

李元琨:关税壁垒、跨国知识流动与后发国家突破性创新

关税壁垒、跨国知识流动与后发国家突破性创新

——基于中美专利文本的研究

李元琨

[摘要] 突破性创新是后发国家实现跨越式发展的关键驱动力,但其培育常受到先发国家关税壁垒的制约。此类壁垒如何影响后发国家的突破性创新,是当前全球经济摩擦频发背景下的重要议题。本文基于中国和美国的专利文本,利用AI大语言模型S-BERT构建了专利层面的突破性创新和跨国知识流动指标,并采用双重差分法考察了加征关税壁垒对后发国家突破性创新的影响及其传导机制。研究发现,外部关税壁垒对后发国家企业的突破性创新有不利影响,对渐进性创新的影响不显著;机制分析表明,外部关税壁垒并未通过“资金流”路径降低企业的研发投入,而是通过减少行业间和行业内的跨国知识流动,对突破性创新产生负面影响;进一步分析表明,引进创新前沿国家的外商直接投资(FDI)、前往创新前沿国家的对外直接投资(OFDI)以及自由贸易试验区建设,可以不同程度地缓解外部关税壁垒对突破性创新的不利影响。本文采用中美专利文本语义测度跨国知识流动,缓解了传统专利引用数据的测量偏误。本文结论为后发国家在日益复杂的国际环境下依托国际知识网络和高水平开放培育突破性创新提供了经验证据和政策启示。

[关键词] 关税壁垒; 突破性创新; 知识流动; 专利文本分析; AI大语言模型

[中图分类号] F424 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-480X(2025)12-0138-18

一、引言

后发国家在赶超过程中,其技术能力和创新模式呈现动态演进过程(傅晓霞和吴利学,2013; Benhabib et al., 2014)。在赶超初期,后发国家通常依托劳动力成本和资源禀赋等后发优势,通过承接、模仿和改良成熟技术实现资本快速积累和生产率提升。在赶超后期,随着技术水平提高和要素成本上升,本土渐进性创新的边际收益递减,技术路径的“锁定效应”日益显现(孙雅慧等,2024),此时,突破性创新通过颠覆既有技术轨道和创造新兴市场需求,成为后发国家实现跨越式发展,规避“中等收入陷阱”的核心动能(Lee, 2013; Furukawa, 2015; 鞠建东, 2024)。然而,后发国家培育突破

[收稿日期] 2025-06-03

[基金项目] 国家社会科学基金学术团体专项项目“美国对华经贸政策对中国企业高质量创新的影响及对策研究”(批准号 24SGC062);国家社会科学基金学术团体专项项目“中美贸易摩擦对我全国统一大市场建设的影响和对策研究”(批准号 23STA013)。

[作者简介] 李元琨,中国社会科学院世界经济与政治研究所助理研究员,经济学博士。电子邮箱: liyk@pbcst.tsinghua.edu.cn。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

性创新也面临着内外部双重约束:在内部,后发国家往往存在知识产权保护弱、创新人才相对匮乏、“耐心资本”供给不足等结构性短板;在外部,先发国家则为了维持其在全球价值链中的主导地位,利用关税壁垒等手段对后发国家实施打压和限制,企图压缩后发国家利用全球资源培育突破性创新的空间(Ju et al., 2024)。

相比渐进性创新,突破性创新的培育有着高研发风险与高技术门槛。后发国家需要利用国际大市场分摊研发风险,并依托全球创新网络汲取前沿知识溢出(Melitz and Redding, 2021; Liang et al., 2024)。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要的建议》明确提出,营造具有全球竞争力的开放创新生态。然而,现实中日益频繁的关税战正试图干扰后发国家的开放创新生态:在“资金流”方面,关税引致的市场收缩可能恶化企业内外部现金流,挤压高风险研发预算;在“知识流”方面,关税可能限制后发国家的出口学习(Learning by Exporting)、跨国技术交流与人员往来,阻滞前沿知识的获取。因此,在二元创新框架下,深入考察外部关税壁垒对企业突破性创新的影响效应,厘清其基于“资金流”与“知识流”双重路径的传导机制,并寻找能够有效缓解这一负面冲击的高水平开放对策,对于后发国家在复杂外部环境下培育突破性创新具有重要的理论与现实意义。

本研究的难点之一在于:如何在中国情境下准确识别突破性创新与测度跨国知识流动。国外研究通常采用专利引用数据测度(Byun et al., 2021),然而,与美国等国家不同,中国专利的引用数据主要为审查员引用,而非专利申请人披露^①(殷戈等,2024)。审查员引用主要服务于界定权利保护范围,且其引用行为易受审查员经验和工作环境影响,难以准确反映专利间的真实知识流动和专利价值(Kuhn et al., 2020)。直接套用国外文献的通行做法,可能导致对中国企业突破性创新和知识流动的测度产生显著偏差,进而影响研究结论的可靠性。

为克服基于专利引用测度的局限,本文借鉴 Kelly et al.(2021)、Ganguli et al.(2024)的研究思路,在两个方面进行了方法创新:①引入AI大语言模型Sentence-BERT(S-BERT)对中国专利文本进行语义分析,通过计算专利文本的余弦相似度来衡量专利的原创性与影响力,进而识别突破性创新与渐进性创新。以专利公开日为事件基点的高频股价分析表明,基于文本相似度识别的突破性创新对企业股价累计超额收益率(Cumulative Abnormal Return, CAR)有正向影响,而基于专利引用识别的突破性创新则不具备这种效应。②进一步通过S-BERT模型计算了中国专利文本与美国专利文本的相似度,构建了中国专利的跨国知识流动指数,以评估关税壁垒对跨国知识流动的影响。高频股价分析表明,基于文本相似度测度的跨国知识流动对企业股价超额收益率具有正向影响,而基于引用测度的跨国知识流动则不具备这种效应。

本文基于上述中美专利文本计算的指标,以2018年美国对华加征关税作为外部冲击,结合产品层面关税目录、海关数据库与上市公司财务数据构建了微观面板数据集,探究了外部关税壁垒对中国企业突破性创新的影响及其机制。①将外部关税冲击分解至企业层面,并构建双重差分模型,考察外部关税壁垒对中国企业突破性创新与渐进性创新的差异化影响。②基于“资金流”与“知识流”的双重视角,剖析了关税壁垒对突破性创新的内在传导机制。本文利用上市公司财务数据构建

^① 美国联邦法案强制要求申请人披露各类对专利有实质影响的信息,并且美国专利商标局在专利扉页中明确标识区分申请人引用的专利和审查员引用的专利。与之不同,中国专利法规定申请人应提交现有技术资料,但并未实施类似美国的“因未披露而导致专利不可实施”的严厉惩罚机制,申请人主动引用的动力较弱。中国专利的引用数据主要来源于审查员在实质审查过程中生成的检索报告。制度差异导致中国专利引用更多反映了审查员的行政审查行为,而非申请人的研发知识来源,因此在作为知识流动的代理变量时存在适用性偏差。

了涵盖研发投入及内、外部现金流的“资金流”指标,利用中美专利文本相似度构建了包含行业内与行业间维度的跨国知识流动指标,以此检验外部冲击是否通过恶化资金状况或阻碍前沿知识获取来传导。③进一步考察了关税壁垒影响的异质性。从技术前沿水平、企业规模以及全球价值链(GVC)参与度等维度,深入分析了外部冲击对不同特征企业突破性创新的差异化影响。④在拓展分析部分,本文从高水平对外开放视角,进一步探讨了引进创新前沿国家外商直接投资(FDI)、对创新前沿国家投资(OFDI)以及自由贸易试验区建设在缓解外部冲击中的调节作用。

本文边际贡献有以下三个方面:①从二元创新模式视角拓展了贸易与后发国家创新的关系研究。现有文献对关税与创新的探讨多集中于关税对企业创新投入和总体创新产出的影响(魏浩等,2019;余振等,2024),鲜有文献区分关税壁垒对不同类型创新的异质性影响。然而,二元创新理论指出,突破性创新与渐进性创新在技术特征、风险收益和影响因素上差异显著。本文着眼于分析同一贸易冲击之下二元创新的差异化演变逻辑,这有助于为大国竞争背景下培育突破性创新提供微观证据支持。②运用AI大语言模型,优化了中国情境下识别二元创新与测度跨国知识流动的方法。现有文献较为依赖专利引用网络识别二元创新和知识流动(Byun et al., 2021; Liang et al., 2024)。本文创新性地引入AI大语言模型S-BERT,通过对中国和美国专利文本进行深度语义分析,计算专利文本之间的余弦相似度,从而更准确地识别了国内专利和跨国专利的技术关联,优化了突破性创新和知识流动的测度方法。③从国际知识流动路径,丰富了关税壁垒影响企业突破性创新的内在传导机制研究。现有研究大多从“资金流”视角,分析关税壁垒对企业创新的传导路径,较少关注跨国“知识流”的机制作用。本文基于开放条件下企业创新的分析框架,系统考察了外部冲击下跨国知识流动所发挥的中介效应,并进一步从高水平对外开放的视角,深入探讨了双向直接投资和自由贸易试验区建设对跨国知识流动的作用,为制定开放型创新政策和规划多层次国际合作提供了新的经验证据。

二、理论分析

二元创新理论指出,突破性创新虽具有高风险特征,却是打破路径依赖、实现技术跨越的关键,而渐进性创新则侧重于既有技术的持续改进(Dosi, 1982; Akcigit and Kerr, 2018)^①。从影响因素看,在贸易与创新的分析框架下(Melitz and Redding, 2021),本文将从“资金流”路径与“知识流”路径两个维度展开,分析先发国家关税壁垒对后发国家企业二元创新的影响机制。逻辑框架如图1所示。

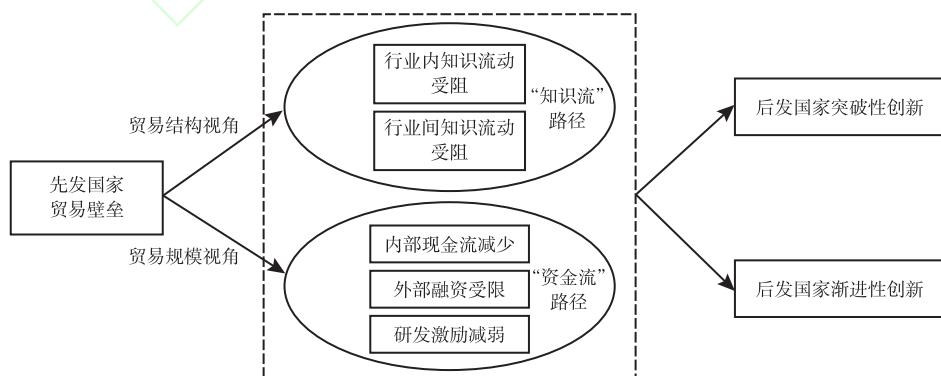


图1 逻辑框架

^① 二元创新框架的补充说明参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

1.“资金流”路径视角下关税壁垒对二元创新的影响

先发国家关税壁垒通过贸易规模效应,对企业内外部现金流及研发投入激励产生负面冲击,且鉴于突破性创新对资金的高敏感性,其受抑制程度更深。

(1)对突破性创新的影响。基于“资金流”视角,外部关税壁垒主要通过以下三方面对企业突破性创新产生抑制作用:①内部现金流减少。外部关税壁垒直接导致国际市场上的产品需求下降,市场规模随之萎缩,企业盈利能力受到削弱(Benguria et al., 2022)。内部现金流减少使得企业难以筹集充足的资金以支持全部既有的研发项目,而高风险、高投入的突破性创新项目易被优先削减或搁置(Nanda and Rhodes-Kropf, 2017)。②外部融资受限。外部关税壁垒增加了市场不确定性,资本市场对企业盈利能力的预期下调,加大了企业外部融资难度(Correa et al., 2023)。由于突破性创新项目的高风险属性,企业将降低其在融资优先级中的地位,进而限制了企业突破性创新的研发进度。③研发激励减弱。外部关税壁垒改变了企业对未来市场的预期。突破性创新具有回报期长和不确定性高的特点,在外部冲击下,突破性创新的预期收益下降,管理层基于避险动机,减少对突破性创新的支持力度(Kerr and Nanda, 2015)。

(2)对渐进性创新的影响。与突破性创新相比,渐进性创新对大规模资金的依赖性相对较低,其重点在于对现有技术的优化与微调,因此具备一定的抗风险能力(Acemoglu et al., 2022)。但外部关税壁垒仍可能通过以下三方面对渐进性创新产生不利影响:①内部现金流压力。尽管渐进性创新的资金需求相对较少,但市场规模的缩小和利润的下降会削弱企业在产品优化和工艺改进方面的投入。特别是对于依赖国际市场收入的企业,现金流减少可能迫使其优先支持核心生产运营活动,而非创新领域的投入(Archibugi et al., 2013)。②融资约束加剧。渐进性创新因其低风险和回报期短的特性,在融资约束中受冲击较小。然而,当外部融资环境整体恶化时,企业的整体创新预算的削减仍可能影响渐进性创新。③研发激励下降。渐进性创新的目标在于优化现有技术以更好地满足市场需求,但外部关税壁垒降低了企业对未来市场前景的预期,从而削弱了企业持续改进现有产品和工艺的内在动机(Hall and Lerner, 2010)。

综上所述,从理论机制看,在外部关税壁垒下,由于突破性创新对资金需求更高且风险更大,其项目往往被优先削减或搁置,因此,突破性创新所受到的关税负向影响将大于渐进性创新。

2.“知识流”路径视角下关税壁垒对二元创新的影响

现有研究已指出,在受到来自美国的关税冲击后,中国企业的主要贸易对象呈现出从美国向亚太等其他地区转移的趋势(丁浩员等,2024; Jiao et al., 2024)。然而,作为全球技术创新高地,美国仍是众多后发国家企业获取前沿知识和技术反馈的关键来源。因此,先发国家关税壁垒不仅通过影响贸易规模作用于后发国家企业的资金流,还会显著改变贸易国别结构,削弱流向后发国家的国际知识流动,阻碍后发国家企业创新。

(1)对突破性创新的影响。后发国家突破性创新对国际前沿知识的依赖程度较高,关税壁垒将通过阻碍行业内与行业间的知识流动抑制突破性创新。

行业内知识流动机制。行业内知识流动主要体现为同一行业内,企业通过与同行的竞争与合作,实现竞争性学习、标准对接以及隐性知识转移与重组的过程。①竞争性学习渠道的萎缩。发达经济体的市场竞争更注重技术能力的竞争,与全球领先企业的直接竞争为后发企业提供了观察、模仿和改进的机会,这种机制能够加速前沿知识的转移与重组(Liang et al., 2024)。关税壁垒通过降低中国企业与前沿国家创新企业在市场竞争场景下的知识溢出,进而导致技术学习效率的下降。②技术对标机制的弱化。当企业主要面向技术前沿市场进行出口时,需要企业适应国际领先市场

的技术规范与质量标准。这种动态对标过程迫使企业持续突破现有技术边界,形成对突破性创新的倒逼机制(Schmitz and Knorringa, 2000)。然而,先发国家关税壁垒引发的贸易转移使得企业转向技术标准相对滞后的市场,技术对标的压力显著降低,企业更容易陷入技术路径依赖,从而抑制了突破性创新的探索动力。③隐性知识获取受阻。突破性创新需要难以编码和远距离转移的隐性知识,而这种知识的获取往往通过与前沿市场合作伙伴的直接互动、人员交流来实现(Venkitachalam and Busch, 2012)。关税壁垒导致的贸易转移,切断了后发国家企业与先发国家领先企业之间的人员与业务往来,阻碍了关键的隐性知识溢出渠道。

行业间知识流动机制。行业间知识流动主要体现为跨领域技术要素的交叉融合与下游市场需求的反馈,其通过拓展创新组合的可能性空间和强化技术反馈机制来促进突破性创新。①前沿市场的需求反馈下降。技术前沿市场的下游客户需求往往具有强技术导向性和引领性,其反馈信息包含对未来技术趋势的预判,甚至直接体现为对上游新兴产品和前沿技术的前瞻性潜在需求(Chu et al., 2019)。此类来自下游市场的需求反馈能够为后发国家企业提供高质量的市场信号,引导其突破性创新的方向选择与资源配置。关税壁垒会减少后发国家企业从前沿市场得到的需求反馈。②跨界知识重组的机会减少。突破性创新常常源于不同技术领域之间的交叉融合与知识重组。当后发国家企业深度嵌入全球价值链时,可获取跨行业的知识要素,从而形成开放式创新的有利环境(Lind and Ramondo, 2024)。然而,先发国家关税壁垒会限制后发国家企业接触此类跨界前沿知识的机会,使得技术组合的可能性空间受到压缩。③上下游技术合作弱化。深度嵌入全球价值链的企业,不仅可以从客户和供应商获取技术信息,更可以直接同上下游企业进行联合研发。这种上下游联合研发是跨领域创新的重要来源(Koufteros et al., 2005)。关税壁垒迫使企业重构供应链,可能导致其与技术领先的国际供应商合作中断,从而削弱了通过供应链进行技术学习和合作创新的能力。

(2)对渐进性创新的影响。渐进性创新的技术改进具有局部性和连续性特征,主要依赖于国内知识网络与企业内部的知识积累(Henderson and Clark, 1990; Akcigit and Kerr, 2018)。①从企业内部知识积累看,渐进性创新主要依赖企业长期积累的工艺经验、技术改进以及组织惯例,这些构成了渐进性创新的核心知识基础(Dosi, 1982; Henderson and Clark, 1990)。此类知识具有高度的企业特异性,可以通过“干中学”持续释放改进潜力,因此,渐进性创新对企业内部的原有知识积累具有较强的依赖性,其对于国际知识流动的敏感性相对较低。②从国内知识网络看,现有文献表明,国内上下游企业之间的技术溢出以及地方性技术联盟、行业协会与科研机构等形成的区域性知识共享网络(Tekic and Tekic, 2022),可以在一定程度上替代国际知识流动减少,为企业提供低门槛的技术改进支持。③贸易转移带来的需求适配变化。发展中经济体的市场更关注性价比与稳定性,其反馈信息可直接转化为工艺优化目标,无需突破性技术变革。并且低标准市场对产品性能阈值要求宽松,企业可通过微调既有技术方案满足需求,规避高成本研发投入。基于此,由于企业内部知识积累、国内知识网络的替代支撑以及贸易转移的需求适配变化,在“知识流”路径下,关税壁垒不会对企业渐进性创新产生显著影响。

综上所述,突破性创新对国际前沿知识的需求更高,关税壁垒可能通过行业内跨国知识流动和行业间跨国知识流动对其产生影响。而渐进性创新对国际前沿知识的需求程度较低,企业自有知识和国内知识网络可以对国际知识形成替代支撑,先发国家关税壁垒造成的贸易转移对渐进性创新影响可能不显著。基于上述分析,本文提出:

假说1:外部关税壁垒对后发国家企业突破性创新产生显著负向影响,而对渐进性创新影响相

对较小。

假说2:外部关税壁垒通过“资金流”路径对后发国家企业突破性创新产生负向影响。

假说3:外部关税壁垒通过“知识流”路径对后发国家企业突破性创新产生负向影响。

三、数据和识别方法

1. 样本选取

本文的研究样本基于2012—2022年中美两国专利数据。在计算专利层面的突破性创新指数和跨国知识流动指数时,采用专利申请日前后各三年的窗口期,这一筛选标准是为了满足构建指标所需的双向时间窗口要求,并且剔除了因数据年份跨度不足而无法有效测度的样本。^①本文选取中国上市公司作为研究样本^②。参照余振等(2024),本文的识别策略聚焦于2018年3月宣布的美国第一轮500亿美元关税清单^③,选取清单所涉及行业的企业作为研究样本,并剔除了在样本期间无任何专利申请的企业。经过上述筛选,本文以1356家上市公司的面板数据作为研究样本。

2. 数据来源

本文包含以下四类数据来源:①关税数据。美国对华加征关税的数据来源于美国贸易代表办公室(USTR),中国对美反制关税的数据来源于中国商务部。②海关数据。企业层面的进出口数据来源于中国海关数据库,该数据库涵盖了企业名称、进出口金额、出口目的国、进口来源国以及交易时间等信息。为构建关税冲击强度的基准指标,本文选取2016年海关数据库。③专利数据。中国专利文本与引用数据来自中国国家知识产权局(CNIPA),美国专利数据来源于美国专利商标局(USPTO)。专利数据包括专利申请号、申请主体、摘要文本、申请时间、专利类型、国际专利分类(IPC)、引用关系等信息。④公司层面财务数据。来源于中国证券市场与会计研究(CSMAR)数据库,涵盖资产负债表、利润表和现金流量表等财务信息。

具体匹配步骤为以下四步。第一步:关税清单与海关数据的匹配。将来源于美国贸易代表办公室(USTR)的关税清单,以HS6位码为统一标准,与2016年中国海关数据库的企业对美出口明细数据进行匹配,从而识别出每一笔受关税影响的出口交易。第二步:海关数据与上市公司数据的匹配。以企业全称为匹配键,将上一步筛选出的海关出口数据与CSMAR数据库中的上市公司进行匹配。此步骤旨在将产品层面的关税冲击信息,匹配到具体的上市公司主体。第三步:专利数据与上市公司数据的匹配。将中国国家知识产权局的全量专利数据,依据专利申请人名称,与CSMAR上

^① 鉴于此计算窗口的要求,本文最终得到的研究时段为2015—2019年。该时段的选取,不仅有助于规避2020年中美第一阶段经贸协议签署及突发公共卫生事件等重大外部事件对研究结论的潜在干扰,也为评估2018年3月的关税冲击效应(包括考察冲击前三年的平行趋势和冲击后两年的动态影响)提供了一定的时间跨度。

^② 关于选取中国上市公司作为研究样本的具体说明,参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

^③ 2018—2019年,按照覆盖范围和宣布时间,美国对华共加征三轮关税。第一轮关税为2018年3月,美国宣布对自中国进口的约500亿美元商品加征25%关税。第二轮为2018年7月,美国宣布对额外约2000亿美元中国商品征收10%关税,随后于2019年5月将该税率提升至25%。第三轮为2019年8月,美国宣布对剩余约3000亿美元中国进口商品加征10%关税。选取第一轮关税作为冲击事件的原因在于,该轮关税主要针对高技术行业(Ju et al.,2024),与本文的创新主题高度相关。且其作为贸易摩擦的开端,政策冲击的外生性最强。在稳健性检验中,本文纳入美国对华加征的其他两轮关税和中国反制的三轮关税,构建指标重新检验,结果仍然稳健。

市公司名称进行匹配,以识别得到上市公司的创新活动信息。第四步:多源数据的最终整合。将前序步骤中企业层面的关税及出口数据和企业一年份层面的专利数据,与CSMAR数据库中的企业一年份层面的财务报表数据,通过股票代码一年份这一识别码进行合并,形成本文研究使用的面板数据集。

3. 突破性创新指标测度与验证

(1) 指标构建说明。参考Kelly et al.(2021),本文采用“原创性”和“影响力”双重维度的突破性创新测度框架^①,这一框架与中文语境下“前无古人、后有来者”的理念契合,即一项突破性创新既要与其诞生之前的历史技术知识存在显著差异,即“前无古人”的原创性;又要对其诞生之后的未来技术发展产生显著影响,即“后有来者”的影响力。基于此理论框架,现有实证文献依赖专利的引用结构对这两个维度进行量化。研究者普遍使用专利的前向引用数量作为其“影响力”的代理变量,并利用后向引用的特征来捕捉其“原创性”。然而,在中国审查员引用制度的情境下,仅依赖引用数据测度中国专利的原创性和影响力可能存在显著偏误(殷戈等,2024)。

本文借鉴新兴的计算语言学方法,参考Boeing et al.(2024),构建基于专利文本语义分析的测度框架。该方法的核心逻辑在于:专利文本是承载技术知识最直接、全面的载体,通过直接分析其语义内容,可以比依赖间接且有噪音的引用信号更准确地衡量专利间的技术关联。专利文本分析方法将从两方面缓解前述引用数据的问题:一是对“原创性”的测度。该指标旨在衡量一项专利是否“前无古人”,即其技术方案与既有知识存量的差异程度。不同于易受申请人策略性隐藏行为干扰的后向引用计数,文本分析方法通过计算目标专利与历史专利库的平均语义相似度,直接量化了技术内容本身的独特性。其测度逻辑在于,相似度越低,表明该专利的语义特征越偏离既有的技术轨道,从而体现出更强的原创性。二是对“影响力”的测度。该指标旨在衡量一项专利是否“后有来者”,即其技术知识在后续创新活动的扩散程度。不同于易受审查员主观行为影响的前向引用计数,文本分析方法通过计算目标专利与未来专利库的平均语义相似度,捕捉了实质性的技术传承。测度逻辑在于:影响力高的创新往往会重塑后续的技术发展路径,促使后来者在申请文件中使用相似的技术术语或方案,从而导致语义上的趋同。因此,该方法基于申请人撰写的真实技术内容,有效规避了审查员引用带来的测量偏误。

具体来说,本文构建突破性创新指标的测算步骤分为四步。第一步为专利文本的向量化处理。为准确捕捉专利文本的语义特征,本文选用AI大语言模型S-BERT将每一项专利的摘要文本转换为高维度的语义向量(Embedding)^②。

第二步为计算专利间的语义相似度。本文采用余弦相似度度量任意两个专利摘要向量间的语义关联。设专利 j 和专利 k 的摘要向量分别为 $e_j = [e_{j1}, \dots, e_{jn}]'$ 和 $e_k = [e_{k1}, \dots, e_{kn}]'$,则两者间的余弦相似度 ρ_{jk} 定义如下:

$$\rho_{jk} = \frac{e_j \cdot e_k}{\|e_j\| \|e_k\|} = \frac{\sum_{n=1}^N e_{jn} e_{kn}}{\sqrt{\sum_{n=1}^N e_{jn}^2} \sqrt{\sum_{n=1}^N e_{kn}^2}} \quad (1)$$

其中, ρ_{jk} 取值范围为 $[-1, 1]$,其值越接近1,表明两个专利的文本语义越相似。

第三步为构建专利层面的突破性创新指数。基于上述相似度计算,本文为申请于 t 年、属于技术领域 s (以IPC分类界定)的中国专利 j 构建突破性创新指数(I_{js}),具体公式为:

① 关于突破性创新指标的补充说明,参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 关于AI模型与相似度测算方法选择的说明,参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

$$I_{jst} = \frac{\frac{1}{|J_{s,t}^{CN}|} \sum_{k \in J_{s,t}^{CN}} \rho_{jk}}{\frac{1}{|J_{s,t}^{CN}|} \sum_{k \in J_{s,t}^{CN}} \rho_{jk}} \quad (2)$$

其中, $J_{s,t}^{CN}$ 和 $J_{s,t}^{CN}$ 分别表示专利 j 所属的 IPC 分类 s 中, 申请日期晚于 t 三年内和早于 t 三年内的中国专利集合。该指数的分母衡量技术的原创性:如果专利 j 与历史专利集合($J_{s,t}^{CN}$)的平均相似度越低, 分母越小, 表明其原创性越强(“前无古人”)。该指数的分子衡量技术的影响力:如果专利 j 与未来专利集合($J_{s,t}^{CN}$)的平均相似度越高, 分子越大, 表明其对后续技术发展的影响力越大(“后有来者”)。因此, I_{jst} 值越高, 专利 j 的突破性程度越高。

(2) 指标验证。理论上, 突破性创新应能反映为企业市场价值的提升。本文利用专利公告日的股价累计超额收益率(CAR)进行验证^①。研究发现, 基于文本相似度构建的突破性创新, 在不同窗口期内均对 CAR 产生显著正向影响。相比之下, 基于传统引用数据构建的突破性创新指标, 未能在短窗口期内引发显著的市场反应。这一差异表明, 相较于引用数据, 基于 AI 语义分析的指标能更准确地识别出被资本市场认可的高价值创新。

4. 知识流动指标测度与验证

(1) 指标构建说明。本文从三个维度构建跨国知识流动指标^②。现有研究表明, 美国长期占据全球技术创新网络的中心地位, 是全球前沿知识的主要溢出来源(UNCTAD, 2025)。鉴于本文聚焦于美国对华加征关税这一特定外部冲击, 且美国专利具有高质量与代表性的特点, 本文选取美国专利作为全球技术前沿的代理变量。据此, 利用中国专利文本与其申请日前三年内美国专利文本之间的语义相似度, 分别从行业内、行业间和总体三个维度来测度中国专利从全球创新前沿吸收知识的程度。

行业内跨国知识流动指标。对于申请于 t 年、主要 IPC 分类为 s 的中国专利 j , 其行业内跨国知识流动强度定义为:

$$Intra_KF_{jst} = \frac{\sum_{k \in TOP10(j, J_{s,t}^{U.S.})} \rho_{jk}}{\sum_{k \in TOP10(j, J_{s,t}^{CN})} \rho_{jk}} \quad (3)$$

其中, $J_{s,t}^{U.S.}$ 和 $J_{s,t}^{CN}$ 分别表示在专利 j 申请日前三年内、IPC 分类为 s 的美国专利集合与中国专利集合。TOP10(j, J) 表示从专利集合 J 中, 选取与专利 j 文本语义相似度最高的 10 项专利。该指标($Intra_KF_{jst}$)衡量了专利 j 在同一技术领域内, 相较于国内知识, 对美国前沿技术的吸收程度。

行业间跨国知识流动指标。根据 Acemoglu et al.(2016) 构建了技术领域的“投入产出表”, 并选取对每个技术领域最重要的前三大上游和下游技术领域作为其行业间知识流动的核心来源进行测度。本文进一步定义专利 j 的行业间跨国知识流动强度为:

$$Inter_KF_{jst} = \frac{\sum_{k \in TOP10(j, J_{s,t}^{U.S.})} \rho_{jk}}{\sum_{k \in TOP10(j, J_{s,t}^{CN})} \rho_{jk}} \quad (4)$$

其中, $J_{s,t}^{U.S.}$ 和 $J_{s,t}^{CN}$ 分别表示在专利 j 申请日前三年内, 不属于 IPC 分类 s , 且属于前三大上游和下游技术领域的美国专利集合与中国专利集合。该指标($Inter_KF_{jst}$)反映了专利 j 通过跨领域技术融

① 突破性创新指标验证结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 知识流动指标的理论基础和对比说明参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

合,吸收美国专利知识的相对强度。

总体跨国知识流动指标。为综合衡量两种知识流动,本文构建专利层面总体跨国知识流动指标,该指标算术平均了行业内与行业间的知识流动强度,以测度中国专利*j*吸收美国知识的整体水平。

(2)指标验证。理论上,有效的跨国知识吸收应有助于提升企业的核心竞争力及市场估值。为验证指标有效性,本文同样采用事件研究法,检验了不同测度方式与企业股价市场反应的关联^①。研究发现,基于文本相似度构建的跨国知识流动在不同窗口期内,均对CAR产生显著正向影响,表明该指标捕捉到了实质性的技术溢出。相比之下,基于传统专利引用构建的跨国知识流动指标,并未表现出显著的市场价值效应。这一对比佐证了本文方法在测度知识流动方面的相对优势。

5. 变量说明^②

(1)解释变量:企业层面的关税冲击强度。参考Benguria et al.(2022),本文结合关税数据与中国海关数据库,构建企业层面的外部关税冲击指数。具体计算公式如下:

$$Exposure_i^{U.S.} = \sum_{p \in P_i} \left(\frac{X_{ip,0}^{U.S.}}{X_{i,0}^{U.S.}} \Delta \tau_p^{U.S.} \right) \quad (5)$$

其中,下标*i*表示企业,*p*表示产品,*P_i*是中国企业*i*出口的产品集合。 $\Delta \tau_p^{U.S.}$ 表示中美贸易摩擦前后,美国对中国HS编码六位产品*p*的关税税率差额。 $X_{ip,0}^{U.S.}$ 表示基期(*t₀*=2016年)企业*i*向美国出口产品*p*的出口额, $X_{i,0}^{U.S.}$ 表示基期2016年企业*i*对美国的总出口额。企业*i*受到的外部关税冲击强度 $Exposure_i^{U.S.}$ 可被视为企业*i*在中美贸易摩擦期间,其出口产品所承受关税强度的加权平均值。

(2)被解释变量:企业层面的突破性创新。本文将前述专利层面的突破性创新指标汇总至企业层面。在专利层面,参照Kelly et al.(2021),本文将样本区间内 I_{jsi} 指标位于同技术领域(IPC分类)排名前10%的专利界定为突破性创新,后90%的专利归为渐进性创新。基于此,本文进一步在企业*i*的*t*年层面构建了以下创新衡量指标:①突破性/渐进性创新数量。分别对企业*i*在*t*年获得的突破性创新和渐进性创新数量加总,为缓解数据的右偏分布特征,本文对加总后的数量加1取自然对数^③,分别得到 $\ln Breakthrough_{it}$ 和 $\ln Increment_{it}$ 。②突破性创新虚拟变量:构建二值变量 $D_Breakthrough_{it}$,若企业*i*在*t*年至少申请了一项突破性创新专利,则取值1,否则为0。③突破性创新占比:计算企业*i*在*t*年突破性创新数量占其当年所有发明专利申请总数的比例,得到 $Ratio_Breakthrough_{it}$ 。

(3)中介变量:“资金流”路径。为探究关税冲击是否通过“资金流”路径影响企业的突破性创新,本文引入衡量企业内部与外部现金流状况的中介指标。内部现金流方面,采用净利润(*Profit*)与息税前利润(*EBIT*)作为衡量指标;外部现金流方面,则以银行借款(*Loan*)和应付账款^④(*Accounts*)

① 知识流动指标验证结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 变量定义参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

③ 现有文献指出,对专利数量加1取对数的处理方式可能引入估计偏误。为确保回归结果的稳健性,本文在基准模型中同时纳入了突破性创新虚拟变量($D_Breakthrough$)和突破性创新占比($Ratio_Breakthrough$),作为替代被解释变量。此外,稳健性检验部分,本文还采用了经对数转化的突破性创新数量、突破性创新计数指标、经总资产标准化的突破性创新指标,结果均保持显著稳健。

④ 现有文献发现,商业信用是中国民营企业研发资金的重要外部融资来源渠道,因此,本文选取应付账款作为商业信用的代理指标。

作为衡量指标。此外,为分析关税冲击对企业研发投入激励的影响,本文还考察了研发支出金额(RD)与研发人员数量(RD_{person})等变量。为缓解极端值影响并统一量纲,本文对上述指标均进行反双曲正弦(*Inverse Hyperbolic Sine*, IHS)转换。

(4)中介变量:“知识流”路径。基于前文构建的专利层面跨国知识流动指标,本文将其加总平均至企业层面以衡量企业对跨国知识流动的吸收程度。具体而言,对于企业*i*在*t*年申请的所有发明专利,本文分别计算其总体、行业内及行业间跨国知识流动指标的算术平均值,从而得到企业层面的总体跨国知识流动(*Overall_KF_u*)、行业内跨国知识流动(*Intra_KF_u*)和行业间跨国知识流动(*Inter_KF_u*)。

6. 模型设定

为考察外部关税冲击对中国企业突破性创新的影响,本文构建了如下双重差分(Difference-in-Differences, DID)模型:

$$Breakthrough_{it} = \beta_1 (Exposure_{it} \times Post_{it}) + X'_{it} \beta_2 + \delta_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

其中,下标*i*表示企业, *t*表示年份。被解释变量 $Breakthrough_{it}$ 表示企业*i*在*t*年的突破性创新水平, 参照前文“变量说明”部分的定义, 本文从三个维度对其进行测度。核心解释变量为 $Exposure_{it}$ 与 $Post_{it}$ 的双重差分交互项。其中, $Exposure_{it}$ 是由式(5)定义的企业层面关税冲击强度; $Post_{it}$ 为政策时间虚拟变量, 当年份 $t \geq 2018$ 时取值 1, 否则为 0。 X'_{it} 为一系列随时间变化的企业层面控制变量的向量, 具体包括:企业规模(*Size*), 以企业总资产的自然对数衡量;资产负债率(*Leverage*), 以总负债与总资产的比值衡量;两职合一(*Dur*), 即企业董事长和总经理是否为同一个人的虚拟变量;董事会规模(*Boardsize*), 以董事会成员人数的自然对数衡量^①。模型还纳入了企业固定效应(δ_i)和年份固定效应(γ_t), 分别控制不随时间变化的企业个体特征和所有企业受到的共同时间冲击。模型误差项(ε_{it})的标准误聚类到企业层面, 以缓解潜在的序列相关性和异方差问题。

四、实证结果

1. 基准回归分析

表1报告了加征关税壁垒对中国企业二元创新影响的基准回归结果。在总体创新层面, 第(1)列结果显示, 外部关税冲击对企业发明专利总量的回归系数, 在5%统计水平上显著为负, 表明关税冲击负向影响了中国企业的发明专利申请数量。在二元创新层面, 第(2)列结果显示, 外部关税冲击对企业渐进性创新数量的影响不显著, 说明此类创新并未受到关税冲击影响。第(3)列结果显示, 外部关税冲击对突破性创新数量的影响系数, 在1%统计水平上显著为负。第(4)列更进一步分析了外部关税冲击对企业当年是否产生突破性创新的虚拟变量影响, 结果同样在1%统计水平上显著为负。第(5)列显示, 外部关税冲击对突破性创新占所有发明专利的比例有负向影响。上述结果表明, 外部关税壁垒负向影响了中国企业的突破性创新, 而对渐进性创新的影响不显著, 验证了假说1。

^① 主要变量的描述性统计结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

表1 外部关税壁垒对企业二元创新模式的影响

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	发明专利数量	渐进性创新数量	突破性创新数量	是否有突破性创新	突破性创新占比
Exposure×Post	-0.569** (0.274)	-0.357 (0.272)	-1.483*** (0.196)	-0.951*** (0.136)	-0.179*** (0.047)
控制变量	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
样本量	6734	6734	6734	6734	4886
R-squared	0.827	0.822	0.739	0.519	0.409

注:括号中为企业层面的聚类标准误;***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。控制变量包括企业规模(Size)、资产负债率(Leverage)、两职合一(Dur)和董事会规模(Boardsize)未在表中报告。以下各表同。

2. 机制分析

前文的基准回归结果表明,外部关税壁垒负向影响了中国企业的突破性创新。为考察其内在传导路径,本部分将从“资金流”和“知识流”两个维度,检验假说2和假说3。

(1)“资金流”路径。为检验假说2,即探究加征关税壁垒是否通过“资金流”路径,进而负向影响了企业突破性创新,本部分以企业层面的创新投入激励和内、外部现金流指标为被解释变量进行回归分析。

表2报告了“资金流”路径的检验结果。具体而言,第(1)、(2)列考察了关税冲击对企业创新投入激励(以研发投入金额和研发人员数量衡量)的影响;第(3)、(4)列考察了其对内部现金流(以净利润和息税前利润衡量)的影响;第(5)、(6)列则考察了其对外部现金流(以银行借款和应付账款衡量)的影响。结果显示,核心解释变量 $Exposure \times Post$ 的系数均不显著。这表明,在统计意义上,此轮关税冲击并未对样本企业的研发投入及内、外部现金流状况产生显著的负面影响。因此,“资金流”并非关税壁垒抑制企业突破性创新的主要传导渠道,假说2未得到验证^①。

表2 外部关税冲击对突破性创新影响的机制检验:“资金流”路径检验

变量	创新激励		内部现金流		外部现金流	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	研发投入金额	研发人员数量	净利润	息税前利润	银行借款	应付账款
Exposure×Post	0.101 (0.140)	0.086 (0.133)	-1.091 (4.308)	5.102 (3.475)	-2.394 (1.797)	-0.317 (0.444)
控制变量	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	6623	6556	6734	6734	6734	6734
R-squared	0.948	0.948	0.419	0.411	0.774	0.715

(2)“知识流”路径。为检验“知识流”路径在关税冲击中的作用(假说3),即关税壁垒是否通过阻碍企业获取国际前沿知识,进而抑制其突破性创新,本文引入基于中美专利文本语义相似度测算

^① “资金流”路径结果讨论参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

的跨国知识流动指标进行分析。

表3报告了知识流路径的检验结果。第一阶段回归第(1)—(3)列考察了关税壁垒对中介变量的影响。结果显示, $Exposure \times Post$ 的系数均在 1% 的水平上显著为负, 表明外部关税壁垒不利于中国企业获取跨国知识流动。第二阶段回归第(4)—(6)列进一步考察了总体跨国知识流动与企业二元创新模式的内在联系。回归结果显示, 总体跨国知识流动(*Overall_KF*)与企业的突破性创新数量及占比均呈显著的正相关关系, 但与渐进性创新数量呈负相关。这一结果表明, 高质量的突破性创新往往伴随着高强度的国际前沿知识流入, 而低质量的渐进性创新则可能受到资源挤出而呈现负向显著相关。综合上述结果, 外部关税壁垒导致了跨国知识流动的减少, 而知识流动的下降又与突破性创新的减少呈现显著的统计关联, 支持了“关税壁垒通过阻碍跨国知识流动抑制企业突破性创新”的传导机制, 验证了假说3。

表3 关税冲击对突破性创新影响的机制检验:“知识流”路径检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	总体跨国知识流动程度	行业内跨国知识流动	行业间跨国知识流动	突破性创新数量	渐进性创新数量	突破性创新占比
<i>Exposure \times Post</i>	-0.068*** (0.012)	-0.060*** (0.014)	-0.075*** (0.013)			
<i>Overall_KF</i>				1.098*** (0.326)	-1.614*** (0.389)	0.474*** (0.143)
控制变量	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	4882	4882	4882	4882	4882	4882
R-squared	0.704	0.673	0.668	0.739	0.835	0.414

3. 内生性检验

本部分将重点讨论 DID 模型的识别假定与其他潜在的内生性问题, 主要从以下几方面展开: 事件背景和外生性分析, 事前平行趋势检验, 负权重问题, 排除其他贸易轮次影响, 排除其他重要贸易伙伴的影响^①。结果均表明, 在经过上述一系列检验后, 本文主要结论仍然稳健。

4. 稳健性检验

除上述针对 DID 识别假定的检验外, 本文还进行了一系列额外稳健性检验^②。具体包括: 缓解计数变量的计量偏误, 更换关税冲击指标, 更换突破性创新衡量方法, 更换聚类标准误。结果均表明, 本文的主要结论在经过上述一系列检验后仍然保持稳健。

5. 异质性分析

为进一步探究外部关税壁垒对不同类型企业突破性创新的差异化影响, 本部分从技术前沿水平、企业规模、全球价值链(GVC)参与度三个维度展开异质性分析, 并均进行了组间系数差异的检验^③。研究结果表明, 关税壁垒对处于技术前沿的企业、全球价值链(GVC)参与度高的企业以及规模较大的企业的影响更为显著。

① 内生性检验讨论及结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 稳健性检验讨论及结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

③ 异质性的检验讨论及结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

五、进一步分析：高水平对外开放视角下的对策分析

前文实证结果表明,加征关税壁垒通过抑制国际知识流动,对中国企业突破性创新产生负向影响。这意味着,中国的突破性创新培育在一定程度上需要全球创新网络和国际知识流动。在全球贸易摩擦频发背景下,如何通过高水平对外开放促进企业获取前沿知识,成为应对外部冲击的一个重要议题。以下将从对创新前沿国家外资的“引进来”、对创新前沿国家直接投资的“走出去”和自由贸易试验区建设三方面,系统考察这些开放举措能否缓解外部关税冲击对企业突破性创新的不利影响,为构建更具韧性的开放型创新体系提供微观证据支持。

1. 对创新前沿国家“引进来”

除了贸易,来自创新前沿国家的FDI也是东道国企业获取前沿技术和隐性知识的重要渠道(Fons-Rosen et al., 2021)。然而,在关税冲击背景下,来自创新前沿国家的外商直接投资是否能够缓解关税冲击对企业突破性创新的不利影响,仍需进一步的实证检验。为此,本文引入调节效应模型,利用FDI Markets数据库中的外国对华绿地投资数据^①,分别考察两类FDI对突破性创新的缓解作用:一是来自美国的FDI(Fdi_us_i),表示中国企业*i*所处的地区和行业获得来自美国的绿地投资次数;二是来自其他创新前沿国家^②的FDI(Fdi_top10_i),表示中国企业*i*所处的地区和行业获得来自其他创新前沿国家的绿地投资次数。

表4报告了引入调节变量后的回归结果。第(1)–(3)列考察了来自美国FDI的调节效应。结果显示,Exposure×Post× Fdi_us 对突破性创新数量、是否产生突破性创新和突破性创新占比的影响均在1%的水平上显著为正,表明来自美国企业的FDI能够显著缓解关税冲击对中国企业突破性创新的不利影响。第(4)–(6)列考察了来自其他创新前沿国家FDI的调节效应。结果显示,Exposure×Post× Fdi_top10 的系数均显著为正,表明来自其他创新前沿国家的FDI,同样能够显著缓

表4 外商直接投资的调节效应

变量	美国企业的FDI			其他创新前沿国家的FDI		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	突破性创新数量	是否有突破性创新	突破性创新占比	突破性创新数量	是否有突破性创新	突破性创新占比
Exposure×Post× Fdi_us	1.270*** (0.257)	0.143*** (0.044)	0.276*** (0.022)			
Exposure×Post× Fdi_top10				4.997** (1.937)	0.371*** (0.141)	0.918*** (0.163)
Exposure×Post	-1.513*** (0.195)	-0.955*** (0.137)	-0.187*** (0.047)	-1.524*** (0.195)	-0.954*** (0.137)	-0.188*** (0.047)
控制变量	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	6734	6734	4886	6734	6734	4886
R-squared	0.739	0.519	0.409	0.740	0.519	0.409

① 为保证调节变量的前定,本文使用的FDI和OFDI数据截至2017年,即关税冲击发生之前。

② 本文选取的其他创新前沿国家为全球创新指数排名前10位的国家。根据WIPO发布的全球创新指数排名,除美国外,前10位国家还包括瑞士、瑞典、英国、荷兰、韩国、新加坡、德国、芬兰、丹麦。

解加征关税壁垒对中国企业突破性创新的不利影响。综合表4的结果,本文发现,无论是来自美国还是其他创新前沿国家的FDI,都有助于缓解加征关税壁垒对中国企业突破性创新的负面影响。

2. 对创新前沿国家“走出去”

现有文献表明,OFDI是企业获取国际前沿知识、融入全球创新网络的重要途径(黄远渐等,2021)。在关税壁垒背景下,中国企业进行OFDI是否能够有效缓解关税冲击对企业突破性创新的不利影响,仍需进一步的实证检验。为此,本文同样引入调节效应模型,基于FDI Markets数据库,分别考察两类OFDI对突破性创新的缓解作用。一是中国企业对美国的直接投资($OFDI_{us,i}$),表示中国企业*i*对美国实施的直接投资次数;二是中国企业对其他创新前沿国家的直接投资($OFDI_{top10,i}$),表示中国企业*i*对其他创新前沿国家实施的直接投资次数。

表5报告了对外直接投资调节效应的回归结果。第(1)—(3)列考察了前往美国对外直接投资的调节效应。结果显示,Exposure×Post× $OFDI_{us}$ 对突破性创新数量、是否产生突破性创新和突破性创新占比的影响,均在统计上显著为正。这表明,前往美国的对外直接投资能够缓解关税冲击对中国企业突破性创新的不利影响。第(4)—(6)列考察了前往其他创新前沿国家对外直接投资的调节效应。结果显示,Exposure×Post× $OFDI_{top10}$ 的系数对突破性创新占比的影响在5%的水平上显著,但对突破性创新数量和突破性创新虚拟变量的影响不显著。这表明,中国企业前往其他创新前沿国家的直接投资,其对缓解关税壁垒的负面影响并不稳健,其调节效应不如前往美国的直接投资显著。综合表5的结果,本文发现,中国企业前往创新前沿国家进行直接投资可以缓解关税壁垒对突破性创新的负面影响,且这一缓解效应主要集中在前往美国OFDI的企业。

表5 中国企业对外直接投资的调节效应

变量	对美国的OFDI			对其他创新前沿国家的OFDI		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	突破性创新数量	是否有突破性创新	突破性创新占比	突破性创新数量	是否有突破性创新	突破性创新占比
Exposure×Post× $OFDI_{us}$	1.192 [*] (0.645)	0.552 ^{**} (0.227)	0.112 ^{***} (0.041)			
Exposure×Post× $OFDI_{top10}$				0.939 (0.590)	0.416 (0.313)	0.184 ^{**} (0.074)
Exposure×Post	-1.555 ^{***} (0.193)	-0.985 ^{***} (0.137)	-0.188 ^{***} (0.048)	-1.581 ^{***} (0.201)	-0.994 ^{***} (0.140)	-0.202 ^{***} (0.049)
控制变量	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	6734	6734	4886	6734	6734	4886
R-squared	0.739	0.519	0.409	0.739	0.519	0.409

3. 自由贸易试验区设立

自由贸易试验区作为新时期推进高水平对外开放的重要政策,为中国企业融入全球创新网络提供了有力支持(成程等,2024)。为考察自由贸易试验区建设能否缓解关税冲击对突破性创新的不利影响,本文构建了企业所在城市是否设有自由贸易试验区^①的虚拟变量(FTZ),并将其与关税

^① 为了保证模型中调节变量前定,本文的自由贸易试验区变量统计截至2017年。

冲击变量的交互项($Exposure \times Post \times FTZ$)作为核心解释变量进行回归分析。

表6报告了自由贸易试验区设立的调节效应。第(1)列考察了对企业突破性创新数量的调节作用。结果显示, $Exposure \times Post \times FTZ$ 的系数在 1% 水平上正向显著。第(2)列考察了对企业是否产生突破性创新的调节作用。结果显示, $Exposure \times Post \times FTZ$ 的系数在 10% 水平上显著。第(3)列考察了对企业突破性创新占比的调节作用。结果显示, $Exposure \times Post \times FTZ$ 的系数不显著。以上结果表明,自由贸易试验区设立有助于缓解关税冲击对企业突破性创新数量和发生概率的负面影响。

表6 自由贸易试验区设立的调节效应

变量	(1)	(2)	(3)
	突破性创新数量	是否有突破性创新	突破性创新占比
$Exposure \times Post \times FTZ$	1.016*** (0.354)	0.506* (0.278)	0.096 (0.080)
$Exposure \times Post$	-1.789*** (0.240)	-1.103*** (0.157)	-0.208*** (0.053)
控制变量	是	是	是
企业固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
样本量	6734	6734	4886
R-squared	0.739	0.519	0.409

六、结论与启示

本文基于 2012—2022 年中美专利文本数据,创新性地运用 AI 大语言模型 S-BERT 构建了专利层面的突破性创新和跨国知识流动指标,采用双重差分法系统考察了 2018 年美国对华加征关税对中国企业二元创新模式的影响,得到了以下结论:①外部关税壁垒对后发国家企业的突破性创新产生负向影响,但对渐进性创新的影响在统计上不显著。②关税壁垒影响突破性创新的传导路径是“知识流”减少,而非传统的“资金流”约束。机制分析表明,关税冲击并未影响企业的研发投入、内部现金流或外部融资状况;其负向影响主要通过阻碍后发企业获取行业内、行业间的跨国知识流动来传导。③关税冲击的负面影响呈现出异质性。关税壁垒对处于技术前沿的企业、全球价值链(GVC)参与度高的企业以及规模较大的企业负向影响更为显著。④进一步分析发现,通过引进创新前沿国家的 FDI、对创新前沿国家进行 OFDI 以及建设自由贸易试验区,可以不同程度地缓解关税冲击对企业突破性创新的不利影响。基于上述研究结论,本文为后发国家在复杂国际环境下,构建突破性创新培育体系提出以下政策启示:

(1)创新政策可推动范式转型,从单纯的资金支持转向维护“知识流”与“资金流”并重,并强化对国际知识流动的动态监测与战略引导。鉴于本文发现关税冲击主要通过阻碍知识流动而非资金约束来抑制突破性创新,单纯依靠传统的研发补贴或税收优惠等资金手段可能难以完全对冲这一负效应。建议利用人工智能与大数据分析工具,实时追踪中国企业从全球创新前沿吸收知识的路径与强度变化。一旦监测到因外部冲击导致关键知识链中断的风险,便可定向支持企业开拓新的国际科技合作伙伴、组织与替代技术来源国的技术交流等,以加强企业在动荡外部环境下的创新网络韧性。

(2)投资促进政策可增设“知识溢出”与“研发布局”的绩效权重。既然双向投资是有效的知识

流动渠道,建议在制定和评估招商引资与对外投资政策时,引入新的权重维度。对于“引进来”,除了考核投资额外,可以重点评估外资项目是否带来显著的知识溢出、是否设立了高水平的本地研发中心。对于“走出去”,可以重点支持国内企业在海外创新高地建立研发中心,并将对外投资企业融入全球创新网络的程度作为政策支持与评估的关键指标。

(3)自由贸易试验区改革可打造“国际知识流动便利化”的开放高地。本文证实了自由贸易试验区对全球知识网络的接入作用。建议自由贸易试验区在未来的高水平开放进程中,将“促进和便利化国际知识流动”作为目标之一。可探索建立国际化的知识产权交易与融资平台,降低跨国技术转移的制度性成本;为区内企业引进的外国顶尖科学家和工程师提供“一站式”出入境、居住和工作许可便利;在符合法律法规和数据安全监管要求的前提下,率先试点在非敏感领域建立科研数据跨境安全流动的“绿色通道”等措施。

〔参考文献〕

- [1]成程,王一出,田轩,张军. 对外开放制度创新、全球创新网络嵌入与中国科技国际影响力[J]. 管理世界, 2024, (10):16-35.
- [2]丁浩员,董文娟,余心玎. 贸易政策冲击下的跨国供应链断裂与重构研究[J]. 经济研究, 2024, (8):95-113.
- [3]傅晓霞,吴利学. 技术差距、创新路径与经济赶超——基于后发国家的内生技术进步模型[J]. 经济研究, 2013, (6): 19-32.
- [4]黄远渐,钟昌标,叶劲松,胡大猛. 跨国投资与创新绩效——基于对外投资广度和深度视角的分析[J]. 经济研究, 2021, (1):138-154.
- [5]鞠建东. 大国竞争与世界秩序重构[M]. 北京:清华大学出版社, 2024.
- [6]孙雅慧,时省,彭飞,吴华清. 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[J]. 经济研究, 2024, (11):89-105.
- [7]魏浩,连慧君,巫俊. 中美贸易摩擦、美国进口冲击与中国企业创新[J]. 统计研究, 2019, (8):46-59.
- [8]殷戈,张晓波,李力行. 中国专利质量——测度和发展趋势[J]. 经济科学, 2024, (6):5-30.
- [9]余振,李元琨,李汛. 外部关税冲击、企业家注意力配置与创新发展[J]. 世界经济, 2024, (6):65-94.
- [10]Acemoglu, D., U. Akcigit, and M. A. Celik. Radical and Incremental Innovation: The Roles of Firms, Managers, and Innovators[J]. American Economic Journal: Macroeconomics, 2022, 14(3):199-249.
- [11]Acemoglu, D., U. Akcigit, and W. R. Kerr. Innovation Network [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2016, 113(41):11483-11488.
- [12]Akcigit, U., and W. R. Kerr. Growth through Heterogeneous Innovations[J]. Journal of Political Economy, 2018, 126(4): 1374-1443.
- [13]Archibugi, D., A. Filippetti, and M. Frenz. Economic Crisis and Innovation: Is Destruction Prevailing over Accumulation[J]. Research Policy, 2013, 42(2):303-314.
- [14]Benguria, F., J. Choi, D. L. Swenson, and M. Xu. Anxiety or Pain? The Impact of Tariffs and Uncertainty on Chinese Firms in the Trade War[J]. Journal of International Economics, <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2022.103608>, 2022.
- [15]Benhabib, J., J. Perla, and C. Tonetti. Catch-up and Fall-Back through Innovation and Imitation [J]. Journal of Economic Growth, 2014, 19(1):1-35.
- [16]Boeing, P., L. Brandt, R. Dai, K. Lim, and B. Peters. The Anatomy of Chinese Innovation: Insights on Patent Quality and Ownership[R]. IZA Discussion Paper Series, 2024.
- [17]Byun, S. K., J. M. Oh, and H. Xia. Incremental versus Breakthrough Innovation: The Role of Technology Spillovers[J]. Management Science, 2021, 67:1779-1802.

- [18]Chu, Y., X. Tian, and W. Wang. Corporate Innovation along the Supply Chain[J]. *Management Science*, 2019, 65(6): 2445–2466.
- [19]Correa, R., L. Goldberg, J. di Giovanni, and C. Minoiu. Trade Uncertainty and U.S. Bank Lending[R]. NBER Working Paper, 2023.
- [20]Dosi, G. Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change[J]. *Research Policy*, 1982, 11(3):147–162.
- [21]Fons-Rosen, C., S. Kalemli-Ozcan, B. E. Sørensen, C. Villegas-Sánchez, and V. Volosovych. Quantifying Productivity Gains from Foreign Investment [J]. *Journal of International Economics*, <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2021.103456>, 2021.
- [22]Furukawa, Y. Leapfrogging Cycles in International Competition[J]. *Economic Theory*, 2015, 59(2):401–433.
- [23]Ganguli, I., J. Lin, V. Meursault, and N. Reynolds. Patent Text and Long-Run Innovation Dynamics: The Critical Role of Model Selection[R]. NBER Working Paper, 2024.
- [24]Hall, B. H., and J. Lerner. The Financing of R&D and Innovation[A]. Hall, B. H., and N. Rosenberg. *Handbook of the Economics of Innovation* [C]. Amsterdam: North-Holland, 2010.
- [25]Henderson, R. M., and K. B. Clark. Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms[J]. *Administrative Science Quarterly*, 1990, 35(1):9–30.
- [26]Jiao, Y., Z. Liu, Z. Tian, and X. Wang. The Impacts of the US Trade War on Chinese Exporters [J]. *Review of Economics and Statistics*, 2024, 106(6):1576–1587.
- [27]Ju, J., H. Ma, Z. Wang, and X. Zhu. Trade Wars and Industrial Policy Competitions: Understanding the US–China Economic Conflicts[J]. *Journal of Monetary Economics*, 2024, 141:42–58.
- [28]Kelly, B., D. Papanikolaou, A. Seru, and M. Taddy. Measuring Technological Innovation over the Long Run [J]. *American Economic Review: Insights*, 2021, 3(3):303–320.
- [29]Kerr, W. R., and R. Nanda. Financing Innovation[J]. *Annual Review of Financial Economics*, 2015, 7(1):445–462.
- [30]Koufteros, X., M. Vonderembse, and J. Jayaram. Internal and External Integration for Product Development: The Contingency Effects of Uncertainty, Equivocality, and Platform Strategy[J]. *Decision Sciences*, 2005, 36(1):97–133.
- [31]Kuhn, J., K. Younge, and A. Marco. Patent Citations Reexamined[J]. *Rand Journal of Economics*, 2020, 51(1): 109–132.
- [32]Lee, K. *Schumpeterian Analysis of Economic Catch-up: Knowledge, Path-Creation and the Middle-Income Trap* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [33]Liang, Y., K. Shi, H. Tao, and J. Xu. Learning by Exporting: Evidence from Patent Citations in China[J]. *Journal of International Economics*, <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2024.103933>, 2024.
- [34]Lind, N., and N. Ramondo. Global Knowledge and Trade Flows: Theory and Measurement[J]. *Journal of International Economics*, <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2024.103960>, 2024.
- [35]Melitz, M. J., and S. J. Redding. Trade and Innovation[R]. NBER Working Paper, 2021.
- [36]Nanda, R., and M. Rhodes-Kropf. Financing Risk and Innovation[J]. *Management Science*, 2017, 63(4):901–918.
- [37]Schmitz, H., and P. Knorringa. Learning from Global Buyers[J]. *Journal of Development Studies*, 2000, 37(2):177–205.
- [38]Tekic, Z., and A. Tekic. Local Knowledge Base and Entrepreneurial Opportunities in Regions: A Configurational Perspective[J]. *Academy of Management Proceedings*, <https://doi.org/10.5465/AMBPP.2022.18153abstract>, 2022.
- [39]UNCTAD. *Technology and Innovation Report 2025: Inclusive Artificial Intelligence for Development* [R]. Geneva: United Nations, 2025.
- [40]Venkitachalam, K., and P. Busch. Tacit Knowledge: Review and Possible Research Directions [J]. *Journal of Knowledge Management*, 2012, 16(2):357–372.

Tariff Barriers, Knowledge Flow, and Breakthrough Innovation in Latecomer Countries: A Study Based on China and US Patent Texts

LI Yuan-kun

(Institute of World Economics and Politics, Chinese Academy of Social Sciences)

Abstract: Breakthrough innovation is a key driver for latecomer countries to achieve technological catch-up and leapfrog economic development. However, in recent years, to maintain competitive advantages, forerunner countries have frequently utilized tariff barriers and other means to attempt to suppress the breakthrough innovation in latecomer countries. In this context, exploring how external tariff barriers affect breakthrough innovation in latecomer enterprises and clarifying the internal transmission mechanisms is a critical issue for current academic research and policy formulation.

This paper focuses on the impact of tariff barriers on the “dual innovation” (breakthrough and incremental) patterns of Chinese enterprises. Theoretically, based on the “trade and innovation” analytical framework, this paper constructs analytical paths from two perspectives: “funding flow” and “knowledge flow”. Specifically, the “funding flow” analysis covers perspectives such as R&D incentives, internal cash flow, and external financing constraints; the “knowledge flow” analysis covers perspectives such as intra-industry knowledge flow and inter-industry knowledge flow. Empirically, this paper uses the 2018 US tariffs on China as an exogenous shock to empirically test its differentiated impact on the “dual innovation” of Chinese listed companies.

Regarding data and methodology, due to the “examiner citation” rule in China, directly using Chinese patent citation data for measurement may lead to bias. Therefore, this paper utilizes the AI large language model (S-BERT) to conduct deep semantic analysis of China and US patent texts, and measures patent-level breakthrough innovation indicators and transnational knowledge flow indicators. Additionally, this paper integrates patent data, tariff lists, customs data, and listed company financial data to construct a micro-level enterprise panel dataset. Finally, this paper adopts the difference-in-differences (DID) method to identify the causal effect of external tariff shocks on the “dual innovation” of Chinese firms.

This paper yields main conclusions in four aspects. First, external tariff barriers significantly and negatively affect breakthrough innovation in enterprises of latecomer countries, while the impact on incremental innovation is not statistically significant. Second, the mechanism analysis reveals that external tariff barriers do not exert influence through the “funding flow” path, but primarily inhibit breakthrough innovation by obstructing the “knowledge flow” path. Third, the heterogeneity analysis reveals that the negative shock of tariff barriers is more significant for firms at the technological frontier, of larger scale, and deeply embedded in global value chains. Fourth, further analysis indicates that introducing foreign direct investment (FDI) from innovation-frontier countries, engaging in outward foreign direct investment (OFDI) to those countries, and the construction of free trade zones (FTZ) can hedge against the adverse effects of tariff barriers.

The conclusions of this paper have corresponding policy implications. First, after encountering external tariff shocks, policy support can shift from pure financial support to maintaining international knowledge links, using AI tools to monitor risks of technology decoupling. Second, investment policies should strengthen the “knowledge spillover” orientation, encouraging high-quality two-way direct investment. Third, FTZ construction should be dedicated to creating a hub for facilitating international knowledge flow, achieving independent innovation in open cooperation.

The marginal contributions of this paper are as follows. First, it distinguishes the heterogeneous impact of trade shocks on dual innovation. Second, it innovatively applies large language models to the Chinese context to correct the measurement bias of patent citation data. Third, it provides micro-evidence that “blocked knowledge flow” is the leading channel inhibiting innovation in latecomer countries.

Keywords: tariff barriers; breakthrough innovation; knowledge flow; patent text analysis; AI large language model

JEL Classification: F13 O31 O33

[责任编辑:王燕梅]