引用格式：滕莉莉，李佩璠，韦淑雯. 数字技术协同创新如何提升产业链供应链韧性——基于信息共享与资源配置的双重视角[J]. 技术经济，2026，45(11)：18-21.

Teng Lili，Li Peifan，Wei Shuwen. How digital technology collaborative innovation enhances the resilience of industrial and supply chains：A dual perspective of information sharing and resource allocation[J]. Journal of Technology Economics，2026，45(11)：18-21.

数字技术协同创新如何提升产业链供应链韧性

——基于信息共享与资源配置的双重视角

滕莉莉[1]，李佩璠[2]，韦淑雯[2]

（1.广西大学工商管理学院，南宁 530004；2.广西大学经济学院，南宁 530004）

摘 要：面对外部环境不确定性加剧与内部发展动能转换的双重挑战，如何通过数字化手段筑牢产业链供应链安全屏障已成为经济高质量发展的核心议题。基于2010—2023年A股上市公司数据，从信息共享与资源配置双重视角系统考察企业数字技术协同创新对产业链供应链韧性的影响及作用机制。研究结果表明，企业数字技术协同创新能够显著增强产业链供应链韧性。机制分析发现，数字技术协同创新通过两条关键路径发挥作用：一是拓展信息共享广度与深度，降低信息不对称与协调摩擦；二是优化资本、劳动与技术三类要素配置效率，促进组织间资源高效配置。异质性分析表明，从企业特征来看，数字技术协同创新对产业链供应链韧性的促进作用在成长及成熟期、低交易成本的企业中更为显著；从制度及地域特征来看，处于高知识产权保护水平及东部地区的企业受益程度更强。进一步分析揭示，数字技术协同创新通过打破信息壁垒与纠正资源错配，实现“稳链”“强链”与“补链”效应，降低产业链供应链中断风险。上述发现从协同创新视角拓展了数字化转型与产业链供应链韧性关系的理论框架，揭示了跨组织数字技术协同创新的韧性提升机制，为制定差异化数字技术协同创新政策、推动产业链供应链高质量发展提供了经验证据与政策参考。

关键词：数字技术；协同创新；产业链供应链韧性；信息共享；资源配置；产业链供应链中断风险

中图分类号：F270.7；F49 **文献标志码**：A **文章编号**：1002-980X(2026)11-0018-21

DOI：10.12404/j.issn.1002-980X.J26022609

一、引言

党的二十大报告明确提出要加快现代化产业体系建设，提高产业链供应链韧性和安全水平。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》进一步强调，要打造自主可控、安全可靠、竞争力强的现代化产业体系，提升产业链自主可控水平，着力保障产业链供应链安全稳定，增强产业体系的韧性与抗风险能力。在全球产业链加速重构、地缘博弈加剧及新一轮科技革命和产业变革深度交织的背景下，提升产业链供应链韧性已从产业运营层面议题上升为关乎国家经济安全与现代化产业体系建设的战略命题。然而，中国在核心基础零部件(元器件)、先进基础工艺、关键基础材料和产业技术基础“四基”领域自主可控水平不高。根据国家统计局公报数据，2024年中国集成电路进口额达27445亿元人民币，出口额约11352亿元人民币，贸易逆差约16093亿元人民币，逆差规模同比有所扩大①。同时，中国产业链供应链运行中还面临两大结构性矛盾：一是企业间信息共享机制尚不完善，数据资源分散于不同主体之间，导致需求、

收稿日期：2026-02-06

基金项目：国家自然科学基金项目“企业违规的外部性研究：基于ESG信息披露策略的视角”(72462002)；广西哲学社会科学规划研究课题“耐心资本促进广西新质生产力发展的机制与培育路径研究”(25JYF165)；内蒙古自治区社会基金2026年度常规项目“‘双碳’目标下内蒙古碳排放的形成机制、减排路径与预测研究”(2026AY151)

作者简介：滕莉莉(1973—)，博士，广西大学工商管理学院教授，广西大学财政金融研究中心研究员，硕士生导师，研究方向：公司金融、金融投资管理；李佩璠(2001—)，广西大学经济学院硕士研究生，研究方向：企业创新；(通信作者)韦淑雯(2000—)，广西大学经济学院博士研究生，研究方向：绿色金融、公司金融。

① 国家统计局，《中华人民共和国2024年国民经济和社会发展统计公报》，2025-02-28，https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202502/t20250228_1958817.html。

库存和生产等信息在传导过程中出现延迟、失真甚至放大，加剧供需错配和库存波动；二是企业间资源配置存在明显失衡，头部企业往往集聚较多资金、人才与技术资源，而大量中小企业则面临资源不足的约束，从而削弱了产业链供应链整体的抗冲击能力。在此背景下，如何突破信息壁垒与资源错配的双重约束，增强产业链供应链应对外部冲击的能力，成为当前学术研究与政策实践共同关注的问题。

数字化转型作为新一轮科技革命的核心引擎，为破解上述难题提供了新路径。数字技术广泛应用于研发、生产、管理与流通等环节，不仅能够提升企业运营效率，还可以增强企业风险识别和应急响应能力，从而为产业链供应链韧性提升提供技术支持[1]。然而已有实践表明，单一企业的数字化转型不必然同步增强产业链供应链整体韧性，在缺乏跨组织协同的条件下，企业间原有的信息壁垒未必消除，反而可能因数字系统差异、标准不统一、数据接口不兼容等因素进一步固化。与此同时，资源错配问题也不会因局部数字化而缓解，系统性风险仍可能在产业链网络内部持续传导放大。对多节点、多层级的产业链供应链网络而言，信息在跨企业、跨区域流动过程中往往受到技术标准差异和组织边界限制等因素影响，从而产生传递迟滞与信息失真[2]；资源配置若缺乏全局统筹，也容易形成局部冗余与短缺并存的结构性失衡[3]。因此，产业链供应链韧性的提升不能仅停留在单个企业数字化转型层面，而应进一步转向跨企业、跨区域的协同治理，从网络整体优化的视角寻求系统性解决方案。

在此背景下，数字技术协同创新逐渐成为推动产业链供应链韧性提升的重要实践形式。相较于传统创新模式，数字技术协同创新依托数字平台与智能技术，能够打破组织边界，促进企业间知识、数据和技术要素的共享互通，并推动创新资源在更大范围内实现灵活配置[4]。在信息共享层面，数字技术协同创新有助于打破企业间信息壁垒，实现多源数据的高效整合与实时传递，从而提升产业链供应链网络整体的信息处理能力与决策效率[5]；在资源配置层面，数字创新成果借助智能调度和算法优化，能够促进资本、劳动与技术资源的精准匹配，减少部分环节的资源冗余与错配，提高跨企业、跨区域的资源配置效率，进而增强整个产业链供应链的运行效率与抗风险能力[6]。尤其是算法模型、数据平台、工业软件等数字技术成果具有较强的可移植性与可共享性，不仅能够降低共享成本和协调成本，还能够重塑企业在产业链供应链中的组织运行方式，为构建更加弹性化、协同化的产业链供应链网络奠定微观基础。

目前，学术界围绕企业数字化转型与产业链供应链韧性之间的关系已展开初步探索。部分学者指出，数字技术能够提升企业专业化分工水平，降低外部交易成本，进而促进产业链上下游协同与生产要素高效配置[7-8]。也有研究从网络组织视角出发，发现企业数字化转型通过强化节点间的交流耦合降低了因节点负载过高所导致的系统性风险[9]。然而，现有研究仍存在进一步拓展空间。首先，既有文献多聚焦于企业内部数字化转型的经济后果，主要关注数字技术在企业内部运营、生产管理和资源配置中的应用效果，而对数字化背景下跨组织协同创新行为的关注相对不足。事实上，随着产业链供应链网络化程度不断加深，企业获取竞争优势越来越依赖于跨主体知识共享、技术合作与资源协同，数字技术协同创新已逐渐成为影响产业链供应链运行效率和风险应对能力的重要因素，仅从企业个体数字化能力出发，难以全面揭示数字化赋能产业链供应链韧性的内在逻辑。其次，现有研究虽然从降低交易成本、提升自适应能力等视角探讨了数字化转型对产业链供应链韧性的影响，但对于数字技术协同创新如何作用于产业链供应链韧性的传导机制仍缺乏系统分析。特别是，在产业链供应链网络中，数字技术协同创新能否通过促进信息共享与优化资源配置增强产业链供应链韧性，以及这一作用在不同企业特征和区域环境下是否存在差异，仍有待进一步检验。

基于此，本文选取 2010—2023 年 A 股上市公司数据，实证检验企业数字技术协同创新对产业链供应链韧性的影响及其传导机制。研究可能有以下方面的贡献：第一，在研究视角上，从协同创新视角切入数字化转型与产业链供应链韧性研究，将数字化研究从单一企业层面拓展至多主体交互层面，为理解企业数字化转型与产业链供应链韧性之间的内在联系提供了新的分析视角；第二，在理论机制上，将信息共享与资源配置纳入同一分析框架，系统揭示了企业数字技术协同创新作用于产业链供应链韧性的双重路径；第三，在实证发现上，通过异质性分析识别不同成长阶段、经营特征及不同制度环境、地理区位企业的差异化效应，为政府制定有针对性的数字技术协同创新政策提供了实证依据。

二、文献综述

(一)企业数字技术协同创新

协同创新作为促进知识共享与技术扩散的重要方式,长期以来受到学界广泛关注。早期研究聚焦企业与外部主体合作创新的资源整合特征,强调协同创新通过跨越组织边界汇聚异质性创新要素,实现创新主体间的优势互补与风险共担,在提升企业创新效率与技术突破方面发挥着重要作用[10]。随着数字化转型的深入,协同创新逐渐呈现出以数据共享、平台支撑和技术赋能为核心的数字化特征,传统意义上的知识互补与资源整合逐步嵌入到智能协同网络之中,推动形成以数字协作为主导的创新范式[11]。协同创新按照创新主体可以分为多种类型,如企业间协同创新、政企协同创新、产学研协同创新等。相较于政企协同创新侧重于制度环境营造、产学研协同创新侧重于知识创新,本文所研究的企业间协同创新更侧重于技术转化与商业应用,其产出成果更容易直接作用于产业链供应链韧性。

现有文献主要从以下方面对企业数字技术协同创新展开讨论:

第一,数字技术对协同创新模式的变革。数字基础设施的广泛应用降低了信息传递与知识共享的边际成本,使协同创新突破了地理空间和组织边界的桎梏[12]。在大数据、云计算和区块链等新一代数字技术的推动下,企业能够实现跨时空的实时协作,进而构建动态的开放式创新网络[13]。这一过程不仅深刻改变了企业间的互动模式,也推动了以数字平台为核心的生态型协同创新逐渐成为主导[14]。

第二,数字化成果在协同创新中的产出形态变化。传统模式的协同创新更多产出专利、技术标准等形式的知识产权成果,这些成果侧重于技术成果的产业化与市场应用[15]。在数字技术普及之后,协同创新的成果具有更强的可移植性和可共享性,典型代表包括数据接口、算法模型、工业软件和数字平台[16]。这些成果不仅能够跨行业、跨企业应用,提升其传递效率,还进一步拓展了企业组织边界,推动了创新主体之间的深度协作与资源共享。

第三,数字技术协同创新的组织效应。现有研究普遍认为,数字技术协同创新不仅提升创新产出效率,更深刻改变了企业的组织运行方式。一方面,数字技术的引入提升了组织间知识交流与资源整合的效率,使协同创新不再局限于传统的合作契约关系,而是通过数字平台实现多主体的动态连接与长期互动[17];另一方面,数字技术协同创新通过降低交易成本和信息不对称,促进了跨层级、跨区域企业的合作,从而形成数字化情境下协同创新的平台化生态体系[18]。由此可见,数字技术协同创新推动企业通过数字平台重塑合作关系与生态格局,从而实现组织运行方式的根本性转型。

综上,现有关于企业数字技术协同创新的研究为理解数字化转型背景下企业间合作的机制与效应提供了坚实基础,但仍存在两方面不足:第一,多集中于创新绩效和知识溢出,缺乏对产业链供应链韧性问题的关注;第二,多停留在理论描述和案例分析层面,实证检验和量化评估相对不足,缺乏从微观企业行为到宏观网络效应的关联研究。因此,有必要在现有研究基础上引入产业链供应链韧性视角,结合微观企业数据开展实证分析,以揭示企业数字技术协同创新对产业链供应链韧性的作用机制及其经济效应。

(二)产业链供应链韧性

关于“产业链”与“供应链”的概念定义,学界已有较多探索。产业链通常指基于技术经济关联形成的产业部门间的链条式关联形态,侧重于中观层面的分工网络;而供应链则更侧重于描述微观层面企业间的原料供应、生产制造与运输配送[19]。在实践中,二者相互嵌套、密不可分,因此本文采用“产业链供应链”这一复合概念,以同时涵盖中观产业分工与微观企业运营,从而系统性地研究其韧性。“韧性”理论起源于物理学领域,强调事物在承受外部冲击或压力后,能够恢复至初始状态的能力。此后,“韧性”概念逐渐应用于管理学领域,“产业链供应链韧性”概念由此诞生。产业链供应链韧性指的是产业链中上下关联的部门在面临外部冲击或风险时避免脱链断链,能够维持基本功能、快速适应并恢复至稳定状态的能力[20]。近年来,随着全球供应链不确定性风险加剧,产业链供应链韧性已从传统的产业运营管理概念上升为国家战略与经济安全层面的核心议题。

现有研究围绕产业链供应链韧性的内涵维度、测度方式与影响因素展开探讨。

第一，在内涵维度上，学界普遍认为韧性并非静止状态，而是一个动态演进的过程[21]。随着研究不断推进，产业链供应链韧性经历了从“抵御-恢复”二维结构向“抵御-适应-恢复-变革”等多维结构的演进[22-23]。这一转变不仅意味着韧性内涵由“被动承受冲击后恢复运行”的短期维稳能力逐步扩展至涵盖“事前风险识别与预防、事中灵活调整与适应、事后及时优化与重构”的长期适应能力，更突显了韧性从“被动应对”到“主动进化”的理论深化[21]。由此，产业链供应链韧性可以理解为一个不断重塑和演化的能力体系，其目标不再局限于恢复至冲击前的状态，而是强调在不确定环境中保持稳定运行、提升适应性并实现长远发展的能力[24]。

第二，在测度方式上，目前主流的测度方法包括：一是核心变量法，即选取具有代表性的关键变量来捕捉韧性的动态特征，如赵玲和黄昊[25]采用公司存货周转率的自然对数作为衡量供应链韧性的替代指标。二是综合评价法，即采用多维度指标体系对产业链供应链韧性进行综合评估。现有研究主要围绕抵抗能力、适应能力、恢复能力3个方面选取指标构建产业链供应链韧性测度体系[21]。三是冲击识别法，该方法通过识别和量化产业链中潜在的外部冲击对产业链各环节的影响，结合恢复库存和潜在中断库存等指标，评估产业链的恢复能力和应对能力，衡量产业链韧性[26]。

第三，在影响因素方面，既有研究从微观、中观、宏观3个层面展开讨论。微观企业层面上，企业数字化转型[27]、技术创新能力[28]及信用评级[29]等是产业链供应链韧性提升的关键力量。中观产业层面则强调产业协同集聚[30]、数字基础设施建设[31]、供应链数字化[32]等因素对产业链供应链韧性的作用。在宏观环境层面上，国内制度环境[33]、政策支持[34]与国际地缘政治格局[35-36]等共同影响产业链供应链韧性的形成与演进。

综上，产业链供应链韧性的研究已在内涵维度、测度方式与影响因素等方面取得重要进展。然而，现有成果更多停留在概念拓展与指标构建层面，对不同层级因素的作用机制探讨不足，尤其缺乏对跨主体数字技术协同创新如何影响产业链供应链韧性的系统检验，这一不足为后续研究提供了拓展空间。

三、理论分析与研究假设

（一）企业数字技术协同创新与产业链供应链韧性

在数字化与全球化相互渗透的背景下，企业数字技术协同创新逐渐成为提升产业链供应链韧性的关键动力。相较于传统的单向合作或内部创新，数字技术协同创新依托数据要素、数字平台与智能算法，能够在更大范围内连接不同主体，重构合作关系，优化资源配置。从理论上看，企业数字技术协同创新之所以能够提升产业链供应链韧性，主要在于其同时具有降低交易成本、强化网络嵌入、促进知识共享与提升资源配置效率等多重机制。

一方面，数字技术协同创新借助数据要素和数字化工具，推动企业跨越既有的组织边界开展合作。这一特征对于中国产业链中大量存在的、受制于单一供应商或单一技术路线约束的“卡脖子”环节尤为关键。通过打破地域、行业与制度的限制，创新主体能够在更大范围内识别替代性技术方案并匹配多元化合作伙伴，从而降低替代资源搜寻成本与交易摩擦，实现知识与资源的跨边界流动，进而缓解对特定外部供给源的过度依赖，为产业链供应链在面对断供、停供等风险冲击时提供替代性支撑路径[37-38]。另一方面，从网络联动性特征来看，企业数字技术协同创新往往会催生跨企业、跨区域的协作网络。基于社会网络理论，这种网络联结不仅有助于提升企业在产业链供应链中的嵌入程度，形成多节点、多通道的稳定结构，而且能够强化企业之间的协同响应能力，使其更有效地应对外部环境中的不确定性[39]。在复杂网络情境下，节点间的紧密协作有助于降低系统性风险的传导速度与扩散强度，从而提升产业链供应链整体韧性。

然而，从交易成本经济学的视角来看，跨组织协同创新并非简单的技术协作过程，而是伴随利益分配、权责界定与风险承担的持续博弈，且不同生命周期企业的参与动机与谈判能力存在明显差异。对于处于成熟期的“链主”或核心企业而言，其通常在网络中占据更有利的结构位置，拥有较高的谈判地位，其参与协同创新的重要动机在于借助数字平台强化对供应链网络的组织、协调与资源整合能力。但与此同时，成熟期企业也面临更高的知识外溢风险，担心核心技术和关键数据在开放协作过程中被复制或泄露。相反，处于成长期的中小企业议价能力较弱，其参与协同创新往往需要进行较高水平的资产专用性投入，如接入核心企业指定的数据接口、工业软件或数字系统，其主要顾虑在于机会主义行为可能导致的“套牢效应”。

因此,数字技术协同创新所体现出的开放共享性与动态适应性,实际上是各方博弈后的均衡结果。企业在协同创新过程中不仅能够共享研发成果和市场信息,也能够在一定程度上共同应对外部风险冲击。随着数据规则与平台治理机制的不断完善,数字技术协同创新有助于抑制网络中的机会主义行为,降低契约执行与监督成本。基于这种开放共享机制,企业得以在风险冲击下通过协作实现优势互补与风险共担,使产业链供应链上下游主体在面对外部不确定性时能够更快恢复、持续学习并主动优化运行机制,从而推动产业链供应链韧性提升。

基于此,本文提出假设:

企业数字技术协同创新能够显著提升产业链供应链韧性(H1)。

(二)信息共享机制:企业数字技术协同创新提升产业链供应链韧性的路径之一

在传统创新模式下,企业间往往存在严重的信息不对称问题,信息传递过程中容易出现滞后、失真等现象,进而制约协同创新的开展与深化[11]。数字技术协同创新的推进,为突破这一约束提供了新的条件。在数字技术和数字平台的影响下,企业间信息共享的广度和深度得到有效提升,为产业链供应链韧性提供保障。

具体而言,信息共享广度的提升主要表现为企业间信息分享范围的扩展。数字技术协同创新通过跨企业数据平台与开放接口,将上下游企业及跨区域、跨行业的多元主体嵌入到统一的信息系统之中,使研发、生产、流通与消费等环节实现了动态耦合[40]。从社会网络理论中的弱关系视角看,这种更为广泛的信息连接不仅拓展了信息来源渠道,而且强化了网络边缘节点的资源联结功能,使企业在遭遇供应中断等冲击时能够获得更多信息和替代性供应资源;从复杂网络理论来看,节点之间连接密度的提升有助于增强系统结构的稳健性,进而提高产业链供应链抵御外部冲击的能力。

信息共享深度的提升则体现在企业间信息传递的精确度与透明度。数字技术协同创新不仅促进了企业间更为准确的技术数据交换,而且借助大数据分析、区块链与智能算法提升了信息流的可追溯性与可验证性,由此有效降低了因信息不完全与信任缺失带来的协调摩擦[41]。按照交易成本理论,深度协同可能增加组织间的协调成本,但信息深度共享能够通过减少搜寻成本、监督成本和谈判成本,显著提升跨企业合作的效率与稳定性。此外,数字加密与隐私计算等技术可以有效降低核心技术泄露风险,保护创新主体的信息安全,为产业链供应链上各主体协同创新提供保障。

基于此,本文提出假设:

企业数字技术协同创新通过提升信息共享的广度与深度,进而增强产业链供应链韧性(H2)。

(三)资源配置机制:企业数字技术协同创新提升产业链供应链韧性的路径之二

在数字化情境下,企业之间的协同创新不再只是资源与知识的静态整合,而是在大数据智能技术的支撑下对有限资源进行动态调整。企业数字技术协同创新作为跨地域、跨组织资源调配的重要形式,能够通过提升资本、劳动与技术三类资源的配置效率,推动产业链供应链韧性的整体提升。

首先,在提升资本配置效率方面,企业数字技术协同创新通过大数据、区块链等数字技术的应用,显著提升了资本流动效率。一方面,借助数字平台的实时数据监测能够实现资金需求的及时识别和精准匹配,从而实现产业链供应链的资金高效利用[42];另一方面,区块链技术的应用提升了资金流转过程的透明度,在降低信用风险的同时减少了由信息不对称带来的交易摩擦和监督成本[43]。其次,在提升劳动配置效率方面,企业数字技术协同创新通过跨企业的人才共享与联合培养机制,不仅有效减少了因岗位重复和资源闲置所造成的浪费,还推动了不同组织间知识技能的交流,促使技术人员在实践中不断提升专业素质与创新能力,从而实现人力资源的优化配置,提高产业链供应链的整体运行效率[44]。最后,在提升技术配置效率方面,企业数字技术协同创新不仅促进了技术要素在产业链不同节点间的高效扩散与应用,而且通过打破组织边界和信息壁垒,使先进工艺、核心算法、数据模型等创新成果能够更快实现共享[45]。此外,技术的加速扩散缩短了从研发到产业化的周期,推动了数字技术创新成果的规模应用与价值转化,从而提升产业链供应链整体的技术升级速度。

基于此,本文提出假设:

企业数字技术协同创新能够通过提升资本、劳动与技术的配置效率，进而增强产业链供应链韧性（H3）。综合以上分析，企业数字技术协同创新影响产业链供应链韧性的作用机制如图 1 所示。

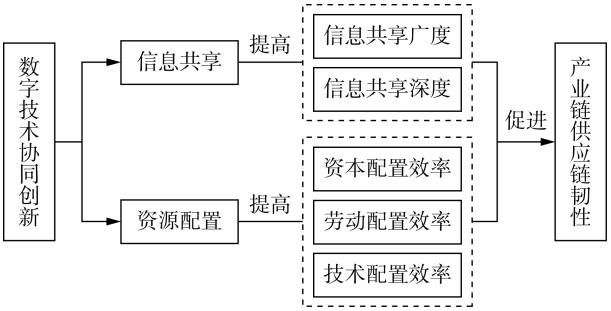


图 1　企业数字技术协同创新对产业链供应链韧性的影响机理

四、研究设计

（一）数据来源

考虑到数字化转型兴起主要发生在 2010 年，故选取 2010—2023 年 A 股上市公司作为研究样本，并按照以下步骤进行样本数据清洗：剔除 ST（special treatment）与 *ST 等状态异常的上市公司；剔除金融行业的上市公司；剔除主要变量或控制变量严重缺失的样本；对所有连续变量进行上下 1% 的双边缩尾处理，以减少极端值对统计结果的影响。最终得到 15589 个有效观测值。本文数据均来源于国泰安（CSMAR）和中国研究数据服务平台（CNRDS）等数据库。

（二）变量说明

1. 被解释变量：产业链供应链韧性

学术界对于产业链供应链韧性的衡量没有统一标准，考虑到产业链供应链韧性丰富的经济内涵，参考谷城和张树山[46]的研究，分别从抵抗能力、恢复能力、适应能力 3 个维度构建产业链供应链韧性（*CSCR*）指标体系（表 1），并采用熵值法赋权测度。本文将综合测算得到的产业链供应链韧性指数乘以 100，以提高回归系数的可读性。

供需波动偏离度的计算参考陶锋等[47]的方法，首先，依据存货恒等式推算企业当年生产量 $Production_{i,t}$，即 $Production_{i,t}=Demand_{i,t}+Inv_{i,t}-Inv_{i,t-1}$。其中，企业需求量（$Demand_{i,t}$）用企业当年销售额衡量，$Inv_{i,t}$ 和 $Inv_{i,t-1}$ 分别代表期末存货净值与期初存货净值。其次，计算 $[t-1,t+1]$ 三年窗口期内生产标准差 $\sigma(Production_{i,t})$、需求标准差 $\sigma(Demand_{i,t})$，分别代表生产端与需求端的波动强度。最后，将生产端波动率与需求端波动率作比值，得到企业供需波动偏离度。企业绩效偏离度的计算参考肖阳和马莉莉[48]的方法，通过构建式（1）模型，利用其残差来反映。

表 1　产业链供应链韧性各级指标权重

一级指标	二级指标	计算说明	属性	二级指标权重	一级指标权重（%）
抵抗能力	供需波动偏离度	基于供需波动偏离度的“长鞭效应”测算	-	0.099	34.24
	企业绩效偏离度	基于企业绩效的残差偏离度测算	-	0.103	
	客户关系稳定度	前五大客户往年出现次数均值	+	0.076	
	供应商关系稳定度	前五大供应商往年出现次数均值	+	0.064	
恢复能力	产业多样化程度	赫芬达尔指数的倒数	+	0.082	29.57
	存货周转率	营业成本/存货期末余额	+	0.131	
	存货周转天数	计算期天数/存货周转率	-	0.082	
适应能力	客户集中度	前五大客户销售额占比	-	0.146	36.19
	供应商集中度	前五大供应商采购额占比	-	0.074	
	科研支出占比	研发支出/营业收入	+	0.098	
	研发人员数量占比	研发人员数量/总员工数量	+	0.044	

注：“+”表示正向指标；“-”表示负向指标；各二级指标权重采用熵值法测算，一级指标权重由对应二级指标权重加总得到。

$$Perform_{i,t}=\theta_0+\theta_1 Size_{i,t}+\theta_2 Lev_{i,t}+\theta_3 Growth_{i,t}+\theta_4 Age_{i,t}+\theta_5 Board_{i,t}+\mu_i+\lambda_t+\varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中：i 为企业；t 为年份；$Perform_{i,t}$ 为企业绩效，以息税前利润与员工数的比值衡量；$Size_{i,t}$ 为企业规模；$Lev_{i,t}$ 为资产负债率；$Growth_{i,t}$ 为营业收入增长率；$Age_{i,t}$ 为企业上市年限；$Board_{i,t}$ 为董事会规模；θ_0 为常数项；$\theta_1 \sim \theta_5$ 为各解释变量的回归系数；μ_i 为企业固定效应；λ_t 为年份固定效应；ε_{it} 为随机扰动项。

2. 解释变量：企业数字技术协同创新

考虑到发明专利技术具有技术含量高、创新门槛严格且更能体现核心技术能力的特性，本文参考黄宏斌等[10]的研究，若企业与其他外部主体共同申请数字经济发明专利，则可以判断企业存在数字技术协同创新 *DCI*，取值为1，否则为0。进一步地，采用企业与其他外部主体共同申请数字经济发明专利数量加1取自然对数来衡量企业数字技术协同创新水平 *DCIL*。

3. 控制变量

参考陶锋等[47]及巫强和姚雨秀[49]的研究，选取以下控制变量：企业自身数字创新能力（*Invia*）、企业资产规模（*Size*）、固定资产比率（*Fixed*）、托宾 *Q* 值（*Tbq*）、企业上市年限（*Age*）、股权集中度（*Share*）、两职合一（*Duality*）、融资约束（*SA*）。具体变量定义见表2。

（三）模型设定

为探究企业数字技术协同创新对产业链供应链韧性的影响，构建基准回归模型如式（2）所示。

$$CSCR_{i,t}=\alpha_0+\alpha_1 DCI_{i,t}(DCIL_{i,t})+\alpha_2 X_{i,t}+\mu_i+\lambda_t+\varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中：i 为企业；t 为年份；$CSCR_{i,t}$ 为产业链供应链韧性；$DCI_{i,t}$ 为企业是否存在数字技术协同创新；$DCIL_{i,t}$ 为企业数字技术协同创新水平；$X_{i,t}$ 为控制变量向量；α_0 为常数项；α_1 为核心解释变量的回归系数；α_2 为控制变量向量对应的回归系数；μ_i 为企业固定效应；λ_t 为年份固定效应；ε_{it} 为随机扰动项。此外，本文采用基于公司层面聚类的稳健标准误。

表2　主要变量定义

变量类型	变量名称	变量符号	变量定义
被解释变量	产业链供应链韧性	*CSCR*	通过熵值法综合抵抗能力、恢复能力、适应能力3个维度构建
解释变量	数字技术协同创新	*DCI*	若企业与其他外部主体共同申请数字经济发明专利，则可以判断企业存在数字技术协同创新，取值为1，否则为0
	数字技术协同创新水平	*DCIL*	ln（企业与其他外部主体共同申请数字经济发明专利数量+1）
控制变量	企业自身数字创新能力	*Invia*	ln（企业独立申请的数字经济发明专利数量+1）
	企业资产规模	*Size*	ln（企业总资产）
	固定资产比率	*Fixed*	固定资产净值/资产总计
	托宾 *Q* 值	*Tbq*	公司市值/资产总计
	企业上市年限	*Age*	ln（企业上市年限+1）
	股权集中度	*Share*	公司第一大股东持股比例
	两职合一	*Duality*	是否存在董事长与经理兼任情况
	融资约束	*SA*	融资约束SA指数

五、实证结果与分析

（一）描述性统计

变量的描述性统计结果见表3。总体而言，企业是否数字技术协同创新（*DCI*）的均值为0.136，表明约13.6%的样本企业存在数字技术协同创新行为；企业数字技术协同创新水平（*DCIL*）均值为0.204，最大值（6.282）显著高于均值（0.204），且标准差为0.642，表明不同企业之间数字技术协同创新水平差异较大。产业链供应链韧性（*CSCR*）的均值为23.433，标准差为8.427，说明产业链供应链韧性水平也存在一定差异。

（二）基准回归结果

表4展示了企业数字技术协同创新对产业链供应链韧性的回归结果。（1）列和（2）列分别在不加入与加入控制变量的情况下考察是否进行数字技术协同创新（*DCI*）对产业链供应链韧性的影响，结果显示回归系数分别为0.533和0.495，且均在1%水平上显著，表明企业参与数字技术协同创新显著提升了产业链供应

表 3　描述性统计

变量	观测值	平均值	标准差	最小值	中位数	最大值
DCI	15589	0.136	0.343	0	0	1.000
DCIL	15589	0.204	0.642	0	0	6.282
CSCR	15589	23.433	8.427	7.199	22.498	52.228
Invia	15589	1.147	1.293	0	0.693	8.550
Size	15589	22.043	1.255	16.185	21.819	28.235
Fixed	15589	0.185	0.130	0.012	0.158	0.514
Tbq	15589	2.082	1.489	0.692	1.700	69.662
Age	15589	1.805	0.896	0	1.946	3.466
Share	15589	31.972	14.316	0.286	29.900	89.991
Duality	15589	0.359	0.476	0	0	1.000
SA	15589	−3.794	0.245	−4.300	−3.791	−3.324

链韧性。(3)列和(4)列分别在不加入与加入控制变量的情况下进一步考察数字技术协同创新水平(*DCIL*)对产业链供应链韧性的影响,结果显示回归系数分别为0.431和0.407,且均在1%水平上显著,说明企业数字技术协同创新水平的提升有助于增强产业链供应链韧性。综合表4的(1)列~(4)列结果可得,假设H1成立。从经济含义看,(2)列中*DCI*的估计系数为0.495,意味着参与数字技术协同创新的企业,其产业链供应链韧性比未参与企业平均高出约0.059个标准差,约相当于韧性均值的2.1%。(4)列中*DCIL*的估计系数为0.407,表明数字技术协同创新水平每提高1个标准差,产业链供应链韧性将提升约0.031个标准差,效应方向与幅度均具有实质经济意义。

表 4　企业数字技术协同创新影响产业链供应链韧性的基准回归结果

变量	*CSCR*			
	(1)	(2)	(3)	(4)
DCI	0.533***	0.495***		
	(3.435)	(3.185)		
DCIL			0.431***	0.407***
			(4.149)	(3.915)
Invia		0.126		0.132
		(1.563)		(1.633)
Size		0.601***		0.595***
		(3.036)		(3.011)
Fixed		−2.319**		−2.297**
		(−2.342)		(−2.324)
Tbq		0.024		0.025
		(0.470)		(0.501)
Age		−0.047		−0.052
		(−0.240)		(−0.269)
Share		0.017		0.017
		(1.408)		(1.390)
Duality		−0.091		−0.089
		(−0.498)		(−0.487)
SA		−1.160		−1.186
		(−0.646)		(−0.659)
常数项	23.470***	5.637	23.454***	5.664
	(1097.96)	(0.692)	(1091.60)	(0.695)
控制变量	No	Yes	No	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	15301	15301	15301	15301
R^2	0.726	0.727	0.726	0.727
F 统计量	11.800***	3.996***	17.218***	4.572***

注：***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平；括号内为基于企业层面聚类稳健标准误计算的*t*值。

(三)内生性处理

1. 工具变量法

在基准回归中,本文证明了企业数字技术协同创新对产业链供应链韧性的促进作用,但其中可能还存在逆向因果导致的内生性问题,即产业链供应链韧性较高的企业,可能更有条件、更有动机推进数字技术协同创新。利用外生政策冲击是构建工具变量的主要思路之一,本文选用国家智慧城市试点政策来构建政策冲击工具变量处理内生性问题。一方面,国家智慧城市试点政策是推动城市数字基础设施建设、数据资源整合和智慧治理创新的战略举措,旨在提升城市数字化水平,显著提升了企业参与数字技术协同创新的可能性,满足工具变量的相关性假设;另一方面,智慧城市试点城市的遴选由地方政府自主申报,入选城市涵盖东部发达城市以及中西部城市与中小规模城市,承担着分类探索、区域示范的政策目标。政策出台与落地的目标范畴在于城市公共服务与市政管理的数字化改造,与产业链供应链韧性无直接关联,满足工具变量的外生性假设。

参考陶锋等[47]的方法,构建两个工具变量分别进行两阶段最小二乘法回归估计。一是国家智慧城市试点虚拟变量(*NSCP*)与企业是否数字技术协同创新(*DCI*)的交乘项($IV_1 = NSCP \times DCI$);二是国家智

慧城市试点虚拟变量(*NSCP*)与企业数字技术协同创新水平(*DCIL*)的交乘项($IV_2=NSCP\times DCIL$)。其中,若企业总部所在城市在当年入选国家智慧城市试点政策范围,则国家智慧城市试点虚拟变量(*NSCP*)在当年及以后取值为1,否则为0。表5的(1)列和(3)列分别展示了第一阶段的回归结果。工具变量 IV_1 和 IV_2 对核心解释变量 *DCI* 和 *DCIL* 的回归系数分别为0.920、0.846,且在1%水平上显著。这表明国家智慧城市试点政策与企业数字技术协同创新的可能性及水平之间存在显著的正相关关系,满足了工具变量的相关性假设。(2)列和(4)列为第二阶段回归结果,*DCI*、*DCIL* 的系数分别为0.719、0.587,均在1%水平显著为正,数字技术协同创新对产业链供应链韧性的正向促进效应稳健,与基准回归结论保持一致。弱工具变量检验显示,两项工具变量对应的 Kleibergen-Paap rk LM 统计量均在1%的水平上显著,拒绝识别不足原假设;Cragg-Donald Wald *F*、Kleibergen-Paap rk Wald *F* 统计量远大于经验临界值10,不存在弱工具问题。

2. 倾向得分匹配

基准回归结果可能受企业自选择偏误的干扰,即企业是否开展数字技术协同创新并非随机选择,开展数字技术协同创新的企业与未开展企业在个体特征上可能存在系统性差异,进而影响回归结果的可靠性。本文采用倾向得分匹配(PSM)方法,缓解样本选择偏差可能带来的内生性问题。以企业是否进行数字技术协同创新(*DCI*)为处理变量,以所有控制变量及衡量行业集中度的赫芬达尔-赫希曼指数(HHI)为协变量,进行1:4最近邻匹配。样本均衡性检验结果见表6,匹配后各协变量标准化偏差绝对值全部低于10% 临界值,同时各协变量组间均值差异的 *t* 检验的 *p* 均大于0.05,说明处理组与对照组协变量不存在显著系统性差异,样本平衡性条件得到满足。基于匹配后的样本重新进行回归,结果见表5的(5)列。*DCI* 的系数为0.395,在5%水平上显著为正,表明在控制样本选择偏差后,企业数字技术协同创新对产业链供应链韧性的促进作用依然稳健。

3. 安慰剂检验

为排除不可观测遗漏变量对基准回归结论的干扰,本文分别以企业是否数字技术协同创新(*DCI*)和数字技术协同创新水平(*DCIL*)为处理变量,各进行500次随机抽样并重新估计基准模型,得到伪回归系数的分布。图2展示了两次安慰剂检验的核密度分布。可以看出,*DCI* 与 *DCIL* 的500个随机系数均紧密分布在0附近,呈对称分布形态;而两个真实估计系数均位于各自分布右侧尾部之外,显著偏离随机系数的集中区域。这表明,本文的核心结论并非由不可观测因素偶然驱动,安慰剂检验进一步验证了基准回归的稳健性。

表5　内生性处理结果

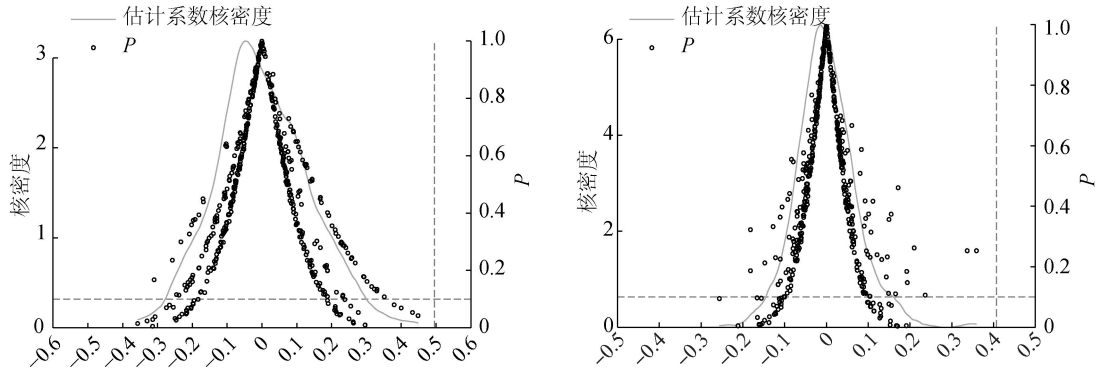
变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	工具变量 IV_1		工具变量 IV_2		倾向得分匹配 PSM
	DCI	*CSCR*	*DCIL*	*CSCR*	*CSCR*
IV_1	0.920*** (72.976)				
DCI		0.719*** (2.737)			0.395** (2.100)
IV_2			0.846*** (20.657)		
DCIL				0.587*** (3.527)	
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业/年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	13904	13904	13904	13904	6693
Cragg-Donald Wald *F* 统计量		6950.379		5442.250	
Kleibergen-Paap rk Wald *F* 统计量		5325.945		426.751	
Kleibergen-Paap rk LM 统计量		208.161***		62.391***	

注:***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平;括号内为基于企业层面聚类稳健标准误计算的 *t* 值。

表 6　样本均衡性检验结果

变量	样本	平均值		标准化偏差（%）	标准化偏差绝对值减少比例（%）	*t* 检验	
		处理组	控制组			*t*	*p*
Invia	未匹配	1.388	1.119	18.4	75.4	8.77	0.000
	匹配	1.388	1.322	4.5		1.36	0.174
Size	未匹配	22.786	21.920	65.8	98.6	30.15	0.000
	匹配	22.786	22.770	0.9		0.27	0.786
Fixed	未匹配	0.189	0.185	3.3	19.3	1.37	0.171
	匹配	0.189	0.186	2.6		0.83	0.409
Tbq	未匹配	1.920	2.109	−13.9	97.8	−5.36	0.000
	匹配	1.920	1.916	0.3		0.11	0.912
Age	未匹配	2.121	1.750	43.3	94.5	17.68	0.000
	匹配	2.121	2.142	−2.4		−0.81	0.418
Share	未匹配	32.400	31.994	2.7	−29.5	1.19	0.236
	匹配	32.400	31.875	3.5		1.10	0.273
Duality	未匹配	0.312	0.364	−11.0	65.7	−4.59	0.000
	匹配	0.312	0.295	3.8		1.25	0.211
SA	未匹配	−3.804	−3.790	−5.7	56.8	−2.42	0.016
	匹配	−3.804	−3.810	2.5		0.80	0.426
HHI	未匹配	0.120	0.129	−7.0	99.9	−2.96	0.003
	匹配	0.120	0.120	0		0	0.999

注：采用 1:4 最近邻倾向得分匹配；标准化偏差用于衡量处理组与控制组协变量均值的标准化差异；标准化偏差绝对值减少比例表示匹配后绝对偏差相对于匹配前的降幅，负值表示绝对偏差增大；*t* 和 *p* 对应处理组与控制组的协变量均值差异检验。



(a) *DCI*安慰剂检验系数分布　　(b) *DCIL*安慰剂检验系数分布

图 2　安慰剂检验系数分布

（四）稳健性检验

1. 替换企业数字技术协同创新衡量指标

发明专利虽能反映企业间数字技术协同创新的成果，但其申请周期长、流程烦琐，往往滞后于企业的实际数字化运营需求；同时，联合专利申请涉及复杂的法律与利益分配，许多实质性的数字协同并不必然涉及联合专利申请。因此，仅以联合专利衡量核心解释变量可能存在测算误差。对此参考苏治等[50]的研究方法，构建数字技术协同创新的文本分析指标（*DCI_text*）。具体步骤为：首先，通过广泛的文献阅读及对企业数字技术协同创新内涵的梳理，确定涵盖技术基础、数据协同、平台协同 3 个维度的种子词集；其次，通过训练 Word2Vec 模型，以样本企业年报中“管理层讨论与分析”（MD&A）的内容为基础，筛选余弦相似度大于 0.7 的词汇，由人工筛选后形成扩展词库；最后，统计各企业年报 MD&A 中数字技术协同创新关键词的总频次，加 1 取自然对数后得到 *DCI_text*。回归结果见表 7 的（1）列，*DCI_text* 的系数显著为正，说明主回归的核心结论不依赖于单一的专利测度方式，具有较好的稳健性。

2. 更换产业链供应链韧性衡量方式

在基准回归中，基于抵抗能力、适应能力、恢复能力 3 个维度，通过熵值法测算产业链供应链韧性。此处，

表7　稳健性检验：替换变量指标与调整缩尾比例

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	替换企业数字技术协同创新衡量指标	更换产业链供应链韧性衡量方式		缩尾至5%	
	CSCR	*CSCR_TOPSIS*	*CSCR_TOPSIS*	*CSCR*	*CSCR*
DCI_text	0.323*** (3.766)				
DCI		0.425*** (2.742)		0.478*** (3.160)	
DCIL			0.379*** (3.527)		0.418*** (3.321)
常数项	5.960 (0.737)	5.178 (0.604)	5.222 (0.609)	10.834* (1.853)	10.992* (1.881)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	15297	15301	15301	15301	15301
R^2	0.727	0.681	0.681	0.757	0.757
F 统计量	4.243***	2.931***	3.497***	3.856***	3.941***

注：***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平；括号内为基于企业层面聚类稳健标准误计算的 *t* 值。

采用熵权法与逼近理想解排序法(TOPSIS)，重新测算产业链供应链韧性(*CSCR_TOPSIS*)。从表7的(2)列和(3)列可以看出，结果与前文基准回归结果保持一致，结果具有稳健性。

3. 缩尾处理

在基准回归中，已对所有连续变量在1%的水平上进行了缩尾处理。为进一步排除极端值对回归结果的干扰，此处将双边缩尾比例由1%提高至5%，对核心解释变量及其他连续变量重新进行缩尾处理，并基于处理后的数据重新进行回归。表7的(4)列和(5)列分别展示了进行5%缩尾后的回归结果。结果显示，*DCI*与*DCIL*的回归系数依然显著为正，均在1%的水平上统计显著，且系数大小与显著性水平较1%缩尾的基准回归结果相比未发生实质性变化。这表明本文的核心结论并不依赖于特定的缩尾标准，也非由极端值样本所驱动，研究结果具有较好的稳健性。

4. 考虑效应时滞

企业从开始进行数字技术协同创新到产出数字化成果往往需要一段时间，对产业链供应链韧性的影响也存在一定的滞后性。因此，采用将被解释变量取后一期(*CSCR_lag*)的方法重新进行基准回归，检验结果见表8的(1)列和(2)列，回归结果与主回归保持一致，结果稳健。

5. 改变聚类方式

在基准回归中的聚类层级是企业，此处为保证回归结果的稳健性，将基准回归聚类到行业层面重新进行回归，检验结果见表8的(3)列和(4)列。企业数字技术协同创新对产业链供应链韧性仍起到显著正向作用，与前文回归结果一致。

6. 调整样本区间

为检验核心结论是否受公共卫生事件等短期极端波动因素的干扰，将样本回归区间调整至2010—2019年，检验结果见表8的(5)列和(6)列。在调整样本区间后，核心解释变量的估计系数仍显著为正，其中*DCI*在5%的水平上显著，*DCIL*在1%的水平上显著，表明基准回归结论并非由特殊样本所驱动，回归结果具有稳健性。

表8　稳健性检验：考虑效应时滞、改变聚类层级与调整样本区间

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	考虑效应时滞		改变聚类方式		调整样本区间	
	CSCR_lag	*CSCR_lag*	*CSCR*	*CSCR*	*CSCR*	*CSCR*
DCI	0.495*** (3.038)		0.495*** (4.485)		0.503** (2.442)	
DCIL		0.394*** (3.819)		0.401*** (4.298)		0.407*** (3.183)

续表

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	考虑效应时滞		改变聚类方式		调整样本区间	
	CSCR_lag	*CSCR_lag*	*CSCR*	*CSCR*	*CSCR*	*CSCR*
常数项	10.464** (2.115)	10.503** (2.124)	5.307 (0.594)	5.335 (0.590)	11.498** (2.014)	11.647** (2.041)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	11311	11311	15241	15241	8199	8199
R^2	0.795	0.795	0.727	0.727	0.761	0.761
F 统计量	4.773***	5.371***	8.070***	7.314***	5.932***	6.398***

注：***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平；(3)列和(4)列括号内为基于行业层面聚类稳健标准误计算的t值，其余各列为基于企业层面聚类稳健标准误计算的 t 值。

表9　数字技术协同创新词集

维度	种子词集	扩展词库
技术基础	智能化、大数据、云计算	人工智能、物联网、5G、区块链、边缘计算、数字孪生、机器学习、深度学习、数据中台、工业软件、自动化、数字化技术、算力平台、智能算法、技术升级
数据协同	数据共享、信息协同	数据互通、数据打通、信息共享、数据治理、数据集成、系统集成、信息流转、数据交互、业务协同、供应链协同、跨部门协同、数据孤岛、信息壁垒、数据共享平台、信息传递
平台协同	工业互联网、协同平台	工业互联网平台、产业互联网平台、云平台、PaaS平台、SaaS平台、数字化平台、平台化、工业云、平台赋能、数字生态、产业生态、平台生态、平台化协同、产业链平台

注：5G为第五代移动通信技术；PaaS为平台即服务；SaaS为软件即服务。

六、机制检验

上文进行了替换人工筛选后形成扩展词库(表9)等稳健性检验。根据前文理论分析，企业数字技术协同创新主要通过实现信息共享和优化资源配置两个渠道提升产业链供应链韧性。为检验此假设，构建中介效应模型如式(3)所示。

$$M_{i,t}=\beta_0+\beta_1 DCI_{i,t}(DCIL_{i,t})+\beta_2 X_{i,t}+\mu_i+\lambda_t+\varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中：$M_{i,t}$ 为中介变量；β_0 为常数项；β_1 为数字技术协同创新的回归系数；β_2 为控制变量的系数向量。

(一)信息共享机制

从产业链供应链网络属性来看，链上各节点企业的信息输出与交互共同实现信息共享，单一上市主体作为产业链供应链网络的微观节点，其信息交互能够自下而上映射中观产业链供应链整体的信息共享表现。基于节点-网络的层级传导理论，本文分别从信息共享广度、信息共享深度两个维度选取代理指标来分析企业数字技术协同创新的信息共享机制。

表10　信息共享机制检验回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	信息共享广度		信息共享深度	
	IT	*IT*	*ERR*	*ERR*
DCI	0.114*** (3.433)		−0.004*** (−3.008)	
DCIL		0.063*** (2.772)		−0.003*** (−4.175)
常数项	−10.455*** (−9.575)	−10.460*** (−9.616)	0.289*** (5.684)	0.290*** (5.723)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	9064	9064	11409	11409
R^2	0.657	0.657	0.411	0.412
F 统计量	64.676***	63.403***	34.317***	34.889***

注：***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平；括号内为基于企业层面聚类稳健标准误计算的 t 值。

1. 信息共享广度

信息共享广度刻画了产业链供应链信息交互的覆盖范围与边界。产业链供应链网络的信息开放程度根植于链内成员企业信息的主动披露，本文选取沪深交易所上市公司年度信息披露考评结果构建信息透明度指标(*IT*)作为代理变量，从微观节点实现产业链供应链信息共享广度的量化识别：交易所考评综合企业产销库存、产能规划等信息的披露完备性与及时性，考评分值越高，代表样本企业向产业链供应链合作伙伴、外部市场释放的信息维度越丰富，信息共享范围更广。

从表10的(1)列和(2)列可以看出,企业是否具备数字技术协同创新(*DCI*)和企业数字技术协同创新水平(*DCIL*)对企业信息透明度(*IT*)的估计系数均显著为正,在1%的水平上高度显著。这一结果表明,具备数字技术协同创新意愿的企业,主动将信息披露质量提升作为跨组织合作的基础支撑,通过充分、及时的信息披露向产业链上下游传递合作可信信号,为跨企业数据互通、业务协同建立信任基础,由此弱化信息不对称,实现产业链供应链韧性提升。

2. 信息共享深度

信息共享深度表示产业链供应链信息交互的准确度。参考褚剑等[51]的方法,使用分析师盈余预测偏差(*ERR*)来衡量信息共享深度,分析师主要根据企业财报、行业现状、宏观经济形势及实地调研数据开展盈余预测,其预测偏差是产业链供应链信息传递摩擦程度的客观结果:若产业链供应链信息传递失真严重,分析师难以获取企业真实经营信息,盈余预测偏离实际业绩的幅度会显著走高,信息共享深度减弱。分析师盈余预测偏差(*ERR*)的计算方法如式(4)所示。

$$ERR_{i,t}=\frac{\left|Mean(FEPS)_{j,i,t}-MEPS_{i,t}\right|}{Price_{i,t}} \tag{4}$$

其中:$Mean(FEPS)_{j,i,t}$为分析师j预测的i公司t年度的每股盈余均值;$MEPS_{i,t}$为i公司t年度的实际每股盈余;$Price_{i,t}$为i公司t年度的期初股票价格。

从表10的(3)列和(4)列可以看出,企业是否进行数字技术协同创新(*DCI*)和企业数字技术协同创新水平(*DCIL*)对分析师盈余预测偏差(*ERR*)的估计系数均在1%的水平上显著为负。这一结果表明企业在进行数字技术协同创新后,通过推动各类信息在合作主体间高效流转,压缩信息筛选、传递环节的人为损耗与信息隐瞒空间,显著提高信息共享的准确性,有利于提升产业链供应链韧性。综上,假设H2得证。

(二)资源配置机制

产业链供应链作为由多个微观企业节点关联构成的复杂网络,其整体资源配置效率本质上是链内所有企业要素配置行为的聚合结果。产业链供应链韧性以企业资源配置行为为微观基础,企业的资源错配可能会通过上下游传导产生乘数效应,放大为全链条的资源供需失衡;反之,企业要素配置效率的提升会通过网络溢出效应,优化整条产业链供应链的资源整合与协同能力。企业数字技术协同创新通过打破组织边界与地域限制,推动资本、劳动、技术三类要素在链内企业流动与匹配,从而全面增强产业链供应链韧性。下文分别从资本配置效率、劳动配置效率、技术配置效率3个角度选取合适代理变量展开检验。

1. 资本配置效率

产业链供应链的资本要素错配主要表现为链内企业的投资决策偏差:上游企业过度投资导致产能过剩,下游企业投资不足引发供给短缺,这种结构性错配会沿着链条传导放大,最终加剧产业链供应链的脆弱性。因此,企业偏离最优投资水平的程度能够有效映射产业链供应链层面的资本错配程度,参考倪婷婷和王跃堂[52]的方法,利用过度投资(*OverInv*)来衡量企业资本配置效率,若企业过度投资程度较高,则说明企业资本配置效率较低。具体计算方法如式(5)所示。

$$Invest_{i,t}=\gamma_0+\gamma_1 Growth_{i,t-1}+\gamma_2 Roa_{i,t-1}+\gamma_3 Lev_{i,t-1}+\gamma_4 Size_{i,t-1}+\gamma_5 Age_{i,t-1}+\gamma_6 Invest_{i,t-1}+\mu_i+\lambda_t+\varepsilon_{it} \tag{5}$$

其中:i为企业;t为年份;$Invest_{i,t}$为企业i在第t年的固定资产投资,以固定资产原值占资产总额的比率衡量;$Growth_{i,t-1}$为企业i在第$t-1$年的主营业务收入增长率;$Roa_{i,t-1}$为企业i在第$t-1$年的资产收益率;$Lev_{i,t-1}$为企业i在第$t-1$年的资产负债率;$Size_{i,t-1}$为企业i在第$t-1$年总资产的自然对数;$Age_{i,t-1}$为企业i在第$t-1$年的企业上市年限加1取自然对数;$Invest_{i,t-1}$为企业i在第$t-1$年的固定资产投资;γ_0为常数项;$\gamma_1 \sim \gamma_6$为各解释变量的回归系数。

企业过度投资(*OverInv*)用式(5)的残差表示,若残差取值小于零,则说明投资不足,此时企业过度投资(*OverInv*)取值为0。从表11的(1)列和(2)列可以看出,企业是否数字技术协同创新(*DCI*)和企业数字技术协同创新水平(*DCIL*)对企业过度投资(*OverInv*)的估计系数均在1%的水平上显著为负,说明数字技术协同创新能够帮助企业缓解上游产能过剩与下游供给短缺的结构性矛盾,减少资本闲置与浪费,进而增强产业链供应链应对外部冲击的缓冲能力。

表 11　资源配置机制检验回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	资本配置效率		劳动配置效率		技术配置效率	
	OverInv	*OverInv*	*EEMP*	*EEMP*	*Eff*	*Eff*
DCI	−0.004*** (−4.317)		−0.072*** (−3.917)		0.299*** (5.729)	
DCIL		−0.002*** (−3.026)		−0.045*** (−3.447)		0.311*** (7.232)
常数项	−0.149*** (−3.253)	−0.148*** (−3.238)	6.092*** (3.976)	6.097*** (3.980)	2.007 (1.219)	2.200 (1.376)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	15301	15301	13233	13233	5638	5638
R^2	0.442	0.442	0.561	0.561	0.767	0.772
F 统计量	106.176***	106.139***	9.467***	8.909***	50.837***	53.625***

注：***、**、*分别表示 1%、5%、10%的显著性水平；括号内为基于企业层面聚类稳健标准误计算的 *t* 值。

2. 劳动配置效率

产业链供应链的劳动要素错配主要表现为各节点企业的冗余用工与人才结构性短缺并存，这种劳动资源错配会加剧产业链供应链整体的协调成本，造成大量资源浪费。企业层面的超额雇员指标专门捕捉企业用工规模偏离最优水平的程度，能够精准衡量劳动要素的配置效率，从微观上表征产业链供应链的劳动配置效率，参考耿云江和马影[53]的方法，利用超额雇员（*EEMP*）来衡量企业劳动配置效率，若企业超额雇员程度较高，则说明企业劳动配置效率较低。具体计算方法如式（6）所示。

$$Employee_{i,t} = \delta_0 + \delta_1 Growth_{i,t-1} + \delta_2 Roa_{i,t-1} + \delta_3 Lev_{i,t-1} + \delta_4 Size_{i,t-1} + \delta_5 PPE_{i,t-1} + \delta_6 Employee_{i,t-1} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

其中：$Employee_{i,t}$ 为企业 i 在第 t 年的员工密集度，以年末员工数占当年营业收入的比率衡量；$PPE_{i,t-1}$ 为企业 i 在第 $t-1$ 年的资本密集度；$Employee_{i,t-1}$ 为企业 i 在第 $t-1$ 年的员工密集度；δ_0 为常数项；$\delta_1 \sim \delta_6$ 为各解释变量的回归系数。

企业超额雇员（*EEMP*）用员工密集度实际值减去式（6）估计出的员工密集度估计值衡量，若企业超额雇员（*EEMP*）取值小于零，则说明存在雇员缺口，此时企业超额雇员（*EEMP*）取值为 0。从表 11 的（3）列和（4）列可以看出，企业是否数字技术协同创新（*DCI*）和企业数字技术协同创新水平（*DCIL*）对企业超额雇员（*EEMP*）的估计系数均在 1%的水平上显著为负，说明数字技术协同创新能够推动跨企业的人才共享与灵活用工，打破劳动要素的组织边界限制，实现链内人力资源的动态调配，提高产业链供应链韧性。

3. 技术配置效率

产业链供应链技术配置效率的提升体现为创新资源在链内企业间的有效分配与转化。单个企业的技术创新效率是产业链整体技术升级的微观基础，企业单位研发投入的创新产出越高，表明技术要素的利用效率越高，其创新成果通过产业链溢出效应能够带动上下游企业的技术进步。参考权小锋和尹洪英[54]的方法，以企业当年申请的专利数量与研发支出的比值取对数处理后衡量企业创新效率（*Eff*），其中发明专利、实用新型专利、外观设计专利按照 3∶2∶1 的权重加权。从表 11 的（5）列和（6）列可以看出，企业是否数字技术协同创新（*DCI*）和企业数字技术协同创新水平（*DCIL*）对企业创新效率（*Eff*）的估计系数均在 1%的水平上显著为正，这一结果表明，数字技术协同创新能够促进技术知识在链内企业间共享与扩散，降低创新成本与重复研发投入，进而提升产业链供应链整体创新效率，带动产业链供应链韧性提升。综上，假设 H3 得证。

七、异质性分析

为深入考察数字技术协同创新对产业链供应链韧性影响的异质性特征，本文分别从企业生命周期、交易成本水平、区域分布与知识产权保护水平 4 个维度构建子样本，进行分组回归检验。

(一)企业生命周期异质性

基准回归结果表明,企业数字技术协同创新对产业链供应链韧性具有显著的正向作用,但这种促进作用可能因企业所处成长阶段的不同而存在差异。为检验这一可能性,借鉴余典范和王佳希[55]的分类方法,依据企业经营活动、投资活动与筹资活动现金流的不同组合模式,将全样本划分为成长期、成熟期与衰退期3个子样本。表12的(1)列~(3)列的结果显示,企业数字技术协同创新水平(*DCIL*)对成长期与成熟期企业的估计系数分别为0.395和0.527,均在1%的显著性水平上通过检验,且成熟期企业的系数明显大于成长期企业;对衰退期企业的估计系数为-0.405,未能通过显著性检验。这说明数字技术协同创新对供应链韧性的促进效应呈现出显著的生命周期异质性,在成熟期企业中体现最为突出,在衰退期企业中尚未观察到统计显著的促进效应。

究其原因,从交易成本理论的视角来看,成熟期企业往往作为供应链中的核心节点,具有较强的谈判地位与资源编排能力,能够主导不完全契约的缔结与执行,其参与数字协同的博弈动机在于强化网络控制力,凭借较高的声誉机制和市场话语权有效抑制了合作方的机会主义行为,从而将协同红利最大化转化为韧性。相比之下,成长期企业处于谈判弱势地位,参与协同网络往往需要跨越较高的"资产专用性投资"门槛,如重金购买特定系统、进行数据接口的单向适配等,不仅沉没成本高昂,还容易在不完全契约下面临被核心企业"套牢"的风险,导致其协同净收益受到一定折损;对于衰退期企业而言,其通常面临市场份额萎缩与经营性现金流恶化的困境,管理层经营决策更倾向于将稀缺资源配置于维持现有运营而非投入长周期、高不确定性的跨组织协同项目。与此同时,衰退期企业多伴随核心技术人员流失与知识基础老化,其对外部新技术的吸收与转化能力可能受到约束,难以将外部数字资源有效内化为自身韧性。此外,衰退期企业通常科层架构固化、部门分割严重,组织柔性不足,与数字技术协同创新要求的开放的组织边界与灵活的资源调度机制形成矛盾,协同创新反而可能加剧内部协调成本。

(二)交易成本异质性

交易成本是影响企业参与协同创新意愿与深度的重要因素。借鉴李卫兵和张星[56]的做法,以销售费用、管理费用和财务费用之和占总资产的比例衡量企业交易成本,并据此按全样本中位数将样本划分为高、低交易成本两组。从表12的(4)列和(5)列可以看出,在低交易成本组,企业数字技术协同创新水平(*DCIL*)的影响系数为0.524,在1%的显著性水平上通过检验;在高交易成本组,影响系数为0.353,仅在5%的水平上显著,且系数绝对值明显低于低交易成本组。

上述结果表明,交易成本对数字技术协同创新效应具有显著的抑制作用。在交易成本较低的情形下,企业之间的信息传递更为顺畅,协同过程中的合作摩擦相对较小,数字技术协同创新所形成的资源整合与风险共担效应能够得到更充分释放,因此对产业链供应链韧性的提升作用更为显著;而在交易成本较高的环境中,由于契约不完全性和机会主义风险上升,企业在协同过程中需要投入更多资源用于防范、监督与谈

表12　企业异质性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	成长期企业	成熟期企业	衰退期企业	高交易成本	低交易成本
	CSCR	*CSCR*	*CSCR*	*CSCR*	*CSCR*
DCIL	0.395***	0.527***	-0.405	0.353**	0.524***
	(2.805)	(3.358)	(-0.527)	(1.981)	(3.241)
常数项	22.093***	21.977***	20.113***	-1.555	8.385
	(3.903)	(3.883)	(2.625)	(-0.153)	(1.345)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	6745	4666	2109	7420	7404
R^2	0.799	0.823	0.667	0.692	0.790
*F*统计量	3.136***	3.365***	1.075	1.523	5.359***

注:***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平;括号内为基于企业层面聚类稳健标准误计算的*t*值。

判，较高的协调成本压缩了协同创新的净收益空间，从而削弱了其对产业链供应链韧性的促进作用。

（三）知识产权保护异质性

在数字技术协同创新过程中，数据、算法、工艺流程等知识要素具有较强的可复制性和可扩散性，因而技术外溢风险与模仿风险相对更高。此时，知识产权保护不仅关系到创新成果的收益分配，也影响企业参与协同创新的意愿、范围与深度，是数字技术协同创新能否有效转化为产业链供应链韧性提升的重要制度环境。基于此，借鉴沈国兵和黄铄珺[57]的方法，以各地级市人民法院知识产权结案数与地区生产总值之比除以全国知识产权结案数与国内生产总值之比衡量知识产权保护水平，并据此按全样本中位数将样本划分为高、低保护水平两组。表13的(1)列和(2)列结果显示，在高知识产权保护水平组中，*DCIL*的估计系数为1.502，且在1%的水平上显著；而在低知识产权保护水平组中，*DCIL*的估计系数为0.220，未能通过显著性检验。上述结果表明，较强的知识产权保护能够显著强化数字技术协同创新对产业链供应链韧性的促进作用。

究其原因，完善的知识产权保护体系本质上构成了一种外部契约执行机制，能够在一定程度上降低技术泄漏风险，减少企业在协同过程中的防范成本与维权成本，并抑制网络内部的机会主义行为，从而促进知识、技术和数据要素在产业链供应链中的有序流动与高效转化。相反，在知识产权保护水平较弱的地区，由于“搭便车”行为和技术模仿风险较高，企业更容易产生信任顾虑，进而提高防备性投入与契约执行成本，抑制其参与开放协同的积极性，使数字技术协同创新的作用难以充分释放。上述发现进一步印证了制度环境在数字技术协同创新与产业链供应链韧性关系中的关键作用。

（四）地理区位异质性

受区域经济发展水平、数字基础设施建设以及创新资源集聚程度差异的影响，数字技术协同创新对产业链供应链韧性的作用可能存在明显的区域异质性。为考察这一问题，本文将全样本划分为东部、中部与西部3个子样本进行分组回归。从表13的(3)列~(5)列可以看出，企业数字技术协同创新水平（*DCIL*）在东部地区的估计系数为0.395，在1%的显著性水平上通过检验。结果表明，数字技术协同创新对产业链供应链韧性的促进作用主要体现在东部地区，而在中、西部地区尚未形成显著影响，数字化赋能效应呈现一定的区域分化特征。

从原因来看，东部地区数字基础设施建设较为完善，产业链配套体系成熟，创新主体集聚程度较高，为企业开展数字技术协同创新提供了良好的外部条件。一方面，发达的市场网络和丰富的创新资源降低了企业搜寻合作伙伴、获取互补性资源及建立协同关系的成本；另一方面，长期稳定的合作关系和频繁的市场互动有助于增强主体间信任，缓解信息不对称和机会主义行为带来的不确定性，从而提高协同创新效率。相比之下，中、西部地区数字化基础相对薄弱，创新资源分布较为分散，跨区域、跨组织协同创新仍面临较高的协调成本与交易摩擦。同时，数字平台、技术标准和数据接口等方面尚未形成较高程度的统一，导致企业前期投入形成的专用性资产难以实现跨主体共享和重复利用，削弱了数字技术协同创新向产业链供应链韧性转化的效率。

表13　制度与区域环境异质性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	高知识产权保护水平	低知识产权保护水平	东部	中部	西部
	CSCR	*CSCR*	*CSCR*	*CSCR*	*CSCR*
DCIL	1.502***	0.220	0.395***	0.418	0.513
	(7.002)	(1.476)	(3.037)	(1.642)	(1.463)
常数项	6.166	8.730	5.724	−5.366	17.019
	(0.883)	(1.107)	(0.983)	(−0.540)	(1.202)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	7412	7414	11527	2436	1338
R^2	0.738	0.741	0.713	0.793	0.770
*F*统计量	8.664***	2.222**	4.342***	4.932***	0.783

注：***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平；括号内为基于企业层面聚类稳健标准误计算的*t*值。

八、进一步分析：数字技术协同创新的稳链、强链与补链效应

前文已验证数字技术协同创新对产业链供应链韧性的整体提升效应，并揭示了信息共享与资源配置的双重传导机制。然而，当前全球产业链供应链正经历去全球化与区域化重构的双重变局，使得产业链“断链”风险从偶发的外生冲击演变为常态化的系统性挑战。在此背景下，本文进一步将数字技术协同创新与国家产业链安全的分层目标相对接，深入检验数字技术协同创新在防范断链风险（稳链）、打通信息壁垒（强链）、纠正资源错配（补链）3个维度的作用，揭示数字技术协同创新赋能产业链供应链安全的内在逻辑，为中国制定精准有效的数字经济政策提供理论与经验支撑。

（一）数字技术协同创新的直接“稳链”效应

“稳链”是产业链供应链安全的底线目标，核心是防范产业链供应链中断风险，确保其在外部冲击下能够维持基本运转。传统的稳链手段主要依赖多源采购、纵向一体化等方式，不仅成本高昂，且难以应对复杂多变的系统性风险。数字技术协同创新则通过构建跨企业的动态感知响应体系，实现了从“被动防御”向“主动预警”的转变，为防范断链风险提供了新的技术路径。

借鉴江伟等[58]的方法，通过统计上市公司年报MD&A文本中产业链供应链中断风险关键词的词频，计算其占总词数的比例构建产业链供应链中断风险指标（*SCDRisk*），该指标能够捕捉企业管理层对潜在产业链供应链风险的前瞻性感知，相较于传统的财务指标更具时效性与前瞻性，且该指标数值越大，表明企业面临的产业链供应链中断风险越高。从表14可以看出，企业是否开展数字技术协同创新（*DCI*）的系数为-0.068，在1%水平上显著为负；数字技术协同创新水平（*DCIL*）的系数为-0.030，同样在1%水平上显著为负。这一结果表明，企业开展数字技术协同创新、提升数字技术协同创新水平，均能够显著降低产业链供应链中断风险。

数字技术协同创新的稳链效应可能主要源于3个层面：第一，风险感知的实时性。跨企业数字平台能够整合上下游企业的生产、库存、物流等多源数据，实现全链条实时监测，提前识别上游原材料短缺、下游需求波动等潜在风险。第二，风险响应的协同性。当局部环节出现风险时，协同网络能够快速调动链内资源进行替代与调配，避免风险在链内传导与放大。第三，风险共担的机制性。数字技术协同创新构建了利益共享、风险共担的合作机制，使得链内企业能够共同应对外部冲击，提升了整个产业链供应链的抗风险能力。现实中，工业互联网平台的表现充分印证了这一点，即通过跨企业的资源调度与协同生产，有效缓解风险冲击下零部件短缺与物流中断带来的影响，保障产业链供应链的基本运转。

（二）数字技术协同创新的“强链”效应——基于信息壁垒的视角

“强链”是产业链供应链安全的核心目标，其本质是提升产业链供应链的整体协同效率与竞争力。传统产业链中，企业间存在严重的信息壁垒，信息在传递过程中出现延迟与失真，导致“牛鞭效应”凸显。上下游企业难以实现精准协同，这是制约产业链效率提升的核心瓶颈。数字技术协同创新通过打破组织间的信息壁垒，实现了全链条的信息透明与共享，为产业链供应链“强链”提供了关键支撑。

表14 企业数字技术协同创新对产业链供应链断链风险的影响

变量	（1）	（2）
	SCDRisk	*SCDRisk*
DCI	-0.068***	
	（-3.497）	
DCIL		-0.030***
		（-2.918）
常数项	-2.240***	-2.235***
	（-11.956）	（-11.908）
控制变量	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes
观测值	14657	14657
R^2	0.790	0.790
*F*统计量	12.507***	12.478***

注：***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平；括号内为基于企业层面聚类稳健标准误计算的*t*值。

表15的（1）列和（2）列展示了信息壁垒对产业链供应链断链风险的影响结果。信息共享广度（*IT*）的系数为-0.039，在1%水平上显著为负；信息共享深度（*ERR*）的系数为0.452，在1%水平上显著为正。这一结果清晰表明，信息共享广度的拓展能够显著降低断链风险，而信息不对称程度的上升则会显著加剧断链隐患。这与牛鞭效应的理论逻辑一致：信息不对称程度越高，上下游企业的需求预测偏差越大，库存波动越

表 15　信息壁垒与资源错配对产业链供应链断链风险的影响

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	信息壁垒		资源错配		
	SCDRisk	*SCDRisk*	*SCDRisk*	*SCDRisk*	*SCDRisk*
IT	−0.039***				
	(−3.712)				
ERR		0.452***			
		(3.082)			
OverInv			0.303**		
			(2.370)		
EEMP				0.023***	
				(3.108)	
Eff					−0.062***
					(−5.346)
常数项	4.075***	4.693***	4.923***	5.173***	−2.701***
	(4.894)	(6.055)	(7.083)	(7.096)	(−6.168)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	8557	10714	14386	12414	5645
R^2	0.809	0.792	0.790	0.764	0.793
F 统计量	9.736***	11.687***	12.758***	11.082***	4.798**

注：***、**、*分别表示 1%、5%、10%的显著性水平；括号内为基于企业层面聚类稳健标准误计算的 t 值。

剧烈，产业链供应链中断的概率也就越高。

数字技术协同创新对信息壁垒的打破，实现了产业链供应链从“链式连接”向“网络协同”的根本性转变。在传统产业链中，信息只能沿着上下游链条单向传递，且存在严重的信息损耗；而在数字协同网络中，信息能够在获得授权的合作节点之间及时共享，降低企业获取相关供需信息的成本。这种全链条的信息透明化不仅有效缓解牛鞭效应，降低协调摩擦与交易成本，更提升了产业链供应链的整体决策效率。

（三）数字技术协同创新的“补链”效应——基于资源错配的视角

“补链”是产业链供应链安全的关键目标，其核心是纠正资源错配，加强产业链供应链中的薄弱环节。长期以来，中国产业链供应链存在“大而不强、全而不精”的问题①，资源在产业链上下游分布不均，中小企业面临严重的资源约束，这是导致产业链供应链脆弱性的重要根源。数字技术协同创新通过打破组织边界与地域限制，实现了要素在更大范围内的优化配置，为补齐产业链供应链短板提供了有效路径。

表 15 的(3)列~(5)列展示了资源错配对产业链供应链断链风险的影响结果。资本配置效率(*OverInv*)的系数为 0.303，在 5%水平上显著为正；劳动配置效率(*EEMP*)的系数为 0.023，在 1%水平上显著为正；技术配置效率(*Eff*)的系数为−0.062，在 1%水平上显著为负。这一结果表明，资本、劳动与技术三类要素配置效率的提升，均能显著降低产业链供应链断链风险。这意味着，资源错配不仅会降低企业的经营效率，更会加剧产业链供应链的脆弱性，而优化资源配置则是提升产业链供应链韧性的重要手段。

从资源基础观与网络组织理论的视角来看，传统的资源配置主要局限于企业内部，而数字协同网络则将分散在不同企业的资本、劳动与技术要素连接起来，形成了一个动态的资源池。在这个资源池中，要素能够根据产业链上下游的真实需求与薄弱环节实现精准匹配与高效流转，缓解链内企业的资源配置约束，增强不同资源禀赋之间的互补性，破解中小企业资源约束短板。这不仅从要素层面实现“补链”效应，更为构建自主可控、安全高效、富有韧性的现代化产业体系提供了关键要素支撑与机制保障。

① 国家发展改革委员会，《全力推动构建新发展格局取得新突破》，2023-04-17，https://www.ndrc.gov.cn/fzggw/wld/zjh/ldtd/202304/t20230417_1353659.html。

九、结论与政策启示

在全球产业链供应链重构与多重风险因素叠加的背景下,提升产业链供应链韧性成为关乎国家经济安全与现代化产业体系建设的核心议题。本文基于2010—2023年A股上市公司数据,从信息共享与资源配置双重视角,系统检验了企业数字技术协同创新对产业链供应链韧性的影响及其作用机制。研究发现:企业数字技术协同创新能够显著提升产业链供应链韧性。作用机制分析表明,数字技术协同创新主要通过拓展信息共享广度、深度和优化资本、劳动、技术三类要素配置促进产业链供应链韧性提升。异质性研究表明,数字技术协同创新提升产业链供应链韧性的作用在成长期与成熟期、低交易成本的企业以及处于高知识产权保护水平与东部地区的企业中更加显著。进一步分析发现,数字技术协同创新兼具"稳链""强链"与"补链"效应,可通过破除信息壁垒、纠正资源错配全方位强化产业链供应链安全,降低断链风险。

基于上述研究结论,本文具有如下政策启示:

第一,以数字基础设施和数据治理体系建设为抓手,夯实产业链供应链"稳链"基础。研究表明,数字技术协同创新能够显著提升产业链供应链韧性。因此,应进一步加快数字基础设施建设,推动工业互联网、人工智能、大数据中心、算力网络等新型基础设施协同布局,提升产业链供应链关键环节的数据感知、风险监测与预警能力。与此同时,加快建立统一的数据标准体系和数据流通规则,推动产业链上下游企业数据互联互通,提升产业链运行透明度和风险识别能力,构建覆盖研发、生产、物流和销售全过程的数字化风险防控体系,增强产业链供应链抵御外部冲击的能力。

第二,以跨主体数字协同创新平台建设为重点,提升产业链供应链"强链"能力。研究发现,信息共享是数字技术协同创新提升产业链供应链韧性的重要渠道。因此,应加快建设面向重点产业链的数字协同创新平台,推动链主企业、中小企业、高校和科研机构共同参与数字技术研发与应用。鼓励链主企业开放数据接口、技术标准和应用场景,带动上下游企业共同融入数字协同创新网络。同时,完善数据产权保护、知识产权协同保护以及收益共享机制,降低跨组织协同创新中的交易成本和合作风险,促进创新资源在产业链供应链网络中的高效流动,提升产业链整体协同效率和竞争能力。

第三,以要素优化配置为导向,增强产业链供应链"补链"能力。研究发现,数字技术协同创新能够通过优化资本、劳动和技术资源配置提升产业链供应链韧性。因此,应进一步发挥数字平台在资源配置中的枢纽作用,推动资金、人才和技术等创新要素向产业链薄弱环节和关键节点集聚。针对产业链中的"断点""堵点"以及关键核心技术领域,建立数字化资源配置机制,引导金融资本、创新人才和科研资源精准投入关键环节,提升产业链自主可控能力。同时,鼓励企业开展跨区域、跨行业数字协同创新,促进先进技术成果扩散应用,推动产业链整体升级。

第四,实施差异化支持政策,构建数字技术协同创新长效机制,推动现代化产业体系建设。结合地区分组结果及成长期企业面临的协同成本约束,应针对不同地区和生命周期企业实施差异化支持政策。对于中西部地区企业,应持续加强地区数字基础设施建设和数字公共服务供给,提升区域数字创新生态水平,降低其参与数字技术协同创新的资金与技术门槛;对于成长期企业,通过创新券、研发补贴、税收优惠和数字化转型专项基金等方式降低其参与数字技术协同创新的成本。与此同时,应围绕现代化产业体系建设目标,推动形成政府引导、市场主导、多方参与的数字技术协同创新体系,通过完善数据要素市场建设、强化关键核心技术联合攻关和数字生态培育,为构建自主可控、安全高效、富有韧性的现代化产业体系提供持续动力。

总体而言,数字技术协同创新不仅是企业提升自身韧性的有效手段,也是构建现代化产业体系、保障产业链供应链安全稳定运行的重要路径。未来应进一步强化政府、平台和企业多方联动,从数字基础设施完善、制度规则优化到创新生态培育形成系统支持,推动产业链供应链向更加数字化、智能化方向升级发展。

参考文献

[1] WU L, ZHANG Z, HUANG J, et al. Digital technologies and supply chain resilience: A resource-action-performance perspective[J]. Information Systems Frontiers, 2025, 27(5): 2137-2158.

[2] 刘婧怡. 供应链中断：成因、后果及对策——供应链治理视角下的文献述评[J]. 中南财经政法大学学报，2022(4)：130-144.
[3] BYGBALLE L E，DUBOIS A，JAHRE M. The importance of resource interaction in strategies for managing supply chain disruptions[J]. Journal of Business Research，2023，154：113333.
[4] 谢卫红，林培望，李忠顺，等. 数字化创新：内涵特征、价值创造与展望[J]. 外国经济与管理，2020，42(9)：19-31.
[5] CUI Y，GAUR V，LIU J. Supply chain transparency and blockchain design[J]. Management Science，2024，70(5)：3245-3263.
[6] 徐琪，吴翠，陈敢. 共享平台下供应链闲置资源动态优化配置策略[J]. 运筹与管理，2021，30(9)：86-92.
[7] 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.
[8] Li B，Xu C，WANG Y，et al. Digital transformation，supply chain collaboration，and enterprise growth：Theoretical logic and Chinese practice[J]. European Research on Management and Business Economics，2024，30(2)：100249.
[9] 汪彩君，石奇炜. 企业数字化转型对产业链韧性的影响——基于产业链网络视角的分析[J]. 工业技术经济，2024，43(10)：63-72.
[10] 黄宏斌，张玥杨，许晨辉. 协同创新、经济政策不确定性与企业韧性[J]. 财经科学，2024(4)：78-91.
[11] 刘攀，李子琦，王红菊. 数字化转型对供应链企业协同创新的影响研究[J]. 郑州大学学报(哲学社会科学版)，2023，56(3)：67-72，127.
[12] 伍静，纪祥裕. 数字经济发展与企业协同创新——基于创新链升级与供应链优化视角[J]. 首都经济贸易大学学报，2024，26(2)：3-18.
[13] URBINATI A，CHIARONI D，CHIESA V，et al. The role of digital technologies in open innovation processes：An exploratory multiple case study analysis[J]. R&D Management，2020，50(1)：136-160.
[14] CHENG Q，PENG C，WAN H，et al. How to realize digital knowledge innovation through digital technology? A perspective based on knowledge digitization and inter-organizational knowledge sharing[J]. Technology in Society，2025，82：102905.
[15] ARORA A，ATHREYE S，HUANG C. The paradox of openness revisited：Collaborative innovation and patenting by UK innovators[J]. Research Policy，2016，45(7)：1352-1361.
[16] 焦豪. 数字平台生态观：数字经济时代的管理理论新视角[J]. 中国工业经济，2023(7)：122-141.
[17] 江小涓，靳景. 数字技术提升经济效率：服务分工、产业协同和数实孪生[J]. 管理世界，2022，38(12)：9-26.
[18] 李振东，张冬冬，朱子钦，等. 数字化情境下的协同创新：理论框架与研究展望[J]. 科学学与科学技术管理，2022，43(8)：47-65.
[19] 裴建锁，陈哲昂，赵宇，等. 产业链供应链韧性：概念辨析、测度框架与传导机制[J]. 经济学动态，2025(6)：143-160.
[20] PETTIT T J，FIKSEL J，CROXTON K L. Ensuring supply chain resilience：Development of a conceptual framework[J]. Journal of Business Logistics，2010，31(1)：1-21.
[21] 肖兴志，王述勇，李少林. 金融支持产业链韧性提升：内在逻辑、现实需求与推进方略[J]. 改革，2024(9)：1-16.
[22] ASADZADEH A，KÖTTER T，FEKETE A，et al. Urbanization，migration，and the challenges of resilience thinking in urban planning：Insights from two contrasting planning systems in Germany and Iran[J]. Cities，2022，125：103642.
[23] MARTIN R. Regional economic resilience，hysteresis and recessionary shocks[J]. Journal of Economic Geography，2012，12(1)：1-32.
[24] IVANOV D. Two views of supply chain resilience[J]. International Journal of Production Research，2024，62(11)：4031-4045.
[25] 赵玲，黄昊. 不确定性冲击、数字技术创新与供应链韧性[J]. 中南财经政法大学学报，2024(4)：148-160.
[26] 钞小静，廉园梅，元茹静，等. 数字基础设施建设与产业链韧性——基于产业链恢复能力数据的实证分析[J]. 数量经济技术经济研究，2024，41(11)：112-131.
[27] 张树山，谷城. 企业数字化转型与供应链韧性[J]. 南方经济，2024(8)：137-158.
[28] 王煜昊，马野青. 新质生产力、企业创新与供应链韧性：来自中国上市公司的微观证据[J]. 新疆社会科学，2024(3)：68-82，177.
[29] 李天一，张玄逸，张松. 企业信用评级与供应链韧性[J]. 现代金融研究，2025，30(4)：78-90.
[30] 贺正楚，李玉洁，吴艳. 产业协同集聚、技术创新与制造业产业链韧性[J]. 科学学研究，2024，42(3)：515-527.
[31] CHEN Y，JIANG C，PENG L，et al. Digital infrastructure construction and urban industrial chain resilience：Evidence from the "Broadband China" strategy[J]. Sustainable Cities and Society，2025，121：106228.
[32] XU J，YANG B，YUAN C. The impact of supply chain digitalization on urban resilience：Do industrial chain resilience，green total factor productivity and innovation matter?[J]. Energy Economics，2025，145：108443.
[33] 刘益宁，潘昌蔚，李秀婷. 全国统一大市场与出口企业供应链韧性[J]. 世界经济与政治论坛，2024(4)：103-121.
[34] GROSSMAN G M，HELPMAN E，LHUILLIER H. Supply chain resilience：Should policy promote international diversification or reshoring?[J]. Journal of Political Economy，2023，131(12)：3462-3496.
[35] TSE Y K，DONG K，SUN R，et al. Recovering from geopolitical risk：An event study of Huawei's semiconductor supply chain[J]. International Journal of Production Economics，2024，275：109347.
[36] 袁瀚坤，彭刚东，韩民春. 中美贸易摩擦、关税冲击与产业链韧性[J]. 海南大学学报(社会科学版)，2026，44(1)：128-140.
[37] 朱秀梅，杨姗. 数字创业生态系统研究述评与展望[J]. 外国经济与管理，2022，44(5)：48-63.
[38] SRINIVASAN R，SWINK M. An investigation of visibility and flexibility as complements to supply chain analytics：An organizational information processing theory perspective[J]. Production and Operations Management，2018，27(10)：1849-1867.
[39] CHEN Y，LI B，HUO B. Building operational resilience through digitalization：The roles of supply chain network position[J]. Technological Forecasting and Social Change，2025，211：123918.

[40] JOVANOVIC M, SJÖDIN D, PARIDA V. Co-evolution of platform architecture, platform services, and platform governance: Expanding the platform value of industrial digital platforms[J]. Technovation, 2022, 118: 102218.
[41] KUMAR N, KUMAR K, AERON A, et al. Blockchain technology in supply chain management: Innovations, applications, and challenges[J]. Telematics and Informatics Reports, 2025, 18: 100204.
[42] ZHENG M, WANG R, YE J, et al. How does supply chain finance enhance firms' supply chain resilience?[J]. International Review of Economics & Finance, 2025, 102: 104231.
[43] 孙睿, 何大义, 苏汇淋. 基于演化博弈的区块链技术在供应链金融中的应用研究[J]. 中国管理科学, 2024, 32(3): 125-134.
[44] 李静, 傅明宸. 企业数字化助推劳动配置效率: 机制和异质性[J]. 西安财经大学学报, 2024, 37(5): 40-54.
[45] THOMAS A, MORRIS W, HAVEN-TANG C, et al. Smart systems and collaborative innovation networks for productivity improvement in SMEs [J]. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 2021, 7(1): 3.
[46] 谷城, 张树山. 数字经济发展与产业链韧性提升[J]. 商业研究, 2023(5): 1-11.
[47] 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[J]. 中国工业经济, 2023(5): 118-136.
[48] 肖阳, 马莉莉. 人工智能政策如何影响企业供应链韧性? ——来自新一代人工智能创新发展试验区的经验证据[J]. 华东经济管理, 2026, 40(7): 43-52.
[49] 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[J]. 中国工业经济, 2023(8): 99-117.
[50] 苏治, 李颖, 程稚渊. 人工智能如何重塑要素收入分配格局? ——基于企业劳动力市场垄断势力的微观证据[J]. 经济研究, 2025, 60(9): 218-238.
[51] 褚剑, 秦璇, 方军雄. 中国式融资融券制度安排与分析师盈利预测乐观偏差[J]. 管理世界, 2019, 35(1): 151-166, 228.
[52] 倪婷婷, 王跃堂. 区域行政整合、要素市场化与企业资源配置效率[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(11): 136-156.
[53] 耿云江, 马影. 非国有大股东对国企超额雇员的影响: 成本效应还是激励效应[J]. 会计研究, 2020(2): 154-165.
[54] 权小锋, 尹洪英. 中国式卖空机制与公司创新——基于融资融券分步扩容的自然实验[J]. 管理世界, 2017, 33(1): 128-144,187-188.
[55] 余典范, 王佳希. 政府补贴对不同生命周期企业创新的影响研究[J]. 财经研究, 2022, 48(1): 19-33.
[56] 李卫兵, 张星. 数字化转型与企业交易成本[J]. 华中科技大学学报(社会科学版), 2023, 37(6): 8-17.
[57] 沈国兵, 黄铄珺. 城市层面知识产权保护对中国企业引进外资的影响[J]. 财贸经济, 2019, 40(12): 143-157.
[58] 江伟, 王楠, 曹少鹏. 供应链中断风险的度量与应用:基于词嵌入模型的分析[J]. 南开管理评论, 2025, 28(4): 109-120.

How Digital Technology Collaborative Innovation Enhances the Resilience of Industrial and Supply Chains: A Dual Perspective of Information Sharing and Resource Allocation

Teng Lili[1], Li Peifan[2], Wei Shuwen[2]
(1. School of Business, Guangxi University, Nanning 530004, China; 2. School of Economics, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: Amid rising external uncertainty and changes in domestic growth drivers, the security of industrial and supply chains is increasingly emphasized as a priority for high-quality economic development. The effects of firm-level digital technology collaborative innovation on the resilience of industrial and supply chains were examined using data from Chinese A-share listed firms from 2010 to 2023. The underlying mechanisms were investigated from the dual perspectives of information sharing and resource allocation. Chain resilience is found to be significantly enhanced by digital technology collaborative innovation. Two transmission mechanisms are identified. Firstly, the breadth and depth of information sharing are expanded. Information asymmetry and coordination frictions are thereby reduced. Secondly, the efficiency of capital, labor, and technology allocation is improved. The efficient allocation of resources across organizations is thereby facilitated. Stronger effects are observed among firms in the growth and maturity stages and firms with low transaction costs. Stronger effects are also observed among firms in eastern China and those in regions with stronger intellectual property protection. Chain stabilization, chain strengthening, and the reinforcement of weak links are further supported by the evidence. Disruption risks are reduced through the removal of information barriers and the correction of resource misallocation. The theoretical framework linking digital transformation to chain resilience is extended from a collaborative innovation perspective. Theoretical and empirical support is provided for understanding the contribution of cross-organizational digital technology collaborative innovation to chain resilience. Empirical evidence and policy implications are also provided for differentiated digital technology collaborative innovation policies and the high-quality development of industrial and supply chains.

Keywords: digital technology; collaborative innovation; resilience of industrial and supply chains; information sharing; resource allocation; disruption risk in industrial and supply chains