

引用格式: 李玲娟, 李郭璐, 谢莉娇, 等. 发起国际大科学计划的路径、问题及对策研究. 中国科学院院刊, 2025, 40(12): 2192-2204, doi: 10.3724/j.issn.1000-3045.20250210003.

Li L J, Li G L, Xie L J, et al. Research on paths, issues and countermeasures of initiating international big science programs. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2025, 40(12): 2192-2204, doi: 10.3724/j.issn.1000-3045.20250210003. (in Chinese)

发起国际大科学计划的路径、问题及对策研究

李玲娟¹ 李郭璐¹ 谢莉娇² 肖尤丹^{3*}

1 中国科学院大学 公共政策与管理学院 北京 100049

2 北京市科学技术委员会、中关村科技园区管理委员会 北京 101117

3 中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190

摘要 大科学计划肩负着汇聚全球创新资源、建设世界科学中心、推动地区高质量发展的使命,是实现高水平科技自立自强的重要支撑。发起大科学计划需要具备科技条件平台支撑、坚实国际合作基础、丰富人才储备、科学可行的治理结构和完善政策保障及专项支持等要素。当前,我国发起国际大科学计划面临着严峻国际形势,同时存在大科学计划同质化竞争、缺乏成熟的管理经验、科学家参与动力不足等问题,文章综合考量国际科技合作形势与我国科技发展现状提出对策和建议。

关键词 大科学计划, 大科学工程, 国际合作, 科技治理

DOI 10.3724/j.issn.1000-3045.20250210003

CSTR 32128.14.CASbulletin.20250210003

大科学计划肩负着汇聚全球创新资源、建设世界科学中心、推动地区高质量发展的使命,有助于推动国内尖端科技创新,吸纳全球顶尖人才和技术,以提升中国科技在全球的话语权和影响力。截至当前,我

国已经参与的国际大科学计划有20余项,积累了丰富的经验,具备了牵头组织大科学计划的能力。据不完全统计,现阶段世界各国发起的大科学计划约61项^①,由我国牵头发起并运行的计划项目约10项^②,无论是

*通信作者

资助项目: 北京市科技战略决策咨询委员会战略咨询专项 (Z231100007323004)

修改稿收到日期: 2025年11月21日

① 查询《中国科学报》网站、中国科学院网站等进行不完全统计得出。

② 查询中国科学院网站及相关项目官网进行不完全统计得出。

在参与主体的范围，还是在科学影响力方面，都尚未达到高质量要求，也与我国科技大国的地位不相匹配，更与科技强国、科技自立自强的战略目标存在一定差距。因此，深入分析国际上的大科学计划发起的关键要素和趋势，对我国更好地发起大科学计划具有十分重要的战略意义。

1 国内外关于大科学计划的研究现状

“大科学”（Big Science）这一概念首先由美国总统科学顾问 Weinberg^[1]和美国物理学家普赖斯^[2]提出。大科学一般具有多学科、多目标、多主体、多要素等特点^[3]。由于其复杂程度、经济成本、实施难度、协同创新的多元性等都超出一国之力^[4]，往往需要通过国际科技合作来组织实施。当前，对于何谓大科学计划或大科学工程，尚未有统一的概念。

本文以“大科学计划”“大科学工程”“big science project”“large-scale scientific facility”为关键

词，搜集中国知网（CNKI）、Web of Science上相关文献约265篇，通过CiteSpace软件分析当前国内学界关于国际大科学计划的研究热点和趋势（图1）。自2018年国务院印发《积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程方案》后，国内关于大科学计划的研究逐渐聚焦于大科学计划的管理模式、运行机制及战略规划等方面。从选题领域来看，国内大科学计划更聚焦于物理、地球科学、生命科学等领域；就参与方式而言，主要分为科学家之间的个人合作、不同科研机构之间的对等合作、政府部门之间的合作^[5]。在组织模式上，大科学计划可以分为集权式、分权式和混合式^[6]。从大科学发起的动力机制和运行模式角度上，美国大科学计划采用的是在发达的市场经济条件下的多元主体，以及自主推动为主、国家扶持为辅的形式；中国则是在计划经济体制下的二元主体和政府推动形式^[7]。在评估机制方面，根据国外经验，形成了内部评价（第一方评价和第三方评价）与第三方评价相结合，

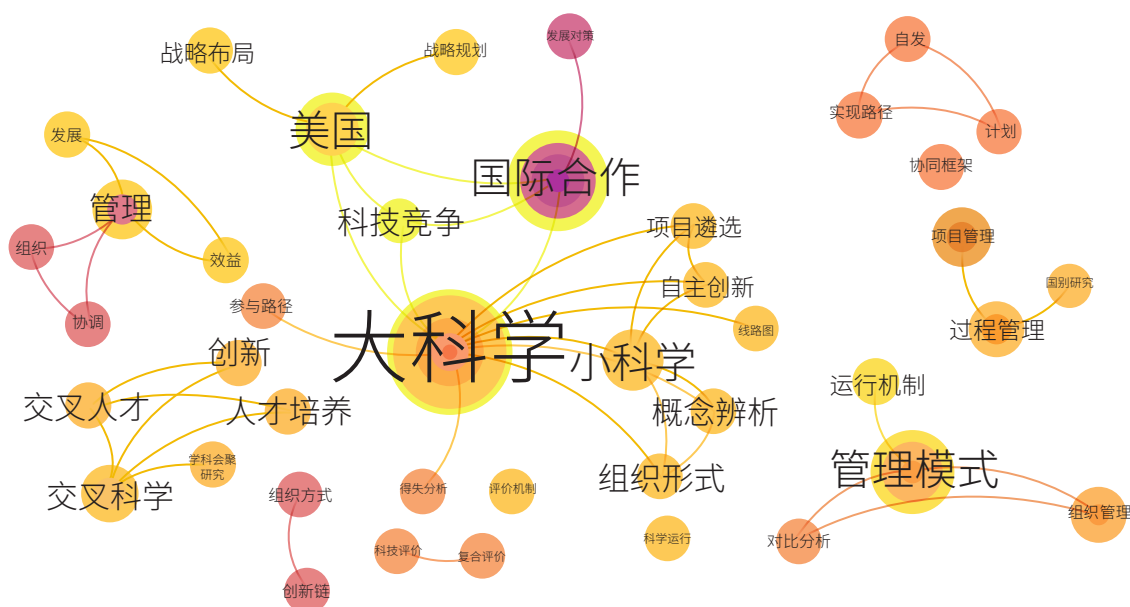


图1 国内大科学计划文献研究趋势可视化图谱

Figure 1 Visualization map of research trends in China's big science program literature

数据来源于中国知网（CNKI），通过可视化科学图谱软件CiteSpace分析了从2005—2024年国内大科学计划的相关文献

The data in this figure are sourced from China National Knowledge Infrastructure (CNKI), employing CiteSpace to analyze China's literature related to big science programs from 2005 to 2024

二者相互独立又相互支撑的综合评价模式。其中，第一方评价是指由执行方自行组织的评价，第二方评价是指由执行方的相关方（上级机关、下级部门等）组织的评价，第三方评价是指由独立于执行方之外的第三方组织的评价^[8]。

近年来，随着互联网、大数据的发展，国外大科学计划的研究更多聚焦于大科学项目平台的数据共享和管理、大科学计划的组织策略、解决项目内外部环境的矛盾冲突等话题（图2）。在大数据运用上，国外学者通过 INSPIRE、NSF Award Search、项目官网、NIH RePORT 和 Microsoft Academic Graph 等搜集相关数据，运用可视化透视图分析大型科学项目的动态变化，展示了国际大科学计划团队规模的增长和国际化的具体情况^[9]。从大科学计划的组织策略方面，国外较为典型的是运用分割研究基础设施、引入层级治理因素、实施标准与标准化3种策略，建立正式的决策监察机制，以应对大科学项目组织的复杂性^[10]。另

外，在研究大科学计划内外部环境的矛盾冲突上，国外也形成了关于冲突形成机制的模型^[11]，对国内大科学计划的顺利实施有一定借鉴意义。

总体而言，国内外对大科学计划的研究处于不同的阶段，国外对大科学计划的研究随着科技、经济、社会环境的改变而改变，国内对于大科学计划的研究更多聚焦于发起的管理模式、评价机制等内容，部分原因在于近年来我国出台了鼓励大科学计划的诸多政策，学术研究在一定程度上受到政策的驱动，更多聚焦于发起大科学计划的管理制度等内容。上述研究为本研究的开展奠定了良好的基础，然而，当前我国牵头发起的众多国际大科学计划培育缓慢、发展艰难，相关研究缺乏对大科学计划基本内涵及类型的分析，对于成功组织大科学计划应当具备的关键要素及路径缺乏“全景分析”。因此，本文通过对国际大科学计划进行多案例、广角度、深层次分析，梳理出国际大科学计划类型、发起的一般路径和关键要素，探讨我国发起大科学计划面临的问题及挑战，并研究提出对策建议。

2 大科学计划的概念及类型厘定

根据相关文献综述及总结，本研究认为大科学计划是为了在科学技术前沿取得重大突破，解决社会发展和全球性问题而发起的长期、国际性、跨学科的大型科研项目，其主要特征为投资强度大、多学科交叉、实验设备昂贵且复杂、研究目标宏大、组织化程度高、依赖国际合作等。其往往需要政府或大型机构投入巨额资金，建设先进的实验设施。研究周期较长、涉及多个学科的大科学计划一般由多个国家、研究机构和科学家共同参与，且与国家科技战略和社会需求紧密结合，影响科技、经济和社会发展。根据装置和项目科学目标的差异，本研究将大科学计划分为需要巨额投资建造、运行和维护大型研究设施的“工程式”大科学计划，以及依赖于强大的数据处理能力

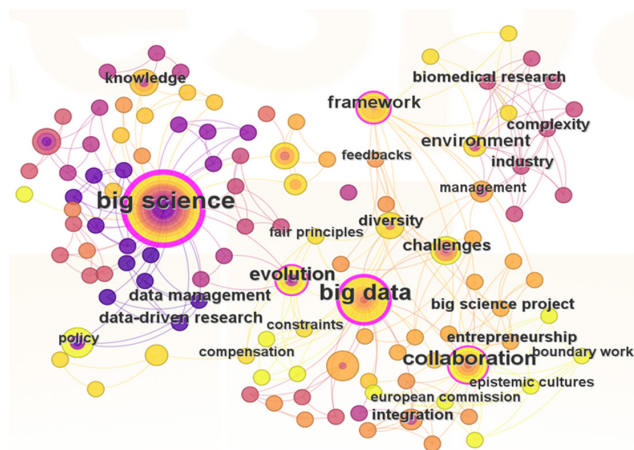


图2 国外大科学计划文献研究趋势可视化图谱

Figure 2 Visualization map of research trends in overseas big science programs literature

数据来源于科睿唯安引文索引类数据库（WOS），运用可视化科学图谱软件CiteSpace分析了从2005—2024年国外有关大科学计划的文献

The data are sourced from the Web of Science (WOS), utilizing CiteSpace to analyze international literature on large-scale science initiatives from 2005 to 2024

和网络基础设施、相对分散实施研究的“分布式”大科学计划^③2类（表1）。

从发起主体的角度看，可将大科学计划分为单一国家发起、多国联合发起、国际组织发起共3种类型。

① 单一国家发起的大科学计划，通常指由一个国家主导，由发起国担任领导角色和承担主要责任的科学研究项目，展示单一国家在特定科学领域的领导力和科研能力，同时为促进国际科学合作和技术交流、吸引多国参与奠定基础，典型的如中国探月工程（CLEP）。

② 多国联合发起的大科学计划，指的是由多个国家或地区联合发起，通常涉及多学科交叉、需要巨额投资，以及复杂的实验设施，旨在解决全球性问题、推动科学前沿发展的科学研究项目。这些计划往往超出单一国家的能力范围，需要通过国际科技创新合作来实现，如人类基因组计划（HGP）。

③ 国际组织发起的大科学计划，指由国际组织领导，通过聚集全球优势资源，旨在解决全球性、紧迫性的重大科学问题，

推动科学问题解决的综合性研究项目。国际组织发起的大科学计划，包括政府间国际组织发起的，如联合国粮食及农业组织（FAO）发起的国际永久森林监测计划（IPFMPP），非政府间国际组织发起的，如国际科学理事会主导发起的灾害风险综合研究计划（IRDR），以及政府间国际组织和非政府间国际组织联合发起的，如世界气候研究计划（WCRP）是由世界气象组织（WMO）、国际科学理事会（ISC）和联合国政府间海洋学委员会（IOC）联合发起的。国际组织通常在国际影响力、聚集全球优势科研资源（如设备、人才、资金）、全球性的科研网络、推动数据和成果全球共享等方面更有优势。

3 发起大科学计划的一般路径及关键要素

3.1 发起大科学计划的一般路径

大科学计划一般包括培育、发起、实施和终止4个阶段。大科学计划往往由具有国际影响力的学者或

表1 大科学计划的分类
Table 1 Classification of big science programs

大科学计划类型	“分布式”大科学计划	“工程式”大科学计划
目标定位	侧重于基础研究和理论研究	具有明确的应用目标,涉及技术验证和应用开发
组织结构	围绕总体研究目标,由众多科学家、研究机构和大学在不同地理位置上进行有组织、有分工、有协作的研究	需要巨额投资来建造、运行和维护大型研究设施,一般集中在特定的设施或地点进行
实施方式	实施相对分散,通过信息技术和网络进行数据共享和远程协作	需要集中的物理设施和现场操作,研究活动围绕集中设施展开
资源需求	依赖于强大的数据处理能力和网络基础设施	需要巨额资金支持来进行设施建设、运行和维护等
国际合作	通常涉及跨国界的科学家和研究机构之间的合作,合作形式更为灵活	往往需要多国政府间的合作,涉及国家级的协议和组织
管理挑战	面临的主要挑战包括数据共享、知识产权管理、远程协作的协调等	大设施的开放运行、运行效率、跨学科团队的整合,以及复杂的技术问题
科学产出	产生大量的基础科学数据和理论模型,对科学界产生长远影响	除了科学发现,还将推动技术创新和实际应用的突破

③ 中华人民共和国国家发展和改革委员会.“十四五”规划《纲要》名词解释之45|国际大科学计划和大科学工程. (2021-12-24) [2024-11-12]. https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gjfgzh/202112/t20211224_1309295.html.

科研机构、大学、国际组织来发起或推动，政府给予相关的政策支持（图3）。

（1）**培育阶段**。发起方处于一个开放和探索的阶段，对于计划的具体方向和目标尚未完全明确。需要开展广泛的讨论，随着对话的深入和合作的逐步建立，最终形成一个清晰的、共同认可的科学计划框架及路线图。在此阶段应当考虑的关键问题及要素包括：大科学计划和工程须符合国家的长期发展要求、考虑国家的科研基础、设施条件及人才储备，考量项目的潜在风险，以及利益相关方。培育阶段具体包括以下内容：① **战略规划和优先领域的确定**。立足发起方优势特色领域，考虑国家或本地区的科研基础、设施条件、人才储备等因素，确保所选领域既符合国家的长远利益，又能够适应科技发展的需要，同时具备

国际合作的潜力和灵活性。② **科学目标的凝练及选题**。根据实施条件成熟度和人力财力保障等情况，凝练选择具有重大科学目标和合作潜力的选题进行重点培育。人类基因组计划（HGP）最早由美国能源部（DOE）在20世纪80年代初期提出，旨在研究辐射对人类基因的影响。深时数字地球（DDE）大科学计划围绕4大核心科学问题展开研究，包括生命演化、地球物质演化、地理演化和气候演化，并进一步细分为10个主要研究方向。“空间科学任务的提出和遴选，是确保相应科学产出和效益最大化最重要的先决条件。根据国际上科学任务提出的通常做法，中国空间科学任务的提出采用自下而上的征集方式。”④③ **制定发展路线图**。通过专家的讨论及论证，明确大科学计划的阶段性战略目标、资金来源、建设方式和运行管理

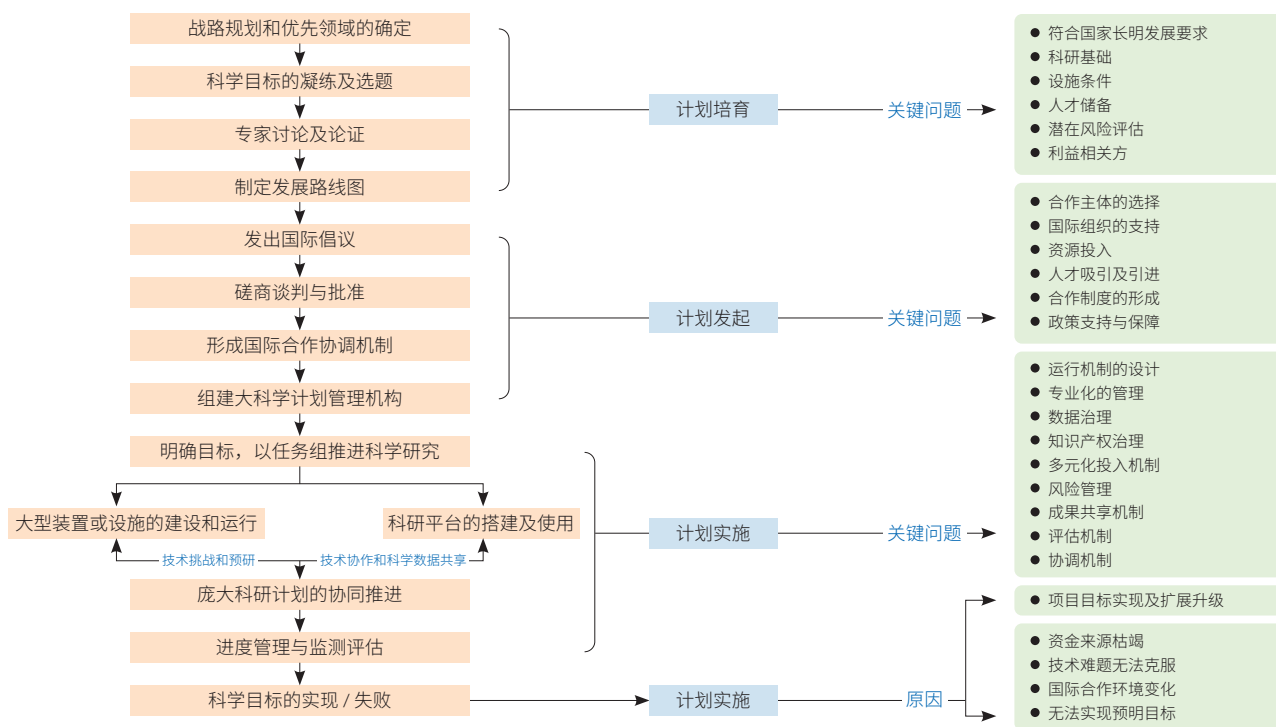


图3 发起和开展国际大科学计划的一般路径及关键问题图

Figure 3 General pathways and key point for initiating and conducting international big science programs

④ 科学网. 牵头国际大科学计划, 会解题更要会出题——解读《积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程方案》系列报道之三. (2018-04-11)[2024-11-12]. <https://paper.sciencenet.cn/htmlnews/2018/4/408719.shtml>.

等,为项目的实施提供清晰的指导和规划,如平方公里阵列射电望远镜(SKA)大科学计划旨在建造大型射电望远镜。2011年,国际组织SKAO(Square Kilometer Array Observatory)成立。2012年,SKA台址确定在澳大利亚和南非,总部在英国。SKA计划分两阶段建设,SKA 1于2021年开始、预计2028年建成,SKA 2预计2030年后建成。

(2) **发起阶段**。该阶段,发起方已具备发起国际大科学计划的坚实基础,包括完善的研究体系、坚实的国际合作网络,以及雄厚的人才储备。这一阶段的关键问题在于:合作主体的选择、国际组织的支持、资源投入、人才吸引及引进、合作制度的形成,以及政策的支持与保障。在此基础上,① **发起国际倡议**。国际倡议的实质在于强调全球合作,多边参与和资源共享。国际倡议需要具备长期规划能力和各国政府和国际组织的政策支持,以确保大科学计划的持续性和稳定性。由我国牵头发起的DDE计划就是得益于多个国际组织的支持和加入才得以快速推进,包括来自中国、美国、英国和印度等国的28家国际政府机构、学术组织参与。② **磋商谈判和批准**。发起大科学计划存在一系列的挑战,包括如何协调各方利益并达成共识,如何确保资金来源和分配公平性问题,以及各国知识产权、数据共享等政策与法律差异的障碍、政治和外交因素等影响。因此,发起大科学计划需要经过多方磋商谈判。尽量克服政治、文化因素的阻碍,同时兼顾不同参与主体的利益诉求、最大程度形成共识,以及建立信任关系,形成有效的沟通机制等。在有效磋商基础上,不同类型的大科学计划参与方需要得到政府部门或者科研机构的批准方能加入。③ **组建大科学计划管理机构**。大科学计划的治理机制直接关系到大科学计划运行的可持续性,DDE计划的治理结

构包括管理委员会、执行委员会、科学委员会和国际独立董事会。管理委员会是最高决策机构,负责制定总体战略方向、政策和重大决策。执行委员会负责DDE计划的日常运营和管理,提出工作组和任务组,并设定关键绩效指标。科学委员会由15名成员组成,负责对工作组和任务组的提案进行科学评估,并根据科学需求和预期影响列出优先级。国际独立董事会主要职责是监督DDE计划的进展^⑤。SKA计划最具特色的地方是产生了SKAO国际组织,其由参与国共同管理和运营,以确保项目的长期运行和科学目标的实现,我国参与SKAO经由全国人大常委会批准加入。HGP发展过程中也成立了国际人类基因组组织(HUGO),用于推动国际合作与交流。两者的区别在于SKAO是政府间国际组织,而HUGO是学术组织。政府间国际组织与非政府国际组织在成员的构成、决策过程、法律地位和作用范围等方面存在显著区别。

(3) **运行阶段**。在这一阶段,需注意的关键问题包括:设计运行机制、专业化管理、注意数据和知识产权的治理,以及多元化投入机制、风险管理、成果共享机制、评估机制和协调机制。国际大科学计划通常包括3种方式推进:① **大规模的科学研究任务方式推进**。以DDE计划为例,其执行委员会负责提出工作组和任务组,并设定关键绩效指标。科学委员会负责对工作组和任务组的提案进行科学评估,并列出优先级;工作组和任务组开展具体的研究工作。工作组专注于特定的科学主题或学科领域,旨在解决具体的科学问题或推动某一领域的研究进展,如古生物学工作组、地层学工作组、构造学工作组等;而任务组更注重跨学科或跨区域的综合性任务,通常涉及多个科学主题或区域的协同研究,如东南亚任务组、数据整合与共享工作组等,任务组在任务完成后即解散,具有

⑤ International Union of Geological Sciences. IUGS review of the Deep-Time Digital Earth (DDE) large science project. (2024-12-06) [2024-01-01]. <https://www.iugs.org/post/iugs-review-of-the-deep-time-digital-earth-dde-large-science-project>.

较强的临时性和灵活性^⑤。② **依托大科学装置或者平台开展研究**。大科学装置或相关技术平台是大科学计划的重要特征，为大科学计划的开展提供强大的实验和观测能力，并为吸引高端人才提供了重要平台。国际子午圈大科学计划（IMCP）以中国的子午工程为核心，在子午圈沿线的多个国家和地区，建设和运行千余台各类仪器，形成地基探测网络，对地球空间环境进行全纬度、全天候、全要素的观测。DDE计划虽然并不依托大科学装置开展研究，但它依然整合参与国的观测网络，搭建系列技术平台来实现其目标，如建立了专门的数据中心，利用人工智能和大数据技术开展研究。③ **进度管理与监测评估**。进度和风险管理在大科学计划中不断得到重视，监测评估则为大科学计划的顺利实施提供了有力保障，确保项目能够按计划推进并实现预期目标。国际热核聚变实验堆（ITER）计划通过定期召开理事会会议来评估项目的进展情况。SKA计划通过设定阶段性目标，并对这些目标的完成情况进行考核。ITER计划采用了关键路径法、程序评估检查技术、关键链法等多种进度管理方法。在风险识别方面，采取专家判断法和头脑风暴法；在风险评估方面，构建指标体系，对技术风险、质量风险、管理风险和外部风险因素进行排序^[12]，SKA计划采用多维度的评估框架，包括技术性能、科学产出和社会影响等内容。

（4）**终止阶段**。在此阶段，项目面临两种走向：

① **大科学计划因实现了既定科学目标而终止**，有些大科学计划在顺利完成既定目标后实现扩展升级，衍生出更多前沿项目；② **大科学计划由于各种原因而导致失败**。大科学计划在推进中终止的原因是多方面的，现实中，大科学计划往往由于技术挑战、资金不足、合作不畅等问题导致失败而终止。例如，美国超级超导对撞机（SSC）工程终止的原因包括费用攀升、预

算赤字、管理缺陷、缺乏共识、预期经济利益不明确、政治因素等^[13]。

3.2 发起大科学计划的关键要素

（1）**科技条件平台支撑**。“分布式”大科学计划依赖信息技术和网络进行数据共享和远程协作，需要强大的数据处理能力和网络基础设施。例如，HGP、IRDR等计划都形成了良好的数据传输和共享机制。“工程式”大科学计划需要依托大科学装置的建设和运行开展研究，如大型强子对撞机（LHC）、ITER等工程，大装置的开放运行、跨学科团队的整合、技术标准统一等都是关键核心问题。

（2）**丰富的人才资源储备**。大科学计划需要大量高层次的科研和技术人才，来自不同国家优秀科研人员组建的多层次专业队伍是大科学计划进展的重要支撑。中国在参与ITER和SKA等国际大科学计划中，储备了一支具有国际化视野的管理与技术人才队伍。此外，在大科学工程计划中，公共技术支撑人员对大科学计划的实施具有重要的支撑作用。过去，“在历时数十年的大科学装置建设竣工之后，我们并没有培养出能使用它立即开展科学研究的人才队伍。”这也是我国大科学装置建设中碰到的“科学队伍建设之困”^⑥。

（3）**坚实的国际合作基础**。大科学计划并非凭空产生，需要有坚实国际合作基础。国际科技合作包括松散的研究联盟形式，也包括参与国际组织这种制度化渠道。国际组织在大科学计划的协调与组织、资金与资源配置、科研平台搭建、科技交流合作、政策与规则制定等方面发挥举足轻重的作用。国际组织尤其是政府间国际组织有助于保障大科学计划在工程采购、雇员工资等方面享受国际组织的免税待遇，并确保大科学计划不受政府更迭的影响。例如，DDE计划于2019年正式启动，秘书处落户江苏昆山，我国科学

⑥ 李昌禹. 大科学,如何产生大效益. (2016-08-24)[2025-01-02]. https://www.cas.cn/cm/201608/t20160824_4572134.shtml.

家在国际科学理事会中的任职也极大推动了该计划的启动实施。

(4) **科学可行的治理结构。**科学的治理结构是确保大科学计划顺利发起和高效管理的前提。DDE计划参考国际大科学计划组织和实施的经验与惯例，邀请国际知名专家学者和管理者组建了管理委员会、执行委员会和科学委员会等。DDE计划的治理结构体现了对国际合作、数据驱动的科研，以及可持续发展的重视。ITER计划作为全球性的大科学工程项目，通过设立理事会、管理委员会、执行机构等治理机构，推动各成员方共同参与决策。

(5) **完善的政策体系和专项支持。**完善的政策体系和专项支持对于大科学计划的发起和实施具有保障作用。国际大科学计划通常涉及大规模的科学研究项目，需要巨额资金来支持设备购置、研究人员招聘、实验执行等方面的费用，需要各方共同承担经费责任，以确保项目的顺利进行和取得成功。DDE计划的资金来源包括昆山市政府对秘书处的资助（每年60万美元）、IUGS的资助（2万美元），以及DDE卓越研究中心（苏州）的启动资金^⑤。美国国立卫生研究院、能源部在HGP执行期间投入了40多亿美元，我国国家自然科学基金委、国家高技术研究发展计划（“863”计划）、国家重点基础研究发展计划（“973”计划）都对HGP进行了重点支持。HGP遵守“共有、共享、共为”原则，各方通过达成一致协议，把所有的参与者结果根据协议汇总到共同的数据库，实现数据共享。IMPC计划需要在多个国家和地区部署观测设备，涉及跨国协调、资金投入、技术标准统一等内容。

4 我国发起大科学计划的现状及问题

当前，我国有多项牵头的国际大科学计划处于不同阶段，包括正式设立、加速推进、培育酝酿等阶段，牵头发起的大科学计划主要聚焦环境气候、地球

科学、生命科学等领域，这些大科学计划的培育及推进有力带动了相关领域技术和产业的发展（表2）。多个部门为推动发起国际大科学计划贡献力量，如科学技术部、中国科学院、中国科学技术协会、国家自然科学基金委员会及各地方政府部门等；同时也得到了国际组织、多个国家政府部门、教学科研机构的响应，如联合国所属机构、国际地质科学联合会、美国/欧洲等多个国家的政府部门和研究机构。

但是我国牵头发起的国际大科学计划也面临一些困难和阻碍，具体表现为以下6个方面。

(1) 国际科技合作面临困境，部分领域几近停滞。

当前，中美科技竞争白热化，美国及其盟友以“零和博弈”认知主导科技政策，将“脱钩断链”制度化、“小院高墙”策略精细化（如针对量子计算、人工智能等关键领域），通过“技术民主联盟”构建排华科技生态，使得我国国际科技合作环境日趋复杂，对我国发起大科学计划、提升全球科技治理能力提出了严峻的挑战。美国系统性限制了我国参与国际大科学计划，如2011年的《沃尔夫条款》（*The Wolf Amendment*），禁止美国国家航空航天局（NASA）与中国航天机构合作；ITER计划中限制中方接触核心数据；我国发起的TPE、IPMC等大科学计划虽以开放共享为原则，但仍面临技术壁垒、数据共享限制、国际信任不足等诸多挑战。

(2) **政策制定缺乏协同。**多位常年关注国际合作的科学家都提出，大科学计划发起中首先需要各科技管理部门的通力协作，尤其需要明确牵头主管部门。否则以往“管大科学装置的部委不管科技合作、管科技合作的部委不管大科学装置建设”，以及部门利益、行业利益纠葛等矛盾仍无法调和^⑥。此外，当前各地方政府都在积极部署大科学计划，从科学领域来看，存在一定的同质化竞争。

(3) 缺乏与实施大科学计划匹配的人才政策环境。

大科学计划的实施需要多国科学家的通力合作，然而

表2 我国牵头发起的大科学计划示例
Table 2 Examples of big science programs initiated by China

名称	状态	发起机构或领衔科学家	领域	参与情况
深时数字地球大科学计划(DDE)	2019年成为大科学计划,执行中	中国地质大学(北京)	地球科学	来自中国、美国、英国、韩国、印度等29个国际机构和学术组织
海洋与气候无缝预报系统大科学计划(OSF)	2022年正式获批,执行中	自然资源部第一海洋研究所	海洋气候	由全球25个国家的34家海洋与气候科研机构 and 3个国际组织共同发起
全球岩溶动力系统资源环境效应大科学计划(IRCK)	2016年启动	自然资源部 中国地质调查局	环境气候	与泰国、斯洛文尼亚、斯洛伐克等代表性岩溶区发育的典型国家达成合作建立监测站协议,11个国家的科学家签署了支持函
人体蛋白质组导航大科学计划(π -HuB)	2022年正式向全球科学界发起合作倡议	贺福初院士	生物医药	与国际人类蛋白质组组织、亚太人类蛋白质组组织等国际组织签订战略合作协议,与美国、德国、瑞士、印度、新加坡、日本等20个国家、44个国际著名科研机构签订谅解备忘录等,并得到联合国教科文组织的支持
国际子午圈大科学计划(IMCP)	2025年发起	中国科学院国家空间科学中心	地球科学	与国际科协日地物理科学委员会、韩国极地研究中心、尼日利亚国家空间研究发展局、泰国先皇理工大学、乌干达慕尼大学签署了合作协议
人类表型组大科学计划(IHPP)	正在推进	复旦大学	生命科学	汇聚了来自20个国家的24个顶尖科学家团队,其中包含14位各国院士
“第三极环境”国际计划(TPE)	2009年发起,执行中	中国科学院青藏高原研究所	环境气候	得到了美国、日本、德国、法国、印度、尼泊尔等国家大学及科研机构,中国气象局、清华大学、兰州大学等国内机构和高校,联合国教科文组织等国际组织的支持
全球干旱生态系统大科学计划(Global-DEP)	2017年,Global-DEP正式立项	傅伯杰院士、Mark Stafford Smith 博士	环境气候	得到美国、澳大利亚、欧洲地中海沿岸国家及非洲、中亚等全球主要干旱地区的国家和地区的积极响应
“化学地球”大科学计划(IGCP)	2023年批准通过	中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所	化学、地球科学	美国、俄罗斯、澳大利亚、南非、伊朗、土耳其等22个国家的68名科学家代表在倡议书上签字支持
海洋负排放大科学计划(Global-ONCE)	2022年正式启动	焦念志院士	海洋科学	国际合作伙伴包括全球代表性地区的33个国家78所科研院所,形成了“总部+基地+全球分中心”的国际合作模式

当前却面临两大困境：欧美国家收紧了对中国科技人才的签证政策，同时国内对海外科学家的吸引力也显不足。此外，具体业务层面，外籍科学家来华工作还面临诸多政策障碍。例如，外籍人员来华工作许可审

批流程较为复杂,外籍人才在华社会保障体系不健全、公共服务及配套设施覆盖不全面,外籍人才专业技术资格评聘政策不一致等问题。大科学工程计划在推进中,一线工程师的需求量很大,公共技术服务和支撑人员在薪资、福利、晋升等方面存在劣势,缺乏激励制度。

(4) **大科学计划资金保障及管理经验不足。**研究经费不足是大科学计划实施过程中最常见的问题。部分领域的大科学计划既需要经过数年甚至数十年的论证才能成熟,也需要获得长期稳定的支持。此外,在科技管理水平上,我国与主要科技强国仍存在较大差距,在协调各方利益、维持壮大组织、完善管理政策、共享数据信息等方面的管理经验十分有限。“我国以往组织的大科学工程数量非常少,到现在国内专用大科学装置不超过10个。所以如何吸引和管理大科学装置的建设和运行是个课题。”^⑦

(5) **科研设施和数据国际开放共享缺乏明确法律依据。**大科学装置的国际开放共享是牵头发起大科学计划、维护网络关系的重要支撑机制,但我国大科学装置开放使用的相关体制机制,尤其是面向国际用户的科研设施和数据开放体制机制还不完善,存在政策机制缺失,亟待政府宏观政策的背书和引导。以《科学数据管理办法》为例,尚未明确国际开放共享的依据、原则、路径和评价等,需尽快明确相关标准。

(6) **科学家任职国际组织的激励政策有限。**科研人员任职国际科技组织,对于提升我国在全球科技领域的话语权、发起和参与大科学计划具有重要意义。虽然我国在加强国际科技组织人才培养方面采取了一定措施,但现有国家政策并未有专项支持科研人员任职国际组织,现有科研评价体系并不利于科研人员在国际组织任职,使得科学家任职国际组织存在动力不足等问题。

5 对策建议

在全球科技竞争日益激烈的当下,我国亟须在国际大科学计划中发挥引领作用,完善政策支持体系,为大科学计划的顺利实施提供坚实保障,助力我国在全球科技竞争中占据制高点。

(1) **聚焦全球性议题引领,构建“韧性科技合作”体系。**
① **锚定全球性议题。**在气候变化、公共卫生等领域强化开放合作,联合法国、德国、西班牙等具有技术互补性的国家发起“去政治化”大科学计划,通过技术普惠性化解意识形态壁垒。
② **拓展合作纵深。**面向共建“一带一路”国家及新兴市场,推进相关标准的建立和输出:依托金砖国家疫苗研发中心、中非农业科技创新联盟等载体,在数字基建、清洁能源、粮食安全等领域输出技术标准;同步深化与东盟空间技术合作,共享遥感卫星数据服务区域防灾减灾。
③ **激活欧洲合作支点。**重点对接欧洲对华友好国家,共建生物医药、绿色制造实验室或大科学装置,以换取欧盟技术生态的局部突破。

(2) **加强中央和地方在大科学计划发起中的协同作用。**发起大科学计划应充分凝聚共识,避免与国外、国内省份已经培育、成型的大科学计划发生冲突。既要考虑大科学计划培育成型所需的长周期,又要考虑到大科学计划科学性、可行性的动态变迁。根据培育项目的进展情况进行补充资助。建立央地合作协调机制,推进大科学计划有效实施,确保中央科研机构 and 地方在科技资源配置、政策制定和实施等方面能够形成合力。“美国的十年规划仍然值得借鉴——由不同部委资助,在不同领域成立专门委员会,从而对该领域作出细致的五年、十年规划。这一做法澳大利亚和欧洲许多国家都在复制。”^⑦

(3) **出台发起大科学计划的政策服务包。**发起大

^⑦ 张楠. 牵头国际大科学计划:正当其时的挑战. (2018-04-01)[2025-01-02]. <https://news.sciencenet.cn/htmlnews/2018/4/407677.shtml>.

科学计划需要相关的资金、技术、人才等配套政策支持。例如,对于外国人来华工作许可与居留许可困难、外籍人才在华社会保障体系不健全等问题,相关部门可设立专门的机制或出台政策服务包,对接大科学计划发起和运行中存在的各项政策障碍,采取简化办事程序、开辟绿色通道等措施。对于大科学计划实施中的资金、技术等困难,鼓励地方政府和社会组织加大投入,形成多元化的资金来源。出台大科学设施人才培养专项计划,吸引和培养高水平的技术人才。

(4) 提高国际大科学计划的管理能力。在国际大科学计划的发起过程中,要打好“组合拳”,充分利用大科学设施、国际组织、学会/协会的力量。建立与国际接轨的大科学计划管理体系,重视国际法、国际规则在大科学计划中的作用,有效保护己方权益。针对欧美技术壁垒,主动发起国际标准提案,推动建立以我为主的技术标准体系。做好大科学计划专业化管理团队的能力建设,通过培训交流、全球招聘、严格筛选,建立专业化管理团队。

(5) 充分利用大科学装置集群发起大科学计划。用好我国的大科学装置集群,积极开展国际科技合作,吸引国际顶级科研用户,构建国际化科研生态,为大科学计划积蓄力量。具体来看,要保障大科学装置运行经费,提高设施利用效率,持续推进高水平科研产出。做好用户管理和数据开放共享,平衡数据的开放共享和保密,做好数据的分级分类管理,通过专项政策支持大科学装置的国际开放共享。

(6) 出台激励政策,鼓励重要科学家任职国际科技组织。当前评价体系对于科研人员参与国际组织及贡献并未充分考虑,科研人员在国际组织中的任职和履职的制度保障不足,建议加强科研评价体系改革,建立多元化的评价标准,出台专项支持政策鼓励科研人员在国际科技组织任职,同时出台相应的政策法规,吸引国际科技组织总部落户我国,使我国在其运行中发挥主导作用,积极提升我国科技的话语权和国

际影响力。

参考文献

- Weinberg A M. Impact of large-scale science on the United States: Big science is here to stay, but we have yet to make the hard financial and educational choices it imposes. *Science*, 1961, 34(3473): 161-164.
- 普赖斯. 小科学·大科学. 北京: 世界知识出版社, 1982: 32-33.
Price D. Little Science, Big Science. Beijing: World Affairs Press, 1982: 32-33. (in Chinese)
- 刘云, 常青. 我国大科学研究国际合作的现状分析与政策建议. *中国软科学*, 2000, (9): 63-67.
Liu Y, Chang Q. The present analysis and the proposition on megascience international collaboration of our country. *China Soft Science*, 2000, (9): 63-67. (in Chinese)
- Merz M, Sorgner H. Organizational complexity in big science: Strategies and practices. *Synthese*, 2022, doi: 10.1007/s11229-022-03649-3.
- 李强, 李景平. 中国参与国际大科学计划的路径研究. *科学管理研究*, 2016, 34(5): 115-119.
Li Q, Li J P. Research on the path of China's participation in the international big science project. *Scientific Management Research*, 2016, 34(5): 115-119. (in Chinese)
- 仲东亭, 常旭华. 典型国际大科学计划的过程管理体系分析. *中国科技论坛*, 2019, (2): 36-43.
Zhong D T, Chang X H. Investigation into international big science program from the perspective of process management system. *Forum on Science and Technology in China*, 2019, (2): 36-43. (in Chinese)
- 陶迎春. 论大科学与科学的“耗散结构”. 合肥: 合肥工业大学出版社, 2019: 86-100.
Tao Y C. On Big Science and the “Dissipative Structure” of Science. Hefei: Hefei University of Technology Publishing House, 2019: 86-100. (in Chinese)
- 王传珂, 张光军, 徐隆波, 等. 美国国家点火项目第三方评价研究及对中国大科学工程的启示. *科技管理研究*, 2016, 36(18): 45-50.

- Wang C K, Zhang G J, Xu L B, et al. Study of the third-party evaluation on science and technology evaluation for national ignition project and enlightenment to China big science project. *Science and Technology Management Research*, 2016, 36(18): 45-50. (in Chinese)
- 9 Börner K, Silva F N, Milojević S. Visualizing big science projects. *Nature Reviews Physics*, 2021, 3(11): 753-761.
- 10 Merz M, Sorgner H. Organizational complexity in big science: Strategies and practices. *Synthese*, 2022, 200(3): 1-21.
- 11 Rüländ A L. Big science, big trouble? Understanding conflict in and around big science projects and networks. *Minerva*, 2023, 61(4): 553-580.
- 12 魏巍, 于芳, 陈琪, 等. 国际大科学计划和大科学工程的特征和实施经验. *全球科技经济瞭望*, 2024, 39(7): 26-33.
- Wei W, Yu F, Chen Q, et al. Characteristics and experience of international big science programs and large-scale scientific facilities. *Global Science, Technology and Economy Outlook*, 2024, 39(7): 26-33. (in Chinese)
- 13 张九庆. 从超导超级对撞机(SSC)看大科学工程研究的实施. *科技中国*, 2016, (10): 48-53.
- Zhang J Q. Viewing the implementation of big science engineering research from the superconducting super collider (SSC). *Science and Technology of China*, 2016, (10): 48-53. (in Chinese)

Research on paths, issues and countermeasures of initiating international big science programs

LI Lingjuan¹ LI Guolu¹ XIE Lijiao² XIAO Youdan^{3*}

(1 School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

2 Beijing Municipal Science & Technology Commission,

Administrative Commission of Zhongguancun Science Park, Beijing 101117, China;

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

Abstract Large-scale scientific programs shoulder the missions of pooling global innovation resources, building world-class scientific centers, and promoting high-quality regional development. They serve as crucial pillars for achieving high-level self-reliance and strength in science and technology. Initiating large-scale scientific programs requires elements such as the support of scientific and technological condition platforms, the coordinated promotion by international organizations, a scientific and feasible governance structure, sound policy guarantees, and special support. At present, China faces a severe situation in initiating international large-scale scientific programs. Meanwhile, problems such as homogeneous competition among large-scale scientific programs, lack of mature management experience, and insufficient motivation for scientists to participate also exist. This study incorporates the current context of the politicization and securitization of global technological collaboration and proposes strategies and recommendations through a comprehensive analysis of the practical realities of China's scientific and technological development.

Keywords big science programs, large-scale scientific facility, international collaboration, scientific and technological governance

李玲娟 中国科学院大学公共政策与管理学院教授。研究方向为科技政策、知识产权。E-mail: llj791010@ucas.ac.cn

LI Lingjuan Professor of School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences. Her research focuses on science policy and intellectual property. E-mail: llj791010@ucas.ac.cn

肖尤丹 中国科学院科技战略咨询研究院研究员,研究方向为知识产权与科技法。E-mail: xiaoyd@casipm.ac.cn

XIAO Youdan Researcher of Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences. His research focuses on intellectual property rights and science & technology law. E-mail: xiaoyd@casipm.ac.cn

■责任编辑: 文彦杰

*Corresponding author