

数字技术应用与企业合作创新*

杨 鹏¹ 尹志锋² 孙宝文^{2,3} 刘 航³

(1.安徽财经大学经济学院,安徽 蚌埠 233030;

2.中央财经大学经济学院,北京 102206;

3.中央财经大学中国互联网经济研究院,北京 100098)



内容提要:数字技术不仅影响企业创新内容,也影响企业创新模式。作为企业整合网络生态资源的重要方式,合作创新成为数字经济时代企业的重要创新模式。本文基于知识基础观理论,利用2007—2021年中国上市公司41.15万项合作申请的专利数据发现,数字技术应用显著提升了企业的合作创新水平,超级明星发明家会增强数字技术应用对企业合作创新水平提升的促进作用。作用机制方面,数字技术应用提高了企业对外部知识的搜寻能力和整合能力,从而促进企业合作创新。拓展性分析发现,企业将数字技术应用于生产流程中将更有利于提升合作创新水平;进一步区分企业合作创新的对象发现,数字技术应用对企业间以及企业与高校间的合作创新水平提升具有更强的促进作用。本文结论为我国企业抓住数字技术所带来的战略机遇,在合作创新中提升创新绩效提供了启发与参考。

关键词:数字技术 合作创新 知识基础观 超级明星发明家

中图分类号:F272 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—5766(2025)01—0108—20

一、引言

创新本质上是不同领域知识的相互融合与综合利用(Popadiuk和Choo,2006)^[1]。现代大分工使得企业通常只掌握某个特定领域或者行业的专业知识,这既是企业竞争优势的来源,但也成为企业进一步成长 and 创新的“掣肘”。数字技术的快速发展,对企业的创新模式产生了颠覆性影响,企业在创新活动中不仅需要丰富的知识资源作为补充(杨震宁等,2021)^[2],还需要与外界积极沟通以捕获新的创新机会(Calvo等,2022)^[3],合作创新也就成为企业理性的创新模式选择(De Silva等,2021)^[4]。合作创新强调企业可以通过补充外部创新资源以提高自身创新水平(Chesbrough,2003)^[5],创新所需的资源不再局限于企业自身内部的想法和知识,还可以来源于大学、科研机构甚至竞争对手等。当前,合作创新已经成为中国上市公司产出专利成果的重要渠道之一。根据本文从国家知识产权局获取的中国上市公司专利申请数据来看,2007—2021年,中国上市公司通过合作创新模式申请的专利数量从2306件上升至56985件,企业合作申请的专利占比也从8.65%上升至25.33%。

收稿日期:2023-10-28

* 基金项目:国家社会科学基金重大项目“数字经济推动经济发展质量变革、效率变革、动力变革研究”(22ZDA043);国家自然科学基金面上项目“中国非专利实施体的行为策略及其创新效应研究”(72274231)。

作者简介:杨鹏,男,副教授(特聘),经济学博士,研究领域为数字经济学与创新经济学,电子邮箱:pengyoung@aufe.edu.cn;尹志锋,男,副教授,博士生导师,经济学博士,研究领域为创新经济学,电子邮箱:innovationyzf@126.com;孙宝文,男,教授,博士生导师,经济学博士,研究领域为互联网与数字经济,电子邮箱:sunbaowen@263.net;刘航,男,副研究员,硕士生导师,经济学博士,研究领域为平台经济,电子邮箱:liuhang@cufe.edu.cn。通讯作者:尹志锋。

关于企业合作创新水平的影响因素,罗炜和唐元虎(2001)^[6]将企业参与合作创新的动机总结为获得研发规模优势、吸收合作伙伴的知识和技能以及开拓新的产品市场三个方面。后续的研究发现,企业内部的治理水平(Shaikh和Randhawa,2022)^[7]、管理者关系网络(谢光华,2023)^[8]、外部制度环境(Hagedoorn和Zobel,2015^[9];Brockman等,2018^[10])等对企业合作创新水平具有重要影响。虽然关于企业合作创新影响因素的研究已经十分丰富,但专门针对数字技术影响企业合作创新水平的研究才刚刚起步。王巍和姜智鑫(2023)^[11]、郑志强和何佳俐(2023)^[12]发现,企业数字化转型使得信息传递摆脱了地理距离的限制,有效降低了企业寻找合作伙伴的成本,并扩大了企业间研发溢出效应,进而促进了合作创新。总体而言,目前关于数字技术与企业合作创新之间关系的研究表现出两个特点:一是主要从地理距离的视角,重点关注数字技术对降低企业合作创新搜寻成本的影响,忽略了企业在获取外部知识资源之后能否将其有效转化为新的知识这一问题。二是考察了数字技术对企业合作创新的总体效应,但是并没有区分企业数字技术应用的结构特征以及合作对象的类型。考虑到创新的本质是不同领域知识的相互融合与综合利用,因此,本文基于知识基础观理论,从知识搜寻和知识整合两个视角出发,着重探讨数字技术应用提升企业合作创新水平的作用机制。

本文整理了2007—2021年中国A股上市公司41.15万项合作申请的专利数据,根据专利申请人信息识别出企业通过合作创新模式申请的专利数量,以此考察数字技术应用对企业合作创新水平的影响。本文可能的贡献包括如下三个方面:第一,丰富了数字技术与企业合作创新关系的相关文献。本文将企业对数字技术的应用深度划分为“数字化生产”“数字化管理”“数字化产品”和“数字化营销”四个环节,深入分析数字技术具体通过哪个业务环节对企业合作创新产生影响。并且,本文还将企业的合作创新对象划分为“企业—企业”“企业—高校”“企业—科研院所”和“企业—其他”四种类型,进一步考察数字技术应用对企业不同类型合作创新的影响。第二,拓展了知识基础观理论的相关研究。知识基础观理论认为,知识是决定企业创新绩效的关键资源(Grant,1996^[13];Nickerson和Zenger,2004^[14]),数字技术有效降低了企业从外部获取信息和知识的成本(Goldfarb和Tucker,2019)^[15]。本文基于知识基础观理论,从知识搜寻和知识整合两个角度揭示了数字技术影响企业合作创新的内在机理,拓展了知识基础观理论的应用边界。第三,补充了人力资本对企业创新的影响研究。已有文献发现发明家对企业的专利数量和质量具有影响(Liu等,2023)^[16],但却忽略了发明家作为企业内部知识积累的载体(Akcigit等,2018)^[17]及其在企业合作创新活动中的作用。本文将超级明星发明家纳入到理论框架中,为更为有效地观察企业创新网络提供了经验证据。

二、文献回顾与理论分析

1. 企业合作创新影响因素的文献回顾

合作创新是指企业打破原有组织边界,利用外部知识来源并通过有效整合,转化为创新成果从而创造价值(Chesbrough,2003)^[5]。从理论来看,合作创新能够通过分担创新风险和补充互补性研发资源等渠道提高企业的创新绩效(Arstei等,2016^[18];Lv等,2018^[19])。但是从实践来看,由于不同创新主体的知识和经验差异,企业往往需要花费较高的成本识别合适的合作伙伴,同时还要防范合作伙伴的机会主义行为。因此,如何降低企业的搜寻匹配成本并提高合作各方的信任程度是影响合作创新效果的关键因素。

在降低搜寻匹配成本方面,已有文献大多基于交通基础设施视角,发现高铁的开通能够打破由地理距离导致的合作障碍,为企业与合作伙伴面对面的交流提供了交通便利,从而有利于企业扩大合作关系网络(Li等,2022)^[20]。但是,随着地理距离的增加,高铁的交通成本和时间成本也随

之增加,因此高铁主要对分布在沿线地区的企业具有更强的合作创新促进作用(王雨飞等,2024)^[21]。在加强信任程度方面,现有研究从正式制度和非正式制度的角度发现,地区完善的知识产权保护制度、良好的社会信任环境以及高管的关系网络有利于降低合作方的信息不对称和增进彼此信任,进而保障企业合作创新的顺利进行(Hagedoorn和Zobel,2015^[9];Brockman等,2018^[10])。近年来,数字技术的快速发展与广泛普及,不仅消除了企业与合作伙伴之间的地理距离障碍,还能够通过线上平台提高企业与合作伙伴的知识分享和交流效率,进而为企业合作创新提供新的机遇。

2. 数字技术应用影响企业合作创新的内在机制

知识基础观认为,企业拥有的特定知识是决定企业创新绩效的关键性战略资源(Grant,1996^[13];Nickerson和Zenger,2004^[14])。由于大部分企业通常只掌握某个特定领域的专业知识,因此,如果企业能够通过合作创新模式从外部获取知识资源,则其将获得更高的创新绩效(Roper等,2017)^[22]。对于合作创新而言,数字技术不仅可以帮助企业广泛地搜寻合作伙伴,还可以提高企业将外部知识资源转化为创新成果的能力。基于此,本文从知识搜寻和知识整合两个角度论述数字技术应用促进企业合作创新的作用机制。

(1)数字技术应用提高了企业知识搜寻能力。知识搜寻指企业对不同外部知识来源(大学、科研机构甚至竞争对手等)进行搜寻、获取和利用(Chesbrough,2003)^[5],并确定合适的搜寻范围、渠道和强度等(何郁冰和梁斐,2017)^[23]。然而,知识搜寻意味着企业为了寻找合适的合作伙伴需要付出较高的搜寻成本。同时,企业与合作伙伴在确定合作创新关系后,由于各自拥有的知识和技术等资源不同,导致企业与合作伙伴间可能存在信息不对称问题,企业需要投入较高的协调成本提升与合作伙伴的信任和合作水平。

数字技术能够有效解决上述两方面问题。一方面,基于大数据技术,企业可以在专利检索系统中快速搜寻到拥有互补性知识资源的潜在合作对象,通过分析合作对象的知识产权、专利诉讼和财务报表等数据,企业不仅能够充分评估潜在合作伙伴的创新能力,还有利于降低合作风险。企业还可以通过自建或加入线上研发平台的方式,以较低的搜寻成本与不同的创新主体开展研发合作。例如,海尔智家在2009年搭建的开放式创新平台,不仅降低了自身搜寻合作伙伴的成本,还为中小企业提供了便捷的线上交流场景,促成知识和技术在供需双方的合作。另一方面,具有共识机制和兼容加密算法的区块链技术能够确保企业与合作伙伴的数据不可篡改,从而降低企业高价值知识和技术在合作过程中的泄露风险,并增强企业与合作伙伴之间的信任程度(Wan等,2022)^[24]。

进一步地,企业在知识搜寻过程中与不同的合作伙伴共享知识资源,有利于提升企业获取外部知识资源的效率,进而提升合作创新水平(De Faria等,2010)^[25]。企业与行业内竞争对手的合作可以获取互补性的知识资源(Köhler等,2012)^[26],从而避免将资源重复投入到他人已经研发成功的创新项目中(Akcigit和Liu,2016)^[27]。与从事基础性研究的高校和科研院所合作,企业能够接触到技术前沿和获取先进知识(Wirsich等,2016)^[28],进而创造出高质量的合作创新成果。

(2)数字技术应用增强了企业的知识整合能力。知识整合强调企业将内部已有知识与从外部获取的知识有效协调、整合和再利用,形成更为系统性的知识,成为促成合作创新成果诞生的重要机制(Sun等,2020)^[29]。但是,企业在知识整合过程中可能遇到如下两类困难:一是外部新知识与企业内部已有知识之间可能在行业、技术甚至文化层面存在差异,企业需要付出更多的研发投入才能从多样性的知识中提取出新颖的创新点;二是新想法的产生离不开企业研发团队成员之间的交流和想法互换(Chatterji和Fabrizio,2014)^[30],如何提高不同研究背景成员之间的交流效率是增强企业知识整合能力的关键。因此,知识的整合不仅需要技术手段的支持,还需要企业内部成员

之间的协作和知识共享。

数字技术可以帮助企业解决在知识整合过程中遇到的困难。一方面,以大数据和人工智能为代表的数字技术可以帮助企业对外部知识进行自动化处理(Lanzolca 等,2021)^[31],发现内部知识和外部新知识之间的联系与差异,从而挖掘出企业所需要的知识,提高知识整合的效率和质量。例如,全球化工巨头巴斯夫集团应用人工智能技术,从全球科学论文数据库中分析与化工材料相关的知识来源,有效提高了新材料研发效率。另一方面,企业的研发部门人员可以在线上组织知识交流活动,从而提高知识创新转化效率。Jia 等(2024)^[32]发现,当企业将人工智能技术引入员工的工作流程后,提高了员工与客户之间的沟通效率,显著增强了高技能员工的创造力。因此,企业可以利用数字技术建立线上知识共享平台,提高企业研发团队内部成员之间的沟通频率与协作效率,从而更好地促进外部知识在组织内部的共享和吸收,提升企业的整体创新能力。

进一步地,企业在知识整合过程中会促进不同研究领域、不同技术专长的研发人员交流想法和分享创意(龙小宁等,2023)^[33]。思想的碰撞有利于研发人员更好地理解外部新知识和内部已有知识之间的差异,促使其深入探索不同知识之间的共性,进而从碎片化的知识中识别出新知识(Harvey,2014^[34];Sun 等,2020^[29]),促进高质量合作创新成果的诞生。

因此,本文提出以下研究假设:

H₁:数字技术应用有利于增强企业知识搜寻和知识整合能力,进而提升企业合作创新水平。

3. 超级明星发明家对企业合作创新的放大效应

知识资源基础观认为,知识的获取与整合离不开人作为载体。发明家,尤其是专业知识积累更丰富、创新能力更强和专利产出更多的超级明星发明家至关重要(Blomkvist 等,2014)^[35],作为企业内部知识积累和外部知识获取的最重要人力资本,超级明星发明家能够进一步“放大”数字技术对企业合作创新的促进作用。一方面,基于知识搜寻的视角,超级明星发明家在行业内拥有较高的知名度和丰富的关系网络(Hohberger,2016)^[36],他们可以依托自身对行业和技术领域的熟悉程度,应用数字技术快速筛选出合适的合作创新伙伴,并利用自身的影响力推动企业达成合作创新。并且,超级明星发明家还可以利用数字技术提高与外界交换创新想法的频率,从而扩大企业的知识获取范围。另一方面,基于知识整合的视角,发明家决定了企业在合作创新过程中知识投入与专利产出之间的转换效率。超级明星发明家因其丰富的知识积累和创新经验,能够更高效地将外部知识与企业内部知识进行整合。特别是在数字技术的加持下,超级明星发明家可以更快速和更精准地识别出有用的外部知识,从而带领研发团队实现对外部知识的价值挖掘,并以更快的速度转化为企业的创新成果。

因此,本文提出如下假设:

H₂:企业拥有的超级明星发明家数量越多,数字技术应用对企业合作创新水平的促进作用越强。

三、研究设计

1. 数据来源

考虑到我国在 2007 年对会计准则进行了较大调整,为保持数据的一致性,本文将研究期限定在 2007 年之后。本文选取 2007—2021 年中国 A 股上市公司作为研究样本,其中专利数据来源于国家知识产权局(SIPO),财务数据来自中国经济金融研究数据库(CSMAR)。本文对样本进行如下筛选:(1)剔除所有的 ST 样本;(2)剔除金融行业和公用事业行业的样本;(3)剔除存在异常值的样本(如资产负债率大于 1 或小于 0);(4)剔除企业规模、年龄等关键控制变量缺失的样本。最终保留了 29939 个企业一年度观测值,包括 3228 家上市企业。

2. 变量定义

(1)被解释变量:企业合作创新水平(*CoopPat*)。参考Hong和Su(2013)^[37],本文从国家知识产权局网站搜集全部上市企业2007—2021年申请的专利数据,使用企业通过合作创新模式申请的专利数量来衡量企业的合作创新水平。首先,利用企业专利文本中披露的申请人信息,通过搜索“有限公司”“研究中心”“技术中心”“研究院”“研究所”“大学”和“学院”等关键词,识别出申请人的具体身份。然后,将同时包含上述关键词的专利申请人认定为存在合作创新行为的企业。例如,丽珠医药集团股份有限公司的一项发明专利包含了丽珠医药集团股份有限公司、国家中药现代化工程技术研究中心和中山大学三个申请人,这是一项由企业、科研机构 and 大学共同完成的发明专利,因此可以认定丽珠医药集团股份有限公司进行了合作创新。最后,按年度对每个企业通过合作创新模式申请的专利数量进行加总。

本文对上市公司专利申请数量进行统计分析后发现,2007—2021年,中国A股上市公司一共申请了约162.46万项专利,其中,通过合作创新模式申请的专利数量约为41.15万项,占比达到25.33%。区分专利类型看,通过合作创新模式申请的发明专利数量约为24.12万项,占比高达58.6%;实用新型和外观设计专利的数量分别为14.19万项和2.84万项,占比分别为34.5%和6.9%,表明我国上市企业更倾向于通过合作创新模式进行专利质量较高的创新活动。进一步地,本文还根据企业的合作对象,将企业的合作创新模式分为“企业—企业”“企业—学校”“企业—科研院所”以及“企业—其他(主要包括机关团体和个人)”四种类型,结果发现:企业之间通过合作创新模式申请的专利数量最多,占比高达90%以上;“企业—高校”合作次之,占比3%左右;企业与科研院所、政府以及个人的合作创新次数较少,与《全国企业创新调查年鉴(2021)》中的结果基本一致^①。

需要说明的是,由于企业的专利数量存在较多零值,已有文献通常采用对数变换的方法来解决专利数量的“右偏性分布”问题,但是这种方法可能会改变数据结构,导致线性回归结果存在偏差。为此,本文采用逆向双曲正弦变换来代替对数变换,该方法的优点在于可以在不对原始变量进行任意操作的情况下,得到类似于对数变换的回归结果,从而更好地克服被解释变量右偏的问题。具体计算方法为: $\operatorname{arcsinh}(z) = \log(z + \sqrt{z^2 + 1})$,其中, z 为企业通过合作创新模式申请的专利数量。

(2)解释变量:企业数字技术应用(*Digtech*)。本文采用机器学习的文本分析法,通过分析上市公司年报中披露的与“数字技术”相关信息来刻画企业的数字技术应用水平。这种方法的优点在于,根据中国证监会修订的《公开发行证券的公司信息披露内容与格式准则》,上市公司要对报告期内经营情况进行回顾并对未来发展进行展望。因此,如果上市公司将数字技术应用作为企业发展战略的重要组成部分,那么根据证监会的年报信息披露原则,企业需要在年报中进行相关信息的披露。理论上,企业对数字技术的重视和应用程度越高,那么在年报中与“数字技术”相关的信息会越多。此外,已有利用上市公司年报文本刻画企业数字技术应用水平的研究成果在一定程度上证实了文本分析法的可行性和科学性(吴非等,2021^[38];袁淳等,2021^[39])。因此,本文基于上市公司年报,采用文本分析法构建企业数字化应用水平指标。

本文构建企业数字技术应用指标的理论逻辑如下。企业对数字技术的应用往往经历从相对简单的数据化(digitization)到全方位的数字化(digitalization)过程(Verhoef等,2021)^[40],其中,“数据化”是指将现实世界中以物理形式或意识形式存在的事物转化为可以用数据形式表征的信息,使

^① 根据《全国企业创新调查年鉴(2021)》的数据显示,在规模(限额)以上的企业中,独立创新的企业占比为87.7%,与其他企业合作创新的占比为14.1%,与高校合作创新的占比为8.5%,与境内境外科研院所合作创新的占比为3%。可以看出,企业和企业之间的合作比重最大,其次为高校,与科研院所合作的比重最小。

得企业拥有存储、处理和传输数据的能力,这要求企业必须引入和使用数字技术;“数字化”则强调的是数字技术与实体经济的融合,强调企业真正将数字技术应用到生产、管理和经营等业务流程当中。鉴于此,本文从“数字技术应用广度”和“数字技术应用深度”两个层面构建企业数字技术应用词典。

数字技术应用广度方面,参考吴非等(2021)^[38],本文从大数据、人工智能、云计算和区块链四个数字技术主流方向出发,在企业年报中筛选相关关键词,包括大数据、云计算、区块链、人工智能、物联网、5G、移动互联网、虚拟现实和机器学习等。

数字技术应用深度方面,不同行业的企业对数字技术应用的需求也不同。制造业企业可能更关注数字化管理和数字化生产层面,即如何将数字技术与自身管理和生产环节相结合提高生产效率。例如,南钢股份利用5G和互联网技术建设智能工厂,实现了产品定制、生产和营销流程自动化和智能化,有效提高了企业的管理和生产效率。服务业企业更多关注的是如何应用数字技术改造商业模式以及开发有创意的数字产品,即数字营销和数字产品层面。例如,良品铺子借助华为云构建数字化营销渠道管理平台,实现了快速响应客户需求和精准营销。因此,本文进一步将“数字技术应用深度”细化为“数字化生产”“数字化管理”“数字化营销”和“数字化产品”四个维度,以此反映出不同行业企业之间数字技术应用水平的差异化程度。具体而言,数字化生产是指传统的农业、制造业和服务业通过应用数字技术提高产出数量和生产效率的过程;数字化管理是指企业应用数字技术实现组织、生产、销售和服务等智能管理行为,如企业通过建设互联网平台实现数据分析和数据决策;数字化营销是指企业将数字技术应用于商业模式中,如以B2B和B2C为代表的电子商务商业模式;数字化产品是指企业基于信息内容制造出的数字格式的可交换物,智能穿戴和3D打印是数字化产品的典型代表。此外,本文还根据国家发布的相关数字经济政策文件^①以及权威研究报告^②,筛选出158个与企业数字技术应用相关的词汇,接着采用jieba分词库对158个词汇在政策文件和研究报告中出现的频数进行统计,最终保留频数大于等于10次的数字技术应用关键词,从而构建出本文的企业数字技术应用词典。具体的关键词图谱如图1所示。

最后,根据本文构建的企业数字技术应用词典,对企业年报文本进行分词处理和词频统计,搜索并匹配符合数字技术应用词典中的词汇,并进行加总统计。由于本文是以词频计数的方法衡量企业的数字技术应用水平,而词频计数会导致指标具有“右偏性”的特征,因此,本文也将其进行逆向双曲正弦变换处理,记为*Digttech*。

本文构建的数字技术应用指标具有如下特征:第一,从时间趋势上看,企业年报中与数字技术应用相关的关键词平均数量从2007年的3.45个增加到2019年的23.66个(见图2),年均增长率为17.4%。可以看出,随着数字经济的不断发展,企业也越来越重视将数字技术应用到自身的业务流程中。第二,从地区分布看,本文将2019年企业年报中与数字技术应用相关的关键词数量在省份层面进行算术平均计算后发现,位于一线城市和东南沿海省份的上市企业提到数字技术的次数更多,这与这些地区的数字经济发展程度有关。根据《中国数字经济白皮书(2020)》(下文简称为《报告》)披露的2019年各省市数字经济增加值总体规模数据,广东省、北京市、上海市、江苏省和浙江

① 本文在中共中央办公厅、国务院办公厅、工业和信息化部、中央网信办和国家统计局官方网站检索2011—2021年10月期间与数字经济相关的政策文件,将其作为构建企业数字技术应用的词典来源。其中比较具有代表性的文件包括《促进大数据发展行动纲要》《新一代人工智能发展规划》《推动企业上云实施指南》和《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》。

② 本文参考的研究报告包括《中国数字经济发展白皮书》《云计算白皮书》《可信人工智能白皮书》《人工智能核心技术产业白皮书》《虚拟(增强)现实白皮书》《区块链白皮书》《大数据白皮书》《物联网白皮书》和《工业互联网产业经济发展报告》,以上研究报告均来自于中国信通院(CAICT)。

省处于国内数字经济发展的领先地位。可以看出,本文的测度结果与《报告》的统计结果基本保持一致(如图3所示)。第三,从行业特征看,本文将2019年企业年报中与数字技术应用相关的关键词数量在行业层面进行算数平均计算后发现,数字技术应用水平排名前七的行业全部为服务业,其次为制造业,农业以及资源密集型行业的数字技术应用水平则较为滞后^①。本文的测度结果与现实较为符合,也与袁淳等(2021)^[39]的发现保持一致。基于此,可以认为本文关于企业数字技术应用水平的测度结果是可靠的。

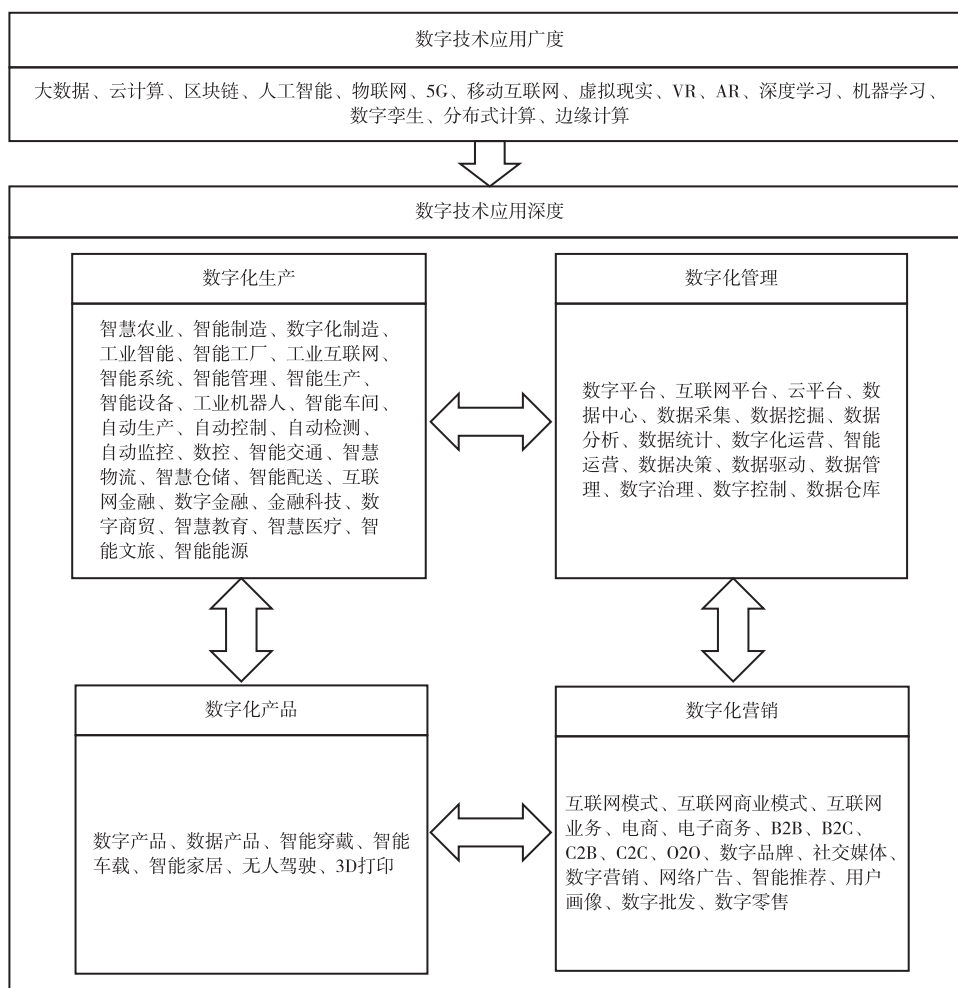


图1 企业数字技术应用的关键词图谱

(3)知识搜寻能力(*SearchBreadth* 和 *SearchDepth*)。本文从“搜寻广度”和“搜寻深度”两个维度衡量企业的知识搜寻能力。“搜寻广度”是指企业能够获取外部知识来源和搜寻渠道的数量,例如竞争对手、大学和其他科研机构等,强调合作创新活动中知识来源的广泛性和多样性。本文使用“与企业存在合作创新关系的创新机构(大学、科研机构和其他企业)的数量”测度,记为 *SearchBreadth*。“搜寻深度”是指企业从不同的外部知识来源和搜寻渠道中获得的资源数量,强调企业与研发合作伙伴进行交流合作的紧密程度与深入程度。本文采用“企业与其他创新机构的平均合作次数”测度,记为 *SearchDepth*。

(4)知识整合能力(*Integration*)。如果企业在创新过程中运用了不同类型的知识,说明企

^① 因篇幅所限,相关内容正文略去。详见本刊网站登载扩展资料中的附录。

业的知识整合能力越强。通过IPC分类号可以判断出企业在创新过程中涉及的知识领域的多样性。与企业在 t 年之前申请的专利相比,如果企业在 t 年申请的某项专利中包含的IPC分类号越多,则意味着其在创新过程中运用了不同领域的知识。因此,本文使用企业 t 年申请的专利中包含的IPC分类号数量来衡量其知识整合能力,记为 $Integration1$ 。为了保证结果的稳健性,本文还使用与企业 $t-1$ 年之前申请的专利相比,企业 t 年申请的专利中新增的IPC分类号数量来衡量其知识整合能力,记为 $Integration2$ 。上述指标值越大,表明企业对新知识的整合能力越强。

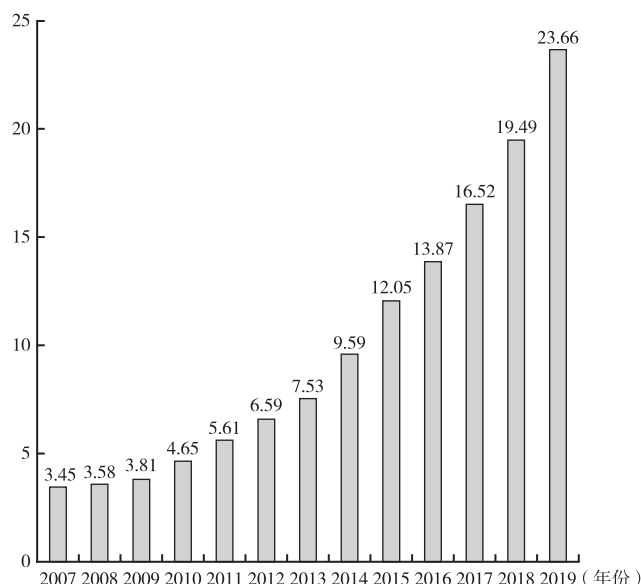


图2 企业年报中数字技术应用关键词的平均出现次数(2007—2019年)

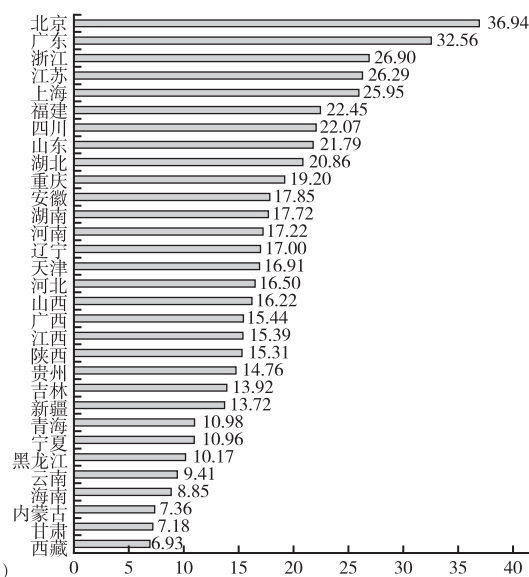


图3 省(市)层面数字技术应用关键词的平均出现次数(2019年)

(5)超级明星发明家(*StarInventors*)。参考Moretti(2021)^[41],本文首先根据专利文本中的专利发明人信息计算出每个专利发明人每年的专利申请数量;然后,将每年专利申请数量排名前5%的专利发明人定义为“超级明星发明家”,并在企业层面进行加总;最后,根据企业当年是否拥有超级明星发明家生成虚拟变量。

(6)控制变量。本文从企业和行业两个层面选取控制变量,包括企业年龄(*Age*)、企业规模(*Size*)、总资产净利润率(*Roa*)、资产负债率(*Lev*)、固定资产比例(*Fixratio*)、董事会独立性(*Indep*)、所有权性质(*SOE*)、行业竞争程度(*HHI*)及其平方项(HHI^2)。

本文主要变量的基本统计特征如表1所示。样本期间内企业通过合作创新模式申请的专利数量均值为10.31项,标准差为174.24,最大值和最小值分别为9009与0^①,表明企业之间的合作创新水平差距较大;中位数为0,说明大部分企业的创新模式仍然以内部独立创新为主。企业数字技术应用指标的均值和标准差分别为1.51和1.64,说明不同企业的数字技术应用水平也存在较大差异。本文还对主要变量的相关性进行了检验,数字技术应用与企业合作创新水平在1%的水平上显著为正,表明二者之间存在较强的正相关关系。同时,方差膨胀因子检验VIF的平均值为2.35,最大值为6.90,均远小于10,表明变量间受多重共线性问题的影响较小^②。

① 为了更清晰地展示企业合作创新活动的分布情况,描述性统计中展示了企业通过合作创新模式申请的专利数量的原值,单位为个。根据本文的统计,样本期间内基于合作创新模式申请最多专利的企业为海尔智家(股票代码:600690)。

② 因篇幅所限,相关内容正文略去。详见本刊网站登载扩展资料中的附录。

表 1 变量的基本统计特征

变量符号	变量定义	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
<i>CoopPat</i>	企业 <i>i</i> 在 <i>t</i> 年通过合作创新模式申请的专利数量	10.31	174.24	0.00	0.00	9009.00
<i>Digtech</i>	文本分析法构造,详见正文	1.51	1.64	0.00	0.88	5.55
<i>Age</i>	企业成立的年龄,取自然对数	2.80	0.37	1.61	2.83	3.47
<i>Size</i>	企业总资产,取自然对数	21.95	1.28	19.29	21.79	25.93
<i>Lev</i>	总负债/总资产	0.43	0.22	0.05	0.42	0.98
<i>Roa</i>	总资产净利润率	0.04	0.07	-0.28	0.04	0.22
<i>Fixratio</i>	固定资产净额/总资产	0.21	0.15	0.00	0.18	0.65
<i>Indep</i>	独立董事占比	0.37	0.05	0.31	0.33	0.57
<i>SOE</i>	虚拟变量,如果企业为国有企业,取值为 1,否则为 0	0.37	0.48	0.00	0.00	1.00
<i>HHI</i>	赫芬达尔指数,该值越大,表明行业垄断程度越高	0.10	0.10	0.02	0.07	0.66
<i>HHI²</i>	赫芬达尔指数的平方项	0.02	0.06	0.00	0.00	0.43

3. 模型设定

(1)数字技术应用对企业合作创新的影响。本文采用面板数据双重固定效应模型来估算企业数字技术应用对合作创新的影响,具体模式设定如下:

$$CoopPat_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Digtech_{i,t-1} + \alpha_2 Controls_{i,t-1} + Firm + Year + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中,*CoopPat_{i,t}*表示企业*i*第*t*年通过合作创新模式申请的专利数量,*Digtech_{i,t-1}*表示企业*i*在第*t-1*年的数字技术应用水平。*Controls*为一系列企业和行业层面的控制变量。*Firm*和*Year*表示企业固定效应与年份固定效应, ε 为随机误差项。本文在模型(1)中对解释变量和控制变量进行滞后一期处理,在一定程度上减轻反向因果的内生性干扰问题。

(2)影响机制检验。根据江艇(2022)^[42]的建议,本文构建模型(2)检验数字技术应用影响企业合作创新水平的作用机制。其中,*Mechanisms_{i,t}*为机制变量集合,包括知识搜寻能力和知识整合能力两个指标,其余设定与模型(1)一致。如果 β_1 的系数显著为正,则说明影响机制存在。

$$Mechanism_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Digtech_{i,t-1} + \beta_2 Controls_{i,t-1} + Firm + Year + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

(3)调节效应检验。用于检验超级明星发明家调节效应的实证模型如式(3)所示。其中,*Digtech*×*StarInventors*为数字技术应用水平与超级明星发明家的交互项,若该交互项系数为正,则表明企业拥有的超级明星发明家数量越多,越有利于发挥数字技术应用对企业合作创新的促进作用。

$$CoopPat_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 Digtech_{i,t-1} + \gamma_2 StarInventors_{i,t-1} + \gamma_3 Digtech_{i,t-1} \times StarInventors_{i,t-1} + \gamma_4 Controls_{i,t-1} + Firm + Year + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

四、实证结果与分析

1. 基准回归

表 2 列示了“数字技术应用—企业合作创新水平”关系的核心检验结果。在基准回归中,本文采用了递进式的回归策略。第(1)列仅控制了企业和年份固定效应,企业数字技术应用指标(*Digtech*)的回归系数为 0.0409 且通过了 1% 的统计显著性检验;第(2)~(4)列依次加入企业财务特

征、治理特征和行业竞争程度等控制变量后, *Digtech* 的回归系数有所缩小(0.0325), 这可能是因为部分影响企业合作创新的因素被控制变量吸收所致, 但始终在 1% 的水平上显著。以上结果表明, 数字技术应用能够显著提升企业的合作创新水平。假设 H_1 得以验证。

表 2 数字技术应用对企业合作创新水平的影响

变量	<i>CoopPat</i>			
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Digtech</i>	0.0409*** (0.0071)	0.0339*** (0.0070)	0.0340*** (0.0070)	0.0325*** (0.0070)
<i>Age</i>		0.2925** (0.1167)	0.2915** (0.1166)	0.2719** (0.1167)
<i>Size</i>		0.0710*** (0.0169)	0.0709*** (0.0171)	0.0716*** (0.0171)
<i>Lev</i>		0.0552 (0.0522)	0.0545 (0.0522)	0.0517 (0.0520)
<i>Roa</i>		0.3335*** (0.0788)	0.3360*** (0.0788)	0.3385*** (0.0789)
<i>Fixratio</i>		0.2277*** (0.0770)	0.2267*** (0.0771)	0.2207*** (0.0771)
<i>Indep</i>			0.1215 (0.1562)	0.1194 (0.1563)
<i>SOE</i>			0.0224 (0.0352)	0.0262 (0.0350)
<i>HHI</i>				-0.8104*** (0.2873)
<i>HHI²</i>				0.8281* (0.4598)
企业/年份固定效应	是	是	是	是
观测值	29939	29939	29939	29939
组内 R ²	0.0460	0.0513	0.0514	0.0524

注: 括号内为企业层面聚类的标准误; ***、** 和 * 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著, 下同

2. 稳健性检验

(1) 内生性问题的初步探讨。本文首先考虑样本自选择、测量偏差和遗漏变量问题对估计结果的影响, 通过对内生性问题的初步探讨, 来保证基准结论的稳健性。

第一, 样本自选择问题。不同企业的盈利能力、治理水平和管理层背景等方面存在差异, 导致企业是否应用数字技术的选择可能不是随机的, 从而存在自选择问题。首先, 本文采用 Heckman 两阶段模型来缓解这一问题。第一阶段, 构建企业应用数字技术的概率模型, 在加入模型(1)中企业控制变量的基础上, 通过 Probit 模型估计企业应用数字技术的概率并得到逆米尔斯比率(*IMR*)。第二阶段, 将 *IMR* 加入模型(1)中作为控制变量, 考察自选择偏差对基准结论的影响。Heckman 两阶段模型结果如表 3 第(1)列所示, 将 *IMR* 纳入基准模型后, 数字技术应用对企业合作创新的影响系数依然在 1% 的水平上正向显著。其次, 本文采用倾向得分匹配法(PSM)进一步排除样本自选择

问题对基准结论的干扰。具体地,本文将模型(1)中的控制变量作为匹配变量,按照1:1近邻匹配原则对企业样本进行逐年匹配,然后按照年份排序进行纵向合并,最后使用合并后的样本重新估计基准模型。表3第(2)列列示了PSM后的回归结果,可以看出,*Digtech*系数的显著性水平并没有发生改变,以上结果表明,本文的基准回归结论受样本自选择问题的影响较小。

表3 内生性问题的初步检验

变量	<i>CoopPat</i>					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Digtech</i>	0.0318*** (0.0069)	0.0325*** (0.0070)	0.0333*** (0.0080)	0.0301*** (0.0066)	0.0305*** (0.0071)	0.0264*** (0.0070)
<i>IMR</i>	0.0430 (0.0406)					
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
企业/年份固定效应	是	是	是	是	是	是
省份×年份固定效应	否	否	否	否	是	是
行业×年份固定效应	否	否	否	否	否	是
观测值	29939	29834	26946	29939	29930	29930
组内R ²	0.0525	0.0521	0.0506	0.0525	0.0703	0.1072

注:括号内为企业层面聚类的标准误;控制变量包括:企业年龄、企业规模、资产负债率、总资产净利润率、固定资产比例、董事会独立性、所有权性质、行业竞争程度及其平方项,下同

第二,测量偏差。本文主要采用文本分析法,通过分析上市公司年报中披露的“数字技术”相关信息来刻画企业数字技术应用水平,但是,赵璨等(2020)^[43]发现部分上市公司为了博取市场关注,年报中存在夸大披露“互联网+”相关信息的动机。为了减缓企业夸大年报信息披露行为所带来的测量误差问题,本文进行如下处理:①参考赵璨等(2020)^[43],构建企业关于“数字技术”信息披露程度的模型,估算出企业数字技术相关词频的正常披露次数,进而剔除存在夸大披露的企业样本。②参考宋德勇等(2022)^[44],在统计数字技术相关词频时,区分出年报中“业绩回顾”和“未来展望”两个部分,其中,“业绩回顾”是企业对上一年度工作进行总结,更能反映出企业数字技术应用的实际水平。因此,通过对“业绩回顾”部分的数字技术相关词频进行统计,替换核心被解释变量。上述检验的回归结果见表3第(3)列和第(4)列,对比基准回归结果可以发现,在考虑核心解释变量的测量误差后,数字技术应用能够促进企业合作创新的结论依然显著成立。

第三,遗漏变量。尽管基准回归中控制了年份固定效应和企业/年份固定效应,但是可能存在难以观测的因素同时与企业的数字技术应用水平和合作创新水平相关。例如,在地区某项与数字经济相关的产业政策冲击下,原本缺乏足够的创新资源或者处于创新水平较低行业的企业,会因较低的机会成本而应用数字技术,遗漏这类因素可能使得估计结果存在偏误。为此,本文在控制企业/年份固定效应的基础上,在模型(1)中陆续加入省份×年份与行业×年份固定效应,以此来控制地区和行业层面随时间变化的不可观测因素对企业合作创新的影响。表3第(5)列和第(6)列的结果表明,*Digtech*的回归系数大小和显著性都没有发生明显的变化。因此,可以认为本文的基本结论受遗漏变量的影响较小。

(2)内生性问题。反向因果也是本文内生性问题的一个重要来源,主要体现在:一方面,数字技术的应用显著促进了企业合作创新;但另一方面,本身合作创新能力较强的企业可能会更倾向

于应用数字技术来寻找更多的合作创新机会。

为了解决反向因果问题,本文选取地区层面与数字技术相关的历史数据作为工具变量。这一做法的核心逻辑是:一方面,当前企业的数字技术应用水平会受到所在地区数字技术应用行业发展水平的影响。历史上,企业所在省份的数字技术应用行业发展水平越高,有利于当地数字技术的普及与发展,使得当地企业能够更早期地接触和应用数字技术。因此,数字技术应用行业增加值这一指标能够反映企业所在省份数字技术应用行业的发达程度,将其作为企业数字技术应用水平的工具变量也满足相关性的要求。另一方面,由于该指标属于历史变量,随着数字技术的不断更迭与发展,历史上数字技术应用行业的发展水平与现在时隔较远,对于当前企业的合作创新水平的影响可能只通过影响企业应用数字技术这一渠道间接产生作用,从而满足外生性条件。基于上述逻辑,本文选取 2007 年企业所在省份的数字技术应用行业增加值^①作为企业数字技术应用水平的工具变量。最后,由于历史的数字技术应用行业增加值是截面数据,不适用于面板数据结构。因此,本文使用 2007 年各省份的数字技术应用行业增加值与上一年全国数字技术应用行业的企业增长率^②的交互项,作为企业数字技术应用水平的工具变量,记为 *IV*。

表 4 列示了工具变量的检验结果。第(1)列的一阶段回归结果表明,工具变量与企业数字技术应用水平的关系在 1% 的水平上显著为正,说明历史上企业所在省份的数字技术应用行业越发达,当地企业应用数字技术的可能性越大,这与预期相符。同时,一阶段回归的 F 统计量远大于 10,通过了弱工具变量检验,并且识别不足统计检验在 1% 的显著性水平上拒绝工具变量识别不足原假设,表明本文选取的工具变量是合适的。最后,第(2)列的两阶段回归结果显示,数字技术应用对企业合作创新的影响仍然在 1% 的水平上显著为正,表明本文的结论是稳健的。

表 4 工具变量检验

变量	(1)	(2)
	<i>Digtech</i>	<i>CoopPat</i>
<i>IV</i>	0.0313*** (0.0010)	
<i>Digtech</i>		0.0883*** (0.0250)
控制变量	控制	控制
企业/年份固定效应	是	是
观测值	29939	29939
识别不足检验	325.180	—
弱工具变量检验 F 值	952.191	—

(3) 替换企业合作创新的代理变量。从专利的类型来看,相较于实用新型专利和外观设计专利,发明专利的技术含量最高且申请难度最大,能够在一定程度上代表企业的专利质量。因此,本文使用企业通过合作创新模式申请的发明专利数量(*CoopInv*)以及获得授权的发明专利数量(*CoopGrantInv*)两个指标,重新衡量企业的合作创新水平,并在回归中做逆向双曲正弦

① 根据国家统计局的定义,数字技术应用行业主要包括软件产品、信息通信技术服务和信息传输服务行业(鲜祖德和王天琪,2022)^[45]。该数据来源于 2007 年各省份的投入产出表。

② 本文通过市场监督管理部门网站获取了 2007—2022 年工商注册企业数据,该数据集中主要包括企业名称、企业类型、注册地点、注册时间和主营业务等信息。根据全国一年份加总计算得到每年全国数字技术应用行业的企业增长率。

变换处理。表 5 第(1)列和第(2)列的结果显示,数字技术应用有利于提升企业的合作创新质量。

表 5 替换变量的测度方法

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>CoopInv</i>	<i>CoopGrantInv</i>	<i>CoopPat</i>	<i>CoopPat</i>
<i>Digtech</i>	0.0324*** (0.0068)	0.0211*** (0.0077)		
<i>IfDigtech</i>			0.0511*** (0.0136)	
<i>Digtech_Csmar</i>				0.0473*** (0.0137)
控制变量	控制	控制	控制	控制
企业/年份固定效应	是	是	是	是
观测值	29939	29939	29939	28746
组内 R ²	0.0532	0.0552	0.0513	0.0506

(4)替换企业数字技术应用的代理变量。本文重新选取如下两个变量,尽可能更精准、全面地衡量企业的数字技术应用水平。第一,参考金星晔等(2024)^[46],本文使用大语言模型对企业年报中包含数字技术的语句进行识别,进而更精准地判断企业是否真正应用了数字技术(*IfDigtech*)。第二,本文使用中国经济金融研究数据库发布的中国上市企业数字化转型指数这一指标替代核心解释变量(*Digtech_Csmar*),该指标数字化成果、数字化应用和数字化战略等角度较为全面地搜集了企业的数字化相关信息,能够较好地刻画企业的数字技术应用水平。回归结果如表 5 第(3)列和第(4)列所示,在改变核心解释变量的不同测度方法后,数字技术应用能够促进企业合作创新的结论依然成立。

(5)其他稳健性检验。为了进一步保证基准结论的稳健性,本文还从以下几个方面进行了稳健性检验:第一,本文的基准回归结果可能还受到城市层面和行业层面截面相关因素的干扰,因此本文将标准误分别在城市和行业层面重新聚类。第二,为了避免被解释变量大量零值对基准估计结果的影响,使用面板 Tobit 模型进行回归。第三,数字技术与实体经济的融合以及非数字技术行业直接相关的企业是本文考察的核心对象,因此本文将信息传输、软件和信息技术服务业剔除后重新进行回归。第四,从行业分布来看,制造业在我国经济结构中具有支柱作用,也是我国专利申请的重要主体。因此,为了排除其他行业样本可能对基准结论的干扰,本文将回归样本替换为制造业企业样本。考虑上述问题后的回归结果见表 6,从 *Digtech* 回归系数的显著性水平上可以看出,数字技术应用能够提升企业合作创新水平的结论始终成立。

表 6 其他稳健性检验

变量	标准误聚类		Tobit 模型	剔除样本	更换样本
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>CoopPat</i>	<i>CoopPat</i>	<i>CoopPat</i>	<i>CoopPat</i>	<i>CoopPat</i>
<i>Digtech</i>	0.0325*** (0.0069)	0.0325*** (0.0075)	0.0862*** (0.0247)	0.0361*** (0.0073)	0.0415*** (0.0090)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
企业/年份固定效应	是	是	是	是	是

续表 6

变量	标准误聚类		Tobit 模型	剔除样本	更换样本
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>CoopPat</i>	<i>CoopPat</i>	<i>CoopPat</i>	<i>CoopPat</i>	<i>CoopPat</i>
观测值	29939	29939	29939	27931	21373
组内 R ²	0.0524	0.0524	—	0.0518	0.0605

注:第(1)和(2)列括号内分别为城市和行业层面聚类的标准误,其余均为企业层面聚类的标准误

五、进一步分析

1. 影响机制检验

上述回归揭示了数字技术有利于提升企业合作创新水平,但是尚未回答数字技术应用通过何种渠道影响企业合作创新的问题。在此,本文通过模型(2)对本文在第二部分提出的两个机制进行实证检验。

表 7 列示了机制检验的回归结果。第(1)列和第(2)列的结果表明,数字技术应用显著提高了企业的知识搜寻能力,具体表现在两个方面:一是拓宽了企业外部知识的来源广度,帮助企业获取更多的合作伙伴;二是提高了企业与其他创新机构的合作次数,加强了企业合作创新的深度。第(3)列和第(4)列列示了数字技术应用对企业知识整合能力的回归结果,结果显示,*Digtech* 系数至少在 5% 的水平上显著为正,说明数字技术的应用不仅拓宽了企业的知识领域范围,还增强了企业将新知识整合到创新过程中的能力。进一步地,根据理论分析,企业的知识搜寻能力和知识整合能力越强,越有利于企业从外部获取更多的新知识,并将其与内部已有知识进行整合,从而促进合作创新成果诞生。基于机制检验的结果,数字技术应用对企业合作创新的促进作用主要是通过提高知识搜寻能力和知识整合能力两个渠道实现的。

表 7 机制检验

变量	知识搜寻		知识整合	
	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>SearchBreadth</i>	<i>SearchDepth</i>	<i>Integration1</i>	<i>Integration2</i>
<i>Digtech</i>	0.0206*** (0.0046)	0.0232*** (0.0056)	0.0210** (0.0085)	0.0219*** (0.0079)
控制变量	控制	控制	控制	控制
企业/年份固定效应	是	是	是	是
观测值	29939	29939	29939	29939
组内 R ²	0.0469	0.0388	0.0578	0.0500

2. 调节效应分析

表 8 列示了超级明星发明家的调节效应检验结果。第(1)列回归结果显示,核心被解释变量 *Digtech*×*StarInventors* 的回归系数显著为正,说明企业内部的超级明星发明家数量越多,越有利于数字技术应用促进企业合作创新水平提升,假设 H₂ 得以验证。为了避免内生性问题对回归结果的影响,本文使用 *IV* 作为 *Digtech* 的工具变量,同时,将 *IV* 与 *StarInventors* 的交互项作为 *Digtech*×*StarInventors* 的工具变量,重新对模型(3)进行估计。第(2)列展示的工具变量二阶段回归结果表明,在考虑内生性问题后,假设 H₂ 仍然成立。

表 8 调节效应检验

变量	(1)	(2)
	<i>CoopPat</i>	<i>CoopPat</i>
<i>Digtech</i>	0.0072 (0.0062)	0.0204* (0.0122)
<i>StarInventors</i>	0.3031*** (0.0355)	0.1043*** (0.0230)
<i>Digtech</i> × <i>StarInventors</i>	0.0943*** (0.0140)	0.2852*** (0.0462)
控制变量	控制	控制
企业/年份固定效应	是	是
观测值	29939	29939
组内 R ²	0.1009	0.1004

导致上述结果的原因可能有两点:第一,超级明星发明家是企业专利创造过程中的最重要的人力资本,在知识搜寻的过程中,超级明星发明家可以应用数字技术增强自身学习外界知识的能力,并提高与外界交换创新想法的频率,从而有利于企业从外部获取更多的新知识。第二,在知识整合的过程中,拥有更多超级明星发明家的企业,可以更有效地应用数字技术识别出有用的外部知识,并实现对外部知识的价值挖掘与应用转化,进而产生更丰富的合作创新成果。

3. 拓展性分析

(1)区分企业数字技术应用结构。企业只有了解不同数字技术的具体特征和功能,结合自身在生产、经营与管理中的需求,合理地应用数字技术,才有利于推进数字技术与企业合作创新流程的融合。为此,本文首先将企业的数字技术应用指标划分为“数字技术应用广度”和“数字技术应用深度”两个层面;其次,将后者进一步划分为“数字化管理”“数字化生产”“数字化产品”和“数字化营销”四个维度;最后,分别使用上述指标进行回归,估计结果如表9所示。

表 9 数字技术应用结构特征差异

变量	<i>CoopPat</i>							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
数字技术应用广度	0.0280*** (0.0087)		0.0057 (0.0100)					0.0030 (0.0098)
数字技术应用深度		0.0386*** (0.0072)	0.0358*** (0.0083)					
数字化管理				0.0455*** (0.0143)				0.0286*** (0.0142)
数字化生产					0.0724*** (0.0130)			0.0677*** (0.0149)
数字化产品						0.0466*** (0.0180)		-0.0044 (0.0203)
数字化营销							0.0109 (0.0088)	0.0056 (0.0097)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制

续表 9

变量	CoopPat							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
企业/年份固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
观测值	29939	29939	29939	29939	29939	29939	29939	29939
组内 R ²	0.0516	0.0529	0.0529	0.0516	0.0543	0.0514	0.0508	0.0548

表 9 第(1)列和第(2)列的回归结果显示,“数字技术应用广度”和“数字技术应用深度”的回归系数均在 1% 的水平上显著为正。进一步地,第(3)列将上述两个指标同时加入回归后发现,与“数字技术应用广度”相比,“数字技术应用深度”对企业合作创新的正向影响更加显著。这表明,相对于简单地引入数字技术,只有真正将数字技术融入企业的业务流程中才能更好地发挥数字技术对企业合作创新的促进作用。第(4)~(7)列的结果表明,数字化管理、数字化生产和数字化产品都有助于促进企业合作创新。最后,第(8)列将所有数字技术应用指标同时引入模型(1)中进行回归,结果表明:相较于仅仅使用数字技术的企业,将数字技术应用到生产流程中的企业合作创新水平会得到更大提升。导致这一结果的原因可能是:数字技术为企业提供了大数据分析工具,有助于企业在生产过程中发现新的商业机会和合作创新方向,并且减少企业生产过程中的资源浪费,提高企业与合作伙伴的资源共享效率,进而推动合作创新。

(2)区分企业合作创新模式。根据企业合作创新的对象,本文将企业的合作创新模式分为“企业—企业”“企业—高校”“企业—科研院所”和“企业—其他(主要包括机关团体和个人)”四种类型,然后分别进行回归。对比表 10 第(1)~(4)列中 *Digtech* 的系数大小和显著性发现,数字技术应用对企业与其他企业之间的合作创新促进作用最强。这可能是因为企业的数字技术应用存在“同群效应”,即如果同行业或者同地区的企业应用了数字技术,那么其他企业可能也会主动模仿。因此,数字技术应用可能更有利于加强企业与其他企业之间的沟通与合作,进而促使二者之间合作申请专利数量显著上升。

表 10 区分合作创新模式

变量	CoopPat			
	(1)	(2)	(3)	(4)
	企业—企业	企业—高校	企业—科研院所	企业—其他
<i>Digtech</i>	0.0375*** (0.0084)	0.0089*** (0.0033)	-0.0045** (0.0018)	-0.0020 (0.0018)
控制变量	控制	控制	控制	控制
企业/年份固定效应	是	是	是	是
观测值	29939	29939	29939	29939
组内 R ²	0.0537	0.0122	0.0030	0.0017

表 10 第(2)列和第(3)列的结果表明,数字技术应用促进了企业与高校之间合作创新,但是却降低了企业与科研院所之间的合作创新产出。导致这一结果的原因可能是:一是从知识搜寻的角度看,企业创新往往需要多样性和跨领域的知识,高校与科研院所都是企业获取基础研究知识的重要来源,但是科研院所往往以特定知识领域的创新为主要任务,例如国防及健康相关研究。相较而言,高校通常涵盖自然科学、工程技术和人文社会科学等多学科领域,这使得高校成为知识储备和输出的综合体,能够满足企业在不同知识领域的多样化需求,从而提升合作创新的针对性和

实用性。因此,在数字技术支持下,企业可能更倾向于寻找知识结构多元且应用性较强的合作伙伴,降低了与科研院所合作动机。二是从知识整合的角度看,人力资本是影响企业知识整合效率的关键因素。数字技术的应用不仅提升了企业的知识整合能力,还加强了企业对具备数字技术应用能力的人才需求。与科研院所相比,高校不仅基础研究的重要承担者,更是高等教育机构,能够向企业输送专业领域对口的高技能人才。因此,数字技术应用可能更有利于促进企业加强与高校的合作创新频率,从而对企业与科研院所之间的合作产生“替代效应”。

六、结论与启示

1. 研究结论

随着全球数字经济的快速发展,如何更好地促进企业在数字技术层面的深度应用,以及加强产学研之间的研发合作,对于进一步加快数字技术与实体企业融合,实现企业高质量创新发展具有重要意义。本文基于知识基础观理论,使用2007—2021年A股上市公司数据,实证检验了数字技术应用对企业合作创新的影响,得到研究结论如下:数字技术应用提高了企业对外部知识的搜寻能力和整合能力,从而提升了企业合作创新水平;企业拥有的超级明星发明家数量越多,越有利于增强数字技术应用对企业合作创新的促进作用;相较于仅仅使用数字技术的企业,将数字技术应用到生产流程中的企业合作创新水平会得到更大提升;区分企业的合作创新模式发现,数字技术应用更有利于提升“企业—企业”以及“企业—高校”之间的合作创新水平。

2. 政策建议

第一,企业应当积极应用数字技术提升合作创新水平,在开放合作中产出高质量创新成果。随着我国数字经济与传统产业的不断深度融合,企业需要把握数字技术带来的合作创新发展机遇。本文研究发现,数字技术应用显著提高了企业合作创新水平。因此,企业可以将数字技术嵌入到创新发展战略中,应用数字技术加强自身对外部知识的搜寻能力和整合能力,这不仅能够帮助企业获取创新过程中必要的知识资源,还能够降低创新活动的成本与风险。此外,本文拓展性分析还发现,企业将数字技术应用到生产流程中会更有利于提升合作创新水平。因此,企业应结合行业发展趋势和自身实际状况,以实现数字技术与自身业务流程的深度融合为重点目标,深化数字技术在企业研发设计、生产制造和经营管理等环节的应用,实现企业内部研发力量与外部研发资源的协同和互补,进而取得具有突破性的合作创新成果。

第二,政府部门要积极引导企业顺应数字经济时代潮流,高度重视数字技术对于企业合作创新水平的关键促进作用。本文研究发现,数字技术应用对企业合作创新具有显著的促进作用。但是,当前我国企业在数字技术应用过程中普遍面临能力不足、成本过高和周期较长等困难。根据第十四次中国私营企业调查,地方政策支撑不足、缺乏数字专业人才和数字基础设施不完善是阻碍企业数字技术应用的主要问题。为此,必须充分发挥政府在推动企业数字技术应用过程中的主导作用。具体而言,政府不仅要加快数字基础设施建设,提升数字技术和相关设施在各地区和行业中的覆盖程度,还应当积极组织数字专业人才团队为企业数字技术应用提供人力资本支持,协助企业制定数字技术应用战略。此外,政府还可以通过数字补贴和研发补助的方式帮助企业降低数字技术应用的成本和风险。最后,政府也可以定期组织企业间数字技术交流活动,促进企业间知识共享和整合,推动企业共同提升数字技术应用水平,进而促进合作创新。

第三,企业应当重视超级明星发明家的培养与积累,充分发挥研究人员对合作创新的积极作用。2017年教育部发布的《制造业人才发展规划指南》中也提出要“强化企业专业技术人员和经营管理人员在研发、生产、管理、营销、维护等核心环节的信息技术应用能力”。对于企业而言,可以通过组建超级明星发明家研发团队等方式,带动其他研发人员的科研水平与创新能力的提升,为

企业的合作创新活动积累人力资本。在此基础上,企业还可以为超级明星发明家研发团队开展数字技术交流与培训,进而激发研发人员的创造力。

参考文献

- [1] Popadiuk, S., and C.W. Choo. Innovation and Knowledge Creation: How are these Concepts Related? [J]. *International Journal of Information Management*, 2006, 26, (4): 302-312.
- [2] 杨震宁, 侯一凡, 李德辉, 吴晨. 中国企业“双循环”中合作创新网络的平衡效应——基于数字赋能与组织柔性的考察[J]. *北京: 管理世界*, 2021, (11): 184-205, 12.
- [3] Calvo, N., S. Fernández-López., M. J. Rodríguez-Gulías., and D. Rodeiro. The Effect of Population Size and Technological Collaboration on Firms' Innovation [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, 183, (10), 121905.
- [4] De Silva, M., L. Gokhberg., D. Meissner., and M. Russo. Addressing Societal Challenges through the Simultaneous Generation of Social and Business Values: A Conceptual Framework for Science-based Co-Creation [J]. *Technovation*, 2021, 104, 102268.
- [5] Chesbrough, H.W. *Open innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology* [M]. Harvard Business Press, 2003.
- [6] 罗炜, 唐元虎. 企业合作创新的原因与动机[J]. *北京: 科学学研究*, 2001, (3): 91-95.
- [7] Shaikh, I., and K. Randhawa. Managing the Risks and Motivations of Technology Managers in Open Innovation: Bringing Stakeholder-Centric Corporate Governance into Focus [J]. *Technovation*, 2022, 114, 102437.
- [8] 谢光华. 高管校友关系网络、正式制度环境与企业合作创新——基于关系治理与契约治理互动视角[J]. *北京: 管理评论*, 2023, (11): 75-89.
- [9] Hagedoorn, J., and A.K. Zobel. The Role of Contracts and Intellectual Property Rights in Open Innovation [J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2015, 27, (9): 1050-1067.
- [10] Brockman, P., I.K. Khurana, and R.I. Zhong. Societal Trust and Open Innovation [J]. *Research Policy*, 2018, 47, (10): 2048-2065.
- [11] 王巍, 姜智鑫. 通向可持续发展之路: 数字化转型与企业异地合作创新[J]. *上海: 财经研究*, 2023, (1): 79-93.
- [12] 郑志强, 何佳俐. 企业数字化转型对技术创新模式的影响研究[J]. *上海: 外国经济与管理*, 2023, (9): 54-68.
- [13] Grant, R.M. Toward a Knowledge-Based Theory of the Firm [J]. *Strategic Management Journal*, 1996, 17, (S2): 109-122.
- [14] Nickerson, J. A., and T.R. Zenger. A Knowledge-Based Theory of the Firm—The Problem-Solving Perspective [J]. *Organization Science*, 2004, 15, (6): 617-632.
- [15] Goldfarb, A., and C. Tucker. Digital Economics [J]. *Journal of Economic Literature*, 2019, 57, (1): 3-43.
- [16] Liu, T., Y. Mao, and X. Tian. The Role of Human Capital: Evidence from Corporate Innovation [J]. *Journal of Empirical Finance*, 2023, 101435.
- [17] Akegiti, U., S. Caicedo, E. Miguelez, S. Stantcheva., and V. Sterzi. *Dancing with the Stars: Innovation through Interactions* [R]. NBER Working Paper, 2018.
- [18] Aristei, D., M. Vecchi, and F. Venturini. University and Inter-Firm R&D Collaborations: Propensity and Intensity of Cooperation in Europe [J]. *The Journal of Technology Transfer*, 2016, 41: 841-871.
- [19] Lv, D. D., P. Zeng, and H. Lan. Co-Patent, Financing Constraints, and Innovation in SMEs: An Empirical Analysis using Market Value Panel Data of Listed Firms [J]. *Journal of Engineering and Technology Management*, 2018, 48: 15-27.
- [20] Li, C., Q. Zhou, and S. Chen. Bringing Minds Together: High-speed Railways, Team Building, and Innovation Collaboration [J]. *China & World Economy*, 2022, 30, (6): 34-58.
- [21] 王雨飞, 王云辉, 许可, 曹清峰. 高铁连通对企业跨区域合作创新的影响及作用机制[J]. *济南: 中国人口·资源与环境*, 2024, (5): 149-161.
- [22] Roper, S., J.H. Love, and K. Bonner. Firms' Knowledge Search and Local Knowledge Externalities in Innovation Performance [J]. *Research Policy*, 2017, 46, (1): 43-56.
- [23] 何郁冰, 梁斐. 产学研合作中企业知识搜索的影响因素及其作用机制研究[J]. *天津: 科学学与科学技术管理*, 2017, (3): 12-22.
- [24] Wan, Y., Y. Gao, and Y. Hu. Blockchain Application and Collaborative Innovation in the Manufacturing Industry: Based on the Perspective of Social Trust [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, 177, 121540.
- [25] De Faria, P., F. Lima, and R. Santos. Cooperation in Innovation Activities: The Importance of Partners [J]. *Research Policy*, 2010, 39, (8): 1082-1092.

- [26] Köhler, C., W. Sofka, and C. Grimpe. Selective Search, Sectoral Patterns, and the Impact on Product Innovation Performance[J]. *Research Policy*, 2012, 41, (8): 1344–1356.
- [27] Akeçigit, U., and Q. Liu. The Role of Information in Innovation and Competition[J]. *Journal of the European Economic Association*, 2016, 14, (4): 828–870.
- [28] Wirsich, A., A. Kock, C. Strumann, et al. Effects of University-Industry Collaboration on Technological Newness of Firms[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2016, 33, (6): 708–725.
- [29] Sun, Y., P. Tuertscher, A. Majchrzak, et al. Pro-Socially Motivated Interaction for Knowledge Integration in Crowd-Based Open Innovation[J]. *Journal of Knowledge Management*, 2020, 24, (9): 2127–2147.
- [30] Chatterji, A. K., and K. R. Fabrizio. Using users: When does External Knowledge Enhance Corporate Product Innovation? [J]. *Strategic Management Journal*, 2014, 35, (10): 1427–1445.
- [31] Lanzolla, G., D. Pesce, and C. L. Tucci. The Digital Transformation of Search and Recombination in the Innovation Function: Tensions and an Integrative Framework[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2021, 38, (1): 90–113.
- [32] Jia, N., X. Luo, Z. Fang, and C. Liao. When and How Artificial Intelligence Augments Employee Creativity [J]. *Academy of Management Journal*, 2024, 67, (1): 5–32.
- [33] 龙小宁, 刘灵子, 张靖. 企业合作研发模式对创新质量的影响——基于中国专利数据的实证研究[J]. *北京: 中国工业经济*, 2023, (10): 174–192.
- [34] Harvey, S. Creative Synthesis: Exploring the Process of Extraordinary Group Creativity [J]. *Academy of Management Review*, 2014, 39, (3): 324–343.
- [35] Blomkvist, K., P. Kappen, and I. Zander. Superstar Inventors—Towards a People-Centric Perspective on the Geography of Technological Renewal in the Multinational Corporation[J]. *Research Policy*, 2014, 43, (4): 669–682.
- [36] Hohberger, J. Does it Pay to Stand on the Shoulders of Giants? An Analysis of the Inventions of Star Inventors in the Biotechnology Sector[J]. *Research Policy*, 2016, 45, (3): 682–698.
- [37] Hong, W., and Y. S. Su. The Effect of Institutional Proximity in Non-Local University-Industry Collaborations: An Analysis Based on Chinese Patent Data[J]. *Research Policy*, 2013, 42, (2): 454–464.
- [38] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 任晓怡. 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]. *北京: 管理世界*, 2021, (7): 130–144, 10.
- [39] 袁淳, 肖土盛, 耿春晓, 盛誉. 数字化转型与企业分工: 专业化还是纵向一体化[J]. *北京: 中国工业经济*, 2021, (9): 137–155.
- [40] Verhoef, P. C., T. Broekhuizen., Y. Bart., A. Bhattacharya., J. Q. Dong., N. Fabian., and M. Haenlein. Digital Transformation: A Multidisciplinary Reflection and Research Agenda[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 122: 889–901.
- [41] Moretti, E. The Effect of High-tech Clusters on the Productivity of Top Inventors[J]. *American Economic Review*, 2021, 111, (10): 3328–3375.
- [42] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. *北京: 中国工业经济*, 2022, (5): 100–120.
- [43] 赵璨, 陈仕华, 曹伟. “互联网,” 信息披露: 实质性陈述还是策略性炒作——基于股价崩盘风险的证据[J]. *北京: 中国工业经济*, 2020, (3): 174–192.
- [44] 宋德勇, 朱文博, 丁海. 企业数字化能否促进绿色技术创新? ——基于重污染行业上市公司的考察[J]. *上海: 财经研究*, 2022, (4): 34–48.
- [45] 鲜祖德, 王天琪. 中国数字经济核心产业规模测算与预测[J]. *北京: 统计研究*, 2022, (1): 4–14.
- [46] 金星晔, 左从江, 方明月, 李涛, 聂辉华. 企业数字化转型的测度难题: 基于大语言模型的新方法与新发现[J]. *北京: 经济研究*, 2024, (3): 34–53.

Application of Digital Technology and Corporate Collaborative Innovation

YANG Peng¹, YIN Zhi-feng², SUN Bao-wen^{2,3}, LIU Hang³

(1.School of Economics, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu, Anhui, 233030, China;

2.School of Economics, Central University of Finance and Economics, Beijing, 102206, China;

3.China Center for Internet Economy Research, Central University of Finance and Economics, Beijing, 100098, China)

Abstract: The essence of innovation is the mutual integration and comprehensive utilization of knowledge in different fields. However, the division of labor in the modern large market means that companies usually only have professional knowledge in a specific technical field. This is both a source of competitive advantage for companies and an obstacle to their further growth and innovation. With the rapid development of digital technology, it has had a disruptive impact on the technological level of companies. Companies need more abundant knowledge resources as a supplement in their innovation activities and actively communicate with the outside world to capture new innovation opportunities. Collaborative innovation has become a rational innovation model choice for firms.

Collaborative innovation emphasizes that enterprises can improve their own innovation capabilities by supplementing external innovation resources. That is, the resources required for innovation are no longer limited to the ideas and knowledge within the enterprise itself, but can also come from universities, research institutions and even competitors. Although the research on the influencing factors of enterprise collaborative innovation has been very rich, the research on the influence of digital technology on enterprise collaborative innovation has just started. There are two characteristics in the current research on digital technology and corporate collaborative innovation: first, it is mainly based on the perspective of spatial and temporal distance, and rarely explores the impact mechanism of digital technology on corporate collaborative innovation from the perspective of knowledge; second, it only focuses on the overall effect of digital technology on corporate collaborative innovation, but does not distinguish the structural characteristics of corporate digital technology applications and the types of cooperation partners.

Based on the theory of knowledge-based view, this paper makes use of the data of 426, 500 cooperative patent applications of Chinese listed enterprises from 2007 to 2021, and finds that the application of digital technology significantly improves the cooperative innovation performance of enterprises. In terms of the underlying mechanisms, the adoption of digital technology improves firms' ability to search for and integrate external knowledge, thereby facilitating collaborative innovation. Additionally, the presence of superstar inventors positively moderates the relationship between firms' digital technology adoption and collaborative innovation.

This research makes three main theoretical contributions to the literature: First, it enriches the literature on the impact of digital technology on corporate collaborative innovation. This paper innovatively divides the depth of digital technology application by enterprises into four links: "digital production", "digital management", "digital products" and "digital marketing", and deeply analyzes the specific business links through which digital technology affects corporate collaborative innovation. In addition, this paper also divides the objects of corporate collaborative innovation into four types: "enterprise-enterprise", "enterprise-university", "enterprise-research institute" and "enterprise-other", so as to deeply examine the impact of digital technology application on different types of corporate collaborative innovation. Second, it expands the relevant research on knowledge-based theory. The knowledge-based theory believes that knowledge is the key resource that determines the innovation performance of enterprises. Especially in the digital economy era, digital technology has effectively reduced the cost of enterprises to obtain information and knowledge from the outside. This paper reveals the internal mechanism of digital technology affecting enterprise cooperative innovation from the two perspectives of knowledge search and knowledge integration, and expands the application boundary of the knowledge-based theory. Third, it supplements the research on the impact of human capital on corporate innovation. Superstar inventors are the most important human capital in the enterprise innovation process. Existing literature has found that inventors have an impact on the quantity and quality of patents of enterprises, but the role of inventors as a carrier of internal knowledge accumulation on enterprise cooperative innovation has been ignored. This paper finds that superstar inventors have a significant positive moderating effect on the application of digital technology to improve the level of enterprise cooperative innovation, which provides empirical evidence for enterprises to vigorously train and accumulate superstar inventors.

Key Words: digital technology; collaborative innovation; knowledge-based view; superstar inventors

JEL Classification: D21, O31, O33

DOI: 10.19616/j.cnki.bmj.2025.01.006

(责任编辑:李先军)