

储能技术经济性分析



我国储能创新研究的热点及未来发展趋势

任俊良¹, 夏伟¹, 王昌图²

(¹军工保密资格审查认证中心, 北京 100089; ²中国石油和化学工业联合会, 北京 100010)

摘要: 我国储能创新研究多聚焦单一技术优化或局部应用分析, 缺乏对研究热点、演进趋势及合作网络系统性梳理, 本研究旨在探析我国储能创新研究的热点主题与前沿方向, 为学界相关研究及产业实践提供参考。以中国知网(CNKI)中文期刊数据库为数据源, 检索截至2025年10月的相关文献, 经筛选清洗后获取510篇有效样本, 运用Cite Space 6.4.R1软件, 基于文献计量学原理与可视化技术, 进行发文量、作者及机构合作网络、高被引文献、关键词共现、演进路径等分析。研究揭示, 我国储能创新研究呈现政策驱动下的阶梯式增长特征, 可明确划分为基础探索期(2004—2020年)、快速发展期(2021—2023年)、高质量发展期(2024年及以后)三个阶段, 政策导向直接推动研究从“技术有无”向“质量强弱”演进; 研究合作网络呈现“局部协作、整体分散”格局, 作者合作网络密度为0.0049, 机构合作网络密度仅0.0034, 跨群体、跨区域深度协作匮乏; 高被引文献集中于2017—2023年, 凸显政策与实践双驱动特征, 紧扣能源转型、技术突破与发展战略三大主题; 研究热点围绕四大维度形成协同体系, 包括储能核心技术与应用、政策导向与能源转型、产业发展与高质量推进、创新驱动与人才支撑, 核心关键词“新能源”“储能技术”“碳中和”等在各主题间发挥桥梁作用。本研究梳理了我国储能创新研究的发展脉络与核心特征, 基于研究发现从核心技术攻关、协同创新网络完善、产业深度落地、人才支撑体系健全、政策协同保障五个方面提出具体展望, 为推动储能领域学术研究深化与产业高质量发展提供参考。

关键词: 储能创新; 文献计量分析; 知识图谱; 研究热点; 演进趋势

doi: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2025.1050

中图分类号: TK 02

文献标志码: A

文章编号: 2095-4239 (2026) 02-670-11

Hotspots and future development trends of China's energy storage innovation research

REN Junliang¹, XIA Wei¹, WANG Changtu²

(¹Defence Industry Secrecy Examination and Certification Center, Beijing 100089, China; ²China Petroleum and Chemical Industry Federation, Beijing 100010, China)

Abstract: Most innovation research on energy storage in China focuses on single-technology optimization or local application analysis. However, it does not involve a systematic combing of research hotspots, evolution trends, and cooperation networks. This study aims to explore the hot topics and cutting-edge directions of energy storage research in China to provide references for relevant academic research and industrial practice. Relevant literature up to October 2025 was retrieved from the Chinese Journal Database of CNKI. After screening and cleaning, 510 valid samples were obtained. Using Cite Space 6.4.R1 software, which is based

收稿日期: 2025-11-20; 修改稿日期: 2025-11-30。

第一作者: 任俊良 (1996—), 男, 硕士, 研究方向为公共管理、能源经济管理, E-mail: 786440118@qq.com; 通信作者: 王昌图 (1997—), 男, 硕士, 研究方向为公共政策、能源政策及能源管理, E-mail: wangct@cpcif.org.cn。

引用本文: 任俊良, 夏伟, 王昌图. 我国储能创新研究的热点及未来发展趋势[J]. 储能科学与技术, 2026, 15(2): 670-680.

Citation: REN Junliang, XIA Wei, WANG Changtu. Hotspots and future development trends of China's energy storage innovation research[J]. Energy Storage Science and Technology, 2026, 15(2): 670-680.

on bibliometric principles and visualization technologies, analyses were conducted on the number of published papers, author and institutional cooperation networks, highly cited studies, keyword co-occurrence, and evolution paths. The research reveals that energy storage innovation research in China presents stepwise growth driven by policies, which can be clearly divided into three stages: a basic exploration period (2004—2020), a rapid development period (2021—2023), and a high-quality development period (2024 and beyond). Policy orientation directly drives the research evolution from "whether there is technology" to "the strength of quality." The research cooperation network shows a "local collaboration and overall dispersion" pattern, with the density of the author cooperation network at 0.0049 and that of the institutional cooperation network at only 0.0034, indicating a lack of in-depth cross-group and cross-regional collaboration. Highly cited studies are concentrated within 2017—2023, highlighting the dual-drive characteristics of policy and practice. These studies focus on three core themes: energy transition, technological breakthroughs, and development strategies. Research hotspots form a synergistic system around four dimensions: (1) core energy storage technologies and applications, (2) policy orientation and energy transition, (3) industrial development and high-quality advancement, and (4) innovation-driven and talent support. Core keywords such as "new energy," "energy storage technology," and "carbon neutrality" bridge the gap among various themes. This study summarizes the development trends and core characteristics of energy storage innovation research in China. Based on the research findings, specific prospects are suggested based on five aspects: tackling key core technologies, improving collaborative innovation networks, promoting large industrial application, enhancing the talent support system, and strengthening policy coordination and guarantee. Overall, this study provides references for deepening academic research and promoting high-quality industrial development in the field of energy storage.

Keywords: energy storage innovation; bibliometric analysis; knowledge map; research hotspots; evolution trends

储能技术作为支撑能源结构调整与电力系统转型的关键环节，在新发展格局、“十五五”规划与“双碳”目标实现中具有核心地位。随着全球能源转型加速，储能不仅是缓解新能源间歇性、增强电网稳定性的重要手段，更被视作培育新质生产力、提升国际竞争力的战略抓手。当前，中国已建成全球最大的新型储能应用市场，截至2024年底装机规模达7376万千瓦，占全球总装机容量的40%以上，标志着储能产业进入规模化发展新阶段，预计到2027年全国新型储能装机规模将突破1.8亿千瓦，这一发展态势得益于国家政策的强力驱动。2025年国家发展改革委与国家能源局联合印发的《新型储能规模化建设专项行动方案(2025—2027年)》明确提出，通过拓展应用场景、完善市场机制、加强标准建设等举措，推动新型储能实现规模

化与市场化发展。

在实践层面，我国储能技术呈现多路径协同发展格局。锂离子电池仍占主导地位，压缩空气储能、液流电池、钠离子电池等技术创新加速落地，30万千瓦级压缩空气储能电站建成投产、钠离子储能示范项目启动等突破，标志着国产化技术已走在全球前列。同时，储能应用场景从电源侧、电网侧延伸至智能微电网、虚拟电厂、数据中心等多元化领域，商业模式逐步从“强制配储”转向市场驱动。然而，产业仍面临调度利用水平不高、全生命周期安全管控不足、部分核心技术对外依存度较高等挑战，亟需通过创新破解发展瓶颈。

储能创新是推动储能产业高质量发展的核心动力，广义上涵盖技术路线创新、材料创新、系统集成创新、商业模式创新以及政策机制创新等多个维

度,具体包括锂离子电池、压缩空气储能等技术路径的突破,电极材料、固态电解质等核心材料的优化,储能与电网、新能源的系统集成优化,共享储能、虚拟电厂等商业模式的探索,以及碳税、价格补贴等政策机制的设计与完善等^[1-3]。当前,储能创新研究虽已形成丰富成果,但多数集中于单一技术优化或局部应用分析,且产业现状描述性研究较多,缺乏对整体研究热点、演进趋势及合作网络的系统性梳理,限制了对储能创新全貌的认知^[4]。为此,本研究基于 Cite Space 软件,对储能创新领域文献进行关键词共现、作者合作网络及演进路径分析,旨在探析我国储能创新研究热点主题与前沿方向,为学界相关研究提供有益参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本研究以中国知网(CNKI)中文期刊数据库为数据来源,采用组合检索策略确定核心检索词为“储能”与“创新”。检索过程中,限定来源类别为 CNKI 全部期刊,检索时间跨度设定为截至 2025 年 10 月 30 日。在上述检索条件下,初步获取文献 1263 篇。为保障样本有效性,首先通过人工筛选及借助软件内置的数据清洗功能,去除重复记录文献。经上述步骤处理后,最终获得 510 篇有效文献,作为本研究的核心分析样本。

1.1.1 核心检索词的操作性定义

本研究将“储能创新”界定为以储能技术为核心载体,围绕技术突破、材料优化、系统集成、商业模式、政策机制等维度开展的创新性研究与实践活动。其中,“储能”界定了研究的技术与应用边界,聚焦于支撑能源结构调整与电力系统转型的关键技术环节,涵盖电化学储能、物理储能、储热(冷)等多种技术路线及其在电力系统、分布式能源、工业节能等场景的应用;“创新”则限定了研究的分析维度,不仅包括储能技术本身的原始创新与集成创新,还延伸至与之相关的商业模式探索、政策设计、管理体系优化及人才培养等系统性创新活动。

基于此定义,“储能”与“创新”的组合检索能有效锚定研究范围,避免单一检索词导致文献样本泛化,或仅关注某一技术细节而忽略创新体系的结构特征。该定义既符合国家政策文件中“储能

创新”的多元内涵,也契合学术研究中“创新系统”的普遍理解,从而为后续文献计量与知识图谱分析提供清晰的概念基础。

1.1.2 检索方案设计与人工筛选

在 CNKI 数据库中,采用“储能”并含“创新”作为核心检索词,旨在覆盖上述定义下的多维度研究文献。初步检索获取 1263 篇文献后,为提升样本的学术代表性与分析效度,实施以下人工筛选流程。一是排除会议论文、报纸文章、年鉴、图书、专利、标准及报告等非同行评议文献,确保样本集中于经过学术审查的期刊论文,增强研究结论的学术可信度;二是借助 Cite Space 内置清洗工具合并同义关键词,删除明显不相关或内容重叠的条目,避免重复计数对频次分析的干扰;三是通过阅读标题、摘要及关键词,剔除虽含检索词但实质研究焦点偏离“储能创新”核心范畴的文献,确保样本与研究主题高度契合。

经过上述筛选,最终获得 510 篇有效文献,样本量适中且主题集中,既避免了数据冗余,又保证了研究网络与热点识别的代表性。此检索与筛选方案兼顾了检索效率与内容精度,为后续可视化分析提供了可靠的数据基础。

1.2 研究方法

本研究使用 Cite Space 6.4.R1 软件作为分析工具。该软件是由美国德雷克塞尔大学陈超美教授开发的科学知识图谱绘制软件,能够基于文献计量学原理,通过可视化技术呈现某一领域的研究网络结构、热点主题聚类及演化趋势。本研究将 CNKI 导出的 RefWorks 格式文献数据导入 Cite Space,通过软件内置的数据清洗功能,删除重复记录的文献,对同义或近义关键词进行合并,避免因术语不统一导致的分析偏差。时间切片(time slicing)设置为“2004—2025 年”,时间间隔(years per slice)为 1 年,节点类型(node types)分别选择“Author”“Institution”“Keyword”三类节点,分别对应“作者”“机构”“关键词”。阈值选择采用 g-index 调节方式($k=25$),确保聚焦领域内核心文献与关键词,避免冗余信息干扰。为优化图谱可读性,网络剪裁算法选择“pruning sliced networks”与“pruning the merged network”,以剔除冗余链接,凸显网络主干结构。基于上述参数选择,绘制发文作者合作图谱、研究机构合作图谱、关键词共现图谱、关

关键词聚类图谱，为后续研究热点与演进趋势分析提供支撑^[9]。

2 数据统计与分析结果

2.1 发文量分析

论文数量的年度分布是判断某研究领域在特定时间段的关注度、研究热度。关键词突现是 Cite Space 中用于识别研究领域内新兴热点或突发关注议题的核心功能，本质是通过量化关键词在特定时间段内的频次增长速度，来捕捉领域内短期关注度急剧上升的研究方向，帮助研究者客观把握领域前沿动态。因此，进行发文量趋势分析和关键词突现分析总结新发展阶段我国储能创新研究演进趋势^[9]。

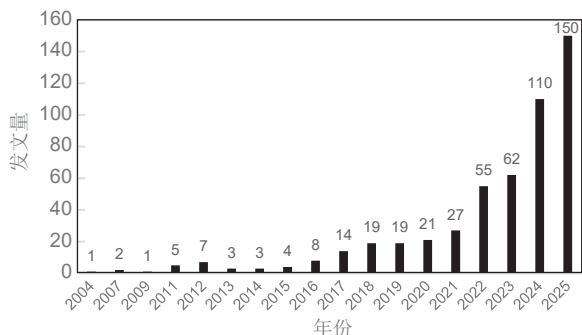


图1 2004—2025年我国储能创新研究文献年度发文量
Fig. 1 Annual publication volume of Chinese literature on energy storage innovation research from 2004 to 2025

结合发文量(见图1)、关键词突现列表(见表1)及政策影响进行分析，截至2025年10月我国储能创新研究大致可划分为三个主要阶段。第一阶段(2004—2020年)：发文量维持低位波动，年均不足10篇。储能尚未作为一个独立的创新研究领域受到广泛关注，研究活动零散，主要集中于少数前瞻性的技术探索和初期专利布局。突现关键词以“储能技术”为主，反映当时研究聚焦基础技术突破。2017年首个国家级储能产业指导文件《关于促进我国储能技术与产业发展的指导意见》的出台，明确了“十三五”和“十四五”两个发展阶段，推动研究从纯技术研发向产业化探索过渡。第二阶段(2021—2023年)：发文量增长速度愈发明显，2023年达62篇。“碳中和”以7.37的高突显强度成为核心，标志研究全面对接国家“双碳”战

略，储能从辅助角色转向核心支撑。以2021年的《关于加快推动新型储能发展的指导意见》、2022年的《“十四五”新型储能发展实施方案》为标志，深刻塑造并加速了中国储能产业的发展，有力地驱动了储能领域的创新发展。第三阶段(2024年及以后)：2024年、2025年发文量分别为110篇、150篇，增长势头迅猛。此阶段国家政策聚焦1.8亿千瓦装机目标与制造业高质量发展，研究向产业链安全、颠覆性技术创新延伸。“可再生能源”持续突显，结合政策导向，技术多元化与场景拓展成为研究核心。2025年发布的《新型储能规模化建设专项行动方案(2025—2027年)》，进一步为研究提供了明确的政策导向和丰富的实践素材。综上所述，国家政策的导向塑造了学术研究的议题、深度与广度，从2017年“研发示范向商业化过渡”到2025年“高质量发展”，政策导向直接引导研究方向从“有没有”向“好不好、强不强”转变。

表1 2021—2025年我国储能创新研究关键词突现列表(前五位)

Table 1 Top 5 burst keywords in chinese literature on energy storage innovation research (2021—2025)			
关键词	强度	开始年份	结束年份
储能技术	3.43	2017	2021
碳中和	7.37	2021	2023
能源安全	3.47	2021	2023
碳达峰	3.48	2022	2023
可再生能源	3.23	2023	2025

2.2 发文作者及研究机构合作分析

发文作者合作网络图谱和研究机构合作网络图谱以节点代表能源安全研究领域的发文论文作者和机构，节点大小反映作者和机构出现频次；连线代表作者、机构间的合作关系，连线粗细对应合作强度。节点数量 $N=319$ ，代表该领域有319位相关发文作者。连线数量 $E=246$ ，反映存在246组作者间合作关系。网络密度 $Density=0.0049$ ，说明该领域整体合作已有一定基础^[9]。如图2，储能创新研究领域已形成若干小型合作群体，以核心作者为中心连接少量协作作者，连线数量集中于小型群体内部，但群体间交叉连线极少，跨群体合作几乎空白，合作群体呈现小而散特点。如图3，节点数量 $N=254$ ，连线数量 $E=110$ ，网络密度 $Density=0.0034$ ，表明机构间合作紧密度不足，虽可能存在少量区域内或内部协作，但跨区域、跨单位的深度



图2 2004—2025年我国储能创新研究发文作者合作网络图谱

Fig. 2 Co-authorship network map of Chinese literature on energy storage innovation research (2004—2025)



图3 2004—2025年我国储能创新研究机构合作网络图谱

Fig. 3 Co-institution network map of Chinese literature on energy storage innovation research (2004—2025)

协作匮乏，整体合作网络未形成有机整体，仍有较大提升空间。综上，作者与机构合作网络呈现“局部有协作、整体较分散”的特征。已形成以部分核心作者为中心的小型合作群体，但大部分作者间连线有限，全域性学术交流渠道尚未建立。

2.3 高被引文献分析

2004—2025年我国储能创新研究高被引文献(见表2)，高度集中于2017—2023年，占前十位的

100%，无2004年至2016年的文献入选，且2021—2023年为爆发期，共6篇文献入选，占比60%，与我国2020年提出“双碳”目标的时间节点高度契合。双碳与能源转型(3篇)，聚焦碳达峰碳中和背景下的能源转型规律、结构优化路径，是政策驱动型研究热点。储能技术与系统应用(4篇)，覆盖储能技术进展、微网应用、低压直流供电用电系统、新型电力系统中的储能创新，为技术落地导向型研

究。能源发展战略与展望(3篇)：围绕2035年能源发展规划、绿色智慧能源体系构建，属于宏观战略研究。发表于《管理世界》《中国科学：信息科学》等国家级核心期刊，期刊学术影响力为文献传播提供支撑。研究实用性强，文献内容兼具理论高度与实践价值，同时满足学术界与产业界需求。综上所述，2017—2023年，研究主题紧扣能源转型与“双碳”目标、储能技术突破、能源发展战略三大方向，高被引驱动力源于政策导向、现实需求与核心期刊背书，整体推动了储能创新领域的理论深化与实践落地。

表2 2004—2025年我国储能创新研究高被引文献(前十位)

Table 2 Top 10 highly cited literature on chinese energy storage innovation research (2004—2025)

篇名	作者	年份	被引频次	期刊
能源转型的规律、驱动机制与中国路径	范英等	2021	335	管理世界
能源互联网的发展现状与展望	周孝信等	2017	436	中国科学：信息科学
碳中和目标下能源结构优化的近期策略与远期展望	黄晟等	2022	401	化工进展
碳达峰碳中和背景下储能技术研究进展与发展建议	郑琼等	2022	316	中国科学院院刊
2060年碳中和引致中国经济系统根本性变革	郭朝先	2021	235	北京工业大学学报(社会科学版)
世界能源转型革命与绿色智慧能源体系内涵及路径	邹才能等	2023	189	石油勘探与开发
微网——未来能源互联网系统中的“有机细胞”	茆美琴等	2017	172	电力系统自动化
新一代低压直流供用电系统在“新基建”中的应用技术分析与发展展望	梁永亮等	2020	167	中国电机工程学报
面向2035年我国能源发展的思考与建议	谢克昌	2022	165	中国工程科学
新型电力系统中储能创新方向研究	吴智泉等	2021	146	太阳能学报

3 储能创新研究热点与演进趋势分析

3.1 关键词共现分析

2004—2025年我国储能创新研究的关键词共现网络(见图4)包含361个节点、469条连线，网络密度为0.0072，表明该领域研究主题间虽已形成一定关联，但联系紧密程度仍有限，未呈现高度集中的研究焦点，且节点数量较多反映研究主题覆盖范围较广。从关键词核心性来看，“新能源”(中心性0.33)、“储能”(中心性0.29)、“储能技术”(中心性0.3)、“技术创新”(中心性0.25)及“新型储能”(中心性0.12)均属于核心关键词，其中“储能技术”与“新能源”中心性突出，在不同研究主题间承担着桥梁作用，推动了储能创新领域相关研究方向的关联与融合。

2004—2025年我国储能创新研究热点可通过高频关键词清晰呈现(见表3)，研究热点主要围绕三大维度展开：一是“双碳”目标与能源转型导向，“碳中和”(31次)、“能源转型”(16次)及“新型电力系统”(23次)等关键词的出现，体现了双碳政策对研究方向的引导；二是储能核心领域深化，“储能”“储能技术”“新型储能”等高频词突显了技术层面的研究核心，反映行业对储能技术突破的需求；三是创新驱动发展，“技术创新”(24次)、

“科技创新”(14次)及2024年新增的“新质生产力”(17次)，体现了创新在储能领域发展中的核心地位。整体来看，研究热点既贴合国家政策导向与能源转型趋势，又聚焦储能技术与创新的核心需求，形成了政策、技术与创新协同的研究格局。

3.2 关键词聚类分析

模块值(Q值)>0.3表示聚类结构显著，平均轮廓值一般在0~1之间取值，S值≥0.7表示聚类可信度高。2004—2025年我国储能创新研究的关键词聚类图谱(见图5)，Q=0.8823、S=0.9404。各聚类边界清晰、成员关键词关联性强，无明显交叉冗余，聚类Q值与S值均满足有效标准，聚类结果具有较高参考价值，能够准确反映领域研究的主题分类特征。

我国储能创新领域高频关键词主要集中在10个聚类，结合表4及上文分析，研究热点主要集中在以下四个方面。

3.2.1 储能核心技术与应用研究

储能核心技术与应用研究主要包含#0储能、#1储能技术、#8智能电网，核心关键词涉及储能、储能技术、电化学储能、智能电网、可再生能源等，聚焦储能技术研发、关键技术突破及与电力系统的融合应用，是领域研究的基础核心。关键技术的突破直接决定储能技术的性能边界、规模化应用

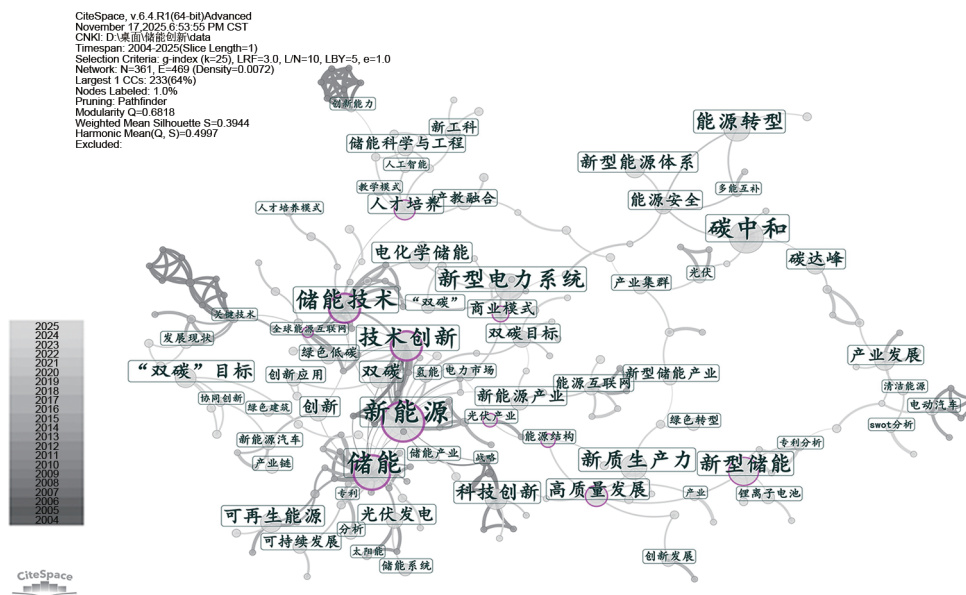


图4 2004—2025年我国储能创新研究的关键词共现图谱

Fig. 4 Keyword co-occurrence network map of chinese literature on energy storage innovation research (2004—2025)

表3 2004—2025年我国储能创新研究的高频关键词(前十位)

Table 3 Top 10 high-frequency keywords in Chinese literature on energy storage innovation research (2004—2025)

序号	关键词	频次	年份	中心性
1	新能源	48	2012	0.33
2	储能	45	2011	0.29
3	碳中和	31	2021	0.07
4	储能技术	26	2016	0.3
5	技术创新	24	2011	0.25
6	新型电力系统	23	2021	0.05
7	新型储能	19	2023	0.12
8	新质生产力	17	2024	0.04
9	能源转型	16	2021	0.01
10	科技创新	14	2012	0.08

潜力和场景适配能力。从技术类型来看，电化学储能领域的大容量电芯、固态电解质、非氟膜等关键技术，物理储能领域的300 MW级压缩空气储能系统、抽水蓄能变速机组控制技术，不仅解决了储能的安全性、能量密度、循环寿命等核心瓶颈，还推动储能从抽水蓄能等成熟技术向钠离子电池、重力储能等新型技术的规模化示范演进^[8-13]。

3.2.2 政策导向与能源转型研究

政策导向与能源转型研究主要涵盖#2 新能源、#3 碳中和、#5 “双碳”目标，围绕新能源、碳达

峰、碳中和、新型能源体系等关键词展开，体现“双碳”政策对储能创新研究的引导作用，聚焦能源转型背景下的储能发展路径。一方面，“双碳”政策为储能创新研究提供了清晰指引，将新型储能列为实现“双碳”目标的关键环节，通过立法规划、补贴支持、配储要求等政策工具，引导创新聚焦安全风险防范、资源共享效率提升和市场活力释放三大核心方向，推动电化学储能、共享储能、氢储能等技术的攻关与示范应用。另一方面，在能源转型背景下，储能发展路径呈现多维度演进特征，技术层面上从碳达峰阶段的短时储能规模化应用，逐步向快速减排和碳中和阶段的长期储能拓展，应用层面上覆盖发电侧新能源消纳、电网侧调峰调频、用户侧削峰填谷及备用供电等多元场景，制度层面上通过立法明确储能法律地位与监管框架，完善市场化交易机制和补偿体系，产业层面上强化上下游协同与标准建设，推动储能从政策主导向全面市场化转型，最终实现规模化、安全化、经济发展^[14-17]。

3.2.3 产业发展与高质量推进研究

产业发展与高质量推进研究主要包括#4 高质量发展、#6 电动汽车，核心关键词有高质量发展、新型储能、光伏产业、电动汽车、清洁能源等，聚焦储能产业规模化发展、商业模式创新及与相关产业的协同融合。在产业规模化发展方面，聚焦新型

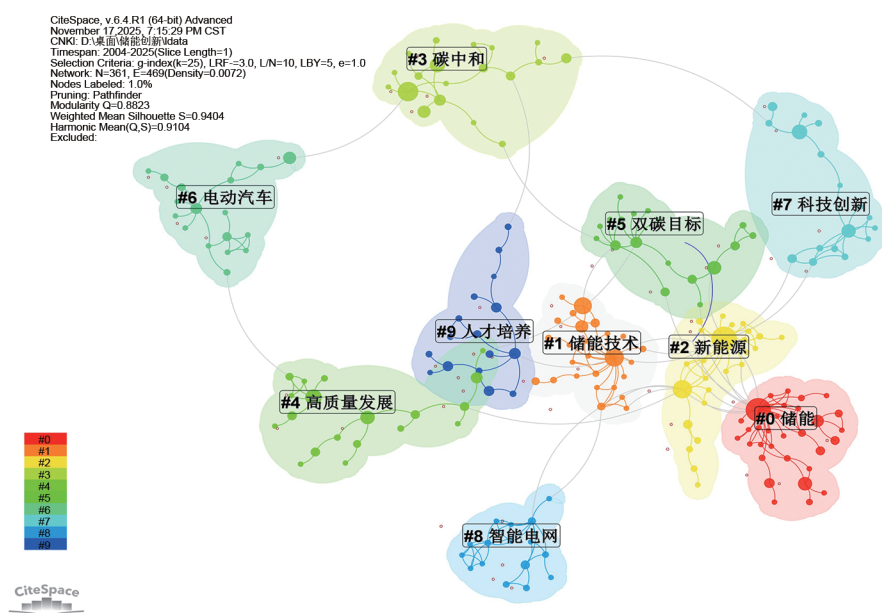


图5 2004—2025年我国储能创新研究的关键词聚类图谱

Fig. 5 Keyword clustering network map of Chinese literature on energy storage innovation research (2004—2025)

储能技术迭代突破、成本持续降低与关键资源自主可控，破解产能利用率不足、安全标准缺失等瓶颈，通过全生命周期安全管控与产能协同优化支撑装机规模稳步扩张。在商业模式创新方面，针对市场机制不完善、盈利模式单一等问题，探索独立储能参与电力现货与辅助服务市场的价格形成机制，发展共享储能、容量租赁、虚拟电厂等多元化模式，配套数据驱动的智能运维与专属保险产品，强化投资收益保障。在跨产业协同融合方面，以数智化平台为纽带，推动“储能+安全”“储能+信息技术”“储能+新能源”深度融合，打通产业链上下游协同壁垒，促进区域与城乡协调发展，同时通过绿证互认、直供电试点等突破国际合规壁垒，助力储能与全球能源体系高效衔接^[18-22]。

3.2.4 创新驱动与人才支撑研究

创新驱动与人才支撑研究主要包含#7 科技创新、#9 人才培养，涉及科技创新、新质生产力、人才培养、储能科学与工程、产教融合等关键词，反映创新要素对储能发展的驱动作用，以及新兴技术背景下对专业人才的需求。储能创新研究的创新驱动与人才支撑紧密联动、相互赋能，在创新驱动层面，以“双碳”战略为核心导向，聚焦电池储能、储热、氢能等领域的核心技术突破，通过产学研融合、科教融汇搭建创新平台，以“揭榜挂帅”

等形式推动技术攻关与成果转化；在人才支撑层面，针对储能技术多学科交叉的特性，高校通过构建跨学科课程体系(融合物理、化学、材料、电气等学科)、本硕博贯通培养模式、校企双导师制，强化实践教学与创新训练，同时加强师资队伍建设与行业人才管理，定向培养具备国际视野、创新能力和工程实践能力的“高精尖缺”复合型领军人才，为储能技术创新突破和产业高质量发展提供核心人力保障^[23-24]。

储能创新研究的关键词聚类呈现出以技术为核、政策引导、产业落地、人才支撑的协同特征。各聚类之间通过“储能”“新能源”“创新”等核心关键词相互关联，既保持了各自研究方向的独立性，又形成了覆盖技术、政策、产业、人才的完整研究体系。储能创新研究的聚类关联性强，研究主题更丰富多元，体现了该领域兼具技术深度与应用广度的研究特点。从聚类平均年份可清晰看出领域研究的演进轨迹。早期热点(2015—2018年)主要以#0 储能(2018)、#2 新能源(2018)、#8 智能电网(2015)为代表，聚焦储能基础技术、新能源与传统电力系统的结合，研究较为基础且聚焦。中期热点(2019—2022年)#1 储能技术(2019)、#3 碳中和(2021)、#4 高质量发展(2022)、#5 “双碳”目标(2022)成为核心，研究向技术深化、政策响应与产业落地转型，

贴合国家战略导向。最新热点(2024年及以后)#9人才培养(2024)与#7科技创新中的“新质生产力”凸显，表明研究已延伸至人才支撑体系建设与新发展理念融合，形成技术、产业、人才协同推进的研究格局。

表 4 2021—2025 年我国能源安全关注度聚类名称及成员说明
Table 4 Cluster names and members of energy security concerns in China (2021—2025)

聚类编号	聚类名称	Size	年份	聚类成员(节选)
#0	储能	32	2018	储能、可再生能源、光伏发电、配电网、专利
#1	储能技术	26	2019	储能技术、新型电力系统、全球能源互联网、电化学储能、学科建设
#2	新能源	25	2018	新能源、绿色低碳、技术创新、实验平台、“双碳”目标
#3	碳中和	19	2021	碳中和、能源安全、新型能源体系、光伏、碳达峰
#4	高质量发展	19	2022	高质量发展、新型储能、光伏产业、产业、储能电池产业
#5	“双碳”目标	18	2022	“双碳”目标、商业模式、氢能、创新应用、双碳
#6	电动汽车	18	2020	电动汽车、swot分析、清洁能源、产业发展、a公司
#7	科技创新	17	2019	科技创新、新质生产力、战略、新能源储能产业、投入产出
#8	智能电网	16	2015	智能电网、关键技术、低碳电力、探讨、发展战略
#9	人才培养	16	2024	人才培养、储能科学与工程、新工科、专业建设、产教融合

4 研究结论与展望

4.1 研究结论

本研究基于 2004—2025 年 CNKI 数据库储能创新相关文献，运用 Cite Space 软件开展文献计量与可视化分析，系统梳理了我国储能创新研究的发展脉络、热点主题与演进特征，核心结论如下：一是研究阶段呈现政策驱动下的阶梯式增长特征。我国储能创新研究可划分为三大阶段，2004—2020 年为基础探索期，发文量低位波动，聚焦储能技术初期研发；2021—2023 年为快速发展期，受“双碳”政策强力驱动，发文量显著增长，研究核心转向能源转型与政策响应；2024 年及以后进入高质量发展期，发文量迅猛攀升，研究聚焦产业链安全、颠覆性技术创新与新质生产力融合。政策导向直接塑造了研究从“技术有无”向“质量强弱”的演进逻辑。二是研究合作网络呈现“局部协作、整体分散”格局。作者合作网络已形成少量以核心作者为中心的小型合作群体，但跨群体学术交流匮乏；机构间合作紧密度不足，跨区域、跨单位深度协作缺失，整体未形成有机协同的合作网络，网络密度分别仅为 0.0049(作者)和 0.0034(机构)。三是高被引文献凸显政策与实践双驱动特征。高被引文献集中于 2017—2023 年，紧扣“双碳”目标、能源转型、储能技术突破与能源发展战略四大主题，发表于国家级核心期刊，兼具理论高度与实践价值，其传播与影响力主要源于政策导向、现实需求与学术平台背书，有效推动了领域理论深化与技术

落地。四是研究热点围绕四大维度形成协同体系。通过关键词共现与聚类分析，明确研究热点集中于储能核心技术与应用、政策导向与能源转型、产业发展与高质量推进、创新驱动与人才支撑四大方向。核心关键词包括“新能源”“储能技术”“碳中和”“技术创新”“新型储能”等，其中“新能源”与“储能技术”中心性最高，成为连接各研究主题的关键纽带。研究热点从早期的基础技术探索，逐步向政策响应、产业落地、人才支撑延伸，形成多维度协同演进格局。五是产业与研究呈现协同发展态势。我国已建成全球最大新型储能应用市场，技术层面形成锂离子电池主导、多元技术并行突破的格局，应用场景向多元化拓展，商业模式从“强制配储”转向市场驱动。但研究仍存在短板，多数集中于单一技术或局部应用分析，缺乏对整体研究体系的系统性梳理，且核心技术对外依存度、安全管控等产业挑战尚未形成充分的学术回应。

4.2 展望

基于我国储能创新研究的演进特征、产业现实挑战及政策导向，为推动领域高质量发展，提出以下五方面建议：一是聚焦核心技术攻关。重点布局颠覆性技术研发，聚焦钠离子电池、长时液流电池、大容量压缩空气储能等多元技术路线，突破非氟膜、固态电解质、高效储能材料等“卡脖子”环节，降低核心技术对外依存度。同时，加大基础研究投入，加强储能转化机理、全生命周期安全管控等底层问题探索，推动“储能+”技术融合创新，深化储能与人工智能、数字孪生、物联网的跨界融

合,提升储能系统调度优化、智能运维及风险预警能力。二是完善协同创新网络。搭建国家级产学研协同创新平台,整合高校、科研院所与龙头企业资源,设立跨领域联合实验室,围绕共性技术开展“揭榜挂帅”式攻关。打破区域与单位壁垒,鼓励跨区域、跨行业深度合作,建立全国性储能创新学术交流机制,促进核心技术、数据资源与人才要素的自由流动。三是推动产业深度落地,构建市场化新发展格局。拓展多元化应用场景,重点推进储能虚拟电厂、数据中心、智能微电网等新兴领域的示范应用,健全市场化机制建设,明确储能独立市场主体地位,完善电力辅助服务价格形成机制,推广共享储能、容量租赁等多元化商业模式,提升产业盈利可持续性。强化全生命周期安全管控,建立储能设备标准、安全监测、应急处置等全链条规范体系,破解调度利用水平不高、安全风险防控不足等现实瓶颈。四是健全人才支撑体系。构建跨学科人才培养体系,深化产教融合与科教融汇,建立校企双导师制,共建实训基地与联合研发中心,定向培养具备工程实践能力与创新思维的复合型人才,加强行业人才继续教育,打造“高精尖缺”人才队伍,匹配新质生产力发展需求。五是强化政策协同保障。完善标准与政策协同体系,衔接《新型储能规模化建设专项行动方案(2025—2027年)》等政策要求,加快制定储能技术、安全、环保等领域标准,提升国际话语权。同时,通过财政补贴、专项基金、绿色金融等工具,重点支持基础研究、技术示范与产业化项目,降低创新主体资金压力。深化国际交流合作,推动我国储能技术与产业“走出去”。

参考文献

- [1] 周豪慎. 为绿色能源赋能: 动力电池和储能电池的发展与创新[J]. 科学通报, 2025, 70(9): 1115-1117. DOI:10.1360/TB-2025-0202.
ZHOU H S. Empowering green energy: Development and innovation of power batteries and energy storage batteries[J]. Chinese Science Bulletin, 2025, 70(9): 1115-1117. DOI: 10.1360/TB-2025-0202.
- [2] 吴智泉, 贾纯超, 陈磊, 等. 新型电力系统中储能创新方向研究[J]. 太阳能学报, 2021, 42(10): 444-451. DOI: 10.19912/j.0254-0096.tynxb.2021-0762.
WU Z Q, JIA C C, CHEN L, et al. Research on innovative direction of energy storage in new power system construction[J]. Acta Energiæ Solaris Sinica, 2021, 42(10): 444-451. DOI: 10.19912/j.0254-0096.tynxb.2021-0762.
- [3] 马为民, 李明, 薛英林, 等. 大容量电压源型逆变器在新型电力系统构建中的关键技术和创新展望[J]. 电力建设, 2025, 46(10): 1-11. DOI:10.12204/j.issn.1000-7229.2025.10.001.
MA W M, LI M, XUE Y L, et al. Key technologies and innovation prospects of large-capacity voltage-sourced inverter in the construction of new power systems[J]. Electric Power Construction, 2025, 46(10): 1-11. DOI: 10.12204/j.issn.1000-7229.2025.10.001.
- [4] 陈行, 杨启明. 我国能源安全研究的回顾与展望——基于CiteSpace的可视化分析[J]. 贵州师范学院学报, 2024, 40(6): 19-28. DOI: 10.13391/j.cnki.issn.1674-7798.2024.06.001.
CHEN H, YANG Q M. Review and prospect of energy security research in China—Visual analysis based on the CiteSpace[J]. Journal of Guizhou Education University, 2024, 40(6): 19-28. DOI: 10.13391/j.cnki.issn.1674-7798.2024.06.001.
- [5] 杨紫琪, 赵邦桂, 郭强强, 等. 基于CiteSpace的清洁能源发电发展动态热点与趋势[J]. 材料导报, 2024, 38(S2): 34-37.
YANG Z Q, ZHAO B G, GUO Q Q, et al. Dynamic hotspots and trends in the development of clean energy power generation based on CiteSpace[J]. Materials Reports, 2024, 38(S2): 34-37.
- [6] 王顺利, 程亮玮, 周磊, 等. 新型储能技术研究格局与发展趋势[J/OL]. 武汉大学学报(理学版), 2025: 1-19. (2025-10-20).
WANG S L, CHENG L W, ZHOU L, et al. Research pattern and development trend of new energy storage technology[J/OL]. Journal of Wuhan University (Natural Science Edition), 2025: 1-19. (2025-10-20).
- [7] 谷昊霖, 吴明兴, 左伟. 我国电力创新研究的热点及未来发展趋势——基于CiteSpace的可视化分析[J]. 科技管理研究, 2025, 45(9): 104-114. DOI:10.3969/j.issn.1000-7695.2025.9.011.
GU H L, WU M X, ZUO W. The hotspots and trends of electric power innovation research in China: A visual analysis based on CiteSpace[J]. Science and Technology Management Research, 2025, 45(9): 104-114. DOI:10.3969/j.issn.1000-7695.2025.9.011.
- [8] 赵向琴, 赵超, 陈国进. 储能技术创新、政策支持与中国能源绿色转型[J]. 系统工程理论与实践, 2024, 44(6): 1749-1767. DOI: 10.12011/SETP2023-2002.
ZHAO X Q, ZHAO C, CHEN G J. Energy storage technology innovation, policy support and the green transition of energy in China[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2024, 44(6): 1749-1767. DOI:10.12011/SETP2023-2002.
- [9] 肖先勇, 郑子萱. “双碳”目标下新能源为主体的新型电力系统: 贡献、关键技术与挑战[J]. 工程科学与技术, 2022, 54(1): 47-59. DOI: 10.15961/j.jsuese.202100656.
XIAO X Y, ZHENG Z X. New power systems dominated by renewable energy towards the goal of emission peak & carbon neutrality: Contribution, key techniques, and challenges[J]. Advanced Engineering Sciences, 2022, 54(1): 47-59. DOI: 10.15961/j.jsuese.202100656.
- [10] 姜炎君, 王金锋, 孙晓晨, 等. 电化学储能技术多场景应用背景下的创新和实践[J]. 电气时代, 2023(5): 41-44.
JIANG Y J, WANG J F, SUN X C, et al. Innovation and practice of

- electrochemical energy storage technology in multi-scenario applications[J]. *Electric Age*, 2023(5): 41-44.
- [11] 周孝信, 鲁宗相, 刘应梅, 等. 中国未来电网的发展模式和关键技术[J]. *中国电机工程学报*, 2014, 34(29): 4999-5008. DOI:10.13334/j.0258-8013.pcsee.2014.29.001.
- ZHOU X X, LU Z X, LIU Y M, et al. Development models and key technologies of future grid in China[J]. *Proceedings of the CSEE*, 2014, 34(29): 4999-5008. DOI:10.13334/j.0258-8013.pcsee.2014.29.001.
- [12] 陈海生, 李泓, 徐玉杰, 等. 2024年中国储能技术研究进展[J]. *储能科学与技术*, 2025, 14(6): 2149-2192. DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2025.0553.
- CHEN H S, LI H, XU Y J, et al. Research progress on China's energy storage technology in 2024[J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2025, 14(6): 2149-2192. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2025.0553.
- [13] 张沈习, 王丹阳, 程浩忠, 等. 双碳目标下低碳综合能源系统规划关键技术及挑战[J]. *电力系统自动化*, 2022, 46(8): 189-207. DOI: 10.7500/AEPS20210703002.
- ZHANG S X, WANG D Y, CHENG H Z, et al. Key technologies and challenges of low-carbon integrated energy system planning for carbon emission peak and carbon neutrality[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2022, 46(8): 189-207. DOI: 10.7500/AEPS20210703002.
- [14] 熊樟林, 公子晨. "双碳"目标下新型储能政策的立法推进[J]. *中国人口·资源与环境*, 2025, 35(7): 99-107. DOI:10.12062/cpre.20250137.
- XIONG Z L, GONG Z C. Legislative advancements in new energy storage policies under the "dual carbon" goals[J]. *China Population Resources and Environment*, 2025, 35(7): 99-107. DOI:10.12062/cpre.20250137.
- [15] 刘志成, 彭道刚, 赵慧荣, 等. 双碳目标下储能参与电力系统辅助服务发展前景[J]. *储能科学与技术*, 2022, 11(2): 704-716. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2021.0431.
- LIU Z C, PENG D G, ZHAO H R, et al. Development prospects of energy storage participating in auxiliary services of power systems under the targets of the dual-carbon goal[J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2022, 11(2): 704-716. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2021.0431.
- [16] 任大伟, 侯金鸣, 肖晋宇, 等. 支撑双碳目标的新型储能发展潜力及路径研究[J]. *中国电力*, 2023, 56(8): 17-25. DOI: 10.11930/j.issn.1004-9649.202303034.
- REN D W, HOU J M, XIAO J Y, et al. Research on development potential and path of new energy storage supporting carbon peak and carbon neutrality[J]. *Electric Power*, 2023, 56(8): 17-25. DOI: 10.11930/j.issn.1004-9649.202303034.
- [17] 林伯强. "双碳"目标下储能产业发展新趋势[J]. *人民论坛*, 2024(3): 78-83. DOI:10.3969/j.issn.1004-3381.2024.03.020.
- LIN B Q. New trends in the development of energy storage industry under the "dual carbon" goals[J]. *People's Tribune*, 2024 (3): 78-83. DOI:10.3969/j.issn.1004-3381.2024.03.020.
- [18] 王琢璞, 鲁刚, 岳芬. 中国储能产业高质量发展水平综合评价研究[J]. *储能科学与技术*, 2025, 14(1): 427-438. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2024.0670.
- WANG Z P, LU G, YUE F. Comprehensive evaluation of the high-quality development level of China's energy storage industry[J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2025, 14(1): 427-438. DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2024.0670.
- [19] 张怀重. 双碳视域下储能行业发展机制浅析[J]. *储能科学与技术*, 2025, 14(1): 439-442. DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2024.1144.
- ZHANG H Z. Prospects and challenges for the development of energy storage industry under the "dual carbon" goals[J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2025, 14(1): 439-442. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2024.1144.
- [20] 黄康桥. 新型储能产业发展问题分析及政策建议研究[J]. *储能科学与技术*, 2025, 14(7): 2617-2624. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2025.0101.
- HUANG K Q. China's new energy storage industry: Challenges and policy recommendations[J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2025, 14(7): 2617-2624. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2025.0101.
- [21] 刘坚. 新型储能产业发展关键问题及政策机制[J]. *储能科学与技术*, 2025, 14(7): 2625-2634. DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2025.0096.
- LIU J. Key issues and policy mechanisms for developing new energy storage in China[J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2025, 14(7): 2625-2634. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2025.0096.
- [22] 王腾飞, 高保彬, 原白云, 等. 基于数智化平台的新型储能产业链发展模式与路径分析[J]. *储能科学与技术*, 2025, 14(10): 3859-3871. DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2025.0369.
- WANG T F, GAO B B, YUAN B Y, et al. Analysis of the development model and path of the new energy storage industry chain under the framework of digitalization and intelligence[J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2025, 14(10): 3859-3871. DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2025.0369.
- [23] 李孟涵, 刘晓日, 吕培召, 等. "新工科"背景下储能方向研究生学科交叉培养模式探索与实践[J]. *储能科学与技术*, 2025, 14(10): 4054-4064. DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2025.0437.
- LI M H, LIU X R, LYU P Z, et al. Exploration and practice of interdisciplinary training mode for postgraduate students specialized in energy storage under the background of "Emerging Engineering Education"[J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2025, 14(10): 4054-4064. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2025.0437.
- [24] 饶中浩, 刘臣臻, 霍宇涛, 等. 面向储能技术的跨学科拔尖创新人才培养教学实践与探索[J]. *储能科学与技术*, 2021, 10(3): 1206-1212. DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2021-0001.
- RAO Z H, LIU C Z, HUO Y T, et al. Practice and exploration of teaching for interdisciplinary outstanding and innovative talents training oriented to energy storage technology[J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2021, 10(3): 1206-1212. DOI:10.19799/j.cnki.2095-4239.2021-0001.