

# 数字经济赋能农村环境治理

## ——基于新型农业经营主体的调节效应

王亭今

南京林业大学经济管理学院, 江苏 南京

收稿日期: 2025年1月27日; 录用日期: 2025年2月11日; 发布日期: 2025年3月13日

### 摘要

数字经济背景下新型农业经营主体在农村环境治理中的作用机理研究, 对破解“数字悬浮”困境、实现乡村生态振兴具有重要理论价值。本文基于“技术-组织-市场”协同框架, 系统阐释新型农业经营主体通过技术适配与转化、组织协同与扩散、市场反哺与驱动三重传导机制提升数字治理效能的内在逻辑。基于2013~2020年全国26个省份280个地级市的面板数据, 构建农村环境治理和数字经济发展水平综合指数, 采用双向固定效应与调节效应模型验证发现: (1) 数字经济对农村环境治理具有显著正向影响, 且新型农业经营主体增强了这一影响。(2) 数字经济、新型农业经营主体对农村环境治理的影响存在区域差异。据此提出“数字基建-组织赋能-市场激励”三维治理路径, 以提升乡村治理水平、改善农村生态环境质量、推进乡村振兴战略目标的实现。

### 关键词

数字经济, 农村环境治理, 新型农业经营主体

# The Digital Economy Empowers Rural Environmental Governance

## —Based on the Moderating Effect of New Agricultural Business Entities

Tingjin Wang

College of Economics and Management, Nanjing Forestry University, Nanjing Jiangsu

Received: Jan. 27<sup>th</sup>, 2025; accepted: Feb. 11<sup>th</sup>, 2025; published: Mar. 13<sup>th</sup>, 2025

### Abstract

The study on the role mechanism of new agricultural business entities in rural environmental

governance under the background of digital economy has important theoretical value for solving the dilemma of “digital suspension” and realizing rural ecological revitalization. Based on the “technology-organization-market” synergy framework, this paper systematically explains the internal logic of new agricultural business entities to improve the efficiency of digital governance through the triple transmission mechanism of technology adaptation and transformation, organizational collaboration and diffusion, and market feedback and drive. Based on the panel data of 280 prefecture-level cities in 26 provinces from 2013 to 2020, a comprehensive index of rural environmental governance and digital economy development level is constructed, and the two-way fixed effect and moderating effect model are used to verify that (1) The digital economy has a significant positive impact on rural environmental governance, and the new agricultural business entities enhance this impact. (2) There are regional differences in the impact of digital economy and new agricultural business entities on rural environmental governance. Accordingly, a three-dimensional governance path of “digital infrastructure-organizational empowerment-market incentive” is proposed to improve the level of rural governance, improve the quality of rural ecological environment, and promote the realization of the strategic goal of rural revitalization.

## Keywords

Digital Economy, Rural Environmental Governance, New Agricultural Business Entities

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

良好的农村环境是农业生产的基础，是农村可持续发展的前提，也是农民生活质量的保障。当前，政府大力推进农村环境治理，出台并实施《农村人居环境整治提升五年行动方案(2021~2025 年)》《农业农村污染治理攻坚战行动方案(2021~2025 年)》等政策，明确了农村人居环境整治的目标和原则，持续推进农村人居环境整治提升和农业面源污染防治，为农村环境治理提供了有力的政策支持和实践指导，推动了农村环境治理水平的显著提升。

农村环境自治已成为当前农村环境治理模式的新方向，农民作为农村环境问题的主要制造者和改善的主要受益者，其天然的“在场性”决定其应该成为主要的农村环境问题解决者[1]。但农户自发的人居环境改善行动动力不足，甚至出现集体不作为的现象[2]，且整治过程面临资金短缺、后续保障不足、政府以外其他主体参与度低等问题。新型农业经营主体以其组织的感召力、产品 and 经济利益为纽带的吸引力，能够积聚丰富的社会资本，汇集和带动大批农户，成为乡村治理的新兴力量。据农业农村部统计，截至 2023 年底，我国依法登记的农民专业合作社 221.6 万家，纳入全国家庭农场名录管理的家庭农场近 400 万个，县级以上农业产业化龙头企业超过 9 万家。随着数字经济发展，新型农业经营主体在信息获取、资源配置和市场对接等方面展现出了新的活力，对提升农村环境治理效率和效果起到了积极作用[3]。同时，国内外的研究表明，农业数字化与新型农业经营主体的发展紧密相关，能够显著促进其发展[4]。因此，本研究旨在探讨数字经济对农村环境治理的影响，以及新型农业经营主体在这一过程中的作用。

本文基于“技术-组织-市场”协同框架理论，构建新型农业经营主体赋能数字环境治理的三重传导机制：技术适配与转化、组织协同与扩散、市场反哺与驱动。并基于 2013~2020 年全国 26 个省份 280 个地级市面板数据，测度农村环境治理水平和数字经济发展水平，通过双向固定效应模型检验数字经济的直接效应，运用调节效应模型验证新型农业经营主体的协同增效作用，并对不同经济带进行异质性分析。

## 2. 理论分析与研究假设

### 2.1. 散点图

根据样本数据，绘制农村环境治理水平与自变量散点图，如图 1 所示，红色数据点表示数字经济指数与农村环境治理水平的关系，紫色点展示数字经济指数与新型农业经营主体的交互项和农村环境治理水平的关系，且各自有一条趋势线。黄色点的趋势线斜率比红色点的趋势线斜率更陡峭，表明随着新型农业经营主体参与度提升，数字经济对农村环境治理水平的正面影响增强，初步判断其在数字经济影响农村环境治理水平中起调节作用。

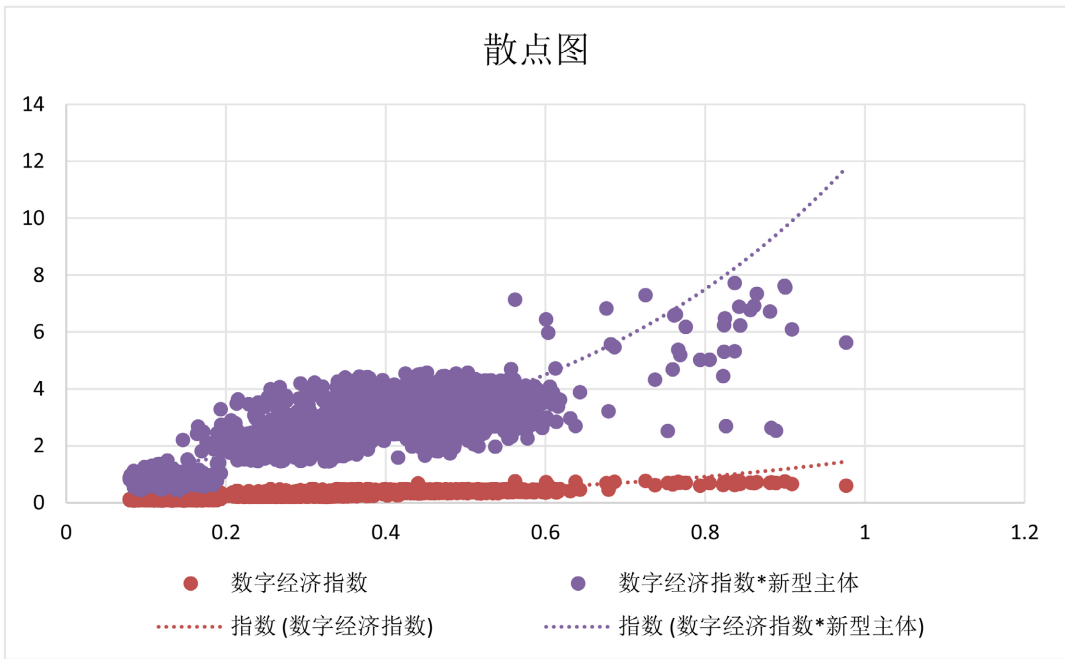


Figure 1. Scatter plot of rural environmental governance level and independent variables  
图 1. 农村环境治理水平与自变量的散点图

### 2.2. 数字经济与农村环境治理

在农村地区，数字经济的作用日益显著。它以数据资源为基础，依托现代信息网络与信息通信技术，不仅推动了农业生产方式的变革，提升生产效率，还促进了农产品供应链的优化，增强了市场的信息透明度，提升了农产品的附加值[5][6]。数字经济对农村环境治理的影响不仅体现在宏观层面的生产方式转型，更深层次地通过重构农户认知体系和行为模式形成治理效能。具体而言，其作用机制包含四个维度(见图 2)：首先，信息获取与认知传导机制。基于保护动机理论框架，农户生态认知可解构为事实、原因、损失及反应行为感知四维结构[7]。数字化平台通过环境数据可视化和在线知识传播，提升农户信息获取效能，激活农户多维风险感知系统，遵循“信息能力-生态认知-行为采纳”的传导路径驱动农户责任意识与环境意识，提升环境治理效能[8]。其次，行为改变的技术支撑机制。智能终端设备将抽象环境规范转化为可操作的行动指南，如精准施肥系统利用神经网络决策树模型，将复杂的环境标准解构为可操作的信号实时指导农事操作[9]，这种具象化技术介入能够显著提升农户的环境友好行为发生率[10]。再者，参与治理的渠道拓展机制。“农户-政府-专家”三方协同平台，通过区块链技术实现污染线索的可追溯激励，农户每上传有效环境数据可获得数字积分，兑换农资补贴，实践案例显示，村民参与环境

监督的积极性大幅提升[11]。最后,经济激励与利益联结机制。电商平台推行的绿色农产品溢价体系,通过区块链溯源技术将环境保护投入转化为可量化的市场价值,浙江丽水“生态价”实践表明,获得绿色认证的农户收入显著增加,这种显性收益驱动促使更多农户主动采用环保生产方式[12]。基于此,本文提出假设 1,

H1: 数字经济对农村环境治理有正向影响。

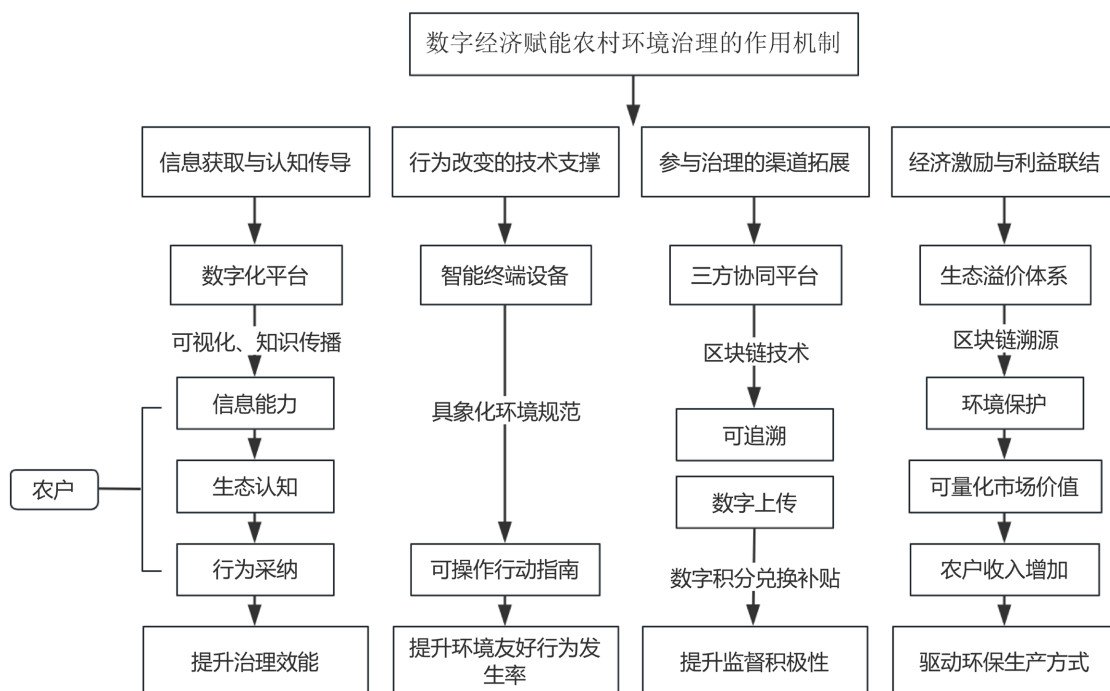


Figure 2. The mechanism of digital economy empowering rural environmental governance

图 2. 数字经济赋能农村环境治理的作用机制

### 2.3. 新型农业经营主体的调节效应

农村居民作为环境治理的在地化行动主体,应被赋予重要的治理地位。但在环境治理数字化转型进程中,由于忽视农村发展特征和农民生活实际,存在数字技术悬浮于农村社会的情况,导致农户治理效能未充分发挥。这种治理效能困境实质上是数字治理系统与传统乡土社会资本的结构性错配。为解决此问题,本文引入“技术-组织-市场”框架,该框架最早由 Chesbrough 在 2003 年提出,强调技术、组织和市场之间的协同作用[13]。新型农业经营主体凭借其双重嵌入性——既根植乡土社会网络又具备数字技术驾驭能力,通过三重协同机制实现治理效能转化(见图 3):首先是技术适配转化机制,其“企业化治理+乡土网络”的双层组织结构,既能够通过科层化模块对数字技术进行标准化解构——将复杂的算法模型转化为农事规程,又能够依托合作社、协会等社会化根系实现技术扩散,利用乡土信任关系降低农户的技术排斥[14]。其次是组织协同扩散机制,新型农业经营主体通过物质资源池、数据资源库、人力资源网和政策资源桥的四维赋能,实现数字治理的规模效应。通过合作社/农业企业等组织载体实施集中采购,借助规模经济降低农户边际设备成本[15];构建区域农业环境数据库,提升资源化利用率[16];依托“数字新农人”培训体系,构建技术扩散的三级节点网络;发挥“政策转译”功能,将环保补贴政策转化为可操作性方案[17]。最后是市场反哺驱动机制,借助电商渗透率弹性与生态溢价实践,新型主体将环境治理投入转化为可量化的市场价值,形成“绿色生产-价值实现-治理强化”的闭环激励[18][19]。

新型主体与数字技术形成的治理共同体，通过资源再配置、规则再建构和权力再平衡，推动环境治理从工具性嵌入向系统性融合跃迁。在此过程中，新型农业经营主体不仅实现了自身竞争力的提升，更通过组织结构赋能、资源禀赋激活和信息能力传导，重塑了农村环境治理的底层逻辑，为数字时代乡村振兴提供了可持续的实践路径。基于以上分析，本文提出假设二：

H2：新型农业经营主体发展能够增强数字经济在农村环境治理中的作用效果。

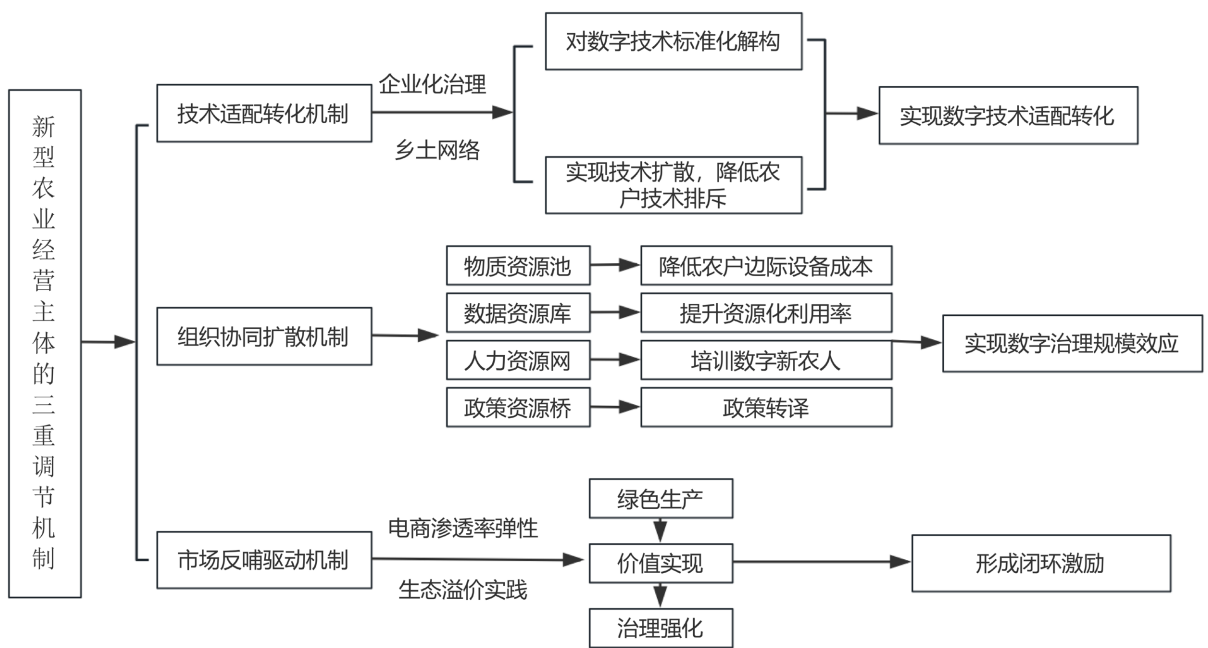


Figure 3. The triple adjustment mechanism of the new agricultural business entity  
图 3. 新型农业经营主体的三重调节机制

### 3. 研究设计

#### 3.1. 样本选择及数据来源

本文以中国 31 个省份(除港澳台外)的 337 个地级市为研究对象，为保证研究与对比的公平性，剔除北京、上海、天津、重庆四个直辖市以及数据缺失严重的西藏自治区，再排除部分特征变量缺失的样本，最终得到 26 个省份共 280 个地级市样本。研究时间跨度设定为 2013~2020 年，因为 2013 年余额宝推出被视为中国数字金融的起点，故以此作为起始年份，且相关地级市指标数据可获取的最近年份为 2020 年。

本文的具体数据来源如下：(1) 新型农业经营主体发展数据来自 CCAD 数据库(浙大卡特 - 企研中国涉农研究数据库)。(2) 地级市生态宜居数据及相关经济发展特征变量，主要来源于 2013~2020 年的《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国农村经营管理统计年报》《中国农村政策与改革统计年鉴》《中国城市统计年鉴》以及各省份的统计年鉴和统计公报，部分缺失数据用插值法补全。(3) 北京大学数字普惠金融指数。

#### 3.2. 变量定义

##### 3.2.1. 被解释变量

本文被解释变量定义为生态宜居指数。参考徐雪的乡村振兴指数中生态宜居维度的指标选取[20]，选择农村生态保护、农村人居环境治理、农村农业绿色发展 3 个维度 6 个指标，运用熵值法计算各子指标



结果来衡量农村环境治理水平。农村环境治理行为涵盖村庄道路绿化建设、垃圾污水集中处理、卫生厕所改善、规模化畜禽养殖场粪便综合利用等，这些都是衡量生态宜居指数的重要指标。农村环境治理成效直接影响到生态宜居指数的高低，故生态宜居指数能够反映农村环境治理的效果。具体评价指标体系见表 1。

Table 1. Evaluation index system of rural environmental governance level  
表 1. 农村环境治理水平评价指标体系

| 变量   | 维度       | 具体指标               | 预期方向 |
|------|----------|--------------------|------|
| 生态宜居 | 农村生态保护   | 农村绿化率(%)           | 正向   |
|      | 农村人居环境治理 | 对生活污水进行处理的行政村占比(%) | 正向   |
|      |          | 对生活垃圾进行处理的行政村占比(%) | 正向   |
|      |          | 卫生厕所普及率(%)         | 正向   |
|      | 农业绿色发展   | 农药、化肥施用量(万吨)       | 负向   |
|      |          | 畜禽粪污综合利用率(%)       | 正向   |

3.2.2. 解释变量

本文将解释变量定义为数字经济指数。刘军等人的研究将互联网发展视为数字经济测度的核心[21]，结合城市层级的可获得数据，从数字互联网和数字普惠金融两个维度评估数字经济综合发展水平，选取互联网普及率、相关从业人员比例、电信业务产出量、移动电话普及率和数字普惠金融指数五个指标。采用主成分分析法对五个指标进行数据标准化处理并降维，得出数字经济综合发展指数[22]。

3.2.3. 调节变量

本文将调节变量定义为新型农业经营主体发展。在我国，专业合作社和家庭农场数量占比较大，其发展情况对新型农业经营主体整体发展具有代表性。因此，本文以各地级市农民专业合作社和家庭农场的成立数量作为新型农业经营主体的代理变量，以此评估其发展情况。原因在于，新型主体创立通常需大量前期投入，能否获得启动资金是关键，成立数量的增加代表着这些主体获政策支持，且农民和相关农业从业者对新型经营主体的认可度和使用度增加。同时，成立数量受价格指数等因素的影响较小，作为评估指标可使问题分析变得更简便、易操作。

3.2.4. 控制变量

Table 2. Variable definitions  
表 2. 变量定义

| 变量类型  | 名称         | 变量定义                  |
|-------|------------|-----------------------|
| 被解释变量 | 农村环境治理水平   | 熵值法计算生态宜居指数           |
| 调节变量  | 新型农业经营主体发展 | 农民专业合作社和家庭农场的成立数量的对数值 |
| 解释变量  | 数字经济发展指数   | 地级市数字经济发展水平           |
| 控制变量  | 金融发展水平     | 年末金融机构贷款余额(万元)的对数值    |
|       | 经济发展水平     | 人均国内生产总值(万元)的对数值      |
|       | 绿色支持       | 财政环境保护支出/财政一般预算支出     |
|       | 城镇化率       | 城镇常住人口比总常住人口(%)       |
|       | 人口规模       | 农村常住人口数的对数值           |
|       | 外商投资水平     | 实际利用外资额/地区生产总值        |

为提升研究结果可靠性，客观评估数字经济对农村环境治理的影响效应，本文参考现有研究，控制了一系列地级市层面、可能影响农村环境治理的变量，具体涵盖金融发展水平、经济发展水平、绿色支持、城镇化率、人口规模、外商投资水平。各变量具体定义及描述性统计见表2。

### 3.3. 农村环境治理水平测算方法

在处理多指标赋权问题时，为避免人为主观赋值导致的结果偏差，提升评价结果的客观性和准确性，本文采用熵值法计算生态宜居指数。具体计算步骤如下：

第一步，数据标准化处理。因各项指标计量单位不一致，计算前需对原始数据标准化，以消除指标间的量纲差异。为防止求熵值时对数计算出现无意义的情况，对正负指标做非负化处理，统一加 0.0001，具体方法如下：

$$\text{正向指标: } X_{ij} = \left[ \frac{X_{ij} - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})} \right] + 0.0001$$

$$\text{负向指标: } X'_{ij} = \left[ \frac{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}) - X_{ij}}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})} \right] + 0.0001$$

$X'_{ij}$  为处理后的第  $i$  个地级市第  $j$  个指标的值。其中， $I = 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $j = 1, 2, 3, \dots, m$ 。

第二步，计算第  $i$  个地级市第  $j$  个指标的数值比重  $P_{ij}$

$$P_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^n X'_{ij}}$$

第三步，计算第  $j$  项指标的熵值  $e_j$ 。

$$e_j = \frac{-1}{\ln(n) \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij})} \quad 0 \leq e_j \leq 1$$

第四步，计算第  $j$  项指标的变异指数  $d_j$ 。

$$D_j = 1 - e_j \quad 0 \leq g_j \leq 1$$

第五步，计算第  $j$  项指标熵权  $w_j$ 。

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j}$$

第六步，计算各个地级市的综合得分  $Z_i$ 。

$$Z_i = \sum_{j=1}^m w_j X'_{ij}$$

### 3.4. 模型设定

#### 3.4.1. 基准回归模型

为验证数字经济对农村环境治理的影响，本文构建了以下基准回归模型以检验假设 1：

$$env_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 dig_{i,t} + \alpha_2 controls_{i,t} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

模型(1)中,  $i$  指城市,  $t$  代表年份。被解释变量  $env_{i,t}$ , 用以体现市  $i$  在第  $t$  年的农村环境治理水平; 核心解释变量  $dig_{i,t}$ , 代表数字经济发展水平;  $controls_{i,t}$  为控制变量集合, 包含可能影响农村环境治理水平的各种因素;  $\mu_i$  控制不随时间变化的个体固定效应;  $\lambda_t$  控制不随个体变化的时间固定效应;  $\varepsilon_{i,t}$  为随机误差项。 $\alpha_0$  为截距项;  $\alpha_1$  为核心解释变量的回归系数, 表示数字经济对农村环境治理水平的影响程度。

3.4.2. 机制分析

在验证数字经济对农村环境治理的直接影响后, 在模型(1)中加入数字经济和新型农业经营主体发展的交乘项以验证新型农业经营主体在数字经济对农村环境治理影响中的调节作用, 模型设定如下:

$$env_{i,t} = \theta_0 + \theta_1 dig_{i,t} + \theta_2 grow_{i,t} + \theta_3 controls_{i,t} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t} \tag{2}$$

$$env_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 dig_{i,t} + \beta_2 grow_{i,t} + \beta_3 dig * grow_{i,t} + \beta_4 controls_{i,t} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t} \tag{3}$$

在式(2)与式(3)中,  $grow_{i,t}$  表示新型农业经营主体发展情况,  $dig*grow_{i,t}$  表示数字经济和新型主体发展的交互项, 其余变量的解释与前文一致。如果数字经济和新型农业经营主体发展交互项的回归系数显著, 则表明调节效应显著。

4. 实证结果分析

4.1. 描述性统计

本文研究样本为 2013~2020 年间 27 个省 337 个地级市的非平衡面板数据, 剔除数据缺失严重的样本后, 对部分缺失值用线性插值法估算补充, 最终得到 280 个地级市共 2172 个观测值。同时为避免极端值影响结果, 对连续变量进行对数化处理和双边 1%缩尾处理。各变量描述性统计结果见表 3。

描述性统计显示, 样本期内生态宜居指数相对较低, 但整体趋势逐步改善, 地级市间差异较小, 整体上趋于稳定; 数字经济发展的整体水平和波动性较小; 新型农业经营主体的发展程度整体较高, 但地级市间差异大, 或因地理位置、经济等因素所致; 绿色支持政策、外商投资水平的力度整体较小, 地区差异不大; 经济与金融发展水平整体较高, 不同地区存在一定差异。

Table 3. Descriptive statistics  
表 3. 描述性统计

| 变量名        | 观测值  | 平均值    | 标准差   | 最小值   | 最大值    |
|------------|------|--------|-------|-------|--------|
| 生态宜居指数     | 2172 | 0.387  | 0.128 | 0.093 | 0.776  |
| 数字经济发展指数   | 2172 | 0.341  | 0.105 | 0.085 | 0.692  |
| 新型农业经营主体发展 | 2172 | 761    | 733   | 25    | 4073   |
| 绿色支持       | 2172 | 0.008  | 0.004 | 0.001 | 0.018  |
| 城镇化率       | 2172 | 0.563  | 0.137 | 0.280 | 0.946  |
| 金融发展水平     | 2172 | 1.056  | 0.566 | 0.376 | 3.300  |
| 人口规模       | 2172 | 4.958  | 0.768 | 2.105 | 6.239  |
| 经济发展水平     | 2172 | 10.764 | 0.533 | 9.532 | 12.052 |
| 外商投资水平     | 2172 | 0.016  | 0.016 | 0.000 | 0.070  |

4.2. 农村环境治理水平测算结果

基于 2013~2020 年不同经济带 280 个地级市数据, 运用熵值法算出各地级市的生态宜居指数, 整体



及各经济带农村环境治理水平如图所示。从图 4 整体趋势看,农村环境治理水平呈波动缓慢上升态势。具体来看,2013~2018 年逐年上升,均值从 2013 年的 0.3436 升至 2018 年的 0.3944,农村环境治理工成效显著。但在 2019~2020 年,治理水平略有下降,这可能与外部环境变化或政策执行不到位等因素有关。

根据图 5,三大经济带农村环境治理水平呈东部地区 > 中部地区 > 西部地区的格局。东部经济较为发达、政府投入多、环保意识强,治理水平较高。中部治理水平略低于东部,但其发展态势与东部相近。西部因其经济发展相对滞后、城市化进程较慢、自然环境较差等,治理水平较低且变化较为平缓。

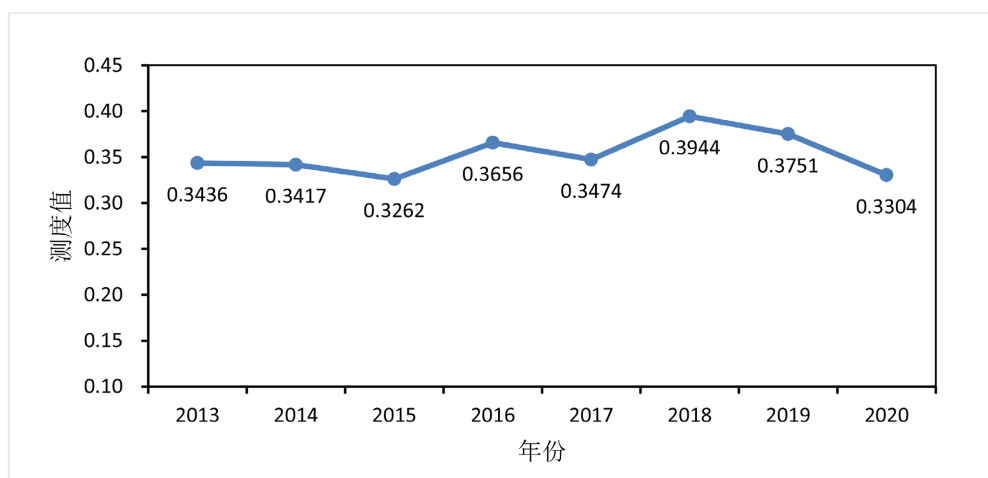


Figure 4. Temporal evolution of the overall level of rural environmental governance

图 4. 农村环境治理整体水平时间演变

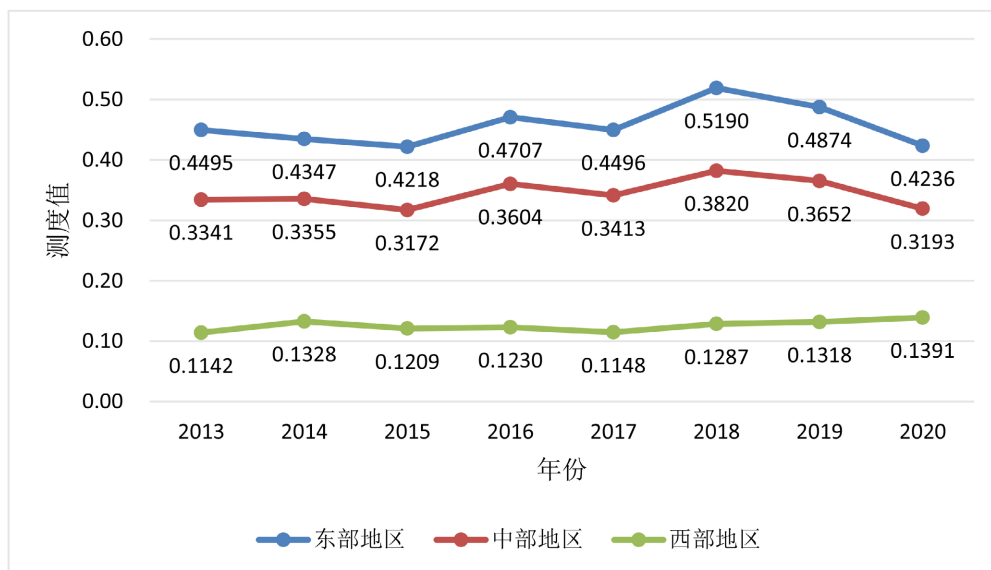


Figure 5. Temporal evolution of rural environmental governance at the regional level

图 5. 农村环境治理区域水平时间演变

### 4.3. 基准回归结果

本文采用控制个体和时间的双向固定效应模型进行回归分析,结果见表 4。其中,列(1)展示数字经济对农村环境治理水平的回归结果,列(2)至列(7)则是在列(1)基础上,逐步纳入其他可能影响农村环

境治理水平的控制变量后的回归结果。

**Table 4.** The regression results of the development of digital economy on the level of rural environmental governance  
**表 4.** 数字经济发展对农村环境治理水平的回归结果

| 变量             | (1)                  | (2)                  | (3)                  | (4)                  | (5)                  | (6)                  | (7)                  |
|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 数字经济           | 0.153***<br>(-0.059) | 0.153***<br>(-0.059) | 0.156***<br>(-0.059) | 0.156***<br>(-0.059) | 0.158***<br>(-0.059) | 0.157***<br>(-0.059) | 0.155***<br>(-0.059) |
| 生态宜居           |                      | 0.001<br>(0.009)     | -0.003<br>(0.010)    | -0.002<br>(0.010)    | -0.002<br>(0.010)    | -0.003<br>(0.010)    | -0.002<br>(0.010)    |
| 金融发展           |                      |                      | -0.006<br>(0.008)    | -0.006<br>(0.009)    | -0.006<br>(0.009)    | -0.006<br>(0.009)    | -0.006<br>(0.009)    |
| 城镇化率           |                      |                      |                      | -0.018<br>(0.044)    | -0.016<br>(0.044)    | -0.031<br>(0.047)    | -0.028<br>(0.047)    |
| 绿色支持           |                      |                      |                      |                      | 0.735*<br>(0.423)    | 0.726*<br>(0.423)    | 0.720*<br>(0.423)    |
| 人口规模           |                      |                      |                      |                      |                      | -0.013<br>(0.014)    | -0.013<br>(0.014)    |
| 外商投资           |                      |                      |                      |                      |                      |                      | -0.238<br>(0.175)    |
| 常数项            | 0.386***<br>(0.029)  | 0.375***<br>(0.096)  | 0.415***<br>(0.110)  | 0.421***<br>(0.111)  | 0.410***<br>(0.111)  | 0.473***<br>(0.130)  | 0.459***<br>(0.130)  |
| 个体效应           | 控制                   | 控制                   | 控制                   | 控制                   | 控制                   | 控制                   | 控制                   |
| 时间效应           | 控制                   | 控制                   | 控制                   | 控制                   | 控制                   | 控制                   | 控制                   |
| R <sup>2</sup> | 0.809                | 0.809                | 0.809                | 0.809                | 0.809                | 0.809                | 0.809                |

注：\*\*\*、\*\*、\*分别代表在 1%、5%、10%水平上显著，括号内数据为 t 统计量。下同。

根据表 4，列(1)在未加入控制变量时，数字经济回归系数为 0.153，在 1%水平上显著为正，表明数字经济发展对农村环境治理水平的提升有益。列(2)~列(7)逐步纳入控制变量后，数字经济回归系数一九在在 1%水平上显著为正，进一步验证了数字经济对农村环境治理具有积极的促进作用，假设 1 成立。此外，从控制变量的估计结果来看，经济发展水平系数为负可能是因为经济增长导致资源消耗增加和环境污染；金融发展水平系数为负可能是因为金融资源偏向非农领域，限制农业融资和投资；人口较多的农村地区环境压力大；外商投资水平负系数表明外来投资可能引入有害环境的生产方式；绿色支持正系数显示政府对环保的重视对农村环境治理有积极作用。

4.4. 机制检验

基于前文模型对调节效应进行检验，回归结果见表 5。列(2)中数字经济与新型农业经营主体交互项的回归系数为 0.041，在 10%水平上显著为正，且主效应方向未变，表明调节效应显著。假设 2 得以验证。这意味着新型农业经营主体能够增强数字经济对农村环境治理的积极影响，同时也表明数字经济为新型农业经营主体提供了技术手段和平台，使其能够更有效地进行农业生产和管理，提高资源利用效率，

减少环境污染。

**Table 5.** The regression results of the interaction term between the digital economy and new subjects on the level of rural environmental governance

**表 5.** 数字经济与新型主体的交互项对农村环境治理水平的回归结果

| 变量             | (1)                 | (2)                 |
|----------------|---------------------|---------------------|
| 数字经济           | 0.155***<br>(0.059) | 0.169***<br>(0.059) |
| 新型主体           | 0.005*<br>(0.003)   | 0.005<br>(0.003)    |
| 交互项            |                     | 0.041*<br>(0.023)   |
| 常数项            | 0.458***<br>(0.130) | 0.455***<br>(0.130) |
| 控制变量           | 控制                  | 控制                  |
| 个体效应           | 控制                  | 控制                  |
| 时间效应           | 控制                  | 控制                  |
| R <sup>2</sup> | 0.810               | 0.810               |

4.5. 异质性分析

根据我国各地区的自然条件、经济资源、经济发展水平、交通运输条件、经济效益等方面的差异，划分为三大经济带。鉴于不同经济带在资源禀赋、发展水平等方面有所不同，数字经济发展及新型农业经营主体对农村环境治理的影响可能因区域而异，因此有必要开展异质性分析，回归结果详见表 6。

**Table 6.** Heterogeneity analysis

**表 6.** 异质性分析

| 变量             | 东部                | 中部               | 西部                 | 东部                |                   | 中部                 |                     | 西部                |                    |
|----------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
|                | (1)               | (2)              | (3)                | (4)               | (5)               | (6)                | (7)                 | (8)               | (9)                |
| 数字经济           | 0.173*<br>(0.101) | 0.092<br>(0.076) | 0.282<br>(0.192)   | 0.170*<br>(0.101) | 0.200*<br>(0.103) | 0.090<br>(0.076)   | 0.085<br>(0.076)    | 0.300<br>(0.197)  | 0.297<br>(0.197)   |
| 新型主体           |                   |                  |                    | 0.009*<br>(0.005) | 0.005<br>(0.006)  | 0.006<br>(0.005)   | 0.008<br>(0.005)    | 0.005<br>(0.010)  | -0.015<br>(0.022)  |
| 交互项            |                   |                  |                    |                   | 0.075<br>(0.045)  |                    | 0.114***<br>(0.039) |                   | -0.101<br>(0.099)  |
| 常数项            | 0.371*<br>(0.203) | 0.506<br>(0.263) | 0.745**<br>(0.353) | 0.316<br>(0.205)  | 0.274<br>(0.207)  | 0.517**<br>(0.263) | 0.623**<br>(0.265)  | 0.677*<br>(0.376) | 0.890**<br>(0.430) |
| 控制变量           | 控制                | 控制               | 控制                 | 控制                | 控制                | 控制                 | 控制                  | 控制                | 控制                 |
| 个体效应           | 控制                | 控制               | 控制                 | 控制                | 控制                | 控制                 | 控制                  | 控制                | 控制                 |
| 时间效应           | 控制                | 控制               | 控制                 | 控制                | 控制                | 控制                 | 控制                  | 控制                | 控制                 |
| 观测值            | 907               | 1186             | 79                 | 907               | 907               | 1186               | 1186                | 79                | 79                 |
| R <sup>2</sup> | 0.592             | 0.795            | 0.072              | 0.593             | 0.594             | 0.795              | 0.797               | 0.059             | 0.060              |

根据表 6 的列(1)~列(3)，在东部地区，数字经济回归系数为 0.173，在 10%水平显著，说明在东部经济带数字经济能显著改善农村环境治理。东部地区经济发展水平较高，促使数字经济和传统产业深度融合，因此在数字经济对农村环境治理的影响更为稳健。中西部地区虽有正向影响但未显著，可能因为这些地区人才、资金、技术受限，数字基础设施薄弱，抑制了数字赋能效应的充分释放。西部地区系数较大，因为东部环境治理的边际效应较小，而西部数字经济尚处起步阶段，潜力巨大。

根据表 6 的列(4)~列(9)，中部经济带交互项回归系数为 0.114，在 1%水平显著为正，说明中部经济带的新型农业经营主体在数字经济推动农村环境治理的过程中发挥了显著促进作用，调节效应明显。可能因为中部地区新型农业经营主体积极应用物联网、大数据分析等数字化技术，提升农业生产效率和环保水平。反观东部经济带，虽数字经济发达，但与农业高度融合，数字技术正向影响可能已趋近饱和，致调节效应不突出。西部经济带新型农业经营主体因技术支持和信息化水平欠缺，难以充分借助数字经济优势，调节效应亦不显著。

4.6. 稳健性检验

为验证数字经济对农村环境治理的影响及新型农业经营主体调节效应的稳健性，本文参考丛屹和闫苗苗的研究方法，剔除数字经济发展水平最高的江苏、浙江以及最低的贵州、江西 4 省，用剩余 22 省的样本数据重新回归分析[23]，结果见表 7。数字经济回归系数在 5%水平显著为正，表明基准回归结果稳健，即数字经济发展能显著促进农村环境治理。同时，数字经济与新型农业经营主体交乘项回归系数也显著为正，表明新型农业经营主体的调节效应持续存在，结论稳健。

Table 7. Robustness test  
表 7. 稳健性检验

| 变量             | (1)                 | (2)                 | (3)                 |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 数字经济           | 0.146**<br>(0.063)  | 0.144**<br>(0.063)  | 0.157**<br>(0.064)  |
| 新型主体           |                     | 0.006*<br>(0.003)   | 0.006*<br>(0.003)   |
| 交互项            |                     |                     | 0.044*<br>(0.025)   |
| 常数项            | 0.407***<br>(0.138) | 0.407***<br>(0.138) | 0.405***<br>(0.138) |
| 控制变量           | 控制                  | 控制                  | 控制                  |
| 个体效应           | 控制                  | 控制                  | 控制                  |
| 时间效应           | 控制                  | 控制                  | 控制                  |
| R <sup>2</sup> | 0.822               | 0.822               | 0.822               |

5. 结论与建议

本研究综合运用文献综述、理论分析，并基于 2013~2020 年全国 26 个省份 280 个地级市面板数据实证分析，深入探究数字经济赋能农村环境治理的机制与效果，主要结论如下：(1) 多维度赋能机制：经理论剖析，明确数字经济通过信息获取与认知传导、行为改变的技术支撑、参与治理的渠道拓展、经济激

励与利益联结四个维度,为农村环境治理增添新动力。(2) 新型农业经营主体的调节作用及机制:借助“技术-组织-市场”协同框架理论,揭示新型农业经营主体在数字经济赋能农村环境治理中的三重调节机制,即技术适配转化、组织协同扩散、市场反哺驱动机制。这使其能够有效整合数字技术资源,带动农村环境治理协同发展,实现环境治理投入的价值转化与可持续发展闭环。(3) 促进效应显著:通过双向固定效应模型和调节效应模型验证,数字经济对农村环境治理有显著促进作用,新型农业经营主体可显著增强这一影响,实现数字治理红利的非线性放大。(4) 区域差异明显:数字经济对农村环境治理的促进作用以及新型农业经营主体的调节效应存在区域差异,为因地制宜制定协同发展策略提供了依据。本研究虽受限于数据未能直接检验三阶段传导路径,但通过交互项效应与多源证据的有效衔接,为“技术-组织-市场”框架提供了初步的实证支持。未来可运用结构方程模型等深入验证中介机制,为数字经济赋能农村环境治理提供更坚实的理论基础和实践指导。

最后提出以下政策建议:第一,强化技术转化能力建设。构建包含基础级(语音交互、字体放大)、标准级(方言识别、图标场景化改造)、优质级(生物识别、跌倒预警)的三级适老化认证体系,用于老年友好型数字工具开发;开发县域数字工具共享平台,设置农机具智能匹配系统,整合适配不同作物场景的数字化模板库;开展技术转译官培养工程,为每个新型主体配备既懂数字技术又熟悉农情的专职人员。第二,推进组织协同网络优化。实施“十百千”工程,建设10个配备量子计算农业模拟系统的国家级数字农业协同创新中心,推动前沿技术应用;于100个重点县域建立“数字田长”工作站并配备无人机巡检系统,增强县域数字化监管;培育1000家智慧农业服务联合体,每家辐射50个新型经营主体,构建规模化服务网络。同时,建立数字服务积分制运营机制,设立农户数字技能“学分银行”,实施阶梯式财政奖励,开发“农技滴滴”平台实现培训供需智能匹配,以此提升农户数字技能和农业数字服务效率。第三,加强市场联结机制创新。一方面,搭建数字交易平台,设立全国统一的农业生态资产交易所,促进农业生态资产市场化交易,并制定环境治理成果抵扣标准,如节水灌溉每亩节水100立方、固碳增汇每吨二氧化碳当量、生物多样性每新增1个物种栖息地认证,分别可抵土地出让金的0.5%、1.2%、0.3%,以此激励农业绿色发展。另一方面,推行绿色流量扶持计划,构建农产品数字认证“星标体系”,一星(基础追溯)产品流量提升5%,二星(全过程监测)产品搜索加权10%,三星(区块链存证)产品获专属流量池准入。

## 参考文献

- [1] 沈琴. “三治融合”视角下农村环境治理的发展路径[J]. 农村经济, 2023(3): 87-97.
- [2] 杜焱强, 刘诺佳, 陈利根. 农村环境治理的农民集体不作为现象分析及其转向逻辑[J]. 中国农村观察, 2021(2): 81-96.
- [3] 张舒甜. 新型农业经营主体发展对农业碳排放强度的影响研究[J]. 中国可持续发展评论, 2024, 3(3): 62-73.
- [4] 陈卫洪, 王莹. 数字化赋能新型农业经营体系构建研究——“智农通”的实践与启示[J]. 农业经济问题, 2022, 43(9): 86-99.
- [5] 王茜. 数字经济赋能乡村振兴的多维价值、现实困境与优化路径研究[J]. 可持续发展, 2024, 14(7): 1865-1872.
- [6] 赵鑫. 数字技术赋能农村人居环境治理的内在机理及提升路径[J]. 中国集体经济, 2024(11): 8-11.
- [7] 王建华, 王缘. 环境风险感知对民众公领域亲环境行为的影响机制研究[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2022(6): 68-80.
- [8] 闫迪, 郑少锋. 信息能力对农户生态耕种采纳行为的影响——基于生态认知的中介效应和农业收入占比的调节效应[J]. 中国土地科学, 2020, 34(11): 76-84, 94.
- [9] 黄珍, 刘涛. 基于神经网络算法的精准施肥模型建立及仿真分析[J]. 现代农业研究, 2023, 29(11): 45-50.
- [10] 颜玉琦, 陈美球, 张洁, 等. 农户环境友好型耕地保护技术的采纳意愿与行为响应——基于江西省1092户农户测土配方施肥技术应用的实证[J]. 中国土地科学, 2021, 35(10): 85-93.



- 
- [11] 王辉, 金子健, 张继容. 激励性技术动员: 积分制何以动员村民参与人居环境治理[J]. 中国行政管理, 2024, 40(8): 65-79.
- [12] 朱新华, 贾心蕊. 生态产品价值实现地方经验上升为国家政策的机制分析——浙江丽水案例[J]. 资源科学, 2023, 45(1): 118-129.
- [13] Chesbrough, H. (2003) *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business School Press.
- [14] 赵晓峰. 信任建构、制度变迁与农民合作组织发展——一个农民合作社规范化发展的策略与实践[J]. 中国农村观察, 2018(1): 14-27.
- [15] 雷雅茹. 江西安远县社构建县域农资流通服务新模式[N]. 中华合作时报, 2024-07-23(A007).
- [16] 舒圣宝, 房瑞, 邓醒, 等. 数字农业发展研究文献综述[J]. 农业工程, 2022, 12(9): 144-150.
- [17] 孔祥智, 李愿. 新型农业经营体系建设: 实践成效、现实问题与政策取向[J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2024(4): 5-16, 205.
- [18] 经济日报社中国经济趋势研究院新型农业经营主体课题组. 新型农业经营主体增收要靠发展新业态[N]. 经济日报, 2019-10-11(007).
- [19] 石敏俊. 生态产品价值实现的治理机制与政策设计[J]. 环境经济研究, 2024, 9(3): 1-10.
- [20] 徐雪, 王永瑜. 中国乡村振兴水平测度、区域差异分解及动态演进[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(5): 64-83.
- [21] 刘军, 杨渊堃, 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.
- [22] 李磊, 蒋沁怡. 数字经济发展与我国城市能源效率的提升[J]. 贵州大学学报(社会科学版), 2023, 41(3): 72-83.
- [23] 丛屹, 闫苗苗. 数字经济背景下新型农业经营主体信息获取困境及对策研究[J]. 可持续发展, 2024, 14(6): 1492-1497.