

• 管理纵横 •

DOI: 10.3724/BNSFC-2024.12.07.0002

美国NSF战略导向基础研究的资助模式及启示

刘云^{1*} 赵珂^{1,2*} 周文能³ 许红丹¹

1. 中国科学院大学 公共政策与管理学院, 北京 100190

2. 中国科学院大学 中丹学院, 北京 100190

3. 广东工业大学 生态环境与资源学院, 广州 510006

[摘要] 战略导向基础研究资助体系是国家科技竞争力提升的关键。美国国家科学基金会(National Science Foundation, U. S., NSF)作为联邦政府战略导向基础研究的主要资助机构,其经验对我国有重要借鉴价值。本研究以NSF为研究对象,从“战略规划—资助方式—绩效评估”的视角解析其资助特点:(1)立法框架下多方参与式战略规划的制定,以法律规范传递国家战略意志,依托多元协商保障科学决策。(2)采用竞争性与稳定性相结合的资助方式,竞争性项目聚焦应用导向的研究,以灵活周期快速响应需求;稳定资助通过持续高强度投入,聚焦跨学科深度融合与前沿技术突破。(3)强化结果运用与绩效评估,构建战略规划与绩效评估双向互动的管理体系。最后,从强化顶层设计与跨部门协同、完善战略规划与绩效评估体系、构建竞争性与稳定性相结合的资助模式以及强化学科差异化人才培养等方面,依据NSF战略导向基础研究资助特点,提出对我国自然科学基金管理的政策建议。

[关键词] 美国国家科学基金会;战略规划;绩效评估;基础研究;资助模式

在全球科技竞争格局深度重构的背景下,战略导向基础研究成为主要国家构筑科技竞争优势的核心战略工具。以美国为代表的发达国家通过立法体系构建使命驱动的科研生态,《美国竞争法案》^[1]、《无尽前沿法案》^[2]、《战略竞争法案》^[3]与《芯片与科学法案》^[4]的相继颁布,系统塑造了以国家安全和产业竞争力为导向的科研资助体系。这种制度化转型不仅凸显了基础研究在创新链条中的基石作用,更标志着全球科技创新范式从自由探索向战略牵引的根本转变。

这一变革也深刻影响了我国在战略导向型基础研究组织模式上的调整。近年来,我国科技计划体系在制度设计上进行了多维度的改革。在政策规划层面,通过《基础研究十年行动方案(2021—2030)》与《加强“从0到1”基础研究工作方案》形成政策指引。在组织层面,构建以国家实验室为核心的战略科技力量集群,并强化跨部门协同机制。在资源配置层面,形成了以中央科技

委员会为领导机构,国家自然科学基金委员会、中国科学院、中国工程院等为主责单位的资助体系^[5],通过不断优化基础研究布局与资源配置机制,为应对国际科技竞争提供制度保障。

战略导向基础研究是指以国家战略需求为导向、面向科学前沿并由应用需求驱动的系统性科研范式,由政府主导并通过建制化组织方式推进^[6,7]。其核心使命在于支撑国家战略安全与可持续发展,强调跨学科协同创新与长效支持体系的构建^[8,9],具有目标导向性、建制化的多主体协作机制、持续稳定的长效投入机制、高强度资源投入以及应用转化潜力等特点。在概念内涵层面,各国对战略性基础研究的理解存在差异。我国的战略导向基础研究聚焦国家战略需求和科学前沿,通过有组织地部署开展重大基础研究,解决经济社会发展中的关键科学问题^[10],美国在战略性关键技术领域则更强调目标导向,资助体系兼具竞争性科技计划与建制化团队

收稿日期:2024-12-07; 修回日期:2025-08-20

* 通信作者, Email: liuyun@ucas.ac.cn; zhaoke221@mails.ucas.ac.cn

本文受到国家自然科学基金专项项目(L2224008, J2324003)、国家自然科学基金面上项目(72474206)的资助。

引用格式: 刘云, 赵珂, 周文能, 等. 美国NSF战略导向基础研究的资助模式及启示. 中国科学基金, 2025, 39(5): 853–862.

Liu Y, Zhao K, Zhou WN, et al. Strategic basic research funding model of U. S. National Science Foundation and its inspirations. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2025, 39(5): 853–862. (in Chinese)

的稳定支持机制^[11]。中美两国在战略导向基础研究的科研布局架构、组织方式以及资源配置等方面存在较大差异,解析美国战略性基础研究的资助特点对我国有重要的借鉴意义。

NSF作为美国战略性基础研究的核心资助主体,既有面向自由探索的竞争性项目,又持续设立基础研究专项计划,其资助体系具有典型性。现有研究多将NSF资助体系作为整体展开宏观分析,主要聚焦于战略布局的演进^[12]、资助模式^[13]、经费投入变化^[14]及绩效评估体系^[15]等维度,虽有少数研究针对特定学科领域^[16]或专项计划^[17]开展案例研究,但仍缺乏从战略导向基础研究视角出发的系统性分析^[18]。结合科学基金实施战略导向资助的内在必然性及既有研究的空白,本研究基于“战略规划—资助方式—绩效评估”的分析框架,解析NSF战略导向基础研究的资助特征,以期为我国NSFC的机制优化与政策创新提供参考。

1 立法框架下的多方参与: NSF战略导向基础研究的战略规划

NSF战略规划的决策机制以法律框架为基础,并融合了多元主体协同的治理逻辑。一方面,《政府绩效与结果法案》(the Government Performance and Results Act, GPRA)及现代化法案(GPRA Modernization Act of 2010, GPRMA)为制定战略规划提供了法定程序,确保规划内容与国家战略需求相契合。另一方面,NSF通过国家科学委员会(National Science Board, U. S., NSB)的专业化评审、多学科专家咨询、公众意见征询等多元渠道,综合科学前沿动态与社会需求,凝练优先资助领域。

1.1 战略规划的制定

根据法案要求, NSF需基于科学前沿动态与财政预

算安排,每五年向联邦政府提交战略规划文件,文件需明确长期发展目标及分年度绩效评估指标^[19]。规划制定遵循四个阶段流程,周期约为18个月。具体包括:(1)意见征询与整合。通过制度化渠道收集来自NSF内部职能部门、NSB多学科专家、学科咨询委员会、专业学术组织及公众的政策建议,形成初步框架。(2)草案编制与内部审议。NSB内部24名跨领域委员对草案进行审议,并依据专业背景提出战略层面的政策修订建议,由跨部门工作组同步整合反馈意见。(3)外部征询与协同。学科咨询委员会将评估其与前沿趋势的契合度,国会审核确保规划目标与立法导向协同,公众参与环节借助线上平台增强政策透明度与社会共识。(4)修订与定稿。通过综合听证会、专题研讨及在线提案等反馈渠道,不断优化形成终稿。修订过程注重目标可操作性、资源匹配度及绩效可测性三重维度的平衡。

NSF的战略规划始终以基础研究创新与人才培养为根本使命,其演进方向紧密响应科学前沿的动态变迁。NSF近十五年三期战略规划,系统呈现了立法框架内国家意志的传导机制。法案的强制性要求被落实为战略目标(Strategic Goals and Objectives)、机构优先目标(Agency Priority Goal)以及更具体的绩效目标(Performance Goals),以此响应联邦立法并推动战略目标落地。

通过对NSF近十五年三版战略规划的比较,可以归纳为以下转型特征:(1)战略目标的系统性变革。从早期以知识生产最大化为主导的科研范式,逐步转向科学技术突破与全球竞争力提升,最终演化为社会公平性建设、成果转化效率及多元价值平衡的协同体系,体现了从单一效率导向向系统性治理范式的深层变革。(2)机构优先目标的扩展。机构核心目标从聚焦内部流程精简与能力建设,发展为通过公私协同应对复杂社会挑

表1 NSF近三个“五年战略规划”对比
Table 1 Comparison of NSF's Latest Three "Five Year Strategic Plans"

| 维度 | 2014—2018战略规划 | 2018—2022战略规划 | 2022—2026战略规划 |
|--------|--|---|--|
| 战略目标 | 目标1:推进科学与工程前沿; 目标2:通过研究与教育促进创新; 目标3:打造一流的联邦资助机构 | 目标1:扩展科学、工程与学习领域的知识; 目标2:提高国家应对挑战的能力; 目标3:提高机构的资助绩效 | 赋能:推动STEM人才全面参与科研与工程领域; 发现:创造广泛的新知识; 影响:通过成果转化造福社会; 卓越:优化机构的运营与管理效能 |
| 机构优先目标 | 推动资助出版物的开放获取; 改善大数据基础设施,支持数据驱动的研究创新; 优化资助流程,提高机构运营效率 | 扩大公私合作伙伴关系,到2019年合作数量增长5%; 支持融合研究以解决气候变化、健康等全球性问题; 优化资助流程,提升机构执行力 | 提升STEM人才多样性; 支持量子计算、人工智能等领域的成果商业化; 优化资助绩效管理 |
| 绩效目标 | 聚焦科研成果的快速转化; 提高关键科研基础设施的使用率 | 提高女性和少数族裔的参与度; 跨学科融合研究以解决复杂问题 | 重视数据隐私合规; 应对全球变化、公共卫生等议题; 加快数字化转型进度 |

数据来源:根据NSF三个五年战略规划整理^[20-22]。

战,再到强调人才多样化发展与科学普惠性的实现,形成由组织内向外外部社会影响力辐射的趋势。(3)绩效目标的维度升级。绩效评估体系从资源利用效率、产出规模等量化指标,过渡至融合科研生态多样性与社会包容性的综合框架,当前进一步整合安全治理、伦理合规及数字化转型,不断强化质量导向与风险防控(见表1)。

1.2 机构职能定位与部门协同

NSF的职能定位与跨部门协同机制通过立法体系持续完善。1950年,《国家科学基金会法案》首次明确其职能定位,后续系列立法逐步优化其跨部门协调机制。2022年,《芯片与科学法案》(以下简称“芯片法案”)作为里程碑式的制度法案,不仅强化了NSF在半导体前沿技术攻关、国家安全及关键领域竞争力提升中的核心地位,更通过系统性立法授权构建了联邦机构间的制度化协作框架。

芯片法案授予NSF多项核心职能:(1)上游技术研发的主导权。芯片法案授权NSF主导了二维量子材料、芯片架构设计等半导体产业链上游的核心技术突破,打破了制约先进制造的关键技术难题^[23]。(2)人才战略升级。设立2亿美元的半导体人才培养基金,通过整合学术界与产业界培训资源,强化STEM教育体系的专业适配性与区域覆盖度,以应对半导体产业人才缺口并保障技术创新竞争力。(3)组织架构的战略性调整。组建近三十年来首个新型部门——技术、创新与合作部(Technology, Innovation and Partnerships; TIP),聚焦人工智能、量子信息等战略前沿领域,通过应用导向型基础研究推动实验室成果向产业转化,并主导构建覆盖全美的区域创新引擎计划(Regional Innovation Engines Program, NSF Engines),强化产学研协同效能。

芯片法案通过战略规划、协同实施与信息共享构建了NSF的跨部门协同框架:(1)在战略层面,白宫科学技

术政策办公室(Office of Science and Technology Policy, OSTP)主导成立跨机构工作组,负责联邦研发战略的顶层设计与统筹协调。包括协调NSF的区域创新引擎计划和商务部经济发展管理局(Economic Development Administration, EDA)的区域技术中心计划,通过互补性评估规避资源重复投入,强化创新网络的空间布局效率。(2)在实施层面,建立了“基础研究—技术开发—产业应用”全链条创新体系。NSF主导资助2 000余所学术机构开展量子信息科学等前沿领域研究,并牵头建立多学科交叉研究中心。能源部(Department of Energy, DOE)聚焦应用研究与重大设施共享,联合NSF等机构共建量子计算基础设施。国家技术与标准研究院(National Institute of Standards and Technology, U. S., NIST)制定技术标准体系,联合NSF与DOE通过量子信息科学资助计划加速成果转化。商务部(Department of Commerce, DOC)优化资金配置流程,依托NIST向量子研究中心提供定向资助。美国科学院(National Academies)承担战略咨询与评估职能,为NSF、NIST等机构提供研究报告指导机构战略调整。(3)在治理层面,建立部门间信息共享机制。NSF在主任办公室下设研究安全与政策办公室(Office of the Chief of Research Security Strategy and Policy, OCRSSP)^[4],与OSTP、商务部等部门建立常态化信息共享平台,通过联合风险评估模型识别国际科研合作中的潜在风险,并实时调整出口管制清单,强化关键技术保密性与供应链韧性。

1.3 优先资助领域

为落实芯片法案的优先事项,NSF聚焦十大优先领域,包括网络与信息技术研发(Networking & Information Technology R&D, NITRD)、全球变化计划(Global Change Research Program, GCRP)、人工智能等方向,旨

表2 NSF2025财年优先资助领域预算申请(单位:万美元)

Table 2 Budget Applications for Priority Funding Field for NSF Fiscal 2025 (Unit: 10000 USD)

| 部门 | 先进制造 | 无线通讯 | 人工智能 | 生物技术 | 量子信息科学 | 微电子与半导体 | 清洁能源技术 | 全球变化研究计划 | 国家纳米技术计划 | 网络与信息技术研发 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|----------|----------|-----------|
| 生物科学部 | 748 | — | 2 090 | 15 466 | 343 | — | 5 748 | 24 200 | 3 995 | 7 900 |
| 计算机与信息科学及工程学部 | 4 430 | 9 361 | 36 918 | 855 | 2 705 | 4 180 | 4 263 | 3 000 | 1 405 | 106 758 |
| 工程学部 | 13 063 | 2 613 | 9 196 | 9 614 | 3 083 | 4 497 | 20 169 | — | 23 500 | 16 259 |
| 地球科学部 | — | — | 523 | 1 212 | — | — | — | 57 774 | — | 2 700 |
| 数学与物理科学部 | 13 950 | 1 700 | 7 859 | 6 720 | 18 783 | 3 500 | 12 940 | 1 254 | 12 850 | 27 169 |
| 社会、行为与经济科学部 | 52 | — | 1 768 | 157 | — | — | — | 2 090 | 40 | 3 170 |
| 技术、创新与合作部 | 5 572 | 3 116 | 10 462 | 7 044 | 3 918 | 5 123 | 6 932 | — | 1 025 | 38 867 |
| 总计 | 37 815 | 16 790 | 68 816 | 41 068 | 28 832 | 17 300 | 50 052 | 88 318 | 42 815 | 202 823 |
| 占总预算比重 | 3.71% | 1.65% | 6.76% | 4.03% | 2.83% | 1.70% | 4.92% | 8.67% | 4.20% | 19.92% |

数据来源:根据NSF2025财年提交国会的预算申请整理。

在通过强化基础研究与产业应用的衔接,响应国家战略需求^[24]。这些领域具有以下特征:(1)跨学科与新兴前沿融合,聚焦人工智能、量子科学、先进制造等新兴前沿领域,通过交叉学科研究突破技术瓶颈。(2)科学与社会议题结合,将气候变化等社会议题纳入科研框架,推动科研目标与社会发展需求深度结合。(3)资源配置的战略导向,在2025财年向国会提交的101.83亿美元预算申请中,十大优先领域占比达58.39%(见表2)。

基于表2数据,2025年NSF的年度预算分配呈现出三个主要特征:(1)战略需求主导,全球变化研究计划、网络与信息技术研发、人工智能等领域预算占比居前列,奠定主导地位。(2)跨学科整合,网络与信息技术研发、生物技术等跨学科领域通过多部门协作推进。(3)新兴技术领域重点布局,如微电子与半导体、国家纳米技术计划(National Nanotechnology Initiative,U. S., NNI)、量子信息科学等领域预算增速显著,应用导向基础研究的地位凸显。整体而言,NSF的预算体系反映了其通过强化优势研究方向与培育新兴技术领域实现基础研究与国家战略需求的紧密结合。

NSF下属各部门的预算分配具有一定的领域倾向性。计算机与信息科学及工程学部(Computer and Information Science and Engineering,CISE)高度聚焦网络与信息技术研发和人工智能方向,相关投入分别占学部预算的61.40%和21.23%,凸显其在信息前沿技术领域的核心职能。工程学部(Engineering,ENG)的资助重点集中在纳米技术计划和清洁能源技术,投入占比分别为23.04%和19.77%,反映了其对材料革新和可持续能源技术的战略倾斜。数学与物理科学部(Mathematical and Physical Sciences,MPS)在网络与信息技术研发和量子信息科学领域投入显著,总占比为25.46%,体现了数学基础研究与前沿物理交叉融合的学科布局。技术、创新

与合作部作为新成立的部门,采取多领域同步布局策略,覆盖网络与信息技术研发、人工智能、生物技术等九个领域,其中,网络与信息技术研发领域占47.36%的预算,突出其推动应用导向技术转化的核心使命。

综上,在战略规划方面,NSF依法将国家战略目标分解为可操作的机构使命,依托跨机构工作组实现部门协同,并集中资源配置于关键优先领域,形成了贯通国家意志与科学共同体的战略性基础研究治理体系。

2 竞争性与稳定性结合: NSF战略导向基础研究的资助方式

NSF战略导向基础研究构建了竞争性项目与稳定资助相结合的资助体系。其中,以标准资助为代表的竞争性项目激励应用导向的创新研究,具有资助周期灵活、资助规模适中的特点。以连续资助与合作协议为代表的稳定性支持,则重点推进跨学科深度融合与前沿技术突破,具有长周期、高强度等特点。在NSF的众多资助领域中,量子信息科学和人工智能领域作为引领新一轮科技革命和产业变革的战略性技术,正在成为加速世界科技、产业乃至地缘政治变革的重要变量,本节将解析NSF在上述两个领域的资助特征。

2.1 量子信息科学领域

量子信息科学作为NSF的优先资助领域,在《国家量子计划法案》(National Quantum Initiative Act,U. S., NQI Act)^[25]框架下建立了以专项计划与研究为中心的资助体系,体现出较强的多学科融合特征。具体而言,通过量子信息科学(Quantum Information Science,QIS)计划、量子信息科学与工程能力扩展(Expanding Capacity in Quantum Information Science and Engineering,ExpandQISE)计划、量子系统性转型的量子传感挑战(Quantum Sensing Challenges for Transformational Advances

表3 量子信息科学领域计划/项目资助结构与金额分布

Table 3 Funding Structure and Distribution of Programs/Projects in the Field of Quantum Information Science

| 计划/项目名称 | 资助定位 | 资助类型(比重) | 资助金额(万美元) | 资助周期 |
|------------|--|--------------|----------------------|-----------------|
| QIS | 支持量子计算新范式的前沿理论与实验研究,推进量子信息传输与操控技术的交叉学科探索 | 标准资助(47.47%) | 1.2~250,约80%集中在30~80 | 2~4年,2年期项目占比75% |
| | | 连续资助(39.74%) | 13~500,约70%集中在30~500 | 2~4年,4年期项目占比72% |
| | | 合作协议(12.79%) | 240~4 443 | 4~12年 |
| ExpandQISE | 通过多元化科研教育投资组合,提升量子信息科学与工程领域的研究能力 | 标准资助(53.46%) | 65~500,约70%集中在65~80 | 2~5年,2年期项目占比85% |
| | | 连续资助(46.54%) | 487~500 | 4年 |
| QuSeC-TAQS | 通过跨学科协作加速量子传感器从基础研究向实际系统的转化,推动量子传感技术的颠覆性突破 | 标准资助(47.20%) | 100~200 | 3年 |
| | | 连续资助(52.80%) | 100~200 | 2~3年,3年期项目占比88% |
| QLCI | 通过跨学科协同攻克量子信息科学与技术挑战,加速技术研发、转化及应用 | 合作协议(100%) | 2 695~3 000 | 4~5年,5年期项目占比40% |

数据来源:根据QIS、ExpandQISE、QuSeC-TAQS及QLCI计划资助信息整理。

in Quantum Systems, QuSeC-TAQS)等专项计划,以及量子跃迁挑战研究所(Quantum Leap Challenge Institutes, QLCI)等研究中心系统推进该领域发展,资助总额达12 260万美元,通过标准资助、连续资助和合作协议三类资助方式落地实施(详见表3)。

QIS计划采用混合资助方式。其中,标准资助占47.47%,侧重支持中小规模前沿探索;连续资助占39.74%,覆盖中长周期基础研究;合作协议占12.79%,主导超大规模协同创新。

标准资助以2年期项目为主,资助强度集中于中低区间,兼顾灵活性与成果转化时效性。资助特征表现为:(1)基础前沿与应用开发并重,既关注量子力学基本原理与超越标准模型的验证,也重视研发高灵敏度量子传感器、可集成量子网络节点等;(2)探索设备微型化与系统集成,如通过研发超冷银原子气体、金刚石纳米机械谐振器等实验装置,构建片上量子处理单元,为可扩展量子芯片及便携式量子设备奠定基础。

连续资助以4年期项目为主,经费配置偏向中高强度,适用于需持续投入的基础理论与重大科研基础设施建设工程。资助特点为:(1)跨学科深度融合与前沿技术攻关,如通过整合原子物理学、凝聚态物理、光学工程以及先进材料科学等多学科理论与方法,构建协同攻关体系,以及运用原子干涉仪与分子电偶极矩测量技术,研究物质—反物质不对称性成因等课题。(2)强调研究的连续性与阶段性目标,采用里程碑式目标管理方法,通过阶段性任务分解保障项目实施,如分阶段实施光子芯片量子拓扑材料研发项目,以年度进展评估与动态资源调整保障技术路线的持续优化。

合作协议资助项目以长周期稳定性支持为核心特征,项目周期普遍为4年以上,经费配置呈现高强度集中的趋势,主要服务于国家战略级科技工程。资助特征体现为:(1)多主体协同创新,通过构建跨学科、跨领域资源整合平台,形成产业链协作网络。如集成量子材料中心(Center for Integrated Quantum Materials, CIQM)项目,联合哈佛大学、麻省理工学院等顶尖研究机构,组成跨学科联盟;量子信息传输与控制中心(Center for Quantum Information and Control, CQuIC)构建交流平

台,打通企业研发部门与高校科研团队的技术壁垒,实现产学研融合创新。(2)服务国家战略需求,紧密响应国家量子计划法案的要求,长期稳定支持量子计算、量子密码等领域技术攻关与生态系统建设,巩固美国在量子技术竞争中的全球主导权。

量子信息科学其他专项计划也呈现类似特征。ExpandQISE计划标准资助占比过半(53.46%),70%资金集中于中低强度项目,匹配2~3年研发周期,适配快速验证型研究。连续资助项目统一设定4年周期,单项资助强度在500万美元区间,重点支持量子计算基础设施的持续性建设。QuSeC-TAQS计划连续资助占比过半(52.80%),标准资助通常为3年周期,单项投入在100~200万美元区间。连续资助以3年期为主,资助强度提升到160~200万美元区间。QLCI项目全部采用合作协议的资助方式,适配高风险、高复杂度的跨学科研究,资助周期通常在4年以上(含12年超长期),单项资助强度为2 695~3 000万美元,通过高强度、长周期资助方式构建“产—学—研”协同网络。

NSF采用多层次资助方式构建量子科技创新生态系统。其核心特征体现为:标准资助聚焦短期探索性研究,以前沿技术验证为导向加速技术概念孵化;连续资助侧重中长期技术攻坚,以高预算投入支撑核心技术创新与迭代;合作协议通过高强度资金支持国家级战略工程,构建产学研协同网络。三类资助模式的差异化配置,体现了NSF在量子信息技术全周期的体系化布局,也凸显了其分级资助、协同推进的战略意图,促进实验室成果向产业应用渗透。

2.2 人工智能领域

为落实美国《国家人工智能研究与发展战略规划》^[26]中提出的“强化人工智能长期研究投入”的战略目标,NSF主导了国家人工智能研究资源(National Artificial Intelligence Research Resource, U. S., NAIRR)项目,联合美国国家技术与标准研究院、国防部(Department of Defense, DOD)等联邦机构以及第一资本金融公司(Capital One)、英特尔(Intel)等产业合作伙伴,构建“产—学—研”协同创新网络。该项目通过标准化技术路径与生态化资源整合,提升美国在人工智能领

表4 NSF国家人工智能研究资源项目资助结构与金额分布

Table 4 The Structure and Distribution of NSF National Artificial Intelligence Research Resource Project Funding

| 计划/项目名称 | 资助定位 | 资助类型(比重) | 资助金额(万美元) | 资助周期 |
|---------|---|--------------|------------------------|-----------------|
| NAIRR | 通过持续投资推动AI基础研究与颠覆性创新;加速AI技术向医疗、教育、国家安全等关键经济领域渗透 | 标准资助(2.15%) | 13~257,约70%小于50 | 1~4年,1年期项目占比62% |
| | | 连续资助(2.92%) | 157~262,约80%集中在180~200 | 3年 |
| | | 合作协议(94.93%) | 300~2 021,约70%大于1 500 | 4~5年,4年期项目占比90% |

数据来源:根据NAIRR计划资助信息整理。

域的全球竞争力,总资助规模达33 504万美元,其资助体系包括标准资助、连续资助以及合作协议三类(详见表4)。

NAIRR标准资助项目占比为2.15%,该类项目以短周期项目为主,单项资助强度普遍低于50万美元,目标是构建分布式智能网络基础设施。资助的特征为:(1)应用场景明确,聚焦农村医疗、气候预警等公共服务场景,通过快速技术部署降低营养门槛,服务资源匮乏地区群体。(2)技术标准化与工具开发,聚焦人工智能工具开源化与协议标准化,如研发支持6G网络与人工智能融合的分布式平台等。

连续资助项目占比2.92%,资助周期均为2年,资金配置以中等强度为主,主要资助需持续性资源投入的基础设施建设与核心技术攻关。资助特征体现为:(1)聚焦跨学科融合与前沿技术突破,通过整合天文学、临床医学、环境科学等学科资源,构建融合创新研究平台,如人工智能—边缘计算心血管诊断系统与天文大数据宇宙起源研究平台等。(2)数据驱动型工具开发,基于开放数据平台整合多源异构数据,研发高维数据分析工具,如研发物理约束人工智能模拟系统等。

合作协议项目占据资源分配的绝对主导地位(占比94.93%),资助周期为4~5年,单项资助强度超过1 500万美元,旨在推动跨机构工程项目的系统化实施。其资助特征表现为:(1)构建多主体协同创新网络,联合顶尖高校、国家实验室、科技企业及非营利组织,形成“产—学—研—用”一体化的创新共同体,如杜克大学主导的边缘计算—人工智能融合生态项目,以及马里兰大学主导

的人工智能治理联盟等。(2)重大社会挑战导向的学科交叉融合,聚焦系统性社会问题,推动人工智能与医学、农业以及环境科学等领域的深度交叉,如开发超分辨率气候模拟系统,构建跨机构医疗数据共享平台以及创建作物表型组学分析模型。

分层资助的设计体现了NAIRR的战略定位,依托高强度合作协议项目,系统整合“产—学—研”多元主体资源,重点支撑人工智能基础设施构建与跨学科融合创新;标准资助与连续资助作为辅助性安排,则分别聚焦前沿技术探索与关键技术验证功能。

综合来看,NSF的科技计划资助体系呈现分层协同的特征,通过差异化资源配置机制精准适配前沿探索与社会挑战的双重需求。量子技术的高度复杂性与多学科集成属性,要求基础材料研发与产业化瓶颈突破同步推进,主要依托标准资助进行短期技术验证并依托连续资助实现中期技术攻坚。人工智能领域呈现大模型驱动的计算、算力与数据的范式变革,应用场景爆发倒逼算法平台数量的井喷式增长,催生超大规模合作协议的资源配置模式,以应对基础设施集成与范式变革需求。

3 战略目标审查与绩效评估协同: NSF战略导向基础研究的绩效评估

NSF通过立法框架构建了战略目标审查与绩效评估双向互动的管理体系,以法律强化评价结果运用,将绩效目标分解并进行动态调整,同时将绩效评估结果与资源配置相挂钩,推动国家战略意志向资助实践的

表5 NSF2024财年绩效目标
Table 5 NSF Performance Objectives for Fiscal 2024

| 战略目标 | 分项战略目标 | 可量化指标 |
|------|---|--|
| 1 赋能 | 1.1 确保可及性与包容性提升STEM边缘群体的参与度,增强新型机构的能力建设 | 1.1 以2022年为基础,将新兴机构的提案提升10%;将EPSCoR资助计划的资金比例提高至16% |
| | 1.2 激发STEM人才潜力培养多元化的STEM人才队伍,推动科技进步 | 1.2 将ETAP拓展至14个 |
| 2 发现 | 2.1 推进基础研究前沿通过对理念、人才和基础设施的战略投资加速科学发现 | 2.1 所有处于建设阶段的大型基础设施项目,将负成本和进度偏差控制在10%或以下 |
| | 2.2 提升研究能力推动研究实践的技术创新与优化 | 2.2 所有处于建设阶段的中型基础设施项目,将负成本和进度偏差控制在10%或以下 |
| 3 影响 | 3.1 从研究中实现社会效益加速应对社会挑战的科研创新 | 3.1 较上一财年,NSF从行业和非营利组织获得的项目支持资金增加20%;从其他联邦机构获得的项目支持资金增加5% |
| | 3.2 全球领导力构建全球科学与工程共同体 | |
| 4 卓越 | 4.1 以速度和规模强化能力通过创新策略提升机构规模化和响应能力 | 4.1 机构网站系统达到或超过99.6%的可用率 |
| | 4.2 人才投资吸引、赋能并留住一支高素质、多元化的NSF员工队伍 | 4.2 在“最佳工作场所”(Best Places to Work)年度排名中,位列中型机构类别前5名;在联邦内部客户满意度调查中得分达到或超过5分 |

数据来源:根据NSF2024财年绩效评估报告整理。

转化。

3.1 依据法案强化结果运用与落实资助绩效目标

NSF依法将战略目标逐级分解为可量化的年度绩效指标,确保机构使命的执行与资源的动态优化配置。《政府绩效与结果法案》与《循证决策基础法案》^[27]明确规定,NSF的年度绩效评估报告应系统分析战略目标的阶段性进展,并将其作为强制性公开内容。以2024年为例,NSF将2022—2026年战略规划目标细化为年度可量化指标(Goal Statement),并通过项目执行进度与成果产出质量等多维度监测机制跟踪实施效果^[28]。评估结果显示,部分核心指标实现显著突破:激励竞争性研究计划(Established Program to Stimulate Competitive Research, EPSCoR)资助比例达19.6%,超出年度预设目标3.6%;教育培训平台(Education and Training Application, ETAP)覆盖范围扩展至14个,强化了人才梯队建设。此外,部分目标未完全实现,如新兴研究机构提案比例虽提升至22.6%,略高于2022年基线值,但未实现10%的增幅目标。基于此,2025年NSF继续将“新兴机构的提案提升10%”列为年度绩效目标,凸显问题导向的持续改进。

3.2 战略目标在绩效评估过程中的落实与调适

NSF通过战略目标审查与绩效评估的双向互动,实现对战略目标的落实与调适。其中,战略目标审查聚焦资源配置优先级和宏观布局,强化顶层设计的指导性;年度绩效评估侧重量化指标达成与项目产出效能,通过识别微观层面的执行偏差,为下一周期战略目标的动态调适提供依据。该机制的运行逻辑体现为两个方面:首先,战略目标审查为绩效评估提供指导作用。NSF理事会成员通过年度战略目标进展审查,确立绩效评估的顶层框架。该过程直接指导机构的预算编制、战略决策制定以及关键行动部署等,并通过撰写年度绩效计划与年度绩效报告,实现对国家战略意志的贯彻以及对基础研究发展路径的动态校准。其次,绩效评估为战略优化提供支撑。年度绩效将宏观战略目标转化为可量化考核的年度指标,通过政策分析、项目评审和实地调研等方法,系统追踪关键举措的进展状态。绩效评估的具体流程为:首先,由外部专家委员会对基础研究专项计划开展独立评估;其次,各学部咨询委员会专家复核评估报告并提供修改意见;最后,由GPRA绩效评估委员会综合研判整体目标达成度,形成评估结论。最终评估结果被纳入年度绩效报告,直接关联预算资源的动态配置与战略目标的适应性调整。

综上,GPRMA等法案赋予绩效评估法律效力,为战略执行提供制度性保障;将绩效评估结果直接关联预算

分配,通过财政资源的精准投放,实现国家战略意志向实践领域的转化。NSF以年度评估为节点,实时监测目标达成情况,实现战略方向的动态优化与适应性调整;战略审查与绩效评估互动的制度设计将机构长期战略目标嵌入短期执行中,形成跨周期目标衔接体系。

4 NSF战略导向基础研究资助模式对我国的启示

我国国家自然科学基金委员会(NSFC)成立三十余年来,通过系统推进知识体系创新与科研人才梯队建设,为我国基础研究体系的发展提供了制度性支撑,显著增强了国家科技自主创新能力和全球竞争水平。当前,NSFC对战略导向基础研究的支持主要依托重大项目与重大研究计划,以响应国家重大战略需求与前沿科学突破的双重目标。基于前文对NSF战略导向基础研究资助特点的分析,可从以下维度提出对NSFC的启示。

在制度设计上,NSF依法资助战略导向基础研究,其战略规划制定、机构职能定位与跨部门协同机制均建立于法律授权框架之内。我国战略导向基础研究的推进依赖规划与政策引导,通过中央科技委员会统筹科技工作,并开展了跨部门的学科战略研究,但缺乏制度层面的顶层设计,NSFC对重点领域布局因无法律授权,导致任务优先级模糊与资源配置碎片化。因此,应强化顶层设计与跨部门协同,明确NSFC在跨部门协同中的地位;建立部际联席评审制度,规避跨部门研究方向重叠;完善内部查重数据库,立项阶段应对近十年立项进行技术路线相似性分析,避免重复资助,提升资源配置效率。

在战略规划方面,NSF的机构战略目标在绩效评估中被层层落实,并依法构建了战略目标审查与绩效评估双向互动的管理体系。NSFC虽制定五年规划,但缺少与规划相对应的绩效评估标准,使规划的约束力减弱,导致后期各学部的项目布局与规划的关联性不强,规划落实不到位。在绩效评估方面,NSF理事会成员确立绩效评估的顶层框架,强化顶层设计的指导性。绩效评估经历外部专家委员会独立评估、学部咨询委员会专家复核、GPRA绩效评估委员会综合研判的过程,评估侧重量化指标达成与项目产出效能。NSFC的绩效评估多由计划(项目)的指导专家组完成,评估侧重计划(项目)可量化的指标与完成情况,缺少了战略专家的顶层设计环节以及对项目价值评估的有关标准。据此,建议增设战略专家委员会。成立由跨学科战略科学家、政策制定者及产业代表组成的战略咨询委员会,负责审议机构年度及中长期战略目标与国家战略需求的契合度,为绩效评估

框架提供顶层指导,明确绩效评估的目的。战略审查聚焦宏观方向,年度绩效评估则量化具体目标,形成战略引领与执行反馈的闭环管理。设置差异化绩效评估标准。对具有明显应用导向的基础研究计划(项目),重视对其应用潜力以及社会贡献等的评价;对具有显著学科交叉性质的新型前沿领域,突出对计划(项目)学科交叉融合价值的评估。实施弹性资源配置机制,对评估优秀的领域增加预算倾斜;对未达标领域启动专项扶持计划,避免资源的僵化分配。

在资助方式上,NSF与NSFC都以竞争性资助项目为主,NSF通过推出专项计划与成立研究中心形成了竞争性稳定性资助结合的资助模式。相较而言,NSFC当前仍以离散型竞争性项目资助为主,长周期支持机制尚未建立。对此,建议在现有资助体系中增设稳定性资助机制。针对关键技术验证研究设立连续资助机制,设立5~8年中长周期滚动支持,允许通过中期评估的项目延长资助期。对于重大基础设施类研究可通过合作协议的方式资助,可联合地方政府与企业共建共享平台,明确设备更新与开放共享的权责条款。进一步撬动多元主体资源投入,推动地方财政配套资金定向投入基础研究领域;或建立企业联合实验室认证制度,对投入研发费用超5%的高新技术企业,开放重大项目等的联合申报资格。

在人才培养方面,NSF始终强调以科学与教育促进创新发展,通过专项计划与教育平台建设,实现STEM人才结构的多元化发展。如依托芯片法案设立2亿美元半导体人才培养基金,整合学术界与产业界培训资源,整合“产—学”教育资源以缓解行业人才短缺的状况,并进一步提升专业能力;同时将培训平台建设规模纳入绩效评估体系,强化人才梯队的可持续发展。NSFC作为我国基础研究科研人员获取竞争性经费的主要来源,承担着战略人才培养的职能。据此,建议强化学科差异化人才培养路径。鉴于不同学科人才成长既遵循普遍规律又具学科内在特殊性,各学部应探索适配本学科特点的资助模式。定向强化薄弱领域支持。针对面向关键技术攻关的紧缺青年人才,建议设立跨周期专项基金,提供长期稳定性资源保障,重点破解“卡脖子”技术领域的人才瓶颈。

综上,中美战略导向基础研究的制度设计应基于两国国情差异,构建适应本土化需求的优化机制。在战略规划与绩效管理层面,应强化顶层设计并完善绩效评估标准,通过战略目标与年度考核指标的动态衔接,完成国家意志与机构使命的互动。此外,资助模式上应兼顾竞争性稳定性相结合,探索连续性资助及长期合作协

议等多元投入方式,强化基础研究的可持续性。同时,优化“产—学—研”协同网络,强化学科差异化人才培养路径,定向支持薄弱学科领域,为增强原始创新能力、支撑国家战略目标提供系统性制度保障。

参考文献

- [1] 116th Congress. S. 5043-American Compete Act of 2020. (2020-12-17)/[2025-04-18]. <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/5043?q=%7B%22search%22%3A%22America+COMPETES+Act%22%7D&s=10&r=2>.
- [2] 117th Congress. H. R. 2731-Endless Frontier Act. (2021-04-21)/[2025-04-18]. <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/2731/text>.
- [3] 117th Congress. S. 1169-Strategic Competition Act of 2021. (2021-04-15)/[2025-04-18]. <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/1169/all-info>.
- [4] 117th Congress. H. R. 4346-Chips and Science Act. (2021-07-01)/[2025-04-18]. <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/4346>.
- [5] 刘云,郭栋,刘文澜. 优化我国战略导向基础研究组织体系的对策研究. 科学学研究,2025,<https://link.cnki.net/doi/10.16192/j.cnki.1003-2053.20250414.005>.
Liu Y,Guo D,Liu WL. Study on countermeasures for optimizing the organizational system of strategy-oriented basic research in China. Studies in Science of Science,2025,<https://link.cnki.net/doi/10.16192/j.cnki.1003-2053.20250414.005>. (in Chinese)
- [6] 李晓轩,肖小溪,姜智勇,等. 战略性基础研究:认识与对策. 中国科学院院刊,2022,37(3):269—277.
Li XX,Xiao XX,Lou ZY,et al. Strategic basic research:Cognition and suggestions. Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2022,37(3):269—277. (in Chinese)
- [7] 万劲波,张凤,潘教峰. 开展“有组织的基础研究”:任务布局与战略科技力量. 中国科学院院刊,2021,36(12):1404—1412.
Wan JB,Zhang F,Pan JF. Promoting organized basic research:Strategic layout and strategic capacity in science and technology. Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2021,36(12):1404—1412. (in Chinese)
- [8] Vannevar B,Rush DH. Science,the Endless Frontier. Oxford:Princeton University Press,2021.
- [9] National Academies of Sciences,Engineering,and Medicine. The endless frontier:The next 75 years in science. Washington,DC:The National Academies Press,2020.
- [10] 刘云,武宇铎,徐德英,等. 日本JST战略性基础研究计划的组织模式及对我国的启示. 世界科技研究与发展,2025,47(4):417—428.
Li Y,Wu YD,Xu DY,et al. Organizational Pattern of JST Strategic Basic Research Programs and Its Implications for China. WORLD SCI-TECH R&D,2025,47(4):417—428. (in Chinese)
- [11] Mayntz R. Socialist academies of sciences:The enforced orientation of basic research at user needs. Research Policy,1998,27(8):781—791.
- [12] 黄敏卓,吴晶磊,任真,等. 基础研究国际政策动向分析与启示. 中国科学院院刊,2024,39(1):176—187.
Huang MZ,Wu JL,Ren Z,et al. Analysis and enlightenment of

- international policy trends in basic research. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2024, 39(1): 176—187. (in Chinese)
- [13] 张济洲. 美国国家科学基金资助大学科研的机制、特点及启示. *教育与经济*, 2011, 27(1): 61—65.
- Zhang JZ. The mechanism, characteristics and enlightenment of the National Science Foundation on university research. *Education & Economy*, 2011, 27(1): 61—65. (in Chinese)
- [14] 吴晶磊, 孟庆峰, 邸月宝, 等. 近十年NSF资助率和资助强度上升对我国科学基金资助工作的启示. *中国科学基金*, 2024, 38(4): 687—695.
- Wu JL, Meng QF, Di YB, et al. Implications of rising NSF funding rate and funding intensity in past decade on funding work of National Natural Science Foundation of China. *Bulletin of National Natural Science Foundation of China*, 2024, 38(4): 687—695. (in Chinese)
- [15] 刘力, 冯勇. 美国国家科学基金(NSF)管理绩效评估体系及其启示. *科技管理研究*, 2020, 40(13): 128—135.
- Liu L, Feng Y. Assessment system of NSF performance management and its reference. *Science and Technology Management Research*, 2020, 40(13): 128—135. (in Chinese)
- [16] 杨洁, 王曰芬, 陈必坤, 等. 基金项目学部分部的交叉网络分析——以美国NSF数据中AI领域为例. *情报学报*, 2022, 41(9): 945—955.
- Yang J, Wang YF, Chen BK, et al. Network analysis of inter-division in funding projects: Case studies of AI field in NSF data. *Journal of the China Society for Scientific and Technical Information*, 2022, 41(9): 945—955. (in Chinese)
- [17] 顾小清, 李世瑾, 李睿. 人工智能创新应用的国际视野——美国NSF人工智能研究所的前瞻进展与未来教育展望. *中国远程教育*, 2021(12): 1—9, 76.
- Gu XQ, Li SJ, Li R. Innovation of NSF AI Research Institutes in AI application: Forward-looking visions and affordances for education. *Chinese Journal of Distance Education*, 2021(12): 1—9, 76. (in Chinese)
- [18] 雒景瑜, 陈婧. 美国国家科学基金会新学部项目设置对科学基金资助应用基础研究的启示. *中国科学基金*, 2024, 38(2): 328—334.
- Luo JY, Chen J. Program formulation of NSF's new directorate and its inspirations for NSFC's funding for application-oriented research. *Bulletin of National Natural Science Foundation of China*, 2024, 38(2): 328—334. (in Chinese)
- [19] 樊春良, 李东阳, 樊天. 美国国家科学基金会对融合研究的资助及启示. *中国科学院院刊*, 2020, 35(1): 19—26.
- Fan CL, Li DY, Fan T. US National Science Foundation's funding for convergence research and its inspiration. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2020, 35(1): 19—26. (in Chinese)
- [20] National Science Foundation. Strategic plan for 2014—2018. (2014-03-01)/[2025-04-28]. https://www.engr.colostate.edu/me/wp-content/uploads/2016/12/nsf_strat_plan_14-18.pdf.
- [21] National Science Foundation. NSF strategic plan for fiscal years (FY) 2018—2022. (2018-10-01)/[2025-04-28]. <https://stratml.us/pdfs/NSF2018.pdf>.
- [22] National Science Board. 2022—2026 NSF strategic plan. (2021-02-01)/[2025-04-28]. <https://www.nsf.gov/nsb/meetings/2021/0223/presentations/CS-Open-Strategic-Plan.pdf>.
- [23] National Science and Technology Council. FY 2021—2023 progress report on pioneering the future advanced computing ecosystem; A strategic plan. (2024-06-01)/[2025-04-28]. <https://www.nitrd.gov/pubs/FY2021-2023-FACE-Progress-Report.pdf>.
- [24] National Science Foundation. Celebrating 2 years of the chips and science act. (2024-08-06)/[2025-04-18]. https://nsf.gov-resources.nsf.gov/files/CHIPS_and_Science_2_year_fact_sheet.pdf.
- [25] 115th Congress. National quantum initiative act. (2018-06-26)/[2025-04-18]. <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/6227>.
- [26] National Science and Technology Council. National artificial intelligence research and development strategic plan. (2023-05-01)/[2025-04-18]. <https://www.nitrd.gov/pubs/National-Artificial-Intelligence-Research-and-Development-Strategic-Plan-2023-Update.pdf>.
- [27] 115th Congress. H. R. 4174-foundations for evidence-based policy-making act of 2018. (2019-01-14)/[2025-04-18]. <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/4174>.
- [28] National Science Foundation. FY 2024 annual performance report. (2025-01-10)/[2025-04-18]. <https://nsf.gov-resources.nsf.gov/files/nsf25003.pdf>.

Strategic Basic Research Funding Model of U. S. National Science Foundation and Its Inspirations

Yun Liu^{1*} Ke Zhao^{1, 2*} Wenneng Zhou³ Hongdan Xu¹

1. School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

2. Sino-Danish College, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

3. School of Ecology, Environment and Resources, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China

Abstract The funding system for strategic basic research plays a vital role in enhancing national scientific and technological competitiveness. As the primary federal agency supporting strategic basic research in the United States, the National Science Foundation (NSF) offers valuable insights for China's reform practices. This study examines NSF's funding model through a framework of "strategic planning-funding mechanisms-performance assessment", revealing three core characteristics: (1) Multi-stakeholder strategic planning under legislative frameworks. NSF develops strategic plans

* Corresponding Authors, Email: liuyun@ucas.ac.cn; zhaoke221@mails.ucas.ac.cn

through broad stakeholder engagement anchored in federal legislation. This process translates national strategic priorities into actionable goals while ensuring scientific rigor through multi-stakeholder consultations and legal mandates. (2) Hybrid funding mechanisms: Competitive and Stable Support. Competitive grants target application-oriented research with flexible cycles, enabling rapid response to emerging needs. Stable funding sustains high-intensity investments in national laboratories and cross-disciplinary centers, focusing on deep interdisciplinary integration and frontier technology breakthroughs. (3) Performance assessment reinforcing strategic goals. NSF institutionalizes a bidirectional linkage between strategic planning and performance evaluation. It integrates quantitative metrics and qualitative peer reviews to align funding outcomes with national priorities and optimize resource allocation. Based on these findings, we propose recommendations for NSFC, including strengthening top-level design and interagency coordination; refine performance assessment systems; adopt hybrid funding models and discipline-specific talent development.

Keywords National Science Foundation, U. S.; Strategic Planning; Performance Assessment; Fundamental Research; Funding Model

刘 云 中国科学院大学公共政策与管理学院特聘教授、博士生导师,中国科学院大学国家前沿科技融合创新研究中心副主任,兼任中国科学学与科技政策研究会常务理事、中国技术经济学会常务理事、中国科技指标研究会副理事长、联合国教科文组织(UNESCO)教席主持人等。主要研究方向:科技政策、创新管理、知识产权管理。

赵 珂 中国科学院大学中丹学院博士研究生,主要研究方向:科技政策、科技评价、科研管理。

(责任编辑 王磊 张强)