

数智化应用对制造企业关键核心技术创新的影响研究

陈俊龙^{1,2}, 孙小敏^{1,2}, 林可琪³

(1. 东北大学工商管理学院, 辽宁 沈阳 110169;

2. 东北大学秦皇岛分校经济学院, 河北 秦皇岛 066004;

3. 中山大学岭南学院, 广东 广州 510275)

摘要: 本文以 2010—2023 年沪深 A 股制造业上市公司为研究对象, 探究数智化应用对企业关键核心技术创新的影响。研究发现, 数智化应用能够促进企业关键核心技术创新, 这种影响通过优化人力资本结构、增强知识吸收能力以及提高基础研究合作实现, 且受到供应链效率的正向调节与融资约束和市场竞争水平的负向调节。数智化应用对关键核心技术创新的促进作用在区域、行业技术属性与管制属性以及企业所有制与规模方面存在异质性。研究结果为推动企业数智化发展与关键核心技术创新提供了理论支持和经验证据。

关键词: 制造企业; 数智化应用; 关键核心技术创新

中图分类号: F425 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-0566(2026)02-0149-12

Research on the impact of digital intelligence application on the key core technology innovation of manufacturing enterprises

CHEN Junlong^{1,2}, SUN Xiaomin^{1,2}, LIN Keying³

(1. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110169, China;

2. School of Economics, Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004, China;

3. Lingnan College, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: This paper takes A-share manufacturing enterprises in Shanghai and Shenzhen from 2010 to 2023 as the research sample, and explores the impact of digital intelligence application on the key core technology innovation. The study finds that the digital intelligence application significantly promotes enterprises' key core technology innovation, which is realized by optimizing the structure of human capital, enhancing knowledge absorption capacity, and fostering collaboration in basic research. In the process through which digital intelligence application facilitates key core technology innovation, supply chain efficiency has positive moderating effects, and financing constraints and market competition intensity have negative moderating effects. The promoting effect of digital intelligence application exhibits heterogeneity across regions, industry technological attributes and regulatory characteristics, as well as enterprise

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“领军企业牵头下创新联合体突破关键核心技术的机理、成效与治理研究”(72473015); 国家自然科学基金重大项目“突破性技术创新中企业竞合的机制与政策设计研究”(24&ZD081); 河北省自然科学基金面上项目“基于多主体动态博弈的河北省创新联合体突破关键核心技术的机理及政策设计研究”(G2024501006); 中央高校基本科研业务费人文社会科学繁荣项目(N2423046)。

作者简介: 陈俊龙(1984—), 男, 山东泰安人, 东北大学工商管理学院、秦皇岛分校经济学院教授、博士生导师, 经济学博士, 研究方向为产业组织理论与应用。通信作者: 陈俊龙。

ownership types and scales. The findings provide theoretical support and empirical evidence for advancing enterprises' digital intelligence development and strengthening key core technology innovation.

Key words: manufacturing enterprise; digital intelligence application; key core technology innovation

关键核心技术是国之重器,对我国科技创新与产业升级具有关键引领作用,是实现高水平科技自立自强的重要保障。近年来,在全球科技竞争加剧与外部技术封锁不断强化的背景下,我国制造业在高端芯片、工业软件等关键领域仍遭受明显制约,技术体系的安全性和完整性面临严峻挑战。党的二十届四中全会提出,要加强原始创新和关键核心技术攻关,推动科技创新和产业创新深度融合。特别是在“十五五”这一关键时期,加快制造业突破关键核心技术难题,不仅关乎产业链供应链的安全稳定,更是推动新型工业化、建设现代化产业体系战略支撑。

新一轮科技革命正在推动企业生产模式发生根本性变革,数智化作为数字化基础上的智能化跃升,为制造企业关键技术创新带来了新思路。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》指出,要推动技术改造升级,促进制造业数智化转型。数智化技术应用能够重塑企业信息获取方式,推动知识要素的快速流动、深度挖掘与智能组合,对企业破解高复杂度、高不确定性的关键核心技术具有重要作用。然而,相较于数字化、智能化与一般技术创新的研究,关于数智化如何作用于关键技术创新仍缺乏系统探讨。因此,本文以 2010—2023 年沪深 A 股制造业上市公司为研究对象,系统考察数智化应用对企业关键技术创新的影响及其作用机制,这对于引领制造企业数智化纵深发展以及推进关键技术创新具有一定理论价值与现实意义。

本文可能的边际贡献如下:第一,将数字化与智能化相结合,构建了数智化应用水平关键词库,从数智化应用视角探讨其对企业关键技术创新的影响,弥补了现有研究从单一数字化或智能化视角进行研究的不足;第二,基于数智化效应以及创新能力形成机制,从优化人力资本结构、增强知识吸收能力以及提高基础研究合作 3 个方

面,揭示了企业数智化应用促进关键技术创新的内在机制,为企业推进关键技术创新提供了微观理论依据;第三,系统考察了数智化应用在不同条件下对企业关键技术创新的差异化影响,分析了融资约束、供应链效率和市场水平调节机制,从区域发展、行业属性以及企业特征三方面揭示了其作用效果的异质性,为差异化政策设计与管理实践提供了参考。

一、文献综述

(一) 数智化

1. 数智化的内涵

随着数字化与智能化的快速发展,企业逐步迈向以数据驱动与智能赋能为特征的新阶段,数智化的概念应运而生。数智化并非数字化与智能化的简单叠加,而是二者的有机融合与系统升级^[1],是在数字化基础上综合应用机器学习、人工智能等智能技术的融合体^[2]。数字化强调业务流程的数据采集与系统整合,构成了数智化的数据基础与技术支撑。智能化则是在数字化基础上,借助机器学习、智能算法等智能技术对数据进行深度挖掘与智能决策。因此,数智化可视为在数据资产有效整合的基础上,实现数据智能分析与赋能的新型技术体系,是数字化与智能化的升级与再配置^[3]。

从企业实践来看,数字化与智能化二者相辅相成,共同构成企业数智化升级的核心路径。结合已有研究与实践经验,本文认为,数智化是企业借助大数据、人工智能等技术,以数字技术应用为基础,以智能技术赋能为核心,通过对数据的采集挖掘与智能化处理,提升综合性技术应用水平,最终实现从数据积累到智能赋能的协同升级。

2. 数智化的效应

关于数智化效应的研究主要聚焦于企业和区域两个层面。在企业层面,已有研究认为数智化能够提高生产效率、优化资源配置,在提高企业经营绩效、促进技术创新等方面具有明显优势。例

如,Liu等^[4]认为企业数智能力提升对企业绩效有积极作用。杨浩昌等^[5]发现数智化有助于促进企业绿色创新提质扩量。在区域层面,数智化能够通过重塑区域创新生态与制度环境等方式影响企业发展。例如,任宇新等^[6]发现城市数智化发展能够促进企业提高新质生产力。张瑞琛等^[7]提出城市数智化转型可以提升企业的人力资本水平、吸收能力以及城市的创新活力。然而,也有学者认为数智化可能带来新的治理挑战。刘凌冰等^[8]发现数智化程度与企业通过正式渠道披露量化预算目标信息的可能性呈负相关,这会影响投资者的长期投资决策。总体来看,数智化的效应具有多元性与复杂性,急需在更细分的情境与机制层面展开深入探讨。

(二)关键核心技术创新

1. 关键核心技术创新的内涵

关于关键核心技术,现有研究的共识在于,它不是一般意义上的单项技术或局部工艺,而是嵌入技术系统与产业链之中、对产品实现与产业运行有关键支撑作用的复杂技术体系,在一个系统与产业链中起重要作用^[9]。关键核心技术具有不可替代、不易掌握、难以超越的重要特征^[10]。同时,由于其直接关联产业链供应链稳定与国家公共安全,关键核心技术又具有显著的社会属性与国家公共安全属性^[11]。

关键核心技术创新则是以关键核心技术为对象,它不同于一般的技术创新活动,其创新过程往往伴随长周期、高投入和高不确定性,对产业转型升级、经济发展以及国家安全等方面具有战略性影响^[12]。因此,本文认为,企业关键核心技术创新是企业围绕关键核心技术环节,针对自身尚未掌握或存在外部技术约束的核心技术体系,通过长周期、高强度的研发,实现该类技术的自主掌握与可控能力提升。

2. 关键核心技术创新的影响因素

已有研究从宏观、中观和微观不同视角探究了影响企业关键核心技术创新的因素。在宏观层面,Wu等^[13]和郑世林等^[14]的研究表明,政府政策、数字基础设施水平和国家战略科技力量对企

业关键核心技术创新具有重要影响。在中观层面,张羽飞等^[15]以中国中车和华为公司为典型案例,发现产学研融合突破机制能够赋能关键核心技术创新。在微观层面,影响关键核心技术创新的因素主要涵盖企业的资源禀赋、技术吸收能力以及合作知识网络等方面。例如,李杏等^[16]提出数据要素能够促进企业关键核心技术创新。Fan等^[17]认为合作的广度和深度会对关键核心技术创新产生影响。还有学者指出,关键核心技术创新与一般技术不同,它是个复杂现象,企业资源、行业特征和制度环境均会对企业的关键核心技术创新产生影响^[18]。

(三)数智化应用与关键核心技术创新

对于数智化应用与关键核心技术创新的关系,现有研究大多从单一数字化或智能化视角探讨。从数字化角度来看,Cenamor等^[19]认为数字化能够通过改善经营方式、提高经营效率、优化劳动力素质等方式促进企业技术研发。杨震宇等^[20]探究了数字创新网络如何助力中国企业实现关键核心技术的赶超。从智能化视角来看,刘志迎等^[21]提出人工智能应用能显著促进制造企业关键核心技术突破。少部分学者将数字化与智能化相结合展开研究,如吴福象等^[12]探讨了数智化投资对制造企业关键核心技术突破的影响。

已有研究围绕数智化、关键核心技术创新以及二者之间的关系展开了较为丰富的探讨,但目前来看,数智化作为数字化与智能化的有机融合,聚焦数智化自身如何影响关键核心技术创新的研究仍显不足,关于数智化应用水平的测度以及其中的内在作用机制仍有待深入探索。本文进一步探讨如何更好地刻画企业数智化应用水平,数智化应用通过哪些渠道影响关键核心技术创新及其影响因素,以更全面地揭示数智化应用对关键核心技术创新的影响以及内在逻辑。

二、理论分析与研究假设

(一)数智化应用对制造企业关键核心技术创新的影响

数智化应用为企业实现关键核心技术创新提供了重要赋能路径。一方面,数智化应用提升了

创新过程的可控性与决策科学性。通过大数据分析 with 智能算法等技术,企业能够对研发设计、试验测试、工艺优化等环节进行实时数据采集,实现动态监测,这显著提高了研发活动的透明度和可预测性,让企业能够识别技术瓶颈,评估路线风险。这为管理者提供了基于数据的决策支持,使其能够优化创新策略,降低创新失败概率,从而保障长期技术攻坚的稳定性。另一方面,数智化应用驱动数据要素转化为创新效能。企业借助数智化不仅能够更高效地收集数据,还能够充分利用并解析数据,从数据中洞察潜在技术缺陷与新兴需求,将数据要素转化为数字知识,引导研发方向,催生突破性解决方案,对提高企业创新效率具有重要意义^[22-23]。此外,随着数智化水平的提高,企业能够更高效地连接高校、科研院所以及产业链上下游的创新资源,形成紧密联动的产学研攻关共同体,从而构建起更加适应复杂技术攻坚的创新环境^[4]。综上,本文提出如下假设。

假设 H1:数智化应用能够促进制造企业关键核心技术创新。

(二)数智化应用影响制造企业关键核心技术创新的中介效应

人才优势、知识吸收能力和基础研究合作不仅是推动关键核心技术创新的关键要素,也是构成数智化应用影响关键核心技术创新的 3 条核心作用机制。

首先,数智化应用能够优化企业人力资本结构,进而促进关键核心技术创新。数智化应用对员工的专业知识和技能水平提出了更高要求,促使企业通过引进和培养技术人员来匹配更高复杂度的技术任务,进而优化人力资本结构^[24]。高技能劳动力具备更强的复杂问题解决能力、跨领域知识整合能力和创新思维,这能够促进新技术的研发与应用,加速关键核心技术的迭代升级^[25]。同时,技术人员占比提高有助于企业形成稳定的研发团队和持续的知识积累,让企业能够在长周期、高不确定性的研发过程中保持技术探索的连续性,从而提升企业实现关键核心技术创新的可能性。

其次,数智化应用能够提升企业知识吸收能力,进而促进关键核心技术创新。知识吸收能力是企业将外部知识转化为内部知识的能力^[26],企业在获取外部知识之后,关键在于能否通过有效的组织学习,将外部知识转化为可支撑技术创新的内部能力。数智化技术能够提升企业信息处理水平,提高知识流动效率,让企业能够以更快的速度实现外部知识的内化,不断拓展知识库的广度和深度^[27]。知识吸收能力越强的企业,越能够将复杂技术要素融合到创新过程中,为关键核心技术创新提供更多潜在的复杂性和隐性知识。企业在面对复杂创新问题时更可能形成深层认知,构建新的技术范式,从而有助于企业提高支撑关键核心技术突破的内生能力^[28]。

最后,数智化应用能够提高基础研究合作,从而促进关键核心技术创新。基础研究合作是企业获取前沿科学知识和培育原始创新能力的重要途径^[29],但其往往面临知识壁垒高、合作成本大和成果不确定性强等约束。企业数智化应用通过在数字化基础上实现智能分析,能够更加精准识别合作对象和研究方向,从而有效降低企业与高校、科研院所等主体之间的信息不对称和沟通成本。同时,数智化应用有助于构建开放共享的科研环境和协同研发平台,强化知识溢出效应,增强企业与学术机构之间的合作稳定性和成果产出效率,这有助于促进基础研究合作。基础研究合作对企业关键核心技术创新具有重要推动作用。一方面,基础研究合作能够扩充企业知识源头供给,拓展技术创新的知识边界^[30];另一方面,作为产业需求与科研探索的深度对接,其研究成果能够通过知识创造和市场化收益嵌入创新链条^[31],催化交叉创新,从而促进企业关键核心技术突破。综上,本文提出如下假设。

假设 H2:数智化应用通过优化人力资本结构、增强知识吸收能力以及提高基础研究合作,从而促进制造企业关键核心技术创新。

(三)数智化应用对制造企业关键核心技术创新的调节效应

1. 融资约束的调节作用

数智化应用与关键核心技术创新均意味着企

业向价值链中高端环节攀升,其过程往往伴随明显的资金需求与较高的资本沉淀。在这一过程中,外部融资条件通过影响企业可支配资金规模和资金使用灵活性,进一步影响数智化应用能否有效赋能关键核心技术创新过程^[21]。当融资约束较低时,企业能够以较低成本、较高效率获得必要的外部资金支持,这有助于缓解资金压力,使企业更有能力将数智技术应用于高投入、长周期且具有较高不确定性的关键核心技术创新过程。然而,当企业面临较高融资约束时,企业可能更倾向于将有限资源投向回报周期短、风险较低的项目,因此可能削弱企业进行关键核心技术创新的意愿,进而弱化数智化应用的促进作用。

2. 供应链效率的调节作用

供应链效率反映了在满足客户需求的前提下,企业以最低的成本和最快的速度完成产品或服务交付的能力,直接关系到以数据为核心的新型要素的流通质量与配置效率。一方面,供应链效率高表明企业对市场需求响应迅速,能将成果更高效地转化为收益,为企业技术研发提供现金流支持。另一方面,高效供应链通过强化企业与供应商及其他节点企业之间的协同,有利于形成跨组织的知识交流与技术合作网络。此外,供应链效率的提升能够在一定程度上降低企业研发活动的机会成本,改善企业进行复杂创新活动的外部环境与资源基础,促进企业将资金合理配置于关键核心技术研发领域^[32]。因此,提升供应链效率能够强化数智化应用对关键核心技术创新的促进效应。

3. 市场竞争的调节作用

较高的市场竞争可能会压缩企业盈利空间,增加企业的竞争成本,导致企业面临更大的生存压力,从而倾向于选择保守策略,降低研发投入^[33]。关键核心技术创新需要企业具备充足的资金、人才与技术储备,相较于高度竞争的市场环境,在竞争程度较低的市场中,企业能够凭借规模优势与市场支配力分散创新风险,延长投资回收期,从而增强其将数智化应用转化为关键核心技术创新成果的动力与能力。因此,市场竞争程度是影响数智化应用对企业关键核心技术创新作用

的重要外部环境变量,随着市场竞争程度降低,数智化应用对企业关键核心技术创新的促进作用也更容易发挥。综上,本文提出如下假设。

假设 H3a:融资约束负向调节数智化应用对制造企业关键核心技术创新的影响。

假设 H3b:供应链效率正向调节数智化应用对制造企业关键核心技术创新的影响。

假设 H3c:市场竞争负向调节数智化应用对制造企业关键核心技术创新的影响。

三、研究设计

(一) 样本选择与数据来源

本文以 2010—2023 年沪深 A 股制造业上市公司为样本。2010 年,我国出台《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》指出,战略性新兴产业是引导未来经济社会发展的重点力量。在后续整个“十二五”乃至更长时间内,一系列有关人工智能、数字经济等的支持性政策密集出台,我国数字基础设施和信息化建设开始迈入规模化发展阶段,这为本文的探究提供了理想的政策起点和现实基础,因此以 2010 年作为研究起始点。此外,本文对数据做了如下处理:剔除面临退市风险(ST、*ST、PT 企业)以及数据缺失严重的样本;对存在异常值的连续变量进行两端 1% 的缩尾处理;剔除只有一个观测值的企业。最终得到 9 717 个研究样本。其中,数智化应用数据通过对巨潮资讯网下载的企业年报进行文本分析获得,专利数据来源于中国研究数据服务平台,其余数据主要来源于国泰安数据库。

(二) 指标选取与变量说明

1. 被解释变量

关键核心技术创新(KCT)。参考聂力兵等^[34]和陈俊龙等^[35]的研究,基于专利申请数据,采用多维度的综合指标体系进行测度与识别,具体操作如下:①借鉴聂力兵等^[34]的研究,从基础性、体系性、竞争性 3 个维度构建关键核心技术的指标测度模型,并识别出科学关联性、技术累积度、社会价值、合作范围、技术覆盖范围 5 个测度指标;②运用熵权法计算指标权重,并计算出每项发明专利的核心测度指数,以此衡量专利质量。借鉴陈

俊龙等^[35]和 Higham 等^[36]的做法,将专利质量排在前 10% 的发明专利识别为高质量的关键核心技术;③将关键核心技术的核心测度指数按年份加总到企业层面,并进行对数化处理,以此衡量关键核心技术创新。此外,本文借鉴郑世林等^[14]的研究,根据《产业基础创新发展目录(2021 年版)》,按照其中列明的 21 个关键核心技术领域的 1 047 项技术,将其关键词与国际专利分类(IPC)五级代码的专利描述进行匹配,从而统计企业关键核心技术领域的专利申请数量,并做对数化处理,以此作为替代指标进行稳健性检验。

2. 核心解释变量

数智化应用(DAI)。数智化是数字化与智能化的有机融合,二者均起到了至关重要的作用^[3,12]。因此,刻画数智化应用水平有必要同时考虑数字技术运用与智能技术应用两个维度。数智化作为企业运营模式变革的战略选择,其成效很大程度上体现在公司年报中,因而基于企业年

报相关关键词的词频来构建测度指标具有较强的科学性^[2]。基于上述理论与方法依据,本文借助企业年报,通过文本分析法测度企业数智化应用水平。借鉴吴非等^[37]的研究来构建数字化词库,借鉴姚加权等^[38]的研究来构建智能化词库,并以等权的方式将二者纳入统计。在此基础上,经过同义词扩展与人工校对,最终形成包含 143 个关键词的词库,具体见表 1。

本文借助 python 爬虫技术获取 2010—2023 年沪深 A 股制造业上市公司年报,在剔除董事长致辞等非运营类文本后,检索关键词并统计词频。以词频占年报总词数的比重作为标准化指标,并借鉴刘志迎等^[21]的做法,将该比重乘以 100,得出数智化应用水平的代理变量。为评估测度结果是否受特定词库的影响,本文借鉴刘凌冰等^[8]的研究,重新采用其构建的词库来统计企业年报中的关键词词频,以此作为数智化应用的替代指标进行稳健性检验。

表 1 数智化应用关键词

指标	类别	关键词
数智化应用水平	数字技术运用	移动互联网、智能营销、移动互联、自动生产、互联网医疗、自动化、电子商务、移动支付、第三方支付、互联网金融、NFC 支付、Fintech、智能能源、B2B、B2C、自动监测、O2O、线上线下、自动化系统、线上和线下、网联、智慧农业、自动检测、智慧交通、智慧医疗、信息网络、智能电网、自动控制、网络营销、信息集成、量化金融、开放银行、工业信息、工业通信、未来工厂、远程、网络销售、数字化转型、数字经济、3D 打印、自动化立体仓库、物联网生态、Internet、互联网、互联网+、5G、互联网移动、互联网平台、互联网模式、数字控制、无人零售、数控、网络化、电商、数智化、线上到线下、信息共享、金融科技、信息管理、信息软件、数字金融、信息系统、信息中心、工业互联网、信息化、自动监控、智能穿戴、C2B、C2C、智慧文旅
	智能技术应用	人工智能、智能环保、计算机视觉、图像识别、知识图谱、智能教育、增强现实、智能政务、特征提取、声纹识别、商业智能、智能养老、大数据平台、支持向量机(SVM)、人脸识别、知识表示、大数据风控、强化学习、模式识别、机器人流程自动化、物联网、循环神经网络、人机对话、语音合成、AI 产品、分布式计算、人机交互、数据挖掘、智慧银行、智能客服、虚拟现实、自动驾驶、无人驾驶、语音识别、智慧金融、大数据营销、长短期记忆(LSTM)、智能芯片、边缘计算、云计算、深度神经网络、AI 芯片、深度学习、特征识别、智能保险、智能计算、大数据处理、智能零售、智能医疗、智能运输、语音交互、智能家居、可穿戴产品、增强智能、大数据运营、机器翻译、神经网络、人机协同、生物识别、智能农业、智能音箱、卷积神经网络、问答系统、大数据分析、自然语言处理、大数据管理、机器学习、智能监管、智能投顾、智能语音、智能体、智能传感器、智能搜索

3. 中介变量

借鉴沈坤荣等^[24]的做法,以企业技术人员占比来衡量人力资本结构(HC)。

参考孙慧等^[28]的研究,知识吸收能力(AC)用企业研发投入量来刻画。

基础研究合作(RC)采用企业与高校或科研院所合作发表论文的数量来衡量^[14]。

4. 调节变量

融资约束(KZ)选用 KZ 指数来衡量^[39]。KZ

指数综合了企业的现金流水平、投资机会、债务杠杆、股利支付政策以及现金持有量这 5 个方面的财务指标,能够反映企业融资的难易程度。KZ 指数越小,说明企业受到的融资约束越小。

供应链效率(Turnover)以库存周转率来表示^[32],通过营业成本除以存货平均占用额计算得到。库存周转率越高,存货变现速度越快,说明供应链效率越高。

市场竞争水平(Lerner)用行业勒纳指数来表

示^[40]。企业所处行业的勒纳指数越大,说明该行业的垄断程度越高,竞争程度越低。

5. 控制变量

参考已有研究,共选取 11 个控制变量:企业规模(*Size*)以总资产的对数来衡量;资产负债率(*LEV*)用总负债与总资产之比表示;总资产收益率(*ROA*)以净利润与总资产之比表示;企业成长性(*Growth*)用营业收入同比增长率作为替代指标;企业年龄(*Age*)用当年年份减去企业成立年份加 1 的对数表示;股权集中度(*Largest*)采用第一大股东持股比例衡量;独立董事占比(*Indep*)采用独立董事数量占董事会规模的比例表示;产权性质(*SOE*)区分是否为国有企业;董事会规模(*Board*)采用董事会董事数量加 1 的对数表示;托宾 Q 值(*TobinQ*)采用市值与总资产之比表示;境内审计事务所是否是国际四大(*Big4*)。

(三) 计量模型

1. 基准回归模型

设定如下基准回归模型以检验数智化应用对关键核心技术创新的影响。

$$KCT_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DAI_{it} + \alpha_2 Controls_{it} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式(1)中, KCT_{it} 表示*i*企业*t*年度的关键核心技术创新水平; DAI_{it} 表示*i*企业*t*年度的数智化应用水平; $Controls_{it}$ 为一系列控制变量; δ_i 为企业固定效应; μ_t 为年份固定效应; ε_{it} 为随机误差项。

2. 中介效应模型

中介效应检验模型为:

$$Mediator_{it} = \beta_0 + \beta_1 DAI_{it} + \beta_2 Controls_{it} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$KCT_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 DAI_{it} + \gamma_2 Mediator_{it} + \gamma_3 Controls_{it} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式(3)中, $Mediator_{it}$ 表示中介变量,包括人力资本结构(*HC*)、知识吸收能力(*AC*)和基础研究合作(*RC*),其他变量同上。

3. 调节效应模型

调节效应检验模型为:

$$KCT_{it} = \theta_0 + \theta_1 DAI_{it} + \theta_2 DAI_{it} \times Moderator_{it} + \theta_3 Moderator_{it} + \theta_4 Controls_{it} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式(4)中, $Moderator_{it}$ 表示调节变量,包括融资约束(*KZ*)、供应链效率(*Turnover*)和市场竞争水平(*Lerner*),其他变量同上。

(四) 描述性统计

表 2 报告了描述性统计结果,相关统计量均未出现明显异常,研究样本总体代表性较高。

表 2 描述性统计

变量名称	观测值	均值	中位数	标准差	最小值	最大值
<i>KCT</i>	9 717	-1.779 8	-1.994 3	1.248 0	-3.340 8	5.049 8
<i>DAI</i>	9 717	0.058 0	0.032 3	0.075 3	0.000 0	0.464 8
<i>Size</i>	9 717	22.654 7	22.482 6	1.272 6	19.242 6	27.637 6
<i>LEV</i>	9 717	0.424 6	0.423 6	0.185 1	0.063 2	0.852 0
<i>ROA</i>	9 717	0.045 0	0.042 2	0.069 1	-1.395 2	0.758 6
<i>Growth</i>	9 717	0.205 2	0.105 2	0.458 4	-0.607 8	2.537 1
<i>Age</i>	9 717	2.960 2	2.995 7	0.318 3	1.098 6	4.189 7
<i>Largest</i>	9 717	0.338 0	0.314 3	0.146 1	0.018 4	0.899 9
<i>Indep</i>	9 717	0.375 9	0.333 3	0.057 6	0.200 0	0.800 0
<i>SOE</i>	9 717	0.380 8	0.000 0	0.485 6	0.000 0	1.000 0
<i>Board</i>	9 717	2.251 8	2.302 6	0.173 2	1.609 4	2.944 4
<i>TobinQ</i>	9 717	2.036 0	1.617 3	1.388 5	0.681 2	22.557 4
<i>Big4</i>	9 717	0.077 7	0.000 0	0.267 7	0.000 0	1.000 0
<i>HC</i>	9 717	19.728 1	16.150 0	13.900 6	0.000 0	91.490 0
<i>AC</i>	9 717	4.080 0	1.226 4	9.024 6	0.000 0	62.663 2
<i>RC</i>	9 717	3.130 8	1.000 0	8.123 5	0.000 0	177.000 0
<i>KZ</i>	9 717	0.800 6	1.101 0	2.345 0	-11.459 1	8.721 9
<i>Turnover</i>	9 717	4.545 0	3.567 4	3.445 5	0.501 8	18.975 1
<i>Lerner</i>	9 717	0.121 2	0.116 7	0.064 5	-0.049 8	0.547 3

四、实证结果分析

(一) 基准回归

表 3 为基准回归结果。列(1)展示了包含核心解释变量的回归结果,列(2)纳入企业与年份固定效应,列(3)添加了控制变量,列(4)同时添加了控制变量以及企业与年份固定效应。结果表明,数智化应用的系数始终在 1% 水平上显著为正,说明数智化应用能够促进制造企业关键核心技术创新,支持假设 H1。

(二) 稳健性检验

1. 替换被解释变量

参考郑世林等^[14]的研究,将企业关键核心技术领域的专利申请数的对数值作为替代变量(*KCT_2*)进行稳健性检验。结果如表 4 列(1)所示,*DAI*的系数仍在 1% 水平上显著为正,说明结果稳健。

2. 替换解释变量

参考刘凌冰等^[8]的研究,采用其构建的关键词词库重新统计企业年报中的词频,形成数智化

应用替代指标(DAI_2)。根据表 4 列(2)的结果,替代变量 DAI_2 的系数仍在 1% 水平上显著为正。

表 3 基准回归

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	KCT	KCT	KCT	KCT
DAI	2.049 2 *** (11.403 4)	1.400 4 *** (4.391 8)	2.187 1 *** (13.819 8)	1.114 5 *** (3.600 0)
Size	—	—	0.429 5 *** (32.598 2)	0.332 8 *** (9.894 0)
Age	—	—	0.077 3 ** (2.043 1)	-0.102 7 (-0.582 6)
LEV	—	—	-0.483 8 *** (-6.394 7)	-0.228 3 * (-1.848 1)
ROA	—	—	0.289 4 (1.536 0)	0.145 7 (0.765 3)
Growth	—	—	0.132 5 *** (5.051 9)	0.032 2 (1.229 2)
Largest	—	—	-0.067 6 (-0.786 1)	0.026 1 (0.128 1)
SOE	—	—	0.025 1 (0.939 1)	-0.238 2 *** (-3.210 2)
Board	—	—	0.064 6 (0.759 1)	-0.128 2 (-0.960 7)
Indep	—	—	0.507 8 ** (2.189 8)	-0.296 8 (-0.906 0)
Big4	—	—	0.305 9 *** (5.676 2)	-0.054 0 (-0.484 5)
TobinQ	—	—	0.041 7 *** (4.858 2)	0.020 0 * (1.847 9)
常数项	-1.898 6 *** (-123.696 7)	-1.861 0 *** (-92.114 2)	-12.131 7 *** (-34.736 2)	-8.549 4 *** (-9.205 0)
年份固定效应	否	是	否	是
企业固定效应	否	是	否	是
N	9 717	9 717	9 717	9 717
R ²	0.015 3	0.657 5	0.208 2	0.663 8

注: *、**、*** 分别表示参数估计值在 10%、5% 和 1% 水平上显著; 括号内为 t 统计量。下同。

3. 剔除异常年份

考虑到 2020—2022 年, 新冠疫情对企业经营行为和创新能力带来明显影响, 本文剔除了在此期间的样本, 基于 2010—2019 年及 2023 年的数据进行重新估计。结果如表 4 列(3)所示, DAI 的系数在 5% 水平上显著为正, 结果仍稳健。

表 4 稳健性检验

变量	替换被解释变量	替换解释变量		增加固定效应	
	(1)KCT_2	(2)KCT	(3)KCT	(4)KCT	(5)KCT
DAI	1.056 7 *** (3.625 8)	—	0.827 5 ** (2.059 2)	1.081 6 *** (3.509 3)	1.099 0 *** (3.546 2)
DAI_2	—	0.001 5 *** (3.254 9)	—	—	—
常数项	-5.246 7 *** (-6.153 3)	-8.463 2 *** (-9.086 4)	-8.884 8 *** (-7.328 0)	-8.670 4 *** (-9.318 5)	-8.722 7 *** (-9.302 3)
控制变量	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是
行业固定效应	否	否	否	是	否
省份固定效应	否	否	否	否	是
N	9 717	9 717	6 046	9 715	9 717
R ²	0.676 2	0.663 7	0.667 2	0.666 4	0.664 6

4. 增加固定效应

本文进一步增加行业和省份层面的固定效应进行检验, 结果如表 4 列(4)和列(5)所示。DAI 的系数始终在 1% 水平上显著为正, 在采用了更加

严格的固定效应后, 结果依然稳健。

(三) 内生性检验

1. 工具变量法

企业强化关键核心技术创新可能也是提高数智化应用水平的驱动力, 为缓解这一潜在的逆向因果问题, 本文参考李雪松等^[41]的研究, 综合使用份额移动工具变量法以及 Lewbel (1997) 的思路构造企业数智化应用的工具变量(IV), 运用此方法构造的工具变量具有较强的外生性。在此基础上, 采用 2SLS 重新进行回归, 结果如表 5 列(1)和列(2)所示。Kleibergen-Paap rk 的 LM 统计量和 Wald F 统计量结果均通过了检验, 解释变量的系数在 5% 水平上显著为正, 证明结果稳健。

2. 倾向得分匹配法

由于可能存在样本自选择偏误问题, 本文采用倾向得分匹配法(PSM), 进一步检验数智化应用对企业关键核心技术创新的影响, 以缓解内生性问题。参考杨浩昌等^[5]的做法, 采用数智化应用水平均值作为划分标准, 将高于均值的样本设定为处理组, 低于均值的样本设定为对照组, 以控制变量作为协变量采用 1:1 最近邻匹配, 对匹配后的样本重新回归。结果如表 5 列(3)所示, 解释变量系数在 10% 水平上显著为正, 结果依然稳健。

表 5 内生性检验

变量	工具变量法		PSM
	(1)DAI	(2)KCT	(3)KCT
DAI	—	0.954 9 ** (2.282 9)	0.810 2 * (1.842 5)
IV	0.995 4 *** (1042.293 1)	—	—
控制变量	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
企业固定效应	是	是	是
N	6 065	6 065	3 805
R ²	—	0.020 5	0.718 7
Kleibergen-Paap rk LM	—	337.490	—
Kleibergen-Paap rk Wald F	—	1.1 × 10 ⁶	—

五、机制检验与异质性分析

(一) 中介效应检验

表 6 报告了中介效应检验结果。对于人力资本结构, 列(1)中数智化应用的系数在 1% 水平上显著为正, 表明数智化应用能够优化企业的人力资本技能结构, 列(2)人力资本结构的系数在 5%

水平上显著为正,由此说明数智化应用能够通过优化企业人力资本结构来促进关键核心技术创新。

对于知识吸收能力,根据列(3)和(4),企业数智化应用和知识吸收能力的系数均在1%水平上显著为正,说明知识吸收能力在数智化应用与关键核心技术创新的关系中发挥了中介作用。

对于基础研究合作,根据列(5)的结果,数智化应用对基础研究合作的回归系数在5%水平上显著为正,说明数智化提高了企业基础研究合作水平。根据列(6),基础研究合作的系数在1%水平上显著为正,说明企业数智化应用能够通过提高基础研究合作来促进企业关键核心技术创新。

以上结论证明了假设 H2,说明数智化应用能够通过优化人力资本结构、增强知识吸收能力以及提高基础研究合作来促进制造企业关键核心技术创新。

表 6 中介效应检验

变量	人力资本结构		知识吸收能力		基础研究合作	
	(1)HC	(2)KCT	(3)AC	(4)KCT	(5)RC	(6)KCT
DAI	8.404 0*** (2.842 8)	1.084 6*** (3.501 5)	10.392 0*** (4.852 2)	0.956 0*** (3.116 2)	3.202 3** (2.174 8)	1.084 9*** (3.507 9)
HC	—	0.003 6** (1.964 8)	—	—	—	—
AC	—	—	—	0.015 3*** (6.041 8)	—	—
RC	—	—	—	—	—	0.009 2*** (4.060 5)
常数项	9.043 4 (1.059 6)	-8.581 6*** (-9.241 7)	-63.825 1*** (-9.454 3)	-7.576 1*** (-8.073 9)	-7.441 4* (-1.773 3)	-8.480 7*** (-9.132 8)
控制变量	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
N	9 717	9 717	9 717	9 717	9 717	9 717
R ²	0.870 1	0.664 0	0.788 6	0.666 4	0.737 3	0.664 8

(二)调节效应检验

表7报告了调节效应检验结果。根据列(1),企业数智化应用与融资约束的交互项系数在10%水平上显著为负,说明融资约束发挥了负向调节作用。企业在获取外部资金时约束越大,数智化应用对关键核心技术创新的促进作用越弱,支持了假设 H3a。

根据列(2),数智化应用与供应链效率的交互项系数在10%水平上显著为正,表明供应链效率发挥了正向调节作用。供应链效率越高,数智化应用对关键核心技术创新的促进作用越强,假设

H3b 成立。

根据列(3),数智化应用与市场竞争水平指标勒纳指数的交互项系数在5%水平上显著为正。勒纳指数越大,说明该行业的垄断程度越高,竞争程度越低。换言之,数智化应用对关键核心技术创新的促进作用在市场竞争水平较低时更为显著,即市场竞争程度发挥负向调节作用,假设 H3c 成立。

表 7 调节效应检验

变量	融资约束	供应链效率	市场竞争水平
	(1)KCT	(2)KCT	(3)KCT
DAI	1.121 0*** (3.655 1)	1.252 8*** (3.950 4)	1.189 6*** (3.873 4)
KZ	0.015 9** (2.119 2)	—	—
DAI × KZ	-0.159 0* (-1.920 1)	—	—
Turnover	—	0.012 6* (1.788 3)	—
DAI × Turnover	—	0.164 9* (1.902 6)	—
Lerner	—	—	-1.429 4*** (-3.522 6)
DAI × Lerner	—	—	8.815 5** (2.165 6)
常数项	-8.535 4*** (-9.178 8)	-8.634 9*** (-9.279 3)	-8.403 0*** (-9.069 0)
控制变量	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
企业固定效应	是	是	是
N	9 717	9 717	9 717
R ²	0.664 2	0.664 1	0.664 6

(三)异质性分析

1. 区域异质性分析

根据企业地理位置,将样本划分为东部、中部、西部三组进行回归,结果如表8所示。数智化应用能够显著促进东部地区企业的关键核心技术创新,而在中西部地区这一效应并不明显。原因可能在于,东部地区以高技术制造业以及战略性新兴产业为主,经济发展水平较高,数字基础设施完善,科研机构、创新人才等要素高度集聚,从而提升数智化赋能关键核心技术创新的有效性。而中西部地区更多以资源型和传统制造业为主,技术基础相对薄弱,企业数智化可能更多用于生产管理优化而非深层技术研发,导致其对关键核心技术创新的推动作用有限。

表 8 区域异质性分析

变量	东部	中部	西部
	(1)KCT	(2)KCT	(3)KCT
DAI	1.295 5*** (3.657 4)	0.983 3 (1.163 5)	-0.526 2 (-0.542 1)
常数项	-9.109 1*** (-8.298 3)	-7.300 9*** (-3.402 4)	-6.777 3** (-2.151 7)
控制变量	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
企业固定效应	是	是	是
N	6 684	1 845	1 188
R ²	0.687 2	0.627 8	0.586 5

2. 行业异质性分析

(1)行业技术属性异质性分析。根据《高技术产业(制造业)分类标准 2017》,将样本划分为高技术行业与低技术行业。结果如表 9 列(1)和列(2)所示,数智化应用能够显著促进高技术行业的企业关键核心技术创新,而对低技术行业的企业影响不显著。原因可能在于,相较于低技术行业,高技术行业通常拥有更强的研发基础、人才储备和知识吸收能力,能更有效地利用数智化工具赋能复杂的研发过程,加速关键核心技术攻关,因此数智化应用对高技术行业的企业关键核心技术创新影响更显著。

表 9 行业异质性分析

变量	高技术行业	低技术行业	竞争性行业	管制性行业
	(1)KCT	(2)KCT	(3)KCT	(4)KCT
DAI	1.197 9*** (3.547 8)	0.544 6 (0.680 1)	1.206 6*** (3.750 7)	0.864 7 (0.688 4)
常数项	-9.576 5*** (-8.480 8)	-7.506 3*** (-4.457 9)	-9.412 1*** (-9.301 6)	-9.985 8*** (-4.321 2)
控制变量	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是
N	6 586	3 131	8 115	1 602
R ²	0.670 5	0.655 4	0.665 0	0.682 9

(2)行业管制属性异质性分析。根据证监会《上市公司行业分类指引》(2012 版),将研究样本划分为竞争性行业与管制性行业。根据表 9 列(3)和列(4),数智化应用对关键核心技术创新的促进效应主要体现在竞争性行业中,而在管制性行业中不显著。这可能是由于,管制性行业在资源配置与经营决策等方面受到较严格的监管,市场竞争机制作用有限,企业的创新活动更依赖于政策导向或行政要求,数智化应用对关键核心技术创新的激励作用相对较弱。而竞争性行业的市

场化程度较高,企业需要通过技术创新提高竞争优势和市场地位,因此数智化应用在竞争性行业中更容易转化为推动关键核心技术创新的力量。

3. 企业异质性分析

(1)所有制异质性分析。根据表 10 列(1)和列(2),数智化应用对国有企业与非国有企业的核心技术创新影响的估计系数分别为 2.033 7、1.003 6,均在 1%水平上显著为正,说明数智化应用对国有企业的促进效应更强。有研究表明,在关键核心技术创新方面,国有企业相较于非国有企业具有更大的优势^[42]。关键核心技术创新具有成本高、周期长以及不确定性大等特征,相较于非国有企业,国有企业在制度安排与政策扶持等方面具有明显优势,能够为关键核心技术创新提供更为稳定的资源供给。因此,数智化应用对国有企业关键核心技术创新的促进效果更为显著。

(2)规模异质性分析。根据已有研究做法,将总资产大于样本总资产中位数的企业划分为大规模企业,其余划分为中小企业。表 10 列(3)和列(4)的结果显示,数智化应用对大规模企业关键核心技术创新的影响系数在 1%水平上显著,但对中小企业的影 响不显著。其原因可能在于,大规模企业普遍具备较强的资本实力、市场竞争能力与基础研究能力,人才储备相对雄厚,能够在数智化条件下形成更完善的研发体系与组织协同,因而数智化应用对关键核心技术创新的促进效应更显著。

表 10 企业异质性分析

变量	国有企业	非国有企业	中小企业	大规模企业
	(1)KCT	(2)KCT	(3)KCT	(4)KCT
DAI	2.033 7*** (3.387 9)	1.003 6*** (2.732 3)	0.293 4 (0.650 7)	1.792 6*** (4.422 1)
常数项	-11.760 8*** (-7.799 6)	-8.550 1*** (-6.621 6)	-9.569 3*** (-5.796 2)	-7.362 4*** (-6.602 2)
控制变量	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是
N	3 700	6 017	3 864	5 853
R ²	0.679 3	0.654 3	0.565 7	0.666 4

六、结论与建议

本文以 2010—2023 年沪深 A 股制造业上市公司为研究对象,实证检验了数智化应用对企业关键核心技术创新的影响,主要结论有:第一,数

数智化应用对制造企业关键核心技术创新具有显著的促进作用;第二,数智化应用通过优化人力资本结构、增强知识吸收能力以及提高基础研究合作促进了关键核心技术创新;第三,在数智化应用促进关键核心技术创新的过程中,供应链效率发挥正向调节作用,而融资约束和市场竞争程度发挥负向调节作用;第四,数智化应用对企业关键核心技术创新存在异质性影响,对于东部地区、高技术行业、竞争性行业、国有企业以及大规模企业,数智化应用对关键核心技术创新的促进作用更为显著。

基于研究结论,本文提出如下对策建议。

(1)政府应持续完善数智化发展基础与制度环境。一是应强化对数智化发展的政策支持,合理利用支持性政策激励企业以数智化为抓手加强关键核心技术攻关。二是应进一步加强技能人才培养,完善校企合作平台建设,引导高校和科研院所等加强数智技术与产业需求的融合教育和合作研究。三是完善科技金融支持体系,加大对长周期、高风险研发活动的支持力度。推进重点行业供应链协同平台建设,提高产业链整体效能,形成有利于数智化在技术攻关中充分发挥作用的创新生态。四是应根据区域与行业特点采取差异化政策。在中西部地区进一步完善数智化基础设施建设,在高技术行业强化数智化研发与创新联动机制,并在竞争性行业强化知识产权保护与市场秩序治理,以提高数智化在不同情境下的创新效能。

(2)企业作为关键核心技术创新主体,应深化数智化发展与应用,提升技术创新能力。一是企业应充分认识到数智化应用的战略价值,围绕研发流程关键环节推进深层次数智化,借助数智化优势吸引和培育高层次技术人才,强化基础研究合作,不断提升企业对复杂技术知识的吸收能力,为突破关键核心技术瓶颈奠定基础。二是要合理规划内部资金结构,不断提升与金融机构的信息透明度,提高数智化投入的融资可得性,为持续技术攻关提供稳定资金来源。同时,企业要完善相关制度以提升供应链效率,以增强数智化应用对关键核心技术创新的促进作用。三是结合企业自

身规模、行业技术属性等异质性特点,选择适配的数智化路径,促进企业能够在外部环境约束下充分释放数智化对关键核心技术创新的推动作用。

参考文献:

- [1]刘峰,刘充,翟伟欢. 企业数智化度量:综合数智化投入和赋能视角[J]. 厦门大学学报(哲学社会科学版), 2025, 75(2):56-69.
- [2]戴魁早,黄姿,梁银笛. 数智技术、技术要素市场与服务型制造[J]. 中国工业经济, 2025(1):137-155.
- [3]张云,柏培文. 数智化如何影响双循环参与度与收入差距:基于省级—行业层面数据[J]. 管理世界, 2023, 39(10):58-83.
- [4]LIU Y T, SONG P Y. Research on the influence of firm digital intelligence transformation and management innovation on performance and sustainable development: empirical evidence from China[J]. Sustainability, 2024, 16(17):7578.
- [5]杨浩昌,刘贤雯,李廉水. 数智化与企业绿色创新“低质低效”困境破解[J/OL]. 科学学研究, 1-12 [2025-12-06]. <https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20250918.001>.
- [6]任宇新,贺正楚. 城市数智化发展与企业新质生产力:基于国家人工智能试验区的准自然实验[J]. 上海财经大学学报, 2025, 27(3):34-48.
- [7]张瑞琛,唐慧,周国琛. 城市数智化转型对企业数字创新的影响:以国家新一代人工智能创新发展试验为准自然实验[J]. 经济问题, 2025(4):49-58.
- [8]刘凌冰,王语彤,耿会欣. 企业数智化与量化预算目标信息披露行为[J]. 会计研究, 2024(11):63-78.
- [9]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.
- [10]韩凤芹,史卫,陈亚平. 以大战略观统领关键核心技术攻关[J]. 宏观经济研究, 2021(3):111-119, 159.
- [11]杨思莹. 政府推动关键核心技术创新:理论基础与实践方案[J]. 经济学家, 2020(9):85-94.
- [12]吴福象,王泽芸. 企业数智化投资驱动关键核心技术突破研究:基于技术重组演进视角[J]. 湘潭大学学报(哲学社会科学版), 2025, 49(1):41-50.
- [13]WU A P, LI H. The impact of government subsidies on contract design of green technology R&D cooperation [J]. Technology analysis & strategic management, 2021, 34(11):1263-1279.
- [14]郑世林,汉馨语,郭锡栋,等. 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[J]. 中国工业经济, 2024(9):62-80.

- [15]张羽飞,刘兵,原长弘. 科技领军企业如何突破关键核心技术?:基于产学研融合视角的双案例研究[J]. 科学与科学技术管理,2024,45(12):88-105.
- [16]李杏,高登云. 数据要素如何促进企业关键核心技术突破[J]. 山西财经大学学报,2024,46(12):94-105.
- [17]FAN X X, XIAO D D, ZHU G L, et al. Key core technology innovation through collaborative networks:examining the Chinese chip industry [J]. Management decision, 2025: 1-32.
- [18]王瑞琪,原长弘. 制造业领军企业关键核心技术突破的多重路径分析[J]. 科学与科学技术管理,2025,46(9):110-124.
- [19]CENAMOR J, PARIDA V, WINCENT J. How entrepreneurial SMEs compete through digital platforms:the roles of digital platform capability, network capability and ambidexterity [J]. Journal of business research, 2019, 100:196-206.
- [20]杨震宁,袁梓晋. 数字创新网络嵌入与关键核心技术攻关[J]. 中国工业经济,2025(5):156-173.
- [21]刘志迎,林宇杰,周洋. 人工智能应用对关键核心技术突破的影响研究[J/OL]. 科研管理,1-16[2025-12-06]. <https://link.cnki.net/urlid/11.1567.G3.20241211.1555.004>.
- [22]CONG L W, XIE D X, ZHANG L T. Knowledge accumulation, privacy, and growth in a data economy [J]. Management science, 2021, 67(10):6480-6492.
- [23]LIAO L W, QIN X Z, LI X L, et al. Creative destruction, human capital accumulation, and growth in a digital economy [J]. Macroeconomic dynamics, 2024, 28(5):1206-1230.
- [24]沈坤荣,乔刚,林剑威. 智能制造政策与中国企业高质量发展[J]. 数量经济技术经济研究,2024,41(2):5-25.
- [25]胡海峰,林丽瑾,窦斌. 耐心资本对关键核心技术企业创新的影响效果和作用机制[J]. 财贸经济,2025,46(11):68-86.
- [26]CASSIMAN B, VEUGELERS R. R&D cooperation and spillovers: some empirical evidence from Belgium [J]. American economic review, 2002, 92(4):1169-1184.
- [27]ZHOU X M. Moderating effect of structural holes on absorptive capacity and knowledge-innovation performance: empirical evidence from Chinese firms [J]. Sustainability, 2022, 14(10):5821.
- [28]孙慧,罗添,夏学超. 人工智能如何影响企业创新质量[J]. 产业经济评论,2025(2):5-26.
- [29]杜传忠,薛宇择. 研发联盟、开放式创新与企业全要素生产率提升[J]. 数量经济技术经济研究,2024,41(12):111-132.
- [30]胡鹏,余泳泽. 基础研究助力关键核心技术突破:逻辑、困境与路径[J]. 宏观质量研究,2025,13(6):45-58.
- [31]余正颖,郭伟铨,李胜会. 区域创新政策能够促进中国大学创新研发吗:来自国家自主创新示范区设立的经验证据[J]. 中国软科学,2025(9):91-103.
- [32]徐妍,毕梦潇,柴映. 数实融合提升关键核心技术领域企业创新效率的研究:基于中国 A 股上市公司的数据检验[J]. 科研管理,2026,47(1):56-67.
- [33]庄玉梅,王莉. 是谁驱动了科技企业的技术创新[J]. 科研管理,2022,43(3):46-54.
- [34]聂力兵,龚红,赖秀萍. 唤醒“沉睡专利”:知识重组时滞、重组频率与关键核心技术创新[J]. 南开管理评论,2024,27(8):86-97,160.
- [35]陈俊龙,史佳岩,孙小敏. 企业数字化对关键核心技术创新的影响:基于 1999—2021 年集成电路产业专利数据的实证研究[J]. 工业技术经济,2024,43(1):82-92.
- [36]HIGHAM K, DE RASSENFOSSÉ G, JAFFE A B. Patent quality: towards a systematic framework for analysis and measurement [J]. Research policy, 2021, 50(4):1042-15.
- [37]吴非,胡慧芷,林慧妍,等. 企业数字化转型与资本市场表现:来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界,2021,37(7):130-144,10.
- [38]姚加权,张锬澎,郭李鹏,等. 人工智能如何提升企业生产效率:基于劳动力技能结构调整的视角[J]. 管理世界,2024,40(2):101-116,133,117-122.
- [39]靳毓,文雯,何茵. 数字化转型对企业绿色创新的影响:基于中国制造业上市公司的经验证据[J]. 财贸研究,2022,33(7):69-83.
- [40]胡云飞,戴国强. 数字化转型、市场竞争与企业绿色创新[J]. 统计与决策,2024,40(7):161-166.
- [41]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.
- [42]卢建霖,蒋颖. 制造业智能化对企业关键核心技术能力的影响及机制研究[J]. 科研管理,2024,45(11):109-118.