

产业发展

智慧城市试点建设对城市医药制造业 产业链韧性的影响研究

吴集全

(中国科学院大学中丹学院, 北京 100000)

摘要: 基于三批智慧城市试点政策提供的准自然实验条件,在综合测度城市医药制造业产业链韧性水平的基础上,利用 2009—2019 年 54 个地级市的面板数据,采用多期双重差分(DID)模型探究智慧城市试点建设对市域医药制造业产业链韧性的影响作用。研究结果表明,智慧城市试点建设能够显著促进城市医药制造业产业链韧性提升;机制分析显示,智慧城市试点建设通过技术创新促进医药制造业产业链韧性提升,而信息基础设施建设具有正向调节作用。

关键词: 智慧城市试点;医药制造业产业链韧性;多期 DID 模型;机制分析

中图分类号: F062.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)02-0085-09

党的二十大提出“着力提升产业链供应链韧性,加快建设制造强国、数字中国”。作为新的经济增长极,高技术产业中的高技术制造业是实现中国制造业逐渐由大转强的主力^[1]。作为高技术制造业的重要代表,医药制造业在推动国民健康发展和满足全球医药需求中扮演着关键角色。面对全球供应链的重构、国际贸易环境变化等挑战,提升产业基础与产业链韧性已成为国家安全战略的关键环节。

随着 2012 年 12 月住建部发布了首批智慧城市试点名单,在大数据、人工智能、物联网等新一代新兴数字的诞生、应用与普及下,各试点地区以科技创新为支撑,通过新一代信息技术的应用为城市赋予万物互联的可能,这无疑能够促进信息高速流通,提高城市运作效率,优化资源配置,进而对城市的产业体系产生持续影响,如智慧城市建设能够通过信息与通信技术的应用效应、可持续发展建设的倒逼作用、科技创新的促进作用等渠道推动产业结构合理化和高级化发展,进而促进产业结构升级^[2]。2019 年 3 月发布的《政府工作报告》中指出,中国当下应“打造工业互联网平台,拓展‘智能+’,为制造业转型升级赋能”。智慧城市试点不仅能够引导制造业转型升级,同样能够深化大数据、人工智能等技术应用于新兴产业,这对于高技术产业链的完整性和协同性具有重大意义。从产业层面看,制造业

高质量发展、制造强国的实现不仅要求“量”的增加,还对以产业治理、产业安全、产业弹性、产业链完整性和协同性为代表的“质”提出了新要求^[3];从国家层面看,强化产业链韧性,推动产业链现代化建设,是保障产业稳步发展并助力经济转型升级,促进制造业高质量发展的必要行动。

因此,本文基于产业链韧性的内涵,探究分析智慧城市试点建设对市域医药制造业产业链韧性提升的影响,这不仅丰富了智慧城市和产业链现代化建设相关的理论体系,还对我国制造业产业链韧性提升、产业链现代化和智慧城市建设有一定的实践参考价值。

1 文献综述

1.1 关于产业链韧性的研究

韧性这一术语最初源于物理学和工程技术领域,它描述了一个系统在遭受压力或冲击后,能够恢复至初始状态的特性。随着跨学科研究的深入,韧性的研究不仅局限于物理学等领域,心理学、城市学、经济学的相关文献开始出现,常被用来解决复杂的经济社会问题或提供决策支持。自 Reggiani 等^[4]首次将韧性概念引入到经济学领域,用来反映经济系统应对冲击或扰动的过程后,经济韧性受到国内外学者的广泛关注。国外学者以宏观视角,基于均衡论观点或演化论观点,主要探究经济韧性内

收稿日期: 2024-04-22

作者简介: 吴集全(1999—),男,江西九江人,硕士研究生,研究方向为智慧城市。

涵,其中具有代表性的观点主要指“经济韧性是由四个维度组成的,包括区域经济系统对冲击的抵抗力、从冲击中复苏和恢复的能力、再组织和适应能力以及增长路径的更新能力”^[5-7]。此后,随着对区域经济韧性研究的深入,经济韧性的概念逐渐细化,衍生了组织层面、企业层面以及个人层面的经济韧性^[8-10]。国内学者的相关研究同样可分为宏观视角与中微观视角:宏观视角下,大多数学者主要聚焦于区域经济韧性的实证研究^[11-13];中微观视角下,学者们进一步深化韧性的概念,研究涉及产业链韧性、产业集群韧性、细分产业韧性以及企业、家庭层面微观韧性的实证分析^[14-17]。基于上述研究关于多个领域的韧性概念,归纳认为抵抗力、恢复力几乎是所有领域韧性的研究维度,转型力维度或更新力维度则体现复杂系统在应对巨大冲击后的“涅槃”能力。

已有关于产业链韧性影响因素的实证研究主要涉及数字经济发展水平、科技创新能力、人才创新能力等。具体而言,相当一部分国内学者基于党的二十大提出的“加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合,着力提升产业链供应链韧性”,探究数字经济对产业链韧性水平的影响作用及机制,并得出数字经济通过人力资本、技术创新^[18]和提高创新资源的配置水平提高产业链韧性^[19]。朱群芳^[20]等相关研究指出,数字经济对乡村产业高质量发展具有显著的正向影响,产业韧性在这一过程中起到了显著的中介作用。孙红雪和朱金鹤^[21]基于自由贸易试验区设立政策开展准自然实验,证实了自贸试验区设立通过促进人才、技术、资本与数据四种创新要素集聚的方式来增强产业链韧性。国外研究主要从市场潜力、人才发展、科研创新水平、政府监管水平、产业体系合理化水平和完善的基础设施规划等方面探究影响经济韧性、制造业韧性和技术韧性的作用机制。Zhang等^[22]基于突发公共卫生事件视角,采用压力-状态-响应(pressure-state-response, PSR)模型构建粤港澳大湾区经济韧性评价体系,认为科研创新水平、医疗治理水平、政府监管水平和产业体系合理化水平是影响粤港澳地区经济系统韧性水平的关键因素。Li和Liu^[23]以中国资源型城市经济韧性为研究对象,运用空间分析方法和泰尔指数分析方法,探究得出市场潜力和人才发展潜力是资源型城市经济韧性的直接驱动因素。Fowler等^[24]探究了韧性概念在产业领域的适用性,并认为数字制造系统

很可能主要对微观领域促进产业韧性的提升。Lee等^[25]从产业的技术韧性角度出发,通过分析专利申请的增长和危机,考察产业在冲击后保持技术知识生产的相对能力,发现企业合作和高质量和多样化的技术知识能够增强产业内的技术韧性。对比国内外文献可知,国外文献涉及的产业韧性影响因素更为广泛,除了共有的科技创新、人才发展等因素,还包括市场潜力、基础设施规划等因素。

综合国内外文献可知,既有文献多从各层面的经济韧性、产业链韧性和技术韧性等方面进行测度或分析影响因素,关于某一特定产业尤其是高技术制造业等尖端产业的产业韧性测度与影响因素分析较为少见。此外,国内研究较少从基础设施建设的角度对产业韧性进行分析。因此本研究从信息基础设施建设角度聚焦代表高技术制造业与战略性新兴产业的医药制造业产业韧性具有一定的创新性与理论价值。

1.2 关于智慧城市建设效果的研究

有关智慧城市建设效果的研究比较丰富,本文在广泛阅读文献后归纳了智慧城市试点政策对企业数字化转型、产业结构升级、经济高质量发展、绿色低碳与可持续发展、社会治理能力提升以及城市韧性的影响作用与机制。赖晓冰和岳书敬^[26]认为智慧城市建设主要借助技术累积效应和人力资本聚集效应两条路径为企业数字化转型储能,以解决资金约束问题并改善人才约束困境。范德成等^[2]采用双重差分模型进行实证研究,得出智慧城市通过信息与通信技术应用的带动效应、可持续发展的倒逼作用及科技创新的促进作用三个渠道促进产业结构合理化与高级化,进而促进产业结构升级。张治栋和赵必武^[27]提出智慧城市建设是推动经济高质量发展的重要探索,有助于提升城市在全球价值链中的地位,这一作用主要通过完善基础设施、激发城市创新和优化人力资本结构等路径释放。石大千等^[28]在熊彼特创新理论和波特创新驱动理论的框架下,利用双重差分(difference-in-difference, DID)方法评估智慧城市建设对城市环境污染的影响,验证了智慧城市建设通过创新驱动产生技术效应、配置效应和结构效应三大效应降低城市环境污染。楚尔鸣和唐茜雅^[29]在综合测度市域社会治理能力指数的基础上,运用2005—2020年208个地级市的面板数据进行多期DID实证分析,发现智慧城市建设主要是通过信息处理机制、技术进步机制和资源配置机制来提升市域的社会治理能力。武永

超^[30]运用 2001—2016 年 153 个地级市的面板数据和双重差分方法首次评估了智慧城市建设对城市韧性的影响,其影响机制为借助创新驱动产生的技术效应和结构效应对城市韧性发挥作用。

国外相关研究大致可归纳为智慧城市试点建设对就业保障、生态环境、可持续发展、绿色创新、区域协调和城市韧性等方面的实证研究。LÜ 和 Gao^[31]从就业保障角度出发,以中国首批智慧城市试点为基础,系统考察智慧城市建设对城市就业和就业结构的影响,并利用双重差分模型发现数字技术发展和公共服务是智慧城市建设改善城市就业的重要机制。Wang 等^[32]从生态环境视角出发,基于 2009—2018 年中国 216 个地级城市的面板数据,发现智慧城市建设可以通过促进企业减排的技术效应和环境规制效应显著减少试点城市的雾霾污染。Zeng 等^[33]从创新发展的视角基于 2001—2019 年中国 287 个地级城市的面板数据,得出科技投入和人力资本水平是智慧城市建设影响区域创新的重要传导路径这一结论。Hao 等^[34]从区域协调视角发现城市扩张有力地促进了区域协调,尤其是邻近城市间的协调,而智慧城市建设并不利于区域协调,只能与城市扩张互动。Zhou 等^[35]以城市韧性为研究对象,利用中国智慧城市发展的准实验性质,使用 DID 和 PSM-DID 模型探究发现分配效应、技术效应、结构效应是智慧城市影响城市韧性的重要机制。国内外关于智慧城市建设效果的实证研究大体相似,但均未包含智慧城市影响产业链韧性的实证研究。

综上所述,尽管智慧城市试点建设效果的实证研究颇为丰富,然而有关智慧城市试点对城市产业链韧性的实证分析较为少见,当今世界面临着诸多不确定因素与潜在威胁或冲击,产业链韧性与城市的社会经济生活的稳定与可持续发展密不可分,医药制造业作为关乎我国自主创新战略、高水平自立自强实现、万千民生保障、抵御重大卫生突发事件风险的关键战略性新兴产业与国民先导产业,其产业稳定与可持续发展将直接影响国民健康发展与整个社会经济系统的运行。因此,对于智慧城市试点政策影响医药制造业产业链韧性的研究具有一定的理论意义与实践参考价值。

2 理论分析

2.1 智慧城市试点建设影响医药制造业产业链韧性的机制分析

前文提到,从社会经济发展角度考虑,影响产

业韧性的主要因素有数字经济、技术创新、人才创新等,而这些因素与智慧城市试点建设高度相关。根据 2021 年信通院发布的《中国数字经济发展白皮书》,数字经济涵盖了数字产业化、产业数字化、数字化治理以及数据价值化这四个主要部分。智慧城市试点建设过程中数字化信息技术的产业化与赋能其他产业的信息化,与数字经济的内涵高度重叠。关于智慧城市促进创新水平提高、产业升级与城市韧性的实证研究也相当丰富^[2,26,30,36-37]。再结合医药制造业显著的技术密集型、依赖新技术迭代的特征,并基于数据可得性(高技术制造业与国民经济行业大类的子集只有医药制造业),进而提出存在智慧城市试点建设影响医药制造业产业链韧性的可能性。因此,智慧城市试点政策对于医药制造业产业链韧性的影响作用具备一定的文献支撑,基于此,提出如下研究假设。

H1:智慧城市试点建设,能够显著提升城市医药制造业产业链韧性。

学界关于智慧城市建设效果的机制研究较为丰富,研究视角主要可以归纳为技术创新视角和信息基础设施视角。

智慧城市建设通过大数据、云计算、物联网等新兴数字技术的应用与创新,一方面使得数字基础设施更加完善,而数字技术设施具有创新性、集成性、普惠性和互联互通等特点^[38],这无疑能够促进信息与知识在制造业产业链上迅速流通,一定程度上打破制造业产业链原有依赖于流程分工、地理位置等形成的边界,减少了交易过程中的壁垒和摩擦,使得产业链在面对外部冲击时能够敏捷响应,对提高产业链抵抗力稳定性具有重大意义;另一方面促进数字新兴产业的形成与发展,并加速与制造业的融合(如数字化车间与智能工厂),从而实现二者的协同效应与产业融合创新,提高产业链中上下游企业的生产效率并降低生产过程中的浪费与错误,从而能够增强制造环节的韧性。对此,提出以下研究假设。

H1a:智慧城市试点建设通过技术创新提升医药制造业产业链韧性。

信息基础设施的建设是智慧城市试点建设的基础,只有信息基础设施发展到一定水平,万物互联互通才有可能实现,知识、资本、技术、人才和数据等要素才能具有较高的流通性。高水平的信息基础设施能够支持更广泛、更高效的数据收集、处理和分析能力,为医药制造业企业提供实时、精确

的市场信息和产业数据。这种数据共享和利用能力使得企业能够快速响应市场变化,有效预测和减轻外部冲击,提升整个产业应对突发事件的能力。高新技术企业与高信息化企业更能从智慧城市建设中获得人力资本、外商资金、基础设施红利等^[36]。因而,本文认为信息基础设施水平越高的城市,智慧城市试点建设对医药制造业产业韧性的促进作用越强。

H1b:信息基础设施对智慧城市试点建设提升医药制造业产业韧性具有正向调节效应。

2.2 医药制造业产业链韧性指标体系构建与测度

基于前述文献综述,结合医药制造业产业特征,兼顾数据的可获取与可靠性,使用综合评价指标法,构建包括抵抗力维度、恢复力维度和转型升级维度 3 个维度的评价指标体系(表 1)。鉴于原始数据均为客观数据,结合各客观赋权法的优缺点,运用熵权法与独立性权法相结合的组合赋权法对三级指标进行赋权,最终得到 54 个地级市 2009—2019 年医药制造业产业链韧性的数据库,原始数据来源于各地级市统计年鉴原文。

表 1 医药制造业产业链韧性综合指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性
抵抗力 维度	产业链 规模	医药制造业总产值(Y_1)	正向
		医药制造业总资产(Y_2)	正向
	产业盈 利能力	医药制造业利润总额(Y_3)	正向
恢复力 维度	产业调 整能力	医药制造业研发机构数(Y_4)	正向
		单位 GDP 能耗(Y_5)	负向
		医药制造业就业人数(Y_6)	正向
转型力 维度	产业链转 型潜力	R&D 投入水平(Y_7)	正向
		相关专利授权量(Y_8)	正向
	产业链转 型环境	研发人员占比(Y_9)	正向

3 实证检验

3.1 模型设定与变量描述

3.1.1 模型设定

自 2012 年起,住建部《关于开展国家智慧城市试点工作的通知》开启了智慧城市试点的申报工作,到 2014 年住建部等共计发布三批国家级智慧城市试点名单,覆盖全国 290 个市、区、县。然而,鉴于试点时间并非完全统一,且试点地区并非全部为地级市行政区,因此借鉴已有文献构建渐进性多期双重差分模型^[29,39],并对局部试点的地级市进行剔除,从而一定程度上避免低估试点政策对地级市医药制造业韧性的影响作用^[28]。具体模型设定如下

所示:

$$\text{PhaRes}_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \text{did}_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中: i 为地级市; t 为年份;PhaRes 为模型的被解释变量,也即城市医药制造业产业链韧性水平; X 为一系列控制变量; did_{it} 为核心解释变量,也即智慧城市试点政策对应的虚拟变量,如果城市 i 在 t 年进入试点名单,那么该城市在 t 年及之后的年份均取值为 1,即 $\text{did}_{it} = 1$,否则其他情况均为 0; μ_i 和 η_t 分别为城市固定效应与年份固定效应; ε_{it} 为随机扰动项。

3.1.2 变量说明

模型的被解释变量为城市医药制造业产业链韧性,核心解释变量为智慧城市试点政策虚拟变量,控制变量则包括经济发展水平、人口密度、政府支持等。

(1)被解释变量:城市医药制造业产业链韧性(PhaRes)。

(2)核心解释变量:智慧城市试点政策虚拟变量(did)。

(3)控制变量(X):基于现有文献,选取了经济发展水平、人口密度、政府支持、对外开放水平、金融发展水平和基础设施水平作为一系列控制变量:

①经济发展水平(Cgdp),采用各地区的国内生产总值表示。当地经济发展水平在一定程度上能够影响制造业产业链的规模,并通过吸引产业生态要素促进产业结构合理化与转型升级,从而有利于以医药制造业为代表的高技术产业链韧性的提升^[40-41]。

②人口密度(DP),利用城市统计年鉴数据算出,一般而言,人口密度越高,市场规模越大,抵抗冲击的能力越强^[41-42]。

③政府支持(GS),用各地财政支出占 GDP 的比例来表示,利用统计年鉴数据计算得出。适当的政府支持能够帮助制造业产业在抵抗冲击和自我恢复时增强抵抗力并敏捷调整,从而提升产业链韧性^[17]。

④对外开放水平(open),采用实际使用外资表示。对外开放水平的提高意味着更高的国内国际双市场资源流通效率,这有助于促进资本要素、知识信息的流通从而增强产业链自主可控能力与产业链韧性^[43,37]。

⑤基础设施水平(Infra),用人均城市道路面积来表示^[44]。基础设施是产业发展与稳固的底座,高

水平的基础设施,特别是交通能源运输网络,对于确保原料、能源与产品供应链安全与稳定至关重要。

(4)机制分析变量:技术创新效应(Inno),借鉴孙军和高彦彦^[45]、范德成等^[2]的做法,用每万人专利数来衡量技术创新能力;信息技术应用水平(IIL),采用每百人互联网宽带接入户来衡量信息技术(information and communications technology,ICT)应用水平。ICT应用水平高、基础好的城市往往会抢占先机,基于现有信息基础设施对试点政策迅速响应并更好地整合信息资源,因此对于ICT应用水平更高的城市,智慧城市试点政策的促进作用可能会更胜一筹^[46]。

上述变量的数据来源于各地级市官网的《统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》、中国研究数据服务平台(Chinese Research Data Services Platform,CNRDS)数据库、中国经济社会大数据研究平台等;部分地级市的缺失数据由各省相应年份对应的统计年鉴进行补充,最后通过线性插值法和平均增长率法^[28]进行补齐。各主要变量的描述性统计结果如表2所示。

3.2 基准回归及结果分析

根据上述模型,首先进行平行趋势检验(图1),而后进行基准回归(表3),以评估智慧城市试点政策对地级市医药制造业韧性的净效应。图1显示样本数据通过了平行趋势检验。

由图1可知,在政策实施前估计系数并未通过显著性水平实验,说明在开展智慧城市试点建设前实验组与对照组医药制造业产业链韧性变化不存在显著差异,而在试点政策实施后系数一直保持为正并且通过显著性水平检验,由此,样本数据满足平行趋势假说。

表3基准回归结果显示,did的系数都是正的并且在1%的水平上显著,这表明无论模型条件如何变化,智慧城市试点对医药制造业产业链韧性的影响均为正向增强。具体而言,模型(1)在未纳入控

制变量且未采用双向固定效应的情况下进行了分析,尽管其估计系数在1%的显著性水平上表现为正值,但未考虑其他变量遗漏带来的内生性影响。模型(2)为仅加入控制变量的情况,模型(3)为仅控制城市固定效应和年份固定效应,二者估计系数相比于模型(1)均虽然有所降低,但仍然在1%的水平上显著为正。最后加入控制变量并施加双向固定效应后,模型(4)的检验结果显示,智慧城市试点建设对城市医药制造业产业链韧性的估计系数为0.022,

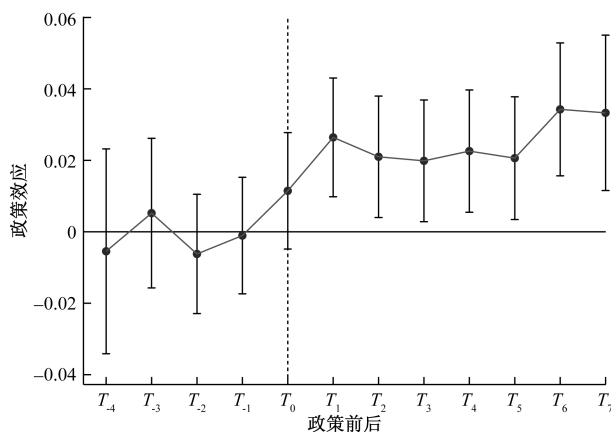


图1 平行趋势检验

表3 智慧城市试点建设对城市医药制造业产业链韧性的基准回归分析

变量	PhaRes				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
did	0.073*** (0.006)	0.028*** (0.005)	0.026*** (0.005)	0.022*** (0.005)	
did _{t-1}					0.018*** (0.005)
常数项	0.118*** (0.010)		0.082*** (0.004)	-0.802*** (0.213)	-0.637*** (0.222)
控制变量	否	是	否	是	是
年份/城市固定	否	否	是	是	是
观测值	594	594	594	594	540
样本组	54	54	54	54	54
调整后 R ²	0.232	0.551	0.536	0.573	0.597

注:***、**、* 分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平。

表2 各变量的描述性分析

变量符号	变量名称	观测值	平均数	标准差	最小值	最大值
PhaRes		594	0.135	0.087	0.021	0.613
did	智慧城市试点政策虚拟变量	594	0.221	0.415	0.000	1.000
Cgdp	经济发展水平	594	16.800	0.737	14.710	18.910
DP	人口密度	594	0.102	0.345	0.008	3.790
GS	政府支持	594	0.154	0.054	0.051	0.337
open	对外开放水平	594	10.530	1.430	4.635	14.020
Infra	基础设施水平	594	18.020	6.877	6.020	46.040
Tech	技术创新	594	10.820	18.490	0.119	118.800
IIL	信息基础设施	594	19.430	13.510	1.843	78.500

在 1% 水平显著为正,说明智慧城市试点建设能够有效提升医药制造业产业链韧性水平。鉴于医药制造业产业链韧性的提升可能存在一定的滞后性,同时一定程度上确保因果关系的成立,模型(5)对被解释变量进行滞后一期并进行对比分析,回归结果表明估计系数仍然在 1% 的统计水平上正向显著。

综上可知,无论是否加入控制变量或施加双向固定效应,还是对被解释变量进行滞后一期处理,估计系数均保持显著为正,有力支持了 H1,且研究结论具有一定的稳健性。

3.3 稳健性检验及结果分析

3.3.1 安慰剂检验

借鉴现有研究的做法,在所有样本中随机选取实验组和对照组,并重复随机抽样 500 次,同时对基准回归模型进行反复估计,以排除偶发因素的干扰。随机处理后的核密度分布和相应的 P 值点分布如图 2 所示,图中垂直虚线对应的 x 值代表上述基准回归得到的实际估计系数,可知实际估计系数与安慰剂检验得到的系数估计值存在明显偏差,也即证明了智慧城市试点建设促进城市医药制造业产业链韧性提升的作用并非来源于不可观测的因素。

3.3.2 排除其他政策的影响

尽管上述检验增强了实验结果的稳健性,但不可否认的是对政策的影响效应是错综复杂的,智慧城市试点前后依然伴随着多种相关政策的并行施行或交错实施。根据已有研究,选择控制创新型城市试点政策^[47]、科技与金融结合试点政策^[48]与“宽带中国”试点政策^[49]。

在分别设置上述三个政策的虚拟变量后,表 4 展示了相应的实证回归结果。表 4 列(1)为控制

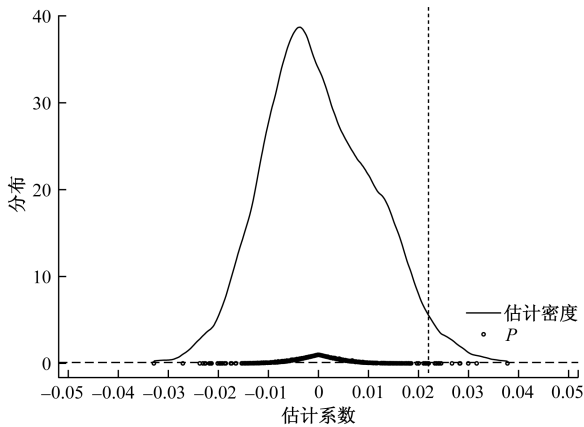


图 2 安慰剂检验

了创新型城市试点政策的回归结果,可以看出创新型城市试点政策对医药制造业韧性提升的效果并不显著,而智慧城市试点政策对医药制造业韧性的正向促进作用依旧显著;列(2)为控制了科技与金融结合试点政策的回归结果,表明科技与金融结合试点政策能够显著提升医药制造业产业链韧性,且智慧城市试点政策的回归系数降低,也即智慧城市试点政策的正向促进作用有所弱化,但这一提升作用仍然显著;列(3)结果表明“宽带中国”试点政策并未显著促进医药制造业产业链韧性的提升;列(4)为同时控制三项政策冲击的回归结果。不难发现,四种控制条件下智慧城市试点政策的正向促进效果均保持显著,由此 H1 的稳健性进一步得到证实。

3.4 机制检验及结果分析

基于前文中介效应影响机制的假设,提出可能存在的传导路径为科技创新,温忠麟和叶宝娟^[50]中介效应三步法模型如下所示:

$$\text{PhaRes}_i = \alpha_0 + \beta_0 \text{did}_i + X_i + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_i \quad (2)$$

$$\text{Med}_i = \alpha_1 + \beta_1 \text{did}_i + X_i + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_i \quad (3)$$

$$\text{PhaRes}_i = \alpha_2 + \beta_2 \text{did}_i + \gamma \text{Med}_i + X_i + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_i \quad (4)$$

式中:Med 为以科技创新效应的中介变量; X_i 为一系列控制变量; β_0 、 β_1 和 γ 的显著性与否是验证是否存在中介效应的关键。

回归分析中的调节效应是指的是一个或多个变量在影响因变量的过程中,其作用效果受到另一个变量的影响或改变。回归模型为

表 4 排除其他试点政策影响的稳健性检验

变量	PhaRes			
	(1)	(2)	(3)	(4)
did	0.021*** (0.005)	0.015*** (0.005)	0.022*** (0.005)	0.015*** (0.006)
Innovation	0.006 (0.007)			0.000 (0.007)
TF		0.032*** (0.008)		0.032*** (0.008)
BC			0.004 (0.005)	0.002 (0.005)
常数项	-0.810*** (0.213)	-0.771*** (0.209)	-0.829*** (0.215)	-0.786*** (0.212)
控制变量	是	是	是	是
城市/年份固定	是	是	是	是
观测值	594	594	594	594
样本组	54	54	54	54
调整后 R ²	0.573	0.587	0.573	0.587

注:***、**、* 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。

$$\text{PhaRes}_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \text{did}_{it} + \beta_2 \text{Adj}_{it} + \beta_3 \text{did}_{it} \times \text{Adj}_{it} + X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

中介效应和调节效应回归结果如表5所示,模型(1)~模型(3)为技术创新中介效应的检验结果,结果显示H1a成立,即智慧城市试点政策通过技术创新效应提升医药制造业产业链韧性的结论得到证实。模型(5)显示智慧城市试点政策虚拟变量与信息技术设施变量的交互项所对应的估计系数为0.042,且在5%的统计水平上显著,对比did所对应的估计系数,发现二者均为正值,即信息基础设施对智慧城市试点政策促进城市医药制造业产业韧性提升的调节效应得以验证,H1c成立。因此,较高水平的信息基础设施建设能够增强智慧城市试点政策对医药制造业产业韧性提升的促进作用。

表5 技术创新和信息基础设施的影响机制检验结果

变量	技术创新			信息基础设施	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	PhaRes	Tech	PhaRes	PhaRes	PhaRes
did	0.022*** (0.005)			0.022*** (0.005)	
Tech			0.007* (0.004)	—	—
III	—	—	—		0.011 (0.023)
did×III	—	—	—		0.042** (0.021)
控制变量	是	是	是	是	是
年份/城市固定	是	是	是	是	是
观测值	594	594	594	594	594
样本组	54	54	54	54	54
调整后R ²	0.573	0.303	0.575	0.573	0.540

注:***、**、* 分别表示1%、5%和10%的显著性水平。

4 结论与启示

基于2009—2019年54个样本城市的面板数据,运用双重差分模型探究智慧城市试点建设的实施效果与影响机制,主要结论如下。

第一,样本通过了平行趋势检验,基准回归显示智慧城市试点政策能够显著促进城市医药制造业产业链韧性提升,且滞后一期回归与安慰剂检验后核心结论仍然成立。

第二,影响机制分析结果显示,智慧城市试点建设能够通过技术创新促进城市医药制造业产业链韧性的提升;信息基础设施建设水平能够正向调节智慧城市试点政策对医药制造业产业韧性提升的促进作用。

基于前述理论分析与实证结果,本文提出相应

的实践启示为智慧城市试点政策及试点建设和城市医药制造业产业稳定与韧性提升提供参考。

第一,肯定智慧城市试点政策的效果,继续推进智慧城市建设与医药制造业产业创新生态系统融合发展。目前智慧城市建设取得初步成果,城市大脑、云上城市、城市精细化管理大平台等地方政府特色代表项目的成功彰显着这一政策的科学性与合理性。因此,应当坚持持续推进智慧城市建设,并尝试从更细分的领域推进智慧城市与产业创新生态系统的融合发展,充实智慧城市建设的细节内容。针对医药制造业,可以从智慧城市建设中的智慧医疗角度进一步细化与结合以推进医药制造业与智慧城市的融合发展。

第二,注重技术创新的路径作用,积极推动新技术、新模式与新范式赋能医药制造业产业创新研发活动。智慧城市试点建设能够促进微观层面的企业创新、中观层面的产业融合创新与宏观层面的城市创新水平,这些都能够为城市高效运行管理、公共社会生活品质提升、产业韧性增强提供源源不断的推动力。作为技术知识密集型产业,医药制造业新药发现与开发过程极其依赖于生物技术、人工智能等技术的创新与转化应用。智慧城市建设带来的创新浪潮,为医药制造业带来技术革新、研发模式改变甚至研究范式变革,如科研机器人的诞生、AI大模型用于求解高维数学问题。

第三,因地制宜,因城施策,明确政策目标与期望成果。制定智慧城市试点政策时,应该明确试点的具体目标和期望达成的成果。根据信息基础设施的正向调节作用,创新环境水平不够的城市应设置合理的政策发展目标,并积极开展与优势地区的项目合作,吸收成功经验的同时根据自身发展基础和发展阶段稳步提升。

参考文献

- [1] 刘沛罡,王海军. 高技术产业内部结构多样化、专业化与经济增长动力——基于省域高技术产业制造业、高技术产业服务业面板数据的实证分析[J]. 产业经济研究, 2016(6): 46-56.
- [2] 范德成,方璘,宋志龙. 智慧城市建设的产业结构升级效应及作用机制研究[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(17): 61-68.
- [3] 秦海林. 经济高质量发展亟须增强产业链弹性[J]. 红旗文稿, 2020(12): 25-26.
- [4] REGGIANI A, DE GRAAFF T, NIJKAMP P. A novel advanced grey incidence analysis for investigating the level of resilience in supply chains [J]. Networks and Spatial

- Economics, 2002, 2(2): 211-229.
- [5] 陈梦远. 国际区域经济韧性研究进展——基于演化论的理论分析框架介绍[J]. 地理科学进展, 2017, 36(11): 1435-1444.
- [6] SHAW K, MAYTHORNE L. Managing for local resilience: towards a strategic approach[J]. Public Policy and Administration, 2013, 28(1): 43-65.
- [7] FINGLETON B, GARRETSEN H, MARTIN R. Recessionary shocks and regional employment: evidence on the resilience of U. K. regions[J]. Journal of Regional Science, 2012, 52(1): 109-133.
- [8] PASHAPOUR S, BOZORGI-AMIRI A, AZADEH A, et al. Performance optimization of organizations considering economic resilience factors under uncertainty: a case study of a petrochemical plant[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 231: 1526-1541.
- [9] SOROKA A, BRISTOW G, NAIM M, et al. Measuring regional business resilience[J]. Regional Studies, 2020, 54(6): 838-850.
- [10] DORAN J, FINGLETON B. Employment resilience in Europe and the 2008 economic crisis: insights from micro-level data [J]. Regional Studies, 2016, 50(4): 644-656.
- [11] 李连刚, 张平宇, 谭俊涛, 等. 韧性概念演变与区域经济韧性研究进展[J]. 人文地理, 2019, 34(2): 1-7.
- [12] 贺灿飞, 陈韬. 外部需求冲击、相关多样化与出口韧性[J]. 中国工业经济, 2019(7): 61-80.
- [13] 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.
- [14] 关皓明, 杨青山, 浩飞龙, 等. 基于“产业-企业-空间”的沈阳市经济韧性特征[J]. 地理学报, 2021(2): 415-427.
- [15] 赵巍, 徐筱雯. 数字经济对农业经济韧性的影响效应与作用机制[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2023, 22(2): 87-96.
- [16] 田杰, 廖露, 王淑敏. 普惠金融对农户家庭经济韧性的影响研究[J]. 西南大学学报(社会科学版), 2024, 50(1): 132-143.
- [17] 夏铭璐, 张树山, 谷城. 智慧物流对产业链韧性的影响[J]. 中国流通经济, 2023, 37(9): 23-33.
- [18] 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.
- [19] 陈晓东, 刘洋, 周柯. 数字经济提升我国产业链韧性的路径研究[J]. 经济体制改革, 2022(1): 95-102.
- [20] 朱群芳, 闵佳迪, 郭沛瑶. 数字经济、产业韧性与乡村产业高质量发展[J/OL]. 中国农业资源与区划: 1-15 [2024-04-12]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.s.20240105.1115.020.html>.
- [21] 孙红雪, 朱金鹤. 自由贸易试验区设立能否增强中国产业链韧性? ——基于多种创新要素集聚的中介机制检验[J]. 现代经济探讨, 2023(11): 72-84.
- [22] ZHANG Y, CHEN Z, TANG B, et al. Analysis of spatio-temporal characteristics of urban economic resilience and influencing factors in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area[J]. Frontiers in Public Health, 2022, 10: 922096.
- [23] LI G, LIU M. Spatiotemporal evolution and influencing factors of economic resilience: evidence from resource-based cities in China [J]. Sustainability, 2022, 14(16): 10434.
- [24] FOWLER D S, EPIPHANIOU G, HIGGINS M D, et al. Aspects of resilience for smart manufacturing systems[J]. Strategic Change, 2023, 32(6): 183-193.
- [25] LEE P C, CHEN S H, LIN Y S, et al. Toward a better understanding on technological resilience for sustaining industrial development[J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 2019, 66(3): 398-411.
- [26] 赖晓冰, 岳书敬. 智慧城市试点促进了企业数字化转型吗? ——基于准自然实验的实证研究[J]. 外国经济与管理, 2022, 44(10): 117-133.
- [27] 张治栋, 赵必武. 智慧城市建设对城市经济高质量发展的影响——基于双重差分法的实证分析[J]. 软科学, 2021, 35(11): 65-70.
- [28] 石大千, 丁海, 卫平, 等. 智慧城市建设能否降低环境污染[J]. 中国工业经济, 2018(6): 117-135.
- [29] 楚尔鸣, 唐茜雅. 智慧城市建设提升市域社会治理能力机制研究——来自中国智慧城市试点的准自然试验[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2022, 28(4): 139-150.
- [30] 武永超. 智慧城市建设能够提升城市韧性吗? ——一项准自然实验[J]. 公共行政评论, 2021, 14(4): 25-44.
- [31] LÜ R, GAO H. Effects of smart city construction on employment: mechanism and evidence from China[J]. Empirical Economics, 2023, 65(5): 2393-2425.
- [32] WANG L, XIE Q, XUE F, et al. Does smart city construction reduce haze pollution? [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(24): 16421.
- [33] ZENG Y, ZHANG Z, YE Z, et al. Regional innovation effect of smart city construction in China[J]. Plos One, 2023, 18(2): 0281862.
- [34] HAO L, CHEN X, MIN C. The impact of urban sprawl and smart city construction on regional coordination[J]. Scientific Programming, 2021, 21: 1-12.
- [35] ZHOU Q, ZHU M, QIAO Y, et al. Achieving resilience through smart cities? Evidence from China [J]. Habitat International, 2021, 111: 102348.
- [36] 王帆, 章琳, 倪娟. 智慧城市影响企业创新的宏观机制研究[J]. 中国软科学, 2022(11): 109-118.
- [37] 赵建军, 贾鑫晶. 智慧城市建设能否推动城市产业结构转型升级? ——基于中国285个地级市的“准自然实验”[J]. 产经评论, 2019, 10(5): 46-60.
- [38] ASHMORE F H, FARRINGTON J H, SKERRATT S. Community-led broadband in rural digital infrastructure development: implications for resilience[J]. Journal

- of Rural Studies, 2017, 54: 408-425.
- [39] 曹清峰. 国家级新区对区域经济增长的带动效应——基于70大中城市的经验证据[J]. 中国工业经济, 2020(7): 43-60.
- [40] 吕越, 张杰. 人工智能与产业链韧性提升[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2024, 44(2): 29-38.
- [41] 卫彦琦. 数字金融对产业链韧性的影响[J]. 中国流通经济, 2023, 37(1): 71-82.
- [42] 李胜会, 戎芳毅. 知识产权治理如何提升产业链韧性? ——基于国家知识产权示范城市政策的实证检验[J]. 暨南学报(哲学社会科学版), 2022, 44(5): 92-107.
- [43] 陈晓东, 杨晓霞. 数字化转型是否提升了产业链自主可控能力? [J]. 经济管理, 2022, 44(8): 23-39.
- [44] 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.
- [45] 孙军, 高彦彦. 技术进步、环境污染及其困境摆脱研究[J]. 经济学家, 2014(8): 52-58.
- [46] 刘伟丽, 陈腾鹏. 智慧城市建设对企业绿色技术创新的影响研究——基于数字化转型的调节效应分析[J]. 经济纵横, 2023(7): 68-78.
- [47] 胡兆廉, 石大千, 司增焯. 创新型城市能否成为产业结构转型的“点睛之笔”——来自国家创新型城市试点建设的证据[J]. 山西财经大学学报, 2020, 42(11): 70-84.
- [48] 王小华, 宋檬, 孟祥众, 等. 金融科技与制造业创新结构特征——兼论科技和金融结合试点的效应差异[J]. 西南大学学报(社会科学版), 2023, 49(4): 119-133.
- [49] 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[2024-03-22]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1268.G3.20231218.1123.004.html>.
- [50] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理科学进展, 2014, 5(22): 731-745.

Research on the Impact of Smart City Pilot Construction on the Resilience of Urban Pharmaceutical Manufacturing Industry

WU Jiquan

(Sino-Danish College, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100000, China)

Abstract: Based on the quasi-natural experimental conditions provided by three batches of smart city pilot policies, and on the basis of comprehensively measuring the resilience level of urban pharmaceutical manufacturing industry, the panel data of 54 prefecture-level cities from 2009 to 2019 was used to explore the impact of smart city pilot construction on the resilience of municipal pharmaceutical manufacturing industry by using multi-period DID (difference in differences) model. The results show that the pilot construction of smart city can significantly promote the resilience of urban pharmaceutical manufacturing industry. Mechanism analysis shows that the pilot construction of smart city promotes the resilience of pharmaceutical manufacturing industry through technological innovation, while the level of information infrastructure construction has a positive moderating effect.

Keywords: smart city pilot; resilience of pharmaceutical manufacturing industry; the multi-period did model; analysis of mechanism