



供应链数字化与企业生产率： 要素配置和供应链治理视角

贾俊伟¹, 武 瑛¹, 何年初², 许江波¹

1 首都经济贸易大学 会计学院, 北京 100070

2 南京理工大学 经济管理学院, 南京 210094

摘要: 已有研究对数字技术与企业生产率关系进行了有益的探索, 但现有研究主要强调数字技术, 而弱化了其与企业具体经营活动的融合过程, 导致其研究深度和实践价值受到一定局限。在加速推进数字技术深度嵌入现代供应链的背景下, 探寻供应链数字化对企业生产率的影响具有重要的理论和现实意义。

本研究利用文本分析和机器学习方法刻画微观企业供应链数字化水平, 并以2010年至2022年中国A股上市公司为样本, 在理论分析的基础上, 使用双向固定效应模型实证考察供应链数字化对企业生产率的影响, 运用工具变量法和双重差分法解决内生性问题。本研究分别从要素配置和供应链治理视角揭示供应链数字化提升企业生产率的作用机制, 并进一步对其产生的异质赋能效应和兼具的供应链溢出效应进行剖析。

研究表明, 供应链数字化能够显著提升企业生产率。在作用机制方面, 供应链数字化既会产生要素配置效应, 增强企业技术创新能力, 优化人力资本结构, 也会产生供应链治理效应, 提高供应链效率, 降低供应链依赖, 进而促进企业生产率提升。异质性分析得出, 供应链数字化的生产率提升作用在高管战略眼光较为长远、环境不确定性较高、中小型、资本密集型及劳动密集型企业中更为明显, 并且主要来自于采购和营销环节。拓展性研究发现, 供应链数字化兼具生产率溢出效应, 可以带动供应链上下游企业生产率提升, 但主要体现为“向上溢出”的传导效果。

实证检验供应链数字化对企业生产率的提升作用, 从要素配置和供应链治理角度打开了其机制“黑箱”, 有助于从供应链视角增进对数字技术如何影响企业生产率的理解。研究结果对支持供应链创新和优化升级、引导供应链节点企业合作共赢、促进企业提质增效具有一定的指导价值。

关键词: 供应链数字化; 企业生产率; 要素配置; 供应链治理; 文本分析

中图分类号: F272.3 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1672-0334.2024.03.007

文章编号: 1672-0334(2024)03-0088-18

收稿日期: 2023-06-25 **修返日期:** 2024-04-24

基金项目: 国家社会科学基金(20BGL072); 首都经济贸易大学博士研究生学术新人计划(2025XSXR10)

作者简介: 贾俊伟, 首都经济贸易大学会计学院博士研究生, 研究方向为供应链管理与公司财务等, 代表性学术成果为“创业成本感知对创业意愿影响的组态效应研究”, 发表在2023年第12期《科研管理》, E-mail: jjw1318303@163.com

武瑛, 首都经济贸易大学会计学院博士研究生, 研究方向为数字化转型与供应链管理等, 代表性学术成果为“营商环境优化、人力资本效应与企业劳动生产率”, 发表在2023年第2期《管理世界》, E-mail: wuying@cueb.edu.cn

何年初, 南京理工大学经济管理学院博士研究生, 研究方向为财务共享与内部控制等, E-mail: hench2008@126.com

许江波, 管理学博士, 首都经济贸易大学会计学院教授, 研究方向为内部控制与管理会计等, 代表性学术成果为“自贸区政策如何影响企业价值? ——‘双循环’视角下的分析与检验”, 发表在2022年第10期《会计研究》, E-mail: xjb263@cueb.edu.cn

引言

受贸易保护主义、供应链网络复杂化及突发公共事件冲击的影响,传统供应链暴露出的中断风险、库存积压及生产停滞等缺陷,严重影响了企业生产活动的稳定运行。大数据、区块链、人工智能等新兴技术为企业构筑供应链数字化和提升供应链安全稳定性带来了巨大的机遇。已有研究发现,84%的供应链高管正在增加供应链中数字技术的使用,以应对重大突发公共事件中暴露的供应链弱点^[1]。为加快供应链数字化发展,中国在2018年采取先试点后推广的方式推动供应链创新与应用工作,以期探索数字技术与供应链深度融合的发展。在此背景下,研究供应链数字化对企业生产率的影响及其内在机制具有重要的现实意义。

现有研究强调了企业数字化转型利用数字技术优势对企业生产率赋能的价值^[2-3]。然而部分学者指出,企业数字化并不一定会对生产效率产生立竿见影的积极效果,这是由于数字技术应用对企业的增值作用不仅离不开互补性资源的投入与配合,而且需要与采购、生产、管理、销售等企业基本业务活动紧密结合^[4-5]。若忽略数字技术与业务活动的融合,出现数字技术与业务模式“两张皮”,其积极作用就难免受限^[6]。供应链数字化既是企业数字化转型中的关键环节,也是数字技术与企业业务活动融合发展的主要手段,能够驱动生产要素与数字技术的相互赋能,优化供应链资源配置,进而影响企业生产效率。因此,从供应链视角探寻数字技术对企业生产率的影响及作用机制,对于加速建设现代化供应链体系,推动企业高质量发展具有重要的理论和经验意义。

1 相关研究评述

1.1 供应链数字化

传统的供应链由一系列离散的、孤立的步骤组成,将传统供应链转变为数字化供应链则可以打破这些壁垒,使供应链变成一个集成运行系统^[1]。供应链数字化能够运用区块链技术提高供应链透明度和可追溯性,从而有助于提升生产经营的稳定性^[7-8]。同时,供应链数据可视化也给信息沟通提供便利,有助于参与各方实时共享生产运营信息,从而使基于实时通信的数据收集和智能决策成为可能^[9-10]。此外,数字技术与供应链管理的深度融合可以帮助企业降低供应链风险,提升供应链的安全稳定性^[11]。最后,供应链数字化可以减少供应链中断的频率,提高供应链弹性,有助于建立良性的供应链生态系统^[12]。相反,也有部分研究从建设成本、竞争优势、风险评估等角度提出供应链数字化可能对企业发展产生不利影响。具体而言,供应链数字化所需的技术投资成本较高且技术易被模仿,不利于长期竞争^[13],同时,供应链数字化也可能冲击组织结构与组织文化,并通过改变原有利益分配模式引致新的冲突^[14]。

上述观点多为概念化表述或者通过问卷调查得

出,并且未形成一致的研究结论,近期的实证研究则通过大样本回归检验了供应链数字化对企业发展的影响。例如,通过运用中国推进的供应链创新与应用试点政策构建双重差分模型,已有研究发现供应链数字化能够提高企业绿色创新水平^[15]、提升劳动力投资效率^[16]及增强供应链安全稳定性^[17]等,进一步探索了供应链数字化对企业发展的积极影响。

1.2 企业生产率

企业生产率可以从全要素生产率、劳动生产率和资本产出率等视角讨论,其中,由于全要素生产率代表生产过程中各种投入要素的单位平均产出水平,因此,全要素生产率能代表企业整体的生产效率^[18-19]。已有研究对供应链管理与企业生产率关系的相关研究进行了较为丰富的探索,发现良好的供应链关系^[20]、上游行业中间品进口渗透率增加^[21]对企业生产率提升具有积极影响;供应商地理距离邻近能够通过促进技术创新、优化资源配置提高企业生产率^[22];供应链长度能够带动服务环节延伸,从而提升服务业全要素生产率^[23]。同时,企业开展供应链金融业务有助于加强供应链联合投资与关系嵌入、推进合作研发与提升科技创新水平,从而提升全要素生产率^[24]。

除此之外,核心企业特征对上下游企业的生产率具有溢出效应,已有研究发现,企业供应链金融业务通过缓解供应商和客户融资约束,能够有效提升供应商和客户的全要素生产率^[20]。最后,部分学者关注了客户特征对供应商生产率的影响,研究发现客户全要素生产率正向影响供应商全要素生产率^[25];政府大客户可以通过提高企业创新投入和资源配置效率促进供应商企业生产率提升^[26];客户数字化转型能够通过优化供需匹配、稳定供需关系和增强供应商创新能力,推动上游企业生产率提升^[27]。

综上所述,一方面,关于供应链数字化微观经济后果的研究结论莫衷一是,并且探讨供应链数字化与企业生产率关系的经验研究并不多见;另一方面,虽然关于企业生产率影响因素的研究较为丰富,但还缺乏对于供应链数字化的关注。基于此,本研究利用文本分析和机器学习方法刻画微观企业供应链数字化水平,针对供应链数字化对企业生产率的影响及作用机制展开实证研究,不仅拓展了供应链数字化的经济后果研究范围,而且丰富了数字化转型影响全要素生产率的相关研究。

2 理论分析和研究假设

供应链数字化的本质是数字技术在供应链业务场景的开发利用。具体而言,供应链数字化是通过数字化技术多渠道实时记录、收集及分析供应链管理产生的业务数据,并将其反映出的信息价值赋能给供应链各环节的动态过程,能够优化供应链网络结构、协同供应链生态关系并增强供应链安全稳定性。数字技术与供应链深度融合带来的供应链协同化、自动化及智能化的基本特征,使企业改变了供应

链业务模式和价值创造途径。因此,供应链数字化的生产率提升效应根植于数字化促进供应链管理变革的内在逻辑。一方面,供应链数字化通过应用数字技术整合全链数据,打通供应链数据孤岛,以供应链系统全流程数据为支撑,不仅可以优化企业生产要素的配置结构,而且能够加速提升企业生产要素的配置效率,从而降低企业生产运营的不确定性,实现企业转型升级^[28]。在此过程中必然伴随生产设备和技术的更新迭代、员工技能水平的提升,而这些都是影响企业生产率的重要因素。另一方面,供应链数字化通过数字技术打破了要素供求双方的信息阻碍,实现了上下游企业之间的横向连接与物理层虚拟互联,有助于实现整个供应链的端到端可视化,极大地避免了信息不对称造成的效率损失,提升了企业对需求变动的响应速度^[29],从而发挥了供应链信息治理的功能。同时,应用智能决策算法,供应链数字化能够建立多元化供应商库,有效控制供应商质量并降低供应链中断风险^[1],保障企业高质量生产运营,发挥供应链风险治理的功能。基于以上分析,本研究拟从要素配置效应和供应链治理效应两方面具体分析供应链数字化如何影响企业生产率。

2.1 要素配置效应

技术要素是企业进行生产经营活动所必须具备的要素之一,供应链数字化能够促进技术要素迭代,提高企业技术创新能力。首先,供应链数字化使企业能够收集和分析大量的实时数据,更准确地了解、预测和满足客户需求,提高新产品研发等技术创新决策的科学性,创造出更符合市场预期的创新产品。其次,通过开展供应链数字化,企业可以实现采购、生产和销售等流程的高效运转,减少各个环节的交易成本,优化资源配置,从而将更多的资源投入到技术创新活动中。此外,供应链数字化能够促进知识信息在供应链上传递,从而促进知识外溢和技术扩散^[30]。根据开放式创新理论,这有助于企业借鉴和吸收关联企业的知识信息,为企业带来更多的资源和技术支持,推动其技术创新能力的提升^[31]。最后,供应链数字化还有助于促成企业协同合作,特别是与供应商、客户之间的联合研发,从而降低独立研发活动的风险和不确定性,提高技术创新的成功率^[32]。进一步而言,基于内生增长理论,技术进步是影响生产效率的重要因素,技术创新能够促使企业生产技术前沿面整体外移,使企业在既有投入水平下获得更大产出,从而提升企业生产效率^[33]。因此,本研究提出假设。

H₁从要素配置效应出发,供应链数字化通过提高企业技术创新能力促进企业生产率提升。

供应链数字化也有助于促进劳动要素升级,优化人力资本结构。一方面,供应链数字化可以实现自动化订单处理、发货和付款等诸多企业经营流程,且在处理速度和准确性方面优于人工,由此企业将减少繁琐的手动工作,降低对低技能劳动力的需求,从而优化劳动力配置^[34]。另一方面,企业开展供应链

数字化对人力资本提出更高要求,不仅督促现有员工提升自身技能以适应先进的生产设备和管理流程,同时雇佣高技能劳动力的需求也会增加^[35],进而将促进企业人力资本结构升级。此外,供应链数字化带来的发展优势也可能对高端人才产生虹吸效应,特别是吸引供应链管理人才到企业工作,进一步优化企业人力资本结构。劳动要素作为企业生产经营的核心要素之一,其结构优化能够带来生产率的提升^[36]。首先,高技能员工具有较强的学习、吸收、应用和创造能力,可以提高企业生产资料的有效利用率^[37];其次,良好的人力资本结构在企业内部具有正外部性,特别是高技能员工能够直接或者潜移默化地将专业知识传递给其他员工,提升企业整体技能水平;最后,数字技术与高技能劳动要素之间的互补性更强,有利于增加企业的边际产出^[38],从而提升企业生产效率。因此,本研究提出假设。

H₂从要素配置效应出发,供应链数字化通过优化企业人力资本结构促进企业生产率提升。

2.2 供应链治理效应

供应链治理效能对企业提高生产率至关重要,供应链数字化能够通过智能数字平台提升企业信息沟通与业务协作能力,具有鲜明的供应链治理特征^[9]。供应链数字化可以更好地借助数字技术将不同企业之间非标准化的数据进行编码和整合,实现数据信息在各流程活动中的流通互动和循环反馈,从而提高信息使用效率^[39]。同时,也可以实时监控和分析整个供应链运转流程,及时发现供应链是否存在异常问题,以应对可能出现的供应链风险。此外,供应链数字化能够促进供应链内部企业之间的业务协调,有效降低节点企业之间信息处理和传递成本,提升供应链运作效率^[17]。高效率的供应链运作可以帮助企业对生产资源进行优化配置,提高其生产效率。从供给端来看,企业与供应商能够充分沟通,提高采购需求的响应速度,有效提升生产效率。首先,通过供应链数字化可以充分了解供应商并对潜在合作伙伴进行比较评价,从而与优质供应商建立合作关系,提高采购效率和质量^[1];其次,在高效的供应链运转中,企业利用实时监测数据预测和提出需求,能够得到供应商更及时准确的响应,避免库存过剩问题^[40]。从需求端来看,企业能够增强对客户真实需求变化的敏感性^[27],从而帮助企业与市场需求建立紧密连接,极大提升需求响应能力,使企业按需生产的同时加速消化产能^[41],从而助力企业生产率提升。因此,本研究提出假设。

H₃从供应链治理效应出发,供应链数字化通过提高企业供应链效率促进企业生产率提升。

供应链数字化在提高供应链效率的同时,还有助于企业降低供应链依赖,进而提高其生产率。虽然,实施与大客户和供应商深度绑定的供应链配置模式能够增强供应链关系协同、信息共享及生产合作,但高度集中的供应链配置模式会形成“供应链依赖症”,对企业生产经营产生冲击。具体而言,供应链

集中化配置一方面会增加企业被供应商收取高价的可能性,从而增加企业生产成本^[42];另一方面,容易导致企业面临被客户“敲竹杠”的情况,使企业只能接受不公平的定价和面临现金流挤占风险^[43]。此外,一旦企业与主要客户和供应商合作关系破裂,不仅要增加建立新合作的搜寻成本和转换成本,还会面临链条中断、停工停产的巨大风险,影响企业生产运营。供应链数字化恰恰能够帮助企业突破上述难题,化解供应链依赖困境,提升企业生产效率。具体而言,供应链数字化可以将大数据等数字技术渗透到客户和供应商遴选、信息跟踪和风险控制等各个环节,通过对海量的客户和供应商信息进行挖掘和整合,不仅可以实时掌握与评估供应链上下游企业的运营情况、供应质量及产销能力^[44],还能通过建立动态的供应链管理系统,显著降低信息不对称和契约不完备所产生的交易成本,发展多种供应渠道,从而有效控制供应链中断风险^[45]。因此,本研究提出假设。

H₄从供应链治理效应出发,供应链数字化通过降低企业供应链依赖促进企业生产率提升。

3 供应链数字化的测量与特征事实

3.1 供应链数字化的测量

供应链数字化是对供应链流程、结构和管理模式的系统性技术变革,准确刻画企业层面的供应链数字化程度极具挑战性。关于供应链数字化的经验研究中,部分学者将2018年中国商务部等部门推进的供应链创新与应用试点工作视为企业进行供应链数字化的外生冲击^[15],然而,供应链创新试点企业中A股上市公司样本仅有61家,较少的处理组样本量会产生估计偏差;同时,供应链创新试点企业在入选试点之前会投入部分资源进行供应链数字化建设,且非试点企业可能已经开展轻度的供应链数字化转型。因此,基于供应链创新与应用试点工作,采用是否为供应链创新试点企业的“0-1”虚拟变量测量企业供应链数字化,难以有效展现企业供应链数字化的强度,极有可能造成企业供应链数字化程度的错估,一定程度上影响研究结果的准确性。另一部分学者借助问卷调查方式测量企业供应链数字化应用程度^[46],但问卷调查数据本身具有代表性不高的局限性。

综上所述,已有学者对于供应链数字化的测量方法进行了较为丰富的探索,但均存在一定程度的不足。因此,本研究根据国家市场监督管理总局和国家标准化委员会在2022年联合发布的《供应链数字化管理指南》,将企业供应链数字化划分为计划数字化、采购数字化、生产数字化、销售数字化和物流数字化5个维度,并借助文本分析与机器学习方法,以期构建一个较为客观完备的反映中国企业供应链数字化程度的指标。具体步骤如下:

3.1.1 关键词集构建

为确保选取的关键词兼具权威性和全面性,并且

能够较为理想地捕捉企业供应链数字化发展方向和运行情况,借鉴肖土盛等^[47]构建文本指标的研究思路,首先,收集2010年至2023年期间发布的国家层面相关政策文件以及业界研究报告,阅读筛选企业供应链数字化相关词汇;其次,根据2012年证监会行业分类,每个行业分别选取两家代表性企业,人工阅读公司年报相关内容,提取有关供应链数字化的关键词。

3.1.2 相似词扩充

为提高关键词集的质量,避免人为选取关键词集的主观性,需要进一步对人工初步构建的关键词集进行相似词扩充。Word2Vec自然语言处理技术在相似词扩充方面具有巨大优势,它基于神经网络模型的机器学习技术,根据上下文语义将词语表示成多维向量,不仅克服了词汇鸿沟,也很好地刻画了词语之间的相似度^[48]。本研究使用Python语言中gensim包的Word2Vec模块,训练skip-gram模型,将词语表示成多维向量,找到关键词集的相似词。然后,选取与每个关键词相似度最高的前5个词对关键词集进行相似词扩充,从而得到相对全面客观的企业供应链数字化术语词典。供应链数字化关键词选取结果见表1。

3.1.3 企业供应链数字化程度指标测量

本研究基于词典法对上市公司年报管理层讨论与分析部分进行文本分析,统计得到供应链数字化词典中的关键词在年报管理层讨论与分析部分出现的频次。考虑到不同年报管理层讨论与分析部分文本长度的差异性,本研究使用供应链数字化相关词的总词频除以年报管理层讨论与分析部分语段长度测量企业供应链数字化程度。为方便表述,将该测量结果乘以100,其测量数值越大,表示企业供应链数字化程度越高。

3.2 供应链数字化的特征事实

表2给出2010年至2022年中国上市公司供应链数字化的整体情况和动态变化过程。具体来看,上市公司年报管理层讨论与分析部分披露供应链数字化的平均次数从2010年的0.945次增加到2022年的9.395次,平均词汇占比则从0.016%上升到0.118%,表明数字技术与现代供应链建设呈现加速融合的发展趋势。

从表2还可以观察到,2020年至2021年供应链数字化相关词汇从5.454次上升至9.351次,词汇总数增速为71.452%,词汇占比也达到了研究期间的最大值。可能的原因在于,在2020年不确定性冲击下,暴露了当前中国供应链在面对不确定环境下的弱点,加速了企业利用智能化手段提升供应链安全稳定的进程。根据中国信息通信研究院发布的《中国数字经济发展白皮书》显示,2020年不确定性冲击倒逼中国各产业加快数字化转型,大量企业利用大数据、工业互联网等加强供需精准对接、高效生产和统筹调配,给智能化供应链创造了新的发展空间。该宏观统计与本研究统计基本一致,一定程度上支持了供

表1 企业供应链数字化关键词选取
Table 1 Selection of Keywords for Digitization of Enterprise Supply Chain

维度	企业供应链数字化关键词
计划数字化	智能决策、智能预测、计划算法、数字化计划、供需智能匹配、需求感知、需求模型、计划模拟算法、敏捷计划、数字化决策、数字业务计划、集成计划、智能规划、数字计划系统、数字计划平台、自动化计划、响应计划、协同计划、同步计划、韧性计划、算法供应链计划、并行计划
采购数字化	数字化采购、智能化采购、采购平台、采购网站、采购系统、供应商关系管理、无接触式采购、线上采购、在线采购、采购一体化、集约采购、采购可视化、采购云、电子采购、集成采购、战略采购、自动化采购、供应商协同平台、支付自动化、智慧采购、智慧寻源、智慧支出
生产数字化	智能制造、智能生产、智能设备、智能控制、智能生产线、智能车间、自动控制、自动监控、自动生产、集成控制、集成系统、机器人换人、人机协作、人机交互、工业智能、工业云、工业信息、工业通信、工业自动化、工业机器人、工业互联网、数字工厂、数控设备、虚拟制造、智能工厂、无人生产线、未来工厂、数字化工厂、灯塔工厂、柔性生产、柔性作业、智能排产、云制造、智能控制塔
销售数字化	线上线下、线上和线下、线上+线下、互联网销售、互联网营销、智能营销、智慧营销、精准营销、网络营销、数字营销、无人零售、电商、电子商务、网上网下、定制化营销、大数据营销、个性化营销、网店、数字化门店、网络销售、O2O、B2B、C2C、B2C、C2B、C2M、客户关系管理
物流数字化	智慧运输、智慧仓储、智慧物流、智能物流、智能仓储、数字仓储、数字仓库、仓库管理系统、物流自动化、数字化物流、线上物流、物流云、无接触配送、数字物流平台、智能履约、动态履约、仓储机器人、盘点机器人、无人货车、无人配送车、搬运机器人、智能集装箱、网络货运、自动分拣、无人仓、物流机器人、智能快件箱

表2 供应链数字化的特征事实
Table 2 Characteristic Facts of Supply Chain Digitization

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
词汇总数(次)	0.945	1.255	1.521	2.227	3.729	4.149	4.156	4.466	4.749	5.099	5.454	9.351	9.395
词汇占比(%)	0.016	0.018	0.029	0.043	0.065	0.096	0.092	0.096	0.100	0.106	0.112	0.121	0.118

供应链数字化度量的合理性。

4 研究设计

4.1 样本选择与数据来源

本研究以2010年至2022年中国A股上市公司作为研究样本,并按以下原则对样本进行筛选。(1)剔除金融类、ST类及财务数据不完整的公司样本;(2)剔除信息技术类产业公司样本。根据2012年证监会行业分类,剔除的信息技术类产业公司包括计算机、通信和其他电子设备制造业以及信息传输、软件和信息技术服务业。信息技术产业公司天然与数字技术紧密相关,属于数字产业化范畴,本研究重点关注供应链数字化与传统产业的融合,即产业数字化,因此将信息技术类产业公司样本剔除后进行后续分析。经过上述筛选,最终得到18534个企业-年度观测样本。上市公司年报文本来自巨潮资讯网,其余数据主要来源于国泰安数据库和中国研究数据服务平台。为控制极端值的潜在影响,本研究还对主要连续变量进行了上下1%的缩尾处理。

4.2 模型设定与变量定义

本研究构建(1)式,使用双向固定效应模型识别

供应链数字化对企业生产率的影响效果,即

$$Tfp_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Dsc_{it-1} + \sum Con_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, Tfp_{it} 为*i*企业在*t*年的生产率; Dsc_{it-1} 为*i*企业在(*t*-1)年的供应链数字化水平, Con_{it} 为一组控制变量; μ_i 为企业固定效应; γ_t 为年份固定效应; ε_{it} 为随机误差项,模型将标准误差聚类到企业维度。

4.2.1 因变量: 企业生产率

参考陶锋等^[27]的研究,本研究采用全要素生产率测量企业层面的生产率。目前研究中大多采用LP方法或OP方法对企业全要素生产率进行测量,因此,本研究使用LP方法测量企业全要素生产率,同时选取OP方法测量的企业全要素生产率进行稳健性检验。

4.2.2 自变量: 供应链数字化

本研究借助文本分析法测量供应链数字化程度,考虑到文本长度的差异,用供应链数字化相关词的总词频除以年报管理层讨论与分析语段长度并乘以100测量微观企业供应链数字化水平,详细过程见前文。同时,考虑到本研究使用企业年报管理层讨论与分析部分供应链数字化关键词词频测量供应链数

数字化程度,其更可能代表企业关于供应链数字化的未来规划,而不是当年已实现的部分,因此本研究将供应链数字化程度滞后一期处理。

4.2.3 控制变量

本研究参考赵宸宇等^[49]和韩峰等^[3]的研究,在模型中添加了一系列控制变量,包括企业规模、资产负债率、总资产收益率、企业成长性、企业年龄、固定资产比率、企业价值、经营活动现金流、独立董事比例、股权集中度、两职合一、管理层持股比例和产权性质。变量符号和具体定义见表3。

5 实证结果和分析

5.1 描述性统计

表4给出主要变量的描述性统计结果。其中, Tfp 最大值为11.132,最小值为6.348,标准差为1.007,表明不同企业的生产效率差异较大。 Dsc 的均值为0.078,表明上市公司年报的管理层讨论与分析部分平均有0.078%的词汇与供应链数字化相关;均值大于中位数0.022,说明 Dsc 整体上表现出右偏态分布,存在一部分供应链数字化转型程度较高的企业。其余变量的分布特征与以往研究基本类似,不再赘述。

5.2 基准回归

表5给出基准回归结果。(1)列为仅控制固定效应的回归结果,(2)列为引入了企业层面控制变量的回归结果。观察 Dsc 的回归系数可知,无论是否考虑其他可能影响企业生产率的因素,供应链数字化对

企业生产率均产生显著的正向影响。从经济意义看,以(2)列结果为例,如果供应链数字化程度增加1个百分点,将使企业生产率提高0.221,相对于样本期间企业生产率的均值8.456而言,提升了2.614%左右。这说明,无论是在统计意义还是经济意义上,供应链数字化的推进确实有助于提升企业生产率。

5.3 内生性检验

前文研究结论可能会面临的内生性问题源于以下几方面:一是遗漏变量问题。由于企业生产率水平与企业经营诸多方面相关,可能遗漏部分影响因素导致内生性。二是反向因果问题。供应链数字化会促进企业优化要素配置,推动企业供应链治理能力的增强,从而提高企业生产率;同时,生产效率更高的企业可能有更强的动机和能力去推动高水平的供应链数字化。为了尽可能缓解内生性问题,本研究分别采用工具变量法和双重差分法进行分析。

5.3.1 工具变量法

首先,采用1984年各城市的邮局数据为基础构建工具变量。其合理性在于,企业所在地区历史发展过程中的通信基础设施完善程度会影响该地区内企业对数字技术的应用能力和接受程度,城市的邮局数量越多,越有助于企业实现供应链数字化,符合相关性要求。同时,邮局作为区域基础设施,主要为社会提供通信服务,并不直接作用于企业生产效率,满足外生性条件。此外,考虑到该工具变量为截面数据,无法直接用于面板固定效应模型估计,参考以往研究的处理,引入1984年各城市的邮局数据与企

表3 变量定义

Table 3 Definitions of Variables

变量类型	变量名称	变量符号	变量定义
因变量	企业生产率	Tfp	采用LP方法测量的企业全要素生产率
自变量	供应链数字化	Dsc	计算方法见上文3.1
控制变量	企业规模	Siz	员工总数的自然对数
	资产负债率	Lev	企业总负债与期末总资产比值
	总资产收益率	Roa	净利润与总资产比值
	企业成长性	Gro	营业收入增长率
	企业年龄	Age	观测年度与成立年度的差值取自然对数
	固定资产比率	Pfa	固定资产占总资产的比例
	企业价值	TQ	股权市值和债务市值与期末总资产比值
	经营活动现金流	Cfo	经营活动现金流量净额与总资产的比值
	独立董事比例	Idp	独立董事人数与董事会人数的比值
	股权集中度	OC	企业第一大股东持股比例
两职合一	Dua	董事长兼任总经理取值为1,否则取值为0	
管理层持股比例	MH	管理层持股数占总股本比例	
产权性质	Soe	若为国有企业取值为1,否则取值为0	

表4 描述性统计结果

Table 4 Results of Descriptive Statistics

变量	均值	标准差	中位数	最小值	最大值
<i>Tfp</i>	8.456	1.007	8.361	6.348	11.132
<i>Dsc</i>	0.078	0.145	0.022	0	0.875
<i>Siz</i>	7.049	1.420	7.010	3.401	12.999
<i>Lev</i>	0.430	0.194	0.426	0.059	0.878
<i>Roa</i>	0.040	0.061	0.037	-0.190	0.221
<i>Gro</i>	0.146	0.360	0.093	-0.502	2.335
<i>Age</i>	2.974	0.298	2.996	1.946	3.526
<i>Pfa</i>	0.231	0.149	0.203	0.006	0.674
<i>TQ</i>	1.953	1.193	1.570	0.845	7.809
<i>Cfo</i>	0.053	0.065	0.050	-0.130	0.248
<i>Idp</i>	0.375	0.053	0.333	0.333	0.571
<i>OC</i>	0.342	0.146	0.320	0.091	0.747
<i>Dua</i>	0.266	0.442	0	0	1
<i>MH</i>	0.124	0.185	0.006	0	0.681
<i>Soe</i>	0.364	0.481	0	0	1

注：样本量观测值为18 534。

业滞后两期的供应链数字化程度的交互项^[50-51], 记为 *Piv*, 作为该年企业供应链数字化的工具变量。其次, 选取同年同行业其他企业供应链数字化平均水平, 记为 *Iiv*, 作为工具变量。一方面, 企业与同年同行业其他企业具有相似的政策环境与业务特征, 其供应链数字化行为可能会受到行业内其他企业的影响, 两者存在相关性; 另一方面, 同行业其他企业的供应链数字化水平并不会直接作用于企业生产效率, 满足外生性条件。因此, 本研究选取了企业所在城市1984年的邮局数据与企业滞后两期的供应链数字化程度交互项、同年同行业其他企业供应链数字化平均水平作为工具变量。

表6给出内生性检验结果。其中, (1)列为采用工具变量法估计的第一阶段回归结果, *Piv*和*Iiv*的系数均在1%水平上显著为正, 说明选取的工具变量与自变量具有较强的相关性。此外, Kleibergen-Paap rk LM统计量为131.196, 在1%的水平上显著, 拒绝工具变量识别不足的原假设; Cragg-Donald Wald F统计量大于Stock-Yogo检验在10%显著水平上的临界值19.930, 拒绝了弱工具变量的原假设; Hansen J统计量的值为0.009, 对应的P值为0.923, 表明工具变量具有较强的外生性, 以上检验印证了所选取的工具变量是合理可靠的。(2)列报告的工具变量法第二阶段回归中, *Dsc*的估计系数在1%水平上显著为正, 说明采用工具变量法缓解内生性问题后研究结论依然稳健。

表5 供应链数字化对企业生产率影响的回归结果

Table 5 Regression Results on the Impact of Supply Chain Digitization on Enterprise Productivity

变量	<i>Tfp</i>	
	(1)	(2)
<i>Dsc_{t-1}</i>	0.278*** (4.748)	0.221*** (4.337)
<i>Siz</i>		0.203*** (12.529)
<i>Lev</i>		0.753*** (11.105)
<i>Roa</i>		1.772*** (17.067)
<i>Gro</i>		0.223*** (21.462)
<i>Age</i>		0.280*** (2.883)
<i>Pfa</i>		-1.421*** (-18.793)
<i>TQ</i>		-0.017*** (-3.440)
<i>Cfo</i>		0.578*** (9.008)
<i>Idp</i>		-0.102 (-0.962)
<i>OC</i>		0.076 (0.705)
<i>Dua</i>		-0.013 (-1.077)
<i>MH</i>		-0.111* (-1.697)
<i>Soe</i>		-0.055 (-1.417)
常数项	8.349*** (520.624)	6.107*** (21.016)
企业固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
观测值	18 534	18 534
<i>R</i> ²	0.273	0.541

注：括号内数据为经过企业层面聚类调整的t统计量, ***为在1%水平上显著, *为在10%水平上显著, 下同。

5.3.2 双重差分法

虽然供应链数字化是一个持续性过程, 但如果企业供应链数字化程度较低, 可能说明这些企业实际上没有全面开展供应链数字化, 为增强因果关系识别, 本研究构造多期双重差分模型检验供应链数字

表6 内生性检验结果
Table 6 Endogeneity Test Results

变量	<i>Dsc</i> (1)	<i>Tfp</i> (2)	<i>Tfp</i> (3)
<i>Dsc</i> _{<i>t-1</i>}		0.456*** (4.350)	
<i>Piv</i>	0.005*** (20.943)		
<i>Iiv</i>	0.425*** (9.221)		
<i>Tre</i> · <i>Pos</i>			0.024** (2.222)
控制变量	控制	控制	控制
常数项	-0.058 (-1.047)	6.166*** (20.988)	6.081*** (20.326)
企业固定效应	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
观测值	18 534	18 534	18 511
<i>R</i> ²	0.259	0.541	0.540

注: **为在5%水平上显著, 下同。

化对企业生产率的影响。具体如下: ①分年度对企业供应链数字化程度进行三等分, 若企业供应链数字化程度在某年进入最高的前三分之一, 则视为实验组, *Tre* 取值为1, 反之则视为对照组, *Tre* 取值为0。②将企业供应链数字化程度第一次进入年度样本最高的前三分之一视为一次冲击事件, 在这一年及以后, *Pos* 取值为1, 否则取值为0。这种处理方法不仅可以识别出只在年报管理层讨论与分析部分中提及供应链数字化相关词汇而在实践中可能并未进行供应链数字化的企业, 而且考虑到企业并非每年均会在年报中对供应链数字化相关事项进行披露与分析, 该方法可以合理地为企业找到开展供应链数字化的起始年份。

为使实验组和对照组在未受到处理前具有共同的变化趋势, 本研究借助倾向得分匹配方法, 将基准回归模型中的控制变量作为匹配变量, 按照卡尺半径设置为0.05的近邻无放回1:1匹配, 得到匹配后的企业样本利用双重差分法估计。表6的(3)列给出相应的检验结果。*Tre*与*Pos*的交互项系数在5%水平上显著为正, 表明较高的供应链数字化程度会显著提升企业生产率, 这与基本结论一致。

5.4 稳健性检验

5.4.1 改变供应链数字化的测量

表7给出使用重新构造的3个供应链数字化指标进行稳健性检验的回归结果。①考虑到企业进行供应链数字化建设可能存在行业差异, 改用经分年度分行业均值调整的指标测量企业供应链数字化程

表7 稳健性检验: 改变供应链数字化测量
Table 7 Robustness Test: Changing the Supply Chain Digitization Measure

变量	<i>Tfp</i>		
	(1)	(2)	(3)
<i>DA</i>	0.208*** (4.146)		
<i>Dln</i>		0.045*** (7.586)	
<i>Dor</i>			0.193*** (4.326)
控制变量	控制	控制	控制
常数项	6.106*** (20.973)	6.100*** (20.880)	6.022*** (19.292)
企业固定效应	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
观测值	18 534	18 534	18 534
<i>R</i> ²	0.541	0.545	0.542

度, 记为*DA*。②采用公司年度财务报告中披露的供应链数字化的总词数加1取自然对数测度企业数字化程度, 记为*Dln*。③对企业供应链数字化相关词汇数进行离差标准化处理以消除量纲, 该指标反映了企业供应链数字化水平在样本内的相对水平, 记为*Dor*。(1)列~(3)列分别为对应的回归结果, 可以看出, 无论采用何种方式测量供应链数字化程度, 其回归系数均在1%水平上显著为正, 表明改变供应链数字化指标的测量, 研究结论仍然成立。

5.4.2 排除企业策略性信息披露行为

表8给出排除企业策略性信息披露行为的稳健性检验结果。基于文本分析与机器学习方法构建的供应链数字化指标可能会受到企业策略性信息披露行为的影响。为了排除上述影响, 本研究进行如下检验: ①企业是否披露与供应链数字化相关内容会受到策略性信息披露行为影响, 因此, 剔除披露供应链数字化相关词汇为0的样本重新进行检验。②考虑到高新技术企业与数字技术创新与应用有着诸多联系, 剔除高新技术企业样本重新进行检验。③为排除企业信息披露质量的影响, 仅保留沪深交易所信息披露考评结果为优秀或良好的企业样本。(1)列~(3)列分别为使用上述3种样本进行回归的检验结果, 可以发现*Dsc*的系数依然在1%水平上显著为正, 这意味着在排除企业策略性信息披露行为影响后的研究结论仍然稳健。

5.4.3 其他稳健性检验

表9给出其他稳健性检验的回归结果。①控制

表8 稳健性检验：排除企业策略性信息披露行为
Table 8 Robustness Test: Excluding Enterprises' Strategic Disclosure Behavior

变量	<i>Tfp</i>		
	(1)	(2)	(3)
<i>Dsc_{t-1}</i>	0.191*** (3.801)	0.183*** (2.656)	0.243*** (3.996)
控制变量	控制	控制	控制
常数项	6.328*** (17.391)	7.656*** (15.263)	5.923*** (18.173)
企业固定效应	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
观测值	11 635	8 780	13 471
<i>R</i> ²	0.559	0.441	0.588

表9 其他稳健性检验回归结果

Table 9 Regression Results of Other Robustness Tests

变量	<i>Tfp</i>	<i>Tfp</i>	<i>Tfp</i>	<i>Top</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Dsc_{t-1}</i>	0.186*** (3.680)	0.183*** (4.185)		0.209*** (4.104)
<i>Dig</i>	0.034*** (3.821)			
<i>Dsc</i>			0.196*** (4.014)	
控制变量	控制	控制	控制	控制
常数项	6.086*** (20.986)	6.242*** (20.489)	5.828*** (23.595)	5.627*** (13.816)
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
城市×年份固定效应	未控制	控制	未控制	未控制
行业×年份固定效应	未控制	控制	未控制	未控制
观测值	18 534	18 534	22 780	18 534
<i>R</i> ²	0.543	0.945	0.535	0.489

企业整体数字化水平。整体数字化水平较高的企业更有能力开展供应链数字化建设，企业生产效率的提升可能来源于企业整体数字化水平，而非仅受供应链数字化的影响。因此，有必要在控制企业整体的数字化水平的前提下，识别供应链数字化对企业生产效率的影响效应。本研究参考肖土盛等^[47]测量的企业数字化程度指标 *Dig*，将其带入回归模型重新进行估计，(1)列结果显示，在控制企业整体数字化水平后，结论依然稳健。②尽管控制了年份和企业层面

的固定效应，但仍然可能存在各地区和行业不可观测因素的影响，因此进一步控制了城市和年份交互固定效应、行业 and 年份交互固定效应，以排除城市层面相关政策冲击及行业特征等因素对实证结果的干扰。回归结果如(2)列所示，*Dsc*的系数在1%的水平上显著为正。③使用当期的自变量。将自变量替换为当期的供应链数字化水平，回归结果如(3)列所示，供应链数字化仍然能够显著提升企业生产率。④替换因变量。将因变量替换为OP法测算企业生产率指标 *Top*，回归结果如(4)列所示，*Dsc*的系数在1%的水平上显著为正，表明基准结果是稳健的。

5.5 机制检验

结合前文的理论分析，供应链数字化能够产生要素配置效应，即增强技术创新能力与优化人力资本结构，也会产生供应链治理效应，即提升供应链效率与降低供应链依赖，进而提升企业生产效率。接下来，本研究将围绕上述逻辑论证潜在的影响机制，结合(1)式，采用中介效应模型进行检验，具体模型设定为

$$M_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Dsc_{i,t-1} + \sum Con_{i,t} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$Tfp_{i,t} = \theta_0 + \theta_1 Dsc_{i,t-1} + \theta_2 M_{i,t} + \sum Con_{i,t} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

其中，*M*为供应链数字化影响企业生产率的机制变量。其余变量设定与(1)式相同。

5.5.1 要素配置效应

表10给出要素配置效应的机制检验结果。根据前文的理论分析，供应链数字化有助于企业借鉴和吸收上下游的知识信息并开展联合研发等协同合作，通过促进技术创新而推动生产技术前沿面扩张，提高企业生产效率。因此，为检验企业技术创新能力在供应链数字化和企业生产效率之间发挥的机制作用，同时，考虑到发明专利包含特有的实质审查环节，代表高技术 and 高质量创新成果，而实用新型专利和外观设计专利更多体现为企业创新的量变，属于低技术水平的创新，本研究借鉴黎文靖等^[52]的研究，以企业当年申请发明专利数量测量企业实质性创新，记为 *Pti*，以企业当年申请实用新型和外观设计专利数量之和测量企业策略性创新，记为 *Pud*，以上专利数据均进行加1取对数化处理。(1)列和(2)列为实质性创新的机制检验结果，(1)列中 *Dsc*的系数显著为正，表明供应链数字化显著提升企业实质性创新，(2)列中 *Pti*的系数在1%水平上显著为正。(3)列为策略性创新的机制检验结果，*Dsc*的系数并不显著。实证结果支持了供应链数字化能够优化企业技术要素配置，通过促进企业实质性创新能力提升企业生产率的理论逻辑，*H₁*得到验证。

同时，供应链数字化使企业降低对低技能劳动力的需求，督促现有员工提升技能水平，同时雇佣和吸引高技能劳动力，通过优化人力资本结构促进企业生产效率提升。为检验人力资本结构优化在供应链

表 10 要素配置效应机制检验
Table 10 Mechanism Test for Factor Allocation Effects

变量	<i>Pti</i> (1)	<i>Tfp</i> (2)	<i>Pud</i> (3)	<i>Ski</i> (4)	<i>Tfp</i> (5)
<i>Dsc</i> _{<i>t-1</i>}	0.194* (1.954)	0.216*** (4.236)	0.024 (0.349)	4.351*** (4.033)	0.187*** (3.806)
<i>Pti</i>		0.029*** (6.622)			
<i>Ski</i>					0.008*** (10.672)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-0.763 (-1.143)	6.129*** (21.352)	1.084** (2.515)	92.327*** (6.329)	5.376*** (19.195)
企业固定效应	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
观测值	18 534	18 534	18 534	18 534	18 534
<i>R</i> ²	0.115	0.544	0.070	0.162	0.558

数字化和企业生产率之间的机制作用,本研究借鉴肖土盛等^[47]的研究,将技术人员、销售人员和财务人员视为高技能劳动力,采用高技能劳动力占员工总人数的比例测量企业人力资本结构优化,记为*Ski*。(4)列和(5)列为人力资本结构优化的机制检验结果,*Ski*及*Dsc*的估计系数均至少在1%水平上显著为正,且*Dsc*系数小于基准回归的系数,这表明供应链数字化可以显著提升企业对高技能劳动力的需求,优化企业人力资本结构,进而提高企业生产率, H_2 得到验证。总体而言,上述实证结果佐证了要素配置效应机制逻辑,即供应数字化通过促进技术创新和优化人力资本结构的要素配置效应进而提升企业生产率。

5.5.2 供应链治理效应

表 11 给出供应链治理效应的机制检验结果。根据前文的理论分析,供应链数字化能够打破要素供求双方的信息阻碍,提升供应链运作效率,从而提高企业生产效率。为检验供应链数字化和企业生产率的关系中供应链效率的机制作用,本研究借鉴张任之^[29]的研究,选取存货周转期的自然对数测度供应链效率,记为*Sto*,该指标值越高,表示供应链效率越低。(1)列和(2)列为供应链效率的机制检验结果,(1)列中*Dsc*的系数显著为负,说明供应链数字化显著提升了供应链效率,同时,(2)列中*Sto*的回归系数也显著为负。上述结果表明供应链数字化通过改善供应链效率,进而提高企业生产率, H_3 得到验证。

此外,供应链数字化能够促进企业与更多的供应商和客户合作,缓解供应链依赖对企业生产率的不利冲击。因此,参考巫强等^[42]的研究,采用前五大供应商采购比例和前五大客户销售比例之和的均值测度企业供应链依赖水平,记为*ST5*,该指标值越高,表

示供应链依赖程度越高。(3)列和(4)列为供应链依赖水平的机制检验结果,(3)列中*Dsc*的系数显著为负,表明供应链数字化降低了企业供应链依赖程度,(4)列为将机制变量带入回归模型的结果,*ST5*的系数显著为负,这说明供应链数字化通过降低供应链依赖提高企业生产率, H_4 得到验证。上述结果充分表明,供应链数字化能够通过提升供应链效率和降低供应链依赖的供应链治理效应推动企业生产率提升。

5.6 异质性分析

5.6.1 供应链数字化、高管战略眼光与企业生产效率

供应链数字化作为企业的一项重大变革,与管理层决策息息相关。管理者的战略眼光代表其决策视野,越为短视的管理者越注重短期利益而减少长期投资^[48],从而不利于开展供应链数字化。相反,高管长远的战略眼光不仅有助于企业实现供应链数字化,也可以缓解数字化与战略选择不匹配引致的负面影响^[53],更大程度发挥供应链数字化的积极作用。因此,本研究推测企业供应链数字化的生产效率提升效应很可能在高管长期主义的企业中更显著。本研究借鉴胡楠等^[48]的研究,采用文本分析法测算管理者短视主义指标,并以中位数为界将样本企业划分为短期主义和长期主义两组。表 12 的(1)列和(2)列给出基于高管战略眼光差异的分组回归结果。在(2)列的高管长期主义的样本组中,供应链数字化与企业生产率的正向关系更为明显,且两组间系数差异显著。这意味着企业进行供应链数字化建设时,如果管理者有更为长远的战略眼光,那么供应链数字化的生产率提升效果会更强。

5.6.2 供应链数字化、环境不确定性与企业生产效率

数字技术应用是企业逆境中积极求变的重要

表 11 供应链治理效应机制检验
Table 11 Tests of Supply Chain Governance Effect Mechanisms

变量	<i>Sto</i> (1)	<i>Tfp</i> (2)	<i>ST5</i> (3)	<i>Tfp</i> (4)
<i>Dsc_{t-1}</i>	-0.199** (-2.412)	0.184*** (4.276)	-2.508** (-2.285)	0.218*** (4.295)
<i>Sto</i>		-0.186*** (-10.510)		
<i>ST5</i>				-0.001** (-2.427)
控制变量	控制	控制	控制	控制
常数项	4.535*** (8.518)	6.952*** (23.184)	64.215*** (4.618)	6.195*** (21.387)
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	18 534	18 534	18 534	18 534
<i>R</i> ²	0.077	0.584	0.071	0.542

表 12 高管战略眼光与环境不确定性异质性检验
Table 12 Heterogeneity Test of Executive Strategic Vision and Environmental Uncertainty

变量	<i>Tfp</i>			
	短期主义 (1)	长期主义 (2)	高环境不确定性 (3)	低环境不确定性 (4)
<i>Dsc_{t-1}</i>	0.147*** (2.762)	0.260*** (3.247)	0.234*** (3.258)	0.136*** (2.849)
控制变量	控制	控制	控制	控制
常数项	6.025*** (13.410)	5.940*** (18.001)	6.099*** (13.731)	6.245*** (20.763)
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	9 205	9 329	9 246	9 288
<i>R</i> ²	0.461	0.615	0.499	0.606
检验 <i>P</i> 值	0.073		0.085	

注：检验*P*值为经过500次自抽样的费舍尔组合检验方法得到的组间系数差异显著性。

战略行为^[5]。当企业在环境不确定性较高时开展数字化, 不仅可能获得更多的政策支持, 更有助于释放数字化在生产效率提升方面的积极作用^[4], 发挥更强的边际效果。因此, 供应链数字化对企业生产率的提升作用很可能在环境不确定性较高时更为明显。为验证该推论, 本研究参考申慧慧等^[54]的研究, 使用经行业调整的过去5年企业营业收入的变异系数度量环境不确定性, 该值越大, 环境不确定性越高。表12的(3)列和(4)列给出基于环境不确定性差异的分组回归结果。根据环境不确定性的中位数分组, 将样本分为高环境不确定性组和低环境不确定性组。

由回归结果可以看到, *Dsc*的回归系数在(3)列的高环境不确定性组的样本中更大, 同时两组间系数差异显著。该结果验证上述推论, 即环境不确定性较高时, 供应链数字化提升企业生产率的边际效应更强。

5.6.3 供应链数字化、企业规模与企业生产效率

供应链数字化的生产率提升效果可能会受企业规模的影响。本研究根据国家统计局颁布的《统计上大中小微型企业划分办法(2017)》, 将企业类型划分为大企业和中小企业, 进行样本分组回归。表13的(1)列和(2)列给出基于企业规模差异的分组回归

结果。可以看到, Dsc 的回归系数在 (2) 列中小企业组的样本中更大, 同时两组间系数差异显著。这说明供应链数字化对中小企业生产率的提升作用更明显。可能的原因在于, 一方面, 供应链数字化整合了核心企业与供应商、经销商的业务交易等信息, 有助于缓解银企之间信息不对称情况, 降低了中小企业的融资门槛; 另一方面, 供应链数字化能够促成企业内外部协同合作, 推动企业之间的知识交流和技术溢出, 从而降低中小企业研发活动的风险和不确定性, 弥合了大企业和中小企业的创新资源鸿沟^[55], 从而导致供应链数字化提升中小企业生产率的边际效应更强。

5.6.4 供应链数字化、行业要素密集度与企业生产率

供应链数字化对不同行业要素密集度的赋能效果可能存在差异性。本研究借鉴尹美群等^[56]的做法, 按照行业要素密集度将企业划分为技术密集型、资本密集型和劳动密集型三种, 进行样本分组回归。表 13 的 (3) 列 ~ (5) 列给出基于行业要素密集度差异的分组回归结果。在 (4) 列的资本密集型和 (5) 列的劳动密集型企业中, Dsc 的估计系数均在 1% 水平上显著为正, 而在 (3) 列的技术密集型企业中, Dsc 的估计系数不显著, 这说明供应链数字化能够显著提升资本密集型和劳动密集型企业生产率。可能的原因在于, 首先, 供应链数字化一定程度上能够实现机器对人的替代, 这将有利于降低对低技能劳动力的需求, 优化劳动力配置和降低生产成本, 促进劳动密集型企业生产率提升; 其次, 资本密集型企业固定资产比例较高, 能够充分发挥数字技术对采购、生产、物流等供应链业务活动的赋能效应, 从而促进企业生产率提升。

5.6.5 供应链数字化环节

表 14 给出供应链数字化不同环节对企业生产率提升的影响。将计划数字化记为 Dpl , 采购数字化记为 Dpu , 生产数字化记为 Dpr , 销售数字化记为 Dse , 物流数字化记为 Dlo , (1) 列 ~ (5) 列为各变量分别与企业生产率的回归结果。 Dpu 、 Dpr 和 Dse 的估计系数均至少在 5% 的显著性水平上为正, Dpl 和 Dlo 的估计系数为正, 但未通过显著性检验, 这说明从供应链具体环节来看, 供应链数字化对企业生产效率的促进作用依然显著存在。通过对比显著性水平高低和估计系数大小, 可以得出采购数字化和销售数字化更能促进企业生产率提升, 这主要是因为采购环节作为供应链实物流的起点, 对企业生产运营至关重要。数字化采购通过智能算法等手段, 将供应商的供货情况等数据纳入数字化平台, 由此企业可以迅速了解库存水平、供应商交付情况、订单状态等关键信息, 及时调整采购计划和存货水平, 从而提高库存管理的精细化水平^[57]; 与此同时, 通过数据分析和预测, 企业能够建立多元化供应商库, 有效控制供应商质量和降低供应链中断风险, 从而提升企业生产率。而营销环节会产生大规模的客户数据, 数字技术在营销环节的应用有助于企业更加充分地挖掘客户数据, 准确洞察市场信息, 有效满足客户个性化需求; 同时实现企业与客户的双向沟通与交流, 提高企业对创新资源的配置效率, 缩短产品研发周期并降低产品研发的不确定性, 提升企业生产率^[58]。

5.7 拓展性研究: 供应链数字化的生产率溢出效应

供应链数字化的协同性和外部性特征有利于强化供应链上下游的生产率联动效应。一方面, 以供应链高效协同平台为支撑, 供应链数字化能够实现链上企业业务活动统筹衔接, 使供应链主体形成更

表 13 企业规模与行业要素密集度异质性检验
Table 13 Test for Heterogeneity of Enterprise Size and Industry Factor Intensity

变量	Tfp				
	大企业 (1)	中小企业 (2)	技术密集型 (3)	资本密集型 (4)	劳动密集型 (5)
Dsc_{t-1}	0.184*** (3.388)	0.362*** (2.803)	0.015 (0.314)	0.489*** (4.631)	0.211*** (3.366)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	6.398*** (19.559)	5.860*** (10.183)	5.938*** (13.803)	5.802*** (10.320)	6.556*** (15.097)
企业固定效应	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
观测值	14 659	3 875	7 648	4 305	6 581
R^2	0.554	0.416	0.631	0.592	0.472
检验 P 值	0.010				

注: 检验 P 值为经过 500 次自抽样的费舍尔组合检验方法得到的组间系数差异显著性。

表 14 供应链数字化环节异质性检验
Table 14 Heterogeneity Test for Supply Chain Digitization Links

变量	<i>Tfp</i>				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Dpl</i>	0.358 (1.440)				
<i>Dpu</i>		0.286*** (3.231)			
<i>Dpr</i>			0.139** (2.434)		
<i>Dse</i>				1.543** (2.366)	
<i>Dlo</i>					0.376 (0.880)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	6.093*** (20.758)	6.086*** (20.895)	6.100*** (20.839)	6.088*** (20.501)	6.087*** (20.678)
企业固定效应	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
观测值	18 534	18 534	18 534	18 534	18 534
R^2	0.533	0.541	0.539	0.539	0.539

紧密的联系和更高效的互动,从而促进信息、知识和技术要素在供应链上下游更充分地流动,优化供应链资源配置效率^[42]。另一方面,在供应链生态群体中,核心企业供应链数字化产生的外部效应会一定程度上引发链上企业的行为趋同,链上企业可能会通过主动模仿或被动配合进行数字化改造,以满足核心企业供应链数字化的协同需求^[59]。综上分析,企业供应链数字化的生产效率促进作用不只限于自身,也可能会由于链上企业的资源流通和行为联动,推动上下游企业提升生产效率,从而引发生产率溢出效应。因此,基于沪深A股上市公司前五大供应商和客户数据,本研究构建企业-供应商或客户-年度数据集。为了检验企业开展供应链数字化对上下游企业生产率的影响,本研究构建模型(4)。其中, Tsp 为企业前五大供应商或客户的生产率, Dsc 为核心企业的供应链数字化程度,其他变量与(1)式相同。

$$Tsp_{i,t} = \delta_0 + \delta_1 Dsc_{i,t} + \sum Con_{i,t} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

表 15 给出供应链数字化的生产率溢出效应的检验结果。(1)列中 Dsc 的系数在 1% 水平上显著为正。这说明企业开展供应链数字化能够发挥溢出效应,有效带动供应链上下游企业的生产率提升。

在验证了供应链数字化的生产率溢出效应之后,本研究进一步分析其是否会对上游供应商和下游客户产生异质性溢出效果。(2)列为企业供应链数字化

表 15 供应链数字化的生产率溢出效应检验
Table 15 Test for Productivity Spillovers from Supply Chain Digitization

变量	<i>Tsp</i>		
	供应商和客户 (1)	供应商 (2)	客户 (3)
<i>Dsc</i>	0.228*** (2.952)	0.429*** (3.015)	0.101 (1.011)
控制变量	控制	控制	控制
常数项	7.266*** (14.753)	5.427*** (5.160)	7.125*** (11.318)
企业固定效应	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
观测值	2 233	1 026	1 207
R^2	0.246	0.301	0.265

对其供应商生产率影响的检验结果, Dsc 的系数显著为正。(3)列为企业供应链数字化对其客户生产率影响的检验结果, Dsc 的系数为正但不显著,这表明核心企业供应链数字化对上游供应商生产率具有显著的正向影响,而对下游客户生产率虽然产生了一定的正向影响,但不明显。这说明企业供应链数字化

具有向上溢出的生产率传导效应。可能的原因在于,在市场竞争日益激烈的背景下,交易市场已从卖方市场转换为买方市场^[60],因此在供应链关系中,上游供应商处于劣势,其话语权较低。链上核心企业供应链数字化能够构建供应商画像系统,以更低成本在更大范围内搜寻优质的供应商,由此形成的竞争压力可以倒逼供应商及时洞察核心企业的协同需求并及时响应,优化资源配置,进而提高生产率。

6 结论

6.1 研究结果

供应链数字化表现为企业计划、采购、生产、营销和交付流程的数字化,更加强调数字技术和业务需求的融合,因此,理论上具有生产效率提升作用。本研究借助文本分析和机器学习方法测量了微观企业层面的供应链数字化水平,并以2010年至2022年中国A股上市公司数据为样本,实证研究供应链数字化与企业生产率的关系。研究发现,①供应链数字化有助于提升企业生产率,并通过工具变量法和双重差分法进行内生性处理,改变供应链数字化的测量、排除企业策略性信息披露行为影响等稳健性检验后,研究结论仍然成立。②机制检验表明,从要素配置视角看,供应链数字化有助于提升企业技术创新能力和优化人力资本结构,从而提升企业生产率;从供应链治理视角看,供应链数字化能够提高供应链效率和降低供应链依赖,从而促进企业生产率提升。③异质性分析得出,供应链数字化对企业生产率的提升作用主要在高管战略眼光较为长远、环境不确定性较高、中小型、资本密集型及劳动密集型企业中更为明显;数字化采购与数字化营销对企业生产率的提升作用更强。④拓展性研究发现,企业供应链数字化的生产效率提升作用不只限于自身,也会推动上下游企业提升生产效率,从而引发生产率溢出效应,且主要体现为“向上溢出”的传导效果。

6.2 理论贡献

(1)已有研究大多集中于数字基础设施^[61]、数字技术应用^[62]及数字要素管理^[63]对企业生产率的影响,鲜有从供应链视角探讨数字技术影响企业生产率的内在机制。在加速推进数字技术深度嵌入现代供应链的背景下,本研究将供应链数字化和企业生产率纳入统一的分析框架,实证检验供应链数字化与企业生产率之间的关系,不仅丰富了供应链数字化的经济后果研究,而且能够拓展数字化转型影响企业生产率的相关研究。

(2)不同于已有研究主要从信息赋能^[17]、管理赋能^[28]等角度研究供应链数字化的赋能机制,本研究从要素配置和供应链治理两方面探索供应链数字化驱动企业生产率提升的内在机制,并进一步对供应链数字化产生的异质赋能效应和兼具的供应链溢出效应进行剖析。研究细致地厘清了供应链数字化影响企业生产率的理论逻辑,打开了供应链数字化促

进企业生产率提升的内在机制,深化了对企业供应链数字化赋能机制与效果的理解,为促进数字技术嵌入供应链管理、推动企业高质量发展提供理论基础。

6.3 实践意义

(1)充分发挥数字技术对供应链管理的赋能效应,提升企业生产效率。首先,企业应积极推进智慧供应链建设,通过打造供需衔接的供应链协同平台,将用户需求和产品制造体系连接起来,完善动态供应链管理系统建设。在此过程中,要强化以需求为导向,积极探寻环境不确定性中的发展契机,借助数字技术与业务流程的适配融合,提升企业的生产效率。其次,企业要着眼于数字化转型的长期经济价值,严格限制管理者短期主义的私利行为,促进供应链数字化过程与管理者战略选择的耦合,逐步实现数字技术在供应链管理中的深度嵌入。最后,政府要积极完善供应链创新发展的政策支撑体系,加强对企业供应链数字化变革的引导,鼓励企业将大数据、区块链、物联网、数字孪生等数字技术在供应链环节的融合应用。

(2)供应链数字化变革应与企业内外部条件相适配,因地制宜更好发挥供应链数字化的效率提升效应。考虑到供应链数字化对不同行业的异质性赋能效果,资本密集型企业可以着重通过数字供应链技术实现生产计划、库存管理、物流配送等方面的协同优化,对如设备、厂房等固定资产进行精细化管理,实现资源的优化配置和高效利用,同时,通过智能算法预测设备生产和维护需求,减少因设备故障导致的生产中断,提高资本利用效率。就劳动密集型企业而言,在推进供应链数字化的过程中,则可以着重利用人工智能等技术辅助员工工作,实现人机协作与交互,同时增加对高技能劳动力的相对雇佣,改善人力资本结构,进而促进劳动生产效率乃至企业整体生产率的提升。由于供应链数字化对中小企业生产率的提升效应更强,因此中小企业可以借助供应链数字化协作平台,提升供应链各主体间生产、营销、物流等业务的协作水平,通过订单牵引、技术扩散和资源共享等方式提高生产效率。政府可通过供应链数字化示范工程为中小企业供应链数字化提供良好的转型经验,鼓励行业协会、科研机构等组织为中小企业提供供应链数字化技术支持和咨询服务等方式,完善中小企业数字化供应链公共服务体系。

(3)充分发挥数字化供应链工具的粘合剂作用,牵引链上企业的生产率提升。研究发现,企业供应链数字化的生产效率促进作用不只限于自身,也会推动上下游企业提升生产效率,从而引发生产率溢出效应。因此,应充分挖掘供应链数字化对企业融通发展的赋能模式,提升核心企业与链上企业的技术兼容性,通过打造信息共享的供应链协同网络,促进供应链上下游企业业务活动统筹衔接,从而实现供应链节点企业的合作共赢,带动上下游企业协调发展。同时,链上企业应抓住核心企业供应链数字

化转型带来的机遇,打通供应链信息堵点,实现自身和供应链生态系统的高质量发展。

6.4 研究不足与未来展望

①测量供应链数字化的指标十分困难,本研究将供应链数字化从多维度解构,并借助文本分析和机器学习方法构建了反映企业供应链数字化程度的测量指标,虽然能够刻画企业供应链数字化水平的动态变化过程,但是其精确性仍有改进的空间,未来研究可以尝试多种方法测量供应链数字化指标。②本研究从要素配置和供应链治理渠道探寻供应链数字化对企业生产率的促进作用,但实际上还可能存在其他作用渠道,未来研究可以进一步探索。

参考文献:

- [1] ZHOU H D, WANG Q, LI L X, et al. Supply chain digitalization and performance improvement: a moderated mediation model. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2023, 28(6): 993–1008.
- [2] MITRA A, SHARMA C, VÉGANZONÈS-VAROUKAKIS M A. Infrastructure, information & communication technology and firms' productive performance of the Indian manufacturing. *Journal of Policy Modeling*, 2016, 38(2): 353–371.
- [3] 韩峰, 姜竹青. 集聚网络视角下企业数字化的生产率提升效应研究. *管理世界*, 2023, 39(11): 54–73.
HAN Feng, JIANG Zhuqing. Research on the productivity enhancement effect of enterprise digitization from the perspective of agglomeration network. *Journal of Management World*, 2023, 39(11): 54–73.
- [4] 王鹏飞, 刘海波, 陈鹏. 企业数字化、环境不确定性与全要素生产率. *经济管理*, 2023, 45(1): 43–66.
WANG Pengfei, LIU Haibo, CHEN Peng. Digitalization, environmental uncertainty and firm productivity. *Business and Management Journal*, 2023, 45(1): 43–66.
- [5] 张叶青, 陆瑶, 李乐芸. 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*, 2021, 56(12): 42–59.
ZHANG Yeqing, LU Yao, LI Leyun. Effects of big data on firm value in China: evidence from textual analysis of Chinese listed firms' annual reports. *Economic Research Journal*, 2021, 56(12): 42–59.
- [6] CHEN W, SRINIVASAN S. Going digital: implications for firm value and performance. *Review of Accounting Studies*, 2024, 29(2): 1619–1665.
- [7] WEI S, LIU W H, LIN Y, et al. Smart supply chain innovation model selection: exploitative or exploratory innovation?. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 2023, 26(4): 478–497.
- [8] HO W R, TSOLAKIS N, DAWES T, et al. A digital strategy development framework for supply chains. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2023, 70(7): 2493–2506.
- [9] SEYEDGHORBAN Z, TAHERNEJAD H, MERITON R, et al. Supply chain digitalization: past, present and future. *Production Planning & Control*, 2020, 31(2/3): 96–114.
- [10] BIENHAUS F, HADDUD A. Procurement 4.0: factors influencing the digitisation of procurement and supply chains. *Business Process Management Journal*, 2018, 24(4): 965–984.
- [11] SABERI S, KOUHIZADEH M, SARKIS J, et al. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 2019, 57(7): 2117–2135.
- [12] ZOUARI D, RUEL S, VIALE L. Does digitalising the supply chain contribute to its resilience?. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2021, 51(2): 149–180.
- [13] DOLGUI A, IVANOV D. 5G in digital supply chain and operations management: fostering flexibility, end-to-end connectivity and real-time visibility through internet-of-everything. *International Journal of Production Research*, 2022, 60(2): 442–451.
- [14] BHATTACHARYA S, CHATTERJEE A. Digital project driven supply chains: a new paradigm. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2022, 27(2): 283–294.
- [15] 刘海建, 胡化广, 张树山, 等. 供应链数字化的绿色创新效应. *财经研究*, 2023, 49(3): 4–18.
LIU Haijian, HU Huaguang, ZHANG Shushan, et al. The green innovation effect of supply chain digitization. *Journal of Finance and Economics*, 2023, 49(3): 4–18.
- [16] 祝丹枫, 李宇坤. 数字化供应链变革与企业劳动力投资效率: 基于供应链创新与应用试点的经验证据. *商业研究*, 2023(3): 49–57.
ZHU Danfeng, LI Yukun. Digital supply chain reform and firm labor investment efficiency: empirical evidence from supply chain innovation and application pilot. *Commercial Research*, 2023(3): 49–57.
- [17] 张树山, 胡化广, 孙磊, 等. 供应链数字化与供应链安全稳定: 一项准自然实验. *中国软科学*, 2021(12): 21–30, 40.
ZHANG Shushan, HU Huaguang, SUN Lei, et al. Supply chain digitization and supply chain security and stability: a quasi-natural experiment. *China Soft Science*, 2021(12): 21–30, 40.
- [18] 鲁晓东, 连玉君. 中国工业企业全要素生产率估计: 1999–2007. *经济学(季刊)*, 2012, 11(2): 541–558.
LU Xiaodong, LIAN Yujun. Estimation of total factor productivity of industrial enterprises in China: 1999–2007. *China Economic Quarterly*, 2012, 11(2): 541–558.
- [19] 邹恂, 李凯, 艾宝俊. 终极控制权、现金流权与公司全要素生产率. *管理科学*, 2009, 22(5): 2–12.
ZOU Yi, LI Kai, AI Baojun. Ultimate control right, cash flow right and firm's total factor productivity. *Journal of Management Science*, 2009, 22(5): 2–12.
- [20] 于苏, 于小悦, 王竹泉. “链主”企业的供应链治理与链上企业全要素生产率. *经济管理*, 2023, 45(4): 22–40.
YU Su, YU Xiaoyue, WANG Zhuquan. Supply chain governance of the “chain master” and enterprises' TFP in chain. *Business and Management Journal*, 2023, 45(4): 22–40.
- [21] OLPER A, CURZI D, RAIMONDI V. Imported intermediate inputs and firms' productivity growth: evidence from the food industry. *Journal of Agricultural Economics*, 2017, 68(1): 280–300.
- [22] 鲍群, 张云云, 赵秀云. 供应商地理距离与企业全要素生产率. *财贸研究*, 2023, 34(8): 99–110.
BAO Qun, ZHANG Yunyun, ZHAO Xiuyun. Supplier geographical proximity and enterprise total factor productivity. *Finance and Trade Research*, 2023, 34(8): 99–110.
- [23] 陈启斐. 供应链长度与服务业全要素生产率. *科研管理*,

- 2023, 44(5): 122–130.
- CHEN Qifei. Supply chain length and total factor productivity in the service industry. *Science Research Management*, 2023, 44(5): 122–130.
- [24] 成程, 田轩, 徐照宜. 供应链金融与企业效率升级: 来自上市公司公告与地方政策文件的双重证据. *金融研究*, 2023(6): 132–149.
- CHENG Cheng, TIAN Xuan, XU Zhaoyi. Supply chain finance and corporate efficiency upgrading: dual evidence from listed company announcements and local policy documents. *Journal of Financial Research*, 2023(6): 132–149.
- [25] 鲍群, 石绍炳, 盛明泉. 供应链嵌入视角下客户生产率溢出效应. *经济理论与经济管理*, 2023, 43(4): 102–112.
- BAO Qun, SHI Shaobing, SHENG Mingquan. The customer productivity spillover effects from an embedded supply chain perspective. *Economic Theory and Business Management*, 2023, 43(4): 102–112.
- [26] 张沁琳, 沈洪涛. 政府大客户能提高企业全要素生产率吗?. *财经研究*, 2020, 46(11): 34–48.
- ZHANG Qinlin, SHEN Hongtao. Can major government customers improve corporate total factor productivity?. *Journal of Finance and Economics*, 2020, 46(11): 34–48.
- [27] 陶锋, 王欣然, 徐扬, 等. 数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率. *中国工业经济*, 2023(5): 118–136.
- TAO Feng, WANG Xinran, XU Yang, et al. Digital transformation, resilience of industrial chain and supply chain, and enterprise productivity. *China Industrial Economics*, 2023(5): 118–136.
- [28] 刘海建, 胡化广, 张树山, 等. 供应链数字化与企业绩效: 机制与经验证据. *经济管理*, 2023, 45(5): 78–98.
- LIU Haijian, HU Huaguang, ZHANG Shushan, et al. Supply chain digitalization and firm performance: mechanism and empirical evidence. *Business and Management Journal*, 2023, 45(5): 78–98.
- [29] 张任之. 数字技术与供应链效率: 理论机制与经验证据. *经济与管理研究*, 2022, 43(5): 60–76.
- ZHANG Renzhi. Digital technology and supply chain efficiency: theoretical mechanism and empirical evidence. *Research on Economics and Management*, 2022, 43(5): 60–76.
- [30] FATORACHIAN H, KAZEMI H. Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. *Production Planning & Control*, 2021, 32(1): 63–81.
- [31] 辛冲, 徐杨, 吕昕. 创新生态系统中的多主体协作与知识转移绩效. *管理科学*, 2024, 37(1): 15–26.
- XIN Chong, XU Yang, LYU Kexin. Multi-agent collaboration and knowledge transfer performance in innovation ecosystem. *Journal of Management Science*, 2024, 37(1): 15–26.
- [32] 凌润洋, 潘爱玲, 李彬. 供应链金融能否提升企业创新水平?. *财经研究*, 2021, 47(2): 64–78.
- LING Runze, PAN Ailing, LI Bin. Can supply chain finance improve the innovation level of enterprises?. *Journal of Finance and Economics*, 2021, 47(2): 64–78.
- [33] 李姝, 金振, 谢雁翔, 等. 增值税税收中性与企业全要素生产率: 基于增值税留抵退税改革的研究. *经济评论*, 2023(2): 59–74.
- LI Shu, JIN Zhen, XIE Yanxiang, et al. Value-added tax neutrality and total factor productivity of enterprises: evidence from the reform of uncredited VAT refund. *Economic Review*, 2023(2): 59–74.
- [34] ALESINA A, BATTISTI M, ZEIRA J. Technology and labor regulations: theory and evidence. *Journal of Economic Growth*, 2018, 23(1): 41–78.
- [35] 孙伟增, 郭冬梅. 信息基础设施建设对企业劳动力需求的影响: 需求规模、结构变化及影响路径. *中国工业经济*, 2021(11): 78–96.
- SUN Weizeng, GUO Dongmei. The impact of information infrastructure on enterprise labor demand: change of labor demand scale and structure, and its influence channel. *China Industrial Economics*, 2021(11): 78–96.
- [36] 董林辉, 段文斌. 技术进步的原因和性质: 基于分工和报酬递增的研究. *南开经济研究*, 2006(6): 41–49.
- DONG Linhui, DUAN Wenbin. The nature and causes of the technological progress: a research based on the labor division and increasing returns. *Nankai Economic Studies*, 2006(6): 41–49.
- [37] CASELLI F, COLEMAN W J. The world technology frontier. *American Economic Review*, 2006, 96(3): 499–522.
- [38] 谢获宝, 惠丽丽, 史宝君, 等. 数字技术应用与企业劳动力投资效率. *管理科学*, 2023, 36(6): 45–61.
- XIE Huobao, HUI Lili, SHI Baojun, et al. Digital technology application and enterprises labor investment efficiency. *Journal of Management Science*, 2023, 36(6): 45–61.
- [39] IVANOV D. Lean resilience: AURA (Active Usage of Resilience Assets) framework for post-COVID-19 supply chain management. *The International Journal of Logistics Management*, 2022, 33(4): 1196–1217.
- [40] 何小钢, 朱国悦. 互联网使用与企业库存决策行为: 理论机制与中国证据. *中央财经大学学报*, 2021(12): 119–132.
- HE Xiaogang, ZHU Guoyue. The internet and business inventory decision-making behavior: theoretical mechanism and Chinese evidence. *Journal of Central University of Finance & Economics*, 2021(12): 119–132.
- [41] LUKIĆ J, RADENKOVIĆ M, DESPOTOVIĆ-ZRAKIĆ M, et al. Supply chain intelligence for electricity markets: a smart grid perspective. *Information Systems Frontiers*, 2017, 19(1): 91–107.
- [42] 巫强, 姚雨秀. 企业数字化转型与供应链配置: 集中化还是多元化. *中国工业经济*, 2023(8): 99–117.
- WU Qiang, YAO Yuxiu. Firm digital transformation and supply chain configuration: centralization or diversification. *China Industrial Economics*, 2023(8): 99–117.
- [43] 邱煜, 伍勇强, 唐曼萍. 数字化转型与企业供应链依赖. *中国软科学*, 2023(10): 215–224.
- QIU Yu, WU Yongqiang, TANG Manping. Digital transformation and enterprises supply chain dependence. *China Soft Science*, 2023(10): 215–224.
- [44] VANPOUCKE E, VEREECKE A, MUYLLE S. Leveraging the impact of supply chain integration through information technology. *International Journal of Operations & Production Management*, 2017, 37(4): 510–530.
- [45] WU L F, YUE X H, JIN A L, et al. Smart supply chain management: a review and implications for future research. *The International Journal of Logistics Management*, 2016, 27(2): 395–417.
- [46] BALAKRISHNAN A S, RAMANATHAN U. The role of digital technologies in supply chain resilience for emerging markets' automotive sector. *Supply Chain Management*, 2021, 26(6): 654–671.

- [47] 肖土盛, 孙瑞琦, 袁淳, 等. 企业数字化转型、人力资本结构调整与劳动收入份额. *管理世界*, 2022, 38(12): 220–237.
XIAO Tusheng, SUN Ruiqi, YUAN Chun, et al. Digital transformation, human capital structure adjustment and labor income share. *Journal of Management World*, 2022, 38(12): 220–237.
- [48] 胡楠, 薛付婧, 王昊楠. 管理者短视主义影响企业长期投资吗? 基于文本分析和机器学习. *管理世界*, 2021, 37(5): 139–156.
HU Nan, XUE Fujing, WANG Haonan. Does managerial myopia affect long-term investment? Based on text analysis and machine learning. *Journal of Management World*, 2021, 37(5): 139–156.
- [49] 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. *财贸经济*, 2021, 42(7): 114–129.
ZHAO Chenyu, WANG Wenchun, LI Xuesong. How does digital transformation affect the total factor productivity of enterprises?. *Finance & Trade Economics*, 2021, 42(7): 114–129.
- [50] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展: 来自中国城市的经验证据. *管理世界*, 2020, 36(10): 65–75.
ZHAO Tao, ZHANG Zhi, LIANG Shangkun. Digital economy, entrepreneurship, and high-quality economic development: empirical evidence from urban China. *Journal of Management World*, 2020, 36(10): 65–75.
- [51] 王应欢, 郭永祯. 企业数字化转型与 ESG 表现: 基于中国上市企业的经验证据. *财经研究*, 2023, 49(9): 94–108.
WANG Yinghuan, GUO Yongzhen. Firm digital transformation and ESG performance: evidence from China's A-share listed firms. *Journal of Finance and Economics*, 2023, 49(9): 94–108.
- [52] 黎文靖, 郑曼妮. 实质性创新还是策略性创新? 宏观产业政策对微观企业创新的影响. *经济研究*, 2016, 51(4): 60–73.
LI Wenjing, ZHENG Manni. Is it substantive innovation or strategic innovation? Impact of macroeconomic policies on micro-enterprises' innovation. *Economic Research Journal*, 2016, 51(4): 60–73.
- [53] 武常岐, 张昆贤, 周欣雨, 等. 数字化转型、竞争战略选择与企业高质量发展: 基于机器学习与文本分析的证据. *经济管理*, 2022, 44(4): 5–22.
WU Changqi, ZHANG Kunxian, ZHOU Xinyu, et al. Digital transformation, choice of competitive strategy, and high-quality development of firms: from evidence of machine learning and text analysis. *Business and Management Journal*, 2022, 44(4): 5–22.
- [54] 申慧慧, 于鹏, 吴联生. 国有股权、环境不确定性与投资效率. *经济研究*, 2012, 47(7): 113–126.
SHEN Huihui, YU Peng, WU Liansheng. State ownership, environment uncertainty and investment efficiency. *Economic Research Journal*, 2012, 47(7): 113–126.
- [55] LI L, SU F, ZHANG W, et al. Digital transformation by SME entrepreneurs: a capability perspective. *Information Systems Journal*, 2018, 28(6): 1129–1157.
- [56] 尹美群, 盛磊, 李文博. 高管激励、创新投入与公司绩效: 基于内生性视角的分行业实证研究. *南开管理评论*, 2018, 21(1): 109–117.
YIN Meiqun, SHENG Lei, LI Wenbo. Executive incentive, innovation input and corporate performance: an empirical study based on endogeneity and industry categories. *Nankai Business Review*, 2018, 21(1): 109–117.
- [57] HEROLD S, HELLER J, ROZEMEIJER F, et al. Dynamic capabilities for digital procurement transformation: a systematic literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2023, 53(4): 424–447.
- [58] 罗超平, 胡猛. 线上销售、企业创新与全要素生产率. *中国软科学*, 2021(9): 119–127.
LUO Chaoping, HU Meng. Online sales, enterprise innovation and total factor productivity. *China Soft Science*, 2021(9): 119–127.
- [59] 李云鹤, 蓝齐芳, 吴文锋. 客户公司数字化转型的供应链扩散机制研究. *中国工业经济*, 2022(12): 146–165.
LI Yunhe, LAN Qifang, WU Wenfeng. The diffusion mechanism of corporate customers' digital transformation along the supply chain. *China Industrial Economics*, 2022(12): 146–165.
- [60] 孙昌玲, 王化成, 王芃芃. 企业核心竞争力对供应链融资的影响: 资金支持还是占用?. *中国软科学*, 2021(6): 120–134.
SUN Changling, WANG Huacheng, WANG Pengpeng. Influence of corporate core competence on supply chain finance: financial support or occupation?. *China Soft Science*, 2021(6): 120–134.
- [61] 郭金花, 郭檬楠, 郭淑芬. 数字基础设施建设如何影响企业全要素生产率? 基于“宽带中国”战略的准自然实验. *证券市场导报*, 2021(6): 13–23.
GUO Jinhua, GUO Mengnan, GUO Shufen. How does digital infrastructure affect the total factor productivity of enterprises? A quasi-natural experiment based on the “broadband China” strategy. *Securities Market Herald*, 2021(6): 13–23.
- [62] WU L, HITT L, LOU B W. Data analytics, innovation, and firm productivity. *Management Science*, 2020, 66(5): 2017–2039.
- [63] 李唐, 李青, 陈楚霞. 数据管理能力对企业生产率的影响效应: 来自中国企业—劳动力匹配调查的新发现. *中国工业经济*, 2020(6): 174–192.
LI Tang, LI Qing, CHEN Chuxia. The effect of data management ability on firm productivity: new evidence from China employer-employee survey. *China Industrial Economics*, 2020(6): 174–192.

Supply Chain Digitization and Enterprise Productivity: From the Perspective of Factor Allocation and Supply Chain Governance

JIA Junwei¹, WU Ying¹, HE Nianchu², XU Jiangbo¹

1 School of Accounting, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China

2 School of Economics and Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China

Abstract: There have been rich and useful explorations on the relationship between digital technology and enterprise productivity, but the existing literature mainly emphasizes digital technology and weakens its integration process with the specific business activities of enterprises, which leads to certain limitations on the depth of research and practical value. In the context of accelerating the deep embedding of digital technologies in modern supply chains, it is of great theoretical and practical significance to explore the impact of supply chain digitization on enterprise productivity.

Using text analysis and machine learning methods to portray the level of supply chain digitization of micro enterprises, and taking Chinese A-share listed companies as samples from 2010 to 2022, we empirically examine the impact of supply chain digitization on enterprises' productivity using the fixed effects model based on theoretical analyses, and address the endogeneity issue using instrumental variables method and difference-in-differences method. The role mechanisms of supply chain digitization in enhancing enterprises' productivity are revealed from factor allocation and supply chain governance respectively, and the heterogeneous empowerment effect and concurrent supply chain spillover effect are further analyzed.

The results of this study show that supply chain digitization can significantly enhance enterprise productivity. In terms of the mechanism of action, supply chain digitization can produce factor allocation effects, enhance the technological innovation ability of enterprises and optimize the structure of human capital, as well as supply chain governance effects, and improve the efficiency of the supply chain and reduce the supply chain dependence, which in turn can promote the productivity improvement of enterprises. Heterogeneity analysis reveals that the productivity enhancement effect of supply chain digitization is more pronounced in enterprises with more strategic vision of executives, enterprises with higher environmental uncertainty, SMEs, capital-intensive enterprises, and labor-intensive enterprises, and mainly comes from procurement and marketing. Extended research finds that supply chain digitization also has productivity spillover effects, which can lead to productivity gains in both upstream and downstream supply chain enterprises, but mainly in the form of "upward spillover" effects.

Empirically examining the role of supply chain digitization on enterprise productivity enhancement opens the "black box" of its mechanism from the perspectives of factor allocation and supply chain governance, and helps to improve the understanding of how digital technology affects enterprise productivity from the perspective of supply chain. The results of the study have certain guiding value for supporting supply chain innovation and optimization, guiding supply chain node enterprises to cooperate and win-win cooperation, and promoting enterprises to improve quality and efficiency.

Keywords: supply chain digitization; enterprise productivity; factor allocation; supply chain governance; text analysis

Received Date: June 25th, 2023 **Accepted Date:** April 24th, 2024

Funded Project: Supported by the National Social Science Fund of China (20BGL072) and the Graduate Academic New Talent Program of Capital University of Economics and Business (2025XSXR10)

Biography: JIA Junwei is a Ph.D candidate in the School of Accounting at Capital University of Economics and Business. His research interests include supply chain management and corporate finance. His representative paper titled "Research on the configuration effect of entrepreneurial cost perception on entrepreneurial intention" was published in the *Science Research Management* (Issue 12, 2023). E-mail: jjw1318303@163.com

WU Ying is a Ph.D candidate in the School of Accounting at Capital University of Economics and Business. His research interests include digital transformation and supply chain management. His representative paper titled "Business environment optimization, human capital effect and firm labor productivity" was published in the *Journal of Management World* (Issue 2, 2023). E-mail: wuying@cueb.edu.cn

HE Nianchu is a Ph.D candidate in the School of Economics and Management at Nanjing University of Science and Technology. His research interests include financial sharing and internal control. E-mail: hench2008@126.com

XU Jiangbo, doctor in management, is a professor in the School of Accounting at Capital University of Economics and Business. His research interests include internal control and management accounting. His representative paper titled "How does free trade zone policy affect enterprise value?—Analysis and tests from the perspective of dual circulation" was published in the *Accounting Research* (Issue 10, 2022). E-mail: xjb263@cueb.edu.cn

□

(责任编辑: 李祎博)