

# 创新工程技术 支撑科学发展

杜祥琬

(中国工程院,北京 100088)

[摘要] 回顾了近年特别是2008年中国在信息、能源、制造业及探索宏观、微观世界等领域所取得的重大科学技术进步和工程创新成就;指出了严重自然灾害对科学技术和工程的检验与启示;提出了我国工程科技界值得思考的几个问题,展望了未来我国工程技术的创新使命。

[关键词] 技术;工程;创新;科学发展

[中图分类号] F124.3 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2009)04-0004-05

2008年岁末之际,世界金融海啸和经济寒潮成了人们关注的焦点。中国人在回眸这个不平凡年头的时候,也在积极应对经济形势出现的困难和挑战。我国经济发展中出现的问题,既来自外部的冲击,也源于我国经济在取得巨大进步的同时,多年积累的深层次矛盾。我们面对的既是挑战,也是机遇,是转变发展方式、调整产业结构、企业升级转型的机遇。必须将粗放的发展方式逐步转变到创新驱动的发展方式,真正落实科学发展观。工程技术直接创造生产力,工程科技的创新是实体经济的核心动力,工程技术承载着转变发展方式的重大责任。广大工程科技工作者意识到自己的历史使命,一年来在不同的领域做出了以创新为特征的卓越努力,通过扎实的工作,一步步迈向建设创新型国家的伟大目标。以下仅举其中的几例。

## 1 信息技术引领创新

近年来,随着龙芯、星光中国芯、信芯等“中国芯”的问世,我国国产芯片实现了从无到有的突破,并逐步推向国际市场,迈出了从弱到强的历史性跨越。而2008年,值得一书的是,5年前启动的中国下一代互联网示范工程(英文简称CNGI)已建成包括6个核心网络、22个城市和273个驻地网的IPv6示范网络,远超出项目设计。依托CNGI,我国得以开展各种基于下一代互联网的应用研究。为我国参

与全球下一代互联网产业竞争奠定了基础。

下一代宽带无线通信关键技术获得突破。移动通信是最大的无线通信产业。在以第四代移动通信相关无线技术和信号处理技术为代表的移动通信技术的进展方面,我国已取得了实质性进展——符合ITU的期望进展,并进入国际先进行列。实现了协同分布式无线网络及高层协议、宽带多载波传输与多址技术、充分挖掘空间资源的MIMO无线传输技术、逼近信道容量的信道编译技术与迭代接收技术和新型天线与射频技术五大关键技术的突破。

我国科技人员通过技术创新,制备出我国第一片8英寸键合SOI晶片,实现了SOI晶片制备技术的重要突破,具有广阔的市场前景。有关专家认为,这一突破为大尺寸键合SOI晶片的产业化打下了坚实基础。

在超级计算机研制方面,全球高性能计算机TOP 500排行榜的官方网站发布了最新名单。由我国曙光公司研制生产并即将部署在上海超级计算中心的百万亿次高效能计算机——曙光5000A,以峰值速度230万亿次的成绩再次跻身世界超级计算机前10。这一成绩不但代表着中国将拥有除美国本土之外速度最快的计算机(美国已研制出每秒运算速度1000万亿次的超级计算机),同时上海超级计算中心也以此成为世界上最大的通用高性能计算平台之一。作为面向国民经济建设和社会发展重大需

[收稿日期] 2009-01-07

[作者简介] 杜祥琬(1938-),男,河南开封市人,中国工程院院士、副院长,主要研究领域为应用物理学;E-mail:may772@vip.sina.com

求的网格超级服务器,曙光 5000A 可以完成各种大规模科学工程计算、商务计算等。

在量子通信研究领域,中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家实验室持续领先,他们利用冷原子量子存储技术,在国际上首次实现了具有存储和读出功能的纠缠交换,建立了由 300 m 光纤连接的两个冷原子系综之间的量子纠缠。这种冷原子系综之间的量子纠缠可以被读出并转化为光子纠缠,以进行进一步的传输和量子操作。该实验成果完美实现了远距离量子通信中急需的“量子中继器”,向未来广域量子通信网络的最终实现迈出了坚实的一步。2008 年 8 月 28 日出版的《自然》杂志发表了这项重要研究成果,并称赞该工作“扫除了量子通信中的一大绊脚石”。

我国首颗中继卫星“天链一号 01 星”在西昌卫星发射中心成功发射。中继卫星被称为“卫星的卫星”,可为卫星、飞船等航天器提供数据中继和测控服务,极大提高各类卫星使用效益和应急能力,能使资源卫星、环境卫星等数据实时下传,为应对重大自然灾害赢得更多预警时间。

信息技术的普及应用意义重大。我国移动电话的普及程度(人均量)达到了世界平均水平,计算机和互联网使用的普及程度也大为提高。信息化带动了多种装备和企业的技术进步和升级。信息技术使北京奥运实现了在任何地方、任何时间都能够获得个性化信息服务,我国自主研发的第三代移动通信 TD-SCDMA,IPv6 实时观测的网络系统和自主研发的高清电视等创新技术得到了广泛应用。信息技术的快速进步和普及应用,极大地改变着社会的生产方式和人们的工作方式、生活方式,甚至深刻地改变着人的思维方式。在带来社会与经济极大进步的同时,也提出了一系列新的挑战。过去 20 年 IT 的叱咤风云,不禁使人们思考,今后的 20 年将会怎样。

## 2 努力破解发展瓶颈

能源与环境是我国可持续发展的主要瓶颈。为了能源也为了环境,2008 年在煤的高效和洁净化利用以及绿色新能源发展方面又取得了新进展。

攻克超超临界机组关键技术。2008 年 7 月,上海市科委重大科技攻关项目“电站装备用特种材料研究与开发”项目通过专家验收,这标志着上海超超临界机组关键材料技术研究取得重大突破,为降低造价、推广应用铺平了技术道路。按 2008 年我国

火力发电机组的平均煤耗计算,如果我国目前普遍使用的亚临界机组全部由超超临界机组取代,每发 1 度电便可节省用煤 70 余克。

洁净煤锅炉技术取得新突破。由东方锅炉自主开发设计制造的国内首台采用不带外置换热器、燃用劣质煤 300 MW 循环流化床 3 号机组锅炉,在广东荷树园电厂顺利通过 168 个小时满负荷运行,锅炉各项技术指标达到了当今世界先进水平,标志着我国在燃用洁净煤大型电站锅炉技术方面取得新突破。

大型循环流化床锅炉(简称 CFB 锅炉)是目前世界公认的高效、低污染的火力发电设备,与普通煤粉炉相比,它具有燃用烟煤、褐煤、无烟煤、煤矸石、油页岩、煤泥等劣质煤,和负荷调节范围大、调节性能好、脱硫效率可长期保持在 90% 以上等优点,符合国家大力发展低耗、高效清洁煤燃烧技术的环保技术政策。

我国煤矿安全开采技术取得重大突破。煤层群无煤柱快速留巷“Y”型通风煤气共采研究课题,2008 年 3 月通过了行业鉴定。该研究课题采用无煤柱沿空留巷“Y”型通风卸压开采,解决了深井高瓦斯、低渗透率、高地应力等复杂地质条件矿区煤与瓦斯共采技术难题。创造了深井复杂地质条件下沿空留巷综采月产  $36 \times 10^4$  t 的纪录,采区瓦斯抽采率 70% 以上。研究成果集成创新了沿空留巷“Y”型通风煤与瓦斯共采关键技术所涉及的理论、技术、材料、装备及工艺系统,初步实施取得了显著的经济、社会和环境效益,达到了国际领先水平。

核电属绿色能源,我国核电发展速度正在加快,核电设备制造技术水平进一步提高。2008 年 8 月 1 日,中国第一重型机械集团公司在京与中国核工业集团公司签订了 4 台百万千瓦级核反应堆压力容器及 9 台蒸发器锻件的供货协议。核反应堆压力容器属于核电站的关键核心设备,属核安全一级要求和质保一级要求的产品,是核电站设备中不可更换的部件,技术含量和制造要求极高。当今世界掌握该设备制造技术的国家屈指可数。

核电站模拟机打破国外技术垄断。2008 年 7 月,中核集团在秦山第三核电公司全范围模拟机升级改造验收仪式上宣布:实践应用和专家验收表明,我国已拥有完全自主知识产权的核电仿真技术平台,并首次承担了全数控、大型核电站模拟机的设备生产。这意味着我国从根本上摆脱了对国外核动力

仿真技术和产品的依赖。

2008年我国又启动了福清等大型核电站的建设。福清电站将建6个压水堆机组,每个 $100 \times 10^4$  kW的装机容量,将分三期建成。

高温气冷堆核电站开始建设。2008年10月,国家科技重大专项——华能山东石岛湾核电厂高温气冷堆核电站示范工程揭牌。这意味着中国具有自主知识产权的、新一代核反应堆项目的建设取得积极进展。高温气冷堆是国际上公认的具有先进技术特征的新型核反应堆。模块式高温气冷堆核电站具有固有安全性、发电效率高、用途广泛等特点,在国际上受到广泛的重视,也是具有第四代核能系统主要特征的新型核反应堆堆型。

在受控热核聚变的前期研究方面,即将用于国际首座热核聚变实验堆ITER的高温超导电流引线系统试验,在中科院等离子体所获得成功,达到世界各国获得的最高记录。这一系统的成功研制,将有利于解决聚变堆巨型超导磁体致冷节能的问题。

可再生能源受到了更大重视。风能发展势头强劲,2008年的装机容量估计可达 $1\,000 \times 10^4$  kW。风机的国产化水平有所提高,但风电制造企业数量剧增的局面需加以适当的限制性引导。太阳能电池的产量近几年持续保持高速增长,2007年中国太阳能电池产量达到1 088 MW,占世界总产量的27.2%,一跃成为世界第一大生产国。截止到2008年11月,全国有11家企业先后从事多晶硅生产,投产规模达到 $1.241 \times 10^4$  t/a。但太阳能电池产业“两头在外”的局面,正遭遇世界经济寒流的袭击,这将促进产业的转型升级。中国工程院完成了历时两年的“中国可再生能源发展战略研究”,明确了今后几十年我国可再生能源逐步变化的战略定位,提出了当前处于创新攻关的阶段,需要有序发展、政策扶植和支持基础性创新研究。

成功举办北京奥运是2008年中国和世界的盛事,而科技奥运和绿色奥运是北京奥运的亮点之一。太阳能等绿色能源占场馆用电比例的26%;规模性地采用清洁汽车,近500辆新能源汽车实现了核心区的“零排放”和周边的“低排放”;在奥运场馆观众的水回收利用率达到100%,园区的水回收率达到80%,奥运场馆的水质高效净化系统,通过120项检测,水质达到世界标准。节点照明、场馆和景观的照明大量使用我国自主研发、生产的半导体照明L81,节能效果达到60%~70%;智能交通在市区

覆盖率达到80%以上;北京奥运采取的多项措施,使世人得以常见北京的蓝天。意义更为深远的是,这一切提升了人们建设资源节约型、环境友好型社会的意识和期望值,有利于为破解能源、环境瓶颈,凝聚更多的共识。

### 3 由“制造业”迈向“创造业”

我国有一个规模宏大的制造业,我们需要做的是通过产学研的结合,提升自主研发能力,提高设计和制造水平,有更多的创新和创造。

中国自主研发ARJ21-700支线飞机首飞。2008年11月,中国首架自主研发、拥有完全自主知识产权的新型涡扇支线客机ARJ21-700首飞成功。我国在50多年民机发展过程中有了第一个自行研制、完全具有自主知识产权、具有很强国际竞争力的产品。ARJ21飞机攻克了自动钻铆、壁板喷丸等一系列的技术难关,在数字化制造和复合材料应用方面取得了一定的成果,为大飞机研制积累了经验。

我国大飞机项目启动技术方案论证。2008年7月,随着大飞机公司中国商用飞机公司的正式组建,大飞机研制工作正陆续展开。大飞机是指起飞重量超过100 t的运输类飞机,它包括军用和民用飞机。大飞机项目是科技和制造产业领域的高精尖项目,它对一个国家的经济、科技、军事和制造业水平有相当高的要求。对大飞机项目,国人寄予厚望。这不仅在于航空市场上的民用干线飞机的国产化拉动国民经济增长,增加就业机会,更在于制造出我们自己的空中堡垒,加强远程作战能力。

铝电解生产节能减排技术获重大突破。“新型阴极结构高效节能铝电解槽试验与研制”以及与此相配套的“铝电解槽火焰—铝液二段焙烧新技术”两个项目研究成果,通过了中国有色金属工业协会组织的鉴定。考核表明,3台试验槽在4个月的运行期间,氟化物减排2吨多,二氧化碳减排580多吨,二氧化硫减排0.23 t,成为国内外首创,整体技术达到国际领先水平。与此技术相配套的铝电解槽火焰—铝液二段焙烧新技术也获得试验成功,并顺利通过专家鉴定。该技术集中了铝液和火焰焙烧的优点,不仅提高了电解槽的焙烧质量,而且大大缩短了焙烧时间,降低了能耗和焙烧费用,节能效果显著。同时,二氧化碳减排50%以上。

我国自主研发的水下机器人首次亮相北极科考。北极ARV是中国自主研发的首个自主与遥控

混合作业模式水下机器人,它将携带多种测量设备,在此次北极科考中开展海洋环境监测活动。这是中国自主研发的智能型水下机器人首次亮相北极科考。北极 ARV 是中国研制出的首个采用自主与遥控混合作业模式的水下监测系统。它不仅可以在研究人员遥控下作业,也可以通过预编程方式自主作业。北极 ARV 自带能源,可通过微光缆与水面支持系统相连接。由于采用了鱼雷体和框架体相结合流线式外形,它不仅可以在发挥框架体遥控水下机器人的优势,在海中悬停并进行定点精确观测;也可以发挥鱼雷体自主水下机器人的特长,灵活方便地在一定范围水域里进行测量,获取更为全面的实时观测数据。

高功率脉冲电源技术取得新突破。2008 年 7 月,中国科学院电工所研制成功的“50 kW/40 kHz 高压稳压电源/稳压器”,代表着国内高频大功率开关电源的先进技术水平。200 kW 开关电源的研究,标志着我国的高功率脉冲电源技术翻开了历史性的一页。新型的大功率开关电源(平均功率 200 kW)具有体积小、重量轻、效率高、稳压范围宽等优势,而且具有先进的自动控制技术。主要作为高功率脉冲电源的初级电源和大型军用设备的电源系统,也可以应用于大电流快速充放电系统和电子、通信、航天、医疗等领域。

我国激光冲击强化技术实现重大突破。2008 年 11 月,中国第一条激光冲击强化生产线在西安阎良国家航空高技术产业基地建成。这标志着中国激光冲击强化技术向工程化应用迈出了重要一步,使中国成为继美国之后世界上第二个可实现该项技术工业化应用的国家。激光冲击强化技术是利用强激光束产生的等离子冲击波,提高金属材料的抗疲劳、耐磨损和抗腐蚀能力的一种高新技术。它与现有的冷挤压、喷丸等金属材料表面强化手段相比,具有非接触、无热影响区、可控性强以及强化效果显著等突出优点。

中国创造正在迈步前行。

#### 4 探索宏观和微观世界的有力支撑

探索宏观和微观世界的未知一直是前沿科学领域的两大方向。工程技术提供的研究平台、工具和探测手段有力地支撑着这个无尽而诱人的探索。

神七载人航天及航天员出舱是中国宇航史的标志性事件。2008 年 9 月 27 日 16 时 41 分 00 秒,航

天员翟志刚身穿中国研制的“飞天”舱外航天服,从神舟七号载人飞船进入太空。这是中国空间技术发展中的一个重大跨越。中国成为继美、俄之后世界上第三个实现太空行走的国家。这是中国载人航天取得又一重大突破和中国人民攀登世界科技高峰的又一伟大壮举。2008 年 9 月 28 日傍晚,神舟七号飞船返回舱载着翟志刚、刘伯明、景海鹏 3 位航天员在内蒙古草原稳稳落地。

我国光学天文望远镜技术取得国际领先成果。2008 年 10 月,完全由我国自主发明的新型大视场望远镜大天区面积光纤光谱天文望远镜(LAMOST)在位于河北省兴隆县的国家天文台兴隆观测基地落成。被誉为伸向太空的“千里眼”。在技术上,LAMOST 在其反射施密特改正镜上同时采用了薄镜面主动光学和拼接镜面主动光学技术,突破了世界上光学望远镜大视场不能同时兼备大口径的瓶颈,使我国主动光学技术处于国际领先地位。它采用的并行可控式光纤定位技术解决了同时精确定位 4 000 个观测目标的难题,是一项国际领先的技术创新。

在微观世界的探索方面,我国科学家参与工作的大型强子对撞机(LHC)在日内瓦建成并开始实验运行,这可以说是为小小基本粒子研究建立的巨无霸科学工程装置。在国内,北京正负电子对撞机重大改造工程建设任务圆满完成。2008 年 7 月 22 日,北京正负电子对撞机重大改造工程(BEPC II)取得重要进展。加速器与北京谱仪联合调试对撞成功,并观察到了正负电子对撞产生的物理事例。这标志着 BEPC II 已圆满完成了建设任务。改造后的 BEPC II 将在世界同类型装置中继续保持领先地位,成为国际上最先进的双环对撞机之一。BEPC II 工程建设大量采用了国际先进的高技术,其中超导磁铁和低温系统研制更是实现了关键性的技术突破。用户急需的硬 X 光强度将提高一个数量级以上,将进一步发挥对社会开放的大科学平台的作用。

兰州重离子加速器冷却储存环通过验收。中科院近代物理研究所承建的国家重大科学工程兰州重离子加速器冷却储存环(HIRFL-CSR)2008 年 7 月 30 日通过国家验收。验收委员会专家认为,中科院近代物理研究所攻克了一系列技术难关,在诸多技术方面实现了创新和突破,在世界上首次研制成功空心电子束冷却装置,实现了空心电子束对重离子束的冷却,从而大幅度提高了束流累积效率和重离子束的能量、流强及品质,使一些极端条件下的高精度测量成

为可能,成功产生放射性次级束,并注入实验环进行质量测量实验,达到了 $10^{-5}$ 的质量分辨率。它将成为放射性核束和超重原子核研究的重要装置。

## 5 战胜天灾的成就和启示

值得大书一笔的是,2008年中国人民为战胜罕见自然灾害作出的卓越努力。年初南方的冰雪灾害和汶川大地震,牵动了全国人民乃至国际友人的心。在战胜灾害和灾后重建过程中,国家领导、人民群众、解放军和科技工作者共同谱写了可歌可泣的感人诗篇,取得了举世惊叹的成就。电力、交通、信息、水利、医疗、土建、农业、环境……各领域的科技工作者战胜了难以想象的困难,多行业协同作战,为减灾和重建立下汗马功劳。例如,在唐家山堰塞湖抢险中,遥感遥测技术、地质监测机器人、最新溃坝模型以及先进的爆破技术等构建了抢险高科技体系。在医疗救治、防疫、次生灾害避险、心理干预等方面,许多先进的诊疗设备和应急处理手段首次应用。灾后重建选址方面动员了国内众多地质专家、生态专家和建筑专家,制定科学的规划。2008年的抗灾斗争,也给了我们深刻的启示:a.更加深刻地认识了我们的国情。我国是多灾害的国家,天然环境条件多难而脆弱,民族振兴之路不平坦,要有坚韧不拔,克服更大困难的精神准备;b.灾害的预报和预防是一个重大课题,需要基础科学和技术科学家共同努力,集智攻关;c.我国的许多基础设施还比较脆弱,许多工程技术需要更适合国情的标准,项目建设的质量必须提高,监管体系需要完善;d.灾后重建是一个复杂的系统工程,要以科学发展观统领,作好规划论证,科学地组织实施。

## 6 创新工程技术任重道远

上述挂一漏万的回顾,远不能穷尽2008年工程技术各领域的巨大成就。同时,这一年的实践也使我们对问题和使命有了更深入的思考。抬望眼,工程科技的创新发展确实任重而道远。

1)在走向现代化的征途上,中国还处于初级阶段。我国的工程技术也具有这个初级阶段的特征。一方面,我国工程科技处在历史上最好的发展机遇期,自主创新意识大大增强,出现了一批创新的成果,并推进了其应用和市场化;另一方面,工程科技的规模大、项目多,但总体水平偏低,原始创新偏少,核心竞争力不强。近年来,我国科技论文和专利的

数量明显增加,这无疑是一个进步,但论文和专利的经济、社会效益却与其数量不相称。离“创新型国家”的要求还有相当的差距,我们需要长期努力奋斗,把创新进行到底。

2)学、研与产的有机结合,基础研究—工程技术—企业市场的有机结合仍有待加强。我国已出现了一些把研发创新和占领市场结合得很好的科技型企业,以星光中国芯工程为例,从多媒体芯片到视频监控,选择有价值的前沿技术强化研发,以核心优势攻占市场,10年来,突破8大核心技术,申请1500多项国内外专利,“星光”系列和“星光移动”系列全球销量分别突破1亿枚。可称学、研、产结合的典型。但我国仍有许多研究成果与企业挂不上钩,不能及时转化为生产力,有的企业只要“立竿见影”急功近利的技术,不肯为中试付出,更说不上“风险投资”的眼光。这里既有观念上的原因,也有体制、机制上的原因。前面提到的,对风能和光伏发电需要进行有序发展、科学发展的引导,就包括解决好基础研究—工程技术—企业市场有机结合的问题,只有这样,才能使这个前景光明的领域,在自主创新的坚实基础健康上健康发展。

3)工程技术是硬碰硬的事,来不得半点虚假和浮夸,建设创新型国家,必须高度重视科技队伍的道德与学风建设。在学习实践科学发展观的座谈会上,许多资深专家强调,教育首先要培养诚信人才。在一批杰出人才成长的同时,“社会上的不正之风也相当深地影响到一些中青年科技人员,弄虚作假者不少”。在各种评估、评审和评奖的过程中,所谓的“包装”、“运作”,已不仅挂在口头上,而且落在行动中,并时常奏效,使之成了有传染力的瘟疫。科技领域必须坚持实事求是、诚信第一,科技群体要成为不正之风的过滤器。为此,既要加强自律和教育,也须改进评价机制和管理体制。工程技术是实体经济的核心,是国家富强的支柱,在这个核心和支柱里是不允许掺豆腐渣的。

展望新的一年和更远的未来,在充分意识到可能的风险和忧患的同时,我们有足够的理由对未来充满信心。中国的工程科技必将取得更加丰硕的创新成果,为国家和人类的文明进步作出应有的贡献!

**致谢:**文章采用了相关科技媒体披露的有关信息,在此一并致谢!

(下转16页)