公共研发投入经济影响评估的国际实践与启示

杜 丹，杨 耀，高白云，施筱勇
（科技部科技评估中心，北京 100081）

摘 要：对公共研发投入的科技活动开展经济影响评估是发达国家政府普遍做法。选取了欧盟框架计划（Framework Programmes，FP）、人类基因组计划（Human Genome Project，HGP）、加拿大自然科学与工程理事会（Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada，NSERC）合作研发计划和美国国家标准与技术研究院（National Institute of Standards and Technology，NIST）研发项目的经济影响评估实践。具体分析了 4 个评估实践的经济影响评估逻辑框架、反事实分析、经济计量方法和选用指标。研究发现，完整的评估逻辑框架，科学的评估设计，成熟的经济计量模型和完备的指标数据等是经济影响评估的重要因素。通过国际评估实践分析与总结为中国国家科技计划影响评估提供经验借鉴。

关键词：经济影响评估；评估逻辑框架；经济计量方法；评估指标；国际经验
中图分类号：F204；G323 **文献标识码**：A DOI：10.3772/j.issn.1009-8623.2024.06.006

自 1956 年索洛开拓性地强调投资知识对一国经济增长的重要性以来，评价公共研发投入对国家或地区经济增长的贡献一直是经济学研究的重要领域之一。学界采用宏观经济计量研究分析整体研发投入对国家生产力的作用。1995—2007 年，欧洲 2/3 的经济增长来自广义的科技创新 [1]。按照最严格的研发与创新（R&I）定义估计，2000—2013 年，R&I 对劳动生产率增长的影响，在芬兰、德国或英国等国家为 17%，在爱尔兰接近 30%[2]。在美国，研发投资每增加 10%，生产率就会提高 1.1% ～ 1.4%[3]。Veugelers[4] 认为，公共研发投入可能旨在应对环境、健康或生活质量等社会挑战，衡量经济方面的影响具有一定的挑战性，因为国内生产总值（GDP）或生产率的提高并不是其主要目标。在私人研发领域中，投资回报率或企业在研发方面的投资所获得的经济利益，在发达经济体达到 10%～30%。即公司研发投资总额每投入 100 欧元，其每年获得的净收益为 10 ～ 30 欧元 [5]。在欧洲，研发投入更高的公司，其回报率接近 54%，即每投资 100 欧元进行研发，公司每年就会获得 54 欧元的净经济效益 [6]。

2002 年，时任美国总统科学顾问约翰·马伯格在美国科学促进会第 27 届科学技术政策研讨会上做的主旨演讲中提到，美国作为世界上最大的科研投入国家，政府要像科学家一样做出明智决策，就应该掌握对项目成果的测度方法，理性地决定加强或者结束一个项目 [7]。呼吁决策者要对公共研发投入进行评估，帮助政府识别需要获得公共研发支持的优先领域，为研发机构和私营部门的技术投资提供资源配置依据。对政府效率的

第一作者简介：杜丹（1988—），女，博士，助理研究员，主要研究方向为科技影响评估、区域创新发展研究。
通信作者简介：施筱勇（1979—），男，硕士，研究员，主要研究方向为科技战略与政策、科技评估、科研诚信。电子邮箱：shixiaoyong@ncste.org
项目来源：广东省省级科技计划项目“《广东省科技创新‘十四五’规划》实施中期评估研究”（2024A1010070008）。
收稿日期：2024-03-20

不断关注使得影响评估的作用更加凸显。

公共研发投入产生的公共知识的公益性质，不可避免地产生的知识溢出效益，使其影响远远超过直接的产出，因此公共研发的影响评估也是国内外科技政策界和评估界的热点之一。2012 年，经济合作与发展组织（Organization for Economic Co-operation and Development，OECD）的一项调查[8]：在过去的 5 年中，认为科技评估的目的是“侧重于问责，还是侧重于学习”；评估内容是“侧重于影响，还是侧重于过程”。OECD 的 34 个成员国中有 28 个国家对此问题进行了回答，认为评估目的应侧重问责的有 11 个国家，认为评估内容应该侧重影响的共有 12 个。认为评估目的问责和学习同等重要，评估内容影响和过程同等重要的国家分别为 11 个和 12 个。从调查结果看出，OECD 在科技评估方面越来越重视影响评估。

国内外对于公共研发投入的经济影响评估如此重视是因为其能够回答公众真正关心的问题：公共研发投入如何发挥作用，政府科技投入到底能为社会经济发展带来哪些好处；公众能够从中获得何种利益。从国际上看，一些发达国家和地区已经意识到影响评估在政府决策管理和回答公共问责的重要作用，在公共研发投入的经济影响评估方面形成了成熟的评估方法和经验，对中国科技计划的经济影响评估具有一定的参考价值。本文综合考虑政策影响力、公共研发投入类型、经济影响评估特点和区域分布等方面，选择了欧盟框架计划（Framework Programmes，FP）、人类基因组计划（Human Genome Project，HGP）、加拿大自然科学与工程研究理事会（Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada，NSERC）合作研发计划、美国国家标准与技术研究院（National Institute of Standards and Technology，NIST）研发项目等 4 个不同类型的经济影响评估实践。

1　经济影响评估概述

1.1　影响评估与经济影响评估

从目前国际影响评估实践来看，对于科技方面的影响评估内涵大多是依据政策或决策实际需求而定，在英国财政部《评价指导手册》中对影响评估的定义：对政策引起的相关结果的变化程度进行的定量分析[9]。而影响评估中的社会和经济价值的评估概念还未有成熟的理论分析或者概念比较。学者认为与科学计量学领域的研究方法相比，影响评估领域发展较为“初级”[10]，现有的社会和经济价值评估实践缺乏异质性，需要开发更多和更复杂的方法[11]，不赞成过分强调经济影响。几乎没有文献孤立地看待经济影响，大多数情况下，经济影响被理解为社会经济影响层面组合的一部分。

自 20 世纪 80 年代以来，对科学研究的经济价值的评估在北美和欧洲的公共研发资助计划中初步展现，并从 2000 年起作为一种系统实践存在[12]。但是界定研究和创新经济影响的概念和路径由于受到创新过程的复杂性影响，依旧存在挑战。新的创新模型强调，创新是更加复杂和具有互动性的，这对现代经济影响评估系统的设计具有相当大的影响[13]。在 2018 年的欧盟框架计划影响评估报告中，对公共研发科技经济影响的定义再次进行了梳理，发现，由于影响的归因问题、时间跨度大、创新过程的非线性、科学与市场的不确定性和价值货币赋值等一系列挑战[14]，经济影响的定义和范围难以达成一致。

目前国内外评估实践中越来越多的科技评估纳入了经济影响维度，并不断探索和不同的影响评估方法。

1.2　经济影响评估理论与方法

虽然一些理论认为非线性、生态的、开放的、自适应和复杂的系统项目理论比线性模型更接近现实，但是评估理论界不建议选择系统项目理论作为综合评估框架，而是继续坚持基于计划理论的评估。基于计划理论的评估中，“计划”指的是对评估对象的改进或影响活动，“理论”是指计划目标、活动、效果以及其他因素之间的逻辑关系。基于计划理论的评估更利于帮助评估人员确定评估活动中的关键评估问题、评估指标和项目要素等，并可以判断评估对象的优点和价值。计划理论模型展示了从投入端到结果端的线性过程，主要要素包括计划的投入、活动、产出、初步成果、中期成果和长期成果（见图 1）。

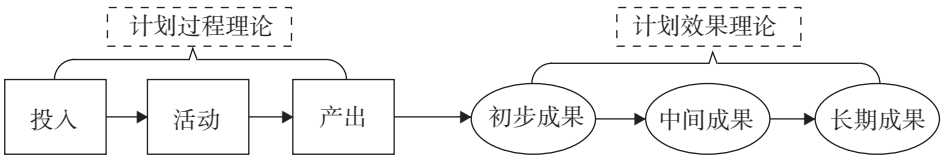

图 1　计划理论模型 [15]

在经济影响评估中常见的方法有逻辑模型、反事实分析和经济计量法。基于计划理论，经济影响评估框架通常从投入、活动、产出、成效、影响这一逻辑链条构建逻辑模型，设置评估指标。

影响评估方法中一个重要概念是反事实，通常是假设没有该项政策（公共研发投入）则会产生的结果，利用对照组进行反事实分析。公共研发投入经济影响评估要回答的一个关键问题就是公共研发投入所带来的效果是否比私营部门的研发产出更有效，影响更广泛。例如，假设在公共研发投入的极端情况：公共研发产出可能被同等质量的私人研发产出完全替代。那么，提出反事实假设：私人部门必须投资多少，才能在没有公共部门研发投入的情况下依然取得现有的效益。

经济计量法解决了某一变化在何种程度上是由某项政策（公共研发投入）引起的问题。在公共研发投入的经济影响评估中多使用在成本会计和经济学领域发展成熟的标准和模型。微观经济建模是评估经济影响的理想方法，因为其明确的投入、产出及其与结果之间的关系，为公共研发投入的社会回报和产业研发投资结果之间的比较提供了基础，加强了产业界为未来研发计划的投入。宏观经济计量模型分析研发投入对国家生产力的作用，发现不同的企业和产业的知识溢出效应的充分程度，并使得企业和产业跨区域知识扩散的经济收益的测量成为可能。

2　国际经济影响评估实践介绍

本文综合考虑政策影响力、公共研发投入类型、经济影响评估特点和区域分布等因素，选择了以下 4 个不同类型的经济影响评估实践。

2.1　欧盟框架计划经济影响评估

欧盟框架计划是目前世界上最大的公共财政科研资助计划，从 1984 年的第一期框架计划（The First Framework Programmes，FP1）发展到“地平线欧洲”（Horizon Europe）计划，共计经历了 9 个阶段。欧盟框架计划经济影响评估贯穿于计划的设计、决策、实施以及结束的各个阶段，包含了影响前评估、中期评估和后评估。前评估用于计划实施的决策制定；中期评估用于了解创新的驱动因素和障碍，如何能够产生更高的经济回报；后评估主要用于判断是否实现预期目标和带来的经济收益。

2.1.1　“地平线欧洲”计划的关键影响路径评估框架

“地平线欧洲”计划是欧盟第九期框架计划，执行期为 2021—2027 年。欧盟委员会利用“关键影响路径”评估框架对“地平线欧洲”的科学影响、社会影响、技术和经济影响 3 个影响类别分别进行评估。在技术和经济方面，通过 3 个关键影响路径建立监测指标进行影响评估。关键影响路径一：“创造基于创新的增长”，侧重分析创新成果、创新与长期经济增长。关键影响路径二：“创造更多更好的就业机会”，该路径关注的是经济中的整体就业情况，而不仅仅是研究人员。关键影响路径三：“利用 R&I 投资”，增加私人研发支出对于实现欧盟将 GDP 的 3% 用于研究的目标至关重要，该关键路径核心假设是公共资金刺激了更多的工业、中小企业和初创企业等私人研发资金投入 [16]。如表 1 所示。

2.1.2　反事实分析

2006 年，在欧盟第六框架计划（6th Framework Programme，FP6）结束之时和实施欧盟第七框架计划（7th Framework Programme，FP7）之初，对 FP7 进行了前瞻性的影响评估。利用反事实分析，假设了 3 种政策情景：“一切照旧”（business as usual option），继续采用和 FP6 同样的预算、同样

表 1　“地平线欧洲”计划经济影响评估关键影响路径与监测指标

关键影响路径	影响阶段		
	短期影响	中期影响	长期影响
关键影响路径一：“地平线欧洲”计划是经济增长的源泉，在该计划产生的创新成果被投入市场，并为企业创造了价值	创新成果：计划产生的创新产品、工艺或者方法的数量（按创新类型划分）；知识产权（IPR）申请的数目	创新数量：计划资助的项目所产生的创新的数量（按创新类型划分），包括获得的知识产权	经济增长：计划中科技创新公司的成立、增长（营业额的增长）、市场份额
关键影响路径二：地平线欧洲创造了更多更好的就业机会，最初是在项目中，然后通过对成果的利用和经济的影响带来的就业增加	支持性就业：参与计划的法人实体创造的全时工作（FTE）就业数量（按工作类型分）	持续就业：计划资助项目后参与的法人实体的全时工作职位增加数量(按职位类型）	总就业人数：由于计划成果的扩散而创造或维持的直接和间接工作数量
关键影响路径三：地平线欧洲预计将在工业、研究和学术界的研发活动中发挥催化剂的作用。利用 R&I 投资刺激更多的研发资金投入，特别是吸引工业、中小企业和初创企业的资金	联合投资：计划的初始投资撬动的公共和私人投资金额	扩大规模：为利用或扩大计划的成果而调动和动员的公共和私人投资（包括外国直接投资）	对“3% GDP”的目标的贡献：由于该计划，欧盟在实现“3% GDP”目标方面取得的进展

的目标、相同的参与机构和政策实施工具；“不作为”（do-nothing option），分析不存在欧盟框架计划的政策干预下目标的实现可能性；“加强框架计划”，分析在 FP6 的基础上将投入资源增长两倍，完善计划设计。欧洲委员会采用按部门相互依赖和供给评估的新计量经济模型（New Econometric Model of Evaluation by Sectoral Interdependency and Supply，NEMESIS），对这 3 种政策情景的影响进行事前评价，预测这些政策对欧盟主要目标的贡献效应。表 2 显示了以“一切照旧”的 R&D 政策为参照系，“不作为”和“加强框架计划”两种政策分别与之相比较的结果。

表 2　“加强框架计划”和“不作为”政策的预期影响 [17]

影响	评估组	对照组	评估组	对照组
	“不作为”	“一切照旧”	“加强框架计划”	“一切照旧”
经济增长	GDP 降低 0.84%		GDP 增长 0.45% ～ 0.96%（因为拉动效应和乘数效应）	
创造就业	减少 80 万个就业岗位		增加 40.0 万～ 92.5 万个额外就业机会	
竞争力提升	欧洲的出口额降低 2%，进口额增加 1.43%		欧洲出口额可增加 0.64% ～ 1.57%，进口额减少 0.30% ～ 0.90%	
R&D 投入强度	R&D 投入占 GDP 比重降低 0.1%		R&D 投入占 GDP 比重提高 0.059% ～ 0.230%	
研究人员就业	减少 87 000 个研发岗位		增加 4.0 万～ 21.5 万个研发岗位	

最终，欧洲委员会选择了“加强框架计划”这一政策选项。欧盟 FP7 时间跨度为 2007—2013 年，计划实施时间几乎是 FP6 的两倍；投资 558.06 亿欧元，是 FP6 投资额的近 3 倍。

2016 年欧盟组织开展了“地平线 2020”计划（H2020）中期评估，对 H2020 的预期经济影响与 FP7 的实际经济影响一同进行了评估。与以往评估相比，FP7 和 H2020 的经济影响评估的一个鲜明

特点是采用了反事实分析。评估实施中需要遵循一个严格的反事实逻辑，即 FP7 和 H2020 的经济表现要与一个对照组或者一个基线组进行比较。评估中构建了 3 个对照组（见表 3）。

表 3　FP7 经济影响评估反事实设计对照组

评估组	对照组
获得资助的科研单位	提交了高质量申请书但是由于预算限制从未参与欧盟框架计划的优质科研单位
FP7 产生的专利	非 FP7 资助的专利
FP7 项目期间出版的出版物	同期由同一作者出版的其他非 FP7 资助的出版物

2.1.3　经济计量模型

NEMESIS 最早是被用来分析里斯本战略中设想的 3% 研发目标的影响，之后主要用来评估欧盟框架计划的影响评估。最新版的 NEMESIS 已被用于 FP7 的事后评估、H2020 的中期评估和预测“地平线欧洲”的社会经济影响评估 [18]。NEMESIS 模型是一个详细的部门宏观经济计量模型，区分了 30 个在五级嵌套常数替代弹性（CES）函数中运行的部门，包含两种类型的方程：一是反映国民账户体系的会计模型；二是根据理论和经验，反映经济主体如何运作的行为方程。NEMESIS 使用了国民账户（欧盟统计局）、劳动力调查（欧盟统计局）、年度部门账户（欧盟统计局）、研究与开发统计（欧盟统计局）、OECD 的无形投资和资产统计以及税收统计（欧洲委员会）。

H2020 经济影响评估的 NEMESIS 模型选用的关键量化指标和影响评估监测指标可以归纳为 5 个影响维度：公共研发投入的杠杆作用、经济效益、就业、竞争力、环境（见表 4）。

2016 年，H2020 中期评估利用 NEMESIS 模型计算得到，H2020 的经济影响将在 2023 年达到高峰，与基线 GDP 相比，H2020 为欧盟经济带来 0.29% 的 GDP 收益，金额约为 500 亿欧元（2014 年不变价），每一欧元导致 2030 年欧盟 GDP 增加约 6.6 欧元 [19]。2014—2030 年期间，H2020 每年为欧盟带来的 GDP 收益约为 270 亿欧元（2014 年不变价）。

2.2　人类基因组计划经济影响评估

HGP 是 1990—2003 年期间由美国领导的国际大科学计划，整个过程历时 13 年，对人类 30 亿个 DNA 碱基对进行测序。2011 年 Battelle 研究所在生命技术基金会的支持下，首次对 HGP 的经济影响进行了第一次全面分析 [20]。报告通过评估 HGP 的经济和功能影响，得出 HGP 是现代科学领域最具影响力的一项投资，促进了基因组学产业的发展，推动生命科学等更广泛领域内的科学发现和进步、商业创新。

2.2.1　人类基因组计划联动效应影响框架

Battelle 研究所在对 HGP 的经济影响评估中提出，既要评估 HGP 的支出影响（后向联动效应），也要详细评估其功能影响（前向联动效应），以

表 4　欧盟框架计划经济影响评估指标

评估维度	评估指标
公共研发投入的杠杆作用	直接吸引到的 R&D 额外投资 / 亿欧元
	间接吸引到的 R&D 额外投资 / 亿欧元
	研发总成本在 H2020 预算总额中的占比 /%
	研发总成本在吸引的额外杠杆（直接和间接）估计数额中的占比 /%
	为利用或扩大计划成果而撬动的公共和私人投资数量 / 亿欧元

续表

评估维度	评估指标
经济效益	GDP 增量 / 亿欧元
	新公司数量 / 家
	企业营业额增长 / 亿欧元
	企业市场份额 /%
	新产品价值 / 欧元
	技术效率 /%
	FPs 欧盟资金投入中每花 1 欧元估计增加的 GDP/ 欧元
	FPs 总投资中每花 1 欧元估计增加的 GDP/ 欧元
	欧盟贡献的内部回报率 /%
	FPs 资金对各经济部门劳动生产率的估计影响 /%
	劳动生产率指标的估计变化 /%
	FPs 对家庭最终消费的估计影响 / 欧元
就业	就业率 /%
	就业岗位数量 / 个
	平均就业增长率 /%
	研究领域的平均就业增长率 /%
	高、中、低各级技能劳动力工资水平 / 欧元
	参与的法人实体创造的就业数量和保持的工作数量（以全时当量计算）
	参与的法人实体的全时工作职位增加（以全时当量计算）
	由于计划成果的扩散而创造或维持的直接和间接工作岗位数量 / 个
	高、中、低各级技能劳动力人口份额 / 万人
竞争力	欧盟内部进口额或出口额 / 亿欧元
	欧盟外部进口额或出口额 / 亿欧元
	FPs 对净出口的影响 / 亿欧元
	FPs 资金对净出口额的乘数效应（净出口之和 / 欧盟资助之和）/%
	对外贸易平衡 /%
环境	温室气体排放量 / 吨二氧化碳当量（tCO_2e）
	一次性能源消耗总量 / 亿焦耳
	与能源有关的 CO_2 排放量 / 百万吨二氧化碳排放当量（$MtCO_2e$）

及这些影响对其他领域的广泛影响，如图 2 所示。支出影响是 HGP 已经发生的经济影响，包括 HGP 的直接投资和后续研究的投资，以及由 HGP 的科学技术发展需求而带动的基因组学产业的直接经济影响、间接影响、诱发影响以及总影响。功能性影响是指 HGP 所产生的基因组学知识和技术进步给人类健康、医学和环境等领域发展带来的有益影响。

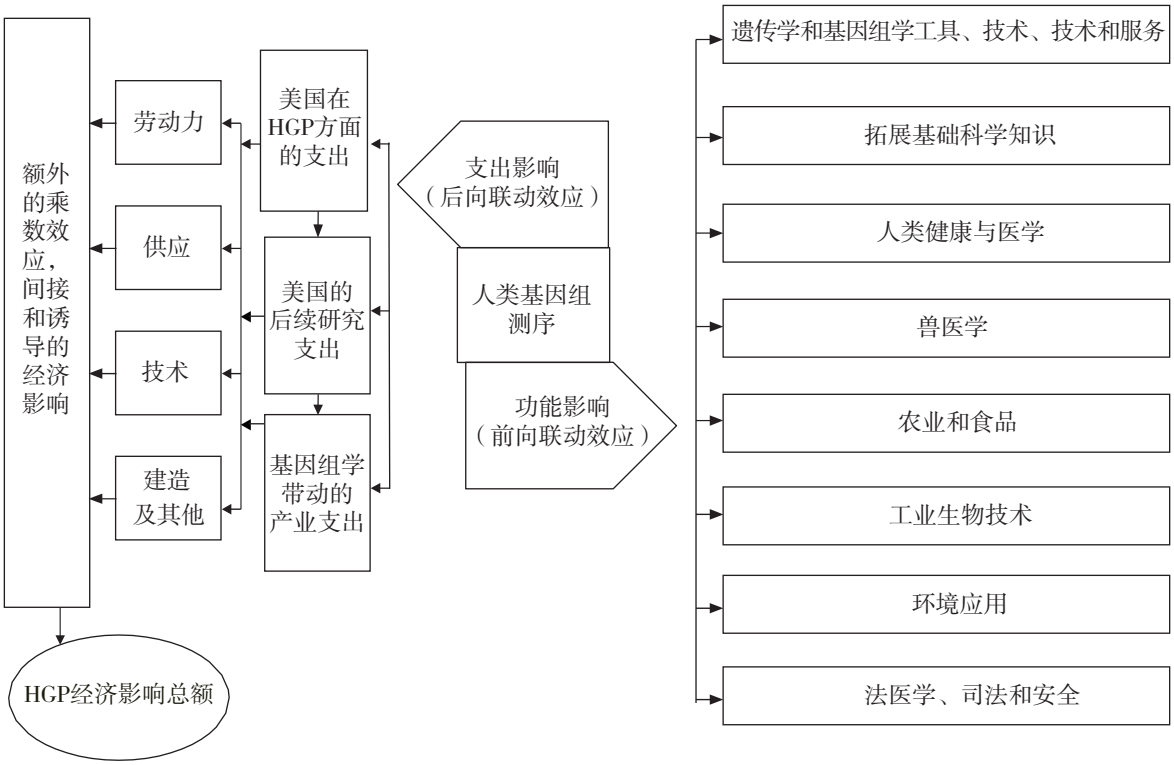

图 2　人类基因组计划联动效应框架 [20]

2.2.2　经济计量模型

人类基因组计划的影响评估使用的是美国特定 I/O 模型，采用了 MIG 公司的规划影响分析（Impact Analysis for Planning，IMPLAN）模型进行计算。IMPLAN 模型是区域经济学中使用最广泛的模型之一，可用于分析公司、项目或整个行业的经济影响。该模型涵盖美国整个国民经济的 420 余个独立行业部门的详细信息。利用这 420 余个部门的覆盖，Battelle 能够对整个经济中因人类基因组测序工作发生的跨部门经济活动进行建模。如表 5 所示，在估算总体影响时抽取了 6 个人类基因组学领域的关键经济部门。此外，IMPLAN 模型还内置了经济“通货膨胀指数”和“平减指数”，以便对评估中包含 1988 年至 2010 年的累积影响进行估算（HGP 在 1988 年和 1989 年已经开始投入资金）。

数据来源方面，采用研发资金、投资数据与就

表 5　整体基因组学影响评估中涉及的部门

基因组学领域	IMPLAN 建模部门（编号）
与基因组学有关的生物信息学	定制计算机编程服务（371）
基因组及相关测试	医疗和诊断实验室（396）
与基因组相关的生物制品和诊断物质	生物制品和诊断药物（133&134）

续表

基因组学领域	IMPLAN 建模部门（编号）
基因组学仪器和设备	分析性实验室仪器制造（254）
基因组学研发 / 生物技术	科研服务（376）
药品和制药	药品和制药（131&132）

业数据计算模型内的经济互动。历史研发资金数据来自加拿大联邦 HGP 投资以及 2003 年美国国立卫生院（NIH）和美国能源部（DOE）结束基因组计划之后在基因组学领域额外的外部和内部投资。历史就业数据使用 Walls & Associates 公司开发的国家机构时间序列（NEST）数据库。

在人类基因组测序项目的原始投资和技术发展推动下，就业、个人收入、地方税收和联邦税收等方面都使美国经济受益。1988—2010 年，带来的直接影响包括近 711 000 个工作年（1 工作年等于 1 人全职工作 1 年）、超过 710 亿美元的个人收入。仅在 2010 年，由基因组学促成的产业就产生了超过 37 亿美元的联邦税收和 23 亿美元的州和地方税收，因此，一年内返还给政府的收入几乎等于对 HGP 的全部 13 年投资。

1988—2010 年，产生了超过 7 960 亿美元的总经济影响。期间联邦政府对人类基因组计划的投资 38 亿美元（2010 年不变价计算为 56 亿美元），因此人类基因组计划为美国经济创造了 141∶1 的投资回报率，即 1 美元联邦政府投资产生 141 美元经济效益。

2.3　加拿大自然科学与工程研究理事会合作研发计划经济影响评估

NSERC 成立于 1978 年，是加拿大联邦政府最大的科研资助机构。合作研究与开发计划（Collaborative Research and Development Program，以下简称 CRD 计划）是 NSERC 大学与产业界合作的旗舰计划，目标是使加拿大企业获得高等研究机构独有的知识、专业能力和教育资源，并培养学生具备产业所需的关键技能。2010 年，NSERC 对该计划的长期社会经济影响进行评估，尤其是对加拿大经济的影响和产业界合作伙伴关系的影响[21]。

2.3.1　CRD 计划经济影响评估逻辑框架

CRD 计划经济影响评估采用自下而上的研究方法，从结果端倒推一个经济体的多要素生产率（MFP）增长的因素，从而估算在 CRD 计划影响下，大学教育和国内外研发活动对加拿大商业部门 GDP 增长的贡献，如图 3 所示，第一步计算多要素生产率增长率（ΔMFP）对商业部门 GDP 增长量（ΔGDP）的贡献比例；第二步计算国内 R&D 活动对 ΔMFP 和 ΔGDP 的贡献比例；第三步估算大学教育通过提升人力资本促进 GDP 增长的贡献值；第四步计算大学非公共领域 R&D 活动带来的 ΔMFP 对商业部门 GDP 增长的贡献值；第五步计算 CRD 计划资助带来的人力资本增加总值；第六步通过知识创造、创新和新技术的转移，最终计算 CRD 计划资助的项目对 ΔMFP 和 ΔGDP 的贡献值。

2.3.2　经济计量分析方法

NSERC 对 CRD 计划的经济影响评估采用了下限估算和上限估算来计算 MFP 对 GDP 增长的贡献。在 ΔMFP 对 ΔGDP 的贡献比例中，下限估算使用加拿大统计局估算值，上限估算以 OECD 国家的 MFP 和 GDP 的年均增长率为参考。因为 OECD 中对多要素生产率的定义更为广泛，不仅包含技术进步，还包括了人力资本的提升。在分析国内 R&D 活动对 ΔMFP 的贡献中，下限估算假设加拿大国内和国外 R&D 活动对 MFP 的贡献率各为 50%，上限估算假设国内 R&D 活动对 MFP 的贡献率为 75%，国外则为 25%。在人力资本提升促进 GDP 增长计算中采用获得大学学位毕业生的收入进行贡献值的估算，但是由于这部分贡献值中有部分来自国外 R&D 活动，因此要按照下限 25% 和上限 50% 的估算，将这部分贡献排除在外。

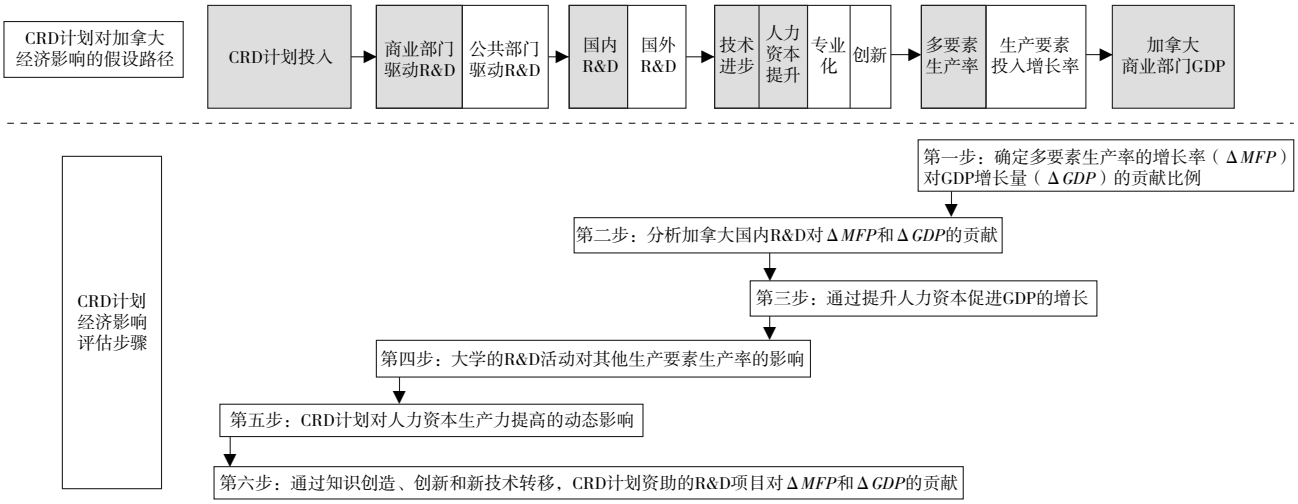

图 3　CRD 计划经济影响评估逻辑路径和计算步骤

CRD 的经济影响估算结果显示，1998—2007 年 CRD 投入的 2.55 亿加元带来了 3.26 亿加元的商业部门 GDP 增长，即 NSERC 每投入 1 加元带来 1.28 加元的 GDP。如果按照上限估算，NSERC 每投入 1 加元能带来大约 4 加元的 GDP。

2.4　美国国家标准与技术研究院研发项目经济影响评估

NIST 成立于 1901 年，是集科技研发、计量与标准化、技术创新为一体的公共机构，在美国经济发展与技术创新中发挥重要作用。20 世纪 90 年代初，NIST 面临研发计划显示度不高、社会期望与机构目标不一致、公众对机构承担责任存在质疑等问题。NIST 首先就其实验室（基础研究）研发计划进行经济影响评估，之后不断扩展到的研究项目和技术成果。NIST 的基础技术项目和工业技术项目的经济影响评估方法主要采用了同行评议、客户满意度调查、公司财务度量和微观经济模型。NIST 形成了一套通用的影响评估的方法步骤（见图 4）。

2.4.1　NIST 研发项目基于技术生命周期的经济影响评估框架

NIST 发现，公共研发计划为产业提供共性技术、基础技术等要素的时间最好能与私人研发投入推进技术进步的阶段是相吻合的，并且公共研发资源的配置在技术生命周期内往往是不断变化的。基于以上两点考虑，NIST 将研发计划及其相关项

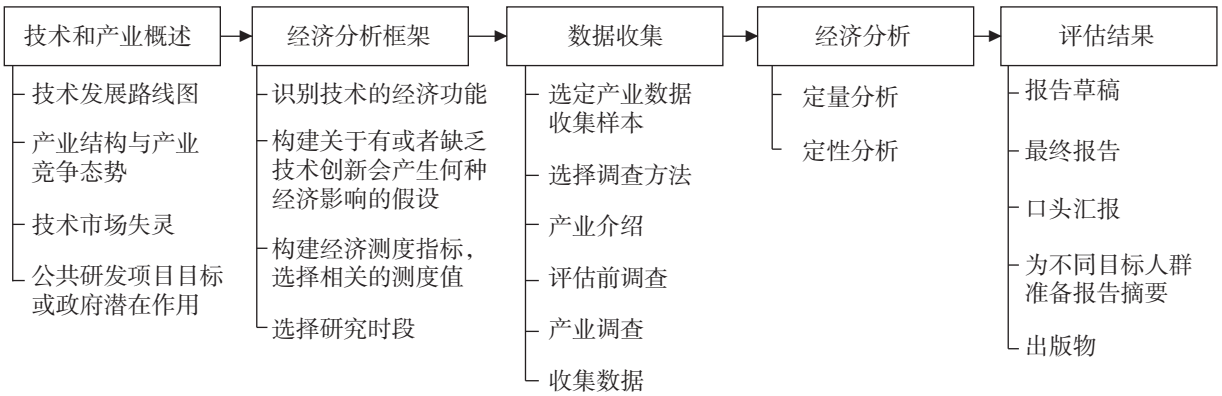

图 4　NIST 研发项目经济影响评估步骤

目的经济影响评估与技术生命周期联系起来。因此，一个研发计划的存续时间和资源配置是影响评估的重要组成因素[22]，并且理想的长期经济影响是需要较长时间的积累和整合，在达到短期和中期目标之后才能实现大量的附加值。NIST 的先进技术计划（Advanced Technology Program，ATP）的经济影响评估是多层次的，一方面从多个项目的经济影响累积效应判断该计划的总体经济效果，另一方面依据技术成熟的过程，单个项目的经济影响分为了短期影响、中期影响和长期影响 3 个阶段。其中，以项目技术成果初步商业化年份为零点，短期影响是还未达到技术成果商业化的阶段，年份以负值表示，短期影响主要是项目带来的直接影响，包含合作关系、初创公司、新的成果和技术等。随着技术开始应用并实现初步商业化，带来的中期影响主要是技术进步和商业化推广带来的新的供应链结构、新技能人员、更短的研发周期和新的产品与工艺等。随着技术的成熟和商业化规模的增加，在初步商业化 4 ～ 5 年之后的长期影响阶段，技术发展促进行业壮大，行业的收益为国民经济发展带来了更广泛的影响，呈现乘数效应的提升。如图 5 所示。

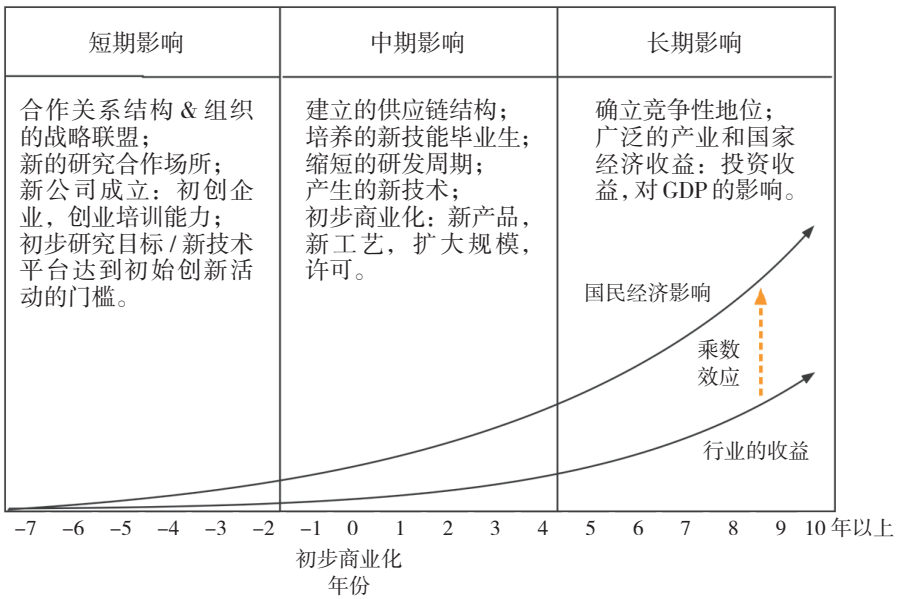

图 5　NIST 先进技术计划项目经济影响过程[23]

2.4.2　NIST 研发项目经济影响评估的反事实分析

反事实分析被美国国家标准与技术研究院广泛应用于基础性技术研究的经济影响评估。评估人员在运用反事实分析方法时，得出两种反事实分析的情况：第一种是政府研发项目在当前技术生命周期内启动，可以向产业界提出“要是……如何”的一系列问题，即如果没有政府研发项目，产业界需要付出多少额外的成本，由于产业界的被调查者经历过基础设施的更新换代，因此能够更加准确地回答假设问题。第二种是具有政府研发项目支持的技术生命周期与其他某项技术相似，可以将相似的技术作为对照组进行估计。先进技术计划也曾利用反事实分析评估政府共性技术经费支持对企业研发投入决策的影响，提出对照组，即没有政府研发项目投入、投入较小和投入存在时滞。

2.4.3　微观经济计量分析

NIST 尝试利用“投入 – 产出”模型评估一项联合研究计划对于国民经济的影响，发现面对一个巨大产业群的“投入 – 产出”模型，NIST 研发项目的资金投入在模型中的影响较小，投入测度指标已经超出了模型敏感度。相较于宏观经济模

型，微观经济建模中投入、产出和结果之间的关系是明确的。因此，NIST 更倾向于采用微观经济分析，通过评估政府某项研发投入和相关研发活动所产生的经济影响，之后外推到整个产业以及其他产业。选用公司财务基本测度指标作为效益指标进行经济影响分析是 NIST 项目经济影响评估最常用的评估方法，其中效益指标选用了公司财务测度值中的净现值（NPV）、收益成本比（B/C）、内部回报率（IRR），从不同的角度描述项目层面上经济影响和动态变化 [24]。

NIST 的基础技术项目和工业技术性项目的社会经济影响评价指标分为投入、产出和效益三大类进行分析（见表 6）。

3 经验与启示

3.1 公共研发投入的经济影响评估仍面临诸多挑战

对公共研发投入的经济影响开展评估是科技管理的前沿领域，各国政府仍在探索之中。从国际经验看，经济影响评估主要围绕公共研发投入的杠杆作用、知识的溢出效应、就业、地区或产业的竞争力、直接或者间接的经济效益以及环境方面的影响等方面进行评估和测算。但由于种种原因，导致确定这些方面的影响面临很大挑战。例如，从研发投入、科研活动到产生经济效益之间的作用关系是非线性的，因此很难论证科研产出和经济影响之间的“因果关系”；由于每个领域或行业具有特殊性，因此难以开发一个通用的、单一的评估框架；公共研发投入能产生多重效益，但并非每种效益都能被识别出来，尤其是基础研究；不同的研发投入产生影响所需时间不一，特别是基础研究产生其全部影响可能需要更长的时间，所以对研发投入的经济影响测量可能是不成熟的、局部的。

表 6　NIST 工业技术项目社会经济影响评价指标

一级指标	二级指标	三级指标
投入指标	NIST 专项投资 / 百万美元	—
	产业部门投资 / 百万美元	科研劳动力成本、间接成本、促进技术吸收的成本 / 百万美元
产出指标	出台新标准数量 / 个	—
	新增知识产权数量 / 个	专利或许可证的数量 / 个
	新技术市场渗透率 /%	行业内采用新技术企业百分比 /%
效益指标	净现值（NPV）/ 百万美元	缩短产品生产周期（负向）/ 月
	内部收益率（IRR）/%	减少研发或生产过程中投入的生产率成本（负向）
	收益成本率（B/C）/%	减少交易成本（负向）
		销售额 / 百万美元
	对行业研发投资决策的影响	—
	产品质量的改善	—

3.2 构建评估逻辑模型是公共研发投入经济影响评估的前提

从国际实践中可以发现，无论何种经济影响评估都是基于一个完整的逻辑框架进行，根据不同的评估对象和评估目的，所采用的逻辑框架形式也是不同的。例如，欧盟框架计划将评估目的分解为 3 个关键问题，基于问题将影响分为 3 个阶段；人类基因组计划是一个已经完成的科技计划，因此影响评估逻辑框架包含了过去对现在的影响和面向未来的影响；NSERC 的合作研发计划

的重要特点是产学研合作，投入和产出之间的效率转化包含的层次较为复杂，因此需要利用 MFP 分析的方式设计评估逻辑；NIST 研发项目的经济影响评估更多是较为具体的项目和技术的影响，因此其经济影响评估逻辑是基于技术生命周期进行设计。

3.3　完备的数据支撑和成熟的经济计量模型是开展经济影响评估的基础

上述成功的经济影响评估实践主要得益于其完备的数据支撑和成熟的经济计量模型。欧盟框架计划经济影响评估的宏观经济模型不仅有 NEMESIS，还有测算政策影响区域偏差的 RHOMOLO 模型（具有新经济地理特征的空间动态一般均衡模型），测算各类型政策不同影响的 QUEST Ⅲ模型。人类基因组计划为了有效评估基因组学对美国产业的影响，为之构建了一个新的数据库，采用的 IMPLAN 模型涵盖了美国整个国民经济的 420 余个独立行业部门的详细信息，能够对整个经济中因人类基因组测序工作发生的跨部门经济活动进行建模。NSERC 的合作研发计划经济影响评估中，经济计量分析采用的各个参数是基于加拿大长期经济数据测算得来。NIST 在很早就开始对其计划和项目进行经济影响进行评估，并设立了专门的评估程序和评估数据获取渠道。

3.4　不同评估方法具有不同的优缺点，应根据评估目的和用途进行合理选择

从评估的时点划分，公共研发投入经济影响评估有前评估和后评估，前者如欧盟框架计划经济影响评估，主要用于计划实施方案的遴选决策；后者如人类基因组计划、NSERC 的合作研发计划影响评估，主要用于反映政府资助的经济效益，回应公众关切。从评估模型规模看，可采用宏观经济计量模型和微观经济计量模型。从评估方法看，在采用评估逻辑模型基础上，兼用“反事实分析”等方法，进行归因分析。经济计量模型的优点是能够获得公共研发投入经济影响的量化评估结果，易于公众理解，但缺点是评估结果未必都是公共研发投入产生的，可能与实际情况存在一定的偏差。“反事实分析”方法通过剔除不同因素、选择对照组进行评估，能够较为准确地反映公共研发投入的实际经济影响，但缺点是现实中可能难以找到立项的对照组。政府部门在开展公共研发投入经济影响评估时，应根据评估目的、数据基础和实际情况等，选择适当的评估方法，避免因方法选择不当而造成评估结果失真。

3.5　加快推进中国国家科技计划经济影响评估，为支撑经济高质量发展发挥评估作用

国际经验表明，各国主要针对国家科技计划开展经济影响评估。当前，亟须对中国国家科技计划的经济影响开展评估，明确其对推动经济高质量发展的支撑引领作用，为后续计划布局和实施提供重要参考依据。一是将经济影响评估作为国家科技计划设计、立项、验收的重要依据。将影响评估结果作为国家重点研发计划、重大专项等遴选立项依据，在计划目标中设置经济影响指标，把经济影响评估作为科技计划验收的重要工具。二是建立国家科技计划经济影响监测和评估制度。完善国家科技计划经济影响数据库，整合国科管系统和国家科技计划跟踪调查数据库用于各类评估，持续开展经济影响跟踪监测，为经济影响评估提供基础。三是加强经济影响评估方法的研究，完善我国科技评估实践中的“反事实分析”，开发服务国家科技计划发展目标的宏观经济计量模型。四是开展科技影响评估试点。以某个重点专项或领域进行经济影响评估试点，再分阶段分领域研究推广，推动科技影响评估成为国家科技评估体系的重要组成部分，以回答公众的关切。■

参考文献：

[1] BRAVO-BIOSCA A, CRISCUOLO C, MENON C. What drives the dynamics of business growth[J]. OECD science, technology and industry policy papers, 2013, 31(88): 703-742.

[2] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. The economic rationale for public r&i funding and its impact[R]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017.

[3] KOOPMANS C, DONSELAAR P. Een meta-analyse van het effect van R&D op productiviteit[J]. Economisch statistische berichten, 2015, 100(4717): 518-521.

[4] VEUGELERS R .Getting the most from public R&D spending in times of budgetary austerity[EB/OL]. [2024-03-10]. https://www.bruegel.org/sites/default/files/wp-content/uploads/2016/02/WP-2016_01-1.pdf.

[5] HALL B H, ROSENBERG N. Handbook of the economics of innovation[M]. Amsterdam: North Holland Publishing, 2010(2): 1033-1082.

[6] HERVAS F, AMOROSO S. Do research and other sources of innovation drive productivity gains in top European R&D investors[R]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.

[7] MARBURGER J H, CREASE R. Science Policy Up Close[M]. Cambridge, MA and London, England: Harvard University Press, 2015: 119-155.

[8] OECD. Policy Questionnaire survey for OECD Science, technology and industry outlook 2012[R/OL]. [2024-03-11]. https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/sti_outlook-2012-en.pdf?expires=1722169195&id=id&accname=guest&checksum=95CAFF1C00F9A6AB5FBCD830F9D1F96B.

[9] 英国财政部 . 紫皮书 : 评价指标手册 [M]. 科技部科技评估中心翻译组 , 译 . 北京 : 中国对外翻译出版有限公司 , 2013: 4.

[10] DE SILVA P U K, VANCE C K, DE SILVA P U K, et al. Assessing the societal impact of scientific research[J]. Scientific scholarly communication: the changing Landscape, 2017, 20: 117-132.

[11] BUDTZ P D, GRØNVAD J F, HVIDTFELDT R. Methods for mapping the impact of social sciences and humanities: a literature review[J]. Research Evaluation, 2020(29): 4-21.

[12] SMITH K E, BANDOLA-GILL J, MEER N, et al. The impact agenda: controversies, consequences and challenges[M]. Bristol: Policy Press, 2020: 115-136.

[13] MATT M, GAUNAND A, JOLY P B, et al. Opening the black box of impact: ideal-type impact pathways in a public agricultural research organization[J]. Research policy, 2017, 46(1): 207-218.

[14] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. Monitoring the Impact of EU Framework Programmes[R]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018.

[15] STUFFLEBEAM D L, CORYN C L S. 评估理论、模型和应用 [M]. 杨保平 , 杨昱 , 姬祥等 , 译 . 北京 : 国防工业出版社 , 2019: 110-114.

[16] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. Study to support the monitoring and evaluation of the framework programme for research and innovation along key impact pathways - indicator methodology and metadata handbook[R]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022.

[17] DELANGHE H, MULDUR U. Ex-ante impact assessment of research programmes: the experience of the European Union's 7th Framework Programme[J]. Science and public policy, 2007, 34(3): 169-183.

[18] AKCIGIT U, FASIL C B, IMPULLITTI G, et al. Macroeconimic modelling of R&D and innovation policies[M]. Berlin: Springer Nature, 2022: 129-154.

[19] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. Assessment of the union added value and the economic impact of the EU Framework Programmes[R]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017.

[20] Battelle Memorial Institute. Economic impact of human genome project[R]. Columbus,Ohio: Battelle Memorial Institute, 2011.

[21] Science-Metrix. Evaluation of the collaborative research and development program–final evaluation report[R/OL]. [2024-03-10]. http://www.nserc-crsng.gc.ca/_doc/Reports-Rapports/evaluations/CRD_Evaluation_Report_e.pdf.

[22] TASSEY G. The economic rationales and impacts of technology-based economic development policies[R/OL]. [2024-03-10]. https://www.nist.gov/system/files/documents/2021/01/15/DOMESTIC%20TBED%20Programs__Policy%20Targets%20and%20Impacts.pdf.

[23] TASSEY G. Beyond the business cycle: the need for a technology-based growth strategy[J]. Science and public policy, 2013, 40(3): 293-315.

[24] TASSEY G. Methods for assessing the economic impacts of government R&D[EB/OL]. [2024-03-07]. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1509984.

International Practice and Inspiration of Economic Impact Assessment of Public R&D Investment

DU Dan, YANG Yao, GAO Baiyun, SHI Xiaoyong
(National Center for Science & Technology Evaluation, Beijing　100045)

Abstract: It is a common practice for governments in developed countries to conduct economic impact assessments on scientific and technological activities invested in public R&D. This paper selects the economic impact assessment practices of the E.U. Framework Program, the Human Genome Project, the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada's Collaborative Research and Development Program, and the U.S. National Institute of Standards and Technology's R&D Programs. The economic impact assessment logical framework, counterfactual analysis, econometric methods, and selected indicators of the four assessment practices are specifically analyzed. It was found that a complete evaluation logic framework, scientific evaluation design, mature econometric models, and comprehensive indicator data are important factors in economic impact assessment. Through the analysis and summary of international assessment practices, this paper provides experience and reference for the impact assessment of China's science and technology plans.

Keywords: economic impact assessment; assessment logical framework; econometric methods; evaluation indicators; international experience

(上接第42页)

Research of Investment Mechanism of Government Funds and Social Capital in High-risk/High-return Projects: Based on Case Analysis of Many Countries

LI Aidan, ZHAO Xiaoyuan, HUANG Yanning
(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing　100038)

Abstract: The world's great power in science and technology attach great importance to high-risk/high-return technologies, by giving full play to the leverage effect and guiding role of government funds, guide social capital to invest in high-quality projects or high-tech SMEs with development potential, and promote social capital to play a greater role in scientific and technological innovation. According to the different possibilities of technology application and productization of high-risk/high-return projects, the diversified investment mechanisms of government funds to guide and leverage social capital are different in different countries, mainly including government funding to select and cultivate disruptive technologies, and introduce social capital to follow investment after maturity. Government funds to select disruptive technologies, and implements equity investment to attract joint investment from social capital; and the selection and funding of projects jointly implemented by government funds and social capital. Comparing the advantages, disadvantages and applicability of different capital investment, strategies can provide reference for relevant science and technology management decisions in China.

Keywords: high-risk/high-return projects; capital cooperation model; diversified investment; investment mechanism; technology management