

# 绿色金融视角下碳排放权交易政策的经济环境效率提升效应研究

郭晓雨<sup>1</sup>, 杨毅<sup>1,2</sup>, 郑天<sup>1</sup>

<sup>1</sup>广西科技大学经济与管理学院, 广西 柳州

<sup>2</sup>广西新型工业化研究中心, 广西 柳州

收稿日期: 2026年2月25日; 录用日期: 2026年3月22日; 发布日期: 2026年4月16日

## 摘要

本文基于2009年至2019年中国30个省市自治区的面板数据, 运用双重差分模型, 对绿色金融中的碳排放权交易政策如何影响地区经济环境效率及其潜在作用机制进行了深入探究。研究发现, 碳排放权交易政策对试点地区的经济环境效率提升具有显著的正向效应, 并且这一效应随时间推移逐渐增强, 体现了政策的动态效果。进一步分析作用机制发现该政策通过推动能源效率的提高和碳排放强度的降低来提升经济环境效率水平。异质性分析还显示, 碳排放权交易政策在可再生资源较缺乏、产业结构相对先进的地区表现出更为显著的效果。基于这些发现, 本文从加强碳交易市场、协调绿色金融政策、促进低碳技术创新与能源结构调整、制定差异化政策等四个方面提出了对策建议。

## 关键词

碳排放权交易, 经济环境效率, 碳排放强度, 能源强度, 绿色金融

# Research on the Improvement Effect of Economic Environmental Efficiency of Carbon Emission Trading Policy from the Perspective of Green Finance

Xiaoyu Guo<sup>1</sup>, Yi Yang<sup>1,2</sup>, Tian Zheng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Economics and Management, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou Guangxi

<sup>2</sup>Guangxi Research Center for New Industrialization, Liuzhou Guangxi

Received: February 25, 2026; accepted: March 22, 2026; published: April 16, 2026

## Abstract

Based on panel data from 30 Chinese provinces, autonomous regions, and municipalities from 2009 to 2019, this paper employs a Difference-in-Differences (DID) model to empirically investigate the impact of the carbon emissions trading policy—a key instrument within green finance—on regional economic-environmental efficiency and its underlying mechanisms. The study finds that the carbon emissions trading policy has a significant positive effect on improving the economic environmental efficiency of pilot regions, and this effect strengthens over time, revealing the policy's dynamic impact. Further analysis of the mechanisms indicates that the policy enhances economic environmental efficiency by promoting improvements in energy efficiency and reducing carbon emission intensity. Heterogeneity analysis also reveals that the policy's effects are more pronounced in regions relatively lacking in renewable resources and those with a more advanced industrial structure. Based on these findings, this paper proposes policy recommendations in four areas: strengthening the carbon trading market, coordinating green finance policies, promoting low-carbon technological innovation and energy structure adjustment, and formulating differentiated regional policies.

## Keywords

Carbon Emissions Trading, Economic Environmental Efficiency, Carbon Emission Intensity, Energy Intensity, Green Finance

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

随着全球化的深入发展，国际贸易不仅在推动世界各国经济增长方面发挥着至关重要的作用，同时也引起了人们对环境可持续性的广泛关注。近几十年来，世界范围内对环境污染和能源枯竭问题的警惕急剧上升[1]，全球平均气温再次突破历史纪录[2]，减少温室气体排放已成为国际社会的共识。中国作为世界上最大的发展中国家，其经济体量巨大且正处于快速发展阶段，如何在保持经济高速增长的同时有效控制环境污染，已成为一个迫切需要解决的问题。21世纪以来，中国政府不仅高度重视环境保护和气候变化问题，积极参与国际气候治理，作为《巴黎气候变化协定》的签署国之一，中国已将绿色低碳发展上升为国家战略，作出了在2030年前达到二氧化碳排放峰值，并力争在2060年前实现碳中和的庄严承诺，这些行动充分展现了中国作为一个负责任大国的国际担当。低碳发展是应对全球变暖挑战的关键战略举措[3] [4]。近年来，基于市场的政策已经出台，为减少排放和更有效地分配资源创造了经济激励，并在解决能源消耗和碳排放的政策框架中越来越受欢迎，被认为在实现最低合规成本和缓解信息不对称方面更有效[5]。在应对气候变化的众多策略中，绿色金融中的碳排放权交易政策被认为是一种创新且有效的市场机制，通过绿色技术发展减少碳排放，从而实现经济与环境的相容发展[6]。自2011年起，中国在部分地区开展了碳排放权交易试点，以降低碳排放，从而以更具成本效益的方式缓解全球变暖和气候变化，并在2021年正式启动了国家级的碳交易市场，这不仅标志着中国在全球碳减排努力中所扮演的角色日益重要，也展现了中国在全球环境治理中的积极参与和领导力。

但由于中国碳交易市场起步较晚，市场效率较低[7]，碳排放权交易政策在实际操作中面临着多重挑战[8]。如何确保碳市场的有效运行以及如何确保碳排放权交易政策与其他环境政策之间的协调一致，都

是需要深入研究和解决的问题。此外，碳排放权交易政策对于促进经济环境效率的提高具有重要意义。经济环境效率，作为一种反映经济增长质量的指标，通过将 GDP 与环境污染相结合，提供了一个更加全面的视角来衡量经济发展对环境的影响[9]。经济环境效率的提升不仅关乎碳排放的减少，更涉及到能源消耗的效率提高和资源配置的优化。

本研究旨在通过实证分析深入剖析中国碳排放权交易政策对地区经济环境效率的具体影响，进而为中国乃至全球如何通过碳交易政策促进绿色经济发展提供新的思路和启示。本文的贡献主要有三个方面：

首先，通过构建双重差分模型，本研究基于绿色金融提供了一种新的视角来分析碳排放权交易政策对地区经济环境效率影响的实证证据，从而丰富了环境经济学和绿色发展领域的研究内容；其次，本文深入探讨了碳排放权交易政策通过影响能源消耗强度以及碳排放强度，进而作用于经济环境效率的具体机制，为政策制定者提供了如何更有效地利用碳交易政策促进绿色发展的理论依据；最后，本文的研究结果不仅为中国特色绿色经济发展道路的探索提供了重要的实证支持，也为全球气候治理和绿色发展战略的制定提供了有价值的参考。

本文的其余部分安排如下：第 2 节对现有研究方向做了梳理归纳，第 3 节通过理论分析提出研究假设，第 4 节涵盖了研究设计和数据来源，第 5 节展示了实证结果，最后第 6 节得出了结论和建议。

## 2. 文献综述

随着碳排放问题的日益严峻以及双碳目标的迫在眉睫，碳排放权交易政策成为学术界关注的热点研究话题。现有研究大多以绿色金融、技术、能源、碳减排效应的角度出发，分析绿色金融形式的碳排放权交易试点政策影响，也有对政策有效性的研究探讨。

### 2.1. 碳排放权的绿色金融属性

绿色金融通过提高企业信息透明度，引导企业投融资“绿色”方向，促进资金向绿色节能企业流动。这样一来，可以有效提升企业技术创新，加快产业结构升级，从而降低碳排放、间接抑制工业污染，促进企业生产节能环保[10] [11]。Lai [12]研究发现，绿色金融的发展促进了中国经济的增长和产业结构的转型升级，并通过节能减排引导低碳经济，减少了碳排放。中国碳排放权交易市场的发展促进了绿色金融支持低碳产业，在促进低碳经济转型方面发挥了明显作用[13]。碳排放权交易政策正是通过推动地区绿色投融资，促进企业低碳转型和创新发展[14]，因此可以认为碳排放权具备绿色金融属性。当前，我国碳金融市场发展面临许多挑战，包括对碳金融认识不足、缺乏相关知识体系和相关专业人才以及政策法规和法律体系不健全等问题[15] [16]。虽然中国部分地区和金融机构推出了包括碳远期、碳债券、碳基金和碳排放权抵质押融资在内的碳金融产品，但这些产品总体规模较小，可持续性不足，且地区发展不均，尚未形成成熟的碳金融市场体系[17]。

### 2.2. 碳排放权交易政策对技术创新的影响

虽然中国推出碳排放权交易政策只有短短十几年，但预计将对其范围内的企业创新产生显著积极影响，特别是通过缓解低碳创新融资障碍[18]。碳排放权交易制度有助于增强企业的环境责任感，减轻融资压力，从而促进企业高水平的绿色创新[19]，也提高了创新的数量和质量[20]。曹翔[21]还发现，碳排放权交易政策通过增加研发投入促进了碳中和技术创新。Gao [22]以在中国开展的碳排放权交易试点政策为准自然实验，证明了碳排放权交易机制会通过成本驱动渠道和利润刺激渠道来激励企业开展研发创新活动。Fang 等[23]研究发现，碳交易政策对整体低碳技术创新和渐进式低碳技术创新有显著影响，并发现碳交易政策的滞后促进了可再生能源技术专利和与碳捕获与封存相关技术专利的显著增加。此外，实施

碳交易政策不仅促进了当地绿色技术创新，还会对邻近城市产生显著的空间溢出效应[24] [25]。

### 2.3. 碳排放权交易政策减排效果

排放交易通过向企业发放排放交易许可证，使排放合法化。碳密集型企业能够在市场上购买许可证以满足政府监管要求，而低碳企业则可出售许可证获利，这一机制促使碳排放许可证商业化，从而推动企业采取减排行动，实现碳源减少和碳汇增加的良性循环[26]。蔡俊等[27]基于省市层面面板数据研究发现，试点地区采取的碳排放权交易政策可以减少约 4.4% 的碳排放量并提高 10.4% 的碳排放效率，且这种效果随着交易价格上升会更加显著。政策实施不仅可以减少区域碳排放，还能抑制人均二氧化碳排放，这主要依赖于产业结构的改善[28]。企业可以促使企业通过技术创新[29]、提高能源效率[30]、调整产业结构[31]等途径来降低碳排放和碳排放强度。由此可见，碳排放权交易政策是促进碳排放减少的有力工具，为应对气候变化和实现可持续发展目标提供了有效的政策路径，其实施具有重要的现实意义和价值。

还有学者研究了碳交易市场和政策对经济方面的影响，认为环境质量的改善并不会以牺牲经济为代价。虽然碳排放权交易政策增加了生产成本，但也极大带动了产出和效益，从而促进区域经济增长，政策实施时间越长效果越明显[32]。碳排放权交易政策还通过就业创造带来了较为显著的就业增长效应[33]。

综上所述，学者们主要从上述的技术创新、碳减排效应、环境规制和经济增长等方面，从侧面对碳排放权交易政策与经济或环境之间的关系进行研究，但对于碳排放权交易政策对经济环境效率的直接研究较为缺乏。经济环境效率本质上表示经济与环境之间的关系，本研究利用 2009 年至 2019 年中国 30 个省市自治区的数据，结合双重差分模型，旨在深入剖析碳排放权交易政策对经济环境效率的具体影响，以期增强对该政策在经济层面作用的认知。通过此次研究，我们期望能够为理解碳排放权交易政策如何作用于经济环境效率提供有价值的参考和启示，进而为相关政策的制定和实施提供科学依据。

## 3. 理论分析和假设研究

根据庇古税理论，政府可以通过征收碳税来纠正因碳排放造成的负外部性，而碳排放权交易政策则通过市场机制设定碳排放的价格，实现了类似的效果。通过为碳排放定价，企业的碳减排行为转化为经济成本和收益的考量，促使企业主动采取减排措施，从而提高环境效率。科斯定理指出，当产权清晰且交易成本低时，市场参与者可以通过自由交易实现资源的有效配置，从而最大化社会福利。碳排放权交易政策正是基于这一理论基础，通过明确界定碳排放的所有权，并允许其在市场上自由交易，实现了碳排放权的有效配置。这种配置使得具有减排成本优势的企业可以承担更多的减排任务，而那些减排成本较高的企业则可以通过市场购买额外的排放权来满足自身需求。这种机制促进了碳减排技术的创新和应用，同时确保了以最低的社会成本达成环境效率的提升。由此本文提出假说：

**H1：碳排放权交易政策能够提高地区经济环境效率**

根据价格信号机制，碳排放权的价格为碳排放成本提供了明确的信号，促使企业从成本 - 效益的角度重新评估其生产过程和产品设计。企业为了减少碳排放成本，会主动寻求减少单位产品或服务的碳排放量，比如通过采用更清洁的能源、改进生产工艺或开发新技术，从而降低碳排放强度，提升经济环境效率。资源配置效率理论也说明碳排放权交易政策通过明确碳排放的成本，激励企业寻找减少能源消耗和提高能源效率的方法。这种机制促进了资源在不同使用者之间的有效配置，使得能源使用更加高效，从而降低了能源消耗强度，提高环境效率。深入剖析波特假说，当环境政策足够严格时，它能够有效地推动企业进行创新活动，以降低对环境的影响同时保持或增加竞争力。碳排放权交易政策通过设置碳排

放成本，为企业提供了减少能源消耗和提高能源效率的经济激励，促使企业投资于能源效率高的技术和生产流程，从而降低能源消耗强度，提高经济环境效率。

H2: 碳排放权交易政策能够通过降低碳排放强度提升经济环境效率

H3: 碳排放权交易政策能够通过降低能源消耗强度提升经济环境效率

## 4. 研究设计和数据

### 4.1. 模型构建

本文的研究主要目的是对碳排放权交易政策是否提升了试点地区经济环境效率水平进行识别，本质是对政策效果的分析。双重差分法是现阶段较为流行的做法，学者们利用双重差分法进行研究取得了显著成果。运用该方法对政策前后的试点组和非试点组进行分析，可以消除其他因素的干扰，从而得出较为准确的政策效应。因此，本研究构建了一个双重差分模型，旨在深入探讨碳排放权交易试点政策对中国 30 个省市自治区(除西藏、香港、澳门、台湾外)经济环境效率的影响。模型表达式如下：

$$LNENI_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 T_i \times P_t + \alpha_2 X_{i,t} + year_t + province_i + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

式(1)中， $LNENI_{i,t}$  代表地区的经济环境效率水平，其中  $i$  代表不同省(自治区、直辖市)， $t$  代表时间。 $T_i$  是碳排放权交易政策试点虚拟变量，试点组赋值为 1，非试点组则为 0。 $P_t$  为政策实施的虚拟变量。 $X_{i,t}$  为控制变量， $year_t$ 、 $province_i$  分别代表时间和省份固定效应， $\epsilon_{i,t}$  为误差项。

为了更精确地评估碳交易政策对经济环境效率水平的动态影响，在模型(1)的基础上引入试点省市与试点年份的交叉项，进而捕捉政策的动态效果，提高动态效应估计模型的准确性，更全面地捕捉政策影响的动态变化：

$$LNENI_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 T_i \times Z_t + \alpha_2 X_{i,t} + year_t + province_i + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

其中， $Z$  为时间虚拟变量( $t = 2009, 2010, \dots, 2019$ )。 $T_i \times Z_t$  是新的双重差分变量，其估计系数  $\alpha_1$  能够反映碳排放权交易政策对地区经济环境效率水平的动态效应。

### 4.2. 变量

#### 4.2.1. 被解释变量

经济环境效率是衡量地区生态经济发展水平的重要指标，碳排放权交易市场的政策旨在推动所有参与主体减少温室气体排放。因此，为了全面评估各地区的环境效率，必须考虑经济增长所带来的环境成本。本文参考杨龙[9]的做法，将相对绿色 GDP 作为经济环境效率评价指标，引入各地区生产总值与环境污染指数的比值  $\frac{GDP_{i,t}}{CEI_{i,t}}$  作为各地区经济环境效率的度量，表示单位环境污染所带来的地区生产总值。比值越大意味着在经济增长过程中付出的环境代价越小，反之则说明生产活动在生态经济效益上表现不佳。

本文采用熵权法构建指标，考虑数据的可获取性，通过中国 30 个省市自治区(西藏、香港、澳门、台湾除外)的废水排放量、废气中二氧化硫排放量以及工业固体废弃物产生量这三类污染数据构建综合环境污染指数。设  $Q_{i,d}$  代表地区  $i$  的第  $d$  个污染指标的测量值( $i = 1, 2, \dots, m$ ,  $d = 1, 2, 3$ )，对于特定的污染指标  $d$ ，如果各地区的测量值  $Q_{i,d}$  的差异越大，则表明该指标在综合评价中的作用占比越大，反之，如果差异较小，那么该指标在综合评价中的影响就相对较小。熵权法进行计算的主要步骤如下：

Step 1: 对数据进行相应变换处理。

$$r_{i,d} = \frac{Q_{i,d} - \min(Q_{i,d})}{\max(Q_{i,d}) - \min(Q_{i,d})} \quad (3)$$

计算每个指标的比重:

$$R_{i,d} = \frac{r_{i,d}}{\sum_{i=1}^m r_{i,d}} \quad (4)$$

Step 2: 计算第  $d$  项指标的熵值  $U_d$  和变异系数  $K_d$

$$U_d = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m R_{i,d} \ln R_{i,d}, \quad K_d = 1 - U_d \quad (5)$$

Step 3: 计算第  $d$  项指标在综合评价中的权重

$$H_d = \frac{K_d}{\sum_{d=1}^3 K_d} = \frac{1 - U_d}{\sum_{d=1}^3 (1 - U_d)} \quad (6)$$

Step 4: 计算综合污染评价指数

$$CEI_i = \sum_{d=1}^3 H_d R_{i,d} \quad (7)$$

$CEI_i$  作为第  $i$  个样本的综合评价指数, 直接反映了该地区的整体环境污染程度。这里的  $d$  代表不同的污染物类型;  $H_d$  则是每种污染物排放量在整体评价中的权重。 $CEI_i$  越大, 表示该地区的环境污染程度越高。

#### 4.2.2. 解释变量

2013 年起中国部分地区逐步启动碳排放权交易市场。 $T_i \times P_t$  为本文的核心解释变量, 表示试点政策实施情况, 其中将深圳并入到广东试点组, 因此本文的试点组为北京、上海、广东、天津、湖北和重庆, 各试点地区正式启动时间如表 1 所示。考虑到碳排放权交易政策试点在 2014 年全部建成, 因此设定 2014 年为政策实施的关键节点,  $t \geq 2014$ ,  $P_t = 1$ ,  $t < 2014$ ,  $P_t = 0$ 。

**Table 1.** Establishment time of carbon trading policy pilot areas

**表 1.** 碳交易政策试点地区成立时间

序号	试点地区	成立时间
1	深圳	2013.6
2	北京	2013.11
3	上海	2013.11
4	广东	2013.12
5	天津	2013.12
6	湖北	2014.2
7	重庆	2014.6

#### 4.2.3. 控制变量

根据已有研究, 本文选取的控制变量为: 经济发展水平(LNPGDP)用各省份人均国民生产总值衡量; 外商直接投资水平(LNFDL)通过计算各省份外商直接投资额与生产总值的比例来进行衡量; 对外开放水平(LNOP)用进出口总额与国民生产总值的比值衡量; 产业结构(LNIS)用第二产业产值占地区生产总值比重衡

量；科技创新水平(LNTC)用地区发明专利申请数量进行衡量；人口规模(LNPOP)用地区常住人口数量衡量。

#### 4.2.4. 中介变量

能源消耗强度(LNNYQD)，用地区能源消耗量与地区生产总值的比值进行衡量，表示单位产值的能源消耗量。碳排放强度(LNCOQD)用地区二氧化碳排放量与地区生产总值的比值进行衡量，表示单位产值的二氧化碳排放量(表 2)。

**Table 2.** Variable descriptions

**表 2.** 变量描述

类型	变量	定义
被解释变量	LNENI	地区 GDP 与环境污染指数比值的对数
	LNPGDP	地区人均 GDP 的对数
控制变量	LNFDL	外商直接投资额与地区 GDP 比值的对数
	LNOP	进出口总额与地区 GDP 比值的对数
	LNIS	第二产业产出值与地区 GDP 比值的对数
	LNTC	发明专利数与地区 GDP 比值的对数
	LNPOP	常住人口数量的对数
中介变量	LNNYQD	能源消耗量与地区 GDP 比值的对数
	LNCOQD	二氧化碳排放量与地区 GDP 比值的对数

### 4.3. 数据

为了确保本研究的精确性和数据可靠性，同时避免疫情及全国碳排放交易市场的实施带来的影响，本研究选择了中国 2009 年至 2019 年期间的 30 个省市自治区(除西藏、香港、澳门、台湾外)作为研究对象。研究所需的各项数据，诸如各省份的国民生产总值、人口规模、外商投资情况等，均来源于权威统计资料，包括《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》以及各地方政府的统计年鉴。相关的描述性统计数据已在表 3 中详细列出。

**Table 3.** Descriptive statistics

**表 3.** 描述性统计

变量	样本	均值	标准差	最小值	最大值
LNENI	330	11.175	0.807	9.459	13.634
LNPGDP	330	1.489	0.503	0.093	2.799
LNFDL	330	0.308	1.084	-4.576	2.103
LNOP	330	2.825	0.959	0.237	5.042
LNIS	330	3.776	0.231	2.782	4.078
LNTC	330	9.288	1.490	5.165	12.285
LNPOP	330	8.197	0.743	6.323	9.433
LNNYQD	330	-0.301	0.499	-1.570	0.918
LNCOQD	330	0.693	0.648	-1.094	2.140

## 5. 实证分析

### 5.1. 基准回归分析

根据模型(1)对经济环境效率水平受碳交易政策影响的效应进行了估算, 相关结果列于表 4。表 4 详细展示了回归结果的逐步变化。在第一列中未考虑任何控制变量, 得到的回归结果已初步揭示了碳交易政策对经济环境效率的积极影响。在第二至第四列中逐步引入了省份固定效应和时间固定效应, 以便更精确地控制潜在的影响因素。不论采用何种回归策略, 双重差分系数均显著为正, 这一结果强烈支持了我们的假设 H1, 即碳交易政策显著提升了试点省市的经济环境效率水平。特别要注意的是第四列, 这是本文的基准结果。

**Table 4.** Regression results of the carbon trading policy on economic environmental efficiency  
**表 4.** 碳交易政策对经济环境效率的回归结果

变量	LNENI			
	1	2	3	4
Treat_post	1.2674*** (0.1092)	0.2584*** (0.0798)	0.3228*** (0.0548)	0.3476*** (0.0490)
LNPGDP		0.3089*** (0.0838)	0.7234*** (0.0982)	0.3606*** (0.1256)
LNFDL		0.1989*** (0.0283)	0.0943** (0.0433)	0.0954** (0.0478)
LNOP		0.1400*** (0.0327)	0.1314*** (0.0462)	0.0699 (0.0464)
LNIS		-1.2443*** (0.1794)	-0.1298 (0.1505)	-0.0177 (0.1851)
LNTC		0.1126*** (0.03383)	0.0547 (0.0440)	0.0361 (0.0495)
LNPOP		-0.0832 (0.0544)	1.3091*** (0.4796)	1.1625*** (0.3995)
Constant	11.0368*** (0.0418)	14.5635*** (0.7954)	-1.0864 (3.6304)	-0.5749 (2.9768)
控制变量	否	是	是	是
省份固定效应	否	否	是	是
年份固定效应	否	否	否	是
观测值	330	330	330	330
R <sup>2</sup>	0.2402	0.7357	0.9539	0.9608

括号内数值为回归系数的标准误差, \*, \*\*, \*\*\*分别表示在 10%、5%、1%统计水平上显著。下同。

### 5.2. 平行趋势检验与动态效应分析

为了验证双重差分分析的基本假设, 即处理组与控制组在政策实施前应具有相似的发展轨迹, 我们以政策实施前一期为基期, 对政策实施前后的经济环境效率进行了平行趋势检验。如图 1 所示, 在政策实施之前几年, 处理组与控制组的经济环境效率水平并未表现出显著差异, 这有力支持了平行趋势的假设。同时, 我们深入分析了碳交易政策的动态效应。研究结果显示, 在实施前五年的阶段, 动态效应系数并不显著, 表明各省份之间的经济环境效率水平并未出现明显分化。然而, 自 2015 年起, 碳交易政策的效应开始逐渐显现, 并在后续年份中效应系数呈现出稳步上升并趋于稳定的趋势。这一发现不仅进一

步强化了我们的结论，即碳交易政策显著推动了试点省市的经济环境效率提升，同时也揭示了政策效果的滞后性，即政策效果的显现需要一定的时间。

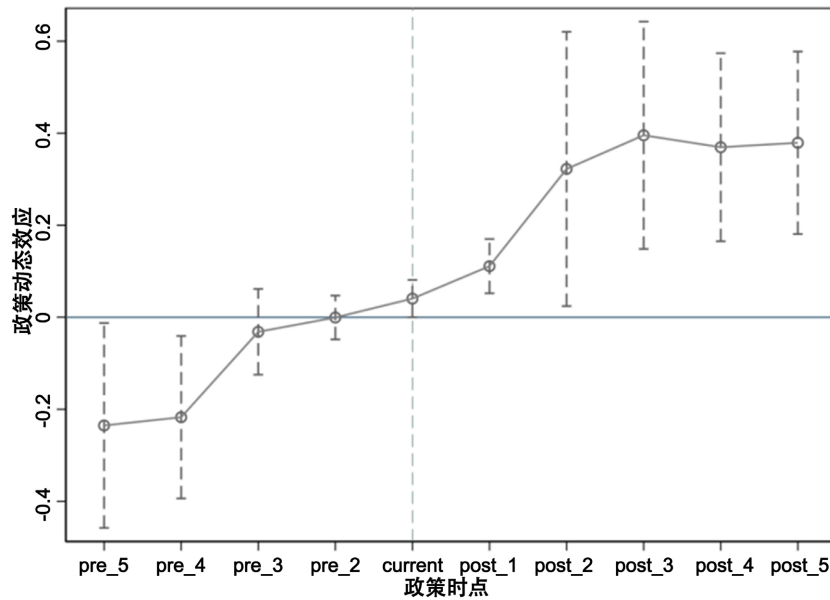


Figure 1. Parallel trend test  
图 1. 平行趋势检验

### 5.3. 稳定性检验

#### 5.3.1. 改变时间窗

在评估碳交易政策对经济环境效率影响的综合过程中，动态时间窗的运用显得尤为重要。仅关注政策实施后的动态效应回归结果可能无法全面揭示政策实施前的效应对比，从而影响分析结果的完整性。因此，我们分别采用了前后 3 年和 4 年不同的时间窗宽来实施检验，详细的回归结果已在表 5 的(1)和(2)列中列出。值得注意的是，即使调整时间窗宽，碳交易政策对经济环境效率影响的基本方向并未发生改变。随着窗宽的扩大，估计值呈现出上升的趋势，且显著性结果始终保持高度稳定，这进一步强化了假设 H1 的可靠性，证实了碳交易政策对经济环境效率的积极影响。

Table 5. Dynamic time window and PSM-DID regression results  
表 5. 动态时间窗与 PSM-DID 回归结果

变量	动态时间窗		倾向得分匹配		
	1	2	1 (近邻匹配)	2 (卡尺匹配)	3 (核匹配)
Treat_post	0.2200*** (0.0701)	0.2796*** (0.0834)	0.3476*** (0.0490)	0.3476*** (0.0490)	0.3476*** (0.0490)
Constant	1.7893 (6.3724)	-2.6619 (6.8355)	0.5749 (2.9768)	0.5749 (2.9768)	0.5749 (2.9768)
控制变量	是	是	是	是	是
省份固定效应	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
观测值	210	270	209	205	205
R <sup>2</sup>	0.650	0.710	0.9608	0.9608	0.9608

### 5.3.2. 倾向得分匹配的双重差分

考虑到实验组和对照组在初始条件上可能存在的非一致性，这有可能引入选择性偏差，影响双重差分回归结果的准确性。因此，我们采用倾向得分匹配后的双重差分方法来验证碳交易政策效果的稳健性。通常情况下，不同匹配方法的选择对回归结果的影响较小。表 5 中的(3)、(4)、(5)列分别展示了近邻匹配、卡尺内近邻匹配和核匹配方法的估计结果。同时，表 6 详细对比了三种匹配方法前后处理组与对照组在协变量上的差异程度。结果显示，经过倾向得分匹配后，相较于匹配前，协变量的显著性水平普遍降低。匹配前，多个协变量存在显著差异；而匹配后，处理组与对照组在协变量上的差异几乎消失，这表明倾向得分匹配效果显著，从而增强了 PSM-DID 回归结果的可靠性。将实验组和对照组的样本进行一对一匹配后，保留支持共同假设的样本进行回归分析，详细的回归结果参见表 5。研究进一步证实，碳交易政策对地区经济环境效率水平具有显著提升作用，再次验证了我们实证结果的稳健性。

Table 6. PSM matching effect

表 6. PSM 匹配效果

变量	匹配情况	倾向得分匹配(T 值)		
		1 (近邻匹配)	2 (卡尺匹配)	3 (核匹配)
LNPGDP	UNMATCH	9.82	9.82	9.73
	MATCH	0.38	0.35	-0.08
LNFDL	UNMATCH	3.50	3.50	6.42
	MATCH	-0.39	-0.34	-0.64
LNOP	UNMATCH	-5.89	-5.89	-4.93
	MATCH	0.18	0.25	0.49
LNIS	UNMATCH	7.18	7.18	7.39
	MATCH	-0.65	-0.77	0.56
LNTC	UNMATCH	6.89	6.89	11.79
	MATCH	-0.14	-0.16	0.99
LNPOP	UNMATCH	-0.44	-0.44	-0.99
	MATCH	-0.56	-0.67	1.32

### 5.3.3. 排除其他政策干扰

Table 7. Robustness test: excluding the interference of other policies

表 7. 排除其他政策干扰检验

变量	“一带一路”倡议	生态文明建设区	双重政策效应
	1	2	3
Treat_post	0.2989*** (0.0772)	0.3033*** (0.0877)	0.2885*** (0.0810)
Constant	-4.4963 (5.3664)	-4.7309 (5.9570)	-5.0883 (5.6958)
控制变量	是	是	是
省份固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
观测值	330	330	330
R <sup>2</sup>	0.809	0.806	0.811

在研究碳交易政策对经济环境效率的影响时，其他相关政策的潜在影响是一个重要的考量因素。这些政策可能对经济环境效率产生干扰，导致对碳交易政策效应的评估产生偏差。我们深入分析了其他可能的影响因素，并特别关注了“一带一路”倡议和中国生态文明试验区试点政策这两个重要变量。在模型中引入这些政策虚拟变量后，进行了新的回归分析，详细结果可见于表 7。表 7 中的第(1)列展示了加入“一带一路”倡议虚拟变量后的回归结果，第(2)列则反映了考虑中国生态文明试验区试点政策变量后的回归结果，而第(3)列则综合反映了同时考虑这两个政策虚拟变量的情况。研究发现，即使纳入了这些政策虚拟变量，碳交易政策对经济环境效率的回归系数依然显著，且与之前的回归结果相比，并未出现明显的变化。这一发现进一步支持了我们实证结果的稳健性。

#### 5.3.4. 安慰剂检验

为排除其他随机因素对碳排放权交易政策影响地区经济环境效率评估的干扰，本文采用安慰剂检验方法。参考 La Ferrara [34]、Raj Chetty [35] 等学者的做法，基于基准回归中碳排放权交易政策变量的分布特征，进行千次随机抽样，构造出“伪政策虚拟变量”。随后再次对模型(1)进行了回归估计，重点观察其系数与 P 值的分布情况。结果表明“伪政策虚拟变量”在回归中的系数均值趋近于零，显著低于基准回归系数，见图 2。同时这些系数的分布形态接近正态分布，且绝大多数 P 值均大于 0.05，即在 5% 的显著性水平下不具备统计显著性。这一发现进一步证明碳排放权交易政策对地区经济环境效率的影响并非由其他随机因素造成，从而进一步强化了先前结论的可靠性。

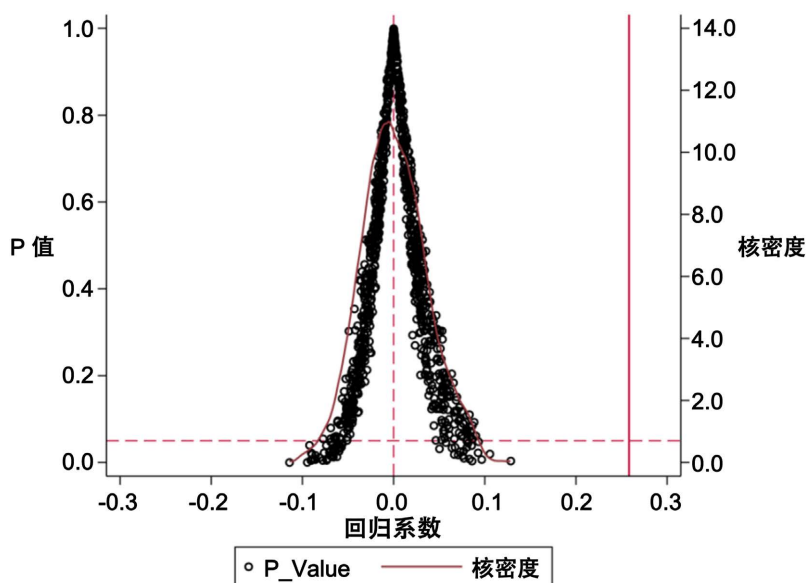


Figure 2. Placebo test  
图 2. 安慰剂检验

#### 5.4. 机制检验

根据我们的研究发现，碳交易市场政策对试点省份的经济环境效率水平有显著的正向影响。但是，我们需要深入研究碳交易市场政策是如何影响经济环境效率水平的。为验证研究假设 H2 和 H3，通过采用江艇[36]两步回归法来建立模型，分析碳交易市场政策是否通过能源消耗强度和碳排放强度来提升地区经济环境效率水平，着重探讨其中的影响机制。江艇在其研究中指出，现有的中介效应检验方法如逐步法和三步法均存在低统计功效和估计偏误问题，在第三步加入中介变量后的直接效应分析中无法避免

可能存在的内生性问题，对此江艇提出中介效应两步法。

$$LNENI_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 T_i \times P_i + \alpha_2 X_{i,t} + \gamma \text{year}_t + \text{province}_i + \epsilon_{i,t} \quad (8)$$

$$LNM_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 T_i \times P_i + \beta_2 X_{i,t} + \gamma \text{year}_t + \text{province}_i + \epsilon_{i,t} \quad (9)$$

式(8)是基准 DID 模型，式(9)中被解释变量  $M_{i,t}$  为中介变量，包括能源消耗强度：吨标准煤/万元；碳排放强度：吨/万元。两步法一般步骤为：若式(8)中  $\alpha_1$  不显著，意味着碳交易政策与经济环境效率之间的直接因果关系较弱，因此无需进一步进行中介效应检验；若  $\alpha_1$  显著，构造(9)式检验碳交易政策是否对能源消耗强度和碳排放强度有显著影响。若  $\beta_1$  不显著，那么政策效应与中介变量之间的因果关系相对较弱，同样无需进一步分析；若  $\beta_1$  显著，则借助经济学理论或已有文献来验证能源消耗强度和碳排放强度是否确实能够影响经济环境效率水平。如果这一影响能够被验证，那么说明该影响机制是存在的。此外，为了增强中介变量与被解释变量之间相关性的说服力，本文还额外进行了中介变量与经济环境效率水平的回归分析，从而进一步证实机制路径的存在性。

**Table 8.** Mechanism effect test  
**表 8.** 机制效应检验

变量	LNENI	LNNYQD	LNCOQD	LNENI	LNENI
	1	2	3	4	5
Treat_post	0.3125*** (0.0834)	-0.1776*** (0.0431)	-0.2145*** (0.0537)		
LNNYQD				-1.1302*** (0.1692)	
LNCOQD					-0.7316*** (0.1609)
Constant	-4.1884 (5.5725)	-2.2664 (3.5832)	0.6816 (4.0972)	-8.7063*** (2.5869)	-6.4137* (3.7099)
控制变量	是	是	是	是	是
省份固定效应	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
观测值	330	330	330	330	330
R <sup>2</sup>	0.805	0.893	0.848	0.848	0.827

表 8 为机制检验的回归结果，列(1)为基准 DID 回归，(2)至(3)列分别是碳排放权交易政策与能源消耗强度和碳排放强度回归结果。列(2)表明碳交易政策显著降低了能源消耗强度，表明提高了能源效率；列(3)回归结果表明，碳交易政策显著降低了碳排放强度，提高了碳排放经济效率。

能源消耗强度作为反映经济活动产出单位 GDP 所需能源量的指标，直接关联到碳排放权交易政策的目标之一。其通过市场机制激励企业提高能源使用效率，进而降低单位经济产出的能源需求，减少环境污染，有助于提升地区经济环境效率的水平。Li 等[37]在碳排放因素研究中得出，提升能源效率和降低能源强度都对区域减排起到了长期持续的影响，显著减少了二氧化碳排放。

碳排放强度，即产生单位 GDP 时伴随的二氧化碳排放量，直观反映了经济增长过程中的环境负担。碳排放权交易政策通过定价机制促使企业减排，有效降低了碳排放强度。为了实现碳排放的减少，企业会促进环保技术的创新和应用，以及推动能源和产业结构向更加环保和可持续的方向转型。这些措施不

仅减少了二氧化碳的排放，也间接降低了环境污染指数，从而提升了经济环境效率的水平。地区碳排放强度的降低可以促进低碳转型升级，进而提高绿色技术水平，为降低环境污染和实现碳中和奠定基础[38]。

另外作为辅助验证，本文将中介变量与被解释变量进行了回归分析，以验证其二者之间的关系，进一步说明影响机制的存在，结果如(4)至(5)列所示。列(4)回归结果表明能源消耗强度对经济环境效率水平有显著的负向作用，说明能源效率的提高能够提高经济环境效率水平；列(5)回归结果表明碳效率的提高能够提高经济环境效率水平。假设 H2、H3 得到验证。

## 5.5. 异质性分析

### 5.5.1. 试点省份异质性检验

表 9 是分别 6 个试点省市的政策回归结果，我们通过双重差分方法探究了碳排放权交易政策对各省(市)经济环境效率的影响。结果显示，该政策在北京、天津、重庆、上海、湖北五地对经济环境效率的促进作用在 1% 的显著性水平上得到了验证，而在广东地区，该影响并未呈现出统计学上的显著性。并且北京、天津、上海的估计值要明显高于湖北和重庆，如图 3 所示。

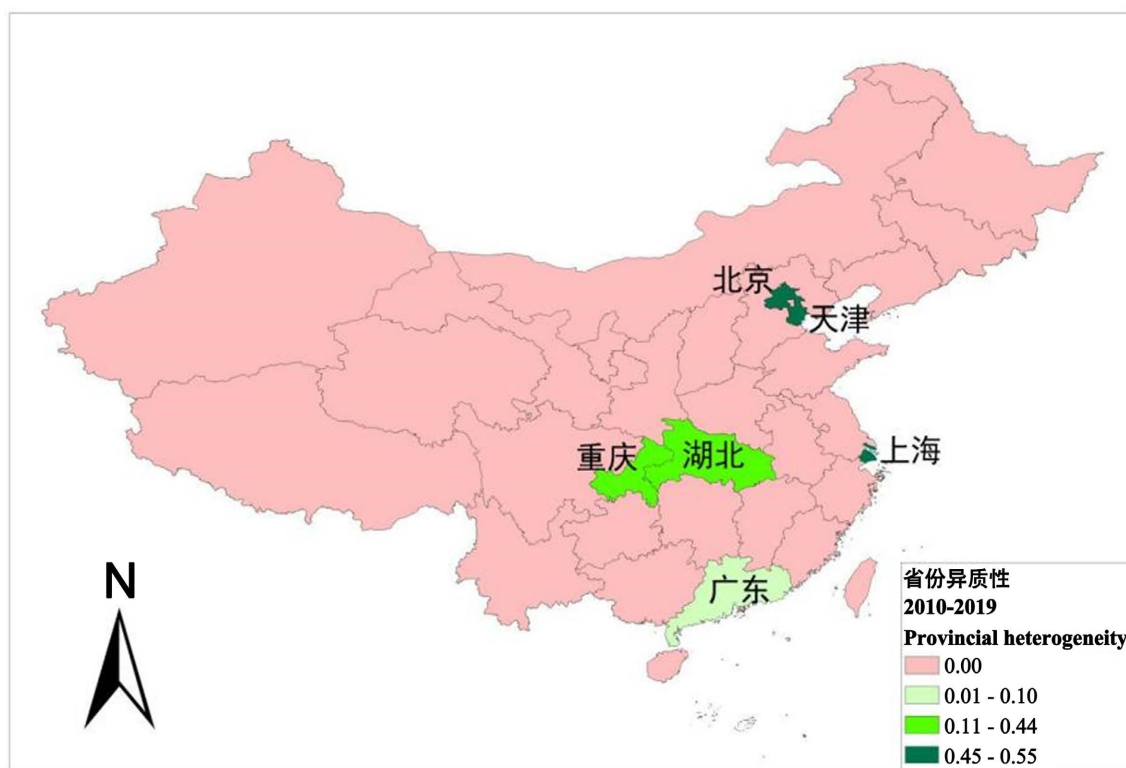
**Table 9.** Comparison of policy effects among pilot provinces (cities)

**表 9.** 试点省(市)的政策效果对比

城市	(1) 北京	(2) 天津	(3) 上海	(4) 湖北	(5) 广东	(6) 重庆
DID_BJ	0.4463*** (0.1033)					
DID_TJ		0.5453*** (0.0724)				
DID_SH			0.4721*** (0.0724)			
DID_HB				0.1330*** (0.0345)		
DID_GD					0.0844 (0.0956)	
DID_CQ						0.2783*** (0.0702)
Constant	-3.3094 (6.2782)	-2.7693 (6.3298)	-3.3494 (6.4051)	-2.6261 (6.6058)	-3.1726 (6.2798)	-3.1521 (6.6236)
控制变量	是	是	是	是	是	是
省份固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	275	275	275	275	275	275
R <sup>2</sup>	0.781	0.763	0.779	0.777	0.776	0.781

对于北京、天津、上海这些地区在实施碳排放权交易政策前，其经济环境效率的基础并不如其他省市那样高，因此政策实施后的促进作用更为明显，显示出了显著的增长效应。这些地区的政策实施可能更为严格或者配套措施更为完善，从而有效促进了经济环境效率的增长。在湖北和重庆，虽然政策效应也显著，但相对于北京、天津、上海的估计系数，其估计系数要略低一些。这可能是因为这两个地区在

政策实施前就已经拥有较高的经济环境效率水平，或者是因为这些地区的碳排放权交易政策实施存在一定的局限性，导致政策效应虽然存在，但提升效果有限。然而，对于广东碳排放权交易政策对经济环境效率的促进作用并未达到统计学上的显著性。这可能是由于广东省的经济和产业结构较为先进，经济环境效率的基础已经较高，因此政策的边际效应不如其他省市显著。此外，广东的碳排放权交易市场成熟度和参与度可能也影响了政策效应的显著性，即使有政策推动，由于市场和制度因素的限制，政策对经济环境效率增长的直接推动作用可能并不明显。



注：该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2024)0650 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 3. Map of differences among pilot provinces (cities)

图 3. 试点省(市)差异图

### 5.5.2. 地区区位异质性检验

表 10 按照东中西部将样本进行区位划分分组回归，结果显示在 5% 的显著性水平上碳排放权交易政策对东部地区和西部地区的经济环境效率的提升产生了显著的促进作用，而在中部地区没有产生显著的影响。东部地区由于经济基础雄厚，企业通常拥有更多的资源和能力去投资于技术创新和清洁能源项目，而且市场机制较为成熟，企业和消费者对环保政策的响应更为迅速和积极，这有助于碳排放权交易政策在该地区产生显著的正面效果。西部地区虽然经济发展水平相对较低，但自然资源丰富，特别是在清洁能源方面，如风能、太阳能等，这为西部地区利用碳排放权交易政策推动环境效率提升提供了天然优势。但与东部和西部相比，中部地区可能面临一些挑战，这些挑战可能阻碍了碳排放权交易政策在该地区产生显著效果。例如，中部地区的产业结构可能更依赖于传统重工业，这些行业在短期内难以实现技术升级和转型。此外，中部地区的市场机制和环保意识可能不如东部地区成熟，导致政策执行力度和效果受限。为了深入剖析地区属性差异，进行进一步的异质性检验。

**Table 10.** Results of regional heterogeneity analysis  
**表 10.** 区位异质性分析结果

变量	东部地区	中部地区	西部地区
Treat_post	0.3032** (0.1298)	0.0818 (0.0583)	0.2486** (0.0806)
Constant	6.4673 (6.7972)	-4.8660 (9.8080)	2.8234 (10.1934)
控制变量	是	是	是
省份固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
观测值	121	88	121
R <sup>2</sup>	0.8995	0.9370	0.6989

### 5.5.3. 地区分布异质性检验

表 11 按照污染指数、产业结构和可再生能源的水平进行异质性分析,结果显示,在低污染指数地区,碳排放权交易政策对经济环境效率的促进作用在 1% 的显著性水平上得到验证,而在高污染指数地区却没有展现出显著的提升作用。这表明在环境污染较为严重的地区,碳排放权交易政策对于提升经济环境效率没有显著的影响。可能的原因在于,高污染指数地区可能存在根深蒂固的工业结构和较低的环保意识,导致政策难以在短时间内产生显著效果,需要更长期和深入的政策推动和技术改造。

**Table 11.** Results of distributional heterogeneity analysis  
**表 11.** 分布异质性分析结果

变量	污染指数		产业结构		可再生能源	
	低污染指数	高污染指数	低产业结构水平	高产业结构水平	低可再生能源	高可再生能源
Treat_post	0.4443*** (0.0959)	0.0294 (0.0655)	0.3520** (0.1190)	0.3491*** (0.1148)	0.4354*** (0.0986)	0.0630 (0.0626)
Constant	-0.9597 (7.2965)	-13.9248** (6.4685)	1.5146 (6.0472)	-10.9277 (7.7749)	8.4102 (9.0744)	-5.0621 (6.5683)
控制变量	是	是	是	是	是	是
省份固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	165	165	165	165	165	165
R <sup>2</sup>	0.758	0.661	0.864	0.767	0.880	0.774

产业结构方面,我们发现在低产业结构水平地区,碳排放权交易政策在 5% 的显著性水平上显著促进经济环境效率水平的提高,而在高产业结构水平地区,这一促进作用的显著性提升至 1%。这说明在产业结构更为先进的地区,碳排放权交易政策对于促进经济环境效率的效果更佳。这可能是因为先进的产业结构更容易吸收和利用新技术,实现绿色转型,碳排放权交易政策通过激励企业采用低碳技术,进一步促进了这一过程。

可再生能源蕴藏方面,在低可再生能源地区碳排放权交易政策在促进经济环境效率提升方面具有显著作用,而在高可再生能源地区却没有产生显著的影响。在可再生能源蕴藏量较低的地区,政策通过提

高碳排放成本，激励了对有限资源的高效利用和向其他可再生能源形式的转型，从而显著提升了经济环境效率。而蕴藏量丰富的地区，可能在政策实施前就已实现了较高的经济环境效率。因此，碳排放权交易政策对这些地区的影响可能较小，因为它们已经具备了较低的碳排放基础和较高的环境友好性。

## 6. 结论和建议

### 6.1. 结论

本研究基于中国 30 个省份的数据，采用双重差分模型深入分析了绿色金融下的碳排放权交易政策对地区经济环境效率的影响及其作用机制，并经过了一系列稳健性检验的验证。同时，本文还讨论了省份异质性、区位异质性和因素分布异质性。以下是关键发现。

第一，碳排放权交易政策在推动试点地区经济环境效率增长方面具有显著作用。通过在试点地区实施碳排放权交易，可以有效地激励企业采取减排措施，通过市场机制优化资源配置，从而提高整体的经济环境效率。这种政策的实施不仅在短期内有效，而且随着时间的推移，其正面效应会逐渐增强，显示出良好的动态效应。这表明，随着政策的深入实施和市场的逐步成熟，其对经济环境效率的促进作用将更加明显。

第二，碳排放权交易政策主要通过提高能源使用效率和降低碳排放强度来发挥作用。具体来说，政策鼓励企业采用清洁能源和绿色技术，这不仅减少了对化石燃料的依赖，也降低了单位产出的碳排放量。同时，通过技术创新和管理优化，企业能够更高效地利用能源，进一步提高了能源效率。这些措施共同作用，促进了经济增长方式的绿色转型，实现了经济发展与环境保护的双赢。

第三，碳排放权交易政策在不同地区的效果存在异质性。研究显示其在环境污染较轻、产业结构较先进、可再生资源较为缺乏的地区，该政策的促进效应更为显著。这一发现符合效用的边际递减定律，因此制定和执行碳排放权交易政策时，需要考虑到地区间的环境、经济条件的不同，以实现政策效益的最大化。

### 6.2. 政策建议

针对碳排放权交易政策对经济环境效率的影响，本文提出以下几点具体的政策建议：

第一，加强和深化全国绿色金融碳交易市场。为了最大化碳排放权及相关产品的绿色金融交易在提升经济环境效率方面的积极作用，应进一步加强和完善全国碳交易市场的构建与运作。特别是针对经济效率和生态效率相对滞后的地区，通过实施更为高效的市场机制，激励企业加大减排力度并推动低碳技术的研发创新，进而有效提升这些地区的经济环境效率水平。

第二，协调碳交易与其他绿色金融政策。在推进碳交易政策的同时，需要加强与其他绿色金融产品政策的协调和整合，如可再生能源推广、节能减排措施、绿色债券和绿色信贷等。通过形成政策合力，实现碳排放减少的目标，同时促进经济向绿色、低碳方向转型。这包括推动绿色金融标准与国际接轨，提高绿色金融产品的国际竞争力，以及通过政策引导和激励措施，促进金融机构和企业参与绿色金融市场，共同推动绿色低碳发展。例如，通过金融科技手段，可以更高效地识别绿色资产、项目、产品和服务，开展环境效益数据的采集、溯源、处理和分析，支持绿色资产交易平台等。

第三，促进低碳技术创新与能源结构调整。鼓励低碳技术的研发和应用，加速能源结构从依赖化石能源向清洁能源转变。通过技术进步和能源转型，提高能源使用效率，减少碳排放，从而对经济环境效率的提升产生积极影响。金融机构可以通过提供贷款、投资、风险管理等金融服务，支持清洁能源项目和低碳技术的研发与推广。同时，政府可以通过提供税收优惠、补贴等政策支持，激励企业进行能源结

构调整和技术升级。例如，国家能源局推动能源结构调整优化，逐步有序淘汰落后产能，推动煤矿、油气田与新能源融合发展，深入推进工业、建筑、交通等领域电能替代。

第四，考虑地区差异制定差异化政策。鉴于不同地区在经济发展、产业结构、能源结构等方面存在显著差异，应制定差异化的碳排放权交易政策。对于经济发展相对滞后、产业结构偏重、能源消费结构较为单一的地区，则应给予更多的政策扶持和技术支持，帮助其逐步提升能源利用效率，降低碳排放强度。这可以通过设立区域性绿色发展基金、提供定制化的绿色金融产品和解决方案，以及加强区域间的绿色技术和经验交流来实现。

## 参考文献

- [1] Kumar, A., Luthra, S., Mangla, S.K., Garza-Reyes, J.A. and Kazancoglu, Y. (2023) Analysing the Adoption Barriers of Low-Carbon Operations: A Step Forward for Achieving Net-Zero Emissions. *Resources Policy*, **80**, Article ID: 103256. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103256>
- [2] 温馨, 韩东. 全球变暖加速: 2024 年再成最热年份[J]. 生态经济, 2025, 41(2): 1-4.
- [3] 陈峰, 杨艳艳, 张萍. 基于空间杜宾模型(SDM)的中国低碳发展溢出和调节效应实证研究[J]. 中国管理科学, 2025, 33(5): 45-53.
- [4] 郑玉雨, 于法稳. 气候变化背景下农业低碳发展: 国际经验与中国策略[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2024, 32(2): 183-195.
- [5] Blackman, A., Li, Z. and Liu, A.A. (2018) Efficacy of Command-and-Control and Market-Based Environmental Regulation in Developing Countries. *Annual Review of Resource Economics*, **10**, 381-404. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100517-023144>
- [6] 董直庆, 王辉. 市场型环境规制政策有效性检验——来自碳排放权交易政策视角的经验证据[J]. 统计研究, 2021, 38(10): 48-61.
- [7] 韩锦玉, 刘湘, 杨雯迪, 等. 中国碳交易市场运行效率研究——基于七个试点的实证[J]. 全国流通经济, 2020(14): 132-137.
- [8] 陈骁, 张明. 碳排放权交易市场: 国际经验、中国特色与政策建议[J]. 上海金融, 2022(9): 22-33.
- [9] 杨龙, 胡晓珍. 基于 DEA 的中国绿色经济效率地区差异与收敛分析[J]. 经济学家, 2010(2): 46-54.
- [10] Saeed Meo, M. and Karim, M.Z.A. (2022) The Role of Green Finance in Reducing CO<sub>2</sub> Emissions: An Empirical Analysis. *Borsa Istanbul Review*, **22**, 169-178. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2021.03.002>
- [11] 冯兰刚, 阳文丽, 赵庆, 等. 绿色金融对工业污染影响效应的统计检验[J]. 统计与决策, 2022, 38(6): 144-149.
- [12] Lai, J. (2023) Green Finance and Sustainable Development: An Empirical Study Based on Chinese Data. *Open Journal of Social Sciences*, **11**, 263-273. <https://doi.org/10.4236/jss.2023.1111017>
- [13] 左喜梅. 碳排放权交易促进绿色金融减排路径研究[J]. 企业经济, 2023, 42(7): 141-150.
- [14] Zhou, X., Dai, M. and Liu, L. (2024) Green Credit, Carbon Emission Trading and Corporate Green Innovation: Evidence from China. *Pacific-Basin Finance Journal*, **86**, Article ID: 102445. <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2024.102445>
- [15] Zhou, K. and Li, Y. (2019) Carbon Finance and Carbon Market in China: Progress and Challenges. *Journal of Cleaner Production*, **214**, 536-549. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.298>
- [16] Tao, S. (2024) Analyzing Opportunities and Challenges for Financial Institutions in the Area of Carbon Finance. *Journal of Global Humanities and Social Sciences*, **5**, 132-137. <https://doi.org/10.61360/bonighss242016070305>
- [17] 鲁政委, 叶向峰, 钱立华, 等. “碳中和”愿景下我国碳市场与碳金融发展研究[J]. 西南金融, 2021(12): 3-14.
- [18] Qi, S.Z., Zhou, C.B., Li, K., et al. (2021) Influence of a Pilot Carbon Trading Policy on Enterprises' Low-Carbon Innovation in China. *Climate Policy*, **21**, 318-336.
- [19] 王凤荣, 李安然, 高维妍. 碳金融是否促进了绿色创新水平?——基于碳排放权交易政策的准自然实验[J]. 兰州大学学报(社会科学版), 2022, 50(6): 59-71.
- [20] 肖龙阶, 陈实, 袁潮清. 异质性视角下碳排放权交易政策对企业绿色创新影响分析——基于上市公司的绿色专利数据[J]. 科技管理研究, 2023, 43(2): 177-185.
- [21] 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.

- [22] Gao, Y.R. (2021) Can the Carbon Emission Rights Trading Mechanism Incentivize Enterprises to Innovate? *Sustainable Development*, **11**, 566-578. <https://doi.org/10.12677/sd.2021.115070>
- [23] Fang, C., Wang, W. and Wang, W. (2023) The Impact of Carbon Trading Policy on Breakthrough Low-Carbon Technological Innovation. *Sustainability*, **15**, Article 8277. <https://doi.org/10.3390/su15108277>
- [24] Li, F. and Weng, Z. (2023) Spatial Spillover Effects of a Carbon Trading Policy on Green Technology Innovation in China. *Environmental Science and Pollution Research*, **30**, 109500-109524. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30032-7>
- [25] 张彩江, 李章雯, 周雨. 碳排放权交易政策对绿色创新的影响研究——基于空间溢出视角的实证分析[J]. 价格理论与实践, 2023(3): 186-190.
- [26] Xia, Q., Li, L., Dong, J. and Zhang, B. (2021) Reduction Effect and Mechanism Analysis of Carbon Trading Policy on Carbon Emissions from Land Use. *Sustainability*, **13**, Article 9558. <https://doi.org/10.3390/su13179558>
- [27] 蔡俊, 骆丹娜, 萧莘玥. 碳排放权交易试点政策的减排效应分析——基于碳排放量和碳排放效率的视角[J]. 系统工程理论与实践, 2024, 44(9): 2838-2858.
- [28] 陈操操, 于凤菊, 张悦, 等. 碳交易试点政策减排效应实证评估及机制分析[J]. 中国环境科学, 2025, 45(3): 1674-1685.
- [29] 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.
- [30] 程郁泰, 肖红叶. 中国碳排放权交易政策的经济与减排效应研究[J]. 统计与信息论坛, 2023, 38(7): 61-74.
- [31] 马子初, 赵宇驰. 碳交易政策与中国制造业绿色转型: 影响机制与实证检验[J]. 哈尔滨商业大学学报(社会科学版), 2025(3): 74-87, 128.
- [32] Wen, H., Chen, Z. and Nie, P. (2021) Environmental and Economic Performance of China's ETS Pilots: New Evidence from an Expanded Synthetic Control Method. *Energy Reports*, **7**, 2999-3010. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.05.024>
- [33] 李鹏, 金刚. 碳排放权交易政策的就业效应[J]. 经济学动态, 2025(1): 94-110.
- [34] Ferrara, E.L., Chong, A. and Duryea, S. (2012) Soap Operas and Fertility: Evidence from Brazil. *American Economic Journal: Applied Economics*, **4**, 1-31. <https://doi.org/10.1257/app.4.4.1>
- [35] Chetty, R., Looney, A. and Kroft, K. (2009) Salience and Taxation: Theory and Evidence. *American Economic Review*, **99**, 1145-1177. <https://doi.org/10.1257/aer.99.4.1145>
- [36] 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.
- [37] Li, G., Zeng, S., Li, T., Peng, Q. and Irfan, M. (2023) Analysing the Effect of Energy Intensity on Carbon Emission Reduction in Beijing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **20**, Article 1379. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021379>
- [38] Jing, S., Wu, F., Shi, E., Wu, X. and Du, M. (2023) Does the Digital Economy Promote the Reduction of Urban Carbon Emission Intensity? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **20**, Article 3680. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043680>