

# 数字技术创新如何驱动制造业企业全要素生产率? ——来自上市公司专利数据的证据

罗佳<sup>1</sup>, 张蛟蛟<sup>1</sup>, 李科<sup>2</sup>

(1. 上海海事大学 经济管理学院, 上海 201306; 2. 上海财经大学 金融学院, 上海 200433)

**摘要:**我国数字经济产业的迅猛发展有目共睹。文章基于2008—2019年制造业上市公司面板数据,利用企业专利数据识别数字技术创新情况,研究了数字技术创新对企业全要素生产率的影响及其机制。研究发现,拥有数字技术专利的企业全要素生产率显著高于没有数字技术专利的企业,而且数字技术创新规模越大,越有利于制造业企业全要素生产率提升。这表明数字技术创新能够促进制造业企业全要素生产率提升。行业数字化程度越高,数字技术创新越能发挥积极作用。此外,国有制造业企业与西部地区制造业企业的数字技术创新对自身全要素生产率的提升作用更加明显。机制分析发现,短期内数字技术创新会导致企业运营成本上升,阻碍全要素生产率提升;数字技术创新还能通过提高企业创新效率与资源配置效率,促进全要素生产率提升,而缓解劳动要素投入扭曲则是数字技术创新通过缓解企业资源错配发挥作用的主要渠道。

**关键词:** 数字技术专利; 数字技术创新; 资源配置效率; 企业全要素生产率

中图分类号: F062.9 文献标识码: A 文章编号: 1001-9952(2023)02-0095-16

DOI: 10.16538/j.cnki.jfe.20221118.101

## 一、引言

数字经济时代已经到来。习近平主席曾多次提出,发展数字经济,要推动数字产业化和产业数字化,用新动能推动新发展,用新技术改造传统产业,提高全要素生产率,实现数字经济与实体经济深度融合。<sup>①</sup>2020年11月,数字经济发展更是上升到国家战略层面。党的十九届五中全会审议通过《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要》,指出要“系统布局新型基础设施,加快第五代移动通信、工业互联网、大数据中心等建设”,“加快数字化发展”,“推动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”。《中国数字经济发展白皮书(2021)》<sup>②</sup>显示,我国数字经济规模在2020年达39.2万亿元,占GDP的比重为38.6%。数字经济已成为我国国民经济的核心增长极之一,数字经济与实体经济的深度融合将成为推动我国经济高质量发展的重要引擎。

收稿日期: 2022-07-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(72073086, 42176217)

作者简介: 罗佳(1984—),女,浙江湖州人,上海海事大学经济管理学院讲师,硕士生导师;

张蛟蛟(1997—)(通讯作者),女,贵州毕节人,上海海事大学经济管理学院硕士研究生;

李科(1978—),男,湖北仙桃人,上海财经大学金融学院教授,博士生导师。

① 习近平. 在全国网络安全和信息化工作会议上的讲话[N]. 新华社, 2018-04-21; 习近平. 在听取浙江省委和省政府工作汇报时的讲话[N]. 新民晚报, 2020-04-01。

② 数据来源: 中国信息通信研究院《中国数字经济发展白皮书(2021)》。

根据 2016 年 G20 峰会通过的《G20 数字经济发展与合作倡议》，数字经济是以使用数字化的知识和信息作为关键生产要素、以现代信息网络作为重要载体、以信息通信技术的有效使用作为效率提升和经济结构优化的重要推动力的一系列经济活动。其中，人工智能、5G 移动通信技术、区块链、云计算、物联网等新一代数字技术是新型基础设施建设、数字经济发展的核心关键技术。而合理利用这些数字技术是实现制造业数字化转型、数字经济与实体经济深度融合的关键步骤。那么，数字技术创新能否促进制造业企业全要素生产率提升？具体的作用机制又是什么？深入探究这些问题有利于准确评估制造业数字化转型政策的实施成效，推动数字经济与实体经济深度融合。

目前，数字经济发展水平(沈运红和黄桁, 2020; 焦帅涛和孙秋碧, 2021)、数字化转型(刘飞, 2020; 赵宸宇等, 2021)以及新型基础设施建设(郭金花等, 2021)对制造业转型升级的积极效应已得到学术界的一致肯定。而这些积极效应都取决于数字技术的发展水平, 这从侧面说明数字技术创新能促进制造业企业生产率提升。但关于数字技术创新对制造业企业生产率的具体影响, 相关研究文献却较少。部分研究关注了数字技术对制造业全要素生产率的作用, 但主要集中在行业层面(刘平峰和张旺, 2021)和省份层面(李捷等, 2017; 昌忠泽和孟倩, 2018), 且大多采用综合指标、关键词频等间接指标来衡量数字技术。

数字技术创新的衡量方法是现有研究最主要的局限性问题。比如, 对于企业数字化程度的度量, 学者主要采用与企业信息相关的要素规模, 如企业电信支出、IT 投资、信息技术人员占比等(李坤望等, 2015; 王永进等, 2017), 或是互联网等信息技术的应用程度(杨德明和刘泳文, 2018)。较新的衡量方法则应用基于机器学习的文本分析法, 以上市企业年报中数字化相关词汇的词频来构建数字化程度指标(陈庆江等, 2021; 李大伟等, 2021; 袁淳等, 2021; 赵宸宇等, 2021)。而这些度量方法只能间接反映企业对数字技术的关注程度或推广应用程度, 并不能直接衡量数字技术创新水平或数字技术创新直接占用的企业资源等。因此, 基于间接指标研究数字技术创新的影响效应, 缺乏对企业生产率作用机制的深入研究。

本文使用 2008—2019 年中国制造业沪深 A 股上市公司专利数据及财务数据, 揭示了数字技术创新对制造业企业全要素生产率的影响及其机制。研究发现: 第一, 数字技术创新能够促进制造业企业全要素生产率提升, 而企业所处行业的数字化程度、所在区域以及所有制情况都会对数字技术创新效应产生不同程度的影响。第二, 数字技术创新在短期内会导致企业运营成本上升, 从而降低企业全要素生产率。第三, 促进创新效率和资源配置效率提升也是数字技术创新促进制造业企业全要素生产率提升的两个渠道。

本文的研究贡献主要体现在: 第一, 与目前大多数研究采用文本分析法不同, 本文利用数字技术专利数据来衡量企业数字技术创新, 为实证分析提供了更加稳健的研究基础, 也使本文的实证结果更具创新价值; 第二, 本文首次探究了数字技术创新对制造业企业全要素生产率的影响, 为未来相关研究提供了新的思路。

## 二、理论分析

工业经济时代, 实体经济的主力军——制造业是推进快速工业化、实现国家经济快速增长的主要动力(沈坤荣和史梦昱, 2021)。数字经济时代, 数字化转型驱动传统制造业实现产业结构升级和经济体系现代化发展。

数字技术在数字经济发展中具有根本性地位。数字技术有利于促进生产要素与新兴技术融合, 突破有形生产要素的资源边界, 推动产业结构优化升级(李大伟等, 2021)。而数据作为新

的生产要素已经渗透到企业价值创造与价值获取的各个环节中,企业对数据的精准获取与分析能力成为其做出正确决策并抢占先机的关键(吕铁和李载驰,2021)。数字技术提升了计算能力,发展了数据挖掘、分析与储存能力,使得数据的加速流动与海量信息的分析成为可能。这有助于企业缓解信息不对称,优化内部流程,从而提高生产率(黄鹏和陈靓,2021;李大伟等,2021)。此外,协同效应能够加快数字化进程,企业绩效的提升势必向产业层面溢出,最终推动产业升级(李大伟等,2021)。根据上述分析,本文提出以下假说:

假说 1: 数字技术创新能够促进制造业企业全要素生产率提升。

数字技术创新可能通过一些渠道影响制造业企业全要素生产率。Acemoglu 和 Restrepo (2018, 2019) 提出,在既定的资源约束下,人工智能等数字技术是外生的,基于对人力要素的替代效应,能够降低生产成本,提高生产效率,促进企业升级。此外,制造业企业的要素驱动和创新驱动(如降低运营成本、提高资源配置效率、提高技术创新水平,以及减少外部金融摩擦等)都能促进企业全要素生产率提升(李小克和李小平,2022;林东杰等,2022)。因此,本文将从三个方面论述数字技术创新作用于企业全要素生产率的机制。

第一,运营成本。成熟的数字技术在生产过程中将为企业提供更多的灵活性和更高的效率,也会为数据产生与资源消耗提供更高的透明度(Cagno 等,2021),从而实现企业成本节约。成熟的数字技术还将颠覆传统制造业的组织与商业模式,促使企业改革原有业务流程与组织经营架构,有效减少企业内外部运营成本,甚至打破行业壁垒,降低企业跨界经营成本(李大伟等,2021),帮助企业在市场上获得成本优势。此外,互联网等数字通信技术逐渐成为企业经营销售的主要渠道(黄鹏和陈靓,2021),线上平台取代线下交易市场,颠覆了传统商品交换方式,也为商品交换提供了更大的空间,极大提高了商品交换效率(Brynjolfsson 和 Hitt, 2000)。数字技术创新将重塑企业传统生产运营、产品交易和货物运输等,促进生产效率提升。

然而,数字技术创新在短期内存在成本优势的抵消效应。例如,企业的组织结构与生产流程优化是应用成熟数字技术的长期成效;而在短期,数字技术会导致设备以及其他生产要素被替代,反而提高企业运营成本。以企业薪酬支出为例,数字技术会对劳动要素产生替代效应,通过减少原有劳动力的薪酬支出来降低企业运营成本,但对更高级劳动力的需求以及生产流程变化、生产设备更新换代等会大大抵消上述成本降低,导致短期的运营成本上升(Acemoglu 和 Restrepo, 2018),从而阻碍企业生产效率上升。以往的研究大多关注数字技术创新的长期成本节约效应,而其短期成本恶化效应则是本文重点关注的内容。

第二,创新效率。基于渗透性、替代性和协同性特征,数字技术创新能够提高企业创新效率,从而提升生产率。在产业数字化转型目标的驱动下,数字技术的市场需求增多。数字技术所带来的经济增长前景使企业更愿意增加数字技术的创新投入和应用程度;同时,数字技术发展会进一步消除企业间的信息壁垒,加强企业间的联合研发,提高企业创新效率并形成规模经济,从而拓展市场对数字技术创新的需求(武可栋和阎世平,2021;吕铁和李载驰,2021)。除了产品技术创新外,数字技术还可以重塑企业的创新体系与模式,扩大数据要素在企业内部的流动,加强创新知识的传播,从而提高企业创新效率,并实现内部研发与供应链管理的协同发展,促使传统单打独斗创新向产业协同创新转变(赵宸宇等,2021),推动生产率提升。同时,增加数字技术研发支出不仅能提高数字技术方面的创新效率,还能提高整体的技术研发创新效率。由于数字技术的替代性特征,企业逐渐加快数字化转型,数字技术创新能够优化其他非数字技术的研发程序,提高企业整体的研发规模和创新能力,从而促进全要素生产率提升。

第三,资源配置效率。数字技术创新还能通过提高资源配置效率,促进制造业企业生产率提升。数字技术具有强大的资源整合能力(朱勤等,2019),能够结合传统生产要素重构生产要素体系,实现与传统生产要素的相互赋能,并不断迭代更新与优化重组,从而提高要素配置效率(刘平峰和张旺,2021)。一方面,数字技术加速传统制造业企业数字化转型,为资本、劳动、技术等传统生产要素提供更多的配置途径,缓解要素之间的供需矛盾,提高要素配置效率,从而促进企业生产效率提升(刘传明和马青山,2020)。例如,数字技术、智能设备等能够降低资源利用门槛,整合生产资料,打破企业界限,从而有效提高要素配置效率(赵宸宇等,2021)。此外,Acemoglu 和 Restrepo(2018)证实了数字技术的使用能够减少企业员工的时空壁垒,增加在职员工与潜在员工的就业选择,在一定程度上改善劳动要素配置效率。另一方面,随着人工智能、区块链等数字技术的运用,价格和供求关系对企业资源配置的主导作用逐渐减弱。决定市场供求的消费者偏好被数字平台挖掘与分类,利用人工智能、云计算等数字技术进行分析与匹配(何大安和任晓,2018),能够帮助企业更加准确、有效地配置资源。因此,数字技术创新能够矫正资源错配,提高企业的资源配置效率(杨汝岱,2015),最终促进全要素生产率提升。

根据上述分析,本文提出以下假说:

假说 2a: 数字技术创新在短期内可能导致企业运营成本上升,从而阻碍全要素生产率提升。

假说 2b: 数字技术创新能够通过提高企业创新效率,促进全要素生产率提升。

假说 2c: 数字技术创新能够通过改善企业资源配置,促进全要素生产率提升。

### 三、研究设计

#### (一)变量定义

##### 1. 被解释变量: 企业全要素生产率

*OP* 法(Olley 和 Pakes, 1996)和 *LP* 法(Levinsohn 和 Petrin, 2003)是估计微观企业全要素生产率的经典方法。本文使用 *LP* 法来估计企业全要素生产率。一方面,*OP* 法需要使用投资作为代理变量,且代理变量(投资)与总产出之间始终保持单调的关系,这意味着样本中投资额为零的企业全要素生产率无法被估计(鲁晓东和连玉君,2012)。另一方面,*OP* 法必须考虑企业进入、退出情况来构建退出变量,而本文使用的是非平衡面板数据,因此使用 *OP* 法可能会产生一定偏误。*LP* 法需要中间投入作为代理变量,中间投入数据对制造业企业来说更容易获得。因此,本文借鉴 Levinsohn 和 Petrin(2003)以及鲁晓东和连玉君(2012)的研究,使用 *LP* 法来估计企业全要素生产率。此外,本文使用 Olley 和 Pakes(1996)的 *OP* 法以及 Wooldridge(2009)的 *GMM* 法所得到的企业全要素生产率进行稳健性检验。<sup>①</sup>

##### 2. 解释变量: 数字技术创新

本文以数字技术专利来衡量数字技术创新。专利能直接反映企业的技术创新成果,特别是本文使用获得授权的专利,可直接投入下一阶段应用。因此,获得批准的数字技术专利能够最直接代表企业的数字技术创新水平。德温特创新平台(Derwent Innovation)是科睿唯安(Clarivate Analytics)公司开发的专利检索和分析工具,包含全球 156 个国家或地区的高质量专利信息。本文利用该平台搜索数字技术关键词,与企业每年所申请专利的国际专利 IPC 分类号相匹配,识别

<sup>①</sup> 在估计全要素生产率时,本文以 2008 年为基期,对收入类数据使用居民消费价格指数进行平减,对资产类数据使用固定资产投资价格指数进行平减。

该专利是否属于对应数字技术领域的专利，从而判断企业是否进行数字技术创新。为了加快推进产业升级转型，我国正处于积极布局新型基础设施的阶段，所以“新基建”所依赖的核心数字技术具有一定的代表性。因此，本文选取的数字技术关键词是新型基础设施所包含的五大核心技术，即人工智能、第五代移动通信技术、云计算、物联网和区块链(伍先福等, 2020)。本文最终得到每年企业数字技术专利新增申请量和企业是否拥有数字技术专利虚拟变量，<sup>①</sup>前者取对数衡量企业的数字技术创新规模，后者衡量企业是否进行数字技术创新。与通过文本分析来挖掘年报词频等方法相比，以专利所属的技术领域来判断数字技术创新水平更加直接有效。

### 3. 机制变量

第一，资源配置效率。参考 Hsieh 和 Klenow(2009)以及张天华等(2019)的设定，假设企业仅使用劳动和资本两种生产要素进行生产，通过计算两种要素投入的扭曲程度，估算最优产出规模与实际产出规模的偏离程度，以此来衡量企业资源配置效率。根据张天华等(2019)的研究，企业的资本与劳动要素投入扭曲分别表示为：

$$\tau_{K_{si}} = \alpha_s \frac{\sigma - 1}{\sigma} \frac{P_{si} Y_{si}}{R_{si} K_{si}} - 1 \quad (1)$$

$$\tau_{L_{si}} = \beta_s \frac{\sigma - 1}{\sigma} \frac{P_{si} Y_{si}}{\omega_{si} L_{si}} - 1 \quad (2)$$

其中， $\alpha_s$ 和 $\beta_s$ 分别表示行业的资本与劳动产出弹性， $K_{si}$ 和 $L_{si}$ 分别表示企业的资本与劳动要素投入， $\sigma$ 表示产出替代弹性， $R_{si}$ 表示资本的使用价格， $\omega_{si}$ 表示劳动的使用价格。企业的最优产出规模 $Y_{E_{si}}$ 与实际产出规模 $Y_{si}$ 的关系为：

$$Y_{E_{si}} = Y_{si} (1 + \tau_{K_{si}})^{\sigma \alpha_s} (1 + \tau_{L_{si}})^{\sigma \beta_s} \quad (3)$$

利用要素投入扭曲所引起的实际产出规模与最优产出规模的偏离程度，可以得到企业的资源错配程度。

$$Misallocation_{si} = \frac{Y_{E_{si}}}{Y_{si}} - 1 \quad (4)$$

$Misallocation_{si}$ 的数值越大，企业要素投入扭曲越严重，资源配置效率越低。

现有研究中产出替代弹性的取值不一，本文参考 Hsieh 和 Klenow(2009)以及张天华等(2019)的设定，选取一个比较保守的数值，令 $\sigma = 3$ 。本文使用固定效应法来测算行业的要素产出弹性。对于企业资本投入 $K_{si}$ ，本文使用固定资产净额进行衡量。令劳动要素价格 $\omega_{si} = 1$ ，使用企业支付给职工以及为职工支付的现金来衡量企业劳动投入 $L_{si}$ 。对于实际产出规模 $Y_{si}$ ，本文使用企业营业总收入进行衡量。

对于资本与劳动要素扭曲的测算，本文使用企业增加值来衡量 $P_{si} Y_{si}$ ，参考韦庄禹(2022)的做法测算企业增加值。 $R_{si}$ 使用折旧率与利率之和，利率为企业利息支出与负债合计的比值，折旧率为当年折旧与上一年固定资产原值的比值。本文样本中利率测算值 80% 小于 0.02。根据《中国统计年鉴》，1991 年以来我国金融机构人民币贷款基准利率基本在 0.05 以上，且定期存款基准利率最小在 0.02 左右。为了尽可能减少利率测算结果过低而与现实不符的情况，且鉴于不同所有制企业的利率存在一定差异，本文借鉴施炳展和冼国明(2012)的思路，若所测算利率高于 0.05，则视为企业的真实利率；若低于 0.05 或存在数据缺失，则以相同所有制的企业平均利率作为企业的利率。在测算过程中，本文以 2008 年为基期，对营业总收入、各类费用、支付给员工的现金

<sup>①</sup> 本文使用的专利均在当年申请且在之后年份获得授权。

等数据利用居民消费价格指数进行平减,固定资产净额利用固定资产投资价格指数进行平减。至此,本文可以分别测算出资本与劳动要素投入扭曲程度,进而估算出企业资源配置效率。

第二,运营成本。本文使用成本费用利润率来衡量企业运营成本,成本费用利润率=利润总额/(营业成本+期间费用)×100%。成本费用利润率越高,企业运营成本越低。

第三,创新效率。根据虞义华等(2018)的方法,本文利用研发投入的专利转化情况来构建企业创新效率指标。

#### 4. 控制变量

本文选取企业规模、盈利能力、企业年龄、资本结构、第一大股东持股比例、产权性质以及行业市场集中度等变量,以期尽可能控制企业层面的因素(米晋宏等,2020;薛成等,2020;郭金花等,2021;赵海峰等,2022)。本文变量定义见表表 1。

表 1 变量定义

变量类型	变量符号	变量含义	变量定义
被解释变量	<i>lnfp_lp</i>	企业全要素生产率	利用LP法估算
	<i>lnfp_op</i>	企业全要素生产率	利用OP法估算
	<i>lnfp_gmm</i>	企业全要素生产率	利用GMM法估算
核心解释变量	<i>digit_dummy</i>	是否进行数字技术创新	企业是否拥有云计算、5G、人工智能、物联网、区块链五种数字技术专利
	<i>lndigit</i>	企业数字技术创新规模	ln(企业五种数字技术专利新增申请量+1)
机制变量	<i>cost</i>	企业运营成本	成本费用利润率=利润总额/(营业成本+期间费用)×100%
	<i>innovation</i>	企业创新效率	根据企业研发投入的专利转化情况构建指标
	<i>lnmis</i>	资源配置效率	企业整体要素投入扭曲的自然对数
	<i>tauK</i>	资本要素扭曲	企业资本要素投入扭曲的自然对数
	<i>tauL</i>	劳动要素扭曲	企业劳动要素投入扭曲的自然对数
控制变量	<i>scale</i>	企业规模	总资产的自然对数
	<i>ROA</i>	盈利能力	总资产收益率=利润/总资产
	<i>age</i>	企业年龄	ln(观测年份-注册年份+1)
	<i>structure</i>	企业资本结构	资产负债率=总负债/资产总计
	<i>firstshock</i>	第一大股东持股比例	
	<i>HHI</i>	行业市场集中度	赫芬达尔-赫希曼指数
	<i>state</i>	产权性质	是否国有企业

#### (二)模型设定与数据选择

为了研究数字技术创新对制造业企业全要素生产率的影响,本文借鉴谢谦等(2021)的研究,设定如下计量模型:

$$\ln fp_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 Digit_{it} + \sum \beta_j X_{it} + \lambda_i + \pi_t + \vartheta_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中, $\ln fp_{it}$ 表示企业全要素生产率的自然对数; $Digit_{it}$ 表示数字技术创新,分别采用企业数字技术创新规模(*lndigit*)和数字技术创新虚拟变量(*digit\_dummy*); $X_{it}$ 为控制变量, $\varepsilon_{it}$ 为随机扰动项。同时,模型还控制了区域固定效应( $\lambda_i$ )、行业固定效应( $\pi_t$ )和年份固定效应( $\vartheta_t$ )。本文在估计时对标准误进行企业层面聚类处理。根据研究假说 1,本文重点关注 $Digit_{it}$ 的系数 $\gamma_1$ 。若 $\gamma_1$ 显著大于 0,则说明数字技术创新能够促进制造业企业全要素生产率提升。

本文使用 2008—2019 年沪深 A 股制造业上市公司专利数据及财务数据,研究数字技术创新对制造业企业全要素生产率的影响及其机制。企业财务数据与专利数据主要来自 CSMAR 数据库、Wind 数据库以及国家知识产权局专利数据库,价格指数类数据来自《中国统计年鉴》。根据

2012年证监会颁布的《上市公司行业分类指引》以及《国民经济行业分类》(GB/T 4754-2017), 本文筛选出制造业行业的企业数据。此外, 为了避免统计偏差所带来的估计偏误, 本文剔除了员工数小于8以及ST、\*ST、S\*ST和SST企业样本, 对全要素生产率、数字技术专利申请量、企业年龄、企业要素扭曲程度、总资产等变量取自然对数, 并对盈利能力(ROA)、资本结构(structure)等连续变量进行了上下1%的winsorize缩尾处理。本文还剔除了西藏自治区及港澳台地区数据。本文主要变量的描述性统计结果见表2。

表 2 描述性统计

变量类型	变量符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	<i>lnfp_lp</i>	18 143	14.723	0.998	10.988	18.413
	<i>lnfp_op</i>	18 143	12.205	0.887	8.730	15.872
	<i>lnfp_gmm</i>	18 143	14.673	0.995	10.944	18.356
解释变量	<i>digit_dummy</i>	18 143	0.705	0.456	0	1
	<i>Indigit</i>	18 143	1.675	1.545	0	9.356
机制变量	<i>cost</i>	18 141	0.111	0.276	-5.583	3.818
	<i>innovation</i>	5 311	1.402	4.199	0.017	137.900
	<i>lnmis</i>	16 767	20.663	10.429	-2.531	48.505
	<i>tauK</i>	16 862	39.124	2.853	24.406	51.511
	<i>tauL</i>	16 370	-0.348	1.038	-11.308	3.844
控制变量	<i>scale</i>	18 143	21.851	1.163	17.779	27.468
	<i>ROA</i>	18 143	0.040	0.064	-0.263	0.482
	<i>age</i>	18 143	2.746	0.389	0.693	4.234
	<i>structure</i>	18 143	0.397	0.201	0.007	0.905
	<i>HHI</i>	17 838	0.220	0.267	0.013	1
	<i>firstshock</i>	18 143	34.481	14.251	3	89.990
	<i>state</i>	18 143	0.304	0.460	0	1

#### 四、实证结果分析

##### (一) 基准回归分析

表3报告了基准回归结果, 其中列(1)和列(2)以企业数字技术创新规模(*Indigit*)作为解释变量, 列(3)和列(4)以企业数字技术创新虚拟变量(*digit\_dummy*)作为解释变量。从中可以看到, 数字技术创新变量的估计系数在1%的水平上显著为正, 说明数字技术创新能够促进制造业企业全要素生产率提升。就经济学意义而言, 在控制行业、年份与地区固定效应以及其他企业特征的情况下, 列(4)结果显示, 开展数字技术创新的企业全要素生产率比没有开展数字技术创新的企业要高0.06%; 列(2)结果显示, 数字技术创新规模每增加1%, 企业全要素生产率提升0.047%。无论在统计意义上还是经济学意义上, 数字技术创新都能显著促进制造业企业全要素生产率提升, 这支持了本文的研究假说1。

##### (二) 内生性讨论

为了缓解遗漏变量所导致的内生性问题, 本文在基准回归中控制了一系列变量, 但仍可能面临内生性挑战。生产率高的企业往往具有更大的规模、更多的产出, 为了巩固市场地位, 其更有动机和能力进行数字技术创新。这一逆向因果关系使基准回归结果可能存在内生性问题。为了进一步缓解这一内生性问题, 本文参考黄群慧等(2019)以及袁淳等(2021)的思路, 使用1984年

表 3 基准回归

	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>lnfp_lp</i>	<i>lnfp_lp</i>	<i>lnfp_lp</i>	<i>lnfp_lp</i>
<i>Indigit</i>	0.305*** (24.29)	0.047*** (6.78)		
<i>digit_dummy</i>			0.469*** (15.80)	0.060*** (3.73)
<i>scale</i>		0.597*** (53.07)		0.619*** (58.23)
<i>ROA_new</i>		3.257*** (25.20)		3.301*** (25.18)
<i>age</i>		0.094*** (3.66)		0.094*** (3.62)
<i>structure</i>		0.757*** (12.78)		0.751*** (12.62)
<i>firstshock</i>		0.002*** (3.62)		0.002*** (3.50)
<i>HHI</i>		0.010 (0.79)		0.006 (0.44)
<i>state</i>		0.073*** (3.07)		0.081*** (3.35)
<i>Constant</i>	14.212*** (581.75)	0.816*** (3.38)	14.399*** (442.41)	0.368 (1.59)
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	控制	控制	控制	控制
区域固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	18 143	17 837	18 143	17 837
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.303	0.751	0.170	0.749

注：\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著，括号内为*t*值，在企业层面对标准误做了聚类处理。下表同。

全国各地级市每百万人邮电业务总量和每百万人电话机数作为企业数字技术创新的工具变量。但考虑到使用的是面板数据，本文将两者分别与滞后一期的互联网宽带接入用户数的自然对数相乘，得到 *IV\_inte* 和 *IV\_phon*，以此作为数字技术创新的工具变量。一方面，1984 年邮电业务总量和电话机数反映我国改革开放初期各地的通信基础设施情况，互联网宽带接入用户数则反映各时期各城市的信息化发展水平，这些都能为企业数字技术创新提供外部支撑，因而满足相关性要求。另一方面，1984 年邮电数据是历史数据，且邮电和互联网宽带接入用户数主要反映当地的通信基础设施和信息化水平，并不直接作用于企业生产率，因而满足外生性要求。

表 4 中列(1)和列(2)报告了第二阶段工具变量回归结果。*Kleibergen-Paap rk LM* 统计量和 *Cragg-Donald Wald F* 统计量分别拒绝了工具变量不可识别和弱工具变量的原假设，验证了本文所选工具变量的可靠性。在考虑内生性问题之后，*Indigit* 的系数仍显著为正，说明基准回归结果具有一定稳健性。

### (三)稳健性检验

#### 1. 替换被解释变量

本文将被解释变量替换为由 *OP* 法和 *GMM* 法所估计的企业全要素生产率。回归结果见表 4 中列(3)和列(4)，数字技术创新变量的估计结果与基准回归一致，同样说明数字技术创新能够显著促进企业全要素生产率提升。在替换被解释变量之后，研究假说 1 依然成立。



表 4 工具变量回归与替换被解释变量

	(1) <i>IV_inte</i>	(2) <i>IV_phon</i>	(3) <i>Intfp_op</i>	(4) <i>Intfp_gmm</i>
<i>Indigit</i>	0.177** (2.18)	0.289*** (3.78)	0.045*** (5.93)	0.047*** (6.78)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	控制	控制	控制	控制
区域固定效应	控制	控制	控制	控制
<i>Kleibergen-Paap rk LM</i> 值	27.031***	40.479***		
<i>Cragg-Donald Wald F</i> 值	151.969	226.876		
样本量	13 077	13 077	17 837	17 837
$R^2$	0.697	0.632	0.639	0.750

### 2. 控制企业固定效应

鉴于本文样本所跨时期较长,企业层面的数字技术创新变量可能存在一定的差异,仅控制行业固定效应可能导致基准回归结果存在一定偏差。为了缓解这一问题,本文进一步控制企业固定效应,估计结果见表 5 中列(1)。数字技术创新变量的估计系数与基准回归结果基本一致,说明基准回归结果具有一定稳健性。

表 5 稳健性检验

	(1) 控制企业固定效应	(2) 采用滞后解释变量	(3) 剔除外生冲击	(4) 多期双重差分
<i>Indigit</i>	0.007** (2.23)		0.049*** (6.81)	
<i>L.Indigit</i>		0.049*** (6.62)		
<i>treat</i> × <i>post</i>				0.177*** (4.788)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	控制	控制	控制	控制
区域固定效应	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	未控制	未控制	未控制
样本量	17 672	15 006	15 203	4 560
$R^2$	0.920	0.754	0.755	0.751

### 3. 采用滞后解释变量

企业数字技术创新需要一定的年限,且新技术的使用对企业生产率的影响可能存在滞后性。因此,本文采用数字技术创新变量的滞后一期重新进行了估计,结果见表 5 中列(2)。滞后一期的数字技术创新变量对企业全要素生产率的影响仍显著为正,基准回归结果再次得到验证。

### 4. 剔除外生冲击

严峻的经济形势会增加研发创新成本,阻碍企业发展。2008 年金融危机引起全球金融市场动荡、实体经济下滑,多家国际知名企业宣布破产,国内经济也深受影响。本文样本期内 2008 年

左右的数据可能存在极端值而造成估计结果有偏。为了解决这一问题,本文剔除2008—2010年数据重新进行了估计,结果见表5中列(3)。在剔除外生冲击之后,数字技术创新变量的估计系数仍显著为正,再次验证了基准回归结果的稳健性。

### 5. 多期双重差分

数字技术创新是一个连续的过程,但企业数字技术创新规模不同,且本文40%的样本观测值的数字技术专利申请量为0,因而可将企业数字技术创新作为一次冲击,构造多期双重差分模型以加强因果识别。本文借鉴肖土盛等(2022)的方法来构造多期双重差分模型,具体过程如下:首先,按年份对企业数字技术专利申请量进行排序,若企业数字技术专利申请量在某个年份进入前10%,则归为处理组( $treat=1$ )。然后,为了保证处理组与对照组在未受到冲击前具有相同的发展趋势,本文使用倾向得分匹配(PSM)方法筛选对照组。根据研发支出、专利总数、总资产、资产负债率、产权性质、研发强度、第一大股东持股比例、企业年龄、总资产收益率、行业集中度以及成本费用利润率等变量,使用1:2近邻匹配,将与处理组具有共同支撑域的样本视为对照组( $treat=0$ )。最后,将企业数字技术专利申请量首次进入前10%视为一次冲击,当年及之后年份 $post$ 的取值为1,否则为0。具体模型如下:

$$\ln f p_{it} = \beta_0 + \beta_1 treat_{it} \times post_{it} + \beta_2 treat_{it} + \beta_3 post_{it} + \sum \beta_i X_{it} + \lambda_i + \pi_i + \vartheta_i + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

回归结果见表5中列(4),交互项的系数显著为正。这表明数字技术创新对企业全要素生产率有显著的正向影响,与基准回归结果一致。

## 五、异质性分析

上市公司所处行业数字化程度、所在区域以及所有制不同,可能导致数字技术创新对企业全要素生产率的影响存在差异。所处行业数字化程度越高,越有利于企业享受行业内知识溢出,提高自身数字技术创新水平。此外,国有企业与非国有企业在创新方面存在差异,天然的政治关联和资源禀赋使国有企业能够开展更多的研发创新活动(李春涛和宋敏,2010;陈熠辉等,2022)。本文认为,数字技术创新对企业全要素生产率的影响在国有企业与非国有企业之间存在差异。就区域而言,在市场化水平低的地区,制造业企业开展数字技术创新更容易弥补本地专用知识劣势(刘政等,2020),破除要素流通市场限制,从而提高企业生产效率。为了检验上述推测,本文利用调节效应模型,从行业数字化程度、企业所有制以及区域特征三个方面进行异质性分析。

### (一) 行业数字化程度

为了探究数字技术创新的促进效应在数字化程度不同的行业中的差异,本文按照2021年国家统计局公布的《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》,将样本中的行业划分为数字产业化行业( $dig\_industry=1$ )与产业数字化行业( $dig\_industry=0$ ),<sup>①</sup>前者因其为产业数字化发展提供数字技术、产品、服务、基础设施和解决方案,以及完全依赖于数字技术、数据要素而被规定为数字经济核心产业,这也意味着数字产业化行业的数字化程度高于产业数字化行业。本文考察了数字技术创新效应在这两类行业中的差异,估计结果见表6中列(1)。<sup>②</sup> $dig\_industry$ 与 $Indigit$ 的交互项系数显著为正,这表明行业数字化程度越高,数字技术创新越能促进企业全要素生产率提升。

<sup>①</sup> 结合《国民经济行业分类》(GB/T 4754—2017),样本中的数字产业化行业是计算机、通信和其他电子设备制造业(C39);产业数字化行业包括通用设备制造业(C34),专用设备制造业(C35),汽车制造业(C36),铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业(C37),电气机械和器材制造业(C38),以及仪器仪表制造业(C40)。

<sup>②</sup>  $dig\_industry$ 的估计结果已被行业固定效应所吸收。

表 6 异质性分析

	(1) 行业数字化程度	(2) 企业所有制	(3) 地区市场化程度	(4) 地理位置
<i>Indigit</i>	0.037*** (7.29)	0.038*** (5.15)	0.058*** (7.79)	0.077*** (4.54)
<i>dig_industry</i> × <i>Indigit</i>	0.028*** (3.48)			
<i>state</i>		0.026 (0.77)		
<i>state</i> × <i>Indigit</i>		0.026** (2.07)		
<i>high_market</i>			0.105*** (6.07)	
<i>high_market</i> × <i>Indigit</i>			-0.017** (-2.25)	
<i>ea_cen_west</i>				0.200*** (5.50)
<i>ea_cen_west</i> × <i>Indigit</i>				-0.032* (-1.80)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	控制	控制	控制	控制
区域固定效应	控制	控制	控制	未控制
样本量	8 360	17 837	17 664	17 837
$R^2$	0.781	0.752	0.754	0.750

(二)企业所有制

除了行业数字化程度外,企业所有制也是影响数字技术创新促进效应的重要因素。与民营企业相比,国有企业的资源禀赋优势与政治优势使其拥有更多的资源与政策支持,从而更可能开展数字技术创新。这意味着数字技术创新可能更有利于促进国有企业全要素生产率提升。表 6 中列(2)报告了基于企业所有制的异质性分析结果,国有企业虚拟变量(*state*)与数字技术创新变量(*Indigit*)的交互项系数显著为正,这说明数字技术创新更能促进制造业国有企业生产率提升。

(三)区域特征

企业所在区域不同会影响数字技术创新对全要素生产率的促进效应。本文分别从市场化水平和地理位置两个维度,考察不同地区制造业企业数字技术创新效应的差异。第一,市场化水平。本文利用王小鲁等(2019)公布的《中国分省份市场化指数报告》,根据每年各省份市场化指数的中位数,将样本企业所在省份划分为市场化水平较高地区(*high\_market*=1)和市场化水平较低地区(*high\_market*=0)。回归结果见表 6 中列(3),*high\_market*×*Indigit* 的系数显著为负。这说明在市场化水平较低的地区,数字技术创新更有利于企业破除当地要素流通市场限制,实现生产效率提升。第二,地理位置。西部地区比较偏远,经济相对落后,数字技术创新对西部地区企业全要素生产率的促进效应可能更加明显。本文定义地区虚拟变量 *ea\_cen\_west*。若企业注册地在中部或东部地区,则 *ea\_cen\_west* 为 1;若企业注册地在西部地区,则 *ea\_cen\_west* 为 0。表 6 中列(4)列示了中东部地区与西部地区数字技术创新促进效应的差异。*ea\_cen\_west*×*Indigit* 的系数显

著为负,表明数字技术创新对中东部地区企业全要素生产率的促进效应明显小于西部地区企业。因此,市场化水平较低、经济相对落后地区的企业应积极开展数字技术创新,尽快实现数字化转型。

## 六、作用机制分析

上文研究表明,数字技术创新能够促进制造业企业全要素生产率提升。那么,数字技术创新促进企业全要素生产率的具体机制是什么?上文从理论上阐述了数字技术创新如何通过影响运营成本、创新效率和资源配置效率而对企业全要素生产率产生影响,下文将对此进行实证检验。由于中介效应模型具有严重的内生性,本文将通过重点考察核心解释变量对机制变量的影响(江艇,2022),探究数字技术创新如何通过上述三个渠道影响企业全要素生产率。

### (一)运营成本

数字技术创新在短期内会引致企业对更高级劳动力的需求,加之生产流程变化、生产设备更新换代等,短期运营成本会急剧上升,从而降低企业全要素生产率。表7中列(1)报告了企业运营成本对数字技术创新的回归结果。*Indigit*的系数在1%的水平上显著为负,说明数字技术创新在短期内会导致企业运营成本显著上升,阻碍全要素生产率提升。本文的研究假说2a得到验证。

表7 作用机制分析

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>cost</i>	<i>innovation</i>	<i>lnmis</i>	<i>tauK</i>	<i>tauL</i>
<i>Indigit</i>	-0.009*** (-4.50)	0.940*** (6.09)	-0.093*** (-6.26)	0.006 (0.38)	-0.107*** (-11.58)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
区域固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	17 835	5 248	16 497	16 587	16 097
$R^2$	0.556	0.284	0.982	0.831	0.450

### (二)创新效率

数字技术创新能够提高企业创新效率,从而促进全要素生产率提升。表7中列(2)结果显示,*Indigit*的系数在1%的水平上显著为正,说明数字技术创新能够通过提升企业创新效率而促进全要素生产率提升。本文的研究假说2b得到验证。

### (三)资源配置效率

新一代数字技术的兴起将重构传统生产要素体系,改善企业要素配置,而资源配置效率的提升必然促进企业全要素生产率提升。表7中列(3)报告了数字技术创新与企业资源配置效率的实证结果,*Indigit*的系数在1%的水平上显著为负,说明数字技术创新能够显著提高制造业企业的资源配置效率。Acemoglu和Restrepo(2018)认为,人工智能技术的过度使用会导致劳动和资本要素的配置不当。本文猜测数字技术创新对不同要素扭曲的缓解作用可能存在差异。因此,本文进一步从资本和劳动两个方面来分解企业资源错配程度,重新估计了表7中列(3)的模型。列(4)和列(5)结果显示,数字技术创新主要通过缓解劳动要素错配而提升企业资源配置效率,但在一定程度上会加剧资本要素扭曲而导致企业资源配置效率下降(在统计上并不显著)。正是因为缓解不同要素扭曲的作用存在差异,数字技术创新缓解整体资源错配的作用有所下降,但效

果依然显著。上述结果表明,数字技术创新能够通过改善资源配置,促进企业全要素生产率提升(但对不同要素配置的影响存在差异)。本文的研究假说 2c 得到验证。

## 七、结论与政策建议

本文基于德温特创新平台对具体数字技术专利 IPC 分类号进行收集与匹配,获得制造业企业的数字技术创新情况,利用面板固定效应模型,研究了数字技术创新对制造业企业全要素生产率的影响及其机制。研究发现,数字技术创新能够显著促进制造业企业全要素生产率提升,且经过内生性讨论与稳健性检验后,这一结论依然成立。异质性分析发现,行业数字化程度、企业所有制与所在区域特征的不同会造成数字技术创新对企业全要素生产率的影响存在差异。行业数字化程度越高,数字技术创新的促进效应越明显;与非国有企业相比,数字技术创新对国有企业全要素生产率的促进效应更大;由于经济发展水平差异,数字技术创新对中西部地区企业全要素生产率的促进效应小于西部地区企业。机制分析发现,数字技术创新在短期内会导致企业运营成本上升,从而阻碍企业生产率提升;而数字技术创新能够通过提高创新效率和改善资源配置,促进企业全要素生产率提升。本文还发现,缓解劳动要素投入扭曲是数字技术创新通过提升企业资源配置效率发挥积极作用的主要渠道。根据上述研究结论,本文提出以下政策建议:

第一,加大对数字技术的研发投入,促进制造业企业尽快实现数字化转型。数字技术创新具有积极的正向溢出效应,基于数字技术的渗透性、替代性和协同性特征,以及在运营成本、创新效率和资源配置效率上的作用机制,发展数字技术能够加速制造业企业转型升级。企业要重视数字技术的研发投入,政府部门也要制定相关政策,鼓励企业开展数字技术创新,尽快实现企业和产业的数字化转型。同时,要关注区域间数字化发展的不均衡,加强经济相对落后地区的制造业企业对数字技术的创新与应用,降低数字技术创新成本,充分利用数字技术的协同性特征,帮助经济相对落后地区的企业实现后发赶超。

第二,重视国有制造业企业的数字化转型。制造业企业的数字化转型对我国数字经济与实体经济的深度融合与实现经济高质量发展极为关键,而国有制造业企业大多处于关乎我国国民经济命脉与国家安全的重要领域与行业。因此,要重视国有制造业企业的数字化转型,加快实现国有制造业企业的智能化、数字化升级,努力使其成为我国制造业企业数字化转型的排头兵,推动我国制造业企业升级进程,早日实现数字经济与实体经济深度融合。

第三,推进基础设施体系的数字化转型,缩小区域间数字化水平差距。仅依靠企业自身加大研发力度来提高数字技术水平远远不够,这在短期内反而会给企业带来高昂的成本费用。基于以数字化、智能化为核心的新发展理念,在产业外部环境方面,要加大新型基础设施的建设投资力度,尽快完成新型基础设施的系统布局和基础设施体系的数字化转型,为企业数字化转型提供更好的外部环境;同时,要促进协同创新,为企业、产业链和产业的数字化转型提供有力支撑,最终助力制造业企业升级。

### 主要参考文献:

- [1]昌忠泽,孟倩. 信息技术影响产业结构优化升级的中介效应分析——来自中国省级层面的经验证据[J]. *经济理论与经济管理*, 2018, (6): 39-50.
- [2]陈庆江,王月苗,王彦萌. 高管团队社会资本在数字技术赋能企业创新中的作用——“助推器”还是“绊脚石”?[J]. *上海财经大学学报*, 2021, (4): 3-17.

- [3]陈熠辉,蔡庆丰,林海涵. 政府推动型城市化会提升域内企业的创新活动吗?——基于“撤县设区”的实证发现与政策思考[J]. *经济学(季刊)*, 2022, (2): 465-484.
- [4]黄鹏,陈靓. 数字经济全球化下的世界经济运行机制与规则构建: 基于要素流动理论的视角[J]. *世界经济研究*, 2021, (3): 3-13.
- [5]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.
- [6]李春涛,宋敏. 中国制造业企业的创新活动: 所有制和 CEO 激励的作用[J]. *经济研究*, 2010, (5): 55-67.
- [7]李大伟,田何志,吴非. 科技金融、企业数字技术应用与产业结构优化[J]. *金融理论与实践*, 2021, (7): 29-39.
- [8]李捷,余东华,张明志. 信息技术、全要素生产率与制造业转型升级的动力机制——基于“两部门”论的研究[J]. *中央财经大学学报*, 2017, (9): 67-78.
- [9]李坤望,邵文波,王永进. 信息化密度、信息基础设施与企业出口绩效——基于企业异质性的理论与实证分析[J]. *管理世界*, 2015, (4): 52-65.
- [10]刘传明,马青山. 网络基础设施建设对全要素生产率增长的影响研究——基于“宽带中国”试点政策的准自然实验[J]. *中国人口科学*, 2020, (3): 75-88.
- [11]刘政,姚雨秀,张国胜,等. 企业数字化、专用知识与组织授权[J]. *中国工业经济*, 2020, (9): 156-174.
- [12]鲁晓东,连玉君. 中国工业企业全要素生产率估计: 1999-2007[J]. *经济学(季刊)*, 2012, (2): 541-558.
- [13]米晋宏,江凌文,李正图. 人工智能技术应用推进中国制造业升级研究[J]. *人文杂志*, 2020, (9): 46-55.
- [14]施炳展,冼国明. 要素价格扭曲与中国工业企业出口行为[J]. *中国工业经济*, 2012, (2): 47-56.
- [15]王桂军,卢潇潇. “一带一路”倡议与中国企业升级[J]. *中国工业经济*, 2019, (3): 43-61.
- [16]王永进,匡霞,邵文波. 信息化、企业柔性产能利用率[J]. *世界经济*, 2017, (1): 67-90.
- [17]伍先福,钟鹏,黄晓. “新基建”提升了战略性新兴产业的技术效率吗[J]. *财经科学*, 2020, (11): 65-80.
- [18]肖土盛,吴雨珊,亓文韬. 数字化的翅膀能否助力企业高质量发展——来自企业创新的经验证据[J]. *经济管理*, 2022, (5): 41-62.
- [19]薛成,孟庆玺,何贤杰. 网络基础设施建设与企业技术知识扩散——来自“宽带中国”战略的准自然实验[J]. *财经研究*, 2020, (4): 48-62.
- [20]杨德明,刘泳文. “互联网+”为什么加出了业绩[J]. *中国工业经济*, 2018, (5): 80-98.
- [21]杨汝岱. 中国制造业企业全要素生产率研究[J]. *经济研究*, 2015, (2): 61-74.
- [22]袁淳,肖土盛,耿春晓,等. 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]张天华,刘子亮,陈思琪,等. 行政审批中心的资源配置效率研究——基于中国工业企业数据的分析[J]. *财经研究*, 2019, (9): 127-140.
- [24]赵宸宇,王文春,李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. *财贸经济*, 2021, (7): 114-129.
- [25]赵海峰,李世媛,巫昭伟. 中央环保督察对制造业企业转型升级的影响——基于市场化进程的中介效应检验[J]. *管理评论*, 2022, (6): 3-14.
- [26]朱勤,孙元,周立勇. 平台赋能、价值共创与企业绩效的关系研究[J]. *科学学研究*, 2019, (11): 2026-2033.
- [27]Acemoglu D, Restrepo P. The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares, and employment[J]. *American Economic Review*, 2018, 108(6): 1488-1542.
- [28]Acemoglu D, Restrepo P. Artificial intelligence, automation, and work[A]. Agrawal A, Gans J, Goldfarb A. The economics of artificial intelligence: An agenda[M]. Chicago: University of Chicago Press, 2019.
- [29]Borowiecki R, Siuta-Tokarska B, Maroń J, et al. Developing digital economy and society in the light of the issue of digital convergence of the markets in the European union countries[J]. *Energies*, 2021, 14(9): 2717.
- [30]Brynjolfsson E, Hitt L M. Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2000, 14(4): 23-48.

- [31]Cagno E, Neri A, Negri M, et al. The role of digital technologies in operationalizing the circular economy transition: A systematic literature review[J]. *Applied Sciences*, 2021, 11(8): 3328.
- [32]Conner K R. A historical comparison of resource-based theory and five schools of thought within industrial organization economics: Do we have a new theory of the firm[J]. *Journal of Management*, 1991, 17(1): 121–154.
- [33]Cui T R, Ye H, Teo H H, et al. Information technology and open innovation: A strategic alignment perspective[J]. *Information & Management*, 2015, 52(3): 348–358.
- [34]Hempell T, Zwick T. New technology, work organisation, and innovation[J]. *Economics of Innovation and New Technology*, 2008, 17(4): 331–354.
- [35]Hsieh C T, Klenow P J. Misallocation and manufacturing TFP in China and India[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2009, 124(4): 1403–1448.
- [36]Kling R, Lamb R. IT and organizational change in digital economies: A socio-technical approach[J]. *ACM SIGCAS Computers and Society*, 1999, 29(3): 17–25.
- [37]Levinsohn J, Petrin A. Estimating production functions using inputs to control for unobservables[J]. *The Review of Economic Studies*, 2003, 70(2): 317–341.
- [38]Olley G S, Pakes A. The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry[J]. *Econometrica*, 1996, 64(6): 1263–1297.
- [39]Wooldridge J M. On estimating firm-level production functions using proxy variables to control for unobservables[J]. *Economics Letters*, 2009, 104(3): 112–114.

## How does Digital Technology Innovation Drive the TFP of Manufacturing Firms? Evidence from Patent Data of Listed Companies

Lo Kai Lisa<sup>1</sup>, Zhang Jiaojiao<sup>1</sup>, Li Ke<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Management, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China;

2. School of Finance, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China)

**Summary:** The digital economy has become one of the core growth poles of China's national economy, and the deep integration of the digital economy with the real economy will become an important engine to promote the high-quality development of China's economy. New generation digital technologies, such as artificial intelligence, cloud computing, and blockchain, are the core key technologies for the construction of new infrastructure and the development of the digital economy, and the rational use of these digital technologies by the manufacturing industry as the main body of the real economy is a key step towards the rapid digital transformation of the manufacturing industry and the deep integration of the digital economy with the real economy. So, what is the specific mechanism of digital technology innovation on the TFP of manufacturing firms? What kind of heterogeneity exists in the promotion effect of digital technology innovation due to differences in industries and regional characteristics? An in-depth exploration of these questions will help to clarify the role played by digital technology innovation in the process of improving the TFP of manufacturing firms, and promote the integration process of the digital economy with the real economy.

(下转第 124 页)

role of digital transformation is heterogeneous. The impact of digital transformation on adjusting excessive concentration of customer resources is more significant for enterprises with lower total factor productivity, younger enterprises, enterprises with higher location financial inclusion index, and non-state enterprises. The extension study finds that the adjustment of digital transformation is also restricted by the nature of major customers. When major customers are affiliated enterprises or listed enterprises, the role of digital transformation will be weakened. In addition, compared with other technologies, the application of digital technology like artificial intelligence and cloud computing can more effectively reduce the concentration of enterprise customer resources and avoid over-dependence on major customer resources. This paper expands the theoretical research of the relationship between digital transformation and market micro-subject structure, and provides empirical evidence for predicting the trend of enterprise customer restructuring and policy formulation during the digital transformation period.

**Key words:** digital transformation; customer resources; concentration; major customer

(责任编辑 石头)

~~~~~  
(上接第 109 页)

In order to clarify whether digital technology innovation can promote the TFP of manufacturing firms and the specific mechanism involved, this paper uses patent data and corresponding financial data of A-share listed companies in China's manufacturing industry in Shanghai and Shenzhen from 2008 to 2019 to reveal the specific mechanism of digital technology innovation on the TFP of manufacturing firms using panel fixed-effects models. Based on the results of the baseline regression, we find that digital technology innovation can provide a significant contribution to TFP, and the results remain consistent after the endogeneity and stability tests. At the same time, we also conduct a heterogeneity analysis, discussing separately how the impact of digital technology innovation on the TFP of manufacturing firms varies by ownership, by region, and by industry digitalization degree. Although digital technology innovation also helps manufacturing firms to improve their TFP by improving the efficiency of resource allocation and enhancing their innovation efficiency, digital technology innovation will lead to an increase in the operating costs of enterprises in the short term and hinder the TFP promotion of manufacturing firms.

There are two possible marginal contributions: First, compared with previous studies, this paper uses digital technology patent data to measure the digital technology innovation of enterprises, which provides a more stable research foundation for further empirical analysis. Second, this paper explores for the first time the impact of digital technology innovation on the TFP of manufacturing firms, which provides certain new ideas for future related research.

**Key words:** digital technology patent; digital technology innovation; efficiency of resource allocation; TFP

(责任编辑 康健)