开放式创新对关键核心技术突破的影响

——基于高技术制造业的实证研究

黄 蓉，戚 湧

（南京理工大学知识产权学院，南京 210094）

摘要：提升开放式创新水平是行业突破关键核心技术瓶颈的重要举措。选取2014—2023年A股高技术制造业上市公司为研究样本，探讨开放式创新对高技术制造业关键核心技术突破的影响，并将知识产权治理纳入研究体系研究其调节作用。结果发现，开放式创新对产业关键核心技术突破具有显著正向促进作用。开放式创新能够通过知识重组创造与知识重组复用两条路径显著促进关键核心技术突破，知识产权治理在这一过程中呈现正向调节作用。异质性分析表明，该促进效应在国有企业中更为显著。研究结论可为高技术制造业企业优化创新战略、提升技术竞争力提供有益参考。

关键词：开放式创新；知识产权治理；关键核心技术突破；高技术制造业；知识重组

中图分类号：F273.1；F276.42 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)07－0045－10

在全球经济持续增长和产业升级的背景下，以人工智能技术为代表的颠覆性技术成为推动经济社会发展的新引擎。为抢占科技革命先机，加快对关键核心技术的战略规划成为各国的必然选择[1]。高技术制造业的创新能力决定了国家在全球竞争新格局中的主动权。随着中国全球竞争力持续提升，发达国家为维护技术霸权，以反倾销、国家安全等为由，通过出口管制等手段限制高技术扩散，加剧了逆全球化趋势。这一困境致使中国高技术制造业面临核心技术供给瓶颈，威胁产业体系和创新生态安全。关键核心技术攻坚难度大、资源投入高、研发周期长[2]，企业在推进此类技术攻关的过程中常会遭遇显著阻力。

在此背景下，开放式创新的价值日益凸显。已有学者指出，开放式创新强调跨组织边界的知识流动和合作[3]，通过开放式创新，企业能够融合外部技术资源，在实现风险共担的同时优化创新效率，从而完成从传统经营模式向创新驱动发展的转型[4]。在开放式创新实践中，企业需与外部合作方进行知识交互，这一过程中适度的知识产权治理对于限制模仿行为、维护核心技术主导权至关重要[5]。同时，研究指出，关键核心技术的形成具有明确的战略导向性，其本质是行业主导企业通过系统性知识重构建立的竞争壁垒[6]。

在现有研究中，学者们对关键核心技术突破的探讨主要聚焦于其概念界定及主要特征等基础性议题[7]，对于突破路径和影响因素的研究严重不足[8]。此外，其背后的内在作用机制以及如何在开放式创新过程中的知识产权治理进行权衡和把握也缺乏深入探究。针对上述不足，现以2014—2023年中国高技术制造业A股上市公司为研究样本，围绕以下核心问题进行实证检验与深入分析：①开放式创新通过何种路径影响企业关键核心技术突破；②知识产权治理在开放式创新与技术突破关系中的调节作用；③上述关系在不同企业特征下的异质性表现。

本文的边际贡献在于：①构建开放式创新综合评价体系，并对其对企业关键核心技术突破的影响效应进行实证检验；②将知识产权治理纳入研究框架，考察知识产权治理的调节作用；③明确开放式创新在推动企业关键核心技术突破中的作用机制。

1 文献回顾与研究假设

1.1 开放式创新与产业关键核心技术突破

关键核心技术突破本质上依赖于企业对异质

收稿日期：2025-12-09

基金项目：国家社会科学基金重点项目(23AZD038)

作者简介：黄蓉(2001—)，女，湖北安陆人，硕士研究生，研究方向为创新管理、知识产权管理；通信作者戚湧(1970—)，男，江苏泰州人，博士，教授，博士研究生导师，研究方向为创新管理、知识产权。

性资源的获取、整合以及配置[9]。这些战略性资源通过组织间的协同合作与开放共享实现动态流动，而企业参与协同创新的程度直接决定了其从创新生态网络中识别、吸纳关键性战略资源的能力水平[10]，并最终影响关键核心技术突破。储节旺等[11]研究强调，相较于普通技术创新，关键核心技术研发攻关往往涉及跨学科协作、多维资源整合及长期技术积累的系统性工程。陈钰芬和陈劲[12]认为，开放式创新的本质逻辑在于对创新要素的识别、吸收以及运用。而企业如何有效地整合和配置这些外部资源是实现技术突破的关键[13]。Chesbrough和Bogers[3]首次系统阐述了开放式创新理论框架，强调企业必须突破传统封闭式研发范式，通过整合组织边界内外的互补性创新资源来提升研发效率。①企业通过开放式创新模式，能够跨越内部研发的局限，直接或间接地接触和利用全球范围内的技术、知识和人才等资源[14-15]，从而在激烈的技术竞争中占据优势；②开放式创新通过驱动产业集群的形成，构建跨组织联合攻关机制，加速了知识成果产业化进程，进一步丰富了企业的技术知识[16]，促使企业创新能级实现系统化跃升[17]；③产学研协作网络对产业技术升级具有显著赋能效应，其中，稳定的长效合作机制对突破关键核心技术瓶颈尤为重要[18]。据此，提出如下假设。

H1：开放式创新对高技术制造业关键核心技术突破具有积极效应。

1.2 知识产权治理的调节作用

在开放式创新进程中，不可避免地会出现诸多知识产权问题，知识产权治理成为影响开放式创新与关键核心技术突破之间关系的重要因素。基于动态治理理论，刘雪凤[13]构建了知识产权治理的过程分析框架，强调完整的治理体系应覆盖从知识产权创造、运用到保护与管理的全部环节，其有效运行依赖于政府等多元主体的共同协作。Forsyth[19]、Pocock[20]、Winskel[21]的研究进一步指出知识产权治理本质上是协调创新全链条中多元主体互动关系的动态过程。其调节效应主要表现为：①激励创新与保护平衡。知识产权治理通过合理的激励机制，平衡创新者的利益与知识共享的需求。这种平衡鼓励企业在开放合作中积极分享和利用知识，同时确保其创新成果得到有效的法律保护[22]。②促进知识流动与合作。在开放式创新过程中，知识产权治理通过明确各方的权利和义务，降低企业间的合作障碍，保障合作的顺利进行[23]。③优化创新生态系统的运行效率。它通过平衡多元创新主体的利益关系，形成有利于知识创造与扩散的治理结构，从而推动产业技术能力的整体提升[24]。据此，提出如下假设。

H2：知识产权治理正向调节开放式创新对高技术制造业关键核心技术突破的影响。

1.3 开放式创新赋能效应的作用机制分析

1.3.1 知识重组创造的中介效应

Schumpeter[25]认为创新并非指向技术发明本身，而是将生产要素进行创造性重组的过程。从知识整合的类型来看，重组创造是指通过前所未有的知识组合来催生新思想的创新类型，包括从未联系过的两种旧知识之间的组合、两种新知识之间的组合以及新旧知识之间的组合[26]。一方面，开放式创新通过整合外部异质性知识资源，为企业的知识重组创造活动提供了丰富的素材与动力源泉[12]。在开放式创新过程中，企业能够跨越组织边界获取前沿知识与技术，这些新知识在与内部已有知识体系的碰撞与融合中，有助于识别具有潜力的知识元素，进而推动其以全新方式进行组合，激发知识重组创造。另一方面，知识重组创造作为一种深度创新行为，通过整合原先互不关联的知识推动具有突破价值的技术方案产生，为关键核心技术攻关提供支撑[27]。从资源基础理论视角来看，该过程能将内外部分散知识资源转化为独特创新能力，提升企业在关键核心技术研发中的竞争力。从动态演进的角度看，关键核心技术一旦实现突破，所形成的新知识将重新融入企业知识体系，为后续开放式创新与知识重构活动提供支撑[28]。据此，提出如下假设。

H3a：开放式创新赋予企业知识重组创造效应，进而促进关键核心技术突破。

1.3.2 知识重组复用的中介效应

知识重组复用不同于创造全新知识关联，它特指在新技术思路下，对原有知识组合经验的再次调用[26]。开放式创新通过构建创新生态系统，从环境营造层面赋能企业知识重组复用。具体来说，开放式创新形成的竞争合作氛围，促使企业积极探索既有知识组合的新应用场景，激发企业对知识重组复用的主动性[11]。另一方面，知识重组复用凭借其高效性、低成本和经验积累的优势，为关键核心技术突破提供坚实支撑。在效率层面，复用既有知识组合能够避免从零开始的重复研发，使企业可以将成熟技术快速应用于关键核心技术研发的关键环

节[29]。在成本控制方面,相较于全新知识创造,该方法能够显著降低基础研究投入,使企业能将有限资源配置于核心技术优化,从而推动技术从积累到突破的实质性跨越。据此,提出如下假设。

H3b:开放式创新赋予企业知识重组复用效应,进而促进关键核心技术突破。

2　研究设计

2.1　样本选取与数据来源

基于《工业"四基"发展目录(2016 年版)》确立的新能源汽车、生物医药和新一代信息通信技术等优先发展领域,选取汽车制造、医药制造和计算机通信设备制造行业代表高技术制造业。基于数据质量与时间跨度的综合考虑,从国泰安数据库中筛选出 2014—2023 年持续经营的 A 股上市公司作为初始样本,共涵盖 515 家企业。经数据清洗后,最终获得可用于实证分析的平衡面板数据,包含 3 435 个企业—年度样本观测值。

研究数据来源如下:①基于 Martynov[30]、龚红等[31]采用的方法,专利数据来源于国家知识产权局与全球专利数据库"智慧芽",以样本企业的股票代码及其完整名称中的关键词为主要依据,经申请人匹配与关键字筛选后,最终获得有效专利记录 94.6 万项。选用发明专利作为核心指标,主要基于其具有更高的创新价值与审查客观性优势。②企业层面的数据均来源于国泰安数据库,包含了企业基本信息和行业属性等多个维度。为确保数据质量,所有变量均通过人工核对与校验。

2.2　变量测度

2.2.1　被解释变量:关键核心技术突破(KCTB)

现有研究多通过专利数据[32-33]对关键核心技术突破进行刻画。借鉴龚红和李昌昊[34]、王钰莹和原长弘[35]的做法,依据企业发明专利 IPC(国际专利分类)前 4 位识别技术领域,并将各领域内 3 年累计被引(不含自引)排名前 5%的专利界定为关键核心技术专利。这一界定旨在通过高被引频次反映专利质量与企业在该领域的技术攻关成果。企业年度关键核心技术专利总量加 1 后的自然对数值,即构成其关键核心技术突破成效的最终测度指标。

2.2.2　解释变量:开放式创新(OPEN)

West 等[36]明确提出,开放式创新不仅是一系列可直接产生创新收益的实践活动,更是一种引导企业打破"技术独占"思维的认知模式与战略哲学。开放式创新要求企业将开放理念融入战略决策与组织运营的全过程。基于此,为克服单一维度测度的局限性,将开放式创新界定为多维度的综合性战略概念,从"技术开放性"与"战略开放性"两个维度构建综合评价体系,运用熵权 TOPSIS(逼近理想解排序)法确定各维度权重,最终合成一个综合指数,以期更全面地衡量企业开放式创新的实施水平。

1)熵权 TOPSIS 法

首先对开放式创新各指标数据进行标准化处理,开放式创新相关指标均为正向指标,具体的处理方法为

$$\text{正向指标:}\ x'_{ij}=\frac{x_{ij}-\min x_j}{\max x_j-\min x_j} \tag{1}$$

式中:$\max x_j$、$\min x_j$ 分别为指标 x_j 在所有年份中的最大值与最小值;x'_{ij} 为无量纲化的结果;x_{ij} 为原始值。在完成上述数据标准化过程后,遵循熵值法的标准步骤实现对各项指标的客观赋权。

(1)计算第 i 年度第 j 项指标的占比 w_{ij}。

$$w_{ij}=\frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}x'_{ij}} \tag{2}$$

式中:m 为评价年度。

(2)计算指标的信息熵 e_j。

$$e_j=\frac{1}{\ln m}\sum_{i=1}^{m}w_{ij}\ln w_{ij} \tag{3}$$

(3)计算信息熵冗余度 d_j。

$$d_j=1-e_j \tag{4}$$

(4)计算指标权重 φ_j。

$$\varphi_j=\frac{d_j}{\sum_{j=1}^{m}d_j} \tag{5}$$

基于熵值法所确定的评价体系中各项指标的权重结果,采用 TOPSIS 方法进行综合分析。

(1)构建加权决策矩阵 $\boldsymbol{R}$。

$$\boldsymbol{R}=(R_{ij})_{m\times n}=(\varphi_j x'_{ij})_{m\times n} \tag{6}$$

(2)利用加权矩阵确定正负理想值 R^+、R^-。

$$\begin{cases}R^+=\max(r_{1j},r_{2j},\cdots,r_{ij})\\R^-=\min(r_{1j},r_{2j},\cdots,r_{ij})\end{cases} \tag{7}$$

(3)计算欧式距离 D_i^+、D_i^-。

$$\begin{cases}D_i^+=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(r_{ij}-R_j^+)^2}\\D_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(r_{ij}-R_j^-)^2}\end{cases} \tag{8}$$

(5)计算相对贴近度 C_i,贴近度越大表明水平越高。

$$C_i=\frac{D_i^-}{D_i^++D_i^-} \tag{9}$$

2)指标选取与数据说明

(1)技术开放性。借鉴成熟研究[5,16-17]，选取“开放式创新广度”与“开放式创新深度”作为其下的两个二级指标。开放式创新广度反映了企业对外部知识搜索范围的宽窄，基于国家知识产权局与“智慧芽”全球专利数据库，以样本企业的股票代码及其完整名称中的关键词为主要依据，经申请人匹配与关键字筛选后，提取样本企业在观察期内所有的联合申请发明专利记录，统计与样本企业共同作为专利申请人的不同合作主体数量，对该指标进行加1取自然对数处理。开放式创新深度反映了企业在外部协同创新中的合作紧密度。基于上述联合申请专利数据，通过计算样本企业与各合作方在观察期内联合申请专利的平均次数衡量，该指标亦做对数化处理。

(2)战略开放性。Chesbrough和Bogers[3]强调开放式创新是企业在战略层面所倡导和体现的开放式意愿，战略层面的开放意愿是实施开放创新的前提。借鉴荆浩等[37]提出的开放式创新关键词分析框架，通过分析公开文本中管理层对“协同”“开放”等理念的强调程度，捕捉企业实施开放式创新的前瞻性意图。

关键词集的构建：为确保关键词集的科学性与完备性，采用“Word Embedding”神经网络模型进行客观扩充。以“协同”“合作”“开放”“融合”4个核心概念作为二级衍生词(表1)，并进行相似词扩展。经过对重复词及语义相似度过低词汇的筛选，最终确定包含71个关键词的标准化词集。

文本信息提取与指标生成：基于上述关键词集，从Wingo财经文本分析平台获取样本企业2014—2023年度的年度报告、管理层讨论与分析、社会责任报告等文本，经过文本清洗、分词处理、去除停用词等标准化预处理后，形成结构化文本语料库。在此基础上，采用Python的Jieba分词工具对文本进行扫描，分别统计关键词出现的精确词频及包含关键词的句子频数，根据特征词在文本数据中的匹配与频次统计结果，将各维度词频分别汇总计算总量并进行对数化处理，最终生成“战略开放性”连续型指标。该指标数值越高，表明企业在战略文本中对开放、合作、融合等理念的强调程度越高，其战略布局的管理开放性越强。

综上所述，开放式创新评价指标包含2个一级指标和6个二级指标，具体指标的计算方式和通过TOPSIS熵值法求得的各指标权重见表2。

表1　开放式创新关键词词集

关键词	相似词
协同	资源共享、联动、协同发展、信息共享、互补、协同工作、优势互补、协调、协同效应、协同作战、共享、数据共享、共享资源、平台、互动、交叉、协同、相互促进、集成、衔接、互通、互联、跨部门、全方位
合作	战略合作、业务合作、开展合作、密切合作、合作开发、项目合作、合作模式、长期合作、加强合作、战略伙伴、合作伙伴、合作项目、合作伙伴关系、共同开发、技术交流、合作方式、联手、友好合作、协作、合作研究、强强联合、携手、合作意向、合营
开放	对外开放、全面开放、市场化、开放、开放市场、开放式、国际化、多边、公平竞争、渗透、开放性、全球化、合作共赢
融合	融合、整合、嫁接、互联网化、交融、融为一体、交互、紧密结合、变革、资源整合、契合

表2　开放式创新指标的权重

一级指标	二级指标	指标方向	权重/%
专利合作的技术开放性	开放式创新广度	正向	15.93
	开放式创新深度	正向	46.30
战略布局的管理开放性	协同战略	正向	12.74
	合作战略	正向	8.72
	开放战略	正向	8.82
	融合战略	正向	7.49

2.2.3　控制变量

参考文献[32]，控制变量包括：①企业年龄(Age)，反映企业生命周期阶段，通过观测年份与上市年份的时间跨度计算得出；②股权集中度(Top1)，来源于企业年报披露信息，以第一大股东持股比例衡量；③资产负债率(Lev)，反映资本结构差异，采用负债资产比率进行度量；④资产收益性(ROA)，按照通用会计准则(Generally Accepted Accounting Principles，GAAP)计算，即净利润除以总资产；⑤企业所有权性质(SOE)，根据实际控制人性质判定，设置虚拟变量(国有=1，非国有=0)。

2.2.4　调节变量：知识产权治理(IPG)

知识产权治理(IPG)具体构建如下：

$$IPG_{i,t} = Treat_i \times Post_t \tag{10}$$

式中：$Treat_i \times Post_t$ 为两个虚拟变量的交互项；$Treat_i$ 为城市分组变量，若城市 i 被认定为知识产权示范城市，则取值为1，否则为0；$Post_t$ 为政策时点变量，在2012年及之后的政策实施期取值为1，否则为0；核心解释变量IPG由这两个虚拟变量相乘而得，若城市 i 在 t 年或之后被认定为示范城市，则取值为1，否则为0。

“国家知识产权示范城市试点”是国家知识产权局为提升区域知识产权治理现代化水平而推行的一项关键政策。该试点旨在通过制度创新推动

治理能力与创新生态协同共进,并明确要求各试点城市建立起覆盖创造、运用、保护、管理及服务等全链条的知识产权工作体系。该试点政策能体现治理体系的制度创新效能。截至 2025 年 12 月,国家知识产权局已分 3 批选定 77 个试点区域(表 3)。

表 3　知识产权示范城市名单

年份	知识产权示范城市
2012	山东济南、山东青岛、山东东营、山东烟台、江苏南京、江苏南通、江苏镇江、江苏苏州、广东广州、广东深圳、福建福州、福建泉州、河南郑州、河南洛阳、浙江杭州、浙江温州、湖北武汉、四川成都、辽宁大连、陕西西安、湖南长沙、安徽芜湖、黑龙江哈尔滨
2013	江苏泰州、江苏常熟、江苏昆山、江苏无锡、山东潍坊、山东淄博、浙江嘉兴、浙江宁波、浙江湖州、广东东莞、福建厦门、吉林长春、湖南株洲、安徽合肥、河南南阳、新疆昌吉、河南新乡、贵州贵阳
2015	广东佛山、广东中山、江苏常州、江苏江阴、江苏丹阳、江苏张家港、河南安阳、湖北宜昌、湖南湘潭、江西南昌、四川攀枝花、北京朝阳区
2016	四川德阳、四川绵阳、广东惠州、山东即墨、江苏海门、安徽宁国、浙江义乌、北京海淀区、上海闵行区、天津西青区、重庆两江新区
2018	广东汕头、江苏徐州、辽宁沈阳、河北石家庄、安徽马鞍山、重庆九龙坡区
2019	广东珠海、江苏盐城、浙江金华、云南昆明、广西南宁、天津滨海新区、上海浦东新区

2.2.5　中介变量

在知识重组测度方法上,借鉴 Verhoeven 等[38]的专利 IPC 小类分析范式,将专利 IPC 小类作为知识元素的基本分析单元,通过量化不同知识元素在同一专利中的共现频次构建知识组合的测度指标。在知识重组维度划分中,对企业第 t 年申请专利的知识组合进行回溯分析:将过去 5 年未出现,且属于新关联、新旧结合或既有知识新关联任一形式的组合,定义为重组创造(KRC)。将已有历史记录的组合定义为重组复用(KRR)。在此基础上,分别计算 KRC 与 KRR 在当年全部知识组合中的占比,以此构造相应的量化指标。

2.3　模型设计

为了检验开放式创新与产业关键核心技术突破的关系、知识产权治理的调节作用以及知识重组的中介效应,设定如下模型:

$$KCTB_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Open_{i,t} + \sum Controls_{i,t} + \sum Year + \sum Industry + \varepsilon_{i,t} \quad (11)$$

$$KCTB_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Open_{i,t} + \beta_2 Open_{i,t} \times IPG_{i,t} + \sum Controls_{i,t} + \sum Year + \sum Industry + \varepsilon_{i,t} \quad (12)$$

$$MD_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Open_{i,t} + \sum Controls_{i,t} + \sum Year + \sum Industry + \varepsilon_{i,t} \quad (13)$$

$$KCTB_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Open_{i,t} + MD_{i,t} + \sum Controls_{i,t} + \sum Industry + \varepsilon_{i,t} \quad (14)$$

式中:关键核心技术突破(KCTB)为被解释变量;开放式创新(Open)为核心解释变量;知识产权治理(IPG)为调节变量;MD 为中介变量;下标 i 和 t 分别为企业和年份;β 为回归系数,模型中还纳入一系列控制变量(Controls),并分别控制了年份固定效应(Year)和行业固定效应(Industry),以吸收不随时间变化的个体异质性和行业共性特征的影响;β_0 为常数项;$\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。为进一步保证估计的稳健性,在回归中采用聚类稳健标准误,以校正可能存在的异方差和观测值组内自相关等问题。

3　实证分析

3.1　描述性统计及相关性分析

主要变量描述性统计和相关性分析见表 4、表 5。根据表 5,开放式创新与关键核心技术突破呈显著正相关,初步验证了假设 H1。同时,变量间相关系数未超过 0.7,VIF(方差膨胀因子)均低于 3,表明模型不存在显著的多重共线性问题。

表 4　变量描述性统计

变量	均值	标准差	最小值	最大值
KCTB	1.579	1.396	0.000	7.694
OPEN	0.081	0.078	0.000	1.000
IPG	0.711	0.453	0.000	1.000
KRC	2.180	1.221	0.000	7.000
KRR	1.551	1.454	0.000	7.897
Age	8.130	7.099	0.000	31.000
Lev	0.360	0.179	0.019	1.074
ROA	0.059	0.073	−0.687	0.709
SOE	0.228	0.419	0.000	1.000
Top1	32.044	14.685	3.000	86.910

3.2　基准回归结果

表 6 展示了基准回归结果。从模型 1～模型 3 可见,无论是在仅引入控制变量,还是同时纳入控制变量与固定效应的设定下,开放式创新均与关键核心技术突破呈现出 1%统计水平上的显著正相关关系,模型 3 的结果表明开放式创新对关键核心技术突破具有显著正向影响($\beta=3.004$,$P<0.01$),假设 H1 成立。究其原因,在知识流入方面,企业积极通过与高校、科研机构开展产学研协作,获取自身

表 5　变量相关性分析结果

变量	KCTB	OPEN	IPG	KRC	KRR	Age	Lev	ROA	SOE	Top 1
KCTB	1									
OPEN	0.199***	1								
IPG	0.094***	0.148***	1							
KRC	0.639***	0.151***	0.076***	1						
KRR	0.657***	0.181***	0.122***	0.741***	1					
Age	0.360***	0.095***	−0.064***	0.215***	0.224***	1				
Lev	0.323***	0.045***	0.010	0.258***	0.272***	0.351***	1			
ROA	0.016	−0.037**	−0.023	−0.025	−0.002	−0.091***	−0.298***	1		
SOE	0.284***	0.003	−0.000	0.176***	0.153***	0.531***	0.178***	−0.010	1	
Top 1	−0.018	−0.165***	−0.051***	−0.012	−0.051***	−0.080***	0.009	0.117***	0.091***	1
VIF	—	1.11	1.03	2.34	2.35	1.66	1.33	1.13	1.44	1.06

注：*、**、***分别表示 $P<0.1$、$P<0.05$、$P<0.01$。

表 6　基准回归结果

变量	模型 1	模型 2	模型 3
	KCTB	KCTB	KCTB
OI	3.542*** (11.89)	3.073*** (11.30)	3.004*** (8.67)
控制变量	未控制	控制	控制
固定效应	未控制	未控制	控制
常数项	1.294*** (38.65)	0.070 (0.91)	0.074 (0.97)
样本数	3 435	3 435	3 435
R^2	0.040	0.228	0.280

注：*、**、***分别表示 $P<0.1$、$P<0.05$、$P<0.01$；括号内为 t 值。

表 7　调节效应回归结果

变量	模型 1	模型 2
	KCTB	KCTB
OPEN	3.004*** (8.67)	1.114* (1.94)
IPG		0.024 (0.35)
OPEN×IPG		2.125*** (3.14)
控制变量	控制	控制
年份和行业固定效应	控制	控制
常数项	0.074 (0.97)	0.096 (1.06)
样本数	3 435	3 435
R^2	0.280	0.284

注，*、**、***分别表示 $P<0.1$、$P<0.05$、$P<0.01$；括号内为 t 值。

表 8　中介效应检验结果

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5
	KCTB	KRC	KCTB	KRR	KCTB
OPEN	3.004*** (8.67)	0.009*** (4.72)	1.676*** (7.72)	0.009*** (4.44)	1.480*** (7.61)
KRC			0.643*** (38.37)		
KRR					0.541*** (40.92)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	0.074 (0.97)	0.074*** (16.26)	−0.761*** (−11.75)	0.432*** (5.60)	−0.118 (−1.96)**
样本数	3 435	3 435	3 435	3 435	3 435
R^2	0.280	0.080	0.541	0.250	0.546

注：*、**、***分别表示 $P<0.1$、$P<0.05$、$P<0.01$；括号内为 t 值。

所欠缺的互补性技术资源。知识溢出方面，企业通过开放式创新在专利许可等渠道实现创新成果价值变现。这种双元流动模式有效解决了创新资源约束的难题，从而促进了关键核心技术突破。

3.3　调节效应检验

知识产权治理的调节效应结果见表 7。表 7 中模型 2 展示了知识产权治理调节作用的检验结果。其中，开放式创新与知识产权治理的交互项系数（OPEN × IPG）在 1% 的水平上显著为正（$\beta=2.125$，$P<0.01$）。说明知识产权治理正向调节开放式创新对关键核心技术突破的影响，支持假设 H2。结果表明，完善的知识产权治理机制可有效降低开放式创新过程中的知识泄露风险、明晰创新成果归属、优化跨主体创新资源配置效率，进而强化开放式创新对关键核心技术突破的促进效应。

3.4　中介效应检验

基于中介效应分析框架，系统检验开放式创新影响企业关键核心技术突破的作用机制，表 8 中，模型 1 表明开放式创新对关键核心技术突破具有显著正向影响（$\beta=0.339$，$P<0.01$），在机制检验中，开放式创新通过提升企业知识重组创造能力（模型 2，$\beta=0.346$，$P<0.01$）促进关键核心技术突破（模型 3，$\beta=0.693$，$P<0.01$），假设 H3a 得到支持；同时通过增强企业知识重组复用能力（模型 4，$\beta=0.387$，$P<0.01$）间接促进关键核心技术突破（模型 5，$\beta=0.507$，$P<0.01$），假设 H3b 得到支持。开放式创新凭借多元知识交互网络，既通过吸纳异质性知识激活知识重组创造潜能，以全新技术组合攻克

关键核心技术难题,又借助丰富实践场景与成熟技术模块驱动知识重组复用,实现低成本技术迭代升级。二者共同构建起开放式创新推动关键核心技术从局部改良到整体突破的双路径机制。

3.5　内生性检验

3.5.1　工具变量法

为有效解决潜在的内生性问题,构建了工具变量回归模型(IV-2SLS),其具体实施过程如下:借鉴Zhou等[39]的研究,采用同年同行业其他企业开放式创新水平的均值(OtherOpen)作为工具变量,用于缓解潜在的内生性问题。该变量捕捉的是行业整体对开放式创新模式的接纳程度,能够反映外部环境对企业决策的压力或示范效应。同时,由于它本质上是同行业其他企业行为的统计均值,理论上不会直接影响本企业独有的关键核心技术突破进程,满足工具变量的排他性约束。表9中模型1和模型2分别为第1阶段与第2阶段回归结果。从相关性看,行业层面的开放式创新水平对企业自身开放式创新强度具有显著正向促进作用(β=0.481,P<0.01)。外生性方面,不可识别检验(LM=17.621,P<0.01)与弱工具变量检验(Wald F=17.760>16.38)结果均支持其有效性。第2阶段回归结果(β=25.949,P<0.01)进一步证实,在控制内生性后,开放式创新对关键核心技术突破的促进作用依然显著成立。

3.5.2　倾向性得分匹配法

由于企业是否采纳开放式创新受到内外部多重因素的影响,可能导致样本选择偏倚。为缓解由此产生的内生性问题,采用倾向得分匹配(propensity score matching,PSM)方法缓解样本选择偏差问题:①将企业依据是否实施开放式创新划分为实验组与对照组,并设置相应的二元处理变量;②基于协变量,运用Logit模型估计企业进入处理组的倾向得分;③分别采用近邻匹配、卡尺匹配与核匹配3种方式对样本进行配对,并对匹配后的样本重新进行回归分析。表9中模型3～模型5报告了匹配后的估计结果。结果显示,在有效控制内生性干扰后,开放式创新与关键核心技术突破之间存在稳健的因果关联。

表9　内生性检验结果

变量	两阶段最小二乘法		倾向性得分匹配法		
	第1阶段	第2阶段	一对一匹配	半径匹配	核匹配
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
OPEN		25.949***	3.071***	3.005***	3.004***
		(3.53)	(3.33)	(3.30)	(3.30)
OtherOpen	0.481***				
	(4.21)				
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	0.042***	−1.283**	0.140	0.067	0.074
	(4.63)	(−2.38)	(0.75)	(0.39)	(0.43)
样本数	3 435	3 435	1 887	3 434	3 435
R^2	0.323	0.318	0.285	0.279	0.279
Kleibergen-Paap rk LM Statistic	17.621*** [0.000]				
Kleibergen-Paap rk Wald F statistic	17.760 (16.38)				

注:*、**、***分别表示P<0.1、P<0.05、P<0.01;圆括号内为t值;方括号内为P值。

3.6　稳健性检验

进行以下相应的稳健性检验:①参考既有研究[40],采用企业关键核心技术专利在授权后3年内的被引次数加1取自然对数,作为核心被解释变量的替代指标(表10中模型1);②开放式创新的实施效果可能存在一定的延迟,为此,将关键核心技术突破滞后1年重新回归[32](表10中模型2);③替换样本,随机抽取70%的子样本进行回归检验(表10中模型3)。表10的各项稳健性检验结果均与前述结论一致,有效验证了假设的稳健性。

表10　稳健性检验结果

变量	模型1	模型2	模型3
	KCTB	KCTB	KCTB
OPEN	3.604***	2.981***	3.038***
	(9.27)	(7.90)	(5.88)
控制变量	控制	控制	控制
年份和行业固定效应	控制	控制	控制
常数项	0.663***	0.024	−0.043
	(6.28)	(0.27)	(−0.43)
样本数	3 435	2 921	2 099
R^2	0.350	0.274	0.292

注:*、**、***分别表示P<0.1、P<0.05、P<0.01;括号内为t值。

3.7　异质性检验

不同产权性质的企业其开放式创新战略制定、贯彻力度等会有所差异,对关键核心技术研发的影响也会随之不同,国有企业在政策资源获取、研发资金稳定性等方面具有先天优势,其创新活动往往与国家战略需求紧密结合,承担着更多关键核心技术攻关任务,而非国有企业则更多受市场需求牵引,在承担重大技术创新的风险抵御能力上相对受限。表11中呈现了基于企业产权性质的异质性分析结果。在国有企业样本中,开放式创新的回归系数为5.198,且该系数在1%的统计水平上显著。相

表 11　异质性检验结果

变量	模型 1	模型 2
	国有企业	非国有企业
	KCTB	KCTB
OPEN	5.198***	1.220***
	(13.53)	(3.02)
控制变量	控制	控制
年份和行业固定效应	控制	控制
常数项	−0.725**	0.382***
	(−3.39)	(4.62)
样本数	782	2 653
R^2	0.433	0.189
费舍尔组间差异系数检验	−4.106***	
	(0.000)	

注：*、**、***分别表示 $P<0.1$、$P<0.05$、$P<0.01$；括号内为 t 值。

比之下，非国有企业样本中该变量的回归系数值明显较低。从样本分布结构来看，非国有企业观测值数量多于国有企业。为检验不同产权性质企业间系数差异的统计显著性，进一步进行了费舍尔组合检验，结果显示组间系数差异的 P 值小于 0.01，表明国有与非国有企业在开放式创新影响效应上的差异达到了 1%水平的统计显著性。

4　研究结论及启示

4.1　研究结论

聚焦于 2014—2023 年中国 A 股高技术制造业上市公司，系统研究开放式创新对关键核心技术突破的影响效应。研究内容涵盖直接影响、调节作用、传导路径以及异质性表现。主要研究发现可总结为以下 3 个方面。

(1)开放式创新正向显著促进企业关键核心技术突破。研究发现企业通过开放式创新有利于企业内外部的知识流动和技术交流，整合更广泛的知识资源，进而实现关键核心技术突破。其中企业开放式创新对关键核心技术突破的促进效果在国有企业中尤为突出。

(2)知识产权治理积极调节开放式创新与关键核心技术突破的关系。研究证实知识产权治理通过构建清晰的产权安排与有效的创新激励机制，为开放式创新提供了稳定的制度预期与法治保障，降低了知识溢出过程中的侵权风险与协作成本，从而强化了企业对外部知识资源的运用效率。

(3)开放式创新赋予企业知识重组创造复用效应。前者通过整合异质性知识激发突破性创新，直接推动关键核心技术突破。后者凭借成熟技术模块的快速适配实现渐进式改良，有效降低创新成本与风险。两种效应协同互补，构建起从技术优化到重大突破的完整创新链条。

4.2　实践启示

(1)完善开放式创新制度体系，构建多层次协作网络。在平台建设层面，需加大对国家级与区域级开放式创新平台的投入，系统整合高校、科研机构及企业的科研数据等关键资源，推动创新要素的有序流动与高效配置。在政策引导与激励层面，应设立专项引导资金，对积极开展合作研发、技术许可等开放式创新活动的企业给予税收减免与补贴，降低其协同创新成本与风险。通过平台构建与激励政策双向发力，形成支撑开放式创新的制度保障与网络基础，为关键核心技术突破提供持续动能。

(2)建立与开放式创新相匹配的知识产权治理体系。为推动创新资源高效配置与成果转化，政府应着力构建系统化、前瞻性的知识产权制度环境。首要任务是构建清晰的知识产权权属界定机制。针对开放式创新中多主体协同研发的特点，需明确关键核心技术研发各阶段的知识产权归属与使用边界，通过制定标准化合同范本和权益分配指南，有效避免因权属模糊而产生的协作壁垒。除此之外，亟须完善知识产权市场化运营体系。应简化技术许可流程，降低交易成本，特别是在芯片、高端装备等关键领域，推动建立行业性知识产权池与标准必要专利许可机制，促进创新成果在开放协同网络中的高效流转与合理配置，最终形成有利于开放式创新发展的制度环境。

(3)系统性培育知识动态整合能力。企业需将知识动态整合能力建设提升至战略高度。在知识吸收层面，企业应建立专职团队或机制，负责对市场动态及竞争格局进行分析，并配套建立常态化的知识转化机制，确保外部新知识能够被有效识别并融入现有的知识体系。与此同时，企业应当着力强化知识重组能力，通过构建跨职能的协作平台，鼓励不同背景的员工组成团队，运用系统性创新方法，对内部积累与外部获取的知识进行创造性重构与融合，最终赋能关键核心技术的突破。

参考文献

[1] BABINA T, FEDYK A, HE A, et al. Artificial intelligence, firm growth, and product innovation[J]. Journal of Financial Economics, 2024, 151: 10-37.

[2] 余江，陈凤，张越，等. 铸造强国重器：关键核心技术突破的规律探索与体系构建[J]. 中国科学院院刊，2019，34(3)：339-343.

[3] CHESBROUGH H, BOGERS M. Explicating open innovation: clarifying an emerging paradigm for understanding

innovation[J]. New Frontiers in Open Innovation, 2014, 2: 53-62.
[4] 万骁乐, 李茜茜, 杜元伟. “技术-融资”双元驱动下海洋牧场多主体价值共创机制研究[J]. 中国软科学, 2022(4): 115-128.
[5] 苏平, 黄丹. 开放式创新、专利保护与创新绩效[J]. 财会月刊, 2024, 45(5): 37-42.
[6] 张玉臣, 谭礼. 关键核心技术的概念界定、特征辨析及突破路径[J]. 中国科技论坛, 2023(2): 20-29.
[7] 孙磊华, 梁正, 张亚东. 关键核心技术突破:框架构建、特征分析与策略建议[J]. 科学管理研究, 2025, 43(3): 23-30.
[8] 胡旭博, 原长弘. 关键核心技术: 概念、特征与突破因素[J]. 科学学研究, 2022, 40(1): 4-11.
[9] 冯堃, 李显君, 熊昱, 等. 关键核心技术研究综述: 概念、结构、突破路径与机制[J]. 科研管理, 2023, 44(12): 21-30.
[10] 冯熹宇, 王菌丽, 徐娜. 绿色创新网络嵌入、资源获取与企业绿色创新质量[J]. 中国软科学, 2023(11): 175-188.
[11] 储节旺, 安怡然, 李佳轩. 面向关键核心技术攻关的知识生态系统: 融合、演化、协同与冲击[J]. 情报学报, 2023, 42(3): 255-267.
[12] 陈钰芬, 陈劲. 开放度对企业技术创新绩效的影响[J]. 科学学研究, 2008(2): 419-426.
[13] 刘雪凤. 多元化主体视野下的知识产权治理[J]. 学海, 2010(5): 201-204.
[14] 史青春, 徐慧. 开放式创新提升企业绩效的中介路径探讨: 基于沪深 A 股上市公司统计数据的实证分析[J]. 中央财经大学学报, 2022(9): 118-128.
[15] 杨震宁, 赵红. 中国企业的开放式创新: 制度环境、“竞合”关系与创新绩效[J]. 管理世界, 2020, 36(2): 139-160.
[16] 金珺, 陈赞, 李诗婧. 数字化开放式创新对企业创新绩效的影响研究: 以知识场活性为中介[J]. 研究与发展管理, 2020(6): 39-49.
[17] 石俊, 宋洋洋, 邱子亿. 开放式创新对文化和科技融合示范基地创新绩效的影响: 政府激励的调节作用[J]. 科技管理研究, 2022(11): 29-38.
[18] NIETO M J, SANTAMARíA L. The importance of diverse collaborative networks for the novelty of product innovation[J]. Technovation, 2007, 67: 367-377.
[19] FORSYTH M. Intellectual property protection and development: the case of sustainable sea transport in Pacific Island countries[J]. Development Policy Review, 2018, 36(1): 69-86.
[20] POCOCK C. Information environmentalism: a governance framework for intellectual property rights[J]. Queen Mary Journal of Intellectual Property, 2016, 6(1): 129-130.
[21] WINSKEL M. Governing technology by intellectual property rights[J]. Science and Public Policy, 2007, 34(6): 450-452.
[22] 苏平, 黄丹. 开放式创新、专利保护与创新绩效[J]. 财会月刊, 2024, 45(5): 37-42.
[23] HENTTONEN K, HURMELINNA-LAUKKANEN P, RITALA P. Managing the appropriability of R&D collaboration[J]. R&D Management, 2016(S1): 145-158.
[24] 郭颖, 王瑾, 席笑文, 等. 互联网与开放式创新环境下知识产权管理要素探析: 基于海尔、小米、特斯拉的跨案例研究[J]. 电子科技大学学报(社会科学版), 2019, 21(3): 31-37.
[25] SCHUMPETER J A. Business cycles[M]. New York: McGraw-Hill Book Company, 1939.
[26] LUO Z, CALLAERT J, ZENG D, et al. Knowledge recombination, environmental turbulence and firms' innovation quality: the evidence from Chinese pharmaceutical industry[J]. European Journal of Innovation Management, 2024, 27(1): 69-95.
[27] 余良如, 于渤. 知识重组对高技术企业创新绩效的影响机制研究[J]. 研究与发展管理, 2024, 36(3): 70-83.
[28] 李健, 余悦. 合作网络结构洞, 知识网络凝聚性与探索式创新绩效: 基于我国汽车产业的实证研究[J]. 南开管理评论, 2018, 21(6): 121-130.
[29] 陈立勇, 张洁琼, 曾德明, 等. 知识重组、协作研发深度对企业技术标准制定的影响研究[J]. 管理学报, 2019, 16(4): 531-540.
[30] MARTYNOV A. Technological footprint similarity and firm performance[J]. Strategic Organization, 2021, 19(2): 237-262.
[31] 龚红, 丁梦梦, 胡思源. “求同”还是“存异”? 技术足迹相似度、环境动态性与企业关键核心技术创新[J]. 南开管理评论, 2025, 28(4): 86-97.
[32] 安琪, 冯启良, 方炜. 合作网络双重嵌入与企业关键核心技术突破[J]. 科学学研究, 2024, 43(2): 394-405.
[33] ZHANG Z H, GAO Z Y, TAN R H, et al. A mindset intending to break through “bottleneck” technologies: a design based on TRIZ[J]. Science Research Management, 2022, 43(12): 54-68.
[34] 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, 41(1): 56-65.
[35] 王钰莹, 原长弘. 产学研融合管理策略与关键核心技术突破[J]. 科学学研究, 2023, 41(11): 27-37.
[36] WEST J, VANHAVERBEKE W, CHESBROUGH H. Open innovation: a research agenda. open innovation: researching a new paradigm[J]. Oxford: Oxford University Press, 2003: 1259-1259.
[37] 荆浩, 汪释易, 曲贵民. 开放式创新对“专精特新”企业创新绩效的影响[J]. 科技管理研究, 2025, 45(5): 11-20.
[38] VERHOEVEN D, BAKKER J, VEUGELERS R. Measuring technological novelty with patent-based indicators[J]. Research Policy, 2016, 45(3): 707-723.

[39] ZHOU Y, XU J, LIU Z, et al. Digital transformation and innovation strategy selection: the contingent impact of organizational and environmental factors[J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 2024, 71: 44-63.

[40] SUN L H, HE H Y, CHANG X H, et al. The influence of the military-civilian deep collaboration in enterprises' breakthrough of key and core technologies[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2022, 39(23): 128-139.

Impact of Open Innovation on Breakthroughs in Critical Core Technologies: Empirical Evidence from High-tech Manufacturing

HUANG Rong, QI Yong

(School of Intellectual Property, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: Enhancing open innovation capability serves as a critical pathway for breaking through key core technological bottlenecks in industries. Based on panel data from A-share listed companies in China's high-tech manufacturing sector between 2014 and 2023, the impact of open innovation on key core technology breakthroughs was examined, with intellectual property governance incorporated as a moderating variable. The findings reveal that open innovation significantly promotes key core technology breakthroughs. Open innovation drives technological progress through dual pathways: knowledge recombination creation and knowledge recombination reuse. Moreover, intellectual property governance exerts a positive moderating effect on this relationship. Heterogeneity analysis indicates that the promoting effect is more pronounced in state-owned enterprises. These conclusions can provide valuable insights for high-tech manufacturing firms to optimize innovation strategies and enhance technological competitiveness.

Keywords: open innovation; intellectual property governance; breakthrough in critical core technologies; high-tech manufacturing; knowledge recombination