

# 低碳试点政策与城市绿色技术创新

## ——基于中国267城市数据的实证分析

李俊<sup>1</sup>, 叶建乐<sup>2</sup>

<sup>1</sup>浙江科技大学碳中和创新研究中心, 浙江 杭州

<sup>2</sup>浙江科技大学经济与管理学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2024年10月25日; 录用日期: 2024年11月15日; 发布日期: 2025年2月27日

### 摘要

碳试点政策是我国为城市低碳转型推出的重要政策, 城市绿色技术创新作为城市低碳转型的重要推力与低碳试点政策紧密相关。本文基于我国267个城市2005年至2021年数据为研究对象, 通过实证分析探讨二者关系。研究表明, 低碳试点政策能促进城市绿色技术创新发展, 并且可以通过政府科技投入和人力资本水平两条路径来影响城市绿色技术创新, 还证明了低碳试点政策对城市绿色技术创新的促进效应存在区域异质性。研究不仅为低碳试点政策促进城市绿色技术创新发展提供证据, 还为后续政策实行提供建议。

### 关键词

低碳试点政策, 绿色技术创新, 政府科技投入, 人力资本, 绿色专利

# Low-Carbon Pilot Policies and Urban Green Technology Innovation

## —An Empirical Analysis Based on Data from 267 Cities in China

Jun Li<sup>1</sup>, Jianle Ye<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Carbon Neutral Innovation Research Center, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou Zhejiang

<sup>2</sup>School of Economics and Management, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou Zhejiang

Received: Oct. 25<sup>th</sup>, 2024; accepted: Nov. 15<sup>th</sup>, 2024; published: Feb. 27<sup>th</sup>, 2025

### Abstract

The low-carbon pilot policy is an important policy for urban low-carbon transformation launched by our country. Urban green technology innovation, as an important driving force for urban low-

文章引用: 李俊, 叶建乐. 低碳试点政策与城市绿色技术创新[J]. 低碳经济, 2025, 14(1): 137-146.

DOI: 10.12677/jlce.2025.141015

carbon transformation, is closely related to the low-carbon pilot policy. Based on the data of 267 cities in China from 2005 to 2021, this paper conducts an empirical analysis to explore the relationship between the two. The study shows that the low-carbon pilot policy can promote urban green technology innovation, and it can exert its influence on urban green technology innovation through two channels: government R&D investment and human capital level. The study also proves that the promotion effect of the low-carbon pilot policy on urban green technology innovation exists regional heterogeneity. The study not only provides evidence for the promotion of urban green technology innovation by low-carbon pilot policy, but also provides suggestions for subsequent policy implementation.

## Keywords

Low Carbon Pilot Policy, Green Technology Innovation, Government Investment in Science and Technology, Human Capital, Green Patent

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

如今随着社会发展由“高速度发展”转向“高质量发展”后,人类开始对环境问题进行思考和重视,逐渐将重心向环境问题的解决进行偏移,其中全球气候变暖是当前人类所面临的覆盖范围最广影响结果最直接的环境问题。全球气候变暖主要是由于温室效应不断积累,导致地气系统吸收与发射的能量不平衡,能量不断在地气系统累积,从而导致温度上升,造成全球气候变暖。如果放任全球气候变暖问题持续恶化,海平面上升以及频繁极端气候等问题将加剧,其后果只会让人类失去赖以生存的栖息地。人类前后陆续为全球气候变暖做出过相应努力,1992年《联合国气候变化框架公约》签订,标志着保护环境、降低碳排放,已经成为了全球的普遍的共识。1997年12月,《京都议定书》正式通过,标志人类历史上首次通过法律形式对温室气体排放加以限制的协议。2015年12月,《巴黎协定》终于达成,巴黎协定的签订具有里程碑意义,这是人类历史上第一份覆盖近200个国家和地区的全球减排协定,标志着全球应对气候变化迈出历史性的重要一步。我国目前作为世界最大的发展中国家和最大的碳排放国家,为了人类命运共同体这一理念,主动提出并实行一系列相应政策来应对全球气候变暖问题。其中,以低能耗和低污染为口号与目标的低碳试点政策正受到广泛关注。低碳试点政策根本目的在于城市需要进行低碳转型,转型为低碳城市离不开绿色技术创新,绿色技术创新是推动城市绿色低碳发展的核心动力,因此本文选择以低碳试点政策和城市绿色技术创新为研究对象,并选取267个城市2005年至2021年的数据进行分析,以此来探讨低碳试点政策对城市绿色技术创新的影响。与当前现有研究相比,本文的研究创新主要有:首先,本文选取三批次试点城市作为实验样本,弥补以往主要研究第二批试点城市的缺陷,并且延长了时间跨度,以此来更好地衡量低碳试点政策的影响。其次,本文并未选择以往常用的环境规制与数字经济等中介变量出发,选用政府科技投入和人力资本水平来进行影响路径探讨,并再采用江艇两步法来进行中介检验。

## 2. 理论分析与研究假设

低碳试点政策的目的在于要对于城市进行低碳转型,实行城市的低碳发展。但是低碳发展靠城市自身来进行协调转变是不科学的,因此需要绿色技术的帮助。绿色技术被国家知识产权局颁布的《绿

色技术专利体系》定义为绿色技术指的是降低消耗、减少污染、改善生态, 促进生态文明建设、实现人与自然和谐共生的新兴技术。而绿色技术创新指的是以低碳化和绿色化为主体, 所进行的技术创新活动统称为绿色技术创新。绿色技术创新不仅是技术层面的创新, 也可以是管理层面上的创新, 只要在创新过程中融入低碳与绿色理念, 都可以统称为绿色技术创新。绿色技术创新的主要目的在于, 通过对绿色技术的不断迭代更新, 使得在社会生产活动中降碳减排和提高资源利用率。通过对低碳试点政策和绿色技术创新的定义可以发现, 低碳试点政策的宗旨和目标需要通过绿色技术创新来进行实现, 而绿色技术创新的核心要义响应了低碳试点政策的理念, 低碳试点政策可以通过一系列的命令和激励措施不同程度地刺激着试点地区的绿色技术创新发展, 并且在相关政策文件中指出, 地方在执行试点政策时需要注重技术创新, 加强创新人才培养。根据以上分析提出以下假设:

假设 1: 低碳试点政策能够促进城市绿色技术创新的发展。

考虑到绿色技术创新是一项长期的, 复杂的, 具有不确定性的一项综合性活动, 并且对资金投入需求较高, 尤其是对城市层面的绿色技术创新研究时, 更不能照搬以往对企业微观个体影响的研究模式来进行研究, 城市层面的绿色技术创新, 不仅包含了城市内所有个体企业的绿色技术创新的加总, 还包括了城市内部各行政级别直属下的研究所等科研机构的绿色技术创新。因此在考虑低碳试点政策对城市绿色技术创新的影响时, 应当从宏观角度出发来思考影响路径。Dian 等[1]在实证研究中发现, 政府的科技投入补贴对城市的绿色技术创新具有促进作用。Li 等[2]在实证研究中发现政府的教育与科技总投入对城市的绿色技术创新起到促进作用, 在细分后发现科技总投入的影响效果比教育总投入的影响效果要好。Ma 等[3]在研究区域一体化进程中发现政府的科技支出对城市的绿色技术创新起到了促进作用。除此之外, 考虑到低碳试点政策文件中提到试点地区要加强提高生产原料资源利用率, 对绿色交通等绿色技术研发和推广应用, 政府需要加大绿色专项投入。从逻辑上推断低碳试点政策能够影响政府科技投入的支出(正向), 通过增加政府科技投入来促进城市绿色技术创新。根据以上分析提出以下假设:

假设 2: 低碳试点政策可以通过政府科技投入来促进城市绿色技术创新发展。

除了资金需求外, 绿色技术创新另一大影响因素在于人力资本, 前文说到绿色技术创新是一项长期、复杂的综合性活动, 该活动的参与主体毫无疑问是人类, 但是由于绿色技术创新的特性, 对参与者存在一定技术门槛和壁垒, 这就涉及到对地区人力资本水平的探讨, 人力资本和物质资本最大的不同在于, 人力资本因为存在潜力所以增值效应比物质资本强, 并且人力资本具有创造性, 这也是物质资本所不具有的, 这点刚好对应了绿色技术创新中的创新二字, 因此本文在研究时考虑也许存在试点政策可以通过人力资本来影响城市绿色技术创新这一路径。在参考国内外文献过程中发现, Grinblatt 等[4]研究表明, 高学历的工作人员较低学历的工作人员更多的信息、知识和技能, 具有更好的认知和判断能力。Munoz-Pascual L 等[5]通过研究发现, 高学历人员比低学历人员能够更大把握地发现新的潜在机会, 并对其提出想法或报告, 而且还能对此提出新的想法和解决方案。He 等[6]提出为了促进城市地区的可持续发展, 需要有技能的专业人员和受过教育的高学历人员, 他们可以培养出更多的绿色创新人才, 除文献外, 低碳试点政策的其中一项内容就是大力开展培养绿色创新人才, 通过绿色创新人才来更好地理解绿色政策的内涵与方向, 以此来推动城市绿色技术创新发展, 这正好与上文文献中的高学历人员对绿色技术创新存在更好的促进作用相呼应。因此通过总结以上文献和政策观点, 本文提出以下假设:

假设 3: 低碳试点政策可以通过提高人力资本水平来促进城市绿色技术创新发展。

### 3. 研究设计

#### 3.1. 样本选择及数据来源

本文选择我国 267 个城市从 2005 年至 2021 年共计 17 年的数据作为研究对象进行研究。其中 267 个

城市涵盖我国自 2010 年以来相继实行的三批次低碳试点城市与非低碳试点城市。基于数据可得性、真实性、连续性等方面考虑, 在实验初期删除如西藏地区、铜仁市、毕节市、陇南市、普洱市等数据缺失过多的地区, 并对剩下城市收集的数据进行清洗, 为消除数据中极端数值的影响, 对所有连续性变量数据均采用 1%~99%分位的缩尾处理。本文城市数据来源于历年《中国统计年鉴》和《中国城市统计年鉴》以及国泰安(CSMAR)数据库。此外专利数据来源于中华人民共和国国家知识产权局和世界知识产权组织(WIPO)。

### 3.2. 变量定义与模型构建

为了能够定量研究低碳试点政策城市绿色技术创新对城市绿色技术创新的影响, 在综合以往研究和结合实际的基础上, 选用多期 DID 模型来对其二者进行回归分析, 模型如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 did_{it} + \delta X_{it} + \mu_t + \eta_i + \varepsilon_{it}$$

其中:  $Y_{gti,i,t}$  为被解释变量, 其意义代表着试点地区的绿色技术创新水平, 通过文献查阅发现黎文靖等[7]率先通过年度专利申请数量来衡量企业创新能力, 王馨等[8]和仇怡等[9]在此基础上, 以绿色专利申请数量来分别衡量企业以及地区的绿色技术创新水平。本文就以上学者方法进行分析, 在数据收集过程中发现使用绿色专利申请量来表征城市绿色技术创新水平会使得地区之间的差异扩大, 部分发达地区的绿色专利年申请量甚至超过落后地区绿色专利年申请量高达万倍。因此本文决定在原城市年专利申请量数据的基础上除当年城市常住人口数量来消除绿色技术创新指标的巨大差异, 即使用城市万人绿色专利申请量来表征地区的城市绿色技术创新水平。其中  $Y_{gti,i,t}$  中的  $i$  代表的是地区,  $t$  代表的是时间;  $did_{it}$  为解释变量低碳试点政策开展,  $i$  与  $t$  的含义同上。  $X_{it}$  表示为本文五个控制变量的组合,  $\mu_t$  为时间固定效应,  $\eta_i$  为城市固定效应,  $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项。我国自 2010 年开始, 在 2012 年和 2017 年陆续公布了三批次低碳试点城市, 本文研究对象根据低碳试点城市名单分为低碳试点城市 119 个和非低碳试点城市 148 个。  $did_{it}$  的取值为 0 或 1, 具体算法为城市变量和时间变量交互相乘, 首先设置城市虚拟变量, 将实验组中的城市设置为 1, 反之控制组设置为 0, 之后再设置时间虚拟变量, 在试点政策实施之后的取 1, 否则为 0。中介变量分别为政府科技投入水平和人力资本水平。政府的科技投入水平参考以往文献, 选用政府科技投入除政府一般性支出作为指标衡量, 人力资本水平参考 Hu 等[10]采用地区普通本专科在校学生除地区年末总数来衡量。除低碳试点政策外, 其他变量也会影响城市绿色技术创新的发展。通过查阅文献本研究选取以下五个变量(参考文献中已证实下列变量对城市绿色技术创新有影响)作为本文的控制变量: 1、经济发展水平( $X_{gdp}$ ), 参考 Wen 等人[11]做法, 采用以 2011 年为基期的人均 GDP 对数来衡量城市经济发展水平。2、对外开放程度( $X_{op}$ ), 参考 Luo 等人[12]的做法, 采用进出口总额除地区生产总值的方式来衡量地区开放程度。3、金融发展程度( $X_{fd}$ ), 参考 Feng 等人[13]的做法, 采用年末金融机构存贷款余额除地区生产总值来衡量地区金融发展程度。4、城镇化率( $X_{ur}$ ), 参考 Chen 等人[14]的研究, 以城镇常住人口除地区总人口来衡量地区城镇化率。5、政府干预程度( $X_{gi}$ ), 参考 Feng 等人[15]的做法, 采用政府财政一般支出除地区生产总值来表示地区政府干预程度。考虑到被解释变量的选择可能会影响估计结果, 本文还采取解释变量代换的方式来进行检验, 参考王馨[8]的做法, 将绿色专利数量定义为绿色发明专利和绿色实用新型专利二者之和, 并且考虑到在实证中需要进行变量代换原被解释变量, 因此设立新的指标如  $Y_{gtiip}$  和  $Y_{gtium}$ 。其中  $Y_{gtiip}$  和  $Y_{gtium}$  分别代表城市万人发明专利申请量和城市万人绿色实用新型专利申请量(与上述解释变量一样, 在原专利数据基础上除当年城市常住人口), 将城市万人绿色发明专利申请量和城市万人绿色实用新型专利申请量分别代表城市万人绿色专利的“质”和“量”, 在后续实证中分别替代城市万人绿色专利申请量进行实证回归。相关变量描述详情见表 1。



**Table 1.** Related variables and indicators meaning table**表 1.** 相关变量及指标含义表

变量	指标名称	符号	指标含义
被解释变量	城市绿色技术创新	$Y_{gti}$	城市万人绿色专利申请总量
		$Y_{gtiip}$	城市万人绿色发明专利申请量
		$Y_{gtium}$	城市万人绿色实用新型专利申请量
核心解释变量	低碳试点政策	$did$	虚拟变量(0, 1)
中介变量	科技投入水平	$X_{sci}$	政府科技投入与一般财政支出的比值
	人力资本水平	$X_{hc}$	地区本专科人数与年末常驻人口的比值
控制变量	经济增长水平	$X_{gdp}$	人均 GDP 取对数处理
	城市开放程度	$X_{op}$	地区进出口总额除地区生产总值
	金融发展水平	$X_{fdl}$	年末金融机构存贷款余额除地区生产总值
	城镇化水平	$X_{ur}$	城镇常住人口/总常住人口
	政府干预程度	$X_{gi}$	政府财政一般支出/地区生产总值

## 4. 实证分析

### 4.1. 描述性统计

通过表 2 可知对于本文中变量的基本情况, 但其中存在一些特殊情况在此需要指出。如表所示城市万人绿色发明专利申请量和城市万人绿色实用新型专利的最小值为 0, 这是真实合理的, 在调查部分城市当年数据时发现, 在早期很多西部城市不存在申请绿色发明专利或实用新型专利的情况, 因此最小值为 0。此外, 城市开放度(op)与政府科技投入(sci)以及人资资本(hc)在表格中的最小值为 0, 这主要是由于最小值过小在 Stata16.00 版本中无法显示, 因此系统自动返还为 0, 但这三项内容实际最小值均不为 0。其余指标的数据详情见表 2。

**Table 2.** Variable description statistics table**表 2.** 变量描述性统计表

变量	样本量	平均值	标准偏差	最大值	最小值
$Y_{gti}$	4539	1.055	2.588	45.713	0.002
$Y_{gtiip}$	4539	0.503	1.368	24.810	0
$Y_{gtium}$	4539	0.514	0.985	5.997	0
$did$	4539	0.258	0.438	1	0
$X_{gdp}$	4539	10.453	0.743	11.979	8.309
$X_{op}$	4539	0.019	0.019	0.104	0.
$X_{fdl}$	4539	2.291	1.099	6.422	0.876
$X_{gi}$	4539	0.173	0.083	0.477	0.056
$X_{ur}$	4539	0.524	0.169	1	0.114
$X_{sci}$	4539	0.015	0.016	0.207	0
$X_{hc}$	4539	0.018	0.024	0.104	0

## 4.2. 多重共线检验

考虑到变量之间如果存在多重共线问题, 会严重影响回归结果的估计, 因此在回归实证前需要对变量先进行多重共线检验, 以往的方法都是采取 VIF 法, 如果变量的 VIF 值大于 10 则代表存在严重多重共线问题, 一般处于 5 以下为正常, 结果如表 3 所示, 所选变量的 VIF 值均小于 10, 则证明不存在多重共线问题。VIF 数值详情见表 3。

**Table 3.** Variable VIF test table  
**表 3.** 变量 VIF 检验表

变量	VIF 值	1/VIF 值
$X_{ur}$	3.00	0.333
$X_{gdp}$	2.39	0.419
$X_{fdl}$	1.60	0.623
$X_{gi}$	1.28	0.783
$X_{op}$	1.13	0.886
Mean	1.88	

## 4.3. 回归检验

从回归估计结果来看, 第一列回归结果为未引入控制变量的结果, 可以看出系数显著为正。第二列为引入控制变量后的回归结果后发现, *did* 交互项的回归系数依然显著为正, 并且控制变量的系数方向也符合研究预期。考虑到列 1 和列 2 交互项的回归系数皆在 1%水平上显著为正, 可以证明本文假设一正确, 即低碳试点政策对城市绿色技术创新存在促进作用, 具体回归结果见表 4。

**Table 4.** Multistage DID regression test table  
**表 4.** 多期 DID 回归检验表

变量	$Y_{gti}$	$Y_{gti}$
<i>did</i>	1.109*** (12.50)	0.896*** (10.52)
$X_{gdp}$		1.547*** (10.06)
$X_{op}$		1.207*** (6.54)
$X_{fdl}$		0.184*** (2.87)
$X_{ur}$		2.191*** (7.64)
$X_{gi}$		1.122*** (9.78)
常数项	0.118 (1.30)	14.171*** (11.48)
N	4359	4539
R <sup>2</sup>	0.2749	0.5386
城市固定	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes

注: 括号内为 t 值, 下表不做重复, \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ 。

#### 4.4. 稳健性检验

在以往的研究中, 仅进行回归估计检验是不够的, 还需要对模型进行稳健性检验, 本文的稳健性检验主要有平行趋势检验和变量代换检验。

平行趋势检验: 由于本文使用的模型是多期 DID, 因此进行平行趋势检验是十分必要的, 平行趋势检验的主要目的是验证处理组和对照组在处理干预之前是否存在系统性差异。如果变量通过了平行趋势检验, 则可认为可以使用 DID 系列模型来进行研究, 具体做法就是在基准回归模型的基础上加入年份的虚拟变量与处理组变量的交互项, 并进行回归估计。同时政策实施年份前的年份记为 pre+政策实施前的第几年, 政策实施后的年份记为 post+政策实施后的第几年, current 是政策实施的年份, 本研究为 2010 年, 本文在参考前人研究的基础上采取回归法来分析, 平行趋势检验结果见下图 1。

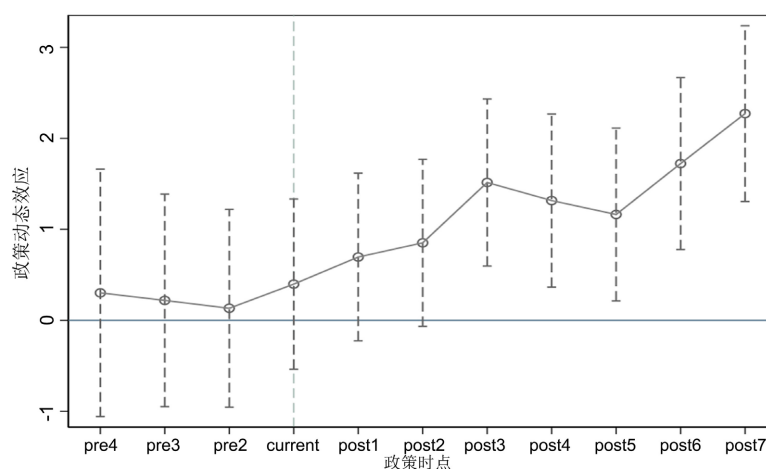


Figure 1. Parallel trend test chart

图 1. 平行趋势检验图

从图中可以看出在低碳试点政策实施之前, 回归系数并未显示出显著性, 这意味着处理组和对照组在这一阶段的变化趋势是相似的, 没有明显的差异。然而, 当低碳试点政策开始实施的那一年及之后, 回归系数开始逐渐的偏离 0, 并在政策实施两年后, 始终稳定在 0 以上。综上所述, 政策实施的时间节点选择是合理的, 平行趋势得到了有效的验证。

Table 5. Variable substitution regression statistics table

表 5. 变量代换回归统计表

变量	$Y_{gtip}$	$Y_{gtium}$
<i>did</i>	0.510*** (11.05)	0.318*** (10.81)
控制变量	Yes	Yes
常数项	7.348*** (9.06)	8.273*** (11.03)
N	4359	4359
R <sup>2</sup>	0.4892	0.6146
城市固定	yes	yes
时间固定	yes	yes

注: \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ 。

变量代换：回顾前文，本文在研究中发现选择绿色专利申请总量作为被解释变量可能存在过于单一问题，在参考前人文章后决定将绿色专利拆分为绿色发明专利和绿色实用新型专利，用绿色发明专利来衡量绿色专利的“质”，用绿色实用新型专利来衡量绿色专利的“量”，分别将二者进行城市万人化处理，并分别替代绿色专利申请量带入方程进行回归检验，回归结果详情见表5。

从回归结果来看，无论是将绿色专利申请量替换为绿色发明专利申请量或是绿色实用新型专利申请量，回归系数均在1%水平上显著为正，再次验证了本文假设1，即低碳试点政策可以促进城市绿色技术创新的发展。

#### 4.5. 中介效应检验

上文提出假设二和假设三分别以政府科技投入和人力资本水平作为中介变量，采用江艇(2022)两步法来进行操作，江艇两步法与以往三步法和优化两步法存在不同，具体做法为：第一步，对解释变量与被解释变量做基准回归；第二步，对解释变量与中介变量做回归[16]。如果第一步和第二步回归结果皆显著，则说明存在中介关系，但是需要逻辑推理以及文献加以支撑说明被解释变量与中介变量之间的关系。政府科技投入和人力资本水平的回归结果详情见表6。

Table 6. Intermediate effect test table

表 6. 中介效应检验表

变量	$X_{sci}$	$X_{hc}$
<i>did</i>	0.023*** (4.25)	0.018*** (5.34)
控制变量	Yes	Yes
常数项	2.47*** (2.61)	2.19*** (3.81)
N	4359	4359
R <sup>2</sup>	0.4815	0.6378
城市固定	yes	yes
时间固定	yes	yes

注：\*  $p < 0.1$ ，\*\*  $p < 0.05$ ，\*\*\*  $p < 0.01$ 。

从回归结果来看，*did* 交互项系数都在1%水平上正向显著，并且结合本文之前文献引用，可以得出中介效应存在，符合本文假设预期，即低碳试点政策可以通过提高政府科技投入和提高人力资本水平的方式来促进城市绿色技术创新的发展。

#### 4.6. 异质性分析

由于我国各地区城市在经济发展水平、创新能力以及交通便捷性等方面存在差异，因此有必要开展异质性分析，以此来探讨低碳试点政策建设对不同区域城市低碳发展的影响。本文依照东中西城市(主要因素为城市经济发展水平)定义，将实验样本共计267个城市分为100个东部城市，94个中部城市和73个西部城市，在双固定效应基础上引入控制变量，并对东中西城市分析带入进行多期DID回归，其回归结果详情见表7。

第(1)~(3)列结果分别为东部城市、中部城市和西部城市，从三列*did*交互项系数可以看出，均在1%水平上显著为正，证明了即使区域不同，但是低碳试点政策依然对城市绿色技术创新产生促进作用，并



且东部城市受到的促进作用大于西部城市大于中部城市。这可能是因为东部城市大多为发达城市, 城市本身的基础设施和创新水平较好, 因此能够更好地受到低碳试点政策的刺激作用。

**Table 7.** East-Central-West urban heterogeneity analysis regression table  
**表 7.** 东中西城市异质性分析回归表

变量	(1) $Y_{gti}$	(2) $Y_{gti}$	(3) $Y_{gti}$
<i>did</i>	0.567*** (2.83)	0.503*** (6.08)	0.531*** (9.28)
控制变量	Yes	Yes	Yes
常数项	3.359*** (5.94)	5.138*** (4.01)	6.778*** (8.77)
N	4359	4359	4359
R2	0.5726	0.5874	0.6255
城市固定	yes	yes	yes
时间固定	yes	yes	yes

注: \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ 。

## 5. 研究结论及对策

本文通过选取 267 个城市 2005 年至 2021 年的数据作为研究对象, 通过实证分析得到以下结论: 第一, 低碳试点政策对城市绿色技术创新具有促进作用。第二、低碳试点政策可以通过提高政府科技投入和提高人力资本水平来促进城市绿色技术创新的发展。第三、低碳试点政策对城市绿色技术创新的促进作用具有区位异质性, 促进效应为东部地区大于西部地区大于中部地区。

通过结论提出以下对策建议: 第一、政府需要坚定不移地继续推进低碳城市试点政策, 并在实践中不断对其进行完善和优化。已有的研究成果清晰地显示, 低碳试点政策对于推动城市绿色技术创新具有显著的影响, 各地区需将其视为促进绿色技术创新、推动城市可持续发展的重要抓手。第二、在后续低碳试点政策施行过程中政府要加大科技投入。政府作为低碳转型的引领者和推动者, 不仅要制定政策也要在一定程度上提供资金支持, 在机制检验中发现, 政府科技投入可以促进城市绿色技术创新, 故政府应该加大对城市的投入补贴力度。第三、根据实证结果可知, 低碳试点政策可以通过提高人力资本水平来促进城市绿色技术创新发展。政府可以在后续的低碳试点开展中, 进入校园进行绿色专业人才招聘宣传活动, 并且号召校园和企业, 开启产学研结合模式。以“科技合作基地”、“联合实验室”等为载体, 强化“产学研”合作, 以此来提高地区的绿色人力资本水平, 从而更好地促进地区绿色技术创新的发展。

## 基金项目

- 1、浙江科技学院重大教改项目“碳中和目标下‘思创、专创、产教’三融合培养绿色创业人才的研究与实践”(2022-jg04)。
- 2、浙江科技学院横向课题“乡村碳排放数据诊断与降碳增汇研究”(浙科科-KJ-2023-178)。

## 参考文献

- [1] Dian, J., Song, T. and Li, S. (2024) Facilitating or Inhibiting? Spatial Effects of the Digital Economy Affecting Urban Green Technology Innovation. *Energy Economics*, **129**, Article ID: 107223. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107223>
- [2] Li, C., Wen, M., Jiang, S. and Wang, H. (2024) Assessing the Effect of Urban Digital Infrastructure on Green Innovation: Mechanism Identification and Spatial-Temporal Characteristics. *Humanities and Social Sciences Communications*, **11**,

- Article No. 320. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02787-y>
- [3] Ma, S., Li, L., Zuo, J., Gao, F., Ma, X., Shen, X., *et al.* (2024) Regional Integration Policies and Urban Green Innovation: Fresh Evidence from Urban Agglomeration Expansion. *Journal of Environmental Management*, **354**, Article ID: 120485. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120485>
- [4] Grinblatt, M., Keloharju, M. and Linnainmaa, J. (2011) IQ and Stock Market Participation. *The Journal of Finance*, **66**, 2121-2164. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2011.01701.x>
- [5] Muñoz-Pascual, L., Curado, C. and Galende, J. (2019) How Does the Use of Information Technologies Affect the Adoption of Environmental Practices in SMEs? A Mixed-Methods Approach. *Review of Managerial Science*, **15**, 75-102. <https://doi.org/10.1007/s11846-019-00371-2>
- [6] He, K., Chen, W. and Zhang, L. (2021) Senior Management's Academic Experience and Corporate Green Innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, **166**, Article ID: 120664. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120664>
- [7] 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.
- [8] 王馨, 王莹. 绿色信贷政策增进绿色创新研究[J]. 管理世界, 2021, 37(6): 173-188, 11.
- [9] 仇怡, 曾迪, 吴建军. 我国低碳试点政策提升了城市绿色技术创新水平吗? [J]. 江西社会科学, 2023, 43(10): 50-60.
- [10] Hu, W. and Fan, Y. (2020) City Size and Energy Conservation: Do Large Cities in China Consume More Energy? *Energy Economics*, **92**, Article ID: 104943. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104943>
- [11] Wen, H., Liu, Y. and Huang, Y. (2023) Place-Based Policies and Carbon Emission Efficiency: Quasi-Experiment in China's Old Revolutionary Base Areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **20**, Article 2677. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032677>
- [12] Luo, Y., Salman, M. and Lu, Z. (2021) Heterogeneous Impacts of Environmental Regulations and Foreign Direct Investment on Green Innovation across Different Regions in China. *Science of The Total Environment*, **759**, Article ID: 143744. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143744>
- [13] Feng, Y., Wang, H., Liu, J. and Nie, C. (2023) The Effect of Information Infrastructure on Total Carbon Emissions and Intensity: Evidence from a Quasi-Natural Experiment in China. *Journal of Environmental Planning and Management*, **67**, 3310-3338. <https://doi.org/10.1080/09640568.2023.2220898>
- [14] Chen, J., Wang, L. and Li, Y. (2020) Natural Resources, Urbanization and Regional Innovation Capabilities. *Resources Policy*, **66**, Article ID: 101643. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101643>
- [15] Feng, Y., Li, Y. and Nie, C. (2023) The Effect of Place-Based Policy on Urban Land Green Use Efficiency: Evidence from the Pilot Free-Trade Zone Establishment in China. *Land*, **12**, Article 701. <https://doi.org/10.3390/land12030701>
- [16] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022(5): 100-120.