

# 低碳经济

Journal of Low Carbon Economy

Di Tan Jing Ji

2024年8月13卷3期



ISSN: 2324-7924



<https://www.hanspub.org/journal/jlce>

# Editorial Board

## 编委名单

ISSN: 2324-7924 (Print) ISSN: 2324-7932 (Online)

<https://www.hanspub.org/journal/jlce>

### 主编

赵振宇教授 华北电力大学

### Editor-in-Chief

Prof. Zhenyu Zhao North China Electric Power University

### 编委会(按字母排序)

常毓文高级工程师	中国石油天然气集团公司
陈彬教授	北京师范大学
冯连勇教授	中国石油大学(北京)
胡英教授	西安电子科技大学
姬强副研究员	中国科学院能源与环境政策研究中心
金菊良教授	合肥工业大学
匡耀求研究员	中国科学院广州地球化学研究所
李琼慧高级工程师	国网能源研究院
李相俊高级工程师	中国电力科学研究院
龙如银教授	中国矿业大学
卢苇教授	广西大学
马学虎教授	大连理工大学
穆海林教授	大连理工大学
聂锐教授	中国矿业大学
宁亚东副教授	大连理工大学
彭志军副教授	英国SUSSEX大学
齐绍洲教授	武汉大学
强永昌教授	复旦大学
孙梅教授	江苏大学
唐葆君教授	北京理工大学管理与经济学院
王雪荣教授	南京财经大学
王志新教授	上海交通大学
吴巧生教授	中国地质大学(武汉)
吴幼青教授	华东理工大学
肖国举教授	宁夏大学
肖国民教授	东南大学
叶望晖教授	重庆大学
余敬教授	中国地质大学(武汉)
张雷研究员	中国科学院地理科学与资源研究所
张明副教授	中国矿业大学
张兴平教授	华北电力大学
赵晓丽教授	中国石油大学(北京)
周德群教授	南京航空航天大学
左剑教授	澳大利亚阿德莱德大学建筑与建筑环境学院

### Editorial Board (According to Alphabet)

Dr. Yuwen Chang	China National Petroleum Corporation
Prof. Bin Chen	Beijing Normal University
Prof. Lianyong Feng	China University of Petroleum (Beijing)
Prof. Ying Hu	Xidian University
Dr. Qiang Ji	Chinese Academy of Sciences, Center for Energy and Environmental Policy Research
Prof. Juliang Jin	Hefei University of Technology
Dr. Yaoqiu Kuang	Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS
Dr. Qionghui Li	State Grid Energy Research Institute
Dr. Xiangjun Li	China Electric Power Research Institute
Prof. Ruyin Long	China University of Mining and Technology
Prof. Wei Lu	Guangxi University
Prof. Xuehu Ma	Dalian University of Technology
Prof. Hailin Mu	Dalian University of Technology
Prof. Rui Nie	China University of Mining and Technology
Dr. Yadong Ning	Dalian University of Technology
Dr. Zhijun Peng	British University of SUSSEX
Prof. Shaozhou Qi	Wuhan University
Prof. Yongchang Qiang	Fudan University
Prof. Mei Sun	Jiangsu University
Prof. Baojun Tang	School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology
Prof. Xuerong Wang	Nanjing University of Finance & Economics
Prof. Zhixin Wang	Shanghai Jiao Tong University
Prof. Qiaosheng Wu	China University of Geosciences, Wuhan
Prof. Youqing Wu	East China University of Science and Technology
Prof. Guoju Xiao	Ningxia University
Prof. Guomin Xiao	Southeast University
Prof. Kunhui Ye	Chongqing University
Prof. Jing Yu	China University of Geosciences, Wuhan
Dr. Lei Zhang	Institute of Geographical Sciences and Natural Resource Research, CAS
Dr. Ming Zhang	China University of Mining and Technology
Prof. Xingping Zhang	North China Electric Power University
Prof. Xiaoli Zhao	China University of Petroleum (Beijing)
Prof. Dequn Zhou	Nanjing University of Aeronautics and Astronautics
Prof. Jian Zuo	School of Architecture and Built Environment, The University of Adelaide

## TABLE OF CONTENTS

## 目 录

### 城市交通拥堵与碳减排协同治理研究

#### Research on the Collaborative Management of Urban Traffic Congestion and Carbon Emission Reduction

袁璐璐, 杨铭, 余学敏, 邬昊威, 崔正婷 ..... 133

### 基于产业链视角下的中国新能源车行业的系统性风险度量

#### Systemic Risk Measurement of China's New Energy Vehicle Industry Based on Industry Chain Perspective

肖京 ..... 138

### 竞争性供应链下的碳减排策略研究

#### Research on Carbon Emission Reduction Strategies in Competitive Supply Chains

张道福, 肖蕾 ..... 157

### 商业银行碳中和业务对经营效率的影响研究

#### Research on the Impact of Carbon Neutral Business of Commercial Banks on Operating Efficiency

叶敬妍 ..... 166

### 企业 ESG 表现对融资效率的影响研究

#### Research on the Impact of Enterprise ESG Performance on Financing Efficiency

徐晓伟 ..... 178

### 消费者主观心理因素对电动汽车购买意愿的影响研究

#### Research on the Influence of Consumer Subjective Psychological Factors on the Willingness to Purchase Electric Vehicles

郑雯月 ..... 186

### 双碳背景下数字经济对湖北绿色发展的影响作用研究

#### Research on the Impact of Digital Economy on the Green Development of Hubei Province under the Background of Carbon Peaking and Carbon Neutrality

高爽 ..... 199

### 绿色信贷政策对重污染企业绿色创新的影响研究

#### Research on the Impact of Green Credit Policy on Green Innovation of Heavy Polluting Enterprises

阳超 ..... 207

## 期刊信息

期刊中文名称: 《低碳经济》

期刊英文名称: **Journal of Low Carbon Economy**

期刊缩写: **JLCE**

出刊周期: 季刊

语 种: 中文

出版机构: 汉斯出版社(Hans Publishers, <https://www.hanspub.org/>)

编辑单位: 《低碳经济》编辑部

主 编: 赵振宇, 华北电力大学教授

网 址: <https://www.hanspub.org/journal/jlce>

## 订阅信息

通过中国教育图书进出口有限公司订购

订阅邮箱: [sub@hanspub.org](mailto:sub@hanspub.org)

订阅价格: 160美元每年

## 广告服务

联系邮箱: [adv@hanspub.org](mailto:adv@hanspub.org)

**版权所有:** 汉斯出版社(Hans Publishers)

**Copyright**©2024 Hans Publishers, Inc.

## 版权声明

### 文章版权和重复使用权说明

本期刊版权由汉斯出版社所有。

本期刊文章已获得知识共享署名国际组织(Creative Commons Attribution International License)的认证许可。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

### 单篇文章版权说明

文章版权由文章作者与汉斯出版社所有。

### 单篇文章重复使用权说明

注: 著作权者准许任选 CC BY 或 CC BY-NC 作为文章的重复使用权, 请慎重考虑。

## 权责声明

期刊所刊载的评论、意见、观点等均出自文章作者个人立场, 不代表本出版社的观点或看法。对于文章任何部分及文内引用材料给任何个人、机构、及其财产所带来的任何损失及伤害, 本出版社均不承担任何责任。我们郑重声明, 本出版社的出版业务, 不构成对任何产品商业性能的保证, 也不表示本社业已承认本社出版物中所述内容适用于某特定用途。如有疑问, 请寻找专业人士协助。

# 城市交通拥堵与碳减排协同治理研究

袁璐璐, 杨 铭, 余学敏, 邬昊威, 崔正婷

宁波工程学院经济与管理学院, 浙江 宁波

收稿日期: 2024年5月24日; 录用日期: 2024年6月3日; 发布日期: 2024年7月30日

---

## 摘要

本文探讨了城市交通拥堵与碳减排问题的协同治理, 分析其成因、现状与挑战, 指出通过构建低碳出行体系, 能在缓解拥堵的同时实现碳减排。具体治理路径包括: 优化交通需求管理与鼓励低碳出行方式转换, 设立排放标准与区域管控以限制高排放车辆, 加大新能源汽车推广并完善基础设施, 实施出行优惠政策与提升公共交通吸引力。这些策略旨在通过转变交通出行模式缓解交通拥堵和减少碳排放, 可为治理城市交通提供借鉴。

---

## 关键词

碳减排, 交通拥堵, 协同治理

---

# Research on the Collaborative Management of Urban Traffic Congestion and Carbon Emission Reduction

Lulu Yuan, Ming Yang, Xuemin Yu, Haowei Wu, Zhengting Cui

School of Economics and Management, Ningbo University of Technology, Ningbo Zhejiang

Received: May 24<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jun. 3<sup>rd</sup>, 2024; published: Jul. 30<sup>th</sup>, 2024

---

## Abstract

This paper discusses the synergistic governance of urban traffic congestion and carbon emission reduction, analyzes its causes, current situation and challenges, and points out that carbon emission reduction can be achieved while alleviating congestion by building a low-carbon travel system. The specific governance path includes: optimizing transportation demand management and encouraging the transformation of low-carbon travel modes, setting emission standards and regional controls to limit high-emission vehicles, increasing the promotion of new energy vehicles

and improving infrastructure, implementing preferential travel policies and improving the attractiveness of public transportation. These strategies aim to alleviate traffic congestion and reduce carbon emissions by transforming transportation patterns, which can provide lessons for urban transportation governance.

## Keywords

Carbon Emission Reduction, Traffic Congestion, Collaborative Governance

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

城市交通拥堵问题与日益严重的碳排放问题相互交织，构成了制约现代城市可持续发展的一大瓶颈。统计数据显示，我国交通领域每年所产生的碳排放总量达到了惊人的 9.6 亿吨，这一数值在国民经济各行业中排名第三，凸显出交通领域碳减排任务之艰巨。鉴于我国明确提出“双碳”战略目标，如何在有效破解城市交通拥堵顽疾的过程中，同步推进城市交通体系的低碳化进程，显得尤为迫切和关键。

国内外学术界对交通拥堵与碳排放问题进行了广泛且深入的研究。Ferrara 等提出了创新匝道控制技术，借此调节高速公路交通流，有效缓解拥堵并减少排放[1]；Bosurgi G. 等学者通过模拟实境驾驶实验揭示了弯道行驶时，CO<sub>2</sub> 排放、纵向加速度与驾驶员行为的紧密联系[2]；Imam R. 以安曼为例，论证了城市 BRT 系统作为低碳公共交通的优势，视其为极具经济效益的城市交通解决方案[3]。张希良等运用中国 - 全球能源经济模型，综合分析了国内外社会、技术及经济因素，对能源经济转型关键不确定性指标进行了深入探讨[4]；严岿等从用户全周期和社会角度，对比分析了电动汽车与传统汽车在经济性与排放上的表现[5]；李振宇团队专注于确定城市交通碳排放的关键影响因子，构建了覆盖多样道路类型和服务水平的城市交通碳排放数据库[6]；冯海霞等人结合我国交通拥堵时空特征，构建基于速度的 CO<sub>2</sub> 排放因子模型，并通过 VISSIM 模拟不同交通状态下车辆流量，准确估算不同交通状况下的碳排放量[7]；高波对大连市交通碳排放进行了精细模型分析，为其绿色发展战略提供科学支撑[8]；葛显龙等人研究了交通拥堵随时间变化对碳排放的影响，并开发了兼顾碳减排与行驶时间优化的双目标模型，通过改良禁忌搜索算法求解，并通过实例验证了模型的有效性[9]；董雪梅基于国际国内数据预测了我国未来的碳排放趋势，对推动我国节能减排工作产生了实质影响[10]；李晔等人系统评述了道路交通碳排放权交易的研究现况，并对比了各类配额原则、运作机制及其优缺点[11]。

总体而言，现有文献主要集中在城市交通碳排放总量的计量、影响城市交通碳排放的因素分析、未来城市交通碳排放趋势预测以及不同交通拥堵状况下的碳排放量化等多个层面。然而，在如何使交通拥堵治理与碳减排形成协同机制，形成双向驱动、互促共进的关系，从而实现提高城市运行效率与降低环境负荷的双重目标方面，缺少足够的关注和研究。因此，本文将研究焦点集中于城市交通拥堵问题与城市交通碳减排挑战，通过探究两者的内在成因，探寻协同治理的策略框架，并据此提出相应的对策建议。

## 2. 城市交通拥堵与碳减排问题分析

### 2.1. 城市交通拥堵问题分析

城市交通拥堵成因十分复杂，直接原因为供需时空不匹配产生拥堵。城市交通拥堵的主要治理思路

为缓解需求和供给的冲突[12]。在需求端,通过政策调控,一方面减少机动车使用,引导绿色出行;另一方面,鼓励错峰出行,以缓解出行需求在时空上的过度集聚。在供给端,通过更加完善的公共交通网络满足群众多样化的出行需求,对不同层级的交通出行需求进行有效的供给适配,避免多种需求涌向小汽车出行。近年来,随着智慧城市建设的推进,在治理交通拥堵的工具箱中又增加了不少智慧技术和手段的运用。如充分利用大数据等技术,对道路交通状况进行预测,一旦发现即将产生拥堵,通过导航等软件工具及时告知市民,提前调整路线。通过各种治理政策和手段的运用,城市交通拥堵状况有所缓解,但是仍然需要加强治理和提升效率。

## 2.2. 城市交通碳减排问题分析

交通运输活动是碳排放的主要来源之一,研究发现交通领域碳排放达峰慢且难中和,这意味着交通碳减排是我国实现“双碳”目标的关键环节[13]。我国大部分城市仍处在城市化进程中,人口密度增加、出行需求攀升仍是主要特征,由此带来的交通出行产生的碳排放总量也会相应增加。加之我国城市交通结构中小汽车出行比例较高,现阶段小汽车总量结构中以燃油车为主,而燃油车出行产生大量的碳排放,能源消耗结构以化石能源为主决定了碳排放总量难以减少。随着城市交通碳排放问题越来越突出,政府部门相继出台了一系列政策来进行治理,但收效甚微。例如,针对私家燃油车数量剧增的问题,出台支持纯电动汽车等新能源车辆发展的政策,从源头上进行控制以减少化石燃料的消耗进而降低碳排放,但纯电动汽车消耗的电能仍然产生碳排放,而且随着新能源车辆的增多,小汽车数量增加也势必会加重交通拥堵。

## 2.3. 城市交通拥堵与碳减排协同治理的必要性与可行性分析

目前国家正在努力推进“双碳”目标的实现,《交通强国纲要》中明确指出,到2035年,智能、平安、绿色、共享的交通发展水平明显提高,城市交通拥堵基本缓解,但是当前城市交通拥堵与碳排放两大问题愈发严峻,虽已有多种应对措施可选,但大多仅能暂时缓解而难以根治。更重要的是,单一治理手段常导致矛盾转移,如新能源汽车推广有助于节能减排,却可能因出行成本降低而间接加剧拥堵。因此,交通治堵与碳减排协同治理非常必要,亟待科学推进。

城市交通拥堵和碳减排的协同治理有一定的可行性,通过降低对单位运量碳排放量比较大的交通工具的使用,发展实施集约化的出行服务体系,科学的划分和匹配各类公共交通和低碳出行方式,不仅可以缓解城市交通拥堵问题,还可以减少城市交通碳排放量,实现二者的协同发展。

# 3. 城市交通拥堵与碳减排协同治理

## 3.1. 治理思路

《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》指出要打造多模式便捷公共交通系统,推动轨道交通、常规公交、慢行交通网络融合发展,推动交通用能低碳多元发展,积极推广新能源和清洁能源运输车辆。协同治理可以据此开展,在保证交通出行需求的目标下,构建完整的低碳出行体系,以此替代碳排放强度较高且容易导致交通拥堵的小汽车交通出行。首先,基于城市轨道交通骨架线网主干,以大容量、高速度、便捷化的轨道交通作为城市交通出行的动脉,使其承担主要的出行需求;其次,针对轨道交通可达性差的缺点,积极发挥地面常规公交的接驳和补充作用,使其为骨干和动脉服务,成为城市交通的纽带和毛细血管;最后,充分发挥新能源汽车的替代作用和共享单车承担出行首末一公里的功能。通过打造由多个层次交通出行服务组成的低碳出行体系,以替代碳排放量大且容易导致拥堵的小汽车交通,从根源上减少碳排放,是协同交通治堵和碳减排的可行之路。

### 3.2. 治理路径

(1) 交通需求管理与出行方式转化。针对城市交通供需失衡引发的拥堵，倡导并宣传低碳出行方式，如充分利用现有的大规模轨道交通资源，通过媒体宣传推广，引导市民出行时优先选择公共交通和轨道交通。市民出行选择公共交通和轨道交通不仅可以满足其出行需求，同时也能大幅减少道路汽车数量，缓解城市交通拥堵问题。2021年，深圳地铁全线网全年累计运送乘客21.7亿人次，全市公共交通分担率达60.4%，相比一般市内出行，乘坐地铁每人每公里可减少46.8克二氧化碳排放，深圳地铁单日通行人次减碳量超过2000吨，2021年全年共实现碳普惠减排量78.4万吨。这足以看出轨道交通对于减少碳排放的关键性作用。除此之外，辅以共享单车，特别是在拥堵严重的城区，以弥补公共交通空白，解决市民出行“最后一公里”的需求，有效降低拥堵及碳排放。

(2) 设立严格排放标准与区域管控。在拥堵地段设立全天候超低排放区，对于任何不符合碳排放标准的车辆进入此区域都要收取碳排放费，如果车辆在每天的高峰时段进入此类区域则要征收额外费用，并保证区域内公共交通优先通行。同时限制老旧高污染车辆行驶，以减少道路机动车流量和碳排放。对于任何违反要求的行为，实行严厉的处罚措施，以保证政策的顺利实行。伦敦自2019年就开始实施超低排放区政策，并取得了一定的成效：2019~2022年，“超低排放区”(ULEZ)已使大伦敦地区车辆的CO<sub>2</sub>排放量减少了约80万吨(3.2%)，在伦敦市中心，柴油车行驶的公里比例估计已从32%下降到约25%。如伦敦的超低排放区经验所示，通过增加私家车进城成本，提高清洁能源车辆比例，可有效降低拥堵和碳排放。另外，为进一步实现交通拥堵和碳减排协同治理的目的，政府应侧重鼓励更换清洁能源汽车，尤其是公务、公交领域推广使用氢燃料电池车辆，实现交通拥堵与减排双赢。

(3) 加大新能源汽车推广力度。世界资源研究所通过多种测算得出：新能源汽车大体上能贡献未来碳减排量的45%至50%之间，基本上一半的交通行业的减排，都需要依靠新能源汽车来解决。而新能源汽车中的电动汽车在使用阶段碳排放优势明显。如果按照2030年电动汽车占有率达到20%测算，届时可减少碳排放量约4.86亿吨。所以政府应该继续加强新能源汽车的推广力度，鼓励新能源汽车产业加快发展和技术提升。另外，还可以通过经济激励的手段来促进新能源汽车的推广，例如，实施购车补贴等优惠政策推动新能源汽车取代传统燃油车，以减少交通碳排放。同时，针对新能源车出行成本低可能带来的交通增量，需优先发展新能源公共交通，发展由新能源车辆构成的快速公交系统、定制公交系统和出租车服务系统，并鼓励新能源通勤班车的发展，由此对可能增长的新能源小汽车出行量进行替代，引导大众优先选择公共交通，避免加重交通拥堵。

(4) 完善基础设施与政策激励。加大新能源基础设施建设，包括氢能源供应体系与高品质充电网络。目前国内新能源汽车的能源供给主要是电力和氢能源，但是国内充电桩布局不合理、公共充电桩缺口大等问题十分突出，根据国家统计数据显示，2023年5月底，公共充电桩约占33%、私人充电桩约占67%，这给新能源汽车的出行带来极大的不便。要想促进新能源汽车应用规模持续扩大，必须满足新能源汽车的充电需求，加快公共充电设施建设，优化充电设施网络布局。同时创新出行优惠政策，如轨道交通换乘优惠、特定群体免费乘车等，结合轨道交通与其他交通方式(如共享单车)的无缝对接，提升公共交通吸引力，从而共同促进交通拥堵缓解和碳排放减少。

## 4. 结语

### 4.1. 小结

本文首先对目前国内外相关研究成果进行总结，然后对城市交通拥堵问题和城市碳减排问题分别加以分析，总结出治理思路，提出二者协同治理的措施：交通需求管理与出行方式转化，设立严格排放标

准与区域管控，加大新能源汽车推广力度，完善基础设施与政策激励。在保证市民出行品质的前提下，实现交通拥堵与碳减排的协同治理。

## 4.2. 不足之处

本文更多是从理论层面进行分析，由于缺乏交通方式碳排放统计数据，尚不能在实证分析方面进行深入论证。未来研究还需从实证层面对各种治理措施效果进行进一步分析研究，以期找出更加合理的治理措施。此外，在研究中应该综合多种学科，从多种视角探索解决途径，为城市交通拥堵和碳减排问题协同治理提供更多新的思路。

## 基金项目

国家大学生创新创业训练计划项目“城市交通拥堵与碳减排协同治理对策研究”(立项号 202211058018)。

## 参考文献

- [1] Ferrara, A., Pasquale, C., Sacone, S. and Siri, S. (2017) Congestion and Emissions Reduction in Freeway Traffic Networks via Supervisory Event-Triggered Control. *IFAC-PapersOnLine*, **50**, 4240-4245. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.827>
- [2] Bosurgi, G., Marra, S., Pellegrino, O., Sollazzo, G. and Villari, M. (2022) Relationships between Road Horizontal Geometry, Driving Behavior and CO<sub>2</sub> Emissions. *TRANSBALITICA XII: Transportation Science and Technology*, Vilnius, 16-17 September 2021, 806-816. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-94774-3\\_76](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94774-3_76)
- [3] Mam, R., Kang, S.-C. and Quezada, D. (2020) Exploring Low-Carbon Bus Options for Urban BRT Systems: The Case of Amman. *Journal of Public Transportation*, **22**, 57-75. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.22.1.4>
- [4] 张希良, 黄晓丹, 张达, 耿涌, 田立新, 范英, 陈文颖. 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.
- [5] 严岿, 陈行. 纯电动汽车和传统汽车使用周期效益比较研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2021, 45(1): 177-181.
- [6] 李振宇, 廖凯, 崔占伟, 刘洋. 缓解城市交通拥堵的 CO<sub>2</sub> 减排效益评估方法研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2020, 20(2): 8-12, 19.
- [7] 冯海霞, 王兴渝, 咸化彩, 等. 城市交通运行状况对机动车碳排放的影响研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2022, 22(4): 167-175.
- [8] 高波. 大连市交通碳排放及预警模型的研究[J]. 中国公安大学学报(自然科学版), 2019, 25(3): 73-78.
- [9] 葛显龙, 冉小芬. 考虑时变交通拥堵的污染路径优化研究[J]. 工业工程与管理, 2020, 25(3): 75-85, 93.
- [10] 董雪梅. 中国交通运输业碳排放的测算及影响因素[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2018, 14(8): 311-312.
- [11] 李晔, 李文翔, 魏愚獒. 道路交通碳排放权交易研究现状与展望[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2018, 46(4): 465-471.
- [12] 韩鑫. 探索城市交通综合治理新模式[N]. 人民日报, 2024-01-11(007).
- [13] 史丹, 叶云岭. 城市交通碳排放趋势与减排对策研究——以上海市为例[J]. 现代管理科学, 2022(4): 3-14.

# 基于产业链视角下的中国新能源车行业的系统性风险度量

肖 京

湖北大学商学院，湖北 武汉

收稿日期：2024年6月17日；录用日期：2024年7月5日；发布日期：2024年7月30日

## 摘要

在“双碳”宏观背景下，新能源汽车产业链为中国经济高质量发展的重要引擎，是国计民生的重要行业。近年来，新能源汽车产业链正面临经济外部环境不确定性和内部双向风险的双重挑战，严重威胁其可持续发展。本文基于2018年至2023年的日收益率数据，实证研究新能源车产业链各行业与市场在不同情境下的系统性风险状况。研究发现，新能源车产业链存在系统性风险，且行业收益率的波动存在顺周期性。各行业各时期抵御风险的能力有所不同，当新能源车市场收益率处于极端下跌状况时，与市场相关性较高的中上游行业对整个市场溢出水平较高，下游行业的风险溢出程度较低。基于研究结论，本文根据不同市场主体提出了提高中国企业在全球新能源产业链的掌控力、降低投资组合的系统性风险、保持政策稳定性与前瞻性、落实落地激励政策等建议，旨在推动新能源汽车产业的健康、稳定和可持续发展。

## 关键词

新能源车产业链，系统性风险， $\Delta CoVaR$ , MES

# Systemic Risk Measurement of China's New Energy Vehicle Industry Based on Industry Chain Perspective

Jing Xiao

Business School of Hubei University, Wuhan Hubei

Received: Jun. 17<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jul. 5<sup>th</sup>, 2024; published: Jul. 30<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Under the macro background of “double carbon”, the new energy automobile industry chain is an

important engine for China's high-quality economic development, and an important industry for national economy and people's livelihood. In recent years, the new energy automobile industry chain is facing the dual challenges of uncertainty in the external economic environment and internal two-way risks, which seriously threaten its sustainable development. Based on the daily yield data from 2018 to 2023, this paper empirically studies the systemic risk status of each industry and market in the new energy vehicle industry chain under different scenarios. It is found that there is systemic risk in the new energy vehicle industry chain, and the fluctuation of industry yields is procyclical. The ability of each industry to withstand risk varies in each period, and when the new energy vehicle market yield is in extreme downturn, the middle and upstream industries with higher correlation with the market have higher level of spillover to the whole market, and the downstream industries have lower level of risk spillover. Based on the conclusions of the study, this paper puts forward suggestions based on different market players to improve the control of Chinese enterprises in the global new energy industry chain, reduce the systemic risk of the investment portfolio, maintain the stability and foresight of the policy, and implement the incentive policies, aiming to promote the healthy, stable and sustainable development of the new energy vehicle industry.

## Keywords

New Energy Vehicle Industry Chain, Systemic Risk,  $\Delta CoVaR$ , MES

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

自 2008 年美国金融危机以来，金融业的系统性风险受到各国政府和研究人员的广泛关注。与金融行业相比，新能源汽车产业链系统性风险的研究则相对有限，新能源汽车产业链作为近年来中国经济高质量发展的重要引擎，是国计民生的重要行业，其系统性风险的识别与研究对产业链健康稳定发展具有重要意义。

在“双碳”宏观背景下，支持新能源汽车产业加快发展是我国由汽车大国向汽车强国转型的重要途径，是实现我国碳达峰、碳中和目标的有效路径[1]。截至 2023 年 12 月 31 日，我国新能源汽车产销量连续 15 年稳居全球第一，呈现快速持续增长的态势。然而，在新能源汽车产销规模持续快速增长的同时，也面临着经济外部环境的不确定性以及内部产业链的双向风险，其中包括 2020 年中美贸易摩擦导致汽车芯片供应紧张，2020 年新型冠状肺炎疫情影响，2021 年电池级碳酸锂价格大幅上涨，2023 年发生的价格战、欧盟反补贴调查、新能源车企倒闭等情况，产业链的发展面临着严峻的挑战，内部金融风险问题日益突出。上市的新能源车公司，一方面不可避免地受到新能源车行业系统性风险的影响，另一方面，它们也在一定程度上对新能源车行业的系统性风险产生着反作用，这鲜明地反映出中国新能源车行业中同样存在着不容忽视的系统性风险隐患。因此测度新能源车产业链行业与新能源系统之间的系统性风险显得极为重要。

本文采用如下研究思路：首先，在梳理相关文献及研究的基础上，确定测度新能源车产业链系统性风险的模型；其次，对新能源车产业链系统性风险，运用了  $\Delta CoVaR$  和 MES 两种方法，兼顾“从下至上”和“从上往下”两种分析视角，依据极端事件将研究时段细分为三个阶段，以系统地评估新能源车产业链在不同情境下的系统性风险排名状况。最后，针对新能源产业链行业的企业、投资者、政府部门提出

应对新能源车产业链系统性风险的建议。本文的研究重点包括两个方面：一是推导测度新能源车产业链系统性风险的模型；二是度量不同时间阶段新能源车产业链系统性风险溢出程度，并据此针对新能源产业链企业、投资者、政府部门提出建议，以促进新能源车产业链的可持续发展。根据指数构建的标准方法，本文采用股票的市值占比作为其在所属行业内权重的决定因素。

和已有研究相比，本文的贡献体现在如下三个方面：(1) 关注于新能源车产业链的系统性风险，通过文献梳理及实证研究，证明新能源车产业链存在系统性风险。(2) 通过 48 支股票，根据指数股票构建的方法，根据其市值在行业总市值中的占比，计算得到 7 个行业指数构建变量，这种研究方法能够更准确地捕捉新能源车产业链各行业的整体表现及上中下游的变化程度，为上市公司、投资者、政策制定者提供了更为精确的决策参考，揭示新能源车产业链各行业在不同时间段的风险溢出情况，为推进新能源车产业链可持续发展提供新的思考方向。(3) 结合  $\Delta CoVaR$  和  $MES$  两种方法，兼顾“从下至上”和“从上往下”两种分析视角，从而更为细致地评估出不同时期新能源车产业链行业对于整个新能源车系统的影响及行业自身的风险承受能力，为制定风险应对策略提供了更为全面的依据。

## 2. 文献综述

### 2.1. 新能源车产业链的研究

产业链是由价值链、产业链、供需链、空间链构成的多维度网络，基于产业部门间的技术经济联系自然形成。它描绘出紧密相依的企业群，共同推动产业升级，受政府与市场双重调控[2][3]。新能源车产业链是推动汽车产业转型升级的关键力量，也是促进能源结构调整、应对气候变化、实现可持续发展的重要途径。

近年来，学者们主要从三个维度探讨了新能源车产业链。

第一，新能源车产业链结构分析的维度。有些学者认为新能源车产业链是在传统汽车产业的基础上进行了拓展和深化，增加了对电池、电机、电控系统等关键零部件领域的重点投入与研发。因此，他们遵循着“从原材料供应到零部件制造，再到整车组装”的递进逻辑，对新能源车产业链进行全面而系统的解构分析[4][5]。学者王静宇(2016)在已有文献的基础上，进一步完善了新能源汽车产业的服务链条，通过集成金融服务、车联网技术和汽车租赁服务等元素，构建了一个专业化、综合化的新能源车产业链生态系统[6]。

第二，新能源车产业链中具体产业发展的维度。罗贞礼(2016)以锂离子动力电池产业为核心，从横向的产学研合作、纵向的专业化细分以及政策导向三个维度，对其进行了详尽的分析和探讨[7]。李克卿等人(2020)基于管理层面审视动力电池行业的现阶段状态，对存在的挑战、未来的成长路径以及潜在的应用前景进行梳理和展望[8]。陈云香(2019)在研究中以价值链曲线理论为框架，对新能源车产业链中的电池产业上中下游环节现状进行剖析[9]。Coffin D 等(2018)对新能源车电池产业的结构进行了剖析，并对美国市场上新能源车电池的附加值进行了量化评估[10]。Dababneh F 等(2018)的研究则侧重于锂离子电池产业链的可持续发展潜力，旨在为新能源车的广泛应用提供坚实的支持[11]。J Baars 等人(2021)着眼于新能源车产业链的可持续性，分析了欧盟地区新能源车电池的循环经济策略，旨在通过此策略增强产业链的长期可持续发展能力[12]。

第三，新能源车产业链发展现状与优化。刘燕玲(2013)通过综合运用熵权法和模糊综合评价法构建多维度的量化分析模型，对北京市纯电动汽车产业链的综合性能和潜在风险进行全面、系统地评估[13]。汪淑芳(2015)从产业链结构的多维视角，包括产业链的完整性、多元化、专业化程度以及外部环境因素等，深入剖析了新能源车产业链的发展现状和潜在挑战，为产业链的持续优化提供了决策依据[5]。张庆彩(2018)在研究中，提出了一个系统性的产业发展机制，并探讨了该机制的运作原理以及推动产业链升级的

具体优化路径[14]。Q Yan 等人(2020)在技术转型的宏观背景下,运用专业的风险评估方法,全面评估了中国新能源汽车产业面临的风险和挑战。研究结果显示,中国新能源汽车产业在技术创新、市场扩展和产业链整合等方面已达到较高水平,但在供应链稳定、政策环境等方面仍存在一定的不确定性[15]。

学术界在新能源汽车产业方面的研究,主要聚焦于产业链的组成要素、结构升级以及优化改造等关键领域。对于新能源车产业链的构造与产业链细分行业已达成共识,但对于新能源汽车产业的风险较少有文献提及,而新能源汽车产业涉及多个环节,包括上游的原材料供应、零部件制造,中游的整车制造,以及下游的充电设施、运营服务等,每个环节都存在着潜在的风险。

## 2.2. 新能源车产业链系统性风险

系统性风险是指某一事件引发整个系统严重不稳定或崩溃的可能性,主要表现为风险在行业间的相互传染与扩散。系统性风险的核心特征体现为其显著的溢出效应和高度传染性,一个极端事件对整个系统造成冲击,并且该极端事件也让第三方承担额外的成本[16]。

外部环境的不确定性会加强新能源车产业链各行业之间的风险外溢效应。A. Shmidt (2015)分析了外部环境的不确定性对工业企业财务和经济可持续性的影响[17]。黎峰等(2019)指出中美贸易摩擦在遏制中国高新技术出口的同时,对中国进口输入型供应链和外资植入型供应链产生了显著的冲击[18]。杨蓉(2022)发现在 21 世纪爆发了两场极端事件——股灾和新冠疫情,给股市带来巨大冲击的同时也加强了中国新能源汽车产业中各行业之间的溢出效应[19]。徐美玲(2022)指出国家对于新能源汽车的补贴政策逐渐退坡,汽车企业生存风险增大[20]。吴锦泽等(2022)指出新能源汽车产业政策的环境影响具有明显外溢效应[21]。薛震(2009)指出新能源汽车产业化存在系统性风险,任何单一环节的潜在风险都可能影响整个新能源车产业链,且导致后续流程无法进行,进而造成整体项目或供应链的全局性风险[22]。赵树然(2023)指出中国能源行业存在系统性风险隐患,特别是在新能源领域,这些风险呈现出跳跃性波动的特点,使得新能源行业成为外部风险的主要接收者[23]。

新能源汽车产业各行业之间存在强烈风险传染,其中包括原材料供给风险、财务风险、政策风险、供应链风险等,从而对整个产业链造成负面影响。王昶等(2018)指出新能源汽车井喷式的发展对关键原材料形成了强劲的需求,致使关键原材料的供给风险进一步加大进而制约新能源汽车产业的发展[24]。郝琼芳(2019)指出,新能源汽车企业面临财务风险包括筹资风险、偿债风险及资金回收风险[25]。范小群等(2021)认为,新能源汽车产业的发展在很大程度上依赖于政府的政策支持和财政补贴。然而,政策的不确定性和可能的调整给产业带来了较高的风险,当政策发生重大调整时,如补贴退坡,也会面临较高的产业风险[26]。孙嘉辉(2022)指出新能源汽车供应链的复杂性和中断风险的传播可能对整个产业链造成破坏性影响[27]。

关于外部环境的不稳定性加剧新能源车产业链中各行业之间风险的外溢效应学界达成一致观点,其中包含中美贸易摩擦、新冠疫情、补贴政策等方面因素。同时,新能源汽车产业内部各行业也存在风险传染,进而影响整个产业链的稳定性。综合系统性风险的定义与特征,可以初步判定新能源汽车产业存在系统性风险,但学界对于新能源汽车产业系统性风险的概念未达成一致,研究相对较少。

## 2.3. 系统性风险的测度方法

系统性风险溢出效应的研究多利用市场数据建立金融风险模型进行分析。国内外学者主要从两个角度来进行此类问题的分析:一是“从下至上”的视角,即从单个机构所引发的系统性风险来评估该机构的系统重要性。二是“从上往下”的视角,从整体金融系统的系统性风险按照权重分配给各个金融机构

后,评估各机构的系统重要性。在公开市场数据的市场分析框架中,边际预期损失(*MES*)和条件在险价值溢出度( $\Delta CoVaR$ )是两种常用的代表性方法。

Engle (2011)引入了 DCC-GARCH 模型来捕捉风险传染的时变特性,从而评估不同市场或机构间风险传播的动态变化[28]。而 Adrian & Brunnermeier (2009)则在传统的 *VaR* 模型基础上提出了 *CoVaR* 方法,该方法侧重于在某一金融机构陷入困境时,通过分位点回归技术来预测其他机构或市场整体收益的下限,从而量化这种风险溢出效应。这种分析方式属于“自下而上”的视角,旨在从个体机构的风险状况出发,评估其对整个系统风险的潜在贡献[29]。另一方面, Acharya 等人在 2012 年提出了边际预期损失法(*MES*),这是一种“自上而下”的评估方法。该方法通过分析整个金融系统的预期损失(*ES*),来衡量单一机构在系统性风险发生时的相对脆弱性。进而计算 *MES*,揭示系统性风险对单个机构风险变化的敏感度,为风险管理与监管提供重要参考[30]。

国内  $\Delta CoVaR$  方法和 *MES* 方法在系统性风险的测度中主要应用于金融行业,包括银行业、保险业、证券业等。赵进文等人(2013)通过基于 DCC-GARCH 模型的比较分析,在理论和实证两个维度进行比较分析,发现 *MES* 值和  $\Delta CoVaR$  值存在明显相关性,但两者在评估系统性风险的视角上有所不同[31]。宋清华和姜玉东(2014)通过 DCC-GARCH 模型和非参数估计方法,计算得到我国 14 家上市银行 *MES*,并进一步度量了其系统性风险[32]。白雪梅和石大龙(2014)选择 *CoVaR* 方法,并结合分位数回归模型,以量化我国金融体系的系统性风险溢出效应[33]。卜林和李政(2014)在研究中,结合“自上而下”和“自下而上”两种视角,同时运用了 *MES* 和  $\Delta CoVaR$  两种分析方法,对我国 23 家上市金融机构的系统性风险溢出效应及其随时间变化的特征进行了全面而深入的探讨。发现两种不同的评估方法在衡量上市金融机构系统性风险溢出效应时,得出高度一致的结论[34]。袁薇和王培辉(2017)运用基于 DCC-GARCH 模型计算得到的  $\Delta CoVaR$  值,对我国保险公司的系统性风险溢出程度进行了全面评估[35]。袁馨蕾(2019)则通过比较 *MES* 方法和  $\Delta CoVaR$  方法,对我国上市保险公司的系统性风险进行了综合测算和评估[36]。

近年来,国内学者使用 DCC-GARCH 模型研究行业间的溢出效应逐渐增多。王周伟等(2014)对 3 种计算方法进行比较研究,发现 DCC-GARCH 模型能更好地刻画非线性的时变相关性[37]。王朝阳(2018)使用 *VAR* 模型和多元 *GARCH* 模型研究发现原油价格与中国新能源市场出现单向溢出效应[38]。Girardi (2013)等认为金融机构之间的风险相依关系是随时间变化的,因此利用动态条件相关的 DCC 模型进行研究[39]。Chang 和 Ye (2019)探讨了我国碳市场与能源市场之间的风险关系,并明确指出两市场间存在显著的风险溢出效应[40]。Balcilar 等人(2016)同样对能源市场与欧洲碳市场之间的关系进行了深入分析,发现两个市场之间的动态关系具有显著的时效性,进一步指出两个市场之间存在明显的风险溢出效应[41]。余珂等(2023)应用 DCC-GARCH 模型发现国际原油期货市场与中国新能源股指市场之间相关性较大[42]。韩方园等(2023)使用 DCC-GARCH-*CoVaR* 模型发现,在疫情爆发期间房地产业与商业银行间的正向动态相关性显著增强且风险溢出效应也随之增强,均为正向溢出[43]。

关于系统性风险溢出效应的研究主要利用市场数据,通过构建金融风险模型进行深入分析。研究视角可划分为“自下而上”与“自上而下”两种,前者聚焦于单个机构,评估其系统重要性;后者则从宏观金融系统层面出发,根据权重将风险分配至各个机构。在此过程中,主要的分析方法包括边际预期短缺(*MES*)和条件风险价值变化( $\Delta CoVaR$ )。用动态条件相关的 DCC 模型可以更好地刻画行业间的溢出效应。但这些方法主要应用于金融行业的系统性风险测度,对于新能源车产业链各行业与市场之间的系统性风险测度研究较少。

综上所述,经过对国内外研究文献的深入剖析,本文着重于关注新能源车产业链的系统性风险度量,采用 DCC-GARCH 模型测度市场与各行业的波动率与动态相关系数,运用  $\Delta CoVaR$  和 *MES* 两种方法,

兼顾“从下至上”和“从上往下”两种分析视角，依据极端事件将研究时段细分为三个阶段，以系统地评估新能源车产业链在不同情境下的系统性风险状况，从而为产业链的稳定发展和风险管理提供有力的决策支持。

### 3. 计量模型框架

#### 3.1. 统一分析框架：市场波动模型

本文基于 Brownlees 和 Engle (2011) [28] 建立的市场波动模型，将新能源市场指数收益率  $R_{m,t}$  与新能源车产业链企业的收益率  $R_{i,t}$  定义如下：

$$\begin{aligned} R_{m,t} &= \sigma_{m,t} \varepsilon_{m,t} \\ R_{i,t} &= \sigma_{i,t} \varepsilon_{i,t} = \sigma_{i,t} \left( \rho_{i,m,t} \varepsilon_{m,t} + \sqrt{1 - \rho_{i,m,t}^2} \xi_{i,t} \right) \\ (\varepsilon_{m,t}, \xi_{i,t}) &\sim F \end{aligned} \quad (1)$$

其中， $\sigma_{m,t}$  和  $\sigma_{i,t}$  是新能源市场指数收益率和新能源车产业链行业收益率在  $t$  时刻的动态波动率。 $\varepsilon_{m,t}$  和  $\varepsilon_{i,t}(\xi_{i,t})$  分别是新能源市场指数收益率和新能源车产业链行业收益率在  $t$  时刻的动态波动率的估计残差。 $\rho_{i,m,t}$  是市场收益率和新能源车行业收益率在  $t$  时刻的动态相关系数。 $(\varepsilon_{m,t}, \xi_{i,t})$  表示均值为 0，方差为 1，协方差为 0 的扰动项。 $F$  为一个未指定具体分布的二变量分布过程。

有研究表明，新能源市场指数收益率与新能源车行业收益率在  $t$  时刻的动态波动率估计残差  $\varepsilon_{m,t}$  和  $\varepsilon_{i,t}$  之间存在线性关系时，是进行 MES 方法和  $\Delta CoVaR$  方法理论比较的前提。故进行补充条件假设条件  $E(\varepsilon_{m,t}) = E(\varepsilon_{i,t}) = 0$  和  $VaR(\varepsilon_{m,t}) = VaR(\varepsilon_{i,t}) = 1$ ，即市场收益率和新能源行业收益率的动态波动率的估计残差  $\varepsilon_{m,t}$  和  $\varepsilon_{i,t}$  相互独立且服从标准正态分布。

#### 3.2. 风险溢出效应的度量： $\Delta CoVaR$ 模型

传统的风险度量方法  $VaR$  是指在一定置信水平下，某一金融机构或市场面临的最大可能损失。设  $R_{m,t} R_{i,t}$  表示新能源市场指数与新能源车产业链企业的风险损失，则  $t$  时刻的风险价值可表示为

$$\begin{aligned} P(R_{m,t} \leq VaR_{m,t}^q) &= q \\ P(R_{i,t} \leq VaR_{i,t}^q) &= q \end{aligned} \quad (2)$$

Adrian 和 Brunnermeier (2009) [29] 提出了  $CoVaR$  的概念，表示在给定的时间和置信水平下，当新能源车产业链行业的所面临风险损失为  $VaR_{i,t}^p$  时，新能源行业系统的所面临最大风险潜在损失为  $CoVaR_{i,t}^{q,p}$ ， $R_{m,t}$  表示新能源行业系统的风险损失，则  $t$  时刻的  $CoVaR_{i,t}^{q,p}$ ，表式为

$$P(R_{m,t} \leq CoVaR_{i,t}^{q,p} | R_{i,t} = VaR_{i,t}^p) = q \quad (3)$$

根据 Sylvain 和 Gilbert (2012) [44]，本文用  $\Delta CoVaR$  衡量新能源产业链行业对新能源行业系统风险的贡献程度。定义如下

$$\Delta CoVaR_{i,t} = CoVaR_{i,t}^q - CoVaR_{i,t}^{0.5} \quad (4)$$

其中， $CoVaR_{i,t}^{0.5}$  表示新能源产业链企业处于正常波动水平下，新能源行业系统面临的最大可能风险。

基于市场波动模型框架， $\Delta CoVaR$  方法的理论模型为：

$$\hat{R}_{m,t} = \hat{\partial}_q + \hat{\gamma}_q R_{i,t}$$

$$\Rightarrow \sigma_{m,t} \varepsilon_{m,t} = \hat{\partial}_q + \hat{\gamma}_q \sigma_{i,t} \varepsilon_{i,t}$$

$$\Rightarrow \hat{\gamma}_q = \rho_{i,m,t} \frac{\sigma_{m,t}}{\sigma_{i,t}} \quad (5)$$

再根据在险价值(VaR)和条件在险价值(CoVaR)的关系, 即当  $R_{i,t} = VaR_{i,t}^q$  时, 可以将式(5)表达成:

$$CoVaR_{i,t}^q = \hat{\partial}_q + \hat{\gamma}_q VaR_{i,t}^q \quad (6)$$

根据上述  $\Delta CoVaR$  理论可计算溢出风险价值, 具体表达式如下:

$$\Delta CoVaR_{i,t} = \gamma_{i,t} (VaR_{i,t}^q (\alpha) - VaR_{i,t}^{0.5})$$

$$\gamma_{i,t} = \rho_{i,m,t} \frac{\sigma_{m,t}}{\sigma_{i,t}} \quad (7)$$

$\Delta CoVaR$  值越大说明新能源产业链行业对新能源系统性风险的贡献越大, 一旦发生风险事件, 越容易对整体系统产生较大影响。

### 3.3. 风险溢出效应的度量: MES 模型

根据 Acharya (2010) [30]的理论, 基于市场波动模型可以将 MES 方法的理论模型展开为:

$$\begin{aligned} MES &= E_{i,t} (R_{i,t} | R_{m,t} < C) \\ &= E_{i,t} (\sigma_{i,t} \varepsilon_{i,t} | \sigma_{m,t} \varepsilon_{m,t} < C) \\ &= E_{i,t} (\sigma_{i,t} (\rho_{i,m,t} \varepsilon_{m,t} + \sqrt{1 - \rho_{i,m,t}^2} \xi_{i,t}) | \sigma_{m,t} \varepsilon_{m,t} < C) \\ &= E_{i,t} (\sigma_{i,t} \rho_{i,m,t} \varepsilon_{m,t} | \sigma_{m,t} \varepsilon_{m,t} < C) + E_{i,t} (\sigma_{i,t} \sqrt{1 - \rho_{i,m,t}^2} \xi_{i,t} | \sigma_{m,t} \varepsilon_{m,t} < C) \\ &= \sigma_{i,t} \rho_{i,m,t} E_{i,t} (\varepsilon_{m,t} | \sigma_{m,t} \varepsilon_{m,t} < C) + \sigma_{i,t} \sqrt{1 - \rho_{i,m,t}^2} E_{i,t} (\xi_{i,t} | \sigma_{m,t} \varepsilon_{m,t} < C) \end{aligned} \quad (8)$$

其中,  $C$  是基于市场收益率的分布决定的系统性风险临界值, 等于  $VaR_{m,t}^q$ 。由前文假设, 估计残差  $\varepsilon_{m,t}$  和  $\varepsilon_{i,t}$  仅存在线性关系, 所以  $E_{i,t} (\xi_{i,t} | \sigma_{m,t} \varepsilon_{m,t} < C) = 0$ , 则 MES 模型可表示为新能源市场指数收益率和新能源车产业链行业收益率在  $t$  时刻的动态波动率  $\sigma_{i,t}$ 、新能源车产业链行业收益率与市场收益率的动态相关系数  $\rho_{i,m,t}$ 、市场收益率分布的尾部期望  $E_{i,t}$  的函数:

$$\begin{aligned} MES &= \sigma_{i,t} \rho_{i,m,t} E_{i,t} (\varepsilon_{m,t} | \sigma_{m,t} \varepsilon_{m,t} < C) \\ &= \rho_{i,m,t} \frac{\sigma_{i,t}}{\sigma_{m,t}} E_{i,t} \left( \varepsilon_{m,t} \left| \varepsilon_{m,t} < \frac{C}{\sigma_{m,t}} \right. \right) \end{aligned} \quad (9)$$

经过推导得到的理论模型揭示了以下结构特征: 当市场面临财务困境, 即市场收益率落入其分布的左尾极端区域时, 新能源车产业链行业收益率分布的边际预期损失(MES)值会与  $\gamma_{i,t}$  度量的系统性风险呈现出正比关系。比例系数为市场收益率分布的尾部期望值。进一步地, 新能源车产业链行业收益率对市场收益率的变动反应越敏感, 则通过 MES 值所度量的该行业的系统性风险敏感度越大。

### 3.4. 理论模型估计方法

MES 方法和  $\Delta CoVaR$  方法的理论模型的核心在于新能源车产业链行业收益率的动态波动率、行业与新能源市场指数收益率之间的动态相关系数, 以及收益率分布三者的函数。本文的模型估计主要聚焦于

准确计算这三个关键参数的数值。

### 3.4.1. 估计动态波动率和动态相关系数的方法

鉴于 *MES* 方法及  $\Delta CoVaR$  方法均基于公开市场数据来进行风险度量, 本文在模型估计过程中主要采用公开市场的收益率数据。这些收益率数据属于金融时间序列数据, 具备金融市场的典型特征, 即动态波动率和动态相关系数均随时间变化, 并且表现出随机性。为了准确捕捉这些时变和随机的特性, 本文采用金融时间序列模型来估算所需的参数。通过这种方式确保 *MES* 方法和  $\Delta CoVaR$  方法在风险度量中的有效性和准确性。

本文所采用的是 DCC-GARCH 综合模型, 该模型结合了 GARCH (广义自回归条件异方差) 模型和 DCC (动态条件相关) 模型的特点。首先, GARCH 模型相较于传统的多元线性回归模型, 对估计残差进行了建模, 使得 GARCH 模型在处理波动性相关的问题时能更准确地描述和预测金融时间序列数据的波动性。其次, DCC 模型在评估系统性风险关联状况时, 特别注重“时间”维度的影响。相较于滚动窗口方法, DCC 模型能够更有效地捕捉系统性风险在时间上的动态变化, 提供更准确的系统性风险度量。最后, DCC-GARCH 模型不仅能够评估单期的系统性风险, 还能够预测未来一段时间内的系统性风险情况。这种预测能力使得模型在宏观审慎监管中具有重要的应用价值。综上所述, 本文采用 DCC-GARCH 模型能够全面评估新能源车产业链的系统性风险。

### 3.4.2. 估计与收益率分布相关的统计量的方法

#### (1) 新能源车产业链企业收益率分布的在险价值的 $VaR_{i,t}^q$ 估计方法

根据  $VaR$  的定义, 在序列分布满足或近似服从既定的分布时, 新能源车产业链企业的  $VaR$  计算式为

$$VaR_{i,t}^q = \hat{\mu}_{i,t} + Q(q)\hat{\sigma}_{i,t} \quad (10)$$

其中,  $\hat{\mu}_{i,t}$  为 ARMA-GARCH 类模型估计的均值,  $\hat{\sigma}_{i,t}$  为 DCC-GARCH 模型计算得到的动态波动率序列; 根据中心极限定理,  $Q(q)$  为置信水平为  $1-q$  时的新能源产业链企业收益率分布的分位数, 通常采用 5% 分位数(取  $q=0.05$ )。

#### (2) 市场收益率分布的尾部期望 $E_{i,t}$ 的估计方法

由于系统性风险事件的临界值  $C$  与市场收益率分布相关。本文假设市场收益率处于极端情况的临界值  $C$  和  $VaR_{m,t}^q(\alpha)$  相等, 从而模型使更简便地估计市场收益率在极端情况下的表现。

市场收益率分布的尾部条件期望的估计方法有两种。第一种方法是采用非参数核估计, 第二种方法则是将处于临界值  $C$  之下的收益率的动态波动率的估计残差直接求均值作为其尾部条件期望。为了便于模型估计, 本文选择第二种方法, 从而更直观地反映市场收益率在极端情况下的平均潜在损失。

## 4. 实证分析

### 4.1. 数据选取与构造

#### 4.1.1. 新能源车市场指数的选取

主流的新能源车指数有 5 种, 中证新能源指数(399808)、中证新能源汽车产业指数(930997)、国证新能源汽车指数(399417)、中证新能源汽车指数(399976)、国证新能源电池指数(980032)。五个指数均整个沪深 A 股作为样本空间, 从中选择样本股。但是挑选样本股规则和权重设置上略有差别。国证新能源车电池指数更偏向中上游, 中证新能源汽车指数更偏向全产业链。目前从我国新能源汽车相关企业的发展趋势看, 上、中游供应确定性需求更强, 尤其是产业链中游的电池技术未来发展前景广阔; 而产业链下游的整车制造商, 面临更为严峻的车品竞争。通过对五个指数近 5 年的收盘价走势及行业前景, 最终

本文选择收益率走势最好的国证新能源电池指数，见图 1。



Figure 1. New energy vehicle market index, 2018 to 2023

图 1. 2018 至 2023 年新能源车市场指数

#### 4.1.2. 新能源车产业链企业及时间段的选取

截至 2023 年 12 月 31 日，我国现存与新能源汽车相关企业 106 万余家，故本文参考杨蓉(2011) [19] 的研究方法，针对中国 A 股市场新能源汽车产业链上中下游上市公司的 48 只股票日收盘价，参考指数股票构成的方法，按照各股票在所属行业的市值占比来确定它们在行业指数中的权重，通过这种方法，成功计算并得到七个行业指数，代表新能源汽车产业链中市值最大的七个行业，即锂矿、其他金属、电解液、隔膜、电池、电路系统和乘用车，见表 1。

Table 1. Segmentation of the new energy vehicle industry chain  
表 1. 新能源汽车产业链的划分

产业链	行业
上游行业	锂矿
中游行业	其他金属 电解液 隔膜 电池 电路系统
下游行业	乘用车

全样本时间跨度为 2018 年 1 月 2 日到 2023 年 12 月 29 日，全样本时期共 1457 个交易日。本文参照危机事件开始的时点为依据，将样本数据划分为 3 个阶段，2018 年 1 月 2 日至 2019 年 12 月 31 日为中美贸易摩擦期间，2020 年 1 月 2 日至 2021 年 12 月 31 日为经济波动阶段，2022 年 1 月 4 日至 2023 年 12 月 31 日为经济恢复阶段。第一个阶段共 488 个交易日，第二个阶段共 487 个交易日，第三个阶段共 485 个交易日，见表 2。对数收益率的计算方法是： $R = 100 * (\ln P_t - \ln P_{t-1})$ ，其中  $P$  是各股票的日回报率。

其中，每日收盘价数据来源于均源于 choice 数据库，每日收盘价数据是无复权的，即除息除权后的每日收盘价。实证过程中所使用到的计量软件主要是 Eviews13.0 和 Matlab。

**Table 2.** Breakdown of time periods

**表 2. 时间段的划分**

时间	阶段
2018 年 1 月 2 日~2019 年 12 月 31 日	中美贸易摩擦
2020 年 1 月 2 日~2021 年 12 月 31 日	新冠疫情
2022 年 1 月 4 日~2023 年 12 月 31 日	经济恢复

## 4.2. 数据说明

### 4.2.1. 描述性统计

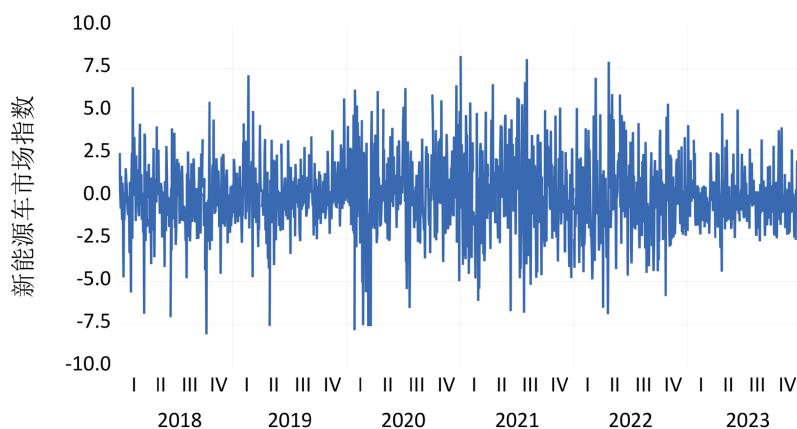
表 3 列出了国证新能源电池指数及 7 个新能源产业链行业收益率的描述性统计。通过描述性统计可以发现，隔膜与电路系统的波动幅度在各个收益率中最大。

**Table 3.** Descriptive statistics of returns

**表 3. 收益率的描述性统计**

	均值	最大值	最小值	标准差	偏度	峰度
新能源车指数	0.0427	8.1810	-8.1097	2.2022	0.0978	4.2078
锂矿	0.0943	9.9397	-10.0390	2.9229	0.1808	4.1347
其他金属	-0.0375	10.4845	-11.4763	2.8070	-0.0466	4.6444
电解液	0.1140	9.2946	-7.2166	2.1411	0.6160	4.6717
隔膜	0.0778	50.9400	-46.0308	7.5050	0.2708	11.0257
电池	0.1397	15.4123	-9.4243	2.5917	0.4558	5.0332
电路系统	0.1357	20.7546	-51.7236	4.0328	-1.0378	24.4567
乘用车	0.0272	7.5246	-8.8955	1.9689	0.2977	4.7167

### 4.2.2. 新能源车市场指数的波动聚集性



**Figure 2.** Volatility aggregation of returns for the new energy vehicle market index over the full sample period

**图 2. 新能源车市场指数在全样本期间收益率的波动聚集性**

图 2 显示了新能源车市场指数在全样本期间收益率的波动聚集性，2018 年初至 2019 年末和 2020 年初至 2021 年末收益率的波动幅度明显大于 2022 年初至 2023 年末，且全球卫生紧急阶段收益率的波动幅度最为明显和集中，说明新冠疫情的爆发对新能源车市场产生了较大的冲击。因此，本文将全时间划分为中美贸易摩擦阶段、经济波动阶段、经济恢复三个阶段是合理可取的。

#### 4.2.3. 自相关分析

表 4 展示了全样本时期的相关矩阵，从表中数据可以看出，新能源车市场指数与中国新能源汽车产业链上的七个关键行业的收益率之间具有显著的正相关性。这种强相关性表明，当新能源车市场指数变动时，这些行业的收益率也会相应地呈现出同向变动。同时，这七个行业的收益率之间也存在高度的关联性，且这种关联在 1% 的显著水平下仍然显著，说明这些行业之间紧密相连，一个行业的变动很可能会影响其他行业产生影响。

尤其是锂矿和电池行业与其他行业的均值相关系数较大，显示出这两个行业在新能源汽车产业链中具有较大的影响力，它们的市场动态对整个产业链具有重要影响。相比之下，乘用车行业与产业链上其他行业的相关系数较小，这表明乘用车行业与其他行业的关联性相对较低。这可能也表明，乘用车行业在面对市场波动时，其风险溢出水平可能也相对较低，即乘用车行业的风险更可能局限于行业内部。

**Table 4.** Correlation matrix for the full sample period

**表 4.** 全样本时期的相关矩阵

	市场指数	锂矿	其他金属	电解液	隔膜	电池	电路系统	乘用车
市场指数	1							
锂矿	0.823***	1						
其他金属	0.750***	0.703***	1					
电解液	0.658***	0.519***	0.405***	1				
隔膜	0.635***	0.453***	0.377***	0.543***	1			
电池	0.845***	0.598***	0.524***	0.551***	0.652***	1		
电路系统	0.556***	0.405***	0.398***	0.396***	0.434***	0.501***	1	
乘用车	0.550***	0.432***	0.438***	0.331***	0.360***	0.443***	0.440***	1

注：\*\*\*、\*\*、\* 分别表示在显著水平 1%、5%、10% 上显著。

#### 4.3. 数据稳健性检验

金融时间序列数据分析领域的研究指出，运用 DCC-GARCH 模型来分析收益率数据时，必须确保数据具备非随机性、平稳性和异方差性这三个关键特性。因此，在构建模型并进行实证分析之前，需要对数据样本的布特性进行严格的检验，确保实证分析过程的稳健性与可信性。

##### 4.3.1. JB 检验

**Table 5.** JB test

**表 5.** JB 检验

	卡方统计量	P 值	是否通过检验
新能源车指数	90.8735	<2.2e-16	通过
锂矿	86.1006	<2.2e-16	通过
其他金属	164.6852	<2.2e-16	通过

续表

电解液	261.8008	<2.2e-16	通过
隔膜	3928.1184	<2.2e-16	通过
电池	301.3965	<2.2e-16	通过
电路系统	28211.0802	<2.2e-16	通过
乘用车	200.4418	<2.2e-16	通过

从表3中的各收益率序列的偏度和峰度来看,偏度和峰度均异于0,呈现明显的“尖峰厚尾”现象,说明各收益率序列不服从正态分布。同时,见表5各收益率序列的JB检验的卡方统计量的值均大于临界值,也证明各收益率序列数据不遵循正态分布的特性。

#### 4.3.2. 平稳性检验

在运用DCC-GARCH模型进行分析时,要求收益率序列需具备平稳性。采用单位根检验法(ADF)来检验各收益率序列的平稳性,检验结果表明各收益率序列P值均显著低于0.01的显著性水平,各序列均满足平稳性的要求,见表6。

Table 6. ADF test results for each yield series

表6. 各收益率序列 ADF 检验结果

	单位根检验	是否通过检验
新能源车指数	-37.2913	通过
锂矿	-36.1719	通过
其他金属	-37.6628	通过
电解液	-25.1103	通过
隔膜	-35.3014	通过
电池	-37.6202	通过
电路系统	-36.9361	通过
乘用车	-37.6439	通过

#### 4.3.3. 异方差性检验

为了验证新能源车市场指数及新能源车产业链行业收益率序列的ARMA模型估计残差是否存在异方差性,本文采用异方差效应(ARCH)检验。从表7的检验结果来看,新能源车指数、锂矿、其他金属、电解液、隔膜、电池、电路系统以及乘用车的收益率序列的ARMA模型估计残差的异方差检验的P值均小于0.05,即在5%的显著性水平上,拒绝原假设。综上所得,各收益率的ARMA模型估计残差序列存在异方差性,可以运用DCC-GRACH模型进行MES方法和 $\Delta CoVaR$ 方法的理论模型估计。

Table 7. ARCH test for each rate of return

表7. 各收益率的 ARCH 检验

	LM 统计量	P 值
新能源车指数	28.3517	0.0000
锂矿	21.4143	0.0000
其他金属	39.9516	0.0000
电解液	49.1104	0.0000

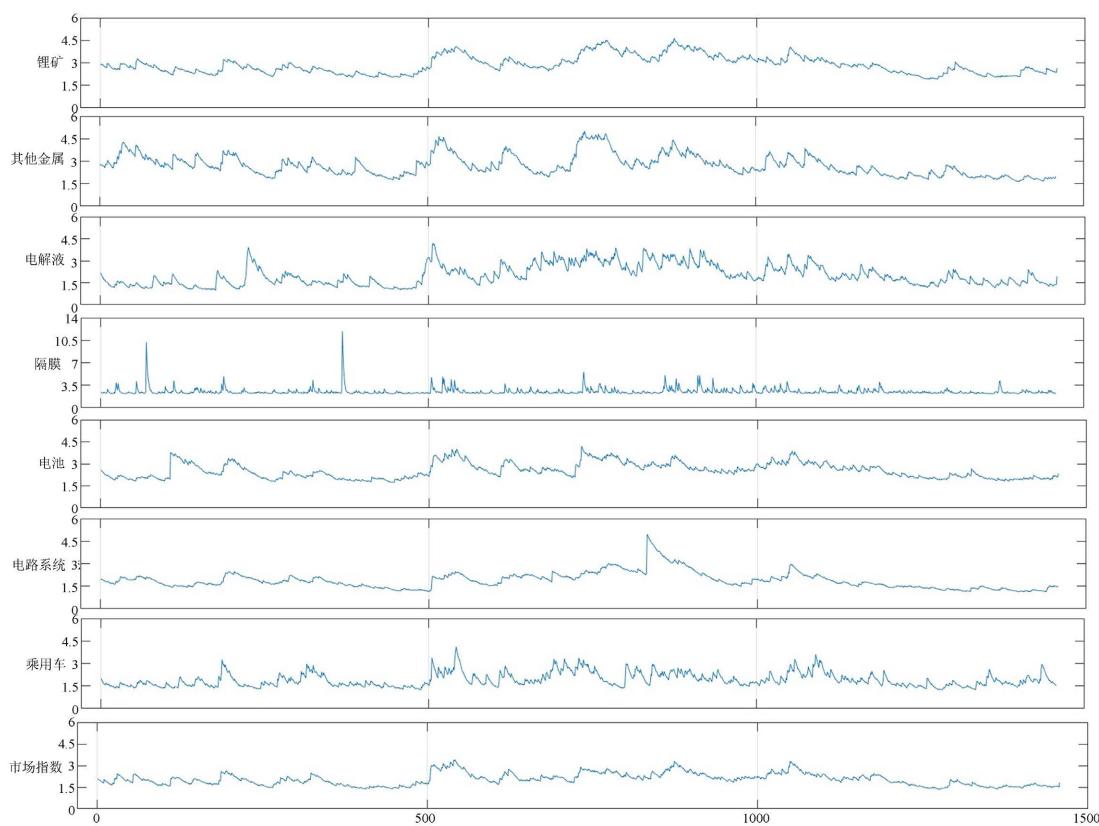
续表

隔膜	121.3529	0.0000
电池	12.9617	0.0015
电路系统	6.0213	0.0493
乘用车	49.2874	0.0000

#### 4.4. 实证结果分析

##### 4.4.1. 动态波动率

基于前期 DCC-GARCH 模型估计得到的参数，代入到动态波动率的计算公式中，求出各收益率序列的动态波动率，对各收益率序列的动态波动率作图，得图 3：



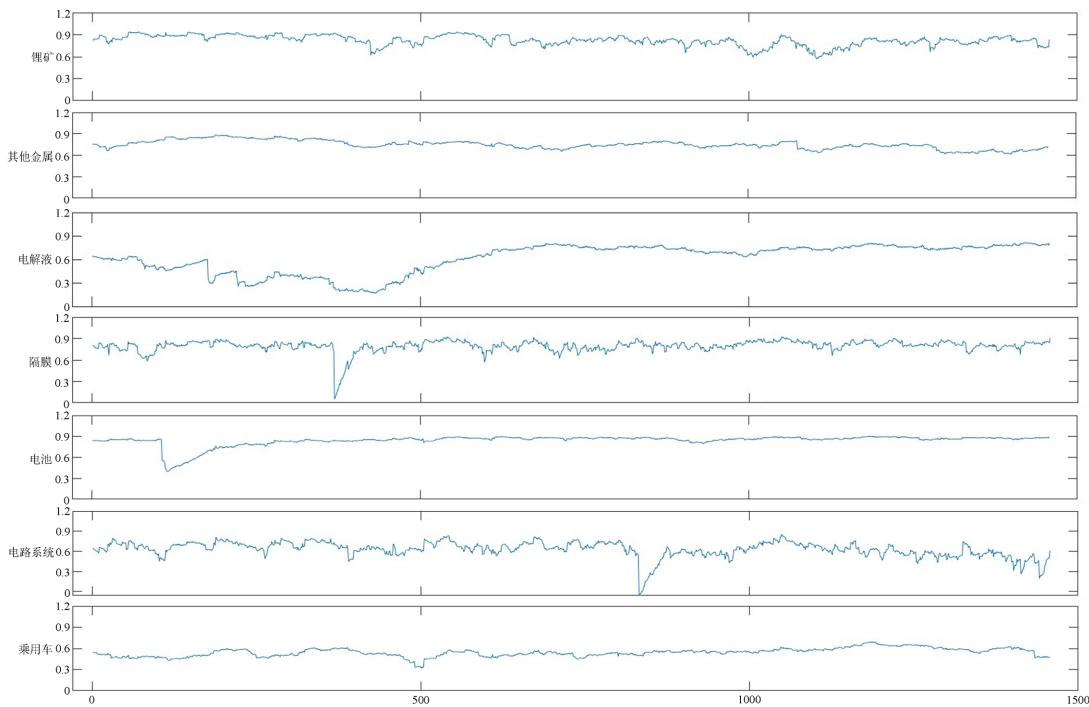
**Figure 3.** Dynamic volatility by industry

**图 3.** 各行业的动态波动率

从图 3 可知，序列 1 至序列 8 的动态波动率展现出相似的走势，波动的高峰和低谷大致是同一时期，这一现象显著体现了我国新能源车行业收益率波动的一致性，并且这种一致性很可能与宏观经济环境以及新能源车市场本身的动力变化密切相关，在“时间”维度上呈现出强烈的顺周期性特征，各行业的波动趋势与市场整体趋势同步。由图 3 的纵坐标轴比较可知，隔膜行业的收益率波动率明显较高，其取值范围在[3.5, 14]之间，显示了较大的波动幅度。相较之下，其他新能源车产业链行业的收益率波动率则相对较低，取值区间大致稳定在[0, 6]之间，显示出相对较小的波动幅度。这一对比凸显了隔膜行业在新能源车产业链中可能面临较高的市场风险和不确定性。

#### 4.4.2. 动态相关系数

通过 DCC 模型的应用可以直接估计出新能源汽车市场收益率序列与新能源车产业链各行业收益率序列之间的动态相关系数, 对各序列的动态相关系数作图, 得图 4:



**Figure 4.** Time-series plot of dynamic correlation coefficients of return series across industries

**图 4. 各行业收益率序列的动态相关系数时序图**

由图 4 可知, 序列 1 至 7 与中国新能源车市场的动态相关系数普遍较高, 其值域主要落在(0.3, 1.2)区间内, 这显著反映了我国新能源车产业链行业与新能源车市场在“空间”维度上的紧密关联性。整体上来看, 各新能源车产业链行业与中国新能源车市场的收益率相关系数在 2019 年至 2020 年以及 2021 年至 2022 年两个时间段内波动较为剧烈, 而自 2022 年后则逐渐趋于平稳。这可能归因于系统性风险事件对新能源车产业链资产收益的显著冲击。具体而言, 当市场遭遇重大风险事件时, 如中美贸易摩擦或卫生紧急状态等, 这些事件不仅直接影响了新能源车市场的整体表现, 还通过产业链传导机制, 间接影响了新能源车产业链内各行业的收益率表现, 从而引发动态相关系数的较大波动。

分时间段来看, 中美贸易摩擦对电池和隔膜行业的影响尤为显著, 这可能与这些行业在供应链中的特定位置和依赖关系有关。而电路系统行业则受到新冠疫情的较大影响, 其与市场收益率的动态相关系数波动较大, 反映了疫情对供应链和消费者需求的冲击。从行业角度来看, 锂矿行业的收益率相关系数在所有行业中最高, 长期保持在(0.9, 1)的高位区间, 即使在 2020 年左右略有下降至 0.7 左右, 其相关性依然在同期的行业中处于领先地位, 这与锂矿作为新能源车产业链上游原材料的重要地位有关, 其价格波动直接影响到中下游行业的成本和市场表现。相对而言, 下游行业如乘用车, 其与市场收益率的相关系数波动幅度较小, 这可能表明下游行业与新能源车市场的直接关联性较小, 其市场表现更多地受到消费者需求、市场竞争等其他因素的影响。

#### 4.4.3. $\Delta CoVaR$

根据表 2 划分的三个时期, 表 8 列出了我国新能源车产业链各行业在这三个时期  $\Delta CoVaR$  排名结果。

通过对比分析,可以发现不同时期的行业排名存在一定差异,这反映了各行业在市场环境和风险事件中的不同表现和适应能力。从“自下而上”的视角看,在2018年中美贸易摩擦和2020年全球卫生紧急状态这两个系统性风险事件发生期间,各新能源车行业的风险 $\Delta CoVaR$ 值有所增加。这表明,当市场环境处于危机时,新能源车产业链上的各行业更容易受到冲击,并将风险扩散到整个系统中。在危机过后即经济恢复时期,各新能源车行业的 $\Delta CoVaR$ 值减少。这说明,在相对稳定的市场环境下,各行业的系统性风险溢出度并没有显著变化。从而反映出各新能源车行业在系统性风险事件发生时表现出更高的风险溢出度,对整体风险起到加剧作用;而在经济平稳时期,这种风险溢出效应则相对较弱。

从整体上来看,全球卫生紧急状态时期新能源车产业链各行业对市场的整体风险溢出相较于中美贸易摩擦时期和经济恢复时期更为显著,这确实表明全球卫生紧急状态对整个新能源车产业链造成了重大的冲击,这种冲击可能源于疫情导致的供应链中断、消费者需求下降以及生产和销售的不确定性。在新能源车产业链中,不同环节对系统性风险的溢出程度有所不同。下游的乘用车行业和中游的电路系统行业在样本统计期间表现出较小的风险溢出度,并且排名相对稳定,这说明这两个行业具有较强的风险隔离性,即它们相对独立于其他环节,受外部冲击的影响较小。相比之下,处于产业链上游的锂矿、隔膜以及核心行业的电池对系统性风险的溢出程度较大。这些行业在新能源车产业链中占据关键位置,与其他环节存在紧密的上下游联系。因此,当这些行业发生极端情况时,如原材料价格暴涨、供应链中断或技术瓶颈等,都会对整个产业链造成显著冲击。特别是锂矿、隔膜和电池行业,它们作为新能源车动力系统的核心组成部分,其稳定性和可持续性对整个产业的健康发展至关重要。

**Table 8.** Conditional insured value premium ( $CoVaR$ ) rankings

**表 8. 条件在险价值溢出度  $\Delta CoVaR$  排名**

	2018.01~2019.12		2020.01~2021.12		2022.01~2023.12	
	$\Delta CoVaR$	排序	$\Delta CoVaR$	排序	$\Delta CoVaR$	排序
锂矿	2.7151	1	3.5609	2	2.4635	4
其他金属	2.5691	2	3.1549	4	2.2316	5
电池	2.2417	3	3.7669	1	2.9248	1
隔膜	2.2390	4	3.2627	3	2.6565	3
电路系统	2.1880	5	2.5184	6	1.9029	7
乘用车	1.5299	6	2.3240	7	1.9564	6
电解液	1.1039	7	3.1111	5	2.5006	3

#### 4.4.4. MES

根据表2划分的三个时期,表9列出了这三个时期我国新能源车产业链行业MES均值排名结果。从“自上而下”的视角来看,各新能源车行业在2018年中美贸易摩擦后和2020年全球卫生紧急状态后,我国新能源车行业受新能源车市场的系统性风险都有所增强,且特别是在全球卫生紧急状态时期,各行业对市场的边际风险贡献达到了峰值。2022~2023年处于经济恢复阶段,各新能源车行业的风险溢出水平普遍降低,这表明随着市场环境的稳定和经济的复苏,行业的系统性风险得到了一定的缓解。从行业细分角度来看,下游的乘用车行业表现出相对较低且稳定的风险溢出程度,显示出其较强的风险抵御能力和与其他行业相对较低的关联性。这可能与其在产业链中的位置和特性有关,乘用车作为最终产品,与消费者的需求直接相关,而受上游原材料和零部件供应的影响相对较小。然而,上游行业如锂矿、其他金属、电池以及隔膜等,在各时期均显示出较弱的风险抵御能力和较高的风险溢出程度。全球卫生紧

急对电路系统行业的影响尤为显著。这主要是由于供应链中断、生产延误和运输成本上升，使得该行业面临了巨大的运营压力。然而，在经济恢复阶段，其风险溢出程度迅速下降，显示出该行业具有较强的恢复能力和适应性。电解液的边际风险贡献度呈上升趋势，这是由于我国新能源车行业的快速发展，导致行业需求增长，原材料的供需紧张且行业内的竞争加剧导致的。

**Table 9. Ranking of MES means**

**表 9. MES 均值排名**

	2018.01~2019.12		2020.01~2021.12		2022.01~2023.12	
	MES 均值	排序	MES 均值	排序	MES 均值	排序
锂矿	4.2088	2	6.2787	1	3.515	1
其他金属	4.9161	1	4.9577	4	2.6811	4
电池	3.0423	4	5.2639	3	3.3797	2
隔膜	4.1008	3	4.5375	5	3.0611	3
电路系统	2.4709	5	5.8831	2	1.7412	7
乘用车	1.7552	6	3.0337	7	2.1855	6
电解液	0.5415	7	3.416	6	2.4102	5

## 5. 结论与建议

### 5.1. 结论

本文基于 DCC-GARCH 模型，运用  $\Delta CoVaR$  方法和 *MES* 方法，在“时间”和“空间”两个维度上，从“自上而下”和“自下而上”两个视角对我国新能源产业链 2018~2023 年的系统性风险进行了测度。结论如下：

首先，新能源车产业链存在系统性风险，且行业收益率的波动存在顺周期性。行业的收益率动态波动率与我国宏观经济周期的变化趋势高度一致。当经济环境受到冲击时，各行业的动态波动率较大，风险溢出水平较高；当经济处于恢复阶段时，各行业的收益率的波动较为平稳。

其次，各行业各时期的抵御风险的能力有所不同。当新能源车市场收益率处于极端下跌状况时，在产业链占有重要地位与市场相关性较高的上游行业及电池行业对整个市场的风险溢出水平较高，预期损失较大，抵御风险的能力较差。而下游行业与新能源车市场的关联性较低，在一定程度上有利于隔离风险，其收益率的变动较为平稳。

最后，*MES* 和  $\Delta CoVaR$  两种方法在评估系统性风险溢出效应时，得到的估计值走势呈现出一致性，但侧重点略有不同。 $\Delta CoVaR$  侧重于个体风险溢出情况；*MES* 侧重于对系统的影响程度。具体到新能源车产业链中，电路系统行业在全球卫生紧急期间受到了较大的冲击，使得电路系统行业的运营和盈利能力受到了严重影响。然而，通过  $\Delta CoVaR$  方法的分析，发现电路系统行业对于新能源车市场的风险溢出水平相对较低。另一方面，锂矿行业作为新能源汽车电池的重要原材料供应商，在新能源车市场发生极端情况时，其风险溢出程度会显著加大。通过 *MES* 方法的分析，可以更加清晰地看到锂矿行业在新能源车市场中的系统重要性，以及其在极端市场条件下对整个系统的潜在影响。

### 5.2. 建议

实证分析结果表明，新能源车市场或其内部各细分行业在面临极端收益率下跌时，均会对整个新能源车产业链构成显著的风险冲击，这种连锁反应可能进一步恶化，加剧新能源车产业链的系统性风险。

基于以上分析，本文旨在向市场中的不同主体提出一系列建议，以期推动新能源汽车产业链实现健康、稳定且可持续的发展。

第一，对于新能源车产业链各行业的公司而言，主要是加强自身抵御外部风险的能力，防范因宏观环境及新能源车市场的波动引起的系统性风险。我国新能源车产业链各行业尤其是中上游行业，要积极应对贸易摩擦带来的不利影响，构建国内资源配置和国际资源配置“双轮驱动”的格局，规避个别国家的贸易壁垒，提高中国企业在全球新能源产业链的掌控力。对于电路系统行业特别要强化供应链管理与稳定性，建立稳定、可靠的供应链体系，确保原材料和零部件的稳定供应，与供应商建立长期合作关系，共同应对市场波动和风险。同时各行业也需要建立完善的财务管理体系，确保资金流动性和偿债能力，定期进行财务风险评估，制定应对策略，降低财务风险，合理利用金融工具进行风险管理，如套期保值、汇率锁定等。产业链的上中下游各企业之间也需要建立战略合作关系，加强行业交流和合作，共同应对市场波动和风险，共同推动新能源行业的发展。

第二，对于投资者而言，在构建投资组合和制定对冲策略时，投资者应当深刻洞察宏观经济环境的变化以及跨行业风险溢出的潜在影响。特别是在新能源车产业链中，投资者应给予中上游行业更高的关注度，细致分析这些行业的整体趋势和风险状况，构建一个更为审慎的投资组合，旨在降低潜在风险并提升整体回报。密切关注GDP增长率、就业市场、通货膨胀率和利率变动等宏观经济指标，注意政策和政治稳定性，从而更有利对当前宏观经济形势的判断。关注于中上游企业的前景的同时也对新能源车产业链中上游行业的竞争格局、技术迭代速度、市场需求变化等因素，评估行业和公司面临的风险进行分析。根据自身的投资目标和风险承受能力，合理配置股票、债券、基金等不同投资品种，保持投资组合的多样性，及时调整投资策略，避免单一行业的风险。可以考虑使用期权、期货等金融工具进行对冲，以降低投资组合的系统性风险，通过分散投资不同行业来降低系统性风险。

第三，对于政策制定者和监管部门而言，主要是防范外部环境对于新能源产业链造成的系统性风险和防范新能源产业链行业造成整个市场的波动风险。在制定宏观政策的过程中，需保持政策稳定性与前瞻性，充分考虑政策对新能源车产业链的影响，落实落地激励政策，把政策优势转化为产业发展优势。可以构建一个新能源车产业发展安全指数，该指数将综合考量新能源对外依存度、核心技术自给能力、市场定价权以及企业竞争力等核心要素，加强对新能源车产业链供应链安全稳定风险的监测和预警，确保在潜在风险出现时能够迅速识别并作出有效应对。鼓励企业、高校和科研机构之间的紧密合作，共同开展新能源技术的研发工作，并推动研发成果的转化和应用，联合攻克关键核心技术和“卡脖子”技术，锻造新能源关键技术创新长板，从而提升整个产业链的技术水平和竞争力。同时也需要建立健全的市场监管体系，加强对新能源产业链各行业的监管力度，确保市场的公平竞争。对违反法规、标准或存在安全隐患的企业进行严厉打击，维护市场秩序和消费者利益，推动新能源车产业的健康、稳定和可持续发展。

## 参考文献

- [1] 孙超, 刘波, 孙逢春. 新能源汽车节能规划与控制技术研究综述[J]. 汽车安全与节能学报, 2022, 13(4): 593-616.
- [2] 吴金明, 邵昶. 产业链形成机制研究——“4+4+4”模型[J]. 中国工业经济, 2006(4): 36-43.
- [3] 刘贵富. 产业链的基本内涵研究[J]. 工业技术经济, 2007(8): 92-96.
- [4] 李文辉. 新能源汽车产业链构建研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2012.
- [5] 汪淑芳. 中国新能源车产业链优化研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 东华大学, 2015.
- [6] 王静宇. 中国新能源汽车产业联盟发展现状及技术创新模式研究[J]. 科技管理研究, 2016, 36(22): 162-171.
- [7] 罗贞礼. 从新能源汽车产业价值链看我国动力锂离子电池产业的创新发展[J]. 新材料产业, 2010(10): 66-71.
- [8] 李克卿, 陆文星, 梁昌勇. 管理视角下中国新能源汽车动力电池的回顾与展望[J]. 科技管理研究, 2020, 40(5):

- 173-177.
- [9] 陈云香, 孙华平, 张茜, 等. 价值链曲线视角下中国新能源汽车电池产业转型升级策略研究[J]. 经济研究参考, 2019(9): 46-51.
- [10] Horowitz, J. and Coffin, D. (2018) The Supply Chain for Electric Vehicle Batteries. *Journal of International Commerce and Economics*, 1-21.
- [11] Li, L., Dababneh, F. and Zhao, J. (2018) Cost-Effective Supply Chain for Electric Vehicle Battery Remanufacturing. *Applied Energy*, 226, 277-286. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.05.115>
- [12] Baars, J., Domenech, T., Bleischwitz, R., Melin, H.E. and Heidrich, O. (2020) Circular Economy Strategies for Electric Vehicle Batteries Reduce Reliance on Raw Materials. *Nature Sustainability*, 4, 71-79. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00607-0>
- [13] 刘燕玲. 北京纯电动汽车产业链构建研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 2012.
- [14] 张庆彩, 吴椒军, 张先锋. 我国新能源汽车产业链协同发展升级的运行机制及路径探究[J]. 生态经济, 2013(10): 122-125.
- [15] Yan, Q., Zhang, M., Li, W. and Qin, G. (2020) Risk Assessment of New Energy Vehicle Supply Chain Based on Variable Weight Theory and Cloud Model: A Case Study in China. *Sustainability*, 12, Article 3150. <https://doi.org/10.3390/su12083150>
- [16] 张晓朴. 系统性金融风险研究: 演进、成因与监管[J]. 国际金融研究, 2010(7): 58-67.
- [17] Shmidt, A.V. and Khudyakova, T.A. (2015) Analysis of the Influence of the Uncertainty of the External Environment on the Financial and Economic Sustainability of Industrial Enterprises. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6, 465. <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n6s2p465>
- [18] 黎峰, 曹晓蕾, 陈思萌. 中美贸易摩擦对中国制造供应链的影响及应对[J]. 经济学家, 2019(9): 104-112.
- [19] 杨蓉. 新能源汽车产业链溢出效应研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 四川大学, 2022.
- [20] 徐美玲. 新能源汽车企业生存风险影响机理及评价研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 太原理工大学, 2022.
- [21] 吴锦泽, 蔡思彤, 王明旭, 等. 广东省新能源汽车产业政策环境风险研究[J]. 环境科学与管理, 2022, 47(9): 10-14.
- [22] 薛震. 新能源汽车产业化过程中的风险及其规避[J]. 商业时代, 2009(14): 113-114.
- [23] 赵树然, 张洁, 李金宸, 等. 波动分解视角下中国能源业系统性风险溢出[J]. 资源科学, 2023, 45(3): 637-651.
- [24] 王昶, 孙晶, 左绿水, 等. 新能源汽车关键原材料全球供应风险评估[J]. 中国科技论坛, 2018(4): 83-93.
- [25] 郝琼芳. 新能源汽车行业财务风险及对策研究——以 A 公司为例[J]. 财会学习, 2019(36): 229-230.
- [26] 范小群, 谭冰. 新能源汽车产业政策风险研究[J]. 时代汽车, 2021(23): 133-135.
- [27] 孙嘉辉. 新能源汽车供应链中断风险传播及控制策略研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2022.
- [28] Brownlees, C.T. and Engle, R.F. (2011) Volatility, Correlation and Tails for Systemic Risk Measurement. *Social Science Research Network, Working Paper*.
- [29] Adrian, T. and Brunnermeier, M. (2011) CoVaR. *Nber Working Paper Series, Working Paper 17454*.
- [30] Acharya, V., Pedersenand, L. and Philippon, T. (2011) Measuring Systemic Risk. *AFA2011 Denver Meetings Paper*.
- [31] 赵进文, 韦文彬, 基于 MES 测度我国银行业系统性风险[J]. 金融监管研究, 2012(8): 28-40.
- [32] 宋清华, 姜玉东. 中国上市银行系统性风险度量——基于 MES 方法的分析[J]. 财经理论与实践, 2014, 35(6): 2-7.
- [33] 白雪梅, 石大龙. 中国金融体系的系统性风险度量[J]. 国际金融研究, 2014(6): 75-85.
- [34] 卜林, 李政. 我国上市金融机构系统性风险溢出研究——基于 CoVaR 和 MES 的比较分析[J]. 当代财经, 2015(6): 55-65.
- [35] 王培辉, 尹成远, 袁薇. 我国保险业系统性风险溢出效应研究——基于时变 Copula-CoVaR 模型[J]. 南方金融, 2017(2): 14-24.
- [36] 袁馨蕾. 我国上市保险公司系统性风险评估[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 中南财经政法大学, 2019.
- [37] 王周伟, 吕思聪, 蒲训诚. 基于风险溢出关联特征的 CoVaR 计算方法有效性比较及应用[J]. 经济评论, 2014, 188(4): 148-160.
- [38] 王朝阳, 陈宇峰, 金曦. 国际油价对中国新能源市场的传导效应研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2018, 35(4): 131-146.
- [39] Girardi, G. and Tolga Ergün, A. (2013) Systemic Risk Measurement: Multivariate GARCH Estimation of CoVaR.

*Journal of Banking & Finance*, **37**, 3169-3180. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2013.02.027>

- [40] Chang, K., Ye, Z. and Wang, W. (2019) Volatility Spillover Effect and Dynamic Correlation between Regional Emissions Allowances and Fossil Energy Markets: New Evidence from China's Emissions Trading Scheme Pilots. *Energy*, **185**, 1314-1324. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.132>
- [41] Balciar, M., Demirer, R., Hammoudeh, S. and Nguyen, D.K. (2016) Risk Spillovers across the Energy and Carbon Markets and Hedging Strategies for Carbon Risk. *Energy Economics*, **54**, 159-172. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.11.003>
- [42] 余珂, 沈子杰, 薛秋霞. 国际原油期货与中国新能源股指市场动态相关性研究——基于 DCC-GARCH 模型[J]. 时代金融, 2023(10): 22-24.
- [43] 韩方园, 卢俊香. 房地产业与商业银行间风险溢出效应研究——基于 DCC-GARCH-CoVaR 模型[J]. 云南民族大学学报(自然科学版), 2023, 32(4): 533-540.
- [44] Adrian, T. and Brunnermeier, M.K. (2016) CoVaR. *American Economic Review*, **106**, 1705-1741. <https://doi.org/10.1257/aer.20120555>

# 竞争性供应链下的碳减排策略研究

张道福, 肖 蕾

湖北大学商学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年4月29日; 录用日期: 2024年5月13日; 发布日期: 2024年7月31日

## 摘要

考虑两条相互竞争的由制造商和零售商组成的二级供应链系统, 政府制定不同的环境政策对供应链决策产生影响。本文构建了以制造商为主导的Stackelberg博弈模型, 研究了政府不实施环境政策、实施补贴或税收政策的三种情况下供应链成员的最优决策, 并进一步提出了政府环境政策的实施策略。研究表明: 从经济利益角度看, 制造商和零售商都会更加青睐于补贴政策; 从环境保护视角却不一定, 当污染程度高且减排成本高时, 税收政策会带来更优的绿色效应; 同时社会福利最优也要考虑到产品污染和减排成本, 当两者都较小时, 补贴政策会带来最大化的社会福利。

## 关键词

碳减排, 环境政策, 竞争性供应链

# Research on Carbon Emission Reduction Strategies in Competitive Supply Chains

Daofu Zhang, Lei Xiao

School of Business, Hubei University, Wuhan Hubei

Received: Apr. 29<sup>th</sup>, 2024; accepted: May 13<sup>th</sup>, 2024; published: Jul. 31<sup>st</sup>, 2024

## Abstract

Considering a competitive two-tier supply chain system composed of manufacturers and retailers, different environmental policies set by the government influence supply chain decisions. This paper constructs a manufacturer-led Stackelberg game model and studies the optimal decisions of supply chain members under three scenarios: no environmental policy, subsidy policy, or tax policy implemented by the government. Furthermore, implementation strategies for government environmental policies are proposed. The research shows that from an economic perspective, both manufacturers and retailers prefer subsidy policies; however, from an environmental protection

**perspective, it may vary. When pollution levels are high and emission reduction costs are significant, tax policies can lead to better green effects. Additionally, optimizing social welfare requires considering product pollution and emission reduction costs. When both are low, subsidy policies can maximize social welfare.**

## Keywords

**Carbon Emissions, Environmental Policy, Competitive Supply Chain**

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

目前全球环境问题正日益严峻，气候变化、资源枯竭、生物多样性丧失等问题日益凸显。在这样的背景下，各国政府纷纷制定并实施各种环保政策从而减轻环境压力，促进可持续发展。在本研究中，我们重点研究政府的两种政策：补贴和税收。环境补贴是指政府根据企业在减排中的成本付出，为了鼓励环境友好型行为或减少环境污染而提供的经济奖励或补助金。环保税收政策是指政府利用税收手段来促进环境保护和可持续发展的政策措施。这种政策通过对企业污染排放行为征收税款或调整税率，从而引导企业减少污染排放，实现可持续发展。

本文旨在对环境税和补贴政策对供应链运营的影响进行理论分析和比较。具体而言，我们对供应链企业展开研究，涉及两条竞争性供应链，每条供应链有一个制造商通过一个零售商进行产品分销，并通过投资绿色技术来减少制造业的污染排放。政府可以实施政策来干涉企业的减排行为，可以选择是否对绿色技术投资进行补贴或对制造商的污染排放征收环境税。本研究目的是解决以下两个核心问题：(1) 政府在何种条件下应该采取税收或补贴政策？(2) 哪种政策更有助于有效促进污染减排和社会福利的提升？我们将通过博弈论模型解决这些问题，为政府管理决策和政策制定提供建议。

## 2. 文献综述

与本文相关的论文主要涉及碳减排和竞争性供应链两个方面。碳减排是目前可持续发展领域的热点问题，碳减排作为一种环保手段贯穿于供应链的整个流程中，对于供应链质量的提升具有重要意义，也有越来越多的学者投入碳减排管理的研究中。He [1]等人在去中心化供应链中考虑单边共享和双边参与契约，他们发现双边参与契约能够很好地实现供应链协调并且能实现动态合作减排的效果。Wei [2]等人对碳税政策下两条相互竞争的供应链进行了分析，通过碳税来影响供应链中的竞争事实表明纵向间的合作管理能够很好地提高减排率和零售价格，这对社会来说是有利的。Sun [3]等人构建了制造商和供应商组成的博弈模型，结果发现企业的减排积极性会受到企业减排技术以及消费者低碳偏好的影响。

与本文相关的第二类文献是竞争性供应链。刘会燕和戢守峰[4]设计了两条二级竞争供应链模型来分析消费者偏好和供应链竞争对供应链绩效的影响，由此得出结论面对激烈的竞争时，产品共存能最大化实现各方最优。McGuire 和 Staelin [5]探究了双寡头市场中产品可替代性对控制结构的影响，他们提出竞争激烈时产品的可替代程度高，制造商更倾向于分散化结构，反之则更青睐于集成化结构。Zhao [6]等人考虑了由两个制造商和一个零售商组成的供应链模型，从而分析不同竞争策略和渠道成员不同的权力结构对产品最优定价的决策影响。

本文与以上文献的不同之处在于：本文在产品竞争市场的视角下探讨了环境政策对供应链和社会福利的影响，对产品市场竞争的二级供应链中的环境政策进行了比较分析。尤其是大多数文献基于单条供应链研究，本文探究了两条市场供应链存在情况下的场景。在实际的经济生活中，越来越多的企业开设自己的供应链体系，比如手机、新能源汽车等产业，在此情形下探究环境政策与供应链效益之间的影响具有一定的现实背景和管理意义。

### 3. 模型描述

在本节中，我们分析了两条供应链中没有环境政策的基准模型，每条供应链涉及一个制造商和一个零售商，制造商通过零售商分销其产品，零售商最后销售给消费者。我们假设制造商的单位生产成本恒定为  $c$ 。由于考虑市场竞争环境，我们假设产品是异质的，并且零售商的运营成本标准化为零(零售商运营成本大于零时不会影响本文主要结论)。与 Zhou [7]等人以及 Zou [8]等类似，我们采用

$$p_i = a - q_i - kq_j \quad (1)$$

来表达标准的需求函数， $a$  是潜在的市场容量， $p$  是零售价格， $q$  是产品产量， $i, j$  表示第  $i, j$  条供应链， $i, j \in \{1, 2\}$ ， $i \neq j$ 。我们用  $k$  来衡量产品差异化程度， $k$  值越高，代表产品竞争程度越高。

为了不失一般性，我们假设制造商生产一单位产品就排放一单位污染。生产企业通过投资减排技术，即企业生产会按单位产量  $x_i$  的比例减少污染排放， $0 < x_i < 1$ ，因此实际的减排量  $A = q_i x_i$ ，污染减排后的净排放量为  $E = q_i(1 - x_i)$ 。制造商采用减排技术进行生产需要投入一定的成本，成本的大小具体取决于减排水平，类似于 Tsai [9]等，减排水平越高对应的减排成本也会越多，考虑到在减排过程中的用料消耗、清洁措施等也会增加减排成本，因此我们用二次函数来假设减排成本  $\lambda A^2/2$ ，使其更加符合实际情况，其中  $\lambda > 0$ ，表示制造商的污染减排成本效率。我们同时考虑污染排放所造成的环境危害，我们用  $d$  来表示损害程度， $d > 0$ ， $d$  越大则说明生产所对环境造成的污染越大，污染破坏程度越高，我们将环境损害表示成  $dE^2/2$  的二次函数形式，这与 Bian [10]和 Poyago-Theotoky [11]等的文献类似，此外我们考虑两条供应链的对称性，假设  $q_i = q_j$ 。

基于上述描述，我们可以对目标进行建模，制造商的目标是利润最大化，而政府的目标是实现社会福利的最大化，因此我们考虑经济、环境等因素，社会福利由企业利润、消费者剩余  $CS$ 、政府补贴支出  $GS$  和环境损害组成。其中消费者剩余表达式为  $CS_i = (q_i^2 + kq_i q_j)/2$ ，这和 Singh 和 Vives [12]的假设是一致的。即我们表示社会福利：

$$SW = \Pi_M + \Pi_R + CS - GS - \frac{dE^2}{2} \quad (2)$$

最后，本文采用不同的上标和下标来表示有关情况，用下标  $i$  来表示第  $i$  条供应链， $i \in \{1, 2\}$ ，用下标  $R, M$  分别表示零售商和制造商，用上标  $B, S, T$  来分别表示无政策、补贴政策、税收政策三种情况。文中各基本符号及其含义见表 1 基本符号列表。

**Table 1.** Basic symbol list  
**表 1.** 基本符号列表

符号	含义
$a$	潜在市场容量
$q_i$	产品产量
$x_i$	减排水平
$k$	产品差异化程度

续表

$\lambda$	污染减排成本效率
$A$	制造商的实际减排量
$E$	减排后的污染净排放量
$d$	污染损害程度
$s$	政府对减排技术投入的补贴系数, $0 \leq s < 1$
$t$	政府对污染排放的税收系数, $0 \leq t < 1$

本文在无政策、补贴政策、环境税政策三种情景中进行比较。在每种情况下, 决策的顺序如下。第一阶段, 制造商根据政府的环境政策确定污染减排水平。第二阶段, 制造商设定批发价。第三阶段, 零售商依据制造商的批发价格确定订单数量。下面的图 1 事件决策顺序描述了事件决策顺序。本文采用逆向归纳法以确保子博奕完美均衡。

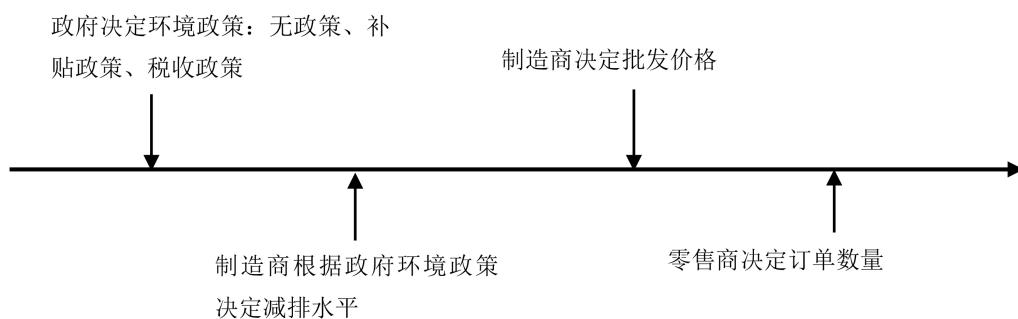


Figure 1. Event decision sequence  
图 1. 事件决策顺序

## 4. 模型分析

根据政府的环境政策, 本文依次对无政策、补贴政策和税收政策三种情况进行分析。

### 4.1. 无环境政策

在该模型中, 政府对于企业污染排放没有实施政策, 因此企业不具有减排的动机, 相应的减排水平  $x_i = 0$ , 根据前面的(1)式, 我们知道第  $i$  条供应链中的零售价格是  $p_i = a - q_i - kq_j$ , 则相应的零售商  $i$  利润函数为:

$$R_i^B = (a - q_i - kq_j - w_i)q_i \quad (3)$$

在无政策情况下不涉及政府补贴和税收, 制造商也没有减排成本, 制造商的利润函数如下表示。

$$M_i^B = (w_i - c)q_i \quad (4)$$

我们采用逆向归纳法求解由制造商领导的 Stackelberg 模型的均衡结果。

**命题 1** 在无环境政策下, 制造商  $i$  最优的批发价格为:

$$w_i^{B*} = \frac{(k+2)c + 2a}{k+4}$$

零售商最优的定价的订单数量决策为:

$$p_i^{B*} = \frac{kc + 3a + c}{k + 4}; \quad q_i^{B*} = \frac{a - c}{k + 4}.$$

制造商和零售商的利润分别为:

$$M_i^{B*} = \frac{2(a - c)^2}{(k + 4)^2}; \quad R_i^{B*} = \frac{(a - c)^2}{(k + 4)^2}.$$

无政策情况下的生产净排放量和社会福利分别为:

$$E_i^{B*} = \frac{a - c}{k + 4}; \quad SW^{B*} = \frac{(a - c)^2(7 + k - d)}{(k + 4)^2}.$$

在无政策环境下, 制造商没有减排动机的激励可能会导致过大的污染排放。例如当  $d > 7 + k$  时,  $SW^{B*} < 0$ , 此时社会福利为负, 此时有必要针对性地进行污染防治。

## 4.2. 补贴政策环境

在该模型中, 政府会对制造商的减排技术投入进行资金补贴, 鼓励企业加强减排技术的研发投入实现绿色生产, 此时政府的补贴系数  $s$  和减排水平  $x_i$  均大于 0。在本节中零售商第三阶段的利润函数与(3)式的相同, 但在第二阶段, 制造商要考虑到减排成本和政府补贴对利润的影响, 因此制造商的利润函数为

$$M_i^S = (w_i - c)q_i + sx_iq_i - \frac{\lambda(x_iq_i)^2}{2} \quad (5)$$

采用逆序归纳法, 我们有如下均衡结果。

**命题 2** 在实施补贴政策时, 制造商的最优批发价和减排水平为:

$$w_i^{S*} = \frac{(k + 2)c + 2a}{k + 4}; \quad x_i^{S*} = \frac{d}{\lambda + d}.$$

零售商最优的定价的订单数量决策为:

$$p_i^{S*} = \frac{kc + 3a + c}{k + 4}; \quad q_i^{S*} = \frac{a - c}{k + 4}.$$

制造商和零售商的利润分别为:

$$M_i^{S*} = \frac{[4\lambda^2 + (d^2 + 8d)\lambda + 4d^2]^2(a - c)^2}{2(k + 4)^2(\lambda + d)^2}; \quad R_i^{S*} = \frac{(a - c)^2}{(k + 4)^2}.$$

补贴政策情况下的最优补贴率、生产净排放量和社会福利分别为:

$$S^* = \frac{d\lambda(a - c)}{(k + 4)(\lambda + d)}; \quad E_i^{S*} = \frac{\lambda(a - c)}{(k + 4)(\lambda + d)};$$

$$SW^{S*} = \frac{(a - c)^2[(7 + k - d)\lambda + d(k + 7)]}{(\lambda + d)(k + 4)^2}.$$

## 补贴政策下的结果讨论

本节主要针对补贴政策下的计算结果进行分析讨论。

### 引理 1

(i) 当  $0 < d < k + 7$  时,  $SW^S > 0$ ;

(ii) 当  $d > k + 7$  且  $0 < \lambda < \frac{d(k+7)}{d-k-7}$  时,  $SW^S > 0$ , 否则  $SW^S \leq 0$ 。

引理 1 说明了社会福利与污染程度以及减排成本效率之间的关系, 当污染程度和减排成本控制在一定区间时我们总是能让社会福利大于 0, 这是因为在政府补贴下, 企业有更大的动机去提高减排水平, 这让实际的污染排放量小于消费者福利, 企业利润, 零售商利润以及政府支出之和。但当污染程度和减排成本都很高时, 会导致社会福利小于 0, 对整个社会造成极大的负面影响。

### 4.3. 税收政策环境

在该模型中, 政府会对制造商的污染排放收取相应的税费, 税费大小取决于企业的污染排放量以及政府的税率。此时政府的税收系数  $t$  和减排水平  $x_i$  均大于 0。在本节中零售商第三阶段的利润函数与(3)式的相同, 但在第二阶段, 制造商要考虑到减排成本和政府税收对利润的影响, 因此制造商的利润函数为

$$M_i^T = (w_i - c)q_i - t(1 - x_i)q_i - \frac{\lambda(x_i q_i)^2}{2} \quad (6)$$

采用逆序归纳法, 我们有如下均衡结果。

**命题 3** 在实施税收政策时, 制造商的最优批发价和减排水平为:

$$w_i^{T*} = \frac{(ad + kc - a + 2c)\lambda^2 + \lambda\{(a+c)k + 6a + 2c\}d + (k+4)(kc + 2a + c)}{(d+k+1)\lambda^2 + \lambda(k+4)(k+2d+4) + d(k+4)^2};$$

$$x_i^{T*} = \frac{d(k+4) + \lambda(d-3)}{(\lambda+d)(k+\lambda+4)}.$$

零售商最优的定价的订单数量决策为:

$$p_i^{T*} = \frac{[ad + c(k+1)]\lambda^2 + \lambda\{(a+c)k + 7a + c\}d + (k+4)(kc + 3a + c)}{(d+k+1)\lambda^2 + \lambda(k+4)(k+2d+4) + d(k+4)^2};$$

$$q_i^{T*} = \frac{(k+\lambda+4)(d+\lambda)(a-c)}{(d+k+1)\lambda^2 + \lambda(k+4)(k+2d+4) + d(k+4)^2}.$$

制造商和零售商的利润分别为:

$$M_i^{T*} = \frac{(a-c)^2 \{4\lambda^4 + (d^2 + 2d + 8k + 41)\lambda^3 + [(2k+12)d^2 + (10k+40)d + 4(k+4)^2]\lambda^2 + [(k+12)d + 8k + 32]d(k+4)\lambda + 4d^2(k+4)^2\}}{2[(d+k+1)\lambda^2 + \lambda(k+4)(k+2d+4) + d(k+4)^2]};$$

$$R_i^{T*} = \frac{(k+\lambda+4)^2(d+\lambda)^2(a-c)^2}{[(d+k+1)\lambda^2 + \lambda(k+4)(k+2d+4) + d(k+4)^2]^2}.$$

补贴政策情况下的最优税收率、生产净排放量和社会福利分别为:

$$t^* = \begin{cases} \frac{\lambda(a-c)[(d-3)\lambda + d(k+4)]}{(d+k+1)\lambda^2 + 2\lambda(k+4)\left(\frac{k}{2} + d + 2\right) + d(k+4)^2}, & d > d^T \\ 0, & d \leq d^T \end{cases};$$

$$E_i^{T*} = \frac{\lambda(a-c)(k+\lambda+7)}{(d+k+1)\lambda^2 + \lambda(k+4)(k+2d+4) + d(k+4)^2};$$

$$SW^{T*} = \frac{(k + \lambda + 7)(d + \lambda)(a - c)^2}{(d + k + 1)\lambda^2 + \lambda(k + 4)(k + 2d + 4) + d(k + 4)^2}.$$

### 税收政策下的结果讨论

本节主要针对税收政策下的计算结果进行分析讨论。与补贴政策不同的是, 税收政策下的社会福利恒大于 0, 不会对社会造成负面影响。在后文中, 我们继续针对两种政策下的经济效益、环境效益和社会效益进行分析。

**命题 4** 两种政策下制造商的利润变化:

$$(i) \frac{\partial \Pi_M^S}{\partial d} > 0;$$

$$(ii) \text{当且仅当 } d^T < d < d_1 \text{ 时, } \frac{\partial \Pi_M^T}{\partial d} < 0, \text{ 当 } d > d_1 \text{ 时, } \frac{\partial \Pi_M^T}{\partial d} > 0, \text{ 其中 } d_1 = \frac{\lambda(7k + 4\lambda + 28)}{k(k + \lambda + 4)},$$

命题 4(i)表明了在补贴政策下随着制造商的污染程度增加, 制造商的利润也会随之提高, 同引理 1(i)中的结论, 当制造商对环境危害严重时, 政府的补贴率相应会提高, 这会激励企业提高减排技术的投入, 加大减排力度以获取更高的资金补助。与此同时政府的补贴会超过企业对于减排的成本投入, 从而实现利润增加。命题 4(ii)表明相比补贴政策, 制造商利润在税收政策下并没有同样的变化趋势。当污染程度较小时, 制造商的利润会随着污染程度增加而越来越少, 而当污染程度很大时, 制造商的利润又会随着污染程度的增加而提高。

**命题 5** 两种政策下零售商的利润变化:

$$(i) \frac{\partial \Pi_R^S}{\partial d} = 0, \frac{\partial \Pi_R^S}{\partial \lambda} = 0;$$

$$(ii) \frac{\partial \Pi_R^T}{\partial d} < 0;$$

$$(iii) \text{当且仅当 } d^T < d < d_2 \text{ 时, } \frac{\partial \Pi_R^T}{\partial \lambda} > 0, \text{ 当 } d_2 < d \text{ 时, } \frac{\partial \Pi_R^T}{\partial \lambda} < 0.$$

命题 5(i)表明了前面所描述的现象, 补贴政策并没有传递到下游供应链中, 因此污染程度和减排成本的变化并不会对零售商的利润产生影响。

命题 5(ii)则体现了税收政策下, 随着环境污染程度增加, 制造商可能需要承担更高的环境管理和治理成本, 这包括购进行环境监测和报告以及缴纳税金等, 这无疑会提高制造商的生产成本, 而制造商为了保证利润会将这些费用转移到批发价上, 在市场价格不变的情况下, 零售商的利润会减少。

命题 5(iii)说明了当制造商的污染程度较小时, 减排成本的增加会提高零售商的利润, 这是因为此时减排成本增加, 政府会对制造商收取更低的税收, 产量也会随着增加从而增加了零售商的利润。然而当污染程度较大时, 为了避免高额的税收, 制造商可能会采取更昂贵的减排技术和设备, 这些成本会转嫁到产品批发价中, 从而降低零售商的利润率。

### 4.4. 环境政策对比

本节对无政策和两种环境政策的均衡结果进行对比分析, 讨论不同政策的影响度以及各种政策的适用性。

**引理 2** 不同政策间批发价、市场价格、订单数量的对比分别为:

$$(i) w^T > w^S = w^B;$$

$$(ii) p^T > p^S = p^B;$$

$$(iii) \quad q^T < q^S = q^B.$$

引理 2 中(i)和(ii)展现了不同政策下的价格传递, 在补贴政策下, 政府通常会向制造商提供经济补贴或者减免税收等优惠政策, 这样可以降低制造商的总成本, 但这部分效应并没有传递给零售商, 因此补贴政策下的价格和无政策下的价格是一致的。相比之下, 在税收政策下, 政府征收环境税或者其他相关税收, 制造商需要承担更多的成本负担。而这种成本在供应链上则展现为批发价和市场价格的上升。

$$\text{引理 3 不同政策下实际减排量的对比为: } A^S > A^T > A^B = 0$$

引理 3 说明了制造商的减排动机和政府政策是有关联的, 在没有政策的情况下, 制造商不存在减排动机, 会尽可能地追求经济效益。而在政策的指导下, 制造商们都会进行减排行为。相对于税收政策, 在补贴政策下制造商能够获得和减排量相对应的补贴, 这样的经济激励更直接、更显著, 有助于制造商更积极地实施减排措施。相比之下税收政策让企业不仅要承担减排成本, 还要承担税收, 制造商需要综合考虑二者对于利润的影响, 这在一定程度上降低了制造商的减排动机, 导致税收政策下的实际减排量更少。

$$\text{命题 6 不同政策下净排放量的对比为:}$$

$$\text{当且仅当 } d \geq d_3 \text{ 且 } \lambda \geq \frac{\sqrt{k^2 + 20k + 64} - k - 4}{2} \text{ 时, } E^B > E^S \geq E^T, \text{ 否则 } E^B > E^T \geq E^S, \text{ 其中}$$

$$d_3 = \frac{3\lambda(\lambda + k + 4)}{\lambda^2 + (k + 4)\lambda - 3k - 12}.$$

命题 6 表明环境政策的实施有助于污染减排, 其净排放量均小于无政策下的净排放量。结合引理 3 中的结论, 我们考虑净排放量对比应该为  $E^B > E^T \geq E^S$ 。但值得注意的是我们发现, 当制造商污染程度和减排成本效率都很高时, 补贴政策下的净排放量反而会大于税收政策下的净排放量。这是因为高污染和高减排成本在税收政策下会对制造商的利润产生很大的影响, 制造商需要在提高减排力度的同时控制产量才能避免过重的成本负担。这也说明了不一定只有在补贴政策才能带来更好的环境效应。

$$\text{引理 4 不同政策下制造商利润和零售商利润的对比为:}$$

$$\Pi_M^S > \Pi_M^B > \Pi_M^T; \quad \Pi_R^S = \Pi_R^B > \Pi_R^T$$

引理 4 表明在税收政策下, 制造商和零售商都要承担更多的成本从而导致利润的下降。这一点与 Bian [10] 和 Zhao [6] 的研究结论一致, 因为税收政策会对企业造成税收成本负担, 制造商的成本上升效应会跟随供应链传递到下游零售商身上, 导致供应链成员利润都受损。而在补贴政策下, 政府对于制造商的补贴并不会传递到下游零售商上, 制造商会因为补贴获得超额利润, 制造商能从政府补贴中获得大于减排成本的资金支持, 但零售商仍然保持着和无政策状态下一致的利润。也就是说, 单单考虑经济效益的情况下, 制造商和零售商们会更愿意接受补贴政策带来的正面效应。

$$\text{命题 7 不同政策下社会福利的对比为: 当且仅当 } \lambda > \frac{\sqrt{k^2 + 26k + 97} - k - 1}{2} \text{ 且 } d \geq d_4 \text{ 时,}$$

$$SW^B < SW^S \leq SW^T, \text{ 否则 } SW^B < SW^T \leq SW^S, \text{ 其中 } d_4 = \frac{3\lambda(2\lambda + 2k + 5 + \sqrt{4k^2 + 4\lambda k + 44k + 16\lambda + 121})}{2(\lambda k + \lambda^2 - 6k + \lambda - 24)}.$$

命题 7 表现了不同政策下的社会福利比较情况, 首先只要采用了环境政策, 其社会福利都会大于无政策的情况下, 这说明由于环境政策所引发的环境损害减小程度要高于制造商利润减小和减排成本上升的程度, 环境政策的效果是显而易见的。值得一提的是, 当生产污染程度较高且减排成本较高时, 税收政策下的社会福利要高于补贴政策下的社会福利。制造商需要全额承担减排成本, 这使得他们更加高效地管理生产过程, 降低污染排放, 从而减少了环境损害, 提高了社会福利。而在补贴政策下, 制造商可

能会过度依赖补贴, 导致减排效果不如税收政策明显, 影响社会福利的提升。然而生产污染低以及减排成本效率不高时, 补贴政策会是更优的选择。

## 5. 小结

本文构建了以制造商为主导的 Stackelberg 博弈模型, 针对竞争性供应链中的环境政策进行了分析, 研究了存在两条供应链相互竞争时政府不实施环境政策、实施补贴或税收政策的三种情况下供应链成员的最优决策。通过比较三种环境政策情况, 探讨了环境政策对于供应链整体绩效的影响。结果表明政府应该综合经济、环保、社会福利等因素合理选择环境政策。因为在考虑经济利益时, 补贴政策是供应链成员更加青睐的, 他们不会受到利益损失。而在环保和社会福利方面, 一旦制造商造成了过多的污染或面临高额减排成本, 税收政策会更优于补贴政策, 反之补贴政策更为适用。因此政府应当关注市场变化, 注重制定不同导向的环境政策并灵活使用才能充分发挥供应链成员和社会成员的环保积极性。

但本文没有将消费者偏好以及更加复杂的竞争纳入考虑。未来研究可以继续进行补充扩展: 一是可以考虑更为复杂的竞争情形, 研究存在多条供应链竞争时, 环境政策是如何影响供应链绩效的。二是将消费者的绿色消费偏好作为参考变量, 观察消费者偏好对于环境政策以及供应链的影响。三是可以考虑补贴和税收共存的混合策略模型, 探究环境政策综合应用时的供应链表现。

## 参考文献

- [1] He, L., Yuan, B., Bian, J. and Lai, K.K. (2021) Differential Game Theoretic Analysis of the Dynamic Emission Abatement in Low-Carbon Supply Chains. *Annals of Operations Research*, **324**, 355-393. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04134-9>
- [2] Yu, W., Wang, Y., Feng, W., Bao, L. and Han, R. (2022) Low Carbon Strategy Analysis with Two Competing Supply Chain Considering Carbon Taxation. *Computers & Industrial Engineering*, **169**, Article 108203. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108203>
- [3] Sun, L., Cao, X., Alharthi, M., Zhang, J., Taghizadeh-Hesary, F. and Mohsin, M. (2020) Carbon Emission Transfer Strategies in Supply Chain with Lag Time of Emission Reduction Technologies and Low-Carbon Preference of Consumers. *Journal of Cleaner Production*, **264**, Article 121664. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121664>
- [4] 刘会燕, 戴守峰. 考虑消费者绿色偏好的竞争性供应链的产品选择与定价策略[J]. 管理学报, 2017, 14(3): 451-458.
- [5] McGuire, T.W. and Staelin, R. (1983) An Industry Equilibrium Analysis of Downstream Vertical Integration. *Marketing Science*, **2**, 161-191. <https://doi.org/10.1287/mksc.2.2.161>
- [6] Zhao, J., Wei, J. and Li, Y. (2014) Pricing Decisions for Substitutable Products in a Two-Echelon Supply Chain with Firms' Different Channel Powers. *International Journal of Production Economics*, **153**, 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.03.005>
- [7] Zhou, Y., Hu, F. and Zhou, Z. (2018) Pricing Decisions and Social Welfare in a Supply Chain with Multiple Competing Retailers and Carbon Tax Policy. *Journal of Cleaner Production*, **190**, 752-777. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.162>
- [8] Zou, F., Zhou, Y. and Yuan, C. (2020) The Impact of Retailers' Low-Carbon Investment on the Supply Chain under Carbon Tax and Carbon Trading Policies. *Sustainability*, **12**, Article 3597. <https://doi.org/10.3390/su12093597>
- [9] Tsai, T., Wang, C. and Chiou, J. (2016) Can Privatization Be a Catalyst for Environmental R&D and Result in a Cleaner Environment? *Resource and Energy Economics*, **43**, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2015.10.002>
- [10] Bian, J. and Zhao, X. (2020) Tax or Subsidy? An Analysis of Environmental Policies in Supply Chains with Retail Competition. *European Journal of Operational Research*, **283**, 901-914. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.11.052>
- [11] Poyago-Theotoky, J.A. (2007) The Organization of R&D and Environmental Policy. *Journal of Economic Behavior & Organization*, **62**, 63-75. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2004.09.015>
- [12] Singh, N. and Vives, X. (1984) Price and Quantity Competition in a Differentiated Duopoly. *The RAND Journal of Economics*, **15**, 546-554.

# 商业银行碳中和业务对经营效率的影响研究

叶敬妍

西南民族大学经济学院, 四川 成都

收稿日期: 2024年6月18日; 录用日期: 2024年7月4日; 发布日期: 2024年8月9日

## 摘要

气候逐渐变暖已成为人类面临的全球性环境问题。在此背景之下我国提出了碳达峰与碳中和的目标: 碳排放于2030年之前达到高峰, 在2060年之前达到碳中和。商业银行作为金融中介机构由于资源配置能力显着, 对碳中和发挥了不容忽视的影响。文章以我国商业银行在“碳中和”背景下的碳金融业务为研究对象, 运用DEA-CCR模型衡量商业银行经营效率, 分析商业银行碳信贷业务对于银行效率的影响, 发现碳金融业务对于商业银行效率有积极作用。但我国商业银行碳金融业务仍然存在着发展模式单一、总体体量较小的问题, 本文针对这些问题进一步提出银行如何发展碳中和业务的措施。

## 关键词

商业银行, 碳中和, 碳信贷, 经营效率, DEA-CCR模型

# Research on the Impact of Carbon Neutral Business of Commercial Banks on Operating Efficiency

Jingyan Ye

School of Economics, Southwest Minzu University, Chengdu Sichuan

Received: Jun. 18<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jul. 4<sup>th</sup>, 2024; published: Aug. 9<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

The gradual warming of the climate has emerged as a global environmental challenge confronting humanity. In this context, China has proposed the objectives of reaching carbon emissions peak before 2030 and achieving carbon neutrality before 2060. As key financial intermediaries, commercial banks wield significant influence over carbon neutrality due to their substantial resource allocation capabilities. This study focuses on the carbon finance operations of Chinese commercial

banks in the context of "carbon neutrality", utilizing the DEA-CCR model to gauge bank efficiency, analyzing the impact of commercial banks' carbon credit business on their operational efficiency, and determining that carbon finance activities have a positive effect on commercial bank efficiency. Nevertheless, China's commercial banks still face issues related to a singular development approach and the overall magnitude is limited in their carbon finance operations. In light of these issues, this paper further puts forward measures for banks to develop carbon neutral business.

## Keywords

Commercial Banks, Carbon Neutrality, Carbon Credit, Operating Efficiency, DEA-CCR Model

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/>

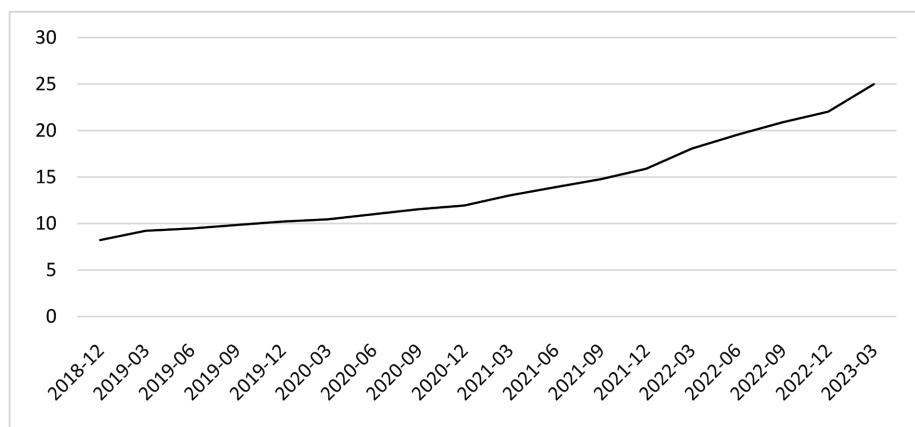


Open Access

## 1. 引言

随着全球气候变化的不断加剧，我国积极响应国际社会的呼吁，全面推进碳中和战略。全球气候变化给人类社会带来了严重的挑战，碳中和被视为解决气候变化问题的重要途径。我国早在 2015 年就提出了碳达峰、碳中和的目标，在 2020 年底规划了于 2030 年前实现碳达峰的目标。为了促进碳中和目标的实现，我国出台了众多政策措施。其中包括加强碳排放权市场建设、推动绿色技术创新、加大对清洁能源的支持等。政府还鼓励企业采取自愿性碳减排行动，并建立了碳中和示范区。

商业银行作为金融体系的重要组成部分，在碳中和中发挥着关键的作用。商业银行通过为企业提供碳中和贷款、发行碳中和债券等金融产品，促进了碳中和相关产业的发展。同时商业银行作为金融中介机构，通过为清洁能源、节能减排等行业提供融资支持，商业银行推动了碳中和项目的实施和发展。商业银行在碳中和中还担负着碳中和风险管理的责任。商业银行通过评估和管理碳中和相关项目的环境、社会和治理风险，为投资者提供可持续性的金融产品和服务。



**Figure 1.** Balance of green loans in domestic and foreign currencies in the quarters of 2018~2023 (trillion yuan)

图 1. 2018~2023 年季度本外币绿色贷款余额(万亿元)

自 2018 年央行把绿色信贷业绩列为考核银行经营绩效的重要指标后，商业银行碳中和业务的开展已

取得了一些成就，中国人民银行数据报告，2020年底绿色信贷余额为11.95万亿元人民币，占全部人民币贷款余额6.9%，较前一年上升20.3%；绿色不良贷款余额390亿元，不良贷款率是0.33%，相比同期企业贷款要低1.65个百分点。图1为2018~2023年季度本外币绿色贷款余额，从图中可以看出，我国最近五年绿色贷款一直处于上升趋势，并且在2021年后上升趋势明显加快。

2021年绿色金融在我国进入了一个新的发展期，我国在各个方面都开始不断地完善绿色金融体系的内涵，绿色发展已成为主流的经济发展模式。在规模日益扩大的情况下，绿色信贷在改善生态环境方面的作用日益显著，进而有利于经济发展。但是我国目前碳金融业务单一化、创新不足且缺乏激励，以绿色信贷为主，其他的业务比如期权期货等衍生工具、碳市场交易、绿色债券承销等方面远远落后于英美等发达国家，并且碳金融没有形成一套统一的评价标准，内控与风险管理存在不足。未来，商业银行可以进一步创新金融产品，提供更多的碳中和贷款和债券，完善碳中和业务的风险管理和评价机制，更好的促进碳中和产业的发展。

## 2. 文献综述

针对碳金融业务和其对商业银行经营效率的影响研究，国内外学者主要从商业银行经营效率的概念和测算方法、商业银行碳金融业务发展情况和碳金融业务对商业银行的经营效率作用机制三个方面进行较为全面的分析。

### （一）商业银行经营效率概念及测算方法

#### 1) 效率概念

经济效率是衡量一定的成本投入所能得到的经济报酬的大小。西方经济学中一个非常重要的前提假设是“资源缺乏”，只有在此前提假设下效率这个概念才得以产生。资源有限的前提下，只有不断提升经济生产效率，用最小的成本达到最大的收益。当今经济运行中提高效率已经成为核心目标之一。

而商业银行效率则体现着商业银行经营过程中投入和产出的相互关系，并用它衡量其总体经营的有效性。一方面商业银行也像其他公司一样寻求利益最大化，同样需要投入固定资产、人力资本来获得各项利润。另一方面商业银行的经营对象是货币资本，这点就决定了商银行和其他企业的经营方式、投入和产出的形式、效率测算方面都不太一样。另外，商业银行个人和企业提供资金服务，并且在宏观上也承担着调剂社会资金供求和金融宏观调控的作用，所以评价商业银行的经营效率也应该从对实体经济和社会方面的促进来进行考虑。在双碳背景之下，商业银行也应该承担着减少碳排放、响应国家碳中和的政策的任务。所以本文针对碳中和业务和商业银行的经营效率进行研究是很有意义的。

商业银行的效率比一般企业具有更多的内涵，不仅衡量了商银行的盈利能力，还关乎商业银行的可持续发展、社会效益等。其次，商业银行的效率不仅可以选取较为综合的指标进行全方位的测度，也可以针对商银行的某一项具体的业务或者是经营部门进行效率测度[1]。

在效率方面，我们可以从商业银行的多个效率维度进行深入探讨，例如范围效率、规模效率、技术效率、全要素生产率等。商业银行的效率水平可以通过技术效率和全要素生产率得到较为全面的体现。技术效率可以从动态和静态两个维度进行分析，而全要素生产率则能揭示一段时期内的动态演变。

#### 2) 效率测算方法

关于商业银行效率测度的问题，已经存在大量研究成果。与早期主要采用财务指标分析方法不同，现在越来越多的学者采用前沿分析法。财务指标分析法是一种基于多个财务指标来评估商业银行的运营效率和能力的方法。这些建议的指标能够揭示银行的经营实力、盈利状况、偿还债务的能力以及其发展潜力等方面。然而，财务指标的测量的效率相对单一，往往只能反应商业银行一个维度的经营效率，无法全面反映商业银行的综合实力。利用前沿分析方法，我们可以将商业银行与效率前沿进行比较，通过

比较它们之间的差异来评估银行的运营效率，这种方法更准确地展现了商业银行的整体效率状况。所谓的效率前沿，指的是在相似的外部环境和技术标准下，该行业内所有商业银行所能达到的最高经营效率。显然，前沿分析法的效率是一个相对的数值。前沿分析法又可以进一步细分为参数法和非参数法两大类。

参数方法主要是基于研究人员对模型的预设，预先确定函数的模型，参数法加进了随机误差的影响，以便于验证结果的显著性。此外，使用参数估计法的离散度相对较低，可以避免非参数法测量结果中有些效率值为 1 的情况[2]。以下是几种主要的方法：厚前沿方法(TFA)、自由分布方法(DFA)，还有随机前沿方法(SFA) [3]，其中 SFA 方法目前应用最广泛[4]。

而非参数的方法则是按照线性规划理论，前沿生产函数无需提前进行设置，用于多投入和多产出的情况研究，这种方法不仅可以评估各种纲量的指标，还可以用于分析效率提升的可能路径，相对于参数方法，它更为客观和准确[5]。因此，与参数方法相比，目前学术界普遍采用的是非参数的计算方式。无界分析(FDH)和数据包络分析(DEA)都属于非参数的估计技术[6]，目前，DEA 是其主要的代表方法。Sherman 和 Gold 在银行效率测量研究中[7]，是 DEA 方法在这一领域应用的先驱者。我们不仅可以采用 DEA 方法来评估一个国家内不同银行的运营效率，还可以对各个国家的银行运营效率进行对比。例如，Maudos 对西班牙商业银行的效率采用 DEA 方法进行了评估[8]，而 Titko 和 Stankevien 在测量拉脱维亚商业银行的运营效率时候则使用导入型 DEA [9]。沈悦使用 DEA-Malmquist 方法来评估 2003 至 2012 年间 36 家商业银行的运营效率[10]。

考虑到各种效率评估方法的优缺点，本研究选择了一个更加客观且易于操作的 DEA 模型来进行效率的分析。数据包络模型(DEA)是一种前沿的非参数分析方法，主要用于比较不同主体间的相对差异。DEA 的基础模型主要分为 CCR 和 BCC 两大类。CCR 主要用于测量规模效率保持不变或已达到最优状态的效率，而 BCC 则更适合于规模效率发生变化的场合。无论是 CCR 还是 BCC，都属于静态分析，即 DMU (决策单元)之间的横向比较。

## (二) 欧洲、美洲和我国的商业银行碳金融业务发展比较

2003 年花旗银行、荷兰银行、巴克莱银行等 10 家银行首次将可持续发展理念贯彻到金融机构经营中，创建了赤道原则。在近 20 年中，赤道原则逐渐成为国际金融机构履行社会责任和环境责任的黄金评价标准。截至 2022 年底，赤道原则共有 138 个 EPFI (赤道原则金融机构)成员(2022 年成员增加 12 个)，分布在欧洲、中东和非洲、亚洲、大洋洲、北美和拉丁美洲，覆盖 39 个国家<sup>1</sup>与 70% 以上的新兴市场的项目融资份额[11]。

赤道原则在欧洲得到了最广泛的实施。在执行碳信贷业务的过程中，欧洲的各大商业银行持续推出绿色信贷产品，并构建了特定的信贷风险管理流程。

美洲地区的 EPFI 数量仅落后于欧洲，占据了全球 EPFI 总数的 19.6%。美洲国家中美国、加拿大最早践行赤道原则，例如，美国的花旗银行在 2003 年就已经宣布实施赤道准则，而在 2005 年，花旗银行就创立了环境评价(PSR)体系，碳信贷产品也一直在创新路上[12]。

到 2021 年底为止，中国内地只有 9 家商业银行宣布践行赤道原则，这 9 家银行包括兴业银行、湖州银行、重庆农商行、贵州银行、绵阳市商业银行、江苏银行、重庆银行、福建海峡银行、威海市商业银行。这表明在全球金融危机背景下，我国银行业开始重视并践行赤道原则。兴业银行是商业银行中第一家承诺遵循赤道原则的，并在 2008 年正式成为其成员。在全球范围内开展了大量业务活动并取得良好业绩，但同时也面临着诸多挑战。在 9 家银行里，大多是股份制银行和城商行，大型国有商业银行少见于参与赤道原则的原因可能有两点：一方面是因为绿色融资项目需要比较长的还款周期，还有投资金额较大，且我国对于绿色企业信息披露还未建立完善的机制、ESG 法律法规还未形成体系；另一方面是因为

<sup>1</sup> 数据来源于 2022 年赤道原则活动报告《The Equator Principles Activity Report》。

银行自身持有的高碳资产价值下跌，如果没有缓冲期就迅速转型很可能催生市场风险、信用风险以及流动性风险。另外，由于金融机构承担社会和环境责任的成本较高，且收益很可能覆盖不了这一部分成本，导致商业银行加入“赤道原则”的积极性不高也是主要原因之一[13]。

2016年我国“碳金融”概念首次提出，自此各金融机构纷纷推出碳金融产品，由于我国主要以间接融资为主，所以我国碳金融业务以商业银行为主导。目前商业银行在碳金融业务领域主要有以下几类产品：碳资产融资产品、碳金融支持类产品及碳金融交易类产品[14]。由于我国碳金融起步较晚，所以在碳金融业务创新方面比英美韩等发达国家要缓慢一些，现阶段碳金融业务单一化，以绿色信贷为主，其他的业务比如期权期货等衍生工具、碳市场交易、绿色债券承销等方面远远落后于英美等发达国家，并且碳金融没有形成一套统一的评价标准，内部控制与风险管理体系还未完善，并且缺乏对于碳金融产品创新的激励[12]。

### (三) 碳金融业务对银行经营效率的作用及其机制分析

#### 1) 负面影响

与传统观念不同的是，发展碳金融业务对商业银行来说并不是百利而无一害的。其一，绿色项目的投资总量大、周期长，对流动性不足的中小银行来说发展难度很大；其二，目前我国的绿色企业信息披露机制不完善，尚未形成统一的国内体系和标准，金融机构难以识别鉴定绿色金融业务的配置效率和风险；其三，绿色转型本身会加大商业银行对“棕色资产”管理难度，加大商业银行的信用风险[15]；此外，金融机构开展碳业务成本相对较高[13]，成为影响商业银行承担社会公共责任、环境责任的主要担忧之一。

#### 2) 正面影响

现阶段我国商业银行在碳金融业务领域以绿色信贷为主。在绿色信贷激励方面，现有研究采用 Meta Frontier 框架下的 U-SBM 方法对中国商业银行的运营效率进行了测度，并将其分为技术领先和创新两个维度[16]，实证结果显示，绿色贷款的确能提升我国商业银行的技术创新能力，且国有银行受益更大，非国有银行受益则较小。

另有学者收集了123家商业银行的投入产出数据，建立含非期望产出的三阶段松弛向量模型(SBM模型)来计算商业银行的经营效率，论证了绿色信贷业务对商业银行效率呈U型的作用，在绿色信贷规模较小时候，银行效率较低，当绿色信贷规模大于一定值时，绿色信贷对于银行效率的提高有显著影响，并且通过分析发现，绿色信贷在商业银行提高银行声誉方面起到了重要的作用[5]。

还有人分析了绿色信贷以外的绿色金融业务给商业银行带来的利润率。例如以招商银行为例，对绿色信贷和发行绿色债券业务规模占银行所有业务规模之比为解释变量，对银行盈利能力进行分析[17]。

除此之外还要明确的是经营效率不仅包括收益率，还涵盖了风险管理的范畴。众多研究者也对绿色金融能否减少商业银行的风险进行了广泛的研究。关于绿色金融业务对商业银行效益的其他方面影响分析，国外有学者认为，商业银行积极承担社会环境责任将更容易受到投资者青睐，可能影响上市银行的资产价格、声誉风险[18]，而且这些金融机构往往具有更高的创新能力[19]。

### (四) 文献述评及本文的边际贡献

由于我国的商业银行碳中和业务起步较晚，所以针对此方面的研究也是从最近五六年开始的，一开始的文献集中在碳业务的性质研究，并未涉及到数量分析。近年来有一些文献针对碳中和业务和商业银行的经营或者利润进行分析，并且采用了国外发展比较成熟的计量模型，但是其中有一些是针对某一家银行进行研究，比如兴业银行被研究较多。这部分文献的数据由于集中在同一家银行，所以分析结果并不适用于国内所有商业银行。还有一部分文献的数据比较陈旧，无法代表最近几年的发展情况。

本文的贡献在于：(1) 采用最前沿的DEA分析方法，侧重于从数量方面进行分析，分析方法较为可靠；(2) 收集的数据是2017年到2022年六年间的数据，且样本覆盖了大型国有银行和股份制银行共

15家银行，样本较为全面，可以针对银行的性质对碳中和业务对商业银行经营效率的影响进行异质性分析。

### 3. 数据、模型及变量选取

#### (一) 样本与数据

由于我国商业银行现有的碳金融业务主要是以碳信贷为主，而碳中和的债券发行量较少，且数据不全，所以本文以碳信贷为代表，研究碳中和业务对商业银行的经营效率影响。

本文根据 ESG 评级较高的 15 家银行在 2017 年至 2022 年之间 6 年的数据作为样本，样本中 6 家为国有银行，9 家为股份制银行。从不同性质的样本数量来看，国有银行和股份制银行的数量占比较为均匀，各自数量也可以作为后面的异质性分析基础。银行方便为下文的绿色信贷对商业银行经营效率做异质性分析，看银行的性质是否对绿色信贷对经营效率产生影响。

本文的绿色信贷数据来源于各家银行年报和 wind 网站，其中个别数据缺失(缺失 10 条绿色信贷年度数据，占总数据量的比例为 11%，缺失数据占比较少)采用插值法进行补齐。固定资产、营业支出、总存款、营业收入、总贷款、资本充足率、资产规模、不良贷款率等银行财务数据来源于各银行年报和东方财富网。GDP 增长率数据来源于国家统计局。

表 1 为选取的 15 家银行的名称和各自的性质、ESG 评级表。类别 1 代表国有银行，类别 2 代表股份制银行。其中兴业银行、招商银行是 ESG 综合得分最高的两个银行，国有银行中的农业银行得分最高，但是分数低于兴业和招商两家股份制银行，可见国有银行在绿色金融业务方面还需要加强。

**Table 1.** Sample selection of 15 banks, nature of banks and ESG scores

**表 1.** 样本选取的 15 家银行、银行性质和 ESG 得分

名称	性质	类别	商道融绿 ESG 评级	Wind ESG 评级	Wind ESG 综合得分
光大银行	股份制	2	B+	BBB	6.86
农业银行	国有	1	A-	A	7.32
建设银行	国有	1	A-	BBB	6.66
浙商银行	股份制	2	B+	A	6.97
平安银行	股份制	2	A-	BBB	6.59
中国银行	国有	1	B+	BBB	6.95
工商银行	国有	1	A-	BBB	6.45
民生银行	股份制	2	A-	BBB	7.08
浦发银行	股份制	2	B+	BBB	6.69
中信银行	股份制	2	B+	BBB	6.57
兴业银行	股份制	2	B+	A	7.84
招商银行	股份制	2	A-	A	7.8
华夏银行	股份制	2	B	BBB	6.2
中国邮政	国有	1	/	/	/
交通银行	国有	1	B+	BB	6.31

#### (二) 模型构建和实证分析

##### 1) 银行效率测度

数据包络分析法(DEA)中，被评价的机构或主体被称作“决策单元”(DMU)。DEA 采用线性规划的

方法，建构了数据包络线。该方法中，有效点的效率为 1，无效率点效率值大于 0 小于 1；有效点位于前沿面上，无效率点则会落在前沿面之外的地方。

在此基础上，数据包络分析法可以进一步细化为三大类：第一类是 CCR 模式，以规模报酬是不变的为假设，以衡量整体的技术效率；第二类是 BCC 模型，假定规模报酬是可变的，主要测量技术效率与规模效率的比值，也就是纯技术效率；第三类是 DEA-Malmquist 指数模型，利用此模型可以方便计算各阶段决策单元(DMUs)的产出效率随时间的演变规律。

CCR 模型是 1978 年 Charnes、Cooper、Rhodes 等人建立的，用来度量在一定规模报酬下的资源分配效率。模型可以简单表示为以下公式：

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ \text{s.t.} & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j + s^+ = \theta x_0 \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^- = \theta y_0 \\ & \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ & s^+ \geq 0, s^- \leq 0 \end{aligned}$$

利用 CCR 模型，我们可以判断技术上的有效性和规模上是否同时是有效率的。

- (a) 若满足  $\theta^* = 1$  且  $s^{*+} = 0, s^{*-} = 0$  的条件，DMU (决策单元) 是有效率的，同时具有技术和规模效率；
- (b) 如果满足  $\theta^* = 1$ ，但至少有一项投入或产出大于 0 时，单元弱 DEA 有效，若满足  $\theta^* < 1$ ，那么该单元非 DEA 有效，非技术效率和规模效率(即非有效)。

本文选取 DEA-CCR 模型测度银行的整体经营效率，选择银行的固定资产、营业支出和总存款这三个变量为投入变量，产出变量选取营业收入和总贷款这两个变量(见表 2)。

选取指标解释如下：

**固定资产：**商业银行除了员工外，还有各种日常使用的诸如设备之类的固定资产等等。主要的固定资产包含房屋及建筑、办公及机器设备以及运输工具等。在智能化和自动化的当代，银行也引进了很多的智能化设备，如机器人、ATM 机等。几家国有银行的固定资产价值含量在 1000 亿以上，所以固定资产可以很好地反映商业银行的投入。

**营业支出：**商业银行经营中的日常支出构成营业支出，比如资产减值损失、营业税金及附加等，皆为营业支出的主要组成部分。如果在营业支出较少的情况下产出较高，说明银行的经营效率越高，因此选择营业收入作为投入指标。

**总存款：**商业银行作为服务型金融机构，日常的经营活动主要是吸收存款，发放贷款。通过给储户发放存款的收益，也就是利息，来吸引和鼓励储户存款，再通过把这部分资金贷款出去来获取利息差，创造盈利点，因此本文选取吸收存款作为投入指标。

**营业收入：**商业银行的营业收入是指通过开展放款、结算等中间业务所获得的价差或者利差、手续费收入的总和。同样的成本投入情况下，营业收入越多说明银行效率越高。

**总贷款：**贷款是属于银行的资产方，以发放贷款取得利息收入。利息收入是银行的重要收入来源，同样投入成本下，如果发放贷款越多、利息收入越多，经营效率则越高。

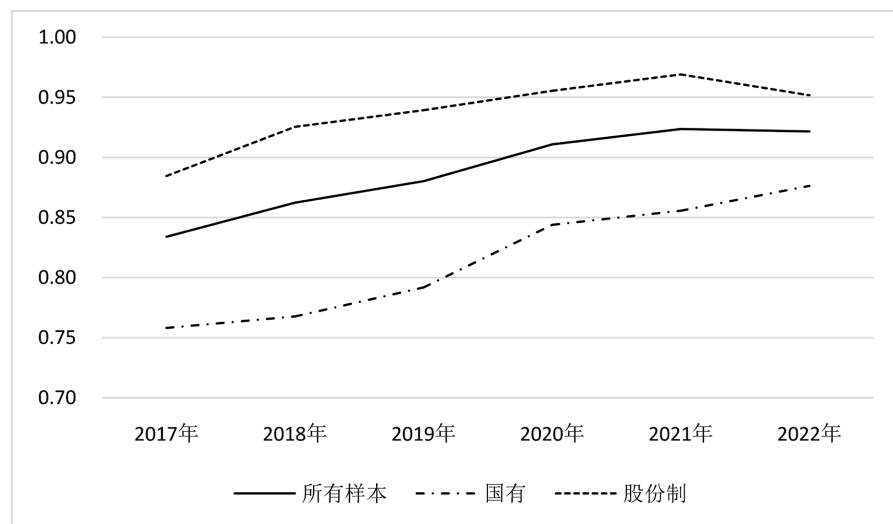
用以上的投入变量和产出变量通过 DEA 模型计算出各银行历年的经营效率，本文用 theta 代表银行效率值。

图 2 显示了 2017~2022 年 15 家商业银行效率趋势，从三种样本的分类上，经营效率趋势都是向上的，

说明我国的商业银行近几年的效率确实在增加。可以看出，国有银行的经营效率低于股份制银行，国有银行在最近几年的效率增加较快，所以两者的差距呈减小趋势。

**Table 2.** Selected input and output variables  
**表 2.** 选取的投入和产出变量

投入变量	产出变量
固定资产	营业收入
营业支出	总贷款
总存款	



数据来源：笔者测算得出。

**Figure 2.** Trend of average efficiency of commercial banks from 2017 to 2022  
**图 2.** 2017~2022 年商业银行平均效率趋势

表 3 展示了 2017~2022 年六年间 15 家银行的综合经营效率。其中华夏银行、中信银行、浦发银行、民生银行四家银行经营效率都排在前列，几家银行都属于股份制银行。排名较为靠后的几家皆属于国有商业银行。

**Table 3.** Average efficiency of 15 banks from 2017 to 2022  
**表 3.** 2017~2022 年 15 家银行的平均经营效率

银行	效率
华夏银行	0.9782
中信银行	0.9778
浦发银行	0.9640
平安银行	0.9508
民生银行	0.9437
光大银行	0.9425
建设银行	0.9295
工商银行	0.9219

续表

兴业银行	0.9092
浙商银行	0.8961
招商银行	0.8759
交通银行	0.8403
中国银行	0.8285
农业银行	0.7763
中国邮政	0.5967

数据来源：笔者测算得出。

## 2) 模型构建

在得出 15 家银行 6 年的效率值后，用测算出的效率值(*theta*)作为被解释变量，收集到的银行绿色信贷余额(*gcre*)作为解释变量，参照明雷[5]等学者的做法，控制变量选取：GDP 增长率、资本充足率、资产规模、不良贷款率和存贷比等银行指标。构建如下模型：

$$\theta_{it} = \beta_0 + \beta_1 gcre_{it} + \sum_{k=2}^6 \beta_k control_{it} + \varepsilon_{it}$$

效率值(*theta*)为被解释变量，绿色信贷余额(*gcre*)为本文研究的核心变量， $\varepsilon_{it}$  为误差项。表 4 为各变量名称和符号。

**Table 4.** Variable name, symbol and unit**表 4.** 各变量名称、符号、单位

	变量名	符号	单位
被解释变量	DEA 效率	<i>theta</i>	-
核心变量	绿色信贷余额	<i>gcre</i>	万亿
	GDP 增长率	<i>gdp</i>	%
	资本充足率	<i>cap</i>	%
控制变量	资产规模	<i>asset</i>	万亿
	不良贷款率	<i>npl</i>	%
	存贷比	<i>ldr</i>	%
分类变量	性质	1——国有银行 2——股份制银行	

## 4. 实证结果及分析

### (一) 基本回归结果

表 5 中，第一列是全样本回归结果。可以发现，绿色信贷余额提升了银行经营效率而且影响显著，绿色信贷余额每提高 1 万亿元，银行经营效率上升 0.06 个单位。第二列和第三列分别是对国有银行和股份制银行作异质性分析结果。可以看出，绿色信贷对国有银行影响为正向，对股份制银行的影响是反向的。(2)(3)列回归结果不显著原因可能是样本数量较少，或者因为绿色信贷余额在总的贷款占比中并不高，据测算，绿色信贷余额在贷款中占比绝大部分在 3% 左右，极少数达到了 10% 以上。因为国有银行资产规模、政策支持都比股份制银行要好，碳中和业务的创新也离不开资金支持，所以股份制银行开展碳中和

业务的难度更大，且碳中和业务会减少对传统企业的贷款发放，占据了一部分贷款资源，碳中和的贷款利息也比一般的高耗能产业利息要少，所以碳中和业务对股份制银行来说，短期内降低了银行的效率，符合实际情况。

**Table 5.** Regression results of the impact of green credit on the efficiency of commercial banks  
**表 5.** 绿色信贷余额对商业银行效率影响回归结果

	(1)	(2)	(3)
<i>gcre</i>	theta 0.0590*** (0.0018)	theta 0.0079 (0.7749)	theta -0.0298 (0.4966)
<i>gdp</i>	-0.0022 (0.3281)	-0.0022 (0.5754)	-0.0014 (0.4916)
<i>cap</i>	-0.0100* (0.0677)	0.0209 (0.1908)	-0.0072 (0.1057)
<i>asset</i>	-0.0006 (0.7014)	0.0026 (0.3516)	0.0008 (0.7436)
<i>npl</i>	-0.0301 (0.2313)	-0.006 (0.9242)	-0.0494** (0.0266)
<i>ldr</i>	-0.4265*** 0.0000	-0.2706*** (0.0003)	-0.5482*** 0.0000
<i>_cons</i>	1.5626*** 0.0000	0.8089** (0.0202)	1.6877*** 0.0000
<i>N</i>	90	36	54
<i>r</i> <sup>2</sup>	0.8348	0.8729	0.7171
<i>r</i> <sup>2</sup> <i>a</i>	0.8228	0.8466	0.681

注: *p*-values in parentheses, \**p* < 0.1, \*\**p* < 0.05, \*\*\**p* < 0.01。

## (二) 稳健性检验

### 1) 函数形式检验

首先, 对模型的形式进行检验, 采用 reset 检验, 经 stata 分析, *p* 值为 0.1411, 可以接受原假设, 结果说明模型设定中没有高阶的遗漏变量。

### 2) 替换解释变量

其次, 参考部分学者的方法, 因为绿色信贷余额对银行经营效率的影响并不是当期立即体现的, 所以再分别以绿色信贷余额的滞后一阶和二阶作为解释变量进行回归分析, 影响依然显著。**表 6** 展示了以绿色信贷余额的滞后一阶和滞后二阶作为解释变量的回归结果。

**Table 6.** Robustness test results of lagged variables  
**表 6.** 滞后变量稳健性检验结果

	(1)	(2)
<i>L.gcre</i>	theta 0.0958*** (0.0066)	theta

续表

<i>L2.gcre</i>		0.2108*** (0.0003)
<i>gdp</i>	-0.0011 (0.6476)	-0.0008 (0.7406)
<i>cap</i>	-0.0142** (0.0258)	-0.0214*** (0.0026)
<i>asset</i>	-0.0008 (0.7059)	-0.0035 (0.1595)
<i>npl</i>	-0.0395 (0.1610)	-0.0766** (0.0149)
<i>ldr</i>	-0.4420*** (0.0000)	-0.4683*** (0.0000)
<i>_cons</i>	1.6462*** (0.0000)	1.8386*** (0.0000)
<i>N</i>	75.0000	60.0000
<i>r</i> <sup>2</sup>	0.8146	0.8199
<i>r</i> <sup>2</sup> <sub>a</sub>	0.7983	0.7995

注: *p*-values in parentheses, \**p* < 0.1, \*\**p* < 0.05, \*\*\**p* < 0.01。

### 3) 内生性检验

选取滞后一阶的绿色信贷余额作为工具变量进行两阶段最小二乘法回归, 经过分析, 工具变量满足弱工具变量检验, 最后回归结果依然显著。说明绿色信贷余额的确提升了银行经营效率。

## 5. 结论与政策建议

商业银行作为金融机构, 在推动低碳经济发展和应对气候变化方面扮演着重要的角色。但是目前我国的商业银行在碳金融业务方面存在着创新度缺乏、碳中和业务体量较少等问题, 为了碳金融业务发展, 商业银行可以采取以下五点建议:

- 1) 正确处理好传统贷款业务和碳中和业务的关系。传统的贷款会倾向于一些大公司、效益和信用良好的公司, 这些公司中也不乏很多一部分都是高耗能、高污染的行业, 绿色信贷会占据一部分传统贷款的资源, 且利息回报较少, 由于一些绿色行业项目周期较长, 短期内银行的收益会减少, 但是对于长期来说银行的碳中和业务是一个必然趋势, 且符合国家的政策方向和环境保护原则, 具有良好的社会效益, 长期来看是利好的。
- 2) 商业银行可以通过设立专门的碳金融部门或团队来推动业务发展。该部门或团队应具备专业的碳金融知识和技能, 负责开展碳金融产品和服务的设计、销售和运营。同时, 商业银行还可以与碳市场相关的研究机构、专家学者和行业协会建立合作关系, 共同开展碳金融业务的研究和创新。
- 3) 商业银行应主动创新碳金融产品和服务, 提高承担社会责任的积极性。例如, 可以推出碳债券、碳基金等金融产品, 为低碳项目提供融资支持; 推出碳交易服务, 帮助客户参与碳市场并进行碳配额交易; 创新碳资产管理业务, 向客户提供碳资产配置以及管理服务。此外, 商业银行还可以开展碳足迹测算和碳排放核算服务, 帮助客户评估和管理碳排放风险。

4) 建立起对碳金融风险的管理与监控制度，建立起一套完整的前、中、后期项目管理体系。建构绿色金融业务的风险评价体系，对业务实施过程中的风险进行把控。进一步的，还可以对贷款企业进行 ESG 评级，建立起 ESG 白名单，对不同级别的企业进行贷款利息、额度等优惠力度区分。

5) 政府方面也应该加大对商业银行的政策支持，鼓励商业银行发展碳中和业务。监管机构每年对商业银行发展碳中和业务情况进行统计和评级，激励商业银行开展碳业务。此外，还应该在全社会建立起碳账户，完善和统一 ESG 评级体系，建立可供查询企业 ESG 评级的平台和网络系统，保持数据的可得性和公开性，为商业银行开展碳金融业务提供大数据支持。

## 基金项目

西南民族大学中央高校基本科研业务费专项资金资助，项目编号 2023SYJSCX59。

## 参考文献

- [1] 孙雅雯. 基于 DEA 的商业银行效率测度研究[D]: [硕士学位论文]. 蚌埠: 安徽财经大学, 2019.
- [2] 迟国泰, 孙秀峰, 芦丹. 中国商业银行成本效率实证研究[J]. 经济研究, 2005(6): 104-114.
- [3] Berger, A.N. and De Young (1997) Problem Loans and Cost Efficiency in Commercial Banks. *Journal Banking of Finance*, **21**, 849-870. [https://doi.org/10.1016/S0378-4266\(97\)00003-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4266(97)00003-4)
- [4] 王聪, 邹朋飞. 中国商业银行 X-效率的内部激励分析[J]. 南方金融, 2007(3): 27-29+8.
- [5] 明雷, 廖雨立, 贺济郁. 绿色信贷对商业银行效率的非线性影响[J]. 系统工程, 2023, 41(3): 114-128.
- [6] 张健华. 我国商业银行效率研究的 DEA 方法及 1997-2001 年效率的实证分析[J]. 金融研究, 2003(3): 11-25.
- [7] Sherman, H.D. and Gold, F. (1985) Bank Branch Operating Efficiency: Evaluation with Date Envelopment Analysis. *Journal of Banking and Finance*, **9**, 297-315. [https://doi.org/10.1016/0378-4266\(85\)90025-1](https://doi.org/10.1016/0378-4266(85)90025-1)
- [8] Maudos, J. (2012) Market Structure and Performance in Spanish Banking: Using a Direct Measure of Efficiency. *Applied Financial Economics*, **8**, 191-200. <https://doi.org/10.1080/09603109833177>
- [9] Titko, J. and Stankevien, J. (2014) Measuring Bank Efficiency: DEA Application. *Technological & Economic Development of Economy*, **20**, 739-757. <https://doi.org/10.3846/20294913.2014.984255>
- [10] 沈悦, 郭品. 互联网金融、技术溢出与商业银行全要素生产率[J]. 金融研究, 2015(3): 160-175.
- [11] 丁攀, 李凌, 曾建中. 主动承担社会与环境责任是否降低了银行风险[J]. 金融经济学研究, 2022, 37(5): 145-160.
- [12] 陈鑫子. 商业银行碳信贷业务国际比较与借鉴[J]. 财会通讯, 2020(6): 158-161+167.
- [13] Climent, F. and Soriano, P. (2011) Green and Good? The Investment Performance of US Environmental Mutual Funds. *Journal of Business Ethics*, **103**, 275-287. <https://doi.org/10.1007/s10551-011-0865-2>
- [14] 冯少卿. 中国商业银行碳金融业务发展与应用研究[J]. 中国商论, 2023(1): 99-101.
- [15] 贾瑛瑛. 双碳目标下商业银行的着力点[J]. 中国金融, 2021(19): 40-41.
- [16] 戴利研, 李超, 毛明海. 绿色信贷对商业银行的异质性效率激励——基于 Meta-Frontier DEA 框架的实证研究[J]. 海南大学学报(人文社会科学版), 2023, 41(5): 91-101.
- [17] 陈成鑫. 招商银行开展绿色金融业务及其对盈利能力的影响[D]: [硕士学位论文]. 北京: 外交学院, 2022.
- [18] Ferrell, A., Liang, H. and Renneboog, L. (2016) Socially Responsible Firms. *Journal of Financial Economics*, **122**, 585-606. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2015.12.003>
- [19] D'Orazio, P. and Valente, M. (2019) The Role of Finance in Environmental Innovation Diffusion: An Evolutionary Modeling Approach. *Journal of Economic Behavior and Organization*, **162**, 417-439. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2018.12.015>

# 企业ESG表现对融资效率的影响研究

徐晓伟

北方工业大学经济管理学院, 北京

收稿日期: 2024年6月25日; 录用日期: 2024年7月4日; 发布日期: 2024年8月9日

---

## 摘要

随着经济发展方式的转变, 大力发展绿色产业成为我国经济发展新的增长点, 企业ESG表现愈来愈成为评价企业能否稳定发展的重要关键指标, 而在责任投资理念的影响下, 优良的ESG表现能否提高企业融资效率成为各界关心的课题。本文以2017年至2022年上证1087家企业为研究对象, 运用面板回归模型, 实证检验了企业ESG表现对融资效率的影响。研究发现, 企业ESG表现对提高企业的融资效率具有促进作用, 其中环境、社会责任和公司治理方面均与企业融资效率呈显著的正相关关系。

---

## 关键词

ESG表现, 融资效率, 面板回归

---

# Research on the Impact of Enterprise ESG Performance on Financing Efficiency

Xiaowei Xu

School of Economics and Management, North China University of Technology, Beijing

Received: Jun. 25<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jul. 4<sup>th</sup>, 2024; published: Aug. 9<sup>th</sup>, 2024

---

## Abstract

With the transformation of the pattern of economic development, developing green industry has become a new growth point of economic development in our country. Enterprise ESG performance is increasingly becoming a key indicator for evaluating whether enterprises can steadily develop. Under the influence of the concept of responsible investment, whether excellent ESG performance can improve enterprise financing efficiency has become a topic of concern to all circles. This paper takes 1087 Shanghai Stock Exchange companies from 2017 to 2022 as the research object and uses panel regression model to empirically test the impact of ESG performance on financing efficiency. It is found that corporate ESG performance has a promoting effect on improving corporate financing efficiency, in which corporate governance has a significant negative correlation with financing

efficiency, while environmental and social responsibility have a significant positive correlation with corporate financing efficiency.

## Keywords

ESG Performance, Financing Efficiency, Panel Regression

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

企业 *ESG* 是在可持续发展理念下对企业进行综合评价的方法，包括企业在环境(Environment)、社会(Social)和公司治理(Governance)三方面上的表现，是绿色投资与负责任投资理念的延伸和丰富，也是目前国际社会衡量企业绿色可持续发展水平的重要标准。*ESG* 理念的出现使得企业和金融投资不仅需要将企业财务表现纳入到考虑范围内，还需要评估企业活动对环境、社会以及多方利益相关方带来的影响。融资效率是企业创造价值的融资能力，具体表现为企业是否以较低的成本获得更多的资金[1]。因此可以将融资效率理解为企业以较小的成本获得更大的收益的能力，企业的收益不仅是当前所获得的资源，还包括这些资源在未来的产出。在绿色理念的引领下，资本市场对企业的关注已经不仅局限在企业的财务数据上，*ESG* 表现成为外部投资者衡量企业优劣的重要指标。本文正是将 *ESG* 表现与企业的融资效率相联系，探究企业通过提高 *ESG* 表现能否提升融资效率，实现资源有效配置，为促进企业可持续发展提供一定的帮助。

## 2. 文献回顾

在关于 *ESG* 的研究上，王文兵等提出必须加快构建 *ESG* 信息披露第三方鉴证机制，由具备资质条件的第三方中介机构执行企业 *ESG* 信息披露鉴证业务，出具企业 *ESG* 信息披露质量鉴证报告[2]。易碧文等指出应基于企业多维共享的数据基础，搭建数据协同的社会化 *ESG* 信息共享平台[3]。王琳璘等提出企业 *ESG* 表现越好，企业价值越高[4]。张琳、赵海涛和 Yoon.B 研究发现 *ESG* 有助于改善企业财务绩效[5] [6]。

在关于融资效率的研究上，Shiva Kumar 在总结分析相关研究的基础上，把融资效率的概念阐述为企业资金在一定条件下且没有浪费资源时，能够实现资源配置合理的最佳状态[7]。Wilton Bal Krishnan (2014)则以美国上市企业为研究对象，指出在一定范围内股权融资将会减小企业融资效率，因此上市企业应该尽可能维持较为适当的股权融资[8]。曾康霖率先提出“融资效率”一词，并针对影响融资效率和成本的因素提出我国应采取“间接融资为主、直接融资为辅”的政策[9]。尚欣荣在微观层面对融资效率进行了定义，即企业在筹资过程中尽可能地降低风险和成本并且通过资金合理配置实现高收益和企业价值最大化的能力[10]。杨毅、高玥和吴晶晶把供应链金融、会计稳健性与融资效率相联系起来，发现供应链金融和会计信息的高稳健性都有明显的提高融资效率的正向作用，同时非条件稳健性相对于条件稳健型更能对融资效率产生正向影响[11]。

在关于于 *ESG* 与融资成本二者关系的研究上，有学者对 *ESG* 整体表现进行了探讨，企业拥有较好的 *ESG* 表现，增强自身在环境、社会责任和公司治理方面的表现不仅能够降低融资成本，而且会提高市场估值。也有学者证实了环境、社会责任和公司治理中的某一方面会对企业融资成本起到降低作用[12]。

Dimson 等则发现企业在 *ESG* 方面的支出能够有效降低总财务成本[13]。ElGhoul 等通过对全球 53 个国家企业 *ESG* 表现与公司市值的研究发现, 企业 *ESG* 表现确实会降低融资成本, 而且市场环境越差, 制度越不健全, 二者之间的联系就越强[14]。史敏等的研究发现积极承担企业社会责任能够有效降低制造业民营企业的债务融资成本[15]。何贤杰等利用 2008~2009 年中国上市企业数据, 以是否披露《社会责任报告》为代理变量, 发现企业履行社会责任能够缓解融资约束, 信息披露质量越高, 融资约束程度越低[16]。

### 3. 理论假设

从理论上看, 企业 *ESG* 表现可以通过以下渠道影响企业融资效率。一是从可持续发展理论来看, 企业的融资成本与估值取决于长期经营的健康程度, 而这与企业的 *ESG* 表现密切相关。尽管从短期看, 企业 *ESG* 支出会带来一定成本, 但却能通过节约其他渠道支出促进企业经营效率。一方面, *ESG* 表现较好意味着企业能够有效降低能耗并节省资源, 另一方面, 企业 *ESG* 表现与员工素质和员工效率紧密联系, 更高 *ESG* 水平的企业可以吸引到更多高素质的员工, 增加企业的劳动生产率。即良好的 *ESG* 表现可以降低企业的融资成本, 并提高企业的后续资源利用能力, 从而提高企业融资效率。

二是从利益相关者理论来看, 企业的发展离不开各方利益相关者的投入和参与, 企业应该追求利益相关者的整体利益, 而不仅仅是股东利益最大化。因此影响企业经营和管理的因素不仅包括企业的股东与债权人, 也包括雇员以及上下游客户。企业对环境的污染、社会责任的缺失以及公司治理的不健全都将损害员工、所在社区甚至是整个社会的利益, 给社会带来负面影响, 而这又会降低社会对企业的估值, 影响长期效益。这使得越来越多的投资人在公司经济绩效维度之外, 更加关注社会责任、环境影响和公司治理等。

因此本文提出以下假设:

假设 1: 企业 *ESG* 表现与企业融资效率成正相关。

假设 2: 企业环境表现与企业融资效率成正相关。

假设 3: 企业社会责任表现与企业融资效率成正相关。

假设 4: 企业公司治理表现与企业融资效率成正相关。

## 4. 研究设计

### 4.1. SBM 模型

数据包络分析法(DEA)是运用线性规划对多个投入和多个产出的同类决策单元(DMU)评价效率的方法。该方法具有不需要其它权重假设, 评价结果与计量单位无关, 指出效率改进方向和程度等特点, 从而得以被多数学者采用分析企业融资效率问题。其传统模型包括规模报酬可变的模型(BCC)和规模报酬不变的模型(CCR), 众多学者也正是利用这两种模型进行对融资效率的评价, 忽略了其无法排除变量松弛性的缺陷。因此, 本文采用消除了传统 DEA 模型缺陷的 SBM 模型。SBM 模型如下:

$$\rho^* = \min \rho = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^-}{1 - \frac{\sum_{r=1}^q s_r^+}{\sum_{r=1}^q s_r^+}}$$

$$s.t. X\lambda + s^- = x_k$$

$$Y\lambda - s^+ = y_k$$

$$\lambda, s^-, s^+ \geq 0(1) \quad (4.1)$$

在上述模型中,  $\rho^*$  表示 DMU 的具体效率值, 且  $0 < \rho^* < 1$ ;  $m$  和  $q$  分别是投入变量个数和产出变量个数,  $s^-$  和  $s^+$  则分别表示投入和产出指标的松弛变量,  $s_i$  为第  $i$  种投入的冗余,  $s_r^+$  为第  $r$  种产出的不足;  $\lambda$  为调整矩阵,  $X$  和  $Y$  分别是投入和产出矩阵,  $X\lambda$  为前沿上的投入量,  $Y\lambda$  为前沿上的产出量,  $x_k$  和  $y_k$  分别为投入和产出的向量。当且仅当  $s^- = s^+$  时,  $\rho^* = 1$ , 即 DME 有效; 当  $0 < \rho^* < 1$  时, DMU 非有效, 且非有效 DMU 的改进目标值为  $\hat{x}_k$  和  $\hat{y}_k$ ,  $\hat{x}_k = x_k - s^-$ 、 $\hat{y}_k = y_k - s^+$ 。

## 4.2. 投入产出指标的选取

本文以 2017 年至 2022 年上证 1087 家为研究对象, 由国泰安数据库获得相关数据, 对其融资效率进行测算及动态分析。基于 SBM 模型中投入指标和产出指标的选取原则, 并结合有关研究文献, 本文选取了 3 项投入指标和 2 项产出指标, 如表 1 所示。

**Table 1.** Evaluation index system of financing efficiency

**表 1. 融资效率评价指标体系**

指标类型	指标内容	指标含义
投入指标	资产负债率	企业负债与总资产的比值, 反映了企业的负债水平及资本结构
	营业成本	企业销售商品或者提供劳务的成本, 对企业的盈利能力具有影响
	股权集中度	用最大股东的持股比例衡量
产出指标	净资产收益率	净利润与股东权益平均余额的比值, 反映了企业的盈利能力及资金使用效率
	营业收入增长率	企业营业收入本年金额减去营业收入上年金额的差值与营业收入上年金额的比值, 可以度量企业成长能力, 反映了其融入资金的后续利用能力

在运用 SBM 模型时, 有两点需要注意。一是决策单元数量需要达到选取指标的两倍以上, 本文共有 5 项投入与产出指标, 决策单元数量为 1087, 满足要求。二是 SBM 模型中的投入和产出指标数据均不可为负, 样本数据满足要求。

## 4.3. 实证模型

根据前文分析, 各企业融资效率并不相同, 且融资效率取值范围为  $(0, 1]$ , 属于受限因变量, 因此本文在此基础上运用 Tobit 模型进行企业 ESG 表现对融资效率的影响分析。具体计量模型如下:

$$DEA_{it} = \alpha + \beta_1 ESG_{it} + X_{it}\psi + \mu_{it} \quad (4.2)$$

在该模型中,  $\alpha$  为截距项,  $\beta_1$  分别表示每个自变量的回归系数,  $DEA_{it}$ 、 $ESG_{it}$  分别是每个企业  $i$  在  $t$  时期的融资效率值和对应的 ESG 总得分和各方面得分。 $X_{it}$  和  $\mu_{it}$  则为控制变量和随机扰动项, 其中控制变量包括总资产(ZZC)、速动比率(QR)、托宾 Q 值(TBQ)、总资产周转率(ZZL)、净利润率(ROA)和经济政策不确定性指数(EPU)。

## 4.4. 变量选取与数据来源

本文以 2017~2022 年上证 A 股公司为研究样本, 并按照如下标准对原始数据进行了筛选: (1) 剔除金融、保险等行业特殊的样本; (2) 剔除相关财务数据缺失的样本; (3) 剔除 ST 公司的样本, 最终样本涉及 1087 家上市公司, 6522 个公司年度观测值。本文的企业 ESG 表现数据来自华证 ESG 评级数据, 采用 STATA 软件对形成的平衡面板数据进行面板模型回归分析。

本文的被解释变量是以 SBM 模型测算出各企业的融资效率值(DEA), 核心解释变量为企业的 ESG 表现, 包括 ESGscore、Escore、Sscore 和 Gscore, 同时为了控制其它因素可能对融资效率造成的影响, 本文以反映

了企业资金融入效率的总资产( $ZZC$ )度量企业规模, 以反映了企业融入资金配置效率的净利润率( $ROA$ )、速动比率( $QR$ )和总资产周转率( $ZZL$ )分别度量企业的盈利性、流动性及运营能力, 以托宾 Q 值( $TBQ$ )反应企业的成长能力, 以经济政策不确定性指数( $EPU$ )来反映宏观经济政策的变化。具体指标选取情况如下表 2 所示。

**Table 2.** Variable selection and definition**表 2.** 变量选取及定义

变量名	变量定义
融资效率( $DEA$ )	SBM 模型测算值
$ESG$ 表现( $ESGscore$ )	由华证 $SEG$ 评级数据获得
环境表现( $Escore$ )	由华证 $SEG$ 评级数据获得
社会责任表现( $Sscore$ )	由华证 $SEG$ 评级数据获得
公司治理表现( $Gscore$ )	由华证 $SEG$ 评级数据获得
总资产( $ZZC$ )	资产总规模, 取对数
速动比率( $QR$ )	(流动资产 - 存货) / 流动负债
托宾 Q 值( $TBQ$ )	市值/资产总计
总资产周转率( $ZZL$ )	营业收入/平均资产总额
净利润率( $ROA$ )	净利润/营业收入
经济政策不确定性指数( $EPU$ )	由陆尚勤和黄昀编制的“中国政策经济不确定性指数”

## 5. 实证分析

### 5.1. 描述性统计

**Table 3.** Descriptive statistics of the variables**表 3.** 变量描述性统计

变量名	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
$DEA$	6522	0.087	0.186	0	1
$ESGscore$	6522	4.414	1.147	1	8
$Escore$	6522	2.279	1.42	1	8
$Sscore$	6522	4.602	1.862	1	9
$Gscore$	6522	5.424	1.266	1	9
$ZZC$	6522	22.799	1.549	16.649	28.636
$QR$	6522	1.631	2.304	0.019	52.138
$TBQ$	6522	2.042	2.896	0.641	92.299
$ZZL$	6522	0.652	0.521	0.001	8.514
$ROA$	6522	0.037	0.079	-2.245	0.451
$EPU$	6522	137.984	8.555	128.308	149.053

分析表 3 可知, 各企业融资效率平均值为 0.087, 说明企业融资效率普遍较低, 且其标准差相对较大, 说明各企业融资效率值存在较大差异;  $ESG$  表现平均得分为 4.414, 水平比较居中, 但与各方面得分相比, 并未出现  $ESG$  总得分达到 9 分的企业, 说明多数企业  $ESG$  表现相对欠佳, 很可能是因为企业对于  $ESG$

责任体系仍然不够重视，缺乏相应的投资建设。在 *ESG* 各单独方面中，公司治理平均得分最高，环境和社会表现方面则分别次之，说明多数企业对于环境和社会效益方面的投资的重视程度小于自身治理因素。造成该情况的原因一可能是企业自身经营状况不好，在满足自身持续经营的情况下，没有闲置资金用于其他方面的投资；二可能是企业自身缺乏相关意识，仅关注于自身经营。

## 5.2. 相关性分析

**Table 4.** Correlation analysis  
**表 4.** 相关性分析

变量名	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1) <i>DEA</i>	1.000							
(2) <i>ESG score</i>	0.017 <sup>*</sup> (0.163)	1.000						
(3) <i>ZZC</i>	-0.307 <sup>*</sup> (0.000)	0.189 <sup>*</sup> (0.000)	1.000					
(4) <i>QR</i>	0.348 <sup>*</sup> (0.000)	-0.023 (0.069)	-0.296 <sup>*</sup> (0.000)	1.000				
(5) <i>TBQ</i>	0.243 <sup>*</sup> (0.000)	-0.012 (0.345)	-0.338 <sup>*</sup> (0.000)	0.092 <sup>*</sup> (0.000)	1.000			
(6) <i>ZZL</i>	-0.154 <sup>*</sup> (0.000)	-0.002 (0.903)	0.003 (0.807)	-0.075 <sup>*</sup> (0.000)	0.081 <sup>*</sup> (0.000)	1.000		
(7) <i>ROA</i>	-0.159 <sup>*</sup> (0.000)	0.071 <sup>*</sup> (0.000)	0.050 <sup>*</sup> (0.000)	0.120 <sup>*</sup> (0.000)	-0.087 <sup>*</sup> (0.000)	0.149 <sup>*</sup> (0.000)	1.000	
(8) <i>EPU</i>	0.050 <sup>*</sup> (0.000)	0.062 <sup>*</sup> (0.000)	-0.021 (0.085)	-0.001 (0.907)	0.056 <sup>*</sup> (0.000)	-0.028 <sup>*</sup> (0.022)	-0.013 (0.299)	1.000

注：\*表示在 5% 的统计水平下显著。

对融资效率和 *ESG* 表现进行相关性检验，结果如表 4 所示。融资效率和 *ESG* 表现在 5% 的水平上正相关且显著，相关系数为 0.017；初步可以推断，企业提高 *ESG* 责任表现有利于提高自己的融资效率，增强资金持续利用能力。

## 5.3. 回归结果

分析表 5 的回归结果可知，Wald 检验卡方值为 913.58，P 值为 0，说明回归模型整体显著性较强。似然值为 2560.8638，对应的 LR 卡方值为 922.32，说明模型整体上拥有较好的拟合度。

分析可知企业 *ESG* 表现与融资效率在 1% 的水平下显著为正，表明 *ESG* 表现对提高融资效率具有正向影响。*ESG* 表现总得分每增长 1%，企业融资效率将增长 0.007%。这与假设 1 一致，即企业 *ESG* 表现的提高有利于提高融资效率。环境表现、社会责任表现和公司治理表现均与融资效率均在 1% 的水平下显著为正，回归系数分别为 0.013, 0.003 和 0.008。表明企业 *ESG* 在各个方面表现均对提高企业融资效率具有正向促进作用，假设 2、假设 3 和假设 4 均成立。

**Table 5.** Regression results**表 5. 回归结果**

变量	系数	T 统计量	P 值
<i>ESGscore</i>	0.007***	3.23	0.001
<i>Escore</i>	0.013***	6.30	0.004
<i>Sscore</i>	0.003***	2.42	0.006
<i>Gscore</i>	0.008***	4.48	0.003
<i>ZCC</i>	-0.024***	-10.77	0.005
<i>QR</i>	0.022**	17.00	0.032
<i>TBQ</i>	0.004	4.67	0.245
<i>ZZL</i>	-0.058**	-10.51	0.034
<i>ROA</i>	-0.291***	-9.64	0.003
<i>EPU</i>	0.065**	3.59	0.012
<i>Cons</i>	0.528***	9.02	0.004
<i>Wald chi<sup>2</sup>(7)</i>		913.58	
<i>Log likelihood</i>		2560.8638	
<i>LR chi<sup>2</sup></i>		922.32	

注: \*\*\*、\*\*和\*分别表示在 1%、5% 和 10% 的统计水平下显著。

## 6. 结论

通过对 2017~2022 的上证 1087 家研究对象进行回归分析可以发现, 企业 ESG 表现与融资效率正相关。因此, 企业应该在产品开发、员工培养、项目投资等方面拥抱 ESG 理念, 培养环保意识, 积极承担社会责任, 加强公司内部治理, 提高投资效率, 实现企业高质量发展。因此, 为使 ESG 投入得到更高的回报, 企业还应加强信息披露, 让投资者、债权人等利益相关者更及时、准确地把握企业 ESG 表现, 从而进一步支持企业发展, 同时企业也应不断完善公司治理, 提高信息披露程度, 加强分析师等外部参与者作为信息中介, 应该积极发挥信息传递作用, 监督企业 ESG 行为, 并进行及时、客观的分析和报道, 从而降低信息的不对称, 使得优良的公司治理表现在企业融资过程中能够发挥作用, 提高融资效率。

另一方面, 加速我国 ESG 信息披露的制度建设, 推动 ESG 评级体系标准的完善至关重要。政府部门应该适当减少对企业经营的干预, 让市场发挥资源配置的作用, 通过市场对企业 ESG 表现的反馈指导企业在环境、社会责任和公司治理方面的行为。同时, 监管部门应该完善和 ESG 建设相关的制度, 比如加大企业虚假披露 ESG 信息的惩罚力度, 增加企业披露虚假信息的成本, 促使企业做出正确的 ESG 决策, 进而提高企业整体的运营效率, 提升 ESG 表现不仅符合社会可持续发展的要求, 同时也是提高融资效率、提高经营收益的有效手段。

## 参考文献

- [1] 肖劲, 马亚军. 企业融资效率及理论分析框架[J]. 财经科学, 2004(S1): 337-340.
- [2] 王文兵, 马德培, 干胜道. 国际 ESG 信息披露及其对中国的启示[J]. 财会月刊, 2023, 44(11): 135-142.
- [3] 易碧文. 数据协同视角下的 ESG 信息披露标准化建设[J]. 财会月刊, 2022(17): 135-142.
- [4] 王琳璘, 廉永辉, 董捷. ESG 表现对企业价值的影响机制研究[J]. 证券市场导报, 2022(5): 23-34.

- 
- [5] 张琳, 赵海涛. 企业环境、社会和公司治理(ESG)表现影响企业价值吗?——基于 A 股上市公司的实证研究[J]. 武汉金融, 2019(10): 36-43.
  - [6] Yoon, B., Lee, J.H. and Byun, R. (2018) Does ESG Performance Enhance Firm Value? Evidence from Korea. *Sustainability*, **10**, Article 3635. <https://doi.org/10.3390/su10103635>
  - [7] Jayaraman, S. and Shivakumar, L. (2012) Agency-Based Demand for Conservatism: Evidence from State Adoption of Antitakeover Laws. *Review of Accounting Studies*, **18**, 95-134. <https://doi.org/10.1007/s11142-012-9205-8>
  - [8] Balakrishnan, K., Core, J.E. and Verdi, R.S. (2013) The Relation between Reporting Quality and Financing and Investment: Evidence from Changes in Financing Capacity. *Journal of Accounting Research*, **52**, 1-36. <https://doi.org/10.1111/1475-679x.12031>
  - [9] 曾康霖. 怎样看待直接融资与间接融资[J]. 金融研究, 1993(10): 7-11.
  - [10] 尚欣荣. 我国上市公司融资效率研究综述[J]. 技术与创新管理, 2011, 32(4): 346-349.
  - [11] 杨毅, 高玥, 吴晶晶. 供应链金融提升了上市公司的融资效率吗——基于两类会计稳健性视角的研究[J]. 会计之友, 2022(1): 52-60.
  - [12] 邱牧远, 殷红. 生态文明建设背景下企业 ESG 表现与融资成本[J]. 数量经济技术经济研究, 2019, 36(3): 108-123.
  - [13] Dimson, E., Karakaş, O. and Li, X. (2015) Active Ownership. *Review of Financial Studies*, **28**, 3225-3268. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhv044>
  - [14] Ghoul, S.E., Guedhami, O. and Kim, Y. (2017) Country-Level Institutions, Firm Value, and the Role of Corporate Social Responsibility Initiatives. *Journal of International Business Studies*, **48**, 360-385. <https://doi.org/10.1057/jibs.2016.4>
  - [15] 史敏, 蔡霞, 耿修林. 动态环境下企业社会责任、研发投入与债务融资成本——基于中国制造业民营上市公司的实证研究[J]. 山西财经大学学报, 2017, 39(3): 111-124.
  - [16] 何贤杰, 肖土盛, 陈信元. 企业社会责任信息披露与公司融资约束[J]. 财经研究, 2012, 38(8): 60-71, 83.

# 消费者主观心理因素对电动汽车购买意愿的影响研究

郑雯月

长春理工大学经济管理学院, 吉林 长春

收稿日期: 2024年6月26日; 录用日期: 2024年7月11日; 发布日期: 2024年8月14日

## 摘要

本研究在环境污染和能源危机的背景下, 探讨了消费者主观心理因素对电动汽车购买意愿的影响。面对日益严峻的环境问题和能源供应压力, 电动汽车作为一种清洁、低碳的出行方式, 其市场潜力日益凸显。为了深入理解消费者购买电动汽车的动机和影响因素, 本研究采用了结构方程模型作为分析工具, 并综合考察了态度、主观规范、感知行为控制、环境知识、环境责任感以及消费者感知有效性对电动汽车购买意愿的影响。通过实证研究发现, 态度、主观规范、感知行为控制均对消费者的电动汽车购买意愿产生了正向影响; 环境知识正向影响消费者对电动汽车的态度; 环境责任感正向影响电动汽车购买意愿; 消费者感知有效性正向影响电动汽车购买意愿; 环境责任感正向影响消费者感知有效性; 态度在环境知识与电动汽车购买意愿之间起到部分中介作用; 消费者感知有效性在环境责任感与电动汽车购买意愿之间起到部分中介作用。通过深入理解消费者心理, 企业和政策制定者可以制定更有效的营销策略和政策措施, 以推动电动汽车市场的健康发展, 从而缓解环境污染和能源危机问题。

## 关键词

主观心理因素, 电动汽车, 购买意愿, 结构方程模型

# Research on the Influence of Consumer Subjective Psychological Factors on the Willingness to Purchase Electric Vehicles

Wenyue Zheng

School of Economics and Management, Changchun University of Science and Technology, Changchun Jilin

Received: Jun. 26<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jul. 11<sup>th</sup>, 2024; published: Aug. 14<sup>th</sup>, 2024

**文章引用:** 郑雯月. 消费者主观心理因素对电动汽车购买意愿的影响研究[J]. 低碳经济, 2024, 13(3): 186-198.  
DOI: 10.12677/jlce.2024.133018

## Abstract

Under the background of environmental pollution and energy crisis, this study discusses the influence of consumers' subjective psychological factors on the purchase intention of electric vehicles. Facing the increasingly severe environmental problems and energy supply pressure, as a clean and low-carbon mode of travel, the market potential of electric vehicles is increasingly prominent. In order to deeply understand the motivation and influencing factors of consumers buying electric vehicles, this study adopts structural equation model as an analysis tool, and comprehensively investigates the influence of attitude, subjective norms, perceived behavior control, environmental knowledge, environmental responsibility and perceived consumer effectiveness on the purchase intention of electric vehicles. Through empirical research, it is found that attitude, subjective norms and perceived consumer effectiveness have a positive impact on consumers' willingness to buy electric vehicles; environmental knowledge positively affects consumers' attitude towards electric vehicles; Environmental responsibility positively affects the purchase intention of electric vehicles, perceived consumer effectiveness positively affects the purchase intention of electric vehicles; Environmental responsibility positively affects perceived consumer effectiveness; attitude plays a partial mediating role between environmental knowledge and electric vehicle purchase intention; perceived consumer effectiveness plays a partial intermediary role between environmental responsibility and electric vehicle purchase intention. By deeply understanding consumer psychology, enterprises and policy makers can formulate more effective marketing strategies and policy measures to promote the healthy development of the electric vehicle market, thus alleviating environmental pollution and energy crisis.

## Keywords

Subjective Psychological Factors, Electric Vehicles, Willingness to Buy, Structural Equation Model

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

在全球积极倡导节能减排的大背景下,发展以电动汽车为核心的新能源汽车产业已成为汽车产业转型升级的关键方向,同时也是我国实现“碳达峰”和“碳中和”目标不可或缺的一环[1]。为了推动这一进程,国务院办公厅发布了《新能源汽车产业发展规划(2021~2035)》,其中明确提出了到2025年新能源汽车产量达到20%的宏伟目标[2]。然而,中国新能源汽车产业发展报告指出,目前新能源汽车的市场占有率为8%[3],这一数据反映出公众对电动汽车的购买意愿尚显不足。这一现象已经引起了政府决策者、汽车制造企业和学术界的广泛关注。因此,当前迫切需要深入了解消费者对电动汽车的态度和认知程度,明确影响消费者购买电动汽车的关键因素,进而制定精准合理的电动汽车发展策略,以促进新能源汽车产业的健康发展。

消费者对于购买电动汽车持有诸多顾虑,主要源自对电动汽车高昂售价的担忧、对充电基础设施覆盖不足的顾虑、对续航里程有限的焦虑等。针对这些顾虑,学术界已展开深入研究,探讨了消费者的个体属性特征和车辆属性特征对消费者购买意愿的影响。例如,Shao等[4](2022)研究表明,婚姻状况、收入水平和年龄均对潜在消费者的电动汽车购买行为产生显著影响。Dutta和Hwang(2021)[5]基于计划行

为理论模型，探讨影响台湾消费者电动汽车购买意愿的因素。研究结果表明，购买价格、充电设施和维护电池成本对消费者可持续消费意向具有显著影响。同时，学者们还进一步考虑了政府补贴和激励政策对购买意愿的影响。例如，李创等[6] (2021)研究了新能源汽车消费促进政策对潜在消费者购车意愿的影响。研究结果显示，不同类型的消费促进政策，包括购车补贴、免税政策和免费停车等措施，对消费者的购买意愿均有显著影响。这些研究为理解和解决消费者在购买电动汽车时的顾虑提供了重要的参考依据。与此同时，通过梳理总结现有的研究发现，心理因素同样会影响消费者的选择，心理因素属于内在驱动因素，主要体现在消费者对于电动汽车的态度、消费者的价值观、消费者的责任感、消费者的环境知识等方面。现有的多项研究结果表明，由于消费者的个体心理差异，他们在产品偏好上展现出多样性，这种差异进而影响了他们对绿色产品的选择和购买决策。因此，有必要从消费者心理的角度探究影响消费者电动汽车购买意愿的因素，特别是在当前全球面临环境挑战和可持续发展的背景下，环境知识、环境责任感以及消费者感知有效性等主观心理因素对消费者选择电动汽车的影响不容忽视。本文旨在深入分析这些主观心理因素如何作用于消费者的购买决策过程，并探讨它们对电动汽车购买意愿的具体影响。

综上，本文以计划行为理论为理论框架，选取环境知识、环境责任感和消费者感知有效性作为研究变量，通过构建结构方程模型来深入探究各变量对电动汽车购买意愿的影响，我们能够为政府部门和新能源汽车企业提供具有坚实理论依据的意见与建议，从而推动绿色低碳消费行为的普及与实践。

## 2. 文献回顾与研究假设

### 2.1. 计划行为理论

计划行为理论(Theory of Planned Behavior, TPB)是由 Ajzen [7]在 1985 年提出的，它作为研究消费者心理与行为关系的重要理论框架，不仅继承了理性行为理论(Theory of Reasoned Action, TRA)的核心思想，还对其进行了一步的拓展和深化。在 TPB 的框架下，态度和主观规范被视为驱动消费者行为意愿的关键因素。其中，态度(attitude)代表了个人对特定行为所持有的积极或消极的评价与感知，它反映了个体对该行为的内在喜好和倾向。而主观规范(subjective norm)则是个体在决定是否采取某种行为时感受到的来自外部的社会压力，这种压力可能源于社会规范、周围环境的期望以及群体压力等多重因素。然而，在实际生活中，行为意愿和实际行为并不完全取决于态度和主观规范。以电动汽车的购买为例，消费者的购买行为不仅受到他们对电动汽车的态度以及周围人的影响，还受到他们对购买电动汽车难易程度的感知。因此，为了增强 TRA 的解释能力，Ajzen [8]在 1991 年引入了感知行为控制(perceived behavior control)这一变量。感知行为控制代表个体在采取某种行为前对其难易程度的预判，它作为行为意愿的重要推动因素，有助于我们更全面的理解消费者的决策过程。综上，态度、主观规范以及感知行为控制共同构成了行为意愿的前导变量，这些因素通过影响购买意愿进而影响购买行为。

计划行为理论在预测消费者意愿以及在绿色或环保领域的行为方面发挥着重要作用。Lee 和 Bonn (2015) [9]明确指出，计划行为理论能够有效预测消费者的购买行为。本研究使用计划行为理论(TBP)作为理论框架，旨在探究消费者与电动汽车购买意愿之间的关系。

根据 TPB 的阐述，消费者对亲环境行为持有积极态度，将有效增强他们的绿色消费意愿。具体而言，Park 等(2014) [10]的研究指出，态度越积极的消费者，其绿色消费的意愿也就越强烈。Higuera-Castillo 等(2019) [11]也指出，消费者对电动汽车持有的态度越积极，他们就越可能表现出强烈的购买意愿。此外，购买电动汽车的行为，实际上是消费者经过深思熟虑后的理性决策。当消费者感受到来自周围或社会的压力时，他们追求绿色消费的意愿也会增强。例如，Afroz 等(2015) [12]的研究揭示，消费者购买电动汽车的意愿受社交网络，尤其是亲朋好友的影响。此外，相关文献认为，消费者对某种行为的控制力越高，其意愿就会越强。例如，Wang 等(2016) [13]研究表明，当消费者认为自己具备购买电动汽车的能力和条

件，且面临的障碍较少时，他们对电动汽车的购买意愿就会越强烈。同时，Lin 等(2022) [14]也指出，那些对自己财务能力有更好掌控的消费者，往往对新电动汽车的购买意愿更强烈。综上所述，分析态度、主观规范和感知行为控制对电动汽车购买意愿的影响。基于上述分析，本文提出以下假设：

- H1：消费者的态度正向影响电动汽车购买意愿。
- H2：消费者的主观规范正向影响电动汽车购买意愿。
- H3：消费者的感知行为控制正向影响电动汽车购买意愿。

## 2.2. 环境知识

近年来，Yazdanpanah 等学者在 TPB 中加入额外的变量以提高 TPB 的预测能力[15]。在文献支持的基础上，本文试图在电动汽车作为研究对象的情况下加入环境知识这一变量。环境知识(Environmental Knowledge, EK)是消费者形成环保意识和购买决策的基础。随着环境问题的不断加剧，环保意识日益深入人心，越来越多的消费者开始重视自己的消费行为对环境造成的影响。环境知识丰富的消费者更可能理解电动汽车在减少温室气体排放、降低空气污染方面的优势，从而更倾向于选择电动汽车作为出行工具。Chan 和 Lau (2000) [16]将环境知识定义为个人对环境问题的知识。当涉及环境问题时，环境知识会改变环境态度，个人的购买行为也会受到环境知识的影响。例如，Bamberg (2003) [17]等人的研究发现，环境知识与态度之间存在高度相关性，特别是在消费者积极寻求环境问题相关信息的过程中，他们的态度会随着环境知识的增长而呈现出积极的变化，环境知识和态度构成了推动绿色消费行为的强大动力。Mostafa (2007) [18]的研究发现，环境知识显著影响消费者对绿色产品态度，进而影响消费者绿色产品的购买意愿。同时，Wang 等(2014) [19]的研究结果也表明，环境知识对消费者购买环保产品的意愿有显著的正向影响。此外，施生旭和甘彩云(2017) [20]的研究指出，消费者掌握的环境知识越多，他们越容易认识到使用可回收塑料制品在环境保护中的重要性，并且倾向于购买这类产品。环境知识体现了消费者在日常生活中对环境变化的关注以及对自身行为影响环境的关心程度。这表明，消费者的环境知识通过态度等中介变量，间接地对绿色产品购买意愿产生影响。据此，本文提出以下假设：

- H4：消费者环境知识正向影响消费者对电动汽车的态度。
- H5：态度在环境知识影响电动汽车购买意愿之间发挥着中介作用。

## 2.3. 环境责任感

环境责任感(Environmental Responsibility, ER)是驱动消费者采取环保行动的内在动力。拥有强烈环境责任感的消费者更倾向于采取积极的行动来保护环境，减少对环境的负面影响。因此，这类消费者更可能选择电动汽车作为出行工具，以减少对环境的污染和破坏。环境责任感体现了个体对采取环保行为能为社会带来福祉的深刻认识，并表现为积极采取措施解决环境问题的责任感，这种责任感驱使个体主动承担社会责任，并将其转化为个人的实际行动。Choi 等(2012) [21]指出，那些具备高环境责任感的消费者更有可能做出环境友好的行为，如主动选择环保产品、减少不可持续的消费行为，以及积极关注环境问题等。盛光华等(2019) [22]指出环境责任感与消费者绿色产品购买意愿间的关系已在现有研究中进行了充分讨论与实证检验。环境责任感激发消费者关注环境问题、并努力寻求解决方案。在做出购买决策时，他们更加关注产品的绿色价值与环境效益，从而展现出购买意愿。杜建国和段声丽(2022) [23]基于负责任的环境模型，从环境责任感出发，引入绿色自我效能感与绿色感知价值这两个中介变量，构建了一个关于消费者绿色购买行为影响机制的链式中介模型。他们采用结构方程模型和层次回归法进行实证分析，研究结果显示，环境责任感对绿色产品购买意愿具有显著的正向促进作用。因此，环境责任感在推动消费者绿色购买行为方面起到了积极作用，环境责任感作为重要的心理变量，它驱动消费者主动承担环境责任，积极践行绿色行为，进而激发消费者对电动汽车的购买意愿。因此，关于消费者环境责任感对电

动汽车购买意愿的影响提出以下假设:

H6: 消费者的环境责任感正向影响电动汽车购买意愿。

## 2.4. 消费者感知有效性

消费感知有效性(Perceived Consumer Effectiveness, PCE)为消费者提供行为指导, 当消费者认为自己的消费行为能对环境有益时, 他们更可能选择生态消费方式。消费者感知有效性是消费者对于自身行为能否对环境产生影响的主观评估。Ellen 等(1991) [24]的研究指出, 消费者感知有效性实质上反映了个体对于自己能够影响环境的信心程度, 即消费者认为通过自身努力改变环境状况的能力程度。在本研究中, 消费者感知有效性被定义为消费者相信他们可以通过购买电动汽车来帮助减少汽车使用对环境的负面影响。正因如此, 消费者感知有效性被视为预测消费者绿色消费行为的重要变量。众多研究亦证实, 消费者感知有效性对推动消费者采取亲环境行为具有积极的促进作用。消费者若认为自己的消费行为能够有效解决环境问题, 就更倾向于选择绿色消费方式。例如, Choi 等(2005) [25]发现, 消费者感知有效性对个人购买绿色产品的倾向有积极的影响。Vermeir 和 Verbeke (2008) [26]发现消费者感知有效性是购买可持续发展产品行为意愿的重要预测因子。简而言之, 消费者感知有效性是触发消费者购买绿色产品的先决条件, 它显著地影响着消费者的绿色购买行为。综上所述, 关于消费者感知有效性对电动汽车购买意愿的影响提出以下假设:

H7: 消费者感知有效性正向影响电动汽车购买意愿。

环境责任感, 它反映了个体对维护整体环境应承担责任的深刻认知。这种责任感能够激发个体更积极地应对环境问题, 增强他们改变环境现状的信心, 同时激励他们付出更多努力来解决环境问题。根据自我一致性理论, 个体倾向于与其自我形象相符的方式完成任务或工作。因此, 个体对环境的看法的感知需要得到有效的表达, 以产生一致的认知, 从而激励他们表现出超越预期。那些具备高度环境责任感的个体, 会不断增强自己组织和实施环境行为能力, 坚信自己有能力处理环境问题。而这种相信自己有能力改变环境问题的能力就是消费者感知有效性。基于此, 本研究认为环境责任感对消费者感知有效性具有积极的促进作用。因此, 提出以下假设:

H8: 消费者的环境责任感正向影响消费者感知有效性。

H9: 消费者感知有效性在环境责任感影响电动汽车购买意愿之间发挥着中介作用。

根据以上假设, 本文提出的理论模型如图 1 所示。

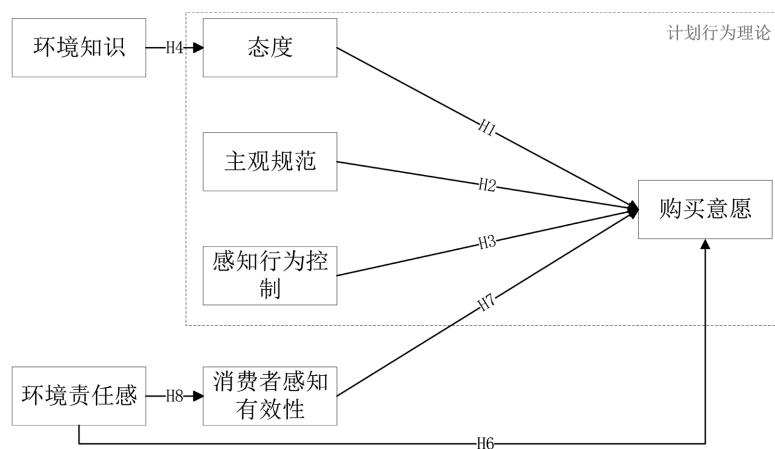


Figure 1. Theoretical model

图 1. 理论模型

### 3. 研究设计

#### 3.1. 问卷设计

为确保测量量表的信度和效度，本研究涉及的 7 个变量为态度(AT)、主观规范(SN)、感知行为控制(PBC)、环境知识(EK)、环境责任感(ER)、消费者感知有效性(PCE)以及购买意愿(PI)。它们均参考已有研究的成熟量表，并结合电动汽车的实际特点进行适当调整和修改。本研究在数据收集过程中，采用了广泛认可的 Likert 五级量表作为评估工具。该量表包含五个等级，分别对应着不同程度的意见倾向：1 代表“非常不同意”、2 代表“比较不同意”、3 代表“中立”、4 代表“比较同意”、5 代表“非常同意”。要求被调查者根据自身的实际情况和真实感受，对量表中的各项测量题项进行选择。以下是相关变量及其对应测量题项的详细说明：态度参照 Higueras-Castillo 等[27]以及 Dutta B 和 Hwang HG [28]开发的量表，共有 4 个测量题项，包括“我认为目前电动汽车的技术已经比较成熟”“我认为购买电动汽车将有利于环境”“我支持国家出台更多政策鼓励个人购买电动汽车”“我认为目前电动汽车安全性已经可以得到保障”。主观规范参照 Dong 等[29]和 Wang 等[30]开发的量表，共有 4 个测量题项，包括“新闻媒体的宣传会影响我购买电动汽车的决策”“家人的鼓励会提高我购买电动汽车的意愿”“周围朋友的鼓励会提高我购买电动汽车的意愿”“舆论的影响下会使我考虑购买电动汽车以减少环境污染”。感知行为控制参照 Wang 等[30]和 Manum 等[31]开发的量表，共有 4 个测量题项，包括“如果我想买一辆电动汽车，我有能力承担电动汽车目前的价格”“当我决定使用电动汽车时，即使维护成本越高，我也有能力承担”“我认为在日常生活中使用和操控电动汽车很容易”“我有时间和渠道获取电动汽车的相关信息”。环境知识参照 Al-Amin 等[32]和 Wu [33]等开发的量表，共有 3 个测量题项，包括“我知道汽车尾气对人体健康有害”“我了解燃油汽车的使用会导致环境退化”“我了解运输部门的碳排放是造成气候变化的主要原因之一”。环境责任感参照杜建国和段声丽开发的量表，共有 4 个测量题项，包括“我有责任尽自己努力去保护环境并节约资源”“我会主动学习关于环境保护的相关知识”“虽然自身影响很小，我也要为保护环境贡献一份力”“我们每个人都要认识到保护环境的必要性，否则我们的后代将承受后果”。消费者感知有效性参照 Nguyen 等[34]以及 Choi 和 Kim [35]的量表，共 3 个测量题项，分别为“通过低碳消费，每个人都可以对社会产生积极的影响”“我觉得我可以通过低碳消费来缓解资源短缺问题”“我可以通过低碳消费来保护环境”。购买意愿采用 Ng 等[36]和 He 等[37]开发的量表，共有 3 个题项，包括“当我需要买一辆汽车时，我更倾向于选择电动汽车”“当我需要换车时，我愿意换一辆电动汽车”“电动汽车时我未来购买汽车的第一选择”。此外，本研究还选取了性别、年龄、学历、家庭年收入以及燃油汽车拥有情况 5 个人口统计变量作为控制变量。

#### 3.2. 数据收集

本研究通过问卷调查的方式收集数据，旨在确保数据的可靠性和客观性。在问卷的起始部分，我们向填写者明确承诺问卷的匿名性，并强调答案无对错之分，鼓励参与者基于自身真实情况如实填写。为确保问卷的信度和效度，本研究事先进行了预调查。预调查通过微信朋友圈进行问卷的发放，共发放问卷 50 份，最终回收有效问卷 48 份，有效回收率高达 96%。在预调查阶段，我们不仅对初始问卷量表的信效度水平进行了严格的检验，还通过直接询问被调查者，对问卷中的语义表达进行了细致的检查和修订，以确保问卷内容的准确性和易懂性。经过这些步骤，所有量表的信效度均达到了预期标准，形成了最终的问卷版本。

正式的数据采集工作于 2023 年 1 月至 2023 年 3 月期间进行。我们采用线上调查的方式，通过微信问卷星平台发放并回收问卷。期间共发放问卷 600 份，经过严格的筛选和剔除无效问卷后，我们成功获

得了 560 份有效问卷, 有效回收率为 93.33%。这些高质量的数据为后续的分析和研究提供了坚实的基础。

### 3.3. 样本的描述性统计

560 份有效样本的基本情况如下: 男性 259 人, 占 46.3%, 女性 301 份, 占 53.8%; 年龄在 20 岁及以下的 19 人, 占 3.4%, 21~35 岁之间的 263 人, 占 47%, 36~50 岁之间的 199 人, 占 35.5%, 51~65 岁之间的 74 人, 占 13.2%, 65 岁及以上的 5 人, 占 0.9%; 从学历来看, 初中及以下的 15 人, 占 2.7%, 高中(中专)的 41 人, 占 7.3%, 大专的 45 人, 占 8%, 本科的 170 人, 占 30.4%, 硕士及以上的 289 人, 占 51.6%; 从家庭年收入来看, 3 万元及以下的 33 人, 占 5.9%, 3~10 万的 169 人, 占 30.2%, 10~25 万的 222 人, 占 39.6%, 25~50 万的 89 人, 占 15.9%, 50 万元以上的 47 人, 占 8.4%; 从燃油汽车拥有情况来看, 无燃油汽车的 110 人, 占 19.6%, 拥有 1 辆燃油汽车的 280 人, 占 50%, 拥有 2 辆燃油汽车的 150 人, 占 26.8%, 拥有 3 辆燃油汽车的 10 人, 占 1.8%, 拥有 4 辆及以上燃油汽车的 10 人, 占 1.8%。在其他 4 个人口统计变量样本分布比较均匀的情况下, 学历这一变量的分布与绿色消费者报告中“在有绿色商品购买行为的用户中, 女性占 64%, 本科及以上教育程度的占 71%, 年轻人是绿色消费的主流人群”基本一致, 因此整体样本可以接受。

由表 1 可知, 通过观察变量间的相关系数, 可以看出, 购买意愿与态度( $r = 0.256$ )、主观规范( $r = 0.266$ )、感知行为控制( $r = 0.237$ )、环境知识( $r = 0.175$ )、环境责任感( $r = 0.208$ )、消费者感知有效性( $r = 0.232$ )显著正相关, 环境责任感与消费者感知有效性( $r = 0.449$ )显著正相关。各变量之间的相关性初步支持了本文假设的方向是正确的。

**Table 1.** Correlation coefficient analysis results

**表 1. 相关系数分析结果**

	AT	SN	PBC	EK	ER	PCE	PI
AT	1						
SN	0.386**	1					
PBC	0.273**	0.215**	1				
EK	0.308**	0.287**	0.210**	1			
ER	0.191**	0.180**	0.104*	0.273**	1		
PCE	0.271**	0.229**	0.104*	0.319**	0.449**	1	
PI	0.256**	0.266**	0.237**	0.175**	0.208**	0.232**	1

注: \*表示  $P < 0.05$ ; \*\*表示  $P < 0.01$ 。

## 4. 假设检验与数据分析

### 4.1. 信度与效度分析

本研究通过计算克隆巴赫系数(Cronbach's  $\alpha$ )来评估各构念的信度水平, 分析结果如表 2 所示。观察表 2 可知, 所有构念的 Cronbach's  $\alpha$  值均高于临界值 0.7, 因此可以认为本研究所使用的问卷具备良好的信度。

问卷的效度检验可以分为内容效度和构念效度, 其中构念效度又分为聚合效度和区分效度。鉴于本研究采用了经多次验证的权威量表, 并在预调查后对题项进行了修改和完善, 因此, 内容效度较好。在聚合效度的检验上, 一般认为: 所有测量题项的标准化因子载荷系数大于 0.5, 各变量的组合信度(CR)值大于 0.7, 且各变量的 AVE 值大于 0.5。只有当所有的题项均满足这些条件时, 我们才能认为变量的聚

合效度较好。从表3的数据来看,各测量题项对应的潜变量的标准化因子载荷系数均超过了0.5,组合信度(CR)大于0.8,AVE值也超过了0.5,这表明量表的聚合效度良好。至于区分效度的检验,一般认为AVE值的平方根大于变量间的相关系数时区分效度较好。从表4的数据可以看出,所有变量的AVE的平方根均大于该变量和其他变量的相关系数,说明量表的区分效度良好。

**Table 2.** Reliability analysis results of each variable**表2.** 各变量的信度分析结果

变量	题项数	Cronbach's $\alpha$ 值
态度(AT)	4	0.802
主观规范(SN)	4	0.818
感知行为控制(PBC)	4	0.808
环境知识(EK)	3	0.800
环境责任感(ER)	4	0.888
消费者感知有效性(PCE)	3	0.843
购买意愿(PI)	3	0.823

**Table 3.** Aggregation validity analysis results of each variable**表3.** 各变量的聚合效度分析结果

变量	测量题目	标准化因子载荷值	AVE	CR
态度(AT)	AT1	0.714	0.505	0.803
	AT2	0.699		
	AT3	0.711		
	AT4	0.717		
主观规范(SN)	SN1	0.647	0.547	0.826
	SN2	0.817		
	SN3	0.844		
	SN4	0.622		
感知行为控制(PBC)	PBC1	0.698	0.518	0.810
	PBC2	0.823		
	PBC3	0.694		
	PBC4	0.653		
环境知识(EK)	EK1	0.610	0.588	0.808
	EK2	0.824		
	EK3	0.845		
	ER1	0.804		
环境责任感(ER)	ER2	0.749	0.672	0.891
	ER3	0.913		
	ER4	0.806		

续表

	PCE1	0.728			
消费者感知有效性(PCE)	PCE2	0.821	0.649	0.846	
	PCE3	0.861			
	PI1	0.516			
购买意愿(PI)	PI2	0.852	0.641	0.835	
	PI3	0.965			

**Table 4.** Discriminant validity analysis results of each variable**表 4.** 各变量的区分效度分析结果

变量	AT	SN	PBC	EK	ER	PCE	PI
态度(AT)	<b>0.711</b>						
主观规范(SN)	0.450	<b>0.740</b>					
感知行为控制(PBC)	0.333	0.264	<b>0.720</b>				
环境知识(EK)	0.389	0.340	0.233	<b>0.767</b>			
环境责任感(ER)	0.220	0.200	0.107	0.301	<b>0.820</b>		
消费者感知有效性(PCE)	0.330	0.261	0.113	0.382	0.525	<b>0.806</b>	
购买意愿(PI)	0.320	0.304	0.250	0.187	0.238	0.260	<b>0.801</b>

注：对角线上的值是 AVE 的算数平方根，对角线下的值为潜变量相关系数。

## 4.2. 结构方程模型检验

本研究借助 Amos26.0 软件对模型假设进行检验。拟合优度指数汇总如表 5 所示，其中各项指数实际值均达到推荐值的要求，这表明假设的理论模型与观测的数据之间具有较好的拟合效果。

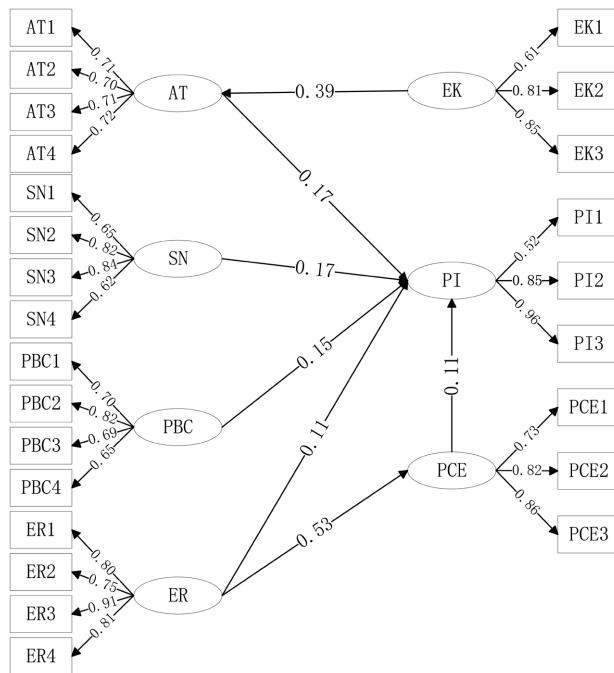
**Table 5.** Model goodness of fit index**表 5.** 模型拟合优度指数

拟合指数	$\chi^2/df$	GFI	NFI	IFI	CFI	PNFI	PCFI	RMSEA
实际值	2.348	0.913	0.903	0.942	0.942	0.807	0.841	0.049
推荐者	<3	>0.9	>0.9	>0.9	>0.9	>0.5	>0.5	<0.05

## 4.3. 假设的检验与分析

通过结构方程模型(SEM)，对环境知识、环境责任感、消费者感知有效性和购买意愿等变量的关系进行检验。模型路径结构如图 2，潜变量的因子载荷值为 0.52~0.96 ( $p < 0.001$ )，态度→购买意愿、主观规范→购买意愿、感知行为控制→购买意愿、环境知识→态度、环境责任感→购买意愿、消费者感知有效性→购买意愿、环境责任感→消费者感知有效性的标准化路径系数分别为 0.17、0.17、0.15、0.39、0.11、0.11 和 0.53，假设 H1、H2、H3、H4、H6、H7 和 H8 均通过了检验。

本文运用 SPSS26.0 软件中的 Process3.3 插件对态度和消费者感知有效性的中介效应进行检验，设定 Bootstrap 抽取样本 5000 次，考察 95% 的置信度下偏差校正的 Bootstrap 置信区间是否包含 0，不包含 0 代表中介效应显著，包含 0 就代表中介效应不显著，中介效应检验结果如表 6。



**Figure 2.** Path results of structural equation model  
**图 2.** 结构方程模型的路径结果

**Table 6.** Intermediary utility test results

**表 6.** 中介效用检验结果

路径	Effect	BootSE	BootLLCI	BootULCI	效应占比
<b>EK-AT-PI</b>	0.062	0.017	0.031	0.096	34.25%
<b>ER-PCE-PI</b>	0.087	0.025	0.039	0.138	40.00%

由表 6 可知：环境知识→态度→购买意愿路径的效应值  $\beta = 0.062$ , 95% 置信区间为(0.031, 0.096), 不包含 0, 说明中介效应显著, 假设 H5 成立。环境责任感→消费者感知有效性→购买意愿路径的效应值  $\beta = 0.087$ , 95% 置信区间为(0.039, 0.138), 不包含 0, 说明中介效应显著, 假设 H9 成立。

综上, 本文假设都得到验证, 验证结果整理如表 7 所示。

**Table 7.** Model hypothesis test results

**表 7.** 模型假设检验结果

序号	研究假设	结果
1	H1: 消费者的态度正向影响电动汽车购买意愿	成立
2	H2: 消费者的主观规范正向影响电动汽车购买意愿	成立
3	H3: 消费者的感知行为控制正向影响电动汽车购买意愿	成立
4	H4: 消费者的环境知识正向影响消费者对电动汽车的态度	成立
5	H5: 态度在环境知识影响电动汽车购买意愿之间发挥着中介作用	成立
6	H6: 消费者的环境责任感正向影响电动汽车购买意愿	成立
7	H7: 消费者感知有效性正向影响电动汽车购买意愿	成立
8	H8: 消费者的环境责任感正向影响消费者感知有效性	成立
9	H9: 消费者感知有效性在环境责任感影响电动汽车购买意愿之间发挥着中介作用	成立

## 5. 结论与建议

### 5.1. 研究结论

本文对态度、主观规范、感知行为控制、环境知识、环境责任感、消费者感知有效性与电动汽车购买意愿及其相互关系进行了实证研究，得出以下结论。

第一，消费者的态度、主观规范以及感知行为控制正向影响电动汽车购买意愿。对电动汽车的态度会影响消费者购买电动汽车的意愿，消费者对购买电动汽车的态度越积极，则购买电动汽车的意愿就越强。消费者感知到的社会压力或来自周围朋友的压力越大，其电动汽车购买意愿就会越强。消费者对自身行为的控制力越强，其购买电动汽车的意愿也会越强烈。

第二，消费者的环境知识正向影响消费者对电动汽车的态度。表明消费者对环境知识了解的越多，越知道保护环境的重要性，越倾向于采取环境保护行为，电动汽车具有绿色环保功能，可以降低对环境的污染，所以对购买电动汽车的态度越积极。环境知识作为心理因素是产生积极态度的前提，而这种态度正向影响个体的行为意愿和绿色消费行为。因此，我们可以得出，态度在环境知识影响电动汽车购买意愿之间发挥着中介作用。

第三，消费者的环境责任感正向影响电动汽车购买意愿。表明环境责任感越强的消费者其电动汽车购买意愿就越强。环境责任感促使消费者更加关注个人行为对环境的影响。他们深知汽车尾气排放对环境造成的污染，因此倾向于选择那些能减少污染、更环保的出行方式。电动汽车作为一种零排放或低排放的交通工具，自然成为了他们的首选。

第四，消费者感知有效性正向影响电动汽车购买意愿。表明消费者认为自己有能力通过自身努力和日常的消费行为缓解环境问题时，其电动汽车购买意愿就越强。另外，环境责任感正向影响消费者感知有效性。这意味着消费者的环境责任感越强，消费者感知有效性也越强。消费者感知有效性在环境责任感影响电动汽车购买意愿之间发挥着中介作用，即电动汽车购买意愿可以通过强化个体达成环境目标的信念来实现。

### 5.2. 建议

首先，增强环境知识。提高消费者环保意识，强调环境问题对个人、家庭及社会的直接影响，如空气污染、水资源短缺等，激发消费者对环保问题的关注。通过环保教育宣传，如讲座、研讨会、环保展览等形式，提高消费者对环境问题的认知和理解。普及环保知识，教授消费者基本的环保知识，如垃圾分类、节能减排、绿色消费等，让消费者了解如何在日常生活中践行环保。制作和播放环保主题的电视节目和广播节目，通过试听媒体向大众传递环保知识。在报纸、杂志等媒体上开设环保专栏，报道环保新闻和事件，提高公众对环保问题的关注度。利用社交媒体平台发布环保咨询和行动倡议，鼓励公众参与环保活动，提高环保知识的传播效率。

其次，培养环境责任感。通过学校、社区、媒体等渠道，普及环保知识，让公众了解环境问题的严重性和紧迫性，从而增强对环境问题的关注和责任感。利用真实的环保案例，如环境污染事件、生态保护成功案例等，引导公众深入理解和思考环境问题，激发其环保责任感和行动力。鼓励消费者参与环保活动，如植树造林、垃圾分类回收等，增强他们的环保实践经验和责任感。制定和完善环保法规政策，明确环境责任和义务，强化环保执法力度，使公众在法律的约束下增强环境责任感。建立环境激励机制，如绿色信贷、税收优惠、环保奖励等，鼓励企业和个人积极履行环保责任，通过环境责任感。

最后，提升消费者感知有效性。增强消费者感知，在环保教育宣传中，注重提高消费者的感知体验，如通过视听材料、模拟实验等方式让消费者更直观地了解环境问题。鼓励消费者分享自己的环保经验和感受，通过互动和讨论增强消费者的感知效果。提高消费者参与度，设计有趣且实用的环保活动，吸引

消费者积极参与，如环保知识竞赛、绿色消费挑战等。提供便捷的参与渠道和方式，如在线报名、社交媒体互动等，降低消费者参与的门槛。建立激励机制，对积极参与环保的消费者给予奖励和认可，如颁发环保证书、提供绿色消费优惠券等，激发消费者的环保积极性。通过社会舆论和媒体报道，表彰环保先进典型和优秀事迹，形成良好的环保氛围。

### 5.3. 研究局限与展望

虽然本文得到了一些有价值的结论，但也存在一定的局限性。第一，影响消费者对电动汽车的购买意愿的因素繁多，包括消费者心理层面因素、外在情景因素以及国家政策等。本研究仅从消费者心理层面的主观因素出发，探讨了态度、主观规范、感知行为控制、环境知识、环境责任感和消费者感知有效性对购买意愿的影响。因此，未来研究可进一步拓展研究范围，引入更多客观变量，以更准确地预测消费者的购买意愿。第二，本研究采用调查问卷方式收集数据。然而，在填写问卷过程中，部分调查对象可能出于美化自身形象的考虑，故意填写对自己有利的数据，这可能导致数据分析出现偏差，无法准确识别电动汽车的潜在消费人群。因此，未来研究在数据收集方法上需进一步改进，以确保数据的真实性和准确性。

## 参考文献

- [1] 张立. “碳达峰、碳中和” UP 论坛综述[J]. 城市规划学刊, 2021(4): 6-9.
- [2] 国务院办公厅印发《新能源汽车产业发展规划(2021-2035 年)》[J]. 汽车零部件, 2020(12): 33.
- [3] 中国汽车技术研究中心. 中国新能源汽车产业发展报告[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2020.
- [4] Shao, J., Li, W., Aneye, C. and Fang, W. (2021) Facilitating Mechanism of Green Products Purchasing with a Premium Price—Moderating by Sustainability-Related Information. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, **29**, 686-700. <https://doi.org/10.1002/csr.2229>
- [5] Dutta, B. and Hwang, H. (2021) Consumers Purchase Intentions of Green Electric Vehicles: The Influence of Consumers Technological and Environmental Considerations. *Sustainability*, **13**, Article No. 12025. <https://doi.org/10.3390/su132112025>
- [6] 李创, 叶露露, 王丽萍. 新能源汽车消费促进政策对潜在消费者购买意愿的影响[J]. 中国管理科学, 2021, 29(10): 151-164.
- [7] Ajzen, I. (1985) From Intentions to Actions: A Theory of Planned Behavior. In: Kuhl, J. and Beckmann, J., Eds., *Action Control*, Springer, Berlin, 11-39. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-69746-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-69746-3_2)
- [8] Ajzen, I. (1991) The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, **50**, 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-t](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-t)
- [9] Lee, K.H., Bonn, M.A. and Cho, M. (2015) Consumer Motives for Purchasing Organic Coffee: The Moderating Effects of Ethical Concern and Price Sensitivity. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, **27**, 1157-1180. <https://doi.org/10.1108/ijchm-02-2014-0060>
- [10] Park, J. and Ha, S. (2014) Understanding Consumer Recycling Behavior: Combining the Theory of Planned Behavior and the Norm Activation Model. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, **42**, 278-291. <https://doi.org/10.1111/fcsr.12061>
- [11] Higueras-Castillo, E., Liébana-Cabanillas, F.J., Muñoz-Leiva, F. and García-Maroto, I. (2019) Evaluating Consumer Attitudes toward Electromobility and the Moderating Effect of Perceived Consumer Effectiveness. *Journal of Retailing and Consumer Services*, **51**, 387-398. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.07.006>
- [12] Afroz, R., Masud, M.M., Akhtar, R., Islam, M.A. and Duasa, J.B. (2015) Consumer Purchase Intention towards Environmentally Friendly Vehicles: An Empirical Investigation in Kuala Lumpur, Malaysia. *Environmental Science and Pollution Research*, **22**, 16153-16163. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4841-8>
- [13] Wang, S., Fan, J., Zhao, D., Yang, S. and Fu, Y. (2014) Predicting Consumers' Intention to Adopt Hybrid Electric Vehicles: Using an Extended Version of the Theory of Planned Behavior Model. *Transportation*, **43**, 123-143. <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9567-9>
- [14] Lin, B. and Shi, L. (2022) Do Environmental Quality and Policy Changes Affect the Evolution of Consumers' Intentions to Buy New Energy Vehicles. *Applied Energy*, **310**, Article ID: 118582. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118582>
- [15] Yazdanpanah, M. and Forouzani, M. (2015) Application of the Theory of Planned Behaviour to Predict Iranian Students' Intention to Purchase Organic Food. *Journal of Cleaner Production*, **107**, 342-352. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.071>

- [16] Chan, R.Y.K. and Lau, L.B.Y. (2000) Antecedents of Green Purchases: A Survey in China. *Journal of Consumer Marketing*, **17**, 338-357. <https://doi.org/10.1108/07363760010335358>
- [17] Bamberg, S., Ajzen, I. and Schmidt, P. (2003) Choice of Travel Mode in the Theory of Planned Behavior: The Roles of Past Behavior, Habit, and Reasoned Action. *Basic and Applied Social Psychology*, **25**, 175-187. [https://doi.org/10.1207/s15324834basp2503\\_01](https://doi.org/10.1207/s15324834basp2503_01)
- [18] Mostafa, M.M. (2007) A Hierarchical Analysis of the Green Consciousness of the Egyptian Consumer. *Psychology & Marketing*, **24**, 445-473. <https://doi.org/10.1002/mar.20168>
- [19] Wang, P., Liu, Q. and Qi, Y. (2014) Factors Influencing Sustainable Consumption Behaviors: A Survey of the Rural Residents in China. *Journal of Cleaner Production*, **63**, 152-165. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.007>
- [20] 施生旭, 甘彩云. 环保工作满意度、环境知识与公众环保行为——基于 CGSS2013 数据分析[J]. 软科学, 2017, 31(11): 88-92.
- [21] Choi, D. (2012) Effects of Environmental and Hedonic Motivations on Intention to Purchase Green Products: An Extension of the Theory of Planned Behavior. *Dissertations & Theses*.
- [22] 盛光华, 岳蓓蓓, 解芳. 环境共治视角下中国居民绿色消费行为的驱动机制研究[J]. 统计与信息论坛, 2019, 34(1): 109-116.
- [23] 杜建国, 段声丽. 环境责任感对消费者绿色购买行为的影响——绿色自我效能感和绿色感知价值的链式多重中介效应[J]. 南京工业大学学报(社会科学版), 2022, 21(3): 48-60+115-116.
- [24] Ellen, P.S., Wiener, J.L. and Cobb-Walgren, C. (1991) The Role of Perceived Consumer Effectiveness in Motivating Environmentally Conscious Behaviors. *Journal of Public Policy & Marketing*, **10**, 102-117. <https://doi.org/10.1177/074391569101000206>
- [25] Choi, S.M. and Kim, Y. (2005) Antecedents of Green Purchase Behavior: An Examination of Collectivism, Environmental Concern, and PCE. *Advances in Consumer Research*, **32**, 592-599.
- [26] Vermeir, I. and Verbeke, W. (2008) Sustainable Food Consumption among Young Adults in Belgium: Theory of Planned Behaviour and the Role of Confidence and Values. *Ecological Economics*, **64**, 542-553. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.03.007>
- [27] Higueras-Castillo, E., Kalinic, Z., Marinkovic, V. and Liébana-Cabanillas, F.J. (2020) A Mixed Analysis of Perceptions of Electric and Hybrid Vehicles. *Energy Policy*, **136**, Article ID: 111076. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111076>
- [28] Dutta, B. and Hwang, H. (2021) Consumers Purchase Intentions of Green Electric Vehicles: The Influence of Consumers Technological and Environmental Considerations. *Sustainability*, **13**, Article No. 12025. <https://doi.org/10.3390/su132112025>
- [29] Dong, X., Zhang, B., Wang, B. and Wang, Z. (2020) Urban Households' Purchase Intentions for Pure Electric Vehicles under Subsidy Contexts in China: Do Cost Factors Matter? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, **135**, 183-197. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.03.012>
- [30] Wang, C., Yao, X., Sinha, P.N., Su, H. and Lee, Y. (2022) Why Do Government Policy and Environmental Awareness Matter in Predicting Nevs Purchase Intention? Moderating Role of Education Level. *Cities*, **131**, Article ID: 103904. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103904>
- [31] Al Mamun, A., Mohamad, M.R., Yaacob, M.R.B. and Mohiuddin, M. (2018) Intention and Behavior towards Green Consumption among Low-Income Households. *Journal of Environmental Management*, **227**, 73-86. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.061>
- [32] Al-Amin, A.Q., Ambrose, A.F., Masud, M.M. and Azam, M.N. (2016) People Purchase Intention towards Hydrogen Fuel Cell Vehicles: An Experiential Enquiry in Malaysia. *International Journal of Hydrogen Energy*, **41**, 2117-2127. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.11.146>
- [33] Wu, J., Liao, H., Wang, J. and Chen, T. (2019) The Role of Environmental Concern in the Public Acceptance of Autonomous Electric Vehicles: A Survey from China. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, **60**, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.ctr.2018.09.029>
- [34] Nguyen, H.V., Nguyen, C.H. and Hoang, T.T.B. (2018) Green Consumption: Closing the Intention-Behavior Gap. *Sustainable Development*, **27**, 118-129. <https://doi.org/10.1002/sd.1875>
- [35] Choi, S.M. and Kim, Y. (2005) Antecedents of Green Purchase Behavior: An Examination of Collectivism, Environmental Concern, and PCE. *Advances in Consumer Research*, **32**, 592-599.
- [36] Ng, M., Law, M. and Zhang, S. (2018) Predicting Purchase Intention of Electric Vehicles in Hong Kong. *Australasian Marketing Journal*, **26**, 272-280. <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2018.05.015>
- [37] He, X., Zhan, W. and Hu, Y. (2018) Consumer Purchase Intention of Electric Vehicles in China: The Roles of Perception and Personality. *Journal of Cleaner Production*, **204**, 1060-1069. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.260>

# 双碳背景下数字经济对湖北绿色发展的 影响作用研究

高 爽

湖北商贸学院经济与管理学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年6月27日; 录用日期: 2024年7月19日; 发布日期: 2024年8月16日

---

## 摘要

为实现碳达峰、碳中和, 进一步探讨数字经济如何影响地区绿色发展, 首先分析了数字经济影响绿色发展的机理, 其次利用湖北省2010年~2021年样本数据, 分别构建数字经济与绿色发展的指标体系, 采用熵值法估算其发展水平, 进而实证分析了数字经济对绿色发展的影响路径。研究发现: 数字经济发展水平的提升对绿色发展具有显著正向促进作用, 但是对绿色发展中的绿色投入、绿色产出影响程度显著不同。鉴于上述结论, 围绕数字化基础设施建设、数字化转型、数字化创新等方面, 提出数字经济赋能地区绿色发展的具体路径。

---

## 关键词

湖北, 数字经济, 绿色发展, 实证分析

---

# Research on the Impact of Digital Economy on the Green Development of Hubei Province under the Background of Carbon Peaking and Carbon Neutrality

Shuang Gao

School of Economics and Management, Hubei Business College, Wuhan Hubei

Received: Jun. 27<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jul. 19<sup>th</sup>, 2024; published: Aug. 16<sup>th</sup>, 2024

---

## Abstract

In order to achieve carbon peak and carbon neutrality, this paper further explores how the digital

economy affects regional green development, firstly analyzes the mechanism of the digital economy affecting green development, and then uses the sample data of Hubei Province from 2010 to 2021 to construct the index system of digital economy and green development, and uses the entropy method to estimate their development level, and then empirically analyzes the impact path of digital economy on green development. The results show that the improvement of the development level of the digital economy has a significant positive effect on green development, but the impact on green input and green output in green development is significantly different. In view of the above conclusions, this paper proposes a specific path for digital economy to empower regional green development in terms of digital infrastructure construction, digital transformation, and digital innovation.

## Keywords

Hubei, Digital Economy, Green Development, Empirical Analysis

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

绿色发展是顺应自然、促进人与自然和谐共生的发展，是用最少资源环境代价取得最大经济社会效益的发展，是高质量、可持续的发展。中国向世界承诺力争于 2030 年前实现碳达峰、努力争取 2060 年前实现碳中和，以“碳达峰碳中和”目标为牵引推动绿色转型，为全球可持续发展贡献智慧和力量。为实现“双碳”目标，如何提高地区绿色发展是实现高质量发展的核心问题之一。

当下，数字经济已成为拉动世界经济在信息时代下发展的“新引擎”，数字经济的发展水平亦是新经济背景下一个国家综合国力的重要体现[1]。数字经济凭借数字化、平台化以及共享化等特征在优化资源配置，提高技术效率，降低行业耗能，提升公众环保意识与参与度等方面发挥作用。可以看出，数字经济助推绿色发展有着不可替代的重要作用。

湖北肩负着促进中部崛起和长江经济带高效发展的重要使命，同时作为“一带一路”和长江经济带的重要节点。“十三五”以来，湖北省积极实施“加快建设美丽湖北、率先实现绿色崛起”发展战略，协同推进降碳、减污、扩绿、增长，经济结构加快调整，绿色低碳发展成效明显。然而，仍存在政策约束性不强，市场主体积极性不高，综合成效不突出等问题。数字经济赋能湖北绿色发展，其作用的机制又是什么？对此问题的分析将有助于从新发展角度寻求促进绿色高质量发展的路径。

纵观现有文献，对于数字经济对绿色发展影响的定量研究还不够系统。研究对象多集中在全国等角度。如魏丽莉等(2022)检验数字经济对地级市绿色发展水平的影响及其作用差异[2]。江彬等(2024)对浙江省的数字经济与绿色发展进行耦合协调关系测度[3]。张紫璐(2024)通过搜集 30 个省市的面板数据，对数字经济水平和经济绿色发展指标进行测度与发展现状分析[4]。陈琳(2023)重点关注城市数字经济发展对其绿色经济效率的影响机制[5]。考虑到各省省情显著差异性，数字经济对其绿色发展影响路径也会有显著不同，有必要以湖北省为研究对象，探讨两者之间的关系及影响作用机制。

## 2. 数字经济影响绿色发展的机理分析

### (一) 数字经济对绿色发展的影响

绿色发展是以低污染、低损耗、高效率等为特征的新发展模式，数字经济通过将数据为核心投入要素，凭借对大数据、云计算、物联网等技术的应用，实现对资源优化配置、要素结构调整、企业数字化转型等。基于以上分析，本文提出研究假说  $H_1$ ，数字经济能够促进绿色发展。

### (二) 数字经济对绿色投入的影响

数字经济推动了新技术的发展和应用，包括物联网、云计算、大数据、人工智能等，这些技术为绿色技术的创新和应用提供了有力支持。数字经济为产业发展提供绿色技术，增加清洁能源和节能环保投入，进一步推动绿色产业发展。同时数字经济为消费者提供了更多元化、更便捷的消费方式和服务，推动了绿色消费和绿色生活方式的普及。

基于以上分析，本文提出研究假说  $H_2$ ，数字经济能够促进绿色投入。

### (三) 数字经济对绿色产出的影响

数字化技术和通信技术的发展为传统产业转型升级提供了强大的支持，使得传统工业的生产过程更加高效、精准，从而减少了资源浪费和环境污染。此外，数字经济的信息化和智能化管理也有助于企业更好地掌握生产流程，实现生产安全、环保等保障工作，有效提高工业企业整体效率。

基于以上分析，本文提出研究假说  $H_3$ ，数字经济能够促进绿色产出。

## 3. 变量选择与模型建立

### (一) 指标设计

基于科学性和客观性，结合有关学者对绿色发展、数字经济发展等综合评价指标体系的研究，兼顾了数据的可获取性和可操作性，构建了绿色发展和数字经济发展的评价指标体系[6]。

#### 1) 被解释变量

基于以上分析，本文从绿色发展，并从投入指标和产出指标 2 个维度构建绿色发展指标体系，见表 1。

**Table 1.** Green development indicator system  
**表 1.** 绿色发展指标体系

一级指标	二级指标	指标说明
投入指标	劳动投入	年末就业人数(万人)
	资本投入	固定资产投资(亿元)
	能源投入	水力发电量(亿千瓦小时)
产出指标	期望产出	人均 GDP(元)
	非期望产出	工业废气排放量(亿标立方米)

#### 2) 解释变量

数字经济发展水平，本文选取数字化基础、数字化潜力 2 个维度构建数字经济发展指标体系，见表 2。

#### 3) 控制变量

为降低模型中可能存在的遗漏变量偏误，本文控制了一系列其他影响因素：产业结构升级、财政支出、环境治理、开放程度，见表 3。

产业结构升级：产业的优化升级中对高耗能产业进行升级和淘汰，无疑减少了对环境的污染和对资源的消耗，对绿色发展有着重要意义。

财政支出：地区政府通过对技术创新、技术人才等方面的增加投入，也将促进绿色发展。

环境治理：为了推动绿色发展和生态环境的改善，地区政府也会增加对环境保护、环境污染治理等

投入，这些投入都将推动地方的绿色发展。

开放程度：一方面，通过提升开放水平，吸引更多外商公司对本地区进行投资，技术创新，促进该地区创新水平的提升与经济的快速发展，间接推动地区绿色发展；另一方面，地区可能会承受国外高污染、高能耗企业向内转移的风险，不利于地区经济绿色发展水平的提升，并且造成环境破坏。因此地区对外开放程度对绿色发展的影响效应未知。

**Table 2.** Indicator system of digital economy development  
**表 2.** 数字经济发展指标体系

一级指标	二级指标	指标说明
数字化基础	数字化基础建设	电话普及率(部/百人)
		移动电话普及率(部/百人)
		互联网宽带接入用户数(万户)
		长途光缆线路长度(万公里)
数字化潜力	数字化发展能力	普通高等学校(人)
		专利批准量(项)
		信息传输、软件和信息技术服务业企业单位数(个)
		技术买卖情况成交额(万元)

**Table 3.** Meanings of major variables  
**表 3.** 主要变量含义

	变量	符号	解释
被解释变量	绿色发展	<i>GP</i>	熵值法计算
	绿色投入	<i>GI</i>	线性加权和法计算
	绿色产出	<i>GO</i>	线性加权和法计算
解释变量	数字经济发展	<i>DE</i>	熵值法计算
	产业结构升级	<i>UIS</i>	第三产业增加值占第二产业增加值的比重
控制变量	财政支出	<i>FE</i>	财政支持占 GDP 的比重
	环境治理	<i>ENG</i>	环境污染治理投资额占 GDP 的比重
	开放程度	<i>OPE</i>	外商直接投资金额占 GDP 的比重

## (二) 模型设置

为了考察数字经济发展对绿色发展的影响，建立模型为：

$$GP_t = \alpha_t + \beta_1 DE_t + \beta_2 X_t + \mu_t \quad (1)$$

*GP* 代表 *t* 年湖北绿色发展水平；*DE* 代表 *t* 年湖北数字经济发展水平；*X* 代表影响湖北绿色发展的其他因素； $\alpha$  为常数项； $\mu$  为随机误差项。 $\beta_1$  为数字经济发展对湖北省绿色发展的影响。

为了进一步实证分析数字经济对湖北省绿色发展的具体影响路径，又建立以下模型：

$$GI_t = \alpha_t + \delta_1 DE_t + \delta_2 X_t + \mu_t \quad (2)$$

*GI* 代表 *t* 年湖北绿色发展中绿色投入； $\delta_1$  为数字经济发展对湖北绿色发展中绿色投入的影响。其他

同上(1)。

$$GO_t = \alpha_t + \delta_1 DE_t + \delta_2 X_t + \mu_t \quad (3)$$

$GO$  代表  $t$  年湖北绿色发展中绿色产出;  $\delta_1$  为数字经济发展对湖北绿色发展中绿色产出的影响。其他同上(1)。

### (三) 数据说明与变量描述统计

本文数据来自《中国统计年鉴》、《湖北省统计年鉴》、《中国工业统计年鉴》等。最终得到湖北省 2010 年~2021 年的数据, 并对缺失数采用线性插值法进行填补, 采用熵值法对绿色发展指标与数字经济发展指标进行权重与综合指数的计算。变量描述统计结果详见下表 4。

**Table 4.** Variable description statistics

**表 4. 变量描述统计**

变量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>GP</i>	0.154	0.027	0.092	0.192
<i>LNGI</i>	8.471	0.155	8.185	8.634
<i>LNGO</i>	10.429	0.263	9.887	10.917
<i>DE</i>	0.289	0.054	0.208	0.381
<i>UIS</i>	1.001	0.205	0.733	1.393
<i>FE</i>	0.176	0.014	0.154	0.202
<i>ENG</i>	0.011	0.002	0.008	0.014
<i>OPE</i>	0.016	0.006	0.007	0.026

## 4. 实证分析

### (一) 基础回归结果

具体来看下表 5, 基础回归结果说明数字经济发展水平每提高 1%, 能够对湖北绿色发展水平显著提高 0.107%。

在控制产业结构升级、财政支出、环境治理、开放程度等变量后, 数字经济发展水平每提高 1%, 湖北绿色发展水平就会显著提高 0.162%, 说明数字经济的发展对绿色发展具有正向的促进作用。

产业结构省级对绿色发展的影响系数为正, 且在 5% 水平下显著, 说明产业结构升级显著促进了绿色发展水平的提升。产业结构升级主要是从传统的高污染、高能耗、低附加值的产业向高技术、高附加值、低污染、低能耗的产业转变。这种转变不仅可以提高经济效率和竞争力, 还可以减少对环境的负面影响, 推动绿色发展。同时产业结构升级进一步推动以绿色技术创新为驱动, 具有可持续发展特性的产业, 从而推动绿色发展。因此产业结构升级与绿色发展之间呈现正向的促进作用。

财政支出对绿色发展呈现负向不显著影响, 这说明了政府对绿色环保领域的财政支出力度存在一定滞后效应, 短时间内效果不明显[7]。

环境治理对绿色发展呈现正向影响, 这说明了随着环境污染治理投资额的增加, 可以推动一系列环保项目的实施, 如污水处理、废气治理、垃圾处理等。这些项目的实施有助于改善生态环境质量, 提高生态系统的稳定性和可持续性。同时也可以鼓励企业和科研机构投入更多资源进行绿色技术的研发和创新。这些绿色技术可以进一步推动绿色产业的发展, 提高资源利用效率, 降低环境污染, 推动地区绿色

发展水平。

开放程度对绿色发展呈现负向影响, 这说明随着开放程度的提高, 地方政府可能会吸引更多的外资和外来投资, 推动经济快速增长。然而, 这也可能导致对自然资源的过度开发和消耗, 从而破坏生态环境, 与绿色发展的理念相悖, 影响绿色发展的进程。

**Table 5.** Baseline regression results

**表 5.** 基准回归结果

变量	GP	GP
<i>DE</i>	0.107 <sup>**</sup> (0.038)	0.162 <sup>***</sup> (0.041)
<i>UIS</i>		0.124 <sup>**</sup> (0.041)
<i>FE</i>		-0.104 (0.282)
<i>ENG</i>		0.028 (0.148)
<i>OPE</i>		-0.038 (0.070)
<i>C</i>	1.977 <sup>***</sup> (0.0573)	6.164 <sup>***</sup> (1.208)
<i>R2</i>	0.443	0.680

注: 括号内为系数估计值的标准误, \*\*\*、\*\*、\*分别表示在 1%、5%、10%。下同。

## (二) 影响机理回归

结合数字经济影响绿色发展的机理分析, 通过下表 6 不同路径的回归结果, 可知数字经济发展水平每提高 1%, 对绿色发展中绿色投入显著提高 0.823%、对绿色发展中绿色产出显著提高 0.73%。数字经济对绿色产出影响显著高于绿色投入。

数字经济对绿色产出的影响显著高于绿色投入, 原因是数字技术如物联网、云计算和大数据等, 能够实现对能源、水资源、土地等资源的精准监控、分析和优化配置, 从而提高资源利用效率, 降低资源消耗和损耗。这种优化配置和高效利用, 可以直接促进绿色产出的提升。

如表 7 所示, 在控制产业结构升级、财政支出、环境治理、开放程度等变量后, 数字经济发展水平每提高 1%, 湖北绿色发展投入就会提高 0.452%, 湖北绿色发展产出就会显著提高 0.419%。这说明数字经济对绿色发展有着促进作用。一方面通过提升数字技术创新能力, 积极探索数字技术在绿色发展领域的应用场景, 增加绿色投入; 另一方面通过大数据、云计算等技术, 实现资源的优化配置, 降低能耗和减少排放, 从而增加绿色产出。

**Table 6.** Effect mechanism regression results 1

**表 6.** 影响机理回归结果 1

变量	LNGI	LNGO
<i>DE</i>	0.823 <sup>***</sup> (0.100)	0.730 <sup>***</sup> (0.019)
<i>C</i>	4.377 <sup>***</sup> (0.695)	5.785 <sup>***</sup> (0.134)
<i>R2</i>	0.872	0.993

**Table 7.** Effect mechanism regression results 2**表 7. 影响机理回归结果 2**

变量	LnMES	LnMWB
<i>DE</i>	0.452 (0.557)	0.419** (0.144)
<i>UIS</i>	0.318 (0.566)	0.265 (0.147)
<i>FE</i>	1.194** (0.386)	0.041 (0.100)
<i>ENG</i>	0.014 (0.202)	0.026 (0.052)
<i>OPE</i>	-0.025 (0.096)	-0.007 (0.025)
<i>C</i>	0.214 (1.651)	5.019*** (0.428)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.961	0.996

## 5. 结论与建议

### (一) 结论

通过对数字经济影响制绿色发展机理分析，并构建数字经济发展与绿色发展评价指标体系，从实证方面检验了数字经济对湖北省绿色发展影响路径，得出以下结论：数字经济发展水平的提升对绿色发展具有显著正向促进作用，同时数字经济驱动绿色发展的作用路径不同；从基础回归结果说明数字经济发展水平每提高 1%，能够对湖北绿色发展水平显著提高 0.107%。从路径回归结果可以看出，数字经济对绿色产出的影响显著高于绿色投入。

### (二) 建议

根据以上回归结果发现，产业结构升级、财政支出、环境治理、开放程度等因素是影响数字经济赋能绿色发展的重要因素，因此基于回归结果，提出数字经济赋能湖北省绿色发展的路径建议。

#### 1) 加强基础数字设施建设

政府需要加快搭建基础性数字设施，加大对数字经济相关产业的资金投入，减少区域之间数字经济水平的差距，为数字经济的发展营造良好的环境以及政策支持。

#### 2) 推动数字化转型

利用数字经济的发展机遇，加速推动湖北省产业结构的优化升级，推进生产方式的数字化转型，提升能源与资源要素的利用率和企业生产效率，减少污染排放，降低环境损害程度。加大创新力度，助推绿色发展。

#### 3) 重视数字化创新

数字化创新是推动数字经济赋能绿色发展的长效机制。通过增加基础研究的投入，加强科研机构、高等教育机构、科技园区之间的合作与交流，不断提高数字技术成果转化能力；注重数字人才培养，健全人才评价体系和激励机制，建立健全知识产权保护制度，确保数字技术创新者的积极性，为数字人才提供良好内外部环境，进而为地区绿色发展赋能。

## 基金项目

2023 年中国金融教育发展基金会“金融财经院校合作发展项目”(绿色金融对低碳全要素生产率的

影响及其作用机制研究——基于固定效应模型)。2022 年度湖北省教育厅科学研究计划指导项目(“双循环”新发展格局下数字经济赋能湖北制造业高质量发展的路径研究), 课题编号: B2022438。

## 参考文献

- [1] 许宪春, 张美慧. 中国数字经济规模测算研究——基于国际比较的视角[J]. 中国工业经济, 2020(5): 23-41.
- [2] 魏丽莉, 侯宇琦. 数字经济对中国城市绿色发展的影响作用研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(8): 60-79.
- [3] 江彬, 丁镭, 华忆迪. 浙江省数字经济与绿色发展耦合协调关系测度及政策启示[J]. 中国商论, 2024(4): 50-55.
- [4] 张紫璐. 数字经济对中国经济绿色发展的促进效应研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东财经大学, 2023.
- [5] 陈琳. 数字经济发展对绿色经济效率的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西财经大学, 2023.
- [6] 魏丽莉, 侯宇琦. 数字经济对中国城市绿色发展的影响作用研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(8): 60-79.
- [7] 张紫璐. 数字经济对中国经济绿色发展的促进效应研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东财经大学, 2023.

# 绿色信贷政策对重污染企业绿色创新的影响研究

——基于信贷约束的视角

阳 超

西南民族大学经济学院，四川 成都

收稿日期：2024年7月1日；录用日期：2024年7月16日；发布日期：2024年8月21日

## 摘要

经济增长与环境保护并重的关键就是绿色创新。追求经济效率的同时也要注意保护生态环境，这不仅仅是国家和社会的共同愿望，更是提高企业绿色竞争力的现实需要。本文以2012年发布的《绿色信贷指引》为准实验研究设计，选取2007年至2022年的中国A股上市公司，运用双重差分法研究其对重污染企业绿色创新的影响和机制。通过本文的理论分析和实证研究，发现重污染企业的绿色创新在绿色信贷政策实施之后，有了明显的提高。本文从企业绿色创新的角度出发，强调绿色信贷政策的微观效应，从而更好地实现绿色金融与绿色创新的有效结合。

## 关键词

绿色信贷政策，重污染企业，绿色创新，信贷约束

# Research on the Impact of Green Credit Policy on Green Innovation of Heavy Polluting Enterprises

—Based on the Perspective of Credit Constraint

Chao Yang

School of Economics, Southwest Minzu University, Chengdu Sichuan

Received: Jul. 1<sup>st</sup>, 2024; accepted: Jul. 16<sup>th</sup>, 2024; published: Aug. 21<sup>st</sup>, 2024

文章引用：阳超. 绿色信贷政策对重污染企业绿色创新的影响研究[J]. 低碳经济, 2024, 13(3): 207-220.  
DOI: 10.12677/jlce.2024.133020

## Abstract

The key to economic growth and environmental protection at the same time is green innovation. The pursuit of economic efficiency while paying attention to the protection of the ecological environment is not only the common desire of the state and society, but also a realistic need to improve the green competitiveness of enterprises. This paper takes the Green Credit Guidelines issued in 2012 as a quasi-experimental research design, selects Chinese A-share listed companies from 2007 to 2022, and applies the double-difference method to study their influence and mechanism on green innovation of heavy polluting enterprises. Through the theoretical analyses and empirical studies in this paper, it is found that the green innovation of heavy polluting enterprises has improved significantly after the implementation of green credit policy. From the perspective of green innovation of enterprises, this paper emphasises the micro effect of green credit policy, so as to better realise the effective combination of green finance and green innovation.

## Keywords

**Green Credit Policy, Heavy Polluters, Green Innovation, Credit Constraints**

---

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

党的二十大报告明确提出，要推进绿色发展，促进人与自然和谐共生。我们要将绿水青山就是金山银山的理念落实到我们生产、生活的每一处。自1978年改革开放以来，国内生产总值从1978年的3678.7亿元<sup>1</sup>增长至2022年的1210207.2亿元<sup>2</sup>，年均增长率高达7.45%<sup>3</sup>。然而这种高速增长是以生态环境污染、自然资源高能耗为代价取得的，经济高速增长阶段遗留下的生态环境问题也日益凸显，以往那种通过生产要素的投入和资源的消耗来促进经济增长的模式不再是最佳模式。因此，必须进一步推动经济的绿色转型，实现高质量发展。

企业是经济、自然和社会要素相互作用的重要节点，是绿色经济发展的基础。信贷是企业发展的主要支持，而信贷获取的难易程度又与相关政策紧密相关。近年来，我国相关的政府部门陆续发布了一系列针对绿色金融的政策文件。其中商业银行绿色信贷政策不仅具有环境规制的特性，而且具有金融资源配置的功能。绿色信贷政策是中国通过市场手段促进经济绿色发展的重要工具之一。原银监会于2012年发布的《绿色信贷指引》(以下简称《指引》)是中国绿色信贷政策的一个新里程碑。《指引》是否更多地引导了重污染企业的绿色创新？引导绿色创新的作用机理如何？基于以上考虑，本文旨在研究绿色信贷政策对高污染企业绿色创新活动的政策效应和具体机制，为后续相关政策的制定和实施提供理论和实证支持，助力“双碳”目标的实现和经济的生态转型。

<sup>1</sup> 数据来源国家统计局。

<sup>2</sup> 数据来源国家统计局。

<sup>3</sup> 笔者根据国家统计局的数据自行整理。

## 2. 文献综述

### 2.1. 绿色信贷相关研究

从定义和特征来看, Baron (2010) [1]指出, 绿色信贷是银行和金融机构将借款企业的环境绩效和企业社会责任表现作为贷款决策重要基准的一种贷款行为。国内学者熊学萍(2004) [2]认为, 绿色信贷将生态环境这一重要的因素考虑进资金融通之中, 对污染防治和生态保护的重视进一步提高, 从而扭转环境污染、能源过度消耗等经济总量增长不可持续的格局, 促进经济、金融、生态良性循环发展。樊志刚和李卢霞(2012) [3]指出, 与普通银行贷款相比, 绿色信贷注重人与自然的和谐共生, 注重经济社会的生态化和可持续发展, 因此具有更强的社会福利色彩。

从环境影响效果来看, Hu 和 Zheng (2022) [4]从宏观和微观角度提出了“功能属性 - 微观主体反应 - 关键影响因素”的理论分析框架, 发现中国绿色信贷政策主要通过产业结构、能源结构和能源强度三条路径抑制碳排放。Zhang 等(2021) [5]基于中国省级面板数据, 探讨了绿色信贷政策对中国环境质量的影响, 发现绿色信贷改善了中国整体环境质量, 但存在地区差异。王遥等(2019) [6]通过将绿色信贷政策纳入 DSGE 模型, 发现绿色信贷能够在改善环境质量的同时优化经济结构。Yao 等(2021) [7]探讨了绿色信贷政策对中国上市公司业绩的影响, 发现绿色信贷政策降低了污染严重的行业的企业绩效。对于国有企业、规模较大、机构持股率高、分析师覆盖率高以及处于经济政策不确定性较高时期的公司, 这种影响更为明显。

从对绿色贷款发放主体的影响来看, 丁宁等(2020) [8]发现就短期而言, 银行的成本会因绿色政策的实施而增加, 但长期来看有利于银行降低成本, 且改善了银行的信贷风险和银行声誉, 这与王晓宁和朱广印(2017) [9]的研究结论相似。宋晓玲和吴嘉伊(2017) [10]以最早加入赤道原则的 8 家银行为样本, 研究绿色信贷政策对赤道银行财务绩效的影响, 发现加入赤道规则的银行开展绿色信贷业务可显著提升其财务绩效。

从对企业投资行为影响角度考虑, 刘婧宇等(2015) [11]将金融体系纳入 CGE 模型, 定量测算了政策在多个时间段内的系统效应, 发现绿色信贷政策会影响企业的投资行为, 限制“双高”投资, 但仅限于中短期, 长期没有影响。苏冬蔚和连莉莉(2018) [12]在研究绿色信贷政策时, 第一次采用了双重差分法来研究该政策对企业投资行为的影响, 研究结果表明绿色信贷政策非常明显地抑制了国有企业、大型高污染企业的新增投资。王艳丽等(2021) [13]发现, 绿色信贷政策有助于优化金融资源配置, 提高高污染企业的投资效率。郭俊杰和方颖(2022) [14]基于中国 A 股上市公司的数据, 研究发现绿色信贷政策能够通过融资约束的机制促进企业的环保投资。Fan 等(2021) [15]研究发现绿色信贷政策会显著提升大公司对减排设施的投资, 而小公司会选择减少生产。

### 2.2. 企业绿色创新相关研究

Bernauer 等(2006) [16]将环境创新看作绿色创新。Beise 和 Rennings (2005) [17]认为绿色创新实际上是企业为减少对环境的破坏, 在日常生产经营中使用改进后的产品、技术。应瑞瑶和周力(2009) [18]认为, 绿色创新定义很广, 只要一项创造性的活动可以兼顾节约能源、经济发展以及环境保护, 都应纳入绿色创新的范畴。此外, Driessens 等(2013) [19]提出较严格的标准, 其认为, 只有既能减少对环境的影响, 同时产生对环境的正向效益的创新才可称作绿色创新。张钢和张小军(2013) [20]指出学术界最早于 20 世纪 90 年代初开始研究如何减少对环境的消极影响, 21 世纪前偏好使用环境创新的概念, 自 2005 年起学术界更倾向于选用绿色创新进行分析讨论。

企业绿色创新的内部影响因素相关研究主要集中于企业高管特征、员工特征和融资水平等方面。从

高管特征来看,学者们认为高管特征是企业内部绿色创新驱动的重要因素。如徐建中等(2017) [21]基于209家制造企业数据进行研究,发现高管环保意识与绿色创新战略决策存在正向关系。从员工特征看,Hochberg and Lindsey (2010) [22]研究发现企业员工的个体特征会影响其绿色创新行为态度,当企业加强股权激励力度时,员工创新意识会得到提高,从而促使员工进行创新活动。此外,李广培和吴金华(2017) [23]发现科研人员主体创新价值观取向也会对企业绿色创新行为产生影响。张杰等(2012) [24]通过对企业融资水平的研究,发现企业内部现金流是企业研发投入资金的主要组成部分,研发投入强度能够直接影响企业创新产出。国外学者 Brown 等人(2012) [25]也做了类似的研究,发现企业内部融资能力和现金流能力越强的企业创新动力越强,而当企业内部现金流无法满足企业研发资金需求时,企业会寻求外部融资的资金补给,通过外源融资缓解融资约束。

企业绿色创新的外部影响因素相关研究主要集中于环境规制、政府补贴和外界关注度等方面。首先在环境管制方面,政府的环境规制直接影响企业的污染行为和绿色创新能力,但关于其影响效应学者们得出了不同的研究结论。Conrad and Wastl (1995) [26]认为企业的成本会因环境规制而增加,减少企业现金流,抑制企业技术创新。然而, Ley *et al.* (2016) [27]却提出了不同的看法,即制定适当的环保管制可以提高公司的绿色创新意愿,并且当管制强度加大时,企业的绿色技术创新产量会呈现先降低后提高的趋势。李青原和肖泽华(2020) [28]的研究观点也认为合理的环境规制对企业绿色创新的作用是正向的。其次在政府补贴方面,毛其淋和许家云(2015) [29]认为政府补贴对企业绿色创新具有激励作用,但对于处于不同发展阶段的企业作用大小具有一定差异,这与吴建祖和华欣意(2021) [30]的观点一致。最后在外界关注方面,杨道广等(2017) [31]将媒体关注度作为一种重要的法律外制度。肖红军等(2022) [32]研究发现可以通过信息曝光等提高企业绿色意识和环保意识。另外, Hart (1995) [33]认为企业的绿色创新行为经过媒体报道后能够使企业获得独特的外部信任,进而提升绿色竞争优势。陈启博(2023) [34]则针对企业自愿信息披露的动机进行研究,发现企业总会尽量减少自身负面的环境信息披露,通过正面的信息披露获得外界对企业价值的正确评价,进而提升自身绿色创新形象。

### 2.3. 绿色信贷政策对企业绿色创新影响的研究

随着绿色信贷的发展,当前关于绿色信贷政策是否能够影响企业绿色创新的理论研究和经验分析也不断涌现。目前的文献对于绿色信贷政策能否真正促进重污染企业进行绿色创新活动尚未得到一致结论。

陆菁等人(2021) [35]提出,除了信用约束之外,企业遵从政策所带来的从成本效应也是绿色信用政策没有发挥波特效应的一个重要因素。于波(2021) [36]认为,绿色金融政策需要银行按照企业的环境绩效发放贷款,这将激励企业缩减生产规模并加大其在控制污染物排放方面的投入,产生“挤出效应”,进而导致企业的竞争能力下降。曹廷求等(2021) [37]根据社会责任报告评分的平均值,将重污染企业分为社会责任评级高低两类分别进行回归,发现评分低的重污染企业比评分高的重污染企业绿色创新意愿弱,表明了绿色信贷政策起到了一个“优胜略汰”的作用。吴红军等(2017) [38]研究发现,一般而言,在环境风险管理与环境信息披露上表现得更好的公司,会更容易得到金额更大的,期限更长的,更便宜的外部融资。

然而,目前已有研究表明,绿色信贷政策更多地是通过信用约束来促进企业绿色创新。连莉莉(2015) [39]的研究表明,紧盯的信贷导向会导致大量的资金流出能源密集型和高污染企业。杨柳勇与张泽野(2022) [40]以A股上市工业企业为研究对象,通过对绿色信贷政策的实证检验,得出了“减少贷款规模、增加贷款成本”的结论,并对其进行了实证检验。丁杰(2019) [41]认为绿色信贷会通过信贷约束抑制企业的资本投资、减少企业技术创新和绿色转型升级的资金支持,最后影响企业的长期发展。田超和肖黎明

(2021) [42]则认为绿色信贷能够通过长期债务融资及股权融资约束抑制重污染企业技术创新,且对于重污染企业绿色技术创新的抑制作用可能会长期存在,但是这一影响对于国有企业和规模较小的企业却并不显著。企业为了实现自身的生产与创新,必须通过外部融资来实现自身的生产与创新,其所面对的信用约束主要表现在信贷需求与信用渠道两个层面(樊海潮等,2015) [43]。连莉莉(2015) [39]基于中国上市公司数据,实证检验了绿色贷款对于绿色企业以及“两高”企业的融资成本,结果表明,与“两高”企业相比,绿色企业具有更低的负债融资成本。

### 3. 理论与方法

#### 3.1. 理论

##### 3.1.1. 信贷配给理论

信贷配给理论最早由 Stiglitz (1981) [44]提出,他认为在信贷配给的背景下,信贷市场存在超额资金需求,但是银行等金融机构往往会采用非利率手段使资金需求者逐步退出市场,从而达到市场均衡状态。这是因为贷方银行与借方企业之间存在信息不对称,银行不能准确了解借方企业贷款投资项目的收益和风险,这种信息不对称会引发道德风险和逆向选择问题,银行作为放贷方因担心无法获得预期收益,不愿意以更高利率放贷。作为环境规制的一种经济激励手段,绿色信贷政策可以根据信贷配给理论,调整对企业的信贷配给,通过差异化的信贷分配,限制资金流入污染企业,引导资金流向绿色企业。信贷配给改变了企业的融资环境,增加了污染企业获得银行贷款的难度,减少了企业的现金流。银行通过对重污染企业进行信贷配给,来规避信贷和环境风险,提高银行信贷安全性,进一步提高对绿色环保型企业的信贷支持力度,降低对重污染企业的支持力度。

##### 3.1.2. 信贷约束理论

信贷约束理论是宏观经济学中的一个重要概念,用于解释经济体中资金分配和经济增长的限制因素。信贷约束理论认为,个人、企业和政府在进行投资和消费时,受到资金供给的限制,这种限制可以是由金融市场的条件、信贷市场的运作、货币政策等因素造成的。

信贷约束理论强调了资金供给对经济增长和资源配置的重要性。当个人或企业受到信贷约束时,他们可能无法获得足够的资金进行投资或消费,从而限制了经济增长的潜力。这也解释为什么一些国家或地区的经济发展受到信贷市场的限制而无法实现快速增长。

在宏观经济学中,信贷约束理论也被用来解释经济周期和经济政策的影响。例如,当信贷市场出现紧缩时,信贷约束可能会加剧,导致企业投资减少,消费下降,从而影响整体经济活动。因此,政府和央行可以通过货币政策来缓解信贷约束,以促进经济增长和就业。

##### 3.1.3. 创新理论

“波特假说”最早是由 Porter 等人[45]在 1995 年提出的,该假说强调,当环境规制设计良好时,有可能推动企业创新,企业在保护环境与提高企业竞争力之间可以实现双赢的局面。该假说认为,虽然环境规制的出现,可能会额外增加企业的成本,但如果环境规制设计良好时,可能会促进企业积极开展创新。企业通过积极创新,有可能实现自身市场竞争力的提升,进而能够抵消因环境规制或加大创新而增加的成本支出。Porter 等人提出该假说主要基于以下几点原因:第一,环境规制可以帮助企业发现问题并找到整改方向;第二,环境规制可以帮助企业减少资金投向的不确定性;第三,环境规制可以增加企业从事创新的压力和动力;第四,环境规制有助于企业获得竞争优势。

当前主要有三种“波特假说”:一个是弱的“波特假说”,该假说提出,一个设计地比较好的环境规制,它或许会推动企业从事创新活动,但无法确定其如何影响企业竞争力;一个叫作强的“波特假说”,

这种假说认为，一个设计地比较好的环境规制，它不仅有助于推动企业从事创新，还可以增强企业的竞争力；还有一种叫作狭义的“波特假说”，这种假说认为，相较于传统的规制方法，灵活弹性的规制政策尤其是经济手段，可以更有效地促进企业的创新。

狭义的“波特假说”提出，设计得当的经济政策，可能会对企业创新产生促进作用。类似的，绿色信贷政策如果设计合理，有可能促进重污染企业积极开展绿色创新。

### 3.2. 研究假设

一方面，绿色信贷政策的出台会使得银行采取相应的行动，严控信用风险，减少对重度污染企业的贷款。另外，尽管绿色创新也被纳入了绿色信贷政策的扶持范围，但是，当前商业银行仍以产业细分为标准进行绿色信贷管理，同时，企业间的信息不对称、银行难以准确判断项目的环境属性，这可能导致重污染企业在为其绿色创新项目申请资金借贷时遇到困难。《指引》的出台，有可能导致高污染企业信用额度缩减、信用约束加重、企业融资难等问题，从而导致企业因融资难而暂停部分绿色创新。但是，企业也有可能迫于政策压力以及严重的信贷约束，不得不主动进行绿色创新，从而降低自身的环境社会风险，从而有利于后期的企业发展和信贷资金获取。

另一方面，《指引》的执行也将对重污染企业的融资产生一定的制约作用，从而导致重污染企业承担更大的运营风险。按照现代契约理论，随着工程风险的增大，银行与企业间的委托-代理关系成本也随之上升。因此，银行会对重污染企业提出更高的要求即更高的贷款利息，以此弥补其可能发生的违约风险。由此可见，绿色贷款在一定程度上使得重污染企业的融资总成本增加了，从而会减少从银行借贷的资金，但绿色贷款却不能有效地遏制其的商业信贷，反而助长了其以商业信贷为主要的流动性负债融资。使得污染企业融资成本升高，削弱了重污染企业绿色的选择倾向。

通过前文的理论分析，提出本文的研究假设。

H1：绿色信贷政策通过加剧重污染企业的信贷约束，进而促进重污染企业绿色创新。

H2：绿色信贷政策通过加剧重污染企业的信贷约束，进而抑制重污染企业绿色创新。

### 3.3. 研究模型与方法

通过梳理现有文献，现有的用于研究政策效应的计量经济学模型主要有双重差分模型、合成控制法、断点回归设计、倾向值匹配法和面板数据。表1对上述提到的几种模型的优缺点进行比较。

**Table 1.** Comparison of econometric models

**表1.** 计量经济学模型对比

模型名称	优点	缺点
双重差分模型	简单易理解，能够控制时间不变的个体特征。	对于存在时间趋势或其他趋势性变化的情况，可能存在内生性问题；需要满足平行趋势假设。
合成控制法	能够处理没有对照组的情况，适用于研究单一实验性政策的效应。	合成对照组的构建可能存在主观性，依赖于合成控制组的选择。
断点回归设计	能够处理政策实施存在阈值的情况，估计效应比较直观。	对于阈值的选择敏感，需要满足平滑性假设。
倾向值匹配法	能够处理选择性偏误，提高处理组和对照组之间的比较可比性。	对倾向值的估计敏感，可能存在匹配偏误。
面板数据模型	能够控制个体或单位固定效应，利用时间序列信息提高效率。	需要较多的数据点，可能存在面板数据的特有问题(如端点问题)。

本文使用的数据是面板数据，其优势在于：一、可以研究决策行为或结果中滞后的重要性，从而使得反映的信息更有意义。二、由于样本量大，所以准确性较高。三、更多的个体动态行为的信息也可以被反映出来。四、遗漏变量的问题可以得到解决。在计量经济学研究中，双重差分法多用于公共政策或项目实施效果评估。而本文研究的主题正好是绿色信贷这一公共政策的实施效果评估。同时在梳理文献的过程中，我发现有许多学者都是采用这一方法进行研究的。

因此，本文基于数据的特征、模型的优点以及前人的经验，选择了双重差分模型。

## 4. 实证分析

### 4.1. 样本选取与数据来源

鉴于 2007 年中国上市公司的会计准则发生了变化<sup>4</sup>，本文将 2007 年至 2022 年的所有 A 股上市公司纳入研究范围，初始数据处理如下：剔除了金融保险业上市公司，剔除了资产负债率小于 0 和大于 1 的上市公司，剔除了非正常交易上市公司(包括 ST、ST\* 以及 PT)，剔除了相关数据缺失的上市公司。

绿色专利相关数据源于中国研究数据服务平台(CNRDS)，其他公司特征数据源于国泰安数据库。对上述数据进行匹配后，我们得到了 15,564 个年度观测值。同时，为减少变量异常值对本文研究结果的影响，我们对连续变量在 1% 和 99% 的水平上进行缩尾处理<sup>5</sup>。

### 4.2. 模型设定与变量定义

基于双重差分模型，我们构建了如下模型检验绿色信贷对绿色创新的作用：

$$Patent_{it} = \beta_0 + \beta_1 Treat_i \times Post_t + \gamma Control_{it} + \tau_i + \nu_t + \varepsilon_{it}$$

其中，下标  $i$  表示企业，下标  $t$  表示年份。 $Patent$  表示企业绿色创新。 $Treat$  表示是否为重污染企业， $Post$  表示《指引》的出台， $Control$  表示一系列控制变量， $\tau$  表示企业固定效应， $\nu$  表示年份固定效应， $\varepsilon$  表示随机扰动项。本文重点关注的参数是  $\beta_1$ ，其反映了《指引》对于重污染企业绿色创新的具体影响。

**重污染企业( $Treat$ )。**本文根据环保部 2010 年发布的《上市公司环境信息披露指南》(征求意见稿)所划分的重污染行业，具体包括钢铁、水泥、电解铝、煤炭、冶金等 16 类重污染行业。并结合证监会 2012 年《上市公司行业分类指引》界定行业属性，根据对照结果将样本划分为重污染企业和非重污染企业。若样本是重污染企业，则， $Treat = 1$  否则  $Treat = 0$ 。

**《绿色信贷指引》( $Post$ )。**《绿色信贷指引》于 2012 年 2 月正式公布，并要求银行业金融机构在公布之日起遵照执行。基于此，本文将 2012~2022 年作为实验期，若样本年份在 2012 年及之后，则  $Post = 1$ ，否则  $Post = 0$ 。

**企业绿色创新( $Patent$ )。**参考黎文婧和郑曼妮(2016)的做法，本文以绿色专利申请数量衡量企业绿色创新。具体地，本文将绿色发明专利申请数量和绿色实用新型专利申请数量加总得到绿色创新总量  $Total$ ，绿色发明专利申请数量  $Invent$  衡量绿色创新质量，同时将绿色实用新型专利申请数量  $Utility$  作为对比性指标衡量绿色创新数量。为消除绿色专利申请数据的右偏分布问题，本文对绿色专利数据做进一步处理，即将绿色专利申请数量加 1 后取自然对数，得到  $LnTotal$ 、 $LnInvent$  以及  $LnUtility$ 。

**控制变量( $Control$ )。**借鉴相关研究，本文选取企业规模( $Size$ )、资产负债率( $Debt$ )、盈利能力( $ROA$ )、成长性( $Growth$ )、经营活动现金流( $Cash$ )、企业年龄( $Age$ )、员工数量( $Employee$ )、有形资产率( $Ppe$ )作为控制变量。具体变量定义与描述性统计分析见表 2。

<sup>4</sup> 中华人民共和国财政部令(第 33 号)企业会计准则——基本准则。

<sup>5</sup> 在 1% 和 99% 的水平上进行缩尾处理就是小于百分数 1% 的数替换为百分数 1% 的数值，大于百分位数 99% 的数替换为百分位数 99% 的数值。

**Table 2.** Variable definitions and descriptive statistics  
**表 2. 变量定义与描述性统计**

变量名称	变量定义	样本数量	平均值	标准差	最小值	最大值
<i>LnTotal</i>	Ln(当年绿色专利申请量 + 1)	15,564	0.760	1.148	0	4.625
<i>LnInvent</i>	Ln(当年绿色发明专利申请量 + 1)	15,564	0.520	0.948	0	4.248
<i>LnUtility</i>	Ln(当年绿色实用新型专利申请量 + 1)	15,564	0.508	0.879	0	3.584
<i>Treat</i>	若是重污染企业, 则 <i>Treat</i> = 1, 否则 <i>Treat</i> = 0	15,564	0.336	0.472	0	1
<i>Post</i>	若样本年份在 2012 年及之后, 则 <i>Post</i> = 1, 否则 <i>Post</i> = 0	15,564	0.682	0.466	0	1
<i>Size</i>	Ln(期末总资产)	15,564	22.52	1.361	19.73	26.27
<i>Debt</i>	期末总负债/期末总资产	15,564	0.500	0.193	0.0722	0.898
<i>ROA</i>	净利润/平均总资产	15,564	0.0366	0.0557	-0.158	0.220
<i>Growth</i>	营业收入增长率	15,564	0.174	0.521	-0.592	3.724
<i>Cash</i>	经营活动现金净流量/期末总资产	15,564	0.0501	0.0734	-0.166	0.262
<i>Age</i>	Ln(当年年份 - 公司成立年份 + 1)	15,564	2.968	0.307	2.197	3.526
<i>Employee</i>	Ln(员工数量)	15,564	7.896	1.334	4.205	10.99
<i>Ppe</i>	有形资产率	15,564	0.938	0.0801	0.534	1

### 4.3. 基准回归分析

根据上述模型, 我们做了基准回归, 表 3 是基准回归结果。

在第(1)列中, 交乘项 *Treat* × *Post* 的系数在 1% 的水平显著为正, 其系数为 0.101, 即绿色信贷政策实施后, 重污染行业的绿色专利申请总量增加 10.1%, 表明《指引》显著增进了重污染行业的绿色创新产出。

在第(2)列中, 交乘项 *Treat* × *Post* 的系数不显著, 表明绿色信贷政策实施后, 重污染行业的绿色发明专利数量增加不显著, 即《指引》对重污染行业绿色创新质量的提升作用有限。

在第(3)列中, 交乘项 *Treat* × *Post* 的系数在 1% 的水平显著为正, 其系数为 0.122, 表明绿色信贷政策实施后, 重污染行业的绿色实用新型专利申请量增加 12.2%, 即《指引》对重污染行业绿色创新数量的提升作用明显。

综上, 研究假设 H1 得证。上述研究发现, 《指引》对重污染行业的绿色创新数量具有明显的推动作用, 但对其的绿色创新质量的推动并不明显。这主要是由于绿色发明专利的研发投入较大, 周期较长, 风险较大, 因而不容易被企业采用。

**Table 3.** Regression results of the impact of green credit policy on green innovation of heavy polluting enterprises  
**表 3. 绿色信贷政策对重污染企业绿色创新影响的回归结果**

变量	<i>LnTotal</i>	<i>LnInvent</i>	<i>LnUtility</i>
<i>Treat</i> × <i>Post</i>	0.101*** (0.0223)	0.00203 (0.0193)	0.122*** (0.0189)
<i>Size</i>	0.248*** (0.0135)	0.183*** (0.0117)	0.176*** (0.0115)

续表

	0.102*	0.0816*	0.0549
<i>Debt</i>	(0.0543)	(0.0470)	(0.0460)
	-0.286**	-0.247**	-0.151
<i>ROA</i>	(0.137)	(0.119)	(0.116)
	-0.0137	-0.00834	-0.0108
<i>Growth</i>	(0.0109)	(0.00946)	(0.00926)
	0.128	0.0677	0.0962
<i>Cash</i>	(0.0897)	(0.0777)	(0.0761)
	0.463***	0.320***	0.355***
<i>Age</i>	(0.116)	(0.100)	(0.0982)
	0.0965***	0.0773***	0.0700***
<i>Employee</i>	(0.0113)	(0.00980)	(0.00959)
	-0.288***	-0.121	-0.198**
<i>Ppe</i>	(0.111)	(0.0965)	(0.0944)
	-6.762***	-5.092***	-4.925***
<i>Constant</i>	(0.448)	(0.388)	(0.380)
企业固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.699	0.668	0.631

\*为 Standard errors in parentheses, \*\*\*p < 0.01, \*\*p < 0.05, \*p < 0.1, 下文相同。

## 4.4. 稳健性检验

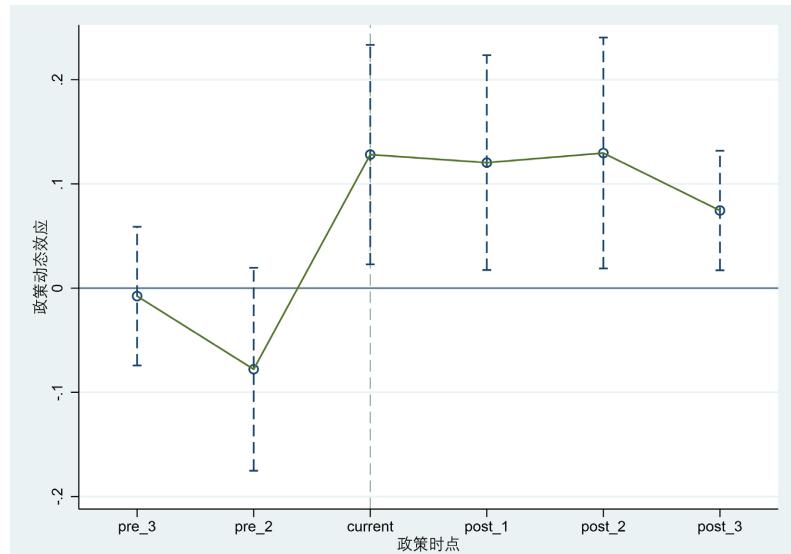
### 4.4.1. 平行趋势检验

双重差分法的基本假设是，实验组和对照组具有平行趋势，即相同的事件前变化趋势，从而确保只有外生事件才是造成差异的原因。本文根据样本区间，选择政策时间的前后各3年设定年份虚拟变量。从表4和图1可以看出，政策发生前的时间虚拟变量回归系数值较小且不显著，这表明在政策发生之前，重污染行业与非重污染行业的绿色发展水平没有显著差异，即绿色信贷政策符合平行趋势假设。政策发生后的时间虚拟变量回归系数值显著为正，表明绿色信贷政策促进重污染企业绿色创新。

**Table 4.** Parallel trend test results

**表4.** 平行趋势检验结果

变量	<i>pre_3</i>	<i>pre_2</i>	<i>current</i>	<i>post_1</i>	<i>post_2</i>	<i>post_3</i>	<i>Size</i>	<i>Debt</i>
检验结果	-0.00769	-0.0779	0.128**	0.120**	0.130**	0.0745**	0.248***	0.0969*
标准误	(0.0340)	(0.0497)	(0.0537)	(0.0526)	(0.0565)	(0.0293)	(0.0135)	(0.0543)
变量	ROA	Growth	Cash	Age	Employee	Ppe	Constant	<i>R</i> <sup>2</sup>
检验结果	-0.280**	-0.0135	0.127	0.470***	0.0969***	-0.285**	-6.775***	0.700
标准误	(0.137)	(0.0109)	(0.0897)	(0.116)	(0.0113)	(0.0113)	(0.448)	

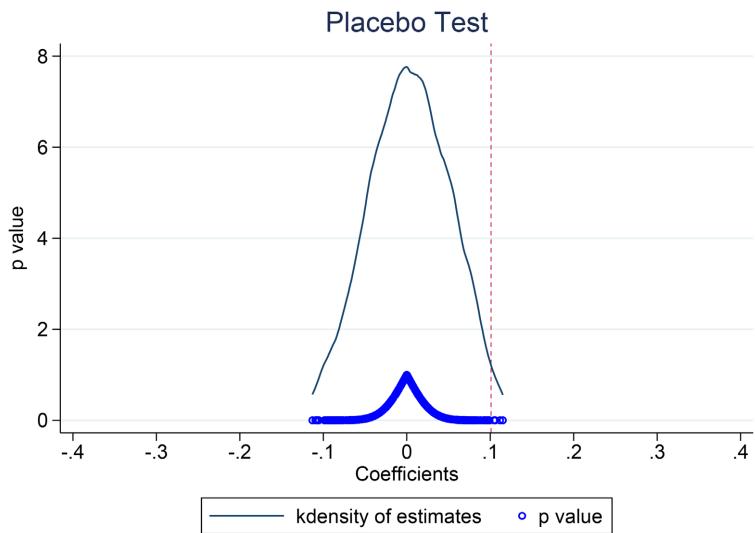


**Figure 1.** Plot of the results of the parallel trend test

**图 1.** 平行趋势检验结果图

#### 4.4.2. 安慰剂检验

为了排除其他未观察到的遗漏变量对研究结果的影响，我们进行了一次安慰剂实验，通过随机抽样将实验组随机分配到全样本中。共随机抽取了 352 个样本作为全样本实验组，并进行了回归分析，记录了系数估计值和相应的  $p$  值。将该随机过程重复进行 500 次。系数估计值的概率密度分布和相应  $p$  值的散点分布图如图 2 所示。我们可以看到，安慰剂试验的系数估计值分布在零附近，而且大多数估计值在 10% 的置信水平下并不显著。这表明本文的结果没有受到其他未观察到的遗漏变量的干扰。



**Figure 2.** Graph of placebo test results

**图 2.** 安慰剂检验结果图

#### 4.5. 作用机制检验

本文采用中介效应模型，从信贷约束角度检验重污染企业绿色创新受阻背后的信贷规模渠道和融资

成本渠道的可能性。

### (1) 信贷规模渠道

由于企业绿色创新需要长期资金的支持,本文选取长期借款占总资产的比重(*LongDebt*)作为信贷规模渠道的中介变量。

从表5可知回归系数0.101、-0.0122、0.0972和-0.340均显著,且回归系数0.0972小于0.101,则表明中介变量*LongDebt*是绿色信贷政策抑制重污染企业绿色创新的作用机制。

**Table 5.** Mechanism tests based on the credit size channel

**表5.** 基于信贷规模渠道的机制检验

变量	<i>LnTotal</i>	<i>LongDebt</i>	<i>LnTotal</i>
<i>Treat</i> × <i>Post</i>	0.101*** (0.0223)	-0.0122*** (0.00183)	0.0972*** (0.0223)
<i>LongDebt</i>			-0.340*** (0.101)
<i>Size</i>	0.248*** (0.0135)	0.0286*** (0.00111)	0.258*** (0.0138)
<i>Debt</i>	0.102* (0.0543)	0.147*** (0.00446)	0.152*** (0.0562)
<i>ROA</i>	-0.286** (0.137)	-0.0136 (0.0113)	-0.290** (0.137)
<i>Growth</i>	-0.0137 (0.0109)	-0.000114 (0.000898)	-0.0138 (0.0109)
<i>Cash</i>	0.128 (0.0897)	-0.0619*** (0.00738)	0.107 (0.0899)
<i>Age</i>	0.463*** (0.116)	-0.0353*** (0.00952)	0.451*** (0.116)
<i>Employee</i>	0.0965*** (0.0113)	-0.0125*** (0.000929)	0.0923*** (0.0114)
<i>Ppe</i>	-0.288*** (0.111)	-0.0636*** (0.00915)	-0.309*** (0.111)
<i>Constant</i>	-6.762*** (0.448)	-0.382*** (0.0368)	-6.892*** (0.450)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.699	0.688	0.700

### (2) 融资成本渠道

绿色信贷增加了污染企业的整体融资成本,减少了银行主导的信贷融资,但绿色信贷并没有抑制污染企业的商业信贷,反而促进了污染企业基于商业信贷的流动性债务融资。因此本文选择流动性负债占期初总资产的比重,即流动性债务融资*Fr*作为中介变量来分析。

从表6可知回归系数0.101、0.0105、0.0968和0.439均显著,且回归系数0.0968小于0.101,则表

明中介变量流动性债务融资是绿色信贷政策抑制重污染企业绿色创新的作用机制。

**Table 6.** Mechanism test based on financing cost channel  
**表 6.** 基于融资成本渠道的机制检验

变量	<i>LnTotal</i>	<i>Fr</i>	<i>LnTotal</i>
<i>Treat × Post</i>	0.101*** (0.0223)	0.0105*** (0.00217)	0.0968*** (0.0223)
<i>Fr</i>			0.439*** (0.0848)
<i>Size</i>	0.248*** (0.0135)	-0.0404*** (0.00132)	0.266*** (0.0140)
<i>Debt</i>	0.102* (0.0543)	0.772*** (0.00530)	-0.237*** (0.0850)
<i>ROA</i>	-0.286** (0.137)	0.0519*** (0.0134)	-0.309** (0.137)
<i>Growth</i>	-0.0137 (0.0109)	0.00327*** (0.00107)	-0.0152 (0.0109)
<i>Cash</i>	0.128 (0.0897)	0.0715*** (0.00876)	0.0970 (0.0898)
<i>Age</i>	0.463*** (0.116)	0.0609*** (0.0113)	0.437*** (0.116)
<i>Employee</i>	0.0965*** (0.0113)	0.0177*** (0.00110)	0.0888*** (0.0114)
<i>Ppe</i>	-0.288*** (0.111)	0.115*** (0.0109)	-0.338*** (0.112)
<i>Constant</i>	-6.762*** (0.448)	0.478*** (0.0438)	-6.972*** (0.450)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.699	0.878	0.700

## 5. 结论与建议

绿色信贷政策与传统信贷政策的主要区别在于，绿色信贷政策注重支持和鼓励环保和可持续发展项目，促进绿色产业和低碳经济发展。这些政策通常包括鼓励银行和金融机构提供更有利的信贷条件给符合环保标准的企业，推动绿色技术创新和应用，以及支持性质更为环保、低碳的投资项目。传统信贷政策则更注重企业的经济效益和财务状况。因此，绿色信贷政策在支持可持续发展和环保领域更具有指导性和导向性，与传统信贷政策的重点有所不同，绿色信贷将环境规制与资金配置相联系，将企业进行污染生产的负外部性内部化。

本文探讨了原银监会发布《绿色信贷指引》后，绿色信贷政策与绿色创新之间的关系，并分析了其背后的机制。研究结果表明，《指引》实施以来，绿色信贷限制行业参与绿色创新的积极性显著提高，表现为绿色创新的总量大幅增加，但绿色创新的质量并没有明显提高。

结合上述研究，我们就通过绿色信贷政策推动重污染行业绿色创新提出如下建议：

第一，加强绿色信贷实施情况的监测评价。合理评估绿色信贷政策实施的影响对于构建更深层次的绿色信贷政策体系至关重要，有助于更好地理解政策实施的效果，找出政策实施的偏差和推广过程中的关键障碍。

第二，加强对企业环保信息披露和监督。银行与企业之间的信息不对称阻碍了绿色信贷的投资，难以支持高污染企业的绿色创新信贷。

第三，完善绿色信贷激励与约束双重机制。强调绿色信贷政策中的信贷约束只是达到目的的一种手段，其最初目的是保护生态环境，增加污染成本，鼓励企业参与创新。但由于企业创新需要资金支持，因此，除了最大限度地发挥绿色信贷政策的限制作用，遏制“两高一剩”产业外，还需要建立支持企业创新的激励机制。

## 参考文献

- [1] Baron, D.P. (2001) Private Politics, Corporate Social Responsibility, and Integrated Strategy. *Journal of Economics & Management Strategy*, **10**, 7-45. <https://doi.org/10.1111/j.1430-9134.2001.00007.x>
- [2] 熊学萍. 传统金融向绿色金融转变的若干思考[J]. 生态经济, 2004(11): 60-62.
- [3] 樊志刚, 李卢霞. 我国商业银行推行绿色信贷的政策环境分析及业务创新路径探讨[J]. 金融理论与实践, 2012(9): 11-16.
- [4] Hu, Y. and Zheng, J. (2022) How Does Green Credit Affect Carbon Emissions in China? A Theoretical Analysis Framework and Empirical Study. *Environmental Science and Pollution Research*, **29**, 59712-59726. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20043-1>
- [5] Zhang, K., Li, Y., Qi, Y. and Shao, S. (2021) Can Green Credit Policy Improve Environmental Quality? Evidence from China. *Journal of Environmental Management*, **298**, Article ID: 113445. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113445>
- [6] 王遥, 潘冬阳, 彭俞超, 等. 基于 DSGE 模型的绿色信贷激励政策研究[J]. 金融研究, 2019, 473(11): 1-18.
- [7] Yao, S., Pan, Y., Sensoy, A., Uddin, G.S. and Cheng, F. (2021) Green Credit Policy and Firm Performance: What We Learn from China. *Energy Economics*, **101**, Article ID: 105415. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105415>
- [8] 丁宁, 任亦依, 左颖. 绿色信贷政策得不偿失还是得偿所愿?——基于资源配置视角的 PSM DID~1 成本效率分析[J]. 金融研究, 2020, 478(4): 112-130.
- [9] 王晓宁, 朱广印. 商业银行实施绿色信贷对盈利能力有影响吗?——基于 12 家商业银行面板数据的分析[J]. 金融与经济, 2017, 477(6): 41-46.
- [10] 宋晓玲, 吴嘉伊. 绿色信贷对财务绩效的影响——来自赤道银行的经验证据[J]. 征信, 2017, 35(3): 12-18.
- [11] 刘婧宇, 夏炎, 林师模, 等. 基于金融 CGE 模型的中国绿色信贷政策短中长期影响分析[J]. 中国管理科学, 2015, 23(4): 46-52.
- [12] 苏冬蔚, 连莉莉. 绿色信贷是否影响重污染企业的投融资行为? [J]. 金融研究, 2018, 462(12): 123-137.
- [13] 王艳丽, 类晓东, 龙如银. 绿色信贷政策提高了企业的投资效率吗?——基于重污染企业金融资源配置的视角[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(1): 123-133.
- [14] 郭俊杰, 方颖. 绿色信贷、融资结构与企业环境投资[J]. 世界经济, 2022, 45(8): 57-80.
- [15] Fan, H., Peng, Y., Wang, H. and Xu, Z. (2021) Greening through Finance? *Journal of Development Economics*, **152**, Article ID: 102683. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102683>
- [16] Bernauer, T., Engels, S., Kammerer, D., et al. (2006) Explaining Green Innovation: Ten Years after Porter's Win-Win Proposition: How to Study the Effects of Regulation on Corporate Environmental Innovation? *CIS Working Paper*, **3**, 1-16.
- [17] Beise, M. and Rennings, K. (2005) Lead Markets and Regulation: A Framework for Analyzing the International Diffusion of Environmental Innovations. *Ecological Economics*, **52**, 5-17. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.06.007>
- [18] 应瑞瑶, 周力. 资源禀赋与绿色创新——从中国省际数据的经验研究看“荷兰病”之破解[J]. 财经研究, 2009, 35(11): 92-102.
- [19] Driessens, P.H., Hillebrand, B., Kok, R.A.W. and Verhallen, T.M.M. (2013) Green New Product Development: The

Pivotal Role of Product Greenness. *IEEE Transactions on Engineering Management*, **60**, 315-326.  
<https://doi.org/10.1109/tem.2013.2246792>

- [20] 张钢, 张小军. 绿色创新研究的几个基本问题[J]. 中国科技论坛, 2013(4): 12-15, 20.
- [21] 徐建中, 贯君, 林艳. 制度压力、高管环保意识与企业绿色创新实践——基于新制度主义理论和高阶理论视角[J]. 管理评论, 2017, 29(9): 72-83.
- [22] Hochberg, Y.V. and Lindsey, L. (2010) Incentives, Targeting, and Firm Performance: An Analysis of Non-Executive Stock Options. *Review of Financial Studies*, **23**, 4148-4186. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhq093>
- [23] 李广培, 吴金华. 个体视角的绿色创新行为路径: 知识共享的调节效应[J]. 科学学与科学技术管理, 2017, 38(2): 100-114.
- [24] 张杰, 芦哲, 郑文平, 等. 融资约束、融资渠道与企业 R&D 投入[J]. 世界经济, 2012, 35(10): 66-90.
- [25] Brown, J.R., Martinsson, G. and Petersen, B.C. (2012) Do Financing Constraints Matter for R & D? *European Economic Review*, **56**, 1512-1529. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2012.07.007>
- [26] Conrad, K. and Wastl, D. (1995) The Impact of Environmental Regulation on Productivity in German Industries. *Empirical Economics*, **20**, 615-633. <https://doi.org/10.1007/bf01206060>
- [27] Ley, M., Stucki, T. and Woerter, M. (2016) The Impact of Energy Prices on Green Innovation. *The Energy Journal*, **37**, 41-76. <https://doi.org/10.5547/01956574.37.1.mley>
- [28] 李青原, 肖泽华. 异质性环境规制工具与企业绿色创新激励——来自上市企业绿色专利的证据[J]. 经济研究, 2020, 55(9): 192-208.
- [29] 毛其淋, 许家云. 政府补贴对企业新产品创新的影响——基于补贴强度“适度区间”的视角[J]. 中国工业经济, 2015, 327(6): 94-107.
- [30] 吴建祖, 华欣意. 高管团队注意力与企业绿色创新战略——来自中国制造业上市公司的经验证据[J]. 科学学与科学技术管理, 2021, 42(9): 122-142.
- [31] 杨道广, 陈汉文, 刘启亮. 媒体压力与企业创新[J]. 经济研究, 2017, 52(8): 125-139.
- [32] 肖红军, 阳镇, 凌鸿程. 企业社会责任具有绿色创新效应吗[J]. 经济学动态, 2022, 738(8): 117-132.
- [33] Hart, S.L. (1995) A Natural-Resource-Based View of the Firm. *The Academy of Management Review*, **20**, 986-1014. <https://doi.org/10.2307/258963>
- [34] 陈启博. 应披尽披还是形象美化——绿色信贷政策与企业环境信息披露[J]. 山西财经大学学报, 2023, 45(3): 112-126.
- [35] 陆菁, 鄢云, 王韬璇. 绿色信贷政策的微观效应研究——基于技术创新与资源再配置的视角[J]. 中国工业经济, 2021(1): 174-192.
- [36] 于波. 绿色信贷政策如何影响重污染企业技术创新? [J]. 经济管理, 2021, 43(11): 35-51.
- [37] 曹廷求, 张翠燕, 杨雪. 绿色信贷政策的绿色效果及影响机制——基于中国上市公司绿色专利数据的证据[J]. 金融论坛, 2021, 26(5): 7-17.
- [38] 吴红军, 刘啟仁, 吴世农. 公司环保信息披露与融资约束[J]. 世界经济, 2017, 40(5): 124-147.
- [39] 连莉莉. 绿色信贷影响企业债务融资成本吗?——基于绿色企业与“两高”企业的对比研究[J]. 金融经济学研究, 2015, 30(5): 83-93.
- [40] 杨柳勇, 张泽野. 绿色信贷政策对企业绿色创新的影响[J]. 科学学研究, 2022, 40(2): 345-356.
- [41] 丁杰. 绿色信贷政策、信贷资源配置与企业策略性反应[J]. 经济评论, 2019(4): 62-75.
- [42] 田超, 肖黎明. 绿色信贷会促进重污染企业技术创新吗?——基于《绿色信贷指引》的准自然实验[J]. 中国环境管理, 2021, 13(6): 90-97.
- [43] 樊海潮, 李瑶, 郭光远. 信贷约束对生产率与出口价格关系的影响[J]. 世界经济, 2015, 38(12): 79-107.
- [44] Stiglitz, J.E. and Weiss, A. (1981) Credit Rationing in Markets with Imperfect Information. *The American Economic Review*, **71**, 393-410.
- [45] Porter, M.E. and Linde, C. (1995) Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, **9**, 97-118. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>



# Journal of Low Carbon Economy

## 低碳经济

### 国际中文期刊征文启事

ISSN: 2324-7924 (Print) ISSN: 2324-7932 (Online)  
<https://www.hanspub.org/journal/jlce>

《低碳经济》是一本关注能源环境领域最新进展的国际中文期刊，本刊支持思想创新、学术创新，倡导科学，繁荣学术，集学术性、思想性为一体，旨在给世界范围内的科学家、学者、科研人员提供一个传播、分享和讨论能源环境领域内不同方向问题与发展的交流平台。该期刊由汉斯出版社出版，全球发行，中国教育图书进出口公司负责引进及在中国内地的销售。现诚邀相关领域的学者投稿。

#### 投稿领域

气候变化	Climate Change
碳税	Carbon Tax
清洁发展机制	Clean Development Mechanism
碳金融和交易	Carbon Financial and Trading
能源消耗	Energy Consumption
能源管理	Energy Management
能源经济	Energy Economy
能源政策	Energy Policy
能源价格	Energy Prices
低碳经济	Low Carbon Economy
循环经济	Circular Economy
生态经济	Ecological Economy
可再生能源	Renewable Energy
可持续发展	Sustainable Development
能源环境工程	Energy Environmental Engineering
节能减排政策	Energy-Saving Emission Reduction Policies
能源预测，能源模型	Energy Prediction, Energy Model
能源环境其他学科	Energy Environment Other Subjects

#### 论文检索

本刊论文已被维普、万方、龙源期刊网、国家哲学社会科学文献中心、超星期刊、博看网、中国科学技术信息研究所--国家工程技术数字图书馆、长江文库、CALIS、Cornell University Library、Google Scholar、Journalseek、Open Access Library、Open J-Gate、PubScholar、Research Bible、Scilit、SHERPA/ROMEO、Worldcat等数据库收录。

#### 征文要求及注意事项

1. 稿件力求主题新颖、论点明确、论据可靠、数字准确、文字精炼、逻辑严谨、文字通顺，具有科学性、先进性和实用性；
2. 稿件必须为中文，且须加有英文标题、作者信息、摘要、关键词和规范的参考文献列表；
3. 稿件请采用WORD排版，包括所有的文字、表格、图表、附注及参考文献；
4. 从稿件成功投递之日起，在2个月内请勿重复投递至其他刊物。本刊不发表已公开发表过的论文。文章严禁抄袭，否则后果自负；
5. 本刊采用同行评审的方式，审稿周期一般为5~14日。



# 低碳经济

主编：赵振宇 华北电力大学教授

主办：汉斯出版社

编辑：《低碳经济》编委会

网址: <https://www.hanspub.org/journal/jlce>

电子邮箱: [jlce@hanspub.org](mailto:jlce@hanspub.org)

出版：汉斯出版社