

·基金纵横·

# 美国国家科学基金会对学科交叉研究的资助及启示

樊春良

(中国科学院科技政策与管理科学研究所,北京 100080)

学科交叉研究是科学上产生重大发现的重要途径。科学发展的历史表明,科学上的重大突破、新的生长点乃至新学科的产生常常是由不同学科的彼此交叉、相互渗透而产生的。学科交叉、融合已成为当代科学发展主要特点之一,当代重大的科学问题往往很难归为单一的学科,多数是交叉性的,解决这样的问题需要多学科协同、交叉的能力,体现着科学的总体水平。在这种形势下,世界各国的政府和资助机构、科学学会和大学都把资助学科交叉研究放在一个重要的战略位置。在美国,国家科学基金会(NSF)、国防部高级研究计划署(DARPA)以及其他一些主要资助机构都围绕着学科交叉研究设置和安排资助计划,目的是鼓励学科之间的联系,发展新方法、技术和工具,促进研究结果的应用。其中,NSF对学科交叉研究的资助有明确的指导思想和系统的实施计划,对我国学科交叉研究的发展有重要的参考价值。

## 1 NSF支持学科交叉研究的目标

NSF把对交叉学科研究的支持放在一个战略重要地位,NSF的主任Rita Colwell博士对学科交叉的意义是如此评价:“学科交叉的联系对学术的发展是绝对根本的。科学各部分之间的交界是最令人兴奋的”。近两年,NSF支持学科交叉研究的经费也在大幅度上升,在2004财政年度NSF向国会要求的41.1亿美元的研究及相关的活动(RR&RA)的预算中,7.65亿美元用在学科交叉研究领域,比2003年增加了16.5%,分配在4个优先领域:环境中的生物多样性;信息技术研究;纳米科学与工程;人类和社会的动力。如果我们再把其他有关支持学科交叉的类型(例如,研究中心)的资助算上,那么对学科交叉的资助在NSF中占相当大的比重。

NSF支持学科交叉具有明确的目的:(1)瞄准

解决国家需要的复杂问题,汇聚众多学科视野;(2)激励知识在大学、公共部门和私营部门之间的转移;(3)促进不同领域的自然联系,因为相互联系对于成功是关键的。NSF资助学科交叉的模式和布局充分体现了这些目标。

## 2 NSF对学科交叉资助的模式

NSF支持的研究与教育活动主要有三大类:研究及相关的活动(R&RA);教育和人力资源;主要的研究设备(Major Research Equipment)等,其中对交叉科学研究的支持主要是在R&RA类活动中,也有一部分是在教育与人力资源中。R&RA是NSF的主要资助类别,资助四种类型的活动:(1)核心活动,主要资助特定学科领域中以研究人员个人和小组为主的研究活动;(2)跨联邦机构的计划及基金会内部跨学部的优先领域和计划;(3)研究中心;(4)单独支持的教育计划,或与教育和人力资源学部共同资助的研究计划。NSF 40%的教育活动是与研究结合起来资助的。其中,核心活动是学科交叉研究的基础。

NSF对学科交叉的资助主要包括以下几类:(1)多科学的优先领域;(2)学部间的横向计划;(3)研究中心;(4)教育。

### 2.1 优先的多学科领域(NSF Priority Multidisciplinary Areas)

NSF优先领域集中在知识的前沿领域和具有重要国家利益的领域,在其中做出的发现和创新有可能会产生具有重要意义进步。NSF的优先领域是跨越不同学科的交叉领域,例如,“环境中的生物复杂性”。环境是一个具有重要国家利益和科学意义的领域,同时又是涉及众多不同学科的研究领域。而“环境中的生物复杂性”则是环境科学研究中的一个学科交汇的优先领域,其目的是汇集多学科的新的科学技术能力来研究生态、社会和物理地球系统

本文于2004年11月8日收到。

的相互作用,应对由综合跨领域、系统、时间和空间的环境知识所带来的挑战,并预测这些相互作用的结果。对环境中的生物复杂性的研究目的是更完全地理解自然进程、人类行为和决策对自然界的影响,以及如何有效地应用新技术观测环境和保持地球上生命的多样性。计算和信息技术、实时遥感技术和遗传信息学等一些新的研究工具被用来探索生物与其环境的作用。又如,信息技术研究显然是科学技术和国家发展都十分重要的领域,因为信息技术在许多领域与其他学科的相互作用正在产生丰硕的成果(信息对分子生物学和医学的作用即是突出例子),因此,从多学科的途径研究信息技术成为 NSF 的优先领域。在 2002 财政年度尤其强调 IT 和生物技术的界面。NSF 的优先领域通过跨学科的支持,任何学科都可以申请。

NSF 的优先领域,少而精,比较集中,每年有一定的变化。例如,2003 年的优先领域有 4 个:(1)环境中的生物复杂性;(2)信息技术研究;(3)面向 21 世纪的学习;(4)纳米科学与工程。2004 年为 5 个:(1)环境中的生物复杂性;(2)信息技术研究;(3)纳米科学与工程;(4)数学科学;(5)人类与社会动力。其中,数学科学是在 2004 财年实施中提出的。这种变化反映了优先领域对科技发展新需求和时代变化的适应。例如,2004 年增加“人类与社会动力学”(Human and Social Dynamics),目的是更好地理解各个层次上人类和社会行为的动态变化,包括人类的智力和精神,增加对变化的复杂后果的预见能力。这一优先领域的设定在一定程度上反映“911”恐怖事件之后美国社会对应对不确定性、危机和灾难等方面知识的迫切需要。而把数学科学列入优先领域,是多年来美国科学界呼吁增加非生命科学研究经费的一个反映。

NSF 优先的多学科活动还包括 NSF 参加联邦跨机构的计划,例如,美国全球变化计划。

NSF 对多学科优先领域的支持有两个突出特点:(1)人才队伍建设和培养人才紧密结合;例如,2001 年“纳米科学与工程”专门设立支持群体的基金——纳米学科交叉研究团队和纳米探索性研究,2000 年“环境中的生物复杂性”设有支持研究与教育结合的基金——整合环境系统中的研究与教育;(2)注重自然科学和社会科学的交叉。2003 年的“面向 21 世纪的学习”和 2004 年的“人类与社会动力学”都是自然科学和社会科学交叉的领域,而“信息技术研究”和“纳米科学与工程”两个领域都设有

关于(信息和纳米)技术发展的社会、伦理和劳动力问题的专门研究内容。

## 2.2 学部间的交叉或横向计划

在 NSF 各学部资助中,常常有联合资助的特殊的交叉学科资助计划。其中比较有名的一项计划是 1997 年设立的“关于极端环境下生命的研究”计划,由地学部、工程学部、数理学部、生物学部、极地办公室共同资助,目标是探索微生命组织与其生存环境之间的关系,重点在那些接近行星极端条件的支持生命的环境。另外,这个计划也探索太阳系之内和之外的行星环境,帮助人们寻找和确定可能存在生命形式的其他地方。“关于极端环境下生命的研究”是一个学科交叉的研究计划,目的是通过学科交叉与整合的研究,促进对“极端条件下的生命”的认识。

该计划的核心是促进不同学科之间的交流和合作,把相关领域的科学家带到一起,彼此相互促进。为此,采取的资助学科交叉研究的机制包括:(1)支持团队建设。彻底研究极端条件下的生命现象需要通过分析系统发生学的途径,汇集不同的学科,这些学科包括微生物学、行星学、天文学、地质学、地球化学、分子生物学和工程学,还有其他一些学科。为此,要建立具有团结一致精神的研究小组,以确保传统上没有相互接触的学科有高质量的相互影响。团队建设以有机体和环境背景为核心,鼓励各学科学者组成研究队伍;(2)支持会议,特别是短期的、不是花费很高的会议,鼓励学生参与。还有举办交叉学科研讨班;(3)资助培训学生项目或奖学金,集中用在学科交叉项目或学科交叉群体(例如,环境科学与微生物学);(4)建立研究台站网或观察网站。此外还有少量的探索性研究项目。

## 2.3 研究中心

NSF 支持各种不同的研究中心,例如科学技术中心(STC),学习科学中心(Science of Learning Center)、纳米技术中心和信息技术中心等,其中许多中心的宗旨是促进学科交叉研究以及促进研究与教育的整合。通过 NSF 资助,研究中心把相当多的科学家和工程师汇在一起,从事目的在于解决复杂问题的基础研究,由此中心通过长期、协调的努力解决科学和工程的重要问题。研究中心常常包括很强的教育成分,并与工业界建立伙伴关系,以确保研究和教育与国家需要相关联以及促进知识向社会转移。其中,典型的研究中心是科学技术中心(STC)。

STC 计划是由国家科学委员会(NSB)于 1987 年 8 月批准实施的。对 STC 的支持是长期的,一般在

10年左右。最初,STC是作为一种新的资助模式试验探索,1989年和1991年分别支持第一批、第二批中心,共25个。实践证明,它是很成功的模式。1997年在经过评估后,NSB决定继续支持STC。2000和2002年支持第三、第四批,共11个。2005财年计划支持6个。

STC的目标是支持来自不同机构的研究人员在新兴前沿学科领域长期从事跨学科的合作研究,包括3个方面的活动:(1)研究——从事以大学为基础的学科交叉的研究;(2)知识转移——鼓励知识向社会其他部门转移;(3)教育——建立创新性教育。

STC的突出特征是把科学、教育和知识转移有机地结合在一起。例如,加州大学戴维斯分校的生物光子科学与技术中心,集中在生物光子领域,包括生物和医药中的光和辐射、生命科学和光子学等学科交叉领域。中心汇集了100名研究人员——包括物理学家、生物学家、医生和工程师在这个领域开展合作,他们分别来自加州大学戴维斯分校、劳伦斯国家实验室,加州大学伯克利分校、加州大学旧金山分校、阿拉巴马大学、斯坦福大学、得克萨斯大学、汉普顿大学、菲斯克大学等。研究项目包括以生物光子学为中心的一系列相关学科交叉的研究题目,包括:分子机制;成像和诊断;计算生物光子学和生物医学的应用。中心开展的教育活动与科学研究的最新进展紧紧联结在一起,层次分明,内容多样,另外,知识转移和公共服务也是中心一个非常重要的部分,其关键的核心是双向的信息交流。交流与合作不仅在中心的各成员之间开展,而且在中心、工业界、资助机构、其他研究机构和其他NSF的中心以及辅助设施提供者之间展开,实施的手段有:CBST远程网、CBST网站,CBST时事通讯,CBST工业年会等。

纳米技术中心(The Center for Nanotechnology)是NSF近年来支持的一种新的类型的交叉学科中心。在2000年美国国家纳米行动计划(NNI)实施后,NSF资助了若干个纳米技术中心,都有很强的教育成分,一些中心要求研究生必须修不同学科的课程,许多中心建立了保证研究生有机会与其他领域科学家对

话的机制。

#### 2.4 教育

在NSF资助的多种教育项目中,有一些是与交叉学科有关的。例如,NSF整合研究生教育和研究教育津贴,其目的是资助科学和工程领域的博士研究生在完成博士论文时获得技术、职业和其他技能。它强调学科交叉的支持途径,研究计划力图为研究教育提供创新的模式。

### 3 结论

对学科交叉研究的重视和支持是NSF的主要特征之一。从中,我们可以得出以下几点可借鉴的结论:

(1)支持学科交叉研究要有明确的指导思想、目标和长远的计划以及持续的支持。为此,国家资助机构应该把支持学科交叉研究放在一个战略位置,根据学科交叉研究的特点,采取相适应的方式,长期支持。

(2)支持学科交叉研究应该与优先资助领域结合起来。优先资助领域是科学发展的新机会、国家重大需求和学科间发展协调等因素的反映,这些领域与学科交叉有着内在联系和相互促进关系。

(3)对学科交叉研究的支持应该与人才培养和教育相结合。促进学科交叉研究的关键是培养具有多学科知识、素质与合作精神的人才,而培养这样的人才需要紧紧地与研究活动结合在一起,并采取新的教育手段和机制。

(4)探索多种不同的资助机制。学科交叉研究表现在不同的方面,有着不同的特点和发展方式,因此应该根据不同的领域和不同的主题,采取多种资助机制,探索新的资助模式。

(5)注重对研究中心的支持。研究中心可以汇聚不同学科的研究人员、教师和学生,并可以与外界组织建立灵活的合作关系,是支持学科交叉的一种有效的方式。

(6)积极支持促进学科交叉研究的平台建设(论坛、网络、研讨会等),促进学术交流,创造促进多学科交流与合作的氛围和环境。

## THE INTERDISCIPLINARY ACTIVITIES IN NSF

Fan Chunliang

(Institute of Policy and Management, CAS, Beijing 100080)