



2007-2008

# 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

学科发展报告综合卷:2007—2008/中国科学技术协会主编. —北京:  
中国科学技术出版社,2008.2

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-4856-3

I.学... II.中... III.科学技术-研究报告-中国-2007—2008  
IV.N12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 017800 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.kjbooks.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:13.25 字数:320 千字

2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:35.00 元

ISBN 978-7-5046-4856-3/N·112

---

(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)

# 2007—2008 学科发展报告综合卷

COMPREHENSIVE REPORT ON ADVANCES IN SCIENCES

## 学术组织机构

### 专 家 组

组 长 白春礼

副组长 陈赛娟 冯长根

成 员 (以姓氏笔画为序)

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

### 编 写 组

组 长 陈运泰

副组长 苏 青

委 员 (以姓氏笔画为序)

万建民	王崑声	王飞跃	毛其智	付满昌
任胜利	刘 琳	李党生	李立明	杨文志
杨文鹤	吴 超	何少苓	肖 宏	张 宁
张双南	金红光	周益林	郑大钟	赵 明
祝 旅	聂玉昕	倪汉祥	徐伟宣	高德利
渠时远	游苏宁	路长林	鲍云樵	裴 钢

### 学 术 秘 书

刘兴平	黄 珏	张国友	胡春华	王安宁
许 英				

# 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。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。

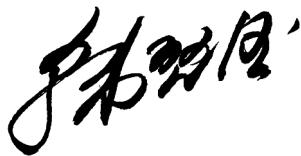
继2006年中国科协组织中国力学学会等30个全国学会开展30个相应一级学科发展研究,并编辑出版中国科协学科发展研究系列报告之后,2007年又组织了中国物理学会等22个全国学会,分别对物理学、天文学、海洋科学、生物学、管理科学与工程、水利、工程热物理、控制科学与工程、航天科学技术、核科学技术、石油与天然气工程、能源科学技术、安全科学与工程、园艺学、畜牧兽医科学、植物保护学、作物学、公共卫生与预防医学、城市科学、车辆工程等20个学科的发展状况进行了系统的研究,并编辑出版了学科发展研究系列报告(2007—2008)。在各分卷报告基础上,组织有关专家编撰了全面反映上述20个学科发展状况的综合报告——《学科发展报告综合卷(2007—2008)》。

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

贯彻落实科教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21卷、600多万字构成的系列学科发展报告(2007—2008),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,体现学科发展研究的前沿性;报告根据本学科发展现状、动态、趋势以及国际比较和战略需求,展望本学科的发展前景,提出本学科发展的对策和建议,体现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”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



2008年2月

# 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。中国科学技术协会(以下简称中国科协)2006年开始启动学科进展研究与学术建设发布项目,2007年又组织中国物理学会等22个全国学会,分别就物理学、天文学、海洋科学、生物学、管理科学与工程、水利、工程热物理、控制科学与工程、航天科学技术、核科学技术、石油与天然气工程、能源科学技术、安全科学与工程、园艺学、畜牧兽医科学、植物保护学、作物学、公共卫生与预防医学、城市科学、车辆工程等20个学科的发展状况进行了系统研究,编辑出版了学科发展研究系列报告(2007—2008)。

《学科发展报告综合卷(2007—2008)》(以下简称《综合卷》)是受中国科协学会学术部委托,由中国科协学会服务中心组织有关专家学者在上述20个学科发展报告的基础上编写而成。《综合卷》分4个部分:第一部分在综合分析物理学等20个学科发展报告的基础上,归纳总结了学科发展的如下特点和趋势:基础研究呈现较快发展态势,战略需求引领学科快速发展,科技创新提升国家竞争潜能,成果应用促进国民经济建设,交流合作增添学科发展活力,重大突破尚待理论方法创新;第二部分简要介绍了20个学科发展报告的主要内容;第三部分为20个学科发展报告主要内容的英文介绍;第四部分为2007年度与学科进展有关的我国主要科技成果资料。

《综合卷》编写组由包括中国科协学会与学术工作专门委员会委员和中国物理学会等22个全国学会选派的专家学者,以及中国科协有关部门单位的领导组成。《综合卷》集中了各学科专家学者的智慧,对物理学等20个学科的发展情况进行了综合评述,具有较强的权威性和学术性。中国科协学术与学会工作专门委员会对本报告进行了审定。

需要说明的是,《综合卷》是在《物理学学科发展报告》等20个学科发展报告的基础上综合而成的,只能概括部分学科的进展情况和综合发展态势,不能反映我国自然科学与技术学科发展的全貌。除个别二级学科外,《综合卷》第二部分学科排序根据所属全国学会在中国科协代码顺序排列。鉴于各学科分报告均列出了所引用的参考文献,《综合卷》不再重复列出相应的引用参考文献。

受中国科协学会学术部委托,中国科协学会服务中心承担了《综合卷》相关资料的收集整理、综合报告的组织起草、相应文稿的汇总修订等工作;中国科学技术出版社为《综合卷》的出版付出了辛勤的劳动。在此,谨向上述部门、

单位所有参与《综合卷》编撰、出版工作的同志表示诚挚的谢意!

2008年恰逢中国科协成立50周年,中国物理学会等22个全国学会以及本编写组全体人员奉上21卷《学科发展研究系列报告(2007—2008)》以示庆贺。

由于《综合卷》涉及的学科面广,加上编写时间非常短,虽经多方努力,仍难免存在各学科报告结构不尽一致等问题或其他不足,敬请读者指正。

《学科发展报告综合卷(2007—2008)》编写组

2008年3月

# 目 录

序 .....	韩启德
前言 .....	《学科发展报告综合卷(2007—2008)》编写组

## 第一章 学科发展综合评述

第一节 基础研究呈现较快发展态势 .....	3
第二节 战略需求引领学科快速发展 .....	6
第三节 科技创新提升国家竞争潜能 .....	9
第四节 成果应用促进国民经济建设 .....	11
第五节 交流合作增添学科发展活力 .....	14
第六节 重大突破尚待理论方法创新 .....	16

## 第二章 相关学科进展与趋势

第一节 物理学 .....	21
第二节 天文学 .....	25
第三节 海洋科学 .....	32
第四节 生物学 .....	36
第五节 管理科学与工程 .....	42
第六节 水利 .....	46
第七节 工程热物理 .....	52
第八节 控制科学与工程 .....	56
第九节 航天科学技术 .....	62
第十节 核科学技术 .....	68
第十一节 石油与天然气工程 .....	73
第十二节 能源科学技术 .....	79
第十三节 安全科学与工程 .....	84
第十四节 园艺学 .....	89
第十五节 畜牧、兽医科学 .....	95
第十六节 植物保护学 .....	100
第十七节 作物学 .....	107
第十八节 公共卫生与预防医学 .....	112
第十九节 城市科学 .....	117
第二十节 车辆工程 .....	123



### 第三章 学科发展报告(2007—2008)简介(英文)

1. Physics .....	131
2. Astronomy .....	133
3. Ocean Science .....	136
4. Biological Sciences .....	138
5. Management Science and Engineering .....	142
6. Hydroscience .....	144
7. Engineering Thermophysics .....	146
8. Control Science and Engineering .....	150
9. Space Science and Technology .....	153
10. Nuclear Science and Technology .....	157
11. Petroleum Engineering .....	159
12. Energy Science and Technology .....	161
13. Safety Science and Engineering .....	164
14. Horticultural Science .....	166
15. Animal and Veterinary Science .....	168
16. Plant Protection .....	171
17. Crop Science .....	173
18. Public Health and Preventive Medicine .....	175
19. Urban Science .....	178
20. Automotive Engineering .....	181

#### 附件 2007 年度与学科进展相关的主要科技成果

附件 1 2007 年度国家自然科学奖获奖目录 .....	189
附件 2 2007 年度国家技术发明奖(通用项目)获奖目录 .....	190
附件 3 2007 年度国家科学技术进步奖获奖目录 .....	192
附件 4 2007 年度中国十大基础研究新闻 .....	199

近代历史表明,世界格局的变迁,国家间竞争实力的消长,主要源于科学技术的发展和创新能力变化。进入 21 世纪,科学技术的发展不仅和人类的经济活动关系密切,而且也渗透到人们日常生活的各个角落。今天,人类所面临的人口增长、能源短缺、环境污染、贫富差距加剧等重大问题,都向科学技术提出了严峻挑战,而科学技术的发展将为解决或减缓这些问题做出贡献。作为中国科学技术工作者的群众组织,国家推动科学技术事业发展的重要力量,中国科学技术协会组织开展学科发展研究及发布活动,无疑是探索学科发展规律、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、推进科学技术进步的一项重要举措。在 2006 年 30 个全国学会开展相应的 30 个一级学科发展研究的基础上,2007 年,中国科协继续开展学科发展研究及发布活动,组织中国物理学会等 22 个全国学会,对物理学、天文学、海洋科学、生物学、管理科学与工程、水利、工程热物理、控制科学与工程、航天科学技术、核科学技术、石油与天然气工程、能源科学技术、安全科学与工程、园艺学、畜牧兽医科学、植物保护学、作物学、公共卫生与预防医学、城市科学、车辆工程等 20 个学科开展了学科发展研究,并编写、出版了相应的学科发展报告。在此基础上,《学科发展报告综合卷(2007—2008)》编写组就上述 20 个学科近年来的进展情况、发展趋势等综合评述如下。

## 第一节 基础研究呈现较快发展态势

基础研究是培育创新人才的摇篮,是知识和技术发展的基础,是未来科学和技术进步、工业发展的内在引擎。2006 年 2 月 9 日,国务院颁发的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》强调指出,当前综合国力的竞争已前移到基础研究,我国作为快速发展中的国家,更要强调基础研究服务于国家目标,通过基础研究解决未来发展中的关键、瓶颈问题。在《纲要》的指导下,近年来,我国坚持服务国家目标与鼓励自由探索相结合,大力发展基础研究,不断加大资金投入,基础研究领域取得了长足的发展,呈现较快发展态势,一些学科的研究水平逐渐步入国际科学前沿。

物理学是研究物质结构、性质、基本运动规律及其相互作用的学科,也是自然科学和技术科学的基础学科,20 世纪以来,物理学的进步促成了无线电、原子能、半导体、激光、计算机、光纤通讯等的发明和发现,极大地影响了社会进步和人类的生活。近年来,我国物理学处于较快发展的上升势头,若干领域取得了国际前沿性的重要研究成果。

中国理论物理学家在 CP(电荷-宇称)对称性破坏和夸克-轻子味物理的理论等研究方面取得了重要成果;对直接 CP 破坏给出了更精确、自洽的理论预言;在重离子核反应的集体效应和奇特核产生及其性质研究方面,给出了国际上拟合常规核反应总截面的最佳公式;创立了用核输运理论研究核反应截面的新方法;在超铀区合成新核素  $^{235}\text{Am}$  ( $z=95$ ) 之后,又相继合成超重新核素  $^{259}\text{Db}$  ( $z=105$ ) 和  $^{265}\text{Bh}$  ( $z=107$ ),并首次测量了它们的  $\alpha$  衰变能量及半衰期,使我国在核素研究方面达到了超重区。

在光学领域,创建了世界上首台基于光学参量啁啾脉冲放大(OPCPA)新原理的新一

代超短超强激光装置;在 X 射线波段激光研究方面,首次利用类锂和类钠离子方案,获得短于 100 埃的 8 条新波长的 X 射线激光;在强场物理方面,发现了超短超强激光与等离子体相互作用中不同吸收机制相互转换的规律,提出了强激光对等离子体中电子的随机加速等新机制,并获得实验证实;在超快光学方面,系统研究了多种有机分子超快非线性光学性质,提出了通过分子间电子转移实现超快三阶非线性光学效应增强,并实现了超快、低泵浦能量全光光子晶体开关。

在凝聚态物理领域,介电体超晶格的研究有很强的创新性:将微结构引入介电晶体,构成了介电体超晶格;介电体超晶格还能实现不同物理常数的调制,已成为一种具有重要应用前景的人工有序微结构材料,成为国际热门研究领域。该项目获得了 2006 年度国家自然科学基金一等奖。

在量子信息技术的基础研究方面,我国科学家首创了量子避错编码原理,为解决量子信息领域的关键性问题——消相干——提供了新方法;首创了概率量子克隆原理,为量子信息的有效提取提供了新的方法;提出一种新型的基于腔量子电动力学(QED)的量子处理器方案,有力地推动了该研究方向的后续发展。在高亮度纠缠源的支持下,实现了基于线性光学的量子纠缠浓缩和基于纠缠交换的量子中继器,原理性地证明了基于上述技术可以在遥远的两地建立最大纠缠。在纠缠态光场及连续变量量子通信研究方面,首次获得明亮 EPR 量子纠缠光束;设计了光场贝尔态直接探测系统,突破了传统零差探测的模式,便于实际应用;首次从实验上完成了连续变量量子密集编码,使信道容量突破经典极限;首次从实验上获得连续变量三组份纠缠态光场,并首次完成具有网络特性的受控密集编码量子通信。

在声学领域,我国对扫描电声成像机理的深入研究在国际上被公认为最为完整的理论。

天文学研究包括宇宙在内的各种不同尺度的天体的起源、形成、结构和演化,探索大尺度和各种极端条件下的基本物理规律。对太阳系、太阳系外其他行星的研究和地外生命的探索,有助于理解人类的生存环境、地球生命的起源和演化,回答人类在宇宙中是否孤独等本源性问题。天文学的成就构成了自然科学、人类文化和文明的重要组成部分。

经过几十年的发展,我国太阳与日球物理研究在发展中国家中居于首位,在部分研究领域保持了国际先进水平。我国在太阳表面磁学,包括太阳活动区向量磁场演化和太阳弱磁场研究、太阳活动大气的光谱诊断、基于非局部热动平衡理论计算的半经验大气模型、耀斑动力学过程、太阳活动中的高能辐射、太阳大气中的微观等离子体机制、太阳风理论和模型、太阳磁场的理论外推、太阳活动磁流体理论与数值模拟、太阳活动中长期变化等方向开展了一系列原创性研究。

银河系的磁场极其微弱,但它是影响行星、恒星直至银河系形成和演化的重要因素,是研究极高能宇宙线粒子性质、起源和传播的重要基础。中国学者历经十多年的观测,建立了最大的银河系磁场探针样本;揭示了银河系几万光年范围内的磁场结构;建立了磁场结构双对称模型;证认出磁场效应的反对称全天分布图,推证出银河系晕中上、下反对称的环向磁场,首次给出星系尺度发电机运行的确切证据;得到星际磁场在中大尺度上的能

谱分布。“银河系磁场的研究”成果使人们对银河系磁场从局域认知发展到整体图像,该成果荣获 2006 年度国家自然科学奖二等奖。

我国学者在恒星研究方面做出了重要的甚至是奠基性的贡献。在恒星形成研究方面取得大量成果,在一些领域处于国际领先地位:联合长期资料和高精度短期资料开展了较长周期双星轨道的拟合;利用恒星振动研究对白矮星性质、密近双星晚期演化等的研究获得了许多新的发现;成功探测到围绕一个大质量年轻恒星“BN 天体”周围的吸积盘。近年来,我国学者在  $\gamma$  暴余晖的动力学演化、余晖的环境效应、能量注入机制、 $\gamma$  射线暴的能源机制、高能辐射机制、 $\gamma$  射线暴的统计性质、 $\gamma$  射线暴的宇宙学意义,以及用  $\gamma$  射线暴来限制量子引力理论等多方面都取得了原创性的、在国际上有重要显示度的成果。中国天文学家搭载于“神舟 2 号”上的  $\gamma$  射线暴探测器,曾成功地观测到若干个  $\gamma$  射线暴。

在 2005—2006 年的“大洋一号”科学考察船首次环球科学考察和之后的 2007 年第 19 航次期间,我国科学家在西南印度洋中脊超慢速扩张区发现了新的海底热液活动区,并抓取了完整的热液硫化物烟囱体样本,实现了中国人在勘查热液硫化物领域“零”的突破。海底热液活动是 20 世纪海洋地质学最重要的科学发现之一,其区域多集中在快速、慢速扩张的太平洋、大西洋洋中脊及弧后盆地,而我国这次在超慢速扩张区域发现热液硫化物在世界上尚属首次,标志着我国海洋科学在世界海底热液活动研究领域跃入先进国家行列。该发现不仅提供了一个超慢速扩张洋中脊天然试验和研究场所,还将带动我国相关学科和深海技术的发展,同时也为我国找到了新的国际海底资源远景区,从而有效地维护了我国国际海底区域的权益。在近两年的南极冰盖考察中,我国科学家实现了人类首次从地面到达南极冰盖最高点,并确定了其地理位置和高度,确立了我国在国际极地考察和研究中的地位。以中国科学家为首席科学家、以“东亚季风演化史在南海的记录及其全球气候影响”为研究目标的深海钻探,其研究成果享誉国际海洋地质学界。随着我国国力的提升,我国的海洋研究已逐步由近海向深海大洋和极地拓展,我国海洋科学技术取得的成就越来越受到世界同行的瞩目。

生命科学和生物技术的重大突破,将在医学、农业、工业、环境、能源等领域引发新的科技革命,并有可能从根本上解决疾病、人口膨胀、粮食短缺、能源匮乏、环境污染等影响人类生存与发展的重大问题。“发现一种 G 蛋白偶联受体是植物激素脱落酸的受体”是近年来我国生物学领域取得的代表性研究成果之一。脱落酸是一种重要的植物激素,它参与调控众多植物的生长和发育过程,特别是在植物应答多种逆境如盐、旱、渗透、低温等胁迫的过程中发挥重要作用。2007 年 3 月,我国学者在美国《科学》杂志发表论文,他们发现了位于细胞表面的脱落酸(Abscisic acid, ABA)受体,鉴定了一种拟南芥中新的 GPCR(GCR2),证实 GCR2 通过与 G 蛋白  $\alpha$  亚基 GPA1 相互作用,介导所有已知的 ABA 反应;ABA 与 GCR2 的结合导致 GCR2—GPA1 复合物的解离,从而释放出 GPA1 并由 GPA1 激活下游的反应。该项工作的主要贡献包括:①鉴定确认了对介导 ABA 信号转导起关键作用的 ABA 膜受体;②阐明了 ABA 与该受体作用的信号转导途径;③发现了植物体系中的第一对 GPCR 配基—受体对。《科学》杂志发表的评述文章指出,该论文找到了人们长期寻找但此前一直没有找到的一种重要植物激素的受体;填补了在 ABA 信号转导途径中 G 蛋白和 ABA 信号接受之间的空白;研究结果将改变目前植物学研究的现

状,并使 G 蛋白信号研究成为植物学研究中引人瞩目的中心。

高致病性禽流感由正黏病毒科流感病毒素中的 A 型流感病毒引起。自 1997 年我国香港地区发生“禽流感事件”,尤其是近年来亚洲十几个国家和地区相继发生 H5 亚型禽流感以来,世界各国对该亚型禽流感的危害以及对人类的威胁高度关注,研制高致病性禽流感疫苗成为一项十分重要、十分紧迫的任务。我国科学家在这一领域开展了卓有成效的工作,取得了令人瞩目的研究成果:分离、鉴定了包括中国第一株及所有导致禽流感暴发的高致病力禽流感病毒在内的 571 株(截至 2004 年底)H5N1 亚型高致病力禽流感病毒,构建了目前国际上关于中国大陆 H5 亚型禽流感病毒最完整的毒株库,初步揭示了我国 H5N1 亚型禽流感病毒流行的时空、地域、宿主以及分子遗传演化与生物学特性的基本规律及其复杂性和多样性;研制成功了我国第一个高致病性禽流感疫苗——H5N2 亚型禽流感灭活疫苗,世界上第一个可诱导水禽对高致病性禽流感产生有效免疫保护并大规模应用的流感病毒反向遗传操作疫苗——H5N1 基因重组禽流感灭活疫苗。“H5 亚型禽流感灭活疫苗的研制及应用”工作的前瞻性、独创性,为我国成功防控 H5N1 亚型高致病性禽流感提供了充足的技术储备,发挥了极为关键的作用,并为后来其他几种禽流感疫苗的研制奠定了技术基础。该成果荣获 2005 年度国家科学技术进步奖一等奖。

## 第二节 战略需求引领学科快速发展

科学技术的发展在很大程度上是为了满足社会发展的需求,市场需求对未来科学研究和技术发展的推动起着至关重要的作用。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》针对未来 15 年我国面临的各种重大战略需求,列出了能源、水和矿产资源、环境、农业、制造业、交通运输业、信息产业及现代服务业、人口与健康、城镇化与城市发展、公共安全、国防等重点领域及优先主题,以及相关的重大专项、前沿技术和基础研究课题,并对重点领域、优先主题、重大专项、前沿技术和基础研究进行了规划和布局,力图为解决我国经济社会发展中的紧迫问题提供全面有力支撑。进入 21 世纪,我国在航空航天、海洋工程、能源动力、交通运输、矿产资源、环境保护、污染治理、生物、医药等领域面临大量紧迫的现实发展课题,这给海洋科学、生物学、水利、工程热物理学、航天科学技术、核科学技术、石油与天然气工程、植物保护学、作物学、公共卫生与预防医学等学科既提出了严峻的挑战,又赋予了极好的发展机遇。

保障新时期国家安全要求航天科学技术在维护国家安全,拓展国家在空间领域的战略利益等方面发挥更为重要的作用;经济社会发展对航天科学技术服务于国民经济建设也提出了更高的要求;建设创新型国家要求航天科学技术进一步发挥前沿和先导作用,以此带动我国科学技术的整体跃升。2007 年 10 月 24 日,我国成功发射第一个月球探测器“嫦娥一号”绕月探测卫星;卫星经 326 h、约 180 万 km 的飞行,于 11 月 7 日顺利进入环月工作轨道并传回月球三维影像;“嫦娥一号”卫星的有效载荷分别顺利开机,开始预定的科学探测活动。这标志着我国首次月球探测工程取得圆满成功,我国在深空探测领域突破了卫星的轨道设计、热控制、测控数传、定向天线和制导、导航、控制等关键技术,卫星的

技术水平跻身世界同类月球探测器的先进行列。“探月工程”的实施也促进了我国航天科学技术学科的高速、迅猛发展。

目前我国能源发展面临严重挑战:能源供需矛盾尖锐,能源结构不合理;能源利用效率低和大量消费煤炭造成严重的环境污染。为了促进经济社会可持续发展,我国制定了“坚持节约优先、立足国内、多元发展、依靠科技、保护环境、加强国际互利合作,努力构筑稳定、经济、清洁、安全的能源供应体系,以能源的可持续发展支持经济社会的可持续发展”的能源发展战略,直接推动了节能、能源环境、煤炭、电力,石油与天然气工程技术,以及核科学技术、工程热物理学等学科的发展,并在洁净煤技术、可再生能源和新能源学科等方面取得了新的突破,为我国实现能源多元化、改善能源生产与消费结构、提高能源利用效率和减少能源生产利用所产生的环境污染提供了强有力的技术支撑。

受控核聚变研究是解决人类未来能源问题的途径之一,全超导托卡马克是公认最有希望首先建成聚变能电站的磁约束核聚变实验装置。近年来,中国科学院等离子体研究所自主设计并建成了世界上第一个具有非圆截面的全超导托卡马克,自主研发、加工制造了几乎所有关键部件,完成了大量超导磁体性能测试试验,在此基础上高质量完成总装并成功进行了工程调试及两轮物理实验。2006年9月,该装置在首次物理放电中成功获得电流大于200kA,时间接近3s的高温等离子体放电;2007年2月,又成功获得电流300~500kA,时间2~8s的单零、双零偏滤器位形等离子体放电。2007年3月1日,“HT-7U(现名EAST)超导托卡马克核聚变实验装置”国家重大科学工程项目竣工验收,并被验收委员会一致认为:“该项目成为世界上成功运行的第一个全超导非圆截面托卡马克核聚变实验装置,具有完整的自主知识产权,目前处于国际同类装置领先水平。与国际同类装置相比,该项目以最少的资金、最快的速度在世界上率先建成。”EAST率先在中国建成并投入运行,确立了我国在全超导托卡马克建设中的国际领先地位。

高温气冷堆是具有很高安全性和良好经济性的新一代先进反应堆,中国是继美、英、德、日后第5个掌握此项技术的国家。10MW高温气冷实验堆项目1995年6月动工兴建,2000年12月建成并实现临界,2003年1月顺利实现在10MW热功率满负荷下连续运行。该实验堆采用肩并肩式的紧凑布置,包覆颗粒球型燃料元件,燃料连续装卸运行方式,全微机化保护系统与纵深防御原则,具有在事故下能自动停堆、非能动排出剩余发热等一系列先进技术;其主要特点是安全性好(用氦气作冷却剂,采用全陶瓷型的球型燃料元件,在出现严重事故时也不会对公众造成伤害)、发电效率高(反应堆氦气温度高达700℃~900℃,采用传统蒸汽循环发电效率可以达到38%~40%,采用先进氦气循环可以达到45%)和用途广泛(可用于水热裂解制氢、煤的气化液化等)。这是我国自行研发、设计、建造的世界第一座具有非能动安全特性的10MW模块式球床高温气冷堆,标志着我国在高温气冷堆技术领域已达到世界先进水平。该项目荣获2006年度国家科学技术进步奖一等奖。

为满足国家节能减排、开发可替代新能源的战略需求,在工程热物理研究领域,我国科学家开展了卓有成效的研究工作,取得了一系列可喜的研究成果:各种余热驱动、低温余热利用以及大温差的制冷循环研究不断深入开展;吸收吸附式制冷循环、复叠式制冷循环,以及水基有机混合物相变蓄冷等新型蓄能技术被广泛研究;能的综合梯级利用理论也

在不断发展和完善;启动了国家太阳能热发电技术专项研究,太阳能光催化分解水制氢研究在催化剂、制氢设备和制氢系统等方面取得实验室进展;首次提出了能源转换利用与CO<sub>2</sub>分离一体化原理,实现了低能耗甚至无能耗分离CO<sub>2</sub>,研究制定了适合我国国情的温室气体控制技术路线。

近年来,水利学科紧紧围绕国家战略发展需求,在许多领域实现了重大突破,总体水平实现了与国际先进水平的对接:①水文水资源理论和应用、河流泥沙、农田节水、坝工技术等研究水平已位于世界前列;②特大型水轮机组制造和安装技术等方面,显著缩小了和国外先进水平的差距;③水旱灾害管理、生态友好的水利水电工程建设理念和技术、水环境保护等方面的相关研究,日趋得到重视并起步发展;④信息技术已广泛应用于水利建设的各个相关领域。

“黄河流域水资源演化规律与二元演化模型”项目研究成果获2006年度国家科学技术进步奖二等奖,是水利学科近年来取得的突出研究成果之一。该项目在理论方法上,进一步完善了流域“自然—人工”二元水循环演化模式,提出了适合于缺水地区的全口径层次化水资源动态评价方法;在模型技术上,构建了由分布式模拟模型和集总式调配模型耦合而成的流域水资源二元演化模型,实现了“坡面—河道—地下”天然水循环和“取水—输水—用水—排水”人工侧支水循环的联合模拟;在实践应用上,实现了黄河流域水资源的全口径层次化动态评价,揭示了“自然—人工”双驱动力作用下的黄河水资源演变规律。该研究成果提出的理论方法和模型技术已被我国水行政主管部门在相关方法修订和模型改进中采用;评价成果被黄河流域和相关省区运用于开展水资源评价和制定水资源规划;提出的调控方案已应用于流域相关省区的国民经济规划。该研究项目还带动了所在学科的队伍建设,其研究团队申请的后续研究项目“流域水循环模拟与调控”获国家创新群体基金资助。

针对改革开放以来我国城镇化建设不断加快的现实,为满足建设与自然和谐共生的生态城市的要求,在城市科学领域,我国科学家专门开展了“建设与自然环境和谐共生的生态城市山地城市生态化规划建设关键技术与应用”研究课题。研究者针对我国多山、多山地城市的国情和山地地域生态环境的复杂性、自然景观的多样性、民族历史文化的富集性,以及交通的曲折性和灾害的多发性等特点,创立了“山地城市学”的学说及其学科框架,总结提炼出山地城市生态化规划建设的关键技术与应用推广相结合的研究成果。研究成果为指导我国山地城市规划建设的可持续发展、资源的优化配置、生态环境保育与良性发展提供了重要的技术支撑与实践指导,对丰富和发展我国城市规划科学理论,推动城市规划的技术进步和学科建设,形成具有中国特色的山地城市生态化规划建设理论与技术方法体系,具有重要的意义。研究成果荣获2005年度国家科学技术进步奖二等奖。

消除外来物种入侵对农业生产带来的巨大经济损失及对生物多样性的严重威胁,成为国际社会面临的重大科技问题。我国科学家研究发现,被世界自然保护联盟列入全球最危险入侵物种的B型烟粉虱,可利用非对称交配互作促进害虫入侵及取代土著生物的入侵机制,进而促进B型烟粉虱迅速入侵和扩张。研究者破解了B型烟粉虱入侵的一个关键机制,为解释该害虫的广泛入侵并取代土著烟粉虱对其进一步入侵和地域扩散的预警提供了重要的理论依据。美国《科学》杂志的评审专家对该论文给予了高度评价,认为

该研究综合应用生态学、行为学、分子生物学等领域的方法,将广泛、系统的野外调查、巧妙的种群试验和独特且详细的行为观察有机地结合在一起,在中国和澳大利亚的两个不同地理区获得了相似的结果;研究方法设计之巧妙,数据之系统和完整,在入侵生物学研究领域实属罕见,得出的结论令人信服。该研究被认为是入侵生物学领域的开拓性工作,将对这一学科的发展起到显著的推动作用,昆虫学、农学、动物行为学、进化生物学等学科领域的相关研究也可从中得到启迪。

### 第三节 科技创新提升国家竞争潜能

近代历史表明,世界格局的变迁,国家间竞争实力的消长,主要源于科学技术发展和创新能力的变化。科学技术的竞争日益成为国家间竞争的焦点,创新能力成为国家竞争力的决定性因素。发达国家及其跨国公司利用自身的技术和资本优势保持领先地位,形成了对世界市场特别是高技术市场的高度垄断,科技创新最重要体现的知识产权有可能成为影响发展中国家工业化进程的最大的不确定因素。进入 21 世纪以来,美国、德国、日本、法国、韩国等发达国家,都把围绕国家目标组织实施重大科技创新专项计划作为提高国家竞争力的重要措施,发展中国家正面临新的严峻挑战,如果能迅速提高创新能力,不断提升比较优势,就可能获得发展的机遇和主动权,否则,就可能继续拉大与发达国家的发展差距,甚至被边缘化。历史的经验也给我们以启示:后发国家完全可以通过科学技术的创新、技术的学习与跨越,实现社会生产力的跃升。新中国成立后,我国通过实施以“两弹一星”、半导体技术、牛胰岛素、激光照排技术、载人航天、杂交水稻等为代表的若干重大科技创新项目,迅速改变了旧中国“一穷二白”的面貌,开创了我国改革开放的新局面,促进了我国科学技术的迅猛发展,极大地振奋了民族精神,对整体提升我国综合国力起到了至关重要的作用。

我国航天科学技术经过 50 多年的发展,已广泛应用于国民经济、国防建设、文化教育和科学研究的众多领域,极大地增强了我国的经济实力、科技实力、国防实力和民族凝聚力以及国际影响。2003—2007 年是中国航天科学技术快速发展时期,成果显著,进展迅猛:长征系列运载火箭超过 60 次连续成功发射;新一代运载火箭研制取得一系列重大成果;应用卫星实现系列化、平台化发展,可靠性和使用寿命明显提高;“神舟 5 号”、“神舟 6 号”圆满完成载人航天飞行任务;首次“探月工程”成功实施,圆满完成各项预定任务,成为我国航天史上继人造地球卫星、载人航天之后的第三个里程碑。上述成果均是我国科技自主创新的标志性成果,进一步显示和提高了我国的整体竞争实力,极大地激发了中华儿女的爱国热情,极大地增强了全国各族人民建设创新型国家、促进社会和谐、加快推进社会主义现代化进程的信心和决心。

作物学是农业科学的核心学科之一,开展作物学相关领域的原始创新科学研究,对我国农作物实现高产、优质、高效、生态、安全的生产目标,保障我国粮食安全和农产品有效供给、生态安全,促进现代农业可持续发展有着重要的意义。近年来,世界各国均把提高粮食产量作为农业的重中之重,一些发达国家(如美国、日本等)和国际农业研究机构(如



IRRI、CIMMYT 等)都将作物高产突破列为重大研究计划。近 3 年来,我国作物学发展迅速,学科领域更加宽广,学术水平不断提升,取得了一系列重大科技进展和新成就。以作物遗传育种研究为例,3 年共培育通过国家和省级审定的高产、优质、多抗作物新品种 500 余个,这些品种已成为不同区域的主栽品种和重要的接班品种;在杂种优势利用、诱导有利基因变异的细胞工程技术、转移有益外源基因的转基因技术、分子标记辅助目标性状高效选择技术等方面进行了卓有成效的探索,提出了一批育种新技术和新方法,初步形成了较为完整的现代育种技术体系。2005—2007 年,作物科学领域共获国家级重大成果奖 32 项,其中国家自然科学基金二等奖 2 项,国家技术发明奖二等奖 5 项,国家科学技术进步奖一等奖 2 项、二等奖 23 项。“小麦品质研究团队”获 CGIAR 亚太地区杰出农业科技奖。作物学科科技成果的推广和应用,获得了巨大的社会、经济、生态效益,大大增强了作物科学的技术支撑和储备能力,为保障我国粮食安全和农产品供给、增加农民收入、促进农业和农村经济可持续发展做出了重大贡献。

石油与天然气资源,既是当今世界主要的优质能源,又是保障一个国家政治、经济、军事安全的重要战略物资。近年来,鉴于各国对石油和天然气不断增长的巨大需求,国际性的石油与天然气勘探开发事业呈现出空前繁荣的发展局面,从而使石油与天然气工程学科面临许多新的机遇和挑战。在该学科领域,2005~2007 年的 3 年时间里,我国在海洋石油大位移井开发工程、西部超深井钻探工程、复杂油气藏开发、提高油田采收率及油气管道长输等方面取得了丰硕的科技创新成果,其中部分成果已在现场获得推广应用,产生了巨大的经济效益和社会效益。这期间,该学科领域共获国家技术发明二等奖 3 项,国家科学技术进步奖 16 项(其中一等奖 1 项、二等奖 15 项),标志着我国在石油与天然气工程领域的科技水平不断提高,科技实力进一步增强,为保障我国石油安全及天然气工业发展奠定了必要的基础。

我国汽车工业起步较晚,在经历了一个较长的成长和徘徊期之后,进入 21 世纪,迎来了以超过 20% 的年均增幅的高速度发展阶段,汽车产销规模均已进入世界前列,汽车工业已经成为国民经济的支柱产业,在全面建设小康社会的进程中发挥着越来越重要的作用。伴随着改革开放的不断深入和扩大,我国汽车产业在与跨国公司的合作竞争中,坚持消化、吸收后再创新的发展路径,不断增强自身实力,不断提高技术水平,汽车产品技术及质量与国际先进水平的差距已明显缩小,汽车制造技术也不断提高,轿车主机厂的 4 大工艺已接近或基本达到国际先进水平。以“东风 1.5 t 高机动性越野汽车研制”项目(即东风猛士项目)为例,该车型的研制有 3 项设计方法实现突破创新,拥有 8 项原创性技术发明,实现了 3 大挑战,首次获得 15 项国内总成系统设计开发专有技术,应用了 17 项新工艺、新材料。该车型为自主开发,拥有完全自主知识产权,主要技术指标、可靠性、耐久性和重要配置均超过美国悍马 A2 车型,目前在国际上处于领先水平,荣获 2007 年度中国汽车工业科技进步奖一等奖。

在深水机器人研制方面,2006 年,中国科技工作者负责研制的“CR-02”6000 m 自治水下机器人在成功完成实验室调试、湖上试验和工程化改造工作后,在南海海域成功进行了深海试验,在深海环境下的使命与运动控制、监测与遥控、水下探测技术以及综合性能等都得到了充分的验证,并通过了大洋协会组织的海上试验验收。“CR-02”深海试验的

圆满成功,标志着我国在自治水下机器人技术和应用方面又实现了新的跨越,达到世界先进水平。

我国拥有广袤的海洋,海洋既是国家的门户,又是通往世界的通道,对国家的安全和可持续发展至关重要。沿海国家在专属经济区和大陆架区享有主权权利,在国际海域享有资源和空间的公共利益;凭借海洋科技优势,圈占战略性资源和空间,并使国家利益最大化,越来越成为许多沿海国家的国家海洋战略。在国家相关科技计划和国际海洋科学合作计划的支持与推动下,近年来,我国科学家围绕海洋资源、环境、生态及全球气候变化等热点问题,开展了重点研究和合作攻关,取得了一批有价值的成果,推动了我国海洋科学技术的进步。在海洋科学研究领域,建立了中国边缘海形成演化的理论框架,为开辟中国边缘海油气资源勘探新领域提供了基础理论和重要远景区,为我国海域划界、维护海洋权益提供了重要依据。我国先后发射了两颗海洋卫星,结束了我国没有海洋卫星的历史;建造了两艘作业水深 6000m 的无人深潜器,7000m 载人深潜器建造进展顺利;深海半潜式钻井平台技术取得突破性进展,浅海浮动式生产和储卸油系统(FPSO)技术处于国际领先水平;海水淡化和直接利用正向规模化与环境友好化发展。在南中国海天然气水合物资源调查中,我国科学家成功获取了天然气水合物柱状样品,使我国成为继美国、日本、印度之后世界上第 4 个获取天然气水合物样品的国家。

近年来,安全科学技术学科实施了一批重大工程:安全生产理论发展与创新工程,安全生产科技进步与创新工程,安全生产应急救援体系建设工程,重大危险源监控与重大事故隐患治理工程,矿山事故预防与主要灾害治理工程,运输车辆、船舶安全监控系统工程,安全生产信息化建设工程,安全生产技术保障建设工程,安全生产监管手段创新工程,职业卫生促进工程,安全专业人才及培训基地建设工程,安全文化创新工程等,为提升我国安全科学技术水平和地位发挥了重大的作用。

## 第四节 成果应用促进国民经济建设

新中国成立近 60 年来,特别是改革开放 30 年来的历史告诉我们,科学技术是第一生产力,是推动国民经济建设和社会发展的主要动力。如果说科学研究的目的是认识自然现象、揭示自然规律,是为技术和工程提供支持和后续动力,那么,技术成果的运用更多地是服务于社会,服务于国民经济建设发展的需要。

工程热物理学是一门研究能量以热的形式转化的规律及其应用的技术科学,也是能源利用领域的主要基础学科,该学科的发展直接推动了能源科技的进步。气液两相及多相流动、传热传质及化学反应现象广泛存在于能源动力、石油化工和自然界等许多过程中。中国学者在就“复杂约束条件气液两相与多相流及传热研究”课题开展了 20 年的研究,通过自主创新,建立了一系列独特的实验装置和系统,解决了许多复杂、极端条件下多相流的实验手段等难题;揭示了各种管道特别是螺旋管高压汽液两相流及传热的系统规律;提出并发现生物质、煤及有机废弃物与超临界水的多相流连续混输和热化学气化制氢的能源洁净转化新途径和原理;发现并建立了复杂管内油气水多相流动和混输规律;提出

气液两相与多相流动力学新的基本框架。该研究成果荣获 2007 年度国家自然科学奖二等奖,开拓了我国能源洁净转化和安全利用的新途径,具有显著的应用效益。

秦山二期核电站是我国首座自主设计、自主建造、自主管理、自主运营的 2 台 65 万 kW 商用压水堆核电站,1、2 号机组先后于 1996 年 6 月和 1997 年 3 月开工建设,并分别于 2002 年 4 月和 2004 年 5 月投入商业运行,每年可向华东电网输送超过 80 亿 kWh 的电力。二期核电站的 55 项关键设备中有 47 项基本实现了国产化,设备国产化率达到了 55%;电站比投资为 1 330 美元/kW,为国内已经建成的核电站中最低者,低于发达国家国内平均造价;上网电价为 0.414 元/kWh,为国内已经建成的核电站中最低电价。该核电站的建成使我国实现了由自主建设小型原型堆核电站到自主建设大型商用核电站的重大跨越,为我国自主设计、建设百万千瓦级核电站奠定了坚实的基础,对促进我国核电国产化发展,进而拉动国民经济发展发挥重要作用。

为满足我国冶金、化工、纺织等行业大中型制造企业对复杂生产制造过程控制与优化技术的实际需要,控制科学与工程领域的科学家采用建模与控制 and 优化相结合、智能方法与数学方法相结合的研究思路,系统研究了复杂生产制造过程控制与优化问题,取得了下述原创性研究成果:①提出了实现复杂工业过程综合生产指标优化的智能控制和过程优化运行混合智能控制方法和技术;②提出了基于综合优化机制的复杂离散制造过程调度算法结构,具有较强通用性的调度系统结构,以及系列全局或单元智能优化的调度算法;③提出了采用混合模式自动微分、稀疏存储等策略的复杂化工生产的智能操作优化方法;④成功应用于赤铁矿选矿过程和铝合金构件制备重大装备、纺织过程和石化过程,取得重大经济效益。“复杂生产制造过程实时、智能控制与优化理论和方法”研究成果荣获 2006 年度和 2007 年度 4 项国家科学技术进步奖二等奖,2007 年还被国际电气电子工程师协会控制系统学会(IEEE CSS)授予“控制研究杰出工业成就奖”。

大庆外围油田主要是由特低渗透、特低丰度油藏构成,国内外对这种类型油田目前尚缺乏经济有效的开发技术。针对这一世界性难题,我国有关学科领域的专家学者通过开展地震、测井、地质、油藏工程等多学科联合攻关,首创了油田开发设计非达西渗流油藏工程方法,建立了非达西渗流产量模型,从实践上证实了非达西渗流的存在;首创裂缝性特低渗透油藏井网优化设计方法,实现了裂缝、基质渗透率与井网最佳几何参数的定量计算;创新空变子波地震反演和独立分量分析及模拟井约束地震预测技术,使窄小薄差砂体预测精度均超过 86%;发展窄小砂体水平井油藏工程技术,实现了 0.4~0.8m 超薄油层的有效开发,突破了开采单层厚度界限。这一技术成果已在大庆外围油田得到广泛应用,已探明石油储量 3.9 亿 t,建产能力 501 万 t,创造利润 45.64 亿元,取得了巨大的经济效益和社会效益,为国民经济建设做出了重大贡献。该项技术成果荣获 2006 年度国家科学技术进步奖二等奖。

园艺作物包含果树、蔬菜、观赏植物三大类经济作物群。我国是世界园艺大国,目前,蔬菜、果树、花卉的种植面积和产量均居世界第一。发展园艺产业对我国国民经济建设和农业产业结构调整作用巨大,它不仅是城镇居民对副食品需要的重要保障措施,而且也是发展农村经济、增加农民收入的有效途径,同时还对改善和美化环境、保护生态平衡等起着不可或缺的作用。在园艺学领域,我国科学家开展的“不结球白菜优异种质创新方法及

其应用”研究课题,利用创新的种质材料配制出不结球白菜新品种、新组合 10 个,并已在全国 22 个省、市累计推广 40.8 万  $\text{hm}^2$ ,新增产值 26.65 亿元。这项研究不仅在实践上为不结球白菜杂优利用提供了新技术、新材料和新途径,而且对丰富植物遗传育种理论具有重要的意义。该研究成果荣获 2005 年度国家科学技术发明奖二等奖。

在植物保护学领域,我国科学家开展的“棉铃虫区域性迁飞规律和监测预警技术的研究与应用”项目,对我国棉花重要害虫棉铃虫的区域性发生动态和监测预警技术进行了长达 10 余年的持续研究。通过对棉铃虫生理、生态、行为和种群多态性等多方面的长期研究,明确了我国棉铃虫由热带型、亚热带型、温带型和新疆型等 4 个地理型组成,其适宜分布的生态区分别为华南地区、长江流域、黄河流域和新疆南部的部分地区和东部的吐鲁番盆地。该项目澄清了我国长江流域、黄河流域、西北内陆,北部特早熟和华南 5 个棉花生态区棉铃虫的虫源性质,在此基础上建立了覆盖我国棉铃虫发生区的国家棉铃虫区域性灾变预警技术体系并推广应用,明显提高了预报准确性,取得了显著的经济、社会和生态效益。该研究成果荣获 2007 年度国家科学技术进步奖二等奖。

作物学的根本任务是揭示作物生长发育、产量、品质形成规律和作物重要性状的遗传规律及其与生态环境的关系;研究作物改良育种技术和培育新品种;创新集成高产、优质、高效、生态、安全栽培技术体系,相互配套应用于作物生产,不断提高作物生产能力;通过采取农艺措施将良种的遗传功能转化为现实生产力,为保障我国粮食安全和现代农业可持续发展提供可靠的技术支撑。该学科领域开展的“小麦籽粒品质形成机理及调优栽培技术的研究与应用”项目,以适应优质小麦产业发展的重大需求为前提,以专用小麦品质生理生态及调控技术为研究目标,在专用小麦籽粒品质形成规律、品质生理生态、品质生态区划、品质调优栽培及管理决策技术等方面取得了显著进展,提出了规范化、标准化、信息化的优质小麦生产技术体系及现代产业发展模式,丰富和发展了小麦品质生理生态及调优栽培理论与技术,促进了小麦生产由高产数量型向量质协调高效型转变。该研究成果荣获 2006 年度国家科学技术进步奖二等奖。截止到 2006 年底,该成果在长江中下游和黄淮麦区累计推广面积 10208 万亩,新增直接经济效益 31.9 亿元,取得了重大的社会效益和经济效益。

针对当前我国各个领域重大安全事故频发且日趋严重的现实,通过国家“八五”、“九五”和“十五”科技攻关课题研究和试点应用,我国科学家提出了一整套适合中国国情的重大工业事故预防控制体系技术思想,以及重大危险源辨识、评价、分级管理、监控和制定工厂选址、城市土地使用安全规划政策、建立应急救援体系的技术方法,开发了重大危险源监控与监管方面的一系列核心技术。该技术成果的应用,将有效地遏制重大安全事故的发生,对创造安全、卫生、无害的良好社会环境,构建社会主义和谐社会具有十分重大的作用。

我国 50% 以上公共场所的集中空调系统属于严重污染源,全世界 70% “军团菌病”的暴发流行都是由集中空调造成的。我国 70% 以上的建筑物属于“病态建筑”,室内空气主要污染物为甲醛、挥发性有机物等,对人的身体健康有极大影响。在公共卫生与预防医学领域,我国科学家开展的“室内空气重点污染物人群健康危害控制技术”研究项目,致力于研究解决公共场所集中空调系统严重污染源问题和建筑物室内空气污染问题,其研究成

果主要包括清除建筑物集中空调系统污染与控制疾病传播的清洗消毒定量采样机器人系统,以及降低室内空气污染的高效空气净化器。目前,该成果已经在全国推广应用,为改善室内空气质量、控制传染病传播提供了有效技术手段,产生了较好的社会效益和经济效益。

## 第五节 交流合作增添学科发展活力

交流与合作的日益增强,及其作用的日益彰显,是现代科学技术发展的一个重要特征。在科学技术活动中,交流与合作的表现形式及其实施效果主要体现在以下五个方面:①随着自然科学在不断分化的同时又不断走向综合,各有关学科之间不断发生的研究方法和知识体系的交叉与渗透,促进了新的科学前沿和新兴学科的产生;②鉴于现代科学的学科交叉性和研究问题的综合性,重大科技问题的研究解决将更加依赖于跨学科之间的紧密合作,各领域科技工作者之间交流与协作的作用显得更加重要;③现代科学研究问题的全球性,对科学研究和工程技术发展提出了国际合作的必然要求,科学技术与工程领域的国际合作将成为人类未来发展的重要基石;④高性能计算机网络联结了全球各地,信息交流的障碍正在被逐步打破,科技工作者在交流、利用共享的科技信息资源以提高科学研究的质量等方面还存有巨大的潜力;⑤国际间的交流、合作与竞争,有利于科学技术的进步,有利于国际学术标准和科学行为规范的形成,有利于增强本国科学研究的国际显示度。

作为研究自然界的物质结构、物体间的相互作用和物体运动最一般规律的自然科学,物理学从其创始之日起就具备开放性和国际性,这或许是该传统学科始终充满蓬勃发展生机和无比旺盛生命力的重要原因之一。进入 21 世纪以后,物理学的国际化趋势更是得以不断加强,近年来,大型强子对撞机(LHC)和国际热核聚变堆(ITER)等项目,都是国际合作大科学工程的极好范例。物理学领域的一些重要学术刊物已经属于国际性刊物,高水平的物理学学术会议通常都是国际会议,许多重要研究机构都聘有来自不同国家和地区的一流物理学家共同开展研究工作,大量的基础研究项目都需借助其他国家的先进仪器设备进行实验,一些重大科技成果往往是跨国合作研究优势互补、资源共享、利益共分的结果,交流与合作已成为现代物理学发展的重要特征和不可或缺的途径。

改革开放以来我国科学技术的发展历史证明,国际合作有力地推动了我国大科学研究的实施。在航天科技领域,中国已经与十几个国家和空间机构签署了政府间或机构间和平利用外层空间的协定,与近 50 个国家和国际组织建立了合作关系。以中国、巴基斯坦资源卫星工程为例,两国自 1988 年开始合作研制地球资源卫星,至今已取得了丰硕的成果,填补了两国没有自己的传输型地球资源卫星的空白,为两国的城市规划、环境监测、国土普查等带来了可靠数据,并将为亚太地区 and 非洲国家提供广泛的服务。中、巴资源卫星工程成为第三世界国家在高科技领域合作的典范。在资金有限和我国工业基础薄弱的条件下,通过国内合作及开展广泛的国际交流,中国科学院等离子体研究所自主设计并建成了世界上第一个具有非圆截面的全超导托卡马克装置,使我国成为继俄罗斯、法

国、日本之后第4个拥有大型超导托卡马克装置的国家。在海洋科技研究领域,中国科学家已参加了全球海洋观测系统、全球海洋生态动力学、大洋钻探、海岸带陆海相互作用、全球有害赤潮的生态和海洋学、国际ARGO合作计划等重大国际合作研究项目。中国还与美国、英国、法国、俄罗斯、日本、韩国等10余个国家进行了海洋科学技术交流与合作。其中,中、美联合执行了首次深潜航次,开辟了中、美联合组织深潜科学技术合作的新领域,推动了中国深海装备和深潜科学的发展;中国与韩国启动了黄海水循环动力学调查研究项目,进一步深化了中、韩两国在海洋牧场、海洋技术合作、资源共享和人才培养等方面的合作交流;中国与俄罗斯加强了在物理海洋、海气相互作用、全球气候变暖及深海钻探技术等方面的合作;此外,中国—欧盟“海岸带复合系统中的生态养殖研究”国际合作项目也已经启动。中国科学家积极参与国际海洋科技交流与合作,逐步提高了中国在海洋科技研究领域的国际地位。

由中国、日本、意大利共同建成的羊八井宇宙线观测站,位于西藏念青唐古拉山脚下海拔4300m的山间盆地,是世界上最大的高海拔宇宙射线实验基地,也是我国在宇宙射线观测领域成功开展国际合作并具有国际影响的宇宙线观测站。该观测基地自1990年开始建设,先后借助日本和意大利的资金、技术和研究力量,紧紧扣住学科发展的脉搏,以尽可能快的速度占领学科发展前沿阵地,以高起点、高速度、高水平迅速实现了跨越式发展,目前已发展成为北半球最活跃的宇宙线观测基地,成为国际四大超高能 $\gamma$ 天文和超高能宇宙线研究阵列之一。建成以来,该观测基地先后在地面阵列中首家观测到蟹状星云的 $\gamma$ 发射和活动星系核Mrk501,Mrk421的 $\gamma$ 爆发;获得了第一个超高能宇宙线质子谱;观察到活动星核的又一次强烈 $\gamma$ 爆发;在美国《科学》等国际一流学术期刊上发表了一系列有关高能宇宙线各向异性、宇宙线等离子体与星际间气体物质、恒星共同围绕银河系中心旋转的最新研究成果。2007年12月,羊八井宇宙线观测站被我国科学技术部授予“国际科技合作基地”称号,一个更加综合、更加开放、拥有多学科背景、充满活力、握有后发优势的国际性高海拔大型实验基地的发展前景正展现在我们面前。

“银河系磁场的研究”项目是我国天文学家开展国际合作并获得成功的又一个范例。中国科学院和德国马普学会很早就建立天文学研究方面的合作关系。2001年4月,中德马普射电天文合作伙伴小组正式成立,开始联合攻克“银河系和星系磁场研究”这一有关宇宙磁场的起源和演化问题中的关键难题。天文学是建立在观测基础上的一门科学,而我国现有的观测设备很难支持关于星系磁场的研究,于是,“利用国外开放的一流设备做自己的研究”成为该课题小组的一大特色。除了借助德国的100m射电望远镜外,澳大利亚的帕克斯64m射电望远镜、美国国家射电天文台的甚大阵望远镜等世界上最大的射电望远镜,几乎都被研究小组借用开展相关的观测研究。通过与德国马普学会以及其他国际同行开展合作,借助国际观测取得的大量第一手数据,我国科学家在银河系磁场研究方面取得了骄人的成果,他们的研究结果被国际同行认为“最好地刻画出了银河系的磁场结构”,“结果令人震惊”、“明显非常重要”。国际合作还促进了人才的培养和队伍的建设,目前,该课题组的全部研究人员中,有20多人先后获得国家杰出青年科学基金、中国科学院“百人计划”和教育部“长江学者计划”的支持,培养了150多名硕士毕业生、近100名博士毕业生、约50名博士后研究人员,其中有多人荣获全国优秀博士论文奖、中国科学院优

秀博士论文奖、中国科学院院长奖学金等奖项。

国内科研院所、高等学校和企业等单位之间的交流与合作,也是促进学科发展、激发学科活力、促进成果转化、推动科技进步的有效措施。长期以来,我国农业害虫监测预警技术存在工具简陋、效率低、精度差、对人和环境安全性差、灯光诱控技术落后等问题,近年来,河南佳多科工贸有限责任公司以佳多上海研究所为研发基地,与有关高等学校、科研院所、技术推广部门联合攻关,研发出佳多农业害虫监测系统及频振式杀虫灯,建立了由自动虫情测报灯、小气候信息采集系统和生物远程实时监测系统组成的害虫监测系统及灯光诱控规范化应用技术体系。该系统可实现连续 8 天自动完成诱虫、杀虫、收集、按天存放等任务,解决了测报工作者劳动强度大、工作效率低等问题;采用远红外和可控硅技术处理害虫,解决了有毒物质对测报人员及环境的危害及害虫识别率低的问题;采用微电子、存储技术,研发传感器和存储器,解决了虫情预报缺乏田间小气候气象参数的问题;利用视频、数字、网络技术,解决了病虫的信息传递、远程实时监控问题,实现了全国病虫测报站信息共享。该项成果荣获 2006 年度国家科学技术进步奖二等奖。

西南大学蚕桑学重点实验室 2002 年启动了家蚕大规模 EST 计划,该研究计划的实施充分体现了广泛开展国内、国际间交流与合作的现代科技发展特点。研究人员构建了包括家蚕丝腺、中肠等 11 个组织器官的 cDNA 文库,已获取 20 万条 EST 序列,成为国际上最大的家蚕 EST 数据库。他们还联合中国科学院北京基因组研究所,采用全基因组霰弹法进行全基因组测序,最终以 5.9 倍的覆盖深度覆盖了家蚕全基因组,发现和鉴定了家蚕丝腺特异基因、性别决定相关基因等一批重要的功能基因。2006 年,该重点实验室还通过与日本同行合作,对目前国际组织的所有序列和图谱信息进行了统一拼接、组装和注释,构建了一张高质量的  $9\times$  家蚕全基因组精细图谱;随后又完成了精细图和分子连锁图谱的整合,并将基因总数的 82.2% 定位到染色体上,建立了家蚕基因组与家蚕经典遗传学的连接。此外,研究人员针对蚕丝产业的基础理论和产业发展关键问题,研究了重要经济性状形成的分子机理,建立了家蚕转基因和分子改良技术体系,探索建立了以家蚕丝腺为载体的生物工厂模式,探索发展了新型生物制药和昆虫产业的可能性。本项研究成果入选《科技日报》“2006 年国内十大科技新闻”,荣获日本蚕丝学会奖、香港桑麻纺织科技奖、重庆市自然科学奖一等奖等奖励。

## 第六节 重大突破尚待理论方法创新

虽然近年来我国在科技体制改革、创新文化培育、学科队伍建设、科学研究开展等方面均取得了巨大的成就,科学技术也得以长足发展,但是,与建设创新型国家的发展要求相比,与发达国家科学技术的整体水平相比,我国科学技术发展的总体水平还相对落后,创新文化的氛围还不容乐观,原始创新和系统集成创新能力还不够强,科技生产关系与科技生产力发展的矛盾依然突出。分析本报告涉及的物理学、天文学、海洋科学等 20 个学科近年来的发展情况,然而,这些学科的发展水平和发展速度就很不平衡,大部分学科顺应当代科学技术发展潮流,强调满足国家发展战略需要,重视基础理论研究,鼓励科技原

始创新,关注学科队伍建设,积极开展学术交流与合作,大力推进成果转化,学科得以迅速发展,科技成果丰硕喜人,呈现出蓬勃向上的发展态势。但是,一些学科许多研究领域整体还处于落后或跟踪状态,具有自主知识产权重大科技成果数量还不够多,能够总揽全局的战略科学家和能够带领团队攻克国际前沿领域课题的领衔科学家的数量还很缺乏。还有个别学科活力不足,过于封闭,相关的研究领域队伍建设滞后,因而发展缓慢,令人忧虑。

尽管这 20 个学科的性质、特点、现状和发展趋势各不相同,但综合分析这些学科近年来的上述进展情况,我们仍可从中获得学科发展所应具有的一些共性的认识。①遵循科学研究规律,倡导科学文化精神,乃是各学科健康、顺利发展的根本;②鼓励原始创新,重视理论建树,乃是学科尤其是基础学科占据国际前沿阵地的关键;③坚持以人为本、促进人类社会持续和谐发展,乃是各学科顺应时代潮流的发展方向;④强调以思维方法、研究方式和研究手段为对象的方法创新,乃是各学科取得突破性进展的客观要求;⑤面向国民经济建设和社会发展的需要,乃是学科尤其是应用学科始终保持活力的根本;⑥促进学科间的交叉渗透,推动国际间的交流合作,乃是各学科跨越式发展的必然趋势;⑦重视队伍建设尤其是具有战略发展眼光的科技领军人才的培育,乃是各学科持续、稳步发展的保障。

回顾人类社会发展和科学技术进步历程,科学技术的每一次重大突破、重大跨越、重要发现和重大发明,无不与思维创新、理论创新、方法创新、手段创新密切相关。离开了“创新”,人类社会就不可能继续向前迈进,科学技术也不可能再取得实质性的进步。可以说,“创新”已经成为现代社会发展与科学技术进步的基本动力和重要基石。物理学、天文学、海洋科学等 20 个学科的发展研究报告给我们的有益启示是:今后我国各个学科应该更加重视理论创新和方法创新。

所谓理论创新,是指科技工作者在科技活动实践中,对前人的理论观点通过扬弃或修正予以丰富和发展,对不断出现的新问题予以新的理性分析和理论解释,对研究对象的本质、规律和发展变化趋势予以新的揭示和预见,对以往科技人员的研究经验予以新的理论升华。理论创新的主要目的,在于追求新发现、探索新规律、创立新学说、创造新方法。理论创新通常意味着新的研究领域的开辟,预示着新的学科的诞生,昭示着新的成果的涌现。以控制科学与工程学科为例,我国科学家通过开展“智能控制理论与方法的研究”,建立了一套关于智能控制的理论体系,并在实际工程中得到了验证和应用,开辟了智能控制研究的新领域。这一理论体系的主要成果表现在以下三个方面:①结构与过程研究:将智能系统作为一个具有组织、协调和执行三层次的智能机器,提出了 Petri 网转换器和协调结构解析模型;②算法研究:提出了基于词计算的复杂系统的建模、分析和控制的理论与方法;③实现研究:建立了基于代理的集散控制系统。该理论体系的主要创始人由此被国际同行公认为在智能控制领域做出了开拓性贡献。“智能控制理论与方法的研究”项目也荣获 2007 年度国家自然科学奖二等奖。

方法创新是以科技工作者的思维方法、研究方式和研究手段为对象的创新,它是一个原有的思维方法、研究方式、研究手段从普遍到特殊、从继承到扬弃、从分散到集成、从模仿到创造的转化过程,是对正确的、先进的、高效的、简洁的、便利的方法的判断和选择。



方法创新带来的重大科技突破和整体效益的提高,在一些学科发展报告中得到了很好的反映和体现。譬如,神舟飞船系统是中国载人航天工程7大系统之一,整船设备600多台,研制过程涉及到上下游企业及技术研究机构110余个,相关的协作单位更是多达3000多个,系统的研制无疑是一项复杂的系统工程。该工程项目管理团队正是将现代项目管理的理论与方法与我国航天型号研制项目管理实践相结合,才孕育了由“祖国利益至上的政治文化,勇攀科技高峰的创新文化,零缺陷、零疑点、零故障的质量文化,同舟共济的团队文化”所组成的“神舟文化”,“特别能吃苦,特别能战斗,特别能攻关,特别能奉献”的载人航天精神;由此创立了以强矩阵组织结构为基础,以“项目经理负责制”为特色的现代化型号工程项目管理模式,从而强化了管理系统策划理念,建立了“多维度、分层次”的项目管理计划体系;继而创立了重心前移的质量控制程序和“步步归零、阶段清零”的质量问题管理程序,创造性地构建了神舟项目管理成熟度集成模型,形成了项目管理能力提升与持续改进机制。神舟系列飞船载人航天飞行成功的实践证明,我国载人航天工程在比世界航天大国起步晚30多年情况下,神舟系列飞船不仅在一些重要技术领域达到了世界先进水平,而且形成了一套符合我国载人航天工程要求的科学管理理论和方法,创造了对大型工程建设进行现代化管理的宝贵经验。2006年,国际项目管理协会授予神舟飞船项目“国际项目管理金奖”,这是我国项目管理在国际项目管理领域获得的最高奖项。

建设创新型国家是我们国家在新世纪提出的一个重要的国家战略,我们相信,不断提升各学科领域科技工作者的理论创新和方法创新能力,对于从整体上提高我国科学技术的进步发展速度,提高我国企业的自主创新能力,提高我国产业的国际竞争能力,提高我国社会经济的可持续发展能力,将具有非常重要且十分积极的意义。

# 第一节 物理学

## 一、物理学的学科性质

物理学是研究物质结构、性质、基本运动规律及其相互作用的学科。物理学的研究范围非常广。从最小的基本粒子一直到广阔的宇宙,从最快的  $10^{-22}$  秒时间尺度内发生的事件到宇宙从大爆炸开始以来物质的演变过程(已经 100 多亿年),从最冷的接近绝对零度的冷原子、冷分子到上亿度的热核聚变等离子体和温度更高的天体,都是物理学的研究对象。

物理学是自然科学和技术科学的基础学科,它历史悠久,到 19 世纪后期形成了经典物理学的理论体系。20 世纪,由于相对论和量子力学的建立,构建了现代物理学大厦。物理学的进步导致了无线电、原子能、半导体、激光、计算机、光纤通讯等的发明和发现。它们极大地影响了社会进步和人类的生活,使 20 世纪成为了物理学的世纪。

物理学包括许多二级学科,如高能物理(粒子物理)、原子核物理、等离子体物理、光学、声学、原子和分子物理、凝聚态物理、统计物理、相对论和宇宙学等。还有不少与物理学相关的交叉学科,如数学物理、天体物理、化学物理、生物物理、医学物理、材料物理、地球物理、纳米科学、量子信息学等。物理学在能源、环境、农业和国防等方面都有重要的应用。

## 二、当前物理学发展的特点

近年来,物理学的发展态势是非常活跃的:物理学对物质结构和运动规律的探索不断走向深入;物理学不断扩展它的研究内容和研究领域;物理学与其他学科的交叉结合更加紧密;物理学与产业及国民经济的相关性更强;其研究手段不断提高,使我们对周围事物甚至对宇宙的认识不断前进。

随着人类对微观世界认识的不断深入和高能加速器能量的提高及探测技术的发展,人们对原子核、核子和基本粒子的研究不断深化,在即将建成的大型强子对撞机(LHC)上,会进行更高能量的粒子对撞实验,寻找希格斯粒子;另一方面,随着一批大口径天文望远镜和太空望远镜的投入使用,人们研究天体和宇宙的能力有了很大的提升,对大爆炸宇宙模型的研究不断深入,探索暗物质和暗能量成为研究的热点。

随着物理学理论水平、实验技术和计算能力的不断提高,我们能够处理实际系统、复杂系统和复杂性方面的问题,扩展了物理学的内容和研究领域,也促进了物理学本身的发展。

物理学的概念、理论、方法和仪器,已在许多学科的研究中得到了有效的应用。物理学在这些相关的交叉学科里,起着重要的作用。如纳米科学和生命科学是明显的例子。在未来的物理学发展中,许多重要问题可能出现在交叉学科里。

物理学的发展与高新技术产业及国民经济部门产生了越来越密切的联系。2007 年的诺贝尔物理奖,颁给了巨磁电阻效应的两位发现者。巨磁电阻效应已经用到了 IT 产

业上;液晶和等离子体显示的彩电,已经走进了千家万户;半导体照明和节能灯将要代替白炽灯,成为节电照明的主力。

物理学的研究设备和能力在不断提高,这使我们可以看到和测量到许多过去无法看到和测量到的东西。电子显微镜和扫描探针显微镜使我们“看到”了原子和分子;源于加速器技术的同步辐射已用于各类物质结构和性质的研究,人们正在开发第四代同步辐射光源。物理学仪器和设备的进步,不仅促进了物理学本身的发展,也带动了其他相关学科的发展和科技整体的进步。

物理学的国际化趋势在加强。物理学本身是国际性的,国际性也是物理学界长期形成的传统。一批好的物理刊物是国际性刊物,物理学会议也有很强的国际性,许多重要的物理学研究机构里,都有来自不同国家和地区的物理工作者。因特网是物理学家发明的,它也使得物理学家之间的联系更加密切。另一方面,物理学研究需要大型设备,单个国家已难以对其中一些大型设备提供财政支持,必然导致利用国际合作的方式和办法。大型强子对撞机(LHC)和国际热核聚变堆(ITER)等都是国际合作的大科学工程的例子。

### 三、我国物理学近年来的成绩

改革开放为我国科学与技术的发展提供了良好的条件和机遇。近年来国家加大了对科学与技术事业的投入,我国物理学的发展处于较快的上升态势。在此介绍我国物理学部分分支学科近年来取得的主要成绩。

高能物理方面,在北京谱仪(BES)升级改造后的 BESII 上取得了许多创新成果,如 X(1860)、X(1835)、X(1812)、X(2075)等新粒子态的发现, $\sigma$ 、 $\kappa$  粒子的观测, $\Psi' \rightarrow \rho\pi$  之谜的破解,以及  $\Psi''$  衰变到非 DD 的证据等都在文章发表后受到了广泛关注。

我国宇宙线研究方面取得许多成绩,如西藏羊八井宇宙观测站充分利用海拔高、探测阵列大的优势,在世界上第一个大型地毯式阵列——中意合作羊八井阵列(于 2006 年建成)上,观察到活动星核的又一次强烈  $\gamma$  爆发。

中国理论物理学家在 CP(电荷—宇称)对称性破坏和夸克—轻子味物理的理论研究方面取得了重要成果;对直接 CP 破坏给出更精确、自洽的理论预言;对 CP 对称性自发破缺的双希格斯二重态模型进行系统研究后,指出它可以成为 CP 破坏起源的一种新物理模型。

我国原子核物理学家在中重缺中子新核素合成及核结构实验研究方面取得了一系列重要成果。他们在中重缺中子区合成了 11 种新核素并研究了约 70 种原子核的基态、低自旋或高自旋激发态的核结构性质,获得多项新的重要物理结果。在重离子核反应的集体效应和奇特核产生及其性质研究方面,给出了国际上拟合常规核反应总截面的最佳公式;创立了用核输运理论研究核反应截面的新方法;对轻反应系统通过集体流及多重碎裂的研究,导出有关核态方程和介质中核子—核子作用截面的结论。科学家们在超铀区合成新核素  $^{235}\text{Am}$  ( $z = 95$ ) 后,又相继合成了超重新核素  $^{259}\text{Db}$  ( $z = 105$ ) 和  $^{265}\text{Bh}$  ( $z = 107$ ),并首次测量了它们的  $\alpha$  衰变能量及半衰期,使我国在核素研究方面达到了超重区。目前他们的研究工作已经超过了原子序数为 107 的核区。

在等离子体物理的磁约束聚变方面,2002 年成功建成我国第一台带有偏滤器(一种

排除杂质装置)的托卡马克 HL-2A,并成功实现偏滤器位形运转。2006年成功建成的 EAST(Experimental Advanced Superconducting Tokamak)装置,是国际上首个全超导托卡马克;它的建成使我国磁约束聚变能所达到的等离子体参数接近国际上最大装置的水平,特别是在稳态运行方面具有特别的优势。2003年,建成了我国第一台球形环 SUNIST。在等离子体物理实验方面进展的典型代表是 HT-7 装置上的长脉冲运行和 HL-2A 装置上的带状流研究,以及超声分子束注入实验研究。在惯性约束聚变研究方面,2007年成功建成了大型激光聚变装置——神光Ⅲ原型。

在光学领域,创建了世界上首台基于光学参量啁啾脉冲放大(OPCPA)新原理的新一代超短超强激光装置。在 X 射线波段激光研究方面,首次利用类锂和类钠离子方案,获得短于 100 埃的 8 条新波长的 X 射线激光。在强场物理方面,发现了超短超强激光与等离子体相互作用中不同吸收机制相互转换的规律;提出了强激光对等离子体中电子的随机加速等新机制,并获得实验证实;实现了强激光与固体靶作用产生超热电子的定向发射和控制。在超快光学方面,系统研究了多种有机分子超快非线性光学性质,提出通过分子间电子转移实现超快三阶非线性光学效应增强并实现了超快、低泵浦能量全光光子晶体开关。

在声学领域,利用高强度超声治疗癌症的机理和应用研究已引起世界瞩目;我国多个单位在实验测量、理论分析、数值模拟等几个方面深入研究,不断取得新的进展,解决了大量技术难题,开发了治疗设备;在临床应用方面至今已治疗了几千病例,积累了大量珍贵的数据和经验,对一些病种已形成了较成熟的治疗方案。水声学的应用背景是声纳,关系到国家安全,我国在这方面的研究有较长历史和良好基础,尤其是在近海范围的浅海声场研究方面很有特色,受到国际学术界的重视;近年来研究的范围更广,进入到深海研究领域。扫描电声成像系统是将扫描电镜和声学成像技术结合建立的一种亚微米级的高分辨率成像系统,在各种材料研究和生物研究中得到广泛的应用,推动了这些学科的发展,我国在系统的研制和各种应用中开展的工作受到国际同行的重视,尤其对成像机理的深入研究成果被世界公认为最为完整的理论。

在凝聚态物理领域,介电体超晶格的研究有很强的创新性。将微结构引入介电晶体,构成了介电体超晶格。在介电体超晶格中微结构的调制周期可与光波、超声波的波长相比拟。这样,光波、超声波在介电体超晶格中传播,类似于电子在晶格周期势场中运动。于是,光子能带、声子能带及与光声有关的其他准粒子能带就出现在介电体超晶格中。介电体超晶格还能实现不同物理常数的调制,已成为一种具有重要应用前景的人工有序微结构材料,成为国际热门研究领域,并在光电子学、声电子学、材料科学的交叉领域中催生了被称为“畴工程学”的新生学科。

在半导体研究方面,准二维半导体的自旋霍尔效应及半导体自旋电子学方面进展迅速,提出了多种物理机制;成功实现了量子点的单光子发射;8K 温度下脉冲激光激发 InAs 单量子点,采用 HBT(Hanbury Brown-Twiss)延时复合计数光谱测试系统观察到波长 950nm 的单光子发射,发射速率大于 10kHz。完善了低维半导体材料的生长及物理特性测量的手段,成功地在 GaAs 衬底上生长出高质量 GaSb 厚膜材料和 2~3 微米红外波段 InAs/GaSb 超晶格材料,基本实现了对半导体量子点的尺度及均匀性控制。

在磁电子器件的研制中,成功地以纳米尺度的环状结构磁隧道结进行了 MRAM 原型器件的验证;通过锰氧化物和钛酸锶构造出具有整流效应、光伏效应、正负磁电阻效应交叉出现的 p-n 结,并通过透射电镜的电子全息术直接测量了界面电势的空间分布。

在低温物理和强关联系统研究中,理论上基于共振价键或自旋涨落模型做出了有特色的工作;实验上通过低温比热测量,发现能隙基态中可能仍然有电子型准粒子的激发,从而出现费米弧金属基态,并进一步指出超导可能是费米弧上面的电子通过借助于强大的自旋配对的背景而发生超导配对和凝聚。最近与美国橡树岭国家实验室的中子和比热合作研究也进一步证明了超导凝聚能与自旋共振激发的密切关系。

在表面微结构研究方面,在 Si 衬底上生长了原子级平整的 Pb 膜,通过精确控制其厚度,实现了对 Pb 膜超导转变温度的调制;利用自组织生长技术,实现了把由 3~12 个原子组成大小和结构全同的原子团放在硅(111)表面上,使量子点阵列大面积地整齐排列起来。

在软物质物理研究方面,通过分子梳方法观察到了单个 DNA 分子在拉伸力作用下的熔化现象;利用布朗动力学方法研究了 DNA 与组蛋白的相互作用,分析了核小体的组装、解离、手征性的形成、染色质重组复合体的作用,以及组蛋白修饰对核小体结构的影响。

我国计算凝聚态物理研究近年来发展很快,现在已有能力生产计算能力达到每秒 5 万亿次的超级计算机,不仅通过计算解决与国家需求密切相关的重要问题,同时创造性地提出新型计算方法,研发出具有自主知识产权的计算软件。第一原理计算方法在很多实验组的科研中获得了普及,开始大量地直接使用计算方法来指导实验研究。

在量子信息技术的基础研究方面,首创了量子避错编码原理,为解决量子信息领域的关键性问题——消相干提供了新方法;首创了概率量子克隆原理,为量子信息的有效提取提供了新的方法;提出一种新型的基于腔量子电动力学(QED)的量子处理器方案,有力地推动了该研究方向的后续发展。在多光子量子纠缠及其应用方面,先后在实验上实现了四、五和六光子纠缠;在高亮度纠缠源的支持下,实现了基于线性光学的量子纠缠浓缩,实现了基于纠缠交换的量子中继器,原理性地证明了基于上述技术可以在遥远的两地建立最大纠缠;在量子密钥共享、无共享参考系量子密钥分发、自由空间量子通信、诱骗态量子密钥分发等方面取得了突破;2007 年实现了绝对安全距离超过 100km 的量子密钥分发。在纠缠态光场及连续变量量子通信研究方面,证明了将非简并光学参量放大器(NOPA)运转于放大与反放大两种状态,可以获得不同类型的连续变量纠缠态光场,首次获得明亮 EPR 量子纠缠光束;设计了光场贝尔态直接探测系统,突破了传统零差探测的模式,便于实际应用;首次从实验上完成了连续变量量子密集编码,使信道容量突破经典极限;首次从实验上获得连续变量三组分纠缠态光场,并首次完成具有网络特性的受控密集编码量子通信。

虽然我国近年来物理学进步很快,但在总体上我们与西方发达国家的物理学发展水平相比,还是有很大差距的。

## 四、对我国物理学发展的几点建议

国家对物理学的投入,特别是对物理学基础研究的投入应当持续增加;物理学的应用研究,也应当得到加强;物理学在能源、环境等关系到可持续发展和国计民生领域的应用,会起到重要的作用,应当给予支持。

物理学不少学科和领域的进步和突破,都与物理学研究所必须的大型实验设备——大科学工程密切相关。我国过去建设的几项物理学领域的大科学工程对我国高能物理、核物理、核聚变等离子体物理等相关学科的发展起到了很重要的作用。正在建设的几个物理学领域的大科学工程项目也会对我国未来物理学相关领域的发展,起到积极的促进作用。对已立项和在建的几个物理学领域大科学工程项目,建议加快建设进度,并做好配套工程,使它们尽快投入使用。对已建成的大科学工程项目,要做好用户的组织、协调和为用户服务的工作,提高工程使用效率,产生更多原创性的研究成果。

物理学发展中,国际化趋势在不断加强。改革开放以来,我国物理学界与国外同行的交流已有了长足的进步,不少物理学工作者已经加入国际合作团队中。但与欧美等发达国家相比,我国物理学的国际化进程仍然相对落后。我国物理学家在国际物理学重要组织及重大工程项目中所处的地位也不高。这种状况应当加以改变,我们应当在未来物理学的发展中发挥更加重要的作用。

我国中学和大学的物理教育有待加强。在我国公民的科学素质教育中,物理教育和科学普及应当受到足够的重视。

我国的物理学期刊和杂志的水平,与发达国家相比仍然有较大差距,有待提高。

## 第二节 天文学

### 一、引言

人类不断建造的新的天文仪器全面拓展了人类的视野,使人类能够在全电磁波波段(射电、红外、可见光、紫外、X射线和 $\gamma$ 射线),并利用中微子和宇宙线全面观测宇宙,具有更高灵敏度、更高角分辨率、全天巡天和全时间观测的能力,从而发现新类型的天体和发现新的天文现象。在天文观测的基础上,天文学家利用大规模数值模拟计算、数据分析和理论研究进一步理解发现的天文现象。因此近代天文学的发展是由一系列新的天文发现和对天文发现的定量理解组成的。

天文学研究宇宙中各种不同尺度的天体,包括太阳和太阳系内各种天体、恒星及其行星系统、星系和星系团,乃至整个宇宙的起源、结构和演化。太阳和地球环境密切相关,对其他行星的研究和地外生命的探索有助于理解生命的起源和演化,并可能回答人类在宇宙中是否孤独的问题。宇宙中的各种极端物理环境,甚至宇宙本身,提供了天然实验室,可以研究各种物理规律。天文学研究发现宇宙主要是由暗物质和暗能量组成的,对现有物理学理论提出了根本的挑战;而对宇宙早期的研究则可能对统一所有作用力的物理理

论提供检验。天文学的成就是自然科学、人类文化和文明的重要组成部分。

先进的天文观测手段、天文仪器发展带来的技术进步,以及天文学的研究成果,对于经济建设、国家安全和进步都有重要的作用。时间和频率测量、导航、空间探索、空间天气预报、无线电通讯等在不同程度受益于天文学的研究和发展。天文学对于科学普及、青少年教育,以及弘扬科学具有重要作用。

天文学可以分为以下 11 个研究领域:太阳与日球、太阳系行星探测、天体力学与人卫动力学、天体测量、恒星以及相关研究、星系与宇宙学、射电天文、地面光学/红外望远镜技术、空间天文、时间与频率和天文学史。

## 二、国际天文学科的发展趋势

太阳物理学研究已经远远地超出了狭义的太阳物理和天体物理学范畴,正在向下列几个重大方向扩展:把太阳作为等离子体物理学研究的实验室;理解和预报太阳对地球气候和日地环境的影响;理解太阳演化对行星系统生命演化的作用。20 世纪 90 年代以后,太阳与日球物理的研究进入了一个全面发展时期,空间卫星探测占据主导地位,开始了多波段、全时域、高分辨率和高精度探测的时代。

40 多年来,世界各空间大国掀起了对太阳系天体的深空探测热潮,先后对月球、各大行星及卫星、小行星、彗星等天体进行了全方位、多手段的探测工作,深入了解太阳系各天体的地质背景和空间环境,寻求解决太阳系起源和演化的最基础科学问题。进入 20 世纪 90 年代后,各主要航天国家和组织纷纷开始实施和规划新一轮的月球探测任务。

依巴谷星表的发表、新参考系的引入、时间尺度的完善和 CCD 技术的应用,使天体测量进入一个新时代。而今后的天体测量卫星 Gaia 和 SIM,还将提供上亿颗恒星的庞大数据源,空间天体测量将开拓全新的境界。

探索恒星的形成、结构、演化是天体物理的一个根本问题。恒星起源和行星起源,乃至生命起源都密切相关。自 1997 年发现伽玛射线暴的余晖以来,在伽玛射线暴的能源机制、大质量恒星塌缩过程、双致密星的并合,以及伽玛射线暴在宇宙学研究上的应用等方面取得了重要进展。未来引力波的探测将开辟新的物理研究和天文观测的窗口。

1998 年通过 Ia 型超新星的测量发现了宇宙加速膨胀,以及 2003 年 WMAP、SDSS 和更多 Ia 型超新星的数据证实了上述发现,强有力地支持一个以暗能量、暗物质为主的暴涨宇宙模型,也就是暗能量占宇宙中总物质能量的  $2/3$ 。暗能量具有负压,在宇宙空间中几乎均匀分布或完全不结团。但是目前对于暗物质和暗能量的本质几乎一无所知。

类星体和活动星系核是人类可以探测的非常遥远的天体,研究发现星系的形成和演化与其中心黑洞的增长和活动星系核的反馈作用存在密切关联。银河系中心的致密射电源是离我们最近的超大质量黑洞候选体,对这个黑洞的观测达到了独一无二的精细程度,提供了黑洞存在的最有力证据。

20 世纪 60 年代天文学的四大发现——类星体、脉冲星、星际分子和宇宙微波背景辐射,都是用射电手段观测到的。迄今有 10 项诺贝尔物理学奖授予天文学研究领域,射电天文学成就了其中 6 项,充分显示了这个研究领域的强大生命力。

自 20 世纪 90 年代以来,世界上已有十几架 8~10 米级光学/红外天文望远镜相继建

成并用于天文观测。最近世界各国纷纷提出建造 20~50 米地面光学/红外望远镜的研究计划。南极内陆是地球上最好的天文台址,并预测 Dome A 可能更好,将为天文观测提供新的窗口。

在天文学发展史上,空间天文(包括空间太阳物理)是继光学天文和射电天文之后的第三个里程碑,使人们摆脱了地球大气的束缚,可以在几乎全波段范围内观测天体的辐射。目前空间天文的重要前沿涉及几乎所有天文学的重要科学问题。

时间频率的测量精度是目前所有物理量及物理常数中最高的,高精度时间频率已经成为一个国家科技、经济、军事和社会生活中至关重要的参量。基于脉冲星时、空参考架的航天器导航系统被称为自主导航,X 射线脉冲星导航具有良好的潜力。

天文学史的研究,始终随着现代天文学的发展而不断产生新的研究问题,具有重要的科学价值。古代天文学因为与社会政治有着密切的关系,所以天文学史研究又具有重要的文化历史价值。天文年代学方法和考古天文学研究的方法意义重大。

### 三、天文学科的国内研究现状

#### (一)太阳与日球研究领域

经过几十年的发展,我国太阳与日球物理研究在发展中国家中居于首位,在部分研究领域保持了国际先进水平。我国在太阳表面磁学,包括太阳活动区向量磁场演化和太阳弱磁场、太阳活动大气的光谱诊断、基于非局部热动平衡理论计算的半经验大气模型、耀斑动力学过程、太阳活动中的高能辐射、太阳大气中的微观等离子体机制、太阳风理论和模型、太阳磁场的理论外推、太阳活动磁流体理论与数值模拟、太阳活动中长期变化等方向开展了一系列原创性研究。

承担了一系列的国家重大观测和保障任务,在“神舟”系列飞船和“嫦娥一号”绕月卫星等的发射和飞行过程中,这些仪器提供的航天工程的空间环境保障服务,在太阳活动预报、警报方面发挥了重要作用。

#### (二)太阳系行星探测研究领域

我国在太阳系行星科学的诸多领域开展了不同程度的研究工作,有些工作甚至还处于国际领先地位。寻找近地小行星和小天体的长期轨道演化研究取得了突出的成绩。在原始碳质球粒陨石中首次发现了短寿期放射性核素<sup>36</sup>Cl 的证据;在原始碳质球粒陨石的难熔包体和不透明矿物集合体中找到了新的稳定同位素证据;发现了多种高压矿物相;发现了灶神星原始化学成分的不均匀性;提出了铁陨石形成的新机制;中国南极科学考察队在南极地区收集到了大量的陨石样品,使我国的陨石资源拥有量位居世界第三。

2003 年,我国启动了“嫦娥工程”,于 2007 年成功发射“嫦娥一号”,揭开了以月球探测为主的太空探测活动的序幕,目前已经取得重大成功。

#### (三)天体力学与人卫动力学研究领域

在行星内部和大气物理的理论和大规模数值模拟研究方面取得若干突破性进展。在



非线性天体力学研究方面,研究了二维相空间中各种不变集的粘滞效应及其应用。在后牛顿天体力学研究方面,主要的成果包括标量张量引力理论的 2PN 理论、相对论 1PN 刚体模型的建立、相对论系统混沌指标及其算法的研究,以及转动椭球体内部的和外部的 1PN 度规。按照国际天文学联合会的决议在行星月球历表研究方面取得了大量进展。

在月球和深空探测器的测、定轨方面,我国的 VLBI 天文测量系统参与了“嫦娥一号”卫星的测轨任务,首次将 VLBI 技术应用于我国的航天工程。在人造卫星动力学与空间碎片观测研究方面,完成了“神舟 6 号”空间碎片监测预警任务,建设了一个初步的空间碎片监测预警系统,具备了对少量碎片目标的不连续编目的能力。

#### (四) 天体测量研究领域

在天球参考架研究方面,与国外合作编制 GSC2.4 将为我国在暗星参考架的建立和研究打下基础。参与射电参考架 ICRF-2 的合作研究、流层的模型和短期波动的改进。为配合我国宇航的发展,提出黄道射电星表的编制。

不仅参与了国际主要空间对地观测计划[如国际地球自转服务计划(IERS)、国际 GPS 地球动力学服务计划(IGS)、国际激光测距服务计划(ILRS)、欧洲 VLBI 观测网(EVN)、美国 NASA 的固体地球和自然灾害研究计划(SENH)等],而且倡导并组织了由中国等十几个国家参加的亚太地区空间地球动力学(APSG)国际合作研究计划,使我国成为国际天文地球动力学研究的重要基地。

#### (五) 恒星以及相关研究领域

我国学者在恒星研究方面做出了重要的甚至是奠基性的贡献。在恒星形成研究方面取得了大量成果,在一些领域处于领先地位。联合长期资料和高精度短期资料开展了较长周期双星轨道的拟合。利用恒星振动研究,对白矮星性质、密近双星晚期演化等的研究获得了许多新的发现。参加建立了 EPS 的混合模型、双星族 EPS 模型和包含 B 型亚矮星的双星族 EPS 模型。

在伽玛暴余晖的动力学演化、余晖的环境效应、能量注入机制、伽玛射线暴的能源机制、高能辐射机制、伽玛射线暴的统计性质、伽玛射线暴的宇宙学意义,以及用伽玛射线暴来限制量子引力理论等多方面都取得了原创性的、在国际上有重要显示度的成果。中国天文学家搭载于“神舟 2 号”上的伽玛射线暴探测器,曾成功地观测到若干个伽玛射线暴。已建立起了一套高度自动化的设备,专门用于监测伽玛射线暴的光学余晖,并成功地观测到了若干个余晖事件。

开展了空间引力波探测任务概念研究、高频微波引力波探测共振腔研究、脉冲星定时引力波探测、引力波源的理论研究、引力波探测的数据分析和数值相对论,并参与了 LCGT 地面引力波探测研究。

#### (六) 星系与宇宙学研究领域

2005 年完成的“973”计划项目《21 世纪天体物理重大问题:星系形成与演化》,取得了丰硕的研究成果。2007 年再一次启动了围绕宇宙结构的形成和演化的“973”计划项目

《宇宙大尺度结构和星系形成与演化》。我国在该研究领域聚集着一支高水平的队伍,在星系和大尺度结构形成的数值模拟研究、大尺度结构的统计分析研究、星系和大尺度结构形成的半解析模型的研究等方面取得了大量成果。开展了暗能量问题的研究工作,提出的 Quintom 模型能说明暗能量物态方程参数  $w$  从小于  $-1$  到大于  $-1$  的可能演化;提出了一种对宇宙微波背景辐射偏振数据进行分析的新方法,发现了 CPT 破坏的迹象。进行了间接暗物质探测试验,如西藏羊八井宇宙线实验基地有 ARGO 实验,可以用来探测暗物质湮灭产生的  $\gamma$  光子。参加了国际上的一些暗物质粒子探测大项目,如国际空间站 AMS 项目、美国南极长周期气球项目“ATIC”的研制和观测数据分析。

在中心黑洞质量、黑洞吸积与演化、超大质量双黑洞及其对活动星系核形成和演化影响、窄线 Seyfert 1 星系(NLS1)、宽吸收线类星体、射电类星体研究,以及活动星系核演化的统一模型等方面取得了重要和具有国际影响的成果。成功获得了银河系中心超大质量黑洞候选体 SgrA\* 在 5 个波段上的准同时 VLBI 图,得到了(至今还是世界上唯一的) 3.5 mm VLBA 成图,测得 SgrA\* 的固有尺度相当于该黑洞史瓦西半径的 13 倍,提供了 SgrA\* 即是黑洞的有力证据。在银河系中心黑洞的吸积和辐射模型研究方面取得了有意义的成果。

### (七)射电天文研究领域

建成了密云综合孔径望远镜、青海德令哈 13.7 米毫米波望远镜、上海佘山 25 米、乌鲁木齐南山 25 米、密云 50 米和昆明 40 米射电望远镜。加入了 EVN(欧洲 VLBI 网)和 IVS(国际大地测量和天体测量 VLBI 网),成为国际一流设备的一部分。在新疆建设了宇宙原初结构探测的专用望远镜 21CMA。在充分利用国内现有的射电天文设备的同时,还采用世界上的先进的望远镜观测时间,在宇宙学、星系形成和演化、银河系结构、分子云与恒星形成、脉冲星等多个领域做出了在国际上有较高显示度的研究成果。在毫米波亚毫米波超导接收技术研究领域基本处于国际前沿水平。已经批准立项的 500 米口径球面射电望远镜(FAST)将是世界上单面口径最大的射电望远镜。

最近取得的部分重要学术成果包括:成功探测到围绕一个大质量年轻恒星“BN 天体”周围的吸积盘;解决了在天文学里银河系漩涡结构中离太阳最近的英仙臂距离的长期争论;对银河系中脉冲星进行了大量的偏振观测,建立了银河系的整体磁场模型,首次给出了银河系银晕磁场强度的定量估计。

### (八)地面光学/红外望远镜技术研究领域

LAMOST 是一架我国自主创新的、在技术上非常有挑战性的大型光学望远镜,拥有多项国际前沿水平的技术创新。2008 年全面完成后将是我国最大的光学望远镜(主镜为 6 米)和国际上最大口径的大视场光学望远镜,其大规模、多目标的光谱巡天将使人类观测天体光谱的效率提高一个数量级(至千万量级),走到世界的前沿,并将在宇宙的起源、天体演化、太阳系外行星探索等方面取得令世人瞩目的科学创新成果。

### (九)空间天文研究领域

我国在空间天文学方面基本上形成了以空间高能天文(包括空间太阳高能物理)为主

并兼顾可见光、紫外和射电等波段的多波段空间天文探测,以及空间反物质、空间宇宙线、空间暗物质和激光天文动力学等研究方向的格局。我国空间 X 射线探测技术和空间伽玛射线探测技术具有成功探测的经历,有相对的优势。我国在空间天文探测方面的其他优势还体现在:掌握先进的航天技术,能够为空间天文提供适当的平台,这是世界上只有少数国家才具有的能力;在“硬 X 射线调整望远镜”HXMT 和“空间天文望远镜”SST 两个项目上,经过多年的预研,在项目的科学思想和技术实现方面具有独到的创新之处,是我国空间天文探测全面落后的情况下不多的亮点,为我国进一步的空间天文探测积累了经验,奠定了坚实的基础。

目前 HXMT 作为我国第一个自主研发的专用空间天文卫星已经列入国家“十一五”空间科学发展规划,预计 2010 年左右发射运行,将在黑洞等相关天体物理领域取得重大突破。另外中法合作空间天文卫星“空间变源监视器”SVOM 卫星和中国载人航天二期的空间天文实验“伽玛射线暴偏振仪”POLAR,计划于 2012 年左右发射运行,预计将对伽玛射线暴的研究起重大推动作用。在法国和俄罗斯分别主导的“太阳爆发小卫星”SMESE 和 WSO-UV“世界紫外天文台”项目中,都承担了重要任务。

### (十) 时间与频率研究领域

中国的全色原子喷泉钟研究获得了  $5.0 \times 10^{-15}$  的准确度。在光钟的关键技术中,飞秒光梳技术具有国际领先水平,超稳窄线宽激光技术也取得了突破性进展。授时用钟基本上全部是进口高性能小型全色钟和氢钟。自主研发的氢钟的守时性能在某些性能指标上优于进口产品。星载原子钟研究完成了实用小型光抽运铯束频标的实验样机。开始研制磁选态铯原子钟原理样机。开展了星载氢原子钟中关键技术的研究。启动了对脉冲 POP-Maser 铷原子钟的理论及实验研究。

开展了精密时间间隔测量的研究工作,核心思想是采用粗测和精测相结合的方法,实现高精度、大范围的时间间隔测量。研制了多功能双频 GPS 共视接收机,并以此建立 JATC 时间比对网,其时间比对精度优于 2 纳秒。研制了多通道卫星双向时间比对系统,提出利用卫星双向时间传递技术进行卫星精密定轨的方法,并应用于卫星导航系统建设中。2004 年在中国科学院建立中国区域定位系统,其主要功能是为用户提供导航、定位、测速、授时和通信服务。目前系统处于试运行阶段,系统授时精度优于 100 纳秒。

在脉冲星导航算法、X 射线脉冲星脉冲到达航天器时间测量方法和用脉冲星钟作为航天器时间标准的物理实现方法等方面已经取得研究结果。中科院启动了“脉冲星计时观测和导航应用研究”重要方向性项目。

### (十一) 天文学史研究领域

中国天文学史的很多大型研究项目都是在国家组织下,由很多机构和很多学者按计划合作进行的,研究注重保持与现代天文学的密切关系,取得了很大的成就。采取了多元化的研究取向,试图理解中国天文学史在中国文化中的本来面目,出现了像江晓原的《天学真原》、黄一农的“社会天文学研究”、陈久金等“关于少数民族天文学研究”这样的成果。

天文学史的部分重大研究项目成果包括:参加了国家科委组织的“九五”重大攻关课

题“夏商周断代工程”，在天象记录的研究、天文年代学方面取得了重要成果；出版《清代天文档案史料汇编》，是研究清代钦天监、礼部等机构天文工作的第一手资料；出版《中国古代科学技术通汇》，是中国古代天文学文献的集萃，是学术价值极高的参考书，对收集其中的每部著作都有研究性提要；集中国古代天文学研究之大成的《中国天文学史大系》（十卷）也由中国科学技术出版社出版。

#### 四、未来展望和建议

中国天文学的发展处于一个历史的转折点。中国天文学的研究取得了一批在国际上有影响的成果，显示中国已经有天文学家活跃在国际天文学最重要的前沿领域。但是，所取得的重要成果当中，大部分是使用国外的一流观测设备或者数据获得的，或者是基于理论研究或者数值模拟计算的研究，而基于中国的天文仪器取得的重大成果偏少。这是由于长期以来没有重视先进天文仪器的研发和对重大天文设备的投入不够，使得部分优秀的天文学家不得不另辟蹊径。随着LAMOST项目的建成和运行，我国天文学家将首次拥有国际先进的大型天文观测装置。因此，今后天文界的一个主要任务将是引导和支持中国有关研究领域的天文学家集中力量，充分使用LAMOST开展行星、恒星、星系、星系团、宇宙大尺度结构，以及暗物质和暗能量的全面研究，作出大量的重要天文发现，实现中国天文学发展的历史性转变。

目前积极开展的中国西部和南极天文台选址工作以及与此配合的未来先进和大型地面望远镜的规划和研发，已经批准立项的500米口径球面射电望远镜（FAST）的建造和运行，参加国际未来大型地面望远镜的研制和运行、中国“十一五”空间科学规划中HXMT的研制并在2010年左右发射运行等一系列国际合作空间天文和空间太阳物理项目的实施，以及未来更加先进的空间天文台的规划、研制和运行，将使中国天文学全面进入国际前沿，并在若干领域领导国际天文学的发展，作出大批重大原创性天文发现，重现中国天文学的辉煌，为国家的经济建设和国家安全、自然科学的发展，以及人类文明做出重大贡献。

然而，我们必须清醒地认识到，中国天文学的研究队伍整体规模偏小，与中国的大国地位严重不符，远远不能满足未来发展的需要。目前主要研究人员集中在中国科学院的国家天文台系统和部分研究所。和大部分发达国家天文学研究以大学为主的情况相反，国内在少数几个高等院校尽管也有一些从事天文学教学和研究的优秀学者，但是整体力量偏弱，对中国天文学的未来发展和人才培养都极为不利。

中国科学院和中国自然科学基金委联合设立的“天文联合基金”重点鼓励高等院校和科学院的合作，是一个重要和有远见的举措，将有力地促进高等院校天文学的发展。今后需要进一步加强科学院和高等院校在天文学领域的合作，充分利用科学院在天文学领域的队伍和重大设备的优势以及高等院校多学科的优势，重点支持高等院校天文学教学和研究的队伍建设，加大天文学资源在高等院校的投入，这些将对建设一批高水平的综合性大学和保证中国天文学的长期发展具有十分重要的意义。

## 第三节 海洋科学

### 一、引言

海洋科学是认知海洋的知识体系,海洋技术是科学认识海洋和开发、利用、保护海洋的方法和工具。因此,海洋科学技术学科既是一门综合性的自然科学,又是一门综合性的技术科学。

海洋科学本质上是实验科学。板块构造、中尺度涡、海底多金属结核和富钴结壳、热液硫化物、极端环境下的海底生物、天然气水合物等海洋科学的重大发现,都是海洋科学和海洋技术的相互促进和协调发展的结果。直接观测、数值模拟、多分支学科的交叉和融合及集成,并从整体上系统地研究海洋,是海洋科学研究的基本方法和基本趋势。对海洋的直接观测,依靠海洋调查船、潜水器、各种海洋调查观测仪器设备和海洋开发技术装备,克服海水屏障,进入深海大洋,是海洋技术面临的主要难题。

海洋是沿海国家的门户,又是通往世界的通道。海洋对沿海国家的安全和可持续发展至关重要。沿海国家在专属经济区和大陆架区享有主权权利,在国际海域享有资源和空间的公共利益。凭借海洋科技优势,圈占战略性资源和空间,并使国家利益最大化,已成为发达国家的国家海洋战略。

海洋在调节全球气候变化、维持生态平衡中起着十分重要的作用。海洋是地球生命的起源地和地球生命的支持系统。海洋沉积层中保存着地球系统演变过程中的地质历史信息 and 生命演化信息,是研究过去全球变化和生命起源的主要依据。海洋科学研究将进一步为人类认识地球和认识人类自身做出重大贡献。

海洋是全球竞争的一个大舞台,与沿海国家的生存与发展密切相关。海洋科学技术水平是沿海国家综合国力和科技水平的重要标志。随着现代科技进步和海洋科学技术支撑体系的逐渐建立,围绕资源、环境、人口问题,海洋科学技术将继续在认识海洋,开发、利用和保护海洋方面发挥更大作用。

### 二、国际海洋科学技术发展现状与趋势

近年来,围绕海洋环境和资源问题,国际海洋科学技术研究取得了重大进步,加深了对海洋的科学认识,提高了对海洋资源的开发能力,促进了社会的进步和经济的繁荣。

#### (一) 国际海洋科学技术发展现状

##### 1. 重大海洋观测和海洋科学研究计划的实施,推动了海洋科学的发展

近年来国际海洋界围绕全球变化和环境问题,组织并实施了一系列全球性的海洋观测和研究计划。这些计划的实施,取得了一系列重大成果,推动了海洋科学的进步。

热带海洋和全球大气实验计划(TOGA)和世界海洋环流实验(WOCE)计划,提高了对海—气相互作用、大洋环流的认识和气候预报能力,揭示了厄尔尼诺—南方涛动

(ENSO)现象的海气耦合本质,并成功地预报了厄尔尼诺的发生和发展,证实了厄尔尼诺事件的可预报性。

全球海洋通量联合(JGOFS)研究、海岸带陆海相互作用研究(LOICZ)和全球海洋生态系统动力学(GLOBEC)研究,带动了以研究生源要素为主的海洋地球化学的快速发展;对二氧化碳在地球系统的循环及环境影响,微生物通过海洋生态系统对有机碳通量的作用,生源要素在海洋生态系统中的结构、动力学、循环有了较深的了解。

大洋钻探计划(ODP),在沉积物岩芯中发现了古气候变化的记录,使得第四纪全球气候演变模式得以建立,古海洋学作为一门新生的学科得以形成和发展。深海考察和大洋钻探,发现了极端环境下生存的生物和地壳中的古生物。极端环境下的生命现象和生命过程的研究,以及生命起源的研究,正在成为生物海洋学研究的前沿。

## 2.海洋技术已成为衡量发达国家竞争力的重要标志

为最大限度地圈占战略性海洋资源和空间,抢占海洋开发制高点,发达国家都在努力发展海洋高新技术。半潜式深海油气钻井平台最大工作水深已达到 2438 米,有缆遥控深潜器最大工作水深已达到 11000 米,载人深潜器最大工作水深已达到 6500 米,海上钻井深度超过 12000 米。

海洋卫星与水下移动观测平台相结合,使海洋观测进入了多平台、长时序、立体观测时代。在深海底建立长期的观测系统,从陆基实验室直接观测海洋和海底的生物和地质活动、研究海洋过程,已经成为现实。海洋生物技术、深海生物基因和酶的开发技术,成为海洋前沿技术的热点之一。发展海洋高技术已成为世界新技术革命的重要内容和国际技术竞争的制高点。

## (二)国际海洋科学技术发展趋势

围绕全球变化和资源开发等重大科技问题,国际海洋科学技术总体上呈现以下发展趋势。

第一,海洋科学研究紧密结合资源、环境问题和国家需求及与人类生存和发展密切相关的重大问题展开。海洋科学研究方式趋向全球化、系统化、国际化,国际合作和区域合作将更加广泛、更加频繁。为社会经济发展服务的业务化海洋学将加快发展。

第二,全球变化研究、深海大洋和极地研究将更加活跃。海底科学仍然是热点的交叉学科之一。国际社会对极地海域的争夺将更加激烈。以细胞和分子水平为主的实验海洋生物学仍然是国际海洋生物学科发展的前沿领域,海洋生物技术仍然是沿海国家优先发展的重点高技术之一和国际竞争的热点。深海底生物基因资源的研究与开发,仍然是海洋领域地学与生物学交叉学科的研究热点和海洋生物技术开发的重要前沿。

第三,海洋科学研究向微观和宏观两个方向发展。学科分支的细化,分支学科的交叉、渗透和融合,以及多分支学科的系统集成研究,是现代海洋科学研究的基本特点和展趋势。

第四,以海洋卫星和水下自航器(AUV)为标志,海洋观测已进入多平台立体观测时代,并向多平台集成、实时观测和数字化、信息化方向发展。随着技术的进步,海洋化学量和生物量的自动观测将逐渐成为新的热点。

第五,运用现代信息技术和“3S”(遥感、全球定位、地理信息)技术,构建数字化海洋、海底和共享信息平台,提供网络化的信息和信息产品服务,将逐渐成为现实。

### 三、我国海洋科学技术发展概况

在国家相关科技计划和国际海洋科学合作计划的支持与推动下,围绕海洋资源、环境、生态及全球气候变化等热点问题,开展了重点研究和合作攻关,取得了一批有价值的成果,推动了我国海洋科学技术的进步。随着我国国力的提升,我国的海洋研究已逐步由近海向深海大洋和极地拓展。我国海洋科学技术取得的成就受到世界同行的瞩目。

#### (一)海洋科学研究取得了一系列具有世界水平的新成果

创建了海浪—环流耦合理论,揭示了中国近海环流形成和变异机理,开发了多要素耦合作用数值计算模型,显著提高了海洋综合动力过程的计算能力和预测水平。建立了中国边缘海形成演化的理论框架,为开辟中国边缘海油气资源勘探新领域提供了基础理论和重要远景区,为我国海域划界、维护海洋权益提供了重要依据。

以“东亚季风演化史在南海的记录及其全球气候影响”为目标的深海钻探,其成果称誉国际海洋地质学界;在古气候演变研究中,证明了热带驱动和碳循环的重要性,修正了“低纬区和碳循环”作用的传统轨道理论;中国近海海洋生物种类组成、资源分布、生态习性和区系特点,以及海洋初级生产力时空分布研究成果,特别是超微型藻类的发现和对近海初级生产力的重要贡献,奠定了中国现代海洋生物学的坚实基础。

#### (二)大洋和极地研究已跻身世界先进行列

横跨三大洋的首次环球海洋科学考察,在我国大洋科学考察史上具有里程碑意义,不仅拓展了我国海洋科学研究的空间和领域,而且发现了新的海底热液活动区,抓取了完整的热液硫化物烟囱体样本,为我国找到了新的国际海底资源远景区。在南中国海天然气水合物资源调查中,成功地获取了天然气水合物柱状样品,使我国成为世界上继美国、日本、印度之后第四位获取天然气水合物样品的国家。近两年的南极冰盖考察,完成了人类首次从地面到达南极冰盖最高点,并确定了其地理位置和高度,确立了我国在国际极地考察和研究中的地位。

#### (三)取得了一批海洋高技术成果,缩短了与先进国家的差距

我国发射了两颗海洋卫星,结束了我国没有海洋卫星的历史。建造了两艘作业水深6000米的无人深潜器,7000米载人深潜器建造进展顺利。深海半潜式钻井平台技术取得突破性进展,浅海浮动式生产和储卸油系统(FPSO)技术处于国际领先水平。海洋生物种子工程和工程化养殖加速了水产养殖业的升级改造,一批海洋天然产物和药物进入临床或上市。海水淡化和直接利用正向规模化与环境友好化发展。我国已成为少数能开展全球海浪预报的国家之一。

我国海洋科技发展存在的主要问题是:海洋科学研究的原始创新能力差,学科影响力小;海洋技术装备落后,长时序、实时、离岸海洋观测能力薄弱;科技资源共享机制不完善,

信息化和网络化程度低;海洋科技队伍总体水平不高,科技力量分散。与世界海洋科学技术先进水平相比,我国海洋科技的总体水平差距至少在10年以上。

## 四、我国海洋科学技术发展的需求、目标和对策

### (一)海洋科学技术发展的国家需求

海洋科学技术在推动国家社会经济发展和维护国家安全与权益中,占有特殊的地位,国家对海洋科学技术学科的发展有迫切的需求。

第一,海洋资源是我国可持续发展的重要物质基础。海洋科学技术要为实施海洋开发、提高海洋资源勘察与开发能力、缓解我国战略资源的不足,做出积极的贡献。

第二,按照《联合国海洋法公约》的规定和我国政府的主张,我国拥有近300万平方千米的管辖海域,但其中约有40%的海域面临周边国家的严重挑战,在国际海域和海底还有资源和空间的共享权益。海洋科学技术要为维护国家主权和海洋权益、保障海上通道和生产作业安全、满足海上军事活动需求,提供科学技术支撑。

第三,我国是海洋灾害最严重的国家之一,海洋灾害的年经济损失已达到100亿元级。随着我国工业化和城镇化的快速发展,海洋污染严重,海洋生态日趋恶化。提高海洋灾害预报、预警水平,研究、治理和修复海洋生态,已成为海洋科技发展的一项艰巨任务。

第四,全球环境变化、深海科学钻探、极端环境下的生命过程,是当今海洋科学研究的热点和世界海洋科技发展的前沿。要组织多学科合作攻关,提高海洋科技自主创新能力,为世界海洋科技发展做出中国人应有的贡献。

### (二)我国海洋科学技术发展的目标

根据国家海洋科技发展的战略需求,到2010年,必须大幅度提高我国海洋科学技术研究水平和创新能力,逐步缩小与世界海洋科技强国的差距。

第一,在海洋科学调查研究方面,要以深化近海研究为重点,实施近海资源和环境调查与评价,基本摸清中国管辖海域的资源与环境状况,为资源开发、环境保护、国家安全提供基础数据;要积极开展我国邻近洋区的调查研究;要强化南北极综合科学考察,为国际极区研究做出实质性贡献。

第二,在海洋科学基础研究方面,要在全球变化研究、区域海洋学研究,以及太平洋—印度洋暖池的上层海洋结构和变异及其预测、北太平洋副热带环流及其对我国近海动力环境的影响、重要海水养殖动物病害发生和免疫防治等科学问题上有所创新。

第三,在重大海洋核心技术自主研发方面,要突破3000米深海半潜式平台技术、7000米深潜器技术、动力环境监测和监测监视海洋卫星技术、日产万吨级海水淡化技术,并力求在生物技术和深海生物基因技术方面取得新的突破。

第四,在海洋科学技术的应用方面,要逐步建设海洋环境保障体系,努力提高海洋环境保障能力。数字海洋建设要有实质性的进展。海洋科技对海洋经济的贡献率要达到50%。

我国海洋科学技术未来的发展,在研究方向上,要突出学科优势领域,突出科技前沿,



突出国家需求推动;在研究区域上,要以近海为主,海陆结合,重视深海大洋和极地区域;在研究内容上,要紧紧围绕资源、环境和气候变化等世界热点问题;在研究手段上,要积极应用和大力发展海洋调查观测高技术。到 2020 年,我国的海洋科技总体水平要接近同期国际先进水平,为加快实现建设海洋强国的战略目标奠定坚实基础。

### (三)关于发展我国海洋科学技术的对策建议

为推动我国海洋科学技术的发展,尽快缩小与先进国家的差距,特提出以下对策建议。

第一,成立国家海洋科技决策和协调机构,提高对重大海洋科技活动的决策和组织协调能力。

第二,深化海洋科技体制改革,优化科研管理和资源配置,加强重点学科建设,打破条块分割,建立“开放、流动、竞争、协作”的运行机制,提高科研效率,强化创新能力。

第三,加快世界一流海洋科技教育基地建设,进一步提高海洋科技教育水平;优化用人机制和政策环境,吸纳海内外优秀科技人才,培养一批海洋科技领军人才,形成海洋科技的创新群体。

第四,建立科技平台、海洋科技信息、大型仪器设备的共享机制,提高科技资源使用的效益和效率。

第五,加大国际海洋科技合作,积极开展学术交流,努力缩短与世界发达海洋国家的差距。

第六,制定和实施全民海洋宣传教育和科普工作计划,提高全民的海洋意识。

## 五、21 世纪的海洋科学技术

21 世纪是海洋世纪,利用海洋科技优势抢占战略性海洋资源和空间,已成为发达海洋国家的战略目标和外交斗争的焦点。近年来主要沿海国家相继制定了海洋发展战略和海洋政策,以加强对海洋和海洋科技发展的管理。2007 年,美国推出了《海洋优先研究领域计划和实施战略》;日本颁布了《海洋基本法》和《海洋建筑物安全水域设定法》;韩国制定了《21 世纪海洋战略》;印度提出了“海洋军事战略”;俄罗斯利用和平号载人潜器在北极海底放置国旗,并宣布对北冰洋东部海床拥有主权,引起周边国家的强烈反响。

当今世界,海洋是全球竞争的一个大舞台。海洋领域的这种竞争一定程度上是海洋科技的竞争。海洋科技的发展已成为体现沿海国家科技水平、综合实力和竞争力的重要标志之一。随着我国综合国力的提升和科学技术的进步,海洋科学技术必将在支撑和引领我国海洋事业、发展海洋经济方面做出更大贡献。

## 第四节 生物学

### 一、生物学简说

21 世纪被称为生命科学和生物技术的时代。生命科学和生物技术的重大突破,将在

医学、农业、工业、环境、能源等领域引发新的科技革命,并有可能从根本上解决疾病、人口膨胀、粮食短缺、能源匮乏、环境污染等影响人类生存与发展的重大问题。各国政府都非常重视生命科学和生物技术的发展,视其为 21 世纪经济发展新的增长点,并将其列入国家发展规划,制定了相应的计划和政策。我国也把生命科学和生物技术作为未来高技术产业的重点,并在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》中,将生物技术列入国家科技发展的 5 个战略重点之一,以推进生物技术在农业、工业、人口与健康等领域的应用。

世界各国政府的重视和支持推动了生命科学和生物技术的各类科学计划和研究项目的有效实施,带来了举世瞩目的研究成果。从国际自然科学领域两大著名期刊《科学》(*Science*)、《自然》(*Nature*)2006 年、2007 年发表的论文来看,生命科学领域研究论文已占其论文总量的 50%左右。在《科学》每年评选的世界年度十大科学突破中,生命科学领域的突破在 2006 年、2007 年分别占到了 7 项和 5 项。

目前,生命科学基础研究中最活跃的前沿主要包括:细胞与分子生物学、神经与认知科学、系统生物学与组学等,由这些研究前沿引申出的一些核心问题包括干细胞的多能性与分化、小分子 RNA 的功能与作用机制、肿瘤的发生与转移、认知的生物学机制,等等。

生物学是生命科学各个领域的基础和核心,代表着现代自然科学的前沿,其涵盖的内容非常广泛。我们将注重生物学的前沿研究及热点,重点聚焦细胞与分子生物学、神经与认知科学、植物科学以及系统生物学等领域,力求多方位反映生物学领域近年来的重大进展。

## 二、细胞和分子生物学的研究热点及发展趋势

细胞是生物体结构和功能的基本单位,也是生命活动的基本单位。以细胞为对象,在分子水平上研究细胞生命活动的分子机制的学科分支称为分子细胞生物学。细胞与分子生物学是当今生物学的核心及最活跃的前沿。近年来,细胞和分子生物学的研究热点主要集中在干细胞生物学、小分子 RNA、表观遗传学、分子免疫学、肿瘤生物学以及蛋白质修饰和降解等方面。

自 1997 年通过体细胞核转移(SCNT)技术成功克隆羊“多莉”后,许多动物的成体细胞和胚胎细胞都被用来克隆与其基因相同的子代。但直到 2007 年底,美国俄勒冈大学的科学家们才通过运用 SCNT 技术成功克隆出灵长类动物的胚胎干细胞株。2006 年、2007 年最激动人心的干细胞领域的突破,要数通过在鼠和人的体细胞中外源性表达一些特定的转录因子,从而将体细胞重建并逆转为类胚胎干细胞(iPS 细胞,可诱导的多能性干细胞)。这些研究使得培养多能性干细胞并将其运用到临床实践中充满了希望。而血液干细胞、神经干细胞和肌肉干细胞等成体干细胞领域的研究进展也必将为人类带来更多的福祉。

小分子 RNA 的发现将 RNA 推到了生物学研究的前沿。1998 年科学家们在线虫中发现,短链 RNA 可以配对结合靶体 mRNA,并抑制特定基因的表达。现在,RNA 干扰(RNAi)技术已经被广泛运用。对微小 RNA(miRNA)和 piRNAs(piwi-interacting RNAs)的广泛研究更让人们看到了小分子 RNA 的多样性和多功能性。RNA 的作用机

制及其生物学功能的研究将使人类更好地认识生命的神奇本质,并将影响到其他相关领域,如发育、分化和肿瘤发生等领域的研究进展。

环境的影响或者年龄的增长都会使表观遗传信息发生变化。表观遗传学是指非DNA序列改变所引起的可遗传性变化。X染色体失活、DNA的甲基化/去甲基化、组蛋白密码(histone code)、基因组印记和表观基因组学则是表观遗传学研究的主要方面。人类表观基因组计划是人类基因组计划后又一个战略性计划,它的实施将为探寻与人类发育和疾病相关的表观遗传变异提供蓝图。

宿主(人和动物)经过长期的进化,迫于病原体的压力,产生天然免疫和获得性免疫。机体的免疫系统通过识别自己、排除异己以维持机体正常的生理功能。但免疫反应并不总是有益的,过度免疫反应将导致过敏,甚至死亡。病原体通过抗原变异等手段躲过宿主的免疫识别并“劫持”宿主细胞,最终与宿主共生或将宿主细胞杀死。随着现代科学技术的发展,人类对传染病的控制已经有了质的飞跃,但对于病原体和免疫生物学的认识还需要进一步研究,以便更好地为人类的健康服务。

肿瘤已经成为人类健康的头号杀手。肿瘤的抑制、癌症可疑性基因和肿瘤转移依然是肿瘤治疗和肿瘤研究所面临的主要挑战。2005年美国启动了一项绘制癌症基因组图谱(TCGA)的计划,将为癌症的早发现早治疗带来福音。近年来,科学家们认为肿瘤的瘤体内存在着可以自我更新的肿瘤干细胞。如何选择性地杀死肿瘤干细胞是将来研究有效治疗肿瘤的一个重要方向。

蛋白质是细胞的生物学功能的最终执行者。蛋白质的修饰和降解调节着细胞的各项功能,同时也是药物研究的靶目标。蛋白质修饰和降解的异常将导致疾病的产生。泛素化、组蛋白的甲基化/去甲基化、乙酰化/去乙酰化以及细胞内信号通路中各种蛋白磷酸化/去磷酸化的正确与否直接与细胞及机体的功能相关,这些都是细胞与分子生物学近几年的重要研究内容。

在分子与细胞生物学领域,我国科学家在过去的几年中取得了令人瞩目的成绩,例如,北京生命科学研究所以戚益军博士首次在单细胞生物绿藻中发现微小RNA,该成果发表于《基因与发育》(*Gene & Development*)上;湖南中南大学卢光秀实验室和北京动物所周琪研究组同时在《细胞研究》(*Cell Research*)上发表文章,成功克隆出人类孤雌细胞来源的胚胎干细胞株;中国科学院上海生命科学研究院裴钢研究组发现了 $\beta$ -arrestin 1是自身免疫敏感性因子,并对 $CD4^+$  T细胞的存活起着非常关键的作用,该论文发表在《自然—免疫》(*Nature Immunology*);中国医学科学院林东昕教授发表在《自然—基因》(*Nature Genetics*)上的论文确认caspase 8的启动子上的6个核苷酸插入/缺失的多态变异性与多种癌症的发病概率有很强相关性。2007年度,国内的科学家在《自然》系列、《科学》、《细胞》等世界顶级的期刊上发表了约40篇原创性论文,取得了可喜的进步。

分子与细胞生物学研究的各个领域是相互关联、相互重叠的。例如, RNA干扰药物即将进入肿瘤治疗的临床试验;而脐带血干细胞早已进入临床用来治疗白血病;蛋白质的修饰和降解也与其他5个热点领域的研究息息相关。全面推进细胞和分子生物学的各领域的研究将加深人们对生命的认识,并为人类的健康积极服务。

### 三、神经及认知科学的研究进展与趋势

大脑是生命体最高级的控制中枢。人的感觉、运动、学习、记忆、动机和情绪等都是脑功能的反映。研究脑功能机制并最终揭示大脑工作的奥秘,为大脑疾病的诊治提供理论基础,将是本世纪神经科学家最重要的课题。

神经元是大脑中最基本的功能单元,而由神经元和胶质细胞组成的高度精密和错综复杂的神经网络是脑功能的结构基础。今后对神经元结构和功能调节方式多样性的分子机制的探讨,以及如何通过药物或基因工程的方法实现对这些基本过程的人为调控将是研究的热点。

神经环路的建立及其与行为之间的相互关系,把人们对大脑的认识推向了更高的层次。人们已经在突触和神经网络的可塑性方面取得了长足的进步,初步建立了神经网络与个体行为,如感觉运动、学习记忆和趋利抉择等之间的联系。同时仿真神经网络和人工神经网络研究也取得重要进展,初步实现了神经信号从生命体到集成电路芯片之间的跨越。

神经元及其网络的发育和(或)功能的异常将导致神经疾病的发生。近年来,神经疾病的遗传学研究取得了明显进展,多个致病基因(如与帕金森病相关的 PINK1, LRRK2)和易感基因相继被发现,氧化应激、星形胶质细胞、小胶质细胞、蛋白质异常修饰和折叠,等等在老年性痴呆(AD)、帕金森病(PD)、舞蹈病(HD)、肌萎缩性脊髓侧索硬化症(ALS)等神经退行性疾病发生和发展过程中的作用得到进一步明确,人们据此提出了相应的神经保护方法。利用影像学方法,通过显示 $\beta$ 淀粉样蛋白在脑中沉积,AD的影像学诊断的建立已向前迈出了可喜的一步。如何利用类似的方法或其他方法(如生化检测),实现对PD、HD、ALS等其他神经退行性疾病的早期诊断将是未来研究的重要方向之一。

认知科学的研究旨在理解人的认知活动的本质。近年来,认知科学的研究手段展现出理论和实验相结合、多种手段并用的态势。利用电生理和心理物理的实验数据逐渐形成了知觉加工理论,“未来脑”的理论研究说明了理论和实验结合的重要性。功能性核磁共振成像(fMRI)、计算机虚拟现实技术的应用,证实了多种手段相结合的重要性。

认知控制的神经机制研究主要围绕着冲突监测假设和冲突调节假设展开。在社会认知的研究方面,近年来对大脑内侧额叶皮质区(MFC)及其功能进行了较为系统的研究和总结。此外,高分辨率fMRI及其应用,神经活动源的探测,ChR2和NpHR基因在控制脑细胞活性的应用,以及人造神经运动装置等技术的发展,为神经科学和认知科学研究的深入发展提供了新的工具。

我国科学家在神经科学和认知科学的研究上取得了不少进展,特别是在神经环路的调控、环境信号的分子作用机制等方面的研究上有了突破。如中国科学院上海生命科学研究院神经科学研究所郭爱克研究组以果蝇作为研究两难抉择的模式动物,发现多巴胺和蘑菇体环路调控机制,为理解脑的这一智能抉择行为提供了更为简约的生物模型并揭示了新的抉择方式;北京生命科学研究所罗敏敏研究组首次证明二氧化碳可以被哺乳动物的嗅觉系统灵敏地检测到。这两项研究成果都在《科学》上发表。

探究神经系统整合多种信号的机制,建立与 AD、PD 等神经疾病相关的中国人临床标本库,寻找和识别神经系统新基因等,已成为我国近年来神经科学研究的主要方向,而优先发展感知觉、学习和汉字认知的研究,注重社会认知神经科学的研究,充分运用功能磁共振成像技术等现代研究手段,则成为认知科学研究的重要趋势。

#### 四、植物学的研究现状与进展

植物学是生物学的重要分支学科之一。近年来由于新理论的引入、新技术的应用,植物激素、植物胁迫、植物发育生物学等领域的研究取得了重要进展。

植物激素的研究涉及植物生物学的各个领域,研究内容包括激素的化学本质、生理功能,生物合成途径及其调控,信号转导途径及其调控,激素在植物生长发育和植物响应环境胁迫中的调节作用等。植物激素研究一直是植物学的热点,也是最活跃的领域之一。

植物在生长发育过程中经常遭受生物胁迫和非生物胁迫的危害,病害、干旱、盐碱、极端温度等胁迫造成了许多重要粮食作物大量减产。营固着方式的植物主要通过调整自身来适应环境,在长期的进化过程中获得了一系列特有的对应环境变化的生理生化机制,如转录因子、脱落酸和水杨酸等激素以及  $\text{Ca}^{2+}$  等在胁迫条件下的变化。对植物适应或抵抗胁迫的研究,不仅可以解释植物适应逆境的机制,而且可获得各种抗逆基因,用于作物的抗逆育种。因此,对植物逆境胁迫适应机制的研究也一直是植物学领域的研究热点之一。

植物发育生物学是研究植物个体发育规律及其调控机制的学科。利用现代生物学技术方法,植物发育生物学研究近年来进展迅速。各国科学家已分离了一系列植物发育如根发育、叶的形成以及花发育等相关的基因,并在细胞和分子水平上对其表达调控的规律及其生物学功能进行了较深入的分析。对发育过程中的基因表达模式及其调控机制的研究,尤其是从分子、细胞、器官到整体不同层次上开展研究工作,已成为植物发育生物学研究的重要发展趋势。

科学的发展离不开技术的进步,各种新技术、新方法的不断引入是推动植物学不断发展的重要因素之一。在植物学研究的技术中,转基因技术是非常重要的,它为植物育种提供了新的方法。拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)和水稻(*Oryza sativa*)等植物基因组测序工作完成后,人们已经开始利用各种“组学”(-omics)研究技术开展植物学领域的研究,这些技术的应用为全面了解植物发育过程、生理功能等提供了可能。

近几年,我国科学家在植物学研究方面也取得了一定的进展,尤其在植物胁迫、激素脱落酸(Abscisic acid, ABA)信号转导等方面取得了重大突破。如中国农业大学武维华研究组在《细胞》上发表了钾离子通道 AKT1 活性调节新模型;张大鹏研究组在 *Nature* 上发表了关于 ABA 新受体——镁螯合酶的 H 亚基(ABAR)的论文,该受体在气孔运动、种子萌发和幼苗发育过程中起调节作用;2007 年,北京生命科学研究所马力耕研究组又在《科学》上发表了关于细胞膜上 ABA 受体的论文。马力耕的研究发现了一种 G 蛋白耦联受体是 ABA 的受体,该受体通过与异三聚体 G 蛋白  $\alpha$  亚基直接相互作用传递 ABA 信号并调控 ABA 的许多反应。

## 五、系统生物学相关学科的发展及前景展望

1990年启动的人类基因组计划(Human Genome Project)把研究目标锁定在测定人类遗传信息载体DNA的所有核苷酸顺序,从而破译人类全部遗传信息。在人类基因组计划实施的同时,生物科学界出现了一系列“组学”。它们是基因组学(Genomics)、蛋白质组学(Proteomics)、转录组学(Transcriptomics)以及代谢组学(Metabolomics),等等。

随着“组学”的兴起和各种高通量生物学研究技术的快速发展,生物学数据量以指数级数的速度迅猛增长。如何管理这些“海量”数据,以及如何从它们中提取有用的知识已成为对当前生物学家、数学家、计算机专家等的巨大挑战。研究者也不再满足于对个别基因和蛋白质的结构与功能进行研究,而希望能够对细胞和神经等复杂系统和网络的行为进行全面的认识。这些新的研究需求导致了生物信息学(Bioinformatics)、计算生物学(Computational Biology)的诞生。

人类基因组计划完成后,生命科学步入了后基因组时代。要真正揭开生命的奥秘,需要从复杂系统的角度来开展生物科学的研究。因此,产生了一门建立在经典实验生物学、生物大科学和计算生物学等基础上的交叉科学——系统生物学(Systems Biology)。

系统生物学是世纪之交生命科学领域的新兴学科。1999年,世界上第一个系统生物学研究所(Institute for Systems Biology)成立于美国的西雅图。我国第一个系统生物学研究所成立于2003年,由中国科学院上海生命科学研究院和上海交通大学合作组建。2005年,上海系统生物医学中心在上海交通大学成立;中科院上海生命科学研究院与中国科学技术大学合作组建了国内第一个系统生物学系。此外,2006年,清华大学蒙民伟医学系统生物学研究所、上海大学系统生物技术研究所、上海系统科学研究院系统生物学研究中心等研究机构陆续成立。2007年,中国科学院系统生物学重点实验室在中科院上海生命科学研究院成立。

在系统生物学研究方面,科技部2004年启动了国家重点基础研究发展计划(“973”计划)项目“多基因复杂性状疾病的系统生物学研究”;并在2006年启动了国家重大科学研究计划项目“模式生物与细胞等功能系统的系统生物学研究”。这些研究机构的成立以及计划的实施,为我国开展系统生物学研究打下了良好的基础,也将推动系统生物学的进一步发展和完善。

“组学”未来的一个重要工作是把规模化研究思路与定量化方法进行结合,对生命活动的分子机制进行整体的、动态的描述。此外,生命系统各种分子之间不是独立作用,在各个“组”之间存在着广泛的相互作用和相互调控,构成生命活动的复杂网络和动态平衡。系统生物学将集成组学研究获得的信息,采用生物信息学和计算生物学的方法,最终阐明生命复杂系统运作及其调控模式。因此,系统生物学使生物科学研究开始迈出了从纯粹实验科学向理论科学的转变、从定性科学向定量科学转变的关键一步,不仅带来生物科学研究的重大变革,也将对农业、环境以及医药等其他相关领域的发展产生重要影响。

## 第五节 管理科学与工程

管理科学与工程学科作为为研究管理活动规律及其应用提供理论和方法的学科,更侧重于管理科学的基础与前沿,研究成果为专业人员进行管理研究或实践活动提供有效的科学理论、方法与技术支撑。因此,从一定意义上说,在管理科学的各分支学科中是更具基础性的学科。管理科学与工程学科的发展,对管理科学其他分支学科的发展起到了重要的推动作用。

### 一、管理科学与工程学科的发展现状

管理科学与工程学科是我国管理学科中发展最早的学科之一。新中国成立后,在华罗庚、钱学森等我国老一辈科学家的推动下,管理科学与工程学科得到进一步的发展,如华罗庚教授领导下的“双法”(统筹法与优选法)推广就算得上是中国历史上一次规模空前的管理科学化运动。1978年改革开放后,我国的社会、经济与科技发展对科学管理产生了巨大的需求,管理科学与工程学科依托自然科学与工程科学首先发展起来,并在我国经济、社会发展中发挥着越来越重要的作用。

作为现代科学系统中一个相对独立的学科类别,管理科学与工程已逐步形成了其较为系统的科学理论基础和学科体系。教育部在1998年8月发布的《普通高等院校专业目录》中第一次将管理科学与工程作为管理学科门类的的一个一级学科设置,这标志着该学科在我国的正式设立。

目前,我国管理科学与工程学科已经建立了一支较为成熟的研究队伍。重点大学的管理学院和一些有影响的科研院所是我国管理科学与工程学科的主要研究力量,尤其在一些重点大学的管理学院和一些有影响的科研院所培养了一批学术能力较强、有一定实践经验的师资力量,也做出了一批国际水平的研究成果。

研究生是管理科学与工程学科研究和应用的重要力量。管理科学与工程学科的研究生教育发展非常迅速,截至2006年,设立“管理科学与工程”一级学科博士点的高校共有67所、“管理科学与工程”一级学科硕士点的单位共有195家。

由于中国管理科学与工程学科自身发展的特点和历史原因,国家自然科学基金委员会管理科学部一直是发展我国管理科学与工程学科的主要推动力量,国家自然科学基金的资助对中国管理科学与工程学科的发展发挥了重要的作用。在这些基金项目的资助下,管理科学与工程学科在运筹与管理以及决策、对策理论与方法等领域取得了一些重要进展,取得了一批具有国际水准的研究成果。

### 二、管理科学与工程学科的发展趋势

纵观世界和中国近几年管理科学与工程的发展潮流,可以看出管理科学与工程学科有以下几个明显的发展趋势。

第一,现代复杂的管理问题和现象使得西方管理学者正在积极探索东西方管理思想、

理论和方法的有效整合方式。灰色系统、可拓学理论管理科学与工程新方法是中國学者的原创学科,正逐步得到国际管理科学与工程学界的认同,尤其是近些年,这些具有东方特色的理论与方法在理论和应用两个层面均取得可喜突破。

第二,当前,以计算机和网络为代表的信息技术,各种高新技术的高速发展,对整个人类社会产生了极其深刻的影响,发达国家正在步入信息经济时代。同时由于经济全球化,信息经济对各个国家都将产生巨大的影响,基于信息的经济正在成为主流经济。信息技术和知识资本的发展,不仅丰富了管理科学的研究内容,而且给管理科学研究提出了许多新课题。

第三,在新世纪,企业所处的环境正在发生巨大的变化,市场竞争日趋激烈,需求偏好日益多样,企业的竞争焦点也逐渐由产品、技术等硬件转移到信息、策略和知识等软因素上。在新的形式下,管理科学与工程理论正在发生深刻的变化,如应急管理、项目管理、工业工程等。

第四,用复杂性科学的方法探索管理问题成为研究的热点,20世纪80年代兴起的复杂性科学为管理科学的研究开辟了新的视野,即运用复杂性科学的方法从组织内部各组元的相互作用及组织与环境的相互作用中寻找组织发展和进化的动因和规律,以使组织能适应社会、经济及技术的迅速发展而取得良好的绩效。

第五,信息技术与管理、知识管理、运筹与管理、供应链管理等热点问题的研究,向更深、更广的方向进行。

### 三、本学科重点研究领域与代表性成果

#### (一) 重点研究领域

基于国内国际热点、近几年的文献调研和专家意见的广泛征求,我国管理科学与工程的重点研究领域有:运筹与管理、信息技术与管理、知识管理、风险管理、供应链管理、复杂性研究、工业工程、管理对策理论与模型、管理系统工程、决策理论与技术、预测理论与技术等领域。本次学科发展研究选择了管理科学与工程领域的新理论新方法、信息管理、工业工程、突发公共事件应急管理、物流与供应链管理、复杂系统风险管理等6个领域进行了专题介绍。

##### 1. 新理论、新方法

作为蓬勃发展的学科群,管理科学与工程领域不断涌现新理论、新方法。在这些新理论、新方法的产生与发展过程中,中国学者做出了重要贡献,这些理论主要有灰色系统理论(Grey systems theory)、粗糙集理论(Rough Sets)、可拓学理论(Extenics)、模糊数学(Fuzzy Mathematics)、未确知数学(Unascertained Mathematics)、集对分析(Set pair analysis)等,其中灰色系统理论、可拓学理论、未确知数学、集对分析由我国学者首创。灰色系统理论、粗糙集理论、可拓学理论3个领域的理论研究尤为活跃,并取得了较为突出的研究成果。

##### 2. 信息管理

信息管理是管理科学与工程学科在企业应用研究中的一个非常重要的研究领域,其研究范围包含了在知识经济和信息经济环境下企业的信息采集、信息加工、信息产品开发、信息资源的整合、信息服务和信息与知识的应用等各方面,并注重人、技术和组织的有



机集成。其中,管理系统模拟、电子商务与移动商务、商务智能、知识管理、信息系统开发等领域的研究近年来较为活跃。

### 3. 工业工程

工业工程(Industrial Engineering, IE)研究以人、物料、信息、设备和能源为要素的集成系统的设计和改善方法。它应用自然科学知识、社会科学知识,以及工程分析与设计的原理与方法,来规划与设计系统,并对系统的绩效进行评价且加以改善。专题报告中选择了工业工程中与管理密切相关的领域,即服务系统设计与优化、评价与决策技术、生产计划、排产与优化、质量管理、人因工程、时间竞争、交通管理与交通工程等7个领域,对其研究进展进行了介绍。

### 4. 突发公共事件应急管理

近年来突发事件应急管理研究已经成为科研领域的一个热点。突发公共事件应急管理专题就本领域的热点问题的研究进展进行了回顾,包括应急管理体系、应急处置中的决策辅助方法和应急管理中的评估问题等,并就突发公共事件应急管理若干领域的实践动态、应急管理信息技术平台建设问题进行了介绍。

### 5. 物流与供应链管理

物流管理和供应链管理的研究具有重要的科学意义,在社会经济的发展中具有重要的地位和作用。物流与供应链管理专题选择3个方向重点介绍其研究进展,分别是营销与运作的整体优化、多渠道供应链管理和综合物流。在分析国内外相关研究和应用成果的基础上,对我国物流管理和供应链管理的研究,提出一些建议和意见。

### 6. 复杂系统风险管理

复杂系统风险管理属于复杂性科学与风险管理相互交叉的管理科学与工程学科的一个新分支,也是目前管理科学与工程学科前沿的重要领域,在管理科学与工程理论与实践具有重要的地位与作用。复杂系统风险管理专题就本领域的热点问题的研究进展进行了介绍,包括广泛存在于复杂系统风险管理整个过程中的系统综合评价研究、处理复杂系统风险管理中各种不确定性的方法研究、复杂系统风险管理标准研究、复杂系统风险管理的综合集成方法研究、能源复杂系统风险管理研究、金融复杂系统风险管理研究、自然灾害复杂系统风险管理研究、项目复杂系统风险管理研究,并提出了复杂系统风险管理的未来研究方向与关键问题。

## (二) 代表性创新成果举例

近年来我国管理科学与工程学科研究呈现快速进展态势,部分研究成果已经处于国际领先或接近国际先进水平。有的研究成果已在国际顶级期刊上发表,有的成果对国民经济和社会发展产生了重要的积极影响,限于目前掌握的资料,列举部分成果如下。

### 1. “神舟”飞船项目管理成果

“神舟”飞船系统项目管理团队将现代项目管理的理论与方法与我国国防型号研制项目管理实践相结合,创立了以强矩阵组织结构为基础、以“项目经理负责制”为特色的现代

化型号工程项目管理模式,强化管理系统策划理念,建立了“多维度、分层次”的项目管理计划体系,创立了重心前移的质量控制程序和“步步归零、阶段清零”质量问题管理程序,创造性地构建了“神舟”项目管理成熟度集成模型,形成了项目管理能力提升与持续改进机制。国家主席胡锦涛对“神舟”飞船项目管理给予高度评价;国防科工委授予“神舟”飞船项目管理“科技进步二等奖”,是目前国内项目管理团队获得的最高奖项;2006年国际项目管理协会授予“神舟”飞船项目“国际项目管理金奖”。

## 2. 基于数据包络分析的系统评价方法

我国学者梁樑等提出的 DEA 博弈交叉效率评价方法是数据包络分析领域的具有重要的国际影响的研究成果,很好地解决了交叉效率方法所存在的难题。

交叉效率方法以所有决策单元的偏好权重体系的均值作为公共权重,能很好地解决传统 DEA 方法因决策单元可以自由选择最偏好的指标权重体系以实现自身效率最大化这一主观特性所带来的难题。该项研究结果:①各个决策单元追求最适合个人偏好的权重,可视为一种非合作博弈,前述博弈至少存在 1 个 Nash 均衡;②给出了博弈均衡的求解算法,并证明了该算法得出的结果是 Nash 均衡解。其消除了 DEA 方法的主观评价特征,使这一效率评价方法能够得到最大程度的认同。

此项研究成果已经在管理科学领域国际顶级期刊 *Operations Research* 上发表。

## 3. 灰色系统理论

灰色系统理论由我国学者邓聚龙教授首创,是一种研究少数据、贫信息不确定性问题的新理论、新方法。近三年来我国学者在灰色系统理论众多分支都取得突破,尤其在灰数学基础和灰色模型方面取得了重要进展。其中有代表性的是我国学者刘思峰教授所著《灰色系统理论及其应用》一书,将灰色系统理论研究与实际应用有机结合,以大量的实例来说明理论的有效性,几乎涵盖了灰色系统理论所有理论分支,并且在灰度测度、序列算子、灰色预测、灰色关联、灰色规划、灰色博弈等分支取得重要理论突破。迄今为止,此书已再版 3 次,得到了国内外许多著名学者的认可并给予了高度评价,经教育部科技查新工作站(G007)不完全检索,此书目前被国内外学者引用已超过 3000 次。

## 4. 投入占用产出技术与全国粮食产量预测

中国科学院陈锡康教授提出的投入占用产出技术富有成效,特别是在全国粮食产量预测研究方面成绩卓著,并因此获得首届中国科学院杰出科技成就奖个人奖(2003)、中国“管理学杰出贡献奖”一等奖(2007)等。

该成果利用管理工程和系统科学方法进行农作物产量预测,提出了新的系统综合因素预测法。关键技术是投入占用产出技术、考虑报酬递减的非线性预测方程和最小绝对和方法。在全国粮食产量预测方面,23 年来正确预测我国各年度粮食产量丰、平、歉方向,预测提前期为半年以上,预测平均误差为 1.9%,在国际同类工作中处于领先水平,具有很高的显示度和经济效益,为国家有关部门制定农业和粮食政策提供了科学依据,并得到了一批国际知名学者的很高评价。

## 5. 农产品供需贸易与价格预测模型和农业决策系统

中国科学院农业政策研究中心黄季焜研究小组研究提出了农产品供需贸易与价格预

测模型和农业决策系统,其中包括中国农产品供需贸易政策分析、预测模型(CAPSiM++)和国家—地区均衡模型(CHINAGRO)。

(CAPSiM++)模型是大型部门经济均衡模型,它既能在国家层次上分析和预测有关政策对农业生产、消费、价格和贸易的影响,又能在区域、省和农户水平上分析有关政策对他们生产和消费影响的政策分析和经济预测模型。CHINAGRO是一种国家—地区均衡模型,它是以农业为主的中国多区域一般均衡模型。依据此系统,黄季焜小组就粮食市场和经济以及生物技术发展对中国农业生产、国际贸易和国民经济的影响进行了预测,3次在《科学》和《自然》上发表研究报告,并对国家重大政策制定产生了积极的影响。

#### 四、本学科发展的保障措施

为促进我国管理科学与工程学科的进一步发展,建议采取以下措施。①注重管理科学的研究与国家社会经济发展目标的紧密结合,注重解决我国经济社会发展中的重大现实问题;②扩大资助渠道,提高资助力度;③加强对优秀学科带头人和优秀群体的培养;④加强学科交叉,努力开创新学科方向;⑤进一步加强国际学术交流与合作;⑥加强学科建设,创新研究生培养机制;⑦加强管理科学与工程的平台建设,建立研究成果和研究资源的共享机制;⑧发挥各学术团体的积极作用,打造管理科学与工程领域世界知名学术品牌。

## 第六节 水利

人类社会为了生存和发展的需要,采取各种措施,对自然界的水和水域进行控制和调配,以防治水旱灾害、开发利用和保护水资源。研究这类活动及其对象的技术理论和方法的知识体系称水利科学。用于控制和调配自然界的地表水和地下水,以达到除害兴利目的而修建的工程称水利工程。本综述报告所研究的“水利学科”的发展问题,涵盖了水利科学的主要内容,是对传统“水利工程学科”的拓展。

### 一、水利学科国内外发展状况

近年来,顺应国家对水利建设发展的战略需求,水利学科得到长足发展,取得了不少创新性并有发展前景的成果,如:基于人类活动影响的水循环理论;水旱灾害的管理与调控;水沙输移与水环境保护;农业高 eff 用水;涉及水电工程建设中的一系列理论、方法与技术等研究成果,为我国重大相关规划、管理及水利水电工程实践提供了有效的科技支撑。但在一些领域相对于国外学科发展前沿仍存在一定差距,亟待赶上。

#### (一)水力学

高速水流消能防冲的新型消能设施研究,在理论和应用实践上有较大进展。复杂水域动力场和浓度场的仿真模拟近年来发展迅速。国外基于计算水力学与信息技术建立的水利信息学,已在国内得到广泛认可。生态水力学在国际上得到较快发展,国内的相关研究开始起步。

## (二) 水文与水资源

国内大江大河的水文测验基本实现了自动化、数字化和利用卫星进行信息传输。水文模拟技术取得若干突破,水文过程模拟研究向分布式物理性模型发展,实现了大尺度陆气耦合模拟,水文学研究拓宽到与环境、生态和经济社会发展密切联系的新的范畴。在水文气象研究方面,美国和欧洲处于领先水平。我国有关水文水循环对区域水资源影响及减缓和适应性的对策、数字高程模型、水文气象耦合,以及短、中、长期水文预报等研究取得了较大进展。

国际上水资源研究的前沿方向为变化环境下的水资源演变与评价、水资源开发利用与生态环境相互作用机制、水资源高效利用与非常规水源开发技术、可持续水资源管理与公共政策制定等。我国近年来在水资源的基础理论与基本规律、重大水战略问题与关键技术、区域水资源的科学开发利用、水资源综合管理与政策措施等方面的研究取得重大突破和若干原创性成果。以王浩院士领衔创立的“自然—人工”二元水循环理论,是近年来水资源学科领域理论研究的创新性突破。

国外对雨水的管理已从单纯的集蓄利用发展到对雨洪的调蓄减排以及回灌地下水、改善环境等,我国的对不同条件下的雨水集蓄利用模式和综合集成技术的研究取得显著进展,具有自己的特色。

## (三) 河流泥沙

我国泥沙运动与河床演变的理论研究居世界前沿水平。近年来河流水沙运动的模拟技术、流域泥沙资源化和水沙资源优化配置等研究取得大的进展。世界上前所未有的黄河小浪底水库调水调沙试验,为有效提高黄河下游河道的输水输沙能力提供了重要科学手段。基于土壤侵蚀成因、机理、过程及治理措施的研究,初步建立了不同地区坡面与小流域侵蚀产沙预报模型,提出了一整套比较成熟的水土流失治理模式与配置技术。

## (四) 水旱灾害管理

加强水旱灾害管理是国际社会治水方略调整的必然趋向。全球气候变化对洪水与干旱等极端事件的影响及未来水旱风险分布规律的情景研究得到普遍关注。国内研究提出了基于风险分析的洪水管理模式,将工程措施与非工程措施有机结合,辅以风险分担与风险补偿政策,形成与洪水共存的治水方略,并初步提出了我国洪水风险管理的基础理论与防洪安全保障体系。在洪旱灾情的监测、预报、预警、风险评估,及工程体系隐患监测、安全评价、除险加固与决策支持等方面,高新技术运用较为广泛。

## (五) 农田水利与小水电

在农田水分转换及水盐迁移理论、节水灌溉技术、排水理论与技术、农业水资源高效利用优化调控理论与技术、劣质水灌溉利用的理论与技术、农业面源污染控制及农业水生态修复技术等方面的研究取得大的进展。国内自主研发的小水电机电设备已提供给国内外的广大用户。

## (六) 环境水利

我国在相关的理论与实践研究、体制与规范建设等方面落后于发达国家,但环境保护与工程建设必须同步的理念已日趋得到认可。流域梯级电站建设的规划环境评价、广义水环境承载理论和可持续性评价指标与体系、满足生态需求的生态水过程、受损水体的水生态修复技术、河流健康和适应性管理方法等研究初见成果。初步提出了生态水工学的理论框架。国外在生态河道建设等方面已积累了比较丰富的实践经验。

## (七) 水工混凝土结构与材料

一系列世界级高拱坝、混凝土重力坝、碾压混凝土坝的成功建设,标志着我国高混凝土坝的筑坝技术达到了世界先进水平。在建和拟建的高拱坝均采用了先进的优化设计手段,相关理论和模型位于国际领先水平。碾压混凝土坝的结构设计、材料、施工工艺研究等取得突破。混凝土坝温控防裂仿真模拟的理论、方法居世界领先水平。高混凝土坝抗震及安全研究实现了坝体结构与边界动力相互作用的全耦合模拟。初步建立了重大水工混凝土结构健康诊断体系。各类高性能水工混凝土、新型掺合料与添加剂、水工高分子材料在混凝土结构工程中得到广泛使用。国外在第三代减水剂和新型引气剂、液态速凝剂研究等方面发展较快。

## (八) 岩土工程

我国已建和正在建设世界上最高的混凝土面板堆石坝和心墙堆石坝。大型混凝土面板堆石坝工程的理论、设计、施工、试验等均已成熟。接缝止水材料的研究位于国际先进水平。安全监测分析评价预报系统的研发为反馈分析大坝的安全性态提供了技术支持。自主开发的多功能三轴仪已用于高土石坝地震响应分析研究。粗粒土的变形和强度动力特性试验研究近年来有很大进展。多个水工隧洞和地下厂房均为世界级规模。边坡工程的稳定分析方法和离心机模型试验研究基本与国外同步。

## (九) 水利工程勘测

工程地质、水利工程测量和钻探技术、物探技术等取到较大发展,国家基准网与卫星定位技术、堆石体密度测定的动力参数法等得到应用。

## (十) 水利工程施工

大型工程导流隧洞的规模和设计流量达世界先进水平,三峡工程两次截流的流量、最大水深和最大抛石强度均居世界之首,但在施工导流的风险分析方面与发达国家有一定差距。宽级配砾石土心墙的施工设计理论和施工质量控制技术、混凝土浇筑技术等取得创新性突破,三峡工程的浇筑强度等多项指标达到世界领先水平。全面掌握了在各种气候与地域条件下的碾压混凝土筑坝技术,居世界领先水平。地基与基础工程施工、锚索最大锚固吨位、锚索锚固结构形式多样化等方面均居国际先进水平。混凝土防渗墙的施工能力已经达到超百米深度。特大型地下工程施工技术取得突破性进展。

### (十一) 水力机械

基于三维计算流体动力学理论与技术(CFD)的水力机械正问题计算已用于高性能水力机械的设计。水力机械流场、结构动力学与稳定性、空蚀和磨蚀、过渡过程等研究在理论和方法上与国外基本同步。成功实现了三峡工程特大型水轮发电机组的国产化,水电重大装备实现了30年的跨越。国外已开始关注新型水力机械研究,开发了考虑生态环境需要的水轮机等。水泵制造水平较之国外仍有较大的差距。

### (十二) 水利工程管理与信息技术

全球定位系统(GPS)和分布式大坝安全监测自动化系统广泛得到应用。水库群优化调度成为新的研究趋势。美国、加拿大、澳大利亚等国的大坝风险管理已进入实用阶段,我国的相关研究相对滞后。

我国已建立水利信息化综合体系、信息采集与工程监控体系、水利信息通信与网络体系和信息存贮与服务体系,国家防汛抗旱指挥系统工程、水资源调度与管理系统等一大批应用系统已相继投入运行。

## 二、近三年本学科国内发展主要成就与重大进展

近年来,水利学科紧紧围绕国家的战略需求,在许多领域实现了重大突破,总体水平实现了与国际先进水平的对接:水文水资源理论和应用、河流泥沙、农田节水、坝工技术等研究水平已位于世界前列;特大型水轮机组制造和安装技术等方面显著缩小了和国外先进水平的差距;水旱灾害管理、生态友好的水利水电工程建设理念和技术、水环境保护等方面的相关研究日趋得到重视并起步发展;信息技术已广泛用于水利建设的各个相关领域。

近三年来,本学科每年均有多项成果获国家科技进步二等奖。以2006年获奖的《黄河流域水资源演变规律与二元演化模型》为例,第一获奖人王浩是改革开放后清华大学培养学生中的第一个中国工程院院士。该项目获得了“国际领先”、“对世界水文水资源研究领域有重大影响”的高度评价,其中流域水资源全面系统的动态评价方法、水资源二元演化模型、人类活动影响下的流域水资源演变规律为3项原创性成果,相关的理论方法和模型技术已在我国得到广泛采纳和应用。

各个分支学科均有诸多代表性的专著,如《西北地区水资源配置、生态环境建设和可持续发展战略研究》、《中国防洪减灾对策研究》、《黄河水沙过程变异及河道的复杂响应》、《分布式流域水文模型原理与实践》、《拱坝设计与研究》、《节水农业技术研究示范》、《高混凝土面板堆石坝新技术》等。

## 三、本学科发展存在的不足以及与国际先进水平的比较

较之国外先进水平,我国还存在创新型成果较少、一些重大科技问题和关键技术亟待解决等问题。

(1)水力学。掺气减蚀机理、长距离输水工程中的水力控制仿真技术等还比较薄弱,生态水力学基础性研究与国外先进水平相差甚远等。

(2)水文与水资源。水文预报结果不确定性估算理论和方法的研究还较薄弱,气候变化对水文循环影响的研究、单项工业节水技术、非常规水资源开发利用技术、水资源的信息化管理技术落后于世界先进水平等。

(3)环境水利。瑞士和美国等已建立了绿色水电和低影响水电认证的导则,我国才刚起步研究。水生态修复、生态需水等研究与国外相比存在差距,水体富营养化控制缺乏有效手段等。

(4)水旱灾害管理。国内水旱灾害管理理念的转变滞后于国外先进国家。在相关的基础研究、管理技术与方法、法律法规体系建设和水旱灾害管理社会化体系构建方面也相对落后等。

(5)泥沙科学与河道治理。将流域和河流作为一个完整系统加以研究和管理的理念晚于发达国家,在流域综合管理与环境泥沙结合等方面的研究和实践相对落后等。

(6)水工程建设。新坝型、新型结构等原创性技术大多由国外引进,特殊土类试验方法的研究、非饱和土性质的试验研究滞后于理论研究等。

(7)农田水利。在节水灌溉设备研发、劣质水资源化利用、精准灌溉、农业水环境和水生态、农村饮用水安全方面的研究还相对落后等。

(8)水利工程管理与信息技术。流域综合管理体系尚未形成,水利信息学科总体发展、在线分析、信息资源集成与综合开发利用方面与国际先进水平相比有明显差距等。

## 四、水利学科国内外发展趋势、特点与展望

### (一)水利学科发展的总趋势及特点

伴随着全球气候变化和人类活动日趋剧烈的影响,21世纪的水利学科在国内外都将直面应对发展和保护之间的矛盾和关系,进入一个更加综合发展的阶段,研究的对象将是宏观、细观以至微观的深层次结合,研究的尺度将是区域、流域以至全球的平行与转换。

(1)更重视水资源的可持续利用、生态与环境保护、人与自然的和谐。

(2)更重视对宏观问题的探索,在更大的空间尺度和时间尺度上研究水的迁移、演变规律。河流将被视为一个具有生命的、流动的及与自然—经济—社会复合的生态系统加以研究。

(3)更重视学科之间的交叉、融合、渗透和新的边缘学科的产生。

(4)进一步加强相关政策、管理体制与机制的研究。

(5)高新技术将对促进水利传统学科的发展起重要作用。

### (二)水利学科发展的关注点和研究重点

(1)水力学。开展新的、复杂的工程水力学问题的研究。加强与环境水力学、生态水力学等学科的交叉与渗透研究等。

(2)水文与水资源。加强气候变化与人类活动对水文循环影响的研究和地表水与地下水相互作用的研究。进一步发展和完善风险分析的理论与方法。加强对现代环境下的

流域水循环演变与水资源评价、生态系统需水、水资源综合管理与合理配置、节水与非常规水综合利用、地下水资源保护、都市水文、局部暴雨洪水规律数值模拟等研究。

(3)环境水利。改善水质和控制非点源污染的研究、流域梯级开发对生态环境累积影响的评价理论与方法、受损水生态系统的恢复技术、兼顾生态的水工程调度技术、重大水污染事件的应急体制等研究。

(4)水旱灾害管理。应对重大突发性洪水的应急管理体制与对策、蓄滞洪区等安全建设与风险管理、国家防汛抗旱指挥系统现代化,以及大范围旱情动态监测、评估、预警、灾害综合管理与对策等研究。

(5)河流泥沙。高含沙河流的治理方略、基于完整系统的河流管理、生态健康、水土保持、环境泥沙、河口整治和泥沙管理、土壤侵蚀机制、适合于我国的土壤侵蚀预报模型及土壤侵蚀监测与水土保持效益的评价体系等研究。

(6)水工程建设。特高混凝土坝的设计标准和安全评价准则。基于现代计算机和网络技术的大坝设计、科研、施工和管理为一体的数字化、可视化、智能化和网络信息化技术。面向流域的高坝安全风险评价与管理。超高面板堆石坝和心墙堆石坝高应力和复杂应力条件下筑坝材料工程特性和本构关系、变形性状、动力性状和抗震措施。大型深埋超长隧洞地质灾害的成灾基础理论、围岩稳定性分析评价和超前预报新方法。复杂地质超大大地下洞室施工、监测、信息化等研究。1000兆瓦级水轮机的自主研发与制造、水轮发电机组状态监测与故障诊断等研究。

(7)农田水利与小水电。节水灌溉设备、精准灌溉、农村饮用水安全保障的战略、标准、处理技术和相关政策等研究。小水电将面向农村电气化、成套设备标准化和“走出去”的战略方向发展。

(8)水利工程管理与信息技术。加强基于风险的大坝安全评价方法、风险标准和区划、大坝安全信息监测及预警等实用技术研究。研发基于网络的流域级或国家级的遥感监测体系、水利信息化体系等。

## 五、促进本学科发展的措施和建议

(1)水利学科的发展要切实处理好历史与现实、继承与发展、理论与实践、问题与方法的关系。

(2)从人与自然和谐的角度辨析水利学科的内涵与发展方向,抓紧开展水利学科的发展战略研究。

(3)大力加强基础科学、前沿科学、重大水利科技问题研究和科技基础条件平台建设,积极推进和加强相关的国家实验室和工程研究中心建设,促进水利科技资源的高效配置和综合利用。

(4)加强先进技术的集成、推广应用和科技成果的转化研究,着力推动高新技术特别是信息技术在现代水利行业中的应用。

(5)研究全面推进水利科技创新体系建设和推动科技成果应用和转化的相关问题,提高科技资源的整合力度,建立学科间交叉融合和资源共享的长效机制。

(6)强化人才和重点科技攻关团队的培养,加强科技人员学风建设和道德教育。广泛



深入开展国内外学术交流与合作。

## 第七节 工程热物理

### 一、工程热物理学科发展概述

工程热物理学是一门研究能量以热的形式转化的规律及其应用的技术科学。它研究各类热现象、热过程的内在规律,并用以指导工程实践。工程热物理学有着自己的基本定律:热力学的第一定律和第二定律、牛顿力学的定律、传热传质学的定律和化学动力学的定律。作为一门技术科学学科,工程热物理学的研究既包含知识创新的内容,也有许多技术创新的内容,是一个完整的学科体系。

工程热物理学科是能源利用领域的主要基础学科,工程热物理学科的发展推动了能源科技的进步。从人类利用能源和动力发展的历史看,古代人类几乎完全依靠可再生能源,人工或简单机械已经能够适应农耕社会的需要。近代以来,蒸汽机的发明唤起了第一次工业革命,而能源基础,则是以煤为主的化石能源,从小规模的发电技术到大电网,支撑了大工业生产相应的大规模能源使用。石油、天然气在内燃机、柴油机中的广泛使用,奠定了现代交通基础,燃气轮机的技术进步使飞机突破声障,这些进一步适应了高度集中生产的需要。但是化石能源过度使用,造成严重环境污染,而且化石能源资源终将枯竭,严重地威胁着人类的生存和发展,要求人类必须再一次主要地使用可再生能源。这预示着人类必将再次步入可再生能源时代——一个与过去完全不同的、建立在当代高新技术基础上创新发展起来的崭新可再生能源时代。面对这个时代的召唤,工程热物理学科的发展既要适应可再生能源分散的特点,又要能为大工业发展提供能源,需要构建分布与集中供能有机结合的新型能源系统。在这个过程中,工程热物理学科面临新的机遇与挑战。工程热物理学科的发展和能源科学技术进步对人类社会将产生重大影响,将会出现许多伟大的变革,包括能源科技的重大发展。一些新的能源利用方式,如新型动力机械、新型发电技术、涌现的新能源等。

能源问题是社会与经济发展的一个长期制约因素,关系全局的主要能源问题有:能源需求增长迅速,供需矛盾尖锐;能源结构不合理,优质能源短缺;效率低下,浪费惊人;环境影响更加严重,减排治污、保护生态刻不容缓;能源安全问题突出,全球战略势在必行等。综上所述,我国面临能源和环境双重巨大压力,是经济和社会发展的长期瓶颈,是始终必须高度重视的重大问题。能源发展、保护环境、节能减排对我国至关重要,是确保清洁、经济、充足、安全能源供应的根本出路。大量研究和历史经验表明,解决能源与环境问题的根本途径是依靠科学技术进步,因此工程热物理等相关学科将承担起我国国民经济发展的能源与环境的重大需求,努力推进节能和科学用能已成为学科的指导思想和核心,而抓紧化石燃料的洁净技术、大力开发可再生能源和新能源技术则是工程热物理学科的发展战略重点。

### 二、近年我国工程热物理学科的进展

工程热物理是一个体系完整的应用基础学科,其主要研究领域应属技术学科,每一个

分支学科都有坚实的理论基础和应用背景。工程热力学与能源利用分学科的基石是热力学第一、第二定律,目的是为从基本原理上考虑能源利用和环境问题提供理论与方法,其他分支学科在热力学定律基础上,拥有各具特色的理论和应用基础。热机气动热力学与流体机械分学科的理论基础是牛顿力学定律,传热传质分学科的理论基础是传热、传质定律,燃烧学分学科的理论基础是化学反应动力学理论,等等。

### (一) 工程热力学与能源利用

热力学基础研究方面,在计算统计热力学及分子模拟领域有两方面进展,一是分形理论等新的分析手段的引进,取得了好的效果;另一方面,计算统计热力学及分子模拟研究开始向实用化迈进。

为满足国家节能减排的重大需求,各种余热驱动、低温余热利用以及大温差的制冷循环研究不断深入,吸收、吸附式制冷循环,复叠式制冷循环以及水基有机混合物相变蓄冷等新型蓄能技术被广泛研究。热声理论得到快速发展的同时,热声制冷和热声发电技术在实验、应用方面的研究进展很快。

能的综合梯级利用理论不断完善和发展。分布式能源系统作为能的梯级利用技术的典型代表,在基本原理、关键技术和系统集成等全方位开展研究,为该技术产业化示范奠定了基础。化学能与物理能综合梯级利用原理的提出拓展了能的梯级利用原理,提出了化石燃料与太阳能互补的间接燃烧能量释放新机理,拓展了一系列化学能与物理能综合梯级利用系统集成的创新。

可再生能源与温室气体控制是能源与环境领域研究的重要主题。我国近年来经历了对各种太阳能热发电形式的关键技术研究,并启动了国家太阳能热发电技术专项研究。太阳能光催化分解水制氢研究在催化剂、制氢设备和制氢系统等方面取得实验室进展。太阳能燃料转换技术的研究有望实现实用化的太阳能燃料开发。在生物质发电、生物质制氢和液体燃料等方面也取得一定进展。我国学者首次提出了能源转换利用与二氧化碳分离一体化原理,实现低能耗甚至无能耗分离二氧化碳,研究制定了适合我国国情的温室气体控制技术路线。

### (二) 热机气动热力学与流体机械

国际上现已采用三维黏性计算流体动力学设计航空发动机诸部件,尤其是叶轮机械设计。叶轮机械设计系统由二维、准三维、定常设计到全三维、黏性、非定常设计的过渡是学科发展的趋势。在航空发动机设计方面,上述趋势也充分体现在对风扇/压气机、对转涡沦技术和旋转冲压发动机技术的研究中。

从热机气动热力学角度看,未来燃气轮机的科学技术发展需要进一步研究高性能叶轮机械内部非定常复杂流场结构和机理、与气动热力学紧密相关的燃气透平叶片冷却技术及其流热固耦合机理与优化设计方法。相关工作围绕着压气机内部非定常流动及其控制结构的耦合问题、透平提高级负荷与非定常气动性能问题、透平叶片冷却及其流热固耦合基础问题,以及叶轮机械全三维设计理论及设计体系基本构架研究等科学问题展开。

流体机械方面的研究在透平压缩机、水轮机、泵类流体机械、风力机等方向取得较大

进展,上述工作为西气东输、三峡工程、南水北调以及风力发电等国家重大工程和紧迫需要提供了技术支持。

### (三) 传热传质

在导热研究方面,随着超快速激光加热技术以及 MEMS/NEMS 等微纳科技的发展,导热过程在时间尺度、空间尺度、环境温度以及热流密度等都在向极端状况扩展。微纳尺度下的导热规律的研究是传热学发展的新的重要研究方向,它对微纳热电转换装置等高科技产品的研发具有重要的意义。

对流传热的研究在保留了经典方向的深化和再认识拓展等内容之外,多趋向复杂和交叉领域。非线性问题,湍流直接模拟,微尺度、跨尺度问题是自然对流研究的主要方向。对流换热过程强化和优化的研究热点是换热器和换热网络中的场协同理论、节能型强化技术的开发,以及污垢形成机理以及新型抗垢技术。

辐射传热目前的发展趋势是研究内容的深化,以及趋向复杂和交叉领域,以符合航空航天、红外探测、目标与环境的红外特性、强激光及应用、功能材料制造以及生物医学等现代高新技术发展对辐射传热的需求。

### (四) 燃烧学

在基础燃烧理论方面主要完善燃烧化学动力学机理,同时现阶段研究也偏重于污染物形成机理的探索和复杂机理的简化,另一方面越来越多地通过精确的燃烧过程的数值模拟来替代一般的实验性研究。根据不同的研究对象和应用领域,燃烧学分别在燃料及生物质燃烧、垃圾废弃物焚烧、火灾燃烧、燃烧诊断以及燃烧污染物控制等方面开展了大量研究。

### (五) 多相流

多相流数理模型及数值模拟方法当前的研究重点仍在两相流,三相流已在起步阶段,将逐渐成为重点。近年来单相湍流流动中兴起的细观模拟方法,主要是直接模拟和大涡模拟,也逐渐引入到两相湍流研究。数值模拟方法在气(汽)液/液液界面、气固/液固多相流、气液固三相离散流动、双流体/多流体等方面的研究展现出新的思路和前景。此外在颗粒动力学,多相流中波的产生、传播及其不稳定性理论、多相流与传递参数测试方法等方面也开展了广泛研究,形成了有特色的研究成果。

从总体上看,我国工程热物理学学科在热力循环开拓、叶轮机械流动理论、热声理论、太阳能和风能开发利用等研究领域已经形成了较强的国际竞争力,而整体研究水平与世界先进水平还有较大差距,主要体现为技术开发落后于理论研究,实验设备、测试手段落后,温室气体控制等能源、环境交叉领域基础理论和关键技术研究薄弱。

## 三、我国工程热物理学学科前景展望

### (一) 学科发展目标

学科发展的中长期战略目标是:建立一支结构合理、精干和稳定的基础性研究队伍,

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

学科发展的重点是:①继续加强工程热物理学科基础研究,注重能源—环境、能源—材料、能源—生物等学科交叉和领域渗透,使我国工程热物理学科适应能源、环境问题的需求,争取在若干有相对优势的学科跻身于世界先进行列;②解决化石能源发展和应用中的关键问题,发展与开拓科学的途径与方法,使常规化石能源,特别是煤炭成为高效、洁净、稳定、廉价的能源;③为推动可再生能源发展及其关键技术开发,提供科学源泉和支撑,以不断改善我国能源消费结构和加快能源结构多元化,建立可持续发展能源系统;④加强能源转换的物理化学生物学基础研究,为煤炭洁净利用、石油战略储备、规模化蓄能、生物质能开拓等奠定科学基础。

## (二) 优先发展领域

### 1. 节能与科学用能

节能的根本出路在于科学用能。需要深入研究用能系统的合理配置和用能过程中物质与能量转化的规律以及它们的应用,以提高能源利用率和减少污染,最终减少能源的消耗。它既包括从系统科学的角度研究生态工业园等能源和资源综合利用和梯级利用的用能模式,也要分析用能的全过程,提炼共性的科技问题并加以解决,还要考虑用能的管理及法律、法规、政策等。科学用能需要以工程热物理学科为支撑,同时涵盖了现代科学技术的众多学科和专业,也有自然科学与社会科学的交叉;科学用能领域不仅需要工程热物理学科内和各能源学科间的交叉,同时也需要科学、技术和工程的融合。

### 2. 煤的洁净利用技术

我国是世界上少数几个以煤炭为主要能源的国家之一,由于燃煤导致的污染物排放居高难下,能源结构调整和煤炭洁净利用问题在中国极为突出。因此应该积极推进洁净煤技术的发展,包括整体煤气化联合循环、增压或常压流化床燃煤联合循环、直接燃煤或外燃式联合循环,以及内外燃煤一体化新型发电系统,还应该大力推进替代燃料—动力多联产系统技术的研发与应用。通过洁净煤技术的推广,有效控制  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  与粉尘等燃煤污染物,争取到 2020 年,我国能有效解决燃煤污染。

### 3. 大力发展可再生能源

中国太阳能、风能、生物质能资源丰富,具备大规模开发的有利条件。我国的太阳能热水器的使用量和年产量均占世界一半以上。建议在继续推进太阳能多样化发展的同时,加快发展大规模太阳能发电,本世纪中叶达到总装机容量亿千瓦的水平。风力发电潜力很大,是当今新能源发电中技术最成熟、最具有大规模开发条件和商业化前景的发电方式,建议近期重点解决大功率单机相关的技术问题。生物质能作为非商品能源已在广泛使用,建议因地制宜发展生物质制沼气技术,为农村能源提供重要保障。还需重点解决生物质发电与制作固体及液体燃料技术。此外,还应促进森林恢复和增长。通过工程热物

理学科的发展推动可再生能源的开发,应成为我国未来能源可持续发展的重要支柱。

#### 4. 温室气体控制战略与二氧化碳捕获和封存

为了应对复杂的温室气体控制问题,根据我国的能源问题与技术现状,建议近期以开发节能增效技术与资源化利用技术作为控制温室气体排放的主要措施,中期以大力发展可再生能源等替代能源为重点,远期以二氧化碳捕获和封存技术为主线。二氧化碳捕获和封存(CCS)技术的难点在于二氧化碳回收能耗过高,这不仅导致能源利用效率下降,而且使二氧化碳减排成本居高不下。因此,目前国际上的 CCS 技术尚不能满足能源可持续发展的要求。建议寻求能够同时解决能量利用与二氧化碳减排的“革命性”技术,并发展适合我国国情的温室气体控制技术路线。

## 第八节 控制科学与工程

### 一、控制科学与工程学科发展概况

经过半个多世纪的发展,以控制理论与工程为主线的自动化领域已成为保障和促进现代社会发展和生产力提高的核心科学技术之一。自动化程度已成为衡量一个国家发展水平和现代化程度的重要标志。近年来,随着网络技术的普及和智能科学的深化,自动化系统所涉及的不确定性、多样性和复杂性等急速提高,既给自动化带来了巨大的挑战,也使这一领域获得了前所未有的发展机遇。

“控制科学与工程学科”或“自动化学科”作为一级学科,共包括 5 个二级学科:①控制理论与工程;②模式识别与智能系统;③系统工程;④检测技术与自动化装置;⑤导航、制导与控制。

### 二、国内外发展状况概述

自 2005 年以来的近三年来,国内外自动化领域发展最为强劲的方向之一当推网络化控制系统(Networked Control Systems)。控制领域的国内外主要期刊都相继推出网络化控制系统专刊。与之相关,对各类智能合作控制策略与技术的研究,从群体智能(Swarm Intelligence)到基于代理的智能控制方法,也已成为受到广泛关注的热点课题。

网络化带来的连通性(Connectivity)使被控对象与控制系统本身的复杂性获得实质性的扩展,进而从根本上突破了控制的原有功能与应用范围,显现出正在从传统工程领域向一般复杂社会政治经济问题拓展的趋势。这方面的突出例子有:从单纯的过程控制拓展到包括调度、资源分配、质量控制等;智能空间中的控制、传感、通信、计算融为一体;网上群体行为的动态分析、预估、反馈和通过“软”控制方法施加社会影响等。此外,自动化理论与技术已在智能交通、现代服务系统、电子商务和社会态势分析等非传统控制领域内得到了切实和有效的应用。

国际上,拟人智能机器人技术在日常生活和娱乐中的应用得到了实质性的突破。以机器人足球赛和美国无人驾驶车大挑战(Grand Challenge)为代表的新兴机器人比赛和

智能车挑战赛既大大拉近了公众与自动控制和智能技术的距离,也大大促进了自动化学科对公众的影响力。随着美国无人驾驶飞机在实战中的成功应用,近年来各国相继兴起了对无人机和空中机器人的研发。

国际上,对脑认知、脑计算、神经交互、脑机交互等认知科学的研究正方兴未艾,并已经取得许多成就。在国内,对脑际交互的研究也取得了若干重要的进展。

人类已进入了一个信息时代。极其丰富的信息使得“信息超载”成为信息搜索和内容有效利用的一个很大的障碍。基于此,数字内容自动理解正在成为近期国内外模式识别方向的主要研究热点之一数据挖掘和机器学习,也相应地得到了大力的发展并取得许多重要进展。此外,近三年来国内外在生物特征识别、医学影像识别、数字医学、疾病信息学、生物信息学、情报与安全信息学等领域也都取得了重要进展。

在检测传感技术方向,传感网络已成为国内外近期的主要研发焦点,但射频技术(RFID)有待在大规模应用方面取得实质性突破。

### 三、国内主要进展和成果

2005—2007年,控制科学与工程领域共获得国家科学技术进步二等奖11项、国家技术发明二等奖1项、国家自然科学基金二等奖1项,有关项目如下表所示。

表1 2005—2007控制科学与工程领域获奖情况

获奖时间	获奖类别	项目名称	主要完成人
2005年	国家科学技术进步二等奖	大型精对苯二甲酸(PTA)生产过程智能建模控制与优化技术	钱锋、钱积新、邢建良、郑国栋等
2005年	国家科学技术进步二等奖	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、曹晖等
2005年	国家科学技术进步二等奖	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、王凤山等
2006年	国家科学技术进步二等奖	混合智能优化控制技术及应用	柴天佑、马鸿烈、郑秀萍、臧秋华等
2006年	国家科学技术进步二等奖	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、余炳祥等
2006年	国家科学技术进步二等奖	全集成新一代工业自动化系统	孙优贤、王文海、皮道映、薛安克等
2006年	国家科学技术进步二等奖	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、吕俊复等
2006年	国家科学技术进步二等奖	大型高强度铝合金构件制备重大装备智能控制技术与应用	刘吉臻、蒋敏华、何新、牛玉广等
2006年	国家科学技术进步二等奖	汉王OCR技术及应用	刘昌平、刘迎建、李志峰、刘正珍等
2007年	国家科学技术进步二等奖	大型高强度铝合金构件制备重大装备智能控制技术与应用	桂卫华、喻寿益、贺建军、李迅等
2007年	国家科学技术进步二等奖	新型高性能捷联惯性测量装置关键技术研究及应用	房建成、酆吉臣、王巍、李道京等
2005年	国家技术发明二等奖	虹膜图像获取与识别技术	谭铁牛、王蕴红、马力、孙哲南等
2007年	国家自然科学基金二等奖	智能控制理论与方法的研究	王飞跃

其中,作为集成4个奖项综合成果的“复杂生产制造过程实时、智能控制与优化理论和方法”及“智能控制理论与方法的研究”被中国自动化学会评为2005—2007年度学科重大科技成果。

在“复杂生产制造过程实时、智能控制与优化理论和方法”成果中,吴澄、柴天佑、孙优贤等面向我国冶金、化工、纺织等行业的大中型制造企业复杂生产制造过程控制与优化技术的实际需求,采用建模与控制相结合、智能方法与数学方法相结合的研究思路,系统研究了复杂生产制造过程控制与优化问题,取得了多项具有原创性的研究成果。柴天佑教授因其杰出贡献于2005年当选中国工程院院士、2007年当选美国电气与电子工程师协会(IEEE)会士。

在“智能控制理论与方法的研究”成果中,王飞跃建立了一套关于智能控制的理论体系,并在实际工程中得到了验证和应用。主要工作包括结构与过程研究、算法研究、实现研究。完成人被国际同行公认为是智能控制的开拓者和重要研究者之一,因其杰出贡献当选IEEE、INCOSE、ASME、IFAC和AAAS等Fellow,并获ACM Distinguished Scientist称号。

此外,过去几年里,自动化领域的5个二级学科都分别取得了较大的进展和重要的成果,简述如下。

### (一)控制理论与工程

理论方面,郭雷及其研究小组对一般控制系统反馈能力进行了深入的研究,并在国际上首次对几类系统给出量化的解答,主要包括参数非线性系数阶数邻界值、非参数系统半径临界值,以及一系列不可能定理,开创了对控制系统族的复杂本质的研究。黄琳及研究小组对具有长时间尺度远离平衡态的大范围非线性特性的力学系统的多平衡点、类梯度性、稳定性、环解及旋转解等复杂多样的动力学性质进行了深入的研究,在系统的总体可控性、鲁棒性及相关协调控制等方面得到一系列的重要成果。陈翰馥及研究小组对Wiener及Hammerstein系统辨识,给出参数估计的递推算法及收敛性证明。张嗣瀛及研究小组对系统的对称性、整体规则与趋同等作了许多很有创意的探索。

在方法上,吴宏鑫及研究小组的智能特征建模方法已被实践证明为一种有效方法,并在制铝工业中得到了有效的应用。由于国际能源的紧缺,电力系统的安全高效控制重新成了一个热点研究课题。郑大钟及其合作者提出的基于图模型的解列理论具有很高的原创性与应用前景,得到国际同行的高度评价。王玉振等提出的基于能量的广义哈密顿系统方法也是电力系统控制的一个具有生命力的新方向。李少元等给出了预测控制设计与分析的新方法,并在工业条件下得到有效的应用。

针对网络化控制问题,岳东等建立了时间驱动传感器和事件驱动控制器执行器的混合系统模型;汪小帆和陈关荣针对一般的动态网络模型提出了虚拟控制原理,并给出了通过牵制控制使网络稳定到匀质平衡点的条件;田玉平等研究了具有不同时延的互联网拥塞控制算法的稳定性分析与设计;刘国平等提出了一种网络预测控制模型;王飞跃提出代理控制方法和“当地简单、远程复杂”设计原理以解决连通环境下的控制与管理问题。

在机器人方面,2006年,中国科学院沈阳自动化研究所水下机器人研究中心负责研制的“CR-02”6000m自治水下机器人在成功完成实验室调试、湖上试验和工程化改造工

作后,在南海海域成功进行了深海试验。“CR-02”在深海环境下的使命与运动控制、监测与遥控、水下探测技术以及综合性能等得到了充分的验证,并通过了大洋协会组织的海上试验验收。“CR-02”深海试验的圆满成功,标志着我国在自治水下机器人技术和应用方面又实现了进一步的跨越,具有世界先进水平。在工业机器人方面,我国已经掌握了工业机器人的开发技术。目前由我国自主实施的机器人应用工程,在国内市场的占有率已达40%以上,在摩托车行业的市场占有率达80%以上。此外,在管道机器人,用于侦察的空中机器人,危险作业机器人,移动机器人,服务机器人,医疗机器人,仿人、仿生机器人等方面也开展了深入和富有成效的研究。

此外,系统研制、产品开发和工程应用方面的重大成果与进展大部分已反映在前面所述的国家科学技术进步奖项之中。

## (二) 模式识别与智能系统

在算法研究方面,张长水等人提出一种高斯混合密度估计的竞争EM算法,具有自动模型选择和提高收敛性能等特点;于剑提出了广义的c-means聚类模型(GCM)。基于GCM的局部最优性测试,首次建立了Occam剃刀原则与分区聚类之间的联系,并发现了一个用于构造和执行聚类算法的理论性指导原则;杨静宇、杨健等人推广和完善了Fisher线性鉴别分析理论和算法,从理论上解决了奇异情况下基于Fisher准则的最优鉴别矢量集的求解问题,为高维、小样本情况下线性鉴别分析方法建立了一个统一的理论框架;卢汉清、施鹏飞等人在Kernel鉴别分析方面分别提出了新的核函数、鉴别准则和有效的算法。此外,周志华、王珏等研究小组系统地研究并发展了各类机器学习算法,取得了一系列有特色的成果,如借鉴Isomap流形学习方法提出了监督学习的非线性特征提取方法、建立了选择性集成框架并证明了有关定理、揭示了通过增加学习器数目来提高泛化能力未必可取的现象,对多示例学习、多标记样本学习、代价敏感学习等问题进行了理论分析并提出有效的算法,等等;查红彬等人还利用黎曼几何流形学习实现了非线性数据降维;张长水等人提出了基于邻域标号传播的半监督学习方法。

在计算机视觉上,郑南宁等人提出用马尔科夫网络建模和贝叶斯信任传播求解立体视觉问题的快速逼近推理方法和多视立体匹配算法,解决了立体匹配中的平滑视差场、深度不连续性与遮挡过程的建模、图像分割线索集成等问题,实验结果表明该方法是当时世界上最好的立体匹配算法与多视立体匹配算法之一;封举富等人提出了一种新的图像距离——图像欧氏距离(IMED)及快速计算方法,用于人脸识别、物体识别;吴立德等人对视频信息检索的关键技术进行了较为全面、深入的研究,并取得了一批高水平的创新成果;谭铁牛等人对目标跟踪、运动目标行为建模、人的运动分析等问题进行了深入研究,提出了一系列有效的方法;胡占义等人对基于PnP的物体定位和摄像机标定等问题进行了系统深入的研究,取得了一系列有特色的重要成果。

## (三) 系统工程

戴汝为及研究小组提出基于社会智能的Collective Intelligence概念和方法,并用于开放复杂巨系统的综合集成研讨厅的研发,在生态系统、军事决策支持系统、区域发展评



估等复杂问题中得到了切实的应用。王飞跃基于人工社会、计算实验、平行系统,提出了复杂系统的计算研究框架和方法。

在应用上,柴天佑唐立新等在生产制造系统的优化方法、混合智能优化算法、流程工业生产与物流调度技术等方面做了深入的研究,取得了系统化的创新成果,并在钢铁企业的各种生产调度问题上取得了重大实际效果;吴启迪蒋昌俊等针对数字服务系统,如远程服务、数字社区、数字医疗、数字教育等,创立了相关的框架系统,并研制出上海交通信息服务网格应用平台,为公众和行业用户提供可靠、准确、及时的信息服务。

#### (四) 检测技术与自动化装置

鲍敏杭及科研小组在 MEMS 微机械传感器技术研究和产品化上取得了国际先进水平成果;姜德生及科研小组在光纤传感敏感材料制备与加工规模化生产和光纤光栅传感系统工业化生产关键技术研究与应用方面取得重要成果;胡小唐完成的“井下工具检测技术及试验平台的研究与开发”项目是国内外首次在地面上建立全尺寸、高性能的井下采油工具动态检测研究平台;叶声华开发的汽车车身视觉检测系统成功地应用于一汽大众等企业的轿车生产线上,在我国首先实现了车身尺寸 100% 在线测量。

周东华等人在混杂系统、采样系统和鲁棒故障诊断方面取得了许多重要成果。针对网络化系统,方华京等提出了多种基于信息调度模型、时延模型的网络化控制系统的故障诊断与容错控制算法。

针对无线传感器网络,于海滨等学者在通信与组网、信息处理、协调控制等方面取得了系统化的重要成果和应用。国内有关单位还参与了国际无线传感器网络标准 Zigbee 的制定工作。

#### (五) 导航、制导与控制

在卫星导航方面,国内有关科研单位从卫星星历与模型误差、钟差与稳定性、卫星摄动因素、相位不确定性、多路径效应等方面进行了系统深入的分析,在卫星导航的动态滤波、定位数据误差建模、多卫导系统集成与优化以及卫星辅助导航的深组合等方法的研究取得了突破。针对“北斗一代”卫星导航系统的不足,我国突破了卫星导航系统星座的协同控制与通信、多星数据链互联与组网等技术,并已开始构建“北斗二代”卫星导航系统。

在惯性导航方面,我国自行研制的多种平台惯导系统已广泛应用于武器装备,并在光纤陀螺及激光陀螺及其捷联惯导系统等方面取得重大突破。在惯性器件的标定补偿方面,国内学者提出了多种新型的最优速率位置迭代校准与标定方法,显著提高了捷联惯性导航系统的导航精度。在天文导航技术方面,我国已突破新颖直接敏感地平 and 星光折射间接敏感地平、基于 UKF/UPF 的天文导航、新型高精度导航敏感器以及天文辅助导航等多项关键技术。在地磁导航与重力梯度导航两种迅速发展的导航技术中,我国提出了重力梯度匹配方法,设计了基于重力梯度的组合导航信息融合方法。

在飞行控制技术方面,革命性的变化标志表现在电传/光传操纵与主动控制技术、飞控系统的冗余配置与自修复技术、综合控制与飞行器管理系统技术等技术的成熟。在综合控制和飞行器管理系统方面,国内进行了大量的探索,开展了 IFPC 的技术研究,已经建成了仿

真验证系统,为新一代飞行器设计和综合航空电子网络的研究奠定了坚实的基础。

近年来,国内的无人机研究呈现出百家争鸣、欣欣向荣的局面。相关无人机自动化技术的研究主要集中在滤波与组合导航、动力学建模与运动控制、自主起飞与着陆技术、多机协同与任务规划等关键技术,并已取得一系列的重要成果。

## (六) 新兴领域和方向

在生物信息学方面,国内学者从多方面对相关领域开展了研究工作。从生物学意义看主要代表性成果可以分为基因及其转录和剪接的研究、非编码 RNA 的研究、蛋白质的研究、表观遗传学研究、群体遗传学和进化研究、疾病基因组学研究、系统生物学模型的研究、中医药的系统生物医学等。从信息科学的角度,我国生物信息学领域的主要工作可以分为以下几种主要类型:模式识别与机器学习在生物学中的应用、针对特定生物学问题的算法、综合运用信息处理手段对生物学问题的研究、生物信息学中的信息理论与方法研究。

此外,我国学者还在智能交通系统、智能空间、社会计算、服务学和万维学等新兴自动化领域展开了研究。

## 四、国内发展中的问题与国际先进水平的比较

纵观国内外自动化领域的研究、发展和应用,我国学者已在一些方面,特别是理论研究上,处于国际领先的地位或国际水平,但整体态势还是处于跟踪或落后的情形,不容乐观。

在理论上,近年来我们较少提出引起国际自动化领域关注并积极跟踪的概念和方法,对国际上的热点领域仍有“一窝蜂”跟进的现象。在系统集成技术上,我们缺乏长期的规划指导和充足的资金,出现许多低层次、低水平、重复性的工作,很难形成具有实效的自主知识产权的系统化核心技术。在重大基础自动化装备上,国外产品仍占主导。而且,我国自动化产业的规模远远小于发达国家的水平。尽管如此,我国在集散控制系统(DCS)和数控机床控制系统研发和应用方面上的成功,为在自动化系统和装备上的进一步突破提供了宝贵的经验。

## 五、国内外发展的趋势、特点、展望

运作的网络化、功能的多样化、系统的复杂化是国内外自动化研究和发展的主要趋势,而高集成、高性能、高智能成为自动化需求的主要特点。控制的研究和发展逐渐向分布自主式、博弈合作式、人机交互式迈进。此外,社会经济系统,特别是网络社会的各类软控制方法、Cyber-Physical 系统的控制、纳米控制系统、量子控制系统等也越来越引起大家的关注。

普适的计算、通讯、智能和代理编程技术将使“按需求进行控制(Control on Demands)”成为可能,从而实现低成本、高性能的控制方法。更进一步,对多数控制工程师而言,自动化系统的设计将从建模、分析、控制简化为指定系统功能、性能和成本的要求即可,余下部分将自动完成。

## 六、促进自动化学科发展的措施和建议

除了加强人才培养、加大资金投入、加深加快实际应用等一般措施之外,自动化学科的健康发展必须通过与其他学科的密切合作来实现。这是因为控制系统往往与被控对象分属不同领域,相互发展中非常容易产生矛盾,特别是短期性的矛盾。但我们必须清楚,当今社会一个产品、系统或过程的价值更多地源于它产生的各类“附加值”,而高性能的控制系统往往是保证产生高额附加值的关键。自动化技术和理论更是实现国防现代化、从制造大国到制造强国、从制造经济到知识经济的关键之一。

鉴于此,国家应加大对一体化的、针对特定应用领域的自动化研发机构的长期支持,建立高水平的人才队伍和知识体系,走出“低层次、低水平、重复性”的“局部稳定”状态。

## 第九节 航天科学技术

### 一、航天科学技术学科发展概况

航天科学技术是一门探索、开发和利用太空以及地球以外天体的综合性科学技术。航天科学技术既是现代科学技术的结晶,又对现代科学技术的整体进步和体系结构起到巨大的带动和更新作用。

我国航天科学技术经过 50 多年的发展,已广泛应用到国民经济、国防建设、文化教育和科学研究的众多领域,极大地增强了我国的经济实力、科技实力、国防实力和民族凝聚力。2003—2007 年是中国航天科学技术快速发展的时期,取得了重大进展。长征系列运载火箭连续成功超过 60 次,面向未来 30~50 年发展的新一代运载火箭研制取得一系列重大成果;应用卫星实现系列化、平台化发展,可靠性和使用寿命明显提高;“神舟”5 号、“神舟”6 号载人航天飞行任务圆满完成;首次月球探测工程取得圆满成功;圆满完成了“神舟”飞船和绕月探测卫星、各种地球轨道卫星的发射和测控任务;分系统技术和支撑性技术各专业领域进展顺利。

本报告重点关注我国航天科学技术在 2003—2007 年期间的最新进展,比较我国航天科学技术与国外先进国家之间的差距,明确我国航天科学技术 2008—2009 年发展目标,对我国航天科学技术未来长期发展目标和任务进行展望。

### 二、2003—2007 年我国航天科学技术各专业领域进展

#### (一) 航天运载器技术

长征火箭的可靠性和运载性能以及发射能力得到进一步提高;“神舟”5 号和“神舟”6 号载人飞船完成了载人航天器技术的突破;成功发射“嫦娥一号”卫星的长三甲火箭使火箭飞行可靠性优于设计指标;新一代运载火箭明确了主要技术指标;对重复使用运载器发展途径和初步总体方案进行了探索性研究;首次实现了垂直组装、垂直测试、垂直整体运

输和远距离自动控制的“三垂一远”测试发射模式。

## (二) 航天器技术

研制成功了多系列的航天器,基本覆盖了各种类型的应用卫星、载人飞船和月球探测卫星;大容量、长寿命通信卫星的总体设计技术、载人飞船总体设计技术、月球探测卫星总体设计技术取得突破;开发和完善了系列卫星的公用平台;以高度集成为代表的微小卫星技术取得了快速发展。

## (三) 载人航天器技术

在载人飞船研制、运载火箭可靠性、逃逸与应急救生、出舱活动、空间交会对接等方面,攻克了一系列关键技术,拥有了满足载人飞行要求的、具有中国特色的载人飞船。“神舟”5号 and “神舟”6号载人飞船已经获得圆满成功,“神舟”7号飞船正在研制当中。

## (四) 月球探测器技术

在轨道设计技术、热控制技术、制导、导航、控制(GNC)技术、测控数传技术、定向天线技术以及其他一些关键技术上取得重大突破,圆满地保证了我国首次月球探测工程的顺利实施,“嫦娥一号”探月卫星已成功地发回月球表面图像。

## (五) 航天发射与测控技术

首次采用“三垂”方式发射“神舟”飞船;成功研制大型活动发射平台;大容量低温推进剂运输与贮存技术、低温加注远程测试与控制等技术取得突破,新一代运载火箭发射技术研究进展顺利;载人航天器和地球轨道卫星测控技术、月球探测器及深空探测测控技术、天基测控技术、航天器轨道测量与确定技术进步明显,已经形成技术总体水平达到了世界先进行列的航天测控网络体系。

## (六) 分系统技术及支撑性技术

### 1. 空气动力学与飞行力学

气动设计和防热设计保障了载人飞船的成功;高超声速技术研究成果可望具体应用;对高速飞行器可压缩流的形成机理等前沿性基础空气动力学问题进行了研究;航迹优化、多学科设计优化、飞行器的超低空飞行的碰地概率等试验设计、无人飞行器的建模与数学仿真等建模与计算机仿真等研究取得了较大的进展。

### 2. 航天推进技术

在液体火箭发动机技术方面,“长征”系列一级和助推级、二级发动机的主要关键技术已基本突破;在固体火箭发动机方面,各类发动机的研制工作取得突破性进展;在轨、姿控发动机技术方面,已形成32个品种的发动机系列型谱。

### 3. 航天制导、导航与控制技术

独立开发的载人航天器制导、导航、控制技术达到了国际先进水平;高精度变轨控制

技术、三体定向控制方法等技术在首次月球探测工程中均获得成功;已突破数项新型卫星控制关键技术;运载火箭制导与控制技术的理论研究和惯性制导技术获得较大进展。

#### 4. 航天电子技术

在空间目标探测、跟踪与识别方面,相控阵雷达、单脉冲雷达的研制都取得了长足的进展;在空间有效载荷方面,突破了有效载荷高可靠、长寿命等有效载荷关键技术;在空间微电子和空间计算机方面,有的技术已达到国际先进水平;在空间传感器及机电组件方面,在小型化、低功耗上获得长足的进步。

#### 5. 航天材料技术

重点突破了特种金属材料、高温材料、高能固体推进剂材料等动力系统材料关键技术;研制并应用了高强轻质金属材料等轻质化结构材料;研制成功两种低密度热防护材料;建立了完整的新型材料环境模拟试验等技术手段。

#### 6. 航天制造工艺技术

建立了关键零部件设计制造一体化系统等快速响应制造技术;形成了高精度加工技术系统等精密超精密加工技术;开发了离子束加工工艺与设备等特种加工技术;具备了熔模精铸工艺技术等热加工和精密成形技术能力;TIG自动焊接技术等先进连接技术已开始广泛应用;表面防热涂层工艺技术已取得突破性进展;整机级互联和系统级互联等电气互联技术已进入应用研究阶段。

#### 7. 航天质量和可靠性技术

制定了一系列质量管理体系标准;逐步形成了具有中国航天特色的产品保证模式;实行元器件“五统一”管理;一些关键可靠性工程技术的创新研究与应用方面实现了重大突破;制定了安全性分析与风险评价标准。

### 三、航天科学技术的国内外差距分析

#### (一) 近年来世界航天技术总体发展态势

主要航天国家先后出台航天长期发展规划,增加经费投入;美国、欧洲、日本等完成大型火箭升级换代,各国相继推出新型火箭研制计划,并加速发展小型运载火箭;应用卫星进展较大,新型对地观测卫星升空,通信卫星升级换代,三大系统导航定位卫星太空争艳;美、俄开辟载人航天运输系统发展的新途径,并加紧建设国际空间站;深空探测取得重要成果,月球和火星探测将长期成为深空探测活动的重点,行星探测也将取得新的进展。

#### (二) 国内外航天技术主要差距

##### 1. 航天运载器技术

现役运载火箭运载能力不足、发射准备周期长、任务适应性差;缺乏满足未来载人登月、深空探测等航天任务要求的运载火箭;运载火箭产业化进程缓慢。

##### 2. 航天器技术

应用卫星在种类、容量、寿命、承载能力、优化、集成化水平上还有待进一步提高;飞行

器的编队飞行和组网技术的研究才刚开始;缺乏长寿命载人航天器和深空探测飞行器技术;空间飞行器总体设计能力有待提高。

### 3. 载人航天器技术

尚未掌握航天员舱外活动技术和空间交会对接技术;没有发展可重复使用运载器技术的计划;长期自主飞行、短期有人照料的空间实验室的技术储备存在较大差距。

### 4. 月球探测器技术

“嫦娥一号”的科学目标和工作轨道与国际上同类任务基本相同,同时又各有特色;“嫦娥一号”的各主要指标和技术水平都达到了国际上同类月球探测器的水平。

### 5. 航天发射与测控技术

最大运载能力低于国外先进的航天大国;大型运载器运输技术的研究尚处于起步阶段;发射平台安全性较差;低温推进剂的生产、贮运和加注技术仍有待提高;载人航天器、地球轨道卫星、深空探测的测控技术,以及天基测控系统、高精度轨道测量与确定技术、航天信息传输技术等还需加大攻关力度。

### 6. 航天分系统与支撑性技术

(1)空气动力学与飞行力学。地面模拟设备风洞、现代测试技术、虚拟风洞试验技术、数值模拟能力等仍有差距;对空天飞行器、新概念飞行器等缺乏系统、深入的研究。

(2)航天推进技术。航天主推进系统的单管推力小、性能低;可重复使用航天运输动力系统离研制目标还有差距;对超燃冲压发动机和组合循环发动机仅进行了方案研究和部分原理性试验;固体火箭发动机技术攻关仍需加强。

(3)航天制导、导航与控制技术。载人航天器 GNC 关键技术与美、俄差距较大;月球探测器 GNC 技术已经有了一定的基础;深空探测 GNC 技术还在前期研究阶段;卫星控制技术、控制系统的冗余设计水平还有一定差距。

(4)航天电子技术。空间目标的探测、跟踪与识别缺乏统一的管理机构;空间有效载荷、空间微电子、空间计算机技术在许多关键技术上与国外差距较大;空间传感器及机组件在性能指标等方面存在较大差距。

(5)航天材料技术。关键材料性能有待进一步提高;材料的基础研究工作薄弱;材料的研究领域与满足未来新型航天技术发展的要求有一定差距;尚未建立完善的航天材料评价和考核技术平台。

(6)航天制造工艺。快速响应制造技术、特种加工技术、精密超精密加工技术存在较大差距;热加工和精密成形技术、先进连接技术、表面工程技术、电气互联技术的研究还需进一步加强。

(7)航天质量与可靠性。质量工程技术应用化研究不够;绩效管理模式的和质量工程技术系统的前瞻性研究与创新还在探索之中。

## 四、2008—2009 年我国航天科学技术发展目标

### (一) 航天运载器技术

推进长征运载火箭可靠性增长计划;简化运载火箭发射流程;改进“长征二号”F 运载火箭;尽快研制新一代运载火箭和新型液体小运载火箭;对重复使用运载器进行跟踪性研究。

### (二) 航天器技术

对超高分辨率对地观测技术、空间通信技术、“北斗二号”区域导航定位系统、新技术试验卫星开展重点研究;突破月球软着陆、自动巡视勘察及相关技术;开展平台技术的研究。

### (三) 载人航天器技术

掌握航天员舱外活动技术;发展空间飞行器交会对接技术;开展空间实验室和空间站技术研究。

### (四) 月球探测器技术

开展工程总体方案设计与优化、月球软着陆技术、月面巡视技术、月球探测器星上测控通信技术和综合电子技术等与月球软着陆探测器和巡视器相关的关键技术攻关。

### (五) 航天发射与测控技术

解决大型运载火箭的运输、大型活动发射平台等关键技术问题;研究采用低温推进剂和机动发射方式的小运载器的发射技术;加强测控通信体制建设;建设综合测控信息网;开展高码率数传调制/解调技术、测控信息安全技术、测控通信设备的研究。

### (六) 航天分系统技术与支撑性技术

#### 1. 空气动力学与飞行力学

发展数值模拟技术和气动布局优化设计方法;加强内流空气动力学以及内外流一体化、复杂外形热环境预测等研究;推进飞行器的航迹工程;开展伺服气动弹性稳定性、特殊制导规律与飞行精度、飞行力学综合性等问题的研究。

#### 2. 航天推进技术

完善新一代无毒、无污染大型运载火箭发动机的设计;开展重型火箭、探月工程软着陆变推力发动机、上面级发动机等关键技术的研究;进行空间对接技术、在轨加注等载人航天关键技术概念研究。

#### 3. 航天制导、导航与控制技术

开展宇航员出舱行走、航天器交会对接、高精度高稳定度复杂卫星等制导、导航与控

制技术研究;开展月球软着陆导航敏感器、月球巡视探测器技术等关键技术研究。

#### 4. 航天电子技术

开展空间目标探测、跟踪与识别的关键技术研究;推动空间有效载荷的关键技术研究;开展空间计算机关键技术的攻关;发展 MEMS 传感器和智能化机电组件等空间传感器及机电组件。

#### 5. 航天材料技术

航天材料体系系列化研究和应用研究平台建设初具规模;突破新材料的研制关键技术和工程应用关键技术;突破跨学科重大基础研究。

#### 6. 航天制造工艺

应用柔性集成制造技术等快速响应制造技术;开展精密超精密加工技术和先进连接技术研究;提高表面工程技术水平;开展立体与高密度组装技术等电气互联技术的研究。

#### 7. 质量与可靠性

完善航天型号产品保证技术与规范体系;提高质量工程技术的创新能力;建立计算机集成质量管理系统和产品安全性认证机制体制;研究航天产品系统级可靠性优化设计方法。

## 五、我国航天科学技术未来发展展望

我国全面建设小康社会的宏伟目标和党的十七大提出建设创新型国家的战略目标。在这种背景下,新时期国家安全、经济社会发展和科学技术进步对航天科学技术提出了更高的要求,也为航天科学技术实现跨越式发展带来了新机遇。为此,我国在航天“十一五”规划中,进一步明确提出了我国航天科学技术未来发展的主要目标和任务:发展新一代大型运载火箭技术,提高进入空间的能力;开发高可靠、大容量通信卫星技术,实现通信卫星型谱化;发展新型遥感卫星技术,提高对地观测的能力;分阶段发展导航定位卫星系统,形成自主实用的卫星导航定位能力;继续实施载人航天后续工程,实现驻留空间的能力;实施月球探测二、三期计划,提高空间科学研究与深空探测能力;进一步发展航天发射与测控技术;提高分系统技术和支撑性技术发展水平。

为达成上述目标和任务,我们必须把国家发展需求的牵引力与航天科学技术发展的推动力紧密结合在一起,在我国航天技术在未来发展的过程中,采取以下措施:注重航天科学技术发展的顶层设计和统筹规划,实现可持续发展;实施重大工程,带动自主创新和航天科技水平整体跃升;扩大航天科学技术的应用范围,提高业务服务和产业能力;加强基础技术研究,增强原始创新能力;增进国际交流与合作,提高国际竞争力;加强政府对航天科技事业的集中统一管理,调动各方积极因素。只要贯彻落实了以上措施,我国航天科学技术发展的未来将会更加美好。



## 第十节 核科学技术

### 一、核科学技术学科概况

由自然科学与技术科学交叉形成的核科学技术始于 20 世纪前半叶,它是国家科技水平和综合国力的标志。核科学技术始终保持旺盛的生命力。目前的发展特点:一是深入探索物质深层次结构,另一是各种核技术(如核武器、核能、加速器、同位素与核辐照等)得到广泛应用。

核科学技术研究是核事业生存与发展的先导和基础,更是核能利用、核燃料循环、核技术应用三大产业发展的技术支撑。核科学技术已形成几十个分支学科。本报告重点研究发展较为成熟、与国计民生密切相关且反映当前国内外核科技水平的若干分支学科。

### 二、我国核科学技术学科的发展简历

我国的核事业已取得辉煌的成就:①成功地研制出原子弹、氢弹、核潜艇等武器装备;②核电建设取得初步成就;③建成独立完整的核科技与工业体系;④核技术应用领域不断扩大;⑤培养和造就了高素质的人才队伍。

20 世纪 50 年代中,中国开始发展核工业。1964 年 10 月 16 日爆炸第一颗原子弹;1967 年 6 月 17 日进行首次氢弹试验;1971 年 9 月第一艘核动力潜艇下水。“两弹一艇”的伟业标志我国已初步建立完整的核工业体系,跨入世界核大国行列。

改革开放后,开发核电掀起了我国核工业发展的新篇章。我国自主设计建设的秦山核电站于 1991 年投产。至今,秦山二期、秦山三期、大亚湾核电站、岭澳核电站、田湾核电站已陆续投入商业运行;已形成门类齐全、专业配套的核科学技术体系。在核电技术研发、工程设计、设备制造、工程建设、营运管理等方面具备了相当的基础和实力,能自主设计建设 30 万千瓦和 60 万千瓦压水堆核电机组,也具备“以我为主、中外合作”建设百万千瓦级机组的能力。

中国还积极开展其他形式核能利用研究:建成多个核聚变试验装置;启动串列加速器重点实验室研究计划;完成低温核供热工程试验研究;高温气冷堆达到临界;实验快堆正在建造之中;先进研究堆等重大科学工程进展良好。

在核电发展带动下,通过引进和自主开发,对核燃料循环工业体系进行技术改造,在某些关键环节实现了工艺技术的更新换代。

其他核技术已广泛应用于工业、农业、医疗卫生、环境保护、矿产勘探、公共安全、科研等诸多领域,取得显著的社会经济效益。

我国还建立了相对完整的核安全与环境保护、核应急等保障体系,以及与国际接轨的安全法规监督体系、组织管理体系;各核设施保持良好安全运行记录。

## 三、国际核科学技术发展的现状与趋势

### (一)核基础研究领域

核物理研究提高了核多体计算的精确度。在核反应和核结构研究方面,主要目标是发展高同位旋、高角动量的极端条件。高能加速器在能量前沿、高亮度前沿和新技术、新原理三个方面有发展。超导磁铁和超导高频腔在加速器中广泛应用。激光加速、等离子体尾场加速和双束加速器等研究取得突破性进展。以国际热核实验堆(ITER)计划的启动为标志,磁约束核聚变研究已经完成科学(等离子体物理学)可行性验证。

已建立先进核临界安全研究设施和实验平台,形成并公布了许多临界安全基准数据。在核安全方面,重点研究严重事故、数字化控制与保护系统、人因工程、非能动安全、老化管理、概率安全评价、防恐怖活动和防核扩散等技术。

### (二)核能技术领域

世界核电发展正处于复苏时期,在役核电站要尽量延寿运行,同时大力开展新堆型研发。

先进压水堆技术已形成以非能动安全系统、先进反应堆芯、模块化设计、数字化仪表与控制等为代表的新潮流。第三代压水堆已形成 EPR 和 AP-1000 两种设计;已提出以高放废物最小化、核能可持续发展和强化核不扩散为目标的第四代(共 6 种)先进核能系统,其中有 3 种是快堆(钠冷快堆、铅冷快堆和气冷快堆)。快堆技术发展逾 30 年,主要核电发达国家都已掌握快堆技术。高温气冷堆已建成两个实验堆并完成 3 个商业示范电站设计。

军用核动力技术重点向自然循环能力强、体积小、重量轻的一体化布置目标发展。在空间堆方面着重空间核反应堆电源的研究,提高军事卫星的攻防能力和生存能力。

### (三)核燃料循环技术领域

探明铀资源储量可满足全球核工业发展需求。数字化铀矿山与循环经济是国际铀矿开采的总体发展趋势;地浸采铀技术已获发展和推广应用。国际铀浓缩技术由气体扩散法向更有效、经济与可靠的气体离心法发展。研究试验堆的燃料转向低浓化;提高压水堆燃料元件生产效率和制造能力,改进自动化和数字化控制水平,增加其在堆内的安全运行可靠性。

在核燃料循环后段方面,多数国家走核燃料闭式循环(后处理)之路;部分国家选择“一次通过”(直接处置)方式;少数小国“等着瞧”。用于后处理的水法 PUREX 流程已经成熟,一段时期内仍是以后处理工艺为主体;对未来的先进反应堆乏燃料,倾向于干法处理。

放射性废物处理与处置的改进目标是:实现废物最小化,提高净化效果,延长设备使用寿命,减少维修和降低工作人员受照剂量。

## (四)核技术应用领域

欧共体开展 BRITE 研究与发展计划,推动高分子材料的辐射改性;日本和美国制定“推进辐射技术计划”。全球现有近 300 台放射性同位素生产装置,包括约 100 座研究堆和 180 台加速器。约 50 个国家拥有同位素生产设施,大部分属于经济合作和发展组织。主要的同位素生产国还有中国、印度、俄罗斯和南非。放射损伤诊断技术正实现自动化和系统化。辐射技术也得到较快发展,并渗透到经济社会的许多领域。

## 四、近年来我国核科学技术学科的发展

### (一)核基础研究和支撑技术领域

#### 1. 辐射物理与技术

(1) 裂变物理。研究与测量铀、钚各核素的中子裂变截面、产额、动能分布、能谱等数据。在<sup>242</sup>Am(sf)和<sup>252</sup>Cf(sf)中子能谱,<sup>159</sup>Tb、<sup>197</sup>Au、<sup>209</sup>Bi 靶及<sup>252</sup>Cf(sf)三分裂变等研究中获可喜成果。

(2) 中子物理。在中子源、中子探测、中子与原子核作用、理论计算程序的建立、中子数据库与计算宏观中子学、中子散射、散裂中子源及其应用方面都有进展。

(3) 核物理基础。分别建成 RIBLL 和 GIRAFFE 放射性束流线。CSR 接近完成。合成了<sup>259</sup>Db 和<sup>265</sup>Bh 超重核及若干质子滴线核与同核异能素。晕结构、反应道耦合效应、核天体物理等也获成果。

(4) 核理论。在相对论平均场和无规位相近似,超重元素结构与衰变,三体核力,核的高自旋、超形变、摇摆运动、微观光学势模型、核运动随机性,核的形状相变等理论上都有进展。

#### 2. 粒子加速器

对正负电子对撞机工程和串列加速器做重大改造;在重粒子加速器上开展了多项工作;建立了强流回旋加速器;开始 HIRFL-CSR 工程;建成强流质子 RFQ 加速器和超导腔实验室;“神龙一号”投入使用。同步辐射加速器及光源、医用电子直线加速器等也有成果。

#### 3. 核安全与辐射防护

(1) 核安全。基本掌握核设施厂址、建(构)筑物、设备、调试与运行、安全管理与事故分析、辐射防护、质量保证、概率风险、人因工程、核反应堆堆芯、专设设施、控制与保护系统、供电、辅助系统等分析评价技术。

(2) 核临界安全。建成铀溶液临界实验装置配套设施;改进和优化部分临界安全测量方法。开发和引进多个临界安全计算程序包;增补核素的截面和临界安全数据;开展计算程序比对。启动燃耗信任制研究。

(3) 辐射安全与环境保护。完善了相应法规与标准。改进个人剂量、铀矿职工剂量及氡、放射性气载/液态流出物监测技术。开展中国非人类物种保护和铀、钚、氡、<sup>131</sup>I 对啮

齿动物代谢规律、遗传损伤等研究。探测空间辐射。

## (二)核能技术领域

### 1.裂变堆工程技术

(1)动力堆。已掌握用于先进压水堆的物理、燃料组件、热工水力设计程序,具备对大型压水堆含钚可燃毒物长循环低泄漏堆芯和燃料管理的设计能力。对应付全厂断电工况非能动余热排出、主冷却剂和主蒸汽管道破口工况的非能动安全壳冷却和安注等系统做了重点研究。研制出核电站仪控系统用计算机原理样机,建立先进控制室开发平台和半实物仿真系统。

(2)研究试验反应堆。已开工建设两座新研究堆(CMRR 和 CARR),并正筹建一座新的工程试验堆。

(3)快中子堆。正在建设采用钠冷堆型的中国实验快堆,大部分设备由本国生产,预计 2008 年建成并达临界。

(4)高温气冷堆。自主设计、建造的 10MW 高温气冷实验堆已满功率运行且并网发电;高温气冷堆核电示范工程也已启动。

(5)加速器驱动次临界洁净核能系统(ADS)。建立世界第一个 ADS 次临界反应堆实验平台、配套专用计算机软件系统及专用中子、质子微观数据评价库,开展工程概念优化方案计算。

### 2.核聚变工程技术与等离子体物理学

已建成 HT-6B、HT-6M 和超导 HT-7、EAST 等托卡马克装置。在 HL-2A 和 HT-7 上开展国际前沿物理研究;完成不同堆型(磁镜、托卡马克)、不同用途(混合堆、工程实验堆、商用堆、D-<sup>3</sup>He 聚变堆)的托卡马克聚变堆系列设计研究;加入国际热核试验堆计划;开始惯性约束激光核聚变装置(神光Ⅲ)的建造;“快点火”技术和软件平台建设取得较大进展。

## (三)核燃料循环技术领域

### 1.核燃料与工艺技术

提出铀成矿区划新理论并予重新划分;指明每个矿带成矿类型及成矿时代。对可地浸砂岩成矿理论与预测、热液型成矿有新认识。地球物理、地球化学找矿方法和钻探技术有创新。

以地浸、堆浸、原地爆破浸出作为铀采冶新工艺。地浸钻孔、浸出液与溶浸剂、离子交换提取等取得新成果。堆浸及原地爆破浸出技术也有改进。在铀浓缩方面重点研究离心机,提高其可靠性并降低制造及运行成本;同时研究级联理论、流体力学及其辅助系统的改进。成熟应用各项铀转化、铀金属材料制备和铀型材加工技术以及弥散型芯体、二氧化铀陶瓷芯块制备技术;开发燃料元(组)件零部件加工、组装技术和设备;建立整套质量检验方法。

## 2. 乏燃料后处理技术

以“无盐”流程为研发核心,开展模拟料液台架实验;研究重点为流程性能确认、工艺参数优化及无盐试剂应用。自主设计建设多用途中试厂。研发有知识产权的高放废液分离先进流程;完成关键技术、设备与流程台架试验。

## 3. 放射性废物处理与处置

研究深入且普遍应用低、中放废液水泥固化法;已实施废液水力压裂注浆处置。对高放废液玻璃固化工艺配方和固化体性能测试做了大量研究,正筹建热运行车间。固体废物分别实现焚烧法和压实法减容。建成西北和广东低、中放固体废物处置场。高放废物地质处置在作技术准备。

## 4. 核设施退役

开展各种化学和物理去污方法及机具的研究;应用多项设备切割技术;基本掌握气帐设计、制造技术;对铀矿地质勘探场址和铀矿冶设施进行环境整治;开始地浸设施地下水污染治理研究。

# (四) 核技术应用领域

## 1. 同位素制备及应用

现有在役反应堆 4 座、专用回旋加速器两台。某些同位素(如<sup>123,125,131</sup>I、<sup>99</sup>Mo-<sup>99m</sup>Tc)制备技术获重大改进。放射性药物制备、PET、放射免疫分析技术达新水平。<sup>210</sup>Po-Be、<sup>238</sup>Pu-Be、<sup>252</sup>Cf 中子源、金钋覆盖层钷-238 $\alpha$ 源带及工业探伤源已研制成功。

示踪技术在油田、环境、水文、地质等领域中获广泛应用,还被用于工厂排放 CO<sub>2</sub> 测定、温室气体途径调查及大气排放物的在线监测。

## 2. 辐射技术应用

工业上主要用于半导体加工、材料辐照改性、医疗用品消毒和射线无损检测,已有 300 余种热缩材料、辐射交联电缆和辐射乳液聚合产品。研制成加速器源和钴-60 集装箱检测系统;同位素仪表已产品化。农业上用于辐射诱变育种、辐射不育防治虫害和同位素示踪;食品辐照能力居世界首位。医学中主要应用于辐射成像、放疗和放射性药物等。环保上用于烟道气辐射脱硫、脱氮及废水处理。

# 五、我国核科学技术学科前景展望

## (一) 核基础研究和支撑技术领域

一些大型研究平台正在完善与建设。加快各种强流加速器和同步辐射加速器的发展。跟踪国际核安全先进技术发展趋势。完善辐射防护法规标准体系;着重个人剂量和核设施放射性流出物监测与评价、核能与其他能源环境影响比较、多堆厂址环境管理等研究。

## (二)核能技术领域

核电发展采用热堆—快堆—聚变堆方针。近期以压水堆为主,适时建造先进压水堆电站。继续开发快堆与高温气冷堆发电、海水淡化、低温供热等,并逐步产业化。研制新型空间核动力系统。积极参与 ITER 计划,加强国内磁约束聚变研究基地建设,开展 DEMO 战略研究和关键技术预研。研制大功率激光器,验证和实现“快点火”技术。

## (三)核燃料循环技术领域

建立与核电配套的核燃料循环产业,技术上达到或接近国际先进水平,经济上有竞争力。加强铀矿地质研究,扩大资源储量。建立新的天然铀采冶发展战略。深入研制铀同位素分离用离心机。燃料元件制造适应各种新堆型技术要求。加强核燃料后处理技术开发,及时启动大型商用厂建设。放射性废物处理最小化,加强高放废液分离—嬗变工艺、高放废物与 $\alpha$ 废物处置、场址清污等技术研发。提升核设施退役技术水平。

## (四)核技术应用领域

改进“三高”同位素制备技术;深入开展生物医药研究与应用;制备钴源辐照站、 $\gamma$ 刀、工业 CT、检测系统成像用强辐射源以及各种标记化合物;促进新型示踪剂和示踪技术在能源开发、环境治理上应用。大力推广辐射应用技术。

## 六、保障措施和对策建议

①大力培养科研人才,拓宽人才渠道;②优化科研资源配置,创新科研体制与运行机制;③建立核科技研发中心和发挥重点实验室作用;④加强科研基础设施的改造和建设;⑤增加对核科研的经费投入;⑥加大国际交流与合作的力度;⑦做好科研基础性管理工作;⑧健全核工业法规的建设。

# 第十一节 石油与天然气工程

石油与天然气资源,既是当今世界主要的优质能源,又是保障一个国家政治、经济、军事安全的重要战略物资。石油与天然气工程(Petroleum Engineering),就是围绕石油与天然气资源的钻探、开采及储运而实施的知识、技术和资金密集型工程,是石油天然气勘探开发的核心业务,包括钻井、完井、油藏、生产及储运等主要业务内容,涉及力学、化学、地质、材料、机电及管理等多学科领域。在世界范围内,石油天然气勘探开发的巨额花费主要用在石油与天然气工程方面,包括油气勘探总成本的大部分(55%~80%)及油气田开发与油气储运工程的全部花费。

石油与天然气工程学科的发展水平,不仅取决于本学科以往发展的积累,而且与经济社会的发展和需求密切相关。近年来,由于各国对石油和天然气不断增长的巨大需求,国际性的石油与天然气勘探开发事业呈现出空前繁荣的发展局面,从而使石油与天然气工

程学科面临许多新的机遇和挑战。

## 一、本学科国内外发展状况

近年来,伴随石油与天然气工业的快速发展,国内外对石油与天然气工程越来越重视,科技投入逐年增加,高等教育规模不断扩大。在世界范围内,由于对石油和天然气的消费急剧增加及石油价格的不断飚升,各国及相关公司在油气勘探与开发利用方面的投资和活动明显增加,从而对石油与天然气工程科技及专业人才提出迫切需求。因此,石油与天然气工程科技和教育在国内外呈现出加速发展的态势。在国内,石油与天然气工程学科建设在国家“211工程”带动下也取得了重要进展,目前已有3个石油与天然气工程学科点(中国石油大学、大庆石油学院、西南石油大学)被评选为国家一级重点学科(2007年),而且中国石油大学的石油与天然气工程学科点已被选入国家“优势学科创新平台项目”重点建设计划(2006年)。

我国以学科建设为龙头,以市场需求为动力,对工程科技和教育的发展产生了巨大的推动作用。在石油与天然气工程学科领域,不仅本科生和研究生教育规模有明显扩大,而且在海洋石油大位移井开发工程、西部超深井钻探工程、复杂油气藏开发、提高油田采收率及油气管道长输等方面取得了丰硕的科技创新成果,其中部分成果已在现场获得推广应用,产生了巨大的经济和社会效益。

## 二、本学科国内发展的主要科技成就

近三年来(2005—2007),国内在石油与天然气工程学科领域显示出许多重大科技成果,获国家技术发明二等奖3项及国家科技进步奖16项(其中一等奖1项、二等奖15项),标志着我国在石油与天然气工程领域的科技水平不断提高,科技实力进一步增强。

### (一)油气井工程科技进展

#### 1. 近海高水垂比大位移井工程

为挽救南中国海流花11-1油田,在311米水深条件下采用原有的浮式钻采平台和水下井口独立设计与实施了5口高水垂比大位移井工程,创造了5634米水平位移、6.13水垂比(从泥线算起)等国际高新指标,形成了一套先进的大位移钻井技术与实施准则,包括大斜度长裸眼延伸极限预测与控制、管柱摩阻/扭矩预测与控制、套管磨损预测预防、井眼清洁及导向钻井控制等,标志着我国在海洋石油大位移井工程领域已经走在世界的前列。

#### 2. 欠平衡和气体钻井技术

在欠平衡与气体钻井装备与工具的配套和国产化、欠平衡与气体钻井技术的配套与规模应用、及时发现与保护储层、解决井下复杂和大幅度提高钻速等方面取得了一系列成果,应用于川渝油气田磨溪、七里北等地区,提高钻速5~15倍,创造了“磨溪速度”和“七里北奇迹”。

#### 3. 地质导向钻井系统

研发出一套带近钻头传感器(电阻器、自然伽马、井斜)的地质导向钻井系统——

CGDS-1系统,形成了适用于生产的地质导向钻井配套新技术,具有我国的自主知识产权,总体上达到国外20世纪90年代的技术水平。CGDS-1系统由3个子系统组成,即CGM-WD无线随钻测斜仪、CAIMS测传导向马达、CFDS地面信息处理与决策软件包。

#### 4. 深部盐膏层蠕变规律的研究与应用

形成了深层地应力高精度综合测量技术,建立了深层复杂地层盐膏岩蠕变新模式,基于三维地层变形的盐层套管载预测技术,阐明了深部盐膏岩井眼变形规律,提出了合理钻井液密度的设计方法。研究成果在我国80%的盐膏层油气田得到应用。

#### 5. 超深井钻探技术与装备

塔深1井,是中国石化集团为实施“塔河之下找塔河”战略而部署的第一口超深探井,于2006年7月12日完钻,实际井深达到8408米,是目前亚洲地区钻井最深的油气探井。2007年,我国首台拥有自主知识产权的12000米超深井钻机由中国石油集团研制成功,这也是国内外第一台陆地用12000米交流变频电驱动钻机。

#### 6. 油气井套管损坏预防理论与技术

从建井和管材源头上入手,找到一条预防复杂条件下油气井套管损坏的新途径,并在国内外率先研发出“新型高抗挤套管与复合管柱技术”等新产品和新技术,为有效解决油气井套管损坏这一国内外普遍存在的重大技术难题产生了重要推动作用。本研究提出复杂油气井套管柱优化设计理论和方法,详细研究了非均匀载荷对套管强度的影响规律;采用内径一致、外径变化的复合管柱设计,针对复杂地层井段研制和使用新型高抗挤套管,真正实现了“既安全又经济”的优化准则,在油田已推广应用上千口开发井,取得了良好的综合开发效益。

#### 7. 新型射流理论和技术研究与应用

建立了喷嘴结构优化设计模型,揭示了围压下自振空化射流结构和特性,发展了自振空化射流理论,先后研制成功了自振空化射流钻头、高压旋转射流处理地层和自激波动注水技术,在全国多个油田大规模推广应用,平均提高机械钻速12.1%~23.1%,油井单井增油20%~30%,注水井单井增注30%~130%,累计创经济效益10多亿元。

#### 8. 油层保护与改造新技术

研发新型油层无损害钻井“油膜法”暂堵技术,减轻钻井液对不同渗透性油层的损害;研发可水解高弹性修井液及注水过程中脉冲电磁水处理技术,减轻修井液、注入水对油层的损害;研究模拟油层条件的损害机理,开发定量诊断及解堵优化技术;研发系列防砂工具和方法,建立油层连续出砂空间定量模拟及防砂优化技术,提高防砂有效期,现场应用成功率达100%,防砂有效期高于国内外技术220%以上,获得了显著的经济效益。

## (二) 油气田开发工程科技进展

### 1. 聚合物驱后化学驱提高采收率技术

主要包括“化学驱提高石油采收率基础研究与应用”和“泡沫复合驱技术”。前者成功地研制出烷基苯磺酸盐及新型耐温抗盐梳形聚合物,使我国拥有具有自主知识



产权的驱油用表面活性剂及聚合物产品,同时形成了一套油田开发后期储层精细建模方法;后者既具有与三元复合驱相同的提高驱油效率的优点,同时具有较强的扩大波及体积的作用,而且其扩大波及体积的作用具有选择性,可提高石油采收率30%左右,并使聚合物用量降低,从而减少了体系的化学剂用量。

## 2. 水驱油藏剩余油富集区预测技术

建立了“分割控油、弱驱富集”的剩余油富集理论体系,形成了“断层分割控油、夹层分割控油、优势通道控油”理论。该理论体系对有效挖潜剩余油、提高水驱采收率有重要的指导作用。研究期间,该成果在胜利油区的190个开发单元推广应用,累计增油875万吨,增加可采储量4335万吨。

## 3. 复杂油藏开发技术

主要包括低渗透油田开发配套技术和复杂碳酸盐岩油田高效配套技术。前者研发出虚拟井约束的储层预测技术、非达西井网优化设计方法、裂缝性油藏井网优化设计方法、超薄油层水平井开发技术,使特低渗透、特低丰度及强水敏储层等低品位油藏得到有效开发,使大庆油田外围年产原油突破500万吨,创净利润45.64亿元;后者形成了一套具有巨厚盐丘异常高压特低渗透复杂碳酸盐岩油田高效开发配套技术,应用该技术使前苏联原认为不可动用的上亿吨地质储量转变为高效开发的优质储量。

## 4. 高压凝析气田开发技术

已形成了高压凝析气藏“先期采油、气液同采、后期蒸油”的23种开发模式,指导了柯克亚、牙哈和吉拉克—桑南三类油气藏的高效开发。通过研究,塔里木油田采用循环注气的开采技术,保持了地层压力,使我国最大整装高压凝析气田牙哈凝析油采收率达到54.7%,不仅成功打开了我国油气藏开发的一个崭新领域,而且创造了巨大的经济社会效益。

## 5. 海洋复杂油气藏开发技术

形成了渤海海域复杂油藏储量综合评价、开发井随钻综合研究、河流相储层精细描述、随机三维地质建模、三维可视化技术等18项具有核心竞争力的配套技术。自2002年以来,通过各种优化调整并结合先进的钻完井技术,日产量提高了8212立方米,年增产油200多万立方米。

## 6. 节能型高效采油工程技术

螺杆泵占地面积仅为抽油机井的1/3,比传统抽油机节约钢材1/4,节电40%以上。截至2004年,螺杆泵采油技术服务于哈萨克斯坦、吉林、玉门等十几个油田,取得直接经济效益8亿多元。中国陆上石油工业一半左右的油井可以采用这种螺杆泵,将产生巨大的经济和社会效益。

### (三) 油气储运工程科技进展

#### 1. 百万吨级海上油田浮式生产储运系统(Floating Production & Storage and Offloading systems, FPSO)的研发

在 FPSO 系统设计和建造技术上取得重大突破,自行设计建造了 8 艘 FPSO 系统,使我国成为目前世界上新造和拥有 FPSO 系统数量最多的国家之一。目前在役的 FPSO 系统支持着海洋近 75% 的原油产能,8 艘自行设计和建造的 FPSO 系统先后服务于 10 个油田,使我国海上油田累计增加产量 12434 万吨。

#### 2. 浅海海底管线电缆检测与维修装置

成功研制出国际首个适用于浅海海域的海底管线、电缆检测与维修装置。该装置既能水面航行又能潜入 20 米水深,对埋入泥面下的管线和电缆进行连续探测与自动追踪,还可以智能坐落于海底,用水下螺旋锚固定,将可伸缩的维修舱插入泥下,形成保压的无水空间,便于维修人员进行管线检修。该装置投产后已在胜利浅海油田对海底管线和电缆进行了数次巡线检测,还对海底管线进行了打卡作业维修,使用效果良好。

#### 3. 压力管道安全检测与评价技术

成功解决了油气输送管道检测中的一系列技术问题,研发出油气输送管道二维漏磁检测系统,研制成功便携式油气管道  $\gamma$  射线检测仪。这些成果和技术产品不但达到国外同类产品的水平,而且在盲区消除、标记准确性、信号噪声比的提高、消磁的彻底性以及缺陷信号的传送与识别方法等方面还超过了国外同类产品。

#### 4. 原油管道泄漏检测与定位技术

针对我国原油大多是易凝高黏、必须加热输送的特点,在提高泄漏检测灵敏度和漏点定位精度、减少误报率、停输状态下的泄漏检测及检测系统的软硬件设计等方面,解决了一系列关键技术难题,申请 6 项国家发明专利。截止 2005 年 12 月,该检测系统已在我国 4677 千米的原油管道上安装使用,有效地遏制了打孔盗油犯罪,保证了原油管道的安全生产。

### 三、国内本学科与国际先进水平之间的差距

在深海油气资源钻探与开发领域,国外最活跃海域是墨西哥湾、西非海域、巴西近海和北海,目前的最大钻井水深已超过 3000 米,而我国仍处在起步阶段,深海钻探能力仅达到 600 米水深,开发作业能力只有 503 米水深。

在连续管技术、膨胀管技术及套管钻井技术等方面,美国等发达国家一直走在我国的前面,国内不仅缺少自主研发的技术装备,而且工程应用也较少,甚至在连续管钻井和膨胀管钻井方面仍处于空白。

在复杂结构井的油气藏设计及钻完井等方面,美国、加拿大等西方发达国家拥有一整套先进的技术和工具,并在油气田开发中得到推广应用,而我国无论是在核心技术创新还是在应用规模上,都与国际先进水平存在较大差距。

随钻测量(包括几何、地质、力学等测量)、随钻地震、旋转导向钻井、智能管、智能完井、油田数字化等一系列高新技术,是表征油气钻采工程信息化、智能化及自动化的重要内容,目前这方面最先进的技术几乎被美国等西方发达国家所垄断,而我国则长期处于难以摆脱的落后被动局面。

在石油与天然气工程学科建设方面,国内在高水平人才队伍、实验平台条件、科研水平、人才培养质量及国际学术影响等方面,与国际先进水平相比仍存在一定差距,具有国际重大影响的原创新性科技成果较少。

## 四、本学科国内外发展的趋势与特点

### (一) 油气井工程领域

进入 21 世纪后,旋转钻井仍将是石油天然气勘探开发中最主要的钻井方法。为了减少“钻进间断”,必须深入研究新的旋转钻井方式及其理论基础,不断提高整体技术与装备水平,尤其是信息化、智能化及自动化钻完井系统的研发,需要不断加强。同时,油气井工程学科将更加注重多学科交叉融合,以有利于提高油气勘探发现率及油气田开发采收率,还要不断满足深海油气资源、海相油气资源和特殊油气藏的高效钻探与开发需求。

### (二) 油气田开发领域

国内未来的发展主要集中在进一步提高老油田原油采收率及特殊油气藏的开发两个方面。前者重点研究油藏的精细描述及油藏剩余油富集区预测、油层深部调驱以及聚合物驱后提高采收率、复杂结构井网调整、高含水油田井下油水分离、抽油机井杆管偏磨防治及节能技术等;后者重点研究低渗透油气藏、稠油及煤层气等低品位油气资源的高效开发、高危气田安全开发、深海油气资源的有效开发、天然气水合物的开发利用等。

### (三) 油气储运

保证大型油气管道网络的安全、经济运行,保障油气供应,是目前国内外油气储运系统面临的新的重大课题,这需要研究大型管网系统的优化设计和运行控制、油气管道和其他储运设施安全检测及完整性评价和管理、大型地下油气储库的建设和运行管理、液化天然气(LNG)储运等一系列技术,同时需要培养一大批高素质的专业技术人才作为根本保障。

### (四) 石油与天然气工程的学科发展特点

表现为:① 有关地质—油藏—采油—钻井—经济—安全—环境—节能多学科协同工作方式越来越明显,并呈现出良好效果;② 在进一步提高老油田原油采收率基础上,针对特殊油气藏的钻探、开采与储运工程科技研究越来越受到重视;③ 从国内外发展趋势看,石油与天然气工程各主要环节均朝着信息化、智能化及自动化方向发展。

## 五、促进本学科国内发展的措施与建议

随着国内石油与天然气勘探开发程度的不断提高,剩余的石油和天然气资源大多分

布在高原、山地、沙漠、黄土塬和海洋(尤其是深海)覆盖地区,地面环境和地质条件都比较复杂,而且大多属于低品位油气资源,勘探开发难度加大。同时,国内油气资源已明显不能满足国家需求,客观上要求我国必须积极开发利用国外的油气资源。因此,石油与天然气工程学科的未来发展面临新的机遇和挑战,需要我们认真把握与应对。

在油气井工程方面,应强化成熟技术的完善和规模应用,加强瓶颈技术的重点攻关与现场试验,适当引进国外的先进技术与装备,同时应注意加大基础理论和前沿储备技术的研究力度,逐渐缩小与国际先进水平的差距。

在油气田开发方面,遵循“稳定东部、发展西部、气体换代、跨国共享”的原则,充分发挥东部老油田进一步提高采收率的技术优势,挖掘西部地区特殊油气藏开发潜力,重视气体能源的规模开发利用,应用优势技术进行国外油气资源开发权的竞争,全方位保障国家油气发展的重大需求及国民经济的快速发展。

在油气储运工程方面,应积极构建开放式的科技创新体系,通过多学科专业协同攻关研究,全面推动油气储运工程科技的创新发展,不断满足日益增长的油气储运建设与生产对高新技术的需求。

根据国内现有基础,整合优势资源,进一步加大科教投资力度,在相关高等学校和科研院所建立若干各具特色的“石油与天然气工程学科创新平台”,有效提高本学科在科学研究和人才培养方面的创新能力,为满足国家油气发展的重大需求提供人才和科技支撑。

## 第十二节 能源科学技术

### 一、概述

人类最早利用的能源是自然界遍地丛生的柴草,而人类进化的动力则是在劳动实践中学会了利用火,这种远古利用能源的技术,在人类发展史上具有深远的意义。

18世纪人类发明了蒸汽机,开辟了人类利用化石能源—煤炭的新学科。煤炭生产蒸汽,推动蒸汽机,改变了生产方式,促进了钢铁、机器制造、纺织、交通业的快速发展。

随着石油、天然气的发现和利用,能源科技再次发生革命,石油广泛应用促进了交通运输业的高速发展。特别是先进的内燃机代替笨重的蒸汽机,给交通业带来了一场革命。

电能的应用是人类利用二次能源的典范,电能科学的发展推进了社会现代化、支撑了家庭和城市的现代化生活、发展了远距离通讯业和现代化交通运输业。随着电力科学的发展,人类真正进入了现代电气化时代。

核能科学开拓了非化石能源利用的新领域。核能的发现和利用表明了能源科学已深入到原子深处、发掘了原子核能,因而得到比常规燃烧更为巨大的能量。它是人类对微观世界认识的深化。

新能源和可再生能源学科的发展为能源永续利用开辟了光明之路。随着新能源和可再生能源科技进步,风能、太阳能、生物质能、地热能、海洋能等逐渐走向市场,正向人们展示美好的能源可持续发展前景。

## 二、我国能源科学技术学科发展现状和主要研究成果

改革开放以来,特别是世界能源危机以后,我国政府对能源问题高度重视。我国的能源学科的发展,基本上与世界趋势一致,取得了较快发展。主要发展的领域包括能源经济学、能源效率学、能源环境科学和能源技术学科。

能源经济学主要研究了能源和经济之间客观的关系,即能源(电力)生产增长和经济发展之间的变化规律、能源消费增长速度和经济增长速度之间的变化规律和能源开发与能源节约之间的变化规律。主要研究内容为能源数量经济学和能源技术经济学,主要研究领域包括能源资源评价、能源系统、能源供需预测、能源敏感性分析、能源规划、能源市场、能源政策、能源平衡、能源数据库等。通过能源经济学的发展,人们逐渐对能源与经济协调发展的规律有了比较深入的认识。

能源效率学科主要研究了能源消费与经济增长的关系、经济增长方式、能源消费方式、能源消费与经济结构、能源利用技术等。主要的研究内容包括能源开发与节约关系、节能定额管制理论、节能法制管理理论、节能市场机制理论和可持续发展节能理论。主要研究领域包括资源意识和能源节约意识、能源节约规划、能源法规、能源标准、能源和经济结构调整、能源资源的优化配置与合理利用理论和技术、通用设备节能改造和余热余能利用科学技术、节能新技术新材料、节能科学管理理论和技术、能源节约激励政策和机制、循环经济发展理论等。通过能源效率学科的发展逐步建立能源节约活动协调机制,指导和推动能源节约活动的深入开展,促进了国民经济持续快速、协调健康发展。

能源环境科学主要研究了能源消费对我国环境的影响,包括煤炭燃烧对我国生态环境破坏、机动车尾气排放污染的影响、臭氧层破坏与消耗臭氧层物质(ODS)的限制使用理论和技术、温室气体与全球气候变暖理论和对策。研究了“环境友好”和“资源节约”型的能源供应与消费体系,包括节能优先理论、能源结构优化理论、可再生能源开发利用理论和煤炭洁净利用理论和技术等。通过能源环境科学的发展,我国大力开发洁净煤技术,煤的气化与液化技术、生物质能气化液化技术等,逐步替代化石燃料,促进经济社会的可持续发展。

能源技术学科主要研究了以企业为主体的能源技术创新体系和运行机制、为企业服务的社会能源技术创新服务体系和发挥经济杠杆作用的政府能源技术创新宏观调控体系。主要研究领域包括产业开发关键和共性技术、能源高新技术、装备行业的能源技术创新和高新技术、先进能源技术产业化。由于能源技术学科的发展,我国传统产业逐步信息化,共性、关键和前沿性能源技术快速发展,逐步开发应用支持国家战略性资源和涉及国家经济安全的技术,加强对公共设施技术及公益性技术的开发,重点支持少数大企业集团能源技术创新能力的提高,提高了企业参与国际竞争的能力。

近几年各种常规能源学科发展迅速,技术理论日臻成熟。煤炭学科主要研究了煤炭与经济协调发展的关系、煤炭清洁开发利用理论和技术、煤炭企业体制改革理论和煤炭清洁安全生产理论和技术;石油天然气学科主要研究了边远自然条件恶劣地区油气勘探理论技术、深层油气勘探开发理论技术、岩性油藏开发理论技术、海洋油气资源开发理论技术、老油区油气资源开发理论技术和非常规石油资源开发理论技术;电力学科主要发展大

容量高参数高效发电技术、洁净燃烧发电技术(IGCC,CFBC)、燃气发电技术、火力发电厂减排技术和水力发电技术;核能学科主要研究发展了热中子堆核电站技术,包括第一代核电站技术、第二代核电站技术、第三代核电站技术和先进高温气冷堆技术;可再生能源学科主要研究开发了资源开发利用理论和技术、可再生能源开发利用机制和激励政策等。

### 三、我国能源学科研究的主要新领域和发展趋势

煤炭学科的主要研究领域是煤炭资源合理开发利用理论、煤炭区域开发利用理论和技术、综合性煤炭大集团发展理论和政策、煤层气开发利用理论和技术、煤炭洁净高效利用技术。

电力学科主要发展大容量高参数高效发电技术、洁净燃烧发电技术(IGCC,CFBC)、燃气发电技术、火力发电厂减排技术、燃气—蒸汽联合循环的先进高效低污染燃煤发电技术以及水电建设与环境生态友好相关技术、大型复杂水电站群的优化规划及梯级水电站群及跨流域优化调度技术、70万千瓦以上级水电机组的设计与制造技术、特高压输变电技术、大电网系统技术、超高压大容量输电和提高输电能力技术、输变电设计与运行维护技术、电网安全及自动化技术,配电技术、输电相关的环境友好型技术、超导技术、用电技术、分布发电技术,以及高效、低污染的燃煤发电技术。

石油学科主要领域包括与产业链顺序相关的程序和技术评价、地震勘探的深化理论技术、钻井及井下工程先进技术、非常规石油开发利用科学技术、国际石油的勘探开发技术等。

天然气学科主要领域包括天然气地球化学理论和技术、天然气勘探理论技术、天然气开发输送技术和天然气利用技术。今后重点发展天然气勘探技术、天然气输配理论技术、天然气供应安全技术和天然气天然气储库系统理论技术,同时要大力开展天然气市场理论和政策研究。

能源效率学科主要发展领域是电力电子节能技术、先进的智能控制和执行系统、智能交通系统、零能源供应“智能住宅”系统和绿色照明系统。今后主要研究:重大节能技术,主要包括燃煤工业锅炉(窑炉)改造技术、区域热电联产技术、节约和替代石油技术、电机系统节能技术、能量系统优化技术、建筑节能技术、绿色照明技术、政府机构节能技术、节能监测和技术服务体系;节能和环境友好政策理论与技术,主要包括煤炭石油合理利用理论和技术、城市大气污染治理技术和理论、先进的节能环保型锅炉开发技术、天然气替代煤炭的理论和经济分析等;产业结构优化的理论和政策,包括产业结构、产品结构和能源消费结构优化理论,建立节能型工业、节能型社会理论,研究促进服务业发展的理论和政策等;节能激励理论和政策,包括政府绿色采购理论和政策、节能资金补助或贷款贴息理论和政策、能源价格改革理论和政策、节能财政税收理论和政策等;市场条件下的节能管理理论和政策,包括节能法律法规体系、节能标准和标识体系、节能监督理论和机制、以及以市场机制为基础的节能新机制等。

替代石油能源学科主要发展领域是煤炭气化液化技术、天然气基合成油技术、甲醇技术和生物质能为基础的液体燃料(包括乙醇和生物柴油)生产技术等,今后主要是进一步地研究开发可行性技术,以便大规模推广应用。

氢能学科主要研究氢能开发利用技术,发展生物制氢、太阳能光解制氢技术、氢气的转化利用技术。

核能学科主要研究发展快中子堆技术、受控核聚变堆技术、核燃料循环技术和其他核能先进应用技术。

风能学科重点发展兆瓦级风电机组总体设计的核心技术,自主开发适合中国风况和海洋条件的风电机组,大规模非并网风电系统的基础研究将产生突破,进入产业化示范阶段。

海洋能学科主要发展领域包括非线性波浪力学、系统动力学,海洋工程科学和海洋材料学等。

生物质能学科今后主要发展生物质能直接氧化燃烧和供热发电技术、压缩成型技术、热化学转换技术(气化法、热分解法、液化法和生化法),大中型沼气工程技术、生物质能气化和集中供气发电技术和生物液体燃料发展系统。

太阳能学科主要领域是太阳电池技术和太阳能热利用技术。前者主要包括积极发展太阳级硅材料制造和产业技术、商业化光伏发电技术、边远地区光伏发电实用技术等。后者主要包括太阳能集热器技术、太阳能制冷降温技术、太阳能热发电技术。今后重点发展太阳能光伏发电技术、建筑物太阳能利用利用技术等。

能源环境学科主要领域包括循环流化床洁净燃烧技术、湿法烟气脱硫技术、干法烟气脱硫技术、可吸入颗粒物脱出技术、大型火电厂烟气脱硫脱硝技术、污染源自动在线监测与能源远程监控技术、资源再生利用技术等。今后重点发展减缓温室气体排放的低碳技术,主要包括提高能源利用效率与节约能源的重点技术、核能发电技术、可再生能源技术、清洁发展机制(CDM)、煤矿甲烷开发利用技术和二氧化碳捕集储存技术。

## 四、促进能源学科发展的建议和政策

### (一) 促进节能科学技术的发展

一是加强节能管理,促进节能技术发展。包括:①加强政府的宏观调控作用;②建立完善的节能管理体系;③建立节能法规体系;④建立节能政策体系;⑤建立节能标准和标识体系。

二是建立完善节能技术发展的经济激励政策。包括:①税收政策;②金融政策;③价格政策;④财政政策。

三是引进和推广节能先进技术。包括:①加快节能减排技术研发,鼓励企业加大节能减排技术改造和技术创新投入,增强自主创新能力;②加快节能减排技术产业化示范和推广;③加快建立节能技术服务体系;④加强国际交流合作。

### (二) 促进能源环境学科的发展

一是坚持能源与环境的相容协调发展,坚持科学观,下最大决心,克服重重困难,用不到 25 年时间解决我国主要环境污染问题。

二是发展非化石能源利用技术,积极发展新能源和可再生能源。

### (三) 实行能源可持续发展的制度和政策

包括加强政府对能源可持续发展战略和规划监管,完善能源可持续发展的制度和政策,加强宣传教育,鼓励公众参与,形成政府、企业和社会的良性互动机制。

### (四) 促进可再生能源学科发展的建议

风能学科的发展要适合我国风电场建设的需要,通过引进技术再创新和自主研发等多种途径,尽快掌握拥有自主知识产权的风电成套技术,培育从整机到零部件完整的供应链,要特别重视国产轴承等基础零部件质量不过关、受进口商制约的问题。鼓励风电设备制造技术创新,加强产学研联合,形成自主技术,尽早申请注册专利,确保自主品牌、自主技术在我国风电学科中占有越来越大的份额。

建立海洋能学科,培养人才,整合现有国内力量,开展关键问题的研究,增加经费投入,建立资源共享与数据库。

认真做好生物质能发展规划,充分挖掘生物质能的资源潜力,大力发展生物液体燃料,面向分散性、小型化的终端设备与煤掺烧发电和作小型分布式电站的燃料,加大政策支持力度,逐步降低生产成本。

积极解决太阳能热发电的关键技术和科学问题,包括电站系统设计技术、定日镜场技术、热学技术和高性能热机。

### (五) 积极发展利用核能

主要实施大型先进压水堆和高温气冷堆核电站示范工程,实现自主创新,突破大型先进压水堆关键技术。加强在役核电站的运行管理,开展核电运行、维修、在役检查等技术的研究,完善运动评估和经验反馈体系,提高核电站安全性、经济性和可靠性。开展先进核能技术的研究工作,发展试验快堆建设和运行的基本技术,为我国快堆的进一步发展奠定基础。开展高温气冷堆制氢技术和工艺研究,逐步掌握关键技术,为建设相关实验台架创造条件。提高我国在未来新一代核能系统堆选型定型、标准制定及知识产权保护等方面的影响力。

### (六) 实行促进石油天然气工业快速发展的方针政策

包括石油工业体制和科研体制的改革,石油的研究视野要向国际拓展,以科技进步推动工程工艺的发展,加快天然气的开发利用。要加大天然气科研的投入,深入认识中国天然气发展道路的特殊性,在国内积极推进新区、非常规气的开拓,并积极向海外开拓,促成天然气规模进口。

### (七) 加强煤炭科技攻关

加强煤炭科技条件平台建设,联合各方面进行研究攻关;加强煤炭生产和利用新技术的开发,不断推出新科技成果;加强国际学术交流和科技合作,提高煤炭高效清洁和循环利用的程度。



## (八) 推进电力学科进步

电力学科要促进科技进步,保证电力安全稳定运行,优化调整电力产业结构,促进电力行业节能减排,提高电力经济运行质量。为此,要继续推进电力体制改革,进一步加强电力技术标准化工作,加大电力设备技术监督工作力度。

# 第十三节 安全科学与工程

安全科学与工程学科是涉及自然科学和社会科学的综合学科。在 1992 年国家技术监督局颁布国家标准《学科分类与代码》中,安全科学技术被列为一级学科(代码 620),其中包括安全科学技术基础、安全学、安全工程、职业卫生工程、安全管理工程 5 个二级学科和 27 个三级学科。1997 年确立了安全工程师职称制度。2002 年,又确立了注册安全工程师执业资格。2003 年成立了国家安全生产监督管理总局。

当前我国各个领域事故频发,我国因事故造成的经济损失高达 3%~5%GDP;而国家、社会和人民对安全健康的意愿正在不断提高。安全科学技术为当前世界各国防止事故、减少损失发挥着重大作用。如果采用适当的安全技术和职业卫生措施,采用有效的全民和职业人员的安全教育对策以及科学、系统的职业安全卫生管理等方法,每年可挽救数十万人的生命,使花费于职业事故方面的赔偿费用和各种间接损失得以大幅度降低。

从社会的发展过程来看,随着人类社会的不断发展,人民生活水平及受教育程度的不断提高,人类必然对安全的需求愈加强烈。重大事故的发生势必导致劳资关系紧张甚至使矛盾激化,人民对政府的安全保障信任度降低,从而影响社会的安全稳定;同时,重大事故的频发对我国在国际上的形象也产生很大的负面影响。解决这一问题的主要手段就是创造一个安全卫生无害的良好社会环境,保护人民在一切领域从事活动享有安全、健康、舒适的权利。安全科学与工程学科对进一步落实“安全第一,预防为主,综合治理”方针、减少事故损失、提高安全增效作用、贯彻执行党中央提出的“以人为本,全面、协调、可持续发展的科学发展观”及构建和谐社会的具有十分重大的作用。

## 一、安全科学与工程学科的主要进展

近年来,我国在安全科学基础理论、安全法律体系、安全监督管理体系、安全科学技术研究和应用、安全应急救援体系、安全信息化建设、安全技术保障体系建设、重大危险源的监控和重大事故隐患的治理、城市公共安全的监督检查、职业卫生监督检查与职业病控制、安全工程学科专业发展与人才培养等方面有了快速的发展。学科的主要进展如下。

### (一) 安全科学基础理论取得了一定突破

近年来,安全系统工程思想和安全科学与工程学科体系模型、大安全观等得到安全学术界的广泛认同和全面实践,安全生产可持续发展理论、事故与损失的宏观规律、安全法学、安全经济学、安全信息学、安全伦理学、安全科学方法学、安全管理学、安全心理学、安

全行为科学、安全文化、公共安全体系以及各专业应用领域涉及的安全基础理论和安全人才培养模式等都有诸多新观点、新见解涌现。

## (二) 安全生产法律法规、技术标准体系日趋完善

包括加快了安全生产法律、法规体系建设,健全和完善了《安全生产法》等法律的配套法规,加快了地方安全生产立法工作,及时修订了许多安全生产技术基础标准以及矿山、危险化学品、交通、铁路、民航、水利、建筑、国防工业、邮政、电信、旅游、特种设备、消防、核安全等有关行业与领域的许多安全生产技术标准,并不断完善了安全生产技术标准体系,形成了安全生产技术标准体系更新机制。

## (三) 建立了安全生产监督管理基本体系

包括建立了权责明确、行为规范、精干高效、保障有力的安全生产监管体系,补充健全了县级以上政府安全生产监督管理机构和执法队伍,完善了交通、铁路、民航、水利、建筑、国防工业、邮政、电信、旅游、特种设备、消防、核安全等有专门的安全生产主管部门的行业和领域的安全生产监管机构及其监管队伍建设,创新了安全生产监管方式和手段,提高了安全生产监管执法装备水平和执法能力。同时,充分发挥了国务院安全生产委员会和地方各级安全生产委员会的作用,增强了协调解决安全生产中重大问题的能力,构建了“政府统一领导、部门依法监管、企业全面负责、群众监督参与、社会广泛支持”的安全生产工作基本格局。

## (四) 加强了安全科学研究和应用

包括制定了适合我国国情的安全生产科技发展规划,建立了安全生产科技专项基金,加快了安全类国家重点实验室、安全工程技术中心等安全科学技术研究机构建设,有效利用了大专院校、科研机构等安全科研资源,将安全科学技术基础理论研究提到了比较重要的地位,把安全生产中亟待解决的关键性技术难题列入了国家和地方科技攻关计划,加快了科技成果转化和科技创新的步伐,抓住了一些安全科技示范、安全学科建设和安全专业人才培养等战略性起步工程。

## (五) 建立健全了安全生产应急救援体系

包括加快了矿山、危险化学品、交通、海事、铁路、民航、消防、核安全等有关行业与领域安全生产应急救援体系建设,成立了国家、区域、省、市、县等多级安全生产应急救援指挥机构,建立了安全生产应急救援预案,建立了一些快速、有序、高效的专业化救援队伍,配备了必要的装备,提高了特重大事故的抢险救援能力。

## (六) 加快了安全生产信息化建设

包括利用现代通讯、信息网络等先进技术,加快了安全生产信息化和安全生产信息系统建设,初步建立了高效灵敏、反应快捷、运行可靠的信息体系,及时掌握安全生产动态,提高了安全生产监督、管理信息化水平,为各级政府决策提供科学依据。

## (七) 加快了安全生产技术保障体系建设

包括加快了安全生产技术支撑体系中相关的设备、设施和工程项目建设,提高了事故分析鉴定、安全生产检测检验、矿山安全、危险化学品安全、公共安全等研究中心的支撑和保障能力。

## (八) 加强了安全生产培训和宣传教育体系建设

包括加强了安全生产培训教育机构建设,抓好企业法人及特种作业人员的培训、考核、认证工作,基本建立了由学校专业教育、职业教育、企业教育和社会化宣传教育构成的全方位安全生产培训和宣传教育体系,初步实现了安全生产培训和宣传教育的制度化,大致建立了适应我国经济发展要求的安全生产培训和宣传教育体系。

## (九) 加强了对重大危险源的监控和重大事故隐患的治理

初步建立和实施了重大危险源监控制度,开展了重大危险源申报、登记(普查)、检测、评估,建立了国家、省、市、县等多级重大危险源监控体系,开展了对重大事故隐患辨识准则、监测指标等关键技术的系统研究,企业对重大事故隐患及时进行了治理,矿山、危险化学品、交通、铁路、民航、水利、建筑、国防工业、邮政、电信、旅游、特种设备、消防、核安全等有关行业与领域的安全生产主管部门监督企业基本落实了重大事故隐患的治理措施,初步建立了全国重大事故预防控制体系。

## (十) 加强了对城市公共安全的监督检查

包括加强了对城市公共安全的监督检查,推动了社会应急服务联动机制的建立,用科学的管理机制应对城市公共安全危机;基本明确了建筑、交通、质检、公安等相关部门职责,初步形成了城市各级公共安全管理机构,各级地方政府和有关部门编制了城市公共安全规划,对一些城市重大事故隐患进行了及时治理;加强了对城市交通,城市消防,水、电、气“生命线”设施和锅炉、压力容器、压力管道等安全监督检查,促进了城市公共安全监测预警系统的建立。

## (十一) 强化了职业卫生监督检查

包括建立了职业卫生监督检查机制,重点配备了必要的专业监督与检查装备;重点加强了对矿山、建材、轻工、纺织等职业危害较严重行业的监督检查,加大了对建设项目职业卫生设施“三同时”实施情况的监督检查,强化了对粉尘、毒物等监测工作的监察;强化了监督企业落实有关规章制度和职业危害防治与整改措施,加强了从业人员的劳动保护。

## (十二) 加强了对中小企业的安全监管

包括各级政府加强了对中小企业安全生产的监督管理,依法整顿或关闭了一些不符合安全生产条件的企业,实行了企业主要负责人安全资格等制度;基本建立了安全生产风险抵押金制度,对部分从事矿山开采、建筑施工等高危行业的中小企业征收了安全生产风

险抵押金;鼓励和实施了安全生产中介服务机构为中小企业加强和改进安全管理提供服务。

### (十三)促进了安全产业发展

包括制定了安全产业发展政策,摸索了适应社会主义市场经济体制要求的安全产业发展机制,鼓励发展先进、经济、节能、高效的安全技术、材料、工艺和装备(产品),加速了优秀安全科技成果的转化及其产业化,加快了劳动防护用品的开发和产业化,加强了安全监控仪器和仿真培训系统的研制和开发。

### (十四)加强了安全生产中介机构建设

包括充分发挥了安全生产中介机构的作用,加快了安全评价、认证、检测、检验、培训、咨询等安全生产中介机构建设,加强了对安全生产中介机构的监督管理,提高了安全生产中介服务水平,促进了中介服务专业化、社会化、规范化。

### (十五)深化了安全生产专项整治

包括进一步深化了矿山、危险化学品、道路交通和水上交通、建筑、民用爆破器材和烟花爆竹、人员密集场所消防安全等行业和领域的专项整治,将安全生产专项整治作为贯穿于整顿规范市场经济秩序全过程的一项重要任务,坚持“依法整治、标本兼治、突出重点”的整治原则,逐步实现了规范化管理。

### (十六)加快了社区安全建设

包括充分发挥政府引导、组织作用,制定社区安全建设规划,将社区安全建设和社区精神文明建设结合起来,创新社区安全文化宣传教育手段,组织开展社区安全文化推广活动,拓展社区居民参与深度及广度;开展了安全社区创建活动,建立了一些安全社区示范区,完善了一些社区安全系统及设施,提高了部分社区居民防灾减灾及避险能力。

### (十七)落实了保障措施

这些措施主要包括:初步统筹了安全生产与经济发展,加强了各级政府对安全生产工作的领导,强化了安全生产责任制,基本建立了安全生产投入机制,编制和初步落实了安全生产专项规划,初步建立了工伤保险与事故预防相结合的机制,建立了安全生产许可制度和市场准入制度,加强了群众性的安全生产监督,倡导了先进的安全文化,加强了安全生产领域的国际交流与合作。

### (十八)实施了一批重大工程

典型的重大工程包括:安全生产理论发展与创新工程,安全生产科技进步与创新工程,安全生产应急救援体系建设工程,重大危险源监控与重大事故隐患治理工程,矿山事故预防与主要灾害治理工程,运输车辆、船舶安全监控系统工程,安全生产信息化建设工程,安全生产技术保障建设工程,安全生产监管手段创新工程,职业卫生促进工程,安全专

业人才及培训基地建设工程,安全文化创新工程等。

## 二、安全科学与工程存在的不足

在看到近年我国安全科学技术领域取得重大成绩的同时,也仍然要清楚看到存在的问题和不足。这些问题和不足主要反映在:①强化安全科技对提升安全生产整体水平的可操作性政策、法规薄弱,还没有完全形成适应社会主义市场经济体制要求、与安全生产的作用和地位相适应、能够有力推动安全生产科技发展的政策法规环境。②安全科学基础研究和理论创新滞后于安全生产实践。没有形成能够很好指导安全生产工作的理论体系,对安全生产的自然科学和社会科学属性及其规律、方法等的研究严重不足。③安全生产科技整体水平不高。安全科技成果的数量、质量、转化率和科技工作的贡献率不能满足安全生产事业发展的需要,长期制约安全生产的一些共性、关键性问题尚未攻克;安全生产的科研储备和预研匮乏。④安全生产技术基础薄弱。对安全技术标准体系、计量体系和安全生产法律法规体系的研究还需要加强,安全技术标准仍有缺口、技术水平有待提高。⑤国家安全生产监管监察缺乏先进有效的科技支撑。安全生产监管监察工作具有很强的政策性和技术性,但目前缺乏强有力的科技支撑,手段落后,技术含量低,不能很好满足社会主义市场经济体制下安全生产事业发展的需要。⑥安全生产科技力量趋于分散,科技工作缺乏整体性。安全生产科技工作的定位、内容、重点领域和方向等等方面都没有统一、权威的定论;各专业领域之间缺乏必要的信息沟通和协调机制,未能充分利用国外和相关领域的最新科技成果推动安全科技的发展;安全生产中介服务机构尚未发挥应有的作用。⑦安全生产科技投入严重不足。安全生产科技工作作为以社会公益性为主导的事业,其投入应以政府投入为主,但现在没有明确的、可靠的资金渠道,与国外相比存在很大差距。企业的安全生产科技投入非常有限,不能解决制约安全生产的基础性、关键性科技问题。

## 三、展望

展望未来,安全科学与工程学科将继续以“三个代表”重要思想为指导,围绕全面建设小康社会的总体目标,全面实施科技兴安战略,贯彻执行“安全第一、预防为主”的安全生产方针;本着突出重点、紧密结合国情和以人为本的原则,整合和引导社会科技资源,构建与社会主义市场经济相适应的安全生产科技保障体系,增强科技创新能力,提高科技对安全生产的贡献率,全面提升安全生产科技水平,推动经济和社会的可持续发展。

本学科将以建立安全生产长效机制为中心,坚持安全科技面向企业安全生产、面向政府监管监察;构建科技创新、检测检验与物证分析、技术推广与服务、法规标准、信息共享和智力资源6个支撑平台;以安全生产理论研究为基础,开展共性、关键性重大安全科技攻关,加强先进、适用技术的推广应用和安全技术示范工程的建设。到2010年,初步完善安全生产科技支撑保障体系,形成有利于安全生产科技创新的体制机制和安全生产科技人才的培养体制,全面提升安全生产及其监管监察的科技水平,为安全生产状况进一步好转提供科技保障。并实现如下目标:①初步形成安全生产理论体系框架,在安全生产基础理论、事故、灾害发生机理等8个方面有所突破;②开展60项重大安全生产科技攻关,在煤矿等重大事故隐患治理、灾害与事故测预警、应急救援、事故调查分析技术、安全管理技

术等方面取得一批重大成果；③推广 100 项先进、适用技术，建立 8 项安全生产技术示范工程，提升企业安全生产技术水平；④促进安全生产科技产业化发展，使安全技术装备和安全防护用品产业基本满足国内安全生产的需要；⑤初步建成 6 类安全生产科技支撑平台，形成以企业为主体，科研机构、高等院校、中介服务机构和政府部门联合防治、重大危险源监动的安全生产科技创新体系；⑥基本形成较完整的安全生产技术标准体系，在安全技术标准的种类、数量、技术水平等方面取得重大的进步。

#### 四、措施和建议

为了促进安全科学与工程学科的发展，提出以下措施和建议：

第一，加强安全科学与工程学科基础理论体系的研究，为国家安全宏观管理、企业安全生产管理和安全工程技术提供理论依据。

第二，进一步完善安全生产法律体系及其实施力度。安全生产法律体系是实现安全发展、安全生产法治的保证，我国要实现安全生产的法治，就必须建立一整套完善的安全生产法律体系。

第三，进一步完善和发挥安全生产监督管理体系的作用。应完善政府社会管理和公共服务职能，调整各级机构设置，理顺职能分工，强化权威性和执行力，建立完善的生产监管体系。

第四，整合安全生产科技资源，加大安全生产科技投入，建立完善安全生产科技基础设施和共享平台。

第五，进一步加强安全应急救援体系和相关硬件设施建设，加强国家各级部分信息平台的建设和功能的发挥。

第六，重点落实城市公共安全保障系统和技术装备。城市公共安全的保障对象是城市全体居民的生命和包括私人财产在内的全部社会财富，其着眼点在于整体和宏观的安全保障，更着眼于城市的稳定和可持续发展。

第七，强化劳动环境安全和落实职业卫生技术措施。应进一步完善我国职业卫生监督体系和职业病监测体系，加强职业病防治队伍和监管队伍建设，提高职业卫生监督 and 职业病防治的工作的总体覆盖率。

第八，全面推进安全科学与工程学科专业创新人才的培养及高素质安全工程专家队伍的建设，使安全工程专业高等教育规模、结构、质量、效益与安全生产发展需求基本达到协调发展。

## 第十四节 园艺学

### 一、概述

园艺作物包含果树、蔬菜、观赏植物三大类经济作物群。园艺学科属于应用基础和应用型研究学科，是以农业生物学为主要理论基础，研究园艺作物生长发育和遗传规律的一

门学科,也是研究园艺作物起源与分类、种质资源、遗传育种、栽培、病虫害防治及采后处理、贮藏加工等应用技术与原理的综合性学科。

我国是世界园艺大国。目前,蔬菜、果树和花卉的种植面积和产量均居世界第一。2004年园艺作物栽培面积约占全国耕地面积14%,而园艺产品(含茶叶)产值约为7000亿元,占农林牧渔总产值的近20%。2005年园艺产品出口额为71亿美元(含食用菌),贸易顺差为63亿美元。园艺产业是典型的劳动密集型产业,约有1.7亿农民直接从事园艺生产。2004年全国农民人均收入中仅蔬菜收入就达376元,占农民人均纯收入的13%。因此,发展园艺产业对我国国民经济建设和农业产业结构调整的作用巨大,不仅是保障城镇居民对副食品的需要,而且也是发展农村经济、增加农民收入的有效途径,同时在改善和美化环境、保护生态平衡等方面也发挥着不可或缺的作用。在出口贸易中,园艺产业是我国目前最具有国际竞争优势的农业产业之一。

近年来,在国家设立的重大科技计划中,如“973”计划、“863”计划、支撑计划、国家自然科学基金、星火计划、国家新技术引进计划以及一些省、部级重点研究计划中,都列有与园艺作物有关的研究课题,在应用基础研究和应用技术研究方面,已取得了一大批科研成果并用于生产。

中国农业科学院有4个与园艺作物有关的专业研究所,在全国32个省、市(区)级农业科学院设有园艺(果树、蔬菜、观赏园艺)研究所(室),32所大学设有与园艺学相关的专业。据不完全统计,目前我国从事园艺学研究的科技人员约5000人,有中国工程院院士6人。

中国园艺学会是由中国园艺科技工作者组成的学术团体,创建于1930年。目前学会下属果树、蔬菜、观赏园艺、西瓜和甜瓜4个专业委员会。注册会员4300余人,团体会员单位39个。编辑出版学术期刊《园艺学报》,一些地方性学会或会员单位亦编辑出版相关的技术或科普型刊物。

## 二、国内外园艺学研究现状

### (一) 果树学

近几年来,我国果树学科发展迅速。种质资源研究正向深度和广度发展;育种规模逐渐加大,一些现代育种手段开始应用于育种实践。果树作物基因克隆与功能研究,分子标记、转基因技术等取得快速进展;以果实套袋为代表的新的栽培技术普及迅速,效果显著。光能利用、水分生理和果实品质发育等果树栽培生理研究重新出现生机。以春提早保护地栽培和避雨栽培为代表的果树设施栽培技术逐渐成熟,迅速普及;果树病虫害综合治理研究逐渐深入;果品保鲜和商品化处理越来越受到重视,果汁、制罐等果品加工业快速崛起,迅猛发展。

### (二) 蔬菜学

目前我国蔬菜学(含蔬菜作物、食用菌、西瓜和甜瓜)应用技术及应用理论的研究已取得较大进展和一批高质量的研究成果,但原创性研究成果不多,细胞工程、分子育种等的

应用研究起步较晚;在日光温室等保护地和中国特有的珍稀蔬菜的研究方面有自己的特色。在应用技术研究中,更重视蔬菜生产和国内外市场的需求;在重视经济效益的同时,重视生态效益和社会效益;关注蔬菜学科和产业的可持续发展,应用基础性研究逐步得到加强。

### (三)观赏园艺学

由于起步较晚,我国的花卉生产尚处于初级阶段,与之相配套的花卉生产技术较发达国家落后许多。我国花卉业目前正由传统的花卉生产模式向专业化、规模化生产转化,对新技术以及相配套的新品种、新的生产资料产品和高质量的技术服务的需求越来越大,需要科学技术为花卉产业发展提供有力的技术支撑。

我国观赏园艺种质资源研究基本还处在调查、搜集和整理阶段;已经培育出一批实用的新品种,但在实际花卉生产中,具有自主知识产权的新品种所占比例较低,从国外引进品种的占有率较高;已经研究推广了主要观赏园艺作物高产、优质栽培技术,但对与实际生产密切相关的基础理论研究和应用技术的整合研究重视不够,导致花卉单产和质量与技术发达国家相比还有较大的差距。

## 三、研究成果和进展

2005—2007年度园艺学获国家级科技成果奖14项。其中:国家自然科学奖二等奖1项;国家技术发明二等奖1项;国家科技进步二等奖12项。

### (一)果树学

2005—2007年选育出20种果树的新品种67个;国家果树种质资源圃、砧木资源圃、新疆、云南名特果树、东北寒地果树资源圃进一步充实完善,保存近万份果树资源;建成世界基因型最多的柑橘离体材料库;果树高效设施促成栽培或延迟采收技术迅速推广应用;果树栽培管理逐步走向集约化和规模化。对果树发育生理、营养生理、生态生理(包括逆境生理)、栽培生理等进行了较深入的研究,尤其在柑橘细胞工程育种、柑橘加工新技术和荔枝花芽分化、品种的RAPD分析和采后生理、果实发育和裂果机理研究方面取得的成绩突出;组培快繁技术普遍应用于工厂化快速育苗实践;果树分子生物学研究取得初步进展。“柑橘优异种质资源发掘、创新与新品种选育和推广”、“枣疯病控制理论与技术”、“柑橘加工技术研究产业化开发”3项研究成果获国家科技进步二等奖。

### (二)蔬菜学

我国蔬菜种质资源安全保存体系已基本建成,并开展了资源创新研究;育成200多个优质、抗病、高产新品种,或适宜保护地栽培,或适宜作加工用的专用新品种并推广应用;白菜、甘蓝、辣椒雄性不育系选育获得突破并开始规模化制种;蔬菜常规育种技术已开始和生物技术结合,小孢子培养、原生质体融合技术已用于优异种质创新,已构建了主要蔬菜的分子标记遗传图谱,一批重要性状的相关基因或数量性状位点获得了标记;蔬菜保护地栽培已经形成了多种设施类型的,适于不同地区、不同气候条件的周年配套设施栽培生



产体系;采用农艺技术、生物和物理措施等组建了病虫害综合防治体系;在蔬菜产品贮藏保鲜和加工技术研究方面也有新的进展;蔬菜产品品质的检测体系不断完善。2005—2007年获8项国家级科技成果,其中国家自然科学奖二等奖1项、国家发明二等奖1项、国家科技进步二等奖6项。

### (三)观赏园艺学

通过调查、研究,明确了中国传统名花如梅花、牡丹、荷花、月季、兰花等的野生分布、品种类型、育种价值,制定了较为科学的分类系统;已经建立了牡丹、月季、梅花、菊花等花卉的种质资源圃;利用转基因技术对主要花卉植物菊花、草原龙胆等进行基因工程技术研究,并在花发育基因的克隆和转化方面做了系统的研究工作,获得阶段性成果;研究了鲜切花、盆花、盆栽观叶植物等的设施栽培技术、球根花卉的复壮技术、脱毒快繁种苗生产技术、花期调控技术等,已用于一些大型花卉生产企业实现规模化生产;提出了鲜切花的“冷链”流通技术体系与措施;研究了观赏植物对城市生态环境的影响,总结了园林绿化中观赏植物配植的模式,定量研究了观赏植物对城市生态环境的影响。2007年度获国家科技进步二等奖1项。

## 四、国内外学科发展比较

### (一)果树学

与发达国家相关学科发展相比较,虽然我国果树种质资源丰富,但对果树种质资源研究尚欠深入、系统,果树种质资源创新研究仍处于起步阶段;果树育种投入的技术力量较多,育种规模大,但育种目标与生产需求吻合程度不够,育种材料的遗传背景狭窄,因此育成市场占有率高的优良品种少;应用基础理论研究逐渐深入、系统,但与发达国家相比,应用基础理论与生产实践衔接不够;果品商品化处理、保鲜和加工方面研究的工作基础、设备条件和队伍素质与世界平均水平尚有相当大的差距;对现代农业的认识有待深入,如对果树良好农业规范(GAP)、果树生产综合管理(IFP)等的认识、理解和应用等相关研究有待加强;果树生产机械和自动控制技术的引进和创新研究与发达国家相比,还有较大差距。

### (二)蔬菜学

发达国家科研院(所)、大学、企业研究方向和任务分工明确,与蔬菜学有关的遗传学、生理学、分子生物学等应用基础研究以及生物技术等高新技术研究有长期稳定的支持,因此,应用基础研究、高新技术研究进展迅速,能为企业等单位持续不断地提供新材料、新种质、新技术,所以能不断推出具有不同特色和明显市场优势的品种。我国应用基础研究薄弱,育种材料创新和基因定位、分子育种等高新技术研究滞后,所以育成品种的相似系数高、育成的突破性品种少。

发达国家着力发掘、提高设施蔬菜作物的生产潜能和对栽培环境的调控能力以及对水、肥、能源的利用效率,是当前设施蔬菜研究的重点并取得非常显著的成效。但是,我国

设施栽培技术的研究仍然处于初级发展阶段,单产低,品种的种性优势不高,连作障碍时有发生。所以,因地制宜地研究并开发有创新性、有特色的高水平的设施蔬菜关键和配套技术是当前一个十分重要的任务。

发展综合生产与保护(IPP)技术系统是国际病虫害防治的发展趋势。IPP的核心是基于农田有害生物综合治理(IPM),而目前我国蔬菜病虫害的防治仍依赖于化学农药,要建立“从农田到餐桌”的无公害蔬菜生产及全程监控技术体系,尚有很长的路要走。

### (三)观赏园艺学

世界各国都十分重视花卉种质资源研究,重视商品品种育种中的关键性花卉种类、新花卉的研究与开发。我国在花卉种质资源调查和收集方面进行了大量工作,但真正进行开发推广的研究工作非常少,可用于花卉生产的野生花卉不多。

国际上分子育种已经在植物花色、花型和株型、生长发育、香味、采后寿命、抗性育种方面取得了重要进展。目前有许多观赏植物基因工程育种已获得转化体系和转基因植株。采用分子育种手段获得了一些有益的变异组合,有望在近期获得上市的转基因花卉。我国花卉育种仍主要靠常规杂交育种、系统选育育种,育成的良种较少,许多重要的切花、盆花多为国外品种。

将温室环境控制、肥水灌溉及温室生长的实际情况(图井、录像)通过网络进行实时监控,可实现花卉生产的异地诊断和异地环境控制。这种技术是将花卉生长监控及生长环境控制技术和网络技术耦合在一起的现代化花卉生产技术,代表了国外现代化花卉生产管理的发展方向。我国研究人员虽然已经进行了现代生产技术的引进和示范,但因相关应用基础理论研究滞后、缺少成套技术的组装,所以花卉生产基本还处在经验层面。

## 五、发展趋势

### (一)果树学

要以国家果树种质资源圃为基础,加快资源创新,选育良种,以促进果树产量和果实商品质量进一步提高。分子标记技术在种质资源研究和育种辅助选择方面,显示有很高的效率,今后需大力加强果树连锁图谱构建、基因工程与功能基因组学、果实遗传改良等方面的研究与联合攻关。果树栽培技术要不断改进和创新,并实现规范化、标准化栽培。栽培技术的改进趋向综合化和配套化,涉及果树的品种选择、栽培方式、整形修剪、疏果套袋、土肥水管理、植物生长调节剂应用和病虫害防治等。要加强果树生理、果树生长发育规律研究、果树生物技术和分子生物学研究等。要加快果树设施栽培发展;继续改进和研究解决有关采后处理的设备、工艺和节能技术。

### (二)蔬菜学

发达国家蔬菜种质资源的研究进入了发掘、利用优异基因资源的新阶段,以细胞工程、分子育种等生物技术与常规技术相结合是蔬菜遗传育种研究的前沿;在蔬菜栽培技术研究方面,着力发掘、提高设施蔬菜作物的生产潜能和对栽培环境的调控能力以及对水、

肥、能源的利用效率,是当前国际设施蔬菜研究的重点并取得非常显著的成效;发展综合生产与保护(IPP)技术系统是病虫害防治的发展趋势;发达国家早在 20 世纪中叶就已开始研究建立以冷链为中心的采后保鲜技术体系并不断改进提高,成为蔬菜高质量流通的技术支撑。

### (三)观赏园艺学

世界范围内的观赏园艺发展趋势有以下几方面:进一步挖掘和利用优良的花卉种质资源,为花卉新品种的培育和改良提供物质基础;通过高技术育种和常规育种手段相结合培育花卉新品种,不断提高新品种推出速度;花卉生产开始规模化、专业化、集约化和标准化;花卉基础研究和生产实践联系更加紧密,实用的花卉生产及相关技术开发成为花卉业发展的主要推动力;花卉应用趋于多样化,注重研究花卉的生态效益以营造健康舒适的居住环境。

## 六、保障措施

### (一)果树学

#### 1. 建立和健全果树科技创新体系和产业技术体系

坚持理论与实践密切联系的原则,努力培养和建设科研创新团队。

#### 2. 加大投入,长期稳定

争取国家在果树学研究方面加大投入,精心组织重点科研项目的实施,积极支持具有地域特色的果树科研项目。

#### 3. 加强资源、信息共享

加强全国果树研究单位在科学研究、人才培养、信息和资源共享等方面的广泛合作与联系。

#### 4. 加强国际学术交流与合作

继续扩大开放政策,加强国际学术交流与合作。

### (二)蔬菜学

#### 1. 建立和健全我国蔬菜科技创新体系和产业技术体系

为了保障蔬菜科学研究的发展,迫切需要加强蔬菜科技支撑体系的建设,加强分工协作,实行产、学、研结合,切实解决急功近利、短期行为、低水平重复和浮躁风等严重阻碍科技发展的问題,改善科技创新的环境。

#### 2. 制定出我国近期和长远的蔬菜产业与科技发展规划

根据国内外市场和蔬菜学科发展的要求,制定出我国近期和长远的蔬菜产业与科技发展规划,加大对蔬菜科研项目的投入,保障重大项目实施的连续性。

### 3.加强人才培养

建设一支理论联系实际、勇于创新、团结协作、学风正派的蔬菜科技队伍。

### 4.加强种质资源共享平台建设

围绕共同目标开发与共享,开展协作、资源的发布与信息的交流。

## (三)观赏园艺学

### 1.加强科技创新能力

依托国家“863”计划、“973”计划、和“国家科技支撑计划”、“国家花卉工程技术研究中心”等科研项目和平台建设,提高原始创新和集成创新能力。

### 2.拓展观赏园艺科学的研究领域

通过学科交叉拓展观赏园艺学的研究领域。

### 3.加强学科学术队伍建设

培养造就一支具有强烈创新精神、团结合作的学术梯队;瞄准国际学科发展前沿,通过自主创新和开展广泛国际合作,提升学科的国际竞争力。

在过去的几年里,我国的园艺学研究取得了许多重要进展和成绩,但在研究的深度和技术原创性等方面与发达国家相比还有不少差距;园艺产品无论在花色品种还是质量上,仍满足不了国内外市场的需求;我们面临着许多挑战和竞争,如国外许多园艺作物品种种子(苗)纷纷进入我国种子(苗)市场,对我国的园艺种业构成巨大的冲击,而我国的园艺作物新品种种子(苗)却难以在国际市场上占有一席之地;园艺产品出口屡遭非技术壁垒,说明产品的质量和食用安全性等方面有待进一步提高。因此,针对园艺产业和园艺学研究存在的关键科技问题组织联合攻关,是园艺科技工作者面临的重要任务。

## 第十五节 畜牧、兽医科学

### 一、2005—2007年本学科国内外发展状况

畜牧学和兽医学是与民生息息相关的两大农业学科门类,是生命科学的重要组成部分。现代社会、经济的进步和科学技术的迅速发展,极大地推动了畜牧学和兽医学的发展,学科研究的对象和研究的内容不断得到拓展和深入。

目前,畜牧学研究已不仅仅局限于家畜、家禽,而延伸为研究所有人工驯养条件下的哺乳类和鸟类动物生产及其初级畜产品全过程的生物学问题;兽医学研究也不仅仅局限于单纯的家畜家禽疾病诊疗,而扩展到研究其他经济动物、伴侣动物、水生动物、观赏动物、实验动物以及野生动物等的疾病预防和诊疗,并涉及公共卫生学、医学等领域。畜牧学和兽医学对人类的经济生活和健康发挥着越来越重要的作用。

随着现代科学技术向畜牧学、兽医学的传播与渗透,促使其学科内容不断丰富与发

展。本报告中畜牧学以畜种生产为主线,重点阐述猪学、牛学、羊学、禽学和马学的学科最新进展,兽医学则重点阐述与预防兽医学相关的分支学科兽医免疫学、兽医微生物学、兽医传染病学、兽医寄生虫学、兽医卫生检疫学的学科最新进展。纵观世界近几年这些分支学科的发展,现代生物技术的应用和推动成为最显著的特点。无论是畜牧学还是兽医学,都汲取和融合了生命科学的新成果,在动物的遗传育种、营养饲料、环境改进、生殖控制、疾病诊断和防控等方面取得了重要进展,畜牧学、兽医学的很多重要领域已经或者正在迈向当代科学技术的前沿。

动物基因诊断、标记辅助育种、动物生产性状的转基因改良、胚胎和体细胞克隆等技术,给猪、牛、羊、禽及马的育种繁殖等研究带来了更新更先进的手段,以便更好地、更快地保存利用动物品种种质遗传资源,改良动物品种和繁殖方式,缩短新品种、新品系或杂交组合的育成时间,提高动物的生产性能和经济效益。常规技术和分子生物学技术的结合,促进了猪学、牛学、羊学、禽学和马学的学科进展。

单克隆抗体、基因敲除、流式细胞术、核酸探针、聚合酶链式反应(PCR)、基因工程疫苗、重组抗原、DNA 芯片、反向遗传操作等现代生物技术,将兽医免疫学、兽医微生物学、兽医传染病学、兽医寄生虫学、兽医卫生检疫学学科的研究提升到了一个新的高度,研究方法更加深入,研究手段更加先进,应用技术推陈出新,极大地提升了动物疫病诊断、防治水平,推动了预防兽医学所属学科的进展。

在国家“863”计划、“973”计划、攻关计划、国家自然科学基金等项目的支持下,分子生物学技术在我国畜牧学、兽医学中的应用越来越广泛,研究工作逐步由单纯的跟踪模仿向自主创新转变,取得了一批重要成果。近年来,地方猪、牛、羊、禽品种种质资源基因库的构建,山羊克隆、奶牛克隆的成功,H5 亚型禽流感疫苗、伪狂犬病基因缺失疫苗、鸡传染性喉气管炎重组鸡痘病毒基因工程疫苗等的研制应用,反映了我国畜牧学、兽医学学科的可喜进步。

## 二、2005—2007 年本学科国内发展的重要成果

2005 年至 2007 年,兽医学学科共有 6 项成果荣获国家科学技术奖励,其中科技进步奖一等奖 1 项,二等奖 4 项,技术发明奖二等奖 1 项。兽医传染病学学科进展突出,在动物传染病防控技术领域取得重大成就,6 项获奖成果中 5 项属于该领域。尤其是在防控 H5N1 亚型禽流感方面令举世瞩目,拥有自主知识产权的 H5 亚型禽流感灭活疫苗的问世,解决了高致病力禽流感灭活疫苗研制的技术瓶颈,突破了高致病性禽流感不能免疫的“框框”。

于康震主持的“H5 亚型禽流感灭活疫苗的研制及应用”研究工作,分离、鉴定了包括中国大陆第一株高致病力禽流感病毒在内的 571 株 H5N1 亚型高致病力禽流感病毒,构建了目前中国大陆 H5 亚型禽流感病毒最完整的毒株库,初步揭示了我国 H5N1 亚型禽流感病毒流行的时空、地域、宿主以及分子遗传演化与生物学特性的基本规律及其复杂性和多样性。采用自然分离的一株 H5N2 亚型国际标准毒株,在 SPF 鸡胚连续传代培育作为疫苗的种子株,研制成功了我国第一个高致病性禽流感疫苗——H5N2 亚型禽流感灭活疫苗。该疫苗可使免疫鸡抵抗 H5N1 亚型高致病力禽流感病毒的致死性攻击,并能有

效阻止病毒的感染和排泄。采用流感病毒反向遗传操作技术独立构建了疫苗种子株 Re-1 系,研制成功了世界第一个可诱导水禽对高致病性禽流感产生有效免疫保护并大规模应用的流感病毒反向遗传操作疫苗——H5N1 基因重组禽流感灭活疫苗。Re-1 系无致病性,对禽类和哺乳动物高度安全,其抗原性与我国流行的 H5N1 禽流感病毒高度同源,生长滴度更高。这项成果以《Protective efficacy in chickens, geese and ducks of an H5N1-inactivated vaccine developed by reverse genetics》为题,发表在《VIROLOGY》(2005,341:153-162),引起国际同行的高度关注。H5 亚型禽流感灭活疫苗的研制及应用工作的前瞻性、独创性,为我国成功防控 H5N1 亚型高致病性禽流感提供了充足的技术储备,发挥了极为关键的作用,并为后来其他几种禽流感疫苗的研制奠定了技术基础。两种 H5 亚型禽流感灭活疫苗已推广应用 300 余亿羽份,并批量出口。该成果荣获 2005 年度国家科学技术进步奖一等奖,这也是兽医学学科到目前为止唯一的国家科学技术进步奖一等奖。于康震研究员创建的实验室成为中国国家禽流感参考实验室,他和他领导的团队所做的工作和取得的成就,还得到世界动物卫生组织、联合国粮农组织和世界卫生组织的首肯,使我国在世界禽流感研究领域占有一席之地。

陈化兰主持的“禽流感、新城疫重组二联活疫苗”研究工作,是继 H5N2 亚型禽流感灭活疫苗和 H5N1 基因重组禽流感灭活疫苗后研制成功的又一禽流感疫苗——负链 RNA 病毒活载体疫苗,实现了一种活毒疫苗有效预防禽流感和新城疫两种重大疫病,2006 年以来推广应用 40 多亿羽份。该成果荣获 2007 年度国家技术发明奖二等奖。

童光志主持的“鸡传染性喉气管炎重组鸡痘病毒基因工程疫苗”研究工作,选用适合大片段外源基因表达的鸡痘病毒作活病毒载体,表达传染性喉气管炎病毒 WG 株 gB 基因,经冷冻干燥制成。该疫苗比传染性喉气管炎活疫苗更安全,不形成潜伏感染,还实现了鸡痘与传染性喉气管炎的同时免疫。该成果荣获 2006 年度国家科技进步二等奖。

郭万柱主持的“伪狂犬病基因缺失疫苗的研究与应用”研究工作,构建了系列伪狂犬病基因缺失疫苗株,通过缺失、重组等基因操作,去掉其主要毒力基因和具有潜伏感染性的基因,成功研制了动物病毒基因工程疫苗——伪狂犬病三基因缺失疫苗(SA215 株)。该成果荣获 2005 年度国家科技进步奖二等奖。

陆承平主持的“猪链球菌病研究及防控技术”研究工作,首次证实猪链球菌病主要病原为猪链球菌 2 型及马链球菌兽疫亚种,并研制猪链球菌 2 型及毒力因子快速 PCR 检测试剂。在 2005 年四川资阳等地暴发猪链球菌病时,首先确诊此病,并提供菌种紧急生产疫苗投入使用,为有效控制疫情做出了重大贡献。该成果荣获 2007 年度国家科学技术进步奖二等奖。

畜牧学在猪学、羊学和牛学育种技术领域,采用常规育种和分子生物技术相结合,改良动物生产经济性能,建立资源基因组 DNA 库,经过数年的不懈努力,取得重要进展和一批成果。在规模猪场、鸡场的排泄物无害化处理和环境污染防控方面也取得可喜的进展。2005 年至 2007 年,畜牧学学科共有 5 项成果荣获国家科技进步奖二等奖。

熊远著主持的“瘦肉型猪新品种(系)及配套技术的创新研究与开发”研究工作,利用中外猪种质资源,将分子生物技术与常规选育技术相结合,培育出具有自主知识产权的 3 个母本新品系和 3 个父本新品系。所培育的母本品系表现出繁殖力高、肉质优良和适应

性强等特性,父本品系具有遗传稳定性强、高效和抗逆等特点,促进了我国猪育种技术的升级和优良种猪的自主培育,该项研究成果荣获 2006 年度国家科学技术进步奖二等奖。

黄路生主持的“猪重要经济性状功能基因的分离、克隆及应用研究”研究工作,构建了 24 个省(市、区)68 个品种、4100 个体、12700 份 DNA 样品的中国地方猪种资源基因组 DNA 库,并在此基础上研究了 16 个影响猪重要经济性状的功能基因,首次在国际上分离、定位和鉴别了 4 个新基因、新变异,由此创建了 4 项拥有自主知识产权的分子育种技术。这些新技术与其他 4 项成熟的分子育种技术,结合常规育种手段,应用于我国 5 省(市)13 个种猪场的 64 个核心群。该项研究成果荣获 2005 年度国家科学技术进步奖二等奖。

刘守仁主持的“绵羊育种新技术——中国美利奴肉用、超细毛、多胎肉用新品系的培育”研究工作,使中国美利奴羊研究再次实现新的突破。研究中应用 MAS 技术,建立 FecB 标记基因诊断方法,在国内首次研制出基因芯片并应用于多胎肉用新品系羊的培育,引进优秀基因,结合 RAPD 技术,建立了嫡亲级进育种方法,大面积应用 MOET 和子宫角深部输精技术,迅速扩繁品系羊种群。经过 13 年的努力育成了 3 个新品系羊。该成果荣获 2007 年度国家科学技术进步奖二等奖。

陆仲麟主持的“大通牦牛新品种及培育技术”研究工作,应用低代牛横交培育新品种的理论,首次将野牦牛驯化为改良复壮家牦牛的种用公牛,并将人工授精技术运用于牦牛育种和生产实践,经过 20 多年努力育成的“大通牦牛”新品种,通过了国家的品种审定。该成果荣获 2007 年度国家科学技术进步奖二等奖。

徐子伟主持的“规模化猪、禽环保养殖业关键技术研究与示范”工作,研究建立了体内减排技术和体外治污技术。首创氙水法活体测定鸡体成分技术,并用以阐明不同氨基酸谱模式下的体成分沉积规律,配制出氮减排显著的饲料;建立了非淀粉多糖酶和植酸酶的酶解调控系统技术和以净化病原为关键的无抗生素饲养技术。研发出高温堆肥生物发酵菌剂等,对厌氧发酵沼气工程加载多级减污去污。该成果荣获 2007 年度国家科学技术进步奖二等奖。

### 三、本学科目前国内发展存在的不足以及与国际先进水平的比较

改革开放以来,我国畜牧学和兽医学学科取得了长足发展,为中国成为畜牧业生产大国提供了强有力的技术支撑,但与美、欧、日等发达国家相比仍有相当大的差距。分析我国畜牧学、兽医学学科发展现状,其共同的差距表现为:缺乏原创性的研究成果,跟踪模仿研究多;缺乏良好的研究体系和平台,国际竞争力不强;缺乏高水平的研究论文,在世界权威学术杂志发表的论文少;缺乏数据共享机制,造成不必要的重复和浪费;缺乏处于国际前沿的高素质研究团队。

在猪学、牛学、羊学、禽学和马学学科方面,育种技术领域滞后,猪、奶牛、蛋鸡品种仍然依靠大量引进,肉牛、肉羊、绵羊品种的整体生产性能尚待提高;具有自主知识产权的动物营养和饲料核心技术较少;猪学、牛学、禽学规模养殖环境研究基础薄弱,点源污染和面

源问题日趋凸现;马学学科研究基础薄弱,人才力量严重不足,方向定位不明,与国际水平差距巨大。

在预防兽医学学科方面,我国对一些重大传染病病原的生态分布与流行规律研究不够深入,动物病原(病毒、细菌和寄生虫)的致病机理、免疫机制、与宿主之间相互作用的分子机制等基础研究滞后,对多病原混合感染、多重感染、持续感染、跨种感染以及病原变异后致病性等研究滞后,对某些疾病还缺乏有效的防治方法,诊断制剂的特异性、敏感性和重复性以及应用的快速简便方面亟待提高。

#### 四、本学科国内外发展趋势

猪、奶牛、肉牛、绵羊、山羊、家禽是肉奶蛋类产品的主要提供畜种,必须将猪学、牛学、羊学、禽学学科研究将与生产需要紧密结合,充分运用现代分子生物学技术,深入研究猪、奶牛、肉牛、绵羊、山羊、家禽的优质品种遗传资源,通过常规育种技术和分子生物学手段相结合培育新品种、新品系或配套系。国内在合理保护和利用现有资源的同时,利用引进的专门化品种,重点开展重要经济性状形成的分子机理和性状分子改良的研究,采用杂交育种的方法进行优异育种新材料创新。研究既满足动物营养需要又保证食品安全而且利于环境友好的饲料,也是这些学科研究的重要领域。随着规模化养殖的发展,畜禽环境控制、排泄物无害化处理、养殖污染防控技术等研究领域研究亦日趋重要。

为了能有效控制畜禽的重要疫病和重要人兽共患病,预防兽医学的学科基础研究更加深入:随着研究手段的不断发展而进入分子层次,开展对重要动物疫病病原的发病机制、病原的变异与致病性和抗原性之间的关系的研究;更加注重基础研究 with 临床应用的紧密结合,应用现代分子生物学技术研制开发新型疫苗、诊断制剂和药物,动物基因工程疫苗、诊断试剂盒亦是发展方向;更加强调与其他学科诸如分子生物学、细胞生物学、发育生物学、遗传学、生物信息学等的交叉与融合,以研究兽医学和公共卫生中的重大疾病的防治为目标,揭示人兽共患病原跨种间感染机制。预防兽医学学科的发展将进一步提升我国动物疫病诊断、流行病学监测和疫病防控水平。

#### 五、促进国内本学科发展的建议

第一,加强学科研究平台建设。根据畜牧学和兽医学学科所需的研究技术发展趋势,加强学科基础研究,合理布局研究技术平台,提高学科的创新能力。

第二,加强学科支撑条件建设。建设一批符合国际标准的生物安全Ⅲ级和Ⅱ级实验室、实验动物中心、地方品种遗传资源种质基因库等,以满足科学研究的需求。

第三,加强学科人才队伍建设。以自主培养为主,造就大批高素质的具有创新精神和国际视野的学科带头人和团队,同时吸引和凝聚海外优秀人才,为学科发展提供人才保障。

第四,加强国际学术交流合作。建立与国外高水平的大学、科研院所实质性的合作关系,加强与FAO、OIE、WHO等国际组织和国际参考实验室的交流与合作,促进学科的跨越式发展。

第五,加强产、学、研有机结合。建立高校、研究所和企业联合开展科技攻关的长效机



制,面向国家经济建设,发挥各方所长,加快科研成果的转化和实际应用。

## 第十六节 植物保护学

我国是一个农业生物灾害频发、农业生态环境脆弱的农业大国。植物保护是保护国家农业生产安全、保障农产品质量安全、减少环境污染、维护人民群众健康、促进农业可持续发展的重要科学支撑。当前,毁灭性农作物病虫害频繁暴发,危险性外来生物不断入侵,导致农业经济损失与生态环境破坏,加重和突出了农业生物灾害问题;随着生物技术与产业化的快速发展,转基因生物的环境与食用安全问题正引起公众的忧虑和国际贸易争端。面对上述严峻形势和国家重大需求,植物保护学科在国家经济社会发展中的地位 and 作用不断得到提高,国家对植物保护学科越来越加重视,推动了植物保护学科的发展,形成了以科学发展观为指导,以基础研究和高新技术研发为基础,以突破关键防御技术为核心的植保科技创新体系,取得了一批重大研究成果和突破性研究进展,大大提高了我国防御生物灾害的能力,为保障农作物安全,促进农业增效和农民增收,实现全面建设小康社会的宏伟目标做出了切实的贡献。

### 一、植物保护学科发展综合特点

#### (一) 强化国计民生重大问题研究

转基因技术是 21 世纪引领未来的前瞻技术之一,转基因抗病、抗虫和抗除草剂农作物培育对有害生物的有效防控具有重要作用,但也存在潜在的安全性风险。如转基因生物可能对人、畜健康产生不利影响,长时间大面积种植转基因作物可能导致某些生物多样性减少等生态(环境)风险,外源基因的插入还可能引发其他非预期的效应等。我国对转基因生物安全风险评价与控制研究起步较晚,科普宣传不到位,造成社会公众对转基因产品的安全性存在疑虑、难以接受,政府部门对转基因生物的应用顾虑较大、难以决策。因此,转基因生物安全性已成为当前一项重大研究课题。由中国农业科学院植物保护研究所彭于发研究员主持完成的国家重点基础研究发展计划(“973”计划)——农业重要转基因生物安全性研究,针对基因操作的安全性、转基因生物对农业资源与生态系统影响的机理、转基因生物对人体健康影响的预测与控制等重要科学问题,开展了标记基因安全性研究、转基因植物中外源基因插入引发非预期效应的分子基础、转基因作物中基因向相关物种漂移的研究、转基因作物农田生态系统生物群落结构的研究、转基因微生物的生态安全研究、转基因鱼的生态安全研究和转基因产品对人体健康影响的研究。目前上述研究已取得重大进展,阐明了转基因水稻基因漂移的基本规律,建立了以水稻为代表的转基因作物基因漂移安全控制方法。以抗虫转基因水稻、棉花和玉米为代表,阐明了转基因作物农田生态系统生物群落结构的变化规律及有害生物优势种类的演化机理。初步建立了评价基因操作引发非预期效应的表型分析、基因组学、蛋白质组学方法,建立了一套快速、高通量分析外源基因插入和筛选稳定遗传的转基因植物的 DNA 检测技术。建立了转基因生

物及其产品对人体健康影响的评价技术体系和动物模型,并以潮霉素抗性(hpt)标记基因为代表研究建立了外源蛋白的食用安全性试验技术平台。开展了转基因假单孢菌和转基因鲤鱼的生态安全性研究,转基因鱼生态安全研究人工模拟湖泊的设计和构建受到国内外好评。该项研究发展了转基因生物安全的新兴学科,建立了我国农业转基因生物安全的研究队伍,积累了大量的数据和资料,制定了相应的技术标准,推动了我国转基因生物的安全评价和审批进程,促进了产业化发展,提升了我国在转基因生物研究和安全性评价方面的国际地位。

## (二) 强化经济社会发展重大问题研究

随着全球经济一体化进程与国际贸易的飞速发展,我国外来生物入侵问题愈加突出,形势十分严峻,直接影响到经济社会的发展。由中国农业科学院植物保护研究所万方浩研究员主持的国家“973”计划——农林危险生物入侵机理与控制基础研究,对重大入侵物种研究取得了一批突破性进展和成果。在入侵机制理论研究方面,阐明了B型烟粉虱的非对称型交配互作理论,揭示了烟粉虱共存系统中的生殖干涉行为和互利共生机制。揭示了紫茎泽兰的化感作用,明确了紫茎泽兰改变土壤微生物群落结构,使其产生偏利作用的入侵机制。解析了松材线虫遗传漂变与遗传多样性的关系,明确了传播扩散路线,揭示了群落与景观特征抵御生物入侵的作用与效应。阐明了大豆疫霉的起源,建立了大豆疫霉近等基因系,验证了大豆疫霉的5个重要基因参与了寄主识别和致病过程。阐明了稻水象甲长距离扩散过程以及局域种群季节性栖境转移途经,解析了稻水象甲种群扩张的生殖特性。在风险评估与早期预警技术研究中,发展完善了外来物种的“物种系统发育的限制性、生物气候匹配的相似性、后代生存能力的合适性”等风险分析理论;改进了入侵物种适生性风险评估的技术与方法,利用GIS与其他技术相结合,对70余种重要入侵物种的适生区进行了定量风险预测,制定了控制预案,建立了近20种危险性入侵物种与潜在入侵物种快速检测的分子基础、技术与方法,开发了多种快速检测与野外监测的试剂盒。在外来入侵物种的防治技术上,组建了我国外来入侵物种的四大技术体系,构建了早期预警与狙击体系、应急控制技术体系、阻断与扑灭技术体系、可持续综合防御与控制体系。同时建立了烟粉虱的SSH文库和EST文库、紫茎泽兰的cDNA文库与BAC文库等;克隆了烟粉虱、松材线虫和紫茎泽兰的热激蛋白基因、紫茎泽兰次生代谢/化感物质的相关基因、松材线虫致病基因、传播媒介松墨天牛的气味结合蛋白和化学感受蛋白基因、大豆疫霉致病相关基因;组建了紫茎泽兰遗传转化系统;建立了紫茎泽兰生态修复、B型/Q型烟粉虱与非B型烟粉虱种群更替、松材线虫区域控制的野外实验与观测基地。上述研究结果为防控外来有害生物入侵,更好地服务于国家生物安全、生态安全、食品安全和防卫安全奠定了基础。

## (三) 通过国家重大科研项目实施,促进原始创新能力提高

针对植物保护学科发展面临生物灾害频繁暴发、基础研究薄弱、研究设施条件落后、分支学科发展不平衡、防灾减灾关键技术创新与贮备不足、监测预警体系不够完善、植物保护学科研究水平整体推进速度较慢等主要问题,植物保护领域的科研院所、高等院校和

技术推广部门在国家重点基础研究发展计划(973 计划)、国家高技术研究发展计划(863 计划)、国家科技攻关(支撑)计划和国家自然科学基金等农业生物灾害研究项目的支持下,通过“十五”和“十一五”前两年的努力,我国植物保护学科基础理论、应用基础和高新技术研究取得了可喜的进展,涌现出一批科技创新能力强的人才队伍,取得了一批具有国际影响的科学理论成果和技术研究成果。

### 1. 基础理论研究

浙江大学昆虫研究所、中国农科院植保所等单位研究发现,被世界自然保护联盟列入全球最危险入侵物种的 B 型烟粉虱可利用非对称交配互动促进害虫入侵及取代土著生物的入侵机制,进而促进 B 型烟粉虱迅速入侵和扩张。这一发现揭示了动物入侵的一个极具威力的行为机制,这种机制是入侵者的一种重要内在潜能,当入侵者到达新地域与土著近缘生物共存产生互作,激发这一潜能迅速发挥作用,驱动其入侵和对土著生物的取代过程。研究者破解了 B 型烟粉虱入侵的一个关键机制,为解释该害虫的广泛入侵并取代土著烟粉虱以及对其进一步入侵和地域扩散的预警提供了重要的理论基础。研究论文于 2007 年 11 月 8 日发表于 *Science* 杂志“科学特快”栏目。论文评审专家对该论文给予了高度评价,认为这一研究综合应用生态学、行为学、分子生物学等领域的方法,将广泛、系统的野外调查、巧妙的种群试验和独特且详细的行为观察有机地结合在一起,在中国和澳大利亚的两个不同地理区获得了相似的结果,设计之巧妙、数据之系统和完整在入侵生物学研究领域实属罕见,所做的结论令人信服。该研究是入侵生物学领域的开拓性工作,将对这一学科的发展起到显著的推动作用,同时昆虫学、农学、动物行为学、进化生物学等学科领域也将从中得到启迪。

北京生命科学研究所的科学家 2007 年在 *Nature* 上报了番茄抗病蛋白(Pto)与丁香假单胞菌无毒蛋白(AvrPto)互作模式研究的新发现。通过对 AvrPto-Pto 复合物晶体结构的研究,提出了与已报道的 AvrPto 激活 Pto 激酶活性假说相反的结论,证明在体外 AvrPto 是 Pto 激酶的抑制子,AvrPto-Pto 的互作是由 Pto 内的 P+1 环和第二环的磷酸化作用所介导。当番茄体内不存在 AvrPto 时,两个环负调控 Prf 介导的防卫反应。认为 AvrPto 通过与 Pto 的两个抑制防卫环作用来抑制寄主的防卫反应。该研究为抗病蛋白与无毒蛋白互作提供了结构学与生物化学的证据,也是我国植物与病原菌互作研究领域第一篇发表在 *Nature* 杂志上的文章。

### 2. 高新技术研究

在我国,造成主要农作物大面积严重危害的重大害虫绝大多数为迁飞、扩散性害虫(如蝗虫、棉铃虫、草地螟、甜菜夜蛾、稻飞虱、稻纵卷叶螟和麦蚜等)。扫描昆虫雷达是研究迁飞性昆虫的迁飞习性及其迁飞规律的重要研究手段,也是监测该类害虫发生危害动态的强有力武器。昆虫雷达自 20 世纪 60 年代诞生以来,得到了许多发达国家的高度重视。但在此之前,回波数据一直采用照相机和摄像机等直接拍摄雷达屏幕,采用人工方法进行数据分析。因此,存在“扫描昆虫雷达数据分析处理费时费力,无法用于实时监测”的国际难题。中国农业科学院植物保护研究所在国际上首次自行设计、制作了扫描昆虫雷达数据实时采集、分析系统。该项研究采用计算机数据采集、图像处理 and 识别等技术,对昆虫

在空中迁飞所形成的雷达回波图像数据进行实时采集和识别分析,能及时得到空中昆虫迁飞的密度、高度以及迁飞方向和速度等大量信息,在国际上首次实现了扫描昆虫雷达信息的自动化处理,为迁飞扩散性害虫的及时准确预警奠定了科学基础,达到国际领先水平。

#### (四)通过协作攻关推动植保科技发展

长期以来,我国农业害虫监测预警技术存在工具简陋、效率低、精度差、对人和环境安全性差、灯光诱控技术落后等问题,河南佳多科工贸有限责任公司以佳多上海研究所为研发基地,与大专院校、科研院所、技术推广部门等联合攻关,近几年研发出佳多农业害虫监测系统及频振式杀虫灯,建立了由自动虫情测报灯、小气候信息采集系统和生物远程实时监测系统组成的害虫监测系统及灯光诱控规范化应用技术体系。该系统可实现连续 8 天完成诱虫、杀虫、收集、按天存放自动化,解决了测报工作者劳动强度大、工作效率低等问题;同时采用远红外和可控硅技术处理害虫,解决了有毒物质对测报人员及环境的危害和识别率低的问题;采用微电子、存储技术,研发传感器和存储器,解决了虫情预报缺乏田间小气候气象参数的问题;利用视频、数字、网络技术,解决了病虫信息传递、远程实时监控的问题,实现了全国病虫测报站信息共享。2006 年该项成果获国家科学技术进步二等奖。

## 二、学科进展与趋势

### (一)植物保护学科的重大研究进展

#### 1. 外来生物物种的生态适应性机制研究

通过对入侵地环境的适应,不同地理种群的紫茎泽兰在自然形态结构上已出现一些表型可塑性的适应性性状,耐旱、耐高温和/或耐低温能力也具有一定差异。紫茎泽兰热激蛋白在调节其逆境胁迫应答和表型变化方面起重要作用,从而拓宽了紫茎泽兰对不同温度幅度生境的适应能力。化感作用是紫茎泽兰种群竞争扩张的一个重要策略,已分离鉴定出 3 种紫茎泽兰主效化感物质,这些主效化感物质对旱稻幼苗等植物可产生直接的杀伤和致死作用;化感作用对不同种受体植物表现不同的化感剂量效应,并且环境胁迫(如植食者取食)有助于增强紫茎泽兰的化感作用。研究还发现,紫茎泽兰入侵可通过改变土壤微生物群落结构,创造对自身生长有利的土壤环境,从而形成其自我促进(self-reinforcing)式的入侵机制。生态系统的异质性是影响外来入侵物种成功入侵及扩张的重要因素。多样化和复杂性的生境对紫茎泽兰的抵御能力强,干扰生境有利于紫茎泽兰的入侵。可见,恢复和保护本地植物的多样性将是抵御紫茎泽兰入侵扩张的有效途径之一。

#### 2. 转基因生物安全性研究

我国“973 计划”项目“农业重要转基因生物安全性研究”,在水稻转基因漂移基本规律研究中,阐明了水稻重要基因的基本规律,在国际上首次建立了不育系水稻基因漂移的预测模型,绘制出的等值线图,可为南方稻区 15 个省市预测不育系的基因漂移安全隔离距离提供参考。首次获得了 24 个受体材料最大基因漂移频率和最大漂移距离的数据,特

别是过去国际上尚无向杂交稻和不育系基因漂移的数据。解析了水稻基因漂移与风向的关系。这些数据的获得对转基因水稻的安全性评估、对水稻起源中心普通野生稻的保护、对杂交稻的安全生产都有很好的参考价值。

### 3. 甘蓝黑腐病菌全基因组测序

甘蓝黑腐菌 *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Xcc) 是研究植物与病原物互作的模式细菌, 2005 年由中国科学院微生物所、中国人类基因组上海中心、复旦大学、广西大学等 8 家单位合作完成了甘蓝黑腐菌 8004 菌株的全基因组 (5148708 bp) 测序。Xcc 8004 菌株与国际上已报道的 Xcc ATCC 33913 菌株具有高度的同源性。比较基因组学研究发现, Xcc 基因组存在大量染色体片段重排现象。通过筛选高密度的转座子突变体库 (16512 个克隆), 在蛋白编码序列和基因内部鉴定到 75 个非冗余单拷贝插入点, 发现 5 个毒性因子参与细菌的代谢和调控系统, 例如脂肪酸降解、IV 型分泌系统、细胞信号、氨基酸和核苷酸代谢; 发现了 3 个未知功能的致病力相关基因。

### 4. 家蚕基因组研究

西南大学 2002 年启动家蚕大规模 EST 计划, 构建了包括家蚕丝腺、中肠等 11 个组织器官的 cDNA 文库, 现获得了 20 万条 EST 序列, 成为国际上最大的家蚕 EST 数据库。他们还联合中国科学院北京基因组研究所, 采用全基因组霰弹法进行全基因组测序, 最终以 5.9 倍的覆盖深度覆盖了家蚕全基因组, 发现和鉴定了家蚕丝腺特异基因、性别决定相关基因等一批重要的功能基因。家蚕基因组框架图是继我国完成人类基因组 1% 计划和水稻基因组框架图之后, 我国独立完成的最大基因组, 研究论文于 2004 年发表在 *Science* 杂志。2006 年, 西南大学采用与日本合作的方式, 对目前国际组织的所有序列和图谱信息进行了统一拼接、组装和注释, 构建了一张高质量的 9 倍家蚕全基因组精细图谱。随后又完成了精细图和分子连锁图谱的整合, 并将基因总数的 82.2% 定位到染色体上, 建立了家蚕基因组与家蚕经典遗传学的连接。此外, 他们针对蚕丝产业的基础理论和产业发展关键问题, 研究重要经济性性状形成的分子机理; 建立家蚕转基因和分子改良技术体系; 探索建立以家蚕丝腺为载体的生物工厂模式, 探索发展新型生物制药和昆虫产业的可能性。本项研究获得了“2006 年国内十大科技新闻”、日本蚕丝学会奖、香港桑麻纺织科技奖、重庆市自然科学一等奖等奖励。

### 5. 棉铃虫种群的地理型分化和区域性迁飞规律研究

中国农业科学院植物保护研究所等单位系统研究了我国各气候带棉铃虫的滞育特征、遗传分化程度、抗寒能力与越冬区域、生境适应特性及兼性迁飞行为和区域间的迁飞规律等。通过对棉铃虫地理种群的遗传变异、滞育性状和抗寒性分化等的系统研究, 将我国棉铃虫划分为热带型、亚热带型、温带型和新疆型, 其分别对华南地区、长江流域、黄河流域和新疆地区的气候环境具有高度专化适应性。采用昆虫雷达技术、生理生化分析、昆虫标记技术和飞行磨测试等手段, 研究明确了棉铃虫在我国的兼性迁飞规律和迁飞扩散机制。受东亚季风影响, 5~7 月份温带型一代和二代棉铃虫成虫随偏南风向北迁移, 可迁入山西北部、河北北部、内蒙、辽宁和吉林等非越冬区的中温带地区; 温带型三代和四代棉铃虫于 8 月中旬以后, 随偏北风向南回迁。成虫种群密度过大和所处的不良环境是引

起棉铃虫迁飞的主要原因。采用昆虫雷达等技术手段研究棉铃虫迁飞规律结果表明,棉铃虫迁飞的地面高度一般为 300~500 米,具顺风定向特征。在春季、春末夏初、夏季和秋季夜晚一次迁飞时间分别为 9.5 小时、7 小时、8.5 小时和 10 小时左右,迁移距离 150~300 千米,并据此建立了棉铃虫迁飞轨迹和迁飞路径预测的模拟模型。该项成果获得了 2007 年国家科技进步奖二等奖。

#### 6. 灰飞虱传毒特性与水稻条纹叶枯病毒互作关系研究

江苏省农科院创制了灰飞虱带毒免疫检测试剂盒,不仅在水稻条纹叶枯病预测预报及防治中发挥了重要作用,而且在对介体与病毒互作关系研究中也发挥了重要作用。首次对灰飞虱—水稻条纹病毒(RSV)的互作关系进行了明确分类,对 RSV 流行的“暴发性、间歇性、迁移性”特点做出了部分解释。通过透射电镜和免疫金标记技术对 RSV 在昆虫介体灰飞虱的消化道中肠细胞、卵细胞及卵巢内进行定位,在卵壳和卵内观察到的胶体金标记为灰飞虱的经卵传播提供了直接的组织化学证据。利用 ELISA 和 Western blotting 方法证实病毒粒子(CP)与病害特异性蛋白(SP)、非结构蛋白(NSVC<sub>4</sub>)之间存在互作关系。结果与灰飞虱作为 RSV 的昆虫寄主并且可以在其体内增殖的结论是一致的;也暗示了 RSV 编码的这几个蛋白在昆虫介体体内可能存在相互调控关系。以上研究结果先后获得国家、省科技进步二等奖,其应用技术的推广获得农业部农牧渔业丰收奖二等奖。获得多项国家专利,编制了国家行业标准和省级地方标准。

#### 7. 美国白蛾生物防治技术

首次研究成功了适合我国美国白蛾发生特点的、利用周氏啮小蜂和 HcNPV 病毒防治美国白蛾的新技术。攻克了利用天敌防治害虫的瓶颈——人工大量繁殖白蛾周氏啮小蜂的技术难关,筛选出了理想的繁蜂替代寄主柞蚕蛹,使繁蜂量提高了 84 倍,并做到了常年繁蜂和规模化繁蜂,保证了生物防治的需要。筛选出了防治美国白蛾幼虫的 HcNPV 病毒优良菌株,研究出了利用人工饲料大量饲养美国白蛾幼虫而后扩增病毒的新技术,大大提高了病毒的生产量,为规模化利用病毒防治美国白蛾提供了技术保证。通过在美国白蛾幼虫期使用病毒、蛹期释放周氏啮小蜂进行生物防治,有效控制了危害,解决了我国城市园林绿化树木美国白蛾的无公害、无污染防治问题。防治推广面积占全国美国白蛾总发生面积的 1/3 以上。美国白蛾在防治后第 2 年至第 5 年有虫株率均保持在 0.1% 以下的低水平,天敌的寄生率仍高达 92%,持续控制作用十分显著。解决了国际国内多年没有解决的无污染有效控制美国白蛾的难题,为我国及世界其他美国白蛾发生国提供了一条无污染、持续而有效的防治美国白蛾的新技术,产生了巨大的生态、社会效益。

### (二) 植物保护学科的发展趋势与建议

我国植物保护科学研究、农作物有害生物防控技术总体水平与国外先进水平相比还存在较大差距,主要是基础研究仍较薄弱,研究设施条件较差,防灾减灾关键技术创新和贮备不足,监测预警体系不够完善。今后需要深入贯彻落实科学发展观,以提高自主创新能力为核心,加快植物保护科学技术进步,全面提高我国植物保护科学技术水平和生物灾害预防与控制能力,缩小与先进国家的差距,实现我国农业生物灾害的可持续控制,为国

家经济、社会发展服务。

### 1. 加强病菌致病机理、抗病信号传导和 DNA 疫苗研究与开发

目前植物病原菌基因组测序加速了新的致病力相关基因的发现和分离,同时为比较基因组学研究提供了可能。今后病原物基因突变体库的构建、基因芯片等技术的发展,将有助于解析植物病原物的致病机理。

通过研究植物与病原物间的分子识别、互作关系及无毒基因所触发的植物防御反应,将基因组学、蛋白质组学结合在一起,利用蛋白质的微点阵及质谱(mass spectroscopy)分析技术,研究植物防御系统的信号传递过程,鉴定和克隆在植物抗性表达中起关键作用的基因,为植物抗病基因工程提供更多可供利用的基因资源。

通过研究病原物致病机理及植物防御反应机理,可为疫苗作用靶标的确定及 DNA 疫苗的开发提供理论基础。DNA 疫苗的开发和利用将成为植物病害防治的一个新兴领域。

### 2. 加强我国转基因农业昆虫研究

我国在农业昆虫分子生物学研究方面起步较晚,目前主要偏重于用分子标记等方法检测、鉴别昆虫近缘种、地理种群或种内不同生物型等工作,而极少涉及转基因昆虫的研究。据报道,美国等国科学家已研制出转基因抗药性天敌,并尝试用转座子诱导基因重组的方法培育出分子不育昆虫和用改变昆虫体内共生菌功能的方法削弱介体昆虫传播病毒的能力。释放抗药性天敌可以解决生物防治和化学防治的矛盾,天敌配合化学防治,既提高控制效果,又可在防治后较长期保持害虫低种群密度,是一种可持续控制害虫的良法。释放用分子生物学方法削弱传病能力的介体昆虫来替代正常传病介体昆虫,有可能在防治虫传病害方面取得突破。因此,建议加强我国转基因农业昆虫的研究,如培育转基因抗药性天敌、用转座子诱导基因重组的方法培育分子不育昆虫和用改变昆虫体内共生菌功能的方法削弱介体昆虫传播病毒的能力等。

### 3. 加强入侵生物学基础理论和应用技术研究

我国入侵生物学学科正处于初步形成阶段,其基础理论及技术体系正在形成中,许多科学问题需深入探索。在明确入侵生物学关键科学问题的基础上,加强前沿性科学研究,点面结合,深入进行入侵机理、风险评估、持续治理理论基础和应用技术的研究,不仅可丰富和发展入侵生物学的科学理论与技术体系,还可促进其他相关学科的发展。特别是要从生物入侵过程的关键环节入手,针对外来物种入侵的不确定性和入侵后的暴发性,选择有代表性的已入侵和潜在入侵物种为对象,以外来物种入侵过程中的遗传分化、扩张过程中的生态适应和潜在危险生物入侵早期预警三大关键问题为核心,深入研究外来物种的入侵机理,可为外来入侵物种的预防、狙击、控制与管理提供重要的科学理论、方法和技术。此外,急需在生物入侵灾害严重的区域与主要生态系统,全面系统地开展外来入侵物种的种类、分布、危害的调查、考察、收集与整合相关信息,获取我国入侵物种实际情况的第一手资料,为建立入侵物种早期预警、灾害应急控制、阻断与扑灭、生态环境修复与生物多样性保护利用、可持续治理的综合防御与控制体系提供翔实的科学基础数据。

#### 4. 进一步提高我国农作物病虫害监测预警技术水平

目前国际上在农作物病虫害的监测预警方面的发展趋势是:利用昆虫雷达、卫星遥感等开展农作物病虫害的遥感监测;结合灯诱、性诱和田间调查,获得田间农作物病虫害发生危害的动态数据;在准确及时监测的基础上,通过地理信息系统分析,结合人工智能、模型和专家系统,开展病虫害发生危害的预警和防治决策;通过计算机网络信息系统和电视预报系统等进行信息发布,以指导农业生物灾害的防治。虽然国内的一些科研、教学和推广单位已应用“3S”技术、图像识别和分析技术、网络技术、分子生物学技术等植物病虫害监测和预警方面做了一些研究,但与国际先进水平相比,还有较大差距,今后应继续加强这方面的研究工作,使这些新技术尽快在生产上得到应用,从而提高我国农作物病虫害的监测预警水平。建议今后应继续加强重大迁飞性害虫的昆虫雷达监测技术研究、重大病虫害种群动态的遥感监测和分子监测技术研究、重大病虫害区域性暴发成灾的早期预警技术研究、重大病虫害远程诊断和信息发布平台建立技术研究、影响病虫害区域性灾变的关键因子研究、实用化的监测预警仪器和软件研发以及重大迁飞性害虫雷达监测网和气传性病害监测网建设。

## 第十七节 作物学

作物学是农业科学的核心学科之一,本科学的两个主要二级学科分别为作物育种学和作物栽培学。作物科学的根本任务是研究作物重要性状的遗传规律和育种技术,培育优良品种,实现良种化、种子标准化;同时揭示作物生长发育和产量、品质形成规律及其与环境关系,采取农艺措施将良种的遗传功能转化为现实生产力,实现高产、优质、高效、生态、安全的生产目标,为保障我国粮食安全和农产品有效供给、生态安全、现代农业可持续发展提供可靠的技术支撑。

### 一、近年本学科国内外发展状况

进入 21 世纪,世界作物科学与技术发展形势发生巨大变化,生物技术和信息技术向作物科学领域不断渗透与转移,高新技术与传统技术相结合,促进了作物科学与技术迅速发展。发达国家通过生物技术和信息技术创新应用,推动了作物生产向优质、高效、无污染方向发展,显著提高了作物生产的可控程度和农产品的市场竞争力。我国作物科学与技术发展以高产、优质、高效、生态、安全为目标,以品种改良和栽培技术创新为突破口,促进传统技术的跨越升级,推动现代农业的可持续发展。

#### (一) 作物遗传育种发展突出

##### 1. 以生物技术为特征的现代育种发展迅速

依据生物遗传变异的原理,育种方法从杂交育种、诱变育种到多倍体育种、单倍体育种,再到细胞工程、基因工程、分子标记育种,生物育种技术在我国发展迅速,与发达国家



在生物育种新技术差距正在减小。生物技术育种正成为提高作物产量和改善品质的主要途径。

## 2. 以关键性状改良为主的新品种不断涌现

优良品种的选育正逐步由表现型选择向基因型选择、由形态特征选择向生理特性选择的转变,优质、高产、抗逆的有机结合已成为优良品种培育的发展目标和方向;品种改良取得大批具有显著应用效益的成果,推动了农业科技的进步。

## 3. 以方法体系创建为核心的育种技术得到发展

近年来,通过生命科学及相关学科的渗透、交融和集成,作物遗传育种理论和方法不断拓展,在实现品种矮秆化和杂化二次重大技术突破的基础上,细胞工程、分子标记、转基因以及分子设计等现代育种技术迅速发展。

# (二) 作物栽培发展加快

## 1. 以产量潜力为突破口的超高产技术发展成为热点

作物产量突破的可持续高产、超高产成为国内外的研究重点。世界各国均把提高粮食产量作为农业的重中之重,一些发达国家(美国、日本等)和国际农业研究机构(IRRI、CIMMYT等)将作物高产突破列为重大研究计划。我国以作物栽培技术创新与集成应用为核心开展科技攻关,超高产栽培技术不断成熟,显著提高了作物生产能力。

## 2. 以品质、产量协同提高为重点的优质高产技术向纵深发展

作物产量与品质同步提高成为各国作物产业化发展的共同战略。发达国家把优质、专用农产品的生产技术研发和应用放在首位。近年来,我国以主攻单产兼顾优质、高效、质量安全的作物栽培技术创新和集成应用取得显著成效,并继续向纵深发展。

## 3. 以现代技术应用为特色的精准定量技术发展加速

作物栽培定量化、精确化、数字化技术已成为作物生产和作物栽培科技发展的新方向。发达国家作物生产实行定量化设计、精确化与数字化栽培管理。我国近年来,开展了精确定量栽培、数字化农作技术和作物生产信息化服务技术的研发,在作物生产管理中正在发挥重要作用。

## 4. 以资源节约为重点的简化高效技术有了新发展

以资源节约为重点的简化高效栽培技术创新与应用成为现代农业发展的主要方向。我国近年来在节约资源的基础上,开展大量的简化高效栽培技术研究,特别是主要农作物的节水、省肥、简化、高产的栽培技术取得了新的进展,一直在生产上发挥重要作用。

## 5. 以作物生理高效机制为突破口的栽培理论与技术发展不断深入

作物生理学与环境生态学研究相结合,在作物栽培中发挥了重要作用。以作物光合碳代谢为中心的光合性能、源库生理和产量构成研究为作物高产栽培奠定了理论基础;作物营养生理研究促进作物施肥技术进步;环境生理生态研究促进了作物抗逆高产栽培的技术创新。

## 二、近年来作物科学发展的重大进展和成就

### (一) 我国作物科学研究成果丰硕

我国作物科学正在向高产、优质、高效、生态、安全多目标方向发展,学科领域更加广泛,学科水平不断提升,并取得重大新进展和成就。2005—2006年,获得国家级重大成果奖23项。其中:国家自然科学奖二等奖1项;国家技术发明奖二等奖4项;国家技术进步奖一等奖1项、二等奖14项;以及一批省部级成果奖。科技成果的推广应用,获得巨大的社会、经济、生态效益,作物科学的技术支撑和储备能力大大增强,为保障粮食安全和农产品供给、增加农民收入、促进农业和农村经济可持续发展做出了重大贡献。

### (二) 我国作物科学研究成就突出

#### 1. 作物遗传育种取得显著成就

3年来培育通过国家和省级审定的高产、优质、多抗作物新品种500余个,已成为不同区域的主栽品种和重要的接班品种。新品种的产量不断提高,品质显著改善。育成的一批优质稻米、优质面包、面条小麦、高油大豆、“双低”高油油菜和高油、高淀粉玉米品种,品质标准达到国标一级或部颁优质一级标准。

作物遗传育种技术、方法不断创新。我国在杂种优势利用、诱导有利基因变异的细胞工程技术、转移有益外源基因的转基因技术、分子标记辅助目标性状高效选择技术等方面进行卓有成效的探索,提出一批育种新技术和新方法,初步形成了较为完整的现代育种技术体系。

杂种优势利用技术:提出了茎蘖、粒间和根系顶端优势为中心的超高产水稻生理模式和“后期功能型”超级稻新概念;攻克了大豆雄性不育性的保持和大豆田间的昆虫传粉问题,初步实现“三系”配套;人工杂交棉花制种技术、核不育系杂交制种技术取得进展;建立了“纯合两用系、临时安全保持系、恢复系”三系油菜授粉控制系统。培育出的二系超级杂交水稻、杂交大豆、杂交抗虫棉和“双低”杂交油菜新品种,居国际领先水平。

分子标记育种技术:定位与紧密标记控制抗水稻白叶枯病、抗稻飞虱、抗褐飞虱、耐贮藏、低垩白率基因,抗小麦白粉病、淀粉品质、抗穗发芽基因,抗大豆包囊线虫基因,抗玉米矮花叶病、丝黑穗病、锈病基因,油菜种皮色素合成基因;建立了滚动回交与标记相结合的水稻、小麦、玉米、大豆等作物分子聚合育种技术体系。

转基因育种技术:采用农杆菌介导法、基因枪法及花粉管通道法初步建立水稻、小麦、玉米、棉花、油菜等主要作物转基因技术体系,在无选择标记、选择标记基因删除和目标基因产物定性降解、植物组织特异性优势表达等核心技术取得突破;在转基因抗虫棉、转基因高植酸酶玉米、抗虫玉米、抗病虫水稻、抗除草剂水稻、抗黄枯萎病棉花、抗旱耐盐小麦、抗蚜虫小麦等均取得了重要成果,培育出转基因棉花新品种108个,同时创制出一批具有特殊性状的水稻、玉米、小麦、棉花、油菜等转基因新品系。

#### 2. 作物栽培理论与技术创新取得突破和显著应用效果

作物高产理论和技术创新:研究创建了稻麦作物的“叶龄模式”和高产高效群体质量

调控理论、质量指标及其技术体系,有效地指导了稻麦作物栽培与调控;基于作物产量构成、光合性能和源库关系研究,创建了作物产量形成“三合结构”理论模式和定量方程,提出了作物结构性挖潜、功能性挖潜和同步挖潜的高产途径,在指导作物可持续高产研究和实践中发挥了重要作用;实施国家粮食丰产科技工程项目,创新了稻、麦、玉米的高产核心技术 30 余项,集成创建了适于三大平原的三大作物高产、超高产组合技术模式 40 余套,培创出一批可持续高产、超高产典型和示范样板,并大面积推广。

作物产量与品质同步提高技术创新:在作物高产优质同步提高的技术研究方面取得一系列成就,“小麦籽粒品质形成机理及调优栽培技术研究与应用”和“小麦品质生理和优势高产栽培理论与技术”为我国小麦优质高产做出了重大贡献;此外,水稻、棉花、油菜和大豆的优质高产栽培理论与技术创新也取得了显著成效。

作物精准、简化、高效栽培技术创新:作物精准、简化、高效栽培一直是我国作物栽培的主要热点,近年来,在“水稻精准定量栽培理论与技术规程”、“小麦、玉米一体化节肥、省肥、简化、高产四统一栽培理论与技术体系”、“棉花无土育苗无载体移栽高产高效栽培技术体系”等领域取得新成就,获得了显著的节能、省工、高产、高效效果。

生态安全环境友好作物栽培技术与理论创新:维持农业生态良性循环、环境友好生产成为作物生产的新课题,“水稻遗传多样性控制稻瘟病原理与技术”研究成果显著降低了水稻稻瘟病的发病率和病情指数,减少农药用量 60% 以上;此外,明确了裸露农田、弃耕沙质农田和退化草原是沙尘的重要尘源,提出了农田保护性耕作和退化草地治理是防止土壤沙化、风蚀和沙尘的技术途径,分别建立了东北春玉米区,华北平原小麦、夏玉米两作区和西南稻作区的保护性耕作高效栽培技术模式,并大面积应用,取得了显著的生态效益和增产效果。

作物栽培信息化和数字化农作技术创新:现代信息技术在作物生产中应用越来越广泛,近年来构建了一批服务于主要农作物生产的数据库及其管理系统,建立了主要作物生产信息化平台及服务体系,创新集成了数字化农作技术,目前正向作物栽培技术标准化、智能化、数字化和实用化方向发展。

### 三、目前国内本学科发展存在的不足及与国际先进水平差距

我国作物科学与技术的创新与应用,取得了令世人瞩目的成就。但是,与粮食安全、生态安全、健康安全和农业可持续发展的目标和需求相比,作物科学技术还存在许多不足,与国际先进水平差距较大。

#### (一)作物遗传育种方面的不足与差距

作物优异种质资源和育种的理论与技术创新不足。目前我国的野生植物资源和遗传多样性水平的丧失严重,拥有自主知识产权的分子标记少、新基因发掘和利用进展慢,作物育种面临知识产权保护的严峻挑战。与此同时,在作物育种理论与技术跟踪性研究多、原始创新少,缺乏关键性的创新与突破。

分子育种技术研究的实用化程度低。目前我国缺乏规模化基因发掘与克隆的技术平

台和规模化高效安全的遗传转化体系,拥有自主知识产权的基因和实用分子标记少、分子育种技术研究的实用化程度低。

突破性重大品种缺乏。我国育成的作物新品种数量不少,但具有高产、优质、多抗、高效、广适应综合性状的突破性重大品种缺乏,不能充分满足作物生产发展和市场需求,缺乏国际竞争力。

种子产业化水平低。目前,我国遗传育种体系和队伍建设亟待加强,良种繁育体系和种子生产规模小,种子生产质量保障条件不足。

## (二) 作物栽培方面的不足与差距

作物栽培理论与技术的体系薄弱。作物栽培学科体系不完善,还存在理论与技术不配套,与相关学科相比科学性和先进性还有差距。

关键栽培技术创新不足。目前我国栽培技术是在传统技术基础上的集成组装,缺乏关键原始创新和现代高新技术在作物生产技术上的创造性应用,技术更新换代不明显,作物生产信息化和数字农作技术水平与发达国家的差距较大。

多目标生产的关键技术难题没有根本解决。超高产突破、优质高产同步、资源可持续高效利用、环境友好和农产品污染控制等技术难题还未从根本上解决,大面积中低产区的抗逆、更加高产高效的技术有待进一步研发。

技术推广体系不健全。目前,我国作物栽培与耕作研究体系和队伍建设亟待加强,特别是技术推广体系十分薄弱,生产者技术水平与劳动素质亟待提高。

## 四、促进作物科学发展的措施与建议

### (一) 措施

建立学科持续发展的稳定机制。作物育种的连续性和继承性突出,新品种选育、审定到推广的周期长;作物栽培科学与技术属社会公益性的应用学科,难题多而复杂,条件差,项目与经费严重不足。因此,中央与各级政府应把作物育种和栽培技术创新研究项目,连续而稳定地列入国家和地方的重大科技计划,从体制、政策和经费投入上给予高度重视和支持。

搭建学科发展的有效平台。加强作物改良中心、部级和国家作物科学重点实验室和技术创新中心以及试验基地建设,注重人才队伍建设,建立结构合理、精干高效、创新能力强的作物科学人才队伍。

鼓励重大科技问题研究的学科配合与协作。从解决我国重大生产难题和影响我国作物生产水平提高的重要因素入手,在条件建设与科技立项上提倡多学科联合,有效地建立国家作物科学不同层次的学科体系和协作网络,从体制、机制和任务分工上解决分工不明、“上下一般粗”和重复严重等问题。

### (二) 建议

全面落实科学发展观,按照“面向、依靠、攀高峰”和“自主创新、重点跨越、支撑发展、

引领未来”的科技工作指导方针,加强我国作物科学的学科建设,整体提高我国作物科学与技术研究创新水平和国际竞争力。

加强作物科学与技术的基础和应用基础研究。针对我国作物生产与作物改良中急需解决的重大科学问题,加强遗传育种理论基础与技术途径研究,加强作物生长发育、产量与品种形成调控理论与技术途径等研究,为培育重大突破性品种和高产、优质、高效、生态、安全栽培技术创新奠定理论基础。

加强作物育种新技术、新方法研究,构建高效育种技术体系,培育优质、高产、多抗新品种,运用于作物生产。

加强作物栽培的理论与技术创新,集成创新一批集约化、标准化、产业化的高产、优质、高效型新型栽培技术,提升一批用高新技术改造的现行栽培技术体系,促进传统技术向现代技术的跨越式发展。

## 第十八节 公共卫生与预防医学

### 一、概述

预防医学(Preventive medicine)是从医学中分化出来的一个独立的学科群。它以人类群体为研究对象,应用生物医学、环境医学和社会医学的理论,宏观与微观相结合的方法,研究疾病发生与分布规律以及影响健康的各种因素,制定预防对策和措施,达到预防疾病、促进健康和提高生命质量的目的。作为医学的重要组成部分,预防医学是在人类为求生存和发展、与危害健康的各种因素斗争的过程中产生和发展起来的。传统的预防医学概念包含3种不同水平的疾病预防范畴:①一级预防(Primary Prevention),又称病因预防;②二级预防(Secondary Prevention),又称临床前期预防;③三级预防(Tertiary Prevention),又称临床预防。

预防医学研究的主要内容涉及流行病学、卫生统计学、卫生经济学、健康教育学、卫生管理学、社会医学、传染病学、寄生虫学、媒介生物学、营养学、毒理学、消毒学、环境医学、职业病学、地方病学、卫生检验、食品卫生学、环境卫生学、劳动卫生学、放射卫生学、卫生工程学、少儿卫生学、妇幼卫生学、优生学等20多个学科。

公共卫生是随着社会经济的发展而变化的,对公共卫生的认识随着时间的发展、科技的进步以及国家政治经济和人们意识形态的改变而改变。不同时代对公共卫生内涵和外延界定不同,不同群体对于公共卫生的理解也不一样,即使是学术界,对于公共卫生的界定也不尽相同。80多年来,关于公共卫生的定义很多,每一个定义对于我们认识公共卫生是什么、做什么提供了重要的视角,他们分别从不同角度描述了公共卫生这一社会事业的重要性和独特性。2003年国务院吴仪副总理针对SARS危机后中国各界对公共卫生认识不清的局面,明确地提出:“公共卫生就是组织社会共同努力,改善环境卫生条件,预防控制传染病和其他疾病流行,培养良好卫生习惯和文明生活方式,提供医疗服务,达到预防疾病,促进人民身体健康的目的。”这从根本上解决了我国公共卫生体系建设与国际

接轨的问题,对我国公共卫生体系建设和完善的影响不可低估。

“预防为主”一直是我国卫生工作的基本方针。人人享有卫生保健,全民族健康素质的不断提高,是社会主义现代化建设的重要目标,是人民生活质量改善的重要标志,是社会主义精神文明建设的重要内容,是经济和社会可持续发展的重要保障。预防医学作为一门研究群体健康的学科,将随着社会需求的变化而发展,而公共卫生管理将随着对疾病流行规律认识的深化而得以加强。

## 二、预防医学学科和公共卫生发展现状

### (一)我国公共卫生管理近年来的发展现状

随着2003年的SARS疫情在全球的暴发流行,以及进入21世纪以来人感染高致病性禽流感等一系列重大突发事件使世界各国的公共卫生体系经历了前所未有的冲击,我国的公共卫生观念和危机应对意识也发生了巨大转变。SARS疫情以后,我国把预防医学和公共卫生工作提升到一个前所未有的认知高度,得到公众的理解和广泛关注,党和政府的高度重视,这无疑给我国公共卫生管理工作的发展带来了宝贵的机遇。通过近年来的不断完善和努力,取得了一些成绩,主要表现在以下几个方面:①疾病预防控制工作机制逐步完善,疾病预防控制能力建设得到加强,重大疾病预防控制成效显著;②卫生应急的法制体系逐步完善,卫生应急体制基本建立,卫生应急机制建设全面加强;③卫生监督组织机构体系初步建成,卫生监督的政策框架进一步完善,政府对卫生监督的投入不断加强,卫生监督队伍初具规模,卫生监督能力不断提高;④不断发展与完善我国卫生标准体系,基本形成了一个防治兼顾、全面发展的卫生标准体系;⑤公共卫生政策理论研究有新进展,公共卫生发展的政策导向得到加强,公共卫生法制建设不断加快;⑥建立和完善卫生检验检疫网络和标准体系,国家投入不断加强,培养了一支初具规模的专业队伍,卫生检验检疫水平不断提高。

### (二)预防医学近年来发展的现状

新医学模式和新健康观推动了预防医学理论的研究,现代技术给预防医学研究增添了活力。主要表现在以下几个方面:①流行病学:随着人类疾病谱的变化和医学模式的转变,流行病学的应用范围已经由传染性疾病扩展到慢性非传染性疾病、伤害和健康相关领域等,流行病学理论和方法也日趋完善成熟,它已经成为预防医学的基础学科和现代医学的骨干学科,被誉为“公共卫生之母”。②营养学:20世纪初,传统的中国中医药理论与国外营养学研究成果相结合,创立了中国的现代营养学。第二次世界大战后,世界各国的营养学家对营养科学的认识从简单的宏观转向微观,分子生物学理论与方法的发展使营养学进入分子、亚细胞水平。随着微观研究的继续深入发展,宏观人群研究也逐渐得到关注,营养学开始注重如何使居民得到实惠。③食品卫生:近几年创建了一系列食品中热点污染物实验室检测新技术;研制出一批拥有全部或部分自主知识产权的病原微生物、化学污染物等快速检测设备和试剂盒。强化了实验室能力建设,在食品卫生检测评价等方面满足日常监管需求,造就了一支技术过硬的检验队伍并在应对各类食品污染、食物中毒等

突发性事件中发挥重要作用。④慢病与伤害:我国慢病预防控制学科起步较晚。在过去 30 多年中,多学科专家从多个角度对我国烟草流行现状进行了较为深入的分析研究,包括慢病流行病学、慢病监测、危险因素控制、慢病经济学、法学、慢病流行的心理学等。目前,我国慢病专业已经初步形成由多学科专家组成并具备初步监测及控制网络的一门学科,在我国慢病流行的防控工作中发挥着重要的作用。中国的伤害研究始于 20 世纪 80 年代,在不到 20 年的时间里,伤害研究和预防控制工作在全国各地广泛开展。把伤害被纳入我国疾病控制的内容之一,是中国卫生工作在 21 世纪初期的一个突破。⑤军事预防科学正稳步发展,逐步走向成熟。⑥社会医学:是预防医学领域中一门十分重要的新兴学科,在科学发展观理论指导下,社会医学不断探索健康观的新理念和新内涵。我国的社会医学从 20 世纪 80 年代初经历了创立、成长和发展 3 个时期。社会医学学术界突破了传统健康测量的局限性,开发了一系列测量健康的新指标对疾病和健康状态的评价。近年来又开发了一系列心理健康、卫生服务反应性量表等,大大丰富了社会医学学科研究的内涵。⑦媒介生物学:近年建立了全国重要病媒生物监测体系、重要媒介生物抗药性监测体系,在媒介传播机理、媒介效能、媒介生物分布调查等基础研究方面得到了较大发展,一些其他领域的先进技术手段(如地理信息系统、全球定位系统及遥感等)被引入病媒生物和媒介生物性传染病的监测预警研究。⑧环境与健康:我国初步建立了环境卫生法规标准体系,开展了环境污染的健康影响和卫生措施的研究,并启动了《国家环境与健康行动计划》。⑨健康教育:有了长足的进步,不仅在疾病预防的各个领域发挥着重要作用,同时也促进了全社会对健康的认识和需求。展望未来的半个世纪,将是我国健康教育学科和健康教育工作的一个快速发展时期。

### (三) 现代技术给预防医学研究增添了活力

分子生物学方法的应用,如分子生物标志物、毒理学和分子流行病学等研究具有较广泛的应用前景,有些研究已达到国际先进水平。

现代生物技术的应用研究如 DNA 芯片技术、环境基因组和基因多态性的研究,使预防医学的发展进入一个新阶段,开辟了疾病控制的新途径。

生物计算机信息技术的发展更加促进了预防医学的发展。

### (四) 公共卫生体系与基本职能的现状

发达国家如美国、英国、澳大利亚等国家和 WHO 西亚太(WHO/WPR)组织陆续制定了公共卫生的基本职能或公共卫生体系所需提供的基本服务。提出了适于西亚太国家的 9 项公共卫生职能,以及每条职能对应的任务、实践、服务和公共卫生结局。他们的共同点是健康状况监测、流行病学监测、健康促进、社区参与、公共卫生立法、公共卫生研究及公共卫生服务效果等。

我国目前尽管已经建立了疾病预防控制体系,但政府对公共卫生功能没有明确界定,2005 卫生部发布施行的《关于疾病预防控制体系建设的若干规定》中指出疾病预防控制的机构的职能是:疾病预防与控制、突发公共卫生事件应急处置、疫情报告及健康相关因素信息管理、健康危害因素监测与干预、实验室检测分析与评价、健康教育与健康促进、技

术管理与应用研究指导。

### 三、我国公共卫生与预防医学学科面临的挑战和机遇

改革开放以来,随着我国经济社会的高速发展,我国公共卫生事业取得了很大的成绩。然而,我国社会经济尚处于发展阶段,卫生资源的有限性和公众卫生需求的无限性是无法避免的矛盾。我们的疾病防控相关研究和技术水平、突发公共卫生事件的应急能力以及疾病信息合成、分析与利用等尚不能满足疾病预防与控制的需要。与西方国家相比,经济的高速发展和公共卫生服务能力的滞后,使得我们面临着更为严峻的挑战。

#### (一) 公共卫生管理方面

疾病预防控制工作机构财政保障机制不健全,缺乏稳定长效的投入机制;缺乏稳定和吸引人才的条件,人员能力达不到工作要求。设备简陋,数量不足,检验能力有待提高;公共卫生服务职能有待提高,达不到政府的期望。重大疾病仍然严重威胁着人民群众身体健康。

卫生应急工作由于缺少系统的理论指导,卫生应急工作的重点领域和难点问题的科研投入不足,卫生应急督导评估体系不完备,也制约了卫生应急的发展空间。

卫生监督职能调整频繁、职责界定不清;政府筹资不足,部分卫生监督机构面临生存危机。卫生监督人员编制短缺,高素质人才流失呈上升趋势。卫生监督机构装备和房屋建设等硬件条件有待加强。

将卫生标准定位于一个适宜的健康保护水平,是我们目前面临的主要挑战;科研经费的相对不足始终是影响卫生标准研制的主要问题;卫生标准的制定周期过长,需要多部门协调,审批程序繁琐,审批效率不高。

为适应社会发展需要,亟待加快制定公共卫生政策;公共卫生政策制定是一个复杂的系统工程;我国公共卫生政策评估的系统化和制度化还不够,理论研究和实践探索还刚刚起步,仍然是政策过程一个薄弱环节。

食品安全、饮水安全和生活环境安全问题严峻,给卫生检验工作提出了更高的要求,卫生理化检验工作面临新的挑战。一是我国检测技术研究仍比较薄弱,现有的许多标准检验方法落后,检验项目不能满足实际需求,已有的检验方法也需进一步完善,并与国际相关的标准分析方法接轨;二是缺乏卫生理化检验高层次人才。

#### (二) 预防医学与公共卫生面临的挑战与机遇

传染病仍然是当前严重威胁人民群众生命健康的主要疾病。当今世界,传染性疾病预防仍然是发病率高、病死率高的疾病,不仅威胁我国和广大发展中国家,也威胁一些发达国家。目前,肆虐人类的传染病主要表现在两方面:一方面一些被认为早已得到控制的传染病又卷土重来;另一方面已被控制的传染病,由于种种原因可能又重新抬头,发病率明显上升;而且新发现的数十种传染病危害严重。

非传染性慢性病对人民健康的危害加剧。近年来,慢病发病出现了新的趋势,我国的疾病谱、死因谱正在发生变化。高血压、心脑血管疾病、肿瘤、糖尿病、慢性阻塞性肺疾患



(COPD)等慢病引起的死亡比例不断增加,已成为我国居民最重要的死因。同时,慢病发病呈现年轻化趋势。另外,吸烟、不合理膳食、体力活动不足、肥胖等危险因素水平持续上升,加上老龄化、城市化、环境污染以及职业危害等因素的影响,一些肿瘤发病率在局部地区快速上升。

职业病将长期存在,危害严重。随着工农业的迅速发展,职业病也必将随之增加。同时随着新技术、新材料的推广应用,还可能会出现一些新的职业病。

精神卫生和心理健康问题日益突出。随着我国国民经济的发展,社会经济体制改革日益深入,社会竞争不断加剧,劳动力的重新组合,人口和家庭结构的变化,原有社会支持网络的削弱,导致了各种心理应激因素急剧增加,精神卫生问题日益突出。精神疾病已经成为全球性重大公共卫生问题,开展相关研究工作已迫在眉睫。

意外伤害发生率在我国不断上升。

人口老龄化带来的问题日趋严重。老年人的健康问题比任何年龄段的人都多,而且解决难度也大。如何提高我国老年人群的无残疾预期寿命,将是预防医学面临的新课题。

妇女儿童健康备受关注。由于我国地区之间发展不平衡,在经济、文化条件相对落后地区,一些疾病仍然严重威胁着妇女和儿童的健康。

我国食品安全仍面临严峻的考验。食品安全卫生标准体系建设不够完善;缺乏主动、连续、系统的食品污染物和食源性疾病预防和评价数据;我国广泛使用的农药、兽药、食品添加剂等暴露评估数据少、覆盖面窄,对机体暴露后的生物学标志物检测技术研究薄弱;对未知和新发食品污染物的检测技术以及对新技术、新产品安全性的评价技术缺乏。

关注人类健康状况与其生存环境的关系。环境—健康—发展是医学与地理学的边缘领域,随着传统的传染病,如天花、霍乱、鼠疫在全球的有效控制,人类的发展面临一系列的新的全球性危机,如人口剧增、环境污染、气候变暖、臭氧损耗、生态破坏、能源耗竭等问题的出现。因此,随着21世纪全球环境变化和经济全球化的进程,环境—健康—发展研究将面临前所未有的挑战。

## 四、我国公共卫生与预防医学学科发展趋势与应对策略

### (一) 预防医学发展趋势与策略

预防医学的基本目的是:①预防疾病(包括各种新老疾病);②改善环境(包括生产和生活环境);③增进健康。要实现这些目的,需要预防医学工作者和经济学、社会学、工程学、政策学等其他学科专家的密切合作。我国虽然也在预防医学的教育上进行改革,但依然存在着挑战。我们的教育也需要培养复合型的公共卫生人才,因而教育模式、内容都会有较大的调整和改变:①预防医学向社会预防为主的方向发展。②预防医学朝着防治结合、促进健康、提高生活质量和人口素质的方向发展。预防医学和临床医学的结合是医学发展的必然趋势。③环境与健康问题将成为预防医学的热点,也是预防医学发展的一个新趋势。④重视心理、精神和行为因素对健康的影响可能成为预防医学发展的一个新趋势。⑤预防医学的研究范围将更加广泛,学科渗透将更加密切,研究手段将更加丰富,理论与实践结合将更加紧密,与现代科学技术的结合将更加紧密。

## (二) 公共卫生发展趋势与策略

公共卫生体系的最终目的是保护人群健康,它是健康的防御系统。随着改革开放和计划经济向社会主义市场经济的转型,我国的经济体制、社会保障体制以及科技体制和教育体制等方面都进行了相应的改革,但卫生体制改革明显滞后。SARS 过后,人们对如何在常态下保持有序管理、出现公共卫生突发事件时从容应对、公共卫生高效地保障人民的健康等问题有了更多的思考,国家对建立与健全我国公共卫生体系的重视也提到了前所未有的高度,所有这些转变,给预防医学注入新的元素,必将带动预防医学朝着一个新的方向发展。特别是进入 21 世纪后,给我国公共卫生事业发展带来了更多的发展机遇,同时也面临许多新的挑战。研究和制定与之相适应的对策,对推动我国公共卫生事业的发展具有十分重要的意义。展望未来,需要统一认识,整合各类可利用资源,按照社会需求和我国的客观条件,科学部署总体规划,拟定我国的公共卫生工作政策和疾病控制策略。

①认真贯彻“预防为主”的方针;②完善法律体系,加强监督执法;③加强公共卫生管理的基础性工作;④改革公共卫生管理体制,弥合预防与临床医学之间的裂痕;⑤发挥 NGO 的作用,实现广泛的社会参与;⑥结合工作实际,大力开展应用型预防医学科学研究;⑦加强重大疾病控制;⑧坚持对外开放,充分利用国际资源推进我国公共卫生事业的发展。总之,做好公共卫生工作的最佳模式应该是政府行为(包括行政行为和法律行为)+科学技术+社会动员(包括部门支持、社会参与)。

随着我国现代化的进程,尤其是市场经济体系的建立、发展和不断完善、科技水平的提高以及卫生改革的深入,同其他各个领域一样,预防医学与公共卫生事业的发展获得了许多发展的良机。纵观公共卫生和预防医学的发展,我们已经取得了长足的进步,公共卫生事业的发展有赖于医学科学的发展,预防医学的发展也将促进公共卫生体系的进一步完善,更有赖于社会政治、经济、文化的发展。

公共卫生是卫生事业的重要组成部分。近年来,在党中央、国务院及地方各级党委、政府的高度重视下,加强了以突发公共卫生事件应急处理、疾病预防控制、卫生执法监督为基础的公共卫生体系建设,加强了疾病预防控制工作,并取得重大进展。面临当前难得的政策和环境机遇,预防医学和公共卫生管理工作者应直面挑战,积极思考如何将预防医学和公共卫生事业的发展与社会经济发展、为人民服务 and 建设小康社会联系起来,最大限度地保障人民群众的健康安全,为构建和谐 society 做出努力和贡献。但是我国公共卫生体系的建设还不能适应人民群众日益增长的健康需求。对于中国公共卫生的未来发展,我们任重而道远,需要各方面的长期持之以恒的努力。

## 第十九节 城市科学

城市是一种有别于乡村的居民点,是其所在地域或更大腹地的经济、政治和文化生活的中心。城市科学是人类建设城市、改造城市和管理城市的实践经验在理论与方法上的系统总结,也历来是一个多学科的研究对象。城市科学目前尚未形成独立的学科体系,但

学术界对城市问题的关注,却随着世界城市化的进程不断增强。城市科学研究的成果在人类社会发展中发挥着日益重要的作用。

## 一、城市科学发展概貌

### (一)国外城市科学的核心概念

近年国外城市科学研究形成了一系列由学者们在研究过程中所共识的核心概念,包括全球城市、城市与社区、多中心城市地区、新城市主义、大都会地区的规划、空间蔓延与郊区化、城市化与城市主义、住房与房地产、城市增长模型、移民和迁徙、贫民窟和种族隔离、不平等与贫困、女性空间、绅士化、城市暴力与犯罪、步行与机动车、环境意识、历史文化环境保护等。

### (二)城市科学研究在我国城乡建设的洪流中成长壮大

城市科学研究伴随改革开放,作为整个科技工作的一部分,紧紧围绕振兴经济、实现“四化”这一中心,力求在学科发展和城市政府决策中发挥作用,围绕城市化发展中的热点、重点、难点问题,开展多视角的学术研究活动。按照“以问题为导向”的思路,针对人居环境科学理论与学科建设问题、城市可持续发展问题、城市发展战略与规划问题、城市建设投融资体制问题、城市防灾问题、城市社会问题、小城镇问题、“三农”问题和新农村建设问题、西部大开发中的城乡发展问题等,城市科学开展了积极而又有成效的研究工作。

2005年,以重庆大学黄光宇领衔承担的“山地城市生态化规划建设关键技术与应用”研究项目,获得国家科技进步二等奖。这是我国建筑科学城乡规划方法与理论技术领域获得的重要国家级奖励。研究中将现代城市规划理论与山地学和生态学嫁接,为指导我国山地城市规划建设体现可持续发展、资源的优化配置、生态环境保育与良性发展等原则提供了重要的理论依据与实践指导。

2007年,中国城市科学研究会牵头完成了中国科学技术协会委托的重大咨询研究项目《中国城市承载力及其危机管理研究》,研究提出的“关于提升我国城市承载力及危机管理能力的报告”得到国务院领导好评。研究成果对于端正各地城市发展方向、科学编制主体功能区规划、促进城市可持续发展具有现实指导意义。

### (三)城市发展与城市问题的基础研究

《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》将“城镇化与城市发展”列为国家重点领域之一,包括5个优先主题:城镇区域规划与动态监测、城市功能提升与空间节约利用、建筑节能与绿色建筑、城市生态居住环境质量保障和城市信息平台。

《国家中长期科学和技术发展规划战略研究》中的“城市发展与城镇化科技问题研究”专题,提出我国未来15年城市发展与城镇化科技发展目标:建立城镇化预测监控信息系统,为人口集聚、经济社会发展与城镇化进程协调发展提供技术保障;研究城镇发展的资源合理利用、环境污染治理、改善交通状况、居住环境和防灾减灾的关键技术,建设可持续发展的现代化城镇;促进城镇建设相关产业走新型工业化发展道路,为城镇建设提供产业

支撑,最大限度地吸纳农村富余劳动力。

国家重点基础研究发展计划(973 计划)在“综合交叉与重要科学前沿”领域中关注城市科学的基础研究,从 2004 年起将其列入该计划的重要支持方向。至今,已有“现代城市病的系统识别理论与生态调控机理”(2005)、“大城市交通拥堵瓶颈的基础科学问题研究”(2006)、“城市工程的地震破坏与控制”(2007)3 个项目获得批准并开始实施。

## 二、中国城市科学研究发展趋势

### (一)以人居环境科学理论为指导,建设和完善城市科学学科体系

吴良镛首倡的中国人居环境科学,是一门以人类聚集(包括乡村、城市等)为研究对象、着重探讨人与环境之间的相互关系的科学,是城市科学研究的理论基础。该理论认为,任何一个人类聚居地,都是由自然系统、人类系统、社会系统、居住系统、支撑网络系统构成的;城乡健康可持续发展必须遵循生态原则、经济原则、科技多层次原则、社会公平原则、文化艺术原则。吴良镛指出:“人居环境科学是一次思想变革,是酝酿中的科学革命,是一次社会运动,是人类在可持续发展方面,在建筑与相关学科方面的觉醒。”国际建协《北京宪章》明确提出,建筑、地景、城市规划三位一体,融贯发展;这三者互相交叉、互为渗透、互为补充、综合创新,构成人居环境科学的核心。

对 21 世纪中国城市发展研究来说,系统科学是一种不可缺少的方法论工具。城市大发展,城市问题丛生,城市规划学的贫困,呼唤城市科学革命。人居环境,包括建筑、乡村、城镇、区域等,是“复杂巨系统”,在其发展过程中,面对错综复杂的自然与社会问题,需要借助复杂性科学的方法论。对新世纪城市科学的多项发展,寄托于多学科的交叉从整体上予以探索和解决。

### (二)中国城市化研究趋势

进入 21 世纪,中国城市化伴随工业化、信息化、市场化、国际化的发展趋势日益明显。用全球化的视角来研究中国城市化的进程,成为学术上的又一创新。中国城市化研究开始与经济可持续发展、产业结构转型、土地和劳动力市场、“三农”问题等紧密结合起来。在这样一个独特的时代,信息化城市、多中心大都市区、分裂的城市是城市化的新特征。城市化研究的常规模型和中心地理论越来越难以解释发达国家城市的景观和一些发展中国家过度城市化问题。空前的城市化水平,伴随着巨型城市的生长,要求城市化研究必须从多维视角关注经济、人口、政治、文化、社会、科技和环境等进程。

与此同时,中国城市化研究除了区域城市化仍然是城市化研究重点,特别是经济发达地区的比较研究继续深化外,许多学者还结合国内外政治、经济格局转变出现的城市化新现象进行系统研究,如制度变迁、行政区划调整和“撤县改市”、“撤县改区”的政策以及城市规划调控等也将成为研究重点。

### (三)城市经济研究趋势

城市经济学的研究对象是城市经济系统,具有中观经济学、空间经济学、系统经济学

和综合经济学属性特征。其内容包括:围绕企业改革研究城市流通中心理论,围绕城市建设研究城市土地级差地租和有偿使用及住房商品化改革,针对经济全球化研究城市竞争力、城市建设投融资改革、城市结构转型等。未来的 20 年仍将是我国城市化快速发展时期,妥善解决城市发展和就业问题,努力改善环境、提高环境容量及承载能力等,都有赖于城市经济学理论的深化。

中国城市经济学的重点应用研究领域将包括:城市发展的新格局与新形态;城市主导产业确立与产业结构优化;城市经济发展能力评价与改进途径;城市人力资源开发与扩大就业;城市土地使用和市场评估;城镇住宅的商品化和社会保障;城市基础设施建设投资与运营;城市居民收入分配与消费结构;城市发展融资与投资模式;城乡统筹发展与“二元经济结构”淡化;城市循环经济的发展。

#### (四)城市生态与环境研究趋势

改善生态与环境是事关城乡经济社会可持续发展和人民生活质量提高的重大问题。从国内外城市生态与环境研究总体趋势来看,未来研究主要体现在城市人居生态学、产业生态学和城镇生命支持系统生态学。

中国的城市环境保护战略将进一步借鉴世界城市发展过程中环境保护的经验教训,提出中国城市可持续发展的战略选择:加强科学研究,预防控制新型城市环境问题;加强环境与健康相互关系的研究,启动生态城市的基础性研究,逐步防治因环境污染因素导致的城市病,将污染防治目标从保护环境逐步转移到保护人体健康,开展新型城市环境问题的研究、监测、预防、综合防治工作。

#### (五)城市规划研究趋势

《中华人民共和国城乡规划法》于 2008 年 1 月 1 日开始实施,其内容可概括为 10 个方面:①突出城乡规划的公共政策属性;②强调城乡规划综合调控的地位和作用;③建立新的城乡规划体系;④严格城乡规划修改程序;⑤完善城乡规划行政许可制度;⑥监督制约行政权力;⑦对城乡规划编制单位提出新的要求;⑧加强人民代表大会的监督作用;⑨强化法律责任;⑩法律授权,建立完善的城乡规划法律体系。

未来国家的主要任务是全面建设小康社会,实现构建和谐社会的发展目标。城市规划的研究发展将进一步转向强化规划的政府调控职能,城乡统筹,提供社会化公共产品;以健康城镇化为目标,更加关注社会问题的解决;开展综合性的空间规划和区域性研究。

#### (六)城市管理研究趋势

新世纪以来,我国城市管理所面临的环境形势比以往任何一个时期都纷繁复杂,不仅有全球化、信息化等国际大环境,更有我国城市发展中表现出的快速城市化、城市区域化、城乡一体化以及城市群崛起等特殊背景。我国城市管理研究也出现了一些新变化:首先是城市管理的公共参与程度有所提高,主体多元化趋势加强;其次是城市管理开始引入了市场机制,条条管理开始向条块结合管理转化;再次是城市管理范围逐渐从城区向城郊和农村横向扩展,城市管理领域也不断向环保、城市文化、公共安全等领域纵向延伸;第四

是城市管理理念和城市管理手段发生重大变化,城市管理更加强调可持续发展,强调管理绩效,强调公众参与,强调现代信息化技术手段的应用。

我国城市管理研究面临着以下三大方面需要迫切解决的重大课题:一是创新城市管理手段,推进城市管理数字化;二是创新城市管理体制,形成城市管理的多元主体格局;三是创新城市管理内容,加强城市社会管理,促进城市空间结构优化与城乡统筹,重视城市成长管理,强化大城市交通管理,构建城市突发事件管理体系。而未来的城市管理研究将会更加关注以下五大方面:以“可持续发展”为理念的生态管理;以“新公共管理”指导的高效管理;以“以人为本”为宗旨的公众满意导向管理;以“公众参与”为方式的主体多元化管理;以“网格化”为代表的数字化管理。

### (七)城市文化研究趋势

城市作为一种文化现象,在人类文明史上具有独特的重要地位。回顾城市发展的历史,文化始终是城市最主要的功能之一,城市不仅是一定地域的经济和政治中心,也是这一地域的文化中心。城市化、全球化在带来经济发展、文化繁荣和生活改善的同时,也给当代人带来巨大的挑战。城市发展正面临着传统消失、面貌趋同、形象低俗、环境恶化等问题,建设性破坏和破坏性建设的威胁依然存在。城市文化正处于转型过程之中,近期的研究共识是:新世纪的城市文化应该反映生态文明的特征;城市发展要充分反映普通市民的利益追求;文化建设是城市发展的重要内涵;城市规划和建设要强化城市的个性特色;城市文化建设担当着继承传统与开拓创新的重任。

“当前新的文化工业正成为城市发展的新动力和创新方向”(P·霍尔)。今后,中国城市科学研究应更加关注积极推动文化与创意产业的发展,促进文化与城市和谐发展,以文化发展推动产业更新,发展一批创新型城市。

## 三、城市科学研究的问题、前景与展望

### (一)学科存在的主要问题

长期以来,城市科学研究一直处于被多学科分割的状况,至少有建筑学、地理学、经济学、城市史学及社会学、环境学等学科进行城市科学研究,其中以建筑规划方面专家的研究最为深入,即人们通常所说的“城市规划”方面的论题。随着城市规模的不断扩大和数量的逐渐增多,城市问题日渐突出,人们发现仅从工程技术角度考虑是不够的,需要从区域、政治、经济、文化、社会、环境等多方面考虑。特别是经济学、社会学、生态与环境学对城市建设进行各种论证,提出了各种各样科学的合理化建议,从而减少了城市问题的产生,使人们充分认识到多学科专家协同作战才是解决城市问题的根本途径。

### (二)中国城市科学研究的前景

胡锦涛在中国共产党第十七次全国代表大会上的报告中提出:“全面认识工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化深入发展的新形势新任务,深刻把握我国发展面临的新课题新矛盾,更加自觉地走科学发展道路,奋力开拓中国特色社会主义更为广阔的发展前景。”

以及“走中国特色城镇化道路,按照统筹城乡、布局合理、节约土地、功能完善、以大带小的原则,促进大中小城市和小城镇协调发展。以增强综合承载能力为重点,以特大城市为依托,形成辐射作用大的城市群,培育新的经济增长极。”这些重要论断为今后城市科学研究指出了方向。

围绕城镇化发展中的新问题展开研究。今后的20年中还将有数亿的农村人口转化为城市人口,其涉及的范围之大,影响程度之深是史无前例的。城市的生态问题、资源的可持续发展、历史文化遗产的保护、城市的防灾减灾、城市交通、城市经济结构优化、城市房地产等问题,都将伴随几亿人口的城镇化产生大量新问题、新矛盾,急需以正确的理论加以引导。

以城市与区域为研究对象,争取重大课题,解决区域性的难题。城市的发展已进入区域化、集群化的阶段,需要城市科学的研究工作者与城市发展的决策者在更高的角度思考城市发展的战略问题,需要以区域和全局的思路来统筹发展、制定规划,需要以城市群、城市一区域为研究对象,争取并进行区域性重大课题研究。

按科学发展观五个统筹的要求,重点研究城乡统筹、区域统筹和人与自然统筹问题。深入研究小城镇及乡村城镇化的具体政策问题,要更多地关注城市社会和谐与城乡协调发展的研究。深入研究城市群之间协调发展在区域协调发展中的作用。深入研究探讨在资源短缺、环境污染、社会发展不协调等约束下的城镇化健康发展问题,尤其是关于社会公平及民生问题。

### (三)城市科学是一门新兴、交叉、发展中的学科

城市科学是一门研究人类聚居及其相关自然与人文要素相互作用和时空演进规律的学科群。由于城市具有多功能、多层次、高度综合的特点,因而城市本身就是一个复杂的有机体,这决定了城市科学是多学科的综合性科学,是建立在多专业学科交叉基础上而又超于专业学科的“科学前沿”。

中国城市化发展比西方晚,城市科学研究也晚了几十年。20世纪50年代以前国家处在连年战争环境,60年代欧洲就在讨论城市环境和环境科学,而我们正在搞“文化大革命”,根本不知道国际学术界的动态。80年代后城市科学逐渐发展起来,城市规划、建筑学、经济学、环境科学、社会学等学者共同参加,并从一开始就注意多学科综合研究。

展望今后城市科学的发展,首先,非常关键的还是综合问题。“多学科综合研究是城市研究的必由之路”。吴良镛指出:把各学科综合起来不太容易,西方早期的科学重视具体分析,优点是深入,缺点是缺乏整合,我们面临的问题是整合、整体研究。要通过多种方式,包括科学共同体、学术沙龙等来促进学科交叉与整合。其次,大力推动社会科学与自然科学在城市领域内交叉沟通。不是就城市论城市,也不是就环境论环境、就交通论交通,而是大家都要跨出去,搭上城市科学这个桥。

总之,通过整合研究,找出短板,扬长补短,使城市的“自然、人、社会、居住、支撑网络”五大系统均衡发展,构建和谐城市;通过交叉研究,使城市发展中的各要素相互协调、良性循环,构建生态型城市。坚持健康的城镇化,坚持和谐城市、生态城市的发展方向,推动整个社会走上生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路,应成为中国城市科学研究的主要方向。

## 第二十章 车辆工程

### 一、概述

世界汽车经过百余年的发展,已成为改变世界的机器,全球第一大商品。现代汽车也正发展成为机电一体化的(高科技)产品。自 20 世纪 80 年代以来,电子技术广泛应用于汽车,出现了汽车电子化趋势,电子器件成本占汽车总成本的比例逐渐上升。在汽车设计与开发以及制造领域,计算机辅助设计和制造、计算机集成制造、虚拟、仿真技术等也得到迅速普及应用,大大缩短了开发和设计时间,降低了成本。当前,汽车生产柔性化、敏捷化趋势深入发展,网络技术也越来越多地应用于汽车设计开发以及制造和生产经营,全球采购、网络销售等电子商务正在使汽车经营方式发生重大变化。进入 21 世纪以来,为应对能源短缺、环境污染不断加重的严峻挑战,在全球范围内,以汽车电子信息技术为核心的技术革新、技术发明等大量涌现;汽车在节能、排放、安全等方面的技术创新也日益由量变到质变,汽车技术进步节奏加快,清洁替代燃料和新型能源汽车技术也发展很快,成果显著。

我国汽车工业起步较晚,在经历一个较长的成长和徘徊期之后,进入新世纪,迎来以超过 20% 的年均增幅的高速度发展阶段,汽车产销规模均已进入世界前列。汽车工业已经成为国民经济的支柱产业,在全面建设小康社会的进程中发挥着越来越重要的作用。得益于改革开放,我国汽车产业在与跨国公司的合作竞争中,不断增强自身实力,提高技术水平,坚持消化、吸收后再创新。现今,我国汽车产品技术及质量与国际先进水平的差距已明显缩小。着眼于汽车产业的可持续发展,我国还积极追赶国际汽车发展潮流,大力发展清洁替代燃料和新型能源汽车。与此同时,我国的汽车制造技术也不断提高,逐渐向世界先进水准靠齐。从我国近年来新建的汽车厂和新投产车型来观察,汽车制造技术已获极大提高,轿车主机厂的四大工艺已接近或基本达到国际先进水平。

随着我国汽车产品技术水平的提高,汽车技术标准的水平也逐渐与国际先进标准看齐或相接近。特别是汽车强制性标准,从汽车安全、环保和能耗等方面对汽车产品的技术性能加以规定。目前,我国汽车标准体系已基本建立,截至 2007 年 4 月,已发布汽车摩托车标准 1169 项。这些标准,绝大多数都是参照 ISO、SAE 和 ECE 等标准或法规制定的。新标准的制定和实施,有力地促进了汽车技术进步和新能源汽车技术研发的开展。

汽车设计与开发技术,在一定程度上,可以反映一个国家的现代科技水平。近年来,由于 CAD、CAE、CAS 和 VR 等技术在我国汽车设计与开发中的广泛应用,使汽车开发流程不断优化,研发周期逐步缩短,成本明显降低。车身是汽车品牌的标志和象征之一,直接体现汽车设计与开发技术的水平。今后,汽车车身开发技术的发展趋势是:开发流程和关键技术研究并重;构建特色品牌的造型技术将成汽车开发主流;混合建模开发技术将广为采用;数字化技术趋向集成化、虚拟化。

近年来,国际、国内汽车发动机技术进步迅速,主要表现在:汽油机的可变气门正时、



涡轮增压和缸内直喷技术的研发与应用;柴油机先进的燃油供给系统、电控技术以及废气后处理技术等的应用。为适应汽车产业可持续发展及节能减排形势,发动机代用燃料技术也快速发展,提高和改善发动机技术性能、燃油经济性和环保性的方案及手段措施,呈现多样化和多元化。动力电池、混合动力、燃料电池发动机技术的研发与应用也是当今国际、国内汽车工业发展的一个明显趋势。

底盘技术的发展和提高,不断推动汽车安全性、行驶稳定性以及汽车舒适性、燃油经济性等诸多技术性能的改善和提高。当前,世界汽车底盘技术发展的一个明显趋势是,在制动、转向、传动等系统(或总成)上,广泛采用电子控制技术,例如,机电一体化的制动防抱死系统、电子稳定控制(或程序)、电动助力转向、电子转向等。应用先进电子控制系统(装置)的各种变速器技术也迅速发展,并得到普及应用,例如,各式各样的自动变速器装置用于不同的车型。国内企业在制动系统先进零部件研发上,成果甚丰。在ABS的开发上也做了大量工作,但与国外同类产品相比,仍有较大差距。EPS、SBW以及AMT、AT、CVT等先进装置(系统)的研发也在进行之中,个别企业已获较大进展。

国内外汽车企业现在均把汽车电子技术的应用,作为开发新车型、改善和提高汽车性能最重要的措施之一。发达汽车生产国每辆车的电子产品价值平均已约占汽车制造成本的27%,高档车的更高些。据预测,至2010年,世界轿车装用电子装置的平均费用,将上升到整车成本的35%左右。在国内现生产的汽车当中,合资企业生产的轿车,汽车电子的应用水平,基本上与国外同类档次车的相当,而国内自主品牌乘用车的汽车电子产品价值,只占到整车成本的7%~10%,与国外先进水平还有较大差距。

我国从“八五”开始,在电动汽车研发上,投入大量人力和财力,取得一系列科研成果。目前已有数十种型号的纯电动汽车和混合动力汽车进入国家产品公告,着手实施产业化。2006年,又有约96个电动汽车及相关零部件研究专项,被列入“十一五”国家“863计划”重大科技专项。预计到2010年,我国电动汽车的研发水平和产业化程度,可望达到国际上较先进的水平。国内外电动汽车技术未来的发展趋势是:纯电动汽车更趋向于小型化和微型化,将以合理的性价比进入市场;混合动力汽车国内外的的发展有较大差异,国外普遍以研发和生产乘用车为主,而我国是以城市公交车为主,并已小批量进入市场;外接充电式混合动力汽车,在锂离子电池性价比进一步提升后,有望成为上班族理想的乘用车,其可能首先在购买力较强的发达国家和地区得到推广应用,此种车型也可能会成为我国电动汽车一个新的研发热点;燃料电池电动汽车虽然是理想的清洁能源车辆,但目前的性价比太低,必须在基础材料和基本理论上新的突破之后,才可能进入市场。

世界汽车制造技术的发展方向是:普遍应用轻量化材料制造技术;大力推广绿色制造技术;广泛采用数字化制造技术;积极推行柔性化、自动化生产方式以及使用计算机集成制造技术。我国汽车的制造技术水平也获得很大提高,先进的设备、新工艺、新的管理方法不断涌现。但总体上看,我国汽车制造技术水平与国际先进水平相比仍存在一定差距,主要是:自主创新能力不强,研发能力弱,高、精、尖等关键设备仍依赖进口,零部件制造水平低、能耗大,排污及回收再生能力差。

汽车材料技术发展的主要趋势是:在钢铁材料中,高强度钢的用量将有较大增长;铝合金在汽车上的应用范围进一步扩大;镁合金呈现快速增长趋势;塑料及其复合材料的用

量也将持续增长;粉末冶金材料向大型化、高强度方向发展;不锈钢的应用已凸现。然而,尽管如此,在今后一个相当长的时间内,钢铁材料仍然占据汽车材料的主要地位。

轻量化材料的应用,是实现汽车轻量化的主要途径之一。材料技术未来的发展方向是:碳纤维、钛合金和金属复合材料有望成为新一代轻量化材料;在轻量化材料技术不断发展的推动下,汽车用材的设计理念将发生很大改变;轻量材料的应用对象,将从乘用车向商用车拓展;轻量化材料零部件制造技术,将是未来研究工作的重点。我国已初步形成汽车材料体系:技术含量高的新产品发展速度开始加快;汽车用高性能钢板、塑料,对进口的依赖程度逐年下降;铝合金及其成形技术,基本上能满足当前汽车工业的需求;镁合金的开发及应用已有良好开端。但在该领域,还有不尽如人意之处,例如:自主创新能力差;铝、镁及复合材料的开发与应用不如国外;汽车专用材料品种繁杂、数量少,产量难以达到经济规模;汽车材料基础技术研究薄弱,基础技术数据与行业统计数据贫乏等。

## 二、发动机及排放控制技术

目前国际上降低汽车排放的主要技术途径,是在采用高压电控喷射系统、增压中冷技术、电控 EGR 等技术措施达到欧 4 排放标准后,一般不再从发动机本身结构、燃油喷射系统等方面采取技术手段,而是通过采用多效化学尾气净化的方法,由此减少发动机本身的生产和技术成本。

汽油机的指示热效率在现有的基础上,还有约 8% 的提高余地,除了改善燃烧外,发动机摩擦磨损还有降低 25% 的余地。实现此目标采取的技术措施是综合性的,主要有缸内直喷、可变气门正时和升程、提高压缩比、均质混合气压燃着火(HCCI)等。

柴油机的指示热效率尚有 7% 的提高余地,发动机摩擦磨损还有降低 15% 的可能。具体措施有增压、燃烧控制、采用 HCCI 燃烧方式、可变气门正时和升程、可变进气涡流、电控高压喷射、电控 EGR 等技术。

随着汽、柴油机燃烧技术,尾气处理技术以及新一代低排放新能源技术的进一步发展,车用发动机的高效、低排放、低噪音是完全可以实现的。

在国内,车用汽油机的排放控制主要采用电控燃油系统、可变进气系统和排气后处理技术。柴油机排放控制技术研究主要集中在电控燃油喷射系统的开发、燃油系统与发动机的匹配技术、电控 EGR 技术等。天然气发动机研究的一个重要问题是如何精确控制空燃比和点火提前角以及提高点火能量,以便改善排放和经济性。对此,可通过发动机电控系统达到此目的。

## 三、汽车底盘技术

电子技术的进步与应用,使汽车底盘的控制由传统的手动、脚踏控制向电子控制方式发展,出现了 ABS、EBD、EHPS 和 ECHPS 等电子类产品。在特殊工况下,对底盘部件的控制,已开始大规模应用主动干预的控制系统来完成,例如 TCS、ESP、EPS 等,更进一步,发达国家已开始研发全电子控制的底盘控制系统和网络化管理的整体样车。

大多数国内汽车制动系统的研发,处在引进、消化、吸收的阶段上。商用车使用的动力转向器多采用行程限位自动调整装置和安全阀装置,有些企业先后开发了多路转向半

整体式动力转向器。对 EPS 的基础性研究,主要集中于控制算法上,国产管轴助力的 EPS 已批量应用于国产汽车,小齿轮助力的 EPS 也已研制出来。我国轿车变速器市场正处于高速发展时期,手动变速器市场自主品牌已占主导地位,自动变速器则主要是进口产品。国内重型机械式变速器的技术水平已接近国外同类产品。与国外液力自动变速(AT)产品相比,国内在设计、制造水平、控制策略等方面都显得很落后。国产机械自动变速器(AMT)虽然已研制很久,但电控系统等方面,技术还未完全过关。我国对 CVT 的研发起步较晚,若干国产车型虽然部分车辆上装用了 CVT,但都是进口产品;有些企业正在开发,但尚未真正步入产业化。

我国汽车底盘技术未来的发展目标:在制动系统方面,大力发展电子类制动系统元件产品,并不断扩大应用范围;在转向系统方面,减少机械转向器比重,提高液压转向器比重,大力发展轿车 EPS,开发 ECHPS,深入研究 SBW,普及安全溃缩可调式转向传动装置;在传动系统方面,手动变速器将不断被自动变速器取代。

#### 四、汽车安全技术

汽车的安全性分为主动安全性和被动安全性两种。目前,汽车主动安全控制系统主要包括 ABS、TCS/ASR、ESP、BA、4WS、汽车主动前轮转向、汽车横摆运动控制系统、汽车主动悬架、汽车主动车身控制以及属于智能交通系统的先进汽车控制与安全系统。汽车的被动安全技术,主要涉及对汽车乘员的防护、汽车结构耐撞性、行人碰撞安全与儿童安全性防护等,例如,乘员约束系统、人体碰撞保护等技术装备就可起到这种保护作用。

我国对汽车主动安全技术的研究主要表现在:对纵向行驶车辆自适应巡航控制系统的研究,对纵向行驶车辆走一停巡航控制系统的研究;对具有最优燃油经济性纵向行驶车辆自适应巡航控制系统的研究;对车道偏离预警系统的研究;对车道保持辅助系统的研究。

目前,用于国内乘用车的乘员约束系统开发设计,主要为前排座椅安全带和安全气囊系统。对完善约束系统的研究尚处于起步阶段。对碰撞生物力学的研究起步较晚,现在的工作,主要是跟踪和引入国际前沿领域的研究成果,进行一些基础性的试验研究。

#### 五、汽车制造技术

本章介绍铸造、压力加工、切削加工、焊接、涂装、电镀、热处理、无损检测、检测、装试等 10 个专业领域的发展概况。

我国汽车铸件正在向高性能、薄壁、轻质、精(确)尺寸、优良切削性能方向发展;铸造生产过程向清洁、废物再生、高效、节能、节材、环保的绿色铸造方向发展。

压力加工技术向着高效、自动减轻汽车重量、降低成本等方向发展,从而产生了精密锻造技术、内高压成形技术、管类零件成形技术、伺服电机压床等新技术、新设备。

汽车机械切削加工技术已由过去传统的专机生产、流水线生产、自动线生产,发展到现今的以柔性技术为特点的生产线生产。高效、精密、柔性化、自动化是切削加工技术变化的主要趋势。高速加工技术、敏捷制造技术、智能化加工技术、绿色加工技术等都将得到快速发展。

发动机、变速器、车桥、车架、车身、车厢等六大总成,是焊接技术在汽车制造中最重要的应用领域。脉冲、双丝 MTG/MAG 焊等代表了当前在汽车制造中应用的高效、高速弧焊新工艺。国内已基本掌握激光拼焊板的变形特点和使用规则,并已在国内生产。轿车乃至卡车焊接线、焊接机器人已被大量应用。

汽车涂装不仅在减少公害方面实现了跨越,而且在降低成本、提高涂装质量上也有显著进步。一些新的技术已开始工艺化应用。在合资汽车生产的拉动下,我国主流汽车厂家涂装技术水平已跻身国际先进行列。

汽车零件的防护性电镀由原来单一的镀锌钝化工艺,向耐蚀性能更好,且具有耐热、低氢脆性、良好加工性能及环保性能的锌合金镀层及无铬达克罗工艺发展。在镀层的耐腐蚀性能获得很大提高的同时,正向镀层耐热性能好、低摩擦系数方向发展。

齿轮渗碳热处理、调质热处理的设备通过引进,有了很大进步,现已国产化。正在大力推广应用感应热处理技术。新型节能筑炉材料、燃气加热、锻后余热等温退火、锻后余热淬火、非调质钢等新工艺和新材料,在节能减排中将发挥重要作用。

无损检测、几何形状检测技术不断得到发展,通过较完善的在线检测、统计分析,实施对动态工序的监控,并向智能化、网络化的监控模式发展。

装试技术综合利用了现代化高新技术,在生产组织和信息管理、物流技术等方面有了较大进步,并向模块化、柔性化、信息化方向发展。虚拟装配技术、AGV 自动导向小车、多品种混流装配技术、模块化技术、高精度扭矩扳手等新技术、新装备被广泛采用。

## 六、轻量化材料技术

当前,世界汽车轻量化材料技术发展具有以下若干特点:在政府的引导下,行业合作(联合)开发渐成主流;低成本轻量化材料制备技术和先进零部件制造技术已成为研发热点;新材料在解决(或缓解、平衡)汽车实现轻量化与保持车辆安全之间的矛盾(或冲突)中将发挥重要作用;汽车应用轻量化材料对环境的影响受到广泛关注和重视;轻量化材料的范畴正在扩大;轻量化材料之间的竞争日趋激烈。已经获得工业化实际应用的轻量化材料,主要有高强度钢、铝合金、镁合金、塑料(包括非金属基复合材料)等四大类。在安全、节能、环保等法规的推动下,预计,未来汽车轻量化材料技术将会朝着如下方向发展:碳纤维、钛合金和金属基复合材料等新型材料将受到重视并获得应用;汽车零部件设计与选材理念将发生重要变化;轻量化材料在汽车上的应用领域不断扩展。

我国轿车工业的快速发展,推动了汽车轻量化材料技术的研发与应用,“九五”、“十五”期间,相继有一批包括轻量化材料在内的汽车新材料项目被列为国家高新技术和科技攻关重大项目,并开发出一批国产轿车急需的金属和非金属材料,促进我国汽车材料的技术进步。最近,在国家有关部门的支持下,国内汽车企业与相关企业及科研院所等 13 家单位,共同成立了名为“汽车轻量化技术创新联盟”的组织,共同开展汽车轻量化材料应用共性关键技术的研究。目前,我国技术含量高的新材料发展很快,主要的铝合金材料基本能满足汽车工业现实的需要,镁合金的开发与应用也越来越多地受到重视,汽车镁铸件的生产已有相当规模。但与国外先进水平相比,我国汽车轻量化材料技术的发展还相当落后,差距很大,需要急起直追。

## 七、新能源汽车技术

大力发展新能源汽车是国际社会应对能源短缺、环境污染和气候变暖问题在交通领域采取的共同措施。世界各国依据各自资源条件和产业技术状况,主要采取制定实施国家交通能源发展战略、组织开展国家重大科技开发计划、实行鼓励性政策等措施,推动新能源汽车的发展。总体来看,尽管在现阶段各国汽车节能技术发展的方向不尽相同、各具特色,但在近中期内发展有资源优势和环境友好的替代燃料(诸如燃气等)调节交通能源结构、减少对石油的依赖、开发应用节能效果显著的混合动力汽车、降低能源消耗、长期发展纯电动汽车和燃料电池汽车、实现交通能源转型的总体趋势则基本相同。近年来,国际新能源汽车的研发和应用突飞猛进。

我国对新能源汽车的发展高度重视,在国家科技计划及相关措施的引导和推动下,新能源汽车的研发和产业化取得了一系列重大成果:代用燃料(例如天然气类)汽车研发与推广应用成效显著;混合动力汽车技术基本成熟且初步具备产业化生产能力,进入小批量商业示范应用;纯电动汽车有效开拓了特定区域市场;燃料电池汽车技术研发等等追赶国际潮流,车辆主要技术性能不断提高;动力蓄电池点击等关键零部件技术取得进一步突破。但总体看,与国际先进水平相比仍然有较大差距。把握交通能源动力系统转型的重大机遇,建立和完善以企业为主体的产学研结合的自主研发创新体系,加强传统汽车共性技术研究,强化新能源汽车可靠性、耐久性考核和共性关键技术开发,进一步完善新能源汽车技术标准和检测能力建设,对于推动我国新能源汽车的技术进步、保持我国汽车工业可持续发展意义重大。

## 八、噪声及振动控制(NVH)技术

NVH不仅是影响车辆舒适性的重要因素,而且也是评价汽车质量品质的重要指标之一。因此,世界各大汽车公司纷纷成立专门的NVH研究机构,并已形成一套比较成熟的汽车振动与噪声特性分析、设计和评价方法,对不同档次的车型采取不同的NVH控制措施。现阶段,世界汽车NVH控制技术的最新进展及发展趋势是:NVH控制技术已应用于汽车新产品的设计阶段;仿真分析的置信度仍是应用领域关注的重点;NVH虚拟环境技术进一步走向工程应用;车辆噪声控制的材料及结构技术有所创新和发展。

随着相关汽车标准的修订,对国产汽车NVH的控制要求也相应提高。因此,国内各主要汽车公司开始重视新开发车型的NVH控制技术,均借助国内与国外的汽车NVH专业技术力量、借鉴先进的汽车NVH工程设计与评价技术和经验,同时大力投资发展汽车NVH分析与实验评价技术条件和能力,在新开发汽车的NVH特性设计以及现生产汽车的NVH问题治理方面已取得明显成效,并已掌握一定的汽车噪声和振动控制技术。但国内汽车行业在该领域与国际先进水平相比,仍存在较大差距。

## 1. Physics

Physics is the science which studies the structures and properties of matters, basic laws of motions, and interactions between matters.

Physics is a foundation for both nature and technical sciences. The discoveries of quantum mechanics and theory of relativity in the last century have led to a series of progresses in atomic energy, semiconductors, lasers, computers, fiber optical communications, and so on. It has great impacts on the social progress and human living, and also makes the 20th century a century of physics. In the new century, physics will still be very active, powerful, and functional just as before.

Physics includes a number of interdisciplinary branches, such as high energy physics, particle physics, nuclear physics, plasma physics, optics, acoustics, atomic and molecular physics, condensed matter physics, statistical physics, relativity and cosmology, etc. Other multidisciplinary branches such as mathematic physics, astrophysics, chemical physics, biophysics, medical physics, material physics, and geophysics will emerge as well.

Here are the present trends of physics: (1) By using more powerful accelerators, such as Large Hadronic Collider (LHC) and telescopes including space telescope, the understandings of both the micro world and the universe will acquire much deeper. Probing Higgs, dark energy, and dark matter are the frontiers of modern physics. (2) With the increase of computational capability, physicists can deal with the real and complex systems. Therefore, the research field will be broadened significantly. (3) The physics concepts, theories, methods, and instruments have been applied to many scientific disciplines effectively. Physics is now playing an important role in different multidisciplinary branches. In the future, many important physics progresses may occur in these multidisciplinary branches. (4) The progresses of physics have more and more closed tie with high technology enterprises and economics. For example, Nobel Prize on Physics in 2007 has been given to two physicists who have discovered Giant Magneto-Resistance (GMR) effect. Now GMR has been used in IT enterprises.

Televisions with liquid crystal and plasma displays become popular to the ordinary residents. In order to save energy resources, semiconductor illumination and gas discharge lamps have taken over the traditional place occupying by incandescent lamps. (5) By using new physics facilities, it could be seen something which have never been seen before. For example, modern electron microscope and Scanning Probe Microscope (SPM) allow us to see atoms and molecules. Synchrotron radiation has been used to study structures and properties of different kinds of matters. The progresses of physics instruments promote not only the physics itself, but also bring along other related scientific disciplines as well as the whole science and technology. (6) Physics is going to become international. The best physics journals and important conferences are all international. The internet makes physicists located in different countries and places closer. Physics researches need large facilities, but single country can hardly give financial support to such facilities. International cooperation provides a solution and LHC & ITER are some good examples among them.

In recent years, great progresses have been achieved on the basic and applied physics in China. Here are some examples: (1) Using upgrade Beijing Electron Positron Collider (BEPC) and Beijing Spectroscopy (BES), new particles, such as X1835, have been discovered. (2) The physical discharge experiment has been conducted successfully on the full superconducting tokamak, that is, Experimental Advanced Superconducting Tokamak (EAST). (3) New generation of ultra-short and super-strong laser system has been designed and operated. Based on the new principle of OPCPA, the laser reaches very high power. Some important results have been obtained in the intense field physics. (4) Intense ultrasonic has been used to kill cancer in human body. The related experiments, measurements, theoretical analysis, and simulations have been done in the laboratories and hospitals. Thousands of patients have been cured by the ultrasonic therapy.

Twenty years ago, micro structure has been introduced to dielectric crystals and formed dielectric super lattice. In dielectric super lattice, the modulation period is compared with the wavelengths of light and ultrasonic. In this way photon's energy band, phonon's energy band, etc. appear in the dielectric super lattice. In the process to set up the material system of

dielectric super lattice, a series of academic contributions have been done. The dielectric super lattice has its important applications.

In order to promote physics research in China, some suggestions are worth to consider. (1) Research funds for both the basic and applied physics should be strengthened further. (2) Physics researches need large facilities. In the past years, large facilities in China have played important roles. According to the research requirement, some facilities should be upgraded. For these facilities under the construction, we hope that they can be used as soon as possible. (3) Chinese physicists should play more an important role in the international organizations and international cooperation projects. (4) Physics education in middle schools and universities should be improved. Science popularization work, especially on physics, should be emphasized. (5) Qualities of Chinese physics journals should be enhanced. Their electronic publishing should be strengthened.

## 2. Astronomy

In this report, frontiers and trends of international astronomy developments, current status of Chinese astronomy, and future development of astronomy in China are summarized briefly. In the end, some suggestions and policies for future support of astronomy developments in China, especially strengthening astronomy education and research in universities, will be put forward.

Advanced instruments for astronomy observations, with higher sensitivity, finer angular resolution, full-sky coverage and continuous observation capabilities, have broadened the horizon of human being enormously, and allowed observations and explorations of the Universe at all wavelengths of electromagnetic waves bands, including radio, infrared, visible, ultraviolet, X-ray, and  $\gamma$ -ray bands; more recently extraterrestrial neutrinos and cosmic rays have also been used to open up new windows of the Universe. New types of astronomical objects and phenomena have been discovered every time when astronomical instruments with new capabilities are introduced. Based upon the results of astronomical observations, large scale numerical simulations, data analysis, and theoretical studies make further quantitative understanding for those new types of astronomical objects



and phenomena. Therefore, the modern development of astronomy can be outlined as being made of a series of new astronomical discoveries and consequent quantitative understanding of those discoveries.

Astronomy studies the origin, structure, and evolution of astronomical objects of all different scales in the Universe; it includes the Sun and all kinds of objects in the solar system, stars and their planetary systems, galaxies and clusters of galaxies, as well as the whole Universe. The earth environments are closely related to the Sun. Studying other planets, including those outside the solar system, and exploring the life phenomena outside the earth are useful for understanding the origin and evolution of life phenomena, and it might also provide the answer to the question whether or not the human being is alone in the Universe. All kinds of extreme astrophysical environments, even including the Universe as a whole, provide natural laboratories for studying physical laws. Astronomical researches have discovered that the Universe is mostly made up of dark matter and dark energy, and challenged our current understanding of physics fundamentally; studying the early history of the Universe might provide tests for physical theories attempting to unify all laws of physical interactions. Achievements of astronomical researches make significant contributions to natural science, culture, and civilization of human being.

Technological advancement and astronomy research results brought forward by development of astronomical instruments, and advanced astronomical observational facilities play important roles in industrial development, national security, and advancement of the society. For example, astronomical research and development benefits to time and frequency measurements, navigation, space exploration, space weather forecast, and radio communications greatly. Astronomy is also a key to the science education and public outreach.

Chinese astronomical researches can be divided into the following 11 fields, that is, the Sun and heliosphere, planet exploration in the solar system, celestial mechanics and dynamical astronomy, astrometry, stars and related research, galaxies and cosmology, radio astronomy, ground based optical and infrared astronomical techniques, space astronomy including space solar physics, and history of astronomy.

Significant progresses have been made in all fields of Chinese astronomical researches, especially in solar magnetic fields, space weather, near-earth small planet detections and their long term orbital determinations, lunar exploration, non-linear celestial mechanics, stellar evolution,  $\gamma$ -ray bursts, dark energy models,  $N$ -body numerical simulations of evolution of cosmic structures, active galactic nuclei and super-massive black holes, galactic structure, model of large scale galactic magnetic field, development of sub-millimeter superconducting receiver, R&D of the Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope (FAST), the Hard X-ray Modulation Telescope (HXMT) mission and the Space Solar Telescope (SST) mission, construction of Large Area Multi Objects Spectroscopy Telescope (LAMOST), and history of astronomy, etc.

Chinese astronomy now is at a historical tuning point. Astronomy research in China has produced many important scientific results with international impacts, it is indicated that some Chinese astronomers are working actively and effectively in the most important international frontiers of astronomy. However, among all these key scientific results, most of them have been obtained with first class astronomical instruments abroad, or based upon theoretical calculations or numerical simulations. Very few key breakthroughs are obtained with Chinese instruments; the main reason for this situation is that the emphasis has not been placed on the R&D of astronomical instruments for long time and inadequate investment has been made into building large astronomical facilities. Now, following the completion of the construction of LAMOST and its soon-to-begin operation, Chinese astronomers will, for the first time, gain the control on large and advanced astronomical instruments competitive at the international level. Therefore, the main focus of the Chinese astronomy community should be guiding and supporting, with coherent efforts, most astronomers in the related research fields to make full use of LAMOST to study planets, stars, galaxies, clusters of galaxies, large scale structures of the Universe, as well as dark matter and dark energy. In this way, many important astronomical discoveries will be made and Chinese astronomy will enter into a totally new era in the history.

The current efforts on site survey in western part of China and South

Pole, the related strategic study and R&D on future large ground based telescopes, the soon-to-begin construction of FAST, as well as participation in future giant ground based telescopes of international collaboration, these all suggest the bright future of Chinese astronomy. In addition, China's Eleventh Five-Year strategic plan of space science calls for HXMT to be launched at around year 2010, a series of international collaboration projects on space astronomy and space solar physics to be implemented, as well as more advanced space astronomical observatory to be developed, built, and launched in the future. These will bring Chinese astronomy into the full frontiers of international astronomical research undoubtedly, and to play a leading role in some fields, thus allow Chinese astronomers to make many original and important astronomical discoveries and breakthroughs.

On the other hand, it is also clear that the Chinese astronomy community is too small, does not match the large nation status of China, as well as meet the demands of future development of Chinese astronomy. Currently most researchers are concentrated in the system of National Astronomical Observatories of China and a few other research institutes in Chinese Academy of Sciences (CAS). Opposite to the situation in most developed countries where astronomical research is dominated by researchers and students in universities, the overall university-based astronomy community in China is far too small. This situation is very unhealthy to the future development and training of next generations of astronomers. Despite of this, there are some excellent astronomers in a small number of universities in China. Recently, the "Astronomy Joint Fund" has been established jointly by CAS and the National Natural Science Foundation of China; the fund focuses on fostering collaborations between CAS and universities. This program is very important and visionary, and will improve the development of astronomy in Chinese universities significantly, and thus will have profound impacts on the long term future of Chinese astronomy.

### 3. Ocean Science

Ocean Science (Marine Science and Technology), as the basic and comprehensive natural science and frontier technology, is a tool for scientifically understanding the ocean and for the ocean exploitation,

utilization, and protection; and it is also an important support to the social and economic development in maritime countries. Thanks to the promotion and implementation of international ocean science programs, the marine science and technology has achieved rapid development, it has opened up many new research areas and boosted the development of marine industry.

In general, the development of marine scientific and technological research in China keeps pace with that of international marine science and technology. Boosted and supported by state programs, such as the “National Key Technology R&D Program” and “National High-tech Research and Development Program”, a number of key research programs and cooperative studies were carried out in the marine resource development, environment protection, and global climate change, fruitful results were achieved which attracted much attention from all over the world. For example, in the aspect of marine scientific research, the theory of coupled wave-circulation model has been established; it reveals the mechanism of formation and variation of the circulation in Chinese offshore areas. A theoretical framework of the formation and evolution of marginal seas of China has been set up and some important prospective areas for oil and gas exploitation in Chinese marginal seas were identified, and ODP LEG184 aiming at the “History of East Asian Monsoon Evolution Recorded by the Sediments from the South China Sea and Its Global Impact” obtained significant result which has been highly rated by the international geological community. In the aspect of polar research, the Chinese Antarctica expedition team reached the summit of the icecap in the Antarctica. It is the first time that man explored the summit. In the aspect of deep ocean exploration, China conducted the first round-the-world cruise for both deep seabed resource exploration and marine scientific research. In the aspect of marine technology, China has launched two ocean satellites, built two Automatic Underwater Vehicles (AUV) that has the maximum operational depth of 6000 meters, constructed an Offshore Floating Production, Storage, and Offloading (FPSO) system which ranks as the international leading level. Some significant breakthroughs have been obtained in the development of a group of key technologies and equipments for ocean observation and resource exploration. A great achievement has been gained for Seed Engineering in Marine Culture and Engineering Culture which

has greatly promoted and upgraded the mariculture industry in China. In a word, with the increase of the national strength, the marine scientific research areas of China are gradually expanding from the offshore to the deep oceans and Polar Regions.

However, there still exist some problems and defects in the development of marine science and technology in China. Mainly they are the basic work in marine scientific and technological research which is rather weak, the sharing system for marine instruments and marine data has not been established, the marine scientific and technological contingent is short of leading scientists with international talent, the observation stations and platforms at sea for marine scientific research and experiment are insufficient, and the funds for marine science and technology research and development are inadequate. All these problems and defects have restricted the development of the marine science and technology in China. In comparison, with the level of the world's advanced maritime countries China is left behind for about 10 years in terms of the development of marine science and technology.

To meet the strategic demands of the social and economic construction for marine science and technology and enable China to develop into a advanced maritime country as early as possible, it is imperative to raise up a large margin in the marine scientific and technological research level and enhance innovation ability, so as to gradually narrow the gap between China and the world's advanced maritime countries in the field of marine science and technology. For this reason, it is suggested that the state should establish a national policy-making and coordination body to deepen the structural reform for the development of marine science and technology, optimize the allocation of scientific and technological resources, speed up construction of the marine scientific and technological research bases with international standard to form a innovational contingent for the development of marine science and technology, establish a sharing mechanism for scientific and technological information and key marine instruments and equipments, and take an active part in bilateral and multi-lateral cooperation in the field of marine science and technology.

## 4. Biological Sciences

The 21st century, predicted by many researchers in the scientific field as

a century of life sciences, has already witnessed a large number of breathtaking breakthroughs in the fertile research ground of biological sciences. As part of the collective efforts by China Association for Science and Technology (CAST) to produce up-to-date progress reports for major scientific disciplines, it is presented here the 2007—2008 progress report on biological sciences.

It became obvious from the beginning of this project that it will be impossible to exhaustively cover all the noticeable landscapes of biological sciences due to the extremely broad scope of the field. Instead, this report is focused on some of the topics representing the most exciting growth points in today's biology. While each of the subject report is dedicated to the discussion of a specific topical area, such as stem cell biology, the integrative report aims at providing a general perspective for the various selected sub-disciplines of biological sciences touched in this volume. Four major sub-disciplines are covered in this report, namely, cell and molecular biology, neuroscience and cognitive science, plant biology, and systems biology. These sub-discipline classifications are mainly meant to provide a conceptual framework for discussions, as crossing and merging of sub-disciplines are common, leading to the “blur out” of classical discipline borderlines.

The section of cell and molecular biology contains six sub-sections covering these distinct areas: stem cell research, the function of small RNAs, epigenetics and epigenomics, molecular/cellular basis of innate immunity, cancer biology, and finally, protein modification and degradation. Stem cell research has been and remains one of the fastest-moving fields in biology. The classical research areas in embryonic and adult stem cells continue to make steady progress, for example, in understanding the molecular basis of ES cell pluripotency and the epigenetic changes associated with cell differentiation. Nevertheless, the most exciting development clearly belongs to recent breakthroughs in successfully reprogramming differentiated mouse and human cells into ES-like stem cells (iPS cells, for induced pluripotent stem cells) via the introduction of a few selected transcription factors; and the successful derivation of iPS cells opens up new avenues for both basic research and regenerative medicine. The discovery of the small RNAs (siRNAs, miRNAs, and recently, piRNAs) has dramatically changed

our views on regulation of gene expression and made significant impact on the research of numerous related biological processes, such as development, differentiation and tumourigenesis; and the ability to knockdown the expression of specific genes by RNAi has also transformed our daily research activities. Currently extensive efforts are dedicated to elucidating the molecular mechanisms by which the various classes of small RNAs act *in vivo*, understanding how their actions are integrated into the biology of the cell and of the organism, and developing potential RNAi-based therapeutics for treating human diseases. Aside from stem cells and RNAi, another “just-as-hot” area is epigenetics/epigenomics; and interestingly, these three frontier areas also intersect with each other as epigenetic regulation clearly plays critical roles in stem cell biology, while RNAi-mediated mechanisms are known to regulate epigenetic modifications. The sub-section on epigenetics and epigenomics discusses following topics briefly, such as X-inactivation, DNA methylation, histone modifications, and the human epigenome project.

The next two sub-sections, on innate immunity and cancer biology, represent topics that are more directly related to human health/diseases. The study of innate immunity has been a major growth point in immunology in recent years. This sub-section presents an overview on host-pathogen interactions, and summarizes mechanisms used by host cells to detect the invading pathogens as well as strategies employed by the pathogens to evade host defense and immune responses. In cancer biology, the study of tumor suppressors, cancer susceptibility genes, and metastasis remains major points of interest. The cancer genomics approach has led to the identification of many previously unknown mutations (and other genetic changes) associated with cancer, and will continue to reveal novel mechanistic insights of tumourigenesis and provide clues for new therapeutic targets. Tumor stem cells have been identified for a number of cancers, and the research on these cells holds the promise of getting to the root of the fundamental issues in cancer biology, such as tumor formation, metastasis, and drug resistance. Finally, the cell and molecular biology section closes with a discussion on protein modification and degradation. Protein modification plays a fundamental role in generating functional diversity, regulating cellular

signaling, and conferring the complexity of life. While protein phosphorylation has been extensively studied, some of the other common modifications, such as ubiquitylation, sumoylation, methylation, and acetylation, are of major recent interest and therefore are discussed in the report.

The next section of the integrative report deals with neuroscience and cognitive science. In neuroscience, the study of basic biology of neurons and neural networks continues to yield fundamental insights on the cellular and molecular basis of plasticity, learning and memory. The research on neurodegenerative diseases and mental disorders not only directly pertains to human health, but also serves as a unique opportunity to gain better understanding of the neuronal system. Identification of susceptibility genes associated with disorders, such as schizophrenia and bipolar disorder, provides the groundwork for the future investigation of pathogenesis mechanisms. For neurodegenerative diseases, such as AD and PD, an important progress has been made in studying disease genes, and in understanding their molecular pathogenesis where abnormal protein modifications/folding/degradation seems to play a key role in mediating neuronal death. Cognitive science aims to understand the nature of human mind. With the rapid advances in research technology, especially various imaging techniques, significant insights have been gained in areas ranging from fundamental cognitive processes, such as perception, attention, and consciousness, to mechanisms of cognitive control and neural basis of complex functions, such as emotions and social decisions.

Plants provide the material basis essential for sustaining higher life on earth. Plant hormones and their signaling pathways remain an area of extensive research, which is integrated into the study of numerous physiological processes regulated by these hormones, such as plant development and plant stress responses. The study on plant development continues to focus on key genes and signaling pathways related to specific developmental processes, such as root development, leaf formation, and flowering. Due to their immotile life style, plants constantly face stresses from both biotic and abiotic sources, and have evolved complex stress response mechanisms to cope with stress conditions. The roles of various



transcription factors in plant stress responses, as well as the actions of hormones, such as ABA and SA and of the second messenger  $\text{Ca}^{2+}$ , are discussed. The last part of the plant biology section provides an overview of recent research technology advances in this field, including transgenic techniques and “-omics” approaches in plants, such as proteomics and metabolomics.

The integrative report closes with a final section on systems biology, a still developing new field in biological sciences. Completion of the human genome project marks the new “post-genome” era of life sciences. The development of genomics, transcriptomics, proteomics, and metabolomics has provided opportunities for obtaining and analyzing the biological information at an unprecedented scale. Systems biology aims to synthesize the information gained from “-omics” approaches with that from classical cell and molecular biology, to provide a new, system-level of insight for various biological systems/processes studied. In order to achieve this goal, the approaches involving bioinformatics and computational biology have to be actively integrated into systems biology research. While collectively the emerging multi-disciplinary field of systems biology appears overwhelmingly complex, an ultimate challenge is how to eventually “simplify” the problems to enable accurate predictions on the dynamic behaviors of a biological system based on certain specific inputs or perturbations. To be able to do so for complex systems will not only be a revolution in biology, but also have enormous impacts on related fields, such as agricultural, environmental, and medical sciences.

## 5. Management Science and Engineering

As a discipline that provides theories and methods for studying the law of management activities, Management Science and Engineering (MS&E) particularly emphasizes on the basic and pioneer research of management sciences. Its research achievements equip professional management scientists with effective scientific theories, methods, and technical support in their research or practice activities. Therefore, MS&E, in certain sense, is more basic than other branch subjects in management sciences. The progress of MS&E plays an important role in advancing other branch disciplines

Being a relatively independent discipline in the modern scientific system, MS&E has gradually founded its base with comparatively systematic theories and discipline system. The MS&E research force has been formed and its graduate education develops quickly. The Nature Sciences Foundation of China has been the key impetus to develop MS&E in China by its rapidly increasing financial support.

Based on analyzing hot topics both in domestic and international research, surveying recent year literature, and consulting with experts widely, the following research fields are convinced to be pivot ones: operations research and management, knowledge management, risk management, supply chain management, complexity study, industrial engineering, management game theory and modeling, management system engineering, decision theory and techniques, forecast theory and techniques, etc.

Seven fields among them are selected to do the special introduction. They are new theories and new methodologies, information management, industrial engineering, project management, emergence management, risk management for complex systems, and supply chain management.

In past few years, MS&E research in China has gained great progress. Part of research results is in or close to the advanced international level. Representative innovations include the successful project management for “Shenzhou” spaceship, system-evaluating methods based on Data Envelop Analysis (DEA), the grey systems theory, the input-occupation-output techniques and forecast of national grains production, the trade and price forecasting model for farm produce, and agricultural decision system.

The following approaches are suggested in order to make further evolution of MS&E. (1) Emphasizing on closely combining the management sciences research with the national social and economic development goal and paying attention to solve momentous realistic problems in Chinese economic and social development. (2) Extending the sources of financial aid and improving the funding level. (3) Strengthening the training for leaders of a field of learning and research groups. (4) Promoting cross-disciplines study and exploiting new research directions. (5) Enlarging international academic exchange and cooperation. (6) Innovating the graduates education mechanism.

(7) Paying attention to the platform construction for MS&E research, and forming a share system for research achievements and resources. (8) Exploiting the active role of academic societies and incubating world-wide academic name brands in the fields of MS&E.

## 6. Hydrosience

In recent years, great progress has been made in the theory and practice of the studies on the high-velocity flow of dam and new energy dissipation facilities. Hydro-informatics and eco-hydraulics have attracted wide attention and launched relevant research. Breakthroughs have been made in areas such as hydrological process simulation, fundamental theory of water resources and research on water-related strategic issues, rational allocation of regional water resources, etc. Theoretical research on sediment movement and river-bed evolution is in a leading position in the world. The studies on sediment resources utilization in river basin and optimal allocation have been progressing well. Remarkable progress have been made in the studies in connection with flood and drought risk management, risk-sharing and compensation pattern, structural and non-structural measures for mitigating water-related disasters, etc. Great progress has been made in the studies on the efficient utilization, optimal regulation and control of agricultural water resources, etc. Preliminary results have been gained on environmental impact assessment for river basin planning and development, carrying capacity of water environment in a broader sense as well as ecological water-demanding process, etc. As a result, theoretical framework of eco-hydraulic engineering has been suggested basically. A series of world-class large dams have been constructed successfully such as high arch dams, concrete gravity dams, roller compacted concrete dams, faced rockfill dams and core wall type rockfill dams. That indicates that significant breakthroughs have been made in the studies on structure design, materials and construction technology of high dams in China and these studies have reached a leading level in the world. The studies on hydro-mechanical flow field, structural dynamics and stability, cavitations and abrasion, etc. have basically reached the same level as the similar studies in the world. Remarkable progress is also witnessed in the studies on optimal multi-reservoir operation based on advanced

monitoring, measurement and control.

In the past 3 years, research activities in the hydrosience are recorded with rich and substantial results, winning 12 national second-class awards. Each of the branch subjects of the hydrosience has published a large number of influential papers and books. Great attention has been given to the protection of intellectual property rights of software and application for patent.

In summary, the general level of the hydrosience in China has been basically brought in line with international practice. In particular, such studies as the theory and application of water resources, dam construction technology, agricultural water-saving and irrigation, river sediment have been in the world's leading position, whereas some branch subjects do not have sufficient ability in independent innovation with some theories and key technologies lagging behind the advanced level in the world. Emphasis should be put on such research subjects as eco-hydraulics, uncertainty estimation theory and method for flood forecast, water cycle and water resources security under the impact from both natural change and human activity, ecology-friendly hydraulic project construction, ecological recovery of water, new type dams and structures, dynamic and static analytical theory and method, control and management of flood and drought disaster, integrated river basin management.

With an increasingly tremendous impact from global climate change and human activities, the hydrosience in the 21st century will face the challenge of development and protection and enter into a new phase of development in a more balanced manner. The branch subjects of the hydrosience such as hydraulics, hydrology and water resources, water environment and ecology, hydraulic project construction, flood and drought disaster control and sediment science will pay more attention to the sustainable utilization of water resources, ecological and environmental protection, harmony between human and nature. More attention should also be paid to exploration of macro-issues, considering rivers as an integrated part of the compound system of human socio-economic activities. High-tech will play an important role in promoting the development of the traditional hydrosience.

In order to further promote the development of the hydrosience, China

should discriminate between the connotation and development direction of the hydrosience from the viewpoint of the harmony between people and nature and pay close attention to the research on the development strategy of the hydrosience. The fundamental and interdisciplinary research related to the national water security and construction of science and technology infrastructure should be strengthened. High-tech should be applied to the hydrosience more widely. It is necessary to formulate the policy related to the promotion of technological innovation and result transfer, to further combine science and technology resources and to establish an interdisciplinary and resource-sharing mechanism between different branch subjects. Finally, it is important to further strengthen the capacity building of research personnel and promote academic exchange and cooperation both at home and abroad.

## 7. Engineering Thermophysics

### I .Development Summary of Engineering Thermophysics

As a technical science, engineering thermophysics is to reveal the basic rules for energy transfer and conversion in the form of thermal energy, and to recommend the guideline for engineering practice. The first law of thermodynamics and the second law of thermodynamics are basic principles of engineering thermophysics. On the basis of these fundamental principles, engineering thermophysics gives the basic rules for energy conversion and utilization. From relying on renewable energy sources to wide utilization of fossil fuels, from simple thermal cycles to complex thermal cycles, from individual power plant to huge electric grids, engineering thermophysics have been played the important role in pushing the development of energy utilization technology.

However, with the development of industrial age, the problems including the energy resource deficiency, the ineffective energy utilization and the environmental pollution have been becoming more and more severe, which really threaten the future of human society. With limited energy resources but fast economic development, abundant coal but little petroleum and natural gas, and low efficiency in energy utilization but heavy pollution, these problems are even worse for China. Shifting fossil fuels to renewable

energy, using distributed energy systems as the complementary to the big grid, and innovative energy systems with lower emission are the major promising directions for the further development of energy thermophysics. To realize the sustainable development, finding the innovative technologies for energy utilization and environmental pollution control is necessarily considered as one of the most urgent problems in China.

## II .Progresses of Engineering Thermophysics in China

Engineering thermophysics is one of technical sciences, which is composed of several subjects including statistical thermophysics, energy systems, heat and mass transfer, etc. Each subject has characterized theories and application fields. For example, on the basis of first law and second law of thermodynamics, fundamental research of thermophysics is to provide the principle and methodology for energy utilization and emission control.

### (1)Fundamental research of engineering thermophysics

In the fields of statistical thermophysics and molecular modeling, two aspects of advancement have been achieved, including introduction of Fractal theory as a new analytical tool, and the practical progresses in fields of statistical thermophysics and molecular modeling.

Refrigeration cycle driven by middle or low temperature heat, and absorption and adsorption refrigeration, multi-stage refrigeration cycle, have achieved deeper research. Phase changing for energy storage using water-based mixed working fluid have been widely used. With the help from development of thermal acoustic theory, thermal-acoustic refrigeration and thermal-acoustic electricity generation technologies have achieved progress not only in laboratory, but also in application.

Theory of energy synthetic cascade utilization has been continually advanced. As the representative technology of energy cascade utilization, distributed energy systems have achieved progresses in aspects of fundamental research, key processes and system integration, which laid foundation for industrial demonstration of this technology. The principle of combined cascade utilization of chemical energy and thermal energy initiates the new research for cascade utilization of chemical energy, which shows the biggest potential for further development of the energy system, and expands the field for the energy cascade utilization.

In the field of renewable energy utilization and greenhouse gas control, the special program for solar thermal power generation technology has been started. Integration principle of energy cascade utilization and CO<sub>2</sub> separation is initially proposed. Synthetically integrating the coal mining, clean coal utilization, fuel transportation and CO<sub>2</sub> capture and Storage, the new Energy Network scenario for China is proposed to solve the problem of energy and environment simultaneously.

### (2) Aero-Thermal Dynamics and Fluid Machinery

Currently Computational Fluid Dynamics methods with 3-dimension and viscous model have been applied to aircraft engine design, especially for the turbomachinery. The evolution from 2-dimension, quasi 3-dimension, steady designing system to full 3-dimension, viscous and unsteady one is the developing trend of this subject. In the aircraft engine design filed, this trend is embodied in the Fan/Compressor, Counter-rotating Turbine and ramjet engine techniques.

From the aero-thermal dynamics angle, for further development of gas turbine technology in the future, it is necessary to investigate the complex unsteady flow in high performance turbomachinery, the gas turbine blade cooling technology which is closely related with aero-thermal dynamics, the thermo-fluid-structure interaction principle and optimizing design method of the blade cooling technology. The correlative work will focus on the coupling of the unsteady flow in compressor and its control structure, increasing the stage load and unsteady performance, the foundational problem of turbine blade cooling and its thermo-fluid-structure interaction, the 3D design theory and basal structure of the design system.

As for the investigation of turbomachinery, great progress has been achieved on turbine compressor, water turbine, pump turbomachinery, and wind turbine. The above work will offer technical support to the national emergent requirement and significant projects such as West-East natural gas transmission project, Three Gorges Project, South-to-North Water Diversion Project and wind power.

### (3) Heat and mass transfer

The research of heat conduction was focus on the energy transfer under extreme conditions such as the laser heating and MEMS/NEMS technology

came forth. The heat conduction under micron and nano scale has become another new research topic.

The research of convection heat transfer trended to complex problem and the intercross of difference domains such as non-linear question, direct onflow simulation and micron scale natural convection heat transfer.

The research of radiation heat transfer was developed to meet the requirements from aviation and spaceflight, infrared detection, infrared characters of object and environment, strong laser utilization, manufacture of functional material and biomedicine.

#### (4) Combustion

The theoretic research included to improve the theory of combustion, to explore pollution generation mechanism, and calculating simulation of combustion. The biomass or garbage combustion technology, pollution control technology, fire, and combustion diagnosis have attracted efforts in recent years.

#### (5) Multi-phase flow

The emphases of multi-phase flow research were focus on the numerical model establishment and numeral simulation. The researches of two phase flow were developed rapidly but the research of three phase flow was in the beginning. In addition the research on the granule dynamics, the theory of wave in multi-phase flow, and parameter test of multi-phase flow also caught more and more attention.

### Ⅲ. Foreground of the subject of engineering thermophysics

The long-term developmental objects of subject are: establishing a reasonable and steady researcher group, constructing a passel of advanced research bases, and making the research of the engineering thermophysics of China approaching or reaching the international advanced level. The research will provide new approaches to solve the key energy resource problems restricting the development of Chinese economy, and support the development of new energy technology and industry. The developmental emphases of subject are located in: to pay attention to the crossover of different subjects including energy with environment, energy with material and energy with biology, to develop new clean fossil fuel technologies especially for coal, to promote the developing of renewable energy to



establish sustainable energy systems, and to enhance the basic research on clean coal utilization, large scale energy storage, and biomass energy use.

There are several fields should be developed preferentially. The first field is the energy saving and scientific use of energy. It not only includes cascade utilization of energy but also includes energy management such as law and policy. The second field is the clean coal technology as coal will be the Chinese primary energy resource in the middle and long term. New coal based energy system, such as IGCC, PFBC, poly-generation system, will be developed and popularized in China to reduce the SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> pollution. The third one is to develop renewable energy systems to efficiently using Chinese abundance solar energy, wind energy and biomass energy. The use of renewable energy will reduce the dependence on fossil fuel. The last field is the greenhouse gas control technology and strategy. The new CO<sub>2</sub> capture and storage technology with low energy penalty will be developed and proposed the road-map of greenhouse gas control suiting Chinese condition.

## 8. Control Science and Engineering

Over the past few years, Chinese researchers in automation have made significant progresses and contributed to the control science and engineering greatly. Automation has become one of keys to support and ensure the success of the current social and technology development in China.

In China, the automation science and engineering discipline has been divided into five areas, that is, control theory and engineering, pattern recognition and intelligent systems, systems engineering, measurement technology and control equipment, and navigation technology and flight control.

For the last few years, the major challenges and driving forces in research and development of automation are from new connectivity, diversity, and complexity. They are provided by advancement at computing, communication and intelligence in operations, functions, and scales of control systems. The recent initiatives and the state of the art can be summarized briefly in sequel:

(1) Research and study in nonlinear, stochastic, and complex systems are still the major effort for both theoretical and practical investigations in

automatic controls. Fundamental and significant contributions have been made in feedback capacity, large scale nonlinear and non-equilibrium dynamic systems, identification and control of Wiener and Hammerstein processes, as well as intelligent control of complex systems. New concepts and methods for open giant complex systems, such as collective intelligence, social intelligence, and computational methods based artificial societies, computational experiments, and parallel managements, have been developed.

(2) Issues related to the Networked Control Systems (NCS) have become one of focal points both in China and other countries of the world. Chinese researchers have achieved significant results in modeling, analysis, and synthesis of NCS, particularly, in hybrid systems, virtual control, delay and congestion, predictive control, and agent-based control and management.

(3) From traditional engineering problems to complex social-technological systems, especially cyber-physical systems, Chinese researchers made significant progresses in addressing control-oriented issues at new and emerging areas of intelligent transportation systems, services systems and science, e-business and u-societies, web science and social computing.

(4) Toward deep intelligence, high autonomy, and sophisticated applications of robotic systems and technology, research efforts in social robots, intelligent vehicles, and unmanned aerial vehicles (UAV) have been increased significantly in the last three years, and significant results have been obtained in flight control technology along the direction of fully independence, high precision, and in digitization, integration and networking. In addition, successes of robot soccer competitions, grand challenges of autonomous vehicles, and UAV's military applications have greatly inspired the interest of general population in automation and control.

(5) Topics in cognitive sciences have emerged as new directions in intelligent information processing and complex systems. Significant progresses in brain cognition, brain computing, neural interface, bio-design, especially in brain computer interface, have been made by both Chinese scholars and other scientists in the world. Efforts in bio-informatics and medical informatics are still strong and march toward general digital and intelligence sciences for medicine, traditional Chinese medicine, and health.

(6) Although we have entered an information-rich era, the problem of

information over-loading has become a big obstacle to the positive and effective use of information. Chinese researchers have made significant efforts in intelligent and automatic processing and understanding of digital contents, from traditional media to web forms, from data to pattern, and from physical to biological. A great number of new methods and significant progresses in data mining and machine learning technology have been made. Many advances in new and merging areas, such as biometrics, medical images, disease informatics, intelligence, and security informatics, have been accomplished.

(7) In measurement technology, sensor networks, especially wireless sensor networks, are still the focus of research and development. Significant progresses have been made in intelligent information processing, system architectures, and operation control and management of such networks. However, the expected wide availability and application of RFID technology has yet to be materialized both in China and the rest of the world.

From 2005 to 2007, 13 National Awards in Science and Technology have been received in the field of automation science and engineering, including 11 second class National Awards in Science and Technology Progress, one second class National Award in Technological Invention, and one second class National Award in Natural Sciences. Among them, two awards, namely, “Theory and Methods of Real-Time and Intelligent Control and Optimization for Complex Production and Manufacturing Processes” in Science and Technology Progress, led by Professors Wu Cheng and Chai Tianyou, and “Studies on Theory and Methods of Intelligent Control” in Natural Sciences, completed by Professor Wang Fei-Yue, have been selected by the Chinese Association of Automation as the most significant accomplishments in science and technology during the past three years.

In the research on “Theory and Methods of Real-Time and Intelligent Control and Optimization for Complex Production and Manufacturing Processes”, critical issues regarding actual demands and requirements are addressed for control and optimization technology by complex production and manufacturing processes in Chinese large to medium metallurgy, chemical, and textile enterprises. A number of innovative methods based on integration of modeling, control, and optimization technologies combined with both intelligent and mathematical approaches are developed systematically to solve

control and optimization problems in complex production and manufacturing processes. Successful applications are implemented at many production systems in China over the past few years. Due to his outstanding contributions, Professor Chai Tianyou was elected as the member of the Chinese Academy of Engineering and a Fellow of Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) in 2005 and 2007, respectively.

In the research about “Studies on Theory and Methods of Intelligent Control”, an analytical framework for intelligent control and systems has been established over a period of two decades, the framework consists of analytical models for system structures and processes, algorithms for computing with words and human machine interfaces, and implementation technology and methods using agent-based control in networked environments. Due to his outstanding contributions, Professor Wang Fei-Yue was elected as the Fellow of IEEE, International Council of Systems Engineering (INCOSE), American Society of Mechanical Engineers (ASME), International Federation of Automatic Control (IFAC), and American Association for Advancement of Sciences (AAAS), and recognized as a distinguished scientist by Association for Computing Machinery (ACM) recently.

## 9. Space Science and Technology

After more than 50 years' development, China's space science and technology has been applied extensively in many fields, such as national economy, national defense construction, culture, education, and scientific research, and resulted in huge economic and social benefits and exerted a widespread and profound influence on human society and life.

During the period of 2003—2007, China's space science and technology has developed rapidly and made significant progress. In the respect of space launcher technology, the Long March series launch vehicles have made more than 100 flights with over 60 consecutive successes, it ranks among the first-class launch vehicles in the world; and the development of the new generation of launch vehicles for the coming 30 to 50 years has made a series of great breakthroughs. In the respect of spacecraft technology, the applied satellites have realized the development based on serialization and common bus with

significantly improved reliability and operation lifetime. In the respect of manned spacecraft technology, both Shenzhou-5 and Shenzhou-6 manned spaceflight missions have got complete success; China becomes the third country in the world that has the capability to carry out manned spaceflight independently. In the respect of lunar probe technology, the complete success of China's first lunar mission marks that China has entered the national club with capability of deep space exploration. In the respect of space launch and TT&C technology, China has successfully carried out the launch and TT&C missions for Shenzhou spaceships, lunar orbiter and various satellites in Earth orbits, provided a strong support for the development of Chinese space industry. In the respect of subsystem and supporting technologies, technologies including vehicle guidance and control, space propulsion, aerodynamics and flight mechanics, space manufacturing process, space materials, and space quality and reliability have been developed smoothly, and laid a solid foundation for the overall development of Chinese space science and technology.

While Chinese space science and technology has been developed rapidly, the world space science and technology is also made giant strides. It is necessary for us to have a specific and objective understanding of our own technical level and development targets through keeping abreast of the overall development trend of the world space science and technology and analyze the gaps between China and the advanced foreign countries in the various fields of space science and technology so as to realize the leap-forward development of Chinese space science and technology. At present, all the major space powers have worked out their long-term space development planning and increased their investment in space; the United States, Europe and Japan have completed the upgrading and replacement of their heavy launch vehicles, many countries have proposed new launch vehicle development programs and accelerated the development of small launch vehicles; the applied satellites have made great progress, for example, the new Earth observation satellites have been launched, the communications satellites have been upgraded or replaced by the new generation, and the navigation and positioning satellites of three navigation and positioning satellite systems are operating at their own orbits; the United States and Russia are opening up new ways for the

development of manned space transportation system and speeding up the construction of the International Space Station (ISS). Significant achievements have been made in the field of deep space exploration, the moon and the Mars will be the long-term emphasis of deep space exploration activities in the future, and new progress will also be made in the planetary exploration. Compared with the advanced countries in the world, Chinese space science and technology still has a long way to go, whether it's overall development level or its various specific technical fields.

The period of 2008—2009 is critical for the development of Chinese space science and technology, we further define the main development targets in various technical fields for the coming two years according to the current situation of Chinese space science and technology and the future needs of the country. In the respect the space launcher technology, we should implement the reliability improvement program for the Long March launch vehicles, simplify the launch process, modify the LM-2F launch vehicle, and develop the new generation of launch vehicles and new small liquid launch vehicles as soon as possible. In the respect of spacecraft technology, we should lay emphasis on the super high-resolution Earth observation technology, space communications technology, Beidou-2 regional navigation, and positioning system, make breakthroughs in lunar soft landing, automatic roving survey, and the related technologies, and carry out the research on platform technology. In the respect of manned spacecraft technology, we should master the technology for astronaut Extra-Vehicular Activity (EVA), promote the rendezvous docking technology for space vehicles, and make research on space laboratory and space station. In the respect of lunar probe technology, we should solve the problems in key technologies, such as overall concept design and optimization, lunar soft landing technology, lunar roving technology, onboard TT&C communications technology for lunar exploration, and comprehensive electronic technology, which are related to the lunar soft land and rover. In the respect of space launch and TT&C technology, we should solve the problems in key technical area, such as the transportation of large launch vehicles and large mobile launch platform, carry out the research on the launch technology for small launchers with cryogenic propellant and mobile launch mode, strengthen the construction of

TT&C communications system, build the integrated TT&C information network, and carry out the research on the modulated/demodulated technology for high-rate data transmission, TT&C information security technology, and TT&C communications equipment. Moreover, we also define the main development targets for space subsystems and supporting technologies in the next two years.

In the light of Chinese strategic goals of building a well-off society in an all-round way and an innovation-oriented country, we make prospects for the future development of Chinese space science and technology, define the main targets and tasks in the future longer period, and propose the overall development way and measures for realizing the above mentioned targets and tasks. The main targets and tasks for the future development of Chinese space science and technology are following: developing new generation of heavy launch vehicles to enhance space access ability; expanding highly reliable large-capacity communications satellite technology to realize the satellite serialization; burgeoning new remote sensing technology to improve Chinese Earth observation ability; growing the navigation and positioning satellite system through different phases; forming Chinese independent operational satellite navigation and positioning ability; continuing the follow-on manned space program to realize the residence in space; carrying out the second and the third phases of Chinese lunar exploration program; enhancing Chinese capability of space scientific research and deep space exploration; developing further space launch and TT&C technology; and improving the development level of subsystem technology and supporting technology. In order to realize the above mentioned targets and tasks, we must combine the traction force of the national development needs with the motive force of the development of space science and technology closely and adopt the following measures in the future development of Chinese space science and technology, that is, laying emphasis on the top-level design and overall planning to realize the sustainable development, implementing major projects to promote the independent innovation, and increase the whole level of China's space science and technology; expanding the application scope of space science and technology to improve Chinese ability of operational service and industrialization; intensifying the basic technical research to improve the

original innovation ability; facilitating international exchanges and cooperation to enhance Chinese international competitiveness; strengthening the centralized and unified management for Chinese space industry by the government to make use every positive factors. By putting these measures into effect, Chinese space science and technology will have a bright future.

## 10. Nuclear Science and Technology

Nuclear science and technology, as an interdisciplinary field of nature science and technical science, is a major symbol of a national science and technology level and comprehensive capacity. The scientific research in the nuclear science and technology area is believed to be the pioneering effort and foundation of nuclear undertakings and even technical support for the development of nuclear energy, nuclear fuel cycle, and nuclear technology application, they constitute three pillars of nuclear industry. Now, a comprehensive research system of nuclear science and technology has been formed in China, it comprises basic research, application research and engineering research. This report focuses on the current development in 20 mature branches of nuclear science and technology at home and abroad, they are all closely related to the national economy.

This report begins with a brief review on the splendid achievements of nuclear undertakings in China. A full range system of nuclear industry was preliminarily established during the period of 1960s—1970s, it leads to a successful development of atomic bomb, hydrogen bomb, and nuclear submarine. Since the policy of reform and opening-up, China has witnessed a new expansion of nuclear science and technology. Up to now, 11 units with a total nuclear installed capacity of more than 900000 kW have been put into commercial operation; other forms of the utilization and research efforts on nuclear energy are underway, like nuclear fusion, low temperature heating reactor, high temperature gas-cooled reactor, and fast breeder reactor; the corresponding capacity expansion and technology upgrading are actively carried out in nuclear fuel cycle sectors; nuclear techniques are widely used in industry, agriculture, medical and health care, environmental protection among others, and achieved excellent social-economic benefit; safeguard systems are established for nuclear safety, environmental protection, nuclear



emergency; nuclear facilities have always kept a good safe operational record. With a comprehensive and harmonized set of disciplines and professions, a research and development system for nuclear science and technology has been well set up.

Next, the report introduces the current status and recent trend in the various branches of nuclear science and technology at international level, in order to compare with China's situations so as to identify the discrepancy.

The report gives, at a large extent, a detailed summary and scientific evaluation of plentiful and substantial accomplishments made in the field of nuclear science and technology, including new progress, achievement, insight, viewpoint, methodology, and technology. These involve the areas as follows: (1) The field of nuclear basic research and support technology includes radiation physics and technology (fission physics, neutron physics, nuclear physics basis, and nuclear theory), full range of particle accelerators, nuclear and radiation safety (nuclear safety, nuclear criticality safety, radiation safety, and environmental protection). (2) The field of nuclear energy technology includes fission reactor engineering (power reactor, research reactor, fast breeder reactor, high temperature gas-cooled reactor, accelerator-driven sub-criticality nuclear system), nuclear fusion engineering and technology and plasma physics. (3) The field of nuclear fuel cycle includes nuclear fuel and process (geological exploration of uranium ores, uranium mining and milling, uranium enrichment, fuel element fabrication), spent fuel reprocessing, treatment and disposal of radioactive waste, and nuclear facility decommissioning. (4) The field of nuclear technology applications includes isotope preparation and application, non-isotope nuclear technology application.

Subsequently, by comparison with the world top level in the above-mentioned various branches and in combination with Chinese specific situations, the prospects and goals are put forward that are practical and sensible for the short, medium, and long terms.

Finally, in order to advance nuclear science and technology, suggestions about taking eight assurance measures and countermeasures are offered, they are in the aspects of personnel training and utilization, deployment and optimization of scientific resources, construction and reconstruction of

infrastructure, fund assurance, international cooperation, and establishment of laws and regulations, and so on.

## 11. Petroleum Engineering

Petroleum engineering is a technology and capital intensive engineering for oil & gas. It includes drilling & completion, reservoir engineering, production, storage and transportation, and a comprehensive research area related to mechanics, chemistry, geology, material science, machinery & electron, management and so on. It is the kernel operations for petroleum exploration and exploitation. In the past three years, there are fruitful achievements gained in China including three national-grand awards for technical invention and 16 national-grand awards for scientific-technical progress.

### I . Progress in drilling & completion for oil & gas

Five high horizontal-vertical ratio extended-reach wells in Liuhua 11-1 oil field have been finished with the highest horizontal-vertical ratio of 6.13 and high profitability at deepwater area of South China Sea. It is indicated that China has ranked among the world front line in extended-reach well engineering field under deepwater condition.

Research and applications on technologies of under-balanced drilling and gas drilling have created the “Moxi speed” and “Qilibei miracle” phenomenon.

The geosteering drilling system with autonomous intellectual property right has been developed in China.

Significant achievements have been obtained by Chinese researchers and engineers in the study and application of creep deformation of the gypsum-salt formation in the deep well.

A 12000 meter rig for ultra deep well has been designed and manufactured. It has an autonomous intellectual property. This is the first one for Chinese petroleum industry.

The well Tashen-1 which is the deepest exploration well in Asia at present has been drilled successfully to reach total depth of 8408 meter in Westen China.

The high collapse resistance casing and combined casing string

technology have been first presented both in domestic and abroad which find a new way to prevent the casing from failure under complex geological conditions by means of the optimal designs of well construction and tubular material used.

Advanced water jet flow technology has been widely used in domestic oil fields which can increase the average ROP of 12.1%~23.1%, raise crude oil production of 20%~30% for single oil well, augment injection volume of 30%~130% for single injection well.

New technologies on protection and stimulation of oil reservoir have made good effects on some oilfields.

## II. Progress in exploitation engineering for oil & gas field

The study on enhanced oil recovery ratio by chemical drive after polymer drive has gained significant progress fundamentally. The new foam-drive process can increase the recovery ratio about 30%.

The new technology of research on residual oil distribution is applied to 190 reservoirs of Shengli oilfield. It increased the oil production in accumulation of 8.75 million tons and the recoverable reserve of 43.35 million tons.

The exploitation technology for low-permeability reservoir is applied to Daqing oilfield and increased the oil production of 5 million tons annually in its periphery.

The exploitation technology for complex carbonate reservoirs is applied to former Russia oil field and changed more than 100 million tons of its unrecoverable oil reserve into the recoverable reserve.

The exploitation technology for high-pressure condensate reservoirs is used in Yaha gas field that is the largest one in China to make the recovery ratio of reservoir reach 54.7%.

The advanced exploitation technology for complex offshore oilfields is successfully applied to Behai oilfield. It includes reserve evaluation, in spot study of exploitation wells, oil reservoir characterization for fluvial deposition, and so on.

The energy-saving screw pump technique is used at more than 10 oilfields in China as well as in Kazakhstan, and earned benefit over RMB 800 million Yuan.

### III. Progress in transportation and storage engineering for oil & gas

Eight Floating Production & Storage and Offloading (FPSO) systems for processing and storing crude oil were designed and manufactured independently in China. They have been applied to 10 offshore oilfields in China to increase the oil output in accumulation of 124.34 million tons.

The pipeline system used for shallow sea area and the corresponding maintenance equipment were invented by Chinese engineers. It is used successfully in shallow sea area of Shengli oilfield.

The checking device of magnetic leakage for transportation pipe line and the portable  $\gamma$ -ray detector were designed and manufactured in China. The technical performance index reaches international advance level.

The leakage checking and locating system for oil transportation pipeline was invented and used in the pipeline with long distance of 4677 km in China. This system can be used to provide a strong technical support for the safe operations of the oil transportation pipeline.

A calculation system for pipeline safety evaluation and risk analysis has been developed in order to have a breakthrough in applications of X70/X80 pipeline steel and steel pipe. And the technology for corrosion and protection of pipeline has made a notable progress simultaneously in China.

## 12. Energy Science and Technology

The report introduces the latest trend of energy science and technology development in China and new technology, meanwhile making a comparison with the new energy technology in the world. It also briefs the trend of energy science and technology development with a focus on development and application of high efficiency energy utilization technology, which includes clean coal technology that is now under rapidly development, advanced oil and gas exploration technology, advanced power generation, transmission and distribution technology, advanced nuclear power technology, new wind power generation technology, new solar utilization technology, new biomass utilization technology, new geothermal technology, new ocean energy technology, hydrogen energy technology development, new energy conservation technology, new energy and environment technology. At same time, it elaborates the gap between China and oversea in terms of energy

technology, and then proposes policies and measures to promote energy science and technology development in China.

Based on the domestic situation, and prospects of new concept, new technology and new policy of energy science and technology development in the world, the report, targeted at domestic barriers and inadequacy, introduces overseas policy measures to promote energy science and technology development that can benefit China to learn. As for new trend of science and technology development, it puts a focus on new development in the latest three years, which can lead the new tendency of energy science and technology development. The report clearly presents a new aspect of China energy science and technology development in the latest three years. It is of guidance significance for us to know well energy development orientation in China.

Finally, the report proposes recommendations and policy of energy science and technology in China.

(1) Strengthen legislation construction, promote energy science and technology development. Including strengthening macro regulation of the government, establishing a complete energy management system and energy laws and regulations system, setting up a complete energy policy system and energy standards and labeling system.

(2) Reform energy scientific research system, so as to take market-based mechanisms to push conventional energy science and technology development. Firstly, it should develop a leading coordination of the government. Implementation policy measures for energy sustainable development system. Secondly, it should develop a leading function of enterprises, and implement a scientific and research system integrated with production, academic and research. Reform energy industrial system; develop a democratic style of academy. It should use competitive mechanisms to streamline the development of energy science and technology, and mobilize force to tackle key problems.

(3) Set up a complete incentive policy of energy technology development. Including taxation policy, financial policy, price policy and fiscal policy.

(4) Improve the circumstance of energy science and technology development, and introduce and promote the advanced energy technology.

(5) Promote energy environment science and technology development. Firstly, it should stick to the principle of coordinative development between energy and environment, and hold a scientific development concept to make a determination for dealing with different problems, it would not take 25 years to solve the major environment pollution problem of China. Secondly, it should develop non-fossil energy utilization technology, and positively develop new and renewable energy. Actively promote energy environment science and technology development.

(6) Actively promote renewable energy science and technology development. Firstly, through multiple approaches such as making re-innovation by introducing technology and domestic R&D to encourage wind power generation equipment manufacturers to make technical innovation, strengthen the integrated production, academic and research, so as to come into being domestic wind power science and technology. Secondly, foster people. It should integrate domestic forces to set up ocean energy discipline, and implement the key ocean discipline research. Thirdly, it should carefully make a good job on biomass energy development plan, so as to completely tap the potential of biomass resource, greatly develop liquid biomass fuel; target at dispersed and small end-use equipment to develop fuel that can be integrated with coal for power generation and is used by small dispersed power stations. It should intensify policy supports and gradually reduce production cost of biomass. Fourthly, it should actively tackle key technology and scientific problems of solar thermal power generation. Fifthly, the state should adjust the plan to greatly pay attention to geothermal energy and increase its investment, intensify exploration of geothermal energy and reduce the risk of investment.

(7) Actively develop nuclear energy science. Firstly, it should chiefly implement demonstration project of large advanced pressurized water reactor and high temperature gas cooled reactor, and realizing domestic innovation, so as to make a key technical breakthrough of large advanced pressurized water reactor. Secondly, it should step up operation management of existing nuclear power and carry out research in aspects of operation, maintenance and examination. Thirdly, it should carry out a study on advanced nuclear technology, build a trial fast reactor in China and master its basic technology,

so as to lay a foundation for China to further develop fast reactor; conduct a study on technology of high temperature gas cooled reactor to make hydrogen, and gradually master the key technology, so as to create a condition for construction of relative experience framework. Therefore, it can increase the influence of China in terms of selecting the type of reactor, standard formulation and IPR protection of new generation of nuclear energy system.

(8) Set up a complete energy science and technology management system. Firstly, set up energy outreach and education system. Secondly, establish a complete energy laws and regulations system, energy policy and strict energy efficiency standard system. Thirdly, strengthen management system of key energy use enterprise. Fourthly, set up energy project management system. Fifthly, set up a complete energy auditing system of enterprise and major significant demonstration project.

(9) Introduce and popularize the advanced energy technology; make a breakthrough of key technology; speed up technology development and spread; greatly promote the works of energy science and technology development.

### 13. Safety Science and Engineering

Safety science and engineering is a comprehensive discipline related to natural science and social science. Safety science and technology was ranked the first-class discipline in “Classification and Code of Disciplines (GB/T 13745—92)” of national standards promulgated by Chinese National Bureau of Quality and Technology in 1992 and its code was 620.

In recent years, safety science and engineering has made a great progress in safety law system, safety administration and inspection, safety science and technology, emergency system, safety information system, safety equipment and safeguards, serious hazards monitoring system and key accidents prevention, administration and inspection of urban public safety, administration of occupational safety and health, etc. The main progresses are listed as follows:

More safety laws and regulations were established and revised. Technology standards and professional criterions in the industry of mine,

construction, hazardous chemicals, traffic, railway, aviation, fire, specialty equipment, civil engineering, and nuclear power were amended.

The management systems for work safety were established and the systems assigned specific right and responsibility, made action rules and gave effective support, and strengthened the government above the county level with the officers of safety administration and inspection.

The development program of safety science and technology was made out according to current situation in China; a set of national key laboratories for safety science and technology and national safety engineering centers were established, which effectively took advantage of the research resources in the universities and institutions.

The emergency system improvements in mine, hazardous chemicals, traffic, maritime affairs, railway, aviation, fire, and nuclear power were accelerated to enhance the rescue effect in major accidents.

The improvement of work safety information system was accelerated and an effective quick reliable information system was founded.

A serial of equipment and engineering projects in the support system of work safety technology were founded to strengthen the ability for accident identification and detecting work safety, and improve the prevention technology in mine, hazardous chemicals, traffic, maritime affairs, railway, aviation, fire.

The safety training organizations were founded to improve owner's or manager's knowledge about safety laws, rules and regulations and strengthen the risk awareness and perception. The training, examination, and certificate for owners and workers of special devices were done well. The integrated safety training system composed of college education, extension education, occupational education, education in company was worked up.

The primary monitoring system for major hazard was established and performed. Major hazards were declared, checked, detected, and assessed all over the country in China. The major hazard monitoring systems in the scale of state, province, city, and county were established and the major accident preventing and controlling systems were also set up all over the country in China.

The surveillance and inspection system for occupational hygiene was



established and the essential equipments were specially prepared for specialty surveillance and inspection. The surveillance and inspection were emphasized on the industry with high occupational hazard, such as mine, construction materials, light industry, and textile. In these industries, working safeguards were enhanced.

Safety assessment agencies were established and played an important role in work safety. The development of safety agency accelerated safety assessment, safety certificate, safety detection and checkout, safety training, safety consultation, etc.

Some safety communities as demonstration were founded and the safety system and safeguard were improved to strengthen the accident prevention in some communities.

Looking back over the years, safety science and engineering developed rapidly and made great achievements in China. Prospecting the future, based on the human-oriented principle and close integrating with current situation in China, safety science and engineering will integrate and lead social resources of science and technology, establish technology support systems for work safety corresponding with the development of socialism market economy, emphasize innovative ability for science and technology, advance the science and technology effect on work safety, promote comprehensive technology of work safety, accelerate economic and social sustainable development, and play an important role in social sustainable development.

## 14. Horticultural Science

Horticultural crops contain fruit trees, vegetable crops, and ornamental plants that are considered as three kinds of cash crops. Horticultural science belongs to applied basic and applied research sciences to explore the growth and development and genetics of horticultural crops based on the theory of agricultural biology. And also an interdisciplinary science to investigate the applied technology and basic principles of origin, taxonomy, germplasm, genetics and breeding, cultivation, insect pest control, post-harvest, storage and processing, etc.

Horticultural industry is a typical labor intensive industry. The development of horticultural industry plays an important role in national

economic construction and agricultural restructuring. It has not only provided the subsidiary food for urban residents, but also promoted the development of rural economy and farmer's income. It has a big part in the improvement and beautification of the environment and ecological balance, etc. In the aspect of foreign trade, horticultural industry is the most competitive export industry among the agriculture industries.

There are four research institutes specialized in horticultural crops under the leadership of the Chinese Academy of Agricultural Sciences, 32 provincial or municipal academies have their own horticultural research institutes or laboratories, involving pomology, vegetables, and ornamental plants. And 32 universities have their related horticultural specialties. According to the incomplete statistics, there are about 5000 scientists working on horticultural research. In the horticultural area, there are seven academicians of Chinese Academy of Engineering.

Chinese Society for Horticultural Science is a nongovernmental academic organization consisting of horticulturists. It was founded in 1930. The society is divided into four sections of pomology, vegetables, ornamental horticulture, watermelon and melon. Now there are 4300 individual members and 39 organization members in the society. The society publishes journal of "Acta Horticulturae Sinica" and some of the local societies or organization members also publish their own technical publications or popular science books.

In recent years, a series of new progresses and significant achievements in horticulture have been accomplished in China, that is, safe germplasm conservation system of gene banks(nurseries) for fruit trees and vegetable crops has been basically formed; exploration, documentation and evaluation of major famous and precious germplasm of ornamental plants have been organized; more than 300 superior varieties or hybrids have been extended and used widely in commercial production; non-pollution cultivation techniques of fruit trees and vegetable crops and their disease and pest control system have been investigated and established; research and extension of high yield and stress tolerant cultivation techniques of main ornamental plants and micro-propagation techniques of bulb flower seedlings for the purpose of improving ornamental value have conducted; research on fresh-keeping and

processing techniques of major horticultural crops has deepened; biotechnology application in germplasm evaluation, breeding, and disease and insect pest control of horticultural crops has made initial progresses.

In the near future, the prior research areas are strengthening the elite germplasm collection and enhancement, establishing a high efficient breeding technique system by combining biotechnology such as cell engineering, molecular marker-assisted breeding, etc. with conventional breeding, investigating breeding material enhancement, gene mapping and molecular marker-assisted breeding, improving the production potential of horticultural crops and enhancing the cultivation environment regulation and utilization efficiency, completing IPM further to set up fresh-keeping technique and precise processing technique system based on cold chain, intensifying ecological landscape and gardening construction, etc.

For this purpose, the following procedures is suggested, that is, to establish and complete horticultural sci-tech innovation system and production technical system, to ensure the continued implementation of key research programs, to train and recruit various kinds of qualified scientists, enhance the sci-tech innovation forces, to emphasize research on applied basic theory; to consolidate scientific forces and combine production with education and research so that to tackle key problems.

## 15. Animal and Veterinary Science

Under the promotion of modern technology, Animal Science and Veterinary Medicine, the two major disciplines of life sciences that are of great importance to the people's livelihood, has got its own persistent development and penetration at both of the research objects and contents. Researches, such as those on the breeding and reproduction of swine, cattle, sheep, avian, and horses, were enhanced with the latest and advanced instruments by introducing gene-based animal identification, molecular marker-assisted breeding, transgene-based improvement of animal performance, embryo cell clone, and somatic cell clone. Moreover, with the development of monoclonal antibody, gene knockout, flow cytometry, polymerase chain reaction (PCR), engineering vaccine, recombinant antigen, reverse genetics, and some other biological techniques, the level of animal disease diagnosis,

prevention, and cure was extremely heightened, and pushed forwards the development of the sub-discipline preventative veterinary medicine greatly.

Yu Kangzheng and his colleague have put a lot of effort on avian influenza control research. They have isolated and identified 571 strains of high pathogenic H5N1 subtype avian influenza virus, including the first strain of high pathogenicity isolated in the mainland of China. They have built a very big AIV library in China, demonstrated the basic rule concerning with the time-space and host distribution of AIV, and the molecular mechanism of AIV evolution, their complexity and diversity. With this knowledge, they successfully developed the first vaccine for high pathogenic avian influenza virus in China—inactivated H5N2 subtype avian influenza vaccine. By the adoption of reverse genetics, they constructed a vaccine germ strain Re-1 and developed the first recombinant inactivated H5N1 avian influenza vaccine that could stimulate effective protective immune response against high pathogenic AIV for waterfowl. Their pioneer work has aroused international attention. To date, the two vaccines have been used on about 30 billion birds. Now Yu's Laboratory has become a reference laboratory for AI research in China, and their achievement has promoted China up to a decisive role in the world AI research field. His project themed "Development and Application of Inactivated H5 Subtype Avian Influenza Vaccines" got the first class of national awards for the Development of Science and Technology in 2005 and their work has received a commendation for excellence from the Office International Des Epizooties (OIE) and Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations.

Chen Hualan and her colleague have developed a recombinant live vaccine that can efficiently prevent both AI and Newcastle disease in their project themed "A Recombinant Live Vaccine for Avian Influenza and Newcastle Disease". In his project themed "Research on Swine Streptococcosis and Its Control Technology", Lu Chengping, for the first time, confirmed that the major pathogens responsible for swine streptococcosis were *Streptococcus suis* type II and *Streptococcus equi zooepidemicus*, and developed a PCR assay for the identification of *Streptococcus suis* type II and its virulence factor. Guo Wanzhu developed an engineering vaccine—pseudorabies three-gene-deleted vaccine(SA215 strain) in his project themed "Development and

Application of Gene-deleted Vaccines for Pseudorabies”. Tong Guangzhi achieved the goal of co-vaccinating chicken pox and infectious laryngotracheitis in his project themed “Development of Fowlpox Virus-based Live Vaccines for both Fowlpox and Infectious Laryngotracheitis”. Xiong Yuanzhu selected out three new female parent and three male parent lines of swine with independent intellectual property rights, in his project themed “Innovative Research and Development of New Breeds or Lines of Lean Type Swine and Their Integrated Technique”. Liu Shouren selected out three new sheep lines in his project themed “New Technique in Sheep Breeding—Breeding of New Chinese Merino Lines for Mutton, Fuzz-rich and Polyembryonic Mutton Production”. Lu Zhongling fostered out the Datong Yak breed in his project themed “Datong Yak New Breeds and Their Breeding”. Huang Lusheng, for the first time, cloned, localized, and identified four new genes and their mutations, and then established four sets of molecular breeding technique with independent intellectual property rights in his project themed “Isolation, Cloning and Application of Swine Genes Determining Important Economic Properties”. Xu Ziwei established *in vivo* and *in vitro* pollution-reducing/control techniques in his project themed “Research and Development of Key Techniques for Non-Pollution Swine and Poultry Industries”. These achievements all won national awards for the Development of Science and Technology.

However, in despite of the great development, comparing with the developed countries, such as the USA, Europe, and Japan, Chinese animal science and veterinary medicine still have a huge gap needed to fill. The discrepancy reflects in lack of original theory because that quite some research works are tracing and simulating, and many institutions are short of well-established research system and platform. The international competitiveness in the new discoveries and theories is weak.

Those researches on swine, bovine, ovine, and avian should be integrated into the animal production practice with sufficient utilization of modern molecular biotechnology to explore genetic resources of high quality strains of hogs, milk cow, beef cattle, sheep, goats and poultry. For fostering new breeds, strains and associated series, combination of classic breeding techniques, and molecular biology instruments should be enforced.

In the field of preventive veterinary medicine, research should be focused on the pathogenesis of major animal viral diseases, on the relationship between virus mutation and their pathogenicity and antigenicity, and on the mechanism of cross-species transmission of zoonotic pathogens. Furthermore, research orientation should be directed to the exploration of modern molecular biotechnology for developing new type vaccines and drugs, and diagnoses reagents and kits.

Animal science and veterinary medicine could not develop on their own; the development of the two disciplines needs institutional, intellectual, financial, legal, system, and environmental support from both the central and local governments. A favorable research platform and frequent international communication system should be established to keep up with the rapid development of these two disciplines in the world.

## 16.Plant Protection

Plant protection is an important all-around subject assembled with pluralistic science domains for protecting safety in agricultural production and its quality, minimizing environmental pollution, safeguarding public health and promoting sustainable development of agriculture. As the requirements of controlling biological disasters in agriculture and the unceasing enhance of human demand for high quality environment and food in recent years, the plant protection discipline has been developed more rapidly, and have got gratifying progresses. A large number of theoretical and technical research achievements have been obtained, such as the prevalent regularities of major crop pests and its mechanisms of causing disaster, genetic variations of pest populations, resistance mechanisms of crops to pests, resistance mechanisms of pests to pesticides, interaction of pests and hosts, safety of transgenic organisms, countermeasures for invasive species, creation of biological pesticides, and advances in IPM strategies, etc. The main examples are given as follows:

A great achievement on the unsymmetrical copulation behavior of tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) has been obtained for the first time in the world under supported by national basic research and development program (“973” Program) in the research project themed “Invasive

Mechanisms and Control basic Research of Invasive Alien Species in Agriculture and Forestry”. This behavior is one of the important evidences to explain why the invasive B-strain tobacco whitefly, which is considered as the most dangerous invasive species by World Nature Protection Alliance, possesses strong competitive ability to substitute the native strains (A-strain, etc).

The complete genome (5148708 bp) for *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Xcc) 8004, the causal agent of cabbage black rot, has been sequenced in 2005.

A new discovery was acquired from the research on interaction between disease resistant protein Pto and avirulence protein AvrPto. The crystal structure of an AvrPto-Pto complex was obtained, it is indicated that AvrPto is an inhibitor of Pto kinase *in vitro*. A different conclusion from the reported hypothesis that AvrPto activated Pto kinase activity has been proposed.

The real time data collective and analytic system used on the scanning insect radar was designed and made for the first time in the world. The automatic information process by the scanning insect radar was realized. This innovation has laid an important foundation for opportunely, accurately, and early warning of migratory/dispersive insect pests.

In silkworm (*Bombyx mori* Linnaeus) genome research area, the biggest silkworm EST databank in the world was constructed, and the framework map and fine map of silkworm genome were fulfilled. A series of functional genes closely relative to its economic properties was identified and cloned, and molecular mechanism of the formation of economic properties was illustrated. The technical system of molecular improvement for transgenic silkworm was constructed. By applying transgenic techniques, the possibilities were explored for establishing biological factory with silk gland of silkworm as carrier, and developing biological pharmacy as well as entomological industry.

The geographical types of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) populations, its facultative migration regulation and mechanisms of migration as well as dispersion were clarified, and the simulative models for its migratory locus and forecasting of migratory route were made up.

The basic regularity of gene drift for transgenic rice was clarified, and its

first forecasting model was constructed.

A series of new control techniques for keeping American white moth *Hyphantria cunea* (Drury) under control has been developed, which included the release of *Chouioia cunea* Yang, the most effective parasitoid of *H. cunea* larva and pupa, spraying HcNPV virus and Bt (*Bacillus thuringiensis* Berliner), etc. The damage of this important quarantine insect has been basically eliminated by using those bio-control methods for three years in Shanxi province and other provinces of China.

From now on, the plant protection discipline should be substantiated and consummated on the theoretical basic research and applied basic research of agro-biological disaster, especially on the mechanisms of causing disaster, so as to enhance IPM technical level, bring forth new ideas on disaster mitigation, and realize sustainable control of agro-biological disaster in China.

## 17.Crop Science

### I . Development of crop science

Crop science is one of the core subjects in the agricultural science and it is made up of two main second subjects, namely, crop genetics and breeding, and crop cultivation.

The development of the crop science has been changing tremendously since entering into the 21st century. Crop genetics and breeding science has made great achievement. Its main points are that modern breeding technology characterized by biotechnology develops quickly, new varieties with improved key characters have emerged prominently, and the breeding methods have developed well. At the same time, the crop cultivation science quickened its development. The main features are that the super-high-yield technology breaking through the yield potential has become hot spot, the high-quality and high-yield technology focused on the increasing quality and yields simultaneously has been developing intensively, the accurate and quantitative technology characteristic with the application of modern technology expand rapidly, simplified and high-efficiency technology focused on resource-saving has a breakthrough development, cultivation theory and technology with high efficient crop physiology mechanisms has grown continuously. All of them will promote crop science to penetrate deeply.



## II. Achievements in crop science

Great progresses have been made in Chinese crop sciences during these years. Its research field expanded, and research level improved. Totally 23 national awards were won during the period of 2005—2006. Among of them, there are one second award of National Natural Science, four second awards of National Technological Invention, one first award of National Technological Progress and 14 second awards of National Technological Progress. In addition, a number of provincial and ministerial level awards were obtained.

In recent years, the crop science has made significant progress in different fields. Crop genetics and breeding in China has also made remarkable achievements by breeding a number of high-yield high quality and multi-resistance varieties, innovating crop genetic and breeding techniques and methods constantly, exploring effectively on hybrid vigor, cell engineering technology of induction favorable gene, and putting forward a batch of new breeding technology and methods. And the intact system of modern breeding techniques has been formed initially, especially has made the new progress in the hybrid vigor application of rice, cotton, and soybeans, in the molecular-marked breeding of the main anti-resistance and agronomic traits. The transgenic breeding technology of anti-stress and anti-pest has been applying widespread and 108 new transgenic varieties have been bred. At the same time, crop cultivation theory and technological innovation have made important achievements in China. They play an important role in the crop high-yield theory and technological innovation and technological transformation of crop yield and quality improvement simultaneous. Through national grain harvest technology projects, nearly 50 technological model sets on the high-yield cultivation core technologies and super-high-yield combined technologies have set up, a batch of super-high-yield examples and model demonstrations has created and the yield have increased at large acreage. A lot of national achievements have made a great contribution to the Chinese crop productions which are “Maize High-yield, High-quality, Cost-efficient and Ecological Physiology and Technology System Research and Application”, “Wheat Quality Physiology and Optimization Cultivation Technology Research and Technology”. Furthermore, a number of new

achievement have been made on crop precision, simplified, high-efficient cultivation technology, environmental-friendly crop cultivation techniques, and digital technology, etc. They promote the subject to new achievements.

### III. Problems and measures

There is a big gap between the advanced international level and the development of Chinese crop science and requirements of crop production. The major gaps in crop genetics and breeding as follows: shortage of crop excellent resources and breeding theory, low degree of using molecular breeding technology, lack of significant breakthroughs, and low level of seed industry. The major gaps in crops cultivation as follows: the weak of crop cultivation system theory and technology, inadequacy of the pivotal cultivation techniques original innovation, unable to resolve the critical technical problems, technology promotion system is imperfect.

### IV. The measures and recommendations for promoting the development of crop science

The measures are establishing steady mechanisms for sustainable development and platform, encouraging cooperation of the research on major problems. The recommendations for the discipline study are enhancing the crop scientific and technological basis and the application of basic research, strengthening the research on new technology and new methods of crop breeding, and speeding up the crop cultivation theory and technology innovation.

## 18. Public Health and Preventive Medicine

Preventive medicine focuses on the health of individuals and defined populations in order to protect, promote, and maintain health and well-being, to prevent disease, disability, and premature death. The concept of prevention medicine includes three main different categories, that is, primary prevention, secondary prevention and tertiary prevention.

Over the past few decades, the content of preventive medicine has undergone an evolution. In the late 1960s and early 1970s, preventive medicine was brought to the forefront of public health reform. By the mid-1980s, some of these strategies that led unanticipated outcomes had become more and more obvious. Lifestyle factors were used as the foundation for

raising health insurance rates.

The research content of preventive medicine is very wide; more than 20 disciplines are related. Modern preventive medicine expands single cure to multi-factors comprehensive prevention. The scope of preventive medicine research field is expanding, the research methods enhance strongly and the social achievements of preventive medicine become obvious. As one of methods for human health protection, modern preventive medicine not only researches on the bio-attributes of human being, but also has more tasks in aspect of the social attributes and influence, elimination, control of various factors to population health. The research of preventive medicine changes following disease mode and develops with the related basic disciplines. As a discipline for researching group health, it develops also following the changes of social demands.

Public health is to fulfill its responsibility in preventing death and illness and promoting health. It changes with social, economic development. Recognition for the public health changes with time passing, science and technology advancement, change of national politics and economy, and people's ideology. The four props of public health are prevention, science, care for the medically underserved, and interdependence, it defines its purpose and role in protecting human beings against the threat of disease. Preventive medicine that profited from multidisciplinary interaction is a unique and well qualified for leadership positions in public health settings.

The scope of public health is very broad. It addresses an array of challenges that include chronic diseases, mental health, substance abuse, traumatic injuries, environmental and occupational health, etc. The infrastructure required for respond to these challenges must include highly skilled workforces, sophisticated information with data systems, an intricate organizational capacity, and substantial funding.

Public health developed rapidly both in depth and in breadth. The research can be defined as the generation of new knowledge providing the scientific evidence for decision-making at the individual or social level. It addresses a wide range of issues, that is, all infectious diseases and chronic diseases, violence and injury prevention, birth defects, and bioterrorism. The knowledge gained through laboratory science, genomics, proteomics,

biochemistry, pharmacology, epidemiology, and biostatistics. Social sciences permitted us to do it more and better. Policy sciences particularly analyze the economic costs of illness, the cost effectiveness of interventions, and the quality of health systems.

Chinese government paid high attention to preventive medicine and public health, and increased investment in them since Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) broke out in 2003. Following the high-speed development of Chinese economic society, ceaseless changes of Chinese disease pattern, and people's requirements for health protection, we are still facing the huge challenges and chances in preventive medicine and public health field as below: (1) Bioterrorism becomes new hotspot with the existence of new and old infectious diseases threat; (2) Non-infectious chronic diseases aggravate public's health. Lifestyle-related diseases are increasing the risk of life expectancy leveling off. Risk factors, such as smoking, obesity, lack of physical activity, high consumption of alcohol, injuries and accidents, cause premature death and chronic disease; (3) Environment related diseases and occupational diseases will exist for a long time; (4) The problems related to mental health and psychological health become prominent; (5) The incident of accidental injury increases ceaselessly; (6) The older population brought high burden to public health; (7) The problem involving food safety, health protection of children and women; (8) Emergence ability for handling unexpected public health events doesn't meet the needs.

Prospecting the future, our main task is to integrate various kinds of available resources, to implement generally plan scientifically according to the social needs and Chinese objective conditions, to work out the preventive medicine strategies, and Chinese public health policy. Main contents include: (1) Implement the policy "prevention is first" earnestly; (2) Developing the legal system and strengthening the supervision and law enforcement; (3) Strengthening the governmental public health infrastructure, it forms the backbone for the public health system; (4) Reforming the public health management system and eliminating the gap between preventive medicine and clinic medicine; (5) Encouraging NGO to participate and play an important role and building a broad base; (6) Combining with practical works and carrying out the applicable research on preventive medicine vigorously;

(7) Reinforcing the important disease control; (8) Keeping the open door policy and utilizing international resources fully to propel the development of our public health cause.

From a brief retrospect in development of preventive medicine and public health, we conclude that the development of preventive medicine relies on the development of public health, however, the development of preventive medicine will further improve public health system. Besides, it relies more on all rounded development of every aspect of society, namely, political system, economics, culture, etc. Notwithstanding we had made steady progress, public health and preventive medicine will still face serious challenge, at the same time, we also have a long way to go and a heavy load to carry in the coming decades. Every individual and organization in our field needs to keep moving forward and persevere for a very long time.

## 19. Urban Science

Urban science is the systematic summarization of the practices and experiences of human settlements development, in terms of both theory and methodology, in the process of constructing, rebuilding, and managing cities. It has always being the research object for many disciplines. Because of the wide range and profound influence of urban growth, the research results of urban science will inevitably and timely reflect all aspects of human being's living environment, and always closely relate to major events and activities around the world.

Based on the theory of human settlements, China's urban science is in the process of structure and improvement to form a scientific system. In recent years, under the principle of "problems orientation", the active and fruitful work has been carried out in the fields of urban science, and focused on the issues involving human settlements theory and discipline construction, rural-urban development during the implementation of Western Region Development of China, institutional reform of urban finance and investment system, comprehensive prevention urban disasters, sustainable development in the process of urbanization, "agriculture, rural areas and farmers" and building of a new socialist countryside, as well as small towns.

The "State Medium and Long Term Science and Technology

Development Planning Program (2006—2020)” put urbanization and urban development into the list of the national key development areas, which includes five priority subjects, they are urban and regional planning and dynamic monitoring, urban function upgrading and urban space economic utilization, building energy-saving and green architecture, environmental quality control of urban eco-inhabitation, and urban information platform.

The research project themed “Key Technologies and Application in Ecological Planning and Construction of Mountainous Cities” headed by Professor Huang Guangyu from Chongqing University won the second prize of National Award for Science and Technology in 2005. And in 2007, Chinese Society for Urban Studies (CSUS) fulfilled a significant consultative project themed “Research on the Carrying Capacity of Chinese Cities and Risk Management”. The project provides a practical guidance to rectify the development orientation of cities around the country, to plan the development priority zones in a scientific way, and facilitate the urban sustainable development.

National Key Basic Research Program focuses on the basic researches of urban sciences in the area of cross-disciplinarily and the frontline of major sciences. So far, three projects have been approved and begun to be implemented, they are “Integrated System Characterization Theory and Ecological Control Mechanism for Modern Urban Diseases” in 2005, “Research on Basic Scientific Issues of Traffic Congestion Bottlenecks in Large Cities” in 2006, and “Earthquake Damage and Control of Urban Infrastructure” in 2007.

In the 21st century, from the view of globalization to observe China’s urbanization, it has become an innovative process in urban studies. China’s urbanization research must be multi-angles and pay attention to the development of economy, population, politics, culture, society, science and technology, and environment, etc.

Key areas for application study on urban economics include urban leading industry selection and the rationalization of industrial structure, urban economic development capability evaluation and improving approach, urban human resources development and employment promotion, urban land development and housing security, urban infrastructure construction and

operation, urban inhabitants income distribution and consume structure, urban financing and investment pattern, and urban circular economy and sustainable development.

Improving ecosystem and environment is an important issue concerning with the rural-urban sustainable socioeconomic development and the improvement of people's living standard. From the general trend of urban studies at home and overseas, there are three areas including urban habitation ecology, industrial ecology, and urban life supporting system ecology will be mainly focused.

The Urban and Rural Planning Act of the People's Republic of China has come into force on 1 January 2008. The urban planning study in China will further transfer into the issues like strengthening the functions of administrative adjustment and control in planning, balancing rural-urban development, providing socialized public products; targeting healthy urbanization in order to pay more attention on resolving social problems; carrying out comprehensive rural-urban spatial planning and regional studies.

The future urban management research will include five tendencies, they are urban ecological management guided by the concept of sustainable development, high-efficient urban management guided by new public management, public satisfaction management guided by the principle of putting people first, multi-player domestic management in the principle of wide public participation, and digital urban management represented by grid and network management.

Culture itself possesses special economic potential. The development of cultural industry and the improvement of local cultural quality, both of them can directly create new economic value. Major urban culture research areas include human settlements and local culture, urban eco-culture, urban innovative culture, etc. In the future, China's urban study shall pay more attention to promote the innovative cultural industry and boost the culture and urban harmonious development and joint progress, so as to facilitate industry upgrading through cultural development.

Multidisciplinary integration is the only way to forward urban science. We shall enable the balanced urban development of the five systems viz. nature, human being, society, settlement and support network through

integrated and mutual supplementary studies, and enable coordination and virtuous circle of various factors in urban development through interdisciplinary researches on building the eco-friendly cities. The future orientation for the Chinese urban science shall stick to the health urbanization, harmonious and eco-friendly cities in order to push the whole society onto the road of civilized development featured by developed production, abundant living conditions and favorable ecosystem.

## 20. Automotive Engineering

Over one century development, the automobile has become the machine changing the world, the number one big goods in the world. Meanwhile, it is becoming a kind of high-tech product with the machinery and electronic technology integration. Since entering into 21st century, in order to deal with the energy shortage and environment pollution, technology innovation and invention are continuously surging throughout the world, which is cored with automotive electronics and information technology. Science and technology achievements regarding the automotive energy saving, safety, alternative fuel, and new clean energy are changing from the quantity to the quality, which predicts that the automotive technology development will achieve the significant breakthrough.

In recent years, with the rapid growth of Chinese automotive industry, China has become the second largest automotive market in the world, and the annual production volume of vehicles has been listed the world third place. It is predicted that the production volume will historically reach 10 million units in 2008. Benefited from reforming and opening and independent innovation, Chinese automotive technology has been improving continuously, the gap between domestic and international technology level has been significantly narrowed. The latest development on 8 technical areas in recent years is outlined.

With the improvement of Chinese automotive products technology level, automotive standards also has generally kept up with or closed to the international advanced standards. At present, Chinese automotive standard system has basically set up. On April 2007, 1169 sets of automotive and motorcycle standards have been issued. Although Chinese mandatory



automotive standards are making efforts to track down the international advanced automotive regulations, the gap between Chinese present levels with international regulation has also been maintained in some extent. Afterwards, China will keep pace with the global development and struggle to follow with the international development in the near future.

Thanks to CAD, CAE, CAS, VR and other technical approaches extensively applying to the automotive research and development, it has made the automotive R&D process optimal, shortened the R&D cycle, and reduced the R&D cost.

The vehicle body is the mark and symbol of automotive brands, which embodies the level of vehicle design and development directly. In order to find the rational design process of body structure type which combines with safety, energy saving, and environment-friendly features, on the basis of the body styling design, the body design consists of body strength and function design. In the fierce market competition, body styling is one of key factors to form the vehicle product competitiveness. In the future, the trends of vehicle body development technology are R&D process parallels with key technical research; the styling technology structuring the featured brand will be the mainstream of automotive development; mixed molding development technology will be applied extensively; digital technology will a trend in integration and virtualization.

Automotive engine technology progresses rapidly, which mainly is demonstrated as follows: the research and application of variable valve timing, turbocharger, and cylinder direct injection for gasoline engine, the popularization and application of advanced fuel supplying system, electric controlling technology and exhaust after-treatment technology for diesel engine. Meanwhile, new material and new process have been extensively applied to the engine manufacturing. Aiming at the scientifically development, energy saving, and emission reduction in automotive industry, alternative fuel technology has developed rapidly in recent years. The schemes of improving engine performance, fuel economy, and environment friendly performance are presented as diversify and plurality. The development and application for power battery, hybrid power, and fuel cell technology also are today's significant trends for the global automotive industry.

Currently, a significant feature of automotive chassis technology is that the electronic controlling technology is widely used in brake system, steering system and driveline system (or assemblies), for examples, anti-lock braking system, electronic stability program, electric auxiliary steering, electronically steering, and others. Variable transmission technology using advanced electronic control system has also developed rapidly and widely applied. In recent years, the domestic enterprises have gained many fruits in advanced parts R&D of braking system. They also have done lots of work in ABS development. However comparing with the oversea similar products, there are still big gap between them. EPS, SBW, AMT, AT, CVT and other advanced devices are also in progress. Some enterprises have obtained the big advancement.

Today, the domestic and oversea automotive enterprises have taken the application of electronic technology as one of the most important measures to develop new model, and improve vehicle performance. By now, in the developed vehicle production country, the value of automotive electronic products has accounted for about 27% of total manufacturing cost for each vehicle averagely, even above 40% in luxury cars. According to the forecast, the average cost for equipping the electronic devices will increase to 35% of total vehicle cost by 2010. The rapid development of Chinese automotive industry provides huge markets for the application of automotive electronic technology. Among the vehicles produced by domestic enterprises, the application level for JV's cars is closing to the overseas level. But speaking for the independent branded cars, it still has big gap comparing with the international advanced level. In the next years, China will focus on researching the electronic technology and relative products which can make the vehicle more energy saving, more environment friendly, and more safe. In terms of technology level and quality, China will make efforts to narrow the gap with international advanced level, and make middle and low-end products meet the first-class international level.

Since the earlier 1970s, America, Japan and some European countries has begun to initiate the electric motor research and development. China also has invested a number of manpower and money into the electric motor R&D, and has acquired a series of research achievements. However, for the

commercialization and practical application, there is still a very long way to go. It is predicted that Chinese R&D level and industrialization degree will reach the international advanced level by 2010. The future trends for domestic and oversea electric motor technology are following: pure electric motors will trend towards small and mini type; there will be big differences between domestic and oversea development on hybrid power vehicles, China mainly takes the city buses as hybrid products, but the others countries mainly focus on the R&D and production of hybrid cars. The R&D for plug-in charging hybrid vehicle technology will be the hot. Fuel cell vehicle is the ideal clean energy vehicle, but the ratio of performance to price at the present is too low. It still can not put into the market until it has new breakthrough on the basic material and theory.

The development direction of the global automobile manufacturing technology is that the light weighted materials are applied popularly, the green manufacturing technology is spread, the digitalized manufacturing technology is extensively used, the flexible and automated production way is actively boost, and computerized integration manufacturing technology is used. In recent years, China's vehicle manufacturing technology level has been greatly improved. Advance equipment, new production process, and new management method are surging constantly. However, in general, there is some gap between Chinese and international levels. It is mainly shown as following: weak independent innovation ability and R&D ability; key advanced, précised, and sophisticated equipment still depend on importation; low parts and components manufacturing level; high energy consumption; poor ability on pollution emission, recycle, and reuse.

The main trends to automotive material technology development are: for the steel materials, the amount of high strength steel will increase significantly; the application scope for the Al alloy will be further expanded in vehicles; Mg alloy application is presented a rapid increase trend; the amount of plastic and relative syntactic material also increase constantly; the development of powder metallurgy material trends towards the direction of large sized and high strength; the stainless steel has begun to be use in vehicles. However, for a rather long time to come, steel will still be the dominated automotive material. Light weighted material application is one of

main ways to realize the automobile light weighted. The important direction for future material technology is that carbon fiber, Ti alloy and metallic composite material will become the new generation of light-weighted materials. At present, Chinese automotive material system has been formed primarily. The importation dependence degree for high performance steel, plastic has been decreased year by year. Al alloy and its forming technology can basically meet the demand of current automotive industry. The development and application for Mg alloy has presented a good start.

## 附件 1 2007 年度国家自然科学奖获奖目录

## 一等奖

(空缺)

## 二等奖

序号	项 目 名 称	主要完成人
01	离散型多相湍流和湍流燃烧的基础研究和数值模拟	周力行
02	关于对称与齐次空间的复几何	莫毅明
03	仿射 Weyl 群的双边胞腔的基环和仿射 Hecke 代数的表示	席南华
04	压电材料的断裂	张统一,高存法,赵明皞,等
05	功能准一维半导体纳米结构与物理研究	俞大鹏,冯孙齐,徐 军,等
06	中重缺中子区近滴线新核素合成及核结构实验研究	徐树威,张玉虎,周小红,等
07	晶体生长机制与动力学若干问题的研究	王 牧,闵乃本
08	纳米硅—纳米氧化硅体系发光及其物理机制	秦国刚,冉广照,秦国毅,等
09	新型光电功能分子材料与相关器件	朱道本,刘云圻,于 贵,等
10	配合物控制合成与晶体工程方法基础研究	陈小明,童明良,张杰鹏,等
11	功能化电极界面的研究——从化学修饰到自组装	董绍俊
12	功能界面修饰与电化学分析方法研究	陈洪渊,徐静娟
13	固液界面的分子组装与调控及电化学 STM 研究	万立骏,徐庆敏,潘革波,等
14	一些氨基酸衍生物的反应、合成及性质研究	马大为,邹 斌,朱 伟,等
15	热河脊椎动物群的研究	周忠和,徐 星,王元青,等
16	海陆气相互作用及其对副热带高压和我国气候的影响	吴国雄,刘屹岷,李建平,等
17	中国西北季风边缘区晚第四纪气候与环境变化	陈发虎,李吉均,张虎才,等
18	地球空间数据与空间分析的不确定性原理	史文中,童小华,朱长青,等
19	华北及其邻区大陆地壳组成与壳幔交换动力学研究	高 山,金振民,章军峰,等
20	G 蛋白偶联受体信号与其他细胞信号通路间的对话机制	裴 钢,马 兰,高 华,等
21	黏菌代表类群系统研究	李 玉,王 琦,陈双林,等
22	新的 snoRNA 结构与功能研究	屈良鹄,周 惠,陈月琴
23	水稻第四号染色体测序及功能分析	韩 斌,冯 旗,张玉军,等
24	显花植物自交不亲和性分子机理	薛勇彪,张燕生,赖 钊,等
25	蓝藻异型胞分化及环式光合电子传递研究	赵进东,史运明,赵卫星,等
26	Y 染色体多态性与东亚人群的起源、迁徙和遗传结构的研究	金 力,宿 兵,卢大儒,等

续表

序号	项目名称	主要完成人
27	重要药理作用的靶标动力学行为与功能关系研究及其药物设计	蒋华良,沈建华,沈旭,等
28	恶性肿瘤细胞抗原提呈和生物调变机理研究	郭亚军
29	纳米冷阴极及其器件研制	许宁生,陈军,邓少芝,等
30	基于认知与非欧氏框架的数据建模基础理论研究	徐宗本,梁怡,张讲社,等
31	ZnO 基材料生长、P 型掺杂与室温电致发光研究	叶志镇,吴惠楨,吕建国,等
32	智能控制理论与方法的研究	王飞跃
33	Ca-P 生物材料的骨诱导性及其机理研究	张兴栋,袁惠品,范红松,等
34	有机荧光功能材料	田禾,王巧纯,朱为宏
35	复杂约束条件气液两相与多相流及传热研究	郭烈锦,陈学俊,赵亮,等
36	破断岩体表面形貌与力学行为研究	谢和平,周宏伟,鞠杨,等
37	纳微尺度流体流动与传热传质的基础研究	郑平,吴慧英
38	复杂非线性电力系统的稳定控制与智能优化理论与方法的研究	曹一家,叶旭东,韩祯祥,等
39	不同水动力条件下污染物输移过程及系统耦合模型研究	王超,沈永明,李凌,等

## 附件 2 2007 年度国家技术发明奖(通用项目)获奖目录

一等奖

(通用项目空缺)

二等奖

序号	项目名称	主要完成人
01	甘蓝型油菜隐性上位互作核不育三系选育及制种方法	陈凤祥,胡宝成,李强生,等
02	刨切微薄竹生产技术与应用	李延军,杜春贵,刘志坤,等
03	中国对虾“黄海 1 号”新品种及其健康养殖技术体系	王清印,李健,黄捷,等
04	禽流感、新城疫重组二联活疫苗	陈化兰,步志高,葛金英,等
05	高温高压分布式光纤光栅传感技术	乔学光,贾振安,傅海威,等
06	新型无磷助洗剂 Al- $\delta$ 层状硅酸钠的研制与应用	董晋湘,李晋平,徐红,等
07	木质素磺酸盐资源化高效利用的改性技术	邱学青,杨东杰,欧阳新平,等
08	环锭紧密集聚纺系统关键技术研究及应用	竺韵德,程隆棣,周小平,等
09	纺织品数码喷印系统及其应用	陈纯,金小团,杨诚,等

续表

序号	项目名称	主要完成人
10	生物磷酸化新技术制备高能磷酸化合物	应汉杰,欧阳平凯,赵谷林,等
11	超细(可达纳米级)橡胶颗粒材料的制备和应用技术	乔金梁,张师军,魏根栓,等
12	环境友好型海洋防污涂料关键技术研究及其应用	于良民,徐焕志,李昌诚,等
13	替代光气、氯化亚砷等有毒有害原料的绿色化学技术开发及推广应用	苏为科,夏建胜,李永曙,等
14	对环境友好的超高效除草剂的创制和开发研究	李正名,王玲秀,王建国,等
15	乙烯裂解炉管强化传热技术	郑志,王国清,朱耀宵,等
16	材料防护新技术和化工相分离系统平衡研究及其在工业锅炉中的应用	魏刚,熊蓉春,任志远,等
17	大尺寸掺杂钨酸铅闪烁晶体及其制备技术	严东生,殷之文,廖晶莹,等
18	一种安全环保资源化的炼钢熔渣粒化新技术	肖永力,郁祖达,崔健,等
19	中高频声表面波关键材料及应用研究	潘峰,刘明,曾飞,等
20	提高 C-Mn 钢综合性能的微观组织控制与制造技术	刘相华,王国栋,杜林秀,等
21	基于能源节约型低能耗激光增强电弧高效焊接集成技术	刘黎明,刘顺华,宋刚,等
22	纳米级精密定位及微操作机器人关键技术	孙立宁,荣伟彬,曲东升,等
23	基于行波原理的电力线路在线故障测距技术	徐丙垠,董新洲,李京,等
24	正交偏振激光器及基于其振荡特性的精密测量仪器	张书练,李岩,金国藩,等
25	YAG 激光毛化轧辊技术及应用	杨明江,陈光南,王红才,等
26	王码五笔字型	王永民
27	数字视频时空自适应处理关键技术及应用	郑南宁,葛晨阳,孙宏滨,等
28	流体输送管网的实时数据采集分析方法和高精度泄漏检测定位技术	张化光,冯健,黎明,等
29	溶液式带有全热回收的模块化空气处理装置及其系统	江亿,李震,陈晓阳,等
30	车用柴油发动机新型电控系统及其应用	欧阳明高,李建秋,周明,等
31	激光合成波长纳米位移测量方法及应用	陈本永,李达成,周砚江,等
32	水溶性、难降解有机污染物治理与资源化新技术	张全兴,李爱民,陈金龙,等
33	乙醇型发酵生物制氢技术	任南琪,李建政,邢德峰,等
34	虫类药超微粉碎(微米)技术及应用	吴以岭,赵韶华,盖国胜,等
35	治疗类风湿关节炎等疾病的抗体融合蛋白药物	郭亚军,王皓,马菁,等
36	系统化生物芯片和相关仪器设备的研制及应用	程京,邢婉丽,黄国亮,等
37	基于模糊随机建模的医学成像与图像分析新技术研究	陈武凡,冯前进,江贵平,等
38	高速插秧机的机构创新、机理研究和产品研制	赵匀,陈建能,俞高红,等
39	一种新型双流态微泡浮选机的研究开发和应用	庞文成,高亚平,卢安民,等

## 附件 3 2007 年度国家科学技术进步奖获奖目录

## 一等奖

序号	项 目 名 称	主要完成人或主要完成单位
1	高产稳产广适紧凑型玉米单交种郑单 958	堵纯信,张发林,王多成,等
2	中低丰度岩性地层油气藏大面积成藏地质理论、勘探技术及重大发现	贾承造,赵文智,王玉华,等
3	年产 20 万吨大规模 MDI 生产技术开发及产业化	丁建生,廖增太,杨万宏,等
4	巨型工程子午线轮胎成套生产技术与设备开发	丁玉华,张芝泉,单国玲,等
5	铝资源高效利用与高性能铝材制备的理论与技术	钟 掘,肖亚庆,胡岳华,等
6	超超临界燃煤发电技术的研发和应用	张晓鲁,金浪川,杨仲明,等
7	750kV 交流输变电关键技术研究、设备研制及工程应用	刘本粹,张雅林,印永华,等
8	东海大桥(外海超长桥梁)工程关键技术与应用	上海同盛大桥建设有限公司,中铁大桥局股份有限公司,上海建工(集团)总公司,等
9	长江口深水航道治理工程成套技术	交通部长江口航道管理局,上海航道勘察设计研究院,水利部交通部电力工业部南京水利科学研究院,等
10	量子化霍尔电阻基准	张钟华,贺 青,李正坤,等

## 二等奖

序号	项 目 名 称	主要完成人或主要完成单位
11	专用花生新品种创制技术研究与应用	禹山林,曹玉良,崔凤高,等
12	花椰菜育种新技术研究及优质、抗病和高产新品种选育与推广	孙德岭,李素文,张宝珍,等
13	转 <i>BtCry1A</i> 基因系列抗虫棉品种和抗虫棉生产体系	王留明,董合忠,李维江,等
14	优质高产广适性小麦新品种烟农 19 的选育和推广	姜鸿明,梁新明,赵 倩,等
15	杨树工业用材林高产新品种定向选育和推广	张绮纹,苏晓华,李金花,等
16	四个南方重要经济林树种良种选育和定向培育关键技术研究及推广	曹福亮,陈其兵,张燕平,等
17	花卉新品种选育及商品化栽培关键技术研究及示范	张启翔,刘 燕,陈俊愉,等
18	朱鹮拯救与保护研究	路宝忠,丁长青,于晓平,等
19	长江中下游山丘区森林植被恢复与重建技术	张金池,杜天真,胡海波,等



续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
20	西藏羌塘生物多样性研究	刘务林,李炳章,范志勇,等
21	林木种苗工厂化繁育技术研究及产业化	李 健,沈效东,王立英,等
22	皱纹盘鲍杂交育种技术及其养殖工艺体系	张国范,赵洪恩,刘 晓,等
23	猪链球菌病研究及防控技术	陆承平,何孔旺,范红结,等
24	“大通牦牛”新品种及培育技术	陆仲璘,阎 萍,王敏强,等
25	中华鲟物种保护技术研究	危起伟,杨德国,陈细华,等
26	规模化猪、禽环保养殖业关键技术研究及示范	徐子伟,李永明,邓 波,等
27	绵羊育种新技术—中国美利奴肉用、超细毛、多胎肉用新品系的培育	刘守仁,王新华,石国庆,等
28	物理改变世界	郝柏林,冯 端,陆 埏,等
29	《沼气用户手册》科普连环画册	白金明,孙玉田,胡金刚,等
30	《世纪兵戈》国防科技系列片	邱国立,费道贤,毛文戎,等
31	《雷鸣之夜》	田 荣,张树义,张礼标,等
32	知名专家进社区谈医说病丛书	胡大一,纪立农,李光伟,等
33	E时代N个为什么(12册)	陈芳烈,丁志红,尹怀勤,等
34	电影科教片《煤矿瓦斯爆炸事故的防治》	宗树洁,李 欣,朱赵伟,等
35	离心压缩机、鼓风机机壳拼装制造技术	杨建华
36	高强度全密封精整矫直机支承辊技术	王 军
37	高性能铁路数字信号电缆的研发与产业化	王子纯
38	基于“3S”集成技术的 LD2000 系列移动道路测量系统及其应用	李德仁,郭 晟,胡庆武,等
39	渤海海域复杂油田开发技术创新——原油年产量突破 1500 万方	周守为,刘 健,王家祥,等
40	哈萨克斯坦肯基亚克盐下复杂碳酸盐岩油田高效开发配套技术	卞德智,徐安平,辛俊和,等
41	中国近海高水垂比大位移钻井关键技术研究及应用	唐海雄,高德利,董星亮,等
42	石油勘探开发过程中油层保护与改造新技术研究与应用	蒋官澄,曹钧合,马先平,等
43	大牛地气田致密碎屑岩成藏理论与勘探开发实践	郝蜀民,陈召佑,李 良,等
44	地球化学填图的战略、方法、技术与应用研究	谢学锦,任天祥,孙焕振,等
45	2005 珠穆朗玛峰高程测量	张燕平,岳建利,郭春喜,等
46	中国成矿体系与区域成矿评价	陈毓川,王登红,朱裕生,等
47	深海浅地层岩芯取样钻机系列及其勘探工艺	万步炎,钱鑫炎,刘敬彪,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
48	海南琼西地区金矿勘查评价	丁式江,廖正伟,黄香定,等
49	柴达木盆地白刺资源综合开发利用技术研究及产业化	索有瑞,王洪伦,李玉林,等
50	聚合物基无机/有机纳米复合材料及其制品工业化技术	陈建峰,王国全,曾晓飞,等
51	热带海洋生物活性物质的利用技术	张  德,吴  军,闻克威,等
52	年产八万立方米中密度纤维板生产线成套设备关键技术研发及应用	李绍昆,陈沪成,刘葆青,等
53	益生制剂及其增效技术研究与应用	金征宇,胥传来,计  成,等
54	油料低温制油及蛋白深加工技术的研究与应用	黄凤洪,吴谋成,刘大川,等
55	新一代婴幼儿配方奶粉研究及其配套技术的创新与集成	田文华,生庆海,王玉良,等
56	卫星结构用高性能三维编织复合材料构件的研制及其生产线的建设	李嘉禄,陈  利,吴晓青,等
57	大豆蛋白复合纤维纺织染整关键技术研究及产品开发	李金宝,唐人成,俞建勇,等
58	基于丝素反应特性调控原理的蚕丝高色牢度染色技术开发及产业化	邵建中,沈一峰,王柏忠,等
59	高导湿涤纶纤维及制品关键技术集成开发	王华平,王启明,张连京,等
60	高活力 $\alpha$ -乙酰乳酸脱羧酶的研制与应用	黄日波,蒙健宗,王青艳,等
61	多喷嘴对置式水煤浆气化技术	于遵宏,王  信,张鸣林,等
62	维生素 D <sub>3</sub> 生产新工艺	曹  怡,张宝文,程学新,等
63	抽提蒸馏分离芳烃成套新工艺的开发及工业应用	田龙胜,杨清雨,李成峰,等
64	系列核苷生产新工艺	渠桂荣,杨西宁,董春红,等
65	炼油分离过程大型化关键技术系统集成与节能	李鑫钢,姜  斌,蒋荣兴,等
66	梯度折射率光学材料及微透镜系列	李育林,霍军民,姚胜利,等
67	新型干法水泥生产线重大配套装备研制和工程化应用	周  啸,边汉民,陈苏琦,等
68	生态型高与超高性能结构混凝土材料的研究与应用	孙  伟,缪昌文,翟建平,等
69	薄板坯连铸连轧微合金化技术研究及低成本高性能微合金钢的开发	张若生,毛新平,康永林,等
70	PQF 三辊连轧管生产线工艺及装备自主集成与创新	严泽生,刘云生,刘卫平,等
71	锌精矿加压浸出、长周期电解关键技术研究及产业化	王吉坤,董  英,周廷熙,等
72	高性能真空开关铜铬触头材料设计、关键制造技术及其应用	丁秉钧,杨志懋,王亚平,等
73	高性能钎具特钢生产技术与产品开发	谢建新,李明锁,赵长有,等
74	金属纤维及其制品的制备技术与产业化	奚正平,杨延安,张  健,等
75	转炉-CSP 流程批量生产冷轧板技术集成与创新	施雄樑,刘  浏,苏世怀,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
76	高速铁路钢轨生产技术的集成创新和应用	李春龙,刘 浏,李保卫,等
77	材料成形过程模拟技术及其应用	李德群,陈立亮,柳玉起,等
78	新型高性能捷联惯性测量装置关键技术研究及应用	房建成,酆吉臣,王 巍,等
79	LS4B-2500 型 2500 美吨闭式四点多连杆压力机	江秀花,杨冠华,李玉霞,等
80	高速精密磨削加工关键技术与系列高档数控磨削装备	宓海青,陶剑波,袁巨龙,等
81	工业机器人作业系统的关键技术研究、开发与应用	丁 汉,陈建平,言勇华,等
82	数控高效制齿机床成套技术研发及产业化应用	廖绍华,李先广,金朝华,等
83	自振空化射流技术与应用	李根生,孙宝江,沈忠厚,等
84	大型水轮机关键件双精炼铸造技术及产品	娄延春,陈 瑞,姜云飞,等
85	支持生产设备集成运行的网络化制造系统及支撑技术	刘 飞,王时龙,尹 超,等
86	现代仪器制造柔性研发平台的创建及系列产品开发与应用	徐小力,张福学,苏 中,等
87	国家电网提高输电能力的研究与实施	国家电网公司
88	恰希玛核电工程技术研究设计	欧阳予,耿其瑞,夏祖讽,等
89	PCS-9500 高压直流控制和保护系统及其工程应用	田 杰,毛仕涛,冯亚东,等
90	基于标准化平台的电网调度自动化集成系统 OPEN-3000	姚建国,胥传普,鲁庭瑞,等
91	大型直接空冷汽轮机关键技术研究及设备研制	杨其国,梁秀珍,李毅刚,等
92	电子元器件绝缘粉末封装理论、关键技术及系列产品开发	陈景亮,姚学玲,刘东社,等
93	无铝量子阱大功率激光器关键技术及应用	王立军,宁永强,刘 云,等
94	CDMA/GSM 双网双通终端	张智江,郭德英,李慧楠,等
95	固定电信网转型工程	韦乐平,董晓庄,徐建锋,等
96	空间微系统及纳型卫星	尤 政,任大海,张 兵,等
97	WDM 超长距离光传输设备(ZXWM-M900)	施社平,赵 勇,纪越峰,等
98	OSN9500 大容量智能光交换系统	李宏伟,蔡成武,陈可加,等
99	聚合物电极材料及其在电容器中的应用	蒋亚东,徐建华,唐先忠,等
100	高精度高能大型工业 CT 无损检测系统研制及应用	王 珏,刘 荣,王东辉,等
101	全合成大尺寸光纤预制棒	吴兴坤,王建沂,卢卫民,等
102	中国下一代互联网示范工程 CNGI 示范网络核心网 CNGI-CERNET2/6IX	吴建平,李 星,张 凌,等
103	高性能集群计算机与海量存储系统	郑纬民,舒继武,王鼎兴,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
104	大型高强度铝合金构件制备重大装备智能控制技术与应用	桂卫华,喻寿益,贺建军,等
105	中国国家网格	钱德沛,徐志伟,谢向辉,等
106	国产化智能温室及其环境控制系统等配套设施的研制	吴启迪,徐立鸿,束 昱,等
107	数字化音视频控制技术的研究及应用	郭宗明,董全武,管 雷,等
108	CRI2002 企业铁路智能运输调度综合信息平台	韩江洪,魏 臻,陆 阳,等
109	超大容积高端汽车灯具镀膜系列装备与工艺研发及产业化	范多旺,邓志杰,范多进,等
110	WPS Office 2005 办公软件	章庆元,段雨洛,许式伟,等
111	多高层建筑多维抗震分析与振动控制—理论及工程应用	李宏男,李云贵,滕 军,等
112	柔性桥梁非线性设计和风致振动与控制的关键技术	陈政清,胡建华,杨 进,等
113	高性能混凝土应用超高强工程纤维成套技术的研发	彭书成,易显顺,侯正昌,等
114	特大跨径桥梁钢塔和深水基础设计施工创新技术研究	武焕陵,崔 冰,刘晓东,等
115	地铁重叠隧道设计与施工关键技术研究	扈 森,李德才,刘建国,等
116	沙漠地区公路建设成套技术研究	陈晓光,罗俊宝,张生辉,等
117	香港迪士尼乐园工程关键施工技术研究与应用	姚先成,周 勇,符 合,等
118	重大工程结构的健康监测集成系统与应用	欧进萍,李 惠,段忠东,等
119	岩体开挖力学效应及锚固工程质量检测新技术	张永兴,李建林,刘新荣,等
120	双层桥面无隔板预应力混凝土箱梁斜拉桥创新技术	秦顺全,徐恭义,初厚才,等
121	水利水电工程地质建模与分析关键技术及工程应用	钟登华,宋胜武,黄 河,等
122	华北半湿润偏旱井灌区节水农业综合技术体系集成与示范	徐振辞,胡春胜,王玉坤,等
123	大型渠道混凝土机械化衬砌成型技术与设备	耿福明,韩其华,贾乃波,等
124	黄河水沙过程变异及河道的复杂响应	胡春宏,郭庆超,许炯心,等
125	紊流模拟技术及其在水利水电工程中的应用	戴会超,许唯临,吴玉林,等
126	重大水工混凝土结构隐患排查检测与健康诊断研究	吴中如,顾冲时,方永浩,等
127	新疆水资源可持续利用及重点工程布局综合研究	邓铭江,王世江,董新光,等
128	峡谷地区 200m 级高面板堆石坝筑坝技术研究及其洪家渡坝工程应用	杨泽艳,赵三其,湛正刚,等
129	城市交通智能诱导系统与关键技术	孙立军,陈 平,江绵康,等
130	路基路面材料特性反演与快速检测维修整套技术	王复明,张 蓓,蔡迎春,等
131	H425 型民用直升机研制	栗万欣,修忠信,朱跃法,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
132	汽车综合性能检测关键技术研究、系列产品开发及其产业化	马建,赵祥模,王学志,等
133	电子海图(航道图)技术及其应用系统的研究	赵德鹏,李源惠,赵丽宁,等
134	一汽解放第五代奥威重型系列商用车及其重型柴油机自主开发	刘蕴博,李骏,郭立群,等
135	朔黄重载铁路建设与运营技术	陈必亭,张喜武,薛继连,等
136	福建水口水电站2×500吨级垂直升船机建设及运行	陈坚权,汪云祥,胥福尧,等
137	开孔消浪沉箱结构波浪力计算方法的研究及应用	李玉成,滕斌,孙大鹏,等
138	转基因植物产品检测体系的建立及其在国际贸易中的应用	朱水芳,徐宝梁,曹际娟,等
139	中国乒乓球竞技制胜规律的科学研究与创新实践	吴焕群,张晓蓬,秦志锋,等
140	空气质量和污染源环境光学监测技术系统与应用	刘文清,刘建国,魏庆农,等
141	新型有机膨润土及其在污染控制中的应用	朱利中,陈宝梁,雷乐成,等
142	含铁渣尘高效利用关键技术开发与工业应用	张一敏,刘惠中,陈铁军,等
143	中国北方沙漠化过程及其防治	王涛,郑晓静,赵哈林,等
144	海水循环冷却技术研究与工程示范	侯纯扬,武杰,赖振国,等
145	城市污水生物脱氮除磷技术与控制措施研究	张波,毕学军,周增炎,等
146	复合生态系统理论与可持续发展模式示范研究	王如松,欧阳志云,赵景柱,等
147	石油焦化冷焦污水封闭分离成套技术与应用	汪华林,白志山,王建文,等
148	我国新一代多尺度气象数值预报系统	薛纪善,陈德辉,沈学顺,等
149	甚低频标准振动测试系统	庄灿涛,童汪练,何闻,等
150	幽门螺杆菌关键致病因子CagA、VacA的生物学特性及其临床应用	李兆申,王吉耀,杜奕奇,等
151	感染微生态学建立及应用研究	李兰娟,俞云松,吴仲文,等
152	全国主要HIV毒株的基因变异和流行特征研究及数据库建立	邵一鸣,邢辉,洪坤学,等
153	碘过量对甲状腺疾病影响的流行病学和实验研究	滕卫平,单忠艳,滕晓春,等
154	慢性肾脏病防治的临床和基础研究	侯凡凡,张训,梅长林,等
155	遗传性出血病的基础研究和临床应用	王鸿利,王学锋,丁秋兰,等
156	慢性高原病诊断学及其防治措施的研究	吴天一,格日力,张鑫生,等
157	脑出血后脑损伤机制的研究与临床治疗新策略的应用	张祥建,张苏明,贾保祥,等
158	提高腹膜透析患者生存率的基础与临床应用研究	钱家麒,姚强,林爱武,等
159	肠胃溃疡出血的创新非外科治疗法	沈祖尧,刘润星,陈家亮,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
160	黄芪活性产物代谢调控的基因工程关键技术研究	胡之璧,王峥涛,杜 旻,等
161	辽东楸木的研究及应用	匡海学,肖洪彬,李 冀,等
162	补血方药对血虚证的基础与应用研究	高 月,杨明会,刘永学,等
163	中医体质分类判定标准的研究及其应用	王 琦,朱燕波,王前飞,等
164	全自动血细胞成套分析技术及其设备的研发	周洪华,戴 洪,颜 箫,等
165	双氯芬酸类解热镇痛药生产新工艺关键技术研究与应用	陈芬儿,戴惠芳,李志江,等
166	万古霉素关键技术研究及产业化	陈代杰,金一平,李继安,等
167	复方蒿甲醚的研发、国际化及产业化	昆明制药集团股份有限公司,中国人民解放军军事医学科学院微生物流行病学研究所,中信投资控股有限公司,等
168	(+)-5-单硝酸异山梨酯原料及其制剂的研究开发	赵志全,汪 兵,高希章,等
169	临床前药物代谢动力学关键技术与研究体系	王广基,刘晓东,谢 林,等
170	迈瑞高性能全自动生化分析仪关键技术及系列产品的研发与产业化	王 炜,解传芬,杨建勇,等
171	潜水泵理论与关键技术研究及推广应用	袁寿其,施卫东,关醒凡,等
172	棉铃虫区域性迁飞规律和监测预警技术的研究与应用	吴孔明,郭予元,戴小枫,等
173	精准农业关键技术与示范	赵春江,汪懋华,王纪华,等
174	食用菌优质高效大规模生产关键技术研究	吴清平,杨小兵,李森柱,等
175	防治农作物土传病害系列药剂的研究与应用	宋宝安,王士奎,郭 荣,等
176	新疆棉蚜生态治理技术	张润志,田长彦,朱恩林,等
177	工厂化农业(园艺)关键技术与示范	李天来,陈殿奎,申茂向,等
178	棉花化学控制栽培技术体系的建立与应用	李召虎,田晓莉,何钟佩,等
179	贫煤、贫瘦煤高炉喷吹技术开发与应用	刘仁生,任润厚,刘应书,等
180	大型深凹露天矿安全高效开采关键技术研究	蔡美峰,郝树华,张文明,等
181	隐患金属矿产资源安全开采与灾害控制技术研究	李夕兵,古德生,周科平,等
182	高瓦斯矿井的特大型火区灭火抑爆技术研究及应用	章永久,王德明,张玉良,等
183	煤层气规模开发与安全高效采煤一体化研究	胡千庭,朱晓明,文光才,等
184	破碎岩体渗流规律及其在煤矿突水防治中的应用研究	缪协兴,浦 海,王连国,等
185	中国数字化人体数据集的建立	张绍祥,钟世镇,唐 雷,等
186	口腔颌面部肿瘤根治术后缺损的形态与功能重建	张志愿,邱蔚六,张陈平,等
187	先天性肛门直肠畸形基础与临床研究	王维林,袁正伟,李 龙,等
188	微创治疗泌尿系结石新技术的研究与应用	孙颖浩,许传亮,高小峰,等

续表

序号	项目名称	主要完成人或主要完成单位
189	白内障发病的相关机制与防治研究	姚克,申屠形超,叶娟,等
190	Leber 遗传性视神经病研究	瞿佳,管敏鑫,周翔天,等
191	皮肤病遗传资源的收集与利用	张学军,杨森,黄薇,等
192	人工膝关节置换术的临床应用及相关基础研究	吕厚山,关振鹏,袁燕林,等

## 附件 4 2007 年度中国十大基础研究新闻

1. 我国首颗探月卫星“嫦娥一号”发射成功并顺利传回探测数据；
2. 在多光子纠缠和光学量子计算的实验方面取得新进展；
3. 合成出室温条件下具有超大塑性的块体金属玻璃材料；
4. 找到保存在滞育卵囊中的胚胎化石和 6.3 亿年前的动物化石；
5. 合成出具有高电氧化催化活性的二十四面体铂纳米晶；
6. 证实 CASP8 基因启动子的一个六核苷酸插入/缺失多态与多种癌症易感性相关；
7. 揭示出多巴胺—蘑菇体环路在果蝇基于价值抉择中的调控作用；
8. 发现  $\beta$  抑制因子-1 是调节 CD4<sup>+</sup> T 细胞存活和自身免疫性的关键因子；
9. 证实大熊猫仍存在较高的遗传多样性和进化潜力；
- 10-A. 在声子晶体中实现声波的双负折射；
- 10-B. 发现全球水循环中的溶解无机碳可能是一个重要的碳汇。