体现在五个方面:①研究全面建设小康社会的环境资源瓶颈问题,为实现社会、经济、环境的可持续发展提供科技支撑;②研究城市化快速发展进程中面临的突出环境问题,为实现城市的可持续发展提供科技支撑;③研究快速工业化进程中带来的重要环境污染问题,为走新型工业化道路和发展生态工业提供科技支撑;④研究农业现代化进程中的环境污染和生物污染以及农村环境问题,为建设生态农业体系和环境优美农村提供科技支撑;⑤研究国家重要经济区域与战略性资源产业可持续发展政策,为建设环境友好型、资源节约型的绿色中国提供政策基础。

### 三、环境科学技术重点领域发展回顾

近年来,我国环境科技工作围绕环保重点工作和突出环保问题,组织开展科学研究和技术攻关,在解决重大环境问题、建立健全环境管理制度、制定完善技术法规和标准、开发推广污染防治技术,以及促进经济增长方式转变等方面,发挥了重要引领和支撑作用,为环保事业发展提供了一定的科学、技术和物质保障。结合近年来国家在环境科学领域开展的重点项目,对我国环境科学重点领域发展作简要回顾。

#### (一)基础研究

国家先后启动了“湖泊富营养化过程与蓝藻水华暴发机理研究”、“持久性有机污染物的环境安全、演变趋势与控制原理”、“长江、珠江三角洲地区土壤和大气环境质量变化规律与调控原理”、“东北老工业基地环境污染形成机理与生态修复研究”、“长江流域生物多样性变化、可持续利用与区域生态安全”等重大基础研究(“973”)项目,有效地阐明了上述区域典型污染物的变化机制,科学地揭示了某些污染物的环境行为和污染规律,显著地提高了部分前沿科学基础问题的认识水平。

#### (二)重要技术研发、集成创新与应用示范

国家先后组织实施了“环境污染防治技术”主题、“水污染控制技术与治理工程”等高新技术领域(“863”)专项。实施了锅炉燃煤污染控制、汽车尾气监测技术、生活垃圾生态填埋技术、湖泊水源地水质改善与生态修复、河网区面源污染控制、重污染底泥疏浚、城市水环境质量改善等技术创新和工程示范。通过技术研发与工程示范,初步掌握了一批先进生产工艺和关键装备制造技术,开发了一批重要技术产品,发明了一批污染治理专利技术,提高了燃煤、机动车尾气、污水治理、城市生活垃圾处置等污染控制能力,缩短了与国际先进水平的差距,推进了我国部分区域(流域)污染控制与环境质量的有效改善。



### （三）环境热点研究

国家先后组织实施了“重大环境问题对策与关键支撑技术研究”、“全球环境变化对策与支撑技术研究”、“水安全保障技术研究”、“三峡库区生态环境安全及生态经济系统重建关键技术研究及示范”、“中国可持续发展信息共享系统的研究开发”等一批重点攻关项目。其研究成果为完善国家环境法规政策、强化国家宏观环境管理、参与国家可持续发展综合决策、确立国际履约谈判基本立场、提高重点区域流域环境污染控制能力等做出了重要贡献。

## 四、环境科学技术发展趋势

近年来,我国环境保护事业进入了一个加速发展的崭新阶段,环境科技面临历史性发展机遇,环境科学技术的发展呈现以下特点。

### （一）研究手段更加先进

环境科学与技术之间的相互融合、相互渗透与相互转化更加迅速。以长期连续观测、探测和实验资料的积累与分析为基础,环境科学诸多前沿研究与高新技术的发展融为一体,新兴学科不断涌现。

### （二）研发与应用结合更加紧密

围绕原始创新、集成创新到消化吸收再创新,环境科技在基础研究、高新技术研究与成果应用转化等纵深层面同时展开,研发与应用结合更加紧密。一批本属于基础研究的成果,例如基因工程、纳米材料等,在研究初期就快速进入环境应用研究领域。

### （三）研究视野更加开阔

环境科学已由传统的单一关注污染物质的环境效应和生态影响研究,转为更加关注环境与人体健康的影响研究,关注人类生产方式的转变,关注地区发展的不平衡关系、人与自然等人类社会发展的协调与和谐问题等,环境科技对人类社会发展导向作用愈加显现。

### （四）国际合作主题更加突出

全球气候变化、生物多样性、国家水域、臭氧层损耗、土地退化和持久性有机污染物等一系列重大环境问题,已成为当前及今后世界各国环境科技合作与交流的主题和基点。

## 五、环境科学技术近期重点发展领域

环境科学技术的发展应立足于我国环境问题的具体情况,结合国际上环境科学发展的趋势,面对我国环境保护工作的难点和重点,加强科技创新,提高环境科技支撑和引领环保事业发展的能力。

水污染防治是环境保护的重点领域之一。在水污染防治领域,应优先加强饮用水安

全保障及关键支撑技术、流域(区域)水污染控制与工程示范、地下水污染控制技术和城市水环境质量改善与生态建设的研究,为我国水环境保护提供技术保证,解决危及人民身体健康的水污染问题。其中饮用水安全保障及关键技术方面应选择具有战略意义和重大污染问题的水源地,以水源水质改善与生态保护区为核心,开展水源地保护与生态修复研究;开展流域(区域)水污染物总量控制和削减方案研究,通过区域污水集中控制、河道净化与修复、污水回用与生态水资源保育等技术集成和工程示范,实现流域、区域水污染物总量控制与分配关键技术突破;地下水污染控制技术研究方面,重点研究石油、化工、固体废物存放地、垃圾填埋场等典型污染场地地下水污染的过程与规律,建立区域地下水污染风险评估指标体系,开发地下水污染评估模型和综合调控技术,探索地下水环境质量的恢复机理机制;城市区域整体水环境质量改善及水体修复技术,选择具有代表性和战略意义的城市区域,研究构建以水为核心的城市生态系统的关键技术,研究城市水环境综合服务功能构建与保障技术,研究制定城市水环境的合理利用与系统管理方案。

随着城市化进程的快速发展,我国大气污染正由煤烟型污染向复合型污染发展,区域大气污染程度较为严重。在大气污染防治领域,应优先加强区域大气污染现状、成因与调控技术,城市大气环境问题与控制及大气污染物控制与废气治理技术的研究。其中区域大气污染现状、成因与调控技术研究应优先选择长三角、珠三角、京津冀等城市群区域为研究对象;城市大气环境问题与控制方面应重点开展城市大气灰霾、细颗粒与超细颗粒、VOC来源、成因与转化机制的研究,清洁燃料的应用和发展战略研究;大气污染物控制与废气治理技术方面,重点开展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,研究燃烧过程中二氧化硫、氮氧化物同步控制与治理、机动车污染控制等项技术。

日益增长的固体废物已经给环境带来很大危害,成为造成环境污染的罪魁祸首之一。固体废物与化学品污染防治领域,固体废物物质流特征与污染控制技术、危险废物处理处置技术、化学品环境效应与风险评估技术是当前研究的重点。在国家加快经济结构调整步伐,大力推进经济增长方式转变,做好固体废物污染防治及综合利用工作,要求我们在从资源开采、原材料运输、生产加工一直到社会服务和消费、废物回收利用和处理处置等阶段采取技术改造升级,加快提高其技术水平。建议今后我国固体废物领域优先发展的技术方向侧重如下四个方面:①大力推动清洁生产技术,减少固体废物排放量和污染;②大力推动废物综合利用,发展静脉产业;③积极推广和研发先进的固体废物处理和再生利用技术;④建立固体废物污染控制技术评价体系。

目前,我国许多重要生态功能区的生态功能严重退化,甚至完全丧失。在一些地方,由原来的局部、小范围的生态破坏逐步演变成区域性、大范围的生态恶化,原来以单要素为主的生态破坏,逐步转向区域或流域的功能性生态破坏。在生态保护与生态建设领域,国家重要生态功能区的保护与建设、区域生态环境保护与生态系统监测技术、生物多样性与生物安全支撑技术是当前研究的重点。其中,在国家重要生态功能区的保护与建设方面,要以保护生态系统服务功能为前提,针对江河源头区、重要水源涵养区、防风固沙区、江河洪水调蓄区等重要生态功能区,研究生态安全影响机制,提出保护和建设方法和技术模式,开展生态安全预警分析与模拟研究,为重要生态功能区的保护和利用提供依据。

此外,土壤污染防治与农村环境综合整治领域,土壤污染与修复技术、农村环境综合

整治与农村面源污染防治、农药环境安全是优先研究的主题;核与辐射安全领域,核设施安全风险评价与控制研究、辐射环境与放射性废物管理安全研究、辐射源安全技术是优先研究的主题;环境综合管理关键科学技术支撑领域,污染物排放总量统计与核定技术、环境监管与应急预警体系、环境监测与信息管理、环境基准与标准、环境政策与法规、建设环境友好型社会的保障体系、城市环境管理及对策是优先研究的主题;基于循环经济的污染防治技术领域,静脉产业污染防控和资源化技术、工业园区生态化改造技术、污染物总量物质流分析和控制途径、资源循环对污染物总量的影响机制及污染控制技术经济政策是优先研究的主题;环境与健康领域,环境污染与健康危害、污染对人体健康影响的机理与识别技术是优先研究的主题;区域与全球环境问题领域,全球环境变化影响的适应技术与对策、持久性有机污染物控制技术及其对策是优先研究的主题。

## 第八节 资源科学

2006 年是我国资源科学发展的重要一年。国家已经高度重视资源问题,全社会急需资源科学,同时资源科学自身建设又处于兴起和发展的关键时期。作为一门正在兴起的综合性交叉学科,资源科学的分支学科已广泛存在于地球科学、经济学、生物学、工程技术科学、管理学等学科之中;资源科学的发展进入了重要的转折阶段,已从过去以部门资源综合考察和资源调查评价研究为主,转向目前对资源与人口、环境、发展的关系,各类资源间的关系,资源开发与保护的关系,全球资源与我国资源的关系,区域或部门间的资源关系等问题的综合研究。在这个转折过程中,单一资源研究部门难以解决人与资源协调发展的重大问题,需要有“跨地区、跨部门、跨学科”的综合性战略研究。

长期的资源综合研究和区域发展研究,使资源科学形成了相对独特的优势。目前,已形成的优势学科领域有:资源开发与区域发展,资源战略与管理,资源经济和资源生态,资源环境数据信息与遥感技术应用。中国自然资源学会先后组织出版了《中国资源科学百科全书》和 42 卷《中国自然资源丛书》系列专著,加上近期出版的《资源科学》专著和正在出版印刷的《资源科学技术名词》,这些都是资源科学在我国初步形成的重要标志,对中国资源科学的建立和发展具有划时代的意义。

未来资源科学的繁荣面临更大挑战。21 世纪,人类社会面临着全球变化、资源危机和可持续发展的一系列问题。资源科学必须根据学科特点和优势,抓住机遇、迎接挑战,在前沿领域开拓创新,发展学科理论和方法,提高资源科技创新能力,实现跨越式发展,唯此,才能尽快缩小我国与国际资源科学研究之间的差距。

资源科学是与自然、社会、技术科学相互交叉发展的一个跨学科领域,目前已经形成 20 多个二级学科。《(2006~2007)资源科学学科发展报告》一书中,选择了 9 个重要学科进行专题研究,其中综合资源学科 5 个,分别是资源信息学、资源生态学、资源管理学、资源经济学和区域资源学;部门资源学科 4 个,分别是水资源学、土地资源学、能源资源学和矿产资源学。

## 一、资源科学发展现状与战略需求

当前,世界各国越来越重视对资源科学的研究,并呈现出以下特点:①资源研究内容的系统化和综合化;②资源研究范围的国际化、跨国化或地区化;③资源研究手段的现代化和量化;④资源管理的信息化和科学化。

世界资源科学研究的重点领域主要包括如下几个方面。

### (一)重视对战略性资源的研究

世界主要发达国家根据其资源状况和发展需求,分别瞄准重大的战略性资源进行研究。如美国、日本主要瞄准能源资源;澳大利亚、新西兰等国主要侧重于渔业资源和草地资源。

### (二)重视对国家资源安全的研究

20世纪末期以来,世界范围内以资源为焦点的地区冲突或战争愈演愈烈,主要发达国家相继展开了各自的国家资源安全战略研究。

### (三)重视对资源进行系统性和综合性的研究

主要侧重于资源与人口、经济、生态、环境的综合性研究;资源系统的复杂性研究(一些重大国际科学研究计划如IGBP等,都把水土资源作为一个系统,对其复杂性进行深入研究);自然资源与人文资源的综合性研究。

### (四)重视资源系统的科学管理

依据资源生态学和资源经济学原理,对资源系统进行可持续管理的研究。

### (五)重视资源流动及其生态环境效应和经济效应研究

重视资源流动及其生态环境效应和经济效应研究的目的在于阐明资源利用的过程机制,提出改善或优化的途径。

### (六)重视资源信息系统和大型数据库建设

重视资源信息系统和大型数据库建设,并以此为平台,通过系统建模,研究资源利用过程机制,为资源战略研究提供依据。

资源科学教育与人才培养也一直是国际学术界与教育界的重点领域。据调查,目前国外设有自然资源学院或系、专业的高等院校数以百计,其中美国在50所以上,加拿大、澳大利亚、英国、日本和德国也为数众多。这些院校不仅编制了自然资源学科的教学大纲,而且还设有自然资源科学领域的学士、硕士和博士学位。

我国资源科学研究的理论与实践已经取得重大成就。在老一辈资源科学家带领下,经过40年的不懈努力,已经逐步形成了全球尺度、国家尺度、区域尺度和(台)站(点)尺度相结合、服务于经济建设的资源综合研究格局;数十年倡导的资源科学体系已初步形成,

资源永续利用的思想延续至今,并汇入可持续发展潮流之中。先后有自然资源研究的理论与方法、自然资源开发利用原理、自然资源学导论、资源科学纲要、资源经济学、资源地理学、资源生态学、资源法学、资源核算论、资源产业论、资源价值论等方面的理论专著问世,丰富和发展了中国的资源科学体系。近几年来,我国资源科技工作者完成了一批促进资源科学发展和完善的标志性成果,在资源科学研究的理论和实践方面又取得了重大进展,为我国建立资源科学体系和奠定学科地位做出了重要贡献。特别是《中国资源科学百科全书》的出版与发行为建立和完善资源科学的学科体系奠定了科学基础,《中国自然资源丛书》的编撰为资源科学的建立积累了丰富的实践基础和科学资料,2007年将要向全社会正式公布的《资源科学技术名词》,意义更为重大。2002~2006年,经过100多位专家、历时5年已完成了《资源科学技术名词》,该书包括20个分支学科、共计3400多个科技名词,其中相当多的名词是首次同读者见面,一些核心科技名词均带有创新特色。

国内资源科学的教育与人才培养工作也不断展开。截至2006年,国内有近100所大学设有与资源科学密切相关的资源学院或系,并招收相关专业的本科生和硕士、博士研究生。这些高校的资源学科主要包括三种类型:①由综合性大学以地理系为主演变而来,主要包括地理科学专业、环境科学专业、资源环境与城乡规划管理专业、地理信息系统专业等,诸如兰州大学、浙江大学和华东师范大学,北京师范大学从2003年起招收资源环境科学专业本科生;②由农、林、牧、地、矿等大学的资源相关专业演变而来,主要包括农业资源与环境专业、森林资源与环境专业、水文与水资源专业、地质资源与地质工程专业等,诸如中国农业大学、北京林业大学、河海大学和中国地质大学;③由综合性大学的资源经济与管理相关专业演变而来,主要包括人口、资源与环境经济专业、环境与资源保护法学专业以及土地资源管理专业等,诸如中国人民大学、武汉大学和南京农业大学,北京大学从2003年开始招收环境资源与发展经济专业本科生。由此可见,中国跨学科的资源科学高等教育与研究生培养体系(分属理学、工学、农学、经济学、法学和管理学)已现雏形。

资源科学领域的学术交流也十分活跃。为了促进资源科学的发展和为广大资源科技工作者提供学术交流的平台,中国自然资源学会倡导成立了定期的学术交流年会制度,已经取得了明显的效果。自2004年10月在南京师范大学举办首届学术年会以来,已成功地举办了三届,并且形成了固定的学术交流年会制度。2004年、2005年和2006年的学术年会的主题分别是“全面、协调、可持续发展:资源科学的机遇与挑战”、“发展资源科技,建设节约型社会”和“创新资源科技,促进和谐发展”,并且在2005年的年会上还首次设立了“资源学院院长论坛”,在2006年的年会上还首次开设“第一届资源科学博士生论坛”。学术年会具有规模大、年轻学者多、覆盖面广、学术交流踊跃的特点,为资源科学的专家学者和研究生提供了学术交流的平台,增强了学会的凝聚力,极大地促进了资源科学的发展。

资源科学领域的决策咨询活动影响巨大。17年前,中国科学院在《生存与发展》国情研究报告中提出的“建立资源节约型国民经济体系”的科学思想,已被中央的决策所采纳。近两三年来,资源科学领域的又一最大亮点和热点问题是国家中长期科技规划纲要也充分采纳了一大批资源科技工作者的建议和意见,把建立一个资源节约型社会和环境友好型经济,作为未来20年国家科技发展的一项最重要任务来抓。

“十一五”时期是繁荣发展资源科学的重要时期,资源科学的发展又迎来了一系列重

大的战略需求。全面贯彻科学发展观,促进经济社会又好又快发展,迫切需要资源科学推出更多理论成果,推动用科学发展观武装头脑、指导实践。完成国家各个部委特别是科技部、国家发展和改革委员会、国家自然科学基金委、中国科学院等部门拟定的“十一五”规划任务,迫切需要资源科学深入研究一系列宏观性、前瞻性、战略性和综合性的重大问题,为经济社会发展提供有力的理论支撑;动员全国人民为实现“十一五”目标而奋斗,迫切需要资源科学工作者认真研究回答全社会关心的问题,认真研究回答理论热点和难点问题。

## 二、资源科学发展态势与发展前景

在面向国家需求方面,资源科学研究将更加注重“以任务带学科”,寻求更好、更快地发展。根据科技部国家科技计划项目申报中心网站公布资料,自2006年,科技部已经批准并开始实施了169项支撑计划项目,涉及能源(A)、资源(B)、环境(C)、农业(D)、城镇化与城市发展(J)等五大重点领域。在全部169项支撑计划项目中,与资源科学研究密切相关的审批项目约38项,拟拨经费20亿元以上,重点支持能源领域的能源利用技术和可再生能源资源的开发;矿产资源领域的接替资源基地综合勘查技术、复杂矿及大型矿产综合利用技术,卤水及煤炭、油气资源高效开发技术,非金属矿综合利用技术,矿产资源开发决策支持系统;水资源领域的海水淡化及综合利用成套技术,雨洪资源化利用技术,黄河、三峡、南水北调及东北等重点领域和地区水资源合理利用技术,重点耗水行业和城市节水技术;土地资源领域的区域及城市土地资源安全保障与调控关键技术;资源信息领域的信息化测绘服务体系关键技术研发及应用;资源生态领域的极地、典型生态脆弱区、重大工程建设区的生态系统重建、清洁生产与循环经济关键技术研究及示范,中国生态系统综合监测评估与决策支持系统,废弃资源化综合利用关键技术研究及示范。

“十一五”期间,国家发改委将投资60多亿元,启动建设包括海洋科学综合考察船等12项重大科技基础设施,投资近50亿元实施中国科学院知识创新三期工程,安排5亿多元投资对143个国家重点实验室进行系统的改造升级,规划和完善50个国家工程研究中心,100个国家工程实验室,并在加快产业技术和装备自主研发及促进自主创新成果产业化方面给予了重大支持,规划建设300个国家认定企业技术中心,构建自主创新的基础支撑平台。

国家自然科学基金委员会也拟定了以科学基金资助的自然科学、工程科学和管理科学为基本框架,对包括地球科学在内的18个学科在未来5年的发展方向和资助重点进行了规划。其中资源科学可以广泛地参与到其中的地球科学、农业科学、能源科学、工程科学、海洋科学、管理科学等学科领域的重点研究。

“十一五”期间,中国科学院将重点实施第三期知识创新工程,将按基础研究、战略高新技术研究和经济社会可持续发展相关研究三片,部署1个具有明确目标导向的交叉和重大科学前沿,建设10大科技创新基地(“1+10”)。资源科学研究在其中的生态与环境科技创新基地和资源与海洋科技创新基地将大有作为,特别是在油气与矿产资源、水资源、海洋生物资源、城市化和区域发展战略、全球变化及其影响和减缓与适应、遥感与地理信息技术等方面,可以提供重要的决策依据和发挥骨干科技支撑作用。

### 三、资源科学在国民经济及社会发展中的应用与前景

#### (一) 资源科学应用研究具有明显的独特优势

(1) 成果卓著、影响较大。经过 20 多年的努力,在资源综合利用、区域发展规划、资源战略、国土整治、资源信息与新技术应用等方面取得一系列重大科技成果,出版专著、论文、图件和研究报告 200 余份,并建立了全国及区域层次的资源环境数据库及信息系统。

(2) 拥有高素质的综合型研究人员。培养了一批素质较高、擅长进行资源综合研究和组织管理的人才,包括院士、知名学者。

(3) 数据信息基础雄厚。已成为我国资源环境及相关领域重要的数据基地。

(4) 研究基础条件较好。已装备一批国际先进水平,可在台站、区域和国家尺度上从事资源、环境、生态综合研究所必需的野外观测分析仪器、计算机和遥感等设备。

(5) 全面开展了国际合作,国际影响不断扩大。近年,资源科学界的国际交往日益频繁,一批知名学者活跃在国际学术舞台,并担任许多国际学术组织的重要职务;同时,一大批青年学者也已在国际合作中崭露头角。

#### (二) 资源科学应用研究具有的三大特色

(1) 立足资源,注重综合,这种综合研究主要体现在“跨地区、跨部门、跨学科”、“全国、区域和站点多层次有机结合”和“自然、社会经济、技术高度综合”等方面。

(2) 坚持面向国民经济建设,如紧紧围绕国家重大问题开展的决策咨询活动、国家级或省区级的经济社会发展规划等。

(3) 开放联合、跨学科协作。资源科学 20 多年所取得的成果多是与国内外科研单位和地方部门合作、跨学科联合的结果,形成了具有组织协调大型资源综合考察的经验,具有主持完成大型和世界性资源综合研究项目的能力。

科研论文产出丰富。对资源科学的重要期刊《自然资源学报》全部发表的论文统计来看,自 1986~2006 年的 21 年间,累计发表论文 1 420 篇,出版页数共 10 578 页。从 2004~2006 年的 3 年间,由于国民经济和社会发展的战略性资源如水资源、土地资源供需紧张以及国家提出建立资源节约型和环境友好型社会的战略目标,围绕这些重大的国家战略需求,《自然资源学报》在水资源、土地资源、资源生态和资源经济等学科领域发表的研究成果明显增多。显然,该学报为资源科学的创立与发展以及为国民经济社会发展提供科技支撑作出了重大的贡献。

资源科学领域的年轻人才培养不断发展壮大。通过对全国优秀博士学位论文数据库检索发现,1999~2006 年全国优秀博士、硕士学位论文共 99 324 篇,其中资源科学类论文共 12 610 篇,占 12.7%。对中国期刊网核心期刊检索发现,2001~2006 年,在全国核心期刊发表的 936 342 篇论文中,资源科学类论文约 67 828 篇,占 7.24%。2006 年,全国新增博士学位授权一级学科 80 个、共 172 家单位。其中,与资源科学相关的一级学科和授权点有:地理学(3 家)、环境科学与工程(16 家)、地质资源与地质工程(5 家)、农林经济管理(9 家)、农业资源利用(2 家)、矿业工程(2 家)、林学(4 家)、林业工程(2 家),占全

国一级学科的 10% 和总授权点的 25%。在全国 257 个学科共 678 个博士学位授权点中, 资源科学有关学科共有 15 个专业、42 家单位具有博士学位授权, 分别占全部学科和授权点的 5.8% 和 6.2%。

2006 年, 全国新增硕士学位授权一级学科 82 个、共 399 家单位, 其中与资源科学相关的一级学科和授权点有: 地理学(21 家)、环境科学与工程(61 家)、地质资源与地质工程(17 家)、农林经济管理(13 家)、农业资源利用(19 家)、矿业工程(13 家)、林学(13 家)、林业工程(6 家), 占全国一级学科的 9.8% 和总授权点的 41.1%。在全国 257 个学科共 528 个硕士学位授权点中, 资源科学有关学科共有 14 个学科、177 家单位具有硕士学位授权, 分别占全部学科和授权点的 5.5% 和 33.5%。

资源科学领域也不断涌现大量的获奖研究成果和重大突破。据统计, 2006 年度建议授予国家自然科学奖的项目共有 29 项, 其中与资源生态学研究, 特别是湖泊、河流和海洋生态环境变化等密切相关的项目有 3 项, 分别是傅家谟等人完成的“珠江三角洲环境中毒害有机污染物研究”, 王殿勋等人完成的“大气污染中的瞬态物种的产生、结构和反应”, 王苏民等人完成的“湖泊沉积与区域环境变化”, 焦念志等人完成的“海洋初级生产力结构及微型生物生态学研究”。建议授予国家技术发明奖的项目共有 41 项, 其中与资源工程学研究特别是农产品资源开发利用、矿产资源产品加工与处理技术等密切相关的项目有 9 项, 涉及玉米种质资源与生产技术系统创新、谷秆两用稻的选育及其秸秆高效利用技术、农林废弃物生物降解和利用技术、高性能低热硅酸盐水泥的制备及应用、强化烧结法氧化铝生产工艺和双循环流化床烟气脱硫技术等领域的原始技术创新。以上两大类项目均被建议授予二等奖。

2006 年度授予国家科学技术进步奖的项目共有 184 项, 其中与矿产资源学、能源资源学、水文学、生物资源学、信息资源学等密切相关的项目有 37 项, 其中有 2 项授予一等奖, 分别是中国石化南方勘探开发分公司等单位的马永生、郭旭升、朱铨等人完成的“海相深层碳酸盐岩天然气成藏机理、勘探技术与普光大气田的发现”, 以及清华大学等单位的王大中、吴宗鑫、徐元辉等人完成的“10 MW 高温气冷实验反应堆”, 这些重大发现涉及天然气、新能源等能源资源的勘查或技术突破以及建材、冶金产品的生产工艺技术创新。其他 35 项建议授予科技进步二等奖的项目分别涉及节水灌溉技术, 优质种质资源发掘、创新与新品种选育和推广, 海洋生物资源、海域矿产资源、油气资源、药物资源等开发利用的技术创新, 以及沙漠化防治技术和垃圾资源化利用堆肥、发电技术的研究与开发。

#### 四、资源科学的发展目标与发展趋势展望

面对世界科技发展的新形势和日趋激烈的国际竞争, 未来资源科学的发展必须把服务于国家发展作为优先战略目标, 大力推进资源科学自主原始创新, 大力提升资源科学的学科地位。

从国民经济和社会发展的战略全局看, 我国比以往任何时候都更加迫切地需要坚实的资源科学基础和有力的资源开发利用技术支撑。保持国民经济平稳较快的增长, 建设资源节约型、环境友好型社会, 必须依靠资源科技进步加快资源利用方式转变; 参与日趋激烈的世界资源市场竞争, 提高以自主知识产权为核心的竞争能力, 必须依靠先进的资源



科学技术加快产业结构优化升级;培育新兴资源产业,催生新的增长点,引领未来发展,必须依靠资源科技在一些新兴领域和前沿领域实现重点突破;促进人—地关系协调发展,必须依靠资源科学技术进步大幅度提高资源科技的创新能力;保障国家资源安全,必须依靠资源科学技术创新显著提高保障国家资源供给的能力。

为此,资源科学需要着重提升以下五个方面的自主创新能力。

(1)面向国民经济重大需求,加强能源与战略性资源领域的关键技术创新,提升解决资源瓶颈制约的突破能力。突破节能关键技术,为实现单位国内生产总值能耗降低 20% 的目标提供支撑;在若干重点行业和地区建立循环经济技术示范模式,提高资源综合利用效率。

(2)以获取自主知识产权为重点,加强资源产业技术创新。增加农业资源科技含量,提高农业资源开发效益,研究和开发确保粮食综合生产能力的关键技术;明显提高资源信息技术水平,促进资源信息学的发展。

(3)加强多种技术和方法的综合集成,提升资源科技的服务能力。

(4)应对非传统安全的新要求,提高国家资源安全保障能力。强化国家资源安全领域的关键技术创新,为提高应对非传统安全的能力提供支撑。

(5)加强资源科学的基础研究,提升资源科技持续创新能力。在资源科学的基础研究领域取得一批重大创新成果,国际资源科学论文被引用数进入世界前列,拥有一批具有世界水平的资源科学家和研究团队。

根据国家的学科布局的设想,结合资源科学的学科特点和人才优势,可以预计,未来资源科学的发展将在以下几个方面取得重大突破,①建成国家资源科学应用基础研究平台;②为国家重大资源环境问题提供决策咨询“智囊库”;③为国家战略规划提供资源环境数据与信息库;④为国家培养出大批资源科学高级研究与管理人才。

## 第九节 机械工程

### 一、近年我国机械工程学科的进展

在 market 需求的驱动下,在计算机技术(数字技术)、网络技术等多学科综合集成的支持下,在人类与自然界的和谐发展中,机械工程学科已经向数字化、智能化、精密化、微型化、生命化、生态化方向发展。

#### (一)数字化

数字化的本质是将先进的计算模型、计算方法和计算工具应用于制造工程,使得制造装备的行为规律、制造过程中的物理作用机制、制造工艺优化、产品质量控制等研究建立在科学计算的基础上。我国在数字化方面具有一定的研究基础并取得很大的进展。

(1)在 CAD 技术方面,我国工程设计单位 CAD 普及率已接近 100%,机械行业骨干企业 CAD 普及率已达到 80%,并且开发出具有自主知识产权的软件系统。

(2)在数控机床共性技术和关键技术研究上取得了重大突破;数控系统解决了多坐标联动、远程数据传输及控制等技术难题;自主开发了数控龙门加工中心、五轴联动数控加工机床及一大批专门化高性能机床和成套生产线;功能部件基本满足经济型和中低档数控机床配套;产品质量和可靠性不断提高。

(3)ChinaNet 网络已于 1994 年在我国建成;全国 40 多万个制造企业在走向市场、参与竞争的过程中,对数字制造技术的需求日益迫切,目前已构建了一批网络化制造应用示范平台。

(4)在快速成形工艺与装备、并联机构机床、产品快速开发集成环境等方面先后有所突破,为我国数字制造技术向纵深发展创造了条件。

## (二)智能化

智能制造技术的主要研究内容如下:①智能制造理论和系统设计技术;②智能设计理论、方法和系统;③智能机器人和智能机械;④智能调度;⑤智能加工、智能检测与控制。

1993 年,我国政府开始重点支持“智能制造技术基础的研究”,1994 年开始实施,由华中科技大学、南京航空航天大学、西安交通大学和清华大学联合承担。研究内容为智能制造基础理论、智能化单元技术(智能设计、智能工艺规划、智能制造、智能数控技术、智能质量保证等)、智能机器(智能机器人、智能加工中心)等。至今已取得了不少可喜的研究成果。国际作业已开展,如中、日、韩三方在“智能机器人”领域开展的合作研究。

## (三)精密化

机械工程的精密化是沿着两个方向展开的,即从加工源头(毛坯)着力的精密成形技术和针对毛坯的精密、超精密加工技术。我国机械工程的精密制造技术发展很快,在以下领域已经拥有一批具有自主知识产权的成果。

(1)轻金属精密成形制造技术成功地开发了流动控制成形(FCF)成套技术,镁合金零件在汽车、摩托车和 3C 产业中已经开始获得应用。

(2)高效精密成形制造技术解决了航空复杂锻件的精确成形、组织和流线控制等关键问题,研制成功飞机的钛合金框侧部件等温锻件。

(3)激光加工成形制造技术采用快速凝固激光熔覆表面加工制造技术,在钛合金、镍基高温合金及铝合金等零件表面上制备出了性能优异的快速凝固多功能涂层材料。

(4)高效精密加工制造技术主要进展有两方面:一是数控柔性加工技术已成为主流加工模式;二是以高速、高效为先导的高效加工技术日趋深化应用。

(5)超精密加工制造技术已研发出主轴径跳精度优于  $0.05 \mu\text{m}$  的主轴单元、运动直线度优于  $0.1 \mu\text{m}/200 \text{mm}$  的导轨运动副和测量及反馈系统分辨率优于  $5 \text{nm}$  的超精密车床/超精密铣床和超精密车铣磨床等,加工形状精度达  $0.1 \mu\text{m}$ 、面形精度(rms)达  $0.05 \mu\text{m}$ 、表面粗糙度  $R_a$  达  $4 \text{nm}$ 。

## (四)微型化

微纳制造主要指微纳尺度制造和宏观尺度构件的纳米或亚纳米精度的制造。近 3 年

来,我国在超光滑表面制造方面实现了粗糙度小于 $1\text{ \AA}$ 的表面制造;纳米压印方面成功地制造出特征尺寸小于 $80\text{ nm}$ 的线路。在MEMS方面取得以下重要进展。

(1)微构件机械性能研究:系统地开展了微构件单轴拉伸的“片外”测试技术研究,同时为克服微小试样装夹和对中的困难,提出了硅微构件弯曲疲劳的“片上”测试方法,通过对多晶硅、单晶硅批量试件疲劳性能试验,得出了有意义的结论。

(2)微纳摩擦磨损及黏附行为研究。

(3)典型微流体器件输运特性研究:对微米尺度的通道内流体流动特性进行了深入实验研究。针对微流体全流场测试需求,结合国内装备,发展了短波段滤光技术,建立MicroPIV测试设备,用于测量 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上管道内流体流动特性。针对微流控电泳芯片,对片上电泳微流体输运现象进行了研究。

(4)拓扑优化技术在微纳结构设计中的应用研究:提出了一种变节点密度法,从拓扑优化数学模型描述的本质克服了棋盘格问题,并完成了用于微装配的电热驱动微夹钳的结构设计与研制(钳体尺寸 $1\,200\text{ }\mu\text{m}\times 800\text{ }\mu\text{m}$ 、厚度为 $35\text{ }\mu\text{m}$ 、最小特征尺寸为 $10\text{ }\mu\text{m}$ ,在 $3\text{ V}$ 电压下可以得到 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上的钳口位移)。

(5)微传热学的研究:发现了很多微槽、微孔、微型热管、微型毛细泵环、微器件、微系统等内部传热特性和规律,对设计优化各种微机电系统有很重要的指导意义。

## (五)生命化

当前生命化主要体现于生物制造。按照生物技术和工程制造技术的互动关系,生物制造分为三个层次:①以生物医学设备(及制剂)为产品的加工制造(及制备);②模仿或利用生物结构及作用过程进行的工程零件产品制造;③以生物材料、生命组织单元或生命物质作为材料,使用工程技术方法制造人工器官或组织。

我国生物制造起步较早,清华大学生物制造研究所针对组织工程支架的制造开发了低温沉积制造技术(Low-temperature Deposition Manufacturing, LDM)。该工艺将材料的多喷头挤压/喷射过程和热致相分离过程集成起来,能够制造既包含大孔结构又包含微孔结构的支架分级结构,结合多喷头成形技术,还能够成形复杂非均质材料的支架,并与重组人骨形态发生蛋白-2(rhBMP-2)复合,构建了人工骨,成功修复了兔桡骨和犬桡骨的大段骨缺损,修复后的骨组织具有与正常骨组织接近的性能。对细胞三维组装的研究采用的是分步复合交联工艺,设计并建立了细胞组装系统。

## (六)生态化

当前生态化主要体现于绿色制造。绿色制造是指在保证产品的功能、质量、成本的前提下,综合考虑环境影响和资源效率的现代制造模式,借助各种先进技术对制造模式、制造资源、制造工艺、制造组织等进行不断的创新,其目标是使得产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废及回收处理的整个生命周期中不产生环境污染或环境污染最小化,资源利用率最高,能源消耗最低,最终实现企业经济效益与社会效益的协调优化。

经过多年的发展我国绿色制造的主要进展如下。

(1)陆续颁布了有关的法规、办法、标准、条例,促进了绿色制造在各行业的实施。

(2)绿色设计理论与方法:先后建立了绿色产品开发与评估集成模型;实现了产品全拆卸与目标拆卸及其拆卸序列优化算法;提出了基于回收元的回收设计与分析方法;在绿色设计的评价指标体系和评价方法、机电产品全生命周期分析方法、材料绿色数据库构架、机电产品的生命周期评价和绿色特性评估、绿色产品模块化设计、绿色包装的选择与评估等方面的研究取得了相应进展。

(3)节能、环保及清洁化生产:建立了适应于制造系统产品物料资源消耗状况的分析模型;提出了制造系统中物料资源总体利用率及分类利用率的计算方法;建立了绿色工艺规划的决策模型;开发了绿色工艺规划应用支持系统;研制出低温供液系统样机,对湿式磨削温度场进行了深入研究。

(4)再制造:建立了发动机废旧零部件剩余疲劳寿命的评估方法和评估试验台;建立了产品再制造性的评价模型结构;建立了废旧机电产品性能提升技术体系;建立了研究再制造零部件涂层热残余应力的理论模型;研究了纳米热喷涂技术、纳米电刷镀技术、纳米减摩自修复添加剂技术、纳米防腐涂料技术、纳米粘结粘涂技术等表面工程技术。

(5)产品再资源化理论与工艺:开发了废旧家电产品回收工艺规划与分析系统;利用超临界 CO<sub>2</sub> 流体技术对印刷电路板回收进行研究;开发了电子元器件的拆卸工艺;实现印刷线路板金属和非金属材料的分离和回收利用。

## 二、当前机械工程学科发展的国内外比较

### (一)数字化的比较

高端数控装备和大型重载装备的独立制造能力不足,中档及以上数控系统市场被 Fanuc、西门子等国外品牌垄断。2004 年我国高档数控机床的进口比例高达 90%。据估计,我国的数控与数字装备技术大约落后世界先进水平 10~15 年。

在高性能复杂产品的制造能力较弱,突出表现在产品制造精度低、生产效率低、资源消耗高、环境污染重。还不具备独立制造大型民航客机、大型核电装备及其关键零部件的能力;对国防、航天领域重点型号产品中的精密复杂功能曲面亦缺乏有效的加工手段。

我国在复杂精密零件的制造工艺水平和相应的质量控制能力方面亟待提高。

### (二)智能化的比较

美国是智能制造思想的主要发源地。日本、美国、加拿大、澳大利亚、瑞士、韩国和欧盟在 1991 年 1 月联合开展了 IMS 国际合作计划。该计划的目标是全面展望 21 世纪现代制造技术的发展趋势,先行开发下一代的制造技术。欧盟的信息技术相关研究有 ES-PRIT 项目,该项目大力资助有市场潜力的信息技术。1994 年又启动了新的 R&D 项目,选择了 39 项核心技术,其中 3 项(信息技术、分子生物学和先进制造技术)突出了智能制造的地位。日本智能化机器人的开发技术居世界前列,东京大学开发出能够“鲤鱼打挺”的人形机器人,日本产业技术综合研究所开发出跌倒时能自我保护的人型机器人。

我国在智能制造技术与系统方面的绝大多数研究工作,目前还处在探讨人工智能在制造领域中应用的阶段。在理论、方法和单元技术方面与国外先进水平基本保持同步与

跟踪态势,但在应用上有较大的差距,如在智能化装备技术或智能机器方面大约落后5~10年。

### (三)精密化的比较

#### 1. 精密成形技术的比较

在轻金属材料的精密成形技术基础研究、工业化应用及产品开发;在定向凝固熔模铸造精确成形新技术、铝镁合金、钛合金等温精密塑性成形、薄壁件精确塑性成形;在快速凝固激光熔覆表面加工制造技术基础理论研究及关键工艺装备与应用关键技术;在新材料大直径薄壁管的数控弯曲精确成形技术等方面同国外先进水平尚存在不小的差距。在复合材料轧制、夹层钢板和硼钢新材料冲压成形及焊接新技术的研究尚未起步。我国国产轿车上采用冷温锻工艺生产的精密零件总重量不到20 kg,而且精度指标比国外放宽50%以上,机加工余量较大。航空发动机及其他重要的动力机械的关键铸件,如燃气轮机高温合金单晶体叶片的铸造技术尚有待突破。

#### 2. 精密、超精密加工技术的比较

国内在超精密机床方面的主要差距如下:①产业化程度差;②超精加工机床的最大加工直径为800 mm,大多为较小尺寸规格;③机床制造精度尚需提高;④加工精度未达到深亚微米(0.01  $\mu\text{m}$ )级;⑤品种类型不足。我国在制造过程,特别是加工制造过程的模拟研究方面起步较晚。总体上,精密化制造技术与国外相比仍然有阶段性差距,精密成形和精密、超精密加工的技术水平整体落后于工业发达国家10~15年,个别技术甚至落后30年。

### (四)微型化的比较

#### 1. 科研投入差异很大

美国政府对纳米科技研究的支持近几年是每年10亿美元,今后3年是12亿~15亿美元/年。日本决定从2006年度起,政府在5年内向科技领域投资25万亿日元(约合2126亿美元),重点支持的专业领域仍是生命、信息、环境和纳米技术。欧盟中的英国、德国、法国,每年各自投入纳米技术相关研发资金在5亿~10亿欧元,我国仅为其1/20左右。

#### 2. 研究水平接近和差距互存

我国在微纳制造的许多方面达到国际一流水平,如实现了波纹度和粗糙度均达到1 Å以下超光滑表面制造技术、特征尺寸达到了80 nm的软压印技术以及许多微器件(如微麦克风、微加速度计等)。但在微涡轮发动机、芯片级微传感器、纳米光刻技术、纳米刻蚀技术等研究方面距发达国家有较大差距。

#### 3. 工程应用差距明显

目前集成电路的高端设备和制造技术基本上被发达国家垄断,有很好应用效果和价值的MEMS器件均为国外大公司生产。我国企业与研究机构的联合研发力度远远落后于发达国家。

## （五）生命化的比较

### 1. 在生物制造的应用研究和市场化推广中国外更为实际和深入

在各种人工假体的生物制造方面,国内外有临床手术应用的报道,但国外技术更加成熟,如可以制作形态和颜色非常逼真的义耳。在牙隐型矫治器的研究中,美国 Align 公司率先进入,产品已推向市场并取得重要成果。

### 2. 在相关的组织工程基础技术方面国外更为先进

生物制造在组织工程的背景下诞生,相关的干细胞、生物材料、培养技术等方面的研究,国外更为深入,积累的技术和成果也更多。

### 3. 生物制造的基础技术手段国内外基本持平

目前,采用挤压/喷射技术的细胞直接三维受控组装技术成果更为突出。目前有美国的细胞打印工艺研究,德国的基于微流连续挤出的生物绘图技术(由 EnvisionTec 公司商业化并投入市场),我国的基于微流连续挤出的细胞直接三维受控组装技术。

## （六）生态化的比较

### 1. 法律法规的不完善

目前,我国实施绿色制造的内部推动力不足,外部压力巨大。实现从单纯的经济增长到可持续发展的转变,需要健全的法律法规的支持。

### 2. 相关理论与方法研究系统化不强、深度不够

以绿色制造数据库的开发为例,在没有政府和企业的参与下,很难取得实质性的有意义的进展。

### 3. 产学研体系不够完善

我国在绿色制造领域的产学研体系还没有建立起来,企业的投入力度不够,科研成果不能转化为真正的“绿色生产力”。

### 4. 绿色制造工艺与装备开发落后

开发具有自主知识产权的绿色制造装备,并投入应用是在我国推广绿色制造的迫切要求。

## 三、我国机械工程学科前景展望

从机械工程的整体观出发来廓清机械工程的逻辑系统可以看清有四个走向。

### （一）从代替体力的机械制造到部分代替脑力的机械制造

#### 1. 智能制造的近期研究目标

运用 AI 的理论与技术进一步提高制造单元的制造智能水平并提高其实用性。智能制造单元的探索侧重于面向制造过程的特定对象、特定环节和特定问题的智能制造单元的研究。

## 2. 智能制造的中期研究目标

连接各个智能制造单元,开发出各种实用的智能制造系统。智能制造系统的研究主要有四个层次的重点内容,由大到小依次为虚拟企业、分布式智能系统、并行工程、Agent结构。智能制造系统的研究从智能控制系统和机器人技术进行突破。如新一代智能系统在美国下一代制造技术计划被作为重点关注的关键技术之一,智能闭环过程控制被美国列为敏捷制造使能技术战略发展计划五大类攻关项目之一。

## 3. 智能制造的远期研究目标

解决各国、各地区的标准、数据和人机接口的统一问题,建立一个高度分布的智能制造系统的体系结构,实现全球制造系统的智能集成。IMS国际合作计划积极推动全球制造信息、制造技术的体系化和标准化,快速响应制造业全球化的发展趋势。

## (二)从宏观制造到微观制造

(1)迎合 21 世纪科学技术发展的主流,信息 MEMS(NEMS)和生物医学 MEMS(NEMS)得到了优先发展,MIMU 和传感技术在巩固国防中发挥了作用。

(2)微纳米器件的制造工艺瓶颈问题有所缓解,但仍有待加强;微系统设计与工艺软件有待进一步开发。

(3)微纳米技术研究中,有关基本理论的研究明显滞后,多物理场跨尺度耦合问题的研究仍是一个难点,微纳尺度下尺寸效应的机理性揭示还远远不够。

(4)微纳米技术和生物医学技术的结合是一个主要方向,开发新型的高灵敏度生化微纳米传感器和生化仪器成为未来的研究热点。

(5)区域性联合体和产学研相结合已在 MEMS 学术交流和产业化方面发挥了效能。今后,在加强基础理论与基础技术研究的同时,需进一步强化开发性工作,推进中国高技术产业化进程。

## (三)从无生命制造到有生命制造

目前,我国在人体器官的人工制造领域的研究已经取得了显著的成果,但大多数成果仍然处在实验研究阶段或者临床前实验阶段,并未得到真正的应用。从发展战略角度讲,应该在支持仿生制造、生物质制造的同时向生物体制造方向倾斜,建立产学研生物体制造工程中心;注重基础研究和应用研究相结合的研究模式;建立和完善成果评价体系,基金的发放要严把评价关。目前结合我国的国情和生物制造工程领域重点发展技术,应优先考虑的研究方向如下:①人工制造人体全功能内脏器官机制阐明;②生理模拟系统;③开发出组织器官体外培养模型及制造数据库;④人造人体结构性组织技术持续开发和广泛应用。

除技术支持之外,还需积极推进产业化的进程。不断完善相关法律法规,制定人体器官人工制造相关产品化的政策;积极引导我国企业界介入研究之中,并建立严格的质量保证系统,尽快形成具有中国特色的人体器官人工制造的生物高技术产业。

人体器官的人工制造,是关系到国计民生的重要研究课题,是我国生命科学和制造科

学技术水平和创新能力的重要标志,随着其机制的阐明和应用的推广,将不断促进各学科的交叉和深入发展,必将对人类自身的健康水平和寿命产生极其深远的影响,产生巨大的社会效益和经济效益。

#### (四)从非生态制造到生态制造

##### 1. 政策化、法制化、标准化和规范化

目前,国际标准化组织和许多发达国家都纷纷推出再制造与绿色制造技术方面的标准、政策和法律,逐步形成了当前国际市场的绿色贸易和技术壁垒。我国必须制定相应的标准、政策、法律和规范。

##### 2. 重视绿色制造基础研究、定量化研究和工具开发

开发与企业结合的绿色制造实用化成套技术和工具平台,为企业提供完整的绿色制造技术解决方案将成为研究重点:①绿色制造中的生命周期评价方法;②面向环境、能源、材料的绿色制造技术和绿色产品清洁生产技术;③废旧产品循环利用决策理论及方法;④废旧产品的拆卸(如智能拆卸)、回收技术以及建立完善的废旧产品回收体系,推进废旧产品回收的产业化进程;⑤废旧机电产品再制造理论和技术。

##### 3. 重视重点行业的攻关突破及产业化推广

加大投入,对重点行业的关键问题组织攻关突破,将有利于绿色制造技术的进一步深入研究、应用与推广:①与典型行业的典型产品相结合(如家电、汽车等),形成集成化的绿色产品设计开发平台;②典型产品的节能设计与创新设计;③典型产品的回收技术体系与逆向物流工程。

## 四、结语

机械工程是一门工程学科,其学科的进展必然要体现在工程实践中,不断提升服务于工程实践的极限能力是机械工程永恒的主题。本文重点介绍涉及学术创新的提高极限能力的趋势。机械工程学科发展历程中,还有一些非常突出的创新,如从去除型制造走向生长型制造,从他成形走向自成形,从单一企业配置资源走向全球优化资源配置等,由于这些可纳入上述“四个走向”中,故未与其并述。从总体上看,这“四个走向”预示着机械工程将进入一个崭新的时期。

## 第十节 农业工程

农业工程是综合物理、生物等基础科学和机械、电子等工程技术而形成的一门多学科交叉的综合性科学与技术,它以复杂的农业系统为对象,研究农业生物、工程措施、环境变化等的互动规律,并以先进的工程和工业手段促进农业生物的繁育、生长、转化和利用。农业工程科学技术是实现农业现代化的重要物质基础和科技保障,也是建设现代农业和社会主义新农村最关键的科学技术领域之一。农业工程学科的发展对于促进农业生产和



增长方式以及农民生活方式的根本性变革,保护生态环境,高效集约节约使用自然资源和生產要素,实现经济社会可持续发展等方面均发挥着不可替代的重要作用。

目前,我国农业工程学科作为工学门类下屬的一级学科,已经具备了一定的规模,已经形成了中专、大专、本科、硕士、博士等多层次的人才培养体系。全国已有 70 余所高校设有农业工程类本科专业,8 所高校具有农业工程一级学科博士学位授予权,11 所高校中设有 17 个农业工程二级学科博士学位授予点,38 所高校和科研单位中设有 62 个二级学科硕士学位授予点;在 4 所高等院校中,有 5 个二级学科被批准为重点建设的国家级重点学科。学科发展总体上居于发展中国家的领先水平。近 10 多年来,国际、国内学术交流合作非常活跃,已在国际上具有较大影响。

学科的研究领域大体可归纳为下列几个方面。

## 一、农业机械化工工程

研究机器、土壤和作物互作规律以及机械化、资源与环境互作规律,研究农牧业机器设计与运用的理论与技术、农牧业机械化生产与管理理论与技术、农牧业机械设计制造理论与技术以及机器运用修理,研究机械化农牧业生产、农业机械化企业管理(微观)和农业机械化战略规划(宏观)等。

## 二、农业水土工程

重点研究灌溉排水理论与新技术、农业水资源可持续利用理论与技术、农业水土环境保护与修复理论及关键技术、农业水土工程建设理论与新技术、高新技术在农业水土工程现代化管理中的应用和农业水土工程经济、政策、法规和技术标准等,覆盖范围较广、学科交叉性很强。

## 三、农业生物环境工程

主要研究农业生物与环境因子及环境工程间相互作用的规律,并利用高效、经济、节能的工程技术手段为动植物生长发育提供最有利的环境条件,涉及动植物生产工艺模式、动植物生长环境、农业建筑设施、节能型环境调控、农业废弃物资源化、无害化利用等方面。

## 四、农村能源工程

主要研究对象是农村地区所特有、可以就近开发利用的能源资源。研究内容包括农村生活节能和农村生产节能理论与技术,农业废弃物能源化利用,太阳能、风能、地热能等新能源和可再生能源的开发与利用,农村能源经济、政策、规划与标准等。

## 五、农业电气化与自动化

重点研究农村电力系统设计、规划、管理与综合自动化理论与技术,农村电网新技术,农村新能源发电技术,农村电气化发展战略,精细农业智能信息技术与系统集成,农业自动化检测与控制技术,水电站动力设备的优化与过渡过程和小水电站自动化,农业智能化

信息与网络技术。

## 六、农产品加工工程

重点研究农产品收获后的清选、分级与包装等产地商品化处理技术,饲料加工工艺和机械,农副产品干燥理论与技术装备,农副产品加工新原理、新技术和新设备,农产品质量分析检测与安全性评价等。

## 七、土地利用工程

以生态系统平衡为理论依据,根据国民经济和各项生产建设发展的需要、因地制宜地采用工程措施和生物措施,对土地进行科学开发、利用、治理和保护。研究目的主要服务于现代农业、绿色农业、持续农业下的有关土地开发、土地整理、土地复垦、集约节约用地等工程活动。研究内容包括水蚀、沙化土壤的防治,盐渍化、沼泽化、贫瘠化土壤的改良,污染土壤的修复,耕地保护与利用,以及土地的集约节约利用等。

## 八、农业系统工程

研究农业区划、农业发展战略和发展规划、作物布局、作物栽培技术、畜群结构、饲料配方、森林合理采伐和迹地更新、农机具优化设计、农机具合理配备、农村建筑优化设计、水利工程最优规划设计、土地利用规划、作物病虫害测报和防治、农业气象测报等。

农业机械装备技术的新发明与技术创新,推动了现代农业装备制造业的快速发展和大规模农业机械化的实践;农业水土资源开发、改良、利用与管理技术的不断进步,为建立高产、稳产农田提供了保障;收获后工艺与加工技术的完善,为保障消费者对高品质农产品需求与不断开拓生物产品利用新领域,促进农产品增值产业的快速发展做出了贡献;农业生物环境与能源工程的科技进步,推动了现代设施园艺与工厂化养殖产业的快速发展和新能源开发利用技术的创新性实践;电力在农业中的迅速应用与普及,促进了农业生产和农村社会进步,并使得基于电气、电子、信息工程科技的自动化、信息化技术开始快速应用于农业装备与生物生产过程的自动控制与管理。

农业机械化科学技术的广泛应用,改变了我国农业生产的传统方式,极大地提高了农业劳动生产率和农产品质量,降低了农产品生产成本,有效增强了农业综合生产能力和农业生产的抗逆能力,促进了农业增长方式的转变和农业文明生产,为农业就业结构改善和农村劳动力向第三产业转移创造了有利条件。2004年《中华人民共和国农业机械化促进法》正式实施,将国家扶持农机化的有关政策和措施上升为法律规范,进一步确立了农业机械化在我国农业、农村经济发展中的地位和作用。生物节水、工程节水和管理节水技术,大大提高了水土资源利用的效率和效益,提高了水土资源的承载能力。农村电力、电网采用新技术、新材料、新装备、新工艺降损节能,显著提高了农村电力生产和管理的自动化水平。“精准农业”和“数字农业”技术的自主创新,明显缩短了与国际上差距,对提高我国农业整体现代化水平具有重大意义。工厂化农业配套工程技术的不断进步,为我国设施蔬菜生产用20%的菜田面积,提供了40%的蔬菜产量、60%的产值做出了突出贡献。农村沼气、省柴节煤炉具、民用新型液体燃料、生物质能、太

太阳能热利用,以及户用发电系统、小型风力发电等农村能源技术的开发利用,发挥了良好的经济、社会和生态效益,为解决广大农村的能源供应问题、促进可再生能源的广泛应用和能源可持续发展发挥了重要作用。农产品加工工艺与保鲜、储存、加工、检测等设备的技术创新,为延长产业链、减少采后损失、提高附加值、增加农民收入提供了强有力的技术和装备支撑。土地开发整理、土地复垦、集约节约用地等土地利用工程技术的新突破,为促进土地资源节约集约利用和社会经济可持续发展提供了坚实的科技支撑。

2005~2006年度,滴灌灌水器基于迷宫流道流动特性的抗堵设计及一体化开发方法、地面机械脱附减阻仿生技术、玉米芯酶法制备低聚木糖3项成果分别荣获了国家技术发明二等奖,新型秸秆揉切机系列产品研制与开发、西北地区农业高效用水技术与示范、节水农业技术与示范、宁夏干旱地区节水灌溉关键技术研究与应用、西北地区农业高效用水原理与技术研究及应用、马铃薯综合加工技术与成套装备研究开发、农业专家系统研究及应用等7项成果荣获了国家科技进步二等奖,此外,还有一大批科技成果在实际生产中得到了广泛应用并获得省部级科技成果奖励。

农业工程学科现有中国工程院院士7名,教育部“长江学者奖励计划”特聘教授2名,国家杰出青年基金获得者2名,全国百篇优秀博士论文获得者4名,全国优秀博士论文提名论文获得者5名;拥有国家重点实验室1个,国家工程技术研究中心5个,教育部重点实验室3个、教育部工程技术研究中心1个,农业部重点开放实验室6个、农业部研究中心3个,此外还有一批省级重点实验室和研究中心。近两年来,先后主办和承办国内学术会议17次,国际学术会议3次。多名学科骨干受邀担任国际学术组织重要职务,学术交流与合作十分广泛;出版重要学术专著和教材6部。目前,国内发表农业工程科学学术论文的期刊共有73种,其中核心期刊14种,据不完全统计,2005年国内各类刊物共发表农业工程方面的学术论文9149篇。

进入21世纪,生物技术与信息技术快速发展,正在引导着一场新的农业科技革命。农业工程学科在新的农业科技革命与经济全球化的推动下,已突破传统模式,在材料、产品、工艺、装备、手段等方面不断更新,在学科基础、时间域和空间域多方向上的变化日趋明显;学科交叉与融合更加广泛,研究尺度向两极不断延伸,可持续发展战略思想日趋深入,研究领域进一步拓展,研究内容更加纵深化和精细化,构成了农业工程学科发展的主要趋势和特征,推动着农业工程科学技术不断深入发展,正引导着传统的生产观念和生模式发生根本转变。

## 第十一节 仪器科学与技术

仪器科学与技术学科作为工程性学科,有关仪器运行、应用的理论研究,新技术、新器件、新材料、新工艺的研究和应用集中体现在新型仪器仪表及相关的传感器、元器件和材料等领域的研究和产业化中,科技研究和产业发展紧密结合。目前,根据国际发展潮流和我国现状,仪器科学与技术学科的主要组成如下:

- (1) 工业自动化测控技术及工业自动化仪表与系统。
- (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。
- (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。

## 一、仪器科学与技术学科领域科技和产业特点和发展趋势

根据仪器科学与技术学科的内涵和组成,目前仪器科学与技术学科领域科技和产业发展具有以下主要特点:学科领域面对的产品种类和品种多样化;学科领域产品的稳定性、可靠性和适应性要求很高;技术指标和功能不断提高;最先应用新的科学研究成果,高新技术大量采用;仪器及测控单元微小型化、智能化,可独立使用,也可嵌入式使用和联网使用;仪器测控范围向立体化、全球化扩展,测控功能向系统化、网络化发展;便携式、手持式以至个性化仪器大量发展。

本学科领域科技发展的趋势是利用各学科最新科技成果,特别是结合材料、微电子、光电子、生物化学、信息处理等各学科及大规模集成电路、微纳加工、网络等各种新技术,开发新的微弱信号敏感、传感、检测、融合技术,物质原子、分子级检测技术,复杂组成样品的联用分析技术,生命科学的原位、在体、实时、在线、高灵敏度、高通量、高选择性检测技术,工业自动化测控的在线分析、原位分析、高可靠性、高性能和高适用性技术,医疗诊治的健康状况监测、早期诊治、无损诊断、无创和低创直视诊疗、精确定位治疗技术,新学科领域的计量技术,各类应用领域的专用、快速、自动化检测和计量技术。

本学科领域产业发展的趋势是保持产品在国际上的竞争力,加快产品更新换代,非常重视企业科技进步,尽量缩短新产品开发周期。产品的微型化、数字化、智能化、集成化和网络化进一步向纵深发展,并在产品性能上向高精度、高可靠性、高环境适应性目标前进,在人机界面上更便于人的操作、使用,以及与人类生活、健康有关的各类仪器科技产品有望得到较大的发展并进入家庭,通过家庭、社区、医院联网将使保健、疾病诊治从医院向社区、家庭发展。

仪器科技产品在生物、环保、医学等有关人的生存、发展领域的应用日新月异,现代高科技军事方面的发展也促进了仪器科技产品的应用拓展,灵敏、准确的现场毒物检测、生命保障任务也大大扩大了仪器科技产品的应用领域。

## 二、我国仪器科学与技术学科领域科技和产业基本状况和差距

### (一) 科技和产业基本状况

目前,我国仪器科学与技术学科从理论研究、计量基准、产品制造技术、新器件、新材料、新工艺的研究和应用等方面已日趋完善,并形成门类品种比较齐全、布局较

为合理、具有相当技术基础和生产规模的仪器仪表产业体系,已成为亚洲除日本以外最大的仪器仪表生产国;在发展中国家,是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的科技水平处于国际上 20 世纪 90 年代初、中期的水平。中低档产品品种基本齐全,能够批量生产,且质量稳定;在工程应用技术方面,已经能够承担一部分国家重大工程仪器仪表系统成套;但在高技术含量的自动化仪表及系统、科学测试仪器、传感器、元器件等产品的竞争上,国内仪器仪表行业基本上都处于相当被动的境地。

可喜的是,随着我国经济持续稳定地快速增长和“企业要成为科技创新主体”国策的逐步贯彻,我国仪器仪表产业规模的增长速度连续 4 年超过 20%,近期我国仪器科学与技术学科领域科技和产业发展在实现微型化、数字化、智能化、集成化和网络化等方面紧跟国际发展的步伐,加大具有自主知识产权部分的开发研制及产业化的力度,取得了显著的进展。

## (二)科技和产业发展与世界先进水平的差距及造成差距的原因

科技方面的差距主要体现在:产品的可靠性较差;产品的性能、功能落后;产品技术更新的周期慢;缺乏针对使用对象而开发的专用解决方案。企业综合实力方面的差距主要表现在:行业规模小;企业劳动生产率低;企业开发投入普遍不足。另一方面,国外仪器仪表行业纷纷以独资、合资方式占领我国仪器市场,也是对我国仪器仪表行业极大的挑战。

形成差距的原因,除历史原因造成的基础落后外,主要是:企业运行机制还不能完全适应市场经济发展的要求;产、学、研、金、政、用有机结合的体制和政策没有形成,创新成果转化率低,应用技术落后;缺乏国家强有力的研究支援体制等。

## 三、我国近期仪器科学与技术学科领域科技和产业主要进展

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,在仪器仪表产品微型化、集成化、智能化、总线化等发展方向上紧跟国际发展步伐,并加大具有自主知识产权的先进仪器仪表的研制和产业化力度,各类仪器仪表及相关传感器、元器件和材料等领域均取得可喜进展。

### (一)工业自动化测控技术及工业自动化仪表与系统领域主要进展

#### 1. 现场总线仪表和大型控制系统的产业化和大型工程的应用取得的重大进展

(1)解决了现场总线在仪器仪表和控制系统中应用的一些关键技术,在基于 HART、FF 现场总线的变送器、执行机构、控制系统等方面取得了重大成果,达到国际先进水平,并已开始实现产品化,打破了由国外大公司垄断的局面。

(2)研究解决了工业实时以太网系列关键技术,原创性地提出了 EPA(Ethernet for Plant Automation)工业控制网络通信技术,制定了我国第一个拥有自主知识产权的现场总线国家标准和国际标准。

(3)先进控制与优化软件产业化取得重大突破,产生了一批国内知名企业和著名品牌,树立了国产自动化仪表与系统的良好形象,国产控制系统的产业规模和竞争力得到相

当大的提升,已基本可以平等地与国际著名跨国公司 Aspen 和 Honeywell 竞争,促使进口设备的价格大幅度降低。

(4)冗余技术、抗干扰技术、故障诊断和维护技术等研究取得进展,解决了大型控制系统在工程应用中的可靠性问题,在石油化工、大型电力、核电、冶金等领域得到广泛应用。

## 2. 自主开发了“硅电容压力变送器”

我国近期自主开发的“硅电容压力变送器”具有高精度、高稳定性能的特点,达到了国外高精度压力变送器的技术指标,在国内高精度压力变送器的开发制造上实现了零的突破。

## (二)科学测试、分析及科学仪器领域主要进展

### 1. 扫描电声显微镜研制

扫描电声显微镜兼备电子显微镜高分辨率和声学显微非破坏性内部成像的特点,电声显微镜及相关器件已出口美国、德国、日本、荷兰、新加坡及中国台湾地区,被誉为“我国大型仪器出口到发达国家和地区的成功范例”。

### 2. 超高分辨率光电子能谱仪研制

2006年11月我国科研人员完成的“真空紫外激光角分辨光电子能谱仪”,具有多项专利技术,达到当今世界上最高分辨率 $0.26\text{ MeV}$ 和最高动量分辨率 $0.0039\text{ \AA}^{-1}$ 的技术水平,为我国提供了研究先进材料的重要手段。

## (三)人体诊疗技术及医疗仪器领域主要进展

### 1. 数字化医学影像仪器领域

在这一领域已经突破了永久磁体磁共振成像系统(MRI)国际公认的场强极限,自主开发了世界第一台 $0.45\text{ T}$ 医用永磁MRI系统,在永磁MRI磁体、梯度等核心技术上走上世界科技前沿。开发出MRI图像导航介入治疗系统,将手术导航系统结合到磁共振扫描机上,把手术器械(如穿刺针)的影像及虚拟的进针路线投射到MRI实时成像的解剖图像上,以达到准确定位和实时监控,现已进入临床试用阶段。

### 2. 准分子激光人眼像差矫正系统

我国已开发出世界上第一台WFA-1000主观式人眼像差仪、AOV-FOB准分子激光眼科治疗机,并且成功地联网应用,将测量像差数据直接用于准分子激光的个性化切削,实现了真正意义上的人眼像差个性化切削矫正。

## (四)信息计测技术及电测仪器领域主要进展

### 1. 电工计测技术及电工仪器仪表主要进展

(1)在电磁计量基准标准及关键测试技术方面取得了突出的进展,全面参加国际比对,量子电压基准居突出的位置,量子电阻基准高出国外最高水平一个数量级,达到 $10^{-10}$ 水平,功率基准比对成绩优秀。

(2)电能表综合技术与质量达到国际先进水平,并已进入国家电网关口计量副表地位,其中多家企业先后研制并生产出 $0.2\text{ S}$ 级三相多功能电能表; $0.1\text{ S}$ 级三相多功能电

能表研制成功,并通过权威机构检测,拥有自主知识产权。

## 2. 电子计测技术及电子测量仪器主要进展

(1)微波毫米波测量仪器,已成功研制高水平的矢量网络分析仪,并实现了系列化,使我国矢量网络分析仪的设计、制造和系列水平跨入了世界先进行列,成为继美国之后世界上第二个掌握此项技术的国家。

(2)综合测试系统及故障诊断技术取得明显的进步和发展,从全盘引进、仿制到自行研制开发,取得了较大的成绩,已成功研制出多种综合测试与故障诊断系统,并广泛应用于航空航天、工业生产和军事装备。

## (五)相关传感器、元器件、材料及技术领域主要进展

### 1. 相关传感器及技术领域主要进展

(1)研制成功具有自主知识产权的 MEMS 硅电容传感器及硅复合传感器,并将大规模投产。两种产品及相关技术填补了国内该项目空白,将改变我国企业一直依靠进口硅电容传感器的历史。

(2)研制成功硅隔离耐高温微型压力传感器,能在  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境下完成  $1\ 000\ \text{MPa}$  以下任意量程范围的压力测量,能承受  $2\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$  瞬时高温冲击。该项目的研制成功有效解决了我国石油化工、航空航天、汽车工业等领域高温环境下压力测量的技术难题,具有很高的推广和使用价值。

### 2. 相关元器件及技术领域主要进展

硅基力敏元件制造技术取得重大进展。从原理上解决了硅基力敏元件的热稳定性难题,从而使在硅基力敏元件基础上制造的传感器成为真正的高稳定性的高温压力传感器,并具有耐辐照特性。为新型工业用硅电容差压传感器、硅压阻复合压力传感器、高温压力传感器的批量生产奠定了基础。

### 3. 相关材料及技术领域主要进展

(1)铠装线形热敏电缆材料及其温度传感器研制取得较大进展,近期完成的热偶型热敏电缆成果,具有完全自主知识产权,主要技术指标如测量范围、精度、敏感温区、弯曲半径、响应时间等均完全达到当今国际同类产品先进水平。

(2)在电磁感应特种铠装电缆基础上完成钢水下渣检测传感器的研制,其各项功能指标与目前世界上最先进的下渣传感器基本一致,已替代进口产品,开始全面向国内钢铁企业推广应用。

## 第十二节 电子信息

电子信息是一个涵盖范围广泛,发展迅速的学科。《(2006~2007)电子信息学科发展报告》选择广播电视与音视频信息处理、固体激光、雷达、微波、微电子、无线通信和信息安全等专题进行研究,并希望通过对这些专题的研究,能够将电子信息科学 2005~2006 年

度中发展变化最快、影响最深远的事件反映出来。

## 一、广播电视与数字音视频信息处理

在数字音视频信息处理和数字电视领域,2006年中国颁布了两个影响深远的标准。2006年2月国家颁布了AVS数字音视频编码压缩的国家标准GB/T 20090.2,并于同年3月1日起正式实施,这是数字音视频编码压缩的信源标准,是与数字电视、网络电视、手机电视、激光视盘等众多应用相关的共性基础标准。2006年8月18日国家又颁布了数字电视地面广播国家标准GB 20600—2006,同年还颁布了两个数字广播的行业标准:数字声音广播GY/T 214—2006、移动多媒体广播第1部分GY/T 220.1—2006标准。这些标准的颁布和开始实施,特别是标准中包含的多项我国自主发展的核心专利技术,标志着我国科学家和工程技术人员在相关领域的研究中走进了世界前列,我国的相关产业从此可能走上“由大到强”、创新发展的道路,因此受到国际组织和世界各国的普遍关注与重视。

我国制定的AVS标准被认为是当前国际上最重要的3个先进视频编码标准之一。AVS标准的创新包括技术创新和知识产权管理创新:标准中包含了50多项我国自主的核心专利技术;也包括了受到ITU和ISO/IEC等国际标准化组织高度关注的、先进的AVS专利池设定与管理模式。标准能否促进产业发展,还要看技术和产品开发能否跟上,我国企业已经相继开发出AVS实时编码器、AVS高清解码芯片、AVS机顶盒、AVS解码软件等产品。在IPTV、移动多媒体广播和地面广播数字电视等领域的开始应用。数字电视发射机制造企业已能生产我国发展数字电视广播所需的广播发射机;接收机制造企业则解决了大批量生产数字电视机的技术难关,将有力支持我国在2015年全面转向数字电视广播这一目标的实现,我国开始从“电视大国”向“电视强国”转变。

除音视频编解码技术外,2005~2006年度国内外在视频分析与多媒体检索技术、数字版权管理技术、流媒体技术等方面也取得了一些研究和应用进展。开展了基于语义的图像、音频和视频智能分析与检索技术,以及和面向多种媒体的跨媒体搜索技术研究,新的多媒体搜索领域不断出现,包括以播客(podcast或audioblog)为主要搜索内容的播客检索,以视客(videoblog)为主要搜索内容的视客检索,以及面向IPTV业务的IPTV搜索等。

高清数字电视、网络电视、高级音响设备、移动多媒体、第三代与第四代移动通信的发展,都给数字音视频产业的发展带来了前所未有的重大机遇,市场空间巨大。

## 二、固体激光研究与应用

2005~2006年,我国在固体激光研究、应用等领域取得了许多可喜的进展,主要有:全固态激光、深紫外激光、巨型高功率大能量激光、超快激光、超强超短脉冲激光应用、激光显示等。

我国全固态激光(DPSSL)的研制已有多年的历史,近两年在LD阵列的亮度、效率、寿命、冷却等方面的研究有了明显进展,半导体激光二极管(LD)性能获得明显改进,DPSSL系统的研发应用散热技术有了突破性进展,全部采用国产元器件、连续输出绿光



激光功率大于 100 W,无故障连续工作时间大于 200 h 的 DPSSL,实现了批量生产。

克服固体激光器“热效应”的又一重大进展是研制成功高功率光纤激光器。2006 年 7 月,我国高平均功率光纤激光器的平均输出功率达 1.2 kW,光—光斜效率 79.3%,达到国际先进水平。

热容激光器总输出能量与国际最高水平相比还有差距,但却具有若干创新性的设计,在一定程度上减轻了热容激光器的缺点。采用全国产元器件,LD 端面泵浦  $\phi 70$  mm 的 Nd:GdGG,单个模块输出 1.5 kW,泵浦功率 600 W, $\eta = 25\%$ ,工作时间为 1 s。

飞秒激光是一项具有划时代意义的新技术。近两年,天津大学在飞秒激光的非线性频率变换、太赫兹产生等应用研究获得重要进展。

在超强超短脉冲激光方面,2005~2006 年,中国工程物理研究院在建成的 SILEX-I 装置上进行了大量实验研究工作,包括电子加速、质子加速、团簇产生中子、超短 X 光源、飞秒激光大气传输、飞秒激光损伤机理、材料动力学特性等实验研究。取得了一批重要的研究成果,如产生近  $10^9$  eV 电子束,观察到高功率密度时相对论等离子体的新奇物理现象和特征,为国际学术界所瞩目。

在巨型高功率大能量激光方面,在惯性约束聚变研究领域,在深紫外激光晶体生长、应用方面,在高平均功率激光晶体生产,以及大屏幕激光全色显示系统研制,2005~2006 年度都取得了重大进展。

### 三、雷达技术

雷达技术在国民经济建设、社会发展、科学研究和国防安全等方面有重要应用,雷达技术为载人航天、洪涝灾害监测、三峡工程和西部大开发提供了服务;监测和预测灾害性天气、港口管理、空中交通管制中雷达作用巨大,国防安全更是离不开各种各样高性能雷达。

我国的雷达技术发展到今天,已显著缩小了与国际先进水平的差距。总起来说,地(海)面雷达技术已达到相当高的水平,机载雷达技术取得了很大进展,星载雷达技术也有一个良好的开端。其中,机载合成孔径雷达(SAR)技术已从单一的 X 波段发展到 P、L、S、X、Ku 波段,从单极化发展到多极化,分辨率从 10 m 级提高到了米级,测绘带宽从几千米发展到几十千米。空间和空中探测雷达越来越多地采用了相控阵技术,相控阵技术已从无源相控阵发展到了有源相控阵。气象雷达技术发展很快,已研制成功各种频段和各种体制的测风雷达和测雨雷达(也称天气雷达)。

2005~2006 年度雷达技术的新进展和应用主要有如下几个方面。在微波遥感成像雷达方面,先进机载合成孔径雷达关键技术和设备取得了重大进展;多极化多频段机载合成孔径雷达技术在地形测绘中获得实际应用;星载合成孔径雷达 L 波段技术已应用于遥感卫星,S 波段技术和 X 波段技术也取得了新进展。其中,机载合成孔径雷达技术已接近国际先进水平,星载合成孔径雷达技术在多参数(多频段、多极化)和多模式(条带 SAR、聚束 SAR、扫描 SAR、干涉 SAR 等)方面与国际先进水平还有较大差距。在空间和空中探测方面:深空探测雷达系统技术、中远程固态有源相控阵雷达系统技术、数字相控阵技术和光控相控阵技术都取得了重要进展;微波低频段有源相控阵雷达技术在条件复杂、要

求苛刻的领域获得了实际应用。这些成果都接近或达到了国际先进水平,但是在微波高频段有源相控阵雷达技术方面,与美国已在实际应用 X 波段有源相控阵雷达技术相比有较大差距。在气象雷达方面,新一代多普勒天气雷达的布网应用、边界层风廓线雷达技术、测风激光雷达技术和车载式 X 波段全相参多普勒偏振雷达技术都取得了新进展,达到了国际先进水平。在交通管制雷达方面,S 波段固态一次监视雷达、单脉冲二次监视雷达和港口监视雷达等取得了重要进展,其系统性能达到了国际先进水平。

#### 四、微波技术

微波技术在一系列新的挑战中得到了发展:在电磁理论和数值方法方面,国内在基于 MOM 的快速多极(FMA)和多层快速多极(MLFMA)算法及相关混合算法的研究方面取得进展,但在 FDTD 的多重网格、PEEC(部分等效元法)的全波全介质应用、时域有限元、时域积分方程方法(TDIE)以及各种高效混合数值方法等方面有待进一步研究。电磁场可视化技术亦是当前研究的重点之一。

在微波集成技术方面,在高频率、小尺寸、高集成度、低成本器件研究和专用测试、高频封装技术研究方面得到了长足的进步。半导体技术在低成本的 RF CMOS 技术、化合物半导体、和 SiGe 材料方面的发展是当前的热点。SoC 技术和 SiP 技术的得到了进一步发展,测量技术也相应快速发展。无源电路集成领域的 LTCC 技术的发展及其前景值得关注。

在天线和天线阵列、电波传播方面,无线通信系统在频谱效率、信息容量和传输速率等方面的发展,对天线提出了更高的要求,多频段/宽带移动终端天线、可重构天线、超宽带/短脉冲天线以及多输入多输出天线是研究的热点和有可能取得突破的领域。

在太赫兹(THz)技术方面,由于其具有的许多优越特性,有非常重要的学术和应用价值,也在近年得到了我国和世界各国的极大关注和广泛研究。我国在太赫兹辐射源和探测器、传输和聚焦等关键技术进行了深入研究,在最关键的高功率太赫兹辐射源方面取得进展。整合 THz 产生和检测系统搭建的 THz 时域光谱系统在检测领域得到了应用,我国在该方面实现了成功的应用。THz 波的产生和探测这一前沿还有不少问题有待研究。

在新型人工电磁介质方面,以负折射率介质和电磁带隙结构为代表的新型人工电磁介质成为非常热门的研究领域之一,人工电磁介质材料在微波领域有重要应用,人工电磁介质在天线、移相器,以及定向耦合器/滤波器中的应用前景广阔,是研究的重点。EBG 结构在微波领域有巨大应用价值,但在小型化方面还有许多问题有待解决。

在空间微波遥感方面,微波遥感作为空间遥感发展最前沿的技术,可以在复杂的地球环境中,从多源海量数据获取科学的定量信息转化,在国民经济、国防技术和人民生活中得到广泛应用。

我国在微波毫米波测试仪器等方面取得了重要进展;在微波应用方面,多天线技术、无线标签技术以及光子微波技术是当前的热点研究方向。

#### 五、微电子技术

微电子技术是信息产业的基础,发展微电子技术对建立持续稳定发展的国民经济体

系和巩固现代化国防具有重要的战略意义。近年,我国十分重视微电子技术的发展,取得了令人瞩目的成就,建立了包括 IC 设计,芯片制造和封装测试在内的完整产业链,目前整个产业的规模位居世界第三。

在过去的两年里,特征尺寸缩小的步伐丝毫没有减慢,65 nm 技术已经在 2006 年上半年实现了量产,45 nm 技术正处于工艺导入阶段;主流工艺中的晶片尺寸已经达到 12 in,16 in 硅单晶也已经生长成功,工艺研发正在进行中。一方面,器件结构、器件理论、关键集成技术、微电子材料和封装测试方法等众多领域出现了很多新观点,新理论,新技术,在集成系统功能提高的同时,性价比也不断攀升。另一方面,由于硅基 CMOS 技术加工尺寸即将达到物理极限,对后摩尔定理时期微电子技术的探索也在积极进行中,纳电子学的研究取得了一定的进步,量子器件、单分子器件、自旋电子器件等相关研究日益活跃。此外,微电子技术和其他研究领域相结合诞生出了微机电系统(MEMS)和生物芯片,部分研究成果已开始产生经济效益。

相对于国际先进水平,我国微电子技术总体水平仍然比较落后,发达国家在关键技术领域对我国的封锁,决定了我们不可能完全依靠技术引进来发展微电子产业。十几年来的发展历程也说明:如果不掌握核心技术,我们只能处在产业链低端,生产低附加值产品,处处受制于人。在过去的两年里,我国在集成电路设计、微电子基础材料制备、微电子专用关键设备的研发等领域都取得了突破性的进展,出现了多项具有自主知识产权的研究成果,部分成果接近国际先进水平,显示了我们有信心也有能力,在未来的 10~15 年中把我国建成微电子技术强国。

2005~2006 年度国际上硅微电子技术领域的研究热点是,材料方面侧重于面向 45 nm 以下技术节点、用于提高沟道电子迁移率的应变硅技术和减小栅漏电的高 K 介质叠层金属栅;器件结构方面则侧重于双栅 FET(Field Effect Transistor)、FinFET 和多栅 FET。

## 六、无线通信

无线通信网把人从通信设备的束缚中解脱出来,使得信息可以自由联通,服务可以无处不在。无处不在的无线网络逐渐成为用户与现实世界交互的重要接口,使我们得以随时随地根据个人环境信息查询、组织并使用种类繁多的服务,构建人与计算设备的和谐社会。

专用通信系统中,近年来,我国自主开发了基于 GSM-R 技术的 GT800 数字集群系统和 CDMA 技术的 GOTA 数字集群系统,能够满足大规模发展的需要。通用通信系统领域中,2005~2006 年度国内移动通信技术的最具代表性的进展是第四代移动通信相关无线技术和信号处理技术的研究不断深入,我国第四代移动通信研究的部分成果通过 RITT 提交数十项国际标准提案,其中 10 多项提案被采纳。研究成果申请专利近 200 个,其中包括:

- (1)协同分布式无线网络及高层协议技术相关专利 31 项;
- (2)宽带多载波传输与多址技术相关专利 55 项;
- (3)充分挖掘空间资源的 MIMO 无线传输技术相关专利 26 项;

(4)逼近信道容量的信道编译码与迭代接收技术相关专利 52 项；

(6)新型天线与射频技术相关专利 20 项。

随着计算机的广泛应用和计算机网络的普及,通过无线方式接入计算机网成为人们的迫切需求,由此引出了无线接入网的概念,无线城域网,无线个域网以及无线家庭网、无线传感网、RFID 等都在近年蓬勃发展起来。

未来无线通信的发展趋势大致如下:

(1)移动宽带化和宽带移动化;

(2)蜂窝移动通信与无线接入网进行网络融合、业务融合及接入综合,这是通信发展的主旋律;

(3)基于 IP 的同一个核心网络平台上,通过网络的无缝切换,实现无处不在的最佳服务。

## 七、信息安全

历史上,信息安全历经通信保密、信息系统安全和信息保障三个阶段。近年来,信息安全的概念有了深刻的外延,各国开始将信息安全视为国家安全的基石之一。中国的信息安全问题不仅有信息基础设施的脆弱性所引发的风险,还涉及滥用信息技术造成的政治、经济、军事、社会、文化等诸多方面的问题,因此,除信息与信息系统的保密性、完整性和可用性外,信息内容安全在我国也被看作信息安全的一项基本内容。

近年来,信息安全威胁的变化趋势具体体现在:恶意代码技术翻新;内部威胁上升;外包和供应链中的信息安全问题凸现;软、硬件自身故障成为重大信息安全隐患;非传统安全威胁特征更加明显。

信息安全是高技术的对抗,通过近年的努力已经初步具备了信息安全防护能力、隐患发现能力、网络应急反应能力和信息对抗能力,为国家信息安全提供了强有力的支撑。

近几年我国在信息安全学科取得的成就主要集中在如下领域:MD5 与 SHA-1 哈希算法被攻破,我国首次公开密码算法 SMS4,量子密码出现商业化产品,可信计算技术发展迅速,生物特征认证技术开始广泛使用,网络信任技术引起世界各国重视,无线局域网安全标准出台,基于 IPv6 的下一代互联网安全技术受到广泛研究并进行了大规模试验。

信息安全技术的进步促进了相关产业的发展。虽然我国信息安全产业发展迅速,与先进国家相比差距正在缩小,但我国自主可控能力仍然不高。

总体而言,近几年信息安全技术的发展方向如下:

(1)突出主权国家的战略需求;

(2)由被动防御转向积极防御(主动防御);

(3)以可信计算技术为契机,创新安全体系结构;

(4)技术的集成化趋势更加明显。

电子信息学科涵盖面宽,发展迅速,想要在有限篇幅中全面阐述整个学科的进展,是一件相当困难的事。中国电子学会拟定在今后的学科发展研究中再选择其他分支,希望通过几年持续不断的努力,形成对整个电子信息学科进展的清晰认识。

## 第十三节 计算机科学

当今社会正处于信息时代和知识经济时代,人类生产生活的开展对计算机的能力不断提出更高要求,一个明显的例子是一些大规模问题使得科学家只有借助计算机才能发现其中的科学规律,例如生物信息学。需求的发展不断推动计算机科学技术向前发展,一部分计算机科学技术的前进(例如计算能力)又对其他相对滞后的计算机科学技术(例如存储能力)发出新的呼唤。从布尔逻辑代数和图灵机等计算机的最基本理论到 CPU 芯片的诞生和以 Web 为代表的 Internet 的迅猛发展,计算机科学技术的发展史就是一部“需求—前进”的循环演绎。

### 一、CPU

作为计算机系统的核心部件,CPU 是计算机技术发展过程中一个永远的话题。自 20 世纪 70 年代末以来,CPU 的集成度和复杂度就在摩尔定律的驱动下一路高歌,经历了 8 位到 16 位,16 位到 32 位,32 位到 64 位的推进,经历了顺序执行到乱序执行,乱序执行到流水线,流水线到超标量,超标量到对称多处理,对称多处理到多核的演化,见证了一个又一个划时代技术的诞生和成熟。随着晶体管集成度越来越高、频率和计算速度越来越快,芯片的功耗问题、晶体管的封装、芯片的蚀刻等越来越难以处理。这些因素使得摩尔定律本身的发展及其对处理器的影响发生了一些深刻的变化,摩尔定律指出的发展趋势已经由原来的 1.5 年一代变为 2~3 年一代。这是因为:首先,由于程序本身的限制,指令级并行度开发潜力有限,现在通过指令级并行已经很难取得突破性的加速比;其次,流水线级别很难继续细分,否则由此带来的设计/验证/测试的复杂性和预测失效导致的开销不可忽略;最后,随着集成度的不断增加,功耗问题已经成为现代处理器面临的最严峻的问题之一。学术界和工业界对于目前 CPU 设计遇到的困难提出了很多解决办法,典型的如开发线程级粗粒度的并行性(TLP),主要有传统多线程、SMT 和 CMP 技术,其中 CMP 技术被认为是今后处理器发展的主要方向,2006 年各大芯片厂商纷纷发布自己的多核产品。随着多核处理器的逐渐普及,并行计算开始走向桌面计算机,正是“旧时王谢堂前燕,飞入寻常百姓家”。

### 二、高性能计算

高性能计算向来被看作是国家综合实力的体现,因此一直是兵家必争之地。2002 年日本推出地球模拟器(Earth Simulator),堪称新世纪 MPP 并行机发展的里程碑,曾四度蝉联 Top 500 冠军。随后,美国 IBM 公司推出了蓝色基因(BlueGene/L),处理器数高达 13 万个,是新一代高性能计算机的代表。我国已成功研制银河、深腾、曙光、神威等具有国际影响力的高性能计算机,国防科技大学、联想集团、中国科学院计算所和江南计算所等研究机构在高性能计算机的研制上做出了积极的探索,积累了丰富的经验。但我们需要清醒地认识到我国目前的水平与美、日等国的差距仍然不小。

用于计算科学和商业应用的计算,对于传统超级计算机来说是高成本低收益的。随着现代技术的发展和各种计算机部件的商品化,并行计算由使用传统专用超级计算机平台,转向了使用廉价、通用目的的以单处理器或多处理器的 PC 机或工作站为部件的松散耦合的集群系统。

有三种发展趋势推动了集群计算的发展,而集群计算的发展又加剧了这三种趋势。这三种趋势分别是:高性能微处理器、高速网络和高性能分布计算的标准工具。近年来,微处理器性能不断提高,尤其是多核处理器的普及必然会对集群系统扩展性方面产生深远的影响。在高速网络方面,在传统 Ethernet 网络带宽不断提高的同时,光纤网络、Myrinet 等新的网络技术不断出现,尤其是 Infiniband 网络技术的出现开辟了高速网络通信的新纪元。

高性能计算的另一个发展趋势就是向高效能计算转变。超大规模系统的计算能力固然很强,但如何管理调度庞大的资源集合,如何充分发挥每个部件的工作能力,如何降低系统耗能都是亟待解决的问题。

集群计算通常是把同一地点的、通常是同构的计算资源协同起来提供更高的处理能力,在规模上、地域上会受到一定限制。网格计算通过高速网络连接并集成地理上分布、异构的各种资源,并将它们转化成一种随处可得的、可靠的、标准的、经济的计算能力,实现跨地域的、分布的、高性能联合的协同计算,为用户提供一体化的高性能计算服务、信息处理服务和决策支持服务,充分发挥网络资源的综合效能。网格计算诞生 10 余年来,受到各国政府的重视,如中国国家网格计划(CNGrid)、中国教育科研网格计划(China-Grid)、美国 CyberInfrastructure 计划和欧盟 CoreGRID 计划网格等。网格正在成为新一代网络资源共享的首选技术。

### 三、互联网

互联网直接促成了第三次技术革命,使人类步入信息时代。然而到 20 世纪 90 年代末期,传统的计算机网络理论在面临网络流量的高度突发性和自相似特性,大规模网络系统的复杂性和可控性,网络可信性等问题面前显得越来越无能为力。这是下一代互联网络发展中面临的基本问题。IPv6 的推广,P2P 技术的流行,网格计算的膨胀以及移动计算的增长都给下一代互联网提出了艰巨的任务。同时由于信息技术的广泛渗透,互联网络的安全性、实时性、可管理性、可用性和可扩展性等问题也迫切地需要找到良好的解决方案。另外,互联网的存在与发展不是孤立的,它是众多新一代计算机技术前进的直接推动力。

很难想象,如果网络没有搜索引擎,世界将会怎样。从浩如烟海的信息中定位用户感兴趣的资料几乎是不可能的,因此信息搜索技术是随着网络技术的盛行而诞生的。搜索引擎是信息检索技术中影响力最大的,它是网络生存的必需品,是资源定位的利器。搜索引擎一方面蕴含着丰富的技术创新,另一方面它也是巨大经济利润的来源。然而传统信息检索技术正面临着严峻的考验。随着信息技术的进步与互联网络的飞速发展,网络上的信息资源呈现爆炸性增长,用户要找到需要的信息越来越难,常见的搜索引擎很难精确返回用户需要的资料,这样用户进行二次过滤的工作量就越来越大。搜索技术正在向一个新的方向发展,那就是“更准、更全、更新、更快、更方便、更个性”。搜索引擎将不再仅仅局限于页面搜索,而

进一步的细化并向专业方向发展,如各大搜索巨头都纷纷推出了 MP3、图片搜索等特色服务,同时桌面搜索、地图搜索等专业搜索也成为各大公司争夺市场的新焦点。

#### 四、信息安全

全球信息化程度日益提高,信息安全的重要性与紧迫性日益凸显,已上升为国家的战略性问题。世界主要工业国家和地区立足于全球化趋势,从国家安全的高度和国际安全关系的大局着眼,制定各自的信息安全战略,全面展开国家信息安全保障体系的建设。我国政府也高度重视信息安全,国家信息化领导小组发布的《关于加强信息安全保障工作的意见》,明确提出了我国今后信息安全建设和发展的根本性指导思想。信息安全领域涉及许多基础理论的研究工作,例如密码学、安全协议、访问控制、入侵检测、可信性计算、网络应急和安全评估等。信息安全技术的成熟与否直接关系着下一代互联网正常部署运行的成败。

#### 五、关系型数据库

关系型数据库经过近 40 年的发展,在理论研究和工业产品领域都取得了丰硕的成果,在计算机应用于国民生产过程中立下了汗马功劳。然而信息资源的爆炸性增长和记录数据的多样性对数据库技术提出了越来越高的要求,如何对 Web 信息进行数据挖掘,获得针对特定用户群的准确结果,例如垂直搜索,专业搜索等;如何高效记录查询分析海量流式数据,例如传感器图像、金融股票资讯、天文数据等;如何有效处理具有时空属性的数据,例如移动计算;如何处理新兴应用数据,例如网格、P2P、Web Service、嵌入式系统微型数据库等。数据库技术是计算机应用技术的基础,顺利地解决这些问题将极大地拓展数据库的应用领域。

#### 六、网络存储

网络存储成为继计算机和互联网之后的信息技术领域的第三次革新浪潮。存储区域网络(SAN)以网络架构为基础,可扩展性好,能够提供灵活的计算组织环境,实现存储资源的合理配置和有效利用。用户不再独立维护固定大小的存储设备,不再需要自己扩展存储容量。存储虚拟化是网络存储的核心,它具有“按需分配”的能力,在用户看来,存储池的容量无限大。这样既可以极大地节约管理费用,也可以充分发挥异构存储设备的协作能力。

#### 七、多媒体

多媒体技术是人机交互中重要的一环,计算机的亲亲和性和家庭普及应用归功于多媒体技术的发展。多媒体数据一个典型的特点就是数据量大,“对带宽和存储空间的需求速度超过了带宽和存储容量现有的增长速度”是一对长期存在的矛盾。因此,力图弥补二者间鸿沟的音频视频编解码技术也就贯穿着多媒体技术的发展历程。随着处理器运算能力的不断提升,存储系统访问时延的不断减小,编解码技术的不断改善,多媒体已经广泛地应用在学习生活中的各个方面。多媒体技术的普及也衍生出一些新的问题,例如多媒体数据

的存储、访问和检索以及多媒体数据中的知识发现等。在多媒体领域,需求和技术进步之间的作用和反作用体现的尤为明显,新式媒体设备的相继出现,如传感器网络、高清晰数字电视、3D 视频等,使计算机的易用性进一步改善,影响着人们的生活方式。

## 八、普适计算

计算和通信技术的迅速发展,使计算机正以多种形态存在于我们的生活空间并发挥着处理、存储和通信的作用。普适计算技术研究如何使计算和通信无所不在并成为普通用户都能方便享用的服务。使用计算机的人也由最初的专业人员转向各个行业的普通人,良好的人机界面增强了计算机的表达能力,降低了非专业人员使用计算机的难度,从而能充分发挥计算机的存储和计算优势。这种“人机和谐合一”目标的实现遇到了各种各样的困难。首先,普适计算技术跨越多个研究领域,包括移动计算、嵌入式系统、自然人机交互、软件结构等;其次,普适计算技术需要实现上下文感知和应用无缝迁移。这些问题目前都缺乏良好的解决方案。

## 九、传感器网络

随着通信技术、嵌入式计算技术和传感器技术的飞速发展和日益成熟,人们研制出了各种具有感知能力、计算能力和通信能力的微型传感器。由这些微型传感器构成的无线传感器网络引起了人们的极大关注。无线传感器网络综合了传感器技术、嵌入式计算技术、分布式信息处理技术和通信技术,能够协作地实时监测、感知、采集网络分布区域内的各种环境或监测对象的信息,并对这些信息进行处理,获得详尽准确的信息,传送到需要这些信息的用户。无线传感器网络可以使人们在任何时间、地点和任何环境条件下获取大量翔实可靠的信息。因此,这种网络系统可以被广泛地应用于国防军事、国家安全、环境监测、交通管理、医疗卫生、制造业、反恐抗灾等领域。传感器网络是信息感知和采集的一场革命,在新一代网络中具有关键作用。美国《商业周刊》认为,传感器网络是全球未来四大高技术产业之一,是 21 世纪世界最具有影响力的 21 项技术之一。MIT《新技术评论》认为,传感器网络是改变世界的 10 大新技术之一。

## 十、虚拟现实技术

虚拟现实(Virtual Reality,VR)技术是一种以计算机技术为核心、多学科交叉融合的信息技术,能够基于可计算信息生成逼真的视、听、触觉一体化的特定范围的虚拟环境,用户借助必要的设备以自然的方式与虚拟环境中的对象进行交互作用和相互影响,从而产生亲临等同真实环境的感受和体验。虚拟现实技术涉及图形图像、人机交互、仿真建模、数字媒体、计算视觉、模式识别、信号处理、网络通信、人工智能、体系结构、信息安全、人机功效、软件工程、数据库技术等方面,在国防、工业、科研、教育、娱乐和体育等行业具有广泛的应用。增强现实(Augmented Reality,AR)技术是虚拟现实技术的进一步拓展和重要组成部分,可以借助必要的设备使计算机生成的虚拟对象与客观存在的真实环境共存于同一个增强现实系统中,从感受和体验效果上给用户呈现出虚拟对象与真实环境融为一体增强现实环境,扩充和增强用户对真实环境的感知。增强现实技术具有虚实结合、



实时交互、三维注册的特点。

## 十一、人工智能

人工智能的研究随着计算机的诞生而诞生,由于人类自身对智能认识的局限,在 50 多年的发展演化过程中,人工智能经历了其他技术所没有的起伏变化。但人工智能研究一直在前进,并不断取得一些引人注目的成果。比如,自然语言机器翻译,利用计算机证明数学定理,计算机下棋并战胜世界国际象棋大师,机器人登上了火星,许多商用计算机系统具有听说的能力,等等。知识表示、自动推理、机器学习等领域在将来会发挥越来越重要的作用。

## 十二、操作系统

自 1956 年第一个操作系统在 IBM 704 计算机上出现以来,计算机才开始从试验室里科学家的计算工具转变为普通用户可以使用的实用工具。进而,随着各类计算机硬件、人机交互技术和网络技术的迅速发展和广泛普及,几乎所有的数字计算和通讯设备中无一例外地使用了各式各样的操作系统。近年来,随着在高性能计算的推动下,以 Linux 为代表的一批开源操作系统在大规模并行计算领域占据了绝对领导地位。同时随着处理器体系结构的不断发展,操作系统也面临着各种新的挑战。

## 十三、软件工程

软件在当前的计算机系统中无所不在,其需求愈来愈多,复杂度愈来愈高,可用性要求愈来愈强。如何高效地开发和生产可靠、可信的软件,是软件领域一直必须面对的问题。科学家们提出的“软件工程”的概念,希望通过系统化、规范化、数量化等工程原则和方法来实现复杂软件系统的开发和维护。另外,从技术层面来讲,软件测试与形式化验证技术有利于保证计算机系统尤其是软件系统的可靠性,比较显著地提高软件质量。

# 第十四节 测绘科学技术

从 20 世纪 80 年代到 21 世纪初,我国已逐步实现了由传统测绘向数字化测绘的转化和跨越,现在正在沿着信息化测绘道路迈进。信息化测绘的基本含义应该是在数字化测绘的基础上,通过完全网络化的运行环境,实时有效地向社会各类用户提供地理空间信息综合服务的测绘方式和功能形态。其特征是:技术体系数字化、功能取向服务化、数据更新实时化、信息交互网络化、基础设施公用化、信息服务社会化和信息共享法制化。从学科发展上说,它也正适应着当前测绘学科正在向着近年来兴起的一门新兴学科——地球空间信息科学(Geo-Spatial Information Science,简称 Geomatics)的跨越和融合。此学科是采用以卫星导航定位技术(GNSS)、遥感技术(RS)、地理信息系统技术(GIS)为代表的

空间信息技术、计算机网络技术、现代通信技术和虚拟现实模型技术为主要手段,研究地球空间目标与环境参数信息的获取、分析、管理、存储、传输、显示和应用的一门综合性和集成性的信息科学和技术。

## 一、大地测量学:测绘学和地学领域的基础性学科

### (一)现代测绘基准体系

现代测绘基准体系,是为地理空间信息的获取提供空间位置、高程及重力等方面的起算依据。它由相应的参考系统及其相应的参考框架构成。提供空间位置起算依据的是大地测量参考系统和大地测量参考框架,国际上几乎所有发达国家都在采用国际地球参考系统(ITRS)和国际地球参考框架(ITRF)。近10年来,我国也在利用空间观测技术,建成了2000国家GPS大地控制网,并完成了该网与全国天文大地网的联合平差工作,使2000国家大地坐标系(即CGCS 2000)不仅有明确的定义,而且具有高精度的参考框架。

我国的高程基准采用1985黄海高程系统,基准是青岛水准原点及其高程值。其参考框架则为国家一、二等水准网。高程基准的另一种表现形式是海拔高程(正高或正常高)的起算面,我国采用CQG 2000似大地水准面。

关于重力基准,国际上有波茨坦重力系统和国际重力标准网(IGSN 71)。我国目前采用2000国家重力基本网作为重力基准。

### (二)卫星导航定位技术

GPS系统,美国已制定出到2020年的“GPS现代化规划”。其实质可归纳为以下三个方面,即3P政策:保护(Protection)、阻止(Prevention)和保持(Preservation)。欧洲空间局(ESA)已经最终确定了包括30颗Galileo卫星的空间构形和相应地面控制站布设的最有效方案。同时确定了Galileo和外部系统的关系。预计2010年以后系统投入正式运行。俄罗斯目前正在着手GLONASS系统的维护与更新工作,并进行了整体规划,开发新一代GLONASS-M卫星,增长卫星寿命和提高卫星性能,使星座卫星数量达到24颗。我国正在发展北斗二代卫星导航定位系统,卫星星座设计考虑到向全球导航定位系统过渡。

GPS技术定位方法的进展主要体现在下面两方面。

#### 1. 精密单点定位技术(Precise Point Positioning)

利用国际GPS地球动力学服务局(IGS)预报的GPS卫星的精密星历或事后的精密星历作为已知坐标起算数据,同时利用某种方式得到的精密卫星钟差来替代用户GPS定位观测方程中的卫星钟差参数,这样用户利用单台GPS双频双码接收机的观测数据在数千平方千米乃至全球范围内的任意位置,都可以2~4 dm级精度进行实时动态定位,或以2~4 cm级的精度进行快速的静态定位。

#### 2. 网络RTK

在较大的区域内建立多个坐标已知的GPS基准站,对该地区构成网状覆盖,并以这

些基准站为基准,计算和发播相位观测值误差改正信息,对该地区内的卫星定位用户进行实时改正的定位方式。国外一些发达国家和我国已经利用网络 RTK 技术建立了区域连续运行卫星定位服务系统。多频组合、多卫星系统集成的卫星导航定位已成为当今国际卫星导航定位领域的研究开发热点。

### (三)地球重力场理论与大地水准面精化

确定地球重力场模型可以用地面已知的重力异常观测值解算出来。目前,建立地球重力场模型多采用卫星重力法,一是观测人造卫星轨道对参考(正常)轨道的摄动,这可以由地面观测卫星轨道摄动,也可以是由一颗高轨卫星(例如 GPS 卫星)对低轨卫星(例如 Champ 卫星)观测轨道摄动,然后根据卫星轨道摄动理论及其观测数据求解位系数;二是利用同一低轨上的两颗卫星(例如 Grace 卫星)的相互跟踪,测出星间距离变化量,反演地球重力场的位系数;三是在低轨卫星中装有重力梯度仪(例如 GOCE 卫星),直接测出卫星轨道上的重力梯度,以此求解位系数。

确定大地水准面,一般还是解算适合某一区域或国家的相对大地水准面。现在国内外最常用的最佳的一种求解重力大地水准面的方法就是移去一恢复技术。另外通过 GPS 的大地高和精密水准测量可以直接观测到大地水准面差距。为了最终获得一个既有高精度,又有高分辨率的大地水准面,可将高分辨率的重力大地水准面拟合到高精度 GPS 水准求得的大地水准面上。近年来,我国建立了全国和许多省、市的高精度高分辨率的似大地水准面,其中有的城市似大地水准面精度可达到 cm 级,分辨率可达到  $2'30'' \times 2'30''$ 。

### (四)地壳运动监测与大地测量地球动力学

随着空间大地测量观测手段的不断发展,地表可观测的覆盖面的扩大和精度的提高,研究对象由局部(如断层)扩展到地区(如板块)及至全球。目前我国的地壳运动监测与大地测量地球动力学的研究主要取得以下实践成果。求出了中国大陆现今地壳运动速度场和变形场及其水平应变率场;建立了中国大陆的二维 DFEM 模型;求解了五个主要板块的绝对和相对板块运动参数;得到了实测的板块运动模型 GVMI。另外对我国某些区域,如鄂尔多斯地块、青藏、川滇、华北等地区的地壳运动和昆仑山口 MS 8.1 级地震也进行了相关的研究。

## 二、摄影测量与遥感学:基于电子计算机的现代图像信息学科

### (一)数字摄影测量技术

#### 1. 新一代数字摄影测量处理平台

我国正在着手建立新一代航空航天数字摄影测量数据处理平台,出现了刀片集群处理系统。它是由高性能刀片式计算机系统、磁盘阵列、后备电源等组成,是以最新影像匹配理论与实践为基础的自动数据处理系统,打破了传统的摄影测量流程,集生产、质量检测、管理为一体,可以进一步提高数字摄影测量的生产效率。

## 2. 基于 DGPS/IMU 组合导航技术和 LIDAR 激光雷达扫描技术的摄影测量

利用在飞机上装载差分 GPS 和 IMU 构成的组合导航系统可以获取摄影相机的外方位元素和飞机的绝对位置,实现定点摄影成像和无地面控制的高精度对地直接定位。机载激光雷达(Light Detection and Ranging, LIDAR)是一种集激光,全球定位系统和惯性导航系统于一身的对地观测系统,能直接获取真实地表的高精度三维信息。我国集中在地表信息的获取、数据处理与遥感影像及其他技术的整合等方面进行研究和应用。

## 3. 航空数码相机的应用技术

数码相机的最大优势在于不增加飞行成本的大重叠度(例如 80%以上)影像获取能力,能大幅度提高影像匹配及三维重建(或立体测图)的精度和可靠性,并制作真正射影像。在我国已自主研发出大幅面数码相机。

## 4. 数码城市建模中的数字摄影测量技术

从大比例尺的航空影像获取城市房屋真三维模型是实现三维城市建模的有效途径之一。目前是利用低空飞行平台作为传感器载体,将数码相机安装在可以旋转的平台上,分多条航带拍摄城区影像,再结合地面车载或手持数码相机拍摄的影像进行整体处理,生成建筑物立面影像拼接图等产品,满足数码城市和三维场景可视化的需求。

## 5. 稀少或无地面控制的卫星影像对地定位技术

数字摄影测量技术和方法已经广泛用于高空间分辨率卫星影像的几何处理中,大量研究集中在稀少控制点和无控制点条件下如何提高影像的平面和高程精度。在我国西部至今尚有 200 万  $\text{km}^2$  的国土没有 1:50 000 地形图,我国将采用航天遥感、数字航空摄影、航空航天合成孔径雷达、卫星导航定位、地理信息系统、无控制点或稀少控制点测绘等现代地理空间信息技术的集成手段进行西部测绘工程。

# (二) 航天遥感测绘技术

## 1. 航天遥感数据的获取

目前,中国已初步形成了 5 个遥感卫星系列——返回式遥感卫星系列、“风云”气象卫星系列、海洋卫星系列、地球资源卫星系列和环境与灾害监测小卫星群系列,开始组成长期稳定运行的卫星对地观测体系,实现对我国及周边地区甚至全球的陆地、大气、海洋的立体观测和动态监测。

## 2. 遥感影像信息提取和多源遥感影像融合技术

利用高光谱影像进行自动目标检测与识别是遥感信息处理领域比较活跃的研究课题。例如,在一个复杂的未知背景中,因为人工目标与背景的光谱响应不同,且其尺寸相对很小,所以可将其视为异常目标。在没有足够多先验知识的情况下,如何从高光谱影像中检测这一类目标,我国有许多研究成果。

任何来自单一遥感器的信息都只能反映地物目标某一个或几个方面的特征。数据融合技术一方面可有针对性地去除无用信息,减少数据处理量,提高效率,另一方面又能将

海量多源数据中的有用信息集中起来,融合在一起,便于各种信息的特征互补,减少识别目标的模糊性和不确定性。

### 3. 遥感影像与 GIS 的集成化处理

地理信息系统是用于分析和显示空间数据的系统,而遥感影像是空间数据的一种形式,类似于 GIS 中的栅格数据。因而,很容易在数据层次上实现地理信息系统与遥感的集成,目前已在软件上实现了。

### 4. 遥感数据处理的理论与应用研究

在基础研究方面,我国开展了目标辐射特性、大气传播模型、反演方法和辐射定标以及在 INSAR 和 D-INSAR 方法、成像光谱仪数据处理、遥感中的空间推理、专家系统和数据挖掘、多源遥感数据融合等领域的遥感数据处理的基础研究。

在遥感应用研究方面,我国在日常的天气、海洋、环境预报及灾害监测、资源调查、土地利用、城市规划、作物估产、国土普查、荒漠化监测、环境保护、气候变化及国防等方面研制了一些遥感数据处理的新方法和新系统。

## 三、地图制图与地理信息工程:以图形和数字形式传输空间地理环境信息的学科

### (一) 计算机数字化方式的地图制图生产

地图制图生产实现了由传统的手工地图制图技术向现代计算机数字制图技术的跨越式发展。地图制图和出版的数字化与一体化已成为中国地图制图生产的基本技术手段,彻底改变了地图制图技术的落后状况,增强了地图制图与出版的科学性。

### (二) 多样化的地理信息服务形式

我国的 GIS 软件由 2004 年的 51 个增加到 2005 年的 66 个, GIS 产品种类从开始主要是综合性 GIS 基础平台软件,发展到现在的基础平台软件、应用开发平台软件、专项工具软件和应用软件的系列产品。各种专业应用 GIS 中的电子地图、多媒体电子地图、网络电子地图、移动设备导航电子地图等多种地图可视化系统应运而生,用户范围也更加大众化。

### (三) 地图自动制图综合研究

我国在解决自动综合的许多难题方面取得了充分体现自主创新精神的优秀成果,为电子计算机按照模型来模拟人在制图综合过程中的思维方式创造了十分有利的条件,比较客观和正确地反映了人脑思维特点。尽管计算机不可能百分之百地模拟在制图综合过程中人脑思维的过程,但可以最大限度地逼近这个目标。

### (四) 空间数据不确定性与数据质量控制

主要探讨和研究引起 GIS 空间数据不确定性的原因和表现、GIS 空间数据不确定性

的处理方法、GIS 分析处理过程中空间数据不确定性的传播机理等,例如,基于 Web Service 数据质量信息服务系统,数字高程模型(DEM)的不确定性等成果在深化 GIS 空间数据不确定性的研究方面具有重要理论和实际意义。

### (五)虚拟现实技术的实用化

对于虚拟地理环境,现在注重研究构建统一的分布式虚拟地理环境系统框架,目的是实现不同类型仿真系统间的互操作和部件的重用,体现了层次化、抽象的数据类型、隐含激活及支持分布式的特点。通过对虚拟现实技术中场景的建模和控制的深入研究,使系统具有真正意义的分布性、三维性、交互性,多媒体集成性和境界逼真性,从而更接近实用。

### (六)空间数据挖掘和知识发现研究

近年来,空间数据挖掘和知识发现的研究取得了显著进展。在其算法研究方面,如针对目前忽视 GIS 数据库中存在的少部分新颖的、与常规数据模式显著不同的新的数据模式的情况,给出了空间离群点检测算法。

### (七)地球空间信息网格技术

地球空间信息科学或测绘科学技术领域提出了空间信息网格,它实质上是网格技术与空间信息技术的融合与集成。在我国对它从广义和狭义两个层面进行了研究。

### (八)地图制图学与地理信息工程理论

地图制图学与地理信息工程学科中除了地图投影、地图综合和地图符号等传统理论外,又增加了如地图空间认知理论、地理信息传输理论、地图视觉感受理论等现代理论,地图制图学与地理信息工程科学的理论体系正在逐步形成。

## 四、工程测量学:国民经济和社会发展中的测绘科学技术应用学科

### (一)精密大型工程测量新技术

卫星定位技术已被广泛用于各种类型工程控制网。特别是随着大地水准面精化的深入开展,使工程控制网从二维发展到三维,彻底改变了传统工程控制网的缺陷。在精密大型工程测量中高精度实时 RTK 技术用于施工放样,并结合工程特点设计和制造出一些专用的仪器和工具,使众多学科技术在施工测量中渗透与融合,并在施工测量中得到应用。GPS、GIS 技术将紧密结合工程项目,在勘测、设计、施工管理一体化方面发挥重大作用。

### (二)数字城市与工业信息系统

当前城市大比例尺地形图、地籍图、房产图、竣工图、地下管网图、导航电子地图等基

本上都已经实现了数字化测绘,出现了各种类型的数字化测图系统。这些测图系统与常用地理信息系统接口,实现了野外采集数据与 GIS 数据间的交换,使野外数字测图系统成为 GIS 系统前端数据获取的一个子系统。现在城市规划、建筑设计等正在推行三维规划和三维设计;房地产业在网上推行三维立体房销售;导航电子地图也出现三维模式,这些都对测绘提出绘制三维现状图的要求。全面应用数字测图技术,发展内、外业一体化数据采集与制图系统,为大型工程建设的工程勘察、设计、施工和竣工存档,提供高质量、多形式的空间基础信息支持。

全国省会以上城市和部分地级市都建立了城市基础地理信息系统。市政设施现代化管理越来越重要,现在国内外都十分重视市政设施现代化管理中的空间信息网格技术的研究,将市政设施信息按网格建库进行管理,并进行动态变化监测。

### (三) 变形监测技术

变形监测,是保证构筑物在施工、使用过程中的设备和人员的安全所必须进行的测量工作。现在超大型建筑物、构筑物、地库等工程不断出现,变形监测精度要求也很高,一般都在 1 mm 左右,有的要求亚毫米。其数据处理要根据实际情况建立反映变形量与变形因子的数学模型,对引起变形的原因进行分析,必要时还要对变形趋势进行预报。现代变形监测往往是将现代大地测量仪器和空间技术、激光技术、无线通信技术相结合实现连续、动态、实时、自动化监测,具有自动照准、自动观测、自动记录、自动数据处理、自动生成各种图形和报表。

### (四) 工业测量技术

现代工业生产要求对产品的设计、模拟、生产自动化流程,生产过程控制,产品质量检验与监控等进行快速的、高精度的测量、定位,并给出复杂形体的数字模型或运行轨迹等,因而,兴起了为工业生产服务的测量技术。其手段和仪器设备,主要是以电子经纬仪或全站仪、摄影仪或显微摄影仪、激光扫描仪等传感器在电子计算机硬件和软件的支持下形成的三维测量系统。这些技术的引进,使工业现场精密测量自动化水平大大提高。

### (五) 城市地下管线探测技术

地下管线探测、检测与评估技术,为摸清城市已有地下管线的现状,评估地下管线的风险,提供了一种快捷、经济和有效的手段。非金属管线探测技术中的探地雷达弥补了常规地下管线探测仪在探测非金属地下管线方面的缺陷,已成为探测非金属地下管线的重要技术方法之一。电子标识器的使用为探测非金属地下管线提供了一种新的方法。城市地下管线信息管理系统建设已由原来孤立的系统建设模式,逐步发展成为充分整合城市已有的地下管线信息资源,建立城市地下管线信息共享平台。

## 五、海洋测绘学:海洋空间的测绘科学技术学科

### (一) 海道测量

在海洋测深过程中,为解决回声测深仪波束角效应使记录的测深图像失真问题,提出

了波束角效应的改进模型及其改正算法。针对多波束测深数据集,采用改进的距离反比权重算法和多细节层次模型技术来建立海底数字地形模型(DTM)。应用双频 GPS 动态后处理高精度定位技术建立了一套完整的 GPS 无验潮海洋深度测量作业模式,显著提高了水深测量成果的精度。

## (二)海洋重力场与磁力场测量

有关海洋重力的确定,首先研究了建立我国陆海新一代平均重力异常数字模型问题;基于重力场的频谱理论,给出了扰动引力在全球平均意义下的功率谱表达式;推导了垂线偏差同大地水准面差距偏导数的转换公式;推导了水平重力梯度边值问题的级数解。

对海洋磁力测量的研究,从磁偶极子磁场出发,推导出一个简单的测线间距计算公式。基于磁力线定义和均匀磁化球体周围的磁场分布,推导出一个简单的磁力线簇公式。以陆用地磁日变站为基础,结合 DGPS 系统和浮标技术,自行设计开发数据实时采集与传输系统。采用布设海底地磁日变观测锚系技术方法,解决了远海区磁测日变改正观测资料问题。

## (三)空基海洋测绘技术

(1)重点研究了利用有理函数模型实现高分辨率卫星 CCD 影像的单片定位的方法。

(2)提出了一种遥感图像半自动提取建筑物的方法。

(3)提出了一种基于多分辨率小波高频特征系数的高光谱遥感影像亚像素目标识别方法。

(4)针对 IKONOS 高分辨率卫星影像处理中的不适应性,提出了一种更为精确细致的图像融合方法——自适应小波包分析法。

(5)从测高卫星飞行轨道的规律出发,提出了采用“距离加权平均”计算正常点海面高的新方法。

(6)研究了观测卫星的选择对基线解算质量的影响,提出了提高基线解算质量的人工选星的基线处理方法。

## (四)海图制图与海洋地理信息工程

(1)提出了基于 Circle 原理和“优胜劣汰”思想的地图综合新算法。

(2)探讨了数字测图中的坐标变换方法,总结了一套作业思路和方法。

(3)提出了基于 Flash 技术制作多媒体电子地图的解决方案及实现过程。

(4)研究了一种由计算机自动生成 Delaunay 三角网的增点生长构造法。

(5)实现了 MapInfo 图形数据在 IE 中的显示与浏览,从而验证了用 VML 实现地理空间数据可视化的可行性。

(6)建立了计算机海图档案系统。



## 第十五节 航空科学技术

### 一、我国航空科学技术的总体发展态势

随着我国经济的发展和科学技术的进步,航空科技迎来了难得的战略机遇期。2005~2006年,我国航空科技取得的重大进展如下。

#### (一)“歼十”战斗机批量装备部队

“歼十”是我国自主研制生产的多用途战斗机,分单座、双座两种,该机采用了大量新技术、新工艺,创造了我国航空史上的多个突破。2006年12月,我国自主研制生产的新一代战斗机——“歼十”首次在公开媒体上亮相。目前,“歼十”已经成建制地装备部队,并已形成实战能力。“歼十”的研制成功,标志着我国军用飞机已经实现了从第二代向第三代的历史性跨越,大幅度缩短了我国与国外的差距,对于提高我国的国防实力具有重要意义。该项目获得2006年国家科技进步奖特等奖。

#### (二)“枭龙”04架飞机首飞成功

“枭龙”轻型战斗机是我国根据国际、国内市场需求,与巴基斯坦共同投资研制的轻型战斗机。“枭龙”04架飞机是第一架配装了全状态航电系统和武器系统的“枭龙”飞机。该机在01、03架原型机的基础上,进行了气动、结构和系统的优化设计,大幅度提升了“枭龙”飞机的整体性能和综合作战能力。2006年4月,“枭龙”04架飞在成都温江机场圆满完成首飞任务。“枭龙”04架飞机的成功首飞,为该机的批量生产奠定了基础。

#### (三)“猎鹰”高级教练机横空出世

2006年3月,我国自主研制的L-15“猎鹰”超音速教练机成功完成首飞。该型高教机能满足第三代战斗机飞行员的培训要求,并且适当兼顾了第四代战斗机的培训要求,以及第二代战斗机改型机的训练要求,具有训练效费比高、低油耗、留空时间长、使用寿命长等特点。L-15的研制成功,是中国教练机发展史上的一个重要里程碑。

#### (四)“太行”涡扇发动机研制成功

我国自行研制的大推力涡轮风扇发动机——“太行”航空发动机于2006年初通过技术设计定型审查。该型发动机性能先进、技术成熟,可一机多用,有较大的发展潜力,它的设计定型标志着我国从此跨入了第三代航空发动机研制国家的行列。

#### (五)新支线飞机转入全面试制阶段

2006年5月,我国ARJ21型新支线飞机转入全面试制阶段,标志着新支线飞机项目取得了重大阶段性成果,研制工作迈入了新阶段。ARJ21是中国第一种完全拥有自主知

识产权的喷气式支线客机,基本型为 70 座级。ARJ21 客舱宽敞,舒适性好,经济性高。预计 2007 年 3 月在上海开始飞机的总装,2008 年首飞,2009 年取得适航证并开始交付用户。

### (六)“山鹰”高级教练机完成设计定型试飞任务

2003 年 12 月,我国研制的“山鹰”高级教练机首飞成功,经过鉴定试飞和进一步的改装工作,改装后的“山鹰”满足了“前接基础教练机,后接第三代战斗机”的训练和教学需求,达到了设计鉴定的状态。按计划,“山鹰”将于 2007 年完成设计定型。

### (七)“运九”飞机完成结构细节设计

“运九”飞机是在“运八”基础上发展的拥有独立知识产权的中型中程多用途战术运输机,具备较强的空运、空投、空降能力。2005 年 12 月,圆满完成了“运九”飞机结构细节设计,为“运九”飞机后续研制工作奠定了基础。

### (八)中法联手研制 6 吨级民用直升机

2005 年 12 月我国与欧洲直升机公司签订了合作研制 6 吨级直升机的协议。据报道,中法合作研制的 6 吨级直升机是一种先进的中型通用直升机,技术性能先进、市场前景广泛。该型机生产基地设在哈尔滨,将于 2009 年实现首飞。

### (九)“新舟 60”成功进入国际市场

“新舟 60”是继 Y-7 之后研制生产的新一代双发涡轮螺旋桨短/中程客货运输机。自 2004 年首次赢得国外订货,截至 2006 年 10 月底,“新舟 60”已远销非洲、亚洲、美洲、大洋洲等四大洲的 8 个国家,整个“新舟 60”海外机群累计飞行已经接近 5 000 小时和 5 000 次起落,飞机运营情况良好。

### (十)新型低空导航吊舱研制成功

在第 6 届珠海航展上,展出了一种我国最新研制的低空导航吊舱。据称,该吊舱使用高度为 30~3 000 m,同时具有地形跟随、前视红外成像、真波束锐化(DBS)、空地测距(AGR)等功能。作战飞机挂载这种低空导航吊舱后,可大幅度提升飞机的全天时、全天候低空突防和对地攻击能力。目前,这种吊舱已经装备部队。

## 二、我国航空科学技术各专业领域的进展

### (一)飞行器设计

飞行器设计是研究飞行器设计理论、方法和设计过程的综合性专业。2005~2006 年,我国在基于效能分析的飞机参数优化设计基础研究、飞机抗战伤能力评估及其提高抗战伤能力措施的研究、倾转旋翼飞行器的关键技术研究等方面取得了进展。同时,我国的无人直升机技术,特别在无人直升机的自主控制技术方面也取得新的进展,为无人直升机

进入实用阶段打下了坚实的基础。

## (二) 气动

空气动力学是研究空气运动及空气与物体相互作用规律的一门应用技术学科,气动技术对飞行器的性能起着非常关键的作用。2005年,我国在引射法实现推力转向实验研究,前体非对称涡双稳态流型/气动相关性与控制研究,自由翼研制及其气动特性研究,现代运输机不同发房布局的复杂干扰研究等方面取得了较大进展。

## (三) 结构

飞行器结构技术与航空材料、制造工艺、试飞等技术密切相关,直接影响着飞行器的性能和成本。近两年来,我国在先进气动力结构、隐身结构设计、飞机结构的智能健康检测与诊断、多级多层次复合材料结构优化设计、复杂结构综合强度分析与试验验证等方面取得了显著进展。

## (四) 飞行器推进系统

飞行器推进系统技术是推动航空产品发展的核心技术。2005~2006年期间,我国不但取得了“太行”涡扇发动机设计定型的重大突破,而且还开展了航空发动机设计体系研究和航空发动机关键系统与部件研究,并且取得了一些突破。

## (五) 飞行控制

飞行控制系统直接影响飞机的总体性能、作战效能和飞行安全。2005年,我国在驾驶员行为描述与人-机-环境耦合特性分析、采用分布式压电驱动器改善飞机横滚能力的研究、非相似双余度功率电传作动系统研究、超机动飞行控制概念与设计方法研究等方面取得了一些重要进展。

## (六) 航空电子

航空电子系统是飞行员获取飞行、导航、控制信息,并完成既定飞行任务的重要装备。2005年,我国在立体显示控制技术研究、信号处理新原理及方法研究、未来航空电子系统的快速原型仿真环境研究、机载无衍射光瞄准跟踪技术基础研究等航空电子技术方面取得了一系列的突破。

## (七) 人机与环境工程

人机与环境工程对于保障飞行员在安全、高效、健康、舒适的状态下完成既定的任务,将飞机的技术性能最大程度地发挥出来具有重要作用。2005年,我国完成了飞机综合环境控制技术——蒸气压缩制冷循环及其关键部件研究、热/能量管理系统动态特性研究、人椅系统弹射过程运动轨迹与姿态仿真、飞机驾驶舱作业工效设计与评价等重要研究课题。

## （八）航空材料

航空材料技术主要研究航空材料的组织成分、合成方法、加工性能和使用性能,在航空产品的发展中占据重要地位。2005~2006年,我国在树脂基复合材料、先进铸造高温合金、粉末高温合金、钛合金技术等方面都取得了显著进展。

## （九）航空制造

航空制造技术对实现设计要求、保障产品性能、延长使用寿命、降低全寿命成本具有决定性的作用。2005~2006年,我国研制成功喷丸成形支线客机超临界机翼壁板,树脂基复合材料构件制造技术取得了快速发展,突破了在航空结构上单一应用弧焊技术的局面,高能束流焊接、激光焊接等得到应用,柔性制造技术取得初步成果。

## 二、航空科学技术的国内外差距分析

经过55年的发展,我国在航空科技领域取得了令人瞩目的成绩。但是与世界发达国家相比,航空产品、航空技术和科研能力都存在比较大的差距。

### （一）飞行器设计

在战斗机方面,我国的“歼十”战斗机属第三代战斗机,与美国的F-22、F-35相比,在技术水平上相差一代;在运输机方面,我国只掌握中小型运输机技术,还没有掌握大型和超大型运输机技术;在直升机方面,我国掌握了轻小型直升机的设计、生产技术,还缺少重型直升机。此外,我国在倾转旋翼机、变体飞机、高超声速飞机方面,仅做了少量的理论研究,在跨专业综合和多学科优化方面,我国还基本上处在理论研究和演示验证阶段,缺少足够工程经验和相关数据的支持,在虚拟设计和仿真方面与国外也存在比较大的差距。

### （二）气动

在实验设施方面,我国尚没有大尺寸、高速、高雷诺数风洞,也缺乏用于民机结冰试验的冰风洞,现有的风洞试验雷诺数较小,天平精度低,严重制约了我国发展新型飞行器的研制能力。在CFD方面,我国自行开发的计算机软件没有进行充分的验证和适时集成,工程实用价值不高,不能满足设计的需求。此外我国至今还没有一架气动技术研究机,很多先进的航空技术,特别是一些基础性的技术,缺乏必要的飞行验证,无法转化为工程性应用性的成果。

### （三）结构

我国在飞机结构综合一体化设计技术方面,特别是工程应用方面明显落后于国外先进技术。在智能材料与结构、自适应变形机翼、自适应减振降噪、结构故障诊断等先进结构技术方面与国外存在较大差距。此外,我国的抗热、隔热结构设计技术、弹性结构舵面高效率设计技术仍缺乏深入的工程应用经验与技术试验验证手段。

#### (四) 飞行器推进系统

就发动机总体技术指标而言,我国“太行”发动机相当于国外 20 世纪 70 年代水平,与国外先进水平相比,大约落后一代半。

在设计技术方面,国外从 20 世纪 50 年代末至 60 年代初就采取了核心机和验证机的途径,并从 20 世纪 80 年代后期进入了以计算流体力学和计算固体力学为基础的预测设计阶段。而我国基本上还处于参照国外已大量装备的发动机,结合部分预研成果,主要通过试验进行设计的传统方法阶段,尚未走完一个从部件研究—核心机—验证机—型号研制的全过程。

#### (五) 飞行控制

在飞控系统产品方面,目前国产战斗机上装备的主要是自动驾驶仪、增稳和控制增稳系统,只有少量第三代战斗机上装备了模拟式或者数字式电传控制系统。

技术开发方面,许多国外早已形成装备并投入使用的技术(例如自动着陆功能、自动地形跟随/回避系统、直接驱动式作动器、电传动力作动器等)在国内尚处于预先研究或者工程样机研究阶段;国外已试飞验证的技术(例如光传飞控技术、短距起降技术等),在国内尚处于概念研究或原理性系统仿真阶段。综合控制技术方面目前尚未有明确的研究方向和结合我国实际情况的开发途径。此外,我国飞控系统产品的可靠性指标比国外产品差,国内尚未建立规范和有效的飞控系统软件验证与确认(V&V)方法。

#### (六) 航空电子

我国相控阵雷达技术在 T/R 组件的小型化、全频段、可靠性方面与国外尚存在一定差距。在机载 SAR 方面的差距,主要体现在连续稳定成像和高分辨宽测绘带成像方面。在光学设备,特别是红外信息获取系统方面,第二代扫描型焦平面成像器和凝视型焦平面成像器技术在国外已经进入工程应用阶段,而国内还处于起步阶段。此外,我国在航空通信系统、无线电导航系统、电子侦察和电子攻击系统、故障诊断与自动测试系统、敌我识别系统、总线技术、传感器综合技术等方面,与国外也有明显的差距。

#### (七) 人机与环境工程

在环控系统方面,航空发达国家已经开始发展多电飞机的环控系统,以机载能源的综合利用和全机热管理为设计思想,进行发动机系统,电源系统,液压系统,环控系统,防冰系统等的技术融合和优化。相比之下,我国飞机环境控制系统技术路线独立,综合化程度较低。此外,我国在驾驶舱人机工效评价方面和航空供氧抗荷与个体防护装备方面与国外也存在较大差距。

#### (八) 航空材料

国外先进军用和民用飞机中钛合金和复合材料的用量有明显增加的趋势,而我国机体结构材料钛合金和复合材料用量远低于国外同类机种的用材水平,反映出我国在新型

结构材料的材料工程化应用、构件制造以及设计技术等方面基础很薄弱。此外,我国对材料表征评价、缺陷检测、环境行为、结构成分精确测定、失效分析等物理冶金和力学冶金的基础性研究支持不够,缺乏系统的航空材料和热工艺基础性数据及通用性规范。

### (九)航空制造

我国对关键制造技术预先研究和预研成果的工程化研究和推广应用重视不够,导致我国航空制造技术基础薄弱,缺乏基础性、机理性研究,导致关键技术与相关技术不配套。此外,我国数字化设计制造技术已经开始应用,但企业的生产组织、管理模式仍采用传统的管理方法,没有进行必要的流程再造,制约和影响了新技术的应用效果。

## 四、未来发展建议

### (一)继续加大政策支持力度

航空技术是关系到国家安全和可持续发展能力的综合性高技术。具有投资大、风险高、发展周期长、辐射面广的特点,完全依靠企业无法实现航空科技的快速可持续发展。政府在航空科技的发展方面必须发挥应有的作用。

### (二)加强行业管理和顶层规划

航空科技涉及多个专业,参加研究的单位和组织机构也很多。从国际发展的趋势看,航空工业正在向大型化、集中化大方向发展。在这种情况下,必须加强行业管理和顶层规划。

### (三)集中国家力量,确保大飞机的商业成功

航空科技的发展需要一些重大项目的带动,只有这样,才能走完航空科技从理论研究、试验到工程应用的完整过程。大飞机项目对促进我国航空科技的发展具有重要意义,但是必将会面临来自国外的巨大竞争压力。要集中国家力量,确保大飞机的商业成功。

### (四)加强产学研结合,促进科研成果的工程化

由于条件限制,我国有不少具有较高创新性的研究成果还停留在理论和实验室研究阶段,没能实现工程化。政府应通过政策导向促进产学研结合,并加大对中间试验和工程化的投入力度,促进科研成果的转化。

### (五)加强基础能力建设

开展航空科学技术研究,离不开完备的试验、测试和仿真手段。目前,我国航空科研设施的改造费用大都随具体产品任务一同安排,如果没有产品任务,科研设施往往长期得不到改善。这对我国航空科研工作产生了严重影响。建议政府加大对重点实验室、工程研究中心和大型试验设施等基础建设的支持力度。

## (六) 加强前沿技术的探索研究

如果没有前沿技术的探索研究,就不会有原创性的新技术产生。但是,前沿技术具有知识新、内容广、淘汰率高的特点。为了将有限的经费用在最重要的前沿技术开发上,必须加强航空前沿技术的分析论证研究,从而提高探索研究的成功率。

# 第十六节 冶金工程技术

冶金工程技术学科是工程技术学科中的重要学科,它是冶金工业,尤其是钢铁工业发展的基础和保证。

现代冶金工程技术学科在我国钢铁工业高速发展中努力创新,支持了钢铁生产流程的优化和符合循环经济基本原则、符合人类生活可持续发展的要求。

我国现代冶金工程技术学科新世纪主要发展是:提出了可循环钢铁生产流程工艺与装备新理念;利用现有生产装备在优化工艺技术的基础,实践高洁净、高均匀性和超细晶理论,经济高效地批量生产高强韧性钢材;大大促进了薄板坯连铸连轧紧凑流程工艺与装备技术的发展。从总体上可以认为,我国冶金工程技术学科的自主创新能力有了很大提高,已取得的创新成果中,不少已达到国际先进或领先水平,成为我国钢铁工业优化与发展的重要标志。

下面将就冶金工程技术学科新世纪以来发展取得的新进展,与国际先进水平的对比,未来发展的目标、研究方向和重点分别进行论述。

## 一、中国冶金工程技术学科的新进展

### (一) 具有较广泛综合性的学科新进展

#### 1. 提出可循环钢铁生产流程工艺与装备新理念,这一理念是学科发展最重要的进展

中国钢铁工业高速发展的同时,提出了 21 世纪应重点发展怎样的新一代钢铁生产流程的命题。钢铁工业是流程工业,流程的优化是钢铁工业整体优化的基础和保证。本学科的专家们研究了钢铁流程功能优化、钢铁生产在循环经济中的作用和责任、环境与能源结构对钢铁生产制约及推动钢铁流程优化的作用等问题后,明确提出了钢铁企业要集产品制造、能源转化、社会废弃物再资源化三大功能于一体为主要内容的新一代钢铁制造流程新理念。目前这一理念正在不断完善,把重新构筑全新流程作为重点,对现有企业的改造和新建钢厂的设计都有很好的指导意义。目前已纳入国家中长期科学和技术发展规划纲要及“十一五”国民经济和社会发展规划纲要。首钢京唐钢铁公司就是力图按照这一理念建设的全新型钢铁生产流程。

## 2. 率先实现优质、低耗、高效的超细晶钢产业化生产

利用生产高洁净钢、高均匀性和超细晶粒的理论和新技术,利用现有钢铁生产装备,开发出低成本批量生产高强度韧性钢材的系统技术,是冶金工程技术学科发展最主要的新进展之一。

2004年,根据研发成果出版的《超细晶钢》一书获2004年中国图书奖,这本书汇集了超细晶钢的研发成果,是这一研究创新与优化的集中体现。据不完全统计,从2000~2006年,我国共生产和使用超细晶钢达1 000万t,产值在300亿元以上。获国家科技进步一、二等奖共两次,省部级奖5项,中国材料学会二等奖1次。合理选择细晶粒度(3~5 $\mu\text{m}$ )而不是小于1 $\mu\text{m}$ 是区别于世界其他先进国家的研究发展新思路,使我国成为世界上首个利用现有装备批量生产具有超细晶粒特征的高强韧性钢材的国家。

## 3. 薄板坯连铸连轧紧凑流程工艺技术与装备

中国迅速引进处于钢铁业前沿科技领域的薄板坯连铸连轧紧凑流程工艺技术与装备,并进行技术消化吸收再创新,取得了显著的成绩。

薄板坯连铸连轧是一项跨多个分学科的综合学科新技术,是近终形连铸连轧技术中最早实现产业化并迅速发展起来的全新紧凑型流程。我国在已有研发的基础上,在多条引进生产线上进行了引进技术消化吸收再创新的工作。2005年和2006年这一全新流程的生产能力和产量都已居世界首位,并在生产高效化、产品高档化、装备与相关技术自主开发等方面取得了重大进展,使我们国家在这一高新技术领域中跻身于世界先进的行列。

(1)开发了稳定高效的系统生产工艺技术,使我国在日产、月产和年产水平及作业率、事故率等主要技术经济指标上居世界先进水平。

(2)已开发应用冶炼—精炼—薄板坯连铸—热连轧—冷轧—涂镀层板等贯通全流程的系统优化技术。

(3)发挥与传统流程相比生产薄规格钢带卷优势的技术已日趋完善。

自主开发了核心装备与相关材料设计、制造、应用的系统技术。实现了这一学科领域的技术输出。这项综合多个分学科成果的前沿科技成果大大提升了我国冶金工程技术学科在世界上的水平与地位,成为学科技术最新发展的重要标志之一。

除了上述三项最重要的进展外,冶金工程技术学科的各个分学科还取得了许多新进展,分述如下。

## (二)各分学科发展的主要进展

### 1. 冶金物理化学

(1)溶液(及相图热力学)理论与冶金熔体性质的测定,主要包括溶液的新一代几何模型到质量三角形模型;研制测定钢液成分的新型固体电解质和新型化学传感器;开展国际合作开发直接用于钢铁冶金预报炉渣黏度、活度、硫化物容量的软件 ThermoSlag,成果与国际先进水平同步。

(2)提出可控氧流冶金学,指导开发冶金新工艺、新方法。



(3)材料物理化学在功能性耐火材料研究中的新进展,包括在科学的成分设计和工艺设计下,开发研制出如  $MgAlON-BN$  等先进耐火材料。

(4)环境保护及绿色冶金,主要在电镀液处理和铬铁矿提铬上有新成绩。

(5)冶金电化学、资源综合利用。

## 2. 冶金反应工程

冶金反应工程分学科 21 世纪以来也有新成绩:

(1)完成了《冶金反应工程》丛书(共 21 卷)的出版工作。

(2)召开每 2 年 1 次的冶金反应工程学术年会。

(3)各专业学术会议中冶金反应工程学术论文发表日益增多。

## 3. 冶金原料与预处理分学科

这个分学科中主要进展有如下三个方面:

(1)铁矿深凹露天高陡坡安全高效开采与汽车—胶带半连续高效运输系统理论和技术进入世界先进的行列。

(2)贫磁(赤)铁矿选矿技术达到国际领先水平。

(3)铁水预处理各类技术和研究取得长足进步。

## 4. 冶金热能工程分学科

(1)各工序都研发与应用了充分利用废气余热预热燃料与助燃空气(双预热)的技术,以使低热值煤气获得高附加值利用。

(2)以减轻环境污染为目标的低  $NO_x$ 、低  $CO_2$  高效燃烧理论与技术结合蓄热式“双预热”等工艺不断扩大应用范围。

(3)各类冶金余热、余压、余能利用的理论和技術也在中国得到充分发展。

(4)行业已开始对能源消耗的统计计算方法进行调研与规范。

(5)冶金分析技术在快速、微量、高精度等方面有了新的发展。

## 5. 钢铁冶金分学科

钢铁冶金分学科和轧制分学科是冶金工程技术学科中有关主生产流程的重要分学科,其发展是钢铁科技创新最重要的内容。

(1)烧结、球团、高炉、转炉、电炉、精炼炉大型化、高效化技术开发与应用取得新成绩。

(2)高炉高效长寿系统技术达到新水平。到 2006 年,我国已拥有一批炉龄达到 15 年的高炉,而且在—代炉龄期内有效容积产量  $\geq 13\ 000\ t/m^3$ ,实现了高效化,使我国在这一技术领域中进入了世界先进行列。

(3)高炉喷煤技术优化有新成绩。

(4)非焦、非高炉炼铁技术开发和应用有新进步。

(5)转炉溅渣护炉全程复吹长寿优化技术世界领先。

(6)转炉智能化终点控制技术不断优化。

(7)电炉强化冶炼与电气运行合理化技术有了新进展

(8)高效钢水真空与非真空精炼技术开发成功。

(9)高效连铸优化技术和电磁连铸技术有新突破。

- (10) 氮化钒合金生产全新工艺流程创新。
- (11) 炉料全预热铁合金生产新流程投入使用。
- (12) 铁合金精炼成型等新技术开发有突破。

## 6. 轧制分学科

轧制学科技术开发在优化与高效生产板带技术,优化产品结构方面有很大进步。

- (1) 微合金高性能钢材生产技术具有自主的特色。
- (2) 汽车用钢已可整车供钢。
- (3) 高级别的高强度石油管线钢、石油套管钢、钻杆用钢均可国内供货,性能达到了国际先进水平。
- (4) 铁道用钢基本满足要求,达到国际先进水平。
- (5) H 型钢生产系统工艺技术跻身世界先进行列。
- (6) 冷轧电工钢的开发进展迅速。
- (7) 不锈钢技术有重大突破。
- (8) 轧制学科在控轧控冷,尤其是一些品种的超高速冷却技术开发方面也有进展。新一代炉卷轧机的装备和技术已在韶关、南京等厂进行完善和再开发。

## 7. 冶金机械与自动化分学科

我国冶金设备制造及自动化技术,在设备大型化、数字化与智能化控制,设备在线监测与维护等方面都取得了突出的成绩:

- (1) 轧机成套技术立足国内的研究开发有重大突破;
- (2) 冶金自动化技术与装备迅速进入世界先进行列;
- (3) 冶金设备电力传动变频技术全面达到国际先进水平;
- (4) 我国大型钢铁联合企业在国内外首次提出并实施关键设备的万点以上在线监测与控制,几年来的运用效果良好。

### (三) 近几年来冶金工程技术学科的科技学术活动、科技论文和科技著作不断增加,是学科发展繁荣的有力证明

本学科年论文总数超过 15 000 篇,充分反映了学科研究发展的广泛性。

### (四) 数百项成果分获冶金科技奖和国家科技进步奖

学科发展水平的另一个标志就是成果荣获冶金科技奖和国家科技进步奖、发明奖。2001~2006 年,有数百项成果分获冶金科技奖和国家科技进步奖。

## 二、与国际先进水平的对比分析

### 1. 我国冶金工程技术学科近几年发展与创新成果

我国冶金工程技术学科近几年发展创新成果有部分达到了国际先进水平;有的属国际独创、领先水平;学科发展与繁荣在世界同类学科中是较为突出的。这是我们继续发展的强有力的保证。

## 2. 学科发展与国际先进水平的主要差距

学科发展与国际先进水平的主要差距表现在四个方面:

(1) 前沿科技自主开发创新能力及成果产业化程度不如国外先进企业。

(2) 已自主开发成功的关键装备与技术有的系统性不够全面,有的产业化后应用不够稳定,技术经济指标方面与同类国际技术装备尚有一定的差距。

(3) 我国大、中、小企业落后与先进技术装备并存的局面,已成为先进技术应用及优化的重大“瓶颈”。这种情况如不改变,将严重影响学科的发展。

(4) 科技创新总体投入强度偏低,严重影响成果水平推广及产业化进度。

## 三、学科发展的主要方向和重点

总的方向是要瞄准世界发展的最高水平,全面提升学科发展的档次和成果产业化的速度,在 10~15 年内争取引领冶金工程技术的创新与发展。实现这一发展方向和目标,必须抓好以下重点。

### (一) 首要任务是实践并完善、优化可循环钢铁流程工艺与装备的理念和技术

(1) 必须充分重视薄板坯连铸连轧紧凑流程的优化技术开发:①贯通从冶炼到冷轧及其延伸产品涂镀层钢材的整个生产过程;②努力发挥生产薄规格热带卷(尤其是以热代冷带卷)的优势;③大力试验与完善铁素体轧制和半无头轧制先进技术;④全面实现装备与相关材料的自主设计、制造、开发及应用;⑤继续提高以高浇铸速度、高作业率、高效率、高质量为主要内容的高效化稳定生产技术水平,使 2~3 年后我国在薄板坯连铸连轧领域中处于世界最高水平。

(2) 大力开发各工序在可循环钢铁流程中协调一致的各项界面技术和高效化生产技术,确定最佳目标,便于流程的整体优化。

(3) 加快研究能源有效转化和社会废弃物再资源化的各项技术,并首先在现有企业中应用。以在新流程钢厂投产之初即可应用。

(4) 开发与其他行业互为废弃物再资源化利用的衔接技术,真正建成以钢铁为中心的生态工业园区。

### (二) 把产品创新摆到钢铁科技创新最重要的位置上

企业一切科技创新成果,最终都要凝聚到成本和性能最具竞争力的产品生产上来。因而这就是冶金工程技术学科创新首要任务。

### (三) 充分关注前沿技术的应用基础研究及 21 世纪主导科技对其的影响

(1) 应用基础研究的研究开发重点:①新型熔融还原应用基础理论的开发;②  $H_2$  还原理论与技术的研究;③各类近终形连铸理论和技术的研究。

(2) 21 世纪将起主导作用的纳米科技、生物工程科技优化冶金工程技术学科的有关问题研究。

## 第十七节 化学工程

化学工程是以化学、物理、生物、数学的基本原理为基础,研究化学工业以及其他相关过程产业中所进行的物质转化、物质形态和物质组成的改变及其所用设备的设计、操作和优化的共同规律的一门工程学科。化学工程学科经历了单元操作、“三传一反”为特征的两个发展阶段。自 20 世纪末以来,随着人们对生态环境的要求日益严格,为同时满足市场对产品特定性能的需求以及社会和环境对生产工艺的制约,必须发展一个针对不同时间和空间尺度范围内多学科、非线性、非平衡过程和现象进行系统集成的系统方法。有学者认为时空多尺度是新发展阶段本质特点。

化学工程应用领域既是国民经济建设与社会发展的重要工程领域,又与信息、生物、材料、计算机、资源、能源、海洋、航天等高新技术领域相互渗透,推动高新技术的发展。化学工程发展至今,基础理论已经非常完善,学科发展重点在于应用化学工程理论满足国民经济和社会发展的需求。

经过认真思考和分析,产业界认为近两年化学工程学科的进展仍然集中体现在以“三传一反”为核心的传统研究领域,但通过与计算科学、材料科学等学科的相互交叉与渗透,在传统的化学工程研究领域引入新的研究方法和新材料,使化学工程学科取得了多方面的进展,而这些进展尤其体现在近两年的一系列重大产业化成果上。

### 一、成果回顾

我国化学工程学科相关产业界、学术界和工程界携手合作,通过多年持续不断的协力攻关,取得了多项关键性技术突破,实现了多套化工装置的大型化和国产化,取得了一批具有自主知识产权、达到国际领先或先进的技术成果。如 ①己内酰胺技术;②乙烯生产技术;③多产异构烷烃的催化裂化技术(MIP);④芳烃联合装置生产技术;⑤乙苯/苯乙烯生产技术;⑥聚丙烯技术;⑦双向拉伸聚丙烯(BOPP)技术;⑧生物质乙醇/乙烯技术;⑨煤化工(煤气化/甲醇反应器/甲醇制烯烃(MTO));⑩大型聚酯工程。这些成果有力地促进了化学工程学科的进展。

#### (一)重点领域技术取得了突破性进展,一批成果达到世界领先水平

我国研制成功大比表面积非晶态镍合金催化剂。该催化剂具有优异的低温加氢活性,且磁性正好能满足磁稳定床的要求,由此解决了均匀磁场放大和线圈长周期安全运转的技术难题;据此开发了磁稳定床己内酰胺加氢精制新工艺,建成一套 6 000 t/a 的工业示范装置和两套 250 kt/a 工业装置,空速为一般固定床的 20~30 倍。与釜式反应器相比,使用新工艺的这套装置的杂质加氢脱除效果提高了 3~5 倍,催化剂耗量降低了 50% 以上,动力消耗也大为减少,使我国在国际上首次实现了磁稳定床反应器的工业应用。

我国发明了一种由非贵金属和特殊的高硅沸石组成的新型分子筛催化材料,用于甲苯歧化和烷基转移制二甲苯,具有抗水、耐结焦和处理高碳十芳烃含量的能力,在高负荷

和高转化率下仍具有高选择性、高稳定性的优点；开发了具有锥型挡板的新型气体预分布构件的大型轴向固定床反应器，使大型轴向反应器气流更加均匀；开发了分馏系统全热集成技术，较大幅度地降低了甲苯歧化装置的能耗；首次在国内的甲苯歧化装置中应用了高效焊接板式换热器，充分回收反应产物的热量。该技术主要技术经济指标达到国际领先水平。催化剂和成套技术在国内的新建和改扩建市场占有率 100%，同时，还推广到海外市场，成套技术和催化剂已成功用于国外装置的建设。

我国致力于自主开发具有自主知识产权的己内酰胺生产新工艺。进行了环己烷氧化新工艺、环己酮氨肟化工艺、环己酮肟气相重排工艺、己内酰胺精制新工艺等各个单项技术的开发，已获得突破性进展。

## (二) 成套技术集成再创新取得重大进展

乙烯工业是化工技术高度密集的生产过程，因此乙烯工业的发展水平历来被看作是一个国家石油化工发展水平的代表。我国开发了一批具有自主知识产权的关键设备技术、关键工艺技术和先进控制技术。包括 CBL-IV、SL-I 型大型裂解炉、大型球罐、裂解气压缩机、丙烯压缩机、乙烯压缩机和冷箱；关键工艺技术的代表成果包括新型二次注汽技术、分凝分馏塔技术、 $C_2 \sim C_3$  选择性加氢技术、 $C_3$  催化精馏加氢技术和裂解汽油加氢技术，先进控制技术等。大型乙烯装置核心装备及技术的国产化，标志着我国已基本具备采用自主技术建设 800~1 000 kt/a 乙烯装置的能力，必将推动乙烯工业的发展，提升我国的装备制造水平。

芳烃联合装置是生产苯、甲苯和二甲苯(BTX)的重要装置。我国不仅掌握了半再生式固定床重整的全部技术和连续重整的设计技术，实现了环丁砜抽提技术和 N-甲酰基吗啉为溶剂的抽提精馏技术的工业化应用，而且通过采用新型催化材料开发的甲苯歧化和烷基转催化剂，具有优异的性能，并研制了具有锥形挡板的大型轴向固定床反应器，通过采用精馏系统的完全热集成技术，大幅降低了能耗。在异构化单元开发成功了临氢和非临氢两种催化剂和高效非临氢催化工艺 RIX；在吸附分离单元开发成功了 RAX-2000 A 型芳烃吸附剂，替代了进口吸附剂。催化重整、芳烃抽提、二甲苯分馏、甲苯歧化、吸附分离、二甲苯异构化等关键技术的开发成功，形成了具有自主知识产权的芳烃联合生产技术，对推动我国芳烃工业发展、降低生产成本具有重要意义。

我国开发成功了具有自主知识产权的分子筛法合成乙苯、乙苯催化脱氢制苯乙烯大型成套生产技术。采用新型分子筛催化材料代替  $AlCl_3$  实现了乙苯的清洁生产。在苯乙烯成套工艺中研制了大型二维流动的轴径向反应器和大型蒸汽过热炉；开发了苯乙烯低温精馏工艺和焦油绝热闪蒸回收苯乙烯新技术等。

我国开发成功了丙烯氨氧化制丙烯腈成套技术。该成套技术主要技术经济指标达到国际先进水平，已用于国内丙烯腈装置建设和扩能改造，取得了较大经济和社会效益。

我国开发出了具有自主知识产权、以新型氧化反应器与先进的氧化工艺为核心的 PTA 成套技术，可使 PTA 新建项目总投资比引进装置节省 15%~25%，能量消耗比目前引进的 PTA 装置节省 20%以上，物耗与最新引进装置的指标相当。

我国开发成功了以改性离子交换树脂作为催化剂的树脂法双酚 A 生产成套技术，在

流程组合及化工单元技术的开发等方面取得突破,已用于工业装置建设。

我国开发研制了具有自主知识产权的大化肥核心技术与成套设备。实现了首套以煤为原料的大化肥装置国产化,标志着我国从此告别了大型化肥装置主要依赖进口的时代。

渣油加氢处理技术主要用于加氢处理中东劣质含硫渣油,最大量生产汽、柴油,同时脱除渣油中硫、氮等杂质,减少环境污染,用作低硫燃料油,或作为催化裂化过程进料。我国开发成功渣油加氢处理成套技术(S-RHT)。应用 S-RHT 成套技术设计建造的 2 000 kt/a 工业装置运行和标定结果表明,各项技术性能达到国际先进水平,实现了我国含硫原油加工技术的突破,填补了国内空白,为加工进口高硫劣质原油提供了技术支撑,具有良好的社会效益。

### (三) 化工装置大型化取得了进展,部分领域达到世界先进水平

我国已经可以开发 100 kt/a 以上裂解炉;大型乙烯裂解炉设备材料的国产化率达到 95% 以上。大型“三机”、冷箱、储罐已经可以国产化。

我国开发成功低压甲醇合成工艺的关键设备:气固相均温型甲醇塔。高效节能,主要技术指标达到国际领先水平,具有较强的国际竞争能力。目前已完成国内最大 300 kt/a 均温型甲醇合成反应器的工程设计。

大型高效搅拌槽/反应器项目是近年我国在化工领域取得的重要成果之一。我国开发了适合于不同工艺过程要求、具有自主知识产权的大型高效成套搅拌槽/反应器技术软件,为大型高效搅拌槽/反应器成套技术及装备的工业应用奠定了坚实的基础,扭转了我国关键的大型搅拌槽/反应器长期依赖进口的局面。该项目技术总体上属国际先进水平,在某些应用领域达到国际领先水平,已为近 50 家企业提供了 500 多台/套的搅拌槽/反应器成套装置,并已向国外出口了多套装置,有力地提高了国际竞争力,取得了显著的经济和社会效益。

我国在大型精馏塔中采用高效规整填料的技术发展取得较大成就。开发的新型系列波纹填料与相应型号的传统规整填料相比,在不增加能耗的前提下,分离效率、通量等技术指标均显著提高,使我国的规整填料技术达到国际先进水平。已在石油化工、炼油、空分以及精细化学品的分离和纯化等领域得到广泛应用,精馏塔器已超过 6 000 座,取得了巨大的经济效益和社会效益。

### (四) 化工清洁生产技术研究进展良好,一批绿色工艺得到工业应用

我国开发成功分子筛法合成乙苯、异丙苯工艺,消除了以往采用三氯化铝或固体磷酸作为催化剂工艺存在的腐蚀和污染问题。已用于国内装置的扩能技术改造。国内乙苯、异丙苯生产已全部实现清洁生产,取得了良好的经济效益和社会效益。

为满足日益严格的环保法规要求,我国提出了生产满足欧Ⅲ排放标准汽油组分兼顾多产丙烯的催化裂化技术(MIP-CGP)、渣油催化裂化(RFCC)与催化汽油加氢脱硫异构降烯烃(RIDOS)工艺的组合、多产异构烷烃的催化裂化工艺(MIP)或 MIP-CGP 技术和汽油全馏分选择性加氢脱硫(DS)的组合等清洁汽油生产的基本途径。

我国还开发了生产低硫、低芳烃柴油的单段加氢技术 SSHT、两段法柴油深度脱硫脱

芳 FDAS 技术、提高柴油十六烷值的 MCI 和 RICH 技术、中压加氢改质的 MHUG 技术和中压加氢裂化 RMC 技术等。采用该系列技术,我国已有能力生产达到欧Ⅲ和欧Ⅳ排放标准的优质柴油。

### (五) 聚合物生产装置大型化取得了突破

我国开发成功以环管反应器和催化剂为核心的聚丙烯工艺成套技术。采用该技术设计建成了多套 200 kt/a 和 300 kt/a 规模的大型聚丙烯装置。

我国开发成功五釜流程(两段酯化、二段预缩聚、一段终缩聚)聚酯工艺技术和三釜流程聚酯技术,实现了国产化聚酯装置的大型化、系列化及柔性化,最大规模已达 200 kt/a,产品质量优异,各项技术经济指标达到国际先进水平。

气相流化床工艺是生产线型低密度聚乙烯(LLDPE)最广泛使用的工艺,世界新建 LLDPE 装置 70% 以上是采用气相法工艺。我国开发了冷凝工艺的急冷—闪蒸联合切换技术、导流器的新结构以及流化质量的声发射监控技术。有力支持了国内气相法聚乙烯冷凝工艺的工业应用。目前,国内主要气相法聚乙烯装置均已普遍采用冷凝工艺技术。

### (六) 以替代石油资源为目标的煤化工技术进展良好

煤气化技术是发展煤基化学品生产、煤基液体燃料(合成油品、甲醇、二甲醚等)、先进的 IGCC 发电、多联产系统、制氢、燃料电池、直接还原炼铁等过程工业的基础,是这些行业的公共技术、关键技术和龙头技术。我国开发了新型(多喷嘴对置)水煤浆气化炉,现已成功用于 300 kt/a 合成氨的气化装置、24 kt/a 甲醇和 80 MW IGCC 发电的气化装置,最大单炉日处理煤量 1 000 t。工业运行表明多喷嘴对置式水煤浆气化装置具有开车方便、操作灵活、负荷增减自如、自动化程度高等优点,整个气化系统运行状况稳定,主要工艺指标与操作灵活性优于引进的水煤浆气化装置。

由煤或天然气经甲醇制烯烃(MTO/MTP)是目前重要的  $C_1$  化工技术,是以煤部分替代石油生产乙烯、丙烯等产品的核心技术。我国已经建成了世界首套万吨级甲醇制低碳烯烃(DMTO)工业试验装置。在此次工业试验成功的基础上,我国将建设甲醇进料规模为 600 kt/a 的工业示范装置,并进一步建设进料规模为 2 400 kt/a 的工业装置。

我国自主开发了以煤、天然气为原料合成气制合成油(CTL/GTL)的工艺。完成了 2 000 t/a 规模的间接法工业试验,并进行了多煤种直接液化法技术的研究开发。

### (七) 生物化工取得了一批产业化成果

生物化工技术的飞速发展使生物质制乙醇的生产成本大幅度降低,为开发大型乙醇脱水制乙烯技术及装置提供了可能性。

我国采用全流程模拟仿真技术及热网络集成技术实现了复杂精馏系统的完全热耦合集成,不仅实现了系统内冷热流股之间的热耦合利用,而且通过合理分配精馏塔的操作压力实现了精馏塔之间的完全热耦合集成,大幅度降低了精馏过程的能量消耗。

我国开发成功氧化铝催化剂、等温列管式反应乙醇脱水制乙烯工艺技术,已成功地应用于多个工业装置。

我国在发酵过程的优化与放大研究过程中,提出了全新的发酵过程多尺度研究的工程学方法,开发了专门用于发酵过程优化与放大研究的生物反应器,以检测表征细胞宏观代谢流特性的各种参数。在此基础上,建立了宏观细胞代谢流检测的方法,应用细胞微观代谢特性与宏观代谢流之间的相关分析方法,完善和建立了工业发酵过程优化和放大的理论,这套工程、装备、工艺一体化的研究思路在包括红霉素、金霉素、鸟苷、基因工程疟疾疫苗等在内的 10 多项产品的工业规模推广中取得成功,极大地提高了生产效率,产生了巨大的经济效益。

我国开发成功高活性的脲水解微生物,成功地培育了高产酶量的优良微生物菌种,探索成功了一整套高产、高效的产业化技术路线,微生物法生产丙烯酰胺的技术达到国际先进水平。目前该技术已被用于建立万吨级的生产装置。国内共有 10 多家丙烯酰胺生产企业,全部采用微生物法,总产能约 350 kt/a,实际产量超过 200 kt/a。

我国生物法 PDO 的研究处于国际领先水平。以甘油为原料采用二步发酵法生产 PDO,拥有完全自主知识产权。成功进行了 500 t/a 规模的工业性试验,为微生物法发酵生产 1,3-丙二醇的工业化提供了经济可行的工艺路线。“十一五”期间计划建成万吨级的 1,3-PDO 生物合成装置。

## 二、前景展望与建议

未来 5~20 年内,我国化学工程学科发展的目标是:以满足我国国民经济持续高速发展所需的科学技术为核心,以构建和谐所需系统要求为目的,重点发展面向产品工程的时空多尺度体系;通过强化智能操作和建立过程控制的通用方法提高选择性和生产率;基于科学原理,开发新型过程强化生产方法设计新颖的设备;通过计算机化工模拟和生产过程模拟,实现过程工艺技术和设备的放大。

可以预见,随着化学工程学科的不断进步和发展,必将带动和促进化学工业的进一步发展。学科进步与产业发展互相推动,将使化学工业能够更好地满足国民经济建设和人民生活水平不断提高的需要。随着化学工程学科与其他学科之间的交叉和渗透不断加强,以“三传一反”为核心的化学工程理论体系将会进一步得到拓展,并有可能构建起新的理论体系分支。同时,我国的化工人才队伍也将在学科进步和产业发展的过程中得到进一步的锻炼并逐渐壮大,进一步推动学科进步和产业发展,使我国化学工程学科和化学工业的整体水平进一步提高,整体步入世界先进行列。

要实现国民经济的可持续发展,我国化学工程界还需要尽快解决一系列的关键技术问题。

(1) 解决重点领域的新型催化与反应工程技术问题,尤其是要尽快解决 MTO/MTP 及煤液化技术领域的相关问题。

(2) 要开发温室气体减排及综合利用技术,提高温室气体的综合利用水平,尽快将温室气体的排放量降到较低水平。

(3) 要加快生物物质的化工利用技术的开发,减轻国民经济发展对能源和环境的压力。

(4) 通过新工艺路线的开发,促进低附加值资源的综合利用。

(5) 加强过程强化技术的研究与开发。



(6)开发实用型清洁生产技术与节能节水技术,这是实现我国国民经济可持续发展的关键。

(7)解决煤化工与石油化工一体化技术的难题,实现跨产业链的对接集成,提高化工装置的集成水平。

(8)要发展以产业链为核心的系统工程技术,实现产业级别的系统优化。

(9)尽快建立和完善化工装置和产品的安全检测评价体系,确保化工过程的环境安全、生产安全和产品安全。

(10)大力发展大型化工装备先进制造技术,尤其是烯烃、芳烃和合成氨生产过程中的大型关键设备的制造技术。

根据新世纪化学工程学科的发展趋势,建议在今后一个时期内,重点关注以下十个学术研究领域。

(1)以催化为先导的原子经济反应。

(2)时空多尺度理论。

(3)活性位可控的新型催化材料。

(4)强化差别的新型质量分离剂和能量分离剂。

(5)高效生物催化剂。

(6)生物可降解环境友好产品技术。

(7)微化工技术。

(8)系统工程与信息技术。

(9)分子模拟与设计以及分子模拟与流程模拟、流体力学模拟相结合的跨尺度模拟技术。

(10)生态演变模型。

要实现这些关键领域的快速突破,在科研管理上应采取相应的措施。首先是要更加重视化学工程学科的发展,走国际化之路;其次是对重大项目实行联合攻关,并实现以产业界为核心的产学研的有效结合;第三是企业要加大科研投入,力争成为技术开发和转化的主体;最后是要加强创新型人才的交流与培养。

## 第十八节 土木工程

### 一、土木工程学科发展的回顾与评价

#### (一)良好的发展机遇

在一个国家中,某一工程学科的发展水平,不仅取决于以往的积累,更重要的是看社会的需要。随着国家经济持续快速发展,我国已成为世界上建筑业最活跃与最繁荣的地区,建设规模和速度位居世界前列,有着相当规模的高坝水库、大型港口、高速公路、大跨度的桥梁和高层大跨建筑都陆续在中国出现。

根据国际上、特别是亚洲一些国家和地区发展的规律统计,一个国家的人均收入增长从缓慢到加快的转折点大约在城市化率(城市人口占总人口的比例)约为30%。我国在1999年城市化率已达30.9%,2005年中国城市化率已达42.99%。应该充分认识到,由于中国正处在城市化加速的起点,国家和人均收入增长加快,这正是国家建设的大好时期,也正是土木工程学科发展的最好时机。这种发展背景是西方所不具备的,从学科发展讲,我们已具备在土木工程学科赶超西方先进国家的客观条件。

## (二)面临的严峻挑战

我国人口众多,给经济发展带来很大困难。西北地区与东南地区相比,人口分布密度很不均匀,平均收入可差20倍以上。我国还有2亿多的农村剩余劳动力,他们多选择进城务工和在乡镇企业就业。这几年进城务工的农民不断增加,如何在城市化的过程中保证这部分弱势群体的生活和工作权益是一个非常重要的问题,也是我国城市化的重要特点。

我国能源短缺,人均能源可采储量远低于世界平均水平。能源安全、尤其是石油安全越来越突出。以建筑业为例,目前中国现有建筑总面积400多亿 $m^2$ ,其中95%以上是高耗能建筑,单位建筑能耗比同等气候条件下发达国家高出2~3倍。中国现有建筑在使用过程中采暖、空调、通风、照明等方面消耗的能量已占全国总能耗的30%左右,建筑中不合理的高能耗已经难以为继。无可置疑,注重能源的节约已是大规模的工程建设中必须考虑的重要原则之一。

我国人口众多,赖以生存的水资源问题仍然存在。当前水利发展面临的主要问题是:江河防洪形势依然严峻,防洪减灾体系不够完善;水资源短缺导致供需矛盾尖锐;水生态环境恶化的趋势未得到有效遏制,已对我国国民经济和社会发展产生全局性影响。

我国平均受教育水平偏低。建设领域农民工总量超过4000万人,约占全国进城务工人员人员的1/3。大量的农民涌入城市从事繁重的体力劳动,而对他们的教育培训严重滞后。根据国家安全生产监督管理局的数据统计,每年建筑业发生的伤亡事故中,进城务工的农民工占伤亡率总数的95%以上。应该把对农民工的关心、教育和培养当成一件大事来抓。

在整个国家从社会主义计划经济向市场经济转轨的过程中,政府的职能亟待转变。政府要用政策引导市场,而不要代替市场去操作。目前,由于法制不健全,市场不规范,在资金转换、土地开发和企业转制的过程中出现了大量的非法经营活动。能不能杜绝此类活动不仅是事关国家法制建设的大事,也是保证我国工程技术健康发展、城市化进程顺利完成的大问题。最近外国设计的工程在我国频频施工,有些工程是在一定程度上迎合我国一些业主喜好标新立异的心理,有些在国外难以建造的方案却可以在中国中标;他们不按中国的规范,而我们又缺乏足够的科学依据去审核。这样下去,中国会变成外国工程技术发展的“试验场”,中国的建设市场也会被外国人“唱主角”(这种现象在东南亚一些国家已经出现)。这使我们在高科技领域追赶西方的同时,有可能失去在土木工程领域超越西方的宝贵机遇。

### (三)冷静的思考

工程建设最大的特点是它所涉及的技术除了其综合性外,还有很强的个性。个性是指工程建设与建设的地域、环境有非常密切的联系。工程建设技术的发展仍然要高度强调自力更生,大力依靠自主创新,如果再和国外先进技术的引进有机结合起来,就有可能实现我国工程建设技术的跨越式发展。

总结发达国家的发展历程,有许多成功的经验,无疑是我们今后发展中可以借鉴的有利条件。我国土木工程技术的整体水平,在工程实践、工程理论和工程计算方面,与国际先进水平相比都有一定的差距。当然,我们也应当看到,尽管我国经济条件和技术人员有限,在一个局部、一个部门、一个单位很难很快建立起可以与发达国家竞争的条件,但是从整个国家讲,我国整体组织起来的实力仍是可观的。如果加强统一的领导,同时做好科学的规划、选准突破点,是有条件变弱势为优势,迎接国际同行挑战的。

在认真学习发达国家成功的经验的同时,也必须注意他们许多反面的教训。例如,国外在城市的发展方面,那种在城市中建造高楼集中金融商业中心的发展模式,在2001年“9·11”事件以后,已经引起了很大的质疑。又如,国外在发展私人小轿车方面也有教训,西方发达国家无序地发展私人小轿车造成能源的低效消耗、环境污染、交通堵塞。尽管他们采用了许多高科技的管理手段,现在已开始感到最有效和最环保的还是发展公共交通,特别是轨道交通。所以,我们应该清醒地看到:在学习发达国家成功经验的同时,若能够避免发达国家已经走过的弯路,我们就完全可以实现所谓的工程“技术上的跨越”。

## 二、土木工程学科发展的趋势和特点

### (一)从单纯单体工程分析发展到对整个系统网络 and 环境的综合与控制

工程建设涉及的范围从空间域上有明显的拓宽,并且进一步考虑对整个环境可持续发展的影响。例如,国家正在调整江河防洪策略,强调在流域管理的大框架下部署防洪建设,统筹考虑防洪和抗旱问题,适度承担风险,从控制洪水向洪水管理转变,在防止水对人类的侵害的同时,也要防止人类对水的侵害,主动适应洪水、人与自然和谐的防洪战略。又如,城市防灾减灾必须扩大到全城市区域统一规划。

### (二)从单纯使用阶段的安全设计发展到工程全“生命周期”综合与决策

已往的工程设计有的仅考虑在使用阶段工程的安全,现在除了考虑使用阶段的安全,还要考虑安全以外的内容,如结构的功能能否得到保证以及耐久性问题等。对一些重大的工程,目前比较科学的做法是要将建造、使用、老化三个阶段全部综合考虑,进行全“生命周期”的可靠性管理。

### (三)从单纯依靠专一学科深化到依靠多学科的交叉

这种交叉体现在:①在层次上,工程分析的结果不足以作为工程决策的唯一依据,在此之上的系统工程、甚至社会工程也很重要;②在内涵上,化学、物理以及它们的基础——

数学都变得十分重要。

#### (四) 信息技术从全方位渗入

21 世纪是信息的时代。信息化是计算机与互联网及信息技术发展的必然结果,它包括信息技术的产业化、传统产业的信息化、基础设施的信息化、生活方式的信息化等内容。工程的进行效率有赖于工程的各相关方面大量的技术和经济信息的高效处理、交换和表达。在工程建设中,技术方面的信息化已经展示了其特有的潜力。一方面,通过信息化,可以使传统的工作效率和质量提高、成本降低;另一方面,信息化作为手段,可以使得人们实现更加复杂的工程。目前的信息技术已从工程的规划设计到工程的施工、运行管理和维护全方位地渗入,成为工程技术在新世纪发展的命脉。

#### (五) 工程材料的发展空前活跃

随着 20 世纪冷战时代的结束,大量的原来用于国防的工程材料开始在民用范围内推广,加之材料科学的长期积累,工程材料的发展空前活跃。工程材料是土木工程的基础。历史上,土木工程领域的每一个飞跃,都离不开材料的变革。国际上正期望着未来将有能提供人类大量使用的、极高效能的、符合环保的全新工程材料出现,然而从目前看,还未发现可以全面代替钢材和混凝土的工程材料。近 20 年来,我国是世界上水泥生产的第一大国,但是必须看到,生产水泥是一项耗资源高、耗能高、污染环境的行业。我国目前也是世界上第一的产钢大国,但技术升级却一直进展缓慢。2 亿吨的生产能力中,处于落后和国内一般水平的约占总生产能力的一半,而每吨钢耗能比发达国家高出 30%。可以预计,在“十一五”期间,传统材料的改性是主要的,而改性的原则仍是节约能源。

### 三、土木工程学科发展的战略重点和措施

#### (一) 土木工程学科发展的战略重点

工程学科发展战略重点的确定原则如下:①对国家 2020 年全面建设成小康社会、实现经济再翻两番有重大意义和广泛应用前景的关键问题;②能适应我国自然资源和人力资源的约束条件、充分节约能源、符合可持续发展战略的关键问题;③目前国际上十分重视且对今后学科发展预计有战略意义的关键问题。

中国正处在城市化的加速期,工程建设无疑是整个国民经济发展的主要支柱之一。尽管我们在从事着世界上最大规模的工程建设,但是应该清醒地看到,我国能源短缺,环境资源的压力不断加大;我国的能源消耗已居世界第二位,环境污染的现状还没有得到根本的改善。土木工程学科发展的战略重点应该明确为“走可持续发展的道路”,这不仅符合国家“科学发展观”的战略思想,而且符合世界发展的潮流。

应该指出,在实现可持续发展的过程中,各国面临的形势仍十分严峻。世界上耗能最多的美国至今还没有在《京都议定书》上签字。一些发展中国家存在的问题仍比较严重。应该说,在我国的工程建设领域,从科研设计到施工管理,从管理部门到学校教育,从认识到行动都还有大量的工作要做。是否真正认识到“走可持续发展的道路”是我国工程建设

领域和土木工程学科发展的战略重点?是否真正采取了一切必要的行动?这都需要认真地反思。

## (二)土木工程学科发展的措施

### 1. 健全法制系统、规范政府行为

政府部门必须充分认识工程管理的重要性及其内涵,并在法律上、学术上和工程实践上给予工程管理应有的地位,同时应该牢记,需要强化的是科学的工程管理,而不是工程管理名义下的反科学行为。政府的职能是引导、支持和促进行业的发展,应是实现宏观管理,不是微观管理;政府应当主管政策、方针、战略,而不应当代替学术机构、学会抓具体的项目。规范政府行为的关键是要健全法制系统,政府官员应依法行政。2003年十届人大通过实施的《行政许可法》是以法律的手段规范政府行为,促使政府职能转变的一个积极而坚实的步骤,但是实施至今,还需要大力加强。

### 2. 打破部门分割、统筹科学规划

我们需要有一个科学的战略规划,首先要充分重视战略规划的重要性,要强调规划的严肃性,要克服“短期行为”和“部门分割”。土木工程学科“走可持续发展的道路”绝不是哪一个部门和单位自己的事,也不是哪一个部门和单位自己可以完成的。制定科学规划本身就是一项科学工作,它应该是结合国家需求、跨部门的、注重协调发展的规划,它不应该只考虑本部门的利益,它也不应该随着行政领导的变更而随意改动。

### 3. 确保质量安全、抓紧教育培训

在确保工程质量安全方面,一般从三个方面入手,即三个E:工程技术(engineering)、工程教育(education)和法治(enforcement)。不要以为,仅仅靠检查就可以解决所有问题。从战略高度看,教育是基础。在我国工程建设领域里,工人和技师的技术考核是最不严格的,相对技术水平是最低的。面对如此大规模的建设任务,如果不抓紧教育与培训,整个的工程安全和质量就得不到切实的保障,也很难完成国家城市化建设的任务。目前,教育培训的重点是那些有大量农民工进入的经济发达的大城市和周围地区。

### 4. 加大科技投入、重视成果转化

在21世纪由于信息技术的强力推动,经济全球化的趋势越来越明显。我们要保持清醒的头脑,不要沉醉于经济增长的速度,要从战略上明确我们在世界经济浪潮中的定位。从亚洲的金融危机可以看出,韩国的汽车制造、中国台湾的芯片制造,都在一定程度上减小了他们的损失。如果我们不突出自主创新,我们就有可能在一些重要的方面沦为西方发达国家的“加工厂”和产品销售的“市场”。

我国的高等学校是国家自主创新的重要力量,特别是在基础研究方面,更是主力。目前,我国的高等学校尽管有一些研究成果,但在成果的转化渠道总是不通畅。其原因,一方面是高校的科研人员在重视成果转化方面的意识差;另一方面,一些部门领导参与决策,迷信“外国货”、忽视对自己知识产权的保护。

### 5. 抓紧信息化建设、做好基础数据积累

在21世纪,必须抓紧信息化的建设。信息化对土木工程学科的促进作用是怎么估计

都不会过高的。工程信息化可以大大促进土木工程技术在空间域和时间域的拓宽。我国工程建设领域近年的实践表明,不仅在城市的综合防灾、减灾,而且在交通系统的组织和控制方面体现了强大的优势。对一些重大的工程而言,不仅是在设计过程中,而且从建造到维护都要信息化,实现全“生命周期”的可靠性管理。在这方面,我们与西方发达国家相比,我们的确也具备“迎头赶上”的契机。

我们已经有大量的研究成果出现,但是必须强调的是,至今仍然忽视土木工程领域中基础数据的积累,而至今没有采取断然措施改变这个状态。工程基础数据的积累有如工程方面的基础建设,是一个需要长期有组织的努力才能初见成效的工作。由于工程基础数据的积累是跨部门的,并且需要长期的工作积累,这就需要从国家的高度统一组织、统一规划,把这项基础工作抓紧抓好。

#### 四、结语

从现在到 2020 年,中国工程建设技术的发展面临着前所未有的机遇和挑战。我们必须抓紧时间,以强烈的责任感,根据国家建设的需要和工程技术发展的自身规律,努力奋斗。我们应时刻牢记,我们的自然资源和人力资源并不富裕,我们的财力也十分有限。面临国际上激烈的竞争,我们更需要统一意志、统一安排、精诚团结、协同作战,而社会主义制度提供了这种保证。

## 第十九节 纺织科学技术

2005 年我国纺织纤维加工总量已达 2 690 万 t,约占世界纤维加工总量的 37%,主要纺织产品——化纤、棉纱、棉布、丝织品和服装产量均居世界第一位,纺织品服装出口额达到 1 175 亿美元,贸易顺差达 1 004 亿美元,在国际纺织产品出口市场中占有 24% 的份额。毫无疑问,我国已成为世界最大的纺织生产国和出口国。纺织工业依然是国内重要支柱产业之一,在满足人民纺织产品消费,出口创汇,为其他产业提供支持,解决就业问题等方面发挥着重要的作用。

首先,基本满足了占世界 1/5 人口的 13 亿中国人民不断增长的纺织品消费需求,并于 2003 年实现历史性突破,人均年纤维消费量 2003 年达到约 11 kg,超过世界平均水平。2005 年更达到 13 kg。

其次,在满足人民群众日益提高的物质文化生活需要的同时,国内纺织业抓住国际产业结构调整的历史机遇,迅速开辟了国际市场,成为实现国际收支平衡的支柱产业。纺织品服装出口从 1980 年 44.09 亿美元提高到 2005 年的 1 175 亿美元,贸易顺差从 35.53 亿美元提高到 1 004 亿美元。体现了传统纺织工业对国民经济发展的作用。2006 年纺织品出口继续增长,1~8 月份实现出口 932.93 亿美元,同比增长 24.67%。

第三,纺织业为解决日益严峻的就业问题以及为农村经济发展做出了重要贡献。2005 年,中国纺织工业直接就业人数约 1 960 万人,其中销售收入 500 万元以上企业的从业人数约占全国规模以上制造业从业人数的 14.2%。同时,为纺织工业提供棉花、羊毛、

蚕丝、各种麻类等天然纤维原料的农民多达 1 亿人,对稳定农村经济正起着不可替代的作用。

此外,纺织工业的发展,对其他行业提供了有力的支持,它与当前国民经济各行业的关联度相当高,为农业、建筑、医疗、交通、水利等各个产业部门发展提供了大量新材料、新产品。

经过数十年的发展,国内纺织业形成了门类齐全、上下游配套的产业体系,化纤、棉纺织印染、毛纺织、麻纺织、丝绸、针织、服装、非织造、纺织机械等行业共同发展,产品种类丰富。

进入后配额时代,国内纺织业既有新的发展机遇,又要面对严峻的挑战。机遇是指配额取消后,纺织品贸易进一步自由化,对处于比较优势的中国纺织业来说,市场空间将扩大;挑战就是我们必然要面对更加激烈的市场竞争、更多的贸易摩擦(2005 年初与欧盟、美国的纺织品贸易争端就是一例),要遭受到更多其他形式的关税或非关税贸易壁垒,如反倾销、特保措施、技术性贸易壁垒、社会责任认证等。

因此,我国纺织工业要在后配额时代的激烈竞争环境中保持优势,不能仅仅停留在劳动力成本优势和纺织品数量优势上,要尽快完成增长方式的根本转变,即从规模扩张向质量效益提升转变,提高产品档次,走品牌创新之路,向高附加值领域发展,走可持续发展的道路,走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、劳动力资源优势得到充分发挥的新型工业化道路。要实现这一切,必须依靠技术进步,提高行业的创新能力。

技术进步是未来纺织业生存发展的关键。深入细致、准确地把握学科发展方向是促进行业健康、稳定持续发展的当务之急。

## 一、国内外纺织工程技术进步趋势

近几年,以电子信息、生物工程和新材料等为核心的高新技术迅猛发展,带动多种现代学科、现代技术的交叉融合,对传统产业产生了深远的影响。信息技术、激光技术、空气动力学技术、液压技术、传感器技术等先进技术在纺织领域得到普遍应用,纤维、纺纱、织造、染整、非织造等各纺织领域均推出了许多新工艺、新技术和新设备,纺织技术向智能化、自动化、连续化发展,高速高效、高灵活性、高品质和节能环保是纺织技术进步的主流,纺织数字化日益深入,正在彻底改变这一传统产业的面貌。

## 二、我国纺织科学技术发展成效显著

### (一) 化纤工程

化纤企业生产规模扩大,平均产能达到 15.5 万 t/a;涤纶及聚酯行业中,前 10 位的企业平均规模已经超过 50 万 t/a,大聚酯约占 80%,采用国产化技术的约占 70%,短纤直接纺比例达 69%,长丝直接纺比例达 30%。在国产化、大容量、直接纺、低成本的推动下,我国聚酯行业的国际市场竞争力已经有了明显提高。国内聚酯技术装备产业化项目不断研制成功。从 2000 年以来,我国已有 60 多套国产化聚酯装置投入生产,市场新增产能达到 70%左右,并使大规模聚酯项目建设投资下降 75%,建设周期缩短一半。我国的国产化

技术已经成功走向国际市场。国产化技术的开发成功降低了行业进入门槛,给众多企业,特别是民营企业创造了低成本扩张的机会,为化纤企业高起点、低投入、大容量建设项目的发展创造了根本条件。大容量黏胶短纤成套生产线、黏胶长丝连续纺丝机以及竹浆纤维开发等,在工艺与设备上有多项创新,大幅度地提升了黏胶厂的技术水平与经济效益。高技术、高性能特种纤维领域也取得了突破,特别是芳纶 1313 纤维的跨越式发展,超高强度高模聚乙烯的自主开发,芳纶的原创性技术给我国高性能纤维领域注入了强大的活力。

## (二)天然纤维改性工程

产自自然界的动、植物纤维是我们利用的传统性纺织原料,目前仍占全部纺织纤维加工量的半壁江山。既可避免合成纤维生产对石油的依赖,又可满足人们回归自然,追求绿色、环保的时尚要求。近年来对棉花、羊毛、蚕丝、麻(亚麻、苧麻、黄麻、大麻)这 4 种天然纤维的改性研究成为纺织行业的热门课题之一。从多种途径研究探讨对它们的改性,例如等离子技术、超声波技术、生物酶技术、基因工程技术等新技术、新工艺、新理论、新设备等的开发与应用。在充分发挥它们的固有优势的前提下,改善它们的不足,并赋予新的优良特性。目前均不同程度地取得了一定进展与成绩。此外,近年来对竹原纤维、桑皮纤维、菠萝叶纤维等的研究开发也取得较好进步,并已小批量试产。

## (三)棉纺织工程

棉纺产品逐渐向高档次、高附加值发展,120 s 以上纱生产企业逐步增多,精梳纱、无结头纱和无梭布的比重显著提高。生产特细号纱及其织物已成为代表本企业技术水平的一种标志。紧密纺纱新技术在很短期间内已发展到近百万锭,其中国产品占一半。转杯纺纱生产细号纱已成为许多牛仔布生产厂家的首选,改变了以前采用落棉等低等级原料纺制转杯纱的现状,从而提高了产品的附加值。纺部重定量、大牵伸、提速增产工艺,针对不同生产条件已经开始探索、试验。对于彩色棉,从良种选育、纺织工艺条件优化、到最终产品开发以及市场拓展都做了大量工作,取得一定进展。

## (四)毛纺织工程

拉细羊毛与羊毛改性逐步扩大应用范围,取得较好效果。纺纱设备的进步主要表现在针梳机和粗纱机自动化水平的提高,如变频器、PLC 可编程控制器、触摸屏电脑等新的电子技术已普遍运用,国产化的电脑自调匀整针梳机已经投放市场;具有自主知识产权的缆型纺纱设备已经进入市场化推广应用阶段;赛络菲尔纺纱技术、紧密纺在毛纺中得到应用。“创新型半精梳毛纺”工艺也发展很快,它工艺流程短,原料应用范围广泛,纺纱支数不断提高,一些高支粗纺纱也已由半精纺纱所替代。广泛用于毛针织品,精梳和粗梳毛纺面料生产。毛纺织机的无梭化 30%,毛染整技术不断发展,可机洗免烫整理或防水、防油、防污的三防处理,还有新型的整理技术使面料不沾色、不起皱,提高了产品的附加值。

## (五)麻纺织工程

节能环保型苧麻脱胶新技术、苧麻纱线捻接用的空气捻接器研发成功,国内自主研发



的自调匀整装置针梳机、适用于长纤维的紧密纺纱装置、大麻脱胶新技术——汽爆法脱胶、麻织物生物整理等一批麻纺织新技术研发获得突破,并得到实际应用;高支纱线麻纺织品的工艺、技术和产品开发方面取得突破性进展,苧麻高支纱线的生产技术达到了国际领先水平,亚麻、黄麻、大麻的高支纱的生产技术也达到国际先进水平。另外,我国麻纺织品的染整技术有了一定的进步,为我国麻纺织行业提高加工深度,以最终产品服装进入国际市场创造了条件。黄麻精细化加工生产高支纱线是近两年来黄麻纺织生产中的亮点,突破了以往黄麻制品只能做低档包装用品的老传统,黄麻高支纱生产的服装为我国麻纺织产品增添了光彩,大麻、剑麻、罗布麻纺织生产技术也日益成熟。

## (六) 丝绸工程

国产自主开发的自动缫丝机技术水平高,适合我国国情得到迅速推广。缫丝业自动缫设备占有比例超过76%,白厂丝生产基本上换成了先进的自动缫设备;数码技术在设计、织造生产中得到了研究和广泛应用,逐步形成和完善了“数码织造”的全过程,四分色印花技术与数码喷墨印花技术对接成功,实现了数码喷墨快速打样,四分色印花快速交货;丝绸印染中,高温高压精炼工艺取得突破,进入工业化生产;丝绸用经轴染色机开发成功,进入生产应用。

## (七) 针织工程

引进了大批高速经编机、电脑控制花边机、电子提花大圆机、电脑针织横机、电脑袜机、电脑无缝内衣针织机等高技术设备,加上国内研制的针织设备技术水平不断提高,性价比高,例如新型经编机等使针织行业技术水平有了明显提高,主要设备新度系数达到0.73;产品更加丰富,除了开发更多针织服装面料、辅料和针织服装新产品外,还开发了大量产业用、装饰用针织新产品。

## (八) 非织造布及产业用品工程

非织造布行业在技术进步方面取得了丰硕成果,研制开发了一批有推广前景的新技术与新产品。非织造布企业从国外引进了具有先进水平的针刺、热轧、水刺、SMS、SS及双组分复合纺粘生产线,在消化、吸收方面做了大量工作,并有所创新;开发了一批适用型技术装备,如宽幅梳理成网机、气流成网机、针刺频率为1 000~1 200 r/min的主刺机、6 m宽土工布针刺生产线、8 m宽的造纸毛毯针刺机、油加热热轧生产线、喷胶棉生产线、仿丝棉生产线、合成革生产线、聚丙烯纺丝成网生产线、SMS生产线、水刺生产线等;开发了一些非织造材料专用原料和大批非织造材料新产品,如三维卷曲中空涤纶、双组分复合纺粘布,耐酶洗黏合剂,聚烯烃弹性纺粘布,聚乳酸酯熔喷非织造材料,甲壳质纤维水刺非织造材料等。非织造土工布在国家重点工程中得到应用。非织造手术服、防护服、病员服、病床用品等在有效阻隔病毒、保护医护人员、工作人员和防止交叉感染等方面发挥了极其有效的作用。又如“神舟”6号载人飞船上用于进入大气层以后减速的降落伞等。

## (九) 染整工程

前处理短流程新工艺已广泛应用于各种织物上,它在原先最难处理的纯棉厚重、紧密织物的前处理加工中取得了成效。对 T/C 织物和纯棉薄织物采用了退、煮、漂—浴一步法;对纯棉中厚织物及弹力织物采用冷轧堆工艺;前处理(包括后整理)的加工中大量应用如纤维素酶、淀粉酶、蛋白酶、过氧化氢酶、果胶酶等生物酶处理技术,以及污染少、无毒的环保型前处理化学助剂,并使印染半成品基本能满足后工序要求。随着国内外客商对织物克重、缩水率的要求提高,退煮漂及丝光工艺进一步发展。而在染整加工时极易引起卷边、皱条、弹力损伤的含氨纶弹性织物加工中也取得了极大的成功,与之配套的前处理助剂和设备也有了长足的进步;染色技术的进步主要表现在加工高色牢度、环保产品,出现提高加工效率,降低能耗,节约染化料,改善生态环境的一些新工艺;电脑分色和喷蜡、喷墨直接制版制网和照相雕刻技术互补使用,圆网和平网印花机逐渐取代了铜辊印花机成为主流;电脑分色也全部取代了手工分色描稿,大大提高了印花生产效率;数码印花机也得到初步应用;后整理已从柔软、抗菌、抗皱和抗静电等单一功能的整理,发展为提高织物附加值的多功能整理,如银系及纳米等技术的抗菌、抗紫外线整理,生物酶技术的抛光、仿旧及手感等处理,新型磷盐及碳纤维的阻燃、防辐射整理,无甲醛抗皱免熨烫整理等。高档纤维素纤维织物采取了液氨整理工艺,液氨加工后织物具有不易收缩、不易起皱、回弹性高和手感柔软等性能,可以使织物获得比较理想的抗皱免烫效果。

## (十) 纺织机械及器材工程

“十五”期间该行业获得了长足进步——主要产品产量从 2000 年 36 万吨增长到 2005 年的 55 万吨,为纺织工业提供了各种技术装备 60 多万台(套),开发纺织机械新产品 500 多项,国产成套设备基本达到 20 世纪 90 年代国际水平;涤纶长丝、涤纶短纤维、锦纶工业丝、干法腈纶等国产设备技术水平已达到 20 世纪 90 年代国际水平,年产 20 万吨成套聚酯装置,日产 150 吨涤纶短纤维成套设备已投产,日产 200 吨涤纶短纤维成套设备正在研制之中,长丝卷绕速度提高到 5 000 m/min,国产化纤设备的推广,大大推进了化纤生产的发展,使化纤企业的设备投资成本大大下降;纺织机械新产品产值率达到 25.3%;纺织机械出口从 2000 年的 2.9 亿美元增长到 2005 年的 8.71 亿美元;新型清梳联合机、精梳机、自动络筒机实现了产业化,国产清梳联合机已经占有国内市场总量的 65%以上,棉精梳机已接近国际先进水平,新型分部传动悬锭粗纱机车速已经提高到 1 500 r/min,带有集体落纱的 1 008 锭棉纺细纱机已经批量生产,自动络筒机年产量已超过 500 台;2005 年安徽华茂纺织股份有限公司与经纬纺机股份总公司技术合作、共同投资建立了一个 10 万锭全流程国产化成套设备的棉紧密纺生产基地。经过近一年的生产实践,这套国产设备与华茂公司 2004 年引进的 2 万锭世界先进的全流程立达公司 K44 紧密纺生产线比较,总体质量、技术指标同样达到了 USTER 2001 公报 25%~5% 水平。成为替代进口纺纱生产线首选。无梭织机中的新型剑杆织机、喷气织机和喷水织机的制造厂商行列中新涌现出一批有技术实力的民营企业加入竞争,使得国产无梭织机技术性能、市场占有率和产业化均有较快的提高;印染前处理的高效短流程设备、节能环保型染

色机、圆网印花机、数码印花机和新型热定型机都批量生产；纺织机械专用基础件和器材如新型梳棉针布、无有害机械波罗拉、细纱粗纱摇架、高速细纱锭子、粗纱封闭锭翼等基本适应了主机的要求，品种、规格已逐渐齐全，基本能够满足纺织行业需求，其中一批器材产品已接近或达到世界先进水平。在纺织仪器方面，国产高速单纱强力仪、光电条干仪、光电验布机、异纤清除器等，都有长足的进步，技术水平接近或达到国际先进，可以批量生产供纺织厂选用。

### （十一）服装工程

服装学科是一门与人们需求紧密联系，应用性非常强的学科。目前行业的技术热点集中在：服装舒适性研究，主要包括热湿舒适性和服装结构舒适性两方面，评价方法逐渐由单一的客观评价法向主观评价与客观评价相结合的方向发展。其中暖体假人技术和服装感觉舒适性的研究成为热点。服装结构舒适性方面主要侧重服装压力的研究；服装信息化、智能化开发中 CAD 技术应用不断拓展，三维服装测量技术也是研发的热点之一；服装网络化定制技术也是业内关注的新技术，针对其在国内推行的问题，提出了 ASP 平台解决方案。

## 三、我国纺织科学技术发展的差距和不足

技术水平有待提高；创新能力不足，缺少具有自主知识产权的核心技术和产品；产品技术含量低，附加值低，高档产品不能替代进口；品牌竞争力不足；环保与清洁生产技术落后。

## 四、“十一五”加快纺织行业技术进步学科发展的目标

“十一五”期间，社会经济将持续健康发展，到 2010 年中国人均 GDP 将达到 2 700 美元，要贯彻科学发展观，建设和谐社会，对纺织工业提出了新的要求，即要适应市场消费个性化、多样化、舒适化、时尚化、绿色化的要求，必须走新型工业化道路，通过技术创新和技术进步，推动经济增长方式转变，实现可持续发展。

纺织工程科学技术发展的具体目标是：在下述领域内的 28 项技术和 10 项关键设备等方面，取得实质性的突破与推广应用。

纺织新材料及先进加工技术领域主要包括：碳纤维(CF)、芳纶(AF)、芳腈纶(PSA)、聚苯硫醚(PPS)、超高强高模聚乙烯纤维(UHMWPE)等产业化研发；新型聚酯多元化技术品种聚对苯二甲酸丙二醇酯(PTT)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、水溶性聚酯(CO-PET)等产业化研发；可降解聚乳酸纤维(PLA)、生物法多元醇及新溶剂法纤维素纤维(Lyocell)研发及产业化技术；差别化纤维及产品开发技术；年产 60 万吨及以上新型 PTA 成套国产化技术与装备；新一代直纺涤纶超细长丝及高效新型卷绕头研发和产业化；高档复合非织造布的加工技术及其应用；新型医用防护材料的综合研究与开发；膜结构材料及新型篷盖材料的开发及应用技术；农用非织造布及化纤网的开发及应用技术；智能纺织品的开发研究。

高新技术改造传统纺织工艺技术领域主要包括：高效现代化棉纺生产工艺技术，集聚

环锭纺(紧密纺)新技术开发研究和产业化,中高支转杯、喷气及涡流纺纱技术,机电一体化剑杆织机和喷气织机技术;特种动物纤维精梳纺纱工艺技术,新型纺纱技术的产业化应用,羊毛防缩可机洗整理技术,羊毛细化改性工艺技术;麻类纤维开发应用新工艺技术,麻纺先进工艺技术装备,麻类织物染色、防皱、柔软等先进后整理技术;弹力真丝加工技术及新产品开发,高档丝绸产品印染后整理技术;针织物节水节能高质量连续前处理工艺技术,针织物高档整理技术,全电脑无缝内衣加工技术。

生态纺织品和节能环保加工技术领域主要包括:微悬浮体染整技术;等离子体加工技术;生物酶处理技术;环保型染料、助剂、浆料开发应用;自动制网技术;数码印花新技术;印染生产废水治理技术;化纤仿真碱量废水回收利用技术。

纺织信息化和快速反应技术领域主要包括:适合纺织行业的企业资源计划系统的开发研究;纺织行业电子商务平台;各类企业计算机集成制造系统开发及应用;纺织工厂生产信息监测和管理系统。

新型纺织机械技术装备国产化主要包括:日产 200 吨及以上涤纶短纤维成套设备;粘胶长丝连续纺丝机;高效现代化棉纺生产线的研制;机电一体化剑杆织机和喷气织机;纺粘法和熔喷法及复合非织造布生产线;高速系列化电脑提花圆纬机;电脑自动横机;机电一体化高速特里科经编机;染整设备工艺参数在线检测技术;高效、节能、环保的染整设备开发研制。

加大行业应用基础科学研究,重视基础科学与应用基础科学和产业应用技术开发创新的衔接,加强产学研结合及纺织业与相关产业的联合。通过实施纺织技术和装备创新,推进全行业科技进步和产业升级,促进增长方式转变,为纺织行业技术创新能力达到国际先进水平奠定坚实基础。

## 第二十章 材料科学

材料是指用于制造具有一定功能和使用价值的器件的物质。20 世纪末人们通常将信息、材料和能源称为当代社会经济的三大支柱,同时又将信息科学、生命科学和材料科学誉为当代文明的三大科学前沿。

材料虽然已有上万年的发展历史,但“材料科学”的提出只是 20 世纪 60 年代的事。1957 年,前苏联人造卫星首先上天,美国朝野上下为之震惊,认为自己落后的主要原因之一是材料,于是在许多大学里成立了材料科学研究中心,采用先进的科学理论与实验方法对材料进行深入研究,从此“材料科学”一词开始流行。那么,材料科学的内涵到底是什么呢?经过广泛的争议和讨论,到 20 世纪末,在世界范围内基本上取得了关于“材料科学”的共识,这反映在由美国麻省理工学院学者主编并由英国 Pergamon 出版社自 1986 年开始出版的世界上第一部《材料科学与工程百科全书》中。该书对材料科学和工程下的定义为:“材料科学与工程是研究有关材料的组成、结构、制备工艺流程与材料性能和用途的关系的知识。”随后美国学者绘制了一个四面体,称之为材料科学与工程的四要素,即组成与结构(composition-structure)、合成与生产过程(synthesis/processing)、性质(properties)

以及使用效能(performance)。所以材料科学与工程是研究材料的组成、结构、生产过程、材料性质与使用效能及其相互关系的一门科学技术。

材料学科发展具有特定的时代背景,时间跨度以 2005~2006 年为主,这是 21 世纪初我国“十五”计划结束和“十一五”计划启动的年代,同样也是我国包括材料科学技术在内的国家级研究计划——如“973”计划、“863”计划、国家科技攻关计划(支撑计划)以及新材料产业化计划等——的“十五”和“十一五”的交接、继承和发展的年代。尤其重要的是 2006 年国务院正式发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020 年)》,其中明确提出了今后 15 年我国科技工作的指导方针是:自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来。在国际上,各国都对材料学科的发展给予了高度的重视,材料被公认为是当代科学技术发展的基础和先导。美国、日本和欧洲是当代材料科学技术最为发达的国家和地区,进入 21 世纪以来,他们的政府部门纷纷制订了有关材料科学技术及其产业的发展计划,如美国的 21 世纪国家纳米倡议、光电子计划、光伏计划、新一代照明光源计划、先进汽车材料计划等。日本制订了纳米材料计划和 21 世纪之光计划等。德国制订了 21 世纪新材料计划,欧盟也有纳米计划等。世界各国在加强对量大面广的传统工程基础材料改进的同时,高度重视材料科学与新材料的发展。下面叙述的重点放在材料学科前沿材料科学技术(如纳米材料科学技术、信息功能材料科学技术、超导材料科学技术、新能源材料科学技术等)、学科交叉材料科学技术(如生物医学材料科学技术、生态环境材料科学技术等)和材料学科的共性基础科学技术(如材料设计、计算与模拟科学技术,材料的制备、成形与加工科学技术,材料的表征、评价与检测科学技术等)方面,而对量大面广的工程基础材料(如钢铁、有色金属、水泥、塑料、树脂、合成纤维、橡胶以及聚合物基复合材料等)则仅为综合概述,以避免与其他部分如中国金属学会负责冶金工程等学科发展研究相重复,同时也适当兼顾了材料学科自身的学科完整性。

## 一、材料学科在前沿材料和学科交叉材料科学技术方面的进展

近年来国内外材料学科在前沿材料和学科交叉材料方面的进展涉及许多广泛的领域,《(2006~2007)材料科学学科发展报告》一书中选择的重点是纳米材料科学技术、信息功能材料科学技术、超导材料科学技术、新能源材料科学技术、生物医学材料科学技术和生态环境材料科学技术,现择要就纳米材料科学技术方面的进展概述如下。

纳米科学技术是进入 21 世纪以来世界上最富有挑战性的关键科学技术,世界各国都将发展纳米科技作为国家科技发展战略目标的重点。到 2015 年,有关方面预测全球纳米科技产品的市场贡献将达到 1 万亿美元以上,而其中纳米材料技术的市场规模将达到 3 000 亿~4 000 亿美元。

我国已成立了国家纳米科技中心,并配备了相应的资金和设施,制订了相应的纳米科技发展规划。在国家“863”计划和“973”计划的“十五”规划中已完成了有关纳米材料方面的专项以及有关纳米材料与结构、纳电子材料与表征、纳米尺度下材料性能表征等研究项目。在纳米材料方面,以碳纳米管为代表的准一维纳米材料及其数组体系、在非水热合成纳米材料方面取得了国际领先的成果;纳米铜的超延展性、块体金属合金、纳米复相陶瓷、巨磁电阻、热磁效应、介孔组装体系的光学特性、纳米生物骨修复材料、二元协同纳米接口

材料等方面处于国际先进水平;在纳米复合材料改造传统材料和产品方面的成果已部分实现了产业化,目前国内已建成 100 多条纳米材料生产线,包括纳米金属粉(如 Fe, Ni, Co, Cu, Al, Zn 等)、纳米氧化物粉(如  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  等)以及纳米陶瓷粉(如  $\text{SiC}$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$  等),总产量已达千吨级规模,除满足国内市场应用的需要外,还有部分出口。

我国在纳米科技领域发表论文的数量增加较快,2004 年发表论文的总数已占全球总论文数的 10%,其中纳米材料领域发表的论文数又占中国纳米科技领域总论文数的 23%。我国在纳米材料的研发与应用方面与国外的主要差距是:资金投入较少,原始创新不够,缺少自主知识产权,高技术应用领域的纳米材料研发不够。

## 二、材料学科在工程基础材料科学技术方面的进展

关于工程基础材料科学技术方面的进展主要是指钢铁、有色金属、水泥、陶瓷、高分子材料和复合材料等方面的进展,现概述如下。

钢铁材料是国民经济和国防建设中最主要的结构材料,我国 2005 年钢材产量已达 39 692 万吨,估计 2006 年将突破 4 亿吨,是世界上最大的钢铁生产大国和消费大国。我国的钢铁工业通过结构调整和技术改造已取得了明显的进展,根据对占全国产钢量 85% 以上重点大中型钢铁企业的统计,连铸比和钢材综合成材率均已达 95% 以上,而铁钢比和吨钢的综合能耗明显下降,高质量和高附加值产品有显著增长。进入 21 世纪以来,以日本为首的世界钢铁强国将超级钢研发计划作为钢铁工业的重点发展方向,并提出了“强度翻番和寿命翻番”的目标。我国在“973”计划和“863”计划的支持下,目前已在量大面广的低碳钢、微合金钢和合金结构钢的纯净化、细晶化和均匀化方面取得重大突破,在世界上率先将屈服强度为 200 MPa 级的 Q235 型普碳钢在工业生产规模上实现了强度翻番(达 400 MPa 级屈服强度)的目标,并已在中国一汽的超过 10 万辆的载重卡车上获得了生产应用,并已获 2005 年国家科技进步一等奖,2005 年我国已生产超细晶钢 400 余万吨。

铝是有色金属工业中的大品种,是国民经济建设和国防建设中的主要有色金属材料。2005 年我国生产氧化铝 851 万吨,电解铝 799 万吨,铝材产量在 600 万吨以上,是名副其实的铝工业大国,但还并非铝工业强国。我国的铝矿资源存在先天不足,80% 铝土矿资源属于难处理的中低品位一水硬铝石,铝硅比含量低,在国家“973”计划和攻关计划的大力支持下,“十五”期间针对我国高硅含量铝土矿资源而自主研发开发的反浮选法取得重要进展,能提高可经济利用资源量约 30 年。此外,我国氧化铝供应缺口大,电解铝能耗高,高性能铝材的强韧性指标偏低,并缺少大规格铝材。针对以上存在问题,我国“973”计划、“863”计划和国家攻关计划在“十五”期间,都安排了有关研发项目,为解决氧化铝提取效率低的问题,已研发出强化溶出与分解技术原型;开展了惰性电极材料的研制,逐步建立了节能型铝电解技术原型;在铝材性能和制备技术方面,提出了多级多相强韧化技术原型和外场纯化、细化、均质化技术原型。在上述进展的基础上,“十一五”期间尚需进一步深入开展研发。

2005 年我国水泥产量达 10.6 亿吨,多年来一直位居世界首位。但我国在水泥生产

技术方面一直存在能耗高及高技术含量低的差距。“十五”期间在有关国家计划的支持下,在水泥和混凝土方面主要研发了大型和新型生产技术和装备,重点建设日产 5 000 吨以上超大型新型干法水泥生产线的烧成工艺和技术装备,采用现代高新技术来改造传统的占水泥产量 80% 的立窑与小回转窑。要优化硅酸盐水泥熟料的矿物组成,开发低钙水泥新品种。近年来,在国家“973”计划的支持下,中国建材院等单位在高胶凝性水泥熟料矿物体系的研发方面,提出了高阿利特含量和高介稳态、高对称性阿利特结构的高胶凝性熟料的理论,熟料中的阿利特含量达到 70% 左右,28 天的抗压强度可达 70 MPa 左右,这一理论和由此达到的熟料性能在国内外均具有创新性,这一研究成果尚有待进一步生产考验和推广应用。

先进陶瓷具有耐高温、耐磨损、高硬度和抗腐蚀等一系列优点,在国家“863”计划、“973”计划和有关部门的大力支持下,近年来在先进结构陶瓷和先进功能陶瓷方面都取得了良好的进展,如在纳米陶瓷、自增韧陶瓷、梯度功能陶瓷、层状复合陶瓷以及陶瓷粉体及制件的制备技术等方面。我国微电子和光电子产业的迅猛发展,促进了电子功能陶瓷及元器件的发展,在电子陶瓷材料及器件的片式化、集成化和无铅化方面取得了长足的进步。存在的主要差距是原材料的质量稳定性不够,生产设备不够先进以及产业规模小等,这些问题有待进一步解决。

在塑料、树脂、橡胶、纤维、涂料等主要高分子材料中,我国在世界上都占有重要地位,如 2005 年我国化学纤维产量达 1 618 万吨,比上年增长了 13.6%,已连续多年位居世界首位。我国是合成树脂和塑料的消费大国,年消费量已达 3 000 万吨以上,但在品种和质量上存在差距。在“973”计划、“863”计划和国家其他计划的支持下,“十五”期间我国的通用高分子材料质量有所提高,如在双向拉伸聚丙烯方面取得了具有自主知识产权的材料和工艺技术上的突破,解决了因断头而造成的生产线不连续问题。目前正在进行聚烯烃的多重结构及其高性能化的基础研究。高分子材料的主要发展方向是高性能化、高功能化、复合化、精细化、智能化和环境友好等。

复合材料是一门相对年轻的学科和产业,始建于 20 世纪中叶。所谓传统复合材料,主要是指玻璃纤维增强塑料,俗称玻璃钢,已在工业中获得广泛应用。21 世纪初全球玻璃钢产业的年产量规模约 500 万吨,其中我国年产量约 100 万吨,属于世界上玻璃钢的生产和消费大国。而先进复合材料则是指以碳纤维和芳纶等特种纤维增强的聚合物基复合材料,它是支撑航空航天、交通运输、能源动力、体育休闲、电子信息、建筑以及国防军工等领域的不可缺少的重要物质基础;也是目前国际上竞争激烈的高技术新材料之一。先进复合材料中的重大关键是碳纤维增强体,2005 年全球碳纤维的产能近 4 万吨,实际产量在 3.4 万吨左右(其中小丝束产品占 80% 左右,大丝束占 20% 左右)。2005 年中国碳纤维用量约 5 000 吨,其中体育休闲用品上的应用约占 80% 以上。我国近年来的碳纤维研发和生产有一定进展,在国家“863”计划、“973”计划和有关部门的支持下,中国高性能碳纤维长期依赖进口的局面正在逐步改变,T300 碳纤维已能小批量供应,其他高性能碳纤维也在研发之中。先进复合材料的发展方向是在高性能化和结构功能一体化的基础上进一步提高可靠性并降低成本、扩大应用。

### 三、材料学科在共性基础科学技术方面的进展

材料学科的共性基础科学技术主要是指材料的设计、计算与模拟,材料的制备、成形与加工,材料的表征、评价与检测。

我国的材料设计、计算与模拟研究受到了国家自然科学基金委、国家“863”计划和“973”计划等的连续支持,取得了较快的进展。早在1987年,“863”计划设立了“材料微观结构设计和性能预测”专题;1997年,“计算材料科学的物理基础和应用”入选国家攀登计划;2000年,“973”计划启动了“材料计算设计与性能预测基础问题”项目,到2005年结题,该项目取得了一些创新性成果和重要进展,如陈难先院士所提出的晶格反演势方法的进一步的发展,不仅被用于建立稀土/过渡族原子势库,还用于计算离子晶体、化合物半导体的原子势,并推广到计算界面系统的原子势,稀土/过渡族原子势成功地应用于稀土永磁化合物的结构设计和性能预测。2006年,国家“973”计划已批准立项“面向性能的材料集成设计的科学基础问题”,将对材料原子势库和多尺度计算模拟等开展深入研究。

材料的制备、成形与加工是材料科学与工程四要素之一,任何材料的发展都有赖于材料制备、成形与加工技术的进展。进入21世纪以来,材料的设计、计算和制备一体化的发展方向更为明显,计算机数值模拟和工艺过程的仿真技术迅速发展,人工智能、神经网络和材料数据库等技术日趋完善,各种在线检测、监控技术应用日益广泛,凡此种种科学技术的发展,促进了材料制备、成形和加工技术向智能化的方向发展,从而保证了材料及其制件的优质、精密、高效、低成本及环境保护的要求。在我国2006年发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》中已经将“材料设计与制备的新原理与新方法”列为面向国家重大战略需求的重点发展方向,在“十五”期间我国国家科技攻关计划、“863”计划、“973”计划和有关部门的科技发展规划中均将材料的制备、成形与加工技术列入重点,并取得了一系列重要进展,例如国家“863”计划集成电路制造装备重大专项“100纳米高密度等离子体刻蚀机和大角度离子注入机”在2006年10月通过了科技部与北京市组织的项目验收,这标志着我国集成电路制造核心装备研发取得重大突破。

材料的表征、评价与检测技术随着当代科学技术的发展(如计算机科学技术、纳米科学技术、微电子、光电子科学技术等)而向其目标尺度的精细化和方法上的智能化和高效化等方向发展。目前国际上关于材料表征、评价与检测的新原理、新方法、新装置日新月异,层出不穷,其中还不时出现一些获得诺贝尔科学奖的项目,如当年的扫描隧道显微镜等。我国在有关国家计划(如“863”计划,“973”计划等)和部门的科技计划中对材料表征、评价与检测技术给予了安排并获得了一定进展,如国家“973”计划中“纳米尺度下材料性能(原位/外场下)的表征及科学问题的研究”项目取得了一些属于国际先进水平的研究进展,自行设计和建立了超高真空、低温SPM和MBE综合实验平台,为纳米材料的原位表征提供了有力的手段;建立了能量高稳定的电子能量损失谱仪,开展了相应的计算模拟系统;张泽院士等利用电子全息方法直观表征了ZnO薄膜的极性和隧道结中各层的形貌及精确度可达纳米量级的厚度值。除此之外,在化学分析、力学性能测试和无损检测与评价方面也取得较好进展。



## 第二十一节 食品科学技术

本学科是以食品工业,包括食品加工业、食品制造业、饮料制造业、烟草加工业所依托的科学理论问题的研究、工程技术及装备的实现和相关科研、工程队伍的组织与培养为其基本内涵的学科。它在知识创新、人才培养、社会服务及产业发展中发挥了重要作用,是产业发展的基础保障。

### 一、发展现状

中国食品业是一个充满激情和希望的“民生行业”,它具有开放早、市场化程度高、竞争异常激烈的特征。随着国际品牌迅猛涌入、国内品牌迅速跟进、人民生活水平快速提升,中国食品工业获得了前所未有的发展空间。2005年,全国规模以上食品企业累计完成工业总产值20 344.83亿元,占全国工业份额8.15%,比上年同期增长26.85%,而且产销衔接良好,我国食品工业已连续20年保持高速发展,平均增速远高于中国工业的增长水平,是我国制造业中的第一大产业,在国民经济中承担着支柱产业的重要功能。2006年,我国食品工业继续快速发展。在目前所形成的产业链条中,就食品工业而言,“十五”期间相对成功地解决了食品工业体系的基础原料工业,农副产品的原料水平平有所上升,夯实了发展的基础。

食品工业取得的历史性的长足发展离不开科技体制改革和行业科技进步的重要支撑与推动作用。在构成我国食品快速发展的三大要素中,大中型工业企业已成为科技经费投入的主体,有一大批科技进步优秀企业建立了良好的科技进步机制,企业科技活动经费投入中,企业资金占80%以上,在企业科技创新活动中,产学研三结合的企业技术中心发挥着越来越重要的作用;高校和科研院所在食品工业基础研究和产学研一体化持续发展,提供着坚实的技术支撑;国家“十五”重大科技专项联合攻关,有力地推动了行业科技进步和产业结构优化升级;156所设有食品学科和工程专业的高校的毕业生约1.1万人,约占全国毕业生的4%,其中,本科、硕士、博士三者比例约为1:0.26:0.06,这些新生力量在学校时积极参与科研,进入企业或高校、科研院所后,将在科技进步和应用中发挥作用。而高校实施岗位津贴制度极大地调动了教师科研积极性,科研成果、科学论文发表层次、与企业结合服务均有较大推进;高新技术应用和基础研究取得进展;食品各主要行业科技进步成效显著,食品行业依靠自主开发创新,引进消化吸收先进工艺和技术装备再创新,生产机械化和自动化程度不断提高。新技术、新工艺、新产品、新材料的推广和应用,改变了较为落后的面貌,推动了食品行业工业化和现代化进程;科技社团推动创新进步的力度加大。

### 二、高速发展中的问题与矛盾

中国食品科技界更多地关注高速发展中的问题和矛盾。与我国经济社会的整体发展情况、与国际上食品工业和科学技术的发展情况相比较,中国食品科学技术学科发展仍然

存在一些结构性问题。主要表现为如下。

### (一) 市场导向功能模糊不清

- (1) 中国食品学术界很少有人深入研究市场,并形成学科积累。
- (2) 国内企业界只研究自己的局部市场和可拓展的海外机会。
- (3) 协会研究行业的纵向板块市场。
- (4) 我们对中国食品市场发展的研究缺乏深度、整合及前瞻性思考。

### (二) 大企业缺乏创新冲动,中小企业创新只有冲动没有支撑

- (1) 大企业不期望改变市场格局,缺乏创新动力。
- (2) 中小企业意欲改变市场,缺乏科技与资金支撑。
- (3) 中国民营大企业每年上千万的科研资金,主要用于设备购置、新配方研究及食品安全问题的预防研究,模仿依然是主要方式。

### (三) 人才缺乏

在教育领域,不乏通才,但缺少专才;自成一家,但缺乏整体,格局扁平,但缺少层次;缺乏各具独特优势的新一代学科带头人。

- (1) 除少数专家外,通才多,专才少,缺乏真正意义上统领行业的学科带头人和有重要影响力的优秀团队,缺乏对未来发展的理论研究。
- (2) 尽管有 156 所食品相关院校,但科研课题的研究存在重复交叉,尚未形成有效支撑行业发展、具备前瞻性研究的专业分工。对区域优势的研究分布,没有从国家战略上分步实施。
- (3) 由于缺少对中国食品工业现状的深刻了解,形成所报课题集中、重复。在研究方向上,较多“跟着个人感觉走”。
- (4) 学校布局上缺乏层次和分工(如粮油加工、冷冻食品等)。
- (5) 在科技评价上,缺乏公正与科学的科技评价体系,仅依据上级检查及论文发表数作为主要的评价标准。

### (四) 研究领域势单力薄

残存的地方科研、专业研究的生力军缺失,进入“维持生计”的状态;缓过劲来的国家科研院所,从生物工程再度切入食品高地;支撑地方科研单位的主要资金及任务,是食品检测及检查的经费来源。

目前,我国食品产业已进入以自主创新为主要特征的重要转型期。综观 2005~2006 年,我国食品产业的创新呈现以下特征。

- (1) 中国食品产业创新目前尚未形成真正意义上的整体与集成,仍处于“各自为战”的摸索期,缺少沟通与交流的有效平台。
- (2) 在构成创新的链条中,从整体上看,市场导向不清晰,企业主体蓄势待发;学术界与企业界对接与支撑不畅;科研准备不完善,研究单位刚刚起步。中国食品产业的创新,

目前尚未真正形成支撑中国食品产业核心竞争力的格局。

(3)以中国民营企业为主体的中国食品产业,已基本完成了对原始资本积累的第一次创业和以外延为主的二次创业。中国食品企业经20年的拼杀,存活下来的企业,为打破目前“血拼”的自杀模式,正进入整合期。产品从“趋同化的价格战”,走向“差异化的价值战”。

(4)创新成为下一轮企业竞争的核心。中国食品产业创新的外部环境与条件已经形成。

(5)工业化部分,目前亟须解决专用食品设备及标准两大管理及装备瓶颈。

### 三、发展趋势

从宏观因素对中国未来食品工业发展趋势的影响来看,无论是从国家政策层面、食品消费层面、食品安全形势、经济全球化、国际贸易壁垒的角度,还是从食品工业作为关联农业、工业和第三产业的重要支柱产业,对农业和其他产业如机电、轻工、化工等一批相关行业有巨大的推动作用,均显示出食品工业的强大发展趋势。

我国食品工业和科学技术将呈现如下发展趋势。

(1)注重营养科学指导、发展营养健康食品将成为我国食品工业发展的根本趋势。

(2)食品工业的发展将会更加注重资源综合利用和精深加工,实现效益最大化。

(3)食品工业在产业形态方面将趋向集约化、规模化和基地化发展。

(4)我国食品工业发展的国际化趋势将更为明显。

(5)食品工业将会更加注重产品的安全卫生,标准体系和质量控制体系将更趋完善。

(6)食品工业将会向多部门横向渗透联合,实现跨领域经营。

(7)自主创新,科技先导。

(8)资金来源将由政府为主,转化为政府与企业并行,企业资金逐渐加大。但资本将体现出强烈的“择优而聚,择利而行”的特征;企业家将由对院校的整体支持,转变为对优秀专家项目与资金的长期合作;了解市场需求、专业优势鲜明的不同院校周围,将聚集起不同的产、学结合的高地。

针对目前国内食品加工业的瓶颈、发展和食品科学技术学科的进步、服务问题,建议应采取以下措施促进其转型升级。

(1)改革食品科学技术学科的结构设置。

(2)改革食品科学技术学科的培养方案。

(3)改革高校评价机制和高校教师的考核机制,加强职业道德教育,理顺科研机制。

(4)建设科教创新平台和同行评价体系,推动食品科技学科发展。

(5)进一步强化企业与科研单位间的沟通。

(6)全面加强国际合作与交流。

(7)强化过程管理,加大监督检查力度,选择标志性成果,加强宣传工作。

(8)创新加工产品结构,提高主要农产品精深加工或二次以上加工的比例,提高产品质量。

## 第二十二节 农业科学

在首次界定基础农学学科概念与内涵的基础上,我们回顾了 50 多年来我国基础农学学科发展的四个阶段,即:全面起步阶段、曲折与破坏阶段、恢复与调整阶段、改革与发展阶段。

基础农学学科在科技、经济、社会发展中占有极其重要的地位。基础农学学科是衡量国家科研水平的重要标志;基础农学学科的新概念、新理论、新方法是推动农业科技进步和创新的动力;基础农学学科的定位观察和基础数据积累是国家宏观决策重要的科学依据;基础农学学科是培养高素质人才、提高农业教育水准的重要途径;基础农学学科的研究成果转化与推广,可以促进农业和农村经济持续稳定健康发展。

新中国成立后,特别是改革开放以来,基础农学学科发生了深刻变化,研究机构健全,队伍初具规模,试验研究条件改善,国际合作与交流有了新的发展。基础农学学科在不同历史时期,特别是改革开放以来都是国家科技规划、计划的重点。“六五”以来,在国家先后推出的科技攻关计划、高技术研究与产业化发展计划(“863”计划)、重点基础研究发展计划(“973”计划)三个主体计划和研究开发条件建设计划等涉农项目中,基础农学学科均作为重点开展研究。作物遗传育种、作物营养、作物昆虫病理、农业微生物、农业分子生物学与生物技术、农业生物物理、农业气象、农业生态、农业信息科学等领域的研究项目增加、经费强度提高,加快了基础农学学科发展。

近年来,基础农学学科研究进展迅速,取得了一系列新成果,产生了一批新方法、新技术,涌现出大量新见解、新观点、新思路,部分领域已经接近或赶上发达国家的水平。基础农学研究主要取得如下进展和突破性成果。

### 一、作物遗传育种

揭示出农作物生长、分化、发育和对环境的应答等基本生命过程的分子机理并且找出调控这些过程的关键基因,并在遗传育种、基因工程育种和产业化上取得重大突破,对农业科学和农业的发展产生了深远影响。50 多年来遗传育种工作者通过各种方法和途径,选育出 60 多种作物 6 000 多个新品种、新组合,使粮、棉、油等主要作物品种更换 4~5 次,并使品质和抗性得到较大改善。遗传育种理论与方法有新的发展和提高,如糊型杂交水稻的突破。利用辐射诱变技术,对杂交不育性和杂交育性进行研究,获得了在遗传学上有意义的科研成果,提出了克服杂交困难的有效方法,并获得一批优良品种。细胞工程方面,茎尖脱毒培养、小孢子培养和细胞杂交技术已用于工厂化育苗和育种。我国获得水稻、玉米、小麦、油菜、棉花和大豆等 90 多种转基因植物,利用了 145 个目标基因,10 多种转基因植物获准环境释放,棉花、番茄、甜椒和矮牵牛 4 种转基因植物进行了商品化生产,种植面积居世界第 5 位。2005 年中国转基因抗虫棉种植面积超过 5 000 万亩(1 亩=0.066 7 hm<sup>2</sup>),占棉花种植面积的 70%左右。

## 二、作物营养与施肥技术

50 多年来,2 次全国范围的土壤普查和 3 次肥料试验,基本摸清了我国土壤的类型、特性和肥力状况等,促进了化肥的合理施用和农业化学研究。对土壤中 K、Si、S、Mg 等养分的化学行为和有效性做了大量研究。在中量元素尤其是钙的吸收利用机制方面取得重大突破,在揭示微量元素 B、Zn、Mo、Mn 等的生理功能和 Ca、S、Mo 等肥料的高效施用技术研究以及在逆境条件下,根系形态学和生理学适应机制研究也取得重要进展。在产量生理学方面,揭示了 N、P、K 等养分用量及其配比在作物产量形成、库源调控方面的作用。近年来,在 N、P、K 等养分效率的基因定位和克隆等研究方面取得阶段性进展,揭示了生物高效利用土壤 N、P、K 等养分的遗传学潜力及其生理机制,培育出磷高效小麦品种。利用植物营养学理论,在解决土壤重金属污染和农业面源污染问题上取得了实质性进展。我国缓/控释肥料的研究不断升温,在生物抑制剂、包膜材料、制备工艺等方面得到长足发展,并开始在生产上推广应用。在固氮菌研究和耐铵固氮工程菌构建方面取得骄人成绩,推动了固氮微生物肥料的研制和应用。

## 三、作物昆虫病理

昆虫病理学包括农业昆虫学和植物病理学两个分支学科。近几年,成功研制了扫描昆虫雷达数据采集、分析系统;利用地理信息系统软件研制了有害生物疫情地理信息系统。害虫生物防治重点解决了一批重要天敌的人工低成本繁殖和释放技术难点。利用分子生物学技术建立了小菜蛾、棉蚜、褐飞虱等重大害虫对常用化学农药的抗性分子检测技术,提出了相应的抗药性治理技术。外来入侵生物研究,明确了烟粉虱生物型种类及其分布现状。在植物病理学方面,通过对植物病原物致病基因及信号传导的研究,明确了部分病害的致病机理;研制并建立了多种植物病害快速分子诊断技术;初步完成了小麦矮腥黑穗菌、梨火疫病菌等潜在危险入侵植物病原物的快速分子检测的特异性引物设计,研制出基于 SCAR 标记、ITS 特异序列等小麦矮腥黑穗病菌、梨火疫病菌、大豆疫霉菌、香蕉穿孔线虫、马铃薯腐烂茎线虫等的快速分子检测技术;筛选了大豆疫霉菌与寄主识别和侵染相关的基因,分离了疫霉菌决定寄主识别的蛋白因子;对重大检疫对象小麦矮腥黑穗病在我国适生性和定殖风险进行了分析研究,为制订安全的植物检疫措施和保障小麦生产安全提供了科学依据。

## 四、农业微生物

进入 21 世纪后,借助免培养和生态基因组技术,从极端环境和特殊生物环境分离特殊功能的新基因实现了大规模和高通量的技术革命,已获得了一系列与杀虫、抗病、抗逆、抗辐射、农药降解等相关特性,且具有显著优势的新菌株和新基因。随着十字花科植物重要病原微生物黄单胞菌野油菜致病变种、共生固氮微生物模式菌中华苜蓿根瘤菌、生物降解微生物模式菌恶臭假单胞菌和燃料酒精细菌运动发酵单胞菌等重要微生物基因组的完成,一系列与农业和环境保护密切相关的重大科学命题如生物防治、生物固氮和生物降解等进入一个在基因组平台上开展功能基因表达和网络调节研究的新阶段。目前,我

国是世界上农业重组微生物环境释放面积最大、种类最多和研究范围最广的国家,所取得的成果已受到国外科学家的广泛关注。以 Bt 制剂、农用抗生素和病毒杀虫剂为龙头产品的生物农药已广泛应用在农业生产中。

## 五、农业分子生物学与生物技术研究

目前,农业基础科学研究进入“分子农业时代”,形成了以功能基因组和蛋白质组学研究为方向,以多学科交叉为基础,微观与宏观相结合的研究体系,以阐明重要农作物农艺性状的分子调控机理为核心的研究已全面展开。随着水稻基因组测序的完成,以水稻基因组图谱为基础的重要农艺性状相关基因的克隆、功能与应用研究正在蓬勃兴起,在禾本科作物之间的比较基因组学和等位基因多样性等方面开展了富有成效的研究,在水稻、小麦等农作物重要性状分子标记及其在育种实践中的应用取得突破性进展,建立了较为完善的分子标记辅助选择育种技术体系。随着高通量蛋白质组技术如双向电泳、质谱技术和蛋白质芯片技术的建立,目前农作物蛋白质组学研究已由群体、组织和器官水平深入至亚细胞水平,叶绿体、线粒体等细胞器的蛋白质组已被鉴定。有关水稻抗逆性与发育相关的蛋白质组学的研究工作开展顺利,并取得了可喜的研究成果。

## 六、农业生物物理

在高能辐射和空间诱变育种方面:围绕提高农作物新品种的品质和产量、研究诱变育种机理、提高辐射诱变育种的诱变效率等问题,开展了大量研究工作,并取得了一系列研究成果。在食品的辐照储藏和保鲜方面:我国已批准六大类辐照食品的国家卫生标准和 17 种辐照食品的国家工艺标准,并建成“农业部辐照产品质量监督检验测试中心”。在电磁学、光学、声学、电子—离子束等物理方法和技术促长增产方面进行了大量的应用基础研究。核素示踪技术已经在农业科学的一些领域广泛应用。

## 七、农业气象

20 世纪 90 年代以后,作物生长模拟研究取得长足进展,基本达到与国际前沿接轨;应用近地面水热传输理论,旱作节水农业与荒漠化防治等研究取得重要进展。气候变化对农业影响及适应对策研究和农业气象灾害监测预警技术达到国际较先进水平。

## 八、农业生态

近年来,农业生态学在以下方面取得了一系列重要进展:全球变化对农业的影响和农业对全球变化的作用;农业中利用生物多样性控制病虫害、改善营养供应、逆转恶劣的生态条件;从流域到农田水平的农业可持续发展模式;农业生态系统中的植物化感作用、作物微生物化学作用、作物昆虫化学关系的化学生态学研究;基于农业生态系统能物流研究的资源节约型农业;农业生态服务功能的经济评价等。未来农业生态学将在生态学和农学的发展中吸收更多的“营养”。一方面在景观生态学、分子生态学和计算机信息方面拓展;另一方面在继续推动生态农业发展的同时,更加重视转基因作物的安全性,更加重视推动循环农业体系建设,更加重视污染土地的修复问题。

## 九、农业信息科学

农业信息科学是农业科学与信息科学之间相互交叉融合而形成的一门新兴学科。近年来,我国农业信息科学发展极为迅速,农业信息科学的各项关键技术取得了丰硕的成果,如在数据库建设、农业专家系统、机器人视觉、精确农业、决策支持系统、自动控制技术等领域。目前,随着卫星遥感技术、地理信息技术、全球定位技术、系统模拟技术、人工智能技术和网络通信技术等为主要内容的信息技术在农业中的应用研究与快速发展,农业信息科学的理论基础、技术体系和应用领域及产业化体系等正在发展和完善。在农业信息管理领域,建立了中国农业科技文献与信息服务平台等综合性应用系统。在农业信息分析领域,建立了现代信息技术基础上的农产品分品种预测与预警方法。

为了加快我国基础农学学科的发展,要认真贯彻“自主创新,重点跨越,支撑发展,引领未来”的科技指导方针,进一步深化科技体制改革,建立起适合社会主义市场经济、符合农学学科自身规律的新型国家科研体制;造就一支精干、高效的基础农学学科研究队伍;加快基础农学及分支学科国家重点实验室和现代化试验研究基地建设;积极推进基础农学国际科技合作与交流,建议定期举办基础农学与世界农业高层论坛;大力增加基础农学的科技投入,争取在2010年,基础农学研究占整个农业科研投入比例,从2004年的6%左右提高到12%以上;创造有利于基础农学学科持续稳定发展的外部环境,保持研究计划的稳定性和连续性,鼓励创新学术思想,树立良好的科学道德和学风,继续改善科研人员生活待遇,改进成果奖励制度等。所有这些相关政策的实施,必将推动基础农学学科的深入发展。

## 第二十三节 林业科学

### 一、林业科学学科发展的现状与趋势

林业科学学科的发展呈现出国盛则林兴的现状。改革开放以来,我国林业科技事业快速发展,学科领域不断拓展,研究队伍发展壮大,条件不断改善,研究层次和水平不断提高,形成了一个门类齐全和较为完备的林业科研和人才培养体系,获得了可喜的成绩。初步建立了杨树等用材林定向选育及培育体系,在超微和分子水平上深化了对材性形成和树木抗逆机制的认识,提出了我国典型生态区域困难立地树种选育及造林技术,研制出高效空间配置及稳定林分结构的防护林体系。此外,在森林病虫害生物防治、林木菌根化和生物技术、林产品加工和利用、森林资源动态管理和灾害监测的数字化、植被恢复和荒漠化治理等方面的研究也取得了明显进展。在自主研究的基础上,我国还实行积极的引进战略,通过“948”项目,一大批国外生态和用材树种、经济林、花卉等良种落地中国,极大地丰富了我国种质资源,国外高新和前沿技术的引进,大大缩短了与国外的差距。科技进步极大地提高了林业生产水平,为林业的健康和快速发展起到了重要的支撑作用,产生了巨大的经济、社会和生态效益。林业建设已步入良性循环的发展道路。

林业科学学科发展的趋势:在较长的时间里,新世纪的世界林业及生态环境保护事业

的发展,将继续面对和着力解决三个方面的问题:森林资源培育问题、森林生态环境保护问题和森林资源的高效利用问题。世界林学学科的发展将围绕森林可持续经营和林业可持续发展这一主线进行调整,呈现六大发展趋势。

- (1)森林与全球及区域环境关系的研究是今后林学研究的热点。
- (2)非木质林产品的研究领域受到重视。
- (3)森林可持续经营理论与方法领域的研究将成为林学学科研究的主流。
- (4)集约育林仍是世界林学研究的主题。
- (5)退化生态系统重建已成为林学研究的迫切任务。
- (6)生物技术和信息技术是促进林业科技快速发展的重要手段。

## 二、林业科学学科发展的差距、原因和任务

我国林业科学学科领域十分广泛,几乎覆盖了国际上所有的林学研究领域,少数领域已基本接近或达到国际先进水平。总体看,形成部分先进与总体落后并存的局面。大多数领域处于跟踪,有创新和重大建树的系统研究不够,无论从广度和深度上与林业发达国家相比均有较大的差距,大约落后 20 年。相比之下,我国的林业科技发展水平在林学基础研究和应用研究方面存在较大差距。我国林业科技人才方面的差距主要表现在资源配置不合理、高层次人才不足、而且多集中于大中城市和少数科研单位和研究机构。整体素质不高、学科梯队没有形成、流动性和竞争力差,科技人员游离于企业之外的情况比较普遍。农村科技人才,特别是生活比较艰苦的地区,科技人员少,学历较低,素质低,不能适应现代农业发展的要求。我国林业系统科研条件较差,设备落后,在进口仪器设备中约有 1/3 为 20 世纪 70 年代水平,不能及时更新。实验基地特别是中试基地缺乏,试验林、示范林、样板林数量不能适应科技的发展重要,而且,由于经费人力等原因,不能长期连续观测,缺乏长期观测的数据积累,科学性差。重点实验室和工程研究中心不仅数量少,而且开放程度差,科研任务量不大。基层科研单位在获取、处理、使用信息以及在图书、情报、刊物的检索系统等方面都有很大差距,不能适应科技发展的要求。科技投入不足够。

造成我国林业科学学科发展水平与世界发达国家差距的主要原因如下。

- (1)基础研究比较薄弱,科技持续创新能力不强。
- (2)学科设置不能满足新时期林业建设发展的需要。
- (3)科技投入严重不足,总体实力薄弱,影响学科发展。
- (4)高新技术应用滞后,对传统林业的改造、带动作用不显著。
- (5)科技与生产脱节的问题还没有从根本上得到解决。
- (6)队伍结构不合理、水平参差不齐、整体素质不高。
- (7)管理体制不顺,科技资源的配置不能达到最优化,削弱了服务能力。

林业科学学科发展的主要任务是,提高科技含量以确保林业工程建设的质量和水平;加快技术创新,提升林业产业的规模和效益。

## 三、林业科学学科发展目标与战略

林业科学学科发展的目标是,围绕当前林业发展的中心任务,加速推进林业科学技术



进步,以科技创新确保林业生态工程建设的质量和水平,以技术进步提升林业产业建设的规模和效益。到本世纪中叶,使我国林业科技与学科发展跨入世界先进行列。

林业科学学科发展战略如下。

- (1)加强林学基础学科和高新技术的研究,提高科技水平和创新能力。
- (2)研究解决重点工程建设中的关键技术。
- (3)加速科技成果集成转化,提高林业建设科技水平。
- (4)加强科技能力建设,提高林业科技持续创新能力。
- (5)加强国际科技合作,加强林业科技国际合作与交流方面的相关机构建设。

## 四、林业科学学科研究的重点领域

### (一)生态脆弱区退化生态系统形成机理与恢复重建领域重点研究

- (1)退化生态系统退化成因与机理,包括生物地球物理过程,生物地球化学循环过程。
- (2)退化生态系统评价、监测与预警。
- (3)退化生态系统的恢复重建,特别是植被的恢复重建,包括退化生态系统土壤与植被性质的演化,种植材料(乔灌木)选择,恢复重建的模式以及生态、经济效果。
- (4)生态脆弱区土地、水和植被资源的优化利用。
- (5)高效防护林营建及多目标管理。

### (二)天然林的保育与可持续经营重点研究

- (1)天然经营类型划分,天然林的结构和生态采伐与更新。
- (2)天然林生物多样性保护。
- (3)退化天然林演替,退化地的植被与功能变化规律和恢复重建。
- (4)不同区域森林植被建设与水资源水环境关系及其优化配置。
- (5)有发展前景的森林生物物种的开发基础。

### (三)森林遗传规律与林木改良重点研究

- (1)针对珍贵用材树种,短周期工业用材树种,经济林树种(包括生物能源等)、竹藤、花卉等优质、高产、高效新品种或新品系选育。
- (2)适于困难立地造林的耐旱、耐盐碱、耐寒、乔灌木种植材料的选育,适合于城镇绿化、美化、抗污染的乔灌木树种选育。
- (3)林木遗传基因图谱及数量性状基因定位。
- (4)育种策略、育种群体与多世代育种。
- (5)遗传育种资源的收集、保存与利用。

### (四)短周期工业人工林及珍贵用材林培育重点研究

- (1)优质高效速生工业人工林的定向培育技术。
- (2)适宜短周期工业用材培育的新树种新品种选择与其配套培育技术。

- (3)珍贵用材树种,特别是珍贵阔叶用材树种品种选择及配套栽培技术。
- (4)含有珍贵用材树种的次生经营技术。
- (5)人工林稳定性,长期生产力保持机理与可持续经营。

### **(五)森林经营重点研究**

- (1)森林多功能经营的模式和技术。
- (2)森林生态系统经营。
- (3)森林资源生态和环境综合监测评价体系。
- (4)森林模拟技术。
- (5)森林经营区划和规划的理论与方法。
- (6)森林资源和生产信息管理系统。

### **(六)林业有害生物发生机理及防控重点研究**

- (1)重大林业有害生物灾害形成及暴发机理。
- (2)森林生态系统自我调控森林病虫害的原理。
- (3)探索准确、快速、简便易行的植物检疫技术,提高检疫能力与水平。
- (4)无公害防治技术。
- (5)病虫害防治及自然控制的植被管理(包括森林健康标准评价等)。
- (6)抗病虫育种。

### **(七)城市林业重点研究**

- (1)城市森林功能与效应。
- (2)城市林业规划设计。
- (3)城市不同功能森林的营建技术及评价。
- (4)城市森林的管理。

### **(八)野生动物保护及自然保护区重点研究**

- (1)国家重点野生植物,种群扩展和栖息地恢复。
- (2)国家重点生态系统类型自然区生态系统功能及恢复、重建。
- (3)野生动植物资源监测技术。
- (4)野生动物驯养繁殖和珍稀植物培植。
- (5)自然保护区保护与利用。

### **(九)森林与环境相互关系方面重点研究**

- (1)不同类型森林生态系统的碳循环。
- (2)森林固碳能力测定方法。
- (3)不同森林类型理水功能对当地水资源的影响。
- (4)树木与森林的耗水量与水资源的关系。

(5) 树木、森林与气候水环境变化的生理生态学。

### (十) 林产品(森林资源)高效加工利用技术方面重点研究

- (1) 新型木基复合材料和木质功能复合材料工艺技术。
- (2) 木材化学加工利用技术。
- (3) 竹藤加工利用及花卉培育。
- (4) 木本粮油深加工及特种林产品(紫胶、白蜡)高效利用产业化技术。
- (5) 森林生物资源的研发。
- (6) 林产业资源节约及废物综合利用技术。

### (十一) 林业中新技术新方法的重点研究

- (1) 林木细胞工程、林木基因工程、发酵工程。
- (2) 激光、干涉雷达及高光谱遥感在林业中的应用。
- (3) 林业网络应用技术。
- (4) 森林资源环境和灾害综合监测与评估技术。
- (5) 充分利用空间信息的森林资源与环境的管理系统。

## 五、林业科学学科发展战略措施

- (1) 总体部署,制定林业科学学科建设规划,使科技资源配置达到最优。
- (2) 加大对基础学科研究的投入,加强林业科学学科发展支撑条件建设。
- (3) 加快人才培养,造就林业科学学科拥有高素质林业科技队伍。
- (4) 加强知识创新、技术创新能力的建设和科技积累。

## 第二十四节 水产学

中国渔业经过改革开放以来的高速发展期和近年来的战略性调整,步入了一个持续、稳定、健康发展的阶段。其产业结构进一步优化,从产量增长型转向质量和效益并重,注重可持续发展;为了保护渔业资源,对海洋渔业结构实行战略性调整,实现了海洋捕捞产量负增长。

水产养殖快速发展,质量和效益明显提高。水产品贸易持续增长,远洋渔业多样化和全球性作业进一步发展。渔业资源和生态环境保护力度不断加大。在产业发展的同时更加重视渔业资源和生态环境的保护,实行了严格的禁渔期和禁渔期制度,严格控制捕捞强度,对资源和生态环境保护产生了积极的影响。培育了一大批新的优良品种,对发展优质高效渔业起了重要的促进作用。人工繁殖技术不断发展,为海、淡水养殖生产提供了足量优质苗种;一大批水产名优种类的育苗和养殖技术相继取得成功,丰富和优化了养殖品种结构。设施渔业开发迈上新台阶,工厂化养殖和抗风浪网箱等装备技术快速发展。水产健康养殖、无公害养殖和标准化养殖技术全面发展。初步建立了疾病监测与防控技术体

系,推广了多种健康养殖模式。环保型、功能性饲料得到应用,绿色产品逐渐增多。

海洋渔业资源专项调查和信息系统集成研究成果,为渔业生产和管理提供了科学依据;远洋渔业资源的开发,使鱿鱼、竹荚鱼、金枪鱼类成为我国远洋渔业的主要捕捞对象。水产品冷藏链保鲜技术快速发展,淡水鱼保鲜、加工方法不断改进。我国水产品加工及加工品呈现出综合性、高值化、多品种的态势,延长了产业链,提高了渔业生产的综合效益。随着生物化学和酶化学及应用技术的发展,低值水产品和加工废弃物利用水平进一步提高。

## 一、水产学学科研究新进展

### (一)水产生物技术方面

我国学者在有关基因克隆、序列分析以及表达分析方面作了大量的研究,所涉及的基因大致可分为免疫/抗病相关基因、生长、生殖与发育相关基因、性别控制相关基因、溶菌酶和激酶等酶类基因等。建立了多种不同水产养殖动物的微卫星、AFLP 和 ISSR 等分子标记技术。构建了斑马鱼双色荧光基因打靶载体,以用于基因敲除和基因插入研究。进行了外源生长激素基因对转基因鲤鱼免疫功能影响的研究。采用显微注射法将人  $\alpha$  干扰素(HuIFN $\alpha$ )重组基因转入草鱼 I~II 细胞期的受精卵。建立了表达 GFP 的花鲈胚胎干细胞株,建立了胚胎干细胞移植技术。构建了鲈鱼生长抑素基因的同源重组载体。采用 RT-PCR 方法从鲤鱼脑垂体获得了两种 GtH $\beta$  亚基的 cDNA。采用 RT-PCR 技术从鲤鱼肠系膜脂肪组织中扩增出鲤鱼肥胖基因的 cDNA 编码序列,克隆了真鲷抗菌肽 hepcidin 基因。

### (二)水产种质资源与育种

养殖新品种选育实现了历史性突破,培育出了中国对虾“黄海”1号、“大连”1号杂交鲍、“海大蓬莱红”扇贝、“东方”2号杂交海带和“荣福”海带等多个新品种。培育出1个栉孔扇贝快速生长品系 G7,生长速度提高了 38.4%。获得了生长速度比基础群体提高 30%,遗传纯度达到 91.1%的罗非鱼新品种——新吉富罗非鱼。“浦江”1号团头鲂系统选育产生了 F8 和 F9,生长速度提高了 5%。虹鳟优良品系选育技术的研究专题通过电子标记技术对虹鳟进行系统选育,建立了 5 个基础群体。筛选获得了一个生长速度比 D 系异育银鲫快 10%以上的新品系。选育出 1 个快速生长的鲢鱼新品系,其体重增长比普通人工繁鲢快 22.7%。在世界上率先解决了半滑舌鳎室内亲鱼培养和人工育苗技术,突破了斜带石斑鱼亲鱼培育、生殖调控和种苗繁育关键技术,大黄鱼、军曹鱼、星碟等一批名优海水养殖种类的育种和繁育也初具规模。

### (三)健康养殖技术

研究了网箱养鱼的污染物输出特征,建立了污染物输出量评估模型。揭示了浅海贝类筏式养殖系统的自身污染机制。查清了大型海藻、有机降解菌、滤食性贝类和刺参在养殖系统中生态作用。研究了多种围栏生态防病模式,建立了以高位水池养虾为代表的 4

种对虾健康养殖模式和 3 种优化扇贝养殖环境的生态调控模式等。海水鱼类养殖基本形成“海陆接力”、“工厂与池塘接力”和“南有网箱,北有工厂化”的新格局。研究出了适合我国海域特点的 4 种类型抗风浪网箱,攻克了网箱高密度养殖关键技术,自行研制开发了多功能的抗风浪网箱设备。以大菱鲆为主导产业的工厂化带动了我国北方鱼类养殖的发展。

鳊鲢的催产率提高到 90% 以上。实现了大鲵全人工繁殖。史氏鲟实现全人工繁殖及全雌化培育。建立了石斑鱼规模化人工育苗的技术和工艺流程。首次实现了哲罗、细鳞全人工繁殖和稚鱼摄食人工饲料的规模化培育。河蟹的养殖突破高寒地区的禁区,推进到黑龙江的全境。

建立了罗氏沼虾无公害生态养殖示范区,建立了栉孔扇贝秋苗繁育技术、完善了贝藻、贝蟹多元生态养殖技术。研究了对虾养殖中其他宿主在病毒病传播中的作用,建立了对虾综合防病健康养殖模式。完善了以青蛤为代表的底栖滩涂贝类工厂化育苗及大规模苗种生产技术,建立了适应于南北方不同气候和环境特点的对虾工厂化无公害养殖模式。

#### (四) 水产动物营养与饲料研究方面

对我国已有的主要水产养殖动物的营养需要进行完善和深入研究。其中淡水养殖品种主要包括草鱼、鲫鱼、罗非鱼、河蟹等,海水包括大黄鱼、鲈鱼、军曹鱼、石斑鱼、笛鲷、黑鲷、皱纹盘鲍、凡纳滨对虾等。已研制或通过引进技术生产了一批渔用饲料添加剂及预混料。对营养素的中间代谢产物进行了研究,研究了保障商品鱼质量安全的饲料添加剂和相关外源酶对基因表达的影响。

以植物蛋白源(豆粕、菜籽粕、棉籽粕、木薯粉等)、动物蛋白源(肉骨粉、鸡肉粉等畜禽副产品)替代鱼粉,植物油替代鱼油研究成果显著。研究了不同的植酸、凝集素、皂甙、异黄酮等抗营养因子对养殖鱼类生长、饲料利用率和营养素代谢的影响。开发了一系列中草药添加剂、促生长剂、各种酶制剂等。

研究了饲料中营养和非营养型添加剂对养殖动物免疫力和抗病力的影响,在此基础上开发出了高效的免疫增强剂,用于替代抗生素。把无公害饲料生产的思路和技术引进我国的水产饲料生产和水产养殖,通过无公害饲料配方的研制,达到养殖对水体低污染,对环境无公害。

#### (五) 水产养殖病害学方面

研究了集约化养殖寄生虫病的流行规律与特点、新寄生虫病、抗寄生虫药物、寄生虫病理学等。突破了传统的病毒分离、鉴定及病毒生物学特性等方面的局限,深入到病毒的超微结构、抗感染蛋白、功能基因以及感染和致病分子机制等领域。

应用免疫学研究已成为我国疫苗研究的重点;营养免疫学的研究独树一帜;免疫学诊断技术的建立与应用逐步推动免疫检测试剂盒的研制;免疫相关基因的筛选,免疫蛋白的分离以及水产动物免疫发生机制等方面已经有所突破。

水产动物病理学的研究在传统的组织病理学的基础上,已深化到细胞病理领域。在血液病理方面的研究获得了较大的突破,发现感染隐藏新棘虫的黄鳝血液中除了  $K^+$  含

量显著升高外,Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、尿素氮等的含量均没有变化,等。2005年出版的《新编渔药手册》,在一定程度上规范了我国渔药的研发、生产和应用。

## (六) 渔业装备和工程方面

深水抗风浪网箱养殖技术取得多项国家专利,研制并优选出适合15~40 m水深的海域作业生产的深水抗风浪网箱养殖系统。工厂化鱼类高密度养殖设施研究高效生物过滤净化技术及其装置,形成了完整的循环水养殖净化系统。运用氧化塘技术、人工湿地技术等进行设施化应用和工程化控制生态养殖场获得成功。

## (七) 渔业资源与利用

东、黄海生态系统动力学与生物资源可持续利用项目研究发现高营养层种类间的生态转换率存在明显差异;小型、微型和微微型浮游植物占综合生物量很大比例;从生态系统的水平上开展了关键种鳀鱼产卵场形成与补充机制,建立了我国近海生态系统动力学理论体系框架。北太平洋鲑鱼渔场信息应用服务系统及示范试验发展了船基多卫星遥感信息接收系统,研制出适合我国远洋渔业生产的船载实测数据自动采集与通信系统,取得了我国专属经济区生物资源和栖息环境的资料。完成四大海域生物资源与环境的同步综合调查。建立了全国海洋渔业资源动态监测网络,全国海洋渔业资源常规监测数据库及数据传输系统、渔情预报系统;初步建立我国海洋渔业资源常规监测技术与指标体系。

## (八) 水域生态与环境

研究了水产养殖活动对水域生态系统的影响,并从不同角度评价了水产养殖活动对水域环境的影响。研究了水产养殖活动对海洋赤潮、湖泊蓝藻水华的产生机理和作用,探讨了避免水体污染的途径等。

研究探讨了水域生态系统中的生物多样性,分析了我国内陆水域水生生物多样性状况。先后研究了海藻、贝类、对虾和鱼类等的养殖容量。利用水生生物,如滤食性鱼类和大型海藻治理水体富营养化方面开展了一些工作。

## (九) 水产品储藏加工与质量安全方面

我国超低温冷链建设正逐步趋于完善,-55℃的超低温冷库、超低温冷柜和用于超低温流通环节的超低温保温箱得到研究和应用并得到较大发展。运用真空冷冻干燥技术和低温粉碎技术来代替传统方法加工海珍品,极大地提高了产品的质量。水产品加工设备、运输设备取得长足的进步。研制了多种新型的渔用节能装置。

建立了一支检测手段比较先进、人员素质较高的水产品质量监测队伍,制、修订了多部无公害水产品行业标准,充实了无公害产品质量、技术方法、安全限量等方面的标准,制订的水产国家标准、行业标准达500多项。两年来加大了药物残留检测方法制、修订工作的力度,有重点地开展药物残留的检测方法的制订工作。已对多家水产品企业进行了水产品质量认证,开展了卓有成效的工作。

## (十) 渔业信息技术方面

建成了渔业科技文献数据库等,部分已经推广应用,并在渔业的生产、管理和科研教学中发挥了重要的作用。建设了渔业科学数据平台,在制订统一的信息化、网络化标准和规范的基础上,把分散在全国各地的渔业科学数据资源等进行有效地整合,构建综合数据库体系。利用卫星遥感技术,为实现海况、渔况测预报业务系统的建立进行了有益的探索,对一些湖泊的形态、水生维管束植物的分布、叶绿素和初级生产力的估算进行了研究。研制开发出了不同类型的水产专家系统在渔业的科研、生产和管理上应用。

## 二、水产学学科发展的国内外比较

我国在开发应用生物技术方面有一些人才,但开展原创性研究的人才还比较缺乏。水产生物技术领域的组织机构、学术机构不够健全,缺乏水产生物技术学术交流的稳定平台。目前国内水产生物技术领域的大项目还相对较少,资助强度不大,且较分散、不系统。功能基因、分子标记、基因打靶等研究落后,基因工程疫苗研制方面差距较大。

我国是水产动物种质资源大国,在种子库方面投入较多,但由于人为活动和资源环境的恶化,种质资源的保护水平相对较低,系统研究种质资源保护的机构少,国家投入的研究费用也较少。我国养殖鱼类的“品种”多,且来源复杂,但人工选育的良种较少,主要养殖对象多为野生种。且由于研究与生产单位对养殖对象遗传保护重视的程度不够,致使我国养殖鱼类“品种”普遍存在近亲交配和种质退化的现象。在选育种理论方面,对“品种”的异质性认识不够。

养殖产品的质量和安全卫生水平有了较大的提高,但和先进国家相比还有很大差距。水产养殖业尤其是工厂化养殖过程所用的设施条件还不够完善,机械化、自动化程度不够高,水处理设备落后,基本为流水式开放系统。我国传统的养殖技术还处于经验性的把握,未能给规模化、集约化以及数字化控制提供基础数据。

由于我国养殖品种多元化,营养学研究往往缺乏系统性,配方的科学依据也不充足。我国饲料机械、饲料设备的质量和规模均相对落后,且饲料厂所需的成套设备生产能力欠缺。水产动物营养与饲料学方面的人才更是匮乏,实验设施和仪器设备与国外相比也相对落后。资源消耗的粗放型养殖制约了饲料工业的发展。国家对于水产饲料市场的监管力度不够。

水产动物疾病学的研究起步较晚,相对于国外发达国家基础较差,主要表现在:①病原体致病机理盲点太多;②免疫学应用基础较差;③病理学底子太薄;④技术力量薄弱。

与发达国家比较,我国的养殖工程技术与国际先进水平也存在着差距,主要体现在工业化的技术水平、水资源的合理利用以及养殖系统对环境的影响等方面。与国际先进捕捞工程技术相比差距显著,主要体现在远洋渔业几乎所有的装备方面以及近海渔业装备的机械化、自动化水平、节能技术和选择性捕捞技术等方面。

近两年我国水产品低温冷链虽有了较大发展,但设施比较简陋,温度单一,过程监控差,管理水平也较低。我国水产冷库(制冰厂)设备陈旧,库温达不到工艺要求,不能适应水产外贸出口和冻结工艺发展的需要。目前我国专业从事水产制冷技术的研究机构和技

术人员相对较少,对水产品冷冻加工工艺过程缺乏深入研究。

我国水产品安全特别是药物残留或是检测技术水平较低,或是尚未建立确定统一的检测方法,致使水产品的国际贸易处于被动地位。我国水产质量安全标准中的技术要求与国际标准存在不同程度的差距。

对信息技术和渔业信息化的重要性认识不足,缺乏总体规划和远景目标,发展方向不明确,各自为政。尚未把信息技术作为生产力中一个重要要素进行系统组织、设计和研究;研究力量和研究目标分散,信息技术对渔业产业革命性作用远远没有发挥出来。

### 三、水产学学科的发展需求和未来展望

水产品是人民生活必不可少的优质动物蛋白食物来源。随着我国人口增长和收入水平提高,水产品需求将进一步增长。

我国水域生态环境污染状况不断加重,水生生物的生存空间不断被挤占,资源严重衰退,渔业经济损失日益增大,生态安全问题已严重影响我国渔业的可持续发展。因此,迫切需要加强渔业资源养护,控制外来生物侵害,遏制面源污染,开发环境友好型的生产技术,保证渔业发展的生态安全和可持续发展。

现代渔业已成为各种新技术、新材料、新工艺高度集中的行业,规模化、集约化、智能化和信息化发展,使其对科技的依赖程度在不断提高。必须加强渔业科技进步,导入、融合现代技术,发展设施渔业,降低资源消耗、环境污染和生产成本,提高渔业的资源产出率和劳动生产率,进一步引领和支撑优质、高产、高效、生态、安全的现代渔业发展。

在当前我国水生资源衰退、水域环境恶化的情况下,应按照循环经济模式,加强科技创新和科技进步,发展资源节约、环境友好、质量安全、高产高效型渔业,推动渔业经济增长切实转移到依靠科技进步和提高农民素质的轨道上来。

## 第二十五章 医学

当代人类面临着人口与健康、环境、资源三大问题,这些问题与人类的生存、发展密切相关。人口与健康问题是国家发展必须解决的根本问题。

我国是世界第一人口大国,也是全球疾病负担最为沉重的国家。与发达国家相比,我国医疗卫生事业和医学科学技术的发展相对滞后,国家投入过少,国民卫生负担过重,全国大部分人口没有可靠的医疗保障。经济发展的高投入、高消耗和高排放造成严重的资源透支、环境透支和健康透支,其严重后果现在还难以估计。我国的人口与健康事业在总体上与社会、经济的发展很不协调,而且已出现严重制约社会经济发展的势头。所以,中国的人口与健康问题几乎比任何国家都更为突出。

改革开放以来,在经济快速增长的过程中,我国人口过快增长的势头得到有效控制,卫生服务能力明显增强。特别是进入 21 世纪以来,随着国家对医疗卫生事业的重视和投入的增加,随着医学科学技术的不断发展和进步,我国的医务工作者坚持科技创新,在基础医学、临床医学、流行病学调查和医学科研等领域取得了显著的成绩,在某些领域已达



到或接近国际先进水平。但应该看到,我国医学发展还很不均衡,总体水平与发达国家相比还有较大差距。

## 一、国内外医学学科发展现状和趋势

### (一)国内医学学科发展现状

#### 1. 基础医学领域的研究进展

我国医务工作者紧密跟踪和掌握国际上发展的最新技术,加强国内不同单位之间、不同学科之间的协作及与国际间的合作,积极参与国际竞争,对一些严重危害人民健康的常见病、多发病的病因及发病机制进行了深入的研究,取得了许多创新性的成果。

在人类基因组计划中,我国北京华大基因中心、国家人类基因组南方和北方研究中心共同努力,已高质量地完成了基因组 1%,即 3 000 万个碱基对测序的任务,为基因组全序图的完成作出了贡献,并跻身于六个基因研究大国的行列。我国的人类基因组计划第二期业已完成。与此同时,基因功能和蛋白组学的研究也已蓬勃展开。

在疾病和医学相关基因的分离和克隆方面,我国科学家也取得了令人瞩目的成绩。解放军总医院耳鼻咽喉研究所与国外合作发现了毛细胞分化、再生的特有的调控基因。中南大学医学遗传国家重点实验室、中国科学院上海生物所等单位在中国人群中定位了 4 个非综合征型遗传性耳聋基因位点,并克隆了 2 个与耳聋有关的人耳蜗盖膜蛋白基因。中国医学科学院基础所和上海健康研究所分别克隆了乳光牙本质的基因;上海交通大学生命科学研究中心分离了 1 个 A-1 型短指趾基因 IHH;北京医科大学发现了 2 个高血压和细胞凋亡的基因;中国科学院生化与细胞所分离了 1 个具有天然抗菌作用的 *Bin1b* 基因;四川大学华西医学中心从无精症患者分离克隆了 4 个与人类无精症相关的基因及 2 个小鼠的同源基因。

#### 2. 重大传染病防治领域的研究进展

近年来,感染性疾病领域发生了不少多年未遇的重大事件:SARS、禽流感接踵而至;艾滋病病例、HIV 感染病例数持续上升;血吸虫病死灰复燃;狂犬病、炭疽、奈瑟菌感染等在全国散发;生物恐怖事件震惊政府和民众;医院感染发病率呈上升趋势;免疫功能低下相关感染,尤其是真菌感染严重困扰医院和医药工作者;结核病发病率不断攀升,结核菌耐药菌株不断出现;抗生素滥用以及与此相关的耐药问题不仅是对医药界的严峻挑战,更是对人类生存问题的严重威胁。面对以上情况,我国广大医务工作者不顾个人安危,全力奋战在传染性疾病预防的第一线,为保障人民健康和社会稳定作出了突出贡献。

我国医务工作者齐心协力,取得了抗击 SARS 的最后胜利。对 SARS 进行了系统的研究,在 SARS 的病因学、流行病学、诊断、治疗和疫苗研制方面均取得了大量的研究成果。国内研制的 SARS-CoV 全病毒灭活疫苗正在进行抗体产生持久性的研究。另外,国内已开始进行应用小分子干扰 RNA 技术预防及治疗 SARS-CoV 感染的研究。

我国结核病防治工作者积极响应政府的号召,加大遏制结核病流行的力度,有效实施结核病控制项目,实现了由项目模式向规划模式的转换,使我国的结核病防治工作取得了显著进展。2005 年底我国达到了 WHO 提出的全球结核病控制目标,即现代结核病控制

策略覆盖率达 100%，病人发现率达 70%，结核病治愈率超过 85%。

在艾滋病和病毒性肝炎疫苗研究方面，我国也取得了重大的进展。2004 年底，我国自己研制的艾滋病疫苗获准进入临床试验。复旦大学医学院与北京生物制品研究所合作开发成功的病毒性肝炎疫苗“乙克”，I 期临床研究结果表明安全性良好，试验的各剂量组均能产生高滴度的抗乙型肝炎抗体，并提示有增强细胞免疫的作用。II 期临床研究正在进行中，初步试验结果显示了有限趋势。

### 3. 慢性非传染性疾病预防领域的研究进展

随着人口老龄化的加剧，人类疾病谱发生了较大的变化。心脑血管疾病、肿瘤、高血压、糖尿病、代谢综合征等慢性非传染性疾病已经成为威胁人民健康和生命的第一位“杀手”，给国家、社会造成了沉重的负担。慢性非传染性疾病多数与不良生活习惯有关，通过改变不良的生活方式能够有效地预防这些疾病的发生。近年来，我国对慢性非传染性疾病进行了大量、大规模的流行病学调查，掌握了这些疾病的流行趋势及危险因素，为防治工作和政府决策提供了可靠的数据。在临床工作中坚持“防治结合，预防为主”的方针，为提高慢性非传染性疾病的诊疗水平和预防疾病的发生做出了积极的努力。

我国流行病工作者依据中国人群的长期流行病学资料，建立了一些适宜国人心血管病发病危险的预测模型和评价工具。如中国医学科学院阜外心血管病医院武阳丰等通过对 10 000 余人 15 年的随访，建立了国人缺血性心血管发病危险的评估方法和简易评估工具。首都医科大学附属北京安贞医院赵冬等以中国多省市心血管危险因素前瞻性队列研究获取的数据为基础，建立了适于国人心血管病发病危险的预测模型。这些心血管病综合危险度评估工具和预测模型的建立将促进我国心血管病防治工作的进展。

为了指导高血压、糖尿病、血脂异常等疾病的防治工作，规范诊疗行为，我国心血管界多位知名专家修订完成了《2005 年中国高血压防治指南》。中华医学会糖尿病学分会 2004 年制订了《中国糖尿病防治指南》，加强了对医务人员的培训和对糖尿病患者的宣传教育。中华医学会心血管病学分会 2006 年修订了《中国血脂异常防治指南》。为提高广大临床一线医生和公众对血脂的认识，搞好我国高胆固醇和冠心病的防治，2003 年 9 月卫生部批准胡大一教授组织申请的“中国胆固醇教育计划——冠心病血脂干预技术推广项目”作为卫生部“十年百项”项目之一，对全国临床医生开展系统的继续教育，加强血脂异常防治知识和技术的推广。

### 4. 医学诊断技术方面的进展

医学影像设备进展的最大特点是数字化、智能化、快速化，充分体现了计算机工业和医疗器械工业的迅猛发展。随着数字化技术的普及，正在根本性地改变放射科技技术人员和医生的工作模式和流程，通过改变将为患者提供更好的医学影像的服务，同时更加利于人才培养和科学研究。

临床化学方法学的进展主要源于生物化学、分析化学等基础研究及电子计算机等高新技术的发展。临床化学已从过去的手工滴定、化合物颜色反应进入一个全新的自动化微量分析时代。

## 5. 微创技术应用领域的研究进展

现代外科治疗方面的发展趋势是手术微创化和智能化。随着光、机、电技术的发展,新的微创技术不断涌现,应用范围也不断扩大。目前微创技术主要分为两类:一是经皮穿刺介入治疗技术,如心血管病、脑血管病、肿瘤介入治疗技术;二是内镜辅助手术技术,如腹腔镜、胸腔镜、消化内镜、妇科内镜、关节镜、支气管镜、鼻内镜、膀胱镜技术等。这些技术在我国大、中型医院已广泛开展,提高了疾病的诊断和治疗水平。

我国自1984年开展冠心病介入治疗(PCI)后,该技术在国内外迅速推广普及,随着近年来国产药物洗脱支架的上市和降价,PCI已使越来越多的患者受益。2005年,中国大陆30个省(直辖市)、自治区754家医院共完成95 912例PCI术。为了进一步规范心血管病介入治疗技术,中华医学会心血管病学分会制定了介入治疗指南和规范,加强了人员培训,并协助卫生部有关部门完成了准入制度的草案。

腹腔镜胆囊切除术作为现代微创外科的标志性手术,其优点已得到全世界同行的认可,至20世纪90年代末国内已开展14万例。同步于国际上泌尿系统微创技术的发展,我国的泌尿外科微创手术,尤其是腹腔镜手术方面有了迅速的进展,各种肾上腺肿瘤切除术、肾癌根治术、肾盂输尿管全长切除术、膀胱全切、肠代膀胱术、前列腺癌根治术、腹膜后淋巴结清扫术等以前全部需要开放的手术现均可应用腹腔镜完成。

## 6. 临床诊疗规范化方面的进展

为了推广医学领域的最新进展,规范我国广大医务工作者的诊疗行为,提高医疗服务水平,我国许多医学团体组织国内著名专家,在充分掌握循证医学证据的基础上,结合我国的国情,针对一些严重危害人民健康的常见病,制订了许多临床诊疗指南。指南的颁布和推广,受到我国广大医务工作者的欢迎和重视。

中华医学会受卫生部委托,从2002年开始组织我国著名医学专家编写《临床诊疗指南》和《临床技术操作规范》,目前已出版了27个专业的《临床诊疗指南》和28个专业的《临床技术操作规范》。

## (二) 国外医学学科发展现状

### 1. 卫生问题成为全人类关注的焦点

大多数发达国家不断加大卫生投入,强化政府在公共卫生服务提供和保障方面的主导作用,建立了比较完善的医学科学研究和医疗卫生预防保健系统,体制、机制、法律、法规以及各种科技标准、规范、指南等比较健全,医药科研条件、人员素质、技术能力不断改善,人口素质和健康水平不断提高。

### 2. 医药卫生科研工作迅速发展

发达国家医学科学研究的力量比较雄厚,建立了众多开放性大型实验室或研究机构以及完善的资源和技术平台,利用全世界的人才和自然资源,研究比较系统、广泛、深入,特别是通过国际合作,实施了一系列大规模的研究计划,如人类基因组计划、后基因组计划、蛋白质组计划、外基因组计划、人类单核苷酸多态性计划、脑科学计划、人群心脑血管疾病危险因素监测计划等。

### 3. 医药高新技术及其产业方兴未艾

在发达国家,健康投资已成为国家投资的主要取向,医药卫生高新技术及其产业迅猛发展,对经济的贡献率已达约 20%,有些国家甚至超过 30%,成为国家重要的、甚至主要的支柱产业。

### 4. 公共卫生和应急救治体系与技术日趋完善

发达国家建立了有效的公共卫生体系、突发公共卫生事件预警和快速应急救治体系和生物防御体系,研究、开发了系统的人口素质、健康、卫生、疾病、环境监测、评估、干预、保障技术方法,建立了相应的体系;食品安全和环境安全受到特别重视。

### 5. 医学科研促进健康水平不断提高

随着科技水平的提高,健康指标不断改善,人口素质不断提高。发达国家人口的预期寿命都已接近或超过 80 岁,最高的国家已达到 85 岁左右。婴儿死亡率平均降至 0.6%,许多发展中国家人口的预期寿命也都超过了 70 岁。

## (三) 医学学科发展趋势预测

### 1. 医学科学基础研究的主要走向

医学基础研究,特别是分子水平的研究,包括基因组学、蛋白质组学和转录组(RNA 组)学的研究正在不断深入。

### 2. 医学模式转变导致医学科学全方位研究

医学科学的模式将从生物、社会、心理医学发展成为生物、环境、社会、心理和工程医学,开创从环境、遗传和机能因素,社会、心理和行为因素以及哲学、人文和技术因素多视角、全方位研究医学的崭新时代。

### 3. 生殖医学研究将兴起一场新的革命

生殖机制及其调控措施的研究将会取得新的进展,大批单基因遗传病的致病基因和多种多基因疾病的相关或易感基因将被揭示出来。

### 4. 医药生物技术的研发和应用呈加速发展趋势

生物药物和疫苗、生物治疗、分子诊断和治疗、生物芯片和组织工程等方面将会有惊人的发展。

### 5. 其他医药高新技术也将有新的发展

生物医学工程技术和产品在进一步电子化、自动化、信息化、微型化、系列化、智能化等方面将有进一步的发展,其中个体化医疗技术和装备、医学信息系统工程技术、组织工程产业化、生物微系统技术、生物传感技术、生物成像技术、生物芯片、生物功能材料等将成为前沿技术和产品。

### 6. 传染病的防控研究将受到特别重视

面对新发传染病的严重威胁,今后还将特别重视重要新发传染病病原体及其传媒自然分布、生物特性和传播途径,检测技术和方法,预警、早期诊断及鉴别系统,主要脏器功

能损害的早期预警及临床救治技术等方面的研究。

## 二、我国面临的机遇和挑战

### (一)对社会、经济、安全的严峻挑战

人口数量庞大、出生比例严重失调、老龄化过快等问题制约社会发展;作为转型国家,我国目前面临着传染病和慢性非传染性疾病的双重威胁,未来 10~15 年形势将更加严峻,疾病负担十分沉重,而且因疾病所造成的间接经济损失将更加巨大。

### (二)面临的重大机遇

以人为本,人与自然和谐发展,经济社会全面协调和可持续发展等重大政策方针,为人口与健康科技的发展提供了极其良好的政策环境;医学模式转变提供了更大的研究空间;系统生物学为我国医学科学的发展提供了核心驱动力;健康产业将是未来生物经济时代的核心产业。

## 三、发展思路和目标

### (一)发展思路

#### 1. 基本思路

以重心前移为战略,以医学模式转变为引导,以系统整合为手段,以国内需要为基础,以高层次人才为核心,以体系和平台建设为支撑,以加强社区医疗、农村新型合作医疗为重点,深化和拓展人口与健康科技研究范围和内涵,增强具有带动作用的前沿研究,充分发挥自主创新的主导作用,加强国际交流与合作,实现以医药生物技术为主体的高新技术与适宜技术协调发展,使我国医学科学技术研究的整体水平在 2020 年达到中等发达国家水平。

#### 2. 重点战略

实施以重心前移为战略的、彻底的预防为主观,即从疾病后期前移至疾病前期乃至疾病发生前;从生命后期前移至生命前期乃至孕前;从富裕后人群前移至富裕前人群;从高级保健前移至社区初级保健;从发展后投入前移至发展前投入。

### (二)总体目标

明显提高我国人口调控、生殖健康以及疾病防控的科学技术水平;显著降低疾病对我国人民健康的危害程度,重大疾病的防控达到世界先进水平;建立中国特色的医疗卫生保健体系;降低医疗费用,全面提升人民健康水平以及人口调控水平;到 2020 年将人口规模控制在 14.5 亿以内,实现“2020 人人健康”目标。

## 四、战略任务与关键技术

### (一)战略任务

根据人口与健康问题在我国社会、经济发展和安全方面所面临的挑战以及当前和今

后存在的机遇,针对我国稳定低生育水平、提高人口素质和健康水平、维护人民群众和国家安全、提高健康产业对经济的贡献率方面的迫切需求,确定以下相应的战略任务。

### 1. 促进社会协调发展

加强重大疾病防控及相关基础研究;保障生殖健康;促进全民健康和社区医疗保健;开展中医药理论和方法学研究。

### 2. 提高健康产业对经济的贡献率,促进健康产业调整

大力发展生物技术产业和中药制药产业,开发自主创新药物和医疗器械。

### 3. 保障国家安全

人口安全、生物安全、食品和药品安全是国家安全的重要组成部分。规模适当、结构合理、素质良好的人口不仅惠及子孙后代,而且是国家长治久安的基本保障。生物安全除了涉及人民的生命安全和健康质量之外,更涉及防止生物恐怖袭击和生物战争,已经成为国家安全的关键点。食品和药品安全与国计民生休戚相关,是促进健康、防治疾病、提高生活质量的基本保证。

## (二) 关键技术

以生物技术为主体,带动重大疾病防控技术、人口科学调控以及安全监测检测预警技术,同时与适宜技术协调发展。

### 1. 重大疾病防控技术

疾病早期发现与规范化诊治技术,包括功能影像技术、基因与蛋白分析技术、微创及无创技术(介入技术等)、药物导向及控释技术、远程医疗技术等;社区和家庭治疗及康复适用技术与装备。

### 2. 人口科学调控与生育调节技术

人口承载力预测技术;安全、有效、适宜的避孕节育技术和器具。

### 3. 生物技术

药物研发技术:新药发现技术、药物制剂技术、组合生物合成技术;组织工程及其产业化技术;生物芯片技术;生物微系统技术。

### 4. 安全监测、检测及预警技术

适度人口模型及监测、预警技术;生物技术产品质量控制技术;食品和药品及医疗器械监督检验技术;生物安全防护技术(包括疫苗研发技术)。

### 5. 标准化技术

中药质量标准化技术;标准品和标准物质研究及替代技术。

## 五、战略对策

### (一) 体制保障

根据经济和社会发展的需要,加强卫生体制的改革研究,按照大卫生的观念,改变条

块分割的管理模式,在国家层面上建立具有宏观调控作用的机构,如国家卫生委员会等形式。

## (二)人才保障

重点是加强医学教育改革研究,培养全科医生、公共卫生人才、中医人才、体育医学人才等,同时吸引和组织其他学科人员,包括物理、化学、数学及社会科学有关学科人员参与人口和健康科技研究。

## (三)经费保障

希望国家对人口与健康科技的投入与财政同比增长,合理资源配置,加大对预防医学及社区医疗、农村合作医疗体系的投入,建立国家医学科学研究基金,支持并鼓励多途径筹资,不断提高企业在这方面的投资比例,扩大科研经费来源。

## (四)法律保障

需要建立和完善食品、药品等法规,最终制定卫生法。

## (五)体系保障

体系既是人口健康科技研究和产品开发的基本保障,也是相关技术和产品应用的实施主体。统一规划,建立、健全下列体系,如:生物医学科学研究体系;人口和计划生育、生殖健康体系;卫生医疗体系;国民体质与运动健身监测服务体系;人口健康信息监测及资源共享平台;标准、质控与评估体系。

## (六)环境保障

创造各种良好的研究环境,包括国内外良好的学术和人员交流、合作环境。

# 第二十六节 中医学

中医学是形成于中国古代的研究人体生命、健康、疾病和养生、保健、防病治病的一门自然科学。它具有独特的理论体系、丰富的临床经验和科学的思维方法,是以自然科学知识为主体,与人文社会科学知识相交融的科学体系。中医学以其独特的理论和现实的疗效生存并发展至今,为中华民族的繁衍昌盛提供了医疗保障。近年来,我国中医学科取得了重要进展,为我国人民健康和社会主义现代化建设做出了应有的贡献。2006年8月1日,国家中医药管理局制定了《中医药事业发展“十一五”规划》,并确立了重点发展的10个项目,为中医药改革与发展描绘了新的蓝图。2006年10月11日,党的十六届六次会议明确提出了“大力扶持中医药和民族医药发展”的重要战略,为中医药事业在新历史时期的全面、协调和可持续发展奠定了比较坚实的基础。

## 一、中医学学科现状与发展趋势

中医学学科以继承创新为主线,全面推动了学科的发展。2004年,国家财政支持中医学事业费绝对数为37.52亿元,而2005年上升到41.42亿元。“十五”期间,国家发改委、财政部、科技部、自然科学基金委与国家中医药管理局共投入中医药研究开发资金14亿元,有力地促进了科技与临床、生产相结合的中医药学术发展和技术创新,共有22项科技成果获得国家科技进步奖。截至2005年底,我国开展的中医药治疗艾滋病试点项目已经扩大到11个省,中医药治疗艾滋病在改善部分症状、体征方面取得初步成效。2005年10月,国家中医药管理局紧急启动中医药防控人感染高致病性禽流感专项研究,中医药参与重大疾病研究翻开新的一页。此外,在中药学及民族医药方面也取得了重大进展。

针灸学是中医学走向世界的先导,并越来越受到世界科学界所关注。世界卫生组织(WHO)文件指出:“针灸是被世界各国率先接受的传统医学方法。”WHO在亚洲设立的15个“世界卫生组织传统医学合作中心”中,有13个与中医药有关,其中7个设立在中国。2003年,WHO制定的《全球传统医学发展战略》中采纳了我国政府提出的建议,明确指出我国的针灸、中药等传统医药正在全球获得广泛重视,在人类保健中发挥着日益重要的作用。此外,中医药的国际交流合作日益活跃,到2005年底,我国已与70多个国家签订了含有中医药条款的卫生合作协议,另外签订的专门的中医药合作协议达到16个。

1999年正式启动了国家重点基础研究发展计划(“973”计划),2005年7月在该计划中首次设立了中医基础理论专项,投资5000万元的研究经费,使基础研究得到了前所未有的强有力支持。2005年,4项中医药研究获得国家科技进步二等奖。2005年11月4日,7项科研成果获得了2005年度中华中医药学会科学技术一等奖。2006年1月17日,“活血化瘀中药干预冠心病介入治疗后再狭窄的多中心临床及机理研究”及“著名古方生脉散的基础研究”等6项科研成果获得了首届中国中西医结合学会科学技术进步一等奖。

据全国中医药科技成果统计数据显示,2005年全国中医药学科发表论文3000篇,出版科技著作154种,专利申请受理43件,专利授权数31件,拥有发明专利总数93件。2005年全国中医药课题总数为1584个,其中基础研究143个,应用研究371个,试验发展593个,研究与试验发展成果应用349个,推广示范与科技服务126个,生产性活动2个。目前国家已经建立了3个中药安全性评价中心和4个规范化中药临床试验中心,启动了3个“国家中药药理规范化实验室”和4个“国家中药工程技术研究中心”的建设。国家中医药管理局在全国各地引导建立了135个中药示范三级实验室。我国已成功完成了艾滋病、心脑血管、肿瘤等一批新的中药治疗品种开发,完成了六味地黄丸、藿香正气丸等传统名优中成药品种的二次开发,有7个中药品种通过美国食品药品监督管理局(FDA)临床研究许可,并申请了国际专利。

## 二、中医学学科发展的需求、战略及目标

随着人们生活水平的普遍提高,老龄化社会逐步到来,疾病谱已经发生了变化;人类对于生活质量和健康水平的需求日益增高;药源性疾患不断增多;医学模式已从生物医学



向“生物—社会—心理—生态环境”模式转化；在世界范围内，回归自然、重视植物药和自然疗法已成为发展趋势，中医学具有系统的理论体系和显著的临床疗效，面临着前所未有的良好发展机遇。

根据我国中医学发展现状及趋势，在未来5年，中医学总体发展战略是，大力强化对中医学传统知识和技术体系的继承、整理和挖掘；对中医学传统知识进行系统整理和现代诠释，深入挖掘中医学科学文献和古典医籍，构建中医学知识库系统；建立中医学个体化诊疗体系，对名老中医的学术思想、临床经验和用药方法进行系统研究和挖掘，构建中医学现代传承技术体系；建设现代中医诊疗体系；建立中医学疗效、安全性评价方法与标准；开展中医学防治重大疾病的研究；提高中药产品的质量标准和技术水平；建立符合中医学特点的国际化标准规范及其研发技术平台，研究建立中医学国际标准，加强符合国际市场需求的医疗、保健产品研究开发与注册；继承、研究传统制药技术和经验，转化为中药工程化技术和工艺规程；积极推进中医学医疗、教学、科研、生产合作与学术、技术交流；推进中医学立法；使中药作为治疗性药物进入医院、药房和医疗保险系统；通过联合办医、办学、合办研究机构等，使中医学知识与文化得到有效的传播；推进中医学人才战略，构建中医学终身教育体系，加强中医学人才培养，开展中医学教育研究，探索建立符合中医学教育自身规律的教育模式。

未来5年我国中医学发展的目标是，开展中医学理论概念内涵的系统深入整理及规范化研究，逐步形成专业术语统一，概念内涵清楚，理论层次明确，表述严密的规范化中医理论；以藏象、经络、气血为核心，进行中医生理、病理理论的深入研究，揭示其科学内涵；开展证候规范化研究，探索有代表性证候的细胞分子生物学机制，初步形成中医证候科学评价系统；规范和完善以“四诊”为主的诊查方法，在整体观念指导下的个体化的中医学诊疗体系；初步探明部分疗效确切的中药和有代表性的名方的药效物质基础，并探索其作用机理；初步建立适用于药效物质和作用机理研究的比较系统的方法技术；建立和完善中药质量评价与保障体系；初步揭示部分中药药性和方剂配伍理论的科学内涵，重点开展中药药性、中药炮制原理等方面研究。对针灸疗法调整作用的现代生物学机制进行深入研究，为建立现代的针灸治疗学奠定理论基础。在提高中医学防治常见病、多发病、疑难危重症的临床疗效的基础上，加强对心脑血管疾病、糖尿病、肿瘤、痴呆、帕金森病等重大疾病的研究；加强对艾滋病、病毒性肝炎、非典型性肺炎、人感染高致病性禽流感等重点传染病的中医学防治研究；力争在防治重大疾病和疑难病方面有所突破。

### 三、中医学学科重点领域与发展方向

在今后的5年里，我国中医学研究可优先发展以下领域并在这些领域中设置相应的重点研究方向。

#### (一) 中医基础理论研究

(1) 500种中医学古籍文献整理研究。

- (2) 中医五脏相关理论继承与创新研究。
- (3) 创新病因学说研究。
- (4) 方剂配伍规律研究。
- (5) 中医辨证论治疗效评价方法的基础理论研究。
- (6) 中医防治老年病、慢性病的系统生物学研究。
- (7) 中医药学术传承新模式研究。
- (8) 名老中医药专家学术思想和临床诊疗经验研究。
- (9) 中医体质理论基础研究。
- (10) 中医药特色疗法和单验方研究。
- (11) 民族医药文献整理研究。

## (二) 证候研究

- (1) 证候规范与辨证论治体系研究。
- (2) 病证结合的诊断标准与疗效评价体系研究。
- (3) 证候的生物学基础研究。
- (4) 证候的信息处理方法与复杂系统模型研究。

## (三) 经络研究

- (1) 针灸效应与经络功能的科学基础。
- (2) 穴位效应规律的研究。
- (3) 基于临床的经穴特异性基础研究。
- (4) 经络文献整理研究。

## (四) 重大疑难疾病的中医药防治研究

- (1) 心脑血管病、糖尿病防治及疗效评价体系研究。
- (2) 神经变性病防治及疗效评价体系研究。
- (3) 恶性肿瘤防治及疗效评价体系研究。
- (4) 艾滋病、病毒性肝炎防治及疗效评价体系研究。
- (5) 风湿病及肾病防治及疗效评价体系研究。

## (五) 中药研究

- (1) 中药药性理论研究。
- (2) 濒危、道地中药的关键问题研究。
- (3) 中药炮制原理研究。
- (4) 中医药制剂关键技术及复方释药系统的研究。
- (5) 中药材种植种源的保护与利用研究。
- (6) 中药质量技术标准、疗效评价方法和评价体系研究。
- (7) 中药安全性问题研究。

## 四、中医药学学科存在的问题与对策

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:中医药的科技创新能力还有待进一步提高,一些重大理论和关键技术虽取得了一定成绩,但尚未取得突破性进展;人才队伍素质亟待提高;一些保护和扶持中医药发展的政策措施没有得到贯彻落实;中医药特色优势尚未得到充分发挥;中医药标准化、规范化研究亟须完善;中药新药研发水平有待提高;中医药的投入长期不足,基础差、底子薄的现状仍没有得到根本改善等。因此,进一步落实中医药学术主体发展战略,提高中医药科技创新能力,加强中医药人才培养,加强中医药政策法规贯彻落实,突出中医临床诊疗的特色优势等是解决目前学科发展存在问题的根本措施。

在未来5年,中医药学科应紧紧围绕中医基础理论继承和创新研究、证候研究、经络研究以及重大疾病的防治研究等瓶颈问题,优先发展瓶颈问题的相关领域,从而推动中医药学科的飞速发展。“十一五”时期是我国全面建设小康社会的关键时期,中医药学科发展要紧紧抓住我国发展的重要战略机遇,进一步贯彻落实科学发展观,按照构建社会主义和谐社会的要求,推进中医药学科全面协调可持续发展,不断提高人民群众健康水平,为全面实现建设小康社会的宏伟目标而努力奋斗。

## 第二十七节 中西医结合医学

中西医结合医学是我国独创的一门新兴学科。新中国成立以来,我国政府制定了继承发展传统中医学,促进中西医团结合作,学术上取长补短,优势互补,实行中西医结合的方针政策。开展了有计划、有组织的西医学习中医和中西医结合研究,产生了“中西医结合”的概念,并逐步发展成为一门独立的学科。中西医结合与中医、西医并列,成为我国医学界并驾齐驱的三支力量和队伍,同时产生了中国独创的“中西医结合医院”、“中西医结合研究所”等医疗科研机构。

“十五”期间,在党中央、国务院先后提出的“坚持中西医结合方针”及“促进中西医结合”方针政策指引下,中西医结合工作者努力开展中西医结合医疗、科研、教学、管理以及学术发展、人才培养、学科建设等方面的探索与研究,并取得了长足发展,逐步成为中国医学科学的一大优势学科。

### 一、中西医结合医学学科发展环境

“十五”期间我国政府为中西医结合医学学科发展提供了良好的政策环境。

《中华人民共和国中医药条例》(2003年10月1日起执行)强调:“实行中西医并重的方针,鼓励中西医相互学习、互相补充、共同提高,推动中医、西医两种医学体系的有机结合。”2003年11月5日,国家中医药管理局印发《关于进一步加强中西医结合工作的指导意见》的通知。这些政策的制定和实施,给中西医结合医学的发展提供了坚强的政策保障。2005年3月21日温家宝总理亲笔指示:“实行中西医结合,发展传统医药学”,为中

中西医结合学科发展更加清晰地指明了方向。

“十一五”期间,国家中长期规划重大专项中创新药物研制和传染病防治中均有中西医结合研究内容。“十一五”支撑计划对于中医药和中西医结合研究的资助强度也有了明显的提高。许多相关专项也为中西医结合医学学科发展提供了良好的科研环境。此外,经国家科技奖励办公室批准,2005 年开始设立中国中西医结合学会科技进步奖,为中西医结合医学学科发展提供了更好的激励机制。

国外的结合医学主要包含替代医学和补充医学的现代研究内容。美国、英国等科技发达国家从单纯重视传统医学的临床应用转变到探索现代医学、现代科技与传统医学的结合,广泛深入开展结合医学的研究。这向我国中西医结合医学发展提出了挑战,同时也为我们提供了借鉴。

## 二、中西医结合医学学科发展现状

### (一) 中西医结合基地建设逐步完善

随着社会的发展和人民卫生保健需求的不断提高,中西医结合医疗机构逐年增加。2003 年 9 月正式启动了“国家中医药管理局重点中西医结合医院建设”工作,武汉中西医结合医院等 10 所医院被确定为重点中西医结合医院。到目前为止,已在全国成立数十家中西医结合研究所。

### (二) 中西医结合科研成果显著

多学科结合、新方法引入是近 5 年来本学科发展的重要途径。据统计,近年来获得国家科技进步奖的中医药研究和获得国家自然科学奖的中医药研究每年有 6~10 项,其研究内容大多属于中西医结合研究范畴。

#### 1. 基础研究

“病证结合”诊断模式和方法得到广泛认同和应用。辨病诊断与辨证诊断相结合,临床诊断与实验室和特殊检查相结合,宏观辨证与微观辨证相结合,不仅促进了中医辨证客观化、标准化、规范化和现代化,而且丰富和发展了临床诊断学。

“血瘀证与活血化瘀研究”揭示了血瘀证的科学内涵、基本治疗规律与作用原理,在临床、基础及理论方面均取得重大进展。理论上,在对中医血瘀证的病因病机认识、整体宏观的临床表现与现代科学(特别是现代医学)的微观病理生理改变相结合的基础上,阐明了血瘀证的科学内涵。在临床方面,研究首创了以中医活血化瘀法治疗冠心病,使疗效由 70% 提高到 88%;创立了血瘀证的诊断标准和冠心病心绞痛诊断及疗效评价标准;首创以活血化瘀防治介入治疗冠脉再狭窄及心绞痛复发,使两者的复发率下降了 50%。在基础研究方面,建立了中医药研究技术平台,研制成功活血化瘀治疗心脑血管病中药新药 30 余种,其中有 10 多种已获准临床应用。活血化瘀目前已成为全国中医治疗冠心病的主流方法,并多次在国际会议上报告,由此引发了全球性活血化瘀研究热潮。该研究获得国家科技进步一等奖。

在肾本质理论研究和临床应用过程中,20 世纪 50 年代就已经发现肾阳虚证病人肾

上腺皮质功能低下,得到国内7个省市和日本学者的重复验证并获得学术界的公认,通过进一步对下丘脑—垂体—肾上腺皮质轴功能的研究,推论肾虚证主要发病环节在下丘脑,并通过以药测证的方法证明了唯有补肾药才能提高下丘脑的CRF基因表达,首先在国内对肾虚证阐明其物质基础后,对肾作了功能定位。近年来的深入研究又发现肾的功能涵盖了神经内分泌免疫网络,补肾药可对以下丘脑为中心的众多分子网络群进行调控整合,这一系列重大原创性理论研究居国内外领先水平,推动了全国的中医和中西医结合科技进步。

根据“心主血脉”和“心主神明”理论,围绕血液循环系统开展了冠心病、高血压、脑血管性疾病的研究。根据“肝主疏泄”理论,研究了肝气郁结与抑郁症的发病机理和流行病学调查。根据“脾主运化”、“脾主肌肉”理论,开展了有关消化系统生理和病理的研究。根据“肾主生殖”理论,以佝偻病和骨质疏松、肾性高血压和肾性贫血、精神分裂症和老年性痴呆等疾病为切入点,进行了系列研究,提出了“肾—骨—髓—血—脑”一体论假说。同时,根据“肾藏精,精化血”,“其华在发”等理论,开展了肾与黑色素代谢关系的研究。

断研究进展主要表现为新方法引入,包括计算机、影像学技术加入中医诊断研究。舌诊研究中,将计算机与舌诊法相结合,制订了现代化、科学化、客观化,符合临床实际需要的仪器和舌图像采集分析方法。在20世纪研究基础上,对血瘀证舌象研究,从基础到临床做了大量的研究,使血瘀证舌象的各种客观化表现及形成机理,得出比较肯定的结论。脉诊研究中,新一代适用于临床的脉诊仪,多探头、压力、红外光、超声等各种类型传感器不断问世,大型、小型脉诊仪相继用于临床,获得大样本的临床信息数据,在国外杂志及国内外会议发表多篇论文。

在中药药效物质提取分离与分析方面,通过对中药药效物质提取分离新策略与方法与中药药效物质分析方法和技术(包括中药药效物质分析的色谱条件优化与方法、中药药效物质分析的重叠峰精确拟合定量方法与技术、中药色谱指纹图谱计算分析新技术)的探索,取得了许多技术平台,并得到广泛运用。“十五”期间,着重对超临界流体萃取超临界流体色谱、高效毛细管电泳法、分子生物学技术、鉴别中药材谱技术、色谱与光谱等联用技术、中药指纹图谱等技术进行了深入探索。在中药药理研究方法方面,随着血清药理学实验方法及技术进一步规范完善,使得中药复方在细胞、分子、基因水平上的作用机制研究取得了一些进展。基因组学与蛋白质组学及基因芯片技术的研究,也为中药复方现代化研究带来了极好的契机。基因组学与蛋白质组学将成为中医药现代化研究、方剂复杂物质基础及作用机理研究的最佳平台及切入点。采用基因芯片技术、蛋白质组相关分析技术及生物信息学等方法对中药复方进行多靶点的超高通量筛选,研究中药复方对细胞基因表达谱和蛋白质表达谱的影响。同时,分子生药学进入了蓬勃发展的繁荣阶段,形成了其特有的研究体系,并取得一系列的科研成果。

## 2. 临床研究

中西医结合在治疗对多个系统疾病都取得了较好的疗效,促进了中西医结合学科的发展。其突出表现是:临床疗效进一步提高,疗效通过随即对照临床试验进一步得到认同,循证医学方法得到应用。辨病论治与辨证论治相结合、疾病的分期分型辨证论治与微观辨证论治相结合、同病异证而异治、异病同证而同治及围手术期中西医结合治疗等

“病证结合”治疗模式和方法在更多疾病范围内得到应用,并取得了良好的临床效果。“病证结合”治疗模式和方法丰富和发展了临床治疗学,提高了临床疗效。各临床学科经过大量临床研究,证明了中西医结合治疗疾病的疗效优于单纯西医药或单纯中医药的疗效。

“中西医结合治疗急性早幼粒细胞白血病高缓解率与长期生存治疗方案的研究”,采用解毒清热、益气活血生血法组成复方黄黛片,治疗急性早幼粒细胞白血病患者 155 例,60 天完全缓解率为 97.42%,具有毒副作用小、无明显骨髓抑制,不出现严重感染与出血,不诱发或加重 DIC, PML-RAR $\alpha$  融合基因转阴率高等特点。“治疗急性胰腺炎降低重型病死率的系列研究”在“以通为用”的中医理论指导下,将茵陈蒿汤与大承气汤合并,规范了治疗急性胰腺炎的方案,临床研究中共收治病例 1 388 例(含美、日、韩病例),包括重症急性胰腺炎 342 例和爆发性胰腺炎 61 例。将两者的总体病死率降低到 29.8%~76.6%(国内外普遍为 46.2%~93.0%),显示中西医结合在临床应用中具有良好的效果。

建立常见疾病的中西医结合诊疗标准或诊疗方案已经成为中西医结合临床学科发展的重要标志。近几年先后制订出《中西医结合防治 SARS 的临床指南》、《溃疡病、慢性胃炎、溃疡性结肠炎和肝硬化的中西医结合诊断、辨证和疗效标准(草案)》、《肝纤维化中西医结合诊疗指南》、《血液病常见病的中西医结合诊疗规范》等。

中西医结合临床研究在多个学科均得到广泛开展,并取得显著成绩。

### 3. 应用研究

复方研究一直是中药研究的重点,“方剂关键科学问题的基础研究”,“复方丹参方药效物质及作用机理研究”,“方剂组分活性跟踪与配伍方法的建立与实践”,“中药质量计算分析技术及其在参麦注射液工业生产中应用”,“抗药性恶性疟防治药青蒿素复方的研发与应用”等研究都取得了显著成绩。

“著名古方生脉散基础研究成果”,对生脉散从文献考查、药材品种、构方原理等,到药理、毒理、化学、质量控制方法等开展了全面的研究,明确了该方应用历史,并研究确定了该方组成药物的最佳品种,揭示了组方原理;优化确定了组分药物的比例,并以实验证明优化后的组方药效。此外,“十五”期间在原有基础上,对多种单味药开展了深入的药理、化学研究,取得了长足进展。

中西医结合实验研究迄今已有 40 余种基本定型的动物模型,既有用于研究基础理论的,也有用于验证临床疗效的。病证结合动物模型研究也得到了长足的发展。以类风湿关节炎为主体的疾病动物模型,与中医虚证结合的病证结合动物模型研究;以中医血瘀证为主体的中医证候动物模型,与现代医学许多疾病结合的病证结合动物模型研究,都是病证结合动物模型研究的代表。这些病证结合动物模型的基础研究为今后病证结合动物模型的具体应用提供了坚实的依据。

## (三) 中西医结合医学学科学术交流活跃

### 1. 中西医结合医学学科发展离不开学术交流

近 5 年来,中西医结合学术交流已经从国内走向国际。我国赴国外进行中西医结合学术交流的学者呈现明显的上升趋势,先后赴美国、欧洲、澳大利亚、日本、泰国、马来西亚等国家和我国香港、澳门等地区参加国际会议进行学术交流 200 余次。

## 2. 中西医结合医学学科相关杂志水平明显提高

我国已经出版发行了《中国中西医结合杂志》中文版,该刊获国家自然科学基金会连续3期资助,2006年被评为中国科协精品期刊(B)。国内已有16种中西医结合医学杂志,发表的论文涵盖中西医结合临床、科研工作,为我国中西医结合医学学术交流提供了通畅的平台。“十五”期间,新创办了3种中西医结合期刊。又有2种进入PUBMED数据库(《中西医结合学报》和 *Chinese Journal of Integrative Medicine*)。

## 3. 多部中西医结合医学研究专著出版

中西医结合医学专著陆续出版,如《中西医结合诊断治疗学》、《实用中西医结合内科学》、《实用中西医结合骨科学》、《实用中西医结合妇产科学》、《实用中西医结合儿科学》、《实用中西医结合神经病学》、《当代中西医结合血液病学》、《中国中西医结合实用风湿病学》、《实用中西医结合皮肤病学》、《中西医结合护理学》及《中西医结合医学》等。这些都标志着中西医结合各学科理论在集腋成裘,逐步形成体系。

## 4. 中西医结合医学学科人才培养逐步形成规模

全国有7所中医药院校开办7年制中西医结合教育,9所医学院校开办本科层次中西医结合教育,5所医学院校开办大专层次中西医结合教育,3所中等学校开办中专层次中西医结合教育;有中西医结合博士后流动站3个,中西医结合博士、硕士学位一级学科授权点6个,中西医结合基础博士授权点3个,中西医结合临床博士授权点9个,中西医结合基础硕士授权点22个,中西医结合临床硕士授权点39个;已培养了中西医结合硕士、博士研究生逾千人。

在全国各地还广泛组织了西学中在职学习班,中国中西医结合学会每年举办继续教育项目20余个。

2005年,凝聚了全国40多所医药院校和中医院校200余名中西医结合专家心血的我国第1版中西医结合规划教材计16本正式编撰出版。

# 三、中西医结合医学学科发展存在的问题

## (一) 政策环境有待进一步改善

我国虽然制定了较完善的中西医结合医学发展的相关政策,但有关部门贯彻落实这些政策的执行力度不够。2004年中国中西医结合学会的调查显示:调查中约占53.40%的人认为政府对结合医学的支持力度不够,51.32%的人认为“缺乏经费支持”。

对中西医结合学科发展的科技政策仍不十分明确,中西医结合学科发展主要依附西医学学术机构。中医药管理部门,西医院校或西医医院的中西医结合部门无暇顾及,这种情况如不加以改变,将会极大地妨碍中西医结合的健康发展。

中西医结合学科发展的教育政策仍须完备。对全国56家中西医结合医院的调查结果显示,中西医结合医院中有正高职称的只有294人,中西医结合医师注册的人数更少,与社会需要量大形成鲜明的反差。调查还发现,占40%的人认为结合医学“缺乏人力资源”。

## (二) 人才队伍建设问题

现在的医师执业资格,虽然增加了中西医结合医师这一类别,但准入门槛高,很多学习中医,取得了西医的执业证书,长期以来又在西医科室从事中西医结合的专业人员无法申请中西医结合医师的资格。建议单独设立中西医结合执业医师类别,同时制定科学的行业准入标准,让更多的符合要求的专业技术人员加入中西医结合的队伍,调动大家的积极性。

制约中西医结合教育发展的主要问题体现在:教育部本科专业目录无中西医结合专业;现批准的专业名为“中西医临床医学”,尚不承认“结合”两字;仍有许多院校仅作为中医学专业的一个方向。也就是说,中西医结合还未被国家正式纳入高等本科教育体系。

## (三) 学术水平仍需提高

中西医结合医学学科发展需要创造出水平更高的成果,需要更多的科技成果得到国际同行的认同,需要有更多高水平的国际性文章发表。中西医结合学科发展需要朝向进入主流生物医学。虽然中西医结合取得了世界公认的科研成果,但随着结合医学研究在全世界的升温,我国在国际认可的一流杂志公开发表的中西医结合医学研究成果数量显得相对较少,与国际知名结合医学科研机构合作不多。

## (四) 中西医结合医学基地建设有待加强

目前我国中西医结合医院面临的形势是挑战与机遇并存。主要问题:一是主动适应市场的能力还不强,长期以药养医为主的中医、中西医结合机构受到更大的冲击;其次是引入多学科、新技术、新方法方面还要加强,原始性创新还不够,关键技术重大突破不多,中西医结合所需的先进性技术平台的建立还有待完善,导致中西医结合的特色优势发挥还不够充分,“特色”转为“优势”还有待加强。

## 四、中西医结合医学学科发展对策和建议

中西医结合医学是我国独有的医学,是独立于中医学和西医学之外的学科。中西医结合工作包括中西医工作者的团结合作、临床实践的优势互补和理论体系的有机结合。中西医结合的模式应该是多元并存。为了充分利用我国传统医学的优势,加快我国中西医结合医学学科发展,继续保持我国在中西医结合医学的主导地位,今后应该采取如下对策。

(1)加强政府部门的领导和支持,提高中西医结合医学学科发展政策的执行能力和制定中西医结合医学发展的具体规划。

(2)加强学科基地建设和人才培养,充实中西医结合医学人才培养基地和科研研究基地。

(3)加强资助力度,鼓励中西医结合医学原始创新研究和促进结合医学学术交流平台建设,推出一批国际公认的高水平中西医结合医学研究成果。

(4)不断吸纳现代科技成果,充分利用现代科学技术,与包括理科、工科在内的学科交



又将促进中西医结合医学的发展,创立新的医学理论,解决单独中医和单独西医所未能解决的问题。

(5)强化重大疾病诊疗规范,建立中西医结合诊断和疗效评价标准。

## 第二十八节 药学

医药产业是目前世界上发展很快的产业之一,多年来一直保持快速增长,在国际上被公认为“永不衰落的朝阳产业”。药品开发链的不断充实,人口老龄化的发展,以及对创新疗法的不断需求,是全球药品市场增长的强劲动力。我国经济持续高速发展,家庭、个人卫生的投入大幅增加,党的十六大把提高全民族的健康素质作为全面建设小康社会的奋斗目标之一,要求在发展经济的同时,更加关注人和社会的全面发展。在人的多层次需求中,生命安全需要和身体健康需要是人的最基本需要。因此,加快药学科建设、加大药品研发投入、加强药品监管、提高药品质量是目前和今后的重要工作。

### 一、药学科各领域的主要进展和发展现状

近年来我国新药开发的投入比例不断提高,医药市场持续繁荣,2005年医药工业总产值是4 627亿元人民币,2006年前三季度达3 818.59亿元,比2005年同期增长19.35%,明显高于我国GDP增长的平均水平。我国现代医药产业在整个国民经济中所占的比重有很大的提高,可望成为21世纪的支柱产业和新的经济增长点之一。据估计,2010年世界医药市场总销售额将达到7 000亿美元以上,中国可能成为世界上第五大处方药市场,科研人才的需求将大大增加,而基础研究能力将显著提升。

#### (一)生化与生物技术药物

随着生化与生物技术药物学科的发展和研究开发水平的提高,发展享有自主知识产权的新生化与生物技术药物的能力显著增强,并取得一定成绩。2006年申报的101种生物制品中,有92种生物制品属于国内申报,只有9种为进口申报品种。申报的生物制品仍以剂型改造及结构改造为主,并突显抗体人源化的趋势。进口申报的生物药物基本上为重组动物细胞表达产品,疫苗多为多价。

#### (二)药物化学

2006年我国的药物化学涌现了许多新的成果,许多具有自主知识产权的新药研究进展顺利,同时出现了一些新的观点以及化学信息学新学科的发展。“十五”期间,针对威胁我国人民健康的重大疾病,成功研制开发了一批创新药物,如丁苯酞、丹参多酚酸盐、心肌肽素、新型重组人血管内皮抑制素和治疗艾滋病的唐草片等一批具有自主知识产权的重大创新药物。其他新药的研究也在加速进行,如在非甾体抗炎药、海洋药物、抗病毒药、计算机辅助药物设计等方面都有较好的进展。我国研制的心血管病治疗药物丁苯酞注射液、注射用红花黄色素冻干粉针/滴注液、盐酸关附甲素等创新药物,上市后已经取得了很

好的效益。

### (三) 药剂

2006 年药剂学科仍然是高速发展的一年,新型给药系统的研究与开发更受人关注,并正在成为开发重点之一。在新型给药系统的研究中,某些新兴领域(如纳米技术、生物技术药物的给药系统等)的研究发展较快,成为 2006 年的亮点(如胰岛素吸入剂今年被批准上市)。透皮给药系统也出现了研究开发高潮。除此之外,其他一些制剂新技术,如口服缓、控释技术、吸入给药技术、长效微球的控释技术、微型乳剂的制备及稳定化、脂质体技术和靶向给药等,也获得了重要的进展。分子药剂学等发展迅速,反映出药剂学科发展的新趋势。

### (四) 抗生素

新抗生素包括微生物来源的药物及合成、半合成抗菌药。近年研究构建了几十种新的高通量筛选模型与方法,开发的重点是具有新作用机制与全新结构的抗菌药新品种,其中 2005 年上市的有 3 种:日本的抗细菌抗生素“多利培南”,美国的抗细菌抗生素“替吉环素”和德国的合成抗真菌药“宝利康唑”;2006 年上市的有 1 种:美国的抗真菌抗生素“阿尼芬净”。近年抗生素相关基础研究主要侧重在细菌耐药与药物作用机制方面。

### (五) 药物流行病学

2006 年药品安全性问题越来越多地引起全社会的关注,药品不良反应报告和监测工作也得到政府和广大医药工作者前所未有的重视。目前,全国药品不良反应报告和监测工作已呈现迅速加强的局面。主要体现在:法规建设逐步完善;药品不良反应监测组织体系初步建成;药品不良反应病例报告数量和质量逐年增加和提高;药品不良反应监测信息化建设步伐加快;建立了全国药品不良反应监测信息通报制度,发挥了为药品监管正确决策提供科学依据的作用。

### (六) 医院药学

我国临床药学工作更加深入,提倡全程化药学服务;医院药学信息系统建设受到重视,药学服务信息化和智能化加速,电子处方和单剂量分包装机开始在我国使用;临床药学教学模式发生改变,系列临床药学教材正式启动,重视人才培养和药师的继续教育;建设医院静脉药物配置中心,2006 年全国建立静脉药物配置中心的医院数继续增加,超过了 100 家;医院制剂总体仍呈萎缩状,区域制剂中心将是发展趋势。

### (七) 药物分析

联用技术的应用促进了药物分析方法向自动化、智能化和微量化发展。光谱法作为经典的定性、定量分析方法得到了长足的发展,近年来,更被广泛应用于植物药、动物药、矿物药的鉴别研究中。近红外方法常用于易混淆、真伪中药材的鉴别研究,也可用于定量分析,将会成为中药鉴别的有力手段。核磁共振技术的应用也已延伸到药物分析学科中,

许多种类的蛋白和蛋白与配体的相互作用研究都可依赖核磁共振技术完成。以人或动物体液及各种组织器官中药物及其代谢物浓度测定为基础的体内药物分析已成为国内外药学研究领域引人注目的前沿技术之一。毛细管电泳(CE)是近来发展最为迅速的分析技术之一,且 CE-MS 在“蛋白质组学”研究中发挥重要作用。当前中药指纹图谱研究是一个热点,其中以色谱(TLC, HPLC 和 CE)指纹图谱研究为常见。

### (八) 中药及天然药物

中药及天然药物领域,人参、黄连、杜仲、天麻、黄芪等 12 种药用植物实现了人工栽培,川贝母、肉苁蓉等已达到中试规模。化学成分是中药药效的物质基础,现代科技的发展使化学成分的分离和鉴定速度大大提高。制备色谱技术、各种逆流色谱技术、高分辨质谱和大功率核磁共振波谱仪的应用,使很多微量的新化合物成功地得到了分离和鉴定。常用中草药的化学成分及有效成分研究继续受到关注,苔藓、地衣、真菌(包括内生菌)等低等植物化学成分研究已经引起足够的重视并取得了初步成果。高内涵和高通量活性筛选技术在国内外也已经作为活性天然产物发现的重要手段。

### (九) 制药工程

2006 年,中药制药工程在全国形成了广泛的技术协作网络,先后在我国东部、南部、北部和中部建立了国家级中药工程技术中心、中试基地和相关机构等,为中药工业的现代化起到推进作用。华东理工大学拥有生物反应器工程国家重点实验室和国家生化工程研究中心,在生物制药工程研究领域取得了巨大成就。

### (十) 药事管理

药事管理学科对于加强药品科学监管,保障人民用药安全发挥着重要作用。2006 年,围绕医药实践领域的热点问题开展研究,内容集中在药品研制、生产、经营、使用以及药品监管等环节的管理。药事管理学课程地位得以加强,药事管理学教材建设有了较快的发展,建立了一支专职的师资队伍;国家在本科专业目录中设置了药事管理专业;药事管理学术团体力量加强,各级药学会组建了药事管理专业委员会;药事管理科研工作广泛、深入的开展等。

### (十一) 应用药理学

应用药理学在药物研发及临床评价中均起着重要作用。以中药体内作用物质基础确证及有效成分/组分筛选为主体技术的创新中药研究、中药及其制剂的安全评价研究、中药方剂多组分、多靶点的整体药效作用模式与复杂配伍规律的发现、评价研究均是应用药理学科的重要科学命题。充分利用国际生命科学尤其是功能基因组的研究成果,加强药物作用靶点的发现,建立高通量、高内涵的药物筛选体系,应用药剂、药代、药效三相结合的结构优化设计理念,以提高我国在药物研发中的自主创新能力十分迫切。

## (十二) 海洋药物

以海洋药物研究为目标导向的海洋生物资源研究已从沿海,浅海延伸到深海和极地的资源研究,特别是海洋生物活性先导化合物的发现,海洋生物中代谢产物的结构多样性研究,海洋生物基因功能及其技术,海洋生物大分子的研究,海洋药物研发等,在国际上引起高度的关注。在国际高水平的学术刊物上发表大量的学术论文,申请了大量的我国自主知识产权的发明专利和部分国际专利。

## (十三) 其他药学分支学科

老年药学在中药的脑保护作用机理方面、治疗早老性痴呆的药物研究方面发展迅速;2006年加强军队特需药品研发和军队药材供应管理研究是军事药理学学科的研究特点。

## 二、挑战与机遇

医药产业与人类健康息息相关,加之医药工业在国际经济舞台中占有举足轻重的地位,世界各国特别是发达国家都对医药工业的关键环节——创新药物的研发给予高度的重视。而我国在创新药物研发方面与发达国家还有很大差距。我国医药产业结构不合理,多、小、散、乱问题未根本解决,现有6300家企业,大型企业230家,但缺乏具有国际竞争力的龙头企业;我国新药创新体系不健全,自主创新能力薄弱,新药研制的经费投入严重不足、经费管理体制不尽合理,研发投入平均仅占销售收入的1.02%;新药研究与产业化条件差;药物筛选技术滞后;创新药物临床前、临床评价的规范化尚未得到国际认可,尚不具备参与国际药品研发竞争的能力;我国民族医药产业虽具优势和特色,但其作用远未充分发挥。我国药物化学的发展与国外相比,研究与开发在组织上脱节,在研新药的成熟程度差、进展速度慢;重复研制的现象比较普遍。创新制剂的研究水平总体落后,研发能力较差,缺少自主知识产权,生产规模小,缺乏竞争力。我国在制剂设备、药用辅料和给药装置方面更是长期以来依赖国外发达国家。在药物流行病学方面,我国药品不良反应漏报情况普遍存在,对病例报告的分析评价不够,对药品安全性信息的利用还处于初级阶段。

我国的新药研制关键在于实现从仿制为主向自主创新为主、创仿结合的战略性的转轨。近年我国密切注视国际上新药研究开发的新进展,积极吸取先进的新技术、新方法。尤其在国家支持建立了新药筛选、临床前安全性评价、临床试验研究、药物代谢动力学等九类技术平台,部分平台研究工作已与国际接轨。建立了一批细胞水平、分子水平乃至基因水平的筛选模型,使新药筛选逐步从经验式、机遇式的普筛向以新理论为指导的定向设计过渡,并积极掌握自动化实验技术,进行了高通量筛选的尝试;不少单位应用计算机辅助设计技术设计出一批有开发前景的新结构化合物;一些单位已开始以体内的活性成分为模板设计新药;尤其在选择中药的活性成分进行结构修饰,获得具有特色的新结构化合物方面取得不少成功的例子。

人类基因组计划的完成以及后续功能基因组、结构基因组和蛋白质组计划的实施,深刻地改变了药物研究开发的思路和策略,形成了新药研究的新模式——从功能基因到药物。

在科技发展的推动下,国际上创新药物研究的发展趋势呈现出两个显著的特点:一是生命科学前沿技术如功能基因组、蛋白质组和生物信息学等与药物研究紧密结合,以发现和验证新型药物靶点作为主要目标,在阐明致病基因性状的基础上,根据其调控途径和网络进行药物研究,已成为现阶段国际创新药物开发的重要发展方向,并取得了显著的进展;二是系统生物学理念和高内涵筛选技术在创新药物研究中的应用,促进了这些新兴学科本身的发展和其与药学的交叉融合,使新药研究的面貌发生了巨大的变化,出现了一些新的研究领域和具有重要应用价值的新技术。这些研究的迅速进展和综合集成,将对创新药物的研究与开发产生深远的、决定性的影响。

### 三、目标与展望

化学药物是国家科技重大专项“重大新药创制”的重点内容,药物化学学科处在化学创新药物研究的源头,是实现药物从仿制到创新的关键。需要建立健全一系列新的技术平台,在此基础上,针对严重威胁人类健康的重大疾病(如癌症、糖尿病、神经系统疾病和病毒感染等)的发生和发展过程及关键致病基因,开展高水平的药物发现研究。与此同时,需要打造以企业为核心的技术创新平台。要促进药物化学学科与功能基因组学、系统生物学、计算科学、数学和物理学研究的衔接和交叉集成,培养一批高水平的研究人才。

生化与生物技术药物方面,要利用基因工程技术开发天然资源贫乏、难以获得的生物活性物质;利用蛋白工程研制新药;发展反义寡核苷酸药物;利用人类基因组计划的研究成果研究开发生物技术药物;进行生化药物的剂型研究;改进生化药物的制备方法和生产工艺,特别是对于有特定分子量要求的生化药物;生化药物的生物活性与药理作用及临床应用研究,以发现有特色的新适应证,从而开拓市场、产生经济效益。

药剂学科的研究除了在传统领域更深入之外,总体上将向着更微观、更多地跨学科、更多地与生物学相结合的方向发展,将采用更新的研究手段研究药剂学科中的重要科学问题。在新制剂的研究方面,创新是主流,仿制已没有出路。给药系统的研究将更多地利用其他学科的最新成果,更多地与材料科学和生物科学相结合。新制剂研究将从品种创新、追踪创新开始,目标是新的制剂技术平台,完整的创新体系,综合的创新能力和系列化的新制剂品种。

用现代化的分析方法,科学、有效和全面地控制药物的质量,了解药物复杂体系的作用过程和规律,是药物分析研究的重大课题。今后的发展方向包括:系统的中药物质基础研究及其与药理作用相关性研究,中药有效组分与中药方剂的体内过程比较研究,化学计量学在复杂体系药物分析中的应用研究,药物代谢组学研究,手性药物的高效拆分介质与分析技术研究,药物与靶体相互作用研究,适用于低剂量药物体内分析的高灵敏分析方法研究等。

如何解决生物技术药物的药效评价模型、安全评价、体内动力学过程与处置规律、高效药物传递系统等研究中存在的问题,对应用药理学提出了许多新的挑战。纳米药物技术的发展与引入对于增强药物的靶向性、稳定性与控释性等带来了飞跃性的发展,但纳米颗粒潜在的安全隐患、未知的生物活性问题是应用药理学所必须面临的新的科学问题。

海洋天然产物化学方面,从天然生物资源中发现具有特殊的新颖的化合物结构骨架,

为有机合成化学家和药物学家提供新的结构模式。从天然生物资源中发现具有特殊的生物活性化合物,并进一步发展成药物先导化合物,仍然是今后研究的主题方向。

在中药与天然药物领域,微量的、具活性的新型骨架化合物的研究、真菌药物成分研究、中药及其复方的药效物质基础研究为今后的主要趋势。常用中草药的研究已经从简单的化学成分分离和活性筛选深入到中药复杂体系和体内过程。多学科交叉融合,多种技术联合攻关的科研局面已经初步形成。

今后还要加强合理用药方面的研究以及对中药安全性的研究和监测,加强对药物警戒的研究和宣传;加强我们国家自己开发的、自己创新的制药装备的知识产权保护;开展以老年人医疗保健为重点的社区卫生服务;在药品科学监管、药品价格体系、药品流通体制改革、医疗机构药事管理、药学人员资格制度和药师立法等方面加强研究。

总之,“十一五”将是全球医药产业竞争日趋激烈的时期,我国医药产业的发展挑战与机遇并存,我们要抓住发展机遇,全面落实科学发展观,努力加强药学科建设,为社会主义和谐社会和全面小康社会建设提供保障。

## 第二十九节 生物医学工程

生物医学工程崛起于 20 世纪 60 年代。其内涵:工程科学的原理和方法与生命科学的原理和方法相结合,认识生命运动的规律(定量),并用以维持、促进人的健康。它的兴起有多方面的原因,其一是医学进步的需要;其二则是医疗器械发展的需要。20 世纪 90 年代以来,创新能力已成为发达国家生物医学工程产业技术竞争力的表征。生物医学工程已经成为医疗器械产业技术创新的主要来源,其他领域的技术和工艺则作为支撑技术而融入其中。

生物医学工程在成为生命科学和医学的一个不可或缺的组成部分的同时,仍保持着工程科学的特质,即以解决实际问题为目的。因此,生物医学工程不仅应满足医学进步的需要,而且作为整个社会医疗卫生系统的一个重要环节,也必须有助于医疗费用的控制。所以,作为一门工程科学,生物医学工程学科的发展不能单纯追求科学技术先进性,更不能盲目地以市场为导向。生物医学工程的发展应当也必须以医疗费用控制、医学可持续发展为前提。作为社会健康保障体系的技术支撑,21 世纪的生物医学工程学科必然是科学技术和人文的有机结合体。

### 一、战略前移、方向转变、领域拓展

如果说 20 世纪 50 年代以来,由疾病谱的改变引起的医学进步的需求,促成了生物医学工程学科的崛起和迅猛发展;那么 21 世纪初叶,医学的变革必然导致生物医学工程发展方向的重大转变,并大大拓展学科领域范围。

20 世纪中后期以来,医疗费用持续地恶性膨胀,导致了全球性的医疗危机。这将引发严重的社会危机。美国首当其冲;我国老百姓“看病难,看病贵”也已经成为建设以人为本的和谐社会的重大障碍。引发这场全球性的迫在眉睫的医疗危机的根本原因,“不是医

学的手段,而是医学的目的出了问题”;“错误的目的,必然导致医学手段的误用。当医疗行为和巨大的经济利益联系在一起时尤其如此”。因此,“医学的目的”国际研究小组认为,要解决这场全球性的医疗危机,首要的是将医疗卫生发展的“战略优先,从以治愈疾病为目的的高科技追求,转向‘预防疾病和损伤,维持和提高健康’”。简言之,即“战略前移”。

然而,人们的习惯意识是“看病”。显然,在以医院、医生为中心的医疗保健模式里,医学的首要目的——“预防疾病和损伤,维持和提高健康”是难以实现的。必须从根本上改变医疗卫生服务模式,以未病之人和(或)已病之人中心,才能使医疗卫生行为符合正确的医疗目的,才有可能有效地控制医疗费用,解决“看病难,看病贵”的问题。因此,医疗卫生的重心必须从医院下移,落脚于社区、家庭、个人,即“重心下移”。“战略前移”,必须通过“重心下移”而落实。

另一方面,现代医学本质上是生物医学。生命科学向分子、亚分子水平的深入并未改变生物医学的本质。而大量流行病学调查的结果都表明,对人类健康、生命威胁最大的那些疾病(诸如心、脑血管病、癌症等)的致病因素中,生物学因素并不占主导地位,而生活和行为方式却占主导地位(癌症 37%,心脏病 54%,脑血管病 50%);环境因素亦起重要作用(以癌症为例,占 24%)。显然,生物医学(现代医学)再发达,对现代社会流行病防治亦为有限。故医学模式的转变,即从生物医学转向生理—心理—社会—环境四者相结合的新医学模式乃势在必行。

生物医学工程在推动医学模式转变的过程中必将发挥重大作用。同时,生物医学工程学科本身亦将发生质的改变。即从生物医学工程到“治未病”的医学工程,即健康保障工程,它包括个性化健康管理工程,家庭保健工程和社区健康保障工程。进而形成一个以提高人的健康和功能水平,改善人的行为和素质,增进人际和谐,强化(职业)群体效能为目标的多个学科、多种技术汇聚交融的领域——人类健康工程。这需要全新的理念、概念、思路、方法、技术和技术装备。

## 二、理念、概念、思路

无论是医学模式的转变,还是医学目的的调整;或者“战略前移,重心下移”,都意味着观念的根本性转变,即从以疾病为中心,转向以人为中心;从疾病的诊断、治疗转向以个体化的人的健康问题的解决为中心。而这个人精神 and 肉体统一的整体的人,是社会的人。在现代医学,乃至生命科学的范围内,目前还找不到实现这一转变的基础。需要从工程科学的基本原理和医学的本质出发,提出新概念,开辟新途径,建立新方法,发明新技术,以实现这一转变。

### (一)概念和思路

按控制论创始人 N. 维纳的说法,“人是一个维持稳态的机构”,“人的生命在于稳态的维持之中”。据此,若在外部/内部干扰的作用下,系统能通过自身内部的调节而维持其正常稳态,就意味着机体的健康;如果干扰太强或/和调节功能低下/退化,则系统态将偏离正常稳态;当这种偏离达到某种程度时,则心身系统整体呈现“病态”。这就需要医疗的干预。途径有二,一是清除/降低干扰;二是提高机体的调节功能,使系统状态从“病态”向正

常稳态转移。显然,从正常稳态到各种病态有一个变化的过程,存在一系列中间状态。预防疾病、“治未病”的关键就在于这一系列中间状态(亚健康状态)的辨识和调控。

## (二)基本科学问题和关键技术

按照上述概念和思路,“治未病”的核心科学问题就是:人的心一身状态的(个性化)辨识和调控。这包括三个基本科学问题和四个关键技术。基本科学问题主要如下。

### 1. 人的生命运动状态的表征

即心一身系统状态参量特征信息的提取和归纳。现代医学的诊断和疗效判断依靠的是异性指标体系(基于大样本统计),显然,不能将它们移植于以“治未病”为目的的个体化的状态辨识;而人类全基因组图谱,尽管它蕴藏着人类在进化过程中积累形成的人类与环境相适应的全部可能性,但基因的表达和调控是整个基因组和人体内、外环境相互作用、协同的结果。因而作为心身整体的人的状态变化并非唯基因组决定的(罕见遗传病患者除外)。鉴此,合理的选择是把人们公认而又便于/可以无创观测的心一身状态基本参数作为心身系统的状态变量(确定的、模糊的……);从这些状态变量的时序改变和相互关联中分析、综合、挖掘、提取能够表征心身系统整体状态的特征信息,从而对整体健康状态的特征信息进行辨识(个体化);并以此为据进行调控,进而对调控的效果做出及时评估。

### 2. 个体化心一身状态分析和辨认

这里信息挖掘、信息融合、经验表达和知识工程等技术的有机结合将起关键作用。

### 3. 心一身状态的个体化调控

关键技术主要如下。

(1) 对心一身基本状态变量的长期、连续、动态检测(从24小时~1个月或数月)。在这方面,主要有:睡眠监测和分析技术;数字化全病区医学信息监测控制系统;可穿戴技术;无线人体域网。在准自然状态睡眠监测分析系统、数字化全病区医学信息监测控制系统等方面,我国居于世界前列;可穿戴技术等与发达国家大致处于同一起跑线上;在无线人体域网等方面则存在差距显著,亟须加强。

(2) 对重要生理、病理生理参数周期性定时检测,如血糖等。同样,有无创和微创两类,国外两类兼重,国内主要是发展无创、无损检测技术。目前,在个体化无创动脉血压连续逐拍监测和检测技术和浮动基准个体化无创血糖监测技术方面,我国取得了突破性进展,具有原创性自主技术。

(3) 信息在线处理和信息挖掘、信息融合技术以及它们的知识工程技术和专家经验的结合。

(4) 心一身状态信息传递(无线/有线)、存储、管理技术。

## 三、医学信息技术和数字医疗

信息化是时代的特征,信息技术已经渗透于社会的各个领域。对医学和社会医疗保健体系来说,信息系统工程既是可用资源,也是支撑技术平台。故医学信息技术是当代生物医学工程的一个主题领域。它既具有学科的前沿性,又具有应用的平台性。主要包括



如下方面。

### (一) 医学信息提取和状态辨识技术

涵盖了从生物大分子、分子器件、亚细胞结构、细胞、组织、器官、生理系统到人体整体(心—身整体),乃至群体等各个不同层次。对分子生物学和生物技术来说,重在分子—细胞层次,生物信息学、生物分子成像后,基因组技术等为其重点(热点)。美国在这方面投入了很大力量,而在细胞、组织信息学方面,德国、日本比较突出。

而对于临床医学,尤其是对于实现“预防疾病和损伤,维持和提高健康”这一医学的首要目的来说,则重点是表征心—身整体状态的特征生命信息的提取和辨识。以个体整体和系统心理功能(主要是心—脑血管系统、呼吸系统、自主神经系统等)为主,兼及器官、组织乃至细胞水平。以状态参量的长期连续动态监测和重要生理、生化参数的周期性检测为主。突出无创、无损、低生理心理负荷(或规定心理、生理负荷)测量技术,通过信息挖掘、信息融合和认知科学技术相结合,实现个体化心—身状态的动态辨识。在这一方面,我国和发达国家大体上处于同一起跑线上。但在生物传感器技术,尤其是可植入生物微系统技术方面,则和美国及欧洲各国有明显的差距。

### (二) 生物医学成像和图像处理

处于最前沿的是生物分子成像,目的是对细胞内的蛋白质等生物大分子、分子器件的结构、功能和运动进行原位观测,这对生命科学和基础医学的发展无疑有重大意义,因而发达国家十分重视,美国更为此投入了极大力量。但问题在于:标记物的加入是否或在多大程度上改变了被观测对象的结构和功能?即被观测的对象是不是预定的观测对象?从非线性理论的一般原理和物理学深入到微观的历史经验来看,回答必然是否定的。至少,这一疑问目前是无法证伪的。因此,我国大可不必盲目追随、效仿。科学研究是要解决问题,无论是认识世界,还是改造世界,追“新”逐“热”,是与科学的本质相悖的,是经济目的驱动的行业行为。

在医学影像方面,X-CT、MRI、数字X射线机和超声成像技术近年来均有重要进展,而以X射线直接数字成像(DR)技术上升空间最为可观。在这一方面,我国航天中兴公司于红林等近年来的工作取得了突破性进展。他们在购进俄罗斯线阵扫描技术的基础上,在国家“十五”攻关计划支持下,二次创新研制了具有自主知识产权的固体线阵探测器,开发了以可移动、低剂量普及型DR为主的系列产品,除了性能—价格比外,其主要技术优势在于安全(辐射剂量仅为欧洲标准的1/10),而且抗震、可移动,故可进入社区,符合“重心下移”的需求。他们还开发了以碲化锌镉为基材,具有耐X射线损伤、抗损伤结构的多线阵固体探测器,其空间分辨率达到国际先进水平(0.14 mm),而辐射剂量仅为进口平板的1/10,使用寿命为平板探测器的3倍以上,且可维修、可车载,成本仅为进口产品的1/4。

医学影像技术当前的发展趋势主要如下。

(1) 发展连续动态监测技术——图像监护。

它体现了以设备为中心到以人(被测之人)为中心的方向性转变。床旁化要求安全、

便携、可靠。第四军医大学研制的电阻抗图像监护系统是这方面的一项原创性技术,目前尚未见国外有此类技术的报道。

(2)发展可进入社区、家庭和移动医疗的医学影像技术和装备。

安全、便携、简易、经济、可靠是其必要条件。我国航天中兴公司的普及型 DR、以色列 Transcan 公司和我国英迈吉公司的电阻抗扫描成像乳腺检测仪、多种便携式超声诊断仪等属此。美国 NeuroLogica 公司的无线输图像的可移动 8 排 CT 系统,日本 Shimadzu 使用断层融合技术的 DR,则更适用于移动医疗和医院。

(3)发展先进的图像处理技术。

以低价位的硬件,通过先进的软件,获得优质(与高价位同质)的图像,从而降低相关医疗费用。这对于我国医学影像技术和产业的发展尤为重要。我国南方医科大学陈武凡小组的工作是这方面的代表。

(4)发展诊断—治疗一体化技术和装置。西门子和重庆海扶的合作即为一例。

(5)发展多模态图像一体化技术。这里图像配准、融合是关键。

### (三)医学临床工程化(数字化平台)

“现代医学已经进入了一个以个体化医疗为特征的新时期”。医学临床工程化是一个必然的趋势。目前,在美、欧等发达国家,骨科手术设计、植入物定制、口腔正畸个体化设计、假肢个体化适配等已经成为医学治疗常规。心血管疾病手术设计、脑外科治疗方案设计等正在研究开发之中。在这方面,我国起步较晚。近年来,发展较快,有代表性的是樊瑜波等在口腔生物力学工程设计和假肢个体化适配等的研究,王成焘、戴尅戎等关于人工关节的个体化设计等工作。

### (四)医学信息系统

医学信息系统是多层面、多方位(功能)的,且又互相交织的。以前者为例,有国家公共卫生信息系统(包括疫性与突发公共卫生事件监测系统、突发公共卫生事件应急指挥与决策系统、医疗救治信息系统等),各类地域性医疗卫生信息系统,社区医学信息系统,家庭乃至个人医疗、健康信息系统。而医院信息系统、医学研究信息系统、医药企业信息系统、医学科学技术信息系统等则属后者。而医院信息系统又包括医院管理信息系统,临床信息系统,放射医疗信息系统,医学影像存储、传输、管理系统,检测信息系统,电子病历系统等。

从理论上来说,医学信息系统的建设、运用,有利于有限卫生资源共享,医疗卫生保健服务的质量、效率和水平提高,医学科技的发展和健康教育的普及,因而有利于医疗费用的控制。然而,实际上由于种种社会的、人为的和经济利益等方面的原因,医学信息系统的发展存在着很多困难,而且已经造成了不少问题,如不规范、无标准、不兼容、合作难、各干各、重复浪费、矛盾混乱等。解决这些问题,科技是难有作为的。就技术而言,主要有如下解决问题的措施。

#### 1. 医学网络技术

网络技术是近 10 年来兴起的一种重要的信息技术,其目标是基于因特网技术、Web

技术、数字化技术和高性能计算等技术,采用开放标准,突破当前计算机各 CPU、各操作系统之间不兼容的瓶颈,实现网络虚拟环境上的资源共享和协同工作,消除信息孤岛和资源孤岛。网络技术对生物医学研究及临床工作有重大的潜在推动作用,我国应及时起步。

## 2. 个人健康档案和电子病历

用系统工程的观点来看待人的一生的心—身状态的变化,并及时实施针对性的干预,不仅是预防疾病和损伤、维持和提高人的心—身健康水平的最有效的途径,而且也是控制社会医疗费用的最有效的方法。而个人健康档案和(或)个人电子病历是实现这一技术途径的基础,它的发展不仅是个技术问题,它和科学伦理学、社会学、法律等人文学科交织在一起。

## 3. 医学信息系统

医学信息系统是科学技术和人文深度交融的领域,医学信息系统是社区医学系统工程和社会健康保障系统的技术平台。中国的医学信息系统问题必须立足于自主创新,才能真正解决自身发展需要问题。单纯追求技术先进性,盲目引进国外技术,不仅解决不了我国医学信息系统建设的问题,而且必将造成有限卫生资源的极大浪费。至于数字医院、数字医疗等,则是医学信息技术和医学(现代医学、传统医学和新医学模式)结合的形式。

## 四、军事医学工程——21 世纪医学工程主流的“潮头”

军队是以国家安全为目标的特殊的功能(职能)群体。对军人的心—身健康和心—身素质、能力的要求,比对一般人群苛刻得多。兵营则是一类特殊的社区,其规范化、均一化程度又要高于一般社区。因此,对于生物医学工程的未来发展来说,军事医学工程具有特殊的意义,必将发挥前卫的作用。

目前,美国已在新军事变革思想的指导下,提出了全维军事医学保障的理念,并采用举国体制,发展军事医学工程技术,进展显著,欧洲亦紧随其后。与美国、欧洲相比,我国的军事医学工程显然不乏亮点,而且在某些技术方面居于领先地位,但整体而言差距显著。这里,最主要的不是技术的差距,而是观念的差距。美国的军事医学和军事医学工程发展是由美国国防部高级研究计划局等高级管理部门根据新军事变革的需求,提出研究发展计划,全国指标。采用举国体制推动军事医学及军事医学工程的发展。而我国则缺乏明确的指导思想和统筹规划,这反映了观念的落后,而“观念的落后是根本的落后”。

## 五、神经工程与脑—机接口技术——生物医学工程的新前沿

神经工程是迅速崛起的一个新领域,它是神经科学与工程科学交融的结果。在康复工程、(广义)仿生工程、生物安全、国家安全等方面有广泛的应用前景,故受到多方面的关注和支持,发展异常迅速。在神经工程领域里有两个核心科学技术问题,一是脑—机接口,二是可植入生物微系统。“脑—机接口”的定义是,一种不依赖于脑的正常输出通路(即:外周神经和肌肉)的脑—机(计算机或其他装置)通讯系统。这里有三大难题:个体化差异、在线反馈和适应人脑学习的调节方法。在这方面,我国清华大学高上凯小组的工作目前居于世界前列。他们已经开发了两种基于脑—机接口技术的残疾人环境控制器:一

种用稳态视觉诱发电脑实现；另一种通过想象运动实现。前者可拨打手机；后者可操控机器狗踢球，甚至可两人对抗。

## 六、超声医疗工程

这里主要是介绍超声治疗技术。在这方面，重庆医科大学王智彪小组的工作居于世界前列。继高强度聚焦超声肿瘤治疗系统研制成功，形成产品，并在我国和欧洲成功应用于临床后，近年来又取得如下重要进展：

- (1)建立了 HIFU 肿瘤治疗全球远程医疗中心，网络延时小于 1 s；
- (2)研发了(个体化)HIFU 治疗计划系统；
- (3)制定了 HIFU 肿瘤治疗标准；
- (4)通过国际合作发展图像监控下的 HIFU 技术；
- (5)将 HIFU 技术应用于妇科常见病等领域。

# 第三十节 体育科学

体育科学是一门综合性学科，随着科学技术水平的迅速提高和体育运动的不断普及，体育科学已发展成为一门相对独立的学科体系，在提高竞技运动水平、丰富人民文化生活、增强人民体质方面发挥越来越重要的作用。

## 一、体育科学概述

体育科学是研究体育现象、揭示体育内部和外部规律的一个系统的学科群。体育科学研究的主体是运动的人体，因此，体育科学的研究内容涵盖自然科学和人文社会科学的相关领域。我们在《2006～2007 体育科学学科发展报告》中选择了以运动人体科学为主的运动医学、运动生物力学和运动心理学学科，重点介绍 2005 年以来的中国体育科学学科发展。

## 二、体育科学的热点研究领域

### (一)优秀运动员身体机能评定

运动员身体机能评定是指在运动训练中，运用运动人体科学理论、实验技术和方法，通过心血管、肌肉、血液、呼吸等指标观察优秀运动员在运动训练过程中的身体机能变化，客观评价运动员身体机能状态，及时向教练员反馈，合理安排训练过程，提高运动成绩。

由于运动员的机能评定越来越向多指标的综合性评定发展，因此，学者们试图建立评价运动员的综合软件系统，将运动员机能评定与恢复指导相结合，同时为教练员提供制订日常训练计划、统计训练负荷的工具，实现对运动员机能状态评定、恢复指导方案设计、训练计划制定的计算机化管理，以便使评价指标体系更为全面，而操作过程更为简便，大大提高了工作效率。

## (二) 国民体质监测与运动健康促进

体质是在遗传性和获得性基础上表现出来的人体形态结构、生理功能和心理因素的综合的、相对稳定的特征,包括形态、机能、运动能力、心理和适应性等五方面。近年来,我国的体育科研工作高度重视国民体质监测、综合评价、运动健身促进等领域的研究工作,充分体现科学运动在增强人民体质中的重要作用。

## (三) 优秀运动员科学选材

随着现代竞技体育的发展,运动员选材、运动训练、运动竞赛和竞技体育管理已成为影响竞技运动水平提高的主要因素。优秀运动员、特别是世界冠军、奥运会冠军等顶尖运动员都具备一定的先天素质,因此,通过科学手段选择具有运动天赋和潜能的运动员从事与其相适应的运动项目,是取得优异运动成绩的前提条件。

常用的运动员科学选材内容包括身体形态、身体机能和运动身体素质等三方面的指标。目前,我国研究人员已从基因水平上寻找决定人类运动能力的基因,在分子水平上探讨人体对长期训练的适应性变化,从而更加科学、准确地评估个体的运动状态及运动潜力。

## (四) 兴奋剂检测技术

我国体育科技工作者加强对兴奋剂检测技术的研究,进一步提高兴奋剂检测方法的可靠性、灵敏度和准确性。通过科技创新,改善目前尚不完善的检测方法以及建立具有自主知识产权的兴奋剂检测方法,解决2008年北京奥运会的兴奋剂检测可能出现的技术问题,实现2008年科技奥运的目标。

## (五) 运动创伤与微创治疗技术的研究与应用

运动创伤学是体育科学的重要组成部分,主要包括运动伤病的诊断、治疗与康复,在备战奥运会等重大赛事中,运动创伤在保证优秀运动员参赛、并创造优异运动成绩中发挥越来越重要的作用。近年来,运动医学工作者除了在运动员伤病调查、诊断和常规治疗手段上,进行了大量研究外,随着分子生物学、生物力学和移植生物学等学科的发展,微创治疗技术已成为目前医学领域中最活跃的学科之一。

## (六) 运动性疲劳机制与身体机能恢复

随着整个科学水平的迅猛发展,各种先进实验仪器、手段不断问世,使运动性疲劳的研究有了长足进展,提出了许多新的研究成果。大量的研究表明,不同强度、不同时间、不同运动形式产生疲劳的机制是不同的,提出了导致运动性疲劳的相关假说。近年来,我国学者不仅从生理学角度研究和认识运动性外周疲劳,而且通过动物实验和神经递质研究探讨被称为“黑箱”的中枢疲劳发生机制,发现了运动性心理疲劳的特征。

## (七) 运动性贫血的发生机制与防治

运动性贫血是由于剧烈运动而引起外周血中单位容积内血红蛋白的浓度、红细胞计

数及(或)红细胞压积显著下降甚至低于相同年龄、性别和地区正常标准的现象。运动性贫血是限制运动成绩提高的重要因素之一,备受运动医学界的重视,我国学者在建立长期递增负荷跑台运动性贫血模型基础上探讨了运动性贫血的发生机制,研制了抗运动性贫血复合剂。

## (八)运动营养研究与应用

我国运动营养研究工作者根据运动员的实际需要和运动营养的功效,将运动营养品分为营养素补充品和特定功效营养品两大类。并加强在运动队中的科普宣传,保证了运动员科学、合理地补充运动营养,同时杜绝了兴奋剂的滥用。

## (九)不同运动方式对机体免疫功能的影响

运动对机体免疫功能的影响是体育科技工作者非常关注的研究课题。大量研究证实,以中等强度进行的体育锻炼可以提高机体的免疫功能,坚持常年参加运动的人群抵抗力增强,患病率较低,尤其是慢性病的发病率低。而以提高运动成绩为目的的持续大强度运动训练可引起免疫机能低下,表现为运动员在强化训练期间,免疫力下降,机体的疲劳感和呼吸道的感染率增加。

## (十)中医药在提高运动能力中的应用

中医学是中国传统的医疗手段,具有鲜明的民族特色,在运动训练中具有独特的作用,科研人员高度重视中药手段在训练中的作用,并广泛应用于运动训练,深受教练员、运动员的欢迎,并取得了显著的成绩。近年来,中医学在运动训练的研究热点主要体现在消除运动性疲劳、加速身体机能恢复和促进伤病恢复等方面。

## (十一)高原训练的理论研究与应用

20世纪50年代,国际上开始注意到高原环境对运动能力的影响,以后逐步发现高原训练可以明显提高运动员的有氧运动能力。目前国内外运动员从事高原训练主要基于以下三个目的。

### 1. 提高运动员一般运动能力

运动员在高原从事运动训练时,身体承受着高原缺氧和运动训练时氧气需要量增加的双重刺激,通过高原训练可以提高运动员的血红蛋白含量,增加体内耐受缺氧的能力。

### 2. 赛前储备体能,赛中出现超量恢复

运动员在奥运会等世界大赛前到高原环境,使机体产生一系列的生理、生化变化,促进体能储备,当回到平原参加比赛时,机体出现超量恢复,创造优异成绩。

### 3. 参赛后适应性恢复

近年来,我国学者不仅在高原训练研究中取得了可喜进展,而且紧密追踪国际高原训练研究前沿,在模拟高原训练方面开展了卓有成效的工作。

## (十二) 运动技术诊断与分析

我国研究者已成功开创了运用人工神经网络理论完成运动技术诊断和训练决策,建立了我国优秀运动员技术诊断系统,并应用于我国优秀运动员准备奥运会和重大国际比赛中,取得了良好效果。与国际上其他国家的运动技术分析专家建立的专项技术诊断专家系统相比,具有自我学习、系统自动更新、易于推广、方法适用面广等优点。

## (十三) 动力学测量与分析

我国学者在测量仪器和分析方法方面取得了显著进步,推动了应用研究领域的不断扩展和深入。动力学测量与分析的应用研究主要体现在步态分析研究与应用和运动员力量诊断与分析两个方面。

## (十四) 优秀运动员心理训练

获得理想竞技表现是所有运动训练与体育比赛的目标,也是运动员心理训练的现实目标。中国运动心理学家紧密结合运动员、教练员参加奥运会、亚运会和全运会的比赛实践,在高水平运动员心理训练领域进行了长期的、富有开创性的探索,取得了丰硕的成果。

## (十五) 运动员的认知特点

运动员在面临高难度的运动任务时,往往表现出四肢发达、头脑聪慧的特征。这种聪慧,主要表现在运动思维和运动决策上。我国学者相继在手球、羽毛球、乒乓球、击剑等对抗性运动项目中开展了运动思维和运动决策的系列实验,对上述思辨进行了实证检验。

# 三、近年来我国体育科学取得的重要研究成果

## (一) 运动员身体机能、心理及技术诊断研究

国家体育总局体育科研所王清研究员主持了国家科技攻关计划项目“运动员身体机能、心理及技术诊断研究”,围绕我国运动员在备战奥运会和重大国际比赛的主要问题,研究与建立了优秀运动员运动训练的生理生化监控系统、优秀运动员专项心理诊断监测指标和标准、三维运动现场计算机实时图像高速采集系统。

## (二) 中国国民运动健身科学指导系统的研究与应用

国家体育总局体育科学研究所田野教授在已构建的中国国民体质监测系统框架基础上,完成了国家“十五”科技攻关项目“中国国民运动健身科学指导系统的研究与应用”,建立提高中老年人健康水平、儿童少年身体素质的运动健身指导系统和高血压等四种慢性病人群的运动健身科学指导系统。

## (三) 优秀运动员营养推荐标准

国家体育总局运动医学研究所杨则宜研究员根据多年来运动员营养方面的研究经

验,建立了优秀运动员营养推荐标准。该标准通过对运动员的营养生化测试和膳食营养调查,了解运动员身体的营养和代谢状况,从而有针对性地采用科学的膳食营养调整和特殊营养品补充等措施,以保障运动员身体良好的健康状况和体能水平。

#### (四)奥运优秀运动员科学选材的研究

北京体育大学邢文华教授主持完成的“奥运优秀运动员科学选材研究”,经过严格的科学程序,采用调查法、实验法和数理统计法筛选和建立了优秀运动员选材指标体系、评价标准和选材方法,编写了《优秀运动员选材手册》。同时,还建立了我国优秀运动员人才库,以及优秀后备人才追踪监控体系的理论框架和运动模式。

#### (五)优秀运动员身体机能评定

国家体育总局体育科学研究所冯连世研究员承担了多项有关优秀运动员身体机能评定的研究课题,在此领域进行了深入研究,取得了一批研究成果,近期先后出版了多本研究专著,主要包括:《优秀运动员身体机能评定方法》、《运动员机能评定常用生理生化指标测试方法及应用》、《运动训练的生理生化监控方法》。

#### (六)我国优秀运动员生理、心理常数和营养状况研究

国家体育总局体育科学研究所常芸研究员主持完成了“我国优秀运动员生理、心理常数和营养状况研究”,对我国参加奥运会的主要优秀运动员的生理、心理常数和营养状况做了全面、系统的调查与实测,制订了我国优秀运动员生理、心理参数的参考范围,为我国优秀运动员身心机能评定标准的出台提供了基础实测数据。

#### (七)高原训练方法与应用研究

国家体育总局体育科学研究所冯连世研究员主持完成的国家科技攻关项目“高原训练的方法与应用研究”,系统总结了我国优秀运动员的高原训练训练经验,研究了优秀运动员高原训练的个性化特征,高原训练与平原训练的适应、高原训练与比赛的合理安排、高原训练中的技术特点和高原训练中的力量训练的问题,建立了不同项目、不同年龄和性别、高水平运动员的个体化高原训练方法。

### 四、国内外体育科学研究对比

中国体育科学工作者经过长期的工作,已经逐步形成了具有中国特色的体育科学研究体系,并取得了一定的成果,在国际上处于领先水平。主要表现为以下几个方面。

#### (一)优秀运动员科研攻关与科技服务

中国体育科技工作者根据长期研究成果,已经建立了报告包括优秀运动员身体机能评定、技术诊断、心理调控、运动伤病防治等多方面的科研攻关与科技服务体系,形成了中国体育科学研究的特点。



## (二) 中国国民体质监测系统的建立与应用

2000 年我国首次在全国范围内进行了国民体质的研究工作,在此基础上,2005 年进一步完善了国民体质监测体系,进行了第二次国民体质监测工作,对不同人群、性别、年龄、职业状况的人体进行科学的测试和规范,体现了体育科学研究的系统,研究范围之广、测试人群之多,都达到了国际先进水平。

## (三) 反兴奋剂研究工作达到国际先进水平

我国反兴奋剂与兴奋剂检测研究工作紧密追逐世界先进技术,不断加强我国兴奋剂检测中心与国际间的科研合作与交流,及时取得信息,掌握关键技术,使兴奋剂检测技术达到国际先进水平,连续 17 年通过国际奥委会的检测。

## (四) 部分基础研究成果与国际接轨

我国学者在基础研究方面的部分领域进行了重点研究,在部分基础研究领域已与国际同步或接轨。

## (五) 实验室建设取得明显进展

2002 年以来,国家体育总局系统先后启动并建设了运动机能评定与技术诊断、运动心理、运动医学、运动营养、体育信息、体能训练与恢复 6 个重点实验室。

## (六) 我国体育科学与国外相比存在的主要差距

(1) 缺乏创新性研究成果。近年来,中国体育科学虽然取得了一大批高水平研究成果,但从整体上讲,中国体育科学缺乏高水平创新性研究成果。

(2) 应用研究成果转化率不高的现象依然存在。体育科学研究与运动实践脱节、体育科技成果缺乏对实践指导的现象依然存在。

## 五、中国体育科学研究展望

### (一) 突出重点,加强创新性研究

要加强我国体育的应用基础性研究,不断取得创新性研究成果。实事求是地根据我国现有的研究条件,突出重点和特色,确定重点研究领域,力争在一些重点研究领域达到国际领先水平。

### (二) 突出应用特征,为体育运动实践服务

体育科学研究要努力解决运动实践的关键问题,特别是要围绕备战第 29 届奥运会的工作重点,统筹安排体育应用科学研究,使体育科技真正为体育运动实践服务。

### (三) 引用新技术,提高体育科学研究水平

现代科学技术迅猛发展,科学研究中的新技术、新方法不断涌现,为体育科学的发展

提供了技术保证,体育科技工作者应当充分利用现代先进的科技手段,结合体育科技的实际需要,选择母科学的新技术、新方法为体育科学服务。

#### (四)加强中国特色的体育科学研究

中国传统的中医药学和健康方式对提高运动员的竞技能力和国民的健康水平具有独特的作用,我们应当以中国特殊的文化传统和社会背景为依托,运用现代科技手段开展中国特色的体育科学研究,取得具有中国特色的高水平研究成果。

# 第三章

---

学科发展报告(2006—2007)简介(英文)

## 1. Mechanics

The purpose of this report is to elucidate the nature of the discipline of mechanics, summarize the recent achievements in the field, illustrate some of exciting activities currently underway in various areas of mechanics, and to bring forth the broad range of frontiers, challenges and applications, which permeate the field.

Mechanics is a basic scientific discipline which is concerned with force, motion and macroscopic, mesoscopic/microscopic mechanical properties of substances (solids, liquids, gases, plasmas, etc.). The major classical branches of mechanics are solid mechanics, fluid mechanics and dynamics & control, which primarily deals with the deformation and failure of solids; the flow of fluids and the related transport of momentum, energy and mass; and the motion and evolution of discrete systems respectively. However, today's mechanics includes a number of interdisciplinary branches such as physical mechanics, explosion mechanics, biomechanics, environmental mechanics and geomechanics, etc. Still more new and interdisciplinary/multidisciplinary branches will keep emerging.

Since the dawn of civilization, evolving human knowledge as to how substances behave has played an enabling role in predicting the motion of celestial bodies, manufacturing various tools and structures, and getting adapted to the environment for survival. The understanding and experience accumulated for a long time laid a foundation for modern sciences. For example, Newtonian mechanics represented the emergence of real natural science. In present days, mechanics has formed the backbone of many engineering disciplines. The modern development of mechanics was inspired by the industrial revolution, and in the last fifty years propelled by the demands of defence, power generation, transportation, space exploration, predictions of natural phenomena such as earthquakes, oceanic flows, and hazardous weathers, and understanding of bio-systems, etc.

In the last decades, domestic scholars have made remarkable contributions, which exert significant impact in the field. For example, in continuum mechanics, decisive progresses have been made to the modern theory of repre-

sentation of tensorial functions and invariance of constitutive relations, which have been widely used to develop the models for various complex materials. As one of the new functional ceramics, the reliability of ferroelectric ceramics is a widely concerned important problem. We have developed systematic and quantitative theory and test systems to explore the constitutive relations and failure process of this kind of material under external mechanical and electric loadings. The problem of singular optimal solution, a severe challenge in structural optimization since 1980s, has been successfully solved. The theory has been implemented in a software applied in industrial and national defense engineering. Many experimental techniques were developed, and they have been applied to measure the motion and behavior of new structures and materials. Micro-and nanomechanics is one of the frontiers and fertile areas of mechanics. New phenomena and responses of various materials at the micro-and nanoscale are being revealed. We have examined and found a series of new mechanical and physical properties of nanomaterials and devices, and proposed important new ideas. For example, the firstly presented GHz nano-mechanical oscillator has attracted a lot of attention and resulted in intensive researches worldwide. In addition, significant new results have been obtained in other directions of micro-and nanomechanics, such as new theories for size effect, nano-structures and mechanics of biomaterials, and biomimetics, and new methodologies for multi-scale computation, etc. Many other new results have been also obtained in conventional areas of solid mechanics including elasticity, plasticity, fracture mechanics, mechanics of composite materials, wave theory, vibration, and impact. Particularly, emerging new materials and structures will continue to provide challenging issues.

In the field of fluid mechanics, we have made several internationally influential contributions in micro-gravity flows, separation flows, vortex flows, non-equilibrium flows, turbulent flows, vortex flows induced by fishes and birds, and hydrodynamic instability. We have developed various high-accuracy and high-resolution CFD algorithms, for example, the NND scheme, new WE-NO scheme, nonlinear compact scheme, super-compact scheme, and compact scheme based on group velocity control. We also developed the high-order project algorithm for incompressible NS equations, and high-accuracy and high-resolution impact FD-Fourier Spectral Method, and Spectral-Spectral

element method for 3D incompressible viscous flows around a cylinder. Other internationally influential contributions include the algorithms for microflows, the uniform algorithms for continuum-rarefied flow, and the theory of multi-block and parallel computing methods. In the field of turbulent flow, remarkable achievements include the turbulent model system based on explicit algebraic stress model, the high-order impact nonlinear model, and nonlinear model considering the effects of flow curvature. In the field of vortex flow, several kinds of 3D vortex exact solutions of NS equations are induced; the Batchelor's analysis is extended; and the chaos of Helmholtz vortex rings are found. In the field of hydrodynamic instability, effects of wall suction/injection on the linear stability of flat Stokes layers are investigated finding that the onset of instability of the flat Stokes layers can be suppressed/enhanced by wall suction/injection. In the study of the linear stability of Bingham-plastic fluid flow between two concentric cylinders rotating independently and with axial sliding of the inner cylinder (spiral Couette flow), the only situation that a yield stress fluid flow is less stable was discovered. Effects of insoluble surfactants on the stability of film flow driven by an oscillatory plate are investigated in the limit of long-wavelength perturbations. It was found that the oscillatory film flow can be stabilized by surface surfactant in the sense of raising the critical Froude number and narrowing the bandwidths of the unstable frequencies.

In the last decade, research on the dynamics and control grew rapidly in China. The Chinese scientists have made great progress in understanding the nonlinearity and complexity in science and technology in the past decade. For example, the Chinese scholars have made several significant contributions in the global bifurcations and chaos of high dimensional nonlinear systems, dynamics and control of nonlinear stochastic systems, nonlinear dynamics of time-delayed systems, nonlinear dynamics of non-smooth systems, nonlinear dynamics of axially moving viscoelastic strings and belts, firing activities and synchronization of neuronal systems, nonlinear control, and rotor dynamics. Both the established results in recent years and speculations about future advances in the coming years are thoroughly reviewed. Many important topics were devoted to the theme of "Chaos, Solitons and Fractals," and they will produce a profound influence on the nonlinear science in China, and even in

the world as well.

Multidisciplinary mechanics is an area full of exciting opportunities and engineering applications. In biomechanics, researches are carried out in almost all forefronts, particularly, in cell-molecule mechanics, bone mechanics, blood dynamics and tissue engineering. Physical mechanics is a fundamental frontier and directly related to many important problems in engineering. We have studied the behavior of solids and gases under high temperature and high pressure. Intensive researches have been performed in propagation of stress waves, dynamic fracture, high-velocity impact, and crashworthiness of structures. Because of the complexity of the problems involved, numerous numerical and experimental techniques are developed. The outcome of these researches has been successfully applied to many important practical problems in engineering. The recent researches in environmental mechanics are focused on atmosphere environment, water environment, environmental calamities, and geodynamics, etc. There has been much progress in these areas. Particularly, the needs for understanding many natural phenomena related to flows of mass and energy, such as prediction of micrometeorology and the coupled ocean-atmosphere fluid system, have resulted in a branch of fluid mechanics, namely, geophysical fluid dynamics. With development of the society, more attention is being, and should be, paid to mechanics related to natural and geological calamities, such as earthquakes, landslides, debris flows, tsunamis, and floods, etc. In recent years, there is significant progress in the research of nuclear fusion. Many TOKAMAK devices, laser devices, and ultrashort laser devices have been upgraded and built, and many relevant researches have been performed.

In this report, some successful applications of mechanics researches, among others, to the solutions of problems in engineering are highlighted. They include the train-track coupled dynamic theory and applications, computation and evaluation of aerodynamics of spacecraft, mechanics of thermal barrier materials in aeronautics and aerospace engineering, development of new mechanical theories for manufacturing processes and their application to molding of plastics and automobile industry, and rock damage mechanics and its application to coal mining. We also carried out the experiment of the thermocapillary migration of liquid drops in the Shenzhou spacecraft in the space.

Examination of the evolution and history of mechanics, and the emerging needs suggests that although remarkable progress has been made, many unsolved issues remain. For example, turbulence of fluids and failure of solids continue to be two foremost fundamental problems in mechanics. Moreover, the needs for breakthroughs in mechanics have intensified amidst the unprecedented development of high technologies and the society. Therefore, this report identifies some forefronts of the fundamental researches of mechanics and the national needs. On the fundamental research side, they include turbulence, complex flows under extreme conditions, complex dynamics and control of nonlinear systems, micro/nanomechanics, mechanics of new materials under coupled multi-field loadings, multi-scale mechanics and trans-scale coupling, biomechanics, development of new equipment and experimental techniques, scientific and engineering computations and softwares. The major fields that meet the national strategic needs are problems in the national security, in aeronautic and aerospace engineering, in the exploitation of deep sea resources, in environment and calamities, in human health, and mechanics in advanced equipment.

Through analyzing the progress, current status and trends of research and application, the report proposes the targets that may be reached in a couple of decades. For this, it also points out some problems which need to be resolved. The suggested measures that should be taken to reach the goals include ① The independent status of mechanics as a basic scientific discipline must be maintained consistently. ② Multidisciplinary researches must be encouraged, and all branches should develop harmonically. ③ A particular vital aspect, namely, the training of young investigators of high level is crucial for discipline development in the future, deserves particular support. It is also essential for the continued health of the discipline that proper balance be sought between a focus on fundamental researches and that on the immediate needs. ④ An international mechanics centre in preparation should be established as soon as possible to promote the international exchanges and to foster new directions and young researchers. ⑤ The research funds for aeronautic and aerospace engineering, and new test equipment should be strengthened. ⑥ Computational softwares are basic technology which is vital to the national competitiveness. A national centre for the research and development of soft-



wares should be established to coordinate the R&D of softwares. ⑦ The fundamental researches and applications of mechanics discipline should be paid more attention to the national level to ensure sustainable development of mechanics and for it to play a better leading role in engineering to meet the national needs and improve the national competitiveness.

## 2. Chemistry

In the last two years, Chinese scientists have achieved great advances in chemistry. This report briefly describes some representative achievements achieved by the Chinese chemists. The report consists of two main parts, the comprehensive report and 21 special topic reports of branch fields of chemistry.

There are four sections in the comprehensive report. In the first section, the position and role of the chemistry are described. Chemistry science plays an extremely important and un-replaceable role for the sustainable development of the national economy and society. Chemistry is a central science and has close relationship with so-called “sun-rise sciences” (i. e., the information, life, materials, environment, energy, earth, space, and nuclear sciences).

Then, the large amounts of statistical data, including the number of papers published by Chinese chemists and its increasing rate, the raising of the quality of the published papers and their citation, the distribution of the branch field of chemistry, etc. are listed in the second section. China is the third place in the world in the order of the published papers since 2001 according to the statistics of *Chemical Abstract* and the increasing rate is far faster than US, Japan and other developed countries. The large number of papers had been published in the highest impact journals of various fields and selected to review by the “highlight,” “heart cut,” “hot papers” of the journals. These statistics demonstrate clearly that there has been a giant effect of the chemistry research in China for the development of the world chemistry.

In the third section of the report, based on the information described in the special topic reports, the main achievements and breakthroughs of the chemistry research in China in recent years are introduced briefly by four paragraphs.

A significant feature of the chemistry development in China is the coordi-

nated concerns in both industrial and fundamental aspects. There were 63 projects to be awarded the first or second class prize of National Natural Science Award, National Technology Invention Award and National Technology Progress Award in 2005 and 2006, respectively. Among them, the project of innovation of amorphous alloy catalyst and magnetically stabilized-bed reactor and their integrated hydrogenation process and study of reactive properties of multiple-bond in metallic coordination compounds are the two outstanding representatives. Internationally, Professor Liu Wenjian (Peking University) was awarded the Prize of the International Quantum Molecular Academy and Pople Prize in 2006 due to his series contribution in developing highly efficient relativistic DFT method and establishing Beijing Density Functional (BDF), etc. Professor Chai Zhifang was awarded the Prize of George von Hevesy in 2005 for awarding his outstanding contribution in the radio-analytical chemistry and nuclear chemistry. This is the highest international prize in the field of radiochemistry and nuclear chemistry. Professor Li Can, member of Chinese Academy of Sciences, was awarded the International Catalysis Prize in 2004, which awards one scientist for each four years.

The fast development of some new interdisciplinary fields is another obvious feature in the progresses of chemistry research. Such as numerous significant progresses have been achieved in nano-science and materials chemical biology, biochemical analysis and other fields related with life science, and organic solid functional materials and devices and related phenomena, etc. In present report, some typical results have been introduced. Especially, the results attracted the great attention and reviewed by the top international journals, such as single molecular operation; a general liquid-solid-solution strategy for creating nanocrystals; the controlled preparations, assemblies and architectures of the various organic nano-structures, etc are cited and described summarily. The number of papers published by Chinese chemists in the fields of the microfluidics and chips has been the second place in the world and the results with the international advance level, have been obtained. Meanwhile, some results obtained in chemical biology by Chinese chemists have been international advance level, too.

The emphasis of the research on the field related with sustainable development strategy and recyclable economy is one of the features in Chinese chemistry. The significant progresses have been achieved in environmental

chemistry and green chemistry, etc, especially novel ionic liquids and novel catalytic processes in green catalysis, which had been introduced and reviewed in C&EN as Chinese chemist had reported a new Rh nano-catalysis with super long life and activity, are cited.

In past two years the great progresses have been achieved in the basic research of the classical chemistry fields. In present report, some results of solid state functional materials including molecular magnet and magnetic, coordination chemistry, which are synchronous with international developments in some extent, have been summered. The published papers with high quality in the thermodynamics, dynamics, single molecule and self-assembled monolayer, photochemistry, catalysis, materials physical chemistry, colloid and interfacial chemistry, electrochemistry, theoretical and computational chemistry have been introduced simply.

The work done by Chinese chemists in new organic synthetic reactions and synthetic methods, such as asymmetric catalytic synthesis, the organic reaction containing metal components and total syntheses of some complicated compounds, has been mentioned in the report.

There were 5 papers published by Chinese chemists among the top 20 of the journal *Macromolecules*, this means that Chinese chemists have made a great contribution and played an important role for the development of polymer science. In present report the results in macromolecules with specific architecture; characterization of polymers structures; electrical and optical active polymers; polymer self-assembly; bio-medical polymers and nanocomposites of polymers are reviewed briefly.

In the fourth section of the comprehensive report, the prospect and some suggestions for Chinese chemistry research are put forward.

As the supplement of the present report, reports on special topics of Inorganic chemistry, Physical chemistry, Analytical chemistry, Polymer science, Applied chemistry, Nuclear and radiochemistry, Crystal engineering, Chemical thermodynamics and thermal analysis, Catalysis, Colloid and interface chemistry, Organized molecular films, Photochemistry, Electrochemistry, Organic solids, Theoretical and computational chemistry, Chemoinformatics, Rheology, Chemical biology, Environmental Chemistry, Green chemistry, Organic analysis are compiled by the famous experts in the field. In these reports, the

progresses and breakthroughs, the hot points and growing points, and bottleneck of the research of related fields are described. More than 1000 references are cited in these reports.

This comprehensive overall report is written based on the investigation by nearly 200 chemists. During writing, Dr. Liang Wenping and Dr. Yang Junlin from the Division of Chemistry of the National Natural Science Foundation had given us a lot of help. Dr. Zhang Wei from CAS office in China and Dr. Yue Weiping from *Thomson Scientific* had offered a number of statistical data, too. We would like to express heartfelt thanks to all of them for their hard work.

### 3. Space Science

This report mainly discusses the situation of China space science, recent achievements, the plans for the subject development in the near future (2006—2009) and strategic configuration for the space science development after 2010. For the sake of a bright perspective of Chinese space science, the situation of international space science and some comparison with ours are also related. Inspiration can be derived for our own needs. This report comprises four major parts.

#### 1. Situation for international space science

The strategic distribution of space science development in the advanced space countries in short term (2006—2015), mid-term (2015—2025) and long-term (2025—2034) during the early 21st century is discussed. In order to keep ahead in space science in the world, the plan of USA is comparatively comprehensive and integrated, including clear scientific objective, and relevant exploring plan, etc.

#### 2. Situation of China space science

Basically the progress of China space science from the end of the 20th century is related, especially about the significant achievements in space physics, space exploration, space geology, microgravity science and observation of the earth in space.

#### 3. Development of China space science in the near future

It mainly refers the developing plan of space science between 2006 and 2009, chiefly including the high energy astrophysics, solar physics, space physics, solar system exploration (lunar exploration), microgravity science and

space life science.

#### 4. Strategic configuration for China space science development after 2010

It basically relates the developing plans of China space science after 2010, including the space astronomy (such as the launch of hard X-ray modulated telescope (HXMT) in 2010), space physics (such as KuaFu plan), solar exploration (lunar exploration, etc.), planetology science, microgravity science and space life science, etc.

### 4. Geological Science

This report studies the current status and development trend of geological science and its branch disciplines at home and abroad, summarizes domestic achievements made in geological science, and analyzes the existing problems and room to improve. Based on studies in the development strategy of geological science in China, several key conclusions are reached as follows:

In the contemporary era, geological science is demand-oriented and aims to propel the development of all its branch disciplines by grasping geological survey as its foundation and adopting high and new technologies. Meanwhile, the new thought centering on earth system science also promotes significant structural changes of geological science.

At present, the development of geological science in China is severely restrained by disordered planning and allocation, unsatisfying structural reform in geological science and technology, shortage of talents, inadequate application of high and new technology, out dated technical means, loose combination of scientific research and geological survey, as well as insufficient investment and limited management in geological science and technology. According to the structural changes of geological disciplines, it is estimated that China is almost 20 years behind western countries in geological scientific research.

Development of geological science should be abided by such basic principles as developing in an all-round way while highlighting key points, demand-oriented and interdisciplinary, adopting technology while emphasizing frontier field. The 5-10-year development aims to realize the all-round, harmonious and relatively stable development among all branch disciplines, ensuring the sustained development of geological science as a whole. Besides emphasis on all

sidedness, proportionality and completeness, we should also pay attention to disciplinary changes and the development and breakthrough of key disciplines. We should be demand-oriented, task-driven and technology-adopting in pushing forward the interdisciplinary development of branch disciplines of geological science.

In this report, the development direction and strategic priorities of 11 secondary branch disciplines are dissertated systematically, including Stratum and Paleontology, Petrology and Mineralogy, Tectonics, Petroleum Geology, Mineral Deposit Geology, Non-metal Mineral Geology, Hydrogeology, Environmental Geology, Engineering Geology, Exploration Geophysics and Exploration Geochemistry.

On the basis of analysis in the demand for geological science in national economy and social development, five areas should be given priority to develop in geological science, namely, frontier area of geological science, basic geological survey, energy minerals, non-energy solid minerals, and geologic environment and geologic hazard. As key areas in contemporary geological science, these 5 areas should be interlinked to tackle as key problems.

The equipment level of geological scientific research should be promoted by independent research development, as well as introducing, learning and localizing new advanced techniques. Strengthen capabilities in earth observation, ground detection, deep and ocean detection, and analysis technique. Popularize the geological information technology and accelerate the establishment of geological observation station.

In the end, six major guarantee measures to promote the development of geological science are advanced. First, to promote the cultivation of talents in geological science. Second, to strengthen the construction of platform of geological science and technology to realize data sharing. Third, to enhance the combination of geological survey and scientific research by promoting geological survey. Fourth, to adjust disciplinary structure and promote its development. Fifth, to reinforce international academic exchange and cooperation in terms of science and technology. Last but not the least important, to reform the system of project approval and results management in geological scientific research and advance conversion of the results.

## 5. Geographical Science

Geography concerns with the human environment and the relationship between human and nature, and studies the mutual spatial actions of various matters and phenomena. Geography has become an integrated science including natural sciences, human and social sciences, engineering and technologies, and established a rather unique and relative perfect disciplinary system. The progress in international geographic community may be summarized as the law of regional differentiation; comprehensive research on region; the idea of man-nature; mutual actions between human and environment; the earth system modified by human; thoughts of geo-politics and geo-economics; geographical humanitarianism and socialism; earth observing system and geographical information system; and advances in methodologies. The driving forces are the demands of society; the development and promotion of science, technology and philosophy and the freedom of scientific research.

In China, Academician Qian Xuesen sparkplugs to establish the system of geographical sciences, considers it as a scientific group paratactic with natural sciences, social sciences, mathematical sciences, systematical sciences, intellectual sciences, body sciences, art theories, military sciences and behavior sciences, so as to promote geography into a new and high ambit. Major achievements of contemporary geography in China can be generalized as breakthroughs in academic fields, contributions to national construction, innovation in methodology and research means, contributions to science and education, contributions to the society, and so on. However, the basic research should be strengthened and the capacity of competition enhanced.

In recent years, progresses of theory and methodology in Chinese geography may be summarized as follows: researches on global change and its regional response; researches on the territorial system of man-land relationship; researches on new elements of regional development; researches on urbanization and urban transition; research on Land Use and Cover Change (LUCC) and the effects; researches on ecological construction and ecological assessment; integrated researches on natural hazards; researches on spatial information grid, and researches on spatial data engine and intelligent search engine.

The main directions and fields of international applied geography are

oriented to human impact and adaptation to ecosystem change; the globalization and its impact on the relationship among various spatial scales; public governance; social, economical and environmental change and regional development; environmental quality, food security and human health; application of geographical information science and technology; and sustainability.

The main directions and fields of Chinese applied geography in recent years can be summarized as regional planning and territorial spatial planning; monitoring of regional development and research on regional policy; research on the sustainability of regional development; research on regional infrastructure; research on issues of agriculture, countryside and peasant; the budget of carbon in ecosystem; water and land resources allocation and ecological construction in the process of The Western Development; water and land resources allocation and ecological conservation and sustainable development in the Northeastern China; control of soil erosion and ecological rehabilitation in the Loess Plateau; the governance of lakes' eutrophication in the middle and down reaches of Yangtze River; research on harmony city; research on tourism theory and methodology; and research on cultural development and heritage preservation.

Strategic objects of Chinese geography development in the future are identified as: to make contribution to the nation's development; to form a scientific system of geography with Chinese characteristics; to establish a high-tech system for geographical studies; to construct world-class geographical research and training bases; to foster a new generation of high-level academic leaders; to produce more geographical publications of world significance.

Finally, the countermeasures for implementing the above strategic objects are brought forward, including measures in such regime as policy and society, investment, education, and organization and personal resources.

## 6. Psychology

With the growing economy, deepening reform and further opening to the world, the development of psychology in China has been sped up by getting more researchers involved, more achievements emerged, and more social influence. Chinese psychologists have not only been working on the basic and theo-



retical issues, but also on applied and practical problems rooting in the social development of China.

Among many branches in Psychology, Cognitive Psychology and Physiological Psychology are two basic and important branches. With the development of technology, Cognitive Psychology has turned to Cognitive Neurosciences. As the hottest research area, it has been focusing on the following seven topics: perception, attention, memory, language, emotion, thinking, and mathematical modeling. Many papers in this field are published in top international journals, like *Science* and *Nature*, and cited by SCI. It is the most productive research area in Psychology.

Physiological Psychology uses not only human, but also animal models as subjects/objects for research, to investigate the physiological mechanism of mental activities. Research in this field in China includes stress and biological mechanism in brain, interaction among brain, behavior, and immunity, addiction behavior and the neural biological mechanism, nerve and plasticity of behaviors, neural mechanism of learning and memory, and so on. Those are the most current theoretical issues in the area, in which we have got many research awards and patents for new discoveries.

Medical Psychology applies the model of Biology-Psychology-Society as research guidance in practice. Research topics relate to both Psychology and Medicine, relevant to areas including Clinical psychology, Pathological Psychology, Neural Psychology, Mental Health, and Consultant and Therapy. In recent years, many rating scales and psychological tests, along with related theories and methodology dedicated to Chinese population, have been developed by Chinese psychologists.

Since most departments of psychology in China are set in Normal Universities, the biggest research team in Psychology in China consists of professors and researchers in Developmental Psychology, Educational Psychology, and School Psychology. The theoretical research in Developmental Psychology focuses on “theory of mind,” “Thinking of Mathematics,” “naive theory,” “temperament types and personality,” “aggressive behavior and pro-social behavior,” “family, peer relation and child development,” and so on. Educational Psychology has been investigating the problems in learning and teaching including transformation of conception, situated learning, multimedia

learning, ill-structured problem solving, motivation of learning, and evaluation of learning. School Psychology pays more attention to applied research, such as students' mental competence and training, Internet addiction, and education and mental health of rural workers' children.

In Personality Psychology, the measurement of personality to Chinese people has been investigated in accordance with Chinese history and culture. The *Chinese Personality Attributes Inventory* (CPAI) and *Qingnian Zhongguo Personality Scale* (QZPS) are significant fruits in this research area emerged in recent years. They have been applied in personnel selection, evaluation, and allocation in many different professions including governments and enterprises, and are getting more and more positive confirmations.

Social Psychology has been making progress, even if some criticism and argument still exist since it was reconstructed in China. With its closest relationship to social development and well-beings, Social Psychology has been playing very important role in building harmonious society and has made very good progress in the following three fields: theories of self-values orientation and values, social cognition and social representation, social relationship and organizational behavior.

Research on development and management in Human Resource is also a very active field in Psychology. Especially with the rapid economic development and further reform in China, more and more research issues have been involved in. In recent years, there have been much progress made in personnel selection, training, performance management, working attitude, promotion and salary management, the competence of leadership, and working stress and organizational health.

In Engineering Psychology, driving behavior has been a hot topic in recent years for its obvious implication for road traffic safety. Research topics mainly focus on three aspects: measurement of drivers mental workload, situation awareness of drivers and study on driving fatigue. Current results showed that, firstly, mental workload was a valid reflex for the driver's status, and a combined approach (including primary-task measure, secondary-task measure, physiological indices) was sensitive and reliable. Secondly, situation awareness of driver was close related to driver's decision making and driving behavior, especially related to working memory.

In order to make significant contribution to the Olympic Games 2008 in Beijing, responding to the call of "Scientific Olympic," Psychologists have been working mainly on three fields; the first is athletic psychology, which includes mental training, cognition in sports, psycho-physiology, self-conception, and fatigue; the second is mass psychology that investigates the relationship between physical exercise and peace of mind, self-esteem, cognitive function, and life satisfaction, which helps people keep mental health; the third is physical education, which includes motivation of sports skill learning, psychological characters of gym teachers, functions of physical education, and effectiveness of different teaching patterns.

Beyond the 9 research fields mentioned above, research on Forensic Psychology, Military Psychology, and History of Psychology and Basic theories were also reviewed in the report.

## 7. Environmental Science and Technology

This report analyzed the serious environmental circumstances our nation faced, retrospected and summarized the current situations of the environmental science and technology discipline's development in recent years with the demand of the strategy target of building up the resources-saving and environmental-friendly society. It carried out the contrast studies with the developments of abroad, and on this basis, gave the trends forecasts and suggested the research directions of the environmental science and technology discipline's development in future.

At present, our country's environment circumstances are in a very critical condition. The ecological environments have already entered the new stage of wide-range ecological degenerations and compound environmental pollutions. The environment problems appeared by stages in industrialization processes lasted a century in developed country, have already come forth in our country. Less than 40% of seven big countrywide river systems accord with third-class of water quality standard and above. 2/3 cities' atmosphere is inferior to second-level of air quality standard. And ecological system degenerates aggravatingly, coast erosion area amounts to more than 3,500,000 square kilometers with 10,000 square kilometers ascending annual. Innocuous pollution

treatment ability is low. Environmental pollution endangers people's health and affects social stability. Global environment problem already becomes the focal point that the international community shows solicitude for, and the ability of our country in participating in the cooperation of the global environment changing waits for improving urgently.

In the future, our country's long term science and technology needs in the field of environmental protection mainly embody several aspects about: study the environmental resource bottleneck problems in building a well-off society in an all-round way, provide science and technology supports to realize the sustainable development of society, economy and environment; study the outstanding environmental problem in the course of quick urbanization, provide science and technology supports to realize the sustainable development of cities; study the important issues of environmental pollution brought by the course of quick industrialization, provide science and technology supports to the new road of industrialization and development of ecological industry; study the environmental pollution, bio-contamination and rural area environmental problems in the course of the agriculture modernization, provide science and technology supports to build ecological agriculture system and graceful environment in rural area; study the policy of the sustainable developments of national important economy areas and strategy resource industries, provide the policy basis to build a green China of amicable environment and resources saving type.

In recent years, surrounding the priority environmental protection task and the outstanding environmental protection problem, our environmental science and technology workers organized and carried out scientific researches and technological tackling, brought into play marked effects on directing and supporting in resolving major environmental problems, building prefect environmental management system, working out perfect technology codes and standards, developing and promoting pollution prevention and treatment technologies, stimulating changing of economic growth mode, provided certain science, technology and material guarantee for the environmental protections. Development of environmental science and technology displays the characteristics of more advanced research means, more rapid and intense integrate between research, develop with applying, more open and broad sights in the investigation and more outstanding subjects in the international cooperation.

This report united the key projects that the country carried out in recent years in the field of environmental science, mainly from the aspects of water environmental science and technology, atmosphere environmental science and technology, environmental acoustics science and technology, solid waste management and technology, environmental plan and administration, ecology research and application, retrospected and summed up the development of our country's environmental science priority fields, analyzed the main problems existing in our country's environmental science priority fields researches, made the contrast studies with the abroad environmental science and technology discipline develops conditions, and on these basis, brought forward the trends forecasts and suggestions on research directions of the environmental science and technology discipline's development in the future.

## 8. Resources Science

Resources science(RS) studies mainly on the formation, evolution, quality characteristics of resources, their space-time distributions, and interrelation between resources and humanity development. RS is an integrated science on correlation of labour force resources and natural resources, resources system structure and function, and their optimal allocations. It is composed of a cluster of subjects in the fields of natural, social and technology sciences. The theoretical studies of RS emphasize particularly on the following four parts, i. e. , theoretical basic researches on physical characteristics of natural resources and their structures and functions of resources system, applicable basic researches on principles and methods of resources survey and evaluations, some exploitation researches on techniques and methods of resources allocation, development, utilization and conservation, and some comprehensive researches on resources flow process, mechanisms and effects.

In recent years RS has come into a vital and significant period of development. This is because socio-economic developments in all countries of the world could not be independent of RS which is a vigorously rising and intercross science and its subjects are broadly indwelt in earth science, biology science, economics, polytechnic science and management science. In China, contemporary requirements of society, the state and RS itself need to strengthen the comprehensive studies of resources. Most countries in the world have been paying increasing attentions to the studies of RS, whose four general characteristics and trends could be drawn as fol-

lows; a) their research contents are systematization and synthesis; b) research scopes are expanded internationally, cross-nationally and regionally; c) some advanced and quantificational means are applied in their researches; and d) resources managements are becoming more and more informational and scientific.

The education and talent trainings of RS have been one of core fields in international academic community. According to our rough estimation, more than one hundred of universities or advanced academies of the world have set up colleges, faculties and departments of natural resources, of which over 50 are in the United States. In the meantime, the Chinese education and talent trainings of RS have been spreading gradually. Under the leadership of the elder generations of resources scientists and untiring efforts over four decades, a comprehensive framework of resources studies is involved in the combinations of global and national scales of surveys and in-situ station observations, and scientific researches and services for socio-economic developments. All of these achievements led to the formation of the RS system in China.

A set of symbol achievements for the establishment of RS in China includes publications of *China Encyclopedia of Resources Science* (2000), *China Natural Resources Series* (1995), *Resources Science* (2006) and *Resources Science and Technology Terms* (2006). According to statistical data, about 100 domestic universities and colleges have opened related resources faculties or departments and undergraduate specialties in natural resources up to date. Most of these universities or colleges could award degrees of master and doctoral graduate students by themselves. In 2006, some new authorized awarding sites in the fields of resources science accounted for 5.8% and 5.5% of all new master and doctoral degree awarding sites over China, respectively. Consequently, it is obvious that RS has occupied a significant position in national subject system. In addition, a periodical annual academic exchange system has been proposed and established by China Society of Natural Resources since 2004. The Forum of Resources College Presidents in 2005 and the Doctoral Forum of Resources Science in 2006 were held, respectively.

RS has been enriched and development during the process of meeting major strategic requirements of China. Since the liberation of China in 1949, more than thousands of large scales of resources integrated scientific surveys have been organized. In recent years, a lot of application research results have been achieved in the areas of resources security strategy, rational utilization and conservation of re-

sources, resources saving and recycling, resources pricing, resources property rights, resources accounting, resources assets and allocation and others. In the light of *the Outline of the State Near- and Long-terms Development Planning of Sciences and Technology* (2006—2020), sustainable development strategy and Scientific Development Viewpoint of coordinating human and earth relation as a whole, RS development will be gradually intersected and introjected into neighboring sciences, whilst its comprehensive studies among internal subjects, dynamic studies of resources and socio-economic process, theoretical thought patterns, engineering and informational technology measures will be changed in such a way to serve better for national economic and social development.

The prosperity of future resources science will face greater challenges. In the 21st century, our human-being is encountering a series of issues like global environmental change, resources crisis and sustainable development, RS could contribute itself actively in assessing resources conditions, coordinating human and earth relation, improving regional development and ameliorating ecology and environment. As a result, the Chinese RS should take every opportunity and face all challenges to explore and innovate in some frontier fields, develop its theories and methods, and improve its innovation capacities of resources science and technology so that its gap with international counterpart will be reduced.

It is noted that RS is a set of subject cluster intersecting with natural, social and polytechnic sciences, and at present at least over 20 subjects in RS are established. This subject development study can only emphasize on its 9 major subjects, including five comprehensive resources sciences such as Resources Informatics, Resources Ecology, Regional Resources Science, Resources Management Science and Resources Economics, and four sectional resources sciences like Water Resources Science, Land Resources Science, Energy Resources Science, and Mineral Resources Science.

## 9. Mechanical Engineering

This report examines the development of mechanical engineering discipline from three points of view, the self-development of science and technology (synthesis or integration), social demand (market drive) and the harmony of nature and development (ecology). Accordingly, three conclusions are drawn as follows: ① the cycle

and recycle of synthesis professional diversification, synthesis is one of the rules of science and technology development. Currently, the technology integration of mechanical engineering and computer science (digital technology) and network is the principal synthesized technology that controls the information flow of mechanical engineering. In this regard, the developments and integration of mechanics, mathematics, materials, management, information theory, system theory, cybernetics, human intelligence, microcosmic theory and so on result in being digitalizing, intelligentizing and agile of manufacturing process; the integration of mechanical engineering with biology and medicine creates bio-manufacturing technology; the integration of mechanical engineering with microcosmic theory leads to birth of a new knowledge domain, nano-manufacturing; the integration of mechanical engineering with environmental science and resource science results in the development of green manufacturing technology. ② Under the condition that the mechanism of China's market economy is getting continuous improvement, mechanical engineering in China begins to follow the international advanced levels, gaining more and more improved capacity to meet the needs of market; individualized demand pushes forward the development of flexible manufacturing; the demand for high quality and high function, low consumption and low cost advances the research in precision and management of the manufacturing systems; the demand for prompt response to the changed market needs brings along the agile manufacturing system; and the demand for optimized using of global resources accelerates the development of network. ③ "Environment friendly" centered green manufacturing brings about an all-round upgrade for mechanical manufacturing technology. It stresses on getting harmonious with exploration and protection of our unique nature. This report examines the further meaning of nano-manufacturing and bio-manufacturing, and thus pioneers a new journey for mechanical engineering innovation in China. In this regard, six major trends of recent development of mechanical engineering in China are introduced. They are: ① the trend of becoming digital (driven by information technology); ② the trend of becoming intelligent (driven by knowledge expansion); ③ the trend of becoming precise (driven by needs of high quality, high function, low consumption and low cost); ④ the trend in micro researches (driven by the exploration of micro-world); ⑤ the trend in bio-manufacturing (driven by exploration of biological mystery); ⑥ the trend in ecological manufacturing research (driven by needs of harmony development with nature). New development of the six trends in China is



also introduced, and comparison is made between them and those of foreign countries.

Generally speaking, domestic academic research keeps pace with the advanced international level and does not fall very behind, which is particularly exemplified by the research on bio-manufacturing that was carried out early in China. Some research with fruitful results even holds the international leading place in the field. However, due to the restriction of China's overall industrial conditions, we still lag behind the research-developed countries by five to fifteen years in the regard of the six major trends of mechanical engineering. Finally, the blurred distinction of these trends and unclear logic about them are clarified by viewing mechanical engineering as a whole; meanwhile, "four directions" in which mechanical engineering as a discipline is developing are pointed out as follows: from manual-replacing machinery manufacturing to partly mental-replacing machinery manufacturing, from macro-manufacturing to micro-manufacturing, from lifeless manufacturing to bio-manufacturing, and from non-ecological manufacturing to ecological manufacturing. According to these four directions, the future focuses of mechanical engineering research and the corresponding countermeasures and recommendations are anticipated one by one. The merging of these four directions predicts the coming of a new era of mechanical engineering—a prospect of the man-made world that could get harmonious with nature better and quicker.

## 10. Agricultural Engineering

Agricultural engineering is a comprehensive cross-discipline of such sciences as physics and biology and engineering technologies such as mechanics and electronics. With focus on agricultural system, the agricultural engineering studies the interaction between agricultural species, engineering measures, and environmental changes, and promotes the breeding, growth, conversion, and utilization of agricultural species with advanced engineering and technical measures. Agricultural engineering science is an important physical basis and scientific assurance for agricultural modernization, and also a key area for building modern agriculture and socialist new countryside. The development of agricultural engineering exercises irreplaceable functions in promoting essential changes in agriculture, growth model, and living patterns of farmers, protecting environment, efficiently and intensively u-

tilizing natural resources and production elements, and achieving socio-economic sustainability.

Agricultural engineering technologies appeared for making tools and improving production conditions since the beginning of agriculture. For thousands of years, ancient agricultural engineering technologies had significant impact on the development of agriculture, long-standing civilization, and social progress. In modern times, more and more advanced industrial technologies are introduced into agriculture, leading to the fast development of agricultural engineering.

Currently, China's agricultural engineering has reached a certain scale as a first-class discipline under the category of engineering. It has formed a multi-level educational system including technical secondary school, junior college, undergraduate education, and master degree and doctor degree research. More than 70 universities have set up specialty of agricultural engineering at undergraduate level, 4 universities have the authority of conferring doctoral degree in agricultural engineering as first-class discipline, 11 universities have 17 doctoral degree programs in agricultural engineering as second-class discipline, and 38 universities and institutes have 62 master degree programs in agricultural engineering as second-class discipline. 5 second-class disciplines in four universities have been listed as key disciplines at national level. The overall development of agricultural engineering takes a leading position among developing countries. Many international and national academic exchanges have been carried out in recent years.

The areas of research of agricultural engineering could be summarized as follows:

(1) Agricultural Mechanization Engineering. With integration of knowledge from mechanics, agriculture, economics, resources environment and management, it studies the interaction between machinery, soil, and crops, the interaction between resources and environment, theory and technology of agricultural machinery design and utilization, theory and technology of agricultural mechanized production and management, theory and technology of agricultural machinery design, manufacture, utilization and maintenance, mechanization of agriculture and herd production, corporate management (micro level), and strategic planning (macro level) of agricultural mechanization.

(2) Agricultural Soil & Water Engineering. With agrology, crop science, hydrometeorology, hydraulics, and engineering mechanics as theoretical and techni-

cal bases, it studies theory and new technology of irrigation and drainage, theory and technology of sustainability of agricultural water resources, theory and key technology of agricultural soil & water environment protection and reparation, theory and new technology of agricultural soil & water engineering construction, application of new high-tech in modern management of agricultural soil & water engineering, and agricultural soil & water engineering economics, policy, laws and standards. Thus it covers a wide scope with a high cross-disciplinary feature.

(3) Agricultural Bio-environment Engineering. It mainly studies the interaction between agricultural species, environmental factors, and environmental engineering, and provides favorable environment for growth of animals and plants with efficient, economical, and energy-saving engineering technologies. It involves technical patterns of animals and plants production, living environment of animals and plants, agricultural building facilities, energy-saving environmental regulation and control, recycling and bio-safe utilization of agricultural wastes.

(4) Rural Energy Engineering. It mainly studies energy resources peculiar to rural areas, which could be exploited on-site. It studies energy saving theory and technology in rural life and production, utilization of agricultural wastes as energy, utilization of new energies and renewable energies such as solar energy, wind energy, geothermal energy, and rural energy economics, policy, planning, and standards.

(5) Agricultural Electrification and Automation. It emphatically studies theory and technology of rural electrical system design, planning, management, and comprehensive automation, new technology of rural power grid, technology of rural power generation with renewable energies, rural electrical development strategy, intelligent information technology and system integration for intensive agriculture, rural automatic testing and control technology, optimization and transient process of power devices in hydropower station, automation of small hydropower station, and agricultural intelligent information and network technology.

(6) Agricultural Product Processing Engineering. It emphatically studies the on-site commercial processing technologies of agricultural products such as cleaning, grading, and packing after harvest, feed processing techniques and machinery, theory and technical equipment of agricultural products drying, new principles, new technologies, and new equipment for agricultural product processing, and quality analysis, testing and safety evaluation of agricultural products.

(7) Land Use Engineering. On the basis of eco-system balance theory and out

of the need for economic development, it adopts suitable engineering measures and biological measures and makes scientific exploitation, use, reclamation, and protection of land. It serves the engineering activities related to land exploitation, land consolidation, land reclamation, and intensive land use in modern agriculture, green agriculture, and sustainable agriculture. It studies prevention of soil erosion and land desertification, improvement of salinized soil, swamping soil, and degraded soil, restoration of contaminated soil, protection and utilization of arable land, and intensive use of land.

(8) Agricultural Systems Engineering. Using such theories and approaches as operations research, control theory, econometrics, input-output analysis, and system simulation, it studies agricultural regionalization, agricultural development strategy and planning, cropping pattern, crop cultivation technology, livestock population structure, feed formulation, reasonable forest harvesting and reforestation, optimized design of agricultural machinery, reasonable equipping of agricultural machinery, optimized design of rural buildings, optimized planning and design of hydro projects, land use planning, monitoring and prevention of crop diseases and pests, and meteorological observation and forecast.

For more than fifty years, with the development of agricultural engineering in China, the wide application of advanced agricultural engineering technology has greatly helped to increase agricultural efficiency and farmers' income, to promote the development of agriculture and rural economy, and to realize the transformation from traditional agriculture to modern agriculture.

The inventions in agricultural machinery and equipment, together with technical innovation, have helped to promote the development of modern agricultural equipment manufacturing and the practice of large-scale mechanization of agriculture. The exploitation, improvement and utilization of agricultural soil and water resources, and the advancement of management technology, have provided guarantee for the establishment of high and stable yield farmland. The improvement of post-harvest and processing technology has helped to guarantee consumers' need for agricultural products with high quality, to cultivate new fields for the utilization of bio-products, and to promote the development of value-added industry for agricultural products. The technological advancement in agricultural and biological environment and energy engineering, has promoted the development of modern facility gardening and factory-scale breeding industry, and the innovative practice of tech-

nology for the exploitation and utilization of new energy resources. The wide application of electric power in agriculture is of great help for the development of agriculture and social progress in rural areas. Consequently, automation and information technology, which is based on electric, electronic and information engineering, has been widely applied in automatic control and management of agricultural equipment and bio-production process.

The wide application of agricultural machinery technology has changed the traditional way of agricultural production in China, enhanced agricultural labor productivity and the quality of agricultural products, reduced cost of agricultural products, strengthened comprehensive production capacity of agriculture and resistant ability of agricultural production, promoted the transformation of agricultural growth mode and civilized production of agriculture, and created favorable conditions for the improvement of employment environment in agriculture and for the transfer of rural labor force to the third industry. *Law of the People's Republic of China on Promotion of Agricultural Mechanization* was formally implemented in 2004. Relevant national policies and measures to support mechanization of agriculture were made into law, which further consolidated the role of agricultural mechanization in the development of agriculture and rural economy in China. Biological, engineering and management water-saving technology has greatly enhanced water and soil use efficiency and benefits, and strengthened carrying capacity of water and soil resources. In order to reduce power loss and save energy, new technology, new material, new equipment and new techniques have been used in rural electric power and rural electric network. Technological innovation of "Precision Agriculture" and "Digital Agriculture" is close to internationally advanced level, and is of great significance for the enhancement of agricultural modernization in China. The advancement in the technology of factory-scale agricultural complementary works has contributed a lot to the development of facility vegetable industry in China, which uses 20% area of vegetable fields to provide 40% vegetable output and 60% production value. The development and application of rural energy technology, such as marsh gas, coal-saving stoves, new type of domestic liquid fuel, bio-energy, solar energy heat application, household power generation system, and small wind turbine generators, has exerted favorable economic, social and ecological benefits, and played a key role in solving the problem of energy supply in rural areas, and promoting energy sustainability and wide application of renewable energy sources. Technological

innovation in relevant equipment and in the processing, fresh-keeping, storage and test of agricultural products, has provided technological and equipment guarantee for the extension of industry chain, the reduction of post-harvest loss, the increase of added value, and the increase of farmers' income. Breakthroughs in engineering technology of land utilization, such as land exploitation and arrangement, land reclamation, intensive land utilization, and land-saving, have provided solid technical support for the promotion of intensive land utilization, land-saving, and economic sustainability.

During 2005—2006, three achievements won the second-class honor of National Scientific Invention Prize. They were: Anti-clogging Design and Integrated Development of Emitter Based on the Flow Behavior in Labyrinth Channel, Bionic Technology of Anti-adhesion and Drag Reduction for Terrain Machines, and Preparation of Xylooligosaccharides from Corncobs by Enzymolysis. Seven achievements won the second-class honor of State-level Scientific & Technological Achievement Prize. They were: Research & Development of Series Products of New Type of Straw Rubbing and Cutting Machine, Technology and Demonstration of High-efficient Water Utilization in Agriculture in Northwest China, Study and Demonstration of the Water-saving Technology in Agriculture, Study and Application of Key Technology on Water-saving Irrigation in Ningxia Drought Area, Study and Application of Principle and Technology of High-efficient Water Utilization in Agriculture in Northwest China, Research and Development of Comprehensive Technology and Equipment for Potato Processing, and Research and Application of Agricultural Expert System. Besides, a large number of other scientific and technological achievements have been widely used in the process of production, and have won provincial and ministerial level of scientific & technological achievement prize.

Many talents are researching on agricultural engineering, including seven academicians of China Engineering Academy, two Changjiang Scholarship professors, two winners of "National Outstanding Youth Foundation," four winners of "100 Excellent Dissertations in China," and five winners of "Nomination of Excellent Dissertations in China." In this discipline there are one national key laboratory, five national engineering technology research centers, three key laboratories of the Ministry of Education, one engineering technology research center of the Ministry of Education, six key laboratories of the Ministry of Agriculture, three research centers of the Ministry of Agriculture, and some provincial-level key laboratories

and research centers. In the past two years, 17 national conferences and 3 international ones were organized in China. Some distinguished professors were invited to take important posts in international academic organizations, and there were a lot of academic exchange and cooperation activities. Six important monographs and textbooks were published. Currently in China there are 73 magazines (including 14 core journals), which publish academic papers in aspect of agricultural engineering. According to incomplete statistics, in September of 2005, 149 academic papers in aspect of agricultural engineering were published in various types of publications in China.

In the 21st century, the rapid development of biological technology and information technology are leading a new agricultural technology revolution. Promoted by the new science and technology revolution and economic globalization in agriculture, agricultural engineering has broken through its traditional mode. Some innovations have been made in aspects of material, products, techniques, equipment and methods. There is also obvious change in disciplinary base and in various directions of time domain and space domain. Agricultural engineering has become more interdisciplinary; relevant research is extending to two opposite directions; the strategic thought of sustainable development has been exerting more influence on the discipline; fields of research are extending; and the content of research has more theoretical depth and has become more specified. These are the major trends and characteristics of the development of agricultural engineering. Science and technology of agricultural engineering are becoming more and more penetrating and specified, which at the same time has led to a fundamental transformation of traditional concepts and modes of production.

## 11. Instrumentation Science and Technology

The famous scientist MendeléeV had said, "The science began from measurement." As measuring tools in the early time, instrumentation has developed as a complete subject of science and technology under the course promoted by the modern science and technology and productive force. As the focus expression of the measurement technology, the positive role of the instrumentation is becoming increasingly clear. It is becoming a common knowledge that the in-

strumentation is “the multiplier” in the industrial production, “the vanguard” in the science research, “the combat effectiveness” in military, “the physical judge” in national commercial activities.

According to the international developing trends and the national current situation, the instrumentation science and technology consists of the industrial automation measurement and control technology and the industrial automation instrument and system, the science measurement and analysis technology and the scientific instruments, the diagnosis and treatment technology of the person and the medical instruments, the information metrology and measuring technology and the electric measure instruments, the specific test and measure technologies and the various specific measuring instruments, and the relative sensors, components, materials and their technologies.

The report mainly expounds the characteristics and trends of the development of the science and technology and industry for the instrumentation science and technology, deeply analyzes the basic situation and the gap with international level, emphatically expresses the recent important progresses of science and technology and industry for the instrumentation science and technology of China.

Finally, the report purposes the future requirement and target for the instrumentation science and technology of China, puts forward the proposals for science and technology research and industrial development, and the proposals for relative organizing formality and policy for developing the instrumentation subject of science and technology of China.

## 12. Electronics and Information Technology

Electronics and Information Technology is one of the quickest developed areas among various research fields. It is almost impossible describing the fruitful results of this area in an article. Considering the wide range of electronics and information technology, we just selected eight special fields representing the development in recent two years. The fields we chose are as follows: radio and television technology, solid laser, radar technology, microwave technology, micro-electronics, wireless communication, information security, audio and video information processing. It is expected that we will study other fields of electronics and information technology in succeeding years.



There were two kinds of symbolic progress in China last year in the field of audio-video information processing, advanced Audio-Video Coding Standard (short in AVS) part two (GB/T 20090. 2. ), and the national standard of digital terrestrial television broadcasting standard (GB 2600—2006) were announced. These two standards are recognized as the milestones of the development of China's digital AV industry. Domestic companies and organizations have made a lot of efforts to develop techniques and products which compliant with these standards. There are over 50 patents in AVS video standard owned by Chinese organizations. Many newly developed products have been used in different applications.

In 2005—2006, besides the audio-video coding technology, some other technical progress and applications are also very significant, especially in the area of video analysis and multimedia retrieval, digital right management, streaming media. One of the hot topics in 2006 is video related R&D and application, including semantics based image and video analysis and intelligent retrieval, searching in cross media. The key techniques for mass production of DTV receivers are solved by domestic companies.

DTV, HDTV, IPTV, HiFi device, mobile TV, 3G and 4G, all these new big market bring infinitive chance to audio and video information industry.

Within 2005 and 2006, we achieved great progress in the field of solid laser research and application in China mainly including whole solid laser (DPSSL), deep UV laser, huge-sized high power and large energy laser, super fast laser, super strong and short pulse laser application and laser display, etc.

The key technical issues on DPSSL include LD array's lightness, efficiency, life and cooling and so on have been greatly solved in recent 2 years. Now the green light DPSSL with continuous output power  $> 100\text{W}$ , with more than 200 continuous working hours, with totally home-made components and parts are conducted to mass production.

The other way to overcome the "heat effect" of solid laser is to develop the high power fiber laser. In July of 2006, the high average power (1.2 kW) fiber laser was developed in China, the optical-optical slope efficiency of which is up to 79.3% that presents a high rank worldwide.

A lot of progress has been made in Heat Capacity Laser, Fs Laser, Super Strong and Super Short Pulse Laser, Huge-sized High Power and Large Ener-

gy Laser, High Average Power Laser Crystal, etc. were made in last 2 years in China. The scientists got many valuable research results in various areas. Some of them could be put into practice in the near future.

The latest development and application in the field of radar technology of 2005 and 2006 are as follows:

(1) Microwave remote sensing imaging radar: there was significant progress in advanced airborne SAR equipment and application, multi-polarization and multi-frequency airborne SAR technology has been applied in topography mapping, L-band planet-carrier SAR technology has been applied in remote sensing planet, and S-band and X-band technology has also advanced. Our airborne SAR technology approaches close to the international advanced level, but there is a gap in planet-carrier SAR technology in areas of multi-parameter and multi-mode technology.

(2) Detecting in air and space: deep space detecting radar technology, intermediate and long range solid state phase array radar technology, digital phase array radar technology and optical phase array radar technology have made rapid progress and reach the international advanced level.

(3) Weather radar: The new generation Doppler weather radar application, anemometric laser radar technology and vehicle-borne X-band full coherence Doppler polarization radar technology have achieved international advanced level.

(4) Other radar such as traffic control radar, port surveillance radar has also reached the international advanced level.

Furthermore, other important development tendencies are discussed which include the fields of microwave remote sensing imaging radar technology (SAR and ISAR), phase array radar technology in air and space detecting and multifunction integration and network radar technology.

There have been great developments in microwave technologies accompanied with the expanding application of wireless communication and network. In the theoretical development section, the six major progressive areas in electromagnetic and microwave theories are introduced as follows: ① Numerical method as one of the major tools in electromagnetic and microwave theories, have obtained great development and extensive application. ② Microwave integration technologies have achieved great progress towards high frequency,

small dimension, high integration level, low cost device research and exclusive test as well as high frequency packaging technologies. ③ Antenna and array, radio wave propagation are focused on the topic of multi-band/wideband mobile terminal antenna, reconfigurable antenna, UWB/SP antenna and MIMO antenna. ④ Terahertz (THz) Technologies own many superior characteristics and great theoretical and application importance, thus have attracted great attention and broad investigation worldwide. Progress has been achieved in the vital high power radiation source and the application of time domain spectrum system in the detection area in China. ⑤ Novel artificial electromagnetic materials, represented by material and EBG structures, have become pop research areas recently. ⑥ As the most advanced technology in spatial remote sensing areas, microwave remote sensing can extract information from mass data of complex earth environment and have found wide application.

In respect of application progress section, multi antenna technology, RFID technology and RoF technology should be paid more attention on.

Microelectronics is one of the foundation technologies of information industry, and plays an important role in the domestic economy and national defense. In recent years, more and more attention has been paid to it in China. The system including IC design, fabrication and package has been forming in China. Now it is estimated that the scale of the Chinese IC industry is the third largest one in the world.

Guided by Moore's Law, the rapid pace of CMOS' (Coupled Metal Oxide Semiconductor) scaling down is kept. The mass production of 65nm node has been achieved. At the same time, the process of 45nm node is in research and development. Furthermore, silicon (Si) wafer size has reached 12 inch in the prevailing processing, and 16 inch silicon single crystal has been successfully grown in Japan. The main stream of the IC industry in the coming 10—15 years is trying to continue Moore's Law, and at the same time, looking for new solutions to overstep it. On the other hand, increasing interest in and research of non-silicon technology have been stimulated.

The worldwide hot topics are focused on 45 nm node, strained silicon for enhanced mobility, high  $k$ /metal-gate stacks, planar double-gate transistor, non planar double gate transistor (e. g. Fin Field Effect Transistor, FinFET) and non planar multiple-gate transistor, and so on.

Information has been changing our behavior modes and ways of thinking. The pervasive human-centered information services are the next target of communications networks. Wireless communications should free people from the shackles of communications equipment, making information pervasive and services available everywhere. A variety of wireless devices, including notebook computers, personal digital assistants, cellular telephones, portable media player and embedded sensors disseminate information between peoples, between people and the environment; Ubiquitous wireless networks are becoming an important part of a harmonious society.

The most representative domestic achievements of mobile telecommunications technology is related to the fourth-generation wireless technologies and mobile communications signal processing technologies in 2005—2006. Part of the fourth generation mobile communications research results are submitted through RITT in forms of dozens international standard proposals. More than 10 proposals were adopted. The research work resulted in nearly 200 patents, including

- Coordinated distributed wireless network and high-layer protocols: 31 patents
- Broadband multi-carrier transmission and multiple access technologies: 55 patents;
- Fully exploits space resources and MIMO wireless transmission technologies: 26 patents;
- Channel coding with channel capacity approaching and iterative receiver: 52 patents;
- New antenna and RF technology: 20 patents.

The future development of wireless communications has the following trend:

- Mobile broadband and broadband mobile.
- The network integration, business integration and access integration for cellular and wireless access network is the main theme in the developing of communications.

• Based on the uniform IP-core network platform, Wireless communication systems will provide the pervasive services by the seamless handoff among the networks.

Information security has gone through in history three stages including COMSEC, INFOSEC and IA. In recent years, the concept of information security is changing meaningfully. All countries are regarding information security as the foundation of national security. The issues on information security in China not only involve the risks arising from the weakness of the basic information infrastructure, but also the political, economic, military, social, cultural and numerous other types of problems created by the misuse of information technology. In addition to confidentiality, integrity and availability of information and information systems, China begins to make information content security a fundamental element, which shows that the concept of information security goes into a new development stage in China.

Recently, the trend of information security threat can be characterized as following: malicious code drastically showing diversification, insider threat increasing, security risk with outsourcing and supply chain emerging, software and hardware failure being potentially fatal hazard, and information security rising to a non-traditional security factor.

During the past years, the major advancements in information security technology includes: ① MD5 and SHA-1 were broken; ② China historically first publicized a cryptography algorithm called SMS4; ③ Commercial quantum cryptography products appeared; ④ Trusted computing technologies were born and developed fast; ⑤ Biometric identification technologies were broadly applied; ⑥ Network trust technologies were emphasized and supported by many countries; ⑦ WLAN security standards were put forward; ⑧ The security technologies with Next Generation Network based on IPv6 were thoroughly studied and put into large-scale experiment.

The advance in information security technology also promoted the information security industry. In recent years, information security industry in China develops fast. But the shortcoming is also evident. Compare to other countries, we had reduce the technology gap largely and got some preponderant results, but independent and controllable technologies remain few.

In general, the development of information security technology will orient towards the following direction:

Meeting the strategic requirement of a sovereign state.

Turning passive protection to positive defense.

Taking trusted computing technology as a chance, innovating information security architecture.

Integrating various technologies into one product.

### 13. Computer Science and Technology

The advances in computer science and technology have a great influence on our daily life. As the base of information age, computer science and technology is going ahead at a high speed and keeps changing everything much faster than expectation. The technologies listed below generally depict the hot areas in the last year.

Moore's law is slowing down after nearly 40 years' fast running. This is the result of several facts. Firstly, instruction level parallelism can not deliver dramatic speedup as before. Secondly, it is difficult to split the pipeline into much more stages. Thirdly, the increase of integration density means high power consumption, which has become the most serious obstacle of high performance microprocessor design. Instead of building more complex chips, researchers turn to develop coarse grain thread level parallelism. Multi-core chip architecture is becoming the mainstream solution for next generation microprocessor chips. Many chip companies have released their new multi-core products this year. Multi-core architectures present new opportunities as well as challenges to software that will run on computer systems built up with these multi-core chips. As multi-core processor-based systems evolve from dual-, four-, eight-, to large multi-core systems, the key to unleashing significant performance enhancements that multi-core architectures offer is software technology.

High performance computing is regarded as the representative of a nation's power, thus it's always the most intense competition field. Earth Simulator created in 2002 by Japan stood on the top of the Top500 list for nearly two years, and then Blue Gene/L with 130 thousand processors from USA replaced it from then on. China has done lots of pioneer research in this field, for example, UNDT's YH series, Lenovo's ShenTeng and ICT's Dawning. It's too expensive to use traditional parallel computing in computing science and commercial business, thus cluster becomes the first choice. Due to its high

performance/cost ratio, cluster is widely spread. As the system scale is get larger and larger, power consumption is more and more important to the system design. Now, high productivity computing is considered to be much more significant than high performance computing.

Internet triggers the third technology revolution, which makes the information society a reality. Internet is the most complicated system built by human beings, and is becoming the infrastructure of the whole world. However, the existing theories are experiencing tough times when facing the new situations of the web, such as high burst network flow and self similarity, complexity and management of large scale network, creditability, and so on. These are the basic problems for the next generation Internet. Besides these, IPv6, P2P, Grid computing and mobile computing also raise new challenges.

Search engine is the key component of Internet applications. It's impossible to image how the world would be if there were no search engines. By the end of year 2005, there were about 200 billion web pages, and about 6-8 billion pages were indexed by Google. Search engine is the main tool to locate resources in the web. However, as the number of web pages grows, the users would have a bad experience to select what they are really interested in from the huge result set. To be more precise, more complete, more updated, faster, more convenient and more personalizable is the trend of next generation search engine.

The growing market for networked storage is a result of the exploding demand for storage capacity in our increasingly internet-dependent world and its tight labor market. Storage area networks (SAN) and network attached storage (NAS) are two proven approaches to networking storage. Technically, including a file system in a storage subsystem differentiates NAS, which has one, from SAN, which doesn't. In practice, however, it is often NAS's close association with Ethernet network hardware and with fiber channel network hardware that has a greater effect on a user's purchasing decisions.

Grid computing is invented to be the new resource share technology. Grid is a type of parallel and distributed system that enables the sharing, selection and aggregation of geographically distributed "autonomous" resources dynamically at runtime depending on their availability, capability, performance, cost and users' quality-of-service requirements. Grids aim at exploiting syner-

gies that result from cooperation-ability to share and aggregate distributed computational capabilities and deliver them as service.

Recent advances in sensor, micro-electro-mechanical system, wireless communications and distributed signal processing technology have enabled the development of low-cost, low-power, multifunctional sensor nodes, which are small in size and communicate with each other in short distances. These tiny sensor nodes, which consist of sensing, data processing, and communicating components, result in the idea of sensor networks based on collaborative effort of a large number of nodes. Sensor network is reported as one of the most influential technology in the 21st century.

Augmented Reality is a growing area in virtual reality research. The world environment around us provides a wealth of information that is difficult to duplicate in a computer. This is evidenced by the worlds used in virtual environments. Either these worlds are very simplistic such as the environments created for immersive entertainment and games, or the system that can create a more realistic environment has a million dollar price tag such as flight simulators. An augmented reality system generates a composite view for the user. It is a combination of the real scene viewed by the user and a virtual scene generated by the computer that augments the scene with additional information.

It comes to a new era of the information age, which means both opportunities and challenges. In contrast with the foreign counterparts, we're still lag behind in lots of areas. All domestic researchers should work hard to make progress.

## 14. The Science and Technology of Surveying & Mapping

The development in the science and technology of Surveying & Mapping is great in these years. The transformation from the traditional analogical style to digital style has been finished and the on-going new phase is informationization stage. As to the development of the discipline, Surveying & Mapping has been integrated with a newly developed discipline—Geomatics. Geomatics embraces surveying & mapping and is more than surveying & mapping. The integrated modern development of this discipline is shown in the development



of the related sub-disciplines.

As the foundational sub-discipline of Geomatics and Earth's science, geodesy has become the research focus in 4 tasks, including the establishment of modern datum for surveying & mapping, the development of the satellite navigation and positioning, the theoretic research of the Earth's gravity field and the refinement of the geoid, and the monitoring of crust movement and geodynamics. The 2000 national GPS geodetic control network has been established, which is the foundation for the realization of the 2000 Earth-centered coordinate system of China. Researches on the technologies of precise point positioning and network RTK are developed greatly and comprehensive service systems of Continuous Operational Reference Systems (CORS) in some provinces and cities are established. Centimeter level quasi-geoid of some cities is acquired in the research on the local geoid of China. Some new achievements have been acquired when monitoring crust deformation and earthquake with technologies such as GPS and VLBI.

Photogrammetry and remote sensing has developed into a new discipline named modern computer-based graphic information, which embraces all the fields such as photogrammetry, remote sensing, space information system and computer visualization. In the field of digital photogrammetry, the new generation of digital photogrammetry data processing system and aerial digital camera has been put into use. Positioning & Orientation System and LIDAR have been applied in photogrammetry. The technology of digital photogrammetry has been widely used in city modeling. Great efforts have been put into the research on how to improve the horizontal and vertical precision of the aerial and space images when seldom control points or even no control points can be got. In the field of space remote sensing, serials of remote sensing satellites make it possible to acquire and accumulate Earth observing data from multi sources. The research on information extracting of remote sensing images, information infusion of multi-sensor remote sensing, integrated processing of remote sensing images & GIS and the theory and application of remote sensing data processing have been carried on.

Cartography and Geographic Information Engineering is a field in which how to transfer spatial geographic information in graphic or digital formats is studied. In this field, the way to produce a map has changed from the tradi-

tional handmade style into the modern computer-based digital mapping technology. The geographic information service styles have become diversified. New achievements have been got in the researches on automatic map compilation, spatial data uncertainty, data quality controlling and spatial data mining and knowledge discovery. New theories have been brought forward in this field. Virtual realistic technology has been developed from theoretic research stage to the application stage.

As an applied subject in the national economy, great achievements have been got in engineering surveying. New instruments, new methods and new technologies such as GPS, laser scanning & tracking, electric measurement and other automatic measuring technologies have been developed. The application of engineering surveying has been broadened and new areas such as industrial surveying, underground pipeline detection, construction surveying, digital city and industrial information system appeared.

For the purpose of marine surveying, it is necessary to collect information and data in relation to atmosphere, hydrology, submarine topography, relief, geology, gravity, magnetic force and sea floor spreading through the integrated surveying in ocean space, including sea water and sea floor. Different types of thematic maps are produced, which can be applied in economic development, defense construction and science research. Great achievements have been got in hydrography, measuring of marine gravity and magnetic force, airborne marine surveying technologies and marine cartography & geographic information engineering.

## 15. Aeronautical Science and Technology

With the development of Chinese economy, the role of aeronautical science and technology is becoming more and more important. According to the forecast by Aviation Industry Development Research Center of China in Sept. 2006, the passenger airplanes of Chinese airlines will grow from 832 units in 2005 to 3366 units by the end of 2025. The rapid development of China air transportation has brought a vigorous requirement for aviation manufacture industry and aeronautical science and technology.

In order to meet the requirement of economy development and defence con-

struction, the government is paying more attention to aeronautical science and technology. It has set up a beneficial policy environment to prompt the development of aeronautical science and technology. A hard-won strategic opportunity time is coming up. Aeronautical science and technology in China is showing a posture of strong requirement and rapid progress.

In recent years, China has seen many fruits in the field of aeronautical science and technology. J-10 has been successfully delivered to the air force and formed initial operation capability. L-15 Falcon trainer and the 4th FC-1 Fierce Dragon light fighter have fulfilled their maiden flight. ARJ-21 has finished the detailed design and started engineering manufacture. WS-10 Taihang turbofan aero-engine has won its type certification. Y-9 has completed the structure detailed design. Chinese Avionics and airborne weapons have achieved considerable progress. The successful upgrade of MA60 has resulted that it has been exported to 8 countries in 4 continents, including Africa, Asia, South America, and Oceania. Chinese UAVs and lighter-than-air aerial vehicle have won fast development, too.

Up to now, Chinese military aircraft has leaped from the second generation to the third generation. Chinese aero-engine has leaped from the second generation to the third generation, from turbojet to turbofan, and from medium thrust to large thrust. Chinese air to air missile has leaped from the third generation to the fourth generation. Breakthroughs are continuously made in the aeronautical science and technology research, including aircraft preliminary design, aerodynamics, structures, propulsion, flight control, avionics, airborne weapons, materials and manufacture. The capability of aeronautical science and technology to support the development of economy and defence is greatly enhanced.

However, compared with the advanced technology in the world, Chinese aeronautical science and technology is still quite lag of time. During the period of 2005—2006, Airbus has successfully developed A380 super large airliner. The fourth generation fighter F-35 of Lockheed Martin finished its first flight. The tilt-rotor V-22 started its full scale production. The researches on UCAV, morphing aircraft structure, laser weapons and scramjet have got some important achievements in the foreign countries.

On the whole, the technology level of Chinese fighters is equivalent to the third generation, which is one generation behind the newly built foreign fighters. China has only mastered the technology of medium and small transport aircraft, and

hasn't grasped the technology of large and super large transport aircraft. In the mean time, in many fields such as aero-engine, avionics, and materials, China is also behind the developed countries.

In order to catch up with the technical level of advanced country, Chinese government should take more effort to support aeronautical science and technology. The government should concentrate all resources of the country to secure the success of the development of Chinese large aircraft, which will pull the development of aeronautical science and technology. It should enhance industry management and make strategic plan to improve the efficiency of scientific research. In the mean while, more aeronautical science and technology infrastructure should be constructed to support the exploration in the frontier field, and upgrade the ability of aeronautical science and technology innovation.

## 16. Metallurgical Engineering and Technology

Upon entering the 21st century, Chinese steel industry has made high speed development, and especially in 2005 and 2006, two historic heights were created as 300 million and 400 million tones respectively. At the same time, process optimization of iron and steel production achieved remarkable progresses in high efficiency, low energy consumption and environmental protection. Because of all these progresses, iron and steel production is developing towards the direction of sustainable development, especially recycling economy for the society and common people's life.

There are three aspects in the development of metallurgical engineering and technology. One is the new concept on recycling technology and equipment in iron and steel manufacturing processes which is guiding the design, construction, operation, regulation and management of our new iron and steel bases, and speeding up the adjustment and technological advancement of old enterprises. The second one is to implement this concept and make it to be realized, i. e., theory and process creation for high cleanliness steel, high homogeneity and ultra fine grain steel production, etc. Based on these creations, excellent ductility and ultra high strength steels have been produced quantitatively. The third one is the introduction and digestion of thin slab casting and rolling technology. It is a frontier achievement with Chinese characteristics. China has become one of the best countries which have the thin slab casting and rolling technology.

At the same time, main branches of metallurgical engineering and technology also have made obvious progresses. They are:

- Physical Chemistry in Metallurgy has made big progress in solution and phase diagram theories, examination of metallurgical melts, oxygen controllable metallurgy, material physical chemistry and metallurgical electro-chemistry.

- Theoretical study on Metallurgical Reaction Engineering. 21 volumes of *Metallurgical Reaction Engineering Series* have been published. It reflects the comprehensive level of science in this area.

- Low grade iron ore dressing theory. Technologies in iron beneficiation and de-silicon of low grade magnetite and hematite have reached the world advanced levels.

- Great progress in theory and practice has been made in hot metal pretreatment study. China has become the country in largest pretreatment quantity in hot metal pretreatment and magnesium desulphurization. Besides, econo-technological indexes in magnesium desulphurization and pure CaO stirring desulphurization are on the top level in the world.

- Systematic optimization energy saving in metallurgical thermal energy engineering. Regeneration and double preheating combustion technology for fuel and combustion assisting air now is widely used in ladle, hot blast stove and reheating furnace of rolling mill. Recovery and utilization on surplus heat, pressure and metallurgical gas and electric power generation, low nitrogen combustion, etc. are all made big progress.

- Scale up with high efficiency in iron sintering, palletizing as well as blast furnace. Long service life blast furnaces with campaign life of more than 15 years in China have entered the advanced array in the world. High hot blast temperature, low oxygen enrichment and high PCI ratio have been realized in many large blast furnaces. Rotating Hearth Furnace for DRI has made preliminary results in the pilot plant trails. Full time bottom stirring of BOF with slag splashing, intelligent final point control of BOF, intensive smelting technology and rationalization in electric power operation of EAF, vacuum and non-vacuum refining of liquid steel, high efficiency continuous casting, electro-magnetic casting, micro-alloying technology for high performance steel products, etc. are all made good results. Besides, commercial production of vanadium nitride, full burden preheating technology for ferro-alloy production are also obtained better development.

- Advanced technology in steel rolling, typically, the systematic process technology and product mix optimization in thin slab casting and rolling.
- Metallurgical machinery and automation. Technologies and equipment in heavy plate production, continuous rolling of hot strips, large and wide strip pickling and cold rolling integrated process and technologies have made remarkable results.

Another sign reflecting the above mentioned achievements in the development of metallurgical engineering and technology is technical exchanges, for example, academic paper and book publication. From 2001 to 2005, there were 2 second grade achievements in metallurgical engineering and technology awarded by the government in the name of National Invention and 17 awards were issued in the name of National Science and Technology Progress including 2 first grade awards. In 2006, there are 2 National Invention awards and 3 National Science and Technology Progress awards (including one first grade award) issued by government.

though remarkable progresses have been made in metallurgical engineering and technology for Chinese steel industry, there are still gaps existing with international advanced countries. More importantly, it is the present situation on the co-existing of advanced and backward technologies and the imbalances in research and invention results with their applications. Because of these, the further development of metallurgical engineering and technology is affected and limited.

The main direction of the further development of metallurgical engineering and technology is to push forward, optimize and utilize the new concept of recyclable iron and steel process technology and equipment, and further deepen the integrated creations and theoretical creations. It should be emphasized for the combination of new philosophy and technology. It should focused on researches in smelting reduction, hydrogen reduction, full continuous smelting and solidification process, optimized energy consumption structure and environmentally optimized ecological industrial zone, etc. High efficiency, compact, low energy consumption and low cost technologies should drawn more attentions. High technology content and high value added product development is our task based on customer technology updating. Aiming at clean production, intelligent production, recycling economy, ecological chain production, etc. The development of metallurgical engineering and technology will play a most important role in supporting our national economy.

## 17. Chemical Engineering

Chemical engineering is the branch of engineering that is concerned with the changes in terms of substance transformation, conformation and composition occurred in industrial chemical processes and other relative processes, as well as the design, operation and optimization of the plant and machinery used. Over a period in the late 19th to the late 20th centuries, the evolution of chemical engineering went through two development stages: the unit or simple operation development, as well as the development of mass transfer, heat transfer, momentum transfer and reaction engineering. In the late 20th century, the production processes for chemicals with special purposes and market demand were restricted due to the increasingly strict requirements for environment protection. Then, the chemical engineering comes to a new era for its development. Some scholars thought of the time-space multi-scale as the characteristic of its new development stage.

This report demonstrates the progress in chemical engineering in our country through ten typical significant achievements obtained in recent two years as shown in the followings: ① key equipment, processes and advanced control technologies of cracking furnaces for large-scale ethylene production with the self-dominated intellectual property rights; ② the complete set of aromatics complex process technologies; ③ the complete set of caprolactam process technologies in which the magnetically stabilized bed reactor is the self-developed and characteristic technology; ④ the complete set of large-scale ethylbenzene/styrene (EB/SM) process technologies; ⑤ the complete set of large-scale process technologies for polypropylene and key techniques for biaxially oriented polypropylene (BOPP); ⑥ the complete set of large-scale process technologies for polyesters; ⑦ microbiological technology for acrylamide production and biological technology for 1,3-propanediol production; ⑧ the complete set of large-scale biomass ethanol process technologies and techniques for dehydration of ethanol to ethylene; ⑨ significant breakthrough of coal gasification and coal-to-oil liquefied technologies, successful development of large-scale uniform reactor for methanol, and demonstration plant with an annual capacity of tens thousand tons for conversion of methanol to olefins (MTO); ⑩ the catalytic cracking process for maximizing iso-paraffin (MIP).

In order to fulfill the sustainable development of national economy and strategic needs for chemical engineering, several key technological issues are

needed to be solved in our chemical engineering field; first, finding engineering solution for new catalytic reaction technologies in some key aspects; second, developing technologies for reducing and utilizing greenhouse gas; third, speedy development of chemical use of biomass; fourth, promoting utilization of low value resources; fifth, strengthening R&D of chemical process intensification technology; sixth, developing practical clean production processes along with energy-saving and water-saving technologies; seventh, solving difficulties for integration technology of coal chemicals and petrochemicals; eighth, development of industrial chains-centered systematic engineering technology; ninth, speeding up to set up and improve the safe detection criterion and evaluation system for chemical plants and products; tenth, developing advanced manufacturing technologies for large-scale chemical equipments and machinery.

## 18. Civil Engineering

It is well-known that China now boasts the largest construction industry in the world, which is, however, affected by the urbanization process of the country. According to surveying-collected data on the national and personal incomes in developing countries, the incremental speed was very slow at the first stage of the urbanization process. When the urbanization ratio reaches around 30%, there is a turning point, after which the national and personal incomes increase sharply. In 1999, the urbanization ratio in China reached 30.9%, and jumped to 36.2% in 2000. In 2005, it reached 42.99%. In other words, China is at the starting point of an accelerative urbanization process, and the national and personal incomes are predicted to increase accordingly. Over this period, it is expected that a large amount of population would migrate from rural areas to urban areas, in which case infrastructure growth and residential development would be absolutely necessary. For example, it has been recognized that the transportation infrastructure is the greatest bottleneck to economic development in China. Since the 1980s the development of an integrated transportation system (which includes railways, highways, water carriage and airlift) has been proved to be the priority of national economic development.

Although China's Gross Domestic Product (GDP) ranked the fourth in



the world in 2005, China's Growth Competitiveness Index dropped. From a Report on the World Economic Forum's 2005—2006 Global Competitiveness, among 117 countries, China ranked the 49th. China's global competitiveness was limited by barriers to its development: growing population, limited energy resources, education, and pollution.

There are 1.3 billion people living in China, but considerable discrepancy exists among the population distributed in northwest and southeast regions in terms of their annual income. The personal income in southeast China is over 20 times what it is in northwest China. There were 120 million farmers moving from rural to urban areas in 2004. Most of these relocated farmers are now working as construction laborers. It is rather a challenge for this particular population to retain medical insurance, living conditions, annuity, and employment.

China's limited energy resources are a strategic bottle-neck for both the population and national development. The personal adoptable energy is less than that of the world. In 2000, the owning amount of personal adoptable petroleum, natural gas, and coal in China amounted to 11.1%, 4.3%, and 55.4%, respectively, lagging far behind the world averages. Nevertheless, the consumption of energy resources is increasing. As the personal income in China increases, the consumption of petroleum increases correspondingly. The annual consumption of petroleum is predicted to reach 400 million tons by 2020. By the time, nearly 60% of petroleum products will have to be imported. China produced more than 349 million tons of steel in 2005, accounting for almost 1/3 of the total world steel production. However, its energy exhaustion per ton turned out to be 30% higher than that of the developed countries. According to statistics, in 2005, China produced 1 060 million tons of cement, which required 1 060 million tons of limestone, 159 million ton coal, and 116 billion kWh electric powers. Following this trend, the limestone in China will be exhausted 25 years later. The Limitation of construction materials is a big challenge for the construction industry in this country. With limited resources, energy and resource conservation is critical to China's development.

In comparison with other countries, the average education level in China is still lower, a fact which directly affects the quality assurance and quality control of China's construction. In China, the quality of construction-industry employees is lower than that of other industries. Almost 80% of the employ-

ees working in the construction industry are farmers, who used to be engaged in farming in the vast rural areas, with its total coming to approximately 32 million. A large number of these farmers migrated to cities, looking for jobs without necessary technical education and training. To retain construction safety and quality, it is necessary to provide them with appropriate vocational education and training.

China's recent efforts for sustainable development are considered a good example for other developing countries. Following recent years' sustainable development, the health of most people is improved. However, these improvements may be counteracted by the growing pollution problem caused by development. According to an environmental survey conducted in 118 cities in China, it is estimated that the groundwater of 64% cities has been badly polluted. At present, the ecosystem of water system in the whole country is degenerating. It is one of the government's big challenges in this country to protect people's health in the face of a growing industrial economy.

China's development and urbanization is inevitable. At present, the Chinese people are working hard to build a moderately well-off society in an all-round way. Set not long ago was the main targets for China's economic and social development from 2006 to 2010, in which the principal economic goal is to double the 2000 per-capita GDP by 2010 on the basis of optimizing its structures, increasing economic returns and reducing consumption and to substantially enhance the resource utilization ratio, and by 2010, reduction of the 2005 per-unit GDP resource consumption by around 20 percent is expected to be achieved. To attain this target, China, guided by the scientific concept of development with people first, overall coordination and sustainable development at the core, will promote an overall development of its economy and society. In civil engineering, the above-mentioned challenges from both nature and society will have to be considered, with priority concentrated on sustainable development.

After discussion on the development trends of civil engineering from technical points of view, some measures on sustainable development are emphasized, which run as follows: (1) to enforce a legal system and to standardize government functions; (2) to make strategic scientific and technical plans; (3) to insure the quality and safety and to clutch the education and training;

(4) to increase research funds and to enforce the transition from fundamental research to application; (5) to develop information technique in civil engineering, and (6) to pay more attention to engineering data accumulation.

China is currently in a period of expansive development, but is also faced with many challenges. In order to pursue successful, sustainable development, the country must plan for long-term education in regard to its construction industry, and long-term maintenance of its material resources. If the country succeeds in building an organized, high quality construction industry, then, China will, hopefully, be on her way to be a good role-model for other developing countries and worldwide construction practice. It is expected that the new century should be a good time for China to contribute more to the world.

## 19. Textile Science and Technology

This paper points out that the textile industry takes up an important position in the national economy of China due to its significant role in satisfying the needs of the people of the country as a whole in terms of textile consumption, earning foreign currency and solving the problem of employment. In this paper, an introduction is given with respect to the background of global economic development and the developing trend of China's textile industry, summing up the developing trends in the textile science and technology at home and abroad, having a review on recent progresses and achievements of the textile science and technology sector by sector in this country, including chemical fiber, modification of natural fibers, cotton spinning, wool spinning, bast fiber spinning, silk, knitting, nonwoven and industrial fabrics, dyeing and finishing, textile machinery, and garment manufacture.

With respect to the manufactured fiber industry, the independently-developed complete set of technology and equipment for polyester and rayon fibers including staple and filament have greatly enhanced the all-round level of technology and market competitive power of the industry. A breakthrough is also made in high performance fibers such as aramid fiber, super-high tenacity and high modulus polyethylene fiber and aramid sulfone fiber.

Application of plasma technology, ultrasonic, bioenzyme and genetic engineering to modification treatment of natural fibers such as cotton, bast fiber,

wool and silk has improved their serviceability.

In cotton spinning, a big progress has been made in raising the quality and efficiency of traditional ring spinning, for instance, crimp free production in preparation, extensive use of combing process and production of knot free yarn by automatic winder. Home made novel spinning machines and shuttleless looms, such as rapier, air-jet, and water-jet looms, exhibit great advances in technology. A range of fruitful results are obtained in nonwoven and industrial textile and diversified processing techniques, and related equipments have been developed along with a series of products badly needed in civil engineering, agriculture, medicine and health-care, and national defense.

As for dyeing and finishing engineering, new breakthroughs are made in the fields of shortened pretreatment process of fabric, high-efficiency, low energy consumption and eco-friendly dyeing technique, computer color measurement and computer color matching, and functional finishing with a view to enhancing fabric performance and added-value.

An analysis given in this paper of the existing problems and drawbacks in the development of China's textile science and technology points out that the overall technological level and innovative capabilities are relatively low; core technologies with independent intellectual property right are inadequate; added-value of products is not high; environmental protection and clean production technologies still lag behind. In consideration of these problems, the directions and specific goals of the development of the textile science and technology of China during "the 11th Five-Year Plan" are set forth, i. e. , (1) to meet the market requirements in individuality, diversification, comfortable-ness, fashion and green; and (2) to take a new type of industrialization road to push ahead the transformation of the economic growth and effect sustainable development relying on technological innovation and progress. To this end, specific measures and policy suggestions are set out.

## 20. Materials Science and Engineering

Chinese Materials Research Society(C-MRS), authorized by Chinese Association for Science and Technology, has drafted this progress report on materials science and technology (2006). The period covered in this report is basically

2005—2006. The year 2005 is the last year of “the 10th Five-Year Plan” and the year 2006 is the beginning of “the 11th Five-Year Plan”. At the same time, this period is also the continuation and new starting of some important China National Science and Technology Research and Development Programs, such as the “973” Program, “863” Program and the Commercialization of High-Technology Program, etc. To them Materials Science and Engineering is included as a major field. More important is that “The National Guideline for Middle and Long-Term Plans for Science and Technology Development” has been published officially in 2006, the importance of Materials Science and Engineering has been emphasized and some key issues have been listed such as “New Principles and New Methods of Materials Design and Processing.”

Materials Science and Engineering is worldwide considered as the foundation and pioneer of the modern science and technology. Information Science, Life Science and Materials Science are also considered as the frontiers of modern science and technology. The most developed countries and areas, such as United States, Japan and European Community, have made their research and development plan on Materials Science and Engineering. For example the National Nanotechnology Initiatives (NNI) of USA, the Nanomaterials Plan of Japan and the Nanotechnology Plan of EC, etc.

The major contents of this progress report can be listed as follows:

### 1. Frontier Materials Science and Technology

(1) Nanomaterials: Since the NNI of USA published at the beginning of the 21<sup>st</sup> century, nanomaterials as one of the most active areas of nanotechnology have been developed very rapidly. According to the forecasting statistics, to the year 2015 the nanotechnology products market will reach 1 000 billion USD, among them the nanomaterials products market scale will be 300—400 billion USD. The field of nanomaterials covers traditional materials (such as metallic and ceramic powders: Fe, Ni, Co, Cu, Al, Zn, TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, etc.) and high-tech materials (such as C<sub>60</sub>, Carbon nanotube, nanoelectronic materials, and nanobiomaterials, etc.). The Nanoscience and Technology Center has been established in China. The research, development and commercialization of nanomaterials in China are well supported by the government and other organizations.

(2) Information Functional Materials: This is a very important area of

frontier materials. It covers Si and Si-based semiconductor materials, compound semiconductor materials, high temperature wide gap semiconductor materials, information storage materials, information display materials, solid state lasers and synthetic crystals materials, etc.

(3) Superconducting Materials: Both low temperature superconducting materials (LTS) and high temperature superconducting materials (HTS) are included. According to the statistics, to the year 2010 the application market of LTS will be 74%, and the HTS, 26%; to the year 2020 the application market of LTS will be 45%, while the HTS, 55%. The main application field of HTS covers magnets, cable, transformer, generator and SQUID, etc. During the past years China has got some progress both in LTS and HTS. For example, production line of annual output 150t NbTi ingot bar and production line of BSCCO HTS tapes have been established in Western Superconducting Materials Co. in Xi'an, also  $MgB_2$  and YBCO coating superconducting materials have been arranged as the research and development priorities.

(4) New Energy Materials: Shortage of energy is a worldwide problem. To seek and develop new energy materials is being emphasized all over the world. Basically they are solar energy materials, wind-electricity materials and components, Lithium battery materials, Nickel-Hydrogen battery materials, fuel cell battery materials and transformation energy storage materials, etc.

## 2. Interdisciplinary Materials Science and Technology

(1) Biomedical Materials: This is a typical kind of interdisciplinary materials. It is a crosslink of materials, biology and medicine, etc. Because of the huge population of China, only the disabled reaches 60 million, so the potential demand and market of biomaterials in China is extremely large. During the past years, the tissue inducing biomaterials and nanobiomaterials R&D have got some progress in China.

(2) Ecomaterials: This is also a typical kind of interdisciplinary materials. It was proposed by R. Yamamoto in 1990s. Now it is becoming more and more important and popular all over the world. It is especially important for China, since it is very much related with China's resource, energy, environment pollution and protection and materials reuse and recycling, etc.

## 3. Engineering Basic Materials

(1) Steels: China is the largest steel production and consumption coun-

try, the annual steel output in 2005 reached 397 million t. Both the quantity and quality of Chinese steel-making industry are improved remarkably. In the field of new generation steels—"supersteels," China has got a lot of progress, for example, the yield strength of low carbon steel has been doubled and put into production already.

(2) Cement: The annual output of cement in China in 2005 reached 1060 million t, ranked No. 1 in the world. Now the cement industry of China is focused on the quality improvement and the production scale up.

(3) Polymeric Materials: In the production and consumption of three major synthetic polymeric materials (plastics / resins, rubbers and fibers), China occupies a very important position, for example, the annual output of chemical fibers in 2005 reached 16 million t, ranked No. 1 in the world. But the quality of polymeric materials still needs to be improved.

#### 4. Materials Common Fundamental Science and Technology

It covers materials design, computation and modeling, materials preparation, forming and processing and materials characterization, evaluation and inspection, etc. Some progress has been made in these areas in recent years in China.

Finally we would like to express our sincere thanks to the scholars and specialists who assisted in finalization of this progress report.

## 21. Food Science and Technology

The advances in food science and technology and the development of the food industry in China during the year 2005—2006 were reviewed in this report. As the one of the basic industry of the national economy, and as the very important linkage between agriculture development and national healthy promotion the food science and technology was widely recognized as in the first position in the past years. During the Tenth Five-Year Plan the gross value of food industrial output in China were risen in the rate 12.7%, 16.6%, 19.7%, 25.9%, 26.8% as compared year to year from 2001. It is shown that it developed quickly. The average growth rate for the gross value was 20.0%, for the sales income was 18%, and for the interest and tax was 17%. At 2005 the gross value of food industrial output from the scale companies in China was 2 034 483 million RMB. It means that the increase was 655 300 million

and the raise rate 18.5% higher than the goal 10 points of percentage. The interest and tax was 336 526 million and the raise rate 24.5%. Among which the total interest was 123 468 million as the raise rate 25.6%, the export income 24 380 million USD as the raise rate 28.84%. The favorable balance of trade for imports and exports was reached 4000 million USD. The developing rate of food industry was higher than all other area in national economy and become the quickest developing area.

The government thought highly of this national economy and people's livelihood involved discipline and organized scientists to do research work in quite wide area. The achievements from "the Tenth Five-Year Plan" key projects in the food science area could be shown as follows: 6 big technical breakthroughs on the areas of cereal and oil processing, fruit and vegetable processing, livestock fowls and aquatic products processing, forest products processing, processing equipments, quality criterion and fast examine system; 10 marked progress on the areas of cooling meat, concentrating apple juice, rice, energy transformation, rapeseed peeling and cool pressing, modified starch dry processing, soybean lactalbumin, combined fruit preserving and transporting service, standard and quality controlling and examining system, wheat starch monosodium glutamate production; 29 food safety fast examining reagent boxes; 94 food safety fast examining methods; 25 related examining equipments; and the "from farm to table" safety demonstrating system and examining net for food contamination was cover 13 provinces (cities). The results from above projects shown that not only having great achievement in the basic theory and academic point but also promoting the food industry forward a big step.

The fast development in food industry was due to the contribution of the universities and research institutes in this area. More young generation came from universities including graduate students, masters and doctors as the result of the development of universities participated to food research and engineering and gave new power to the area. The teachers, researchers and graduate students in universities did a lot of best work. Five prize owners "sea cucumber autolysis enzyme and its application," "important sulphureous food perfume synthesis," "rice and its byproduct deep processing technique for appreciation," "citrus processing technique and commercialization," "enzymatic



oligoxylose production from corncob” were representing the research level in this area and promoting the development strongly as shown in economic effect.

The paper analyzed the shortage in both academia and technique in food discipline as compared with advanced countries and gave suggestions. We believe that with the government thinks highly in this field with good policy the professors in the universities and the engineers in the industry will do their best to push the field forward to fit the requirement of the great task “National Rejuvenation.”

## 22. Agricultural Science

This report, on the basis of defining the concept and connotation of basic agronomic subject, retrospects the development of basic agronomy in the beginning, the tortuous and destroying, the resuming and developmental, and the reforming and adjusting stages since the foundation of the People’s Republic of China. The four stages have laid a solid foundation for the development of basic agronomy.

Basic agronomy plays an extremely important role in the development of science and technology, economy and society. It is the significant guide line to scale the level of scientific research of the nation. New concepts, theories and methods of basic agronomy are dynamics to promote progress and innovation of agricultural science and technology. Orientational observation and basic data accumulation in basic agronomy are scientific basis of macro policy-making of the nation. Basic agronomy is so important that it can be used to train highly qualified men of ability and improve the level of agricultural education. Transforming and popularizing the research fruits of basic agronomy subject may accelerate the development of agricultural and rural economics in a continuously stable and healthy way.

Since the founding of new China, especially since the reforming and opening up, great changes have taken place in the research of basic agronomy in the amplification of research institutions, the enlargement of the scales of groups, the improvement of experimental conditions and international co-operation and communication. In different phases of history, basic agronomy has

been emphases of the national programs of science and technology. Since the sixth five-year plan (from 1980 to 1985) many programs concerning agricultural research such as Key Technologies R & D Program, Hi-tech Research and Development Program of China (“863” Program), National basic Research Program of China (“973” Program) and R & D Conditional Constructing Plan have been launched by the nation. More funds from the above-mentioned programs have been invested into basic agronomy and its sub-subject, namely, crop genetics breeding, crop nutrition science, agricultural entomology and plant pathology, agricultural microbiology, agricultural molecular biology and biotechnology, agricultural biological physics, agro-meteorology, agricultural ecology and agricultural information science.

It is worthwhile to point out that based on the need of the nation and the existent research work results, unprecedented significant research fruits that are of great scientific value have been obtained in the field of basic research that is used to clarify natural phenomena, characteristics and laws as well as in the domain of basic application research that is used to produce products, and make technical inventions in technology and systems. According to the statistics, 27 items of prizes for national award of agricultural achievements, 18 items of special grade prizes and first grade prizes for National Award of Technique Invention, etc. were awarded from 1949 to 2005. These achievements were of high level of science and technology. They enriched and developed basic agronomy and brought about great social and economic benefits by being transformed and extended directly and indirectly.

with the rapid development of modern science and technology, especially the penetration of basic sciences such as mathematics, physics, chemistry, astronomy, geography and biology into agricultural sciences, new characteristics and trends have appeared in the research of basic agronomy since 1990s. Combined more and more closely, basic agronomy, agricultural science and technology, and production have become incorporated and integrated. It tends to become evident that basic sciences have penetrated into basic agronomy so that new frontier scientific subjects, intercrossing subjects and synthetic subjects come into being continuously. Basic agronomy is developing microscopically and macroscopically and with the help of modern experimental tools, theories and methods, modernization of investigating means has been realized in

the research of basic agronomy. There are competition and co-operation, inter-communication and restriction in the international research of basic agronomy, which makes situation complicated. Transforming and extending of the research achievements in basic agronomy will make contributions to solving the food shortage problem of the world population fastigium.

In order to accelerate the development of basic agronomy, it is necessary to carry out the scientific guidelines of “independent innovating, keystone spanning, supported developing, and leading to the future,” deepen further the reformation of scientific system, establish a highly qualified and efficient basic agronomy research group that fits for socialism market economy and the basic agronomy laws, and speed up establishment of the key state laboratories and modern experimental research bases of basic agronomy under the guidance of the great thought of “the Three Represents” and scientific development outlook. It is imperative to accelerate the international co-operation and communion of basic agronomy, greatly increase the scientific investment into basic agronomy in order to raise the basic agronomic investment from 6% of all the agricultural scientific investment in 2004 to more than 12% in 2010. It is also essential to create favorable exterior environment for continuously stable development of basic agronomy, keep the stability and continuity of research plans, encourage the innovation of academic ideas, build up good style of study, improve the living standard of researchers, and amend the achievement awarding system. The implementation of all the correlative policies will certainly redound to the continuous development of basic agronomy.

## 23. Forestry Science

This report gives a review on the progress made in the past, and on the current status of forestry sciences with particular relevance to China. The prospects of future development trends of forestry sciences also presented. This review, concerned with 13 major disciplines of forestry sciences, is conducted with a view to analyzing strengths, weaknesses, challenges and opportunities, existing problems and related countermeasures. The disciplines discussed here are involved us the following: forest ecology, forest soil science, forest-based plant science, forest genetics and tree breeding, forest silviculture, forest

health, forest management, landscape architecture and ornamental plant horticulture, water and soil conservation, desertification combating, wood science and technology, chemistry of forest products, forest economics, and urban forestry.

The development goals of forestry sciences in China are to speed up the development of forestry science and technology, with focus on the central tasks of forestry development; to ensure the quality of forestry ecological programs through science and technology innovations; to increase scales and profits of this industry through technological development, thus allowing forestry sciences and technologies of China to reach an advanced level in the world towards the middle of the 21st century.

The development strategy of forestry sciences in China in the next 50 years is recommended as follows: (1) further strengthening researches in basic sciences and high technologies to improve the quality of researches and capacity of innovation, while keeping well-balanced between different research areas in terms of basic and applied sciences; (2) paying attention to research on and development of key technologies for major national forestry programs and development of forest-based industries; (3) intensifying technology transfer to allow research achievements to be integrated with and applied in operational practices as quickly as possible so as to accelerate and improve forestry development; (4) Strengthening capacity building of forestry education/research institutions to improve the capacity of continual innovations in forestry researches; (5) broadening international cooperation to improve institutional construction.

With an analysis of existing problems and overall situation of forestry sciences in China, the following measures are recommended: (1) strengthening overall arrangement with careful planning of development of various disciplines, optimizing allocation of science and technology resources; (2) increasing input in researches into basic sciences so as to provide an gratifying conditions for development of different forestry disciplines; (3) improve human resource development to produce highly qualified forestry research contingent; (4) stepping up knowledge renewing and technology innovation, reinforcing accumulation of science and technology achievements.

In the foreseeable future, the world as a whole will continue to attach

much importance to solving problems related to development of forest resources, protection of forest ecology and efficient utilization of forest resources. Protection of forest ecology and impacts of global climate changes would be hot spots in forestry researches in future. Researches on timber and non-timber forest products would continue to be restructured, theories and methodologies of sustainable forest management would go on being a major area for researches, and technology development would be regarded as a top priority for forestry researches. More specifically, priorities of future research would be given to the following areas: (1) mechanisms and rehabilitation of degraded ecosystems in ecologically fragile areas; (2) conservation and sustainable management of natural forests; (3) forest genetics and biotechnology; (4) development of short rotation industrial plantations and precious-timber plantations; (5) mechanisms and control of biological invasions; (6) forest resources monitoring, management and information technology; (7) urban forestry; (8) wildlife protection and nature reserves; (9) relations between forest and environment deterioration.

## 24. Fishery Science

Fishery, a synthesis and applied scientific subject on the national level, is involved in research and exploitation of the resources of aquatic organism to guarantee the substantial utilization. It is also correspondingly called aquaculture, which is considered one of an important part of agriculture. It boasts distinct functions in improving industrial structure of a country, increasing income of peasantry, guarding against any hazards to retain the food safety, optimizing people's meal structure and enhancing the quality of farm product to become more competitive when in trade of exportation.

The gross production of aquaculture and fishing continuously takes up the first position in the world for sixteen years in a row. Its production models also change from emphasis on output increase to quality, while paying much attention to substantial utilization of resources. The aquaculture and fishery science and technology have made tremendous progress with fishery development; the contributive rate of the science is more than 50% in the area of aquaculture. The main aspects of 2005 to 2006's progress on aquaculture science

and technology are as follows.

Aquatic biological breeding technology achieved an important breakthrough and so did special fish artificial reproductive technology. A new breed of *tilapia* and some selective strains of cultural fishes and other aquatic organisms developed in such a way that China became an advanced country in fish breeding field. Cage culture in open water with anti-stormy and factory cultivating land-based aquaculture technology developed rapidly, leading to an acceleration of intensive cultivation of aquaculture. Non-public harmless, healthy and standardized aquaculture technologies were comprehensively developed, with various aquaculture models founded and optimized. Studies of nutrition food for younger marine fish made an important progress to improve feed exploitation in aquaculture in terms of high quality, more efficiency, safety and environmental protection. Research on and exploitation of ocean fishery resources has effected an significant achievement, providing national ocean fishery industry with a reserved fishing space. Progress made on the resource conservation techniques brought about improvement of the status of resource environment in the vast offing. Refrigeration techniques for aquatic products also rapidly developed. And fresh keeping of marine fish came up to the world advanced level. Fishery database and information system with higher useful value were established, laying a foundation for the further development of engineering and digital fishery.

Compared with developed countries in fishery, the predominance of China lies mainly in the model diversification and maturing technology of cultivation; but she is devoid of systemic basic research and desirous to reach advanced level of utilization of the resources and processing aquatic production.

The challenges facing Chinese aquaculture science are represented by safety in aquatic production, ecological environment, up-to-date applied technologies in fishery, improvement in output-increasing model and protection of fishing environment.

It is predicted that in the coming 5 to 10 years, aquacultural biotechnology would achieve significant progress. The breeding of aquatic-animal would make remarkable breakthrough. Healthy and ecological aquaculture would be a critical task in the future. High efficiency and product-increasing technologies would be exploited at a focal point. Nutrition metabolism of primary aqu-

uaculture animals would become a major systematical research field. Aquaculture product safety and fishery resource conservation would still stay a major challenge. And integral fishery information service would be extensively applied.

## 25. Medical Science

With rapid socio-economic development and increasing importance attached to health, medical sciences and technology are moving forward at an unprecedented speed. In developed countries, health has become focus of attention. The progress of medical research and pharmaceutical industry, and improvement of public health emergency response and relief system are greatly pushing forward people's health.

China has made great achievements in medical researches, epidemiological studies, etc. , in recent years, although a big gap still exists at an overall level, compared with developed countries. In basic medicine, Chinese scientists have successfully applied cutting-edge technologies in gene, protein, cloning, cell and molecular biology in their studies, and have got innovative results. In the prevention and treatment of major communicable diseases, breakthrough has been made in the development of vaccines to prevent SARS, HIV/AIDS and viral hepatitis, and China has, by the end of 2005, reached the goals of tuberculosis prevention and control set by WHO. Chinese scientists have conducted a large number of large-scale epidemiological studies in chronic diseases, such as cardiovascular diseases, hypertension, diabetes and blood lipid, and have obtained a picture of the trends and risk factors of these diseases, and provide reliable data for government in decision making for prevention and treatment. New technologies have been extensively applied in medical practice. The application of computer technology in medical imaging has made diagnosis faster and easier, minimal invasive technology improved the curing effects. China is in an effort to standardize the clinical practice of medical professionals.

The transformation of health care models is redirecting medical researches. Looking ahead, studies in basic medicine, particularly at molecular level, which includes genomics, proteomics and transcriptomics (RNA), will be further strengthened, the rise of reproductive medicine will lead the future researches, the research and development of medical bio-technology and its

application will be on a rapid rise, and special emphasis will be put on the research on prevention and control of communicable diseases.

China is in a transitional period, with both opportunities and challenges lying ahead. A huge population, sex disproportionality of new-borns, rapid process of aging, etc. are restraining the social development of China. In the meantime, China is bearing the double burdens resulting from communicable and non-communicable diseases, and even bigger indirect economic losses caused by emerging diseases. The problem is projected to become worse in the 10~15 years to come.

China is also favored by opportunities in the development of medical sciences. The stress on human-based sustainable and co-ordinated socioeconomic development between mankind and nature has created favorable policy environment; The transformation of health care models has expanded the scope for medical research; The development of system biology has become the driving force of medical sciences; And health industry will lead the development of bio-economic era.

Faced with both the challenges and opportunities, China has to make swift and correct responses. It has set clear goals for its health cause, which are to effectively control the growth of population and keep it under 1.45 billion by 2020; to significantly improve reproductive health, and strengthen institutional capacity of diseases prevention and control to catch up with the world's advanced level; to mitigate the impact of diseases on health; to establish the health care system with Chinese characteristics, to bring down the medical costs, and to reach the goal of "Health for All by 2020."

To reach those goals and to catch up with the medical science and technology research of middle developed countries by 2020, appropriate strategies and measures have to be taken. The key strategy is prevention based which means that appropriate measures should be taken to prevent diseases before their occurrences and to shift health resources from tertiary health care to primary and community health care. And the measures put emphases on expanding the scope of research on population and health, strengthening research on cutting-edge technology and international cooperation and giving full play to innovation. The implementation of these strategies and measures has to be taken into consideration of the transformation of health care models from institutionalized medical care to community health care, integrations of



resources, availability of human resources, domestic demands and the ongoing program of “new rural cooperative medical care scheme.”

The development of medical sciences is playing a strategic role in the coherent development of society. Assisted with technologies of disease prevention and control, biology, safety monitoring, pre-warning, etc., medical sciences are saddled with three strategic missions. It has to, in the first place, promote the coordinated development of society by strengthening research on prevention and control of major diseases, ensuring reproductive health, promoting health for all and community health care, and developing theories and methodologies for research of Traditional Chinese Medicine (TCM).

The development of medical Sciences has to help increase the contribution of health industry to economy and to optimize adjustments of health industry by developing bio-technology industry, increasing production of TCM, and developing new innovated drugs and medical equipment.

Lastly, medical sciences have to serve the national security, which include population security, biological security, and food and drug safety.

Medical sciences are not developing on its own, it has to rely on institutional support, intellectual support, financial support, legal support, system support, and environmental support of the country.

## 26. TCM and Chinese Materia Medica

This report reviewed some important progress in Traditional Chinese Medicine (TCM) within China and overseas according to academic and partially political publications in recent years. At the same time, the report proposed development strategies of the discipline in future.

The discipline of TCM, which consists of traditional Chinese medical science and materia medica, is one part of Chinese science and technology. In recent years, particularly in 2006, the discipline has achieved great advances on academic development, scientific research and medical services.

Following SARS, a severe acute respiratory syndrome, broke out in 2003, a number of studies on the treatment of SARS have been made. Preliminary results showed that integrative therapies with Chinese and Western Medicines have efficacy in reducing symptoms and the increasing quality of

life in patients with SARS. And then in 2005, a study on blood stasis pattern, one of the syndromes defined by traditional Chinese medicine, and its therapy named promoting blood flow and dissolving stagnation of blood was awarded a first prize of National Progress of Science and Technology. The basic and applicative research of Tongli Gongxia therapy in abdominal surgery was as well awarded a National Invention Prize and a second prize of National Progress of Science and Technology. Other projects awarded second prize of National Progress of Science and Technology were Research on application of Yiqi Shengxian therapy in viral myocarditi, research and development of compound arteannuin and its utilization in algid pernicious fever with chemical resistance, and so on. In addition, achievements of Chinese medical research have attracted an extensive attention from academic fields overseas. For example, the study on effectiveness of GETO extract in the treatment of mild cognitive impairment in community elderly listed in innovative therapies showing promise for Alzheimer's disease shares spotlight with other three drug treatments and one lifestyle-based intervention at first ever Alzheimer's Association Prevention Conference in 2005.

In 2006, "the 11th Five-Year Plan" of Chinese Medicine Development was issued. The plan proposes ten projects to be preferentially developed in the next ten years, and promises that Chinese central government will continue to increase investments into research of Chinese medical science and technology, to promote the modernization and internationalization process like in the past. According to the Plan, TCM will go into an important development period in the next five years. In this period, the disorder pattern, meridian system, and earlier intervention and treatment of diseases will become key fields of scientific research of TCM in our country. New therapeutic theories or treatment measures or herbal recipes for disease will be emphasized on research procedures as potential breakthrough point. Safety, efficacy, pharmacology and pharmacokinetics, nature of material medica or/and new herbal drugs will be pursued in the next research projects. In addition, develop medical servicing and promote talent persons growing of TCM will be paid close attention in the next years.

It is believable that this discipline will achieve more great advances in academic development and research, and its services to people in the next years.

## 27. Integrated Traditional Chinese and Western Medicine

Integrative Medicine (Integrated Traditional Chinese and Western Medicine) is a newly rising discipline originated in China. Since the founding of the People's Republic of China, the research on integrated traditional and western medicine has been improved and expanded in various stages. Then the concept of "Integrated Traditional Chinese and Western Medicine" was formed, and became an independent academic discipline.

For a long time, the governmental authorities are doing their best to create positive environment for the development of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine. The Regulations of the People's Republic of China on Traditional Chinese Medicine was adopted at the Third Session of the State Council on April 2, 2003. The State Administration of Traditional Chinese Medicine of the People's Republic of China issued the document named as "Suggestions on Strengthening the Work on Integrated Traditional Chinese and Western Medicine" on December 5, 2003. China government has established special grant funding policies for traditional Chinese medicine and integrative medicine. The special items on National Basic Research Plan and "the 11th Five-Year Plan" showed that there are more funding sources to strengthen the research on integrative medicine. Approved by the national authority, The Chinese Association of Integration of Traditional Chinese and Western Medicine has established the "Science and Technology Prize on Integrated Traditional Chinese and Western Medicine." These regulations and measurements fully and effectively guarantee the progress of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine. Also the national survey conducted by The Chinese Association of Integration of Traditional Chinese and Western Medicine showed that more than 90 percent of medical workers regarded the integrative medicine as necessary, and 71.2% of patients were inclined to accept integrated therapy. These demonstrate that Integrated Traditional Chinese and Western Medicine have a solid social basis.

Integrated Traditional Chinese and Western Medicine have a well-organized academic structure in China. Not only universities and research institutes of traditional Chinese medicine stipulated program for Integrated Traditional and Western Medicine, but universities and research institutes of Western

Medicine and other comprehensive universities are joining the project to improve the development of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine. The Social organizations on Integrated Traditional Chinese and Western Medicine are getting more and more powerful in the past five years. Up to now, the Chinese Association of Integration of Traditional Chinese and Western Medicine has 39 specialized sub-committees, 31 local associations and nearly 40,000 members. Among them, 6 branch associations were newly added in “the Tenth Five-Year Plan”.

Integrated Traditional Chinese and Western Medicine has obtained much achievements. The pattern of diagnosis and treatment on Integrated Traditional Chinese and Western Medicine have been found a wider application in clinic practice and many achievements are obtained. More and more clinical practice guidelines for common diseases with the methods of integrative medicine have established or revised. Many research projects on Integrated Traditional Chinese and Western Medicine have been awarded the prize of National Science and Technology Development, especially the research on Stagnation of Blood and promoting Blood circulation by removing Blood Stasis was awarded the first prize of National Science and Technology Development in 2004. More and more academic journals with high standards have published results in Integrated Traditional Chinese and Western Medicine. A batch of effective new drugs have been developed, and extensively used in clinics. These successes fully demonstrate that the achievements of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine are remarkable. According to statistics, there are about 6 to 10 researches on traditional Chinese medicine awarded the prize of National Science and Technology Development every year in recent years, and among them, more belong to the research on Integrated Traditional Chinese and Western Medicine.

The Academic exchanges of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine are becoming more active. The academic conferences of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine become the live and hot topic. Take the Chinese Association of Integration of Traditional Chinese and Western Medicine as an example, she organized nearly 40 domestic conferences every year, and China Association for Traditional Chinese Medicine also organized many conferences on Integrated Traditional Chinese and Western Medicine. On the other hand, the academic exchanges of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine is now taking place from a nation to the

world. The Second World Integrative Medicine Congress convened successfully in Beijing in 2002. More and more scientists in integrative medicine were invited to attend the global conferences related to Integrated Traditional Chinese and Western Medicine. Moreover, journals included in “science cited index,” as a platform of academic exchange on basic researches, had published more and more achievements of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine originated from China.

The education and training system for personnel in Integrated Traditional Chinese and Western Medicine is formed. Marked by the formal publication of textbooks of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, the education and training system for the personnel on Integrated Traditional Chinese and Western Medicine is basically formed. More and more special departments and/or specialties for integrative medicine have been structured in different institutions with diversified education and training patterns. Also the continuing education system in integrative medicine has made big strides in the past five years.

The development of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine in China promotes the development of Integrative Medicine in the World. In the last ten years, the application of complementary and alternative medicine is rising up all over the world and the Integrative Medicine is heating up and getting more and more popular. The scientists in USA, Britain and other developed countries have been engaged intensive study in Integrative Medicine.

There are also some problems in the development of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine. As a newly branch, it still faces some problems, including misunderstanding in both traditional Chinese medicine and integrative medicine, lacking funding support from governmental authority, higher quality research team not formed, and not enough higher quality research achievement obtained.

The development of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine has represented one of the tendencies of the future in biomedicine. It would be reasonable to believe that Integrated Traditional Chinese and Western Medicine will make faster and better development in the coming years.

## 28. Pharmacy

This report gives a review on the development and current progress of pharmaceutical sciences of China in 2006, and the prospect in which these progresses are going to be applied. With the quick development of biochemistry and bio-technology and improvement of research level, the ability of an originally new drug with self-owned intellectual property rights increased gradually, and fruitful results were achieved. The successes of pharmacology are amazing, and new achievements emerge one after another. Research and development of new drugs with self-owned intellectual property rights go ahead smoothly. Some new viewpoints and some chemistry information sciences show highlight aspect, whose diverged new subjects, such as nanotechnology, drug delivery system (DDS) for bio-drug, etc. are the brightest points in 2006. Drug safety has aroused wide attention in all aspects of the society. Monitoring system of adverse drug reaction has been preliminarily built up, and a number of case reports are increased in recent years. Pace of the informationization on ADR data speeds up, and the report system of ADR in the whole country has been set up, providing scientific data for decision-maker of drug policies and lines to refer to. Clinical pharmacy has been comprehensively developed, whose advantages are advised to provide integrated pharmaceutical care to patients. Pharmacy information system of hospital has caught much attention. The pharmaceutical care informationization and intelligification have been rapidly established, making it available for patients to use electronic prescription and single-dose packer in this country. Under nation's big and powerful supports, traditional Chinese medicine engineering is extensively correlated with technical cooperation network, constituting a national engineering center of traditional Chinese medicine, and also an experimental center and associated institution from Eastern to Southern part of China in 2006, which will facilitate the modernization of Chinese traditional drugs. Presently, the research on Chinese medicine finger prints becomes one of the key techniques for component analyses. Drug analytical techniques will be more important to apply for “-omics” research, including genomics, transcriptome, proteomics and metabonomics. The rapid drug analysis technology has been rapidly improved, including TLC, NMR, MS and HPLC techniques. Break-

throughs in connection with man-made cultures of medicinal plants have been made, whose examples are Radix Ginseng, Cortex Eucommiae, Rhizoma Gastrodiae, Radix Astragal. In addition, Bulbus Fritillariae Cirrhosae, Herba Cistanches have achieved by semi-works production. Research about another general traditional drugs' chemical and effective constituent has attracted attention as before. The research on lower plants, for example moss, lichen, fungus (including endophyte) have aroused adequate attention and successfully stepped out the first pace. High-flux, high quality active screening technology become an important tool to discovery a new activated nature product. Moreover, the fields of geriatric pharmacy and pharmaceutical administration gained interesting progresses, as well.

Discrepancy still exists in the ability to discovery new drugs between developed countries and developing countries like China. The medicine industrial structure is found not reasonable, in which problems arising from pharmaceutical manufacturers being redundant, small-scaled, scattered and in disorder have not been solved at all. We do not own any top enterprises capable of taking up a position in the drastic strong international competition. The system of creative a new drug is unsoundness, and ability of creativeness independent is frail. Research investment amounts only to about 1.02% in all market incomes. And normalizations to clinical evaluation of a new drug have not gained the international consent, which makes us lose their chances to collaborate with international drug research community. Although China boasts her own characteristics and merits in terms of drug industry, yet they have not been made full use of to date. The key to the research on new drugs are to effect changes in mainly independent creation in combination with imitation.

System innovations are attributed to the protection of techniques. Reorganization and management of utilizing national resources including enterprise research enters have to be re-evaluated. It is highly necessary to build up some platforms for new drugs to be developed in target research and then transferred to market. Actual market demands should be first put into consideration when developing new drugs. Trends on biochemistry and bio-technology research in the future would include the following aspects, such as using genetic engineering technology to produce bioactive substance that are scarce in natural environment or hard to be acquired; secondly, making use of protein

engineering for leading compound discovery such as antisense oligonucleotide drug, which is improved; thirdly, applying the research results of human gene programmer to developing bio-technological drug is also improved. In contrast with the traditional research fields, pharmaceutical research is, in general, focused mainly on microcosmic, interdisciplinary, and combined biology; applying more updated research results to some important scientific domains. New preparations will arise from species and tracking discovery and then be transformed to a new-technology, integrated creativity system, combined creativity ability and serialization new species. In the future, much attention should be paid to strengthening research on reasonable drug usage, supplying information for drawing up national drug policy, strengthening research on and monitoring of traditional Chinese medicine safety, strengthening training and dissemination on ADR report, improving quality of clinical ADR report, reinforcing the use of available ADR information and other data, analysis, and evaluation, utilizing pharmacogenomics and proteomics to guide clinical drug usage. Enhancement of independent intellectual property rights lies in protections of original new drug. Enhancement of research on functional gene, transcription, proteomics, metabolomics, metabolic engineering and stoichiometry that the metabolic analysis become potential. Utilization of modern analytical chemistry and biological technology to develop a traditional evaluation system adapt to traditional medicine. It has been a new field to discover a new drug from marine resource for new drug research. And microcrystalline, active new skeleton chemistry, fungus medicine component, Chinese medicine and its pharmacodynamic basis are the principal tendency in the future. We should carry out community health service as proposed for the sake of taking medical care of aged people, and strengthen reforming medicine scientific supervision, drug price system, drug distribution system, medical institution pharmaceutical administration, pharmacy personnel qualification system and legislation and so on.

## 29. Biomedical Engineering

Biomedical engineering (BME) is an inter-disciplinary field, which integrates the principles and methods of engineering sciences with that of life sciences to



understanding the laws of life, maintaining and enhancing the healthcare of human being. It has been rapidly developed with the need of modern medicinal advancement and medical devices development since 1960s.

During the last four decades, by merging into modern clinical and basic medicines, and life sciences in many interdisciplinary activities, BME has changed medicine itself to a great extent. The applications of multi-disciplinary fields of BME into medicine such as medical imaging technology and devices, medical biomaterials, medical electronic technology and medical information technology, etc. have not only played a vital role in promoting the modernizations of medicine, but have also predicted the trends of modern medicine advancements along with offering better and more economical medical services to human health. In that sense, it can be said that it is impossible of imaging that the evolution of modern medicine could do anything without the contributions of BME.

On the other hand, the developments of BME have also promoted and revolutionized the development of industrializations of medical devices. BME has become the technical sources of innovation of new medical devices. As one of the indispensable parts of life sciences, BME has kept itself the characteristics of engineering sciences with the purpose of solving the problems emerged in modern medicine. So, the development of BME should be not only based on whether it is advancement in science and technology, but also on whether it is economic in solving the practical problems in medicine. That is, as part of the medical-health-care system, BME should not only be responsible to promoting the advancement of modern medicine, but also should be and must be inducing to the control of medical expense and the sustainable development of medicine. In other words, as the technical support to the medical-health-care insurance system, BME inevitably is the hybrid of science, technology and humanism.

With the need of modern medicine development facing to the change of disease spectrum, BME has developed rapidly since 1960s, and in the same way, fundamental change of the direction of BME development will be the natural result of the medicine revolution in the early 21 century. The trend of BME development will be along with: (a) Changing the Goals of Medicine (GOM) from disease treatment to disease prevention, health maintaining and enhancing, the target population should be changed from hospitals to commu-

nity, family and individuals. (b) Changing of the mode of medicine from biological medicine to biological-psychological-social-environmental medicine since 1973, BME has also changed its focus from diagnostics and treatment of diseases to maintenance and enhancement of health and performance of human being, which is represented by Human Performance Engineering covering Health Care Engineering, Personal Health Care Engineering, Family Care Engineering, and Community Health Care Engineering. Human Performance Engineering will be a multi-disciplinary-field technology with the purpose of improving the behavior and life quality of human being.

The revolutionary development of Biomedical Engineering should be relied on its creations of new concept, new way, new method and new technology based on the basic principles of Engineering and the science of medicine.

## 30. Sports Science

### I . Overview of Sports Science

With the fast development of science and technology as well as the ever-increasing popularity of various kinds of sports, sports science, a comprehensive discipline, has already developed into a relatively independent disciplinary system. It plays a more and more important role not only in promoting the development of sports and in the improvement in competitive sports, but also in enriching people's lives and enhancing their health conditions. As a systematic disciplinary group of the studies on sports phenomena and discovering the internal and external laws, the subject of sports science is human motion. Therefore, the notion of sports science covers such fields as natural sciences, social sciences and the humanities. In the following report on the disciplinary development, we mainly focus on the introduction of sports medicine, sports biomechanics and sports psychology, which take human motion as their theme.

### II . Hot Research Fields in Sports Science

- (1) Functional Diagnosis of Elite Athletes
- (2) Scientific Selection of Elite Athletes
- (3) Sports Nutrition and Recovery of Physical Function of Athletes
- (4) Mechanism of Sports Anemia and Its Prevention and Treatment

- (5) National Physique Monitoring and Health Promotion
- (6) Sports and Immunity
- (7) Research and Application on Minimally Invasive Treatment
- (8) Researches on Technology and Methods of Doping Detection
- (9) Plateau Training
- (10) Mechanism of Exercise-induced Fatigue and Rehabilitation of Physiological Functions
- (11) Psychological Training of Elite Athletes
- (12) Cognitive Characteristics of Athletes
- (13) Sport Techniques Diagnosis
- (14) Measurement and Analysis of Dynamics

### **III. Key Research Achievements in the Field of Sports Science and Technology in Recent Years**

- (1) Research on Athletes' Physical Function, Psychology and Techniques Diagnosis
- (2) Research and Application of National Scientific Guiding System on Sports and Fitness
- (3) Nutrition Recommendation for Elite Athletes
- (4) Research on Scientific Selection of Elite Athletes for the Olympics
- (5) Research on Physical and Psychological Constants and Nutritional Assessment of Chinese Elite Athletes
- (6) Methods and Applied Research of Plateau Training

### **IV. Comparative Research on Sports Science at Home and Abroad**

The long-term work in sports science contributes to a research system with Chinese characteristics and its achievements have been playing a leading role in the international arena. The most impressive ones include:

- (1) Scientific Research and Service for Elite Athletes
- (2) Establishment and Application of Monitoring System of National Physique in China
- (3) Anti-doping Researches has reached an internationally advanced level
- (4) Some basic research achievements are in line with international standards
- (5) Laboratory construction has achieved remarkable improvements

The primary gaps between Chinese sports science and its overseas counterparts are:

——Lacking in innovative research. In recent years, despite of a great number of high-level research achievements, advanced innovative research achievements in Chinese sports science are still insufficient as a whole.

——low transformation rate in the application of research achievements. Sports science is disjointed from sports training; scientific and technological achievements exert less influential guidance on sports training.

## V. Research Prospects of Chinese Sports Science

### 1. To emphasize the focus while strengthening innovative research

The applied basic research on Chinese sports should be strengthened. Based on the current research conditions, we should practically and realistically emphasize our focus and characteristics, identify the key research domains and make every effort to catch up with the latest development in the world.

### 2. To emphasize the characteristics of application and provide services for the practice of sports

We should work out the main issues in sports training with a special focus on the preparation for the Olympic Games, make a comprehensive arrangement of the applied scientific researches on sports, thus to guarantee sports science serve sports training.

### 3. To adopt new technologies and enhance the research level of sports science

We should take full advantages of modern science and technology, combine them with the practical needs of sports science and choose new techniques and methods derived from basic science to serve sports science.

### 4. To strengthen sports science researches with Chinese characteristics

The traditional Chinese medicine and pharmacology and ways of keeping health have a unique effect on enhancing competitive competence of athletes and the health level of the masses in China. Therefore, we should conduct our research on sports science with Chinese characteristics through modern scientific and technological means and make our own high-level research achievements.

# 附 件

---

2005—2006 年度与学科进展相关的主要科技成果

## 附件1 2005年度国家自然科学奖目录

## 二等奖

序号	项 目 名 称	主要完成人
1	高等植物株型形成的分子基础	李家洋、钱前、王永红等
2	铁电陶瓷的力电耦合失效与本构关系	杨卫、方岱宁、方菲等
3	Atiyah-Singer 指标理论的若干研究	张伟平
4	哈密顿圈及圈覆盖理论	范更华
5	高维非线性守恒律方程组与激波理论	陈恕行
6	电荷—宇称对称性破坏和夸克—轻子味物理的理论研究	吴岳良
7	微小晶体结构测定的电子晶体学研究	李方华、范海福、万正华等
8	宇宙结构形成的数值模拟研究	景益鹏
9	单分子结构与电子态的理论和实验研究	侯建国、杨金龙、王海千等
10	超分子体系中的光诱导电子转移、能量传递和化学转换	佟振合、吴骊珠、张丽萍等
11	过渡金属炔基及硫属簇配合物的分子设计及其发光性能的研究	任咏华
12	新型手性配体的设计、制备及其在不对称催化反应中的应用	陈新滋、范青华、蒋耀忠等
13	具有特殊浸润性(超疏水/超亲水)的二元协同纳米界面材料的构筑	江雷、翟锦、宋延林等
14	甲烷直接催化脱氢转化为芳烃和氢新反应的研究	徐奕德、谢茂松、包信和等
15	气候数值模式、模拟及气候可预报性研究	曾庆存、王会军、林朝晖等
16	有毒难降解有机污染物光催化降解机理的研究	赵进才、余济美、沈涛等
17	典型化学污染物环境过程机制及生态效应	徐晓白、王连生、戴树桂等
18	中国土壤系统分类研究	龚子同、雷文进、陈志成等
19	分散元素矿床和低温矿床成矿作用	涂光炽、高振敏、胡瑞忠等
20	黄土丘陵沟壑区土地利用与土壤侵蚀	傅伯杰、刘宝元、陈利顶等
21	膜脂/蛋白相互作用:蛋白质在膜脂作用下结构与功能变化	隋森芳、王宏伟、武一等
22	提高作物养分资源利用效率的根际调控机理研究	张福锁、李晓林、李春俭等
23	核糖体失活蛋白与核糖体 RNA 结构与功能的研究	刘望夷、张劲松、刘仁水等

续表

序号	项 目 名 称	主要完成人
24	哺乳动物有性和无性生殖的实验胚胎学研究	陈大元、孙青原、李光鹏等
25	心房颤动分子遗传学和细胞电生理学研究	陈义汉、徐世杰、黄薇等
26	鼻咽癌分子遗传学研究	曾益新、方嫵、邵建永等
27	母亲血浆中胎儿核酸的探索与应用	卢煜明
28	肝细胞生成素等人胎肝来源新基因的系列研究	贺福初、张成岗、李勇等
29	中国不同民族永生细胞库的建立和中华民族遗传多样性的研究	褚嘉佑、徐玖瑾、傅松滨等
30	碲镉汞薄膜的光电跃迁及红外焦平面材料器件研究	褚君浩、何力、李言谨等
31	光折变新效应、机理与器件的研究	许京军、张光寅、刘思敏等
32	氧化物辅助合成一维半导体纳米材料及应用	李述汤、张亚非、王宁等
33	掺氮直拉硅单晶氮及相关缺陷的研究	杨德仁、马向阳、李东升等
34	非均质材料显微结构与性能关联:理论及实践	南策文
35	几种铁电薄膜及配套氧化物电极材料的研究	刘治国、李爱东、吴迪等
36	粒子与光电材料相互作用的应用基础研究	王克明、王忠烈、时伯荣等
37	工程气固两相流动中若干关键基础问题的研究	樊建人、岑可法、周昊等
38	离散与混合生产制造系统的优化理论与方法研究	管晓宏、陈浩勋、翟桥柱等

## 附件 2 2006 年度国家自然科学奖目录

### 一等奖

序号	项目名称	主要完成人
1	介电体超晶格材料的设计、制备、性能和应用	闵乃本、朱永元、祝世宁等
2	金属配合物中多重键的反应性研究	支志明

### 二等奖

序号	项目名称	主要完成人
3	结构拓扑优化中奇异最优解的研究	程耿东、郭旭、顾元宪
4	非线性优化的计算方法和理论	袁亚湘、戴彧虹
5	银河系磁场的研究	韩金林、乔国俊
6	超强激光与等离子体相互作用中超热电子的产生和传输	张杰、盛政明、李玉同等
7	开放骨架磷酸铝新结构类型的开拓	徐如人、于吉红、陈接胜等
8	磁性金属配合物的设计、结构与性质	高松、严纯华、陈志达等

续表

序号	项目名称	主要完成人
9	碳原子团簇的形成研究	郑兰荪、黄荣彬、谢素原等
10	金属参与的联烯化学中的选择性调控	麻生明、施章杰、赵士民等
11	岩石剩磁机理与古地磁场	朱日祥、张毅刚、潘永信等
12	珠江三角洲环境中毒害有机污染物研究	傅家谟、张干、麦碧娴等
13	大气污染中的瞬态物种的产生、结构和反应	王殿勋、孔繁敖、朱起鹤等
14	湖泊沉积与区域环境变化	王苏民、于革、沈吉等
15	海洋初级生产力结构及微型生物生态学研究	焦念志、王荣、杨燕辉等
16	构建神经系统信号传导复合体的结构基础	张明杰
17	蔬菜作物对非生物逆境应答的生理机制及其调控	喻景权、朱祝军、周艳虹等
18	线粒体基因组多样性与东亚人群历史的研究	张亚平、姚永刚、孔庆鹏等
19	单核苷酸多态与肿瘤的研究	林东昕、谭文、贺福初等
20	恶性肿瘤磷酸化调控的信号转导研究	王红阳、鄢和新、谈冶雄等
21	神经元 N 受体及其失敏态的药理毒理和病理生理学特征的系列研究	汪海、吴杰、刘传绩等
22	纠缠态光场及连续变量量子通信研究	谢常德、张靖、潘庆等
23	光场时-频域精密控制与超灵敏激光光谱研究	马龙生、毕志毅、陈扬骏等
24	一维纳米线及其有序阵列的制备研究	张立德、孟国文、李广海等
25	先进润滑材料制备与性能	刘维民、薛群基、王齐华等
26	单壁和双壁碳纳米管的制备和研究	成会明、李峰、刘畅等
27	碳纳米管宏观体的研究	吴德海、朱宏伟、韦进全等
28	振动控制系统的非线性动力学	胡海岩、王在华、金栋平
29	微动摩擦学研究	周仲荣、朱旻昊、陈光雄等

## 附件 3 2005 年度国家技术发明奖目录

### 一等奖

序号	项目名称	主要完成人
1	非晶态合金催化剂和磁稳定床反应工艺的创新与集成	宗保宁、闵恩泽、慕旭宏等

### 二等奖

序号	项目名称	主要完成人
2	时域同步正交频分复用数字传输技术(TDS-OFDM)	杨知行、杨林、龚克等
3	水稻遗传多样性控制稻瘟病的原理与技术	朱有勇、陈海如、王云月等



续表

序号	项目名称	主要完成人
4	不结球白菜优异种质创新方法及其应用	侯喜林、刘惠吉、曹寿椿等
5	卵寄生蜂传递病毒防治害虫新技术	彭辉银、陈新文、姜芸等
6	落叶松单宁酚醛树脂胶粘剂的研究与应用	张齐生、孙达旺、孙丰文等
7	主要海水养殖动物多倍体育种育苗和性控技术	相建海、王如才、王子臣等
8	泡沫复合驱油技术	王德民、程杰成、吴军政等
9	海参自溶酶技术及其应用	朱蓓薇、张彧、侯红漫等
10	重要含硫食用香料的研制	孙宝国、郑福平、田红玉等
11	耦合工艺生产 $\gamma$ -丁内酯和 2-甲基咪唑的研究及应用	朱玉雷、李永旺、曹立仁等
12	d-生物素的不对称全合成生产新技术	陈芬儿、陈建辉、顾立新等
13	面向超细颗粒悬浮液固液分离的陶瓷膜设计与应用	徐南平、邢卫红、范益群等
14	聚烯烃用高效脱氧剂的研制与工业应用	张涛、邱长春、张俊香等
15	生产清洁燃料的高活性加氢精制催化剂的研制及工业应用	周勇、彭绍忠、魏登凌等
16	高性能低温烧结软磁铁氧体材料	周济、王晓慧、岳振星等
17	铁精矿复合粘结剂球团直接还原法	邱冠周、姜涛、叶匡吾等
18	复杂型腔工模具表面硬质薄膜材料制备成套设备及关键工艺技术	徐可为、陶冶、马胜利等
19	黑体空腔钢水连续测温方法与传感器	谢植、次英、孟红记等
20	钒氮合金产品研发及产业化技术研究	孙朝晖、周家琮、邓孝伯等
21	含砷难处理金银精矿的催化氧化酸浸湿法冶金新工艺体系及工业开发	杜勤业、李学强、夏光祥等
22	螺旋式浮环密封装置	王玉明
23	压电石英现代测试理论、方法、系列化新型测量仪及其应用	孙宝元、钱敏、郭东明等
24	滴灌灌水器基于迷宫流道流动特性的抗堵设计及一体化开发方法	卢秉恒、赵万华、吴普特等
25	宽带无线网络 WAPI 安全技术	张变玲、王育民、黄振海等
26	盐类矿床群井致裂控制水溶开采方法及其应用	赵阳升、梁卫国、杨栋等
27	扫描电声显微镜及其相关器件和材料	殷庆瑞、钱梦霖、罗豪甦等
28	基于 MEMS 的载体测控系统及其关键技术研究	周兆英、朱荣、熊沈蜀等
29	S-150 型超高速等待式分幅摄影机	李景镇、刘宁文、孙凤山等
30	亚 30 纳米 CMOS 器件相关的若干关键工艺技术研究	徐秋霞、钱鹤、韩邦生等
31	虹膜图像获取与识别技术	谭铁牛、王蕴红、马力等
32	铬盐清洁工艺与集成技术	李佐虎、张懿、齐涛等
33	臭氧催化氧化除污染技术	马军、陈忠林、张立秋等
34	肿瘤放疗增敏药:甘氨酸唑钠	郑秀龙、孟祥顺、杨立锡等

## 附件 4 2006 年度国家技术发明奖目录

序号	项目名称	主要完成人
1	高油玉米种质资源与生产技术系统创新	宋同明、陈绍江、苏胜宝等
2	谷秆两用稻的选育及其秸秆高效利用技术	郑金贵、陈君琛、黄勤楼等
3	大豆细胞质雄性不育及其应用	孙寰、赵丽梅、王曙明等
4	农林废弃物生物降解制备低聚木糖技术	余世袁、勇强、徐勇等
5	鱼类种质低温冷冻保存技术的建立与应用	陈松林、章龙珍、张士瑾等
6	浅海底管缆电缆检测与维修装置	何生厚、孙东昌、田海庆等
7	均匀广谱伪随机电磁法理论及应用	何继善、柳建新、白宜城等
8	玉米芯酶法制备低聚木糖	李里特、程少博、石波等
9	茄尼醇高效提取纯化生产新工艺	祖元刚、杨磊、付玉杰等
10	高分子制版感光材料	潘跃进、杨成龙、吴建华等
11	创制高效杀菌剂啉菌噻唑及其产业化	程春生、张立新、张宗俭等
12	异丁烯可控阳离子聚合与丁基橡胶聚合新工艺技术	吴一弦、姜森、冯志豪等
13	大幅面数码喷墨染料及其应用	彭孝军、崔京南、张蓉等
14	热致前胆甾和胆甾液晶聚合物材料及其应用	张宝砚、孟凡宝、贾迎钢等
15	使用单层分散型 CuCl <sub>2</sub> /分子筛吸附剂分离一氧化碳技术	谢有畅、唐有祺、张佳平等
16	固相化学反应器及其在高分子材料制备和加工中的应用	徐僖、王琪、卢灿辉等
17	稀土激活新型硅酸盐发光材料及应用	肖志国、罗昔贤、于晶杰等
18	高性能低热硅酸盐水泥(高贝利特水泥)的制备及应用	隋同波、文寨军、刘克忠等
19	高温抗磨材料制备技术及其应用	邢建东、符寒光、高义民等
20	强化烧结法氧化铝生产工艺	李小斌、刘祥民、程裕国等
21	铝液净化及铝合金耐压壳体制造工艺技术	丁文江、孙宝德、翟春泉等
22	RTO 金属包埋切片微米—纳米表征法	方克明、李松年、何季麟等
23	纳米氧化物浓缩浆与纳米复合涂料	韩恩厚、刘福春、柯伟等
24	耐高温压力传感器设计、制造关键技术及系列产品开发	蒋庄德、赵玉龙、赵立波等
25	地面机械脱附减阻仿生技术	任露泉、佟金、丛茜等
26	高性能多通道空气动力负载模拟器系列	焦宗夏、王少萍、王晓东等
27	基于定转子齿槽效应转矩机理的电动机	程树康、崔淑梅、李立毅等
28	深冷混合工质节流制冷技术及其应用	吴剑峰、罗二仓、公茂琼等
29	低能离子束细胞修饰技术和装置	余增亮、吴跃进、吴李君等
30	硅基 MEMS 技术及应用研究	王阳元、张大成、郝一龙等

续表

序号	项目名称	主要完成人
31	基于动力学研究的新型微波化学反应器关键技术及应用	黄卡玛、唐建华、陈星等
32	激光视觉在线动态测量系统及关键技术	张广军、周富强、魏振忠等
33	亚伟中文速录机技术与装置	唐亚伟
34	高效数字视频编解码技术及其在国际标准与国家标准中的应用	高文、赵德斌、吴枫等
35	LB多向变位桥梁伸缩装置	徐斌、吕忠达、帅长斌等
36	砷预冷二次风冷骨料技术研究与应用	龙慧文、张文科、戴荣华等
37	钕铁硼永磁发电装置可控整流稳压技术及其应用	张学义、任传波、邹黎等
38	双循环流化床烟气脱硫技术	马春元、董勇、徐夕仁等
39	近视眼手术微型角膜刀系统的关键技术及应用	褚仁远、周行涛、张宝华等
40	超临界二氧化碳萃取中药有效成分产业化应用技术	李大鹏
41	新头孢菌素——头孢硫脒	王文梅、谢彬、李忠思等

## 附件 5 2005 年度国家科学技术进步奖目录

### 一等奖

序号	项目名称	主要完成人
1	新一代港口集装箱起重机关键技术研发与应用	田洪、费国、符敦鉴等
2	印水型水稻不育胞质的发掘及应用	张慧廉、邓应德、彭应财等
3	H5 亚型禽流感灭活疫苗的研制及应用	于康震、陈化兰、田国彬等
4	西南“三江”铜、金、多金属成矿系统与勘查评价	李文昌、潘桂棠、侯增谦等
5	塔里木盆地高压凝析气田开发技术研究及应用	孙龙德、王家宏、宋文杰等
6	宝钢高等级汽车板品种、生产及使用技术的研究	谢企华、李海平、王利等
7	铁道机车车辆—轨道耦合动力学理论体系、关键技术及工程应用	翟婉明、蔡成标、王开云等
8	CDZS 系列空中交通管制中心系统	游志胜、杨国庆、杨红雨等
9	中国西南高边坡稳定性评价及灾害防治	黄润秋、张倬元、王士天等
10	成人右叶活体肝移植	范上达、卢宠茂、廖子良等

## 二等奖

序号	项目名称	主要完成人
11	高产优质面条小麦新品种济麦 19 选育和面条品质遗传改良研究	赵振东、刘建军、宋建民等
12	禾谷多黏菌及其传播的小麦病毒种类、发生规律和综合防治技术应用	陈剑平、周益军、陈炯等
13	农药残留微生物降解技术的研究与应用	李顺鹏、崔中利、沈标等
14	入侵害虫蔬菜花斑虫的封锁与控制技术	张润志、王春林、刘晏良等
15	优良玉米自交系综 3 和综 31 的选育与利用	戴景瑞、谢友菊、刘占先等
16	广西三号、广西五号无籽西瓜新品种选育与应用推广	李文信、洪日新、李天艳等
17	番茄高效育种技术及优质、多抗、丰产系列专用新品种选育与推广	李景富、许向阳、王富等
18	玉米高产优质高效生态生理及其技术体系研究与应用	董树亭、王空军、胡昌浩等
19	籼粳亚种间优良杂交稻金优 207 的选育与应用研究	王三良、许可、刘建兵等
20	优质高产芝麻新品种豫芝 11 号及规范化栽培模式研究	张海洋、卫双玲、卫文星等
21	新型秸秆揉切机系列产品研制与开发	韩鲁佳、刘向阳、夏建平
22	主要作物硫钙营养特性、机制与肥料高效施用技术研究	周卫、李书田、林葆等
23	水稻耐热、高配合力籼粳交恢复系沪恢 17 的创制与应用	况浩池、郑家奎、左永树等
24	棉花规模化转基因技术体系平台建设及其应用	李付广、喻树迅、郭三堆等
25	西北地区农业高效用水技术与示范	吴普特、汪有科、冯浩等
26	裸露坡面植被恢复综合技术研究	韩烈保、徐国钢、周德培等
27	枸杞新品种选育及配套技术研究与应用	钟銓元、李润淮、许兴等
28	鹅掌楸属种间杂交育种与杂种优势产业化开发利用	施季森、王章荣、季孔庶等
29	南方型杨树(意杨)木材加工技术研究 with 推广	周定国、张齐生、华毓坤等
30	提高大熊猫繁育力的研究	张和民、王鹏彦、张贵权等
31	林木种质资源收集、保存与利用研究	顾万春、刘红、夏良放等
32	海湾系统养殖容量与规模化健康养殖技术	唐启升、方建光、孟田湘等
33	长江中下游湖群渔业资源调控及高效优质模式	李钟杰、解绍启、崔奕波等
34	猪重要经济性状功能基因的分选、克隆及应用研究	黄路生、任军、丁能水等
35	伪狂犬病基因缺失疫苗的研究与应用	郭万柱、娄高明、徐志文等
36	中国儿童百科全书	吴希曾、贺晓兴、程力华等
37	现代武器装备知识丛书	汪致远、刘成海、孙家栋等
38	数学家的眼光	张景中
39	全球变化热门话题丛书	秦大河、丁一汇、毛耀顺
40	院士科普书系	叶笃正、汪成为
41	《相约健康社区行巡讲精粹》丛书	殷大奎、王陇德、万承奎等

续表

序号	项目名称	主要完成人
42	解读生命丛书之《人类进化足迹》、《大脑黑匣揭秘》	吴新智、陈宜张、赵仲龙等
43	百万吨级海上油田浮式生产储运系统研制与开发	周守为、李宁、姚德彬等
44	中国海岸带环境遥感监测与信息系统技术集成及其应用	周成虎、蒋兴伟、侯一筠等
45	空间数据自动综合技术及应用工程	郭仁忠、刘耀林、艾廷华等
46	油气资源评价新技术与油气勘探效果	贾承造、赵文智、胡素云等
47	陆相水驱油藏剩余油富集区研究与开发	李阳、王端平、刘建民等
48	深层盐膏岩蠕变规律及其在石油工程中的应用	杨春和、曾义金、邓金根等
49	油气勘探和储层预测新技术	王尚旭、姚逢昌、撒利明等
50	陆相湖盆层序地层学研究及其在油气勘探开发中的应用	姜在兴、蔡希源、操应长等
51	螺杆泵采油配套技术	王玉普、程杰成、王林等
52	迈卢特盆地快速发现大油田的配套技术与实践	童晓光、徐志强、窦立荣等
53	草浆的生物预漂白和酶法改性技术	陈嘉川、曲音波、杨桂花等
54	LR6 数码王电池和生产线的研发及产业化	谢红卫、钱靖、朱效铭等
6	稻米及其副产品高效增值深加工技术	姚惠源、陈正行、张晖等
5	大豆精深加工成套技术及关键设备	袁其朋、屈一新、赵会英等
57	乳链菌肽(NisinZ)的研究与开发	还连栋、沈颜新、范悠然等
58	二醋酸纤维素浆液精细过滤及高密度生产技术研究	陈旭东、杨占平、王振寰等
59	离子洗涤技术在全自动洗衣机上的应用	曹春华、吕佩师、陈录城等
60	化纤长丝纺丝机机电一体化关键装置	周全忠、束学遂、钟向军等
61	提高织针性能和寿命的关键技术研究	朱世根、丁浩、季诚昌等
62	全自动电脑调浆系统	许光明、柴展、金成春等
63	一锭多丝技术研究	冯涛、廖周荣、谢增颖等
64	异丙苯清洁生产成套技术的研发及工业应用	陈标华、曹钢、杨清雨等
65	年产 5 万吨级有机硅单体生产新技术及装备的开发研究	陈志法、郑重、汤庆成等
66	中压加氢裂化技术(RMC)的开发与工业应用	石亚华、杨清雨、熊霖霖等
67	大型高效搅拌槽/反应器的研究开发及工业应用	高正明、黄雄斌、马鑫等
68	单管四旋静态混合管式氯醇法环氧丙烷生产技术及装备	吴剑华、郭瓦力、肖林久等
69	新型阻燃热塑性树脂系列产品的开发及产业化	黄险波、李建军、蔡彤旻等
70	高效规整填料精馏塔技术及应用	余国琮、张鹏飞、许春建等
71	几种无机纳米材料的制备及应用研究	汪信、陆路德、杨绪杰等
72	年产 3 000 吨高质量毒死蜱技术开发与应用	徐振元、许丹倩、戴金贵等
73	水泥窑预热、预分解系统集成优化和工程应用	蔡玉良、季尚行、武守富等

续表

序号	项目名称	主要完成人
74	PCVD 工艺制备非零色散位移单模光纤和规模化生产的技术研究	张树强、韩庆荣、马泰等
75	重掺砷硅单晶及抛光片	屠海令、周旗钢、王敬等
76	浮法玻璃生产过程工艺、检控与在线低辐射玻璃工业化生产技术开发	苑同锁、侯英兰、赵冰等
77	包钢 CSP 高效化生产技术与高性能钢带研究与开发	林东鲁、司永涛、李德刚等
78	济钢热能资源高效梯级综合利用技术开发	李长顺、温燕明、蔡漳平等
79	新型高抗挤套管与复合管柱技术	高德利、严泽生、刘一江等
80	立式烧结熔渗技术及制备自力型 CuW/CrCu 整体电触头的研究与应用	范志康、梁淑华、张文兵等
81	纳米铝粉包覆的复合型涂层材料	于月光、曾克里、任先京等
82	镍氢电池、电池组及相关材料产业化关键技术的研究与系统集成	吴锋、单忠强、方世璧等
83	一水硬铝石生产砂状氧化铝技术开发及推广应用	郭声琨、熊维平、顾松青等
84	首钢 3 500 mm 中厚板轧机核心轧制技术和关键设备研制	王青海、王国栋、姜尚清等
85	ZBM-A1200 型全自动包装机器人码垛生产线	孙立宁、钟奉金、谭建勋等
86	高精度热压氮化硅陶瓷球轴承	吴玉厚、张珂、富大伟等
87	CKX53160 数控单柱移动立式铣车床	张文桥、革非、邓亦清等
88	铝、镁合金微弧氧化系列设备及工艺技术研究开发	蒋百灵、孙强、孙俊图等
89	大型离心压缩机关键共性技术及在石化、冶金行业的应用	王尚锦、席光、安卫平等
90	在役重要压力容器寿命预测与安全保障技术研究	陈学东、李培宁、陈钢等
91	巨型精密模锻水压机高技术化与功能升级	黄明辉、吴运新、曾苏民等
92	汽车摩托车齿轮类零件冷摆辗精密成形关键技术及应用	华林、胡亚民、夏汉关等、
93	轿车覆盖件精益成形技术及其应用	林忠钦、陆匠心、蒋浩民等
94	大型旋转机械和振动机械重大振动故障治理与非线性动力学设计技术	陈予恕、黄文虎、闻邦椿等
95	三峡输变电工程用 500 kV 大容量输电线路技术研究	尤传永、毛庆传、徐乃管等
96	涡旋压缩机设计、制造关键技术研究及系列产品开发	李连生、束鹏程、卜高选等
97	全国电力二次系统安全防护体系的研究及实施	辛耀中、王益民、许慕樑等
98	HL-2A 装置工程研制	严建成、刘永、周才品等
99	大型压水堆核电站一回路主管道研制	张政通、陈勇、曾正涛等
100	以软交换为核心的 U-SYS 技术	张宏彬、丁耘、刘波等
101	实用化介质膜滤光片型 DWDM 器件研究	许远忠、胡强高、马琨等

续表

序号	项目名称	主要完成人
102	IPv6 核心路由器	吴建平、徐明伟、赵有健等
103	牵引供电自动化系统成套技术及应用	陈小川、高仕斌、王韧等
104	磨机负荷优化控制共性技术的研究与开发应用	张彦斌、贾立新、崔栋刚等
105	大型精对苯二甲酸生产过程智能建模、控制与优化技术	钱锋、钱积新、邢建良等
106	铁路大跨度钢管混凝土拱桥新技术研究	马庭林、陶建山、杨谨华等
107	上海卢浦大桥设计与施工关键技术研究	林元培、丁浩、王莲玲等
108	海上长桥整孔箱梁运架技术及装备	秦顺全、高宗余、周孟波等
109	长大隧道全断面岩石掘进机掘进技术研究与应用	杜彦良、刘春、彭道富等
110	大跨径钢箱梁斜拉桥关键技术研究	陈明宪、戴永宁、黄卫等
111	混凝土泵送关键技术研究开发与应用	易小刚、吴冬香、欧汝滨等
112	建筑工程施工管理技术研究与应用	姚先成、孔庆平、吴建斌等
113	山地城市生态化规划建设关键技术与应用	黄光宇、张兴国、黄天其等
114	世界第一高隧——青藏铁路多年冻土带风火山隧道施工技术	况成明、任少强、谭忠盛等
115	城市水生态系统建设与生态修复理论技术及应用	王超、王沛芳、吴东敏等
116	节水农业技术研究与应用	钱蕴璧、许迪、徐茂云等
117	长江三峡二期工程船闸关键技术研究与实践	郑守仁、钮新强、宋维邦等
118	大型水利水电工程可视化仿真技术及其工程应用	钟登华、张社荣、刘东海等
119	碾压混凝土拱坝筑坝配套技术研究	郭勇、钟永江、陈秋华等
120	交流传动系统及其高性能控制技术的研究与应用	丁荣军、冯江华、陈高华等
121	机场行李自动分拣系统	毛刚、蒋祥枫、张向民等
122	公路养护关键技术及系列装备的研究	潘玉利、王松根、呼六福等
123	天津港深水航道、港池、泊位适航水深应用与水深动态维护研究	黄力军、丁乃庆、刘富强等
124	基于本体的交通系统驾驶员个性化培训技术开发及标准化	金会庆、宋扬、张树林等
125	煤矿极易离层破碎型顶板预应力控制理论研究及工程应用	袁亮、张农、赵奇等
126	潮湿细粒煤炭深度筛分技术	赵跃民、刘初升、张成勇等
127	煤矿巷道高效安全支护成套技术创新体系及应用	康红普、王金华、张明安等
128	高瓦斯易燃煤层高产高效综放面瓦斯综合治理技术研究与应用	李宝玉、王体轩、张福喜等
129	散体动力学应用技术研究	吴爱祥、阳雨平、姚志华等
130	神光Ⅱ高功率激光实验装置	林尊琪、范滇元、王世绩等
131	纳米磁电子信息功能材料	张怀武、兰中文、刘颖力等

序号	项目名称	主要完成人
132	井下工具检测技术及试验平台的研究与开发	胡小唐、刘合、刘喜林等
133	高精度大口径天文镜面磨制技术	崔向群、高必烈、李新南等
134	软件过程服务技术及集成管理系统	李明树、王青、武占春等
135	公开密钥基础设施技术研究与应用	冯登国、荆继武、向继等
136	决策应用软件开发平台 SmartDecision	陈晓红、罗新星、胡东波等
137	国家信息安全应用示范关键技术研究与应用(S219 工程)	诸鸿文、李建华、张世永等
138	面向领域的软件生产平台 SoftProLine	怀进鹏、张文焱、刘旭东等
139	人脸识别理论、技术、系统及其应用	高文、张青、山世光等
140	国家网格主结点——联想深腾 6 800 超级计算机	祝明发、肖利民、孙育宁等
141	空间信息网络服务技术及产业化	龚健雅、李清泉、朱欣焰等
142	国家术语、图形符号标准体系建设	于欣丽、白殿一、陈玉忠等
143	压力管道安全检测与评价技术研究	陈钢、钟群鹏、李培宁等
144	克拉玛依地区新绿洲建设综合技术开发与示范	陈亚宁、邱长林、潘存德等
145	生物固锰除锰机理与生物除铁除锰工程技术	张杰、霍明昕、杨宏等
146	有色金属工业重金属废水重复利用综合技术研究	罗胜联、殷志伟、王辉等
147	三峡水库淹没区固体废弃物污染治理专项技术研究	李晓红、王里奥、黄真理等
148	寒区公路与隧道冻害预报和综合防治关键技术	赖远明、吴青柏、吴紫汪等
149	世界首报中国人人类染色体异常核型遗传资源保藏及 B/S 模式共享体系	夏家辉、李麓芸、梁德生等
150	胃、十二指肠镜微创技术的研究与应用	李兆申、许国铭、孙振兴等
151	全长膈神经移位与颈 7 移位治疗臂丛根性撕脱伤	顾玉东、徐建光、徐文东等
152	耳外科神经功能的保护和重建	王正敏、李华伟、迟放鲁等
153	脑血管畸形的外科治疗及其形成和破裂出血机制的研究	赵继宗、王硕、赵元立等
154	特发性脊柱侧凸的系列研究及临床应用	邱贵兴、翁习生、仇建国等
155	我国大肠癌高危人群防治的基础与临床应用研究	郑树、张苏展、陈坤等
156	遗传性进行性肾炎(Alport 综合征)从临床到基因诊断的系列研究	丁洁、杨霁云、王芳等
157	疑难先心病外科治疗的临床和基础系列研究	吴清玉、沈向东、李守军等
158	亲体肝移植治疗 Wilson's 病基础及临床研究	王学浩、张峰、李相成等
159	三维超声成像的方法学和临床应用研究	王新房、张梅、谢明星等
160	危重婴幼儿先天性心脏病的急诊外科技术研究	苏肇伉、丁文祥、徐志伟等
161	影像学和介入放射学新技术在肝癌诊断和治疗中的系列研究	周康荣、王建华、严福华等



续表

序号	项目名称	主要完成人
162	严重创伤致重要内脏缺血性损伤主动修复的基础与应用研究	付小兵、黎君友、盛志勇等
163	四部医典的整理和推广应用	措如·才朗
164	抗药性恶性疟防治药青蒿素复方的研发与应用	李国桥、张美义、焦岫卿等
165	益气升陷法在病毒性心肌炎中的应用与研究	曹洪欣、郭书文、张华敏等
166	中西医结合治疗 SARS 临床研究	刘保延、翁维良、王融冰等
167	OUR-QGD 型立体定向伽玛射线全身治疗系统(全身伽玛刀)	段正澄、罗立民、夏廷毅等
168	一类新药再畅片剂	殷晓进、吴海峰、任晋生等
169	环孢菌素 A 生产新工艺关键技术及其应用	陈代杰、吴晖、李继安等
170	肝癌放射免疫靶向药物及其靶分子 HAb18G/CD147 的研究和应用	陈志南、米力、朱平等
171	准分子激光视觉光学矫正关键技术及其装备	廖文和、贺极苍、沈建新等
172	新型基因工程霍乱疫苗	马清钧、刘传喧、于秀琴等
173	我国优秀运动员竞技能力状态的诊断和监测系统的研究与建立	王清、李国平、丁雪琴等
174	广东省传染性非典型肺炎(SARS)防治研究	钟南山、许锐恒、管轶等
175	SARS 病原学及其防控系列研究	祝庆余、秦鄂德、曹务春等

## 附件 6 2006 年度国家科学技术进步奖目录

## 一等奖

序号	项目名称	主要完成人
1	歼十飞机工程	宋文骢等
2	竹质工程材料制造关键技术研究与示范	江泽慧、费本华、张齐生等
3	海相深层碳酸盐岩天然气成藏机理、勘探技术与普光大气田的发现	马永生、郭旭升、朱铨等
4	年产 45 000 吨粘胶短纤维工程系统集成化研究	逢奉建、曹其贵、陈孟和等
5	高端硅基 SOI 材料研发和产业化	王曦、林成鲁、张苗等
6	超薄浮法玻璃成套技术与关键设备在电子玻璃工业化生产开发应用	姜宏、倪植森、任红灿等
7	鞍钢 1 780 mm 大型宽带钢冷轧生产线工艺装备技术国内自主集成与创新	刘玠、姚林、肖白等

续表

序号	项目名称	主要完成人
8	10兆瓦高温气冷实验反应堆	王大中、吴宗鑫、徐元辉等
9	展芯 GSM/GPRS 手机核心芯片关键技术的研制和开发	武平、卢斌、朱雄伟等
10	先进机载合成孔径雷达关键技术与装备的开发及应用	吴一戎、丁赤勋、房建成等
11	NIM4 激光冷却——铯原子喷泉时间频率基准装置的研究	李天初、李明寿、林平卫等
12	转移性人肝癌模型系统的建立及其在肝癌转移研究中的应用	汤钊猷、李雁、刘银坤等

## 二等奖

序号	项目名称	主要完成人 主要完成单位
13	宁夏干旱地区节水灌溉关键技术研究与应用	田军仓、徐宁红、孙兆军等
14	优质高效型油菜中双 9 号的选育及其重要性状的分子基础研究	王汉中、刘贵华、郑元本等
15	甜、辣椒优异种质创新与新品种选育	张宝玺、郭家珍、杨桂梅等
16	高油高产多抗花生新品种国审豫花 15 号	张新友、汤丰收、董文召等
17	高产、优质、多抗、广适棉花杂交种——中棉所 29 选育及推广应用	邢朝柱、郭立平、王海林等
18	中国橡胶树主栽区割胶技术体系改进及应用	许闻猷、魏小弟、张鑫真等
19	大白菜游离小孢子培养技术体系的创建及其应用	张晓伟、蒋武生、耿建峰等
20	柑橘优异种质资源发掘、创新与新品种选育和推广	邓秀新、伊华林、郭文武等
21	高产稳产广适高效转基因抗虫杂交棉鲁棉研 15 号选育与产业化开发	李汝忠、郭三堆、董合忠等
22	小麦籽粒品质形成机理及调优栽培技术的研究与应用	曹卫星、郭文善、王龙俊等
23	高产、稳产、优质小麦品种川麦 107 及其慢条锈性研究	李跃建、朱华忠、宋荷仙等
24	野生与特色棉花遗传资源的创新与利用研究	王坤波、张香云、华金平等
25	杀虫活性物质苦皮藤素的发现与应用研究	吴文君、胡兆农、刘惠霞等
26	微生物农药发酵新技术新工艺及重要产品规模应用	朱昌雄、陈守文、宋渊等
27	小麦品质生理和优质高产栽培理论与技术	于振文、王东、张永丽等
28	小麦抗病生物技术育种研究及其应用	陈佩度、陆维忠、辛志勇等
29	西北地区农业高效用水原理与技术研究及应用	康绍忠、蔡焕杰、胡笑涛等
30	佳多农业害虫监测系统及灯光诱控技术研发与应用	张跃进、吕印谱、赵树英等
31	枣疯病控制理论与技术	刘孟军、周俊义、赵锦等
32	杉木遗传改良及定向培育技术研究	张建国、许忠坤、曾志光等
33	重大外来侵入性害虫——美国白蛾生物防治技术研究	杨忠岐、张永安、魏建荣等
34	沙漠化发生规律及其综合防治模式研究	慈龙骏、卢琦、刘世荣等

续表

序号	项目名称	主要完成人
35	我国专属经济区和大陆架海洋生物资源及其栖息环境调查与评估	唐启升、贾晓平、郑元甲等
36	动物性食品中药残留及化学污染物检测关键技术与试剂盒产业化	沈建忠、吴永宁、何方洋等
37	瘦肉型猪新品种(系)及配套技术的创新研究与开发	熊远著、邓昌彦、梅书棋等
38	海水生物活饵料和全熟膨化饲料的关键技术创新与产业化	严小军、吴天星、张邦辉等
39	主要海水养殖动物的营养学研究及饲料开发	麦康森、李爱杰、谭北平等
40	低洼盐碱地池塘规模化养殖技术研究与示范	董双林、段登选、谷孝鸿等
41	鸡传染性喉气管炎重组鸡痘病毒基因工程疫苗	童光志、王云峰、张绍杰等
42	书本科技馆	张承光、吕建华、许英
43	《野性亚马逊——一个中国科学家的丛林考察笔记》	张树义
44	身边的科学	刘振海、张德明、柴永广等
45	中国天鹅	忻迎一
46	协和医生答疑丛书	袁钟、彭南燕、向红丁等
47	《信息战冲击波》国防教育系列片	安卫国、刘冀蜀、李新生等
48	利用大豆饼粕生产大豆蛋白质纤维	李官奇
49	王洪军轿车钣金快速修复法	王洪军
50	金属检测和自动除铁新技术	韩明明
51	我国海域地质与资源调查评价	张洪涛、张海啟、张训华等
52	大庆外围油田年产 500 万吨原油有效开发技术研究与应用	王玉普、计秉玉、郭万奎等
53	2000 国家大地控制网	陈俊勇、杨元喜、王敏等
54	中国中西部前陆盆地石油地质理论、勘探技术及油气重大发现	贾承造、宋岩、田军等
55	龙固主井(双井筒)近 600 m 钻井法凿井技术研究与应	苏景春、洪伯潜、张开顺等
56	渤海海域复杂油气藏勘探	邓运华、茹克、夏庆龙等
57	气体钻井技术研究与应	陈星元、吴仕荣、陈光等
58	千米埋深矿井建设技术及应用	马厚亮、张寿利、乔卫国等
59	化学驱提高石油采收率的研究与应用	沈平平、袁士义、廖广志等
60	中国冰川分布及资源调查	施雅风、王宗太、刘潮海等
61	煤矿冲击矿压电磁辐射监测预警技术与装备及其应用	何学秋、王恩元、窦林名等
62	亚洲石油地质特征与战略选区	金之钧、周玉琦、白国平等
63	柑橘加工技术研究与产业化开发	单杨、程绍南、吴厚玖等

序号	项目名称	主要完成人
64	以高产量、高转化率和高生产强度为目标的发酵过程优化技术	陈坚、堵国成、李寅等
65	啤酒高效低耗酿造技术的开发与应用	樊伟、董建军、周志娟等
66	乙烯基聚合物鞣剂组成结构与性能相关性的研究	马建中、吕生华、杨宗邃等
67	废纸生产低定量高级彩印新闻纸	李建华、曹振雷、陈嘉川等
68	塑料动态成型加工技术与装备	瞿金平、何和智、吴宏武等
69	SS-型数字化色选机	田明、张剑云、林茂先等
70	年产 20 万吨聚酯四釜流程工艺和装备研发暨国产化聚酯装置系列化	罗文德、周华堂、刘金宝等
71	PA6/PE 共混海岛法超细纤维及人造麂皮的系列化产品开发和产业化	王锐、王乐智、张大省等
72	热塑性高聚物基纳米复合功能纤维成形技术及制品开发	朱美芳、王华平、陈彦模等
73	生产满足欧Ⅲ标准汽油组分并增产丙烯技术的研发与工业应用	龙军、蔡智、戴宝华等
74	高分子量抗盐聚丙烯酰胺工业化生产技术的研发与应用	周云霞、李彦兴、索庆华等
75	催化裂化汽油辅助反应器改质降烯烃技术的开发和应用	高金森、徐春明、卢春喜等
76	高浓缩倍率工业冷却水处理及智能化在线(远程)监控技术	郑书忠、严泽生、张世忠等
77	重要农药、医药中间体的绿色化工生产技术集成	唐波、董育斌、王春先等
78	开发建设 10 万吨大型裂解炉	何细藕、宋嘉波、曾清泉等
79	苯酚烷基化清洁催化技术及工业应用	陈群、何明阳、秦金来等
80	烃类原料蒸汽转化制氢系列化催化剂及应用技术	郝树仁、程玉春、尹长学等
81	长链二元酸的研发与工业生产	陈远童、刘其永、王永和等
82	环境友好生产乙酰甲胺磷新工艺	罗和安、王良芥、刘平乐等
83	环保、节能型高性能混凝土外加剂的研究与应用	缪昌文、刘加平、冉千平等
84	350 KA 特大型预焙阳极铝电解槽研制开发及生产应用	杨晓东、李孟臻、刘松林等
85	富氧顶吹铜熔池熔炼技术	史谊峰、杨小琴、黄善富等
86	以铁水为原料生产不锈钢新技术开发与创新	王一德、李建民、徐芳泓等
87	国产 1 450 热连轧关键技术及设备研究与应用	焦景民、薛兴昌、张殿华等
88	热轧 H 型钢产品开发与应用技术研究	顾建国、高海建、施雄樑等
89	唐钢超薄热带生产线技术集成与自主创新	王天义、徐向启、刘明哲等
90	高性能铍系高温超导长带材的研制与开发	韩征和、刘庆、张劲松等
91	管—板式降膜蒸发器装备及工艺技术研究开发应用	李恩怀、王月清、柳健康等

续表

序号	项目名称	主要完成人
92	铜冷却壁制造与应用	刘水洋、杨天钧、余克事等
93	大功率轧机传动交变频调速系统及推广应用	李崇坚、李向欣、朱春毅等
94	铸铁材质参数液态在线智能检测与质量控制系统	杨善林、凌骥生、褚伟等
95	带钢轧机运行安全保障和生产环节智能控制	熊诗波、杨洁明、权龙等
96	车身结构及部件快速精细设计、制造分析 KMAS 软件系统	胡平、申国哲、张向奎等
97	制冷空调设备检测技术、装置及标准的研究与应用	樊高定、史敏、田旭东等
98	50 MW 煤气联合循环发电 CCGT 装置轴流与离心串联式煤气压缩机组	印建安、王仪田、陈党民等
99	基于智能计算的产品概念设计与虚拟样机技术研究及应用	魏小鹏、谭建荣、兆文忠等
100	无缝钢管减径产品工艺优化及其质量控制	杜凤山、刘玉文、臧新良等
101	马铃薯综合加工技术与成套装备研究开发	陈志、李树君、方宪法等
102	螺杆压缩机设计理论、关键技术及系列产品开发	邢子文、刘元璋、吴华根等
103	静止无功补偿器核心技术的研发及应用	汤广福、葛维春、张皎等
104	RCS-900 电力系统高压大容量主设备保护	郑玉平、陈松林、沈全荣等
105	循环流化床(CFB)锅炉关键技术的自主研发及应用	蒋敏华、孙献斌、李光华等
106	电能质量先进控制方法与装备及其工程应用	罗安、章兢、涂春鸣等
107	循环流化床锅炉本体和动态仿真关键技术的研究及产业化	岳光溪、李政、倪维斗等
108	火电厂厂级运行性能在线诊断及优化控制系统	刘吉臻、蒋敏华、何新等
109	3 毫米波段多谱线系统	杨戟、史生才、裴立本等
110	原油管道泄漏检测与定位技术	靳世久、钱建华、杨祖佩等
111	微波/毫米波芯片及多芯片组件关键技术研究与应用	恽小华、孙琳琳、楚然等
112	激光在线气体分析系统	王健、陈人、王欣等
113	微特电机用纳米晶复合永磁材料及其元器件研究与开发	刘颖、王永强、涂铭旌等
114	大口径主动光学实验望远镜装置	崔向群、苏定强、李国平等
115	数据业务管理平台设计与开发	李默芳、谢峰、魏冰等
116	基于 Internet、以构件库为核心的软件开发平台	杨美清、梅宏、谢冰等
117	全集成新一代工业自动化系统	孙优贤、王文海、皮道映等
118	曙光 4 000 系列高性能计算机	孙凝晖、孟丹、张佩珩等
119	分布交互仿真应用程序开发与运行平台	赵沁平、吴威、周忠等
120	汉王 OCR 技术及应用	刘昌平、刘迎建、李志峰等
121	混合智能优化控制技术及应用	柴天佑、马鸿烈、郑秀萍等

序号	项目名称	主要完成人
122	高速灌装生产线智能检测分拣成套装备研制及其推广应用	王耀南、张昌凡、孙炜等
123	天地网远程教育关键技术、系列产品及其应用	郑庆华、申瑞民、刘均等
124	东软 CT 关键技术及系列装置的研究与产业化	刘积仁、赵宏、郑全录等
125	大规模复杂生产过程智能调度与优化技术研究及应用	刘民、孙亮、吴澄等
126	新一代互联网高性能路由器	苏金树、卢泽新、王宝生等
127	报业数字资产管理系统	赵东岩、熊开宏、田朝飞等
128	金税工程增值税征管信息系统(简称“金税工程”)	许善达、夏国洪、张志凯等
129	对象化与主体化的软件协同技术、平台与应用	吕建、马晓星、陶先平等
130	农业专家系统研究及应用	赵春江、吴泉源、刘大有等
131	结构抗震防灾新技术研究及其工程应用	吕西林、周德源、卢文胜等
132	软硬不均地层及复杂环境隧道复合盾构的研制与掘进技术	万姜林、洪开荣、周世祥等
133	铁路线路大型养路机械成套装备技术与应用	胡斌、宋慧京、王建宏等
134	冷弯薄壁型钢住宅结构体系关键技术研究及产业化	周绪红、刘永健、周天华等
135	现代化体育场施工技术的研究	肖绪文、杨中源、陈桥生等
136	常导高速磁浮长定子轨道系统设计、制造和施工成套技术研究	吴祥明、刘武君、汪天翔等
137	国道 205 线滨州黄河公路大桥工程综合技术研究	杨永顺、李惠、张西斌等
138	混凝土桥梁施工期和使用期安全控制的关键技术	张建仁、李传习、颜东焯等
139	三峡库区巨型古滑坡稳态预测预报及信息化选址技术	何满潮、王旭春、姚爱军等
140	数字轨道交通工程集成建设关键技术及应用	丁烈云、刘玉华、骆汉宾等
141	南方山区特殊土公路路基处治关键技术研究及应用	赵明华、陈昌富、曹文贵等
142	黄河流域水资源演变规律与二元演化模型	王浩、贾仰文、王建华等
143	复杂岩体多场广义耦合理论及工程应用	周创兵、肖明、邓建辉等
144	流域水量调控模型及在黄河水量调度中的应用	王光谦、魏加华、孙广生等
145	中国暴雨统计参数图集	王家祁、刘九夫、刘国纬等
146	铁道机车车辆走行部理论研究与应用	张卫华、曾京、张红军等
147	民航机场生产运营指挥调度系统	黄荣顺、邓青春、罗晓等
148	ZPW-2000A 型无绝缘移频自动闭塞系统	赵自信、任国桥、张小群等
149	广州地铁二号线节能、环保和安全技术集成与应用	广州市地下铁道总公司、广州市地下铁道设计研究院、中铁电气化勘测设计研究院等
150	外高桥集装箱码头建设集成创新技术研究	陆海祜、宋海良、包起帆等
151	城市道路智能交通系统理论体系、关键技术及工程应用	杨兆升、姜桂艳、于德新等
152	国家皮划艇队训练创新和科技服务体系建设	韦迪、袁守龙、刘爱杰等

续表

序号	项目名称	主要完成人
153	50 kNm 扭矩标准装置	商维绿、李涛、陈永培等
154	堆肥环境生物与控制关键技术及应用	曾光明、黄国和、袁兴中等
155	新疆生态安全遥感监测与信息系统的技术集成和应用	陈曦、周成虎、杨辽等
156	饮用水质安全风险的末端控制技术与应用	曲久辉、刘俊新、杨敏等
157	大型火电厂烟气脱硫脱硝成套关键技术的开发与应用	孙克勤、顾华敏、彭祖辉等
158	生活垃圾循环流化床清洁焚烧发电集成技术	倪明江、严建华、岑可法等
159	中国地壳运动观测网络	马宗晋、陈鑫连、牛之俊等
160	我国梅雨锋暴雨遥感监测技术与数值预报模式系统	倪允琪、宇如聪、张文建等
161	严重急性呼吸综合征(SARS)的临床与基础研究	王辰、赵春惠、秦川等
162	调控肾脏细胞衰老的机制及保护措施的研究	陈香美、吴镛、孙雪峰等
163	胃癌及其癌前病变分子病理学机制与临床应用研究	辛彦、徐惠绵、张荫昌等
164	子宫内异位症的基础与临床研究	郎景和、李亚里、朴允尚等
165	恶性肿瘤流行趋势分析及预防的研究	郝希山、陈可欣、钱碧云等
166	血管内超声和多普勒技术在冠状动脉疾病诊治中的应用研究	葛均波、张运、朱文玲等
167	腹腔镜技术在泌尿外科的应用研究及推广	张旭、叶章群、欧阳金芝等
168	脊髓血管畸形的基础与临床研究	凌锋、张鸿祺、李萌等
169	人工耳蜗技术的临床应用及研究	韩德民、赵啸天、刘博等
170	葡萄膜炎发生及慢性化机制、诊断和治疗的研究	杨培增、王红、周红颜等
171	肾小球疾病免疫发病机制及治疗干预系列研究	余学清、叶任高、杨念生等
172	直肠癌全直肠系膜切除微创化保肛术与肿瘤微转移的临床应用研究	周总光、王存、于永扬等
173	重型肝炎/肝衰竭的基础与临床研究	王宇明、王英杰、顾长海等
174	新生儿听力筛查及干预的研究	沈晓明、孙晓明、许政敏等
175	下呼吸道感染的病原学及治疗对策研究	刘又宁、王睿、王辉等
176	严重烧伤救治新技术的基础与临床研究	黄跃生、吴军、彭曦等
177	络病理论及其应用研究	吴以岭、李叶双、贾振华等
178	方剂组方活性跟踪与配伍方法的建立与实践	李澎涛、罗国安、王庆国等
179	中药材三维定量鉴定及生产适宜性的系统研究	肖小河、陈士林、肖培根等
180	中医瘟疫研究及其方法体系构建	曹洪欣、翁维良、谢雁鸣等
181	经前期综合征病证结合临床、基础和研发与应用	乔明琦、张惠云、薛玲等
182	国家一类抗肝炎新药双环醇的研究	张纯贞、刘耕陶、李燕等
183	逆向动态适形调强放疗系统的研发与推广应用	于金明、李宝生、李红雨等
184	盐酸布替萘芬及其制剂的研究与开发	凌沛学、王淑华、贺艳丽等
185	一种冠脉药物洗脱支架设计与制造关键技术	常兆华、张一、罗七一

## 附件 7 2005 年度中国十大基础研究新闻

1. “神舟”6 号飞船载人航天飞行获得成功
2. 第四次珠穆朗玛峰综合科考取得丰硕成果
3. 我国首台基于自由电子激光的太赫兹辐射源出光
4. 提出了一种通用的纳米晶体合成策略——液体—固体—溶液界面相转移和相分离
5. 辽西发现可吞食恐龙的哺乳动物巨爬兽化石以及两种新的翼龙化石
6. 发现了银河系中心人马座 A\* 是超大质量黑洞的最新证据
7. 研制出新型铈基非晶结构材料——金属塑料
8. 观测发现太阳风源于日冕的漏斗状磁场结构
9. 贵州瓮安地区发现最古老的地衣化石
10. 发现蛋白激酶 GSK-3 $\beta$  控制了神经细胞极性的形成
11. 揭示了雌激素和三苯氧胺诱发子宫内膜癌分子机理

## 附件 8 2006 年度中国十大基础研究新闻

1. 北京正负电子对撞机上发现一个新粒子——X1835
2. 找到前寒武纪两侧对称动物演化的有力证据
3. 发现成熟森林土壤可持续积累有机碳
4. 发现一种可有效通过皮肤传送大分子药物的透皮短肽
5. 确定出果蝇识别和记忆图形重心高度和轮廓取向的脑区
6. 在光纤通信中成功实现一种抗干扰的量子密码分配方案
7. 研究证明人类干细胞可存活于山羊体内
8. 精确测量银河系英仙座旋臂距太阳系的距离
9. 研究发现神经元—胶质细胞间的突触具有长时程可塑性
10. 全超导托卡马克核聚变实验装置(EAST)成功实现物理放电实验