

数智赋能:智慧城市建設如何影响 城市创新韧性?

张 贵 孙建华

摘要:打造具有韧性的城市创新体系是构建新发展格局、培育新质生产力的应有之义。数智化转型在提升城市创新风险抵御能力方面发挥着重要作用,智慧城市建设日益成为城市竞合与抵御风险的关键举措。本文基于2007—2020年中国284个地级及以上城市面板数据,运用交叠双重差分方法实证检验智慧城市建设提升城市创新韧性的有效性及其作用机制。研究结果显示,智慧城市建设能够促进城市创新韧性水平提升,并主要通过创新知识扩散效应、信息化渗透效应和政府科技创新关注效应实现。进一步分析发现,制造业集聚与金融集聚拓宽了智慧城市政策效应的作用边界;同时,智慧城市建设对城市创新韧性的提升效应在创新治理环境较完善的城市、东部地区城市,以及低人力资本、物质资本的城市中更为明显。本文的研究为理解数智化转型与创新韧性的关系提供了新的视角。

关键词:数智化转型 城市创新韧性 智慧城市 创新知识扩散 信息化渗透 政府科技创新关注

中图分类号:F292

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2026)01-0100-16

一、问题提出

当前,世界百年未有之大变局与新一轮科技革命深度交织,全球地缘政治冲突升级、美国对中国技术封锁、宏观经济疲软等多重压力叠加,城市创新系统面临的不确定性冲击不断增多。培育城市创新系统抵御冲击、激发持续创新活力的能力,成为构建新发展格局、培育新质生产力的关键支撑。理论层面,创新韧性内生于城市创新系统,是在面临外部冲击时保持系统稳定、恢复,甚至进化为更高创新水平的能力^[1]。然而,既有研究对创新韧性的探讨多聚焦微观企业或中观产业层面,对城市这一汇聚各类创新要素、承担国家创新战略的重要主体的创新韧性形成机制、影响因素的系统性研究仍较薄弱,尤其缺乏在数智化转型这一现实背景下的实证检验。

数字技术快速发展推动城市数智化转型已成为全球趋势。在此进程中,智慧城市建设作为数智化转型的核心实践与综合载体,通过新型信息基础设施的升级、数据要素的驱动以及治理模式的优化,重塑城市创新生态^[2],成为数字经济时代促进城市创新的重要动力。自2008年国际商用机器(IBM)公司在美国纽约召

收稿日期:2024-10-13;修回日期:2025-11-18

基金项目:国家社会科学基金重点项目“生态位视域下现代化城市发展动力及空间形态演化研究”(24AJY018)

作者简介:张 贵 南开大学经济与社会发展研究院教授、博士生导师,天津,300071;

孙建华 南开大学经济学院博士研究生。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

开的外国关系理事会上提出“智慧地球”战略以来,各国纷纷立足本国实际出台相关政策,以推动智慧城市建设。为切实推动新型基础设施快速发展,提升城市管理能力和数智化水平,中国自2012年以来逐步推进智慧城市建设。2012年住房城乡建设部正式印发《国家智慧城市试点暂行管理办法》并设立首批智慧城市试点,标志着智慧城市建设的序幕正式拉开。中国在2013年和2014年陆续公布试点城市名单,截至目前,智慧城市试点数量已达到290个。2014年中共中央、国务院印发的《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》从国家层面明确了智慧城市建设的六大方向。党的二十大报告强调,要“加强城市基础设施建设,打造宜居、韧性、智慧城市”。根据国际数据公司(IDC)对中国智慧城市建设情况及趋势的分析,2022年中国政府主导的智慧城市信息与通信技术(ICT)市场投资规模达到214亿美元,预计2026年投资规模将达到389亿美元。智慧城市试点相关政策详见表1。

表1 智慧城市试点相关政策

出台时间	政策文件	政策内容
2012年11月	《住房城乡建设部办公厅关于开展国家智慧城市试点工作的通知》(建办科〔2012〕42号)	明确第一批政策试点范围、规定申报条件
2013年8月	《住房城乡建设部办公厅关于公布2013年度国家智慧城市试点名单的通知》(建办科〔2013〕22号)	强调试点工作要求,指导试点城市修改实施方案并编制创建任务书
2014年3月	《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》	将智慧城市上升为国家战略,明确智慧城市建设方向
2014年8月	《住房城乡建设部办公厅 科学技术部办公厅关于开展国家智慧城市2014年试点申报工作的通知》(建办科函〔2014〕515号)	确定新增试点城市范围与专项试点
2017年7月	《新一代人工智能发展规划》	将智慧城市列为人工智能重点应用领域,提出构建城市智能化基础设施

伊伊特詹拉尔等(Yigitcanlar et al.)指出,智慧城市是一个由社区、技术和政策三种动因和预期结果构成的系统,强调城市建设过程中科技发挥的重要作用^[3]。智慧城市建设是城市数字化与智能化转型深度融合的重要路径,涉及城市建设的方方面面。在具体实施路径上,政策聚焦于城市基础设施的智能化改造与管理效能提升:一方面,着力推动市政基础设施的智能化建设与改造,要求编制专项行动计划,并建立项目库;另一方面,重视提升城市治理的智慧化水平,通过搭建城市运行管理服务平台,推进城市运行管理服务“一网统管”。在城市创新领域,智慧城市建设实践能统筹各类创新资源,推动新一代信息技术创新应用,而科学技术的应用有利于提高各类创新主体生产效率,激发城市创新潜能。

“韧性”一词起源于生态学,指生态系统适应威胁其功能、生存或发展等干扰的能力,后逐步拓展至经济与创新领域。早期研究聚焦韧性的内涵界定,如马丁(Martin)从抵御力、恢复力、整合力和创造力四个维度构建区域经济韧性的分析框架^[4]。近年来,在全球地缘政治冲突升级、宏观经济疲软及美国对中国技术封锁等多重压力下,企业创新活动中断风险日益凸显,学术界转而聚焦创新韧性问题。从能力视角看,创新韧性是指创新在外部冲击下,通过抵御风险、恢复活力并实现技术突破与进化的能力^[5];从过程视角看,创新韧性体现为危机识别、应对调整与事后更新的动态演化过程^[6]。现有研究从资源禀赋、技术特征与制度环境等多个角度探究了创新韧性的驱动因素。微观层面,随着数字技术的渗透,数字创新韧性的概念被提出,如数字技术相关专利的动态变化可以反映企业应对冲击的恢复能力^[7];数字化转型增强了制造业的创新韧性^[8],并且该效应可能因企业生命周期阶段而异^[9]。中观产业层面,陈倩等发现知识产权创造通过推动人力资本结构高级化提升战略性新兴产业创新韧性,但技术多元化可能因资源分散而削弱韧性^[10]。少部分研究将创新韧性研究视角扩展到城市层面。例如,要素的空间配置与集聚特征能够影响创新韧性,而充足的

要素资源储备能够保障城市创新系统在受到冲击后迅速恢复。高航和李恩极以高铁通车为准自然实验,发现交通基础设施通过吸引人口流入、新企业进入及产业多样化集聚等方式提升城市创新韧性^[11]。

智慧城市建设与创新活动的关系已成为区域经济与创新研究的重要议题,相关研究围绕数字基础设施的支撑作用展开。作为数字经济发展的核心载体,智慧城市依托数字基础设施升级,通过缓解地理距离、行政壁垒与文化差异引致的信息不对称,降低跨区域交易成本,推动资本等创新要素高效流动与整合,为创新活动提供基础支撑^[12]。在城市治理层面,智慧城市建设通过优化审批流程、提升政务透明度等途径改善营商环境,并带动投资水平提升、激发创业活力,间接推动创新生态的完善^[13]。智慧城市政策的实施推动了数字化转型,这不仅促使研发投入与环保支出增加,驱动企业绿色技术创新^[14],而且持续增强市域经济系统的抗风险能力^[15]。然而,关于智慧城市建设对城市创新的影响结果并不收敛。一种观点认为,智慧城市建设通过提高政府科技支出占比和完善信息基础设施等途径直接提升城市创新能力^[16]。另一种观点认为,智慧城市以全面的互联互通、有效的交换共享为特征^[17],但过度的系统联通可能隐含不确定性风险,技术路径锁定或资源错配可能对创新产生抑制作用。上述争议的根源在于,现有研究多聚焦城市创新产出“量”的增长,而对创新韧性这一“质”的维度关注不足;部分研究虽涉及智慧城市的创新效应,但未厘清其对创新韧性的作用路径,且对政策效应边界缺乏深入解析。

现有研究将智慧城市作为城市数智化转型的重要实践,致力于探讨其经济发展、绿色创新等政策效果^[18],为本文提供了有益借鉴。在诸多不确定性因素交织的背景下,探究城市创新系统如何保持创新活力以及提升创新韧性成为城市创新领域的重要议题。基于此,本文以智慧城市试点政策为准自然实验,系统考察智慧城市建设对城市创新韧性提升的影响及其作用机理。

本文可能的边际贡献如下:第一,拓展创新韧性研究视角,基于创新韧性定义构建城市创新韧性指数,为后续相关研究提供参考;第二,聚焦智慧城市建设这一具体政策实践,系统检验其对城市创新韧性的影响,并从创新知识扩散、信息化渗透、政府科技创新关注三个维度揭示其中的作用机制,为理解数智化转型与创新韧性之间的关系提供新视角;第三,结合经济集聚特征与城市异质性,厘清政策效应的边界条件,为差异化政策设计提供实证支撑。

二、理论分析与研究假设

(一) 智慧城市建设对城市创新韧性的直接效应

创新韧性是城市创新系统应对外部冲击的核心能力,内生于系统结构与功能演化中。城市创新韧性的动态演化涉及三个维度:一是抵御力,即冲击初期维持创新功能稳定的能力;二是恢复力,即冲击后快速修复创新链条的能力;三是进化力,即通过要素重组实现创新水平跃迁的能力。与线性创新相比,城市创新韧性更加强调保持创新体系内部资源冗余以应对各种风险冲击^[19],并迅速根据外部环境变化形成创新竞争优势。因此,提升城市创新韧性需要破解要素错配、信息壁垒、政策支持不足等制约因素。智慧城市试点政策已成为城市智能化发展的基础,应用大数据与人工智能等技术可以实现对城市各类风险的全面感知,极大地促进了新型基础设施升级与治理模式优化。在技术层面,5G、物联网等数字基础设施打破地理与行政壁垒,促进创新要素高效流动与整合^[11],为系统储备要素冗余以缓解冲击。在制度层面,智慧城市建设过程中伴随的政务数字化能够优化审批流程、提升治理透明度,这有助于增强创新系统的抵御、恢复与进化能力,为提升城市韧性奠定基础。同时,交易成本理论表明,智慧城市借助信息技术进步拓展有限理性、降低信息不对称^[20],有效解决创新韧性提升中的市场失灵问题,形成持续驱动力。

据此,本文提出假设1:智慧城市建设有利于提升城市创新韧性。

(二) 智慧城市建设促进城市创新韧性的作用机制

第一,创新知识扩散效应。熊彼特创新理论强调,创新的本质是生产要素的新组合,而知识流动是重组创新要素的核心。传统创新系统中,知识传播受地理距离限制,导致创新要素组合效率低下^[21]。智慧城市建设促进了互联网技术与经济社会主体融合,通过物联网、移动通信的广泛应用构建起高效率的连通网络,进而克服制约要素流动的时空约束,加速知识和数据等创新资源互联互通。一方面,构建跨区域知识互联平台,加速显性知识的标准化传播与隐性知识的编码转化,推动创新要素在更大范围内实现重组。这种重组有助于催生人工智能、数字经济等新业态,深化城市间创新分工,形成技术多样化的创新生态。当系统面临冲击时,技术多样性可降低对单一技术路径依赖的风险,为创新模式转型提供选择空间^[10]。另一方面,知识扩散强化研发正外部性的内部化,通过知识共享平台降低创新主体的研发成本^[22],激励其持续投入基础研究,维持知识生产的连续性,为冲击后的技术升级积累内生动力。因此,智慧城市建设有助于加速创新知识溢出,提高城市创新要素配置能力与系统进化能力。

据此,本文提出假设2:智慧城市建设通过创新知识扩散效应提升城市创新韧性。

第二,信息化渗透效应。创新系统稳定性依赖于信息传递效率与风险预警能力,信息不对称导致的信息孤岛是制约系统抵御力的关键,智慧城市建设通过信息化渗透破解这一问题。智慧城市是基于信息技术的城市发展战略,本质是城市信息化的高级形态^[20]。智慧城市建设实践加快了城市内部信息传播速度,有效提升信息化水平。信息化服务水平的提升降低了信息获取成本,使城市能精准捕捉技术替代、供应链冲击等风险信号,提前调整研发策略以减少创新中断^[23]。这种风险预警能力的增强,使城市系统在冲击初期即可启动适应性调整,保证核心功能的稳定。在宏观层面,智慧城市推动构建跨区域信息共享机制,当单一区域遭受冲击时,网络中的其他节点可通过信息互补维持创新链连续性,降低局部冲击的整体影响。信息化服务覆盖扩大能确保冲击发生时关键创新资源的可及性,避免因信息孤岛导致的资源闲置或错配。因此,智慧城市建设通过提升信息化水平,既增强了创新主体的风险预警与适应能力,又强化了系统的网络缓冲与资源协同能力,从而提升城市创新韧性。

据此,本文提出假设3:智慧城市建设通过信息化渗透效应提升城市创新韧性。

第三,政府科技创新关注效应。根据信号理论^[24],政策试点作为一种显性制度安排,能够向市场传递政府对特定领域的长期支持信号。智慧城市建设作为国家层面推动城市数智化转型的战略部署,强化了政府对科技创新的关注。中国以推动智慧城市建设为重要抓手,强调城市智能化、数字化发展。城市发展是城市内在演变与政府外在引导的结果,在创新活动中各类创新主体会自发选择适合于自身的投入产出模式,政府通过整合社会创新资源,依据各地资源禀赋合理调配,为科技创新提供支持。因此,提高对科技创新活动的关注并提供相应支持是内生于智慧城市试点政策的要求。白俊红等指出,智慧城市建设相关政策文件将地方财政科技拨款占地方财政支出的比重等作为验收指标,倒逼试点城市加大对基础研究、科技人才引育的定向投入力度,为冲击后创新链条的修复提供资金与人力资本保障^[25]。依托智慧城市建设中的大数据技术,政府能够更精准识别受冲击的创新主体,通过动态调整创新补助方向与力度来避免资源错配,提升政策扶持的靶向性,为创新主体快速恢复研发活力提供稳定基础。

据此,本文提出假设4:智慧城市建设通过政府科技创新关注效应提升城市创新韧性。

三、实证设计

(一) 样本选取与数据来源

本文创新韧性数据来自复旦大学《中国城市和产业创新力报告 2017》中的城市创新指数。智慧城市试

点政策数据来自住房城乡建设部发布的三批次试点城市名单。控制变量数据来源于《中国城市统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》，对于部分缺失数据，通过查找各城市国民经济和社会发展统计公报加以补充，剩余缺失数据利用平均增长率方法补齐。由于西藏数据严重缺失，本文将其从研究样本中剔除，最终得到2007—2020年284个地级及以上城市层面的平衡面板数据。

(二)模型设定

住房城乡建设部于2012—2014年公布了三批共290个智慧城市试点名单，本文将三次智慧城市试点视为准自然实验。考虑到传统双重差分(DID)模型难以识别其政策效应，本文采用交叠双重差分(staggered DID)模型，其核心优势在于通过追踪不同批次试点城市的政策实施时点，适配政策分阶段推进的场景。模型设定如下：

$$ire_{it} = \alpha_1 + \beta_1 Treat_{it} \times Post_{it} + \mathbf{X}'_{it} \boldsymbol{\lambda} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中，下标*i*表示样本城市，*t*表示年份；*ire_{it}*表示被解释变量城市创新韧性。*Treat_{it}*×*Post_{it}*为核心解释变量——智慧城市建设，反映城市*i*在*t*年是否进入智慧城市建设阶段。*Treat_{it}*为处理变量，若城市*i*为试点城市，取值为1，否则为0；*Post_{it}*为政策冲击变量，若观测值所属年份是城市成为试点城市当年及之后年份取值为1，否则为0。*X_{it}'*表示控制变量向量，包括经济发展水平、技术创新水平、金融发展水平、产业结构升级和政府干预程度；*μ_i*表示城市固定效应，控制城市层面固有的不可观测因素；*γ_t*表示时间固定效应，用以控制时间趋势；*ε_{it}*为随机误差项，回归系数的标准误在城市层面聚类。*β₁*为重点关注的回归系数，其正负和大小反映了智慧城市建设对城市创新韧性的作用方向和影响程度。

(三)变量说明

被解释变量：城市创新韧性(*ire*)。关于韧性的测度学术界尚未达成共识，目前主要有基于过程的单指标法和基于状态的多指标法两种测度方法。马丁指出，区域韧性不仅体现在遭受冲击时的抵抗力，也表现为恢复与重构发展的能力^[4]。本文借鉴这一思想，并参考拉泽雷蒂等(Lazzeretti et al.)^[26]提出的敏感性指标测度城市创新韧性。本文认为，一个具有韧性的城市创新系统，其核心特征正是在面对各类不确定性冲击时，能够有效抵御衰退并快速恢复至其固有的创新增长路径。借鉴钞小静和薛志欣^[27]对城市经济韧性的测度思路，本文用城市每年创新水平与2007年创新水平的偏离度并取对数，计算各种不确定性冲击下城市创新韧性的指标值。具体计算公式为：

$$ire_{it} = \ln \frac{ino_{it} - ino_{i2007}}{ino_{i2007}} \quad (2)$$

其中，*ino_{it}*表示城市*i*在*t*时期的创新水平，*ino_{i2007}*表示城市*i*在2007年的创新水平，测算方式参考《中国城市和产业创新力报告2017》中的城市创新指数^[28](2017—2020年的数据使用历年平均增长速度进行估算)。该指标实际上反映了城市体系的抵御力与恢复进化力，数值越高，表明城市越容易在面对不确定性冲击时保持和恢复原来的创新活力。其中，基期作为参照点反映了冲击前的基础状态，逐年的偏离度变化反映了动态恢复情况。

核心解释变量：智慧城市建设(*Treat*×*Post*)。智慧城市建设是一个二元变量，根据住房城乡建设部公布的三批国家智慧城市试点名单和时间进行赋值。若城市*i*为智慧城市试点城市，则属于处理组样本，否则为控制组样本；若城市*i*在*t*时期进入智慧城市建设阶段，则*Treat_{it}*×*Post_{it}*取值为1，否则为0。

控制变量。根据现有文献^[25,29]，控制如下可能影响城市创新韧性的因素：(1)经济发展水平(*lndgp*)，用人均地区生产总值(GDP)的自然对数衡量。经济基础好的城市可能拥有更充足的创新资源，控制后可排除经济

规模差异对创新韧性的干扰。(2)金融发展水平(\lnfin),用各地年末金融机构存款余额取对数表示,控制融资环境对创新韧性的影响。(3)产业结构升级(upg),用第三产业增加值比第二产业增加值表示,减少产业结构差异对创新韧性的影响。(4)政府干预程度(\lnfis),用各地政府一般财政支出取对数表示,避免政府干预强度对智慧城市政策的干扰。(5)固定资产投资(fix),用城市固定资产投资占GDP比重表示,控制城市内部投资动能的差异。(6)外贸依存度(tra),用进出口总额占GDP比重表示,用于识别外部市场需求波动的异质冲击。

变量描述性统计结果见表2。其中,城市创新韧性最小值为-0.0645,最大值为4.6547,标准差为1.2014,说明不同城市之间创新韧性差距较小。智慧城市建设的均值为0.2095,表明处在智慧城市试点期间的样本占比为20.95%。

表2 变量描述性统计结果

变量类型	变量名称	变量符号	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	创新韧性	<i>ire</i>	3 976	1.695 3	1.201 4	-0.064 5	4.654 7
解释变量	智慧城市建设	<i>Treat × Post</i>	3 976	0.209 5	0.407 0	0	1
控制变量	经济发展水平	<i>gdp</i>	3 976	3.716 3	2.565 9	0.646 1	13.272 8
	金融发展水平	<i>fin</i>	3 976	3 436.503 9	6 092.972 6	170.000 2	41 000.125 0
	产业结构升级	<i>upg</i>	3 976	0.965 4	0.509 8	0.262 0	3.327 7
	政府干预程度	<i>fis</i>	3 976	348.773 7	573.670 6	7.857 7	8 351.540 0
	固定资产投资	<i>fix</i>	3 976	3.552 0	1.100 8	0.947 5	11.357 8
	外贸依存度	<i>tra</i>	3 976	0.187 2	0.320 7	0.000 0	3.383 6

注:表中所有金额变量均已转化为万元单位。

四、实证结果与分析

(一) 基准回归

使用交叠双重差分模型实证检验智慧城市建设对城市创新韧性的影响,结果见表3。其中,列(1)是加入与创新韧性密切相关的控制变量但未控制固定效应的结果,列(2)是加入控制变量且控制城市固定效应和时间固定效应的结果。回归结果显示,核心解释变量的回归系数在两次回归中均在1%水平下显著为正,表明智慧城市提升了城市创新韧性,支持了假设1。同时,列(2)智慧城市的回归系数为0.1463,表明智慧城市试点政策使得城市创新韧性水平提升了14.63%。

(二) 平行趋势评估

使用交叠双重差分模型进行政策效果分析的前提是政策冲击前处理组与控制组存在共同趋势,即若没有实施智慧城市试点政策,处理组与控制组城市创新韧性变化趋势应该是一致的。若智慧城市建设试点

表3 基准回归结果

变量	(1)	(2)
<i>Treat × Post</i>	0.489 0 *** (5.392 6)	0.146 3 *** (2.646 0)
<i>lngdp</i>	0.723 0 *** (8.008 5)	-0.239 0 * (-1.842 6)
<i>lnfin</i>	-0.587 6 *** (-5.708 6)	0.289 7 ** (2.173 9)
<i>upg</i>	0.219 2 ** (2.365 6)	-0.136 9 ** (-2.123 2)
<i>fis</i>	1.131 7 *** (10.023 1)	0.261 7 *** (2.672 3)
<i>fix</i>	0.102 9 *** (3.055 7)	-0.065 9 *** (-3.424 5)
<i>tra</i>	-0.267 1 (-1.402 6)	-0.047 6 (-0.220 6)
常数项	-2.730 4 *** (-2.708 9)	-1.718 5 (-0.787 0)
城市固定效应	未控制	控制
时间固定效应	未控制	控制
观测值	3 976	3 976
<i>R</i> ²	0.507 2	0.934 3

注:*, ** 和 *** 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平, 括号内为 *t* 值, 后表同。

城市与非试点城市存在前期差异,可能会导致估计结果的偏误。基于此,在解释变量中引入智慧城市试点政策前后的虚拟变量进行平行趋势评估,模型设定如下:

$$\lnire_{it} = \alpha_1 + \sum_{\substack{k=-7 \\ k \neq -1}}^7 \beta_k treat_{it}^k + \mathbf{X}'_{it} \boldsymbol{\lambda} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, $treat_{it}^k$ 按照如下原则赋值: t_i 表示政策实际发生的年份,若 $t - t_i = k$, 则 $treat_{it}^k = 1$, 否则为 0。为了避免多重共线性影响,将政策发生前一期作为基期,对政策实施前后超过 5 期归并为第 5 期,平行趋势评估结果见图 1。结果表明,政策冲击前,处理组与控制组城市创新韧性变化趋势没有显著区别,符合事前两组被解释变量共同趋势的假定。在政策动态效应方面,智慧城市政策实施后第二年开始, $treat$ 的回归系数显著为正,因此政策实施效果有一定的滞后性。上述检验结果表明,处理组与控制组创新韧性的变化不是由时间趋势导致的,即满足平行趋势评估前提。

(三) 稳健性检验

1. 安慰剂检验

为了排除城市创新韧性提升是由智慧城市建设之外的其他因素引起的估计偏差,本文进行混合安慰剂检验。混合安慰剂检验的核心逻辑是假设处理组样本和冲击发生时间完全随机产生,在全部样本中无放回随机抽取若干个体作为“伪处理个体”,且随机抽取政策冲击的“伪处理时间”,进行双重差分估计,并进行 500 次重复实验,得到安慰剂效应分布。若政策处理效应为 0,则与安慰剂效应的分布相比,处理效应不应表现为极端值,因此通过计算左边、右边和双边 P 值判断处理效应是否显著,若 P 值较小,则可以拒绝“处理效应为 0”的原假设,认为处理效应显著。安慰剂效应的核密度图如图 2 所示。其中,处理效应估计值位于安慰剂效应分布的右侧尾部,属于异常极端值,因此可以显著拒绝“处理效应为 0”的原假设,即安慰剂检验通过,排除了其他外生因素对智慧城市促进创新韧性的影响,说明研究结果较为稳健。

2. 异质性处理效应

基准模型估计结果的准确性依赖于严格外生、无预期效应、单位处理变

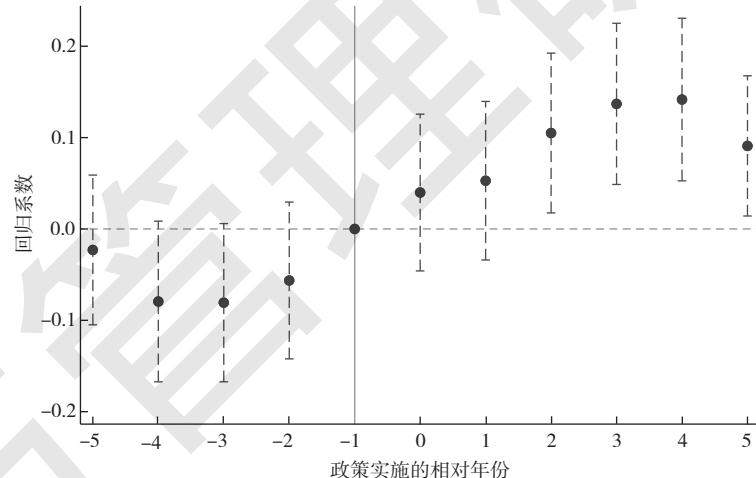


图 1 智慧城市试点政策的平行趋势评估结果

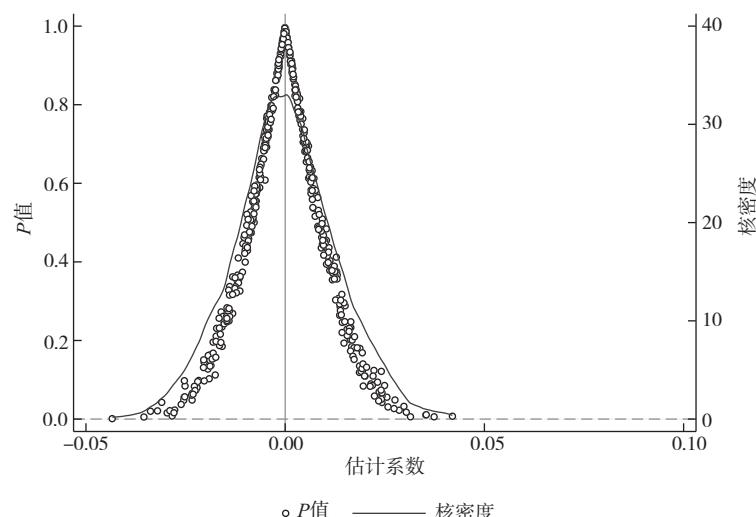


图 2 安慰剂检验结果

量值稳定和处理效应对同质性四个假设^[30]。智慧城市试点政策分三年公布入选城市名单,不同城市入选智慧城市试点的年份并不相同,因此政策处理效应存在时间维度的异质性,且不同城市推进智慧城市建设过程受城市本身特征影响,其政策效果可能存在个体维度的异质性。潜在的异质性处理效应可能导致回归结果不稳健。基于此,本文运用古德曼-培根(Goodman-Bacon)分解法检验异质性处理效应程度,并估计异质-稳健估计量。

古德曼-培根分解法的原理是将双重差分模型中总平均处理效应拆分为若干组不同样本作为控制组形成的平均处理效应的加权。根据这一思路将处理效应分为三组,其中重点关注从未接受处理效应的个体作为控制组的权重。表4结果表明,超过93%的权重来自未受到处理的个体作为控制组,即智慧城市建设的创新韧性驱动作用较强。使用两阶段双重差分法估计原模型的结果见表5,其中智慧城市建设促使城市创新韧性提升13.95%,回归系数与基准回归结果差异不大,依旧在5%的水平下显著为正,表明考虑异质性处理效应后,本文回归结果较为稳健。

表4 古德曼-培根分解结果

控制组	平均处理效应	权重
尚未接受处理效应的个体	0.069 3	0.059 9
从未接受处理效应的个体	0.143 7	0.933 4
较早接受处理效应的个体	1.212 8	0.006 7

近年来,为推动网络信息化发展,众多国家将宽带网络作为数字经济时代网络基础设施建设的重点方向。国务院于2013年出台《“宽带中国”战略及实施方案》,分三批公布了“宽带中国”城市试点名单。目前,“宽带中国”战略取得了预期经济效益,有效拓展了城市创新合作空间外延,促进城市间的协同创新^[31]。“宽带中国”战略实施年份与智慧城市试点年份有所重合,可能对回归结果产生影响。基于此,本文引入“宽带中国”政策实施变量并重新进行估计,结果见表5。其中,智慧城市建设的回归系数为0.142 8,且通过5%水平的显著性检验,表明考虑了“宽带中国”战略后,智慧城市建设对城市创新韧性依旧有促进作用。

为促进数据要素畅通,以数据流支撑区域一体化发展,2015年8月国务院印发《促进大数据发展行动纲要》;同年9月,贵州启动建设首个大数据综合试验区试点;次年,北京、天津等成为第二批试点地区。从政策目标来看,智慧城市试点与国家大数据综合试验区试点政策均以数字化为城市发展的契机,以期促进城市数智化转型,实现发展方式的升级。考虑到国家大数据综合试验区试点政策可能对回归结果产生影响,本文引入国家大数据综合试验区政策实施变量,结果见表5。其中,智慧城市建设的回归系数为0.143 8,在5%水平下显著,这说明在控制政策类型相似的宏观政策后,智慧城市建设对城市创新韧性依旧具有正向影响。

为深入实施创新驱动发展战略,优化区域创新布局,中国自2010年起推动国家创新型城市试点建设工作,分批次遴选具有良好创新基础的城市进行探索。该试点旨在鼓励城市重视科技创新,通过完善区域创新体系、集聚高端创新资源来全面提升自主创新能力。鉴于创新型城市试点以直接激励城市创新为发展目标,其政策实施可能通过强化创新要素供给、优化创新制度环境等途径,对本文关注的城市创新韧性产生直接影响,从而模糊智慧城市试点政策的影响。为避免由此带来的估计偏误,本文进一步引入国家创新型城市试点政策变量。由表5可知,核心解释变量的回归系数依旧显著为正。

与此同时,以制度型开放为特征的中国自由贸易试验区建设,是样本期内另一项重要的外部政策冲击。2013年上海自由贸易试验区挂牌,此后多个自由贸易试验区逐步在全国范围内批准设立。自由贸易试验区以投资贸易自由化便利化为核心,但其制度创新本质是通过引入国际竞争、促进知识密集型服务贸易、吸引高水平外资等渠道,改变区域创新生态与竞争环境,这种效应可能影响城市创新韧性水平。为此,本文进一

3. 排除其他政策影响

近年来,为推动网络信息化发展,众多国家将宽带网络作为数字经济时代网络基础设施建设的重点方向。国务院于2013年出台《“宽带中国”战略及实施方案》,分三批公布了“宽带中国”城市试点名单。目前,“宽带中国”战略取得了预期经济效益,有效拓展了城市创新合作空间外延,促进城市间的协同创新^[31]。“宽带中国”战略实施年份与智慧城市试点年份有所重合,可能对回归结果产生影响。基于此,本文引入“宽带中国”政策实施变量并重新进行估计,结果见表5。其中,智慧城市建设的回归系数为0.142 8,且通过5%水平的显著性检验,表明考虑了“宽带中国”战略后,智慧城市建设对城市创新韧性依旧有促进作用。

步纳入自由贸易试验区政策变量,结果见表5。其中,核心解释变量的回归系数大小与显著性水平未发生明显改变,支持了基准回归结果的稳健性。

表5 稳健性检验回归结果

变量	异质-稳健估计	排除政策干扰			
		“宽带中国”战略	国家大数据综合试验区	国家创新型城市	自由贸易试验区
Treat × Post	0.139 5 ** (2.379 4)	0.142 8 ** (2.593 0)	0.143 8 ** (2.586 0)	0.115 3 ** (2.090 7)	0.146 4 *** (2.656 7)
常数项		-1.924 8 (-0.867 9)	-1.737 7 (-0.794 4)	-2.368 0 (-1.082 4)	-1.719 7 (-0.790 1)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	3 976	3 976	3 962	3 948	3 976
R ²		0.934 4	0.934 1	0.935 6	0.934 3

4. 其他稳健性检验^①

第一,控制城市初始创新水平的影响。考虑到不同城市基期创新水平不同可能会对智慧城市试点与城市创新韧性的影响产生影响,本文进一步控制各城市创新水平异质性,在基准回归模型的基础上引入基期城市创新水平与时间趋势交互项(*inn*),城市创新水平用各地以1990年为基期计算的发明专利授权数据存量进行测度。通过控制城市初始创新水平的异质性,智慧城市建设的回归系数仍在1%水平下显著为正,验证了研究结论的稳健性。第二,更换研究模型。智慧城市建设可能受某些不可观测因素影响,从而导致估计结果偏误。倾向得分匹配-双重差分(PSM-DID)模型可以克服政策选择偏差问题,进一步对模型进行稳健性检验:(1)将控制变量作为协变量进行倾向得分匹配;(2)运用近邻匹配和半径匹配方法确定控制组中与处理组个体特征最为接近的个体作为新的控制组;(3)对处理后的数据进行平衡性检验;(4)利用新的控制组与原有处理组进行双重差分估计。第三,剔除特殊样本。2008年国际金融危机对全球经济造成严重影响,2019年底新冠疫情同样对世界经济造成较大冲击,因此将2008年、2019—2020年的样本剔除,重新进行回归。上述稳健性检验结果均表明,基准回归结果依旧是稳健的。

(四) 机制检验

根据前文理论分析,智慧城市建设可能通过创新知识扩散效应、信息化渗透效应、政府科技创新关注效应三种途径影响城市创新韧性。本文设定以下模型,分别基于上述三个途径检验智慧城市建设影响城市创新韧性的传导路径:

$$Mech_{it} = \alpha_1 + \beta_1 Treat_i \times Post_t + X'_{it} \lambda + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中, $Mech_{it}$ 表示机制变量, 分别为创新知识扩散效应、信息化渗透效应和政府科技创新关注效应;其余变量与上文一致。

1. 创新知识扩散效应

智慧城市建设通过降低创新要素流动壁垒,促进各类创新资本高效集聚^[32],驱动城市创新范式由独立创新向协同创新转型,通过合作网络的外部性提升城市创新韧性。为检验创新知识扩散效应的传导路径,

^① 限于篇幅,其他稳健性检验具体回归结果略,留存备索。

构建创新合作水平与创新溢出强度两个机制变量,分别用城市联合专利申请数量的对数和城市接收专利转移数量的对数衡量^①。表6创新知识扩散效应检验结果显示, *Treat × Post* 的回归系数分别为 0.121 0 和 0.126 9, 均在 10% 水平下显著为正, 表明智慧城市建设能够有效促进城市之间创新合作与创新溢出, 增加试点城市创新知识流入量。城市之间创新合作为城市创新提供多样化知识, 使城市创新体系受到外部冲击时更易保持稳健, 从而促进创新韧性提升。因此, 智慧城市建设的创新知识扩散效应路径成立。综上, 假设2得以验证。

2. 信息化渗透效应

智慧城市建设影响城市创新韧性的另一潜在机制是信息化渗透效应, 即政策对城市信息化环境的系统性优化。本文强调的信息化渗透, 侧重于智慧城市政策所引致的基础性、普惠性的信息要素升级。其内在逻辑在于, 智慧城市的顶层设计作用于信息基础设施的覆盖广度与信息服务市场的深度, 这种基础性的渗透, 为知识溢出与创新协作提供了必不可少的底层支持, 是智慧城市提升创新韧性的微观作用基础。为检验这一机制, 参考李坤望等^[33]的研究, 将信息化渗透效应细分为信息化服务水平与信息化基础设施两个维度。使用电信业务收入与年末总人口比值的对数值测度信息化服务水平, 用以反映城市信息化服务的市场规模与供给能力。通过年末移动电话用户数与互联网用户数的均值与年末户籍人口的比值衡量信息化基础设施水平, 以此表征城市信息化基础设施的覆盖水平。受数据可得性限制, 信息化渗透效应与政府科技创新关注效应的检验样本区间调整为 2007—2019 年。表6信息化渗透效应检验结果显示, *Treat × Post* 的回归系数分别为 0.105 0 和 0.021 5, 且至少在 5% 水平下显著, 即智慧城市建设对城市信息化服务与信息化基础设施产生提升效应, 信息化水平提升进一步拓宽创新相关知识和信息的广度和深度, 优化城市研发投入要素配置效率, 有效塑造创新活动的连续性, 促进创新韧性提升。综上, 假设3得以验证。

表6 机制检验回归结果

变量	创新知识扩散		信息化渗透		政府科技创新关注	
	创新合作水平	创新溢出强度	信息化服务水平	信息化基础设施	科技创新词频	创新补助
<i>Treat × Post</i>	0.121 0 *	0.126 9 *	0.105 0 **	0.021 5 ***	0.632 1 **	0.328 6 **
	(1.855 0)	(1.662 4)	(2.308 6)	(2.870 2)	(2.177 0)	(1.992 8)
常数项	-4.247 6 *	4.184 7	1.818 0	0.648 1 **	4.556 3	13.002 9 ***
	(-1.865 0)	(1.508 5)	(1.111 5)	(2.427 4)	(0.334 6)	(13.724 3)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	未控制
企业固定效应	未控制	未控制	未控制	未控制	未控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	3 976	3 713	3 692	3 680	2 645	27 525
<i>R</i> ²	0.916 6	0.885 6	0.795 7	0.645 8	0.081 8	0.234 1

3. 政府科技创新关注效应

政府科技创新关注效应的作用路径可以从两个角度解释: 一是智慧城市建设通过强化政府对科技创新的重视程度, 为创新韧性提供制度保障; 二是智慧城市通过优化政府创新扶持政策的实施效能, 加大政策支

^① 专利合作数据通过国家知识产权局公布的专利原始数据并基于其申请人地址测算得到; 专利转移明细数据通过爬虫软件提取国家知识产权局“专利信息服务平台”获得, 利用百度应用程序编程接口 (API) 确定专利转移前后所属城市, 利用社会网络分析法测算各城市专利接收数据。

持力度,从而夯实创新韧性的微观支撑。政策试点对政府科技创新关注度的提升具体表现为地方政府工作报告中科技创新相关论述的强化。本文选取科技创新词频增长率作为政府科技创新关注度的代理变量,该指标基于地方政府工作报告中与科技创新及科技人才相关的注意力词频测算,涉及基础研究与科技人才两个领域^①,以此检验智慧城市试点政策对政府科技创新重视程度的激励效应。智慧城市建设对政府创新支持力度的提升作用,可通过微观企业获得的政府创新补助加以验证。受数据可得性限制,本文基于上市公司数据展开分析,参考郭玥^[34]的研究方法测算上市公司获得的政府创新补助,检验智慧城市政策能否提升企业获得政府科技创新补助的能力。若智慧城市建设能够提升政府创新补助的精准性与有效性,则 $Treat \times Post$ 的回归系数预期显著为正。

表 6 政府科技创新关注效应检验结果显示,科技创新词频对智慧城市的回归系数为 0.632 1,且在 5% 水平下显著,表明试点政策提升了地方政府对科技创新的重视程度,为城市创新韧性提供了制度性支持。创新补助对智慧城市的回归系数显著为正,与理论预期一致,表明智慧城市建设对微观创新主体存在正向影响,可以提升政府对企业科技创新的支持力度。上述结果共同证实,政府科技创新关注效应构成智慧城市建设提升城市创新韧性的传导机制。综上,假设 4 得以验证。

(五) 交互影响分析

经济集聚是创新活动的重要空间组织形式。数字经济时代,集聚外部性通过信息要素赋能打破传统地理空间的限制,作为城市数智化转型的核心举措,智慧城市建设与经济集聚行为能否形成协同共促的创新驱动格局,发挥对创新韧性提升的乘数效应是本部分需要回答的重要问题。根据新经济地理理论,制造业集聚形成专业化劳动力池与技术协作网络^[35],为创新系统应对外部冲击提供硬件冗余保障。金融集聚有助于缓解融资约束,增强创新活动的可持续投入能力。因此,高集聚区可能会出现更强的政策效应。为检验潜在的经济集聚互补效应,在基准模型基础上加入智慧城市变量与经济集聚变量的交互项:

$$ire_{it} = \alpha_1 + \beta_1 Treat_i \times Post_t + \beta_2 Agg_{it} + \beta_3 Treat_i \times Post_t \times Agg_{it} + X'_{it} \boldsymbol{\lambda} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中, Agg_{it} 表示具体的经济集聚水平, β_3 是重点关注的交互项回归系数,反映互补效应的大小与显著性水平。

1. 制造业集聚

制造业集聚的核心优势在于通过产业协同降低生产与创新成本,形成专业化分工网络。智慧城市建设通过工业互联网、大数据平台等数字化工具,实现研发设计、生产制造等环节的数据互联,提升创新协作效率。为检验制造业集聚对估计结果的潜在影响,引入制造业集聚变量(man_agg),参考韩峰和李玉双^[36]的研究,利用城镇分行业就业人数区位熵表示各地制造业集聚水平。由表 7 可知, $Treat \times Post \times man_agg$ 的回归系数为 0.244 6,且在 1% 水平下显著,表明制造业集聚水平越高,智慧城市建设对城市创新韧性的促进作用越强。这可能是由于制造业的高度集聚形成了完备的产业链配套,使城市在面临创新中断风险时可及时恢复调整。

2. 金融集聚

城市创新活动具有高投入、高不确定性等特征,智慧城市建设有效拓宽了各类创新主体的融资渠道。

^① 基础研究关键词包括基础研究、科学研究、应用基础研究、核心技术、基础科学、前沿技术、原始创新、关键技术、社会公益技术、原创;科技人才关键词:人才资源、海外高层次人才、留学人员、人才队伍建设、科技体制改革、人才强国战略、科教兴国战略、科技成果、知识产权、科技创新、高层次人才、领军人才、创新团队、人才队伍、创新创业、科创人员、双创、创新驱动。

金融集聚的核心价值在于降低融资成本、优化资源配置。金融集聚水平越高,越有利于缓解金融市场的信息不对称问题,降低创新活动的融资壁垒。本文参考陶锋等^[37]的研究,用年末金融机构贷款余额比城市行政面积来测度城市金融集聚水平(*fin_agg*)。受可得数据的限制,将样本窗口期调整为2007—2019年。由表7可知,*Treat* × *Post* × *fin_agg*的回归系数为0.0473,且通过了10%水平的显著性检验,表明在金融集聚水平更高的城市,智慧城市建设对城市创新韧性的提升效应更加明显。智慧城市的公共数据平台可整合各类创新信息,缓解金融市场的信息不对称,金融集聚带来的多元金融主体依托这些数字化信息开发创新金融产品,精准匹配创新主体的资金需求。这种互补性会拓宽智慧城市政策的资金支持边界,增强创新韧性的资金保障能力。

表7 交互影响回归结果

变量	制造业集聚	金融集聚
<i>Treat</i> × <i>Post</i>	0.1397 ** (2.5525)	0.1075 ** (1.9852)
<i>man_agg</i>	-0.0315 (-0.3382)	
<i>fin_agg</i>		0.0406 (0.7162)
<i>Treat</i> × <i>Post</i> × <i>man_agg</i>	0.2446 *** (2.8045)	
<i>Treat</i> × <i>Post</i> × <i>fin_agg</i>		0.0473 * (1.7900)
常数项	-1.8730 (-0.8706)	-1.4902 (-0.6603)
控制变量	控制	控制
城市固定效应	控制	控制
时间固定效应	控制	控制
观测值	3 976	3 691
<i>R</i> ²	0.9307	0.9270

造知识产权强国、强化知识产权治理的需要,2012年开始,国家知识产权局分六批确定知识产权示范城市名单,系统推进知识产权治理工作。知识产权治理通过规范知识生产、交易、保护等方式为城市提升创新韧性提供制度支持,是转变政府职能、提升社会治理能力的重要途径。因此,知识产权治理水平不同的城市,智慧城市对创新韧性的影响可能有所不同。基于此,本文根据城市是否成为知识产权治理试点单位引入知识产权治理虚拟变量,并进行分组回归。如表8所示,智慧城市建设在知识产权治理试点城市中的回归系数大于非知识产权治理试点城市,且组间系数差异性检验结果显著,表明随着创新治理环境的完善,智慧城市建设对创新韧性的提升作用更加明显。这可能是由于知识产权治理有效避免搭便车行为产生的知识溢出效率损失,强化创新韧性的进化力基础。

2. 城市区位特征

不同地理区位的城市人口分布、经济发展均有所差异,东部地区人口大量聚集,经济发展水平高,营商环境更加完善,要素流动充分;中西部地区地广人稀,创新资源较少,创新所需的资金也相对匮乏,因此可能限制智慧城市建设对创新韧性的积极影响。基于地理区位进行异质性检验,将样本划分为东部地区

(六) 异质性分析

城市特征的差异会导致政策效应不同,这是由于政策效果的发挥依赖于城市对政策的承接能力与转化效率。创新环境与创新要素基础不同,城市的创新产出与连续性也不尽相同,其创新韧性受智慧城市建设的影响也可能不同。此外,不同城市初始条件各异,智慧城市的运行环境也不同。本文从城市的特征差异入手,分析智慧城市建设对不同特征城市的作用效果异质性。具体而言,分别从创新治理环境、城市区位特征和要素禀赋三个维度分析智慧城市建设的差异性作用。

1. 创新治理环境

知识要素是城市创新体系的重要创新资源,而城市创新韧性具有知识密集性特征,与知识产权治理密切相关。出于打

城市与中西部地区城市,并进行分组回归。如表8所示,智慧城市建设在东部地区城市中的回归系数为0.188 8,在5%水平下显著为正,表明智慧城市建设对东部城市具有创新韧性的提升效应。中西部地区城市中智慧城市建设的系数小于东部城市,且组间系数差异性检验结果显著。这表明尽管智慧城市建设为城市创新韧性提升带来机遇,但受限于经济发展水平、资源禀赋等因素的限制,与东部城市相比,中西部城市在整合创新要素进行创新活动上存在劣势,未能借助智慧城市建设机遇充分释放创新动能,因此政策效应发挥相对较差。

表8 异质性检验回归结果I

变量	创新治理环境		城市区位特征	
	知识产权治理城市	非知识产权治理城市	东部地区	中西部地区
Treat × Post	0.260 6 [*] (1.866 1)	0.129 1 ^{**} (2.226 7)	0.188 8 ^{**} (2.242 4)	0.133 9 ^{**} (1.984 3)
常数项	3.898 5 (0.909 6)	-3.106 0 (-1.263 0)	-0.056 2 (-0.019 7)	-2.824 7 (-0.930 4)
控制变量	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
组间系数检验P值		0.085 1		0.074 8
观测值	441	3 493	1 400	2 576
R ²	0.983 4	0.931 0	0.950 2	0.931 7

注:组间差异检验P值用来检验不同组别之间的Treat×Post回归系数差异的显著性,通过自体抽样(Bootstrap)500次得到,后表同。

3. 创新要素禀赋

创新资源禀赋是城市吸收数字化政策的基础能力。理论上,低要素禀赋城市创新更依赖外部政策赋能,而高要素禀赋城市本身已具备较强的创新韧性基础,智慧城市政策的边际效应相对较弱。本文从人力资本与物质资本两方面进行异质性检验。人力资本水平用每十万人中拥有本专科及以上学历的人数表示,物质资本水平用2006年为基期通过永续盘存法测度的固定资本存量计算,根据人力资本与物质资本水平中位数将样本分组回归。如表9所示,智慧城市建设在低要素禀赋地区中的回归系数显著性和大小均大于高要素禀赋地区,且组间系数差异检验显著。这可能是由于,对于低人力资本城市,智慧城市的信息化渗透效应可通过降低信息获取成本来弥补人才不足的劣势,提升创新主体的风险应对能力;对于低物质资本城市,智慧城市的政府科技创新关注效应可通过精准政策扶持来缓解资金约束,加速创新系统的修复进程。综合而言,创新要素禀赋较低的地区智慧城市提升创新韧性的政策效果更明显。

表9 异质性检验回归结果II

变量	人力资本禀赋		物质资本禀赋	
	低人力资本	高人力资本	低物质资本	高物质资本
Treat × Post	0.211 6 ^{***} (2.621 8)	0.072 8 (0.974 4)	0.194 9 ^{**} (2.354 1)	0.102 8 (1.478 2)
常数项	-8.084 8 ^{**} (-2.523 7)	1.909 2 (0.628 2)	-1.653 3 (-0.505 4)	-1.634 5 (-0.612 3)

表9(续)

变量	人力资本禀赋		物质资本禀赋	
	低人力资本	高人力资本	低物质资本	高物质资本
控制变量	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
组间系数检验 <i>P</i> 值		0.000 0		0.016 2
观测值	1.977	1.966	1.988	1.988
<i>R</i> ²	0.935 0	0.947 3	0.922 4	0.954 1

五、结论与建议

本文在理论分析的基础上,构建了城市创新韧性指标,基于2007—2020年中国284个地级及以上城市面板数据,采用交叠双重差分模型实证检验智慧城市建设对城市创新韧性的影响及其作用机制。研究发现,智慧城市建设提升了试点城市的创新韧性水平。该结论在经过一系列稳健性检验后依旧成立。试点政策实施带来的创新知识扩散效应、信息化渗透效应和政府科技创新关注效应是智慧城市建设影响城市创新韧性的主要渠道。制造业集聚水平和金融集聚水平拓宽了智慧城市政策边界,制造业和金融集聚水平越高,智慧城市建设对城市创新韧性的提升效应越明显。智慧城市建设的城市创新韧性提升效应因创新治理环境、城市区位特征和城市创新要素禀赋不同而存在差异。相对而言,智慧城市对创新韧性的提升效果在创新治理环境较完善的城市、东部地区城市,以及低人力、物质资本城市的创新韧性提升效果更明显。

基于以上研究结论,本文提出如下政策建议:

第一,强化智慧城市对创新韧性的驱动作用。搭建跨区域创新知识共享平台,重点推动长三角、珠三角等创新密集区与中西部城市的知识对接。完善区域协同创新政策,对跨城市联合研发项目给予税收优惠,降低知识流动的地理壁垒,强化创新知识扩散对韧性的支撑作用。优先在智慧城市试点地区推进新型数字基础设施建设,建立政企数据共享机制,降低创新信息获取成本,通过信息化环境的优化保障创新活动连续性。将政府科技关注纳入地方政府考核体系,引导试点城市加大对基础研究、关键核心技术的投入力度。针对微观企业,优化政府创新补助方式,对数字化转型企业的研发活动给予定向支持,缓解创新扶持政策扭曲,提升政府关注对创新韧性的保障作用。

第二,拓宽智慧城市政策边界。推动制造业数字化集聚,夯实创新韧性硬件基础。依托智慧城市基础搭建园区级工业互联网平台,实现研发设计、生产制造等环节的数据互联。设立制造业数字化转型专项基金,对企业智能设备改造、数字技术研发给予补贴,提升创新系统抗风险能力。完善科技金融集聚生态,畅通创新韧性资金渠道,整合银行、创投、保险等机构资源,开发特色金融产品,降低创新活动融资壁垒。推动金融数据与智慧城市公共数据共享,构建企业创新信用评价体系,提升金融资源对创新韧性的精准支持,强化金融集聚对政策效应的放大作用。

第三,实施差异化智慧城市推进策略。鼓励智慧城市试点城市申报知识产权示范城市,利用大数据技术加强专利侵权监测与维权。对知识产权治理完善的城市,优先给予智慧城市建设升级资金支持,实现知识产权保护与智慧城市建设的良性互动。支持东部地区建设区域创新枢纽,加大中西部地区新型数字基础设施倾斜力度,建立东部智慧城市对口帮扶西部机制,缩小区域差距,释放政策普惠性效果。聚焦低要素禀赋城市精准补短板,通过政策倾斜弥补要素禀赋不足,增强创新韧性动能。

参考文献:

- [1]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.
- [2]姚圣文,张耀坤,赵兰香.智慧城市试点政策能否助推城市创新水平提升?——基于多时点 DID 的实证研究[J].科学学与科学技术管理,2022,43(5):85-99.
- [3]YIGITCANLAR T, KAMRUZZAMAN M, BUYS L, et al. Understanding 'smart cities': intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework[J]. Cities, 2018, 81: 145-160.
- [4]MARTIN R. Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks[J]. Journal of Economic Geography, 2012, 12 (1): 1-32.
- [5]肖仁桥,吴海芸,钱丽.创新型城市试点政策对企业创新韧性的影响及其作用机制[J].西安理工大学学报,2025,41(3):390-400.
- [6]FEY S, KOCH A. Meeting challenges with resilience—how innovation projects deal with adversity[J]. International Journal of Project Management, 2022, 40(8): 941-950.
- [7]廖杨月,余传鹏,林春培.数字创新韧性:概念、测量与演化模式识别——基于中国制造业上市企业的分析[J].科学学研究,2025,43(8):1676-1686.
- [8]梁婧姝,刘涛雄.企业创新韧性及风险投资的影响:理论与实证[J].科学学研究,2024,42(1):205-215.
- [9]卢正文,许康.数字化转型对企业创新韧性的双重效应研究[J].管理学报,2024,21(7):1046-1055.
- [10]陈倩,戚湧,张桂阳,等.知识产权创造对战略性新兴产业创新韧性的影响及作用机理研究[J/OL].科研管理,2025[2025-08-07].
<https://link.cnki.net/urlid/11.1567.g3.20250708.1535.005>.
- [11]高航,李恩极.中国城市的创新韧性及提升:基于交通基础设施建设视角[J].中国科技论坛,2024(12):155-164.
- [12]刘秉廉,袁博,刘玉海.数字基础设施如何畅通区域间资本要素流动——基于企业注册大数据的证据[J].数量经济技术经济研究,2025,42(1):72-92.
- [13]周文义,陶一桃.智慧城市建设能提升创业水平吗?——基于双重差分模型的检验[J].统计研究,2023,40(8):122-134.
- [14]高峰,吕雁琴,陈静,等.“智慧城市”试点的企业绿色技术创新效应研究[J].科研管理,2023,44(6):85-94.
- [15]刘宇轩,王宇航,邓文逸.智慧城市建设对中国市域经济韧性的影响[J].经济地理,2024,44(7):135-143.
- [16]姚璐,王书华,范瑞.智慧城市试点政策的创新效应研究[J].经济与管理研究,2023,44(2):94-111.
- [17]巫细波,杨再高.智慧城市理念与未来城市发展[J].城市发展研究,2010,17(11):56-60.
- [18]湛泳,李珊.智慧城市建设、创业活力与经济高质量发展——基于绿色全要素生产率视角的分析[J].财经研究,2022,48(1):4-18.
- [19]倪鹏飞,白晶,杨旭.城市创新系统的关键因素及其影响机制——基于全球436个城市数据的结构化方程模型[J].中国工业经济,2011(2):16-25.
- [20]石大千,李格,刘建江.信息化冲击、交易成本与企业TFP——基于国家智慧城市建设的自然实验[J].财贸经济,2020,41(3):117-130.
- [21]ARROW K J. The economic implications of learning by doing[J]. The Review of Economic Studies, 1962, 29(3): 155-173.
- [22]蔡跃洲,马文君.数据要素对高质量发展影响与数据流动制约[J].数量经济技术经济研究,2021,38(3):64-83.
- [23]韩先锋,惠宁,宋文飞.信息化能提高中国工业部门技术创新效率吗[J].中国工业经济,2014(12):70-82.
- [24]SPENCE M. Job market signaling[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1973, 87(3): 355-374.
- [25]白俊红,张艺璇,卞元超.创新驱动政策是否提升城市创业活跃度——来自国家创新型城市试点政策的经验证据[J].中国工业经济,2022(6):61-78.
- [26]LAZZERETTI L, OLIVA S, INNOCENTI N. Exploring the role of industrial structure for regional economic resilience[Z]. Papers in Evolutionary Economic Geography No. 17, 2019.
- [27]钞小静,薛志欣.新型信息基础设施对中国经济韧性的影响——来自中国城市的经验证据[J].经济学动态,2023(8):44-62.
- [28]寇宗来,杨燕青.中国城市和产业创新力报告2017[R].上海:复旦大学,2017.
- [29]夏海波,刘耀彬,邵汉华.智慧城市建设如何影响劳动力就业? [J].经济与管理研究,2024,45(8):103-124.
- [30]刘冲,沙学康,张妍.交错双重差分:处理效应异质性与估计方法选择[J].数量经济技术经济研究,2022,39(9):177-204.
- [31]种照辉,高志红,覃成林.网络基础设施建设与城市间合作创新——“宽带中国”试点及其推广的证据[J].财经研究,2022,48(3):79-93.
- [32]李超,何烷玲,王源昌.“智”巢引“凤”栖:智慧城市建设对链主企业集聚的影响研究[J].首都经济贸易大学学报,2025,27(5):67-82.
- [33]李坤望,邵文波,王永进.信息化密度、信息基础设施与企业出口绩效——基于企业异质性的理论与实证分析[J].管理世界,2015(4):52-65.
- [34]郭玥.政府创新补助的信号传递机制与企业创新[J].中国工业经济,2018(9):98-116.
- [35]KRUGMAN P. Increasing returns and economic geography[J]. Journal of Political Economy, 1991, 99(3): 483-499.
- [36]韩峰,李玉双.产业集聚、公共服务供给与城市规模扩张[J].经济研究,2019,54(11):149-164.
- [37]陶锋,胡军,李诗田,等.金融地理结构如何影响企业生产率? ——兼论金融供给侧结构性改革[J].经济研究,2017,52(9):55-71.

Digital Intelligence Empowerment: How does Smart City Construction Affect Urban Innovation Resilience?

ZHANG Gui, SUN Jianhua

(Nankai University, Tianjin 300071)

Abstract: Against the backdrop of overlapping pressures, including global geopolitical conflicts, technology blockades, and macroeconomic weaknesses, urban innovation systems are facing increased uncertainties and shocks. Cultivating the ability of urban innovation systems to withstand shocks and maintain sustained innovative vitality has become crucial for building a new development pattern and fostering new quality productive forces. Theoretically, innovation resilience requires urban systems not only to absorb disturbances but also to possess the capacity to achieve dynamic balance, self-recovery, and evolution toward higher levels. Concurrently, urban digital-intelligent transformation, with smart city construction at its core, is comprehensively reshaping urban innovation ecosystems through upgrades in new information infrastructure, optimization of data-driven elements, and reforms in governance models, offering a new pathway for addressing innovation risks. However, existing research has largely focused on the impact of smart cities on the quantity of innovation, while their effect on innovation resilience remains unclear, with its underlying mechanisms and boundary conditions requiring further exploration.

This paper examines the impact of smart city construction on urban innovation resilience, using panel data on 284 prefecture-level and above cities in China from 2007 to 2020. Treating the national smart city pilot policy as a quasi-natural experiment, it employs a staggered difference-in-differences model for empirical testing. The findings demonstrate that smart city construction can enhance urban innovation resilience. Mechanism analysis reveals that this positive policy effect is primarily transmitted through three channels: innovation knowledge diffusion, information penetration, and government attention to scientific and technological innovation. Heterogeneity analysis indicates that the empowerment of smart cities is jointly shaped by a city's internal structure and external environment: manufacturing and financial agglomeration can broaden the scope of the policy impact, creating a complementary effect; simultaneously, the intensity varies with the city's innovation governance environment, geographical location, and endowment of innovation factors.

The marginal contributions are threefold. First, this paper extends the focus of smart city studies from innovation growth to innovation resilience, providing new evidence and measurement references for comprehensively evaluating the policy's overall effects. Second, it systematically reveals the internal channels through which smart city construction empowers urban innovation resilience, deepening the understanding of the relationship between digital-intelligent transformation and innovation resilience. Third, by analyzing the complementary effects of economic agglomeration and urban heterogeneity, it clarifies the boundary conditions of the policy effect, thereby providing a solid empirical basis for formulating differentiated and targeted policies to enhance urban innovation resilience.

Keywords: digital-intelligent transformation; urban innovation resilience; smart city; innovation knowledge diffusion; information penetration; government attention to scientific and technological innovation

编校:宛恬伊;蒋琰