

数据要素赋能城市绿色创新的机制与效应研究

——来自国家级大数据综合试验区的证据

杜运伟,李思雨

(南京邮电大学 经济学院,江苏 南京 210023)

[摘要]推动数据要素与绿色创新的深度融合及良性互动,有利于释放数据要素“乘数效应”,助推绿色经济高效发展。基于 2011—2021 年中国 283 个城市的面板数据,以国家级大数据综合试验区为准自然实验,采用双重差分法评估数据要素对城市绿色创新的驱动作用,并构建空间杜宾模型解析溢出效应的地理边界特征。研究发现:数据要素对城市绿色创新具有显著的促进作用,该结论在经过多种方法的稳健性检验后依然成立;机制检验表明,数据要素通过优化要素配置效率、提高创业活跃度、推动绿色金融发展、促进产业结构升级赋能城市绿色创新;异质性检验发现,在大城市,市场化程度高的城市以及数据开放程度高、数据法治化建设完善、数据安全保障强的地区,数据要素对绿色创新的促进作用更强;空间溢出效应检验表明,本地数据要素的发展能够提升邻近地区的绿色创新水平,城市间距离在 500—700 公里为空间溢出效应的显著有效区域。研究结果有助于理解数据要素赋能城市绿色创新的内在逻辑,为推动城市数字化绿色化协同发展提供借鉴。

[关键词]数据要素;城市绿色创新;要素配置效率;数据开放程度;数据安全保障;空间溢出边界

[中图分类号]F279

[文献标志码]A

[文章编号]1004-4833(2025)05-0106-12

一、引言

绿色创新是构建低碳循环经济、推动经济可持续发展的核心驱动力。习近平总书记指出“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”“科技创新是发展新质生产力的核心要素”。这表明融合创新与可持续发展的绿色创新,将成为新质生产力发展的核心路径,是经济高质量发展的重要保障。近年来,由于资源束缚和发展限制,绿色创新依然面临投入产出效率不匹配^[1]、创新成果质量不高^[2]、区域发展不平衡^[3]等风险。而数字经济的快速发展为绿色创新提供了契机,其中数据要素作为数字经济的关键生产要素,与经济社会诸多领域相融合,对我国创新驱动发展战略产生了全局性的影响。因此,深刻剖析数据要素如何冲破城市绿色创新发展所面临的桎梏,并进一步塑造技术增值空间以及数据要素对城市绿色创新的异质性影响与空间溢出效应,具有重要的理论价值与现实意义。

绿色创新具有长期性、高风险性等特点,涵盖污染控制、循环再生、生态工艺、净化技术等多个领域^[4]。相较于传统创新,绿色创新需要大量资金、人才和技术等的支持^[5]。近年来,学术界对数据要素和绿色创新关系的研究主要集中在三个层面。一是数字经济和企业绿色创新的关系研究。一方面,数字经济促进人才、资金、数据等关键生产要素聚集^[6],激励企业提升绿色创新水平,不断向高附加值产业迈进^[7]。另一方面,数字经济发展降低了企业信息搜寻成本和产业链中的资源消耗^[8],利用数字技术实现需求端与供给端间的信息对接,使得市场供需关系更加平衡透明^[9],显著提高了绿色成果转换效率。二是数字经济和城市绿色创新的关系研究。现有研究认为数字经济的发展有助于增强区域创新能力^[10],其与实体经济的深度融合能够扩大研发投入规模并促进技术市场交易^[11],进而推动区域绿色创新水平的提升。与此同时,数字经济具有空间溢出效应,通过城市网络强化效应、创新服务优化效应和专业化分工深化效应促进城市合作创新^[12]。三是数据要素和城市绿色创新的关系研究。现有研究认为数据要素能通过提升市场化水平、加速投资集聚等显著提高城市绿色创新水平^[13],且数据要素通过引导人才、资本合理流动缓解创新要素错配,通过提升绿色技术效率和促进绿色技术进步对城市

[收稿日期]2025-02-17

[基金项目]国家社会科学基金项目(22BJY102);江苏省研究生科研与实践创新计划项目(KYCX24_1055)

[作者简介]杜运伟(1980—),男,江苏连云港人,南京邮电大学经济学院副教授,硕士生导师,博士,从事数字经济与城市绿色发展研究, E-mail:duyw@njupt.edu.cn;李思雨(2001—),女,江苏徐州人,南京邮电大学经济学院硕士研究生,从事数字经济与城市绿色发展研究。

绿色创新产生空间溢出效应^[14]。

为了实现数据要素的合理配置,打造以大数据为引领的创新格局,提升创新驱动力,我国开展国家级大数据综合试验区建设。现有文献已证实大数据试点在赋能人力资本升级^[15]、降低技术研发的不确定性^[16]、激发城市创业活跃度^[17]等方面发挥了重要作用,进而促进了城市绿色创新。与此同时,大数据综合试验区提高了以技术进步为主导的地区全要素生产率^[18],推动创新知识与数字技术在不同区域间转移与扩散,从而对周边地区或经济联系紧密的区域产生了显著的创新示范效应^[19]。

本文使用超效率 SBM-DEA 模型测算了 2011—2021 年 283 个城市的绿色创新水平,深入分析数据要素赋能城市绿色创新的内在机理。与既有文献相比,本文可能的边际贡献如下:第一,现有文献大多集中于从专业化分工、产业链攀升、交易成本、绿色清洁生产等角度切入,探讨数字经济对城市绿色创新的影响,对于数据要素与城市绿色创新之间的具体机制的探讨仍显不足。本文从要素配置效率、创业活跃度、绿色金融水平、产业结构四个方面对数据要素促进城市绿色创新的作用机制进行深入探讨,进一步丰富了数据要素与绿色创新的相关文献研究。第二,深化了数据开放、数据安全保障以及数据治理法治化在数据要素影响城市绿色创新中的异质性作用。数据开放程度直接决定了数据要素的供给规模与质量,数据法治建设、数据安全保障影响全社会数据安全法治意识和能力。本文分析数据开放程度、数据法治建设和数据安全保障的异质性影响,能够有效拓展数据要素的价值实现路径。第三,检验了数据要素对城市绿色创新的溢出效应和溢出边界。本文深刻剖析数据要素在促进要素跨地区流动中扮演的重要角色,证实了数据要素对城市绿色创新的空间溢出效应及其在不同地理距离下的差异性,为研究数据要素流动的外溢效应提供了重要文献补充。

二、政策背景与理论分析

(一) 政策背景

西方发达国家率先布局大数据发展规划,美国与澳大利亚先后于 2011 年和 2013 年发起研究与发展大数据的计划,英国和法国也相继制定了大数据战略规划,旨在运用大数据助力治理现代化,带动经济发展。为加速大数据创新发展,积极应对全球大数据的发展浪潮,我国于 2015 年 8 月 31 日出台了《促进大数据发展行动纲要》,2015 年 9 月 18 日,贵州省率先开展大数据试验区建设。2016 年 2 月 25 日,经三部委联合审批,贵州省正式成为我国首个国家级大数据综合试验区。同年 10 月 8 日,国家再次推进试验区布局,第二批试验区包括京津冀和珠江三角洲两个跨区域类综试区,上海、河南、重庆、沈阳四个区域示范类综试区以及内蒙古大数据基础设施统筹发展类综试区^①。

以上八大试验区重点围绕数据资源管理与共享开放、数据中心整合、数据资源应用、产业集聚发展、国际交流合作等关键领域开展先行先试^[20]。通过建立健全数据治理政策体系、优化数据中心区域布局、深化各领域数字化改造等系统性措施,形成数据要素管理、数字经济发展和社会治理创新的三位一体发展模式。国家级大数据综合试验区集聚了产业资源和创新人才,促进了数据要素的高效配置。据《国家大数据综合试验区发展报告(2018 版)》统计,在试验区设立后的两年内,各试验区涌现出大量创新成果,获得投资的大数据项目数量逾千项,相关专利申报量超过八千个。特别是在绿色发展领域,大数据技术为政府环境治理提供了智能化决策支持,提高了生态环境监管的精准化,为经济社会的低碳可持续发展奠定了制度基础^[21]。由此可见,国家级大数据综合试验区不仅在技术创新、产业升级方面发挥了引领作用,还在数据要素与经济社会融合的多个维度树立了标杆,成为推动绿色发展和数字化转型的重要引擎。

(二) 数据要素对城市绿色创新的直接影响

作为核心生产要素,数据在推动信息流通、优化资源配置、支持智能决策的同时,改变了生活、生产和社会治理方式。首先,解决数据要素市场交易痛点,有利于打破区域、部门和行业之间的壁垒,降低交易成本,从而促进资源无障碍流动^[22],为绿色技术创新奠定了要素基础。其次,数据要素的流通促进了信息互通与技术交流,搭建了多样化的交流平台,不仅推动了区域、个体间协同创新,还有助于形成可持续发展的经济模式^[23],从而为绿色创新创造了有利条件。此外,数据要素还能够提高企业的内部控制水平、信息处理能力以及模仿创新能力,降低了技术落后

^①到目前,共有北京、上海、天津、重庆、贵州、河北、辽宁、内蒙古、河南和广东等 10 个省级区域的 82 个地级及以上城市开展了大数据综合试验区建设,除了贵州省的贵阳、遵义、安顺等 6 个城市于 2015 年启动以外,其余城市均于 2016 年启动。

企业的模仿创新门槛^[16],进而提升了整体绿色创新水平。最后,数据要素作为当前经济社会全面绿色转型的重要驱动力,推动了绿色消费行为,促使消费者绿色意识和行为发生转变。以电子商务平台为例,数字化绿色化协同转型方便消费者获取更丰富的绿色产品,能够满足日益增长的环保需求^[24]。据此,本文提出研究假设 1。

H1:数据要素显著促进了城市绿色创新。

(三)数据要素对城市绿色创新的间接作用机制

数据要素驱动城市绿色创新的作用机制可以视为内生动力与外部支持共同作用的系统性过程。从内生动力角度来看,数据要素通过提高资源配置效率和激发创业活力构成了创新的核心动力:一方面,数据技术突破信息壁垒,重构了要素流动网络,使得资金、人才等资源能够精准流向绿色领域;另一方面,数据赋能使得创业者通过识别市场机会和竞争压力,推动技术自下而上迭代和创新扩散。从外部支持来看,绿色金融与产业结构升级提供了制度性保障:绿色金融通过数据化的评估工具引导资本向绿色创新领域进行定向投资,而产业结构升级则为绿色技术提供了应用场景。

1. 要素配置效率

数据要素的快速流通有助于突破知识积累和信息传播的时空限制,提高要素配置效率,从而推动城市绿色创新。信息不对称是导致要素错配的重要原因之一^[25],而数据要素能够促进数据资源的流动和共享,进一步提高不同要素在生产过程中的协同作用,降低了信息搜寻和机会成本,提升了要素配置效率^[26]。具体来说,数据要素对两种流动性较高的传统生产要素——资本和劳动的影响尤为显著。首先,数据要素与实体经济的深度融合加强了生产者与消费者、供应商与投资者之间的紧密联系,这有助于厘清市场供需状况和各生产环节中对生产要素的需求,从而精准调配资本要素投入^[15]。其次,数据要素的创新激励效应和规模扩张效应,推动了企业人力资本升级与人才队伍扩张,且数据要素在劳动市场需求方面的精准洞察,使企业能够全面了解员工的技能、经验等信息,从而实现人才与岗位的精确匹配^[27]。资本要素和劳动要素在地区间、产业间的自由流动有助于创新信息与资源的广泛共享,强化知识溢出效应^[14],从而在实现城市经济可持续发展的同时,显著提高了地区整体绿色创新效能。据此,本文提出研究假设 2。

H2:数据要素有助于优化资本和劳动要素配置,进而提高城市绿色创新水平。

2. 创业活跃度

创业活跃度作为城市活力的直接体现,为城市经济发展注入新动力。数据要素帮助创业者精准识别创新机会,降低了创业的融资成本、制度成本和人力成本。数据要素的应用可以打破各地区各层级间的数据分割,破除数据垄断现象^[28],初创企业能够学习和模仿龙头企业的生产管理模式,降低企业决策的试错成本和技术成本,进而更好地激发生产活力、提升生产效率^[29]。创业活跃度首先通过规模扩张机制形成创新动能,大量新兴主体的涌入不仅激发市场竞争倒逼技术升级,还推动城市创新资源向绿色领域定向集聚^[30],构建起政府引导、市场主导的创新激励体系。其次,创业活动的结构演进催生协同创新机制^[31],绿色产业集聚发展促使技术攻关联合体的形成,跨领域创业者的交互融合则突破传统技术边界,在信息技术与能源技术等交叉领域开辟创新增长极。绿色产业的集群效应通过地理集中加速知识共享和技术创新^[14],城市绿色创新也因此获得新的活力,使数据要素成为推动可持续发展的重要力量。据此,本文提出研究假设 3。

H3:数据要素提升了创业活跃度,进而提高城市绿色创新水平。

3. 绿色金融发展水平

数据要素通过提升绿色金融发展水平,为城市绿色创新提供了重要的推动力。传统金融体系下信息不对称现象突出,而绿色环保项目投资周期长、收益率偏低等特征放大了这一困境。特别是信息披露不充分使得环保类项目的资金回笼周期延长,进一步削弱了市场主体参与的积极性^[32],制约了绿色金融的发展。随着数据要素的迅速发展,市场透明度显著提高,融资成本随之降低,为可持续发展项目的资金流动创造更为有利的环境。同时,金融科技的进步和信息共享平台的建设,使得投资者借助数据分析、区块链等先进技术,精准地评估绿色项目的风险与收益,为绿色投资决策提供了更加科学的依据^[33]。绿色金融的蓬勃发展也在推动城市绿色创新方面发挥着重要作用。绿色创新项目投资回报欠佳,易引发融资约束问题,而绿色金融不仅具备金融资源配置的功能,还具有环境规制的特性^[34],既为绿色创新提供了必要的资金支持,又促进了企业在经营模式和管理方式上的变革,使其更加注重社会责任和环境保护^[30]。据此,本文提出研究假设 4。

H4:数据要素提升了绿色金融发展水平,进而提高城市绿色创新水平。

4. 产业结构升级

数据要素的流通加速了产业结构转型升级,推动城市绿色创新发展。一方面,数据要素为产业转型升级提供了数字支撑,有效解决了传统生产模式中信息分析不准确、信息收集效率低等问题,随着生产和销售环节的数字化程度不断提高,推动城市产业结构向高级化方向发展。同时,数字经济与实体经济的深度融合打破了传统企业间的静态协作和封闭式价值创造模式,转向了动态联盟体、开放产业互联网平台的发展^[35]。这不仅提高了企业生产效率,还促进了产业链和供应链的协同发展,推动产业链、供应链向透明化、智能化发展,增强其整体韧性^[36],为绿色创新活动提供了必要的资源保障和稳定的外部环境。另一方面,随着数字化水平的持续提升,高效、清洁的生产模式逐渐成为主流。由于高耗能和高污染的企业难以进行绿色化转型,逐渐被市场所淘汰,这一趋势促使企业增加研发投入以保持市场份额,从而提升了绿色技术创新能力^[37]。与此同时,产业结构优化升级完善地区的数字基础设施建设,打破了时空的限制,推动前沿技术的溢出与扩散^[38],为城市绿色创新营造良好的发展环境。据此,本文提出研究假设 5。

H5:数据要素有助于推动产业结构升级,进而提高城市绿色创新水平。

三、研究设计

(一) 模型构建

以国家级大数据综合试验区为准自然试验,构建多时点双重差分模型检验数据要素对城市绿色创新的影响效果,模型如下:

$$GreenInnov_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DID_{it} + \alpha_2 X_{it} + \delta_t + \varphi_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, i 表示各地级市, t 表示年份。 $GreenInnov_{it}$ 表示地区 i 在第 t 年的绿色创新水平, DID_{it} 表示地级市是否在 i 年被设立为国家级大数据综合试验区。 X_{it} 表示地级市层面的控制变量, δ_t 、 φ_i 分别表示年份、城市固定效应, ε_{it} 为随机扰动项。

(二) 变量选择

1. 被解释变量

被解释变量为城市绿色创新($GreenInnov_{it}$)。绿色创新效率作为评估绿色创新绩效的关键指标,主要采用投入产出分析方法,通过测算创新资源转化效率来量化绿色创新活动的实际成效。数据包络分析(DEA)是多投入多产出效率评估的主流方法,传统 DEA 模型在实际应用中存在三方面的局限性^[39]:其一,效率测度易受环境变量和随机噪声干扰;其二,未充分考虑投入产出松弛变量的改进空间;其三,难以有效处理非期望产出问题。针对上述缺陷,基于松弛变量的 SBM 模型显著提升了效率测算的精确性,而超效率 SBM 模型更进一步突破传统 DEA 模型效率值上限为 1 的约束,解决了主体区分度低的问题^[40]。因此本文使用超效率 SBM-DEA 模型测算城市绿色创新效率。

本文参考滕堂伟^[41]的研究方法,从投入、期望产出和非期望产出三个方面构建城市绿色创新的指标体系(见表 1)。

2. 核心解释变量

核心解释变量是数据要素,为政策虚拟变量(DID_{it})。本文将大数据综合试验区政策视为准自然实验,对于位于试验区中的城市,自政策实施年度起 DID 赋值为 1,对照组城市则始终取值为 0。由于贵州省作为首个试验区于 2015 年开始建设,而其他试验区均在 2016 年获批,因此在模型设定上对贵州省采用 2015 年作为政策时点,其余试验区则采用 2016 年作为政策实施年份。

3. 控制变量

借鉴辛大楞等^[42]、刘亮等^[43]的相关研究,本文选取经济发展水平($\ln GDP$)、政府干预程度(Gov)、对外开放程度($Open$)、金融发展水平(Fin)、城镇化率($Urban$)和科教支出水平(Sci)作为控制变量。其中,经济发展水平使用人均 GDP 的对数值来衡量。政府干预程度采用财政支出占地区生产总值的比重予以测算。对外开放程度

表 1 城市绿色创新指标体系

一级指标	二级指标	单位
投入	全市研发资本	亿元
	全市研发人员数量	万人
	全市用电量	万千瓦时
期望产出	固定资产投资总额	亿元
	专利申请数	个
	全市 GDP	亿元
非期望产出	工业废水排放量	万吨
	工业二氧化硫排放量	吨
	工业烟(粉)尘排放量	吨

运用进出口总额占地区生产总值的比值予以表征。金融发展水平通过金融机构贷款余额与 GDP 的比值衡量。城镇化率使用城市年末总人口与行政区面积的比值来度量。科教支出水平选择城市用于科教事业的财政支出占总支出的比重表示。

(三)数据来源

本文采用 2011—2021 年中国 283 个地级市的面板数据,并用线性插值法和时间序列分析法等手段填补部分缺失的数据。主要变量来源于《中国城市统计年鉴》《中国科技统计年鉴》以及各省市统计局。表 2 为主要变量的描述性统计。

四、实证结果分析

(一)基准回归

表 3 展示了基准回归的估计结果,第(1)列仅包含个体固定效应,第(2)列加入控制变量,第(3)列采用双向固定效应模型进行估计。核心解释变量(DID)的系数均在 1%的水平上显著为正,说明数据要素能够促进城市绿色创新。可能的原因是,数据要素通过驱动数字创新、智能化城市管理、开放创新平台等方面的协同作用,提升了资源使用效率和环境监测能力,促进了绿色技术的研发和应用,对城市绿色创新产生了积极影响。

(二)内生性讨论

1. 倾向得分匹配(PSM)

由于大数据综合试验区试点名单的确定不是完全随机的,可能会存在样本选择偏误问题,因此本文使用倾向得分匹配法(PSM)作为解决方案。具体而言,采用截面倾向得分匹配(PSM)方法,通过城市是否属于大数据试验区将样本分为两组,采用 1:4 近邻匹配和核匹配两种方式,利用基准回归中的控制变量进行特征匹配。核密度图(未列示,留存备案)显示实验组和对照组在匹配后的分布更加接近,验证了 PSM 在缓解内生性问题方面的有效性。最终的回归分析结果显示,政策变量的估计系数依然显著为正,进一步确认了数据要素具有绿色创新驱动效应。

2. 工具变量法

基准回归模型可能会面临选择性偏误问题,可能影响试验区的政策效果,本文参考黄群慧等^[44]的研究,选取 1984 年各城市每万人固定电话数量为工具变量来缓解内生性问题。首先,这一工具变量符合相关性要求,因为固定电话的普及标志着数字基础设施的建设,历史上固定电话普及率较高的地区更有可能被设立为试验区。其次,该工具变量满足外生性条件,因为历史上固定电话的数量对当前城市绿色创新的影响非常有限。本文将每万人固定电话数量与下一年全国互联网用户数相乘,将截面数据转化为面板数据,并使用两阶段最小二乘法(2SLS)进行回归分析。结果显示,第一阶段估计系数在 1%水平上显著为正,第二阶段回归系数在 10%显著性水平上为正,表明在考虑内生性问题后,数据要素对城市绿色创新的驱动作用依然显著。

3. 核心解释变量滞后

考虑到试验区的设立可能对城市绿色创新产生滞后影响,因此对核心解释变量(DID)进行滞后一期和滞后两期处理。表 4 第(5)列和第(6)列结果表明,数据要素对城市绿色创新的影响仍然为正向显著,验证了结论的稳健性。

(三)稳健性检验

1. 平行趋势检验

进行双重差分估计之前需要进行平行趋势检验(未列示,留存备案),平行趋势的估计结果显示,在政策施行

表 2 主要变量描述性统计

符号	均值	标准差	最大值	最小值
GreenInnov	0.3782	0.3552	1.6646	0.0002
DID	0.1377	0.3645	1	0
lnGDP	10.7536	0.5717	13.0557	8.7729
Fin	2.5207	1.2253	21.3018	0.5879
Open	0.1741	0.2818	2.4913	0.0000
Urban	0.5634	0.1510	1.0007	0.1815
Gov	0.2017	0.1013	0.9155	0.0439
Sci	0.1936	0.0421	0.3722	0.0055

表 3 基准回归结果

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
DID	0.1046 *** (0.0231)	0.0894 *** (0.0255)	0.0579 *** (0.0208)
lnGDP		0.0260 (0.0274)	0.0369 (0.0476)
Fin		0.0188 * (0.0103)	0.0184 (0.0116)
Open		-0.1008 (0.0836)	-0.0744 (0.0694)
Urban		-0.0240 (0.1063)	-0.0737 (0.1477)
Gov		-0.3581 ** (0.1815)	-0.5945 ** (0.2773)
Sci		0.1497 (0.2928)	0.0775 (0.3235)
_cons	0.3617 *** (0.0052)	0.1694 (0.3411)	0.8790 (0.5712)
个体固定	YES	YES	YES
年份固定	NO	NO	YES
Observations	3113	3113	3113
R-squared	0.439	0.462	0.476

注:***、**和*表示在 1%、5%和 10%的水平上显著,括号内为聚类到城市层面的稳健标准误,下表同。

前,估计系数没有通过 10% 的显著性检验。在政策实施后,政策动态经济效应逐渐增大,但设立当年政策对城市绿色创新水平的影响并不显著,从第二年才开始逐渐显现上升趋势,说明数据要素对城市绿色创新的影响具有滞后性,可能源于不同地区在建设时间、创新基础和政策导向等方面的差异性。

2. 安慰剂检验

为排除其他随机因素对回归结果的影响,本文借鉴辛大楞等^[42]的研究,采用随机分配试点城市和随机改变政策时间点两种方法进行安慰剂检验。若这两种检验下的回归系数与基准回归系数有较大差异,且没有通过 10% 的显著性水平,证明大数据综合试验区的设立能够促进城市绿色创新,否则说明基准回归并不稳健。检验结果显示(未列示,留存备索), P 值在 0.1 以上,政策变量的系数分布 0 值附近且基本服从正态分布,与基准回归有较大差距,说明大数据综合试验区政策在随机分配试点城市和随机改变政策时间点后并没有显现出绿色创新驱动作用。因此,数据要素赋能城市绿色创新这一结论具有稳健性。

3. 改变估计方法

鉴于测算的城市绿色创新数值均为正值,并且显示出以零为界限的截尾特征,因此采用固定效应面板 Tobit 模型进行估计,这种模型能够有效处理因变量受到左截断影响的情况。结果如表 5 第(1)列所示,回归结果与基准回归的结果基本保持一致。

4. 排除其他政策的影响

考虑到可能存在潜在的政策混淆因素影响研究结论的可靠性,具体而言,试验区城市绿色创新水平的提升可能源于同期实施的其他政策干预,而非大数据试验区建设本身的政策效应,本文将“宽带中国”试点、智慧城市建设、知识产权示范城市和绿色金融改革创新试验区 4 个政策虚拟变量纳入模型,这 4 个政策可以通过数字基础设施建设升级、智能管理优化、专利保护强化和绿色信贷倾斜等渠道对城市绿色创新产生影响。结果显示,在控制其他政策影响的情况下,回归系数仍然在 5% 的水平上显著,这表明数据要素对城市绿色创新的赋能效果依然存在。

5. 替换被解释变量

绿色技术创新面临着研发周期长和成本高的双重挑战,这使得绿色创新主体往往出于追求短期利益的考虑,更愿意追求可量化的成果,而忽视具有变革性的创新行为,这不仅使创新活动的深度和广度受到影响,而且限制了城市绿色创新的整体效率。为考察大数据试验区对绿色创新质量的影响,本文参考张杨等^[45]的相关研究,依据创新程度将绿色专利划分为两类:一类是具有技术突破性的绿色发明专利,代表实质性创新;另一类是审批周期较短、投入较低的绿色实用新型专利,代表策略性创新。本文将这两个变量代入基准回归模型,结果显示数据要素能够同时提升城市绿色创新的数量和质量,且数据要素对实质性绿色创新的促进作用更为明显。

6. 替换解释变量

本文使用国家级大数据综合试验区这一政策虚拟变量对数据要素进行表征,但政策变量可能无法全面反映

表 4 内生性讨论

VARIABLES	1:4近邻匹配 (1)	核匹配 (2)	第一阶段 (3)	第二阶段 (4)	滞后一期 (5)	滞后两期 (6)
<i>Did</i>	0.0524 ** (0.0225)	0.0545 ** (0.0258)		0.2798 * (0.1607)	0.0692 ** (0.0328)	0.0684 ** (0.0335)
<i>IV</i>			0.0625 *** (0.0095)			
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>_cons</i>	1.0389 * (0.5365)	3.1051 ** (1.3321)	-1.3410 *** (0.0084)	0.0951 (0.2100)	0.7432 (0.6491)	0.4426 (0.6754)
KP-LM 统计量			44.668 [0.000]			
KP-F 统计量			43.580 [16.38]			
Observations	3054	3053	2398	2398	3113	3113
R-squared	0.140	0.131	0.573	0.527	0.338	0.427

注:中括号内数值为 P 值,大括号内数值为 $Stock \times Yogo$ 弱识别检验 10% 水平上的临界值。

表 5 稳健性检验结果

VARIABLES	改变估计方法 (1)	排除其他政策 (2)	绿色发明专利 (3)	绿色实用新型专利 (4)	替换解释变量 (5)	剔除直辖市 (6)
<i>Did</i>	0.0579 ** (0.0241)	0.0532 ** (0.0258)	0.1576 *** (0.0472)	0.1190 *** (0.0451)	0.5583 ** (0.2820)	0.0508 * (0.0287)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>_cons</i>	1.6366 *** (0.5764)	0.6123 (0.6207)	-1.6037 * (0.9351)	-1.2067 (1.0207)	1.0251 * (0.5758)	0.9059 (0.6246)
Observations	3113	3113	3113	3113	3113	3069
R-squared	—	0.437	0.816	0.821	0.405	0.344

数据要素的多维特性。因此借鉴杨飞虎等^[46]的研究方法,本文通过构建涵盖数据要素运载水平(互联网宽带接入用户数、移动电话普及率)、数据要素采集与处理(信息行业从业人数与城市就业总人数之比、信息技术服务收入占 GDP 的比重)及数据要素价值实现(软件业务收入、电信业务总量、中国数字普惠金融指数)的多维度指标体系,采用熵值法赋权合成数据要素综合指数对基准回归结果进行再检验。结果如表 5 第(5)列所示,数据要素指数对城市绿色创新的影响系数依然显著为正,验证了基准回归结果的稳健性。

7. 剔除直辖市

由于直辖市与普通地级市在经济体量上存在显著差异,这种差异也反映在数据要素发展水平和创新能力方面,因此为了保证研究结果的准确性和可靠性,本文删除直辖市样本后进行重新回归,表 5 第(6)列的结果显示,回归系数在 10% 的水平下显著为正。这一结果不仅支持了数据要素对绿色创新的促进作用,还表明这种影响在不同类型城市中具有一定的普适性,体现了研究结论的稳健性。

(四) 作用机制检验

参考江艇^[47]的方法,本文构造如下模型对影响机制进行检验:

$$Media_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \beta_2 X_{it} + \delta_i + \varphi_t + \varepsilon_{it}$$
 (2)

其中, $Media_{it}$ 表示中介变量,其他变量的含义与公式(1)相同。

1. 要素配置效率

在实证研究中,通常采用要素价格扭曲程度来衡量要素配置效率。本文参照白俊红和刘宇英^[48]的方法估计产出弹性,并通过构建“扭曲”指数来刻画要素配置扭曲程度,由此得出资本和劳动要素错配指数。要素错配是相对理想状态下资源有效配置的一种偏离,偏离度的大小就是要素错配大小,因此要素错配指数越小,表明要素配置效率越高。

表 6 第(1)列和第(2)列结果显示,大数据综合试验区建设对资本要素错配指数和劳动要素错配指数的影响均显著为负,说明数据要素有利于减缓资源错配,从而提高了要素配置效率。可能的原因是:数字化技术的广泛应用帮助城市更精确地评估和调配绿色创新所需的各类资源,优化投入产出比。同时数据要素能够加强创新主体之间的信息交流和协作,有助于打破传统要素配置的局限,优化绿色创新的整体效益。

2. 创业活跃度

本文参考白俊红^[49]的研究方法,从企查查数据库中获取企业成立年限、地址、行业类型等信息,依据企业注册地址匹配至地级市,按成立年份构建面板数据,计算出各城市每百人新创企业数,作为创业活跃度的衡量指标。另外,考虑到治污行业和科学技术行业是绿色创新产出及创业的重点行业^[50],本文基于企查查数据库搜索获取水利、环境和公共设施管理行业,信息传输、软件和信息技术服务业以及科学研究和技术服务业新注册企业数量,计算这三类行业新创企业的总数与城市新增企业数量之比,以此来衡量各城市新创企业的绿色产业结构。回归结果如表 6 第(3)列和第(4)列所示,数据要素对城市创业总量的影响在 1% 水平上显著为正,对新创企业绿色产业结构的正向影响在 5% 的水平上显著。数据要素通过高效连接创业者与资源,显著降低了创业的门槛和成本,创业者通过数字平台能够更快速地接触到最新的绿色技术和创新理念,降低了绿色创新的进入壁垒,促使新创企业的行业结构向绿色、科技导向的方向发展,从而推动了创业活动的结构性优化。

3. 绿色金融发展水平

本文基于刘兴华等的研究^[51],构建涵盖绿色信贷(环保项目信贷总额/金融机构贷款余额)、绿色保险(环境污染责任保险收入/总保费收入)、绿色债券(城市绿色债券发行额/全国债券发行总额)、绿色基金(绿色基金市值/全行业基金市值)、碳金融(碳交易额/全国碳交易总量)、绿色投资(污染治理投资/GDP)及绿色支持(财政环保支出/

表 6 作用机制检验

VARIABLES	资本要素 错配 (1)	劳动要素 错配 (2)	每百人新创 企业数 (3)	新创企业 行业结构 (4)	绿色 金融 (5)	产业结构 升级 (6)
<i>DID</i>	-0.4529 ** (0.2128)	-0.3145 *** (0.0917)	0.0743 *** (0.0268)	0.0046 ** (0.0020)	0.0073 ** (0.0032)	0.0389 *** (0.0141)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>_cons</i>	5.1506 (4.8395)	-8.1051 *** (2.1309)	3.3732 * (2.0311)	0.0606 * (0.0338)	0.2386 *** (0.0493)	0.7514 *** (0.2850)
Observations	3113	3113	3113	3113	3113	3113
R-squared	0.126	0.131	0.329	0.420	0.643	0.473

财政一般预算支出)的指标体系,经熵值法赋权后得到绿色金融综合指数^①。回归结果如表6第(5)列所示,大数据综合试验区对绿色金融发展水平的影响在5%水平上显著为正,说明数据要素对绿色金融发展具有促进作用。绿色金融不仅为城市绿色创新项目提供资金支持,激发绿色技术和绿色产品的研发,还能够借助数据要素向市场传递绿色投资回报的信号,吸引更多资本流入绿色创新领域,从而提升了城市绿色创新水平。

4. 产业结构升级

本文采用产业结构高级化指数作为产业结构的评价指标,通过将第一、二、三产业增加值占GDP的比重分别加权相乘后求和得出。回归结果如表6第(6)列所示,大数据综合试验区建设对产业结构升级的影响在1%水平上显著为正,即数据要素对城市产业结构升级具有促进作用。可能的原因是:数字技术应用为产业升级提供了新动能,通过提高生产效率、降低资源消耗和减少环境污染,促使城市产业结构逐步向绿色、高效、低碳方向发展。

(五)异质性分析

1. 城市内在特征的异质性分析

(1)城市规模

城市规模与区域创新行为和经济增长之间有强烈的相关性,本文将年末总人口在500万以上的城市视为大城市,将人口少于500万的城市归类为中小城市。分组回归结果如表7第(1)列和第(2)列所示,在大城市样本中,估计系数在5%的水平上显著为正,而在中小城市样本中估计系数不显著。这是因为大城市通常拥有更多的人口和更丰富的资源,更易形成人才集聚效应,为城市的创新活动提供重要的人力资源支持。

(2)市场化程度

数据要素的快速流动需要依靠市场机制来实现,因此,城市的市场化程度会成为数据要素驱动绿色创新的重要影响因素^[52]。市场化程度采用樊纲等构建的市场化指数来衡量^[53],将全部样本城市根据中位数分为两组进行回归,结果如表7第(3)列和第(4)列所示。结合显著性程度和系数差异检验结果可知,市场化程度高的城市数据要素对城市绿色创新的赋能效果更明显。可能的原因是:市场化程度高的城市通常具备较为开放的市场机制和灵活的政策环境,能够有效地打破信息孤岛,促进数据的共享与流动,推动城市绿色创新能力的不断提升。

2. 城市数据环境的异质性分析

(1)数据开放程度

随着数据开放程度的不断提高,数据集聚效应愈发明显,数据要素的价值也随之增加,从而对城市绿色创新的推动作用更加显著。为此,本文使用中国省级开放数林指数衡量数据开放程度,按照是否高于中位数将样本分为数据开放程度高、低两组。表8第(1)列和第(2)列检验结果显示,在数据开放程度高的样本中估计系数在10%的水平上显著为正,数据开放程度较低的样本估计系数不显著。由此可见,在数据开放程度更高的地区,数据要素对城市绿色创新的促进作用更大。可能的原因是:在数据开放程度较高的城市,数据资源种类更加多样,且具有更高的使用价值。通过高效的流通和共享机制,各类高质量数据得以迅速传播和广泛应用,促进了前沿技术的溢出与扩散,从而推动城市绿色创新能力的提升。

(2)数据法治化建设

加强数据法治化建设对于推动数据要素的规范获取、合法使用和高效流通具有关键作用。本文使用《中国大数据发展报告No.6》中2020年的数据法治指数,依据中位数将城市分为高、低两组进行检验,检验结果如表8第(3)列和第(4)列所示。结果显示,数据法治化建设环境较优的城市,数据要素对绿色创新估计系数在1%的

表7 异质性分析:城市内在特征

VARIABLES	城市规模		市场化程度	
	大城市 (1)	中小城市 (2)	高 (3)	低 (4)
<i>Did</i>	0.0994 ** (0.0438)	0.0325 (0.0437)	0.0797 ** (0.0362)	0.0576 * (0.0329)
控制变量	YES	YES	YES	YES
个体固定	YES	YES	YES	YES
年份固定	YES	YES	YES	YES
<i>_cons</i>	-0.0283 (0.9734)	1.1792 (0.7399)	0.1685 (0.9882)	1.6089 ** (0.8234)
Observations	979	2134	1562	1551
R-squared	0.525	0.409	0.545	0.391
系数差异P值	21.61 ***		2.77 **	

注:组间差异P值通过Chow检验的估计结果计算得到。

①数据来源:各省市统计年鉴、环境状况公报及一些专业统计年鉴,包括《中国科技统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国金融年鉴》《中国农业统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国第三产业统计年鉴》。

水平上显著为正,而数据法治化建设较差的城市估计系数不显著,这表明数据法治化建设越完善,越能有效提升数据要素对城市绿色创新的推动力。完善的法律制度可以有效应对数据市场中可能出现的条块分割、违规交易以及不完全契约等问题,从而减少交易过程中的不确定性和风险,提升市场的透明度和信任度。随着数据要素在合法、透明的环境中流通,城市的绿色创新能力也得到显著提升。

(3) 数据安全保障

建立有效的数据保护机制,对于促进数据要素的高效利用、推动数字经济发展至关重要。本文根据《中国大数据发展报告 No. 6》中 2020 年的大数据安全指数衡量城市数据安全保障水平,并根据中位数将样本分为两组,检验结果如表 8 第(5)列和第(6)列所示,估计系数只在数据安全保障水平高的样本中显著为正。可能的原因在于:由于存在数据泄露、滥用和攻击等安全风险,数据的流通和使用受到限制,进而削弱数据要素对绿色创新的促进作用。因此,确保数据的安全性和完整性,不仅是保护数据隐私和防范风险的需要,还是推动绿色创新的必要前提。

表 8 异质性分析:城市数据环境特征

VARIABLES	数据开放程度		数据法治化建设		数据安全保障	
	高 (1)	低 (2)	高 (3)	低 (4)	高 (5)	低 (6)
<i>DID</i>	0.0482 * (0.0276)	-0.0049 (0.0593)	0.0861 *** (0.0307)	0.0276 (0.0436)	0.0650 ** (0.0323)	0.0181 (0.0487)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>_cons</i>	0.7630 (0.6889)	-0.6012 (1.4783)	1.3800 ** (0.6239)	-0.0373 (0.8203)	0.4844 (0.7158)	0.8362 (0.9253)
Observations	2255	858	1837	1276	1760	1353
R-squared	0.545	0.445	0.471	0.363	0.506	0.372
组间差异 <i>P</i> 值	7.44 ***		11.39 ***		12.34 ***	

注:组间差异 *P* 值通过 Chow 检验的估计结果计算得到。

(六) 空间效应分析

前文研究发现数据要素能够促进本地区绿色创新,那么数据要素的创新驱动效应是否会对相邻城市产生影响?为研究这个问题,本文对数据要素赋能城市绿色创新进行空间效应分析。

1. 空间自相关性检验

在分析绿色创新的空间效应之前,先使用 Moran's I 指数法对城市绿色创新的空间自相关性进行检验。表 9 结果表明,城市绿色创新 Moran's I 指数在大部分年份显著大于 0,说明空间相关性是影响城市绿色创新的重要因素,可以进一步探究大数据试验区对周边城市绿色创新影响的空间效应。

表 9 城市绿色创新 Moran's I 指数

年份	Moran's I	Z 值
2011	0.0894 **	2.3310
2012	0.1241 ***	3.2022
2013	0.1648 ***	4.2330
2014	0.1373 ***	3.5303
2015	0.1213 ***	3.1359
2016	0.0648 *	1.7119
2017	0.0994 ***	2.5880
2018	0.1213 ***	3.1325
2019	0.0472	1.2718
2020	0.0741 *	1.9464
2021	0.1476 ***	3.7893

2. 空间溢出效应分析

根据 LM、LR、Wald 以及 Hausman 检验的结果,确定使用时空双固定的空间杜宾模型进行后续分析。具体模型构建如下:

$$GreenInnov_{it} = \partial_0 + \rho W \times GreenInnov_{it} + \partial_1 DID_{it} + \theta_1 W \times DID_{it} + \partial_2 X_{it} + \theta_2 W \times X_{it} + \delta_i + \varphi_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, W 为空间权重矩阵, ρ 空间自回归系数, θ_1 为核心解释变量空间交互项的系数, θ_2 为控制变量空间交互项的系数。其余变量含义与公式(1)相同。

本文利用空间杜宾模型,分别基于经济距离矩阵和地理距离矩阵实证检验数据要素对城市绿色创新的空间溢出效应。表 10 结果显示,数据要素及其空间滞后项的回归系数均显著为正,数据要素对城市绿色创新的直接效应、间接效应以及总效应的回归系数均为正值,这表明数据要素不仅能在本地产生“数字红利”,推动城市绿色创新,还能通过时空压缩效应,提升周边城市的绿色创新水平。数据要素的迅猛发展显著加强了城市之间的信息交流与共享,这不仅提高了决策的效率,还增强了各地在绿色创新领域的协同效应。

3. 空间溢出边界分析

为了深入分析数据要素对城市绿色创新的空间溢出效应在不同地理距离下的异质性,本文在 100 公里至 1000 公里的范围内,每隔 100 公里设定不同的地理距离阈值,构建相应的地理距离矩阵,并在此基础上重新进行 SDM 回归分析。在构建地理距离矩阵时,依据两城市之间的实际地理距离进行表征,当两城市的地理距离小于或等于设定的阈值时,赋值为 1,否则赋值为 0,即:

$$w = \begin{cases} 1, & d_{ij} \leq d_i \\ 0, & d_{ij} > d_i \end{cases}, d_i \text{ 为地理距离阈值}$$

数据要素对城市绿色创新空间溢出效应随地理距离变化的结果如图1所示,随着与国家级大数据综合试验区距离的增加,数据要素对周边城市绿色创新的影响效应呈现出“减小—增大—减小”的变化趋势。在0—200公里范围内,由于行政壁垒和相似产业结构的双重约束,核心城市的虹吸效应和技术扩散相互抵消,导致溢出效应不显著;在300—400公里范围内,核心城市通过资本市场、技术人才和政策洼地效应形成“黑洞效应”,依托规模经济优势对次级城市产生挤压,特别体现在绿色创新领域的要素掠夺,导致负向溢出占据主导;而在500—700公里的长距离尺度,产业梯度差异与数字技术渗透重构了空间经济逻辑,核心城市的环境规制示范和清洁技术转移通过产业链协同形成“雁阵式”发展,同时数字平台突破地理限制,使绿色技术创新通过虚拟网络实现远距离扩散,形成正向溢出效应;当超过800公里时,因“地理衰减效应”外溢效应减弱直至正向影响消失。

五、结论与启示

本文基于2011—2021年中国283个地级市面板数据,以国家级大数据综合试验区为准自然试验,实证考察了数据要素对城市绿色创新的影响效应与作用机制。研究结论如下:第一,数据要素对城市绿色创新具有显著的促进作用,这一结论在采用多种方法进行稳健性检验后依然成立。第二,数据要素通过优化资源配置效率、提高创业活跃度、推动绿色金融发展、促进产业结构升级赋能城市绿色创新。第三,数据要素的绿色创新驱动效应在城市内在特征、城市数据环境特征方面存在显著差异。具体而言,在大城市、市场化程度高的城市以及在数据开放程度高、数据法治化建设完善、数据安全保障强的地区,数据要素对绿色创新的促进作用表现得更加明显。第四,数据要素对城市绿色创新存在空间溢出效应。在对300—400公里内城市绿色创新存在虹吸效应的同时,对周边500—700公里范围内城市绿色创新产生了显著驱动效应,800公里之外溢出效应明显减弱。

根据上述结论,本文得出如下启示:第一,深化数据要素市场化改革,释放绿色创新动能。一是完善数据要素交易市场,建立统一的国家级绿色数据交易平台,打破数据孤岛与数据壁垒;大城市和发达地区要优先开放环保、能源等公共数据,带动周边城市绿色创新。二是构建跨部门跨区域数据共享机制打造“绿色产业数据中心”,提升公共数据整合配置效能,赋能区域生态环境与碳排放的精准监测、识别、施策、保障和评估,释放数据要素价值,实现数字化与绿色化深度融合。第二,激发数据要素乘数效应,培育城市内外联动的绿色创新机制。一方面,将数据势能转化为城市绿色创新的内生发展动能。发挥城市数智平台作用,引导资金、人才向绿色领域集聚,实现要素资源高效配置。另一方面,推动传统产业数智化改造,通过数据平台枢纽实现上下游产业链信息、数据和技术的流通,实现数据要素在线上全流程监控体系、过程动态优化调控、全生命周期碳管理等方面的应用,进而实现整个产业链的减碳效应。第三,实施差异化城市绿色发展战略,缩小城市间数据要素赋能差距。一方面,在数字化转型和数字能力建设薄弱的中小城市,重点加大数字基础设施和数据治理能力建设,布局算力中心,加强数据技能培训,缩小绿色创新能力差距。另一方面,针对数据法治建设和安全保障较弱的地区,强化数据安全治理与确权立法,明确数据权属边界,探索分级开放模式;在市场化程度较低的城市推广数据合规试点,完善数据产权保护制度,增强企业使用数据的信心。第四,构建数据要素驱动的梯度协同发展新格局,重塑绿色创新空间布局。在400公里范围内推行“数据资源共享计划”,通过生态补偿机制减轻中心城市的虹吸效应;在500—700公里辐射带内,利用数据可复制性推广绿色技术,建

表 10 空间溢出效应

VARIABLES	经济距离矩阵	地理距离矩阵
<i>DID</i>	0.0583 *** (0.0219)	0.0458 ** (0.0219)
<i>W × DID</i>	0.0890 * (0.0465)	0.0506 * (0.0302)
ρ	0.3541 ** (0.1804)	0.3523 ** (0.1716)
直接效应	0.0588 ** (0.0287)	0.0467 ** (0.0236)
间接效应	0.0854 * (0.0512)	0.0495 * (0.0267)
总效应	0.1442 ** (0.0682)	0.0961 ** (0.0411)
控制变量	YES	YES
个体固定	YES	YES
年份固定	YES	YES
Observations	3113	3113
R-squared	0.0223	0.0353

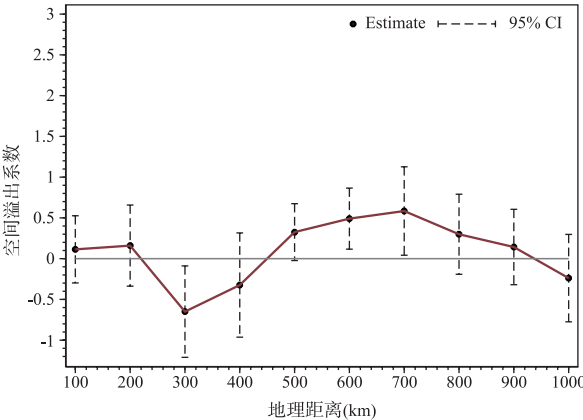


图 1 不同地理距离下的空间溢出效应

立跨区域的数据应用联合体,催生清洁能源管理、碳足迹追踪等新兴业态;在 800 公里以外区域实施“多中心网络化战略”,通过数字孪生技术强化远程协作,打破行政与地理空间壁垒,推动创新要素跨区域流动与低碳化共享。

参考文献:

- [1]李璐,张怀英.区域绿色创新能力的驱动模式及其内在机制:基于绿色创新生态系统视角[J].改革,2024(4):93-107.
- [2]张国胜,杜鹏飞.数字化转型对我国企业技术创新的影响:增量还是提质?[J].经济管理,2022(6):82-96.
- [3]吕岩威,谢雁翔,楼贤骏.中国区域绿色创新效率收敛性研究[J].科技进步与对策,2019(15):37-42.
- [4]Braun E, Wield D. Regulation as a means for the social control of technology[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 1994, 6(3): 259-272.
- [5]熊灵,闫烁,杨冕.金融发展、环境规制与工业绿色技术创新——基于偏向性内生增长视角的研究[J].中国工业经济,2023(12):99-116.
- [6]任英华,刘宇钊,胡宗义,等.大数据发展、知识产权保护对企业绿色技术创新的影响[J].中国人口·资源与环境,2023(7):157-167.
- [7]黄寰,黄辉,肖义,等.产业结构升级、政府生态环境注意力与绿色创新效率——基于中国 115 个资源型城市的证据[J].自然资源学报,2024(1):104-124.
- [8]王锋正,刘向龙,张蕾,等.数字化促进了资源型企业绿色技术创新吗?[J].科学学研究,2022(2):332-344.
- [9]郭爱君,杨春林,张永年,等.数字经济产业发展对城市绿色创新效率的影响——基于两阶段价值链视角的分析[J].城市问题,2023(1):49-59.
- [10]安孟,张诚.数字经济发展能否提升中国区域创新效率[J].西南民族大学学报(人文社会科学版),2021(12):99-108.
- [11]史丹,孙光林.数字经济和实体经济融合对绿色创新的影响[J].改革,2023(2):1-13.
- [12]豆建民,王光丽,马融.数字经济发展对城市合作创新的影响——基于空间溢出效应的视角[J].经济管理,2023(7):56-75.
- [13]刘禹君.数据要素市场赋能城市绿色创新发展——来自中国城市的经验证据[J].贵州社会科学,2023(1):124-133.
- [14]彭影,李士梅.创新要素流动与城市绿色创新发展——数据要素流动环境的空间调节作用[J].科技进步与对策,2023(1):30-39.
- [15]张珂涵,张古,赵兴罗.数据要素赋能对人力资本升级的作用机制分析——基于国家级大数据综合试验区数据[J].科技管理研究,2024(3):174-182.
- [16]陈文,常琦.大数据赋能了企业绿色创新吗——基于国家级大数据综合试验区的准自然实验[J].财经科学,2022(8):76-92.
- [17]胡婧玮,郭金花,陈鑫.大数据试验区建设对城市创新效率的影响——基于国家大数据综合试验区试点的准自然试验[J].商业研究,2024(2):104-113.
- [18]邱子迅,周亚虹.数字经济发展与地区全要素生产率——基于国家级大数据综合试验区的分析[J].财经研究,2021(7):4-17.
- [19]徐林,侯林岐,程广斌.国家级大数据综合试验区创新效应研究[J].科技进步与对策,2022(20):101-111.
- [20]孙伟增,毛宁,兰峰,等.政策赋能、数字生态与企业数字化转型——基于国家大数据综合试验区的准自然实验[J].中国工业经济,2023(9):117-135.
- [21]陈洪波,张骁潇.国家大数据综合试验区如何促进城市绿色转型:基于碳排放量增速和碳生产率增幅的双重视角[J].中国软科学,2024(11):172-188.
- [22]卢黎歌,李婷.我国数据要素统一大市场构建目标、存在问题与对策分析[J].理论探讨,2022(5):163-167.
- [23]韩先锋,宋文飞,李勃昕.互联网能成为中国区域创新效率提升的新动能吗[J].中国工业经济,2019(7):119-136.
- [24]罗琼,钟坚,唐红涛.城市电商化发展、就业结构调整与消费升级——基于国家电子商务示范城市的准自然实验[J].山西财经大学学报,2024(6):83-97.
- [25]杜群阳,周方兴,战明华.信息不对称、资源配置效率与经济周期波动[J].中国工业经济,2022(4):61-79.
- [26]石玉堂,王晓丹,秦芳,等.数据要素市场化配置对全国统一大市场建设的效用研究[J].科研管理,2024(12):1-10.
- [27]李杰,沈宏亮,宋思萌.数字化转型提高了企业劳动资源配置效率吗?[J].现代财经(天津财经大学学报),2023(9):108-125.
- [28]狄嘉,孙朋飞,苑春荟,等.数字经济发展驱动创业活跃度——基于国家大数据综合试验区的准自然实验[J].数量经济技术经济研究,2025(1):157-177.
- [29]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(10):65-76.
- [30]胡金焱,于露,刘茵伟.金融科技对企业绿色转型的激励效应研究——基于数字化和绿色治理的双赋能视角[J].现代财经(天津财经大学学报),2024(6):93-109.
- [31]刘翠花.数字经济对产业结构升级和创业增长的影响[J].中国人口科学,2022(2):112-125+128.
- [32]李健,赵乐欣,姚能志,等.数字经济与企业创新迎合行为:信息缓解政策扭曲效应的实证研究[J].数量经济技术经济研究,2024(7):134-154.
- [33]王仁曾,詹姝珂,庄旭东.空间视角下金融科技赋能绿色金融发展研究[J].统计与信息论坛,2023(12):63-74.
- [34]李戎,刘璐茜.绿色金融与企业绿色创新[J].武汉大学学报(哲学社会科学版),2021(6):126-140.
- [35]黄鑫昊,李迪.数字经济、科技创新与产业结构优化升级[J].经济纵横,2024(5):120-128.
- [36]李玉梅,许晗,宋玉茹,等.数字经济与产业链韧性提升:机制、难点与对策[J].科学管理研究,2024(2):64-72.
- [37]吴传清,邓明亮.数字经济发展对中国工业碳生产率的影响研究[J].中国软科学,2023(11):189-200.

- [38] 盛巧燕,李玮玮. 数字基础设施建设对绿色技术创新扩散的影响研究[J]. 经济问题探索,2024(1):138-151.
- [39] Tone K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research,2002,143(1):32-41.
- [40] 曹姗姗,何昭丽,徐力璇,等. 区域旅游发展对水资源绿色效率的影响及其时空分异[J]. 经济地理,2023(7):215-224.
- [41] 滕堂伟,潘雅君,王胜鹏,等. 长三角地区城市绿色创新效率网络空间结构演化及影响因素[J]. 长江流域资源与环境,2023(7):1335-1348.
- [42] 辛大楞,彭志远. “宽带中国”战略试点政策对城市绿色创新的影响[J]. 中国人口·资源与环境,2023(9):159-170.
- [43] 刘亮,阮俊杰,庄海涛. 数智化赋能长三角城市群绿色发展的效应研究[J]. 经济地理,2024(9):123-132.
- [44] 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.
- [45] 张杨,袁宝龙,郑晶晶,等. 策略性回应还是实质性响应? 碳排放权交易政策的企业绿色创新效应[J]. 南开管理评论,2024(3):129-140.
- [46] 杨飞虎,龚子浩. 数据要素对城镇居民收入分配的影响——基于2003—2019年我国286个城市的经验数据[J]. 江西社会科学,2022(3):87-96.
- [47] 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.
- [48] 白俊红,刘宇英. 对外直接投资能否改善中国的资源错配[J]. 中国工业经济,2018(1):60-78.
- [49] 白俊红,张艺璇,卞元超. 创新驱动政策是否提升城市创业活跃度——来自国家创新型城市试点政策的经验证据[J]. 中国工业经济,2022(6):61-78.
- [50] 孟望生,范鼎浩,李丁. 政府数据开放对城市绿色创新效率的影响——基于政府数据开放平台上线的准自然实验[J]. 技术经济,2024(9):1-17.
- [51] 刘兴华,袁琦璟. 公众环境关注度促进了绿色金融发展吗? ——来自中国284个城市的经验证据[J]. 审计与经济研究,2024(3):107-116.
- [52] 林海波,魏浩. 数字经济推动产业链创新链深度融合:理论机理和实证检验[J]. 技术经济与管理研究,2025(8):62-68.
- [53] 樊纲,王小鲁,马光荣. 中国市场化进程对经济增长的贡献[J]. 经济研究,2011(9):4-16.

[责任编辑:杨志辉]

Study on the Mechanisms and Effects of Data Elements Enabling Urban Green Innovation: Evidence from the National Big Data Comprehensive Pilot Zone

DU Yunwei, LI Siyu

(School of Economics, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)

Abstract: Promoting the in-depth integration and positive interaction between data elements and green innovation is conducive to unleashing the ‘multiplier effect’ of data elements and boosting the efficient development of the green economy. Based on the panel data of 283 cities in China from 2011 to 2021, the double-difference method is used to assess the role of data elements in driving the green innovation capacity of cities, taking the national-level big data comprehensive experimental zone as a quasi-natural experiment. It is found that data elements have a significant facilitating effect on urban green innovation, and this conclusion still holds true after the robustness test of multiple methods. The mechanism test shows that data elements empower urban green innovation by optimizing the efficiency of factor allocation, increasing entrepreneurial activity, promoting the development of green finance, and facilitating the upgrading of industrial structure. The heterogeneity test reveals that the positive effect of data elements on green innovation is more pronounced in large cities, highly marketized cities, and regions with greater data openness, robust data governance, and strong data security. The spatial spillover effect test shows that the development of data factors in this city can also enhance the level of green innovation in the neighboring areas, and the distance between cities is 500-700 km as the significant effective area of spatial spillover effect. The research results help to understand the internal logic of the data elements empowering urban green innovation, and provide a powerful reference for promoting the synergistic development of digitization and greening.

Key Words: data elements; urban green innovation; factor allocation efficiency; openness of data; data safety and security; spatial spillover boundaries