

中国科学院重大科技基础设施发展概述

曾 钢 姜言彬 樊潇潇 彭良强 韦子超 陈 娟 杨春霞 杨为进 郑晓年

中国科学院 北京 100864

重大科技基础设施是突破科学前沿、解决国家经济社会可持续发展和国家安全瓶颈问题的利器；是抢占科技制高点、引领重要科技领域、开拓新兴交叉领域的重器；是突破关键核心技术、催生高新技术、培育新的经济增长点的引擎；是集聚和培养科技创新领军人才和高技能人才、建设引领学科发展的国际化科研机构、打造世界级科学研究中心的物质基础；也是我国在人类探索认识自然的征程中作出历史性贡献、彰显科技强国形象的重要标志。

1 重大科技基础设施发展情况

中国科学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。截至目前，国家已批准立项、在建、运行的国家重大科技基础设施共计 50 余项，其中依托中国科学院组织立项、建设和运行的设施约占总数的 2/3。

改革开放后，邓小平同志为北京正负电子对撞机工程奠基是我国重大科技基础设施建设的重要开端，北京正负电子对撞机工程的成功也为国家重大科技基础设施的建设树立了高水准的标杆。

20 世纪 80—90 年代，长短波授时系统、兰州重离子加速器、神光装置、合肥同步辐射装置、遥感卫星地面站等设施相继建成，设施建设开始向多学科领域扩展。

2000 年以后，郭守敬望远镜、上海光源、全超导托卡马克核聚变实验装置、中国西南野生生物种质资源库等新一批设施项目启动建设。

“十一五”之后，我国形成了按“五年计划”推进设施建设的局面，设施建设加速发展。散裂中子源、500 米口径球面射电望远镜、海洋科学综合考察船、航空遥感系统等设施相继建设。设施建设和开放共享水平大幅提升，科研产出能力不断提高。

“十二五”国家规划部署了 16 项设施，其中由中国科学院牵头或共建的设施有综合极端条件实验装置、高海拔宇宙线观测站、上海光源线站工程、强流重离子加速器等 11 项。

“十三五”国家优先布局 10 项设施，中国科学院牵头或共建的有高能同步辐射光源、子午工程二期、高精度地基授时系统等 7 项。我国重大科技基础设施建设迎来快速发展期，呈现出“技术更先进、体系更完整、支撑更有力、产出更丰硕、集群更明显”的发展新态势。

重大科技基础设施作为创新能力建设的重要组成部分，在我国的科技布局中扮演了重要角色，取得了辉煌的成就。以国家重大科技基础设施集群为核心，上海张江综合性国家科学中心、北京怀柔综合性国家科学中心、合肥综合性国家科学中心相继获得国家批复。设施集群也是上海科创中心、北京科创中心以及即将成立的粤港澳大湾区科创中心的重要组成部分，必将在实施创新驱动发展战略和建设世界科技强国的伟大进程中作出重要贡献。中国科学院是上述几个重大科技基础设施集群的主要建设和运行者，充分体现了中国科学院作为国家战略科技力量的核心骨干作用。

2 重大科技基础设施建设成就

2.1 重大科技基础设施的建设水平位居国际前列

近些年来中国科学院建成的多个重大科技基础设施性能水平不断提升，在国际上获得了很高的评价。上海光源的建设标志着我国进入国际同步辐射光源俱乐部，其建成后的运行状态和研究工作也是位居国际前列。郭守敬望远镜成为国际上光谱获取效率最高的望远镜，现已与开普勒空间望远镜结成伙伴关系，资源共享。500 米口径球面射电望远镜工程建设实现了多项自主创新，主要性能指标达到了国际领先水平。

稳态强磁场装置建成了 40 特斯拉、位居世界第二的稳态混合磁体。

一些早期建设的设施，经过持续改造，性能不断提高，也陆续进入国际同类装置的性能水平前列。北京正负电子对撞机成功实现亮度提高 100 倍，为取得国际领先的成果奠定了基础。长短波授时系统经过不断改进，授时精度长期稳居世界前三位置，为我国的重大活动提供了保障。

重大设施建设水平在国际上产生的重大影响，使得一些设施有机会、有能力参与本领域大科学计划的国际合作。例如，2007 年建成的全超导托卡马克实验装置——EAST，被国际同行誉为“世界聚变能开发的重要里程碑”，发展成为国际重大合作计划“国际热核聚变实验堆计划”（ITER）的重要实验平台，为 ITER 的建设提供了关键的核心部件；由于子午工程的建设，我国科学家率先提出了“国际空间天气子午圈计划”，子午圈上的各国合作开展全球空间天气联测及科学研究，奠定了我国在空间领域大科学国际合作中的重要地位。

2.2 在重大科技基础设施建设过程中发展一批自主创新的

关键技术

郭守敬望远镜应用主动光学技术控制反射施密特改正板，成功解决大视场望远镜不能同时具有大口径的难题。FAST 望远镜采用光机电一体化技术，自主提出轻型索拖动馈源支撑系统和并联机器人，实现了望远镜接收机的高精度指向跟踪。海洋科学综合考察船拥有我国第一台具有 4 500 米深海综合原位探测能力的作业级科研型水下缆控潜器，具备国际先进的海底环

境探测能力、水下作业取样能力，经过上百次下潜作业，已获得了大量宝贵的深海数据影像及生物岩石样品。

3 设施运行成就

中国科学院重大科技基础设施建设取得了巨大成就，产生了重要的国际影响。设施投入运行后，取得令人瞩目的进步，为我国科技发展、诸多重大成果的突破提供了重要支撑。

3.1 依托重大科技基础设施产出一批原创性前沿突破成果

设施高水平的建设和运行，为科学前沿探索提供了重要支撑，推动我国粒子物理、凝聚态物理、生物大分子和蛋白质科学等领域部分前沿方向的科研水平进入国际先进行列。北京正负电子对撞机发现四夸克粒子 $Z_c(3900)$ ，引领国际高能物理研究的发展方向。大亚湾中微子实验发现了第3种中微子振荡，对中微子物理未来发展具有重要作用，有助于破解宇宙中“反物质消失之谜”。依托上海光源等设施，发现了凝聚态物理中新型准粒子——外尔费米子，对拓扑电子学和量子计算机等颠覆性技术的突破具有重要意义。依托上海光源、蛋白质研究设施等，发现了埃博拉病毒的病毒膜融合激发新机制，为埃博拉病毒防控提供了重要的理论基础。基于子午工程，系统揭示了大气层-电离层耦合、磁层-电离层耦合及太阳辐射光化学3类过程对电离层变化性的驱动机理，对揭示日地系统能量传输与耦合具有重大科学意义，对提升空间环境预报能力具有重要价值。

3.2 解决了若干影响产业发展瓶颈的科学问题

兰州重离子加速器在长期的运行过程中发展出一整套完备的重离子治癌技术，目前已经在几个医院开始了临床治疗试验，为今后在全国的推广应用奠定了坚实基础。EAST 及我国后来参加 ITER 建设的过程，带动了超导线材和超导磁体的规模化制备技术，推动了我国稀土产业在国际产业分工价值链中的攀升。利用合肥光源，实现了煤基合成气一步法高效生产烯烃的原理研究，为煤化工发展提供了全新解决方案。北京正负电子对撞机改造工程推动了我国精密加工能力的进步，对于我国飞机关键部件加工水平的提高具有显著作用。

3.3 为解决关系国计民生和国家安全的重大科技问题提供支持

中国遥感卫星地面站成功实现了“悟空”“墨子”“慧眼”等卫星的数据接收，保证了空间科学卫星高水平成果的产出。中国遥感卫星地面站和遥感飞机还为完成国产陆地卫星定量遥感关键技术及应用项目提供了数据和试验支持，有力支撑了国产陆地卫星定量化应用水平的提高。长短波授时系统在保证“北斗”系统时间的可靠性、准确性和稳定性的同时，还在“北斗”精密授时等方面作出了重要贡献。

4 展望

党的十九大作出了“中国特色社会主义进入了新时代”的重要判断，提出了到2050年分两步走把我国建成社会主义现代化强国的战略目标，开启了我国社会主义现代化的新征程。作为一种战略性的科技资

源，重大科技基础设施需要肩负起支撑科技强国建设的重要使命，厘清现阶段我国设施发展坐标，对日趋复杂的国际环境做好预判，走出符合我国重大科技基础设施特点的发展道路。

（1）要坚持往上游走，勇于挑战“无人区”，敢于啃硬骨头。为了支撑国家2050年实现科技强国的总体目标，我国重大科技基础设施需要步入由数量积累向高质量发展的发展轨道。实现从“跟跑”“并跑”努力向“领跑”转变，特别需要设施瞄准科学目标、加强关键技术攻关，争取取得更多“从0到1”的突破性成果。

（2）要主动往下游走，打通创新链、产业链，破除阻碍技术产业化的“篱笆墙”。我们要认识到，为国民经济发展服务是整个科技工作，同样也是重大

科技基础设施应该承担的社会责任，迫切要求设施深化与企业的多方面合作、进一步扩大开放共享、主动挖掘产业用户，切实解决科技、经济“两张皮”的问题。

（3）要加强顶层设计、优化体制机制，实现制度创新、科技创新“双轮驱动”相互适宜、协调发展。一方面要紧密围绕国家整体发展战略，从时间、学科、地域3个维度，前瞻性、战略性、系统性进行顶层设计、优化布局，充分发挥设施的集群化优势，支撑综合性国家科学中心建设，完善我国重大科技基础设施体系。另一方面，要勇于破除体制机制障碍、探索新型研究组织范式，为国家重大科技基础设施高速、高质量、全方位发展提供新生态。