

引用格式：

蔡保忠, 汪黎明. 数字技术应用对乡村生态环境的影响：机理与效应 [J]. 农业现代化研究, 2025, 46(3): 483-494.

CAI B Z, WANG L M. The impact of digital technology application on rural ecological environment: mechanism and effect[J].

Research of Agricultural Modernization, 2025, 46(3): 483-494.

DOI: 10.13872/j.1000-0275.2025.0124

CSTR: 32240.14.1000.0275.2025.0124



数字技术应用对乡村生态环境的影响：机理与效应

蔡保忠^{1,2}, 汪黎明^{1*}

(1. 湖南农业大学经济学院, 湖南 长沙 410128; 2. 湖南科技学院旅游与文化产业学院, 湖南 永州 425199)

摘要：数字技术为中国生态文明建设提供了历史机遇，为推动宜居宜业和美乡村建设提供了新的抓手与引擎。本研究首先分析了数字技术应用对乡村生态环境影响的理论机制；其次，从农业生产、农民生活和农村生态三个维度构建了乡村生态环境质量的评价指标体系；最后，基于县域面板数据，实证检验了数字技术应用对乡村生态环境的影响及乡村经济增长的中介效应。研究结果表明：1) 总体上，数字技术应用能够显著改善乡村生态环境；2) 在中介效应方面，乡村经济增长在数字技术对乡村生态环境的影响过程中起到重要中介作用；3) 异质性分析显示，数字技术在东中西部地区的影响存在差异，东部地区数字技术对乡村生态环境的改善作用更为显著，而中西部地区的改善效果尚未充分显现；在不同领域中，数字技术在经济、治理和生活领域的应用对乡村生态环境改善效果较好，但在东部地区数字基础设施的环境效应最为显著。研究结果表明，数字技术应用在改善乡村生态环境方面具有巨大潜力，建议持续推进经济发展模式转型，利用数字技术推动乡村数字化、智能化与绿色化发展。

关键词：数字技术；乡村生态环境；数字乡村；双向固定效应；乡村经济增长

中图分类号：F323.3

文献标识码：A

文章编号：1000-0275 (2025) 03-0483-12

The impact of digital technology application on rural ecological environment: mechanism and effect

CAI Baozhong^{1,2}, WANG Liming¹

(1. Economic College, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2. School of Tourism and Cultural Industry, Hunan University of Science and Engineering, Yongzhou, Hunan 425199, China)

Abstract : Digital technology presents a historic opportunity for China to advance ecological civilization, serving as a new driver for promoting the development of livable, business-friendly, and beautiful rural areas. This study first analyzes the theoretical mechanism through which digital technology influences the rural ecological environment. Second, it constructs an evaluation index system for rural ecological environment quality from three dimensions: agricultural production, farmers' livelihoods, and rural ecology. Finally, using county-level panel data, this study empirically examines the impact of digital technology application on the rural ecological environment and explores the mediating effect of rural economic growth. The results indicate that: 1) Overall, the application of digital technology significantly improves the rural ecological environment. 2) In terms of mediation effects, rural economic growth plays a crucial intermediary role in the relationship between digital technology and the rural ecological environment. 3) Heterogeneity analysis reveals regional differences in the impact of digital technology. In the eastern region, digital technology has a more pronounced effect on improving the rural ecological environment, whereas its impact in the central and western regions remains less evident. Additionally, across different domains, the application of digital technology in economic activities, governance, and daily life contributes significantly to enhancing the rural ecological environment, with digital infrastructure exhibiting the most substantial environmental benefits in the eastern region. These findings highlight the great potential of digital technology in improving the rural ecological environment. To maximize its benefits, it is essential to continuously advance the transformation of the economic development model and leverage digital technology to drive rural digitalization, intelligent development, and green transition.

Keywords : digital technology; rural ecological environment; digital village; two-way fixed effect; rural economic growth

收稿日期 Received: 2025-01-27; 接受日期 Accepted: 2025-03-31

基金项目：湖南省教育厅科学研究项目优秀青年项目 (23B0750)；湖南省社会科学成果评审委员会重点课题 (XSP25ZDI023)；湖南省社会科学成果评审委员会一般资助课题 (XSP25YBZ018)。Supported by the Hunan Provincial Department of Education Scientific Research Project Excellent Youth Project (23B0750); Hunan Social Science Achievements Evaluation Committee Key Topics (XSP25ZDI023); Hunan Provincial Social Science Achievements Appraisal Committee General Funding Project (XSP25YBZ018).

* 通信作者 Corresponding author (wlm430421@163.com)

2024 年党的二十届三中全会报告聚焦建设美丽中国,推动人与自然和谐共生,作为进一步全面深化改革的总目标。党的二十大报告和“十四五”规划均提出,要加快推进数字乡村建设,强化农业科技和装备支撑,推动乡村治理和服务的数字化进程。然而,生态环境保护与社会经济发展之间往往存在矛盾,尤其在城乡二元结构的影响下,这一矛盾在乡村地区尤为突出^[1]。数字技术作为先进生产力的重要体现,能够有效降低传统经济对资源的过度依赖,突破传统生产要素的总量约束^[2],从而促进自然与发展的和谐共生。然而,目前数字乡村建设仍处于探索阶段^[3],面临“数字孤岛”和“数字荒漠”现象,以及技术瓶颈和人才短缺等问题。在实际应用过程中,数字技术不仅未能显著改善乡村生态环境,反而可能因过度追求数字资本规模化扩张,导致能源消耗增加、资源浪费加剧和废弃物排放上升,从长期来看加重生态负担^[4]。因此,数字技术应用是否能够真正改善乡村生态环境,仍需深入探讨。

当前,关于生态环境与数字技术应用的研究已较为丰富,涵盖生态文明建设、数字乡村发展、生态环境评价指标体系等方面。乡村生态环境治理是国家生态文明建设的重要组成部分^[5],但在治理主体责任、技术手段、治理机制等方面仍存在诸多不足^[6-7]。例如,大多数乡村在污水和垃圾处理技术方面较为落后,治理模式单一,甚至部分地区仍存在未经处理便直接排放污水和垃圾的情况,未能有效推广先进治理技术^[8-9]。数字技术不仅是数字乡村建设的核心要素,也是推动发展方式转型、引领绿色生活方式、促进生态治理现代化,进而助力生态文明建设的重要驱动力^[2,10]。然而,目前乡村生态文明技术支撑体系尚未健全,生态工程项目推进缓慢^[11],数字乡村建设仍面临环境、技术、人才、供给等多方面挑战,发展进程较为滞后^[12-13]。在利用数字技术促进乡村振兴、缩小城乡差距、实现城乡统筹发展的过程中,也需要警惕数字化转型与乡土社会特征之间可能存在的冲突^[14-15]。

为了更科学、精准地衡量影响乡村生态环境变化的因素,部分学者基于省级面板数据,构建乡村生态环境评价指标体系,并采用多种计量模型进行实证分析。研究发现,资本投入^[16]、投资比重^[17]、自然资源禀赋^[18]和数字乡村建设^[19]等因素对乡村生态环境的影响存在明显的区域差异。例如,数字乡村建设对乡村生态振兴具有显著的正向促进作用,但这一效应在东部地区明显高于中西部和东北地区^[20]。此外,数字技术在农业生产中的应用推动

了农业技术进步,一方面有助于提升乡村生态宜居水平,另一方面却可能导致农业能源消耗和农用物资(如化肥、农药、农膜等)使用量的增加,对生态环境带来一定程度的负面影响^[21-22]。

综上,已有研究为深入探讨数字技术对乡村生态环境的影响奠定了坚实基础。然而,目前从实证角度分析数字技术应用与乡村生态环境关系的研究仍较为有限,尤其缺乏从微观层面构建指标体系并进行系统实证分析的探索。因此,本研究从乡村生产、生活、生态三个维度构建乡村生态环境水平测度体系,利用县域面板数据实证检验数字技术应用是否能够改善乡村生态环境,并进一步通过中介机制分析和异质性分析,探讨乡村经济增长的中介作用,以及不同区域和不同数字技术应用领域对乡村生态环境的差异性影响。该研究不仅是对现有文献的深化与拓展,也为乡村生态环境治理和数字乡村建设提供了新的实证支撑。

1 理论分析与研究假设

随着工业革命的深入推进,生态环境与经济发展之间的矛盾日益突出,并逐步由城市向乡村扩展。在数字经济时代,以物联网、大数据、地理信息系统为代表的数字技术,既是第三次工业革命的核心,也是当前经济增长的主要内生动力^[23]。生态环境与经济矛盾的矛盾进一步延展至生态环境与数字技术之间,数字技术的应用不仅对生态环境产生直接影响,还可能通过推动经济增长间接作用于生态环境。

嵌入性理论强调,数字技术在乡村的应用并非简单的技术引入,而是与乡村社会的内生性因素(如地理环境、社会治理和人文情感等)相互作用的过程^[24]。赋能理论则认为,数字技术通过资源赋能,提高乡村人才获取和管理资源的能力,从而优化资源配置、提升资源利用效率^[25],促进乡村生态环境的可持续发展。基于嵌入性理论和赋能理论,本研究系统分析数字技术如何通过技术赋能、智慧监管、数字治理和意识提升等机制改善乡村生态环境。

1.1 数字技术应用对乡村生态环境的直接影响

数字技术的应用通过生产、生活、生态三个维度,以及生产、治理、意识三个环节,对乡村生态环境产生直接影响。首先,在生产方面,数字技术的应用促进产业升级,在提高生产效率的同时,有效降低资源消耗和环境负担^[26]。例如,智能农业技术的应用可以优化化肥、农药和农膜的使用,减少农业面源污染,从而降低对生态环境的破坏。此外,

乡村产业的数字化转型不仅激活了数据要素价值，催生新产业、新业态和新模式^[27]，还优化了传统生产要素结构，释放传统产业的潜在价值。其次，在生活方面，数字技术应用能够增强公众的环保意识。数字技术在生态文明建设中的作用日益凸显，如智慧农机、卫星遥感识别系统、无人机飞防等技术在农业生产中的应用，以及智能公共交通、新能源汽车、共享单车等绿色出行方式的推广。此外，线上环保行动（如“光盘行动”“蚂蚁森林”和“低碳捐步”等）拓展了环保理念传播的渠道，使环保观念更广泛地触及基层群众，推动绿色低碳生活方式的普及。例如，垃圾分类、无害化处理、沼气工程及太阳能热水器的普及，均体现了村民对环保行动的积极参与。最后，在生态方面，数字技术通过强化环境治理和监管水平改善乡村生态环境。数字技术能够创新治理手段，提高生态环境治理体系的现代化水平。例如，基于数字技术的环境监测系统可以实时获取环境数据，精准识别生态环境问题，有效弥补传统生态环境治理中信息不对称的短板^[28]。此外，数字技术在优化环境政策议程、调配行政资源、增强监管力度以及污染治理方面发挥重要作用^[29]。例如，基于地理信息系统（GIS）技术的植被覆盖监测可用于指导人工造林，提高森林碳汇能力；数字监测和预警系统可在极端天气发生前采取措施减少水土流失。通过数字技术提升环境治理效率，有助于推动能源高效利用、降低碳排放、提升资源利用效率。

总体而言，数字技术在以上三个方面对乡村生态环境的改善作用显著，但其影响受多种因素制约，具体效果存在差异。因此，进一步的实证分析对于揭示数字技术如何影响乡村生态环境及其作用机制至关重要。基于以上分析，本文提出以下假设：

假设 H1：数字技术能够改善乡村生态环境；

假设 H2：数字技术对乡村生态环境的影响存在区域异质性；

假设 H3：数字技术应用领域的不同对改善乡村生态环境所产生的作用效果存在差异。

1.2 数字技术应用通过乡村经济增长对乡村生态环境产生间接影响

数字技术不仅直接作用于乡村生态环境，还通过促进经济增长间接影响生态系统。一方面，数字技术推动产业升级、优化资源配置、拓展市场渠道，为乡村生态建设提供物质支持。例如，精准农业利用物联网和大数据技术监测土壤湿度、养分含量和作物生长状况，实现精准施肥与灌溉^[30]，减少资源浪费，提高农作物产量和质量。农村电商拓展了农产品销售渠道，降低损耗和交易成本，提高收益，并通过大数据赋能品牌建设，催生附加产业链，进一步提升乡村经济水平。经济增长促进基础设施完善，引导发展模式从追求速度向高质量、可持续的绿色发展转变，实现经济与生态的协调共赢。

另一方面，在乡村经济基础较弱的情况下，数字技术可能以牺牲生态环境为代价换取短期增长。乡村地区由于数字基础设施薄弱、数字素养有限，难以充分发挥数字技术的生态治理效能，甚至可能加剧资源过度开发。例如，数字化农业可能导致生产规模扩张，进而增加化肥、农药使用量，带来面源污染。此外，部分地区依赖数字技术发展农村电商、乡村旅游或高能耗、高污染产业，短期内虽能促进经济增长，但长期来看，土地资源过度利用、产业废弃物排放以及电子垃圾积累等问题^[31]，可能对生态环境造成不可逆的损害（图1）。基于以上分析，本文提出假设 H4：乡村经济增长在数字技术

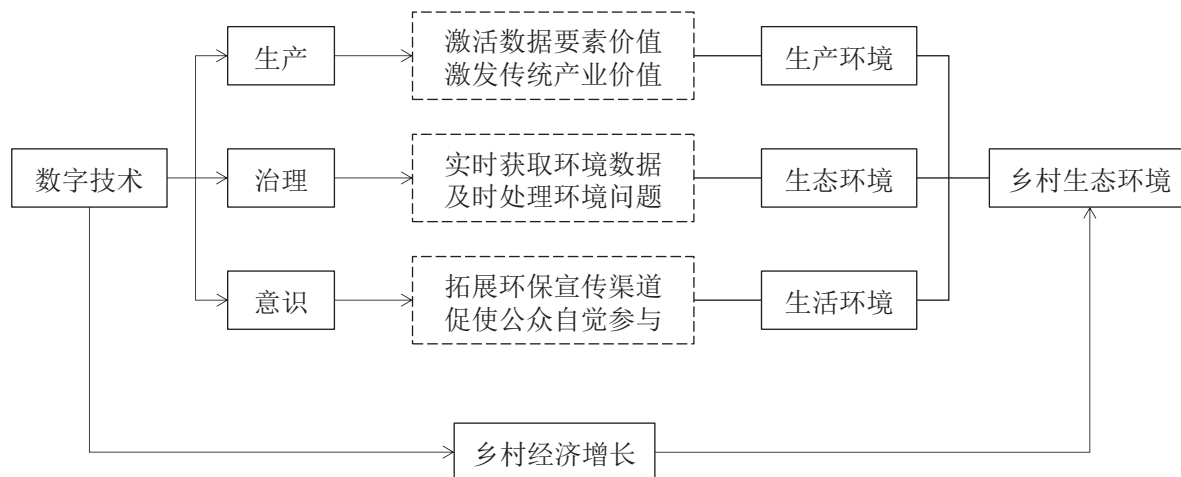


图1 数字技术对乡村生态环境影响作用机理图

Fig. 1 Theoretical analysis framework

对乡村生态环境的影响中存在中介作用。

2 研究设计

2.1 数据来源

本研究数据主要来源于北京大学新农村发展研究院与阿里研究院联合发布的“县域数字乡村指数数据库”,以及《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国林业和草原统计年鉴》、各省(区、市)(不包含港澳台地区、西藏、北京市、上海市、天津市)、市、县级统计年鉴和 EPS 数据库。针对部分年份存在的数据缺失问题,本研究采用线性回归插值法进行补齐。经过数据清洗,最终获得涵盖 27 个省份、1 721 个县(市、区)的数据,总计 5 163 个样本。

2.2 模型构建

本研究采用双向固定效应模型验证数字技术对乡村生态环境产生的影响,模型设定如下:

$$RE_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 RD_{i,t} + \beta_n X_{i,t} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中: $RE_{i,t}$ 为乡村生态环境; $RD_{i,t}$ 为乡村数字化水平; $X_{i,t}$ 为相关控制变量; β_0 为常数项; λ_i 为个体固定效应; μ_t 为时间固定效应; $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。

为探讨乡村经济增长在数字技术影响乡村生态环境中的中介作用,在基准模型的基础上引入乡村经济增长变量,构建如下中介效应模型:

$$RE_{i,t} = \theta_0 + \theta_1 RD_{i,t} + \theta_n X_{i,t} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$EC_{i,t} = \rho_0 + \rho_1 RD_{i,t} + \rho_n X_{i,t} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$RE_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 RD_{i,t} + \alpha_2 EC_{i,t} + \alpha_n X_{i,t} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

式中: $EC_{i,t}$ 为乡村经济增长; θ 、 ρ 、 α 为常数项。其他变量与基准模型公式相同。

2.3 变量选取

2.3.1 被解释变量 乡村生态环境是一个复杂的系

统,由自然环境和社会经济环境两部分构成,两者相互作用,共同影响乡村生态环境的质量。因此,本研究借鉴前人研究成果^[6, 32-33],结合面板数据的可得性,从农业生产环境、农民生活环境和农村自然生态环境三个方面构建乡村生态环境质量评价体系,并使用熵权法对其进行评价(表 1)。

具体来说,农业生产环境主要选取单位播种面积的化肥施用量、农用塑料薄膜使用量、农药使用量作为三级指标;农民生活环境主要选取人均生活垃圾无公害处理率、人均沼气工程普及率、人均太阳能热水器覆盖率作为三级指标;农村自然生态环境主要选取水土流失治理面积、PM2.5 排放量和人工造林面积作为三级指标。

2.3.2 核心解释变量 乡村数字化水平。目前,乡村数字化水平尚未有统一的衡量指标。为此,本研究采用北京大学新农村发展研究院与阿里研究院联合发布的数字乡村指数,选取其中的数字乡村指数作为一级指标,并选用数字基础设施指数、乡村经济数字化指数、乡村治理数字化指数和乡村生活数字化指数作为二级指标,以反映乡村数字化水平。

2.3.3 中介变量 乡村经济增长。本研究选取农林牧渔业总产值作为衡量乡村经济增长的指标。农林牧渔业是乡村经济的基础产业,其总产值能够直接反映乡村经济的核心生产活动及经济贡献,是衡量乡村经济增长的直接指标,能够反映乡村经济的实际产出及生产规模的变化。为减少异方差和极端值的影响,采用取对数处理方法。在对乡村经济增长进行对数处理后,均值为 12.666,表明乡村经济水平较低,仍具有较大发展空间。

2.3.4 控制变量 为尽量减少遗漏变量所产生的误差,本研究选取以下变量加入模型中参与回归。具体包括:1)政策效应:通过节能环保支出占地方一般公共预算支出的比重来表示;2)产业结构:通过第二产业增加值占地区生产总值的比重来代

表 1 乡村生态环境质量指标体系
Table 1 Rural ecological environment quality index system

二级指标	三级指标	指标含义	指标方向	二级指标权重	三级指标权重
农业生产	单位播种面积化肥使用量/(t/10 ³ hm ²)	化肥施用量与农作物总播种面积之比	-	0.081	0.026
	单位播种面积农膜使用量/(t/10 ³ hm ²)	农膜使用量与农作物总播种面积之比	-		0.038
	单位播种面积农药使用量/(t/10 ³ hm ²)	农药使用量与农作物总播种面积之比	-		0.017
农民生活	人均生活垃圾无害化处理率/(t/人)	生活垃圾无害化处理量与人口总数之比	+	0.625	0.111
	人均沼气工程普及率/(个/人)	沼气工程数与人口总数之比	+		0.390
	人均太阳能热水器覆盖率/(m ² /人)	太阳能热水器面积与人口总数之比	+		0.124
农村生态	环境治理水平/(10 ³ hm ²)	水土流失治理面积	+	0.294	0.150
	空气质量/(μg/m ³)	PM2.5 排放量	-		0.001
	荒漠化治理水平/(10 ³ hm ²)	人工造林面积	+		0.143

理；3）生活水平：采用乡村地区人均可支配收入来衡量；4）人口密度：通过人口数量与行政区域面积之比来衡量；5）基础教育水平：通过中小学在校学生数占地区总人口数的比重来衡量。

由于被解释变量通过熵权法所得，已进行标准化处理，异方差性较小，因此为减少数据的异方差性，在不改变数据性质和关系的基础上，对除被解释变量外的每个变量取对数。其中，部分 0 值在加 1 后再取对数。文中主要变量的描述性统计结果如表 2 所示。由统计结果可知，不同地区乡村的生态环境质量和数字化水平存在较大差距。

3 结果与分析

3.1 相关性检验

为了避免因变量之间存在多重共线性问题而引起模型估计的偏误，本研究对变量进行了相关性检验。采用变量相关系数（CI）和方差膨胀因子（VIF）两种方法进行检验，检验结果见表 3。结果表明，变量相关系数的绝对值最大为 0.647，远小于 0.8；且方差膨胀因子（VIF）的最大值为 2.13，均小于 10，变量的容差值 1/VIF 均大于 0.1。综合两类检验结果，可以得出结论：变量之间不存在共线性问题，且各变量之间具有较高的相关性，符合后续回归分析的前提条件。

3.2 基准回归

为尽可能控制因遗漏变量导致的内生性问题，并根据 Hausman 检验分析结果，本研究选用了双向固定效应模型来检验数字技术对乡村生态环境的影响。基准回归结果见表 4。表 4 第 1 列和第 4 列分别表示未加入控制变量和加入控制变量后的双固定效应回归结果，第 2 列和第 3 列则分别表示加入控制变量后的时间固定效应和个体固定效应回归结果。表 4 第 1 列的结果显示，乡村数字化水平的估计系数为 0.023，并在 1% 的统计水平上显著，加入控制变量后（第 4 列），乡村数字化水平的回归系数依然显著为正，且在 1% 的水平上显著，表明乡村数字技术能够显著改善乡村生态环境，验证了假设 H1。表 4 第 2 列的结果显示，数字技术在不同时间点均能改善乡村生态环境。然而，根据表 4 第 3 列，乡村数字化水平的回归系数为负且不显著，表明不同地区数字技术对乡村生态环境的影响存在差异，这也可能与数字技术在不同领域的应用对乡村生态环境的影响不同有关。因此，有必要进一步分析不同区域和数字技术应用领域对乡村生态环境的影响差异。

这一现象的原因可能在于：数字技术在农业中的应用能够提高农业生产的科学性，帮助农民精准调控化肥、农药和农膜的使用量，科学合理地利规

表 2 主要变量含义与描述性统计
Table 2 Implications and descriptive statistics of the major variables

变量分类和名称		变量含义和单位	均值	标准差
被解释变量	乡村生态环境质量	根据指标体系测算得到的各地区乡村生态环境质量水平	0.152	0.069
核心解释变量	乡村数字化水平	数字乡村指数	3.945	0.248
中介变量	乡村经济增长 / 万元	农林牧渔业总产值	12.666	0.966
控制变量	政策效应 / %	节能环保支出占地方一般公共预算支出的比重	5.842	0.632
	产业结构 / %	第二产业增加值占地区生产总值的比重	-1.165	0.517
	生活水平 / 万元	乡村地区人均可支配收入	0.319	0.371
	人口密度 / (万人 / km ²)	人口数量与行政区域面积之比	-4.132	1.406
	基础教育水平 / %	中小学在校学生数占地区总人口数的比重	-2.215	0.328

表 3 变量相关性检验
Table 3 Variable correlation tests

变量	乡村生态环境	乡村数字化水平	乡村经济增长	政策效应	产业结构	生活水平	人口密度	基础教育	VIF	1/VIF
乡村生态环境	1								-	-
乡村数字化水平	0.050***	1							1.92	0.521
乡村经济增长	0.032**	0.351***	1						1.58	0.632
政策效应	-0.161***	-0.008	-0.055***	1					1.08	0.930
产业结构	0.085***	0.350***	0.053***	0.039***	1				1.19	0.842
生活水平	0.143***	0.386***	0.363***	-0.232***	0.222***	1			1.42	0.703
人口密度	0.013	0.647***	0.508***	0.031**	0.290***	0.204***	1		2.13	0.469
基础教育	-0.138***	0.066***	-0.093***	-0.051***	0.038***	-0.067***	0.096***	1	1.05	0.954

注：***、** 和 * 分别表示在 1%、5% 和 10% 的统计水平上显著，下表同。

划农业种植方案,减少农业污染和生态破坏,在提高农业生产效率的同时推动农业绿色发展。在农民日常生活中,应用数字技术可以增强环保意识,促进生活垃圾的无害化处理和回收利用,推动可再生能源的使用,降低环境污染,支持可持续发展。将数字技术应用于农村生态监管和治理,有助于精准掌握农村生态状况,实施有针对性的生态保护和修复。例如,通过人工造林可以有效减少水土流失和PM2.5的发生概率,从而不断改善乡村生态环境。然而,在实际应用过程中,由于不同地区社会经济状况的差异,数字技术所采用的措施可能对乡村生态环境产生不同的影响。

3.3 作用机制检验

为了进一步探究乡村经济增长是否在数字技术应用对乡村生态环境的影响中发挥中介作用,本研究选取乡村经济增长作为中介变量,基于基准回归

模型,进一步构建了中介效应模型进行机制检验,结果如表5所示。

在表5第1列中,乡村数字化水平对乡村生态环境的影响在1%的显著水平上达到了统计学意义,回归系数为0.025,表明乡村数字化水平能够有效改善乡村生态环境;在表5第2列中,乡村数字化水平对乡村经济增长的影响系数为-0.153,且在5%的显著水平下具有统计意义,表明乡村数字化水平的提高在一定程度上会抑制乡村经济增长;在表5第3列中,同时引入乡村数字化水平和乡村经济增长两个变量,乡村数字化水平的回归系数在1%的显著水平上为0.024,相较于表5第1列的回归系数减少了0.001;而乡村经济增长的回归系数为-0.003,并且在1%的显著水平下通过了Bootstrap检验,表明乡村经济增长在乡村数字化水平对乡村生态环境质量的影响中发挥了中介作用,从而验证了假设H4。

表4 数字技术对乡村生态环境影响的基准回归结果

Table 4 Benchmark regression results of the impact of digital technology on the rural ecological environment

变量	不加控制变量		加控制变量	
	时间和个体双固定	时间固定	个体固定	时间和个体双固定
乡村数字化水平	0.023*** (0.004)	0.025*** (0.005)	-0.012 (0.009)	0.025*** (0.005)
政策效应		-0.025*** (0.002)	-0.029*** (0.002)	-0.025*** (0.002)
产业结构		0.005** (0.002)	0.027*** (0.005)	0.005** (0.002)
生活水平		0.017*** (0.003)	-0.115*** (0.014)	0.017*** (0.003)
人口密度		-0.002*** (0.001)	0.055* (0.030)	-0.002*** (0.001)
基础教育		-0.028*** (0.003)	0.035* (0.018)	-0.028*** (0.003)
常数项	0.061*** (0.015)	0.144*** (0.025)	0.675*** (0.102)	0.129*** (0.025)
固定个体	控制	未控制	控制	控制
固定时间	控制	控制	未控制	控制
样本量	5 163	5 163	5 163	5 163
R ²	0.006			0.089

注:括号内为稳健标准误,下表同。

表5 乡村经济增长的中介效应检验结果

Table 5 Test results of the mediation effect of rural economic growth

变量	乡村生态环境	乡村经济增长	乡村生态环境
乡村数字化水平	0.025*** (0.005)	-0.153** (0.061)	0.024*** (0.005)
乡村经济增长			-0.003*** (0.001)
政策效应	-0.025*** (0.002)	-0.012 (0.018)	-0.025*** (0.002)
产业结构	0.005** (0.002)	-0.283*** (0.023)	0.004** (0.002)
生活水平	0.017*** (0.003)	0.783*** (0.033)	0.019*** (0.003)
人口密度	-0.002*** (0.001)	0.362*** (0.010)	-0.001 (0.001)
基础教育	-0.028*** (0.003)	-0.336*** (0.033)	-0.029*** (0.003)
常数项	0.129*** (0.025)	13.511*** (0.292)	0.171*** (0.030)
固定个体	控制	控制	控制
固定时间	控制	控制	控制
样本量	5163	5163	5163
R ²	0.089	0.364	0.090
Bootstrap 检验		[0.000 1, 0.001 2]	

注:[]内为间接效应95%置信度下的矫正偏差置信区间。

然而，乡村经济增长的回归系数为负（-0.003），这表明乡村数字化水平通过乡村经济增长对乡村生态环境产生了负面影响。已有学者在研究中发现，短期内经济增长会负向影响绿色生态效率^[34]，且农村经济增长并不利于乡村生态韧性的提升^[35]。这一现象的主要原因可能在于，乡村数字化水平的提升虽然能够促进短期经济增长，但这种增长可能是以牺牲生态环境为代价的。数字化技术的应用的确能够吸引更多的投资和开发，但这些技术的应用和项目的开发往往需要大量的能源和资源。此外，在数字化技术应用的背景下，乡村地区的经济活动变得更加复杂，进一步增加了环境监管和治理的难度。如果长期缺乏有效监管和环保投入，可能会导致过度开发和环境破坏。多数乡村地区的财政支农更多侧重于基础设施建设和产业经济发展，忽视了民生投入和环保投资，这最终可能导致乡村生态环境的恶化。

3.4 异质性分析

3.4.1 区域异质性 从全样本回归结果来看，数字技术能够改善乡村生态环境，提高乡村环境质量，但由于不同区域在数字技术应用和生态环境状况上存在明显的异质性特征，影响效果也有所不同。因此，本研究按照《中国统计年鉴》的标准，将全样本划分为东部、中部和西部三个区域，分析数字技术对乡村生态环境质量影响的区域异质性，结果见表 6。

根据表 6 的回归结果，可以看出不同区域数字技术对乡村生态环境质量的影响存在显著差异，验证了假设 H2。具体而言，在东部地区，数字技术对乡村生态环境存在正向促进效应；而在中部和西部地区，数字技术未能改善乡村生态环境，反而产生了负面影响。其原因可能在于，东部地区经济发展较为迅速，基础设施建设、数字素养、经济水平以及数字技术的发展程度和速度均明显高于中西部

地区。在此背景下，数字技术对生态环境质量的改善效果逐渐显现，东部地区已经开始追求数字技术的绿色发展和可持续发展。然而，中西部地区仍处于以经济发展为主的阶段，数字技术应用所带来的经济效益大于环境效益，尚未充分发挥数字技术在环境保护方面的潜力，进而未能促进生态环境质量的改善，导致数字技术在这些地区对乡村生态环境质量产生了负面影响。

3.4.2 领域异质性 数字技术的应用领域广泛，且受到各领域多种因素的影响。因此，数字技术在不同领域的生态效应也会有所差异，最终对乡村生态环境产生不同程度的影响。基于北京大学新农村发展研究院和阿里研究院联合发布的“县域数字乡村指数数据库”，本研究主要探讨数字技术在基础设施、经济、治理和生活四个领域的应用对乡村生态环境影响的异质性，回归结果见表 7 至表 10。

根据表 7 的回归结果，整体而言，数字技术在经济、治理和生活三个领域的应用对乡村生态环境均具有显著的正向影响，表明经济数字化、治理数字化和生活数字化有助于改善乡村生态环境质量。通过数字技术在各个领域的应用，可以有效提升乡村经济水平，提供更加便捷高效的乡村治理平台，并促进低碳便捷的生活方式。同时，数字技术也能实现乡村生态环境的数字化监管和智能预警，增强生态环境的预防、监控与治理能力，推动乡村生产生活方式向智能化、数字化方向转型，促进传统生产要素与先进生产要素的结合，从而有效保护和改善乡村生态环境。

然而，分区域来看，根据表 8 至表 10 的回归结果，东部地区数字技术在各个领域的应用对乡村生态环境质量均有显著的改善作用，而中西部地区的应用大多数情况下反而破坏了乡村生态环境，这也印证了区域异质性检验的结果。在西部地区，数

表 6 数字技术对乡村生态环境影响的区域异质性检验
Table 6 Test of regional heterogeneity in the impact of digital technology on rural ecological environment

变量	东部地区	中部地区	西部地区
乡村数字化水平	0.048*** (0.017)	-0.056*** (0.007)	-0.021*** (0.008)
政策效应	-0.042*** (0.003)	-0.052*** (0.004)	0.004 (0.003)
产业结构	-0.059*** (0.006)	-0.018*** (0.003)	0.021*** (0.003)
生活水平	0.105*** (0.011)	0.031*** (0.004)	-0.006 (0.004)
人口密度	-0.017*** (0.003)	-0.018*** (0.001)	-0.002 (0.001)
基础教育	0.004 (0.009)	-0.004 (0.004)	-0.029*** (0.004)
常数项	0.049 (0.080)	0.591*** (0.042)	0.154*** (0.035)
固定个体	控制	控制	控制
固定时间	控制	控制	控制
样本量	1 191	1 359	2 193
R ²	0.340	0.267	0.050

表 7 数字技术对乡村生态环境影响的领域异质性检验

Table 7 Test of domain heterogeneity in the impact of digital technology on rural ecological environment

变量	乡村生态环境	乡村生态环境	乡村生态环境	乡村生态环境
基础设施	0.001(0.003)			
经济		0.023*** (0.003)		
治理			0.014*** (0.002)	
生活				0.007** (0.003)
常数项	0.147*** (0.013)	0.063*** (0.013)	0.097*** (0.006)	0.127*** (0.010)
固定个体	控制	控制	控制	控制
固定时间	控制	控制	控制	控制
样本量	5 163	5 163	5 163	5 163
R ²	-0.001	0.009	0.015	0.001

表 8 东部地区数字技术对乡村生态环境影响的领域异质性检验

Table 8 Test of domain heterogeneity in the impact of digital technology on rural ecological environment in eastern China

变量	乡村生态环境	乡村生态环境	乡村生态环境	乡村生态环境
基础设施	0.119*** (0.019)			
经济		0.049*** (0.013)		
治理			0.056*** (0.006)	
生活				0.029*** (0.008)
常数项	-0.330*** (0.079)	-0.025 (0.054)	-0.057** (0.025)	0.058* (0.033)
固定个体	控制	控制	控制	控制
固定时间	控制	控制	控制	控制
样本量	1191	1191	1191	1191
R ²	0.031	0.009	0.064	0.008

表 9 中部地区数字技术对乡村生态环境影响的领域异质性检验

Table 9 Test of domain heterogeneity in the impact of digital technology on rural ecological environment in the Central Region

变量	乡村生态环境	乡村生态环境	乡村生态环境	乡村生态环境
基础设施	-0.007(0.005)			
经济		-0.035*** (0.006)		
治理			-0.021*** (0.003)	
生活				-0.030*** (0.004)
常数项	0.176*** (0.023)	0.286*** (0.024)	0.231*** (0.010)	0.268*** (0.015)
固定个体	控制	控制	控制	控制
固定时间	控制	控制	控制	控制
样本量	1 359	1 359	1 359	1 359
R ²	-0.001	0.022	0.047	0.041

表 10 西部地区数字技术对乡村生态环境影响的领域异质性检验

Table 10 Test of domain heterogeneity in the impact of digital technology on rural ecological environment in western China

变量	乡村生态环境	乡村生态环境	乡村生态环境	乡村生态环境
基础设施	-0.017*** (0.004)			
经济		0.006 (0.005)		
治理			0.014*** (0.002)	
生活				-0.028*** (0.005)
常数项	0.211*** (0.016)	0.121*** (0.019)	0.092*** (0.009)	0.242*** (0.017)
固定个体	控制	控制	控制	控制
固定时间	控制	控制	控制	控制
样本量	2 193	2 193	2 193	2 193
R ²	0.007	-0.001	0.013	0.014

字技术在乡村治理领域的应用对生态环境有积极影响,但在基础设施和生活领域则表现出负面影响。

同时,数字技术在不同领域的回归系数绝对值存在差异,表明在数字技术的各领域应用过程中确实存

在异质性，这验证了假设 H3。该现象的主要原因可能在于，相较于东部地区，中西部地区的社会经济状况较为落后，存在较为严重的数字鸿沟，数字技术的普及和应用水平较为薄弱，产业结构较为单一，主要集中在农业领域，因此未能充分发挥数字技术对乡村生态环境的改善作用。西部地区因其生态地理环境复杂且脆弱，将数字技术应用于乡村治理能够直接作用于生态环境保护，并能提高村民的参与度，但数字基础设施建设的环境效应滞后，且乡村经济与生活领域的应用存在局限性，这限制了数字技术在这些领域对乡村生态环境的改善效果。

3.5 稳健性检验

在前文的区域异质性和领域异质性分析中，已经在一定程度上反映了回归模型的稳健性。为进一步验证回归模型的可信度，本节采用以下方法进行稳健性检验，相关结果见表 11。具体做法包括：1) 缩尾处理，将 1% 至 99% 范围外的异常值替换

为 1% 和 99% 处的变量值（表 11 第 1 列）；2) 延长时间窗口，考虑到数字技术应用对乡村生态环境的影响可能存在滞后效应，将被解释变量“乡村生态环境质量”分别滞后 1 期和滞后 2 期进行回归分析（表 11 第 2 和第 3 列）；3) 调整样本期，由于 2020 年新冠疫情影响，数字技术的应用率大幅提高，乡村生态环境也因此受到一定程度的波及，因此，将样本时间调整为 2018 年和 2019 年，重新进行回归估计（表 11 第 4 列）；4) 剔除部分样本，考虑到县级市在数字技术应用和乡村生态环境方面可能存在差异，因此，剔除县级市样本进行回归检验（表 11 第 5 列）。

根据表 11 的结果，可以看出，除了极少数控制变量的系数和显著性发生了变化外，乡村数字化水平的回归系数无论在符号还是显著性上都未发生明显变化，显示出较强的稳健性。这表明，数字技术能够有效改善乡村生态环境。

表 11 数字技术对乡村生态环境影响的稳健性检验

Table 11 Robustness test of the impact of digital technology on rural ecological environment

变量	缩尾处理	滞后 1 期	滞后 2 期	调整样本期	剔除部分样本
乡村数字化水平	0.012**(0.005)	0.028*** (0.004)	0.026*** (0.004)	0.028*** (0.007)	0.018*** (0.006)
政策效应	-0.019*** (0.001)	-0.025*** (0.002)	-0.025*** (0.002)	-0.029*** (0.002)	-0.023*** (0.002)
产业结构	0.006*** (0.002)	0.005*** (0.002)	0.005*** (0.002)	0.008*** (0.003)	0.007*** (0.002)
生活水平	0.016*** (0.003)	0.019*** (0.003)	0.019*** (0.003)	0.016*** (0.004)	0.015*** (0.003)
人口密度	-0.001* (0.001)	-0.002*** (0.001)	-0.002*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)
基础教育	-0.028*** (0.003)	-0.028*** (0.003)	-0.028*** (0.003)	-0.031*** (0.004)	-0.026*** (0.003)
常数项	0.146*** (0.025)	0.115*** (0.022)	0.123*** (0.021)	0.137*** (0.033)	0.151*** (0.029)
固定个体	控制	控制	控制	控制	控制
固定时间	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	5 163	5 160	5 157	3 442	4 164
R ²	0.070	0.092	0.091	0.104	0.071

3.6 内生性分析

在基准回归中，尽管本研究已加入相关控制变量以解决遗漏变量问题，并控制了个体和时间固定效应，但数字技术对乡村生态环境的影响仍可能受到多种不可观测因素的影响，存在内生性问题。因此，本研究借鉴已有文献^[36]，采用“工具变量法”进行检验，选用 2000 年各县域的本地电话年末用户数作为工具变量。

考虑到 2000 年各县年末电话用户数为静态数据，不随时间变化，且不符合面板数据的异质性要求，本研究进一步构造了 2000 年各县本地电话年末用户数与样本期上一年宽带接入用户量的交互项作为面板工具变量。选择该工具变量的依据在于：一方面，2000 年的电话用户数与数字技术的发展具有一定相关性。数字技术源于初期的通信技术，电

话用户数在历史上反映了地区通信基础设施建设与普及程度，为后来的互联网和数字技术奠定了基础；另一方面，2000 年的电话用户数作为历史数据，不太可能受到当前数字技术发展水平的影响，与当前的乡村生态环境之间更没有直接的因果关系，因此满足工具变量的外生性和排他性要求。

本研究采用两阶段最小二乘法（2SLS）进行回归分析，评估数字技术应用对乡村生态环境的具体影响，回归结果见表 12。在工具变量回归结果中，工具变量的系数显著为正；在“识别不足检验”中，Kleibergen-Paap LM 统计量为 78.958，*P* 值小于 0.1，拒绝“识别不足”的原假设；在“弱识别检验”中，Cragg-Donald Wald *F* 统计量为 66.840，超过 10% 水平上的临界值 16.38，拒绝“弱工具变量”的假设。因此，在控制内生性问题后，数字技术应用对乡村生

态环境的改善作用仍显著,进一步验证了假设 H1。

表 12 内生性检验结果
Table 12 Results of the endogeneity test

变量	第一阶段	第二阶段
	乡村数字化水平	乡村生态环境
工具变量	0.002×10 ⁻³ *** (9.51)	
乡村数字化水平		0.302*** (4.45)
政策效应	0.015*** (3.62)	-0.024*** (-10.07)
产业结构	0.054*** (8.54)	-0.006 (-1.37)
生活水平	0.154*** (17.16)	-0.035*** (-2.87)
人口密度	0.093*** (36.00)	-0.029*** (-4.42)
基础教育	0.020** (2.01)	-0.034*** (-8.38)
常数项	4.291*** (118.07)	-1.095*** (-3.74)
样本量	5 163	5 163
识别不足检验	78.958	
LM 统计量	< 0.001	
弱工具变量检验	66.840	
Wald F 统计量	16.38	

4 结论与政策建议

4.1 结论

1) 总体而言,数字技术通过在经济、治理和生活等领域的应用,从农业生产、农民生活和农村生态三个方面显著改善了乡村生态环境。

2) 乡村经济增长在数字技术应用对乡村生态环境的影响中起到了显著的中介作用。

3) 分区域来看,数字技术对东、中、西部地区乡村生态环境的影响存在差异。东部地区数字技术对乡村生态环境具有显著的改善作用,而在中西部地区,数字技术对乡村生态环境则呈现出一定的破坏性。

4) 分领域来看,数字技术在乡村基础设施、乡村经济、乡村治理和乡村生活四个领域的应用对乡村生态环境产生不同的作用效果。具体而言,东部地区数字基础设施对环境改善的效应最大,乡村经济数字化、乡村治理数字化和乡村生活数字化的改善作用次之;中部地区则主要表现为负面影响;西部地区乡村治理数字化能够改善乡村生态环境,而乡村经济数字化和乡村生活数字化则反而可能破坏乡村生态环境。

4.2 政策建议

1) 加强数字技术在农业绿色发展中的推广应用,助推农业强国建设。一方面,积极推动数字技术在农业领域的应用,促进精准农业和智慧农业发展。通过数字技术严格控制农药、农膜和化肥的使用量,提高其利用效率,减少农业生产对土壤和水源的污染。同时,加大数字技术在种质研发中的投

入,提高农产品质量,推动农业绿色优质发展。另一方面,加强乡村数字基础设施建设,利用现代信息技术连接农业生产、流通和销售,实现农业经营的集约化。例如,可以利用数字技术实现农业绿色信息共享、绿色认证和溯源,并建立从生产到消费的全链条动态监测平台。

2) 利用数字技术普及绿色优质人居环境的生态思维。通过数字技术推广绿色低碳消费理念,大力发展数字经济,鼓励消费者在日常生活中通过数字技术提高消费效率,减少资源浪费。通过“互联网+”与“绿色低碳”理念的有机融合,强化互联网对居民低碳消费观念和行为的引导,推动传统产业的数字化转型,促进制造业、建筑业、交通运输业的低碳转型,并推动服务业的低碳发展,从而全面普及绿色低碳生态思维,建设生态宜居的生活环境。

3) 科学利用数字技术优势提升生态环境监管治理水平。围绕“双碳”目标,应推动新型数字基础设施建设,提升数字要素利用效率,增强绿色能源供应,显著降低设备能耗,减少因设备高能耗运行所产生的碳排放。鼓励乡村地区发展绿色经济,减少对传统资源的依赖,如发展生态农业和可再生能源等。虽然数字技术能够显著提高生态环境监管治理效率,但也面临数据获取障碍和信息判断单一等限制。因此,在数据采集方面,需要规范采集流程,建立高效的信息处理程序,并建立人工数据审核机制,确保采集数据的准确性。同时,应建立环境信息备份制度,降低错误信息的风险,实施严格的环境政策,约束经济增长过程中对环境的破坏,提升乡村地区的环境监管能力,确保经济增长与生态环境保护的协调发展。

4) 加快中西部地区经济发展战略的转型,从单纯追求经济增长转向高质量绿色可持续发展。中部地区在承接东部产业转移和城镇化进程中取得了一定成就,但其经济增长模式仍存在粗放型特点,依赖物质资源消耗,缺乏创新和科技支撑^[37]。西部地区则面临更为复杂的生态环境压力和经济发展难题。根据中西部地区的特点,制定差异化的数字技术推进策略,充分发挥数字技术在农业生产、农民生活和乡村生态方面的环境效应,提升中西部地区绿色全要素生产率,推动绿色转型。首先,加强信息基础设施建设,提升数字产业基础,推动数字经济与实体经济的深度融合;其次,推动绿色技术创新,利用数字技术改造传统产业,发展节能环保产业;最后,构建以数字经济为引领的现代产业体系,

扩大数字技术在传统领域中的创新应用。此外,推动区域协调发展,优化区域产业分工,促进区域间合理分工与功能互补。还应加大财政、税收、金融等政策支持力度,鼓励科技创新和绿色投资,推动中西部地区绿色转型。

参考文献:

- [1] 于法稳. “十四五”时期农村生态环境治理:困境与对策[J]. 中国特色社会主义研究, 2021, 12(1): 44-51, 2.
YU F W. Rural eco-environmental governance in the period of the 14th five-year-plan: dilemma and strategies[J]. Studies on Socialism with Chinese Characteristics, 2021, 12(1): 44-51, 2.
- [2] 陈伟雄, 李宝银, 杨婷. 数字技术赋能生态文明建设:理论基础、作用机理与实现路径[J]. 当代经济研究, 2023(9):99-109.
CHEN W X, LI B Y, YANG T. Digital technology enabling ecological civilization construction: theoretical basis, role mechanism and path of realization[J]. Contemporary Economic Research, 2023 (9): 99-109.
- [3] 曾亿武, 宋逸香, 林夏珍, 等. 中国数字乡村建设若干问题刍议[J]. 中国农村经济, 2021(4): 21-35.
ZENG Y W, SONG Y X, LIN X Z, et al. Some humble opinions on China's digital village construction [J]. Chinese Rural Economy, 2021 (4): 21-35.
- [4] 樊铁侠, 徐昊. 中国数字经济发展能带来经济绿色化吗? 来自我国省际面板数据的经验证据[J]. 经济问题探索, 2021,(9):15-29.
FAN Y X, XU H. Can the development of China's digital economy achieve economic greening? Empirical evidence from China's inter-provincial panel data[J]. Inquiry into Economic Issues, 2021(9): 15-29.
- [5] 张博, 梅莹莹. 全面推进乡村振兴视域下的农村生态环境治理:政策演进与路径选择[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2023, 23(2): 112-120.
ZHANG B, MEI Y Y. Rural ecological environment governance in the context of rural revitalization: policy evolution and path selection[J]. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition), 2023, 23(2): 112-120.
- [6] 段晓亮, 王慧敏. 乡村振兴背景下农村生态环境治理的困境与对策[J]. 农业经济, 2022(4): 62-63.
DUAN X L, WANG H M. Dilemma and countermeasures of rural ecological environment governance under the background of rural revitalization[J]. Agricultural Economy, 2022(4): 62-63.
- [7] XU D D, HE J, QING C, ZHANG F W. Impact of perceived environmental regulation on rural residents' willingness to pay for domestic waste management[J]. Journal of Cleaner Production, 2023, 412: 137390.
- [8] 孙钰, 赵玉萍, 崔寅. 我国乡村生态环境治理:效率评价及提升策略[J]. 青海社会科学, 2019(3): 53-59.
SUN Y, ZHAO Y P, CUI Y. Rural ecological environment governance in China: efficiency evaluation and improvement strategy[J]. Qinghai Social Sciences, 2019 (3): 53-59.
- [9] ZHANG X X, SUN F M, YANG J, et al. Situation and treatment methods of ecological and environmental problems during the process of urbanization in rural areas of China[J]. Nature Environment and Pollution Technology, 2021, 20(4): 1781-1787.
- [10] DU M, HUANG Y S, DONG H, ZHOU X J, WANG Y P. The measurement, sources of variation, and factors influencing the coupled and coordinated development of rural revitalization and digital economy in China[J]. PLoS One, 2022, 17(11): e0277910.
- [11] 张小雁, 周伟. 乡村振兴视角下加强农村生态文明建设的策略研究[J]. 农业经济, 2023(4): 33-36.
ZHANG X Y, ZHOU W. Strategic research on strengthening the construction of rural ecological civilization from the perspective of rural revitalization[J]. Agricultural Economy, 2023(4): 33-36.
- [12] 雷搏, 陈树文. 加快数字乡村建设赋能乡村振兴[J]. 农业经济, 2023(9): 76-77.
LEI B, CHEN S W. Speeding up the construction of digital countryside and empowering rural revitalization[J]. Agricultural Economy, 2023(9): 76-77.
- [13] WU D S, XIE Y, LYU S J. Disentangling the complex impacts of urban digital transformation and environmental pollution: evidence from smart city pilots in China[J]. Sustainable Cities and Society, 2023, 88: 104266.
- [14] 沈费伟, 叶温馨. 数字乡村建设:实现高质量乡村振兴的策略选择[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2021, 21(5): 41-53.
SHEN F W, YE W X. Digital rural construction: a strategic choice to realize the revitalization of high-quality rural areas[J]. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition), 2021, 21(5): 41-53.
- [15] LI H, YANG S G. The road to common prosperity: can the digital countryside construction increase household income?[J]. Sustainability, 2023, 15(5): 4020.
- [16] 马军旗. 社会资本与乡村环境治理效果研究[D]. 武汉:中南财经政法大学, 2021.
MA J Q. Research on social capital and rural environmental governance effect[D]. Wuhan: Zhongnan University of Economics and Law, 2021.
- [17] 张兴华. 黄河流域乡村生态环境治理效率评价及影响因素研究[D]. 银川:宁夏大学, 2021.
ZHANG X H. Study on efficiency evaluation and influencing factors of rural ecological environment governance in the yellow river basin[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2021.
- [18] 付洪良, 周建华. 县域视角下浙江乡村生态治理评价及差异影响因素分析[J]. 江西农业学报, 2021, 33(5): 146-150.
FU H L, ZHOU J H. Evaluation of rural ecological governance in Zhejiang Province and its influencing factors of differences from perspective of counties[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2021, 33(5): 146-150.
- [19] 王伟婷, 程莉. 数字乡村建设对乡村生态振兴的影响:基于农村经济增长的中介效应分析[J]. 福建农林大学学报(哲学社会科学版), 2023, 26(3): 29-39.
WANG W T, CHENG L. The impact of digital village construction on rural ecological revitalization: based on the analysis of mediating effect of rural economic growth[J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Philosophy and Social Sciences), 2023, 26(3): 29-39.
- [20] WANG Y, HUANG Y F, ZHANG Y H. Coupling and coordinated development of digital economy and rural revitalisation and analysis of influencing factors[J]. Sustainability, 2023, 15(4): 3779.

- [21] 张君. 中国省域乡村生态宜居的统计测度及影响因素研究 [D]. 南昌: 江西财经大学, 2023.
ZHANG J. Statistical measurement and influencing factors of rural ecological livability in China Province[D]. Nanchang: Jiangxi University of Finance and Economics, 2023.
- [22] DAI X W, CHEN Y, ZHANG C Y, et al. Technological revolution in the field: green development of Chinese agriculture driven by digital information technology (DIT)[J]. Agriculture, 2023, 13(1): 199.
- [23] 葛立宇, 莫龙炯, 黄念兵. 数字经济发展、产业结构升级与城市碳排放 [J]. 现代财经 (天津财经大学学报), 2022, 42(10):20-37.
GE L Y, MO L J, HUANG N B. Development of digital economy, upgrading of industrial structure and urban carbon emission[J]. Modern Finance and Economics-Journal of Tianjin University of Finance and Economics, 2022,42(10): 20-37.
- [24] 袁宇阳. 嵌入性视角下乡村数字治理的多重困境及其破解路径 [J]. 云南民族大学学报 (哲学社会科学版), 2023, 40(4): 115-122.
YUAN Y Y. The multiple dilemmas and solutions of rural digital governance from the perspective of embeddedness[J]. Journal of Yunnan Minzu University (Philosophy and Social Sciences Edition), 2023, 40(4): 115-122.
- [25] 关婷, 薛澜, 赵静. 技术赋的治理创新: 基于中国环境领域的实践案例 [J]. 中国行政管理, 2019(4): 58-65.
GUAN T, XUE L, ZHAO J. Governance innovation of technology endowment: based on the practice case of China's environmental field[J]. Chinese Public Administration, 2019(4): 58-65.
- [26] 周子铭, 高鸣. 数字技术赋能农业绿色低碳转型: 理论基础、现实困境与路径优化 [J]. 四川农业大学学报, 2024, 42(5): 927-933.
ZHOU Z M, GAO M. Digital technology enabling green and low carbon transformation of agriculture: theoretical foundations, realistic dilemma and optimization path[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2024, 42(5):927-933.
- [27] 李剑, 常青. 数字经济赋能乡村产业振兴: 作用机理、国际经验与发展路径 [J]. 世界农业, 2024(12): 97-106.
LI J, CHANG Q. Digital economy empowers rural industry revitalization: mechanism, international experience and development path[J]. World Agriculture, 2024(12): 97-106.
- [28] 王泗通, 闫春华. 数字技术赋能下的乡村环境治理现代化 [J]. 现代经济探讨, 2023(12): 126-132.
WANG S T, YAN C H. The modernization of rural environmental governance under the empowerment of digital technology[J]. Modern Economic Research, 2023(12): 126-132.
- [29] 李肆, 赵静. 环境治理中的数字赋能与监管效率提升: 基于人工替代的视角 [J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(8): 130-137.
LI J, ZHAO J. Digital empowerment and regulatory efficiency improvement in environmental governance: from the perspective of labor substitution [J]. China Population, Resources and Environment, 2023, 33(8): 130-137.
- [30] 何可, 朱润. 数字技术赋能粮食系统绿色低碳转型 [J]. 南京农业大学学报 (社会科学版), 2025, 25(1): 55-67.
HE K, ZHU R. Digital technology enables green and low-carbon transformation of food system[J]. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition), 2025, 25(1): 55-67.
- [31] 李怡, 宋何萍. 生态文明建设中的数字技术赋能及价值研究 [J]. 学术研究, 2023(10): 22-27, 34.
LI Y, SONG H P. Research on the empowerment and value of digital technology in the construction of ecological civilization[J]. Academic Research, 2023, (10): 22-27, 34.
- [32] 王晓君, 吴敬学, 蒋和平. 中国农村生态环境质量动态评价及未来发展趋势预测 [J]. 自然资源学报, 2017, 32(5): 864-876.
WANG X J, WU J X, JIANG H P. Dynamic assessment and trend prediction of rural eco-environmental quality in China[J]. Journal of Natural Resources, 2017, 32(5): 864-876.
- [33] 罗明忠, 魏滨辉. 数字技术何以赋能农村共同富裕? 基于经济与生态效益的考察 [J]. 云南财经大学学报, 2023, 39(12): 82-95.
LUO M Z, WEI B H. How does digital technology contribute to the common prosperity in rural Areas? An investigation based on economic and ecological benefit [J]. Journal of Yunnan University of Finance and Economics, 2023, 39(12): 82-95.
- [34] 冯曦明, 张仁杰. 产业结构变迁、绿色生态效率与区域经济增长 [J]. 统计与决策, 2021, 37(21): 104-108.
FENG X M, ZHANG R J. Industrial structure change, green ecological efficiency and regional economic growth[J]. Statistics & Decision, 2021, 37(21): 104-108.
- [35] 程莉, 黄兰稀, 严月岑, 等. 长江经济带乡村生态韧性测度及影响因素研究 [J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(5): 11-23.
CHENG L, HUANG L X, YAN Y C, et al. Research on the measurement and influencing factors of rural ecological resilience in the Yangtze River economic belt [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2024, 45(5): 11-23.
- [36] 傅志华, 梅辉扬. 数字技术赋能与地方政府环保支出效率: 门槛特征和空间效应 [J]. 经济纵横, 2023(4): 31-44.
FU Z H, MEI H Y. Digital technology empowerment and the efficiency of local government spending on environmental protection: threshold characteristics and spatial effects[J]. Economic Review Journal, 2023(4): 31-44.
- [37] 金凤君, 马丽. 新时代中部地区绿色崛起的方向与路径 [J]. 改革, 2021(7): 14-23.
JIN F J, MA L. The direction and path of green rise of central region of China in the new era[J]. Reform, 2021(7): 14-23.

(责任编辑: 孟岑)