

# 社会资本参与、市场承诺与应用 基础研究创新\*

冷 萱 钟诗宇 曾宪聚 朱田恬

**内容提要:**社会资本参与基础研究已成为破解我国研发投入结构性失衡的重要路径,但其对应用基础研究创新的作用机理尚未得到充分揭示。本文以国家自然科学基金联合基金项目的实施作为社会资本参与基础研究的代理变量,基于1986—2019年基金资助数据,探究社会资本参与基础研究的创新效应及作用机制。实证研究发现:社会资本参与提升了基础研究中的应用基础研究创新数量和质量。进一步分析显示,社会资本有效提升了应用基础研究成果的潜能和转化效率,这为破解高校创新“死亡之谷”的难题提供了解决思路。分析表明,社会资本参与所嵌入的市场承诺是促进应用基础研究创新的重要机制。异质性分析发现,社会资本参与对战略性新兴产业和应用导向学科的促进作用更显著。本文阐明了社会资本提升应用基础研究创新的效果和作用路径,为优化我国基础研究多元投入机制,加速创新链与产业链深度融合提供了理论依据和政策启示。

**关键词:**社会资本 市场承诺 多元投入 应用基础研究 创新

## 一、引言

基础研究作为科学体系的基石和原始创新的策源地,在国家创新能力构建和关键核心技术突破中发挥着不可替代的支撑作用(Akcigit et al., 2021)。随着全球科技竞争日趋激烈和产业变革不断深化,以市场为导向的应用性基础研究(以下简称“应用基础研究”)已成为发展新质生产力、构建现代化产业体系和实现高水平科技自立自强的战略根基。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》指出,要加强基础研究战略性、前瞻性、体系化布局,提高基础研究投入比重,加快形成基础研究多元化投入格局。然而,当前我国基础研究投入体系面临着结构性失衡:一方面,我国基础研究经费在研究与试验发展(R&D)经费总额中占比较低(2025年约为7%),与近年来美国(16%—18%)、日本(12%—15%)和欧盟成员国(平均19%)的投入占比相比,仍存在一定差距,难以满足建设科技强国的现实需

\* 冷萱、钟诗宇,深圳大学中国经济特区研究中心,邮政编码:518060,电子信箱:xuan@szu.edu.cn, 2500281013@mails.szu.edu.cn;曾宪聚(通讯作者),深圳大学管理学院,邮政编码:518060,电子信箱:zxj@szu.edu.cn;朱田恬,深圳大学人工智能学院,邮政编码:518060,电子信箱:tiantianzhu@szu.edu.cn。本文研究得到国家自然科学基金重点项目(24AZD012)、广东省哲学社会科学规划项目(GD25YYJ12)、国家自然科学基金项目(72403167、72472105、72072120)的资助。作者感谢匿名审稿专家的宝贵建议。当然,文责自负。

求;另一方面,基础研究中超过90%的投入依赖政府财政,投入主体单一化问题突出,与发达国家多元化投入格局形成了鲜明对比(Arora et al., 2021; Babina et al., 2023)。在科研需求增长与财政资源约束的结构性矛盾下,传统政府主导型的财政投入模式既难以保障对基础研究的长期稳定支持,也无法有效对接快速演进的市场技术需求(柳卸林等,2017)。2026年国务院《政府工作报告》提出要“强化企业创新主体地位”,“十五五”规划建议中鼓励企业加大基础研究投入,促进创新链、产业链、资金链人才链深度融合。因此,构建政府部门引导、社会资本参与的基础研究多元投入机制,不仅是缓解基础研究投入不足的现实选择,更是推动应用基础研究面向经济主战场,实现科技创新与产业发展深度融合的战略必然。

国家自然科学基金作为支持我国基础研究发展的主要渠道,创新性地设立联合基金项目,将有关部门、企业、地区的实际需求凝练转化为科学问题,引导与整合社会资本投入基础研究,积极构建政府、高校与企业间紧密协同的资助模式。社会资本参与基础研究的模式既使公共研发精准对接实际需求,又为私人研发提供科学知识与人材支撑(武晨箫等,2022)。然而,社会资本参与影响高校科学家创新的内在机理仍缺乏理论和实证证据。厘清社会资本影响应用基础研究创新的内在逻辑,不仅为完善基础研究多元投入体系提供实证参考,也将为推动应用基础研究面向经济主战场,服务国家战略需求提供理论支撑。

本文以国家自然科学基金联合基金项目为切入点,从市场承诺的视角探究社会资本参与对应用基础研究创新的影响。从理论层面看,缺乏应用场景指引的基础研究往往面临供需错配和产业链脱节等风险,表现为创新成果转化效率低下(Akcigit et al., 2021);而产业驱动型基础研究不仅可以精准对接前沿需求,提升研发效率,还能通过解决实际问题反向拓宽知识边界,开辟新的发展赛道,已逐渐成为对接前沿科学与产业需求的关键路径(睦纪刚等,2013; Arora et al., 2025)。然而,高校科学家受限于信息滞后(Akcigit et al., 2021)与应用场景缺失(Arora et al., 2025),难以实现科学与市场的有效衔接。社会资本参与基础研究不仅能提供多元化的经费支持,更重要的是能嵌入市场承诺进而降低校企协作的搜寻和交易成本(Knack & Keefer, 1997)。社会资本还将利用市场需求的直接传导,矫正科研决策脱离产业实际的倾向(Ponzetto & Troiano, 2025)。中国联合基金项目能够整合公私部门多方资源,根据产业发展态势和技术痛点动态调整科学研究方向,通过市场承诺机制强化应用基础研究创新,实现科学探索与市场需求的战略协同。

实证方面,本文使用1986—2019年国家自然科学基金资助与结项成果信息,匹配IncoPat专利数据集,采用多维固定效应模型控制潜在的遗漏变量,量化了社会资本参与对应用基础研究创新的影响。研究发现,社会资本参与显著提升了应用基础研究创新的数量和质量,实现了从“量”的扩张到“质”的跃升。在数量维度,社会资本参与使每个项目专利产出平均增加约1.7项(样本均值为1项);在质量维度,社会资本参与不仅显著提高了专利被引次数,也提升了专利的技术稳定性、技术先进性和突破性创新水平。进一步分析发现,社会资本参与显著提升了应用基础研

究创新成果的潜能和转化效率。

机制分析表明,社会资本参与通过市场承诺机制提升应用基础研究的创新效率。依托校企协同创新平台,联合基金项目在实施过程中嵌入明确的市场需求信号和转化承诺。企业的全过程参与极大地缓解了信息不对称问题,为科学家提供了清晰的应用场景和价值甄别标准。此外,研发过程中投入的专用性资产和后续契约安排形成了可信的需求保障,强化了利益联结和目标协同,从而激发科学家面向市场需求开展高质量研究的内生动力。本文利用大语言模型从结项文本中提取“产研合作深度”与“经济转化前景”指标以测度市场承诺,发现社会资本参与使项目合作企业数、签订研发合同的企业数、成果转化和应用概率以及经济效益都得到提升,验证了市场承诺机制的有效性。异质性分析进一步揭示了社会资本创新效应的边界条件。在战略性新兴产业和应用需求导向明确的学科领域,社会资本参与的促进作用更为显著,有效激活了技术创新的内在潜能并促进其市场转化,为破解高校创新成果“死亡之谷”难题提供了解决方案。

本文的研究内容与三类文献相关。首先,与本文关系最为密切的是社会资本参与基础研究的相关文献。现有研究表明,企业等社会资本参与基础研究主要出于获取前沿知识信息、抢占技术制高点的动机,为颠覆性创新积累技术势能并构筑竞争壁垒(睦纪刚等,2013;Arora et al.,2025)。这种投资通过直接设立实验室或与高校开展产学研合作等模式实现(郑世林等,2024;亢延锟等,2025b),不仅能够吸引顶尖科学家,推动前沿技术突破(万建香和汪寿阳,2016;Babina et al.,2023),还通过知识溢出产生正外部性,但其投资决策仍需权衡私人收益与社会收益的差距(Arora et al.,2021)。上述研究多聚焦企业单方面的投资行为及其产生的效益,对于企业、地方政府等多元主体协同创新的机制关注不足。本文在传统产学研合作资源互补文献的基础上,探讨企业等社会资本与公共部门共同参与基础研究的模式,揭示了社会资本发挥创新驱动作用的市场承诺机制。在公共项目中,社会资本兼具了资金供给与需求传递的双重属性,其蕴含的隐性承诺机制改变了科学家的激励框架,引导研究方向由纯粹的知识探索转向应用基础研究。本文揭示了社会资本嵌入的市场承诺将会系统性地影响科学研究的方向和质量。

其次,本文研究与公共部门科研资助效果的文献相关。基础研究具有典型的公共品属性,私人部门投资存在系统性不足,政府部门的公共资助成为缓解市场失灵、夯实国家基础创新能力的核心制度安排(Nelson,1959)。既有研究表明,政府不仅提供直接科研资助来推动技术变革和培育新兴产业(孙雅慧等,2024;Babina et al.,2023),还积极出台相关产业政策明确整体发展方向,吸引更多企业加入竞争市场,以倒逼市场主体加快创新步伐(郑世林与张果果,2022),最终实现资源配置效率的动态优化。此外,由此产生的知识溢出还将进一步放大创新效应(Bergeaud et al.,2025)。然而,传统以“项目一拨款”为特征的政府资助模式普遍存在市场信息不足、难以及时响应产业需求等局限(王宇和刘志彪,2013)。因此,需要在不削弱基础研究公共属性和科学研究自主性的前提下,通过制度设计将市场需求信号内

生于科研资助体系,为高校科学家等创新主体明确市场需求,强化企业主体地位,以市场需求为牵引机制,实现科技创新与产业创新相融合(盖凯程和韩文龙,2025)。相关研究显示,增强科学家对潜在需求与产业应用的理解有利于激发更具前沿性的科学创新活动(Scharfmann et al.,2025)。同时,战略性新兴产业政策通过扩大企业对高校科技服务的需求,促进产学研协同,有助于增强高校创新激励(宋华盛等,2025;Leng & Zhang,2024)。与本文关系最为紧密的文献指出,政府采购可通过在研发合同中嵌入“保证需求”条款,形成企业的明确市场预期,从而推动企业加大对上游科学研究的投入(Belenzon & Cioaca,2025)。本文将分析对象由企业延伸至高校科学家,构建以市场需求为导向、政府主导并引导社会资本参与的基础研究资助框架,考察社会资本参与所形成的市场承诺是否以及如何影响科研主体行为与创新产出,为理解多元主体协同资助基础研究提供新的经验证据与理论视角。

最后,本文研究与创新成果市场化的文献相关。尽管中国在关键技术领域不断取得突破,但从实验室到市场的“最后一公里”仍制约着创新价值的实现(邵云飞等,2024)。现有研究表明,“死亡之谷”源于多重约束:技术层面的基础研究成果复杂性和专业性构成了转化的天然屏障(邵云飞等,2024);组织层面的高校追求学术卓越与企业追求商业价值的目标差异造成了供需对接冲突(Bruneel et al.,2010);制度层面的科研资助体系缺乏市场反馈与有效激励,进一步加剧了科研与应用脱节(亢延锬等,2025b)。为破解这一困境,学界主要沿三个方向展开讨论:其一,强化产学研深度合作,通过信任与知识共享等机制降低转化成本(Hsu et al.,2025);其二,创新科研资助模式,引入市场主体参与公共项目,以需求导向优化资源配置与激励结构(Howell et al.,2025);其三,深化职务科技成果产权制度改革,鼓励政府政策引导,通过事前确权与风险分担机制降低高校转化门槛,进而激励成果转化(葛劲峰等,2024;亢延锬等,2025a)。本文提出嵌入市场承诺的科学资助模式,在制度层面揭示了社会资本参与基础研究能够通过前置市场信号改变激励机制,将传统上被视为事后转化问题的“死亡之谷”转变为可在研究起始阶段就通过制度设计加以应对的事前激励问题,促进科研与产业需求的有效衔接。实证结果表明,在科研资助体系中嵌入可信的需求信号,可以从源头上提高科学研究的应用导向性,而非仅仅依赖事后的技术转移努力。

## 二、背景介绍与理论分析

### (一)联合基金发展历史与现状

在全球科技资助体系的发展历程中,政府、企业等多元主体共同参与基础研究的体制机制对国家驱动产业变革和构建创新生态发挥着重要作用。20世纪初期,美国技术前沿的发展日益依赖科学研究的突破,但企业内部缺乏科学知识和外部技术供给存在偏差的双重困境制约着行业发展(Arora et al.,2021)。为此,在化工、电信等高度依赖科学知识的行业中,龙头企业在短短15年内的研发投入经费增加至顶尖高校等公共部门投入的2倍以上,雇佣研究人员数量增长了近5倍,大量突

破性专利的产出推动了产业技术革新,行业研发从“经验创新”转向“科学驱动”,企业在资助和研发体系中的主要地位得以凸显(Arora et al., 2025)。

在中国,企业等社会资本融入政府资助体系经历了一个由浅入深的制度演进过程,其内在驱动力也发生了从资源补偿到需求导向的深刻转变。在计划经济时期,政府部门统一调控配置科研经费,初步建立了科技创新资助体系(李正风和武晨箫,2019)。改革开放初期,市场经济机制的确立伴随科研机构的相继恢复与拨款制度的初步改革,但原有行政指令的限制尚未完全破除。1986年,国家自然科学基金(National Natural Science Foundation of China, NSFC)委员会成立,初期面临着严峻的资金约束,基金经费仅占当时国家财政拨款的0.7%左右,难以满足改革开放与经济建设的迫切科研需求(武晨箫等,2022)。

在制度体系不完备、资金供给不足的双重制约下,政府尝试引导第三方资本参与基础研究。早期联合资助形式表现为与特定行业或部门签订联合研究计划,拨款也带有明显的过渡性与应急性特征,但本质上实现了公共资助与行业参与相融合的初步探索。1992年,《国家自然科学基金资助项目财务管理办法》的出台从财务制度上确立了第三方资本进入研发资助体系的合法性(李正风和武晨箫,2019)。2000年,NSFC与上海宝钢集团共同出资设立了首个钢铁联合研究基金;2001年发布了《关于联合资助工作的若干原则意见》,联合资助工作由非正式项目合作迈向制度化、规范化、长期化的新阶段。随后15年间,国际竞争压力与国家创新战略共同驱动了联合基金的快速发展,项目迅速拓展至高铁、航空航天、能源化工等国家战略关键领域与民生重点领域。此外,基金委与广东、辽宁、山西等地方政府探索区域联合基金模式,科研资源配置逐步与区域和行业需求相契合。2015年《国家自然科学基金联合基金项目管理办法》正式颁布,对项目运行的全过程进行了详细的界定。然而,面对新一轮科技变革,资助模式在管理体制与投入结构上仍显滞后,研发经费不足与基础研究投入强度偏低的结构性矛盾明显(刘佳等,2021)。

2018年,NSFC启动新时期联合基金改革工作,通过明确划分NSFC与联合资助方的经费投入比例优化顶层设计。2019年以来,NSFC以面向国家需求为原则,以盘活政府、企业、高校创新资源为目的,强化需求牵引和问题导向,大力鼓励围绕重大科学问题开展多元投入、资源共享、多方合作和人才培养,以期构建可持续的投入保障机制,实现创新链与产业链融合发展(刘佳等,2021)。新时期的基础研究多元投入格局基本形成,部分领域已取得重大突破。<sup>①</sup>

## (二)联合基金项目的特征

新时期的联合基金项目充分展示了其独特价值。第一,为基础研究提供稳定经费支持和可预期的研究环境,成为成果转化的基础。2001—2018年,联合基金项目资助数量和资助总额稳步上升,特别是2010年后增长幅度显著加快(见图1)。<sup>②</sup>

<sup>①</sup> 因篇幅所限,联合基金项目主要发展历程图详见本刊网站登载的附录。

<sup>②</sup> 由于2018年及2019年部分项目在数据收集期间仍未结项,因此未能包含这些项目的结项信息。图1根据数据集中全部项目的结项信息绘制,导致2018年及以后的资助总额统计数值小于官方直接经费的资助数据。

官方数据显示,2018年联合基金项目达822项,直接经费约14亿元(雷蓉等,2019)。第二,市场承诺机制激励科学研究与经济需求精准对接。一方面,联合基金项目将有关部门、企业、地区的实际需求凝练转化为科学问题。截至2024年末,NSFC已收集11个行业部门、32个地方政府,以及以上海宝钢、中国石油为代表的19家重点企业在发展过程中遇到的问题,并根据特定方向资助5000余项联合基金项目进行研究。大型龙头企业构成了社会资本参与的主体,其在技术需求凝练与产业方向把控上的代表性与引领作用尤为明显。<sup>①</sup>另一方面,通过市场承诺机制激励科学家开展面向产业的应用基础研究,打通从科学发现到技术应用的“最后一公里”。联合基金项目指南中明确指出,NSFC和目标企业将共同促进数据共享以及研究成果的推广和落地应用。部分项目结项报告显示,依托联合基金项目的成果实现了与企业签订后续研发合同以及进行技术转让等市场转化,客观证实了联合基金项目的市场需求契合性和成果转化有效性。<sup>②</sup>

两个维度的有机结合体现了联合基金项目推动应用基础研究创新的内在机理:经费的稳定性为科研方向的调整提供了充分的保障,而市场承诺则对科研方向形成了有效引导。这一点在联合基金资助的案例中得以体现。2002年,在节能环保基金项目实施过程中,中国节能投资公司(现已更名为“中国节能环保集团有限公司”)单方面中止合作,企业的退出直接导致市场承诺消失,科学家基于“无需求承诺即无转化”的判断停止了开发和应用落地流程,进而转向偏前沿基础研究的工作。<sup>③</sup>这表明,政府与社会资本的多元主体联合投入机制超越了单纯的资金供给,其本质在于通过市场需求引导科研方向,并为科学家的后续研发构筑有效的内生激励。

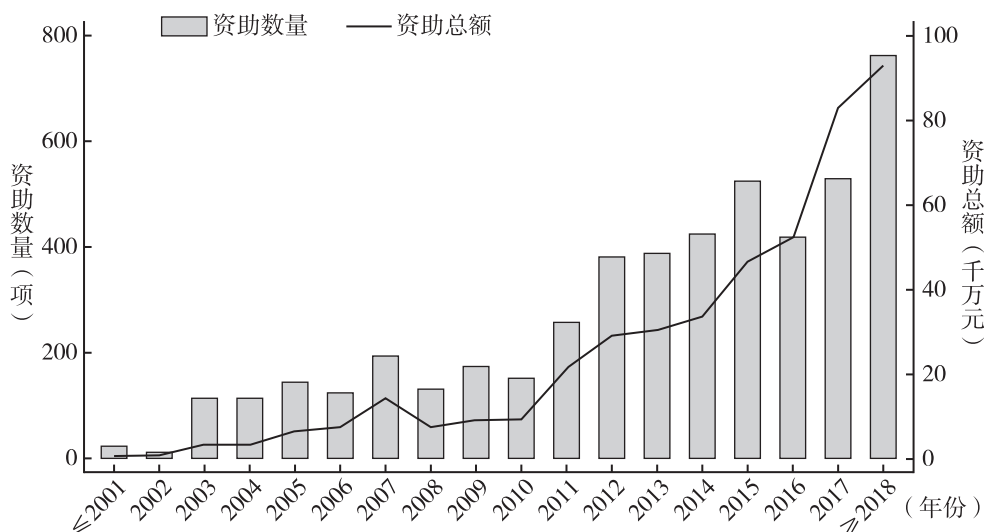


图1 联合基金项目资助数量与资助总额

数据来源:作者根据NSFC官网结项信息整理计算得到。

① 因篇幅所限,联合基金项目资助数量前10名企业统计详见本刊网站登载的附录。

② 例如,“架空输电线路巡检机器人关键技术研究”(项目编号:U1713224)结项报告显示,项目研制的样机系统已与国家电网、山东电力、菏泽供电公司等合作方签订采购合同,后续将实现产品大规模推广和应用。

③ “高效太阳能半导体制冷系统关键技术研究”(项目编号:50376079)结项报告的执行情况概述中提及。

### (三)理论分析与研究假说

科学资助不仅是创新资源配置的手段,更是影响科学家研究决策的关键激励机制(Azoulay & Li, 2022)。传统的政府单一资助模式面临两大困境:一是资金约束下的投入不足;二是缺乏市场信息导致的供需错配(Akcigit et al., 2021)。基础研究的正外部性与跨期不确定性使得私人部门投资不足(Arora et al., 2021),而单纯依赖公共资助又难以有效对接市场需求,导致创新成果转化效率低下。因此,构建多元投入机制,引入社会资本参与基础研究成为破解这一困境的关键。企业等社会资本参与基础研究,通过配套资金放大财政资金的杠杆效应,能够缓解基础研究投入不足的问题(于璇和高瑞平, 2023)。新时期的基础研究在面向国际科学前沿的同时,也迫切需要面向经济主战场,这要求对基础研究的投入结构进行调整和优化。企业作为市场经济的微观主体,能够精准识别关键领域的技术瓶颈和“卡脖子”短板。如何将产业实际需求凝练为关键科学问题,引导基础研究资源向国家战略需求的关键领域配置,是强化企业科技创新主体地位的重要体现。联合基金项目通过鼓励企业等社会资本成为“出题人”和“阅卷人”,高校科学家成为“答题人”,以构建企业为主体、市场为导向、产学研深度融合的创新体系。

在联合基金项目申请和实施过程中,企业等社会资本提出具体的技术需求及应用场景,NSFC组织专家论证并将其凝练为关键科学问题(于璇和高瑞平, 2023)。这一模式产生了三个递进效应。首先,科学家开展的基础研究从自由探索转向问题导向研究,明确的应用场景降低了科学家识别关键科学问题的搜寻成本。其次,需求信号的传递引导科学家调整研究方向,使其聚焦具有实际应用价值的科学问题(Azoulay et al., 2009; Mancuso & Broström, 2026)。最后,社会资本参与的深度决定了上述效应的强度:当企业深度参与并提供清晰的需求信号时,科学家能更精准地把握研究重点,从而提升应用基础研究成果的数量与质量(Leng & Zhang, 2024)。基于上述分析,本文提出研究假说1。

假说1:社会资本参与显著提升应用基础研究的创新数量与质量。

社会资本作为“出题人”参与基础研究,本质上是对技术需求嵌入隐性的市场承诺。市场承诺是指企业向科学家提供关于成果接收和转化的可信保障,从而将不确定的转化前景转变为确定的需求预期。联合基金项目要求企业积极与项目团队开展常态化交流,并主动提供必要条件,将研发人员、实验场景、产业数据等专用性资产嵌入研发全过程,达成校企双方的实质性深度合作。这种协同平台通过多种方式为市场承诺的形成创造条件:非正式社会网络是隐性知识的主要传播渠道(Bergeaud et al., 2025),企业参与推动产业界向学术界的逆向知识溢出,帮助科学家识别具有现实意义的研究问题(Azoulay et al., 2009),为后续的市场承诺明确了技术方向;高校擅长前沿技术突破但缺乏工程化能力,企业拥有应用场景和中试平台但缺乏原始创新能力(Hünemann et al., 2026),双方合作实现资源互补,为承诺的履行提供了物质保障;企业的参与还为应用导向型学者提供了价值认可和职业发展的新路径,增强其对市场承诺的信任和创新能力(Roach & Sauermann, 2010)。

在校企协同平台的基础上,市场承诺通过三个核心机制发挥作用,系统性地改变了科学家的研发决策和创新行为。第一是契约锁定机制。企业在研发过程中投入的专用性资产构成了沉没成本,这种投入使企业无法轻易退出(Routledge & Von Amsberg, 2003)。与一般性政府资助的“一次性”特征不同,社会资本是依赖特定协作网络的情境资产,企业必须持续投入才能获得收益。因此,企业会主动通过签订研发合同、建立联合实验室等方式将阶段性任务转化为跨周期的契约关系,向科学家传递“不会轻易退出”的可信信号(Belenzon & Cioaca, 2025)。这种契约锁定降低了成果转化的不确定性,使科学家敢于投入长周期、高风险的创新活动。第二是价值验证机制。企业参与将学术评价体系转化为市场价值甄别标准。企业对研发过程的约束实际上是在事前提供市场需求的确定信号,即“符合预期的成果将获得商业化接收”。这种以市场价值为核心的评价使科学家不再局限于成果发表导向,转而关注具有下游互补性和产业价值捕获能力的关键技术(Arora et al., 2021),从源头上修正了单纯学术导向下的资源错配(Akcigit et al., 2021),确保研发成果具有实际转化能力和未来应用前景。第三是风险共担机制。企业的沉没成本投入意味着其与科学家共同承担研发失败的风险。这种风险共担降低了科学家的机会成本,使其愿意从低风险的渐进性改进转向高回报的突破性创新(Carnehl & Schneider, 2025)。同时,企业在项目结项后仍有动力通过平台建设、合同续订等方式支持技术的持续迭代。

市场承诺机制通过上述三个方面的协同作用,从根本上改变了科学家的研发激励结构和创新行为模式。首先,市场承诺优化了资源配置,社会资本参与不仅增加了资金供给,更通过明确的市场需求信号实现资源的精准配置,避免低效研发;其次,市场承诺重塑了激励结构,将科学家的激励函数从“为发表而研究”转向“为应用而创新”,提高了研究方向的市场契合度和成果的转化潜能;最后,市场承诺缩短了转化路径,通过事前的需求锁定和事中的持续互动,将传统的“研发与转化”两阶段过程整合为“研发即转化”的一体化模式,使科学家在研发起点就明确了转化终点,大幅降低了“死亡之谷”的跨越难度。联合基金项目正是这一理论框架的制度化体现:政府征集并公布企业技术难题以明确市场需求,立项前声明转化目标以形成初步承诺,企业投入专用性资产以强化承诺可信度,研究期间的频繁交流和平台共享能够保障承诺履行。这种嵌入市场承诺的多元投入机制系统性地提升了应用基础研究的创新效率和成果转化率。基于上述分析,本文提出假说2。

假说2:社会资本参与通过市场承诺机制提升应用基础研究创新效率。

### 三、数据来源、变量与模型设定

#### (一)数据来源

国家自然科学基金结项成果数据。本文的数据主要来源于国家自然科学基金大数据知识管理服务平台,该平台公布了历年立项项目、结项项目和科研成果的完整信息,本文使用1986—2019年样本数据开展研究。结项项目数据提供了从投入

到产出的完整信息链条,具体由三个部分构成:一是项目基本特征,记录了项目名称、项目经费、项目类别、依托单位、负责人和立项年份等信息,该部分明确界定了项目是否属于联合基金项目,为后续识别社会资本参与提供了关键依据;二是结项报告全文,为识别联合基金项目的具体类别,评估成果的应用转化潜力提供了丰富的文本材料;三是详细的成果清单,如论文(题目、作者、期刊、发表年份)和专利(名称、发明人、申请年份)的完整信息。这些结构化的成果信息为后续与IncoPat专利数据库匹配,构建创新产出指标体系奠定了数据基础。

IncoPat专利数据库。本文利用IncoPat专利数据库补充NSFC结项报告中的专利信息,该数据库是全球领先的知识产权信息平台,整合了超过120个国家和地区的专利数据。本文借助专利名称、发明人姓名等信息,将NSFC结项成果中的专利信息与IncoPat数据匹配,获取了更丰富的专利质量特征。这些特征包括:专利被引频次(反映学术影响力与技术价值),技术先进性与稳定性评分(衡量创新水平),法律状态变更记录(追踪技术转让,识别商业化进程)。

## (二)变量设定

应用基础研究创新。本文从数量和质量两个维度构建应用基础研究创新产出指标,评估社会资本参与对应用基础研究创新的影响。在数量维度,本文从NSFC资助并成功结项的科研项目中收集了具体结项成果信息,以专利数量测度应用基础研究创新产出规模,以论文数量测度纯基础研究创新产出规模。在质量维度,与IncoPat专利数据库匹配后,本文获取了以下多维特征数据:(1)专利被引次数,反映专利的学术影响力与技术价值(Hsu et al., 2025; 亢延锃等, 2025b);(2)扩展同族数量,代表专利在不同国家和地区的地域布局和知识产权保护投入,能够表示其国际市场经济价值和战略重要性;(3)技术先进性指数,评估专利的技术前沿程度、研发团队实力及后续转化潜力;(4)技术稳定性指数,衡量专利应对实质性审查、维持法律有效性及抵抗侵权诉讼的能力(Leng & Zhang, 2024);(5)突破性创新,基于已授权发明专利,通过文本分析法测度专利间的语义相似度,在综合了专利与既有创新的相似程度及对未来创新的影响后,采用双重分位数识别法,将那些模仿程度低、影响力高的专利识别为突破性创新(陈强远等, 2024)。

社会资本参与。联合基金项目作为中国基础研究资助体系中引入社会资本参与的典型代表,其最大特征在于吸引企业、行业 and 地方政府等多元主体共同参与。本文将联合基金项目作为社会资本参与的代理变量,基于NSFC数据库中的项目类别来识别项目是否为联合基金项目,若科学家 $i$ 在第 $t$ 年主持的项目属于联合基金项目,则定义为有社会资本参与,变量赋值为1;属于其他项目类别则定义为无社会资本参与,变量赋值为0。

市场承诺。社会资本参与基础研究实际上构建了一种连接技术供给端与市场需求端的契约机制,通过明确收益预期和转化保障,引导科学家开展应用基础研究。为验证这一机制,本文使用NSFC结项成果数据中公开披露的结项项目文本作为原始材料,使用大语言模型抽取项目报告中“项目成果转化及应用情况”模块信

息作为抽取模型输入,人工设定并让模型输出5个关键抽取指标作为市场承诺的代理指标。具体包括:开展合作的企业数量、签订研发合同的企业数量、技术是否存在实际成果转化或应用、技术是否具有未来应用前景和是否产生经济效益。

具体而言,本文在零样本条件下采用提示词工程实现指标的自动化抽取。大语言模型被设定为“项目成果转化指标抽取器”,需严格按定义从结项项目文本与科研成果描述中抽取出5个指标,并输出结构化结果。相应地,设第*i*条结项项目的原始文本为 $t_i$ ,提示词为 $p$ 。将二者拼接得到模型输入: $x_i = [p; t_i]$ 。大语言模型 $f_\theta(\cdot)$ 对输入生成严格的JSON格式输出 $o_i$ ,再经解析与后处理函数 $g(\cdot)$ 得到最终的结构化指标向量: $\hat{y}_i = g(f_\theta(x_i)) = g(f_\theta([p; t_i]))$ 。其中,模型预测向量 $\hat{y}_i$ 中包含5个关键指标值。此外,为衡量抽取大模型 gemma3:12b (Team et al., 2025) 生成结果的准确性,本文从全量样本中随机抽样200个样本进行人工标注并构建标准测试集,测试集上的结果显示指标抽取准确率达到近95%。<sup>①</sup>

创新成果转化潜能与转化效率。联合基金项目通过构建政府、企业、高校三方协同的创新网络,推动了基础研究成果向市场应用的转化。本文从两个方面构建指标:一是成果转化潜能。专利引用科技论文能显著提升其转化潜能 (Arora et al., 2021), 本文通过识别应用基础研究中专利对论文的引用,建立专利是否引证论文的虚拟变量和专利引证论文数量的连续变量作为转化潜能指标。二是成果市场化水平。本文根据专利的法律状态,构建了专利是否转让的虚拟变量以及专利转让次数的连续变量来测度转化效率。此外,还根据专利占科研产出比重指标,捕捉科学家研究方向向市场需求靠拢的趋势。<sup>②</sup>

### (三)模型设定

为讨论社会资本参与对应用基础研究创新的影响,本文构建式(1)进行实证检验:

$$Innovation_{i,t} = \alpha + \beta JointFunds_{i,t} + \gamma X_{i,t} + \delta_f + \theta_u + \tau_t + \varepsilon_{f,u,t} \quad (1)$$

其中,*i*表示科学家,*t*表示年份,*f*表示NSFC资助下5位数代码的科学家研究方向,<sup>③</sup>*u*表示项目依托单位。被解释变量 $Innovation_{i,t}$ 代表科学家*i*在*t*年主持项目所产出的创新成果,主要涵盖了以论文为主体的纯基础研究创新成果数量和以专利为主体的应用基础研究创新成果数量。核心解释变量 $JointFunds_{i,t}$ 为虚拟变量,取值为1代表科学家*i*在*t*年主持的自然科学基金项目有社会资本参与。控制变量 $X_{i,t}$ 包含项目的资助经费、团队规模以及研究年限,同时还纳入了科学家前期应用基础研究成果(专利)和前期纯基础研究成果(论文),以控制科学家创新能力。此外,本

① 因篇幅所限,大语言模型关键抽取指标的规范化定义、提示词模板、模型抽取的结果评价,以及市场承诺的原始文本和最终测度结果示例详见本刊网站登载的附录。

② 因篇幅所限,各变量描述性分析详见本刊网站登载的附录。

③ 申请代码由1位字母和4位数字组成。其中,1位字母代表学部,1位字母和前2位数字代表学科领域,1位字母和4位数字代表更为细分的研究方向。例如,F学部为“信息科学部”,F04为“半导体科学与信息器件”领域,细分的研究方向如F0401为“半导体材料”,F0402为“集成电路设计”等。

文分别控制了研究方向固定效应 $\delta_f$ 、机构固定效应 $\theta_u$ 和年份固定效应 $\tau_t$ , $\varepsilon_{f,u,t}$ 为随机误差项,将标准误差聚类到城市层面。

在不同年份下,不同研究方向受到的重视程度可能存在差异,不同依托单位的特征也会影响科学家申请的项目与创新产出,使用式(1)可能遗漏研究方向随时间变化的特征和依托单位随时间变化的特征。为了缓解这一内生性问题,本文进一步添加了研究方向与年份的交互固定效应 $\delta_{f,t}$ 和机构与年份的交互固定效应 $\theta_{u,t}$ 。模型设定如式(2)所示:

$$Innovation_{i,t} = \alpha + \beta JointFunds_{i,t} + \gamma X_{i,t} + \delta_{f,t} + \theta_{u,t} + \varepsilon_{f,u,t} \quad (2)$$

#### 四、基准回归与稳健性检验

##### (一)基准回归

##### 1. 社会资本参与与基础研究创新数量

本文首先探讨了社会资本参与对基础研究,尤其是应用基础研究创新数量的影响。表1结果显示,社会资本参与显著提升了应用基础研究的创新产出。其中,列(1)和列(3)使用式(1)进行回归,列(2)和列(4)使用式(2)进行回归。列(2)结果显示,社会资本参与使项目产出的专利数量平均增加约1.7项(样本均值为1项),这意味着社会资本参与使得专利产出增加约1.7倍。列(4)结果显示,社会资本参与对科学家论文产出数量的影响并不显著,这主要归因于短期产业化诉求与长期科学积累间的目标错位,即出资方的资助带有任务导向性,但论文却具有明显的自由探索和开放共享属性。上述发现为假说1提供了有力的实证支持,即社会资本参与显著提升了科学家应用基础研究的创新效率。

表1 社会资本参与与基础研究创新数量

变量	专利数量 (1)	专利数量 (2)	论文数量 (3)	论文数量 (4)
社会资本参与	1.761*** (0.290)	1.705*** (0.286)	0.813 (0.651)	0.877 (0.763)
控制变量	是	是	是	是
年份固定效应	是	否	是	否
机构固定效应	是	否	是	否
研究方向固定效应	是	否	是	否
机构—年份固定效应	否	是	否	是
研究方向—年份固定效应	否	是	否	是
观测值	471980	459994	471980	459994
R <sup>2</sup>	0.268	0.364	0.421	0.479
F值	177.073	170.420	1601.957	1588.896

注:括号内为聚类至城市层面的稳健标准误;\*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%和1%的水平上显著。若无特殊说明,文内所有表格的控制变量与聚类层级均与基准回归保持一致,且均包含机构—年份与研究方向—年份交互固定效应。

社会资本参与的创新效应,可以从资源供给和激励优化两个维度进行解释。联合基金项目由多方主体共同出资,不仅增加了资金规模,还带来了设备、数据、技术平台等互补性资源,从而实现资金与资源配置效率的优化;同时,社会资本的参与改变了传统单一政府资助模式的激励结构,通过市场导向的目标设定和应用前景背书,推动科学家开展应用基础研究。因此,多元投入机制切实为研发提供了坚实的物质支撑与明确的目标导向,从而提高产出规模和效率,为强化企业科技创新主体地位、优化公共部门科研资助改革提供了参考。不仅如此,在财政约束下,发挥政府引导带动作用以激发社会投资活力,能够撬动更多资源投入基础研究,实现科技创新和产业创新融合,主动服务国家战略需求。

## 2. 社会资本参与与应用基础研究创新质量

上文分析发现社会资本参与主要对科学家应用基础研究创新数量有显著促进作用,在此基础上,本文整合了专利前沿程度、技术价值和经济市场价值等多维度质量测度指标,进一步讨论社会资本参与对应用基础研究创新质量的影响。<sup>①</sup>

表2呈现了社会资本参与对应用基础研究创新质量影响的实证结果,结果显示,社会资本参与在创新质量的各个维度均产生了显著的提升效应。列(1)结果显示,社会资本参与使专利被引数显著增加约3.5次,表明社会资本参与的应用基础研究创新成果质量得到提升。列(2)结果显示,相较于无社会资本参与的项目,联合基金项目所产出专利的扩展同族数增加了约3项。列(3)(4)结果显示,社会资本参与使专利技术先进性和技术稳定性均提升了约13个单位,这一增幅约为样本均值的2倍。列(5)结果显示,社会资本参与使得应用基础研究创新成果中的突破性创新成果相对均值0.137提升了约1.4倍。

表2 社会资本参与与应用基础研究创新质量

变量	专利被引数 (1)	扩展同族数 (2)	技术先进性 (3)	技术稳定性 (4)	突破性创新 (5)
社会资本参与	3.548*** (0.735)	3.117*** (0.526)	13.376*** (2.300)	12.638*** (2.177)	0.188*** (0.041)
控制变量	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是
观测值	459994	459994	459994	459994	81525
R <sup>2</sup>	0.193	0.298	0.363	0.358	0.220
F值	157.395	140.705	148.628	117.834	42.251

注:突破性创新专利数基于NSFC项目中已授权的发明专利计算。

## (二)内生性分析

### 1. 工具变量法

虽然式(2)已通过添加高维交互固定效应尽可能吸收了宏观层面的时变干扰,然而由于数据限制,无法获得科学家个人层面的详细信息,加之创新产出和资助获

<sup>①</sup> 因篇幅所限,反映专利质量的其他四项指标(项目专利家族被引次数、权利要求数、专利授权数与知识集中度)的估计结果,详见本刊网站登载的附录。

取之间可能存在反向因果问题,基准回归仍可能面临多重内生性挑战。为进一步提升因果识别的可信度,本文将城市—学科层面联合基金项目的首次设立年份作为该城市对应领域科学家获取联合基金项目的外生冲击,构造社会资本参与的工具变量。若某城市某学科在 $t$ 年首次获批,则该城市该学科的科学家在 $t$ 年及之后的工具变量取1,否则为0。比如,当 $a$ 城市 $f$ 领域的科学家在2010年获得了社会资本资助,则本文认为 $a$ 城市 $f$ 领域在2010年及之后获得社会资本投入的概率更高。

该工具变量的有效性源于社会资本参与的地理邻近偏好与路径依赖效应。社会资本往往倾向于支持本地学者,且首次资助会催生持续的制度化合作,提升该地同领域学者后续获得资助的概率。此外,城市—学科层面联合基金项目的首次设立时点具有相对外生性,主要由国家在特定技术领域的战略规划、相关产业的发展阶段和学科技术的演进逻辑等因素决定,而非特定城市—学科组合内科学家的个体研究表现决定。这一假设的合理性在于:不同学科领域联合基金项目的设立遵循差异化的政策逻辑和技术逻辑,如地质联合基金的设立主要响应国家地质安全和资源勘探的战略需求,铁路联合基金的启动主要服务于国家铁路技术装备的自主创新需要,这些跨学科的差异化需求识别和项目启动时点主要基于宏观层面的技术发展趋势和产业演进规律,而非微观层面特定城市—学科组合的科研表现评估。

考虑到突破性创新指标基于产出过授权发明专利的项目得出,本文分别基于两类样本进行了独立的工具变量回归检验。表3列(1)和列(7)结果显示,在一阶段回归中,工具变量估计系数在1%的水平上显著为正,与社会资本参与呈正向关系,城市—学科层面获得联合基金资助的概率因政策首次冲击而明显提高,一阶段F值均大于经验值10,证实了内生变量与工具变量间的关系满足相关性要求。表3其他列展示了工具变量的二阶段回归结果。结果显示,联合基金项目资助使得科学家专利数量平均增加了约4项,专利质量也明显提升。由于工具变量法反映的是受到政策冲击而改变资助状态的科学家的局部处理效应,这导致估计系数高于基准回归系数,但内生性分析结果依然证明社会资本参与显著促进了应用基础研究创新水平。

表3 内生性分析:工具变量回归

变量	一阶段		二阶段				一阶段	二阶段
	社会资本参与	专利数量	专利被引数	扩展同族数	技术先进性	技术稳定性	社会资本参与	突破性创新
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
社会资本参与		3.800*** (1.458)	9.448*** (3.457)	8.652*** (2.847)	31.281** (12.144)	35.509*** (9.932)		0.903*** (0.260)
工具变量	0.025*** (0.005)						0.039*** (0.006)	
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
K-PF值				21.573				46.505
固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
观测值	459994	459994	459994	459994	459994	459994	81525	81525

续表3

变量	一阶段		二阶段				一阶段	二阶段
	社会资本参与	专利数量	专利被引数	扩展同族数	技术先进性	技术稳定性	社会资本参与	突破性创新
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
R <sup>2</sup>	0.621	0.078	0.034	0.057	0.076	0.058	0.567	0.008
F值	25.480	152.968	159.081	136.830	136.109	116.860	36.354	41.173

## 2. 科学家特征匹配

为缓解科学家“自选择效应”带来的估计偏误,本文采用粗化精确匹配(Coarsened Exact Matching, CEM)结合标准化欧氏距离最近邻匹配的两阶段匹配法构建反事实对照组。基于资助数据生成的协变量涵盖了科学家科研生命周期、学术积累、声誉、平台特征以及研究领域。对照组为获得常规基金而非联合基金的科学家。首先,基于机构层级、细分研究方向及首次受资助年份(三年跨度区间粗化)实施CEM匹配,并保留专利密集型研究方向的样本,以排除学科底层产出模式差异带来的估计偏误。本阶段优先保证机构与学科方向的精确匹配,初步筛选出具备有效比照对象的科学家。其次,对于多个对照组的CEM层级,引入前期项目数、论文数、专利数及被引数、重大项目主持经历五个事前变量,采用标准化欧氏距离进行1:1无放回最近邻匹配后,重新使用匹配组样本进行检验。通过匹配科学家特征,为处理组科学家匹配合适的对照组,结果依然显示社会资本参与显著提升了应用基础研究创新。<sup>①</sup>

## 五、机制分析:社会资本参与的市场承诺效应

基准回归发现社会资本参与显著提升了应用基础研究创新的数量和质量,但其内在机制尚需进一步剖析。本文理论分析表明,社会资本参与实质上形成了供给优化与需求保障的双重机制,从而能够发挥市场承诺效应。在供给侧,社会资本通过嵌入校企合作网络,为多方的知识交互和后续需求提供前沿研发协作平台;在需求侧,社会资本通过设立契约和价值规范提供刚性较强的市场承诺,将不确定的转化风险转变为确定的需求和激励。为此,本文从研发协同深化与市场需求保障两个维度,利用实际的校企合作情况与市场转化情况进行实证检验。

### (一) 社会资本参与与校企合作

尽管联合基金项目在制度设计上就涵盖了校企合作的可能,但名义上的任务委托并不能代表实质性合作的开展。例如,传统的委托代理模式可能是企业出题、科学家解题后单向交付结题材料的离散型合作,难以承载隐性知识的转移与复杂技术的迭代。而联合基金项目的社会资本要求企业不仅要投入资金,更要将研发人员、实验场景及产业数据等专用性要素切实嵌入项目科研过程。因此,本文选取专利申请人中包含企业的联合专利作为校企合作的代理指标,从而从供给端验证

<sup>①</sup> 因篇幅所限,完整的内生性分析、稳健性检验详见本刊网站登载的附录。

市场承诺机制。

表4列(1)结果显示,社会资本参与使校企合作并联合申请专利的概率提高了6个百分点,表明联合基金项目有效搭建了产学研协同创新平台。列(2)表明,相较于样本均值而言,社会资本参与使得校企联合申请的专利增加了约4.4倍(均值为0.066)。更为重要的是,列(3)—(6)结果显示,社会资本参与还显著提升了合作创新的质量水平:校企联合专利被引数增加0.647次,扩展同族数增加0.5项,技术先进性提升2.280个单位,技术稳定性提升2.073个单位,且结果均在1%的水平上显著。列(7)结果显示,社会资本参与显著增加了校企联合突破性创新专利的产出,较样本均值而言提升了约1.55倍(均值为0.011),促使科研合作向前沿专业技术迈进。

在联合基金项目中,企业不再是单纯的技术需求方,而是创新过程的深度参与者,传递的市场信号使高校的科研能力与企业的技术需求实现精准匹配,缓解目标差异和激励不相容的障碍,有助于形成“科学发现—技术发明—产业应用”的协同发展格局。表4结果验证了社会资本实质性参与构建了高质量产学研协同创新平台,并为可信承诺提供了基础。

表4 机制检验:校企合作

变量	是否有校企联合专利 (1)	校企联合专利数量 (2)	校企联合专利被引数 (3)	校企联合专利扩展同族数 (4)	校企联合专利技术先进性 (5)	校企联合专利技术稳定性 (6)	校企联合突破性创新专利数 (7)
社会资本参与	0.060*** (0.010)	0.291*** (0.059)	0.647*** (0.233)	0.500*** (0.105)	2.280*** (0.482)	2.073*** (0.421)	0.017** (0.007)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是	是	是
观测值	459994	459994	459994	459994	459994	459994	81525
R <sup>2</sup>	0.170	0.185	0.090	0.074	0.176	0.197	0.138
F值	193.219	99.952	66.827	99.477	88.239	76.801	4.535

## (二)社会资本参与与需求保障

企业除了在立项前受到制度性约束外,还在研发过程中投入了一系列成本,相关技术的更新和维护对后续生产经营有着重要作用。这延伸出了更具激励的市场承诺效应,意味着当科研成果符合既定需求,企业将按照约定接收成果,也有可能和科学家开展后续合作。因此,本文选取合同签订等实际情况、技术实际转化及未来应用前景和经济效益等指标,从事前需求锁定、商业价值实际转化两个维度对市场承诺效应展开实证检验。

表5列(1)(2)结果显示,社会资本参与使每个项目的合作企业数增加了0.177家,相对均值0.168增加约1倍,其中与之签订了研发合同的企业数平均增加了0.03家,相对于均值增加了约53.6%。合同的签订意味着企业通过合作签约锁定了技术

产出,消除了成果转化阶段的搜寻摩擦与不确定性,构成了对基础研究成果跨周期的市场需求担保,是市场承诺最直接的表征。列(3)—(5)结果显示,社会资本参与使项目产出成果的实际转化及应用概率显著提升了13.3%,未来应用前景提升了3.5%,技术为企业创造经济效益的概率提升了14.7%,这些显著的绩效提升印证了市场承诺机制的履约效能,验证了假说2中关于社会资本参与提升应用基础研究创新效率的作用路径。不同于纯粹的政府资助项目存在的转化困境,社会资本在投入之初便确立了严格的标准和商业价值导向,由于制度规定、事前承诺和沉没成本压力,企业会积极履行“达标即用”这一隐性契约,直接帮助科学家规避了事后转化风险,为技术方案跨越实验室到市场的“死亡之谷”提供了需求端保障,实现从研发投入到商业回报的闭环。在此机制下,社会资本已然超越了单一的资金供给角色,其能够以需求牵引驱动定向创新,从而提升科技资源的跨组织配置效率,激活高校尚未充分转化的专利技术。

表5 机制检验:需求保障

变量	合作企业数 (1)	研发合同 企业数 (2)	实际成果转化 及应用 (3)	未来转化及 应用前景 (4)	是否产生经 济效益 (5)
社会资本参与	0.177*** (0.029)	0.030** (0.012)	0.133*** (0.020)	0.035*** (0.011)	0.147*** (0.019)
控制变量	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是
观测值	227686	227686	227686	227686	227686
R <sup>2</sup>	0.143	0.107	0.212	0.091	0.189
F值	128.309	76.686	245.923	6.460	293.083

注:由于NSFC仅2016年及以后的结项报告有成果转化及应用板块,表5样本为2016年及以后结项的NSFC项目,从结项成果报告的“项目成果转化及应用”板块识别需求保障的代理指标。

## 六、进一步讨论与异质性分析

### (一)进一步讨论

前述分析已证实社会资本参与显著提升了应用基础研究的产出数量与质量,并通过产学研合作与市场需求保障验证了其内在机制。然而,创新价值链的闭环还取决于科学理论转化为应用技术的跨越能力以及最终市场化程度。高质量的专利若无法扎根科学源头并转化为实际生产力,则难以反映社会资本参与的最终成效。因此,本文从转化潜能和实际市场化情况两个角度出发,进一步考察社会资本参与在转化端的作用。

#### 1. 社会资本参与与应用基础研究创新潜能

应用基础研究的创新潜能不仅体现为当前的学术贡献,更在于其知识成果能否成为未来技术创新的源泉,这是衡量应用基础研究价值实现的前瞻性指标(Scharfmann et al., 2025)。专利引用科技论文意味着理论发现正在被转化为实际的

技术方案,直接体现了知识从“象牙塔”走向“生产线”的转化路径和内部潜在价值,客观反映了基础研究成果在未来产业发展中的现实效用和应用前景。因此,本文利用专利是否引证论文、专利引证论文的数量进行检验。表6结果表明,社会资本参与使专利引证科技论文的概率提高约6个百分点,每个项目中专利引证论文的数量增加约1篇。结果显示,社会资本参与显著激发了应用基础研究的创新潜能,实现了科学知识向技术创新的转化。

创新潜能提升体现了社会资本参与在完善应用基础研究资助体系、重塑基础研究价值链中的关键作用。传统的基础研究往往面临“研用脱节”的困境,而社会资本的参与能促使供求两端实现对接,打通从高校基础研究成果到技术应用落地的转化通道。一方面,研发前期明确的技术任务将不确定的商业预期转化为清晰的应用导向,增强了专利产出对特定科学知识的吸纳能力;另一方面,校企合作制度化降低了技术转移的交易成本和信息不对称程度,加速了基础知识向技术发明的渗透,增强了专利的科学含量和可落地潜力。

表6 进一步讨论:应用基础研究创新潜能

变量	专利是否引用论文	专利引用论文数
	(1)	(2)
社会资本参与	0.057*** (0.009)	1.074*** (0.233)
控制变量	是	是
固定效应	是	是
观测值	459994	459994
R <sup>2</sup>	0.402	0.264
F值	135.758	38.269

## 2. 社会资本参与与创新成果转化

前述分析表明,社会资本参与增强了应用基础研究的创新潜能。然而,从创新潜能到实际转化仍需跨越关键的“最后一公里”,这不仅是实现创新链条闭环的核心环节,也是检验社会资本参与成效的重要维度。为全面评估社会资本参与对创新成果转化的影响,本文构建了研究重心转换、专利是否转让以及专利转让次数三个测度指标。表7列(1)结果表明,社会资本参与促使科学家专利产出占总成果比重提升1.4个百分点,较样本均值(6.5%)实现了约21.5%的增长,表明联合基金项目有效引导了科学家的研究重心向市场应用导向转移。列(2)(3)进一步验证了转化效应,社会资本参与使专利转让概率提升3.5个百分点,转让次数平均增加约0.07次,相对于样本均值3.6%和0.095次而言,分别改善了约97.2%和约73.7%。综上,社会资本参与有效促成了成果转化。

成果转化的促进效应体现了社会资本参与在重构基础研究价值实现路径中的系统性作用。传统基础研究往往遵循“好奇心驱动”的逻辑,高质量成果容易与市场需求脱节且难以实现产业化。社会资本参与贯穿了技术生产到落地的全流程,弥合

了研发与市场间的断层:在事前,将产业界的技术难点直接映射为科研选题,提前锁定市场需求,为基础研究成果提供了确定的接收端,缓解搜寻摩擦与不确定性,引导科学家关注应用研究方向,主动增加专利等应用导向成果的产出比重;在事中,提供中试平台和实际应用场景,降低了创新成果对生产线的匹配难度与试错成本;在事后,提供价值信号认证,缓解技术交易中的信息不对称,为外部市场提供了价值锚点,提升了专利交易的效率与活力。

表7 进一步讨论:创新成果转化

变量	研究重心转换 (1)	专利是否转让 (2)	专利转让次数 (3)
社会资本参与	0.014*** (0.003)	0.035*** (0.008)	0.068** (0.033)
控制变量	是	是	是
固定效应	是	是	是
观测值	459994	459994	459994
R <sup>2</sup>	0.408	0.173	0.121
F值	239.973	61.712	40.134

## (二)异质性分析

社会资本参与对应用基础研究的创新促进效应在不同情境下可能存在差异。为深入理解社会资本参与的作用边界和优势领域,本文从产业类型、学科特征和制度变迁三个维度开展异质性分析,以期为精准化的政策设计提供实证依据。

### 1. 社会资本参与与新兴产业创新

传统的政府资助模式难以满足新兴产业发展过程中复杂多元的资源需求,联合基金项目通过构建多方风险共担机制,为社会资本进入技术难度大、市场不确定性高的高新技术领域早期项目提供了有效载体。为验证这一预期,本文根据国家战略性新兴产业分类标准,将专利产出分为新兴产业专利和其他产业专利两类,分别检验社会资本参与的差异化影响。实证结果证实了社会资本参与在新兴产业创新中的比较优势。面对新兴产业的高风险特征,多元主体风险分担机制吸引了企业参与早期研发,再加之政府的战略引导,有助于实现公共资源与市场力量的优势互补。这兼顾了基础研究的前瞻性与成果转化的针对性,为构建面向未来产业的创新生态提供了重要支撑。

### 2. 社会资本参与与学科异质性

联合基金项目针对航空航天、气象、铁路、地质等特殊行业设立了专门的资助类别,而不同学科领域在知识生产方式、技术转化路径、产业对接程度等方面的差异,直接影响其对社会资本的吸纳能力与转化效率。为此,本文首先计算每个研究方向中专利产出占论文与专利总产出的比重,将该比重高于均值或中位数的领域定义为偏向应用创新的研究领域,其次根据项目所属学部划分进行事实验证。

实证结果显示,社会资本参与的促进效应在产出特征与学科架构上相互印证。

在专利占比更高的偏向应用创新领域中,社会资本的创新促进作用更为显著。具体而言,地球科学部、工程与材料科学部、信息科学部、医学科学部这类应用导向型学科更多依托社会资本的平台、资源优势与导向作用,加速推动成果产业化,创新促进效应更为显著。相比之下,数学物理科学部、化学科学部等传统基础学科更遵循科学逻辑,成果转化路径长且不确定性大,社会资本参与的促进效应较弱。该差异化格局表明,社会资本参与的作用具有明显的学科边界,效果与学科内在特征和产业需求对接程度密切相关,这为科学制定差异化的资助政策提供了依据。

### 3. 联合基金项目改革与创新产出

2018年,NSFC启动了联合基金项目的系统性改革,这一制度变迁为检验政策优化效果提供了准自然实验机会。<sup>①</sup>具体而言,改革调整了政府与社会资本的投入比例,强化了项目申请的战略导向性,提高了经费管理的精细化程度,进而提高了创新主体间的资源配置效率和创造活力。为验证不同制度环境下社会资本参与的创新效应差异,本文以2018年改革节点为分界,将联合基金项目样本划分为改革前和改革后两个时期。结果发现,联合基金项目改革显著增强了社会资本参与的创新促进效应,证实了制度优化的政策价值以及制度创新在激发社会资本活力中的关键作用。改革前,联合基金存在投入比例模糊、申请目标泛化以及经费管理粗放等结构性局限。制度改革有效实现了出资结构的合理分配、研究目标与产业需求的精准对接,以及资金配置的精细化管理,不仅提升了单个项目的创新产出水平,更构建了社会资本深度参与基础研究的可持续制度框架,为后续深化改革与强化企业创新主体地位提供了参考。<sup>②</sup>

## 七、研究结论与政策建议

引导社会资本参与基础研究,加快形成基础研究多元化投入格局,不仅有助于提升基础研究投入占GDP的比重,更能为基础研究科研人员释放市场技术需求的信号,推动科技创新和产业创新深度融合。本文以国家自然科学基金委员会的联合基金项目作为社会资本参与的代理变量,使用1986—2019年基金资助信息,探究了社会资本参与对应用基础研究创新的影响,并从市场承诺的视角讨论了社会资本创新效应的作用机制。文章主要有以下三点发现。

第一,社会资本参与提升了高校科学家的应用基础研究创新水平。在创新产出方面,社会资本参与使项目专利产出平均增加约1.7倍,同时显著提升了创新质量,具体表现为专利被引次数、技术稳定性、技术先进性等质量指标都得到了显著提升。第二,社会资本参与通过市场承诺发挥创新引导与促进作用。机制分析表明,联合基金项目依托校企合作平台,通过明确下游应用场景、建立价值评估机制

<sup>①</sup> 本文没有将2018年的改革作为基准回归分析的识别策略,原因在于:一方面,2018年的改革是对联合基金项目制度的优化,并非从0到1的发展阶段;另一方面,本文使用的数据截至2019年,难以充分验证2018年改革的效果。

<sup>②</sup> 因篇幅限制,异质性分析结果详见本刊网站登载的附录。

以及完善后续契约保障,将原本不确定的科研成果转化路径转变为可预期的产销闭环。这表明,在合作机制中嵌入市场承诺是引导社会资本参与并破解基础研究成果转化难题的关键所在。进一步分析揭示,社会资本的介入不仅推动了基础研究在供给侧实现量的扩张,更对创新链后端产生了深刻影响:它有效弥合了科研探索与市场需求之间的“鸿沟”,引导研究重心向应用导向转移,从而催生了更多高质量的专利成果。第三,社会资本的创新效应因产业属性和学科情境而异。具体而言,其对战略性新兴产业和应用导向明确的学科的促进作用更强。此外,联合基金项目制度设计对社会资本参与的创新效应具有正向调节作用。这些发现明确了社会资本发挥效能的条件边界,为实现精准政策干预提供了实证依据。

基于上述结论,为进一步发挥社会资本在基础研究中的积极作用,推动创新链与产业链深度融合,本文提出以下政策建议。

一是强化企业科技创新主体地位,构建以企业为“出题人”的“承诺—转化”闭环体系。本文实证结果表明,市场承诺是化解技术转化不确定性、破解“死亡之谷”难题的关键机制,而以企业为主的社会资本正是市场信号最直接的捕获者和市场承诺最有效的载体。因此,应用基础研究创新的制度设计应超越单纯的资金要素投入,真正确立企业在创新链条中的话语权与主体地位。具体而言,应建立“企业出题、校企共答、市场阅卷”的产学研融合机制:将行业领军企业的关键共性技术需求凝练为国家科技计划的重点支持方向,推行技术研发、成果转化与产业培育的一体化设计、协同化推进、同步化考核,从源头通过契约锁定应用场景,确保科研活动始于企业真需求。在此基础上,支持企业牵头组建创新联合体,发挥其主体作用,超前布局概念验证中心与中试验证平台,参与大学科技园建设,为高校成果提供从原理验证到工业化试制的全流程环境,夯实转化的实体支撑。通过构建产学研的完整制度链条,真正畅通知识流动,加速核心成果向现实生产力转化。

二是建立分层分类的社会资本参与机制,精准释放联合基金项目的战略导向功能。针对不同产业的技术迭代速度和风险特征,设计差异化的社会资本参与模式。一方面,对于人工智能、生物制造等迭代快、国际竞争激烈的战略性新兴产业,应把握“十五五”规划中支持高新技术企业和科技型中小企业发展的契机,建立科技企业出题、政府资金配套、风险共同承担的灵活投入机制,发挥社会资本的前沿市场导向作用,与公共科研部门合作解决制约产业发展的核心科学难题;另一方面,对于能源交通、基础材料等投资周期长、资本密集型的传统支柱产业,则应继续发挥国有大型企业“稳定器”的作用,依托其产业链长、生产基础牢固的优势进行持续稳定的研发投入。此外,还应完善研发费用加计扣除、税收优惠等配套政策,优化项目申报流程,降低企业参与基础研究的制度性交易成本,从而引导更多元的社会资本进入,形成既能支撑国家战略,又能激发市场活力的多元投入新格局。

三是实施学科分类评价,建立产业需求牵引科研选题的源头校准机制。本文异质性分析表明,社会资本的方向引导作用在不同学科中存在显著差异。因此,必须深化科技评价体系改革,打破单一的学术评价标准,实施分类管理。对于工程、

信息等应用导向鲜明的学科,应建立“以用定评”的评价体系,降低论文权重,引入技术转让金额、企业实际应用效果、经济社会效益等市场化指标作为结项参考,激励科学家从“发论文”转向“解真题”。对于数学、物理、化学等基础性学科,应坚持政府投入为主,赋予其充足的研究周期与选题自由度,保护源头创新的土壤,同时畅通基础学科向产业端输出科学支撑的渠道。更重要的是,应改变基础研究与产业需求单向流动的局面,建立产业需求牵引科研选题的源头校准机制。鼓励科学家在项目实施期间深入企业生产一线,将产业实践中的技术瓶颈凝练为核心科学问题,实现基础研究选题从文献导向到需求导向的根本转变,确保科研成果在研究前期就精准服务经济社会发展。

### 参考文献

- 陈强远、赵浩云、林思彤、申宇,2024:《中国高质量技术创新:情境叙事与测度体系》,《管理世界》第5期。
- 盖凯程、韩文龙,2025:《以科技创新与产业创新深度融合培育和发展新质生产力》,《经济研究》第10期。
- 葛劲峰、张南、袁志刚,2024:《中国高校科技转化改革的异质性政策效应》,《经济研究》第2期。
- 亢延锟、郭家宝、葛晶,2025a:《事前确权、事后奖励与高校科技成果转化》,《经济研究》第7期。
- 亢延锟、郭家宝、胡志安、陈斌开,2025b:《创新驱动、激励机制与高校科技成果转化——以省部共建国家重点实验室为例》,《管理世界》第3期。
- 雷蓉、刘权、王岩,2019:《2018年度国家自然科学基金联合基金项目评审工作综述》,《中国科学基金》第1期。
- 李正风、武晨箫,2019:《中国科技创新体系制度基础的变革——历程、特征与挑战》,《科学学研究》第10期。
- 刘佳、李志兰、雷蓉、刘权、王岩、王长锐,2021:《国家自然科学基金联合基金发展历程、现状及思考》,《中国科学基金》第S1期。
- 柳卸林、高雨辰、丁雪辰,2017:《寻找创新驱动发展的新理论思维——基于新熊彼特增长理论的思考》,《管理世界》第12期。
- 邵云飞、陈燕萍、吴晓波、谭文,2024:《从“研发”到“市场”:链主企业如何实现关键核心技术的商业化?》,《管理世界》第12期。
- 宋华盛、杨梦霞、罗德明,2025:《战略性新兴产业政策与高校创新》,《经济研究》第6期。
- 睦纪刚、连燕华、曲婉,2013:《企业的内部基础研究与突破性创新》,《科学学研究》第1期。
- 孙雅慧、时省、彭飞、吴华清,2024:《研发补贴与渐进式创新锁定:基于机器学习的专利文本分析》,《经济研究》第11期。
- 万建香、汪寿阳,2016:《社会资本与技术创新能否打破“资源诅咒”?——基于面板门槛效应的研究》,《经济研究》第12期。
- 王宇、刘志彪,2013:《补贴方式与均衡发展:战略性新兴产业成长与传统产业调整》,《中国工业经济》第8期。
- 武晨箫、李正风、黄璐、阎妍,2022:《政府资助引导基础研究多元投入的内在逻辑与未来挑战——基于联合基金的案例分析》,《中国软科学》第12期。
- 于璇、高瑞平,2023:《发挥国家自然科学基金联合基金“四个平台”作用健全基础研究多元投入机制》,《中国科学基金》第2期。
- 郑世林、汉馨语、郭锡栋、张子盈,2024:《国家战略科技力量与企业关键核心技术突破——来自国家和省级重点实验室的证据》,《中国工业经济》第9期。
- 郑世林、张果果,2022:《制造业发展战略提升企业创新的路径分析——来自十大重点领域的证据》,《经济研究》第9期。

- Akcigit, U., D. Hanley, and N. Serrano-Velarde, 2021, “Back to Basics: Basic Research Spillovers, Innovation Policy, and Growth”, *Review of Economic Studies*, 88(1), 1—43.
- Arora, A., S. Belenzon, and L. Sheer, 2021, “Knowledge Spillovers and Corporate Investment in Scientific Research”, *American Economic Review*, 111(3), 871—898.
- Arora, A., S. Belenzon, K. Kosenko, J. Suh, and Y. Yafeh, 2025, “The Rise of Scientific Research in Corporate America”, *Organization Science*, 36(4), 1466—1488.
- Azoulay, P., and D. Li, 2022, *Scientific Grant Funding, Innovation and Public Policy*, University of Chicago Press, 117—150.
- Azoulay, P., W. Ding, and T. Stuart, 2009, “The Impact of Academic Patenting on the Rate, Quality and Direction of (Public) Research Output”, *Journal of Industrial Economics*, 57(4), 637—676.
- Babina, T., A. X. He, S. T. Howell, E. R. Perlman, and J. Staudt, 2023, “Cutting the Innovation Engine: How Federal Funding Shocks Affect University Patenting, Entrepreneurship, and Publications”, *Quarterly Journal of Economics*, 138(2), 895—954.
- Belenzon, S., and L. Cioaca, 2025, “Guaranteed Demand and Corporate R&D”, *Management Science*, Articles in Advance, 1—27.
- Bergeaud, A., A. Guillouzoic, E. Henry, and C. Malgouyres, 2025, “From Public Labs to Private Firms: Magnitude and Channels of Local R&D Spillovers”, *Quarterly Journal of Economics*, 140(4), 3233—3282.
- Bruneel, J., P. D’Este, and A. Salter, 2010, “Investigating the Factors that Diminish the Barriers to University-Industry Collaboration”, *Research Policy*, 39(7), 858—868.
- Carnehl, C., and J. Schneider, 2025, “A Quest for Knowledge”, *Econometrica*, 93(2), 623—659.
- Howell, S. T., J. Rathje, J. Van Reenen, and J. Wong, 2025, “Opening up Military Innovation: Causal Effects of Reforms to US Defense Research”, *Journal of Political Economy*, 133(11), 3605—3651.
- Hsu, D. H., P. H. Hsu, K. Zhou, and T. Zhou, 2025, “Industry-University Collaboration and Commercializing Chinese Corporate Innovation”, *Management Science*, 71(6), 5351—5375.
- Hünermund, P., C. Lopes-Bento, and M. Pellens, 2026, “The Effect of Publicly Co-funded Industry-science Collaboration on Scientific Production”, *Research Policy*, 55(2), 105393.
- Knack, S., and P. Keefer, 1997, “Does Social Capital have an Economic Payoff? A Cross-country Investigation”, *Quarterly Journal of Economics*, 112(4), 1251—1288.
- Leng, X., and Y. Zhang, 2024, “The Frontiers in Manufacturing Technologies Initiative and University Innovation”, *China and World Economy*, 32(5), 197—225.
- Mancuso, R., and A. Broström, 2026, “Do Mission-Oriented Grant Schemes Shape the Direction of Science?”, *Research Policy*, 55(1), 105360.
- Nelson, Richard R., 1959, “The Simple Economics of Basic Scientific Research”, *Journal of Political Economy*, 67(3), 297—306.
- Ponzetto, G. A., and U. A. Troiano, 2025, “Social Capital, Government Expenditures, and Growth”, *Journal of the European Economic Association*, 23(2), 632—681.
- Roach, M., and H. Sauermann, 2010, “A Taste for Science? PhD Scientists’ Academic Orientation and Self-Selection into Research Careers in Industry”, *Research Policy*, 39(3), 422—434.
- Routledge, B. R., and J. Von Amsberg, 2003, “Social Capital and Growth”, *Journal of Monetary Economics*, 50(1), 167—193.
- Scharfmann, E., M. Marx, and L. Fleming, 2025, “Pasteur’s Quadrant Researchers Bring Novelty, Impact to Publishing, and Patenting”, *Science*, 390(6776), 891—893.
- Team, G., A. Kamath, J. Ferret, S. Pathak, N. Vieillard, Merhej, R., et al., 2025, “Gemma 3 Technical Report”, arXiv preprint arXiv:2503.19786.

## Social Capital Participation, Market Commitment and Innovation in Applied Basic Research

LENG Xuan<sup>a</sup>, ZHONG Shiyu<sup>a</sup>, ZENG Xianju<sup>b</sup> and ZHU Tiantian<sup>c</sup>

(a: China Center for Special Economic Zone Research, Shenzhen University;

b: College of Management, Shenzhen University;

c: School of Artificial Intelligence, Shenzhen University)

**Summary:** As the wellspring of innovation, basic research holds great significance for achieving technological breakthroughs and maintaining international competitiveness. However, social capital participation in China's basic research funding system remains insufficient, standing in stark contrast to the diversified funding mechanisms in developed countries that integrate government guidance with private sector involvement. In this context, understanding how social capital participation influences applied basic research innovation can help optimize China's basic research funding landscape and accelerate the integration of innovation chains with industrial chains.

The National Natural Science Foundation of China (NSFC), as the primary channel supporting the advancement of basic research in China, has innovatively established Joint Fund programs. These programs distill the practical demands of relevant government departments, enterprises, and regions into scientific questions, and publicly announce research topics to guide social capital in co-investing in basic research, thereby constructing a funding model characterized by close multi-actor collaboration and resource complementarity. Accordingly, this study collects funding data (1986–2019) matched with patent data, employs Joint Fund projects as a proxy for social capital participation, and systematically analyzes the innovation effects and underlying mechanisms of social capital participation in applied basic research. The baseline results indicate that social capital participation enhances the innovation performance of scientists in applied basic research. In terms of output, social capital participation increases the average patent output of Joint Fund projects by approximately 1.7 times, while quality indicators, including patent citation counts, technological stability, technological sophistication, and patent novelty, are all significantly improved.

Mechanism analysis reveals that social capital participation drives innovation through dual pathways: the construction of university-enterprise collaborative platforms and the embedding of market commitment mechanisms. Distinct from general funding programs, Joint Fund programs operate through university-enterprise collaborative platforms as organizational vehicles, within which embedded market commitment mechanisms align research objectives based on clearly defined application scenarios while providing value validation and contractual safeguards, effectively stimulating scientists' innovative vitality and motivation for commercialization. Specifically, social capital participation increases both the frequency and quality of university-enterprise collaboration and notably raises the number of R&D contracts signed by scientist teams. The probability of actual commercialization and application of research outcomes increases by 13.3%, the probability of prospective application rises by 3.5%, and the probability of generating economic benefits for enterprises increases by 14.7%.

Further analysis demonstrates that social capital participation unlocks the commercialization potential and efficiency of scientific outputs, with patent science linkage rates, transfer probabilities, and transfer frequencies increasing, and the share of patents in scientists' total output rising. Heterogeneity analysis reveals stronger facilitative effects of social capital in strategic emerging industries and application-oriented disciplines. Moreover, the institutional design of Joint Fund programs exerts a positive moderating effect on the aforementioned outcomes.

This study contributes along three dimensions. Theoretically, it extends the provider of “demand assurance” from the public sector to the private sector and explains within a unified framework how social capital participation enhances basic research innovation efficiency by deepening multi-actor collaboration and building market commitments. Empirically, it provides comprehensive micro-level evidence that multi-actor funding mechanisms promote basic research innovation. From a policy perspective, these findings offer theoretical support for accelerating the commercialization of scientific and technological achievements in China and for building a basic research funding system oriented toward serving the real economy.

**Keywords:** Social Capital; Market Commitment; Diversified Funding; Applied Basic Research; Innovation

**JEL Classification:** O31, O38, H44

(责任编辑: 溯 明)(校对: 曹 帅)