

智慧城市建设能够促进企业绿色技术创新的“量质齐升”吗?

潘海岚¹,黄婷²

(1. 云南民族大学 经济学院, 云南 昆明 650504; 2. 首都经济贸易大学 国际经济管理学院, 北京 100070)

摘要:基于中国2007—2021年上市公司绿色专利申请数据,以智慧城市试点政策为准自然实验,运用多期DID模型探究智慧城市建设对企业绿色技术创新的影响效应及作用渠道。研究发现:智慧城市建设对企业绿色技术创新的“数量”和“质量”具有显著的提升作用,该结论经过平行趋势检验、多期PSM-DID、安慰剂检验等一系列稳健性检验后仍成立;从作用渠道看,智慧城市建设能够通过政府环保补助、缓解融资约束及高质量人才和高科技企业集聚促进企业绿色技术创新;进一步研究发现,该试点政策对国有企业、大规模企业、高科技企业的绿色技术创新促进作用更大。研究结论为智慧城市试点政策的评估提供了微观企业层面的经验证据,为绿色技术创新水平的提升提供了重要的政策启示。

关键词:智慧城市;绿色技术创新;“数量”;“质量”;多期DID

中图分类号:F299.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-6049(2024)04-0001-11

一、引言

改革开放以来,我国经济实现腾飞的同时,环境问题也从无到有、不断恶化,逐渐引起广泛关注。随着城市化的快速发展,不断引发能源紧缺、环境污染、交通拥堵等一系列“城市病”问题,“智慧城市”应运而生。智慧城市是以科技创新为支撑,以智能、绿色、低碳为特征的一种新型城市发展模式,是推动城市高质量发展的实现路径。绿色技术创新是城市高质量发展的重要推力^[1]。2021年10月,国务院印发的《2030年前碳达峰行动方案》中明确指出,要发挥科技创新的支撑引领作用,加快实现绿色低碳科技变革。2022年12月,国家发展改革委、科技部联合印发的《关于进一步完善市场导向的绿色技术创新体系实施方案(2023—2025年)》强调要充分发挥市场在绿色技术创新中的主导作用,吸引创新要素向绿色领域集聚。同时,党的二十大报告也多次强调,要加快发展方式绿色转型,发展绿色低碳产业。绿色技术创新将创新驱动与绿色发展有机结合起来,成为中国迈向高质量发展新阶段、实现美丽中国的有效途径。于企业而言,其不仅是自然资源消耗与污染排放的主体,绿色技术创新的重要主体和关键行动者^[2],同时还是智慧城市建设与运营的直接参与者。那么,智慧城市建设能否提升微观层面企业绿色技术创新的“量”与“质”?二者通过何种渠道发挥作用?对于不同类型企业是否存在异质性?这些问题成为本文探究的主要内容。

二、文献综述

城市已成为创新活动的关键组织单位,将企业、人才和其他必要的机构和资源聚集在一起。伴随

收稿日期:2023-09-21;修回日期:2024-01-16

基金项目:国家社会科学基金西部项目“乡村振兴背景下云南省深度贫困地区边缘农户返贫阻断机制研究”(20XMX088);云南省哲学社会科学基地项目“滇西深度贫困地区乡村旅游精准脱贫的路径研究”(JD2018YB08);云南省哲学社会科学创新团队项目“云南口岸建设发展研究”(2023CX05)

作者简介:潘海岚(1970—),女,广西贵港人,经济学博士,云南民族大学经济学院教授,硕士生导师,研究方向为宏观经济、产业经济;黄婷(1997—),女,四川德阳人,首都经济贸易大学国际经济管理学院博士研究生,研究方向为数字经济、产业经济。

着新一轮信息通信技术的革命浪潮,数据生产要素逐渐代替传统生产要素成为驱动经济高质量发展的主导因素。同时,为了缓解城镇化建设诱发的“城市病”问题,智慧城市应运而生。智慧城市是一个模糊的概念,构建智慧城市既没有万能的模板,也没有万能的定义^[3]。早期的智慧城市是一种智能化、技术层面的概念,重点在 ICT(Information and Communications Technology)对城市现代基础设施的作用上。随着城市问题的加剧,智慧城市的内涵演变为包含绿色经济、可持续发展思想的绿色智慧城市。Mora *et al.*^[4]将智慧城市定义为利用数字数据和技术创造效率以促进经济发展、提高生活质量和提高城市的可持续性。关于智慧城市的研究,国内外学者主要集中在智慧城市的内涵特征^[5]、发展趋势^[6]、数字技术应用^[7]、评价体系^[8]等方面。随着研究的进一步深入,一些学者开始从政策层面关注智慧城市对经济社会产生的影响,包括经济增长^[9]、可持续发展^[10]、创新能力^[11]、城乡收入差距^[12]等。Caragliu and DelBo^[13]通过对 309 个欧洲大都市地区的智慧城市进行倾向得分匹配估计,发现创新水平更高的城市是智慧城市政策的实施水平高于欧盟平均水平的城市;宋德勇等^[1]等利用我国 2003—2018 年城市面板数据进行研究,发现智慧城市建设显著促进了绿色技术创新的“量质齐升”,但是城市层面的创新过于宏观,难以透析国家智慧城市试点政策在微观维度的影响效果和作用机理。

关于绿色创新领域的研究,现有文献将推动绿色创新的力量主要归纳为市场拉动^[14]、企业因素^[15]与政府政策^[16-17]三大类。以 Schumpeter^[18]为代表的现代创新理论指出需求因素(市场拉动)对技术创新具有促进作用。Rennings^[19]将绿色技术创新划分为绿色产品创新和绿色过程创新两种,发现顾客需求和市场竞争等市场因素能够有效推动绿色产品创新。聂爱云和何小钢^[20]认为市场导向型规制能够给企业提供更多的创新空间,诱发更多的绿色创新。从企业内部因素的作用看,企业的绿色资源^[21]、企业声誉^[22]等都能显著影响企业的绿色技术创新活动。政府政策的影响主要集中在环境规制方面,由于环境规制对绿色创新的供求双方都产生作用,其与绿色创新的关系成为广泛研究的问题,现有文献对此主要基于“波特假说”的框架展开^[23]。

通过对以往文献的总结梳理,可以看出现有文献大多基于城市层面的宏观视角进行研究,企业层面微观数据的运用存在不足,少有研究从企业这一绿色技术创新主体出发,考察智慧城市建设对绿色技术创新的影响效果和作用机制。并且既有研究较少关注企业的异质性特征,难以深入探究智慧城市试点政策对不同类型的绿色技术创新行为产生的差异。因此,本文基于微观企业进行绿色技术创新决策的视角,精准识别了智慧城市试点政策与企业绿色技术创新之间的因果关系,并通过理论分析和机制检验,厘清了智慧城市建设对企业绿色技术创新的影响效应和内在机制。同时充分考虑微观企业的异质性特征,从企业所有制性质、规模大小、是否属于高科技产业三个方面探究智慧城市试点政策对不同企业绿色技术创新的影响程度,为智慧城市建设为进一步推广提供经验证据。

三、理论分析与研究假说

智慧城市以创新驱动与环境可持续性为主要特征,能够通过技术创新、市场创新、资源配置创新和组织创新引领大数据、人工智能等一批绿色且技术密集型产业的兴起,实现城市从传统发展到绿色发展的形态跃迁^[1]。智慧城市建设强调将现代科学技术融入城市建设中,通过发挥集聚效应和资源配置效应改变企业的外部环境和内部治理方式,促进资金、人才、技术等要素的聚集,并依托数字化平台实现政企之间、企业之间以及企业内部的信息共享和互联互通,缓解信息不对称带来的融资约束和资源配置低效率问题,为企业进行绿色创新活动提供动力。

从资金方面来看,由于绿色技术研发具有周期长、难度大的特点,企业仅依靠自有资金或内部融资投入创新研发具有很大的风险和不确定性,从而导致企业缺乏绿色创新动力^[24]。智慧城市建设可以通过政府环保补助、金融机构支持等渠道缓解企业进行绿色创新的资金约束问题。在政府层面,智慧城市建设能得到中央财政的大力支持,政府拥有建设智慧城市的资金,但没有足够的创新能力,而企业囿于资金压力缺乏动力研发与智慧城市相关的技术和产品。为了激励企业参与智慧城市建设,政府将提供税收优惠和专项补贴等措施,以鼓励企业在智慧城市关键技术方面取得突破^[25]。因此,试点区域为了实现城市绿色可持续发展目标,会以环保补助、贴息、奖励等财政支出的形式,鼓励引导企业进行绿色技术研发、污染排放控制,将

节能减排的正外部性内部化^[26]①。并且那些积极参与绿色技术创新的企业,被认为是对国家政策的积极响应,这类企业更容易获得政府的长期支持^[27],从而为企业进行绿色技术创新提供更多的专项资金支持。然而,政府补贴可能会由于信息不对称等问题导致逆向选择的行为。王永贵和李霞^[28]认为获得政府补贴的企业往往会以追求“数量”和“速度”而忽视“质量”的方式进行绿色创新活动。在金融机构层面,由于信息不对称、市场机制不健全以及研发过程高风险等问题,金融机构在事前难以进行绿色项目识别、信贷审查等工作,事后的监管难度也很大,导致企业出现融资约束问题,抑制企业的绿色创新活动。而智慧城市建设借助新一代信息技术构建起高效的信息共享网络,大幅提升城市的信息化水平,使信息能够在各主体之间有效传递,实现政府、金融机构、企业间数据共享和流程透明,从而缓解信息不对称引致的融资约束问题。

智慧城市建设能更好地实现创新要素的集聚、整合与优化,进而促进绿色技术创新。从人才和技术方面来看,一方面,建设智慧城市会创造出大量对于高技能、高学历劳动力的刚性需求,并形成支撑高质量人力资本集聚的制度环境与市场环境,比如政府引导科研院所为企业提供创新人才或企业提供更好的薪酬待遇水平等,吸引大批高质量人力资本集聚^[29],为微观企业进行绿色创新活动提供优质科技人才。同时,这些优质的科技人才能够产生“头雁效应”,即“头雁”通过组建团队将知识快速且广泛地传播,进而提升原有的劳动力素质^[30]。另一方面,政府在引导智慧城市建设过程中,涉及智慧交通、智慧物流、智慧医疗、智慧教育等各个领域,对数字技术、绿色技术以及数字产品和绿色产品的需求巨大,能够吸引高科技企业集聚。高科技企业是我国技术创新的重要力量,可以通过技术溢出效应和规模经济效应影响绿色技术创新活动^[31]。同时,当地企业也会为了追求利润主动捕捉商业机遇,研发建设智慧城市需要的绿色技术和产品。

基于上述分析,本文提出以下研究假说。

假说1:智慧城市建设能够提高企业的绿色技术创新水平。

假说2:智慧城市建设能够通过政府环保补助促进企业绿色技术创新。

假说3:智慧城市建设能够通过缓解融资约束促进企业绿色技术创新。

假说4:智慧城市建设能够通过引进高质量人才提升绿色技术创新水平。

假说5:智慧城市建设能够通过吸引高科技企业集聚促进企业绿色技术创新。

四、研究设计

(一) 模型设定

国家智慧城市试点政策的实施,不仅会使处于试点城市的企业与样本期间处于非试点城市的企业产生差异,还会存在城市在获批智慧城市试点前后的差异。“准自然实验”为科学评估这一政策产生的作用提供了良好的机会,基于此,本文采用双重差分法来评估智慧城市建设对企业绿色技术创新的影响。同时,由于我国智慧城市建设采用分年度分批的方式,传统的“一刀切式”双重差分法不适用于评估多时点的政策效果,因此借鉴曹希广等^[32]的做法构建多期双重差分模型,具体模型如下:

$$Gree_{ijnt} = \alpha_0 + \alpha_1 SmaCity_{nt} + \beta X_{ijnt} + \theta_i + \gamma_j + \rho_n + \varphi_t + \varepsilon_{ijnt} \quad (1)$$

式(1)中, i 表示企业, j 表示行业, n 表示城市, t 表示时间; $Gree$ 代表 $GreePat$ 、 $GreeInv$ 和 $GreePrac$,分别代表企业绿色技术创新、实质性绿色创新和策略性绿色创新; $SmaCity$ 表示国家智慧城市试点虚拟变量,取值为1或0; X 为控制变量,包括托宾Q值、资产负债率、资本密集度等; θ 、 γ 、 ρ 、 φ 分别表示在企业、行业、城市和时间层面的固定效应; ε 为随机扰动项。

(二) 变量选取与定义

1. 被解释变量

企业绿色技术创新($GreePat$)。借鉴已有文献的度量方法^[33-34],以2010年世界知识产权组织(WIPO)公布的“国际专利分类绿色清单”(IPC Green Inventory)工具为识别标准,核算出我国上市公

①国泰安数据库关于政府补助细则的数据显示,各级政府对当地上市公司提供的大型智慧城市项目专项补贴呈逐年上升的趋势。

司的绿色专利数量,以此衡量企业绿色技术创新水平。在此基础上,本文进一步细分出绿色发明专利和绿色实用新型专利,分别作为实质性绿色创新(*GreeInv*)和策略性绿色创新(*GreePrac*)的度量指标,其中实质性绿色创新更能体现企业的绿色创新能力,而策略性绿色创新则反映企业为了迎合监管和得到政府扶持追求“速度”和“数量”的创新行为^[35]。关于识别样本的选择,一些学者认为专利授权数据更能体现企业的技术创新程度,反映企业创新的质量和能力的^[33],但由于专利授权数据存在滞后的情况,难以考察政策冲击对企业绿色技术创新的影响。与专利授权数据相比,专利申请数据具有稳定、可靠和及时的特点^[17]。因此,本文采取企业绿色专利申请数据来衡量企业的绿色技术创新水平,并分别使用企业绿色专利申请数量加1的自然对数、绿色发明专利申请数量加1的自然对数和绿色实用新型专利申请数量加1的自然对数衡量 *GreePat*、*GreeInv* 和 *GreePrac*。

2. 核心解释变量

国家智慧城市试点的虚拟变量(*SmaCity*)。具体而言,此变量是实验组和控制组虚拟变量(*treat*)与政策时间虚拟变量(*time*)的交乘项。虚拟变量 *treat* 表示将进入国家智慧城市试点名单的城市赋值为1,否则为0。虚拟变量 *time* 表示将智慧城市试点后的年份赋值为1,否则为0。

3. 机制变量

(1) 政府环保补贴(*Govgsu*)。借鉴程博和方瑜茜^[36]的方法,使用企业当年收到政府环保补贴金额占企业总资产的比例 $\times 100$ 衡量。(2) 企业融资约束(*WW*)。以企业融资约束 *WW* 指数衡量。(3) 高质量人才集聚(*Talent*)。借鉴赵宸宇等^[37]的方法,以企业本科及以上学历的员工数占员工总数的比重表示。(4) 高科技企业集聚(*Htech*)。借鉴彭红星和毛新述^[38]的方法,首先确定出高科技产业的行业代码,然后计算各城市在观测年度的高科技企业数量,并以高科技企业数占企业总数的比重表征。

4. 控制变量

借鉴已有文献^[16,33-34]的研究,本文控制了一系列可能对企业绿色技术创新产生影响的变量。具体包括:托宾 *Q* 值(*Tobin Q*),即企业的市场价值与资本的重置成本之比;资产收益率(*ROA*),即企业净利润占总资产的比重;资产负债率(*Lever*),负债总额占总资产的比重;资本密集度(*Capinten*),为企业资产总额与营业收入的比值;固定资产比(*Fix*),为企业固定资产与总资产的比值;两职合一(*Dual*),即董事长与总经理是否一人兼任,是取值为1,反之为0;第一大股东持股比例(*Largest*);独立董事占比(*Indire*),即独立董事占董事会总人数的比重。

(三) 数据来源与描述性统计

本文选取2007—2021年中国A股上市公司绿色专利申请数据,评估智慧城市试点政策对企业绿色技术创新的影响。对于企业相关数据的处理,一是剔除了证券简称中含有ST、*ST等的上市公司,二是剔除了资产负债率大于1的公司,三是剔除主要变量缺失严重的数据样本。对于国家智慧城市试点城市的处理,参考石大千等^[10]的筛选方式,剔除国家智慧城市试点名单中仅将地级市的某个区或县作为试点的城市。本文上市公司专利数据和公司层面的相关数据分别来自国家知识产权局和国泰安数据库(CSMAR),行业划分参照国家统计局2017年公布的《国民经济行业分类》(GB/T 4754—2017)。为了剔除极端值在实证分析部分产生的影响,对主要连续变量进行1%和99%水平上的缩尾处理。

根据相应变量的描述性统计特征(表1)可以看出,在观测期间,我国A股上市公司绿色技术创新水平的最

表1 主要变量的描述性统计特征

变量名称	均值	标准差	最小值	最大值
<i>GreePat</i>	0.505	0.958	0	7.342
<i>GreeInv</i>	0.343	0.782	0	7.228
<i>GreePrac</i>	0.322	0.721	0	6.326
<i>SmaCity</i>	0.180	0.384	0	1
<i>Tobin Q</i>	1.917	1.109	0.845	7.100
<i>ROA</i>	0.041	0.052	-0.175	0.196
<i>Lever</i>	0.430	0.198	0.050	0.849
<i>Capinten</i>	2.233	1.748	0.372	11.23
<i>Fix</i>	0.245	0.162	0.012	0.729
<i>Dual</i>	0.227	0.419	0	1
<i>Largest</i>	0.351	0.149	0.090	0.749
<i>Indire</i>	0.371	0.053	0.300	0.571

大值为 7.342, 最小值为 0, 均值为 0.505, 标准差为 0.958, 表明我国企业的绿色技术创新水平较低, 不同企业的绿色技术创新水平具有比较显著的差异, 同时实质性绿色创新和策略性绿色创新的差异也较为明显。

五、实证检验及结果分析

(一) 基准回归结果

为了考察智慧城市建设对企业绿色技术创新有何影响, 以实质性绿色创新为主还是更倾向于策略性绿色创新, 本文采用多期 DID 模型进行回归分析, 并在模型中控制了时间、企业、城市和行业固定效应, 检验结果如表 2 所示。表 2 中, 列(1)至列(3)分别表示不加入控制变量的企业绿色技术创新以及实质性绿色创新与策略性绿色创新在智慧城市试点政策下的估计结果, 列(4)至列(6)为加入了控制变量的估计结果。可见, 所有回归结果中 *SmaCity* 的估计系数均在 1% 的水平下显著, 表明在一定程度上智慧城市试点政策显著提升了企业的绿色技术创新水平, 也显示出该政策能够显著促进实质性绿色创新和策略性绿色创新, 并且对前者的促进作用更强。这意味着智慧城市建设既能够从推动企业进行“高质量”的创新行为, 提升其创新能力, 也能够激励企业提升创新的“数量”和“速度”, 即实现了企业绿色技术创新在数量上的增长和质量上的提升。假说 1 得以验证。

表 2 基准回归结果

变量	(1) <i>GreePat</i>	(2) <i>GreeInv</i>	(3) <i>GreePrac</i>	(4) <i>GreePat</i>	(5) <i>GreeInv</i>	(6) <i>GreePrac</i>
<i>SmaCity</i>	0.263 *** (0.036)	0.209 *** (0.032)	0.160 *** (0.028)	0.230 *** (0.036)	0.183 *** (0.033)	0.139 *** (0.028)
<i>C</i>	0.458 *** (0.006)	0.306 *** (0.006)	0.293 *** (0.005)	0.530 *** (0.100)	0.326 *** (0.072)	0.342 *** (0.075)
控制变量	No	No	No	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
个体固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
行业固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Adj-R ²	0.662	0.652	0.614	0.667	0.656	0.617
N	20 065	20 065	20 065	20 065	20 065	20 065

注: ***、** 和 * 分别表示在 1%、5% 和 10% 的显著性水平下显著, 括号内为稳健标准误。稳健标准误经过城市层面的聚类处理。

(二) 稳健性检验

1. 平行趋势检验

通过多期 DID 模型量化智慧城市试点的政策效应, 首要前提是设立为国家智慧城市的处理组和未设立为国家智慧城市的控制组在政策实施之前企业绿色技术创新水平不存在显著差异或发展趋势相对一致, 即满足平行趋势假定。本文借鉴 Deschênes *et al.* [39] 的事件研究法, 构建模型如下:

$$Gree_{ijnt} = \sum_{k=-4}^7 \beta_k SmaCity_{it}^k + \sigma X_{ijnt} + \theta_i + \gamma_j + \rho_n + \varphi_t + \varepsilon_{ijnt} \quad (2)$$

式(2)中, β_k 反映了观测期间处理组和控制组的企业在政策实施前后的差异变动。本文设置政策实施当期 0, 实施前一年为 -1, 后一年为 1, 以此类推。平行趋势检验结果如图 1 所示, 可以看出, 政策实施之前的估计系数围绕在 0 附近, 且各时期的置信区间均包含 0, 未通过显著性检验, 表明两组样本的企业绿色技术创新水平在政策实施前不存在明显的差异。智慧城市政策实施第一年开始促进企业绿色技术创新, 并呈显著且持续上升的趋势, 结果通过平行趋势假定。

2. 多时点倾向得分匹配 - 双重差分 (PSM-DID) 估计

为了缓解选择性偏差对结论可靠性的干扰, 本文先采用倾向得分匹配法 (PSM) 来消除这种偏差。

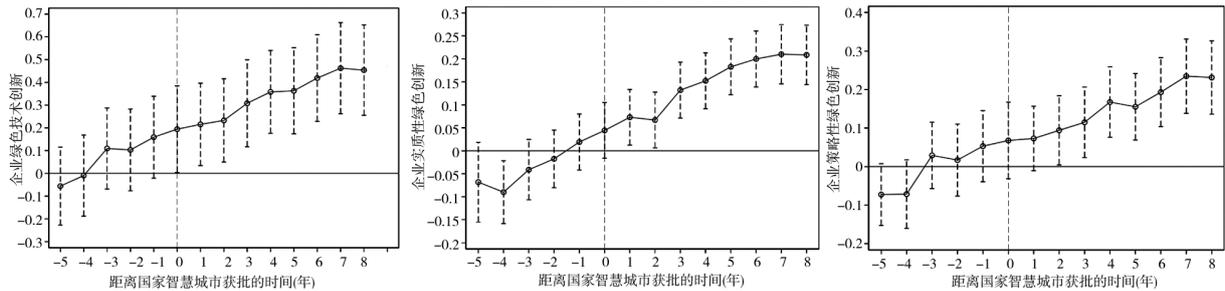


图1 平行趋势检验结果

首先,通过 Logit 模型按照卡尺最近邻匹配对实验组和控制组样本进行匹配,并观察倾向得分匹配前后处理组和控制组的平衡性。平衡性检验结果显示,匹配后所有控制变量的标准性偏差的绝对值均小于 5%,且 P 值均大于 0.1,说明匹配后实验组与控制组之间不存在显著差异,通过平衡性检验。其次,将不匹配的样本剔除掉。最后,根据匹配结果重新使用多期双重差分模型评估智慧城市建设的政策效果。结果显示,智慧城市建设和企业绿色技术创新,对实质性绿色创新和策略性绿色创新都存在正向激励作用,与基准结果基本一致,证实了研究结果的稳健性^①。

3. 安慰剂检验

为了排除不可观测变量和时序差异对智慧城市试点政策评估的影响,保证文章结论的可靠性,本文进一步进行安慰剂检验。安慰剂检验包括虚构处理组和虚构政策时间两种思路。具体而言,一方面,本文通过随机抽取处理组和对照组,并与政策时间虚拟变量交互,构成新的试点政策变量,使智慧城市试点政策对企业绿色技术创新的冲击变得随机,得到虚构处理组的影响系数估计值。然后将此随机过程重复 500 次,得到 500 个回归系数估计值。最后,绘制出这 500 个系数估计值的核密度分布图。由图 2 可知,政策变量的回归系数集中分布在 0 值附近且服从正态分布,远小于基准回归的系数估计值。因此,可以排除不可观测变量对本文估计结果的影响。另一方面,本文参考已有研究的做法,将住建部公布的国家智慧城市试点名单的时间向前平推两年,构建虚假的政策时间虚拟变量,并对其进行了多期 DID 回归^②。可以看出,试点政策变量的估计系数均不显著。因此,可以得出本文的研究结论并非不可观测变量和时序差异引起的,本文结论具有较好的稳健性。

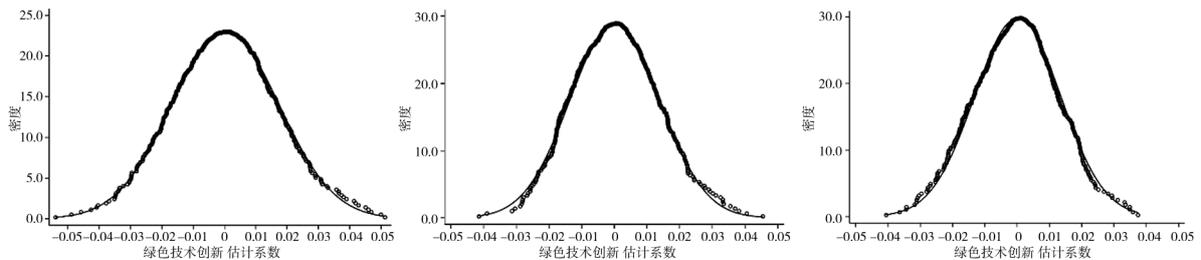


图2 虚构处理组的安慰剂检验结果

4. Heckman 两步法

国家智慧城市试点政策可能存在样本选择偏误问题,即绿色技术创新能力更强的企业可能更集中在智慧城市,这可能会导致研究结论存在偏差。为了进一步解决此问题,本文运用 Heckman 两步法对模型进行估计^[40]。借鉴陈强远等^[41]的研究步骤得到 Heckman 两步法的估计结果。表 3 结果表明,在固定效应情况下, IMR 的估计系数均显著,说明存在明显的样本自选择问题,有必要进行 Heckman 两步法。同时,智慧城市建设和企业绿色技术创新及其质量和数量的影响仍然显著为正,验证了本文结论的稳健性。

①限于篇幅,具体结果可向作者索取。

②限于篇幅,具体结果可向作者索取。

(三) 作用机制检验

虽然上述实证结果验证了智慧城市建设能够显著促进企业绿色技术创新的主要结论,并且经过多种稳健性检验后该结论仍成立,但是并未从实证层面深入剖析智慧城市试点政策影响企业绿色技术创新的内在机制。基于理论分析部分,本文进一步从政府环保补贴、缓解企业融资约束、高质量人才集聚以及高技术产业集聚四个方面进行作用机制检验。

表4和表5分别展示了政府补贴政策、融资约束、高质量人才集聚以及高科技企业集聚的作用机制检验结果。表4结果显示,列(1)中 *SmaCity* 的估计系数在1%的水平下显著为正,表明智慧城市建设有助于提高政府对企业扶持力度。列(2)同时加入 *SmaCity* 和 *Govgsub* 两个变量后,智慧城市建设政策和政府环保补贴的估计系数均在5%水平下显著,表明政府环保补贴是智慧城市建设促进企业绿色技术创新的作用机制,假说2得以验证。列(3)中 *SmaCity* 的估计系数显著为负,表明智慧城市建设能够缓解企业融资约束问题。列(4)中同时加入变量 *SmaCity* 和 *WW* 后,智慧城市建设政策和企业融资约束的估计系数显著度均通过1%的置信水平,表明智慧城市建设能够通过缓解企业融资约束提升企业绿色技术创新水平,假说3得到验证。表5列(5)和列(6)的结果显示, *SmaCity* 的估计系数显著为正,在加入变量 *Talent* 后,智慧城市建设政策和高质量人才集聚程度变量的仍在10%水平下显著,说明智慧城市建设能够通过高质量人才集聚促进企业绿色技术创新,假说4得以验证。同样,高科技企业集聚也是智慧城市建设促进企业绿色技术创新的作用机制之一,假说5得以验证。综合以上结论,国家智慧城市试点政策能够通过政府环保补贴、缓解企业融资约束、高质量人才集聚和高科技企业集聚等机制为企业提供资金、人才和技术,进而提高企业的绿色技术创新水平。

六、进一步分析

为了更加深入地考察智慧城市建设对不同类型的适用性,探寻智慧城市建设提升企业绿色技术创新水平的影响因素,本文进一步从企业所有制性质、规模大小、是否属于高科技产业进行异质性分析。

表3 Heckman 两步法估计结果

变量	(1) <i>GreePat</i>	(2) <i>GreeInv</i>	(3) <i>GreePrac</i>
<i>SmaCity</i>	0.390*** (0.046)	0.456*** (0.050)	0.281*** (0.050)
<i>IMR</i>	11.298** (4.801)	10.571** (4.799)	11.133** (4.984)
控制变量	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes
Adj-R ²	0.652	0.662	0.590
N	5900	4490	4410

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误。稳健标准误经过城市层面的聚类处理。

表4 作用机制的检验结果

变量	(1) <i>Govgsub</i>	(2) <i>GreePat</i>	(3) <i>WW</i>	(4) <i>GreePat</i>
<i>SmaCity</i>	0.002*** (0.001)	0.252*** (0.045)	-0.054*** (0.014)	0.268*** (0.026)
<i>Govgsub</i>		0.570** (0.260)		
<i>WW</i>				-0.045*** (0.013)
<i>C</i>	0.024*** (0.003)	0.015 (0.134)	-0.903*** (0.031)	0.009 (0.059)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
Adj-R ²	0.142	0.130	0.128	0.116
N	19252	19252	20065	20065

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误。稳健标准误经过城市层面的聚类处理。

表5 作用机制的检验结果

变量	(5) <i>Talent</i>	(6) <i>GreePat</i>	(7) <i>Htech</i>	(8) <i>GreePat</i>
<i>SmaCity</i>	0.008** (0.004)	0.052** (0.021)	0.019*** (0.006)	0.222*** (0.033)
<i>Talent</i>		0.082* (0.046)		
<i>Htech</i>				0.421*** (0.101)
<i>C</i>	0.209*** (0.012)	0.489*** (0.014)	0.598*** (0.009)	0.279** (0.114)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
Adj-R ²	0.541	0.559	0.636	0.668
N	19547	19547	20065	20065

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误。稳健标准误经过城市层面的聚类处理。

(一) 企业所有制的异质性

企业所有制的不同可能会导致政策冲击的异质性结果。在中国国情下,国有企业具有重要的战略地位,往往分布在垄断行业,相比非国有企业更容易获得政府的优惠政策和财政支持,并且在经济社会中还承担着一定的责任和使命,使得国有企业更有动力进行绿色技术创新。本文通过分组回归,将样本按照企业产权性质的差异划分为国有企业(SOE)和非国有企业(NSOE)。回归结果(表6)显示,智慧城市试点政策对两组样本绿色技术创新的影响均显著为正,并且分组回归系数差异均在1%水平下显著,通过Chow检验。从估计系数看,国有企业的绿色技术创新水平及其“质量”和“数量”方面均强于非国有企业,这可能是因为在经济社会发展中还担任着可持续发展示范者的角色^[42]。总的来说,智慧城市建设对国企和非国企的绿色技术创新水平均有明显的提升作用,但对国有企业的促进效应更大。

表6 企业所有制的异质性检验结果

变量	GreePat		GreeInv		GreePrac	
	SOE	NSOE	SOE	NSOE	SOE	NSOE
SmaCity	0.344 *** (0.055)	0.127 *** (0.036)	0.273 *** (0.049)	0.104 *** (0.032)	2.178 *** (5.22)	0.207 *** (0.044)
C	0.645 *** (0.166)	0.633 *** (0.138)	0.503 *** (0.146)	0.347 *** (0.106)	3.519 ** (2.21)	0.365 *** (0.111)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Adj-R ²	0.708	0.629	0.692	0.616	0.518	0.661
N	9 017	11 004	9 017	11 004	9 017	11 004
Chow 检验-P 值	0.000 ***		0.000 ***		0.000 ***	

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误。稳健标准误经过城市层面的聚类处理。Chow检验用于判断组间SmaCity系数差异的显著性。

(二) 企业规模的异质性

Schumpeter^[43]提出的假说认为,资金的可获得性在技术创新中发挥了重要作用。他认为企业的创新活动需要高昂的费用和长期投入,规模越大的企业承受研发失败风险的能力越强。那在智慧城市试点政策的作用下,不同规模企业的绿色技术创新水平是否符合熊彼特假说呢?为了证实这一问题,本文以企业总资产对数值的中位数为划分标准,将企业样本分为两组,高于或等于中位数的为大企业(B-city),反之为小企业(S-city)。表7结果表明,大企业的绿色技术创新及其实质性绿色创新和策略性绿色创新均在1%的水平下显著为正,而小企业的回归系数虽均为正,但并不显著,且分组通过Chow检验。这说明智慧城市建设有效促进了大企业的绿色技术创新,该结论支持熊彼特假说。

表7 企业规模的异质性检验结果

变量	GreePat		GreeInv		GreePrac	
	B-city	S-city	B-city	S-city	B-city	S-city
SmaCity	0.436 *** (0.086)	0.029 (0.048)	0.352 *** (0.080)	0.043 (0.034)	0.277 *** (0.066)	0.030 (0.020)
C	0.846 *** (0.143)	0.386 ** (0.187)	0.591 *** (0.138)	0.202 (0.144)	0.571 *** (0.106)	0.276 *** (0.083)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Adj-R ²	0.737	0.506	0.723	0.430	0.684	0.493
N	9 970	9 973	9 970	9 973	9 970	9 973
Chow 检验-P 值	0.000 ***		0.000 ***		0.000 ***	

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误。稳健标准误经过城市层面的聚类处理。Chow检验用于判断组间SmaCity系数差异的显著性。

(三) 企业是否属于高科技产业的异质性

高科技产业是研发资金投入程度高,研发人员数量比重大的产业,隶属于高科技产业的企业是我

国科技创新的重要推动力量。因此,本文以上文确定的高科技产业的行业代码为划分依据,将样本企业划分为属于高科技产业的企业组(*Htech-Y*)和不属于高科技产业组的企业组(*Htech-N*),分别进行回归。表8显示,无论是属于高科技产业的企业还是非高科技产业的企业,智慧城市建设对绿色技术创新促进作用均显著为正,且Chow检验的*P*值均小于1%,表明组间回归系数差异显著。意味着智慧城市建设能够显著提升企业绿色技术创新的“质量”和“数量”水平,且对属于高科技产业的企业的促进作用比不属于高科技产业的企业的促进作用更高。

表8 是否属于高科技产业的异质性检验结果

变量	<i>GreePat</i>		<i>GreeInv</i>		<i>GreePrac</i>	
	<i>Htech-Y</i>	<i>Htech-N</i>	<i>Htech-Y</i>	<i>Htech-N</i>	<i>Htech-Y</i>	<i>Htech-N</i>
<i>SmaCity</i>	0.314*** (0.058)	0.144*** (0.042)	0.285*** (0.055)	0.070** (0.028)	0.178*** (0.045)	0.105*** (0.033)
<i>C</i>	0.650*** (0.129)	0.350*** (0.121)	0.390*** (0.106)	0.218** (0.102)	0.410*** (0.099)	0.258*** (0.089)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Adj-R ²	0.659	0.654	0.646	0.659	0.608	0.616
N	8 337	11 705	8 337	11 705	8 337	11 705
Chow 检验- <i>P</i> 值	0.000***		0.000***		0.000***	

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误。稳健标准误经过城市层面的聚类处理。Chow检验用于判断组间*SmaCity*系数差异的显著性。

七、研究结论与政策启示

智慧城市建设是我国当前乃至未来相当一段时期促进数字经济发展和绿色可持续发展的重大方向。绿色技术创新是引领绿色发展的重要动力,而企业是绿色技术创新的主体。基于此,本文以2007—2021年中国A股市场上公司的绿色专利申请量为研究样本,运用多期双重差分法实证考察了智慧城市建设对企业绿色技术创新的影响效应和内在机制,以及对于不同类型企业的作用差异。研究发现:(1)智慧城市建设能够显著提升企业的绿色技术创新水平,并且对实质性绿色创新和策略性绿色创新都具有明显的促进作用,实现了绿色技术创新的“量质齐升”。经过多时点PSM-DID法、安慰剂检验等一系列稳健性检验后,该结论仍可靠。(2)作用机制检验显示,智慧城市建设能够通过政府补贴政策、缓解融资约束、高质量人才集聚和高科技企业集聚四个途径为企业提供资金、人才和技术,进而促进企业绿色技术创新。(3)异质性分析发现,智慧城市试点政策对不同类型企业的影响存在明显差异,表现为对国有企业、大规模企业、高科技企业的绿色技术创新具有更显著的正向影响。

本文的研究对进一步推进智慧城市建设和绿色技术创新具有重要的理论和现实意义。基于上述研究结论,本文得出如下政策启示:(1)完善数字基础设施建设,推动城市信息化智能化发展。各地应加快新型基础设施的建设步伐,构建具备融合、协同、智能等特点的数字基础设施,进一步深化与城市建设的融合程度,全面赋能智慧城市建设。根据各地实际情况规划和运营城市大数据平台,挖掘地方特色优势,充分发挥各方主体的积极性,打破“数据壁垒”,最大化释放价值,畅通各主体间的信息传导渠道,缓解主体之间的信息不对称问题。(2)政府应充分考虑企业的异质性特征,总结典型范例,复制成功经验,充分发挥大规模企业、高科技企业等在绿色技术创新方面的“领头羊”作用。同时为有绿色技术创新意愿的民营企业、小微企业及传统企业给予更多政策补助和专项扶持。(3)政府应积极引导企业与科研机构、院所交流合作,发挥科研院所的人才技术资源优势 and 企业的实践资源优势,加强产学研深度融合,通过聚集高质量人才和技术提升企业绿色技术创新水平。

参考文献:

[1] 宋德勇,李超,李项佑. 新型基础设施建设是否促进了绿色技术创新的“量质齐升”——来自国家智慧城市试点的

- 证据[J]. 中国人口·资源与环境,2021,31(11):155-164.
- [2]李维安,张耀伟,郑敏娜,等. 中国上市公司绿色治理及其评价研究[J]. 管理世界,2019,35(5):126-133+160.
- [3]ALBINO V, BERARDI U, DANGELICO R M. Smart cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives[J]. Journal of urban technology, 2015, 22(1): 3-21.
- [4]MORA L, BOLICI R, DEAKIN M. The first two decades of smart-city research: a bibliometric analysis[J]. Journal of urban technology, 2017, 24(1): 3-27.
- [5]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.
- [6]张少彤,王芳,王理达. 智慧城市的发展特点与趋势[J]. 电子政务,2013(4):2-9.
- [7]甄峰,秦萧. 大数据在智慧城市研究与规划中的应用[J]. 国际城市规划,2014,29(6):44-50.
- [8]陈铭,王乾晨,张晓海,等. “智慧城市”评价指标体系研究——以“智慧南京”建设为例[J]. 城市发展研究,2011,18(5):84-89.
- [9]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.
- [10]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.
- [11]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.
- [12]曾亿武,孙文策,李丽莉,等. 数字鸿沟新坐标:智慧城市对城乡收入差距的影响[J]. 中国农村观察,2022(3):165-184.
- [13]CARAGLIU A, DELBO C F. Smart innovative cities: The impact of Smart City policies on urban innovation[J]. Technological forecasting and social change, 2019, 142: 373-383.
- [14]庄芹芹,吴滨,洪群联. 市场导向的绿色技术创新体系:理论内涵、实践探索与推进策略[J]. 经济学家,2020(11):29-38.
- [15]张钢,张小军. 企业绿色创新战略的驱动因素:多案例比较研究[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版),2014,44(1):113-124.
- [16]李青原,肖泽华. 异质性环境规制工具与企业绿色创新激励——来自上市企业绿色专利的证据[J]. 经济研究,2020,55(9):192-208.
- [17]刘金科,肖翊阳. 中国环境保护税与绿色创新:杠杆效应还是挤出效应? [J]. 经济研究,2022,57(1):72-88.
- [18]SCHUMPETER J A. Theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle[M]. America: Harvard University Press, 1949.
- [19]RENNINGS K. Towards a theory and policy of eco-innovation-neoclassical and (co-)evolutionary perspectives[R]. ZEW discussion paper, 1998, No. 98-24.
- [20]聂爱云,何小钢. 企业绿色技术创新发凡:环境规制与政策组合[J]. 改革,2012(4):102-108.
- [21]杨东,柴慧敏. 企业绿色技术创新的驱动因素及其绩效影响研究综述[J]. 中国人口·资源与环境,2015,25(增刊2):132-136.
- [22]沈菲,陶启智,张云. 董事海外背景对企业绿色技术创新的影响研究——基于企业声誉的视角[J]. 上海财经大学学报,2022,24(3):108-122.
- [23]董香书,卫园园,肖翔. 财政分权如何影响绿色创新? [J]. 中国人口·资源与环境,2022,32(8):62-74.
- [24]谷城,张树山. 智能制造何以实现企业绿色创新“增量提质”[J]. 产业经济研究,2023(1):129-142.
- [25]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.
- [26]卢洪友,邓谭琴,余锦亮. 财政补贴能促进企业的“绿化”吗? ——基于中国重污染上市公司的研究[J]. 经济管理,2019,41(4):5-22.
- [27]潘鑫,陈轩瑾. 有意义的绿色创新:基于战略三脚架视角[J]. 科学学与科学技术管理,2022,43(6):3-16.

- [28]王永贵,李霞. 促进还是抑制:政府研发补助对企业绿色创新绩效的影响[J]. 中国工业经济,2023(2):131-149.
- [29]申洋,郭俊华,朱彦. 智慧城市建设对地区绿色全要素生产率影响研究[J]. 中南大学学报(社会科学版),2021,27(2):140-152.
- [30]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.
- [31]杨浩昌,李廉水,张发明. 高技术产业集聚与绿色技术创新绩效[J]. 科研管理,2020,41(9):99-112.
- [32]曹希广,邓敏,刘乃全. 通往创新之路:国家创新型城市建设能否促进中国企业创新[J]. 世界经济,2022,45(6):159-184.
- [33]齐绍洲,林岫,崔静波. 环境权益交易市场能否诱发绿色创新?——基于我国上市公司绿色专利数据的证据[J]. 经济研究,2018,53(12):129-143.
- [34]徐佳,崔静波. 低碳城市和企业绿色技术创新[J]. 中国工业经济,2020(12):178-196.
- [35]黎文靖,郑曼妮. 实质性创新还是策略性创新?——宏观产业政策对微观企业创新的影响[J]. 经济研究,2016,51(4):60-73.
- [36]程博,方瑜茜. 环境规制“组合拳”与环保补贴绩效[J]. 财会月刊,2021(22):28-37.
- [37]赵宸宇,王文春,李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. 财贸经济,2021,42(7):114-129.
- [38]彭红星,毛新述. 政府创新补贴、公司高管背景与研发投入——来自我国高科技行业的经验证据[J]. 财贸经济,2017,38(3):147-161.
- [39]DESCHENES O, GREENSTONE M, SHAPIRO J S. Defensive investments and the demand for air quality: evidence from the NOx budget program[J]. American economic review, 2017, 107(10): 2958-2989.
- [40]HECKMAN J J, ICHIMURA H, TODD P. Matching as an econometric evaluation estimator[J]. Review of economic studies, 1998,65(2):261-294.
- [41]陈强远,林思彤,张醒. 中国技术创新激励政策:激励了数量还是质量[J]. 中国工业经济,2020(4):79-96.
- [42]王莹,冯佳浩. 绿色债券促进企业绿色创新研究[J]. 金融研究,2022(6):171-188.
- [43]SCHUMPETER J A. Capitalism, socialism and democracy[M]. London: Routledge, 2010.

(责任编辑:陈 春;英文校对:谈书墨)

Can the Construction of Smart Cities Promote the “Quantity and Quality Improvement” of Green Technological Innovations in Enterprises?

PAN Hailan¹, HUANG Ting²

(1. School of economics, Yunnan Minzu University, Kunming 650504, China;

2. International School of Economics and Management, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China)

Abstract: Based on data for green patent applications of listed companies in China from 2007 to 2021, this paper uses the smart city pilot policy as a natural experiment. It employs a multi-point difference-in-differences (DID) model to explore the impact of smart city construction on enterprise green technological innovation and the channel for this effect. The study finds that smart city construction has a significant promotional effect on both the quantity and quality of green technological innovation. This result holds following a series of robustness tests, including parallel trend, multi-period propensity-score-matching DID, and placebo tests. As regards the effect channel, smart city construction can promote green technological innovation through environmental protection subsidies provided by the government, alleviating financing constraints, and gathering high-quality talent and high-tech enterprises. Further analysis shows that the pilot policy has a greater promotional effect on the green technological innovation of state-owned, large-scale, and high-tech enterprises. This paper provides empirical evidence at the micro-level for the evaluation of smart city pilot policies and has important policy implications for improving the level of green technological innovation.

Key words: smart city; green technology innovation; quantity; quality; multistage DID