

# 异质性环境规制对长三角地区碳金融发展的影响研究

荀守奎, 李嘉敏\*

安徽理工大学经济与管理学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2026年3月13日; 录用日期: 2026年4月6日; 发布日期: 2026年4月15日

## 摘要

文章以2018~2023年长三角地区41个城市为样本, 运用熵权TOPSIS综合评价法评价各城市碳金融发展水平, 随后构建固定效应模型和门槛模型, 研究异质性环境规制对长三角地区碳金融发展的影响及其作用机制。研究发现: 长三角地区碳金融发展水平总体提升但内部差异显著, 呈现核心辐射、梯度扩散与新兴增长点并存的空间演化特征; 其次, 强制命令型环境规制对碳金融的影响呈现出倒U型的非线性关系, 市场激励型环境规制对碳金融产生直接的线性促进效应, 而公众参与型规制则在跨越特定门槛后产生倍增作用。研究为探索环境规制与碳金融之间的复杂关系提供了新的经验证据, 助力推动长三角地区构建差异化、协同化的环境治理政策体系, 提升碳金融发展水平。

## 关键词

异质性, 环境规制, 碳金融发展, 门槛模型

# Research on the Impact of Heterogeneous Environmental Regulations on the Development of Carbon Finance in the Yangtze River Delta Region

Shoukui Xun, Jiamin Li\*

School of Economics and Management, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: March 13, 2026; accepted: April 6, 2026; published: April 15, 2026

\*通讯作者。

文章引用: 荀守奎, 李嘉敏. 异质性环境规制对长三角地区碳金融发展的影响研究[J]. 国际会计前沿, 2026, 15(2): 450-463. DOI: 10.12677/fia.2026.152047

## Abstract

This paper takes 41 cities in the Yangtze River Delta region from 2018 to 2023 as a sample, evaluates the development level of carbon finance in each city using the entropy weight TOPSIS comprehensive evaluation method, and then constructs a fixed-effects model and a threshold model to study the impact of heterogeneous environmental regulations on the development of carbon finance in the Yangtze River Delta region and its mechanism of action. The research findings are as follows: The overall development level of carbon finance in the Yangtze River Delta region has improved, but there are significant internal differences, exhibiting spatial evolutionary characteristics of core radiation, gradient diffusion, and coexistence of emerging growth points. Secondly, mandatory command-type environmental regulations have an inverted U-shaped nonlinear relationship with carbon finance, market incentive-type environmental regulations have a direct linear promoting effect on carbon finance, while public participation-type regulations have a multiplier effect after crossing a certain threshold. This paper provides new empirical evidence for studying the complex relationship between environmental regulations and carbon finance, and helps promote the construction of a differentiated and coordinated environmental governance policy system in the Yangtze River Delta region, thereby enhancing the development level of carbon finance.

## Keywords

Heterogeneity, Environmental Regulation, Carbon Finance Development, Threshold Model

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

中国作为全球最大的碳排放国,在2020年提出“碳达峰”与“碳中和”目标,标志着经济社会全面向绿色低碳目标转型。全国碳排放权交易市场作为实现“双碳”目标的核心政策工具,自2017年启动以来,逐步推动碳排放权向金融资产转化。在此过程中,碳金融通过市场化机制降低减排成本、激励绿色技术创新,成为衔接政策目标与市场实践的关键纽带。

环境规制是政府调控企业环境行为的重要手段,但其异质性特征可能导致对碳金融的作用路径与效果存在显著差异。厘清不同类型规制的差异化影响对优化政策组合、释放碳金融潜力至关重要。长三角地区作为中国经济高质量发展先行区,经济总量占全国24%,碳排放强度较全国平均水平低15%。同时,长三角地区既是全国碳市场核心枢纽,也是绿色金融改革前沿,因此该地区的碳金融发展模式对全国具有示范意义。

然而,区域内经济发展水平、产业结构、科技发展水平及政策工具的显著异质性,导致环境规制对碳金融的驱动效应呈现复杂特征。因此,本文研究异质性环境规制对长三角地区碳金融发展的影响,对于推动长三角地区碳金融市场的均衡发展,助力实现“双碳”目标具有重要的理论和实践意义。

## 2. 文献综述

### 2.1. 碳金融研究动态

从内容上看,最初国内外学者对碳金融的研究是针对环境气候变化而产生的。Salazar (1998) [1]最早

提出环境金融的概念, 他认为环境金融是环境气候与金融机构的中介, 通过分析环境产业与金融业之间的差异, 提出通过金融创新来促进环境的保护。Labatt 和 White (2007) [2]指出碳金融是通过碳配额、衍生品进行分析, 提出可以从碳交易活动、依托清洁发展机制的项目融资活动, 以及期货与期权等金融衍生工具的交易这三方面进行研究。从测度方法上看, 国外学者主要从碳市场交易规模、绿色债券发行量来评价碳金融发展水平, 国内学者多聚焦于碳金融水平综合指数的构建。李丽、董必俊(2018) [3]基于熵权 TOPSIS 法对比了京津冀、长三角、珠三角的碳金融发展水平, 并通过影响因素分析得出民用汽车拥有量、企业规模、第三产业产值占比、工业治理投资强度对三个区域的碳金融发展水平的影响较为显著。齐岳等(2023) [4]从碳金融渗透度、碳金融可得性以及碳金融作用效果三方面对中国省域碳金融发展水平进行测度, 发现各省份碳金融发展水平差异较大, 产业结构、金融发展水平以及地方财政支持力度是影响的关键因素。唐晨竞等人(2014) [5]指出相比于发达国家, 中国目前还处于碳金融发展的起步阶段, 存在诸多问题, 需探索完善碳金融制度建设和碳金融交易平台使市场立体化。

## 2.2. 异质性环境规制研究动态

近年来, 异质性环境规制的研究在国内外呈现差异化演进路径, 但均聚焦于政策工具分类、传导机制及其经济社会效应的多维度解析。国外研究以环境经济学理论为基石, 早期围绕“波特假说”探讨不同规制工具对企业创新与竞争力的影响。Snyder 等(2003) [6]在研究环境规制对于技术扩散的影响中发现, 通过使用加强企业披露要求等公众参与型工具能够促使采用环境效益较差技术的设施关闭。Ambec 等(2023) [7]发现环境税等市场激励型规制相较于命令控制型规制而言, 更易通过“创新补偿效应”激发企业绿色技术研发。随着全球气候变化治理深化, 研究逐步扩展至政策协同效应, Rogge (2017) [8]研究发现欧盟“碳市场 + 生态标签”组合对低碳产业链具有重构作用。国内研究紧扣“生态文明建设”与“双碳”目标, 注重政策工具的本土化适配与执行效能。早期文献多基于命令控制型规制的行政逻辑, 随着市场机制深化, 研究转向市场激励型规制的经济效率。余柯瑶等(2023) [9]发现异质型环境规制对高质量发展存在非线性关系, 同时指出异质性环境规制之间具有交互效应, 可以协同促进高质量发展。王韶华等(2023) [10]提出非正式环境规制会通过信号效应和融资约束, 削弱碳中和企业经济韧性。

## 2.3. 环境规制对碳金融影响的研究动态

目前, 部分学者开始研究环境规制对碳金融发展的影响作用。Aldy 等(2021) [11]研究发现通过制定碳税等市场激励型环境规制工具对碳金融发展有显著的正向作用。Dechezleprêtre 等(2023) [12]发现欧盟“碳排放交易 + 可再生能源补贴”的政策组合可产生乘数效应, 推动碳金融衍生品规模扩张与结构优化。朱小会等人(2017) [13]指出环境财税政策与碳排放显著负相关, 获得金融支持较大的省份, 其环境财税政策的碳减排效应更明显。王康等(2023) [14]指出随着环境规制强度提升, 企业环境监管压力增加, 对转型资金的诉求更为迫切, 而碳金融市场的发展则通过提供多元化的融资工具, 有效缓解企业在减排过程中的资金约束。

## 2.4. 文献述评

现有研究在碳金融的概念界定、测度方法构建以及环境规制的分类依据与宏观效应探讨方面取得了显著进展。国内外学者普遍认识到市场激励型规制对碳金融的促进作用, 并开始关注不同政策工具的组合效果及其非线性影响机制, 这为本文的研究提供了坚实的理论支撑与方法参考。

但既有文献仍存在部分不足: 一是多数研究集中于国家或省际宏观层面, 缺乏对区域内部差异及其协同机制的深入剖析; 二是多数文献研究单一类型环境规制对碳金融的影响, 缺乏对异质性环境政策工

具组合效应的系统性探讨；三是多数研究基于线性假设展开分析，未能充分捕捉环境规制强度与碳金融发展间可能存在的非线性门槛特征，从而在一定程度上削弱研究结论的精准性与政策指导价值。

因此，本文聚焦长三角地区[15]来构建碳金融发展水平综合指数，并运用面板门槛回归模型实证检验三类异质性环境规制工具对碳金融发展的线性与非线性影响及其门槛特征。本文研究旨在揭示不同环境规制工具在区域内部的差异化作用及内在机制，为推动长三角地区碳金融协同发展与政策优化提供更具针对性的经验依据与理论参考。

### 3. 碳金融发展水平测算

#### 3.1. 碳金融发展水平指数构建方法

本文采取熵权 TOPSIS 法构建长三角地区碳金融发展水平综合指数。TOPSIS 法是一种多属性决策方法，是常用的组内综合评价法，用于对有限方案进行排序优选。其核心思想是通过计算各方案与理想解和负理想解的欧氏距离，以相对接近度评估方案优劣。它能充分利用原始数据的信息，满足本文碳金融发展水平综合指数构建中多维度、多指标的需求。其主要分为以下四个步骤：

第一步，对原始数据同趋势化，一般选择指标正向化。式中  $M$  为  $j$  项指标的最大值， $m$  为  $j$  项指标的最小值， $x$  为相应指标。

对于极小型指标，公式如下：

$$x' = M - x \quad (1)$$

对于中间型指标，公式如下：

$$x' = \begin{cases} 2 \frac{x-m}{M-m}, & m \leq x \leq \frac{1}{2}(M+m), \\ 2 \frac{M-x}{M-m}, & \frac{1}{2}(M+m) \leq x \leq M. \end{cases} \quad (2)$$

对于区间型指标  $X_j$ ，其理想区间为  $[a_j, b_j]$ ， $z_{ij}$  是赋权重后的无量纲数值， $x_{ij}$  为长三角地区  $i$  城市的  $j$  项指标，公式如下：

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 - \frac{a_j - x_{ij}}{a_j - \min(X_j)}, & x_{ij} < a_j, \\ 1, & a_j \leq x_{ij} \leq b_j, \\ 1 - \frac{x_{ij} - b_j}{\max(X_j) - b_j}, & x_{ij} > b_j \end{cases} \quad (3)$$

第二步，构建标准化矩阵。首先进行标准化处理。假设有  $n$  个要评价的对象， $m$  个评价指标(已完成正向化)构成的正向化矩阵。

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{kj})^2}} \quad (4)$$

第三步，计算各评价指标与最优及最劣向量之间的差距，定义第  $i$  个评价对象与最大值和最小值的距离。式中， $w_j$  是用熵权法确定的权重， $z_{ij}$  是赋权重后的无量纲数值； $z_j^+$  和  $z_j^-$  分别表示第  $j$  项指标的正理想值和负理想值； $D_i^+$  和  $D_i^-$  分别表示长三角地区  $i$  城市的  $j$  项指标距正理想值和负理想值的欧式距离。

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (z_j^+ - z_{ij})^2} \quad (5)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (z_j^- - z_{ij}^-)^2} \tag{6}$$

第四步, 通过测算长三角地区 41 个城市指标值与正理想解和负理想解的欧氏距离, 并计算其相对接近度, 可定量评估各城市碳金融发展水平, 最终构建反映区域整体发展状况的碳金融综合指数。

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \tag{7}$$

### 3.2. 碳金融发展综合指数构建

现阶段对于碳金融发展水平的研究, 受数据可得性限制, 指标体系构建的科学性和完整性不足, 难以全面反映碳金融发展现状。同时, 部分研究简单套用传统金融发展水平测度方法, 未能充分考虑碳金融在目标、主体、工具等方面的独特性, 导致评价结果与实际情况存在偏差。本文参考齐岳等[4]建立的相关研究体系, 结合碳金融在中国的发展现状, 从碳金融市场环境、碳金融服务环境和碳金融发展作用效果三个维度, 选取三个一级指标, 七个二级指标构建碳金融发展水平综合评价体系, 具体指标如表 1 所示。

**Table 1.** Evaluation index system for the development level of carbon finance

**表 1.** 碳金融发展水平评价指标体系

一级指标	二级指标	指标解释	方向
碳金融市场环境	股权市场情况	低碳金融股票发行量/控排企业	正向
	债券市场情况	低碳金融相关债券发行量/控排企业	正向
碳金融服务环境	金融服务水平	金融机构总数/控排企业总数	正向
	金融效率	金融机构存贷款比率	正向
	碳金融人才数量	碳金融证券发行公司员工数	正向
碳金融发展作用效果	碳金融资金使用效率	碳排放强度年降低率/碳金融相关股票、债券发行量之和	正向
	单位 GDP 碳排放下降率	碳排放强度年降低率/实际 GDP	正向

第一, 碳金融市场环境衡量的是碳金融市场参与主体、市场交易活跃度等方面, 反映碳金融市场发展的运行状况和需求情况。第二, 碳金融服务环境衡量的是金融机构服务能力、中介机构服务水平、信息服务平台建设、人才队伍建设等方面, 反映碳金融服务的供给能力和水平。第三, 碳金融作用效果衡量的是金融市场对减排目标的贡献度、对绿色产业发展的支持力度、对经济社会可持续发展的促进作用等方面, 反映碳金融发展的实际成效。

本文在构建碳金融发展水平指数评价体系时, 以市场运行情况为基础, 充分结合碳金融供给方和需求方的特点, 并将碳金融发展的实际成效纳入体系构建中, 从而形成更为完善的综合评价体系来评价长三角地区碳金融发展水平。

### 3.3. 数据来源

由于全国碳排放权交易市场于 2017 年底启动试点, 2018 年后逐步完善交易规则和数据披露机制, 因此本文选取 2018~2023 年为样本区间, 为研究提供连续、系统的数据基础。

同时, 本文参考齐岳等[4]的碳金融相关股票发行量指标选取思路, 从 Wind 数据库中提取“风力发电”、“光伏”、“核电”、“碳中和”、“新能源”、“新能源汽车”、“节能环保”、“绿电”这 8 个概念板

块的相关数据, 作为低碳金融股票发行量的衡量指标。低碳金融相关债券发行量选择国泰安数据库中该地区绿色债券发行规模数据; 控排企业数量为长三角地区 41 个城市公布的重点排污监测企业数。其余数据来自各自的统计年鉴、统计公报、《中国城市统计年鉴》和《中国能源年鉴》, 少量缺失数据采取插值法补齐。

### 3.4. 长三角地区碳金融发展结果分析

#### 3.4.1. 碳金融整体发展趋势分析

本文通过 TOPSIS 熵权法综合评价长三角地区 2018~2023 年 41 个城市的碳金融发展水平, 评价结果如表 2 所示。通过省级比较发现, 上海市作为长三角地区的经济、金融中心, 金融发展水平居于首位; 浙江省位居第二; 江苏省虽略低于浙江, 但南京、苏州等城市表现突出, 这些地区工业基础雄厚、对外开放程度高, 且注重科技创新与产业绿色升级, 显示出强劲的发展潜力与追赶势头; 相比之下, 安徽省碳金融发展相对滞后, 可能受制于传统产业结构比重较高、绿色金融服务体系尚不完善及资金人才等要素集聚能力较弱等因素, 但在产业承接与生态补偿等机制推动下, 未来具备较大的提升空间与政策发力点。

**Table 2.** Evaluation of the average development level of carbon finance from 2018 to 2023

**表 2.** 2018~2023 年碳金融发展平均水平评价

城市	碳金融水平指数	排名	城市	碳金融水平指数	排名
上海	0.585	1	黄山	0.151	24
南京	0.410	2	滁州	0.146	25
湖州	0.320	3	淮安	0.144	26
杭州	0.305	4	芜湖	0.142	27
绍兴	0.245	5	铜陵	0.141	28
舟山	0.218	6	亳州	0.139	29
宁波	0.212	7	阜阳	0.138	30
合肥	0.210	8	池州	0.132	31
宿迁	0.209	9	丽水	0.130	32
连云港	0.199	10	六安	0.128	33
扬州	0.197	11	衢州	0.126	34
南通	0.196	12	镇江	0.122	35
安庆	0.193	13	淮北	0.121	36
徐州	0.184	14	嘉兴	0.119	37
金华	0.181	15	台州	0.115	38
温州	0.180	16	淮南	0.113	39
苏州	0.179	17	宿州	0.110	40
泰州	0.172	18	蚌埠	0.109	41
盐城	0.168	19			
马鞍山	0.167	20	上海	0.585	1
无锡	0.155	21	浙江	0.196	2
宣城	0.153	22	江苏	0.191	3
常州	0.152	23	安徽	0.143	4

\*表中指数为 2018~2023 年算术平均数。

### 3.4.2. 碳金融发展水平空间演变分析

本研究选取 2018 年、2020 年、2021 年与 2023 年作为分析时点, 以研究长三角地区碳金融发展的空间演变特征。这一选择主要基于政策推进节点、市场发展进程及数据可得性三方面因素的综合考虑。2018 年标志着全国碳排放权交易市场试点运行进入深化阶段, 对该地区碳金融机制建设具有重要的实践意义; 2020 年既是“十三五”规划收官之年, 也是“十四五”规划的谋划之年, 该年份不仅反映出“双碳”目标提出后区域的初步应对, 也可观察公共卫生事件冲击下碳金融体系所表现出的稳定性; 2021 年全国碳排放权交易市场正式启动, 长三角作为重点区域, 其空间格局变化集中体现政策实施的示范效应; 2023 年是目前可获得的最最新数据年份, 有助于把握“双碳”目标持续推进背景下区域碳金融的发展动向。基于此, 本文运用 ArcGIS 软件绘制相应年份碳金融发展水平空间分布图, 如图 1 所示。

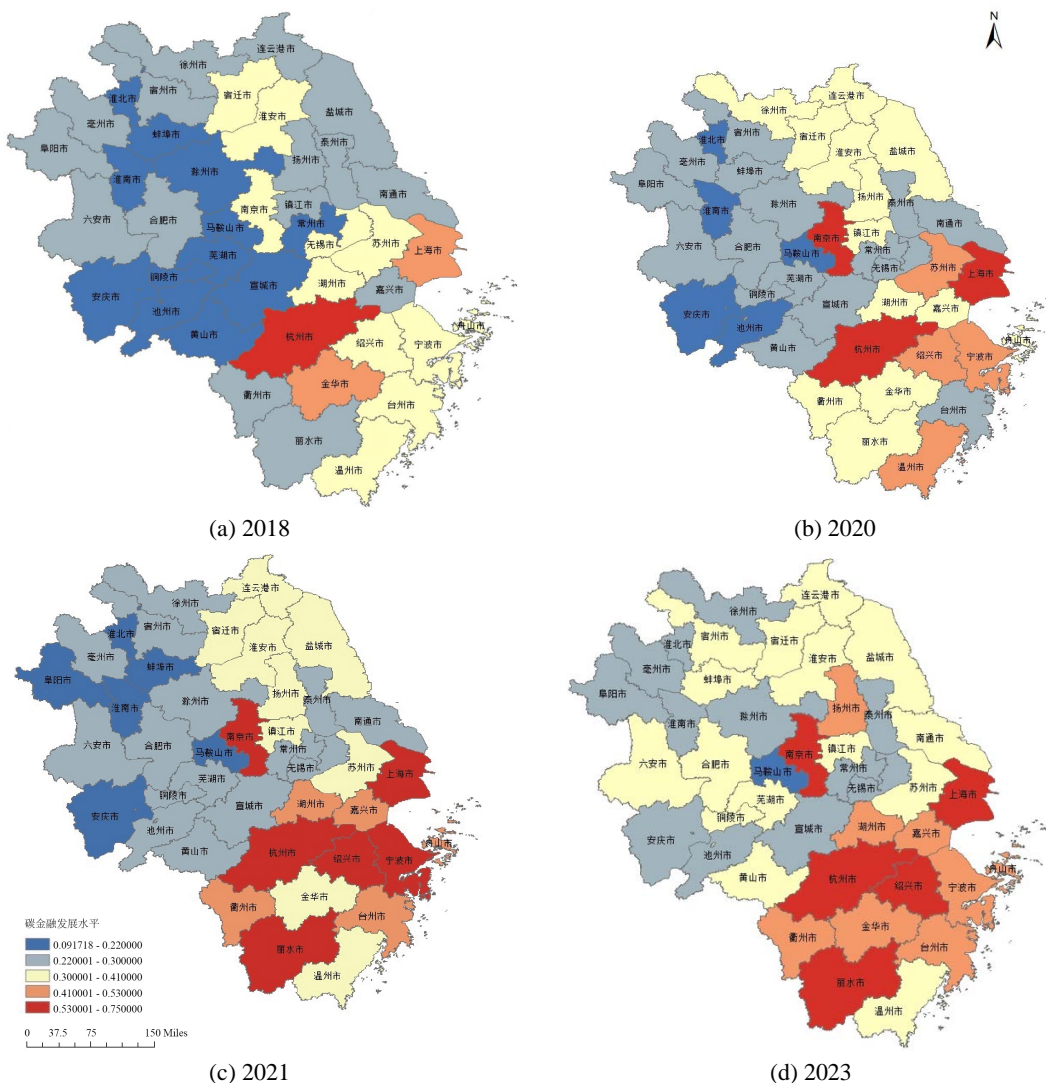


Figure 1. Evolution map of spatial pattern of carbon finance development in the Yangtze River Delta region  
图 1. 长三角地区碳金融发展空间格局演化图

从区域差异来看, 上海市的碳金融发展水平始终处于领先地位, 说明上海市具有在碳金融发展方面的持续领先优势。浙江省和江苏省的碳金融发展水平在 2018 年相对较低, 但到 2021 年之后, 杭州、南

京等城市的碳金融发展水平指数提升显著, 显示出这两个省份在碳金融发展方面的积极进展。安徽省的碳金融发展水平相对滞后, 部分城市指数在 2018~2023 年间有所提升, 但整体仍处于较低水平。

从空间演化特征来看, 长三角地区碳金融发展主要呈现出三个特征: 一是核心辐射效应明显, 上海、南京、杭州等核心城市作为碳金融发展水平较高城市, 通过政策示范、资本集聚和技术外溢, 带动嘉兴、无锡等周边城市碳金融发展水平提升; 二是梯度扩散与局部停滞, 长三角地区碳金融发展水平从核心向外围逐级递减, 但安徽北部、苏北部分城市可能因区位优势或传统产业依赖, 长期处于低分区间; 三是新兴增长地形成, 合肥、宁波等城市依托光伏、新能源汽车等新能源产业布局, 推动碳金融得分跃升, 形成次核心增长点。

结果显示, 部分城市呈现碳金融发展水平停滞不前甚至出现下降的趋势, 可能来自以下三方面原因: 一是对传统产业的依赖, 如徐州、马鞍山等地, 因高碳排产业转型困难, 企业碳配额压力大, 因而碳金融活跃度较低; 二是资源外流和竞争劣势, 边缘地区人才、资金向核心城市集中, 如盐城、滁州等中小城市面临虹吸效应, 难以吸引碳金融服务机构, 碳金融服务的供给不足; 三是政策执行滞后, 地方政府对碳市场建设重视不足, 缺乏配套激励措施, 导致企业参与意愿低。

## 4. 异质性环境规制对碳金融发展影响分析

### 4.1. 理论分析

环境规制作为协调经济增长与生态保护的核心政策工具, 其异质性特征对碳金融市场的发展具有深远影响。碳金融通过碳排放权交易、绿色投融资等机制, 为企业低碳转型提供市场化解决方案, 而环境规制的异质性特征通过多重路径影响碳金融市场的规模、效率与创新动力。

#### 4.1.1. 倒逼创新效应

政府施加的政策压力迫使企业探索碳金融创新路径, 这是异质性环境规制的“倒逼”效应体现之一。根据赵红[16]的研究表明, 从中长期来看, 环境规制对中国企业技术创新有一定的促进作用。但融资难、融资渠道窄、资金缺口大和相关法律制度不健全是当前影响我国碳金融支持创新型企业技术创新的现实阻碍(李键江等, 2023)[17]。严格的地方性法规可能倒逼区域企业采用绿色工具以塑造低碳品牌优势, 而政策不确定性则可能催生碳保险等碳金融风险需求。

#### 4.1.2. 资源挤占效应

新古典经济学指出, 异质性环境规制可能通过差异化成本负担影响企业的碳金融参与。碳税或严格排放标准等强命令型工具会直接增加企业合规成本(Palmer *et al.*, 1995)[18], 以致挤占企业用于碳金融市场投资的流动性资源。高强度的环境规制也迫使中小企业优先满足短期合规需求, 从而缺乏对长期碳金融的布局(Petroni *et al.*, 2019)[19]。补贴或税收优惠等市场激励型环境规制工具可通过降低边际成本来缓解资源挤占效应, 激励企业将剩余资金投入碳交易市场或绿色债券发行(Brav *et al.*, 2018)[20], 形成“成本缓冲”机制。

#### 4.1.3. 市场信号效应

波特假说指出异质性环境规制的市场效应体现为政策引导驱动企业探索碳金融创新路径。碳排放权交易体系通过市场定价机制, 使得企业将碳排放成本内部化, 通过碳配额交易优化资源配置, 开发碳金融衍生品对冲风险(Berrone *et al.*, 2013)[21]。由于市场价格机制的优势在于效率高、匹配程度高, 一些碳排放成本较低的企业可以通过科技创新、出售碳配额或碳信用的方式获取收益, 有利于降低全社会的碳减排成本(周龙环等, 2023)[22]。

#### 4.1.4. 信息透明效应

目前, 绿色声誉成为企业差异化竞争的核心要素。公众对低碳产品的偏好促使企业通过碳金融工具

提升环境绩效, 进而吸引社会责任投资者(Bénabou & Tirole, 2009) [23]。同时, 在信息透明效应下, 通过舆论压力约束企业行为, 企业为避免因碳足迹过高引发的声誉损失, 倾向于披露碳中和目标并购买碳信用, 间接促进碳金融产品需求(Dyck *et al.*, 2019) [24]。

### 4.2. 模型设定

为排除由于长三角地区各城市发展水平差异、可能受到的宏观经济或政策趋势等因素影响, 本文构建固定效应模型, 设定方程如式(8)所示:

$$CarF_{it} = \beta_0 + \beta_1 EREG1_{it} + \beta_2 EREG2_{it} + \beta_3 \ln EREG3_{it} + \sum \beta_n Control_{it} + \alpha_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

其中  $CarF_{it}$  表示第  $i$  个城市第  $t$  年的碳金融发展水平;  $EREG1_{it}$ 、 $EREG2_{it}$  和  $EREG3_{it}$  分别表示第  $i$  个城市第  $t$  年的强制命令型、市场激励型和公众参与型环境规制工具, 同时对  $EREG3_{it}$  取对数;  $Control_{it}$  为控制变量;  $\varepsilon_{it}$  为随机误差项;  $\alpha_i$  表示个体固定效应;  $\lambda_t$  表示时间固定效应。

为进一步验证异质性环境规制与碳金融之间的非线性关系, 本文参考胡冰、王晓芳(2018) [25] 的研究方法进行门槛效应分析, 通过建立面板门槛模型来具体研究, 设定方程如式(9)所示:

$$CarF_{it} = \beta_0 + \beta_1 EREG_{it} \times I(EREG_{it} \leq \gamma_1) + \beta_2 EREG_{it} \times I(\gamma_1 < EREG_{it} \leq \gamma_2) + \dots + \sum \beta_n EREG_{it} \times I(\gamma_{n-1} < EREG_{it} \leq \gamma_n) + \beta Control_{it} + \alpha_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

式中,  $EREG_{it}$  作为门槛变量, 分别表示  $EREG1_{it}$ 、 $EREG2_{it}$  和  $EREG3_{it}$ ;  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\dots$ 、 $\beta_n$  为不同门槛值区间下, 异质性环境规制对碳金融发展水平的影响系数;  $I(\cdot)$  为示性函数;  $\gamma$  为相应的门槛值, 门槛值个数由估计过程决定。

### 4.3. 指标选择及数据来源

**被解释变量:** 碳金融发展水平( $CarF$ )。碳金融发展水平是衡量一个地区碳金融市场活跃度、政策支持力度以及金融服务能力的重要指标。本文通过熵权 TOPSIS 法, 从碳金融市场环境、碳金融服务环境和碳金融作用效果这三个维度得到综合水平指数。

**核心解释变量:** 强制命令型环境规制工具( $EREG1$ ), 将各地级市政府工作报告中环保关键词词频作为代理变量; 市场激励型环境规制工具( $EREG2$ ), 代理变量为资源税及环境保护税等相关环境税收收入; 公众参与型环境规制工具( $EREG3$ ), 参考吴力波等[26]的研究思路, 将百度环境搜索指数作为其代理变量。

**控制变量:** 经济发展水平( $PerGDP$ ), 用人均 GDP 来表示; 产业结构( $Inds$ ), 用第二产业占比来表示; 技术水平( $Tech$ ), 用研发投入资金来表示。描述性统计结果如表 3 所示:

Table 3. Descriptive statistics

表 3. 描述性统计

变量	均值	标准差	最小值	最大值
$CarF$	0.192	0.125	0.061	1.128
$EREG1$	211.188	76.848	88	476
$EREG2$	236.467	227.124	7.68	1625
$\ln EREG3$	9.719	0.716	8.015	11.015
$PerGDP$	9.325	2.716	5	16.2
$Inds$	0.406	0.037	0.256	0.475
$Tech$	7.24	0.58	6.31	8.882

#### 4.4. 固定效应回归模型结果分析

通过豪斯曼检验, 本文选择固定效应模型。根据基准回归结果(见表 4), 异质性环境规制工具对碳金融发展水平均表现出显著的正向影响, 但作用强度与显著性存在差异。具体而言, 强制命令型环境规制在 1% 的水平上显著为正, 表明政府通过行政命令和政策推动对碳金融发展具有积极的引导作用; 市场激励型环境规制同样在 1% 的水平上显著, 说明环境税收等经济手段能够有效激励企业参与碳金融活动; 公众参与型环境规制在 5% 的水平上显著为正, 反映出公众环境关注度的提升对碳金融发展具有推动作用。

在控制变量方面, 经济发展水平在所有模型中均显著为正, 表明地区经济水平越高, 碳金融发展基础越坚实; 产业结构系数显著为负, 说明第二产业占比越高, 碳金融发展水平越低, 可能源于高碳产业结构转型压力较大; 技术水平虽系数为正但不显著, 表明当前研发投入对碳金融的直接影响尚未充分显现。但根据相关研究表明, 绿色技术创新在绿色金融影响碳排放这一传导机制中, 策略性技术创新发挥着主要作用(郑兰祥等, 2024) [27]。

模型均采用时间固定效应和个体固定效应, 拟合优度在 0.286 至 3.58 之间, 表明模型具有一定的解释力。总体而言, 三类环境规制工具虽机制不同, 但均对碳金融发展具有促进作用, 其中市场激励型工具的影响尤为突出。

**Table 4.** Benchmark regression results

**表 4.** 基准回归结果

变量	(1) <i>CarF</i>	(2) <i>CarF</i>	(3) <i>CarF</i>	(4) <i>CarF</i>
<i>EREG1</i>	0.001** (2.34)			0.001** (2.45)
<i>EREG2</i>		0.001*** (2.60)		0.022*** (3.94)
<i>lnEREG3</i>			0.019** (2.05)	0.019** (2.08)
<i>PerGDP</i>	0.119*** (2.79)	0.01** (1.85)	0.129*** (4.09)	0.009* (1.69)
<i>Inds</i>	-6.012* (-1.91)	-1.15* (-1.74)	-6.496** (-2.03)	-0.399* (-1.83)
<i>Tech</i>	0.037 (0.2)	0.036 (0.18)	0.035 (0.18)	0.14 (0.21)
<i>Constant</i>	-3.116*** (-2.81)	-0.927*** (-3.05)	-3.58*** (-2.98)	-0.883*** (-4.53)
个体效应	接受	接受	接受	接受
时间效应	接受	接受	接受	接受
<i>N</i>	246	246	246	246
<i>r</i> <sup>2</sup>	0.2863	0.4904	0.2880	3.58

注: \*, \*\*, \*\*\* 分别表述在 10%、5%、1% 的水平上显著。

#### 4.5. 面板门槛模型回归结果分析

根据门槛模型检验结果可以发现(见表 5), 强制命令型环境规制对碳金融发展的影响呈现出显著的倒

U 型非线性关系, 并且表现为到达第一个门槛值前的边际效应递增。在初期阶段, 政府通过颁布环保法规、制定强制性排放标准等行政命令为市场提供明确的政策信号, 这一系列措施迫使高排放企业不得不寻求方法以提高对碳配额交易和碳金融衍生品等服务需求。然而, 当强制命令型环境规制的强度持续提高并跨越 150 的门槛值之后, 政策边际收益开始递减, 而边际成本急剧上升, 对碳金融发展的抑制效应逐渐显现。这充分表明政府强制性标准过高、行政指令频繁以及惩罚措施过于严厉都可能导致企业的合规成本与经营负担增加, 挤压企业用于长期绿色技术创新和碳资产优化的资金与精力, 甚至迫使企业外迁或生产萎缩, 反而从源头上对碳市场的交易活力和规模产生抑制作用。上海碳市场的政策演进正是强制命令型环境规制工具倒 U 型的典型例证。2025 年上海碳市场提出将稳妥有序提高有偿分配比例, 计划到 2027 年将纳管单位配额有偿发放比例控制在 8% 以内, 到 2030 年进一步提高。这种配额分配从免费为主向有偿分配过渡的制度安排体现了规制强度逐步提升。同时, 上海率先推出的碳信托机制, 允许纳管单位将盈余配额委托给信托公司集中管理, 通过有序市场投放平抑碳价波动。这意味着强制规制达到一定强度后, 政策开始引入市场化调节工具来缓解企业的合规压力, 从而避免了规制强度持续上升对碳金融市场的负面冲击。在强制命令型规制达到拐点之前, 政策的重点是创造稀缺性, 而在拐点之后, 政策的重点转向管理波动性, 这正是倒 U 型曲线后半段得以平滑过渡的制度基础。

**Table 5.** Test results of threshold model

**表 5.** 门槛模型的检验结果

变量	门槛	F 值	P 值	10%	5%	1%
EREG1	单一	23.56	0.00	10.74	11.31	13.37
	双重	13.61	0.07	11.22	11.31	19.17
	三重	8.64	0.27	13.18	11.75	14.93
EREG2	单一	4.59	0.74	12.53	14.44	19.86
	双重	10.36	0.10	10.12	12.43	20.44
	三重	8.40	0.46	16.83	19.66	26.02
EREG3	单一	16.17	0.05	13.24	16.07	24.90
	双重	-0.59	1.00	12.17	15.53	21.50
	三重	6.40	0.28	9.97	12.11	15.45

市场激励型环境规制对碳金融发展的影响未通过门槛效应的显著性检验。这表明与命令型、公众参与型规制工具不同, 市场激励型规制与碳金融发展之间呈现出稳定且连续的线性促进关系, 它的作用机制并不依赖于某个特定的强度门槛。徐州的转型实践为上述机制提供了典型案例支撑。作为传统资源型城市, 徐州在产业绿色转型过程中率先启动数字化碳管理体系及碳资信评价体系建设, 通过与江苏银行、徐州农商行等金融机构建立深度协作机制, 创新推出碳资信评级优惠贷款的联动模式, 将企业的碳减排绩效纳入融资定价体系。经认定的低碳转型企业可获得高额度、低利率的信贷支持, 银行则依据碳资信评级结果实施差异化授信策略。从碳资信评价、评级授信到贷款发放, 完整的产品链将市场激励沿着金融渠道线性传导至企业, 使企业节能减排行为能够即时转化为融资成本优势。

公众参与型环境规制对碳金融发展的影响存在显著的单一门槛效应, 门槛值为 9.88。这一结果说明公众参与型环境规制作用并非是一成不变的, 而是在规制强度或公众参与度跨越特定门槛值后发生结构性转变。在到达门槛值之前的阶段, 公众环境保护意识逐渐增长, 但由于参与渠道不通畅或者政府环境

信息公开不足等原因, 公众参与型环境规制对碳金融发展虽存在正向影响, 但作用效果相对有限, 公众的环保诉求可能零星分散, 所以难以形成集中有效的市场压力, 企业对公众环境监督的回应也较为被动。当公众参与水平突破 9.88 的临界门槛值后, 公众参与对碳金融发展的促进作用显著增大。这个原因在于高水平的公众关注度形成了强大的社会舆论监督压力, 迫使企业更加重视自身碳排放行为和社会形象, 从而主动参与碳市场交易承担环境责任。同时, 广泛的公众参与使得对绿色金融的需求增大, 激励金融机构开发多元的碳金融产品和服务, 引导个人投资者将环境因素纳入投资决策。

#### 4.6. 稳健性检验

为保证实证结果的准确性和可靠性, 本文进一步采用核心解释变量滞后一期的方法对模型进行稳健性检验, 相关检验结果如表 6 所示。将三类环境规制工具变量分别滞后一期重新回归后发现, 强制命令型环境规制、市场激励型环境规制与公众参与型环境规制对碳金融发展水平的影响在统计显著性、影响方向及经济意义等多个维度上, 均与基准回归结果保持一致, 具有稳健性。

这一结果有效缓解因变量与解释变量之间可能存在的同时期反向因果所引起的内生性问题, 表明环境规制对碳金融的影响并非短期偶然, 而是具有一定的持续性和滞后性, 结论具有较好的稳健性。因此, 本文基于基准回归所得出的各项研究结论是可靠且经受得住检验的。

**Table 6.** Robustness test results

**表 6.** 稳健性检验结果

变量	(1) <i>CarF</i>	(2) <i>CarF</i>	(3) <i>CarF</i>	(4) <i>CarF</i>
<i>EREG1</i>	0.001*** (3.75)			0.001** (2.07)
<i>EREG2</i>		0.002*** (2.58)		0.001* (1.72)
<i>lnEREG3</i>			0.006*** (3.26)	0.007* (2.16)
<i>PerGDP</i>	0.011** (2.34)	0.006** (2.21)	0.013** (1.98)	0.005 (0.13)
<i>Inds</i>	-1.446*** (-4.83)	-0.979*** (-3.4)	-1.598*** (-4.86)	-1.01*** (-3.54)
<i>Tech</i>	0.022 (0.055)	-0.004 (0.059)	0.043 (0.063)	0.003 (0.064)
<i>Constant</i>	0.435** (2.43)	0.501** (1.98)	0.350** (2.11)	0.580** (2.351)
<i>N</i>	246	246	246	246
<i>r</i> <sup>2</sup>	0.4944	0.5105	0.4636	0.5191

注: \*, \*\*, \*\*\*分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著。

## 5. 结论与建议

### 5.1. 结论

本文运用熵权 TOPSIS 法对长三角地区 41 个城市进行碳金融发展水平的测度评价, 并运用固定效应

模型和面板门槛模型, 研究异质性环境规制对碳金融发展的影响, 得出以下结论:

第一, 长三角地区碳金融发展水平整体有所提升, 但内部碳金融发展水平跨度较大, 不均衡性较为明显。

第二, 长三角地区碳金融发展呈现核心辐射效应特征, 区域内各省份核心城市通过政策示范、资本集聚和技术外溢, 带动周边城市碳金融发展水平提升, 并呈现从核心向外围逐级递减的趋势。

第三, 三类环境规制工具的影响机制有明显差异。强制命令型规制对长三角地区碳金融发展的影响呈现倒 U 型关系, 表明其强度存在最优区间, 过度使用强制型环境规制工具会因增加企业合规成本而抑制碳金融活力; 市场激励型规制表现出稳健的“无门槛”线性促进作用, 其价格信号机制能持续激发市场需求; 公众参与型规制具有“单一门槛”效应, 一旦公众参与度跨越临界值, 其促进作用显著增强。

## 5.2. 建议

根据本文的研究成果, 提出以下建议:

1) 精准实施差异化的环境规制组合。强制命令型、市场激励型和公众参与型规制工具对长三角地区碳金融发展均存在显著促进作用, 但作用机制与强度存在差异, 所以政策制定要避免“一刀切”。本文建议将市场激励型工具作为长效政策, 依托长三角市场经济体系和金融基础设施, 稳步推进碳排放权交易市场扩容与金融产品创新。政府需明确行政规则, 重点在碳市场建设初期以及环境监管薄弱领域使用行政措施, 但要适度运用强制命令型工具, 以防其超过最优强度后可能产生的抑制作用。此外, 大力推动公众参与型环境规制工具有助于激发社会力量对碳金融发展的放大效应, 通过构建区域统一的环境信息平台、完善环保舆情反馈与响应机制来激励公众参与。

2) 深化长三角环境治理一体化与政策协同。在长三角生态绿色一体化发展示范区的框架下, 探索环境规制的区域协调机制。政府可尝试通过推动环境标准互认、数据共享及联合执法等, 减少因规制强度省际差异导致的碳金融资源错配。同时, 协作开发区域碳金融市场, 避免重复建设和恶性竞争, 提升规模效应和流动性, 使各类环境规制工具的政策效果在更大市场范围内得到高效释放。

3) 建立动态评估与调整机制。尤其对于强制命令型环境规制工具, 应结合其倒 U 型关系特征, 建立政策强度监测与评价体系, 定期评估行政命令与碳金融市场反应的匹配度, 防止过度规制。对于公众参与型等工具应持续优化信息公开内容和渠道, 降低公众获取信息和参与监督的成本, 主动引导其跨越作用门槛。构建包含环境、金融与经济多维指标的综合政策评估框架是提升环境规制政策体系精准性与适配性的重要路径, 促进最终实现长三角地区碳金融高质量发展与“双碳”目标的协同并进。

## 基金项目

安徽省煤炭清洁加工与碳减排工程研究中心开放基金“安徽省碳减排能力评价”(CCCE-2023006); 2024 年安徽省省级研究生名师工作室项目(2023yjmsgzs018); 2024 年安徽省省级研究生专业学位教学案例库项目(2023zyxwjk072); 互联网金融微专业项目(102722428); 2025 年度校级智慧课程(xjzhkc2025088)。

## 参考文献

- [1] Salazar, J. (1998) Environmental Finance: Linking Two World. *Proceedings of the Workshop on Finance Innovations for Biodiversity*, Bratislava, 1-3 May 1998, 2-18.
- [2] Labatt, S. and White, R.R. (2007) *Carbon Finance: The Financial Implications of Climate Change*. John Wiley & Sons, Inc.
- [3] 李丽, 董必俊. 区域碳金融发展水平与影响因素研究[J]. *经济与管理*, 2018, 32(1): 60-65.
- [4] 齐岳, 谢晨瑶, 等. 中国地区碳金融发展水平测度及影响因素研究[J]. *中国软学*, 2024(S1): 141-154.
- [5] 唐晨竞, 李承潞, 李启军. 低碳视阈下中国碳金融市场的发展研究[J]. *广西社会科学*, 2014(9): 83-87.

- [6] Snyder, L.D., Miller, N.H. and Stavins, R.N. (2003) The Effects of Environmental Regulation on Technology Diffusion: The Case of Chlorine Manufacturing. *American Economic Review*, **93**, 431-435. <https://doi.org/10.1257/000282803321947470>
- [7] Ambec, S., Cohen, M.A., Elgie, S. and Lanoie, P. (2011) The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness? *SSRN Electronic Journal*, 31 p. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1754674>
- [8] Rogge, K.S., Kern, F. and Howlett, M. (2017) Conceptual and Empirical Advances in Analysing Policy Mixes for Energy Transitions. *Energy Research & Social Science*, **33**, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.09.025>
- [9] 余柯瑶, 李志刚, 杨舒惠, 等. 异质型环境规制对长江经济带高质量发展的影响及差异[J]. *经济地理*, 2023, 43(10): 34-43.
- [10] 王韶华, 杨志葳, 张伟, 等. 异质性环境规制对碳中和和企业经济韧性的影响研究[J]. *管理学报*, 2023, 20(12): 1771-1780.
- [11] Aldy, J.E., Kotchen, M.J., Stavins, R.N. and Stock, J.H. (2021) Keep Climate Policy Focused on the Social Cost of Carbon. *Science*, **373**, 850-852. <https://doi.org/10.1126/science.abi7813>
- [12] Dechezleprêtre, A., Nachtigall, D. and Venmans, F. (2023) The Joint Impact of the European Union Emissions Trading System on Carbon Emissions and Economic Performance. *Journal of Environmental Economics and Management*, **118**, Article 102758. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102758>
- [13] 朱小会, 陆远权. 环境财税政策与金融支持的碳减排治理效应——基于财政与金融相结合的视角[J]. *科技管理研究*, 2017, 37(3): 203-209.
- [14] 王康. 环境规制、碳金融与资源型企业低碳发展[J]. *企业经济*, 2023, 42(6): 133-142.
- [15] 朱才斌, 熊祥梅. 长三角地区碳金融支持产业结构升级研究[J]. *商业经济研究*, 2023(13): 180-183.
- [16] 赵红. 环境规制对企业技术创新影响的实证研究——以中国 30 个省份大中型工业企业为例[J]. *软科学*, 2008(6): 121-125.
- [17] 李键江, 付子甜, 段玮洁. 低碳经济背景下碳金融支持创新型企业技术创新的现状及其对策研究[J]. *科学管理研究*, 2023, 41(1): 158-164.
- [18] Palmer, K., Oates, W.E. and Portney, P.R. (1995) Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm? *Journal of Economic Perspectives*, **9**, 119-132. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.119>
- [19] Petroni, F., Rocktäschel, T., Riedel, S., Lewis, P., Bakhtin, A., Wu, Y., et al. (2019) Language Models as Knowledge Bases? *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP)*, 3-7 November 2019, 2463-2473. <https://doi.org/10.18653/v1/d19-1250>
- [20] Brav, A., Jiang, W., Ma, S. and Tian, X. (2018) How Does Hedge Fund Activism Reshape Corporate Innovation? *Journal of Financial Economics*, **130**, 237-264. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2018.06.012>
- [21] Berrone, P., Fosfuri, A., Gelabert, L. and Gomez-Mejia, L.R. (2013) Necessity as the Mother of ‘Green’ Inventions: Institutional Pressures and Environmental Innovations. *Strategic Management Journal*, **34**, 891-909. <https://doi.org/10.1002/smj.2041>
- [22] 周龙环, 黄晓勇. “双碳”目标下碳金融创新机制及实现路径研究[J]. *价格理论与实践*, 2023(4): 43-46.
- [23] Bénabou, R. and Tirole, J. (2009) Individual and Corporate Social Responsibility. *TSE Working Papers*, **77**, 1-19.
- [24] Dyck, M., Miyamoto, T., Iwata, Y. and Kameyama, K. (2019) Bound Water, Phase Configuration, and Dielectric Damping Effects on TDR-Measured Apparent Permittivity. *Vadose Zone Journal*, **18**, 1-14. <https://doi.org/10.2136/vzj2019.03.0027>
- [25] 胡冰, 王晓芳. 我国环境投入、经济增长与碳排放的关系探究——基于省际门槛面板模型[J]. *财经论丛*, 2018(5): 3-11.
- [26] 吴力波, 杨眉敏, 孙可芻. 公众环境关注度对企业和政府环境治理的影响[J]. *中国人口·资源与环境*, 2022, 32(2): 1-14.
- [27] 郑兰祥, 高彩芹, 郑飞鸿. 绿色金融发展对碳排放的影响研究——以长三角区域为例[J]. *华东经济管理*, 2024, 38(9): 41-51.