

信息基础设施建设能否提升城市绿色创新水平

——基于长江经济带 108 个地级市的实证分析

于志慧 何昌磊

安徽财经大学中国合作社研究院

摘要：绿色创新是推动城市经济绿色高质量发展的重要动力。以“宽带中国”示范政策作为信息基础设施建设的一项准自然实验，基于长江经济带 108 个地级市面板数据，使用多时点双重差分模型和空间双重差分模型，系统考察了“宽带中国”示范政策对城市绿色创新的直接效应、间接效应和空间效应。研究发现：信息基础设施建设显著提升了城市绿色创新水平，经过异质性处理效应等一系列检验后结果仍然稳健，且这一提升效应在长江经济带下游城市、重点城市、科教资源丰富的城市中表现更为明显。机制检验表明，信息基础设施建设通过人才集聚效应、互联网水平提升效应和数字金融助推效应提高城市的绿色创新水平。空间双重差分结果表明，信息基础设施建设对城市绿色创新产生空间溢出效应，政策效应同时受到经济相似、地理邻近城市的影响。研究结论为进一步推进信息基础设施建设赋能城市绿色创新发展提供了经验借鉴。

关键词：信息基础设施建设；城市绿色创新；“宽带中国”；多时点双重差分模型；空间双重差分模型；

作者简介：于志慧(1973~)，女，副教授，主要研究方向为区域经济。E-mail:1053664367@qq.com

收稿日期：2022-12-09

基金：国家社会科学基金重大项目(22ZDA112)

绿色创新是实现双碳目标的驱动力，是绿色低碳高质量发展的源泉。党的十九、二十大报告及国家发改委等部委均提出构建以市场为导向的绿色技术创新体系。对城市而言，绿色创新可以减少污染排放，降低环境成本，建立绿色竞争优势，提高绿色全要素生产率。目前，绿色创新已成为绿色经济增长模式的核心内容，是引领经济长期向好发展的重要切入点。横贯东西的长江经济带，是我国经济高质量发展的领头羊，也是生态优先绿色发展主战场，其绿色创新发展对我国双碳目标的实现具有重要示范效应。

然而，城市绿色创新发展过程中仍存在着要素流动不畅、外部环境较差以及发展效率低下等问题，解决这些问题离不开信息基础设施建设的发展。理论上，信息基础设施建设有助于打破信息流动壁垒，提高绿色创新资源配置效率，激发区域绿色创新活力，提高城市绿色创新发展水平。“宽带中国”战略作为驱动信息基础设施建设的一项渐进式改革政策，自 2013 年启动评选工作以来，经 2014~2016 年三轮示范城市批复，遴选出了 119 个示范城市(群)，重点关注集聚信息化资源，改善信息技术发展环境，健全信息化发展体系等方面。随着“宽带中国”示范政策的实施，中国信息基础设施建设取得飞速发展。截至 2022 年底 1.5G 基站总数达 231.2 万个，固定互联网宽带接入用户总数达 5.9 亿户，蜂窝物联网终端用户 18.45 亿户，互联网宽带接入端口数量达 10.71 亿个。信息基础设施建设在提升信息化水平、夯实数字经济发展基础等方面取得良好进展。那么，“宽带中国”示范政策是否提升了城市绿色创新水平？又是如何提升城市绿色创新水平的？

从现有研究看,关于信息基础设施建设影响城市绿色创新的文献主要有3种。第1种文献主要从宏观政策、环境规制以及数字经济发展等方面阐释城市绿色创新的影响因素。多项研究表明,政策推动效应是提升城市绿色创新水平的最大动能[1]。例如,高新区试点政策[2]、智慧城市试点政策[3]、碳排放交易试点政策[4]、生态工业示范园区试点政策[5]与创新型试点城市政策[6]等,分别从创新驱动、结构驱动、资金配置、信息支撑、规模集聚、金融资源拓展、人力资本集聚、环境规制以及资本深化等方面,提升城市绿色创新水平。波特假说认为环境规制增加企业成本投入,迫使企业增加研发活动,提高创新能力以追求利润最大化,即环境规制的诱导创新论[7]。Nie等[8]、欧阳晓灵等[9]和Liu等[10]研究证实了环境规制通过科技进步、资源有效配置和产业结构升级,推动区域绿色创新进程。此外,随着信息技术、数字技术的发展,互联网、数字金融和数字经济等逐渐成为提升城市绿色创新水平的重要抓手。互联网发展通过提高技术研发能力、降低交易成本、加强外部监督水平,提高城市绿色创新水平[11]。数字金融加速金融主体互联互通,进而规避了道德风险和逆向选择问题,成为城市绿色创新的新动能[12]。数字经济优化区域金融结构、推动经济集聚,促进绿色技术溢出,有效提升城市绿色创新产出[13]。

第2种文献围绕信息基础设施建设的经济效应进行解析。在宏观层面,信息基础设施建设对缓解劳动力配置扭曲、提高数字化创业活跃度以及全要素生产率等均有促进作用[14,15,16]。在微观层面,信息基础设施建设可以增加企业劳动力总需求、提高企业会计稳健性以及促进企业转型升级[17,18,19]。第3种文献与本文研究内容最为相关,将“宽带中国”示范政策作为一项准自然实验,聚焦于信息基础设施建设对城市创新水平的影响。信息基础设施建设通过互联网发展效应[20]、集聚驱动和结构优化效应[21]、投资集聚效应[22]、金融产业提升效应和城市化发展效应[23]等途径提高城市创新水平。此外,信息基础设施建设促进城市高新技术外溢,从而利于城市间的合作创新[24]。

综上所述,已有文献为信息基础设施建设影响城市绿色创新的研究提供了一定的逻辑借鉴与理论基础,但仍然存在以下拓展空间:从研究内容看,信息基础设施建设对创新的影响已有诸多探讨,但针对城市绿色创新的研究却略显不足。绿色创新有利于破解资源环境瓶颈,推动经济社会和生态环境协调发展,为城市培育增长新动能。因此,探究信息基础设施建设能否提升城市绿色创新水平是一项重要议题。从空间关联性看,信息基础设施建设的绿色创新效应是否存在空间溢出效应,鲜有文献进行探讨。而“宽带中国”示范政策的实施,加强城市绿色创新资源的开放共享,促进绿色创新知识、技术、人才等要素的溢出,会对邻近城市产生辐射带动作用。因此,有必要探究信息基础设施建设对城市绿色创新影响的空间效应。

鉴于此,本文将“宽带中国”示范政策作为信息基础设施建设的政策冲击,基于长江经济带面板数据,采用多时点双重差分法、空间杜宾-双重差分法探讨了信息基础设施建设对城市绿色创新的直接影响、作用机制与空间溢出效应,并进一步考察了城市特征的异质性影响。本文可能的边际贡献在于:(1)从研究视角看,本文基于绿色视角分析“宽带中国”示范政策对城市创新发展的影响,在一定程度上丰富了绿色创新相关研究的经验证据,拓展了“宽带中国”示范政策经济效应评估的研究内容。(2)从研究方法看,以“宽带中国”示范政策构造准自然实验,采用多时点双重差分模型、空间杜宾-双重差分模型,考察“宽带中国”示范政策对城市绿色创新的直接效应与空间溢出效应。此外,对于多时点双重差分模型,考虑处理效应异质性的问题,使用异质性稳健估计方法进行验证,以保证回归结果的稳健性。(3)从研究内容看,在理论分析的基础上,从人力-物力-财力3个维度,即人才集聚效应、互联网水平提升效应以及数字金融助推效应,深入揭示“宽带中国”示范政策影响城市绿色创新的内在机理。并基于城市区位、行政等级与科教资源禀赋的差异,细致地考察了“宽带中国”示范政策对城市绿色创新的异质性影响效应,为进一步释放政策红利,激发城市绿色创新活力,提供更切实的政策建议。

1 制度背景、理论机制与研究假说

1.1 制度背景

信息基础设施主要涵盖5G、工业互联网、人工智能、数据中心等,是以互联网技术为手段,促进绿色化和新型工业化转型发展以及产业与技术创新协调发展的基础设施。而宽带网络是新时代信息基础设施建设发展的重要支撑,是加快经济社会数字化转型必不可少的一部分。为推动新一轮信息化发展浪潮,2013年国务院印发《“宽带中国”战略及实施方案》,开展“宽带中

国”示范城市申报、评审工作。随后工业和信息化部与国家发展和改革委员会分别于 2014、2015、2016 年批复了三批，共计 119 个“宽带中国”示范城市(群)。“宽带中国”示范城市的申报政策，要求城市的宽带接入能力、固定宽带接入数、移动电话人口普及率以及宽带用户渗透率等指标体系满足一定条件。入选“宽带中国”示范城市后，在三年创建期内，示范城市会优先获得工信部和国家发改委在示范项目、信息技术业务试点等方面的支持。因此，在政策倾斜与自身目标驱动下，“宽带中国”示范政策，在经济社会发展格局中融入信息基础设施建设，提高信息、知识和技术的传播效率，推动城市信息化水平提升，夯实数字经济发展基础，激发绿色创新活力，有利于推动网络强国、数字中国和绿色中国建设。

1.2 理论机制

(1) 人才集聚效应。

“宽带中国”示范城市的设立伴随一系列的创新优惠政策和补贴，为绿色创新活动提供资金支持。信息基础设施建设为绿色创新人才提供了数字技术、网络平台、数据源，促进绿色创新知识的传播与扩散，提供更优质的绿色创新环境。另一方面，依据流空间理论，流形空间中信息技术的发展使得要素流动不再受制于物理时空约束[25]。信息基础设施建设加快了高等教育资源在城市的传播与共享，增加绿色创新资源获取的可得性，降低绿色创新知识获取成本，增强绿色创新人才间互联互通的可能性。因而，“宽带中国”示范政策可以通过创造优质创新环境、降低知识获取成本两种途径，促使示范城市吸纳更多复合型和专业型的绿色创新人才，产生良好的人才集聚效应。人才集聚为城市绿色创新提供人力支持。一是绿色创新人才集聚增强了城市人才资源外部性，提高绿色创新人才与企业的匹配度，降低了企业搜寻绿色创新人才的成本，破除企业既有资源匮乏的束缚，弥补其对绿色创新要素投入的不足。二是绿色创新人才集聚带动更充足的创新要素在产业链上流动，实现产业链上的绿色创新溢出与技术扩散，最终实现绿色创新产品的研发升级[6]。三是波特产业竞争理论认为竞争产生的知识技术溢出是创新源泉[7]，而人才集聚会加剧绿色创新市场的竞争程度。竞争程度的提高带动知识、技术、人才和资本等共享，刺激市场产生优胜劣汰现象，提高城市绿色创新效率，进而促使城市绿色创新水平提升[26]。

假说 1:信息基础设施建设通过人才集聚效应提高城市绿色创新水平。

(2) 互联网水平提升效应。

“宽带中国”示范城市的设立，城市大数据、云计算、物联网等信息化、网络化的基础设施建设逐步完善，推动互联网普及水平、互联网用户规模、互联网信息应用能力的提高，从而提升城市互联网水平，为城市绿色创新提供物力保障。首先，依据梅特卡夫法则，网络用户数量的增加与网络资源的增长成正比[27]。信息基础设施建设促进城市互联网用户规模扩大，丰富了网络资源，有利于实现信息和知识的快速渗透，加速学习效应形成与释放，提高绿色创新主体对资源的利用能力，从而降低绿色创新交易成本。而交易成本理论认为，绿色创新交易成本的降低是推动城市绿色创新发展的关键。因此，互联网水平的提高有利于提升城市绿色创新效率。其次，互联网水平的快速提升利于打破信息交流壁垒，实现信息跨时空交流，加速绿色创新要素的流动与共享，保障城市绿色创新资本的有效积累。最后，互联网的快速发展为创新主体提供更多元化的创新载体与信息服务平台，为城市绿色创新发展营造良好的创新环境。此外，互联网发展有助于将众多创新主体连接到同一平台，产生规模经济效应，促使绿色创新要素协同发展，提高城市绿色创新资源的配置效率，从而促进城市绿色创新水平提升。

假说 2:信息基础设施建设通过提升互联网发展水平提高城市绿色创新水平。

(3) 数字金融助推效应。

信息基础设施建设发展使得人工智能、云计算、大数据等工具融入金融活动，为金融组织数字化转型带来契机，有效提高数字金融的覆盖深度与广度，提升金融服务效率，同时降低成本、控制风险，进一步拓展了数字金融的服务深度和触达能力。

数字金融的发展为城市绿色创新提供了财力支撑。其一，传统金融市场存在着较多分散的投资者，即小利润大市场，但由于甄别手段不足、吸纳成本高昂，往往较难有效利用这些小额资金。而数字金融借助信息技术手段整合了大量小而散的资金，发挥长尾效应，扩充了市场可利用的金融资源，为开展绿色创新活动提供充足的资金支持。其二，数字金融打破资本流转的存量化限制与时空约束，加快资金流转速度，促使金融资源配置效率提高，改善绿色创新主体的融资环境，起到金融杠杆作用，有效促进城市绿色创新发展。其三，数字金融能够使用高新技术对融资主体和绿色创新项目进行有效筛选，并为事后监督提供保障，提升了绿色创新主体的融资可能性与融资效率，减少道德风险与逆向选择现象发生。因此，数字金融发展减少了信贷资源错配，降低绿色创新活动的交易成本，刺激了绿色创新的活跃度，从而促进城市绿色创新水平提高[28, 29]。

假说 3:信息基础设施建设通过助推数字金融发展提高城市绿色创新水平。

(4)空间溢出效应。

城市间的要素流动不会受行政边界或地理空间的束缚而只对本地产生影响[30]。经济地理学家缪尔达尔指出扩散效应是指一个地区信息、技术、就业机会等的扩张会给另一个地区带来积极影响[31]。信息基础设施建设促使线上交流平台建立，使得信息在城市间与创新主体间的开放共享，从而增强了城市间的协同创新，加之“宽带中国”示范政策提升示范城市创新水平的同时，能够产生扩散效应，带动邻近城市的创新发展。这意味着信息基础设施建设对城市绿色创新水平的影响可能存在空间溢出效应。一方面，信息基础设施建设将传统的信息渠道予以智能化、云端化、互联网化，通过压缩时空距离，打破资源要素流动的空间约束。空间经济学表明，时空距离的缩短会增加绿色创新知识、技术、人才的跨区域溢出，使得信息传递更高效，刺激绿色创新溢出效应的动态演变，提升城市间绿色创新活动的关联度，进而对邻近城市绿色创新水平产生影响。另一方面，信息基础设施建设使得地理距离较小、经济发展水平相似的城市间更易建立互信合作的关系，增加了城市间获取绿色创新要素的机会与潜力，大大降低绿色创新要素流动的时间成本与经济成本，提升邻近城市获取绿色创新要素的便利性，进而推动城市间绿色创新的协同发展。

假说 4:信息基础设施建设通过空间溢出效应提高邻近城市绿色创新水平。

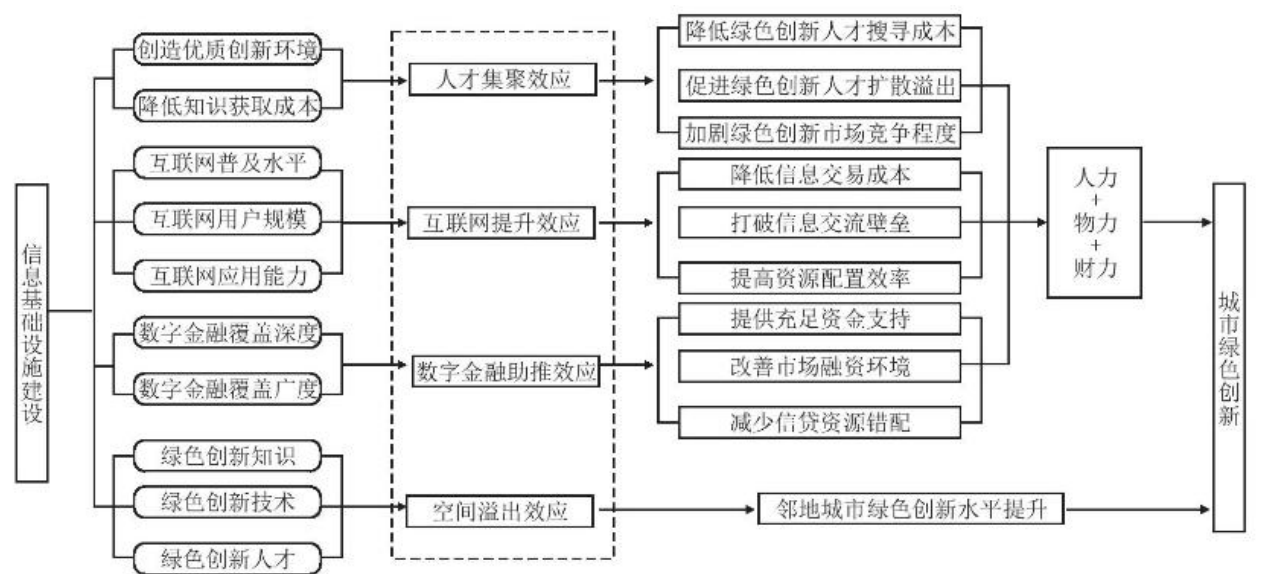


图 1 理论机制分析

2 研究设计

2.1 模型设定

(1) 多时点双重差分模型设定。

始于 2014 年的“宽带中国”示范政策是外生于城市绿色创新的政策冲击，将其视作一项准自然实验。考虑“宽带中国”示范政策是分 2014、2015、2016 年 3 个批次扩大示范城市范围，为科学评估示范政策对城市绿色创新的影响效应，构建多时点双重差分法的双向固定效应回归模型如下：

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 did_{it} + \beta_2 control_{it} + city_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中： y_{it} 表示 t 年 i 市的绿色创新水平； did_{it} 表示“宽带中国”示范政策的效果，即信息基础设施建设的代理变量； $control_{it}$ 表示一系列控制变量，包括经济发展水平、外商直接投资、金融业发展水平、人力资本水平、基础设施水平、产业结构； $city_i$ 表示城市固定效应； $year_t$ 表示时间固定效应； ε_{it} 表示随机扰动项。估计系数 β_1 度量了城市绿色创新在“宽带中国”示范政策冲击前后的平均差异。为增强结果的稳健性，本文将标准误差聚类到地级市层面。

(2) 空间双重差分模型。

考虑示范政策本身可能存在的空间溢出，对于提升城市绿色创新水平、强化城市间的绿色创新合作具有重要意义。因此，本文参考 Elhorst[32]、Lesage 等[33]的研究，引入空间滞后项，构建空间杜宾模型(SDM)作为初始模型以检验可供选择的模型。本文将 did 作为主要解释变量，建立如下空间杜宾模型：

$$\begin{aligned} y_{it} = & \beta_0 + \rho \sum_{j=1}^N W_{ij} y_{jt} + \beta_1 did_{it} + \mu \sum_{j=1}^N W_{ij} did_{jt} + \\ & \beta_2 control_{it} + \delta \sum_{j=1}^N W_{ij} control_{jt} + city_i + \\ & year_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

式中： W_{ij} 代表空间权重矩阵； $W_{ij}y_{jt}$ 代表各地级市绿色创新的空间滞后项； $W_{ij}did_{jt}$ 代表各地级市信息基础设施建设的空间滞后项。为避免空间权重矩阵选取对模型造成的偏误，本文采用 3 种空间权重矩阵以保证回归结果的稳健性。第一种为反地理距离权重矩阵($W1$)，以两个城市之间地理距离的倒数作为矩阵元素进行构建；第二种为经济距离权重矩阵($W2$)，使用 2010~2020 年各地级市人均 GDP 均值之差的倒数为测度数据进行构建；第三种为经济地理权重矩阵($W3$)，将地理与经济距离矩阵进行嵌套。

2.2 变量设定

(1) 被解释变量。

专利相较于 R&D 支出能更客观、直接的度量创新能力[34]。绿色发明专利与绿色实用新型专利相比，技术复杂度与创新性更高，更能体现城市实质性创新水平[35]。此外，在一定程度上专利授权数可以减少由于专利虚假申请和不合格专利所导致的样本偏误[36]，但专利授权存在一定的滞后性，因此，为保证结果的稳健性，本文分别参考王博等[37]和陈超凡等[38]采用各城市

绿色发明专利授权数(greinov1)和各城市绿色发明专利申请数(greinov2)来衡量城市绿色创新水平。

(2)核心解释变量。

“宽带中国”示范政策(did)。长江经济带共 108 个地级市，其中示范城市 48 个，非示范城市 60 个。具体地，将“宽带中国”示范城市 treated 设置为 1,作为处理组，将非“宽带中国”示范城市 treated 设置为 0,作为对照组；将示范政策实施当年及往后年份 t 赋值为 1,政策实施之前的年份 t 赋值为 0。以城市类型虚拟变量 treated 与政策实施时间虚拟变量 t 的交互项表示“宽带中国”示范政策的处理效应 did(did=treated×t)。

(3)控制变量。

为控制其他因素对城市绿色创新的影响，本文参考冯苑等[20]、张杰等[21]选取控制变量如下：①经济发展水平(lngdp)：城市实际 GDP(以 2010 年为基期，将名义 GDP 换算为实际 GDP)的对数；②外商直接投资(fdi)：实际利用外资与 GDP 之比；③金融业发展水平(finance)：金融机构存贷款余额总和与 GDP 之比；④人力资本积累水平(edu)：每万人拥有的普通本专科及以上学历数；⑤基础设施水平(infra)：邮电业务收入与 GDP 之比。⑥产业结构(industry)：第三产业增加值与第二产业增加值之比。

2.3 数据来源

本文选取 2010~2020 年长江经济带 108 个地级市(囿于数据可得性，去除 2011 年行政等级变化的铜仁市和毕节市)的平衡面板数据。绿色发明专利授权量、绿色发明专利申请量等专利数据，通过挖掘国家知识产权局的专利微观数据，参考 2010 年 WIPO 发布的绿色专利分类清单，进行数据清洗、归纳、整理获得。解释变量示范城市名单来源于工业和信息化部与国家发展和改革委员会公开文件。其余使用数据来源于各地级市统计年鉴和公报、中经数据库、EPS 数据库、《中国城市统计年鉴》等，采用线性插值法补全部分缺失值。表 1 为变量描述性统计。

3 实证分析

3.1 基准回归

表 2 报告了“宽带中国”示范政策对城市绿色创新影响效应的回归结果。其中第(1)、(2)列是以绿色发明专利授权数衡量城市绿色创新的估计结果，第(3)、(4)列是以绿色发明专利申请数衡量城市绿色创新的估计结果。结果显示，无论是以绿色发明专利授权数还是申请数作为城市绿色创新的衡量方式，“宽带中国”示范政策对城市绿色创新的影响均在 1%的水平上显著为正，即信息基础设施建设可以显著促进城市绿色创新水平提升。第(2)、(4)列显示，示范政策虚拟变量的系数分别为 0.107 和 0.493,即“宽带中国”示范政策的施行使得所在城市年均增加绿色发明专利授权 107 件、绿色发明专利申请 493 件，这表明信息基础设施建设的绿色创新驱动效应显著。基于信息经济学理论，信息基础设施建设提高了信息通达性，加速绿色创新要素流动，降低要素扩散与传播成本，为地区绿色创新发展提供共享、透明的创新资源，促进城市绿色创新发展水平提升。

表 1 变量描述性统计结果

变量名称	样本量	均值	方差	最小值	最大值
绿色发明专利授权数(greinov1)	1 188	0.124	0.324	0	3.083

绿色发明专利申请数 (greinov2)	1 188	0.518	1.31	0	15.162
“宽带中国”试点政策 (did)	1 188	0.243	0.429	0	1
经济发展水平 (lngdp)	1 188	6.321	1.165	3.359	10.429
外商直接投资 (fdi)	1 188	0.004	0.004	0	0.042
金融发展水平 (finance)	1 188	5.943	3.307	0.956	25.574
人力资本积累水平 (edu)	1 188	1.771	2.002	0.005	11.39
基础设施水平 (infra)	1 188	0.059	0.05	0.004	0.649
产业结构 (industry)	1 188	0.925	0.414	0.272	4.932

表 2 基准回归结果

变量	-1		-2		-3		-4
	greinov1		greinov1		greinov2		greinov2
did	0.111*** -0.039		0.107*** -0.037		0.513*** -0.176		0.493*** -0.163
lngdp			0.059 -0.059				0.248 -0.245
fdi			-8.996*** -3.401				-39.987*** -15.078
finance			0.001 -0.007				0.003 -0.03
edu			-0.058 -0.04				-0.191 -0.171

infra		0.259 -0.194		1.384 -0.977
industry		0.14 -0.096		0.565 -0.44
_cons	0.029 -0.019	-0.32 -0.377	0.135* -0.07	-1.403 -1.535
年份固定效应	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
样本量	1 188	1 188	1 188	1 188
R2	0.22	0.261	0.201	0.234

注：括号内为聚类到地级市的稳健标准误，*、**和***分别表示在 10%、5% 和 1% 水平上显著，下同。

3.2 平行趋势检验及动态效应分析

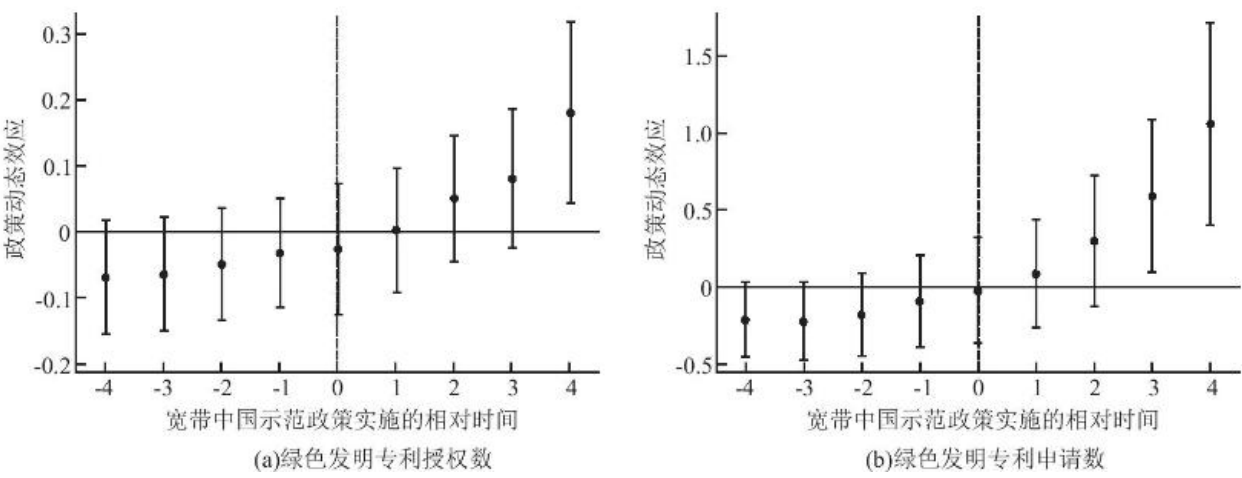
在“宽带中国”示范政策实施前，处理组城市与控制组城市的绿色创新水平变化趋势相同或未有明显差异，是进行双重差分法估计的重要条件。本文参照 Beck 等[39]的方法进行平行趋势检验，动态模型具体如下：

$$y_{it}=\alpha_0+\alpha_1did_{it}^{-4}+\alpha_2did_{it}^{-3}+...+\alpha_9did_{it}^{+4}+\beta control_{it}+city_i+year_t+\varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中： did_{it}^{-j} 是在城市 i 被纳入“宽带中国”示范城市的前 j 年为 1, 反之为 0； did_{it}^{+j} 在城市 i 被纳入“宽带中国”示范城市的后 j 年为 1, 反之为 0;在端点处 did_{it}^{-4} 在城市 i 被纳入“宽带中国”示范城市前第 4 年或大于 4 年为 1, 在端点处 did_{it}^{+4} 在城市 i 被纳入“宽带中国”示范城市后第 4 年或大于 4 年为 1 反之为 0。此外，将“宽带中国”示范政策实施前的第 5 期作为基期，为避免多重共线性将其剔除，其余各变量含义与基准回归结果一致。

平行趋势检验结果如图 2 所示，政策实施前各期虚拟变量系数值均较小且不显著，这表明在政策实施前，处理组与非处理组城市在绿色创新水平上无显著差异，研究“宽带中国”示范政策符合平行趋势假设。在动态效应方面，“宽带中国”示范政策实施后的前三年内对以绿色发明专利授权数表征的绿色创新水平的影响不显著；政策实施后的前两年内对以绿色发明专利申请数表征的绿色创新水平的影响不显著。但在示范政策实施三年后，“宽带中国”示范政策的影响系数显著为正，且逐年提升。这表明信息基础设施建设能够对城市绿色创新提升产生显著影响。一方面，由于“宽带中国”示范政策存在着明显的时滞效应，

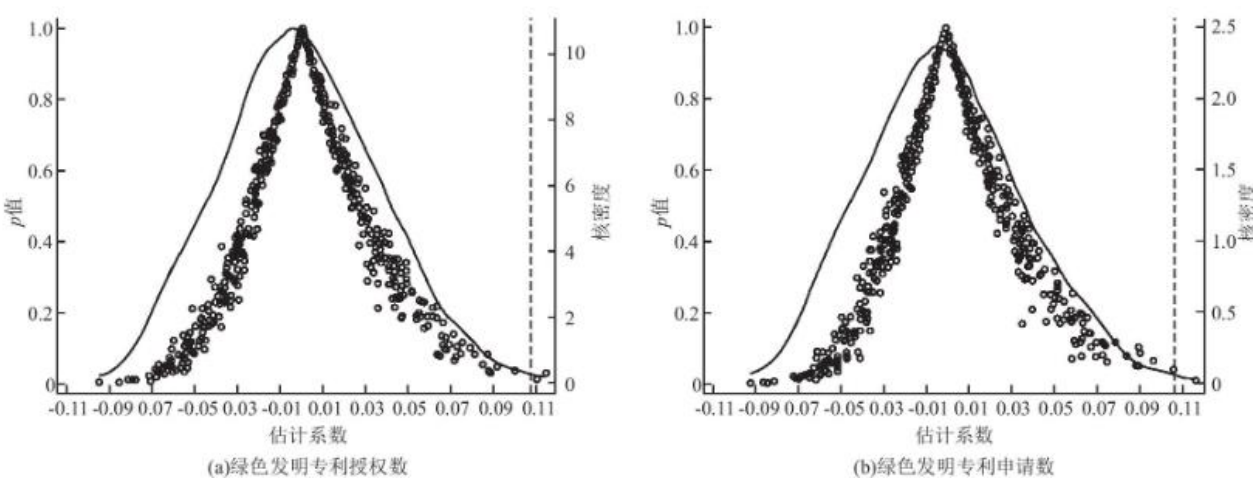
政策红利尚未完全释放，在政策施行后 2~3 年内对绿色创新的影响效果尚未稳定。另一方面，从创新研发到专利申请以及授权，本身存在较长的滞后性。因而，未能在政策推行后立刻产生影响。



3.3 稳健性检验

(1) 安慰剂检验。

平行趋势检验可以初步判定信息基础设施建设提升城市绿色创新水平的结论具有稳健性。但为避免结果显著性是由于其他随机因素的影响，而非“宽带中国”示范政策的冲击。参考 Cantoni 等[40]随机选取 48 个处理组城市，构造虚拟政策变量，使用两种衡量方式分别进行 500 次基准回归，绘制估计系数的 p 值与核密度图。结果如图 3 所示，估计系数均非常接近与 0，且远小于基准回归系数 0.107 与 0.493，同时估计系数分布基本符合正态分布。由此说明，信息基础设施建设对城市绿色创新水平的影响可以排除随机因素的干扰，基准回归结果的稳健性得到了初步验证。



(2) 排除智慧城市政策干扰。

智慧城市是在城市建设、运营、管理等领域中，通过对云计算、大数据、物联网等信息技术的应用，使得城市基础设施和服务更加智能、高效。在城市内开发的智能项目通常被认为更侧重于环境问题，且已有研究表明智慧城市建设可以有效推动城市绿色创新水平提升[3]。因此，在稳健性检验中，本文构建智慧城市试点政策变量，并将该政策变量纳入基准回归模型进行估计。表3第(1)(2)列回归结果显示，信息基础设施建设的估计系数仍在1%的显著水平上为正。这表明控制智慧城市试点政策的影响后，信息基础设施建设仍能显著提升城市绿色创新水平，本文核心结论较为稳健。

(3)考虑多时点 DID 处理效应异质性。

当使用多时点双重差分模型进行政策效果识别时，在双向固定效应(TWFE)框架下，处理效应异质性可能会导致估计结果产生潜在偏误[41,42]。本文参考 De Chaisemartin 等[41]将处理效应异质性引入双向固定效应模型，其中 TWFE 所估计的真实参数 β_{fe} 可表示为所有受处理个体的处理效应 Δg_{it} 的加权之和的期望值。

表 3 稳健性检验结果

变量	剔除其他政策干扰		绿色发明专利 授权滞后一期	替换被 解释变量	1%水平缩尾		联合固定 效应		
	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7		
	greinov1	greinov2	L. greinov1	N_greinov	greinov1	greinov2	greinov1		
did	0.107***	0.495***	0.078***	0.414***	0.090***	0.432***	0.089***	0.444***	
	-0.037	-0.166	-0.028	-0.145	-0.031	-0.143	-0.027	-0.14	
控制 变量	是	是	是	是	是	是	是	是	
年份 固定 效应	是	是	是	是	是	是	是	是	

城市固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
省份-时间联合效应	否	否	否	否	否	否	是	是
样本量	1 188	1 188	1 080	1 188	1 188	1 188	1 188	1 188
R2	0.262	0.235	0.249	0.289	0.29	0.275	0.475	0.475

$$\beta_{fe} = E(\sum_{(g,t):D_{g,t}=1} W_{g,t} \Delta_{g,t}) \tag{4}$$

式中：Δg,t 表示第 g 个城市第 t 年的处理效应；Wg,t 表示处理效应相应的权重。

De Chaisemartin 等[41]发现尽管权重之和为 1,但是 Wg,t 可能为负数，这使得βfe 也可能为负。为此，De Chaisemartin 等[41]建议使用 stata 命令 twowayfeweights 对基准回归模型再次进行检验，以考虑双向固定效应模型在处理效应异质性下的稳健性。由于绿色发明专利授权数存在滞后性，因此，仅检验以绿色发明专利申请数衡量绿色创新水平的基准回归模型，由结果可知，所有示范城市的各年度处理效应均为正数，异质性处理稳健性指标为 1.6,即模型异质性检验结果接近 1。这表明处理效应异质性尚未影响本文的估计结果，信息基础设施建设对城市绿色创新提升效应的结论具有稳健性。

此外，Goodman-Bacon[42]提出双向固定效应估计量(TWFEDD)是数据中所有可能的两组或两期 DD 估计量的加权平均值。具体到本文，得到三类子样本 2×2DID 估计量的加权平均(未存在总是处理组城市):①早处理与晚处理；②晚处理与早处理；③时变处理与从未处理。基于晚处理与早处理样本回归得到的 2×2DID 估计量是 TWFE 估计量所存在的偏误来源，而在满足平行趋势的条件下，早处理与晚处理、时变处理与从未处理样本回归得到的 2×2DID 估计量不会导致 TWFE 估计量产生偏误。处理结果显示，在两种衡量方式下时变处理与从未处理样本回归得到的处理效应占总 TWFE 处理效应的 90%和 89%,且处理效应为正。这意味着基准回归中“宽带中国”示范政策对城市绿色创新的提升效应所存在的偏误较小，结果较为稳健。

(4)其他稳健性检验。

在上述检验的基础上，本文还从以下 4 个方面进行稳健性检验。①由于绿色发明专利授权存在着一定的滞后性，因此将被解释变量绿色发明专利授权数滞后一期，重新进行基准回归；②替换被解释变量衡量方式，参考韩先锋等[43]使用绿色专利授权总数来衡量城市绿色创新，进行重新估计；③为剔除异常数据对模型回归结果的影响，本文对核心变量绿色发明专利授权数与绿色发明专利申请数进行 1%水平的 Winsorize 处理，重新进行估计；④在信息基础设施建设过程中，各省份会依照本省实际情况制定促进城市绿色创新发展的有关政策，积极发挥引导作用。各省份的绿色创新促进政策不同，对城市绿色创新发展的影响效果也不尽相同。因此，控制各省份随时间变化的政策因素与其他影响因素，将省份-时间联合固定效应纳入模型，进行估计。以上稳健性检验结果见表 3 所示，回归结果显示，所有估计系数均在 1%的显著水平上为正，这表明信息基础设施建设可以显著促进城市绿色创新发展，进一步证实了基准回归的稳健性。

3.4 作用机制分析

为检验“宽带中国”示范政策影响城市绿色创新的机制，依据江艇[44]提出的对于机制变量的识别建议，本文理论分析了人才集聚效应、互联网水平提升效应、数字金融助推效应对城市绿色创新的影响，在作用机制分析中只考察信息基础设施建设对机制变量的直接影响，从而提高模型识别的可信度。本文构建如下影响机制模型：

$$rd_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 did_{it} + \lambda_2 control_{it} + city_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$internet_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 did_{it} + \varphi_2 control_{it} + city_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$govinno_{it} = \phi_0 + \phi_1 did_{it} + \phi_2 control_{it} + city_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

式中： λ_1 、 ϕ_1 、 ϕ_1 分别表示信息基础设施建设对人才集聚效应、互联网水平提升效应、数字金融助推效应 3 个机制变量的影响程度。其余变量含义与基准回归模型一致。

“宽带中国”示范政策通过人才集聚效应影响城市绿色创新水平。囿于城市层面数据的可得性，科技人员相较于其他从业人员拥有更多的技术与知识，因此本文参考金培振等[45]采用科学研究和技术服务业从业人员数占城市从业人员数的比重来近似衡量城市人才集聚。表 4 第(1)列结果显示，“宽带中国”示范政策的系数在 5%的显著水平上为正，这表明信息基础设施建设促进了人才集聚。现有研究基本证实了人才集聚与城市绿色创新的正向关系，陈超凡等[38]和李政等[46]实证研究发现科技人才是绿色创新活动的核心要素，人才集聚效应可以显著促进城市绿色创新。由此证明“宽带中国”示范政策通过人才集聚效应，促进了城市绿色创新水平提升，即假说 1 得到验证。

表 4 作用机制检验结果

变量	rd		internet		df
	-1		-2		-3
did	0.511**		0.209***		0.134**
	-0.204		-0.061		-0.06

控制变量	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
样本量	1 188	1 188	1 080
R2	0.09	0.381	0.995

“宽带中国”示范政策通过提高互联网发展水平促进城市绿色创新发展。本文参考黄群慧等[47]将每百人移动电话用户数、计算机软件和软件业从业人员占城镇单位从业人员比重、每百人互联网宽带接入用户数以及人均电信业务总量等指标进行标准化处理，继而通过主成分分析方法计算得到互联网发展水平综合指数。其中互联网指标数据来源于《中国城市统计年鉴》。表4第(2)列结果显示，“宽带中国”示范政策对互联网水平的提升效应在1%的水平上显著，表明信息基础设施建设切实提升了城市互联网发展水平。大量文献实证检验了互联网发展对城市绿色创新的正向影响。刘保留等[11]基于专利视角，研究发现互联网发展可以提高研发能力、降低交易成本、加强外部监督能力，进而对城市绿色创新产生显著的促进作用。王晗等[6]认为以互联网为代表的信息化水平提升为绿色创新主体提供技术保障，推动创新要素资源整合，提高资源配置效率，强化城市绿色创新水平提升能力。因此，“宽带中国”示范政策通过提升互联网发展水平，促进城市绿色创新发展，由此假说2得到验证。

“宽带中国”示范政策通过数字金融助推城市绿色创新水平提升。本文使用郭峰等[48]编制的北京大学数字普惠金融指数来衡量数字金融发展水平。这一指数采用云计算、智能算法、大数据等信息技术，进一步拓展了普惠金融的深度和广度，更详尽地刻画了各城市数字金融发展趋势。表4第(3)列结果显示，“宽带中国”示范政策对数字金融的促进作用在5%的水平上显著，表明信息基础设施建设可以显著促进数字金融水平提升。顾江寒和柴华奇[12]研究认为数字金融作为新型金融发展模式为绿色创新活动提供了有力的资金支持，可以显著提升城市绿色创新水平。因而，“宽带中国”示范政策通过提升数字金融发展水平，助推城市绿色创新发展，由此假说3得到验证。

3.5 空间溢出效应分析

本文使用全局Moran’s I指数检验得到“宽带中国”示范政策对城市绿色创新水平的促进作用在空间上存在相关性。LR和WALD检验均在1%的水平上显著，拒绝原假设，即空间杜宾-双重差分模型(SDM-DID)是检验政策空间溢出效应的最佳选择。

从表5的SDM-DID估计结果来看，在反距离权重矩阵、经济距离权重矩阵、经济地理权重矩阵下，“宽带中国”示范政策促进城市绿色创新水平提升的直接效应、间接效应与总效应，均在1%的水平上显著为正，即城市的绿色创新发展具有空间依赖性。这表明“宽带中国”示范政策不仅能够直接带动本地区城市绿色创新水平提升，还可以通过空间溢出效应推动地理邻近或经济相似的其他城市绿色创新水平的提升。随着示范城市辐射带动能力的增强，绿色创新资源、人才、技术等要素在区域间流动更畅通，提升了邻近地区的绿色创新水平，产生明显的绿色创新扩散效应。此外，在3种权重矩阵下，信息基础设施建设的空间溢出效应占总效应的比重分别达约65%、80%、85%。这一结论也说明，信息基础设施建设更多的通过空间溢出效应促进了长江经济带城市绿色创新水平的整体提升。由此假说4得到验证。

表 5 SDM-DID 估计结果

变量	绿色发明专利授权						绿色发明专利申请				
----	----------	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--

	数 greinov1						数 greinov2				
	W1		W2		W3		W1		W2		W3
	-1		-2		-3		-4		-5		-6
直接效应	0.102***		0.113***		0.074***		0.473***		0.522***		0.352***
	-0.015		-0.015		-0.013		-0.068		-0.068		-0.062
间接效应	0.205***		0.486***		0.550***		0.889***		1.722***		2.128***
	-0.029		-0.081		-0.069		-0.124		-0.27		-0.297
总效应	0.307***		0.599***		0.624***		1.361***		2.244***		2.480***
	-0.034		-0.086		-0.077		-0.144		-0.286		-0.333
控制变量	是		是		是		是		是		是
年份固定效应	是		是		是		是		是		是
城市固定效应	是		是		是		是		是		是
logL	720.313		737.486		995.218		-1 080.817		-1 071.181		-829.335
样本量	1 188		1 188		1 188		1 188		1 188		1 188
R2	0.072		0.004		0.196		0.144		0.1		0.06

4 进一步分析

依据上述分析，“宽带中国”示范政策的施行对城市绿色创新水平的提高，在整个长江经济带领域呈现显著的促进作用。为进一步探讨示范政策的绿色创新影响效应是否存在区域差异性，本文依据城市的区位、行政等级以及科教资源水平，进行分样本的异质性检验。

4.1 城市区位异质性

长江经济带城市横跨东中西 3 个区域，经济发展水平、资源禀赋、基础设施条件存在较大差距，这种差异可能会导致“宽

带中国”示范政策对城市绿色发展的影响，因区域的不同而产生差异。因此，本文将样本分为上游、中游、下游 3 个区域，进行异质性检验。表 6 报告了城市区位异质性结果，无论是以绿色发明专利授权数还是申请数表征城市绿色创新，“宽带中国”示范政策的影响系数在上游城市均不显著为正，中游城市在 10%的显著水平上为正，下游城市在 1%的水平上显著为正，且下游城市的回归系数明显大于中游城市。这表明“宽带中国”示范政策对城市绿色创新的促进效果，在下游城市大于中游城市，在上游城市尚不明显。一方面，下游城市的绿色创新人才、技术以及要素资源等多于中游、上游城市，在进行绿色创新活动时，能更好的以“宽带中国”示范政策为契机，利用信息基础设施建设提升区域绿色创新水平；另一方面，下游城市地理区位优势明显，经济基础雄厚，具有较高的经济外向型表现，更易于引入先进的绿色创新成果，加以借鉴学习，而中游、上游城市受限于地理区位限制，绿色创新要素、信息等交流不畅，削弱了“宽带中国”示范政策的绿色创新效应。

表 6 城市区位异质性

变量	上游				中游				下游		
	greinov1		greinov2		greinov1		greinov2		greinov1		greinov2
	-1		-2		-3		-4		-5		-6
did	0.024		0.155		0.086*		0.306*		0.169***		0.817***
	-0.043		-0.225		-0.047		-0.173		-0.061		-0.267
控制变量	是		是		是		是		是		是
年份固定效应	是		是		是		是		是		是
城市固定效应	是		是		是		是		是		是
样本量	341		341		396		396		451		451
R2	0.244		0.222		0.207		0.211		0.479		0.461

4.2 城市行政等级异质性

城市行政等级不同使得城市的经济规模有明显差异，绿色创新资源、创新要素在集聚能力与配置效率等方面有较大差距。因此，本文将长江经济带直辖市、副省级城市、省会城市作为重点城市，其他城市为一般城市。由表 7 第 (1)~(4) 列结果可知，重点城市“宽带中国”示范政策的回归系数在 5%的显著水平上为正，一般城市对绿色发明专利授权数的回归系数不显著为正、对绿色发明专利申请数的回归系数在 10%的显著水平上为正，且明显小于重点城市的影响系数。这表明“宽带中国”示范政策可以提高重点城市的绿色创新水平，但对一般城市的提升效应不明显。重点城市常位于各省份的中心位置，具有明显的政策红利优势，更利于区域的绿色创新要素资源集聚，而一般城市较重点城市难以吸引大量的创新要素资源，甚至面临着资源大量流向重点城市的问题。因而，重点城市绿色创新发展能力明显强于一般城市，在重点城市可以更充分发挥“宽带中国”示范政策对绿色创新的积极影响。

表 7 城市等级、科教资源异质性

变 量	重点城市		一般城市		科教资源丰富		科教资源缺乏	
	greinov1	greinov2	greinov1	greinov2	greinov1	greinov2	greinov1	greinov2
	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8
did	0.260**	1.404**	0.027	0.128*	0.145*	0.692*	0.014	0.081
	-0.088	-0.479	-0.018	-0.07	-0.071	-0.328	-0.013	-0.051
控制 变量	是	是	是	是	是	是	是	是
年份 固定 效应	是	是	是	是	是	是	是	是
城市 固定 效应	是	是	是	是	是	是	是	是
样 本 量	132	132	1 056	1 056	187	187	1 001	1 001
R2	0.821	0.73	0.267	0.285	0.762	0.646	0.296	0.354

4.3 科教资源异质性

在城市绿色创新水平提高的过程中,高等院校在绿色创新人才培养、技术研发等方面发挥了重要作用。因此,本文以城市是否拥有双一流高校以及含双一流学科的高校来衡量科教资源水平,依据 2022 年教育部、财政部、国家发展和改革委员会公布的第二轮“双一流”建设高校及建设学科名单²,进行分样本回归。由表 7 第(5)~(8)列结果可知,科教资源丰富城市的政策回归系数在 10%的水平上显著为正,科教资源缺乏城市的政策回归系数不显著。这表明,随着“宽带中国”示范政策的实施,科教

资源丰富城市的绿色创新发展水平显著提高，科教资源缺乏城市的绿色创新提升效应不明显。科教资源丰富城市的产学研高度一体化，能够有效配置资源，促进城市绿色创新发展。基于资源禀赋理论，科教资源缺乏城市绿色创新资源有限，在绿色创新发展方面处于相对劣势地位。因而，“宽带中国”示范政策的绿色创新提升效应在科教资源丰富的城市效果更明显。

5 结论及政策启示

本文以“宽带中国”示范政策作为准自然实验，使用2010~2020年长江经济带108个地级市面板数据，构建多时点双重差分模型，对信息基础设施建设的绿色创新驱动效应进行系统评价。研究发现：(1)“宽带中国”示范政策的施行有利于城市绿色创新水平提升，且经过异质性处理效应等一系列检验后结果仍然稳健。(2)信息基础设施建设通过人才集聚效应、互联网水平提升效应、数字金融助推效应提升城市绿色创新水平。(3)“宽带中国”示范政策对地理相近、经济相似的城市产生了较强的绿色创新扩散效应。(4)“宽带中国”示范政策对长江经济带下游城市、重点城市、科教资源丰富城市的绿色创新驱动作用更强，但在长江经济带中上游城市、一般城市、科教资源缺乏城市，示范政策对绿色创新的提升效果较小。

基于以上结论，本文的政策启示如下：(1)立足于“宽带中国”发展战略，积极支持示范城市先试先行工作，探索并提炼更多可推广经验，为信息基础设施建设提供全局性的指导。从而进一步加快5G、大数据、物联网等信息基础设施建设步伐，充分发挥示范政策的绿色创新驱动效应，推动形成绿色创新城市发展新格局。(2)完善“宽带中国”示范政策促进城市绿色创新提升的多维体系。加快以互联网发展为代表的信息基础设施建设，鼓励科研机构 and 高等院校加强绿色创新人才培养，完善数字金融在绿色创新活动中的激励机制。进一步打破绿色创新要素流动壁垒，提高绿色创新效率，加快城市绿色创新发展。(3)强化城市间进行跨区域的绿色创新合作，充分发挥信息基础设施建设驱动城市绿色创新的溢出红利。各地政府应以城市间的绿色创新协调发展为主要抓手，与地理邻近、经济相似城市形成良性互动、功能互补的绿色创新发展联动格局，消除绿色创新要素在城市间的空间隔阂，充分发挥政策的空间溢出效应。(4)“宽带中国”示范城市应当避免盲目照搬复制其他城市的绿色创新发展经验，统筹考虑城市在地理区位、行政等级、科教资源禀赋等方面的差异，坚持因城施策、分类指导战略。长江经济带中上游城市、一般城市和科教资源缺乏城市具备强劲的后发优势，要努力克服异质性差异短板，把握“宽带中国”示范城市带动信息基础设施建设的窗口期、机遇期，探索符合实际情况的绿色创新发展模式，充分挖掘自身绿色创新发展潜力，带动城市绿色创新水平提升。

参考文献

- [1] HOJNICK J, RUZZIER M. What drives eco-innovation? A review of an emerging literature[J]. Environmental Innovation and Societal Transitions, 2016, 19:31-41.
- [2] 王巧, 余硕, 曾婧婧. 国家高新区提升城市绿色创新效率的作用机制与效果识别——基于双重差分法的检验[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(2):129-137. WANG Q, SHE S, ZENG J J. The mechanism and effect identification of the impact of National High-tech Zones on urban green innovation: Based on a DID test[J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(2):129-137.
- [3] 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. SONG D Y, LI C, LI X Y. Does the construction of new infrastructure promote the ‘quantity’ and ‘quality’ of green technological innovation: Evidence from the national smart city pilot[J]. China Population, Resources and Environment, 2021, 31(11):155-164.
- [4] LI C, LI X, SONG D, et al. Does a carbon emissions trading scheme spur urban green innovation? Evidence from a quasi-natural experiment in China[J]. Energy & Environment, 2022, 33(4):640-662.

-
- [5] WU Y C,GAO X Y.Can the establishment of eco-industrial parks promote urban green innovation?Evidence from China[J]. Journal of Cleaner Production, 2022, 341:130855.
- [6] 王晗, 何泉吟, 许舜威. 创新型城市试点对绿色创新效率的影响机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(4):105-114. WANG H, HE X Y, XU S W. Impact and mechanism of innovative city pilot projects on the efficiency of green innovation[J]. China Population, Resources and Environment, 2022, 32(4):105 -114.
- [7] PORTER M E, LINDE C V D. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship[J]. Journal of Economic Perspectives, 1995, 9(4):97-118.
- [8] NIE Y Y, WAN K, WU F, et al. Local government competition, development zones and urban green innovation: An empirical study of Chinese cities[J]. Applied Economics Letters, 2022, 29(16):1509-1514.
- [9] 欧阳晓灵, 张骏豪, 杜刚. 环境规制与城市绿色技术创新: 影响机制与空间效应[J]. 中国管理科学, 2022, 30(12):141-151. OUYANG X L, ZHANG J H, DU G. Environmental regulation and green technological innovation: Impact mechanism analysis and spatial spillover effects[J]. Chinese Journal of Management Science, 2022, 30(12):141-151.
- [10] LIU B L, WANG J X, LI R Y M, et al. Achieving carbon neutrality-The role of heterogeneous environmental regulations on urban green innovation[J]. Frontiers in Ecology and Evolution, 2022, 10:923354.
- [11] 刘保留, 张莹, 李雨珊. 互联网发展对城市绿色创新的影响机理——基于专利视角的分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(6):104-112. LIU B L, ZHANG Y, LI Y S. Influence mechanism of Internet development on urban green innovation: An analysis from the perspective of patents[J]. China Population, Resources and Environment, 2022, 32(6):104-112.
- [12] 顾江寒, 柴华奇. 数字金融的绿色创新影响效应[J]. 软科学, 2022, 36(9):51-56. GU J H, CHAI H Q. Green innovation effect of digital finance[J]. Soft Science, 2022, 36(9):51-56.
- [13] 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. WEI S W, DU J M, PAN S. How does digital economy promote green innovation: Empirical evidence from Chinese cities[J]. Collected Essays on Finance and Economics, 2022(11):10-20.
- [14] 牛子恒, 崔宝玉. 网络基础设施建设与劳动力配置扭曲——来自“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 统计研究, 2022, 39(10):133-148. NIU Z H, CUI B Y. Network infrastructure construction and labor allocation distortion: A quasi-natural experiment of the “Broadband China” strategy[J]. Statistical Research, 2022, 39(10):133-148.
- [15] 孟宏伟, 赵华平, 张所地. 信息基础设施建设与区域数字化创业活跃度[J]. 中南财经政法大学学报, 2022(4):145-160. MENG H W, ZHAO H P, ZHANG S D. Information infrastructure and digital entrepreneurship[J]. Journal of Zhongnan University of Economics and Law, 2022(4):145-160.
- [16] 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. LIU C M, MA Q S. Research on the influence of network infrastructure construction on total factor productivity growth: A quasi-natural experiment of “Broadband China” pilot policy[J]. Chinese Journal of Population Science, 2020(3):75-88, 127-128.

-
- [17] 孙伟增, 郭冬梅. 信息基础设施建设对企业劳动力需求的影响: 需求规模、结构变化及影响路径[J]. 中国工业经济, 2021(11):78-96. SUN W Z, GUO D M. The impact of information infrastructure on enterprise labor demand: Change of labor demand scale and structure, and its influence channel[J]. China Industrial Economics, 2021(11):78-96.
- [18] 金环, 魏佳丽, 于立宏. 网络基础设施建设能否助力企业转型升级——来自“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 产业经济研究, 2021(6):73-86. JIN H, WEI J L, YU L H. Can network infrastructure construction realize the transformation and upgrading of enterprises: A quasi-natural experiment from the “Broadband China” [J]. Industrial Economics Research, 2021(6):73-86.
- [19] 李增福, 云锋. 网络基础设施建设与企业会计稳健性——基于“宽带中国”战略的准自然实验研究[J]. 外国经济与管理, 2023, 45(1):104-120. LI Z F, YUN F. Network infrastructure construction and enterprise accounting conservatism: A quasi-natural experiment based on “Broadband China” strategy[J]. Foreign Economics & Management, 2023, 45(1):104-120.
- [20] 冯苑, 聂长飞, 张东. 宽带基础设施建设对城市创新能力的影响[J]. 科学学研究, 2021, 39(11):2089-2100. FENG Y, NIE C F, ZHANG D. The effect of broadband infrastructure construction on urban innovation capacity[J]. Studies in Science of Science, 2021, 39(11):2089-2100.
- [21] 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, 127. ZHANG J, FU K. Can the construction of information network infrastructure drive the level of urban innovation? A quasi-natural experiment of “Broadband China” pilot policy[J]. Industrial Economics Research, 2021(5):1-14, 127.
- [22] 谢文栋. “新基建”与城市创新——基于“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 经济评论, 2022(5):18-34. XIE W D. “New infrastructure construction” and urban innovation: A quasi-natural experiment based on the “Broadband China” strategy[J]. Economic Review, 2022(5):18-34.
- [23] 刘帅, 李琪, 徐晓瑜, 等. 互联网发展与城市创新提升——基于“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2022, 42(6):10-20. LIU S, LI Q, XU X Y, et al. Internet development and improvement of urban innovation: A quasi-natural experiment based on “Broadband China” strategy[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University(Social Sciences), 2022, 42(6):10-20.
- [24] 种照辉, 高志红, 覃成林. 网络基础设施建设与城市间合作创新——“宽带中国”试点及其推广的证据[J]. 财经研究, 2022, 48(3):79-93. CHONG Z H, GAO Z H, QIN C L. Network infrastructure construction and inter-city cooperative innovation: Evidence of the “Broadband China” pilot program and its spread[J]. Journal of Finance and Economics, 2022, 48(3):79-93.
- [25] 甄峰, 秦萧, 席广亮. 信息时代的地理学与人文地理学创新[J]. 地理科学, 2015, 35(1):11-18. ZHEN F, QIN X, XI G L. The innovation of geography and human geography in the information era[J]. Scientia Geographica Sinica, 2015, 35(1):11-18.
- [26] 王永进, 张国峰. 开发区生产率优势的来源: 集聚效应还是选择效应?[J]. 经济研究, 2016, 51(7):58-71. WANG Y J, ZHANG G F. Sources of productivity advantages of special economic zones: Agglomeration effect or selection effect?[J]. Economic Research Journal, 2016, 51(7):58-71.

-
- [27] ZHANG X Z, LIU J J, XU Z W. Tencent and facebook data validate metcalfe' s law[J]. Journal of Computer Science and Technology, 2015, 30(2):246-251.
- [28] SUTHERLAND A. Does credit reporting lead to a decline in relationship lending? Evidence from information sharing technology[J]. Journal of Accounting and Economics, 2018, 66(1):123-141.
- [29] 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]. 金融经济学研究, 2022, 37(3):131-145. ZHONG T Y, HUANG Y B, SUN F C. Digital inclusive finance and green technology innovation: Dividend or gap[J]. Financial Economics Research, 2022, 37(3):131-145.
- [30] KRUGMAN P. Increasing returns and economic geography[J]. Journal of Political Economy, 1991, 99(3):483-499.
- [31] MYRDAL G. Economic theory and under-developed regions[M]. London:G. Duckworth, 1957.
- [32] ELHORST J P. Applied spatial econometrics: Raising the bar[J]. Spatial Economic Analysis, 2010, 5(1):9-28.
- [33] LESAGE J P, PACE R K. Introduction to spatial econometrics[M]. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- [34] BETTENCOURT L M A, LOBO J, STRUMSKY D. Invention in the city: Increasing returns to patenting as a scaling function of metropolitan size[J]. Research Policy, 2007, 36(1):107-120.
- [35] 纪祥裕, 顾乃华. 知识产权示范城市的设立会影响创新质量吗?[J]. 财经研究, 2021, 47(5):49-63. JI X Y, GU N H. Does the establishment of intellectual property model cities affect innovation quality?[J]. Journal of Finance and Economics, 2021, 47(5):49-63.
- [36] 张杰, 高德步, 夏胤磊. 专利能否促进中国经济增长——基于中国专利资助政策视角的一个解释[J]. 中国工业经济, 2016(1):83-98. ZHANG J, GAO D B, XIA Y L. Do patents drive economic growth in China: An explanation based on government patent subsidy policy[J]. China Industrial Economics, 2016(1):83-98.
- [37] 王博, 张永忠, 陈灵杉, 等. 中国城市绿色创新水平及影响因素贡献度分解[J]. 科研管理, 2020, 41(8):123-134. WANG B, ZHANG Y Z, CHEN L S, et al. Urban green innovation level and decomposition of its determinants in China[J]. Science Research Management, 2020, 41(8):123-134.
- [38] 陈超凡, 王泽, 关成华. 国家创新型城市试点政策的绿色创新效应研究: 来自 281 个地级市的准实验证据[J]. 北京师范大学学报(社会科学版), 2022(1):139-152. CHEN C F, WANG Z, GUAN C H. Green innovation effects of the national innovative city pilot policy: Quasi-experimental evidence from 281 prefecture-level cities[J]. Journal of Beijing Normal University(Social Sciences), 2022(1):139-152.
- [39] 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.
- [40] CANTONI D, CHEN Y, YANG D Y, et al. Curriculum and ideology[J]. Journal of Political Economy, 2017, 125(2):338-392.

[41] DE CHAISEMARTIN C,D'HAULTFOUILLE X.Two-way fixed effects estimators with heterogeneous treatment effects[J].American Economic Review, 2020, 110(9):2964-2996.

[42] GOODMAN-BACON A.Difference-in-differences with variation in treatment timing[J].Journal of Econometrics, 2021, 225(2):254-277.

[43] 韩先锋, 李勃昕, 刘娟. 中国 OFDI 逆向绿色创新的异质动态效应研究[J]. 科研管理, 2020, 41(12):32-42. HAN X F, LI B X, LIU J. A research on the heterogeneous dynamic effects of China's OFDI reverse green innovation[J]. Science Research Management, 2020, 41(12):32-42.

[44] 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. JIANG T. Mediating effects and moderating effects in causal inference[J]. China Industrial Economics, 2022(5):100-120.

[45] 金培振, 殷德生, 金桩. 城市异质性、制度供给与创新质量[J]. 世界经济, 2019, 42(11):99-123. JIN P Z, YIN D S, JIN Z. Urban heterogeneity, institution supply and innovation quality[J]. The Journal of World Economy, 2019, 42(11):99-123.

[46] 李政, 刘丰硕. 创新型城市试点能否提升城市绿色创新水平[J]. 社会科学研究, 2021(4):91-99. LI Z, LIU F S. Whether innovation-oriented city pilot can improve the level of green innovation of cities?[J]. Social Science Research, 2021(4):91-99.

[47] 黄群慧, 余泳泽, 张松林. 互联网发展与制造业生产率提升: 内在机制与中国经验[J]. 中国工业经济, 2019(8):5-23. HUANG Q H, YU Y Z, ZHANG S L. Internet development and productivity growth in manufacturing industry: Internal mechanism and China experiences[J]. China Industrial Economics, 2019(8):5-23.

[48] 郭峰, 王靖一, 王芳, 等. 测度中国数字普惠金融发展: 指数编制与空间特征[J]. 经济学(季刊), 2020, 19(4):1401-1418. GUO F, WANG J Y, WANG F, et al. Measuring China's digital financial inclusion: Index compilation and spatial characteristics[J]. China Economic Quarterly, 2020, 19(4):1401-1418.

注释

1 2023 年 1 月 19 日, 中华人民共和国工业和信息化部发布 2022 年通信业统计公报, https://wap.miit.gov.cn/jgsj/yxj/xxfb/art/2023/art_3f427b68c962460cbe8ebdd754fe7528.html.

2(1)2022 年 2 月, 教育部、财政部、国家发展改革委发布《关于公布第二轮“双一流”建设高校及建设学科名单的通知》, http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/s7065/202202/t20220211_598710.html