

# 数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的影响机制与空间溢出效应研究<sup>\*</sup>

赵华平,王昊宇,赵赞钰

(山西财经大学 管理科学与工程学院,山西 太原 030031)

**摘要:**数字基础设施建设为城市土地绿色利用效率提供了条件。以三批次开展的“宽带中国”示范城市建设为准自然实验,采用 2004—2021 年中国 283 个城市的面板数据,通过空间杜宾双重差分模型和空间中介效应模型对数字基础设施建设影响城市土地绿色利用效率的机制与空间溢出效应进行实证检验。结果表明:试点城市的数字基础设施建设对土地绿色利用效率具有显著的本地赋能效应和空间溢出效应,且空间溢出效应大于本地赋能效应,向邻近城市溢出的“政策红利”对于非试点城市的作用大于试点城市;数字基础设施建设通过增加绿色技术存量、提升政府监管水平赋能本城市和邻近城市的土地绿色利用效率;数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的赋能效应在资源配置效率低、地形起伏度小、交通基础设施水平低的城市影响更显著。因此,提出要提高政府对绿色技术创新的支持力度、构建土地绿色利用的多元主体协同监管模式、因地制宜推进城市数字基础设施建设等对策建议。研究成果为加强数字中国建设和促进城市土地利用模式绿色转型提供了参考。

**关键词:**土地绿色利用效率;数字基础设施建设;宽带中国;空间杜宾双重差分模型

**中图分类号:**F124.5

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-0598(2025)06-0058-17

土地作为生产、生活、生态活动的重要载体,为我国经济和社会发展作出了重要贡献,但在快速的发展过程中也面临着高强度、高风险利用等一系列可持续发展问题。为此,国家自 2014 年开始陆续推出了《节约集约利用土地规定》《关于鼓励和支持社会资本参与生态保护修复的意见》《关于保护和永续利用自然资源扎实推进美丽中国建设的实施意见》等以提高土地绿色利用效率。但是,学者们研究发现当前我国城市土地绿色利用效率整体偏低,大多数城市处于中低水平,在土地利用过程中仍然存在结构失衡、粗放滥用等问题,具有很大的优化提升空间<sup>[1-3]</sup>。这使得如何提升城市土地绿色利用效率既成为学术界

<sup>\*</sup> 收稿日期:2025-03-18

**基金项目:**国家社会科学基金一般项目(20BJY068)“我国旧城不动产结构错配成因与改造优化路径研究”

**作者简介:**赵华平(1979—),女,山西昔阳人;博士,山西财经大学管理科学与工程学院教授,博士生导师,主要从事数字经济与不动产管理研究。

王昊宇(1997—),女,山西晋城人;山西财经大学管理科学与工程学院硕士研究生,主要从事不动产管理研究。

赵赞钰(2001—),女,山西临汾人;山西财经大学管理科学与工程学院硕士研究生,主要从事数字经济与创新管理研究。

**本文引用格式:**赵华平,王昊宇,赵赞钰.数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的影响机制与空间溢出效应研究[J].重庆工商大学学报(社会科学版),2025,42(6):58-74.

关注的焦点,也是我国实现资源可持续利用和生态文明建设亟待解决的现实问题。

在当前数字化背景下,我国数字基础设施建设正如火如荼开展。截至2023年底,互联网数据中心机架总量已超过810万个,算力总规模已达到每秒230百亿亿次浮点运算。随着数字基础设施建设规模的扩大升级,其支撑经济社会发展的先导性作用也日益凸显。我国颁布的《自然资源数字化治理能力提升总体方案》《数字中国建设整体布局规划》等提倡将数字基础设施建设带来的数字化技术应用于土地利用和管理中,为提升城市土地绿色利用效率提供条件。而且,数字基础设施建设横向包络广、纵向触达深,能够打破空间限制跨城市调整资源要素,具有跨空间、跨时点的网络传播效应和规模效应,对其他城市的经济活动、社会活动和生态环境产生显著的空间溢出效应,从而对邻近城市的土地利用产生影响。那么,数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的影响机制是什么?空间溢出效应如何?为了回答上述问题,本文以三批次开展的“宽带中国”试点政策为准自然实验,采用2004—2021年中国283个城市的面板数据,通过空间杜宾双重差分模型和空间中介效应模型分析数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的影响机制与空间溢出效应。

## 一、文献回顾

关于土地绿色利用效率的测度,目前多采用将土地利用过程产生的工业三废排放<sup>[4][5]</sup>、碳排放<sup>[5]</sup>、PM<sub>2.5</sub>浓度<sup>[6]</sup>等非期望产出纳入SBM模型作为测度方法。关于土地绿色利用效率影响因素的研究发现,碳排放权交易政策<sup>[5]</sup>、低碳试点政策<sup>[7]</sup>、城市科技创新能力<sup>[8]</sup>、城市交通紧凑式发展<sup>[9]</sup>、林长制政策<sup>[10]</sup>等均有助于提高城市土地绿色利用效率,而政府环境规制<sup>[11]</sup>与城市土地绿色利用效率之间呈现“U”型关系;城市扩张<sup>[3]</sup>、高铁网络<sup>[3][12]</sup>有助于提升本地土地绿色利用效率,但对邻地土地绿色利用效率有负向空间溢出效应。少量文献指出数字基础设施建设可以通过促进绿色技术创新和推动产业结构升级提升土地绿色利用效率<sup>[13][14]</sup>。

关于数字基础设施建设影响效应的研究发现,数字基础设施建设的经济效应体现为通过提高服务业分工与协作效率、各类产业协同效率、数实孪生叠加效率提高全社会经济活动效率<sup>[15]</sup>,还为后发城市经济增长打开技术、需求和政策机会窗口,加快后发城市的经济追赶进程<sup>[16]</sup>;数字基础设施建设的社会效应体现为其催生的新业态带来大量就业岗位,能够弥补智能化过程信息要素对劳动力的替代,通过优化产业结构、提升人力资本水平、降低劳动力要素错配最终促进劳动力就业<sup>[17]</sup>;数字基础设施建设的生态效应体现为通过构建起绿色智能的工业生产模式,加强生产过程各部门之间、生产部门与消费者之间的信息共享,在工业产出不变的情况下降低产能过剩和工业三废、PM<sub>2.5</sub>等污染物的排放,提高工业能源利用效率和清洁生产能力<sup>[18]</sup>。

综上,学者们关于土地绿色利用效率的测度和影响因素、数字基础设施建设影响效应的研究已然颇丰,但将二者结合起来研究的文献还极少,且没有考虑数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的空间溢出效应和政府监管在其影响过程中的作用。因此,本文聚焦于数字基础设施建设对城市土地利用效率的空间溢出效应进行考察,考虑到城市的绿色技术积累效应和政府土地资源监督中的作用,从增加绿色技术存量、提升政府监管水平两方面揭示其内在机制,并基于交通基础设施水平、资源配置效率、地形起伏度3个维度探究其异质性表现,以期在弥补现有研究不足的同时,为城市数字基础设施建设和土地利用模式的绿色转型提供参考。

## 二、理论分析与研究假设

资源基础理论强调资源是可持续发展的重要因素,而资源利用效率的提升有赖于先进的技术和高效的管理。土地作为城市的基础性资源,其绿色利用效率取决于城市的绿色技术创新和土地管理水平,而绿色技术创新和土地管理水平的提高必须依靠城市底层数字基础设施建设的支撑。因此,本文构建如图 1 所示的理论分析框架,探讨数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的影响机制与空间溢出效应。

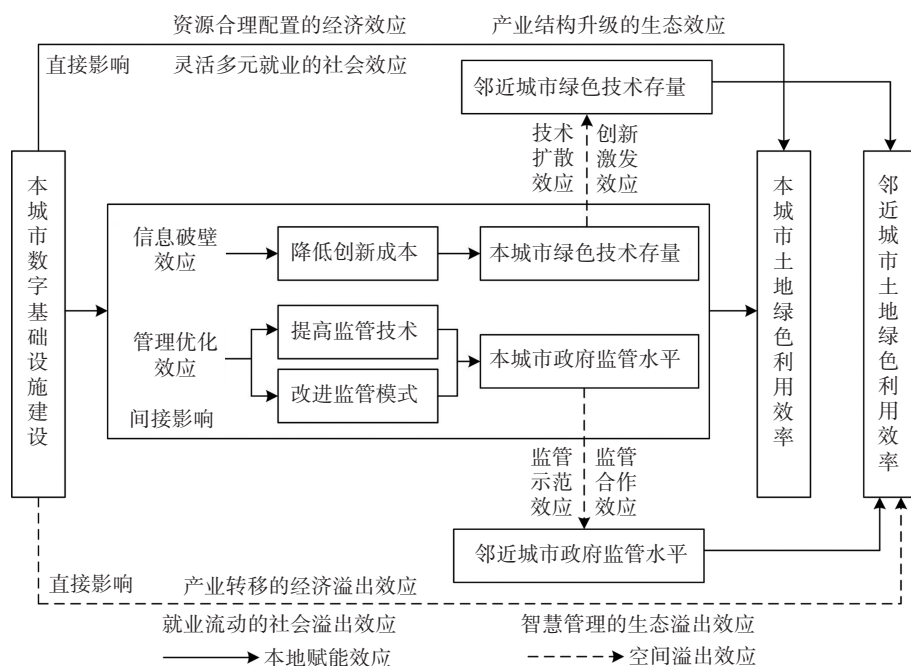


图 1 数字基础设施建设影响城市土地绿色利用效率的理论分析框架

### (一) 直接影响

#### 1. 本地赋能效应

数字基础设施建设主要通过以下 3 个方面赋能本城市的土地绿色利用效率：(1) 资源合理配置的经济效应。数字基础设施建设加速了资金、信息、数字等要素的自由流动与有效配置,提高了城市的金融服务水平和金融获利能力,使得地方政府可能会放弃以往“以地谋发展”的模式<sup>[19]</sup>,促使土地资源流向投资回报率较高的生产领域参与分配,提高土地的经济产出。(2) 灵活多元就业的社会效应。依托数字基础设施建设所搭建的数字平台为人们创造了更多灵活就业的方式,重塑和改善了劳动配置效率<sup>[20]</sup>,不仅有助于化解失业风险、提高劳动者收入,而且可以降低人们生产生活的空间限制,使得城市通勤压力减小,拥堵状况缓解,居民生活质量改善,提高土地的社会效益。(3) 产业结构升级的生态效应。数字基础设施建设不仅推动传统产业向低污染、低能耗、高附加值方向转型升级,而且带动人工智能、大数据等新兴产业迅速壮大<sup>[13]</sup>,提高土地的生态效益。

#### 2. 空间溢出效应

数字基础设施建设使得原本依赖于实体交通网络的城市生产要素联通关系发生变化,“梅特卡夫法则”主导下的网络效应充分发挥,为城市间的产业空间转移、人口就业流动、环境污染扩散开创新变局,进而对邻近城市土地利用活动产生影响。数字基础设施建设对邻近城市土地绿色利用效率的空间溢出效应主要

通过以下3个方面实现:(1)产业转移的经济溢出效应。数字基础设施建设有助于部分生产资料与产品进行空间转移,使得产业区位选择更为自由灵活,产业转移有助于降低经营成本,提高邻近城市土地利用的经济产出<sup>[8]</sup>。(2)就业流动的社会溢出效应。数字基础设施搭建起的城市间劳动力供需信息网络使得劳动力可以在更广泛的地域尺度上搜寻与自身技能相匹配且劳动报酬更为合理的工作岗位,加速劳动力跨城市就业流动,有效改善城市就业净增长率、就业创造率和就业结构,增加邻近城市土地的社会效益。(3)智慧管理的生态溢出效应。数字基础设施建设为城市智慧化污染检测与资源优化配置提供了技术支持,降低产能过剩的同时也降低了工业二氧化硫、工业烟粉尘、工业废水等的排放。而环境污染具有跨地区的扩散性特征,在提高本地土地利用率、降低污染排放的同时,有助于提高邻近城市土地的生态效益。

综上,本文提出:

假设1:数字基础设施建设有助于提升本城市土地绿色利用效率,且对邻近城市土地绿色利用效率具有正向空间溢出效应。

## (二)传导机制

### 1. 绿色技术存量

数字基础设施建设可以通过信息破壁效应促进本城市的绿色技术存量不断增加。数字基础设施以强渗透性与广覆盖性特征能打破信息流动、信息共享的地理与技术壁垒,为绿色技术创新提供信息储备,降低创新阻力、信息搜索成本与交易成本,促使城市绿色技术创新数量增加和质量提升。本城市的绿色技术创新又可以通过以下两个方面带动邻近城市的绿色技术创新:(1)技术扩散效应。外部性理论指出技术具有明显的外部性,不同主体间会学习模仿或者知识共享引起技术扩散,这就使得绿色技术知识会逐渐向技术落后的邻近城市扩散,为邻近城市绿色技术创新提供了知识支撑。(2)创新激发效应。技术落后的邻近城市在促进外部知识吸收的同时,与内部知识重组会产生创新要素的多样化碰撞,进而迸发绿色创新思想,激发绿色创新活力,催生新的绿色创新成果。

根据内生经济增长理论,技术进步是经济增长和经济社会结构变迁的源泉。城市绿色技术积累有助于推动城市土地利用生产方式变革,在提高生产要素转化率和单位土地面积经济产出的同时,减少污染物排放,提高绿色要素在单位土地生产中的数量配比,实现土地绿色利用效率提升<sup>[8]</sup>。据此,本文提出:

假设2:数字基础设施建设有助于增加本城市的绿色技术存量,并通过技术扩散效应和创新激发效应提高邻近城市的绿色技术存量,进而为本城市与邻近城市的土地绿色利用效率赋能。

### 2. 政府监管水平

数字基础设施建设可以通过管理优化效应改善政府的监管技术和监管模式,提高监管水平。在监管技术上,数字基础设施建设带来的数字化技术应用改善了政府的监管手段<sup>[21]</sup>,政府相关职能部门可以通过数字基础设施和数字化技术实时监测土地利用在各个层面的突发事件和异常情况,利用大数据分析揭示能源消耗、排放分布等内在规律,实现经验型、粗放型治理向数据驱动、精准施策转变<sup>[22]</sup>。在监管模式上,数字基础设施建设能够改善政府服务供给,催生政府、企业、公众三者交流互动式监管,有利于共同解决土地利用的复杂问题,提升政府监管水平。本城市的政府监管又可以通过以下两个方面带动邻近城市政府监管水平的提升:(1)监管示范效应。监管示范效应指优秀管理者的监管行为模式往往会成为其他管理者模仿和学习的对象。因此,本城市政府利用大数据等技术进行土地绿色利用监管的手段和政府、企业、公众协同监管的模式会促使邻近城市的政府学习和模仿,提高监管水平。(2)监管合作效应。政府合作是促进城市土地绿色利用效率协同提升的关键<sup>[23]</sup>,政府监管合作是指不同地区的地方政府间对



于涉及双方或多方共同利益的问题加强协商。政府监管水平在一定程度上可以提高城市土地绿色利用效率,但考虑到环境污染的跨域性,城市地方政府往往会加强与邻近城市政府的监管合作,共享环境监测数据和土地生态治理典型案例,实施环境污染的跨域合作监管与合作治理,促使邻近城市政府土地绿色利用监管水平的提升。

政府监管水平的提升不仅强化了政府对土地利用的政策管控,引导土地利用模式优化,降低土地利用中生态环境风险的复杂性和不确定性,有利于城市土地的绿色利用,而且有助于政府采取措施优化土地资源配置和提高土地市场化程度,通过制度创新统筹土地开发与保护的关系,提高城市土地绿色利用效率<sup>[24]</sup>。据此,本文提出:

假设 3:数字基础设施建设有助于提升本城市的政府监管水平,并通过监管示范效应与监管合作效应提高邻近城市的政府监管水平,进而为本城市与邻近城市的土地绿色利用效率赋能。

### 三、实证研究设计

#### (一) 模型设定

##### 1. 基准回归模型

本文将“宽带中国”试点政策视为一项准自然实验,采用空间杜宾双重差分模型进行政策效应评估,构建的模型如下:

$$Lgue_{it} = \rho WLgue_{it} + \alpha_0 + \alpha_1 SDID_{it} + \alpha_2 WSDID_{it} + \sum_{k=1}^5 \beta_k X_{kit} + \sum_{k=1}^5 \mu_k WX_{kit} + \pi_i + \gamma_t + \sigma_{it} \quad (1)$$

式中, $Lgue_{it}$  表示  $i$  城市第  $t$  年的土地绿色利用效率; $SDID_{it}$  是政策实验组,用以表征  $i$  城市在第  $t$  年是否属于宽带中国实验组城市; $X_{kit}$  为控制变量; $\rho$  为城市土地绿色利用效率的空间自相关系数; $\alpha_0$  代表截距项; $\alpha_1$  和  $\alpha_2$  分别为数字基础设施建设对本城市和邻近城市土地绿色利用效率增长的影响系数; $\beta_k$  和  $\mu_k$  分别为第  $k$  个控制变量对本城市和邻近城市土地绿色利用效率增长的影响系数; $W$  为空间权重矩阵; $\pi_i$  为城市固定效应; $\gamma_t$  为年份固定效应; $\sigma_{it}$  是随机误差项。

##### 2. 机制检验模型

空间中介效应模型参考张可<sup>[25]</sup>的做法,模型设定如下:

$$M_{it} = \rho_2 WM_{it} + \delta_0 + \delta_1 SDID_{it} + \sum_{k=1}^5 \nu_k X_{kit} + \pi_i + \gamma_t + \sigma_{it} \quad (2)$$

$$Lgue_{it} = \rho_1 WLgue_{it} + o_0 + o_1 SDID_{it} + \chi M_{it} + o_2 WSDID_{it} + \sum_{k=1}^5 \psi_k X_{kit} + \sum_{k=1}^5 \tau_k WX_{kit} + \pi_i + \gamma_t + \sigma_{it} \quad (3)$$

式中, $M_{it}$  为机制变量; $\rho_1$  和  $\rho_2$  分别为城市土地绿色利用效率和机制变量的空间自相关系数; $\chi\delta_1$  反映在数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率影响中机制变量的作用; $\delta_0$ 、 $o_0$  均代表截距项; $\delta_1$ 、 $\nu_k$  分别表示数字基础设施建设和第  $k$  个控制变量对本城市机制变量的影响系数; $o_1$ 、 $o_2$ 、 $\psi_k$ 、 $\tau_k$  的含义与模型(1)的  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\beta_k$ 、 $\mu_k$  相同;其余变量也与模型(1)相同。

#### (二) 变量说明

##### 1. 被解释变量

城市土地绿色利用效率( $Lgue$ )。指在城市土地利用系统中以最少的资本、劳动力要素投入实现经

济、社会和生态三大子系统效益的最大化<sup>[11]</sup>,强调土地资源的集约化、高效化、绿色化利用。卢新海等<sup>[1]</sup>、姜旭等<sup>[7]</sup>指出以土地总量为基础构建的土地绿色利用效率指标体系测量的是全要素生产率,不能准确反映土地绿色利用效率的实际状况,建议采用单位土地面积上的投入与产出要素。因此,本文参考相关研究<sup>[7][9]</sup>,选取地均资本存量、地均劳动力数量作为投入指标,地均二、三产业增加值、城镇居民家庭人均可支配收入作为经济、社会、生态维度的期望产出指标,采用熵权法将地均工业废水、二氧化硫和烟(粉)尘排放量构造的污染排放指数作为非期望产出,最终构建的城市土地绿色利用效率评价指标体系(见表1)。

表1 城市土地绿色利用效率评价指标体系

指标类型	类别	具体指标	单位
投入	资本投入	地均固定资产投资额(以2003年为基期,采用永续盘存法计算资本存量)	亿元
	劳动力投入	地均单位年末从业人员数	万人
	经济发展	地均市辖区二、三产业增加值	亿元
期望产出	社会民生	城镇居民家庭人均可支配收入	元
	生态环境	建成区绿化覆盖率	%
		地均工业废水排放量	万吨
非期望产出	污染排放指数	地均工业二氧化硫排放量	吨
		地均工业烟(粉)尘排放量 <sup>①</sup>	吨

考虑到在实际的土地利用过程中,单位面积土地上的要素投入和期望产出之间的关系是非径向的,而要素投入与污染物排放之间的关系是紧密联系的,会按照既定的比例变化,二者之间的关系是径向的,因此采用 Tone 等<sup>[26]</sup>提出的兼具径向与非径向两类距离函数的超效率混合模型(the super efficiency epsilon-based measure,简称超效率 EBM 模型)对城市土地绿色利用效率进行测度,公式如下:

$$\mu^* = \min \frac{\theta - \varepsilon_x \sum_{i=1}^m \frac{\omega_i^- s_i^-}{x_{ik}}}{\varphi + \varepsilon_y \sum_{r=1}^l \frac{\omega_r^+ s_r^+}{y_{rk}} + \varepsilon_z \sum_{p=1}^q \frac{\omega_p^{z-} s_p^{z-}}{z_{pk}}}$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{ik} (i = 1, 2, \dots, m) \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \varphi y_{rk} (r = 1, 2, \dots, l) \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n z_{pj} \lambda_j + s_p^{z-} = \varphi z_{pk} (p = 1, 2, \dots, q) \\ \lambda_j \geq 0, s_i^- \geq 0, s_r^+ \geq 0, s_p^{z-} \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

式中, $\mu^*$ 表示城市土地绿色利用效率值; $x_{ik}$ 、 $y_{rk}$ 和 $z_{pk}$ 分别表示城市 $k(k=1, \dots, n)$ 的投入、期望产出和非期望产出; $m$ 、 $l$ 和 $q$ 分别表示投入指标 $i$ 、期望产出指标 $r$ 和非期望产出指标 $p$ 的数量; $s_i^-$ 、 $s_r^+$ 和 $s_p^{z-}$ 分别表示投入指标 $i$ 、期望产出指标 $r$ 和非期望产出指标 $p$ 的松弛量; $\omega_i^-$ 、 $\omega_r^+$ 和 $\omega_p^{z-}$ 分别表示投入指标、期望产出指标和非期望产出指标的相对重要性; $\varepsilon_x$ 、 $\varepsilon_y$ 和 $\varepsilon_z$ 分别表示投入、期望产出和非期望产出非径向部分的重要程度,取值范围为 $[0, 1]$ ;  $\lambda_j$ 为线性组合系数; $\theta$ 和 $\varphi$ 分别表示投入和产出导向下的土地绿色利用效率值。

① 2020年、2021年的工业烟(粉)尘排放量在《中国城市统计年鉴》中调整为工业颗粒物排放量。

## 2. 解释变量

数字基础设施建设(*SDID*)。为落实国务院 2013 年发布的“宽带中国”战略,工业和信息化部与国家发展和改革委员会联合印发了《创建“宽带中国”示范城市(城市群)工作管理办法》来促进我国城市数字基础设施建设。“宽带中国”战略通过一系列措施增加了示范城市的宽带网络覆盖范围,提升了宽带网络速度和质量,促进了示范城市的数字基础设施建设,因此,参考杨冕等<sup>[17]</sup>、焦豪等<sup>[27]</sup>的研究,将“宽带中国”试点政策作为数字基础设施建设衡量指标。该变量为城市与年份交互的一组虚拟变量,实验组城市获批的当年及之后年份均赋值为 1,否则为 0。需要说明的是,为降低宽带中国示范城市行政级别差异造成的估计偏误,本文剔除了地级市以外所有城区、县级市和部分地级市数据缺失较为严重的样本,最终实验组样本包含了 2014 年、2015 年、2016 年“宽带中国”战略实施的城市,分别有 34 个、35 个、36 个。

## 3. 机制变量

绿色技术存量(*stock*)。一个城市的技术存量越高,其技术进步越快,技术创新能力越强<sup>[28]</sup>。参考 Pessoa<sup>[29]</sup>的研究,以 2003 年为基期,采用永续盘存法计算绿色专利授权量衡量绿色技术存量。

政府监管水平(*regul*)。2009 年,我国将碳排放强度降低作为国民经济和社会发展的约束性指标。碳排放强度是指单位国内生产总值的二氧化碳排放量,所以政府对于城市绿色发展的监管一定程度上体现为城市的碳排放强度。故此,参考傅京燕等<sup>[30]</sup>的研究,采用城市碳排放强度衡量政府监管水平。

## 4. 控制变量

为了控制其他因素对城市土地绿色利用效率的影响,借鉴相关文献<sup>[12,31]</sup>,引入如下控制变量:(1)经济发展水平(*pergdp*),采用人均 GDP 进行衡量;(2)人口密度(*popden*),采用城市总人口与城市建设用地面积的比值衡量;(3)政府干预程度(*gover*),采用政府财政支出总额的对数形式进行衡量;(4)金融发展水平(*fin*),采用贷款和存款总值占 GDP 比重衡量;(5)土地利用结构(*area*),采用建成区面积占市辖区土地面积的比值衡量。

## (三)数据来源

本文以 2004—2021 年中国 283 个城市为研究样本,指标统计数据以全市为主,少数指标因缺乏以全市为口径的统计数据,采用市辖区数据替代,缺失值利用线性插值法补齐。宽带中国试点名单来源于中华人民共和国工业和信息化部官网,其余数据来源于《中国城市统计年鉴》《中国城乡建设统计年鉴》、中国经济社会大数据研究平台和各市的《国民经济和社会发展统计公报》。对于含有名义价格的指标,均按照 GDP 平减指数调整到 2003 年为基期的可比价格。变量的描述性统计(见表 2)。

表 2 变量的描述性统计

变量名称	符号	单位	平均值	标准差	最小值	最大值
城市土地绿色利用效率	<i>Lgue</i>	—	0.276	0.200	0.024	1.289
数字基础设施建设	<i>SDID</i>	—	0.148	0.355	0	1
经济发展水平	<i>pergdp</i>	万元	4.242	3.339	0.010	46.775
人口密度	<i>popden</i>	人/平方米	0.104	1.381	0.002	66.705
政府干预程度	<i>gover</i>	万元	14.365	1.081	10.573	18.250
金融发展水平	<i>fin</i>	万元	2.274	1.150	0.508	21.302

续表2

变量名称	符号	单位	平均值	标准差	最小值	最大值
土地规模水平	<i>area</i>	平方公里	0.085	0.095	0.001	0.953
绿色技术存量	<i>stock</i>	万件	0.096	0.350	0	7.749
政府监管水平	<i>regul</i>	千克/元	0.104	0.140	0.005	2.459

四、实证结果与分析

(一) 空间相关性检验

为了证明采取空间计量模型研究的合理性,对模型中的变量进行空间相关性检验。表3给出了二元邻接、地理距离、经济距离、经济地理距离四种权重矩阵下城市土地绿色利用效率的全局 Moran 指数,可以看出,2004—2021 年各个城市的土地绿色利用效率存在着显著的空间正相关关系。

表3 全局 Moran 指数

年份	(1)二元邻接矩阵		(2)地理距离矩阵		(3)经济距离矩阵		(4)经济地理矩阵	
	<i>I</i>	<i>P</i> 值	<i>I</i>	<i>P</i> 值	<i>I</i>	<i>P</i> 值	<i>I</i>	<i>P</i> 值
2004	0.441	0.000	0.101	0.000	0.068	0.004	0.162	0.000
2005	0.397	0.000	0.086	0.000	0.062	0.009	0.135	0.000
2006	0.374	0.000	0.083	0.000	0.099	0.000	0.171	0.000
2007	0.328	0.000	0.076	0.000	0.158	0.000	0.217	0.000
2008	0.268	0.000	0.051	0.000	0.102	0.000	0.140	0.000
2009	0.274	0.000	0.051	0.000	0.089	0.000	0.128	0.000
2010	0.259	0.000	0.049	0.000	0.100	0.000	0.133	0.000
2011	0.327	0.000	0.066	0.000	0.128	0.000	0.176	0.000
2012	0.318	0.000	0.065	0.000	0.160	0.000	0.205	0.000
2013	0.259	0.000	0.048	0.000	0.221	0.000	0.254	0.000
2014	0.240	0.000	0.047	0.000	0.233	0.000	0.268	0.000
2015	0.244	0.000	0.051	0.000	0.211	0.000	0.251	0.000
2016	0.234	0.000	0.048	0.000	0.241	0.000	0.273	0.000
2017	0.213	0.000	0.044	0.000	0.259	0.000	0.283	0.000
2018	0.199	0.000	0.040	0.000	0.253	0.000	0.270	0.000
2019	0.248	0.000	0.051	0.000	0.277	0.000	0.299	0.000
2020	0.233	0.000	0.048	0.000	0.275	0.000	0.293	0.000
2021	0.211	0.000	0.041	0.000	0.267	0.000	0.281	0.000



## (二) 基准回归结果

在进行回归之前,需要对模型设定进行检验。LM 检验和 Robust-LM 检验显著拒绝了“无空间自相关性”的原假设,表明应该采用空间计量模型。Wald 检验和 LR 检验表明空间杜宾模型无法简化为 SEM 模型或 SLM 模型,Hausman 检验结果表明应选择固定效应模型,LR 固定效应检验结果表明应选择双固定效应。因此,本文选择双固定效应下的空间杜宾 DID 模型进行实证研究。对于空间权重矩阵的选择,根据二元邻接、地理距离、经济距离、经济地理距离 4 种权重矩阵的空间杜宾 DID 模型的基准回归结果(见表 4)。可以看出, $SDID$  和  $W \times SDID$  的估计系数均显著为正,表明宽带中国试点政策能有效提升本城市土地绿色利用效率,且会对邻近城市的土地绿色利用效率产生正影响。空间自回归系数  $\rho$  的估计结果均显著为正,表明相邻城市的土地绿色利用效率具有较强的空间正相关性,表现出“一荣俱荣,一损俱损”的特征,进一步支持了本文采用空间杜宾 DID 模型的适用性。但由于地理距离权重矩阵的空间杜宾 DID 模型的  $R^2$  值最大,因此本文后续实证均基于地理距离权重矩阵展开讨论。为进一步检验,本文对所有变量进行了方差膨胀因子( $VIF$  值)检验,基准回归结果见表 5。可以看出,所有变量的  $VIF$  值的最大值为 1.91,平均值为 1.38,远低于经典门槛值 10,因此本文构建的模型不存在多重共线性问题。

表 4 基准回归结果

变量	(1) 二元邻接矩阵	(2) 地理距离矩阵	(3) 经济距离矩阵	(4) 经济地理矩阵
$SDID$	0.024 *** (0.004)	0.028 *** (0.004)	0.015 *** (0.004)	0.012 ** (0.004)
$\rho$	0.239 *** (0.020)	0.711 *** (0.060)	0.054 * (0.030)	0.214 *** (0.028)
$W * SDID$	0.050 *** (0.009)	0.413 *** (0.069)	0.085 *** (0.012)	0.062 *** (0.011)
控制变量	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
本地赋能效应	0.027 *** (0.004)	0.033 *** (0.005)	0.015 *** (0.004)	0.014 ** (0.004)
空间溢出效应	0.069 *** (0.011)	1.541 *** (0.411)	0.090 *** (0.013)	0.080 *** (0.015)
总效应	0.097 *** (0.012)	1.574 *** (0.412)	0.105 *** (0.013)	0.094 *** (0.014)
$LR-test\ lag$	76.53 ***	110.95 ***	258.75 ***	215.36 ***
$LR-test\ error$	79.00 ***	122.21 ***	283.39 ***	264.15 ***
$Wald-test\ lag$	73.90 ***	110.34 ***	264.42 ***	217.65 ***
$Wald-test\ error$	79.62 ***	120.55 ***	280.23 ***	253.95 ***
$LM-test\ error$	1 362.72 ***	11 000.00 ***	524.93 ***	740.93 ***
$RLM-test\ error$	367.59 ***	9 218.30 ***	14.87 ***	2.82 *
$LM-test\ lag$	1 036.82 ***	2 504.92 ***	903.83 ***	1 082.76 ***
$RLM-test\ lag$	41.69 ***	301.98 ***	393.77 ***	344.65 ***

续表4

变量	(1)二元邻接矩阵	(2)地理距离矩阵	(3)经济距离矩阵	(4)经济地理矩阵
<i>Hausman</i>	43.70***	53.20***	93.69***	81.02***
<i>LR-time</i>	5 497.32***	5 782.11***	5 963.50***	6 016.67***
<i>LR-ind</i>	932.40***	100.21***	731.25***	567.31***
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.051	0.572	0.291	0.162

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%的统计水平上显著;括号内数字为标准误。

表5 基准回归结果

变量	<i>SDID</i>	<i>pergdp</i>	<i>popden</i>	<i>gover</i>	<i>fin</i>	<i>area</i>	Mean VIF
VIF 值	1.29	1.79	1.00	1.91	1.25	1.07	1.38

当存在空间溢出效应时,上面的估计系数仅仅在作用方向和显著性上有效,不能直接反映数字基础设施建设赋能城市土地绿色利用效率的边际效应<sup>[32]</sup>。因此,借鉴 Lesage 和 Pace<sup>[33]</sup>提出的方法,采用偏微分将其影响效应分解为本地赋能效应和空间溢出效应,分解结果见表4列(2)。其中,本地赋能效应为0.033,且在1%水平上显著,说明实验组城市的数字基础设施建设有助于提升本城市的土地绿色利用效率。空间溢出效应为1.541,且在1%水平上显著,表明宽带中国试点政策会提高邻近城市的土地绿色利用效率,有显著的空间溢出效应,验证了假设1。效应分解结果显示,试点政策的空间溢出效应大于本地赋能效应,可能原因是实验组城市空间上高度集聚,导致空间溢出效应较高,政策效果转化比例也较高,邻近城市可以通过“搭便车”得到土地绿色利用效率改善的好处。考虑到数字基础设施建设向邻近城市的空间溢出效应不仅涉及控制组样本,而且有实验组样本,其影响可能不同,因此参考张明等<sup>[34]</sup>的做法,将空间溢出效应进一步分解,结果显示控制组和实验组城市的系数均显著为正,但控制组城市的系数大于实验组城市,说明宽带中国政策溢出的“政策红利”更有利于非试点城市土地绿色利用效率的提升。

(三) 稳健性检验

1. 平行趋势检验

实验组和控制组在未接受宽带中国试点政策处理前需满足平行趋势假设。借鉴 Jacobson 等<sup>[35]</sup>的思路,将宽带中国政策实施前一年作为基准年份,动态政策实施前后5期城市土地绿色利用效率的变动趋势,结果如图2所示。可以看出,在政策实施之前,所有样本城市的土地绿色利用效率均不存在显著差异,满足平行趋势假设。然而,自宽带中国政策实施后的第2年起,置信区间不再包括0,表明宽带中国政策对实验组城市土地绿色利用效率具有显著提升作用,且该作用已持续发生4期。

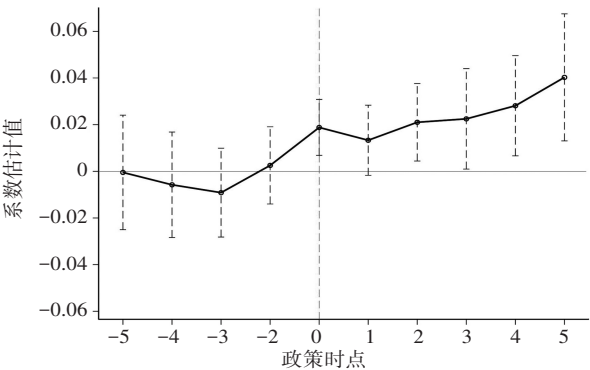


图2 平行趋势检验

2. 安慰剂检验

为了避免其他政策或遗漏变量所导致的回归偏误,通过采用随机抽取个体组合作为伪实验组的方法进行安慰剂检验,以反事实方式确认影响的稳健性。为了规避其他偶然事件对估计过程的影响,重复上述随机抽取过程 500 次,得到如图 3 所示的概率密度分布图。可以发现,城市土地绿色利用效率估计系数分布在 0 左右且近似于正态分布,大多数估计值的  $p$  值都大于 0.1,表明基准回归结果不受到其他不可观测因素的干扰,安慰剂检验通过。

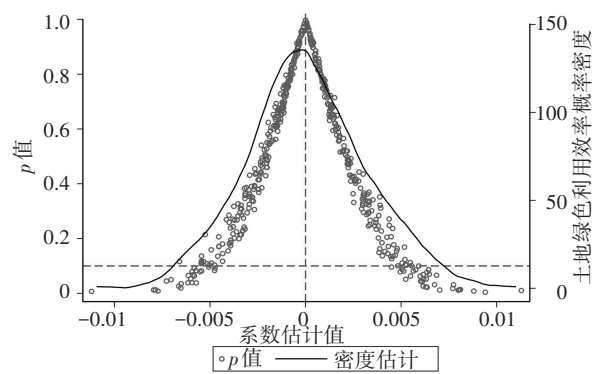


图 3 安慰剂检验

3. 更换样本

相较于普通地级市,以直辖市和一线城市为代表的中心城市往往拥有更高的政治经济地位和政策执行优势,可以获取更多的公共财政资源和采取工业转移等偏向性政策,在土地绿色利用方面有较大优势,若将其一同纳入模型,可能存在一定的样本选择性偏误问题。为此,本文将这两类城市剔除,将样本缩小至“外围城市”重新进行检验,回归结果见表 6 列(1),可以看出估计结果仍然支持前文的研究结论。

4. 更换因变量测度方式

采用非期望产出超效率 SBM 重新测算城市土地绿色利用效率,回归结果见表 6 列(2),可以发现,更换因变量测度方式后, $SDID$  的估计系数依然显著,表明估计结果具有稳健性。

5. 排除其他政策干扰

在识别数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的影响时,不可避免地会受到同时期其他并行政策的干扰,致使评估结果存在偏差。低碳试点政策和创新型城市试点政策均为宽带中国政策的同期执行政策,所以将代表这两类政策的虚拟变量分别纳入模型再次进行检验,回归结果见表 6 列(3)。可以看出,在加入这两类政策变量后, $SDID$  与  $W * SDID$  的回归系数符号、显著性与基准回归并未发生显著变化,说明排除其他政策干扰后,宽带中国政策对土地绿色利用效率的促进作用依旧明显,证实了基准结论的稳健性。

表 6 稳健性检验

变量	(1) 更换样本	(2) 更换因变量测度方式	(3) 排除其他政策干扰
$SDID$	0.026 *** (0.004)	0.042 *** (0.005)	0.024 *** (0.004)
$Policy1$			0.024 *** (0.005)

续表6

变量	(1) 更换样本	(2) 更换因变量测度方式	(3) 排除其他政策干扰
<i>Policy2</i>			0.012 <sup>*</sup> (0.006)
$\rho$	0.678 <sup>***</sup> (0.065)	0.355 <sup>***</sup> (0.106)	0.700 <sup>***</sup> (0.062)
$W * SDID$	0.447 <sup>***</sup> (0.068)	0.507 <sup>***</sup> (0.084)	0.322 <sup>***</sup> (0.076)
控制变量	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
本地赋能效应	0.032 <sup>***</sup> (0.005)	0.044 <sup>***</sup> (0.005)	0.028 <sup>***</sup> (0.005)
空间溢出效应	1.491 <sup>***</sup> (0.390)	0.827 <sup>***</sup> (0.192)	1.203 <sup>**</sup> (0.386)
总效应	1.523 <sup>***</sup> (0.391)	0.870 <sup>***</sup> (0.192)	1.231 <sup>**</sup> (0.388)

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%的统计水平上显著;括号内数字为标准误。

(四) 异质性分析

1. 资源配置效率异质性

数字基础设施是城市土地的附着物,如果没有城市自身各项资源的辅助与支撑,数字基础设施的效用很难发挥。为此,按照刘诚和夏杰长<sup>[36]</sup>的方法衡量城市资源配置效率,根据其中位数将样本划分为两类进行异质性分析。由表7列(1)(2)可知,两类城市的数字基础设施建设对土地绿色利用效率的本地赋能效应与空间溢出效应均显著为正,但资源配置效率低的城市,这两种效应更明显。其可能的原因是:资源配置效率低的城市其数字基础设施建设创造出有利的发展环境,不仅对提升本地土地绿色利用效率起到了雪中送炭的作用,而且通过打破与邻近城市的空间限制促进了资源要素的双向流动,对邻近城市土地绿色利用效率产生明显的溢出效应。而资源配置效率高的城市其自身人才、资金和产业较为集聚,资源流动和转换效率较高,数字基础设施建设对城市土地绿色利用只能起到锦上添花的作用。

2. 地形异质性

由于数字基础设施具有一定的地理穿透性,在不同地形起伏度限制下,其突破地形限制赋能土地绿色利用效率的效果可能存在差异。因此,按照城市地形起伏度的中位数将样本划分为两类进行异质性分析。由表7列(3)(4)可知,数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的本地赋能效应和空间溢出效应均显著为正,但地形起伏小的城市其本地赋能效应更明显,两类城市的空间溢出效应相差较小。其原因可能是:地形起伏较小的城市其数字基础设施建设更容易开展,建设与运营成本相对较低,信号质量也较好,可以更好地发挥降低土地利用成本和污染物排放的作用,提高土地期望产出,进而提高本城市土地绿色利用效率。

3. 交通基础设施水平异质性

交通基础设施水平是经济要素流通循环的基础,其水平差异可能会影响数字基础设施建设对土地绿



色利用效率的作用发挥。鉴于此,本文依据城市人均道路面积中位数将样本划分为两类进行异质性分析。由表 7 列(5)(6)可知,两类城市的数字基础设施建设对土地绿色利用效率的本地赋能效应与空间溢出效应均显著为正,但交通基础设施水平低的城市这两种效应更明显。其原因可能是:交通基础设施水平低的城市内部各区县之间、与外部其他城市之间的经济网络联系较为松散,劳动力迁移成本、信息传播成本较高,对数字基础设施建设打破传统地理间隔和城市间行政壁垒的作用依赖程度较强。根据经济学边际产出递减规律,数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的边际效应会更高。同时,数字基础设施建设在交通设施水平低的城市更能发挥流动载体作用,具有低成本和大规模可复制的特征,正外部性强且没有排他性<sup>[37]</sup>,使得其本地赋能效应和空间溢出效应均表现更明显。

表 7 异质性回归结果

变量	资源配置效率		地形起伏度		交通基础设施水平	
	(1) 效率高	(2) 效率低	(3) 起伏大	(4) 起伏小	(5) 水平高	(6) 水平低
<i>SDID</i>	0.019 ** (0.006)	0.032 *** (0.006)	0.015 ** (0.006)	0.040 *** (0.007)	0.017 ** (0.006)	0.052 *** (0.006)
$\rho$	0.293 ** (0.117)	0.544 *** (0.077)	0.564 *** (0.084)	0.535 *** (0.079)	0.658 *** (0.070)	0.362 *** (0.099)
<i>W*SDID</i>	0.240 *** (0.072)	0.223 *** (0.065)	0.285 *** (0.070)	0.266 *** (0.068)	0.374 *** (0.075)	0.765 *** (0.080)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
本地赋能效应	0.020 ** (0.006)	0.036 *** (0.006)	0.019 *** (0.006)	0.044 *** (0.007)	0.024 *** (0.006)	0.057 *** (0.007)
空间溢出效应	0.356 ** (0.121)	0.536 ** (0.169)	0.687 *** (0.208)	0.628 *** (0.178)	1.147 *** (0.305)	1.243 *** (0.247)
总效应	0.376 ** (0.121)	0.572 *** (0.169)	0.706 *** (0.209)	0.672 *** (0.179)	1.171 *** (0.307)	1.301 *** (0.249)

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在 1%、5%、10% 的统计水平上显著;括号内数字为标准误。

### (五) 机制检验分析

为检验绿色技术存量和政府监管水平在数字基础设施建设赋能城市土地绿色利用效率过程中的作用,利用模型(2)和(3)进行回归,回归结果见表 8。可以看出,不论是直接效应、间接效应还是总效应,数字基础设施建设均能通过扩大绿色技术存量、提升政府监管水平赋能城市土地绿色利用效率提升,假设 2 和 3 得以验证。比较两个中介变量的 $\chi\delta_1$ 可以发现,绿色技术存量增加是数字基础设施建设为土地绿色利用效率赋能的主要路径。可能的原因是:一方面,数字基础设施具有天然的绿色属性,其建设发展更有利于促进发展动能转换,提升土地绿色利用效率;另一方面,政府监管水平的提升主要体现在数字技术的应用方面,通常需要较高的技术转化成本,因此在短期内难以达到最优状态。

表8 机制检验

变量	(1) <i>stock</i>	(2) <i>Lgue</i>	(3) <i>regul</i>	(4) <i>Lgue</i>
<i>SDID</i>	0.162*** (0.012)	0.026*** (0.004)	-0.024*** (0.004)	0.027*** (0.004)
<i>stock</i>		0.011** (0.005)		
<i>regul</i>				-0.026* (0.014)
$\rho_1$		0.712*** (0.059)		0.712*** (0.059)
$\rho_2$	0.818*** (0.040)		0.478*** (0.090)	
$W * SDID$		0.049*** (0.009)		0.052*** (0.009)
控制变量	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
本地赋能效应				
<i>SDID</i>	0.164*** (0.013)	0.031*** (0.005)	-0.024*** (0.004)	0.033*** (0.005)
<i>stock</i>		0.010** (0.004)		
<i>regul</i>				-0.028** (0.012)
空间溢出效应				
<i>SDID</i>	0.768*** (0.221)	1.548*** (0.458)	-0.024** (0.011)	1.608*** (0.475)
<i>stock</i>		0.028* (0.017)		
<i>regul</i>				-0.077 (0.049)
总效应				
<i>SDID</i>	0.933*** (0.223)	1.580*** (0.460)	-0.048*** (0.014)	1.641*** (0.476)
<i>stock</i>		0.039* (0.020)		
<i>regul</i>				-0.105* (0.060)

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%的统计水平上显著;括号内数字为标准误。

## 五、结论与政策启示

本文基于2004—2021年中国283个城市的面板数据,在利用超效率EBM模型对土地绿色利用效率测度的基础上,运用空间杜宾双重差分模型和空间中介效应模型系统考察了数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的影响机制与空间溢出效应。研究发现:(1)试点城市数字基础设施建设对土地绿色利用效率具有显著的本地赋能效应和空间溢出效应,且空间溢出效应大于本地赋能效应。(2)空间溢出效应分析结果显示,试点城市数字基础设施建设溢出的“政策红利”更有利于邻近非试点城市土地绿色利用效率的提升。(3)机制分析表明,数字基础设施建设主要通过增加绿色技术存量、提升政府监管水平来推动本城市和邻近城市土地绿色利用效率的提升。(4)异质性分析表明,数字基础设施建设对土地绿色利用效率的赋能效应在资源配置效率低、地形起伏度小、交通基础设施水平低的城市表现更明显。

根据以上结论,提出如下政策启示:第一,因地制宜推进城市数字基础设施建设,促进城市土地绿色协同发展。数字基础设施的建设、发展与升级是城市进行土地绿色利用与管理的基本条件,各城市政府要进一步基于自身综合条件,因地制宜部署5G互联网、视联网、数据中心、工业互联网平台等数字基础设施体系,为构建城市土地资源数字化平台和实现土地资源底线守护、格局优化、绿色低碳提供支撑,以发挥数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的本地赋能效应与空间溢出效应,促进城市土地绿色协同发展。第二,加大政府对绿色技术创新的支持力度,为城市绿色技术创新的积累创造条件。城市绿色技术创新的积累离不开政府的支持,政府要优化对绿色技术推广所采用的税收优惠政策和政府补贴政策,提高对绿色技术领域研发投资的针对性,利用数字基础设施平台缩短环保项目和绿色技术的审批时间,以发挥绿色技术存量在数字基础设施建设赋能城市土地绿色利用效率中的作用。第三,基于城市数字基础设施建设体系构建土地绿色利用的多元主体协同监管模式。强化政府利用互联网平台、大数据中心对城市土地绿色利用进行数字化监管,实时监测城市土地污染物排放、互联互通环保数据,构建对城市土地绿色利用的政府主导、部门协同、公众参与的多元主体协同监管模式,以打通数字基础设施建设赋能城市土地绿色利用效率的通道。

### 参考文献:

- [1] 卢新海,李佳,刘超,等.中国城市土地绿色利用效率驱动因素及空间分异[J].地理科学,2022(4):611-621.
- [2] 梁流涛,雍雅君,袁晨光.城市土地绿色利用效率测度及其空间分异特征——基于284个地级以上城市的实证研究[J].中国土地科学,2019(6):80-87.
- [3] 章屹祯,邓珍,曹继,等.城市扩张、高铁网络对城市土地绿色利用效率的空间效应——理论分析及经验证据[J].地理研究,2024(10):2523-2540.
- [4] 曾鹏,蒋晓昆,陈意.中国城市群土地绿色利用效率时空演变及爬升曲线模拟[J].资源科学,2024(1):187-204.
- [5] 边志强,钟顺昌.碳排放权交易试点对城市土地绿色利用效率的影响[J].中国土地科学,2023(11):52-62.
- [6] 贾文星,张学良,韩慧敏.中国收缩型县域土地绿色利用效率的时空演进及收敛特征[J].资源科学,2024(2):294-307.
- [7] 姜旭,侯娇,卢新海.低碳试点政策对城市土地绿色利用的影响——基于双重差分模型的实证研究[J].中国土地科学,2023(3):80-89.
- [8] 张瑞,文兰娇,王宁柯,等.科技创新对城市土地绿色利用效率的影响——以武汉都市圈48个区县为例[J].资源科学,2023(2):264-280.

- [9] 卢新海,任文琴,杨浩,等.城市交通紧凑式发展对土地绿色利用效率的影响——基于空间计量的实证分析[J].中国人口·资源与环境,2023(3):113-124.
- [10] 王智林,尚航标.林长制政策对城市土地绿色利用效率的影响[J].中国人口·资源与环境,2024(2):167-177.
- [11] 徐志雄,徐维祥,刘程军.环境规制对土地绿色利用效率的影响[J].中国土地科学,2021(8):87-95.
- [12] 严思齐,吴群.铁路网络联系对城市土地绿色利用效率的影响研究——以长三角地区为例[J].中国土地科学,2024(4):65-77.
- [13] 边志强.数字基础设施建设对城市土地绿色利用效率的影响——基于“宽带中国”示范城市建设的准自然实验[J].西部论坛,2024(2):22-39.
- [14] WANG S G,ZHAI C C,ZHANG Y X. Evaluating the impact of urban digital infrastructure on land use efficiency based on 279 cities in China[J]. Land,2024(4):404.
- [15] 江小涓,靳景.数字技术提升经济效率:服务分工、产业协同和数实共生[J].管理世界,2022(12):9-26.
- [16] 温璐迪,郭淑芬.数字基础设施建设与后发城市经济追赶——基于城际创新合作的视角[J].城市问题,2024(2):67-78.
- [17] 杨冕,刘萧萧,李振冉.数字基础设施建设能促进劳动力就业吗?——来自“宽带中国”试点政策的证据[J].系统工程理论与实践,2024(1):190-207.
- [18] WANG L H,SHAO J. The energy saving effects of digital infrastructure construction:Empirical evidence from Chinese industry[J]. Energy,2024,294:130778.
- [19] 黄敦平,倪加鑫.数字经济、资源错配与长江经济带高质量发展[J].重庆大学学报(社会科学版),2023(6):52-68.
- [20] 汤凯,刘晓康.数字经济与城市绿色创新差距——基于我国城市面板数据的实证研究[J].重庆工商大学学报(社会科学版),2025(3):67-84.
- [21] 盛明泉,刘烁.数字经济、高管环保背景与企业绿色创新[J].重庆工商大学学报(社会科学版),2025(1):154-167.
- [22] 王岭.数字经济时代中国政府监管转型研究[J].管理世界,2024(3):110-126,204,127.
- [23] 陈丹玲,卢新海,张超正,等.多维视域下区域一体化对城市土地绿色利用效率的影响机制研究[J].经济与管理研究,2021(8):96-110.
- [24] 卢新海,陶向前,匡兵,等.环保考核、政府环境注意力与城市土地绿色利用效率[J].中国土地科学,2023(8):104-112.
- [25] 张可.智慧城市建设促进了节能减排吗?——基于长三角城市群141个区县的经验分析[J].金融研究,2023(7):134-153.
- [26] TONE K,TSUTSUI M. An epsilon-based measure of efficiency in DEA—A third pole of technical efficiency[J]. European Journal of Operational Research,2010(3):1554-1563.
- [27] 焦豪,崔瑜,张亚敏.数字基础设施建设与城市高技能创业人才吸引[J].经济研究,2023(12):150-166.
- [28] 张跃胜.碳减排技术进步与扩散的影响因素研究[J].经济管理,2016(9):18-28.
- [29] PESSOA A. “Ideas” driven growth:The OECD evidence[J]. Portuguese Economic Journal,2005(1):46-67.
- [30] 傅京燕,赵春梅.环境规制会影响污染密集型行业出口贸易吗?——基于中国面板数据和贸易引力模型的分析[J].经济学家,2014(2):47-58.
- [31] 范翔宇,卢新海,刘进进.数字经济发展对城市土地绿色利用效率的影响——基于基础设施建设的调节效应分析[J].中国土地科学,2023(5):79-89.
- [32] LESAGE J P,FISCHER M M. Estimates of the impact of static and dynamic knowledge spillovers on regional factor productivity[J]. International Regional Science Review,2012(1):103-127.
- [33] LESAGE J P, PACE R K. Introduction to spatial econometrics[M]. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- [34] 张明,王巧瑜,张鹭,等.国家高新区提升了城市绿色全要素生产率了吗?——基于空间DID方法[J].系统工程理论与实践,2023(9):2467-2483.



- [35] JACOBSON L, LALONDEAND R, SULLIVAN D. Earnings losses of displaced workers[J]. The American Economic Review, 1993(4):685-709.
- [36] 刘诚,夏杰长. 线上市场、数字平台与资源配置效率:价格机制与数据机制的作用[J]. 中国工业经济,2023(7):84-102.
- [37] 蔡跃洲,马文君. 数据要素对高质量发展影响与数据流动制约[J]. 数量经济技术经济研究,2021(3):64-83.

## The Influence Mechanism and Spatial Spillover Effect of Digital Infrastructure Construction on Urban Land Green Use Efficiency

ZHAO Huaping, WANG Haoyu, ZHAO Yunyu

(School of Management Science & Engineering, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030031, Shanxi, China)

**Abstract:** Digital infrastructure construction provides conditions for the green utilization efficiency of urban land. Taking the construction of the Broadband China demonstration cities carried out in three batches as a quasi-natural experiment, this paper uses the panel data of 283 Chinese cities from 2004 to 2021. Through the spatial Durbin difference-in-differences model and the spatial mediation effect model, an empirical test is conducted on the mechanism and spatial spillover effect of digital infrastructure construction on the green utilization efficiency of urban land. The results show that the digital infrastructure construction in pilot cities has significant local empowering effects and spatial spillover effects on the green utilization efficiency of land, and the spatial spillover effects are greater than the local empowering effects. The “policy dividends” spilling over to neighboring cities have a greater impact on non-pilot cities than on pilot cities; digital infrastructure construction empowers the green utilization efficiency of land in the local city and neighboring cities by increasing the stock of green technology and enhancing the level of government supervision; the empowering effect of digital infrastructure construction on the green utilization efficiency of urban land is more significant in cities with low resource allocation efficiency, small terrain undulations, and low levels of transportation infrastructure. Therefore, some countermeasures and suggestions are proposed, including improving government support for green technology innovation, constructing a multi-subject cooperative supervision model for green land use, and promoting digital infrastructure development in accordance with local conditions. The research results provide a reference for strengthening the construction of Digital China and promoting the green transformation of urban land use patterns.

**Keywords:** green utilization efficiency of land; digital infrastructure construction; Broadband China; spatial Durbin difference-in-differences model

(责任编辑:李栋桦)