

数字经济对中国绿色技术创新的影响机制研究

程彤 张妍 杨帆

江苏大学京江学院

DOI:10.12238/ej.v7i6.1682

[摘要] 在可持续发展的背景下,世界各国在环境政策中越来越重视绿色技术创新,数字经济在促进绿色技术创新方面发挥着重要作用。本文基于2011-2019年中国278个城市的面板数据,采用主成分分析评价城市数字经济发展水平,以城市每万人的绿色专利申请数量代表绿色技术创新水平。本文通过实证检验了数字经济对绿色技术创新的影响,利用空间杜宾模型(SDM)探讨了数字经济对绿色技术创新的空间溢出效应,最后研究了地区异质性地数字经济水平对绿色技术创新的影响,深化已有文献。研究发现:(一)数字经济能够显著促进绿色技术创新发展水平的提高。(二)本地区数字经济的发展可以通过空间溢出效应带动周边地区的绿色技术创新。(三)本文的异质性研究表明,数字经济对绿色技术创新的影响存在异质性,即相较于东部地区和中部地区,西部地区数字经济水平对绿色技术创新的作用较大。

[关键词] 数字经济;绿色技术创新;城市绿色专利申请;空间溢出效应

中图分类号: B032.2 **文献标识码:** A

Research on the influence mechanism of digital economy on Green technology innovation in China

Tong Cheng Yan Zhang Fan Yang

Jiangsu University Jingjiang College

[Abstract] Amidst the pursuit of sustainable growth, nations globally are increasingly focusing on the role of green tech innovation within their environmental strategies, with the digital economy emerging as a pivotal force in advancing such innovation. Utilizing a dataset from 278 Chinese cities over the period 2011 to 2019, this study employs Principal Component Analysis (PCA) to gauge the progress of urban digital economies and measures the intensity of green tech innovation by the number of green patent applications per 10,000 residents. Through empirical analysis, we examine the influence of the digital economy on green tech innovation and explore its spatial spillover effects via the Spatial Durbin Model (SDM). The research also investigates the regional disparities in the impact of the digital economy on green tech innovation, contributing to the extant scholarly work with the following insights: (1) A thriving digital economy markedly enhances the level of green tech innovation. (2) Local digital economic growth exerts a positive spillover effect on the green tech innovation of neighboring areas. (3) There is regional heterogeneity in the effects, with the digital economy in the western regions exhibiting a more pronounced impact on green tech innovation compared to the eastern and central regions.

[Key words] digital economy; green technology innovation; urban green patent application; space spillover effect

引言

“绿色化”和“数字化”是中国未来经济发展的重要方向。面对当前资源消耗严重和环境污染加剧的双重压力,如何实现“既要金山银山,又要绿水青山”的绿色发展模式成为各地区经济发展的主要目标(郭金花等,2023)。为促进绿色技术研发创新和推广使用,英国、日本等创新国家对绿色专利申请都开设了绿色通道。根据国家知识产权局发布的《专利优先审查管理办法》,可以申请优先审查涉及节能环保等国家重点发展产业的专利申

请或者专利复审案件。近年来,我国的技术创新能力总体取得了较大进步,《2022年全球创新指数报告》显示,2021年中国的创新能力在世界131个经济体中排第11位,已连续5年居世界前15名(王懿霖,2022)。目前,我国已经积累了一定量的高价值绿色知识产权,成为推动绿色技术创新的重要力量。

1 文献综述

国内外大部分学者关于数字经济赋能绿色技术创新的已有研究主要分为以下几个方面:数字经济赋能绿色技术创新的路

径、内在机理、影响机制和空间特征。宋德勇等(2022)在探究数字经济赋能绿色技术创新的方式和路径方面,拓展了企业数字化的相关研究并剖析了企业数字化与绿色可持续发展实现兼容的路径。在内在机理方面,基于资源基础观和信号理论,数字技术应用可以通过降低融资约束,增加研报数量作用于绿色创新(成琼文、陆思宇,2023)。在影响机制方面,通过2011—2019年市节能环保企业(ECEPES)数据库来衡量中国ECEPES中数字经济(DE)对GI的影响,结果表明,DE对ECEPES的GI有显著的正向影响(Xiaohong Chen等,2023;史丹、孙光林,2023)。此外,各个学者分别运用了不同的研究方法对数字经济水平与绿色技术创新之间的空间特征进行研究,有以下发现:孙国锋等(2022)使用静态和动态空间杜宾模型在经济距离权重矩阵下实证研究制造业投入数字化水平对区域绿色技术创新的影响。汪晓文等(2023)发现制造业数字化程度对绿色技术创新的影响对不同区域存在异质性,中西部地区存在空间溢出效应。Moran指数显示数字经济与绿色技术创新耦合协调度存在显著的空间效应,且此种空间效应存在显著的区域差异(赵卉心、孟煜杰,2022)。

综上所述,目前我国对绿色技术创新的文献主要集中在资源利用等领域,少量研究关注到数字经济对绿色化发展的影响。但现有文献并未充分考虑到数字经济对绿色技术创新的全面影响以及内在机制,且缺乏关于基于城市区位和不同城市等级的相关异质效应和空间溢出效应的探讨。为弥补以上不足,本研究基于区域视角下,利用空间计量分析我国数字经济对绿色技术创新的影响和内在机制,并进一步采用动态空间杜宾模型解释数字经济对绿色技术创新存在的空间溢出效应,最后对其进行异质性分析。

2 机制分析与假设提出

2.1 数字经济对绿色技术创新的影响机制

Li Guangqin等(2023)发现数字经济正在促进更高效、更环保的生产和创新过程,同时加快了生产要素的流动,这将对提升工业绿色创新效率产生重大影响。数字经济能够促进数字化转型与企业持续绿色创新,数字化转型在数字经济与企业持续绿色创新之间发挥中介效应。(周雪峰等,2022)数字经济推动经济集聚和优化区域金融结构,在促进绿色技术溢出效应的同时为绿色创新提供优渥的金融环境。进一步分析发现,数字经济发展带来的绿色创新有效降低了污染排放(韦施威等,2022)。李小鲁等(2023)分析得出数字经济凭借外溢性、共享性特征促进绿色技术创新,成为助力企业低碳发展的核心动能。因此,提出如下假设:

H1: 数字经济会促进绿色技术创新的发展。

2.2 数字经济对绿色技术创新的空间溢出效应

孙国锋等(2022)得出了制造业数字化程度对绿色技术创新的影响对不同区域存在异质性,中西部地区存在空间溢出效应的结论。利用1970—1997年美国48个州的面板数据,发现电信基础设施不仅对本州的产出增长有重要影响,还对其他州有溢出效应(Yilmaz等,2002)。Shahnazi和Shabani(2019)通过分析2001年至2015年期间伊朗各省的通信技术对人均碳排放的影响,发现通信技术有明显的空间溢出效应。数字技术不仅可以减少

本地碳排放,也通过空间溢出效应减少了周边地区的碳排放(Liu等,2022)。基于以上分析,提出假设:

H2: 数字经济对绿色技术创新的影响具有空间溢出效应。

2.3 数字经济对绿色技术创新的异质性影响

宋德勇等(2022)对环境规制强度进行异质性分析,对于所在地区环境规制力度不同的企业而言,企业数字化对其绿色技术创新所产生的激励效应也存在差异。在数字经济发展水平较低、营商环境较差、政府环保注意力水平较高的地区,数字化转型对绿色创新的推动效应更为显著(张泽南等,2023)。数字经济推动产业结构的提升在中西部地区更明显,而绿色技术创新是数字经济释放产业结构升级红利的重要传导机制,且这种传导机制在东部地区更为显著(汪晓文等,2023)。地区数字化水平对不同区域制造业绿色转型绩效的正向影响呈上中下游逐级递减的格局(肖静等,2023)。因此,本研究提出如下假设:

H3: 数字经济对绿色技术创新的影响存在异质性。

3 变量选取与模型设定

3.1 变量说明与数据来源

3.1.1 数字经济发展水平。本文选择数字经济发展水平为解释变量,在参考相关文献(赵涛等,2020;Huang et al, 2019)的基础上,结合城市层面可获得的数据,设定了对数字经济发展水平的测度体系,从互联网发展和数字金融两个角度衡量数字经济。其中,互联网发展包括互联网普及率、互联网相关从业人员数量、移动互联网用户数、互联网相关产出4个分项指标,而数字金融发展由北大数字金融研究中心和蚂蚁金服集团联合编制的中国数字普惠金融指数来衡量。运用主成分分析法,将以上5个指标的数据标准化后降维得到数字经济综合发展指数,记为DIG,如表3.1所示。

表3.1 数字经济综合发展指数

指标类型	指标名称	指标说明
互联网发展	互联网普及率	每百人互联网用户数
	互联网相关从业人员数量	计算机服务和软件从业人员占比
	移动互联网用户数	每百人移动电话用户数
数字金融发展	互联网相关产出	人均电信业务总量
	数字金融普惠发展	中国数字金融指数

3.1.2 绿色技术创新。本文的被解释变量为绿色技术创新(GTEC),借鉴相关研究(邵帅等,2022)的做法,绿色技术创新水平普遍通过地区绿色专利的数量来体现,采用各个地级市每万人的绿色专利申请量,再进行标准化来度量。绿色专利包括发明专利和实用新型专利,申请量数据来源于中华人民共和国国家知识产权局(SIPO)。

3.1.3 控制变量。在选择控制变量方面,要同时满足变量的相关性和数据可得性两项原则,参考相关研究(Li&Wang, 2022; Lyu et al, 2023; Ma&zhu, 2022; Yu, 2022),具体衡量指标如下表所示:

表3.2 回归方程主要变量表

变量类型	变量名称	变量解释
被解释变量	绿色技术创新 (GTEC)	城市每万人的绿色专利申请量
控制变量	外商投资 (FI)	当年实际利用外资金额的对数
	人口规模 (PPL)	年末总人口的对数
	对外开放水平 (OPEN)	进出口总额占 GDP 的比重
	人力资本水平 (HCL)	每万人中在校大学生人数的对数

3.1.4数据来源。随着2011年中国“十二五规划”出台，移动互联网和移动电子商务普及率大幅提高，我国开始进入数字经济高速发展阶段。本文剔除了部分外商直接投资数据缺失严重的城市，选取2011-2019年我国278个城市的数据为样本，构建面板数据模型。数字金融普惠指数来源于北京大学数字金融研究院，绿色专利数据来源于中华人民共和国国家知识产权局 (SIPO)，城市层面的数据主要来源于《中国城市统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国互联网发展统计公报》以及各省市统计年鉴、统计公报、国家统计局、北京大学企业大数据研究中心。对于个别城市和个别年份数据的缺失，本文采用线性插值法补充完整。

3.2空间计量模型设定与说明

3.2.1计量模型设定。本文采取以下模型来分析数字经济对绿色技术创新的影响，模型中 $GREEN_{it}$ 、 $DIGITAL_{it}$ 分别表示第 i 城市第 t 年的绿色技术创新和数字经济发展水平，参考相关文献，影响绿色技术创新的常见因素有外商投资 (FI)、人口规模 (PPL)、对外开放水平 (OPEN) 和人力资本水平 (HCL)，把它们当作控制变量加入到模型中， α 、 β 、 γ 、 δ 、 η 、 λ 为待估参数，表示随机误差项。本文中，解释变量、被解释变量和控制变量的系数均为正。考虑到指标单位不统一，对指标取对数后构建如下面板数据模型：

$$\ln GREEN_{it} = \ln \alpha + \beta \ln FI_{it} + \gamma \ln PPL_{it} + \delta \ln DIGITAL_{it} + \eta \ln OPEN_{it} + \lambda \ln HCL_{it} + \varepsilon_{it} \tag{3.1}$$

考虑到绿色技术创新存在扩散效应以及人才转移等现象都会导致绿色技术创新分布呈现出较为明显的空间自相关性，因此本文拟选择空间计量模型进行实证分析，空间计量经济模型常见的三种形式为：

(1)空间自回归模型 (SAR)，认为被解释变量之间存在较强的空间依赖性，在模型中加入了被解释变量的空间滞后项：

$$\ln GREEN_{it} = \ln \alpha + \rho \sum_{j=1, j \neq i}^N w_{ij} \ln GREEN_{jt} + \beta \ln FI_{it} + \gamma \ln PPL_{it} + \delta \ln DIGITAL_{it} + \eta \ln OPEN_{it} + \lambda \ln HCL_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \tag{3.2}$$

(2)空间误差模型 (SEM)，由于存在未考虑到的对绿色技术创新具有影响的其他因素，在模型中加入空间误差项的空间滞后项：

$$\ln GREEN_{it} = \ln \alpha + \beta \ln FI_{it} + \gamma \ln PPL_{it} + \delta \ln DIGITAL_{it} + \eta \ln OPEN_{it} + \lambda \ln HCL_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \tag{3.3}$$

(3)空间杜宾模型 (SDM)，在模型中同时加入了被解释变量的空间滞后项和解释变量的空间滞后项和空间误差项：

$$\ln GREEN_{it} = \ln \alpha + \rho \sum_{j=1, j \neq i}^N w_{ij} \ln GREEN_{jt} + \beta \ln FI_{it} + \gamma \ln PPL_{it} + \delta \ln DIGITAL_{it} + \eta \ln OPEN_{it} + \lambda \ln HCL_{it} + \sigma \sum_{j=1, j \neq i}^N w_{ij} Z_{ijt} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \tag{3.4}$$

式中， μ_i 、 ν_t 分别表示区域效应和时间效应， ρ 表示空间自回归系数。为简化空间杜宾模型公式，用 Z 表示所有自变量，用于添加空间滞后项。 w_{ij} 表示空间权重矩阵。

4 实证分析

4.1相关性检验

根据计量经济学理论，运用空间计量模型做实证分析的前提是被解释变量之间存在空间相关性，所以要先对城市绿色技术创新进行相关性检验。本文用莫兰指数来测试不同地区间的绿色技术创新是否存在空间自相关，具体计算公式如下：

$$\text{Moran's I} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (y_i - \bar{y})^2} \tag{4.1}$$

式中，其中 y_i 为城市 i 的绿色技术创新， \bar{y} 为城市绿色技术创新的平均值， w_{ij} 为行标准化后的空间地理权重矩阵。本文经过多次回归和检验后选择效果较好的经济距离权重矩阵，计算表达式为：

$$w_{ij} = 1 - |\bar{y}_i - \bar{y}_j| \quad (i \neq j) \tag{4.2}$$

w_{ij} 为经济距离权重矩阵，是任意两个城市经济发展水平差值的绝对值的倒数。其中， \bar{y}_i 为地区 i 在 2011-2019 年的人均实际 GDP 的平均值。

根据中国各城市 2011-2019 年的绿色技术创新数据，结合上述计算公式，可得到历年的 Moran's I 指数及其显著性，见下表 4.1。

表4.1 2011-2019年中国城市绿色技术创新的全局指数表

year	2011	2012	2013	2014	2015
Moran's I	0.137***	0.159***	0.113***	0.111***	0.131***
year	2016	2017	2018	2019	
Moran's I	0.143***	0.160***	0.163***	0.147***	

注：***、**、* 分别表示通过 1%、5%、10% 水平下的显著性检验 (下文同)

从 Moran's I 指数的结果来看，2011-2019 年中国 278 个城市的绿色技术创新均通过了 1% 的显著性检验，说明各地绿色技术创

新之间存在显著的空间正相关性,即绿色技术创新之间存在着显著的空间溢出效应。为识别具体区域的绿色技术创新聚集情况,绘制了2019年绿色技术创新的局部莫兰散点图(见图4.1),各城市主要分布在一三象限,中国目前绿色技术创新水平多以低-低集聚和高-高集聚为主,说明我国绿色技术创新在经济空间上具有显著的局部空间聚集特征。

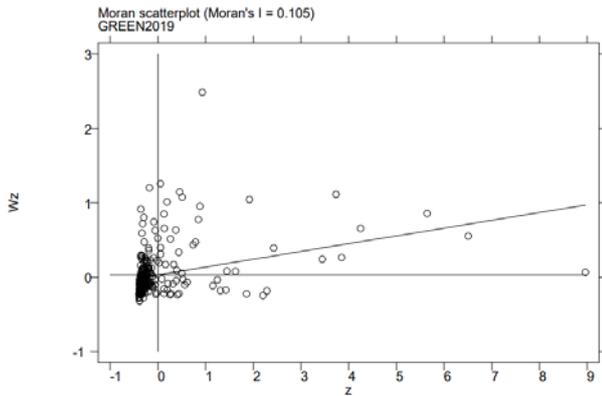


图4.1 2019年中国绿色技术创新的局部指数散点图

4.2实证结果与分析

4.2.1空间杜宾模型估计结果与分析。采用固定效应的空间杜宾模型进行空间计量回归,并且本文在利用SDM模型回归基础上,再利用静态面板(面板混合回归OLS和固定效应FE)和动态面板模型(GMM)的回归结果进行对比,4种模型的回归结果见表4.2。

根据四个模型的对比,加入空间权重矩阵的SDM模型整体最高,意味着SDM模型对变量间关系的拟合优度最高。空间自相关系数 ρ 为0.091,且通过5%置信水平下的显著性检验,说明GTEC有空间溢出效应,即某一城市的绿色技术创新会影响周边城市绿色技术创新,具体来说,本地的绿色技术创新提高会造成外地绿色技术创新提高。

4.2.2直接效应。利用stata17.0软件,仍采用前述SDM模型,于表4.3具体给出了模型回归结果所分解的直接效应值。从核心解释变量来看,数字经济水平的直接效应值通过了1%的显著性检验,即数字经济水平提升对绿色技术创新水平的提高有较为明显的正向作用。从控制变量来看,外商投资的增加会显著提升绿色技术创新水平。人口规模的扩大会显著提升绿色技术创新水平。对外开放水平显著影响着绿色技术创新水平的提高。这使我们意识到,合理的贸易往来能够保障经济的高质量发展,进而促进绿色技术创新水平的提高。人力资本水平的提高会促进绿色技术创新,众所周知,劳动者是经济社会生产与生活的主体,也是深入推进绿色技术创新的落实者。

4.2.3地区异质性效应分析。为进一步探究地区数字化水平对不同区域绿色技术创新的差异化影响,将北京市等作为东部地区,太原市等作为中部地区,昆明市等作为西部地区,变量与模型的基本设定与上文保持一致。

表4.2 不同面板模型估计结果

	OLS	FE	GMM	SDM
lnDIGITAL	8.047***	2.281***	3.737***	7.003***
	(13.16)	(4.89)	(2.15)	(18.16)
lnFI	0.036**	-0.117***	-1.139***	0.071***
	(2.18)	(-3.42)	(-5.11)	(6.51)
lnPPL	6.132***	14.729***	18.210***	5.954***
	(30.42)	(3.12)	(5.47)	(43.29)
lnOPEN	0.260***	-0.079*	0.542***	0.208***
	(13.24)	(-1.91)	(3.75)	(16.19)
lnHCL	0.450***	0.003	0.471***	0.328***
	(17.77)	(0.11)	(2.9)	(16.16)
常数项	-3.637***	-20.928**	-31.610***	
	(-7.94)	(-2.53)	(-4.90)	
ρ	—	—	—	0.091**
				(2.39)
sigma2_e	—	—	—	0.645***
				(35.35)
样本量	2502	2502	2224	2502
R ²	0.591	0.072	—	0.595

表4.3 数字经济水平对绿色技术创新的直接效应

	直接效应
lnDIGITAL	7.100***
	(17.84)
lnFI	0.073***
	(6.89)
lnPPL	5.975***
	(44.95)
lnOPEN	0.209***
	(16.57)
lnHCL	0.330***
	(17.25)

异质性检验结果如表4.4所示。结果表明:数字经济对中西部地区绿色技术创新影响显著为正。外商投资、人口规模、对外开放水平和人力资本水平在东中西部地区对绿色技术创新的影响都有正向作用。

表4.4 不同区域的数字经济水平对绿色技术创新的影响

	东部	中部	西部
lnDIGITAL	5.719***	3.326***	11.601***
	(12.96)	(3.05)	(7.77)
lnFI	0.117***	0.142***	0.046***
	(4.37)	(5.6)	(2.92)
lnPPL	7.557***	5.515***	5.190***
	(31.5)	(22.85)	(20.65)
lnOPEN	0.303***	0.200***	0.129***
	(10.1)	(6.93)	(6.19)
lnHCL	0.302***	0.421***	0.323***
	(8.91)	(12.15)	(8.04)
R ²	0.626	0.495	0.469
N	882	900	720

4.3 稳健性检验

绿色技术创新的影响因素多种多样,众所周知,人均地区生产总值对城市绿色技术创新有明显的促进作用,所以本文将经济发展水平作为控制变量加入到基准回归模型(4.4)中,观察是否因为加入新的控制变量导致核心解释变量的系数符号和显著性发生改变。根据表4.5结果显示,加入经济发展水平(A)这一变量后,模型整体结果并未受到影响,核心解释变量DIGITAL的系数符号和显著性均未发生改变。结果表明在增加控制变量后本文的结论依然成立。

5 结论与政策建议

5.1 研究结论

本文采用2011年至2019年278个城市的面板数据,考察数字经济对绿色技术创新的影响机制,研究结论分为如下三个方面:(1)数字经济能够显著促进绿色技术创新发展水平的提高。(2)本地区数字经济的发展可以通过空间溢出效应带动周边地区的绿色技术创新。(3)数字经济对绿色技术创新的影响存在异质性,即相较于东部地区和中部地区,西部地区数字经济水平对绿色技术创新的作用较大。

5.2 政策建议

基于本文研究结论,现提出以下政策建议:

5.2.1 加大政策扶持力度,加快数字经济发展。我国处在经济绿色转型关键时刻,数字经济高速增长,渗透于社会各类活

动。数字经济发展的主体是企业,一方面,鼓励企业加速5G商用、人工智能投入应用、大数据模式构建等措施,充分利用云计算、物联网、光纤宽带等技术。另一方面,要着力扩大绿色企业规模,培育绿色技术创新领军企业,鼓励其开展绿色技术研发项目,自主研发核心绿色技术,切实提升原始创新能力。

表4.5 增加控制变量的稳健性检验结果

	基准回归	增加控制变量-经济发展水平
lnDIGITAL	7.003***	5.199***
	(18.16)	(13.26)
lnFI	0.071***	0.062***
	(6.51)	(5.9)
lnPPL	5.954***	6.647***
	(43.29)	(47.25)
lnOPEN	0.208***	0.176***
	(16.19)	(13.91)
lnHCL	0.328***	0.276***
	(16.16)	(13.86)
lnA		0.706***
		(13.1)
R ²	0.595	0.689

此外,政府应鼓励企业和社会资本参与信息基础设施建设,如算力中心、数据中心,大力推动信息基础设施的开放与共享。政府还需加强数字人才的培养,为数字经济的发展灌入新鲜血液。

5.2.2 中心带动周边,充分发挥数字经济空间溢出效应。数字经济具有开放性、跨时空性、经济共享性等特点,有助于减弱地区间在技术、信息等方面的差异。应充分发挥中心城市数字经济的发展优势并完善周边地区的数字基础设施建设,包括扩展宽带网络覆盖、建设数据中心等,加大各地区新型基础设施建设的协调力度,进而缩小数字差距。另外针对周边城市企业和居民开展数字技术培训与教育,鼓励中心城市的科研机构、高校和企业与周边城市合作,推动数字技术在周边城市的应用与发展。

5.2.3 立足城市差异,因地制宜实施绿色技术发展措施。基于现状分析,要根据城市特点选择适合自身发展的策略,协调好经济和环境。东部地区对外开放程度高,可以加强与国际先进国家在绿色技术方面的合作与交流,鼓励企业加大技术研发和创新投入。其次是中部地区,该区域人力资本水平影响较弱,但农业发达,可以重点推广绿色农业技术,如生态智慧、有机智慧农业等,提高生产效率的同时减少对环境的影响。而西部城市虽然数字化发展缓慢,但拥有丰富的自然资源,可以在绿色能源开发方面发挥其资源优

势,如进行创新性的太阳能、风能等绿色可再生能源的技术开发。

最后,制定绿色技术发展对策不能顾此失彼,为了加速绿色技术创新而牺牲经济发展。在绿色转型的同时,数字化、信息化建设齐头并进,以此达到环境规制的效果。

5.3 研究不足与展望

本文初步考察了数字经济对绿色技术创新的影响机制,具有一定的理论和实践意义,但基于客观条件缺失与自身科研水平的限制,所得结论具有局限性。未来研究可以从以下方面予以改进:

一是数字经济的测算方法。目前学术界尚无数字经济的权威衡量指标,相关文献也相对较少。本文虽选取了较为合理的数字经济水平评价体系,但在指标选取方面仍存在主观性和不足,因此评价方法方面需要改善。

二是研究对象的完整性。囿于数据的可得性和完整性,我们只使用2011-2019年的数据进行分析,进而导致未能充分考虑新冠疫情对绿色技术创新水平的影响。未来的研究将使用最新的城市数据进一步对数字经济的其他影响因素进行探讨,更利于整体把握指标测算。

创新训练省级一般项目:2023年大学生创新创业训练计划项目“数字经济对中国绿色技术创新的影响机制研究”(项目号:202313986022Y)。

[参考文献]

[1]郭金花,贾月琴.组态视角下数字经济发展影响区域绿色创新的驱动模式研究[J].运筹与管理,2023,32(12):208-213.

[2]王懿霖.《2022年全球创新指数报告》发布中国攀升至第11位[J].求贤,2022,(11):35-37.

[3]宋德勇.企业数字化能否促进绿色技术创新?——基于重污染行业上市公司的考察[J].财经研究,2022,48(04):34-48.

[4]成琼文,陆思宇.数字技术应用、经济不确定性与绿色创新[J].软科学,2023,37(05):1-7+30.

[5]Chen X, Zhou P, Hu D. Influences of the ongoing digital transformation of the Chinese Economy on innovation of sustainable green technologies[J]. Science of The Total Environment,2023,875:162708.

[6]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,(02):1-13.

[7]孙国锋,潘珊珊,徐瑾.制造业投入数字化对绿色技术创新的影响——基于静态和动态的空间杜宾模型研究[J].中国软科学,2022,(10):30-40.

[8]汪晓文,陈明月,陈南旭.数字经济、绿色技术创新与产业结构升级[J].经济问题,2023,(01):19-28.

[9]赵卉心,孟煜杰.中国城市数字经济与绿色技术创新耦合协调调度与评价[J].中国软科学,2022,(09):97-107.

[10]Guangqin L,Xiaoge L,Lingzhi H. Digital economy, spatial spillover and industrial GTEC innovation efficiency: Empirical evidence from China[J].Helijon,2023,9(1).

[11]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.

[12]李小鲁,李喜燕.数字经济、知识产权保护“双轨制”与企业绿色技术创新[J].中国流通经济,2023,37(7):78-91.

[13]Yilmaz,S.,Haynes,K.E.,& Dinc,M.Geographic and network neighbors:Spillover effects of telecommunications infrastructure.Journal of Regional Science,42(2),339-360,2002.

[14]Shahnazi,R.,&Dehghan Shabani,Z.The effects of spatial spillover information and communications technology on carbon dioxide emissions in Iran.Environmental Science and Pollution Research,26,24198-24212,2019.

[15]Liu, J., Yu, Q., Chen, Y., & Liu, J. The impact of digital technology development on carbon emissions: A spatial effect analysis for China. Resources, Conservation and Recycling, 185, 106445,2022a.

[16]肖静,曾萍,章雷敏.地区数字化水平、绿色技术创新与制造业绿色转型[J].华东经济管理,2023,37(04):1-12.

[17]Zhao,T.,Zhang,Z.&Liang,S.K.Digital economy,entrepreneurial activity and high-quality development: Empirical evidence from Chinese cities. Manag. World 2020,36,65-76,2020.

[18]Huang, Q.H., Yu, Y.Z.&Zhang, S.L. Internet development and manufacturing productivity improvement:internal mechanism and China's experience.China Industrial Economy8,5-23,2019.

[19]邵帅,范美婷,杨莉莉.经济结构调整、绿色技术进步与中国低碳转型发展——基于总体技术前沿和空间溢出效应视角的经验考察[J].管理世界,2022,38(02):46-69+4-10.

[20]Li,Z.,& Wang, J. The Dynamic Impact of Digital Economy on Carbon Emission Reduction: Evidence City-level Empirical Data in China.Journal of Cleaner Production,351,131570, 2022c.

[21]Lyu,Y.,Wang,W.,Wu,Y.,& Zhang,J.How does digital economy affect green total factor productivity? Evidence from China. Science of The Total Environment,857,159428,2023.

[22]Ma,D.,&Zhu,Q.Innovation in emerging economies:Research on the digital economy driving high-quality green development.Journal of Business Research,145,801-813,2022.

[23]Yu, B. The Impact of the Internet on Industrial Green Productivity: Evidence from China. Technological Forecasting and Social Change,177,121527,2022.

[24]Elhorst P J.Dynamic spatial panels:models,methods,and inferences[J].Journal of Geographical Systems,2012,14(1):5-28.

作者简介:

程彤(2003—),女,汉族,江苏盐城人,江苏大学京江学院,本科,研究方向:能源经济。

张妍(2003—),女,汉族,江苏扬州人,江苏大学京江学院,本科,研究方向:能源经济。

杨帆(2001—),女,汉族,江苏宿迁人,江苏大学京江学院,本科,研究方向:能源经济。