

# 硫化物固态电解质专利技术分析

王 丹\*

(知识产权出版社有限责任公司知识产权服务部, 北京 100081)

**摘要:**硫化物固态电解质因具有较高的离子电导率和机械柔韧性等优点,成为固态电池的优选方案。但其产业化仍面临空气稳定性差、界面阻抗高、合成工艺复杂等挑战。通过对硫化物固态电解质专利公开数据进行检索和系统分析,总结该领域专利申请情况,探讨相关技术的发展现状及趋势。硫化物固态电解质的研究经历了缓慢发展期和快速发展期,相关专利申请以企业为主,研究的重点方向是制备方法、复合电解质和改性方法等,国外企业已开始在中国布局相关专利。企业及相关研究机构应密切关注硫化物固态电解质技术的发展趋势和重点方向来优化研发路径,加强技术核心竞争力,推动我国固态电池产业高质量发展。

**关键词:**专利;硫化物固态电解质;技术现状;发展趋势

**中图分类号:**TM912.9

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-4320(2026)08-0012--05

**DOI:**10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2026.08.003

## Patent technology analysis of sulfide solid-state electrolytes

WANG Dan\*

(Intellectual Property Service Department, Intellectual Property Publishing House Co., Ltd., Beijing 100081, China)

**Abstract:** Thanks to advantages such as high ionic conductivity and favorable mechanical flexibility, sulfide solid-state electrolytes have emerged as a preferred candidate for solid-state batteries. Nevertheless, their industrialization still faces multiple challenges including poor air stability, high interfacial impedance, and complicated synthesis processes. Based on the retrieval and systematic analysis of published patent data related to sulfide solid-state electrolytes, this paper summarizes the patent filing landscape in this field and discusses the current development status and trends of relevant technologies. Research on sulfide solid-state electrolytes has gone through a slow development stage followed by a rapid growth stage. Enterprises constitute the main applicants of relevant patents, with research focuses covering preparation methods, composite electrolytes, modification approaches and other related directions. Foreign enterprises have begun to file relevant patent layouts in China. Enterprises and research institutions should closely track the development trends and key research priorities of sulfide solid-state electrolyte technologies to optimize research and development routes, strengthen core technological competitiveness, and advance high-quality innovative development of China's solid-state battery industry.

**Key words:** patent; sulfide solid-state electrolyte; technological status; development trend

固态锂离子电池 (SSLIBs) 因其潜在的高能量密度和高安全性,已成为当前电池研究和产业化的热点<sup>[1]</sup>。传统液态锂离子电池面临安全性问题、能量密度限制和快充需求三大瓶颈,而固态电池通过使用固态电解质替代液态电解液,热失控风险较液态锂离子电池降低 90% 以上,并且可适配锂金属负极,能量密度有望突破 500 Wh/kg (传统电池仅为 200~300 Wh/kg)。固态电解质的离子传输路径更短,全固态电池可实现 10 min 快充。

在氧化物、硫化物、聚合物及卤化物四大固态电解质技术路线中,硫化物固态电解质因其较高离子电导率、机械柔韧性、低密度与高兼容性、成本优化潜力等独特性能而成为固态电池的优选方案。尽管硫化物固态电解质优势显著,其产业化仍面临空气稳定性差、界面阻抗高、合成工艺复杂等关键挑战。近年来,研究者开始通过提升制备工艺、构建纳米包覆层或

掺杂元素等方式来改善硫化物固态电解质的性能。

本文通过对硫化物固态电解质技术的中国专利申请进行检索和系统分析,探讨相关技术的研究现状与发展趋势。

## 1 研究方法和数据来源

本文研究的专利数据均来源于 CNIPR 专利数据库服务平台,检索时间为 2025 年 9 月 28 日,检索范围为截至检索日内的所有已公开中国专利 (包括港澳台地区)。通过专利名称含有关键词“固体电解质”或“固态电解质”以及名称摘要含有“硫化物”和“电解质”进行检索,并进行数据处理和标引,最终筛选出相关专利申请共计 828 件。

采用专利计量学、统计学和专家咨询法等方法,对专利数量、专利类型、区域、申请人、技术领域等字段进行统计分析,深入研究硫化物固态电解质技术

收稿日期:2026-01-06;修回日期:2026-06-23

作者简介:王丹 (1985-),女,硕士,高级知识产权师,研究方向为知识产权研究与分析,通讯联系人,010-82000860-8526, annettywang@126.com。

的创新趋势、创新主体区域及技术领域分布等情况。专利申请到专利公开有一定的滞后期,因此,本报告所有数据皆为已公开专利数据,2024 年以后的数据仅供参考。

## 2 专利申请情况分析

### 2.1 专利类型

在检索到的 828 件专利申请中,发明专利共 822 件,占申请总量的 99.3%;实用新型专利共 6 件,占申请总量的 0.7%。

### 2.2 专利申请趋势分析

硫化物固态电解质专利申请趋势情况如图 1。

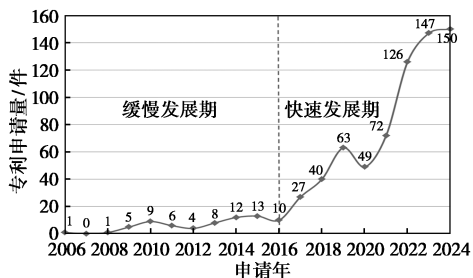


图 1 硫化物固态电解质专利申请趋势情况

从图 1 可知,自 2006 年起,硫化物固态电解质专利技术经过了 2 个发展期:缓慢发展期(2006—2016 年):专利年申请量偏低,年均不超过 15 件,对应时段申请量仅占总量的 8.33%。快速发展期(2017 年—至今):年专利申请量较高且总体呈现快速增长趋势。2024 年,年专利申请量达到峰值,为 150 件。对应时段申请量占总量的比例达到 91.67%。从近年来的专利申请趋势来看,预计 2025 年后硫化物固态电解质专利申请量依然保持较高水平。

2022 年专利申请量急剧增加,增长了 54 件,同比增长 75%,这与同期工业和信息化部等六部门发布的《关于推动能源电子产业发展的指导意见》,以及国家发展改革委、国家能源局印发的《“十四五”新型储能发展实施方案》等政策密不可分<sup>[2-3]</sup>。指导意见提出要研究突破超长寿命高安全性电池体系、大规模大容量高效储能、交通工具移动储能等关键技术,加快研发固态电池、钠离子电池、氢储能/燃料电池等新型电池。实施方案将固态锂离子电池技术作为“十四五”新型储能核心技术装备攻关重点方向之一。良好的政策环境促使固态电解质技术快速发展,硫化物基全固态锂金属电池在能量密度、功率输出和温度耐受性方面表现出卓越的性能,因此在未来全固态电池领域将有广泛的应用前景。

### 2.3 专利申请区域分析

硫化物固态电解质专利申请人区域分布情况见图 2。

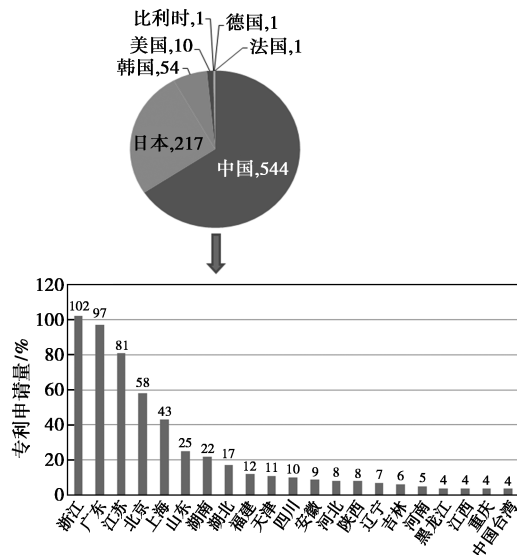


图 2 硫化物固态电解质专利申请区域分布

从图 2 可知,除国内申请人外,日本、韩国、美国等国家的申请人也在中国布局了硫化物固态电解质专利,反映出中国已成为全球固态电池重要的市场,未来发展前景广阔。尤其值得关注的是,日本申请人在中国已申请了 217 件相关专利,占全部专利的比例达到 26.21%,具有较强的竞争实力,其布局的技术路线动向值得国内同行保持跟踪和研究。

从国内申请人区域分布来看,浙江省申请量位列首位,专利申请量达到 102 件,占总申请量的 21.12%;主要申请人有中国科学院宁波材料技术与工程研究所、浙江锋锂新能源科技有限公司、浙江吉利控股集团有限公司等。广东省申请量居第二位,专利申请量为 97 件,占总申请量的 20.08%;主要申请人有深圳大学、广东马车动力科技有限公司、深圳市贝特瑞新能源技术研究院有限公司等。江苏省申请量居第三位,专利申请量为 81 件,占总申请量的 16.77%;主要申请人有天目湖先进储能技术研究院有限公司、长三角物理研究中心有限公司、中汽创智科技有限公司等。

从各区域专利申请情况可知:(1)国外申请人已瞄准中国市场,纷纷提前在中国布局相关专利;(2)国内电池技术发展处于领先地位的省市,表现较为突出并占据前列,如浙江、广东、江苏、北京、上海等;(3)专利技术的重点申请人包括企业、学校和科研单位,反映出硫化物固态电解质在基础研究和产业化方面均是热点方向。

## 2.4 创新主体分析

### 2.4.1 专利申请人类型分析

从申请人类型来看,企业申请量为 655 件,占比 79.11%;学校申请量为 153 件,占比 18.48%;科研单位申请量为 80 件,占比 9.66%;个人申请量为 8 件,占比 0.97%。由此可见,随着市场对高能量密度、高安全性能的电池需求不断增加,企业加大了对

硫化物固态电解质技术的研发力度,且越来越重视知识产权的保护,不断创造具有自主知识产权的核心技术,以此来提高竞争壁垒,已成为硫化物固态电解质技术创新的主力军。

### 2.4.2 重点专利申请人情况分析

对排名前十位的申请人进行重点分析,具体情况见表 1。

表 1 排名前十位的重点专利申请人情况

| 排名 | 申请人               | 申请人国别 | 专利申请量/件 | 主要布局技术领域             |
|----|-------------------|-------|---------|----------------------|
| 1  | 丰田自动车株式会社         | 日本    | 86      | 制备方法、复合固态电解质、检测方法/装置 |
| 2  | 出光兴产株式会社          | 日本    | 46      | 制备方法、改性方法            |
| 3  | AGC 株式会社          | 日本    | 33      | 制备方法、复合固态电解质         |
| 4  | 上海屹锂新能源科技有限公司     | 中国    | 28      | 制备方法、改性方法、复合固态电解质    |
| 5  | 现代自动车株式会社         | 韩国    | 26      | 制备方法、改性方法            |
| 6  | 三井金属矿业株式会社        | 日本    | 22      | 制备方法                 |
| 7  | 国联汽车动力电池研究院有限责任公司 | 中国    | 22      | 制备方法、改性方法、复合固态电解质    |
| 8  | 中国科学院宁波材料技术与工程研究所 | 中国    | 21      | 制备方法、改性方法、复合固态电解质    |
| 9  | 浙江锋锂新能源科技有限公司     | 中国    | 19      | 制备方法、改性方法、复合固态电解质    |
| 10 | 中国科学院物理研究所        | 中国    | 17      | 制备方法、改性方法、复合固态电解质    |

从表 1 可知,在排名前十位的申请人中,有 8 家企业、2 家科研院所。中国申请人占 5 席,日本申请人占 4 席,韩国申请人占 1 席。专利布局最多的申请人是丰田自动车株式会社,申请量为 86 件,主要布局的技术领域包括制备方法、复合固态电解质、检测方法/装置等;排名第二位的是出光兴产株式会社,申请量为 46 件,主要布局的技术领域包括制备方法、改性方法;排名第三位的是 AGC 株式会社,申请量为 33 件,主要布局的技术领域包括制备方法、复合固态电解质;排名第四位的是上海屹锂新能源科技有限公司,申请量为 28 件,主要布局的技术领域包括制备方法、改性方法、复合固态电解质;排名第五位的是现代自动车株式会社,申请量为 26 件,主要布局的技术领域包括制备方法、改性方法。从图 2 可知,中国申请人申请专利总量占比最高,但日本申请人专利申请集中度较高,一方面反映出日本企业十分看好中国固态电池市场未来的发展前景,另一方面也反映出日本企业偏好于集团化发展模式,其在硫化物固态电解质技术研发和专利布局方面展现出较强的竞争实力。

### 2.5 技术领域分析

国际专利分类(IPC)可在一定程度上反映技术的集中点和研究热点。根据 IPC 主分类号进行归纳分析,得到的专利申请主要技术领域分布情况如图 3 所示。

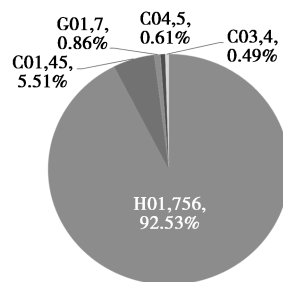


图 3 专利申请主要技术领域分布

从图 3 可知,硫化物固态电解质专利申请的前 5 个领域是:主分类号为 H01 (主要是 H01M10/0562, 固体材料) 的专利 756 件,占 92.53%;主分类号为 C01 (主要是 C01B25/14, 磷的硫、硒或碲化合物) 的专利 45 件,占 5.51%;主分类号为 G01 (主要是 G01N33/00, 用 G01N1/00 至 G01N31/00 组不包括的特定方法研究或分析材料) 的专利 7 件,占 0.86%;主分类号为 C04 (主要是 C04B35/547, 基于硫化物或硒化物) 的专利 5 件,占 0.61%;主分类号为 C03 (主要是 C03C3/32, 非氧化物玻璃组合物, 例如锗、硒或碲的二元或三元卤化物、硫化物或氮化物) 的专利 4 件,占 0.49%。

## 3 技术及发展趋势分析

### 3.1 硫化物全固态电池失效机理

硫化物电解质膜凭借低表面孔隙率、高拉伸强

度和高杨氏模量展现出优异的锂枝晶抑制能力,具有优异的锂负极兼容性,但当其与高电压三元正极组装时会因为电势差诱发界面空间电荷层(SCL),阻碍锂离子传输,是硫化物全固态电池失效的机理之一,会影响其商业化应用。因此,研究硫化物固态电解质与正极材料的界面不相容性已成为研究的趋势之一。图4展示了传统硫化物全固态锂金属电池的失效原理,以及一种双界面工程全固态锂金属电池的结构。当在三元正极材料表面包覆卤化物时,正极/卤化物界面上可忽略的SCL确保了平稳的电荷传输、保持的正极氧化还原活性和完整的电解质结构<sup>[4]</sup>。

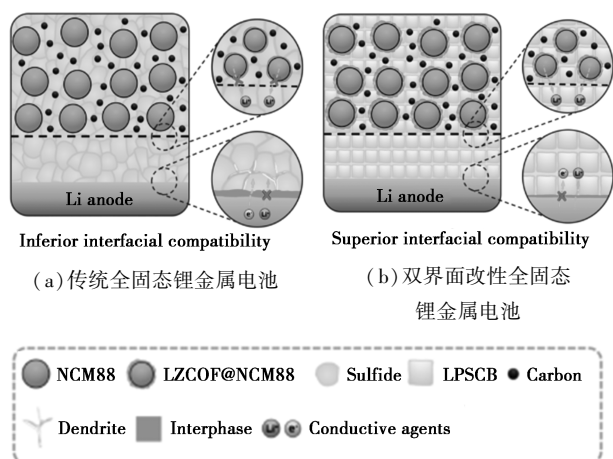


图4 传统硫化物全固态锂金属电池和双界面工程硫化物全固态锂金属电池结构比较示意图

### 3.2 专利技术分析

如图5所示,828件硫化物固态电解质专利中,有127件专利涉及复合硫化物固态电解质研究,占比为15.34%;701件专利涉及非复合硫化物固态电解质研究,占比为84.66%。复合硫化物固态电解质专利中有103件专利涉及电解质制备方法的研究,24件专利涉及电解质改性方法的研究,其中6件采用掺杂改性手段,18件采用包覆改性手段。在非复合硫化物固态电解质专利中,制备工艺相关研究占据主导,达547件。改性技术次之,共计149

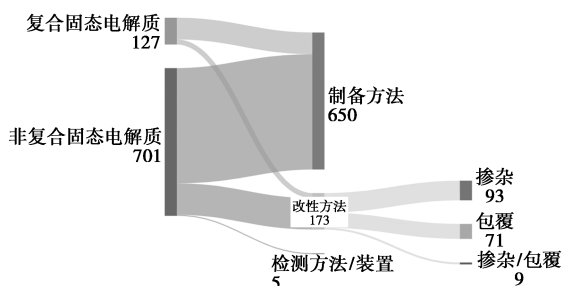


图5 硫化物固态电解质专利技术分布桑基图

件。在改性手段中,掺杂(87件)最为常见,其次是包覆(53件),另有9件专利采用了掺杂/包覆联用技术。检测方法/装置的研究最少,仅5件。

硫化物对空气和水分敏感,增加了生产难度,因此硫化物固态电解质的制备方法,是当前研究的重点方向。如高纯度硫化锂材料、硫化物固态电解质的制备(CN120308916B):将硫源、锂源与复合还原剂混合并进行低温预反应、高温还原反应,制得高纯度硫化锂材料。其中,所述复合还原剂包括高比表面积碳源及高膨胀碳源。用该高纯硫化锂(>99.9%)制备的固态硫化物电解质电池循环寿命与安全性显著优于传统液态电池。又如纳米级硫化物固态电解质的制备(CN119683583B):通过引入络合剂(包括具有3个或者3个以上醚键或者环醚键的醚类有机溶剂),得到纳米级硫化物固态电解质,该电解质离子电导率较高,有助于与正极的接触,提高全电池的循环性能。

复合硫化物固态电解质是当前研究的热点方向之一,如硫化物/聚合物复合固态电解质制备方法的研究(CN114464876B):通过砂磨和热处理反应得到硼酸修饰型硫化物锂离子电池固态电解质,然后通过热处理反应在其表面包覆了一层聚合物固态电解质。在硫化物固态电解质表面原位包覆一层聚合物固态电解质,该电解质层可以提升颗粒之间的界面接触,降低晶界电阻。又如硫化物/氧化物复合固态电解质的研究(CN209266514U):通过在硫化物固态电解质表面复合非晶态氧化物固态电解质,改善了硫化物固态电解质与电极材料之间的界面问题。

掺杂和包覆是提高硫化物固态电解质性能的最主要手段。掺杂可以提高硫化物固体电解质的空气稳定性,有利于提高锂离子电导率。比较常用的掺杂材料包括稀土元素、卤素、硼、氮、锌等,如多元稀土氧化物掺杂(CN112768757B):利用机械球磨法对 $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$ 电解质进行多元稀土氧化物(包括 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 和富铈混合稀土氧化物)的掺杂,可以有效提升桥接硫的稳定性并降低桥接硫的含量,从而改善硫化物固体电解质的空气稳定性。包覆可以进一步提高硫化物固态电解质的空气稳定性和界面稳定性。常用的包覆材料包括含锂的卤化物和氧化物、二氯化锡等。如 $\text{Li}_3\text{OBr}$ 包覆(CN120413777B):包覆层隔绝了硫化物电解质与空气中的水分接触,同时也隔绝了其与电极的接触,提高了固态电解质的空气稳定性和界面稳定性。采用掺杂和包覆联用的方式,往往能达到更为理想的电化学性能,如惰性氧

化物层或氟化物包覆掺杂硫化物固体电解质(CN116344926B):以P位和S位元素掺杂的硫化物固体电解质为核心,表面包覆惰性氧化物层或氟化物层,能够在保证较高的湿空气稳定性的同时,兼具高锂离子电导率,保留了原始硫化物固体电解质的优良性能。

此外,日本申请人近年来的技术发展动态也值得特别关注,如丰田自动车株式会社申请的高离子传导率硫化物固体电解质的专利(CN116154272A):将原料组合物通过非晶化工序和加热工序后,制备的电解质含有Li元素、Sn元素、P元素和S元素的LGPS型晶相,并通过XRD检测证实为具有单相的硫化物固体电解质,避免了杂质成分对离子传导率产生影响,得到的电解质离子传导率(25℃)达到5.0 mS/cm以上。

## 4 结论与建议

随着现代储能电池和动力电池对于安全性能的要求越来越高,推进固态电池产业化应用成为未来发展的重要趋势。硫化物固态电解质因其较高的离子电导率、机械柔韧性等优点成为关注的焦点。但由于存在界面阻抗高、空气稳定性差等挑战,研究者们采用提升制造工艺、制备复合电解质、掺杂和包覆等手段来提升电解质的电导率和稳定性。目前相关专利技术以企业为主导,接近八成的专利为企业所申请,反映出硫化物电解质已受到企业的广泛关注,孚能科技、恩捷股份等均宣布正在进行硫化物全固态电池批量生产<sup>[5-6]</sup>,预计未来将有更多企业投入到相关的研究中来,技术更新和产业化进程在政策推动、市场需求和产业升级协同作用下,将会迎来突飞猛进的发展。

针对以上现状和趋势,提出以下建议。

(1) 尽早谋划,抢占先机。硫化物基固态电池已成为产业化的重点方向,技术突破将成企业立身之本,企业应积极关注当前技术热点,如高纯度、小粒径硫化物固态电解质,硫化物/聚合物或硫化物/氧化物复合固态电解质,以及掺杂、包覆等改性手段等,结合自身情况加快调整布局策略。

(2) 国内企业应做好日本、韩国等外国企业的技术监测,加强基础技术的研发投入,将相关核心技术牢牢掌握在本土创新主体手中。

(3) 重视知识产权保护,通过专利导航、专利技术定向研发、专利挖掘与布局、专利组合构建等路径提升高价值专利培育能力,加强硫化物固态电解质技术核心竞争力,推动我国固态电池产业高质量创新发展。

## 参考文献

- [1] Deng Z K, Chen S M, Yang K, et al. Tailoring interfacial structures to regulate carrier transport in solid-state batteries[J]. *Advanced Materials*, 2024, 36(38): e2407923.
- [2] 工业和信息化部等六部门关于推动能源电子产业发展的指导意见[EB/OL]. (2023-01-17). [https://wap.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/yj/art/2023/art\\_5fe76c58f263450ebc92c903427a6d12.html](https://wap.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/yj/art/2023/art_5fe76c58f263450ebc92c903427a6d12.html).
- [3] 关于印发《“十四五”新型储能发展实施方案》的通知[EB/OL]. (2022-03-21). [https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202203/t20220321\\_1319773.html](https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202203/t20220321_1319773.html).
- [4] Qi X, Wu M, Li D B, et al. Scalable dual-interface engineering for high ionic conductive, mechanical robust sulfide membranes in high-energy all-solid-state Li-metal batteries[J]. *Adv. Energy Mater.*, 2025, 202503914.
- [5] 孚能科技年底交付第一代全固态电池, 能量密度 400 Wh/kg [EB/OL]. (2025-09-17). <https://cj.sina.com.cn/articles/view/1826017320/6cd6d02804001h16u>.
- [6] 国产固态电解质产能提升, 技术突破加速, 行业竞争格局变化 [EB/OL]. (2025-09-23). <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1844001579896648973&wfr=spider&for=pc>.
- [7] 谢建斌. Sadara 石化-全球一次性投资最大的石化项目[R]. 上海: 申万宏源研究院, 2018.
- [8] 工业和信息化部, 国家发展和改革委员会, 科学技术部, 生态环境部, 应急管理部, 国家能源局. 关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见[Z]. 中华人民共和国国务院公报, 2022(17): 58-62.
- [9] 国家发展和改革委员会. 产业结构调整指导目录: 2024 年本[Z]. 中华人民共和国国务院公报, 2024(7): 7-77.
- [10] 姜鹏. 推动中国石油炼化企业转型升级的策略思考[J]. 北京石油管理干部学院学报, 2023, 30(6): 32-38.
- [11] 工业和信息化部、国家发展和改革委员会、财政部, 等. 精细化工产业创新发展实施方案(2024—2027 年)[Z/OL]. (2024-07-02) [2025-12-13]. [http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202407/content\\_6962816.html](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202407/content_6962816.html).
- [12] 李涛. 恒力石化炼化一体化项目装置技术分析[J]. 石油化工技术与经济, 2023, 39(4): 10-16.
- [13] 谢建斌. Sadara 石化-全球一次性投资最大的石化项目[R]. 上海: 申万宏源研究院, 2018.
- [14] 李文学, 韩东, 杨卫兰. 中国丙烯及下游产品发展回顾及展望[J]. 现代化工, 2024, 44(5): 11-14.
- [15] 董雁春. 我国乙烯产业链发展现状及对策建议[J]. 现代化工, 2025, 45(1): 1-6.
- [16] 张海桐, 赵文明, 白雪松, 等. 石油化工行业结构性过剩化解方案建议[J]. 化学工业, 2022, 40(1): 36-45.
- [17] 门秀杰, 张轩钰, 张胜军, 等. 我国炼化产业发展形势分析及未来发展策略[J]. 现代化工, 2025, 45(9): 7-11.
- [18] 戴厚良, 陈建峰, 袁晴棠, 等. 我国化工石化产业绿色低碳转型发展研究[J]. 中国工程科学, 2024, 26(6): 223-232.
- [19] 孙世源, 王龙延, 靳长友, 等. 原油直接裂解制化学品技术开发[J]. 现代化工, 2022, 42(10): 232-236.
- [20] 张金庆, 吕行, 徐英志, 等. 废塑料化学回收现状及研究进展[J/OL]. 化工进展, 2026[2026-06-16].