

数字经济对绿色创新效率的影响研究

吴 甜

贵州大学经济学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2025年8月28日; 录用日期: 2025年9月9日; 发布日期: 2025年9月29日

摘 要

数字经济是我国经济社会发展的新动力, 在推动绿色创新和高质量发展中发挥着重要作用。本研究以我国2012~2022年31个省市的面板数据为基础, 运用熵值法和含非期望产出的超效率SBM模型, 分别计算了各省份的数字经济发展水平和绿色技术创新效率。通过实证模型评估了数字经济对绿色创新效率的直接影响和作用机制。研究发现: 1) 数字经济能够显著提升绿色创新效率; 2) 机制检验发现, 数字经济发展通过提升金融发展水平进而促进绿色创新效率; 3) 进一步检验发现, 数字经济对绿色创新效率的影响在不同区域呈现出显著的异质性特征, 数字经济对中西部区域绿色技术创新效率有显著影响, 对东部区域无显著影响。本研究实证分析了数字经济对绿色创新效率的影响效果和作用机制, 并据此提出完善信息基础设施建设; 加快推动数字化绿色化“双化”协同发展; 科学制定差异化发展策略等建议。

关键词

数字经济, 绿色创新效率, 绿色发展

Research on the Impact of the Digital Economy on Green Innovation Efficiency

Tian Wu

School of Economics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: August 28th, 2025; accepted: September 9th, 2025; published: September 29th, 2025

Abstract

The digital economy is a new driving force for our country's economic and social development, and plays an important role in promoting green innovation and high-quality development. This investigation utilizes panel data from 31 Chinese provinces and municipalities during 2012~2022, applying the entropy approach and a super-efficient SBM model with undesirable outputs to gauge the digital economic development degree and green innovation efficiency of each region separately.

文章引用: 吴甜. 数字经济对绿色创新效率的影响研究[J]. 电子商务评论, 2025, 14(10): 147-157.

DOI: 10.12677/ecl.2025.14103125

Through an empirical framework, it assesses the direct influence of digital economic advancement on green innovation efficiency and the mediating pathways. Findings indicate: 1) The digital economy notably boosts regional green innovation efficiency; 2) Mechanistic testing reveals that digital economic growth enhances regional green innovation efficiency by elevating financial development standards; 3) Further analysis uncovers significant regional disparity in the digital economy's impact on green innovation efficiency—it remarkably influences green innovation efficiency in central and western areas, yet shows no significant effect in eastern regions. This study empirically analyzes the impact and mechanism of digital economy on green innovation efficiency, and puts forward the following suggestions: improve the construction of information infrastructure; accelerate the coordinated development of digital greening; scientifically formulate differentiated development strategies.

Keywords

Digital Economy, Green Innovation Efficiency, Green Development

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

党的二十大报告明确指出，绿色化、低碳化是驱动经济高质量发展的核心环节，而绿色创新已成为中国经济高质量发展的新动能。绿色创新既具备新颖性、创造性、实用性等科技创新的共性特征，又深度融入尊重自然的生态文明理念，能够高效推动自然资源节约与生态环境保护。提升绿色创新效率，不仅助力我国传统产业实现转型升级、构建绿色创新发展体系，更与我国走绿色经济高质量发展道路、实现可持续发展的战略方向高度契合。为此，各地区积极探索提升绿色创新效率的途径，数字经济的蓬勃发展为其提供了可行方案。作为当今社会的主流经济形态，数字经济已成为当下及未来全球发展的重要趋势。据《中国数字经济发展研究报告》数据显示，2023 年我国数字经济规模突破 50 万亿元大关，对 GDP 的贡献率超 40%，且规模连续多年稳居世界第二。《中国“十四五”规划和 2035 年远景目标建议》中也明确提出，要加快推进数字化发展进程，大力培育数字经济，持续深化数字产业化和产业数字化工作。数字经济加速了信息获取与共享，具有高附加性、低成本，跨时空传播等特征，使得创新资源突破地理与空间的限制，在创新主体之间充分配置资源，将会对绿色创新产生重要影响。在此背景下，研究数字经济对绿色创新效率的影响具有显著的现实意义。

2. 文献综述

2.1. 关于数字经济的研究

学者和研究机构对数字经济进行了广泛研究，主要基于以下三个方面展开。一是数字经济的内涵。戚聿东等[1] (2020)从广义和狭义两个视角对数字经济内涵进行了界定，定义其狭义为数字产业化，是有别于传统经济的数字化服务；定义其广义为产业数字化，是一种依靠数字化信息、知识和网络平台提高生产效率、优化宏观经济结构的新型经济形态。彭刚等[2] (2021)等认为数字经济是一种依托信息通信技术开展的新型经济活动。二是有关数字经济的测度。对于数字经济的测算衡量指标，目前仍没有一个统一和公认的体系。刘军等[3] (2020)从数字经济的广义内涵出发，通过选取三个维度的指标构建了测度中

国分省份数字经济发展水平的指标体系。王军等[4] (2021)指出, 大多学者构建指标体系时仅仅根据需求选择少量具有代表性的指标进行测度, 然后用于实证研究, 对数字经济指标的涵盖面不足, 缺乏全面的数字经济综合指数测算体系。三是数字经济的经济影响。赵涛等[5] (2020)发现数字经济能促进创业活跃度与高质量发展, 激发市场活力, 推动创新驱动增长。李治国等[6] (2024)发现数字经济具有“虹吸集聚”效应, 能够赋能新质生产力、中国式现代化产业体系建设, 推动经济高质量发展。

2.2. 关于绿色创新效率的研究

近年来, 绿色技术创新效率的发展在我国创新驱动战略中扮演着重要的角色, 学者们的研究视角主要集中在三个方面。一是绿色创新的内涵。刘薇[7] (2012)通过梳理国内外有关绿色创新的研究, 概括得到绿色创新的内涵, 即“绿色技术创新、绿色制度创新与绿色文化创新”, 并将绿色技术创新视为绿色创新的核心。李金滢等[8] (2016)认为, 绿色创新意味着以投入最小化来实现环境成本最小化和经济效益最大化, 以此来达到“创新、经济、生态”三者的共赢。二是绿色创新效率的测度。曹霞和于娟[9] (2015)对随机前沿模型进行改进, 从而构建了绿色视角下更加有效的估算创新效率的测度模型。韩莹和孙丽文[10] (2023)基于两阶段创新价值链理论, 将“三废”治理投资指标纳入两阶段绿色创新效率研究框架。三是绿色创新效率的经济影响。原毅军和陈喆[11] (2019)通过研究环境规制对技术创新以及绿色创新效率对制造业转型升级的影响, 认为加快制造业由污染密集型向清洁型转变的关键是加大绿色技术创新实施力度。徐盈之等[12] (2021)实证检验了绿色技术创新对产业结构升级的影响, 发现绿色技术创新能够促进产业结构升级且存在门槛效应。

2.3. 数字经济对绿色创新效率的影响研究

随着数字经济的快速发展, 其对绿色创新的影响成为学术界的重点议题。现有研究大多从企业、区域和城市层面, 探讨数字经济对绿色创新效率的影响。在企业层面, 李鑫等[13] (2023)指出, 企业数字化转型对企业内部的绿色技术创新有促进作用, 还能通过供应链溢出效应带动上下游企业的绿色创新活动。孙全胜[14] (2024)认为数字经济能够赋能企业绿色技术创新效率, 其内在赋能模式表现为自动化生产和信息化管理, 二者构成了数字经济赋能的核心。在区域层面, 吕岩威等[15] (2023)构建 SYS-GMM 模型、中介效应模型以及空间杜宾模型, 得到结论: 数字经济在推动我国绿色创新效率提升方面发挥了显著的作用。贾月琴[16] (2023)构建涵盖数字资源、数字技术、数字产业和数字环境的四维分析框架, 建立数字经济影响区域绿色创新效率的组态模型。研究结果显示, 这四个维度之间存在潜在的替代关系, 即不同的条件组合可以通过等效替代的方式, 共同提升区域绿色创新效率。在城市层面, 韦施威等[17] (2022)基于中国城市的实证研究发现, 数字经济通过提升创新能力和资源利用效率, 显著推动了绿色创新的扩展。赵巍[18] (2022)进一步指出, 数字经济通过提高资源配置效率, 显著提升了城市的绿色全要素生产率。

较之已有研究, 本文可能的边际贡献在于: 首先, 深入探究了数字经济对绿色创新效率的影响。现有研究大多集中于从产出端探讨数字经济对绿色技术创新的影响, 缺乏对创新资源投入转化为产出的效率及其环境效益进行考察, 而本文的研究是对现有研究的有益补充。其次, 将数字经济、金融发展水平和绿色创新效率纳入统一分析框架, 考察了数字经济影响绿色创新效率的作用路径。基于数字经济在提升信息传播速度、打破市场壁垒、降低交易成本等方面的优势, 探讨数字经济促进金融发展水平进而提升绿色创新效率的作用, 为在数字经济背景下优化创新资源空间配置、提升绿色创新效率提供了对策建议。

3. 理论分析和研究假设

3.1. 数字经济促进区域绿色创新的直接效应

首先, 数字经济以数据为生产要素, 对自然资源的依赖程度较低, 对生态环境的消耗相对较小, 因

此其快速发展可以有效改善高污染、高能耗的传统经济发展模式,促进创新主体开展绿色研发[19]。其次,数字技术使得信息与知识得以在创新网络中低成本、快速且实时地生成、传播与交换。企业等创新主体依托高度发达的数字基础设施进行数字化转型,进而能够高效地优化资源要素组合,扩充了绿色创新的知识储备,推动绿色创新发展[20]。伴随着数字经济的发展,营造了更加公平和全面的竞争环境,这导致同类企业之间的竞争变得尤为激烈。在数字经济带来的不确定性竞争环境中,企业亟需主动积极适应并调整组织管理和商业模式,向绿色创新效率更高的领先企业学习,倒逼了绿色创新效率的提升。此外,数字经济通过数字化治理能够对绿色创新活动进行精准评估,对高质量绿色技术创新提供补贴激励,有效防范机会主义和策略式创新,进一步支持与鼓励绿色创新活动的开展,从而有利于绿色创新效率的提升。故提出以下假设。

H1: 数字经济对绿色创新效率有促进作用。

3.2. 数字经济促进区域绿色创新效率的间接效应

金融发展水平的提升离不开数字经济发展所创造的条件。首先,依托数字经济,金融服务的业务范围得以向深层次拓展,产品种类也得以变得更多样,服务方式明显得到升级。而且,数字经济有着优化资源配置的能力,可将金融资源精准输送到关键领域并使其得到最大化利用,进而提升区域整体金融发展水平。金融发展水平关系到绿色创新的开展是否有所保障。金融发展水平直接关系到绿色创新能否获得充分保障[21]。金融发展水平的提升,能够优化创新领域的金融资源配置效率,进而驱动区域创新发展。具体而言:其一,更高的金融发展水平有助于降低企业等创新主体的绿色创新成本。这体现为金融机构能提供更便捷高效的服务,从而降低筹资机会成本、缓解融资约束、改善融资环境,最终增强管理层进行绿色技术创新的决策倾向。其二,金融发展水平的提升也有利于强化创新主体的绿色创新意愿。因为随着金融发展水平不断提升,这意味着创新主体获得信贷资金的可及性显著提升,其会为了展现自身形象而持续鼓励绿色创新以期获取金融机构的更多资金支持。据此,提出以下假设。

H2: 数字经济通过提升金融发展水平进而促进绿色创新效率。

4. 研究设计

4.1. 模型设定

为检验数字经济发展水平对区域绿色创新效率的影响,构建基准回归模型如下式:

$$gie_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 digieco_{i,t} + \alpha_2 X_{i,t} + \mu_i + \eta_t + \sigma_{i,t} \quad (1)$$

其中, $gie_{i,t}$ 为被解释变量,代表绿色创新效率, $digieco_{i,t}$ 为解释变量,代表数字经济发展水平, $X_{i,t}$ 为一组控制变量, μ_i 和 η_t 分别表示个体固定与时间固定效应, $\sigma_{i,t}$ 为随机扰动项。

进一步地,将中介变量金融发展水平嵌入基准模型中进行实证检验,构建中介模型如下:

$$M_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 digieco_{i,t} + \beta_2 X_{i,t} + \mu_i + \eta_t + \sigma_{i,t} \quad (2)$$

$$gie_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 digieco_{i,t} + \gamma_2 M_{i,t} + \gamma_3 X_{i,t} + \mu_i + \eta_t + \sigma_{i,t} \quad (3)$$

其中, $M_{i,t}$ 为中介变量金融发展水平(fin)。

4.2. 指标设计

1) 被解释变量: 绿色创新效率

评价效率值的常用办法是采用 DEA 模型,但传统的 DEA 模型往往只考虑投入和期望产出的关系,而忽视了非期望产出。然而在绿色技术创新效率的研究中,非期望产出是一个不可忽视的因素。然而,

超效率 SBM 模型可以有效克服这些不足之处,通过科学的评估方法,探索系统内部无效率来源。绿色创新效率测度指标体系参考现有研究[22]-[24]进行构建,从投入、期望产出、非期望产出这 3 个维度,构建 8 项二级指标衡量绿色技术创新效率,如表 1 所示。

Table 1. Evaluation index system of green innovation efficiency
表 1. 绿色创新效率评价指标体系

目标层	一级指标	二级指标	指标表征
绿色创新效率	投入	资本投入	R&D 内部经费支出(千亿)
		劳动力投入	R&D 人员全时当量(千百人/年)
		能源投入	能源消耗总量(千万吨)
	期望产出	经济效益	新产品销售收入(万元)
		创新效益	绿色专利申请数/专利申请数
	非期望产出	环境污染	工业二氧化硫排放量(吨)
			工业废水排放量(万吨)
			工业烟(粉)尘排放量(吨)

并在参考 Tone [25] (2003)年方法的基础上,引入非期望产出,使用 SBM-DEA 模型作为综合评价模型,构建包含非期望产出的超效率 SBM 模型。具体测算方法如下:

$$\min g_{i,t} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\bar{x}}{x_{ik}} \bigg/ \frac{1}{r_1 + r_2} \left(\sum_{s=1}^{r_1} \frac{\bar{y}^d}{\bar{y}_{sk}^d} + \sum_{q=1}^{r_2} \frac{\bar{y}^u}{\bar{y}_{qk}^u} \right) \quad (4)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij} \lambda_j \leq \bar{x}; \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{sj}^d \lambda_j \leq \bar{y}^d \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{qk}^u \lambda_j \geq \bar{y}^u; x_k \leq \bar{x}; y_k^d \geq \bar{y}^d; y_k^u \leq \bar{y}^u \\ \lambda_j \geq 0; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \\ s = 1, 2, \dots, r_1; q = 1, 2, \dots, r_2 \end{cases} \quad (5)$$

式中 $mingie$ 代表绿色创新效率, n 表示决策单元个数,每个决策单元有 m 种投入变量、 r_1 和 r_2 种期望和非期望产出, \bar{x} 、 \bar{y}^d 和 \bar{y}^u 分别为投入、期望产出和非期望产出的松弛向量, λ 是权重向量。

2) 解释变量: 数字经济发展

借鉴赵涛等[5] (2020)的研究,聚焦数字经济发展载体、数字产业化与产业数字化三大主线,构建包括 6 项二级指标、19 项三级指标的指标体系,见表 2。指标选取后,首先,将数字经济指标体系中的各项指标进行标准化处理;其次,运用熵值法对各项指标进行加权计算,得到衡量数字经济发展的各项指标的权重;最后,运用线性加权法得到各省份各年度的数字经济发展指数。

3) 中介变量

金融发展水平(fin)。为了剖析数字经济对绿色创新效率的传导机制,深入探究数字经济是否能够通过促进金融发展水平来提升绿色创新效率,借鉴钱雪松等[26] (2017)以金融机构该年存贷款余额占同年 GDP 的比重来衡量地区金融发展水平。

4) 控制变量

Table 2. Digital economy development index system
表 2. 数字经济发展指标体系

目标层	一级指标	二级指标	三级指标	属性
数字经济发展水平评价指标	数字经济发展载体	数字基础设施	互联网接入端口数(万个)	+
			互联网宽带接入用户数(万户)	+
			互联网域名数(万个)	+
		传统基础设施	移动基站密度	+
			单位面积长途光缆长度	+
			铁路里程	+
	数字产业化	产业规模	软件及信息服务收入(亿元)	+
			电信业务总量	+
			每百家企业拥有网站数	+
		产业类型	电子商务交易活动企业比例	+
			技术合同成交总额(万元)	+
			信息服务业从业人数	+
	产业数字化	工业数字化	规模以上工业企业 R&D 人员折合全时当量(人年)	+
			机器人安装密度	+
		服务业数字化	规模以上工业企业 R&D 项目(课题)数(项)	+
			数字普惠金融指数	+
		企业电子商务交易额	+	
		第三产业就业比重	+	

为缓解因遗漏变量造成的估计偏差，深入分析数字经济发展水平对绿色创新效率的影响，参考相关研究，设定如下会对绿色创新效率产生影响的控制变量：人力资本水平(hum)，以普通高等学校在校学生数衡量；经济发展水平(eco)，采用人均 GDP 的对数度量；市场化水平(mar)参考市场化指数衡量；财政支持力度(sup)用一般预算支出与 GDP 之比衡量；产业结构(is)用第三产业增加值与第二产业增加值之比衡量(表 3)。

Table 3. Descriptive statistics of variables
表 3. 变量描述性统计

变量类型	变量名称	符号	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	绿色创新效率	gie	341	0.681	0.221	0.247	1.189
解释变量	数字经济发展指数	digieco	341	0.116	0.105	0.014	0.67
	人力资本水平	hum	341	0.932	0.593	0.033	2.823
控制变量	经济发展水平	eco	341	1.688	0.445	0.631	2.946
	市场化水平	mar	341	8.036	2.228	-0.161	12.864
	财政支持力度	sup	341	0.291	0.205	0.105	1.354
	产业结构	is	341	1.396	0.74	0.611	5.244
中介变量	金融发展水平	fin	341	3.552	1.125	1.805	7.618

5) 数据来源

本文的研究范围覆盖了中国大陆港澳台地区外的 31 个省份，时间跨度为 2012 年至 2022 年。统计数据来源包括《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国工业统计年鉴》各省份的统计年鉴等，对于个别缺失数据用线性插值法进行估算。

5. 实证结果分析

5.1. 基准回归分析

表 4 检验了数字经济对绿色创新效率的影响，实证结果显示，在未加入控制变量的情况下(列(1))，数字经济发展水平(digieco)的系数估计值为 1.076，并通过了 1%水平的显著性检验，这初步印证了数字经济对区域绿色创新效率的积极促进作用。随着控制变量的逐步加入(列(2)至列(6))，digieco 的系数值有所下降(从 1.076 降至 0.760)，但其正向影响依然稳健，在所有六个模型中均在 1%的显著性水平下保持统计显著，这一结果有力地证明数字经济对绿色创新效率显著的推动作用，因此假设 1 得到验证。

Table 4. Baseline regression results

表 4. 基准回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	gie	gie	gie	gie	gie	gie
digieco	1.076*** (5.575)	0.955*** (4.842)	0.936*** (4.839)	0.909*** (4.760)	0.817*** (4.302)	0.760*** (3.951)
hum		0.192** (2.516)	0.203*** (2.714)	0.158** (2.104)	0.111 (1.479)	0.117 (1.558)
eco			0.354*** (3.627)	0.322*** (3.329)	0.448*** (4.367)	0.465*** (4.526)
mar				0.049*** (3.071)	0.043*** (2.729)	0.052*** (3.121)
sup					1.031*** (3.296)	0.800** (2.353)
is						0.102* (1.697)
_cons	0.608*** (21.155)	0.468*** (7.507)	-0.012 (-0.082)	-0.276 (-1.649)	-0.662*** (-3.274)	-0.787*** (-3.667)
id	yes	yes	yes	yes	yes	yes
year	yes	yes	yes	yes	yes	yes
N	341	341	341	341	341	341

注：***p < 0.01, **p < 0.05, *p < 0.10 (下同)。

5.2. 稳健性检验

为验证基准结果的稳健性，本文进行了两项检验：一是参考徐佳和崔静波[27] (2020)采用绿色发明专利申请数加 1 的对数来衡量区域绿色创新(gie1)，重新对式(3)进行回归；二是进行缩尾处理，对所有连续

变量实施上下 1%缩尾处理,避免个别异常值影响回归结果,再进行估计。由下表可知,列(1)和列(2) digieco 和 digieco_w 的回归系数均在 1%的统计水平上显著为正,表明上述基准回归的实证结论是稳健的(表 5)。

Table 5. Robustness test
表 5. 稳健性检验

	gie1	gie_w
digieco	1.463*** (16.424)	
digieco_w		0.865*** (4.174) (-0.904)
_cons	0.182** (2.220)	-0.479* (-1.824)
controls	yes	yes
id	yes	yes
year	yes	yes
N	341	341
R2	0.754	0.358

5.3. 内生性检验

考虑到数字经济和绿色创新效率这两个变量之间可能存在相互影响、互为因果的复杂关系,或者由于存在遗漏变量导致检验结果出现偏差,为了确保实证结果的准确性,有必要进一步对模型进行内生性处理。通过将滞后一期数字经济纳入两阶段工具变量回归模型中,数字经济仍对绿色创新效率具有显著正面影响,且这一效应在 1%显著性水平上依然显著。这不仅证实数字经济对绿色创新效率的积极作用,也进一步验证前述回归分析结果的稳健性(表 6)。

Table 6. Endogenous test
表 6. 内生性检验

	F.gie
digieco	0.936*** (3.598)
_cons	-0.544* (-1.809)
controls	yes
id	yes
year	yes
N	248
R ²	0.743

5.4. 中介效应检验

前文就数字经济对绿色创新效率的影响的基准回归进行了稳健性检验，结果表明数字经济对绿色创新效率的积极促进作用是稳健的，可以继续进行中阶段的中介效应检验。列(2)的回归结果显示，*digieco*的系数在1%水平上显著为正。这表明数字经济显著促进了金融发展水平的提升。金融发展水平作为关键传导机制，其提升优化了创新领域的金融资源配置，进而促进了绿色创新。进一步地，列(3)的回归结果表明，数字经济能够通过提高金融发展水平，进而促进绿色创新效率，假设2得到验证(表7)。

Table 7. Mediation effect test

表 7. 中介效应检验

	gie	fin	gie
<i>digieco</i>	0.752*** (3.907)	0.055*** (5.094)	0.558*** (2.794)
_cons	-0.573* (-1.777)	0.003** (2.151)	-0.284* (-1.751)
controls	yes	yes	yes
id	yes	yes	yes
year	yes	yes	yes
N	341	341	341
R ²	0.368	0.565	0.389

5.5. 异质性分析

研究对象所属区域不同，可能在经济发展模式、生态环境等上存在较大的差异，数字经济对区域绿色创新效率的影响效果可能也有所不同，因此将样本分为东中西三个区域进行异质性分析。结果如表列所示，数字经济发展对于东部地区的绿色创新效率并没有显著作用，而在中部和西部地区，数字经济对绿色创新效率均表现为显著的促进作用。东部地区数字经济发展相对成熟，数字工业化进程显著加快，可能已过了快速扩张和显著影响绿色创新效率的阶段。根据边际效益递减规律，当数字经济发展到一定程度后，其对绿色创新效率的提升作用可能会逐渐趋于平稳，难以呈现出显著的促进作用。而且东部地区内部存在数字鸿沟(如长三角和部分沿海非核心城市)，部分城市数字基础设施与绿色创新资源错配，导致整体回归结果不显著。中西部地区数字经济整体发展起步晚、基础薄弱，属于“追赶型”发展阶段。这种“低基数”特征使得数字经济的每一步突破都能对绿色创新效率产生更直接、更显著的边际提升效应(表8)。

Table 8. Regression results of heterogeneity analysis

表 8. 异质性分析回归结果

	东部	中部	西部
	gie	gie	gie
<i>digieco</i>	-0.388 (-1.447)	2.322*** (2.898)	1.367* (1.880)

续表

_cons	0.120 (0.187)	-0.864** (-2.406)	-0.933* (-1.772)
controls	yes	yes	yes
id	yes	yes	yes
year	yes	yes	yes
N	121	88	132
R ²	0.471	0.558	0.489

6. 结论与启示

中国数字经济已进入快速发展期，要充分发挥数字经济对绿色创新的赋能作用，为中国抢占全球绿色经济发展制高点提供强大引擎。本文通过构建双向固定效应模型，深入分析数字经济对绿色创新效率的影响，得出以下主要结论：首先，基准回归结果显示，数字经济能够显著提升绿色创新效率。其次，中介效应检验发现，数字经济发展通过提升金融发展水平进而促进绿色创新效率；最后，异质性分析发现，数字经济对绿色创新效率的影响在不同区域呈现出显著的异质性特征，数字经济对中西部区域绿色创新效率有显著影响，对东部区域无显著影响。

基于本文研究，提出以下政策建议：

1) 完善信息基础设施建设，充分释放数字经济的红利，助推绿色创新。政府要加大力度建设数字基础设施和扩大规模，引导数字经济发展，更好地为技术资源服务，更好地为区域绿色创新提供助力。加强政府引导和监管，营造良好的数字经济发展环境并加强绿色发展理念宣传，督促绿色创新领域的数字化绿色化协同发展。

2) 加快推动数字化绿色化“双化”协同发展。一方面，应引导实体经济企业生产装备的数字化升级，深化生产制造、经营管理、市场服务等环节的数字化应用，提高传统产业生产效率和资源利用率，实现传统产业数字化、智能化和绿色化发展；深入推进人工智能、大数据、数据中心等数字基础设施建设，为绿色技术的研发、应用和优化提供数字支持。另一方面，政府应加强数字经济与绿色创新之间的政策协同，制定具有针对性的扶持政策，激励企业加大在绿色创新领域的数字化投入。可设立专项基金，专门支持那些借助数字技术提升环保效率、优化资源利用的绿色创新项目。同时，完善知识产权保护体系，激发企业的创新活力，确保数字经济成为绿色创新的强劲“加速器”。

3) 科学制定差异化发展策略。各地区结合现有产业基础和发展需求，实施差异化的发展策略。针对东部地区，要精准定位发展重点：鉴于东部地区数字经济已相对成熟，鉴于东部地区数字经济已相对成熟，一方面应避免盲目扩张，而是精准识别数字经济与绿色创新的关键结合点。例如，支持东部地区高校、科研院所建设“绿色数字实验室”，以提高数字经济对绿色创新的影响。另一方面要让东部核心城市的绿色创新资源通过数字平台辐射周边区域，形成“核心研发 + 外围转化”的协同格局。针对中西部地区，要继续加强发展态势：继续加大对中西部地区数字基础设施的建设投入，优化绿色生产流程，节约能源资源，引进先进技术，提升创新能力，促进中西部城市绿色创新效率的提升。加强与东部地区的合作与交流，承接东部地区的产业转移和技术溢出，同时利用中西部地区的资源优势和成本优势，为东部地区提供支持，实现优势互补、共同发展。

参考文献

- [1] 戚聿东, 肖旭. 数字经济时代的企业管理变革[J]. 管理世界, 2020, 36(6): 135-152, 250.

- [2] 彭刚, 朱莉, 陈榕. SNA 视角下我国数字经济生产核算问题研究[J]. 统计研究, 2021, 38(7): 19-31.
- [3] 刘军, 杨渊懿, 张三峰. 中国数字经济测度与驱动因素研究[J]. 上海经济研究, 2020(6): 81-96.
- [4] 王军, 朱杰, 罗茜. 中国数字经济发展水平及演变测度[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(7): 26-42.
- [5] 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, 36(10): 65-76.
- [6] 李治国, 李兆哲, 孔维嘉. 数字经济赋能高质量发展过程中的“虹吸集聚”——来自黄河中下游城市层面的经验证据[J]. 经济地理, 2024, 44(1): 45-56.
- [7] 刘薇. 国内外绿色创新与发展研究动态综述[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2012, 22(5): 17-20.
- [8] 李金滢, 李泽宇, 李超. 城市绿色创新效率实证研究——来自长江中游城市群的证据[J]. 江西财经大学学报, 2016(6): 3-16.
- [9] 曹霞, 于娟. 绿色低碳视角下中国区域创新效率研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(5): 10-19.
- [10] 韩莹, 孙丽文. 基于 Super-NSBM 模型区域绿色创新效率及影响因素研究[J]. 软科学, 2023, 37(5): 115-123, 130.
- [11] 原毅军, 陈喆. 环境规制、绿色技术创新与中国制造业转型升级[J]. 科学学研究, 2019, 37(10): 1902-1911.
- [12] 徐盈之, 张瑞婕, 孙文远. 绿色技术创新、要素市场扭曲与产业结构升级[J]. 研究与发展管理, 2021, 33(6): 75-86.
- [13] 李鑫, 徐琼, 王核成. 企业数字化转型与绿色技术创新[J]. 统计研究, 2023, 40(9): 107-119.
- [14] 孙全胜. 数字经济赋能企业绿色技术创新效率提升的三种模式[J]. 科学管理研究, 2024, 42(1): 96-105.
- [15] 吕岩威, 王文强, 张晋宁. 数字经济对区域绿色创新效率的影响效应及其传导机制[J]. 统计与决策, 2023, 39(20): 120-124.
- [16] 贾月琴. 数字经济对区域绿色创新效率的组态效应研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西财经大学, 2024.
- [17] 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.
- [18] 赵巍. 数字经济与城市绿色全要素生产率: 作用机制与门槛效应[J]. 中国流通经济, 2022, 36(11): 15-26.
- [19] 束云霞, 吴玉鸣, 鲍曙明. 制造业转型升级视角下数字经济对绿色技术创新的影响[J]. 科技管理研究, 2023, 43(16): 215-222.
- [20] 张龙鹏, 汤志伟. 企业信息技术应用对开放式创新的影响: 交易成本视角[J]. 科技进步与对策, 2018, 35(20): 79-87.
- [21] 李云鹤, 李杏. 数字基础设施建设与区域创新[J]. 统计与决策, 2022, 38(17): 73-77.
- [22] 林寿富, 王谦, 管河山. 中国工业企业绿色技术创新效率的动态评价[J]. 统计与决策, 2023, 39(16): 163-168.
- [23] 吴遵杰, 巫南杰. 工业集聚对城市绿色创新效率的影响——基于粤港澳大湾区 9 个城市的实证检验[J]. 科技管理研究, 2021, 41(15): 215-226.
- [24] 黄磊, 吴传清. 长江经济带城市工业绿色发展效率及其空间驱动机制研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(8): 40-49.
- [25] Tone, K. (2003) Dealing with Undesirable Outputs in DEA: A Slacks Based Measure (SBM) Approach. *Energy Policy*, 35, 6323-6331.
- [26] 钱雪松, 谢晓芬, 杜立. 金融发展、影子银行区域流动和反哺效应——基于中国委托贷款数据的经验分析[J]. 中国工业经济, 2017(6): 60-67.
- [27] 徐佳, 崔静波. 低碳城市和企业绿色技术创新[J]. 中国工业经济, 2020(12): 178-196.