



中国科学院重大科技基础设施建设的回顾与思考*

文 / 罗小安¹ 杨春霞²

1 中国科学院高能物理研究所 北京 100049

2 中国科学院大科学装置办公室 北京 100864

【摘要】 作为科技发展的重要基础条件,重大科技基础设施是国家科学技术水平和综合实力的重要体现。中科院目前承担着23个国家重大科技基础设施的建设和运行工作。其中,13个已建设施运行稳定、高效,取得了一批重要科研成果,涉及基础研究、应用研究和社会保障众多领域,并在促进高新技术发展、科技成果转化、国家大型科研基地建设和国际合作发挥了重要作用;设施建设采取积极探索“边建设、边运行”模式,同时加强协同创新,与地方或其他单位共同建设;中科院还积极参与国家重大科技基础设施“十二五”规划工作,为国家建言献策,未来将在国家重大科技基础设施建设和运行中继续发挥骨干引领作用。

【关键词】 重大科技基础设施 运行 建设 规划

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3045.2012.06.006

1 概述

国家重大科技基础设施是国家为在科学技术前沿取得重大突破、解决经济社会发展和国家安全中的战略性、基础性和前瞻性科技问题而投资建设的科学技术研究设施。重大科技基础设施是实现科学前沿突破的重要基础,是促进国家经济社会发展的科技保障,是推进高新技术和产业的发展动力,是培养人才和提升国际合作水平的重要平台。

我国的重大科技基础设施建设是在20世纪五六十年代“两弹一星”计划的带动下启动的,改革开放以来,随着国家投入的增加,重大科技基础设施涉及的领域不断拓展,建设稳步发展,在我国科

技进步、社会发展和经济建设、国家安全中发挥了重要作用。

中科院在国家重大科技基础设施的发展中始终发挥着引领和骨干作用,是承担我国重大科技基础设施建设和运行的主要力量,目前运行设施13个,在建设施10个,将建设施1个,见表1。

按照不同的应用目的,重大科技基础设施一般分为3类:一是为特定学科领域的重大科学技术目标建设的专用研究设施,如北京正负电子对撞机、兰州重离子研究装置等;二是为多学科领域的基础研究、应用基础研究和应用研究服务的,具有强大支持能力的大型公共实验平台,如上海光源、合肥同步辐射装置等;三是为国家经济建设、国家安全和提供基础数据的公益基础设施,如中国遥感卫星地面站、长短波授时系统等。

* 修改稿收到日期 2012年11月14日

表1 中科院重大科技基础设施统计表

运行设施	在建设施	将建设施
北京正负电子对撞机	500米口径球面射电望远镜	软X射线自由电子激光试验装置
兰州重离子研究装置	稳态强磁场实验装置(部分运行)	
郭守敬望远镜(LAMOST)	陆地观测卫星数据全国接收站网	
合肥同步辐射装置	海洋科学综合考察船 武汉国家生物安全实验室	
超导托卡马克核聚变实验装置	航空遥感系统	
遥感飞机		
中国遥感卫星地面站	国家蛋白质科学研究(上海)设施	
长短波授时系统	散裂中子源	
神光高功率激光实验装置	EAST辅助加热系统	
中国西南野生生物种质资源库	大亚湾反应堆中微子实验	
上海光源		
实验1 科学考察船		
东半球空间环境地基综合监测子午链(子午工程)		



中国科学院

2 已建设施安全稳定运行 科研成果显著

目前,中科院共有13个重大科技基础设施处于稳定运行状态,其基本情况见表2。

在国家相关部委的支持下,中科院运行的重大科技基础设施取得了大量的有重要价值的科学数据和科研产出,设施建设和依托其进行的高水平研究工作多次获奖,截至2011年,共获国家级奖励24项。

(1)专用研究设施极大提升了我国基础前沿研究水平和自主创新能力。北京正负电子对撞机(BEPC)使我国在 τ -粲物理实验领域处于国际领先地位,其优异性能迫使美国同类加速器SPEAR不得不改变研究方向,BEPCII建成之后,其亮度是美国康奈尔大学对撞机(CESR)亮度的7倍,使中国的加速器技术、探测器技术实现了又一次跨

越。兰州重离子研究装置是我国目前加速离子种类最多、能量最高、束流品质最好的重离子加速器,合成了11种近滴线稀土新核素,核素质量测量精度达到 10^{-6} 量级,进入国际先进行列。超导托卡马克核聚变实验装置(EAST)作为世界上第一个全超导托卡马克实验装置,在国际上首次获得分钟量级的非圆偏滤器位形下高参数长脉冲等离子体,被国际同行誉为世界聚变能开发的重要里程碑。郭守敬望远镜以中国原创的新概念和新方法,使人类观测天体光谱的数目提高一个数量级。与同等规模的激光装置相比,神光II装置输出的能量、功率、光束质量等指标全面达到及部分优于国外目前正在运行的装置,实现了我国激光驱动器技术发展史上质的重大跨越,进入了当代国际最先进的高功率固体激光驱动器行列。

表2 中科院已建设施基本情况

序号	设施名称	依托单位	设施地址	建设周期
1	北京正负电子对撞机 重大改造工程	高能物理 研究所	北京	1988 年北京正负电子对撞机建成 ; 2004 2009 年升级改造
2	兰州重离子研究装置	近代物理 研究所	兰州	1988 年 HIRFL 建成 ;1998 2007 年 建 设冷却储存环
3	郭守敬望远镜	国家天文台	河北兴隆	2001 2009 年
4	合肥同步辐射装置	中国科学技术 大学	合肥	1989 年建成 ;1999 2004 年二期建设
5	HT-7、EAST 超导托卡 马克核聚变实验装置	等离子体物理 研究所	合肥	HT-7 :1991 1994 年 ; EAST 2000 2007 年
6	遥感飞机	对地观测与数字 地球科学中心	北京	1985 1986 年
7	中国遥感卫星地面站	对地观测与数字 地球科学中心	北京	1979 1986 年建设 ; 2003 2011 年升级
8	长短波授时系统	国家授时中心	西安临潼	短波授时台 1970 年建成 ; 长波授时台 1979 年建成
9	神光高功率激光实验装置	上海光学精密 机械研究所	上海	1987 年神光 I 建成 ;2001 年神光 II 建 成 ;2002 2008 年建设第九路
10	中国西南野生生物种质 资源库	昆明植物 研究所	昆明	2004 2009 年
11	上海光源	上海应用物理 研究所	上海	2004 2009 年
12	实验 1 科学考察船	南海海洋 研究所	广州	2005 2009 年
13	子午工程	空间科学与应用 研究中心等	多地	2008 2012 年

(2)公共实验平台为多学科前沿研究提供先进的实验平台。这类平台支撑我国科技界在交叉研究领域里开展高水平的研究工作 ,并取得了具有世界先进水平的成果。依托北京同步辐射装置 ,测定菠菜主要捕光复合物的晶体结构 ,解析 SARS 冠状病毒结构 ,在分子水平揭示砒霜治疗白血病的机理等多项重要成果在 *Nature*、*Science* 等国际顶级刊物上发表。作为我国第一个专用同步辐射光源 ,合肥同步辐射装置在燃烧、X 射线成像等领域取得了重要成果 ,依托合肥同步辐射装置发现系列碳氢化合物氧化过程的重要中间体 烯

醇于 2005 年作为封面文章发表在 *Science* 上。上海光源在 2009 年开放运行后 ,首批 7 条光束线站实验机时供不应求 ,其优异性能支撑我国用户在较短时间内获取大量的实验数据 ,取得了一批具有国际影响力的研究成果 ,如肌动蛋白 7a 的突变如何导致先天性失聪失明、大肠杆菌岩藻糖转运蛋白结构与功能研究、植物几丁质受体参与信号转导的生化机理、Pt-Fe 纳米催化剂的原位 X 射线吸收谱结构表征等 ,促进了我国生命科学、材料科学、催化、环境等多个学科领域的快速发展。

公益基础设施为社会发展提供了必不可少的

保障。面对重大灾害的发生,遥感飞机以最快的速度对重灾区进行大规模遥感飞行,中国遥感卫星地面站能在最短的时间内提供重要的遥感监测数据,为抗震救灾决策和指挥提供高质量灾情分析报告。此外,中国遥感卫星地面站在南水北调、西气东输等重大工程决策、国土资源和生态环境调查、农作物估产、灾害监测、资源勘测等方面发挥了不可替代的作用。长短波授时系统作为国家不可或缺的科学技术支持基础工程和社会公益设施,其时间基准始终保持国际先进水平,为国民经济发展、国防建设、国家安全等诸多领域提供国家标准时间和标准频率服务,多次承担火箭、卫星发射等授时保障任务。中国西南野生生物种质资源库建成后使我国野生生物种质资源保藏能力达到国际领先,对国家生物多样性保护和生物资源的持续利用起到了重要作用,为我国经济社会可持续发展提供了生物资源战略储备。2010年上海世博会期间,中国西南野生生物种质资源库为英国馆“种子圣殿”提供了约900种26万粒种子/果实,极大提高了社会显示度。实验1科学考察船是我国目前最专业的水声学科及海洋多学科的海上实验平台,能满足在近海、远洋进行水声学、物理海洋等多学科和交叉学科综合科学考察的需要,可支持大范围、大尺度观测网络的布设、观测、调控和监视等任务,进行海洋环境实时立体监测体系和综合信息系统研究。

由于科学技术目标的原创性,重大科技基础设施已成为众多高新技术的源泉和高新技术产业的摇篮。在建设北京正负电子对撞机和后续开展的高能物理实验国际合作中,高能物理所率先在国内实现计算机国际联网,1986年进入国际Internet,90年代初引进了WWW网页,并向全国推广。利用北京

正负电子对撞机重大改造工程建设所掌握的低温超导技术、探测器技术、电子学技术和核分析技术等,成功研制了超导除铁器、正电子发射乳腺癌诊断断层扫描仪PEM、X射线工业CT和高性能动物正电子发射断层扫描仪,其中部分已进入工业实用阶段。基于建设兰州重离子加速器时攻克的低温与真空集成创新技术研制成功的食品真空冻干机已大规模进入国内该领域的设备制造产业,并打造出国内的龙头企业。世界上第一个非圆截面全超导托卡马克实验装置在建设中实现了我国在高温超导大电流引线领域零的突破,研制生产的万安级到百安级电流的系列高温超导电流引线,为多个重要用户提供了优质高温超导电流引线产品。神光高功率激光实验装置所特有的大口径光学元件对其加工技术和能力起到了极大的推动作用,依托神光高功率激光实验装置,上海市嘉定区已形成区域光学元件加工产业链,年产值达2亿~3亿元。利用建造大型加速器的技术研制成功的工业辐照加速器,已广泛应用于食品和卫生器材的辐照杀菌。这些高新技术的突破和科技成果的转化,充分显示了重大科技基础设施的社会效益和经济效益。

重大科技基础设施还是建立国家大型科研基地的重要条件。集中建设多个重大科技基础设施,形成依托设施群的大型科研基地,打造中国的“科研航空母舰”,开展多学科交叉研究,是提升国家科技创新能力、发展高科技的需求,开展多学科交叉研究是国家科技水平和综合实力的体现,也是科学发展的必然需求和经济发展到一定阶段的产物。根据现有布局及国家重大科技基础设施中长期规划部署,上海、北京、合肥、广东等地依托重大科技基础设施群有可能最先形成大型综合科研基地:上海科学研究中心以上海光源、蛋白质科学研究设施、



中国科学院

X射线自由电子激光等为依托;北京综合科学研究中心以高能光源为依托,建立物质科学综合极端条件实验室装置、地球系统数值模拟器装置等;合肥科学研究中心以超导托卡马克核聚变实验装置、合肥同步辐射装置、稳态强磁场实验装置为依托;广东科学研究中心以散裂中子源、中微子实验、海洋科学考察船、海底科学观测网等为依托。

随着重大科技基础设施的蓬勃发展及高水平科技成果的产出,我国在国际科技活动中的地位 and 参与国际竞争的能力进一步提高,并将在国际高能物理领域、大型天文望远镜研制建设、国际热核聚变合作计划中做出重要的、实质性的贡献。建在欧洲核子研究中心(CERN)的世界上能量最高的大型强子对撞机LHC是粒子物理领域的重大国际合作项目,正是由于中国在高能物理研究领域占有重要地位,中国承担了LHC的CMS和ATLAS大型探测器关键部件的研制并高质量地完成了任务,这为我国科学家参加LHC实验数据的物理分析获取了入场券。被称为“人造太阳”的国际热核聚变实验堆计划(ITER)是目前世界上最大的国际科技合作项目之一,其目标是建造可实现大规模聚变反应的聚变反应堆,由我国科学家自行设计和研制的超导托卡马克核聚变实验装置,是未来若干年唯一能为ITER提供长脉冲稳态先进运行高参数非圆等离子体平台的实验装置,为ITER计划做出了重要的、实质性的贡献,大大提升了中国在ITER重大国际合作中的地位。

3 在建及将建设设施积极探索“边建设、边运行”模式

中科院11个在建(将建)设施建设工作进展顺利,其基本情况见表3。

在保证设施建设进度和质量的前提下,部分设施积极探索“边建设、边运行”模式,在建设后期,即开始试运行工作,并取得了显著的科研成果。大亚湾反应堆中微子实验于2007年10月13日在深圳大亚湾核电站内正式开工建设,在激烈的国际竞争中,承建单位中科院高能物理所采取

了多种措施,克服重重困难,最终在2011年8月开始近点物理取数,12月24日开始远近点同时运行。2012年3月8日,大亚湾中微子实验国际合作组发言人在北京宣布,凭借55天的数据量,大亚湾反应堆中微子实验抢在竞争对手之前,发现了一种新的中微子振荡,并测量到其振荡几率。该成果在国际高能物理界引起热烈反响,决定了未来中微子物理实验发展的方向,是以我国为主的国际科技合作项目成功的范例。

另外,在设施建设以国家投入为主的基础上,中科院积极有效地加强协同创新,与地方或其他相关单位合作共建,促进地方科技发展。如,500米口径球面射电望远镜由中科院与贵州省政府合作共建,散裂中子源由中科院与广东省政府合作共建等。通过共同建设这种形式,对拉动地方经济,促进地方相关学科的发展具有重要意义。再如,子午工程由中科院等7个部委所属的12家法人单位通力合作,高质量完成了全部建设内容,是多部门共建网络式大科学工程的成功典范。

4 十二五 规划展望

中科院重大科技基础设施“十二五”规划的制订紧密结合“创新2020”的发展战略,与我国经济、社会、区域发展格局和资源、生态、环境、区域特点相适应,结合50年路线图的研究,梳理规划总体目标及设施未来发展思路,依托全国的科学家,提早启动并科学遴选规划建议项目。

在积极全面参与国家重大科技基础设施“十二五”规划工作的基础上,中科院统筹部署、积极策划、落实责任、组织队伍,抓紧规划项目立项的前期工作,成熟一项、启动一项,力争在“十二五”期间迅速形成竞争优势,在国家重大科技基础设施建设和运行中继续发挥骨干引领作用;在前沿基础科学若干重要领域,继续保持优势,发挥引领作用;在能源、环境、生命科学、材料科学、粒子物理、空间科学及工程技术等发展迅速、竞争激烈的领域,积极进取,形成竞争优势;在科学规范管理、开放共享和产出高水平科学成果方面,成为全国

表3 中科院在建(将建)设施基本情况

序号	设施名称	依托单位	设施地址	建设时间
1	500米口径球面射电望远镜	国家天文台	贵州黔南州	2011年3月开工, 预计2016年竣工
2	稳态强磁场实验装置	合肥物质科学研究院	合肥	2008年5月开工, 预计2013年竣工
3	陆地观测卫星数据全国接收站网	对地观测与数字地球科学中心	北京、喀什、三亚	2008年5月开工
4	海洋科学综合考察船	海洋研究所	青岛	2009年8月开工, 预计2013年竣工
5	武汉国家生物安全实验室	武汉病毒研究所	武汉	2005年12月开工
6	航空遥感系统	电子学研究所	北京	2010年1月开工
7	国家蛋白质科学研究(上海)设施	上海生命科学研究院	上海	2010年12月开工, 预计2013年竣工
8	散裂中子源	高能物理研究所	广东东莞	2011年9月开工, 预计2018年竣工
9	EAST辅助加热系统	等离子体物理研究所	合肥	2011年11月开工, 预计2013年竣工
10	大亚湾反应堆中微子实验	高能物理研究所	广东深圳	2007年10月开工, 预计2013年竣工
11	软X射线自由电子激光试验装置	上海应用物理研究所	上海	2011年2月, 项目建议书获批, 目前处于可行性研究阶段

的表率。

规划制订过程中,在重要的基础科学前沿研究领域,中科院充分发挥优势,注重顶层设计,积极组织策划,提出对未来科学发展具有重要意义的重大科技基础设施,统筹布局,积极部署事关国家经济社会发展和国家安全的重大科技基础设施,并积极做好相关设施的协同部署,为形成若干依托重大科技基础设施的大型科学综合研究基地建设奠定良好的基础。

在“十二五”建议项目遴选时,综合考虑社会经济发展需求以及科技前沿发展需求,优先发展平台型设施,精心选择建设专用型设施,高度重视公益型设施。

根据国家发展中长期规划,我国“十二五”期间将重点建设16项重大科技基础设施,中科院将积极承建或参与规划项目的建

设,充分发挥中科院长期积累的建设国家重大科技基础设施经验,发挥从事大科学工程建设、运行队伍的优势,使中科院在国家重大科技基础设施建设中继续保持骨干引领作用,确保高质量地完成国家任务。

回顾重大科技基础设施的建设发展历程,中科院采取有所为、有所不为的方针,科学规划建设了一批符合我国国情的重大科技基础设施,并取得了众多具有重大科学意义的创新性成果,大大提升了中国在国际上的科技竞争力。但是,与发达国家的类似设施相比,我国一些已建设设施的科学产出水平和数量还有一定差距,配套基础设施相对薄弱,开放共享的软硬件不足,重大科技基础设施的发展与建立国家创新体系的需要相比,还存在较大差距。

但是,我们坚信随着国家对重大科技基

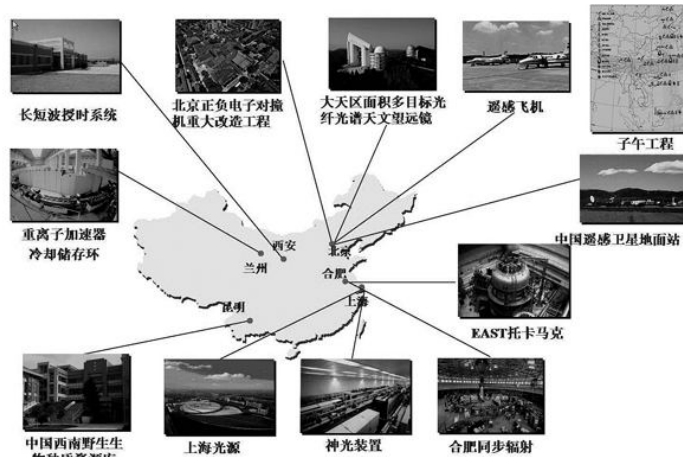


图 中科院重大基础设施分布图

基础设施发展的重视及投入的不断增加 ,重大科技 |

基础设施的建设、运行、开放和研究工作一定能够迈上新的台阶。在 十二五 规划项目组织实施的过程中 ,中科院将继续统筹部署、督促落实、规范管理、认真建设、科学运行 ,继续成为国家重大科技基础设施建设发展的主力军 ,面对国家战略需求和世界科学前沿做出更大的贡献 ,保持中科院在我国的科技 火车头 作用。

主要参考文献

- 1 中国科学院大科学装置领域战略研究组.中国至2050年重大科技基础设施发展路线图.北京:科学出版社,2009.

Retrospect and Consideration on Construction of Large Research Infrastructures of CAS

Luo Xiaon¹ Yang Chunxia²

(1 Institute of High Energy Physics CAS 100049 Beijing

2 Office of Large Scientific Facilities of CAS 100864 Beijing)

Abstract As an important basic condition of scientific and technological development, the large research infrastructures demonstrate a nation's scientific and technological level and comprehensive capability. The Chinese Academy of Sciences (CAS) undertakes the operation and construction tasks of such 23 infrastructures. 13 infrastructures which have been constructed are in stable and efficient operation, and have acquired a series of significant scientific achievements on many fields such as basic research, application research and social development. Infrastructures in operation also play an important role in development of new and high technologies, transformation of science and technology achievements, establishment of large-scale scientific research bases, and international cooperation. Some infrastructures initiate operation at later stage of the construction process in order to obtain results in advance. CAS tries the synergistic innovation to construct some infrastructures with the local government and other departments together. CAS is an important participant of the national twelfth Five-Year Plan of large research infrastructures and will continue to play the leading role in the future.

Keywords large research infrastructures, operation, construction, planning

罗小安 中科院高能物理所副所长,研究员,管理学硕士。主要从事重大科技基础设施的规划、建设、运行等管理研究。曾经从事加速器物理与技术的研究工作,负责管理北京正负电子对撞机的运行及升级改造,担任运行负责人和副总工程师,负责北京正负电子对撞机重大改造工程的建设管理,担任工程办公室主任,负责中科院科研基地的日常管理工作,担任计划财务局科研基地处处长。E-mail: luoxa@ihep.ac.cn