

科技创新政策、研发投入与关键核心技术攻坚

徐 明， 陈斯洁， 于静涛

【摘要】 关键核心技术攻坚是实现高水平科技自立自强的核心环节和重要标志。目前,中国依靠先技术引进再国产替代的传统创新模式受阻,亟须转向以自主创新为主导、注重原始创新和颠覆式创新的模式。中国科技创新政策需有效回应国际形势变化和国内战略要求,进行动态调整和适时优化,以促进关键核心技术攻坚。在实现高水平科技自立自强的进程中,中国科技创新政策的实施能否有效促进关键核心技术攻坚?针对这一问题,本文收集了2017—2023年293个地级市的科技创新政策文本,采用XGBoost算法构建机器学习模型识别了中国677项关键核心技术,形成关键核心技术清单。根据这一清单,本文进一步筛选收集了2012—2023年1775家中国A股上市企业与之相对应的专利数据,将其与企业所在地级市的科技创新政策文本相匹配,并使用多期双重差分法实证检验了科技创新政策对关键核心技术攻坚的影响效应和作用机制。研究发现:科技创新政策能够促进企业关键核心技术专利数量与专利质量的提升;科技创新政策通过促进企业增加研发经费投入和扩大研发人员规模,有效推动关键核心技术攻坚。不同类型政策对关键核心技术攻坚的影响效果存在差异,这拓展了技术政策理论的应用场景和适用范围。企业外部知识开发模式负向调节科技创新政策对关键核心技术攻坚的影响。本文的研究结论为科技创新政策促进关键核心技术攻坚提供了经验证据,为进一步优化完善科技创新政策提供了重要参考。

【关键词】 科技创新政策; 关键核心技术攻坚; 研发投入; 人才集聚; 知识开发模式

【中图分类号】F424 【文献标识码】A 【文章编号】1006-480X(2025)09-0118-19

一、引言

当前,围绕世界科技前沿领域的技术竞争愈演愈烈。美国对半导体、人工智能、5G通信等关键核心领域的定向制裁,暴露了中国在关键核心技术方面存在“缺芯”“少核”“弱基”等短板(黄群慧和倪红福,2021)。实现关键核心技术自主可控,是增强中国产业链供应链韧性和安全稳定,推动中国

【收稿日期】 2025-02-24

【基金项目】 中国社会科学院研究阐释党的二十届三中全会精神重大创新项目“公共安全治理机制研究”(批准号2024YZD016)。

【作者简介】 徐明,中国社会科学院大学商学院教授,博士生导师;陈斯洁,中国社会科学院大学商学院博士研究生;于静涛,中国社会科学院大学商学院博士研究生。通讯作者:陈斯洁,电子邮箱:1357939795@qq.com。本文得到中国社会科学院大学卓越学者研究项目资助。感谢戚聿东教授对本文的指导和支持。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

产业迈向全球价值链中高端的必由之路(徐明,2023)。面对日趋激烈的国际竞争,中国依靠先技术引进再国产替代的传统创新模式受阻,亟须转向以自主创新为主导、更加注重原始创新和颠覆式创新的模式,实现科技创新从跟风模仿向赶超创造转变。然而,原始创新和颠覆式创新是中国科技创新的短板和薄弱环节,要实现高水平科技自立自强,中国仍需提升原始性、突破性、颠覆性的创新能力(李雪松等,2022)。在此背景下,中国政府采取积极措施,应对国际形势变化,并根据国内战略要求,对科技创新政策进行动态调整和适时优化。这些科技创新政策不仅聚焦研发资金、研发补贴等经费支持,还将政策目标指向研发人员的投入和发展,鼓励企业和科研机构加强关键核心技术领域的自主创新和原始创新,构建起覆盖科技创新全链条的政策支持体系(贺德方等,2025),努力推动关键核心技术领域自主可控和攻坚突破。

因此,分析中国科技创新政策的调整对关键核心技术攻坚的影响具有重要的理论价值和现实意义。本文将2017—2023年293个地级市科技创新政策的实施作为一项准自然实验,考察其对关键核心技术攻坚的影响效应和作用机制。根据技术政策理论,结合中国具体实际,突破传统政策评估的单一维度,将科技创新政策进一步划分为供给侧、需求侧、互补因素和制度变革等政策,探究分析四类科技创新政策对关键核心技术攻坚的影响效应及其差异。这不仅拓展了技术政策理论的应用场景和适用范围,也为科技创新政策效果评估提供了新的方法论工具。同时,为政府调整优化下一阶段科技创新政策,强化创新资源配置,破解“卡脖子”技术瓶颈、实现高水平科技自立自强提供了决策依据和政策建议。

与现有文献相比,本文可能的边际贡献有三个方面:①将科技创新政策的实施作为一项准自然实验,实证检验了科技创新政策对关键核心技术攻坚的促进作用,以上结论在一系列稳健性和内生性检验后依旧成立。②通过探究研发投入的作用机制、外部知识开发模式的调节效应,分析了科技创新政策促进关键核心技术攻坚的作用机制。这丰富了科技创新政策与关键核心技术攻坚关系的研究视角,揭示了科技创新政策对关键核心技术攻坚的影响渠道,也为企业知识开发模式的选择提供经验证据。③对293个地级市的科技创新政策文本进行分析,结合中国具体实际,运用技术政策理论,将科技创新政策进一步划分为供给侧政策、需求侧政策、互补因素政策和制度变革政策,考察了中国在推进关键核心技术攻坚进程中,四类科技创新政策的影响效应及其差异。

余文结构安排如下:第二部分为文献综述、特征性事实与研究假说;第三部分为数据来源与研究设计;第四部分为实证结果分析;第五部分为机制检验与异质性分析;第六部分为进一步分析知识开发模式对关键核心技术攻坚的影响;最后为结论与政策启示。

二、文献综述、特征性事实与研究假说

1. 文献综述

与本文相关的研究主要包括以下三类文献:第一类文献重点探讨科技创新政策的内涵、特点与分类。作为公共政策的重要组成部分,科学、技术和创新政策是指政府为实现国家目标,施行的关于推进科学、技术知识的生产、扩散和应用的公共政策(Lundvall and Borrás,2005)。科技政策主要聚焦解决科技领域知识生产问题,侧重科技研发的供给;创新政策主要聚焦运用知识创造价值,强调科技成果的商业化和价值转化(梁正,2017)。随着政府对科技创新的全链条部署和全领域布局,科学、技术和创新在政策实践中已难以区分,科技创新政策逐渐被视为一个涵盖科学、技术和创新政策的广义综合性概念(贺德方等,2025),包含所有与科技创新活动相关的公共政策。换言之

之,科技创新政策是政府为实现国家目标,持续推动科学技术知识生产、扩散和应用的一系列政策总和。

在促进科技创新过程中,中国根据不同时期经济社会发展的需求和科技创新活动规律,明确相应的科技发展战略,不断完善科技创新政策。改革开放之初,中国创新模式主要以引进国外技术并加以消化吸收为主(薛澜,2018)。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》的出台,标志着中国的科技创新政策开始向集成创新和自主创新转变。随着创新驱动发展战略的推进,各级政府出台了一揽子政策规划,强化企业科技创新的主体地位,构建了一套以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系(陈强远等,2020;陈强远等,2024a)。中国科技创新政策呈现出显著的特点:一方面,政策秉持“为质量而规划”的理念,在技术创新顶层设计中突出原创性导向,各级政府大多实施了“专利追赶战略”(陈强远等,2024b),反映出国家在应对新一轮科技革命时对原创性和原始性创新的重视。另一方面,中国科技创新政策在聚焦企业高技术创新的同时,兼顾多层次共同发展。以“技术创新”为战略核心,在数量导向上重视人才培养,在质量导向上重视原始创新(陈强远等,2024a),力求在关键核心技术领域取得攻坚突破。科技创新政策在制定和实施过程中的着力点更加注重营造良好的科研生态和市场生态环境,发挥技术推动和需求拉动的双重效应,使知识的生产、传播和应用更加顺畅,提高科技创新的效率(梁正,2017;薛澜,2018)。

不同类型的科技创新政策在促进科技研发活动过程中,其影响力和作用机制各有差异。第一种分类方式将科技创新政策分为供给型、需求型和环境型政策(Rothwell and Zegveld, 1985; 赵筱媛和苏竣,2007)。其中,供给型和需求型政策分别注重技术推动和需求拉动,而环境型政策强调对环境加以优化从而促进科技创新。第二种分类方式包括渐进式、突破式、自发性和适应性政策。其中,渐进式和突破式强调政策的更迭表现,自发性和适应性则强调政策的动力机制(Teubal, 2002)。第三种分类方式除保留第一种分类方式中的供给侧、需求侧政策外,还增加了以产学研合作为基础、强化企业内外部资源的互补因素政策(Barrow, 1996),以及提供稳定制度保障、推动科技成果转化的制度变革政策(Steinmueller, 2010)。不同科技创新政策分类方式的比较如表1所示。

第二类文献主要分析了中国关键核心技术的识别与测度。关于关键核心技术的内涵主要从功能作用和对产业链的重要性与安全性等方面进行研究,认为关键核心技术是在产业技术体系中占据制高点的技术体系,具有技术功能的极端重要性、高对外依存度、长研发周期、强技术垄断性及高技术转移壁垒等特征,其本质是一种高度默会知识,不仅涉及技术能力,还与战略安全、国际竞争紧密相关。

目前,针对关键核心技术的识别,主要有以下几类框架:①“金字塔”框架,基于技术差距、技术关键程度、安全性和国家创新战略需求等维度进行识别(陈劲等,2020)。②“创新链和产业链融合”框架,根据重点技术清单、创新链关键核心技术、产业链关键核心技术交叉关系(张其仔和许明,2020),以专利为分析对象,结合密度、中心度等网络结构指标(李瑞茜和陈向东,2018),判断技术在整个技术体系中所处的位置,并借助问卷调查法,基于专家智慧进行关键核心技术识别和分类。③机器学习识别模型,利用双重对照体系将对美加征关税商品清单等非关键核心技术清单与对美加征关税排除清单等关键核心技术清单进行差异化标识,并充分利用中间品贸易中的进口依存度、价格弹性及替代性等微观数据特征,通过机器学习模型对海关贸易数据进行特征挖掘,进而识别关键核心技术产品。

表 1 不同科技创新政策分类方式的比较

分类	定义	内涵特征
供给型政策	供给型政策是指政府部门借助相关政策举措,实现人才、资金、技术及信息等关键资源的高效配置与供给,为科技创新活动的有序开展提供支撑	供给型政策工具更多地表现为政策对科技活动的推动力
需求型政策	需求型政策是指政府部门通过政策促进需求总量增加,扩大产品的市场规模带动科技创新	需求型政策工具表现为拉动力
环境型政策	环境型政策是指政府部门以打造良好的政策环境为手段,间接影响企业技术创新	环境型政策工具发挥间接的影响作用
渐进式政策	渐进式政策是指通过逐步调整现有政策工具和制度,逐步优化系统功能的政策模式	渐进式政策强调连续性和累积性改进,而非颠覆性变革
突破式政策	突破式政策是指引入全新政策工具或制度架构,实现系统结构或功能根本性变革的政策模式	突破式政策强调打破既有路径依赖,建立新组织或制度
自发性政策	自发性政策是指政策设计响应系统内部自组织过程的需求,强调政策与市场、企业行为的协同演化	自发性政策强调政策工具需匹配企业对技术、资金或服务的自发需求
适应性政策	适应性政策是指政策制定者通过动态学习、灵活调整策略应对不确定性的政策模式	适应性政策强调政策需要不断迭代适应创新环境的不确定性
供给侧政策	供给侧政策侧重应对科学研究过程中可能出现的创新投资不足、技术扩散受阻等问题	供给侧政策以补贴、专项资金等形式直接补偿创新者
需求侧政策	需求侧政策侧重诱导需求拉动创新效应,提高市场对技术的需求,以更高的预期回报刺激改进技术的努力	需求侧政策强调技术创新是技术与市场需求紧密结合的产物
互补因素政策	互补因素政策侧重增加创新活动中可利用的资源	互补因素政策强调预防创新瓶颈的产生
制度变革政策	制度变革政策侧重优化技术研发创新的责任分工、推动科技成果转化平台建设等	制度变革政策强调为企业技术创新提供良好的制度环境

关键核心技术的测度呈现多维度趋势,目前主要有以下几类测度方式:①基于数量的测度。包括以研发经费支出(Feldman, 2013)和风险投资规模(Gompers and Lerner, 2004)等投入强度指标、专利申请量(刘振鹏等, 2024)及专利授权数量(张杰等, 2016)等直接产出效率指标。②基于质量的测度。以专利数据作为核心分析对象,依据专利被引用频次和被引指数(Mogee and Kolar, 1998)等指标进行测度。③基于数量与质量的复合测度。单一数量指标的测度无法反映技术创新的真实价值,衡量质量的被引次数等物理引用指标在特定情境会存在系统性偏误和个体性偏误(陈强远等, 2024b)。因此,将更准确衡量专利质量信息的语义引用分析与中国授权发明专利数据等多维数据结合,构建包括创新原创性、创新影响力和创新生命力等指标,能准确测度中国的技术创新(陈强远等, 2024b)。

第三类文献着重关注了科技创新政策影响关键核心技术攻坚的作用机制。在全球竞争加剧的背景下,实现关键核心技术攻坚能够促进产业升级,保障国家战略安全,为经济发展注入新的活力与增长点。国家创新体系理论和技术政策理论为政府制定并实施科技创新政策,推进企业技术创新和发展提供了理论支持。国家创新体系理论认为,公共部门与私人部门共同构成了制度网络(Freeman, 1987),这些制度共同或单独促进新技术的发展与传播。技术政策理论主张通过政策干预推动技术变革和前沿科学进步,构建政策框架以制定并实施政策,影响创新过程。科技创新政策是影响整个创新主体与创新要素演化的外部关键变量。作为政策制定者与系统协调者,政府通过科技创新政策影响国家创新体系的运行与发展,以促进产学研用的深度融合,为企业的关键核心技术攻坚提供资源保障和动力支持。

企业是科研创新活动的主体,研发投入是促进创新和发展的重要因素(Schumpeter,1912),对专利产出及整体技术创新具有显著促进作用。在科技创新政策引导下,企业结合自身战略目标,对研发经费和研发人员进行动态配置和灵活管理,进一步推动知识溢出,形成合作网络和开放的创新生态系统,促进资源要素流动,强化系统韧性,形成可持续竞争力。企业可以在快速变化的环境中更好地整合和重构内外部资源,推进关键核心技术攻坚(赵长轶等,2023)。

上述文献为本文研究科技创新政策对关键核心技术攻坚的影响提供了重要的参考价值。总体看,可归纳为以下三点:①科技创新政策的内涵与分类。已有文献系统探讨了科技创新政策的内涵演变,并对政策工具进行了多维度分类。②关键核心技术的识别与测度。已有文献构建了“金字塔”和“创新链与产业链融合”等框架,将机器学习模型应用于技术识别,并基于专利数量和质量构建了多维度的关键核心技术测度体系。③政策影响效应和作用机制的分析。已有文献揭示了研发投入、产学研协同及创新生态系统等因素对技术突破的重要作用。然而,现有研究较少采用准自然实验法检验科技创新政策对关键核心技术攻坚的影响效应和作用机制,缺乏对二者作用及调节机制的深入探讨,以及对不同类型政策工具差异化效果的实证证据。

2. 特征性事实

(1)科技创新政策的度量。本文利用各地级市人民政府及其科技部门网站、北大法宝网站等平台,检索并收集了2017—2023年293个地级市明确涉及“关键核心技术攻坚”及关键核心技术领域的科技创新政策文本共计4303份。使用2017年以来的科技创新政策文本进行分析主要有以下考虑:①2017年8月14日,美国特朗普政府签署行政备忘录授权贸易代表对中国开展301调查,并在随后对中国诸多高科技领域企业展开制裁。②对293个地级市人民政府及其科技部门网站、北大法宝网站等平台检索发现,这些科技创新政策文本中最早明确涉及“关键核心技术攻坚”的年份为2017年。因此,本文将2017年以来293个地级市科技创新政策的实施作为一项准自然实验,以虚拟变量衡量293个地级市科技创新政策的实施情况,考察其对关键核心技术攻坚的影响效应和作用机制。其中,地级市实施了科技创新政策为1,地级市未实施科技创新政策为0。

考虑不同类型科技创新政策工具的着力点不同,本文结合已有研究,基于Steinmueller(2010)提出的技术政策理论框架,将科技创新政策分为供给侧、需求侧、互补因素与制度变革等政策类型。^①使用这一分类标准主要有以下考量:①从理论逻辑看,相较于其他分类方式,该框架通过供给侧与需求侧政策覆盖了传统政策工具理论中“供给—需求”双向作用机制,同时以互补因素政策体现产学研合作等优化措施,以制度变革政策将知识产权保护、成果转化平台建设等制度性保障纳入分析框架,其分类逻辑既保留了政策工具理论的核心维度,又通过细化互补因素与制度变革政策强化对企业创新生态系统的解释力。②从研究适配性看,本文收集的科技创新政策文本既包含研发补贴、税收减免等供给侧政策,也涉及市场应用示范、政府采购等需求侧政策,同时涵盖产学研联盟支持、科技成果转化机制优化、知识产权保护等互补因素政策与制度变革政策。因此,Steinmueller(2010)的四维框架能够较好符合本文对科技创新政策的无遗漏归类需求。对4303份科技创新政策文本进行分类后,得到供给侧政策1621份、需求侧政策1142份、互补因素政策637份、制度变革政策903份(见图1)。

^① 科技创新政策编码示例参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

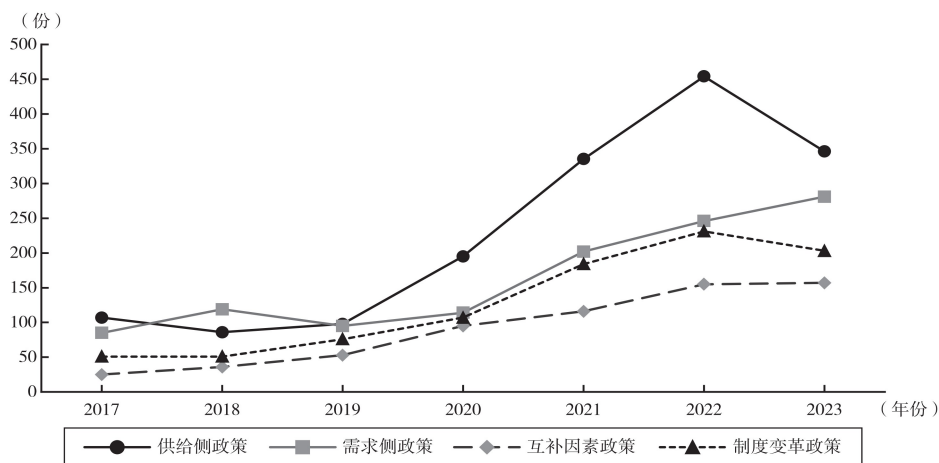


图1 2017—2023年四类科技创新政策数量变化趋势

(2) 关键核心技术攻坚的识别与测度。^①参考对美加征关税商品清单和对美加征关税商品排除清单,结合商品的进口量、出口量和进口单价等海关数据,本文以“是否属于核心技术”“是否存在技术垄断”“是否技术差距大”作为识别关键核心技术的三大关键条件,使用XGBoost算法构建机器学习模型,对中国海关进出口的商品数据进行识别,最终识别得到含有671项关键核心技术的清单。^②关于该识别模型可靠性的证据是,2018年《科技日报》列出的35项关键核心技术中除适航标准、航空设计软件、操作系统、核心工业软件、核心算法、数据库管理系统以外的29种制造品,均可以用该方法准确识别出来,从而验证了这一识别模型的准确性。

在此关键核心技术清单的基础上,将《科技日报》所列出的35项关键核心技术中未被识别出的适航标准、航空设计软件、操作系统、核心工业软件、核心算法、数据库管理系统等也纳入此清单中,关键核心技术数量达到677项。本文进一步筛选收集了自2012—2023年中国A股上市企业与677项关键核心技术相匹配的专利数据38802条。采用专利数量与专利质量来衡量关键核心技术攻坚。在专利数量维度,借鉴张杰等(2016)相关研究,采用A股上市企业2012—2023年677项关键核心技术相匹配的发明专利授权数量来度量。在专利质量维度,借鉴陈强远等(2024b)构建的高质量技术创新识别框架和测度体系,对发明专利进行“切割”和“基因检测”,找到能反映创新质量的“创新基因”,利用创新影响力作为度量专利质量的代理变量。

(3) 科技创新政策与关键核心技术攻坚的相关性分析。为了观察科技创新政策与关键核心技术攻坚之间的关联性,本文对各地级市科技创新政策与关键核心技术攻坚的专利数量与专利质量做相关性分析(见表2)。相关性分析结果表明,科技创新政策与关键核心技术专利授权数量和专利质量的相关性均在1%的水平上显著为正。这为本文的实证检验提供了初步支持。

3. 研究假说

(1) 科技创新政策对关键核心技术攻坚的影响。科技创新政策将需求牵引与产业引领相结合,统筹战略科技力量,系统整合战略科技资源,促进企业技术创新(余明桂等,2016)。一是科技创新

① 本文借鉴复旦大学陈钊于2024年5月22日在“经济新动能:面向世界的创新”研讨会上提出的基于机器学习的关键核心技术识别模型来识别中国的关键核心技术。

② 关键核心技术识别方法及代表性关键核心技术列表参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

表 2 科技创新政策与关键核心技术攻坚的相关性系数

	发明专利授权数量	发明专利质量	科技创新政策
发明专利授权数量	1.0000		
发明专利质量	0.6462***	1.0000	
科技创新政策	0.2838***	0.1495***	1.0000

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著。以下各表同。

政策为关键核心技术攻坚提供资源保障。科技创新政策中的研发补贴、专项基金、税收抵免等方式能够降低企业研发成本,解决技术攻坚前期投入大、周期长的资金瓶颈;政府性融资担保等则能够分担企业创新风险,推动高风险核心技术的研发与突破。二是科技创新政策为关键核心技术攻坚提供机制保障。科技创新政策引导建立产学研协同创新机制,搭建国家级实验平台、中试基地等,降低中小企业研发门槛,为充分发挥各方力量、促进关键核心技术攻坚提供了重要的机制保障。基于此,本文提出:

假说 1:科技创新政策的实施对关键核心技术攻坚具有正向促进作用。

(2)科技创新政策促进关键核心技术攻坚的作用机制。科技创新政策中的补贴和税收优惠政策信号会直接影响企业资金分配,对知识产权法的完善则能够保护研发人员的专利收益和智力成果。鉴于此,本文从研发经费投入和研发人员投入两个维度剖析科技创新政策推动关键核心技术攻坚的内在作用逻辑。

研发经费投入机制。科技创新政策作为政府引导企业重视研发的关键举措,激励企业加大研发经费投入,从而有力推动关键核心技术攻坚。一方面,科技创新政策通过资金补贴与信贷支持,激励企业加大研发经费投入,开展关键核心技术攻坚。政策引导企业将更多资金投向受补贴的项目,激励企业扩大研发经费投入(李旭和熊勇清,2021)。另一方面,政府采取扩容信贷便利工具、建立信贷风险补偿金、优化信用评价体系等措施,引导信贷机构增加对科技企业的资金供给(陆菁等,2021),为关键核心技术攻坚提供重要保障,激发企业研发动力,提升创新能力,驱动关键核心技术攻坚。

研发人员投入机制。人才是突破关键核心技术的主体和基础(徐明,2025)。科技创新政策鼓励企业扩大研发团队,增加对研发人员的投入,为关键核心技术攻坚提供人才保障。长期导向、多元协同的科技创新政策有助于稳定人才队伍,为企业与高校、科研院所搭建合作桥梁,传递政府重视产业整体发展的信号,促进企业增加研发人员投入。后发企业若要突破关键核心技术、实现技术赶超,需聚集领军科学家与技术专家等关键人才,进行长期大规模研发投入,以“干中学”“用中学”“试验中学”等机制增强自主创新能力(贺俊等,2018)。同时,涵盖各领域专家的大规模研发团队,通过跨学科协作激发创新思维,推动复杂技术难题的解决。基于此,本文提出:

假说 2:提升企业研发经费投入和研发人员规模形成的集聚效应是科技创新政策对关键核心技术攻坚产生积极影响的作用机制。

(3)科技创新政策促进关键核心技术攻坚的差异化机制。科技创新政策并非单一、同质化的工具,而是涵盖了包括供给侧、需求侧、互补因素以及制度变革等不同类型政策。这些不同类型的科技创新政策从各自的目标导向、作用机制出发,对关键核心技术攻坚产生重要影响。其中,供给侧政策依托研发补贴和税收优惠等财政工具形成的政策组合,引导企业优化研发投入结构,缓解研发资金压力,降低研发的不确定性,明确技术发展方向,定向破解技术复杂度高、知识外溢强的核心技术领域瓶颈,促进企业技术创新。需求侧政策通过构建市场导向的创新激励机制,引导企业关注市

场需求变化,强化技术创新与市场需求紧密结合,为企业关键核心技术的产业化提供市场支持(李晓华,2022)。互补因素政策整合内外部资源与知识网络,加强产学研合作,推动各方优势互补,促进跨领域合作,引导知识资源和技术资源整合,提升整个创新生态系统的活力与韧性,有利于企业技术创新。制度变革政策优化创新环境和知识产权保护机制,降低企业创新风险,完善企业开展关键核心技术攻坚的制度环境,为技术成果转化提供平台支撑,助力企业实现关键核心技术攻坚。基于此,本文提出:

假说3:不同类型的科技创新政策对关键核心技术攻坚的影响效果各有差异。

三、数据来源与研究设计

1. 样本选取与数据来源

本文的样本选取与数据来源主要包括:①各地级市人民政府及其科技部门网站、北大法宝网站等平台中明确涉及“关键核心技术攻坚”的科技创新政策文本,共计4303份;②在机器学习识别模型识别出的677个关键核心技术的基础上,匹配检索A股1775家上市企业的专利数据,共计38802条;③来自CNRDS中国研究数据服务平台和CCER经济金融数据库的上市企业相关经济数据,相关年份的《中国科技统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国教育统计年鉴》,以及省级和市级统计年鉴、统计公报中市级层面的经济数据。

本文对数据做如下处理:①剔除金融业,房地产业,批发和零售业,教育、公共设施管理业,文化、体育和娱乐业,以及公共管理、社会保障和社会组织等一系列与关键核心技术攻坚关联较小的类别数据;②剔除当年被归为ST、*ST、PT类企业的样本;③剔除主要研究变量缺失的样本。

2. 模型设计

(1)双重差分的基准模型。由于各地级市实施科技创新政策的起始时间有所不同,本文采用多期双重差分法,构建基准回归模型,实证检验科技创新政策的实施对关键核心技术攻坚的影响,具体如式(1)所示:

$$Y_{ijt} = \beta_0 + \theta Treat_{ij} \times Post_{ijt} + \eta_0 control_{ijt} + \mu_i + \lambda_t + \tau_s \times \lambda_t + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

其中, i, j, t 分别表示企业、城市和年份。被解释变量 Y_{ijt} 表示关键核心技术攻坚,具体包括企业关键核心技术专利数量(IN)和专利质量(IA)。解释变量 $Treat_{ij} \times Post_{ijt}$ 表示科技创新政策实施情况, $Treat_{ij}$ 表示上市企业 i 所在地级市 j 是否实施了科技创新政策, $Post_{ijt}$ 表示 t 年该上市企业 i 所在地级市 j 是否实施了科技创新政策, $Treat_{ij} \times Post_{ijt}=1$ 表示上市企业 i 所在地级市 j 在 t 年实施了科技创新政策,反之,表示上市企业 i 所在地级市 j 在 t 年未实施科技创新政策。 $control_{ijt}$ 代表可能影响关键核心技术攻坚的一系列控制变量。 μ_i 表示企业固定效应, λ_t 表示年份固定效应, $\tau_s \times \lambda_t$ 表示行业 $\times$ 年份固定效应, ε_{ijt} 为随机扰动项。考虑政策传导至企业的过程存在一定的时滞,参考已有研究,本文对核心解释变量均做滞后一期处理,即用第 $t-1$ 期替换第 t 期,以缓解可能存在的内生性问题。

(2)考虑政策工具类型的模型。具体模型设定如式(2)所示:

$$Y_{ijt} = \alpha + \gamma_p policy_c_{ijt} + \delta control_{ijt} + \mu_i + \lambda_t + \tau_s \times \lambda_t + \varepsilon_{ijt} \quad (2)$$

其中, $policy_c_{ijt}$ 表示不同类型科技创新政策的政策强度变量,具体衡量上市企业 i 所在地级市 j 在 t 年实施的不同类型政策的数量。 $c=(1,2,3,4)$ 分别对应供给侧、需求侧、互补因素和制度变革等政策。例如,若上市企业 i 所在地级市 j 在 t 年实施了 m 项供给侧政策, $policy_1_{ijt}$ 取值 m ;若上市企业 i 所在地级市 j 在 t 年实施了 n 项需求侧政策, $policy_2_{ijt}$ 取值 n ;若上市企业 i 所在地级市 j 在 t 年实施了 v 项互补因素

政策, $policy_3_{ijt}$ 取值 v ; 上市企业 i 所在地级市 j 在 t 年实施了 w 项制度变革政策, 则 $policy_4_{ijt}$ 取值 w 。

3. 变量设定^①

(1) 被解释变量: 关键核心技术攻坚。本文根据机器学习的识别模型识别得到关键核心技术清单, 进一步匹配检索 2012—2023 年 A 股 1775 家上市企业的专利数据, 共计 38802 条, 采用企业关键核心技术领域所对应的发明专利授权数量 (IN) 作为衡量该领域专利数量的代理变量。同时, 借鉴陈强远等 (2024b) 提出的高质量技术创新识别框架与测度体系, 测算企业关键核心技术领域发明专利的创新影响力 (IA) 作为衡量专利质量的代理变量。

(2) 解释变量: 科技创新政策。鉴于各地级市科技创新政策的实施存在时间差异, 本文参考已有研究, 以 $Treat_{ijt} \times Post_{ijt}$ 表示科技创新政策的实施情况。此外, 依据 Steinmueller (2010) 提出的分类方法, 按照每年各地级市政策的使用情况整理得到 2012—2023 年各地级市供给侧、需求侧、互补因素和制度变革四类政策的政策强度变量。在此基础上, 将上市企业所在地级市的科技创新政策及其不同类型政策的相关变量匹配到各上市企业, 构建企业—地级市—年份层面的面板数据共计 19384 个观测值。

(3) 控制变量。本文对影响关键核心技术攻坚的相关变量进行控制。参考已有文献做法, 本文选取的控制变量包括企业层面控制变量和地级市层面控制变量。企业层面控制变量包括: 企业规模、资本密集度、资产负债率、资产收益率、营业收入增长率、现金持有水平、第一大股东持股比例; 地级市层面的控制变量包括: 经济发展水平、产业结构。其中, 资产负债率、资产收益率、营业收入增长率、第一大股东持股比例的数据来源于 CNRDS 中国研究数据服务平台; 以总资产取自然对数表示企业规模; 以总资产与营业收入的比值表示资本密集度; 以每股现金净流量表示现金持有水平; 以第三产业产值与第二产业产值的比值表示产业结构; 以人均地区生产总值的对数值度量经济发展水平。本文采用基期控制变量与时间趋势交乘的方法将控制变量纳入模型。考虑到地方政府会根据自身情况确定政策内容和颁布时间, 尤其是之前相关专利情况可能是混杂因素, 因此, 将各地级市以往关键核心技术领域发明专利授权数量也作为控制变量纳入模型。

4. 描述性统计^②

关键核心技术领域专利授权量 (IN) 的均值约为 2.0018, 最小值为 0, 最大值为 264, 标准差约为 9.5537; 关键核心技术领域发明专利的创新影响力 (IA) 的均值约为 665.3541, 最小值为 0, 最大值为 346218, 标准差约为 6505.3973。这表明, 上市企业之间的关键核心技术领域专利数量与专利质量的差异较大。从控制变量看, 不同上市企业在企业规模、资本密集度、资产负债率、资产收益率、营业收入增长率、现金持有水平、第一大股东持股比例等方面差异明显, 上市企业所在地级市的经济发展水平、产业结构、关键核心技术领域发明专利授权数量等方面同样存在明显差异。

四、实证结果分析

1. 基准回归

表 3 呈现了科技创新政策对关键核心技术攻坚的影响结果。第 (1)、(3) 列分别为未加入控制变量的情形下, 科技创新政策对关键核心技术专利数量和专利质量的回归结果, 回归系数均显著为

① 变量定义参见《中国工业经济》网站 (ciejournal.ajcass.com) 附件。

② 描述性统计结果参见《中国工业经济》网站 (ciejournal.ajcass.com) 附件。

正。第(2)、(4)列结果显示,在加入控制变量后,科技创新政策的回归系数依然显著为正。这说明自 2017 年以来,各地级市科技创新政策的实施能够促进企业关键核心技术专利数量和专利质量提升,表明科技创新政策的实施有利于关键核心技术攻坚。假说 1 成立。

表 3 科技创新政策对关键核心技术攻坚的影响结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	IN	IN	IA	IA
<i>Treat</i> × <i>Post</i>	0.7099*** (0.1683)	0.5186*** (0.1923)	300.7893*** (103.8747)	342.8544* (183.8046)
控制变量	否	是	否	是
企业固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
行业×年份固定效应	是	是	是	是
观测值	17540	17369	17540	17369
R ²	0.6783	0.6826	0.6008	0.6056

注:括号中为标准误,标准误聚类在省份—年份维度。以下各表同。

2. 稳健性检验^①

(1)平行趋势假设估计。双重差分法要求在政策发生前处理组与对照组具有一致的变化趋势。本文选取科技创新政策实施前 6 年和后 4 年进行检验。结果显示,未拒绝事前平行趋势的假设。然而,Roth et al.(2023)关于 DID 理论的研究成果揭示了一个观点,即传统的事前趋势检验作为平行趋势假设的验证手段可能是低效的,容易造成估计的偏差甚至扭曲。鉴于此,本文采用 Rambachan and Roth (2023)提出的一种针对平行趋势的反事实检验方法进行敏感性分析。该方法构建了一个指标(*Mbar*)来衡量相对于理想平行趋势状态的偏离程度(Biasi and Sarsons, 2022),依据这一偏离程度调整处理后点估计量的置信区间。在此框架下,即便是人为设定的最大偏离情景,处理效应仍能维持显著性,或置信区间排除零值,则可验证平行趋势假设的稳健性与可靠性。结果显示,在相对偏离程度限制和平滑限制下,数据分析结果与平行趋势假设一致,说明在一定冲击偏离下,科技创新政策依然能促进关键核心技术攻坚。

(2)排除其他政策和措施干扰。为排除其他政策可能带来的干扰,本文从两个方面进行检验:①排除创新型城市试点政策可能带来的政策干扰。自 2008 年起,中国开始启动创新型城市建设试点,截至 2022 年,共 103 个城市(区)获得批准。本文引入了创新型试点城市政策虚拟变量与政策实施时间虚拟变量的交互项,以此作为控制变量,旨在排除创新型城市试点政策可能带来的额外影响。②排除国家级新区设立可能带来的政策干扰。国家级新区由国务院批准设立,承担着推动地区经济发展、切实落实区域发展战略规划、推进体制机制创新、探索高质量发展路径的重要战略任务。截至 2023 年,全国共有 19 个国家级新区,这些国家级新区分布在东部、中部、西部和东北等地区。国家级新区的设立往往会带来一系列政策倾斜与资源集聚,可能会对企业所在地的科技创新环境以及企业自身的关键核心技术攻坚活动产生额外影响。为有效排除这一干扰因素,本文引入国家级新区设立的政策虚拟变量与政策实施时间虚拟变量的交互项,以此作为控制变量,纳入研究

① 稳健性检验结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

模型。结果表明,模型中加入这两类政策的虚拟变量后的检验结果与基准回归结果一致,研究结论成立。

(3)异质性处理偏误讨论。当处理效应具有显著异质性时,传统双向固定效应双重差分模型可能会产生估计上的偏误。其主要原因是,当处理组中的样本并非在同一时间受政策干预,而是分批次或逐步推行时,较早接受政策干预的样本在后续阶段会作为较晚接受政策干预样本的“对照组”,早期处理组的发展趋势混杂了处理效应,从而失去了作为纯粹对照组的理想状态。这种“污染”的控制组可能误导DID估计,使得估计值无法准确反映真实的处理效应。因此,本文采用Goodman-Bacon(2021)的方法进行分解,在平衡面板数据下,以较早受政策影响的地级市作为“坏的控制组”,所占权重为34.0%。这表明,处理效应存在一定的异质性。因此,本文借鉴Callaway and Sant'Anna(2021)提出的CSDID方法,计算异质性处理效应稳健估计量。该方法将样本细化为多个子群,评估各子群的处理效果,再运用特定策略将处理效果进行加总,降低可能存在偏误组的加总权重,计算整体样本的平均处理效应。估计结果显示,四种类型的平均处理效应均显著为正,进一步说明异质性处理效应产生的估计偏差在本文中不会造成严重问题,研究结论稳健。此外,本文还采用了插补估计法等其他方法处理异质性问题,结果显示,研究结论依然稳健。

(4)其他稳健性检验。为进一步检验回归结果的稳健性,本文还使用以下方法进行稳健性检验:①替换被解释变量。本文结合陈强远等(2024b)提出的高质量技术创新识别框架和测度体系,将被解释变量替换为《科技日报》列出的35项中国被“卡脖子”的关键核心技术所对应的上市企业发明专利授权数量和专利创新影响力。②考虑专利创新生命力。创新生命力衡量了关键核心技术专利对后续技术创新影响的时间持续性(陈强远等,2024b)。本文将陈强远等(2024b)提出的高质量技术创新识别框架和测度体系中的创新生命力作为被解释变量进行稳健性检验。③考虑专利前向引用。前向引用是指一项专利被后续专利引用,反映了该专利被后续研究采纳的程度。本文将上市企业关键核心技术专利的前向引用作为被解释变量进行稳健性检验。④更换为地级市数据。采用地级市科技创新政策实施的交互项和各地级市关键核心技术专利数量与专利质量分别作为解释变量和被解释变量,控制变量改用地级市层面的控制变量,包括产业结构、金融发展程度、城镇化率、经济发展水平,并采用年份固定效应和城市固定效应。⑤更换样本区间。为避免突发公共卫生事件对关键核心技术攻坚造成的影响,本文对2012—2019年的样本进行进一步检验。结果显示,研究结论依然稳健。

3. 内生性处理^①

考虑到科技创新政策与关键核心技术攻坚之间可能存在的内生性问题,本文借鉴已有研究,使用工具变量法以尽可能削弱内生性的影响,并以2009—2011年企业所属省份高等院校在校学生数量均值与时间趋势交乘作为工具变量。选择这一工具变量的原因是:①从相关性角度看,科技创新政策本质上是政府通过资源倾斜激励企业突破关键核心技术瓶颈,而高等院校作为高水平人才的主要供给方,其在校学生数量能够在一定程度上反映区域潜在的人才资源规模。并且,企业在选址时会优先考虑高等院校聚集地的人才资源规模,以获取其显著的知识溢出。因此,该工具变量满足与内生变量相关的要求。②从外生性角度看,高等院校的选址与规模通常由教育主管部门、所在地区的教育发展规划、历史投入、人口结构及教育发展水平等宏观因素决定,与企业微观层面的关键核心技术攻坚行为无直接因果关系,并且2009—2011年高等院校在校学生数量均值是政策实施前

^① 内生性处理结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

的历史数据,企业无法通过预期未来技术攻坚成效反向影响该时期的人才培养规模,满足外生性要求。工具变量的估计结果显示,在第一阶段回归中,工具变量系数显著,表明工具变量满足相关性假设。Kleibergen-Paap rk LM 统计量检验拒绝识别不足的原假设,弱工具变量检验显示, Kleibergen-Paap Wald rk F 统计量为 36.95 大于 Stock-Yogo 在 10% 水平的临界值,不存在弱工具变量的问题,说明工具变量有效。在第二阶段回归中, $Treat \times Post$ 的回归系数显著为正,与本文基准回归结果一致,说明科技创新政策促进了关键核心技术攻坚。

五、机制检验与异质性分析

1. 机制检验

由前文理论分析可知,研发投入是科技创新政策影响关键核心技术攻坚的重要作用机制。参考江艇(2022)关于作用机制检验的方法,本文重点关注科技创新政策对研发投入这条路径的影响,并构建如下模型进行作用机制检验:

$$media_{ijt} = \beta_1 + \theta_1 Treat_{ijt} \times Post_{ijt} + \eta_1 control_{ijt} + \mu_i + \lambda_t + \tau_s \times \lambda_t + \varepsilon_{ijt} \tag{3}$$

其中, $media_{ijt}$ 为研发投入。参考黄永春和石秋平(2015)关于研发投入的衡量方法,采用企业研发经费投入(RDF)和研发人员投入(RDP)作为研发投入的代理变量。

(1)研发经费投入。表4第(1)列结果显示,科技创新政策对企业研发经费投入的回归系数在1%的水平上显著为正,说明科技创新政策的实施有效促进了企业加大研发经费投入。已有研究证实,企业加大研发经费投入,确保资金供给充足、持续且稳定,从而能够有效提升企业创新能力和研发动力,进一步推动关键核心技术攻坚。本文实证结果表明,科技创新政策的实施有效促进了企业加大研发经费投入,进而促进了关键核心技术攻坚。假说2关于研发经费投入的作用机制得到验证。

(2)研发人员投入。表4第(2)列结果显示,科技创新政策对企业研发人员规模回归系数在1%的水平上显著为正,说明科技创新政策的实施有效扩大了企业研发人员规模,形成了宝贵的人才资源池。现有研究指出,企业要突破关键核心技术、实现技术追赶,需聚集关键人才并长期投入,同时大规模跨学科团队合作可以激发创意,推动解决复杂技术问题,助力关键核心技术攻坚(贺俊等,2018)。本文实证结果表明,科技创新政策能够有效促进企业研发人员规模扩大,进而有效促进关键核心技术攻坚。假说2关于研发人员投入的作用机制得到验证。

表 4 作用机制检验结果

变量	(1)	(2)
	<i>RDF</i>	<i>RDP</i>
<i>Treat</i> × <i>Post</i>	0.4552*** (0.1326)	72.1042*** (20.3493)
控制变量	是	是
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
行业×年份固定效应	是	是
观测值	15279	12724
R ²	0.8563	0.9227

2. 异质性分析^①

(1) 不同类型政策工具的异质性检验。为进一步考察不同类型科技创新政策的政策强度对关键核心技术攻坚的影响,本文分别检验了供给侧、需求侧、互补因素和制度变革等政策对关键核心技术攻坚的影响效果。结果表明,不同类型科技创新政策对关键核心技术攻坚的促进效果有所不同。就关键核心技术的专利数量维度而言,从显著性看,供给侧政策对专利数量的促进作用最为显著,具有1%统计水平的显著性;其次是需求侧政策,具有10%统计水平的显著性。从回归系数大小看,供给侧政策的回归系数最大。这说明,供给侧政策能够有效缓解关键核心技术研发初期的高风险与资金约束,对周期长、投入大的关键核心技术攻坚具有重要推动作用,直接体现为专利数量的增长。就关键核心技术的专利质量维度而言,从显著性看,供给侧政策对专利质量的促进作用最为显著,具有1%统计水平的显著性;其次是需求侧政策,其对专利质量的促进作用具有5%统计水平的显著性。从回归系数大小看,供给侧政策的回归系数最大,其次为需求侧政策。

由此可见,供给侧政策的“技术驱动”效应和需求侧政策的“需求拉动”效应为关键核心技术专利质量的提升提供了重要支持。与需求侧政策对专利数量的促进作用相比,需求侧政策对专利质量的促进作用具有更高的显著性,这也揭示了市场因素对技术质量提升的关键作用。当政策通过采购偏好、标准制定等方式创造高质量技术需求时,企业为获取更高预期收益,会主动聚焦技术壁垒高、商业化价值大的领域,从而推动专利从“量增”转向“质优”。综上,假说3成立。

(2) 区分企业所有制性质的异质性检验。本文按照企业所有制性质,将样本分为国有企业和非国有企业进行分组回归分析。就关键核心技术的专利数量维度而言,科技创新政策对国有企业专利数量的回归系数在5%的水平上显著为正,表明相较于非国有企业,科技创新政策对国有企业的专利数量促进作用更加显著。从不同类型科技创新政策强度的影响看,供给侧政策对非国有企业专利数量的促进作用具有1%统计水平的显著性,对国有企业关键核心技术专利数量的促进作用具有10%统计水平的显著性,回归系数分别为0.0657和0.1744。需求侧和互补因素等政策对非国有企业专利数量的促进作用较为显著。就关键核心技术的专利质量维度而言,科技创新政策对非国有企业专利质量的促进作用具有10%统计水平的显著性。从不同类型科技创新政策强度的影响看,需求侧政策对国有企业专利质量的回归系数在10%的水平上显著为正。

这种异质性结果的产生,可能源于两类企业在国家战略使命担当、政策响应机制以及市场定位等方面的差异。国家科技资源基本沿袭了从上至下的配置模式,强调国家战略的引领作用,科技资源集中在中央直属高校与科研院所、大中型国有企业和各级政府支持的若干重点发展战略产业(柳卸林等,2017)。国有企业的经营决策和创新活动更多地受到政策引导和制度约束。国有企业的国家战略使命担当和政策响应机制使其能更快、更精准地捕捉政策信号,将财政补贴、专项资金等资源投入关键核心技术研发领域,增加创新成果的产出,提升关键核心技术领域专利数量;同时,积极响应需求侧政策释放的市场信号,回应市场对高质量技术成果的迫切需求,提升专利质量。与非国有企业相比,非国有企业的市场导向性和经营灵活性更强,其创新决策更依赖市场信号和资源整合能力。供给侧政策能够有效缓解非国有企业在创新过程中所面临的资金压力;政府采购等需求侧政策帮助其降低创新产品的市场风险,拉动非国有企业开展关键核心技术研发活动;互补因素政策有助于搭建非国有企业与高校、科研机构之间的合作桥梁,促进非国有企业增强资源整合能力,实现知识、技术和人才的流动与共享,为非国有企业突破技术瓶颈提供支持。

^① 异质性分析结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

(3)区分高新技术企业特征的异质性检验。本文根据CCER经济金融数据库中的统计数据,将样本分为高新技术企业和非高新技术企业,并进行分组回归分析。就关键核心技术的专利数量维度而言,科技创新政策对高新技术企业专利数量的回归系数在10%的水平上显著为正。从不同类型科技创新政策强度的影响看,供给侧政策对高新技术企业专利数量的促进作用最为显著,其次是需求侧政策。对于非高新技术企业来说,四类政策强度对关键核心技术专利数量的影响均不显著。就关键核心技术的专利质量维度而言,科技创新政策对高新技术企业专利质量的回归系数在10%的水平上显著为正。从不同类型科技创新政策强度的影响看,供给侧政策对高新技术企业专利质量的促进作用具有1%统计水平的显著性,对非高新技术企业关键核心技术专利质量的促进作用具有10%统计水平的显著性。需求侧政策对高新技术企业关键核心技术专利质量的促进作用具有5%统计水平的显著性。

由此可见,科技创新政策对高新技术企业关键核心技术攻坚的促进作用更加明显。高新技术企业具备技术积累、研发团队和成果转化经验等研发基础,供给侧政策能够为其提供直接资金支持,需求侧政策强调市场激励强化技术成果的商业化预期,“供给—需求”双轮驱动,有效促进高新技术企业开展实质性创新,实现专利数量与质量的提升。相比之下,非高新技术企业可能由于技术基础和研发能力相对较弱,其创新活动对不同类型政策的响应并不敏感,仅供给侧政策在专利质量维度呈现10%统计水平的显著性,反映出非高新技术企业在政策补贴的支持下被动提升了专利质量,可能缺乏主动创新动力。

六、进一步分析：知识开发模式对关键核心技术攻坚的影响

关键核心技术攻坚需要企业广泛搜集并整合现有知识资源,进一步开发和重组,构建针对特定领域的深度探索能力。企业在进行研发时,存在内部和外部两种知识开发模式(Grant and Baden-Fuller, 2004)。内部知识开发模式侧重企业调动和挖掘内部资源,主导资源分配与利用,自主开展研发活动,提升研发能力,推动技术革新和技术革命。外部知识开发模式注重与外部机构或个人协作以获取知识和研发资源,强调企业与其他企业、高校或科研院所共同合作,依靠丰富的知识协作网络整合知识,协同开展研发活动,实现企业技术创新。为进一步揭示科技创新政策对关键核心技术攻坚的作用机理,本文借鉴李雪松等(2022)关于调节效应的研究设计,在式(1)的基础上构造式(4)检验知识开发模式的调节效应:

$$Y_{ijt} = \beta_2 + \pi_1 Treat_{ijt} \times Post_{ijt} + \pi_2 M_{ijt} \times Treat_{ijt} \times Post_{ijt} + \pi_3 M_{ijt} + \tau control_{ijt} + \mu_i + \lambda_t + \tau_s \times \lambda_t + \varepsilon_{ijt} \quad (4)$$

其中, M_{ijt} 表示外部知识开发模式。参考龚红和李昌昊(2024)关于知识开发模式的衡量方法,外部知识开发模式表现为企业联合申请发明专利,计算企业 t 年通过外部知识开发模式所申请的发明专利数与当年总发明专利申请数的比值,得到0—1之间的连续变量。该比值越接近于1,表明企业越偏好采用外部知识开发模式,反之则表明企业越倾向于采用内部知识开发模式。

表5列示了知识开发模式的调节效应检验结果。结果显示,企业外部知识开发模式负向调节科技创新政策对企业关键核心技术专利数量和专利质量的影响。这一结果揭示,企业在利用外部知识开发模式进行知识整合、开展研发活动时可能面临风险与挑战。企业外部知识开发模式虽然能够带来技术交流和分享的机会,但也伴随着交易成本上升、被竞争对手模仿或超越等潜在问题(Askenazy et al., 2006),企业可能难以有效掌控关键核心技术的研发进程。此外,在长周期的研发合作过程中,部分参与企业或科研机构可能会因为生存压力、市场偏好以及短期利益驱动等因素,产生机会主义行为,从而减少研发投入,这将对关键核心技术攻坚产生负面影响。

表 5 知识开发模式的调节效应检验结果

变量	(1)	(2)
	<i>IN</i>	<i>IA</i>
<i>Treat</i> × <i>Post</i>	1.3143*** (0.2948)	698.8943** (287.4816)
<i>M</i> × <i>Treat</i> × <i>Post</i>	-3.4423*** (0.4459)	-1032.0410*** (280.6054)
控制变量	是	是
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
行业×年份固定效应	是	是
观测值	12425	12425
R ²	0.7016	0.6169

七、结论与政策启示

本文运用多期双重差分法分析了科技创新政策对关键核心技术攻坚的影响效应及作用机制。本文的主要结论是：①科技创新政策促进了关键核心技术专利数量的增长和专利质量的提高，对关键核心技术攻坚具有重要促进作用。这一实证结果经过一系列稳健性检验和内生性处理后依然成立。②科技创新政策通过促进企业加大研发经费投入和扩大研发人员规模的作用机制，有效推动了关键核心技术攻坚。企业外部知识开发模式负向调节科技创新政策与关键核心技术攻坚的关系，反映企业在利用外部知识开发模式时需谨慎平衡风险与挑战，注重外部研发合作和自主研发两种知识开发模式的平衡。③不同类型的科技创新政策对关键核心技术攻坚的影响效果不同。就关键核心技术的专利数量维度而言，供给侧政策对专利数量促进作用最显著且回归系数最大，其次是需求侧政策。在企业所有制层面，科技创新政策对国有企业专利数量促进作用更显著。其中，供给侧政策对国有企业和非国有企业均有显著正向影响；需求侧和互补因素政策对非国有企业促进作用较明显。在企业资质层面，科技创新政策对高新技术企业专利数量促进作用更显著。其中，供给侧政策对高新技术企业促进作用最显著，其次是需求侧政策。就关键核心技术的专利质量维度而言，供给侧政策对专利质量促进作用最显著，其次是需求侧政策。在企业所有制层面，科技创新政策对非国有企业专利质量的促进作用更明显。其中，需求侧政策对国有企业专利质量的促进作用更显著。在企业资质层面，科技创新政策对高新技术企业专利质量促进作用更显著。其中，供给侧和需求侧政策对高新技术企业专利质量促进作用更显著。根据本文的研究结论，提出以下政策启示：

(1)立足中国科技创新现状，发挥政策引领作用，优化调整科技创新政策。注重不同类别政策的着力点和落脚点，有序引导企业研发活动，推动关键核心技术攻坚。从专利相关效果看，供给侧和需求侧等政策助力关键核心技术攻坚作用明显。因此，建议进一步提升政策供给水平，支持企业牵头组建创新联合体，承担重大科技项目，持续提供研发资金支持，合理补偿研发成本，以提高科技创新效率。同时，在保障专利数量增长的基础上，着力提升专利质量。此外，还应强调需求侧政策对科技创新的拉动作用，进一步加大对国产自主创新产品的采购力度，借助市场需求的引导，有效激励企业提升专利质量。强化互补因素政策对科技创新要素支撑作用，培养造就高水平的创新团

队,搭建产学研合作平台,夯实关键核心技术攻坚的要素基础。充分发挥制度变革政策的保障作用,完善知识产权保护制度,建立以创新成果质量为导向的分类评价体系,破除制约创新的体制机制障碍,引导科研人员和企业更加注重关键核心技术的创新质量。

(2)增强科技创新政策对不同类型企业的针对性,实行精准化的“靶向”支持,推动关键核心技术攻坚,以实现从“专利数量扩张”到“创新质量跃升”转型,推动创新链与产业链深度融合。一方面,既要巩固国有企业在关键核心技术攻坚中的引领作用,也要进一步释放民营企业的创新潜能。对国有企业强化供给侧政策的“精准滴灌”功能,采用设立定向研发基金、开展长期项目制支持等方式,加大研发投入和鼓励基础研究,助力其实现关键核心技术攻坚。同时,深化制度变革,建立容错机制以宽容创新风险,提升关键核心技术攻坚的质量。针对国有企业已经形成的专利质量优势,探索专利产业化奖励、技术标准制定资助等后补贴机制以强化专利质量导向激励。对民营企业扩大需求侧政策覆盖面,运用首台(套)装备补贴降低市场风险、开放技术应用场景加速成果转化,辅以共性技术平台和数据资源共享等互补因素政策,形成“市场牵引+资源赋能”的联动效应。此外,要将专利质量的提升纳入税收优惠审核条件,并提供技术评估、知识产权运营等配套服务,全面提升创新体系的整体效能。另一方面,推动科技创新政策从普惠式支持转向精准化赋能,构建鼓励高新技术企业攻克前沿技术、非高新技术企业实现转型升级的政策体系,全面提升不同类型的创新能力。针对高新技术企业,强化供给侧、需求侧和互补因素等政策的引导作用,支持高新技术企业建设国家重点实验室、国家工程研究中心等高水平创新平台体系,开展前沿性的研究和创新活动,将专利质量纳入高新技术企业评定标准,鼓励其围绕关键核心技术开展联合攻关,形成高质量、高价值专利。针对非高新技术企业,通过政策引导和资源支持帮助其提升技术水平和创新能力,实现向创新型企业的转型升级。

(3)持续优化科技创新政策体系,建立动态资源调整机制,提高研发投入水平。一是夯实创新物质基础,构建由政府引导、企业为主、社会力量广泛参与的多元化研发投入体系。强化对研发经费的统筹规划和精细化管理,简化研发经费使用流程,提高财政科技资金使用效率,优化研发经费配置结构,重点支持基础研究、前沿技术和关键共性技术研发,保障研发经费有效使用,为基础研究和应用研究提供长期稳定的支持。完善多元化的科技研发投入机制,引导和支持社会资本流向关键核心技术研发领域。通过研发经费的有效利用,集聚技术、资本、研发人员等科技创新资源,建立责任制度保障研发经费的使用效率,使研发人员能够根据科研创新的规律自主统筹安排科研工作,持续激发各科技研发主体的创新活力,为实现关键核心技术攻坚提供有力支撑。二是加强研发人员队伍建设,提升关键核心技术领域的研发人员规模和水平。完善国家实验室、科研机构、高水平研究型大学和科技领军企业等国家战略科技力量建设布局,以科技创新政策及其配套措施为抓手,加强体系化的研发人员培养平台建设,梯次培养配备国家战略人才力量。促进战略科技力量与战略人才力量的协同布局,鼓励科研人员开展自由探索和交叉学科研究,集中力量攻克技术难题,为关键核心技术攻坚提供坚实的科研力量和人才支撑。同时,优化人才发展环境,完善人才评价体系,提高科研人员待遇,探索多元化激励方式,营造宽松包容的科研环境。针对不同发展阶段科研人员提供针对性支持,加大对优秀科研人员和科研成果的宣传力度,营造尊重知识、尊重人才、崇尚创新的良好氛围。

(4)慎重选择知识开发模式,统筹企业外部研发合作和自主研发相结合,有效管控研发风险。一是依据国家战略需求和产业发展现状进行分类分级管理,准确识别“卡脖子”、前沿引领和基础研究与应用等技术,厘清企业外部研发合作和自主研发两种知识开发模式的合作边界。

优化政策设计,鼓励企业构建“内外兼修”的创新体系,畅通企业外部知识的获取渠道,规避潜在风险,减少产权冲突。二是根据企业实际发展需求,选择产学研协同、企业并购、研发外包、技术许可授权及战略联盟等多元创新组织模式。建立健全知识管理体系,强化开放式创新的组织管理,促进资源的高效流动与共享,提升企业对内外部知识的获取、吸纳整合和应用能力,精准匹配市场与客户需求,快速捕捉创新机会,充分利用外部知识溢出效应,将外部知识转化为企业自身技术优势,努力实现科技创新政策引导下的企业技术实力跃升与突破创新,加速关键核心技术攻坚进程。

未来研究方向包括:一是可以进一步追踪各企业和地级市的纵向数据,形成更长时间维度的数据体系以深化研究;二是可以将国家重大战略区域和地级市的数据进行体系化处理,深入探究科技创新政策在国家重大战略区域中对关键核心技术攻坚的具体政策效果。

〔参考文献〕

- 〔1〕陈劲,阳镇,朱子钦.“十四五”时期“卡脖子”技术的破解:识别框架、战略转向与突破路径[J].改革,2020,(12):5-15.
- 〔2〕陈强远,林思彤,张醒.中国技术创新激励政策:激励了数量还是质量[J].中国工业经济,2020,(4):79-96.
- 〔3〕陈强远,张醒,施贞怀.理解中国科技创新政策:高质量发展的视角[J].经济学家,2024a,(1):89-98.
- 〔4〕陈强远,赵浩云,林思彤,申宇.中国高质量技术创新:情境叙事与测度体系[J].管理世界,2024b,(5):23-41.
- 〔5〕龚红,李昌昊.突破“卡脖子”技术:知识开发模式对企业关键核心技术及其衍生技术的影响[J].科技进步与对策,2024,(1):56-65.
- 〔6〕贺德方,曾建勋,陈涛,潘云涛,杨芳娟.科技创新政策分析体系研究[J].中国软科学,2025,(1):1-9.
- 〔7〕贺俊,吕铁,黄阳华,江鸿.技术赶超的激励结构与能力积累:中国高铁经验及其政策启示[J].管理世界,2018,(10):191-207.
- 〔8〕黄群慧,倪红福.中国经济国内国际双循环的测度分析——兼论新发展格局的本质特征[J].管理世界,2021,(12):40-58.
- 〔9〕黄永春,石秋平.中国区域环境效率与环境全要素的研究——基于包含R&D投入的SBM模型的分析[J].中国人口·资源与环境,2015,(12):25-34.
- 〔10〕江艇.因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J].中国工业经济,2022,(5):100-120.
- 〔11〕李瑞茜,陈向东.基于专利共类的关键技术识别及技术发展模式研究[J].情报学报,2018,(5):495-502.
- 〔12〕李晓华.科技创新与商业模式创新:互动机制与政策导向[J].求索,2022,(5):179-188.
- 〔13〕李旭,熊勇清.“双积分”政策对新能源车企研发投入的影响分析[J].科学学研究,2021,(10):1770-1780.
- 〔14〕李雪松,党琳,赵宸宇.数字化转型、融入全球创新网络与创新绩效[J].中国工业经济,2022,(10):43-61.
- 〔15〕梁正.从科技政策到科技与创新政策——创新驱动发展战略下的政策范式转型与思考[J].科学学研究,2017,(2):170-176.
- 〔16〕刘振鹏,苏启林,郭娜娜.“靶向引领”如何影响园区产业创新?——以苏州工业园区生物医药产业为例[J].管理世界,2024,(11):119-138.
- 〔17〕柳卸林,高雨辰,丁雪辰.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[J].管理世界,2017,(12):8-19.
- 〔18〕陆菁,鄢云,王韬璇.绿色信贷政策的微观效应研究——基于技术创新与资源再配置的视角[J].中国工业经济,2021,(1):174-192.
- 〔19〕徐明.基于人才集聚的科技政策对关键核心技术攻坚的影响——以北京市为例[J].北京社会科学,2023,(10):21-33.

- [20]徐明.人才驱动中国特色产业链建设的内涵意蕴与实现路径——以 DeepSeek 人才战略为例[J].山东社会科学, 2025,(3):37-49.
- [21]薛澜.中国科技创新政策 40 年的回顾与反思[J].科学学研究,2018,(12):2113-2115.
- [22]余明桂,范蕊,钟慧洁.中国产业政策与企业技术创新[J].中国工业经济,2016,(12):5-22.
- [23]张杰,高德步,夏胤磊.专利能否促进中国经济增长——基于中国专利资助政策视角的一个解释[J].中国工业经济,2016,(1):83-98.
- [24]张其仔,许明.中国参与全球价值链与创新链、产业链的协同升级[J].改革,2020,(6):58-70.
- [25]赵筱媛,苏竣.基于政策工具的公共科技政策分析框架研究[J].科学学研究,2007,(1):52-56.
- [26]赵长轶,谢洪明,郭勇,孔祥林.大国重器研制的关键核心技术突破——东方电气集团 G50 重型燃气轮机纵向案例研究[J].管理世界,2023,(12):20-39.
- [27]Askenazy, P., D. Thesmar, and M. Thoenig. On the Relation between Organisational Practices and New Technologies: The Role of (Time Based) Competition[J]. *Economic Journal*, 2006, 116(508): 128-154.
- [28]Barrow, C. W. The Strategy of Selective Excellence: Redesigning Higher Education for Global Competition in a Postindustrial Society[J]. *Higher Education*, 1996, 31(4): 447-469.
- [29]Biasi, B., and H. Sarsons. Flexible Wages, Bargaining, and the Gender Gap[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 2022, 137(1): 215-266.
- [30]Callaway, B., and P. H. C. Sant'Anna. Difference-in Differences with Multiple Time Periods[J]. *Journal of Econometrics*, 2021, 225(2): 200-230.
- [31]Feldman, M. P. The Geography of Innovation[M]. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2013.
- [32]Freeman, C. Technology and Economic Performance: Lessons from Japan[M]. London: Pinter, 1987.
- [33]Gompers, P. A., and J. Lerner. The Venture Capital Cycle[M]. Cambridge: MIT Press, 2004.
- [34]Goodman-Bacon, A. Difference-in Differences with Variation in Treatment Timing [J]. *Journal of Econometrics*, 2021, 225(2): 254-277.
- [35]Grant, R. M., and C. Baden-Fuller. A Knowledge Accessing Theory of Strategic Alliances[J]. *Journal of Management Studies*, 2004, 41(1):61-84.
- [36]Lundvall, B., and S. Borrás. Science, Technology and Innovation Policy[A]. Fagerberg, J., D. C. Mowery, and R. Nelson. The Oxford Handbook of Innovation[C]. Oxford: Oxford University Press, 2005.
- [37]Mogee, M. E., and R. G. Kolar. Patent Citation Analysis of Allergan Pharmaceutical Patents[J]. *Expert Opinion on Therapeutic Patents*, 1998, 8(10): 1323-1346.
- [38]Rambachan, A., and J. Roth. A More Credible Approach to Parallel Trends[J]. *Review of Economic Studies*, 2023, 90(5): 2555-2591.
- [39]Roth, J., P. H. C. Sant'Anna, A. Bilinski, and J. Poe. What's Trending in Difference-in-Differences? A Synthesis of the Recent Econometrics Literature[J]. *Journal of Econometrics*, 2023, 235(2): 2218-2244.
- [40]Rothwell, R., and W. Zegveld. Reindustrialization and Technology[M]. Essex: Longman Harlow, 1985.
- [41]Schumpeter, J. The Theory of Economic Development[M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1912.
- [42]Steinmueller, W. E. Economics of Technology Policy[A]. Hall, B. H., and N. Rosenberg. Handbook of the Economics of Innovation (Vol. 2)[C]. Netherlands: North-Holland, 2010.
- [43]Teubal, M. What Is the Systems Perspective to Innovation and Technology Policy (ITP) and How Can We Apply It to Developing and Newly Industrialized Economies[J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 2002, 12(1/2): 233-257.

Science and Technology Innovation Policies, R&D Investment, and Breakthroughs in Key Core Technologies

XU Ming, CHEN Si-jie, YU Jing-tao

(Business School, University of Chinese Academy of Social Sciences)

Abstract: Achieving breakthroughs in key core technologies is an important symbol for realizing sci-tech self-reliance and self-strengthening at higher levels. Therefore, analyzing whether science and technology innovation policies effectively promote breakthroughs in key core technology holds significant theoretical and practical implications. This paper collects science and technology innovation policy texts of 293 prefecture-level cities from 2017 to 2023, and constructs a machine learning model to identify 677 key core technologies. Based on this, it collects corresponding patent data from 1775 Chinese A-share listed enterprises from 2012 to 2023, matching them with the science and technology innovation policy texts of the cities where the enterprises are located. A multi-period difference-in-differences (DID) method was used to empirically examine the effect and mechanisms of science and technology innovation policies on enterprises' breakthroughs in key core technologies.

The results indicate that science and technology innovation policies can significantly promote the increase in both the quantity and quality of key core technology patents held by enterprises. This empirical finding remains robust after a series of robustness and endogeneity tests. Mechanism tests reveal that science and technology innovation policies effectively drive enterprises' breakthroughs in key core technologies by encouraging them to increase their R&D expenditure and R&D personnel. Heterogeneity analysis shows that different types of policies have varying impacts on enterprises' breakthroughs in key core technologies. The moderating effect test shows that external knowledge development modes negatively moderate the impact of science and technology innovation policies on enterprises' breakthroughs in key core technologies.

This paper makes the following valuable contributions to existing literature. First, it treats the implementation of science and technology innovation policies as a quasi-natural experiment and empirically verifies that these policies significantly promote breakthroughs in key core technologies among listed enterprises. Second, by exploring the mechanisms of R&D investment and the moderating effect of external knowledge development modes, this paper analyzes how science and technology innovation policies facilitate breakthroughs in key core technologies. It not only reveals the impact of science and technology innovation policies on breakthroughs in key core technologies but also provides empirical evidence for enterprises' choices regarding knowledge development modes. Finally, this paper analyzes the science and technology innovation policy texts of 293 prefecture-level cities, further dividing these policies into supply side, demand side, complementary factor, and institutional reform policies, and examines the impact and differences of the four types of science and technology innovation policies on promoting breakthroughs in key core technologies.

Based on the research conclusions of this paper, this paper proposes the following policy implications. First, based on the current state of science and technology innovation in China, we should leverage the guiding role of policies to optimize and adjust science and technology innovation policies. Second, it is necessary to enhance the targeted nature of science and technology innovation policies for different types of enterprises, implement precise "targeted" support, and promote the deep integration of innovation chains and industrial chains. Third, we should continuously optimize the science and technology innovation policy system, establish a dynamic resource adjustment mechanism, and increase R&D investment levels. Fourth, we should coordinate the combination of external R&D cooperation and independent R&D within enterprises to effectively manage R&D risks.

Keywords: science and technology innovation policies; breakthroughs in key core technologies; R&D investment; talent aggregation; knowledge development mode

JEL Classification: O32 O38 D22

[责任编辑:崔志新]