

碳价对能源效率的影响研究

张盈盈, 卞颖娟

江苏大学财经学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2025年4月21日; 录用日期: 2025年6月3日; 发布日期: 2025年6月10日

摘要

碳交易是我国目前主要的减排政策工具, 碳价机制对于提高能源效率、实现能耗总量和强度“双控”目标具有重要的意义。本文基于2006~2022年275个地级市的面板数据, 探讨了碳价对能源效率的影响。研究发现, 碳价对能源效率的提升效应显著。机制检验表明, 碳价可以通过提高绿色技术创新水平与推动产业结构高级化来提高能源效率。在经过内生性检验以及其他稳健性检验后, 研究结论依旧成立。此外, 碳价的提升效应可能随城市的地理位置、环境重点保护程度表现出不同的异质性。由此得出, 应进一步扩大和深化扩大碳市场覆盖范围, 充分发挥碳价机制的激励作用, 优化区域差异化碳价政策, 以实现能源效率的最大化提升。

关键词

碳价, 能源效率, 绿色技术创新

The Impact of Carbon Price on Energy Efficiency

Yingying Zhang, Yingjuan Bian

College of Finance and Economics, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: Apr. 21st, 2025; accepted: Jun. 3rd, 2025; published: Jun. 10th, 2025

Abstract

Carbon trading is the main emission reduction policy tool in China, and the carbon price mechanism is of great significance for improving energy efficiency and realizing the goal of “double-control” of total energy consumption and intensity. Based on the panel data of 275 prefecture-level cities from 2006 to 2022, this paper explores the impact of carbon price on energy efficiency. It is found that carbon price has a significant effect on energy efficiency. The mechanism test shows that carbon price can improve energy efficiency by increasing the level of green technology innovation and promoting the advanced industrial structure. After the endogeneity test and other robustness tests, the

文章引用: 张盈盈, 卞颖娟. 碳价对能源效率的影响研究[J]. 运筹与模糊学, 2025, 15(3): 222-230.

DOI: 10.12677/orf.2025.153155

findings still hold. In addition, the enhancement effect of carbon price may show different heterogeneity according to the geographic location of the city and the degree of environmental priority protection. It is concluded that the coverage of the carbon market should be further expanded and deepened to give full play to the incentives of the carbon pricing mechanism and optimize the regional differentiated carbon pricing policy in order to maximize the improvement of energy efficiency.

Keywords

Carbon Price, Energy Efficiency, Green Technological Innovation

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

能源作为经济社会发展的物质基础,正逐步进入数字技术和能源产业深度融合的新发展阶段。党的二十大报告强调深入推进能源革命,积极稳妥推进碳达峰碳中和。建设能源强国,必须全面推进能源效率提升。2023年中央经济工作会议也明确提出必须加快建设新型能源体系,加强资源节约集约循环高效利用。现阶段,我国碳排放总量呈上升趋势,环境问题突出、资源利用效率低等结构性矛盾明显。因此提高能源效率是促进节能减排、实现“双碳”目标的必然要求,对构建新发展格局、实现经济社会全面绿色转型也至关重要。

碳定价机制以每吨二氧化碳当量作为计量单位,遵循“污染者付费”基本准则,形成经济激励,促进低碳技术革新、产业结构优化。碳交易是我国目前主要的减排政策工具,自2012年开始试点碳交易,先后建立了深圳、北京、湖北、上海、广州、天津、重庆7个试点,并于2016年建立了四川和福建2个非试点地方性碳交易市场,全国性碳交易市场也在2021年7月16日正式启动上线交易。2022年,中国政府工作报告明确指出,要推动能源革命和低碳转型,积极推动绿色低碳技术的研发与应用。碳价是碳市场的关键信号,作为调控碳交易市场的重要经济手段,影响着高碳行业的生产成本与排放成本,迫使提高减排技术创新水平,推动绿色创新,从而提高能源效率。

碳价机制作为国家实施绿色可持续发展的重大手段措施,对推动节能减排、可持续发展具有重大的现实意义。那么碳价是否提高了能源效率?具体通过什么途径实现?这些问题均有待思考。

2. 文献综述

与本文密切相关的文献主要有两类文献,第一类文献主要是研究经济社会变量与能源效率的关系。主要包括新质生产力[1]、金融发展[2]、绿色技术创新[3]、对外贸易[4]、可再生能源[5]等。随着环境政策制度的不断推出与完善,不少学者也开始关注环境政策制度对能源效率带来的影响。薛飞等[6]发现用能权交易制度能显著提升能源利用效率。谢东江等[7]发现绿色金融能显著提升城市工业绿色全要素效率。第二类文献是关于碳价的相关经济环境效应研究。基于碳排放交易试点政策,现有文献多采用双重差分方法研究碳价的经济环境效应,在宏观层面,研究发现碳价能够显著促进城市绿色技术创新水平[8]、促进碳排放强度下降[9]。在微观层面,研究发现碳价会显著降低绿色投资企业的信用风险与绿色债券信用利差[10]、短期内降低传统能源企业价值[11]和股价[12],对新能源企业股价则表现为正向影响。

综上所述,已有研究对碳价对于节能减排,绿色高质量发展的正向作用得到了广泛肯定。但是,鲜

有文献探讨碳价对能源效率的影响及其内在作用机制。基于此, 本文可能存在以下边际贡献: 首先, 虽然已有不少文献基于碳排放交易政策研究了碳价的经济环境效应, 但本文从能源效率的角度出发, 构建多元回归模型, 研究碳价对能源效率的影响, 丰富了已有的研究成果, 是寻求能源结构转型、绿色发展的积极探索。其次, 从绿色技术创新水平与产业结构升级两个维度, 深入探讨碳价影响能源效率内在作用机制, 同时也为提升能源效率提供了可行的建议, 对未来更好的推动经济高质量发展有所启示。

3. 理论分析与研究假设

我国碳交易市场由政府确定碳排放配额总量, 随后分配给控排主体。具体而言, 当控排主体的碳排放超过制度规定的门槛, 就会成为碳交易市场的需求者, 从而在碳交易市场上购买碳排放权, 而碳排放权富余的控排主体将会成为碳交易市场的供给者, 会因出售碳排放权获利[13]。控排主体在进行决策时, 会优先考虑成本收益[14]。碳价的提高会增加控排主体的减排压力[15], 这是因为碳价上升意味着控排主体的碳耗成本上升, 当碳价高于创新成本时, 控排主体会加大研究投入提高技术创新水平从而降低减排成本[16]。作为一种市场激励型环境政策, 碳排放交易从成本控制的角度激励落后用能主体开展节能减排工作[17], 当高碳企业面临碳价上涨、配额收紧等政策风险时, 通过主动采用低碳能源和技术, 企业可降低政策风险, 为绿色转型升级、低碳零碳技术创新提供更多激励, 进而对能源效率的提升作用可能更为显著[18]。由此提出假设 1。

H1: 碳价能够显著提升能源效率。

创新驱动是提高能源效率最根本的途径[6]。一方面, 从信号预期来看, 当碳价波动发挥价格发现功能时, 会显著降低企业绿色创新的不确定性, 进而激励企业增加绿色新产品或技术研发投入[19]。另一方面对高碳排放主体来说, 创新补偿效应小于污染控制的成本效应, 从而缺乏创新动力, 无力负担高额的配额成本, 最终因为严重超出排放标准而退出市场。对于低碳排放企业, 通过碳价机制可以实现资源的有效配置, 最终促进绿色技术创新的进步[20]。产业结构优化与能源效率之间的 U 型关系能够显著提高能源效率[21], 碳排放交易作为重要的环境政策工具, 在利益的驱使下, 碳价机制的存在激励各高碳产业积极投入资金对生产资本进行改造升级, 提高发展质量, 调整经济结构[22]。同时使要素禀赋结构在要素流动中发生变化, 导致经济体产业结构内生性变化, 进而有效推动产业结构向更加绿色、高级、合理的方向升级[23]。此外, 碳价机制在传导的过程中, 差异化的收入流转会对居民收入或者商品价格产生影响, 冲击由该商品所涉及的产业链, 以小见大, 波动影响整个产业结构[24]。由此提出假设 2、3。

H2: 碳价能够通过提高绿色技术创新水平显著提高能源效率。

H3: 碳价能够通过推动产业结构高级化显著提高能源效率。

4. 实证研究

4.1. 模型构建

为验证假设 1, 本文采取多元回归模型研究碳价对能源效率的影响作用, 模型如下:

$$EE_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln price_{it} + \beta_2 Control_{it} + \eta_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中 EE_{it} 代表能源效率, $\ln price_{it}$ 为碳价取对数, 其系数 β_1 表示碳价对能源效率的影响效应。如果 $\beta_1 > 0$ 且显著, 则意味着碳价的上升能显著提高能源效率。 $Controls$ 为控制变量集合。 η_i 表示城市个体固定效应, ε_{it} 为误差项。

4.2. 变量选取与数据说明

被解释变量: 能源效率(EE)。借鉴史丹和李少林[25]的做法, 采用 SBM-Malmquist-Luenberger 指数法

测算各地级市的绿色全要素能源效率, 选取劳动力、资本存量、能源消费作为投入, GDP 作为期望产出, 工业二氧化硫、烟粉尘和工业废水排放量作为非期望产出。

核心解释变量。碳价使用各交易试点的年度平均碳价的对数值表示(Inprice), 对于不实施碳交易政策的地区设置其碳价为 0。

控制变量。借鉴张雪玲和焦月霞[26], 赵涛和张智等[27]的做法, 控制变量如下。金融发展水平(fd)以年末金融机构存贷款余额与地区生产总值的比值表示; 政府干预程度(gove)以政府财政一般支出与地区生产总值的比值表示; 人口密度(den)户籍人口取对数表示; 数字经济发展指数(digilal), 结合三级指标体系, 由熵值法获得。

机制变量。借鉴干春晖(2011) [28]的做法, 机制变量如下。产业结构高级化指数(Is)以第三产业产值与第二产业产值之比表示, 缺失数据通过 ARIMA 填补数据。绿色创新(GLNP)根据 WIPO 绿色专利清单, 将当年独立申请的绿色发明数量加上当年独立申请的绿色实用新型数量再加 1 的结果取对数获得。

数据来源。本文以 2006~2022 年为样本区间, 选取 275 个地级市的面板数据。数据来源于《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》、国泰安数据库、中国研究数据服务平台(CNRDS)及各省统计年鉴, 个别缺失数据采用线性拟合或者插值法予以补充。此外为确保结论的稳健性, 对本文中涉及到的连续型变量均进行了前后 1%的缩尾处理, 以减小极端值的影响。表 1 是变量的描述性统计。

Table 1. Descriptive statistics

表 1. 描述性统计

变量名	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
EE	4675	0.3233	0.1318	0.1352	1.0098
EQ	4675	114.6992	72.7148	27.9243	392.4304
lnprice	4675	0.2842	0.9392	0.0000	4.5253
fd	4675	2.3855	1.1261	0.8969	6.5600
gove	4675	0.1824	0.0934	0.0637	0.5815
den	4675	5.7777	0.8619	2.9256	7.3491
digital	4675	0.0520	0.0622	0.0012	0.3609
industry	4675	0.9889	0.5216	0.2616	3.2450
GLNP	4675	4.5496	1.8587	0.0000	9.0736

4.3. 基准回归

模型估计结果如表 2, 列(1)仅控制了个体固定效应, 未添加控制变量。列(2)~列(5)中逐步加入了金融发展水平、政府干预程度、人口密度、数字经济发展指数控制变量。可以发现, 无论是否加入控制变量, 回归系数在 1%的显著性水平下显著为正, 在逐步加入控制变量后, did 的估计系数为 0.0063, 表明试点城市的碳价每上升 1%, 能源效率将提升 0.63%。H1 初步得到验证, 即碳价的上升有利于提高能源效率。

Table 2. Regression results

表 2. 回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	EE	EE	EE	EE	EE
lnprice	0.0167*** (0.0020)	0.0089*** (0.0019)	0.0088*** (0.0019)	0.0064*** (0.0019)	0.0063*** (0.0019)

续表

fd	0.0503*** (0.0021)	0.0498*** (0.0028)	0.0484*** (0.0028)	0.0489*** (0.0028)
gove		0.0106 (0.0354)	0.0121 (0.0353)	0.0039 (0.0365)
den			0.1289*** (0.0235)	0.1280*** (0.0235)
digital				0.0233 (0.0262)
_cons	0.3186*** (0.0014)	0.2007*** (0.0050)	0.2001*** (0.0055)	-0.5410*** (0.1352)
N	4675	4675	4675	4675
adj. R ²	-0.045	0.078	0.077	0.084

注: ()数值为标准误差值, *p < 0.1, **p < 0.05, ***p < 0.01。

4.4. 稳健性检验

(1) 内生性检验

模型可能会因解释变量测量误差等因素产生潜在内生性问题。因此本文借鉴邵帅[29]等的做法, 使用各城市河流密度这一“外生”变量作为碳价的工具变量, 表 3 汇报了工具变量检验结果, 弱相关检验的 F 统计量大于 10, 因此拒绝不存在弱 IV 的原假设。在考虑内生性问题后, lnprice 的系数在 1%显著水平下显著为正, 碳价对能源效率具有显著的提升作用, 表明基准回归结果是稳健的。

Table 3. Endogeneity test
表 3. 内生性检验

变量	(1)	(2)
	first stage	second stage
	lnprice	EE
iv	0.5987*** (0.113)	
lnprice		0.1164*** (0.032)
控制变量	控制	控制
Constant	-0.6784*** (0.123)	0.3199*** (0.035)
弱相关检验		27.8296 [0.0000]
内生性检验		13.6621 [0.0002]
Observations	4675	4675
R-squared	0.063	

注: ()数值为标准误差值, []数值为 p 值, *p < 0.1, **p < 0.05, ***p < 0.01。

(2) 替换被解释变量

为避免数据依赖导致的结果偏误, 本文将替换被解释变量, 借鉴薛飞[6]等的做法, 以能源强度代替能源效率, 能源强度以获取单位 GDP 所需要付出的能源代价表示, 如表 4 列(1), 在替换被解释变量的衡量方式进行稳健性检验后, 能源强度的系数为负并在 1%的水平下显著, 表明基准回归的结果仍然稳健。

(3) 改变样本容量

由于上海在经济体量、人口规模、行政权力等方面处于优势, 可能会影响检验结果。因此, 在样本中剔除上海市, 结果如表 4 列(2), 在剔除部分样本后, 碳价对能源效率的影响仍然显著为正。

Table 4. Robustness test

表 4. 稳健性检验

	(1)	(2)
	EQ	EE
lnprice	-2.2559*** (0.7739)	0.0055*** (0.0020)
fd	-17.0026*** (1.1240)	0.0369*** (0.0024)
gove	-202.4864*** (14.6403)	0.0543* (0.0307)
den	-78.2051*** (9.4373)	0.1788*** (0.0226)
digital	-70.1031*** (10.5018)	0.0136 (0.0234)
_cons	648.3237*** (54.2879)	-0.8084*** (0.1301)
N	4675	4658
adj. R^2	0.229	0.065

注: ()数值为标准误差值, * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$ 。

4.5. 异质性分析

(1) 地理位置

中国东中西部地区的划分不仅刻画了中国城市距离海岸线远近所带来的经济地理影响, 更标识了中国梯度开放政策的经济社会影响。表 5 中的结果显示, 相对于中部城市, 东部和西部城市的碳价对能源效率具有显著的正向影响。可能是因为东部地区经济发达, 碳价机制促使企业降低成本, 改善节能技术和管理方法, 西部城市拥有丰富的可再生能源资源, 碳价上升促使传统能源的成本增加, 由此, 可再生能源的竞争力增强。促使西部城市加快产业转型, 提高能源效率。相较而言, 中部地区高耗能、高污染产业占比较大, 对传统能源的依赖程度较高, 因此碳价对能源效率提升作用不显著。

(2) 环境重点保护城市

借鉴刘亦文[30]等的做法, 根据 2007 年国务院印发的《国家环境保护“十一五”规划》将城市划分为环境保护重点城市和非环境保护重点城市, 表 5 的结果显示, 被纳入环境重点保护的城市碳价对能源

效率具有显著的正向促进作用，而对于非环境重点城市而言，碳价的上升反而会降低能源效率。可能因为环境重点保护城市具有强外部约束与激励环境，碳价机制通过成本约束与收益激励双重路径，驱动企业优化能源使用决策，加大节能技术研发与应用投入，显著提升能源效率。而对于非环境重点保护城市，由于环境规制松弛、碳价上升带来的成本压力无法通过政策补偿与技术创新补偿，企业反而因成本挤占效应减少能源效率提升空间，导致能源效率提升作用不显著。

Table 5. Heterogeneity test
表 5. 异质性检验

	地理位置			环境重点保护	
	东部	中部	西部	非环境重点保护城市	环境重点保护城市
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
lnprice	0.0057** (0.0029)	0.0050 (0.0036)	0.0345*** (0.0104)	-0.0010 (0.0022)	0.0174*** (0.0034)
fd	0.0644*** (0.0051)	0.0483*** (0.0054)	0.0174*** (0.0043)	0.0278*** (0.0034)	0.0716*** (0.0048)
gove	-0.1703* (0.1007)	0.1071* (0.0615)	0.0171 (0.0436)	0.1373*** (0.0391)	-0.1376 (0.0870)
den	0.1282*** (0.0484)	0.2129*** (0.0453)	0.1081*** (0.0292)	0.0702** (0.0281)	0.1319*** (0.0404)
digital	-0.0157 (0.0383)	0.1092* (0.0647)	0.1517*** (0.0429)	0.0863* (0.0455)	-0.0006 (0.0344)
_cons	-0.5696* (0.2978)	-1.0404*** (0.2618)	-0.3444** (0.1512)	-0.1717 (0.1567)	-0.6424*** (0.2422)
N	1700	1683	1292	2788	1887
adj. R ²	0.136	0.085	0.005	0.034	0.167

注：()数值为标准误差值，*p < 0.1，**p < 0.05，***p < 0.01。

4.6. 机制分析

为检验假设 H2 和 H3，即绿色金融和用能权交易制度可能通过绿色技术创新和产业结构升级两个渠道影响能源效率，构建如下模型：

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_3 \ln price_{it} + \beta_2 \text{Control}_{it} + \eta_i + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

其中 M_{it} 为机制变量，若公式中 β_3 的显著，则说明碳价通过影响机制变量来推动能源效率提升。机制检验结果如表 6 所示。

根据表 6 列(1)，1%显著水平下，碳价的系数显著为正，与前期理论预期相符，说明碳价能显著提升绿色技术创新水平，从而有利于提高能源效率[6]，假设 H2 初步得到验证，即碳价可以通过提高绿色技术水平提高能源效率。列(2)中，碳价的系数在 1%的水平下显著为正，说明碳价可以显著促进产业高级化，从而提高能源效率[31]。假设 3 初步得到验证。总体来看，碳价均可以通过提升绿色技术创新和推动产业结构高级化来提升能源效率。

Table 6. Mechanism test
表 6. 机制检验

	(1)	(2)
	GLNP	industry
lnprice	0.2589*** (0.0183)	0.0197*** (0.0053)
fd	0.9140*** (0.0266)	0.3409*** (0.0077)
gove	3.9118*** (0.3463)	0.3698*** (0.1000)
den	4.5711*** (0.2232)	0.1399** (0.0645)
digital	3.3543*** (0.2484)	-0.3354*** (0.0717)
_cons	-25.0028*** (1.2842)	-0.6882* (0.3708)
N	4675	4675
adj. R ²	0.519	0.465

5. 结论与建议

本文基于 2006~2022 年中国 275 个地级市的面板数据构建多元回归模型研究碳价对能源效率的影响作用。研究表明:(1) 碳价能够显著地促进能源效率的提升,在考虑潜在的内生性问题后该结论依旧成立,并经过一系列稳健性检验。(2) 碳价的提升对不同地区和城市的能源效率存在不同的异质性影响。(3) 机制检验结果表明,碳价可以通过提高绿色技术水平和促进产业高级化进而提高能源效率。由此本文提出以下政策建议:

(1) 深化碳交易价格机制改革,扩大碳市场覆盖范围。充分发挥碳市场作用,在各方面条件逐渐成熟时适时扩大市场覆盖范围,增强碳价信号对企业减排的约束性,深度挖掘碳市场的减碳效能,切实提升减碳过程中的成本效益比,全面激活市场效率,推动碳减排工作迈向新高度。(2) 优化区域差异化碳价政策。针对东西部以及环境保护重点城市提高碳价,推动降低碳排放,从而调整能源结构和产业结构,进一步推动经济增长从依赖传统能源消耗向依靠技术创新、能源效率提升和低碳产业发展转变,有利于实现经济的可持续发展。(3) 基于机制分析,政府应加强对创新的支持力度,积极驱动企业投身绿色技术创新实践,搭建线上线下相结合的绿色技术交易平台,促进绿色技术供需双方的信息对接;大力发展战略性新兴产业,着手进行产业结构升级,推动产业结构向高级化方向转型,从而实现能源效率的提升。

参考文献

- [1] 姜国新, 武宇超. 新质生产力提升能源效率的机制与效应研究[J]. 中国矿业大学学报(社会科学版), 2025. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1593.C.20250114.1607.002.html>, 2025-04-20.
- [2] 姜宝珍, 童杨, 陆洲. 金融发展与中国能源效率的影响因素研究[J]. 金融教育研究, 2020, 33(6): 22-32.
- [3] 施雄天, 余正勇, 陈阳. 绿色技术创新对我国工业绿色能源效率的影响[J]. 技术与创新管理, 2024, 45(6): 635-647.

- [4] 林伯强, 刘泓汛. 对外贸易是否有利于提高能源环境效率: 以中国工业行业为例[J]. 经济研究, 2015, 50(9): 127-141.
- [5] Quito, B., et al. (2023) Spatiotemporal Influencing Factors of Energy Efficiency in 43 European Countries: A Spatial Econometric Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **182**, Article ID: 113340. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113340>
- [6] 薛飞, 周民良. 用能权交易制度能否提升能源利用效率? [J]. 中国人口·资源与环境, 2022(1): 54-66.
- [7] 谢东江, 胡士华. 绿色金融、产业结构与城市工业绿色全要素生产率[J]. 国际金融研究, 2023(5): 46-56.
- [8] 闫小丽. 碳价格对绿色技术创新的影响机制分析——来自碳排放权交易试点的经验证据[D]: [硕士学位论文]. 大连: 东北财经大学.
- [9] 傅楷雯. 碳排放权交易政策的减排效果研究——基于价格和规模视角[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海财经大学, 2025.
- [10] 牛华伟, 曹玲玲. 碳价格如何影响企业绿色投资与信用风险——基于预期收益与违约成本的权衡分析[J]. 中国工业经济, 2024(8): 118-136.
- [11] 吴中山, 吴洋, 杭婷婷. 双碳背景下碳排放权价格对传统能源企业价值影响研究[J]. 安阳师范学院学报, 2025, 27(2): 71-76.
- [12] 卜文珂, 赵蒙恩. 碳排放权价格对能源企业股价的影响研究——基于传统能源和新能源企业的对比分析[J]. 价格理论与实践, 2020(3): 107-110.
- [13] 李响, 张楠, 宋培. 碳排放交易制度的节能减排效应及作用机制研究——基于合成控制法的经验证据[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2022, 42(4): 96-113.
- [14] 林佳硕. 碳市场价格驱动企业绿色创新的对策研究——基于行业市场竞争的研究[J]. 中国商论, 2025, 34(3): 164-168.
- [15] 段茂盛, 邓哲, 张海军. 碳排放权交易体系中市场调节的理论与实践[J]. 社会科学辑刊, 2021(1): 92-100.
- [16] 张琨, 蔡树勋. 碳排放权交易、能源利用效率与经济增长——基于异时 DID 方法的讨论[J]. 城市发展研究, 2022, 29(10): 61-67.
- [17] 刘海英, 郭文琪. 碳排放权交易政策试点与能源环境效率——来自中国 287 个地级市的实证检验[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2022, 42(5): 72-86.
- [18] 李珊珊, 马艳芹. 碳交易政策对城市能源利用效率的影响及机制[J]. 工业技术经济, 2024, 43(8): 90-99.
- [19] 李长胜, 刘少慧, 莫建雷, 等. 碳价波动抑制还是促进企业绿色创新?——来自中国地方碳排放权交易试点的证据[J]. 中国人口·资源与环境, 2025, 35(1): 66-76.
- [20] 朱金鹤, 孙乐. 碳排放权交易政策提高了中国全要素能源利用效率吗[J]. 现代经济探讨, 2022(11): 1-13.
- [21] 张志强, 刘金平. 产业结构高级化与能源强度倒“U”型关系分析[J]. 煤炭工程, 2021, 53(1): 189-192.
- [22] 张静, 申俊, 徐梦. 碳排放交易是否促进了产业结构转型升级?——来自中国碳排放交易试点政策的经验证据[J]. 经济问题, 2023(8): 84-91.
- [23] 苏仕喆. 碳排放权交易对产业结构升级影响研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 中共吉林省委党校(吉林省行政学院), 2023.
- [24] 孙景兵, 顾振洋. 碳排放权交易机制会倒逼产业结构转型升级吗?——基于制造业和生产性服务业协同集聚的视角[J]. 生态经济, 2023, 39(5): 59-68.
- [25] 史丹, 李少林. 排污权交易制度与能源利用效率——对地级及以上城市的测度与实证[J]. 中国工业经济, 2020(9): 5-23.
- [26] 张雪玲, 焦月霞. 中国数字经济发展指数及其应用初探[J]. 浙江社会科学, 2017(4): 32-40+157.
- [27] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界, 2020, 36(10): 65-76.
- [28] 干春晖, 郑若谷, 余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. 经济研究, 2011, 5(4): 16.
- [29] 邵帅, 葛力铭, 朱佳玲. 人与自然何以和谐共生: 地理要素视角下的环境规制与环境福利绩效[J]. 管理世界, 2024, 40(8): 119-146.
- [30] 刘亦文, 邓楠. 环境保护税是否有效释放了四重红利效应? [J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(10): 35-46.
- [31] 刘赢时, 田银华, 罗迎. 产业结构升级、能源效率与绿色全要素生产率[J]. 财经理论与实践, 2018, 39(1): 118-126.