

· 管理纵横 ·

国家重大科研仪器研制项目绩效评价探索：产出、成效与影响

李志兰^{1*} 郑知敏¹ 谢焕瑛¹

刘 权¹ 宋 琦² 张 剑^{2*} 叶选挺³

(1. 国家自然科学基金委员会计划局, 北京 100085;

2. 中央财经大学政府管理学院, 北京 100081;

3. 北京理工大学管理与经济学院, 北京 100081)

[摘要] 重大科研仪器是探索未知世界、发现自然规律的关键工具。国家重大科研仪器项目在推动基础研究、促进原始创新方面具有重要意义和作用。为解决国家重大科研仪器研制项目面临的更为多元、更为复杂的绩效挑战, 本文通过梳理政策文件与课题报告、调研项目实际承担单位以及访谈相关科研管理人员等方式, 对 2017 年度国家重大科研仪器研制项目的执行情况、工作进展及结题情况等进行绩效数据收集与绩效评价, 并在此基础上, 结合 2012—2017 年度的资助项目数据, 对国家重大科研仪器研制项目的成效与影响进行了整体分析。

[关键词] 重大科研仪器; 基础研究; 绩效评价; 资助管理

随着新一轮科技革命和产业变革在全球范围内的蓬勃兴起, 基础科学研究已成为我国建设创新型国家和世界科技强国的重要基石^[1,2]。作为探索未知世界、发现自然规律的关键工具, 重大科研仪器在推动基础研究、促进原始创新方面具有重要意义和作用, 然而, 鉴于基础研究的“正外部性”, 重大科研仪器的研发活动由于成本大、周期长、技术难度高等特点而面临“市场失灵”的挑战。为了克服这一挑战, 美国、德国、英国等发达国家自 20 世纪 50 年代起便重视对基础研究大型装置的投入, 在政府 R&D 投入中的占比均远高于我国^[3]。长期以来, 我国重大科研仪器自主研发基础薄弱, 特别是高端科研仪器严重依赖进口, 这已成为制约我国自主创新能力提升和创新型国家建设的重要瓶颈, 尤其是在当前国际政治经济秩序面临严峻挑战的情况下, 这一问题将更加突出。历史与实践证明, 为落实新时代科学基金“需求牵引、突破瓶颈”的工作导向, 摆脱“卡脖子”、受制于人的局面, 必须采取有效措施大力推

动抢占科技战略制高点所需的核心重大科研仪器的创新研制。

作为当前资助格局中“工具”系列的重要组成部分, 国家重大科研仪器研制项目(以下简称重大科研仪器项目)是当前我国推动高端科研仪器设备研制的主要资助工具。2016 年, 国家自然科学基金委(以下简称自然科学基金委)将“创新仪器研制, 强化条件支撑”作为《国家自然科学基金“十三五”发展规划》战略任务之一, 从国家战略的宏观高度对已有国家重大科研仪器项目进行系统审视。在这样的背景下, 科研仪器资助项目面临着更为多元、更为复杂的绩效要求, 因此, 如何改进当前绩效评价方式以实现“以评促建、以评促改”已成为当前项目资助、实施与评价中面临的重大管理挑战。本文以 2017 年度国家重大科研仪器研制项目的绩效评价为工作基础, 从“国家战略-基金体系-创新链条”的多维度绩效定位分析出发, 对厘清新时代科研仪器资助项目的绩效目标、开展相应的绩效评价实践进行了探索与尝试。

1 项目基本情况分析

1.1 我国科研仪器资助发展历程回顾

我国对科学仪器发展的资助正式开始于 1997 年的全国科研条件工作会议，为响应会议提出的“科学仪器基础研究纳入国家自然科学基金资助范围，特别支持创新性的新型仪器研究”的精神，自然科学基金委员会自 1998 年起设立了“科学仪器基础研究专款”，支持已有面上、重点研究成果或基础上的创新性科学仪器的基础研究，以及资助学科发展前沿所急需的重要科学仪器的创新性研制或改进^[4,5]。2011 年，根据国家科学和经济社会发展战略布局，面向科学前沿和国家需求，以科学目标为导向，自然科学基金委设立了“重大科研仪器设备研制专项”（图 1）。2014 年，自然科学基金委进一步优化资助项目类型，将“科学仪器基础研究专款”和“重大科研仪器设备研制专项”予以整合，设立了“国家重大科研仪器研制项目”，包括自由申请（经费需求在 1 000 万元以下的项目）和部门推荐（经费需求在 1 000 万元以上的项目）两大亚类。

2011—2013 年经费数是指国家重大科研仪器设备研制专项经费，不包括科学仪器基础研究专款

项目经费。2014 及以后是指国家重大科研仪器研制项目经费。

1.2 2017 年度重大科研仪器项目申请资助情况

近年来，国家对基础研究投入不断增长，重大科研仪器项目在总体资助额度上保持稳定水平。2017 年度重大科研仪器项目自由申请亚类共接收申请 591 项，较 2016 年度增加 3 项。经专家评审，批准资助 83 项，直接费用 59 000 万元；重大科研仪器项目部门推荐亚类共接收申请 54 项，经专家评审，批准资助 5 项，直接费用 32 821.98 万元。总资助项目数量较 2016 年度减少 1 项；资助率为 13.64%，较 2016 年度降低了 0.11%。从项目资助格局来看，近年来，重大科研仪器项目自由申请项目的比重逐步升高（图 2）。

2017 年，重大科研仪器项目资助经费在除管理学部外的 7 个学部间均有布局，但并不均衡，数理科学部（26%）、信息科学部（18%）、工程与材料科学部（17%）等所占比重比较高；就单位而言，2017 年高等院校获得项目数和经费数仍占据领先地位，分别占本年度项目总数和经费总数的 78.41% 和 61.52%；这些获得重大科研仪器项目资助的单位来自 18 个省、自治区和直辖市，主要为北京、湖北、吉

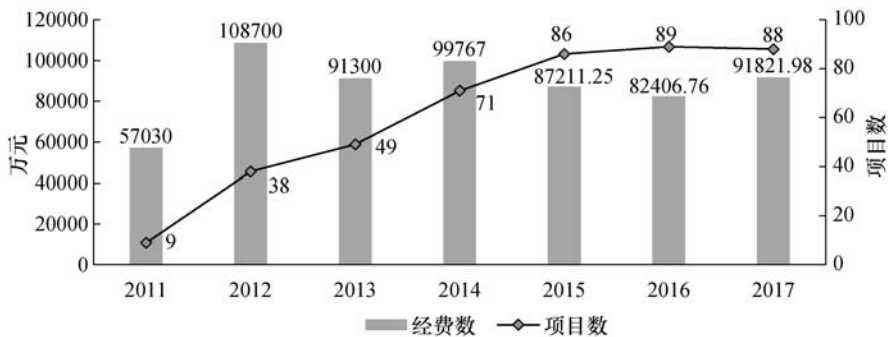


图 1 重大科研仪器项目经费发展趋势

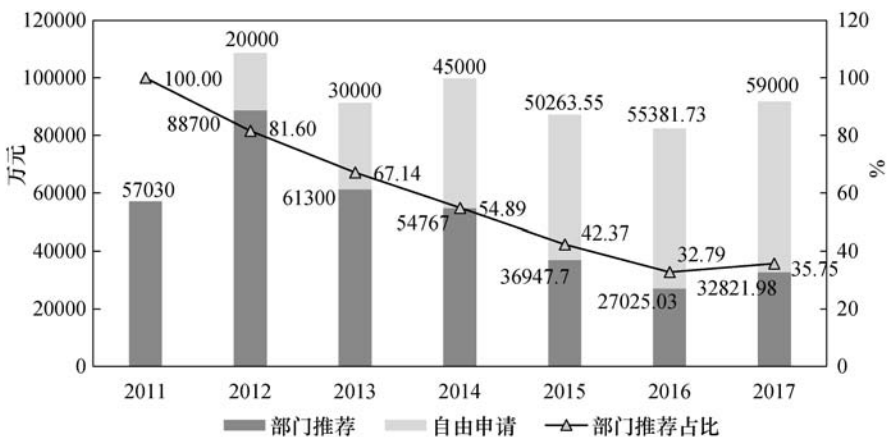


图 2 重大科研仪器项目资助来源变化

林、上海等科技相对发达地区。

1.3 2017年度重大科研仪器项目组织实施情况

根据重大科研仪器项目的特点,自然科学基金委创新设计了严格的申请、评审、批准和结题验收管理工作流程,包括项目初审、通讯评审、科学部专家咨询委员会(扩大)会议遴选与论证、专家委员会评审、现场考察和经费预算评审、委务会议审批等工作环节。重大科研仪器项目实施管理由项目管理部门、组织部门和依托单位共同负责,以保证项目实施取得实效。自然科学基金委是项目管理部门,主要职责包括制定相关管理办法及工作细则,组织项目的推荐、受理、评审,批准项目实施,针对每个项目成立管理工作组,主要采取了年度进展报告、年度监理报告、结题报告、研究成果报告制度,以及中期检查和验收等措施。项目实施管理主体还包括了项目组织部门,主要职责包括推荐项目、组织制定项目监理规章制度及相关工作程序、成立项目监理组或委托第三方监理公司、实施第三方独立监理职责等。在重大科研仪器项目中,依托单位应协助项目负责人制定项目实施计划;监督项目经费合理使用,提供项目实施所需的保障条件;主动配合项目管理及监理工作,为项目完成提供必要保证。项目完成后,依托单位按照国家有关档案管理规定,完备相关技术文件、财务决算报告等,并于执行期限终止后6个月内向自然科学基金委申请验收^[6,7]。

2 项目绩效目标定位:国家战略、基金体系与创新链条

2.1 在国家战略中的定位

我国非常重视科学仪器的研发工作,《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》明确将科学仪器研制列为优先发展的战略领域。经过“九五”到“十二五”的部署,该领域取得了显著成效,发展了一批具有自主知识产权的科学仪器,为科技进步和经济社会发展提供了重要支撑。目前,重大科研仪器项目和重大科学仪器设备开发专项资金已经成为国家层面仅有的两个科学仪器研制与开放的专项财政计划项目。2017年随着中央财政科技计划(专项、基金等)管理改革方案的推进,重大科学仪器设备开发专项资金又整合到国家重点研发计划内,成为重大科学仪器设备开发重点专项项目。

从政策文件和实践发展来看,重大科研仪器项目在国家战略中的定位可从如下方面进行表述:根据国家科学和经济社会发展战略布局,面向科学前

沿和国家需求,以科学目标为导向,加强顶层设计、明确重点发展方向,资助对促进科学发展、探索自然规律和开拓研究领域具有重要作用的原创性科研仪器与核心部件的研制,全面提高我国科学研究原始创新能力。重大科研仪器项目所研制的仪器应体现科学性、创新性、必要性、可行性。

2.2 在基金体系中的定位

从基金体系的角度来看,重大科研仪器项目是科学基金资助体系中的重要组成部分。重大项目、重点项目、重大国际合作项目以及面上项目等均会对仪器类相关原理、技术、方法类研究课题和内容进行资助。大科学装置联合基金和天文联合基金,则直接与科学仪器相关。“十二五”期间,科学基金资助体系由研究项目系列、人才项目系列以及环境条件项目系列组成,重大科研仪器项目是环境条件项目系列的重要组成部分。2016年,《国家自然科学基金“十三五”发展规划》明确提出:要构建“探索、人才、工具、融合”资助格局,其中,工具系列主要包括重大科研仪器项目等。《国家自然科学基金“十三五”发展规划》进一步明确:突出科学目标引导,鼓励和培育具有原创性学术思想的探索性科研仪器研制,为科学研究提供新颖手段和有力工具,开拓研究领域,催生源头创新。

2.3 在创新链条中的定位

在整个科学仪器创新链条资助工具中,重大科研仪器项目处于中端位置。其前端口主要与支持科学仪器研制的基础研究科学计划(基金、项目)相链接,做好相关基础研究成果的应用。其后端,主要与重大科学仪器设备开发专项衔接。重大科研仪器项目与重大科学仪器设备开发专项的最大区别是“研制”与“开发”。重大科研仪器项目突出对“原创性”科学仪器的研制,要突出“创新性”;而重大科学仪器设备开发专项则更加突出产品,要突出“仪器应用性”和“设备产业化”。重大科学仪器设备开发专项用国家科技计划(专项、基金)或其他渠道已取得的相关检测原理、方法、技术或科研装置,开展技术攻关、系统集成、应用开发和工程化开发,形成具有自主知识产权、“皮实耐用”和功能丰富的重大科学仪器设备产品,并服务科学研究和经济社会发展。

3 项目绩效分析

3.1 2017年度基本绩效情况

结合财政部关于公共财政预算管理及基金工作

管理办法的要求,本文从产出、效益、满意度等维度对项目基本绩效指标完成情况进行了分析。如表1所示,产出指标中,资助项目数量和结题项目数量均超过二者的指标设定值85项,项目过程实施质量良好率和结题优秀率在指标设定值70%和25%以上,按期结题率分别在95%和90%以上,项目的数量、质量、时效均达到或超额完成设定目标。效益指标中,对前沿科学研究的支撑作用达到4分以上;满意度指标中,评审专家满意度和申请人满意度也都是4分以上的满意度。

3.2 基于项目多重定位的成效-影响分析

结合前文对项目的多重定位分析,本文采取案例研究的方法,对重大科研仪器项目的成效与影响进行分析,因为影响分析具有长时间维度的特点,因此本部分工作将在2012—2017年数据分析的基础上开展。研究发现,通过鼓励和培育具有原创性思想的探索性科研仪器研制,项目在推动我国基础研究整体水平提升、增强我国科技自主创新能力方面已初见成效。

(1) 服务国家战略导向,提高我国科学研究原始创新能力。重大科研仪器项目在提高我国科学研究原始创新能力上表现突出。从推动学科发展的角度来看,本文采用ESI的22个学科分类方法对2012—2017年实施的重大科研仪器项目资助SCI论文的学科领域分布进行分析,发现项目资助SCI论文集中在物理学和化学学科,在物理学、化学、生物医学工程、工程科学、材料科学等学科产生一批原创性思想和理论上的创新,有效推动了相关学科的发展,在物理学、化学、工程科学、材料科学、计算机科学等学科领域的论文产出影响力均高于全球平均

水平(见表2)。从人才培养的角度来看,重大科研仪器项目对于促进科技领军人才的成长作用显著,在近三批国家万人计划科技创新领军人才中,有39人为重大科研仪器项目的负责人,占全部万人计划科技创新人才的2.68%,占全部重大科研仪器项目负责人数量的8.94%,在项目执行过程中同时培养了一批高质量的后备人才,如在“球形聚焦集声系统的研究”等4个结题项目中,共计培养博士后3人,博士研究生61人,硕士研究生147人,另有5名博士和2名硕士在读。

(2) 助力基础科学研究,成为推动科学前沿拓展的有力工具。在重大科研仪器项目的资助下,围绕解决科研仪器研制与应用发展的基础科学问题本身,以及以相关重大科研仪器成果作为实验基础条件推动了相关前沿性基础科学研究,产生了一大批重大科研成果,形成了较显著的科学效益。2012—2017年,重大科研仪器项目资助发表高水平论文方面成效显著,已累计发表SCI论文6800余篇,其中ESI高被引论文91篇,热点论文10篇,Science论文6篇,Nature论文4篇,15篇论文被引用频次超过100次。如,“飞秒-纳米时空分辨光学实验系统”项目提出混沌辅助的光子动量快速转换的新原理,实现了超高品质因子光学微腔和纳米尺度波导的超宽带耦合,突破了微纳光学器件近场耦合需要相位匹配(即动量守恒)的限制,相关研究成果于2017年在《科学》(Science)期刊上发表;“基于超声辐射力的深部脑刺激与神经调控仪器研制”项目首次发现一条新的信号通路调控动物衰老,阐明了神经肽介导的胶质细胞-神经元信号在衰老速度调控中的重要作用,是近年来衰老领域取得的重要突破,相关成果于

表1 2017年度重大科研仪器项目绩效指标完成情况

一级指标	二级指标	三级指标	指标值	完成情况
产出指标	数量指标	资助项目数量	≥85项	完成目标。本年度立项资助88项
	数量指标	结题项目数量	≥85项	完成目标。应结题项目全部结题
	质量指标	过程实施质量良好率	≥70%	完成目标
	质量指标	结题优秀率	>25%	完成目标
	时效指标	申请与立项按期完成率	>95%	完成目标。100%按期完成
	时效指标	按期结题率	>90%	完成目标
效益指标	可持续影响指标	对前沿科学研究的支撑作用	>4分 (满分5分)	完成目标。一批重大仪器成果显著,影响持续深远
满意度指标	满意度指标	评审专家满意度	>4分 (满分5分)	完成目标
	满意度指标	申请人满意度	>4分 (满分5分)	完成目标

2017年在《自然》(Nature)上发表。

(3) 推动创新链条运行,成功研制原创性国家重大科研仪器或系统装置。在重大科研仪器项目的支持下,产出了一批具有国际先进甚至领先水平的重要科研仪器,部分成果填补了国内空白,成为我国相关学科、行业发展的有效“利器”,受到国际同行的关注和赞扬。通过结题与进展报告案卷研究、项目承担单位实地调研、科研人员与管理人员访谈等方式,分析发现在不同学科、不同地区、不同类型(部门推荐和自由申请)的项目中都产生了众多典型案例,重大科研仪器项目在研制原创性重大科研仪器或系统装置方面发挥了重要作用。如,“光电融合超分辨生物显微成像系统”项目于2016年6月通过现场验收,项目研制的“超分辨光电融合显微成像系统”,在尺度和分辨率上将结构生物学和细胞生物学两大研

表2 重大科研仪器项目资助SCI论文学科领域分布及影响力

学科领域	论文数	CNCI*	高被引论文百分比
物理学	1863	1.02	1.13
化学	1580	1.35	1.65
工程科学	859	1.33	0.81
材料科学	801	1.69	2.87
临床医学	272	1.23	0.74
计算机科学	165	2.10	2.42
生物与生化	156	1.12	2.56
地球科学	142	0.94	0.7
分子生物与遗传学	120	1.28	3.33
神经科学与行为	86	1.16	0
环境/生态学	71	1.54	1.41
空间科学	59	0.44	0
药理学与毒物学	50	0.82	0
数学	17	1.29	0
多学科	12	1.19	0
农业科学	9	2.84	11.11
免疫学	4	0.86	0
微生物学	4	0.53	0
植物与动物科学	3	0.24	0
精神病学/心理学	2	0.43	0

注:* CNCI(Category Normalized Citation Impact)为基于Web of Science数据库的学科规范化的论文影响力:CNCI=1,表示该组论文的被引表现相当于领域内全球平均水平;CNCI>1,表示该组论文的被引表现高于领域内全球平均水平;CNCI<1,表示该组论文的被引表现低于领域内全球平均水平。

究领域结合起来,不仅实现了预期的功能,部分指标还优于设计指标;“基于可调极紫外相干光源的综合实验研究装置”项目研制出我国第一台大型自由电子激光科学研究用户装置,成为当今世界上唯一运行在极紫外波段的自由电子激光用户装置和最亮的极紫外光源。

4 对项目资助与管理的思考

重大科研仪器研制在推动国家基础科学发展中发挥着无可替代的作用。通过对项目绩效评价的案例研究,我们发现在具体的组织实施过程中,由于重大科研仪器项目的投资规模和成果形式与一般的项目类型不同,具有仪器项目的一系列特点,决定了其在实施和管理过程的复杂性和特殊性。针对这种情况,提出以下几点政策思考。

(1) 提高科学界共识,通过专题评价实现以评促建。重大科研仪器项目具有一定的特殊性,如单项投资体量大、实施风险性高、具体任务多样复杂、成效显现需要较长时间等。因此,目前科学界对此类项目与国家其他类型的科研仪器研发项目之间定位、功能的认识尚不清晰,对此类项目的管理、实施、产出及成效等也尚未形成一致的认识。建议针对重大科研仪器项目开展专题评价工作,该类项目2011年开始实施,应从整体上对该类项目实施以来的资助与管理情况、产出情况、主要成效、长远影响等开展系统性评价,总结经验、挖掘问题并提出改进措施,并通过评价工作逐步在科学界形成对此类项目的共识,从而进一步明晰该类项目在国家科研仪器研制科技计划体系中、在科学基金资助格局中的定位和功能,从而对其资助与管理机制提出优化建议。

(2) 调整项目管理体制,兼顾过程刚性与内容弹性。研究发现,有些项目在执行过程中,项目组发现了更优、更简单、成本更低的技术路线,从而导致项目提前完成或结题时有大量经费结余;有些项目随着执行的不断深入,遇到了难以突破的技术瓶颈或在立项时意想不到的困难,从而导致项目延期结题或难以继续实施。科研仪器研制具有高度创新性和目标实现的不确定性,但现有的项目管理制度对于项目目标、技术路线、经费预算等可变更的范围、具体操作流程尚没有详细明确的规定,应探索更为灵活有效的经费管理制度。建议一方面在项目立项阶段的研究设计中予以一定程度的自由,对于原创性强、技术攻关难度大、项目实施复杂的项目适当延

长研究期限；另一方面，对研制阶段出现的变更给予更为明确、操作性更强的流程，分别针对自然科学基金委、组织部门、依托单位给予不同程度的变更空间。

(3) 完善专家监理制度，优化相关工作程序。

重大科研仪器项目自实施以来，部门推荐项目建立了监理制度，受到项目承担单位的认可，但由于监理制度建立时间短，尚处于探索阶段，对于监理专家的责任与义务界定还不是很清晰，尚未建立统一的监理标准和监理专家费用标准，并没有形成制度上的约束和授权。建议完善项目监理制度和相关工作程序，包括监理的操作过程及问题的处理机制，充分发挥监理作用。一是进一步明确监理专家的责任和义务，统一不同组织部门的监理标准，从而发挥专家对科技发展诊断和沟通协调的作用，对被监理项目的技术和风险进行综合评估；二是完善监理组与自然科学基金委、项目组织部门的沟通机制，建立突发事件处理以及环境风险的管控机制；三是使监理工作始终处于各方的监督之下，以程序的规范保障监

工作实体的公平公开公正；四是建议对自由申请项目同时实施建立监理制度，保障和推进项目顺利实施。

参 考 文 献

- [1] 李静海. 国家自然科学基金支持我国基础研究的回顾与展望. 中国科学院院刊, 2018, 33(4):390—395.
- [2] 杨卫. 繁荣基础研究 深化创新驱动 为建设世界科技强国作出新贡献. 中国科学基金, 2017(4):316—319.
- [3] 林莉, 李斌. 重大科研仪器设施管理研究. 实验室研究与探索, 2014, 33(7):285—288.
- [4] 冯勇, 谢焕瑛, 刘容光, 等. 国家重大科研仪器设备研制专项立项及管理工作的若干思考. 中国科学基金, 2012(6):369—371.
- [5] 白坤朝. 国家自然科学基金委员会科学仪器资助政策研究. 清华大学博士论文, 2004.
- [6] 吴家喜, 于忠庆. 重大科学仪器设备研发项目管理模式探讨. 项目管理技术, 2011, 09(12):56—60.
- [7] 白坤朝, 汲培文, 张守著. 国家重大科研仪器研制项目的管理思考. 中国科学基金, 2017(4):380—383.

Exploration on performance evaluation of national major scientific research equipment: outputs, outcomes and impacts

Li Zhilan¹ Zheng Zhimin¹ Xie Huanying¹ Liu Quan¹
Song Qi² Zhang Jian² Ye Xuanting³

- (1. Bureau of Planning, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085;
2. School of Government, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081;
3. School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

Abstract As the key tool for exploring the unknown world and discovering the laws of nature, major scientific equipment plays an important role in promoting basic research and original innovation. In order to handle the more diversified and complex performance challenges faced by the managers of R&D project, this paper aims to conduct a data-based performance evaluation of 2017 National Major Scientific Research Equipment through conducting policy document analysis and interviewing stakeholders. In addition, the authors makes an overall analysis of the outcomes and impacts of this special-funded programme between 2012 and 2017.

Key words major scientific research equipment; basic research; performance evaluation; R&D project management