绿色金融、产业结构优化与碳减排

——基于286个城市的经验证据

金炜博，颜　艺

（青岛理工大学 商学院，山东 青岛 266520）

摘　要：随着我国“双碳”战略的全面推进，绿色金融在引导资源优化配置和环保资金支持方面的作用日益凸显。基于2003—2022年全国286个城市的面板数据，实证检验了绿色金融对我国城市碳减排的作用及其机制。研究发现：绿色金融的发展对碳减排具有显著的直接促进作用，且在我国中西部城市和非资源型城市中碳减排作用更明显。产业结构优化在该过程中存在中介效应，具体表现为绿色金融可以通过提高产业结构高级化和产业结构合理化水平实现碳减排。同时，在产业结构高级化和绿色金融两个门槛变量的作用下，绿色金融对碳减排的影响具有双重门槛效应，均呈现“先强后弱”的抑制作用。

关键词：绿色金融；碳减排；产业结构高级化；产业结构合理化

中图分类号：F26　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1672-1217（2025）05-0041-12

收稿日期：2025-06-11

作者简介：金炜博（1987-），男，山东青岛人，青岛理工大学商学院副教授，管理学博士；

颜　艺（2000-），男，山东济宁人，青岛理工大学商学院硕士研究生。

DOI:10.16284/j.cnki.cn37-1401/c.2025.05.009

我国提出2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和的发展目标。2024年7月，党的二十届三中全会上指出，“必须完善生态文明制度体系，协同推进降碳、减污、扩绿、增长，积极应对气候变化，加快完善落实绿水青山就是金山银山理念的体制机制。要完善生态文明基础体制，健全生态环境治理体系，健全绿色低碳发展机制”。国际能源署（IEA）发布的《2023年二氧化碳排放量》报告显示，2023年我国的温室气体排放量达126亿吨二氧化碳当量，较2022年的121亿吨增加了4.13%。现阶段，我国面临着巨大的碳减排压力，时间紧、代价高且发展不平衡等问题突出①，各城市能否依靠绿色金融提高碳减排效果？绿色金融通过何种路径实现碳减排？绿色金融和产业结构高级化在何种情况下对碳减排能发挥最显著作用？

“绿色金融”概念最早于1991年由世界银行的环境专家提出，绿色金融是指支持环境改善、应对气候变化和资源节约高效利用的经济活动，即对环保、节能、清洁能源等领域的项目投融资、项目运营等所提供的金融服务。实践中，绿色金融提高了金融服务效率，降低了成本，扩宽了服务辐射，强化了对环保和可持续项目的资助支持力度，实现了资金对传统产业、新兴产业绿色转型的有效赋能。已有部分研究表明绿色金融是实现碳减排的有效手段，绿色金融能通过促进产业结构和经济增长来实现碳减排②，我国绿色金融和绿色信贷能覆盖企业从技术升级到规模化发展的全周期需求，降低绿色经济成本，实现产业结构调整和技术进步实现系统性碳减排③。本文基于2003—2022年我国286个城市数据，探讨绿色金融通过产业结构优化促进碳减排的作用机制，为实现碳中和目标提供理论依据。

---

①刘燕华、李宇航、王文涛：《中国实现“双碳”目标的挑战、机遇与行动》，《中国人口·资源与环境》2021年第9期。

②孙叶飞、周敏：《中国城镇化、产业结构高级化对CO_2排放的影响——基于独立效应和联动效应双重视角》，《资源科学》2016年第10期。

③Arshian S，Najia S，and Dong K Y，“Nexus between green technology innovation，green financing，and CO2 emissions in the G7 countries”，*Sustainable Development*，Vol.6，2022. 孙少岩、王笑音、高翠云：《绿色信贷能发挥碳减排效应吗？》，《中国人口·资源与环境》2023年第8期。

一、文献综述与研究假设

（一）文献综述

既有关于绿色金融与碳排放的研究成果，为本研究奠定了基础。具体来看，第一，绿色金融与碳排放的相关研究。绿色金融作为现代经济体系中的“绿色血脉”，通过优化资源配置、支持绿色产业培育和传统产业绿色化转型，为绿色经济增长注入了新的活力和机遇。现实中，我国碳排放进入了缓慢增长期，中西部地区成为碳排放热点区，且呈现追赶东部的态势①。基于省级数据的实证研究表明，绿色金融通过引导资本流向高效率、低碳排放的产业领域，有效推动产业结构优化与升级，在缓解资源型地区“资源诅咒”②、提升工业产能利用率③和增强全要素碳生产率④等方面发挥了重要作用。另有学者从产业结构生态化的研究视角实证研究了绿色金融在促进碳减排过程中的重要作用⑤。第二，绿色金融政策与碳排放的相关研究。已有文献通过理论分析和实证研究，普遍认为绿色金融政策有一定积极效应：助力企业实现绿色转型⑥、在宏观层面上促进经济实现低碳转型及阻止环境恶化⑦等。近年来，一些学者就试点政策开展了一系列准自然实验。从区域发展视角来看，绿色金融试验区通过引导金融机构优化资源配置，一方面对高能耗、高污染企业的发展进行有效限制，另一方面重点扶持绿色低碳产业，推动区域内产业结构向生态化方向优化升级⑧。

通过梳理已有文献发现，既有研究成果侧重于运用省级面板数据，研究绿色金融碳减排中产业结构的中介作用。有鉴于此，本文在已有研究基础上，实证检验绿色金融碳减排的直接、中介和门槛效应，以弥补当前研究上的不足。因此，本文的边际贡献主要有三点：第一，基于我国 286 个城市的面板数据，从微观层面分析绿色金融对城市碳减排的影响作用；第二，基于产业结构高级化和合理化两方面，从产业结构优化角度分析绿色金融碳减排的间接作用机制，尝试探索降碳减排的实施路径；第三，基于面板门槛模型，分析绿色金融碳减排的非线性效应，以期为政府相关部门绿色政策的制定提供理论支持和经验证据。

（二）研究假设

1. 绿色金融发展赋能碳减排的直接作用机制

绿色金融赋能碳减排的直接作用表现在以下两方面：一是绿色金融具有资金支持功能。从微观层面看，绿色信贷通过差别化利率政策和融资约束，有效降低了低碳技术研发成本。从宏观层面看，绿色债券与绿色保险构建了全周期服务体系，推动清洁能源项目融资成本降低。综合来看，绿色金融通过优化资金配置效率，引导资本从高碳产业向低碳领域转移，促进产业结构绿色转型，实现碳减排目标；二是绿色金融具有政策倡导功能。绿色金融通过税收优惠、财政补贴等政策工具，抑制了高碳、重污染企业的投融资行为，降低了金融机构参与环境治理的成本，提高了其参与绿色投资的积极性，并通过杠杆效应吸引更多社会资本流向绿色产业，促进了城市碳排放的降低。

基于上述分析，提出如下假设：

---

①李云燕、张硕、张玉泽：《绿色金融视角下中国省域碳排放的时空演变及减排研究》，《软科学》2023 年第 12 期。

②徐烜、杨正勇、孙天慧：《绿色金融发展能缓解“资源诅咒”吗？——基于中国省级面板数据的实证分析》，《管理现代化》2024 年第 6 期。

③李雯昕、范英：《绿色金融发展对工业产能利用率的影响》，《中国人口·资源与环境》2025 年第 1 期。

④乐小芳、杨子涵、董战峰：《绿色金融发展对我国省际全要素碳生产率的影响研究》，《中国环境管理》2024 年第 5 期。

⑤康翠玉、史桂芬、郭晓齐：《绿色金融促进碳减排的路径与作用机理分析——基于绿色技术进步与产业结构生态化视角》，《税务与经济》2025 年第 2 期。

⑥张建平、李林泽：《绿色金融、绿色政策与实体企业的绿色转型》，《中国人口·资源与环境》2023 年第 10 期。

⑦潘冬阳、陈川祺、Michael Grubb：《金融政策与经济低碳转型：基于增长视角的研究》，《金融研究》2021 年第 12 期。

⑧斯丽娟、姚小强：《绿色金融改革创新与区域产业结构生态化：来自绿色金融改革创新试验区的准自然实验》，《学习与探索》2022 年第 4 期。Chen Y，Cheng L，and Lee C C，“The impact of regional banks on environmental pollution：evidence from China’s City commercial banks”，*Energy Economics*，Vol. 102，2021.

H1：绿色金融能显著降低碳排放强度。

2.绿色金融发展助推碳减排的间接传导机制

已有研究表明，产业结构优化主要包含产业结构高度化与产业结构合理化两个方面，二者分别构成产业结构的“量”与“质”两个维度①。当前学术讨论中更倾向于关注产业结构高级化，即强调服务业占比等指标，相对弱化了对三大产业协同效应产业结构合理化的关注②。实证研究表明，若在缺乏合理协调的前提下片面推动产业优化，可能导致资源配置效率受损，进而对经济的可持续发展形成制约③。而绿色金融通过资源配置机制和政策工具，为产业绿色化转型注入强劲动力。基于此，本文将分别从产业结构高级化与合理化的角度进行相应的机制分析。

（1）产业结构高级化在绿色金融与碳排放强度之间的中介效应

技术进步是产业结构实现高级化的关键④。人类科技与经济发展的历程中，突破性的技术创新都会催生出具有引领性的产业。这些引领性产业通过带动效应和扩散作用，推动了主导产业的更替与升级。绿色金融通过绿色信贷和绿色债券等工具，以其独特的资金配置优化功能和政策引导作用，为低碳技术和环保项目提供资金支持，同时借助碳交易市场和环境信息披露机制，引导资本流向低碳领域。最终提高了资本和技术密集型产业所占比重，降低了劳动密集型产业的比重，推动产业结构向高级化发展⑤。

随着绿色金融的不断发展，产业结构高级化水平随之提高，该过程中技术进步与技术替代效应将有利于企业实现清洁生产和降低碳排放。同时，产业结构高级化水平的提升意味着第三产业比重逐渐增大，相较于第二产业，第三产业具有低能耗、低污染等特点，每单位GDP能耗远低于第二产业，有益于碳排放量的降低。此外，产业结构高级化通常伴随着技术进步和产业升级，不仅提高了能源利用效率，还推动了清洁能源技术的普及和应用⑥。在此基础上，技术进步与创新的持续发展，进一步削减了传统化石能源的使用比例，持续优化着能源消费结构，为实现碳排放强度的下降提供重要支撑⑦。总之，绿色金融促进了产业结构高级化，实现碳减排目标。基于上述分析，提出如下假设：

H2a：产业结构高级化在绿色金融碳减排中发挥着中介效应，产业结构越趋向于高级，数字经济的碳减排效应越强。

（2）产业结构合理化在绿色金融与碳排放强度之间的中介效应

资本配置优化、产业关联度增强和区域协调发展的有机统一是实现产业结构合理化的重要过程。绿色金融依托定向调控政策，引导金融资源从高能耗、高污染、产能过剩等行业有序退出，精准流向生态农业、新能源、节能环保等绿色产业，有效优化资金配置，解决传统产业长期存在的资源错配难题⑧。这一过程促使上下游产业链实现绿色协同发展，各产业间耦合性增强，全方位提速绿色产业扩张与升级。鉴于区域发展水平的差异，绿色金融需与区域发展水平动态适配，根据区域要素禀赋调整绿色金融工具的组合，过度超前可能导致要素配置扭曲，需建立包含产业结构合理化、高级化与生态化的多维调控框架⑨。

随着产业结构合理化水平的提升，产业间的资源配置效率提高，不均衡性得到缓解。这种合理化过程

---

①周林、杨云龙、刘伟：《用产业政策推进发展与改革：关于设计现阶段我国产业政策的研究报告》，《经济研究》1987年第3期。

②戚聿东、褚席：《数字经济发展促进产业结构升级机理的实证研究》，《学习与探索》2022年第4期。

③刘伟、张辉、黄泽华：《中国产业结构高度与工业化进程和地区差异的考察》，《经济学动态》2008年第11期。

④高远东、张卫国、阳琴：《中国产业结构高级化的影响因素研究》，《经济地理》2015年第6期。

⑤郭爱君、张传兵：《数字经济如何影响碳排放强度？——基于产业结构高级化与合理化的双重视角》，《科学学与科学技术管理》2024年第9期。

⑥Jin，W，Zhang，Y，Xu，Y，et al. “Does Intelligent Manufacturing Contribute to the Enhancement of Carbon Emission Performance? Evidence from Total Factor Carbon Emission Performance”，*Sustainability* 2024，Vol.16，2024.

⑦庞磊、焦世杰：《人工智能嵌入促进贸易隐含碳减排——来自中国高碳行业企业的证据》，《中国人口·资源与环境》2025年第1期。

⑧丁攀、金为华、陈楠：《绿色金融发展、产业结构升级与经济可持续增长》，《南方金融》2021年第2期。

⑨张小可、葛晶：《绿色金融政策的双重资源配置优化效应研究》，《产业经济研究》2021年第6期。

通过优化能源和资源在各产业间的流动，减少了资源浪费和低效利用，从而降低了碳排放强度。同时，产业结构合理化通过调整产业布局和优化资源配置，促进了区域经济增长模式的转变，推动了产业从高碳增长模式向低碳、可持续增长模式的转型，从而控制了经济发展过程中的碳排放量，进一步推动了区域经济的绿色转型。总之，绿色金融促进了产业结构合理化，从而实现了碳减排。基于上述分析，提出以下假设：

H2b：产业结构合理化在绿色金融碳减排中发挥着中介效应，产业结构越趋向于合理，数字经济的碳减排效应越强。

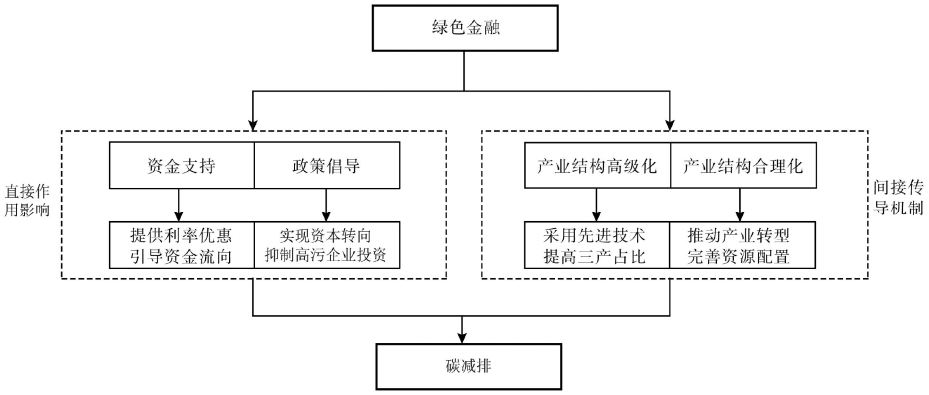


图 1　绿色金融影响碳排放的理论框架

3. 绿色金融助力碳减排的门槛效应模型

绿色金融体系的完善增强了产业结构间的协调性和耦合性，有利于实现碳减排目标。其政策工具和市场机制的叠加效应推动资金流向低碳产业，普及清洁能源技术，从而降低碳排放强度。这种叠加效应具有扩散性和边际收益递增特性，使碳减排效果呈几何式递增。关于绿色金融碳减排的非线性研究。现有研究指出，绿色金融对生态经济效率和企业 ESG 表现具有非线性影响①，与低碳经济及低碳全要素生产率呈“U”型关系②，同时对区域工业产能利用率的影响逐渐递减③。在绿色金融碳减排的非线性研究方面，其对碳中和绩效的影响呈现非线性特征④，且其抑制作用受城市对外开放水平和城镇化率的调节⑤。研究表明，产业结构的不合理与绿色金融体系的不健全可能在初期增加碳排放，这种现象贯穿于绿色金融发展的各个阶段。然而，随着绿色金融的逐步完善，其碳减排效应逐渐显现。

在不同的产业结构和绿色金融发展阶段，碳增量与减排效应的比率不同，导致整体关系更可能表现为波段递变的特征。第一，在不同产业结构发展阶段，绿色金融对碳减排的影响呈现出非线性特征。当产业结构高级化水平较低，即第一产业和第二产业占比较高时，资金更可能流向碳排放强度较高的企业和项目，致使碳减排效果不佳；随着第二产业占比下降、第三产业占比上升，产业分工逐渐细化和多样化⑥，绿色金融的资金、政策红利效应得以显现，推动城市碳减排发展；然而，当产业结构优化至一定水平后，由于第一、第二产业无法完全向第三产业转移，产业结构进一步调整的空间受限，导致绿色金融的减排效率提升逐渐趋缓。第二，不同绿色金融发展阶段对碳减排的影响呈现出非线性特征。早期阶段，碳减排项目受资金、工具等要素的限制，导致市场参与者对绿色金融认识不足，碳排放效果未达到预期。随着绿色金融体系的完善，通过支持低碳技术研发和推广，其推动低碳经济和资源优化配置的作用增强，促进了低碳技

---

①郑强、苏燕、董战峰：《黄河流域绿色金融对生态经济效率的影响》，《生态文明研究》2024 年第 6 期。

②蒋润南、金成晓、赵宇：《绿色金融对低碳经济的非线性影响与区域异质性分析》，《经济纵横》2025 年第 3 期；陈闻君、熊林波：《绿色金融对低碳全要素生产率的非线性异质调节研究》，《工业技术经济》2024 年第 5 期。

③李雯昕、范英：《绿色金融发展对工业产能利用率的影响》，《中国人口·资源与环境》2025 年第 1 期。

④严成樑、李涛、兰伟：《金融发展、创新与二氧化碳排放》，《金融研究》2016 年第 1 期。

⑤王鸾凤、李婉婷：《绿色金融对城市碳排放影响的统计检验》，《统计与决策》2025 年第 5 期。

⑥王文举、向其凤：《中国产业结构调整及其节能减排潜力评估》，《中国工业经济》2014 年第 1 期。

术的进步并进一步抑制碳排放。在进一步发展过程中，过度的政府干预可能削弱区域创新能力和市场活力，导致低碳技术创新动力不足，进而可能对碳减排效果产生不利影响。基于上述分析，提出以下假设：

H3：随着产业结构高级化水平的提升，绿色金融碳减排效果可能呈现出非线性的特征。

H4：随着绿色金融发展水平的提高，其对碳排放强度的影响可能呈现出非线性的特征。

二、模型设计与变量选取

（一）计量模型构建

1. 基准回归模型

为描述绿色金融对碳排放的基本影响特征，构建如下双向固定效应模型：

$$CER_{it}=\alpha_0+\alpha_1 GF_{it}+\alpha_j x_{it}+\lambda_i+u_i+\varepsilon_{it} \tag{1}$$

如式（1），i 和 t 分别为城市和年份；CER_{it} 和 GF_{it} 分别表示碳排放强度和绿色金融发展水平；x_{it} 是控制变量，表示其他可能影响碳减排的特征变量；α_0 为截距项。α_1 是绿色金融对碳排放强度关系的弹性系数，若 $\alpha_1<0$ 且显著时，表明绿色金融能有效抑制碳排放强度；反之，绿色金融无法有效抑制碳排放。α_j 表示第 j 个控制变量对碳排放的影响程度。λ_i 和 u_i 是不可观测的个体和时序固定效应。ε_{it} 为随机扰动项。

2. 中介效应模型

通过构建两者间的直接作用模型，以期研究绿色金融如何影响碳排放强度。因此，通过引入产业结构高级化和产业结构合理化两个中介变量，构建模型如下：

$$med_{it}=\alpha_0+\alpha_1 GF_{it}+\alpha_j x_{it}+\lambda_i+\mu_i+\varepsilon_{it} \tag{2}$$

$$CER_{it}=\alpha_0+\alpha_1 GF_{it}+\alpha_2 med_{it}+\alpha_j x_{it}+\lambda_i+\mu_i+\varepsilon_{it} \tag{3}$$

式（3）中 α_2 为中介变量系数。

3. 门槛效应模型

为检验产业结构高级化和绿色金融的阶段性作用效果，本文采用 Hansen（1999）提出的门槛效应模型做进一步的分析[①]，具体模型构建如下：

$$CER_{it}=\alpha_0+\alpha_1 GF_{it} I(q_{it}\le\gamma)+\alpha_2 GF_{it} I(q_{it}\le\gamma)+\alpha Control_{it}+\mu_i+\upsilon_i+\varepsilon_{it} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} CER_{it}=&\alpha_0+\alpha_1 GF_{it} I(q_{it}\le\gamma)+\alpha_2 GF_{it} I(\gamma_1<q_{it}\le\gamma_2)+\\ &\alpha_3 GF_{it} I(q_{it}\le\gamma_2)+\alpha Control_{it}+\mu_i+\upsilon_i+\varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{5}$$

式（4）、式（5）分别定义为单门槛和双门槛模型。其中，γ_i 表示为特定的门槛值，且 $\gamma_1<\gamma_2$；$I(\cdot)$ 为示性函数，用于指示条件成立与否，当条件满足时函数值为 1，否则为 0。q_{it} 作为门槛变量，其他变量含义与前文保持一致。

（二）变量设计与数据说明

本文所称的“城市”是指我国的地级市和直辖市。通过对我国所能收集到的 303 个地级市数据进行整理，基于各个指标数据完整性的考量，选取 2003 年至 2022 年我国 286 个城市绿色金融和碳排放强度的相关面板数据进行分析，因数据缺失原因剔除了港澳台和西藏地区。数据主要源于国家统计局、各地市统计年鉴以及《中国科技统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国能源统计年鉴》等。排放因子取自《省级温室气体排放清单指南（试行）》和各级政府发布的碳排放清单指南。部分缺失数据采用线性插值法进行填补。

1. 被解释变量

碳排放强度作为被解释变量。参考丛建辉等（2014）研究，通过对范围 1、范围 2 和范围 3 计算的碳排放量进行加总得出碳排放总量[②]。根据张友国（2010）的相关研究，以碳排放总量除以当年地区生产总值

---

①Hansen B E，“Threshold effects in non-dynamic panels：Estimation，testing and inference”，*Journal of Econometrics*，Vol. 2，1999.

②范围 1 是指城市辖区内的所有直接排放；范围 2 是指发生在城市辖区外的与能源有关的间接排放；范围 3 指由城市内部活动引起，产生于辖区之外，但未被范围 2 包括的其他间接排放。

的自然对数衡量碳排放强度[①]。同时，为确保研究结论的可靠性，选取人均碳排放强度作为辅助测试指标，具体计算方法是将各城市历年碳排放强度除以当地总人口得出。

2.核心解释变量

借鉴蒋润南等（2025）相关研究，建立绿色金融指标体系，采用熵值法对绿色保险和绿色投资等4个指标测算从而确定绿色金融指标（表1）[②]。在稳健性检验中，通过绿色金融指数加1取自然对数作为辅助测试指标。

表1　绿色金融发展水平指标体系

总指标	子指标	表征指标	量化指标
绿色金融	绿色保险	环境污染责任保险推广程度	环境污染责任保险收入/总保费收入
	绿色投资	环境污染治理投资占GDP比重	环境污染治理投资/GDP
	绿色债券	绿色债券普及水平	绿色债券发行总额占所有类型债券发行总额比例
	绿色信贷	环境项目信贷占比	环保项目信贷总额/全省信贷总额

数据来源：全国及各省市统计年鉴、环境状况公报及一些专业统计年鉴，如《中国科技统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国金融年鉴》《中国农业统计年鉴》《中国工业统计年鉴》等。

3.中介变量

通过选取产业结构高级化和产业结构合理化作为中介变量，检验绿色金融对碳排放强度的间接影响作用。产业结构高级化选取第三产业增加值与第二产业增加值之比，该指标越大表示地区产业结构发展水平越高级，发展越好[③]。产业结构合理化指标反映了地区资源配置和产业优化程度，采用泰尔指数测度各地区的产业结构合理化水平，即运用各地区三大产业产值和劳动力数据构建该指数。该指标为负向指标，其数值越接近于0，表示该地区的产业结构合理化水平越高，资源要素配置效果越好。公式如下：

$$RIS=\sum_{i=1}^{3}\frac{Y_i}{Y}\left|\frac{Y_i/L_i}{Y/L}-1\right| i=1,2,3 \tag{6}$$

其中，Y表示产出，L表示劳动力投入，i表示产业部门。

4.控制变量

除上述变量外，为缓解因遗漏变量而产生内生性问题，在模型中加入外商投资水平等系列控制变量，个别样本缺失值通过线性插值法进行插补。外商投资水平参考余泳泽等（2019）的做法，用实际利用外资额与地区生产总值之比表示[④]；对外开放水平参考白俊红和蒋伏心（2015）的做法，用进出口总额与地区生产总值之比表示[⑤]；政府干预程度参考缪陆军等（2022）的做法，用政府财政一般支出与地区生产总值之比表示[⑥]；人力资本水平参考李梅和柳士昌（2012）的做法，用普通本专科在校学生数与年末总人口之比表示[⑦]；城市化水平参考范丹和孙晓婷（2020）的做法，用人口密度取对数表示[⑧]。

①张友国：《经济发展方式变化对中国碳排放强度的影响》，《经济研究》2010年第4期。

②蒋润南、金成晓、赵宇：《绿色金融对低碳经济的非线性影响与区域异质性分析》，《经济纵横》2025年第3期。

③袁航、朱承亮：《国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗》，《中国工业经济》2018年第8期。

④余泳泽、杨晓章、张少辉：《中国经济由高速增长向高质量发展的时空转换特征研究》，《数量经济技术经济研究》2019年第6期。

⑤白俊红、蒋伏心：《协同创新、空间关联与区域创新绩效》，《经济研究》2015年第7期。

⑥缪陆军、陈静、范天正等：《数字经济发展对碳排放的影响——基于278个地级市的面板数据分析》，《南方金融》2022年第2期。

⑦李梅、柳士昌：《对外直接投资逆向技术溢出的地区差异和门槛效应——基于中国省际面板数据的门槛回归分析》，《管理世界》2012年第1期。

⑧范丹、孙晓婷：《环境规制、绿色技术创新与绿色经济增长》，《中国人口·资源与环境》2020年第6期。

三、实证结果与分析

（一）基准回归

表 2 展示了绿色金融与碳排放强度之间的基准回归结果。第（1）列为仅加入核心解释变量的估计结果，绿色金融与碳排放强度在 1%的水平下显著负相关，即绿色金融的发展会显著降低碳排放强度。第（2）列和第（3）列则是加入固定效应和控制变量的结果，绿色金融与碳排放强度的回归系数在 1%显著水平下均通过检验，以上结果均表明绿色金融能有效制约碳排放强度的增长，推动碳减排。因此，假说 H1 得证。

表 2　基准回归结果

变量	（1） CER	（2） CER	（3） CER
GF	−3.27＊＊＊ （−6.80）	−4.73＊＊＊ （−3.12）	−4.83＊＊＊ （−3.55）
控制变量	否	否	是
年份固定	否	是	是
地区固定	否	是	是
样本量	5 720	5 720	5 720
调整R^2	0.66	0.79	0.77

注：＊、＊＊、＊＊＊分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著。下同。

（二）内生性分析

选取工具变量需满足外生性假设。模型中存在的“双向因果关系”和“遗漏变量”问题，会导致内生性偏差，进而影响结果估计的一致性和无偏性。为此，本文采用以下两种方法解决内生性问题。

借鉴李航（2024）相关研究，采用剔除本市后的省内其他城市绿色金融均值作为绿色金融的工具变量以解决内生性问题①。此外，参考张苏缘和顾江（2022）的研究，分别选取滞后一期绿色金融和滞后一期碳排放强度作为相应指标的工具变量②。内生性检验结果如表 3 所示，绿色金融的回归系数均显著为负，且系数值无较大变化。因此，可以推断线性结果在一定程度上控制了内生性问题。在排除可能存在的内生性问题后，绿色金融仍能有效抑制城市碳排放强度。

表 3　内生性检验结果

变量	（1） 绿色金融均值	（2） 绿色金融滞后一期	（3） 碳排放强度滞后一期
GF	−3.05＊＊＊ （−6.59）	−0.77＊＊ （−2.34）	−1.86＊＊ （−2.29）
_cons	11.33＊＊＊ （5.60）	9.35＊＊＊ （8.92）	9.89＊＊＊ （7.39）
控制变量	是	是	是
年份固定	是	是	是
地区固定	是	是	是
样本量	5 720	5 434	5 434
调整R^2	0.81	0.71	0.61

①李航：《绿色金融发展对重污染企业“漂绿”行为的影响研究》，《科学决策》2024 年第 9 期。

②张苏缘、顾江：《文化产业集聚如何赋能区域产业结构升级——基于城市品牌的中介效应分析》，《江苏社会科学》2022 年第 5 期。

（三）稳健性检验

上述分析了绿色金融和碳排放强度之间的关系。将进行如下稳健性检验对本文结论的可靠性进行验证：

1.替换被解释变量和解释变量

选取人均碳排放强度与绿色金融加1后取自然对数分别作为被解释变量与解释变量的辅助测试指标。结果如表4第（1）、（2）列所示，绿色金融的回归系数均为负，通过显著性检验，表明基准回归结果稳健。

2.更改样本周期

回归分析中，2003—2007年，中国绿色金融发展处于萌芽期，政策波动性较大，为验证核心结论是否受早期政策干扰，故聚焦政策稳定期，将样本周期改为2008年至2022年重新进行分析。如表4第（3）列所示，绿色金融的回归系数显著为负，表明即使缩短了研究样本周期，上述结论仍然稳健。

3.删除直辖市

考虑到直辖市在经济规模、行政级别等方面与其他城市存在较大的差异。为避免该情况对实证检验结果造成偏差，在剔除北京、天津、上海和重庆四个城市的样本数据，对其余的282个城市重新进行分析，发现表4第（4）列绿色金融的显著性并没有改变。继续证实了本文结论的稳健性。

4.排除异常值

由于极大极小值会对检验造成一定干扰，故对原始数据进行处理后再检验其影响。表4第（5）列所示，对模型中各变量进行双侧1%缩尾处理，回归发现，绿色金融的系数、符号及显著程度均未发生明显变化。

5.排除政府环保政策干扰

政府环保政策不同，将会影响环境规制的强弱。因此，本文采用各城市政府工作报告中的“环保词频/总词频”词频比率来测度环保政策强度，将其作为控制变量计入到模型中。估计结果如表4中的第（6）列所示，结果依旧显示显著为负，进一步确保结论的稳健性。

表4　稳健性检验结果

变量	（1） 替换被解释变量	（2） 替换解释变量	（3） 更改样本周期	（4） 删除直辖市	（5） 样本缩尾	（6） 增加控制变量
GF	−0.06＊＊	−26.29＊＊＊	−12.61＊＊＊	−5.35＊＊＊	−4.63＊＊	−5.07＊＊＊
	（−2.23）	（−4.59）	（−16.75）	（−3.68）	（−3.82）	（−3.66）
_cons	11.49＊＊＊	36.97＊＊＊	11.63＊＊＊	12.44＊＊＊	11.79＊＊＊	17.73＊＊＊
	（6.32）	（5.61）	（11.03）	（5.96）	（6.82）	（11.63）
控制变量	是	是	是	是	是	是
年份固定	是	是	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是	是	是
样本量	5 720	5 720	5 720	5 640	5 720	5 720
调整R^2	0.74	0.77	0.83	0.71	0.51	0.74

（四）中介机制分析

进一步检验绿色金融发展影响碳排放强度的作用渠道。引入产业结构高级化和产业结构合理化作为中介变量，作用机制检验结果见表5所示。

1.产业结构高级化

产业结构高级化体现的是产业形态从低级阶段迈向高级阶段过程①。尽管选用第三产业同第二产业的产值之比来衡量产业结构高级化水平，会忽略高级化演变过程中产业结构的其他表现，但于斌斌等（2015）

①黄鑫昊、李迪：《数字经济、科技创新与产业结构优化升级》，《经济纵横》2024年第5期。

指出，我国第二产业占比日渐低于第三产业，故该衡量方法仍有现实意义[①]。表5第（1）列中显示，绿色金融对产业结构高级化的回归系数为6.02，通过了1%的显著性检验，即绿色金融能促进产业结构高级化水平。将产业结构高级化作为中介变量加入模型后，结果显示产业结构高级化和绿色金融对碳排放强度的回归系数分别是－1.45和－7.86，均通过显著性检验。具体来看，在其他要素不变情况下，每当绿色金融发展水平提升一个单位，相应地区碳排放量将间接减少8.73个单位（－1.45×6.02＝－8.744）。因此，假说H2a得证。

2.产业结构合理化

表5第（2）列中，绿色金融对产业结构合理化的估计系数为－7.04，通过了显著性检验。这表明，绿色金融能有效提高产业结构合理化水平，即绿色金融发展有利于提高城市的资源配置水平。同时，产业结构合理化作为中介变量加入回归模型后，产业结构合理化和绿色金融发展对碳排放强度的回归系数分别是0.51和－8.65，通过显著性检验。具体而言，当其他条件保持不变时，城市绿色金融发展水平每增加一个单位，将间接导致城市碳排放量减少约3.59个单位（－7.04×0.51＝－3.59）。因此，假说H2b得证。

表5　中介效应检验结果

变量	（1）			（2）		
	CER	AIS	CER	CER	OIS	CER
GF	－4.63＊＊＊	6.02＊	－7.86＊＊＊			
	（－3.82）	（1.68）	（－23.79）			
AIS			－1.45＊＊＊			
			（－3.56）			
GF_1				－4.63＊＊＊	－7.04＊＊	－8.65＊＊＊
				（－3.82）	（－2.03）	（－25.07）
OIS						0.51＊
						（1.79）
_cons	11.79＊＊＊	2.13＊＊＊	26.53＊＊＊	11.79＊＊＊	10.18＊＊＊	23.64＊＊＊
	（6.82）	（98.73）	（16.65）	（6.82）	（5.88）	（16.65）
控制变量	是	是	是	是	是	是
年份固定	是	是	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是	是	是
样本量	5 720	5 720	5 720	5 720	5 720	5 720
调整R^2	0.77	0.77	0.74	0.77	0.65	0.70

（五）异质性检验

由于城市间绿色金融发展具有不同步性，进行分区域性分析有助于检验碳减排效应的差异性。首先，将全国城市通过地理区域划分为东、中、西部三个地区；其次，借鉴《国务院关于印发全国资源型城市可持续发展规划（2013—2020年）的通知》，将城市划分为资源型、非资源型城市。

1.区位分布异质性

表6第（1）列中，从不同区位分布的城市绿色金融碳减排的效果来看，中部和西部地区的回归系数分别为－6.09、－24.45，均通过显著性检验。结果表明，中西部地区绿色金融的推进对于抑制碳排放强度具有积极效果，西部地区的抑制作用更显著。近年来，国家积极实施西部大开发和中部崛起等战略，中西部城市积极落实绿色低碳高质量发展相关政策，引导绿色金融赋能产业发展和企业革新，生产方式和生产技术的绿色化水平不断提升，企业降碳效果显著。在对东部地区绿色金融碳减排的实证分析中，发现绿色金融碳减排效果并不显著。现实中，该地区金融机构众多，绿色金融发展较为成熟，集聚了大量科技创新人

①于斌斌：《产业结构调整与生产率提升的经济增长效应：基于中国城市动态空间面板模型的分析》，《中国工业经济》2015年第12期。

才和资本，有助于推动绿色科技的发展①。但由于东部地区生态环境基础较好，居民环保意识较强，绿色金融发展对碳减排的边际效应递减。故导致东部地区绿色金融的碳减排效果不够理想。

2.资源禀赋异质性

表6第（1）列中，从不同资源禀赋的城市绿色金融对碳排放强度的驱动效果来看，非资源型城市与资源型城市绿色金融对碳减排的回归系数分别为－5.81和－3.45，通过了显著性检验，表明非资源型和资源型城市的绿色金融均可显著抑制碳排放强度。其中，非资源型城市的回归系数绝对值与显著性均优于资源型城市，即非资源型城市绿色金融碳减排效果强于资源型城市。实践中，资源型城市多以“单一产业主导”的经济结构为主，较为依赖高能耗高排放的第二产业，因此，更易陷入“资源诅咒”困境②。此外，由于资源型城市更侧重于产能扩张和短期经济效益，致使碳排放强度长期处于高位，碳减排所面临的挑战较为严峻。

表6　异质性检验结果

变量	（1）			（2）	
	东部	中部	西部	非资源型	资源型
GF	0.15	－6.09＊＊＊	－24.45＊＊＊	－5.81＊＊＊	－3.45＊
	(0.07)	(－3.70)	(－6.78)	(－4.47)	(－1.65)
_cons	4.01	2.06＊	17.73＊＊＊	12.17＊＊＊	17.20＊＊＊
	(0.68)	(1.98)	(9.69)	(6.25)	(7.36)
控制变量	是	是	是	是	是
年份固定	是	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是	是
样本量	2 400	1 600	1 720	3 540	2 180
调整R^2	0.37	0.70	0.66	0.54	0.81

四、进一步分析

通过上述中介效应检验可知，产业结构高级化与合理化分别发挥了中介作用，鉴于产业结构合理化未通过门槛效应检验，而绿色金融发展水平呈现出显著的门槛特征，研究重点转向对产业结构高级化与绿色金融门槛效应的考察。运用面板门槛模型实证检验绿色金融对碳排放强度的非线性影响，借鉴Hansen方法检验面板门槛模型的存在性，经过自助法Bootstrap检验反复抽样300次，门槛效应的检验结果如表7所示。产业结构高级化和绿色金融均通过双门槛检验，未通过三门槛检验。

表7　面板门槛模型检验结果

变量	类型	F值	P值	显著性水平			门槛值	置信区间
				10%	5%	1%		
AIS	Single	71.31	0.05	61.70	70.15	85.11	2.09	[2.08，2.10]
	Double	183.21	0.00	51.22	59.57	68.11	2.41	[2.38，2.42]
GF	Single	152.01	0.01	110.05	125.88	140.86	0.29	[0.29，0.31]
	Double	98.46	0.01	51.64	57.75	75.37	0.38	[0.38，0.39]

随着产业结构高级化发展水平的提高，绿色金融对城市碳减排的影响均呈现不同程度的抑制。在低于第一门槛值时，绿色金融发展水平每提升1%，碳排放水平减少4.55个单位；当产业结构高级化水平在第

①金炜博、吴世平、张懿等：《数字经济与高技术制造业绿色创新——基于创新价值链视角》，《经济与管理评论》2025年第3期。

②万建香、汪寿阳：《社会资本与技术创新能否打破“资源诅咒”？——基于面板门槛效应的研究》，《经济研究》2016年第12期。

一门槛值和第二门槛值之间时，抑制作用会提升至 6.29 个单位；当产业结构高级化水平跨越第二门槛时，绿色金融的抑制作用下降至 5.70 个单位。究其原因，产业结构高级化水平在低于第一门槛值时其发展水平较低，第二产业的占比高于第三产业，绿色金融碳减排效果较弱；随着产业结构高级化水平的提升，第二、三产业占比较为均衡，绿色金融的碳减排效果有明显提升；当产业结构高级化水平超过第二门槛值时，第三产业占比全面超过第二产业，此时进一步减排需依赖更复杂的技术突破，而此类技术研发周期长、成本高，绿色金融的短期资金支持难以覆盖，导致减排增速放缓。假说 H3 得证。

在绿色金融发展进程的初期，绿色金融政策体系与市场运行机制尚处于成型阶段，金融机构、企业和投资者对政策目标的理解的滞后性和环境信息披露制度的尚未健全，致使绿色金融的碳减排效果处于缓慢上升的阶段；随着绿色金融的稳步推进与发展深化，相关的政策工具逐渐展现出其效能，市场机制的作用也开始有序发挥，进而在金融资源的引导下，促使资金流向低碳产业，推动清洁能源技术在产业内的普及与应用，从而使绿色金融的碳减排效果得以显著提升；然而，当绿色金融发展至特定阶段后，会出现优质低碳项目已被充分开发、剩余项目的减排潜力相对有限等问题。在此情境下，随着市场的逐步成熟，政策工具的边际效用会遵循递减规律，呈现出逐渐减弱的趋势。基于此，假说 H4 得证。

表 8　面板门槛模型回归结果

门槛变量	产业结构高级化 (1)	绿色金融发展水平 (2)
门槛值（γ_1/γ_2）	2.09/2.41	0.29/0.38
GFI （$q_{it} \leq \gamma_1$）	−4.55＊＊＊ (−6.35)	−5.04＊＊＊ (−7.65)
GFI （$\gamma_1 < q_{it} \leq \gamma_2$）	−6.29＊＊＊ (−8.16)	−7.58＊＊＊ (−9.71)
GFI （$q_{it} > \gamma_2$）	−5.70＊＊＊ (−7.04)	−6.66＊＊＊ (−8.83)
$_cons$	4.01 (0.68)	26.53＊＊＊ (16.65)
常数项	15.84＊＊＊ (10.09)	16.15＊＊＊ (9.97)
控制变量	是	是
样本量	5 720	5 720
调整 R^2	0.62	0.74

五、结论与政策建议

运用 2003—2022 年我国 286 个城市的面板数据，基于基准回归模型、中介模型和面板门槛模型研究了绿色金融发展水平与各城市碳排放间的关系。研究发现，绿色金融能有效抑制碳排放强度，该结论在经过稳健性检验后仍然成立；机制分析表明，绿色金融通过促进产业结构高级化和产业结构合理化实现碳减排，且产业结构高级化的间接降碳效果要优于产业结构合理化。绿色金融的碳减排作用随产业结构高级化和自身发展水平的变化表现出非线性特征，呈现“先强后弱”的抑制作用；异质性分析显示，在东、中、西部城市中，绿色金融发展水平对碳减排的影响存在异质性，在中西部城市中绿色金融发展水平能显著抑制碳排放强度，对东部城市的抑制作用尚不明显。绿色金融发展对资源型城市和非资源型城市碳排放强度均有抑制作用，不存在异质性。基于研究结论，对策建议如下：

第一，强化绿色金融引导，优化资金配置。完善财政、税收和金融政策，建立低碳标准，推动资源利用和环境提升。加速节能减排技术发展，提高能效。协调相关改革，维护政策连贯性和市场主导地位。加强政策制定者、金融机构和投资者之间的合作，以优惠政策引导资本流向绿色产业，助力企业绿色转型。绿

色金融通过设立基金和发行债券等手段，吸引资金投入绿色技术发展。

第二，推动传统产业转型升级与科技研发。加快优化产业结构、能源结构及交通结构，推行节约战略，强化资源循环利用。政府应加大绿色技术研发投入，支持企业绿色创新，尤其是核心企业的引领作用，同时为绿色中小微企业营造良好的发展环境。

第三，动态调整绿色金融策略，确保政策精准性与灵活性。在推进“双碳”目标过程中，需根据阶段、地区差异及市场变化，灵活优化绿色金融政策，以适应经济与环境需求。地方政府应建立绿色金融大数据平台，实现资源高效配置。同时，保持支持措施的连续性和稳定性，持续引导绿色投资流向相关产业。

Green Finance, Industrial Structure Optimization and Carbon Reduction ——Based on Empirical Evidence from 286 Cities

JIN Wei-bo, YAN Yi

(School of Business, Qingdao University of Technology, Qingdao 266520, China)

Abstract: With the full implementation of China's "dual carbon" strategy, the role of green finance in guiding the optimal allocation of resources and providing financial support for environmental protection has become increasingly prominent. Based on the panel data of 286 cities across the country from 2003 to 2022, an empirical test was conducted on the effect of green finance on carbon emission reduction in Chinese cities and its mechanism. The research found that the development of green finance has a significant direct promoting effect on carbon emission reduction, and this effect is more obvious in cities in the central and western regions and non-resource-based cities. Industrial structure optimization has a mediating effect in this process, specifically, green finance can achieve carbon emission reduction by enhancing the level of industrial structure advancement and rationalization. Meanwhile, under the influence of the two threshold variables of industrial structure advancement and green finance, the impact of green finance on carbon emission reduction has a dual threshold effect, both showing a "strong first, then weak" inhibitory effect.

Key words: green finance; carbon emission reduction; sophistication of industrial structure; rationalization of industrial structure

[责任编辑　如初]