http://www.resourcesindustries.net.cn zycy@cugb.edu.cn

数字经济发展与能源转型
——内在机理与实证检验

郭梦阳[1,2]，蔡林美[1,2]

（1. 延安大学 经济与管理学院，陕西 延安 716000；
2. 陕西省能源产业绿色低碳发展软科学研究基地，陕西 延安 716000）

摘 要：稳妥推进碳达峰、碳中和是我国统筹经济增长与生态环保的全局性重大战略部署，也是践行绿色发展理念、应对全球气候变化、推动经济高质量发展的必然要求。能源转型作为落实“双碳”战略的核心路径，其推进成效直接关系到“双碳”目标的实现进程。当前，能源新质生产力为能源转型注入全新动力，数字经济作为新时代的核心生产要素，与能源新质生产力深度融合，成为破解我国能源转型中技术创新不足、资源配置不合理、区域发展不均衡等难题的关键举措。基于此，从能源新质生产力视角，选取 2011—2023 年我国 30 个省份的面板数据，建立数字经济发展与能源转型评价指标体系，并运用固定效应模型与中介效应模型，实证检验数字经济对能源转型的影响效应及其内在机制。研究表明，数字经济发展对能源转型具有显著的正向促进作用，数字经济主要通过深化技术创新、提高资源配置效率、推动产业结构转型升级 3 条路径协同驱动能源转型。数字经济对能源转型的促进作用存在明显差异：从区域层面来看，西部地区的促进效应最为显著，东部地区相对较弱；从数字经济形态来看，数字产业化对能源转型的推动效应明显高于产业数字化；从能源禀赋层面来看，能源禀赋型省份的转型促进作用显著强于非能源禀赋型省份。研究结论为推动数字技术与能源产业深度融合、加快培育能源新质生产力提供依据，为制定差异化、精准化的能源转型政策提供重要参考，对构建现代能源体系、稳妥推进碳达峰碳中和目标的实现具有重要的实践指导意义。

关键词：数字经济；能源转型；能源新质生产力；技术创新；产业结构升级；资源配置优化
中图分类号：F426.2 **文献标识码：**A **文章编号：**1673－2464（2026）05－0097－11

Digital Economy Development and Energy Transition: Internal Mechanisms and Empirical Tests

GUO Mengyang[1,2], CAI Linmei[1,2]

(1. *School of Economics and Management, Yan'an University, Yan'an* 716000, *China*;
2. *Shaanxi Soft Science Research Base for Green and Low-Carbon Development of Energy Industry, Yan'an* 716000, *China*)

Abstract: Steadily advancing carbon peaking and carbon neutrality is a major overarching strategic arrangement for

收稿日期：2026－01－02；**修订日期：**2026－05－12；**责任编辑：**胡媛。
网络出版地址：https://link.cnki.net/urlid/11.5426.td.20260727.1659.004 **DOI：**10.13776/j.cnki.resourcesindustries.20260727.002
基金项目：陕西省哲学社会科学重大理论与现实问题重点智库研究项目（2021ZD0998）；碳达峰、碳中和政策体系研究（2021D1001）；陕西省人大财经委高质量发展专题调研课题研究项目（2022HZ1541）。
第一作者简介：郭梦阳，硕士生，主要从事能源经济与管理研究。E-mail：894209873@qq.com
通信作者简介：蔡林美，博士、讲师，主要从事能源经济与管理研究。E-mail：cailinmei0510@yau.edu.cn

引用格式：郭梦阳，蔡林美，2026. *数字经济发展与能源转型：内在机理与实证检验*[J]. *资源与产业*，28(5)：97－107.
GUO Mengyang, CAI Linmei, 2026. Digital economy development and energy transition: Internal mechanisms and empirical tests[J]. *Resources & Industries*, 28(5): 97－107.

China to coordinate economic growth with ecological and environmental protection, and it is also an inevitable requirement for practicing the concept of green development, responding to global climate change, and promoting high-quality economic development. As the core pathway for implementing the "dual carbon" strategy, energy transition directly determines the progress of achieving the "dual carbon" goals. At present, new quality productive forces in the energy sector inject new impetus into energy transition. The digital economy, as a core factor of production in the new era, is deeply integrated with new quality productive forces in the energy sector, becoming a key measure to overcome bottlenecks in China's energy transition, such as insufficient technological innovation, irrational resource allocation, and imbalanced regional development. Accordingly, from the perspective of new quality productive forces in the energy sector, this paper selects panel data from 30 provinces in China from 2011 to 2023, constructs a multidimensional evaluation index system for digital economy development and energy transition, and uses fixed-effect and mediation-effect models to empirically examine the impact of the digital economy on energy transition and its internal mechanism. The results show that digital economy has a significant positive promoting effect on energy transition, mainly through technological innovation, improved resource allocation efficiency, and industrial structure upgrading. There are notable differences in the promoting effect of digital economy on energy transition. The effect is strongest in western China and weaker in the east; digital industrialization has a stronger effect than industrial digitalization; and energy-endowed provinces show stronger effects than non-energy-endowed ones. This study provides evidence for digital-energy integration and new quality productive forces in energy, informs differentiated energy transition policies, and supports building a modern energy system and achieving carbon peaking and carbon neutrality.

Key words: digital economy; energy transition; new quality productive forces in energy; technological innovation; industrial structure upgrading; resource allocation optimization

0 引言

在全球气候变化与能源安全双重压力下，能源转型已成为世界各国实现可持续发展的核心战略选择。全球气候变暖引发各类生态灾害，倒逼各国加速可再生能源规模化布局，可再生能源逐步成为全球能源结构优化的核心支撑（陈奕舒等，2026）。据国际可再生能源署统计，2024 年全球可再生能源装机容量较 2014 年实现 2.4 倍增长。作为全球最大的能源生产国与消费国，中国通过“双碳”目标、新能源示范城市建设等一系列政策举措，推动能源结构从高碳模式向低碳方向转型（余紫菱等，2025；冯梅等，2025）。在此过程中，数字经济凭借其技术创新活力与要素配置优化能力，正深度渗透到能源生产、传输、消费全链条，不仅为走出传统能源发展面临的技术与效率困境提供了新思路，更成为加速能源转型进程的关键驱动力。从国家战略部署来看，党的二十届四中全会明确提出“加快规划建设新型能源体系，健全煤炭清洁高效利用机制”，为“双碳”目标下的能源转型划定发展主线；2025 年发布的《能源工作指导意见》进一步提出“因地制宜发展能源新质生产力”，设定非化石能源发电装机占比为 60% 左右、年度新增新能源装机 2 亿千瓦以上的发展目标，为能源转型落地提供清晰的行动指引。

自 2023 年起，新质生产力成为经济领域的核心议题。能源新质生产力是新质生产力在能源领域的具象化体现，以技术革命性突破、要素创新性配置、产业深度转型升级为核心特征（李燕等，2025），成为推动能源系统绿色化、高效化、智能化转型的先进生产力形态。从数字经济、能源新质生产力与能源转型三者的内在逻辑来看，数字经济以数据为关键生产要素，凭借其技术迭代快、要素流动性强、创新溢出效应显著的特质，为能源新质生产力的培育提供核心动能，而能源新质生产力的发展则通过重构能源生产组织形式、优化要素配置逻辑、升级产业发展形态，将数字经济的技术优势与配置效能转化为能源转型的实际成效，最终推动能源系统从高碳依赖向清洁高效转型。但现有研究仍存在明显短板，尚未系统厘清数字经济作用于能源转型的完整传导链条，对于数字经济、能源新质生产力、能源转型三者的内在耦合机理、差异化赋能特征缺乏统一实证检验。对这些问题进行深入探究，不仅能够丰富数字能源领域理论解释框架，助力绿色发展与高质量发展战略深度融合，也可为全

球碳中和协同治理提供经验参考。

已有研究表明，数字经济发展具有缓解能源要素错配（罗啸潇等，2023）、提高能源利用效率（刘建江等，2023）、助力绿色经济增长（卢京宇等，2025）以及推动清洁能源发展（Wang et al.，2023）等多方面影响。在能源转型领域，现有研究多聚焦于转型内涵、时空演变过程及驱动机制（王强等，2025），部分文献实证检验数字经济对能源转型的直接影响：毛丰付等（2024）基于城市面板数据研究，发现数字经济能够显著推动城市能源消费清洁化转型，该效应在化石能源匮乏城市表现更强；董依婷等（2025）从政府、居民双重约束异质性视角再次验证数字经济对城市能源绿色变革的正向驱动作用。尽管学界普遍认可数字经济对能源转型的促进作用，但现有研究对二者之间的中介传导机制挖掘不足，尤其缺乏结合能源新质生产力特性与数字经济内涵的深层机制验证及异质性分析。基于此，本文以 2011—2023 年中国 30 个省份（自治区、直辖市）的面板数据作为研究样本，将数字经济、能源新质生产力与能源转型三者纳入统一分析框架，实证检验数字经济对能源转型的影响效应、作用机制及异质性特征。

相较于已有研究，本文的边际贡献主要体现在以下 3 方面：1）以能源新质生产力为核心分析视角，从技术创新驱动、资源配置优化、产业结构升级 3 个维度解构数字经济影响能源转型的内在作用机理，完善能源绿色转型的理论解释框架；2）构建涵盖能源结构、能源效率、碳排放强度的多维度评价体系，突破单一维度衡量的局限；3）基于数字经济核心内涵，从数字产业化与产业数字化的宏观维度探究其对能源转型的异质性影响，同时兼顾区域差异与能源禀赋差异，为促进数字经济发展与“双碳”目标实现提供了更具针对性的政策参考。

1　理论分析与研究假设

1.1　数字经济对能源转型的直接影响

数字经济作为一种新兴经济形态，依托信息通信技术的迅猛发展，借助智能化与数字化手段重塑能源生产、消费及管理模式，为能源转型与可持续发展注入新动力。党的十九届四中全会首次将数据正式纳入生产要素的范畴（杨维新等，2024），习近平总书记进一步提出打造以数据为核心生产要素的数字经济，为数字产业与能源产业融合发展提供明确指引。从生产效率角度来看，数据要素与传统生产要素的深度融合，简化了能源生产经营中的复杂操作环节，不仅提升了传统要素的边际报酬水平，还拓展了能源生产活动的可行边界，从而显著提高能源利用效率（陈晓红等，2022）。从可再生能源发展角度来看，数字技术完善了风光储能系统实时监测、智能调度能力，为可再生能源发展提供了有力支撑（Shahbaz et al.，2022），进而推动能源结构向新能源主导方向转型。基于以上分析，提出假设 H_1。

H_1：数字经济发展对能源转型具有显著的促进作用。

1.2　数字经济对能源转型的间接影响

能源新质生产力是新质生产力在能源领域的具象化，具有技术革命性突破、要素创新性配置（数据与传统能源要素深度融合）、产业深度转型升级 3 个特征，本质是通过数字赋能实现能源系统从高碳依赖向清洁高效的范式转变。

1.2.1　技术创新的中介效应

数字经济通过技术范式跃迁与创新生态重构驱动技术创新，为能源新质生产力培育提供核心支撑（图 1）。新一代信息技术集群（人工智能、区块链等）打破传统创新要素壁垒，推动投入从资源消耗型转向知识密集型，降低成本并提升转化效率，加速创新成果跨域流动（赵向豪等，2024；王帅龙，2023）。技术创新进一步成为能源转型核心动力：技术创新渗透能源全链条，通过工业互联网平台实现全链路智能管控，优化污染治理与能源调度机制（徐维祥等，2022）；同时推动传统能源产业与数字技术融合，设备升级与流程革新打破路径依赖（石大千等，2018）；依托梅特卡夫法则的网络外部性，放大技术扩散效应（韩先锋等，2022），形成技术创新与能源转型正向循环，支撑能源新质生产力发展。基于此，本文提出假设 H_2。

H_2：数字经济发展通过提升技术创新水平，间接推动能源转型。

1.2.2　资源配置的中介效应

基于要素禀赋理论，数字经济通过重塑要素配

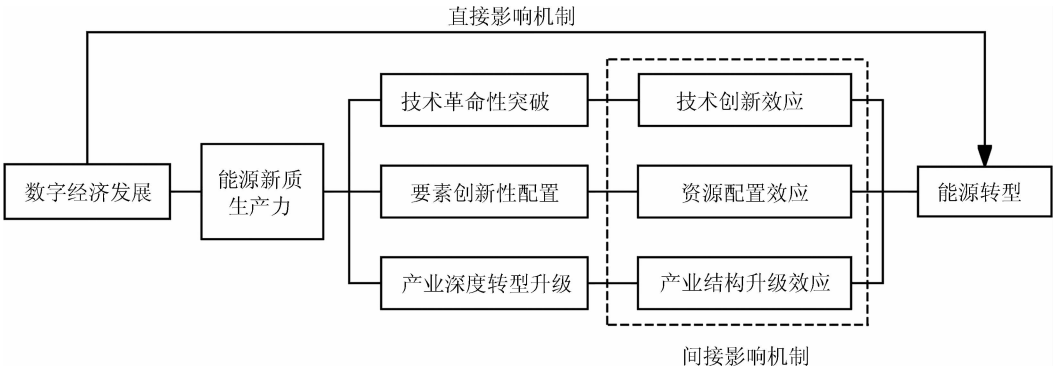


图 1 数字经济发展对能源转型影响的作用机制

Fig. 1 Mechanism of the impact of digital economy development on energy transition

置缓解资源错配，为资源配置效率提升提供系统性支撑。一方面，数字技术对生产消费全链条的动态监测与智能分析，助力市场主体精准定位要素错配的核心节点，实现资源投向的动态优化与配置效率跃迁（Lange et al.，2020）；另一方面，“东数西算”工程通过优化数字基础设施空间布局，推动算力资源与西部能源禀赋的跨区域精准匹配，为要素创新性配置提供实践载体（张夏恒，2024）。数字经济驱动的资源配置优化进一步成为能源转型的核心动能：数字经济赋能的供应链协同创新模式，推动传统能源产业向智能化、低碳化转型，通过价值链重构提升能源系统整体效能（舒嘉等，2022）；资源配置效率的提升打破能源系统的传统路径依赖，支撑能源新质生产力的形成与发展，最终促进能源系统向清洁高效模式转型。基于此，本文提出假设 H_3。

H_3：数字经济发展通过提升资源配置效率促进能源转型。

1.2.3 *产业结构升级的中介效应*

基于产业结构演进理论（夏杰长等，2023），数字经济通过产业结构合理化、产业结构高级化的双向驱动机制推动产业结构升级。数据要素的高效流转消解产业链各环节信息不对称，增强上下游协同联动，加速传统制造业向数字化、智能化服务型产业转型，推动产业链现代化水平提升（张虎等，2023）。数字经济赋能人工智能、大数据等新兴产业，重构产业空间布局，促进跨产业资源共享与协同创新，优化要素配置效率，实现产业间动态平衡。产业结构升级作为关键中介变量构建起数字经济与能源转型的传导机制：产业高级化推动高附加值、低排放产业替代低附加值、高能耗产业，降低碳排放强度；产业合理化通过产业间协同创新与资源优化配置，提升能源利用效率。双重路径共同培育能源新质生产力，助力能源体系低碳变革。基于此，提出假设 H_4。

H_4：数字经济发展通过推动产业结构升级间接促进能源转型。

2 研究设计

2.1 模型构建

2.1.1 *基准回归模型*

为验证数字经济发展和能源转型的线性关系，构建基准回归模型。

$$ET_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \mathrm{DEI}_{it} + \alpha_n X_{it} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中：ET_{it} 为 i 省份 t 年能源转型指数；DEI_{it} 为数字经济发展水平；X_{it} 为一系列控制变量的集合；μ_i 为个体固定效应；θ_t 为时间固定效应；ε_{it} 为随机误差项。

2.1.2 *中介效应模型*

为识别技术创新、资源配置、产业结构升级 3 条中介传导路径，借鉴江艇（2022）中介检验思路构建中介模型。

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 \mathrm{DEI}_{it} + \beta_n X_{it} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中 M_{it} 为中介变量。

2.2 变量选取

2.2.1 *被解释变量*

能源转型指数（ET）。能源转型的核心内涵是实现从传统化石能源到清洁可再生能源的转变，其评价需兼顾结构优化、效率提升与低碳减排三大核

心目标。结合理论内涵以及数据可获取性，选取 3 类核心指标，构建评价体系：1）可再生能源发电占比，即新能源发电量与总发电量之比（Wang et al.，2023），直接反映能源结构的清洁化程度；2）能源效率，即国内生产总值与能源消耗总量之比（杨森等，2019），衡量能源利用的高效化水平；3）碳排放强度，即碳排放量与国内生产总值之比（王俊等，2025），用以表征能源消费的低碳化成效。采用熵值法确定各指标权重，并据此计算能源转型综合指数，旨在科学评估能源转型的整体推进成效。

2.2.2　核心解释变量

数字经济发展水平（DEI）。借鉴王军等（2021）、潘为华等（2021）的相关研究，并结合《中国数字经济发展白皮书（2022 年）》，构建包含 3 个一级指标、14 个二级指标的数字经济发展水平综合指标体系（表 1），运用熵值法测度数字经济发展水平。

表 1　数字经济发展评价指标体系

Table 1　Evaluation index system of digital economy development

一级指标	二级指标	指标解释	单位	指标属性
数字基础设施建设	互联网宽带接入端口数	互联网宽带接入端口总数	万个	+
	移动电话普及率	每百人移动电话部数	部/百人	+
	长途光缆线路长度	长途光缆线路长度	万 km	+
	互联网域名数	互联网域名总数	万个	+
数字产业化水平	软件业务收入	软件业务收入总额	万元	+
	电信业务水平	电信业务总量占 GDP 的比重	%	+
	信息技术服务收入	信息技术服务收入总额	万元	+
	信息服务业从业人数占比	信息传输、软件和信息技术服务业城镇单位就业人员/城镇单位就业人员	%	+
产业数字化水平	电子商务销售额	企业电子商务销售总额	亿元	+
	电子商务交易活动比例	有电子商务交易的企业数与企业总数的比值	%	+
	每百家企业拥有网站数	每百家企业拥有网站总数	个	+
	数字普惠金融指数	北京大学数字普惠金融指数		+
	快递业务量	快递业务数量	万件	+
	科技创新投入	规模以上工业企业研发经费	万元	+

2.2.3　中介变量

1）技术创新（*Ti*）。用各省发明专利申请授权量的对数值来衡量。

2）产业结构升级（Uis）。参考袁航等（2018）的研究，利用熵值法计算产业结构高级化和产业结构合理化的权重，最终合成产业结构升级指数。产业结构高级化体现产业结构从低级向高级演进的动态过程，用第三产业与第二产业增加值之比衡量（张欣艳等，2024）；产业结构合理化代表产业间的耦合协调度及产业要素投入产出效能，用泰尔指数衡量（周国富等，2021），计算公式为

$$TL = \sum_{n=1}^{3} \frac{Y_{in}}{Y_n} \ln\left(\frac{Y_{in}}{Y_n} / \frac{L_{in}}{L_n}\right), \quad (3)$$

式中：*TL* 为泰尔指数；*i* 为省份；*n* 为产业；*Y* 为总产值；L_{in} 为就业人数。

3）资源配置（*Ra*）。借鉴林伯强等（2013）的研究，用要素市场扭曲程度（各地区要素市场发育水平得分与样本最高得分的相对差距）进行度量。计算公式为

$$Ra_{it} = \frac{\max(\text{score}_{it}) - \text{score}_{it}}{\max(\text{score}_{it})} \times 100, \quad (4)$$

式中$score_{it}$为第 *i* 个区域在第 *t* 年的要素市场发育得分。

2.2.4　控制变量

1）经济发展水平（pgdp）。用人均 GDP 取对数来衡量。

2）城镇化率（urba）。用城镇人口占总人口的

比重来衡量。

3）对外开放水平（open）。用各区域进出口总额与 GDP 的比值来衡量。

4）工业化水平（ind）。用工业增加值占地区生产总值的比重来衡量。

5）环境规制（env）。用工业污染治理完成投资与工业增加值的比值来衡量。

2.3 数据来源与处理

本文以 2011—2023 年全国 30 个省、自治区、直辖市（不含西藏、港澳台地区）的面板数据作为研究样本，原始数据来自《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》、中国碳排放数据库、国家能源统计局公开数据库及历年统计公报等，少量缺失数据用线性插值法补齐。各指标的描述性统计见表 2。

表 2 变量描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of variables

变量	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
数字经济发展水平	390	0.119	0.106	0.019	0.754
能源转型	390	0.148	0.074	0.024	0.676
产业结构升级	390	0.801	0.403	0.403	3.238
技术创新	390	8.429	1.475	4.248	11.872
资源配置	390	0.346	0.398	−0.077	2.847
经济发展水平	390	9.336	0.464	8.542	10.807
城镇化率	390	0.606	0.12	0.35	0.896
对外开放水平	390	0.27	0.277	0.008	1.464
工业化水平	390	0.32	0.081	0.101	0.556
环境规制	390	0.003	0.003	0.000	0.031

3 实证分析

3.1 基准回归结果

为探究数字经济对能源转型的直接影响，依据豪斯曼检验结果（$P=0$），最终采用固定效应模型开展基准回归，逐步纳入控制变量以观测系数稳定性。

由表 3 可知，无论是否纳入控制变量，数字经济变量的回归系数均在 1% 的显著性水平上为正。具体而言，数字经济发展水平每提高 1 个单位，能源转型水平便会提升 0.144 个单位，这说明数字经济对能源转型具有显著的推动作用，假设 H_1 得到验证。

表 3 基准回归结果

Table 3 Baseline regression results

变量	*ET*					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DEI	0.197***	0.176***	0.142***	0.142***	0.145***	0.144***
	(4.952)	(4.361)	(3.144)	(3.020)	(2.963)	(2.935)
pgdp		0.055**	0.066***	0.065***	0.068***	0.070***
		(2.486)	(2.847)	(2.791)	(2.631)	(2.663)
urba			−0.197*	−0.192	−0.192	−0.182
			(−1.669)	(−1.283)	(−1.277)	(−1.197)
open				−0.002	−0.000	−0.001
				(−0.049)	(−0.004)	(−0.015)
ind					0.016	0.029
					(0.264)	(0.429)
env						0.430
						(0.488)
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
常数项	0.088***	−0.427**	−0.416**	−0.416**	−0.450*	−0.473*
	(13.848)	(−2.061)	(−2.012)	(−2.009)	(−1.838)	(−1.895)
N	390	390	390	390	390	390
R^2	0.531	0.539	0.543	0.543	0.543	0.543

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著；括号内数值为 *t* 值；下同

3.2　内生性检验

基准回归结果表明，数字经济发展对能源转型具有显著正向作用。但需注意，上述分析尚未充分考虑遗漏变量、样本选择偏差或变量间双向因果关系等因素引发的内生性问题。为提升研究结论的稳健性，选取数字经济滞后一期（冯兰刚等，2023）作为工具变量，采用两阶段最小二乘法（2SLS）重新估计，结果见表 4。

表 4　两阶段最小二乘估计结果

Table 4　Two-stage least squares estimation results

变量	（1）第一阶段 DEI	（2）第二阶段 *ET*
DEI		0.121 5**
		（2.208 4）
L. DEI	1.079 1***	
	（55.195 9）	
控制变量	是	是
时间固定效应	是	是
个体固定效应	是	是
N	360	360
R^2	0.491	0.417

从表 4 可以看出，第一阶段滞后一期数字经济系数显著为正，满足工具变量相关性的要求；第二阶段 DEI 系数依然显著为正，排除内生性干扰后，数字经济促进能源转型的核心结论保持不变。

3.3　稳健性检验

为避免因指标测度方式差异而导致的估计偏差，采用主成分分析法对数字经济指标进行重新测度。经 KMO 与 Bartlett 检验验证适配性后，提取特征值大于 1 的主成分，并以方差贡献率作为权重，合成新的数字经济综合指数，进而重新评估其对能源转型的影响。表 5 列（1）结果显示，重构后数字经济变量回归系数为 0.018，且在 5% 统计水平上显著（$P<0.05$）。这一结果验证了基准结论的稳健性，进一步证实数字经济对能源转型具有促进作用。

为规避个别样本的干扰，将北京、天津、上海、重庆 4 个直辖市样本予以剔除，重新进行回归分析，结果见表 5 列（2）。考虑到 2015 年、2016 年的股市大幅波动以及 2020 年新冠疫情冲击可能对研究结论产生外部干扰，为削弱此类异常年份的影响，剔除 2015 年、2016 年、2020 年的样本后再次开展回归分析，结果见表 5 列（3），DEI 的估计系数仍显著为正。为避免因变量遗漏可能造成的估计偏差，在模型（1）中加入控制变量政府干预程度，再次进行回归，回归结果如表 5 列（4）所示。为控制极端值对估计结果的潜在干扰，对所有连续变量实施 1% 分位数的双侧缩尾处理，回归结果见表 5 列（5）。表 5 列（2）—（5）的实证结果表明，经多项稳健性检验后，数字经济变量的回归系数始终在 1% 和 5% 的水平上保持正向显著。由此证实，数字经济对能源转型具有促进作用这一核心结论具有较强的稳健性。

表 5　稳健性检验结果

Table 5　Robustnesstest results

变量	（1）替换核心解释变量	（2）剔除直辖市	（3）剔除特殊年份	（4）增加控制变量	（5）缩尾处理
DEI	0.018**	0.126**	0.150**	0.144***	0.157***
	（2.496）	（2.095）	（2.536）	（2.932）	（4.705）
控制变量	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是
常数项	−0.490*	−0.352	−0.461	−0.337	−0.503***
	（−1.953）	（−1.279）	（−1.442）	（−0.954）	（−3.190）
N	390	338	300	390	390
R^2	0.540	0.464	0.535	0.543	0.753

3.4 作用机制分析

3.4.1 技术创新的中介效应分析

为验证本文提出的数字经济可凭借技术创新推动能源转型这一假设，将公式（2）的中介变量设定为技术创新。表 6 列（1）显示，数字经济发展对技术创新具有显著正向影响，且在 1% 统计水平上通过显著性检验。这说明数字经济能够通过提升技术创新水平，对区域能源转型产生推动作用。其内在逻辑是技术创新有助于能源领域关键技术突破（如可再生能源开发），同时通过优化能源生产与消费环节的技术应用，从供给侧和需求侧双向提高能源利用效率，进而加快能源结构的低碳化转型。假设 H_2 得以验证。

3.4.2 资源配置的中介效应分析

为验证数字经济可通过资源配置效应间接驱动能源转型这一假设，将公式（2）的中介变量设定为资源配置。表 6 列（2）表明，数字经济发展对资源配置效率具有显著的提升作用，回归系数为 0.383，且在 10% 的水平上显著。这表明资源配置效率提升是数字经济推动能源转型的重要途径，即数字经济通过提高资本、劳动力、技术等生产要素的配置精准度，加速传统高耗能产业的低碳化改造以及新能源产业的资源集聚，从而间接推动能源转型进程。假设 H_3 得以验证。

表 6 中介效应回归结果

Table 6 Mediation effect regression results

变量	（1） 技术创新效应	（2） 资源配置效应	（3） 产业结构升级效应
DEI	1.126***	0.383*	0.548***
	（4.713）	（1.896）	（4.146）
控制变量	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
个体固定效应	是	是	是
常数项	1.410	0.293	4.469***
	（1.162）	（0.289）	（6.723）
N	390	390	390
R^2	0.942	0.191	0.647

3.4.3 产业结构升级的中介效应分析

为验证数字经济可借助推动产业结构升级来促进能源转型这一假设，将公式（2）的中介变量设定为产业结构升级。由表 6 列（3）可以看出，数字经济对产业结构升级具有显著的正向影响，回归系数为 0.548，且通过了 1% 显著性检验，这意味着数字经济的发展能够切实推动产业结构的优化与升级。具体而言，数字经济主要通过引导产业朝着服务化、高端化、低碳化方向发展，最终实现能源转型的目标。假设 H_4 得以验证。

3.5 异质性分析

3.5.1 基于地理区位的异质性分析

鉴于我国各区域在经济发展水平、资源储备状况等方面存在显著差异，为探究数字经济发展对能源转型影响的区域异质性，将样本划分为东部和西部两大区域开展分组回归分析，具体结果如表 7 所示。由表 7 列（1）和列（2）的结果可知，东部 DEI 系数为 0.081，不显著，而西部为 0.631，且在 1% 的水平上通过显著性检验。西部地区拥有丰富的可再生能源资源，但本地电力消耗需求较低。为缓解自身能源供需紧张局面，东部部分省份选择将数据中心放在西部。“东数西算”工程引导东部算力需求向西部转移，大幅改善了全国数据中心的空间布局。随着西部数据中心建设规模不断扩大，其对太阳能、风能、水能等清洁能源的利用效率显著提升，有力地推动了西部地区能源结构的转型升级。

3.5.2 基于数字经济发展形态的异质性分析

为探究数字经济不同发展形态对能源转型影响的差异，采用熵值法分别测算数字产业化指数与产业数字化指数，并将其作为核心解释变量，运用固定效应模型展开回归分析。由表 7 列（3）和列（4）的结果可知，相较于产业数字化，数字产业化对能源转型的促进效应更为显著。其原因在于，数字产业化专注于大数据、人工智能等关键技术的研发与创新，这些核心技术可为能源转型奠定坚实的底层技术基础；作为国家战略性新兴产业，数字产业化在政策扶持、资源配置以及人才集聚等方面具有显著优势，有利于新能源技术快速实现成果转化和推广应用。反观产业数字化，其实施主体多为传统企业，受限于转型资金约束、技术吸收能力有限等现实难题，能源转型进展相对缓慢。

3.5.3 基于能源禀赋的异质性分析

鉴于各省份能源禀赋的差异可能会对数字经济推

动能源转型的效果产生影响，将样本划分为能源禀赋型省份与非能源禀赋型省份，分别展开回归分析，结果见表 7 列（5）和列（6）。其中，能源禀赋型省份包括陕西省、青海省、甘肃省、四川省、云南省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区、广西壮族自治区以及重庆市。实证结果表明，数字经济对能源禀赋型省份和非能源禀赋型省份的能源转型均具有显著的促进效应，但能源禀赋型省份的影响系数（0.635）大于非能源禀赋型省份的影响系数（0.107），即数字经济对能源禀赋型省份能源转型的促进作用更为显著。这一差异的成因在于，能源禀赋型省份具备较大规模的能源产业，数字经济能够与能源开采、加工、输送等全产业链环节深度融合，从而使数字技术对能源转型的赋能效应得以充分彰显，而非能源禀赋型省份的产业结构更为多元化，数字经济对能源转型的驱动作用相对有限。

表 7　异质性检验结果

Table 7　Heterogeneity test results

变量	区位异质性		数字经济发展形态异质性		能源禀赋异质性	
	东部地区	西部地区	数字产业化	产业数字化	能源禀赋型地区	非能源禀赋型地区
	（1）	（2）	（3）	（4）	（5）	（6）
DEI	0.081	0.631***	0.141***	0.054	0.635***	0.107*
	（1.021）	（6.614）	（3.270）	（1.471）	（5.057）	（1.737）
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
常数项	−0.927	−0.898***	−0.482*	−0.492*	−0.708*	−0.653*
	（−1.476）	（−5.070）	（−1.937）	（−1.946）	（−1.930）	（−1.952）
N	182	208	390	390	117	273
R^2	0.487	0.836	0.546	0.534	0.817	0.525

4　结论及政策建议

数字经济依托互联网、云计算等信息技术重构全产业链运行模式，成为推动经济高质量发展的新动力。在碳达峰、碳中和背景下，数字经济发展能否驱动能源转型，是本文核心研究议题。本文选取 2011—2023 年我国 30 个省份的面板数据，采用固定效应与中介效应模型，系统探讨了数字经济对能源转型的影响效应及其作用机制，得出以下研究结论。

1）数字经济对能源转型具有显著促进作用，且这一结论经过内生性与稳健性检验后依然成立。

2）数字经济发展主要通过技术创新、资源配置优化及产业结构升级来驱动能源转型，三者形成协同效应，共同推进转型进程。

3）相较于东部地区，数字经济对西部地区能源转型的促进作用更为突出；数字产业化的促进效应更具显著性；与非能源禀赋型省份相比，数字经济对能源禀赋型省份能源转型的带动作用更强。

基于上述结论，提出如下政策建议。

1）推进数字经济与能源转型的协同发展。一方面，促进数字经济与传统能源部门的深度融合，为传统企业创新发展模式、调整产业结构、优化资源配置提供助力，进而催生低碳化的新技术、新业态和新产业；另一方面，依托大数据、人工智能、区块链等数字技术，加大低碳清洁能源的开发与应用，同时构建智能化的能源生产与消费体系，优化可再生能源生产、传输与消费的全流程，通过提高能源行业的信息密度来弥补清洁能源能量密度不足的短板，持续提高清洁能源使用占比，降低碳排放强度与温室气体排放，最终达到降碳目标。

2）聚焦培育能源新质生产力。推动能源产业的技术创新与结构优化，积极构建高效、绿色、低碳的现代能源体系。同时，重视科技创新与人才培养，加强产业链协同合作，增强能源供应的安全性、稳定性和可持续性，为经济社会的高质量发展提供坚实的能源支撑。

3）构建跨区域、分业态、差异化的政策保障机制。鉴于西部地区在数字经济领域的后发优势以及能源转型的现实需求，进一步加大对西部地区5G 基站、数据中心等新型基础设施建设的政策扶持力度，支持西部省份推进数字能源示范项目建设。在数字经济形态层面，着重培育数字能源核心产业，同时为传统能源企业提供数字化转型补贴并开展专业技术培训，以提升产业数字化进程中能源转型的效率与效能。从能源禀赋视角分析，能源禀赋型地区可依托数字技术对传统能源产业进行升级改造，推动其向低碳化方向发展；非能源禀赋型地区则需积极发展以数字技术驱动的新能源产业（如分布式光伏），构建多元化的能源供给体系。

参考文献

陈晓红，李杨扬，宋丽洁，等，2022. 数字经济理论体系与研究展望[J]. 管理世界，38(2)：208-224，13-16.〔Chen Xiaohong，Li Yangyang，Song Lijie，et al.，2022. Theoretical framework and research prospect of digital economy[J]. Journal of Management World，38(2)：208-224，13-16.〕

陈奕舒，张心悦，潘玲颖，2026. 可再生能源与产业结构优化的动态互动：基于 VAR 模型的实证研究[J]. 资源与产业，28(3)：77-88.〔Chen Yishu，Zhang Xinyue，Pan Lingying，2026. A dynamic interaction between renewable energy and industrial structural optimization based on VAR model[J]. Resources & Industries，28(3)：77-88.〕

董依婷，原珂，赵贤，等，2025. 数字经济赋能城市能源转型：基于政府与公众异质约束视角[J]. 中国人口·资源与环境，35(6)：100-111.〔Dong Yiting，Yuan Ke，Zhao Xian，et al.，2025. Digital economy enabling urban energy transition：Based on the perspective of heterogeneous constraints of government and the public[J]. China Population，Resources and Environment，35(6)：100-111.〕

冯兰刚，阳文丽，王忠，等，2023. 中国数字经济与城市碳排放强度：时空演化与作用机制[J]. 中国人口·资源与环境，33(1)：150-160.〔Feng Langang，Yang Wenli，Wang Zhong，et al.，2023. Digital economy and urban carbon emission intensity in China：Spatio-temporal evolution and mechanisms[J]. China Population，Resources and Environment，33(1)：150-160.〕

冯梅，韦韬，兰岚，等，2025. 能源结构优化对我国经济高质量发展的影响研究[J]. 管理评论，37(4)：33-45.〔Feng Mei，Wei Tao，Lan Lan，et al.，2025. Study on the impact of energy structure optimization on the high-quality development of China's economy[J]. Management Review，37(4)：33-45.〕

韩先锋，宋文飞，李勃昕，等，2022. 数字金融赋能绿色创新的异质非线性调节效应[J]. 中国人口·资源与环境，32(10)：65-76.〔Han Xianfeng，Song Wenfei，Li Boxin，et al.，2022. Heterogeneous nonlinear regulation effect of digital finance empowerment on green innovation[J]. China Population，Resources and Environment，32(10)：65-76.〕

江艇，2022. 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(5)：100-120.〔Jiang Ting，2022. Mediating effects and moderating effects in causal inference[J]. China Industrial Economics(5)：100-120.〕

李燕，黄谊，2025. 新质生产力对中国西部地区技术进步的影响研究：基于空间杜宾模型[J]. 资源与产业，27(4)：59-70.〔Li Yan，Huang Yi，2025. Impacts of new quality productivity on technical advances in western China based on spatial Durbin model[J]. Resources & Industries，27(4)：59-70.〕

林伯强，杜克锐，2013. 要素市场扭曲对能源效率的影响[J]. 经济研究，48(9)：125-136.〔Lin Boqiang，Du Kerui，2013. The energy effect of factor market distortion in China[J]. Economic Research Journal，48(9)：125-136.〕

刘建江，李渊浩，2023. 数字经济如何赋能全要素能源效率提升？[J]. 财经理论与实践，44(2)：105-113.〔Liu Jianjiang，Li Yuanhao，2023. How can the digital economy enable the improvement of all factor energy efficiency？[J]. The Theory and Practice of Financial and Economics，44(2)：105-113.〕

卢京宇，郭俊华，李振华，2025. 数字经济与农业绿色增长：基于投入产出结构与技术赋能视角[J]. 统计与决策，41(3)：24-29.〔Lu Jingyu，Guo Junhua，Li Zhenhua，2025. Digital economy and agricultural green growth：From the perspective of input-output structure and technology empowerment[J]. Statistics & Decision，41(3)：24-29.〕

罗啸潇，刘勇，廖斌，等，2023. 数字经济发展对能源要素错配的影响：来自中国地级及以上城市的经验数据[J]. 资源科学，45(3)：524-535.〔Luo Xiaoxiao，Liu Yong，Liao Bin，et al.，2023. Impact of digital economy development on energy mismatch：Empirical data from prefecture-level and above cities in China[J]. Resources Science，45(3)：524-535.〕

毛丰付，侯玉巧，高雨晨，2024. 数字经济对城市能源消费结构转型的影响：基于能源禀赋异质性与空间溢出效应检验[J]. 浙江学刊(6)：125-136.〔Mao Fengfu，Hou Yuqiao，Gao Yuchen，2024. The impact of digital economy on the transformation of urban energy consumption structure：A test based on energy endowment heterogeneity and spatial spillover effects[J]. Zhejiang Academic Journal(6)：125-136.〕

潘为华，贺正楚，潘红玉，2021. 中国数字经济发展的时空演化和分布动态[J]. 中国软科学(10)：137-147.〔Pan Weihua，He Zhengchu，Pan Hongyu，2021. Research on spatiotemporal evolution and distribution dynamics of digital economy development in China[J]. China Soft Science(10)：137-147.〕

石大千，丁海，卫平，等，2018. 智慧城市建设能否降低环境污染[J]. 中国工业经济(6)：117-135.〔Shi Daqian，Ding Hai，Wei Ping，et al.，2018. Can smart city construction reduce environmental pollution[J]. China Industrial Economics(6)：117-135.〕

舒嘉，丁溢，倪文君，2022. 管理科学与工程理论与方法突破若干重点前沿领域[J]. 中国管理科学，30(5)：27-30.〔Shu Jia，Ding

Yi, Ni Wenjun, 2022. Several priority frontiers in theoretical and methodological breakthroughs of management science and engineering [J]. Chinese Journal of Management Science, 30(5): 27-30.〕

王俊, 杨林燕, 2025. 数字经济、绿色技术创新与区域碳减排[J]. 湖南科技大学学报(社会科学版), 28(2): 122-132.〔Wang Jun, Yang Linyan, 2025. Digital economy, green technology innovation and regional carbon emission reduction [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Social Science Edition), 28(2): 122-132.〕

王军, 朱杰, 罗茜, 2021. 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, 38(7): 26-42.〔Wang Jun, Zhu Jie, Luo Xi, 2021. Research on the measurement of China's digital economy development and the characteristics [J]. Journal of Quantitative & Technological Economics, 38(7): 26-42.〕

王强, 党牛, 蒋子龙, 等, 2025. 碳中和背景下能源转型研究综述与展望[J]. 地理学报, 80(3): 586-604.〔Wang Qiang, Dang Niu, Jiang Zilong, et al., 2025. A review and outlook on energy transition research in the context of carbon neutrality [J]. Acta Geographica Sinica, 80(3): 586-604.〕

王帅龙, 2023. 数字经济之于城市碳排放: "加速器"抑或"减速带"? [J]. 中国人口·资源与环境, 33(6): 11-22.〔Wang Shuailong, 2023. Digital economy development for urban carbon emissions: "Accelerator" or "speed bump"? [J]. China Population, Resources and Environment, 33(6): 11-22.〕

夏杰长, 袁航, 2023. 数字经济、要素市场化与中国产业结构转型升级[J]. 广东社会科学(4): 17-27.〔Xia Jiechang, Yuan Hang, 2023. Digital economy, factor marketization and industrial structure transformation and upgrading in China [J]. Social Sciences in Guangdong(4): 17-27.〕

徐维祥, 周建平, 刘程军, 2022. 数字经济发展对城市碳排放影响的空间效应[J]. 地理研究, 41(1): 111-129.〔Xu Weixiang, Zhou Jianping, Liu Chengjun, 2022. The impact of digital economy on urban carbon emissions: Based on the analysis of spatial effects[J]. Geographical Research, 41(1): 111-129.〕

杨森, 林爱梅, 2019. 金融发展与能源效率提升: 基于技术创新中介效应的研究[J]. 技术经济与管理研究(5): 91-96.〔Yang Sen, Lin Aimei, 2019. Financial development and energy efficiency improvement: An research on intermediary effect of technological innovation[J]. Journal of Technical Economics & Management(5): 91-96.〕

杨维新, 杨云鹏, 2024. 中国式现代化背景下中国特色数据基础制度构建[J]. 财经科学(6): 48-60.〔Yang Weixin, Yang Yunpeng, 2024. Research on the construction of data infrastructure system with Chinese characteristics under the Chinese path to modernization[J]. Finance & Economics(6): 48-60.〕

余紫菱, 马梦涓, 马莉莉, 2025. 全球能源治理绿色转型与碳排放: 以 IEA 为例[J]. 国际经贸探索, 41(1): 19-36.〔Yu Ziling, Ma Mengjuan, Ma Lili, 2025. Green transition of global energy governance and carbon emission: The case of IEA[J]. International Economics and Trade Research, 41(1): 19-36.〕

袁航, 朱承亮, 2018. 国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗[J]. 中国工业经济(8): 60-77.〔Yuan Hang, Zhu Chengliang, 2018. Do national high-tech zones promote the transformation and upgrading of China's industrial structure [J]. China Industrial Economics(8): 60-77.〕

张虎, 张毅, 2023. 数字经济如何影响中国产业链现代化: 理论依据与经验事实[J]. 经济管理, 45(7): 5-21.〔Zhang Hu, Zhang Yi, 2023. How digital economy affects modernization of China's industrial chain: Internal mechanism and empirical evidence[J]. Business and Management Journal, 45(7): 5-21.〕

张夏恒, 2024. 新质生产力赋能数字经济高质量发展: 内在逻辑与实现路径[J]. 贵州师范大学学报(社会科学版)(4): 22-31.〔Zhang Xiaheng, 2024. New quality productivity forces enable high quality development of digital economy: Internal logic and implementation path [J]. Journal of Guizhou Normal University (Social Sciences Edition)(4): 22-31.〕

张欣艳, 谢璐华, 肖建华, 2024. 政府采购、数字经济发展与产业结构升级[J]. 当代财经(3): 43-55.〔Zhang Xinyan, Xie Luhua, Xiao Jianhua, 2024. Government procurement, digital economy development and industrial structure upgrading[J]. Contemporary Finance & Economics(3): 43-55.〕

赵向豪, 刘亚茹, 2024. 新质生产力视域下数字经济对资源型产业绿色转型的影响研究[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 45(6): 22-31.〔Zhao Xianghao, Liu Yaru, 2024. The impact of digital economy on the green transformation of resource-based industries from the perspective of new quality productivity [J]. Journal of Dalian University of Technology (Social Sciences), 45(6): 22-31.〕

周国富, 陈菡彬, 2021. 产业结构升级对城乡收入差距的门槛效应分析[J]. 统计研究, 38(2): 15-28.〔Zhou Guofu, Chen Hanbin, 2021. Analysis on the threshold effect of industrial structure upgrading on urban-rural income gap[J]. Statistical Research, 38(2): 15-28.〕

Lange S, Pohl J, Santarius T, 2020. Digitalization and energy consumption: Does ICT reduce energy demand [J]. Ecological Economics, 176: 106760.

Shahbaz M, Wang J, Dong K, et al., 2022. The impact of digital economy on energy transition across the globe: The mediating role of government governance [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 166: 112620.

Wang Bo, Wang Jianda, Dong Kangyin, et al., 2023. Is the digital economy conducive to the development of renewable energy in Asia? [J]. Energy Policy, 173: 113381.