

文章编号:1004—115X(2025)03—0154—08

科研仪器研发资助政策的系统应对: 基于美国 NSF 的启示

韩凤芹,姚继晴,陈亚平
(中国财政科学研究院,北京 100142)

摘要:科研仪器是科技创新的重要产出,也是科技创新过程的主要工具,对实现高水平自立自强发展具有重要意义。目前我国科研仪器大量依赖进口,归根到底还是研发能力不足。科研仪器研发是一个系统工程,需要整体性的顶层设计,兼顾连续性和阶段性,多主体协同参与。国家资助是科研仪器研发的重要资金来源和战略指引,其政策体系需要系统设计。研究发现,美国 NSF 为支持科研仪器研发,常态化出台战略规划,面向研发不同阶段差异化供给政策,重视市场力量和多主体合作。得益于这些做法,美国科研仪器一直处于世界领先水平,支撑了维护国家安全、巩固世界领导力和提升国家竞争力等长远目标,其政策实践值得我们借鉴学习。

关键词:系统论;自立自强;科研仪器;资助政策;NSF

中图分类号:G311 **文献标志码:**A **DOI:**10.19445/j.cnki.15-1103/g3.2025.03.017

A systematic response to research instrument R&D funding policy: based on the inspiration of the US NSF

HAN Feng-qing, YAO Ji-qing, CHEN Ya-ping
(Chinese Academy of Fiscal Sciences, Beijing 100142, China)

Abstract: Scientific research instrument is an important output of scientific and technological innovation, and is also the main tool of scientific and technological innovation process, which is of great significance to achieve a high level of self-reliant development. At present, China's scientific research instruments rely heavily on imports, in the final analysis, or R & D capacity is insufficient. The research and development of scientific instruments is a systematic project, which requires a holistic top-level design, taking into account continuity and stages, and multi-subject collaborative participation. National funding is an important source of funding and strategic guidance for the research and development of scientific instruments, and its policy system needs systematic design. In this paper, it is found that in order to support the research and development of scientific research instruments, NSF in the United States regularly introduces strategic planning, provides differentiated supply policies for different stages of research and development, and attaches importance to market forces and multi-agent cooperation. Thanks to these practices, American scientific research instruments have been at the world's leading level, supporting the long-term goals of maintaining national security, consolidating world leadership and enhancing national competitiveness, and its policy practices are worth learning from.

Key words: System theory; Self-reliance and self-improvement; Scientific research instruments; Funding policy; NSF

收稿日期:2024—12—04

基金项目:国家社会科学基金项目(编号:22VRC109)

作者简介:韩凤芹(1969—),女,河北唐山人,中国财政科学研究院教科文研究中心主任,二级研究员,博士生导师,主要研究方向:财政科技政策;

姚继晴(1997—),女,山东滨州人,中国财政科学研究院博士研究生,主要研究方向:财政科技政策。

陈亚平(1993—),女,河南濮阳人,中国财政科学研究院副研究员,主要研究方向:财政科技政策。

通讯作者:陈亚平:354823694@qq.com

1 引言

科研仪器是研发创新的重要工具和国家科技硬实力的主要参考指标,也是实现科技高水平自立自强的先行基础和必要前提。2023年2月,习近平总书记在二十届中央政治局第三次集体学习时的讲话中提出“要打好科技仪器设备、操作系统和基础软件国产化攻坚战……争取早日实现用中国自主的研究平台、仪器设备来解决重大基础研究问题。”^[1]近年来,我国十分重视科研仪器发展,从资金、环境等多维度设立了一系列支持科研仪器的政策,国家自然科学基金委(National Natural Science Foundation of China,以下简称NSFC)和国家科技部分别设立了“国家重大科研仪器设备研制专项”和“国家重大科研仪器设备开发专项”共同支持科研仪器的原创性研究和产业化生产^[2],并取得了一定成效。但目前来看,我国科研仪器总体落后和进口依赖的局面依然严峻。根据进出口数据显示,2021年进口科研仪器累计花费了564亿美元(折合3875亿人民币),而国产科研仪器市场占比不足5%,其形势相比芯片领域更加不容乐观。核磁共振波谱仪、液质联用仪、X射线衍射仪的国产占比仅有0.99%、1.19%、1.32%,光学显微镜的国产占比更是刺眼的0。究其原因,核心还是研发能力的不足。尤其是当前我国科研仪器前期基础研究薄弱,导致“从技术到产品”环节中关键核心技术匮乏^[3],影响了科研仪器的稳定性与可靠性,无法稳定高效地产生应用结果。同时,“从产品到市场”环节存在供需双方信息不对称的问题^[4],研发人员不了解科研仪器产业的技术需求,用户市场也不了解应当在哪里获取所需技术,致使科研仪器项目的研发成果找不到最为合适的应用场景以及最需要这些技术的用户市场,只能停留在实验室阶段。发达国家也动辄利用其在科研仪器上的垄断优势对我国进行打压,限制了我国仪器设备领域的资源供给^[5]。新时期,科技自立自强发展对科研仪器的独立自主发展提出了新要求,也对我国科研仪器研发资助体系重构提出了新挑战。

相比之下,作为科研仪器强国,美国在科研仪器领域拥有高度垄断地位以及非常成熟的产业形态。根据仪器信息网发布的“2022年全球上市仪器公司

营收TOP20排行榜”,美国占据了11家,彰显了其在科研仪器领域的强大统治力,其资助模式值得研究和学习。目前,已有部分文献对美国支持科研仪器的做法进行了研究。如,郝红泉等(2023)对美、英、澳的科研资助机构资助仪器设备研制和相关技术开发的专门项目进行了总结^[6]。李坤等(2019)对比了美、日、德、英、法的科学仪器发展战略计划的异同^[7]。伊彤和常静(2017)对中、美、德、日的科研仪器产业技术创新能力进行了量化,明确了我国与国外发达国家之间的差距^[8]。总体来看,学术界的相关研究主要集中在美国科研仪器研制工作的概况,对其科研仪器研发资助政策的总结仍相对模糊。在保障科研仪器水平的先进性方面,美国国家科学基金会(National Science Foundation,以下简称NSF)在持续资助尖端科学和工程研究基础设施以推动创新研究方面发挥了重要作用。NSF资助科研仪器研发的实践探索,具有明显的战略性、稳定性和协同性特征,其在战略规划、差异化支持和促进多主体协作等方面的做法有效提升了美国科研仪器研发水平,值得我国学习借鉴。本文以美国NSF为例,基于系统论对其资助科研仪器研发的具体做法和政策逻辑进行了梳理,并结合我国国情特征,提出了优化建议。

2 基于系统论的科研仪器研发资助政策逻辑重构

系统论是目前常见的问题分析视角,包括整体性、阶段性、协同性等多个方面。之所以将其应用到科研仪器研发政策上,是基于科研仪器研发本身属性出发的。一方面,科研仪器研发活动具有阶段性,不同阶段与技术成熟度的差异具有多元化的资助需求。因此,对于科研仪器研发的资助不能停留在“为资助而资助”,而是要围绕科研仪器研发活动的不同阶段进行资源优化配置和体制机制创新。另一方面,从创新需求分析到产业化扩散,科研仪器研发链条中的不同主体在不同发展阶段对要素资源的挖掘利用能力存在差异,需要不同政策进行引导与激励。因此,从系统论观察科研仪器研发政策,就要跳出科研仪器研发活动的单一视角,从科研仪器研发的独特规律、从产业链与创新链深度融合的战略大

局去看问题,更为客观地认识当前科研仪器研发面临的政策需求,在此基础上完善国家政策支持体系。本文认为,科研仪器研发的资助政策应是一种整体性的顶层设计,连续性和阶段性有机统一,同时需要激发多主体协同参与(见图1)。

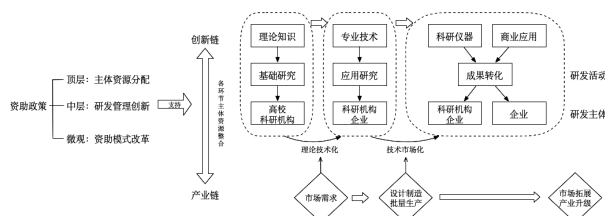


图1 基于系统论的科研仪器研发资助政策理论框架

2.1 整体性:前瞻化的顶层设计

系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特定功能的有机整体,其整体性首先体现在建立系统目标时,要求的系统整体的最佳化^[9,10]。用现代经济增长理论的语言来说,资助科研仪器研发实际上就是去解一个关于科研仪器高质量发展的方程式,其中产业链与创新链融合发展是目标函数,资金、人才、知识等则是主要变量。在这个方程式里面,科研仪器产业链上下游的企业已经超越了简单的供求关系,而是以资本、技术等作为纽带的利益共享创新联盟。而科研仪器研发资助政策的作用就体现在如何通过激励约束机制优化生产要素配置效率,这既需要政府俯下身子,把“基础功课”做在前面,也需要登高望远、前瞻部署。从系统论的视角来看,科研仪器研发资助政策要统揽全局、统筹考虑科研仪器研发的各个环节,实现各主体间要素的供需匹配。例如,科研仪器资助范围随着国家重大需求变迁和科学技术进步不断扩大,从光学显微镜等小型实验仪器到大型天文台,再到生命科学网络,覆盖了空间、成本、使用周期各不相同的科研仪器,政策供给要兼具全局性、超前性和长远性。

2.2 阶段性:链条化的差异支持

贝塔朗菲认为,系统的存在必然表现为某种有序状态,各要素按照一定的顺序和方向发生作用。系统愈是趋向于有序,它的不确定性就愈小。资助政策的本质是要求财政资金能够顺利进入科研仪器创新的领域,目的是让财政资金为科研仪器研发服务,形成促进科研仪器高质量发展的动力机制。这方面在实践中最关键的问题是要区分政府和市场在

科研仪器研发不同阶段中的职能和作用,并建立一种有效的匹配机制,依据不同角色在不同环节配置专门的资金基于支持。科研仪器研发包括需求分析、概念设计、原型制作、测试验证、优化改进、批量生产、持续改进等多个阶段。从理论上讲,研发的不同阶段确定性程度不同,面临的风险不同,需要匹配不同的公共政策给予支持。越是靠近前端,就越需要财政政策引导,而越是靠近终端应用市场,就越需要企业主动承担责任。①处于产业前端和原始阶段的基础研究活动,是揭示事物源头和底层规律的创新活动,在这一过程中将金钱转换为知识并实现知识外溢,具有较强的外部性特征,决定了它需由公共财政资金主导;②处于基础研究与企业商业化应用之间的工程化研究阶段,是将知识转化为金钱的过程,它需要资金、技术、设备、基础设施等多方面的支持,难度大、风险高,是科研仪器研发成果转移转化的难点。想要攻克科研仪器研发工程化的薄弱环节,就应当创新财政资金使用机制,打破财政资助项目在其成果转化方面的先天动力不足,推动知识财富转化为物质财富。

2.3 协同性:多主体的分工协作

所谓研发成功的科研仪器,普遍是技术、市场和成本三重压力作用下的产物,技术意味着问题解决方案,成本意味着资源上限,市场意味着产品需求。无论是重点研发计划还是国家专项,都要明确科研仪器研发时的市场需求导向,最终都要经过市场检验。而从实验室走向应用,科研仪器研发链接了科研部门和实体经济两个不同主体。这两个独立主体拥有差异化的研发资源,其发展目标、行为方式等也都存在重大差异。为了完成共同的研发目标,财政政策既要在全局的高度统筹不同主体的需求,又要在底层执行部门与资源条件的角度考虑各主体与目标间的匹配程度。过去我们通常强调让科学家做科学家的事,让企业家做企业家的事。但在科研仪器这个特殊行业,科研工作不能与实体经济的产业化需求脱节。当科研仪器还在实验室中,就必须想到产业化有什么需求,包括短期的、迫切的需求,也包括长期的、战略的需求。具体而言,企业作为市场经济的主体,获取外部知识、整合并组织生产;科研部门则主要扮演着知识供给的角色。为实现两者间的

复杂反馈与相互作用,公共政策必须要成为能够在加速资源要素多方向、多层次流动方面发挥重要作用的中介或桥梁。通过设立产学研联合体或市场化运作的技术转移机构等,一方面为科研部门提供产业实践需要的信息,另一方面为实体经济提供知识成果供给的信息,打破传统公私边界的束缚,在不同主体间建立或维持链接关系,形成将知识财富转化为物质财富的市场机制。

3 案例分析：以美国 NSF 为例

先进有效的科研仪器是推动科技及产业发展的先锋,也是实现科技自立自强的关键要素。科学研究中的重大突破都离不开科研仪器的支撑,并且随着社会科技的发展,科研仪器的技术体系愈发复杂而精密。选定美国 NSF 进行案例研究,主要是考虑到：①NSF 一直将投资包括科研仪器在内的研究基础设施作为其支持美国科学与工程企业活动的重要组成部分,美国能够成为全球最大的科研仪器市场并不断催生新型高端科研仪器,离不开 NSF 的支持。以 NSF 为例,对我国进一步优化资助科研仪器研发的政策体系有很强的启示和借鉴意义；②NSF 对科研仪器的资助形成了政府、学术界和产业界之间持续的链接和互动关系,打通了基础研究、技术研发、产品研制、产业化甚至人才培养的全链条,从系统论的视角进行研究更为鲜见,也可以更好的诠释科研仪器研发资助政策的实践规律。

目前 NSF 资助科研仪器研发的主要活动如表 1 所示。NSF 传统上通过主要研究仪器计划 (Major Research Instrumentation, 以下简称 MRI) 支持低端的研究基础设施项目,并通过重大研究设备和设施建设项目 (Major Research Equipment and Facilities Construction, 以下简称 MREFC) 支持高端的研究基础设施项目,成本规模介于 MRI 和 MREFC 项目之间的研究基础设施项目则称为中型研究基础设施项目 (Mid-scale RI)。除此之外,NSF 也有一些针对特定学科领域内仪器和设施开发及采购的项目,包括地球科研仪器和设施 (EAR/IF)、材料研究用仪器-主要仪器项目 (IMR-MIP) 等等。如图 2 所示,目前 NSF 主要从 MREFC 账户和 R&RA 账户为核心仪器和基础设施投资项目提供支持^[11]。R&RA 账

户支持科学和工程领域的研究和教育活动,包括高风险和变革性的研究；MREFC 账户的拨款则支持主要设施和更大的中型研究基础设施的获取、建设和调试。2022 财年,仅 MREFC 账户融资就为 2.41 亿美元,占 NSF 财年拨款总额的 3%。在 2023 财年计划中,NSF 将向 Mid-scale RI 计划投资总计 1.262 5 亿美元,分为两个轨道,即通过 R&A 账户资助的 Mid-scale RI-1 (5 000 万美元) 和通过 MREFC 账户资助 Mid-scale RI-2 (7 625 万美元)^[12]。

表 1 NSF 资助科研仪器研发的活动

科研仪器设备计划	描 述
主要研究仪器计划 (MRI)	侧重于支持跨学科边界研究需求的多用户/共享仪器,提供高达 400 万美元的资金
中型研究基础设施项目 (Mid-scale RI)	支持包括设备、仪器、网络基础设施、广泛使用的大规模数据集和成功调试项目所需的人员的任意组合,资助金额在 600 万到 7 000 万美元之间
重大研究设备和设施建设项目 (MREFC)	MREFC 项目必须为当代迫切的研究和教育需求服务,这种需求将持续数年,远远大于以往漫长的规划和发展过程,资助金额超过 10 000 万美元
生物研究仪器开发计划 (IDBR)	支持开发用于改变或加强生物学研究的新仪器,以及将“独一无二”的原型或高端仪器转换为广泛可用和可利用的设备
海洋仪器计划 (OI)	该计划支持远洋研究项目所需要的用于收集、处理和分析海洋数据的共享仪器;该计划的一个主要标准是所请求的仪器是供共享使用的,购买或升级岸基实验室使用的专用仪器不符合该计划条件
材料研究仪器-主要仪器项目 (IMR-MIP)	支持耗资超过 400 万美元但低于 2 000 万美元的材料研究主要仪器的设计和建造
化学研究仪器和设施计划 (CRIF)	用于购买多用户仪器以及建立和支持化学科学领域的多用户研究设施
地球科学:仪器和设施计划 (EAR/IF)	支持购置或升级研究设备,以推进实验室和实地调查,以及地球科学方面的学生研究培训机会;开发新的仪器、分析技术或软件,以扩展地球科学目前的研究和研究培训能力;以及支持国家或区域多用户设施,使地球科学研究和学生社区广泛使用复杂且昂贵的仪器或仪器系统
天文科学先进技术和仪器计划 (ATI)	为开发用于地面天文学和天体物理学的新技术和仪器提供个人研究人员和合作研究资助,包括适用于天文科学部支持的研究的创新硬件、软件和/或分析方法
化学测量和成像项目 (CMI)	专注于化学相关测量科学和化学成像的研究,支持开发新的化学成像和测量工具来探测化学性质和过程
南极科学 (AS)	鼓励和支持开发和实地测试用于极地地区的科研仪器

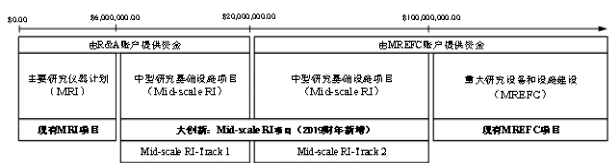


图 2 NSF 核心仪器和基础设施投资项目

3.1 常态化制定战略规划,引领科研仪器高质量发展

NSF 在成立后的最初 10 年里,越来越认识到科

学仪器的成本已经超出了大学和私人资助者的资源,需要更多的联邦支持。NSF 在 1957 年的报告《基础研究:国家资源》中强调:“大型研究设备的持续运行和维护成本比最初的建造成本引发了更多的问题。”自 1997 年以来,NSF 先后出台了多份与促进科研仪器研发有关的战略规划报告,体现了 NSF 在科研仪器领域的全局性谋划、战略性布局 and 前瞻性思考(见表 2)。

具体来看,早在 2001-2006 年战略规划中,NSF 就提出人才、思想和工具三大战略目标,其中“工具”指提供广泛使用的、最先进的和共享的研究和教育工具^[13]。除三种核心战略意外,“刺激和支持下一代仪器仪表的开发、现代化、维护、运行和传播”是该规划专门指出的针对实现“工具”目标的实施策略之一。2003 年美国国家科学理事会(National Science Board,以下简称 NSB)预计,NSF 预算的 22%都用在仪器设备的基础设施上(包括硬件、软件、技术支持和场地等),在其主要建议中,NSB 呼吁增加对中小型基础设施和网络基础设施的投资,并发展新的“必要的筹资机制”来支持中型项目^[14]。NSF 2006-2011 年战略规划将战略目标更新为发现、学习、研究设施与管理,其中研究设施的总体目标是通过先进仪器、设施、网络基础设施和实验工具的关键投资来建立国家的研究能力,填补研究基础设施能力的空白、确定并支持下一代的大型研究设施都是该战略目标下的优先投资事项^[15]。

自 2011 年起,NSF 将包括科研仪器在内的研究设施从战略目标调整到战略目标下设的分解目标中,使战略目标的描述更为宏观并紧扣机构使命,从而促进机构在科学价值与公共服务的目标权衡^[9]。在 2011-2016 年战略规划中,NSF 对各种多用户研究设施的投资,如船舶、天文观测站、粒子加速器、美国南极站、地震观测站等大约占其全部投资组合的 15%^[16]。2014-2018 年战略规划同样将包括主要研究设备、中型仪器、先进的计算和数据资源以及网络基础设施在内的研究基础设施作为转变科学与工程前沿的分解目标,该战略规划还标明 NSF 2015 财年的机构优先目标之一为“通过投资开发人力资本和基础设施,提高美国在数据科学方面的能力”^[17]。NSF 2018-2022 年战略规划对战略目标的宏观描述

与上阶段基本一致,强调了投资基础设施在扩展知识方面的重要性,并将“对主要研究设施和基础设施进行负责任的管理”作为长期绩效目标之一^[18]。2022 年 3 月,NSF 发布了 2022-2026 年战略规划,明确表示 NSF 支持开发和收购先进的研究平台、仪器和网络基础设施,为 21 世纪的研究提供 21 世纪的工具^[19]。

除此之外,NSF 对资助科研仪器的部署还结合了美国科技发展战略,突出重点发展的优先领域。为赢得未来产业发展先机、抢占世界科技和产业竞争制高点,美国政府定期发布研发预算优先备忘录,反映来年科技创新发展的方向和重点,地球观测、网络物理系统、海洋和北极问题、能源和环境、太空探索等都被列为优先投资领域。而 NSF 对科研仪器的资助主要集中在地球科学、化学与生物工程、材料等学科,包括天文台、研究船和飞机、大型实验室、极地设施、地政工程模拟网络等。负责管理 NSF 的 NSB 在《愿景 2030》中也强调科研基础设施是美国在 2030 年保持世界科技创新领导地位的关键要素之一,NSF 必须确保对科研仪器的投资从桌面显微镜、价值数十亿美元的望远镜、深海潜水器,扩张到支持大数据和人工智能革命的研究网络基础设施资源等^[20]。

综上所述,NSF 已将支持科研仪器研发放至较高的战略层面,定位于保持美国在该领域的领先地位,并且主动契合国家发展战略、呼应整体布局要求。其战略规划的制定具有连续性和持续性,一方面避免了发展规划之间产生冲突,另一方面保障了规划制定连续性,从而能够根据科技发展形势对政策内容及时进行更新或调整,使得 NSF 能够稳定地在支持科研仪器研发的方面发挥作用。

表 2 NSF 战略规划中与科研仪器有关的战略目标及其细化

财年	战略目标	分解目标
2001-2006	工具	/
2006-2011	研究设施	/
2011-2016	转变前沿	加强研究基础设施,促进数据访问,以支持研究人员和教育工作者的能力,并实现前沿转型
2014-2018	转变科学与工程前沿	提供世界一流的研究基础设施,推动重大科学进步
2018-2022	扩展科学、工程和学习方面的知识	知识:通过投资思想、人才和基础设施来提升知识
2022-2026	发现:创造关于我们的宇宙,我们的世界和我们自己的新知识	推进研究前沿:通过对思想、人才和基础设施的战略投资加速科学发现 提升科研能力:在研究实践中提高技术水平

3.2 面向科研仪器研发不同阶段,差异化供给政策

NSF 对科研仪器项目的资助链条很长,覆盖了从基础科学研究到研究成果产业化各个阶段。在项目孕育阶段,NSF 发布新的科研仪器项目规划后,符合资格的组织会向 NSF 提交提案。MRI 项目需要提交的完整提案包括仪器的位置和类型、启用的研究活动、仪器的技术描述、仪器产生的广泛影响、仪器管理计划、仪器预算以及人事文件等。Mid-scale RI-1 和 Mid-scale RI-2 项目除了需要提交完整提案,还要提交初步提案或(和)意向书。由于科研仪器研发是高风险的,而 MRI、Mid-scale RI 等项目强调研究方法的创新或升级,追求利润最大化的盈利性组织很难灵活发挥研究和创新的作用,因此 NSF 将高等教育机构和非营利性机构作为该阶段的主要受助主体,规定符合提交资格的受助主体包括高等教育机构和非营利、非学位授予的研究机构,如博物馆和科学中心、天文台、研究实验室,以及合法成立的非营利性联合体。

商业化是 NSF 的基石。与项目孕育阶段需要专注于科学和工程发现本身的基础或基础研究活动不同,NSF 在科研仪器产业化阶段侧重于将科学发现转化为具有商业潜力和社会效益的产品和服务,因此 NSF 将企业作为该阶段的受助主体,以帮助基础科学和工程能够从实验室转移到大规模市场。①自 1980 年《大学和小企业专利程序法》(即拜杜法案)颁布以来,美国政府先后出台了《联邦技术转移法》《国家合作研究法》《国家竞争性技术转移法》《国家技术转移与进步法》以及《技术转移和商业化法》等一系列政策法规,对保留专利所有权、开展合作研发、分享技术转移收益等科技成果转化过程中的各个环节做出了相关规定,为科技成果转化工作提供了稳定的制度环境,奠定了美国科研仪器产业蓬勃发展的重要基础;②由于大部分科研仪器的研制都是基于项目的特定研究目的,因此当科研仪器项目进入成熟阶段,NSF 也会采取其他资助措施来保证科研项目结束后科研仪器的源头创新能够顺利落地向产业化过渡。NSF 的小企业创新研究(SBIR)和小企业技术转让(STTR)计划,也被称为美国种子基金(America's Seed Fund),隶属于技术、创新和合作理事会(TIP),旨在进行研究和开发,克服重大技术障碍,以证明新产品、流程或服务的可行

性。在美国国会的授权下,NSF 每年会通过种子基金为约 400 家深度技术发展初创公司提供 2 亿多万美元的资金,帮助其将那些基于基础科学和工程发现的技术转化为具有商业和社会影响的产品和服务。该计划几乎涵盖了所有技术领域,也包括仪器和硬件系统主题。举例来讲,2017 年在该计划提供的资金支持下,无线传感器厂商 Sensatek Propulsion Technology 在开发技术时考虑了早期采用的客户需求,并克服了客户反馈的最高技术风险,成功研制出可用于 F-18 或空军一号等飞机发动机最极端部件上的无线传感器,该项技术能够提高发动机的效率并预测零件的使用寿命,仅在燃气轮发电机市场就有 18 亿美元的可用市场。

3.3 重视市场力量,组织多主体合作创新

作为与科技联系最为紧密的联邦部门,NSF 一方面受到联邦政府的支持、监督与保护;另一方面也承担着主导基础科研和工程教育,链接和维持高校、科研院所与企业间合作互动,调动和协调研究成果与技术产业化转移的作用。随着科研范式的变化,科学与技术的融合、科技与产业的融合已成为趋势,NSF 作为联邦直接资助政策工具必须及时打破基础研究和应用研究的边界,促进科学家、工程师和企业家的协同创新。

①NSF 科研仪器资助体系支持各参与主体之间的相互合作,通过人员交流与研究合作,为跨学科研究和专业发展提供机会,充分发挥项目承担者的作用。举例来讲,MRI 项目有合作提案和联合体提案。其中,合作提案是来自两个或更多组织的、希望在统一项目上合作的研究人员的提案,提案者们可以共享资助资金。联合体提案则来自位于美国的合法注册的财团或专门为支持 MRI 项目而组织的财团。除此之外,MRI 项目还鼓励利用私营部门合作伙伴的优势来建设仪器开发能力。美国商业组织,特别是在科学或工程研究或教育方面具有强大能力的小型企业,也可作为提案组织的私营部门合作伙伴,获得 NSF 的资金支持。私营企业的积极参与,能够帮助科研仪器资助体系识别关键核心技术,推动科技资源共享,促进创新链和产业链的深度融合;②成熟的科研仪器项目还可以通过 NSF 工业/大学合作研究中心(I/UCRC)计划以及创新军团(I-Corps)团队计划等将科学和工程领域的突破性创

新转化为成果,创造出具有广泛科学或商业影响的创新想法或产品。

4 美国 NSF 科研仪器资助政策规律性总结与对我国的启示

4.1 美国 NSF 科研仪器研发资助政策的规律性总结

通过对美国 NSF 科研仪器研发资助政策的全景式深描,可以发现其做法与本文系统论下的科研仪器研发资助政策逻辑相契合,其在资助科研仪器研发过程中兼顾整体性、阶段性和协同性,有效提升了研发资助效率,对美国保持科研仪器研发水平具有重要意义。①NSF 高度重视从战略层面统筹规划科研仪器的发展方向,其科研仪器研发战略一直以美国保持科学技术主导地位的科技战略为基础,通过常态化的战略规划,引导科研仪器研发实现前沿性、引领性发展;②对于不同研发阶段受助主体不同,在项目孕育阶段,NSF 侧重于研究方法的创新或升级,高等教育机构和非营利性机构是该阶段的主要受助主体;在产业化阶段,NSF 侧重于将科学发现转化为具有商业潜力和社会效益的产品和服务,企业是该阶段的主要受助主体;③NSF 支持各主体间相互合作,同时重视市场力量,企业在科研仪器产业化进程中承担主角作用。

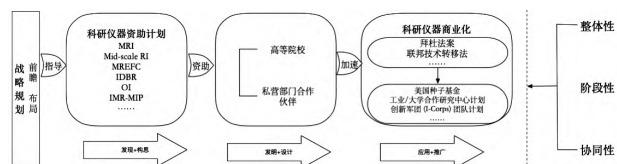


图3 美国 NSF 科研仪器研发资助政策的规律性总结

4.2 对我国的启示

基于 NSF 资助科研仪器研发的相关启示,结合我国现实情况,本文就我国科研仪器研发资助政策改革,加强高质量科研仪器研发,降低科研仪器进口依赖提出以下几点建议:

4.2.1 制定出台科研仪器研发长期发展战略规划,强化前瞻性和系统性部署 当前,我国面向科研仪器研发的资助政策散落于科技部、国家自然科学基金委员会和工信部等多个部门,涉及的行业、领域也不同,政策之间协同发力效果不明显,缺乏战略性和协同性。另外,尽管 2022 年《国家自然科学基金

“十四五”发展规划》在第十章单独提出了科研仪器发展要求,第十一章和第十二章也有多处领域内容涉及科研仪器,但专门针对科研仪器研发的中长期规划尚未出台,特别是对重大攻关方向缺乏战略需求引导和系统规划统领。对此,可借鉴 NSF 的做法,强化战略统筹,由科技部联合国家自然科学基金委员会制定我国科研仪器研发长期发展战略规划,从科研仪器价值链与产业链发展中考虑未来需要解决的关键核心技术,以及未来几年必须争夺的技术领域,明确在全球竞争中科研仪器研发优先事项与战略目标。尽快在新的中长期科学和技术规划中加入科研仪器战略规划内容,部署科研仪器基础研究、关键技术和应用示范项目,强化科研仪器研发的前瞻性、系统性、逻辑性。同时,由国家自然科学基金委员会出台年度科学仪器支持计划,明确科学仪器研发的战略目标和路线图,避免重复支持研发和建设。

4.2.2 进一步加大支持力度,建立科研仪器研发稳定支持机制 根据我国国家自然科学基金委员会公布的年度报告,2014-2021 年我国国家重大科研仪器研制项目直接费用占国家自然科学基金资助项目直接费用总计的 3.5% 左右。而同时段美国 NSF 在总资金不断增加的情况下,对核心仪器和基础设施项目的投入比例始终保持在 4.5% 左右。对此,建议根据国家重大科研仪器研制项目实施的实际需要,进一步加大对科研仪器关键核心技术攻关的研发资助比例与力度,并将科研仪器操作系统和基础软件作为国家重大科研仪器研制项目的重要方向加以布局支持。充分发挥国家科技重大专项带动作用,支持具有良好科研仪器产业发展基础的发达地区设立地方科研仪器研发专项。同时,推动建立科研仪器研发稳定支持机制,引导科研仪器原始创新的有序规范开展。尤其是对于高水平科研仪器基础研究团队、国家战略需求的特定科研仪器领域,要进一步强化稳定支持,鼓励高水平人才在稳定支持中脱颖而出。稳定支持的内容除了团队运行经费和研究经费,也包括科研人员的薪酬。

4.2.3 推动建立科研仪器全周期资助体系,注重多主体协同和产业化支持 目前,我国科研仪器研发资助对象以科研院所和高校为主,很少有企业能参

与。针对科研仪器企业的利好政策主要包括减税、贴息贷款/设备专项改造再贷款、制造业中长期贷款等生产经营的内容,缺少支持科研仪器企业承担或参与国家重大项目的政策。另外,当前国家自然科学基金委员会对科研仪器的资助主要集中在科研仪器研制的上游,即科研仪器的基础研究,对仪器后续商业化的支持不够,融资支持过程中与金融手段的协同也不足,成果转化率整体偏低。可以借鉴美国 NSF 的做法,建立全周期资助体系,强化对产业化的支持。具体地,在项目孕育阶段,注重从需求侧发力,支持科研院所与企业联合研发。由科研院所开展市场调研,联合科研仪器行业内的优质企业,通过吸引高校和企业相关领域人才组成项目团队来搭建科研院所与产业界之间的桥梁,有针对性地开发市场真正需要的科研仪器。在产业化阶段,可以借鉴 NSF 经验,成立种子基金,储备形成一批具有市场前景的可转化的科研仪器研发成果。鼓励由行业龙头企业牵头组建科研仪器创新联合体,引导金融资本向重点产业和项目聚集,打造政府、高校院所、企业与专业投资机构联合多元投入格局。加大对企业的支持力度,对卖出自主产权仪器的企业按照一定仪器价格比例给予后补助,并采取财政奖励、股权投资、贷款贴息等方式,支持在产业链供应链上下游培育一批领军企业和专精特新“隐形冠军”企业。同时,国家自然科学基金委员会也要持续加强与地方科技主管部门、应用部门、行业联盟、联合资助机构以及企业等主体的衔接,给研制者提供机会和平台,加快具有应用前景的科学仪器研发成果落地。

参考文献:

- [1] 切实加强基础研究 夯实科技自立自强根基[N]. 人民日报,2023-02-23 (001).
- [2] 李天柱,马佳,高皓天. 并购式接力创新:科学仪器产业的一种突破机制[J]. 中国科技论坛,2023,(03):62-72+139.
- [3] 王友转,张乐,万晶晶,等. 广东省科学仪器研发现状与对策研究[J]. 科技管理研究,2022,42(23):98-103.
- [4] 张春鹏,梁玲玲,钟科. 国家重大科学仪器设备专项管理与成果评估[J]. 科学管理研究,2020,38(02):2-9.
- [5] 陈芳,王学昭,刘细文,等. 美国出口管制科研仪器技术分类研究[J]. 世界科技研究与发展,2022,44(03):287-298.
- [6] 郝红全,赵英弘,杨好好,等. 国家重大科研仪器研制项目管理改革经验及展望[J]. 中国科学基金,2023,37(04):669-674.
- [7] 李坤,韩焱,王鉴,等. 国外科学仪器的资助政策及特点分析[J]. 中国科技论坛,2019,(11):172-179.
- [8] 伊彤,常静. 中、美、德、日科学仪器产业技术创新比较研究[J]. 中国科技论坛,2017,(07):161-168+183.
- [9] 邹珊刚,黄麟维. 论系统的整体性[J]. 科学·经济·社会,1983,(01):31-34.
- [10] 钱学森. 论系统工程(新世纪版)[M]. 上海:上海交通大学出版社,2007:236.
- [11] 杨春霞,罗小安,侯宏飞. 美国国家科学基金会设施的管理及启示[J]. 中国科学院院刊,2015,30(03):347-353.
- [12] National Science Foundation. FY 2023 Budget Request to Congress[EB/OL]. (2022-03-28)[2023-11-19]. <https://nsf.gov/resources/nsf.gov/about/budget/fy2023/pdf/fy2023budget.pdf>.
- [13] National Science Foundation. NSF GPRA Strategic Plan FY 2001-2006[EB/OL]. (2000-10-03)[2023-11-19]. <https://www.nsf.gov/pubs/2001/nsf0104/nsf0104.htm>.
- [14] 冷伏海,谭宗颖. 美国科研仪器研制的现状和态势[J]. 科技政策与发展战略,2012,(6):17-19.
- [15] National Science Foundation. National Science Foundation Investing in America's Future: Strategic Plan FY 2006-2011[EB/OL]. (2006-10-02)[2023-12-19]. <https://www.nsf.gov/pubs/2006/nsf0648/nsf0648.jsp>.
- [16] National Science Foundation. Empowering the Nation Through Discovery and Innovation[EB/OL]. (2011-04)[2023-04-20]. https://www.nsf.gov/news/strategicplan/nsfstrategicplan_2011_2016.pdf.
- [17] National Science Foundation. Investing in Science, Engineering, and Education for the Nation's Future[EB/OL]. (2014-03)[2023-04-20]. <https://www.nsf.gov/pubs/2014/nsf14043/nsf14043.pdf>.
- [18] National Science Foundation. Building the Future: Investing in Discovery and Innovation[EB/OL]. (2018-02)[2023-04-20]. <https://www.nsf.gov/pubs/2018/nsf18045/nsf18045.pdf>.
- [19] National Science Foundation. Leading the World in Discovery and Innovation, STEM Talent Development and the Delivery of Benefits from Research[EB/OL]. (2022-03-28)[2023-12-19]. <https://www.nsf.gov/pubs/2022/nsf22068/nsf22068.pdf>.
- [20] National Science Foundation. NSB's Vision 2030[EB/OL]. (2020-05)[2023-12-19]. <https://www.nsf.gov/nsb/publications/2020/nsb202015.pdf>.