

不确定性冲击、数字技术创新与供应链韧性

赵玲¹ 黄昊²

(1.西华大学经济学院,四川成都 610039;2.西南财经大学财政税务学院,四川成都 611130)

摘要:数字技术是数字经济发展的核心引擎,正在深刻改变社会生产生活方式并逐渐成为应对经济不确定性的重要力量。本文以 2020 年新冠肺炎疫情冲击为例,从供应链韧性的视角出发实证考察了数字技术创新应对不确定性冲击的效果及作用机制。研究结果显示,在面对不确定性冲击时,相较于数字技术创新水平较低的企业,数字技术创新水平较高的企业供应链效率显著更高,即数字技术创新有力地缓解了不确定性冲击对供应链稳定性带来的负面影响,提升了供应链韧性。并且,当公司与供应商或客户地理距离越远以及所在地区不确定性冲击越严重时,数字技术创新对供应链韧性的提升效果越明显。机制分析发现,数字技术创新主要通过降低不确定性冲击下企业的内部协调成本和外部交易成本强化供应链韧性。拓展性分析结果表明,所在地区数字技术创新能力强的企业数量越多,遭受冲击后其经济复苏越快。总体上,本文的研究初步证实了强化数字技术创新能有效提升不确定性冲击下供应链的安全稳定,强化经济发展韧性。

关键词:不确定性冲击;数字技术创新;供应链韧性;经济稳定

中图分类号:F274 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5230(2024)04-0148-13

一、引言

党的二十大报告明确提出,要着力提升产业链供应链韧性和安全水平。产业链供应链稳定是构建新发展格局的重要基础,也是维护与增强国家安全能力的关键一环。产业链供应链体系构成了产业经济运行的基本脉络,各类生产要素、资源和商品等沿着产业链供应链循环流转,是经济循环的重要组成部分。保持产业链供应链安全稳定、高效畅通,是经济良性循环的基础。当今世界正处于百年未有之大变局,贸易摩擦、地缘冲突等不确定性事件屡见不鲜,尤其是 2020 年发生的新冠肺炎疫情

收稿日期:2024-03-20

基金项目:国家自然科学基金青年项目“政策执行效果审计与企业创新质量研究:基于地方政府行为纠偏的视角”(72102192);国家自然科学基金青年项目“分行业信息披露与资本市场定价效率:基于一项准自然实验的研究”(72102187);四川省哲学社会科学重点研究基地资助项目“政府引导基金跟踪审计助力产业高质量发展的理论逻辑与实现路径研究”(SC23E019)

作者简介:赵玲(1992—),女,四川泸州人,西华大学经济学院副教授;

黄昊(1992—),男,江西九江人,西南财经大学财政税务学院副教授,本文通讯作者。

(以下简称“新冠疫情”或“疫情”)给供应链稳定性带来巨大挑战。在不确定性冲击下如何进一步“稳链强链”以提升供应链的韧性和竞争力,已成为当前推动经济发展的重大战略任务,也是理论界和实务界共同关注的焦点话题。

“韧性”一词起初主要用于物理学领域,指代物体受到外力作用时产生变形而不易折断的性质。与此相对应,引申至经济学中的供应链韧性这一术语则常用于描述供应链抵御重大突发事件影响、遭受冲击之后快速恢复到原来状态或者更加理想状态的能力^[1]。从公司运营视角来看,供应链韧性越强常常表现为不确定性冲击对公司存货周转效率带来的负面影响越小,也即供应链越稳定、运转效率越高。现有诸多文献指出,数字技术创新为信息、资源的快速交换和流动提供了重要机遇^{[2][3]}。扎实的数字技术创新能力是企业智能化运作的基本前提。数字技术创新有助于企业实现生产经营流程的智能化重塑,强化供应链上下游信息流动和资源调配,进一步提升精细化管理水平。而这与供应链韧性要求的快速响应和协调不谋而合。那么,数字技术创新是否能有效提升企业供应链应对不确定性冲击的能力?也即,数字技术创新是否会增强供应链韧性?这是本文研究的核心问题。

自2020年以来,在全球范围爆发的新冠肺炎疫情给各行各业带来了巨大冲击,企业闭环管理、停工停产、物流运输不畅等情况严重威胁着供应链稳定。从上下游信息流动和资源调配的视角来看,此冲击带来的最大变化在于很多企业的业务发展变得不可预测,开工率、运输物流、成本等也都难以得到有效的管理和控制。而数字技术创新的重要优势便体现为供应链海量数据信息的挖掘和快速集成分析,通过智能化手段及时做出监测预警和应急预案,高效完成资源调配以应对短缺、过剩、价格波动以及其他外在风险的冲击,进而使得供应链高效运转。此外,数字技术创新还能有效突破疫情不确定性引致的物理封闭阻隔,通过远程办公协调内部信息传递和外部运营管理,进一步缓解外部冲击产生的负面影响。

基于此,本文以中国沪深A股上市公司2018年第一季度至2021年第四季度的数据为样本,实证检验了不确定性冲击下企业数字技术创新能力对供应链韧性的影响。结果显示,冲击发生后,相较于数字技术创新能力较差的公司,数字技术创新能力较好的公司展现出更强的供应链韧性。当公司供应链地理距离越远、所在地区受冲击程度越严重时,数字技术创新对供应链韧性的提升效果越明显。这表明,企业数字技术创新有效地提升了供应链应对不确定性冲击的能力,即数字技术创新显著增强了企业供应链韧性。机制分析发现,数字技术创新主要通过降低内部协调成本和外部交易成本,从而缓解不确定性冲击对供应链运转的负面影响。进一步宏观层面的经济效应分析表明,所属地区数字技术创新能力强的企业数量越多,受冲击后其经济复苏也越快。

与已有文献相比,本文的边际贡献主要体现在以下三个方面。第一,拓展了供应链韧性相关的实证研究。从现有文献来看,关于供应链韧性的研究主要集中在宏观定性或案例分析,少数定量研究采用网络建模和决策模拟等方法,鲜有采用大样本实证分析方法进行检验,本文的研究为此提供了补充。第二,丰富了数字技术创新经济效果的相关文献。数字技术创新是发展数字经济、加速经济社会数字化转型的核心驱动力。现有研究普遍关注到数字技术创新在提升企业市场价值、推动企业高质量发展中发挥的重要作用,但少有文献探讨其微观作用机制。本文以不确定性冲击为例,从企业供应链管理和韧性提升的视角对此进行了拓展。第三,为强化数字化支撑,维护供应链稳定提供了理论支持。在复杂的国际形势和不确定性冲击下,全球企业普遍面临着严峻的供应链挑战。当无法预测的不确定性冲击成为常态的时候,供应链韧性便显得尤为重要。本文的研究为政府相关部门夯实数字基础设施建设,助力企业数字技术创新提供了理论支撑,同时也为更好地应对不确定性冲击,增强国家在保障经济安全、保持产业链供应链稳定等方面提供了参考。

二、文献回顾与研究假设

本节首先回顾和梳理供应链韧性内涵特征、影响因素相关研究文献,在此基础上进一步分析不确定性冲击下数字技术创新影响企业供应链韧性的作用机理并提出研究假设。

（一）供应链韧性相关文献

供应链韧性是近年来供应链管理领域较为热门的研究话题,从概念上看,其主要用于刻画供应链在受到冲击时能快速恢复成原状甚至更加理想状态的能力^[1]。在供应链韧性概念被提出的早期,文献主要集中于讨论其定义、内涵及外延。随着研究的深入,学者们开始更多关注供应链韧性的提升路径。丰富的社会资本^[4]、敏捷的信息反馈系统以及良好的风险预警能力等都是提升供应链韧性的关键举措^[5]。针对供应链中易受冲击或风险集中的区域,提前设置较为完备的应急方案,将能有效地缩短应对时间,并把负面风险和处置成本降至最低^[6]。此外,扁平动态的公司文化或组织结构有助于企业更快速地做出应急反应,因而也会正向影响公司供应链韧性^[7]。

数字技术的快速融合发展正在为推动供应链运营的数智化变革蓄势赋能,在数字经济时代供应链群落各类主体关系将会变得更为紧密,强化供应链生态系统构建是塑造韧性的重要要求^[8]。围绕生态系统各节点建立的物理和数字系统实时连接,能有效改变企业运营成本和灵活性,进而更好地响应不确定性冲击状态下的供需变化,完成资源高效调配^[9]。已有研究指出供应链韧性是供应链系统行为与功能整体适应环境复杂性的一种能力标志,并呼吁未来更多研究应围绕特定场景中供应链危机化解的有效性展开^[10]。正是基于此,本文尝试以新冠疫情对供应链的冲击为例,深入研究数字技术创新能力对这一影响的缓解作用,以更好地拓展供应链韧性提升路径与作用机理的相关研究。

（二）不确定性冲击下数字技术创新对企业供应链运转的影响分析

当前,国际经济发展面临的外部环境更加复杂严峻,各类不确定性因素和挑战明显增多。将不确定性冲击纳入经济分析框架也被认为是21世纪现代经济周期理论的重大创新成果之一^[11]。自Bloom对不确定性冲击进行研究以来^[12],学术界普遍认为不确定性对经济增长产生了严重负面影响,不确定性冲击是引发经济周期性波动的重要风险来源。在此基础上,现有文献进一步从非线性、动态演化和结构调整的视角探究了不确定性冲击影响经济发展的传导路径,取得了有益的经验证据^[13]。当前,在百年未有之大变局背景下,传统经济层面的不确定性风险与非经济领域的不确定性风险(如地缘冲突、突发公共卫生事件)相互交织影响,促使现有关于不确定性冲击的研究呈现出跨学科交叉融合的趋势,并不断从宏观向微观领域纵深拓展。

微观企业是宏观经济运行的组织细胞,也是不确定性风险冲击的直接受体。与传统单个企业不同,现代企业多以网络族群的方式呈现,而供应链关系便是链接网络族群的一种常见方式。伴随社会生产和分工日益细化,供应链上企业间的联系越来越紧密,但与此同时其脆弱性也在被放大。面对外部不确定性冲击,链条上任何一个细微环节的断裂很可能会迅速蔓延甚至酿成全局性风险^[14]。深入探究不确定性冲击下如何保持微观企业供应链持续稳定运转,强化供应链韧性,无疑具有重要现实意义。

2020年初暴发的新冠肺炎疫情给经济社会运行造成了严重冲击,但在一定程度上也为我们观察不确定性冲击下企业供应链运转相关情况提供了一个极佳的窗口。已有研究指出新冠疫情对各行各业产生了广泛的影响,在全球前1000的公司中约有94%的企业因疫情爆发带来的物流困境、交通限制、生产停滞等问题而供应链受到严重负面冲击^{[15][16]}。在随后的复工复产期间,疫情带来的最大变化则是很多工厂的业务发展变得不可预测,开工率、运输物流、成本都无法做到明确管理和控制,这对企业的大数据信息挖掘、整合以及灵活运营提出了更高的要求。数字技术创新带来的智能化融合,有利于企业在面临不确定性冲击时进行监测预警和应急响应,动态规划、调整生产运营以及物流模式,进而降低对供应链运转的不利影响。具体地,本文将以新冠肺炎疫情冲击为切入点,系统分析不确定性冲击下数字技术创新如何影响企业供应链韧性,并提出研究假设。

一方面,数字技术创新能通过智能化运营模式,强化公司内部信息沟通,降低不确定性冲击下的内部协调成本。企业内部信息传递与生产运营的有序开展是保证供应链正常运转,提高供应链韧性的基本前提。频繁的不确定性冲击对企业各部门的协作和稳定闭环生产提出了更高的要求。数字技术创新的关键优势在于无接触、自动化管理,提高企业流程运营的智能化,例如通过视频会议、远程协

作工具和云存储功能,员工可以不受时间和地域限制进行办公和信息传递,从而提高信息共享和决策效率,降低内部协调成本。高水平的数字技术创新能力,还可以有效提升项目管理和任务协调的自动化和可视化水平,借助这些智能化平台,参与者能清晰地了解冲击影响下的特定项目进展、任务分配和工作优先级,实现更高效的协作和任务协调,降低生产过程中断风险。此外,数字技术还能实现对内部生产组织活动的实时监控和反馈,使不确定冲击产生的问题可以更快地被发现和解决,减少效率损失。总的来说,数字技术创新可以通过实时信息共享、自动化流程和智能决策反馈等智能化运营方式,降低供应链管理中的内部协调成本,提高运营效率和灵活性。

另一方面,数字技术创新能通过大数据挖掘与分析预测,帮助企业快速掌握供应链结点信息,降低不确定性冲击下的外部交易成本。供应链运转的实质是“上游供应商—物流通道—企业生产组织—物流通道—下游客户”这一链条上资源调配和信息交换循环往复的过程。频繁的不确定性冲击,使得供应商备货、客户需求和物流通道都面临较大的风险,严重影响供应链的稳定运行。而以数字技术创新为依托的大数据分析和智能决策系统,能帮助企业更准确地预测不确定性冲击下的市场需求变化,有效掌握物流通道的管控情况,优化存货的调配路径,进而减少库存过剩或不足等情况发生的概率,降低摩擦成本。同时,数字技术创新优势还可以助力企业建立供应链协同平台,促进供应链上下游企业间的信息共享和协同决策,提高供应链的灵活性和响应速度,培育稳定的合作伙伴关系,进一步降低供应链外部交易成本。总的来说,数字技术创新可以通过精准预测需求、规划物流路线,降低摩擦成本以及加强合作伙伴协同等方式,降低外部交易成本,提高供应链韧性。

综合上述分析,数字技术创新带来的智能化运营、大数据挖掘和预测分析能有效缓解不确定性冲击对企业内部生产运营和外部资源调配产生的不利影响,使得供应链保持良好的运转。基于此,本文提出如下研究假设。

H:数字技术创新水平的提升能有效缓解外部不确定性冲击对供应链韧性产生的负面影响。

三、研究设计

(一)样本选取与数据来源

本文以2020年第1季度作为事件发生点,时间选取2018年第1季度至2019年第4季度以及2020年第2季度至2021年第4季度,即不确定性冲击前后共15个季度为样本区间。并以上述样本期间的沪深A股公司作为研究样本。上市公司基础数据主要来源于CSMAR和WIND数据库,其中包括上市公司财务报表数据以及企业性质等信息,同时考虑金融行业的特殊性,剔除行业分类属于金融、保险业的公司以及数据缺失的样本。本文对所有连续变量进行1%和99%分位的缩尾处理以消除极端值对估计结果的影响。数据处理使用Stata软件。

(二)模型设定及变量定义

本文旨在考察不确定性冲击下企业数字技术创新对供应链韧性的影响。参考已有文献的做法^{[16][17]},设置如下双重差分模型:

$$\text{Chaineff}_{i,t} = \alpha + \beta_1 \text{Treat}_{i,t} \times \text{Post}_{i,t} + \beta_2 \text{Controls}_{i,t} + \text{Time}_t + \text{Firm}_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

供应链韧性越强,表示面对不确定性冲击时供应链越能快速恢复或保持稳定运转,也即在公司运营中表现出更高的供应链效率。基于此,本文主要通过观察不确定性冲击下的供应链效率来判断供应链韧性强弱。具体地,式(1)中下标*i*表示企业,*t*表示年份—季度。Chaineff为被解释变量,表示供应链效率,采用公司存货周转率的自然对数值衡量,该变量的值越大表明公司供应链运行越顺畅,效率越高,韧性越好^[18]。Treat×Post为解释变量,其系数 β_1 刻画了不确定性冲击下,数字技术创新能力较强与较弱企业在供应链韧性表现上的差异程度。若 β_1 大于0,表明数字技术创新能有效应对不确定性冲击对公司供应链效率产生的负面影响,也即数字技术创新能有效提高供应链韧性。其中Treat表示政策处理变量,用于区分控制组和处理组。将数字技术创新程度高的企业设置为处理组,取值为1;否则设置为控制组,取值为0。

数字技术创新采用与公司数字化相关专利的申请量进行度量^{[19][20]}。具体地,对上市公司所有发明专利与实用新型专利申请文件的摘要、说明书和权利要求书进行关键词文本分析,如果公司专利与数字技术相关则确定为数字化专利,再按照公司一年度进行加总取对数处理,得到数字化专利总数。基于稳健性的考虑,我们也计算了仅包含数字化发明专利的申请数。进一步为缓解内生性问题的影响,我们按照冲击发生前三年(2017—2019年)数字化专利申请量的平均值来衡量企业数字技术创新水平,若该值高于行业中位数则归为数字技术创新水平较高组(处理组),低于中位数则为数字技术创新水平较低组(控制组)。按照数字化专利总数和数字化发明专利数得到的政策处理变量(Treat),分别记作 Treat_pat 和 Treat_inv。

Post 表示不确定性冲击的前后,以 2020 年第 1 季度为事件发生点,在此之前取值为 0,之后取值为 1;Controls 表示影响供应链韧性的一系列控制变量;Time 为年份—季度时间固定效应;Firm 为公司固定效应。具体的变量定义如表 1 所示:

表 1 变量定义

变量名称	变量符号	变量定义
供应链韧性	Chaineff	不确定性冲击下供应链效率的变化,采用公司存货周转率的自然对数衡量
实验组虚拟变量	Treat_pat	虚拟变量,数字化专利总数高于中位数设置为处理组,取值为 1;否则为控制组,取值为 0(详见上文变量定义说明)
	Treat_inv	虚拟变量,数字化发明专利高于中位数设置为处理组,取值为 1;否则为控制组,取值为 0(详见上文变量定义说明)
政策时间虚拟变量	Post	虚拟变量,冲击发生以前(2018 年第一季度—2019 年第四季度)取值为 0,冲击发生以后(2020 年第二季度—2021 年第四季度)取值为 1
资产规模	Size	公司资产总额的自然对数
杠杆率	Lev	公司债务总额与资产总额的比值
资产回报率	Roa	公司净利润除以资产总额
账面市值比	MB	公司权益账面价值与市场价值的比值
企业年龄	Firmage	公司上市年限的自然对数
现金流	Cash	公司经营活动产生的现金流净额与总资产的比值
固定资产比率	Fixast	公司固定资产净额与总资产的比值
产权性质	Soe	虚拟变量,国有企业取值为 1,否则取值为 0
股权集中度	Top1	公司第一大股东持股比例
两职合一	Dual	虚拟变量,董事长与总经理兼任取值为 1,否则取值为 0

(三)描述性统计

表 2 报告了主要变量的描述性统计结果。被解释变量(Chaineff)的均值为 0.816,中位数为 0.744,最大值为 5.778,最小值为-2.355,表明样本期间各公司供应链效率具有明显的差异。按照公司数字化相关专利总数以及数字化发明专利数划分的政策处理变量(Treat_pat 和 Treat_inv)的均值分别为 0.476 和 0.461,两组样本较为均衡。政策时间虚拟变量(Post)的均值为 0.477,说明冲击发生后的样本占样本总数的比重约为 47.7%。从控制变量来看,企业规模的均值(中位数)为 22.382(22.170),资产负债率的均值(中位数)为 41.9%(41.4%),总资产收益率的均值(中位数)为 2.6%(2.1%)。从这些结果来看,各变量分布较为均匀,没有明显的偏态。

四、实证结果分析

(一)基本结果

为了检验本文的研究假设,我们按照模型(1)进行回归,得到的结果报告在表 3 中。其中,第(1)列为不包含控制变量,仅控制公司固定效应、年份—季度固定效应的回归结果;第(2)、(3)列为进一步包括所有控制变量的回归结果。可以发现,交乘项(Treat_pat×Post、Treat_inv×Post)的回归系数在各列均显著为正,说明受到不确定性冲击后,数字技术创新水平较高的企业供应链效率也更高,即数字技术创新有助于强化供应链韧性。从经济效应来看,以第(2)列交互项 Treat_pat×Post 的系数值 0.112 为例,表明不确定性冲击发生后,相较于数字技术创新水平较弱的企业,数字技术创新水平

较好的企业其供应链效率大约高出 11.2%。因此,综合表 3 的结果,本文的假设得到验证,数字技术创新水平的提升有效缓解了不确定性冲击对供应链韧性的负面影响。

表 2 描述性统计

变量	均值	中位数	标准差	最小值	最大值
Chaineff	0.816	0.744	1.316	-2.355	5.778
Treat_pat	0.476	0.000	0.499	0.000	1.000
Treat_inv	0.461	0.000	0.498	0.000	1.000
Post	0.477	0.000	0.499	0.000	1.000
Size	22.382	22.170	1.315	20.001	26.452
Lev	0.419	0.414	0.193	0.067	0.892
Roa	0.026	0.021	0.044	-0.167	0.164
MB	0.645	0.643	0.251	0.119	1.216
Firmage	2.171	2.303	0.764	0.000	3.332
Cash	0.019	0.016	0.060	-0.148	0.194
Fixast	0.196	0.166	0.143	0.003	0.657
Soe	0.299	0.000	0.458	0.000	1.000
Top1	0.221	0.193	0.168	0.002	0.655
Dual	0.318	0.000	0.466	0.000	1.000

表 3 基本结果

变量	(1)	(2)	(3)
	Chaineff	Chaineff	Chaineff
Treat_pat×Post	0.133 *** (4.118)	0.112 *** (3.693)	
Treat_inv×Post			0.117 *** (3.971)
常数项	0.786 *** (9.876)	1.457 (1.441)	1.503 (1.478)
控制变量	否	是	是
年份—季度/公司固定效应	是	是	是
观测值	35616	35616	35616
调整R ²	0.005	0.183	0.183

注: *、** 和 *** 分别表示在 10%、5% 和 1% 的水平上显著,括号中报告的是聚类稳健标准误调整后的 t 值,下表同。

(二)稳健性检验^①

1. 平行趋势检验

双重差分模型的运用依赖于平行趋势(Parallel Trend)这一重要假设,若不满足这一假设前提,估计结果将是有偏的。为了缓解平行趋势假设的担忧,我们利用分时段的动态效应来考察平行趋势假设的合理性^[21]。结果发现,在受到不确定性冲击之前,处理组公司和控制组公司的供应链效率与基期相比无明显变化;而在受到不确定性冲击后,处理组公司的供应链效率相比控制组公司有了显著的提高,表明平行趋势假定的合理性,验证了采用 DID 估计方法的有效性。

2. 安慰剂检验

为了进一步排除 2020 年第 1 季度以来其他政策出台对估计结果的干扰,本文分别在不同行业中随机抽取公司确定为处理组和控制组进行检验^[22]。重复 500 次的抽样结果发现,交乘项系数集中分布在 0 附近,且远小于估计的真实值,这反向说明在考虑其他事件干扰情况下本文的结果是稳健的。

3. 匹配样本估计(PSM+DID)

为了缓解实验组和控制组之间某些未知因素带来的选择性偏差对估计结果的干扰,本文进一步采用倾向得分匹配样本进行稳健性检验。具体地,针对实验组样本在同行业公司中通过倾向得分值与之匹配在资产规模(Size)、杠杆率(Lev)、资产回报率(Roa)等方面最接近的控制组公司,得到匹配样本后重新进行回归。倾向得分匹配样本的估计结果显示,双重差分模型的交互项系数仍为正,且在

1%水平上显著。这进一步说明,在考虑控制组和实验组之间可能的选择性偏差后,本文的结论依然稳健。

4. 剔除医疗制造业样本

新冠肺炎疫情的暴发给企业正常经营造成了巨大干扰,但反过来也加速了社会对医疗药品和相关器械等的需求,此外国家相关部门也对医药商品的生产、保供等给予了大力支持。这意味着医疗制造行业的相关企业,其供应链运转和经营可能未受到明显的负面冲击。基于此,为了更好地估计数字技术创新这一因素对不确定性冲击的缓解作用,我们进一步剔除了医疗制造行业企业的样本,重新进行回归。发现交乘项系数依然显著为正,表明在剔除可能存在干扰的样本后,本文的结论依然成立。

5. 更换政策处理变量的衡量方式

第一,按照不确定性冲击前两年即 2018—2019 年数字技术专利申请量的平均值设定实验组和控制组,若公司前两年拥有的数字技术专利申请量高于行业一年度中位数则界定为实验组,低于行业一年度中位数则界定为控制组,重新进行回归,结果依然保持稳健。第二,按照是否拥有数字技术专利设定处理组和控制组,即直接按照公司在冲击发生前三年是否拥有数字技术专利进行划分,若公司拥有至少一项数字化专利则界定为处理组,公司没有数字化专利申请则界定为控制组,重新进行回归,发现更换政策处理变量衡量方式后交互项的系数仍显著为正,表明本文的研究结论是稳健的。

6. 三重差分模型设计

根据公司是否拥有数字技术专利划分控制组和实验组的基础上,进一步引入公司所在地区受不确定性冲击严重程度变量(Exposure)的交互项,构建三重差分模型设计。具体地,按照各地区累计确诊新冠肺炎病例数衡量地区的不确定性冲击严重程度^[16],高于中位数取值为 1,否则取值为 0。结果显示,三重差分模型的关注变量仍显著为正,进一步表明本文的研究结论是稳健的。

(三) 机制分析

上文的实证分析检验了不确定性冲击下,数字技术创新提升供应链韧性的作用效果。本节在此基础上进一步探究面对不确定性冲击,数字技术创新为何能有效促进供应链高效运转、保持韧性,其机制是什么?理论上,供应链的运转既涉及企业内部资源调配、组织生产等,也与外部信息获取、与供应商和客户等的沟通协调紧密相关。因此,本文尝试从内部协调成本以及外部交易成本两个方面分析相关作用机制。

1. 数字技术创新与企业内部协调成本

不确定性冲击给企业内部生产运营带来了巨大挑战。以疫情冲击为例,疫情期间要求限制人员聚集并随时报告员工身体健康状况以及可能出现的异常情况,这对正常生产规划和备货等程序产生较大影响,并进一步影响供应链效率。而数字技术创新水平的提升,有助于促进企业流程运营的智能化,即使在无接触的条件下仍可以通过远程协作工具,高效完成目标。从生产一线组织来看,数字技术创新发展使得企业能对疫情期间员工身体健康状况和数据进行实时监测、预警,确保关键岗位持续安全运营,降低生产过程中断风险。

为了检验上述作用机制,本文采用管理费用率来衡量企业内部协调成本^{[23][24]},该指标越大意味着企业内部协调成本越高,沟通协作效率越低。同时,根据该指标的行业的中位数,将样本分为协调成本较低组和协调成本较高组。分组回归结果汇报在表 4 中,可以发现交互项($Treat_pat \times Post$ 、 $Treat_inv \times Post$)的系数仅在协调成本较高组显著为正,组间系数差异检验的经验 P 值均小于 0.1。这表明在公司协调成本较高时,不确定性冲击下数字技术创新助力企业供应链韧性提升的效果越明显,即数字技术创新有助于通过降低内部协调成本进而提升供应链韧性。

2. 数字技术创新与企业外部交易成本

公司与外部供应商、客户之间的紧密合作,特别是对生产所需原材料和货源的优先保障以及对市场变化的快速响应无疑也是保障供应链在不确定性冲击下能持续高效运转的有利条件。基于此,本文进一步从公司供应链外部交易成本视角检验数字技术创新强化供应链韧性的作用机制。面对不确

表 4

数字技术创新与企业内部协调成本

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	内部协调成本较低	内部协调成本较高	内部协调成本较低	内部协调成本较高
Treat_pat×Post	0.021 (0.966)	0.082 *** (4.386)		
Treat_inv×Post			0.033 (1.451)	0.086 *** (2.882)
控制变量	是	是	是	是
年份—季度/公司固定效应	是	是	是	是
观测值	17711	17678	17711	17678
调整R ²	0.024	0.015	0.024	0.016
组间系数差异		0.04 ***		0.00 ***

定性冲击,各企业面临的外部供应链交易成本的上升幅度存在差异。如果我们在外部交易成本上升较大的样本组中发现,数字技术创新提高供应链效率的作用更明显,则说明数字技术创新有助于通过降低外部交易成本进而提升供应链韧性。按照这一思路,本文从资产专用性、公司地位和经营不确定性三个方面来刻画外部交易成本^{[25][26]}。

具体地,资产专用性采用研发费用与广告费用之和占营业收入的比重衡量,该指标越大表明资产专用性越强;公司地位采用公司销售收入占同行业公司销售总收入的比重衡量,该指标越大表明公司地位越高。为了统一方向,我们将公司行业地位指标取倒数处理,倒数值越大意味着公司地位越低,外部交易成本越大;经营不确定性采用经行业调整的去五年非正常销售收入的标准差衡量,该指标越大表明公司外部经营不确定性越大。进一步,将以上三个指标进行主成分分析合成外部交易成本变量,并根据这一指标的行业中位数,将样本分为外部交易成本较低组和外部交易成本较高组进行回归。分组回归的结果如表 5 所示,可以发现,与上述预期一致,交互项(Treat_pat×Post、Treat_inv×Post)的系数主要在公司外部交易成本较高的样本组中显著为正。组间系数差异检验的经验 P 值均小于 0.01。这表明不确定性冲击下企业面临的外部交易成本越高,数字技术创新保障供应链运转的效果越明显。

表 5

数字技术创新与企业外部交易成本

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	外部交易成本较低	外部交易成本较高	外部交易成本较低	外部交易成本较高
Treat_pat×Post	0.039 (1.377)	0.058 ** (2.166)		
Treat_inv×Post			0.048 (1.579)	0.057 ** (2.033)
控制变量	是	是	是	是
年份—季度/公司固定效应	是	是	是	是
观测值	20649	14807	20649	14807
调整R ²	0.016	0.019	0.016	0.018
组间系数差异		0.00 ***		0.00 ***

(四)异质性分析

1. 所在地区不确定性冲击严重程度

事实上数字技术创新的关键优势便在于无接触、自动化管理,基于远程办公和信息高效协同的方式降低不确定性冲击带来的影响。以疫情为例,不确定性冲击通常为点状散发的模式,对各地区影响也确实存在一定的差异。在受到冲击相对严重的地区,当地企业受到的负面影响更大^[16],此时也更能展现数字技术创新的优势。这意味着数字技术创新效果的发挥很可能会因冲击的强弱而呈现出异质性的表现。为了检验这一差异化效果,我们以各地区累计确诊新冠肺炎病例数衡量地区受到的不确定性冲击严重程度,该指标越大表明不确定性冲击越大^[16]。按照这一指标是否大于样本中位数,将样本分为不确定性冲击较重组和不确定性冲击较轻组。分组回归得到的结果报告在表 6 中,可

以发现,交互项($Treat_pat \times Post$ 、 $Treat_inv \times Post$)的系数均为正,但仅在第(2)列和第(4)列不确定性冲击较为严重组中显著为正。同时,系数差异检验结果的经验P值均小于0.1。这表明当公司受到不确定性冲击越严重时,数字技术创新对供应链韧性的提升作用越明显。

表6 数字技术创新与供应链韧性:所在地区不确定性冲击严重程度

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	Chaineff		Chaineff	
	不确定性冲击较轻	不确定性冲击严重	不确定性冲击较轻	不确定性冲击严重
$Treat_pat \times Post$	0.100 (0.647)	0.114 *** (5.627)		
$Treat_inv \times Post$			0.089 (0.613)	0.120 *** (5.638)
控制变量	是	是	是	是
年份-季度/公司固定效应	是	是	是	是
观测值	6082	29172	6082	29172
调整R ²	0.190	0.186	0.191	0.186
组间系数差异		0.08 *		0.04 **

2. 供应链地理距离的影响

外部信息交互和物流运输的通畅性也是影响供应链韧性的重要内容。冲击发生后,随着市场供给和需求的不确定性增加,以及物流通道的不畅,对企业信息搜寻、协调以及货物调配提出了更高的要求。此时,企业与供应链上各利益相关者的地理距离成为影响信息传递和资源调配较为直接的因素之一^{[27][28]}。当供应链地理距离越远时,对运输线路的动态规划、市场需求变化情况的捕捉能力要求越高,数字技术创新发挥作用的空间和效能也可能会越大。为了检验这一异质性效果,本文整理了公司年报中披露的有关供应商、客户名称信息,并借助天眼查、企查查等平台确定其地理位置,在此基础上转换成经纬度信息,分别计算供应商、客户与公司之间的平均地理距离。

具体地,获得公司与其供应商平均地理距离后,我们按照行业中位数进行分组,高于中位数的定义为公司与供应商距离较远组,低于中位数的则为公司与供应商距离较近组。分组回归的结果报告在表7中,可以发现,交互项($Treat_pat \times Post$ 、 $Treat_inv \times Post$)的系数仅在第(1)列和第(3)列公司与供应商地理距离较远组中显著为正,这表明当公司与供应商地理距离较远时,数字技术创新对供应链韧性的提升作用更明显。

表7 数字技术创新与供应链韧性:公司与供应商距离

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	Chaineff		Chaineff	
	与供应商距离较远	与供应商距离较近	与供应商距离较远	与供应商距离较近
$Treat_pat \times Post$	0.079 ** (2.185)	0.074 (1.355)		
$Treat_inv \times Post$			0.096 ** (2.478)	0.023 (1.018)
控制变量	是	是	是	是
年份-季度/公司固定效应	是	是	是	是
观测值	5107	5335	5107	5335
调整R ²	0.135	0.163	0.135	0.164
组间系数差异		0.19		0.05 **

另外,获得公司与其客户平均地理距离后,我们按照行业中位数进行分组回归,结果列示在表8。可以发现,与表7 供应商地理距离分组回归的结果较为类似,交互项($Treat_pat \times Post$ 、 $Treat_inv \times Post$)的系数也仅在第(1)列和第(3)列公司与客户距离较远组中显著为正,组间系数差异检验的经验P值均小于0.01。因此,综合表7和表8的结果表明,当公司与供应链利益相关者(客户和供应商)地理距离越远时,企业数字技术创新对供应链韧性的提升作用越明显。

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	Chaineff	Chaineff	Chaineff	Chaineff
	与客户距离较远	与客户距离较近	与客户距离较远	与客户距离较近
Treat_pat×Post	0.147*** (3.052)	0.023 (0.464)		
Treat_inv×Post			0.162*** (2.893)	0.017 (0.371)
控制变量	是	是	是	是
年份—季度/公司固定效应	是	是	是	是
观测值	7575	7789	7575	7789
调整R ²	0.159	0.157	0.160	0.157
组间系数差异		0.00***		0.00***

五、进一步研究

(一)供应链韧性的多维度考虑

上文分析中,我们主要根据公司受到不确定冲击时供应链运转效率来测度供应链韧性。事实上,供应链韧性的内涵可能更为丰富。进一步,本文从供需关系匹配和供需关系维持角度考察数字技术创新对供应链韧性的影响^[3]。

1. 供需关系匹配

供需关系匹配是指供应链上下游企业之间供给对需求满足的概率和效率的提升^[3]。当企业备用供应商越多、供给质量越好、供给效率越高时,供应链韧性越强。大规模的存货会给企业带来较高的仓储成本、管理成本和资金占用成本,不利于供应链效率的提升。企业库存小幅度的变动,意味着只需维持较低水平的存货储备便可以应对下游企业的生产需求。因此,保持较低水平的存货、提高存货管理效率是提升供应链韧性的重要一环。参考已有研究^{[3][29]},本文采用上游企业库存调整幅度即企业存货前后两期变化的绝对值的自然对数衡量上下游企业之间供需关系匹配,该指标越小表明供应链韧性越强。供需关系匹配的回归结果汇报在表 9 第(1)列和第(2)列中,可以发现,在面对不确定性冲击时数字技术创新显著降低了企业库存调整幅度,强化了供需关系匹配。

2. 供需关系维持

供需关系维持是指供应链上下游企业之间供需合作伙伴关系的持续、稳定和协同。当企业能与供应商建立长期稳定、互利共赢、协同共生的合作伙伴关系时,供应链越具有韧性。因此,稳定的供需关系,是供应链韧性提升的关键一环。参考已有文献的做法^[30],采用企业与客户合作关系持续年份的自然对数衡量供需关系的稳定性,该指标越大表明供应链韧性越强。供需关系维持的回归结果汇报在表 9 的第(3)列和第(4)列中,可以发现,面对不确定性冲击时数字技术创新有助于供需关系维持。

综合表 9 的结果,数字技术创新有助于强化不确定性冲击影响下的企业供需关系匹配和维持。这也进一步支持了上文的逻辑推导,即当面对不确定性冲击时,数字技术创新能有效促进供应链上企业间信息传递和资源调配,进而强化供应链韧性。

表 9 供应链韧性的其他维度考量

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	供需关系匹配 (负向指标)	供需关系匹配 (负向指标)	供需关系维持 (正向指标)	供需关系维持 (正向指标)
Treat_pat×Post	-0.150* (-1.811)		0.143* (1.941)	
Treat_inv×Post		-0.246*** (-2.959)		0.097 (1.322)
控制变量	是	是	是	是
年份—季度/公司固定效应	是	是	是	是
观测值	1659	1659	1665	1665
调整R ²	0.191	0.196	0.010	0.010

(二)经济效应分析

以新冠肺炎疫情为例的不确定性冲击对宏观经济发展造成了巨大影响。加快经济复苏已然成为各地政府经济工作的重要内容。事实上,从宏微观互动的视角看,宏观经济总产出可以通过微观企业经营加总进行反映。那么,数字技术创新对微观企业供应链运营冲击的缓解作用将很有可能会助力宏观经济复苏。基于此,本文进一步在城市层面将数字技术创新水平较高企业数量进行加总(记作 $Treat_patsum$ 和 $Treat_invsum$),考察微观企业数字技术创新对不确定性冲击下宏观经济恢复的影响。本文以各地区季度人均 GDP 的同比增长率为因变量,以数字技术创新水平较高企业数量加总 ($Treat_patsum$ 、 $Treat_invsum$) 为主要解释变量,控制地区金融机构贷款规模、地区政府季度财政收入、地区季度人均 GDP 的自然对数、地区新冠肺炎累计确诊病例数^[31],以及时间固定效应和地区固定效应。

表 10 报告了回归结果,可以发现,交互项 ($Treat_patsum \times Post$ 、 $Treat_invsum \times Post$) 的系数均在 1% 水平上显著为正,说明不确定性冲击发生后,拥有高水平数字技术创新企业数量越多的地区,其人均 GDP 增长率越高。这表明数字技术创新能够通过强化供应链韧性进而发挥助力宏观经济复苏的作用。

表 10 经济效应分析

变量	(1)	(2)
	城市 GDP 同比增长率	城市 GDP 同比增长率
$Treat_patsum \times Post$	0.542 *** (7.788)	
$Treat_invsum \times Post$		0.597 *** (8.993)
控制变量	是	是
年份-季度/城市固定效应	是	是
观测值	1974	1974
调整 R ²	0.055	0.059

六、结论与启示

本文以 2020 年新冠肺炎疫情冲击为例,结合中国沪深 A 股上市公司数据,实证检验了不确定性冲击下企业数字技术创新能力对供应链韧性的影响。结果显示,冲击发生后,相较于数字技术创新能力较差的公司,数字技术创新能力较好的公司展现出更强的供应链韧性。这一效果在公司与供应商或客户地理距离越远以及所在地区受冲击程度越严重时表现得更为明显。这表明,企业数字技术创新有效地提升了供应链应对不确定性冲击的能力,即数字技术创新显著增强了企业供应链韧性。机制分析发现,数字技术创新主要通过强化智能化运营、提升大数据挖掘和预测分析能力降低内部协调成本和外部交易成本,进而缓解不确定性冲击对供应链运转的负面影响。进一步宏观层面的经济效应分析表明,所属地区数字技术创新能力强的企业数量越多,受冲击后其经济复苏越快。

本文的研究丰富了数字技术创新经济效果以及供应链管理影响因素的相关文献,同时对于深入理解不确定性冲击下供应链韧性的强化路径也具有重要价值。因此,一是要继续加大数字技术创新的支持力度,营造浓厚的数字化创新氛围,夯实数字化转型的底层技术基础。发挥好数字技术创新对供应链灵活性、适应性和响应速度的智能支持作用,提升供应链韧性。二是要努力激活数字技术创新在供应链企业间的同频效应,推动“端到端”的智慧供应链建设。本文的研究结论表明,数字技术创新带来的无接触、智能化供应链应用能有效突破地理和时空的界限,缓解供应链上资源调配的阻隔,提升运转效率。三是要进一步拓宽数字技术创新在应急管理领域的应用深度,服务企业和社会韧性发展。我国发展进入战略机遇和风险挑战并存、不确定难预料因素增多的时期,各种“黑天鹅”“灰犀牛”事件随时可能发生。努力提升应对各种不确定性冲击的能力是当前的重要任务。本文以新冠肺炎疫情为例,验证了数字技术创新在规范内部管理和外部资源协调,进而缓解不确定性冲击方面发挥的重要作用。因此,未来需要持续推动数字技术创新与特定应急管理程序的深度融合,更好地助力企业在

不确定性多发的时代高质量发展。

注释：

①稳健性检验结果限于篇幅而未列出,留存备索。

参考文献：

- [1] Christopher, M., Peck, H. Building the Resilient Supply Chain[J]. *The International Journal of Logistics Management*, 2004, 15(2):1—14.
- [2] Balci, G. Digitalization in Container Shipping: Do Perception and Satisfaction Regarding Digital Products in a Non-technology Industry Affect overall Customer Loyalty? [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2021, 172:121016.
- [3] 陶锋,王欣然,徐扬,朱盼.数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率[J]. *中国工业经济*, 2023(5):118—136.
- [4] Johnson, N., Elliott, D., Drake, P. Exploring the Role of Social Capital in Facilitating Supply Chain Resilience[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2013, 18(3):324—336.
- [5] Macdonald, J. R., Corsi, T. M. Supply Chain Disruption Management: Severe Events, Recovery, and Performance[J]. *Journal of Business Logistics*, 2013, 34(4):270—288.
- [6] Bueno-Solano, A., Cedillo-Campos, M. G. Dynamic Impact on Global Supply Chains Performance of Disruptions Propagation Produced by Terrorist Acts [J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2014, 61(1):1—12.
- [7] Dowty, R. A., Wallace, W. A. Implications of Organizational Culture for Supply Chain Disruption and Restoration[J]. *International Journal of Production Economics*, 2010, 126(1): 57—65.
- [8] 陈剑,刘运辉.数智化使能运营管理变革:从供应链到供应链生态系统[J]. *管理世界*, 2021(11):227—240.
- [9] Olsen, T. L., Tomlin, B. Industry 4.0: Opportunities and Challenges for Operations Management [J]. *Manufacturing and Service Operations Management*, 2020, 22(1):113—122.
- [10] 盛昭瀚,王海燕,胡志华.供应链韧性:适应复杂性——基于复杂系统管理视角[J]. *中国管理科学*, 2022(11):1—7.
- [11] Stock, J. H., Watson, M. W. Disentangling the Channels of the 2007—2009 Recession[Z]. NBER Working Paper, 2012, No.18094.
- [12] Bloom, N., The Impact of Uncertainty Shocks[J]. *Econometrica*, 2009, 77(3):623—685.
- [13] Caggiano, G., Castelnovo, E., Groshenny, N. Uncertainty Shocks and Unemployment Dynamics in US Recessions[J]. *Journal of Monetary Economics*, 2014, 67:78—92.
- [14] Ponomarov, S. Y., Holcomb, M. C. Understanding the Concept of Supply Chain Resilience[J]. *The International Journal of Logistics Management*, 2009, 20(1):124—143.
- [15] Singh, S., Kumar, R., Panchal, R., Tiwari, M. K. Impact of COVID-19 on Logistics Systems and Disruptions in Food Supply Chain[J]. *International Journal of Production Research*, 2020, 59(7):1—6.
- [16] 曾贇,唐松.新冠疫情下国有企业的经济稳定器作用——基于供应链扶持的视角[J]. *经济研究*, 2023(3):78—96.
- [17] Kim, J. B., Li, B., Liu, Z. Information-Processing Costs and Breadth of Ownership[J]. *Contemporary Accounting Research*, 2019, 36(4):2408—2436.
- [18] 赵玲,黄昊.企业数字化转型、供应链协同与成本粘性[J]. *当代财经*, 2022(5):124—136.
- [19] Liu, Y., Wu, H., Huang, Z., Wang, H., Ning, Y., Ma, J., Liu, Q., Chen, E. TechPat: Technical Phrase Extraction for Patent Mining[J]. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 2023, 17(9):1—31.
- [20] 黄勃,李海彤,刘俊岐,雷敬华.数字技术创新与中国企业高质量发展——来自企业数字专利的证据[J]. *经济研究*, 2023(3):97—115.
- [21] Serfling, M. Firing Costs and Capital Structure Decisions[J]. *The Journal of Finance*, 2016, 71(5):2239—2285.
- [22] 曹春方,张超.产权权利束分割与国企创新——基于中央企业分红权激励改革的证据[J]. *管理世界*, 2020(9):155—168.
- [23] 李万福,林斌,宋璐.内部控制在公司投资中的角色:效率促进还是抑制? [J]. *管理世界*, 2011(2):81—99.
- [24] 袁淳,肖士盛,耿春晓,盛誉.数字化转型与企业分工:专业化还是纵向一体化[J]. *中国工业经济*, 2021(9):137—155.

[25] 袁淳,耿春晓,孙健,崔怀谷.不确定性冲击下纵向一体化与企业价值——来自新冠疫情的自然实验证据[J].*经济学(季刊)*,2022(2):633—652.

[26] 郑志强,何佳俐.社会信用、交易成本与企业专业化分工[J].*财经研究*,2024(2):139—153.

[27] Choi, J. H., Kim, J. B., Qiu, A. A., Zang, Y. Geographic Proximity between Auditor and Client: How Does It Impact Audit Quality? [J]. *Auditing: A Journal of Practice and Theory*, 2012, 31(2):43—72.

[28] 唐斯圆,李丹.客户地理距离邻近与公司信息质量[J].*中国会计评论*,2019(1):21—48.

[29] Chen, H., Frank, M. Z., Wu, O. Q. What Actually Happened to the Inventories of American Companies between 1981 and 2000[J]. *Management Science*,2005,51(7):1015—1031.

[30] 蒋殿春,鲁天宇.供应链关系变动、融资约束与企业创新[J].*经济管理*,2022(10):56—74.

[31] 刘瑞明.所有制结构、增长差异与地区差距:历史因素影响了增长轨迹吗? [J].*经济研究*,2011(2):16—27.

Uncertainty Shock, Digital Technology Innovation and Supply Chain Resilience

ZHAO Ling¹ HUANG Hao²

(1. School of Economics, Xihua University, Chengdu 610039, China; 2. School of Public Finance and Taxation, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 611130, China)

Abstract: Digital technology is the core engine driving the development of the digital economy, profoundly changing the way society produces and lives, and gradually becoming an important force in dealing with economic uncertainty. Taking the impact of the COVID-19 pandemic in 2020 as an example, this paper empirically investigates the effect and mechanism of digital technology innovation in response to uncertainty shocks from the perspective of supply chain resilience. The results show that when facing uncertainty impact, the supply chain efficiency of enterprises with higher levels of digital technology innovation is significantly higher than that of enterprises with lower levels of digital technology innovation, that is, digital technology innovation effectively mitigates the negative impact of uncertainty shocks on supply chain stability and enhances supply chain resilience. Furthermore, when companies are located farther away from their suppliers or customers or face more severe uncertainty shocks in their region, the enhancement effect of digital technology innovation on supply chain resilience becomes more pronounced. Mechanism analysis reveals that digital technology innovation strengthens supply chain resilience by reducing internal coordination costs and external transaction costs for companies under uncertainty shocks. Additional analysis indicates that a greater number of companies with strong digital technology innovation capabilities in a region lead to faster economic recovery after being impacted by crises. Overall, this study preliminarily confirms that strengthening digital technology innovation can effectively enhance safety and stability within supply chains under uncertainty shocks while also reinforcing economic development resilience.

Key words: Uncertainty Shock; Digital Technology Innovation; Supply Chain Resilience; Economic Stability

(责任编辑:姜晶晶)