

# 构建面向颠覆性创新的财政科研资助体系

韩凤芹, 罗 瑾

(中国财政科学研究院, 北京 100142)

**摘要:** 颠覆性创新是建设创新型国家的重要内容, 实现颠覆性创新需要与之相适应的体制机制, 这也需要财政科研资助体系进行改革与完善。本文从理论上构建了面向颠覆性创新的财政资助体系, 包括宏观层面的风险包容资助理念和微观层面的全生命周期风险管理理念, 并通过对美国国家科学基金(NSF)和美国国防高级研究计划局(DARPA)两个典型案例的分析, 总结了政府支持颠覆性创新的实现路径, 指出了对供给推动型和需求拉动型两种颠覆性创新类型, 财政资助体系的方式应有所不同。最后结合我国国情, 提出了构建适宜颠覆性创新的财政科研资助体系的整体思路。

**关键词:** 财政科研资助; 颠覆性创新; 科研风险管理

中图分类号: F812.2; G311

文献标识码: A

文章编号: 1005-0566(2020)10-0026-10

## The Construction of the Research and Development Public Funding System for Disruptive Innovation

HAN Feng-qin, LUO Cheng

(Chinese Academy of Fiscal Science, Beijing 100142, China)

**Abstract:** The disruptive innovation is profound for the building of an innovative nation, and to realize disruptive innovation demand institution that is compatible with its special needs. This also requires reform and improvement of the fiscal research funding system. This paper constructs the research and development public funding system for disruptive innovation theoretically, including the risk tolerance funding system from the macro point of view, and also the life cycle risk management system from the micro point of view. It also summarizes the possible approach supporting the disruptive innovation from government using the case study of NSF and DARPA, and points out that the approach of public funding system for the two types of disruptive innovation, supply-pull and demand-push should be different. Last but not the least important, It gives an overall thinking for the construction of the public funding system adaptive for the disruptive innovation, combined with China's national characteristics.

**Key words:** public funding for research and development; disruptive innovation; risk management for research and development

### 一、引言

颠覆性创新被称为创造力国度中皇冠上的明珠<sup>[1]</sup>, 能够为产业带来颠覆性的影响, 其中一些也会成为涉及国家竞争力以及社会突出挑战解决方

案的关键。近年来, 随着逆全球化倾向的加强, 国际科研合作面临的风险和不确定性不断增大, 对我国部分关键核心技术领域自主创新能力提出了更高要求, 颠覆性技术的发展对我国现阶段具有

收稿日期: 2020-07-14 修回日期: 2020-08-28

作者简介: 韩凤芹(1969—), 女, 河北唐山山人, 中国财政科学研究院研究员, 博士。研究方向: 财政理论与政策、科技创新政策。

更加重要的作用。

财政是颠覆性创新的重要经费来源,加快推动颠覆性创新发展离不开财政支持。颠覆性创新形成来源主要有供给推动型以及需求拉动型<sup>[1-2]</sup>,其中,供给推动型的颠覆性创新主要依靠科学发现和技术发明推动,而需求拉动型的颠覆性创新来源于市场力量的拉动。实践中,这两种模式难以截然区分,但无论是哪种类型的颠覆性创新,都需要财政支持。对供给推动型的颠覆性创新而言,要取得技术突破所需的基础研究与应用研究经费主要来自于财政资助。对需求拉动型颠覆性创新而言,其中保证国家战略及解决社会发展突出问题的技术突破所需的基础共性及通用技术研发主要也是由财政进行支持。

实现颠覆性创新需要与之相适宜的体制机制,这也需要财政科研资助体系进行改革与完善。我国现有财政资助机制基本是面向渐进性创新而非颠覆性创新设立的。近年来随着我国科研水平的不断提升,一些研究领域逐步实现了从追赶、跟跑向领跑的转变,现有财政资助机制对新型颠覆性创新包容性不足的问题日益凸显。比如现有财政科研资助中,竞争性项目过度侧重于对于科研经费获取的前端竞争,导致科研人员倾向于规避风险选题,扎堆于研究热点问题,产出大量同质性、重复性强的平庸科研成果,制约变革性科研发现和应用的步伐;稳定性资助机制对科研成果考核“得过且过”,导致科研产出竞争力下降和财政资助的低效;现行的过度求同存异的同行评议程序,以及过于行政化的科研经费管理方式,都不利于对高风险高回报特征明显的颠覆性创新项目的识别及支持。

鉴于颠覆性创新的重要性与独特性,我国资助体系等制度安排尚待做出相应的探索和改变。现有对支持颠覆性创新发展的研究文献主要可分为三类:一是从颠覆性创新概念内涵、识别预测以及作用机理等层面进行理论探究的文献,如苏鹏等(2019)提出了颠覆性技术的5个特性<sup>[3]</sup>,黄鲁成等(2015)<sup>[4]</sup>、杜建等(2019)<sup>[5]</sup>、张佳维等(2020)<sup>[6]</sup>提出了颠覆性创新的识别方法。二是从企业层面如何发展颠覆性创新进行的研究,如张

骁等(2019)<sup>[7]</sup>构建了企业组织跨界颠覆的理论模型,张蕙馨等(2019)<sup>[8]</sup>研究了企业应用颠覆性技术创造价值优势的过程。三是从国家层面如何推动颠覆性创新发展进行的研究,如李平(2018)<sup>[1]</sup>提出颠覆性技术的技术领先导向和奇袭效应,对国家新型绝对竞争优势形成具有战略性作用;刘安蓉等(2018)<sup>[9]</sup>提出国家视角的颠覆性技术是基于科学技术的新原理、新组合和新应用而开辟的全新技术轨道,导致传统产业归零或价值网络重组,并决定性影响社会技术体系升级跃迁,或国家现有基础、能力、结构等重构的战略性创新技术;窦超等(2018)和杨芳娟等(2019)<sup>[10-11]</sup>分别通过对DARPA和国家重点实验室的分析,从科研管理的角度探究了颠覆性创新项目的组织实施与管理方法。

本文重点聚焦于如何构建面向颠覆性创新的财政科研资助体系,将有利于创新和风险包容的元素嵌入财政资助之中,从而推动国家颠覆性创新发展,并提高财政科研资助效率。通过文献综述可以发现,目前从财政资助层面探讨如何支持颠覆性创新发展的系统性研究较少。因此,本文拟构建适宜颠覆性创新的财政科研资助体系的整体思路,并以美国国家科学基金和美国国防高级研究计划局为例,分析总结政府支持颠覆性创新的实现路径。

## 二、面向颠覆性创新的财政科研资助体系:理论构建

(一)颠覆性创新对现有财政科研资助体系提出了新要求

首先,颠覆性创新高风险高回报的特点,对传统的项目资助方式的风险规避偏好构成挑战。财政资金“取之于民,用之于民”,鉴于这层委托代理关系,为保证财政资金的使用效率,那些保守无争议且前期资料完备、预期完成度高的申请方案,更容易获得资助,这种科研资助偏好显然对风险高、周期长、回报率低,一旦研发成功对于社会具有极大正外部性的颠覆性创新是不利的。科研人员为获取竞争性科研项目经费,倾向于选择热点问题、或已经有一定研究基础、结果可预测的研究主题,这种资助方式及形成的申请策略产生了大量低水

平、重复性的科研产出,抑制了创新,实质上是降低了财政科研经费的绩效。因此,应从风险管理角度,重新对财政科研绩效、符合科研规律的评价指标设置以及科研人员权责等进行定义,构建风险包容的高质量的财政科研资助体系。

其次,颠覆性项目的识别对现有同行评议的评审制度提出了挑战。具有颠覆性影响力的科技研发常源于交叉领域,且由于研究内容位于学术前沿,研究项目申请初期往往缺乏成熟的基础数据证实,甚至会推翻传统的研究范式和思路。因此,如果评价侧重于合理性和可信性的同行评议,往往会淘汰掉非共识的高风险研究项目,选择更保守的研究申请。所以需要在评审机制中增加对颠覆性高风险项目的识别度,从而增加颠覆性研究项目获得资助的概率。

最后,颠覆性技术的特征对现有财政预算的确定性思维构成挑战。颠覆性创新具有较大的风险和不确定性,这是以确定性思维为主导的传统财政科研资助体系难以包容的。与传统科研行为不同,颠覆性技术具有前瞻性强、不确定性大、成果可预测性低等内在特性,且在创新过程中还会与经济社会发生相互反应,在研发过程中存在着对于技术路线和研究方向及时进行优化与调整的合理需求。而传统财政科研资助体系由于预算机制缺乏弹性,且在项目研发过程中缺乏相应的风险管理机制,往往不能很好地适应颠覆性创新项目的需要。因此,改变财政资助体系中僵化的资助机制,设立适用于颠覆性科研项目资助的管理体系,是当务之急。

## (二) 重建面向颠覆性创新的财政科研资助体系的理论设想

风险管理缺失是传统财政科研资助体系的特征。构建面向颠覆性创新的财政资助体系的关键是风险管理,鉴于传统财政科研助理念及运作方式已无法满足颠覆性创新项目的独特特征及实现要求,本文从风险包容和风险管理的视角出发,将关于颠覆性创新的理论研究与国内外颠覆性创新成功实践相结合,构建了一个包含“宏观”和“微观”2个维度,旨在推动颠覆性创新发展的财政科研资助体系理论模型,如图1所示。

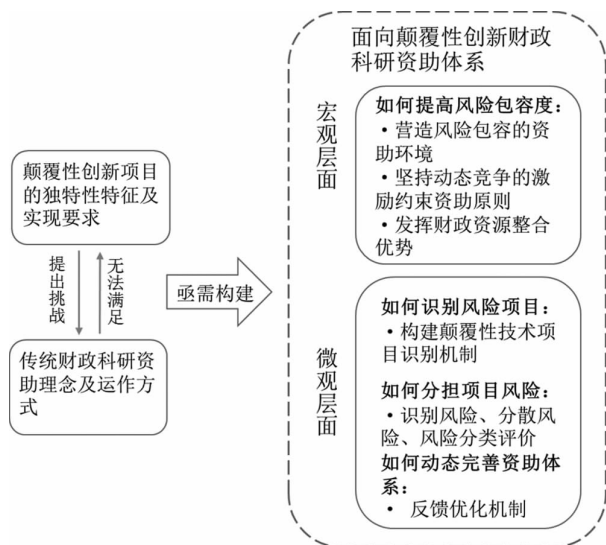


图1 面向颠覆性创新财政科研资助体系架构

面向颠覆性创新的财政科研资助体系需要重点解决宏观与微观的结合。从宏观层面,要营造风险包容的资助环境,坚持动态竞争的资助原则,发挥财政资源整合的优势,为颠覆性创新构建风险包容的环境;从微观层面,要建立风险项目识别机制、项目风险分担机制和反馈优化机制三项机制,为颠覆性创新提供全生命周期的风险管理体系。

### 1. 宏观层面构建风险包容的资助环境

一是营造风险包容的资助环境。发展颠覆性创新需要更加包容的科研环境和氛围,为科研人员选择高风险高回报的项目提供保障。在颠覆性创新研究过程中可能会出现非共识性研究,有时甚至是对传统研究范式的颠覆,因此,财政科研资助应该以开放的心态拥抱科技变化与科研需求,鼓励具有潜在创造力的初期研究,包容“不一样”的研究路径、方法及视角。

二是坚持有利于科研竞争的资助原则。如前文所述,风险规避的财政科研资助未必能够达到资金的高效使用,而高风险高回报的科研资助也未必是低效的,科研绩效是由科研成果的竞争力而非项目风险程度来决定。构建适宜颠覆性创新的新财政科研资助体系,重点是通过动态竞争的激励约束机制,把科研当作一场竞赛,最大程度地调动科研人员的积极性与创造力,使科研项目在各个阶段始终保持最优竞争力,更好地应对研发过程中可能的风险。而且,由于需求拉动型和供

给推动型颠覆性创新科研活动的性质不同,竞争激励原则的实现路径、方式也应有所不同。

三是发挥财政资源整合优势,动员全社会资源支持创新。科研经费是现代科研必不可少的,但仅提供科研经费仍无法保证科研项目的成功。颠覆性技术研发项目具有高风险,且涉及的主体和环节众多,在项目的不同阶段会对科研人员、设备、成果转化等有不同的资源需求。基于其公信力、权威性以及强大的资源网络,政府能够为科研行为提供其所需的人力物力财力资源,以及灵活有弹性的制度安排。

## 2. 微观层面构建全生命周期的风险管理体系

除了在宏观层面构建风险包容的资助环境,还应将风险管理,贯穿科研创新的全生命周期。

一是应有高风险项目识别机制。颠覆性项目具有前瞻性和独特性,其颠覆性的影响力只有在项目完成甚至成果转化后才会显现,所以需要在科研资助中建立对这种高风险项目识别机制,通过总结成功颠覆性研发项目的特征以及预测未来需求领域来完善对这类项目的认知,提高其识别率,并对这部分项目进行有针对性的资助。

二是应有高风险项目的风险分担机制。颠覆性技术的研发不可避免地会存在风险和不确定性,因此要建立完善相应的风险管理机制,及时识别风险、分散风险、包容风险,为颠覆性科研项目研发注入确定性,用财政资助的风险对冲颠覆性技术发展的风险。

三是应有动态的反馈优化机制。在科技发展

日新月异的时代背景下,如何构建一个灵活的反馈优化机制,使科研管理以及科研资助的制度安排能够随科研需求的变化动态发展,及时获取最新科研供给与产业需求动态,减少资助过程中的信息不对称,进行适时的调整优化,具有十分重要的意义。颠覆性创新的不确定性要求财政科研资助机制具有灵活性和弹性,一方面是对最新科研前沿动态的吸收能力,另一方面是对外部环境和需求变化的动态适应能力。反馈优化机制能赋予资助机制自创生的特征,从而保证资助制度的稳定性与动态适应性。

## 三、财政资助在颠覆性创新中的作用路径:案例分析

美国国家科学基金(NSF)的变革性研究和美国国防高级研究计划局(DARPA)的颠覆性研究分别是供给推动型和需求拉动型颠覆性创新的典型代表,其中NSF是美国联邦政府支持基础研究的重要载体,除传统方式资助外,NSF还专门支持具有潜在变革性的项目;而DARPA则主要定位于支持高风险、高难度的原始性创新,瞄准改变游戏规则颠覆性项目和重大突破性项目<sup>[12]</sup>,支持过F117隐形飞机、互联网、全球定位系统(GPS)等诸多对军事及社会经济影响深远的研究成果。

NSF和DARPA资助颠覆性创新项目的具体措施既有共性,也有差异,为本文第二部分中所构建的理论模型提供了很好的验证,为我国建立面向颠覆性创新的财政科研资助体系提供了有益借鉴,如表1所示。

表1 资助机构面向颠覆性创新资助体系及其具体措施

财政科研资助体系	实现内容/机制	NSF 具体措施	DARPA 具体措施
宏观层面: 风险包容资助体系	倡导风险包容理念	鼓励尝试不同于传统的研究方法和方向	风险包容的资助信条“如果十个项目中有一个成功了就是值得的”
	坚持动态竞争原则	分阶段进行项目选拔资助	实施开放式资助和项目动态淘汰制
	发挥资源整合优势	通过议题征集信、研讨会等方式征集整合项目主题;通过同行评议整合人力资源选拔优秀研究计划	通过研讨会、项目申请等方式征集整合项目主题;通过召集组会交流成果与需求动态,为成果转化提供渠道;全球聘请优秀科研人才组建团队
微观层面: 全生命周期 风险管理体系	颠覆性技术项目识别机制	设立适应高风险项目的评审规则,如同行评议“影子专家组”“第二维度”评审环节;设立面向不同阶段的资助识别机制	广泛征集专家意见,获取学术前沿,并给予项目经理选择项目的自主权
	项目资助风险分担机制	识别风险:EAGER项目、特别创造力延伸资助机制	识别风险:项目经理及时跟踪项目进展
		分散风险:分阶段资助	分散风险:分阶段资助、小额度资助、多团队承担方、多路线方向资助、预算调整权限
		绩效评价风险分类:项目评价区分科研风险与项目管理风险	
反馈优化机制	将前期对学术前沿及领域动态的征集反馈信息作为资助决策依据	分阶段设立预期目标,及时总结讨论项目进展,给予指导,根据表现调整路线方向以及预算额度	

下文将从宏观和微观两个层面逐一描述面向颠覆性创新财政资助体系的内容构成和作用路径。

(一)宏观层面:构建竞争与合作并存的风险包容科研资助体系

1. 倡导风险包容的资助理念,鼓励创造性科研项目发展。颠覆性创新高风险高回报的定位需要更加开放包容的资助理念,塑造更加包容的科研环境和氛围,为科研人员选择高风险高回报的项目提供制度保障。如 DARPA 的信条是“十个项目中如果有一个成功就是值得的”,NSF 鼓励尝试不同于传统的研究方法和方向,在资助过程中根据研究的难度以及技术成熟度等客观因素,给予颠覆性科研项目尝试机会,允许一定比例的失败。

2. 发挥财政资源整合优势,提供资源及制度支持。发挥财政优势整合各类项目所需的人力资源、多元化资金渠道以及技术资源等,积极促进颠覆性科学发现的产生以及成果的应用转化。如图 2 所示。

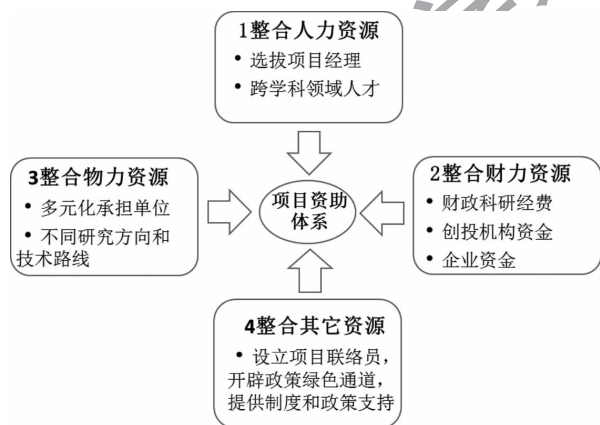


图 2 财政科研资助资源整合路径

(1)整合人力资源,为项目团队提供高质量人力资本支持。如 DARPA 不受人员编制束缚,通过公开招募、主动搜寻等方式,从全球各领域选拔具有不同的行业及学术背景的项目成员<sup>[13]</sup>组建团队,实行年薪制,并给予好的研究主题充足的经费,最大程度地集合优质科研人才资源,有利于集中力量攻克研究难题。又如霍华德·休斯医学研究院 HHMI 的 Julia 校区基于颠覆性创新的交叉学

科来源特性,为科研人员提供没有隔断的办公区间,使不同专业背景的研究人员必须经常性的碰面交流<sup>[14]</sup>,互相激发创新灵感,从而有效整合项目所需交叉学科人力资本。

(2)整合财政和社会资金资源,为项目实施及成果转化提供多元化资金渠道。参与过 DARPA 项目的研究人员以及合作伙伴分布于产学研链条的不同环节,自动形成了庞大的资源网络,这为 DARPA 科技成果转化提供了完备的信息交流渠道和优质的宣传渠道<sup>[15]</sup>,使风险投资机构能够及时识别成果价值并予以支持。而且,DARPA 经常组织技术研讨会,使学术界、市场、军方的不同机构都能了解到 DARPA 项目发展的需求与动态,从而更好地结合自身优势,形成良好的科研伙伴关系,参与到价值创造过程中。

(3)整合技术资源,同时资助多条技术路线的研发以及多个技术团队,集合项目所需最优的科研方案。DARPA 会选择技术群、多团队、多路线的资助方式,将有利于实现项目目标的不同方案的优点集合起来,形成组合,然后安排经费。相对于单项技术,DARPA 更多资助有助于实现目标的技术群<sup>[15]</sup>,例如对于计算技术,DARPA 支持的领域涉及材料、处理工具、芯片设计、软件、系统架构等。DARPA 也通过多元化的项目承担方来整合技术资源,大学实验室、大型公司的研发中心,以及名不见经传的小型科技公司都可以成为其项目承担方,根据项目情况的不同,可以选择多家单位共同承担一个项目,分别负责项目中不同技术环节,或者采用不同的技术路径来实现同一个目标,通过合作/竞争促进项目顺利执行;还可以通过设置含有不同奖金额度的挑战赛,吸引世界各地的技术团队进行技术竞赛,来激励技术创新,并为 DARPA 的项目发展提供灵感。

(4)整合其他资源,为颠覆性创新提供政策和制度支持。如日本 ImPACT 计划在政府资助部门设立项目联络员<sup>[16]</sup>,为项目所需开辟政策绿色通道,根据项目需求对现有体制机制中不适用甚至阻碍颠覆性创新的部分进行调整,为其提供制度保障。

3. 坚持动态竞争的激励约束资助原则,保证颠覆性项目科研竞争力。为保持资助项目的效率和科研竞争力,无论是稳定性还是竞争性资助方式,使命导向型还是自由探索型的资助方式都需坚持动态竞争的激励约束资助原则。

一方面,资助过程中竞争无处不在,在项目申请、项目执行以及项目完成考核的过程中均存在竞争,即便是 HHMI 这种赋予高度自主权的项目管理,也会在为期 7 年的资助期后进行考核决定是否继续资助。

另一方面,竞争的激励与约束同在,权力与责任同等,科研团队及项目经理被赋予了较丰厚的薪酬待遇、符合科研规律的自由裁量权以及充足稳定的科研经费,但也需承受严苛的阶段性考核评价,例如,在 NSF 的创造力延伸项目<sup>[17]</sup>等资助中,项目研究团队必须在一定周期内证明自己具备变革性的特性及与众不同的价值,否则就无法得到继续的资助,所以这为面向创造力提升的研究提供资助可能性的同时,也通过激励约束提高了资助效率,一定程度上避免了道德风险问题的产生。这样的机制设计既具有灵活性又能保证科研项目的竞争力。

更进一步而言,由于不同类型科研活动对于成果竞争力的定义不同,竞争激励原则的实现路径也存在差异。如需求拉动型(如使命导向型)研发项目资助主要通过实时关注与项目目标偏离度来调整方案及预算的方式实现,这种资助更注重对科学技术研究项目选题的征集与开发,由于实现目标明确,实现方法途径不确定,所以可以在项目执行过程中实时追踪项目的进展动态,给予一定的指导与激励,使项目在不偏离预期设定目标的同时保持前沿水准与竞争力,如 DARPA 的项目经理制中,项目经理通过周讨论会、月度/季度总结会等听取承担单位的汇报,根据事先设定的预期成果,监督项目的研究进展,及时解决问题,调整项目规划及预算安排。当更有效的研究方法和团队出现时,进度落后的子项目就可能被删减,团队随之解散<sup>[18]</sup>。这种动态竞争机制促使项目承担方始终保持竞争力,努力提高研究效率和经费使

用效率,以免被淘汰。同时,通过竞争还可以把不同阶段表现突出的团队选拔出来,随时吸纳更好的研究方向和路线,保证项目始终保持活力,并处于科研前沿。

而供给推动型科研资助项目的激励约束则主要通过识别有潜力的项目并给予资源保障来实现,这种资助大多没有明确需要实现的目标,所以更注重对潜在的颠覆性科学研究领域及优秀科研人员的识别,在研究周期内给予研究人员探索的自由度和稳定的经费保障,不对科研过程进行过多干预,然后根据阶段研究成果考核做出延展资助的决定,如 NSF 和 HHMI 的资助模式。

(二)微观层面:构建全生命周期的风险管理体系

1. 建立对于颠覆性风险项目的识别机制。不同类型资助机构对于颠覆性高风险项目的识别方式是不同的。如供给推动型的代表 NSF 主要是通过设立专门资助项目和引入更具包容性的评审规则<sup>[17]</sup>来提高颠覆性项目的识别概率。一方面是设立面向潜在变革性研究的资助项目,如初期概念资助项目(EAGER),专门支持那些还处于未被验证的早期阶段,但具有潜在变革性的探索性研究工作;特别创造力延伸资助机制可根据项目前两年的进展情况,延长原有资助周期,且研究内容无需与原计划完全一致,使潜在的变革性研究可以在资助的不同阶段被识别。另一方面也是更重要的是,NSF 通过改变资助安排,将识别潜在变革性研究项目的工作常态化、普遍化,如改变同行评议规则、增加有利于变革性研究概念的标准来改变评审规则;在评审环节和专家组安排上,增加“第二维度”评审路径以及“影子专家组”,为资助决策提供参考,从而能在所有类型申请项目中发现潜在的颠覆性高风险研究项目。

而作为需求拉动型方式的代表 DARPA,则是通过给予项目经理自主权来保证有潜力的高风险项目不被常规的评审机制所淘汰,通过选择管理经验丰富且行业敏锐度高的专业人士作为项目经理,对项目进行全过程管理<sup>[19]</sup>,在项目研究主题的选择、团队组建以及项目路线方向和预算调整方

面被赋予极大的自主权,保证项目顺利进行。在项目征集及评审阶段,项目经理通过不同渠道征询各领域专家的意见,进行技术方案决策。为确保不会排除掉那些有想法的非共识性研究,DARPA 不采用外部同行评审机制,而是由项目经理推荐技术决策方案。技术决策方案得到技术办公室负责人以及正、副局长的肯定后,再对全社会进行技术方案招标。对于颠覆性技术科研项目识别的不同策略及特点如表 2 所示。

表 2 科研资助风险识别机制策略分类及特点分析

识别机制策略	具体措施	特点	适用类型
完善评审规则	修改同行评议规则,在专家组和评审环节中增添颠覆性技术概念及规律的评审元素	识别机制适用范围广,可做到识别工作常态化	供给推动型
面向不同阶段的资助识别机制	通过设立面向不同科研阶段的资助机制对有潜力的项目进行识别,如初期探索类和高风险延伸类资助项目等	根据颠覆性特征进行全面识别,避免有潜力项目的遗漏	供给推动型
项目经理推荐制	资助机构选拔兼具专业技能及管理经验的项目经理,给予其选拔项目的自主权	简化评审识别和审批流程,具有灵活性	需求拉动型

术路线,从而给予团队竞争压力、促进合作、提高效率。如 DARPA 在支持太空飞行领域的项目时,为达成降低卫星发射成本的目标,同时资助了太空探险科技公司(SpaceX)和高空发射有限公司,从不同的研究路线探索降低成本的不同方式,取得了良好成效<sup>[12]</sup>。二是可以通过分阶段、小额度的资助方式,避免不必要的损失,同时赋予颠覆性影响力科技研发项目资助机构一定的战略例外调整预算权力,以应对不时之需。如 DARPA 实施的开放式资助和项目动态淘汰制,项目经费分阶段投入,根据预期目标,在关键时间节点对项目完成情况进行阶段性评审,通过则划拨下一阶段经费;未通过则根据实际情况作出直接取消、追加资金、修正目标的决定<sup>[13]</sup>。且项目前期资助金额不会过高,如果项目技术成果明显且发展前景良好则会在下一阶段增加资助额度。如 XS-1 飞行器项目于 2014 年签订第一阶段数额为 1400 万的合同,1 年后阶段性评审显示该项目研究进展顺利、前景良好,又签署了第二、三阶段合同,总经费高达 1.4 亿美元<sup>[11]</sup>。由此可见,分阶段资助和验收能够准确细致地把握项目运行情况,及时调整优化资金配置,既可以防止因资金全部拨付导致的人员心理懈怠,也能够避免因信息不对称和过度期望造成的资金盲目追加,更适合研发难度系数大的颠覆性创新。

2. 建立颠覆性项目资助风险分担机制。科学研究本身存在风险和不确定性,颠覆性研发项目具有前瞻性和突破性,所以财政资助过程中的风险管理和分担十分重要。从案例中可以看出,财政科研资助风险分担机制的作用路径主要是识别项目中科研具有的潜在风险,在项目执行过程中对可能遇到的风险进行分散和管理,在项目完成或者失败后对项目风险进行分类并总结,如图 3 所示。

在项目后期对项目完成情况进行评价时,应区别项目内部管理造成的风险和科技研发本身的风险,如果是前者可以通过规则机制的完善加以约束和逐步避免,而对于研发自带风险,则应参考项目涉及的科研风险及技术成熟度等,对项目进行酌情免责处理。

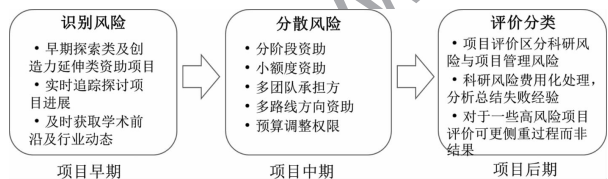


图 3 财政科研资助风险分担机制路径

具体而言,在项目早期,可以通过设立早期探索类资助方式、汇报项目进展情况以及获取科研进展及行业动态等方式,识别项目潜在风险。

在项目执行过程中,可采取多种方式来分散风险。一是可以同时支持多个研究团队或多条技

之所以要区分项目内部管理造成的风险和科技研发本身的风险,是因为即使在资助体制中设置了对科研风险的识别与分散的有效机制,基于颠覆性科技研发的特性,这类高风险项目也不可避免地存在失败的可能性。如 1960 年获得诺贝尔医学奖的梅达沃曾说过,他所做过的研究中,约 80% 都是无功的<sup>[20]</sup>,但并不意味着失败就没有价值,创造力需要多元化及包容性的学术研究环境,

将失败的研究探索过程完整记录下来,供之后的研究进行验证分析和实验设计参考,一方面可以避免相同科研失误的反复,如同企业往往将没有成功的研发资金费用化而不是资本化一样,财政科研资助也可以通过总结分析项目失败因素,不断吸纳更新对颠覆性概念的认识,更有效地应对科研风险,促进科研发展进程;另一方面也强调了科技研发不是仅仅追求激动人心的结果,同时也要注意严谨细致的实验开发探索过程,所以对于一些高风险项目的评价标准可更注重研发过程而非结果导向。如 PLoS One 就推出了接收消极结果(进行了详尽的研究但没有发现)的文献的期刊<sup>[21]</sup>。

3. 建立财政科研资助反馈优化机制。无论是对于 NSF 还是 DARPA 而言,反馈优化机制都贯穿于整个科研项目资助过程:

在资助主题征集阶段,通过学术界、产业界及社会公众的意见反馈获取项目研究主题创意,通过各领域专家的意见对实现创意所需的技术概念构想进行初步验证,为资助领域和主题的决策提

供依据;在项目申请筛选阶段,通过同行评议或者内部评议信息的反馈为确定资助项目承担者提供依据。这种反馈优化机制能够通过各方面的信息交流,保持对科学前沿的敏感度,获取市场社会最新需求,提高对潜在颠覆性研究的识别力。如图 4 所示。

在资助项目执行阶段,通过将项目进展反馈信息同预设目标进行比较与评估,由资助机构做出继续、停止以及调整后重新评估的资助决策,在事先划分的技术节点阶段重复进行这样的反馈优化过程,直至项目总目标完成。这种反馈优化机制能够及时了解项目执行情况,减少资助机构与研究人员存在的信息不对称,并进行相应的激励与监管,减少道德风险等不良行为,保证项目的顺利进行。如图 5 所示。

在项目完成阶段,通过项目信息进行评估并将评估结果进行反馈从而有效改进资助流程和内部管理,实现资助系统自主的动态调整,也为科研项目成果转化匹配相应资源和渠道。如图 6 所示。

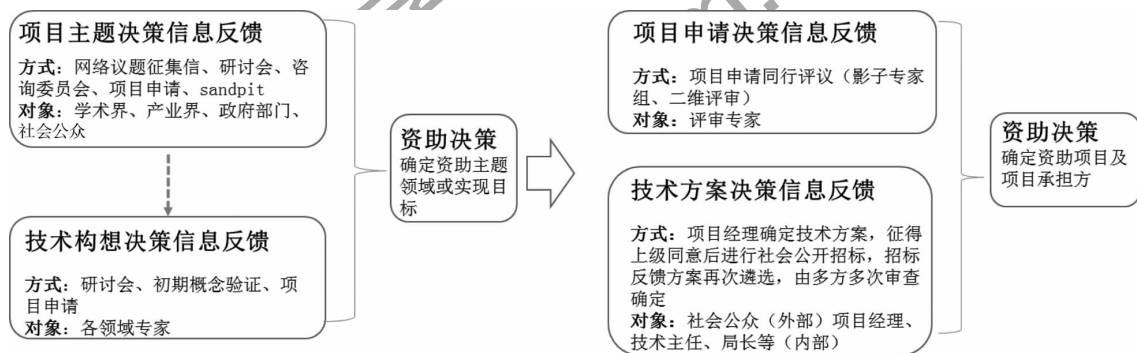


图 4 财政科研资助前期反馈优化机制路径

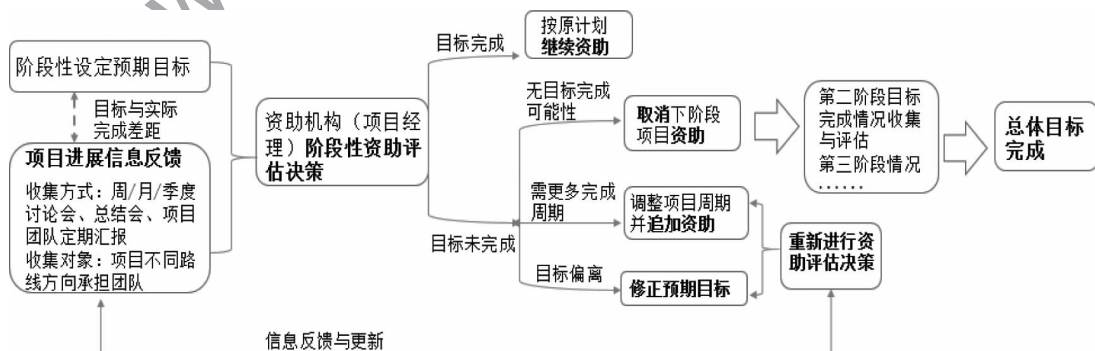


图 5 财政科研资助中期反馈优化机制路径



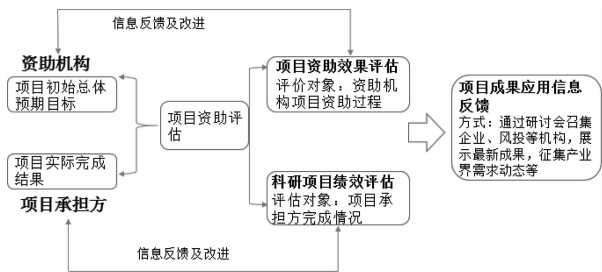


图6 财政科研资助后期反馈优化机制路径

#### 四、结语

(一)在我国现有国情下,面向颠覆性创新的财政资助应注重供给推动型与需求拉动型科研资助相结合

我国现处于高质量发展转型的关键时期,无论是国家战略、社会经济发展都对颠覆性技术有着重大需求,所以面向颠覆性创新的财政科研资助机制需关注这种问题驱动导向的颠覆性技术发展,使科技创新更好地服务于国家社会发展需求。但同时也要意识到,颠覆性创新往往来源于科学研究及通用技术的突破,科学研究作为创新的源泉能够为后续的科研成果技术化和商业化打下良好的基础<sup>[1]</sup>。钱学森曾说过,颠覆性技术是很难预测的,现代科技系统开放而复杂,且随时间动态变化<sup>[22]</sup>,科技与经济社会发展相联结更是增加了预测的难度,所以发展颠覆性创新,不仅要从需求侧进行有针对性的预测与发展,也要从供给侧打好基础;既要关注使命导向型的技术开发以及应用基础研究的发展,也不能忽略自由探索型科学发现的颠覆性潜力。

(二)加快推动颠覆性创新发展需要通过加强顶层设计与完善现有财政科研资助体系相结合

就现有我国经济社会与科技的发展阶段而言,加快推动颠覆性创新发展,一方面要针对颠覆性创新的特点和规律,进行积极预测和研判,设立相关科技计划、专门机构以及相应的科研管理及资助机制,着力培育能为我国实现跨越式发展提供重要机遇的颠覆性创新;另一方面,也要意识到目前我们对于颠覆性创新的认识仍极为有限,虽然颠覆性技术在一定程度上可以运用方法进行大致预测,但颠覆性研究都多发于偶然性,很难通过顶层计划和设计得出,所以对于这类创新性的研

究的支持与资助也需从日常工作做起,汇聚资源和信息优势并及时汇总反馈优化,将颠覆性创新所需的元素纳入科研管理及科研资助机制中,使其日益常态化并拥有自主动态更新的能力,更好地适应不确定的世界。

(三)面向颠覆性创新的财政科研资助制度不仅是提供财力,更要发挥国家的组织动员能力,为其提供全面的制度与资源保障

财政经费是现代科学研究与技术开发不可或缺的资源,但仅有经费是无法促成科研进步的,无论是 DARPA 还是 NSF 都不仅仅是依靠雄厚的经费支持获取优异成果的,而是通过财政科研资助机制,有效发挥政府的资源汲取以及组织动员能力,整合颠覆性创新发展所需的人力、物力、财力以及制度资源。同时,这些财政资助机制的构建有利于资助机构在顺应科研规律的基础上,在科研发展的各个阶段更充分地了解科研项目需求,并提供相应的帮助,致力于提高财政科研资助的质量与绩效。此外,由于颠覆性技术可能会对现有产业范式产生“毁灭性创新”的影响,在新的颠覆性技术应用过程中不可避免地会出现重重困难,例如 5G 在全球推广中所遭遇的各种挑战便是新兴技术遭遇传统产业利益相关者阻挠的表现,为推动人类共同发展进程,促进而非过度保护颠覆性创新在压力中前行,还需对颠覆性创新机理及所需制度安排做出不懈的探索。

(四)应完善高风险项目绩效评价机制,营造宽容的创新氛围

对于研究项目的选择,可以尝试同行评议之外的多种方式,鼓励有颠覆性创新潜力的研究创意。制定有效的绩效评价指标,对高风险项目进行定期分类评审,并对于高风险项目的失败进行合理界定。营造鼓励创新、包容失败的科研及社会氛围,使科研人员能够在选择项目时勇于承担风险,执行项目时有效管理风险,研究失败时及时改进调整路线,从整体上降低风险,有效配置科研资源。同时也应对失败的研究过程进行分析总结,为其提供发表途径,以便之后的研究能够避免类似的错误,降低未来研究风险。针对以颠覆性

创新为代表的高风险高回报项目的财政科研资助机制可以包容失败,但不意味着可以容忍科研失信及腐败行为,所以要区分项目失败的原因是客观因素所导致,还是道德风险所导致。

由于具有颠覆性创新潜力的研究以及技术都具有前瞻性和不确定性,各学科领域也存在差异,学界对其的本质内涵以及实现机理的研究尚不完善,还需在理论上进行进一步的探索,对实践案例进行进一步的研究,从而构建并逐步完善面向颠覆性创新的财政资助机制,同时探索促进颠覆性创新的政府采购、税收政策等措施,从而促进我国科研原创能力的提高,更好地应对国际国内社会发展中的不确定性,在新一轮科技产业革命中占领先机。

#### 参考文献:

- [1]李平. 颠覆性创新的机理性研究[M]. 北京:经济管理出版社, 2018.
- [2] National Research Council. Persistent forecasting of disruptive technologies report [M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2010. <https://doi.org/10.17226/12557>.
- [3]苏鹏,苏成,潘云涛. 基于历史案例的颠覆性技术特征分析[J]. 中国科技论坛, 2019(8): 1-8.
- [4]黄鲁成,成雨,吴菲菲,等. 关于颠覆性技术识别框架的探索[J]. 科学学研究, 2015(5): 654-664.
- [5]杜建,孙轶楠,张阳,等. 变革性研究的科学计量学特征与早期识别方法[J]. 中国科学基金, 2019(1): 88-98.
- [6]张佳维,董瑜. 颠覆性技术识别指标的研究进展[J]. 情报理论与实践, 2020(6): 194-199.
- [7]张骁,吴琴,余欣. 互联网时代企业跨界颠覆式创新的逻辑[J]. 中国工业经济, 2019(3): 156-174.
- [8]杨蕙馨,张金艳. 颠覆性技术应用何以创造价值优势?——基于商业模式创新视角[J]. 经济管理, 2019(3): 21-37.

- [9]刘安蓉,李莉,曹晓阳,等. 颠覆性技术概念的战略内涵及政策启示[J]. 中国工程科学, 2018(6): 7-13.
- [10]杨芳娟,梁正,薛澜,等. 颠覆性技术创新项目的组织实施与管理——基于 DARPA 的分析[J]. 科学学研究, 2019(8): 1442-1451.
- [11]窦超,代涛,李晓轩,等. DARPA 颠覆性技术创新机制研究——基于 SNM 理论的视角[J]. 科学学与科学技术管理, 2018(6): 99-108.
- [12]迈克尔·贝尔菲奥尔. 疯狂科学家大本营:世界顶尖科研机构的创新秘密[M]. 北京:科学出版社, 2012.
- [13]魏俊峰,赵超阳,谢冰峰,等. 跨越现实与未来的边界: DARPA 美国国防高级研究计划局的透视[M]. 北京:国防工业出版社, 2016.
- [14]罗伯特·乃斯. 创造力危机——重塑科学以释放潜能[M]. 北京:科学出版社, 2019.
- [15] BONVILLIAN W B, ATTA R V. ARPA-E and DARPA: Applying the DARPA model to energy innovation[J]. Journal of Technology Transfer, 2011, 36(5): 469-513.
- [16]彭春燕. 日本设立颠覆性技术创新计划探索科技计划管理改革[J]. 中国科技论坛, 2015(4): 141-147.
- [17] Introduction to transformative research [OL]. National Science Foundation, [https://www.nsf.gov/about/transformative\\_research](https://www.nsf.gov/about/transformative_research), 2020-5-6.
- [18]智强,林梦柔. 美国国防部 DARPA 创新项目管理方式研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2015, 36(10): 12-22.
- [19]王莉,王鹏. DARPA 科技创新的管理实践与经验启示[J]. 科技导报, 2018, 36(4): 12-16.
- [20] JONES D. An interview with Daedalus [J]. Nature, 1997, 390: 126 - 127. <https://doi.org/10.1038/36467>.
- [21] JULIA B, BRAD P, BRIAN R. The 7 biggest problems facing science, according to 270 scientists [OL]. <http://www.vox.com/2016/7/14/12016710/science-challenges-research-funding-peer-review-process>, 2020-5-6.
- [22]薛惠锋. 从航天系统工程谈颠覆性创新[N]. 中国科学报, 2019-11-12(1).

(本文责编:王延芳)