

# 网络基础设施建设对城市绿色技术创新的影响研究

——来自“宽带中国”政策的经验证据

胡 振 华 杨 敏

(温州大学 商学院,浙江 温州 325035)

**摘 要:**基于2009—2023年中国267个城市的面板数据,从“量”与“质”两个维度,根据“宽带中国”政策这一准自然实验,采用多时点双重差分模型实证检验网络基础设施建设对城市绿色技术的创新影响和作用机制。结果表明:(1)网络基础设施建设显著推动城市绿色技术创新“量质齐升”。(2)网络基础设施建设将通过生产性服务业集聚和金融发展机制推动城市绿色技术创新“量质齐升”,产业结构升级机制能够提升城市绿色技术创新的“量”,但不显著影响“质”。(3)网络基础设施建设将差异化地推动不同城市群内部城市绿色技术创新“量质齐升”,并更为显著地推动高市场发育度城市绿色技术创新“量质齐升”。基于此,有关政府部门应扩容试点名单,升级建设方案,发挥生产性服务业集聚、产业结构升级和金融发展的支撑作用,因势利导地规划网络基础设施建设方案,缩小区域绿色技术创新发展差距,以数字化变革为契机推动绿色技术创新提质增量。

**关键词:**“宽带中国”政策;网络基础设施建设;绿色技术创新;“量”与“质”

**中图分类号:**F632.0;F124.3

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0429(2025)04-0093-14

**DOI:**10.19742/j.cnki.50-1164/C.250409

## 一、引言

当前,世界各国正处于数字洪流时代,以“ABCD”(人工智能、区块链、云计算、大数据)技术为代表的信息技术在充分改变人类生产生活方式的同时,也对区域绿色技术创新活动产生显著影响。党的二十大报告充分肯定中国在网络基础设施建设领域所取得的卓越成就,也明确指出建设“网络强国”“数字中国”和实现“双碳”目标的战略意义,并强调实施创新驱动发展战略将作为整个国家实现现代化的发力点。绿色技术创新作为“绿色发展”和“创新驱动”两大发展理念的交汇点,将成为提升发展质量和增强发展效益的重要抓手。作为促进地区经济数字化转型和布局数字产业的重要底座,网络基础设施将如何影响中国城市的绿色技术创新?该影响又将通过何种渠道实现?不同城市的区位禀赋又将对该作用效果产生怎样的潜在影响?回答好上述问题,将为不同区域实现发展模式的绿色转型和推动绿色技术提质增量提供一定的理论参考。

现有关于网络基础设施建设对绿色技术创新的研究主要聚焦于三个方面。第一,阐释网络基础设施建设对于绿色技术创新的直接影响。网络基础设施建设所催生的信息技术将通过降低信息获取成本、提高信息传播速率、推动数据平台共享、畅通舆论监督渠道,激发创新思维和提高决策效率等方式促

**收稿日期:**2025-04-08

**作者简介:**胡振华,男,管理学博士,温州大学商学院教授,硕士研究生导师,主要研究方向:宅基地利用和农村合作社。

**基金项目:**浙江省软科学重点项目“农业科技特派团赋能共同富裕的作用机理与实现路径”(2024C25018)。

进绿色技术创新<sup>[1-2]</sup>。然而,Avom等<sup>[3]</sup>发现宽带基础设施的使用将加深非洲国家对化石能源的依赖,抑制绿色创新。第二,探究影响绿色技术创新的因素。部分学者证实生产性服务业集聚将通过加快互补性知识传播和技术融合,提供多元且专业化的中间产品和服务以及形成专业化劳动力蓄水池,为绿色技术创新增添动力<sup>[4]</sup>。产业结构升级能够协调经济效率提升和环境保护,激励企业结合可持续发展目标,为提高产品竞争力和满足环境规制目标加大绿色技术研发投入<sup>[5]</sup>。金融产品的种类革新以及服务门槛的降低将缓解融资约束,降低研发成本并提高研发透明度,激励创新主体从事绿色研发活动<sup>[6]</sup>。此外,环境规制、研发补助、舆论氛围和自贸区建设等也被证实为影响绿色技术创新的重要因素<sup>[7-10]</sup>。第三,评估“宽带中国”政策所产生的经济效应。部分学者证实“宽带中国”政策的出台将促进当地网络基础设施建设与完善,产生生产率提升效应、收入差距缩小效应和污染治理效应<sup>[11-13]</sup>。

总之,已有文献为本研究提供了理论支撑和经验证据,但仍存在不足:(1)现有研究大多集中在单一维度(如数量或质量)阐释网络基础设施建设对绿色技术创新的影响,关于网络基础设施建设对于城市绿色技术创新的综合影响研究较少。(2)鲜有文献从生产性服务业集聚、产业结构升级和金融发展三个领域探究网络基础设施建设影响绿色技术创新的作用机制。(3)目前缺乏从城市群和市场发育维度探究网络基础设施建设对于城市绿色技术创新的异质性影响。

基于此,本文以2009—2023年中国267个城市为样本,探究网络基础设施建设对城市绿色技术创新的影响和传导机制。边际贡献在于:第一,研究视角层面。以网络基础设施建设为核心,为理解数字底座对绿色技术创新的影响提供新角度。第二,研究内容层面。从“量与质”两个角度,揭示网络基础设施建设对于城市绿色技术创新的直接影响和三条作用机制,并从城市群类型和市场发育度两个维度出发,探讨网络基础设施建设对城市绿色技术创新的异质性特征。第三,研究意义层面。为政策制定者和企业等创新主体加强网络基础设施建设,以及应用信息技术以实现数字化转型,进而助推区域发展模式的绿色转型、绿色技术创新提质增量等领域的方案部署和决策规划提供理论参考。

## 二、政策背景与理论假设

### (一)政策背景

2013年8月,国务院印发《“宽带中国”战略及实施方案》。文件明确提出关于加大移动互联网、云计算和智慧物联网等网络基础设施的投资与供给,着重强调发展5G网络、人工智能和大数据中心等前沿科技的重要性。“宽带中国”战略的出台不仅指导城市网络基础设施建设,也超前布局培育诸如工业互联网和平台经济等新经济业态。为循序渐进地落实该战略,工业和信息化部分别于2014年10月、2015年10月和2016年7月共选取120个城市(群)作为试点城市(群)实施“宽带中国”战略。试点城市(群)将根据当地实际发展情况,制定符合自身实际的建设规划和执行标准,加大宽带网络建设力度,着力发挥网络基础设施的经济民生价值。

### (二)理论分析与研究假设

#### 1. 直接影响

首先,网络基础设施建设打通信息传输通道,减轻创新主体的信息不对称,降低信息获取成本,感知研发前沿并加强上下游产业链的分工合作,提高协作创新概率<sup>[14-15]</sup>。其次,信息技术的接入能够帮助创新主体及时了解行业动态,参与市场竞争,并有针对性地投入生产要素和提升产品科技含量,提高产品成功研发和商业化应用的概率<sup>[16]</sup>。最后,信息技术在生产和管理领域的渗透将有助于地区的能源、工业、农业和交通等领域实现绿色工艺变革。具体而言,信息技术应用于智能电网将创新可再生能源管理模式,孕育智造平台追踪碳足迹,催生智慧农场普及绿色种植工艺和新能源汽车的自动驾驶和能源利用技术,推动汽车行业的绿色技术创新。因此,提出假设:

H1:网络基础设施建设会推动城市绿色技术创新“量质齐升”。

## 2. 机制影响

### (1)生产性服务业集聚

“宽带中国”政策的实施推动新建和完善网络基础设施,提升网络接入率和改良网络使用体验,并以知识溢出、成本降低和市场扩展效应促进生产性服务业集聚。首先,互联网打破时空界限,推动数据信息快速传播。数据的融合扩散将革新产业的技术与管理模式,改善经营绩效与发展布局,激励单一企业增强生产关联度和优化技术路线,并向高信息化地区集聚。其次,信息技术的渗透将提升企业处理和运用信息的能力。企业管理层会借助网络媒介了解运营情况,筛选和识别有关信息,降低决策风险,减少企业的沉没成本<sup>[17]</sup>。最后,互联网破除时空束缚,催生线上交易方式。线上交易会降低运输成本和鞋底成本,激励企业将更多资源投入到关于对消费者偏好和产品竞争力等领域的研究,以增强市场感知能力。利润空间扩大也将激励更多企业向高信息化水平地区集聚。生产性服务业集聚将从以下三个方面影响城市的绿色技术创新。第一,专业化集聚理论认为企业的空间集聚有助于引发规模经济效应,降低企业的生产、销售和交易成本,迫使企业共同承担风险和成本,倒逼不同企业保障研发设计、成果推出和投入使用等环节顺利开展<sup>[18-19]</sup>。集聚形成的专业化人才蓄水池将提高人岗匹配度并降低人才搜寻成本,增加绿色研发投入<sup>[20-21]</sup>。此外,专业性企业集聚有助于推动专业知识传播,促进关联企业技术合作,激发多元创新思维,促进行业绿色技术进步<sup>[22]222-231</sup>。第二,多样化集聚理论认为产业多样化集聚将传播多元化知识和管理模式,为研发人员扩充互补性知识提供契机,降低企业的人才培养和搜寻成本。企业在吸收并融合多元化知识和技术的同时,有助于突破现有绿色技术边界<sup>[23]122-145</sup>。第三,Porter 和 Van 的产业竞争力理论指出市场竞争是企业从事技术创新活动的必经之路<sup>[24]</sup>。生产性服务业集聚规模扩大将倒逼企业主动研发节能技术和环保产品,降低资源损失,提高绿色创新要素的使用效率。综上,提出假设:

H2:网络基础设施建设会通过生产性服务业集聚推动城市绿色技术创新“量质齐升”。

### (2)产业结构升级

首先,网络基础设施建设会扩大网络使用范围,降低信息搜寻成本,推动企业数字化转型。传统企业借助互联网技术以充分了解市场情况并调整生产经营范围,淘汰落后工艺,优化产业结构。其次,互联网应用于传统经营业态将催生出科技金融、智慧医疗和智慧物流等新业态,促进产业服务化转型。最后,新结构经济学理论认为新型基础设施建设将影响产业结构升级的方向<sup>[25]</sup>。网络基础设施建设将加速知识溢出和技术扩散,改变企业的要素禀赋。随着数字化转型,企业将运用信息装备和网络系统等新生产要素,倒逼自身任用高素质劳动力,发挥人力资本的溢价效应,提升企业的全要素生产率,升级产业结构<sup>[26]</sup>。产业结构升级将从以下三个方面影响城市的绿色技术创新。第一,产业结构升级将缩小企业在传统生产模式下的盈利空间,倒逼其制定绿色创新战略以获取市场优势,加快地区绿色技术进步<sup>[27]</sup>。第二,产业结构升级会推动地区设立企业入驻门槛,加速环保型企业进入和污染型企业退出,增加绿色产品和服务供给,激励企业进行绿色技术创新。第三,产业结构升级将促进多元产业融合,加速不同技术溢出引发绿色工艺革新。例如,智慧城市与绿色建筑相结合的低碳经济将引领能源使用和材料制造等领域的绿色技术创新。产业结构升级虽能缩小污染型产业规模并阻断技术关联,但此类企业的路径锁定和技术依赖等特性也会让其通过技术模仿和服务外包等方式革新生产技术。而产业竞争压力造成的短期研发资金短缺压力将损害中小企业的绿色创新动力。此外,某地区若长期处于国际产业分工低端,也可能成为“污染转移”陷阱,成为绿色产品和技术的倾销地,阻碍该地区提高绿色技术品质。综上,提出假设:

H3:网络基础设施建设会通过产业结构升级提升城市绿色技术创新水平的“量”,但不显著影响城市绿色技术创新水平的“质”。

### (3) 金融发展

首先,信息技术能够缓解金融机构与创新主体之间的信息不对称。具体地,金融机构能够使用人工智能和云计算等数字技术对有关主体的产品科技含量、资产负债和绿色生产践行情况等信息进行审核,并为创新主体提供个性化的融资方案,增强金融资源的配置效率和提高风险控制能力<sup>[28-29]</sup>。其次,信息技术会加速同传统金融业态的融合,为创新主体拓宽融资渠道。随着 P2P 借贷、供应链金融和线上众筹等新互联网金融模式应运而生,互联网金融在服务群体覆盖度和产品多样化等方面较传统金融取得显著突破<sup>[30]</sup>。互联网金融在发挥长尾效应的同时,将为创新主体节约市场搜寻成本和风险识别成本,引导更多资金注入绿色研发活动,提升研发资金使用效率。最后,流动性理论认为金融资源的注入会释放正外部信号,倒逼自身公开经营状况,通过杠杆效应激励机构投资者注入资金,激发创新主体的研发意愿并提高绿色创新成果的转化效率<sup>[31]</sup>。综上,提出假设:

H4: 网络基础设施建设会通过金融发展推动城市绿色技术创新“量质齐升”。

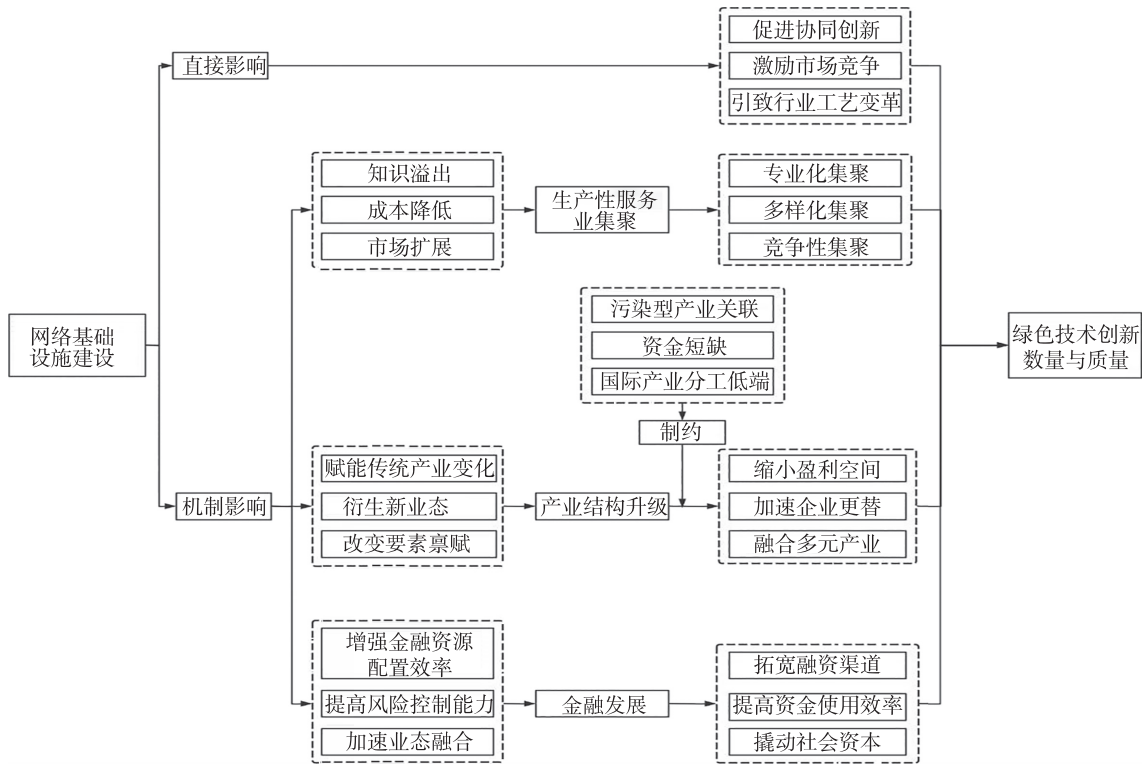


图1 理论机制图

## 三、研究设计

### (一) 模型构建

截至2020年底,我国共有120个城市(群)纳入“宽带中国”政策试点名单。基于此,本文选取2009—2023年间267个城市作为研究样本,借鉴唐礼智等<sup>[12]</sup>的做法,采用多时点双重差分模型检验“宽带中国”政策对城市绿色技术创新的影响,具体模型设计如下:

$$Greentech_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Broadband_{it} + \sum \alpha_j X_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

上式中, $i$ 和 $t$ 分别表示城市个体和年份, $Greentech_{it}$ 表示城市绿色技术创新水平; $Broadband_{it}$ 表示“宽带中国”政策虚拟变量; $\alpha_1$ 表示网络基础设施建设对城市绿色技术创新的影响; $X_{it}$ 代表控制变量

集; $u_i$  和  $v_i$  表示控制城市固定效应和时间固定效应; $\varepsilon_{it}$  是随机扰动项。

## (二) 变量解释

### 1. 被解释变量

绿色技术创新水平(*Greentech*)。专利的研发金额、转化效率、应用场景以及潜在经济民生价值会受到有关部门的评估和检测。该过程具有周期长,审核手续繁杂和专业水准高等特征。这预示专利申请数量能够体现地区的创新潜力。因此,借鉴宋德勇等<sup>[32]</sup>的做法,使用每万人绿色专利申请量衡量城市绿色技术创新水平的“数量”(*Greenpat*)。专利引用数量体现专利的商业价值影响范围和科研使用纵深,并展现专利内含的科技含量和知识底蕴,反映了专利的质量底色。因此,借鉴陈超凡等<sup>[33]</sup>的做法,使用 A 股上市公司的绿色申请专利引用数量的对数值衡量城市绿色技术创新水平的“质”(*Greeninv*)。

### 2. 解释变量

“宽带中国”政策虚拟变量(*Broadband*)。借鉴刘传明和马青山<sup>[11]</sup>的做法,将“宽带中国”政策视为城市进行网络基础设施建设的一次准自然实验,并将其作为网络基础设施建设的代理变量。根据国务院发布的试点城市名单对政策虚拟变量进行赋值。若某城市在当年被选为试点城市,则当年及以后该城市的政策虚拟变量取值为 1,否则为 0。

### 3. 控制变量

为控制其他经济社会因素的干扰,本文选取以下控制变量:人均 GDP 反映居民的收入水平和生活水平,映射出地区产业链和基础设施建设的投入规模和产出回报,体现地区的经济发展水平。经济发展水平的向好趋势将引致居民增加对绿色产品的消费,倒逼企业为获取超额利润革新绿色技术,故使用人均 GDP 的对数值衡量地区的经济发展水平(*Rgdp*)。外商投资金额数量体现当地与外国经济体的合作紧密度和国外资本的使用强度,反映当地的外贸开放水平。跨国企业和国际科研机构倾向于落地外贸开放水平较高的地区,并通过成立分支机构,组建团队,股权投资和技术联动等方式影响地区的绿色技术创新,故采取城市当年实际使用外资的对数值衡量开放水平(*Open*)。财政支出强度(*Sub*)反映地方政府对创新主体的补贴强度和对科教事业的投资力度,并影响绿色技术的培育和应用,故采用城市的财政科技支出占 GDP 的比重表示。人力资本水平(*Lab*)反映地区的人才承载厚度,并影响地区创新主体革新绿色技术种类和突破前沿领域难题,故采用城市普通高校毕业生数量的对数值衡量。市场化水平(*Mar*)反映地区的知识产权保护,利益分配以及法律程序的健全程度,并对研发成员的收入预期、专利的转化推广产生影响,故借鉴刘叶和刘伯凡<sup>[34]</sup>的做法,采用城市私营从业人数占总从业人数的比值衡量。

## (三) 数据来源

绿色专利数据来自 CNRDS 数据库。其余数据来自 EPS 数据库和《中国城市统计年鉴》。上市公司的绿色申请专利引用数据通过上市公司的地理位置匹配至对应城市加总获得,该数据来自国泰安数据库。部分缺失数据通过插值法获得。变量的描述性统计结果如表 1 所示。

表 1 变量描述性统计

| 变量名称         | 符号               | 样本量   | 平均值    | 标准差   | 最小值    | 最大值    |
|--------------|------------------|-------|--------|-------|--------|--------|
| 绿色技术创新数量     | <i>Greenpat</i>  | 4 005 | 0.782  | 1.831 | 0      | 29.652 |
| 绿色技术创新质量     | <i>Greeninv</i>  | 4 005 | 1.371  | 3.267 | 0      | 51.782 |
| “宽带中国”政策虚拟变量 | <i>Broadband</i> | 4 005 | 0.183  | 0.451 | 0      | 1      |
| 经济发展程度       | <i>Rgdp</i>      | 4 005 | 27.832 | 1.783 | 24.764 | 35.153 |
| 开放程度         | <i>Open</i>      | 4 005 | 11.763 | 2.541 | 0      | 18.652 |



续表1

| 变量名称   | 符号         | 样本量   | 平均值    | 标准差   | 最小值   | 最大值    |
|--------|------------|-------|--------|-------|-------|--------|
| 市场化程度  | <i>Mar</i> | 4 005 | 0.573  | 0.179 | 0     | 0.987  |
| 财政支出强度 | <i>Sub</i> | 4 005 | 0.027  | 0.034 | 0.001 | 0.223  |
| 人力资本水平 | <i>Lab</i> | 4 005 | 10.673 | 1.452 | 0     | 14.875 |

## 四、实证分析

### (一) 基准回归

基准回归结果如表2所示。由第(2)列和第(4)列可知,“宽带中国”政策虚拟变量(*Broadband*)系数分别为0.751和1.164,均在1%的水平下显著。这表明网络基础设施建设会畅通信息流动,汇聚和配置各种创新要素,最终推动城市绿色技术创新实现“量质齐升”。因此,H1得以验证。

表2 基准回归

|                  | (1)                   | (2)                   | (3)                  | (4)                   |
|------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
|                  | <i>Greenpat</i>       | <i>Greenpat</i>       | <i>Greeninv</i>      | <i>Greeninv</i>       |
| <i>Broadband</i> | 0.772 ***<br>(0.121)  | 0.751 ***<br>(0.084)  | 1.289 ***<br>(0.119) | 1.164 ***<br>(0.113)  |
| <i>Rgdp</i>      |                       | 0.024 ***<br>(0.055)  |                      | 0.021<br>(0.012)      |
| <i>Open</i>      |                       | 0.012<br>(0.023)      |                      | 0.015<br>(0.026)      |
| <i>Mar</i>       |                       | 0.371 ***<br>(0.165)  |                      | 0.641 ***<br>(0.303)  |
| <i>Sub</i>       |                       | 0.673 ***<br>(0.672)  |                      | 0.803 ***<br>(0.891)  |
| <i>Lab</i>       |                       | 0.142 ***<br>(0.027)  |                      | 0.175 ***<br>(0.046)  |
| 常数项              | -2.513 ***<br>(0.673) | -1.537 ***<br>(0.561) | 0.452 ***<br>(0.128) | -2.163 ***<br>(0.589) |
| 城市固定             | 是                     | 是                     | 是                    | 是                     |
| 时间固定             | 是                     | 是                     | 是                    | 是                     |
| $R^2$            | 0.402                 | 0.284                 | 0.264                | 0.316                 |
| <i>N</i>         | 4 005                 | 4 005                 | 4 005                | 4 005                 |

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%和10%的统计水平上显著;括号内数值为城市层面聚类的稳健标准误。下表同。

### (二) 稳健性检验

#### 1. 平行趋势检验

使用双重差分模型检验政策效果的前提是模型必须满足平行趋势假定,即试点城市与非试点城市的绿色技术创新水平在政策实施之前需具有相同的变化趋势。图2和图3展现了绿色技术创新“量”与“质”的平行趋势检验结果。由图可知,在政策实施前,两组城市的绿色技术创新水平的“量与质”不存在显著差异。因此,模型满足平行趋势假定。

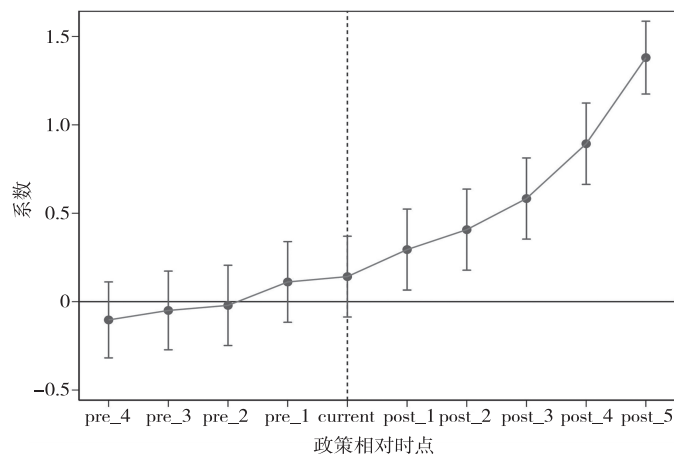


图2 绿色技术创新“量”的平行趋势检验

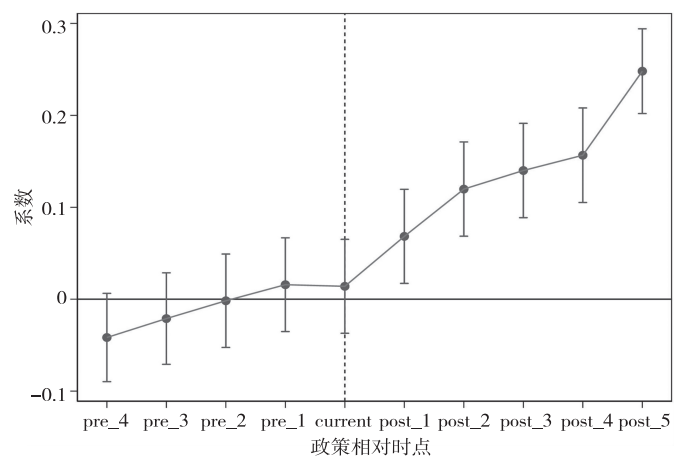


图3 绿色技术创新“质”的平行趋势检验

## 2. 安慰剂检验

本文采用随机抽样法进行安慰剂检验。首先,随机选取相同数量的试点城市,组成“伪”试点城市组,并将其余城市作为非试点城市;其次,随机选取年份作为政策执行期,并对两组样本重新进行回归估计;最后,重复此过程 1 000 次,得出回归系数的概率密度以及  $p$  值。由图 4 和图 5 可知,伪回归系数近似于正态分布,多数伪回归系数的  $p$  值在 0.1 以上,说明不显著,真实的系数值远离检验结果。这表明回归结果稳健。

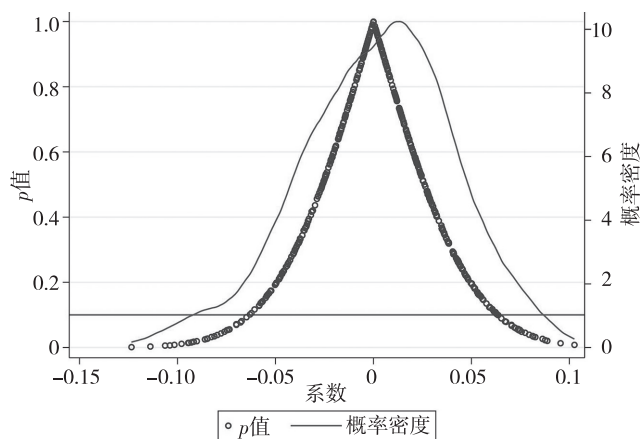


图4 绿色技术创新“量”的安慰剂检验

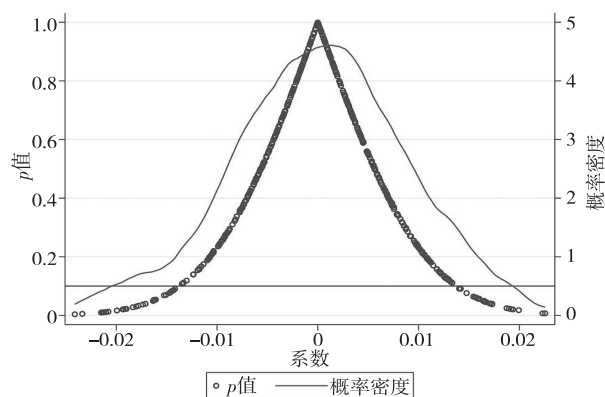


图5 绿色技术创新“质”的安慰剂检验

### 3. PSM-DID

为克服城市个体经济特征对回归结果的干扰,本文采取倾向匹配得分法(PSM)将与试点城市经济特征相似的非试点城市挑出,并放弃与试点城市经济特征不同的城市样本,重新确定研究样本进行回归。具体操作在于:(1)根据控制变量的取值,使用Logit模型计算出试点城市经济特征的倾向得分值,并使用相邻匹配和核匹配方法筛选出类似于得分值的非试点城市样本;(2)将匹配的城市样本重新进行DID(双重差分法)回归操作。回归结果如表3所示,回归系数显著为正,说明回归结果稳健。

表3 PSM-DID 检验

|                  | (1)                 | (2)                 | (3)                 | (4)                 |
|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                  | 相邻匹配                | 核匹配                 | 相邻匹配                | 核匹配                 |
|                  | <i>Greenpat</i>     | <i>Greenpat</i>     | <i>Greeninv</i>     | <i>Greeninv</i>     |
| <i>Broadband</i> | 1.341***<br>(0.125) | 0.924***<br>(0.092) | 0.782***<br>(0.045) | 0.362***<br>(0.056) |
| 控制变量             | 是                   | 是                   | 是                   | 是                   |
| 城市固定             | 是                   | 是                   | 是                   | 是                   |
| 时间固定             | 是                   | 是                   | 是                   | 是                   |
| $R^2$            | 0.324               | 0.337               | 0.267               | 0.314               |
| $N$              | 3 896               | 3 942               | 3 896               | 3 942               |

## 五、进一步研究;机制分析与异质性分析

### (一) 机制分析

本文采用中介效应模型检验网络基础设施建设影响城市绿色技术创新的作用机制。结合式(1)~(3),本文构建完整的中介效应模型, $Medium_{it}$ 为中介变量,具体如下:

$$Medium_{it} = \beta_0 + \beta_1 Broadband_{it} + \sum \beta_j X_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it}, \quad (2)$$

$$Greentech_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 Broadband_{it} + \gamma_2 Medium_{it} + \sum \gamma_j X_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it}. \quad (3)$$

首先,借鉴翟琮等<sup>[19]</sup>的做法,使用生产性服务业集聚熵(*Agg*)衡量城市的生产性服务业集聚水平。由表4第(1)~(3)列可知,宽带中国政策虚拟变量(*Broadband*)和生产性服务业集聚(*Agg*)的系数均显著为正,说明网络基础设施建设将通过生产性服务业集聚效应推动城市绿色技术创新“量质齐升”<sup>[35]</sup>。



H2 得以验证。

其次,借鉴干春晖等<sup>[36]</sup>的做法,从产业结构服务化演进角度,选取城市第三产业与第二产业增加值的比重衡量城市产业结构优化升级程度(*Upg*)。由表 5 第(1)~(3)列可知,宽带中国政策虚拟变量(*Broadband*)显著为正,产业结构升级(*Upg*)正向作用于绿色技术创新的量(*Greenpat*),但并不显著作用于绿色技术创新的质(*Greeniv*)。这表明网络基础设施建设能促进城市产业结构升级,而产业结构升级显著提升城市绿色技术创新的“量”,却无法提升绿色技术创新的“质”。H3 得以验证。

最后,借鉴陶峰等<sup>[37]</sup>的做法,从金融资源的地理集聚角度,选取城市每平方米金融机构存贷款余额数衡量城市的金融发展水平(*Fin*)。由表 6 第(1)~(3)列可知,宽带中国政策虚拟变量(*Broadband*)和金融发展(*Fin*)系数显著为正,表明网络基础设施建设将通过金融发展效应推动城市绿色技术创新“量质齐升”。H4 得以验证。

表 4 生产性服务业集聚机制检验

|                       | (1)                | (2)                 | (3)                 |
|-----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|                       | <i>Agg</i>         | <i>Greenpat</i>     | <i>Greeniv</i>      |
| <i>Broadband</i>      | 0.035**<br>(1.653) | 0.614***<br>(0.063) | 1.212***<br>(0.047) |
| <i>Agg</i>            |                    | 0.224*<br>(0.076)   | 0.378**<br>(0.143)  |
| 控制变量                  | 是                  | 是                   | 是                   |
| 城市固定                  | 是                  | 是                   | 是                   |
| 时间固定                  | 是                  | 是                   | 是                   |
| <i>R</i> <sup>2</sup> | 0.124              | 0.284               | 0.321               |
| <i>N</i>              | 4 005              | 4 005               | 4 005               |

表 5 产业结构升级机制检验

|                       | (1)               | (2)                 | (3)                 |
|-----------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
|                       | <i>Upg</i>        | <i>Greenpat</i>     | <i>Greeniv</i>      |
| <i>Broadband</i>      | 0.025*<br>(1.672) | 0.632***<br>(0.078) | 1.197***<br>(0.125) |
| <i>Upg</i>            |                   | 0.147*<br>(0.124)   | -0.034<br>(0.156)   |
| 控制变量                  | 是                 | 是                   | 是                   |
| 城市固定                  | 是                 | 是                   | 是                   |
| 时间固定                  | 是                 | 是                   | 是                   |
| <i>R</i> <sup>2</sup> | 0.534             | 0.245               | 0.285               |
| <i>N</i>              | 4 005             | 4 005               | 4 005               |

表 6 金融发展机制检验

|                  | (1)                 | (2)                 | (3)                 |
|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                  | <i>Fin</i>          | <i>Greenpat</i>     | <i>Greeniv</i>      |
| <i>Broadband</i> | 0.457***<br>(0.045) | 0.267***<br>(0.046) | 0.534***<br>(0.039) |

续表6

|            | (1)        | (2)                             | (3)                            |
|------------|------------|---------------------------------|--------------------------------|
|            | <i>Fin</i> | <i>Greenpat</i>                 | <i>Greeniv</i>                 |
| <i>Fin</i> |            | 0.532 <sup>***</sup><br>(0.012) | 0.925 <sup>**</sup><br>(0.036) |
| 控制变量       | 是          | 是                               | 是                              |
| 城市固定       | 是          | 是                               | 是                              |
| 时间固定       | 是          | 是                               | 是                              |
| $R^2$      | 0.137      | 0.631                           | 0.673                          |
| <i>N</i>   | 4 005      | 4 005                           | 4 005                          |

## (二) 异质性分析

### 1. 城市群异质性分析

根据“十三五”规划认定标准,选取京津冀、长三角、珠三角、成渝、长江中游和关中平原六个城市群,分样本回归检验网络基础设施建设对不同城市群的所在城市绿色技术创新“量”与“质”的影响。由表7和表8可知,回归系数均显著为正,珠三角城市群的回归系数最大,关中平原城市群的回归系数最小,说明网络基础设施建设将在现阶段推动上述四个城市群绿色技术创新“量质齐升”,但激励效果存在差异。这是因为城市群内部产业结构、交通网络、公共服务和营商环境等存在差异,致使资金、人才和科学装置等创新要素的落地将在不同城市产生差异。加之,不同城市群的核心城市数量不同,跨区域协作创新机制有待完善,地方政府竞争致使财政资源浪费,重复建设等情况仍在,导致网络基础设施建设在不同城市群所发挥出的绿色技术创新“量质齐升”效果存在差异。

表7 城市群异质性检验(I)

|                  | (1)                             | (2)                             | (3)                             | (4)                             | (5)                             | (6)                             |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                  | 京津冀城市群                          |                                 | 长三角城市群                          |                                 | 珠三角城市群                          |                                 |
|                  | <i>Greenpat</i>                 | <i>Greeninv</i>                 | <i>Greenpat</i>                 | <i>Greeninv</i>                 | <i>Greenpat</i>                 | <i>Greeninv</i>                 |
| <i>Broadband</i> | 0.795 <sup>***</sup><br>(0.032) | 1.452 <sup>***</sup><br>(0.041) | 0.783 <sup>***</sup><br>(0.025) | 1.424 <sup>***</sup><br>(0.131) | 0.823 <sup>***</sup><br>(0.031) | 1.467 <sup>***</sup><br>(0.026) |
| 控制变量             | 是                               | 是                               | 是                               | 是                               | 是                               | 是                               |
| 城市固定             | 是                               | 是                               | 是                               | 是                               | 是                               | 是                               |
| 时间固定             | 是                               | 是                               | 是                               | 是                               | 是                               | 是                               |
| $R^2$            | 0.336                           | 0.369                           | 0.269                           | 0.346                           | 0.341                           | 0.283                           |
| <i>N</i>         | 195                             | 195                             | 615                             | 615                             | 135                             | 135                             |

表8 城市群异质性检验(II)

|                  | (1)                             | (2)                             | (3)                             | (4)                             | (5)                             | (6)                             |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                  | 成渝城市群                           |                                 | 长江中游城市群                         |                                 | 关中平原城市群                         |                                 |
|                  | <i>Greenpat</i>                 | <i>Greeninv</i>                 | <i>Greenpat</i>                 | <i>Greeninv</i>                 | <i>Greenpat</i>                 | <i>Greeninv</i>                 |
| <i>Broadband</i> | 0.778 <sup>***</sup><br>(0.036) | 1.223 <sup>***</sup><br>(0.065) | 0.767 <sup>***</sup><br>(0.036) | 1.262 <sup>***</sup><br>(0.106) | 0.758 <sup>***</sup><br>(0.031) | 1.185 <sup>***</sup><br>(0.036) |
| 控制变量             | 是                               | 是                               | 是                               | 是                               | 是                               | 是                               |

续表8

|       | (1)             | (2)             | (3)             | (4)             | (5)             | (6)             |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|       | 成渝城市群           |                 | 长江中游城市群         |                 | 关中平原城市群         |                 |
|       | <i>Greenpat</i> | <i>Greeninv</i> | <i>Greenpat</i> | <i>Greeninv</i> | <i>Greenpat</i> | <i>Greeninv</i> |
| 城市固定  | 是               | 是               | 是               | 是               | 是               | 是               |
| 时间固定  | 是               | 是               | 是               | 是               | 是               | 是               |
| $R^2$ | 0.368           | 0.372           | 0.341           | 0.298           | 0.392           | 0.356           |
| $N$   | 240             | 240             | 450             | 450             | 150             | 150             |

## 2. 市场发育度异质性分析

不同城市的市场发育情况将对当地产品开发、知识产权保护、研发补助和初创公司孵化等领域产生异质性影响,并最终影响当地绿色创新活动的开展。借鉴逯东和朱丽<sup>[38]</sup>的做法,根据《中国分省份市场化指数报告(2021)》,将市场化指数大于年度中位数的城市列为高市场发育度城市,否则列为低市场发育度组。由表9可知,高市场化组城市的回归系数均大于低市场发育度城市。这表明网络基础设施建设将更显著推动高市场发育度城市绿色技术创新“量质齐升”。原因在于:完善的法律制度和知识产权保护体系能够激励企业增加R&D投入,减少行政干预,减轻对政府补助的依赖,扩大研发资金的社会来源;市场竞争机制一方面倒逼企业遵守市场规则,诚信经营,减轻恶性竞争和行业垄断对研发活动的不利影响,另一方面将通过“鲶鱼效应”,倒逼企业主动感知产品销售行情,激励企业提高研发效率和产品质量。因此,网络基础设施建设将在高市场发育度城市中发挥更为显著的绿色技术创新“量质齐升”效果。而低市场发育度城市由于内部价格机制失灵、行政干预频繁、行业寡头较多、过度依赖政府补贴和专利侵权现象频发等原因,致使网络基础设施建设所发挥的绿色技术创新“量质齐升”效果被削弱。

表9 市场发育度异质性检验

|                  | (1)                 | (2)                 | (3)                 | (4)                 |
|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                  | 高市场发育度城市            |                     | 低市场发育度城市            |                     |
|                  | <i>Greenpat</i>     | <i>Greeninv</i>     | <i>Greenpat</i>     | <i>Greeninv</i>     |
| <i>Broadband</i> | 0.873***<br>(0.034) | 1.451***<br>(0.056) | 0.724***<br>(0.053) | 1.156***<br>(0.043) |
| 控制变量             | 是                   | 是                   | 是                   | 是                   |
| 城市固定             | 是                   | 是                   | 是                   | 是                   |
| 时间固定             | 是                   | 是                   | 是                   | 是                   |
| $R^2$            | 0.351               | 0.542               | 0.342               | 0.374               |
| $N$              | 1845                | 1845                | 2160                | 2160                |

## 六、结论与政策建议

本文基于2009—2023年中国267个城市的面板数据,从量与质两个维度出发,采用多时点双重差分模型探讨网络基础设施建设对城市绿色技术创新的影响和作用机制。研究发现:(1)网络基础设施建设对城市绿色技术创新的“数量和质量”产生正向影响,显著推动城市绿色技术创新“量质齐升”。(2)网络基础设施建设主要通过生产性服务业集聚、产业结构升级和金融发展三条机制间接影响城市绿色技术创新。具体而言,生产性服务业集聚和金融发展推动城市绿色技术创新“量质齐升”,产业结

构升级对城市绿色技术创新的“量”产生正向影响,但无法影响城市绿色技术创新的“质”。(3)异质性检验表明,网络基础设施建设将对不同城市群所在城市的绿色技术创新发挥出不同的“量质齐升”效果,这可能是因为不同城市群内部产业结构、科教资源和营商环境等条件存在差异。此外,网络基础设施建设会对高市场发育度城市的绿色技术创新发挥出更显著的“量质齐升”效果。这是因为此类城市的法律制度和知识产权保护体系完善,外部资金充足,产品竞争激烈和行政干预少等条件为绿色技术创新提质增量提供保障。基于以上结论,提出如下政策建议:

#### (1)扩容试点名单,升级建设方案

政府有关部门应建立网络基础设施建设的投资、施工和维护等监督机制,将人群稠密、受灾影响小和能源、交通基础设施建设完善等相关地区率先纳入试点范围。根据市场规模、服务主体和衍生应用场景等,升级业务专网、信息安全防护、物联网等有关服务,提升传输速率,强化安全防控和线路切换等,以推动地区创新主体的数字化转型为绿色技术创新提质增量。

#### (2)优化生产性服务业外部环境

政府部门应通过土地优惠、税收减免、开放科学装置和数据库以及统一专利认定标准等方式,吸引生产性服务企业向本地区集聚,并为上下游企业入驻提供配套服务,从而激发企业集聚效应。

#### (3)引导和管理产业结构升级

地方政府应通过培育企业孵化平台和提供专项补助等方式引导社会资源流入新兴产业,鼓励传统企业使用信息技术推动工艺绿色革新,并对技术模仿和外包等行为实施严格的惩戒机制,提高绿色技术创新品质。

#### (4)完善金融服务体系

政府部门应鼓励金融机构丰富产品种类,搭建银企合作平台,健全信用评价体系,吸引中介服务机构入驻当地,关注中小企业融资痛点,助力破解创新主体融资约束。以蚂蚁金服为例,通过区块链技术为企业设立碳账户,监督企业的减排和新能源产品使用等情况,并将其转换为积分。根据积分,提供多样化的信贷资金,激励企业绿色技术创新提质增量。

#### (5)因地制宜施策,缩小绿色技术创新的区域差异

政府部门应根据成功案例,建立协调工作组,结合城市群内部的产业结构、科教资源和营商环境等条件,制定个性化的网络基础设施建设方案,以孕育更多绿色研发活动;鼓励低市场发育度城市通过完善当地的法律环境和知识产权保护体系,以及设置并购浮动标准等方式,促进绿色技术创新提质增量。

### [参 考 文 献]

- [1] Bimber B, Flanagan A J, Stohl C. Reconceptualizing collective action in the contemporary media environment[J]. *Communication Theory*, 2005(4): 365-388.
- [2] Pfarrer M D, Pollock T G, Rindova V P. A tale of two assets: The effects of firm reputation and celebrity on earnings surprises and investors' reactions[J]. *Academy of Management Journal*, 2010(5): 1131-1152.
- [3] Avom D, Nkengfack H, Fotio H K, et al. ICT and environmental quality in Sub-Saharan Africa: Effects and transmission channels[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020: 120028.
- [4] 黄漫宇,余祖鹏,赵曜. 生产性服务业集聚对绿色技术创新的影响研究[J]. *统计与信息论坛*, 2022(12): 20-31.
- [5] Acemoglu D, Aghion P, Bursztyn L, et al. The environment and directed technical change[J]. *American Economic Review*, 2012(1): 131-166.
- [6] 文书洋,刘浩,王慧. 绿色金融、绿色创新与经济高质量发展[J]. *金融研究*, 2022(8): 1-17.
- [7] 单春霞,周文洁,耿紫珍. 环境规制、绿色技术创新与可持续发展——被调节的中介效应分析[J]. *经济问题*, 2024(8): 95-102.

- [8] 唐大鹏,杨真真. 地方环境支出、财政环保补助与企业绿色技术创新[J]. 财政研究,2022(1):79-93.
- [9] 张文礼,刘维奇,郭淑芬. 政府作为和公众参与下企业绿色创新策略选择研究——基于互联网赋权的协同共治视角[J]. 经济问题,2025(2):99-110.
- [10] 韦铁,黎晓莹. 中国—东盟自由贸易促进中国绿色技术创新了吗?[J]. 广西大学学报(哲学社会科学版),2024(1):162-170.
- [11] 刘传明,马青山. 网络基础设施建设对全要素生产率增长的影响研究——基于“宽带中国”试点政策的准自然实验[J]. 中国人口科学,2020(3):75-88+127-128.
- [12] 唐礼智,陈铭聪,马青山. 网络基础设施建设与居民收入差距——来自“宽带中国”战略的经验证据[J]. 经济评论,2025(1):117-132.
- [13] 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(4):153-180.
- [14] 申明浩,谭伟杰. 数字化与企业绿色创新表现——基于增量与提质的双重效应识别[J]. 南方经济,2022(9):118-138.
- [15] 张泽南,钱欣钰,曹新伟. 企业数字化转型的绿色创新效应研究:实质性创新还是策略性创新[J]. 产业经济研究,2023(1):86-100.
- [16] 岳宇君,马艺璇. 数字技术赋能城市环境治理:节能、减排与增效[J]. 经济体制改革,2025(2):3-11.
- [17] 王霞,吴佳琪. 管理者数字素养与企业绿色技术创新[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版),2023(6):120-138+173-174.
- [18] 李涛,王曰影. 生产性服务业集聚与城市绿色发展[J]. 北京工商大学学报(社会科学版),2023(2):114-126.
- [19] 翟琼,朱培伟,任仁. 环境规制、生产性服务业集聚与城市绿色创新[J]. 宏观经济研究,2022(12):98-114.
- [20] 李体欣,倪志兴,许瑞琦. 生产性服务业集聚对城市绿色全要素生产率的影响及门槛效应[J]. 南方金融,2022(5):59-69.
- [21] 董旭,陈阳,赵晓梦. 生产性服务业集聚可以抑制城市雾霾污染吗——绿色创新的传导效应和门槛效应[J]. 长江流域资源与环境,2024(7):1437-1452.
- [22] Marshall A. Principles of economics[M]. London:Macmillan,1907:222-231.
- [23] Jacobs J. The economy of cities[M]. New York:Random House,1969:122-145.
- [24] Porter M E, van der Linde C. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship[J]. Journal of Economic Perspectives,1995(4):97-118.
- [25] 林毅夫. 产业政策与我国经济的发展:新结构经济学的视角[J]. 复旦学报(社会科学版),2017(2):148-153.
- [26] 邓郴宜,万勇,汪子泉. 产城人融合是否促进了绿色技术创新“量质齐升”——以长三角城市群为例[J]. 华东经济管理,2023(11):17-28.
- [27] 刘诗源,向海凌,吴非. 产城融合能促进区域创新吗?——来自中国285个地级市的经验证据[J]. 科研管理,2022(7):37-44.
- [28] 韩先锋,郑酌基,宋文飞,等. 环境规制调节下数字金融对绿色技术创新的动态影响研究[J]. 管理学报,2023(8):1180-1188.
- [29] 郑素兰,刘婧涵,姚婷. 数字金融对绿色技术创新的影响及机制研究[J]. 经济问题,2024(2):41-47+63.
- [30] 钟廷勇,黄亦博,孙芳城. 数字普惠金融与绿色技术创新:红利还是鸿沟[J]. 金融经济研究,2022(3):131-145.
- [31] Levine R, Zervos S. Stock markets, banks, and economic growth[J]. American economic review, 1998: 537-558.
- [32] 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(11):155-164.
- [33] 陈超凡,李文博,关成华. 可持续评价与企业绿色创新——来自中国A股上市公司ESG表现的经验证据[J]. 北京师范大学学报(社会科学版),2024(05):104-115.
- [34] 刘叶,刘伯凡. 生产性服务业与制造业协同集聚对制造业效率的影响——基于中国城市群面板数据的实证研究[J]. 经济管理,2016(6):16-28.
- [35] 罗超平,朱培伟,张璨璨,等. 生产性服务业集聚促进了城市绿色创新吗——基于“本地—邻地”效应的视角[J]. 西南大学学报(社会科学版),2022(1):97-112.

- [36] 干春晖,郑若谷,余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. 经济研究,2011(5):4-16+31.
- [37] 陶锋,胡军,李诗田,等. 金融地理结构如何影响企业生产率?——兼论金融供给侧结构性改革[J]. 经济研究,2017(9):55-71.
- [38] 逯东,朱丽. 市场化程度、战略性新兴产业政策与企业创新[J]. 产业经济研究,2018(2):65-77.

## Study on the Impact of Network Infrastructure Construction on Urban Green Technology Innovation: Evidence from “Broadband China” Policy

Hu Zhenhua Yang Min

(School of Bussiness, Wenzhou University, Wenzhou Zhejiang 325035, China)

**Abstract:** Based on the panel data of 267 cities in China from 2009 to 2023, this paper empirically examines the impact and mechanism of network infrastructure construction on green technology innovation in cities from both quantitative and qualitative perspectives in accordance with the quasi-natural experiment of “Broadband China” policy by multi-time DID model. The results show that: (1) network infrastructure construction significantly promotes urban green technological innovation in terms of “quantity and quality”. (2) Network infrastructure construction will promote the “quantity and quality” of urban green technological innovation through the mechanism of productive service industry agglomeration and financial development, and the mechanism of industrial structure upgrading can improve the “quantity” of urban green technological innovation, but has no effect on the “quality” of urban green technological innovation. (3) The construction of network infrastructure will differently promote the “quantitative and qualitative” of green technological innovation in cities within different urban agglomerations, and more significantly promote the “quantitative and qualitative” of green technological innovation in cities with a high degree of market development. On this basis, relevant government departments should expand the list of pilots, upgrade the construction program, play a supporting role in the agglomeration of productive service industries, industrial structure upgrading and financial development, plan the network infrastructure construction program according to the situation, narrow the gap about the development of regional green technological innovation, and promote the quality and quantity of green technological innovation by taking the digital transformation as an opportunity.

**Keywords:** “BroadbandChina” policy; green technology innovation; network infrastructure construction; quantity and quality

[责任编辑:邹柳馨]