

国际大科学工程组织模式选择及启示

李宝智, 孙赫阳

(中国科学技术部科技经费监管服务中心, 北京 100038)

摘要: 与其他国家开展双边或多边合作是提高国家基础研究水平的发展趋势, 我国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要中明确提出, 要“积极提出并牵头组织国际大科学计划和大科学工程”。本文总结了国际大科学工程主要特点, 并运用案例分析法对平方公里阵列射电望远镜(SKA)以及国际热核聚变实验堆(ITER)等典型国际大科学工程在选择组织模式时的影响因素及其动态调整进行了研究, 在此基础上总结了国际大科学工程阶段性组织模式选择的相关启示, 以期为我国未来牵头组织国际大科学工程建立健全适应项目特点的管理机制提供借鉴。

关键词: 大科学工程; 国际合作; 组织模式; 国际组织

中图分类号: G321.2; G321.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2020.02.010

20 世纪中后期以来, 大科学逐渐成为各国提高科技实力、谋求科技前沿突破的关注焦点^[1]。大科学研究按照项目特点可分为两类, 一是“工程式”研究, 需要投入大量资金以支撑大型研究设施的建设和运维, 二是“计划式”研究, 此类研究往往是由不同领域的科学家们围绕一个总体研究目标, 在大规模、大尺度跨学科合作交流的基础上, 相对分散地开展的前沿性研究^[2]。无论在基础科学领域还是在应用科学领域, 科学家依托大型科学计划或工程均取得了重大突破, 如成功探测引力波、实现受控核聚变等。据统计, 2006–2015 年的诺贝尔物理学奖获奖成果中, 有 5 项为大科学成果, 占比 50%^[3]。因此, 大科学工程(计划)成为反映国家科技实力水平的重要衡量标志, 各主要国家对此高度重视, 将大科学工程(计划)作为国家科技核心竞争力纳入国家整体科技发展战略规划^[4]。

在全球科学研究活动高度组织化和专业化的背景下, 国际大科学工程(计划)已成为解决全人类共同关心的基本科学问题的关键组织形式。牵头

组织和实施国际大科学工程(计划), 有利于东道国从全球范围整合科技资源, 确立其科技方面的领先地位, 各主要科技发达国家均高度重视, 纷纷制定路线图, 牵头组织实施国际大科学工程(计划)。改革开放以来, 我国通过积极参与国际大科学工程(计划)来加强国际科技合作, 先后加入了大洋发现计划(IODP)、国际热核聚变实验堆(ITER)、人类基因组计划(HGP)、地球观测组织(GEO)和平方公里阵列射电望远镜(SKA)等研究工作, 其中尤以通过以成员国身份深度参与国际热核聚变实验堆(ITER)和平方公里阵列射电望远镜(SKA)等典型国际大科学工程, 科研人员逐步走向国际科技舞台, 科技大国形象逐步得到展现。新时期以来, 随着我国科技实力的提升, 我国对国际大科学工程(计划)日益重视, 国务院于 2018 年 3 月发布了《积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程方案》^[5], 提出要提升我国在全球科技创新领域的核心竞争力和话语权, 明确了我国牵头组织国际大科学计划和大科学工程面向 2020 年、2035 年以及本世纪中叶

第一作者简介: 李宝智(1979—), 男, 高级会计师, 主要研究方向为科技政策、科技经费管理。

项目来源: 科学技术部国际合作司委托项目“SKA 等国际大科学计划财务报告相关问题研究”(2019ICR015)。

收稿日期: 2020-01-17

的“三步走”发展目标。同时, 方案提出我国未来牵头组织国际大科学工程(计划)应建立符合项目特点的管理机制。“工程式”国际大科学项目由于兼具研究和建造的要求, 具有参与国家数量多、资金投入规模大、科学技术含量高、项目生命周期长的主要特点, 相较“计划式”大科学研究, 对组织管理要求更高。如何结合其特点选择合适的组织模式, 是建立国际大科学工程管理机制的重要组成部分, 对保障国际大科学工程顺利实施至关重要。

本文运用案例分析法和对比分析法, 基于项目管理生命周期, 对现有典型“工程式”国际大科学项目(以下统称“国际大科学工程”)的组织模式及其动态调整进行了研究, 总结了国际大科学工程的特点, 分析了影响其组织模式选择的因素, 提出了对我国牵头组织国际大科学工程的相关启示和建议, 以期为我国牵头组织国际大科学工程选择适合我国国情的组织模式提供参考。

1 国际大科学工程的特点

1.1 参与国家数量多

国际大科学工程利益主体多元化, 需要由多个国家建立跨国、跨学科的科技合作关系, 而不同国家的政治体制、财政体制、文化背景又存在一定差异, 国家政局动荡、汇率波动、自然灾害及社会环境的变化都会影响国际大科学工程的实施, 各成员国需针对出资、采购、特权和豁免等议题进行多边谈判, 采用各参与国共同认可的一套规则开展管理活动。如 ITER 组织 2007 年正式成立时, 有中国、日本、韩国、印度、欧盟、俄罗斯和美国等七方力量参与, 由各方分别承担部件制造任务, ITER 组织牵头安装调试; SKA 组织截至 2019 年底共有澳大利亚、加拿大、中国、法国、印度、意大利、荷兰、新西兰、南非、西班牙、瑞典和英国 12 个成员国, 经谈判总部国定为英国, 台址国分别定为南非和澳大利亚。

1.2 资金投入规模大

国际大科学工程大多旨在解决关乎人类福祉的重大基本科学问题, 往往投资规模巨大, 预期工程成果将为各国带来极大的科学价值和社会价值, 而非经济价值, 国际大科学工程一般不借助市场机制来筹集资金^[6], 同时因为科研风险高的特点, 资金投入规模往往超出最初预计总量, 故须依靠各成员

国政府出资来筹集资金。如, 根据 ITER 组织总干事比戈介绍, ITER 目前处于建造阶段(2007–2025 年), 该阶段总预算为 200 亿欧元。按照 2006 年 11 月欧盟等七方签署的 ITER 项目联合实验协定及相关文件约定, ITER 项目由各方共同承担项目建设、运营和退役费用。其中, 由欧盟承担 45.6% 的建设成本, 由包括中国在内的其他 6 个成员国各承担 9.1%。

1.3 科学技术含量高

国际大科学工程科研攻关任务艰巨, 涉及技术复杂、多学科交叉融合。参与国际大科学工程研究建设, 对提高参与国相关领域科研实力大有裨益, 对促进参与国在相关领域加工制造核心竞争力提升也大有帮助。以 ITER 为例, 工程旨在共同建造一个超导托卡马克型聚变实验堆, 通过安全利用聚变能量解决人类未来能源问题, 全部工程包含上百万个零部件、36 个主系统以及 50 个子系统, 且需要将上述部件和系统进行总体集成^[7]; SKA 旨在建成世界最大综合口径的射电望远镜, 解决人类探索宇宙的基本问题, 为人类拓展对宇宙的认知提供重大科技支撑, 除巨型射电望远镜阵列外, 还需设计完成低频射电干涉大视场、高动态、多波束的成像处理软件, 建设区域数据处理系统^[8]。

1.4 项目生命周期长

国际大科学工程管理实施复杂, 按项目生命周期通常可划分为理论研究阶段、工程预研阶段、工程建造阶段、工程运营阶段、工程退役阶段等。国际大科学工程不直接产生经济效益和市场价值, 其建设、运行和维护等均需要长期稳定的人力、物力和财力的投入, 以支撑产出重要科技成果, 满足预定科技目标实现的需要^[9]。如 ITER 预期历时 35 年(2007—2042 年), 共分为建设、运行、去活化、退役 4 个阶段; SKA 分为建设准备(2002—2017 年)和建设运行(预计 50 年)两个阶段, 其建设运行阶段又分为 SKA1(建设约 10% 的 SKA)和 SKA2(完成余下建设任务)。

2 影响国际大科学工程组织模式的因素

2.1 工程的资产特征

根据国际大科学工程资产的地理分布类型, 一般可将其分为分布式大科学工程、集中式大科学工程和二者之间的过渡形式。分布式大科学工程涉及多个部

门,资金来源分散,无特定地理位置限制,而集中式大科学工程的研究和管理场所则相对固定。典型的国际大科学工程通常都是集中式大科学工程。以 ITER 项目为例,由于涉及实物资产在各参与国间的大量流转,需要通过一个关系紧密的国际组织来进行系统设计、过程控制和总体集成,并对相关参研单位存在的问题及时提出调整意见。又如 SKA 项目,随着 2015 年技术和工程预研告一段落,建造阶段大量的设备建造和协调工作使得 SKA 有了集中式大科学工程的特征,SKA 组织开始选择向政府间国际组织转型。

2.2 工程的阶段性特征

考虑到生命周期内各阶段调整的便利性和合作的难度,国际大科学工程的组织模式往往是从论坛、联盟等松散组织到稳定合作的国内或非政府间国际组织,再到紧密运行的政府间国际组织,随工程进展逐步进行调整。ITER 和 SKA 均经历了随着项目发展阶段变化对组织模式进行调整的情况。如,ITER 由于预研阶段风险较大,为便于参与国间进行合作和调整,在预研工作完成前并未直接采用最为紧密的政府间国际组织模式,而是以联合工作组名义推进工程设计及部分技术预研;SKA 经历了从科学家论坛到非营利性担保有限公司的转变,目前正在向国际组织转型。

2.3 参与国对工程价值的考量

国际大科学工程的合作形式,也受参与国政府对工程价值的综合考量影响,如是否直接关系到国家安全、是否显著促进科技和经济发展、是否产生利益冲突等。工程对参与国的国家安全、科技、经济的综合影响越大,政府越有动力成立政府间国际组织。如 SKA 在技术和研发风险很高的早期阶段,由于难以凸显宇宙星系的观测对国家的直接经济意义或战略价值,多国政府持观望态度,直到进入第一阶段的大规模工程制造阶段,呈现出较可靠的拉动国内更多领域技术和经济进步的价值时,更多国家政府才在相关科学家和研究机构的推动下,参与到国际总协定的谈判中。

3 国际大科学工程组织模式动态调整

3.1 理论研究阶段一般采用松散管理模式

工程理论研究阶段一般是由科学家或者研究机构进行初期探索,常采用论坛、协会、联盟、联

合工作组等较为松散的组织形式,此类组织机构和人员规模有限,通常采用类似收取会费的形式维持基本运行,是一般的国际科研合作经常采用的形式,也是多数分布式国际大科学工程常用的组织模式。如,ITER 在欧盟、中国、印度等七方正式签署共同实施协议前,由联合工作组推进相关工作;SKA 成立之初,在全球范围内采用科学家论坛的形式,努力制定下一代无线电观测台的科学目标与技术规范等。

3.2 预研阶段筹备搭建稳定交流平台

在工程预研阶段,随着相关风险逐步释放、价值逐渐明晰,研究的路径和范围逐渐明朗、大型设备建造相关的初期技术标准形成,科学家或研究机构开始考虑搭建较为稳定的交流和协作平台,一般依托主要成员国国内已有或新注册的非政府机构开展活动。如 SKA 在预研阶段依托 SKA 组织对所有的预研工作进行统一协调和管理,将各参与国的机构之间的关系正式化,并且集中工程领导权于该组织。SKA 组织以在英国注册成立的非营利性性质的担保有限公司形式存在,不属于国际法主体。

3.3 建造阶段和运营阶段通常选择关系紧密的国际组织

建造阶段和运营阶段是国际大科学工程最为关键的两个阶段,具有研究成果目标清晰、工程造价相对集中、阶段时间跨度长、资金投入规模巨大的特点。此时成员国之间可通过签订国际条约(协议)成立更为紧密的政府间国际组织,以保证资金、人力、技术长期稳定的集中支持。这类国际组织依据两个以上政府间签订的条约或正式协议形成,是享有国际权力并承担国际义务的国际法主体。政府间国际组织一般具有常设稳定的组织结构,是集中式国际大科学工程建造和运营阶段常见的一种组织模式。典型的政府间国际组织包括 ITER 组织和欧洲全球导航卫星系统管理局,目前 SKA 正处于由公司向政府间国际组织转换的过渡期。

3.4 退役阶段使命一般应由国际组织及东道国共同完成

部分国际大科学工程由于设施庞大、装置对自然环境有较大影响,还需经历资产退役阶段,预期 ITER 和 SKA 未来均需经历该阶段。退役阶段使命

主要为资产的报废与环境复原等, 需提前估计工程结束后的拆除和土地环境恢复等成本, 探讨退役基金成立的必要性和捐助安排, 成员国应按份额比例在运行阶段捐助退役基金, 该等工作应在国际组织主导下完成。具体资产退役和环境复原工作可由东道国或场址国完成。

4 对我国牵头组织国际大科学工程的相关启示和建议

4.1 孵化阶段循序渐进, 鼓励优势单位定期组织国际学术交流

国际大科学工程的孵化阶段可从我国最具实力的科学领域开始, 经由我国科学家或科学机构的倡导和引领, 定期主办国际会议、科学论坛, 凝聚相关领域的国际研究力量, 交流相关研究进展。当某个领域各国科学家或相关机构有较为强烈的共同合作意向, 达到一定的合作规模时, 可依托国内优势单位发起组建相对紧密的科研联盟, 设立常设的秘书处或办公室, 通过收取会费等形式, 组织进一步的国际合作研究。例如, 以联盟名义通过国际项目招标的形式, 吸引小型实验性质的工程合作项目。

4.2 预研阶段明确责任, 可采用非营利法人单位作为发起机构

我国法人主体可分为营利法人、非营利法人(包括事业单位、社会团体、基金会、社会服务机构等)和特别法人三大类。国际大科学工程通常不以盈利为目的, 更适宜以非营利法人单位作为发起机构。这类发起机构宜由国内兼具科研和工程技术核心能力、国际认可度高的高校或科研院所担任, 必要时也可新注册非营利法人单位。此外, 从我国法人单位的登记管理来看, 目前国际科技合作机构多为国际性社会团体, 其登记管理是按照《社会团体登记管理条例》进行的^[10], 尚无明确的针对包括国际科技合作机构在内的国际组织的登记管理办法, 未来还应进一步完善相关办法, 助力牵头组织国际大科学工程等工作。

4.3 建造阶段和运营阶段条件成熟, 推进成立紧密型政府间国际组织

国际大科学工程项目预研阶段完成后, 将进入需要大规模跨境人力、物力和财力支持的建造阶段和运营阶段。其中将涉及国际职员聘用、设备器件

流转、跨境资金运用, 对应的外交、海关、税收豁免等问题, 需要有一个关系紧密的组织来完成成员国之间的协调, 完成对参研单位的招标、控制和集成等工作, 此时成立政府间国际组织水到渠成。

5 结束语

国际大科学工程具有“参与国家数量多、资金投入规模大、科学技术含量高、项目生命周期长”的主要特点, 其组织模式选择受工程资产特征、项目阶段特征、参与国对工程价值的考量等多因素影响, 并无“标准答案”, 通常还需伴随项目实施进程动态调整。

未来我国牵头组织国际大科学工程, 可参考国际现有的成熟管理经验, 结合我国国情依据不同阶段的工程特征合理选择组织模式, 有利于提高组织办事效率、实现大科学工程的高效管理, 保证大科学工程顺利实施^[11]。■

参考文献:

- [1] 许鑫. 依托大科学设施群推进国际科技合作[J]. 科学发展, 2019(7): 5-14.
- [2] 邢超, 吴凤凤. 大科学工程项目管理实施实践——以ITER项目为例[J]. 核科学与工程, 2017(6): 341-347.
- [3] 赵煦. 论大科学的转向——以近十年诺贝尔物理学奖为例[J]. 自然辩证法研究, 2017, (07): 51-54.
- [4] 周小林, 李力, 杨云. 大科学计划(工程)规划制定的国际经验及对我国的启示[J]. 全球科技经济瞭望, 2019(3): 46-53.
- [5] 国务院. 国务院关于印发积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程方案的通知[EB/OL]. [2020-01-05]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-03/28/content_5278056.htm.
- [6] 任东亭, 常旭华. 典型国际大科学计划的过程管理体系分析[J]. 中国科技论坛, 2019(2): 36-43.
- [7] ITER. What is iter[EB/OL]. [2020-01-05]. <https://www.iter.org/proj/inafewlines>.
- [8] SKA. The SKA project[EB/OL]. [2020-01-05]. <https://www.skatelescope.org/the-ska-project/>.
- [9] 邢超. 参与或加入国际大科学工程(计划)经费投入模式刍议[J]. 中国科技论坛, 2012(4): 22-24.
- [10] 黄海辉. 关于国际性社会团体在我国民政部注册登记

的实现途径研究 [J]. 对外经贸, 2013 (6): 59-61.
[11] 董佳敏, 刘人境, 张光军. 大科学工程管理模式对比

分析及对我国的启示 [J]. 科技管理研究, 2016 (16):
183-188.

Organizational Model Choices of the International Big Science Research Projects and the Enlightenment for China

LI Bao-zhi, SUN He-yang

(Supervision Service Center for Science and Technology Funds, Ministry of Science and Technology of China,
Beijing 100038)

Abstract: As clearly stated in the outline of the 13th five-year plan for China's national economic and social development, it is necessary to "actively put forward and take the lead in launching international big science research plans and projects". This paper summarizes the main characteristics of international big science research projects, uses case analysis method to study the influence factors and dynamic adjustment of some typical international big science projects, such as ITER and SKA, in selecting the organization model. On this basis, this paper puts forward some enlightenment on the selection of a phase based organizational model, which is expected to provide reference for China to launch big science projects and establish the management mechanism in the near future.

Key words: big science research projects; international cooperation; organizational model; international organization

(上接第15页)

Mission Oriented Research and Innovation Policy: New Thinking of Horizon Europe

LIN Jie, WANG Ting, FENG Hai-hong

(Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

Abstract: Mission oriented research and innovation policy is a significant change in the policy design of the "Horizon Europe", highlighting the research mission, dynamic evaluation and adjustment mechanism with project achievements, and trying to promote EU innovation performance. The paper analyzes the essence of the mission-oriented research and innovation policies, selects criteria and implementation methods, and the major task selection criteria in the field of climate change and citizen health. On this basis, the recommendations for the current medium and long-term scientific and technical (S&T) plan are proposed: (1) the S&T plan should have broader connotations and more ambitious goals to achieve innovation-driven development of S&T, economy, society and environment; (2) the development of a dynamic evaluation and adjustment mechanism for mission should be established; (3) the S&T plan should simplify the cross-disciplinary and interdisciplinary scientific and technological innovation activities.

Key words: mission oriented; research and innovation policy; Horizon Europe