

数字基础设施对城市经济韧性的影响研究

曾银香

重庆理工大学理学院, 重庆

收稿日期: 2024年11月26日; 录用日期: 2024年12月22日; 发布日期: 2024年12月30日

摘要

作为数字经济蓬勃发展的基石与驱动力,数字基础设施在增强城市经济韧性方面扮演着愈发重要的角色。本研究利用2008~2022年中国271个城市的面板数据,使用双固定效应模型、中介效应模型以及空间杜宾模型,考察了数字基础设施对城市经济韧性影响。实证结果表明,数字基础设施不仅直接对城市经济韧性产生显著正向影响,还通过激发创新创业活跃度,为城市经济韧性注入新动能。此外,空间效应分析进一步表明,数字基础设施对城市经济韧性的积极影响具有跨越地理界限的正向溢出效应。异质性分析则发现,相较于中西部及中小城市,东部地区和大型城市在数字基础设施建设对经济韧性的赋能效应上表现更为突出。本研究结果为充分发挥数字基础设施的潜力,推动城市经济韧性的全面提升提供了坚实的理论支撑与实践参考。

关键词

数字基础设施, 创新创业活跃度, 城市经济韧性, 空间溢出

A Study on the Impact of Digital Infrastructure on the Economic Resilience of Cities

Yinxiang Zeng

School of Science, Chongqing University of Technology, Chongqing

Received: Nov. 26th, 2024; accepted: Dec. 22nd, 2024; published: Dec. 30th, 2024

Abstract

As the cornerstone and driving force for the vigorous development of the digital economy, digital infrastructure is playing an increasingly important role in enhancing the resilience of urban economies. Using panel data from 271 cities in China from 2008 to 2022, this study examines the impact

of digital infrastructure on urban economic resilience using a double fixed-effect model, a mediator-effect model, and a spatial Durbin model. The empirical results show that digital infrastructure not only directly has a significant positive impact on urban economic resilience, but also injects new momentum into urban economic resilience by stimulating innovation and entrepreneurship activity. In addition, the spatial effect analysis further shows that the positive impact of digital infrastructure on urban economic resilience has a positive spillover effect across geographical boundaries. Heterogeneity analysis shows that compared with the central and western regions and small and medium-sized cities, the eastern region and large cities have more prominent performance in the enabling effect of digital infrastructure construction on economic resilience. The results of this study provide a solid theoretical support and practical reference for giving full play to the potential of digital infrastructure and promoting the overall improvement of urban economic resilience.

Keywords

Digital Infrastructure, Innovation and Entrepreneurship Activity, Urban Economic Resilience, Spatial Spillover

Copyright © 2024 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

近年来,全球经常发生自然灾害、经济危机、国际贸易摩擦以及国际地缘政治冲突等事件,使得不确定性风险显著上升。城市作为国家和地区发展的核心区域,同样面临着来自外部环境的诸多挑战与冲击。因此,有效应对外部冲击,促进可持续发展,加强城市韧性建设变得尤为重要。中国也在党的二十大报告中,将“构建宜居、韧性、智慧城市”明确为未来城市发展的核心目标,进一步凸显了韧性建设的重要性。城市经济韧性作为城市韧性体系中的关键支柱,主要强调在面对外部风险与挑战时,城市经济体系能够敏锐感知环境变化,并迅速采取适应性调整策略,以维持城市经济的平稳运行,甚至借此契机实现经济的转型升级与跨越发展[1]。当前,中国经济正处于从传统增长动力向新兴驱动力转型的重要阶段,面对国际局势动荡不安和国内经济增速放缓双重压力[2],增强城市经济韧性、实现经济秩序快速恢复,是我国在新时代背景下保持国家竞争优势、推动经济高质量发展的必由之路。因此,深入研究并实践城市经济韧性的构建路径,对于我国经济社会发展具有深远的战略意义。

当下,数字基础设施建设释放的数字化发展红利与中国城市经济高质量发展战略形成了历史交汇。作为数字经济的基石,数字基础设施建设有助于消弭城市要素流动障碍、破除城市间交易壁垒,从而实现城市间经济发展的全方位赋能。具体而言,数字基础设施凭借其开放性、跨界融合性及高度互动性[3],不仅跨越了传统时空限制,促进了劳动力、技术与资源的即时共享与优化配置,还为城市经济活动构建了一个高效、便捷、智能的数字化生态系统。这一系统显著提升了城市经济体系的风险预警与应对能力,使城市在遭遇内外部冲击时能够灵活调整,确保经济的稳定运行。此外,数字基础设施建设作为实体经济数字化转型的重要推手,有效促进了传统生产要素(如土地、劳动力、资本)与新型生产要素(如数据、算法、计算能力)的深度融合与协同创新[4]。这种融合不仅丰富了城市经济的产业结构,还催生了众多新业态、新模式,为城市经济发展增添了新的活力与增长点。通过加速实体经济的数字化转型进程,城市经济系统变得更加多元化、灵活化,能够在复杂多变的经济环境中展现出更强的适应性与恢复力。

在全球数字化浪潮下,数字基础设施发挥的数字红利效应为挖掘城市发展潜力、优化城市治理模式、

实现城市经济韧性发展提供了机遇。那么，数字基础设施究竟如何赋能城市经济韧性的提升？二者之间是否具有空间溢出效应？深入探究这些问题，对于推动数字基础设施建设、提升城市经济韧性具有重要的实践指导意义。

2. 文献综述

关于数字基础设施与城市经济韧性的关系，现有文献主要从三个方面进行了深入探讨。第一，数字基础设施的影响效应。在经济发展方面，数字基础设施通过推动企业数字化转型和提高企业管理效率，显著提升了企业全要素生产率[5]。同时，它还能改善要素配置效率、优化产业结构，加速数字化技术与实体经济领域的深度融合[4]，进而驱动城市迈向更高质量的发展阶段。在社会效应方面，数字基础设施建设催生了新业态，促进了零工经济的兴起，提高了城市劳动力就业水平[6]，并改善了家庭收入水平[7]。在绿色发展方面，数字基础设施有助于企业绿色转型[8]，打破城市资源诅咒[9]，产生碳减排效应[10]。在创新发展方面，数字基础设施借助信息的广泛传播、推动多样化创新活动及提升对市场动态的敏锐洞察等途径，对城市创新起到了促进作用[11]。

第二，城市经济韧性的影响因素。关于城市经济韧性的影响因素，现有文献已进行了深入探讨。其中，技术创新和产业结构被视为最为关键的因素[12]。技术创新不仅能为经济发展提供持续动力，提升效益和质量，还能为城市应对外部冲击奠定坚实的基础，进而促进经济社会的稳定发展[13]。同时，产业结构因其高渗透性和强协同性特征，不仅对本地的经济韧性有正面影响，还能辐射到邻近地区[14]。此外，数字经济的发展也不容忽视。它不仅能激发创新和创业活力，直接提升城市经济韧性[15]，还能推动数字技术的革新，完善城市治理体系，促进产业升级，从而增强城市抵御风险的能力及在冲击后的恢复力[16]。数字金融作为国民经济的重要支撑，通过其广泛的覆盖范围和共享特性，为传统金融难以覆盖的消费者和企业提供有效服务，促进了技术创新和消费提升，进一步增强了城市经济韧性[17]。最后，人口规模的变化也对城市经济韧性有显著影响。一般而言，人口规模的扩大有助于城市更好地抵御经济冲击，提高整体韧性[18]。

第三，数字基础设施与城市经济韧性的作用关系。已有学者从“宽带中国”政策视角出发，发现数字基础设施建设能通过优化产业结构、驱动科技进步、赋能数字金融、促进经济集聚等途径，增强城市经济韧性[19][20]。另有学者将技术创新作为门槛变量，发现技术创新水平达到一定阈值后，数字基础设施对城市经济韧性的提升效果更为显著[21]。此外，在 COVID-19 疫情期间，先进的宽带基础设施展现出了强大的经济系统抵抗力和恢复力，进一步证明了其重要性[22]。新型数字基础设施的兴起，不仅培育了新兴产业，还促进了产业间的协同集聚，从而增强了城市经济韧性[23]。总体而言，尽管已有一些研究探讨了数字基础设施建设与城市经济韧性的关系，但相关研究仍相对缺乏，且相应的作用机制尚不全面。

本文的主要贡献聚焦于两大方面：一是将创新创业纳入研究范畴，并运用中介效应模型来验证数字基础设施是否借助提升创新创业的活力来作用于城市经济韧性，由此填补了当前研究在解析其作用路径上的空缺。二是从空间维度深入探讨了数字基础设施对城市经济韧性的影响效应，进一步丰富了数字基础设施与城市经济韧性相关领域的研究内容。

3. 理论机制与假设假说

3.1. 数字基础设施建设直接赋能城市经济韧性的理论分析

数字基础设施作为数字经济时代的基石，正深刻改变着城市经济的运行模式和发展轨迹，对城市经济韧性的提升具有显著的赋能效应。首先，数字基础设施所集成的数字技术为政府与企业打造灾害预警平台奠定了坚实基础，能够迅速且精确地评估灾害威胁，增强经济体系对突发冲击的敏锐感知与应对能

力, 进而促进城市经济韧性的增强[24]。其次, 数字基础设施具有网络外部性, 根据“梅特卡夫法则”, 其网络价值随着用户数量的增加而不断提升, 这一特性有效打破了时空限制, 降低了信息获取门槛, 促进了经济主体间的相互联通[25]。这不仅使经济主体能够实时、高效地获取市场信息, 有助于缓解市场中的信息不对称问题, 激发市场活力, 还能优化市场配置效率, 推动城市间经济的均衡发展[26]。当面临冲击时, 经济主体间能够迅速进行协调合作, 助力城市经济及时调整与恢复。最后, 数字基础设施建设能够有力推动数字经济的产业化以及以制造业为主体的实体经济数字化转型[4]。一方面, 数字基础设施建设能够带动相关产业的发展, 形成产业链的延伸和拓展, 从而增强城市经济的多样性和韧性。例如, 数字基础设施建设催生了人工智能、大数据、生物技术、新能源等新兴产业, 并加速了数字经济相关企业的形成和发展[27]。另一方面, 数字基础设施建设能够推进数字技术在生产活动与产业链中的深度嵌入, 促进企业智能化改造, 实现降本增效, 为实体经济数字化转型赋能[28]。例如, 工业互联网、智能制造等数字技术的应用, 促进了制造业向智能化、高端化发展, 提升了产业附加值和竞争力, 从而增强了经济的内生动力, 提升了城市经济的自我修复能力和对外部变化的适应能力。因此, 本文提出以下假设:

H1: 数字基础设施建设能够显著增强城市经济韧性。

3.2. 数字基础设施对城市经济韧性的影响渠道

事实上, 数字基础设施建设在增强城市经济韧性过程中, 发挥了显著的直接和间接效应。具体而言, 它通过促进城市创新创业活动, 间接激发经济发展活力, 进而提升城市经济韧性。一方面, 熊彼特创新理论强调创新是经济增长的核心动力[29]。数字基础设施所蕴含的数字技术, 加速了信息传播与整合, 优化了沟通效率和资源配置, 有助于降低创新成本、提高创新效率[11]。特别是技术创新中的“硬科技”创新, 作为产业结构转型升级和多样化的关键驱动力[3], 能够激发市场新需求, 开拓新的商业空间, 激励创新创业活动, 对减少经济萎缩风险、增强经济韧性具有重要意义。另一方面, 创业活动是经济增长的另一重要动力。在实践中, 由于知识过滤现象的存在, 部分创新成果未能得到充分开发和应用。然而, 在数字基础设施的支撑下, 创业者能够敏锐捕捉并利用这些被市场忽视或未充分开发的知识资源[29]。通过将这些知识转化为商业价值, 创业活动不仅催生了大量新兴企业和产业, 还通过加剧市场竞争, 进一步激发了整体经济的创新活力。因此, 创业作为创新成果商业化的关键桥梁, 与创新互为补充, 协同发展。两者的深度融合不仅促进了产业结构的优化升级, 还催生了新兴行业, 丰富了产业生态的多样性, 对城市经济抵抗外部冲击的能力有着显著的正面效应。由此, 本文提出以下研究假设:

H2: 数字基础设施建设能够通过提升城市创新创业活跃度增强城市经济韧性。

3.3. 数字基础设施赋能城市经济韧性的空间效应

数字基础设施建设能显著推动资源的跨区域流动和产业空间布局的优化, 从而对周边城市的经济发展产生积极的促进作用。一方面, 从新经济地理学的视角来看, 数字基础设施的建设通过降低由信息不对称和交易成本造成的市场壁垒, 显著促进了资源的跨区域高效流动与优化配置[30]。这一过程不仅提升了城市内部生产要素的配置效率, 还增强了城市间经济活动的协同性与互补性, 为邻近城市构建了一个更加灵活且适应性强的经济体系。具体而言, 数字技术的应用使得信息流通更加迅速, 减少了因信息不对称而导致的资源浪费, 同时降低了企业间的交易成本, 促进了产业链上下游的紧密合作。另一方面, 根据区域经济发展理论中的“扩散效应”与“学习效应”, 数字基础设施建设加速了知识与技术在不同地区间的传播与扩散, 从而带动了周边地区创新能力的提升[31]。此外, 数字基础设施建设相对先进、完善的城市会对邻近及相关城市产生显著的“学习效应”, 促进地区间的经验交流与协同合作。这些城市通过模仿、学习和创新, 不断提升自身的经济结构和产业竞争力, 从而间接提升了邻近城市的经济韧性。

由上, 本文提出以下研究假设:

H3: 数字基础设施能够对邻近城市的经济韧性产生正向的空间外溢效应。

4. 实证设计

4.1. 变量选取

(1) 被解释变量: 城市经济韧性(UER)

当前, 学术界关于经济韧性的测度方法尚未形成统一标准, 主要集中于敏感性分析法和指标体系法两大范畴。对于指标体系法而言, 该方法通过构建一篮子综合指标进行评估, 尽管其全面性值得肯定, 但由于指标选取往往带有主观性, 导致在因果关系的精确考察及预测上存在一定的局限性, 影响了评估的客观性[28]。相比之下, 敏感性分析法通过聚焦于对冲击高度敏感的变量(如就业或 GDP)进行分析, 并依据核心指标的响应程度来量化经济韧性水平, 该方法因其能有效揭示因果关系而近年来受到众多研究者的青睐。本文在综合考量后, 选择了敏感性分析法作为研究基础, 并借鉴了卢现祥等[32]及 Martin 等[33]的量化思路, 通过建立 GDP 相对变化指标的模型来衡量城市经济韧性。为进一步提升研究的稳健性和指标选择的合理性, 本文在稳健性检验阶段, 借鉴曹瑞丽和贺晓峰[21]的研究, 采用失业率作为经济韧性的替代量化指标, 这一举措有助于全面验证研究结果的可靠性。具体公式如下:

$$UER_{it} = (\ln GDP_{it} - \ln GDP_{i,t-k}) - (\ln GDP_t - \ln GDP_{t-k}) \quad (1)$$

式(1)中, i 和 t 分别代表城市和年份; $\ln GDP_{it}$ 为城市 i 在第 t 年的国内生产总值; $\ln GDP_t$ 则代表全国在第 t 年的国内生产总值; $t-k$ 表示 k 年前的相应数值。若该指标的计算结果大于 0, 则意味着城市 i 的 GDP 增长率相较于全国平均水平更为迅速, 显示出该城市拥有超越全国层面的经济韧性。此外, 该指标数值越高, 表明该城市的经济韧性越为显著。

(2) 解释变量: 数字基础设施建设(DI)

借鉴尹西明等[25]的研究, 从宽带互联网基础、移动互联网基础和电信基础三个维度出发, 构建了数字基础设施综合指数。具体而言, 宽带互联网基础以每百人互联网宽带接入用户数作为衡量标准, 这一指标直接反映了地区宽带普及程度和接入能力; 移动互联网基础则通过每百人移动电话用户数来衡量, 体现了移动互联的广泛覆盖; 电信基础则采用人均电信业务总量作为指标, 全面评估了电信业务的发展水平。在此基础上, 本研究进一步利用熵值法这一客观赋权方法, 综合考虑各维度指标的重要性, 构建了数字基础设施综合指数, 以期全面、科学地评估各地区数字基础设施的发展水平。

(3) 中介变量: 创新创业活跃度(IEA)

借鉴李淑芬[34]的研究成果, 本文采用北京大学创新创业研究中心所发布的《中国区域创新创业发展指数报告》中的综合性指数, 以衡量我国各城市的创新创业活力。由于此指数从新建企业数量、外来投资吸引力、风险投资引入情况等多个关键维度进行构建, 相较于专利数据或新建企业数据的单一衡量方式, 其更全面, 能精准地展现我国各地区创新创业活动的蓬勃态势。由于该数据只更新至 2020 年, 对于 2021 至 2022 年的数据空缺, 本文采用近五年的平均增长率进行合理预估, 以确保研究的连贯性和时效性。

(4) 控制变量

借鉴现有文献[19][20], 选取如下控制变量: 产业结构(STRU), 采用第三产业增加值与第二产业增加值的比率来衡量; 市场规模(MAR), 利用社会消费品零售总额与 GDP 的比例来反映; 政府干预程度(GOV), 通过政府一般财政支出占 GDP 的比重来量化; 金融发展水平(FIN), 依据年末银行存贷款余额与 GDP 的比值进行表征; 对外开放程度(OPEN), 以进出口总额占 GDP 的比例来体现; 人力资本(HUM), 选取每万人在校大学生数并对其取自然对数来表示; 经济密度(ECOD), 采用 GDP 与城市土地面积的比值来进行

衡量。

Table 1. Descriptive statistical results for each variable
表 1. 各变量描述性统计结果

变量	符号	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
城市经济韧性	UER	4065	0.171	0.132	-0.312	0.835
数字基础设施建设	DI	4065	0.143	0.063	0.012	0.754
创新创业活跃度	IEA	4065	0.785	0.167	0.141	1
产业结构	STRU	4065	1.020	0.573	0.138	5.649
市场规模	MAR	4065	0.375	0.105	0.000	1.012
政府干预	GOV	4065	0.186	0.087	0.043	1.485
金融发展	FIN	4065	2.433	1.175	0.587	8.777
对外开放程度	OPEN	4065	0.188	0.307	0.000	3.278
人力资本水平	HUM	4065	10.629	1.364	0.163	14.213
经济密度	ECOD	4065	0.330	0.794	0.001	16.218

4.2. 数据来源

本研究基于数据可得性，选取了 2008 年至 2022 年间中国 271 个地级市的面板数据作为研究样本，实证探究数字基础设施建设对城市经济韧性的影响。相关数据主要源自《中国城市统计年鉴》、各地级市的官方统计资料与年报，以及 EPS 数据库等渠道。对缺失数据，采用了插值法和平均增长率法进行了合理填补，以确保研究的准确性和完整性。表 1 为各变量的描述性统计结果。

4.3. 模型构建

对数字基础设施影响城市经济韧性的直接效应构建基准模型，具体公式如下：

$$UER_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DI_{it} + \alpha_c X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

上式中， UER_{it} 和 DI_{it} 分别为 i 城市在 t 年的经济韧性指数与数字基础设施发展水平； X_{it} 表示一组控制变量集合； μ_i 、 δ_t 和 ε_{it} 分别对应个体固定效应、时间固定效应以及随机扰动项。

进一步地，探讨创新创业活跃度在数字基础设施建设和城市经济韧性之间的作用机制，本文参考柳江和丁薇峰等[22]的研究，构建如下中介效应模型：

$$ENTRP_{it} = \beta_0 + \beta_1 DI_{it} + \beta_c X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$UER_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 DI_{it} + \gamma_2 ENTRP_{it} + \gamma_c X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中， $ENTRP_{it}$ 代指 i 城市在 t 年创新创业活跃度，剩余变量与公式(2)一致。

最后，本文参照赵涛等[23]的做法，构建地理距离矩阵和经济地理矩阵，检验数字基础设施建设与城市经济韧性是否存在空间溢出效应。并基于公式(2)，加入空间交互项使其延展为空间计量模型，具体公式如下：

$$UER_{it} = \gamma_0 + \rho w UER_{it} + \phi_1 w DI_{it} + \gamma_1 DI_{it} + \phi_c w X_{it} + \gamma_c X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

公式(5)中， ρ 表示空间自回归系数， w 则为空间权重矩阵。 ϕ_1 为核心自变量空间交互效应的系数， ϕ_c 表示控制变量空间交互效应的系数。式(5)即为空间杜宾模型(SDM)的表达式。

5. 实证结果

5.1. 基准回归检验

表 2 为数字基础设施对城市经济韧性影响的估计结果。其中，列(1)、列(2)、列(3)分别为未加入任何控制变量、加入控制变量且考虑时间固定效应、加入控制变量且考虑个体与时间固定效应的回归结果。对比列(1)至列(3)的回归数据，可以发现核心自变量的系数值在 3 种情况下均在 1% 的统计水平上显著为正。这一结果有力地支持了假设 1，即数字基础设施建设和城市经济韧性具有正相关关系，换言之，数字基础设施建设的加强能够显著提升城市的经济韧性。可能原因在于，数字基础设施依托数字技术优势，打破时空约束，优化资源配置，实现生产和需求的精准匹配，提升全要素生产率，增强城市经济韧性。与此同时，数字基础设施能够促进城市创新创业活力，推动产业转型升级和多样化发展，激发出城市经济增长新动力，从而提升城市经济韧性。

Table 2. Benchmark regression results

表 2. 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	UER	UER	UER
DI	0.779*** (12.18)	0.271*** (4.05)	0.296*** (4.40)
str		-0.032*** (-2.63)	-0.037*** (-2.90)
mar		-0.081*** (-2.69)	-0.088*** (-2.69)
gov		-0.253** (-1.87)	-0.271** (-1.76)
fin		-0.051*** (-4.49)	-0.052*** (-4.00)
open		-0.004 (-0.28)	0.015 (0.67)
hum		0.012* (1.67)	0.014 (1.46)
agg		0.012* (1.84)	0.019*** (2.65)
时间固定效应	No	Yes	Yes
个体固定效应	No	No	Yes
常数项	0.059*** (9.01)	0.065 (0.85)	0.044 (0.42)
N	4065	4065	4065
R2	0.032	0.236	0.213

注：*** $p < 0.01$ 、** $p < 0.05$ 、* $p < 0.1$ ；()内数值为 t 值；下表同。

5.2. 稳健性与内生性检验

表 3 为数字基础设施对城市经济韧性的稳健性与内生性检验结果。其中，列(1)为对被解释变量进行替换后的估计结果。具体而言，采用城镇失业率(UER)作为城市经济韧性的另一种衡量方式。检验结果显示，在替换被解释变量的衡量方式后，数字基础设施与城市经济韧性之间呈现出负相关关系，即数字基础设施的发展有助于降低城市失业率。城市失业率的下降反映了城市具备一定的经济韧性，能够抵御外部冲击和危机。这一结果再次验证了研究结论具有稳健性。列(2)则展示了更换样本量后的稳健性检验结果。考虑到直辖市经济发展强劲且整体城市规模较大，可能对研究结论产生一定影响，因此将其从样本中剔除后进行稳健性检验。检验结果发现，数字基础设施的系数值仍正向显著，与上述基准回归结果具

有一致性。因此，数字基础设施建设确实能够正向增强城市经济韧性，且回归结果稳健。

回归分析中常面临内生性问题，为此本研究采纳了工具变量法进行检验并予以解决，具体结果参见表 3 的第(3)列。本研究参考了黄群慧等人[24]及 Nunn 和 Qian [25]的研究思路，选取全国前一年的互联网用户数量与 1984 年各城市每万人电话机数的乘积，作为当前年份城市数字基础设施建设指数的替代工具变量。由表 3 第(3)列可知，Kleibergen-Paap rk LM 统计量的 P 值显著，且 Kleibergen-Paap rk Wald F 统计量远超 Stock-Yogo 弱识别检验 10%水平临界值，故该工具变量是恰当的。通过工具变量法的运用，数字基础设施的系数值仍为正，与基准回归结果一致，从而巩固了研究结论。

Table 3. Robustness and endogeneity test results

表 3. 稳健性及内生性检验结果

变量	UR	UER	UER
DI	-1.364*** (-2.75)	0.302*** (3.70)	1.905*** (2.75)
控制变量	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes
个体固定效应	Yes	Yes	Yes
Kleibergen-Paap rk LM	-	-	13.157 (0.0003)
Kleibergen-Paap rk Wald F	-	-	13.900 (8.96)
N	4065	4065	4065
R ²	0.660	0.804	0.322

5.3. 中介效应检验

在已验证数字基础设施建设对城市经济韧性具有积极赋能效应的基础上，本文继续深入探讨了创新创业活跃度在其中的作用机制。通过对表 4 数据的分析，发现数字基础设施建设的加强能够显著提升城市的创新创业活跃度，而创新创业活跃度的提升又进一步增强了城市的经济韧性。原因可能是，数字基础设施建设的推进有利于促进市场主体间信息交流，缓解信息不对称，降低市场摩擦，降低创业成本，增强创业活力；同时，创业活动推动创新价值实现，又进一步促进创新，创新创业相互作用，推动新产业、新业态、新模式的发展，从而增强城市经济韧性。由此，假设 2 得证。

Table 4. Mechanism effect test results

表 4. 机制效应检验结果

变量	(1)	(2)	(3)
	UER	IEA	UER
DI	0.296*** (4.40)	0.139** (2.22)	0.280*** (4.11)
IEA			0.114*** (3.35)
控制变量	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes
个体固定效应	Yes	Yes	Yes
N	4065	4065	4065
R ²	0.213	0.867	0.809

5.4. 空间溢出效应分析

在进行数字基础设施建设水平与城市经济韧性的空间溢出效应检验之前，一个关键的前置步骤是验证这两者之间是否存在显著的空间自相关性。为此，进行了全局莫兰指数检验，并将结果汇总在表 5 中。通过对表中数据的仔细分析，可以清晰地看到，在 2008 年至 2022 年的时间段内，数字基础设施建设与城市经济韧性的莫兰指数均在 1% 的统计水平上显著为正。这一结果明确指出了两者之间存在显著的空间自相关性，可以进行空间溢出效应分析。

Table 5. The global Moran index of digital infrastructure construction and urban economic resilience
表 5. 数字基础设施建设与城市经济韧性的全局莫兰指数

年份	地理距离矩阵		经济地理矩阵	
	DI	UER	DI	UER
2008	0.083***	0.066***	0.112***	0.056***
2009	0.074***	0.074***	0.095***	0.067***
2010	0.058***	0.070***	0.073***	0.064***
2011	0.067***	0.074***	0.085***	0.073***
2012	0.077***	0.075***	0.099***	0.077***
2013	0.084***	0.060***	0.110***	0.063***
2014	0.080***	0.055***	0.105***	0.054***
2015	0.066***	0.066***	0.080***	0.060***
2016	0.064***	0.094***	0.074***	0.085***
2017	0.059***	0.106***	0.071***	0.101***
2018	0.046***	0.123***	0.053***	0.117***
2019	0.042***	0.140***	0.047***	0.131***
2020	0.047***	0.145***	0.053***	0.134***
2021	0.044***	0.160***	0.049***	0.147***
2022	0.039***	0.160***	0.044***	0.150***

本文采用地理矩阵与经济地理矩阵对数字基础设施建设与城市经济韧性的空间溢出效应进行了深入分析。根据表 6 的数据，可以看到在两种空间权重矩阵下，数字基础设施的回归系数均显著为正。这一结果不仅表明数字基础设施建设能够显著提升本区域的经济韧性，还揭示了其能对邻近地区的经济韧性产生积极的空间溢出效应。其背后的原因为，数字基础设施在一定程度上打破了地方保护和区域壁垒，为邻近地区提供了优质的技术、信息和数据资源。这些资源通过平台经济和共享经济等新型经济模式得以高效利用，从而推动了邻近地区经济的持续增长和韧性的提升。由此，假设 3 为真。

Table 6. Spatial spillover effect results
表 6. 空间溢出效应结果

空间矩阵类型	(1)	(2)
	地理矩阵	经济地理矩阵
ρ	0.861*** (25.24)	0.878*** (29.19)
DI	0.135*** (4.39)	0.136*** (4.38)

续表

W × DI	1.121*** (3.03)	0.863*** (2.93)
控制变量	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes
个体固定效应	Yes	Yes
直接效应	0.171*** (5.30)	0.169*** (5.23)
间接效应	9.459** (2.38)	8.618** (2.39)
总效应	9.631** (2.41)	8.788** (2.43)
N	4065	4065
R ²	0.130	0.045

5.5. 异质性分析

(1) 地理位置异质性

中国区域间经济发展极不平衡，基础设施建设也存在差异。鉴于此，本研究依据城市的地理位置特征，将样本细分为东部城市、中部城市及西部城市，并分别进行了回归分析，以深入探讨数字基础设施建设对各城市经济韧性的具体影响。回归分析结果如表 5 中的第(1)、(2)、(3)列所示，其中，东部城市样本的回归系数显著为正($\beta = 0.170, p < 0.05$)，这表明在东部地区数字基础设施建设对城市经济韧性具有显著的推动作用。相比之下，中部与西部城市的样本回归系数不显著，表明数字基础设施的建设在这两个区域并未对城市经济韧性产生显著影响。进一步探究其背后原因，可以发现东部城市凭借其雄厚的经济实力、坚实的产业发展基础和丰富的人才资源，在面临外部冲击时，能够迅速且有效地调动这些优势资源，抵御和化解外部冲击带来的负面影响，从而增强了城市的适应能力和韧性。相反，中、西部城市与东部城市相比，经济实力相对薄弱，人才资源流失严重，产业发展也较为滞后，这些因素共同制约了数字基础设施建设在提升城市经济韧性方面的潜力，导致数字基础设施的实施效果在不同地区间产生了显著差异。

(2) 城市规模异质性

本文参考李淑芬[21]研究，依据《关于调整城市规模划分标准的通知》中的分类标准，并结合研究实际需求，将所选城市划分为两大群组：一是中小规模城市群，涵盖小城市、I 型及 II 型小城市、中等城市、大城市、I 型及 II 型大城市；二是大规模城市群，包括特大城市与超大城市。基于这一分类框架，我们进行了回归分析，详细结果请参见表 7 中的列(4)和列(5)。分析结果显示，无论是大规模城市还是中小规模城市，其数字基础设施对经济韧性的提升作用均呈现显著的正向效应。具体而言，大规模城市的回归系数为 0.314，且在 1% 的显著性水平下显著，表明数字基础设施对这类城市经济韧性的增强作用尤为突出；而中小规模城市的回归系数为 0.258，虽在 10% 的显著性水平下显著，但其影响力度略低于大规模城市。这一发现揭示了数字基础设施在促进城市经济韧性提升方面存在规模差异。深入探究其原因，大规模城市因其较高的要素集聚程度和庞大的市场规模，为数字基础设施的效能发挥提供了肥沃土壤。数字基础设施的建设不仅加速了区域技术创新与知识扩散，还促进了城市产业结构的优化升级，形成了一种正向反馈机制，持续增强城市的经济韧性。相比之下，中小规模城市尽管也在数字基础设施的赋能下逐步转型，但由于其基础相对薄弱，正处于渐进式改造的初级阶段，因此数字基础设施对经济韧性提升的推动作用相对温和，尚未能充分展现其潜力。

Table 7. Heterogeneity test results
表 7. 异质性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	东部	中部	西部	大型城市	中小城市
DI	0.170** (2.20)	0.169 (1.48)	0.165 (1.41)	0.314*** (4.95)	0.258* (1.70)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
个体固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项	0.042 (0.15)	0.346*** (3.22)	0.051 (0.81)	-0.381** (-2.18)	0.106 (1.02)
N	1485	1500	1080	2460	1605
R ²	0.528	0.607	0.776	0.613	0.571

6. 研究结论与政策建议

6.1. 研究结论

以我国 2008~2022 年 271 个城市为研究样本, 通过双固定效应模型、中介效应模型以及空间杜宾模型实证检验数字基础设施对城市经济韧性的影响效应。研究结果显示: (1) 数字基础设施建设有助于增强城市经济韧性。(2) 数字基础设施能通过激发创新创业活跃度提升城市经济韧性。(3) 数字基础设施对城市经济韧性的正面作用具有显著的空间外溢效应。(4) 数字基础设施对城市经济韧性的影响在不同城市表现出异质性, 东部地区城市和大型城市的影响效应更显著。

6.2. 政策建议

(1) 加大数字基础设施建设投资, 全面提升城市经济韧性。政府应制定长期规划, 加大对数字基础设施(如 5G 网络、大数据中心、云计算平台等)的投资力度, 确保这些设施能够覆盖更广泛的城市区域, 为城市经济的数字化转型提供坚实的基础。鼓励私营部门参与数字基础设施的建设和运营, 通过公私合作模式(PPP)等机制, 吸引社会资本投入, 共同推动城市数字基础设施的升级和扩展。

(2) 促进创新创业与数字基础设施深度融合, 激发城市经济活力。建立和完善创新创业支持体系, 包括提供创业孵化服务、资金支持、税收优惠等, 特别是在数字技术领域, 鼓励更多创新型企业和个人涌现。推动数字基础设施与创新创业项目的对接, 利用大数据、人工智能等技术为创业者提供市场分析、产品优化等支持, 提高创新创业的成功率和经济效益。

(3) 加强区域合作, 实现数字基础设施的空间溢出效应最大化。鼓励相邻城市或城市群之间在数字基础设施建设上的协同合作, 形成区域一体化的数字基础设施网络, 促进信息、技术、资源的高效流通和共享。通过政策引导和市场机制, 推动数字技术在跨区域合作项目中的应用, 如智慧城市、智能交通等, 实现数字基础设施对周边地区的辐射和带动作用。

(4) 针对城市特点制定差异化策略, 优化数字基础设施布局。对于东部地区和大型城市, 应继续深化数字基础设施的智能化、高端化建设, 探索更多前沿技术在城市管理和服务中的应用, 如智慧城市、无人驾驶等。对于中西部地区和中小城市, 应根据自身经济基础和资源禀赋, 制定适宜的数字基础设施建设方案, 注重实用性和经济性, 避免盲目跟风和资源浪费。同时, 通过政策引导和技术援助, 缩小与东部地区和大型城市在数字基础设施发展上的差距。

参考文献

- [1] Martin, R., Sunley, P. and Tyler, P. (2015) Local Growth Evolutions: Recession, Resilience and Recovery. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, **8**, 141-148. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsv012>
- [2] 郑威, 陈辉. 数据要素市场化配置对城市经济韧性的影响: 促进还是抑制?——基于数据交易平台设立的准自然实验[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2023, 43(12): 78-92.
- [3] 王亚飞, 石铭, 刘静, 等. 新型基础设施建设对区域创新创业活跃度的影响研究[J]. 管理学报, 2024, 21(5): 711-720.
- [4] 张晖, 李靖, 权天舒. 数字基础设施建设促进了数字经济与实体经济融合吗?——基于“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 经济问题探索, 2023(10): 1-15.
- [5] 温湖炜, 钟启明. 数字基础设施与企业全要素生产率——来自中国上市公司的证据[J]. 软科学, 2022, 36(8): 64-71.
- [6] 杨冕, 刘萧萧, 李振冉. 数字基础设施建设能促进劳动力就业吗?——来自“宽带中国”试点政策的证据[J]. 系统工程理论与实践, 2024, 44(1): 190-207.
- [7] 陈明生, 王乾坤. 数字基础设施的家庭收入效应——基于中国家庭金融调查(CHFS)的实证研究[J]. 湘潭大学学报(哲学社会科学版), 2024, 48(2): 46-53.
- [8] Guo, B., Hu, P. and Lin, J. (2024) The Effect of Digital Infrastructure Development on Enterprise Green Transformation. *International Review of Financial Analysis*, **92**, Article 103085. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103085>
- [9] Sun, J., Zhai, C., Dong, X., Li, C., Wang, Z., Li, D., et al. (2023) How Does Digital Infrastructure Break the Resource Curse of Cities? Evidence from a Quasi-Natural Experiment in China. *Resources Policy*, **86**, Article 104302. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104302>
- [10] Peng, H., Ling, K. and Zhang, Y. (2024) The Carbon Emission Reduction Effect of Digital Infrastructure Development: Evidence from the Broadband China Policy. *Journal of Cleaner Production*, **434**, Article 140060. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140060>
- [11] 孙倩倩, 鞠方, 周建军. 数字基础设施建设与城市创新: 基于技术分工视角的分析[J]. 中国软科学, 2023(7): 178-192
- [12] 刘田博, 付建栋. 进口产品规模、产业优化与城市经济韧性[J]. 云南财经大学学报, 2024, 40(1): 18-31.
- [13] 张跃胜, 张寅雪, 邓帅艳. 技术创新、产业结构与城市经济韧性——来自全国 278 个地级市的经验考察[J]. 南开经济研究, 2022(12): 150-168.
- [14] 尹勇, 苏欣怡, 谢晓琪. 产业结构升级对市域经济韧性的空间效应[J]. 经济地理, 2023, 43(8): 86-92+112.
- [15] 张亚丽, 项本武. 数字经济发展对中国市域经济韧性的影响效应[J]. 经济地理, 2023, 43(1): 105-113.
- [16] 张辽, 姚蕾. 数字技术创新对城市经济韧性的影响研究——来自中国 278 个地级及以上城市的经验证据[J]. 管理科学, 2023, 36(5): 38-59.
- [17] Du, Y., Wang, Q. and Zhou, J. (2023) How Does Digital Inclusive Finance Affect Economic Resilience: Evidence from 285 Cities in China. *International Review of Financial Analysis*, **88**, Article 102709. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.102709>
- [18] 吴康, 宋嘉卓, 陈艺文. 人口增长与收缩对城市经济韧性的影响机制——基于产业结构和人力资本的调节效应[J]. 资源科学, 2024, 46(2): 249-261.
- [19] 程广斌, 靳瑶, 侯林岐. 数字基础设施建设能否让城市经济更具韧性?——来自“宽带中国”试点政策的经验证据[J/OL]. 软科学, 1-12. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1268.G3.20231218.1123.004.html>, 2024-08-29.
- [20] 郭爱君, 张小勇, 李菁. 网络基础设施建设与城市经济韧性——基于“宽带中国”示范性城市建设的准自然实验[J]. 财贸研究, 2023, 34(5): 25-38.
- [21] 曹瑞丽, 贺晓峰. 数字基础设施、技术创新与城市经济韧性[J]. 现代管理科学, 2023(6): 143-152.
- [22] Abrardi, L. and Sabatino, L. (2023) Ultra-Broadband Investment and Economic Resilience: Evidence from the Covid-19 Pandemic. *Telecommunications Policy*, **47**, Article 102480. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102480>
- [23] Wen, H., Liu, Y. and Zhou, F. (2024) New-Type Infrastructure and Urban Economic Resilience: Evidence from China. *International Review of Economics & Finance*, **96**, Article 103560. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.103560>
- [24] 王静田, 付晓东. 数字经济、产业结构与城市经济韧性[J]. 区域经济评论, 2023(2): 70-78.
- [25] 尹西明, 陈泰伦, 金珺, 等. 数字基础设施如何促进区域高质量发展: 基于中国 279 个地级市的实证研究[J]. 中

- 国软科学, 2023(12): 90-101.
- [26] 徐春光. 数字新基建、市场分割与区域经济协调[J]. 技术经济与管理研究, 2023(4): 104-110.
- [27] 裴尔洁, 张治栋. 数字基础设施建设对经济高质量发展的影响——基于“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 华东经济管理, 2024, 38(2): 64-74.
- [28] 崔琳昊, 冯烽. 数实融合与城市经济韧性: 影响与机制[J]. 城市问题, 2024(4): 31-41.
- [29] 苏任刚, 赵湘莲, 房银海. 创新创业发展、政府赋能与城市经济韧性[J]. 科学学与科学技术管理, 2023, 44(10): 93-113.
- [30] 李欣珏, 管秋俐, 李文静. 数字基础设施促进生产率增长的网络外溢效应——来自“增量提质”的双重视角[J]. 产业经济研究, 2023(3): 100-114.
- [31] 马茜, 张红兵, 廖薏. 数字基础设施建设、知识流动与城市高质量发展——准自然实验与空间溢出的经验证据[J]. 产业经济研究, 2022(6): 114-128.
- [32] 卢现祥, 滕宇法. 创新驱动政策如何提升城市经济韧性: 基于有效市场和有为政府的机制分析[J]. 中国软科学, 2023(7): 102-113.
- [33] Martin, R. and Gardiner, B. (2019) The Resilience of Cities to Economic Shocks: A Tale of Four Recessions (and the Challenge of Brexit). *Papers in Regional Science*, **98**, 1801-1833. <https://doi.org/10.1111/pirs.12430>
- [34] 李淑芬. 金融集聚、创新创业活跃度与城市经济韧性[J]. 经济经纬, 2023, 40(4): 26-36.