

# 数字金融是否能够抑制能源消费强度？

## ——基于268个地级市的实证分析

曾令琴, 龙坪, 李侠\*

贵州大学经济学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2025年4月30日; 录用日期: 2025年5月15日; 发布日期: 2025年6月12日

### 摘要

在“双碳”目标背景下, 本研究基于2011~2021年中国268个地级市面板数据, 系统分析数字金融对绿色低碳转型的作用机理与区域异质性。研究发现, 数字金融发展通过提升资源配置效率、推动产业结构升级的双重中介路径, 显著降低能源消费强度, 提升能源效率, 其促进效应在资源型城市和西部地区更为突出。据此提出三维政策框架: 一是强化数字金融基础设施建设, 向中西部及农村地区倾斜资源, 创新低碳主题金融产品; 二是构建“数据 + 产业”双轮驱动机制, 推动资源配置效率提升与产业结构深度调整; 三是实施差异化区域策略, 为资源型城市设计转型专项方案, 对西部清洁能源开发提供定向政策支持。本研究为数字金融深度降低能源消费强度、提升能源效率提供了理论支撑与实践路径, 对构建绿色金融体系具有重要参考价值。

### 关键词

数字金融, 能源消费强度, 低碳转型, 中介效应

# Can Digital Finance Suppress Energy Consumption Intensity?

## —An Empirical Analysis Based on 268 Prefecture-Level Cities in China

Lingqin Zeng, Ping Long, Xia Li\*

School of Economics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Apr. 30<sup>th</sup>, 2025; accepted: May 15<sup>th</sup>, 2025; published: Jun. 12<sup>th</sup>, 2025

\*通讯作者。

文章引用: 曾令琴, 龙坪, 李侠. 数字金融是否能够抑制能源消费强度? [J]. 电子商务评论, 2025, 14(6): 1060-1074.  
DOI: 10.12677/ecl.2025.1461834

## Abstract

Under the background of the “dual carbon” goals (carbon peaking and carbon neutrality), this study systematically examines the mechanisms and regional heterogeneity of digital finance in driving green and low-carbon transition, utilizing panel data from 268 prefecture-level cities in China between 2011 and 2021. The findings reveal that digital finance development significantly reduces energy consumption intensity and enhances energy efficiency through dual mediating pathways: improving resource allocation efficiency and promoting industrial structure upgrading. These effects are more pronounced in resource-dependent cities and western regions. Based on these insights, the study proposes a three-dimensional policy framework: (1) Strengthening digital financial infrastructure, prioritizing resource allocation to central-western and rural areas, and innovating low-carbon-themed financial products; (2) Establishing a “data-industry” dual-drive mechanism to enhance resource allocation efficiency and facilitating deep industrial restructuring; (3) Implementing differentiated regional strategies, designing specialized transition plans for resource-dependent cities and providing targeted policy support for clean energy development in western regions. This research offers theoretical and practical pathways for leveraging digital finance to reduce energy consumption intensity and improve energy efficiency, providing critical references for building a green financial system.

## Keywords

Digital Finance, Energy Consumption Intensity, Low-Carbon Transition, Mediating Effect

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

全球气候变化已成为 21 世纪人类面临的最严峻挑战之一。随着温室气体排放的持续增加, 极端天气事件频发, 生态系统向绿色低碳转型已成为国际社会的普遍共识。2020 年, 中国明确提出“碳达峰”与“碳中和”目标, 2021 年国家发展改革委在《完善能源消费强度和总量双控制度方案》中提出, 实行能源消费强度和总量双控(以下简称能耗双控)是落实生态文明建设要求、促进节能降耗、推动高质量发展的一项重要制度性安排, 并提出了到 2030 年, 能耗双控制度进一步完善, 能耗强度继续大幅下降, 能源消费总量得到合理控制, 能源结构进一步优化的目标。中国仍处于工业化与城镇化的关键时期, 能源消费总量<sup>1</sup>和碳排放规模居高不下(宋岚等, 2023) [1], 实现“双碳”目标任重道远<sup>2</sup>。在此背景下, 探索有效的低碳转型路径, 不仅关乎中国经济的可持续发展, 也对全球气候治理具有重要意义。

近年来, 以大数据、云计算、人工智能和区块链为代表的数字技术迅猛发展。数字金融通过技术创新和模式创新, 打破了传统金融服务的时空限制, 显著提升了金融服务的普惠性、便捷性和效率。作为金融体系的重要组成部分, 数字金融不仅为经济增长注入了新动能, 也为推动绿色低碳转型提供了新的工具和路径(耿德伟等, 2023) [2]。因此, 数字金融在促进低碳转型中的潜力备受关注。但现有文献多集中于数字金融对经济增长[3] (钱海章等, 2020)、金融包容性[4] (方师乐等, 2025)、中小企业融资[5] (李

<sup>1</sup> 《中国能源大数据报告(2024)》 <https://news.bjx.com.cn/html/20240617/1383398.shtml>。

<sup>2</sup> 《2024 中国城乡建设领域碳排放研究报告(2024 年版)》 <https://finance.sina.com.cn/jjxw/2025-01-22/doc-inefvuvv7537299.shtml>。

梁和殷凤春, 2024)等方面的影响, 尽管有研究从理论层面探讨了数字金融对绿色发展的潜在作用, 但对于数字金融对能源消费强度的影响机制尚未得到充分揭示。基于此, 本文利用 2011~2021 年中国 268 个地级市的面板数据, 实证研究数字金融对能源消费强度的影响及其作用机制。本文丰富了数字金融经济后果的相关研究, 拓展了数字金融在环境经济学领域的应用, 为理解数字金融与能源消费强度的关系提供了新的理论视角和经验证据。本文的研究结论表明, 数字金融发展水平的提高能够显著降低能源消费强度, 表明其在降低经济发展对能源的依赖程度中发挥着积极作用; 资源配置效率、产业结构升级在数字金融降低能源消费强度中发挥了显著的中介作用; 数字金融对能源消费强度的抑制作用在不同地区存在差异, 对资源型城市和西部地区作用更强。这些结论对于推动数字金融健康发展、助力实现碳达峰碳中和目标具有重要的现实意义。

## 2. 文献综述

目前有关数字金融与绿色金融的协同机制的研究是多方面的, 本文通过梳理, 发现主要集中在以下几个方面:

### 1、技术创新与资源配置优化

毛晓蒙、王仁曾(2023)发现数字金融通过大数据、区块链、人工智能等技术, 降低了绿色金融的信息不对称性, 提升了资源配置效率[6]。例如, 数字金融能够精准识别绿色项目, 并通过动态环境数据优化资金流向, 金融科技显著推动了普惠金融与绿色金融的融合发展, 进一步验证了数字金融与绿色金融协同发展的有效性。同时还探讨了金融科技对普惠金融与绿色金融协同发展的驱动效应, 认为金融科技的发展能够促进绿色金融产品和服务的创新, 拓展绿色金融的覆盖范围, 使更多中小企业和个体能够获得绿色金融服务, 推动低碳经济的发展; 同时还有研究表明, 数字金融与绿色金融的协同效应显著提高了城市能源利用效率, 其核心路径包括绿色技术创新和产业结构升级[7] [8] (詹姝珂等, 2023; 王仁增等, 2024)。此外, 斯丽娟和曹昊煜(2022)发现气候政策不确定性和环境监管的加强, 进一步放大了数字金融与绿色金融的协同效应[9]。

### 2、绿色金融产品的数字化创新与普惠性提升

数字金融推动了绿色债券、碳金融等产品的创新。例如, 冯素玲等学者(2023)发现区块链技术被应用于绿色债券发行, 通过智能合约实现透明化记录, 减少“洗绿”风险[10], 同时还发现国内如衢州碳账户平台和湖州碳效码系统, 通过数字化手段构建碳金融闭环, 将碳排放数据嵌入信贷管理全流程, 强化了绿色金融的可操作性[10]。牟凯琪(2024)发现数字金融通过覆盖长尾市场, 为中小企业和偏远地区提供绿色融资, 以网商银行为例, 其供应链金融模式为绿色小微企业提供优惠贷款, 累计服务超过 1.4 万家主体[11]。这种普惠性特征有助于缩小区域绿色金融发展差距, 推动绿色经济的均衡增长。孙嘉雯和陆岷峰(2024)在研究“双碳”目标下的绿色金融与数字金融融合发展路径时指出, 数字金融通过技术创新和数据共享, 能够优化绿色金融的资源配置, 提高金融服务的效率和精准性[12]。例如, 利用大数据和人工智能技术, 金融机构可以更准确地评估绿色项目的环境效益和风险, 为低碳项目提供更有力的资金支持。这种融合发展路径不仅有助于推动绿色金融的发展, 还能为低碳转型提供更多的资金支持和更高效的金融服务。

## 3. 数字金融对低碳转型的影响

近年来, 数字金融在中国发展迅速, 已成为推动经济发展的新引擎。众多研究表明, 数字金融对低碳转型具有显著的正向影响。刘刚等(2023)基于我国地级市的面板数据, 实证分析了数字金融对城市能源绿色低碳转型的影响, 结果表明数字金融提高了碳全要素生产率和清洁能源消费占总能源消费的比重,

对能源绿色低碳转型有显著的正向影响[13]。Shi 和 Yang (2024)研究发现,绿色数字金融通过提供融资支持,促进清洁能源项目的开发和建设,从而减少对传统高碳能源的依赖,此外,绿色数字金融还通过优化碳市场机制和碳定价策略,激励能源供应商采用更清洁、低碳的技术和方法[14]。Wan 等(2023)基于中国 273 个地级市数据的实证研究表明,数字金融与污染物排放呈显著负相关,其减排效应通过技术进步、产业结构调整 and 资本配置优化实现[15]。数字金融通过技术进步,促进了能源利用效率的提升,最终作用于能源绿色低碳转型的发展。此外,数字金融能够优化资源配置,引导资金流向绿色产业和低碳项目,从而推动经济低碳转型。最后,数字金融通过驱动产业升级,促进产业结构优化,进而降低碳排放强度。

通过梳理文献,本文发现现有文献对数字金融对绿色技术创新的驱动主要由三个路径来解释:首先,数字金融能够缓解融资约束。数字金融通过拓宽融资渠道和降低信息成本,缓解了绿色技术创新的资金瓶颈。同时杨娅琳、吴强(2024)探讨了数字金融能否促进企业绿色创新,从企业社会责任和环境规制视角进行分析[16]。他们认为,数字金融通过提供多样化的融资渠道和降低融资门槛,能够为企业绿色技术创新提供资金支持,激励企业加大绿色研发投入,推动绿色技术创新;其次,是需求倒逼机制。具体来说就是数字金融改变了消费需求结构,迫使企业加快绿色技术升级。例如,支付宝等平台推动的绿色消费趋势,倒逼制造业采用低碳技术实现转型[7] (詹姝珂等, 2023)。最后是数据驱动的创新支持。数字金融通过 ESG 评级、碳排放动态监测等环境数据服务为绿色技术研发提供决策支持。例如,嘉实基金的 ESG 评分体系结合 AI 技术,提升了绿色技术项目的投资精准度[10] (冯素玲等, 2023)。数字金融平台能够促进信息共享和技术交流,加速绿色技术的扩散和推广。周春喜等(2024)研究了绿色金融能否提升城市经济韧性,发现绿色金融通过支持低碳产业发展和环境保护,能够增强城市经济的抗风险能力和可持续发展能力[17]。

综上所述,数字金融通过与绿色金融的协同、对能源消费的影响以及对绿色技术创新的驱动,在低碳转型中发挥了多方面的有益作用。然而,目前相关研究仍存在一些不足之处,如实证研究的数据来源和样本范围有待拓展等。首先,关于数字金融影响低碳转型的具体路径和机制的探讨还不够深入,特别是在不同地区和产业中的具体作用机制尚需进一步研究。其次,现有研究大多集中在宏观层面,对微观企业层面的数字金融影响机制研究相对较少。未来研究可以进一步深化对数字金融影响低碳转型的机制研究,拓展研究视角,加强跨学科研究,为数字金融赋能低碳转型提供更有力的理论支持和政策建议。

#### 4. 机制分析与研究假设

随着全球气候变化问题日益严峻,尽可能地降低经济发展对能源的消耗并提升能源效率成为各国实现可持续发展的重要途径。数字金融是金融与信息技术深度融合的产物,通过大数据、云计算、区块链等技术实现金融服务的数字化。其核心在于提升信息处理效率和资源配置精准度。在绿色低碳转型过程中,能源消费强度是衡量转型成效的关键指标,它反映了经济发展对能源的依赖程度,因此降低能源消费强度实质上就是降低经济发展对能源的依赖程度、提升能源效率,从这个角度,有几条路径便不可忽略:第一,促进绿色技术创新。比如发展清洁能源、可再生能源或者是清洁技术开发;第二,促进产业升级。这就意味着从高耗能、高污染的传统产业向低耗能、高附加值的新兴产业转型。例如,推动传统重工业向高新技术产业转型,发展现代服务业等低能耗领域。这些新兴产业通常对能源的依赖程度较低,从而减少整体经济对能源的需求;第三,提高资源配置效率,因为这有利于确保资源被分配到最需要和最能产生效益的领域,减少能源浪费。比如说通过智能电网技术,电力可以更有效地分配到需求高的地区,避免能源的浪费和过度消耗。

具体来说,第一,数字金融可以通过提供融资支持和提升创新效率来推动绿色技术的创新。比如通过绿色债券、可持续投资基金等金融产品,引导资金流向环保和可持续发展项目,鼓励更多的社会资本

投入清洁能源项目。同时数字金融还能够提升创新效率，通过数字化的资本市场和投资平台，绿色技术创新者能够更容易地筹集资金，实现他们的创意和研发项目；第二，数字金融通过推动产业转型和优化产业结构从而促进产业升级。数字金融借助人工智能算法和大数据分析技术，构建企业碳足迹评估模型，精准识别高耗能企业与绿色低碳企业，引导金融机构为低耗能企业提供低成本融资，推动高耗能企业向绿色化转型；通过区块链技术搭建供应链金融平台，整合产业链上下游企业信息，降低企业融资成本，助力新兴产业集群发展，优化产业结构，降低高耗能产业的比重，提升低耗能产业占比，进而有效降低经济对能源的依赖程度；第三，数字金融能够通过优化资源配置、提升市场透明度从而提高资源配置效率。具体而言，数字金融利用大数据技术收集和分析企业经营数据、行业发展趋势等信息，建立智能风控模型，精准评估企业信用风险和项目收益，将资源精准配置到低碳高效项目；通过搭建区块链分布式账本，实现可再生能源项目融资信息的实时共享与追溯，提升资金流动透明度，吸引更多投资者参与绿色能源领域(Goldstein *et al.*, 2021) [18]。数字金融借助大数据挖掘技术，深度分析企业历史经营数据和行业发展规律，识别企业潜在风险和发展潜力，对低碳项目进行精准风险定价，降低信息不对称程度；利用智能合约技术，自动执行金融交易规则，减少人为干预和道德风险，确保资金流向绿色产业，减少资源扭曲(李雪松等, 2022) [19]。此外，依托物联网技术构建能源监测与管理系统，实时监控能源使用情况，为资源优化配置提供数据支撑，避免能源浪费和过度消耗，避免能源的浪费和过度消耗<sup>3</sup>。通过数字技术，数字金融可以实现对可再生能源项目的融资追踪和资金流动的透明管理，从而吸引更多投资者参与绿色能源领域，促进绿色金融的发展<sup>4</sup>。

Porter (1995)假说指出，环境规制可通过创新补偿效应推动产业升级[20]。数字金融通过支持绿色技术创新和第三产业扩张，促进高能耗产业向低碳服务型经济转型(蔡昉等, 2020) [21]。例如，数字支付和供应链金融降低中小企业绿色转型的融资门槛，加速清洁技术应用(田轩等, 2023) [22]。数字金融可以提升资本要素配置效率[23]，间接降低能源消费强度。资本配置效率的提升通过抑制高污染行业投资规模，直接减少化石能源消耗总量，从而降低单位 GDP 能耗，而产业结构升级则通过服务业占比扩大和技术密集型产业增长实现减排。

基于上述分析，本文提出以下假设：

H1：数字金融发展水平能够降低能源消费强度。

H2：绿色技术创新、资本配置效率与产业结构升级是数字金融降低能源消费强度的重要中介机制。

H2a：数字金融通过促进绿色技术创新降低能源消费强度。

H2b：数字金融通过提升资本配置效率降低能源消费强度。

H2c：数字金融通过推动产业结构升级降低能源消费强度。

## 5. 研究设计

### (一) 数据来源与变量测度

#### 1. 数据来源

采用 2011~2021 年中国 268 个地级市的面板数据，剔除数据缺失严重的城市数据，其余缺失部分采用通过线性插值法补充。能源消费强度(ECI)的数据来源于《中国能源统计年鉴》，数字金融发展水平(lnDFI)采用北京大学数字普惠金融指数，宏观数据来源于《中国统计年鉴》，绿色技术创新(lnGTI)数据是基于国际专利分类(IPC)筛选各地级市绿色专利授权量，数据来源于国家知识产权局。

<sup>3</sup> 数字智慧电网建成，虚拟电网更要落到实处——中国经济网——国家经济门户  
[http://www.ce.cn/cvsc/ny/gdxw/202402/22/t20240222\\_38907284.shtml](http://www.ce.cn/cvsc/ny/gdxw/202402/22/t20240222_38907284.shtml)。

<sup>4</sup> 数字金融在绿色低碳领域的实践与启示——碳中和专业委员会 <http://www.ccpeftzh.com/information/5701.html>。

## 2. 变量选取

(1) 被解释变量：能源消费强度(ECI)，采用地级市单位 MGDP 能耗(吨标准煤/万元)衡量。这一指标反映了在一定时期内，每单位经济产出所对应的能源消耗水平。能源消费强度越低，表明能源利用效率越高，经济发展的低碳化程度也越高。此外，采用能源消费总量(lnEnergy)作为稳健性检验的补充。

(2) 解释变量：数字金融发展水平(lnDFI)：采用北京大学数字普惠金融地级市指数(郭峰等，2020)[24]，涵盖覆盖广度(CB)、使用深度(UD)和数字化程度(DL)三个维度。

(3) 中介变量：采取第三产业增加值占 MGDP 比重(%)表征产业结构升级(CYSJ)；采取资本错配指数(ROK)来表征资源配置效率；基于国际专利分类(IPC)筛选地级市绿色专利授权量表征绿色技术创新(lnGTI)。

(4) 控制变量：选取经济发展水平(MGDP)、工业化程度(ID)、第二产业增加值占比(%)、对外开放程度(lnFDI)、城镇化率(UR)、人口密度(lnPD)、研发投入(lnRD)作为控制变量。

## (二) 模型构建

### 1. 基准回归模型

为检验数字金融对能源消费强度的直接效应，构建固定效应模型：

$$ECI_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln DFI_{it} + \beta_2 \text{Controls}_{it} + \mu_i + \tau_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中，ECI 是能源消费强度，lnDFI 为数字金融发展水平，Controls 包括 MGDP 增长率(lnMGDP)、工业化程度(ID)、对外开放程度(lnFDI)、城镇化率(UR)、人口密度(lnPD)、研发投入(lnRD)。μ<sub>i</sub> 和 τ<sub>t</sub> 分别为个体固定效应和时间固定效应，ε<sub>it</sub> 为随机误差项，各变量见表 1。在将宽带普及率(IC)和能源消费总量(lnEnergy)作为稳健性检验的补充。

**Table 1.** Definition of variables

**表 1.** 变量定义表

变量类型	变量名称	符号	变量解释
被解释变量	能源消费强度	ECI	单位 GDP 能耗(吨标准煤/万元)
解释变量	数字金融发展水平	lnDFI	北京大学数字金融研究中心与蚂蚁金服集团联合编制的数字普惠金融指数(取对数)
中介变量	资源配置效率	ROK	资本错配指数
	产业结构升级	CYSJ	第三产业增加值占 GDP 的比例(%)
	绿色技术创新	lnGTI	绿色专利授权量(取对数)
控制变量	经济发展水平	MGDP	GDP 的增速
	工业化程度	ID	工业增加值占 GDP 的比例(%)
	对外开放程度	lnFDI	外商直接投资额(取对数)
	城镇化率	lnUR	城镇常住人口/总人口(%) (取对数)
	研发投入	lnRD	研发总支出/总人口(元/人) (取对数)
	人口密度	lnPD	总人口/区域总面积(人/平方公里) (取对数)

### 2. 中介效应模型

$$ECI_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln DFI_{it} + \gamma_2 \text{Controls}_{it} + \mu_i + \tau_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$ROK_{it} = \delta_0 + \delta_1 \ln DFI_{it} + \delta_2 \text{Controls}_{it} + \mu_i + \tau_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

采用学者江艇(2022)的方法[25]证资源配置效率(ROK)、产业结构升级(CYSJ)、绿色技术创新(lnGTI)的中介作用,第一步:(2)式检验数字金融水平(lnDFI)对能源消费强度(ECI)的影响,(3)式检验数字金融水平(lnDFI)对中介变量的影响;第二步:同时采用文献及理论说明中介变量对能源消费强度(ECI)的影响。

## 6. 实证分析

### (一) 描述性统计

在进行实证分析之前,我们首先对样本数据进行了描述性统计分析,以了解各变量的基本特征。表2展示了主要变量的描述性统计结果。样本数据包含2948个观测值,涵盖了能源消费强度(ECI)、数字金融发展水平(lnDFI)、资本错配指数(ROK)、产业结构升级(CYSJ)、绿色技术创新(lnGTI)、经济发展水平(MGDP)、工业化程度(ID)、对外开放程度(lnFDI)、研发投入(lnRD)和人口密度(lnPD)等变量。从描述性统计结果可以看出,ECI的均值为0.740,中位数为0.664,标准差为0.390,表明样本中能源消费强度存在一定的差异;lnDFI的均值为5.118,中位数为5.286,标准差为0.515,说明数字金融发展水平在样本中也呈现出一定的分布特征。其他变量的描述性统计结果也为后续的实证分析提供了基础数据支持。

Table 2. Descriptive statistics

表 2. 描述性统计

变量	N	Mean	p50	SD	Min	Max
ECI	2948	0.740	0.664	0.390	0.0690	3.600
lnEnergy	2948	11.57	11.56	0.784	9.353	13.60
lnDFI	2948	5.118	5.286	0.515	3.057	5.885
ROK	2946	0.698	0.758	0.449	-1.511	14.11
CYSJ	2947	0.437	0.432	0.102	0	0.930
lnGTI	2946	0.0860	0.0770	0.0680	0	1
MGDP	2948	7.968	8.100	3.689	-21.01	20.20
ID	2948	0.443	0.448	0.107	0	0.893
CZH	2948	0.565	0.546	0.146	0.181	1
lnFDI	2948	5.403	5.561	1.944	-3.912	10.26
lnRD	2947	7.297	8.508	3.632	0	13.18
lnPD	2947	5.795	5.953	0.920	0	7.882

### (二) 基准回归

为了探究数字金融发展水平对能源消费强度的影响,我们以能源消费强度(ECI)为被解释变量,数字金融发展水平(lnDFI)为核心解释变量,同时控制了经济发展水平(MGDP)、工业化程度(ID)、对外开放程度(lnFDI)、经费研发投入(lnRD)、人口密度(lnPD)等变量。表3展示了基准回归的结果,其中,表3列(1)表示解释变量和被解释变量之间的直接回归结果;表3列(2)表示加入控制变量后的回归结果;表3列(3)表示控制年份的固定效应后的回归结果;表3列(4)表示控制年份并加入所有控制变量后的回归结果。列(1)中,未加入控制变量时,数字金融发展水平(lnDFI)系数为-0.308,且在1%水平显著,表明数字金融发展水平提升可显著降低能源消费强度,对低碳转型具有积极促进作用。列(2)进一步控制其他变量后,lnDFI系数为-0.355,仍在1%水平显著,进一步证实数字金融对能源消费强度的显著抑制作用,表明了数字金融在降低经济发展对能源的依赖、助力可持续发展方面具有重要作用。观察控制变量:MGDP系数为0.007且在1%水平显著,说明经济发展水平提高会增加能源消费强度,或因经济规模扩大带动能源需求上升;

ID 系数为-0.613 且在 1%水平显著, 表明工业化程度提升有助于降低能源消费强度, 可能源于工业化进程中技术进步与产业结构调整优化了能源利用效率; CZH 系数为 0.381 且在 1%水平显著, 显示城镇化率提高会推高能源消费强度, 或因城镇化引发更多能源消耗。整体来看, 基准回归结果表明数字金融发展水平是影响能源消费强度的关键因素, 且其降低能源消费强度的作用在控制其他变量后依然稳健。

**Table 3.** Baseline regression  
**表 3.** 基准回归结果

变量及统计参数	(1) ECI	(2) ECI	(3) ECI	(4) ECI
lnDFI	-0.308*** (0.007)	-0.355*** (0.012)	-0.309*** (0.007)	-0.344*** (0.012)
MGDP		0.007*** (0.001)		0.006*** (0.001)
ID		-0.613*** (0.077)		-0.566*** (0.071)
CZH		0.381*** (0.093)		0.200*** (0.076)
lnFDI		0.007* (0.004)		-0.002 (0.004)
lnRD		0.006** (0.003)		0.003 (0.002)
lnPD		-0.009 (0.019)		-0.058*** (0.013)
_cons	2.318*** (0.036)	2.530*** (0.134)	2.324*** (0.040)	2.909*** (0.106)
固定效应	不控制	不控制	控制	控制
adj. R <sup>2</sup>	0.361	0.383		

注: 括号中是标准差, \* $p < 0.1$ , \*\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.01$ , 下同。

### (三) 稳健性检验

为了确保基准回归结果的稳健性, 我们进行了共线性诊断和稳健性检验。见表 4, 共线性诊断结果显示各解释变量的方差膨胀因子(VIF)均小于 5, 平均 VIF 为 1.480, 表明模型中不存在严重的多重共线性问题, 回归结果是可靠的。

此外, 我们还通过替换被解释变量和解释变量的方式进行了稳健性检验。见表 5, 当将被解释变量替换为能源消费总量(lnEnergy)时, 数字金融发展(lnDFI)的系数在未加入控制变量和已加入控制变量后分别为-0.105 和-0.070, 均在 1%的水平上显著, 且符号与基准回归结果一致, 进一步验证了数字金融对能源消费强度的抑制作用; 同时, 考虑到特殊时期的影响, 剔除了 2019~2021 三年的数据, 以防止疫情对能源消费强度的影响, 列(3)、列(4)可以看到, 剔除掉这三年的数据后, 数字金融发展(lnDFI)的系数在未加入控制变量和已加入控制变量后分别为-0.326 和-0.347, 均在 1%的水平上显著, 这与基准回归结果一致。

**Table 4.** Multiple covariance diagnostic  
**表 4.** 多重共线性诊断结果

变量及统计参数	VIF	1/VIF
lnDFI	1.930	0.517
lnFDI	1.680	0.594
MGDP	1.640	0.610
lnPD	1.510	0.662
CZH	1.410	0.709
ID	1.220	0.822
lnRD	1.030	0.967
Mean VIF	1.490	

**Table 5.** Robustness tests-replacement of explained variables, exclusion of outlier years  
**表 5.** 稳健性检验——替换被解释变量、剔除异常年份

变量及统计参数	替换被解释变量		剔除异常年份	
	(1) lnEnergy	(2) lnEnergy	(3) ECI	(4) ECI
lnDFI	-0.105*** (0.006)	-0.070*** (0.011)	-0.326*** (0.009)	-0.347*** (0.014)
MGDP		0.006*** (0.001)		0.003 (0.002)
ID		0.008 (0.068)		-0.363*** (0.089)
CZH		0.888*** (0.083)		0.203** (0.095)
lnFDI		0.031*** (0.004)		0.011** (0.005)
lnRD		0.009*** (0.002)		0.005* (0.003)
lnPD		-0.020 (0.017)		-0.131*** (0.020)
_cons	11.029*** (0.033)	10.542*** (0.120)	2.400*** (0.047)	3.194*** (0.143)
r <sup>2</sup>	0.092	0.166		
adj. R <sup>2</sup>	0.002	0.081		

在稳健性检验中，我们进一步将核心解释变量数字金融发展水平(lnDFI)替换为与其密切相关的互联网覆盖率(IC)，以考察不同维度的数字化因素对能源消费强度的影响，见表6。结果显示，即使在替换解释变量后，回归模型中各变量的系数符号和显著性水平依然与基准回归结果保持一致，且互联网覆盖率(IC)对降低能源消费强度的作用依然稳健，即IC的系数在1%的水平上显著为负。这一发现表明，数字金融发展水平的综合影响不仅在原始模型中具有显著性，互联网覆盖率(IC)仍然能够提升能源效率、降低经济发展中对能源的依赖程度。因此，可以认为基准回归结果具有较强的稳健性和可靠性。

**Table 6.** Robustness tests—replacing explanatory variables  
**表 6.** 稳健性检验——替换解释变量

	(1)	(2)
	ECI	ECI
IC	-0.010*** (0.000)	-0.005*** (0.000)
GDP		0.021*** (0.001)
ID		-0.038 (0.077)
CZH		-0.529*** (0.079)
FDI		-0.006 (0.004)
RD		0.001 (0.003)
RKMD		-0.061*** (0.014)
_cons	0.968*** (0.021)	1.380*** (0.096)
N	2948	2947

表 7 是同时控制省份、年份、个体的高维固定效应检验，避免因维度简化而导致信息损失，未加入控制变量和加入控制变量的结果都显示数字金融发展(lnDFI)的系数在 1% 的水平上显著为负。

**Table 7.** Robustness tests—higher dimensional fixed effects tests  
**表 7.** 稳健性检验——高维固定效应检验

变量及统计参数	(1) ECI	(1) ECI
lnDFI	-0.563*** (0.182)	-0.618*** (0.173)
MGDP		-0.000 (0.005)
ID		-0.482** (0.201)
CZH		0.023 (0.021)
lnFDI		0.728*** (0.211)
lnRD		0.006 (0.005)

续表

<b>lnPD</b>		<b>-0.143*</b>
		(-0.3816)
<b>_cons</b>	3.574***	2.2035***
	(0.902)	(9.1228)
<b>N</b>	2144	2143
<b>adj. R<sup>2</sup></b>	0.786	0.793

考虑到数字金融的发展与其实际产生效用具有一定的滞后性，因此进行了滞后一期的检验，其结果见表 8，仍然与基准回归结果一致，再次证明数字金融发展水平对能源消费强度的负向作用是十分稳健的。

**Table 8.** Robustness test—lagged one period regression results

**表 8.** 稳健性检验——滞后一期回归结果

变量及统计参数	(1) ECI	(2) ECI
L.lnDFI	-0.4828*** (-8.9395)	-0.4624*** (-9.6599)
MGDP		0.0062*** (4.0467)
ID		-0.6464*** (-8.4571)
CZH		0.4326*** (4.1865)
lnFDI		0.0019 (0.5037)
lnRD		0.0032 (1.1994)
lnPD		-0.0064 (-0.3816)
<b>_cons</b>	2.9290*** (9.2889)	2.2035*** (9.1228)
<b>N</b>	1876	2680
<b>adj. R<sup>2</sup></b>	0.789	0.784

## 7. 机制研究与异质性检验

### (一) 机制研究

见表 9，在中介效应检验中，产业结构升级渠道显示，数字金融发展(lnDFI)对产业结构升级(CYSJ)的系数为 0.062，显著推动产业结构升级，同时数字金融发展(lnDFI)对能源消费强度(ECI)的系数为-0.344，显著降低能源消费强度，产业结构升级通过“结构效应”降低能源消费强度：首先是可以提升各部门资源配置效率，加强产业互动，提高服务化水平，推动环境友好的第三产业发展，减少对高耗能产业的依

赖，直接降低碳排放强度；其次是促进产业从工业向服务业演进，“经济服务化”特征增强，而服务业能耗相对较低，有效抑制能源消费强度(陈加鹏等，2024) [26]，表明产业结构升级是数字金融提升能源利用效率的有效中介路径；资源配置效率渠道中，数字金融发展(lnDFI)对产业结构升级(ROK)的系数为0.442，显著提升资源配置效率，数字金融的发展可以促进资源被分配到高效益领域，减少能源浪费，如智能电网避免电力过度消耗；同时数字金融的发展使得市场透明度提高，比如绿色项目融资追踪，吸引更多资本投入低碳领域；同时能源结构的优化也能够有效降低能源消费强度，如非化石燃料替代高碳能源，降低经济发展对高耗能能源的依赖(张庆君和陈蓉，2023) [27] [28]，结合数字金融发展(lnDFI)对能源消费强度(ECI)的系数-0.344，资源配置效率(ROK)的提升直接降低能源消费强度。绿色技术创新渠道中，数字金融发展(lnDFI)对绿色技术创新(lnGTI)的系数为0.014，未通过显著性检验，表明该渠道不成立。综上，数字金融发展(lnDFI)通过产业结构升级、资源配置效率渠道显著抑制能源消费强度，假设 H2a、H2b 成立；而绿色技术创新渠道(GTI)未形成有效中介，可能的原因是从绿色技术的研发到应用的过程中，多方协同合作，但相关协同创新机制仍存在堵点，各主体间合作不够紧密，难以形成优势互补、利益共享、风险共担的“产学研金介”合作机制，导致共性技术研发受阻，绿色技术创新难以有效开展。其次还有可能是数字金融与绿色技术创新的适配性不佳，数字金融虽能为绿色技术创新提供资金等支持，但可能在支持的方式、方向或精准度上存在问题，与绿色技术创新的实际需求不匹配，使得数字金融对绿色技术创新的促进作用不显著。因此假设 H2c 不成立。

**Table 9.** The mediation effect test

**表 9.** 中介效应检验结果

变量及统计参数	能源消费强度	产业结构升级渠道	资源配置效率渠道	绿色技术创新渠道
	(a)	(b1)	(b2)	(b3)
	ECI	CYSJ	ROK	lnGTI
lnDFI	-0.344*** (0.052)	0.062*** (0.012)	0.442*** (0.091)	0.014 (0.016)
Controls	YES	YES	YES	YES
_cons	2.909*** (0.106)	0.201*** (0.054)	-2.047*** (0.428)	0.051 (0.070)
N	2946	2946	2946	2945
adj. R <sup>2</sup>	0.414	0.547	0.022	-0.090

## (二) 异质性分析

考虑到不同资源禀赋和地理位置的地区可能存在差异，我们进行了异质性检验，见表 10，异质性检验结果显示，在资源禀赋方面，对于非资源型城市，数字金融发展(lnDFI)对能源消费强度(ECI)的系数为-0.325 且在 1%的水平上显著；而对于资源型城市，数字金融发展(lnDFI)对能源消费强度(ECI)的系数为-0.396 且在 1%的水平上显著，且资源型城市的系数绝对值更大，表明数字金融对资源型城市的能源消费强度的抑制作用更强。在地理位置方面，对于东部地区，数字金融发展(lnDFI)对能源消费强度(ECI)的系数为-0.316 且在 1%的水平上显著；中部地区为-0.319 且在 1%的水平上显著；西部地区为-0.403 且在 1%的水平上显著，且西部地区的系数绝对值最大，说明数字金融对西部地区的能源效率的推动作用最为显著。这背后可能存在着复杂的原因，本文尝试从资源禀赋角度解释区域异质性的原因，西部地区煤炭、石油等传统能源储量丰富，长期依赖资源开发形成高耗能产业结构，能源消费强度高。数字金融凭借大

数据分析技术，能够精准识别这些高耗能产业的转型需求，引导资金投向清洁能源开发与能源技术改造项目，如在新疆、内蒙古等地助力风能、太阳能等新能源产业发展，相比东部地区以制造业、服务业为主的产业结构，更易通过资源配置优化降低能源消费强度。在经济结构层面，东部地区经济发达，产业结构以高附加值的服务业和高新技术产业为主，能源利用效率相对较高，数字金融对能源消费强度的边际改善空间有限；而西部地区经济结构中传统工业占比较大，数字金融可通过区块链搭建供应链金融平台，降低企业融资成本，推动传统产业向绿色化转型，进而显著降低能源消费强度。其他变量在不同异质性分组下的回归结果也表现出一定的差异性，进一步揭示了数字金融对能源消费强度影响的异质性特征。

**Table 10. Heterogeneity test**

**表 10. 异质性检验结果**

变量 及统计参数	资源禀赋		地理位置		
	(1) 非资源型城市	(2) 资源型城市	(1) 东部	(2) 中部	(3) 西部
lnDFI	-0.325*** (0.013)	-0.396*** (0.022)	-0.316*** (0.016)	-0.319*** (0.019)	-0.403*** (0.028)
Controls	YES	YES	YES	YES	YES
_cons	2.100*** (0.095)	2.963*** (0.144)	2.685*** (0.125)	2.559*** (0.127)	2.444*** (0.173)
N	1748	11650	1099	1056	780
adj. R <sup>2</sup>	0.474	0.323	0.401	0.381	0.473

## 8. 结论及政策建议

### (一) 研究结论

本文采用了 2011~2021 年中国 268 个地级市的面板数据，重点研究数字金融对能源消费难度的影响和作用机制。本文主要得出了以下结论：数字金融发展水平的提高能够显著降低能源消费强度，这表明了数字金融发展对提升能源利用率、降低经济对能源的利用率具有积极的促进作用；资源配置效率、产业结构升级在数字金融促进能源消费强度中发挥显著的中介作用；数字金融对能源消费强度的负向作用在不同地区存在差异，对资源型城市和西部地区的低碳转型作用更强。

### (二) 政策建议

#### 1. 强化数字金融对低碳转型的核心驱动作用

东部地区依托发达的数字技术基础，引导金融机构开发智能投顾、碳金融衍生品等高端数字金融产品，助力高附加值产业绿色创新；中西部地区重点完善数字支付、移动信贷等基础服务网络，结合当地特色农业、生态旅游等产业，开发专属数字金融产品，如“绿色农业数字贷”，提升金融服务对低碳产业的精准支持。同时，各地共同推动金融机构与科技企业合作，运用人工智能优化风控模型，提高低碳项目融资效率。各地应加速数字金融基础设施建设，尤其向中西部地级市、农村等数字金融覆盖薄弱区域倾斜，通过优化移动支付、数字信贷等服务场景，提升数字金融普惠性，持续发挥数字金融降低能源消费强度的核心效能。

#### 2. 深化中介路径协同发展

资源配置效率层面：建立数字金融与资源配置的联动机制，利用数字金融的数据分析优势，精准识别高能耗、低效率企业，减少资源错配。比如具体而言：东部地区借助数字金融数据整合优势，建立跨

区域资源配置平台,推动能源、资金等要素向高效企业流动;中西部地区利用数字技术搭建本地资源监测与调配系统,实时掌握企业能耗与生产数据,实现资源精准配置。针对资源型城市,运用区块链技术记录资源开采、加工等环节数据,确保资金流向高效清洁的资源利用项目,减少资源错配。

产业结构升级层面:借助数字金融推动产业绿色化转型,对发展循环经济、清洁能源的企业提供数字化融资便利。例如,对转型中的制造业城市,支持数字金融平台与产业园区合作,为绿色产业链上的企业提供供应链金融服务,加速产业结构向低能耗方向升级。东部地区推动数字金融与高端制造业融合,支持企业开展绿色智能制造;中部地区依托产业集群优势,通过数字金融平台为传统产业升级提供供应链金融服务;西部地区聚焦清洁能源与生态产业,开发“绿色产业数字基金”,为产业绿色化转型提供长期稳定资金支持。同时,各地加强数字金融平台与产业园区合作,打造绿色产业生态圈,加速产业结构向低能耗方向升级。

### 3. 因地制宜优化区域政策

资源型城市应充分发挥数字金融的大数据分析与风险评估优势,搭建资源转型数字化服务平台。通过整合城市资源储备、产业发展数据,精准定位转型方向,设计专属数字金融产品。如推出“资源转型专项数字信贷”,依据企业转型规划与项目潜力,提供差异化利率与额度;利用区块链技术构建供应链金融体系,连接上下游企业,助力资源型城市构建循环经济产业链,推动传统资源产业向新能源、新材料等领域转型。西部地区应加大对西部地级市数字金融的政策扶持,如通过税收优惠鼓励金融机构在西部布局数字金融服务网点,同时配套低碳转型项目库,引导数字金融资金精准投入西部清洁能源开发、生态产业等领域,放大数字金融对西部地区能源消费强度的抑制作用。

## 基金项目

2024年贵州省大学生创新创业训练一般项目(gzucg2024026);2025年贵州大学实验室开放一般项目(SYSKF2025-077)。

## 参考文献

- [1] 宋岚,王莉,邹方政.基于LMDI及TIRPAT模型的中国工业能源消费碳排放峰值预测研究[J].西部经济理论论坛,2023,34(6):90-99.
- [2] 耿德伟,任军霞,崔佳佳,等.积极发展绿色数字金融有效助力“双碳”转型[J].中国经贸导刊,2023(8):44-47.
- [3] 钱海章,陶云清,曹松威,等.中国数字金融发展与经济增长的理论及实证[J].数量经济技术经济研究,2020,37(6):26-46.
- [4] 方师乐,黄祖辉,徐欣南.数字金融发展的包容性增长效应——农户非农创业的视角[J].农业技术经济,2025(2):43-62.
- [5] 李梁,殷凤春.数字普惠金融、融资约束与中小企业投资效率[J].科学管理研究,2024,42(1):106-114.
- [6] 毛晓蒙,王仁曾.数字金融与绿色发展——来自中国286个城市的经验证据[J].金融论坛,2023,28(9):69-80.
- [7] 詹姝珂,王仁曾,刘耀彬.金融科技与绿色金融协同对产业结构升级的影响——基于异质性环境规制视角[J].中国人口·资源与环境,2023,33(11):152-162.
- [8] 王仁曾,詹姝珂,刘耀彬.金融科技对普惠金融与绿色金融协同发展的驱动效应研究[J].厦门大学学报(哲学社会科学版),2024,74(4):27-40.
- [9] 斯丽娟,曹昊煜.绿色信贷政策能够改善企业环境社会责任吗——基于外部约束和内部关注的视角[J].中国工业经济,2022(4):137-155.
- [10] 冯素玲,许德慧,张榕.数字金融发展如何赋能二氧化碳减排?——来自地级市的经验证据[J].当代经济科学,2023,45(4):15-28.
- [11] 牟凯琪.以数字金融推进制造业绿色转型[J].中国外资,2024(22):71-73.
- [12] 孙嘉雯,陆岷峰.“双碳”目标下的绿色金融与数字金融融合发展路径研究[J].北方金融,2024(12):7-13.

- [13] 刘刚, 李奕生, 王可. 数字金融与能源绿色低碳转型: 理论机制与政策应对[J]. 华北金融, 2024(12): 62-74.
- [14] Shi, Y. and Yang, B. (2024) Study on the Impact of Green Digital Finance on Low-Carbon Transition of Energy Consumption Structure under Multidimensional Perspective—Empirical Evidence from China. *Energy Strategy Reviews*, **54**, Article ID: 101445. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101445>
- [15] Wan, J., Pu, Z. and Tavera, C. (2022) The Impact of Digital Finance on Pollutants Emission: Evidence from Chinese Cities. *Environmental Science and Pollution Research*, **30**, 42923-42942. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18465-4>
- [16] 杨娅琳, 吴强. 数字金融能否促进企业绿色创新——基于企业社会责任和环境规制视角[J]. 财务与金融, 2024, 39(5): 57-67.
- [17] 周春喜, 陶莺, 王威. 绿色金融能否提升城市经济韧性? [J]. 财经论丛, 2024(7): 70-80.
- [18] Goldstein, S., Jiang, W. and Karolyi, G.A. (2021) Fintech and Financial Innovation: Drivers and Depth. *Journal of Financial Economics*, **141**, 327-348.
- [19] 李雪松, 党琳, 赵宸宇. 数字金融与资源配置效率——基于绿色技术创新的视角[J]. 经济研究, 2022, 57(3): 45-62.
- [20] Porter, M.E. and Linde, C.V.D. (1995) Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, **9**, 97-118. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>
- [21] 蔡昉, 都阳, 王美艳. 数字经济驱动产业结构升级的机制研究[J]. 中国工业经济, 2020, 38(5): 5-22.
- [22] 田轩, 孟清扬, 黄益平. 数字金融与中小企业绿色转型研究[J]. 金融研究, 2023, 48(2): 1-19.
- [23] 张宗新, 张帅. 数字金融提升我国资本要素配置效率研究[J]. 社会科学, 2022(11): 129-139.
- [24] 郭峰, 王靖一, 王芳, 等. 测度中国数字普惠金融发展: 指数编制与空间特征[J]. 经济学(季刊), 2020, 19(4): 1401-1418.
- [25] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022(5): 100-120.
- [26] 陈加鹏, 刘丹丹, 徐蔼婷. 产业结构升级会降低碳排放强度吗?——基于绿色税收视角的考察[J]. 中国环境管理, 2024, 16(4): 80-90.
- [27] 张庆君, 陈蓉. 绿色金融政策创新与能源消费碳排放强度: 资源配置效应还是绿色创新效应[J]. 甘肃社会科学, 2023(5): 206-218.
- [28] 陈卓. 绿色信贷、金融资源错配与实体企业全要素生产率[J]. 财会通讯, 2024(11): 81-86.