

数字技术创新对高技术产业链韧性的影响研究

张尹上

江苏大学财经学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2025年6月4日; 录用日期: 2025年6月19日; 发布日期: 2025年7月24日

摘要

本文利用2010~2023年省份层面数字技术专利数据, 并构建高技术产业链韧性指标体系, 系统研究了数字技术创新与高技术产业链韧性之间的关系。研究发现: 数字技术创新能显著提升高技术产业链韧性, 且这种影响在区域和技术演进阶段层面存在异质性。实证研究还表明, 数字技术创新通过专利知识宽度和新型基础设施建设正向影响高技术产业链韧性。据此, 本文提出了聚焦技术类型与关键环节、强化技术演进阶段适配与区域协同和紧扣“以数强链”数字化转型关键抓手等针对性政策建议。

关键词

数字技术创新, 高技术产业, 产业链韧性

Research on the Impact of Digital Technology Innovation on the Resilience of High-Tech Industrial Chains

Yinshang Zhang

College of Finance and Economics, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: Jun. 4th, 2025; accepted: Jun. 19th, 2025; published: Jul. 24th, 2025

Abstract

This paper utilizes digital technology patent data at the provincial level from 2010 to 2023 and constructs a high-tech industry chain toughness index system to systematically study the relationship between digital technology innovation and high-tech industry chain toughness. The study finds that digital technology innovation can significantly enhance the resilience of high-tech industrial chains, and this impact varies across regions and stages of technological evolution. Empirical research also indicates that digital technological innovation positively influences the resilience of high-tech

industrial chains through patent knowledge breadth and the construction of new infrastructure. Based on this, this paper proposes targeted policy recommendations that focus on technology types and key links, strengthen the adaptation of technology evolution stages and regional coordination, and closely follow the key drivers of digital transformation “to strengthen the chain with data”.

Keywords

Digital Technology Innovation, High-Tech Industries, Supply Chain Resilience

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在逆全球化浪潮兴起以及大国间科技竞争博弈加剧的时代背景下，中国高技术制造业虽已构筑起坚实的产业根基，并展现出较强的韧性特质，然而高技术产业链仍深陷“高端封锁”与“低端挤压”的双重困境之中，“韧中有脆”、局部梗阻和关键环节“卡脖子”等内生脆弱性暴露无遗。中国政府对产业链的安全稳定发展给予了高度重视。党的二十大报告明确提出“要着力增强产业链供应链的韧性与安全保障能力”。2024年，中共二十届三中全会进一步强调“需完善提升产业链供应链韧性与安全水平的制度体系”。与此同时，人工智能、工业互联网等数字技术的蓬勃发展，正逐步成为突破高技术产业链“卡脖子”瓶颈的关键力量。据中国信息通信研究院发布的《中国数字经济发展研究报告(2024年)》披露，数字产业化与产业数字化在数字经济中的占比结构已发生显著变化，从2012年的约3:7调整为2023年的约2:8。人工智能、区块链、云计算等新一代信息技术构成了数字经济发展的核心驱动力，“以数强链”成为推动高技术产业数字化转型、全面提升产业链韧性的关键路径，深入探究数字技术创新对高技术产业链韧性的影响机制极具现实意义。

近年来，随着世界经济下行风险不断积聚，具备重大战略价值的高技术产业链如何在各类冲击下维持稳定并实现迅速恢复，引发了学术界的广泛探讨。从现有文献来看，针对产业链韧性展开的研究数量颇丰。然而，无论是聚焦于理论层面的剖析，还是开展实证层面的探究，直接围绕高技术产业展开产业链韧性相关研究的文献均相对匮乏。当前研究大多探究创新韧性对高技术产业创新[1][2]或发展[3]的影响，随着数字技术扩散渗透至创新活动，“数字创新韧性”的概念被提出[4]；进一步地，学者们讨论了影响高技术产业创新韧性的因素，王栋(2023)认为数字金融发展能够显著提升高技术制造业创新韧性[1]；胡甲滨和俞立平(2023)指出企业规模对高技术产业创新韧性存在线性和非线性效应[5]。还有学者研究特定行业的产业链韧性，如郭朝先和许婷婷对中国医药产业链韧性和安全水平进行了探究[6]，王平和俞媛对高技术船舶产业链韧性影响因素展开了讨论[7]，另外，有学者创新性地提出从融合发展视角考察高技术产业升级韧性[8]，这些文献为后续研究提供了新的思路。当前，学术界已就数字经济发展程度[9]-[11]、数字化转型[12]以及新型基础设施建设[13]对制造业高质量发展的正向推动作用已达成共识，揭示了数字技术创新赋能实体经济转型升级的多元要素与作用路径。数字经济作为驱动实体经济发展[14]的关键力量，凸显了以新一代数字技术为核心的数字经济在激发经济增长新动能、引领经济结构优化中的核心引擎地位。然而，聚焦于数字技术创新对高技术产业链韧性具体作用机制的研究文献尚显不足。尽管已有研究创新性地从节点企业的微观视角切入，剖析数字技术创新对我国产业链韧性的影响[15]，但仍集中于全产业链宏观韧性的探讨，针对细分产业领域的影响效应及作用路径的研究仍需进一步深化与拓展。

本文将聚焦“技术-韧性”传导链，匹配企业专利数据汇总到省份层面以识别数字技术创新情况，并利用行业数据构建高技术产业链韧性评估体系，在此基础上分析数字技术创新对中国高技术产业链韧性的影响并做进一步的异质性分析和机制检验，最后基于实证结果提出政策建议。与现有相关文献相比，本文可能的创新点在于：一是创新性地探讨产业链韧性的技术驱动问题。以往文献多侧重全产业链的制度或组织韧性，忽视了技术驱动对高技术产业链的影响作用，本文从数字技术创新展开探讨，是对现有产业链韧性相关研究的有益补充与创新性延伸。二是赋予高技术产业链韧性综合评价指标体系新的时代内涵。本文在现有研究的基础上，考虑到高技术产业链有别于传统产业链的战略地位以及新时代对高技术产业链的新的要求，从“链”的视角构建高技术产业链韧性的综合指标体系。三是系统讨论数字技术创新与高技术产业链韧性的双重中介路径。现有文献多孤立讨论专利、基建等单一路径，本文将探索数字技术创新影响高技术产业链韧性的内在知识传导与外在支撑载体双重机制，寻求数字技术赋能产业链韧性的突破口。

2. 影响机理分析

2.1. 数字技术创新建设促进高技术产业链韧性提升

数字技术的深度应用，正从根本上增强高技术产业链应对风险与冲击的能力。这种韧性的提升，并非简单源于技术工具的叠加，而是技术深刻融入产业运行逻辑后产生的系统性变革。关键在于，数字技术打通了产业链的“信息血脉”。物联网让工厂设备、物流车辆甚至产品本身都能实时“说话”，区块链则确保供应链上的每一步记录都真实可靠、不可篡改。这使得企业能清晰掌握从原材料采购、研发设计到生产交付的完整动态。更深层的影响在于决策方式的智能化升级。工业互联网平台基于实时数据和智能算法的动态决策能力，使高技术产业在面对突发冲击时，不再被动承受，而是能够灵活调整、快速恢复。尤为重要的是，数字技术催生了强大的“创新缓冲池”。它打破了传统供应链的刚性束缚，创造了更多元化的替代路径。数字技术所构建的模块化、开放式的创新网络，为高技术产业提供了关键的“备胎”能力和转型空间。当原有的技术路线受阻时，这个网络能快速孵化出新的解决方案。制造业数字化程度的提升，能显著加快产业链从重大中断中恢复的速度，数字技术创新重构了高技术制造业应对挑战的内在机制，数字技术可以实时监控并预测产业链的潜在风险，在产业链受到冲击后通过智能调度实现柔性生产，并借助数据驱动动态调整产业链应对持续变化的形势，最终通过数字生态协同重构产业链，使产业链韧性得到了实质性的、可衡量的提升。

2.2. 数字技术创新建设影响高技术产业链韧性：专利知识宽度的中介作用

数字技术创新能够拓宽专利知识范畴以拓展企业技术知识边界，有效增强高技术产业的技术冗余性与替代性，进而显著提升产业链韧性。以大数据、人工智能为代表的新一代数字技术，具备高渗透性以及跨领域融合的显著特性，有助于企业突破传统技术局限，在多个技术领域进行专利布局。与此同时，为适应数字技术复杂多样的应用场景，高技术领域的领军企业会主动拓展专利覆盖范围，构建跨学科、跨领域的专利组合体系，从而显著扩大专利知识宽度。专利知识宽度的拓展，为产业提供了更丰富的技术路径储备。当产业链局部出现中断情况时，产业链能够迅速调整技术路线，避免关键技术环节遭遇“卡脖子”困境。此外，跨产业技术融合是高技术产业创新生态的重要特征，将吸引多元主体融入创新网络，形成“技术共生”的良好生态。企业通过专利许可、交叉授权等方式整合上下游资源，提升产业链协同运作的效率。值得关注的是，专利知识宽度的增加会降低对单一技术的依赖程度，分散技术迭代带来的风险，大幅提升产业链的技术多样性^[16]，增强产业链应对市场波动与变化的适应能力。专利知识宽度通过提升技术冗余性与替代性，以及构建技术共生创新生态，将数字技术创新的强大驱动力转化为高技术

产业链的持久韧性。

2.3. 数字技术创新影响高技术产业链韧性：新型基础设施建设的中介作用

数字技术创新作为技术供给端的核心驱动力，其实际落地与应用离不开算力设施、网络基础设施等新型基础设施作为物理支撑载体。新型基础设施在产业链中发挥着直接且关键的作用，它能够强化产业链的信息流通、协同运作效率以及抗风险能力，进而提升产业链的整体韧性[17]，其核心价值体现在将企业的技术创新单点能力升级为整个产业系统的协同能力。5G 通信、算力中心、工业互联网等新型基础设施为数字技术提供了低延迟、高带宽、强算力的基础条件，有效解决了技术落地过程中的“最后一公里”难题，而数据中心、可信数据空间等新型基础设施则建立了跨域数据流通的规则体系，推动数据从资源形态向生产要素形态转化。新型基础设施通过提供底层支撑能力，进一步放大了数字技术创新的效能[18]。此外，新型基础设施建设通过整合资源，重构了产业协同生态网络。借助云平台与远程协作设施，实现了全球范围内的研发协同，降低了因地缘冲突导致的创新中断风险。工业互联网标识解析体系则实现了全产业链的可视化管理，能够快速定位产业链中的断点，并调度替补供应商，确保产业链的稳定运行。新型基础设施还通过数字孪生应急推演系统、开放型试验场等手段，加速了技术验证过程，降低了系统性风险，缩短了创新周期，避免了因技术路线选择失误而造成的损失，显著增强了高技术产业链的抗冲击能力。

3. 实证研究设计

3.1. 评价体系构建与指标赋权

在韧性测度的理论框架中，学术界普遍采用两种系统性分析范式：其一是聚焦核心变量的单维指标量化法，其二是基于多维变量的综合指标评估法。本文参考郑涛和杨如雪(2022)、刘莉君和冉宇圆(2023)、胡甲滨和俞立平(2023)、谷城和张树山(2023)等的研究[5] [19]-[21]，并结合肖兴志和李少林(2022)、李晓华(2022)、盛朝迅(2022)、中国人民大学经济安全研究课题组(2023)等对韧性内涵的多维度阐释[22]-[25]，从稳链抗击能力、断链修复能力、强链创新能力三个维度构建 21 个细分指标的高技术产业链韧性综合评价指标体系。

具体来说，高技术制造业维持产业链稳定性、抵御外部冲击的能力离不开高技术产业自身的良好发展情况，包括产业效益、市场稳定性和产业基础。高技术产业主营业务收入和利润总额反映了高技术产业的整体规模，较大的产业规模在抵御外部冲击时具备规模经济和资源储备等优势，大规模生产能降低单位成本，能在供应链中断时维持生产，通过高效资源配置提高整体抗风险能力；高技术产业链新产品生产情况尤为重要，是高技术产业链保持创新活力的重要体现，而新产品在国内市场的销售和国外市场的出口情况反映了高技术产业链的市场稳定情况，对于具有高投入、高风险、高回报等特点的高技术产业链而言，市场稳定性尤为重要，稳定的供需关系和稳定的市场需求有助于提高抗风险能力和增强供应链稳定性。产业基础水平主要从产业主体、人才储备和科技基础设施建设三个角度着手，用产业内企业总数、研发机构数量和人力资本投入三个指标衡量，这些都是高技术产业赖以发展的基础，也是产业链抵御外部冲击的基础。

高技术产业链面临中断、缺失时，产业链自身的修复水平很大程度上取决于产业链是否自主可控，这主要包括市场、技术和供应链自主可控。本文高技术产业链市场自主可控主要包括资本市场和产品市场的对外依赖程度，因此对外依赖程度从外资依赖度和出口依赖度两个层面衡量；而技术可控则用购买国内技术经费支出、新产品开发经费支出和创新主体引领强度来表示，其中创新主体引领强度用具有研发机构的企业数量来衡量；供应链自主可控，也即当高技术产业链出现中断、关键节点缺失等情况时，能迅速有可替代企业填补产业链供应链的断点环节，代替原有企业发挥效益，实现产业链供应链稳定，体现了高技术产业链的断点代偿能力，用大中型企业数量和有 R&D 活动的企业数量表示。

创新对增强高技术产业链韧性具有重要作用，通过加大创新投入，优化创新环境，保障创新产出和创新质量，能够提升高技术产业链技术自主可控能力，提高生产效率和质量，显著增强高技术产业链韧性。创新投入强度用 R&D 人员全时当量和 R&D 经费投入强度来表示，创新产出水平从专利申请量、有效发明专利数和新产品开发项目数三个维度衡量，创新配套环境用政府支持程度和金融发展水平来表示，政府支持程度指标用政府资金支持表示，金融发展水平用金融机构贷款余额占 GDP 的比重来衡量。

考虑到数据的可得性和可比性，采用 2010~2023 年各省份高技术产业相关数据，数据主要来源于《中国高技术产业统计年鉴》。因 2018 年《中国高技术产业统计年鉴》停更一年导致 2017 年相关数据缺失，故采用线性插值法补齐；因关键数据缺失剔除港澳台及西藏自治区样本；由于各个指标统计口径不一致，采用均值法进行无量纲化处理。本文选择熵权-TOPSIS 法对高技术产业链韧性指标体系进行赋权与评价，高技术产业链韧性综合评价指标体系及权重测算结果如表 1 所示。

Table 1. Comprehensive evaluation index system for the toughness of high-tech industry chain

表 1. 高技术产业链韧性综合评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	属性	权重
稳链抗击能力	产业效益	主营业务收入	正向	0.048
		利润总额	正向	0.049
	市场稳定性	新产品销售收入	正向	0.047
		新产品出口总额	正向	0.046
	产业基础	产业内企业总数	正向	0.049
		科技基础设施建设	正向	0.047
		人力资本投入	正向	0.048
	对外依赖度	外资依存度	负向	0.047
出口依赖度		负向	0.047	
断链修复能力	自主可控	购买国内技术经费支出	正向	0.044
		新产品开发经费支出	正向	0.047
		创新主体引领强度	正向	0.047
	断点代偿能力	大中型企业数量	正向	0.049
		有研发活动的企业数量	正向	0.048
强链创新能力	创新投入强度	R&D 人员全时当量	正向	0.048
		R&D 经费投入强度	正向	0.048
	创新产出水平	专利申请量	正向	0.047
		有效发明专利数	正向	0.045
		新产品开发项目数	正向	0.048
	创新配套环境	政府支持程度	正向	0.049
金融发展水平		正向	0.052	

3.2. 数字技术创新

相较于借助文本分析挖掘年报词频等手段来评估数字技术创新水平，依据专利所属技术领域进行判断更为直接且高效。本文参考陶峰等(2023) [26]和方慧等(2025) [15]在数字技术创新衡量方面的研究方法，采用数字技术专利作为衡量数字技术创新的指标。德温特创新平台(Derwent Innovation)由科睿唯安(Clarivate Analytics)公司研发，是一款用于专利检索与分析的工具，其收录了全球 156 个国家或地区的高质量专利数

据。本文围绕沪深 A 股上市企业，并借助该平台以数字技术关键词进行检索，将检索结果与企业每年申请专利的国际专利 IPC 分类号进行比对，以此判定该专利是否属于数字技术领域。当前，我国正积极推进产业升级转型，大力布局新型基础设施建设，在此背景下，“新基建”所依托的核心数字技术具有较强的代表性。鉴于此，本文选取新型基础设施涵盖的五大核心技术——人工智能、第五代移动通信技术、云计算、物联网和区块链[27]作为数字技术关键词，通过检索统计每年企业新增的数字技术专利申请数量，再根据企业注册地匹配到各省份进行专利数据汇总并取对数，得出省份层面的数字技术创新规模。

3.3. 机制变量选取

(1) 新型基础设施建设(Infras): 与科技基础设施这一类聚焦于科学研究与技术开发的专用设施不同，新型基础设施建设是产业数字化转型的重要支撑，以信息网络为基础，涵盖信息基础设施、融合基础设施和创新基础设施三大领域，科技基建是新基建的技术源头，新基建为科技基建提供支撑，本文参考孙伟增和郭冬梅(2021) [28]衡量新型基础设施发展水平的做法，采用省份层面的移动通信基站数量取对数进行衡量。

(2) 专利知识宽度(Knowle): 本文参考张杰和郑文平(2018) [16]、徐杨等(2022) [29]、沈坤荣等(2023) [30]的做法，对省份层面发明专利的 IPC 分类号大组¹层面的信息进行加权，测算专利知识宽度衡量创新质量。为简化公式表达，省略时间下标 t ，发明专利 i 的专利知识宽度 $Knowle_i$ 如式(3-1)所示，其中， α_j 表示专利分类号中大组 j 所占的比重，对省份层面各个发明专利的知识宽度按均值加总，得到各省专利知识宽度数据。

$$Knowle_i = 1 - \sum_{j=1}^n \alpha_j^2 \quad (3-1)$$

3.4. 控制变量选取

本文结合刘莉君和冉宇圆(2023) [20]、钞小静等(2024) [31]、宋佳荣和同雪莉(2024) [32]等的控制变量选择思路，选取产业规模(Scale)、研发投入水平(Resear)、人力资本水平(Labor)、经济发展水平(Develop)和对外开放水平(Open)作为本文的控制变量。本文相关变量选取见表 2。

Table 2. Variable selection

表 2. 变量选取

变量类型	变量名称	变量测算
被解释变量	高技术产业链韧性	构建高技术产业链韧性综合指标评价体系
解释变量	数字技术创新水平	数字技术专利新增申请量 + 1 后取自然对数
机制变量	新型基础设施建设	移动通信基站数量取对数
	专利知识宽度	/
控制变量	产业规模	高技术产业总产值占 GDP 的比重
	研发投入水平	研发经费投入占主营业务收入的比重
	人力资本水平	研发人员数占年平均用工人数的比重
	对外开放水平	产业出口总额占 GDP 比重
	经济发展水平	人均 GDP 的自然对数

主要数据来源：高技术产业数据来自国家统计局、《中国高技术产业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》等权威统计刊物；数字技术专利来自德温特创新平台；控制变量数据来自《中国统计年鉴》。

¹IPC 分类号一般采取“部-大类-小类-大组-小组”的格式，例如，IPC 分类号为 A01B02/03，A 为部，A01 为大类，A01B 为小类，A01B02 为大组，A01B02/03 为小组，大组与小组之间用“/”隔开。

3.5. 模型设定

针对上述理论分析和指标测算结果，本文通过拟合省份和年份层面的双向固定效应模型，检验数字技术创新对我国高技术产业链韧性的影响效应，基准回归模型见式(3-2)。

$$Resil_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Digit_{i,t} + \beta_2 Controls_{i,t} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3-2)$$

其中， $Resil_{i,t}$ 为地区*i*在第*t*年的高技术产业链韧性， $Digit_{i,t}$ 指地区*i*在第*t*年的数字技术创新水平， $Controls_{i,t}$ 为一系列控制变量，包括产业规模、研发投入水平、人力资本水平、经济发展水平和对外开放水平， μ_i 和 δ_t 分别是省份固定效应和时间固定效应， $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项， β 为待估系数。

根据理论分析结果，本文借鉴陶锋等(2023) [33]、李少林等(2024) [34]等的研究，基于数字技术的知识传导与支撑载体视角，将专利知识宽度和新型基础设施建设作为机制变量，检验数字技术创新影响高技术产业链韧性的机制效应，模型设定见式(3-3)和式(3-4)。

$$InM_{i,t}^n = \beta_0 + \beta_1 Digit_{i,t} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3-3)$$

$$Resil_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 Digit_{i,t} + \gamma_2 InM_{i,t}^n + \gamma_3 Controls_{i,t} + \tau_i + \sigma_t + \eta_{i,t} \quad (3-4)$$

其中， $InM_{i,t}^n$ ($n=1,2$) 分别表示专利知识宽度和新型基础设施建设，其他变量含义与式(3-2)相同。

4. 实证结果分析

4.1. 基准回归结果

表3中的模型(1)展示了数字技术创新影响高技术产业链韧性的回归结果。结果显示，回归系数在1%的水平上显著为正，数字技术创新对我国高技术产业链韧性具有显著的促进作用。可能的原因在于，在工业互联网与AI大数据技术的赋能下，高技术产业链得以构建全链条风险实时监测与预警机制，显著缩短了风险响应周期；同时，依托区块链技术与云平台的协同作用，高技术产业链有效打破了企业间的信息壁垒，促进了跨企业的协同制造模式发展；通过引入AI研发工具以及部署柔性生产线，高技术产业链加速了关键技术的国产化替代进程，增强了断链环节的自主可控性与技术安全性；高技术产业链以平台化生态为依托，对传统链式结构进行重构，形成了具备动态自适应能力的产业网络。这一网络使供应链能够迅速重组并有效抵御外部冲击，进而对高技术产业链的韧性产生了显著的正面影响。

Table 3. Regression results

表3. 回归结果

	(1)	(2)	(3)
	基准回归	替换解释变量	增加控制变量
	Resil	Resil	Resil
Digit	0.120*** (3.018)	0.117*** (3.788)	0.104*** (8.599)
Scale	4.787*** (4.732)	4.740*** (4.673)	4.287*** (4.084)
Labor	6.148*** (2.649)	6.526*** (2.823)	6.585*** (2.828)
Resear	0.653*** (5.499)	0.392*** (5.267)	-0.374 (-0.056)

续表

Open	-1.136*** (-8.647)	-1.150*** (-8.753)	-1.054 (-0.843)
Develop	0.469*** (6.158)	-1.425 (-1.153)	-1.259*** (-8.440)
Urban			4.464* (1.724)
Constant	0.653*** (5.499)	0.197*** (4.506)	2.075*** (3.672)
Province	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes
N	420	420	420
R ²	0.922	0.978	0.923
F	229.985	856.567	222.128

注：* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$ ；括号内为 t 值。

4.2. 稳健性检验

现有研究中，不同学者关于数字技术创新的测算方式不尽相同，仅用一种方式进行测算可能会影响结果的稳健性，因此本文将更换数字技术创新的测算方式进行稳健性检验。一般地，工业机器人领域的技术创新能力和竞争力是衡量一个国家或地区技术创新水平的一个重要指标[35]，本文预计用工业机器人专利数据同样能在一定程度上代表数字技术创新，因此在实际回归中更换数字技术创新测算方式对回归结果辅以稳健性检验，检验结果如表 3 的模型(2)所示。在替换解释变量后，数字技术创新的回归系数依然在 1%的水平上显著为正，研究结论保持稳健。虽然双向固定效应模型可以在一定程度上缓解基准回归的遗漏变量问题，但并不能完全解决，因此本文将增加控制变量进行稳健性检验。城镇化水平是指城镇常住人口占总人口的比率，高技术产业对人才、信息、资本、专业服务和基础设施有高度依赖，天然倾向于布局在城市，同样地，数字技术创新很多应用场景首先在城市落地，其发展深度和广度与城市的基础设施、治理水平、应用场景丰富度密切相关。本文增加城镇化水平控制变量进行回归，结果见表 3 的模型(3)。在加入城镇化水平后，数字技术创新的回归系数依然在 1%的水平上显著为正，研究结论保持稳健。

4.3. 异质性分析

4.3.1. 区域异质性

不同的区域经济发展程度、产业基础、制度环境以及营商环境等都存在差异，从而数字技术创新对高技术产业链韧性的影响存在显著梯度差异，本文对东部地区、中部地区和西部地区分组进行回归，回归结果见表 4。可以看出，东部地区数字技术创新对高技术产业链韧性的影响显著为正；中部地区数字技术创新对高技术产业链韧性的提升作用逐步显现，但效果明显弱于东部地区；西部地区数字技术创新对高技术产业链韧性的提升作用不显著。东部地区相较于中西部地区，具备将数字技术潜力充分转化为实际产业链韧性提升的综合条件，形成“以数强链”的良性循环；中部地区呈现“追赶”态势。数字技术创新赋能韧性提升作用初显但尚未充分释放，需要克服基础设施、人才和创新生态的发展短板；西部地区

数字基础设施薄弱、数字化人才匮乏、企业数字化转型意识和能力不足，需警惕“数字鸿沟”风险。

Table 4. Regression results based on regional heterogeneity

表 4. 基于区域异质性的回归结果

	(1)东部地区	(2)中部地区	(3)西部地区
	resil	resil	resil
Digit	0.060*** (5.999)	0.013* (1.879)	0.000 (1.116)
Constant	1.754*** (4.335)	0.126** (2.354)	0.141*** (4.407)
Controls	Yes	Yes	Yes
Province	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes
组间系数差异	0.280***		0.531***
N	168	126	126
R ²	0.984	0.975	0.998
F	285.177	143.295	1621.671

注：* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$ ；括号内为t值。

4.3.2. 技术演进阶段异质性

数字技术创新对高技术产业链韧性的影响随技术成熟度、政策目标迭代和外部冲击的交互作用而产生动态演变，4G商用推动消费互联网爆发、工业互联网平台规模化和“东数西算”工程激活算力网络等标志性技术普及所带来的巨大变革，将影响数字技术创新赋能产业链韧性提升的作用效果，本文据此将2010~2023年划分为效率主导期(2010~2017年)、冲击响应期(2018~2021年)和系统重构期(2022~2023年)三个阶段，检验在技术演进的不同阶段，数字技术创新对高技术产业链韧性的影响是否有显著不同。回归结果如表5所示。结果显示，组间系数在1%的水平下显著，2010~2017年数字技术创新对高技术产业链韧性影响为正，但不显著；2018年之后数字技术创新对高技术产业链韧性影响显著为正，但相较于2018~2021年，2022~2023年数字技术创新对高技术产业链韧性的影响呈弱显著。2010~2017年，数字技术专利集中于消费互联网领域，与产业链协同风险防控关联较弱；随着工业互联网与大数据分析等数字技术的发展与应用，2018~2021年，数字技术专利结构从追求专利数量的效率导向转向注重风险防控的安全导向，在贸易摩擦、疫情冲击、政策驱动等因素作用下倒逼数字技术飞速发展；2022年后，数字技术专利的规则成本开始显现，占据领先地位的地区或龙头企业通过专利布局掌控数据标准，挤压中小企业生存空间，欠发达区域陷入“数字技术应用孤岛”困境，抑制了数字技术创新对高技术产业链韧性的赋能作用。

Table 5. Regression results based on heterogeneity in the stage of technological evolution

表 5. 基于技术演进阶段异质性的回归结果

	(1) 2010~2017年	(2) 2018~2021年	(3) 2022~2023年
	resil	resil	resil
Digit	0.028	0.192***	0.065*

续表

	(1.099)	(3.113)	(1.853)
Constant	0.096*	0.682**	0.252*
	(1.674)	(1.982)	(1.709)
Controls	Yes	Yes	Yes
Province	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes
组间系数差异	0.339***		0.781***
N	240	120	60
R ²	0.970	0.970	0.995
F	110.653	69.121	471.353

注：* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$ ；括号内为t值。

4.4. 机制检验

4.4.1. 专利知识宽度的中介作用

本文以专利知识宽度作为中介变量进行实证检验，检验结果见表6的模型(1)~(2)，数字技术创新和专利知识宽度的回归系数均在1%的水平下显著为正，控制专利知识宽度后数字技术创新的回归系数显著为正，表明数字技术创新通过专利知识宽度正向影响高技术产业链韧性。专利知识宽度通过技术扩散与多领域融合创新驱动数字技术创新赋能高技术产业链韧性提升，推动整合多领域技术带来颠覆性专利组合，打破技术路径锁定，同时跨领域研发活动吸引多元主体加入创新网络，分散高技术产业链的局部断链风险，增强高技术产业链风险协同响应能力，显著提升高技术产业链韧性水平。

4.4.2. 新型基础设施建设的中介作用

本文以新型基础设施建设作为中介变量进行实证检验，结果见表6的模型(3)~(4)，数字技术创新和新型基础设施建设的回归系数均在1%的水平下显著为正，控制新型基础设施建设后的数字技术创新回归系数显著为正，表明数字技术创新通过新型基础设施建设正向影响高技术产业链韧性。新型基础设施建设作为技术转化载体，将数字技术专利转化为实时响应等可部署能力，算力网络等数字技术支持跨区域产能协同，基建共享降低了中小企业数字化门槛，扩大技术普惠范围，避免“韧性洼地”。另外，新型基础设施建设的中介效应强于专利知识宽度，表明数字技术提升韧性的首要路径是新型基础设施建设的落地。新型基础设施建设的物理承载功能是数字技术价值释放的不可替代杠杆，显著提升了高技术产业链韧性应对冲击与快速恢复的能力。

Table 6. Mechanism test results

表6. 机制检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Knowle	resil	Infras	resil
Digit	0.038***	0.018**	0.051***	0.007*
	(3.214)	(1.975)	(3.624)	(1.760)
Knowle		0.024***		
		(4.035)		

续表

Infras				0.143*** (3.588)
Constant	2.160*** (3.718)	2.004 (1.208)	3.702*** (4.234)	8.327 (1.254)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes
Province	Yes	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes	Yes
N	420	420	420	420
r2	0.283	0.281	0.834	0.276
r2_a	0.190	0.186	0.813	0.180

注: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$; 括号内为 t 值。

5. 结论与启示

本文利用 2010~2023 年高技术制造业数据构建高技术产业链韧性指标体系, 通过上市企业数字技术专利数据测算省份层面的数字技术创新水平, 检验数字技术创新对高技术产业链韧性的影响, 并从知识传导和支撑载体视角解释其作用机制。研究发现, 样本期内, 数字技术创新对高技术产业链韧性具有显著正向影响; 数字技术创新对高技术产业链韧性的影响在区域和技术演进阶段层面存在异质性; 数字技术创新通过专利知识宽度和新型基础设施建设正向影响高技术产业链韧性。基于以上研究结论, 本文提出以下政策建议。

首先, 聚焦技术类型与关键环节, 构建精准协同的数字生态基座。围绕人工智能、物联网、区块链等核心数字技术, 在研发设计、供应链管理、生产制造等关键环节精准施策。其一, 按技术类型与环节发力, 研发环节设立“高知识宽度专利联合研发基金”, 要求跨企联合申报并共享专利; 供应链环节强制链主企业开放通用物料库存、物流状态等实时数据接口; 生产环节制定《行业智能化改造指南》, 明确装配、测试等环节的数字化投入重点。其二, 优化算力资源协同布局, 在西部建设面向新能源、电子信息的行业算力中心, 实施“东数西训”计划, 并发放“高知识宽度专利融合研发算力券”。其三, 共建共享协同平台, 采用“1(国家级基座)+N(行业子平台)”架构, 强制链主企业将非核心供应链数据通过标准 API 接入子平台共享。

其次, 强化技术演进阶段适配与区域协同, 实施差异化韧性提升策略。依据数字技术扩散期、成长期、生态成熟期的阶段性特征与区域禀赋, 设计精准政策。其一, 分阶段施策, 扩散期在 6G、量子干线等重点区域超前部署试验设施, 设立概念验证“揭榜挂帅”; 成长期强制链主制定核心数字技术断供预案, 建设开源工业互联网组件库, 对中小企业发放“数字化韧性提升包”; 成熟期重点制定数据流通规则与高价值专利池运营机制。其二, 强化区域协同, 东部聚焦前沿创新与规则制定, 中西部侧重基础设施普及与应用深化, 实施“数字技术特派员”对口支援机制, 并将中小企业上云率、算力利用率纳入地方考核。

最后, 紧扣“以数强链”关键抓手, 建立可量化可考核的韧性提升机制。其一, 压实链主数据开放责任, 出台《重点产业链核心企业数据开放指引》, 强制其通过国家级平台开放订单预测、通用库存等非敏感供应链数据, 并将“接口开放率”作为政策享受前置条件。其二, 激励高价值专利共享, 对主动许可高知识宽度专利给链内中小企业的企业, 给予税收抵免或研发加计扣除奖励。其三, 建设国家级韧性平

台与孪生工程平台, 聚焦供应链风险预警、产能应急调度、开源组件库; 实施“中小企业免费接入计划”; 在 3~5 条战略产业链试点“链群数字孪生”, 模拟断链风险与协同优化。其四, 刚性化考核指标, 设定链主及一级供应商关键设备数据采集率、全链库存周转率提升目标、供应链节点平均恢复时间缩短目标等量化指标, 纳入政府与央企考核。

参考文献

- [1] 王栋. 数字金融发展对高技术制造业创新韧性的影响[J]. 技术经济与管理研究, 2023(10): 54-59.
- [2] 胡甲滨, 俞立平. 创新韧性对高技术产业创新的影响机制与特征研究[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(2): 49-59.
- [3] 胡甲滨, 俞立平, 洪金珠. 双循环背景下创新韧性对高技术产业发展影响研究[J]. 科研管理, 2023, 44(6): 51-61.
- [4] 胡甲滨, 俞立平, 张宏如. 数字创新韧性与高技术产业创新: 机制及效应[J]. 山西财经大学学报, 2023, 45(4): 95-111.
- [5] 胡甲滨, 俞立平. 企业规模对高技术产业创新韧性的影响效应检验[J]. 统计与决策, 2023, 39(22): 168-172.
- [6] 郭朝先, 许婷婷. 我国医药产业链供应链韧性和安全水平研究[J]. 经济与管理, 2023, 37(3): 82-93.
- [7] 王平, 俞媛. 基于 FuzzyDEMATEL-ISM 的高技术船舶产业链韧性影响因素研究[J]. 科技管理研究, 2023, 43(19): 196-204.
- [8] 赵蓉, 王鉴雪, 李强. 融合发展视角下高技术产业升级韧性研究[J]. 软科学, 2023, 37(2): 1-9.
- [9] 焦帅涛, 孙秋碧. 我国数字经济发展测度及其影响因素研究[J]. 调研世界, 2021(7): 13-23.
- [10] 运红, 黄桁. 数字经济水平对制造业产业结构优化升级的影响研究——基于浙江省 2008-2017 年面板数据[J]. 科技管理研究, 2020, 40(3): 147-154.
- [11] 任保平, 张公娇. 数字经济赋能实体经济高质量发展的理论机理与实践路径[J]. 经济与管理评论, 2025, 41(3): 30-45.
- [12] 赵宸宇, 王文春, 李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. 财贸经济, 2021, 42(7): 114-129.
- [13] 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[J]. 证券市场导报, 2021(6): 13-23.
- [14] 陈福中. 数字经济与实体经济融合发展现状与驱动逻辑[J]. 企业经济, 2025, 44(5): 5-17, 2.
- [15] 方慧, 姜春宇, 李小玉. 数字技术创新与产业链韧性提升: 基于节点企业视角的考察[J]. 经济学动态, 2025(2): 127-144.
- [16] 张杰, 郑文平. 创新追赶战略抑制了中国专利质量么? [J]. 经济研究, 2018, 53(5): 28-41.
- [17] 刘志中, 傅奕嘉, 陈迁影. 新型基础设施建设对高技术产品出口技术复杂度的影响——来自智慧城市试点的经验证据[J]. 价格月刊, 2025(2): 41-53.
- [18] 童健, 张聪, 闫勇. 新型基础设施建设与中国经济高质量发展[J]. 管理评论, 2024, 36(6): 81-93.
- [19] 郑涛, 杨如雪. 高技术制造业的技术创新、产业升级与产业韧性[J]. 技术经济, 2022, 41(2): 1-14.
- [20] 刘莉君, 冉宇圆. 技术创新显著提升高技术产业韧性吗?——基于产业升级和产业集聚视角[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2023, 17(4): 28-38.
- [21] 谷城, 张树山. 产业链韧性水平测度、区域差异及收敛性研究[J]. 经济问题探索, 2023(6): 123-139.
- [22] 肖兴志, 李少林. 大变局下的产业链韧性: 生成逻辑、实践关切与政策取向[J]. 改革, 2022(11): 1-14.
- [23] 盛朝迅. 从产业政策到产业链政策: “链时代”产业发展的战略选择[J]. 改革, 2022(2): 22-35.
- [24] 李晓华. 产业链韧性的支撑基础: 基于产业根植性的视角[J]. 甘肃社会科学, 2022(6): 180-189.
- [25] 中国人民大学经济安全研究课题组, 沈尤佳, 陈若芳, 等. 提升产业链供应链韧性和安全水平研究——基于马克思资本循环理论[J]. 中国高校社会科学, 2023(2): 64-71, 158.
- [26] 陶锋, 朱盼, 邱楚芝, 等. 数字技术创新对企业市场价值的影响研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, 40(5): 68-91.
- [27] 虞义华, 赵奇锋, 鞠晓生. 发明家高管与企业创新[J]. 中国工业经济, 2018(3): 136-154.
- [28] 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[J]. 中国工业经

济, 2021(11): 78-96.

- [29] 徐扬, 陶锋, 韦东明. 资质认定型创新政策能否促进企业技术创新“增量提质”——来自国家认定企业技术中心政策的证据[J]. 南方经济, 2022(8): 113-132.
- [30] 沈坤荣, 林剑威, 傅元海. 网络基础设施建设、信息可得性与企业创新边界[J]. 中国工业经济, 2023(1): 57-75.
- [31] 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.
- [32] 宋佳荣, 同雪莉. 新质生产力如何影响产业链韧性: 理论分析与经验证据[J]. 统计与决策, 2024, 40(14): 17-22.
- [33] 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.
- [34] 李少林, 卫昭君, 马里. 产业链韧性理论研究新进展与提升路径[J]. 东北财经大学学报, 2025(3): 69-82.
- [35] 杨晓霞, 李恒. 人工智能对中国制造业出口技术复杂度的影响——基于工业机器人应用的检验[J]. 开发研究, 2024(6): 67-78.