

· 管理纵横 ·

美国国家科学基金会的重要资助举措及启示

孙海华^{1,2*} 张礼超³

1. 江苏师范大学 外国语学院, 徐州 221116
2. 中国社会科学院大学 研究生院, 北京 102488
3. 中国矿业大学 科学技术研究院, 徐州 221116

[摘要] 美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)是美国联邦政府唯一负责对科学、技术、工程和数学所有学科领域的基础研究和教育进行全面资助的机构。它制定了主次分明的三层法律法规体系,拥有覆盖科研人员整个成长历程的人才培养体系。近年来,在美国国家发展战略基础上,又提出了新的资助举措,如确立重点资助领域,提出“融合会聚”研究的新理念,加大对大中型科研设施和前沿技术的投资力度等。我国的国家自然科学基金正处于深化改革期,且面临着规划“十四五”时期的科学发展问题。NSF 这些重要的资助举措在我国科学基金法律体系建设、科技人才培养模式、投资力度、资助布局和管理等方面,都提供了一定有益启示和借鉴。

[关键词] 美国国家科学基金会;资助政策;法制建设;人才培养;投资力度;资助布局与管理

基础科学的研究水平决定着一国发展和社会进步的程度,并保障国家的兴旺、繁荣和安全。一个在新基础科学知识上依赖于其他国家的国家,它的工业进步将是缓慢的,它在世界贸易中的竞争地位将是虚弱的,不管它的机械技艺多么高明^[1]。因此,世界上主要国家都设立专门的科研机构支持本国的基础科学研究。

NSF 是美国联邦政府唯一负责对科学、技术、工程和数学(Science, Technology, Engineering and Mathematics, STEM)所有学科领域的基础研究和教育进行全面资助的机构。近年来,它对科研的资助占联邦所有基础研究经费预算的 25% 左右^[2]。在诸如数学、计算机科学和社会科学领域,它都是联邦资助的主要来源。它是二战后在探讨科学与政府的关系过程中,根据《国家科学基金会法案 1950》而成立的,在迄今 70 年的发展历程中,深刻影响了美国的科学研究事业,开启了美国重视基础科学研究和发展的时代,确保了美国在各科学技术前沿领域的国际领先地位,推动了美国的经济发展和国防建设。



孙海华 江苏师范大学外国语学院讲师,中国社会科学院大学研究生院美国研究系博士。主要研究美国社会文化、美国的科研机构及科技政策。

国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)在学习 NSF 及其资助制度基础上于 1986 年创立,30 多年来在全面培育我国科技创新能力方面做出了重要贡献。面对当今新技术革命的兴起,科学的研究模式和组织模式发生了深刻变革,对科学资助及资助管理提出了重要挑战,自然科学基金委也因此开启了新一轮改革。本文将对近年来 NSF 的资助政策、概况、新的资助和管理举措等方面进行研究,并据此分析新时代新形势下,美国的经验和做法可以为我国提供哪些有益启示,为当下国家自然科学基金的系统性改革提供一些建议。

1 NSF 的资助政策及流程

NSF 本身并不进行科学研究,其主要工作是确

收稿日期:2020-01-07;修回日期:2020-11-19

* 通信作者,Email: sunhaihua1982@126.com

本文受到江苏省高校哲学社会科学基金项目(2020SJA1040)的资助。

定科学研究的前沿,并寻找某一学科领域内最优秀的科学家对其进行基金或科研设施资助,从而获取新的科学知识,促进社会进步和发展。它并不直接资助研究人员个人,所有研究者或研究团体必须通过所在机构提出资助申请。NSF的资助面向全美2000多所高校、中小学系统、商业界和非营利组织等机构。

围绕其科学研究和科学教育的使命和主要任务,NSF将年度经费的95%用于支持科学研究,主要资助三类项目,即基础科学研究项目、科学人才培养项目和科研设施支持项目。近年来,这三类项目占其年度经费的比例分别在80%、12%和3%左右。NSF采用价值评审(Merit Review,在中国被称为“同行评审”^[3])的方式确保所有申请都能得到公正、透明和深入的竞争性评审。评审的原则体现在三个方面:一是所资助项目必须质量较高并且具有更新或增加新知识的可能性;二是所资助的项目必须具有广泛的社会影响;三是对所资助项目的有效评估必须基于恰当的指标,比如现有的资源是否能达到其所声称的社会效果。当下,美国大概有4万名了解学科前沿的专家作为评审人。评审人只提出评审意见,无权做出资助决定。本身为科学家或工程师的项目官员,在综合专家各类评审意见的基础上对申请进行二次评审,然后做出是否资助的决定。申请是否获得资助主要看这一项目的知识价值和影响力价值,前者主要指研究是否能促进其学科领域内科学前沿知识的发展或变革,后者主要指研究是否能带来社会效益并产出社会期望的具体成果。项目官员倾向于推荐高风险、高回报并能扩大社会参与和影响的项目。

NSF的资助程序主要包括申请、评审和受理三部分(见图1),整个过程大约持续10个月。NSF在确定各学科领域的资助前沿后发出申请公告,研究人员可以从政府基金系统(grants.gov)、《发现资助》(Find Funding)、《NSF更新》(National Science Foundation Update)、《给同行的信》(Dear Colleague Letters)中获取信息。NSF也鼓励研究人员提交未被列入公告但却具有科学价值的研究申请。研究人员按照要求提交申请后,首先需要经过项目官员的初审,来确定基本格式和信息是否符合规定。如果初审通过,项目官员会选取3~10位专家对申请进行评审。专家评审结束后,项目官员在综合专家评审的基础上进行二次评审并给出资助与

否的建议,再将推荐结果转给各学部主任,最终的资助决定由学部主任做出。未获资助的申请及原因说明会被退回到申请者所在机构,若申请者不满意解释,可以要求项目官员或学部主任进一步做出说明。整个评审过程大约需要6个月,数量较多或者较复杂的项目可能要求额外的评审和处理时间。获得资助的申请将交给资助与合同官员,他们在对项目进行商业、财政和政策影响等一系列评估的基础上,发出资助通知,并向项目负责人发送资助协议。

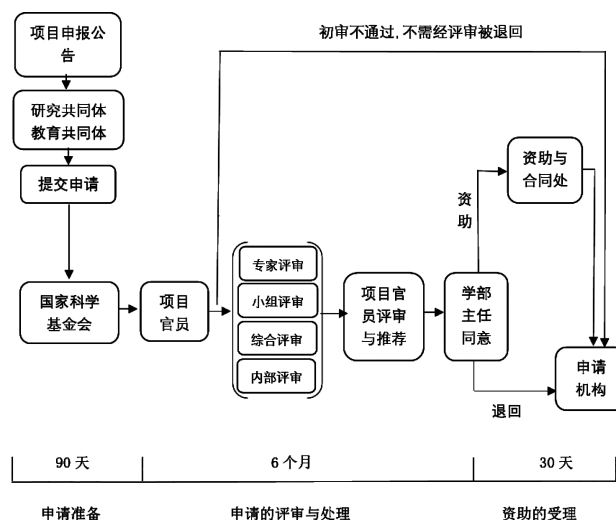


图1 美国国家科学基金会申请、资助流程及时间表^[4]

NSF还拥有快速反应研究(Rapid Response Research)资助机制,通过所有员工的合力,在几天内完成这一持续10个月左右的资助流程,来处理和支持应急研究。比如2020年的新冠肺炎疫情,3月初美国仅有十个州有确诊病例,但至3月5日,NSF已经在资助20个与新冠病毒相关的研究项目,并发布《给研究者的一封信》,鼓励更多与新冠病毒相关的研究申请。截至2020年6月22日,NSF已经资助相关研究717项^①。这一应急资助机制在抗击埃博拉和寨卡病毒、哈维飓风、墨西哥湾漏油等行动中也发挥过巨大作用。在国家面临重大危机时刻,NSF始终站在一线,力图动员整个科学团体的力量,帮助应对国家挑战。

2 NSF 近三年来的资助概况

2.1 财年数据总览

NSF每年向国会提交年度财政报告,对一年来的财政情况做出总结和评估。从最近三个财年的数据

^① National Science Foundation. <https://www.nsf.gov/awardsearch/simpleSearchResult?queryText=COVID+AND+RAPID&ActiveAwards=true>.

可以看出(表 1),它接受的拨款总数有逐年上升趋势,接受其资助的机构、人数、项目申请数、评审数等每年稍有不同,但总体数据较为稳定。科学教育也是 NSF 的重要使命,因此,接受其研究生奖学金资助的学生数量也是 NSF 财年数据的重要内容之一。

表 1 NSF 最近三个财年数据^①

类别	2017 财年	2018 财年	2019 财年
拨款总额(不包含委托拨款)	75 亿 美元	78 亿 美元	81 亿 美元
接受 NSF 资助的大学和机构数	1 800	1 800	1 800
通过竞争性价值评审程序的项目数	49 400	48 300	41 000
竞争性项目资助数	11 500	11 700	11 300
项目评语数	203 400	223 800	192 000
直接接受 NSF 资助的人数	353 000	386 000	303 000
接受 NSF 研究生奖学金资助的学生总数	55 700	57 700	60 000

2.2 经费分配、资助对象及资助方式

NSF 的经费主要来源于联邦政府的预算拨款。近些年来,每年被国会批准的经费预算大约为 75 亿~80 亿美元,主要分配于 6 个账户中:研究及研究相关活动(R&RA)、教育与人力资源(EHR)、重大研究设备与设施建设(MREFC)、NSF 机构运行与管理费用(AOAM)、国家科学委员会费用(NSB)和总监察长办公室费用(OIG)。前三项是 NSF 资助项目计划经费,占预算总额的 95%左右;后三项是 NSF 管理费用,约占预算总额的 5%。

NSF 以资助基础研究为主,高校及学术联盟是其主要资助对象,接受总资助经费的 75%~80%;私营企业是第二大类机构,接受总资助金额的 15%左右。此外,它还资助联邦和州及地方政府、非营利组织、国际组织、联邦资助的研发中心等。还有很小一部分用于资助有益于美国科学发展和保持美国全球科技领导力的国际科学与工程研究、教育及合作项目。

NSF 主要是通过三种方式来资助科研项目:基金(Grants)、合作协议(Cooperative Agreements)和合同(Contracts)。基金资助可以是一种标准资助(Standard Awards),即一个财年内提供项目整个研究期间的所有资金,也可以是一种连续资助

(Continuing Awards),即以增量方式多年提供项目研究资金,其资助的项目平均持续时间为 3 年。合作协议主要是由 NSF 与受资助机构两者之间签订,在项目研究期间,如研究需要 NSF 实质性介入或参与时,便采取此种资助方式。合同是 NSF 或政府其他部门需要获得(一般为购买)研究产品或服务的资助方式。在这三种方式中,基金资助是最主要的方式,占比 73%左右;合作协议次之,占比约 22%;合同最少,占比约 5%。

2.3 项目资助率

2014—2019 年间,NSF 每年平均收到竞争性项目申请 47 547 项,获得资助的项目平均在 11 667 项,平均资助率为 24%(表 2)。需要注意的是,2015—2018 年各项数值相差不大,但 2019 财年的项目申请数比前几年有较大下降,批准数与前几年相比却差别不大,因此这一年的资助率比之前有所提升。2019 财年收到竞争性项目申请为 41 033 项,比 2018 财年减少 7 303 项(-15.1%),批准的项目数为 11 252 项,比 2018 财年减少 465 项(-4.0%),资助率由 2018 年的 24%提升到 27%。

表 2 NSF2015 年以来竞争性项目申请数、批准数与资助率

财年	2015	2016	2017	2018	2019	平均值	比例 变化 (2019 v. 2018)
申请数	49 635	49 306	49 425	48 336	41 033	47 547	-15.1%
批准数	12 016	11 893	11 456	11 717	11 252	11 667	-4.0%
资助率	24%	24%	23%	24%	27%	24%	4.3%

3 NSF 的关键资助举措

3.1 制定完备的法律和制度体系

美国的基金会法律体系较为成熟,对基金会的各项工作都有明确的法律规定,形成了以《国家科学基金法》、国家科学基金会联邦行政法规和国家科学基金会机构规章制度为三个层次的既相互交错又主次分明的法律法规体系。

1950 年的《国家科学基金会法》是美国国会通过的关于国家科学基金会的最高层次法律,地位仅次于宪法,被编入《美国法典》(the United States Code)第 42 篇“公共卫生与福利”之下(42 U. S. C. § 1861),至今已有十余次的修订。这是一部关于 NSF

^① 本表数据来源于美国国家科学基金会 2017、2018 和 2019 年度财政报告,表内各数值都是近似数值,其中项目评语数包括专家书面评语、小组评语综述及实地考察报告等。

组织的法律规范,主要规定 NSF 的设立和组织架构及其国家地位,并对其进行了一定的法律授权,使得各项计划的申请及资助都有法可依,也使其战略和预算可以得到成文法律的保障。NSF 的管理条例被置于《美国联邦法规》(Code of Federal Regulations)第 45 篇“公共福利”的第六部分(45 C. F. R. Part VI),形成了专门以 NSF 命名的行政法规群,一共有 28 条,涵盖了国家安全信息的保密与解密、反歧视、游说限制、专利、无毒场所、环境保护、科研不端等方面的内容。此外,NSF 还专门对机构内部的工作原则、政策和行为指南进行了制度化建设,各组织机构、各学部、各行政办公室也都对各自负责的工作发布了一系列文件,如《关于申请和资助的政策与程序指南》《关于资助和合同的规定》《大型设施手册》《设施管理与监督指南》等,对项目的申请、受理、评审、资助管理、成果管理和资助项目涉及的科学家、实验室、环境要求等都有明确的制度,做到规则清晰、责任明确。

3.2 重视科学教育和科技人才的系统性培养

人才是科学发展最重要的组成部分,也是科技创新的必备要素。包括 NSF 在内的美国科学界一直认为一支受过良好教育、具有创新精神和上进心的劳动力大军是任何国家经济发展的关键,其对科技劳动力的培养与补充充分表明了美国长远的科学发展战略眼光。

科学教育是除基础科学研究以外 NSF 的另一目标,以此来发掘、培养科技领域的人才,为美国科学事业的可持续性发展和科技前沿的国际领先地位提供强大的人力资源保障。NSF 专设教育与人力资源委员会,它区别于其余 6 个委员会对不同学科领域的科研资助,而以追求各个水平各种环境下最为卓越的 STEM 教育为目标,支持由科学家、工程师、技术人员、数学家、教育家和博学的公民组成的人力资源队伍的多元化发展,使他们能够接触到科学和工程方面的工具和思想,以更好地提高全体公民的生活质量,促进国家的健康、繁荣、福利和安全的发展^①。

NSF 最大的特色之一就是研究将研究和教育进行了融合,在 STEM 各领域的研究者和教育者之间建立了广泛联系,他们共同进行课程开发、教师培训和

人才的发现与培养。NSF 每年花在人才项目上的费用在 9 亿美元左右,约占整个机构预算的 12%。项目涉及多个群体,如研究生(25 类^②)、K-12 教师和教育工作者(5 类)、博士后(9 类)、本科生(13 类)、小企业(2 类)^③,覆盖从幼儿园到博士后以至科研人员后续职业培训的整个历程,成为相互交错的强大网络体系^[5]。这些项目合力,不仅帮助美国在中小学阶段就发现、识别科技人才,更是在高等教育及研究生阶段将资助政策向这些处于职业生涯早期的研究人员倾斜,支持鼓励更多更有潜力的人留在科技领域。同时,NSF 鼓励学校与企业建立合作机制共同培养科技人才,将培养人才和使用人才有机结合起来,形成资源共享机制,以创造更大价值。

此外,考虑到美国多元的人口和种族结构,NSF 的战略计划中纳入了扩大参与行动,建立了一个以扩大参与为重点的绩效领域,以保证弱势群体对所有 NSF 活动的参与,并且在参与过程中不受各种歧视^④。NSF 包容性计划(NSF INCLUDES)应运而生。此计划现在已经成为 NSF 未来投资的十大思想之一,是鼓励女性、少数裔、残疾人全面参与科学研究的重要举措,也是发掘并发挥各级各类科技人才优势的重要方式^[6]。

2018 年,美国制定了《联邦 STEM 教育五年战略计划》,美国国家科学与技术委员会从中确立了美国 STEM 教育的发展目标并提出实现这些目标的三大途径,NSF 与商务部、教育部和农业部一起,成为负责实施所有三大途径的四个联邦机构^[7]。

3.3 确定契合学科前沿与国家需求的重点资助领域

NSF 重点支持具有高风险、高回报、时间跨度长等特点的变革性研究,支持能对国家经济和社会生活产生重大影响的研究。在经过多轮的科技革命后,这类研究已经不再仅仅局限于某一学科,而是跨越多个学科,涉及多个研究领域和管理部门。为此,NSF 在 2016 年形成了《未来投资的十大思想》(Ten Big Ideas for Future NSF Investments),并于 2018 年发布了其未来 5 年的战略计划,为接下来对前沿研究和试点研究项目的资助工作引领方向,保证美国继续受益于基础科学研究。其中“融合会聚”(Convergence)研究理念在 NSF 的十大思想和战略

① National Science Foundation. <https://www.nsf.gov/ehr/about.jsp>.

② 此处“类”指相关群体的研究项目类型,比如针对研究生的研究项目,有考古、文化人类学、生物人类学、经济学、研究生奖助学金、语言学、研究培训、非学术性研究实习等共 25 类,下同。

③ National Science Foundation. <https://www.nsf.gov/funding/index.jsp>.

④ National Science Foundation. <https://www.nsf.gov/od/broadeningparticipation/bp.jsp>.

计划中占据重要地位。它以集成的方式把众多知识领域的思想、研究方法和技术手段融合在一起,以攻克新兴学科中的复杂知识难题。这类研究由特定和紧迫的问题驱动,建立在学科交叉研究方法之上,对跨学科进行深度整合^[8],将会解决那些阻碍真正跨学科研究的技术、组织和后勤保障上的关键挑战^[9]。

未来几年,以“融合会聚”研究的方式,NSF 将重点投资于人工智能(人机互动)、数据科学、新北极研究、量子信息科学、生命科学、多信使天体物理学等六大领域,体现了国家战略、学科前沿和 NSF 核心优势的有机结合。其中,人工智能和量子信息科学被特朗普政府认定为确保美国繁荣和国家安全的四大“未来产业”中的两个^[10]。数据科学是面对当今社会信息规模、种类及搜集速度的急速增长给科学研究状态带来的巨大改变而必须要应对的挑战,生命科学是科学研究一直以来的关键领域,对人类认识大自然各物种起关键作用。2020 年初开始流行的新冠肺炎疫情,凸显人类在大数据科学和生命科学研究方面的不足,也说明 NSF 将此作为投资方向的战略眼光。NSF 还是美国物理学和极地研究项目的主导机构,是这两个领域研究政策的制定者和执行者,长期以来对地面天文学、粒子天体物理学、引力物理学、南极和北极的大型研究计划进行投资,并负责国家大气研究中心、国家红外光天文学研发实验室、国家太阳天文台、国家无线电天文台等 4 个联邦资助的研发中心。这两个领域是 NSF 资助的核心优势所在。

NSF 不仅继续加大对科学前沿基础研究的支持力度,同时,它还将承担起面向国家重大战略需求和长期发展的科学技术研究任务。面对越来越复杂的科学难题和越来越激烈的国际科技竞争,美国在其众多科研机构中选取 NSF 来发展前沿技术。2020 年 5 月 26 日 *Science* 杂志报道,由参议院少数党领袖舒默牵头提出“无尽前沿法案”(The Endless Frontiers Act)或称为“领先于中国法案”(Stay Ahead of China Act)的立法提案,呼吁 5 年内为 NSF 增加投资 1 000 亿美元以重构 NSF,将其改为国家科学技术基金会(National Science and Technology Foundation),主要是增加类似于美国国防部高级研究计划署(DARPA)的技术理事会,重点发展人工智能、高性能计算、量子信息、机器人自动化等十大前沿技术,并建立区域技术中心,以应对国际竞争^[11]。这是美国科技创新政策的重大战略调整,体现了美国在科学发展基础上,对技术创新和产

业化的重视。

3.4 覆盖对大、中、小型科研设施的支持

NSF 一直以来以能为科学界和学术界进行最先进的科学研究和科学教育提供必需的设施为己任,也是除能源部外,对科学设施支持最大的联邦机构。它本身不直接参与所资助设施的建造和运作,而是通过授权外部实体如大学、大学联盟或非营利组织,以合作协议或者合同的方式,来建设、管理和运行设施,但却保留其对设施的监督权利以保障各项资助活动顺利进行。

它专设重大研究设备与设施建设基金(MREFC)来支持科研设施的建造、购买、保养、维修和运行,每年用于此项的经费大约为 2 亿~3 亿美元,约占整个机构年度预算的 3%。通常来讲,这一专项基金用于支持花费超过千万美元的大型科研设施,另外一些花费不高于 200 万美元的小型科研设施,由其研究及其相关经费(R&RA)负责。这样,一些具有重要潜力和价值的中型科研设备建设计划就落入两者的空档中。NSF 意识到这可能会错失真正的科学知识,为科学的健康繁荣带来隐患,因此最近几年开始采取更为灵活的资助措施,降低大型科研设施的资助门槛,大力支持中型设施计划项目,并将对中型设施的支持列入未来投资的十大思想中。这样,NSF 的科研设施支持计划就覆盖了所有的大中小型设施。自 2014 年以来,NSF 持续加强对科研设施的建造和运行资助前后的监管,新增主管设施管理的官员和委员会代表,改进大型设施项目成本和进度的估算和审查政策,评估其管理劳动力缺口,充分表明对设施支持项目付出的努力。

4 启 示

中美具有不同的政治体制、科技体制、经济发展水平和社会文化传统,NSF 的经验当然不能完全照搬到中国,但其成熟的资助体制及在新形势下的关键资助举措为我国的科学基金发展提供了有益借鉴。

4.1 健全法律体系及规章制度建设

经过 30 多年的发展,我国的自然科学基金制度建设已经取得很大进展,也具有了较为系统的制度框架,这成为我国科技事业发展、尤其是科技创新能力提升的重要保障,在促进我国基础研究和源头创新、规范科学基金资助和管理、优化资源配置方面做出了重要贡献。总体来说,我国有关自然科学基金的立法分成两个层次,一是属于国家行政法规的《国

家自然科学基金条例》，二是国家自然科学基金的规章制度，包括组织管理制度、程序管理制度、资金管理制度、监督保障制度和其他规范性文件。但在国家最高层次的科技法律体系中并没有关于国家自然科学基金的专门条款，《中华人民共和国科学技术进步法》《中华人民共和国促进科技成果转化法》等仅为国家自然科学基金提供了宏观指导，并没有对其进行法律地位和管理权力的界定，因此，我国自然科学基金制度相对来说层次较低，系统性不足，与国家科技的重视程度不相匹配，影响了其社会地位以及基金制度的实施^[12]。

为此，国家自然科学基金可以考虑借鉴美国科学基金的三级法律体系，努力争取全国人大通过制定专门的国家自然科学基金法律或将《国家自然科学基金条例》上升为国家法律，并配套制定有关国家自然科学基金资助管理的行政法规，在此基础上制定各部门的基金管理政策和文件，将科研要求、资助目的和方式等内容明确法律界定，这是推进科技领域依法治国的重要举措，也是我国科学基金各项工作的法律保障。目前，我国的科学基金制度建设方面还存在着一些不足，比如不同类别项目的不同评价标准问题、同行评议的“名”与“实”问题^[13]、外行评审和“小圈子”评审问题、预算规范问题、资助战略宏观统筹问题、资助导向和资助布局亟需明确和调整等问题。在国家宏观法律指导下，健全配套的法制保障措施，可以为基础研究提供优质的外部环境，自然科学基金委各部门也可依法办事，明确自己的权利和义务，及时改进并更新各项规章制度以更好地指导后续工作，使制度建设与各项工作形成良性互动，从而对科研人员及科研管理单位发挥明确的导向作用。

4.2 强化科技人才的发掘和培养

同美国一样，中国也重视科技人才的重要战略作用，并将发现、培养、集聚科学家和科技领军人才写入了国家“十三五”规划中。自然科学基金委在其章程、规章制度和当下的科学基金改革中也一直强调加大对优秀科技人才的培养力度，力图促进基础研究和教育的结合，并设专项资金培养青年科学技术人才。但与美国科学基金涵盖整个教育和继续教育系统的人才培养机制相比，我国在很多地方还体现出一定差距。比如，美国国家科学基金对不同类型的人才，在其不同成长阶段都设有针对性较强的人才资助计划，但我国国家自然科学基金的人才项目对申请人资格的要求都是具有高级职称或者博士

学位，仅有青年科学基金项目可以是同一学科领域内两名专家的推荐。也就是说，其资助主要针对已经有一定成绩的科学家和研究人员，对硕博研究生阶段的支持较少，更不涉及 K-12 系统的学生。然而，对拔尖科学人才的培养应该从学生时代就开始，这样才能使得优秀、有潜力的人才从中小学就可以被识别发现，然后加以重点培养。虽然国家自然科学基金在资助管理文件中提及，确定资助领域和资助方式的原则之一是有利于促进研究和教育的结合，但实际工作中，因为教育并不属于自然科学基金委的主要任务，如何促进两者的结合有一定困难。而且我国现在的研究生奖助学金还存在一系列问题，如设置与国家需求结合不紧密、评审标准不统一、缺乏科学性、操作性、公正性等^[14]，为我国高端科技人才培养带来负面影响。此外，我国现有的高级别人才培养项目，比如优秀青年科学基金项目和杰出青年科学基金项目都对年龄具有较大限制，这就使得一些科技后发人才无法更好地发挥其潜力。年龄一旦超出限制，无法申请此类人才项目后，许多学者的科研积极性便大幅下降，社会认可度也降低，这对学者个人乃至国家的科技事业发展都较为不利。

针对这些问题，国家自然科学基金在现有人才培养模式基础上，可以考虑设立不受年龄限制的优秀学者计划，并对此制定相关的评审规定和管理制度，鼓励优秀学者不因年龄等客观条件限制而放弃科学研究，继续大胆、自由地探索科学问题。在 k-12 教育系统和高等教育体系内识别培养科技人才问题上，自然科学基金委可以考虑与教育部和财政部进行战略对接，尝试从以下方面改进工作：第一，鉴于本科生和研究生教育在产出高端科研成果和培养高精尖科技人才方面的重要性，增设针对高校大学生和硕博研究生的科研项目，或设置以创新研究为目标的奖、助学金体系。实施层面上，首先需要充分调研现有的大学生科研项目和奖助学金现状，与教育部门合作制定相关计划。然后，在项目评审中引入科学家和教育专家的双评审机制，根据研究可能产生的价值确定资助金额和奖助学金等级。如果资金充足，对有重大影响的研究成果进行再次奖励，以吸引和保留优秀的毕业生留在 STEM 领域。第二，增设中小学和高职院校 STEM 领域内的教师培训计划，利用时间相对充足的寒暑假，由高校和科研机构的科学家开设关于科学知识和科学教育的研修班、培训班、工作坊等，不仅提升教职员工的科学素

养和水平,也提升他们的教育能力,以方便为国家的科技事业提供更多更优秀的后备人才。第三,学习 NSF 学术界与工业界联盟的人才培养机制,即由国家自然科学基金、工业界和学校共同提供经费,增加科学界和工业界的科技人员之间相互交流的机会,将对人才的培养与工业发展的需求相结合,在培养人才的过程中使用人才^[5]。

人才培养方面还需要注意的是,随着全球化和国际交流趋势的增强,科技领域的交流和合作也在发生变化,如何充分利用和吸引外国专家并发挥他们对我国科技事业的作用也是我们当下亟需考虑的问题。美国的科技强国地位很大程度上是二战及以后,利用其开放的移民政策,吸引了众多全球一流的科技人才的结果^[15]。我们现在的研究项目虽然对他们已经开放,但具体的管理机制及引进力度还需进一步加强,需要我们花较大力气去进行探索和研究。

4.3 加大投资力度,兼顾基础研究和前沿技术研究

美国对基础研究的投入持续增长。根据《2020 科学与工程指标》,2017 年美国联邦政府科研机构研发经费总值达到 1 189.748 亿美元,其中投入基础研究经费约 332.715 亿美元,占比达到 28%^[16],NSF 获得经费每年大约在 80 亿美元,平均资助率 24%左右,2019 年更是高达 27%。

相比之下,我国的研发经费总量虽然近年来增幅较大,但还有一定差距,且我国对基础研究的投入比例一直偏低。根据国家统计局 2019 年全国科技经费投入统计公报,我国的研发经费投入总量为 22 143.6 亿元,其中投入基础研究的经费为 1 035.6 亿元,占比为 6%左右^[17],与其他发达国家平均 15%以上的基础研究占比水平相比差距仍然较大^[18]。2019 年自然科学基金委项目资助直接费用接近 288 亿元^[19],与美国 300 多亿美元的基础研究经费相距甚远,也不及 NSF 每年近 80 亿美元的项目投资力度,但是,我国科研人员数量却是美国的 120%^[20],且我国自然科学基金的资助率一般不超过 20%。以 2019 年为例,除面上项目(资助率 18.98%)和青年科学基金项目(资助率 17.9%)以外,其余项目均未超过 15%^[21]。况且,美国形成的是多元分散的科研体制,包括 NSF 在内的多个联邦机构如国防部、能源部、卫生与健康服务部、航空航天局、农业部、商务部等都对基础科学有一定的支持,研究人员可以向多个机构申请项目,获得资助的机会大大增加。但在我国,投入偏低、资助率偏低、资助途径偏少、科研人员偏多等多种因素使得基础

科研项目竞争性强,一些有价值的申请长期得不到资助,科研人员自信心和积极性备受打击,影响科学的繁荣发展。

科研设施项目方面,NSF 的投入力度占总预算的 3%,2019 年国家自然科学基金的投入力度大约占总资助金额的 2.4%,强度上稍有差距。我国的设施项目主要关注重大科研仪器的研制,但中小型设施同样对科研起到关键作用。近年来美国对科研设施的重视及对大中小型科研设施支持的全覆盖,为我国增加科研设施投资力度提供了有益启示。美国主要通过 NSF 的科学发展战略计划和一些国防项目,向大学、科研机构和企业投入大量资金,用于建立世界领先的现代化实验室和科学实验装置,从而吸纳全球的科技精英和优秀学子赴美开展基础研究。设施项目关系到科技人才的流动和整个科学事业的健康繁荣。

技术研究方面,美国的“无尽前沿法案”通过加大对 NSF 的投资来发展十大前沿技术,这一法案已得到两党的支持,如果顺利通过,NSF 每年获得的经费将在现在 80 亿美元的基础上增加四倍,从而获得集中、持续的资金支持。但目前我国的基础研究对国家需求的响应还远远不够,学科知识和应用领域之间的互动也远远不够,亟需加强统筹设计和规划;面向科学前沿的研究资助虽部署完整,但源头创新能力不足;面向国家需求的资助统筹设计和力度不够,是自然科学基金委资助工作的薄弱环节。因此,国家自然科学基金必须争取额外专项经费,重点加强前沿技术研究,打破科学和技术之间的壁垒,促进两者之间的融合,加强国家需求背后的核心科学技术问题研究,为国家的发展提供重要的技术保证。

因此,不管是在促进国家基础科学事业发展,提升源头创新能力,还是在应对国际竞争和国家需求,解决“卡脖子”技术及难题方面,国家自然科学基金都需要加大投资力度,对基础科学研究进行更深入、更广泛的支持。

4.4 优化资助布局和管理

首先要突出重点资助领域。中美两国都坚持立足国家需求和学科前沿,鼓励源头创新的基本资助原则,在各自的发展规划中提出了重点资助领域。在具体工作中,NSF 的做法是在此原则指导下,制定跨越整个 NSF 层面的战略计划,确定少而精的优先发展领域,如 2016 年的“NSF 未来投资的十大思想”。当前,我国自然科学基金的重点资助领域主要是各科学部自己确立的,每个科学部都有多达几十

个重点项目资助领域。根据2020年国家自然科学基金项目指南,数理科学部的重点资助领域有122个,化学科学部有87个,生命科学部有44个,最少的地球科学部有8个,其中只有工程与材料科学部和信息科学部发布了重点项目优先资助领域^[21]。虽然在项目申请过程中各科学部都强调注重学科的交叉融合,但缺乏自然科学基金委整体层面的宏观统筹,无法满足国家的重大需求。鉴于此,国家自然科学基金可以考虑在接下来的工作中,学习NSF的做法,对重点优先资助领域加强顶层设计,进行优中选优,选取对社会发展和国家安全具有特别重要意义的少数领域,上升为跨越自然科学基金委所有科学部和职能办公室的战略目标。在确定优先资助领域的过程中,要明确需要解决的关键科学问题,避免重点研究开发计划“像一个大口袋”^[20],将大量的优先领域列入其中。

其次要强化化学学科交叉和融合研究。新一轮科技革命和产业变革带来科学研究范式的根本变化,跨学科、交叉学科研究成为必需和常态。同时,随着我国的科学事业慢慢走向世界前列,开辟新的科学方向、选准科学问题、开发一系列具有颠覆性、变革性、高风险的项目,从而促进学科交叉和融合研究是我们面临的重大挑战之一。自然科学基金委早在成立之初,就设立重大项目计划以支持学科交叉研究,但总体来说,经过几十年的发展,交叉融合研究还未在国家战略层面占据重要的一席之地,对其支持力度也不够^[8]。在新形势下,自然科学基金委新成立了交叉科学部,但如何进行交叉学科的立项、评审、资助和管理,还需要我们探索新的工作机制。为此,我们可以借鉴NSF“融合会聚”的理念,对跨学科研究进行升级,不仅要进行多学科之间的交流沟通,而且要将不同学科的不同研究方法整合成一个完整的体系,将各学科进行深度融合,培育新的研究范式和研究领域,以解决最紧迫的科学问题和社会挑战。融合会聚是对学科交叉研究的延续,可被视为人类终极重大挑战,一旦实现,将为人类所面临的其他挑战铺平道路,如对抗疾病、提高生产力、实现可持续发展、保障粮食安全等^[22]。NSF已经于2017年发布了第一批融合研究项目,在借鉴其具体工作实践的基础上,我们后续需要进一步认清交叉融合研究的特点,规划交叉融合研究的战略指导思想 and 目标,以重大交叉科学问题为导向,采取多种支持资助机制,探索及加强对交叉融合研究的资助工作。

最后要加强基金项目管理工作,提升管理绩效。

在尊重科学研究规律、鼓励科学家的自由探索问题上,NSF鼓励研究人员提交不在项目公告范围内的申请,试点“取消项目申请截止日期”等,这在缓解同行价值评议系统压力、减少项目申报书数量、方便科学家更详尽地制定项目研究方案等方面已经取得了一定成效^[9]。我们也可以对此进行尝试,鼓励更大程度的自主选题和更灵活的提交申请时间,尊重科学研究规律,保护科学家的研究兴趣,争取在原创探索项目上有重大突破,为未来几十年的重大科技创新打好基础。这样也有利于缓解自然科学基金委各管理部门的工作压力,减少集中受理期的受理量。

5 总结

作为美国科学界四大学术机构之一,NSF对基础科学研究和教育的资助在美国科学发展史上起了举足轻重的作用。NSF充分认识到自己的使命,在美国多年的科学资助及资助管理工作中形成了“卓越、公共服务、学习、包容、合作、诚信、透明”的核心价值观,并在这些价值观的指引下开展各项管理工作,同时也会根据国家发展需要适时调整自己的战略目标。NSF成熟的资助体系、对科学人才的系统培养、跨越整个机构的资助重点领域、对基础科学和技术的大力投资、对基金资助布局的逐渐优化是它完成各项使命的重要保障,也是我国自然科学基金在深化改革、开启“十四五”新时期的关键时刻学习的重要方向。

参 考 文 献

- [1] Bush V. Science: The Endless Frontier. Washington: United States Government Printing Office, 1945.
- [2] National Science Foundation. FY 2019 Agency Financial Report. (2019-11-19)/[2020-08-22]. <https://www.nsf.gov/pubs/2020/nsf20002/pdf/nsf20002.pdf>.
- [3] 李安,柯紫燕,潘黎萍.美国国家科学基金法律制度研究.北京:中国社会科学出版社,2014:91.
- [4] National Science Foundation. Proposal and Award Policies & Procedures Guide. (2020-01-24)/[2020-06-20]. https://www.nsf.gov/pubs/policydocs/pappg19_1/nsf19_1.pdf.
- [5] 刘洋.美国国家科学基金会人才使用机制对中国的启示.中国科技论坛,2017(6):171—177.
- [6] National Science Foundation. NSF INCLUDES Report to the Nation. (2018-01-31)/[2020-06-22]. https://www.nsf.gov/od/broadeningparticipation/INCLUDES_report_v16_WEB.pdf.
- [7] Committee on STEM Education of the National Science & Technology Council. Charting a Course for Success: America's Strategy for STEM Education. (2018-12)/[2020-09-17]. <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/05/f62/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>.

- [8] 樊春良, 李东阳, 樊天. 美国国家科学基金会融合研究的资助及启示. 中国科学院院刊, 2020, 35(1): 19—26.
- [9] 刘润生, 姜桂兴. 美国国家科学基金会科研资助与管理动向研究. 全球科技经济瞭望, 2018, 33(7): 33—41.
- [10] Office of Science and Technology Policy. America Will Dominate the Industries of the Future. (2019-02-07) / [2020-06-22]. https://www.legistorm.com/stormfeed/view_rss/1442798/organization/69295.html.
- [11] Mervis J. U. S. Lawmakers unveil bold \$ 100 Billion Plan to Remake NSF. (2020-05-26) / [2020-06-29]. <https://www.sciencemag.org/news/2020/05/us-lawmakers-unveil-bold-100-billion-plan-remake-nsf>.
- [12] 李叶宏. 国家自然科学基金制度评析: 不足及其完善. 中国科学基金, 2019, 33(6): 601—605.
- [13] 郭子俊, 杨爱华. 美国国家科学基金会的发展特点及经验启示. 自然辩证法研究, 2019, 35(12): 63—68.
- [14] 洪柳. 我国研究生国家奖学金制度现存问题研究——以美国科学基金会研究生国家奖学金为借鉴. 学位与研究生教育, 2018(12): 67—72.
- [15] JASON. Fundamental Research Security. (2019-12-06) / [2020-10-23]. https://www.nsf.gov/news/special_reports/jasonsecurity/JSR-19-2IFundamentalResearchSecurity_12062019FINAL.pdf.
- [16] National Science Board. Science and Engineering Indicators 2020. (2020-01) / [2020-06-23]. <https://ncses.nsf.gov/pubs/nsb20203/recent-trends-in-federal-support-for-u-s-r-d>.
- [17] 国家统计局. 2019年全国科技经费投入统计公报. (2020-08-27) / [2020-11-10]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202008/t20200827_1786198.html.
- [18] 邓永旭. 解读《2019年全国科技经费投入统计公报》. (2020-08-27) / [2020-11-10]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjjd/202008/t20200827_1786200.html.
- [19] 郝红全, 郑知敏, 李志兰, 等. 2019年度国家自然科学基金项目申请、评审与资助工作综述. 中国科学基金, 2020, 34(1): 46—49.
- [20] 方新. 关于我国发展基础研究的几点思考. 中国科学基金, 2019, 33(5): 417—422.
- [21] 国家自然科学基金委员会. 2020年度国家自然科学基金项目指南. (2020-01-10) / [2020-06-20]. <http://www.nsf.gov.cn/>.
- [22] 王炼. 美国会聚研究发展浅析. 全球科技经济瞭望, 2018, 33(9): 23—28.

Some Funding Measures of U. S. National Science Foundation and the Inspirations

Sun Haihua^{1,2*} Zhang Lichao³

1. School of Foreign Studies, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116

2. Graduate School of University of Chinese Academy of Social Science, Beijing 102488

3. Institute of Science and Technology, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116

Abstract The National Science Foundation (NSF) is an independent federal agency in U. S. for supporting groundbreaking research and education across the full range of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) disciplines. It has established a sound law system and a comprehensive talents-fostering system. In recent years, it puts forward some new funding measures based on the national strategy, such as determining the fields for priority research, presenting the idea of convergence research, and strengthening its support to the large, middle, and small-scale research facilities and the most advanced technologies. These measures give inspirations to the National Natural Science Foundation of China (NSFC), who is experiencing a deep reform on its funding system and management, and could improve its work in law system construction, mode of talents fostering, funding intensity and funding management.

Keywords National Science Foundation; funding policy; law system construction; talents fostering; funding intensity; funding management

(责任编辑 姜钧译)

* Corresponding Author, Email: sunhaihua1982@126.com