

智慧城市试点政策的创新效应研究

姚璐 王书华 范瑞

内容提要:基于中国创新驱动发展战略以及智慧城市建设的背景,将2012年智慧城市试点政策作为一次准自然实验,本文使用2007—2018年中国171个地级市面板数据,构建双重差分模型来检验智慧城市试点政策对城市创新能力的影响。结果表明:智慧城市试点政策可以促进城市创新能力的提升;智慧城市试点政策对城市创新能力的促进作用在不同人口规模、不同经济规模以及不同特征的城市中表现出一定的异质性;智慧城市试点政策主要是通过提高政府科技支出和优化创新环境来提升城市的创新能力。

关键词:创新 创新驱动 智慧城市 智慧城市试点政策 城市创新能力

中图分类号:F299.22

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2023)02-0094-18

一、问题提出

创新是引领中国经济发展的驱动力。“十四五”时期中国仍处于科技创新的黄金期与重大挑战期^[1],习近平总书记指出,“创新是第一动力”,要“加快建设世界重要人才中心和创新高地”。城市是创新活动的空间载体,是知识、人才、资本等创新要素的聚集地^[2],并且是国家创新体系的重要组成部分。释放城市创新活力、提升城市创新能力不仅可以带动城市的经济增长,还可以提高城市竞争力。如何挖掘城市的创新潜力、提高城市的创新能力成为各级政府关注的焦点问题。但是随着城市化的深入发展,同时产生了交通拥堵、资源争夺等一系列“城市病”,将会阻碍创新能力的提升。由此引发思考,传统的城市模式发展到一定阶段是否会阻碍创新能力的提升?通过变革传统的城市发展模式是否可以逃离“城市病”的怪圈?因此,探索一条新型城市发展道路显得尤为必要。

智慧城市建设是对传统城市发展模式的革新,是中国推动区域创新发展的一项重要举措。20世纪90年代后期,西方国家逐渐出现城市病问题。为变革城市的发展模式,范巴斯特拉(Van Bastelaer, 1998)在第

收稿日期:2022-04-26;修回日期:2022-12-11

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目“二元结构下中国金融资源配置与城乡居民收入差距动态传导机制研究”(71303142);山西省高等学校科学研究优秀成果培育项目“城乡居民家庭金融资产配置与收入差距的动态影响机制——基于状态空间系统的估计”(2019SK024);教育部人文社会科学研究青年基金项目“银行数字化转型影响全要素生产率的效应、机制及治理对策研究”(22YJC790024)

作者简介:姚璐 山西财经大学金融学院博士研究生,太原,030006;

王书华 山西财经大学晋商学院教授、博士生导师;

范瑞 山西财经大学金融学院讲师。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

四届欧洲数字城市(EDC)会议上首次提出智慧城市的概念^[3]。随后,智慧城市建设受到各国政府的追捧,韩国、新加坡、美国、日本等国纷纷开始制定关于智慧城市的建设计划,旨在利用信息通信技术实现智慧城市蓝图。2004年,韩国正式提出“U-Korea”智慧城市战略。2006年,新加坡制定“智慧国2015”计划。2009年,美国建立了第一个智慧城市,日本提出“i-Japan 战略2015”智慧城市建设计划。近年来,中国也加入智慧城市建设浪潮之中。2012年,中国正式启动国家智慧城市试点工作,首批国家智慧城市试点共90个,2013年、2015年继续推动国家智慧城市试点工作,分别设立103个、97个试点地区。可以预见,智慧城市建设将会对中国经济社会的各个方面产生巨大的影响。在2021年的全国两会上,关于如何建设智慧城市的话题持续升温。“十四五”规划和2035年远景目标的核心内容之一就是坚定不移地建设数字中国。智慧城市建设作为构建数字中国的基本单元,成为现代城市重塑发展新优势、抢占竞争制高点的战略选择。智慧城市本质上是基于社会科技进步的重大创新,驱动传统城市跃升至高级形态,运用物联网、人工智能等技术实时监测城市的动态发展,把物理世界的城市映射到数字世界,进一步运用云计算、大数据等手段对城市数据进行整合和分析,把握城市运行的内在规律,然后再通过物联网反作用于物理世界,实现对城市资源的高效配置,最终实现城市的智慧式治理和高质量发展^[4]。由此可见,智慧城市是基于传统城市发展之上的一种综合创新模式,是经济社会发展迈向创新驱动阶段的一个重要标志^[5]。

基于以上分析发现,智慧城市建设与城市创新能力二者之间存在密切的关联关系,值得进一步审视和探究。智慧城市建设能否提升城市创新能力?不同的城市中智慧城市建设与城市创新能力之间的关系是否呈现异质性?智慧城市建设将通过怎样的机制对城市创新能力产生影响?本文首先从理论上分析智慧城市试点政策产生的创新效应,进而将2012年智慧城市试点政策作为一个准自然实验,构建双重差分模型(DID)检验智慧城市试点政策的创新效应。解答上述问题,对于探索新型城市化发展模式以及落实国家的创新驱动发展战略具有重要的学术价值和现实意义。

二、文献综述

(一) 智慧城市建设的相关研究

自智慧城市的概念提出之后,在学术界,国内外学者围绕智慧城市这一主题展开一系列研究。前期的研究主要是以理论分析为主,如对智慧城市的内涵进行诠释^[6-8]、对智慧城市的愿景目标进行探索^[9]以及对智慧城市建设出现的问题进行分析^[10]。后期的研究主要是以实证分析为主,其中,一部分研究聚焦在智慧城市发展水平指标体系的构建和测算上^[11],而绝大部分研究主要是聚焦在智慧城市建设政策效应的评估上,认为智慧城市试点政策的推行能够显著影响城市的经济发展和环境质量^[12]。关于智慧城市建设产生的经济效应,这类研究发现智慧城市建设能够促进城市经济发展^[13-14]、提升城市韧性水平^[15]、推动科技创新^[16]、实现产业结构升级^[17]、吸引外商直接投资^[18]。还有部分学者研究智慧城市建设对环境质量产生的影响效应,这类研究发现智慧城市建设可以实现污染减排^[15]、促进低碳发展^[19]、推动城市绿色经济转型^[20]。

(二) 智慧城市建设对城市创新能力影响的相关研究

智慧城市作为城市化与信息化深度融合的产物,智慧城市建设对城市创新能力的影响能够从两类文献中得到支持。第一,城市化对区域创新能力的影响。现有研究针对城市化对创新能力的影响得到的结论尚存分歧,主要形成两种观点。一种观点认为城市化有利于促进技术创新。城市化进程的推进将会促进基础设施不断完善,医疗教育水平不断提升,进而对不同类型的人才、企业产生吸引力,形成人才集聚、产业集聚^[21],

增进不同类型人才、不同产业之间的相互交流,共享特定的信息、基础设施等相关资源^[22],在交流和共享中不断地产生新知识、新技术^[23],推动创新能力的提升。另一种观点认为城市化对技术创新存在非线性影响。当城市化水平较低时,不同类型人才以及不同行业之间的交流较少,知识溢出效应较低,并且知识的溢出收益要小于创新收益,将会阻碍创新能力的提升。当城市化进程发展到一定程度时,劳动者以及行业间的交流越来越多,共享性知识存量也逐渐增加,知识外溢的正外部性逐渐增强,有利于加速创新能力的提升^[24]。第二,信息化对区域创新能力的影响。现有研究针对信息化对创新能力的影响得到的结论尚存分歧,主要形成两种观点。一种观点认为信息化有利于促进技术创新。柯等人(Ke et al.,2017)指出信息化基础设施的完善能够加快知识的传播和溢出,有利于促进创新能力的提升^[25]。布兰施泰特等(Branstetter et al.,2019)指出在企业中对于软件技术的应用程度越高,其创新能力越强^[26]。安德松等(Andersson et al.,2021)也验证了信息化发展对创新能力的正向影响作用^[27]。另一种观点认为信息化对创新能力存在非线性影响。韩先锋等(2014)认为互联网发展对创新效率的影响效应呈现逐渐递增的非线性特征,随着信息化水平的不断提高,创新主体能够以较低的成本获取相关知识,边际成本的下降使得创新收益不断提升,从而刺激创新主体的潜在需求^[28]。

以上文献表明,国内外学者关于智慧城市建设的单方面研究较多,并且已经有研究关注到城市化的创新效应以及信息化的创新效应,对本文的进一步研究具有重要的参考价值。本文的边际贡献主要表现在以下三个方面:第一,在研究机制上,将政府科技支出和创新环境引入智慧城市试点政策影响区域创新能力的理论框架中,探讨智慧城市试点政策影响城市创新能力的内在机制,拓展了智慧城市试点政策影响城市创新能力的理论深度;第二,在研究内容上,从城市人口规模、城市经济规模以及城市特征三个角度出发,分别探讨不同城市类型下智慧城市创新效应表现出的异质性,为促进区域协调发展提供了决策支持;第三,在研究方法上,为了保证结果的可靠性,使用平行趋势检验、倾向得分匹配-双重差分(PSM-DID)方法、剔除副省级城市、更换被解释变量的测度方式、排除其他政策干扰、安慰剂检验、工具变量法等一系列方法,进而更加准确地估计智慧城市试点政策对城市创新能力的影响。

三、理论分析与研究假设

(一)智慧城市试点政策的创新效应

创新是指通过调整生产要素的组合方式以创造新事物的行为和过程,包括知识创新、技术创新、管理创新等^[29]。城市作为区域经济发展的重要基地,各类创新资源的集聚载体,城市创新体系的建设是一个不断转换和升级的动态演变过程。建设智慧城市是加快创新驱动发展战略实施,培育城市创新体系的必然要求。智慧城市是基于传统城市发展模式演变而成的一种新型城市形态^[30],通过完善物联网、互联网等新时代基础设施建设,为企业变革传统的生产方式提供所需的载体,促进数字经济、高新技术产业发展,优化创新资源的配置模式和连接方式,改变企业运行的外部环境,营造良好的技术创新氛围。由此可见,结合熊彼特的创新理论,智慧城市建设是融合技术创新、产品创新、市场创新、资源配置创新和组织创新在内的一种综合创新模式,是城市由传统的要素驱动向创新驱动转变的重要举措,是一个典型的创新生态系统^[31]。

智慧城市建设的创新效应主要体现在:第一,技术创新,智慧城市建设将各类传感器、智能监控设备应用于城市发展中,为城市提供智能化、精确化的管理媒介,运用技术手段对城市实施动态化的全方位管理;第二,产品创新,智慧城市建设推动新时代的信息技术嵌入企业的生产过程中,促进企业产品生产向智能化、智慧化转变;第三,市场创新,智慧城市的建设和发展需要依靠新时代的信息技术^[32],使得城市对新技术产

生需求,有利于催生新兴产业、促进高科技产业的发展,同时,高科技新兴市场的发展又会对软件、研发、设计等下游行业产生需求,进一步带动知识密集型产业的发展;第四,资源配置创新,智慧城市建设通过数据挖掘的技术可以建立城市运作的动态数据库,实时监测城市的发展、市场的需求量,并通过云计算对数据进行分析和处理,在一定程度上有利于促进创新要素的高效流动,实现资源配置最优化,引导知识、人才流向高新技术产业;第五,组织创新,智慧城市建设可以推动传统产业变革,将数字技术和智能技术用于企业的生产过程中以及管理模式中,有助于推动企业实现生产技术的优化升级、传统产品的更新换代、经营管理模式向智能化和信息化发展,提高企业的经营管理效率,促使企业走创新发展的道路。因此,本文提出以下研究假设。

假设 1:智慧城市试点政策可以促进城市创新能力的提升。

(二) 智慧城市试点政策创新效应的异质性

智慧城市试点政策产生的创新效应在不同规模、不同经济发展水平以及不同特征的城市中其表现也会不同。

第一,由于城市规模的不同,使得智慧城市建设的创新效应表现出异质性。一方面,规模较大的城市相比于规模较小的城市来说,聚集着大量的资金、人才、知识等生产要素,其要素的流动性相对较好,资源配置效率较高,创新生态系统建设相对完善,拥有更加包容的创新支持环境^[33],更有利于发挥智慧城市建设的创新效应。另一方面,规模较大的城市容易产生拥挤效应,比如交通拥堵、资源紧张等^[34],从而在一定程度上削弱智慧城市建设的创新效应。

第二,由于城市经济发展水平不同,智慧城市建设的创新效应表现出异质性。一方面,智慧城市建设具有前期投入较高、回报周期较长等特点,需要长期不断的经济实力予以支持^[15]。在经济发展水平较高的城市中,经济体系相对比较完整,基础设施建设相对比较完善,能够为智慧城市建设创造良好的运营环境,有助于发挥智慧城市建设的创新效应。另一方面,在经济发展水平较高的城市中,容易产生资源抢夺等恶性竞争现象,从而削弱智慧城市建设的创新效应。并且,经济发展水平较高的城市通常处于科技创新的成熟阶段,而经济发展水平较低的城市通常处于科技创新的成长阶段。在经济发展水平较低的城市中,智慧城市建设发挥的创新效应更具有发展潜力和后发优势。

第三,由于城市特征的不同,使得智慧城市建设的创新效应表现出异质性。智慧城市建设需要一定的劳动力、资金和信息基础设施作为支撑才能充分发挥其创新效应。首先,对于人力资本水平较高的城市来说,高素质劳动力能够为智慧城市的推进提供人力支持,更好、更快地掌握并应用现代信息技术,更加敏锐地捕捉到智慧城市建设相关理念,促进创新能力的提升。其次,对于金融发展水平较高的城市来说,强大的金融系统能够为智慧城市建设提供财力支持,缓解融资约束,促进创新能力的提升。最后,对于信息化水平较高的城市来说,完善的信息基础设施能够为智慧城市的推进提供物力支持,保障智慧城市建设所依赖的新时代信息技术发挥作用,促进创新资源的高效流动,实现城市创新能力的提升。因此,本文提出以下研究假设。

假设 2:智慧城市试点政策的创新效应在不同规模、不同经济发展水平以及不同特征的城市中表现出一定的异质性。

(三) 政府科技支出和创新环境发挥的中介效应

1. 政府科技支出发挥的中介效应

政府科技支出在智慧城市影响城市创新能力的过程中发挥着重要的作用。智慧城市试点政策主要是

通过应用信息技术为城市搭建创新平台,促进地方政府通过进一步制定创新发展的总体规划,并利用技术引进或者鼓励企业进行自主研发等战略引领城市开展创新活动,推动城市创新能力的提高。创新活动的开展在一定程度上既是市场选择的结果,也是政府战略引导的结果。政府制定的政策可以发挥因势利导的作用^[35],引导创新要素流向具有发展潜力、效率较高的产业,有利于提升资源的配置效率、使用效率,推动城市创新能力的提升。并且创新活动所需的资金投入较多,面临的风险较高^[36],政府科技支出能够为企业的创新链条提供重要帮助,化解创新风险、降低成果的不确定性^[37]。因此,本文提出以下研究假设。

假设3:智慧城市试点政策通过影响政府科技支出,进而影响到城市创新能力。

2. 创新环境发挥的中介效应

创新环境在智慧城市影响城市创新能力的过程中发挥的作用同样不容忽视。创新环境的内涵较为丰富,国内外学者对此进行了深入研究。库克等(Cooke et al., 1997)指出学习环境、金融环境是构成创新环境的关键要素^[38]。章立军(2006)认为金融发展、人力资本、基础设施水平、市场需求是创新环境的重要维度^[39]。姜海宁等(2020)指出基础设施、市场环境、人力资源、文化环境等是创新环境的重要维度^[40]。虽然现有研究分别选取不同维度的要素来构造创新环境,但实质上都是从创新环境的硬环境和软环境两个方面来诠释创新环境的。创新环境在智慧城市影响城市创新能力的过程中发挥的重要作用主要表现在:第一,在硬环境方面。智慧城市试点政策支持城市智慧基础设施建设,在基础设施上增加财政支出。城市便利的交通基础设施可以节约创新成本,降低信息不对称,打破开展创新活动面临的地理时空障碍,有利于提升城市的创新水平^[41]。同时,智慧城市试点政策支持城市加强信息化发展,完善的信息基础设施能够加快信息和知识的传播,实现创新要素的高效流动,优化资源配置,提升城市的创新能力。第二,在软环境方面。智慧城市试点政策能够营造公平的市场环境,加强保护创新型企业的知识产权等一系列制度改革,有利于降低创新成果被侵权的风险,保障创新成果获得公平合理的回报,从而增强企业家开展创新活动的热情,激发城市的创新活力。同时,智慧城市试点政策在提升政府公共服务能力、优化政府管理职能方面也有一定的突破,引导地方政府建立以科技创新为导向的官员考核机制、与地方科技管理机构分工协作的运行机制,提升政府的公共服务能力和质量,激发城市的创新活力,进而提升城市的创新能力。因此,本文提出以下研究假设。

假设4:智慧城市试点政策通过影响创新环境,进而影响到城市创新能力。

四、研究设计

(一) 模型设定

2009年,中国提出建设智慧城市的构想,并在2012年正式设立首批智慧城市试点地区。在设立试点城市时,国家发展和改革委员会主要考虑的是试点城市的工作基础以及申报城市的意愿,与城市创新能力的关联度并不高。此次试点政策包括90个地区。试点地区大部分是创新能力较低的城市,创新能力较高的大中型城市并不多。这也说明智慧城市选择在选取试点地区时并不是优先选择创新能力较高的城市,在一定程度上能够保证试点城市选择的随机性。因此,本文将2012年智慧城市试点政策作为一次较好的准自然实验,将2012年智慧城市试点地区作为实验组,非试点城市作为控制组,采用双重差分法评估智慧城市试点政策对城市创新能力的影响。在中国地级市中选取实验组和控制组时,将以下城市剔除:(1)考虑到本文的研究样本为地级市,而2012年设立的90个智慧城市试点地区中不全都是地级市,还包含了一些地级市的区、县,如果将这些区或县所在的地级市也作为试点地区,可能会高估智慧城市试点政策的创新效应,因此将这

部分区、县所属的地级市进行剔除;(2)由于本文考察的是2012年第一批智慧城市试点政策对城市创新能力的影 响效应,而中国在2013年和2015年又设立了第二批、第三批试点城市,因此,为了确保实证结果的准确性,将第二批和第三批试点城市剔除。剔除上述城市之后,最终得到171个地级市作为研究样本。

本文采用双重差分法评估智慧城市试点政策对城市创新能力的影响效应,首先要构造两个虚拟变量,一个是实验组和控制组的分组虚拟变量,即实验组城市为1(受到政策冲击的城市, $treat=1$),控制组城市为0(未受到政策冲击的城市, $treat=0$);另一个是政策时间虚拟变量,即2012年及以后为1(政策发生之后, $time=1$),2012年之前为0(政策发生之前, $time=0$)。构建如下双重差分模型:

$$\ln pa_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 did_{i,t} + \theta_1 X_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中, $\ln pa$ 是城市创新能力, did 是智慧城市试点政策,是实验组和控制组的分组虚拟变量与政策时间虚拟变量的交互项($did=treat \times time$),其系数可以反映政策效应的方向及大小,是本文关注的核心变量, X 是控制变量, ε 是随机误差项。 i 是城市, t 是年份。

为进一步考察智慧城市建设对城市创新能力影响的传导渠道,构建如下模型与模型(1)构成中介效应模型:

$$M_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 did_{i,t} + \theta_2 X_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$\ln pa_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 did_{i,t} + \beta_2 M_{i,t} + \theta_3 X_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

其中, M 表示中介变量,本文主要从政府科技支出和创新环境两方面予以考虑。

为了确保基准回归结果的稳健性,本文使用PSM-DID方法进行稳健性检验,构建如下模型,变量定义同式(1):

$$\ln pa_{i,t}^{PSM} = \beta_0 + \beta_1 did_{i,t} + \theta_1 X_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

(二) 变量选取

1. 被解释变量

本文的被解释变量是城市创新能力($\ln pa$)。考虑到专利是创新活动的直接产出,并且专利申请过程中的严格限制和复杂要求保证了专利的排他性,本文参考陈子真等(2019)^[42]的做法采用各地级市专利的授予总量作为城市创新能力的替代指标。

2. 核心解释变量

本文的核心解释变量是智慧城市试点政策(did),是实验组和控制组的虚拟变量与政策时间虚拟变量的交互项($did=treat \times time$),其系数显著为正时,表明智慧城市建设能够显著提升城市的创新能力。

3. 中介变量

本文的中介效应主要是从政府科技支出和创新环境两方面予以考虑。一个是政府科技支出(gov)。考虑到政府财政支出中用于科技支出的部分是政府参与城市创新活动的主要手段,借鉴周克清等(2011)^[43]的做法,用科技支出与政府财政总支出的比值来表示政府科技支出。另一个是创新环境(inn)。借鉴张树静和张秀峰(2018)^[44]、李政和杨思莹(2019)^[45]对创新环境的评价体系,本文从城市信息基础设施和交通基础设施条件两个角度来考察创新活动的硬环境,从市场化程度和政府服务能力两个角度来考察创新活动的软环境,并对这四个指标赋予同等权重来合成创新环境。其中,信息基础设施用各城市的人均互联网用户数来表示,交通基础设施用各城市的人均道路面积来表示,市场化程度用各城市城镇私营个体单位的从业人数占总从业人数的比重来表示,政府服务能力用地方政府财政收入占地区生产总值的比重来表示。

4. 控制变量

借鉴黄凌云和张宽(2020)^[46]的做法,本文选取以下控制变量:(1)经济发展水平(\lnpgdp)。发达的经济条件可以为创新活动提供必要的物质基础。本文以2007年为基期,对名义人均生产总值进行价格平减,并进行对数变换,用来表示城市的经济发展水平。(2)金融发展水平(fin)。由于创新活动面临的风险较高,完善的金融体系有利于促进资本流动,提高资本配置效率,并且金融机构的风险投资更有利于缓解创新活动面临的融资约束困境。考虑到数据的可得性,地级市层面的风险投资不可得,本文用金融机构各项贷款余额与地区生产总值的比值来表示一个城市的金融发展水平。(3)人力资本(lab)。人力资本是促进技术进步的关键因素,是从事创新活动的主观主体。本文用从事科学研究、技术服务的人数占城市总人口的比重表示各城市的人力资本。(4)高新技术企业数(ent)。高新技术企业作为整个城市创新要素的主要聚集地,为创新活动的开展提供了平台,具体的度量方式是对高新技术企业数量+1后取对数。(5)高等学校数(uni)。普通高等学校是城市科研创新能力建设的载体,可以为当地的科研发展提供动力,具体的度量方式是对普通高等学校数量+1后取对数。除此之外,城市的研发(R&D)经费支出也是创新能力的重要影响因素,但是由于地级市层面的R&D经费支出自2017年才开始公布,所以本文未将其纳入控制变量的考虑范围之内。

变量的描述性统计如表1所示。

表1 变量的描述性统计

变量名	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
城市创新能力(\lnpa)	2 052	6.442	1.641	1.609	10.959
分组虚拟变量($treat$)	2 052	0.164	0.370	0.000	1.000
时间虚拟变量($time$)	2 052	0.500	0.500	0.000	1.000
政府科技支出(gov)	2 052	0.013	0.014	0.001	0.207
创新环境(inn)	2 052	3.161	1.608	0.088	18.337
经济发展水平(\lnpgdp)	2 052	9.824	0.575	4.461	14.514
金融发展水平(fin)	2 052	0.979	0.960	0.112	16.743
人力资本(lab)	2 052	0.002	0.003	0.000	0.066
高新技术企业数(ent)	2 052	0.956	1.185	0.000	4.997
高等学校数(uni)	2 052	1.465	0.748	0.000	4.443

(三) 数据来源

本文选取的研究样本包含中国171个地级市,设定的样本研究区间为2007—2018年。其中,城市创新能力(\lnpa)的相关数据来源于国家知识产权局网站,高新技术企业数(ent)的相关数据来源于国泰安(CSMAR)数据库,其余研究数据均来源于《中国城市统计年鉴》。对于部分空缺值,采取插值法补齐。为了缓解异常值的影响,对所有连续型变量按1%和99%水平进行缩尾处理。

五、实证结果与分析

(一) 基准回归结果

为了评估智慧城市试点政策对城市创新能力的影响,采用双重差分法进行回归,结果如表2所示。结果表明,智慧城市试点政策(did)的回归系数显著为正,表明智慧城市试点政策可以显著提升创新能力。列(2)是在

列(1)的基础上加入经济发展水平(\lnpgdp),这是因为经济发展水平作为宏观经济发展的重要指标,能够为企业从事创新活动提供较好的氛围,激发企业家的创新精神。列(3)是在列(2)的基础上加入金融发展水平(fin)和人力资本(lab),这是因为资金和人才是驱动创新能力提升的关键要素,在资本密集和智力密集的产业中更容易产生科技创新成果^[47]。列(4)是在列(3)的基础上加入高新技术企业数(ent)和高等学校数(uni),这是因为高新技术企业以及高等学校是一个城市从事技术创新、科研活动的重要载体,能够为创新活动的开展提供平台支持^[48]。列(2)—列(4)的结果表明,智慧城市试点政策(did)的回归系数均显著为正,充分验证了智慧城市试点政策可以促进城市创新能力的提升。

关于控制变量的回归结果,在列(2)—列(4)中,经济发展水平(\lnpgdp)的系数均显著为正,说明发达的经济条件能够为创新活动的开展提供坚实的经济基础,促进城市创新能力的提升。在列(3)和列(4)中,金融发展水平(fin)的系数均显著为正,说明较高的金融发展水平可以为创新活动提供资金支持,有利于城市创新能力的提升。人力资本(lab)的系数均显著为正,说明一个城市的科学研究、技术服务人员能够为城市的创新活动打下良好的劳动力基础,有助于促进整个城市从事技术创新活动。在列(4)中,高新技术企业数(ent)的系数均显著为正,说明一个城市的高新技术企业越多,其创新能力越高。高等学校数(uni)的系数均显著为正,说明普通高等学校作为一个城市的科研平台,其数量越多越有助于提升城市整体的创新能力。

表2 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
did	1.283*** (0.093)	1.264*** (0.091)	1.105*** (0.088)	0.664*** (0.080)
\lnpgdp		0.840*** (0.082)	0.656*** (0.080)	0.492*** (0.071)
fin			0.267*** (0.023)	0.210*** (0.020)
lab			25.557*** (9.211)	12.582* (8.077)
ent				0.554*** (0.031)
uni				1.055*** (0.079)
常数项	6.337*** (0.020)	-1.913** (0.810)	-0.400 (0.784)	-0.755 (0.687)
观测值	2 052	2 052	2 052	2 052
R^2	0.091	0.139	0.220	0.403

注:列(1)是不加入控制变量的回归结果。列(2)—列(4)是逐步加入控制变量的回归结果,*、**、***分别表示在10%、5%和1%的水平下显著;括号内为统计标准误。后表同。

(二) 稳健性检验

1. 平行趋势检验

考虑到构建双重差分模型的前提是要保证实验组城市和控制组城市在智慧城市建设之前存在相同的变动趋势,因此,参考贝克等(Beck et al., 2010)^[49]的做法,将智慧城市建设的前一年作为基期,构造政策实

施前的时间虚拟变量与分组虚拟变量的交互项 $pre5$ 、 $pre4$ 、 $pre3$ 、 $pre2$,通过观察交互项的回归系数是否显著来判断在智慧城市政策实施前实验组与对照组是否存在平行趋势。回归结果如表3所示, $pre5$ 、 $pre4$ 、 $pre3$ 、 $pre2$ 的回归系数均不显著,说明在智慧城市政策实施前实验组与控制组城市整体上不存在显著差异,满足构建双重差分模型的要求。

表3 平行趋势检验结果

变量	$\ln pa$
$pre5$	-0.159 (0.110)
$pre4$	-0.109 (0.110)
$pre3$	-0.005 (0.110)
$pre2$	0.066 (0.110)
常数项	5.176 *** (0.034)
观测值	2 052
R^2	0.826

2. PSM-DID 方法

为了克服智慧城市试点地区和非智慧城市试点地区的变动趋势存在的系统性差异,本文进一步利用 PSM-DID 方法进行稳健性检验。PSM-DID 的具体做法是,首先将经济发展水平、金融发展水平、人力资本、高新技术企业数、高等学校数作为匹配变量,利用 Logit 模型计算出各城市的倾向得分。接下来,根据倾向得分并采用邻近匹配方法找到与实验组城市特征相似的控制组,此时,需要对实验组和控制组进行平衡性检验,如果检验结果中匹配后实验组和控制组的各控制变量不存在明显差异,这说明选取的匹配方式是合理的。表4是平衡性检验结果,检验结果表明,匹配后的实验组和控制组中,控制变量经济发展水平、金融发展水平、人力资本、高新技术企业数、高等学校数的标准偏差均小于10%,且各控制变量在匹配后均不存在显著差异,这说明选取的匹配方式比较合理,可以使用倾向得分匹配方式进行稳健性检验。进一步

参考赵玉林和谷军健(2018)^[50]的方法,绘制实验组和对照组在进行倾向得分匹配前后倾向得分的核密度图^①,如图1所示。由图1可知,匹配前实验组和对照组的倾向得分值存在较大差异,而匹配后实验组和对照组倾向得分值之间的差异明显缩小,这说明倾向得分匹配大幅度降低了实验组与控制组之间的差异,再次验证了使用倾向得分匹配方法的合理性。最后,利用双重差分法对模型(4)进行回归。由表5可知,倾向得分匹配结果与基准回归保持一致。

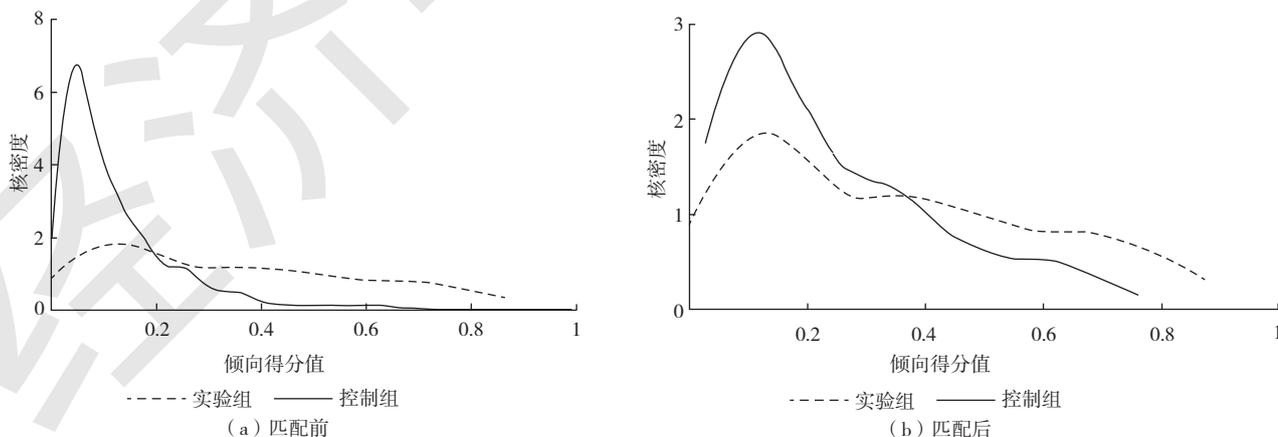


图1 倾向得分核密度

① 由于倾向得分匹配后对应的每一年的每一个城市都会计算出一个得分,无法采用表格的形式进行展示,本文采用绘制核密度图的方式进行展示。

表 4 匹配前后控制变量的平衡性检验结果

变量	匹配情况	实验组均值	控制组均值	标准偏差/%	t 值	P 值
lnpgdp	匹配前	10.252	9.740	94.3	15.82	0.000
	匹配后	10.253	10.224	5.3	0.69	0.491
fin	匹配前	1.108	0.954	17.0	2.69	0.007
	匹配后	1.109	1.191	-9.0	-1.31	0.191
lab	匹配前	0.003	0.002	33.1	6.72	0.000
	匹配后	0.003	0.003	-3.0	-0.45	0.651
ent	匹配前	1.706	0.810	71.1	13.21	0.000
	匹配后	1.711	1.772	-4.8	-0.52	0.603
uni	匹配前	2.089	1.343	93.4	17.98	0.000
	匹配后	2.092	2.123	-3.8	-0.45	0.654

表 5 稳健性检验结果

变量	倾向得分匹配	剔除副省级城市	更换被解释变量	排除其他政策影响		
				国家创新型城市	低碳城市	宽带中国
did	1.008***	0.669***	0.934***	0.913***	0.990***	0.915***
	(0.088)	(0.082)	(0.087)	(0.088)	(0.091)	(0.091)
lnpgdp	0.509**	0.505***	0.342***	0.343***	0.285***	0.395***
	(0.217)	(0.071)	(0.077)	(0.077)	(0.075)	(0.075)
fin	0.098	0.209***	0.217***	0.217***	0.208***	0.202***
	(0.062)	(0.020)	(0.022)	(0.022)	(0.022)	(0.022)
lab	0.537	10.456	28.324***	27.638***	26.445***	22.572***
	(26.185)	(8.341)	(8.770)	(8.787)	(8.568)	(8.548)
ent	0.478***	0.569***	0.701***	0.691***	0.594***	0.603***
	(0.058)	(0.032)	(0.033)	(0.035)	(0.035)	(0.034)
uni	0.529***	1.053***	1.036***	1.027***	0.961***	1.009***
	(0.146)	(0.080)	(0.086)	(0.086)	(0.084)	(0.084)
国家创新型城市				0.149		
低碳试点城市					0.590***	
宽带中国						0.701***
常数项	-0.100	-0.841	-1.906**	-1.898**	-1.282*	-2.357***
	(2.183)	(0.694)	(0.746)	(0.745)	(0.731)	(0.727)
观测值	439	2 004	2 052	2 052	2 052	2 052
R ²	0.580	0.399	0.439	0.440	0.464	0.470

3. 剔除副省级城市

借鉴张阿城等(2022)^[51]的做法,由于副省级城市相比于其他一般城市在基础设施、地理位置、资源条件等方面占据一定的优势,更易产生政策红利。若将其纳入研究范畴,可能会导致智慧城市建设产生的创新效应存在偏差。因此,从研究样本中将副省级城市剔除进行稳健性检验。如表5所示,回归结果与基准回归保持一致,表明在剔除副省级城市之后,结论仍然稳健。

4. 更换被解释变量的测度方式

本文在基准回归部分采用一个城市的专利授予总量作为城市创新能力的替代指标,考虑到在专利授予总量中发明专利的技术含量更高,能够作为城市创新能力的替代指标。因此,参考冯苑等(2021)^[52]的做法,将一个城市的发明专利授予数量作为城市创新能力的替代指标进行稳健性检验。如表5所示,回归结果与基准回归保持一致,表明在更换被解释变量的测度方式之后,结论仍然稳健。

5. 排除其他政策的影响

考虑到在样本研究期间,还存在其他政策也会对城市创新能力产生影响,比如国家创新型城市政策、低碳城市试点政策以及宽带中国试点政策。因此,为了排除其他政策对基准回归造成的干扰,本文参考郭劲光和王虹力(2022)^[53]的做法,将这三种政策分别以虚拟变量的形式加入基准模型中。如表5所示,回归结果与基准回归保持一致,表明在排除其他政策干扰之后,结论仍然稳健。

6. 安慰剂检验

在样本研究期间可能会存在其他与智慧城市试点政策无关的外生因素对城市创新能力产生影响,进而导致研究结果出现偏差。为了识别样本研究期间是否存在外生影响,本文借鉴汪克亮等(2021)^[54]的做法,分别进行了200次和500次的独立重复实验,利用独立重复实验随机抽取实验组城市的方式进行安慰剂检验。200次和500次重复实验中回归系数的分布结果如图2所示,重复实验的结果表明,回归系数的估计值基本上都分布在零点附近,并且服从正态分布,这说明智慧城市试点政策对城市创新能力的促进作用基本不可能是由其他外生因素导致的。

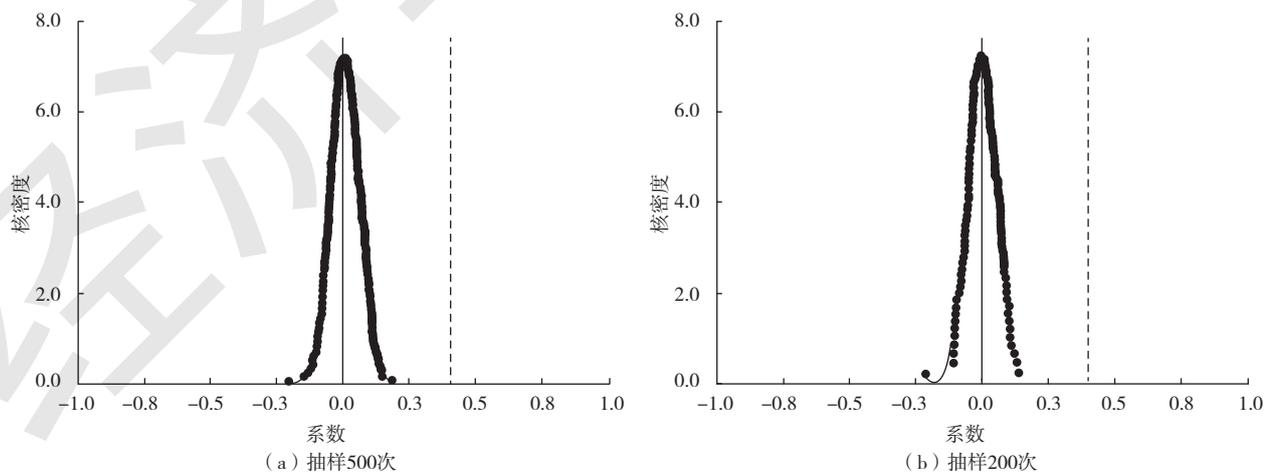


图2 安慰剂检验结果

注:垂直虚线是表2列(4)的真实估计值。

(三) 内生性检验

考虑到模型中还可能会存在部分不可观测的遗漏变量,这就使得双重差分模型可能存在由于遗漏变量导致的内生性问题。因此,本文采用工具变量法来缓解模型中可能存在的内生性问题,参考周记顺和宋颜希(2022)^[55]的做法,选取地级市在1984年的邮局数量、固定电话数量作为工具变量并采用两阶段最小二乘法进行回归。

工具变量的选取原因在于:一方面,新时代信息技术的应用是以传统通信技术为基础,同时历史上邮局与固定电话数量较多的地方会通过邮局与固定电话的分布改变人们的生活方式以及信息观念,进一步影响新时代信息技术的应用和发展。智慧城市试点政策在选择试点城市方面更加倾向于选择通信技术相对完善的城市,因此,此工具变量满足相关性要求。另一方面,各地级市的历史邮局数量、固定电话数量属于历史数据,并且现阶段随着新时代信息技术的发展,邮局、固定电话等传统的通信工具基本不会对城市创新能力产生影响,因此,此工具变量满足外生性要求。工具变量的检验结果如表6所示。检验结果表明,在不可识别检验、弱工具变量检验、过度识别检验中,检验结果均拒绝原假设,说明这两个工具变量的选取比较合理。两阶段最小二乘法的回归结果如表7所示。回归结果显示智慧城市试点政策(*did*)的回归系数仍显著为正,结果比较稳健。

表6 工具变量检验结果

检验类型	检验指标	城市邮局数量	城市固定电话数量
不可识别检验	K-P <i>LM</i> 统计量	130.651	161.235
	<i>P</i> 值	0.000	0.000
弱工具变量检验 (K-P <i>F</i> 统计量)		11.526	14.454
		(11.520)	(11.520)
过度识别检验	Sargan 统计量	102.726	23.454
	<i>P</i> 值	0.000	0.015

注:括号内为弱工具变量检验的临界值。

表7 内生性检验结果

变量	城市邮局数量	城市固定电话数量
<i>did</i>	2.377*** (0.386)	2.317*** (0.345)
<i>lnpgdp</i>	0.470*** (0.055)	0.472*** (0.054)
<i>fin</i>	0.120*** (0.029)	0.121*** (0.029)
<i>lab</i>	-40.051*** (9.981)	-39.847*** (9.907)
<i>ent</i>	0.633*** (0.031)	0.635*** (0.030)
<i>uni</i>	0.357*** (0.047)	0.360*** (0.046)
常数项	0.467 (0.529)	0.441 (0.521)
观测值	2 052	2 052

(四) 异质性检验

上述研究表明,智慧城市建设对创新能力的提升具有显著的正向促进作用。本文不禁思考,在不同性质的城市中,这种影响作用是否存在异质性?因此,分别从不同人口规模、不同经济规模、不同城市特征这三个角度出发,对子样本回归进行异质性检验。

首先,从城市人口规模的角度出发进行异质性检验,将样本城市按照人口数量划分为规模较小的城市和规模较大的城市。回归结果如表8所示。研究结果表明,智慧城市建设对城市创新能力的促进作用在规模较大的城市和规模较小的城

市中均是显著的,并且对于规模较小的城市来说,智慧城市建设对城市创新能力的促进作用(0.670)要高于规模较大的城市(0.430)。其原因在于,人口规模较大的城市容易产生拥堵效应,进而削弱智慧城市建设对城市创新能力的提升作用。

其次,从城市经济规模的角度出发进行异质性检验,将样本城市按照经济发展水平划分为经济发展水平较高的城市和经济发展水平较低的城市,回归结果如表8所示。研究结果表明,智慧城市建设对城市创新能力的促进作用在经济发展水平较低的城市中和经济发展水平较高的城市中均是显著的,并且对于经济发展水平较低的城市来说,智慧城市建设对城市创新能力的促进作用(1.033)要高于经济发展水平较高的城市(0.220)。其原因可能在于,对于经济发展水平较高的城市来说,自身的科技创新水平相对较高,处于科技创新发展的中期阶段甚至是成熟阶段。此时,城市创新能力的提升在一定程度上呈现边际递减的特征。因此,智慧城市建设对城市创新能力的提升作用相对较小。而对于经济发展水平较低的城市来说,这些城市正处于科技创新发展的萌芽阶段或成长阶段。此时,城市创新能力的提升具有后发优势,智慧城市建设可以促进创新要素的高效流动和集聚,对城市创新能力的提升作用更明显。

表8 城市规模和经济规模的异质性检验结果

变量	城市规模		城市经济发展水平	
	规模较小的城市	规模较大的城市	经济发展水平较低的城市	经济发展水平较高的城市
<i>did</i>	0.670*** (0.108)	0.430*** (0.084)	1.033*** (0.128)	0.220*** (0.078)
<i>lnpgdp</i>	0.979*** (0.090)	0.357*** (0.080)	0.990*** (0.097)	0.458*** (0.076)
<i>fin</i>	0.711*** (0.040)	0.973*** (0.058)	0.643*** (0.041)	1.176*** (0.057)
<i>lab</i>	0.041*** (0.010)	-0.003 (0.009)	0.021** (0.010)	0.011 (0.009)
<i>ent</i>	0.484*** (0.047)	0.315*** (0.033)	0.569*** (0.063)	0.323*** (0.030)
<i>uni</i>	0.624*** (0.096)	1.164*** (0.113)	0.998*** (0.108)	0.738*** (0.091)
常数项	-6.318*** (0.874)	-1.098 (0.799)	-6.842*** (0.937)	-1.557** (0.760)
观测值	1 284	768	1 020	1 032
R^2	0.459	0.648	0.488	0.600

最后,从城市特征的角度出发进行异质性检验,将样本城市按照从事科学研究、技术服务的人数占城市总人口的比重划分为人力资本水平较低和较高的城市,按照金融机构各项贷款余额与地区生产总值的比值划分为金融发展水平较低和较高的城市,按照人均互联网用户数划分为信息化水平较低和较高的城市。回归结果如表9所示。表9结果表明,智慧城市建设对城市创新能力的促进作用在所有城市中均显著为正,并且在人力资本水平较高的城市(0.999)、金融发展水平较高的城市(0.604)以及信息化水平较

高的城市(0.761)中的促进作用要更大。其原因在于,高素质的劳动力、发达的金融体系以及完善的信息基础设施能够为智慧城市建设提供人力、财力、物力支持,更好地应用创新技术、缓解创新活动面临的融资约束问题、促进创新资源的高效流动,从而充分发挥智慧城市建设的创新效应。

表9 城市特征的异质性检验结果

变量	人力资本水平		金融发展水平		信息化水平	
	人力资本较低的城市	人力资本较高的城市	金融发展水平较低的城市	金融发展水平较高的城市	信息化水平较低的城市	信息化水平较高的城市
<i>did</i>	0.554*** (0.078)	0.999*** (0.151)	0.448*** (0.115)	0.604*** (0.090)	0.522*** (0.088)	0.761*** (0.124)
<i>lnpgdp</i>	0.771*** (0.112)	0.581*** (0.077)	0.596*** (0.082)	0.780*** (0.092)	1.209*** (0.126)	0.612*** (0.074)
<i>fin</i>	0.604*** (0.041)	1.080*** (0.055)	1.613*** (0.078)	0.645*** (0.036)	0.649*** (0.046)	0.853*** (0.046)
<i>lab</i>	0.027*** (0.009)	0.020* (0.011)	0.062*** (0.010)	-0.002 (0.009)	0.006 (0.008)	0.039*** (0.012)
<i>ent</i>	0.354*** (0.035)	0.548*** (0.047)	0.346*** (0.040)	0.407*** (0.039)	0.384*** (0.036)	0.463*** (0.047)
<i>uni</i>	0.820*** (0.099)	0.861*** (0.102)	0.728*** (0.096)	0.780*** (0.104)	0.721*** (0.105)	0.991*** (0.099)
常数项	-4.503*** (1.141)	-2.896*** (0.726)	-3.555*** (0.789)	-4.565*** (0.912)	-8.214*** (1.244)	-3.472*** (0.721)
观测值	1 020	1 032	1 020	1 032	1 020	1 032
<i>R</i> ²	0.513	0.553	0.563	0.527	0.506	0.534

(五) 机制检验

进一步使用中介效应模型来检验智慧城市建设对城市创新能力的影响渠道,分别将政府科技支出(*gov*)、创新环境(*inn*)作为中介变量,回归结果如表10所示。

表10列(2)—列(3)是将政府科技支出作为中介变量的回归结果。回归结果表明,列(2)中智慧城市建设(*did*)的系数显著为正,说明智慧城市试点政策能够提高地方政府对创新活动的科技支出。列(3)中政府科技支出(*gov*)的系数显著为正,说明政府科技支出有利于促进城市创新能力的提升,智慧城市建设(*did*)的系数(0.596)也显著为正,并且要低于列(1)中智慧城市建设(*did*)的系数(0.664),说明政府科技支出在试点政策促进城市创新能力提升的过程中发挥部分中介的作用。

表10列(4)—列(5)是将创新环境作为中介变量的回归结果。回归结果表明,列(4)中智慧城市建设(*did*)的系数显著为正,说明智慧城市建设有利于优化城市的创新环境。列(5)中创新环境(*inn*)的系数显著为正,说明良好的创新环境有利于带动城市创新能力的提升,列(5)中智慧城市建设(*did*)的系数(0.500)显著为正,并且要低于列(1)中智慧城市建设(*did*)的系数(0.664),证实了创新环境在试点政策促进城市创新能力提升的过程中发挥部分中介作用。

表 10 机制检验结果

变量	(1)	政府科技支出		创新环境	
		(2)	(3)	(4)	(5)
<i>did</i>	0.664 *** (0.080)	0.007 *** (0.001)	0.596 *** (0.081)	0.619 *** (0.096)	0.500 *** (0.076)
<i>gov</i>			9.785 *** (2.080)		0.264 *** (0.018)
<i>inn</i>					
<i>lnpgdp</i>	0.492 *** (0.071)	0.001 * (0.001)	0.479 *** (0.070)	0.159 * (0.085)	0.450 *** (0.067)
<i>fin</i>	0.210 *** (0.020)	-0.000 (0.000)	0.212 *** (0.020)	0.150 *** (0.024)	0.170 *** (0.019)
<i>lab</i>	12.582 * (8.077)	0.062 (0.089)	11.974 (8.033)	26.718 *** (9.705)	5.535 (7.678)
<i>ent</i>	0.554 *** (0.031)	0.002 *** (0.000)	0.534 *** (0.031)	0.245 *** (0.037)	0.490 *** (0.030)
<i>uni</i>	1.055 *** (0.079)	0.002 *** (0.001)	1.032 *** (0.079)	0.632 *** (0.095)	0.889 *** (0.076)
常数项	-0.755 (0.687)	-0.006 (0.008)	-0.701 (0.683)	0.185 (0.825)	-0.804 (0.651)
观测值	2 052	2 052	2 052	2 052	2 052
<i>R</i> ²	0.403	0.080	0.410	0.152	0.463

注:列(1)为未加入中介变量的回归结果。列(2)、列(4)分别为加入 *gov*、*inn* 的回归结果。列(3)、列(5)分别为对应的 *lnpa* 的回归结果。

六、研究结论与政策建议

基于中国创新驱动发展战略以及智慧城市建设的背景,本文将智慧城市建设作为准自然实验,选取2007—2018年中国171个地级市作为研究样本,分析智慧城市建设的创新效应。研究表明:第一,整体来看,智慧城市建设可以推动城市创新能力的提升;第二,不同城市中智慧城市建设对创新能力的影响呈现出异质性,对于规模较小的城市、经济发展水平较低的城市、人力资本水平较高的城市、金融发展水平较高的城市以及信息化水平较高的城市来说,智慧城市建设对城市创新能力的提升作用更显著;第三,智慧城市试点政策主要是通过提高政府科技支出和优化创新环境两个传导路径对城市的创新能力产生促进作用。

本文的研究结论对于有序推进中国智慧城市建设以实现创新驱动发展战略具有重要的政策启示。首先,中国智慧城市建设经过近十年的探索和实践,已经取得突出的成绩,但同时也存在一定的问题。如今,城市竞速已经迈入智慧城市的赛道,智慧城市建设是长期的、不断完善的,各级政府应总结中国智慧城市建设经验,合理有序地扩大智慧城市试点地区,引导资金向知识密集型行业流动,为城市创新活动提供资金支持,加强专业人才的培养,为城市创新活动提供劳动力支持,推动企业从事科技研发工作。同时,也要防止智慧城市建设的盲目推进,应与城市的实际发展状况相结合,实现城市创新发展的多样化格局。其次,根据

不同的城市特征因地制宜,分步骤、有层次地合理推进智慧城市建设。对于不同的城市来说,对应的最优智慧城市建设方案也应该不同,应避免“一刀切”的做法,倡导多元化发展战略。对于规模较小的城市、经济发展水平较低的城市、人力资本水平较高的城市、金融发展水平较高的城市以及信息化水平较高的城市来说,应保持原有的发展优势,充分发挥智慧城市建设对城市创新能力的促进作用,享受政策效应产生的红利。对于规模较大的城市、经济发展水平较高的城市、人力资本水平较低的城市、金融发展水平较低的城市以及信息化水平较低的城市来说,应进一步强化对政策效应的监测跟踪工作,随时关注智慧城市建设产生的经济效应和环境效应,以便随时调整智慧城市的建设方案。最后,充分发挥政府科技支出和创新环境的中介作用,一方面,应加强政府对城市创新活动的支持,搭建好创新研发平台,提高政府支出中科技支出的占比,为创新活动提供充裕的资金支持;另一方面,应优化城市的创新环境,推动金融市场建设,吸引高层次劳动力集聚,完善信息基础设施建设,提高市场活跃度,为城市创新活动创造良好的环境氛围。

参考文献:

- [1] 张新,胡鞍钢,陈怀锦,等.“十四五”创新发展基本思路:加快建设世界创新强国[J].清华大学学报(哲学社会科学版),2020,35(1):155-165,205.
- [2] 胡兆廉,石大千,马静.“近水楼台”抑或“点石成金”?——创新型城市的空间溢出效应研究[J].经济与管理研究,2021,42(1):66-87.
- [3] VAN BASTELAER B. Digital cities and transferability of results[EB/OL]. [2021-11-20]. <https://researchportal.unamur.be/fr/publications/digital-cities-and-transferability-of-results>.
- [4] 赵蔡晶,吴柏钧.智慧城市建设促进了城市发展质量提升吗?——基于多期 DID 方法的政策效应评估[J].经济经纬,2020,37(6):18-27.
- [5] 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.
- [6] SHIN D H. Ubiquitous city:urban technologies,urban infrastructure and urban informatics[J].Journal of Information Science,2009,35(5):515-526.
- [7] PAPA R,GARGIULO C,GALDERISI A. Towards an urban planners' perspective on smart city[J].TeMA:Journal of Land Use,Mobility and Environment,2013,6(1):5-17.
- [8] 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.
- [9] 许庆瑞,吴志岩,陈力田.智慧城市的愿景与架构[J].管理工程学报,2012,26(4):1-7.
- [10] 辜胜阻,杨建武,刘江日.当前我国智慧城市建设中的问题与对策[J].中国软科学,2013(1):6-12.
- [11] WANG M M,ZHOU T,WANG D. Tracking the evolution processes of smart cities in China by assessing performance and efficiency[J].Technology in Society,2020,63:101353.
- [12] OBERTI I,PAVESI A S. The triumph of the smart city[J].TECHNE:Journal of Technology for Architecture and Environment,2013,5:117-122.
- [13] VANOLO A. Smartmentality:the smart city as disciplinary strategy[J].Urban Studies,2014,51(5):883-898.
- [14] ABELLÁ-GARCÍA A,ORTIZ-DE-URBINA-CRIADO M,DE-PABLOS-HEREDERO C. The ecosystem of services around smart cities:an exploratory analysis[J].Procedia Computer Science,2015,64:1075-1080.
- [15] 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):25-44,196.
- [16] 袁航,朱承亮.智慧城市是否加速了城市创新?[J].中国软科学,2020(12):75-83.
- [17] CARAGLIU A,DEL BO C F. Smart innovative cities:the impact of smart city policies on urban innovation[J].Technological Forecasting and Social Change,2019,142:373-383.
- [18] 何凌云,马青山,张元梦.智慧城市试点对吸引 FDI 的影响——来自准自然实验的证据[J].国际商务(对外经济贸易大学学报),2021(6):69-84.
- [19] 黄和平,谢云飞,黎宁.智慧城市建设是否促进了低碳发展?——基于国家智慧城市试点的“准自然实验”[J].城市发展研究,2022,29(5):105-112.

- [20] 范洪敏,米晓清. 智慧城市建设与城市绿色经济转型效应研究[J]. 城市问题,2021(11):96-103.
- [21] 程开明. 城市化、技术创新与经济增长——基于创新中介效应的实证研究[J]. 统计研究,2009,26(5):40-46.
- [22] 成德宁. 城市化与经济发展——理论、模式与政策[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [23] JACOBS J. The economies of cities[M]. New York:Random House,1969.
- [24] 刘俊,白永秀,韩先锋. 城市化对中国创新效率的影响——创新二阶段视角下的SFA模型检验[J]. 管理学报,2017,14(5):704-712.
- [25] KE X, CHEN H Q, HONG Y M, et al. Do China's high-speed-rail projects promote local economy? —New evidence from a panel data approach[J]. China Economic Review,2017,44:203-226.
- [26] BRANSTETTER L G, DREV M, KWON N. Get with the program: software-driven innovation in traditional manufacturing[J]. Management Science, 2019,65(2):541-558.
- [27] ANDERSSON M, KUSETOGULLARI A, WERNBERG J. Software development and innovation: exploring the software shift in innovation in Swedish firms[J]. Technological Forecasting and Social Change,2021,167:120695.
- [28] 韩先锋,宋文飞,李勃昕. 互联网能成为中国区域创新效率提升的新动能吗[J]. 中国工业经济,2019(7):119-136.
- [29] KRUGMAN P. Development, geography, and economic theory[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 1995.
- [30] 宣畅,张万里. 智慧城市、经济集聚与绿色全要素生产率[J]. 现代经济探讨,2021(9):12-25.
- [31] 白鸥,李拓宇. 从竞争优势到可持续发展:智慧城市创新生态系统的动态能力研究[J]. 研究与发展管理,2021,33(6):44-57.
- [32] 贾舒. 产权理论视角下智慧城市大数据利用困境与创新策略[J]. 经济体制改革,2020(5):59-64.
- [33] 王之禹,李富强. 城市规模对创新活动的影响——基于区域知识吸收能力视角的分析[J]. 中国软科学,2021(8):140-151.
- [34] 鲁志国,汪行东. 城市规模与经济密度对城市经济效率的影响[J]. 城市问题,2017(2):52-60.
- [35] LIN J Y, MONGA C. Growth identification and facilitation: the role of the state in the dynamics of structural change[Z]. World Bank Policy Research Working Paper No. 5313,2010.
- [36] 袁航,朱承亮. 创新属性、制度质量与中国产业结构转型升级[J]. 科学学研究,2019,37(10):1881-1891,1901.
- [37] 朱雪祯,方存好,孟硕. 区域技术创新体系中的市场失灵与政府政策选择的研究[J]. 中国软科学,2007(5):146-153.
- [38] COOKE P, URANGA M G, ETXEBARRIA G. Regional innovation systems: institutional and organisational dimensions[J]. Research Policy, 1997, 26(4/5):475-491.
- [39] 章立军. 区域创新环境与创新能力的系统性研究——基于省际数据的经验证据[J]. 财贸研究,2006(5):1-9.
- [40] 姜海宁,张文忠,余建辉,等. 山西资源型城市创新环境与产业结构转型空间耦合[J]. 自然资源学报,2020,35(2):269-283.
- [41] 杨思莹,李政. 高铁开通对区域创新格局的影响及其作用机制[J]. 南方经济,2020(5):49-64.
- [42] 陈子真,雷振丹,李晶仪. 生产性服务业与制造业协同集聚、空间溢出与区域创新[J]. 商业研究,2019(5):52-60.
- [43] 周克清,刘海二,吴碧英. 财政分权对地方科技投入的影响研究[J]. 财贸经济,2011(10):31-37.
- [44] 张树静,张秀峰. 城市创新环境对产学研合作创新的影响[J]. 中国科技论坛,2018(4):25-32.
- [45] 李政,杨思莹. 创新型城市试点提升城市创新水平了吗? [J]. 经济学动态,2019(8):70-85.
- [46] 黄凌云,张宽. 贸易开放提升了中国城市创新能力吗? ——来自产业结构转型升级的解释[J]. 研究与发展管理,2020,32(1):64-75.
- [47] 韩璐,陈松,梁玲玲. 数字经济、创新环境与城市创新能力[J]. 科研管理,2021,42(4):35-45.
- [48] 张节,李千惠. 智慧城市建设对城市科技创新能力的影响[J]. 科技进步与对策,2020,37(22):38-44.
- [49] BECK T, LEVINE R, LEVKOV A. Big bad banks? The winners and losers from bank deregulation in the United States[J]. The Journal of Finance, 2010,65(5):1637-1667.
- [50] 赵玉林,谷军健. 政府补贴分配倾向与创新激励的结构性偏差——基于中国制造业上市公司匹配样本分析[J]. 财政研究,2018(4):61-74.
- [51] 张阿城,王巧,温永林. 智慧城市试点、技术进步与产业结构转型升级[J]. 经济问题探索,2022(3):158-175.
- [52] 冯苑,聂长飞,张东. 宽带基础设施建设对城市创新能力的影响[J]. 科学学研究,2021,39(11):2089-2100.
- [53] 郭劲光,王虹力. 数字赋能下减排战略的创新性选择——基于“宽带中国”试点政策的准自然实验[J]. 产业经济研究,2022(4):101-113,142.
- [54] 汪克亮,庞素勤,张福琴. 高铁开通能提升城市绿色全要素生产率吗? [J]. 产业经济研究,2021(3):112-127.
- [55] 周记顺,宋颜希. 新型基础设施建设对地区出口的影响——来自国家智慧城市试点的证据[J]. 产业经济研究,2022(5):115-128.

Research on the Innovation Effect of Smart City Pilot Policies

YAO Lu, WANG Shuhua, FAN Rui

(Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006)

Abstract: Innovation is the driving force of China's economic development, playing an essential role in the stage of economic transformation and development. The smart city is a comprehensive innovation model based on traditional urban development, an important symbol in the innovation-driven stage of economic and social development, and an important initiative to promote regional innovation development.

Based on the background of China's innovation-driven development strategy and smart city construction, this paper takes the implementation of the smart city pilot policy in 2012 as a quasi-natural experiment. Then, it constructs a difference-in-differences model to investigate the impact of the pilot policy on urban innovation capability using the panel data of 171 prefecture-level cities in China from 2007 to 2018. In addition, it develops a mediation effect model to examine the influence channels of the smart city pilot policy on innovation capability.

The results show that smart city pilot policies can effectively promote the improvement of urban innovation ability. This result is valid after a series of empirical tests, including the parallel trend test, the PSM-DID method, the exclusion of sub-provincial cities, the replacement of explanatory variables, the exclusion of other policies, the placebo test, and the instrumental variable method. Furthermore, the promotion effect of smart city pilot policies on urban innovation capability shows heterogeneity in cities with different population size, economic scale, and characteristics. Specifically, the promotion effect of smart city construction on urban innovation capacity is significant in both large- and small-scale cities, which is stronger in small-scale cities. Meanwhile, the promoting effect is also significant in cities with lower and higher levels of economic development, which is greater in cities with lower economic development levels. The promotion effect of smart city construction on urban innovation capability is significantly positive in all cities, especially in cities with higher human capital levels, financial development levels, and information levels. In addition, the smart city pilot policy mainly improves urban innovation capability by increasing the government's science and technology expenditure and optimizing the innovation environment.

The findings may have practical references for orderly promoting the construction of smart cities and further realizing the innovation-driven development strategy. Therefore, governments should expand smart city pilots in a reasonable and orderly way, guide the flow of funds to knowledge-intensive industries, and provide financial support for innovation activities. The intermediary role of government expenditure on science and technology and the innovation environment should be given full play to strengthen support for innovation activities and optimize the innovation environment in cities.

Keywords: innovation; innovation-driven; smart city; smart city pilot policy; urban innovation capability

责任编辑:宛恬伊