

双碳背景下山东省碳金融对低碳转型的影响效应研究

张欣雨¹, 王传会¹, 刘 虎²

¹曲阜师范大学经济学院, 山东 日照

²日照市交通运输局, 山东 日照

收稿日期: 2024年3月7日; 录用日期: 2024年3月19日; 发布日期: 2024年5月17日

摘要

随着气候变化问题的日益突出, 碳金融市场作为一种市场机制被引入, 旨在为低碳转型提供可行方法。本文剖析了碳金融市场激励企业减排的机制, 并且通过深入探究碳金融市场的发展对低碳转型的影响效应, 通过熵值法进行低碳转型评价体系的构建以此作为衡量指标, 进一步利用2011年~2021年山东省碳排放数据构建计量模型衡量碳金融市场化对低碳转型的影响效应。发现碳金融市场通过进行碳排放权交易, 促使企业在一定经济压力下进行低碳技术的创新, 推动产业向更加环保的方向发展。进一步, 探讨了碳金融市场化程度对低碳转型的具体影响结果, 得到以下结论。碳市场的建设有助于形成更健康的市场机制, 引导企业和投资者更好地考虑环境成本, 促进低碳经济的发展, 揭示其对低碳转型的实际意义, 为未来政策制定和企业决策提供了更加有益的参考。

关键词

碳金融, 低碳转型, 碳排放权交易, 熵值法

Research on the Impact of Carbon Finance on Low-Carbon Transition in Shandong Province under Dual-Carbon Background

Xinyu Zhang¹, Chuanhui Wang¹, Hu Liu²

¹School of Economics, Qufu Normal University, Rizhao Shandong

²Rizhao Transportation Bureau, Rizhao Shandong

Received: Mar. 7th, 2024; accepted: Mar. 19th, 2024; published: May 17th, 2024

文章引用: 张欣雨, 王传会, 刘虎. 双碳背景下山东省碳金融对低碳转型的影响效应研究[J]. 金融, 2024, 14(3): 864-873. DOI: 10.12677/fin.2024.143092

Abstract

With climate change becoming more and more serious, carbon finance market was introduced as a market mechanism to provide a feasible method for low-carbon transition. This paper analyzes the mechanism of carbon financial market to encourage enterprises to reduce emissions and explores the impact of the development of carbon financial market on the low-carbon transition. The evaluation system of Low-carbon transition is constructed by means of entropy method, further, using the 2011~2021 carbon emissions data, an econometric model was developed to measure the impact of market-based carbon finance on the low-carbon transition. It is found that carbon finance market promotes enterprises to innovate low-carbon technology under certain economic pressure by trading carbon emission rights, and promotes the development of the industry towards more environmental protection. Furthermore, this paper discusses the concrete impact of the degree of carbon finance marketization on the low-carbon transition, and draws the following conclusions. The construction of the carbon market will help to form a healthier market mechanism, guide enterprises and investors to consider environmental costs better, promote the development of a low-carbon economy, and reveal its practical significance for the low-carbon transition, for the future policy-making and corporate decision-making provides a more useful reference.

Keywords

Carbon Finance, Low-Carbon Transition, Carbon Emission Trading, Entropy Method

Copyright © 2024 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

1.1. 研究背景

2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和，这是我国的重大战略决策。实施“双碳”战略是实现产业绿色转型、人与自然和谐共生的必由之路，也是应对世界大变局、构建人类命运共同体的必然选择。自从双碳战略提出以来，各地开始注重绿色金融的发展，低碳经济的可持续发展热潮贴合双碳战略，在此背景下绿色金融中的重要一环“碳金融”应运而生。

所谓碳金融，即与碳排放权交易、碳市场、碳定价等相关的金融活动和工具，实质上是将碳排放和减排作为金融市场中的一种商品去进行交易的过程。山东省人民政府办公厅印发《山东省碳金融发展三年行动方案(2023-2025年)》中明确指出山东省推进碳金融发展的制度体系初步形成，以及在碳金融行业各个领域取得的重大成就，就未来三年的具体发展目标提出战略规划。在中国特色社会主义市场经济体制发展壮大的今天，企业低碳转型升级成为未来市场能够稳定发展的一个追求目标。碳金融市场在倒逼企业低碳转型升级、实现低碳经济方面提供了有力支撑。

1.2. 研究意义

本文的研究目标是研究碳金融市场发展对低碳转型的影响，揭示其内在作用机制并进行实证检验，具有一定的研究意义，一是为理论研究提供支持，通过对碳金融市场发展与低碳转型关系的深入探讨，

丰富和发展相关理论体系；二是为政策制定者提供实证依据，以便更好地引导和规范山东省碳金融市场发展，为其他省份乃至全国碳金融市场发展和低碳转型提供借鉴和参考。下面将围绕其理论及实际意义展开。

第一，低碳转型升级是碳排放企业面临的核心问题，很多传统企业低碳转型升级面临着一系列挑战和难题。低碳技术需要高额的投资，但对于小微企业来讲这无疑会加重财务成本，而且很多低碳技术尚未成熟仍处于商业化阶段，阻碍其广泛应用。很多政治、社会、全球合作上的问题也阻碍着低碳转型升级的发展。在低碳转型面临发展瓶颈的现况下，碳金融市场的发展无疑带来了一剂解药，在碳金融的支持下，很多企业可以通过限制碳排放产量在市场上进行碳交易获得实际配额进一步促进转型升级。

第二，以往更多研究侧重于低碳转型的发展进程和结果，本研究通过探寻碳金融市场发展对于低碳转型的路径及影响效应，提出碳金融市场发展程度和低碳转型之间的具体影响机制，为双碳背景下，传统企业转型升级提出理论基础。

第三，碳金融市场的壮大在实际操作中对于推动低碳转型具有重大意义。碳金融市场的发展催生了低碳投资的兴盛，为广大投资者提供了更多参与低碳项目的契机，进而推动清洁能源及能效提升等低碳项目的进展。

第四，碳金融市场通过碳交易和金融工具激励企业实施减排措施，使企业在经济成本的考量下采取更多低碳策略，提升能源利用率。此外，碳市场的价值传导效应同样突出，碳价格反映了碳排放的真实成本，引导企业和投资者更加注重环境成本，进而推动低碳技术和产业的创新与发展。

第五，碳金融市场的构建也推动了国际碳市场间的合作，借助碳交易，全球社会能够共同应对气候变化挑战，分享碳减排经验，协同开展清洁能源项目，碳金融市场的发展对于推动经济向更加可持续和低碳的方向转变具有深远影响，对全球气候变化和可持续发展目标实现具有积极现实意义。

2. 文献综述

2.1. 基于碳金融市场风险对低碳转型的研究

碳金融作为一种新兴的金融业态，起源于 20 世纪 90 年代，主要目的是通过金融手段推动全球低碳经济的发展。在这一过程中，各国政府积极制定相关政策，鼓励金融机构投资低碳项目，推动企业进行低碳转型。经过不断的发展，碳金融市场规模不断扩大，对低碳经济的影响也越来越深远。在碳金融发展的过程中，潜在风险一直是国内外研究者关注的焦点。尚似融等人(2022) [1]发现碳金融交易市场发展与风险之间存在必然联系，强调有效风险管控有助于实现服务实体经济的目标，解决低碳经济发展问题。李舟等人(2023) [2]围绕碳金融市场风险形成原因及诱发因素进行剖析，并以广东省碳排放权交易数据进行实证检验，考察碳金融在低碳转型中的具体作用。Sun Y 等人(2020) [3]在绿色低碳对外发展水平下确定了可能导致一带一路项目脱轨的核心低碳金融风险因素，并采用解释结构模型方法建立风险层次结构，为后续国内开低碳转型发展的相关研究提供了有益参考。

2.2. 基于碳金融市场产品创新对低碳转型的研究

碳金融的持续发展，得益于其潜在的市场化交易机制，于此同时，越来越多的学者关注到碳金融创新的重要性(吴月蕊和杜金向，2021；谢安祺和谢咸颂，2022) [4] [5]，而在金融市场交易中伴随着交易产品种类和数量的进一步升级，碳金融交易中的第三方监管也越发重要(Xiaoran Y 和 Guanglong D 和 Changyu L, 2020) [6]。孙力军(2010) [7]以低碳经济发展要求为切入点，分析国内外碳金融信用市场发展状况，并提出我国碳金融产品数量和创新不足的缺陷。吴月蕊等(2021) [4]从碳中和背景下碳金融产品为研究对象，提出目前我国碳金融所处的环境以及现状，进一步强调创新和推广碳金融产品对于低碳经济

产业发展具有实际意义。黄娟(2023) [8]提出虽然近些年我国碳金融产品服务日益丰富,但仍然存在种类不足和创新力度偏弱的问题,强调使金融资源向低碳绿色项目倾斜,加快构建适合中国国情的碳金融产品与服务体系的重要性。可见碳金融产品多元化发展对于满足实体需要实现经济低碳发展具有十分重要的作用。

2.3. 基于碳金融市场交易价格对低碳转型影响效应的研究

赵丽芳(2018) [9]发现为实现低碳转型发展,我国各地区逐步设立碳排放交易中心,并对关键定价问题展开研究,强调金融交易产品定价在其中的关键作用。王蕊(2021) [10]在上述基础上进一步分析了碳交易价格的影响因素,利用面板分为数据刻画不同因素的影响方式,为碳交易价格及实现减碳发展提供理论依据。张永亮(2022) [11]在双碳背景下又以上海市为例,具体分析了市场碳远期价格与碳现货价格的关系,提出中国碳金融市场发展程度较低是造成碳市场未能充分发挥的重要原因。

3. 数据来源说明

3.1. 变量选择

本文综合考虑碳金融发展以及各项影响因子对低碳转型的作用,构建基准模型如下(1)所示:

$$LCT_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 CMD_{i,t} + \beta_2 RDProportion_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

在公式(1)中, i 为各山东省地级市, t 为年份, $LCT_{i,t}$ 代表最终低碳转型程度得分, $CMD_{i,t}$ 表示碳金融市场化程度, $RDProportion_{i,t}$ 表示研究人员占比, $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。

在本研究中被解释变量为低碳转型。关于低碳转型的研究,不同学者根据自身研究方向所选择的衡量指标各异。参照刘玉斌、胡洁[12] [13]等学者的低碳转型评估方法,本研究也选取绿色排放和绿色环境作为一级指标。值得注意的是,绿色战略、绿色投入与核心解释变量碳金融水平存在一定重合,为避免此类情况,研究引入绿色金融作为一级指标。最终从绿色排放、绿色环境、绿色金融三个维度对低碳转型进行评估。

核心解释变量为碳金融市场化水平。山东省碳金融市场化发展从碳金融市场上碳交易、用能权交易、碳排污权交易三个方面进行碳金融市场化水平的衡量因素,通过山东省碳金融市场交易的数量在权益交易总额中的比重作为山东省碳金融市场化程度的衡量指标。

控制变量。本研究参考胡剑波[14]等人的做法在基准模型中选择了 $RDProportion_{i,t}$,用山东省研究人员与全国研究人员占比来具体衡量,因为研究人员占比提高能够反映出山东省低碳转型的研究人员流动状况,因此可以作为模型的控制变量。

3.2. 数据来源

本文选取中国人民银行统计数据、中国金融统计年鉴以及山东省统计年鉴作为碳金融交易以及低碳转型指标体系的数据来源。首先,这些数据网站所提供的数据具备较高的权威性,能够获取到全面而详尽的低碳转型衡量因素数据,这为构建科学、合理的低碳转型指标体系提供了坚实的基础。其次,近年来随着金融交易所的不断成熟,碳金融交易在低碳转型中的作用越来越得到关注。本文拟通过山东省碳金融对低碳转型实证分析,进一步揭示碳金融的具体影响,为推进低碳转型的持续发展提供坚实的理论支撑。

本文选择2011年~2021年期间山东省低碳发展及金融交易的相关数据,做下文具体研究。

4. 基于熵值法的山东省低碳转型水平

4.1. 山东省低碳转型衡量体系

对于低碳转型的具体衡量,目前尚未有统一科学的指标体系,本文根据中科院对绿色转型的定义以

及相关学者对绿色转型的研究，基于本文的研究主题将低碳转型指标体系细分为绿色金融、绿色排放、绿色环境三种一级指标并下设不同二级指标来具体衡量。进一步利用熵值法确定指标体系不同权重后对低碳转型做出评分衡量，本文熵值法参考王博恒和卢佶[15]等人的研究进行构建和处理。

1) 将临近指标体系用系数矩阵形式来表示：

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & \cdots & X_{nj} \end{pmatrix} \quad (2)$$

2) 对各个因素按照选项数量进行归一化处理：

对于正向指标：

$$x_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})} \quad (3)$$

对于负向指标：

$$x_{ij} = \frac{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}) - X_{ij}}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})}$$

3) 将数据矩阵转化为比重矩阵：

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

$$Y = \begin{pmatrix} P_{11} & \cdots & P_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & \cdots & P_{nj} \end{pmatrix}$$

4) 计算第 j 项指标的熵值：

$$e_j = (-k) \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \quad (5)$$

5) 计算信息熵冗余度及最终低碳转型指标权重：

$$d_j = 1 - e_j, \quad j = 1, \dots, m \quad (6)$$

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j}$$

最终得到式中： x_1 、 x_2 、 x_3 为低碳转型评价指标体系中的3个一级指标； n 为纳入评价指标体系的总样本数； d_j 为第 j 个指标的信息效用价值； e_j 为第 j 个指标的信息熵； k 为常数且与评价指标体系中指标数量有关； m 为评价指标体系中指标数量，在低碳转型指标体系构建中， $m = 3$ 。

表1为利用熵值法后对低碳转型3个一级指标及对应的二级指标求得的权重占比，从表1可以看出，在评价低碳转型成果效率指标中绿色金融 > 绿色环境 > 绿色排放，根据最终确定的不同等级指标的占比可以进一步为低碳转型求综合得分。

6) 计算样本低碳转型综合得分：

$$s_j = \sum_{i=1}^m x_{ij} w_j \quad (7)$$

熵值法在低碳转型评价中的应用具有较高的准确性和可靠性，因为它能够考虑到指标之间的变异程度和权重之间的关系。在得到各项指标的权重后，我们可以将这些权重与各项指标的原始数据相乘，然后将乘积求和，从而得到最终的低碳转型评价得分，这个得分可以直观地反映出低碳转型的年度变化情况。

Table 1. Low-carbon transition indicators evaluation system

表 1. 低碳转型指标评价体系

| 一级指标 | 二级指标 | 权重占比(%) | |
|--------|---------|----------------------|--------|
| 绿色金融指数 | 0.37959 | 环保信贷额 | 14.47 |
| | | 绿色债券发行额 | 15.329 |
| | | 绿色基金市价额 | 14.186 |
| | | 环境污染投资额 | 26.343 |
| | | 环境污染保险收入额 | 16.121 |
| | | 财政环境保护支出额 | 13.551 |
| 绿色排放指数 | 0.2742 | 煤炭原消费量 | 37.583 |
| | | CO ₂ 排放总量 | 62.417 |
| 绿色环境指数 | 0.34621 | 空气质量优良天数 | 54.286 |
| | | 绿化覆盖面积 | 46.714 |

4.2. 低碳转型影响因素描述性统计

本文基于 2011~2021 年山东省低碳转型指标利用熵值法得到最终低碳转型程度得分数据，并用山东省碳交易数量在总交易金额中的比重作为衡量碳金融市场化的发展程度的指标。对这些指标以及其余控制变量和工具变量进行了描述性统计分析如表 2 所示，其中 $LCT_{i,t}$ 的取值之间差距较大，不同年份 $CMD_{i,t}$ 之间差距较小。说明山东省在 2011~2021 年期间低碳转型发生了较大的变化，整体上存在显著差异。而碳金融市场化水平整体上差距较小，且 5 个变量之间离散程度较低，均具有较高代表性。

Table 2. Statistics of factors affecting low-carbon transition

表 2. 低碳转型影响因素统计

| Variable | Sample | Max | Min | Mean | SD |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| $LCT_{i,t}$ | 11 | 0.943 | 0.204 | 0.574 | 0.254 |
| $CMD_{i,t}$ | 11 | 0.073 | 0.051 | 0.062 | 0.007 |
| $RDProportion_{i,t}$ | 11 | 0.093 | 0.063 | 0.085 | 0.009 |
| $NCPProportion_{i,t}$ | 11 | 0.151 | 0.027 | 0.087 | 0.042 |

4.3. ADF 检验

平稳性检验是为确保数据之间不会出现相关性的检验，只有数据平稳才可以进行下一步分析，如果经过验证为非平稳数据，容易出现伪回归现象导致结果不准确，因此需要验证数据是否平稳，应用较广泛的是 ADF 检验法。ADF 检验法中只需要参考 P 值大小，当 $P < 0.05$ 时，拒绝原假设，即相关序列不存在单位根，为平稳序列，否则是非平稳序列。

本文数据选取为山东省 2011~2021 年时间序列数据，为防止选择的数据因非平稳而造成伪回归，基

于基准模型(1)对被解释变量 $LCT_{i,t}$ ，核心解释变量 $CMD_{i,t}$ 以及控制变量 $RDProportion_{i,t}$ 进行 ADF 单位根检验，具体检验结果如下表 3 所示。

Table 3. Stationarity test results
表 3. 平稳性检验结果

| Augmented Dickey-Fuller test statistic | | | |
|--|---------------------|-------------|--------|
| Variable | Order of difference | t-Statistic | Prob.* |
| $LCT_{i,t}$ | 0 | -0.227 | 0.935 |
| | 1 | -4.956 | 0.000 |
| $CMD_{i,t}$ | 0 | -2.349 | 0.157 |
| | 1 | -5.694 | 0.000 |
| $RDProportion_{i,t}$ | 0 | -2.302 | 0.171 |
| | 1 | -10.492 | 0.000 |

根据表 3 可以看出 $LCT_{i,t}$ 、 $CMD_{i,t}$ 、 $RDProportion_{i,t}$ 本身序列非平稳，经过一阶差分后的序列均为平稳序列 P 值为 0，因此可以拒绝原假设。经过一阶差分后的序列均不存在单位根，为平稳时间序列。

4.4. 协整检验

由单位根检验可知，序列都经过一阶差分后可以达到平稳序列，为确保序列具有长期稳定的协整关系，将对其进行 Johansen 协整检验。通过序列最大根与 5% 临界值的关系，验证该序列是否具有协整性，若序列通过协整检验，则说明具有长期稳定的协整关系，可以进一步研究碳金融对低碳转型水平的实证研究。

Table 4. Johansen cointegration test
表 4. Johansen 协整检验

| H_0 | Max Root | 10% level | 5% level | 1% level |
|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 无协整关系 | 56.126 | 27.067 | 29.796 | 35.463 |
| 最多 1 个协整 | 20.325 | 13.429 | 15.494 | 19.935 |
| 最多 2 个协整 | 0.455 | 2.705 | 3.841 | 6.635 |

通过表 4 中 Johansen 协整检验结果可以确定，当序列为最多 2 个协整关系时，最大根水平要小于其对应的 5% 临界值，因此不可以拒绝原假设，说明至少存在两个协整关系，即经过一阶差分后的序列通过协整检验且具有长期稳定的协整关系。

5. 基于碳金融对低碳转型水平测度模型的实证分析

5.1. 低碳转型基准回归结果分析

在协整检验后，对基准模型(1)中变量都取一阶差分值后，序列达到平稳进行回归，结果如下表 5 显示，Adj R-squared 为 0.8227 所建模型显著性较高，模型拟合程度较好，说明模型各解释变量联合起来对被解释变量影响显著。其中，核心解释变量 $CMD_{i,t}$ 对 $LCT_{i,t}$ 整体影响显著 P 值为 0.000，说明碳金融市场发展程度对低碳转型是具有显著性影响的，山东省碳金融市场发展程度越高对促进其低碳转型效果越明显。

Table 5. Baseline regression results**表 5.** 基准回归结果

| $LCT_{i,t}$ | Coefciant | Std.err. | t | P > t | P > F | Adj R-squared |
|-----------------------|-----------|-----------|-------|--------|-------|---------------|
| $CMD_{i,t}$ | 18.75941 | 3.049693 | 6.15 | 0.000 | | |
| $RDPProportion_{i,t}$ | -7.155492 | 2.142352 | -3.34 | 0.004 | 0.000 | 0.8423 |
| <i>cons</i> | 0.0226046 | 0.0417713 | 0.54 | 0.595 | | |

5.2. 内生性检验

对基准模型进一步做内生性检验，选择 $NCPProportion_{i,t}$ 和 $\ln GDP$ 为工具变量，由下表 6 可知 Wu-hausman 内生性检验结果可知，显著性 P 值为 0.040，拒绝原假设，选中的内生变量中具有内生性。由 sargan 过度识别检验结果可知，显著性 P 值为 0.078，不能拒绝原假设，因此工具变量全为外生不具有过度识别满足基本条件。

Table 6. Endogenous test**表 6.** 内生性检验

| Inspection | Statistics | P |
|------------|------------|-------|
| Wu-hausman | 6.323 | 0.040 |
| sargan | 2.955 | 0.086 |

在基准模型(1)的基础上引入 $NCPProportion_{i,t}$ 作为核心解释变量 $CMD_{i,t}$ 的工具变量建立(8)的碳金融发展程度的多元方程。

$$CMD_{i,t} = a_0 + a_1 NCPProportion_{i,t} + a_2 \ln GDP + \varepsilon_{i,t} \quad (8)$$

进一步将其带入基准回归模型(1)可以得到模型(9)，利用两阶段二乘统计做进一步分析，其中用 $cmd_{i,t}$ 作为 $CMD_{i,t}$ 的估计参数。

$$LCT_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 cmd_{i,t} + \gamma_2 RDPProportion_{i,t} + v_{i,t}$$

$$LCT_{i,t} = \lambda_0 + \lambda_1 CMD_{i,t} + \lambda_2 NCPProportion_{i,t} + \lambda_3 \ln GDP_{i,t} + \lambda_4 RDPProportion_{i,t} + v_{i,t} \quad (9)$$

其中(9)中 $NCPProportion_{i,t}$ 为绿色科学奖项占比， $\ln GDP$ 为山东省生产总值取对数结果。

对引入工具变量后的修正模型(9)做进一步检验，验证内生性问题是否还存在，可以通过 Wald 统计量的数值或显著性 P 值进行确定，当 Wald 统计量的 P 值小于 0.05 时，则说明建立的两阶段回归是有效的；反之，说明建立的两阶段回归是无效的。

Table 7. Two-stage regression test**表 7.** 两阶段回归检验

| Inspection | Wald | P |
|------------|--------|-------|
| Wu-hausman | 64.988 | 0.000 |

由最终模型(9)两阶段回归估计结果上表 7 可知，Wald 值为 57.938，其显著性 P 值为 0.000，呈现显著性，说明解释变量中至少有一个变量会对被解释变量产生显著影响，所建立的最终模型有效且不具有内生性问题。

5.3. 稳健性检验

在建立二阶段最小二乘统计模型解决内生性的问题基础上进一步进行稳健性检验，以保证结论的可靠性，最终根据模型(9)进行检验得到结果如下表 8 所示。

Table 8. Robustness test
表 8. 稳健性检验

| $LCT_{i,t}$ | Coeficient | Std.err. | t | P > F | Adj R-squared |
|----------------------|------------|-----------|-------|--------|---------------|
| $CMD_{i,t}$ | 21.71001 | 7.372995 | 2.94 | | |
| $RDProportion_{i,t}$ | -2.695133 | 3.026033 | -0.89 | | |
| $NCProportion_{i,t}$ | 1.039081 | 1.37737 | 0.75 | 0.0000 | 0.8582 |
| $\ln GDP$ | -0.0598051 | 0.0392611 | -1.52 | | |
| $cons$ | 0.0165126 | 0.0398735 | 0.41 | | |

由最终稳健性检验结果表 8 可知加入工具变量以后， P 值为 0 该模型依旧显著，且 Adj R-squared 为 0.8582，说明各个解释变量联合起立对被解释变量低碳转型解释程度高，且与基础回归结果相互验证。核心解释变量 $CMD_{i,t}$ 和控制变量 $RDProportion_{i,t}$ 对低碳转型的回归结果中预期符号与基准回归保持一致，且核心解释变量对别解释变量影响依旧显著，因此最终内生修正模型通过稳健性检验，模型具有可靠性，进一步可以说明山东省碳金融发展水平的确对低碳转型具有显著影响。

6. 结论与政策建议

6.1. 主要结论

本文选择 2011 年~2021 年期间山东省低碳发展及碳金融交易的相关数据，采用熵值法从绿色排放、绿色环境、绿色金融三个维度对低碳转型进行评估并建立评价指标体系。在数据平稳性检验通过的前提下，建立碳金融对低碳转型影响效应的计量模型进行研究，通过分析可以得出以下结论。

通过建立碳金融对低碳转型影响效应的计量模型发现低碳转型在金融和社会环境领域表现尤为突出，且碳金融发展水平对低碳转型具有显著影响，具体表现为碳金融市场化程度越高低碳转型的发展程度也越高，两者呈现正向作用。山东省作为我国重要的经济省份，其碳金融市场化发展水平对低碳转型具有重要意义，所以建立计量分析模型能够较好地应用于对山东省低碳转型的实证研究。未来需要根据实际发展情况，对山东省低碳转型程度进行深入细致的评估，这将有助于推动碳金融市场在促进低碳转型方面发挥更大的作用，从而加快实现山东省的低碳发展目标。

6.2. 政策建议

山东省碳金融市场化在一定程度上促进了当地的低碳转型，碳金融市场化对我国低碳转型具有显著推动作用。为更好的实现碳金融市场对低碳转型的作用，提出以下几方面建议。

首先，发挥山东半岛城市群龙头作用，打造高质量发展增长极。为实现山东省低碳转型的可持续发展，可以利用山东半岛主要城市群的碳金融市场带动作用，促进整体碳金融市场化的发展，为低碳转型更好的助力。通过提升济南、青岛中心城市能级，利用金融市场化发展程度较高的城市的带动作用促进整体水平的提高。推动省会、胶东、鲁南经济圈特色化一体化发展，推动经济圈高效协作。健全跨区域合作发展新机制，推进设施共联、人才共用、产业共兴、市场共建、开放共赢、生态共保、社会共治。促进济南、青岛中心城市联动发展，协同带动淄博、烟台、潍坊相向发展，打造山东半岛高质量发展轴

带。通过山东半岛城市群经济协作促进金融市场化的进步和推行，实现山东整体低碳转型战略的实现。

其次，夯实山东省转型金融发展基础。山东省为实现较高水平的低碳转型制定了碳金融三年行动方案，需要进行碳金融基础设施建设，制定适应我省规模大、碳排放高的石化、有色等领域，以技术先进性和减排显著性为基准，分步推出我省重点行业转型金融支持标准。扩展工业碳账户多场景应用以及碳普惠体系建设多方面夯实山东省转型金融发展基础。通过转型金融基础设施的建设促进碳金融市场的发展壮大，提高山东省各行业转型金融发展意识并积极参与碳金融市场交易，为实现低碳转型发展夯实基础。

最后，创新山东省绿色金融产品和服务。山东省低碳转型在金融、环境方面具有显著表现。山东省对碳金融市场、绿色环境保护支出力度较大，一定程度上都促进了金融市场和社会市场环境的优化。通过创新更多的绿色金融产品和服务，鼓励山东省各个行业积极参与绿色金融市场交易。低碳技术需要高额的投资，但对于小微企业来讲这无疑会加重财务成本，而且很多低碳技术尚未成熟仍处于商业化阶段，阻碍其广泛应用。在低碳转型面临发展瓶颈的现况下，绿色金融产品和服务的丰富无疑带来了一剂解药，很多山东省企业可以通过在绿色金融市场上进行交易，获得实际配额而实现促进低碳转型升级。

基金项目

教育部人文社会科学项目(22YJJCZH087); 山东省自然科学基金青年项目(ZR2020QG054)。

参考文献

- [1] 尚似融, 叶苡辰, 陈俊衡. 中国碳金融交易市场的风险及防控[J]. 科技经济市场, 2022(12): 1-3.
- [2] 李舟, 王菁. 区域碳金融市场波动风险研究[J]. 商业观察, 2023, 9(14): 32-35.
- [3] Sun, Y., Chen, L., Sun, H., et al. (2020) Low-Carbon Financial Risk Factor Correlation in the Belt and Road PPP Project. *Finance Research Letters*, **35**, Article ID: 101491. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101491>
- [4] 吴月蕊, 杜金向. 碳中和背景下碳金融产品创新研究[J]. 合作经济与科技, 2021(18): 60-61.
- [5] 谢安祺, 谢咸颂. 双碳背景下的碳金融产品创新研究与分析[J]. 北方经贸, 2022(7): 101-104.
- [6] Yu, X., Dong, G. and Liu, C. (2020) The Tripartite Regulation Game of Carbon Financial Products Based on the Prospect Theory. *Frontiers in Environmental Science*, **8**, Article 610732. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.610732>
- [7] 孙力军. 国内外碳信用市场发展与中国碳金融产品创新研究[J]. 经济纵横, 2010(6): 30-33+79.
- [8] 黄娟. 构建多元化碳金融产品和服务体系[J]. 中国外资, 2023(16): 12-14.
- [9] 赵丽芳. 我国碳金融交易产品影子价格研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 西北师范大学, 2018.
- [10] 王蕊. 我国碳金融市场中碳交易价格的影响因素分析[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北大学, 2021. <https://doi.org/10.27405/d.cnki.gxbdu.2021.002161>
- [11] 张永亮. 中国碳市场中碳金融产品价格发现功能研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海财经大学, 2022.
- [12] 刘玉斌, 王丹婵. 数字化对制造业企业绿色转型的影响机制研究[J]. 山西大学学报, 2023, 46(6): 138-148.
- [13] 胡洁, 于宪荣, 韩一鸣. ESG 评级能否促进企业绿色转型?——基于多时点双重差分法的验证[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, 40(7): 90-111.
- [14] 胡剑波, 王楷文. 碳达峰目标下中国绿色低碳循环发展的协同效应研究[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2022, 24(5): 62-73+129.
- [15] 王博恒, 卢佳, 王丹, 等. 基于熵值法的人工林林木邻体结构优化方法[J]. 西北林学院学报, 2024, 39(1): 67-72+80.