

绿色金融发展与城市碳排放：中介机制及政策启示

冯于连

西南大学经济管理学院，重庆

收稿日期：2024年1月4日；录用日期：2024年1月15日；发布日期：2024年3月21日

摘要

随着保护环境的意识不断提升和双碳目标的提出，绿色金融发展也提上日程。近年来，我国为了实现双碳目标颁布了一系列绿色金融发展政策，绿色金融的发展在我国已经初步形成完整体系。在这一背景下，如何让绿色金融更好地服务于地区的经济发展，从而实现环境保护和代际公平，打赢绿色革命战显得尤为重要。本文运用近十年来有关绿色金融发展和城市碳排放的数据，研究二者之间的关系和中介机制传导过程，通过实证研究发现，绿色金融的推动可能通过提高地区的能源利用效率、调整和优化产业结构和推动绿色技术的研发与应用，从而减缓城市的碳排放总量。

关键词

绿色金融，城市碳排放，双碳目标，产业结构优化，绿色技术创新

Green Finance Development and Urban Carbon Emissions: Intermediary Mechanisms and Policy Implications

Yulian Feng

College of Economics and Management, Southwest University, Chongqing

Received: Jan. 4th, 2024; accepted: Jan. 15th, 2024; published: Mar. 21st, 2024

Abstract

With the continuous improvement of environmental protection awareness and the proposal of carbon peaking and carbon neutrality goals, the development of green finance has also been put

on the agenda. In recent years, China has promulgated a series of green finance development policies in order to achieve the dual carbon goal, and the development of green finance has initially formed a complete system in China. In this context, it is particularly important to make green finance better serve the economic development of the region, so as to achieve environmental protection and intergenerational equity, and win the battle of the green revolution. Based on the data on the development of green finance and urban carbon emissions in the past decade, this paper studies the relationship between the two and the intermediary mechanism transmission process, and finds that the promotion of green finance may reduce the total carbon emissions of cities by improving regional energy efficiency, adjusting and optimizing the industrial structure, and promoting the research and development and application of green technologies.

Keywords

Green Finance, Urban Carbon Emissions, Dual Carbon Goals, Industrial Structure Optimization, Green Technology Innovation

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

城市是碳排放的重要来源，随着城市化进程的加速，城市碳排放问题变得日益突出。在城市经济快速增长的同时，碳排放也呈上升趋势，这使得城市面临着日益严峻的环境挑战。二十大报告提出我国要在 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和。为了更好地落实“双碳目标”，中国颁布一系列相关的政策，其中绿色金融相关政策在近几年日益成型，形成完整的政策体系，绿色金融的快速发展亦成为应对气候变化和实现碳中和目标的关键手段。

绿色金融与碳排放之间的关系受到多方面因素的影响，绿色金融作为城市可持续发展的关键领域，其在影响城市碳排放方面的作用备受关注。因此，如何在保证城市经济发展的情况下，又同时实现“双碳目标”，成为亟待解决的问题。理论上，绿色金融的推动可能通过提高企业的能源利用效率，从而削减碳排放。其次，绿色金融的发展会引导企业调整和优化产业结构，促进城市的环保、清洁产业得到进一步的发展，同时可能反向激励高耗能产业调整企业经营模式，从而改善城市的碳排放量。此外，产业链内部为了长远发展和应对绿色革命，可能会激发自身的创新机制，从而推动绿色技术的研发与应用，从而减缓城市的碳排放总量。

综上所述，深入且全面地挖掘中介机制的作用对于全面理解绿色金融发展对城市碳排放的影响至关重要。本文研究目的在于多角度揭示这些中介机制，通过理论和实证研究，理清中介机制的贡献度，找出在绿色金融与城市碳排放这一关系中起到主导作用的中介变量，为政策制定提供更具针对性的建议。

2. 文献综述

关于绿色金融与碳排放之间的研究成果丰硕，早前研究的主要探讨内容包括绿色金融对碳排放的相关性，以及绿色金融政策对碳排放的宏观调控作用。其次，大部分研究在探讨绿色金融与碳排放之间的关系及中介作用机制时，多从省域层面进行单个中介机制的探讨。一部分学者从省域角度出发，在研究绿色金融政策对碳排放的调控作用中发现，绿色金融政策实施存在空间溢出效应，并有利于地区长远的经济发展趋势(Chen X and Chen Z, 2021) [1]。张梓榆(2023)、周稳海, (2023)、周亚军和陈丰泽(2023)从环境管制的角

度出发,认为绿色金融的发展水平会增强地区的环境管制,从而降低个省份的碳排放强度[2][3][4]。

另一部分学者研究表明,绿色金融发展通过优化产业结构和资源利用效率,改善能源利用效率、重新配置社会资金、提升技术水平以及地区的绿色全要素生产率等途径,从而对各省份的碳排放产生一定的抑制作用(吴姗姗,2018;金声甜和李小花,2023;张希良等,2022;张庆君和陈蓉,2023)[5][6][7][8]。

此外,随着对绿色金融的深入研究,也有学者从企业的角度考察绿色金融与碳排放之间的关系。相关研究指出,绿色金融的发展可以间接促进高碳企业的碳减排技术,进而激励企业降低碳排放(丁攀,2023)[9]。因此,优化企业间的二氧化碳配置效率,可以实现碳减排和经济发展双赢的局面(杨豪,潘颖豪,才国伟;2023)[10][11]。

综上所述,尽管有许多文献指出了绿色金融对碳排放的负面影响,但许多先前的研究侧重于研究省级层面的绿色金融发展和碳排放之间的关系,地级市层面尚未得到充分的关注,导致现有研究仍存在一些共性和局限性。此外,对于城市碳排放和绿色金融之间的复杂中介效应关系的理解还不够深入。因此,本文旨在通过对这些中介机制的研究,对实证结果进行详尽的呈现和解读,展示绿色金融与城市碳排放的关系究竟受到怎样的中介效应影响,中介变量在整体关系中的相对重要性,更全面地揭示绿色金融对城市碳排放的影响路径。同时,以期绿色金融与城市碳排放关系的理论和实证研究提供更多的创新性和视角呈现。

3. 理论分析与研究假设

一方面,城市发展绿色金融会促使资金流向高效、低碳和清洁能源行业,加大相关产业的发展[12][13]。另一方面,传统行业面临巨大的信贷压力和行业转变,从而刺激传统的高耗能产业转型,以及传统的资源型城市不得不思考经济转型,从而倒逼企业进行绿色技术创新,从而谋求长期的发展前景。在这样的背景之下,绿色金融很可能会改善地区的能源效率和产业结构,并提升地区的绿色技术创新,从而对该地区的碳排放量产生影响。

绿色金融发展优化城市能源效率。提升能源效率是降低城市碳排放的重要途径之一,在绿色金融发展的过程中,一些列相关的绿色金融政策会引导银行的信贷资金、社会资金等转向绿色高效的能源结果。同时,城市的高耗能行业发展可能会面临信贷资金的萎缩,从而高耗能产业的发展就会受到限制[11][14]。相关行业为了谋求进一步的发展将会寻求新的商业模式,改善企业在生产、销售等的非绿色环节,从而提升企业内部有关绿色环保和节能技术的研发与推广,最终推动城市能源效率提升。

绿色金融的推动促使城市实现产业结构升级。在绿色金融发展的过程中,清洁环保产业将受到更多政策支持,这为企业在获取信贷资金时提供了更广阔的发展空间[15][16][17]。当资金倾向于绿色产业和清洁技术领域时,相关的绿色清洁行业有望迎来新的发展契机。这一趋势将导致地区产业结构进一步演变,具体表现为城市的产业结构主要集中在第二产业和第三产业,从而逐步缩小第二产业和第三产业的产值差距,使其趋向正常的经济发展水平,实现城市产业结构的优化,最终表现为城市经济发展更趋向于绿色环保产业,人们的绿色消费理念提高,促使城市碳排放量降低。

绿色金融发展提升城市绿色技术创新。正如前面所讨论的过程,绿色金融发展水平的提升积极回馈环境,并通过降低能源生产和利用的碳足迹,在减缓气候变化方面发挥着关键作用,最终降低碳排放量。随着绿色技术的发展,其在多个领域的广泛应用正在塑造新的产业格局,为城市经济注入可持续的发展动力[18]。表现为通过引入高效能源、智能制造等创新技术,城市产业体系得以更加灵活、智能化,提高生产效率和竞争力。这种结构性转变不仅符合时代潮流,也推动了经济的可持续增长。其次,新一代绿色技术的应用,如可再生能源、能源储存技术等,使城市能源系统更加可持续且环保。这不仅有助于减少对传统高碳能源的依赖,还为城市提供了更为可靠和可持续的能源供应体系。最重要的是,这些技术

创新和引入的过程直接导致碳排放的显著减少。这不仅是对环境的积极回应，也是对城市可持续发展的实质性支持。

基于过去的研究和理论支持，本文提出绿色金融发展水平与城市碳排放之间可能存在负相关关系的初步假设。这一部分将深入阐述绿色金融发展指数与城市碳排放的关系。基于以上分析，本文提出以下有待验证的假说：

假说 1：绿色金融发展水平能够直接抑制城市碳排放强度。

假说 2：绿色金融发展水平通过优化城市的能源效率，从而降低城市的碳排放强度。

假说 3：绿色金融发展水平通过促进城市产业结构升级，从而降低城市的碳排放强度。

假说 4：绿色金融发展水平通过提升城市绿色技术创新，从而降低城市的碳排放强度。

4. 研究设计与模型设定

4.1. 样本选取及数据来源

本文选取 2010~2020 年全国地级市的绿色金融发展水平和碳排放强度为研究对象，在剔除了西藏、贵州有缺失的数据后，共计 275 个地级市的 2539 条相关数据作为研究样本。基于以上的理论分析，本文选取的变量如下，见表 1。

Table 1. Variable description table
表 1. 变量说明表

| 变量类型 | 变量名称 | 变量符号 | 测算方法 |
|-------|----------|---------|-------------------------|
| 被解释变量 | 碳排放强度 | Tan | 碳排放总量/人均 GDP |
| 解释变量 | 绿色金融发展水平 | Finance | 指标 |
| 控制变量 | 城镇化率 | Urban | 城镇人口数/总人口数 |
| | 人口密度 | Density | 年末常住人口数/行政区域面积 |
| | 经济发展水平 | Ggdp | 人均 GDP |
| | 环境规制 | Er | 环境污染治理投资额/GDP 的比重 |
| | 对外开放程度 | Open | 进出口总额/GDP 的比重 |
| 中介变量 | 能源效率 | Ee | 能源消耗/ |
| | 产业结构优化 | Str | 第三产业 GDP 产值/第二产业 GDP 产值 |
| | 绿色技术创新 | Gteh | 绿色发明占地区年度申请的专利总数百分比 |

4.1.1. 被解释变量(Tan)

城市碳排放强度是本研究的核心被解释变量，反映了城市温室气体排放的整体水平。基于以往的研究可知，城市碳排放总量会受到诸多因素的影响，仅用碳排放总量难以衡量城市的碳减排具体情况。因此，为了更全面地考察碳排放情况，本文参考了江红莉[11]等人的研究，选取碳排放强度作为本文的核心被解释变量，以城市的碳排放总量与城市的人均 GDP 比值来衡量该地区的碳排放强度。综合采用了范围 1、范围 2 和范围 3 的核算标准，以便于深入理解碳排放的来源和影响因素。具体而言，范围 1 包括了城市辖区内的直接排放，如交通、建筑、工业生产过程、农林业与土地利用变化、废弃物处理活动等。范围 2 则考虑了城市辖区外的与能源有关的间接排放，例如外购的电力、供热和制冷等。范围 3 则包含了由城市内部活动引起但发生在辖区之外的其他间接排放。

4.1.2. 解释变量(Finance)

绿色金融发展指数是本研究的核心解释变量，代表了城市中绿色金融发展的水平。本文的指数的测算参考了刘华珂[19]等人的研究成果，通过采用熵值法综合考量绿色信贷指数、绿色投资、绿色保险、绿色债券、绿色支持、绿色基金和绿色权益七个指标，全面评估了中国 275 个地级市的绿色金融发展水平，细致的测算方法使得该指数更具说服力和可解释性。这七个指标的选择充分考虑了金融、能源、农业和工业等多个领域，确保了指数的综合性和代表性。具体指标包括但不限于绿色信贷比例、绿色债券融资规模、清洁能源投资比例等。通过对这一指数与城市碳排放之间的关系进行分析，来揭示绿色金融对碳排放的影响。

4.1.3. 控制变量(Covs)

在参考根据以往的研究时发现，碳排放强度会受到地区内诸多因素的影响。为了更好地检验绿色金融对城市碳排放的影响，排除其他可能影响城市碳排放强度的因素，本文选取城镇化率、人口密度、人均生产总值、环境管制和对外开放程度这五个指标纳入控制变量，以便于剖析绿色金融对碳排放影响的复杂性，使研究结论更有说服力。

城镇化率反映了人口向城市转移的程度。高度城市化可能面临城市交通拥堵和能源消耗增加等问题，城市化程度较低的地区产业结构和能源效率可能更受关注。因此，通过控制城镇化率，可以更细致地研究绿色金融在不同城市化水平下对碳排放的影响。

人口密度涉及到资源利用的效率和城市规划的质量。通过控制人口密度，能更好地剖析绿色金融对碳排放的独立贡献。高人口密度城市可能更容易实施绿色技术创新和可持续发展政策，而低人口密度城市可能更受到土地利用和交通规划的影响。

人均生产总值是一个衡量城市经济活动水平的指标。通过控制人均生产总值，可以更全面地理解绿色金融在不同经济水平城市的碳排放影响。高收入地区可能更有能力应对环保挑战，但也可能面临更高的能源需求。

环境管制政策实施会对城市的碳排放水平造成显著差异。通过控制环境管制水平，可以更准确地分析绿色金融在相对相似环境管制条件下对碳排放的影响，从而避免政策差异对研究结论的潜在干扰。

城市的对外开放程度可能通过国际合作和贸易影响其碳排放。不同程度的对外开放可能导致不同城市在碳排放水平上的差异。通过控制对外开放程度，能更深入地了解绿色金融对碳排放的独立作用。

4.2. 中介变量

为了更好地解释绿色金融发展如何通过中介机制影响城市碳排放，本文参照以往研究，并根据实际情况选取了城市的能源效率、产业结构升级和绿色技术创新能力作为本文的中介效应变量。

能源效率提升(Er)。能源效率提升作为中介效应变量，涉及到城市能源利用效率的提高。该变量以 2010~2020 年的能源消耗量为基础，通过对全社会用电量、煤气天然气供应量和液化石油气供应量的折合，计算得出吨标准煤的消耗量，参考袁晓玲的研究，在计算这一指标时考虑了实际 GDP，以更科学地衡量能源的利用效率。本部分本文将基于以上的理论分析基础，提出其在绿色金融与碳排放关系中的中介效应假设，探讨绿色金融发展如何促进能源效率提升，从而抑制城市的碳排放效应。

产业结构升级(Str)。产业结构升级是另一个可能的中介效应变量，通过影响城市产业结构的优化，从而影响碳排放水平。产业结构升级：有关城市产业结构变化，参考李鹏升和陈艳莹的研究，通过计算每个地级市第三产业产值与第二产业产值的比值，衡量了城市产业结构的升级情况，数据来源于中国统计年鉴和中国城市统计年鉴的具体信息。在本部分，本文将并基于理论模型提出其在绿色金融与碳排放关系中的中介效应假设，探讨如何通过实证研究验证产业结构升级在中介效应中的作用。

绿色技术创新(Gteh)。绿色技术创新作为中介效应变量之一，可能在绿色金融发展与碳排放关系中发挥关键作用。为了使指标更好地反映城市在绿色技术创新方面的实际表现，本文选取了城市年度获得的专利总数中绿色发明专利的占比来衡量，数据来源于中国科技统计年鉴和中国研究数据服务平台。本部分将基于理论支持提出其可能的中介效应路径，并通过对绿色技术创新的深入研究，探讨其在实证研究中的操作性。

通过对这三个中介效应变量的深入分析，旨在建立较为完整的中介效应模型，揭示绿色金融发展如何通过这些中介效应影响城市碳排放。这将为本文在后续章节的实证研究提供理论支持和研究框架。

4.3. 模型设定

4.3.1. 主模型：绿色金融发展与城市碳排放关系

在研究绿色金融发展对城市碳排放的影响时，本文采用以下基本回归模型建立绿色金融对碳排放的整体影响：

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 \text{cov } s_{it} + \varepsilon_{it}$$

其中， i 表示地级市， t 表示时间。碳排放是核心被解释变量，绿色金融发展是核心解释变量，控制变量包括城镇化率、人口密度、人均地区生产总值、环境规制、对外开放程度， ε_{it} 表示误差项。

4.3.2. 中介效应模型：中介效应的定量分析

为了深入研究绿色金融发展如何通过中介机制影响城市碳排放，本文以能源效率、产业结构升级和绿色技术创新构建中介效应模型，以能源效率为例，本文的中介效应模型如下：

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 X_{it} + \alpha_2 M_{it} + \alpha_3 \text{cov } s_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$M_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 X_{it} + \gamma_2 \text{cov } s_{it} + \eta_{it}$$

中介效应模型包括了两个方程，第一个方程描述了碳排放与绿色金融发展的关系，第二个方程描述了能源效率与绿色金融发展的关系。通过这两个方程可以计算出能源效率的中介效应。

5. 绿色金融发展水平对城市碳减排抑制效应的实证分析

5.1. 实证结果回归

5.1.1. 描述性统计分析

描述性统计分析结果在实证研究中发挥着关键作用。各变量的描述性结果，见表 2。

Table 2. Descriptive statistical results

表 2. 描述性统计结果

| 变量 | 平均值 | 中位数 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 碳排放强度 | 0.287 | 0.201 | 0.292 | 0.0110 | 2.473 |
| 绿色金融指数 | 0.327 | 0.350 | 0.105 | 0.0610 | 0.650 |
| 经济发展水平 | 10.70 | 10.68 | 0.591 | 8.576 | 13.06 |
| 城镇化率 | 0.552 | 0.534 | 0.152 | 0 | 1.00 |
| 人口密度 | 424.4 | 345.3 | 338.6 | 0 | 2648 |
| 环境管制 | 0.015 | 0.008 | 0.019 | 0 | 0.162 |
| 对外开放程度 | 0.632 | 0.130 | 2.170 | 0 | 64.74 |

首先,碳排放强度的均值为 0.287,中位数为 0.201,标准差为 0.292,该项数据揭示了地级市碳排放水平的总体趋势及其分散度。均值与中位数的差异表明数据分布可能存在偏斜或离群值。对照绿色金融指数,其均值为 0.327,中位数为 0.350,标准差为 0.105,这反映了不同城市绿色金融发展水平的总体倾向及其分散度。均值与中位数的接近表明数据相对对称,而较小的标准差说明各城市绿色金融水平相对一致。

综合而言,上述描述性统计数据为研究者提供了对地级市碳排放和绿色金融指数的整体认知,同时通过标准差揭示了变量间的差异程度,为进一步深入挖掘碳排放与绿色金融之间关系提供了有力的数据基础。

5.1.2. 基准回归结果

本文运用 stata 软件,在控制个体效应和时间效应后,绿色金融发展与碳排放强度之间的回归结果如下,见表 3。

Table 3. Model regression results

表 3. 模型回归结果

| Tan | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) | 模型(5) |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Finance | -0.805*** (0.042) | -0.192*** (0.064) | -0.176*** (0.064) | -0.177*** (0.064) | -0.159*** (0.057) |
| Er | | 0.692*** (0.045) | 0.675*** (0.045) | 0.675*** (0.045) | 0.219*** (0.044) |
| Open | | 0.001 (0.001) | 0.001 (0.001) | 0.001 (0.001) | 0.000 (0.001) |
| Urban | | | -0.165*** (0.038) | -0.166*** (0.038) | -0.076** (0.034) |
| Density | | | | 0.000 (0.000) | 0.000 (0.000) |
| Gdp | | | | | -0.236*** (0.010) |
| _cons | 0.553*** (0.022) | 0.332*** (0.019) | 0.408*** (0.026) | 0.401*** (0.030) | 2.839*** (0.103) |
| N | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 |
| r2 | | 0.353 | 0.359 | 0.359 | 0.492 |
| r2_a | | 0.272 | 0.278 | 0.278 | 0.428 |
| 控制个体 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 控制时间 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |

Standard errors in parentheses, * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

5.1.3. 回归结果分析

从上表可以看出,在逐步引入控制变量的分析中,可以清晰地观察到城市绿色金融的发展明显地抑制碳排放强度的倾向。在考虑了城市的城镇化率、环境管制、人口密度、经济发展水平、对外开放程度等关键因素后,各项回归系数在 1% 的显著水平上均呈现负向趋势。这一趋势在逐步控制了城市化水平后仍然显著,最终的主回归系数为 -0.159,进一步印证了绿色金融发展对碳排放的负面关联。这一结论从

一定程度上表明，绿色金融的引入促使资金更倾向于流向低碳、高效、清洁能源等环保产业，从而在全球气候变化压力下，为城市碳减排目标的实现提供了实质性的支持。

然而，要得出准确的绿色金融发展水平和城市从碳排放强度之间的准确净效应，需要在排除了其他可能干扰因素的情况下使得实证结果更为可信。具体而言，本文控制城镇化率得以更精准地观察到城市内外的碳排放差异，环境管制的考虑有助于理解绿色金融政策在各地区的执行力度，人口密度、经济发展水平和对外开放程度的引入则更全面地反映了城市碳排放的多元化影响因素。这个深入的分析过程使我们得以更全面、更准确地理解绿色金融对城市碳排放的影响机制。

5.2. 中介效应的实证结果

本文通过构建中介效应模型，以此来验证理论部分叙述的假设，即绿色金融发展水平不仅能够直接影响城市碳排放强度，还能通过绿色技术创新、产业结构升级和能源效率三条途径来影响城市的碳排放强度。下列表格展示了绿色金融发展与碳排放之间的中介效应结果，从实证回归结果表明，能源效率提升、产业结构升级和绿色技术创新在这一关系中发挥了积极的中介作用。

5.2.1. 能源效率提升

产业结构升级与碳排放之间的中介效应结果，见表 4。在能源效率方面，实证结果显示绿色金融的

Table 4. Intermediary mechanism test: Energy efficiency improvement
表 4. 中介机制检验：能源效率提升

| Tan | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Finance | 0.539*** (0.037) | 0.683*** (0.042) | 0.463*** (0.045) | 0.391*** (0.057) | 0.390*** (0.057) | 0.260*** (0.058) |
| Er | | -0.000 (0.001) | 0.001 (0.001) | 0.002 (0.001) | 0.002 (0.001) | 0.002 (0.001) |
| Open | | | 0.517*** (0.044) | 0.528*** (0.044) | 0.528*** (0.044) | 0.468*** (0.044) |
| Urban | | | | 0.015** (0.007) | 0.015** (0.007) | -0.017** (0.008) |
| Density | | | | | 0.000 (0.000) | -0.000 (0.000) |
| Gdp | | | | | | 0.312*** (0.036) |
| _cons | -0.041*** (0.015) | -0.093*** (0.014) | -0.129*** (0.014) | -0.270*** (0.069) | -0.273*** (0.071) | -0.036 (0.075) |
| N | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 |
| r2 | | 0.114 | 0.165 | 0.166 | 0.166 | 0.192 |
| r2_a | | 0.008 | 0.064 | 0.066 | 0.065 | 0.094 |
| 控制个体 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 控制时间 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |

发展与城市的能源效率提升密切相关。通过对全社会用电量、煤气天然气供应量和液化石油气供应量的折合成吨标准煤进行计算，本文观察到城市的能源消耗相对于实际 GDP 的增长呈现下降趋势，说明城市能源使用效率的提升。

5.2.2. 产业结构升级

产业结构升级与碳排放之间的中介效应结果，见表 5。表 5 实证结果表明，绿色金融的发展推动了城市产业结构的升级。通过对第三产业产值与第二产业产值的比值的计算，本文发现在绿色金融政策的影响下，城市的绿色金融发展得以受到关注，从而城市的产业结构可能开始更向绿色、环保型产业倾斜，从而减少了碳排放的强度。以太阳能、风能和新能源汽车的发展为例，我国太阳能和风能的发展逐步增强，具体表现在二者不仅安装容量大，而且在技术和设备制造方面也处于领先地位。此外，政府通过补贴和政策支持推动了电动汽车和插电式混合动力汽车的在我国快速发展。

Table 5. Mediation effect: Industrial structure upgrading

表 5. 中介效应：产业结构升级

| Tan | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) | 模型(5) | 模型(6) |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Finance | 4.421*** (0.133) | 5.077*** (0.152) | 3.911*** (0.156) | 2.603*** (0.192) | 2.610*** (0.192) | 2.173*** (0.196) |
| Er | | -0.016*** (0.005) | -0.008* (0.004) | 0.002 (0.004) | 0.002 (0.004) | 0.001 (0.004) |
| Open | | | 2.744*** (0.152) | 2.929*** (0.149) | 2.928*** (0.149) | 2.729*** (0.148) |
| Urban | | | | 0.275*** (0.025) | 0.274*** (0.025) | 0.166*** (0.027) |
| Density | | | | | -0.000 (0.000) | -0.000 (0.000) |
| Gdp | | | | | | 1.046*** (0.122) |
| _cons | -0.410*** (0.052) | -0.627*** (0.050) | -0.820*** (0.048) | -3.365*** (0.234) | -3.330*** (0.241) | -2.536*** (0.255) |
| N | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 |
| r2 | | 0.372 | 0.450 | 0.478 | 0.478 | 0.494 |
| r2_a | | 0.296 | 0.384 | 0.415 | 0.415 | 0.432 |
| 控制个体 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 控制时间 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |

5.2.3. 绿色技术创新

绿色技术创新与碳排放之间的中介效应结果，见表 6。表 6 实证结果表明，绿色金融的发展显著促进了城市内的绿色技术创新。通过专利数据的分析，我们观察到绿色发明占地区年度专利总数的比例呈现出明显的上升趋势。这说明在绿色金融政策的推动下，城市的发展更加注重对绿色技术的创新提升，强化城市的可持续发展概念，从而减少碳排放。

Table 6. Mediation effect: Green technology innovation
表 6. 中介效应：绿色技术创新

| Tan | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) | 模型(5) | 模型(6) |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Finance | 0.044** (0.018) | 0.213*** (0.029) | 0.197*** (0.032) | 0.124*** (0.041) | 0.125*** (0.041) | 0.071* (0.042) |
| Er | | -0.001 (0.001) | -0.001 (0.001) | -0.000 (0.001) | -0.000 (0.001) | -0.000 (0.001) |
| Open | | | 0.036 (0.031) | 0.047 (0.031) | 0.047 (0.031) | 0.022 (0.032) |
| Urban | | | | 0.015*** (0.005) | 0.015*** (0.005) | 0.002 (0.006) |
| Density | | | | | -0.000 (0.000) | -0.000 (0.000) |
| Gdp | | | | | | 0.130*** (0.026) |
| _cons | 0.121*** (0.006) | 0.067*** (0.010) | 0.065*** (0.010) | -0.077 (0.050) | -0.074 (0.051) | 0.025 (0.055) |
| N | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 | 2583.000 |
| r2 | | 0.028 | 0.028 | 0.032 | 0.032 | 0.042 |
| r2_a | | -0.089 | -0.089 | -0.085 | -0.085 | -0.074 |
| 控制个体 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 控制时间 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |

5.3. 稳健性检验

2007年以来，随着我国环境保护部联合证监会等部门相继推出以绿色信贷、绿色证券和绿色保险为核心内容的绿色金融政策框架，中国绿色金融体系经历了从初步建立到不断地完善与提升。在这一背景下，本文选择2007年至2020年作为研究的时间区间。一方面可以全面覆盖了我国绿色金融起始到成熟的整个发展过程。另一方面，扩展时间范围到2007年，有助于识别和验证绿色金融的发展水平对信贷市场、证券市场和保险市场等的长期效应，从而增强了研究结果的外部有效性。此外，更长的时间序列还可以提高统计推断的力度，减少偶然性因素的影响，确保研究发现的可靠性。稳健性检验结果，见表7。

Table 7. Robustness test
表 7. 稳健性检验

| Tan | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) | 模型(5) |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Finance | -1.689*** (0.051) | -0.356*** (0.089) | -0.329*** (0.089) | -0.337*** (0.089) | -0.352*** (0.080) |
| Er | | 0.063 (0.058) | 0.040 (0.058) | 0.042 (0.058) | -0.476*** (0.056) |

续表

| | | | | | |
|---------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Open | | -0.002** (0.001) | -0.001* (0.001) | -0.001* (0.001) | -0.001 (0.001) |
| Urban | | | -0.209*** (0.044) | -0.211*** (0.044) | -0.073* (0.040) |
| Density | | | | 0.000** (0.000) | 0.000* (0.000) |
| Gdp | | | | | -0.285*** (0.011) |
| _cons | 0.860*** (0.025) | 0.658*** (0.025) | 0.739*** (0.030) | 0.688*** (0.036) | 3.492*** (0.113) |
| N | 3267.000 | 3267.000 | 3267.000 | 3267.000 | 3267.000 |
| Tan | 模型(1) | 模型(2) | 模型(3) | 模型(4) | 模型(5) |
| r2 | | 0.472 | 0.476 | 0.477 | 0.572 |
| r2_a | | 0.420 | 0.424 | 0.425 | 0.530 |
| 控制个体 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 控制时间 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |

表 7 展示了稳健性检验的结果，在时间范围从 2010~2020 年扩展 2007~2020 年，并逐步引入了多个控制变量后发现，实证回归的关键系数仍然保持显著的负值，表明该理论模型在更广泛的时间跨度和考虑更多影响因素的情况下依然具有稳健性。这一结果巩固了研究的可靠性，进一步印证了绿色金融在一定程度上对地区碳排放强度产生抑制作用，对绿色金融发展与城市碳排放关系的解释提供了更为坚实的基础。

5.4. 异质性分析

城市的地理位置不同，可能会导致地区的各方面发展方面存在许多大大小小的差异，尤其是我国东中西部地区的发展之间更是区别甚大。因此，为了验证不同区位是否会对绿色金融与城市碳排放强度的关系产生影响，本文参考国家统计局和范翔宇¹等人的文献对东中西及东北部地区的划分标准，将我国的地级市分为东部、中部、西部三个地区，划分出东部、中部、西部地区进行异质性分析，以检验回归结果，见表 8。

异质性分析结果显示，绿色金融发展对碳排放强度的影响在我国各地存在地区异质性。其中，东部地区系数为 0.035、中部地区系数为-0.132、西部地区系数为-0.478，表明绿色金融的发展水平对中部地区和西部地区的抑制作用更为明显。一个可能的原因在于，东部地区相对更为发达，拥有更多的绿色金融资源和技术创新能力，因此在东部地区，绿色金融的发展更多地被用于推动经济增长和技术升级，而对碳排放强度的抑制效果相对较弱。相反，在中西部地区，由于相对较低的经济发展水平和技术创新水平，绿色金融的引入可能更多地用于减缓传统高碳排放产业的发展，加速产业结构的升级和转型，从而在这些地区产生更为显著的抑制碳排放的效果。此外，近年来，中西部地区成为我国绿色经济发展的重

¹ 东部组包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南 11 个省份的地级市；中部组包括山西、吉林、黑龙江、河南、湖北、湖南、安徽、江西 8 个省份的地级市；西部组包括内蒙古、重庆、四川、广西、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 11 个省份的地级市。

点实验地区等因素，导致中西部地区的绿色金融发展增长速度较快，从而导致绿色经济发展对城市的碳排放强度在中西部地区的抑制作用更加明显。

Table 8. Regional heterogeneity analysis
表 8. 地区异质性分析

| Tan | (FE) | (East) | (Middle) | (Wast) |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Finance | -0.159*** (0.057) | 0.035 (0.076) | -0.132* (0.077) | -0.478*** (0.119) |
| Er | 0.219*** (0.044) | 0.071 (0.071) | 0.540*** (0.072) | 0.109 (0.077) |
| Open | 0.000 (0.001) | 0.001 (0.001) | 0.006* (0.003) | 0.003 (0.002) |
| Urban | -0.076** (0.034) | 0.004 (0.034) | 0.098 (0.060) | -0.366*** (0.087) |
| Density | 0.000 (0.000) | -0.000 (0.000) | -0.000 (0.000) | 0.000 (0.000) |
| Gdp | -0.236*** (0.010) | -0.200*** (0.011) | -0.181*** (0.018) | -0.266*** (0.024) |
| _cons | 2.839*** (0.103) | 2.422*** (0.124) | 2.101*** (0.177) | 3.395*** (0.237) |
| N | 2583.000 | 855.000 | 878.000 | 850.000 |
| Tan | (FE) | (East) | (Middle) | (Wast) |
| r2 | 0.492 | 0.450 | 0.586 | 0.557 |
| r2_a | 0.428 | 0.370 | 0.524 | 0.499 |
| 控制个体 | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 控制时间 | Yes | Yes | Yes | Yes |

这样的异质性结果提示我们在绿色金融政策的制定中，需要考虑地区差异，因地制宜地推动绿色金融的发展，以更好地实现对碳排放的抑制效果。

6. 政策建议与未来展望

6.1. 政策建议

上述的实证结果为本文的假设提供了较为严谨的支持：绿色金融发展通过促进能源效率提升、产业结构升级和绿色技术创新，实现了对城市碳排放的有效降低。基于的研究结果，本文提出以下政策建议：

首先，加强能源管理，提高能源利用效率。政府和企业应共同努力，通过提升能源效率，减少碳排放。建立并完善能源管理体系，制定并执行更加严格的能源消耗标准，推动城市能源的清洁、高效利用。其次，建立健全的金融体系支持环保产业。金融体系应该更加注重支持环保产业的发展，包括但不限于绿色科技公司、可再生能源企业等。建立绿色金融创新机制，鼓励金融机构更加积极地参与环保产业的投融资活动。第三，推动产业升级，促进可持续发展。政府可以采取政策措施，引导企业进行产业升级，特别是推动第三产业的发展。通过支持和鼓励绿色产业的发展，城市产业结构逐渐向低碳方向发展。最

后, 强化绿色金融政策的引导作用。政府可以通过制定更加明确、有力度的绿色金融政策, 引导金融机构更加关注环保领域, 支持和鼓励能源效率提升、产业结构升级和绿色技术创新。

6.2. 未来展望

本文对绿色金融与城市碳排放的关系进行了深入的探讨。通过实证分析, 发现绿色金融的发展对城市碳排放产生了显著的抑制作用, 通过中介效应的机制分析, 能源效率提升、产业结构升级和绿色技术创新在其中发挥着重要的作用。这为未来城市可持续发展提供了有力的政策支持和决策参考。

尽管本文的研究取得了一些有意义的结果, 但仍存在一些不足之处。首先, 由于研究数据的局限性, 模型未能考虑到所有可能的影响因素, 未来研究可以考虑引入更多的控制变量更多的和中介变量, 以及各中介变量之间的关系, 从而全面理解绿色金融对城市碳排放的影响机制。此外, 本文的研究聚焦于中国城市, 对于其他国家和地区的适用性仍需进一步验证。同时, 可以结合更多的实证方法, 如实验设计等, 提高研究的可信度和可解释性。

参考文献

- [1] Chen, X. and Chen, Z. (2021) Can Green Finance Development Reduce Carbon Emissions? Empirical Evidence from 30 Chinese Provinces. *Sustainability*, **13**, Article No. 12137. <https://doi.org/10.3390/su132112137>
- [2] 张梓榆, 陈辰, 易红, 令狐煜婷. 环境规制视角下绿色金融发展对碳排放的影响研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2023, 45(8): 1-11.
- [3] 周稳海, 武晓敏, 赵桂玲. 双碳目标下绿色金融碳减排效应的实证研究[J]. 河北经贸大学学报, 2024, 45(1): 47-58.
- [4] 周亚军, 陈丰泽. 绿色金融与绿色全要素生产率: 环境规制调节下的碳减排效应[J]. 生态经济, 2023, 39(8): 43-51.
- [5] 吴姗姗. 银行信贷如何影响碳排放?——基于增长模型及中国经验的研究[J]. 中南财经政法大学学报, 2018(6): 22-32+43.
- [6] 金声甜, 李小花. 国家重点生态功能区设立对县域碳排放强度的影响——以长江经济带为例[J]. 经济地理, 2023: 1-9.
- [7] 张希良, 黄晓丹, 张达, 等. 碳中和目标下的能源经济转型路径与政策研究[J]. 管理世界, 2022, 38(1): 35-66.
- [8] 张庆君, 陈蓉. 绿色金融政策创新与能源消费碳排放强度: 资源配置效应还是绿色创新效应[J]. 甘肃社会科学, 2023(5): 206-218.
- [9] 丁攀, 李凌, 潘秋蓉, 常英伟. 环境规制、转型金融与企业碳减排效应[J]. 南方金融, 2023(8): 41-55.
- [10] 杨豪, 潘颖豪, 才国伟. 碳排放总量控制、配置效率与产出收益[J]. 中国工业经济, 2023(7): 46-65.
- [11] 江红莉, 王为东, 王露, 等. 中国绿色金融发展的碳减排效果研究——以绿色信贷与绿色风投为例[J]. 金融论坛, 2020, 25(11): 39-48+80.
- [12] 袁晓玲, 张宝山, 杨万平. 基于环境污染的中国全要素能源效率研究[J]. 中国工业经济, 2009, 26(2): 76-86.
- [13] 李鹏升, 陈艳莹. 环境规制、企业议价能力和绿色全要素生产率[J]. 财贸经济, 2019, 40(11): 144-160.
- [14] 范翔宇, 卢新海, 刘进进. 数字经济发展对城市土地绿色利用效率的影响——基于基础设施建设的调节效应分析[J]. 中国土地科学, 2023, 37(5): 79-89.
- [15] 李若愚. 我国绿色金融发展现状及政策建议[J]. 宏观经济管理, 2016(1): 58-60.
- [16] 张建鹏, 陈诗一. 金融发展、环境规制与经济绿色转型[J]. 财经研究, 2021, 47(11): 78-93.
- [17] 田嘉莉, 黄文艳, 彭甲超, 等. 绿色金融赋能碳中和的传导机制与空间效应[J]. 西部论坛, 2022, 32(5): 44-62.
- [18] 辛红. 碳交易政策与绿色金融的耦合协调性研究[J]. 当代经济研究, 2023(9): 120-128.
- [19] 刘华珂, 何春. 绿色金融促进城市经济高质量发展的机制与检验——来自中国 272 个地级市的经验证据[J]. 投资研究, 2021, 40(7): 37-52.