

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2024.02.010

# 碳排放权交易制度对减污降碳协同治理的影响研究

刘亦文<sup>1</sup>, 邓楠<sup>2</sup>

(1. 湖南工商大学 资源环境学院, 湖南 长沙 410205; 2. 湖南工商大学 经济与贸易学院, 湖南 长沙 410205)

**摘要:** 实现减污降碳协同增效是我国实现双碳目标的前提, 碳市场的建立则是实现双碳目标的重要手段, 因此, 研究碳市场对减污降碳的影响极具现实意义。故以碳排放权交易制度作为一项准自然实验, 基于2005—2021年中国30个省市自治区的面板数据, 运用双重差分法考察碳排放权交易制度实施对减污降碳协同治理的影响效果。结果表明, 碳排放权交易制度实施能有效促进减污降碳协同治理; 该促进作用主要通过降低能源消费规模、提高绿色技术创新水平和优化产业结构实现; 在行政干预力度和市场化程度越高的地区, 该政策对减污降碳协同治理促进作用越强。基于此, 建议结合实际需要, 完善全国碳排放交易市场建设, 加大科技研发投入和治污投入, 正确处理政府和碳市场的关系, 最大化政府干预在碳市场机制中的作用。

**关键词:** 碳排放权交易制度; 减污降碳; 协同治理; 双重差分法

**中图分类号:** F205

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2024)02-0065-10

**引文格式:** 刘亦文, 邓楠. 碳排放权交易制度对减污降碳协同治理的影响研究[J]. 湖南工业大学学报, 2024, 38(2): 65-74.

## Study on the Impact of Carbon Emission Trading System on Synergistic Governance of Pollution and Carbon Emissions Reduction

LIU Yiwen<sup>1</sup>, DENG Nan<sup>2</sup>

(1. School of Public Administration, Hunan University of Technology and Business, Changsha 410205, China;

2. School of Economics and Trade, Hunan University of Technology and Business, Changsha 410205, China)

**Abstract:** Due to the fact that a synergistic efficiency enhancement of pollution and carbon emissions reduction is the prerequisite for China to achieve the dual-carbon goal, and an establishment of the carbon market is an important means for this purpose, it is of great practical significance to study the impact of the carbon market on pollution reduction and carbon synergy. Taking the carbon emissions trading system as a quasi-natural experiment, based on the panel data of 30 provinces and municipalities from 2005 to 2021, an investigation has thus been made of the implementation effect of the carbon emissions trading system on the synergistic governance of pollution and carbon emissions reduction by adopting a double-difference method. The results show that the implementation of the carbon emissions trading system can effectively promote the synergistic governance of pollution and carbon emissions reduction; the promotion effect is mainly achieved by a reduction the scale of energy consumption, an improvement of the level of green technology innovation, and an optimization of the industrial structure; the promotion effect of the policy on the synergistic governance of pollution and carbon emissions reduction will be stronger in regions with higher levels of administrative intervention and marketisation. Based on this point, it is recommended to improve the construction of the national carbon emissions trading market in light of practical needs, increase investment in scientific and technological research and development as well as investment in pollution control, correctly handle the relationship

**收稿日期:** 2023-10-16

**基金项目:** 教育部人文社会科学研究规划基金资助项目(22YJA790040); 全国统计科学研究基金资助项目(2023LY046); 湖南省教育科学“十三五”规划课题基金资助项目(XJK20BGD027); 湖南省教育厅科研基金资助重点项目(23A0452); 湖南省研究生科研创新基金资助项目(CX20231131)

**作者简介:** 刘亦文, 男, 湖南工商大学教授, 博士, 主要研究方向为能源与气候政策综合集成分析方法及应用,  
E-mail: ewen\_lau@163.com

between the government and the carbon market, and maximize the role of government intervention in the carbon market mechanism.

**Keywords:** carbon emission trading system; pollution and carbon emissions reduction; synergistic governance; double difference method

## 1 研究背景

党的二十大提出“以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴”，并明确指出这是新时代新征程中国共产党的使命任务。中国式现代化有5个重要特征，是人口规模巨大、全体人民共同富裕、物质文明和精神文明相协调、人与自然和谐共生、走和平发展道路的现代化<sup>[1]</sup>。其中，共同富裕是中国式现代化的最终目标，发展方式是绿色发展，和平发展是推进中华民族伟大复兴的保证条件。党和国家历来高度重视生态文明建设和生态环境保护工作，将生态文明建设摆在治国理政全局工作的突出位置，接续推进绿色低碳转型发展。继党的十八大将生态文明建设上升到“五位一体”总体布局战略高度后，党的二十大提出要“推进绿色发展，促进人与自然和谐共生”，并明确要求“协同推进降碳、减污、扩绿、增长”，进一步凝聚了全国上下生态文明建设的共同意志和发展合力。新发展阶段，我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期，如何有效推进减污降碳协同增效成为当前学术界关注的焦点。

随着中国经济市场化改革的推进，市场交易型政策工具逐渐取代命令型规制手段<sup>[2]</sup>。碳排放权交易制度作为当前碳排放治理的重要手段，是一种典型的市场交易型制度设计，在该制度下，企业获取一定的初始排放权，排放权具商品属性并允许在市场上交易，进而通过市场机制达到以较低成本减少污染物和碳排放的目的<sup>[3-5]</sup>。目前，国内外有不少研究指出碳排放权交易具显著减排效应<sup>[6-10]</sup>，不仅可有效减少碳排放<sup>[11-12]</sup>，还能提高经济增长质量<sup>[13-14]</sup>。同时，针对碳排放权交易制度减排效应，多数学者认为主要通过促进绿色技术创新<sup>[15-16]</sup>、提升能源使用效率<sup>[17-18]</sup>及推动产业结构转型升级<sup>[19-20]</sup>等实现。此外，有学者深入探究了碳排放权交易制度的减污降碳协同效应，发现该政策对减污和降碳具同等效力，可有效实现环境污染与温室气体的协同减排<sup>[21-24]</sup>。

综上，已有研究大多是从温室气体单一视角考察碳排放权交易制度的实施效果，而对其与减污降碳协

同治理的关系及影响路径的文献相对较少。基于此，本文拟以碳排放交易机制为政策背景，将碳排放权交易市场的设立作为政策干预，以2005—2021年中国30个省市自治区（西藏、港澳台地区除外）面板数据为研究样本，运用双重差分方法探究碳排放权交易制度对减污降碳协同治理的影响，并从能源消费、绿色技术创新及产业结构3方面进一步分析碳排放权交易制度对减污降碳协同治理的影响路径。最后，从行政干预和市场化水平两个视角探究碳排放权交易制度实施对减污降碳协同治理的异质性影响效果，以期为实现更高水平的生态环境保护，揭示碳排放权交易制度赋能减污降碳协同治理内生动力机理，深入贯彻落实党的二十大会议精神奠定基础。

## 2 理论分析与研究假说

碳排放权交易由排污权交易演化而来，它通过界定企业CO<sub>2</sub>排放量的权利，将企业的外部成本内部化，利用市场机制实现碳排放量在企业间的最优配置，从而达到整体减排效果<sup>[8]</sup>。因此，碳排放权交易可对企业的碳排放产生直接作用，政府则根据各企业的碳排放历史数据，给予各企业一定碳排放配额，企业若超过其配额，则需在碳排放权交易市场购买，这就使得环境污染的外部性内化为企业的生产经营成本，一旦在市场上购买碳排放权，企业成本会骤增，基于利润最大化考虑，企业必须进行减产或绿色技术创新以减少碳排放量。同时，碳排放权交易对企业存在激励作用，当碳排放权市场价格较高时，一方面，企业会尽量通过各种减排措施降低碳排放量，以出售多余的碳排放权，从而获得利益；另一方面，高价碳排放权也会倒逼企业通过一定的措施将碳排放量控制在配额内，以避免过高的污染排放成本。

此外，碳排放权交易对工业污染排放也有显著影响。在碳市场进行交易的企业主要分为高新技术清洁企业和工业污染企业两类。高新技术清洁企业具有较高技术创新能力，生产技术手段先进，碳排放量较少，因而拥有过剩碳排放权供出售；而工业污染企业以粗放模式生产，对化石能源消耗巨大，技术创新能力较弱，碳排放量往往超过其配额，因此需在碳市场上购

买碳排放权。不论在碳市场中的企业是为了降低成本还是获取利益<sup>[25]</sup>, 基于利润最大化原则, 企业均会通过减产或在生产过程中加大污染治理投入以减少有害气体排放。在生产过程中加大工业废气治理, 如增加工业废气物治理设备投入和运行费用, 提高对工业废气治理设施处理能力, 由此减少工业废气排放。另一方面, 企业通过缩小生产规模减少化石能源, 或者提高绿色技术创新水平<sup>[26-27]</sup>, 提高能源利用效率<sup>[28-29]</sup>, 也可增加生产过程中清洁能源如太阳能、水电能及新能源的使用, 优化企业生产的能源消费结构<sup>[30]</sup>, 进而实现工业废气污染的减排效应。此外, 试点省份可对低碳产业进行合理布局, 诱导企业向低能耗、低污染的第三产业转型<sup>[31]</sup>, 以缩减能源消费规模, 降低污染排放水平, 实现生产方式绿色化。基于此, 本文提出如下假说:

**假说 1** 碳排放权交易制度可以促进减污降碳的协同治理。

**假说 2** 碳排放权交易制度可以从能源消费规模、绿色技术创新以及产业结构 3 个路径促进减污降碳协同增效。

## 3 研究设计

### 3.1 计量模型构建

本研究以碳排放权交易制度作为一项自然实验, 采用双重差分法来评估碳排放权交易制度实施对地区工业污染物和碳排放的影响。在控制其他因素不变的基础上, 双重差分法可以检验碳排放权交易市场设立前后实验组和控制组减污、降碳效应是否存在显著差异。具体的计量模型设定如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 V_{didit} + \beta_2 V_{controlsit} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

式中:  $Y_{it}$  为被解释变量, 为  $i$  省份在  $t$  年份的  $\text{CO}_2$  或  $\text{SO}_2$  排放水平;  $\beta_0$  为常数项;  $\beta_1$  为核心解释变量估计系数;  $\beta_2$  为控制变量估计系数;  $V_{controlsit}$  为一系列控制变量;  $\mu_i$ 、 $\lambda_t$  分别为省份和时间固定效应;  $\varepsilon_{it}$  为随机误扰动项;  $V_{didit}$  为核心解释变量, 且  $V_{didit} = V_{postit} \times V_{treatit}$ , 其中  $V_{treatit}$  为是否处理组, 即是否为试点省份, 若是赋值 1, 否则为 0;  $V_{postit}$  为政策实施时间虚拟变量, 在政策实施前取值 0, 否则为 1。

$\beta_1$  为本文关注的政策效应, 若显著为负, 表明碳排放权交易制度实施能有效实现减污、降碳效应。

### 3.2 变量选取

#### 3.2.1 被解释变量

本文的被解释变量包括  $\text{CO}_2$  和  $\text{SO}_2$  的排放水平, 均以其排放总量取对数值来衡量, 即  $\text{SO}_2$  排放水平为  $\ln m_{\text{SO}_2}$ ,  $\text{CO}_2$  排放水平为  $\ln m_{\text{CO}_2}$ 。

#### 3.2.2 核心解释变量

碳排放权交易制度于 2011 年开始实施, 先后在在深圳、北京、天津、上海、广东、湖北、重庆以及福建等地区进行试点。基于此, 本研究将 2011 年前的时间虚拟变量 ( $V_{post}$ ) 设为 0, 2011 年及以后年份设为 1; 将试点省份作为处理组 ( $V_{treat}$ ) 设为 1, 未试点省份作为对照组设为 0。由时间虚拟变量 ( $V_{post}$ ) 和政策试点分组虚拟变量 ( $V_{treat}$ ) 交互得到碳排放权交易制度实施虚拟变量 ( $V_{did}$ )。

#### 3.2.3 控制变量

经济发展水平 ( $\ln V_{pGDP}$ ): 采用人均 GDP 对数值来衡量; 人口规模 ( $\ln V_{people}$ ): 采用年末人口总数的对数值来衡量; 对外开放水平 ( $V_{fdi}$ ): 采用实际外商直接投资占国内生产总值的比例来衡量; 政府干预程度 ( $V_{gover}$ ): 采用政府预算支出占地区生产总值的比例来衡量; 城镇化率 ( $V_{urban}$ ): 采用城镇人口占年末人口总数比值来衡量; 经济结构 ( $V_{dt}$ ): 采用社会商品零售总额与地区生产总值的比值来衡量。

### 3.3 数据来源与描述性统计

本文选取 2005—2021 年中国 30 个省市自治区 (西藏、港澳台地区除外) 面板数据作为研究样本以评估碳排放权交易制度的减污降碳效果。数据来源于《中国能源统计年鉴》、《中国统计年鉴》、国泰安数据库 (CSMAR), 碳排放数据来自于中国碳排放核算数据库 (China Emission Accounts and Datasets, CEADs)。表 1 为变量的描述性统计结果。

表 1 变量的描述性统计结果

Table 1 Descriptive statistical results of variables

变量名称	mean	std	min	max	$N$
$\ln m_{\text{CO}_2}$	5.501	0.820	2.022	7.650	510
$\ln m_{\text{SO}_2}$	4.640	3.148	-1.966	12.599	510
$V_{did}$	0.151	0.358	0.000	1.000	510
$\ln V_{pGDP}$	10.544	0.667	8.528	12.123	510
$\ln V_{people}$	8.185	0.745	6.297	9.448	510
$V_{fdi}$	0.023	0.020	0.000	0.121	510
$V_{gover}$	0.226	0.099	0.080	0.643	510
$V_{urban}$	55.768	13.992	26.870	89.600	510
$V_{dt}$	0.362	0.063	0.192	0.603	510

## 4 实证结果与分析

### 4.1 基准回归结果分析

为了探究碳排放权交易制度的减污降碳效果, 采用多期双重差分方法对政策效果进行评估, 基准回归结果见表 2。其中第 (1) 和 (2) 列是未加入控制变量时, 碳排放权交易制度实施效果,  $V_{did}$  估计系数值均在 1% 的水平下显著为负, 这表明政策对  $\text{CO}_2$  和

SO<sub>2</sub> 排放均具显著抑制作用。表中第(3)(4)列是加入控制变量后,政策对CO<sub>2</sub>和SO<sub>2</sub>排放影响效果,其 $V_{did}$ 估计系数值分别为-0.209和-0.428,均通过了1%显著性检验,即在考虑其他可能影响环境污染物排放因素后,碳排放权交易制度的减污降碳效果依然显著。这一结果说明,碳排放权交易制度的实施显著促进了减污降碳的协同治理,假说1得以验证。

表2 政策对CO<sub>2</sub>和SO<sub>2</sub>排放的基准回归分析结果

变量名称	CO <sub>2</sub> and SO <sub>2</sub>			
	(1)	(2)	(3)	(4)
	$\ln m_{CO_2}$	$\ln m_{SO_2}$	$\ln m_{CO_2}$	$\ln m_{SO_2}$
$V_{did}$	-0.238*** (0.041)	-0.928*** (0.096)	-0.209*** (0.047)	-0.428*** (0.104)
$\ln V_{pGDP}$			0.068 (0.089)	0.299 (0.198)
$\ln V_{people}$			0.806*** (0.204)	-0.271 (0.456)
$V_{fdi}$			-1.320* (0.779)	0.966 (1.738)
$V_{gover}$			1.402*** (0.331)	5.048*** (0.737)
$V_{urban}$			0.024*** (0.005)	0.071*** (0.011)
$V_{dit}$			-0.572** (0.290)	0.772 (0.647)
_cons	5.537*** (0.010)	4.780*** (0.024)	-3.221 (2.033)	-1.624 (4.534)
时间固定	yes	yes	yes	yes
省份固定	yes	yes	yes	yes
R <sup>2</sup>	0.953	0.982	0.959	0.986
N	510	510	510	510

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示1%、5%、10%的显著性水平,括号内为标准误,下同。

## 4.2 稳健性检验

通过前文研究,得知碳排放权交易制度的实施可有效促进减污降碳的协同治理,但为了避免因遗漏重要解释变量、样本选择性偏误、反向因果关系等内生性问题的影响,本研究通过平行趋势检验、安慰剂检验、排除其他政策干扰,以及替换被解释变量等方法进一步验证基准回归结果,以确保结论的可靠性。

### 4.2.1 平行趋势检验

使用双重差分方法的一个重要假设前提,是处理组和对照组在政策实施前的变化保持相对平行,因此,参考吴茵茵等<sup>[32]</sup>的研究,运用平行趋势检验对其进行验证。进一步,考虑基准回归结果所反映的是碳交易试点政策对碳排放和二氧化硫排放的平均影响效果,无法观察出实施政策在不同时段的影响差异,为此,参考文献<sup>[33]</sup>提出的事件研究法,对碳

排放权交易制度的动态效应进行实证分析,构建如下模型:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k \geq -5}^{10} \beta_k V_{treatit}^k + \eta V_{controlsit} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中: $\beta_k$ 为样本期间的估计系数值; $\eta$ 为控制变量的估计系数; $V_{treatit}^k$ 为碳排放权交易制度开始实施的虚拟变量,以试点政策前一年为基准年; $k$ 为样本年份与政策起始年份的差, $k$ 值为负表示在政策实施前 $k$ 年, $k$ 值为正表示政策实施后 $k$ 年。根据碳排放权交易制度实施时间,本研究中 $k$ 取值为-5~10。

本文主要关注估计系数 $\beta_k$ ,当 $k < 0$ 时, $\beta_k$ 不显著,即无法拒绝 $\beta_k$ 的原假设,则认为双重差分通过平行趋势假设。为了更加直观地反映平行趋势检验结果,本文绘制了 $\beta_k$ 估计结果及置信区间,如图1所示。图中分别展示了政策实施对CO<sub>2</sub>和SO<sub>2</sub>排放的影响系数变化情况。由图可知,在政策实施前 $\beta_k$ 均未通过显著性检验,而在政策实施后的第二年开始发挥显著的降碳作用,对SO<sub>2</sub>排放的影响,则在政策实施的第五年开始产生显著的抑制作用,这表明本文所使用的双重差分法满足平行趋势假设。

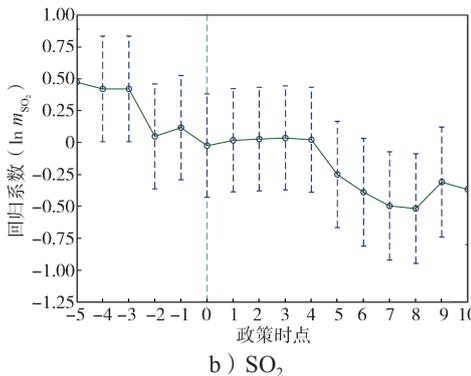
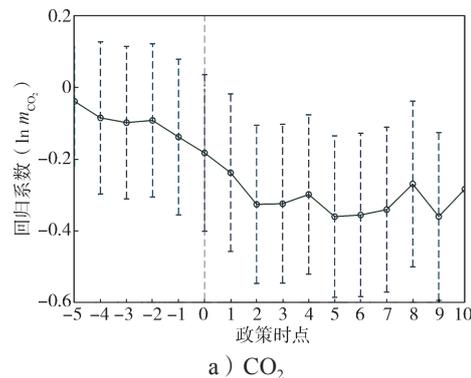


图1 政策对CO<sub>2</sub>和SO<sub>2</sub>排放的平行趋势检验结果  
Fig. 1 Parallel trend test results of policies on CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> emissions

### 4.2.2 安慰剂检验

考虑实际中地区污染物排放除受本文所控制的可观测变量影响外,还受其他无法观测并随时间变化的个体特征影响,这也可能会对政策评估效果的准确

性产生影响。因此, 借鉴文献 [34-35] 的安慰剂检验, 以减轻不可观测变量对估计结果造成的偏误。具体而言, 对研究样本和政策实施时间进行重复随机抽样, 每次随机抽取 8 个省市自治区及所对应的随机政策试点时间, 将抽取的 7 个地区作为虚拟处理组, 其余地区作为虚拟对照组, 并对以上过程重复 500 次。由此

得到 500 个虚拟核心解释变量  $V_{did}$  估计系数值, 绘制其概率密度分布图, 见图 2。由图 2 可知, 500 个虚拟核心解释变量  $V_{did}$  的估计系数均服从正态分布, 符合预期。同时, 安慰剂检验结果也从反事实角度验证了碳排放权交易制度的实施确实发挥了显著的减污降碳效果, 受不可观测因素的影响较小。

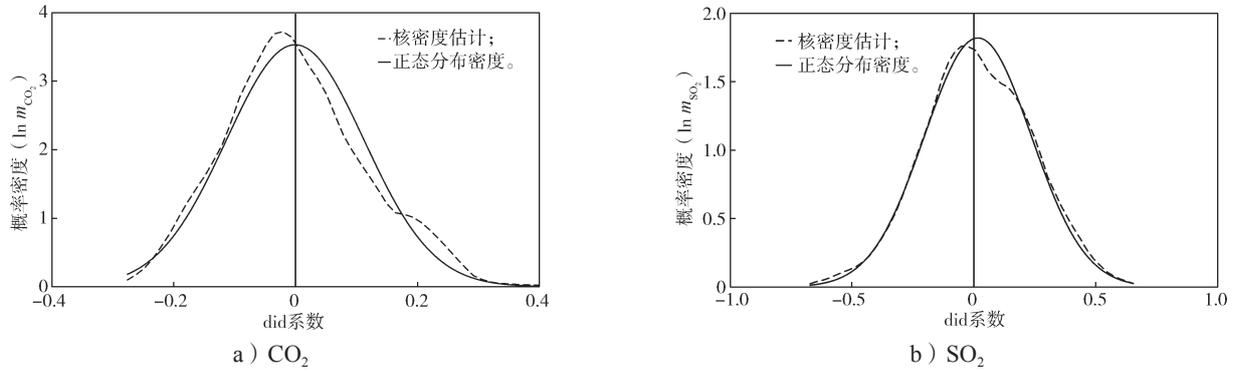


图 2 CO<sub>2</sub> 和 SO<sub>2</sub> 的安慰剂检验结果

Fig. 2 Placebo test results for CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>

4.2.3 剔除其他政策干扰

样本期间, 国家除了实施碳排放权交易制度外, 还采取了其他环境规制政策或措施治理生态环境, 而环境政策之间的相互作用可能会对碳排放权交易制度的实施效应识别产生干扰。因此, 参考任胜钢等 [36]

的研究, 本文收集了样本期内各政府出台的相关环境规制政策措施, 包括 2008 年提出的排污权交易制度、2018 年开征的环境保护税, 及 2016 年启动的第一轮中央生态环境保护督察试点, 构建政策变量, 并在基准回归模型中加以控制, 所得结果见表 3。

表 3 剔除其他政策干扰的基准回归分析结果

Table 3 Baseline regression analysis results excluding other policy interferences

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	$\ln m_{CO_2}$	$\ln m_{SO_2}$						
$V_{did}$	-0.208*** (0.047)	-0.413*** (0.104)	-0.212*** (0.047)	-0.423*** (0.104)	-0.214*** (0.047)	-0.424*** (0.105)	-0.217*** (0.047)	-0.447*** (0.103)
$V_{did1}$	-0.014 (0.046)	-0.204** (0.102)					-0.050 (0.038)	-0.377*** (0.084)
$V_{did2}$			-0.054 (0.038)	-0.372*** (0.084)			-0.055 (0.038)	0.070 (0.082)
$V_{did3}$					-0.058 (0.037)	0.047 (0.084)	0.047 (0.091)	0.365* (0.199)
$\ln V_{pGDP}$	0.062 (0.091)	0.211 (0.203)	0.073 (0.089)	0.332* (0.195)	0.041 (0.091)	0.321 (0.202)	0.841*** (0.208)	0.113 (0.455)
$\ln V_{people}$	0.806*** (0.205)	-0.258 (0.455)	0.858*** (0.208)	0.091 (0.454)	0.791*** (0.204)	-0.260 (0.457)	-1.178 (0.782)	0.950 (1.714)
$V_{fdi}$	-1.321* (0.780)	0.955 (1.732)	-1.300* (0.779)	1.106 (1.703)	-1.190 (0.783)	0.860 (1.749)	1.386*** (0.331)	4.794*** (0.725)
$V_{gover}$	1.375*** (0.342)	4.666*** (0.760)	1.368*** (0.331)	4.817*** (0.724)	1.419*** (0.330)	5.034*** (0.738)	0.026*** (0.005)	0.073*** (0.011)
$V_{urban}$	0.025*** (0.005)	0.077*** (0.011)	0.025*** (0.005)	0.075*** (0.011)	0.026*** (0.005)	0.070*** (0.011)	-0.564* (0.290)	0.617 (0.636)
$V_{dt}$	-0.582** (0.292)	0.631 (0.649)	-0.590** (0.290)	0.649 (0.635)	-0.546* (0.290)	0.752 (0.649)	-3.387 (2.071)	-5.436 (4.538)
_cons	-3.174 (2.041)	-0.960 (4.532)	-3.713* (2.061)	-5.020 (4.510)	-2.910 (2.040)	-1.876 (4.560)	-2.387 (1.989)	-1.792 (4.529)
时间固定	yes							
省份固定	yes							
R <sup>2</sup>	0.959	0.986	0.959	0.987	0.959	0.986	0.960	0.987
N	510	510	510	510	510	510	510	510

分析表 3 中的数据可以得出, 在排除其他政策干扰后,  $V_{did}$  的估计系数依然显著为负, 这说明本文基准回归结果具有一定的稳健性。

4.2.4 替换被解释变量

为进一步验证碳排放权交易制度的环境效益,

本文将被解释变量替换成工业固体废弃物排放量对数值和 PM2.5 年平均浓度进行检验, 所得回归结果见表 4。分析表 4 中数据可知,  $V_{did}$  的估计系数在 1% 水平下均显著为负, 这表明本文结论依然成立。

表4 替换被解释变量后的回归分析结果

变量名称	(1)	(2)	(3)	(4)
	pm2.5	solidty	pm2.5	solidty
$V_{did}$	-4.481*** (0.945)	-0.617*** (0.061)	-2.367*** (1.124)	-0.447*** (0.062)
$\ln V_{pGDP}$			-1.682 (2.134)	0.320*** (0.118)
$\ln V_{people}$			-4.199 (4.905)	1.249*** (0.271)
$V_{fdi}$			31.903* (18.692)	-3.415*** (1.033)
$V_{gover}$			34.018*** (7.930)	4.903*** (0.438)
$V_{urban}$			0.164 (0.117)	0.042*** (0.006)
$V_{dt}$			-0.529 (6.964)	0.385 (0.385)
_cons	41.729*** (0.238)	8.850*** (0.015)	76.143 (48.777)	-8.290*** (2.696)
时间固定	yes	yes	yes	yes
省份固定	yes	yes	yes	yes
$R^2$	0.916	0.939	0.922	0.958
$N$	510	510	510	510

#### 4.3 作用机制分析

现有研究指出,碳排放权交易制度对减污降碳的促进作用,可能归因于碳市场的建立刺激了企业加大对绿色技术创新项目的投资力度,降低了能源消费规模,加快了产业结构的转型升级<sup>[37]</sup>。基于此,本研究将进一步探究能源消费规模、绿色技术创新水平以及产业结构在政策促进减污降碳协同治理中的机制效应,并构建中介效应模型以检验以上3个作用机制的存在性,具体模型如下:

$$M_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 V_{didit} + \gamma_2 V_{controlsit} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}, \quad (3)$$

$Y_{it} = \rho_0 + \rho_1 V_{didit} + \rho_2 M_{it} + \rho_3 V_{controlsit} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$ 。(4)  
式(3)(4)中: $\gamma_0$ 、 $\rho_0$ 为常数项; $\gamma_1$ 、 $\rho_1$ 为核心解释变量的估计系数; $\gamma_2$ 、 $\rho_2$ 为控制变量的估计系数; $\rho_3$ 为中介变量的估计系数; $M_{it}$ 为中介变量,包括能源消费规模( $V_{energy}$ )、绿色技术创新水平( $V_{greentec}$ )及产业结构( $V_{is}$ ),其中 $V_{energy}$ 采用人均能源消费量衡量, $V_{greentec}$ 采用每万人绿色专利申请数量衡量, $V_{is}$ 采用规模以上工业企业总产值与GDP的比值衡量。

##### 4.3.1 能源消费规模

工业污染物和碳排放增加主要源于化石能源消耗,因此能源绿色低碳转型是双碳目标实现的关键,而能源消耗过度在重工业企业中尤为凸显。碳交易市场的建立正是基于这一特点,通过规定企业碳排放配额来约束其污染排放行为,过度的碳排放会增加企业经营成本,迫使企业调整生产中的能源使用,增加绿色低碳能源需求,进而降低工业污染物和碳排放量。为验证这一猜想,以能源消费规模为作用机制进行识别,结果见表5。表中(1)列结果显示 $V_{did}$ 的估计系数为-0.734,且在1%水平下显著,表明碳排放

权交易制度实施会显著减少能源消费规模。表(2)(3)列中, $V_{energy}$ 的估计系数均在1%水平下显著为正,系数值分别为0.115和0.215,表明能源消耗规模扩大会加剧 $CO_2$ 和 $SO_2$ 排放。同时,加入能源消费规模这一中介变量后,核心解释变量 $V_{did}$ 的估计系数均在1%水平下显著为负,且 $V_{energy}$ 的估计系数也通过了显著性检验,这表明碳排放权交易制度的实施可通过降低能源消费规模,促进减污降碳协同治理。

表5 能源消费规模的机制回归分析结果

变量名称	(1)	(2)	(3)
	$V_{energy}$	$\ln m_{CO_2}$	$\ln m_{SO_2}$
$V_{did}$	-0.734*** (0.148)	-0.125*** (0.045)	-0.270*** (0.102)
$V_{energy}$		0.115*** (0.014)	0.215*** (0.031)
$\ln V_{pGDP}$	-0.483* (0.281)	0.123 (0.083)	0.403** (0.190)
$\ln V_{people}$	3.333*** (0.646)	0.423** (0.196)	-0.989** (0.447)
$V_{fdi}$	-3.669 (2.461)	-0.899 (0.729)	1.755 (1.661)
$V_{gover}$	6.004*** (1.044)	0.713** (0.319)	3.756*** (0.728)
$V_{urban}$	0.102*** (0.015)	0.013*** (0.005)	0.049*** (0.011)
$V_{dt}$	-2.966*** (0.917)	-0.232 (0.274)	1.411** (0.624)
_cons	-24.473*** (6.423)	-0.413 (1.927)	3.642 (4.391)
时间固定	yes	yes	yes
省份固定	yes	yes	yes
$R^2$	0.917	0.965	0.987
$N$	510	510	510

##### 4.3.2 绿色技术创新水平

创新补偿假说认为适当的环境规制可刺激企业进行传统生产工艺的技术创新,甚至研发出低能耗、低污染的绿色低碳生产工艺品。而碳排放权交易制度作为重要的市场型环境规制政策,在引导企业进行绿色技术创新的过程中发挥了关键作用。因此对 $V_{greentec}$ 的作用机制进行识别,结果见表6。

表6 绿色技术创新水平的机制回归分析结果

变量名称	(1)	(2)	(3)
	$V_{greentec}$	$\ln m_{CO_2}$	$\ln m_{SO_2}$
$V_{did}$	0.497** (0.214)	-0.185*** (0.046)	-0.367*** (0.102)
$V_{greentec}$		-0.047*** (0.010)	-0.122*** (0.022)
$\ln V_{pGDP}$	0.584 (0.406)	0.095 (0.087)	0.370* (0.193)
$\ln V_{people}$	4.288*** (0.932)	1.008*** (0.204)	0.254 (0.452)
$V_{fdi}$	1.823 (3.553)	-1.234 (0.762)	1.189 (1.685)
$V_{gover}$	-6.318*** (1.507)	1.104*** (0.329)	4.274*** (0.728)
$V_{urban}$	-0.185*** (0.022)	0.016*** (0.005)	0.048*** (0.011)
$V_{dt}$	-6.076*** (1.324)	-0.859*** (0.290)	0.029 (0.642)
_cons	-26.251*** (9.270)	-4.459** (2.005)	-4.838 (4.433)
时间固定	yes	yes	yes
省份固定	yes	yes	yes
$R^2$	0.849	0.961	0.987
$N$	510	510	510

由表 6 第 (1) 列可知,  $V_{did}$  的估计系数为 0.497, 在 5% 水平下显著, 这表明碳排放权交易制度的设立有助于提高绿色技术创新水平。结合第 (2) 和 (3) 列, 在加入变量  $V_{greentec}$  后, 政策的减污降碳效应依然显著, 且绿色技术创新水平也表现出较强的减污降碳效应, 这说明绿色技术创新在碳排放权交易制度促进减污降碳协同治理过程中发挥了部分中介效应。

### 4.3.3 产业结构

碳市场建立使得高耗能、高污染产业的环境遵循成本增加, 根据“污染天堂假说”可知, 高昂的环境治理成本会使污染密集型产业选择向环境规制较宽松地区转移, 以规避高昂的环境治理成本, 而清洁型产业受政策冲击较小。因此, 有效的环境规制可阻止污染密集型产业规模扩张, 推动服务业、新兴技术产业发展, 从而促进产业结构转型升级, 污染物与碳排放随之减少。基于此, 考察产业结构 ( $V_{is}$ ) 这一作用机制的有效性, 结果见表 7。表中 (1) 列,  $V_{did}$  的估计系数为 -0.134, 且在 1% 水平下显著, 表明政策实施有利于减少工业企业规模, 促进产业向第三产业发展。结合 (2) (3) 列可知, 优化产业结构可有效控制  $SO_2$  和  $CO_2$  排放, 同时碳排放权交易制度的减污降碳效应依然显著, 这说明产业结构在政策推进减污降碳协同治理过程中也发挥了部分中介效应。

表 7 产业结构的机制回归分析结果

Table 7 Regression analysis of the industrial structure mechanism

变量名称	(1)	(2)	(3)
	$V_{is}$	$\ln m_{CO_2}$	$\ln m_{SO_2}$
$V_{did}$	-0.134*** (0.033)	-0.142*** (0.045)	-0.352*** (0.105)
$V_{is}$		0.495*** (0.062)	0.567*** (0.146)
$\ln V_{pGDP}$	-0.660*** (0.063)	0.395*** (0.093)	0.673*** (0.218)
$\ln V_{people}$	-0.005 (0.144)	0.808*** (0.192)	-0.269 (0.449)
$V_{fdi}$	2.686*** (0.550)	-2.650*** (0.750)	-0.557 (1.755)
$V_{gover}$	0.920*** (0.233)	0.946*** (0.315)	4.526*** (0.738)
$V_{urban}$	0.031*** (0.003)	0.009* (0.005)	0.053*** (0.012)
$V_{dt}$	-0.792*** (0.205)	-0.180 (0.277)	1.221* (0.648)
_cons	6.649*** (1.435)	-6.512*** (1.952)	-5.394 (4.569)
时间固定	yes	yes	yes
省份固定	yes	yes	yes
$R^2$	0.918	0.964	0.987
$N$	510	510	510

综上可知碳排放权交易制度的设立可降低能源消费规模、提高绿色技术创新水平和优化产业结构, 从而促进减污降碳协同治理, 故假说 2 得以验证。

## 4.4 异质性分析

### 4.4.1 行政干预力度

行政干预是弥补碳市场运行效率损失的一个重要手段<sup>[32]</sup>, 可加强碳市场对企业的约束力度, 迫使

碳排放强度较高企业因无法承担高额碳排放成本而退出市场, 或通过增加环境治理和绿色技术创新研发投入以降低碳排放, 从而降低过高的碳排放成本。因此, 政府对碳排放主体可行使的管控力度越大, 越有利于增强碳排放权交易制度的减排效应。基于此, 参考文献 [32] 的研究, 采用地方财政收入占地区生产总值的比衡量行政干预力度 ( $V_{reliance}$ ), 与  $V_{did}$  交互得到  $V_{did\_}V_{reliance}$ , 将其作为核心解释变量代入基准回归模型进行检验, 以验证行政干预在碳排放权交易制度影响减污降碳协同治理中的作用, 结果见表 8 中第 (1) 和 (2) 列, 可知,  $V_{did\_}V_{reliance}$  的回归系数均在 1% 水平下显著为负, 表明行政干预力度越高, 越有利于碳排放权交易制度对减污降碳协同治理的促进作用。

表 8 异质性回归分析结果

Table 8 Heterogeneity regression analysis results

变量名称	(1)	(2)	(3)	(4)
	$\ln m_{CO_2}$	$\ln m_{SO_2}$	$\ln m_{CO_2}$	$\ln m_{SO_2}$
$V_{did\_}V_{reliance}$	-1.790*** (0.355)	-2.801*** (0.801)		
$V_{did\_}V_{market}$			-0.020*** (0.005)	-0.043*** (0.011)
$\ln V_{pGDP}$	0.034 (0.088)	0.238 (0.199)	0.074 (0.089)	0.314 (0.199)
$\ln V_{people}$	0.931*** (0.210)	-0.248 (0.474)	0.801*** (0.208)	-0.231 (0.462)
$V_{fdi}$	-0.945 (0.773)	1.670 (1.743)	-1.272 (0.782)	1.038 (1.738)
$V_{gover}$	1.454*** (0.327)	5.239*** (0.736)	1.418*** (0.332)	5.052*** (0.738)
$V_{urban}$	0.021*** (0.005)	0.068*** (0.011)	0.024*** (0.005)	0.069*** (0.011)
$V_{dt}$	-0.614* (0.289)	0.803 (0.652)	-0.545* (0.291)	0.804 (0.647)
_cons	-3.722* (2.032)	-1.110 (4.580)	-3.223 (2.058)	-2.004 (4.577)
时间固定	yes	yes	yes	yes
省份固定	yes	yes	yes	yes
$R^2$	0.960	0.986	0.959	0.986
$N$	510	510	510	510

### 4.4.2 市场化水平

市场化水平是决定碳排放权能否顺利在碳市场交易的重要因素, 市场化水平体现了要素从低效率部门向高效率部门流动的便利化程度, 且市场化水平与企业生产率呈正相关<sup>[38]</sup>, 市场化水平越高的地区越有利于改善能源利用效率<sup>[39]</sup>。因此, 一个地区的市场化水平也会对碳排放权交易制度的环境治理效应产生影响。因此, 本文以各省份市场化相对进程系列测算报告为依据, 选取市场化进程指数为衡量市场化水平 ( $V_{market}$ ) 的代理变量, 将其与  $V_{did}$  的交互项  $V_{did\_}V_{market}$  作为核心解释变量代入基准回归模型, 得到表 8 中第 (3) 和 (4) 列回归结果。可以得知  $V_{did\_}V_{market}$  的估计系数均在 1% 水平下显著为负。这表明市场化水平越高的地区越有利于环境污染治理, 随着市场化水平提高, 碳排放权交易制度的减污降碳效应增强。

## 5 结论与政策建议

通过建立碳排放权交易市场约束企业污染排放行为,影响企业生产模式,进而提高环境治理水平,成为推进碳达峰、碳中和目标实现的关键一环。本文以碳排放权交易市场的设立这一外生冲击为“准自然实验”,以2005—2021年中国30个省市自治区面板数据为研究样本,运用双重差分方法评估碳排放权交易制度对减污降碳协同治理的影响,结果表明:

1) 碳排放权交易制度的实施可有效降低CO<sub>2</sub>和SO<sub>2</sub>排放水平,即促进减污降碳协同治理。同时这一结论经过平行趋势检验、安慰剂检验、排除政策干扰及替换被解释变量等稳健性检验后依然成立。

2) 机制分析表明,碳排放权交易制度可以通过降低能源消费规模、提高技术创新水平和优化产业结构促进减污降碳协同治理。

3) 异质性分析发现,地区行政干预力度和市场化水平越高,会增强碳排放权交易制度对减污降碳协同治理的促进作用。

上述研究结果为实现双碳目标,进一步完善碳交易市场提供了经验证据。综上,提出如下政策建议:

1) 结合实际需要,完善碳排放交易市场建设。目前党和国家积极部署实施减污降碳协同治理各项工作,因不同地区发展阶段和生态环境保护需求存在差异,故需结合实际需要,加快推进并完善全国碳排放交易市场建设,并将这些经验推广到其他行业和领域,探索和建设用能权、排污权等资源环境权益市场,进而实现减污降碳协同治理水平与环境治理目标最大化。

2) 加大科技研发投入。政府应出台相应政策鼓励企业进行绿色生产技术研发,可对进行技术创新企业进行补贴奖励,激发企业进行绿色生产的动力,而不是依靠降低产量减排,力争在源头上实现减排。

3) 加大治污投入。碳排放权交易制度对治污设施投入有显著的促进作用,这有利于我国碳减排以及空气质量的改善。即使如此,企业和地方政府仍应加大在治污上的投入,尽量从源头上减少碳排放,同时也不能忽视生产过程中产生的污染,要对生产过程进行全方位的监控。此外,我国还需要加快推进产业结构的转型升级、改造传统高耗能行业,持续推动绿色产业项目高效运转,不断提升区域绿色发展水平。

4) 正确处理好政府和碳市场的关系,最大化政府干预在碳市场机制中的作用。本研究表明,政府对碳市场的管控力度越强,越有利于碳市场实现污染物与温室气体的协同减排。然而,政府对碳市场的干预

也并不是越多越好,政府应当通过完善碳市场平台建设和相关法律法规等提高碳市场的运行效率,以增强碳排放权交易制度对排控主体的激励作用,促进企业为降低减排成本而采取一系列环保措施,从而实现减污降碳协同增效的目标。

### 参考文献:

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗: 在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告 [N]. 人民日报, 2022-10-26(1).  
XI Jinping. Hold High the Great Banner of Socialism with Chinese Characteristics and Work Together to Build a Modern Socialist Country in an All-Round Way: Report at the 20th National Congress of the Communist Party of China [N]. People's Daily, 2022-10-26(1).
- [2] 王班班, 齐绍洲. 市场型和命令型政策工具的节能减排技术创新效应: 基于中国工业行业专利数据的实证 [J]. 中国工业经济, 2016(6): 91-108.  
WANG Banban, QI Shaozhou. The Effect of Market-Oriented and Command-and-Control Policy Tools on Emissions Reduction Innovation: An Empirical Analysis Based on China's Industrial Patents Data [J]. China Industrial Economics, 2016(6): 91-108.
- [3] 刘传明, 孙喆, 张瑾. 中国碳排放权交易试点的碳减排政策效应研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(11): 49-58.  
LIU Chuanming, SUN Zhe, ZHANG Jin. Research on the Effect of Carbon Emission Reduction Policy in China's Carbon Emissions Trading Pilot [J]. China Population, Resources and Environment, 2019, 29(11): 49-58.
- [4] WU J X, NIE X, WANG H. Curse to Blessing: The Carbon Emissions Trading System and Resource-Based Cities' Carbon Mitigation [J]. Energy Policy, 2023, 183: 113796.
- [5] MA G C, QIN J H, ZHANG Y M. Does the Carbon Emissions Trading System Reduce Carbon Emissions by Promoting Two-Way FDI in Developing Countries? Evidence from Chinese Listed Companies and Cities [J]. Energy Economics, 2023, 120: 106581.
- [6] GAO Y N, LI M, XUE J J, et al. Evaluation of Effectiveness of China's Carbon Emissions Trading Scheme in Carbon Mitigation [J]. Energy Economics, 2020, 90: 104872.
- [7] BORGHESI S, CAINELLI G, MAZZANTI M. Linking Emission Trading to Environmental Innovation: Evidence from the Italian Manufacturing Industry [J]. Research Policy, 2015, 44(3): 669-683.

- [8] 沈洪涛, 黄楠, 刘浪. 碳排放权交易的微观效果及机制研究[J]. 厦门大学学报(哲学社会科学版), 2017(1): 13-22.  
SHEN Hongtao, HUANG Nan, LIU Lang. A Study of the Micro-Effect and Mechanism of the Carbon Emission Trading Scheme[J]. Journal of Xiamen University (Arts & Social Sciences), 2017(1): 13-22.
- [9] 张华. 低碳城市试点政策能够降低碳排放吗?: 来自准自然实验的证据[J]. 经济管理, 2020, 42(6): 25-41.  
ZHANG Hua. Can Low-Carbon City Construction Reduce Carbon Emissions?: Evidence from a Quasi-Natural Experiment[J]. Business and Management Journal, 2020, 42(6): 25-41.
- [10] 刘亦文. 碳减排约束政策对中国城市空气质量的影响研究[J]. 湖南大学学报(社会科学版), 2022, 36(2): 73-81.  
LIU Yiwen. Effect of Carbon Emission Restriction Policies on Air Quality in China's Key Cities[J]. Journal of Hunan University (Social Sciences), 2022, 36(2): 73-81.
- [11] 胡珺, 方祺, 龙文滨. 碳排放规制、企业减排激励与全要素生产率: 基于中国碳排放权交易机制的自然实验[J]. 经济研究, 2023, 58(4): 77-94.  
HU Jun, FANG Qi, LONG Wenbin. Carbon Emission Regulation, Corporate Emission Reduction Incentive and Total Factor Productivity: A Natural Experiment Based on China's Carbon Emission Trading System[J]. Economic Research Journal, 2023, 58(4): 77-94.
- [12] 黄志平. 碳排放权交易有利于碳减排吗?: 基于双重差分法的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(9): 32-36.  
HUANG Zhiping. Does the Carbon Emission Trading Scheme Promote Carbon Mitigation?[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2018, 32(9): 32-36.
- [13] 黄向岚, 张训常, 刘晔. 我国碳交易政策实现环境红利了吗?[J]. 经济评论, 2018(6): 86-99.  
HUANG Xianglan, ZHANG Xunchang, LIU Ye. Does China's Carbon Emissions Trading Policy Fulfill the Environmental Dividend?[J]. Economic Review, 2018(6): 86-99.
- [14] 李创, 王智佳, 王丽萍. 碳排放权交易政策对企业绿色技术创新的影响: 基于工具变量和三重差分的检验[J]. 科学学与科学技术管理, 2023, 44(5): 15-33.  
LI Chuang, WANG Zhijia, WANG Liping. The Impact of Carbon Emission Trading Policy on Firms' Green Technology Innovation: Based on Instrumental Variables and Triple Difference Test[J]. Science of Science and Management of S & T, 2023, 44(5): 15-33.
- [15] 曹翔, 苏馨儿. 碳排放权交易试点政策是否促进了碳中和技术创新?[J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(7): 94-104.  
CAO Xiang, SU Xiner. Has the Carbon Emissions Trading Pilot Policy Promoted Carbon Neutrality Technology Innovation?[J]. China Population, Resources and Environment, 2023, 33(7): 94-104.
- [16] 许文立, 孙磊. 市场激励型环境规制与能源消费结构转型: 来自中国碳排放权交易试点的经验证据[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, 40(7): 133-155.  
XU Wenli, SUN Lei. Market-Incentive Environmental Regulation and Energy Consumption Structure Transformation[J]. Journal of Quantitative & Technological Economics, 2023, 40(7): 133-155.
- [17] 成琼文, 杨玉婷. 碳排放权交易试点政策的碳减排效应: 基于绿色技术创新和能源结构转型的中介效应[J]. 科技管理研究, 2023, 43(4): 201-210.  
CHENG Qiongwen, YANG Yuting. Carbon Emission Reduction Effect of the Carbon Emission Trading Pilot Policy: Based on the Mediating Effect of Green Technology Innovation and Energy Structure Transformation[J]. Science and Technology Management Research, 2023, 43(4): 201-210.
- [18] 陈海龙, 周融, 雷汉云. 激励与惩罚: 碳排放权交易试点对产业结构的影响[J]. 云南财经大学学报, 2023, 39(6): 18-34.  
CHEN Hailong, ZHOU Rong, LEI Hanyun. Incentives and Penalties: The Impact of Pilot Carbon Emissions Trading on Industrial Structure[J]. Journal of Yunnan University of Finance and Economics, 2023, 39(6): 18-34.
- [19] 刘海英, 钟莹. 碳交易与“碳税”的减排效应及作用路径研究[J]. 商业研究, 2023(1): 98-107.  
LIU Haiying, ZHONG Ying. Carbon Trading and "Carbon Tax" Emission Reduction Effect and Action Path[J]. Commercial Research, 2023(1): 98-107.
- [20] SONG M L, ZHENG H Y, SHEN Z. Whether the Carbon Emissions Trading System Improves Energy Efficiency: Empirical Testing Based on China's Provincial Panel Data[J]. Energy, 2023, 275: 127465.
- [21] 张瑜, 孙倩, 薛进军, 等. 减污降碳的协同效应分析及其路径探究[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(5): 1-13.  
ZHANG Yu, SUN Qian, XUE Jinjun, et al. Synergistic Effects of Pollution Control and Carbon Reduction and Their Pathways[J]. China Population, Resources and Environment, 2022, 32(5): 1-13.
- [22] 朱思瑜, 于冰. “排污权”和“碳排放权”交易的减污降碳协同效应研究: 基于污染治理和政策管理的双重视角[J]. 中国环境管理, 2023, 15(1): 102-109.  
ZHU Siyu, YU Bing. Research on the Co-Benefits of Pollution Reduction and Carbon Reduction of "Emissions Trading" and "Carbon Emissions Trading": Based on the Dual Perspectives of Pollution Control and Policy

- Management[J]. Chinese Journal of Environmental Management, 2023, 15(1): 102-109.
- [23] 孙晶琪, 周奕全, 王 愿, 等. 市场型环境规制交互下减污降碳协同增效的效应分析 [J]. 中国环境管理, 2023, 15(2): 48-57.  
SUN Jingqi, ZHOU Yiquan, WANG Yuan, et al. Research on the Synergistic Effect of Reducing Pollution and Carbon Emissions Under the Interaction of Market-Based Environmental Regulations[J]. Chinese Journal of Environmental Management, 2023, 15(2): 48-57.
- [24] 周 行, 马延柏. 地方政府“减污降碳”协同治理的减排效应研究: 基于环境规制策略的调节效应 [J]. 经济与管理, 2023, 37(3): 40-48.  
ZHOU Hang, MA Yanbai. Research on Emission Reduction Effect of Local Government's "Reduction of Pollution and Carbon Emissions" Coordinated Governance: Moderation Effect Based on Environmental Regulation Strategy[J]. Economy and Management, 2023, 37(03): 40-48.
- [25] PENG H R, CUI J B, ZHANG X L. Does China Emission Trading Scheme Reduce Marginal Abatement Cost? A Perspective of Allowance Allocation Alternatives[J]. Sustainable Production and Consumption, 2022, 32: 690-699.
- [26] 张 娆, 郭晓旭. 碳排放权交易制度与企业绿色治理 [J]. 管理科学, 2022, 35(6): 22-39.  
ZHANG Rao, GUO Xiaoxu. Carbon Emission Trading System and Corporate Green Governance[J]. Journal Management Science, 2022, 35(6): 22-39.
- [27] SHEN J, TANG P C, ZENG H, et al. Does Emission Trading System Reduce Mining Cities' Pollution Emissions? A Quasi-Natural Experiment Based on Chinese Prefecture-Level Cities[J]. Resources Policy, 2023, 81: 103293.
- [28] XIAO Y, HUANG H, QIAN X M, et al. Can Carbon Emission Trading Pilot Facilitate Green Development Performance? Evidence from a Quasi-Natural Experiment in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2023, 400: 136755.
- [29] CHEN Z, SONG P, WANG B L. Carbon Emissions Trading Scheme, Energy Efficiency and Rebound Effect: Evidence from China's Provincial Data[J]. Energy Policy, 2021, 157: 112507.
- [30] WANG C T, WANG L K, WANG W Q, et al. Does Carbon Emission Trading Policy Promote the Corporate Technological Innovation?: Empirical Evidence from China's High-Carbon Industries[J]. Journal of Cleaner Production, 2023, 411: 137286.
- [31] 刘满凤, 程思佳. 碳排放权交易促进地区产业结构优化升级了吗? [J]. 管理评论, 2022, 34(7): 33-46.
- LIU Manfeng, CHENG Sijia. Does the Carbon Emission Trading Scheme Promote the Optimization and Upgrading of Regional Industrial Structure?[J]. Management Review, 2022, 34(7): 33-46.
- [32] 吴茵茵, 齐 杰, 鲜 琴, 等. 中国碳市场的碳减排效应研究: 基于市场机制与行政干预的协同作用视角 [J]. 中国工业经济, 2021(8): 114-132.  
WU Yinyin, QI Jie, XIAN Qin, et al. The Carbon Emission Reduction Effect of China's Carbon Market: From the Perspective of the Coordination Between Market Mechanism and Administrative Intervention[J]. China Industrial Economics, 2021(8): 114-132.
- [33] JACOBSON L S, LALONDE R J, SULLIVAN D G. Earnings Losses of Displaced Workers[J]. The American Economic Review, 1993, 83(4): 685-709.
- [34] CHETTY R, LOONEY A, KROFT K. Salience and Taxation: Theory and Evidence[J]. The American Economic Review, 2009, 99(4): 1145-1177.
- [35] LA FERRARA E, CHONG A, DURYE A S. Soap Operas and Fertility: Evidence from Brazil[J]. American Economic Journal: Applied Economics, 2012, 4(4): 1-31.
- [36] 任胜钢, 郑晶晶, 刘东华, 等. 排污权交易机制是否提高了企业全要素生产率: 来自中国上市公司的证据 [J]. 中国工业经济, 2019(5): 5-23.  
REN Shenggang, ZHENG Jingjing, LIU Donghua, et al. Does Emissions Trading System Improve Firm's Total Factor Productivity: Evidence from Chinese Listed Companies[J]. China Industrial Economics, 2019(5): 5-23.
- [37] 孙振清, 谷文姗, 成晓斐. 碳交易对绿色全要素生产率的影响机制研究 [J]. 华东经济管理, 2022, 36(4): 89-96.  
SUN Zhenqing, GU Wenshan, CHENG Xiaofei. Research on the Influence Mechanism of Carbon Trading on Green Total Factor Productivity[J]. East China Economic Management, 2022, 36(4): 89-96.
- [38] 张 杰, 李 克, 刘志彪. 市场化转型与企业生产效率: 中国的经验研究 [J]. 经济学, 2011, 10(2): 571-602.  
ZHANG Jie, LI Ke, LIU Zhibiao. Market-Oriented Transition and Enterprises Productivity in China[J]. China Economic Quarterly, 2011, 10(2): 571-602.
- [39] 盛鹏飞. 中国能源效率偏低的解释: 技术无效抑或配置无效 [J]. 产业经济研究, 2015(1): 9-20, 60.  
SHENG Pengfei. The Explanation for the Low Energy Efficiency of China: Allocation Inefficiency or Technology Inefficiency[J]. Industrial Economics Research, 2015(1): 9-20, 60.

(责任编辑: 廖友媛)