

数实产业技术融合与企业全要素生产率

——基于中国企业专利信息的研究

黄先海, 高亚兴

[摘要] 数字经济与实体经济深度融合是中国经济高质量发展的内在要求与战略方向,本文利用中国企业专利信息,从微观视角测度企业的数实产业技术融合行为,并以中国上市公司为样本,研究其对企业全要素生产率的影响及作用机制。研究发现,企业的数实产业技术融合行为能够显著提升企业的全要素生产率,并且该结论在进行内生性控制和稳健性检验之后依然成立。机制分析表明,从创新变革视角看,数实产业技术融合有助于拓展企业知识宽度,提升技术创新质量,从而提升企业全要素生产率;从竞争能力强化视角看,数实产业技术融合能够强化企业对融合技术扩散的吸收能力,提升产品竞争力,从而提升企业全要素生产率。异质性分析表明,在内部特征方面,除数字产品服务业外,企业涉及的其他数字经济核心产业技术融合对全要素生产率均有显著的提升作用;偏向于实体产业技术创新的企业从数实产业技术融合中能获得更大的全要素生产率提升效益。在外部环境方面,知识产权保护水平能够增强数实产业技术融合对企业全要素生产率的提升作用,而不同的数字基础设施建设水平并未表现出明显差异。本文的研究结论为中国推进数实产业技术融合、推动企业高质量发展提供了事实支撑与政策启示。

[关键词] 数字经济; 技术融合; 全要素生产率; 高质量发展; 创新变革

[中图分类号] F260 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-480X(2023)11-0118-19

一、引言

在新一轮科技革命和产业加速变革的新发展阶段,数字经济与实体经济的深度融合成为中国实现经济高质量发展的必由之路。党的二十大报告提出,加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合。国务院2022年印发的《“十四五”数字经济发展规划》也指出,要以数字技术与实体经济深度融合为主线,协同推进数字产业化和产业数字化,推进数字技术、应用场景和商业模式融合创新,以技术发展促进全要素生产率提升。推动数字经济与实体经济深度融合是党中央面向中

[收稿日期] 2023-06-24

[基金项目] 科技部国家重点研发计划项目“面向共同富裕的公共服务普惠供给技术及应用”(批准号2022YFF0902000);国家自然科学基金专项项目“数字化变革、数据要素化与经济高质量发展”(批准号72141305);教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目“新发展格局下数字产业链发展战略研究”(批准号21JZD022)。

[作者简介] 黄先海,浙江大学经济学院教授,博士生导师;高亚兴,浙江大学经济学院博士研究生。通讯作者:高亚兴,电子邮箱:kmilliar@163.com。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

国式现代化做出的重大战略决策(洪银兴和任保平,2023),也是中国走高质量发展道路和赢得新一轮国际竞争的重要举措(夏杰长,2022)。中国信息通信研究院发布的《中国数字经济发展研究报告(2023年)》显示,2022年中国数字经济规模达到50.2万亿元,占GDP比重达到41.5%,其中,数字产业化、产业数字化规模分别达到9.2万亿元和41万亿元;数字经济在第一、二、三产业中的渗透比例分别达到10.5%、24.0%、44.7%。数字经济正在不断渗透、赋能和重塑实体经济,逐渐成为实体经济产业结构升级与动能转换的关键动力。

产业之间的技术融合是产业融合发生的前提条件(马健,2002),也是产业融合最主要的驱动因素(胡汉辉和邢华,2003)。以互联网、大数据、云计算和人工智能为代表的数字技术广泛嵌入到传统产业技术创新过程中的研究开发、设计制造、技术管理、成果转化等多个环节中,改变了原有技术创新过程中的生产要素配置结构与配置效率,大幅削减技术创新过程中的研发成本与搜寻成本。数字技术在创新过程中不断更新迭代与相互融合,以此形成的“数据+算法+算力”集成创新能力逐步推动传统产业生产过程中的工业技术向智能技术转化(洪银兴和任保平,2023)。而企业作为经济运行的微观主体,同时也是数字技术与实体经济深度融合的微观载体(袁淳等,2021),企业通过将数字经济产业技术应用于技术创新过程以及对实体经济产业技术的数字化改造,实现数字经济产业与实体经济产业在技术层面的融合(以下简称数实产业技术融合)。在中国经济从数量追赶转向质量追赶的转型过程中,提高全要素生产率是经济转向高质量发展的核心任务与主旋律(王一鸣,2020),如何提高企业全要素生产率是推动企业高质量发展的关键议题(黄勃等,2023)。因此,本文将全要素生产率作为主要研究对象,探究企业进行数实产业技术融合的创新行为能否以及如何赋能企业全要素生产率的提升,为中国推动数实产业技术深度融合和企业高质量发展提供理论支撑和政策启示。

本文利用中国企业发明专利数据中的专利互引信息,构建企业层面的数实产业技术融合测度指标,基于上市公司财务数据计算企业全要素生产率并展开分析,研究发现,企业进行数实产业技术融合能够显著提升全要素生产率。进一步地,对于数实产业技术融合影响企业全要素生产率的机制,本文从企业创新变革与企业竞争能力强化两个视角展开分析,发现数实产业技术融合能够拓展企业知识宽度、提升技术创新质量以提升企业全要素生产率;同时,数实产业技术融合能够显著提升企业对融合技术扩散的吸收能力与产品竞争力,从而提升企业全要素生产率。此外,基于不同数字经济核心产业技术融合、企业技术创新偏向性等内部特征,以及知识产权保护水平、数字基础设施建设水平等外部环境,企业数实产业技术融合对全要素生产率的影响存在异质性。

本文主要贡献体现在如下方面:①以往在数字经济条件下,对企业层面发展质量的研究主要围绕数字技术创新(Svahn et al.,2017;黄勃等,2023;陶锋等,2023)、企业数字化转型(吴非等,2021;李万利等,2022)等方面展开,而对数实融合的探讨多以宏观层面的理论分析为主(洪银兴和任保平,2023)。本文基于企业的微观视角,从技术层面对数实产业技术融合进行测度,研究了企业数实产业技术融合对全要素生产率的影响,拓展了企业全要素生产率研究的数字化条件范畴,为后续围绕微观视角的数实融合研究提供理论参考。②以往研究普遍将技术融合视为创新的主要来源,分析技术融合对企业创新(Han and Sohn,2016)和企业绩效增长(Curran and Leker,2011)的影响,且多局限于信息产业等产业内部,本文在厘清数实产业技术融合内涵与特征的基础上,实证检验了其对全要素生产率的影响机制,丰富了技术融合促进企业发展在数字经济范畴的探讨。③为保障数实融合的顺利推进,厘清数实产业技术融合对企业全要素生产率的作用机制至关重要,本文从企业创新变革与企业竞争能力强化两个视角展开分析,为提升企业创新水平,强化企业技术吸收能力,规范企业竞争环境等方面的政策制定提供可行依据。

余文结构如下:第二部分为文献综述;第三部分为理论分析;第四部分为实证研究设计;第五部分为实证结果与分析;第六部分为进一步分析;第七部分为结论与政策启示。

二、文献综述

1. 技术融合、产业融合与经济增长

技术融合作为创新的主要来源,主要表现为知识的跨边界交互与重组(Han and Sohn, 2016)。马健(2002)认为,产业之间拥有共同的技术基础是产业融合的前提条件。产业融合表现为产业界限模糊化,具有一定关联性的产业在其边界或交叉部分出现技术在研发、竞争和价值创造等过程中的相互影响,使原有产业的产品特征、技术特征、市场需求发生改变,进而使得产业界限与产业内部竞争合作关系产生转变。胡汉辉和邢华(2003)认为,产业融合包括产业渗透、产业交叉以及产业重组三种形式,并将产业渗透定义为新兴技术对传统产业在产业边界处的融合,以此实现对传统产业的效率改进。技术融合通常发生于拥有相似技术基础与共同技术平台的产业之间,技术之间通过相互吸收彼此领域的知识,将从属于不同产业的多种技术要素融合。Curran and Leker(2011)认为这一融合过程将产生一个新领域,原有领域之间的知识流跨领域融合效应能够为企业提供新的市场或新的商业模式。也有学者从产业层面,利用专利相关系数(Fai and Tunzelmann, 2001)、总产出中其他产业投入比重(徐盈之和孙剑,2009)对产业间技术融合进行测算,发现技术融合与产业绩效存在正向相关关系。然而,随着数字技术等新兴技术的涌现,技术融合网络愈加复杂,新兴产业技术边界更加模糊,现有研究开始通过组织内部与外部不同的知识整合策略,关注技术融合特征与知识流动、整合、创造过程,分析其对企业二元创新能力、技术融合机会和企业绩效等方面的影响机制(Park and Yoon, 2018)。

2. 数字技术创新、企业数字化变革与企业高质量发展

(1)数字技术创新。当前在数字经济条件下对技术创新行为的研究主要围绕数字技术创新展开。数字技术创新是发展数字经济、推进产业数字化的核心基础,是实体经济数字化转型发展的原动力(田秀娟和李睿,2022),为微观企业的产品特征、组织结构、创新模式带来了根本变革(Nambisan et al., 2017)。刘洋等(2020)认为数字技术创新是指在创新过程中采用信息、计算、沟通、连接技术的组合,形成涵盖产品创新、过程创新、组织创新和商业模式创新等四种类型创新产出的过程。部分学者开始关注数字技术创新对企业绩效的影响,利用专利文本分析(Liu et al., 2023)、专利IPC分类(陶锋等,2023)等对数字技术创新行为进行测度,研究发现企业进行数字技术创新能够缓解企业内部组织之间的信息不对称问题,提高企业的资源整合能力(Svahn et al., 2017),数字技术的创新与应用有助于企业组织结构和治理结构的优化,提升企业市场价值(陶锋等,2023);同时,数字技术创新从根本上改变了产品和服务的性质与结构,催生出新的价值创造和价值获取模式(Nambisan et al., 2017),有利于提高企业的创新速度和运营效率,对企业绩效产生积极影响(Liu et al., 2023),并且能够通过管理、投资、营运和劳动等多渠道赋能企业的高质量发展(黄勃等,2023)。

(2)企业数字化变革。企业数字化变革与数字技术创新都是数字经济条件嵌入技术创新与应用过程的微观表现,但二者侧重点有所不同。数字技术创新关注于数字技术本身,如大数据、云计算、区块链、物联网、人工智能、虚拟现实技术等(Vial, 2019)在技术层面形成的新突破;而数字化变革更加侧重于数字技术在企业研发、生产、管理以及营销等流程中的应用,其结果表现为数字化新产品、生产效率提升、组织结构优化以及商业模式创新(刘洋等,2020)。Acemoglu and Restrepo(2018)认为,机器

人、人工智能等数字技术会对实体企业生产经营活动中的劳动力产生替代作用,优化劳动要素的配置范围与配置效率,从而改变原有的要素分配模式。企业进行数字化变革,能够颠覆行业传统的运作模式,强化企业的跨界竞争优势(张骁等,2019),提升了企业专业化分工水平(施炳展和李建桐,2020;袁淳等,2021),显著提升企业的实业投资水平(李万利等,2022)。吴非等(2021)对中国上市公司2007—2018年企业年报进行文本分析,通过实证检验发现企业数字化转型能够改善信息不对称,促进企业研发投入与创新产出绩效提升,提升企业价值和财务稳定性,进而提升企业的资本市场表现。

当前对数字化条件下企业层面技术创新行为的研究已从多方面展开,但仍存在一些不足:①大部分实证研究集中于数字技术创新对企业生产、管理等流程的赋能作用,未关注技术创新过程中数字经济与实体经济不同产业之间的技术融合行为,同时,现有关于技术融合的理论探讨缺少基于数字化条件的特征分析;②现有文献缺少对数实产业技术融合在微观层面的测度,同时缺少对企业数实产业技术融合行为影响全要素生产率的实证检验与机制研究。基于此,本文通过理论分析和实证研究探讨企业进行数实产业技术融合对企业全要素生产率的影响及作用机制。

三、理论分析

1. 数实产业技术融合的界定

随着“数实融合”不断深耕,“数字引擎”正在加速赋能实体经济,“数实融合”成为中国推进高质量发展、赢得新一轮国际竞争的重要举措(夏杰长,2022)。其中的“数”可理解为数字技术或数字经济(夏杰长,2022),而“实”可理解为广义的实体经济^①中尚未进行数字化变革的部分,因此,“数实融合”实质上是实体经济不断与数据、数字技术等数字经济要素相结合而具有数字属性,推动实体经济内涵与边界不断拓展的过程。

基于此,本文认为数实产业技术融合是分属于数字产业与实体产业范畴的技术之间互补互促的动态演进过程,是“数实融合”在技术层面的微观反映,主要表现为数字产业技术持续被吸收、应用于实体产业技术的创新过程。不同领域技术要素的融合推动了新兴技术领域的出现(Kim and Sohn, 2020),数字技术由于其高渗透性、强赋能作用与低复制成本等特点,在实体经济产业链上下游之间迅速扩散,不断被传统实体产业企业吸收、应用于技术研发过程与技术创新成果中,推动实体产业技术研发过程的智能化转型与实体产业技术本身的数字化改造,加速实体产业技术迭代与升级,推动新兴技术领域的诞生与发展,逐步拓宽实体产业技术的边界;传统实体产业技术中由庞大的数据需求或复杂的数据处理、计算等因素制约而无法实现的部分,在数字技术的加持下成为可能,并且随着实体产业领域不断被挖掘和规模化,多元化的应用场景与不断扩大的应用规模也促使数字技术持续地进行更新迭代,更多受到制约的实体产业领域得以实现关键性技术突破,实体产业技术的内涵不断深化。

2. 数实产业技术融合提升企业全要素生产率的作用机制

新兴技术的出现改变了传统产业创新模式与资源配置结构,对技术创新过程中的要素分配进行重组优化,数字产业技术向实体产业技术的渗透驱动了企业技术创新全流程的数字化改造,数字

① 参考黄群慧(2017),广义的实体经济既包括制造业、农业、建筑业和除制造业以外的其他工业等一般意义的实体经济,也包括批发和零售业、交通运输仓储和邮政业、住宿和餐饮业,以及除金融、房地产业以外的服务业。

技术在创意生成、研发设计、技术试验等创新环节的融入大幅削减企业创新活动中的研发成本与搜寻成本,企业间分布式创新模式的兴起强化了创新主体间知识共享与研发合作,提升企业的知识整合范围与技术研发效率。实体产业的数字要素融入增强了技术转化效率以及技术泛用性,进而推动新工艺、新产品甚至新兴产业的出现,数字技术与传统生产要素相互赋能,提升企业对现有生产要素的利用效率,改进企业生产效率(Acemoglu and Restrepo, 2019)。本文认为,企业进行数实产业技术融合可能通过如下渠道影响企业全要素生产率:一是数实产业技术融合能够提升企业知识宽度与技术创新质量,推动企业创新变革;二是企业数实产业技术融合能够提升企业对融合技术扩散的吸收能力与产品竞争力,强化企业竞争能力。本文将从上述两个视角出发,研究数实产业技术融合提升企业全要素生产率的作用机制。

(1)数实产业技术融合通过推动企业创新变革提升企业全要素生产率,其中,创新变革来源于企业知识宽度与技术创新质量两部分。①数实产业技术融合能够促进企业知识宽度的提升。数字产业技术嵌入实体产业技术弱化了技术创新过程中的企业边界,技术中蕴含的可编码知识以数据形式在创新主体之间加速流动,减小了实体产业技术溢出效应所受到的区域分割、流动载体、地缘政治等因素的制约,大幅拓宽企业在创新网络中知识整合的时空范围,能够加快企业整合不同领域的知识并应用于新兴问题领域的速度(Wu et al., 2019);并且,数字技术在研发过程中的应用使企业之间的合作创新规模进一步增强,企业间通过数字平台实现交互与协同,基于数字平台的协同创新模式进行互补性技术、人力资本等创新资源的跨区域、跨产业共享,降低企业在合作创新中的合作搜寻成本与知识获取成本(洪银兴和任保平, 2023),企业对更加多元化知识的触达与新兴技术领域的外延显著提升企业技术创新所涉领域的广泛度与复杂度,促进企业知识宽度的提升,企业对多元知识领域的涉及有利于企业优化资本、劳动等其他生产要素的配置结构,提升有限资源的配置效率,进而提升企业的全要素生产率。②数实产业技术融合能够促进企业技术创新质量的提升。数字技术在研发中的应用改善甚至重构了原有创新的流程框架(刘洋等, 2020),提升创新过程中的信息搜集准确度与完善度,有助于降低外部环境不确定性带来的创新风险,保障研发人员对创新流程管理与市场研判的及时性、准确性;创新流程虚拟空间映射与仿真模拟技术的结合实现技术研发全流程的可视化与可监控,缩短技术设计、试验流程与研发周期,有利于研发人员对技术创新流程与方向的实时调整,提升企业对技术创新质量的管理与决策。同时,企业间的协同创新加速了企业技术创新过程中对复杂知识的整合与重组,Cai and Li(2019)通过微观数据的研究发现,企业间的接触与合作有利于更高质量的创新,企业通过数字创新平台更加频繁地互动合作能够实现对产业链上下游创新主体互补性知识资源更高效的吸收转化,促进企业对新兴、前沿技术领域的协同突破,提升企业技术创新质量,进而直接推动企业全要素生产率的提升。基于上述分析,本文提出:

假说 1:企业进行数实产业技术融合能够拓展企业知识宽度,提升技术创新质量,从而提升企业全要素生产率。

(2)数实产业技术融合通过强化企业竞争能力提升企业全要素生产率,其中,企业竞争能力包括企业对融合技术扩散的吸收能力与企业产品竞争力两部分。①数实产业技术融合能够强化企业对融合技术扩散的吸收能力。数字经济与实体经济的融合发展推动了一系列前沿融合技术的诞生,数字经济的规模效应与乘数效应会使取得技术优势的先发企业在新兴技术领域快速形成市场垄断势力,企业对前沿融合技术的吸收与转化能力能够使企业从外部知识流中获得更大收益(Escribano et al., 2009),协助企业打破先发企业技术壁垒,实现技术追赶与超越,发挥技术进步对

企业全要素生产率的提升效应。一方面,实体产业技术吸收数字产业技术的创新与转化过程依赖于一整套包括产品硬件、软件应用、通信系统以及产品云等全新的技术基础设施(Porter and Heppelmann, 2014),技术研发与应用过程中提供的实验数据、市场数据也为企业丰富的数据要素资源,对数字化软件与设备的调试、操作与维护也会增加更多技术人员与管理人员(袁淳等, 2021),相近的技术基础与资源禀赋会降低企业对融合技术的吸收门槛。另一方面,企业对前沿融合技术的吸收转化通常发生于技术相似度较高的领域之间,这些技术在研发过程与管理过程中都存在大量的通用知识,如数据收集处理算法、人工智能技术应用、数字化模块嵌入等方面都存在相似性,因此,企业在数实产业技术融合过程中通过“干中学”效应积累大量融合经验,提升企业对融合技术的吸收效率。②数实产业技术融合能够强化企业产品竞争力。实体产业技术中的数字化模块嵌入能够提升企业需求端信息搜集与匹配能力,通过用户使用偏好、反馈等数据的收集分析及时调整技术研发策略与改进方向,及时且准确地追踪用户的动态需求,经由数字技术分析处理后作为数据要素参与实体产业技术的创意生成过程,降低技术创新的盲目性与市场风险,提升供需两端的匹配效率,满足市场日益增长的数字化、智能化产品需求(Yoo et al., 2010)。同时,数实产业技术的融合能够拓宽实体产业技术边界,新兴技术领域的开拓与规模化、产业化在一定程度上能够协助企业规避原有市场中产品同质化导致的竞争加剧,供给端技术融合的多样化、个性化使得企业能够不断挖掘新兴领域产品需求,促使企业实现“换道竞争”,以新兴市场的增量产品需求拉动企业全要素生产率的提升。基于上述分析,本文提出:

假说2:企业进行数实产业技术融合能够强化企业对融合技术扩散的吸收能力,提升企业产品竞争力,从而提升企业全要素生产率。

四、实证研究设计

1. 样本数据

本文选取的样本数据主要来源于两个数据库:一是专利数据库,本文选取其中的企业发明专利相关信息,共包括1985—2019年在中国国家知识产权局申请并公开的493万条企业发明专利及其申请、公开、IPC分类号、专利引用等相关字段;二是国泰安(CSMAR)数据库,包括A股上市公司的基本信息、财务指标等数据。在计算本文所涉及的相关变量后将两个数据库匹配,并对初始样本进行如下处理:①删除总资产小于总负债的样本;②删除金融行业的样本;③删除ST类企业样本;④删除企业年龄小于1的样本;⑤对连续型变量进行双边1%的缩尾处理。最终获得2008—2019年企业一年份层面共12630个样本观测值。

2. 变量定义

(1)数实产业技术融合。专利之间的引用信息通常被用来度量企业技术特征(Acemoglu et al., 2022),测度知识在企业间的溢出与扩散(Cai and Li, 2019)以及用于新技术融合方向的预测(Kim and Sohn, 2020),本文基于专利引用信息捕捉数字产业知识在实体产业技术创新中的流动特征,以此测度企业的数实产业技术融合行为。具体而言,本文首先利用企业专利数据库中企业专利申请的IPC分类主分类号识别该项专利是否属于数字产业领域的技术创新。对IPC分类的识别依据国家知识产权局于2023年3月发布的《数字经济核心产业分类与国际专利分类参照关系表(2023)》,该参照关系表基于《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》《国际专利分类表(IPC2022.01)》将数字经济核心产业分类与国际专利分类进行对照,覆盖了数字经济范围内数字产品制造业、数字产品

服务业、数字技术应用业和数字要素驱动业等四类核心产业,建立起与国际专利分类表中大类、小类、大组、小组等层面的对照关系。本文将此参照关系表与专利数据库匹配,从而识别每项发明专利是否为数字产业技术。进一步地,利用专利公开号将专利引用信息与其他专利信息进行匹配,识别该项专利所引用的专利是否分类为数字产业技术。结合理论分析,本文对数实产业技术融合变量做如下定义:若该项专利 IPC 主分类属于非数字产业技术,且其引用的专利中至少有一项专利分类为数字产业技术,则定义该项专利为企业的一次数实产业技术融合行为。基于此定义,将该指标加总到企业一年份层面得到企业各年度数实产业技术融合数量^①,加 1 取自然对数后作为企业数实产业技术融合的衡量指标,以 *TechConv* 表示。

(2)企业全要素生产率。本文选取企业全要素生产率(*TFP*)作为被解释变量。本文使用 LP 法计算企业全要素生产率,其中,总产出、资本、劳动与中间品投入分别以上市公司数据库中企业的营业收入、固定资产净额、员工人数与购买商品、接受劳务支付的现金衡量。同时,在后文中,本文利用 OP 法重新计算企业全要素生产率,替代被解释变量进行稳健性检验^②。

(3)控制变量。本文选取了一系列企业层面控制变量(*ContVars*),以控制其他潜在因素对实证结果的影响。具体包括:①增长速率(以企业年度营业收入增长率衡量);②研发能力(以企业当年专利申请平均研发支出的自然对数衡量);③财务情况(以资产负债率衡量);④获现能力(以经营活动产生的现金流量净额与总资产比率衡量);⑤资产运用效率(以流动资产周转率、存货周转率衡量);⑥企业规模(以员工人数的自然对数衡量);⑦企业年龄(以会计年度与企业成立年份之差的自然对数衡量);⑧董事会规模(以董事会董事数量的自然对数衡量);⑨产权性质(非国有企业取 0,国有企业取 1)。同时,为控制个体、年份层面相对不变的因素对实证结果的影响,本文回归分析中分别控制了企业固定效应(μ)、年份固定效应(γ),变量均分布于合理区间内^③。

3. 模型构建

本文构建模型(1)用于基准回归,以检验数实产业技术融合对企业全要素生产率的影响:

$$TFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 TechConv_{it} + \sum \beta_n ContVars_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中,下标 i 、 t 分别表示企业、年份, TFP_{it} 为企业 i 在 t 年的全要素生产率。 $TechConv_{it}$ 为企业 i 在 t 年的数实产业技术融合数量, $ContVars_{it}$ 为一系列控制变量构成的集合, μ_i 为企业固定效应, γ_t 为年份固定效应。其中, β_1 为本文所关注变量的回归系数,若系数 β_1 显著为正,则可以推断企业的数实产业技术融合行为能够提升企业的全要素生产率,支持本文理论的预期。

五、实证结果分析

1. 基准回归结果

本文基准回归结果如表 1 所示。其中,第(1)一(4)列分别为仅包含解释变量、加入一系列控制变量、进一步控制年份固定效应、同时控制年份与企业双向固定效应的逐步回归结果。由表 1 可见,企业的数实产业技术融合(*TechConv*)对企业全要素生产率(*TFP_LP*)的回归系数均显著为正,

① 若一项专利存在多个申请主体,则将此专利分别计入各申请主体当年的数实产业技术融合数量。

② 本文在生产率计算过程中均以 2008 年为基期,对所涉及的营业收入、现金流量等指标使用消费品价格指数进行平减处理;对固定资产净额等资产类指标使用固定资产投资价格指数进行平减处理。

③ 变量描述性统计结果参见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

表明在创新过程中进行更多数实产业技术融合行为的企业,其全要素生产率水平会相对更高。第(4)列结果显示,在加入一系列控制变量,并控制年份、企业层面固定效应后,解释变量 *TechConv* 的系数为 0.0214,且在 1% 的水平上显著,即企业数实产业技术融合数量每增加 1%,企业全要素生产率会提高 0.0214%,表明企业进行数实产业技术融合对企业全要素生产率具有显著的正向影响,此结论也与本文理论分析部分相印证。

表 1 基准回归结果

变量	(1) <i>TFP_LP</i>	(2) <i>TFP_LP</i>	(3) <i>TFP_LP</i>	(4) <i>TFP_LP</i>
<i>TechConv</i>	0.0076* (0.0039)	0.0226*** (0.0042)	0.0288*** (0.0042)	0.0214*** (0.0042)
控制变量	否	是	是	是
年份固定效应	否	否	是	是
企业固定效应	否	否	否	是
观测值	12630	12630	12630	12630
R ²	0.0000	0.1997	0.2207	0.2239

注: *、**和***分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著;括号内为聚类到企业层面的稳健标准误。以下各表同。

2. 内生性控制

(1)工具变量法。本文借鉴已有文献,利用同一年度、同一规模其他企业平均水平(尹志锋等, 2023)与 1984 年各城市每万人平均固定电话数量(黄群慧等, 2019)构建工具变量,从而缓解实证分析中内生性问题的干扰。具体而言,首先在各年度内将总资产作为企业规模的分类依据,按照企业规模的十分位数将所有企业分组,并计算同一分组内除企业自身外其他企业的数实产业技术融合平均水平作为工具变量(记为 *AvgConv*),在分组层面的汇总有助于缓解企业层面存在的内生性带来的反向因果问题,其他企业数实产业技术融合平均水平一定程度上可以反映企业个体的差异,同时又可避免企业自身特征对工具变量排他性的干扰。并且基于企业规模的分组计算,在控制企业固定效应以及企业规模控制变量后,能够较好地排除企业规模特征对数实产业技术融合与全要素生产率的潜在影响,因此,该工具变量能较好满足相关性与排他性要求。并且,历史上固定电话普及率可能影响当地互联网的普及与发展,因此,可能与企业进行数实产业技术融合的所需数字基础设施支撑存在相关性,而固定电话对企业全要素生产率的影响逐渐消失(黄群慧等, 2019)。同时,考虑到固定效应模型的检验中使用单一年度的变量会出现无法度量的问题,参考 Nunn and Qian(2014)将 1984 年城市层面每万人平均固定电话数量与城市层面互联网接入数的交互项作为企业数实产业技术融合的工具变量(记为 *FixTel*),能一定程度上满足相关性与排他性要求。

本文采用两阶段最小二乘法(TSLS)进行工具变量回归,第一阶段与第二阶段的回归结果分别见表 2 的第(1)、(2)列。工具变量检验结果显示,LM 统计量 p 值为 0.0000,拒绝工具变量识别不足的原假设;Wald F 统计量为 24.540,大于 10% 水平临界值 19.93,表明无弱工具变量问题;Hansen J 统计量 p 值为 0.3464,接受扰动项与工具变量无关的原假设,即工具变量不存在过度识别问题。第(1)列中,两项工具变量的回归系数均显著为正,表明符合相关性要求。第(2)列显示,解释变量 *TechConv* 的系数为正,且在 1% 的水平上显著,表明在控制潜在的内生性问题干扰之后,本文的基准结论仍然成立。

(2)DID 检验与动态效应分析。由于企业的技术创新行为具有连续性,因此,不同企业在不同
时点开始数实产业技术融合的创新行为决策可以视为一项准自然实验。本文参考吴非等(2021)的
研究,利用多时点双重差分模型(DID)对内生性问题进行控制,并进一步利用动态效应分析研究全
要素生产率的动态趋势特征。

本文将样本期内至少进行过一次数实产业技术融合的企业作为处理组,将其他企业作为对照
组,建立双重差分模型(2):

$$TFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 Treat_i \times Post_{it} + \sum \beta_n ContVars_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中, *Treat* 表示企业是否属于处理组,处理组取值为 1,非处理组取值为 0; *Post* 在处理组企业
首次进行数实产业技术融合及之后的年份取值为 1,否则取值为 0;其余变量定义与基准回归一致。
回归结果见表 2 第(3)列,其中,交乘项 *Treat*×*Post* 的系数显著为正,表明企业进行数实产业技术融
合的决策对于提升企业全要素生产率具有显著的正向影响。

表 2 内生性控制

变量	工具变量法		DID 检验	动态效应	PSM-DID 检验	
	(1) <i>TechConv</i>	(2) <i>TFP_LP</i>	(3) <i>TFP_LP</i>	(4) <i>TFP_LP</i>	(5) <i>TFP_LP</i>	(6) <i>TFP_LP</i>
<i>AvgConv</i>	0.2077*** (0.0301)					
<i>FixTel</i>	0.0108* (0.0062)					
<i>TechConv</i>		0.2076*** (0.0589)				
<i>Treat</i> × <i>Post</i>			0.0220*** (0.0080)		0.0172* (0.0104)	0.0170* (0.0100)
<i>Treat</i> × <i>Post</i> (-2)				0.0015 (0.0118)		
<i>Treat</i> × <i>Post</i> (-1)				0.0178 (0.0131)		
<i>Treat</i> × <i>Post</i> (0)				0.0253* (0.0140)		
<i>Treat</i> × <i>Post</i> (+1)				0.0289* (0.0152)		
<i>Treat</i> × <i>Post</i> (+2)				0.0391** (0.0163)		
<i>Treat</i> × <i>Post</i> (+3)				0.0489*** (0.0183)		
Kleibergen-Paap rk LM statistic	43.756*** [0.0000]					
Kleibergen-Paap rk Wald F statistic	24.540 {19.93}					
Hansen J statistic	0.886 [0.3464]					
控制变量	是	是	是	是	是	是
双向固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	10863	10863	12630	12630	7004	6063
R ²	0.1812	0.0407	0.2226	0.2235	0.2265	0.2278

注:[]内为 p 值,{}内为 Stock-Yogo 弱识别检验 10% 水平的临界值。

进一步地,本文设定模型(3)研究企业数实产业技术融合对全要素生产率影响的动态特征:

$$TFP_{it} = \beta_0 + \sum \beta_m Treat_{it} \times Post(n)_{it} + \sum \beta_n ContVars_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, $Post(n)$ 表示处理组及对照组企业处于处理组企业在首次进行数实产业技术融合前后的第 n 期,本文共设定决策前后各3年,共包含7年的窗口期^①,估计结果见表2第(4)列。结果显示,企业进行数实产业技术融合的决策之前年份 $Treat \times Post(-2)$ 与 $Treat \times Post(-1)$ 的系数均不显著;企业决策当期及之后年份 $Treat \times Post(0)$ 至 $Treat \times Post(+3)$ 的系数均显著为正,表明企业进行数实产业技术融合的决策对全要素生产率具有正向影响,且有一定时期的持续性特征。以上基于DID与动态效应分析的结果同样支撑了本文的基准结论。

(3)PSM—DID检验。进一步地,为保证处理组与对照组在创新行为决策前后其他企业特征保持一致,本文结合倾向得分匹配(PSM)方法,以更加准确地识别企业数实产业技术融合行为与企业全要素生产率之间的因果关系。首先对全样本进行混合年份的倾向得分匹配,以各控制变量为企业特征基准变量,将样本期内首次进行数实产业技术融合的处理组样本按照0.1标准卡尺的最邻近匹配方法,与对照组样本进行1:1的无放回匹配,之后依据模型(2)进行DID估计,结果见表2第(5)列。考虑到上述匹配结果会存在处理组和对照组样本年份不一致、对照组样本在时间序列上不稳定的问题,本文参考黄勃等(2023)的研究,以处理组企业首次进行数实产业技术融合的前一年为基准,与相同年份内的对照组样本进行标准卡尺为0.1的1:1无放回邻近匹配,以此提取回归样本,使处理组企业的创新行为决策更接近准自然实验设定,匹配后的DID估计结果见表2第(6)列。由第(5)、(6)列可见,不同匹配方式下交乘项 $Treat \times Post$ 的系数均显著为正,表明企业进行数实产业技术融合的决策对企业全要素生产率的提升具有显著的正向影响,进一步验证了本文的基准结论。

3. 稳健性检验^②

(1)替换数实产业技术融合测度指标。本文从创新产出视角对企业数实产业技术融合重新进行测度,参考陶锋等(2023)以专利IPC分类号识别专利所属领域的方法,计算企业数实产业融合技术数量替换解释变量进行检验。若专利IPC主分类被识别为实体产业技术,并且其他IPC分类号中至少一项在任一层面被识别为数字产业技术,则定义该专利为企业的一项数实产业融合技术。将指标汇总到企业一年份层面,加1取自然对数后得到企业数实产业融合技术变量($FusiTech$),替换后企业数实产业技术融合指标系数显著为正,支持本文基准结论。

(2)调整专利引用信息窗口期。考虑到专利申请中的专利引用信息可能不完全是由企业自身填写,一部分是专利审查过程中由专利审查员所添加,因此,企业在技术创新过程中可能并未实际参考这部分知识,从而对企业数实产业技术融合的实际值存在高估。Jaffe(2000)认为,专利引用信息中较陈旧的引用可能来自律师或审查员所添加,而较为新近的专利引用更加有效。借鉴易巍等(2021),本文对企业专利引用信息设置三年窗口期^③,即仅统计在企业专利申请时所引用的前三年内公开的专利信息,重新计算企业数实产业技术融合数量。限制专利引用信息窗口期后,企业数实产业技术融合对全要素生产率的影响仍显著为正,支持本文基准结论。

(3)替换数实产业技术融合滞后项。由于企业数实产业技术融合对全要素生产率的提升效应可能存在时滞,本文利用解释变量的滞后一期重新进行基准回归,回归系数显著为正,结果稳健。

① 为避免多重共线性,回归中省略窗口期第一期变量。

② 稳健性检验结果参见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

③ 本文同时设定了其他不同年度的窗口期回归,结果均稳健。

(4)调整专利公开期限。由于专利从应用到公开最长需要18个月,在样本期末年度可能存在当年部分专利尚未公开,导致当年企业数实产业技术融合数量指标总体存在低估,因此,本文剔除了2018年与2019年的样本进行稳健性检验。解释变量的系数与显著性与基准回归均无明显差异,结果稳健。

(5)替换全要素生产率测度指标。本文采用OP法重新对企业全要素生产率进行计算,分别以平减后的企业固定资产、无形资产和其他长期资产支付的现金与企业投资及相关投资活动支付的现金两个变量作为企业投资额的代理变量,计算得到企业全要素生产率替换指标进行基准回归检验。替换后,企业数实产业技术融合的回归系数均显著为正,结果稳健。

(6)剔除通信、信息技术相关行业样本。本文对企业数实产业技术融合的定义主要依据实体产业技术对数字产业技术的吸收应用,通信、信息技术相关行业的企业在技术融合中可能由于其本身的数字产业技术基础与发展水平较高,从而在吸收数字产业技术时相对于其他实体产业企业更具优势。因此,本文剔除行业分类为电信、广播电视和卫星传输服务,软件和信息技术服务,互联网和相关服务的企业样本,主要解释变量回归系数仍显著为正,结果稳健。

六、进一步分析

1. 企业创新变革机制检验

本文采用中介效应检验方法,对前文理论分析部分提出的企业数实产业技术融合影响全要素生产率作用机制进行研究,参考江艇(2022)对因果推断研究中的中介效应分析建议,本文所选取的中介变量对被解释变量全要素生产率的因果关系较为清晰直观,重点关注解释变量(数实产业技术融合)对中介变量的影响。因此,在基准回归模型(1)的基础上,本文设定模型(4)进行中介效应检验:

$$Mediator_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 TechConv_{it} + \sum \alpha_n ContVars_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中,解释变量与控制变量定义和测度方式与基准回归一致,*Mediator*为中介变量,各中介变量定义和测度方式将分别在下文介绍。

(1)企业知识宽度。本文理论分析指出,企业数实产业技术融合能够提升企业知识扩散范围与效率,降低知识搜寻与获取成本,从而拓展企业知识宽度,以此促进企业全要素生产率的提升。本文参考张杰和郑文平(2018)对专利知识宽度的测度方法,计算企业知识宽度,以测度企业技术创新中所包含知识的复杂程度。本文利用发明专利申请时的IPC主分类号,在大组层面设定式(5),计算企业专利分类的赫芬达尔—赫希曼指数(HHI):

$$KnowWidth_{it} = 1 - \sum_j ratio_{ij}^2 \quad (5)$$

其中, $ratio_{ij}$ 表示IPC大组分类为*j*的专利占企业当年全部专利的比例,该指数越大,表示企业专利分类差异越大,知识分布越分散,以此衡量企业知识宽度(记为*KnowWidth*)。同时,为避免指标测度中专利公开期限造成的偏误(寇宗来和刘学悦,2020),在回归时剔除年份为2018年和2019年的样本,中介效应检验结果见表3第(2)列^①。解释变量*TechConv*对中介变量*KnowWidth*的回归系数显著为正,表明企业数实产业技术融合对企业知识宽度具有显著的正向影响,即企业进行数实产业技术融合能够拓宽企业知识宽度,从而提升企业全要素生产率。

^① 由于样本总量变化,本文对中介效应检验的基准回归重新估计,结果分别参见表3、表4。

表3 机制检验:创新变革

变量	基准回归	企业知识宽度	技术创新质量
	(1) <i>TFP_LP</i>	(2) <i>KnowWidth</i>	(3) <i>TechQual</i>
<i>TechConv</i>	0.0225*** (0.0049)	0.0215*** (0.0068)	0.3545*** (0.0242)
控制变量	是	是	是
双向固定效应	是	是	是
观测值	9067	9067	9067
R ²	0.2012	0.3327	0.4656

(2)技术创新质量。根据本文理论分析,数字产业技术在实体产业技术创新过程中的应用有利于提升企业对技术创新流程管理与决策的准确性,促进企业对前沿技术的协同突破,从而提升企业技术创新质量,以此提升企业全要素生产率。现有文献对技术创新质量较多使用专利的被引数量进行测度(Jaffe, 2000; Hsu et al., 2014),同时考虑到专利被引信息可能存在右侧断尾问题(Hall et al., 2005),本文采用企业专利公开后5年内被引总量,加1取自然对数后衡量企业技术创新质量(*TechQual*),并剔除2018年和2019年的样本以避免统计偏误。该变量越大,表明企业技术创新质量越高。中介效应回归结果见表3第(3)列,其中,*TechConv*系数显著为正,表明企业数实产业技术融合对技术创新质量具有显著的促进作用,即企业进行数实产业技术融合能够提升企业技术创新质量,进而提升企业全要素生产率。

2.企业竞争能力强化机制检验

(1)对融合技术扩散的吸收能力。本文理论分析认为,由于融合技术所需资源禀赋基础的相似性以及企业技术融合过程中“干中学”效应带来的融合经验累积,进行数实产业技术融合的企业能够相对高效地吸收企业间相互扩散的融合技术知识,从而提升企业全要素生产率。本文对融合技术的识别从创新产出视角出发,以基准回归中对数字产业技术的识别方法为依据,将专利所有的IPC分类号与数字产业技术参照表进行匹配,若专利的IPC主分类号被识别为实体产业技术,且其他IPC分类号中至少一个在任意层面被识别为数字产业技术,则定义该项技术为一项融合技术,进一步地将此识别结果与企业当年所有专利的专利引用信息进行匹配,若一项专利引用了至少一项融合技术,则视该项专利进行了一次对融合技术的吸收,将识别结果在企业一年份层面汇总,加1取自然对数后作为企业对融合技术扩散的吸收能力代理变量(*TechAbso*),该变量越大,表示企业对融合技术扩散的吸收能力越强。为避免由于测度方式导致解释变量与中介变量在模型(4)的估计中产生内生性,降低统计显著性(江艇, 2022),本文利用解释变量滞后一期进行中介效应检验,结果见表4第(1)列。结果显示,数实产业技术融合对中介变量*TechAbso*的回归系数显著为正,表明企业进行数实产业技术融合能够显著提升企业对融合技术扩散的吸收能力,进而提升企业全要素生产率。

(2)企业产品竞争力。本文理论分析认为,企业数实产业技术融合能够通过强化企业从需求端出发的需求匹配能力以及从供给端出发的需求挖掘能力,强化企业产品竞争力,从而提升企业全要素生产率。本文参考陈志斌和王诗雨(2015)对企业市场竞争力的测度方法,计算企业勒纳指数=(营业收入-营业成本-管理费用-销售费用)/营业收入,以此测度企业产品竞争力。同时,由于不同行业的数字化水平、竞争程度存在差异,本文参考邢立全和陈汉文(2013),对企业勒纳指数在年

份一行业层面进行排序,并按十分位数进行分组,对处于不同位置的企业分别赋值1—10作为企业当年产品竞争力的代理变量(*ProdComp*),该变量值越大,代表企业当年在产品市场竞争中越具有竞争优势。中介效应检验结果见表4第(2)列。结果显示,解释变量系数显著为正,企业数实产业技术融合对企业产品竞争力有显著的积极影响,即企业进行数实产业技术融合能够强化企业产品竞争力,从而提升企业全要素生产率。

表4 机制检验:竞争能力强化

变量	融合技术扩散的吸收能力		企业产品竞争力	
	基准回归 <i>TFP_LP</i>	(1) <i>TechAbso</i>	基准回归 <i>TFP_LP</i>	(2) <i>ProdComp</i>
<i>TechConv</i>	0.0105** (0.0042)	0.1836*** (0.0176)	0.0213*** (0.0042)	0.0837* (0.0467)
控制变量	是	是	是	是
双向固定效应	是	是	是	是
观测值	10647	10647	12592	12592
R ²	0.2256	0.2538	0.2238	0.1511

3. 数实产业技术融合内部特征异质性

(1)数字经济核心产业技术特征。《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》中将数字经济核心产业分为01数字产品制造业、02数字产品服务业、03数字技术应用业和04数字要素驱动业四大类,不同分类下数字经济产业技术对实体经济的赋能特征与效率可能存在差异,从而对企业全要素生产率提升作用存在异质性。本文在基准回归的识别基础上,进一步识别各项发明专利所属的数字经济产业分类,若一项实体产业技术所引用的专利IPC分类从属于一类数字经济产业大类,则认为该项专利为涉及此数字经济产业大类的一次数实产业技术融合^①。将识别结果在企业一年份层面汇总,得到企业涉及数字经济产业各分类的数实产业技术融合次数,加1取自然对数后作为解释变量(*Conv_01—Conv_04*)进行异质性检验。

异质性分析结果见表5。表5中第(1)、(3)、(4)列解释变量回归系数均显著为正,表明实体产业技术创新过程中对数字产品制造业、数字技术应用业以及数字要素驱动业等数字产业技术知识的吸收应用,均有利于企业全要素生产率的提升。第(2)列中,对数字产品服务业技术的融合系数为正但不显著,可能是因为该大类下数字产品批发、零售、租赁、维修等中类产业技术多围绕数字化设备、产品的相关服务,较少直接参与实体产业技术的创新过程,难以发挥数字技术对实体产业技术的创新赋能,因此,对企业全要素生产率的提升效应不明显。

(2)企业技术创新偏向性。企业是否进行数字化转型、数字化转型程度以及是否进行数字产业技术研发等企业行为决策可能会使企业数实产业技术融合行为的融合基础、创新偏好存在差异,进而导致数实产业技术融合对全要素生产率的提升效率差异。因此,本文计算企业专利申请总量中数字产业技术专利申请量的占比,以企业上一年该比值的三分位数将样本划分为高、中、低三组,将

^① 若一项专利所引用的专利同时与多个数字经济产业大类对应,则将该专利分别计入不同大类的数实产业技术融合总量中。

表5 异质性检验:数字经济核心产业技术特征

变量	(1) 数字产品制造业 <i>TFP_LP</i>	(2) 数字产品服务业 <i>TFP_LP</i>	(3) 数字技术应用业 <i>TFP_LP</i>	(4) 数字要素驱动业 <i>TFP_LP</i>
<i>Conv_01</i>	0.0211*** (0.0043)			
<i>Conv_02</i>		0.0110 (0.0207)		
<i>Conv_03</i>			0.0186*** (0.0059)	
<i>Conv_04</i>				0.0179* (0.0092)
控制变量	是	是	是	是
双向固定效应	是	是	是	是
观测值	12630	12630	12630	12630
R ²	0.2238	0.2216	0.2225	0.2220

其中高、低两组作为在技术创新过程中更偏向于数字产业技术创新、更偏向于实体产业技术创新的两组企业样本,以此进行异质性检验。

异质性分析结果见表6第(1)、(2)列。结果表明,在不同技术创新偏向性的企业中,数实产业技术融合均对企业全要素生产率有显著的正向影响,第(2)列结果表明,在更偏向于实体经济产业技术创新的企业中,进行数实产业技术融合能够为企业全要素生产率带来更大的提升作用,并且利用 Fisher's Permutation Test 进行系数的组间差异检验,观测差值在5%水平上显著,拒绝组间系数不存在差异的原假设。原因可能为实体产业技术偏向的企业尚未开始数字化转型或仍处于数字化转型初期,企业数字化水平较低,数字产业技术对企业技术改进的边际收益更大,因此,企业进行数实产业技术融合能够相对更高效地提升企业全要素生产率。

4. 数实产业技术融合外部环境异质性

(1)知识产权保护水平。知识产权保护有助于推动企业发明专利的转化与应用,保障企业技术创新的收益能力。本文参考黄勃等(2023)对地区知识产权保护水平分类方法,以中国各省份知识产权保护发展指数作为地区当年知识产权保护水平的测度指标,利用各年度知识产权保护发展指数的三分位数将样本分为知识产权保护较强、居中、较弱等三组样本,选取其中知识产权保护较强与较弱两组作为异质性检验样本,数据来源于国家知识产权局发布的各年度《全国知识产权发展状况报告》^①。异质性分析结果见表6第(3)、(4)列,结果显示,不同知识产权保护水平的样本中,解释变量 *TechConv* 的回归系数均显著为正,同时企业数实产业技术融合的系数在知识产权保护较强一组中相对更大, Fisher's Permutation Test 组间系数观测差值在10%水平上显著,即组间系数存在显著差异,表明更高的知识产权保护水平有助于增强数实产业技术融合对企业全要素生产率的提升作用。

① 该报告于2013年首次发布,本文根据当年发布的《2012年全国知识产权发展状况报告》中2007—2012年地区知识产权保护发展指数变化图整理得到2008—2011年各省份的知识产权保护发展指数相对排序。

表 6 异质性检验:内部特征与外部环境

变量	技术创新偏向性		知识产权保护水平		数字基础设施建设水平	
	(1) 数字产业 技术偏向 <i>TFP_LP</i>	(2) 实体产业 技术偏向 <i>TFP_LP</i>	(3) 知识产权 保护较强 <i>TFP_LP</i>	(4) 知识产权 保护较弱 <i>TFP_LP</i>	(5) 数字基础 设施较高 <i>TFP_LP</i>	(6) 数字基础 设施较低 <i>TFP_LP</i>
<i>TechConv</i>	0.0128* (0.0075)	0.0390*** (0.0124)	0.0332*** (0.0080)	0.0179** (0.0074)	0.0241*** (0.0077)	0.0174** (0.0077)
<i>Fisher's Permutation test</i>	-0.026** {0.026}		0.015* {0.051}		0.007 {0.271}	
控制变量	是	是	是	是	是	是
双向固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	2906	3320	3759	4579	3746	3986
R ²	0.2463	0.2907	0.2018	0.2563	0.2165	0.2836

注:{ }内为 Fisher's Permutation Test 组间系数差异检验的经验 p 值。

(2)数字基础设施建设水平。数字基础设施能够加速数字化产品的开发、迭代和市场化过程,提升融合技术的升级与扩散速率。本文利用城市各年度互联网宽带接入用户数与当地年末户籍人口数之比作为地区数字基础设施建设水平的测度指标,相关数据来自历年《中国城市统计年鉴》,本文以该指标于各年度的三分位数将样本分为数字基础设施建设水平较高、居中、较低等三组样本,选取其中数字基础设施建设水平较高与较低两组作为异质性检验样本。异质性分析结果见表 6 第(5)、(6)列。Fisher's Permutation Test 结果显示不存在显著的组间系数差异,在不同数字基础设施建设水平的地区,企业数实产业技术融合均能显著促进企业全要素生产率的提升。

七、结论与政策启示

中国经济当前已转向高质量发展阶段,数字经济与实体经济的深度融合是推动中国经济结构优化、动能转换的重要战略举措,数实产业技术融合是实现数字经济与实体经济深度融合的微观着力点,是提升企业全要素生产率,实现企业高质量发展不可或缺的关键动力。本文基于 2008—2019 年中国企业发明专利数据与上市公司数据,以专利引用信息构建企业数实产业技术融合的测度指标,研究企业数实产业技术融合对全要素生产率的影响及作用机制。研究结果表明,数实产业技术融合能够显著提升企业全要素生产率。在创新变革视角下,企业进行数实产业技术融合有助于拓展企业知识宽度,提升技术创新质量,从而提升企业全要素生产率;在竞争能力强化视角下,企业进行数实产业技术融合能够强化企业对融合技术扩散的吸收能力,提升产品竞争力,进而提升企业全要素生产率。对企业内部特征与外部环境的异质性分析表明,除数字产品服务业外,企业涉及其他数字经济核心产业的技术融合对全要素生产率均有显著的提升作用;偏向于实体产业技术创新的企业、知识产权保护水平更高的地区从数实产业技术融合中获得更大的全要素生产率提升效益。基于研究结论,本文形成如下政策启示:

(1)以增量促发展,加强数字经济与实体经济产业在技术层面的深度融合。本文发现,数实产业技术融合对企业全要素生产率提升有显著的积极影响。因此,要注重实体经济产业技术在创新流程与创新成果中对数字产业技术的融合应用,利用人工智能、仿真模拟等数字技术为实体产业技术的更新迭代过程降本增效,并将数字技术创新落脚于赋能实体经济发展,推动传统实体经济产业生产制造、供应链管理过程的数字化、智能化转型,提升智能制造、智慧能源、智慧医疗、智慧交通等关键领域的数实产业技术融合水平,以技术融合作为创新增量的驱动力;同时,要充分发挥中国庞大市场规模与多元化应用场景优势,促进数字技术与多元化应用场景的加速融合,挖掘数实产业技术融合新领域,以新兴技术领域的规模化与产业化推动实体经济总量增长,以技术融合的超前布局开辟数字经济背景下企业技术竞争新赛道,实现在国际技术竞争中的技术追赶与“换道超车”。

(2)以合作促融合,加强数字技术借由企业创新网络的扩散与融合。本文发现,企业知识宽度、技术创新质量以及企业对融合技术扩散的吸收能力是数实产业技术融合促进企业全要素生产率提升的关键途径。因此,要推进产业链开放式创新平台建设,推动创新主体协同合作的分布式创新网络构建,支持产业链上下游企业间以及政产学研等不同类型创新主体间的技术创新合作,以协同创新促进数字产业技术与实体产业技术的加速融合;鼓励数字经济龙头企业、产业链“链主”企业面向链上中小型企业实施通用性数据模型及关键性数字技术的开放共用,推动企业以补齐技术短板、突破技术瓶颈、深化技术融合为目的进行创意共享、技术共享与资源共享,促进数字技术、融合技术知识通过创新网络跨区域、跨领域的扩散与吸收,推动企业技术创新全流程、全生命周期的数字化变革。

(3)以数治数,营造公平有序的竞争环境,降低企业技术融合门槛。一方面,政府部门应完善“大数据+垄断监管”的数字化监管新模式,充分发挥大数据、人工智能等数字技术在数字创新生态系统中的治理作用,以数字技术跟踪、规范企业产品市场竞争行为,加强对市场垄断与不正当竞争行为的治理与防范,提升数实产业技术融合的成果转化应用率,保障企业数实产业技术融合成果的市场收益能力,营造良好的创新竞争环境,促进企业“敢融合”;另一方面,要扩大企业技术融合过程中数字技术知识与服务的公共供给,推进数字技术公共服务平台建设,组建第三方数字技术服务商名录,强化企业研发环节中关键性数字技术和通用性数字技术供给,为企业数字化转型提供初始数字技术支撑,以创新补贴、减税降费等优惠政策降低中小型企业技术研发成本,缓解因数字技术水平差距导致的企业间创新机会分布不均,降低企业技术融合门槛,激发企业技术融合创新意愿,保障企业“愿融合”。

(4)“软硬兼施”,改善知识产权保护和数字基础设施建设外部环境。政府部门应提升对数字经济产业知识产权的保护水平,基于数字技术研发、流动、转化应用等环节的特征差异提供相适应的保护措施,及时对数实产业技术融合产生的新兴产业领域划定分类治理标准,采取适度宽松和垄断治理相结合的知识产权保护策略,并基于新兴技术的数实融合特征制定针对性的知识产权保护规则;同时,要秉持“新旧结合”原则加强数字基础设施的建设,不仅要推进新型数字基础设施的适度超前部署,强化通信、互联网、数据中心等信息基础设施建设,推广工业互联网等融合基础设施以及产业链创新平台等创新基础设施的普及与应用,还要促进能源、交通等传统基础设施向智能化、网联化的融合升级,提高传统基础设施的服务能力与运行效率,构建数实产业技术融合的外部支撑,形成以基础设施推进技术融合、以融合技术促进基础设施升级的循环发展路径。

本文研究仍存在需深入探索之处:一是基于数字技术的异质性,以及实体产业技术成熟度、技术模块化程度、融合技术相关产品特性等方面的差异,技术融合也可能表现出融合速度、融合强度以及经济效应的异质性;二是未来可以结合其他数据和方法,更准确地度量数字技术在实体产业技术创新中的吸收应用情况,进一步研究技术融合对企业高质量发展其他维度的影响及作用机制;三是除技术融合之外,数据、数字平台等数字经济要素在实体经济产业中的渗透使劳动力、技术、资本等传统生产要素在禀赋结构、累积动态、配置效率等方面都发生变革,针对数字经济与实体经济深度融合的微观机制仍存在较多值得研究的视角。

〔参考文献〕

- 〔1〕陈志斌,王诗雨.产品市场竞争对企业现金流风险影响研究——基于行业竞争程度和企业竞争地位的双重考量[J].中国工业经济,2015,(3):96-108.
- 〔2〕洪银兴,任保平.数字经济与实体经济深度融合的内涵和途径[J].中国工业经济,2023,(2):5-16.
- 〔3〕胡汉辉,邢华.产业融合理论以及对我国发展信息产业的启示[J].中国工业经济,2003,(2):23-29.
- 〔4〕黄勃,李海彤,刘俊岐,雷敬华.数字技术创新与中国企业高质量发展——来自企业数字专利的证据[J].经济研究,2023,(3):97-115.
- 〔5〕黄群慧.论新时期中国实体经济的发展[J].中国工业经济,2017,(9):5-24.
- 〔6〕黄群慧,余泳泽,张松林.互联网发展与制造业生产率提升:内在机制与中国经验[J].中国工业经济,2019,(8):5-23.
- 〔7〕江艇.因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J].中国工业经济,2022,(5):100-120.
- 〔8〕寇宗来,刘学悦.中国企业的专利行为:特征事实以及来自创新政策的影响[J].经济研究,2020,(3):83-99.
- 〔9〕李万利,潘文东,袁凯彬.企业数字化转型与中国实体经济发展[J].数量经济技术经济研究,2022,(9):5-25.
- 〔10〕刘洋,董久钰,魏江.数字创新管理:理论框架与未来研究[J].管理世界,2020,(7):198-217.
- 〔11〕马健.产业融合理论研究评述[J].经济学动态,2002,(5):78-81.
- 〔12〕施炳展,李建桐.互联网是否促进了分工:来自中国制造业企业的证据[J].管理世界,2020,(4):130-149.
- 〔13〕陶锋,朱盼,邱楚芝,王欣然.数字技术创新对企业市场价值的影响研究[J].数量经济技术经济研究,2023,(5):68-91.
- 〔14〕田秀娟,李睿.数字技术赋能实体经济转型发展——基于熊彼特内生增长理论的分析框架[J].管理世界,2022,(5):56-74.
- 〔15〕王一鸣.百年大变局、高质量发展与构建新发展格局[J].管理世界,2020,(12):1-13.
- 〔16〕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].管理世界,2021,(7):130-144.
- 〔17〕夏杰长.中国式现代化视域下实体经济的高质量发展[J].改革,2022,(10):1-11.
- 〔18〕邢立全,陈汉文.产品市场竞争、竞争地位与审计收费——基于代理成本与经营风险的双重考量[J].审计研究,2013,(3):50-58.
- 〔19〕徐盈之,孙剑.信息产业与制造业的融合——基于绩效分析的研究[J].中国工业经济,2009,(7):56-66.
- 〔20〕易巍,龙小宁,林志帆.地理距离影响高校专利知识溢出吗——来自中国高铁开通的经验证据[J].中国工业经济,2021,(9):99-117.
- 〔21〕尹志锋,曹爱家,郭家宝,郭冬梅.基于专利数据的人工智能就业效应研究——来自中关村企业的微观证据[J].中国工业经济,2023,(5):137-154.
- 〔22〕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].中国工业经济,2021,(9):137-155.
- 〔23〕张杰,郑文平.创新追赶战略抑制了中国专利质量么[J].经济研究,2018,(5):28-41.

- [24]张骁,吴琴,余欣. 互联网时代企业跨界颠覆式创新的逻辑[J]. 中国工业经济, 2019, (3): 156-174.
- [25]Acemoglu D., U. Akeigit, and M. C. Alp. Radical and Incremental Innovation: The Roles of Firms, Managers, and Innovators[J]. American Economic Journal: Macroeconomics, 2022, 14(3): 199-249.
- [26]Acemoglu, D., and P. Restrepo. The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment[J]. American Economic Review, 2018, 108(6): 1488-1542.
- [27]Acemoglu, D., and P. Restrepo. Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor[J]. Journal of Economic Perspectives, 2019, 33(2): 3-30.
- [28]Cai, J., and N. Li. Growth through Inter-sectoral Knowledge Linkages[J]. The Review of Economic Studies, 2019, 86(5): 1827-1866.
- [29]Curran, C. S., and J. Leker. Patent Indicators for Monitoring Convergence—Examples from NFF and ICT [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2011, 78(2): 256-273.
- [30]Escribano, A., A. Fosfuri, and J. A. Tribó. Managing External Knowledge Flows: The Moderating Role of Absorptive Capacity[J]. Research Policy, 2009, 38(1): 96-105.
- [31]Fai, F., and N. V. Tunzelmann. Industry-Specific Competencies and Converging Technological Systems: Evidence From Patents[J]. Structural Change and Economic Dynamics, 2001, 12(2): 141-170.
- [32]Hall, B. H., A. Jaffe, and M. Trajtenberg. Market Value and Patent Citations[J]. RAND Journal of Economics, 2005, 36(1): 16-38.
- [33]Han, E. J., and S. Y. Sohn. Technological Convergence in Standards for Information and Communication Technologies[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2016, 106: 1-10.
- [34]Hsu, P. H., X. Tian, and Y. Xu. Financial Development and Innovation: Cross-country Evidence [J]. Journal of Financial Economics, 2014, 112(1): 116-135.
- [35]Jaffe, A. B., M. Trajtenberg, and M. S. Fogarty. Knowledge Spillovers and Patent Citations: Evidence from a Survey of Inventors[J]. American Economic Review, 2000, 90(2): 215-218.
- [36]Kim, T. S., and S. Y. Sohn. Machine-Learning-Based Deep Semantic Analysis Approach for Forecasting New Technology Convergence[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2020, (157): 120095.
- [37]Liu, Y., J. Dong, L. Mei, and R. Shen. Digital Innovation and Performance of Manufacturing Firms: An Affordance Perspective[J]. Technovation, 2023, 119: 102458.
- [38]Nambisan, S., K. Lyytinen, A. Majchrzak, and M. Song. Digital Innovation Management: Reinventing Innovation Management Research in a Digital World [J]. MIS Quarterly, 2017, 41(1): 223-238.
- [39]Nunn, N., and N. Qian. U.S. Food Aid and Civil Conflict[J]. American Economic Review, 2014, 104(6): 1630-1666.
- [40]Park, I., and B. Yoon. Technological Opportunity Discovery for Technological Convergence Based on The Prediction of Technology Knowledge Flow in A Citation Network[J]. Journal of Informetrics, 2018, 12(4): 1199-1222.
- [41]Porter, M. E., and J. E. Heppelmann. How Smart, Connected Products Are Transforming Competition [J]. Harvard Business Review, 2014, 92(11): 64-88.
- [42]Svahn, F., L. Mathiassen, and R. Lindgren. Embracing Digital Innovation in Incumbent Firms: How Volvo Cars Managed Competing Concerns[J]. MIS Quarterly, 2017, 41(1): 239-253.
- [43]Vial, G. Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda[J]. Journal of Strategic Information Systems, 2019, 28(2): 118-144.
- [44]Wu, L., B. Lou, and L. Hitt. Data Analytics Supports Decentralized Innovation [J]. Management Science, 2019, 65(10): 4863-4877.
- [45]Yoo, Y., O. Henfridsson, and K. Lyytinen. The New Organizing Logic of Digital Innovation: An Agenda for Information Systems Research[J]. Information Systems Research, 2010, 21(4): 724-735.

Technology Convergence of Digital and Real Economy Industries and Enterprise Total Factor Productivity: Research Based on Chinese Enterprise Patent Information

HUANG Xian-hai, GAO Ya-xing

(School of Economics, Zhejiang University)

Abstract: The deep integration of the digital economy and the real economy is an inherent requirement and strategic direction of China's high-quality economic development. In the process of China's economic transition from quantity-based catching-up to quality-based catching-up, enhancing total factor productivity (TFP) stands as a focal point to advance towards high-quality economic development. Currently, digital technologies are gradually integrating into the process and output of technological innovation in traditional industries. The absorption and application of these digital technologies by enterprises become pivotal in enhancing the efficiency of innovation resources allocation and achieving favorable economic benefits. Using Chinese enterprise's patent information, this paper depicts the technology convergence of digital and real economy industries from a micro perspective, and examines the mechanism of its impact on enterprise TFP, based on the data of Chinese listed companies.

The study reveals that the technology convergence of digital and real economy industries significantly enhances enterprise TFP. The mechanism analysis indicates that from the perspective of innovation transformation, the technology convergence of digital and real economy industries helps expand the width of enterprise knowledge, and improve the quality of technological innovation, thus increasing TFP. From the perspective of enhancing competitiveness, the technology convergence of digital and real economy industries strengthens enterprises' absorption capacity for fusion technologies and their product competitiveness, consequently enhancing TFP. Moreover, the convergence of technologies can achieve greater TFP gains in industries beyond the digital product services, in enterprises that lean towards innovation in real economy industries, and in regions with stronger intellectual property protection.

This study extends the scope of research on TFP in enterprises, provides theoretical reference for future investigations centered around the convergence from micro perspectives, and enriches the discussions on the promotion of technology convergence for enterprise development in the context of the digital economy. The study also offers feasible foundations for policy formulation concerning enterprise innovation transformation and enhancing competitive capabilities. The research findings of this paper provide empirical support and policy implications for China's promotion of the technology convergence of digital and real economy industries, and for the advancement of enterprises' high-quality development.

Keywords: digital economy; technology convergence; total factor productivity; high-quality development; innovation transformation

JEL Classification: D24 M21 O33

[责任编辑:张永坤]