

跨境电商综合试验区对区域绿色技术创新水平的影响研究

王乾润^{1,2,3}, 万汝轩¹

(1. 新疆师范大学 商学院, 新疆 乌鲁木齐 830017; 2. 丝绸之路经济带核心区产业高质量发展研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830017;
3. 新疆社会科学院 博士后科研工作站, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要: 作为我国深化制度型开放与构建高质量发展新格局的关键部署, 跨境电子商务综合试验区的设立通过制度引领、市场驱动与技术外溢等多重路径, 有效提升了区域绿色技术创新能力。本研究以2013—2023年设立的七批跨境电子商务综合试验区为政策样本, 结合综试区所在的296个地级市的面板数据, 运用双重差分法系统评估了该政策对区域绿色技术创新的实际影响。实证研究发现, 跨境电子商务综合试验区能够显著推动区域绿色技术创新水平的提升, 这一结论在经过多种稳健性检验与内生性处理之后依然成立。异质性分析显示跨境电商综试区对区域绿色技术创新的影响在东北地区、西北地区和沿海地区较为显著。本研究证实了跨境电商综试区对邻近地区绿色技术创新存在空间溢出效应。研究结论为通过推动制度型开放促进绿色技术发展提供了重要的决策参考。

关键词: 绿色技术创新; 跨境电商综合试验区; 双重差分模型; 制度型开放创新; 空间溢出效应

中图分类号: F724.6; F124.3

文献标识码: A

文章编号: 1008-9659(2026)04-0024-14

习近平总书记在中共中央政治局第十一次集体学习时强调, “绿色发展是高质量发展的底色, 新质生产力本身就是绿色生产力”。^[1]2024年6月, 商务部发布《外贸企业绿色低碳发展知识手册》作为具体操作指南。2024年8月, 中共中央、国务院办公厅印发《关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》。政策利好叠加, 2024年我国跨境电商进出口规模达2.63万亿元人民币, 同比增长10.8%, 彰显其作为外贸增长的关键动力地位。同年, 商务部等9部门在《关于拓展跨境电商出口推进海外仓建设的意见》中, 明确要求“积极推动企业提升绿色化水平, 推广可再生、可回收、可降解产品与技术”^[2], 以绿色技术创新推进跨境电商绿色生产力发展, 并以绿色生产力驱动跨境电商可持续发展。截至2025年5月, 我国共设立了196个跨境电商综合试验区(综试区)。这一国家设立的创新平台, 致力于通过体制机制改革为绿色技术的突破及其向新质生产力的转化提供核心支撑。但是, 目前跨境电商依然存在碳排放量过高、物流绿色转型投资巨大、环保包装成本高等问题。因此, 本研究系统评估跨境电商综合试验区对区域绿色技术创新的作用机制, 并据此提出有针对性的政策建议, 这对我国进一步释放政策效能、培育绿色生产力及加快形成新发展格局具有重要现实意义。

1 文献综述

关于绿色技术创新的研究, 丰义^[3]认为新质生产力能够显著提升跨境电商产业竞争力。在新质生产力影响跨境电商产业竞争力的过程中, 绿色全要素生产率与绿色技术进步构成关键的双重传导机制。林常青等人^[4]认为数字贸易对企业绿色技术创新的促进作用有逐年正向叠加效应。唐红涛等人^[5]发现在跨境电商影响绿色全要素生产率的过程中, 产业结构与技术创新具有显著的调节效应, 且二者均能增强这一促进作用。卫斌^[5]将绿色技术创新变量纳入基准回归框架, 并依据规范的“三步法”中介效应检验流程, 考察其在低

[收稿日期] 2025-09-27

[修回日期] 2025-11-10

[基金项目] 新疆师范大学博士(后)科研启动基金项目(XJBSRW2024045); 新疆社会科学院博士后科研项目(002)。

[作者简介] 王乾润(1984-), 女, 副教授, 主要从事国际贸易、数字经济方面研究, E-mail: wangqian.run@163.com.

碳经济转型与跨境电商企业出口产品质量关系中的传导机制。周紫怡等人^[7]的研究表明,在“双碳”目标背景下,利用跨境电商推动绿色低碳转型已成为企业寻求可持续发展的关键路径。匡晓^[8]以2015—2022年47家跨境电子商务上市公司作为研究样本,采用双重差分模型,实证检验欧盟碳关税措施对跨境电商企业绩效的作用效果,发现企业的绿色创新活动及其ESG综合表现的提升,能够有效缓解欧盟碳关税实施带来的负面效应。王玉茹等人^[9]基于279个地级市进行实证分析,验证了在新质生产力框架下,绿色技术创新和产业集聚是推动绿色经济高质量发展的两个关键因素。

关于跨境电商综合试验区的研究,张夏恒^[10]认为,加大绿色技术创新在跨境电商领域的投入与应用,能够达成前沿数字技术与绿色发展并举。戴艳娟等人^[11]的研究发现,设立跨境电商综合试验区对企业数字化进程与创新能力发展均展现出显著赋能效应。蒋金荷等人^[12]指出,跨境电商综试区政策通过提升企业绿色治理水平、激发绿色产业创业活力以及完善知识产权保护机制等途径,对区域绿色发展产生了明显的积极效应。然而,周记顺等人^[13]的研究则揭示了政策的另一面:由于市场竞争加剧,利润空间收窄,对外部技术依赖度提高,这可能在一定程度上会抑制企业的自主创新动力。此外,刘珊等人^[14]的研究证实,跨境电商综试区政策已成为培育新质生产力的重要载体,其作用机制在于能够有效促进技术要素流通、引领产业转型升级并提升要素组合效能。侯杰等人^[15]基于前五批跨境电子商务综合试验区的城市样本,研究发现跨境电商综试区政策有效优化了外贸发展质量。

上述文献从企业创新、产业结构升级与绿色全要素生产率等维度,为跨境电商政策的经济与环境效益提供了理论依据,也为后续的政策设计提供了参考。然而,当前我国在跨境电商领域的绿色技术创新与成果转化方面仍面临诸多挑战。并且,跨境电商贸易中绿色贸易壁垒错综复杂,我国参与国际标准制定的水平较低,数据要素流动、监管与治理滞后于实践,无法满足现阶段跨境电商综合试验区和绿色生产力的需要。因此,文章立足国家加快发展新质生产力与构建绿色技术创新体系的导向,依托2013—2023年各批次跨境电商综合试验区设立这一准自然实验,系统识别该政策对地区绿色技术创新能力的影响机制与实施效果,并据此提出具有实践价值的政策建议,以期为推动绿色生产力发展的相关理论探索与制度设计提供参考依据。

2 模型设定与数据说明

2.1 模型设定

为评估跨境电商综合试验区对区域绿色技术创新的政策效应,本研究采用包含个体与时间固定效应的多期双重差分模型进行分析,该模型如下

$$\ln GTIP_{it} = \alpha + \beta treat_i \times post_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, i 、 t 分别表示城市和年份。被解释变量 $\ln GTIP_{it}$ 表示城市 i 在 t 年的数字经济综合发展水平。 $treat_i$ 为城市 i 是否属于跨境电商综合试验区的虚拟变量,若 i 城市是跨境电商综合试验区的区域,则 $treat_i=1$;若城市 i 不是跨境电商综合试验区的区域,则 $treat_i=0$ 。 $post_{it}$ 为跨境电商综合试验区政策实施前后的虚拟变量, $post_{it}=1$ 表示 i 城市在 t 年已经成立了跨境电商综合试验区; $post_{it}=0$ 表示 i 城市在 t 年没有成立跨境电商综合试验区。 X_{it} 表示可能影响城市绿色技术创新水平的控制变量,文章选取控制变量包括人均GDP、金融发展水平、科学教育水平、第三产业从业人员比重和利用外资水平。 μ_i 为个体固定效应,用于控制不随时间变化的个体异质性。 λ_t 为时间固定效应,用于控制不随个体变化的时变性因素。 ε_{it} 为随机扰动项。

2.2 指标选取

2.2.1 被解释变量

为检验跨境电商综合试验区的设立对区域绿色技术创新的影响,将区域绿色技术创新水平设定为被解释变量。参考董直庆等人^[16]的做法,采用每万人绿色技术发明专利授权数加一取对数($\ln GTIP$)来表征绿色技术创新水平。

2.2.2 解释变量

模型的核心解释变量为是否设立跨境电商综合试验区,使用交互项 $treat_i \times post_{it} (did)$ 来表示。其中, $treat_i$ 代表城市 i 是否为跨境电商综合试验区的区域, $post_{it}$ 代表城市 i 是否在年份 t 为跨境电商综合试验区的区域。其系数 β 代表跨境电商综合试验区对实验组区域绿色技术创新发展水平影响的净效应。

2.2.3 控制变量

参考相关文献^[17-19],挑选以下变量作为控制变量。

选取各城市人均GDP(*GDPP*)作为衡量经济发展水平的指标。该指标是评估区域经济发达程度与居民福利水平的核心尺度,能够有效反映地区的综合财力与社会发展状况。由于绿色技术创新的推进离不开充足的资源投入与市场支持,人均GDP所体现的经济实力为其提供了必要的物质条件与需求基础。

就业结构方面,以各城市中第三产业从业人员所占比例(*Employment*)进行评估。绿色技术创新的发展与第三产业的繁荣密不可分。同时,绿色技术创新通过催生新兴产业和商业模式,带动了一系列第三产业新职位的诞生,推动了就业市场的多元化发展。

科学教育水平方面,以各城市科学教育支出占财政总支出的比例(*TechEdu*)进行衡量。科学教育的质量和层次对人才培养的质量有直接影响,而高素质的人才则是绿色技术创新持续发展的核心动力。这些人才在绿色技术创新的探索、研发进程中发挥着举足轻重的作用,为绿色技术创新的蓬勃发展提供了源源不断的动力。

利用外资水平方面,以各城市实际利用外资额占地区生产总值的比例(*FDI*)进行评估。外资引入通过资本支持、技术外溢与管理示范等多重渠道,对绿色技术创新的培育与扩散起到了复合型驱动作用。外资企业通常在技术创新、人才培养、市场拓展等方面具备丰富的经验和资源,通过与本土企业的合作,可以促进绿色技术创新的提升。

金融发展水平方面,以各城市年末金融机构各类贷款余额占地区生产总值的比例(*Finance*)进行衡量。金融发展水平通过提供资金支持、降低交易成本、分散风险、推动技术创新与应用、服务升级以及政策扶持等多种方式,为绿色技术创新的进步提供重要赋能作用。

2.3 数据说明与描述性统计

本研究以2013—2023年地级市和在此期间成立的跨境电商综合试验区为研究对象(图1)。在数据处理方面,首先,排除所有变量数据完全缺失的城市;其次,对于部分缺失的数值,采用线性插值的方法补全;最后,由于第六批和第七批跨境电商综合试验区于同一年不同月份设立,而本研究的时间单位为年,因此将第六批和第七批跨境电商综合试验区作同一期处理。经过上述筛选和处理,最终得到2013—2023年共11年296个地级市的3256个有效观测值。研究所用面板数据主要源自《中国城市统计年鉴》及EPS数据库。其中,绿色专利授权数来自EPS数据库2013—2023年的数据,经济发展水平、就业结构、科学教育水平、利用外资水平和金融发展水平来自《中国城市统计年鉴》(2013—2023年)的数据。表1展示了本研究所有变量的描述性统计量。

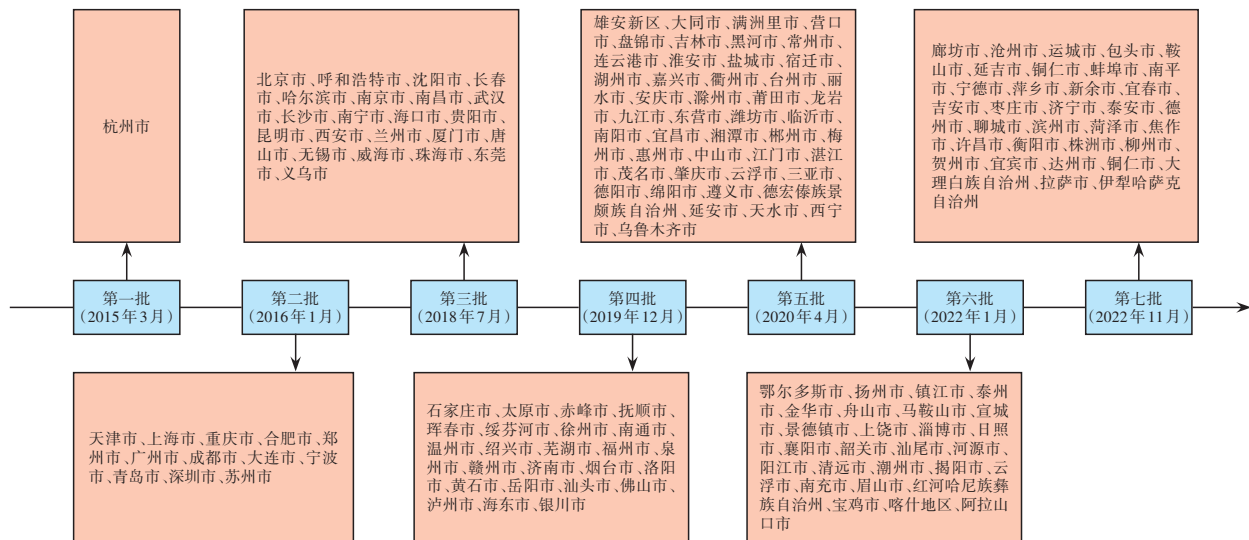


图1 跨境电商综合试验区

(注:截至2025年5月,我国共设立196个跨境电商综合试验区,由于面板数据可获得性,文章样本的时间跨度是2013—2023年,共计178个跨境电商综合试验区)

表1 描述性统计分析

变量	平均值	标准差	最小值	最大值	观测值
<i>lnGTIP</i>	0.474	0.522	0.000	3.371	3256
<i>did</i>	0.186	0.389	0.000	1.000	3256
<i>GDPP</i>	61599.490	37216.920	2148.000	467749.000	3256
<i>Employment</i>	57.044	14.689	16.570	104.620	3256
<i>TechEdu</i>	0.174	0.066	0.036	2.991	3256
<i>FDI</i>	0.013	0.019	0.000	0.199	3256
<i>Finance</i>	1.182	0.692	0.184	7.450	3256

3 模型设定与数据说明

3.1 基准回归

表2是跨境电商综合试验区政策对区域绿色技术创新影响的基准回归估计结果。其中,列(1)为仅包含双向固定效应的基准设定;列(2)则在列(1)的基础上,进一步纳入了完整的控制变量集。两组回归中,核心解释变量(*did*)的系数估计值均在1%水平上正向显著,这表明跨境电商综合试验区的设立对区域绿色技术创新产生了促进作用。

表2 基准回归结果

变量	digital_level	
	(1)	(2)
<i>did</i>	0.171*** (16.37)	0.163*** (15.00)
<i>GDPP</i>		0.000** (2.23)
<i>Employment</i>		0.001** (2.15)
<i>TechEdu</i>		0.173** (2.32)
<i>FDI</i>		0.656*** (2.63)
<i>Finance</i>		0.023* (1.81)
常数项	0.442*** (142.31)	0.229*** (3.83)
控制变量	NO	YES
个体固定效应	YES	YES
时间固定效应	YES	YES
观测值	3256	3256
R-squared	0.937	0.938

注:括号内数值为稳健标准误对应的*t*值;***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。

3.2 异质性分析

3.2.1 经济区域异质性分析

将样本划分为东部、中部及西部等主要经济区域(表3)。这些地区在资源条件、发展水平与经济形态上存在显著差异,可能导致跨境电商综合试验区的实施效果呈现不同特征。为此,采用分组回归方法对样本

进行分析,系统识别该政策对数字经济发展可能存在的区域异质性影响。

表3 经济区域划分

区域名称	省、自治区、直辖市
东北地区	吉林省、黑龙江省、辽宁省
东部地区	北京市、天津市、河北省、上海市、江苏省、浙江省、福建省、山东省、广东省、海南省
中部地区	山西省、河南省、安徽省、湖北省、湖南省、江西省
西部地区	重庆市、四川省、陕西省、云南省、贵州省、广西壮族自治区、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、西藏自治区、新疆维吾尔自治区、内蒙古自治区

表4展示了按经济区域分组的异质性回归结果。数据显示,在东北、东部、中部及西北四大区域的样本中,核心变量(*did*)的回归系数均在1%统计水平上正向显著。这表明跨境电商综合试验区的设立对不同地理区位的绿色技术创新均产生了稳健的促进效应。此外,东北地区交互项(*did*)回归系数在四个地区中最大,而中部地区交互项(*did*)回归系数在四个地区中最小。这说明东北地区和西北地区的政策效用相对明显,而东部地区和中部的政策效应相对较弱。可能由于近年来综试区政策效应的有效发挥,东北地区和西北地区的科学教育水平有所提高,金融体系进一步完善,跨境电商综合试验区为绿色技术创新的发展作出了积极贡献。相较而言,东部地区和中部地区由于在政策试点前已拥有相对较高的创新水平,政策红利释放效应相对较小,因此跨境电商试验区设立后对这两个地区绿色技术创新水平的政策效应相对较小。

表4 经济区域异质性回归结果

变量	lnGTIP			
	(1) 东北地区	(2) 东部地区	(3) 中部地区	(4) 西北地区
<i>did</i>	0.194*** (7.87)	0.090*** (4.96)	0.073*** (3.85)	0.149*** (7.07)
<i>GDP</i>	-0.000 (-1.31)	0.000 (0.90)	0.000*** (8.48)	0.000 (0.23)
<i>Employment</i>	-0.0001 (-0.07)	0.001*** (-0.002)	0.002 (1.37)	0.001 (1.52)
<i>TechEdu</i>	0.947*** (3.65)	0.084 (0.23)	0.972*** (3.27)	0.141** (2.39)
<i>FDI</i>	0.092 (0.30)	1.711*** (3.22)	0.658 (1.48)	0.106 (0.31)
<i>Finance</i>	0.044*** (2.98)	0.041 (1.08)	0.044 (1.48)	-0.024 (-0.88)
常数项	0.121* (1.73)	0.770*** (5.47)	-0.305*** (-3.00)	0.201** (2.33)
控制变量	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
观测值	374	946	880	1,056
R-squared	0.921	0.954	0.920	0.881

注:括号内数值为稳健标准误对应的*t*值;***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。

3.2.2 地理区域异质性分析

中国沿海地区与内陆地区在地理环境特征、经济发展水平、产业布局以及人口迁移模式上存在显著差异,这不仅塑造了各自独特的经济面貌,而且深刻影响了其经济发展水平。为探究跨境电商综合试验区在

不同地域环境下的发展效应,将跨境电商综合试验区划分为沿海型与内陆型两大类别(表5)。这一分类旨在通过对比分析,研究这两种不同类型的跨境电商综合试验区对其所在地区绿色技术创新水平所产生的不同影响。

表5 地理区域划分

区域名称	省、自治区、直辖市
沿海地区	天津市、河北省、上海市、江苏省、浙江省、福建省、山东省、广东省、海南省、广西壮族自治区
内陆地区	北京市、吉林省、黑龙江省、辽宁省、山西省、海南省、安徽省、湖北省、湖南省、江西省、重庆市、四川省、陕西省、云南省、贵州省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、西藏自治区、新疆维吾尔自治区、内蒙古自治区

根据地理区位的异质性回归结果(表6)可知,沿海地区与内陆地区跨境电商综合试验区的估计系数均在1%水平上显著为正,表明该政策对两类区域的绿色技术创新均产生了显著的促进效应。这说明无论是在沿海地区还是内陆地区,设立跨境电商综合试验区对绿色技术创新水平均有显著的提升作用。同时,沿海地区交互项(*did*)的估计系数高于内陆地区,这可能得益于其更为发达的对外开放体系与国际市场联系,利用外资的水平更高,最终造成两个地区之间政策效应的差距。

表6 地理区域异质性回归结果

变量	lnGTIP	
	(1) 沿海地区	(2) 内陆地区
<i>did</i>	0.145*** (8.50)	0.132*** (10.01)
<i>GDP</i>	0.000 (1.20)	0.000*** (3.95)
<i>Employment</i>	0.001 (0.39)	0.001 (1.15)
<i>TechEdu</i>	0.378 (1.12)	0.155** (2.11)
<i>FDI</i>	2.491*** (4.34)	0.213 (0.91)
<i>Finance</i>	0.052 (1.43)	0.015 (1.20)
常数项	0.428*** (3.14)	0.143*** (2.74)
控制变量	是	是
个体固定效应	是	是
时间固定效应	是	是
观测值	1,089	2,167
R-squared	0.951	0.909

注:括号内数值为稳健标准误对应的*t*值;***、**、*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著。

3.2.3 空间溢出效应

(1)模型设定。为了研究跨境电商综合试验区对区域绿色技术创新水平的空间溢出效应影响,文章构建空间溢出效应模型对其进行实证检验,具体模型设定如下

$$\ln GTIP_{it} = \alpha + \rho \sum_{j=1}^N W_{ij} \ln GTIP_{it} + \beta X_{it} + \gamma \sum_{j=1}^N W_{ij} X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \delta \sum_{j=1}^N W_{ij} \varepsilon_{it} + \zeta_{it} \quad (2)$$

其中, W_{ij} 是空间面板权重矩阵, 文章采用邻接矩阵和经济距离矩阵; α 为常数项; ρ 为被解释变量的空间滞后回归系数; $\ln GTIP_{it}$ 为被解释变量, 表示城市 i 在 t 年的绿色技术创新水平; β 为解释变量的回归系数; 变量 X_{it} 代表第 i 个城市在第 t 年的全部解释变量, 其由核心变量 (即交互项 $treat_i \times post_{it}$, 记为 did) 与控制变量共同构成; γ 为解释变量的空间滞后回归系数; μ_i 为个体 (城市) 固定效应, λ_t 为时间 (年份) 固定效应; ε_{it} 为空间误差自相关项; δ 为空间自相关系数; ζ_{it} 为随机扰动项。邻接矩阵和经济距离矩阵的构造方式分别如下:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \quad (3)$$

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{|\ln aGDP_i - \ln aGDP_j|}, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases} \quad (4)$$

其中, 式 (3) 中 w_{ij} 的取值根据空间单元相邻与否来确定, 如果两地区符合“后相邻”, 则为 1, 否则为 0; 式 (4) 中 i, j 分别代表 i 城市和 j 城市, $\ln aGDP$ 表示某城市在 2013—2023 年的 GDP 的均值再取对数。

(2) 空间自相关检验。为进行空间溢出效应分析, 首先应评估所研究地区是否存在显著的空间关联。文章通过测算全局 Moran's I 对跨境电商综合试验区的设立和绿色技术创新水平进行空间自相关检验, 其计算公式为

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (A_i - \bar{A})(A_j - \bar{A})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (5)$$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2 \quad (6)$$

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i \quad (7)$$

表 7 为全局莫兰指数的计算结果。由列 (1) 和列 (2) 的结果可知, 无论是以邻接矩阵还是以经济距离矩阵作为空间权重矩阵, 所计算得到的 $\ln GTIP$ 的莫兰指数在 2013—2023 年均为正且在 1% 水平上显著, 这说明绿色技术创新水平对与空间相关的地区存在高-高相关和低-低相关的正效应。

表 7 全局莫兰指数

年份(年)	$\ln GTIP$			
	(1)		(2)	
	邻接矩阵		经济距离矩阵	
	Moran's I	Z 值	Moran's I	Z 值
2013	0.438	11.354	0.310	11.002
2014	0.420	10.878	0.285	10.127
2015	0.451	11.637	0.321	11.358
2016	0.450	11.607	0.349	12.301
2017	0.446	11.487	0.333	11.766
2018	0.490	12.611	0.351	12.358
2019	0.466	11.990	0.341	12.026
2020	0.491	12.588	0.351	12.324
2021	0.483	12.375	0.347	12.200

续表

年份(年)	变量	lnGTIP			
		(1)		(2)	
		邻接矩阵		经济距离矩阵	
		Moran's I	Z值	Moran's I	Z值
2022		0.468	12.013	0.345	12.110
2023		0.437	11.211	0.328	11.528

(3)实证分析。研究跨境电商综合试验区对区域绿色技术创新水平空间溢出效应,还需要一个合适的空间回归模型。参考Elhorst等人^[20]的研究,依次使用LM检验、Hausman检验、LR检验和Wald检验来确定空间回归模型。在模型设定检验中,LM检验、Hausman检验、LR检验与Wald检验均在1%统计水平上显著,共同支持本研究采用包含个体与时间双固定效应的空间杜宾模型,且不支持将SDM简化为更简单的空间设定。参考胡新明^[21]的研究结论,最终选用时间-个体混合固定效应空间杜宾模型,即当式(3)中 ρ 和 γ 不为零且 δ 为零时所表示的模型。

空间溢出效应的计量回归结果如表8所示。列(1)和列(2)分别表示使用邻接矩阵对基础使用空间杜宾模型进行回归和使用经济距离矩阵对基础使用空间杜宾模型进行回归的结果。主回归系数、跨境电商综合试验区的空间滞后项以及绿色技术创新的空间滞后项均显著为正(1%水平),表明该政策不仅能够直接促进本地区的绿色技术创新,还表现出明显的空间自回归特征,即对周边城市产生正向辐射。空间效应分解结果显示,直接效应、间接效应与总效应均通过1%水平的显著性检验且系数正向显著的结果,有力地印证了跨境电商综试区对本地绿色技术创新存在直接促进效应,还表明其能够通过空间传导机制对周边地区产生正向辐射。作为对比分析,列(3)和列(4)分别呈现了采用邻接矩阵与经济距离矩阵的空间滞后模型(SLM)的估计结果。结果同样显示主回归系数、是否设立跨境电商综合试验区的空间滞后项、绿色技术创新水平的空间滞后项的回归系数也均在1%水平上显著,而且直接效应、间接效应与总效应的估计系数均在1%水平上显著为正,空间效应分解的估计结果显示,直接效应、间接效应与总效应均在1%置信水平上显著为正,验证列(1)和列(2)结果的可靠性。

表8 空间溢出效应回归结果

变量	lnGTIP			
	(1)	(2)	(3)	(4)
	SDM		SAR	
	邻接矩阵	经济距离矩阵	邻接矩阵	经济距离矩阵
did	0.130*** (16.47)	0.101*** (10.97)	0.130*** (16.75)	0.132*** (14.96)
W×did	0.024* (1.71)	0.177*** (8.35)		
rho	0.500*** (28.45)	0.245*** (8.09)	0.509*** (30.43)	0.372*** (13.98)
sigma2_e	0.013*** (39.51)	0.015*** (40.22)	0.013*** (39.55)	0.016*** (40.09)
直接效应	0.143*** (16.75)	0.108*** (11.56)	0.140*** (16.40)	0.135*** (14.72)
间接效应	0.166*** (06.23)	0.260*** (10.55)	0.125*** (11.35)	0.076*** (8.13)

续表

变量	lnGTIP			
	(1)	(2)	(3)	(4)
	SDM		SAR	
	邻接矩阵	经济距离矩阵	邻接矩阵	经济距离矩阵
总效应	0.309*** (9.99)	0.368*** (14.63)	0.265*** (14.63)	0.211*** (13.5)
控制变量	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES	YES
Log-likelihood	2395.923	2179.806	2388.531	2119.394
R ²	0.550	0.595	0.554	0.557
观测值	3256	3256	3256	3256

注:括号内数值为稳健标准误对应的z值;***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。

4 稳健性检验和内生性处理

4.1 平行趋势检验

为确保使用双重差分模型回归所得核心解释变量系数的准确性,文章将使用平行趋势检验对回归结果进行验证。图2显示了跨境电商综合试验区的设立对区域绿色技术创新水平影响的平行趋势检验与动态效应检验的结果。结果显示,在政策实施前的八年内,除政策实施前一年,置信区间均包含0,说明实验组与控制组之间具有相似的时间发展趋势。另外,在政策实施滞后的八年内,置信区间均不包含0且回归系数呈现正向增长态势,说明具有一定的动态效应。以上分析说明文章使用的双重差分模型的回归结果具有一定的稳健性。

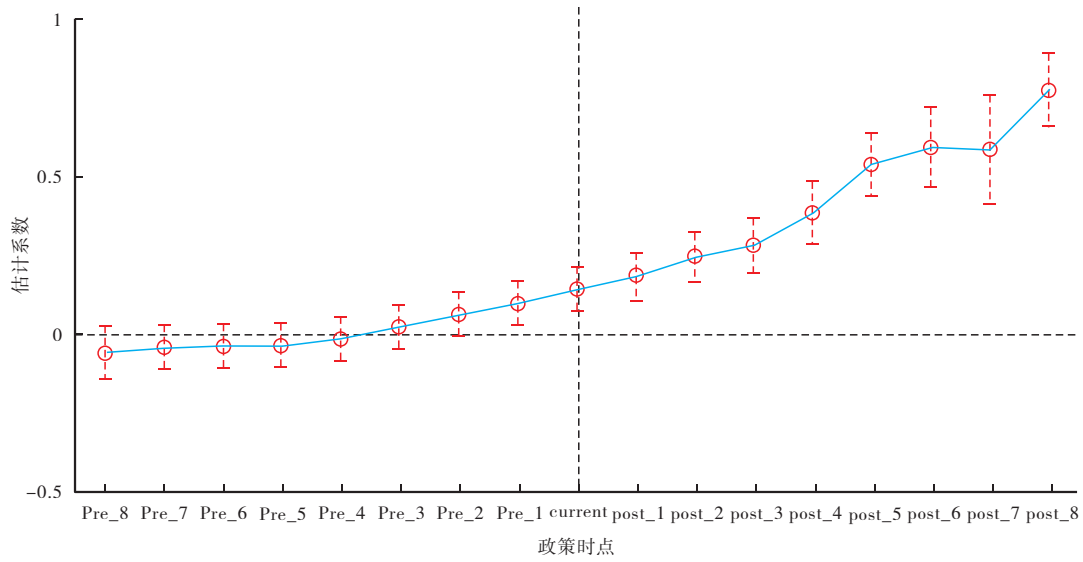


图2 平行趋势检验图

4.2 安慰剂检验

为排除其他潜在混淆因素对估计结果的干扰,确保跨境电商综合试验区政策效果在因果推断上的有效性,本研究采用安慰剂检验进行再验证。具体做法是随机化处理政策发生时点和处理组的选择,在此基础上进行1000次抽样,重新构造交互项进行回归,交互项回归系数分布如图3所示。结果显示,回归系数集中于0附近并近似服从正态分布,且与真实系数0.163(点虚线)相距较远,说明其他政策几乎不会对回归

结果造成系统性影响。

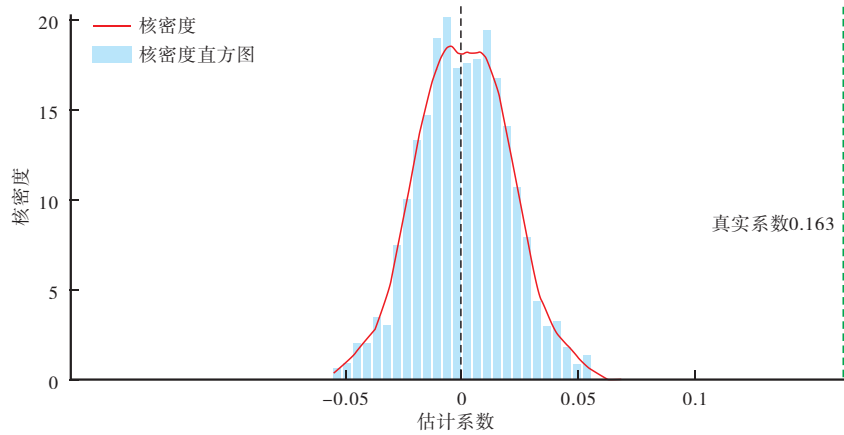


图3 安慰剂检验图

4.3 PSM-DID 检验

为控制潜在的内生性干扰和样本自选择问题,增强实证结论的稳健性,本研究构建倾向得分匹配与双重差分相结合的PSM-DID方法进行重新评估。在匹配过程中,文章系统采用邻近匹配、卡尺内匹配以及核函数匹配三种方案,为处理组筛选合适的对照样本进行样本配对,继而构建双重差分模型进行估计(表9)。列(1)至列(3)依次展示了采用1:1近邻匹配、半径为0.01的卡尺匹配以及核匹配后的回归结果。不同匹配方法下的检验结果均显示核心解释变量系数在1%水平上显著为正,且方向与基准模型估计结果一致,表明研究结论具有较高的可靠性。

表9 PSM-DID 检验结果

变量	lnGTIP		
	(1) 1:1 近邻匹配	(2) 半径匹配($r = 0.01$)	(3) 核匹配
<i>did</i>	0.140*** (14.04)	0.118*** (11.63)	0.143*** (15.94)
<i>GDPP</i>	0.000*** (7.61)	0.000*** (6.94)	0.000** (3.24)
<i>Employment</i>	0.001*** (2.12)	0.001 (1.31)	0.001** (0.91)
<i>TechEdu</i>	0.163** (2.15)	0.175** (2.39)	0.228** (2.35)
<i>FDI</i>	0.490* (1.96)	0.867*** (2.95)	0.640** (2.37)
<i>Finance</i>	0.490* (4.43)	0.019 (1.05)	0.020* (1.73)
常数项	0.078 (1.53)	0.113** (2.19)	0.275*** (4.70)
控制变量	是	是	是
个体固定效应	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
观测值	3431	3298	5301
R-squared	0.938	0.931	0.942

注:括号内数值为稳健标准误对应的 t 值;***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。

4.4 工具变量

考虑到跨境电商综合试验区所在城市的选择是非随机的,并且自变量与因变量之间可能存在反向因果关系,为缓解潜在的内生性问题,尽管模型已纳入系列控制变量并控制了个体与时间固定效应,但仍可能存在遗漏变量等干扰因素,从而导致估计结果出现偏误。为此,本研究将进一步采用工具变量法对基准结论进行再检验。

参考柏培文等人^[22]的研究,以各城市地形起伏度作为是否设立跨境电商综合试验区的工具变量。一方面,地形起伏度作为衡量地形特征的宏观标准,是一个完全独立于经济系统之外的变量,即该工具满足外生性的条件;另一方面,尽管地形起伏度通过影响基础设施条件而与跨境电商发展相关,理论上满足工具变量相关性要求,但由于其为不随时间变化的截面数据,无法适用于文章面板数据模型,故不予采用。参考Nunn等人^[23]的做法,本研究通过将某一随时间变化的变量与历史上保持恒定的变量构造交互项,以生成具备面板维度特征的工具变量。另外结合赵涛等人^[24]的做法,最终以地形起伏度与上一年全国互联网用户数的交互项,作为跨境电商综合试验区设立的工具变量。

表10展示了工具变量方法的回归结果。从第一阶段与第二阶段的估计来看,核心自变量的系数均在1%置信水平上显著。在工具变量识别能力方面,Kleibergen-Paap rk LM检验的 P 值为0.000,表明不存在识别不足的问题。同时,第一阶段的 F 统计量与Kleibergen-Paap Wald F 统计量均大于相应临界值,说明工具变量满足相关性要求,且不存在弱识别问题。此外,内生性检验的 P 值为0.000,说明基准模型确实存在内生性,使用工具变量法是必要的。在控制内生性偏误后,跨境电商综试区对地区绿色技术创新的驱动作用依旧存在,这进一步验证了研究结论的稳健性。

表10 工具变量回归结果

变量	(1)	(2)
	第一阶段回归 <i>did</i>	第二阶段回归 <i>lnGTIP</i>
<i>IV</i>	-0.0005*** (-7.82)	
<i>did</i>		0.510*** (5.45)
F test of excluded instruments	61.180	
Kleibergen-Paap rk LM statistic	49.690 [0.000]	49.693 [0.000]
Kleibergen-Paap Wald F statistic	61.180 {16.38}	61.177 {16.38}
Endogeneity test of endogenous regressors		14.961 [0.000]
控制变量	YES	YES
个体固定效应	YES	YES
时间固定效应	YES	YES
观测值	3256	3256

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著;()内的数值为稳健标准误对应的 t 值;[]内的数值为 P 值;{ }内的数值为Stock-Yogo弱识别检验10%水平上的临界值。

4.5 更换被解释变量

针对绿色技术创新目前尚无统一测度指标的情况,为进一步确认基准回归结果的可靠性,文章选取替代性的因变量测量方法,重新对关键假设进行实证检验。现有文献中,除普遍采用的绿色专利授权量外,专利申请数量也被视为衡量绿色技术创新的有效指标。为此,本研究选取城市级绿色专利申请数据,对跨境

电商综合试验区与区域绿色技术创新之间的关系进行重新评估。在具体操作上,文章将基准模型(1)中的因变量分别替换为三个对数化指标:人均绿色专利申请总数($\ln GTIP1$)、人均绿色发明专利申请数($\ln GTIP2$)及人均绿色实用新型专利申请数($\ln GTIP3$)。表11中的列(1)、(2)和(3)分别表示使用 $\ln GTIP1$ 、 $\ln GTIP2$ 和 $\ln GTIP3$ 作为被解释变量的回归结果。各系数估计值均显著大于零(1%水平),且方向与大小均与基准回归保持稳定,进一步验证了研究结论的稳健特质。

表11 更换被解释变量回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	$\ln GTIP1$	$\ln GTIP2$	$\ln GTIP3$
<i>did</i>	0.104*** (9.35)	0.097*** (9.98)	0.099*** (9.92)
<i>GDPP</i>	0.000 (1.56)	0.000 (1.54)	0.000 (0.54)
<i>Employment</i>	0.001 (0.99)	0.002 (0.67)	0.001 (1.41)
<i>TechEdu</i>	0.122 (1.60)	0.099** (2.18)	0.088 (1.41)
<i>FDI</i>	0.577 (1.82)	0.844*** (2.85)	0.375*** (1.52)
<i>Finance</i>	-0.121 (-0.81)	0.009 (0.10)	-0.020 (-1.42)
常数项	0.485*** (8.75)	0.230*** (4.83)	0.342*** (6.90)
控制变量	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES
观测值	3256	3256	3256
R-squared	0.948	0.939	0.923

注:括号内数值为稳健标准误对应的 t 值;***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。

5 结论与建议

5.1 结论

跨境电商综试区制度型开放创新对我国构建绿色技术创新体系和形成绿色生产力,以及“双循环”新发展格局尤为重要。基于2013—2023年设立的7批次跨境电商综合试验区和296个地级及以上城市数据,本研究围绕跨境电商综合试验区对区域绿色技术创新的影响机制与实施效果展开系统分析,主要得到以下结论:首先,实证分析结果表明,跨境电商综合试验区政策的实施对城市绿色技术创新水平产生了显著的正向影响。在完成系统的稳健性检验与内生性处理之后,估计结果依然保持统计显著性,充分证实了研究发现的可靠性;第二,异质性分析显示,政策效果在不同区域呈现差异化特征,西部地区与东北地区在政策红利的释放上表现更为突出,而沿海地区由于原有基础较好,其边际提升效应相对有限;第三,空间溢出效应检验进一步表明,跨境电商综试区的设立不仅能够推动本地绿色技术发展,还对周边地区产生了积极的辐射与带动作用。

5.2 建议

应持续深化跨境电商领域改革进程,进一步释放制度型开放对跨境电商企业创新发展的政策红利与激励效能。以市场为导向构建绿色技术创新体系,发展绿色生产力,完善政策体系与基础设施建设,调降环保类商品进口关税,建立高排放产品出口退税的退出机制,同时积极培育绿色产业体系。

第一,加强跨境电商综试区资金投入和绿色贸易补贴,培养专业人才,充分利用外资,发挥绿色金融促

进作用,建设绿色贸易体系,带动就业和区域经济发展。应着力构建绿色技术创新平台体系,在绿色技术关键领域布局建设若干国家级工程研究中心、技术创新中心及科技资源共享服务平台,强化高质量绿色专利的创造与储备。同时,积极引导各类跨境电商企业开发绿色创新产品,提升产品附加值,打造具有核心竞争力的自主品牌。此外,可推动建立全国统一的绿色技术交易市场,通过市场化机制加速绿色创新成果的转化与应用。

第二,强化跨境电商综试区绿色技术标准引领,对绿色技术通用标准进行研究。构建并完善政府绿色采购制度,拓展绿色产品采购覆盖范围,将具备循环、低碳、可再生与有机特征的产品纳入采购清单。推动建立与国际接轨的绿色技术评价与认证体系,全面实施产品绿色生态设计,发布生态设计产品名录,并制定配套技术标准与规范。进一步完善全国碳排放权交易机制,加快推进与国际碳市场的链接与互认进程。强化绿色技术成果转化与示范应用,支持龙头企业发挥引领作用,联合高校、科研机构、中介组织与金融资本等多元主体,依法组建一批专业化、细分类别的绿色技术创新联盟,系统构建支撑绿色技术持续发展的创新生态体系。

第三,制定分类指导政策,有效释放各综试区绿色技术创新的空间外溢作用。东部地区应着力构建跨境电商贸易新通道,重点拓展与“一带一路”沿线亚洲、非洲及拉美等新兴市场的数字贸易合作。推动新旧动能转换,激发数据要素活力,构建绿色贸易体系,承接国内外产业数字化转移升级,刺激企业绿色技术创新。中部地区应加快跨境电商+产业带发展,提高绿色经济在国民经济中的比重,推动区域间融通联动,在京津冀协同发展等国家战略引领下,强化区域间绿色技术创新的协同联动与资源互通,构建跨区域绿色创新网络。西部地区应充分发挥跨境电商交易频次高、批量灵活的特点,深化与“丝路电商”伙伴国的经贸合作^[25]。通过制度创新拓展内陆地区跨境电商综合试验区的政策覆盖范围,弥补非沿海城市在国际贸易中的区位制约,并积极推进绿色技术领域的国际合作,助力形成更高水平的对外开放格局。东北地区可依托沈阳中欧班列等国际物流通道,推动跨境电商与跨境班列系统在业务模式、监管服务等方面深度融合,构建“跨境电商+中欧班列”协同发展新路径,增强区域绿色创新能力与开放型经济活力。开通跨境电商全货机航线,先后开通沈阳至洛杉矶和芝加哥跨境电商全货机航线,实现跨境电商交易额增长。沿海地区应畅通跨境电商绿色产业链。通过绿色技术创新驱动跨境电商上下游产业和关联产业实现低碳发展,加强绿色制造国际合作和绿色低碳运输,降低绿色产品和技术的市场准入成本。内陆地区应有序扩大跨境电商综合试验区在内陆城市的布局,促进区域间开放型经济的平衡发展。激发内陆地区跨境电商发展的活力,加强绿色技术创新,积极开展国际科技合作和技术交流,加大跨境电商物流、包装等绿色技术创新力度。

参考文献:

- [1] 习近平在中共中央政治局第十一次集体学习时强调 加快发展新质生产力 扎实推进高质量发展[N]. 人民日报, 2024-02-02(01).
- [2] 中华人民共和国商务部. 商务部等9部门关于拓展跨境电商出口推进海外仓建设的意见[EB/OL]. http://www.mofcom.gov.cn/zwgk/zcfb/art/2024/art_6261fd8d73e745368da54e2b37022514.html. 2024-06-11/2025-06-20.
- [3] 丰义. 碳达峰背景下新质生产力对跨境电商产业竞争力的影响分析[J]. 商业经济研究, 2024, (24): 105-109.
- [4] 林常青, 付宏焰. 数字贸易会促进企业绿色技术创新吗?——基于跨境电商综合试验区设立的准自然实验[J]. 哈尔滨商业大学学报(社会科学版), 2024, (01): 18-32.
- [5] 唐红涛, 陈千喜, 陈欣如. 跨境电商对绿色全要素生产率的影响研究——基于中国271个城市的实证分析[J]. 邵阳学院学报(社会科学版), 2024, 23(01): 61-74.
- [6] 卫斌. 低碳经济转型与跨境电商企业出口产品质量——基于绿色技术创新的中介效应分析[J]. 商业经济研究, 2024, (07): 139-142.
- [7] 周紫怡, 袁平. 跨境电商与绿色创新合力推进传统制造企业低碳发展策略研究[J]. 物流科技, 2025, 48(11): 54-57.
- [8] 匡晓. 欧盟碳关税政策与跨境电商绩效——绿色创新与ESG的调节作用[J]. 商业经济研究, 2024, (13): 141-144.
- [9] 王玉茹, 王昭婷, 王盈霏. 绿色技术创新、产业集聚和绿色经济发展[J]. 经济问题, 2025, (04): 101-110.
- [10] 张夏恒. 跨境电商驱动新质生产力生成的逻辑解构[J]. 学术论坛, 2024, 47(05): 1-10.
- [11] 戴艳娟, 沈伟鹏. 跨境电商改革与出口企业数字技术创新——基于跨境电子商务综合试验区的准自然实验[J]. 西部论坛,

2024,34(01):47-62.

- [12] 蒋金荷,黄珊. 贸易新业态对绿色技术创新的影响研究——来自跨境电商综合试验区政策的证据[J]. 数量经济技术经济研究,2024,41(12):133-154.
- [13] 周记顺,张若楠. 跨境电商综合试验区政策对企业创新影响研究[J]. 工业技术经济,2024,43(11):85-94.
- [14] 刘珊,马莉莉,郭家琛. 贸易新业态何以赋能新质生产力——来自跨境电商综合试验区的证据[J]. 国际贸易问题,2025,(05):26-46.
- [15] 侯杰,张心雨. 跨境电商综合试验区对外贸高质量发展的影响研究[J]. 商业经济研究,2025,(08):123-128.
- [16] 董直庆,王辉. 环境规制的“本地—邻地”绿色技术进步效应[J]. 中国工业经济,2019,(01):100-118.
- [17] 刘军,杨渊望,张三峰. 中国数字经济测度与驱动因素研究[J]. 上海经济研究,2020,(06):81-96.
- [18] 韦施威,杜金岷,潘爽. 数字经济如何促进绿色创新——来自中国城市的经验证据[J]. 财经论丛,2022,(11):10-20.
- [19] 秦文晋,刘鑫鹏. 网络基础设施建设对数字经济发展的影响研究——基于“宽带中国”试点政策的准自然实验[J]. 经济问题探索,2022,(03):15-30.
- [20] ELHORST J P. Spatial Econometrics: From Cross-Sectional Data to Spatial Panels[M]. Berlin:Springer,2014.
- [21] 胡新明. 论 Wald、LR 和 LM 检验不一致时的选择依据[J]. 数量经济技术经济研究,2010,27(05):153-161.
- [22] 柏培文,张云. 数字经济、人口红利下降与中低技能劳动者权益[J]. 经济研究,2021,56(05):91-108.
- [23] NUNN N, QIAN N. US Food Aid and Civil Conflict[J]. American Economic Review,2014,104(06):1630-1666.
- [24] 赵涛,张智,梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界,2020,36(10):65-76.
- [25] 王乾润,李全胜. 中国与中亚国家跨境电商贸易潜力及创新模式研究[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版),2024,43(02):86-96.

Research on the Influence of Cross-border E-commerce Comprehensive Pilot Areas on the Level of Regional Green Technology Innovation

WANG Qian-run^{1,2,3}, WAN Ru-xuan¹

(1. Business School, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang, 830017, China; 2. Research Center for High Quality Development of Core Area Industries of the Silk Road Economic Belt, Urumqi, Xinjiang, 830017, China; 3. Postdoctoral Research Station, Xinjiang Academy of Social Sciences, Urumqi, Xinjiang, 830000, China)

Abstract: As a pivotal initiative in advancing China's institutional opening-up and fostering a new pattern of high-quality development, the establishment of Cross-border E-commerce Comprehensive Pilot Zones has effectively enhanced regional green technology innovation capacity through multiple pathways such as institutional guidance, market drive, and technology spillover. This study takes the seven batches of Cross-border E-commerce Comprehensive Pilot Zones established between 2013 and 2023 as policy samples, and based on panel data from 296 prefecture-level cities nationwide, employs a difference-in-differences approach to systematically evaluate the policy's actual impact on regional green technology innovation. Empirical findings demonstrate that the establishment of Cross-border E-commerce Comprehensive Pilot Zones significantly enhances regional green technology innovation, and this conclusion remains valid after undergoing multiple robustness checks and endogeneity treatments. Heterogeneity analysis reveals that the impact of the pilot zones on regional green technology innovation is more pronounced in Northeast China, Northwest China, and coastal areas. This study confirms the existence of positive spatial spillover effects of the pilot zones on green technology innovation in neighboring regions. The research findings provide important policy insights for promoting green technology development through institutional opening-up.

Keywords: Green technology innovation; Cross-border E-commerce Comprehensive Pilot Zones; Difference-in-differences model; Innovation in opening-up; Spatial spillover effect