

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

黄勃 李海彤 刘俊岐 雷敬华

内容提要:在当前数字经济时代,数字技术创新已成为驱动中国经济发展的核心要素。本文以中国上市公司为研究样本,通过文本分析识别企业数字专利以刻画数字技术创新水平,进而从企业全要素生产率的角度考察了数字技术创新的经济后果。研究发现,数字技术创新显著促进了企业全要素生产率提升,赋能了中国企业高质量发展,这一结论在控制内生性和进行稳健性检验后依然成立。在作用机制方面,数字技术创新发挥了管理赋能、投资赋能、营运赋能与劳动赋能功能,有助于企业降低内部管控成本,提高投资决策质量与资产营运效率,改善劳动力资源结构,从而推动企业全要素生产率增长。进一步分析发现,完善的知识产权保护体系与数字基础设施将会增大数字技术创新对企业生产率的积极影响;同时,对于高新技术企业以及劳动密集型企业,数字技术创新的生产率效应更为显著。此外,底层技术与实践应用层面的数字技术创新对企业生产率均有提升作用。本研究验证了数字技术创新对实体经济高质量发展的赋能作用,为我国数字技术创新的政策制定以及企业数字化发展的战略决策提供了启示。

关键词:数字技术 全要素生产率 企业创新 高质量发展 文本分析

一、引言

党的二十大报告明确提出“加快实施创新驱动发展战略”。在当前数字经济时代,以大数据、人工智能、云计算和区块链为代表的数字技术创新迭代,并与实体经济深度融合,推动数字经济迅速发展,成为了构建我国现代化经济体系的重要引擎。根据国务院2022年发布的《“十四五”数字经济发展规划》,我国将以“坚持创新引领、融合发展”为数字经济发展的首要原则,促进数字技术向社会经济生产的各领域深入渗透,进而“形成以技术发展促进全要素生产率提高、以领域应用带动技术进步的发展格局”。数字技术创新作为驱动我国数字经济发展的第一动力,不仅是传统企业实现数字化转型和赋能自身高质量发展的重要路径,也是提升我国数字经济竞争力与影响力的关键(田秀娟和李睿,2022)。目前,数字技术已经成为汇聚创新要素最多、应用范围最广和辐射带动作用最强的技术创新领域(庄荣文,2021)。企业作为经济运行的微观基础,是数字技术创新的关键主体(戚聿东等,2021)。那么,数字技术创新究竟如何赋能企业高质量发展?随着越来越多企业开展数字技术研发创新,学术界亟待探究数字技术创新对企业发展的影响及其作用机理,从而为我国把握数字化发展新机遇和拓展经济发展新空间提供启示。

截至目前,探究数字技术创新的经济效应的研究仍然存在明显缺口,相关理论问题尚待现实证据的检验。一方面,现有文献分别从优化生产要素配置(Acemoglu & Restrepo, 2018)、赋能生产经

* 黄勃、雷敬华,中国人民大学财政金融学院、中国财政金融政策研究中心,邮政编码:100872,电子信箱:bohuang@ruc.edu.cn; j. lei@ruc.edu.cn; 李海彤(通讯作者),中国人民大学商学院,邮政编码:100872,电子信箱:lht@ruc.edu.cn; 刘俊岐,厦门大学财务管理与会计研究院,邮政编码:361005,电子信箱:liu@xmu.edu.cn。本文研究得到国家自然科学基金重点项目(72233003)、国家自然科学基金青年项目(71703162, 71803186)的资助。作者感谢匿名审稿专家提供的建设性意见,文责自负。

营流程(Ciarli et al. 2021)和缓解信息不对称(Svahn et al. 2017)等角度分析了数字技术促进生产率长期增长的积极作用。然而,在微观层面,由于新兴技术在研发创新阶段需要投入大量无形资产,这些无形资产在短期内难以带来经济产出,导致数字技术在发展初期可能无助于提高生产率(Brynjolfsson et al., 2017; 程文, 2021),这引起了学术界对数字化时代“索洛悖论”的担忧(Brynjolfsson & Collis, 2019)。另一方面,数字技术创新程度通常不会体现于企业年报和财务报表等常规信息披露渠道,这使数字技术创新在微观层面的指标测度上存在一定困难,并且现有文献采用年报关键词度量的数字化转型程度与数字技术创新在概念上截然不同(吴非等, 2021)。因此,有关数字技术创新的大样本研究仍有所不足,尤其是关于数字技术创新对企业生产率的实际影响与作用机制,尚待学术界提出实证证据。值得注意的是,专利信息被视为反映企业创新水平的标尺,若通过专利信息识别企业的数字技术创新成果,则可以利用数字专利刻画企业数字技术创新水平(Liu et al. 2023; Corvello et al. 2023),以应对指标测度方面的困难。

随着数字经济的蓬勃发展,中国在大数据、区块链等数字技术领域的专利申请量位居全球首位。^①面对数字技术的高门槛、高成本、可模仿性等特点(Firk et al. 2021),如何在数字技术创新中获取经济效益成为了企业需要深入思考的重要问题(Teece, 2018)。^②在我国经济增长由要素驱动转向创新驱动的高质量发展阶段,提高全要素生产率不仅是实现高质量发展的关键途径,也是检验高质量发展最核心的指标之一(王一鸣, 2022)。因此,本文利用全要素生产率衡量企业高质量发展水平,探究数字技术创新对企业全要素生产率的影响,不仅可以为数字技术赋能实体经济发展的理论机制提供证据支持,也可以为我国促进企业数字技术创新和推动企业高质量发展提供有益启示。

结合上述研究背景,本文有两项工作重点。其一,借鉴数字创新领域内前沿文献的研究方法,构建中国企业数字技术创新水平的度量指标,为开展相关实证分析提供数据。其二,将根据数字技术的现实应用情况,分析数字技术推动实体经济发展的传导机制,厘清数字技术在企业组织管理、投资决策、资产运营和人力资本方面发挥的管理赋能、投资赋能、营运赋能与劳动赋能功能,从而剖析数字技术创新影响企业全要素生产率的作用机理。

本文基于上市公司专利申请文件的文本信息,借助文本分析方法识别了数字专利,构建了企业数字技术创新水平的度量指标,并利用全要素生产率刻画企业高质量发展水平,进而考察数字技术创新与企业全要素生产率之间的关系以及其中的作用机制。研究发现,数字技术创新通过降低企业内部管控成本,提高投资决策质量与资产营运效率,以及改善劳动力资源结构,从而促进了企业全要素生产率提升,推动了企业高质量发展。在进一步分析中,围绕着数字技术创新的效率提升作用,本文从知识产权保护、数字基础设施、高新技术企业资质以及劳动密集程度的角度出发,考察了企业外部环境与内部条件的异质性影响,以及不同类别数字技术创新的作用。

本文的研究贡献主要体现于如下方面:第一,数字创新是学术界高度关注的研究前沿,该领域的过往研究以理论推导(Acemoglu & Restrepo, 2019; 曲永义, 2022)、文献综述(Kohli & Melville, 2019; 刘洋等, 2020)、叙事分析(Tumbas et al. 2018)与案例质性(Svahn et al. 2017)为主要范式,大多支持了数字技术创新促进微观生产率提升的观点。然而,目前的理论研究仍然难以弥补现实数据与理论推测之间的鸿沟。本文考察数字技术创新对企业全要素生产率的影响,丰富了企业数字技术创新的经济后果研究,为数字技术创新助推企业高质量发展提供了理论支撑,也为后续的相关研究设计提供了参考。第二,在经济高质量发展阶段,如何提升企业全要素生产率是当前的重要议

^① 国家互联网信息办公室《数字中国发展报告(2020年)》。

^② 为此, *Research Policy* 以“在数字经济的创新中获益”为主题组织了特刊。

题,而数字技术是当前最具有代表性的新兴技术,有关企业数字技术创新的经济后果亟待实证检验(刘洋等 2020)。本文通过分析数字技术创新对企业高质量发展的引领作用,丰富了有关企业生产率影响因素的实证研究文献。第三,随着数字技术和实体经济深度融合,厘清数字技术对企业的赋能机制尤为重要。本文试图揭示数字技术创新的管理赋能、投资赋能、营运赋能与劳动赋能功能,相关研究结果不仅丰富了数字创新领域的文献,也为引导企业资本有效配置、优化劳动力资源结构等提供了启示。

本文其他部分安排如下:第二部分为文献综述与理论分析;第三部分介绍实证研究设计;第四部分为主要实证结果与分析;第五部分为进一步分析;最后给出结论与政策启示。

二、文献综述与理论分析

(一) 数字技术创新相关文献综述

在研究之初,本文首先需要明确数字技术创新的定义。尽管现有文献在关于数字技术创新的定义上各有侧重,但大多数文献支持一个较为统一的定义:数字技术创新是指企业或者组织以数字技术为底层基础,创造出全新的产品、流程、组织和商业模式的过程及结果(Yoo et al., 2012; Nambisan et al., 2017)。在该定义中,数字技术是指信息、计算、沟通和连接技术及其组合,包括人工智能、大数据、云计算和区块链等技术(Vial, 2019);而创新一词则强调了创新过程与创新成果,在大多数研究中以专利产出作为具体表现。

结合数字技术创新的定义与发展实践,一方面,已有文献探讨了数字技术创新的应用过程与实现路径。Acemoglu & Restrepo(2018)指出,新兴数字技术嵌入了实体企业各类型生产经营活动中,能够替代生产流程中的人力劳动,优化传统生产要素的配置,改变了原有的价值创造模式。创新的数字技术能够降低企业对资源要素的依赖,从而推动企业的商业模式转型,以提升资源利用效率。Tumbas et al.(2018)进一步对企业数字技术创新的实现路径进行了探讨,认为知识获取是推动企业数字技术创新的关键。在企业内部,高管成员有关数字技术的职业经历可以促进数字知识共享,有助于企业数字技术创新水平的提升(Firk et al., 2021)。在企业外部,企业与产业链上其他市场主体进行的沟通交流可以促进知识流动,有助于企业发现数字技术创新的机会(Kohli & Melville, 2019)。同时,企业通过并购数字行业的公司,可以跨过组织边界获取数字化相关知识与技术,进而增强企业的数字技术创新能力(Hanelt et al., 2021)。

另一方面,针对数字技术创新为企业带来的经济后果,现有文献基于案例调查和文本分析等方法进行了深入探究。具体而言,企业可以通过数字技术创新降低组织分部之间的信息不对称,进而改善企业的资源整合能力(Svahn et al., 2017),有助于提高企业营运效率和改善企业财务绩效(Liu et al., 2023)。同时,大数据技术的应用可以增强企业的研发创新能力与运营管理能力,有助于增大企业市场价值(张叶青等 2021)。此外,数字创新的产品与流程可以提高客户的满意度,进而促进客户忠诚度提升(Balci, 2021)。

尽管已有文献从不同角度探析了企业数字技术创新的实现路径与经济后果,为数字创新领域的研究做出了有益补充,但仍然存在明显的研究缺口。首先,在研究范式上,有关数字技术创新促进生产率提升的学术观点大多来自于案例质性 or 理论分析的研究,仅有少量文献利用大样本实证分析方法探究数字技术创新的影响后果。其次,在指标测度上,大多数文献以企业年报为基础,刻画企业的数字化转型程度或数字技术应用情况(吴非等 2021; 赵宸宇等 2021; 张叶青等 2021)。但企业年报对数字技术的描述内容较为有限,而且其文本信息可能被管理层有意操纵,存在企业数字化“说而不做”的现象,导致企业的数字技术创新水平难以被准确衡量。此外,在研究主题上,虽然已有文献实证分析了人工智能技术对企业生产效率的提升作用(Yang, 2022),但少有文献囊括

各类数字技术,从而考察其为企业生产率带来的影响。综上所述可知,关于数字技术创新对企业全要素生产率影响机理的实证研究仍然相对匮乏。

(二) 数字技术创新影响企业高质量发展的作用机理

近年来,全球数字经济逆势发展,中国数字经济规模也迅速壮大,年度增长规模位居全球第一。^①值得注意的是,我国在数字化领域内技术端与应用端的发展并不平衡。受益于完备的数字基础设施体系和广阔的数字经济市场空间,我国数字应用、数字平台和数字消费高速发展;然而,数字技术创新的进展仍然难以满足日新月异的应用需求,关键的底层技术基础仍然较薄弱,这也成为了制约我国数字经济发展的瓶颈。具体到企业层面,数字技术创新活动对企业的资金、技术、设备和人力资本方面有较高要求,并且这类研发项目投资回报周期较长、不确定性较大(Firk et al., 2021)。许多企业面对数字技术创新的高门槛、高成本和高风险,无法确定数字技术创新能否以及如何提高企业生产效率,因而在数字化转型战略选择中“不愿创新”“不敢创新”。

党的二十大报告提出,“要坚持以推动高质量发展为主题”“着力提高全要素生产率”,强调在当前高质量发展阶段下提高全要素生产率这一重要着力点。学者们指出,提高全要素生产率不仅是经济高质量发展的实现途径(高培勇等,2020),也是检验高质量发展的核心指标(王一鸣,2022),因此,全要素生产率指标常被用于衡量企业高质量发展水平。根据上述背景,本文利用全要素生产率衡量企业高质量发展水平,试图揭示数字技术创新赋能企业高质量发展的作用机理,进而推动和引导市场资源投向数字技术端,为我国促进企业数字技术创新和推动实体经济发展提供有益启示,并且为企业合理选择数字化发展道路提供参考。

根据熊彼特的创新与内生增长理论,通过研究、开发与创新活动形成的技术进步属于经济增长的内生因素(Aghion & Howitt, 1992)。这些研发创新活动发挥的“创造性破坏”作用促进了技术进步,进而推动了经济内生增长(Aghion et al., 2009)。而数字技术创新被视为汇聚创新要素最多、发展应用前景最广的创新领域(庄荣文,2021),对当前各类社会经济活动具有深刻影响(曲永义,2022)。数字技术的渗透性使生产要素和生产关系逐渐向数字化发展,可以降低经济活动中的搜索成本、复制成本、传递成本、跟踪成本与验证成本,将会改变经济社会发展范式。具体到企业层面,数字技术创新可能通过如下渠道赋能企业高质量发展:其一,数字技术创新可以改善企业组织内部的沟通效率与协同效率,降低内部监督所需的成本,对企业进行“管理赋能”。其二,企业可以借助数字技术增强信息获取能力与分析能力,有助于提高企业投资决策质量,促成“投资赋能”。其三,数字技术创新有助于优化企业生产要素配置,提高资产营运效率,发挥“营运赋能”的功能。其四,数字技术创新将会促使企业匹配高技能的劳动力,从而优化劳动力资源结构,实现“劳动赋能”。接下来,本文依次从以上四个角度出发,分析数字技术创新影响全要素生产率以推动企业高质量发展的作用机理。

首先,从管理赋能角度而言,数字技术创新有助于降低企业的内部管控成本,从而提升企业全要素生产率。其中,内部管控成本来源于两部分,一是企业内部对各分部活动进行统筹与协调所付出的管控成本,二是企业因代理问题导致的效率损失,以及为减轻代理问题而产生的监督控制成本(袁淳等,2021)。过往文献对数字技术创新与组织数字化转型展开了探讨,提出了数字组织创新的概念,强调了数字技术创新赋能企业组织管理、降低内部管控成本的作用(Bharadwaj et al., 2013)。一方面,在企业组织内部,数字技术往往作为辅助模块嵌入至业务层面的运营架构中(Yoo et al., 2012),可以用于实时监测生产工具的利用情况以及生产单元的产出效率,这将有助于降低企业的边际内部管控成本。另一方面,针对内部运营存在的代理问题,数字技术创新推动企业实现生

^① 中国信息通信研究院《中国数字经济发展报告(2022年)》。

产流程、研发流程和财务控制等关键活动的实时化与透明化,从而降低企业在各项业务流程中的监督成本,并减小由代理问题导致的效率损失(袁淳等,2021)。同时,由于数字技术能够减少人员在生产经营流程的参与度,这将使企业可操纵空间减小、外部监管成本降低,推动企业内部管控成本的降低与生产效率的提高(陈德球和胡晴,2022)。袁淳等(2021)也通过研究发现,企业数字化转型有助于降低内部管控成本,从而促使企业专业化程度以及生产率的提升。因此,本文认为,数字技术创新通过减轻企业内部管控成本,进而促进全要素生产率提高。

其次,从投资赋能角度而言,数字技术创新有助于改善企业的投资决策质量,进而提升企业全要素生产率。投资是企业重要的经济活动,提高投资决策质量是企业优化资本配置、提升生产率的重要环节。现有研究指出,数字技术帮助企业拓宽信息获取渠道、提升信息分析能力,为投资活动提供支持,从而提高企业资本配置效率(Vial,2019;Acemoglu & Restrepo,2019)。数字技术创新可以推动产业链各环节间的互联互通与高效协同,帮助企业准确获取来自市场与供应商的信息,有助于优化管理层的投资决策(陈德球和胡晴,2022)。在数字技术创新的赋能下,企业不仅可以及时地了解市场需求和研判市场走势,以根据客户订单与预测数据协调企业的投资活动,也可以准确获悉上游供应链的变化情况,挖掘新的投资机会、预测投资项目的未来收益,从而制定更合理的投资决策,以提高投资决策质量并推动企业高质量发展。例如,阿里巴巴集团凭借大数据等数字技术,获取和积累了海量数据,这些数据信息为集团的投资活动提供了支持,能够及时地反映市场变化趋势,同时降低了信息不对称,进而提高了集团的投资效率(王化成等,2017)。因此,本文认为数字技术创新将提高企业投资决策质量,从而推动全要素生产率提升。

再次,从营运赋能角度而言,数字技术创新有助于改善企业的资产营运效率,进而提升企业全要素生产率。Acemoglu & Restrepo(2019)在研究中指出,数字技术可以被视为改进生产效率的辅助性工具,与传统生产要素形成相互赋能的系统,提升企业对现有生产要素的利用效率。同时,数字技术能够加强企业内不同个体或部门之间的交流,减少企业内部信息孤岛,促进各部门之间实现信息畅通与资源共享(沈国兵和袁征宇,2020)。随着数字创新推动企业内信息传递效率的提高(Yoo et al.,2012;田秀娟和李睿,2022),企业可以将现有资源调剂到最需要的部门,实现资源优化配置。此外,Mendling et al.(2020)指出,数字创新已经渗透至现代企业运营活动的设计、管理和分析过程,对于提高运营效率具有潜在作用。基于数字技术获取的数据,企业可以适时改进生产流程和调整生产方案,进而帮助企业提高对现有资产的营运能力。现实案例中,三一重工集团依靠大数据、物联网等数字技术搭建了“根云”工业互联网平台,不仅涵盖了信息化业务管理、大数据整合分析等功能,而且形成了反映国家固定资产投资活力的“挖掘机指数”。这些数据信息指导了三一重工集团内部对大型固定资产的调剂与共享,为提升企业资产营运效率提供了重要参考。本文进一步推测,数字技术创新通过提高企业资产营运效率,通过营运赋能改善企业全要素生产率。

最后,从劳动赋能角度而言,数字技术创新将会增大企业对高技能劳动力的需求,促进劳动力资源的转型升级,从而提升企业全要素生产率。现有文献认为,企业数字化发展需要一系列数字化相关资源的匹配与支持,不仅包含企业的硬件资产的升级,也包含劳动力等软件资源支持(Park & Choi,2019;Giarli et al.,2021;袁淳等,2021)。因此,数字创新需要掌握数字技术相关知识的人力资本(Park & Choi,2019)。一方面,技能劳动与新兴数字技术能够相互匹配,企业的高技能劳动力是新兴数字技术在研发与应用过程中不可或缺的支持性资源。例如,当创新的数字技术应用于企业生产流程时,需要更多技术人员、管理人员对数字化的软件与设备进行调试、操作和维护(袁淳等,2021)。同时,数字技术对低技能劳动力具有替代效应(程文,2021;Chen et al.,2022),这将进一步减小企业生产流程中对低技能劳动力的需求。因此,数字技术创新将会促使企业吸纳和整合具有高水平技能的员工,以优化企业劳动力资源结构。另一方面,企业将基础性工

作交由数字技术承担之后,其员工能够专注于价值更高的生产活动,促使企业现有员工开始承担高技能水平的工作。与此同时,企业为了帮助员工更好地满足数字技术创新相关工作的需求,可能通过内部培训、学历教育等方式开展人力资本投资。这一作用也将有助于改善企业的劳动力资源结构。已有研究表明,劳动力资源结构的变化是数字化战略影响企业生产效率的机制之一(赵宸宇等,2021)。因此,本文预期数字技术创新将会促使企业优化劳动力资源结构,进而推动全要素生产率提升。

综合上述分析,本文提出核心研究假设:数字技术创新将会通过管理赋能、投资赋能、营运赋能与劳动赋能的机制,促进企业全要素生产率提升。

三、实证研究设计

(一) 样本数据

本文选取2008—2020年A股上市公司作为初始研究样本。样本公司数据来源分为三类:其一,有关企业基本信息、财务指标以及公司治理的相关数据来自CSMAR数据库;其二,公司研发支出数据来自CNRDS数据库;其三,上市公司专利文本信息来自WinGo财经文本数据平台,具体包括专利的所属公司名称、专利申请日期,以及申请文件的摘要、说明书和权利要求书等内容。此外,本文对初始样本进行了如下处理:(1)剔除ST类公司样本;(2)剔除金融行业公司;(3)剔除信息传输、软件和信息技术服务业公司;(4)剔除IPO未满一年的公司样本;(5)剔除总资产小于总负债的样本。经过整理,本文得到公司一年度样本观测值共计26433个。为了减轻极端值的影响,对连续型变量进行了1%的缩尾处理。

(二) 变量定义

1. 数字技术创新

如何度量企业层面的数字技术创新水平是本研究的重点。通常而言,专利申请数量是刻画企业研发创新水平常用指标。已有文献利用专利文本信息识别企业层面的数字专利(digital patent),根据专利申请数量构建企业数字技术创新的度量指标(Liu et al. 2023)。也有研究采用相似的做法,围绕着数字技术中的人工智能技术,进行专利文本分析与指标构建(Yang, 2022)。本文借鉴这一思路,对上市公司所有发明专利与实用新型专利的申请文件的摘要、说明书和权利要求书进行关键词文本分析,^①确认各项专利是否属于数字专利。其中,数字技术关键词的选取依据是现有文献提出的数字技术特征词(吴非等,2021),包括“底层技术”以及“技术应用”两个层次的五类关键词,具体参考了《中小企业数字化赋能专项行动方案》《2020年数字化转型趋势报告》等官方文件和权威报告。作者团队也参考了《企业数字化转型白皮书(2021版)》,进一步补充了数字技术关键词(如“云平台”“智能工厂”)等。^②在后文中,本文将根据数字专利的法律许可状态、专利行业分类以及技术构成差异做出进一步细分和相应的检验。

基于上述情况,本文依据数字技术关键词对专利申请文件的内容进行了文本分析,从而计算得到上市公司各年度内的数字专利申请数量,加1取自然对数后用变量*DigiInno*表示,作为企业数字技术创新指标。^③根据样本数据,近十年以来,我国上市公司数字专利的申请数量、数字专利

^① 专利文件的摘要主要介绍专利所属的技术领域、技术的主要内容以及专利的用途;说明书主要包含专利技术方案的主要内容;权利要求书记载了专利技术方案的范围以及专利保护范围。上述三类文本内容可以较为全面地介绍专利技术信息。

^② 本文对专利申请文件进行了抽样分析,发现数字技术关键词与专利的数字技术创新特征紧密相关。若采用更宽泛的数字技术关键词,本文的研究结果并未出现实质性变化。限于篇幅,数字技术关键词词库留存备案。

^③ 通过将数字技术创新指标与基于年报文本构建的数字化转型指标进行回归分析(吴非等,2021),本文发现二者之间呈显著正相关,说明数字技术创新指标可以在一定程度上反映企业数字化水平。实证结果留存备案。

占专利申请的比例呈现出明显的上升趋势,尽管年度专利申请总量在2020年有所回落,但数字技术专利申请量占全部专利的比重显著上升,在2020年已接近20%。同时,各年度开展数字技术创新的企业占比显著增大,在2019年达到约21%。上述变化趋势反映了数字技术创新蓬勃发展的势头。

2. 企业全要素生产率

本文的被解释变量为企业全要素生产率。考虑到企业可能根据可观测的生产效率及时调整要素投入,使企业层面的全要素生产率与要素投入之间存在较强的内生关系,导致最小二乘法估计生产函数得到的生产率通常存在同时性偏差。因此,本文使用LP法和OP法计算企业全要素生产率。限于篇幅,未报告企业全要素生产率的详细计算过程,留存备案。此外,在后文的稳健性检验部分,本文也使用其他多种方法计算企业全要素生产率,作为替代的被解释变量。

3. 控制变量

考虑到其他因素对实证结果稳健性带来的潜在影响,本文选取了一系列控制变量(Controls),包括企业年龄(企业成立年限自然对数)、增长速度(营业收入年度增长率)、财务杠杆(总负债与总资产之比)、企业规模(员工人数自然对数)、市场价值(总市值与总资产之比)、盈利能力(净利润与营业收入之比)、流动比率(流动资产与总资产之比)、现金流量(经营活动产生现金流量净额与总资产之比)、董事会规模(董事人数自然对数)、创新水平(全部专利申请数量加1的自然对数)、研发投入(研发支出与营业收入之比)、产权性质(国有企业为1,否则为0)。此外,为了控制企业因素、行业特征、时间趋势以及地区环境因素可能带来的影响,本文在回归分析中控制了企业效应(Firm)、年度效应(Year)、行业效应(Industry)以及地区效应(Province)。^①

(三) 模型构建

为了检验数字技术创新对企业全要素生产率的影响,本文构建了如下模型用于基准回归检验:

$$TFP_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 DigiInno_{i,t} + \sum Controls + \sum Firm + \sum Year + \sum Industry + \sum Province + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中*i*表示企业,*t*表示年度,TFP为企业*i*在第*t*年的全要素生产率。^② DigiInno表示当年的数字技术创新水平,Controls表示控制变量的集合,Firm、Year、Industry和Province分别表示公司、年度、行业以及地区层面的固定效应。 α_1 是本文主要关注的回归系数,由前文的理论分析可知,若回归系数 α_1 显著为正,则表明企业数字技术创新有助于促进企业全要素生产率提升,支持本文的理论预期。此外,本文对标准误进行了企业层面的聚类稳健处理(cluster)。^③

四、实证结果与分析

(一) 描述性统计

本文主要变量的描述性统计结果如表1所示。^④ 处理后可用的26433个公司一年度观测值包含了2008—2020年的大多数A股上市公司。企业全要素生产率(TFP_LP、TFP_OP)均值分别为9.067和6.630,与过往文献较为接近(赵宸宇等,2021)。其余变量分布均处于合理区间内。

① 行业分类以《上市公司行业分类指引(2012年版)》为准,制造业按照二级行业分类,非制造业行业按照一级行业分类,得到行业数量共计46个。地区分类以企业总部所在的省级行政区为准。

② 通常而言,从开展研发创新至申请专利需要一段时间,因此,采用当期的企业全要素生产率已考虑其受到数字技术创新影响的滞后性。此外,后文的稳健性检验部分采用了*t*+1期的全要素生产率。

③ 本文也对标准误进行了企业层面和年度层面双重聚类稳健处理,结果未出现实质性变化,留存备案。

④ 限于篇幅,本文中出现的其他各项变量的描述性统计结果留存备案。

表 1 变量的描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
<i>TFP_LP</i>	26433	9.067	1.108	6.743	8.963	12.049
<i>TFP_OP</i>	26433	6.630	0.884	4.780	6.533	8.989
<i>DigiInno</i>	26433	0.160	0.516	0.000	0.000	2.944
<i>Age</i>	26433	2.171	0.743	0.693	2.303	3.258
<i>Growth</i>	26433	0.168	0.425	-0.588	0.103	2.744
<i>Leverage</i>	26433	0.443	0.206	0.059	0.439	0.896
<i>Size</i>	26433	7.698	1.263	4.554	7.634	11.176
<i>Tobin</i>	26433	1.996	1.253	0.869	1.585	8.215
<i>Return</i>	26433	0.064	0.171	-0.932	0.064	0.494
<i>Liquid</i>	26433	2.247	2.196	0.299	1.562	14.256
<i>Cashflow</i>	26433	0.048	0.071	-0.162	0.047	0.246
<i>Board</i>	26433	2.227	0.287	1.386	2.197	2.890
<i>Patent</i>	26433	1.413	1.586	0.000	1.099	9.270
<i>RDinvest</i>	26433	0.026	0.033	0.000	0.016	0.169
<i>Soe</i>	26433	0.395	0.489	0.000	0.000	1.000

(二) 基准回归检验

本文的基准回归分析结果如表 2 所示。由第(1) —(4)列所示,在单变量检验以及未加入企业固定效应,数字技术创新(*DigiInno*)对企业全要素生产率(*TFP_LP*、*TFP_OP*)的回归系数均显著为正,意味着开展数字技术创新的企业在平均意义上具有更高的全要素生产率。根据第(5)列的结果,在加入控制变量和企业固定效应之后,变量 *DigiInno* 的回归系数为 0.0295,经过企业层面聚类处理的稳健标准误差在 1% 的水平上显著。类似地,在第(6)列中,变量 *DigiInno* 对 OP 法计算的全要素生产率的回归系数为 0.0347,结果与第(5)列较为一致。上述结果表明,数字技术创新对企业全要素生产率具有显著的正向影响,对推动企业高质量发展具有积极作用,该结果与本文前述的理论分析相符。

表 2 基准回归检验

变量	<i>TFP_LP</i>	<i>TFP_OP</i>	<i>TFP_LP</i>	<i>TFP_OP</i>	<i>TFP_LP</i>	<i>TFP_OP</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>DigiInno</i>	0.352*** (9.680)	0.192*** (7.860)	0.168*** (11.580)	0.165*** (11.363)	0.0295*** (3.165)	0.0347*** (3.850)
控制变量	否	否	是	是	是	是
Firm	否	否	否	否	是	是
Year	否	否	是	是	是	是
Industry	否	否	是	是	是	是
Province	否	否	是	是	是	是
观测值	26433	26433	26433	26433	26433	26433
adj. R ²	0.027	0.013	0.682	0.502	0.918	0.870

注: 括号内为 t 统计量; *、** 和 *** 分别表示在 10%、5% 和 1% 的水平上显著。主要变量的回归结果若为小数,则保留至小数点后三位有效数字,否则精确至小数点后三位。稳健标准误差经过企业层面聚类处理。后表同。

(三) 作用机制检验

前文的理论分析认为,数字技术创新可以为企业带来管理赋能、投资赋能、营运赋能与劳动赋能的功能。为此,本文采用中介效应检验的方法,分别从内部管控成本、投资决策质量、资产营运效率和劳动力资源结构四个方面考察数字技术创新影响企业全要素生产率的作用机制。根据中介效

应检验三步法的思路,本文在基准模型(1)的基础上设置中介效应检验模型(2)和(3):

$$Mediator_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 DigiInno_{i,t} + \sum Controls + \sum Firm + \sum Year + \sum Industry + \sum Province + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$TFP_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 DigiInno_{i,t} + \alpha_2 Mediator_{i,t} + \sum Controls + \sum Firm + \sum Year + \sum Industry + \sum Province + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

其中, *Mediator* 为中介变量,具体定义将在下面分别介绍。模型(2)用于检验数字技术创新(*DigiInno*)对中介变量的影响,模型(3)用于检验中介变量在数字技术创新(*DigiInno*)影响企业全要素生产率(*TFP*)过程中具有的中介效应。

1. 管理赋能机制

数字技术创新通过减小业务流程的可操纵空间、降低企业外部监管成本,进而降低企业内部管控成本并提高生产效率(陈德球和胡晴,2022)。为了度量企业内部管控成本,本文参考袁淳等(2021)的方法,分别利用管理费用比重(*Mgt_Fee*)与在职消费水平(*Perk_Fee*)构建内部管控成本指标。其中,管理费用作为代理成本的典型指标,可以直观地反映企业内部管控成本(李万福等,2011);在职消费是企业内部人员侵占企业资源的实质表现,也体现了代理问题及其引起的内部管控成本(袁淳等,2021)。具体而言,变量 *Mgt_Fee* 取值为管理费用与营业收入之比,变量 *Perk_Fee* 取值为业务招待费、交际应酬费、差旅费、会议费、通讯费和小车费的合计与营业收入之比。

表3报告了中介效应检验结果。^①通过模型(2)的检验,在第(1)列和(3)列的结果中,变量 *DigiInno* 对中介变量 *Mgt_Fee* 以及 *Perk_Fee* 的回归系数均显著为负,表明数字技术创新对企业内部管控成本带来了显著的负向影响。根据模型(3),在第(2)和(4)列中,中介变量 *Mgt_Fee*、*Perk_Fee* 对 *TFP_LP* 的回归系数显著为负,与表2中 *DigiInno* 的系数方向相反。根据以上结果可知,数字技术创新具有管理赋能的功能,有助于降低企业内部管控成本,从而提升全要素生产率。

表3 作用机制检验:管理赋能与投资赋能

变量	<i>Mgt_Fee</i>	<i>TFP_LP</i>	<i>Perk_Fee</i>	<i>TFP_LP</i>	<i>Under_Inv</i>	<i>TFP_LP</i>	<i>Over_Inv</i>	<i>TFP_LP</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>DigiInno</i>	-0.00420*** (-4.956)	0.0105 (1.203)	-0.000288** (-1.967)	0.0273*** (2.968)	-0.00149* (-1.782)	0.0245** (2.356)	-0.00329* (-1.945)	0.0289* (1.945)
<i>Mgt_Fee</i>		-4.517*** (-30.752)						
<i>Perk_Fee</i>				-7.703*** (-10.596)				
<i>Under_Inv</i>						-1.123*** (-9.908)		
<i>Over_Inv</i>								-0.368*** (-4.153)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
观测值	26433	26433	26433	26433	15442	15442	10520	10520
adj. R ²	0.761	0.936	0.694	0.920	0.394	0.930	0.449	0.933

注:受篇幅所限,本表和后续实证结果均省略控制变量系数的报告以及被解释变量为 *TFP_OP* 的回归结果报告,相关结果均支持本文的结论。后表同。

^① 在本文各项中介效应检验的样本中,数字技术创新对企业全要素生产率均具有显著的正向影响。限于篇幅未报告实证结果,留存备索。

2. 投资赋能机制

根据前文的理论分析,数字技术创新将会增强企业投资决策质量,从而通过投资赋能改善全要素生产率。投资决策的关键在于准确识别投资机会,使实际投资水平与最优投资水平相近,以提高企业投资效率。因此,过往研究利用投资效率指标来刻画企业投资决策质量(张耀伟等,2021),借鉴于此,本文根据Richardson(2006)提出的投资期望模型计算企业投资效率。计算得到残差项取值若小于零,则将其绝对值设为企业投资不足变量 $Under_Inv$,取值若大于零,则将其设为表示投资过度变量 $Over_Inv$ 。这两项指标作为衡量企业投资决策质量的负向指标,取值越大,说明实际投资水平与期望水平背离程度越大,企业投资决策质量越低。

根据表3的中介效应检验结果,模型(2)的回归结果如第(5)、(7)列所示,其中,变量 $DigiInno$ 对中介变量 $Under_Inv$ 、 $Over_Inv$ 的系数均显著为负,表明数字技术创新减轻了企业投资不足与投资过度问题,有助于企业投资决策质量提升。通过模型(3)的检验,表3第(6)列的变量 $Under_Inv$ 以及第(8)列的变量 $Over_Inv$ 的系数均显著为负,与本文的理论预期一致。以上结果表明,数字技术创新通过改善企业投资决策质量,体现了数字技术创新的投资赋能功能,进而提升了企业全要素生产率,这一结果支持了前述的相关理论分析。

3. 营运赋能机制

本文的理论分析指出,数字技术创新通过优化对现有资产配置与利用,可能有助于企业提高资产营运效率,通过营运赋能作用影响企业全要素生产率。为了度量企业资产营运效率,本文借鉴已有研究(李万利等,2022),选取固定资产周转率($Asset_Turn$)以及存货周转率($Stock_Turn$)两项指标作为中介变量,并且减去行业年度均值以控制行业特征差异的影响。

中介效应检验结果如表4所示。第(1)和第(3)列显示了模型(2)的回归结果,可见,变量 $DigiInno$ 对中介变量 $Asset_Turn$ 、 $Stock_Turn$ 的回归系数显著为正,说明数字技术创新对企业固定资产周转率和存货周转率具有显著为正的影响。根据模型(3),在第(2)和(4)列中,中介变量 $Asset_Turn$ 、 $Stock_Turn$ 对全要素生产率指标的系数均显著为正。以上结果表明,企业资产营运效率发挥的中介作用显著成立。综合上述可知,数字技术创新具有营运赋能的功能,有助于提高企业对现有资产的营运能力,进而促进了企业全要素生产率提升。

表4 作用机制检验: 营运赋能与劳动赋能

变量	$Asset_Turn$	TFP_LP	$Stock_Turn$	TFP_LP	$Staff_Edu$	TFP_LP	$Staff_Tech$	TFP_LP
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$DigiInno$	0.542*** (3.390)	0.0256*** (2.794)	0.0934* (1.830)	0.0280*** (3.067)	0.00599*** (3.158)	0.0236*** (2.588)	0.00418** (2.048)	0.0296*** (3.304)
$Asset_Turn$		0.00720*** (11.578)						
$Stock_Turn$				0.0210*** (8.182)				
$Staff_Edu$						0.899*** (9.968)		
$Staff_Tech$								0.417*** (5.726)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
观测值	26433	26433	26278	26278	22696	22696	25309	25309
adj. R^2	0.636	0.921	0.689	0.921	0.828	0.929	0.776	0.922

4. 劳动赋能机制

根据前述的理论分析,数字技术创新需要匹配高技能的人力资本,可能促使企业改善劳动力资源结构,有助于改善企业全要素生产率。为了检验上述的劳动赋能机制,本文参考已有文献的方法(赵宸宇等,2021;肖土盛等,2022),利用上市公司员工结构数据,分别从员工的学历层次与职能类型刻画企业劳动力资源结构。其一,构建了变量 *Staff_Edu*,取值为本科及以上学历的员工所占比例。其二,将企业员工职能分为生产、行政、科技、市场、财务与其他六大类,并选取科技人员的占比作为变量 *Staff_Tech* 的取值。

通过模型(2)的检验,由表4第(5)列和第(7)列可见,变量 *DigiInno*、中介变量 *Staff_Edu* 以及 *Staff_Tech* 的回归系数均显著为正;该结果意味着数字技术创新促使企业提高了员工的技能素养,改善了劳动力资源结构。根据模型(3)在第(6)和第(8)列的结果中,中介变量 *Staff_Edu*、*Staff_Tech* 对变量 *TFP_LP* 的回归系数均显著为正。这表明,劳动力资源结构在数字技术创新与企业全要素生产率之间发挥的中介效应显著成立。根据上述结果可知,数字技术创新通过改善企业劳动力资源结构,进而帮助企业提高了全要素生产率。这一结果支持了前述相关理论分析,证实了数字技术创新的劳动赋能功能。

(四) 内生性控制

1. 工具变量检验

本文的基准回归结果可能存在反向因果导致的内生性问题。为此,本文参考已有文献引入外生政策(张叶青等,2021)以及利用邮电数据设计工具变量的思路(黄群慧等,2019;肖土盛等,2022),进而缓解内生性问题的干扰。

其一,本文引入外生政策构建的工具变量是以“宽带中国”示范城市为场景。具体而言,国务院于2013年发布《关于印发“宽带中国”战略及实施方案的通知》,并于2014年、2015年和2016年在全国范围内先后设立了120个“宽带中国”示范城市,旨在推动宽带等网络基础设施建设。一方面,“宽带中国”战略被认为是我国城市数字化发展的推动政策(黄群慧等,2019),也是企业开展数字化相关活动的关键基础(李万利等,2022)。因此,“宽带中国”战略对于促进数字经济发展以及数字技术创新可能具有至关重要的作用。另一方面,“宽带中国”示范城市的选择并不由单个企业决定,因而该政策具有外生性,使工具变量的排他性要求可以较好地得到满足。基于上述,本文设置了工具变量 *Broadband*: 当企业位于“宽带中国”示范城市,并且时间处于示范城市设立年度及之后时, *Broadband* 取值为1,否则为0。

其二,本文利用邮电数据构建工具变量,具体是指我国邮电通信业在早期的发展进度。一方面,数字技术的应用与发展有赖于邮电通信基础设施的完善,企业所在地区过往的通信手段可能从不同方面影响当地的数字技术发展进程(黄群慧等,2019;肖土盛等,2022)。据此,可以利用20世纪80年代的固定电话普及率刻画邮电通信发展水平,理由在于,固定电话拨号(PSTN)曾经是我国主要的网络接入方式,因此历史上各地区固定电话普及率可以反映邮电通信业的发展进程(杨慧梅和江璐,2021),并且与当地企业的数字化水平显著正相关(肖土盛等,2022)。另一方面,固定电话在企业日常经营活动中的使用频率已明显下降,并不直接作用于企业生产效率,使工具变量的排他性要求可以较好地得到满足(黄群慧等,2019)。同时,由于上述历史数据是截面的,不能直接作为工具变量引入至包含企业固定效应的模型中,所以本文利用一个与之相关的时间序列变量构建交乘项。综上,本文将上一年度企业所在省份的互联网接入端口与企业所在地级市1984年每万人固定电话数量的自然对数交乘,再将得到的交乘项作为工具变量 *Telephone*。

由表5第(1)列可见,在工具变量 *Broadband* 对解释变量 *DigiInno* 的回归中, *Broadband* 的系数在1%的水平上显著为正,意味着“宽带中国”战略实施后,当地企业的数字技术创新水平显著提

高,满足了工具变量的相关性要求。^①第(2)列报告的第二阶段结果显示,变量 *DigiInno* 的回归系数在1%水平上显著为正。类似地,在表5第(3)列中,工具变量 *Telephone* 对变量 *DigiInno* 的回归系数显著为正,表明历史上固定电话普及率与当地企业数字技术创新水平之间关系显著为正。根据第(4)列报告的第二阶段回归结果,变量 *DigiInno* 的回归系数显著为正。上述结果表明,在引入工具变量减轻反向因果等内生性问题的影响后,本文的主要结论依然成立。

表5 内生性控制

变量	工具变量检验				PSM-DID 检验		数字技术研究 研发联盟冲击
	<i>DigiInno</i>	<i>TFP_LP</i>	<i>DigiInno</i>	<i>TFP_LP</i>	<i>TFP_LP</i>	<i>TFP_LP</i>	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
<i>Broadband</i>	0.0354*** (4.201)						
<i>Telephone</i>			0.0396*** (6.407)				
<i>DigiInno</i>		1.122*** (2.914)		0.644*** (2.759)			
<i>Treat × Post</i>					0.0295*** (2.904)		
<i>Treat × Post(-3)</i>						-0.0105 (-0.661)	
<i>Treat × Post(-2)</i>						-0.00116 (-0.0794)	
<i>Treat × Post(-1)</i>						0.00294 (0.0940)	
<i>Treat × Post(0)</i>						0.0294** (2.328)	
<i>Treat × Post(+1)</i>						0.0345*** (2.691)	
<i>Treat × Post(+2)</i>						0.0377*** (2.776)	
<i>Treat × Post(+3)</i>						0.0317** (2.110)	
<i>DigitalAlly</i>							0.0805*** (2.978)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是	是	是
观测值	26265	26265	25038	25038	11134	11134	26433
R ²	0.681	0.064	0.683	0.382	0.939	0.939	0.918

2. PSM-DID 检验

若能够进一步分析数字技术创新对企业全要素生产率的动态作用,则可以更深入地探索二者之间的因果关系。为此,本文采用倾向得分匹配与双重差分法结合的方法(PSM-DID),识别企业开展数字技术创新活动后的全要素生产率动态变化情况,从而缓解内生性问题。

^① 本文通过检验发现,两项工具变量均不涉及识别不足问题与弱工具变量问题。限于篇幅,结果留存备索。

首先,本文以各项控制变量(*Controls*)衡量的企业特征为基准,利用一个logit模型计算各样本企业的倾向得分。本文将至少有一次数字专利申请的企业作为处理组样本,将其余企业作为对照组样本,利用处理组在首次具有数字专利申请的前一年度的样本,采用一对一放回的方法和0.1的标准卡尺在相同年度内匹配倾向得分最接近的对照组样本,据此提取处理组企业与对照组企业在样本期间内的所有样本。经过以上匹配过程,在倾向得分匹配处理后的样本中,处理组企业在开展数字技术创新的前一年度与对照组企业具有较相似的特征,^①使样本企业的数字技术创新行为更接近于准自然实验的设定。

其次,本文构建了双重差分模型(4)和动态效应检验模型(5)。其中,变量*Treat*是表示处理组样本的虚拟变量,*Post*在企业首次具有数字技术创新成果后取值为1,否则为0;*Post(n)*表示处理组或对应的对照组样本在处理组企业首次取得数字专利前后的第*n*期,共包含7年的窗口期。基于上述分析,本文在倾向得分匹配样本中估计模型(4)和(5):

$$TFP_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Treat_i \times Post_{i,t} + \sum Controls + \sum Firm + \sum Year + \sum Industry + \sum Province + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

$$TFP_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Treat_i \times \sum Post(n)_{i,t} + \sum Controls + \sum Firm + \sum Year + \sum Industry + \sum Province + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

根据表5第(5)列,由模型(4)估计的交乘项*Treat* × *Post*的回归系数显著为正。在第(6)列中,由模型(5)估计的*Treat* × *Post*(-3)至*Treat* × *Post*(-1)的系数为负且不显著,体现了平行趋势的变化特征;相比之下,*Treat* × *Post*(0)以及之后的交乘项回归系数显著增大,并且系数大多显著为正,说明在数字技术创新之后,企业全要素生产率随即显著提升。上述结果表明,在利用PSM-DID方法识别数字技术创新对企业全要素生产率的动态影响后,本文结论依然成立。

3. 数字技术研发联盟的冲击

除了企业内部的研发创新之外,越来越多中国企业围绕着研发活动开展战略合作,缔结研发联盟,旨在获取外界的新知识与新技术,进而促进企业创新(徐欣等,2019)。其中,许多研发联盟以数字技术创新为合作重点,致力于推动数字技术与相关知识在成员之间流动、转移和分享,因此,数字技术研发联盟的建立可以被视为对企业数字技术创新的冲击,^②可能影响企业全要素生产率。同时,企业缔结战略联盟的决策较少受到生产率情况的驱动,使内生性问题相对较小。据此,本文将数字技术研发联盟作为对企业数字技术创新的外部冲击,检验其对全要素生产率的影响。本文借鉴现有文献(徐欣等,2019;黄勃等,2022),根据上市公司缔结战略联盟的公告内容,筛选出以数字技术创新为合作内容的战略联盟作为数字技术研发联盟,进而构建了变量*DigitalAlly*,若企业在以往3年内缔结了数字技术研发联盟,则*DigitalAlly*取值为1,否则为0。

根据表5的第(7)列可知,企业通过缔结数字技术研发联盟获取数字技术创新的外部支持,显著提升了企业全要素生产率。结合前述的分析,上述实证检验有助于进一步识别二者之间的因果关系,研究结果支持了数字技术创新促进企业全要素生产率提升的结论。

(五) 稳健性检验

1. 替换全要素生产率指标

一方面,为了检验本文基准回归结果对企业全要素生产率计算方法的敏感性,本文采用OLS法以及FE法重新计算企业全要素生产率,以更换被解释变量指标。^③另一方面,考虑到数字技术

① 限于篇幅,未报告倾向得分匹配样本的平衡性检验结果,留存备索。

② 通过检验发现,参与数字技术研发联盟促进了数字技术创新。限于篇幅,结果留存备索。

③ 限于篇幅,本文未报告稳健性检验的实证结果及其具体分析,留存备索。

创新对企业全要素生产率的影响可能存在一定的时滞性,本文计算后一期的企业全要素生产率用于基准回归检验。上述结果均支持本文的主要结论。

2. 替换数字技术创新指标

本文从四个方面更换企业数字技术创新指标,以检验基准回归结果的稳健性。

其一,本文仅考虑在未来通过审批并生效的专利申请,剔除法律状态为“审批中”“已驳回”以及“已撤回”的数字专利,根据当年度专利申请数量重新构建数字技术创新指标。其二,为了使指标更贴近于企业数字技术创新的过程,本文借鉴 Hanelt et al. (2021) 的方法,将解释变量取值为企业本年度以及前后各一年的数字专利申请总数加 1 的自然对数。其三,本文利用 WinGo 财经文本数据平台的 Word Embedding 神经网络语言模型计算词语相似度,选择了“数字化”“人工智能”“大数据”“云计算”“区块链”这五项主题词,在每项主题词的相似词词库内各选择了相似度最高的 20 个词,合并组成了数字技术关键词词库,以重新识别数字专利。其四,本文借鉴过往研究(Zapadka et al. 2022),根据专利分类号判断专利所属的领域,进而识别数字专利。^①通过检验发现,上述所有替换数字技术创新指标后的实证结果均与前文的结论一致。

五、进一步分析

(一) 数字技术创新外部环境的影响

1. 知识产权保护

知识产权是重要的民事权利之一,高水平的知识产权保护可以保障企业专利权益,有利于专利成果的转化与应用。根据已有文献,知识产权保护是企业技术创新中获取合法利益的关键,这对于易模仿、易复制的数字技术创新尤为重要(Teece 2018; Liu et al. 2023)。本文据此推测,若知识产权保护程度较高,企业得益于数字专利权益的独占性,可以更有效地将数字技术创新成果应用于实践,实现企业全要素生产率提升。为此,本文根据国家知识产权局发布的《全国知识产权发展状况报告》将各省份知识产权保护指数与年度中位数进行对比,得到知识产权保护较强和较弱的两组地区企业样本,进而开展分组回归检验。根据表 6 的第(1)和第(2)列,变量 *DigiInno* 的回归系数在知识产权保护强组中相对更大。由此可见,若知识产权保护体系较为完善,数字技术提升企业全要素生产率的作用更为明显。

表 6 异质性影响分析

变量	<i>TFP_LP</i>			
	知识产权保护较强	知识产权保护较弱	数字基础设施较好	数字基础设施较差
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>DigiInno</i>	0.0500*** (4.076)	0.00572 (0.425)	0.0488*** (3.769)	0.0181 (1.492)
组间差异	0.0440*** (p < 0.05)		0.0482*** (p < 0.01)	
控制变量	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是
观测值	12935	13498	12163	14270
R ²	0.927	0.921	0.932	0.920

^① 在判断数字专利的过程中,主要参考了国家统计局发布的《数字经济及其核心产业统计分类》(2021)以及国家知识产权局发布的《国际专利分类与国民经济行业分类参照关系表(2018)》。

续表 6

变量	TFP_LP			
	高新技术企业	非高新技术企业	劳动密集型企业	非劳动密集型企业
	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>DigiInno</i>	0.0442 ^{***} (3.284)	0.0164 (1.452)	0.0335 ^{***} (2.964)	0.00540 (0.368)
组间差异	0.0278 ^{**} ($p < 0.05$)		0.0245 ^{***} ($p < 0.05$)	
控制变量	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是
观测值	7575	18858	12667	13766
R ²	0.945	0.922	0.934	0.924

2. 数字基础设施

在数字创新研究领域,学者们强调了数字基础设施(digital infrastructure)的重要性,认为数字技术创新活动离不开主体所在生态系统的数字基础设施,企业需要当地的技术环境与基础设施提供必要的支持。借鉴已有文献(杨慧梅和江璐,2021),本文根据企业所在城市的互联网接入端口数量与居民人数之比的年度中位数,区分企业所在地区数字基础设施发展水平的高低,进行分组检验。由表6第(3)和第(4)列所示,在数字基础设施发展水平较高的地区,数字技术创新与企业全要素生产率之间的正相关关系更为显著。该结果表明,当数字基础设施较为完善时,数字技术创新可以更有效地提高企业全要素生产率,支持了本文的理论分析。

(二) 数字技术创新内部条件的影响

1. 高新技术企业资质

高新技术企业资质可能影响数字技术创新与企业全要素生产率之间的关系。其一,高新技术企业通常在人力资本与技术积累等方面具有相应的优势,有利于数字技术创新成果转化与应用。其二,高新技术企业资质附带一系列的税收优惠与财政补贴政策,能够补偿数字技术研发创新活动产生的成本,使企业可以通过数字技术创新获得更高的经济回报,进而促进全要素生产率提升。为了检验上述推论,本文根据样本是否得到高新技术企业认定资质,对样本进行分组检验。表6第(5)和第(6)列结果表明,在高新技术企业中,数字技术创新促进企业全要素生产率提升的作用更为显著,与前述的理论推测相符。

2. 劳动密集程度

过往研究已表明,包括大数据、人工智能在内的新兴数字技术赋能了传统生产流程,推动企业劳动力的数字化转型,可以降低劳动力在传统生产经营流程中的参与程度(Acemoglu & Restrepo, 2018; Chen et al. 2022)。本文推测,对于劳动密集型企业而言,上述效应可能更为显著,并表现为数字技术创新在更大程度上提升企业生产效率。赵宸宇等(2021)的研究也为该推测提供了支持,认为数字化转型的效率提升作用在劳动密集型企业中尤为明显。为了检验上述推测,本文借鉴魏志华等(2022)的方法,用企业员工人数与总资产的比例刻画劳动密集程度,再将该比例与其行业年度中位数进行比较,从而确定企业劳动密集程度的高低,并据此进行分组检验。由表6第(7)和第(8)列结果可见,数字技术创新变量*DigiInno*对企业全要素生产率的回归系数在劳动密集型企业中更大。这表明,数字技术创新更有效地赋能了劳动密集型企业的高质量发展。

(三) 数字技术创新细分类别的影响

不同类型的数字技术创新成果可能对企业全要素生产率带来不同程度的影响。借鉴吴非等(2021)的研究,本文针对数字技术特征词的分类,细分了数字技术创新的类别,包括“底层技术层

面”的主流数字技术方向: 人工智能、大数据、云计算以及区块链, 以及“实践应用层面”的数字技术应用。据此, 本文分别构建细分的数字技术创新指标, 以检验细分类别的数字技术创新对企业全要素生产率的影响。限于篇幅, 实证结果留存备索。根据实证结果, 无论是特定数字化类别的底层技术创新, 还是有关数字技术应用的创新, 均有效促进了企业全要素生产率增长。

六、结论与启示

数字技术牵引了新一轮的要素变革与结构变革, 赋能了微观企业的提质增效与转型升级, 但在研发阶段需要大量无形资产投入。目前, 尽管学者们大多支持数字技术创新对推动社会经济发展的积极作用, 也仍然存在对数字化时代“索洛悖论”的担忧(Brynjolfsson & Collis 2019)。结合数字创新领域的相关文献, 本文分析认为, 企业可以通过数字技术创新实现管理赋能、投资赋能、营运赋能与劳动赋能, 促进以全要素生产率刻画的企业高质量发展。本文以 2008—2020 年 A 股上市公司为研究样本, 通过文本分析方法识别数字专利以度量企业数字技术创新水平, 探究了数字技术创新对企业全要素的影响, 以及其中的作用机理与异质性影响因素。

研究结果表明: 首先, 数字技术创新提升了企业全要素生产率, 推动了中国企业高质量发展。在作用机制上, 数字技术创新推动企业降低内部管控成本, 提高资产营运效率与投资决策质量, 以及改善劳动力资源结构, 进而促进了企业全要素生产率提升。这一发现揭示了数字技术在企业中发挥的管理赋能、投资赋能、营运赋能与劳动赋能的功能。其次, 数字技术创新的外部环境, 如知识产权保护 and 数字基础设施, 以及企业内部条件, 如高新技术企业资质和劳动密集型特征, 均有助于增大数字技术创新对企业全要素生产率的提升作用。此外, 底层技术与实践应用层面的数字技术创新对全要素生产率均有提升作用。本研究基于专利文本信息构建了中国企业数字技术创新水平的度量指标, 为探究数字技术创新的经济效应提供了丰富的经验证据, 证明了数字技术创新已成为我国企业高质量发展的驱动因素。

结合上述的研究结论, 本文具有如下政策启示:

第一, 加大对企业数字技术创新的支持力度, 构筑中国企业数字经济竞争新优势。我国的“十四五”规划明确指出“加强关键数字技术创新应用。”根据本文研究可知, 数字技术创新促进了企业全要素生产率提升, 有助于推动企业高质量发展。我国具有发展数字经济的“超大规模性”优势(国务院发展研究中心课题组等 2020), 数字经济体量在近年内迅速增长, 越来越多企业开始推进数字化转型。然而, 面对数字技术创新的诸多挑战, 加之中国传统观念对稳定性的重视(曲永义等 2022), 许多企业在数字化道路上尚未选择自主创新这一前进方式。因此, 政府部门应当为数字技术创新发展制定科学有效的激励政策, 从税收优惠、政府补助等方面提供必要的财政支持, 合理引导国家资源与市场资源投向数字技术创新, 激发企业研发创新的积极性, 促进企业数字技术创新成果的逐步积累, 以此赋能中国企业高质量发展。

第二, 着眼于企业的数字技术创新的应用场景与内部条件, 有针对性地推动数字技术和实体经济深度融合。党的二十大报告强调, 应当“加快发展数字经济, 促进数字经济和实体经济深度融合, 打造具有国际竞争力的数字产业集群”。本研究揭示了数字技术创新影响企业全要素生产率的具体机制, 解答了企业如何从数字技术创新中获益的问题(Teece 2018), 有助于总结数字技术赋能实体经济的有益经验, 为推动数字技术与实体经济相融合提供理论指导。企业应当积极研判自身的数字化发展需求、技术创新优势以及产业的数字化发展趋势, 选择合适的应用场景, 更有针对性地实现数字技术创新赋能企业高质量发展的效果。此外, 应当主动分析企业开展数字技术创新的内部条件。对于创新优势突出的高新技术企业, 以及亟待数字技术赋能的劳动密集型企业, 应当更加重视数字技术创新的价值, 主动把握企业转型升级的发展机会。

第三,加快营造数字技术发展所需的“软环境”与“硬环境”,增大企业数字技术创新的经济效益。根据本文的研究结果,知识产权保护和数字基础设施是企业通过数字技术创造经济效益的基础。一方面,政府部门应当加强关于数字技术创新的知识产权保护体系等“软环境”,制定数字专利的确权和交易的相关制度,维护企业数字技术创新领域的合法权益,为企业数字专利的流通和应用创造良好的外部环境,为企业享有数字技术创新成果的合法权益提供制度保障,从而帮助企业在数字技术创新中获取效益。另一方面,为了推动企业提质增效,政府部门应当加快完善有关数字技术创新的网络基础设施等“硬环境”,减少工业互联网等基础设施接入成本,完善面向企业的工业互联网公共服务体系,进而降低企业开展数字技术研究开发的门槛,扩大数字技术创新的覆盖面,充分发挥数字技术牵引企业生产率提升的积极作用。

为了在数字经济时代下满足现实需求和解决现实问题,学术界高度关注数字化指标测度以及相关的实证研究(Brynjolfsson & Collis 2019);其中,数字创新这一新兴领域仍存在研究缺口(刘洋等 2020;曲永义 2022)。一方面,除了探究企业数字技术创新的影响之外,后续的研究可以进一步构建地区层面的数字技术创新指标,进而从宏观角度考察数字技术的经济效应。另一方面,不同地区、不同企业在数字技术创新程度上存在显著差异,那么,何种因素真正地驱动了数字技术创新?在未来,针对以上两方面的学术研究能够为推动我国数字技术创新与数字经济的发展提供新的启示。

参考文献

- 陈德球、胡晴 2022 《数字经济时代下的公司治理研究:范式创新与实践前沿》,《管理世界》第6期。
- 程文 2021 《人工智能、索洛悖论与高质量发展:通用目的技术扩散的视角》,《经济研究》第10期。
- 高培勇、袁富华、胡怀国、刘霞辉 2020 《高质量发展的动力、机制与治理》,《经济研究》第4期。
- 国务院发展研究中心课题组、马建堂、张军扩 2020 《充分发挥“超大规模性”优势推动我国经济实现从“超大”到“超强”的转变》,《管理世界》第1期。
- 黄勃、李海彤、江萍、雷敬华 2022 《战略联盟、要素流动与企业全要素生产率提升》,《管理世界》第10期。
- 黄群慧、余泳泽、张松林 2019 《互联网发展与制造业生产率提升:内在机制与中国经验》,《中国工业经济》第8期。
- 李万福、林斌、宋璐 2011 《内部控制在公司投资中的角色:效率促进还是抑制》,《管理世界》第2期。
- 李万利、潘文东、袁凯彬 2022 《企业数字化转型与中国实体经济发展》,《数量经济技术经济研究》第9期。
- 刘洋、董久钰、魏江 2020 《数字创新管理:理论框架与未来研究》,《管理世界》第7期。
- 戚聿东、杜博、温馨 2021 《国有企业数字化战略变革:使命嵌入与模式选择——基于3家中央企业数字化典型实践的案例研究》,《管理世界》第11期。
- 曲永义 2022 《数字创新的组织基础与中国异质性》,《管理世界》第10期。
- 沈国兵、袁征宇 2020 《企业互联网化对中国企业创新及出口的影响》,《经济研究》第1期。
- 田秀娟、李睿 2022 《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》,《管理世界》第5期。
- 王化成、刘金钊、孙昌玲、高升好 2017 《基于价值网环境的财务管理:案例解构与研究展望》,《会计研究》第7期。
- 王一鸣 2020 《百年大变局、高质量发展与构建新发展格局》,《管理世界》第12期。
- 吴非、胡慧芷、林慧妍、任晓怡 2021 《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》,《管理世界》第7期。
- 徐欣、郑国坚、张腾涛 2019 《研发联盟与中国企业创新》,《管理科学学报》第11期。
- 杨慧梅、江璐 2021 《数字经济、空间效应与全要素生产率》,《统计研究》第4期。
- 袁淳、肖土盛、耿春晓、盛誉 2021 《数字化转型与企业分工:专业化还是纵向一体化》,《中国工业经济》第9期。
- 张耀伟、陈世山、曹甜甜 2021 《董事会断层与差异整合机制对投资决策质量的联合效应研究》,《南开管理评论》第2期。
- 张叶青、陆瑶、李乐芸 2021 《大数据应用对中国企业市场价值的影响——来自中国上市公司年报文本分析的证据》,《经济研究》第12期。
- 赵宸宇、王文春、李雪松 2021 《数字化转型如何影响企业全要素生产率》,《财贸经济》第7期。
- 庄荣文 2021 《营造良好数字生态》,《人民日报》11月5日。

- Acemoglu, D., and P. Restrepo, 2018, "The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment", *American Economic Review*, 108(6), 1488—1542.
- Acemoglu, D., and P. Restrepo, 2019, "Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor", *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 3—30.
- Aghion, P., and P. Howitt, 1992, "A Model of Growth through Creative Destruction", *Econometrica*, 60(2), 323—351.
- Aghion, P., R. Blundell, R. Griffith, P. Howitt, and S. Prantl, 2009, "The Effects of Entry on Incumbent Innovation and Productivity", *Review of Economics and Statistics*, 91(1), 20—32.
- Balci, G., 2021, "Digitalization in Container Shipping: Do Perception and Satisfaction Regarding Digital Products in a Non-technology Industry Affect Overall Customer Loyalty?", *Technological Forecasting and Social Change*, 172, 121016.
- Bharadwaj, A., O. A. Sawy, P. A. Pavlou, and N. Venkatraman, 2013, "Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights", *MIS Quarterly*, 37(2), 471—482.
- Brynjolfsson, E., and A. Collis, 2019, "How Should We Measure the Digital Economy", *Harvard Business Review*, 97(6), 140—148.
- Brynjolfsson, E., D. Rock, and C. Syverson, 2021, "The Productivity J-curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies", *American Economic Journal: Macroeconomics*, 13(1), 333—372.
- Chen, N., D. Sun, and J. Chen, 2022, "Digital Transformation, Labour Share, and Industrial Heterogeneity", *Journal of Innovation and Knowledge*, 7(2), 100173.
- Ciarli, T., M. Kenney, S. Massini, and L. Piscitello, 2021, "Digital Technologies, Innovation, and Skills: Emerging Trajectories and Challenges", *Research Policy*, 50(7), 104289.
- Corvello, V., J. Belas, C. Giglio, G. Iazzolino, and C. Troise, 2023, "The Impact of Business Owners' Individual Characteristics on Patenting in the Context of Digital Innovation", *Journal of Business Research*, 155, 113397.
- Firk, S., Y. Gehrke, A. Hanelt, and M. Wolff, 2021, "Top Management Team Characteristics and Digital Innovation: Exploring Digital Knowledge and TMT interfaces", *Long Range Planning*, 55(3), 102166.
- Hanelt, A., S. Firk, B. Hildebrandt, and L. M. Kolbe, 2021, "Digital M&A, Digital Innovation, and Firm Performance: an Empirical Investigation", *European Journal of Information Systems*, 30(1), 3—26.
- Kohli, R., and N. P. Melville, 2019, "Digital Innovation: A Review and Synthesis", *Information Systems Journal*, 29(1), 200—223.
- Liu, Y., J. Dong, L. Mei, and R. Shen, 2023, "Digital Innovation and Performance of Manufacturing Firms: An Affordance Perspective", *Technovation*, 119, 102458.
- Mendling, J., B. T. Pentland, and J. Recker, 2020, "Building a Complementary Agenda for Business Process Management and Digital Innovation", *European Journal of Information Systems*, 29(3), 208—219.
- Nambisan, S., K. Lyytinen, A. Majchrzak, and M. Song, 2017, "Digital Innovation Management: Reinventing Innovation Management Research in a Digital World", *MIS Quarterly*, 41(1), 223—238.
- Park, H. J., and S. O. Choi, 2019, "Digital Innovation Adoption and its Economic Impact Focused on Path Analysis at National Level", *Journal of Open Innovation: Technology, Market and Complexity*, 5(3), 56.
- Svahn, F., L. Mathiassen, and R. Lindgren, 2017, "Embracing Digital Innovation in Incumbent Firms: How Volvo Cars Managed Competing Concerns", *MIS Quarterly*, 41(1), 239—253.
- Teece, D. J., 2018, "Profiting from Innovation in the Digital Economy: Enabling Technologies, Standards, and Licensing Models in the Wireless World", *Research Policy*, 47(8), 1367—1387.
- Tumbas, S., N. Berente, and J. Brocke, 2018, "Digital Innovation and Institutional Entrepreneurship: Chief Digital Officer Perspectives of their Emerging Role", *Journal of Information Technology*, 33(3), 188—202.
- Vial, G., 2019, "Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda", *Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118—144.
- Yang, C. H., 2022, "How Artificial Intelligence Technology Affects Productivity and Employment: Firm-level Evidence from Taiwan", *Research Policy*, 51(6), 104536.
- Yoo, Y., R. J. Boland, K. Lyytinen, and A. Majchrzak, 2012, "Organizing for Innovation in the Digitized World", *Organization Science*, 23(5), 1398—1408.
- Zapadka, P., A. Hanelt, and S. Firk, 2022, "Digital at the Edge: Antecedents and Performance Effects of Boundary Resource Deployment", *The Journal of Strategic Information Systems*, 31(1), 101708.

Digital Technology Innovation and The High-quality Development of Chinese Enterprises: Evidence from Enterprise's Digital Patents

HUANG Bo^{a, b}, LI Haitong^c, LIU Junqi^d and LEI Jinghua^{a, b}

(a: School of Finance, Renmin University of China; b: China Financial Policy Research Center;

c: Business School, Renmin University of China;

d: Institute for Financial and Accounting Studies, Xiamen University)

Summary: In the current era of digital economy, digital technologies represented by big data, artificial intelligence, cloud computing and blockchain continue to innovate and develop, and are deeply integrated with China's real economy. These digital technology innovations promote the rapid development of the digital economy and become an important engine for building China's modern economic system. As the micro-foundation of economic operation, enterprises are the important practitioners of digital technology innovation activities. Although most literature believes that digital technology promotes enterprise development, digital technology requires an enterprise's substantial investment in the stage of research and development. Many enterprises are reluctant to choose independent innovation as their digital development path. Hence, the academic community urgently needs to explore the impact of digital technology innovation on the high-quality development of enterprises and its mechanisms.

Using a sample of China's listed enterprises, we identify enterprises' digital patent application information through text analysis, to measure digital technology innovation, and then examine the economic consequences of digital technology innovation from the perspective of enterprise total factor productivity (TFP). We find that digital technology innovation significantly improves enterprise TFP, and then effectively promotes the high-quality development of Chinese enterprises. This conclusion still holds after controlling for endogeneity and testing for robustness. In terms of mechanisms, digital technology innovation plays the functions of management empowerment, capital empowerment, operation empowerment and labor empowerment, helping enterprises to reduce internal management expenses, and improve operational capacity, investment efficiency and labor resource structure, thereby improving enterprise TFP. Furthermore, we find that sound intellectual property protection system and digital infrastructure increase the positive impact of digital technology innovation on enterprise TFP. For high-tech enterprises and labor-intensive enterprises, the productivity effect of digital technology innovation is more pronounced. In addition, digital technology innovation relating to underlying technology and practical application can improve TFP.

Based on these research conclusions, this paper provides the following policy implications. First, China should increase its support for digital technology innovation and build competitive advantages for Chinese enterprises in the digital economy. Government departments can formulate effective incentive policies for the innovation and development of digital technology, and provide necessary financial support from tax incentives and government subsidies. Second, enterprises should focus on the application scenarios and internal conditions of their digital technology innovation, and promote the deep integration of digital technology and the real economy. For high-tech enterprises and labor-intensive enterprises, they should pay more attention to digital technology innovation and actively grasp the opportunities for enterprise transformation and upgrading. Third, the government should improve the "soft environment" and "hard environment" required for the development of digital technology, and increase the economic benefits of digital technology innovation for enterprises.

This paper is innovative in research methods and research perspectives. A large amount of existing literature focuses on the digital transformation practices of Chinese enterprises, but little attention has been paid to enterprise digital technology innovation. Based on the text data of digital patents, we measure the level of digital technology innovation of Chinese enterprises, provide new evidence for the economic consequences of digital technology innovation and fill the literature gap.

Overall, this paper has the following contributions. First, this paper enriches the research on the economic consequences of enterprise digital technology innovation, and provides theoretical support for digital technology innovation to promote the high-quality development of enterprises. Second, this paper enriches the empirical research literature on factors affecting enterprise TFP. Third, this paper provides a reference for future research design in the field of digital innovation.

Keywords: Digital Technology; Total Factor Productivity; Enterprise Innovation; High-quality Development; Text Analysis
JEL Classification: D24, M20, O33

(责任编辑:冀 木)(校对:曹 帅)