

DOI: 10.13376/j.cbls/2022070

文章编号: 1004-0374(2022)06-0609-04

睿 ● 观 ● 家

# 科研活动的第三种形态：高风险导向型技术研究

吴家睿

(中国科学院分子细胞科学卓越创新中心, 上海 200031)

美国在第二次世界大战后迅速成长为世界头号科技强国；这主要得益于国家主导的科研体制之建立。在这个举国体制下，联邦政府设立了不同的资助机构以支持不同的科研活动，如国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)注重支持基础研究，国立卫生研究院(National Institutes for Health, NIH)则主要支持生命科学与医学方面的基础研究和临床研究。

进入21世纪，世界形势发生了巨大变化，科学也正在发生着相应的改变。不久前，为纪念影响美国现代科学体制建立的科技政策报告“科学：无尽的前沿”(Science, the Endless Frontier, 即著名的“布什报告”)发表75周年，美国国家科学院、国家工程院和国家医学科学院联合举行了纪念讨论会，并在会后发表了题为“无尽的前沿：下一个75年的科学”(The Endless Frontier: The Next 75 Years in Science)的会议总结<sup>[1]</sup>。这份总结明确指出：“当代研究体系与1945年时的相比，体量大了很多，研究者间的合作、多学科交叉和国际交流等都有了显著的增加”<sup>[1]</sup>。更重要的是，美国参议院于2021年5月通过了一个沿用该政策报告之名字的方案——《无尽前沿法案》(Endless Frontier Act)。这一法案不仅计划在5年时间里投入1100亿美元以提振美国科技创新能力，而且提出了面对新科技形势的新举措。

## 1 科研活动的第三种形态：高风险导向型技术研究

《无尽前沿法案》的核心内容：在NSF成立一个新的“技术和创新理事会”(Directorate for Technology and Innovation, DTI)，负责支持和管理前沿技术领域的所有研究活动，以保持美国在技术创新中的领先地位。可以看到，该法案不是简单地给NSF增加经费，而是要对NSF的角色做一个重要的调整：

从偏重于资助基础研究转变为同时要重视前沿技术创新方面的研究。提出该法案的4位参议员在法案的前言中写道：“在诸如人工智能、量子计算、先进通讯和先进制造等关键技术竞争中胜出的国家将成为未来的超级大国”<sup>[2]</sup>。该法案甚至提议把NSF的名称改为“国家科学技术基金会”(National Science and Technology Foundation, NSTF)。

该法案规定，NSF将获得其预算中的绝大部分——1000亿美元，这使得NSF的经费有了巨大的增长，年度预算将从目前的80亿美元增加到2024年时的350亿。更重要的是，这种经费的增长主要是用于保障新的战略目标——技术创新研究的实现。美国麻省理工学院(MIT)校长莱夫(Reif, R)对此有深刻的理解：“这种经费有一个重要的限定：它不是用来扩增现有的资源，而是与现有的资源实现互补；它建立在NSF已有的优势之上，并被用于填补这个研究体系的缺口”<sup>[2]</sup>。

NSF成立于1950年，其主要架构基于“布什报告”提出的基础研究和应用研究联合构成的科研体系，“进行基础研究并不考虑实际目的。它产生的是一般性知识以及对自然及其规律的理解。尽管无法对任何问题给出完整具体的答案，但这种一般性知识提供了解答大量重要实际问题的方法。应用研究的功能就是提供这样完整的答案”<sup>[3]</sup>。基于这种科技架构，美国成为了世界第一的科技强国。但是，今天的世界科技形势发展让美国政府感到了巨大的压力。NSF在最新发布权威科技统计报告《2022科学与工程指标》(Science and Engineering Indicators 2022)中是这样总结的：“包括中国在内的其他国家在研究与发展(R&D)和科学与技术(S&T)方面的支出增长幅度已经超过了美国。其结果是，美国的R&D虽然有所增加，但美国在全球R&D中的占比却在下降；在某些S&T领域中，虽然美国的科研活动之绝对数量在增长，但其相对的

排名却没有变化甚至在下降”<sup>[4]</sup>。

美国科技界普遍认为,导致这种挑战的原因不仅是研发投入的增长幅度不大,而且资助研究的传统方式也存在问题。NIH的前院长柯林斯(Collins, F)等人不久前撰文指出:“情况正变得清晰:尽管一些最具创新想法的项目可能会带来重大的突破,但是它们往往不符合现有的资助体系。NIH传统上倾向于资助那些渐进的、假设驱动的研究;而希望资助的项目则需要能够在一个合理的时间段内给出预期的回报,以此才足以吸引投资者。结果就是,许多最有前景的想法可能根本得不到落实;这意味着创新机会的巨大丧失”<sup>[5]</sup>。需要指出的是,这类最具创新想法的研究并非单纯的“从0到1”的自由探索。柯林斯等人在文中特别强调:“许多这类激进的想法涉及到创立适用于研究多种疾病的平台、配置和资源。大多数NIH的申请计划源于‘好奇心驱动’(curiosity-driven),而这类激进的想法则大多属于‘应用驱动’(use-driven)的研究,即解决某个实际问题的导向型研究”<sup>[5]</sup>。换句话说,在好奇心驱动的基础研究和功利目的驱动的应用研究之外,还存在着第三种形态的科研活动——具有很高风险的导向型技术研究。

## 2 高风险导向型技术研究的资助和管理模式

作为一个传统的科研资助机构,NSF将如何资助和管理这种高风险导向型技术研究?这正是《无尽前沿法案》要回答的核心问题。其解决方案就是,建立了一个全新的项目管理部门——“技术和创新理事会”(DTI)。不同于NSF现有的部门,DTI基本上复制了美国国防部高级研究计划局(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)的架构,“这使得NSF可以继承DARPA的经验,包括从私营部门聘用具有固定任期的专家,聚焦于获得实在的、固定时限驱动(deadline-driven)的研究结果”<sup>[2]</sup>。

DARPA成立于1958年,其目标是致力于组织和资助战略性新技术的研发,为美国实现引领和塑造全球技术创新格局提供源动力。该机构最为成功的两个变革性技术创新范例是全球定位系统(GPS)和互联网(Internet)。GPS源于DARPA在1963年发射的第一颗携带了称为“Transit”全球卫星导航系统的卫星;到1968年,一个由36颗卫星组成的现代GPS系统雏形基本构成;此后,“DARPA对GPS技术进行的30年种子投资为美国经济的增长提供了1.4万亿美元的利润”<sup>[6]</sup>。互联网也是源于

DARPA提出和扩展了的“ARPANET”(一种原型的Internet),以及互联网数字协议的发明<sup>[6]</sup>;“麦肯锡全球研究所的一份报告显示,从2005年到2010年,互联网已占成熟经济体GDP增长的21%”<sup>[6]</sup>。

DARPA不仅仅因其技术创新方面取得的成就受到赞扬,更是因其扁平的组织结构和固定时限等独特的项目管理方式而受到认可。DARPA最具特色的管理是它拥有大约100名专家型项目经理;他们通常是来自学术界和工业界等不同领域的卓越人才,其平均任期3到5年。这些项目经理不属于政府职员,不受等级森严的决策体制之约束;同时他们不对项目申请进行传统意义上的同行评议,从而也不受专业学术圈的羁绊。也就是说,DARPA的项目经理具有很大的自主权,对项目是否可以资助有着很大的决策权。一旦项目启动,这些项目经理还将领导整个项目的实施工作,包括项目的日常管理和进度监督。每个DARPA项目都规定了一个确定的截止日期;这种“deadline-driven”的研究项目提升了项目的时效性和紧迫性。为此,DARPA的研究项目通常是采用合同制的形式进行,包括了明确的研究目标和相应的时间节点;DARPA将实时地跟踪项目的执行情况,如果进展不令人满意,合同可以被立即终止。可以说,正是这些特点使得DARPA在年度预算只有30亿美元的情况下取得了令人瞩目的成果。

显然,DTI将采用DARPA模式来资助和管理NSF在整个科技领域里的高风险导向型技术研究。与此同时,DARPA模式还被计划用来资助和管理NIH在生命健康领域里的有关研究活动。美国总统拜登在2021年4月提议,政府应于2022财年提供65亿美元资金,用于在NIH内部建立一个名为“高级健康研究计划局”(Advanced Research Projects Agency for Health, ARPA-H)的新机构,“以求在阿尔茨海默病、糖尿病和癌症等疾病的预防、检测和治疗方面取得重大突破”<sup>[5]</sup>。NIH的前院长柯林斯等人认为,之所以要在NIH内部设立ARPA-H这样一个类似于DARPA的机构,是因为在生命健康领域目前的两类科技活动(渐进性基础研究和活跃的商业化生物技术活动)之外还有一类不容易获得现行体制资助的“激进想法”,其原因在于:(1)风险太高;(2)所需费用太多;(3)所需时间过长;(4)对学者来说过于关注应用;(5)需要在多个参与方之间进行复杂的协调;(6)近期的市场前景对投资者来说太小;(7)涉及的范围过大以至于没有一家企业能够

判断出全部的经济收益，从而低估了其潜在的影响<sup>[5]</sup>。显然，“人类基因组计划”就是这种“激进想法”的代表。从现有统计来看，这个花费了30亿美金的研究计划已经实现了大约180倍的回报。柯林斯等人认为，虽然NIH在“人类基因组计划”等若干类似的项目上取得了成功，“但NIH缺乏一个针对此类项目的常设机制，许多激进想法难以得到认可，而这正是ARPA-H能够发挥作用之处”<sup>[5]</sup>。

DARPA模式一方面被美国政府推广到不同的科技资助机构，另一方面也得到其他世界发达国家的认可和追随。2019年，日本政府启动了促进高风险导向型技术创新研发的“登月型研发计划”(Moonshot R&D Program)，着眼于资助研发有可能对未来社会和产业产生巨大改变的先进技术，如代替人类工作的虚拟替身和通用型量子计算机等<sup>[7]</sup>。该计划不仅如DARPA一样强调所支持的项目研究内容要具有挑战性和突破性，而且采用了与DARPA模式相近的项目管理方式，包括招聘项目经理来负责组织实施，并对项目进行严格规范的评估<sup>[7]</sup>。

德国政府于2018年颁布了“高技术战略2025”(Hightech-Strategie 2025, HTS 2025)，用于指导德国未来的科技创新。为了推进“HTS 2025”的实施，德国政府在2019年12月正式成立了一个名为“联邦跨越式创新局”(Die Bundesagentur für Sprunginnovationen, 英文简称为“SPRIN-D”)(<https://www.sprind.org/en>)。SPRIN-D也是参照DARPA模式，聘用具备专业技能、有合同期限的项目经理，并赋予这些项目经理很大的决策权。SPRIN-D不设项目指南，面向“HTS 2025”三大跨越式创新领域——人工智能、新一代交通和重大医学突破——的所有主题开放。最重要的是，与德国政府传统科技资助部门不同，SPRIN-D不资助渐进式科研项目，而是资助那些表现出突破性和前瞻性的高技术研究项目；这些项目具有在科技领域的颠覆式创新潜力，或改变市场的巨大潜力，或有望实现巨大的社会效益。

2020年7月，英国政府颁布了一份“研发路线图”(R&D Roadmap)，希望巩固其全球科技超级大国的地位，并提出要在2027年把R&D研发活动支出提高至GDP的2.4%。针对该战略目标，英国政府宣布，将按照DARPA模式成立一个新的科研资助机构——先进研究发明署(Advanced Research & Invention Agency, ARIA)，并给予8亿英镑的费用支持<sup>[8]</sup>。英国政府在关于ARIA的政策声明中强

调：“本届政府相信成立ARIA的建议将有效地增加当前公共R&D构成(R&D portfolio)的多样性，从而使英国位于新一代技术转移的中心”<sup>[8]</sup>。英国政府同样认为，现存科研体制对高风险的技术创新研究资助不够，而ARIA的成立就是用来解决这一问题。为此，ARIA被设计出以下特点：(1) 聚焦于高风险研究；(2) 具有战略的、科学的和文化的自主性；(3) 基于杰出人才的判断进行资助；(4) 多种资助模式及其灵活的选择；(5) 项目经理负责的资助；(6) 导向型研究<sup>[8]</sup>。

### 3 支撑科研活动第三种形态的认知和理念

第三种形态的科研活动的主要特点之一是研究项目通常具有高风险。因此，科技资助机构需要有承担风险的勇气，以及正确面对项目失败的心态。有人把DARPA与美国若干个的风险投资公司进行了定量的比较，认为“DARPA的表现远远优于美国最顶尖的风险投资机构和私募股权公司”<sup>[6]</sup>。但有一点不能忽略，投资界有一句名言：“高回报，高风险”；成功的风险是失败，重大成功的风险对应于惨重的失败；这就好像是一个硬币的两个面。虽然笔者没有看到对DARPA在失败方面的定量分析，但NIH的前院长柯林斯在介绍DARPA时明确指出：“失败，尤其是(项目)早期的失败以及从失败中得到的教训同样是DARPA的标志(hallmarks)”<sup>[5]</sup>。也就是说，评价DARPA时成败两个方面都需要考虑；对失败的正确理解和应对才是该机构取得成功的“动力”。

DARPA对失败的态度并非简单地一味“宽容”，而是在支持冒险和控制失败之间寻找平衡点。一方面是敢于选择和资助高风险项目。首先，在选择项目时，DARPA给予项目经理很大的自主权，没有行政官僚决策制度和同行评议制度的约束，从而让项目经理在面对激进的、非共识的高风险想法时拥有相对自由的决策空间；据说一个项目经理在决定是否资助某个项目时只需要说服两个人——自己所在部门的领导/高级项目经理和DARPA的最高领导。其次，在项目执行期间，给予项目经理相当于公司首席执行官(CEO)的权力，负责组建研究团队和管理研究工作的实施。另一方面则是对项目进行独特的风险管控。DARPA实行项目经理聘任制，平均任期3到5年；且采用“deadline-driven”的方式为每个项目都规定了一个确定的截止日期，项目结束时研究团队迅即解散。此外，项目采用合同制

管理, 具有具体的研究目标和相应的时间进度, 在项目开展过程中定期对任务和进度进行审查; 如果项目的进展不令人满意, DARPA 可以进行经费调整, 乃至提前终止合同。

这种风险管控方式有一个重要的前提, 即项目需要像工程管理一样具有明确的, 甚至能够量化管理的任务目标。显然, DARPA 资助的项目都是具有特定目标的导向型高新技术研究, 如上面提到的 GPS 和互联网项目。从目前这些继承或者复制了 DARPA 模式的新型资助机构来看, 提出的同样是具有各种重大目标的导向型技术研究任务。例如, “前沿导向型”——日本“登月型研发计划”提出了通用型量子计算机的研究; “需求导向型”——美国 ARPA-H 提出要发展预防肿瘤的疫苗等各种抗击慢性病的高新技术; “使命导向型”——日本“登月型研发计划”提出要开发能支撑全球范围合理的可持续粮食供应的生物技术; “产业导向型”——德国 SPRIN-D 提出要开发全新的内陆风力涡轮机。由此可见, 科研活动的第三种形态——高风险导向型技术研究之引进, 将给 NSF 等传统科技资助机构那种倡导好奇心驱动的自由探索之科研文化带来巨大的冲击。柯林斯博士等人在讨论 ARPA-H 将成为 NIH 的一个下属部门时特别强调说: “重要的是要认识到, 像 DARPA 那样的策略与 NIH 的常规运作机制有着巨大的差别, 必须要采用一种全新的思维方式”<sup>[5]</sup>。

从过去 DARPA 的 GPS 和互联网项目到今天复制了 DARPA 模式的新型资助机构的导向型研究项目来看, 这类项目具有引起科技和产业革命, 甚至社会变革的颠覆性创新潜力。柯林斯博士对此充满了信心: “ARPA-H 能够把看上去不可能的(想法)转化为真实的存在, 进而重塑健康和医学的未来”<sup>[5]</sup>。显然, 这种巨大的影响力使得科研活动的第三种形态涉及到的因素非常复杂, 不仅仅要考虑资助等传统科研要素, 很有可能涉及到政治、法律、市场以及各种社会因素。例如, ARPA-H 支持的健康领域研究项目可能让研究者要考虑与患者、医生和医院、制药公司、监管部门等多个主体之间的互动和协调。

#### 4 小结

75 年前, “布什报告”为美国的强大和社会的发展描绘了一个“二位一体”的科技体系蓝图——

以自由探索为主的基础研究和具有实际目的的应用研究。75 年后, 这个成功运行了半个多世纪的科技体系不再能够满足人们的需要, 也不再适应当前复杂的环境和形势变化。美国国家科学院现任院长麦克努特 (McNutt, M) 认为, 与 75 年前相比, 今天更需要为所有研究机构找到解决办法, 从而能够更有效和更聪明地应对这个快速变动的世界<sup>[1]</sup>。人们从 DARPA 的成功经验中认识到, 在经典的基础研究和应用研究模式之外还存在着第三种形态的科技活动——高风险导向型技术研究。第三种形态的科技活动不属于自由探索式研究, 而是风险很大但目标明确的研究, 并通过目标导向把风险放进一个确定的框架里, 按照“deadline-driven”的方式管理。这种形态的研究也不是渐进式科研活动, 而是融合了“从 0 到 1”原创性研究和“use-driven”研究的颠覆式、跨越式前沿技术创新。当前, 众多发达国家的政府决策部门和科技界有识之士认为, 需要超越那种由基础研究和应用研究模式组成的“二位一体”的科技体系, 要推广和加强基于 DARPA 模式的第三种形态的科研活动, 把这种高风险导向型技术研究作为引领社会未来和满足人类需求的主要科技解决方案。

#### [参 考 文 献]

- [1] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. The endless frontier: the next 75 years in science[M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2020
- [2] Mervis J. Bill would supersize NSF's budget—and role. *Science*, 2020, 368: 1045
- [3] 范内瓦·布什, 拉什·D·霍尔特. 科学: 无尽的前沿[M]. 崔传刚, 译. 北京: 中信出版集团, 2021
- [4] National Science Board, National Science Foundation. Science and Engineering Indicators: The State of U.S. Science and Engineering 2022[EB/OL]. <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20221>
- [5] Collins FS, Schwetz TA, Tabak LA, et al. ARPA-H: accelerating biomedical breakthroughs. *Science*, 2021, 373: 163-7
- [6] 刘少山. 美国国防先进研究计划局如何成为美国科技的核心引擎? [EB/OL]. (2020-6-2). <http://zhishifenzi.com/depth/depth/9214.html>
- [7] Cabinet Office. Goal of Moonshot Research and Development Program (draft) [EB/OL]. (2002-03-20). <https://www.8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihui048/siryo2-3.pdf>
- [8] Advanced Research and Invention Agency (ARIA): policy statement[EB/OL]. (2021-03-19). <https://www.gov.uk/government/publications/advanced-research-and-invention-agency-aria-statement-of-policy-intent>