

智慧城市建设能否促进中国经济高质量发展?

张优智¹ 刘寅可¹ 赵璟² 王翔宇¹

(1. 西安石油大学经济管理学院 陕西西安 710065; 2. 西安理工大学经济与管理学院 陕西西安 710054)

摘要:智慧城市建设作为中国城镇化进程的高级阶段,在推动经济高质量发展方面发挥着重要作用。文章基于中国2006—2019年221个地级市的面板数据,采用倾向得分匹配与渐进型双重差分法相结合的方式来分析智慧城市建设对中国经济高质量发展的影响。研究发现:智慧城市建设对经济高质量发展具有显著促进作用;智慧城市建设对经济高质量发展存在异质性影响;智慧城市建设对经济高质量发展具有显著正向的空间溢出效应。因此,各级政府应积极扩大智慧城市的建设规模和试点范围,基于地域特征进行差异化布局,同时政府间应深化合作、共享资源,为全国范围内的智慧城市建设积累宝贵经验进而推动中国经济高质量发展。

关键词:数字经济;智慧城市建设;经济高质量发展;双重差分

中图分类号:F49;F299.2 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-1124(2023)05-0022-16

DOI: 10.12181/jjgl.2023.05.03

随着我国新一轮科技革命和产业转型,数字经济逐步成为继农业经济与工业经济后的经济新形态,成为我国经济发展和推动中国式现代化的重要驱动力。习近平总书记在党的二十大报告中指出“加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合”,数字化转型已经成为我国经济发展的宏观趋势,智慧城市作为数字经济与新型城镇化深度融合的城市发展模式,为经济高质量发展注入了崭新动能。

一、文献综述

智慧城市即具备智能化、数字化、信息化特征的新型城市发展方式,核心在于运用大数据、物联网、云计算等信息技术推动城市向数字化、智能化方向发展,提升城市的运行效率^[1]。智慧城市建设是中国的核心城市发展政策,能够为城市发展前进指引方向^[2],对促进经济发展,提高经济效率具有重要作用^[3]。早在2012年,住建部正式确定开展智慧城市试点,并在2013年和2014年逐步扩大试点范围。自2012年以来,中国智慧城市建设成果显著,来自中国信息通信研究院的数据显示,2023年预计智慧城市建设市场规模达28.6万亿元,在“互联网+政务”的背景下,以新产业、新模式、新业态为主要特征的经济增加值占比稳健提升,对经济高质量发展产生深远影响^[4]。基于此,本文将智慧城市建设视为准自然实验,就其如何影响经济高质量发展展开研究。

自2008年美国IBM提出“智慧地球”这一理念后,世界各国逐步推动城市智能化建设,其中包括中国2012年正式开展的智慧城市试点政策。学术界围绕智慧城市建设进行了大量探讨并提出了建设性观点。在智慧城市的内涵定义方面,石大千等^[5]认为,智慧城市是城市发展演变到一定阶段后的新形态,是集技术、产

收稿日期:2023-05-19

基金项目:陕西省社会科学基金项目“数字经济驱动陕西传统制造业转型升级的机制、效应与政策研究”(2023D044);西安市社会科学规划基金项目“西安市先进制造业高质量发展水平综合测评及提升路径研究”(23JX129);西安石油大学研究生创新与实践能力培养计划资助项目“秦创原背景下科技创新驱动陕西传统制造业转型升级的机制与政策研究”(YCS22214289)。

作者简介:张优智(1977—),男,博士,副教授,主要研究方向为产业经济;刘寅可(1998—),男,硕士研究生,主要研究方向为产业经济。

基于2006—2017年161个地级市的面板数据,采用空间双重差分模型分析智慧城市试点对经济高质量发展的影响。赵华平等^[18]采用渐进型双重差分法,用人均GDP衡量经济高质量发展并展开研究。

综上,当前学术界关于智慧城市建设对经济高质量发展的影响已取得了一定成果,为后续研究奠定了基础,但已有研究在实证层面仍存在一些不足:一是人均GDP不足以准确衡量经济高质量发展,需建立指标评价体系进行测度从而提升论证的严谨性;二是现有研究未考虑智慧城市建设影响经济高质量发展的内生性问题,在得出研究结论时稳健性不足,且大部分研究未探讨智慧城市建设对经济高质量发展的空间溢出效应。鉴于此,本文的边际贡献主要体现在以下三个方面:第一,本文以新发展理念为基础构建指标评价体系,并采用熵值法测度经济高质量发展,从而得到更加稳健的结论;第二,本文基于2006—2019年221个地级市的面板数据,采用渐进型双重差分法和倾向得分匹配相结合的方式克服选择偏差,在此基础上采用工具变量法处理内生性问题以提升结论的稳健性并补充丰富已有研究;第三,本文对智慧城市建设带来的经济高质量发展溢出效应进行探讨,通过建立空间杜宾双重差分模型进一步分析智慧城市建设试点地区对邻近非试点地区经济高质量发展影响的空间溢出效应。

二、理论分析与研究假设

智慧城市建设是集数字平台与信息技术于一体的新型城市发展模式,是国家驱动实施的符合中国国情的重要战略。一方面,智慧城市本身包括信号飞速传递、加速资金流动、提高生产效率、普及智能运输以及促进人力资本积累等领域,政策的实施有利于资源要素的聚集和城市创新水平的提升,从而推动经济高质量发展。另一方面,信息技术作为新型创新要素,对传统要素有着替代作用,能有效降低生产成本,促进产业结构优化升级。除此之外,智慧城市建设所促进的信息技术与大数据网络平台的普及成为城市中各个经济主体紧密联系的纽带,进一步强调了治理方式的智能化、居民生活的便利化以及企业生产的数字化,有利于经济的可持续发展与地区协调发展,进而促进经济高质量发展。但是,由于智慧城市建设对基础设施、信息化程度、经济基础等方面有较高依赖,因此,地区的综合条件不同,智慧城市建设推动经济高质量发展的力度和效果也不同。基于以上分析,本文提出假设1与假设2。

假设1:智慧城市建设对经济高质量发展具有显著促进作用。

假设2:智慧城市建设对不同区域的经济高质量发展的影响具有异质性。

基于经济地理学相关理论,政策溢出效应是智慧城市建设影响经济高质量发展的重要途径。由于与智慧城市建设密切相关的大数据网络平台、信息技术等智能化要素不受时空限制,能够打破要素流动壁垒,因此,政策的实施会促进地区间的共商、共建、共享,能有效加强经济联系,从而使智慧城市建设推行具有空间溢出效应。由于智慧城市建设能够优化试点地区的金融发展环境、教育水平、基础设施建设等城市内部系统,有利于吸引资源要素流入,推动新兴产业聚集,促进地区经济高质量发展,因此,智慧城市建设所产生的政策溢出效应能够推动邻近地区的经济高质量发展。综上,本文提出假设3。

假设3:智慧城市建设对邻近地区经济高质量发展具有正向空间溢出效应。

三、研究设计

(一)数据来源及处理

中国于2012年正式推进智慧城市建设,于2013年和2014年分别公布第二批和第三批智慧城市试点名单。本文将智慧城市试点政策视作准自然实验,采用渐进型双重差分法分析智慧城市建设对经济高质量发展造成的影响。由于试点名单包含县和城区,因此在实证样本的选取中,本文做出如下处理:为避免低估智慧城

市试点政策对经济高质量发展的影响,使得回归结果更为稳健,本文将名单中县和城区所在的地级市从研究样本中予以剔除。

在数据选取方面,因本文涉及变量较多,有些变量数据目前还存在缺失(如专业年鉴存在明显滞后现象),为确保数据口径统一,本文的数据选取截至 2019 年。同时,由于西藏和港澳台地区存在较严重的数据缺失问题,本文的分析暂未考虑上述地区。此外,在数据处理中,本文剔除了相关自治州、县级市和城区的数据,仅保留市域数据进行分析,少量缺失数据使用线性插值法予以插补。在具体的数据来源上,本文选取了 wind 数据库、《中国城市统计年鉴》以及各省统计局公开的数据。基于上述处理,本文最终以 2006—2019 年中国 221 个地级市(见表 1)的面板数据为基础分析智慧城市试点政策对经济高质量发展可能存在的影

表 1 样本分布

处理组	控制组
河北(5)、山西(6)、内蒙古(4)、辽宁(1)、吉林(3)、黑龙江(3)、江苏(6)、浙江(3)、安徽(10)、福建(3)、江西(4)、山东(4)、河南(6)、湖北(6)、湖南(2)、广东(1)、广西(6)、四川(6)、云南(1)、贵州(3)、陕西(5)、甘肃(6)、宁夏(4)、新疆(2)	河北(5)、山西(3)、内蒙古(4)、辽宁(11)、吉林(2)、黑龙江(6)、江苏(1)、浙江(5)、安徽(3)、福建(4)、江西(2)、山东(5)、河南(8)、湖北(6)、湖南(5)、广东(13)、广西(8)、海南(2)、四川(10)、云南(6)、陕西(5)、甘肃(5)、青海(1)、宁夏(1)

注: 括号内数字表示处理组和控制组地级市样本数量。

(二) 变量选取

1. 被解释变量

由于高质量发展数据不具有直接可获得性,为避免人为因素造成偏差并尽量突出指标数据变异程度所反映的信息含量,本文基于经济高质量发展的内涵以及对已有文献的研究,从创新、协调、绿色、开放、共享五个维度构建指标评价体系,结果见表 2。

表 2 高质量发展指标评价体系

一级指标	二级指标	衡量方法	指标功效
创新	R&D投入强度	R&D经费支出/GDP	+
	教育支出强度	教育支出/GDP	+
	高校学生人数占比	高校在校学生数/总人口	+
	人均发明专利授权量	发明专利授权量/总人口	+
	人均发明专利申请量	发明专利申请量/总人口	+
协调	收入分配不平等程度	基尼系数	-
	第一产业比较劳动生产率	第一产业增加值占比 / 第一产业就业人员占比	+
	第二产业比较劳动生产率	第二产业增加值占比 / 第二产业就业人员占比	+
	第三产业比较劳动生产率	第三产业增加值占比 / 第三产业就业人员占比	+
	二元反差指数	第一产业增加值占比 - 第一产业就业人员占比	-
绿色	单位废水排放量	废水排放量/GDP	-
	单位废气排放量	SO ₂ 排放量/GDP	-
	单位二氧化碳排放量	CO ₂ 排放量/GDP	-
	城市人均公园绿地面积	城市公园绿地面积/城市总人口	+
	工业污染治理强度	工业污染治理投资/GDP	+

表 2 (续)

一级指标	二级指标	衡量方法	指标功效
开放	外商直接投资强度	外商直接投资/GDP	+
	外贸依存度	进出口总额/GDP	+
	市场化程度	市场化指数	+
共享	城市人均道路面积	城市道路面积/城市总人口	+
	城市人均公共汽车数	城市公共汽车数量/总人口	+
	互联网普及率	互联网用户数量/总人口	+
	失业率	城镇登记失业率	-

接下来,本文采用熵值法对经济高质量发展数据进行测算,具体计算步骤如下:

第一步为数据标准化。数据标准化旨在去除量纲的影响,从而使数据更具有可比性。除此之外,数据标准化可以使得数据同趋势化,即使不同性质的指标对评价结果的作用方向一致。本文采用极差标准化法进行无量纲处理,公式如下:

$$\text{正项指标, } x_{ij}' = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}$$

$$\text{负项指标, } x_{ij}' = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}$$

式中, i 和 j 分别为地级市和指标, x_{ij} 和 x_{ij}' 分别表示原始数据以及极差标准化后的数据, x_j^{\min} 和 x_j^{\max} 分别表示原始数据的最小值和最大值。

第二步,计算信息熵 e_j 。假设选取 m 个地级市样本, n 个评价指标,则第 j 个指标下,地级市 i 的特征比重为:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}'}{\sum_{i=1}^m x_{ij}'} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

计算第 j 个指标的信息熵值:

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}, 0 \leq e_j \leq 1 \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

第三步,计算权重及综合得分。计算第 j 个指标的权重 w_j 并确定地级市 i 高质量发展综合得分 Score_i :

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)}$$

$$\text{Score}_i = \sum_{j=1}^n w_j x_{ij} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

由于自变量指标较小导致系数过小,本文参考多数文献的做法,将测算结果 Score_i 乘以 100 后记为 HQED,并作为本文的被解释变量。

2. 核心解释变量

基于我国 2006—2019 年 221 个地级市的面板数据,本文采用渐进型双重差分法分析智慧城市建设是否会对经济高质量发展产生影响。本文的核心解释变量为智慧城市试点政策,并用虚拟变量的形式予以赋值,若城市在智慧城市建设名单中则令地点虚拟变量为 1,反之为 0;若时间在智慧城市试点政策实施后则令时间虚拟变量为 1,反之为 0;二者的交互项表示智慧城市建设的政策变量,记为 Smartcity。交互项的系数为本文重点关注的估计值,若显著为正则表明智慧城市试点政策能够显著促进中国经济高质量发展。

3. 控制变量

基于对已有文献的研究, 本文选取的控制变量如下: (1) 金融发展水平, 采用年末金融机构各项贷款余额的总额衡量, 记为 *fin*。(2) 产业结构升级, 采用第三产业与第二产业的就业人数之比衡量, 记为 *indus*。(3) 政府干预程度, 采用市辖区公共预算支出在 GDP 中的占比衡量, 记为 *govern*。(4) 居民受教育程度, 采用公共图书馆藏书量的对数衡量, 记为 *lnedu*。(5) 对外开放程度, 采用当年实际使用外资金额的对数衡量, 记为 *lnopen*。变量描述性统计详见表 3。

表 3 主要变量的描述性统计

变量	全样本			控制组			处理组		
	样本量	均值	标准差	样本量	均值	标准差	样本量	均值	标准差
HQED	3094	5.6628	3.2282	1694	5.2447	2.8117	1400	6.1688	3.6064
Smartcity	3094	0.2282	0.4197	1694	0.0000	0.0000	1400	0.5043	0.5002
<i>fin</i>	3094	2.9505	1.7735	1694	2.9552	2.0482	1400	2.9449	1.3701
<i>indus</i>	3094	1.5954	1.2344	1694	1.7810	1.4692	1400	1.3709	0.8152
<i>govern</i>	3094	0.1729	0.1134	1694	0.1858	0.1204	1400	0.1573	0.1023
<i>lnedu</i>	3094	6.9713	0.8533	1694	6.8257	0.7947	1400	7.1474	0.8880
<i>lnopen</i>	3094	11.1248	1.9607	1694	10.8282	1.8948	1400	11.4837	1.9797

(三) 模型设定

为分析智慧城市建设对经济高质量发展造成的影响, 本文将智慧城市建设视作准自然实验, 采用渐进型双重差分法分析其对经济高质量发展带来的处理效应, 该方法可以通过比较试点地区与未试点地区的差异来评估智慧城市建设是否推动了经济高质量发展。本文构建的计量模型如下:

$$HQED_{it} = \beta_0 + \beta_1 Smartcity_{it} + X_{it}'\beta_2 + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

式中, $HQED_{it}$ 为 *i* 城市在 *t* 时间的经济高质量发展指数; $Smartcity_{it}$ 为双重差分中的政策变量, 即上文提到的交互项, 在此处代表智慧城市建设; X_{it} 为上述控制变量; μ_i 为时间固定效应; δ_t 为地点固定效应; ε_{it} 为随机误差项。 β_1 是本文重点关注的系数估计值, 若显著为正则表明智慧城市建设能够显著促进经济高质量发展。

四、实证分析

(一) 基准回归

表 4 为本文的基准回归, 其中列(1)至列(6)是控制变量逐步加入后的回归结果。从表 4 可以看出, 在逐步加入控制变量后, 政策变量 $Smartcity_{it}$ 的估计系数仍在 1% 的水平上显著为正, 表明智慧城市建设显著促进了经济高质量发展, 本文的假设 1 得以论证。

表 4 基准回归

变量	被解释变量: HQED					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Smartcity	0.5006***	0.5104***	0.5070***	0.5064***	0.4780***	0.4644***
	(0.0726)	(0.0724)	(0.0725)	(0.0724)	(0.0725)	(0.0735)
<i>fin</i>		0.0431**	0.0415**	0.0433**	0.0431**	0.0449**
		(0.0177)	(0.0188)	(0.0199)	(0.0199)	(0.0192)

表 4 (续)

变量	被解释变量: HQED					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
indus			0.0762**	0.0773**	0.0829***	0.0947***
			(0.0299)	(0.0305)	(0.0296)	(0.0291)
govern				-0.0672	-0.1171	-0.1427
				(0.2261)	(0.2158)	(0.2141)
lnedu					0.2871***	0.2813***
					(0.0623)	(0.0616)
lnopen						0.0595***
						(0.0223)
常数项	5.5486***	5.4192***	5.3030***	5.3077***	3.3134***	2.6757***
	(0.0241)	(0.0585)	(0.0746)	(0.0750)	(0.4416)	(0.5043)
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
地点固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	3,094	3,094	3,094	3,094	3,094	3,094
R-squared	0.908	0.908	0.908	0.908	0.909	0.909

注: ***, **分别表示在1%、5%的水平下显著; 括号内为标准误。

影响经济高质量发展的重要因素之一为居民经济预期以及是否扩大消费,金融发展水平的持续提升使金融机构有能力向消费者提供足够的信贷,从而影响居民消费预期并扩大未来消费。另一重要因素为居民受教育水平,由于人力资源是经济持续稳定发展的基础,生产力水平的提高是经济发展的重要标志,而劳动者是首要生产力,因此,居民受教育程度提高对经济高质量发展具有推动作用。除此之外,产业结构升级与对外开放程度也会对经济高质量发展产生正向影响。基于上述分析,本研究进一步观察各控制变量的回归系数,确认金融发展(fin)、产业结构升级(indus)、居民受教育程度(lnedu)与对外开放程度(lnopen)对经济高质量发展均具有显著促进作用,与前述理论分析相符。

(二) 稳健性检验

1. 平行趋势检验

双重差分模型的核心假定为:在政策未实行前,处理组与控制组应具有一致的变化趋势。为此,本文构建平行趋势检验模型如下:

$$HQED_{it} = \alpha + \sum_{k \geq -5}^7 \beta_k D_{it}^k + \sum \lambda_j X_{it} + \phi T_{jt} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

式中, D_{it}^k 为智慧城市建设的当期虚拟变量, $k < 0$ 为智慧城市建设之前年份, $k > 0$ 为智慧城市建设之后年份; T_{jt} 为时间趋势变量; 其余变量与前文表述一致。图 3 为平行趋势检验图,可以看出:在智慧城市建设启动前,处理组与控制组存在一致的变化趋势;在 2012 年(智慧城市建设启动当期)及 2013 年,智慧城市建设对经济高质量发展无显著影响,这与政策实施的时滞性有关;此后各期的智慧城市建设对经济高质量发展存在长期正向效应。由此,智慧城市建设能够显著推动经济增长且存在长期效应。

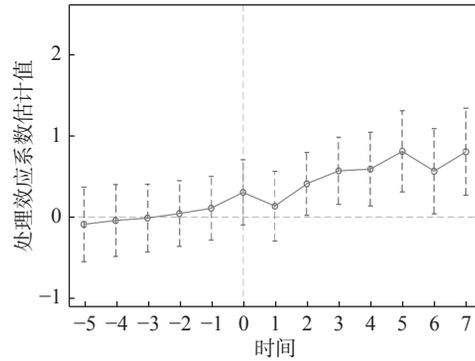


图 3 平行趋势检验

2. 安慰剂检验

由于智慧城市建设可能受到不可观测因素的影响, 本文参考 Li 等^[19] 的做法进行随机抽样, 从而使得智慧城市建设对特定城市的影响随机化以杜绝不可观测因素的影响。Smartcity_{it} 的系数估计值如下:

$$\hat{\beta} = \beta + \theta \times \frac{\text{cov}(\text{Smartcity}_{it}, \varepsilon_{it} | X_{it})}{\text{var}(\text{Smartcity}_{it} | X_{it})}$$

式中, X_{it} 为上文提到的控制变量, θ 为不可观测因素。若要使 $\hat{\beta}$ 为无偏估计量以避免不一致估计, 则应使得参数 $\theta = 0$ 。但对参数 θ 进行直接检验可操作性较低, 因此本文进行随机抽样产生智慧城市建设名单来使参数 $\beta = 0$, 若存在 $\hat{\beta} = 0$ 则可推出参数 $\theta = 0$ ^[20]。图 4 为随机抽样 1000 次(左图)和 2000 次(右图)后得到的系数估计值核密度图, 可以看出, 进行随机抽样后 $\hat{\beta}_{\text{random}}$ 系数估计值集中分布于 0 附近且近似服从正态分布, 从而可以推断参数 $\theta = 0$, 表明本文的研究结论具有稳健性。

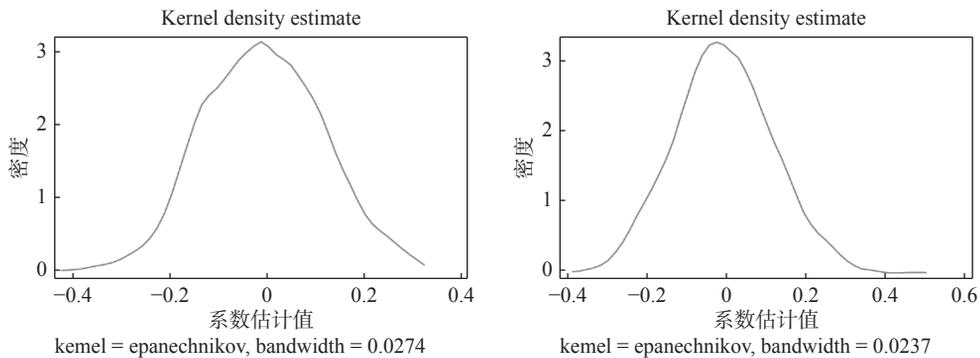


图 4 安慰剂检验

3. 非随机选择影响检验

使用双重差分法评价智慧城市建设对经济高质量发展造成的影响虽可以控制属于处理组与控制组二者间“共同趋势”的不可观测的内生因素, 但智慧城市建设具有政策导向性, 名单非随机产生。基于此, 本文参考韦东明和顾乃华^[21] 的做法, 引入城市因素和时间趋势的交互项, 构建计量模型如下:

$$\text{HQED}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Smartcity}_{it} + C_i \times \text{Tim}_t + X_{it} / \beta_2 + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

式中, C_i 表示城市属性因素, 包括省会城市、副省级城市以及胡焕庸线东侧地区; Tim_t 为时间趋势变量; 其余变量与前文表述相同。如表 5 所示, 在控制了城市属性因素后, 交互项 Smartcity_{it} 系数仍显著为正, 因此本文的结论具有稳健性。

表 5 非随机选择影响检验

变量	被解释变量: HQED			
	(1)非随机因素	(2)半径匹配	(3)近邻匹配	(4)核匹配
Smartcity	0.2985*	0.4033***	0.3525***	0.3986***
	(0.1689)	(0.0552)	(0.0887)	(0.0451)
省会城市×Tim	1.0214***			
	(0.2353)			
副省级城市×Tim	2.5389***			
	(0.6348)			
胡焕庸线东侧×Tim	0.0112			
	(0.1725)			
常数项	2.3333***	-1.1227*	-0.6026	-0.7646
	(0.5035)	(0.6588)	(0.7866)	(0.5588)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
地点固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	3,094	3,063	3,063	3,091
R-squared	0.912	0.887	0.742	0.909

注: ***, *分别表示在1%、10%的水平下显著; 括号内为标准误。

此外,为进一步证明回归结果的稳健性,本文采取倾向得分匹配(PSM)与双重差分法相结合的方法来分
析智慧城市建设对经济高质量发展产生的作用以克服选择偏差的影响。为此,本文选取若干属性变量x来构
造二值选择模型^[22]:

$$p_i(x_i) = P(D_i = 1 | x = x_i) = f(g(x_i))$$

式中, $p_i(x_i)$ 为倾向得分; D_i 为虚拟变量,取值 0 和 1 分别表示控制组与实验组; $g(x_i)$ 为属性变量x的线性函数;
 f 为logit分布函数。本文使用核匹配、半径匹配以及近邻匹配三种匹配方法来进行 PSM-DID 估计。图 5 为
核匹配后进行平衡性检验的结果,表明进行匹配后各协变量的标准化偏差有所降低并集中分布于 0 附近
(图 5 左),此外,处理组与控制组样本大多位于共同取值范围之内(图 5 右),匹配结果较好。其他匹配方式均
通过平衡性检验。

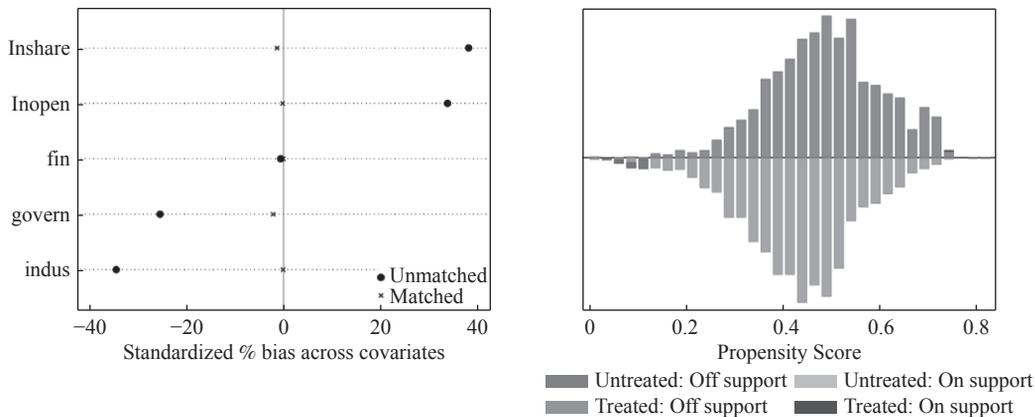


图 5 平衡性检验

表 5 的(2)至(4)列为采取半径匹配、近邻匹配以及核匹配后的回归结果,可以看出政策变量系数仍在

1% 的水平上显著为正, 表明智慧城市建设对经济高质量发展产生的作用没有受到选择偏误的影响, 本文的回归结果仍然稳健。

4. 内生性问题

由于智慧城市建设具有非随机性特征, 在分析智慧城市建设对经济高质量发展产生的影响时可能导致内生性问题的发生。因此, 本文采用工具变量估计(IV)来处理研究中可能出现的内生性问题。本文参考张兵兵等^[23]的研究, 选择地形起伏度(rdls)作为核心解释变量Smartcity_{it}的工具变量: 一方面, 地形起伏度与智慧城市建设密切相关, 工具变量的相关性假设得到满足; 另一方面, 地形起伏度为地理数据, 不会对经济高质量发展产生影响, 满足工具变量的外生性假设^[24]。但由于地形起伏度数据不随时间发生变化, 具有研究局限性, 本文参考牛子恒和崔宝玉^[25]的做法, 引入工具变量与每一年时间虚拟变量的交互项 T-rdls 作为实证分析的工具变量以衡量时间维度的变化。本文构建工具变量模型如下所示:

$$\begin{aligned}
 \text{HQED}_{it} &= \xi_0 + \xi_1 \text{Smartcity}_{it} + \sum \xi_j X_{it} + \varepsilon_{it} \\
 \text{Smartcity}_{it} &= \xi_0^1 + \xi_1^1 \text{T-rdls}_{it} + \sum \xi_j^1 X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}^1 \\
 \text{HQED}_{it} &= \xi_0^2 + \xi_1^2 \text{Smartcity}_{it} - \text{hat} + \sum \xi_j^2 X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}^2
 \end{aligned}$$

式中, 参数 ξ_1 、 ξ_1^1 和 ξ_1^2 分别表示 OLS 估计、IV 估计一阶段和二阶段的回归系数, 其余变量与上文相同。

表 6 列(1)为一阶段回归结果, 地形起伏度和时间虚拟变量的交互项 T-rdls 估计系数显著为正。列(2)为二阶段回归结果, 交互项Smartcity_{it}的回归系数大于前文基准回归的情形, 表明在引入工具变量后, 智慧城市建设对经济高质量发展产生的作用更大, 因此, 如果不考虑内生性问题, 将会低估智慧城市建设对经济高质量发展造成的影响。

表 6 工具变量估计

变量	工具变量:地形起伏度	
	(1)	(2)
Smartcity		1.0756*** (0.1692)
T-rdls	0.5444*** (0.0185)	
常数项	-0.8168*** (0.0494)	-5.7814*** (0.6979)
控制变量	Yes	Yes
个体固定效应	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes
识别不足检验		387.220 [0.000]
弱识别检验		2333.154 {16.38}
Observations	3794	3794
R-squared	0.738	0.825

注: ***表示在1%的水平下显著; 括号内为标准误; 识别不足检验采用Kleibergen-Paap rk LM统计量, []内数字为其p值; 弱识别检验参考Donald Wald-F统计量, {}内为Stock-Yogo检验10%水平临界值。

5. 其他稳健性检验

除上述稳健性检验外, 本文进行的其他稳健性检验如表 7 所示。

表7 其他稳健性检验

变量	被解释变量: HQED					
	(1)排除其他政策干扰		(2)缩尾处理	(3)反事实检验	(4)DID与OLS对比	
Smartcity	0.3948***	0.3711***	0.3370***	0.0529	0.4644***	0.1301***
	(0.0768)	(0.0769)	(0.0576)	(0.0431)	(0.0735)	(0.0134)
Newurban	0.7943***	0.7755***				
	(0.1188)	(0.1193)				
CEPT	0.2722**	0.3508**				
	(0.1374)	(0.1375)				
常数项	5.4921***	2.8686***	3.7496***	2.4680***	2.6757***	-0.4091***
	(0.0279)	(0.5053)	(0.3972)	(0.5043)	(0.5043)	(0.0630)
控制变量	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
地点固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Observations	3,094	3,094	3,094	3,094	3,094	3,094
R-squared	0.910	0.912	0.906	0.782	0.909	0.248

注: ***, **分别表示在1%、5%的水平下显著; 括号内为标准误。

第一,排除其他政策干扰。由于研究样本的时间跨度为2006—2019年,在此期间其他重要政策可能会与智慧城市试点政策发生重叠并对经济高质量发展产生影响。本文将2014年实行的第一批新型城镇化试点政策(Newurban)与2011年实行的碳排放权交易试点政策(CEPT)纳入模型并控制。第二,缩尾处理。为避免研究结果中出现异常值干扰的情形,本文对研究数据进行上下5%的缩尾处理。第三,反事实检验。本文参考龚梦琪等^[26]的做法,将政策开始时间提前三年后再次进行回归,若双重差分项 $Smartcity_{it}$ 系数估计值仍显著则表明高质量发展的促进可能是来自于其他政策或因素的影响。第四,DID与OLS对比。本文参考高煜君和田涛^[27]的做法,对研究样本分别进行DID估计和OLS估计,二者估计系数均显著为正则说明本文的结论具有稳健性。表7显示,本文的研究结论仍然具有稳健性。

(三) 异质性分析

1. 经济高质量发展分解

智慧城市建设对经济高质量发展的推动可能存在不同的传导渠道,基于前文熵值法指标体系,本文将高质量发展分解为创新、协调、绿色、开放、共享五个维度。结果如表8的(2)至(6)列所示,智慧城市建设变量(Smartcity)估计系数在创新和共享维度中显著为正,但在协调、绿色、开放维度中不显著。究其原因在于智慧城市建设为数字经济发展提供机遇,有利于推动数字产业化、产业数字化,促进新兴产业发展,对科技创新起着推动作用。除此之外,智慧城市建设对物联网、大数据、云计算等数字平台的信息共享和互联互通发挥着关键作用,有利于及时解决经济滞后性所导致的资源配置问题,进而影响经济高质量发展。智慧城市建设对协调、绿色、开放的影响不显著,原因可能在于:第一,智慧城市建设需要多部门、多系统协同工作,而目前仍存在资源分配不均、信息不共享等问题,从而导致协调不足。第二,智慧城市建设通过技术优化城市基础设施等,但现实中技术应用仍不够完善到位,从而对绿色维度的影响不显著。第三,智慧城市建设有助于吸引

国际资源和技术流入,但由于投资政策、技术研发和法律环境等因素短期内无法充分发挥作用,智慧城市建设对开放的影响尚未立即显现。

表 8 高质量发展分解

变量	主回归	创新	协调	绿色	开放	共享
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Smartcity	0.4644***	0.8878***	-0.1218	-0.4101	0.0293	0.7268***
	(0.0735)	(0.1265)	(0.1107)	(0.2587)	(0.1462)	(0.1826)
常数项	2.6757***	1.1597	4.4964***	6.8087***	-0.6847	6.5834***
	(0.5043)	(0.7792)	(0.8755)	(2.2024)	(0.9826)	(1.3049)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
地点固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	3,094	3,094	3,094	3,094	3,094	3,094
R-squared	0.909	0.789	0.778	0.838	0.809	0.859

注: ***表示在1%的水平下显著; 括号内为标准误。

2. 地理区位异质性

考虑到不同地区的城市在经济增长、人口规模、基础设施等方面的差异性,本文根据地理区位将研究样本分为三组。表 9 显示,智慧城市建设显著推动所有地区的经济高质量发展,且在东部政策效果最好,西部次之,中部最后。原因在于:智慧城市建设能够在东部地区优越的资源条件基础上充分发挥对经济高质量发展的影响;西部地区的综合发展条件较差,经济发展水平较低,智慧城市建设对经济高质量发展的边际效应较强,政策的处理效应较好;中部地区的基础设施建设和经济发展水平等介于东部地区和中部地区之间,信息化程度较高,具备一定的数字化、智能化基础,因此智慧城市试点政策虽有利于中部地区的经济高质量发展,但政策效果低于东、西部地区。

表 9 地理区位异质性

变量	被解释变量: HQED		
	(1)东部	(2)中部	(3)西部
Smartcity	0.9774***	0.3650***	0.3779***
	(0.1730)	(0.0978)	(0.1177)
常数项	-0.2376	2.8345***	4.5007***
	(1.2584)	(0.7352)	(0.8207)
控制变量	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes
地点固定效应	Yes	Yes	Yes
Observations	966	1,162	966
R-squared	0.937	0.886	0.860

注: ***表示在1%的水平下显著; 括号内为标准误。

3. 资源禀赋异质性

资源禀赋在城市发展中起着至关重要的作用,本文基于《国务院关于印发全国资源型城市可持续发展规

划(2013—2020年)的通知》，将研究样本中的 221 个地级市划分为五个类型并进行异质性分析。表 10 显示，智慧城市建设显著促进非资源型城市与衰退型城市的经济高质量发展，对其他类型城市无显著影响。原因可能是：非资源型城市的发展与产业结构关联更加密切，更多依赖科技创新驱动与数字智能化建设，智慧城市建设为非资源型城市的发展注入动能，通过提高非资源型城市数智化程度促进其经济高质量发展；衰退型城市的产业结构较为单一，且产业效益存在下降趋势，替代产业尚未形成，智慧城市建设能促进衰退型城市新兴产业的出现与集聚，提升其经济效益，促进经济高质量发展。综上，假设 2 得以验证。

表 10 资源禀赋异质性

变量	被解释变量：HQED				
	(1)资源型城市	(2)非资源型城市	(3)成长型城市	(4)成熟型城市	(5)衰退型城市
Smartcity	0.1329	0.6727***	0.3091	-0.0743	0.6086***
	(0.0873)	(0.1074)	(0.2000)	(0.1228)	(0.1891)
常数项	2.1500***	2.2704***	1.0669	2.7443***	3.5252***
	(0.5741)	(0.8250)	(1.3014)	(0.7472)	(1.1210)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
地点固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1,344	1,750	182	714	294
R-squared	0.884	0.916	0.816	0.889	0.890

注：***表示在1%的水平下显著；括号内为标准误。

五、进一步分析

上文采用渐进型 DID 模型对智慧城市建设与经济高质量发展之间的因果关系进行了识别，但并未考虑智慧城市建设影响经济高质量发展的空间因素。本文参考郭炳南等^[28]的做法，建立双重差分空间杜宾模型(SDMDID)，将空间因素引入并分解智慧城市建设对经济高质量发展造成的影响，进而分析智慧城市建设的高质量发展溢出效应，模型设定如下：

$$HQED_{it} = \beta_0 + \rho W \times HQED_{it} + \beta_1 Smartcity_{it} + \beta_2 X_{it}' + \gamma_1 W \times Smartcity_{it} + \gamma_2 W \times X_{it}' + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

式中， W 为空间权重矩阵，本文选取二元邻接矩阵作为研究中的空间权重矩阵； $W \times HQED_{it}$ 表示经济高质量发展的空间滞后项； $W \times Smartcity_{it}$ 表示智慧城市建设空间滞后项； $W \times X_{it}'$ 表示控制变量的空间滞后项；其余变量与前文表述相同。

(一) 全局空间相关性检验

使用双重差分法空间杜宾模型的前提在于变量具有空间相关性，即莫兰指数应显著不为 0。表 11 显示，高质量发展与智慧城市建设的莫兰指数均大于 0，表明二者均存在空间相关性，即智慧城市建设的推行不仅会对本地区的经济高质量发展造成影响，还会影响到相邻的其他地区。

表 11 全局莫兰指数值

年份	高质量发展	智慧城市建设
	Moran'I	Moran'I
2012	0.081	0.603

表 11 (续)

年份	高质量发展	智慧城市建设
	Moran'I	Moran'I
2013	0.105	0.736
2014	0.093	0.806
2015	0.098	0.806
2016	0.088	0.806
2017	0.092	0.806
2018	0.065	0.806
2019	0.076	0.806

(二) 空间计量模型分析

针对双重差分空间杜宾模型是否会退化为双重差分空间滞后模型以及双重差分空间误差模型, 本文进行了进一步考察分析。表 12 说明, LR 检验及 Wald 检验均显著拒绝了原假设, 充分表明了空间杜宾模型在本研究中具有适用性。根据 Hausman 检验结果, 本文选择使用时间与空间双固定效应分析智慧城市建设的高质量发展溢出效应。

表 12 SDMDID 模型适用性检验

检验类型	统计量值
LR_spatial_lag	58.06***
LR_spatial_error	56.95***
Wald_spatial_lag	59.24***
Wald_spatial_error	17.03***
Hausman test	181.64***

注: ***表示在1%的水平下显著。

表 13 中的列(1)为整体回归结果, 列(2)至列(4)为通过偏微分方式分解后的结果, 分别表示直接效应、空间溢出效应和总效应。直接效应表明智慧城市建设对经济高质量发展起显著的促进作用, 与前文基准回归得出的结论一致。空间溢出效应表明智慧城市建设的推行会促进邻近地区的经济高质量发展, 原因在于智慧城市建设会促进资源要素在城市之间的流动, 有利于城市间的资源共享, 从而产生良好的空间辐射效应, 假设 3 得到验证。

表 13 空间计量估计及空间效应分解

变量	被解释变量: HQED			
	(1)Main	(2)LR_Direct	(3)LR_Indirect	(4)LR_Total
Smartcity	0.639*** (0.163)	0.734*** (0.172)	1.082*** (0.289)	1.816*** (0.381)
rho	0.367*** (0.0283)	—	—	—
sigma2_e	1.118*** (0.127)	—	—	—
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes

表 13 (续)

变量	被解释变量: HQED			
	(1)Main	(2)LR_Direct	(3)LR_Indirect	(4)LR_Total
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
地点固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	3,094	3,094	3,094	3,094
R-squared	0.095	0.095	0.095	0.095
Number of id	221	221	221	221

注: ***表示在1%的水平下显著; 括号内为标准误。

六、结论及政策建议

随着数字经济和信息技术的深入及快速发展,智慧城市建设逐渐成为城市发展的大势所趋。本文基于2006—2019年中国221个地级市的面板数据,将智慧城市建设视作准自然实验,分析智慧城市建设是否会对经济高质量发展产生影响。本文的研究结论如下:第一,智慧城市建设显著促进经济高质量发展,且存在长期促进作用。第二,智慧城市建设对不同区域间的经济高质量发展具有异质性影响,能显著促进非资源型城市和衰退型城市的经济高质量发展,从地理区位看,政策在我国东部地区实施效果更好。第三,智慧城市建设对邻近地区的经济高质量发展存在正向空间溢出效应,有利于邻近地区的经济高质量发展。

基于上述分析,本文提出如下政策建议:第一,政府应深入推进智慧城市发展进程。由于智慧城市建设对经济高质量发展起显著推动作用,因此各级政府应积极扩大智慧城市建设规模和试点范围,进一步出台相关扶持政策。第二,政府在推动智慧城市建设过程中,应基于地域特征进行差异化布局。要注意因地制宜制定并实施政策,由于我国东部地区的政策效果最好,智慧城市试点政策可优先向东部地区倾斜,同时应加强中部和西部地区的基础设施、网络信息化、数字智能化等城市系统的建设,从而更好地促进中、西部地区的经济高质量发展。第三,政府应积极利用智慧城市建设空间溢出效应。各地政府应深化合作,摒弃“各自为政,以邻为壑”的发展模式,试点地区政府要主动分享建设经验为后发城市提供借鉴,深化资源要素间的共商、共建、共享,积极扩大智慧城市建设带来的正向空间溢出效应,促进更多区域的经济高质量发展。

参考文献:

- [1] 宣咏,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.
- [2] 周向红,常燕军.智慧城市发展脉络与基本规则论略[J].河南社会科学,2017,25(4):120-122.
- [3] 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.
- [4] 王帆,章琳,倪娟.智慧城市能够提高企业创新投入吗?[J].科研管理,2022,43(10):12-23.
- [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] 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.
- [7] 杨振华.智慧城市能否提高经济效率——基于智慧城市建设的准自然实验[J].科技管理研究,2018,38(10):263-266.
- [8] 李焯.智慧城市建设能提高居民获得感吗——基于中国居民的异质性分析[J].吉林大学社会科学学报,2019,59(6):107-119,221.
- [9] 常江,魏学瀚,刘伟.大数据背景下智慧城市三维分类建设路径研究[J].科技进步与对策,2018,35(24):13-19.
- [10] 赵蔚.城乡规划管理与政策[J].城市规划学刊,2022(3):123-125.
- [11] 段妍婷,胡斌,余良,等.物联网环境下环卫组织变革研究——以深圳智慧环卫建设为例[J].管理世界,2021,37(8):207-225.
- [12] 任保平,巩羽浩.黄河流域城镇化与高质量发展的耦合研究[J].经济问题,2022(3):1-12.
- [13] 金磊.关于“高质量发展”的经济学研究[J].中国工业经济,2018(4):5-18.

- [14] 赵放, 李文婷. 数字经济赋能经济高质量发展——基于市场和政府的双重视角[J]. 山西大学学报(哲学社会科学版), 2022, 45(5): 41-50.
- [15] 陈昭, 陈钊泳, 谭俊杰. 数字经济促进经济高质量发展的机制分析及其效应[J]. 广东财经大学学报, 2022, 37(3): 4-20.
- [16] 杜志高, 陈启充, 郭晨晖. 中国经济高质量发展水平测度及时空驱动因素研究——基于30个省级行政区2014—2018年数据[J]. 西部经济管理论坛, 2022, 33(1): 66-76.
- [17] 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, 129.
- [18] 赵华平, 田秀林, 张所地. 智慧城市建设对经济高质量发展影响的作用机理与实证检验[J]. 统计与决策, 2022, 38(12): 102-105.
- [19] LI P, LU Y, WANG J. Does flattening government improve economic performance? Evidence from China[J]. *Journal of Development Economics*, 2016, 123: 18-37.
- [20] 周茂, 陆毅, 杜艳, 等. 开发区设立与地区制造业升级[J]. 中国工业经济, 2018(3): 62-79.
- [21] 韦东明, 顾乃华. 城市低碳治理与绿色经济增长——基于低碳城市试点政策的准自然实验[J]. 当代经济科学, 2021, 43(4): 90-103.
- [22] 郑彩玲, 张继彤. 高铁开通对城市创新质量的影响——基于PSM-DID模型的实证研究[J]. 技术经济, 2021, 40(2): 28-35.
- [23] 张兵兵, 周君婷, 闫志俊. 低碳城市试点政策与全要素能源效率提升——来自三批次试点政策实施的准自然实验[J]. 经济评论, 2021(5): 32-49.
- [24] FENG Z, TANG Y, YANG Y, et al. Relief degree of land surface and its influence on population distribution in China[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2008(2), 18: 237-246.
- [25] 牛子恒, 崔宝玉. 网络基础设施建设与大气污染治理——来自“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 经济学报, 2021, 8(4): 153-180.
- [26] 龚梦琪, 刘海云, 姜旭. 中国低碳试点政策对外商直接投资的影响研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(6): 50-57.
- [27] 高煜君, 田涛. 碳交易对试点省市碳效率的影响机制研究[J]. 经济问题探索, 2022(3): 106-119.
- [28] 郭炳南, 王宇, 张浩. 数字经济发展改善了城市空气质量吗——基于国家级大数据综合试验区的准自然实验[J]. 广东财经大学学报, 2022, 37(1): 58-74.

Can Smart City Construction Contribute to China's High-quality Economic Development?

Zhang Youzhi¹ Liu Yinke¹ Zhao Jing² Wang Xiangyu¹

(1. School of Economics Management, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710065, China;

2. School of Economics Management, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: As an advanced stage of China's urbanization process, the construction of smart cities plays an important role in promoting high-quality economic development. Based on panel data from 221 prefecture-level cities in China from 2006 to 2019, this paper uses a combination of propensity score matching and progressive difference-in-differences method to analyze the impact of smart city construction on high-quality economic development. The study finds that: Smart city construction significantly promotes high-quality economic development; The construction of smart cities has a heterogeneous impact on high-quality economic development; Smart city construction has a significant positive spatial spillover effect on high-quality economic development. Therefore, governments at all levels should actively expand the scale of smart city construction and the scope of pilot projects, differentiate the layout based on geographical characteristics, and deepen the cooperation and resource sharing among governments, so as to accumulate valuable experience for nationwide smart city construction, thereby promoting high-quality economic development in China.

Keywords: digital economy; smart city construction; high-quality economic development; DID

[编校: 王丽铭]