

新质生产力对黄河流域资源型城市碳排放效率的影响研究

李东亮, 宋纯艳*

内蒙古师范大学经济管理学院, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2026年4月12日; 录用日期: 2026年4月29日; 发布日期: 2026年5月27日

摘要

在双碳目标与黄河流域生态保护和高质量发展双重战略背景下, 提升资源型城市碳排放效率是破解碳减排困境的关键。本文以2010~2023年黄河流域36个资源型城市面板数据为样本, 构建新质生产力评价指标体系, 运用超效率SBM模型测算碳排放效率, 实证检验新质生产力对碳排放效率的影响及作用机制。结果表明: 新质生产力显著提升黄河流域资源型城市碳排放效率, 经稳健性检验后结论依然成立。异质性显示, 新质生产力减排效应在上游城市最显著, 中游城市次之, 下游呈负向效应; 仅再生型城市提升效应显著。机制检验证实, 产业结构升级与绿色技术创新是重要中介路径。研究为黄河流域资源型城市依托新质生产力实现绿色低碳转型提供理论支撑与政策参考。

关键词

新质生产力, 黄河流域, 资源型城市, 碳排放效率, 中介效应

Research on the Impact of New Quality Productivity on Carbon Emission Efficiency of Resource based Cities in the Yellow River Basin

Dongliang Li, Chunyan Song*

School of Economics and Management, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia

Received: April 12, 2026; accepted: April 29, 2026; published: May 27, 2026

*通讯作者。

文章引用: 李东亮, 宋纯艳. 新质生产力对黄河流域资源型城市碳排放效率的影响研究[J]. 低碳经济, 2026, 15(2): 159-171. DOI: 10.12677/jlce.2026.152017

Abstract

Against the dual strategic backdrop of the dual carbon goals and the ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin, enhancing carbon emission efficiency in resource-based cities is key to overcoming the dilemma of carbon emission reduction. This paper uses panel data from 36 resource-based cities in the Yellow River Basin from 2010 to 2023 as a sample to construct an evaluation index system for new quality productivity, employs the super-efficiency SBM model to measure carbon emission efficiency, and empirically tests the impact and mechanism of new quality productivity on carbon emission efficiency. The results show that new quality productivity significantly enhances the carbon emission efficiency of resource-based cities in the Yellow River Basin, and this conclusion remains valid after robustness checks. Heterogeneity analysis reveals that the emission-reduction effect of new quality productivity is most pronounced in upstream cities, followed by midstream cities, while downstream cities exhibit a negative effect, with only regenerative cities showing significant improvement. Mechanism tests confirm that industrial structure upgrading and green technology innovation are important mediating paths. This study provides theoretical support and policy references for resource-based cities in the Yellow River Basin to achieve green and low-carbon transformation relying on new quality productivity.

Keywords

New Quality Productivity, Yellow River Basin, Resource-Based Cities, Carbon Emission Efficiency, Mediating Effect

Copyright © 2026 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

在全球气候变化问题日益严峻的背景下, 实现碳达峰、碳中和目标已成为国际社会的广泛共识, 也是推动我国经济社会发展全面绿色转型的战略导向。作为世界上最大的碳排放国, 中国政府于 2020 年做出“双碳”目标的庄严承诺, 标志着绿色低碳转型已成为高质量发展的核心议题。然而, 长期以来形成的以高消耗、高排放为特征的粗放型经济发展模式, 使得在推进经济增长的同时实现深度碳减排面临着严峻的结构性挑战。如何破解资源环境约束, 提升碳排放效率, 实现经济富强与环境优美的辩证统一, 成为亟须深入思考的重要命题。特别是在减污降碳协同推进的背景下, 实现污染物与温室气体的协同控制不仅是促进经济高质量发展和生态可持续转型的重要路径, 更是构建环境友好型和资源节约型社会的必要手段[1][2]。

新质生产力概念的提出, 为解决上述困境提供了全新的理论视野和实践路径。从理论内涵看, 新质生产力并非对传统生产力的简单改良, 而是以科技创新为核心驱动力, 摆脱传统经济增长方式, 具备高科技、高效能、高质量特征的先进生产力质态[3][4]。它是劳动者、劳动资料、劳动对象三大实体性要素及其优化组合的质变跃升, 同时深度融合了数据等新型生产要素, 具有涉及领域新、技术含量高、要素配置优和环境友好的鲜明特征[5][6]。这种生产力的系统性变革, 标志着人类改造自然的能力发生了质的飞跃, 能够通过推动产业结构升级、降低能源消耗强度、促进绿色技术创新等路径, 有效驱动经济社会向绿色低碳转型, 为提升碳排放效率注入全新动能。研究表明, 新质生产力不仅能够显著促进产业结构

高级化和合理化, 还能通过绿色技术进步等中介机制实现减污降碳的协同效应。在作用机制层面, 新质生产力可以通过提升资源配置效率来推动资源型城市产业结构升级, 其发展有助于优化劳动力和资本要素配置, 改善长期以来存在的劳动力错配和资本错配问题[7]。同时, 数字化转型作为新质生产力的重要表现形式, 能够通过绿色技术创新和产业结构高级化等中介路径促进减污降碳协同发展, 但这一效应的发挥受到能源效率的门槛约束——只有当能源效率跨越关键门槛后, 数字化转型的绿色效益才能充分发挥[8]。

黄河流域在我国区域经济版图中具有举足轻重的地位, 但同时也面临着严峻的碳排放压力。作为我国重要的能源、化工和原材料基地, 黄河流域九省(区)工业发展长期倚重高污染、高耗能产业, 碳排放总量占全国比重超过三分之一, 降碳减排的难度与压力尤为突出[9] [10]。尤其是流域内分布着大量的资源型城市, 这些城市以矿产资源、能源资源的开采和加工为主要经济支柱, 具备资源依赖性强、环境负担重等特征[11]。资源型城市普遍面临产业结构单一、对资源依赖性强、碳排放基数大以及转型动力不足的结构困境, 过度依赖自然资源的粗放型经济扩张模式导致生态环境脆弱、发展质量有待提高等挑战[12]。现有研究以超效率 SBM 模型为基础, 研究黄河流域碳排放效率的空间分布格局及经济发展、技术创新等因素的影响机制, 以及聚焦资源型城市经济增长目标、可持续发展政策对碳排放效率的影响[12]-[14]。然而, 现有研究仍存在值得深入拓展的领域: 其一, 多数研究聚焦于流域或省域整体层面, 针对黄河流域资源型城市这一兼具“能源基地”与“生态脆弱区”双重属性的特定对象, 尚未系统探究新质生产力对其碳排放效率的影响机制; 其二, 尽管已证实碳排放效率的异质性特征, 但现有研究对异质性的解析多停留在宏观区域或单一生命周期阶段划分, 未能结合黄河流域资源型城市的资源禀赋、产业结构差异, 细致刻画新质生产力减排效应的差异化表现; 其三, 现有研究虽识别了技术创新、产业结构等影响碳排放效率的中介路径, 但对于新质生产力如何协同这些路径发挥作用、各路径的相对重要性如何, 缺乏针对性的实证检验与量化分析。

鉴于此, 本文以 2010~2023 年黄河流域 36 个资源型城市的面板数据为样本, 深入探讨新质生产力对碳排放效率的影响及其作用机制, 旨在为资源型城市绿色低碳转型提供更具针对性的理论支撑与政策启示。本文的边际贡献在于: 一是在研究视角上, 聚焦黄河流域资源型城市这一特定对象, 拓展了新质生产力与碳排放效率关系研究的边界, 为资源型地区绿色转型提供更具针对性的理论依据; 二是在研究内容上, 基于实体性要素与渗透性要素双重视角构建新质生产力评价指标体系, 并引入产业结构升级与绿色技术创新作为中介变量, 试图打开新质生产力影响资源型城市碳排放效率的内在“黑箱”; 三是在实证策略上, 通过区域异质性与生命周期异质性分析, 细致刻画新质生产力在不同特征资源型城市中的差异化减排效果, 同时参考已有研究对资源型城市发展阶段划分的成熟做法, 以期为因地制宜地制定差异化政策提供科学支撑。

2. 理论分析与研究假设

2.1. 新质生产力对黄河流域资源型城市碳排放效率的直接影响

第一, 新质生产力推动传统要素与新型生产要素的深度融合与协同增效[15]。在新一代人工智能、大数据、物联网等技术的驱动下, 劳动力、资本、土地等传统要素与数据、算法、算力等新型要素实现系统性重组, 通过数据聚合实现生产过程的精准感知, 依托算法优化实现能源消耗的智能调度, 借助算力提升构建虚拟仿真与数字孪生体系, 从而推动生产组织方式向高效化、集约化和绿色化方向转型。这种要素深度融合催生了资源共享、精准匹配和紧密协作的产业生态圈, 大幅减少了传统生产模式下的能源冗余与资源错配, 从源头上降低了碳排放水平。第二, 新质生产力推动劳动对象的形态变革与产业形态的绿色转型[16]。氢能、新型储能材料、碳捕集利用与封存技术、光电子材料以及数据资源等逐渐成为新型

劳动对象, 这些要素本身具有可循环、低排放和高效能的特征, 催生了先进新能源、节能环保和绿色制造等低碳产业形态的快速成长。由技术革命性突破带来的劳动对象创新, 直接改变了传统产业高消耗、高排放的路径依赖, 使经济增长与碳排放之间逐步实现结构性脱钩。第三, 新质生产力推动要素资源配置方式的优化与全要素生产率的绿色化提升[17]。依托数字化平台和智能调度系统, 各类要素资源实现跨区域、跨行业的自由流动与协作化开发, 产业链上下游之间的物质流、能量流和信息流实现高效耦合, 大幅降低了传统条块分割下的资源消耗与碳排放。这种资源配置方式的根本性变革, 推动产业数字化、智能化与绿色化的深度融合, 使传统资源消耗型产业逐步向生态友好型产业转变, 绿色全要素生产率获得系统性提升。基于此, 本文提出以下假设:

假设 1: 新质生产力促进了黄河流域资源型城市碳排放效率提升。

2.2. 新质生产力对黄河流域资源型城市碳排放效率的间接影响

2.2.1. 新质生产力通过推动产业结构升级提升黄河流域资源型城市的碳排放效率

新质生产力以科技创新为核心驱动力, 打破了资源型城市对传统资源开采、粗加工产业的路径依赖, 促进资源型城市产业结构升级[7]。其一, 新质生产力驱动下的技术变革与要素升级, 推动资源型城市逐步摆脱“一业独大”的产业格局, 培育壮大现代服务业、高端装备制造等低耗能、高附加值产业, 提升非资源型产业在经济结构中的占比, 实现产业结构的高级化跃迁, 从产业构成层面降低经济发展对高碳产业的依赖; 其二, 新质生产力推动传统资源型产业的产业链纵向延伸, 引导煤炭、化工等主导产业向精深加工、产业链高端环节迈进, 减少资源初级加工环节的粗放式碳排放, 同时推动产业间的横向融合, 形成资源循环利用的产业体系, 实现产业结构的合理化配置, 提升产业整体的资源利用效率。

产业结构的优化升级则推动碳排放效率提升, 通过推动经济增长由传统高碳产业主导, 向多元低碳产业协同驱动转变, 让经济增长与碳排放逐步实现结构性脱钩; 同时, 产业结构升级还可以提高能源等各种资源要素的利用效率[18]。高级化的产业结构能够实现生产要素的跨产业高效配置, 减少产业发展中的能源冗余消耗与资源错配问题, 从源头上降低单位产值的碳排放强度, 最终实现碳排放效率的系统性提升。基于此, 本文提出以下假设:

假设 2: 新质生产力能够推动产业结构升级来提升黄河流域资源型城市碳排放效率。

2.2.2. 新质生产力通过推动绿色技术创新提升黄河流域资源型城市的碳排放效率

一方面, 新质生产力的发展为绿色技术创新提供要素支撑与动力来源[19]。新质生产力为绿色技术研发提供了高素质的人力资本、先进的生产资料与前沿的产业发展方向, 劳动者素质提升与生产率提高为绿色技术研发提供专业人才储备, 劳动资料的低碳化升级为绿色技术的试验与应用提供硬件基础, 未来产业发展则为绿色技术的创新方向提供指引; 技术创新能力的提升直接增加科研投入规模、提高专利授权效率, 将创新资源向绿色技术领域倾斜, 生产组织的数字化、智能化转型则能加速绿色技术的研发进程与转化效率, 降低绿色技术研发的时间与成本。

另一方面, 绿色技术的进步与应用能够从产业转型、能源结构优化、污染治理等方面, 推动黄河流域资源型城市碳排放降低[20]。绿色专利成果的落地转化, 能够为资源型城市的传统高耗能产业提供低碳改造技术, 推动煤炭、化工等主导产业的工艺升级, 降低单位产值的碳排放强度; 绿色技术的发展还能推动清洁能源的开发与利用, 优化资源型城市以化石能源为主的能源结构, 从能源供给端减少碳排放; 同时, 绿色技术在污染治理领域的应用, 能够提升工业废气、废水等污染物的处理效率, 减少生产过程中的碳排放与碳泄漏。

假设 3: 新质生产力能够推动绿色技术创新来提升黄河流域资源型城市碳排放效率。

3. 研究设计

3.1. 变量选取

被解释变量：本研究采用包含非期望产出的超效率 SBM 模型对碳排放效率进行测算，结果如表 1 所示。

Table 1. Meaning and measurement of carbon emission efficiency indicators

表 1. 碳排放效率指标含义与测算

指标类别	指标名称	指标测算	单位
投入指标	劳动投入	各城市年末单位从业人数	万人
	资本投入	以 2010 年为基期用永续盘存法估算固定资本存量[4]	万元
	能源投入	能源消费总量	(以标准煤计)万 t
期望产出	GDP	国内生产总值	万元
非期望产出	碳排放量	城市二氧化碳排放量	t

解释变量：借鉴董志良等[21]与韩文龙等[22]的已有研究，本文将新质生产力的指标体系划分为实体性要素与渗透性要素两个维度，选取实体性要素和渗透性要素共计 15 个三级指标，选择熵值法对黄河流域 36 个资源型城市进行测度，结果如表 2 所示。

Table 2. Evaluation index system for new quality productivity

表 2. 新质生产力评价指标体系

维度	一级指标	二级指标	三级指标	单位	方向
实体性要素	劳动者	劳动者素质	教育投入	万元	正
			高等学校在校生	人	正
		劳动者生产率	人均 GDP	元	正
			在岗职工平均工资	元	正
		劳动者意识	每百人新创企业数	个	正
	劳动资料	基础设施	公路总里程	km	正
			建成区绿地面积	hm ²	正
		污染排放	工业二氧化硫排放量	吨	负
			工业废水排放量	万吨	负
		劳动对象	未来产业	机器人安装密度	%
渗透性要素	技术创新能力	科技投入	科研投入	万元	正
		科技产出	专利授权数	件	正
	生产组织	绿色化	生活垃圾无害化处理率	%	正
		智能化	人工智能企业数	个	正
		数字化	计算机及软件从业人员占比	%	正

控制变量：选取对外开放程度(OPEN)，人口规模(POP)，环境规制(ER)，政府干预(GOV)，信息化水平(INF)作为控制变量。其中，对外开放程度(OPEN)用进出口总额与地区生产总值的比值来衡量，人口规

模(POP)用年末总人口取对数来衡量, 环境规制(ER)用环境保护支出占财政支出的比重来衡量, 政府干预(GOV)用财政支出占国内生产总值的比重来衡量, 信息化水平(INF)用互联网宽带接入用户取对数来衡量。

中介变量: 选取产业结构升级(UIS), 绿色技术(GT)作为中介变量。其中, 产业结构升级(UIS)用第三产业增加值与第二产业增加值之比衡量, 绿色技术(GT)用绿色专利数量来衡量。

3.2. 研究方法

本研究利用熵值法测算新质生产力指标权重, 具体计算过程如下:

1. 数据标准化处理

正向指标公式:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} + 0.0001 \quad (1)$$

负向指标公式:

$$Z_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} + 0.0001 \quad (2)$$

其中, Z_{ij} 为经过标准化处理后的指标值; x_{ij} 为 i 样本 j 指标的原始值; $\max(x_j)$ 为 j 指标的最大值; $\min(x_j)$ 为 j 指标的最小值。

2. 计算指标比重

$$P_{ij} = \frac{Z_{ij}}{\sum_{i=1}^n Z_{ij}} \quad (3)$$

其中, P_{ij} 为 i 样本 j 指标的比重; n 为样本数量。

3. 计算信息熵值

$$e_j = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (4)$$

其中, e_j 为指标信息熵。

4. 计算信息熵冗余度

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

其中, d_j 为信息熵冗余度。

5. 计算指标权重

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} \quad (6)$$

其中, w_j 为 j 指标的权重; m 为指标的数量。

6. 计算新质生产力指数

$$Q_i = \sum_{j=1}^m w_j Z_{ij} \quad (7)$$

其中, Q_i 表示第 i 个样本的新质生产力得分。

3.3. 模型设定

本研究参考宋敏等[13]的研究, 构建包含非期望产出的超效率 SBM 模型测度黄河流域资源型城市碳排放效率, 具体形式如下:

$$\rho = \min \frac{1 - \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{s_m^x}{x_{im}^t}}{1 + \frac{1}{N_1 + N_2} \left(\sum_{n_1=1}^{N_1} \frac{s_{n_1}^y}{y_{im_1}^t} + \sum_{n_2=1}^{N_2} \frac{s_{n_2}^b}{b_{im_2}^t} \right)} \quad (8)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I Z_i^t x_{im}^t + s_m^x = x_{im}^t & (m = 1, 2, \dots, M) \\ \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I Z_i^t x_{im_1}^t - s_{n_1}^y = y_{im_1}^t & (n_1 = 1, 2, \dots, N_1) \\ \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I Z_i^t b_{im_2}^t + s_{n_2}^b = b_{im_2}^t & (n_2 = 1, 2, \dots, N_2) \\ Z_i^t \geq 0, s_m^x \geq 0, s_{n_1}^y \geq 0, s_{n_2}^b \geq 0 \end{cases} \quad (9)$$

式中: ρ 为效率值; M 、 N_1 、 N_2 分别为决策单元的投入、期望产出与非期望产出的变量个数; 向量 x 为投入; y 和 b 分别为期望产出与非期望产出; s_m^x 、 $s_{n_1}^y$ 和 $s_{n_2}^b$ 分别为 x 、 y 和 b 对应的松弛变量; i 和 t 为城市和年份, x_{im}^t 、 $y_{im_1}^t$ 和 $b_{im_2}^t$ 分别为在 t 年份 i 地区的投入、期望产出和非期望产出。

为验证新质生产力对黄河流域资源型城市碳排放效率的影响, 文章以新质生产力为核心解释变量, 黄河流域资源型城市碳排放效率为被解释变量进行实证分析, 并且构建如下固定效应模型:

$$CEE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 NQP_{it} + \alpha_2 Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

式中: i 表示城市, t 表示年份, CEE 表示碳排放效率, NQP 表示新质生产力, $Controls$ 表示一系列控制变量, μ_i 表示个体固定效应, λ_t 表示时间固定效应, ε_{it} 表示随机扰动项, α 表示回归系数。

为验证产业结构升级与绿色技术创新在新质生产力对黄河流域资源型城市碳排放影响中的中介效应, 借鉴江艇[23]的研究方法进行中介效应检验:

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 NQP_{it} + \beta_2 Controls_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

式中: M_{it} 表示中介变量; 其他变量含义同公式(3)。

3.4. 数据来源及说明

Table 3. Descriptive statistical result of variables

表 3. 变量的描述性统计结果

变量	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
CEE	504	0.457	0.182	0.128	1.073
NQP	504	0.168	0.103	0.043	0.678
ER	504	0.036	0.018	0	0.148
OPEN	504	0.064	0.122	0.001	1.222
GOV	504	0.211	0.089	0.070	0.541
POP	504	5.510	0.677	3.766	6.731
INF	504	6.218	0.882	3.738	8.143
UIS	504	0.913	0.487	0.152	3.525
GT	504	168.939	213.889	2	1444

本文的数据主要取自黄河流域各省市的《统计年鉴》，对于缺失的有关数据采取线性插值法补全。最终得到 36 个黄河流域资源型城市 2010 年至 2023 年的面板数据。

主要变量的描述性统计结果如表 3 所示。

4. 结果与分析

4.1. 基准回归分析

基准回归结果验证了新质生产力对黄河流域资源型城市碳排放效率的核心影响(表 4)，在未加入控制变量的回归模型(1)中，新质生产力的回归系数为 0.255，且在 5% 的统计水平上显著，表明新质生产力对碳排放效率存在显著的正向促进作用；加入外贸依存度、人口规模等一系列控制变量后，模型(2)中新质生产力的回归系数为 0.230，仍在 5% 水平上显著，仅系数小幅下降，说明在控制其他影响因素后，新质生产力对黄河流域资源型城市碳排放效率的提升效应依然显著，基准假设得到验证。

Table 4. Benchmark regression results

表 4. 基准回归结果

变量	(1)	(2)
	CEE	CEE
NQP	0.255** (2.367)	0.230** (2.003)
常数项	0.336*** (19.709)	0.532 (0.705)
控制变量	否	是
时间固定	是	是
个体固定	是	是
样本量	504	504
R ²	0.374	0.425

注：***、**、*分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平，括号内为 t 值，下表同。

4.2. 稳健性检验

为验证基准回归结果的可靠性，本文采用缩尾处理被解释变量、剔除公共卫生事件时期数据、更换核心解释变量测算方法和系统 GMM 估计四种方法进行稳健性检验(表 5)。具体来看，对新质生产力和碳排放效率进行缩尾处理后，新质生产力的回归系数为 0.269，在 5% 水平上显著；剔除 2020~2022 年公共卫生事件数据后，新质生产力的回归系数提升至 0.380，在 5% 水平上显著，表明公共卫生事件的冲击一定程度上削弱了新质生产力的减排效应，在正常经济发展阶段，新质生产力对碳排放效率的提升作用更为显著；采用主成分分析法重新测算新质生产力水平，结果显示，新质生产力的回归系数为 0.055，在 1% 水平上显著，表明更换新质生产力测算方法后结果仍然稳健；采用系统 GMM 方法缓解内生性问题后，新质生产力的回归系数为 0.192，虽有所下降但仍在 5% 水平显著，且滞后一期的碳排放效率系数显著为正，表明碳排放效率存在路径依赖，同时 AR(2) P 值为 0.133、Hansen test P 值为 0.729，验证了系统 GMM 估计的有效性，工具变量选取合理。

Table 5. Robustness test results
表 5. 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	缩尾处理	剔除公共卫生事件年份	更换新质生产力测算方法	系统 GMM 估计
NQP	0.269** (2.166)	0.380** (2.378)	0.055*** (2.888)	0.192** (2.330)
L.CEE				0.809*** (15.260)
常数项	0.577 (0.767)	1.507 (1.599)	0.676 (0.910)	0.156** (2.090)
控制变量	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是
样本量	504	396	504	468
R ²	0.425	0.354	0.431	
AR (1) P 值				0.059
AR (2) P 值				0.133
Hansen test P 值				0.729

4.3. 异质性分析

4.3.1. 区域异质性

Table 6. Heterogeneity analysis results of regional
表 6. 区域异质性分析结果

变量	(1)	(2)	(3)
	上游资源型城市 CEE	中游资源型城市 CEE	下游资源型城市 CEE
NQP	3.608** (2.071)	0.414* (1.760)	-0.210* (-1.951)
常数项	4.057** (2.371)	1.852* (1.777)	-3.208** (-2.056)
控制变量	是	是	是
时间固定	是	是	是
个体固定	是	是	是
样本量	98	252	154
R ²	0.525	0.447	0.755

黄河流域上游、中游、下游资源型城市在资源禀赋、经济发展水平、创新能力和产业结构等方面存在显著差异, 导致新质生产力的碳排放效率提升效应呈现明显的区域异质性(表 6)。上游城市中, 新质生产力的回归系数为 3.608, 在 5%水平上显著为正, 表明新质生产力对上游资源型城市碳排放效率的提升

效应显著。究其原因,上游城市生态环境脆弱,碳减排政策约束较强,且产业发展相对滞后,新质生产力的引入能够快速推动当地要素配置优化和绿色产业发展,实现碳排放效率的跨越式提升;中游城市中,新质生产力的回归系数为0.414,在10%水平上显著,这是因为,中游城市作为黄河流域重要的能源化工基地,虽以传统高耗能产业为主、产业结构固化问题突出,但在政策引导与绿色技术渗透下,新质生产力仍能通过节能改造、资源集约利用等途径释放一定减排效能,因此表现出边际显著的正向作用;下游城市中,新质生产力的回归系数为-0.210,在10%水平上显著为负,这是因为,下游城市经济发展水平较高,产业结构已趋于稳定,新质生产力发展过程中存在的技术研发、产业升级等短期投入,一定程度上带来了增量碳排放,且下游城市碳排放基数大,减排边际成本较高,导致新质生产力的减排效应短期内未能显现。

4.3.2. 生命周期异质性

基于资源型城市生命周期理论,将其划分为成长型、成熟型、衰退型和再生型四类,异质性分析结果(表7)显示,新质生产力对不同生命周期资源型城市碳排放效率的影响存在显著差异,仅再生型城市的提升效应通过显著性检验。再生型城市中,新质生产力的回归系数为0.536,在10%水平上显著为正,表明新质生产力对该类城市碳排放效率的提升效应最为显著。原因在于再生型城市已完成初步的产业转型,摆脱了对传统资源产业的过度依赖,形成了多元产业发展格局,且创新能力、基础设施等要素支撑条件较好,能够有效承接新质生产力的技术赋能,充分释放其减排效应;成长型城市中,新质生产力的回归系数为0.761但不显著,该类城市正处于产业扩张期,资源开发强度不断加大,新质生产力的减排效应被产业扩张带来的增量碳排放抵消;成熟型城市中,新质生产力的回归系数为-0.101且不显著,这类城市资源开发和产业发展已趋于稳定,产业结构固化、要素错配等问题突出,新质生产力的引入难以快速推动产业转型,减排效应未能有效发挥;衰退型城市中,新质生产力的回归系数为-0.096但不显著,该类城市面临经济发展放缓、要素支撑薄弱、创新能力不足等问题,虽新质生产力具有减排潜力,但受限于自身发展条件,技术转化和产业升级的能力不足,减排效应难以显现。

Table 7. Heterogeneity analysis results of life cycle

表 7. 生命周期异质性分析结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	成长型资源型城市 CEE	成熟型资源型城市 CEE	衰退型资源型城市 CEE	再生型资源型城市 CEE
NQP	0.761 (1.285)	-0.101 (-0.872)	-0.096 (-0.427)	0.536* (1.993)
常数项	4.887** (2.519)	-5.115*** (-5.438)	-0.497 (-0.659)	-2.932 (-0.617)
控制变量	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是
样本量	98	252	98	56
R ²	0.534	0.675	0.783	0.805

4.4. 机制检验

本文以产业结构升级和绿色技术创新为中介变量,检验新质生产力影响碳排放效率的内在传导机制

(表 8)。新质生产力对产业结构升级和绿色技术创新的回归系数均在统计水平上显著为正, 验证了二者的中介效应, 即新质生产力可通过推动产业结构升级和促进绿色技术创新两条路径, 间接提升黄河流域资源型城市的碳排放效率。具体来看, 新质生产力对产业结构升级的回归系数为 0.776, 在 1%水平上显著为正, 表明新质生产力能够有效推动黄河流域资源型城市产业结构向高级化、绿色化方向升级, 而产业结构升级通过降低高耗能产业占比、提升低排放产业贡献度, 进一步推动碳排放效率提升; 新质生产力对绿色技术创新的回归系数为 1393.573, 在 1%水平上显著为正, 表明新质生产力为绿色技术创新提供了充足的要素支撑和动力来源, 能够显著提升资源型城市的绿色技术创新水平, 而绿色技术创新通过推动清洁能源开发利用, 从生产端和能源端实现碳减排, 进而提升碳排放效率。

Table 8. Mediation effect test results

表 8. 中介效应检验结果

变量	(1)	(2)
	UIS	GT
NQP	0.776*** (2.605)	1393.573*** (13.045)
常数项	12.864*** (6.575)	-3250.553*** (-4.630)
控制变量	是	是
时间固定	是	是
个体固定	是	是
样本量	504	504
R ²	0.526	0.694

5. 结论

本文以 2010~2023 年黄河流域 36 个资源型城市面板数据为样本, 实证分析了新质生产力对碳排放效率的影响、异质性特征及中介机制, 主要得出以下结论:

(1) 新质生产力对黄河流域资源型城市碳排放效率具有显著的正向提升效应, 且这一结论在多种稳健性检验后依然成立, 表明新质生产力作为绿色生产力, 是推动黄河流域资源型城市绿色低碳转型、提升碳排放效率的核心驱动力。

(2) 新质生产力对碳排放效率的提升效应存在显著区域异质性与生命周期异质性。区域层面, 上游城市正向效应最强且显著, 中游城市正向效应次之, 下游城市呈显著负向效应; 生命周期层面, 仅再生型城市提升效应显著, 成长型、成熟型、衰退型城市效应均不显著。上述异质性源于不同区域、不同生命周期城市在资源禀赋、产业结构、发展阶段与要素支撑条件上的差异。

(3) 产业结构升级和绿色技术创新是新质生产力提升碳排放效率的两大核心中介路径, 新质生产力能够通过推动实体性要素升级和渗透性要素赋能, 促进资源型城市产业结构向高级化、绿色化转型, 同时为绿色技术创新提供要素支撑和动力来源, 而产业结构升级和绿色技术创新又进一步推动碳排放效率的提升。

6. 对策建议

结合研究结论, 针对黄河流域资源型城市的区域差异、生命周期特征及新质生产力的作用逻辑, 提

出以下对策建议, 充分释放新质生产力碳减排效能, 推动黄河流域资源型城市绿色低碳转型:

(1) 锚定科创核心, 筑牢新质生产力培育根基。将科技创新作为培育新质生产力的核心抓手, 加大科研投入与绿色专利转化力度, 推动新一代信息技术与传统资源产业深度融合。推动实体性与渗透性要素协同提升, 强化高素质人才培养、低碳基础设施建设, 拓展氢能、数据等新型生产要素应用, 从要素层为碳减排注入核心动力。

(2) 立足区域禀赋, 实施差异化新质生产力发展策略。上游城市依托生态优势, 推动新质生产力与清洁能源、生态产业深度结合, 持续放大减排效应; 中游城市聚焦传统高耗能产业低碳改造, 破解产业结构固化难题, 提升新质生产力渗透转化效率; 下游城市推动新质生产力发展从规模扩张向质量提升转型, 强化绿色技术研发应用, 消解产业升级过程中的短期碳排放增量。

(3) 匹配生命周期, 精准赋能不同类型城市转型发展。再生型城市强化创新要素集聚, 推动新质生产力向产业链高端延伸, 打造碳减排示范标杆; 成长型城市将绿色低碳理念融入产业扩张规划, 严控高耗能产业盲目发展, 减少增量碳排放的抵消效应; 成熟型城市破除产业结构壁垒, 优化要素资源配置, 提升新质生产力在传统产业中的渗透效率; 衰退型城市强化政策与要素保障, 以新质生产力培育新经济增长点, 夯实绿色转型基础。

(4) 强化产业与技术双轮驱动, 完善绿色转型政策保障。以新质生产力推动产业结构向低耗、高效、多元方向升级, 降低对传统资源产业的路径依赖, 从产业结构层面源头控碳; 加大绿色技术创新扶持力度, 搭建产学研协同创新平台, 完善技术研发与落地应用的激励机制, 推动绿色技术在传统产业改造、污染治理、清洁能源开发等领域全面应用, 从生产和能源端精准减碳。同时将碳排放效率纳入城市高质量发展核心考核, 优化环境规制与财政金融支持政策, 引导社会资本向低碳产业、绿色创新领域集聚, 加强知识产权保护, 以系统化政策协同为产业升级、技术创新及新质生产力发展筑牢制度保障。

参考文献

- [1] 刘志华等. 新质生产力赋能碳中和绩效: 作用机制与实证检验[J]. 环境科学, 2025, 46(11): 6709-6721.
- [2] 周雪琼. 新质生产力、颠覆性技术创新与碳排放绩效[J]. 技术经济与管理研究, 2024(11): 1-6.
- [3] 盛朝迅. 新质生产力的形成条件与培育路径[J]. 经济纵横, 2024(2): 31-40.
- [4] 王洪艳. 新质生产力对碳排放效率的影响——基于产业结构高度化和合理化的双重视角[J]. 统计与决策, 2024, 40(17): 24-29.
- [5] 蒋永穆, 乔张媛. 新质生产力: 逻辑、内涵及路径[J]. 社会科学研究, 2024(1): 10-18, 211.
- [6] 李德山, 贾子萱. 新质生产力的减污降碳效应研究[J]. 生态经济, 2025, 41(9): 188-197.
- [7] 许磊, 刘永团, 刘硕, 等. 新质生产力、资源配置效率对资源型城市产业结构升级的影响[J]. 中国矿业, 2025, 34(3): 33-42.
- [8] 朱高立, 圣莉, 杨清可, 等. 数字化转型对减污降碳协同的影响机制及门槛效应: 基于 110 个地级资源型城市的调查[J]. 环境科学, 2025, 46(12): 7513-7523.
- [9] 王军, 刘瑜. 数字经济对黄河流域碳排放的影响机制研究[J]. 人民黄河, 2025, 47(4): 1-6, 14.
- [10] 程云洁, 陈亮, 段鑫. 新质生产力对黄河流域九省(区)碳排放的影响研究[J]. 人民黄河, 2025, 47(6): 8-13, 24.
- [11] 苏喜军, 侯思言, 张国兴. 黄河流域资源型城市“生态-经济”系统协同效应研究[J]. 生态经济, 2025, 41(11): 95-103.
- [12] 肖义, 孔庆申. 资源型城市可持续发展政策对碳排放效率的影响[J]. 自然资源学报, 2025, 40(3): 833-854.
- [13] 宋敏, 邹素娟. 黄河流域碳排放效率的区域差异、收敛性及影响因素[J]. 人民黄河, 2022, 44(8): 6-12, 56.
- [14] 边志强, 钟顺昌. 资源型城市经济增长目标对碳排放效率的影响[J]. 中国环境科学, 2023, 43(8): 4395-4408.
- [15] 韩永彩, 程丽雯, 钟昌标. 数据要素和传统要素协同配置与企业新质生产力[J]. 工业技术经济, 2025, 44(4): 80-89.

-
- [16] 赵敏娟, 杜瑞瑞. 新质生产力推动农业全产业链绿色转型: 理论逻辑与路径选择[J]. 农业现代化研究, 2024, 45(5): 723-732.
- [17] 岳利萍, 杨欣怡. 扩绿、增长协同推进: 来自发展新质生产力的再考察[J]. 西北大学学报(哲学社会科学版), 2025, 55(4): 167-184.
- [18] 尚姝, 冯兰刚. 长江经济带数字化发展对碳排放绩效的影响及路径研究[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2024, 45(6): 42-55.
- [19] 石柔刚, 徐维祥. 新质生产力能否促进绿色创新的“量质齐升”: 基于产业协同集聚的调节效应分析[J]. 环境科学, 2025, 46(12): 7577-7589.
- [20] 李春梅, 沈文科. 黄河流域资源型城市绿色转型发展路径[J]. 地球科学与环境学报, 2025, 47(3): 427-440.
- [21] 董志良, 姜书强, 赵燕娜. 新质生产力对京津冀区域碳排放的影响机制[J]. 环境科学, 2025, 46(10): 6119-6132.
- [22] 韩文龙, 张瑞生, 赵峰. 新质生产力水平测算与中国经济增长新动能[J]. 数量经济技术经济研究, 2024, 41(6): 5-25.
- [23] 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.