

引文格式: 庞婉玉, 朱金鹤. 低碳城市试点政策能否促进企业数字化转型? 基于准自然实验的证据 [J]. 常州大学学报(社会科学版), 2023, 24 (5): 47-57.

低碳城市试点政策能否促进企业数字化转型?

——基于准自然实验的证据

庞婉玉, 朱金鹤

摘要: 利用 2008—2020 年沪深 A 股上市公司面板数据, 运用双重差分模型实证检验低碳城市试点政策的实施对企业数字化转型的影响效果。基准回归结果表明, 低碳城市试点政策的实施能够显著提高企业数字化转型水平, 在进行了一系列稳健性检验后这一结论依然成立。机制检验发现, 低碳城市试点政策主要通过缓解企业融资约束和提升城市技术创新水平两个渠道促进企业数字化转型水平的提升。异质分析发现, 低碳城市试点政策的实施对科技企业和大规模城市企业的数字化转型水平提升的促进作用更显著。进一步研究发现, 实施低碳城市试点政策对企业数字化转型的促进作用还存在空间溢出效应, 即实施低碳城市试点政策不仅促进了试点城市还促进了相邻城市企业的数字化转型水平提升。

关键词: 低碳城市试点政策; 企业数字化转型; 双重差分模型; 空间双重差分模型

作者简介: 庞婉玉, 石河子大学经济与管理学院博士研究生; 朱金鹤, 管理学博士, 石河子大学经济与管理学院教授、博士研究生导师。

基金项目: 教育部哲学人文社会科学基金一般项目“降碳减排靶向的双重激励模式、地方政府竞争与城市环境治理研究”(21YJA790086); 国家社会科学基金重点项目“地方政府多维竞争对绿色全要素生产率的影响研究”(22AJY005)。

中图分类号: F275.5 **文献标志码:** A **Doi:** 10.3969/j.issn.2095-042X.2023.05.005

面对日益严峻的气候变化问题, 中国积极作出了降碳减排的承诺, 彰显了中国政府控制温室气体排放、推进全球绿色转型的大国担当。为切实实现低碳发展目标, 中国分别于 2010 年、2012 年、2017 年组织开展了三批低碳城市试点^①, 以期引领、带动和突破全国低碳发展^[1]。由于

①2010 年 7 月 19 日,《国家发展改革委关于开展低碳省区和低碳城市试点工作的通知》(发改气候[2010]1587 号)确定了在广东、辽宁、湖北、陕西、云南等省, 天津、重庆等直辖市, 深圳、厦门等计划单列市, 以及杭州、南昌、贵阳、保定等市开展第一批低碳试点。2012 年 11 月 26 日,《国家发展改革委关于开展第二批国家低碳省区和低碳城市试点工作的通知》(发改气候[2012]3760 号), 确定了在海南省, 北京、上海等直辖市, 青岛、宁波等计划单列市, 石家庄、武汉、广州、昆明、乌鲁木齐等省会(自治区首府)城市, 秦皇岛、晋城、呼伦贝尔、吉林、苏州、淮安、镇江、温州、池州、南平、景德镇、赣州、桂林、广元、遵义、延安、金昌等地级市, 大兴安岭地区, 济源县级市开展第二批低碳试点。2017 年 1 月 7 日,《国家发展改革委关于开展第三批国家低碳城市试点工作的通知》(发改气候[2017]66 号), 确定了在长阳土家族自治县、琼中黎族苗族自治县、逊克县、普洱市思茅区等县(区)及沈阳、南京、合肥、济南、长沙、成都、拉萨、兰州、西宁、银川等省会(自治区首府)城市, 乌海、大连、朝阳、常州、嘉兴、金华、衢州、淮北、黄山、六安、宣城、三明、吉安、抚州、烟台、潍坊、株洲、湘潭、郴州、中山、柳州、三亚、玉溪、安康、吴忠等地级市, 共青城、敦煌、昌吉、伊宁、和田、阿拉尔等县级市开展第三批低碳试点。

企业是低碳城市建设的重要参与者和落实减碳任务的首要责任方,故促进企业数字化转型是城市达到碳减排目的的重要手段之一^[2]。那么,低碳城市试点政策的实施是否提高了企业数字化转型水平?其作用机制是什么?政策效果在不同环境下是否存在异质性?低碳城市试点政策对企业数字化转型的促进作用是否存在空间溢出效应?这些问题都值得深入研究。

相关研究主要围绕企业数字化转型的影响因素及环境效应、低碳城市试点政策的政策效应等方面展开。企业数字化转型的影响因素主要有企业数字基础技术不配套导致的“不会转”、数字技术成本投入过高带来的“不能转”、转型期成本收益失衡造成的“不敢转”等^[3],究其原因,企业数字化转型的限制因素主要包括创新与融资两个方面^[4],而数字金融、财政支出和对外开放能够通过有效缓解企业融资约束、提升企业创新水平两条路径赋能企业数字化转型^[5-7]。当前,企业普遍利用人工智能、物联网和大数据技术可持续地开展商务活动,减少碳排放和环境资源浪费^[2,8]。学界从宏观与微观两个层面探讨了低碳城市试点政策的政策效应。在宏观层面上,低碳城市试点政策能够显著减少碳排放^[9],降低试点地区空气污染^[10],有效促进了城市生态文明建设和绿色低碳发展^[11-12]。在微观层面上,低碳城市试点政策促进了企业绿色创新水平提升,对高碳排放企业绿色技术创新水平提升尤其明显^[13],有效减少了企业能源消耗和污染排放^[14]。此外,低碳城市试点政策通过增加人才和资金投入促进城市技术创新水平提升,通过制定降污减排目标推动产业结构升级^[15-16]、促进企业全要素生产率提高^[1]。

基于文献梳理,本研究可能的边际贡献包括:第一,从低碳城市试点政策切入,研究企业数字化转型的影响因素,拓展环境政策和企业数字化转型关系研究;第二,从融资约束和技术创新角度揭示低碳城市试点政策影响企业数字化转型的机制,并从企业性质和城市规模方面进行异质性讨论,深化低碳城市建设路径相关研究;第三,考虑低碳城市建设的示范效应,运用空间双重差分模型探究低碳城市试点政策对邻近地区企业数字化转型是否存在空间溢出效应,丰富低碳城市试点政策的经验研究。

一、政策背景、理论机制与研究假设

(一) 低碳城市试点政策背景

低碳城市试点政策是缓解我国资源环境压力、实现绿色发展的环境规制政策,旨在减少碳排放、改善环境状况、促进可持续发展,为全国进一步推进低碳城市建设、降低碳排放提供示范和经验借鉴。中国政府为积极应对气候变化,在 2009 年哥本哈根国际气候变化大会上就提出了控制碳排放的目标,此后,中国政府开始分阶段推进低碳城市试点,自 2010 年以来已经进行了三批试点。国家发展和改革委员会统筹考虑了各地方的工作基础和试点布局的代表性,根据地方申报情况,于 2010 年确定了第一批低碳城市试点的 5 省 8 市;进一步地,为稳步推进低碳试点示范,使每个省(区、市)至少有一个低碳城市试点,国家发展和改革委员会参照第一批试点的经验,于 2012 年确定了第二批低碳试点,此次试点以城市为主、省(区、市)为辅,主要包括 3 个省(区、市)和 26 个城市;为继续扩大国家低碳城市试点范围,鼓励更多的城市探索和总结低碳发展经验,全面铺开低碳城市试点工作,国家发展和改革委员会对各申报地区的试点实施方案、工作基础、示范性和试点布局的代表性等因素进行深入研究,于 2017 年确定了在长阳土家族自治县、琼中黎族苗族自治县、逊克县、普洱市思茅区等 4 个县(区)和 41 个城市开展第三批低碳城市试点。值得注意的是,低碳城市试点不会得到中央政府的经济和政策支持,中央政府

也不会强制性约束低碳城市试点, 每个试点需要组合运用政策工具, 制定低碳城市发展方案。可见, 低碳城市试点政策具有弱约束、弱激励和政策组合性强等特征^[10,13-14]。

(二) 低碳城市试点政策对企业数字化转型的影响

一方面, 低碳城市试点政策是中央“自上而下”授权给地方进行自主探索的政策, 国家发改委既没有提供财政补贴和政策支持给试点地区, 也没有制定项目审核和绩效标准等条件约束试点。在这种弱激励、弱约束的政策环境下, 试点地区出于增强政治合法性诉求, 有动机参与低碳城市试点建设^[17-18]。企业发展模式受地方政府的规制和约束, 地方政府的环境诉求会影响企业战略决策^[1]。而数字技术广泛应用不仅可以优化企业末端治理、降低企业碳排放, 还可以精准地掌握和引导企业要素流动、提高企业绩效^[19], 实现环境效益与企业效益的双赢。因此, 数字化转型已成为企业高层管理人员的战略选择^[2], 企业有动机推进主营业务与数字技术深度融合, 从而促进企业数字化转型。

另一方面, 低碳城市试点政策具有政策组合性强的特点, 能对命令型、市场型、自愿型等不同的政策工具进行组合以推进企业数字化转型。首先, 低碳城市试点可以运用命令型政策工具对企业的技术和生产提出严格的环保要求。由于该政策工具具有强制性, 故企业面对地方政府提出的环保要求会产生巨大压力。为了避免碳排放不达标而受到相应的处罚, 企业通常会摒弃粗放的生产经营方式, 进行方向性技术变革以提高竞争力^[13], 推动企业的数字化转型。其次, 低碳城市试点可以运用市场型政策工具控制企业的碳排放总量与配额。数字技术不仅可以提高单位能源产值, 弥补因购买排放配额造成的利润损失, 还可以降低企业治污成本, 驱动企业进行数字化转型^[16], 从而为企业数字化转型赋能。最后, 低碳城市试点可以运用自愿型政策工具要求企业披露碳排放量信息和环境指标。为了控制生产过程中碳排放对环境的影响, 降低社会舆论压力, 企业可以通过加大数字技术创新的力度来实现变革^[20]。这意味着企业要将数字技术与生产要素相结合, 在积极向外界表明企业生产活动已由“末端治理”走向“前端预防”的同时, 逐渐实现整个生产过程的数字化和精细化管理。总之, 低碳城市试点政策能够通过不同的政策工具推动企业数字化转型, 据此提出假说 1: 低碳城市试点政策的实施有利于促进企业的数字化转型。

(三) 低碳城市试点政策对企业数字化转型的影响机制

低碳城市试点政策通过政府部门帮扶和金融机构支持缓解企业融资约束, 为企业数字化转型提供良好财务保障。一方面, 低碳城市试点凭借上级政府赋予的自主性, 在制定低碳城市规划方案时就会探索性地提出绿色金融政策, 包括特定行业补贴、优惠贷款利率、专项资金支持等^[13]。这些金融支持政策都能有效缓解企业研发创新活动的融资约束, 其中, 政府补贴或专项基金投放释放政府对企业前景认可的积极信号, 引导风险投资者给企业投资^[15,21], 扩宽企业的融资渠道。从银行和其他金融机构获得政府政策补贴和支持被视为政府的隐性担保^[1], 并会因此降低企业的信贷门槛, 纾解企业的融资约束困境。另一方面, 企业数字化转型会因政府帮扶和金融机构支持得到跃增。政府部门的绿色金融政策和金融机构对特定企业的支持, 有助于引导企业的经营理念向低碳模式转变, 有利于降低企业资金流的不确定性, 增强企业数字化转型的动机。企业也因此将充足的金融资源投入技术研发创新中, 激发企业数字化创新潜能, 推动企业数字化转型水平的提升。

低碳城市试点政策通过培育科技人才和增加资金投入提高技术创新水平, 为企业数字化转型提供人才和技术支持。一方面, 低碳城市试点政策要求试点城市培养科技人才、调整财政支出结构, 以落实低碳发展理念^[22]。低碳城市试点可以将科研相关领域和部门引入城市规划、建设和管理等各个环节, 有助于科研人员的积累, 而科研人员作为直接的要素投入, 能够有效提高试点

的技术创新水平;低碳城市试点为提高创新主体的积极性,会给部分有创新潜力的企业提供创新补贴,促进试点的科技创新。另一方面,低碳城市试点的技术创新水平提升最终会落实到企业层面^[15]。新技术的吸收、转化和应用,不仅使企业有能力把握创新发展机遇,还能使企业提高技术创新内生动力,进而有助于企业突破关键性数字技术壁垒,降低企业数字化转型风险,促进企业生产营销和管理过程的全产业链数字化转型。据此提出假说 2:低碳城市试点政策通过缓解企业融资约束和提升城市技术创新水平,促进企业的数字化转型。

二、实证设计与数据说明

(一) 识别策略与模型设计

本文研究的目的是探究低碳城市试点政策能否促进企业数字化转型水平的提升,这就需要精确识别二者之间的因果关系。同时由于低碳城市试点一共有三批,每一批城市的特点和试点时间各不相同,故采用多期双重差分法探讨低碳城市试点政策对企业数字化转型的影响,并对比低碳城市试点政策实施前后试点城市企业数字化转型水平(处理组)和非试点城市企业数字化转型水平(对照组)的差异,准确识别低碳城市试点的政策净效应。具体模型设定如下:

$$\ln edt_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 treat_i \times time_t + \vartheta control_{it} + \sum \gamma industry + \sum \mu year + \lambda_{it} \quad (1)$$

式中:因变量 $\ln edt$ 代表企业数字化转型水平。借鉴吴非等^[23]的研究,使用 Python 文本挖掘企业年报中数字化转型关键词的词频,并求和得到企业数字化转型水平。 $treat \times time$ 代表低碳城市试点。若入选低碳城市试点,且观测时间在入选年份之后,则 $treat \times time$ 取值 1,否则取值 0。系数 α_1 反映试点政策对企业数字化转型水平的影响。 $control$ 表示控制变量集合,分别做如下定义:审计意见($audit$)采用 0—1 虚拟变量形式衡量,若审计意见为标准无保留意见则取值 1,否则取值为 0;企业年龄(age)及其平方项(age^2)采用企业上市年龄及其平方项衡量;杠杆率(lev)采用企业总负债与总资产的比值衡量;企业人力资本投入($\ln labor$)采用公司实际支付给职工的工资、奖金、津贴、补贴、保险之和与员工人数比值的对数衡量;托宾 Q ($tobinQ$)采用企业市价(股价)与企业的重置成本的比值衡量;财政支出水平($finance$)采用各城市财政科教支出与财政总支出的比值衡量;职工工资水平($\ln wages$)采用各城市职工平均工资衡量。 $industry$ 和 $year$ 分别表示控制了企业的行业和时间效应。 λ 表示随机误差项。 i 表示企业。 t 表示年份。

为保证双重差分估计量无偏,对照组与处理组需满足平行趋势假设,借鉴 Beck 等^[24]的研究思路,构建如下模型:

$$\ln edt_{it} = \alpha_0 + \sum_{t=-7}^{10} \alpha_k treat_i \times time_t + \vartheta control_{it} + \sum \gamma industry + \sum \mu year + \lambda_{it} \quad (2)$$

式中: α_k 为平行趋势检验重点关注的估计系数,表示低碳城市试点政策实施前后时间虚拟变量与是否批复为试点城市虚拟变量交互项($treat \times time$)的估计值,其余变量含义均与公式(1)一致。

为探讨低碳城市试点政策影响企业数字化转型的作用机制是否成立,验证假说 2,设立以下传导机制模型:

$$M_{it} = \delta_0 + \delta_1 treat_i \times time_t + \vartheta control_{it} + \sum \gamma industry + \sum \mu year + \lambda_{it} \quad (3)$$

$$\ln edt_{it} = \beta_0 + \beta_1 treat_i \times time_t + \beta_2 M_{it} + \vartheta control_{it} + \sum \gamma industry + \sum \mu year + \lambda_{it} \quad (4)$$

式中: M_{it} 作为传导机制变量,包括微观层面的企业融资约束($resource$)和宏观层面的技术创新

水平 ($\ln tec$)，分别做如下定义：企业融资约束采用 FC 指数衡量；技术创新水平参考卞元超等^[25]的研究，用公式“ $0.2 \times \text{外观设计专利} + 0.3 \times \text{实用新型专利} + 0.5 \times \text{发明专利}$ ”计算并对结果取对数；其他变量与基础模型一致。

进一步地，为检验低碳城市试点政策的实施对邻近城市企业数字化转型是否存在空间溢出效应，借鉴 Delgado 等^[26]的做法，构建空间双重差分模型：

$$\ln edt_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 treat_i \times time_t + \alpha_2 treat_i \times time_t \times W + \vartheta control_{it} + \mu_i + \gamma_t + \lambda_{it} \quad (5)$$

式中： $\ln edt$ 代表城市层面企业数字化转型水平，参考 Wu 等^[27]、湛仁俊等^[28]的做法，在统计样本城市各企业 2008—2020 年间每年数字化转型关键词的词频后，分年份加总到城市层面。 W 为空间权重矩阵，包括 0—1 矩阵 ($W1$) 和经济地理矩阵 ($W2$)。0—1 矩阵定义如下：当城市 i 与城市 j 二者所在省份存在相邻边界时， w_{ij} 取 1，否则取 0，且矩阵对角线上的元素取 0。经济地理矩阵定义如下： w_{ij} 为城市 i 与城市 j 人均 GDP 平均值之差的绝对值的倒数与其地理距离倒数的乘积。控制变量 ($control$) 主要包括财政支出水平 ($finance$)、职工工资水平 ($\ln wages$)、城市紧凑水平 ($population$)、政府干预程度 ($government$)、对外开放水平 ($foreign$) 和人力资本水平 ($\ln labor$)，其中，城市紧凑水平采用各城市每平方千米常住人口数量衡量，政府干预程度采用各城市财政支出与 GDP 比值衡量，人力资本水平采用各城市万人大学生人数衡量，其余变量与基准模型保持一致。

(二) 数据来源

以 2008—2020 年沪深两市 A 股上市企业的数据作为研究样本。企业层面的变量数据主要来自国泰安数据库 (CSMAR)，对收集到的微观数据进行如下处理：剔除金融、房地产等非实体行业的样本，剔除 ST、*ST 等特殊企业的样本，保留至少五年不存在数据缺失的样本，对样本内所有相关微观变量采取 1% 的缩尾处理。城市层面的变量数据来自《中国城市统计年鉴》、各省 (区、市) 统计公报以及相关统计网站。通过上述数据处理后，最终得到 10968 个样本数据。各变量的描述性统计见表 1。

表 1 变量的描述性统计

变量	均值	标准差	最小值	最大值	变量	均值	标准差	最小值	最大值
$\ln edt$	2.592	1.306	0	5.505	age^2	144.851	159.814	0.000	625.000
$treat \times time$	0.555	0.497	0	1.000	lev	41.432	18.062	7.188	83.244
fc	0.502	0.261	0.019	0.949	$\ln labor$	9.228	1.076	3.919	11.598
$\ln tec$	8.359	1.401	3.418	11.085	$tobinQ$	1.905	1.432	0.208	8.951
$audit$	0.985	0.121	0	1.000	$finance$	19.733	5.309	0.156	28.915
age	9.938	6.790	0	25.000	$\ln wages$	10.931	0.451	9.368	11.985

三、实证结果

(一) 基准回归结果

基准模型回归结果 (见表 2) 显示，低碳城市试点政策的实施一定程度上促进了企业数字化转型水平的提升。具体地，政策估计 ($treat \times time$) 系数均在 1% 水平显著为正。可见，相对于非低碳城市试点，低碳城市试点建设能使企业数字化转型水平提升 16.2 到 16.4 个百分点。其可能的原因在于，低碳城市试点政策能通过提高企业对地方政府合法性的认同，采用组合型政策工具，如命令型工具、市场型工具与自愿型工具，督促企业遵循地方政府制定的减碳目标和标准，促进企业进行数字化转型，从而减少规制成本对企业利润的侵蚀^[1]。综上所述，实证结果支持假说 1。

表 2 低碳城市试点政策对企业数字化转型基准回归结果

变量	未加控制变量		加控制变量	
	非稳健标准误	稳健标准误	加微观控制变量	加宏观控制变量
$treat \times time$	0.162*** (7.740)	0.162*** (7.700)	0.163*** (7.760)	0.164*** (7.730)
$audit$			0.228** (2.430)	0.229** (2.440)
age			-0.018*** (-3.170)	-0.018*** (-3.100)
age^2			0.0001** (2.010)	0.0001* (1.930)
lev			0.002*** (3.150)	0.002*** (3.140)
$\ln labor$			-0.004(-0.410)	-0.005(-0.510)
$tobinQ$			0.006(0.680)	0.006(0.660)
$finance$				0.0001(0.110)
$\ln wages$				0.041* (1.730)
$_cons$	1.155*** (6.210)	1.155*** (6.370)	0.889*** (3.870)	0.469(1.390)
年份固定	YES	YES	YES	YES
行业固定	YES	YES	YES	YES
Observations	10968	10968	10968	10968
Adjusted R ²	0.408	0.408	0.410	0.410

注：***、**、* 分别代表在 1%、5% 和 10% 的水平显著, 括号内数值为 t 值, 表 3~6 同。

（二）稳健性检验

1. 平行趋势检验

图 1 为平行趋势假设检验结果，报告了 95% 置信区间下低碳城市试点政策实施前后企业数字化转型的变动趋势。从图 1 中可以看出，在实施低碳城市试点政策之前，各期 DID 回归系数 α_k 的 95% 置信区间包括 0，这表明试点地区与非试点地区企业数字化转型不存在显著的系统性差异，满足平行趋势假设；在实施低碳城市试点政策之后， α_k 的 95% 置信区间不包括 0，说明低碳城市试点政策的实施确实促进了试点地区企业数字化转型，且从回归系数上看，其影响效果呈现出上升趋势。

2. 安慰剂检验

为增强实证结果的稳健性，排除无法观测因素对基准回归结果产生影响，参考张国建等^[29]、张杰等^[30]的研究，通过选择随机样本作为实验组进行安慰剂检验。为了提高安慰剂检验的可识别能力，本文将全样本随机抽取过程重复了 1000 次，将产生的虚假试点样本作为实验组进行回归，得到了 1000 个虚假的系数值分布（如图 2）。检验结果显示，随机产生的估计系数均值分布在 0 左右且近似于正态分布，进而证明低碳城市试点政策的实施确实能显著促进企业数字化转型，

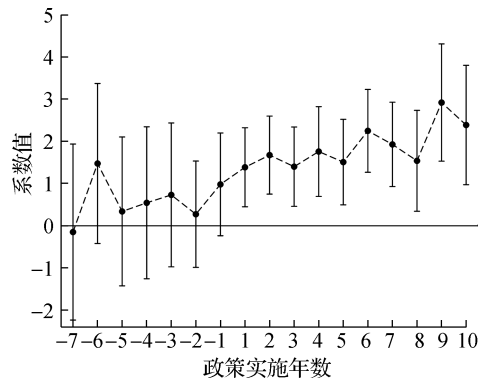


图 1 平行趋势假设检验结果

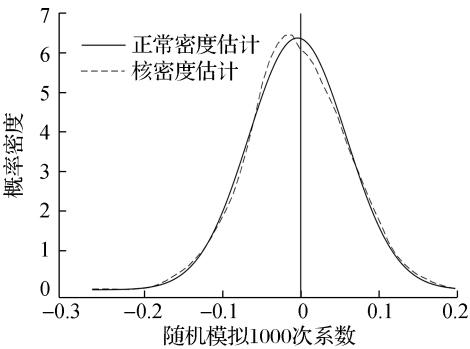


图 2 低碳城市试点政策安慰剂检验结果

证明原估计结果是稳健的。

3. 稳健性检验

第一，PSM-DID 方法。通过“半径匹配”进行实验组与对照组的匹配后，利用双重差分法对匹配后的数据重新进行回归，回归结果（见表 3）显示，低碳城市试点的政策效应依然在 1% 的水平显著为正，表明经半径匹配后低碳城市试点政策的实施仍有利于企业数字化转型水平的提升，回归结果支持基准回归结论。

第二，对子样本进行回归。为减少企业将生产过程转移到非城市试点的影响，剔除 2010 年以后上市企业的样本重新进行回归，回归结果（见表 3）显示，低碳城市试点的政策效应依然在 1% 的水平正向显著，基准回归结论不变。分别剔除直辖市和副省级城市、省会城市上市企业的样本数据进行回归，回归结果（见表 3）显示，双重差分项系数均在 1% 水平显著为正，即在分别剔除直辖市和副省级城市、省会城市上市企业的样本后，低碳城市试点政策的实施仍对企业数字化转型具有显著促进作用，基准回归结论依然稳健。

第三，排除其他政策干扰。依次控制创新型城市试点政策（*cxdid*）和节能与新能源汽车试点城市政策（*xnydid*）的虚拟变量（入选试点取值 1，否则取值 0）后，对低碳城市试点影响企业数字化转型重新进行回归，回归结果（见表 3）显示，加入创新型城市试点政策、节能与新能源汽车试点城市政策后，双重差分项（*treat* × *time*）系数依然在 1% 的水平显著为正，表明低碳城市试点政策对企业数字化转型的促进效果不依赖于其他政策的实施，基准回归实证结论仍然成立。

表 3 低碳城市试点政策对企业数字化转型稳健性检验结果

变量	PSM-DID	对子样本回归		排除其他政策干扰		
	半径匹配	保留 2010 年前上市企业	剔除直辖市和副省级城市	剔除省会城市	创新试点城市政策	节能与新能源汽车试点城市政策
<i>treat</i> × <i>time</i>	0.164*** (7.700)	0.178*** (7.130)	0.125*** (4.390)	0.095*** (3.010)	0.151*** (6.860)	0.115*** (5.100)
_cons	0.505(1.500)	0.548(1.330)	1.484** (2.510)	2.171*** (3.250)	0.572* (1.680)	0.556* (1.650)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
行业固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Observations	10930	7943	5913	5014	10968	10968
Adjusted R ²	0.410	0.415	0.388	0.359	0.410	0.412

（三）传导机制检验

从传导机制回归结果（见表 4）可以看出，低碳城市试点政策的实施可通过缓解企业融资约束和提高技术创新水平促进企业数字化转型水平的提升。一方面，*treat* × *time* 系数值显著为负，说明低碳城市试点政策的实施能有效缓解企业融资约束，进一步地，*fc* 系数显著为负，即企业数字化转型水平会因企业融资约束程度的降低而提高，与此同时，*treat* × *time* 系数值较未加入机制变量时变小，证明了低碳城市试点政策的实施能通过缓解企业融资约束促进企业数字化转型水平的提高；另一方面，低碳城市试点政策的实施对技术创新水平的提高具有显著正向影响，进一步地，加入中介变量项后双重差分项的系数值有所下降，且机制变量在 1% 水平显著为正，即技术创新水平在低碳城市试点政策促进企业数字化转型进程中发挥着传导机制作用。综上所述，实证结果支持假说 2。

表 4 低碳城市试点政策对企业数字化转型传导机制检验结果

变量	企业融资约束	企业数字化转型	技术创新水平	企业数字化转型
$treat \times time$	-0.011 *** (-3.080)	0.156 *** (7.370)	0.870 *** (37.230)	0.141 *** (6.180)
fc		-0.755 *** (-13.720)		
$\ln tec$				0.026 *** (3.020)
$_cons$	1.068 *** (19.130)	1.275 *** (3.740)	1.711 *** (4.330)	0.424 (1.260)
控制变量	YES	YES	YES	YES
年份固定	YES	YES	YES	YES
行业固定	YES	YES	YES	YES
Observations	10968	10968	10968	10968
Adjusted R ²	0.561	0.420	0.354	0.410

（四）异质性分析

1. 按企业科技属性分组回归

参考吴非等^[6]的研究，将上市企业划分为科技企业与非科技企业，实证结果见表 5。科技企业的双重差分系数显著为正，而非科技企业双重差分系数不显著，可见低碳城市政策的实施对科技企业数字化转型水平的促进作用高于非科技企业。其可能原因在于：科技企业主要以促进科技变革为准则，低碳城市试点政策的实施有利于鼓励科技企业更大力度地投入数字化转型创新活动中，从而显著促进科技企业数字化转型水平的提升；非科技企业由于主营业务与科技创新基本无关，即使在低碳试点城市财政政策和金融机构的支持下，由其自身缺少研发创新等数字化转型的基础条件，低碳城市试点政策的实施仍无法显著促进其数字化转型水平的提高。

2. 按城市人口规模分组回归

参考韩峰等^[31]的研究，将常住人口超过 300 万的城市划分为大城市，常住人口不足 300 万的城市划分为中小城市，分别进行回归。回归结果（见表 5）显示，低碳城市试点政策对大城市和中小城市企业数字化转型水平的提升作用分别在 1%和 10%水平上显著为正，说明低碳城市试点政策对大城市企业数字化转型存在“锦上添花”的作用，对中小城市企业数字化转型存在“雪中送炭”的作用。其可能原因在于，对人才充足、产业丰富、财政充裕的大城市来说，低碳城市试点政策能够通过增加科技人才培养和财政金融支持，进一步推动大城市企业数字化转型；而对人才短缺和财政支持力度不足的中小城市来说，低碳城市试点政策的实施有利于提高科技创新水平和增强财政支持力度，在一定程度上为中小城市企业数字化转型带来了转机。

表 5 低碳城市试点政策对企业数字化转型异质性回归结果

变量	创新属性		城市规模	
	科技企业	非科技企业	大城市	中小城市
$treat \times time$	0.253 *** (9.240)	0.021 (0.620)	0.177 *** (7.860)	0.129 * (1.790)
$_cons$	1.267 *** (2.950)	-0.482 (-1.020)	0.559 (1.560)	-3.286 ** (-2.210)
控制变量	YES	YES	YES	YES
年份固定	YES	YES	YES	YES
行业固定	YES	YES	YES	YES
Observations	6448	4520	9837	1131
Adjusted R ²	0.353	0.493	0.412	0.450

（五）进一步分析：空间溢出效应检验

空间双重差分模型回归结果（见表 6）表明，低碳城市试点政策的实施对邻近城市企业数字化转型的推动作用显著，证实了低碳城市试点政策呈现出的明显示范效应。其可能原因在于：试点城市与相邻城市在产业结构、经济发展和资源禀赋等方面都存在相似性，试点根据本地企业发展特点和经济社会条件制定的绿色低碳规划可为邻近城市转型发展提供一定的参考和借鉴^[2,19]。

表 6 低碳城市试点政策对企业数字化转型的空间溢出回归结果

变量	0—1 矩阵 W1	经济地理矩阵 W2	变量	0—1 矩阵 W1	经济地理矩阵 W2
$treat \times time$	0.442 *** (5.010)	0.195 ** (2.470)	行业固定	YES	YES
$treat \times time \times W1$	0.421 *** (3.130)		Spatial-rho	0.266 *** (9.370)	0.327 *** (9.300)
$treat \times time \times W2$		1.362 *** (7.420)	Observations	1677	1677
控制变量	YES	YES	Adjusted R ²	0.611	0.598
年份固定	YES	YES			

四、结论与启示

基于 2008—2020 年沪深 A 股上市公司数据，采用多期双重差分模型实证检验低碳城市试点政策对企业数字化转型的影响、传导机制及异质作用，得出如下主要结论：第一，低碳城市试点政策能够显著提高企业数字化转型水平；第二，低碳城市试点政策可以通过缓解企业融资约束、促进城市技术创新提高企业数字化转型水平；第三，低碳城市试点政策对科技型企业和大城市企业数字化转型水平提升作用更显著；第四，低碳城市试点政策对相邻城市企业数字化转型水平的提升同样具有促进作用。

基于以上研究结论，得到如下政策启示：第一，进一步推进低碳城市试点项目，释放低碳城市建设辐射带动作用。总结低碳城市试点建设经验，鼓励更多城市进行绿色增长模式探索，扩大低碳城市试点的覆盖范围；充分发挥低碳城市试点的空间示范效应，合理布局和规划低碳城市建设，以点带面构建低碳城市网络，破除“各自为政”的治理模式和“以邻为壑”的行政策略，大力推动城市之间创新资源的共享性和流动性，在强化低碳发展联动性的同时，全面带动企业数字化转型。第二，加大人才培育和财政倾斜的力度，注重绿色金融政策的实施和引导。试点城市应制定人才引进政策，加大科技创新活动财政支出力度，为企业数字化创新活动营造良好的研发环境。除此之外，试点城市还应保持相关绿色金融措施的连续性，加强政府部门和金融机构对企业绿色创新活动融资的支持，最大限度缓解企业在数字化转型过程中面临的融资约束，有效发挥地方政府的引导作用，加速形成企业数字化转型的新格局。第三，因地制宜地实施差异化环境政策，发展独具特色的数字化转型路径。试点城市应立足城市发展规模和企业发展特点，科学设计政策工具组合，在保持城市原有优势的基础上，选择性地吸收标杆城市建设经验，针对性研发和推广低碳技术，靶向性制定绿色金融政策，发展符合本城市产业和经济发展特点的数字化转型道路。

参考文献：

[1] 赵振智，程振，吕德胜. 国家低碳战略提高了企业全要素生产率吗？基于低碳城市试点的准自然实验 [J]. 产业经济研究，2021（6）：101-115.

- [2] FERROZ A K, ZO H, CHIRAVURI A. Digital transformation and environmental sustainability: a review and research agenda [J]. Sustainability, 2021, 13 (3): 1530.
- [3] 唐松, 李青, 吴非. 金融市场化改革与企业数字化转型: 来自利率市场化的中国经验证据 [J]. 北京工商大学学报(社会科学版), 2022, 37 (1): 13-27.
- [4] 毛其淋. 外资进入自由化如何影响了中国本土企业创新? [J]. 金融研究, 2019 (1): 72-90.
- [5] 张黎娜, 苏雪莎, 袁磊. 供应链金融与企业数字化转型: 异质性特征、渠道机制与非信任环境下的效应差异 [J]. 金融经济研究, 2021, 36 (6): 51-67.
- [6] 吴非, 常曦, 任晓怡. 政府驱动型创新: 财政科技支出与企业数字化转型 [J]. 财政研究, 2021 (1): 102-115.
- [7] 王冠男, 吴非, 曹铭. 对外开放对企业数字化转型驱动效应研究 [J]. 亚太经济, 2022 (1): 102-110.
- [8] DEMARTINI M, EVANS S, TONELLI F. Digitalization technologies for industrial sustainability [J]. Procedia manufacturing, 2019, 33: 264-271.
- [9] 肖涵月, 孙慧, 王慧, 等. 从“试点”到“扩散”: 低碳城市试点的包容性低碳增长效应分析 [J]. 产业经济研究, 2022 (3): 28-40.
- [10] 宋弘, 孙雅洁, 陈登科. 政府空气污染治理效应评估: 来自中国“低碳城市”建设的经验研究 [J]. 管理世界, 2019, 35 (6): 95-108.
- [11] 邓荣荣, 张翱翔, 陈鸣. 低碳试点政策对生态效率的影响及溢出效应: 基于空间双重差分的实证分析 [J]. 调研世界, 2022 (1): 38-47.
- [12] 臧传琴, 孙鹏. 低碳城市建设促进了地方绿色发展吗? 来自准自然实验的经验证据 [J]. 财贸研究, 2021, 32 (10): 27-40.
- [13] 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.
- [14] 张志新, 孙振亚, 路航. 低碳城市试点实现企业绿色技术创新的“增量提质”了吗? [J]. 云南财经大学学报, 2022, 38 (4): 85-98.
- [15] 逯进, 王晓飞. 低碳试点政策对中国城市技术创新的影响: 基于低碳城市试点的准自然实验研究 [J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2019, 19 (6): 128-141.
- [16] 逯进, 王晓飞, 刘璐. 低碳城市政策的产业结构升级效应: 基于低碳城市试点的准自然实验 [J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2020, 40 (2): 104-115.
- [17] 庄贵阳. 中国低碳城市试点的政策设计逻辑 [J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30 (3): 19-28.
- [18] 钟昌标, 胡大猛, 黄远浙. 低碳试点政策的绿色创新效应评估: 来自中国上市公司数据的实证研究 [J]. 科技进步与对策, 2020, 37 (19): 113-122.
- [19] 易露霞, 吴非, 徐斯咏. 企业数字化转型的业绩驱动效应研究 [J]. 证券市场导报, 2021 (8): 15-25.
- [20] 唐松, 伍旭川, 祝佳. 数字金融与企业技术创新: 结构特征、机制识别与金融监管下的效应差异 [J]. 管理世界, 2020, 36 (5): 52-66.
- [21] 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.
- [22] 龚星宇, 姜凌, 余进韬. 不止于减碳: 低碳城市建设与绿色经济增长 [J]. 财经科学, 2022 (5): 90-104.
- [23] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现: 来自股票流动性的经验证据 [J]. 管理世界, 2021, 37 (7): 130-144.
- [24] 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.
- [25] 卞元超, 吴利华, 周敏, 等. 国内市场分割与雾霾污染: 基于空间自滞后模型的实证研究 [J]. 产业经济研究, 2020 (2): 45-57.
- [26] DELGADO M S, FLORAX R J G M. Difference-in-differences techniques for spatial data: local autocorrelation and spatial interaction [J]. Economics letters, 2015, 137: 123-126.
- [27] WU H Y, GUO H X, ZHANG B, et al. Westward movement of new polluting firms in China: pollution reduction mandates and location choice [J]. Journal of comparative economics, 2017, 45 (1): 119-138.
- [28] 谌仁俊, 杨杰, 戴成燕, 等. 荣誉的力量: 授予全国文明城市称号能否激励地方强化企业减排? [J]. 产业经济研究, 2021 (2): 71-84.
- [29] 张国建, 佟孟华, 李慧, 等. 扶贫改革试验区的经济增长效应及政策有效性评估 [J]. 中国工业经济, 2019 (8):

136-154.

- [30] 张杰, 付奎. 信息网络基础设施建设能驱动城市创新水平提升吗? 基于“宽带中国”战略试点的准自然试验 [J]. 产业经济研究, 2021 (5): 1-14.
- [31] 韩峰, 胡玉珠, 陈祖华. 国家审计推进经济高质量发展的作用研究: 基于地级城市面板数据的空间计量分析 [J]. 审计与经济研究, 2020, 35 (1): 29-40.

Can Low-carbon City Pilot Policies Facilitate the Digital Transformation of Enterprises? Evidence Based on a Quasi-natural Experiment

Pang Wanyu, Zhu Jinhe

Abstract: By the use of the panel data of A-share listed companies in Shanghai and Shenzhen from 2008 to 2020, a double difference model is applied to empirically test the effects of the implementation of low-carbon city pilot policies on the digital transformation of enterprises. Benchmark regression results find that the implementation of low-carbon city pilot policies can significantly promote the digital transformation of enterprises, and the results still hold after a series of robustness tests. The mechanism test finds that low-carbon city pilot policies promote the digital transformation level of enterprises mainly through two channels of alleviating the financing constraints of enterprises and improving the level of technological innovation of cities. The heterogeneity analysis finds that the implementation of the low-carbon city pilot policies have a more significant effect on improving the digital transformation level of technology enterprises and large-scale urban enterprises. Further study finds that the implementation of low-carbon city pilot policies has a spatial spillover effect on the digital transformation of enterprises, that is, the implementation of low-carbon city pilot policies not only improves the level of digital transformation in pilot cities but also in neighboring cities.

Keywords: low-carbon city pilot policies; digital transformation of enterprises; double difference model; spatial double difference model

(收稿日期: 2023-06-20; 责任编辑: 沈秀)