

· 管理纵横 ·

# 变革性研究：概念、典型特征及其培育机制

梁国强<sup>1</sup> 林歌歌<sup>2</sup> 胡志刚<sup>2</sup> 侯海燕<sup>2\*</sup>

1. 北京工业大学 经济与管理学院, 北京 100124
2. 大连理工大学 科学学与科学技术管理研究所暨 WISE 实验室, 大连 116023

**[摘要]** 变革性研究(Transformatory research, TR)是彻底改变人们对现有科学的认知,或创造新范式、新领域、引领新前沿的研究。面对大国竞争之新变局,加强对 TR 的前瞻识别和培育,是“破局”之关键。我国政府及相关学者在具体实践中,对 TR、突破性研究、革命性科学等概念和特征缺乏清晰的界定,这终将影响国家的破局进程。本文采用文献调研法、比较分析法对国内外 TR 相关文献和政策文本进行系统梳理,深入探究 TR 的本质及相近概念的异同,归纳梳理 TR 的典型特征和国外资助实践,为构建中国式 TR 培育机制提供政策建议。

**[关键词]** 变革性研究;范式;科学革命;变革性发现;颠覆性

“十四五”时期是我国科技创新的关键时期,既是科技自立自强的窗口期,也是关乎能否在 2050 年顺利迈向世界科技创新强国的重要战略机遇期。历史经验表明,科学技术的每一次重大突破都会引起生产力的深刻变革,进而带来国际格局和世界秩序的巨大变化,面对第四次科技革命的加速演进,我国政府已将变革性研究(Transformatory research, TR)提高到重要的战略高度,在一系列文件中明确指出要切实加大对原创性、引领性、变革性创新研究的支持力度,鼓励质疑传统、挑战权威,重视可能重塑重要科学或工程概念、催生新范式或新学科新领域的研究<sup>[1, 2]</sup>。但我国政府及相关学者在具体实践中,对 TR 的概念和特征缺乏清晰界定,这极易诱发政策执行不畅和认知偏差,影响我国在大国科技竞争中的破局进程。在此背景下,全面梳理相关文献和政策文本,深刻理解和准确把握 TR 的概念及特征、加快完善 TR 的培育机制,是实现我国科技发展由跟踪模仿迈向前瞻引领的关键步骤,对我国在新发展阶段下开新局、开好局具有重要借鉴。

## 1 TR 的产生与发展

TR 的源起,是以美国国家科学基金会(National



侯海燕 博士,大连理工大学教授,博士生导师。研究方向为科学计量学与科学知识图谱方法与应用、高科技政策与战略、高科技发展特征研究与前沿探测。国际科学合作研究组织 COLLNET 理事、国际编委及同行评议专家,担任 *Journal of Data and Information Science (JDIS)* 编委及审稿专家,中国科技管理与科技政策学会成员。在国内外刊物发表学术论文 109 篇,出版学术专著 3 部,编辑出版“知识计量与知识图谱”丛书等。主持国家社科基金一般项目 1 项、国家社科基金重大项目子课题 1 项、教育部哲学社会科学重大攻关课题子课题 1 项。获国家人文社科最高奖 2 项,获得辽宁省哲学社会科学成果奖二等奖 2 项、获辽宁省社科联经济社会发展优秀课题一等奖 2 项。



梁国强 博士,北京工业大学经济与管理学院讲师,硕士生导师,兼任北京市系统工程学会理事、中国技术经济学会未来产业研究专业委员会秘书。主要从事科学计量学、网络科学等研究,累积发表学术论文 20 余篇,出版专著/译著 3 部,主持国家自然科学基金、北京市自然科学基金等

4 项科研项目。

Science Foundation, NSF) 为代表的发达国家科技界与科技政策界,在科学范式理论基础上,面对同行

收稿日期:2021-08-18;修回日期:2022-12-02

\* 通信作者,Email: houhaiyan@dlut.edu.cn

本文受到国家自然科学基金项目(71974030)、北京市自然科学基金项目(9232002)和辽宁省社科联 2022 年度辽宁省经济社会发展研究课题(2022lslsybkt-034)的资助。

评议的保守和固化倾向,力图在科学研究中有更高突破,以适应经济社会变革外部压力和公众期望的重要理念变化,是以美国为代表的发达国家科学研究结构性改革的重要体现<sup>[3]</sup>。随着科学的快速发展,科学知识在深度和广度上迅速拓展,反观美国当时的科研评审系统,由于受到专业知识的限制,同行评审的保守性导致那些真正具有挑战传统、高度创新的研究工作被排斥。与此同时,社会公众作为纳税人,对联邦政府科技投入的有效性及其对经济社会进步的贡献率也提出了质疑。在此背景下,以 NSF 为代表的科研资助机构,在不断回应科学界和社会公众对基础研究政策异议与诉求的基础上,对 TR 的特征进行了深入研究。直到在 2004 年美国圣塔菲研究所举行的“甄别、评议和资助变革性研究”研讨会上,才逐步实现对 TR 核心概念和理论特征的基本界定<sup>[4]</sup>。2007 年,美国国家科学委员会发布《NSF 加强支持变革性研究》的报告中正式提出要加强 TR 的支持力度,明确指出 TR 即那些有能力彻底改变原有研究范式,或能够导致新范式或新研究领域产生,挑战现有认知并通向新前沿的研究<sup>[5]</sup>。

TR 的提出引发了美国科技政策界的广泛讨论,并对欧盟和我国科技政策产生了重要影响。自 TR 提出后,将美国作为标杆比较的欧洲迅速开展了关于 TR 的探索,并将 TR 称为高风险、有野心的(Ambitious)以及破膜研究(Mould-breaking Research)等,认为这些研究有可能对现有理论和科学范式发起挑战,它们引入全新的方法和无偏见的组合,跨学科整合不同的研究同时需要承担失败的风险<sup>[6]</sup>。近年来,我国提高了对 TR 的重视程度,不断深化科技评价体制改革,大力加强对基础研究领域颠覆性创新扶持力度,加大对经济社会发展产生重大影响的前瞻性、原创性基础研究的支持,以抢占国际科技竞争的制高点。

除国家层面外,对 TR 的探索同样激起了学术

界相关学者的兴趣。陈超美<sup>[7]</sup>认为 TR 是能够改变研究主题、研究领域甚至学科的一项科学工作,包括科学革命、科学突破以及具有高风险高收益的思想等。Charlton<sup>[8, 9]</sup>认为诺奖级成果是 TR 成果的典型代表,与库恩《科学革命的结构》一书中提到的革命性研究是相同概念,它们都能够转变科学研究的范式。杜建和武夷山<sup>[10, 11]</sup>认为 TR 是能够挑战或颠覆原有研究范式,能够创造新范式或新领域的研究。除此之外,胡明晖<sup>[12]</sup>、梁正<sup>[3]</sup>、杨卫<sup>[13]</sup>等从 TR 产生的背景以及相关政策建议角度对 TR 的特征、概念演变、评审机制进行了探讨,由于相关研究较多,此处不再枚举。

随着对 TR 研究的逐渐深入,不断有学者采用突破性研究<sup>[14]</sup>、颠覆性创新<sup>[3]</sup>、革命性科学<sup>[15]</sup>等描述 TR,或采用全新的(Brand-new)<sup>[16]</sup>、前所未有的(Unprecedented)<sup>[17]</sup>、学科交叉(Interdisciplinary)、破膜研究、改变游戏规则、越阶变化(Step-change)<sup>[18]</sup>等术语描述其特征。上述名词有些与 TR 相同,有些则是易混淆概念,而且哪些特征是 TR 的典型特征,目前也缺乏统一的认识。这在一定程度上易诱发相关政策执行不畅,引发不同学者对 TR 认知产生偏差,不利于我国对 TR 前瞻遴选和早期资助政策的实施。因此,接下来本研究将对 TR 的本质、典型特征进行深入分析,加深对 TR 的理解。

## 2 概念辨析与典型特征

### 2.1 TR 的释义及其本质

《新华字典》《辞海》和《韦氏大辞典》对“变革”的解释,主要强调“事物的本质发生了重大改变”,这与 NSF 关于 TR 的界定在本质上是一致的,二者均指事物的越阶变化或发生相变,即彻底改变人们对现有科学的认知,或创造新范式、新领域、引领新前沿的研究。TR 的思想渊源于库恩科学革命的结构理

表 1 潜在新范式与 TR 内涵/特征的比较

潜在新范式	TR	内涵/本质	是否一致
① 有潜力得到公认的具体科学成就	能够创造新范式、新领域,通往科学的新前沿	研究共识	是
② 具有新颖性特征	创新性非常强的基础研究;发现新的和未预见的途径	新颖性	是
③ 范式转移就是科学革命	挑战现有的科学认知,导致新范式产生	颠覆性	是
④ 范式转移无法在短时间内完成	开发那些在短时间内不太可能应用的新技术、新方法;初期难以达成共识,在同行评议中表现不佳	争议性	是
⑤ 学科交叉重组形成潜在新范式,是跃阶式发展,与旧范式的跨度非常大	越阶变化,舍弃一些现有想法和惯例;与当前思维模式、时间、政策和结构决裂	颠覆性	是

论<sup>[3, 5]</sup>,从库恩对范式的定义可见,范式具有如下特征<sup>[19]</sup>:第一,范式是得到公认的具体的科学成就。第二,潜在的新范式具有新颖性特征。第三,范式转移就是科学革命。表1分别从库恩及不同国家和学者对TR界定的比较发现,TR属于库恩提到的范式范畴,其本质是潜在的新范式。

综上所述,TR主要强调事物的本质发生了重大改变,这与NSF关于TR的界定是一致的。基于库恩科学革命的结构理论,本研究认为TR本质上是潜在的新范式。

## 2.2 TR及其相近概念辨析

随着TR相关研究的不断增多,出现了颠覆性创新、革命性研究、突破性研究、革命性发现等不同术语,对这些术语进行概念辨析厘清其异同点有利于更深入理解TR,促进相关资助政策的实施。

### 2.2.1 TR与颠覆性创新

颠覆性创新的概念可追溯至“现代管理学之父”——约瑟夫·熊彼特(Joseph Alois Schumpeter)创造性破坏的概念,1912年熊彼特发表了《经济发展理论》一书,该书提出“创造性破坏(Creative Destruction)”的概念,用以强调产业更替。自此学者们前赴后继做出大量探索,并根据不同的标准和维度对创新进行了分类。1995年,Innosight公司创始人、哈佛大学商学院教授克莱顿·克里斯坦森(Clayton M. Christensen)等明确提出了“颠覆性创新”的概念,从技术与市场的视角,描述了颠覆性创新对企业产生的影响<sup>[20]</sup>,并将创新分为渐进性创新(Incremental Innovation)和颠覆性创新(Disruptive Innovation)两种类型,认为颠覆性创新是产品通过技术创新先进入非主流市场(即以低端市场为立足

点),而后通过技术不断优化最终吞噬主流市场的过程<sup>[21]</sup>。该理论成功的弥补了早期经典创新理论的不足,开创了颠覆性创新研究的先河,受到学界和业界的持续关注,经过20多年的发展,颠覆性创新理论成为市场经济学和管理学领域颇具影响力的理论,而且在预测企业成败方面起到了重要作用。

通过文献梳理本研究发现,虽然TR与颠覆性创新的外在表现存在一定的联系,但TR在概念、研究领域、内涵、研究者、研究动机方面与颠覆性创新具有明显的区别(见表2)。从整体来讲颠覆性创新主要关注技术领域,是基于新技术、新思维、新产品或服务开发新市场或对现有市场造成激烈变动,并为未来新市场、新应用和新产业的形成奠定基础的创新;而TR则主要关注基础科学领域,是彻底改变对现有科学、工程概念或教育实践重要概念的认知,或能够导致新范式或新的科学、工程或教育领域产生的想法、发现和工具,它们挑战现有认知并通向新的前沿。“变革”表示研究具有潜在的转化能力,但并不意味着这种转化必然对社会、经济和政治产生影响;而颠覆性创新则搭建起了从科学到社会变革的桥梁,强调有真实转化价值的成果。作为基金资助机构,对TR的探索主要是便于资助潜在的TR,使得基金分配更加合理、高效;而对企业来讲,颠覆性创新决定了企业的命运。

### 2.2.2 TR与革命性研究、突破性研究等

除颠覆性创新外,本节对革命性科学、科学革命、突破性研究、变革性发现等术语与TR的异同进行了辨析。

(1) **革命性科学**:在库恩《科学革命的结构》基础上,相关学者围绕“革命性科学”展开了研究。关

表2 TR与颠覆性创新的异同

比较项目	TR	颠覆性创新	结果*
概念	彻底改变对现有科学、工程概念或教育实践重要概念的认知,或能够导致新范式或新的科学、工程或教育领域产生的想法、发现和工具,它们挑战现有认知并通向新的前沿 <sup>[13]</sup>	产品通过技术创新先进入非主流市场(即以低端市场为立足点),而后通过技术不断优化最终吞噬主流市场的过程 <sup>[18, 19]</sup>	×
研究领域	基础研究	应用研究(产品市场)	×
内涵	完成从科学研究到知识的变革,强调潜在转化能力	搭建从科学到社会变革的桥梁,强调真实转化价值	×
研究者	主要是基金资助机构	主要是企业	×
研究动机	资助潜在的TR	旨在描述新技术对企业存在的影响	×
结局	颠覆相关领域参与主体的行为	颠覆相关领域参与主体的行为	✓

\*注:“×”代表比较结果有差别;“✓”代表比较结果一致。

于革命性科学的概念, Casadevall 和 Fang<sup>[15]</sup> 在“革命性科学(Revolutionary Science)”一文中指出,“革命”一词源于拉丁语“revolutionem”,最初用于描述天体的旋转运动,后来科学领域将该词用于表征“一种剧烈或范围广泛的变化”、“推翻既定规则”;他们将革命性科学定义为剧烈提升本领域和其他领域人们认知的突破性概念或技术,如牛顿力学体系、细菌理论、哥白尼的“日心说”、量子理论、板块构造学等。

Andras<sup>[22]</sup>认为革命性科学与常规科学是相对应的概念,革命性科学旨在搭建理论或实验的桥梁,往往需较长时间才能体现出来;与常规科学不同的是,革命性科学很可能在高影响力杂志上发表无统计学差异的研究报告、导致研究人员的成果看起来荒谬、影响研究人员声望、失败风险较高。同样,基于库恩的理论, Charlton 在一系列研究<sup>[8, 9]</sup>中指出绝大部分科学成果可以归为常规科学的范畴,通过不断试错和解谜促进科学的渐进性、累积性发展。而革命性科学则是范式转变型的新理论、新发现或重大技术,能够从根本上改变科学、学科或研究领域的基本架构,诺贝尔自然科学奖的成果是革命性科学的有力证据。

综上,革命性科学与 TR 均基于库恩科学革命的结构理论,革命性科学是与常规科学完全不同的研究,失败风险较高而一旦成功,往往能够从根本上改变人们的认知,颠覆传统研究范式,二者在本质上是相同的概念。

**(2) 科学革命:**作为描述科学进步一般规律的“科学革命(Scientific Revolution)”这一概念被广为人知源于库恩《科学革命的结构》这部著作。库恩认为,科学革命即范式的转换,起源于科学共同体中某一小部分人逐渐意识到无法利用现有范式有效探究自然界的某一方面。科学革命是对科学发展规律的抽象概括,即认为科学的发展并不完全是累积的、渐进性的发展,还包括革命性的、跨越式的甚至激烈的竞争。在库恩的这部著作中,将科学发展和进步视为一种循环:前科学、常规科学、反常和危机、科学革命以及新的常规科学五个阶段,其中常规科学是建立在一种或多种过去科学成就基础上的研究,此时期科学家的工作是在既定范式下从事的解谜活动,目的在于不断提高科学研究的精

度和广度。但在解谜过程中,反常的出现逐渐引发科学家注意并转变成危机,出现一段显著的专业不安全期,并提示更换工具的时机已经成熟,而更换工具则意味着新范式的产生和旧范式被取代,即科学革命。

综上所述,本研究所提到的 TR 是潜在的新范式,与科学革命相比,二者理论渊源相同,且具有颠覆传统范式特征。但科学革命更倾向于描述旧范式被新范式取代的过程,TR 则本质上是潜在的新范式,是导致科学革命的原因,二者在这一点存在差异。

**(3) 突破性研究:**关于突破性研究的概念,众多学者从知识单元重组与游离的视角给出了基本一致的解释,而且与 TR 相比,突破性研究的概念更具有可操作性,如认为突破性研究的前提是高被引论文。

瑞典研究委员会研究政策分析部门认为突破性研究是世界范围内被引次数排在前十%的论文<sup>[23]</sup>,后来科睿唯安集团的研究人员对“突破性研究”的解释是导致研究方向改变的高被引论文<sup>[24]</sup>。而 Schneider & Costas 则在上述 2 种观点基础上进一步提出了突破性论文的其他约束条件,认为所谓“突破”是“突然的、剧烈的、重要的发现或改进”“有意义的改进或发现”“科学上任何有意义的、突然的进步、改进从而为前进扫除障碍”“推动未来进步的重大成就或成功”<sup>[25]</sup>。

Wolcott 等<sup>[26]</sup>则认为“突破性研究”与 2007 年 NSB 关于“TR”的界定是相同的,这类研究往往挑战传统认知并引领科学领域新的前沿,科学计量学领域的“突破性研究”的载体是论文,因此突破性论文是因“TR”而产生的研究型论文。Winnink 等<sup>[27]</sup>在借鉴库恩常规科学和科学革命相关论述的基础上提出突破性研究是由无数小进展累积而成最终引起思考问题方式产生变化的发现。Root-Bernstein<sup>[28]</sup>认为与渐进性研究不同,突破性研究是开创性的、探索性的研究,具有难以预料的特点。当然,王雪等的观点则与 Root-Bernstein 存在较大差别,他们认为突破性研究是对科学产生重大影响的科学突破,这些发现的影响超出科学领域,可能会对技术领域产生影响<sup>[29]</sup>。

综上,本研究赞同王雪等的观点,认为突破性

研究可以是挑战传统范式的潜在新范式,也可以是在原有范式基础上获得的重大突破,与原有研究的方向一致,因此突破性研究包括 TR,其范畴更广。

**(4) 变革性发现:**McKnight<sup>[30]</sup>在“不寻常的智慧(Unconventional Wisdom)”一文中提到,科学是无尽的前沿,做出变革性发现的机会非常多,因此年轻的医学生将会在接受训练的广度和深度、以及假设驱动和对未知的随机询问间保持平衡中获益。同年,陈超美等<sup>[31]</sup>提出科学领域的重大科学变革体现在科学社团的变动,正如库恩所观察到的那样,当危机四伏的学科进入一批年轻科学家时,新范式也常常出现。在借鉴信息科学、社会网络分析、科学社会学和科学哲学等领域相关理论的基础上,陈超美等提出了“变革性发现”理论,指出变革性发现代表了根本的、革命性的科学变化,源于两个或多个以前未建立联系的知识单元间的新颖连接,并将该理论用于诺贝尔奖获得者的预测。“变革性发现”一词出现在 NSF 明确提出“TR”之后,本研究发现采用该术语进行相关研究的学者并不多,且相同学者的不同研究中有时采用变革性发现,有时则采用 TR 来描述诺贝尔科学奖成果,从学者对变革性发现的表述以及本质上看,本研究认为变革性发现与 TR 在本质上是同义可替换概念。

综上,TR、革命性科学、变革性发现和科学革命均源于库恩科学革命的结构中关于科学范式转变的理论,其中革命性科学和变革性发现与 TR 在本质上是一致的,是同义可替换概念。科学革命与 TR 有一定的联系,但科学革命更倾向于描述新范式被旧范式取代的过程,是 TR 产生的结果。突破性研究的概念内涵最大,一方面它可以是 TR,另一方面也可表现为常规科学下渐进性研究中的重大发现。

### 2.3 TR 的典型特征

TR 有哪些特征,是各国政府及研究人员关心的重要问题。如今,NSF 官网为早期识别潜在的 TR,将其特征归纳为:(1) 挑战传统认知;(2) 产生意外的结果从而开启新技术或新方法;(3) 重新界定了科学、工程或教育的边界。芬兰科学院则认为 TR 具有以下特征:(1) 包含创新性非常强的基础研究;已经在某领域有所成就的研究者,转向从

未涉足的新领域;(2) 将某领域的一系列方法应用于另一个完全不同的领域;(3) 开发那些在短时间内不太可能应用的新技术、新方法;(4) 可能推翻主流理论;(5) 新的未经证实的想法、需要不同学科间的合作研究<sup>[17]</sup>。英国研究委员会认为并非跨学科研究才具有创新性,当学科内部的发展达到一定量的累积时也能推动科学前沿的发展,关于 TR 的特征,英国政府则多从突破性和颠覆性方面强调 TR 的特征,用改变游戏规则(Game-changing)、全新的(Brand-new)、前所未有的(Unprecedented)以及颠覆性(Disruptive)、挑战传统(Challenge Traditional Approaches)、高风险(High-risk)、高回报(High-reward)来描述<sup>[32]</sup>。

我国从 2011 年开始,明确采用“TR”一词来描述具有高风险、探索性强的研究。《国家自然科学基金委员会“十二五”发展规划》指出:“重视对变革性研究的支持,激励科学家开展变革性创新构思与实践。根据申请与资助情况确定资助规模和强度,充分发挥科学部的学术判断作用,逐步建立针对风险高、探索性强的研究项目的特殊评审和管理机制”<sup>[33]</sup>。2016 年,我国国家自然科学基金委进一步加深了对 TR 的认识,不再单纯采用“高风险”“探索性强”“原创”“非共识”对术语进行描述,还加入了“挑战传统范式”的特征,指出:“完善从非共识学术争议中甄别发现原创思想的工作机制,探索加强对挑战传统范式的 TR 的资助力度”<sup>[1]</sup>。

另外,不少学者也表达了对 TR 特征的独到见解。例如,Trevors 等<sup>[16]</sup>认为 TR 具有新颖性、易引发争议、发现新的和未预见的途径、实现价值、挑战假设等特点。Crockett 等<sup>[34]</sup>认为从问题识别方面来讲,TR 的问题是需要长期的、多观点、多学科、多文化交叉的观点来解决的,需要采用读者友好的方式以及有影响力的工具对研究成果进行扩散。

对上述国家/机构或学者有关 TR 特征进行归纳,进一步对提及次数较多的特征进行统计整理,发现被提及最多的特征是颠覆性特征(共出现 18 次),其次是新颖性特征(共出现 11 次),可见颠覆性和新颖性是学者广泛认可的两项特征,属于 TR 的典型特征,见表 3。

表 3 出现次数较多(≥2 次)的 TR 相关特征

特征	被提及次数	相关表述	来源
颠覆性	18	挑战传统认知、重新界定了科学、工程或教育的边界、与当前思维模式、时间、政策和结构决裂、可能推翻主流理论、改变游戏规则、挑战传统、颠覆现有认知导致领域革命性变化、科学革命、跃阶式发展、根本的革命性的科学变动。	NSF <sup>[5]</sup> 、欧盟 <sup>[17]</sup> 、芬兰 <sup>[5]</sup> 、英国 <sup>[18]</sup> 、中国 <sup>[13]</sup> 、库恩 <sup>[19]</sup> 、陈超美 <sup>[7]</sup> 、Trevors <sup>[16]</sup> 、杜建和武夷山 <sup>[10, 11]</sup> 、梁正 <sup>[3]</sup> 、龚旭 <sup>[35]</sup>
新颖性	11	创新性非常强的基础研究、新的并未经证实的想法、前所未有的全新的、在某领域有所成就的研究者转向从未涉足的新领域、创新性、两个或多个分离的知识单元间建立连接、新颖性。	芬兰 <sup>[5]</sup> 、英国 <sup>[18]</sup> 、中国 <sup>[13]</sup> 、陈超美 <sup>[7]</sup> 、Trevors <sup>[16]</sup> 、梁正 <sup>[3]</sup>
学科交叉性	9	需要不同学科间的合作研究、将某领域的一系列方法应用于另一个完全不同的领域、学科交叉、跨越学科界限、多学科。	芬兰 <sup>[5]</sup> 、英国 <sup>[18]</sup> 、中国 <sup>[13]</sup> 、Crockett, 等 <sup>[34]</sup> 、梁正 <sup>[3]</sup>
价值属性	3	实现价值、往往会推动技术和经济发展甚至改变人类生活、有潜在转化能力	Trevors <sup>[16]</sup> 、梁正 <sup>[3]</sup> 、龚旭 <sup>[35]</sup>
超前性	3	开发那些在短期内不太可能应用的新技术新方法、延迟承认、低被引、	芬兰 <sup>[5]</sup> 、杜建和武夷山 <sup>[10, 11]</sup>
争议性	2	初期难以达成共识,在同行评议中表现不佳、易引发争议	中国 <sup>[13]</sup> 、Trevors <sup>[6]</sup>
风险性	2	高风险、高风险性,成败概率不定	欧盟 <sup>[17]</sup> 、中国 <sup>[13]</sup>

### 3 国外主要 TR 资助机构的评审特点

过去十几年,国外主要基金资助机构逐步加强对 TR 的支持力度和强度。例如美国国立卫生研究院于 2009 年设立 TR 专项资助(Transformativ Research Award, TRA)项目<sup>[36]</sup>、NSF 在 2012 年设立的“CREATIV 计划”、欧洲研究委员会设立的高级项目(Advanced Grants, AG)、英国研究与创新局设立金点子(Bright IDEAS Awards)项目<sup>[37]</sup>等。

关于上述基金资助部门对 TR 的评审流程,美国国立卫生研究院规定 TRA 项目的申请人可以是任何职业生涯阶段的个体、多位主要负责人(Multi-PI)或大额预算申请人,该项目的评审流程可归纳为“多轮盲审+实名会评”。具体评审流程如下:首先,对提交的项目申报书进行形式审查,该环节主要对项目申报书的完整性进行评审;其次,由会评小组对匿名项目申报书的变革性潜力进行匿名评审,选出最具变革性潜力的项目申报书,并以邮件/邮寄的方式给其他同行进行评审;然后,收到邮件的同行评审专家重点对项目申报书的意义(Significance)、创新性(Innovation)以及技术路线(Approach)进行评议,之后再返给会评小组,以上环节均为盲审。接下来,会评小组揭盲项目申报书并按优先级对其进行排序和讨论,并最终根据会评打分确定资助优先级。

与 TRA 项目相比,CREATIV 计划对申请人的规模有严格限制,要求最好是 1 位负责人(PI)或小团队,该项目的评审流程可归纳为“跨学科部推荐+同行评审”。具体评审流程为:申请人需填写项目申

报书并取得至少 2 个学科部的书面授权,即获得 2 个或以上 NSF 学科部对项目申报书的推荐,该阶段的目的是排除可在常规项目中资助的申报书,且书面授权仅反映学科部对项目申报书的初步判断,能否获得资助需要参照 2 个标准进行考量:(1)潜在的变革性(Potentially Transformative):项目申报书必须源于多学科领域的交叉,且必须具有潜在的变革性;(2)广泛的影响(Broader Impact):项目申报书必须对社会进步具有非比寻常的影响。最终,由综合项目主管(Cognizant Program Directors)来决定是否推荐该项目申请书。

与上述 2 个项目相比,欧洲研究委员会设立的高级项目对申请人的要求较为严苛,申请人必须是近 10 年做出重大研究成果的杰出科学家,该项目的评审流程相对较为简单,即同行评审。英国研究与创新局要求金点子项目的申请人须是来自研究机构的个体,不接受工业界人员的申请,该项目的评审流程可归纳为“盲审+答辩”。具体评审流程如下:首先,对提交的项目申报书组织同行评审,该过程对申请人信息严格保密,评审重点在于项目申报书中提出的观点和技术路线是否令人激动(Excitement)、感到新颖(Novelty),这一环节会筛掉一大部分项目申报书;接下来,邀请剩余的小部分项目申报人参加评审小组 15 分钟的课题陈述及 30 分钟的答辩,只有最终通过答辩的项目申报人才会获得该项目资助。

表 4 从资助领域、对申报书要求、评审方式、评审重点、资助金额及期限、对申请人要求 7 个方面全面梳理了国外主要 TR 资助机构的评审特点。

表4 国外主要TR资助机构的评审特点

	TRA项目	CREATIV计划	金点子项目	高级项目
资助领域	医学领域	各领域	工程与物理学	各领域
申报书	弱化研究计划和数据	未提及	重视观点和技术路线	未提及
评审方式	多轮盲审+实名会评	跨学科部推荐+同行评审	盲审+答辩	同行评审
评审重点	意义、创新性、技术路线	潜在变革性、广泛的影响	令人激动、新颖	出色
资助金额	最高50万美金	最高100万美金	最高25万英镑	最高250欧元
资助期限	不超过5年	不超过5年	不超过18个月	不超过5年
申请人	个人、团队(强调跨学科性)	个人、小团队(强调跨学科性)	非企业、个人	个人(杰出学者)

## 4 我国培育TR的政策建议

现阶段,加强对TR本质特征、评审方式的探索是适应我国科学发展新阶段的必然要求,是我国某些领域进入科技创新无人区后实现由“跟跑”到“领跑”转变的前提,也是应对美国“小院高墙”式高科技封锁策略下,实现我国科技自立自强的破局之策。结合我国在TR资助方面的管理实际,本研究提出以下建议:

### 4.1 设置专门的TR资助项目

科学知识增长是在持续累积增长和中断的交替中形成的,科学知识的持续累积增长对应常规科学时期,科学知识的中断对应科学革命时期。绝大多数科学进步是常规科学时期解谜活动的结果,研究人员通过持续提高研究活动的精度和深度来推进科学知识的累积增长,在科学知识没有积累到一定程度时,很难产生TR。TR通常挑战或颠覆人们对现有科学的认知,在现有评审系统中很难取得共识性意见,而一旦成功,则会对科学研究甚至整个人类社会产生广泛而深远的影响。2020年我国国家自然科学基金委员会成立交叉学科部专门面向国家重大战略需求和新兴科学前沿交叉领域研究,是探索新科学研究范式的进步。但学科交叉并非TR产生的充要条件,因此,建议国家对目前的科技资助体系进行适当完善,可以考虑在交叉学科部下另设专门的TR资助项目。

### 4.2 探索TR的非常规评审和资助方式

TR早期很可能是源自科研人员异想天开、天马行空的想法,缺乏研究基础和数据方面的支撑,与主流研究计划脱节,在早期很容易“夭折”,而资助机构的持续培育则有利于促进TR的“茁壮成长”。

因此,建议对不适于现有评审体系评审的项目,或在现有评审体系下评审结果不佳的非共识项目进行非常规评审,这种非常规评审方式重点将对项目申报书的创新性、潜在影响进行评价,而不过多关注数据支撑和可行性论证部分。考虑到不同职业生涯阶段的研究人员在思维方式、科研经验方面的差异,可将项目申报书按申报人的职称、年龄等因素进行分类,确保各职业生涯阶段的申报人均有机会获得资助。另外,我国现阶段基础研究领域处于从量变到质变的跃升期,今后及未来一段时间在TR方面将大有作为,因此可以采取“长时期—小金额—广资助”的方式进行资助,提高TR培育的成功率。

### 4.3 探索柔性科研管理路径

科学研究本身是一种探索性的活动,探索的结果常具有不确定性,而TR高风险高回报的特点决定了部分TR资助项目不可避免的面临失败风险。要积极探索鼓励科学家大胆创新、勇于创新 and 宽容失败科研氛围,在科学研究中只有允许试错、宽容失败,才会鼓励一大批科学家解放思想、大胆创新,加入到安心做高质量、开创性、颠覆性科学研究的队伍中。此外,与之相应的科研评机制也需适当完善,在短期评价和长期评价之间保持必要的张力,既要及时给予科研人员必要的奖励,又不能以“一时成败论英雄”,否则很容易诱导科学家为达到绩效考核标准去做一些短平快的研究,这不利于TR的培育。

综上所述,对TR概念、特征的研究有利于深刻把握其内涵,为当前阶段我国更好的制定TR的早期资助政策和相关培育机制提供借鉴,有利于进一步深化我国科技体制改革,早日实现科技自立自强。

## 参 考 文 献

- [1] 国务院. 国务院关于印发“十三五”国家科技创新规划的通知. (2016-08-22)/[2021-04-15]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content\\_5098072.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm).
- [2] 国务院. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要. (2021-03-13)/[2021-04-16]. [http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content\\_5592681.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm).
- [3] 梁正, 邓兴华, 洪一晨. 从变革性研究到变革性创新: 概念演变与政策启示. *科学与社会*, 2017, 7(3): 94—106.
- [4] Frodeman R. *The promise and perils of transformative research*. Arlington: UNT Scholarly Works, 2012.
- [5] Beering SC. *Enhancing support of transformative research at the National Science Foundation*. National Science Foundation, 2007.
- [6] Group KTE. Belgium; directorate-general for research scientific and technological foresight. European Commission, 2005.
- [7] Chen CM, Chen Y, Horowitz M, et al. Towards an explanatory and computational theory of scientific discovery. *Journal of Informetrics*, 2009, 3(3): 191—209.
- [8] Charlton BG. Measuring revolutionary biomedical science 1992—2006 using Nobel prizes, Lasker (clinical medicine) awards and Gairdner awards (NLG metric). *Medical Hypotheses*, 2007, 69(1): 1—5.
- [9] Charlton BG. Scientometric identification of elite ‘revolutionary science’ research institutions by analysis of trends in Nobel prizes 1947-2006. *Medical Hypotheses*, 2007, 68(5): 931—934.
- [10] 杜建, 武夷山. “睡美人”文献的重要特征、预测线索与政策启示. *科学学研究*, 2018, 36(11): 1938—1945.
- [11] 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. *中国科学基金*, 2019, 33(1): 88—98.
- [12] 胡明晖. 变革性研究: 定义、特征与资助机制. *科技进步与对策*, 2016, 33(12): 115—118.
- [13] 杨卫, 郑永和, 董超. 如何评审具有颠覆性创新的基础研究. *中国科学基金*, 2017, 31(4): 313—315.
- [14] Wang J, Veugelers R, Stephan P. Bias against novelty in science: a cautionary tale for users of bibliometric indicators. *Research Policy*, 2017, 46(8): 1416—1436.
- [15] Casadevall A, Fang FC. Revolutionary science. *mBio*, 2016, 7(2): e00158.
- [16] Trevors JT, Pollack GH, Saier MH, et al. Transformative research: definitions, approaches and consequences. *Theory in Biosciences*, 2012, 131(2): 117—123.
- [17] HÄYRYNEN M. *Breakthrough research. Funding of high-risk research at the Academy of Finla*. Helsinki: Academy of Finland, 2007.
- [18] *Emerging Technology for Defence Programme*. Defence Science and Technology Laboratory, 2018.
- [19] Kuhn TS. *The Structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1962.
- [20] Bower JL, Christensen CM. Disruptive technologies: catching the wave. *Journal of Product Innovation Management*, 1995, 1: 75—76.
- [21] Christensen CM, Raynor M, McDonald RM. What is disruptive innovation. *Harvard business review*, 2015, 93(12): 44—53.
- [22] Andras P. Research: metrics, quality, and management implications. *Research Evaluation*, 2011, 20(2): 90—106.
- [23] Öquist, G., & Benner, M. Fostering breakthrough research: a comparative study. *Kungliga*, 2012, 1—123.
- [24] Ponomarev IV, Williams DE, Hackett CJ, et al. Predicting highly cited papers: a method for early detection of candidate breakthroughs. *Technological Forecasting and Social Change*, 2014, 81: 49—55.
- [25] Schneider JW, Costas R. Identifying potential “breakthrough” publications using refined citation analyses: three related explorative approaches. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 2017, 68(3): 709—723.
- [26] Wolcott HN, Fouch MJ, Hsu ER, et al. Modeling time-dependent and-independent indicators to facilitate identification of breakthrough research papers. *Scientometrics*, 2016, 107(2): 807—817.
- [27] Winnink JJ, Tijssen RJW, Raan AFJ. Theory-changing breakthroughs in science: the impact of research teamwork on scientific discoveries. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 2016, 67(5): 1210—1223.
- [28] Root-Bernstein RS. Strategies of research. *Research-Technology Management*, 1989, 32(3): 36—41.
- [29] 王雪, 杜建, 杨雪梅, 等. 生物医学突破性研究自动识别方法构建. *中华医学图书情报杂志*, 2020, 29(1): 66—71.
- [30] McKnight SL. Unconventional wisdom. *Cell*, 2009, 138(5): 817—819.
- [31] Chen CM. Hindsight, insight, and foresight: a multi-level structural variation approach to the study of a scientific field. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2013, 25(6): 619—640.



- [32] Emerging Technology for Defence Programme. Defence Science and Technology Laboratory. (2018-05-31)/[2021-04-16]. <https://www.gov.uk/guidance/emerging-technology-for-defence-programme>.
- [33] 国家自然科学基金委. 国家自然科学基金委第“十二五”发展规划. (2011-07-15)/[2021-04-17]. [http://www.nsf.gov.cn/nsfc/cen/bzgh\\_125/ml.html](http://www.nsf.gov.cn/nsfc/cen/bzgh_125/ml.html).
- [34] Crockett D, Downey H, Firat AF, et al. Conceptualizing a transformative research agenda. *Journal of Business Research*, 2013, 66(8): 1171—1178.
- [35] 龚旭. 科学基金与创新性研究——美国国家科学基金会支持变革性研究的相关政策分析. *中国科学基金*, 2011, 25(2): 105—110.
- [36] Group NW. NIH Director's Transformative Research Award-Funding opportunities for exceptionally innovative and unconventional research projects. (2021-07-12)/[2021-07-20]. <https://commonfund.nih.gov/TRA>.
- [37] Innovation URA. Introduction to transformative research. UKRI. (2021-11-08)/[2021-11-10]. <https://www.ukri.org/councils/epsrc/guidance-for-applicants/types-of-funding-we-offer/transformative-research/introduction-to-transformative-research>.

## Transformative Research: Definition, Typical Characteristics and Cultivation

Guoqiang Liang<sup>1</sup> Gege Lin<sup>2</sup> Zhigang Hu<sup>2</sup> Haiyan Hou<sup>2\*</sup>

1. *School of Economics and Management, Beijing University of Technology, Beijing 100124*

2. *WISE Lab, Dalian University of Technology, Dalian 116023*

**Abstract** Transformative research (TR) challenges or disrupts current research paradigm, radically changes our current scientific understanding, thus promotes the step-changing development of human knowledge. Facing the confront between China and the United States (U. S. ), enhancing the foresight on TR identification and early cultivation is the key to break the trap. However, the lack of a clear boundaries between TR and its similar concepts is easily to cause policy confusion and cognitive biases, and finally affect the competition between our government and the U. S. This study analyzed the relevant literature based on literature analysis and comparison method, explored the very nature of TR as well as the difference between TR and its similar concepts, thus trying to provide some meaningful suggestions.

**Keywords** transformative research; paradigm; scientific revolution; transformative discovery; disruptiveness

(责任编辑 姜钧译)

---

\* Corresponding Author, Email: houhaiyan@dlut.edu.cn