

我国碳中和的研究现状及发展趋势

——基于CiteSpace的文献计量分析

李陈一凡, 千宏程

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年6月6日; 录用日期: 2024年7月31日; 发布日期: 2024年8月7日

摘要

近年来, 我国在碳中和领域的地位不断提升, 展示了应对气候变化的坚定决心和实际行动, 成为推动全球实现碳中和目标的重要力量。碳中和增强了能源安全, 减少了对化石燃料的依赖, 提高了国家在国际社会中的地位, 同时保护了生态系统和生物多样性, 为人类社会的长期繁荣和环境可持续性奠定了坚实基础。然而, 我国碳中和面临能源结构调整与经济结构转型等严峻挑战, 需要不断探索和完善, 以便顺利实现碳中和目标, 推动社会可持续发展。本文利用中国知网收录的期刊论文, 通过CiteSpace文献计量工具, 对近十年内中国在碳中和领域的研究状况进行深入的可视化分析, 以探索当前我国碳中和的研究热点。

关键词

碳中和, CitesSpace, 研究图谱, 研究趋势

Research Status and Development Trend of Carbon Neutralisation in China

—CiteSpace-Based Bibliometric Analysis

Chenyifan Li, Hongcheng Gan

Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Jun. 6th, 2024; accepted: Jul. 31st, 2024; published: Aug. 7th, 2024

Abstract

In recent years, China's position in the field of carbon neutrality has been rising, demonstrating its firm determination and practical action to address climate change and becoming an important

force in promoting the global goal of carbon neutrality. Carbon neutrality enhances energy security, reduces dependence on fossil fuels and improves the country's status in the international community, while protecting ecosystems and biodiversity and laying a solid foundation for the long-term prosperity and environmental sustainability of human society. However, China's carbon neutrality goal faces serious challenges such as energy structure adjustment and economic structure transformation, which need to be continuously explored and improved in order to successfully achieve the carbon neutrality goal and promote the sustainable development of the society. In this paper, we make use of the journal papers included in China Knowledge Network and CiteSpace bibliometric tools to conduct an in-depth visual analysis of China's research status in the field of carbon neutrality in the past decade, in order to explore the current research hotspots of carbon neutrality in China.

Keywords

Carbon-Neutral, CiteSpace, Research Mapping, Research Trend

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

20 世纪以来, 全球气候变化问题日益严峻, 以二氧化碳为主的温室气体大量排放导致的全球气候变暖已经成为威胁全人类发展的最大非传统安全挑战。中国作为有责任、有担当的大国, 始终在降低二氧化碳排放方面付出大量的努力。2020 年 9 月, 在纽约联合国总部召开的第七十五届联合国大会一般性辩论上, 习主席提出中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, 力争于 2030 年前实现碳达峰, 努力争取 2060 年实现碳中和[1]。碳中和不仅是实现可持续发展的重要路径, 也是我国经济结构转型、能源结构优化和技术创新的重要驱动力, 逐渐成为学术界和产业界的热点领域。在这一背景下, 系统梳理和分析我国碳中和领域的研究现状及发展趋势, 显得尤为重要。基于 CiteSpace 文献计量分析工具, 本研究对我国碳中和领域的相关文献进行深入分析, 揭示当前研究的热点和前沿动态, 识别关键问题和未来发展方向, 为政策制定者、研究者和产业界提供科学依据, 推动我国碳中和目标的实现, 促进经济社会的可持续发展。

2. 数据来源与研究方法

2.1. 数据来源

本文以中国知网 CNKI 数据库 2014 年至 2024 年的引文索引为检索对象, 对主体和篇关摘包含“碳中和”词条的期刊论文进行高级检索, 检索到 1063 篇国内文献, 通过手动筛选后, 最终保留 593 篇相关文献。在对文献进行筛选后, 导出 Refworks 格式的文献, 再导入至 CiteSpace 中, 经过转换获得 CNKI 格式兼容的数据。

新建项目, 选取 2014~2024 年, 在节点类型的选项中采用 modified g -index 进行分析, k 系数设定为 25, 计算公式如下:

$$g^2 \leq k \sum_{i \leq g} C_i, k \in Z^+$$

删除一些意义重合的关键词后,排在前十位的关键词分别为:碳中和(385)、碳达峰(139)、碳排放(36)、气候变化(31)、能源转型(22)、绿色发展(21)、碳减排(18)、碳汇(14)、绿色金融(13)、生态文明(12)(见表1)。节点中介中心性是一个关键指标,若某关键词的中介中心性大于0.1,表示该关键词具有较强的影响力。由表1可知,碳中和(385)、碳达峰(139)、碳排放(36)以及气候变化(31)四个节点的频数和中心性较高,中心性均大于0.1,分别为0.99、0.25、0.28、0.13。因此,2014至2024年间碳中和的研究主题聚焦于在气候变化的背景下,如何降低碳排放,实现碳中和和碳达峰。高频出现的关键词不仅反映了研究焦点,还在一定程度上代表了碳中和领域的研究热点。

Table 1. Top 20 keywords in terms of frequency for “carbon neutral”

表 1. “碳中和” 频数排名前 20 的关键词

序号	频数	中心性	年份	关键词
1	385	0.99	2022	碳中和
2	139	0.25	2021	碳达峰
3	36	0.28	2014	碳排放
4	31	0.13	2016	气候变化
5	22	0.01	2022	能源转型
6	21	0.02	2021	绿色发展
7	18	0.07	2019	碳减排
8	14	0.01	2022	碳汇
9	13	0.02	2021	绿色金融
10	12	0.01	2021	生态文明
11	11	0.00	2022	低碳转型
12	10	0.00	2022	气候治理
13	10	0.00	2022	绿色转型
14	9	0.02	2016	中国
15	9	0.02	2022	数字经济
16	9	0.01	2022	能源安全
17	8	0.00	2022	科技创新
18	8	0.02	2014	隐含碳
19	7	0.00	2022	碳税
20	7	0.04	2014	中日贸易

3.2. 关键词聚类分析

通过关键词聚类分析,能够更深入地探索不同关键词之间联系的紧密程度,进而揭示关键词之间的潜在关系。碳中和研究的关键词聚类图见图2。通常采用模块值(Q)和平均轮廓(S)作为关键指标来评估绘制图谱效果。当Q值大于0.3时,表明聚类的结构显著;当S值大于0.5,越接近1,表明网络的同质性越高,聚类的效果越具有说服力。在本例中,Q值为0.5124,大于0.3;S值为0.8932,大于0.5。综合这两个数值来看,碳中和相关研究的关键词聚类结构合理且非常显著。

关键词运算结果共生成8个聚类,分别是:#0碳中和、#1碳排放、#2碳达峰、#3能源转型、#4绿

色发展、#5 绿色金融、#6 碳汇、#7 碳减排。碳中和关键词聚类及其所含关键词见表 2。聚类标签数字越小, 该聚类包含的关键词越多。

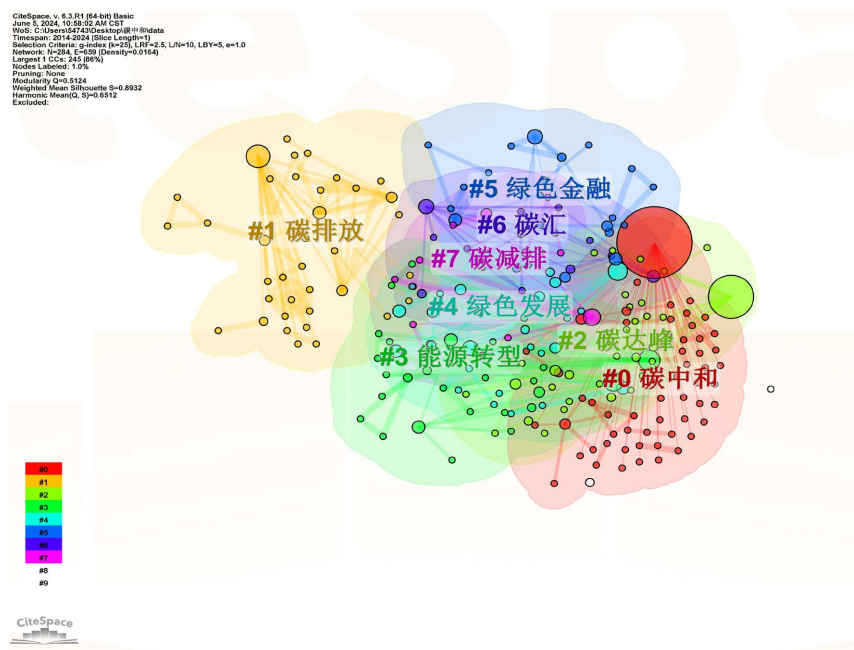


Figure 2. Carbon neutral knowledge graph for keyword clustering
图 2. 碳中和的关键词聚类知识图谱

Table 2. Carbon-neutral keyword clustering and the keywords it contains
表 2. 碳中和的关键词聚类及其包含的关键词

聚类	关键词
#0 碳中和	高质量发展、新能源汽车、产业激励、能源系统转型
#1 碳排放	中美贸易、出口规模、生产技术、出口结构
#2 碳达峰	“双碳”、能源革命、能源法制、应对气候变化
#3 能源转型	气候变化、合作共赢、中美战略、低温经济
#4 绿色发展	绿色发展、数字经济、双碳目标、生态文明
#5 绿色金融	绿色金融、习近平生态文明思想、对策建议、碳排放权交易
#6 碳汇	科技创业新、零碳能源、低碳产业、碳汇效应
#7 碳减排	减污降碳、协同增效、碳达峰、碳中和

根据关键词聚类图谱可知, 当前碳中和的研究主要分为三个方面:

1) 碳中和目标与政策实施, 表现为: #0 碳中和、#2 碳达峰。较为代表的有: 牟思蓉(2024)提出经济统计与碳中和目标的协同推进策略, 包括数据整合与标准化、制定有效的政策措施以及提供准确的信息与指导[2]。逯达(2024)指出通过明确相关立法目的、调整范围、宣传教育主体、宣传教育方式、宣传教育内容等, 构建“双碳”宣传教育法[3]。白雨鑫(2024)提出应以更高站位推进碳中和和政策协同, 以更宽视野研究应对气候变化核心技术与减排路径, 以更灵活方式引导碳中和绿色发展资金支持, 以更大力度增强碳中和目标下绿色发展能力建设[4]。

2) 能源转型与气候变化, 表现为: #1 碳排放、#3 能源转型、#6 碳汇、#7 碳减排。较为代表的有:

金之均(2024)基于不同能源转型路径的对比分析,指出中国碳中和路径的多元化特性,提出综合考虑经济成本、环境代价和系统可靠性的路径优选方法[5]。周启星(2024)通过阐述碳中和技术相关理念和发展现状,分析了实现碳中和的有效途径,并进一步讨论了碳中和技术如何助力美丽中国建设[6]。陈诗一(2024)提出了“以技术为核心,以市场为机制,以政策为引导”的中国工业部门实现碳中和的战略选择[7]。

3) 绿色发展与绿色金融相关内容,表现为: #4 绿色发展、#5 绿色金融。较为代表的有:曾昉(2023)分析了国内外金融科技赋能绿色金融发展应用现状以及金融科技助推绿色金融发展面临的挑战[8]。覃光毓(2023)探讨了“十三五”和“十四五”期间全球及我国碳减排降碳工作的大体落实情况,同时对此期间我国绿色金融发展状况和产生的相关问题进行了论述[9]。习亚峰(2023)提出要根据中国的实际情况,从“政府 + 金融机构”的视角建立具有中国特色的绿色金融体系,并在顶层设计上推动绿色金融的发展[10]。乔东(2024)提出进一步优化政策体系,完善企业环境、社会和公司治理、气候等信息披露规范与数据共享机制,加强金融科技的应用,充分关注气候转型风险、加强组织模式与绿色金融产品创新等路径建议[11]。

3.3. 关键词突显

特定研究领域中,一段时间内出现频率显著上升的关键词为突现词。突现词不仅揭示了该研究领域的发展动向,还对有潜力和创新性的未来研究方向进行了预示。利用关键词突现分析功能,得出碳中和的突现词图谱(见图3)。碳中和的关键词突现共有15个。2014至2019年间的关键词主要关注中日贸易、低碳经济、气候变化等方面的问题。近几年(2022至2024)间,随着习近平主体提出双碳目标,关键词主要关注“双碳”、能源转型、绿色低碳以及将情景分析在碳中和中的运用。

Top 25 Keywords with the Strongest Citation Bursts

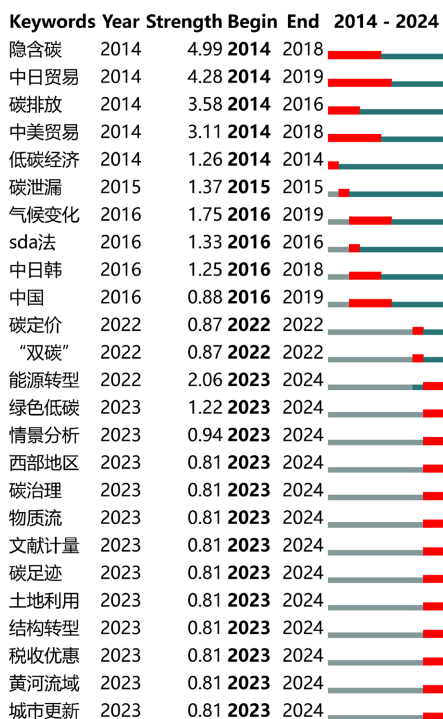


Figure 3. Carbon-neutral keyword emergence map
图3. 碳中和的关键词突现图

3.4. 领域研究热点及变化趋势

关键词聚类时间图谱不仅能直观地表示出文献的历史跨度和不同关键词在不同年份的关联程度, 还能清晰地反映研究领域热点的演变情况。利用时间线图功能, 进行时间线分析, 得到关键词聚类时间线图(见图 4)。“碳中和”、“碳排放”、“碳达峰”、“能源转型”出现频次较高且均在 2023 至 2024 年成为热点词。关键词聚类时间线图还体现出“碳中和”研究在时间维度的演进。2014 至 2020 年间主要是探究碳排放和气候变化。2020 年, 在纽约联合国总部召开的第七十五届联合国大会一般性辩论上随着习近平主席提出“双碳”目标, 我国越来越多的学者关注能源转型和绿色金融等问题来减少碳排放, 早日达到“双碳”目标, 推动可持续发展。

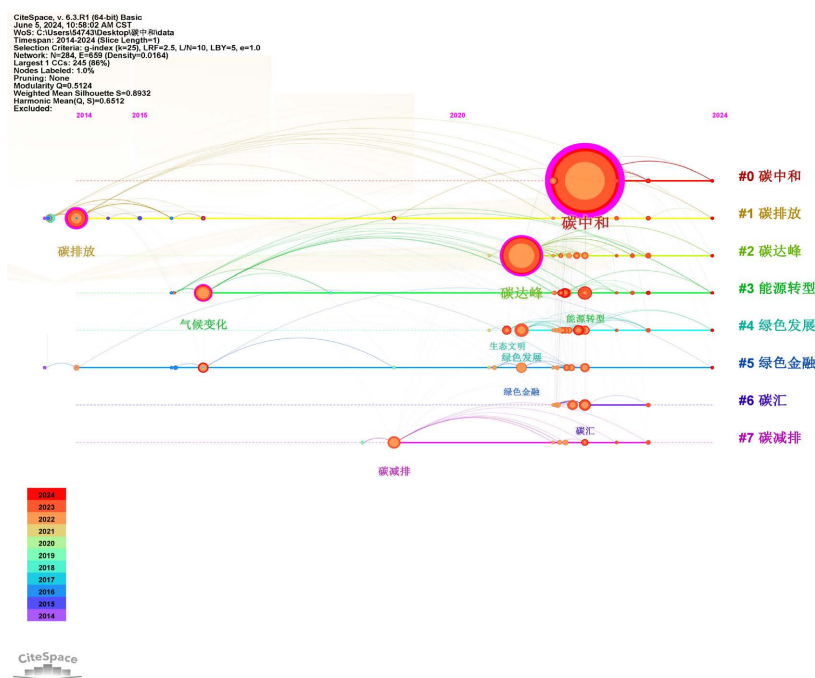


Figure 4. Carbon neutral keyword clustering timeline mapping
图 4. 碳中和的关键词聚类时间线图

4. 研究结论及展望

随着全球气候变化问题日益严峻以及“双碳”目标的提出, 碳中和已逐渐成为学者们深入研究的焦点, 并日益受到社会各界的广泛关注。碳中和通过减少温室气体排放和增加碳汇, 显著应对全球气候变化, 推动经济结构转型和可持续发展, 提升能源安全和公共健康, 增强国际地位与合作, 保护生态系统和生物多样性, 从而为人类社会的长期繁荣和环境可持续性奠定坚实基础。本文以 2014~2024 年 CNKI 的 593 篇相关文献为研究对象, 采用文献计量分析方法, 通过关键词共现、聚类、突现以及聚类时间线图的分析对近十年来碳中和的发展趋势和研究热点等进行梳理。发现我国碳中和研究自 2020 年开始陆续受到学者的关注且研究重点与不同时期的社会热点、环境状况及节能减排技术紧密相关。

可以预见, 在未来几年碳中和的研究热潮仍会持续, 研究趋势可能会集中在以下几个方面: 1) 技术创新与应用。研究将更加关注先进低碳技术的发展和利用, 包括碳捕集与封存、碳捕集与利用、可再生能源技术、能源存储技术以及电动交通技术等, 推动这些技术的商业化和大规模应用。2) 能源系统转型。重点研究如何优化能源结构, 减少对化石燃料的依赖, 加速向可再生能源和清洁能源的转型, 包括智能

电网、分布式能源系统和氢能技术等。3) 碳市场的政策设计: 探索有效的碳市场机制和政策工具, 研究碳定价、碳税和碳交易等市场化手段的设计和 implement, 评估其对经济、环境和社会的影响。

参考文献

- [1] 新华社. 习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[EB/OL]. <http://www.cppcc.gov.cn/zxww/2020/09/23/ARTI1600819264410115.shtml?eqid=8987fda30000c3f800000005647dd61b>, 2020-09-23.
- [2] 牟思蓉. 经济统计与碳中和目标的协同推进策略[J]. 商业观察, 2024, 10(13): 57-60, 64.
- [3] 逯达. 实现碳达峰、碳中和的社会法保障研究[J]. 社会科学动态, 2024(5): 55-62.
- [4] 白雨鑫, 董战峰. 面向绿色发展的碳中和政策创新与发展[J]. 科技导报, 2024, 42(7): 6-14.
- [5] 金之钧, 张川. 面向碳中和的中国能源转型路径思考[J/OL]. 北京大学学报(自然科学版), 1-9. <https://doi.org/10.13209/j.0479-8023.2024.017>, 2024-06-05.
- [6] 周启星, 王辉, 欧阳少虎. 基于碳中和新技术的美丽中国建设[J]. 中国环境科学, 2024, 44(4): 1777-1787.
- [7] 陈诗一, 王畅, 郭越. 面向碳中和目标的中国工业部门减排路径与战略选择[J]. 管理科学学报, 2024, 27(4): 1-20.
- [8] 曾昉, 袁楚, 黄慧. 碳达峰碳中和背景下金融科技助力绿色金融发展研究[J]. 金融科技时代, 2023, 31(11): 86-90.
- [9] 覃光毓. 碳达峰、碳中和发展目标下的绿色金融建设思路[J]. 商展经济, 2023(4): 41-44.
- [10] 习亚峰. 碳中和目标下绿色金融发展创新研究[J]. 时代经贸, 2023, 20(7): 78-80.
- [11] 乔东, 徐凤敏, 李本初, 等. 绿色金融推动碳中和目标实现的研究现状与路径展望[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2024, 44(3): 87-101.