

国际大科学计划和大科学工程实施经验及启示

王 玲

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘 要: 本文基于对国际大科学计划和大科学工程概念的理解, 调查研究现有国际大科学计划和大科学工程的设立和运行机制, 分析在其实施过程中存在的问题, 总结国际大科学计划和大科学工程的实施经验和教训, 为我国政府相关部门在“十三五”期间推进国际大科学计划和大科学工程工作提供参考。

关键词: 国际科技合作; 国际大科学计划; 国际大科学工程; 科技管理

中图分类号: F204 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2018.02.006

大科学时代背景下, 牵头组织或参与实施国际大科学计划和大科学工程的能力, 成为衡量国家科技实力和综合国力的一项重要指标。我国作为一个发展中大国, 在很多科技领域与发达国家相比还存在较大的差距, 需要积极参与国际大科学计划和大科学工程, 开辟合作渠道, 深化合作内容。牵头或参与实施国际大科学计划和大科学工程, 不但可以借鉴国际成功经验, 利用国际专家的技术和才能, 大幅提高我国相关领域的科学研究水平, 而且可以培养和锻炼我国的科研队伍, 吸引、凝聚和造就一批卓越的科研和国际专业化人才, 带动我国相关技术和产业的发展, 提升国家创新能力和国际竞争力。

1 对国际大科学计划和大科学工程概念的理解及其分类

1961年6月, 美国《科学》杂志刊登了美国橡树岭国家图书馆馆长、物理学家艾尔文·温伯格(Alvin Weinberg)^[1]的题为《大科学对美国的影响》的文章, 开始用“large-scale science”和“big science”的概念来描述逐渐引起人们关注的大规模科学研究。1986年, 美国科学家德拉克·普赖斯(Derek Price)^[2]在其出版的《小科学、大科学》

(Little Science, Big Science)一书中指出, 二战前的科学都是分散的、个体的、随机组合的研究, 属于“小科学”范畴, 从二战时期开始, 世界进入大科学时代。他将大科学描述为: “以统一的方式把相关的科学事业组织起来加以科学管理(如大科学体制)的科学, 是社会化的集体活动, 其研究活动规模越来越大, 发展至国家规模, 甚至国际规模, 包括大科学工程、分布式研究等。”其特点主要表现为: 投资强度大、多学科交叉、需要昂贵且复杂的实验设备、研究目标宏大、参与人数众多和社会影响力大。“大科学”目标的实现涉及方方面面, 不仅包括科学思维的创新、先进技术的支撑、领军人物的能力、工作团队的协调, 还涉及社会经济状况、文化传统、人文关系等因素, 这些因素相互交织, 构成“大科学”运行形态的复杂性和多样性。因此, 如何恰当把握和处理“大科学”运行特点, 经营好“大科学”, 成为考验“大科学”组织者和领导者能力的一门特殊艺术, 其核心就是如何对“大科学”进行管理和协调^[3]。

基于上述理论认识, 本文拟将国际大科学计划和大科学工程的概念总结概括为: 为了在科学技术前沿取得重大突破, 解决经济、社会发展和全球安全中的战略性、基础性和前瞻性科学技术问题, 实

作者简介: 王玲(1978—), 女, 副研究员, 主要研究方向为科技政策与管理、国际科技合作。

收稿日期: 2018-01-14

现人类发展的共同利益,由多个国家联合投资建设,并在长期运行中,为全球科技界和社会相关方面的科学研究和高技术发展提供支撑条件的大型科研项目。国际大科学计划和大科学工程具有创新性、公共性、风险性、阶段性、持续性和开放性等特点,其设计、建造和运行都围绕重大科学目标展开,目的是“为科学技术发展提供可进行大规模观测、试验、分析的共享操作平台”,以实现前沿领域突破和科学技术发展,占领未来竞争的制高点。

目前,学术界根据国际大科学计划和大科学工程目标的特点,将大科学研究大致分为两类:第一类是需要巨额投资建造、运行和维护大型研究设施的大科学研究项目,又称“大科学工程”或“大科学装置”,包括预研、设计、建设、运行、维护等一系列研究开发活动。例如,国际空间站、国际热核聚变实验反应堆(ITER)、平方公里阵列射电望远镜(SKA)、欧洲核子研究中心(CERN)的大型强子对撞机(LHC)、全球综合地球观测系统(GEOSS)。大型科研设施是许多学科领域开展创新研究不可缺少的技术支撑。与此同时,建设大科学工程装置本身也是具有高度探索性的技术密集型工程活动过程,其学科跨度大,建设难度大,从目标选择、方案设计到科研组织、运行管理都需要尖端的研究和技术水平作为支撑,是一个国家科技综合实力和创新能力的重要标志^[4]。第二类是需要跨学科合作的大规模、大尺度的前沿性科学研究计划,通常围绕一个总体研究目标,由众多科学家有组织、有分工、有协作、相对分散地开展研究。例如“人类基因组计划”“人类脑计划”“人类肝脏蛋白质组计划”“全球变化研究计划”等都属于这类“分散式”的大科学研究项目。

2 国际大科学计划和大科学工程的组织运行模式

国际大科学计划和大科学工程是一项长期复杂的系统工程,涉及多个国家、多个领域、多个部门以及众多科学家,旨在解决全球重大科学问题,关乎人类社会的生存和发展。它通常是在合作协议框架下由各国政府主导参与和实施的多边科技合作,参与各方通过协商决定投入的财力、人力和物力,共建大型尖端科研基础设施、联合实验室和研

发中心,共同开展大科学研究,共担风险,共享研究成果。

2.1 知名科学家(科学共同体)倡议发起

国际大科学计划和大科学工程大多是由知名科学家(科学共同体)提出设想,获得国际同行认同和积极响应,经过专家委员会咨询,最终说服并获得政府支持而得以实施。例如,SKA就是10个国家的天文学家在1993年国际无线电科联大会上联合倡议建造的下一代大射电望远镜,经过近20年的探索、讨论和预研,国际天文界就SKA的重要性、必要性和可行性达成了广泛共识,最终确定了平方公里阵列方案。在国际大科学计划和大科学工程的提出和研究探索中,杰出的科学家团队往往发挥着决定性作用,但政治家敏锐的战略眼光也是决定国际大科学计划和大科学工程能否得以实施的关键。

美国酝酿发起的国际大科学计划和大科学工程大多是“自下而上”、由科技界驱动产生的。美国政府通常根据本国研究规划和优先领域,在分析收益的基础上遵循“为我所用”的原则来共同发起或参与,并寻求美国的领导地位或独特作用。美国国家科学基金会(NSF)认为,基础研究领域新发现和新进展瞬息万变,而国际大科学计划和大科学工程从概念提出到建成运行往往耗时数十年,不便以规划预设优先领域和项目,也不希望因规划产生不当的预期或竞争,因此,NSF并不发布相应的规划性文件和项目建议报告。此外,专家咨询制度在发起、评估和筛选国际大科学计划和大科学工程过程中也发挥着重要作用。例如,法国科学与技术最高理事会(HCST)由不超过20名科学界和企业界知名学者和专家组成,2008年和2011年先后两次对国际大科学计划和大科学工程涉及的大型研究基础设施建设和管理进行了评估,并向法国政府提交了书面建议。

2.2 政府支持至关重要

在当今科学技术迅猛发展的知识经济时代,国际大科学计划和大科学工程的合作范围不断拓宽,涉及经济、政治以及军事乃至国家安全等各个方面,需要政府提供指导性的政策和持续的经费保障。因此,各国政府在国际大科学计划和大科学工程中扮演的角色越来越重要,其在国际科技合作中发挥的

作用是任何一个企业、社会团体、个人都无法替代的。

从世界范围来看, 现有的国际大科学计划和大科学工程主要由美国、法国、英国、德国、俄罗斯等发达国家和欧盟等国际组织牵头组织实施, 其他国家由于经济实力、科技水平、研发规模有限, 难以牵头组织国际大科学计划和大科学工程, 但对参与国际大科学计划和大科学工程都持积极态度。例如, 法国高等教育与研究部 2008 年在全面调查国内大型研究基础设施总体状况的基础上, 牵头制定了法国第一个大型研究基础设施发展路线图, 并于 2011 年推出《法国 2012—2020 年大型研究基础设施发展路线图》, 分析未来科研发展对各种技术手段的潜在需求, 强调财政预算经费保障的必要性, 明确今后 20 年法国参与国际大科学计划和大科学工程的发展战略。尽管过去 10 年法国经济形势严峻, 公共财政赤字严重, 但法国政府每年仍从高等教育与研究部年度经费中拨出很大的一部分资金用于支持参与国际大科学计划和大科学工程。

2.3 国际组织牵头组织和管理

现有的国际大科学计划和大科学工程很多是通过组建专门的国际组织来牵头实施和管理, 国际热核聚变实验反应堆、全球综合地球观测系统等国际大科学计划和大科学工程都采取了这种方式。例如, 国际热核聚变实验反应堆设立了专门的、具有独立法人资格的组织进行统一管理, 包括理事会及其下设的管理咨询委员会 (MAC)、科技咨询委员会 (STAC)、财务审计委员会 (FAB) 和测试包层项目委员会, 并单独设立出口控制与核不扩散工作组 (组织内部的管理、技术和工程部门), 在参与国设立执行机构。这一治理结构类似于股份制有限责任公司的治理结构。理事会如同股份公司的股东大会, 是最高权力机构, 负责重大事项的决策。管理咨询委员会、科技咨询委员会和财务审计委员会的功能类似于监事会。严谨的治理结构帮助国际热核聚变实验反应堆组织平衡各方利益, 有效推进各项研究计划。再如, 国际对地观测卫星委员会 (CEOS) 刚开始成立时仅是一个涉及所有卫星地球观测领域的非政府的国际性协调组织。但由于地球观测涉及卫星、遥感、航天等高技术的支持和发展, 并且关系到人类健康、社会安全和福利, 因此

引起了国际社会和各国政府的高度重视, 政府间的全球地球观测国际合作组织 (GEO) 由此正式成立。

2.4 大型科研机构负责具体执行

多数国家都是依托具有相当影响力的大型科研机构来具体执行国际大科学计划和大科学工程, 以充分继承相关领域的科研优势并应用到大科学研究项目中。在此过程中, 很多大学、企业及相关研究机构也会参与其中。例如, 美国多依托劳伦斯伯克利国家实验室、阿贡国家实验室等国立科研机构和麻省理工学院等大学来牵头组织实施大科学研究。针对组织实施国际大科学计划和大科学工程, NSF 在其《大设施手册》中提出以下要求: 一是处理好文化冲突问题, 不同合作方对资助、管理、监管、建设和运行大科学研究项目的程序和要求存在差异, 要通过全面透明的程序和密切的沟通减少误解; 二是尽早开展合作磋商与谈判, 在项目早期就大科学研究项目的设计、资助、建设和运行中各方的权利义务细节达成一致, 充分考虑项目风险和相关预案; 三是各国牵头机构建立有效沟通渠道并保持密切联系, 及时协商处理项目中各类突发问题^[5]。在国际大科学计划和大科学工程早期酝酿阶段, NSF 项目管理部门需通过 NSF 国际合作办公室与美国国务院、白宫科技政策办公室就合作可能涉及的外交、政治、合作协议等问题进行沟通和协调。

法国大科学计划和工程的研究基础设施的专业管理是由大型研究基础设施指导委员会和大型研究基础设施高级理事会负责。大型研究基础设施指导委员会负责向法国教研部部长提供有关大型研究基础设施建设和长期投资政策的相关建议; 确定设施名单、长期规划、成本和开发模式; 跟踪法国大型研究基础设施政策执行情况。大型研究基础设施高级理事会作为科技咨询机构, 负责与法国六大研究联盟、跨机构委员会、大型研究基础设施等保持密切联系, 以便对法国大型研究基础设施发展战略等提出可行性建议^[6]。

3 国际大科学计划和大科学工程组织实施经验分析

近年来, 全球创新环境呈现出新的特征, 科技资源跨境流动日益活跃, 国际大科学计划和大科学

工程已经超出国家间科技合作的范畴，成为主权国家之间技术、经济和政治合作与竞争的博弈平台。从国际热核聚变实验反应堆、欧洲核子研究中心等的组织实施经验来看，一项国际大科学计划和大科学工程要想取得成功，通常需要具备以下几个前提条件：一是要有一个非常明确且可以完成的目标；二是由卓越的科学家团队自发组织，并且得到该领域科学家的普遍支持；三是启动这项计划的时机已经成熟，在该领域已经具备足够的软硬件条件来实施此项计划；四是政府的财政支持和积极介入是计划顺利完成的重要保障。

3.1 依法履约，通力合作

由于参与国家较多、技术复杂程度高、利益冲突不断，国际大科学计划和大科学工程很难达成长期稳定的合作关系和实现最终研究目标。因此，建立有效的合约制度，对计划的组织与实施做出详细的制度安排，对权责进行明确的规定，有利于各国政府在一个共同认可的规则内进行技术、经济和政治博弈，通力合作，保障计划顺利实施。以国际热核聚变实验反应堆计划为例，其按照国际法和国际惯例，针对研发与试验阶段、大规模工程建设阶段、运营阶段、退役阶段面临的重点任务和资源需求，制定了一揽子合作协议，对投资各成员国的权利和义务做出了非常详细的规定。同时，针对一些重大事项也制定了一系列专项协议。这些协议既规定了参与国的权利与义务，又规定了解决争端的机制，确保充满不确定性和风险性的国际热核聚变实验反应堆项目能够不断向前推进。

3.2 明确目标，建立灵活调整机制

牵头实施国际大科学计划和大科学工程最终取得成功的一个关键因素就是设定清晰且可达的目标。只有目标一致、明确且凸显价值，才有可能有效地协调合作。明确的目标能起到长期的指导作用，并且可依此来衡量、指导、区分要做的事情的优先顺序，协调参与团体和个人的行为。鉴于国际大科学计划和大科学工程的实施期限一般较长，如“人类基因组计划”耗时 13 年才达成目标，国际热核聚变实验反应堆计划预计持续 30 年，SKA 项目计划 18 年建成，因此，在国际大科学计划和大科学工程实施过程中，国际政治、经济、社会 and 科技环境可能会发生巨大的变化，需要建立灵活的调整机

制，根据各种变化随时调整实施路径，使计划性与灵活性相结合，才有可能保障项目的顺利实施。

3.3 加强公私合作，力求实现共赢

对于商业化前景光明的国际大科学计划和大科学工程而言，应积极建立以市场需求为导向的公私合作机制，尽早引入商业投资，开展市场化运作。例如，“伽利略计划”一开始就制定了以市场为导向的公私合营策略，分阶段制定了不同的合作方式。项目定义和开发阶段由公共部门主导，所需资金由公共部门承担；研发阶段由联合执行体负责；运营阶段由私营部门负责。这种公私共赢的合作模式有利于激发民间投资的积极性，充分发挥政府公共资金的杠杆作用，并且为科研成果快速转化铺平了道路。虽然“伽利略计划”最终因项目预算不断增加、市场风险难以估量等原因遭遇搁浅，但其公私合营模式值得研究和推敲。

另外，从 SKA 项目来看，南非政府作为非洲天文学的领头羊，积极开展与非洲其他有关国家的合作，通过加强公私合作，实现共赢。2015 年 4 月，南非科学技术部会同 SKA 南非项目办公室等部门，与美国思科公司在南非曼德拉城市大学共建宽带传输研究中心，开展 SKA 光纤数据传输及宽带技术等方面的研究。思科公司投入 5 000 万兰特（约合 420 万美元）进行设备采购及相关行业研究，促进南非 SKA 项目在大数据传输处理、宽带技术以及人才培养等方面的发展。

3.4 规避风险，加强专业化管理

国际大科学计划和大科学工程实施过程中存在技术风险、环境风险、管理风险、集成风险和科学风险等各种风险，任何环节发生问题，都可能造成异常严重的后果。因此，需要针对国际大科学计划和大科学工程的特点，加强风险管理，及早识别风险，采取有针对性的措施控制风险，尽可能减少可能造成的损失。例如，国际热核聚变实验反应堆组织建立了一个严格的风险控制体系，如果任务承担方无法按质按量完成分包任务，则由国际热核聚变实验反应堆组织完成该分包任务，原承担方须支付采购合同成本、采购包转移相关的国际热核聚变实验反应堆组织管理成本和其他成本。

国际大科学计划和大科学工程存在诸多不确定性，在严控风险的同时，加强专业化管理显得尤

为重要。针对计划实施过程中存在的参与国家意见不一致、利益诉求复杂等问题,基于权益,规范治理结构,让参与国按照贡献大小来获取其在项目中的话语权。例如,国际热核聚变实验反应堆项目包括上百万个零部件、36个系统和50个子系统,是个非常典型的复杂系统。为此,国际热核聚变实验反应堆组织采取系统管理方法,首先,对系统进行识别,明确系统需求,建立各类基准文件;其次,“自上而下”逐层分解,建立工作分解结构、装置分解结构,将系统要求分配到子系统;再次,对系统所有过程进行识别,进行全寿命周期管理;最后,制定管理和质量大纲,保证所有工作都能得到适当的计划、正确的执行和评价^[7]。

4 对我国牵头或参与国际大科学计划和大科学工程的建议

从以往和当前实施的国际大科学计划和大科学工程来看,虽然我国主要参与了国际热核聚变实验反应堆项目以及共同发起了SKA和GEO项目,但由我国科学家主导的项目还很少,我国仍处于被动参与局面。而以美国为首的发达国家利用自身科技优势,通过实施国际大科学计划和大科学工程,实现了其在全球发展中的领导地位和话语权。我国虽已具备一定的组织国际大科学计划和大科学工程的硬件条件和人才基础,高校、科研机构和企业也积累了较为丰富的国际科技合作经验,国内科学家群体和研究团队的创新积极性、主动性较高,但与美欧发达国家相比,我国在国际大科学计划和大科学工程的牵头发起、组织实施、合作开放机制等方面仍然需要摸索前行,面临不少困难和挑战,如缺乏顶层设计、牵头组织经验不足、人才队伍短缺、国际政治风险较大等。我国利用牵头组织或参与实施国际大科学计划和大科学工程这一途径来解决社会经济科技发展问题、提升国际竞争力的能力还有待加强。

4.1 健全用人机制,培育顶尖科学家队伍

科学家个体,尤其是青年科学家,是思想创新和科学突破的重要源泉。从国际大科学计划和大科学工程的设立背景来看,常常是世界顶尖科学家首先提出研究方案,得到政府的支持后逐步扩大为国际合作项目。因此,科学家既是国际大科学计划

和大科学工程的倡导者,又是国际大科学计划和大科学工程实施的关键参与者,还是国际大科学计划和大科学工程的使用者。由于我国在国际科技组织的领军型科学家较少,在制订国际规则和重大科技计划以及利用国际科技资源等方面尚未占据主动地位,因此,在很多国际科学前沿合作领域,我国还只是配角或者根本不能参与,这大大增加了我国实现科技突破的难度,难以整合和利用国际资源,为国家科技发展提供有效支撑。

我国政府须从长远发展出发,从人才培养源头抓起,提供稳定经费支持,建立有效培训机制,加大对青年研究人才的支持力度,着力打造世界顶尖水平的科学家队伍,为我国未来牵头或参与国际大科学计划和大科学工程打下坚实的人才基础。我国政府需要健全用人机制,打造专业人才团队长期从事国际大科学计划和大科学工程相关研究和管理工作的,多多积累国际合作经验,避免频繁换人,确保专业人才队伍的稳定性。在某些优势领域,我国政府应鼓励科学家在国际科技舞台上大胆唱主角,提出和组织若干国际和区域性的大科学研究计划。

4.2 以国家重大需求为导向,合理规划,重视预研

从战略上来看,国际大科学计划和大科学工程必须服从国家利益以及注重国际间实力与利益的平衡,这是国际大科学计划和大科学工程不可忽略的国际政治考量因素。例如,二战后,为了通过领先的大科学装置来推动因二战大量流失到美国的欧洲科学家迅速回流,欧洲提出设立欧洲核子研究中心,建造大型强子对撞机,推动基础科研发展,重振欧洲在基础研究领域的雄风。由此可见,国际大科学计划和大科学工程的规划和立项决策是一个政治与科技互动的过程,需从国家发展战略全局的高度,集中力量和优势来实施和推动。国际大科学计划和大科学工程的提出和实施,不但反映了科学家对科学发展问题和趋势的科学判断,更体现了一个国家对自身科技发展布局的战略选择和政治决策。随着我国科研实力的不断提高,对牵头组织或参与国际大科学计划和大科学工程的要求将随之增加。我国政府可依据《国家创新驱动发展战略纲要》,从国家利益和科技发展重大需求着眼,充分听取各个学科和领域以及产业界的专家意见,对关乎我国科研工作全局的国际大科学计划和大科学工程做出

长远规划。

考虑到国际大科学计划和大科学工程一旦失败，损失惨重，我国政府需要根据国家总体规划，组织做好预研工作，对工程建设中涉及的所有关键技术和设备进行攻关，以求最大程度地降低工程风险，确保工程进展顺利。预研工作完成后，可聘请国内外专家严格评估，对方案进行修改完善，获得通过后，再决定是否进入正式立项程序。以国际热核聚变实验反应堆计划为例，其设计和预研用了13年时间，耗资15亿美元，对相关设施、部件的生产和制造都做出了详尽的设计和安排，并形成了相关的资源需求计划。预研工作不仅仅是对将要实施的大科学工程的技术演习，更是一个培养和造就队伍、积累总结管理经验的过程。我国政府部门在做出国际大科学计划和大科学工程相关决定时，除了考虑科研方面的需求外，还要考虑项目建造地址、建设费用、建造周期、运行费用、设施管理、用户群体、未来升级换代等一系列问题，必须设立专项拨款，充分做好形势和条件预研，降低失败风险。

4.3 明确牵头负责机构，增强宏观统筹协调能力

国际大科学计划和大科学工程实施过程涉及国内学科发展、产业状况、人才培养、外交谈判及国际规则制定、科研经费分配、国际合作、国内配套工作及协调管理等方方面面，如果缺乏强有力的集中指挥和协调，实施过程中很容易陷入无序、低效状态，甚至产生混乱和冲突，导致实施过程中断、责任推诿。因此，在政府的支持下，有一个能够提供凝聚力和发展方向的领导组织来负责全面协调，是国际大科学计划和大科学工程获得成功的必要前提。以“人类基因组计划”为例，美国国立卫生研究院作为牵头机构和协调者，通过建立科学的管理体制，整合和配置资源、机构、制度等各要素，形成了国际联盟内部的凝聚力和竞争力，并指明了共同努力的方向。

我国政府可考虑建立跨部门工作机制，设立统一协调参与国际大科学计划和大科学工程的机构或部门，统筹安排和管理我国开展国际大科学研究的行动，并对参与国际大科学研究提供稳定的资助。牵头机构或部门需具备一定的号召力，并在联盟组织中处于强势地位。牵头机构需在宏观政策、资金

分配、组织管理、研究进展、成果共享等方面进行指导和协调，根据国际规则 and 标准，组织国内相关部门和机构分工协作，齐心协力，切实推进和落实国际大科学计划和大科学工程的各项工作。

4.4 防控风险，加强全过程跟踪管理

国际大科学计划和大科学工程通常是世界前沿科学研究，没有现成的经验和管理体系可循。因此，在执行过程中难免会遇到计划之外的困难，例如政局动荡、汇率波动、自然灾害等社会经济环境挑战以及技术路线错误风险等。对此，须事先做好预案，尽可能避免在意外出现后执行工作停滞不前。管理部门须对工程建设和研究过程进行实时监控，及时发现问题和纠正问题，避免重大损失。我国在组织或参与国际大科学计划和大科学工程过程中，应进行全过程跟踪管理，设立专门机构研究、分析和跟踪风险，建立大科学工程研究风险防范体系，实时收集和分析各种信息和动态，及早识别、预防和控制风险。

4.5 建用结合，促进开放共享

实施国际大科学计划和大科学工程的初衷是分享其研究成果，实现共同的利益，因此，国际大科学计划和大科学工程完成后，尽快发挥其作用极其重要。例如，欧洲核子研究中心坚持科研成果的公开获取，任何人都可以访问欧洲核子研究中心在线图书馆来获取相关科研成果文献。只有建用结合，国际大科学计划和大科学工程才能产生更多的研究成果。但是，国际大科学计划和大科学工程属于战略性科技资源，完全开放并不现实，在实际操作方面，通常由参与方事先商定科研成果和设施是否开放及使用规则。

我国政府在国际大科学计划和大科学工程完成后，可遵循“一事一议”原则，通过事前机构间协商，建立科学合理的协调机制和成果共享机制，确保国际大科学计划和大科学工程的有序进行以及参与各方的通力合作和资源共享，鼓励科研人员使用最新科研设施，分享最新科研成果，真正做到物尽其用。与此同时，我国在实施国际大科学计划和大科学工程过程中，应制定相关知识产权政策与法律制度，成立专门的知识产权管理机构负责知识产权管理工作，提高对研究成果的技术发展潜力的认识，严格保障具有潜在价值的技术的安全性，避免

相关研究成果流失。■

参考文献:

- [1] Weinberg M Alvin. Impact of Large-scale science on the United States[J]. Science, 1961 (134): 161-164.
- [2] Derek J. De Solla Price. Little Science, Big Science[M]. New York: Columbia University Press, 1986: 14-17.
- [3] Lambright H W, 王小宁. 重大科学计划实施的关键——管理与协调 [M]. 北京: 科学出版社, 2009: XI-XIII.
- [4] 尹雪慧, 李正风. 在科学与工程之间: 评《国家大科

学工程研究》[J]. 工程研究: 跨学科视野中的工程, 2012 (1): 95-98.

- [5] NSF. Large Facilities Manual[R/OL]. (2015-06)[2017-12-26]. <https://www.nsf.gov/pubs/2015/nsf15089/nsf15089.pdf>.
- [6] 吴海军. 法国对大型研究基础设施的建设管理情况分析 [J]. 全球科技经济瞭望, 2015 (6): 21-25.
- [7] 邢超, 吴凤凤. 大科学工程项目管理实施借鉴——以 ITER 项目为例 [J]. 核科学与工程, 2017 (3): 341-347.

Experience and Enlightenment of Implementing International Big Science Programs and Large-scale Scientific Facilities

WANG Ling

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: Based on the understanding of the international big science programs and large-scale scientific facilities, the paper investigates the establishment and operational mechanism of the existing international big science programs and large-scale scientific facilities, analyzes the problems existing in the implementation processes. It summarizes the experience and lessons of the international big science programs and large-scale scientific facilities, thus providing reference for Chinese government sectors concerned to push forward relevant work during the “13th Five-Year Plan” period.

Key words: international scientific and technological cooperation; International Big Science Program; International Large-scale Scientific Facility; science and technology management