我国聚烯烃弹性体市场分析及发展策略

方 晨[1,2],杨 鹏[3],戴家权[1*]
(1.中国石油集团经济技术研究院,北京 100032;
2.中国石油大学(北京)化学工程与环境学院,北京 102249;
3.中国石油集团政策研究室,北京 100007)

摘要:聚烯烃弹性体(POE)作为一种热塑性弹性材料,采用茂金属催化体系制备,具有分子量分布窄、短支链分布均匀的特点,在众多工业领域占据重要地位。围绕我国POE市场,综述了其生产格局、供需态势、主要应用方向及典型产品牌号等内容,并结合未来三年行业产能规划与需求趋势,对市场整体发展前景进行了研判。同时,剖析了POE产能扩张特征与未来发展方向,并提出了相应的发展建议:通过加强POE技术研发投入力度,缩小与国际先进水平的差距,同步推动国产POE产品质量与性能的提升,立足高端市场需求重点发展高附加值系列产品,并聚焦上下游联动与产业生态培育,协同推动POE产业发展。

关键词:聚烯烃弹性体;生产现状;供需分析;应用现状;典型产品
中图分类号:TQ334.2 **文献标志码**:A **文章编号**:0253-4320(2026)11-0012-06
DOI:10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2026.11.003

Analysis and development strategies of China's polyolefin elastomer market

FANG Chen[1,2], *YANG Peng*[3], *DAI Jia-quan*[1*]
(1.CNPC Economics and Technology Research Institute, Beijing 100032, China;
2.College of Chemical Engineering and Environment, China University of Petroleum(Beijing),
Beijing 102249, China; 3.CNPC Policy Research Office, Beijing 100007, China)

Abstract:Polyolefin elastomer (POE), as a thermoplastic elastomer material, is produced using a metallocene catalytic system and possess the characteristics of narrow molecular weight distribution and uniform short-chain distribution.They play a significant role in numerous industrial sectors.Regarding the POE market in China, this paper reviews its production pattern, supply and demand situation, main application directions, and typical product grades. Combined with the industry capacity planning and demand trends over the next three years, the overall market development prospects are analyzed. Meanwhile, the expansion characteristics of POE production capacity and future development directions are analyzed, and development suggestions are proposed: by increasing investment in POE technology research and development to narrow the gap with international advanced levels, simultaneously focusing on promoting the improvement of domestic POE product quality and performance, focusing on high-value-added product series based on high-end market demands, and concentrating on upstream and downstream linkage and industrial ecosystem cultivation, to jointly promote the development of the POE industry.

Key words: polyolefin elastomer; production status; supply and demand analysis; application status; typical products

聚烯烃弹性体(简称POE)是一种热塑性材料,通常以乙烯和α-烯烃(如1-丁烯、1-己烯、1-辛烯)为原料,在茂金属催化剂的作用下共聚而成。茂金属催化剂凭借独特的单一活性位点结构,在聚合反应中可实现产物分子量分布更窄,且催化效率显著提升[1-3]。POE材料具有优异的低温柔韧性、耐磨性、耐化学腐蚀性和良好的加工性,广泛应用于光伏胶膜、汽车、塑料增韧改性、鞋材、电缆等领域[4-6]。

POE产品最早由美国陶氏化学公司研发,其于1993年成功推出Engage系列产品,正式开启了POE工业化量产的时代。随后,埃克森美孚、三井化学、乐天化学、韩国SK创新、SABIC纷纷投资POE市场,由此形成对国外POE产能的绝对主导格局。POE国产化的进程相对缓慢,长期依赖进口。2023年以来,随着贝欧亿(京博控股)、万华化学、独山子石化、茂名石化、盛虹石化等企业的POE装置相继投产,我国POE产能实现从几万吨级中试到几十万吨级规模化生产的跨越式发展。

当前全球POE生产技术以溶液聚合工艺为主导,代表性技术包括陶氏化学公司的Dowlex工艺以

收稿日期:2026-04-15;**修回日期**:2026-09-04
作者简介:方晨(1991-),女,博士,研究方向为油气市场,fangchen66@cnpc.com.cn;戴家权(1970-),男,博士,教授级高级经济师,研究方向为能源战略、宏观经济、油气市场,通讯联系人,daijq@cnpc.com.cn。

及埃克森美孚公司的绝热连续溶液聚合工艺等。我国 POE 制备技术主要涵盖溶液聚合工艺、气相聚合工艺、乙烯基聚烯烃弹性体工艺和超支化聚烯烃弹性体工艺。前两种工艺已实现规模化生产,后两种工艺仍处于技术验证与小试阶段,尚未形成成熟的量产能力。

为推动产业科学布局与战略决策,聚焦我国 POE 产业链开展深度调研,从产能分布、供需结构、重点应用领域及典型产品型号等维度进行全景分析。通过综合分析行业最新产能规划,结合未来需求预测,深入剖析市场发展趋势,进而提出针对性的产业发展方向与策略建议。

1　我国 POE 生产现状

目前,我国共有 7 家 POE 生产企业(表 1),主要采用溶液聚合法和气相聚合法两种工艺进行生产,产品广泛覆盖光伏组件、汽车制造、电线电缆、鞋材、薄膜等领域[7-10]。

表 1　2025 年中国 POE 生产装置信息

企业名称	所在区域	产能/(万 t·a^{-1})	工艺	主要产品牌号	投产日期
贝欧亿	华东	3	溶液法	光伏级(Betopp-PV 系列)PV7045、PV7200;通用级(Betopp-G 系列)G6012、G6045	2023 年 12 月
万华化学	华东	20	溶液法	光伏封装胶膜 9057、9147、69057、69147;通用级(聚合物改性、鞋材、薄膜、线缆)5007、5017、5018、5057、65015、65056、65057	2024 年 6 月
独山子石化	西北	18	气相法	UL 系列通用料为主 UL0188、UL0500、UL0588、UL1088、UL1488	2024 年 8 月(2025 年 7 月、11 月扩能)
茂名石化	华南	5	溶液法	塑料改性和鞋材 8601B、8601O、8605B、8605O、8701B、8714B;光伏组件 8705B、8705O、8714O	2025 年 6 月
大庆石化	东北	4	气相法	光伏级:UL0588、UL1488、UL0188;通用/改性系列 UL0500、UL1088、UL01883/UL01888;汽车/工业专用 UL-A05、UL-A10	2025 年 8 月
盛虹石化	华东	10	溶液法	光伏组件 SE8705、SE8715、SE4705、SE4715;通用级(汽车制造和电线电缆)SE-89005、SE-8901、SE-8905、SE-8909、SE-8914、SE-4901、SE-4905	2025 年 8 月
鼎际得石化	东北	10	溶液法	主力量产型号(通用/改性系列)B7130、BF7166、BF7130;高端专用型号(光伏/汽车)D-PV05(光伏级)、D-A08(汽车级)	2025 年 10 月

2021—2023 年,随着国内光伏产业崛起,POE 产品的需求量骤增,带动 POE 产业开启扩能周期。2023 年贝欧亿投产,拉开了国产 POE 工业化生产的序幕。2024 年万华化学、独山子石化投产,共新增产能 24 万 t/a。2025 年,产能持续扩张,茂名石化、大庆炼化、盛虹石化、鼎际得石化纷纷进行投产,独山子石化扩能至 18 万 t/a,共计新增产能 43 万 t/a。截至 2025 年底,我国 POE 产能达 70 万 t/a。国内 POE 生产装置中,以国营企业为主,占比约 67.1%,其余为民营企业。POE 产能在西北、华南、东北、华东四大区均有分布,其中华南地区产能较少,仅以茂名石化的产品为支撑。

中国石油是国内唯一一家使用气相法生产 POE 的企业,其自主研发的气相法工艺填补了国内技术空白。较液相法工艺具有成本低、流程精简、适应性强等特点,整个过程无有机溶剂排放,具备绿色环保的优势。万华化学的 POE 项目采用了自主研发的茂金属催化剂,攻克了长期由海外企业主导的技术壁垒,产品适配于光伏封装薄膜、汽车配件等领域,满足对耐腐蚀、抗冲击和轻量化的高端需求。盛虹石化和鼎际得石化分别以 10 万 t/a 的产能坐落华东与东北地区,高端专用料和通用料均有生产,其中盛虹石化致力于光伏组件,鼎际得石化更偏向于通用型 POE 生产。

2　我国 POE 市场供需现状

2021 年我国 POE 需求量 63.5 万 t,受益于光伏组件封装材料与新能源汽车轻量化材料的快速发展,行业需求呈现强劲增长趋势。2023 年 POE 需求量近 85 万 t,较前期数据显著攀升,并保持 15.6% 的年均复合增长率持续上行,于 2024 年达峰值 98.2 万 t,2025 年略有下降,降至约 93.3 万 t。2025

年,国内 POE 产量仅 23.8 万 t,较 70 万 t/a 的产能投放量,开工率仅 34%,主要原因有两点:一是新建产能集中于 2025 年下半年投放,二是所有企业于下半年均进行了数天至整月的停工检修,有效产能并未完全释放。

2025 年,我国 POE 产能布局结构性调整,区域供需匹配度持续优化。从区域分布格局看,华东、西北及东北地区成为产能扩张主力,其中东北区域依托大庆石化和鼎际得石化共 14 万 t/a 产能实现占比显著跃升,占比达 20%。华东地区作为传统产能集中地,依托万华化学 20 万 t/a 核心装置持续领跑,以 47.1%的稳定占比保持首位。西北地区以 25.7%的产能占比跻身第二大产区,华南(7.1%)产能最低,而华北、华中及西南地区尚未实现 POE 产能实质性落地,区域发展不均衡现象依然存在。

根据我国海关统计数据,2025 年我国 POE 进口总量降至 72.7 万 t,较上年减少 18.7 万 t,同比降幅达 20.5%。随着国内产能逐步释放,POE 对外依存度较 2024 年下降 15.1 个百分点,约 77.9%,进口替代进程持续加速。从地域分布来看,进口货源主要集中于韩国(乐天化学、SK 创新与 SABIC 合资企业)、泰国(陶氏化学生产基地)、西班牙(陶氏化学工厂)三个核心供应国,三国合计占据进口总量的四分之三,其中韩国货源总量最高[11-13]。此外,新加坡(三井化学)和美国企业(陶氏化学、埃克森美孚)也构成了重要的补充供应渠道,共同支撑着我国 POE 产品的多元化进口格局。目前,随着国产 POE 产能扩张和技术进步,部分通用料可逐渐被国产替代,但是高端系列因催化剂技术壁垒高、原料供应受限、产品认证周期长等原因依然高度依赖进口。

3 我国 POE 产品应用现状

据卓创资讯统计,2021—2025 年,光伏胶膜作为 POE 应用的主导领域,占比从 40%提升至 50%(图 1),凸显了新能源产业高速发展对 POE 需求的强劲拉动效应。汽车行业占比稳定维持在 26%,表明在轻量化材料及零部件制造中对 POE 的持续依赖。在发泡领域,POE 稳定占据 10%的市场份额,展现了其成熟的技术应用场景。而电缆和包装则受行业技术迭代或替代材料影响,占比分别从 10%和 5%下降至 5%和 3%。整体而言,POE 消费结构呈现向新能源领域高度集中的态势,其他传统应用领域则随市场动态呈现差异化调整,反映了全球能源转型与技术革新背景下材料需求的结构性变迁。

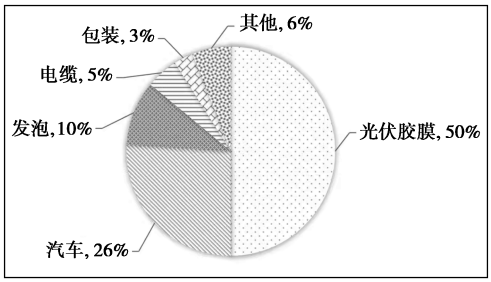


图 1 2025 年我国 POE 行业消费结构

3.1 光伏领域

光伏组件封装胶膜通常以 EVA 或 POE 为基材,添加交联剂、抗老化剂等助剂,通过熔融挤出、压延或流延等工艺制成。其中,POE 因其优异的力学性能、耐紫外光性、耐老化性以及流变性能,常作为 EVA 的改性剂或直接用作太阳能电池的封装材料[14-15]。随着全球清洁能源需求的持续增长,光伏装机容量不断提升,作为关键封装材料的 POE 胶膜市场需求也随之高速增长。

陶氏化学、埃克森美孚、三井化学、LG 化学及 SABIC 等企业旗下的 POE 系列牌号已成为光伏封装领域的经典之选。陶氏化学的 Engage™ PV 系列是专为光伏封装设计的乙烯-辛烯共聚物,凭借其低水汽透过率和高抗 PID 性能,广泛适用于不同功率的光伏组件封装。埃克森美孚的 Exact 系列作为最早工业化的茂金属聚乙烯之一,具备优异的柔韧性和耐候性,部分牌号通过交联处理后可进一步提升封装材料的稳定性。国内企业贝欧亿的 Betopp-PV 7045 光伏级产品也在逐渐深入国内市场。

3.2 汽车领域

在汽车工业,尤其是新能源汽车领域,电动化与轻量化的双重趋势为 POE 材料开辟了广阔的应用空间。一方面,POE 凭借其低密度特性契合了汽车轻量化的材料需求,通过作为增韧剂与聚丙烯、马来酸酐等共混,广泛应用于保险杠、仪表盘等部件,实现了力学性能与耐化学性的平衡[16-17]。另一方面,其优异的柔韧性和抗冲击性也为新能源汽车电池系统的密封件提供了可靠防护。在整车轻量化的趋势下,单车改性塑料用量的持续增加将驱动 POE 材料需求的增长,进而巩固其在轻量化材料体系中的核心地位。

陶氏化学的 Engage 系列、埃克森美孚的 Exact

系列、三井化学的 Tafmer DF 系列、LG 化学的 Lucene 系列以及 SABIC 的 Smart 等系列牌号,凭借多年来积累的技术优势,已在保险杠增韧、内饰柔化、密封减震及新能源电池缓冲等细分领域形成高度系列化的产品矩阵,并历经充分的市场验证。相比之下,国产 POE 处于突破阶段,万华化学、贝欧亿等企业已实现工业化投产,成本因原料配套优势更具竞争力,但在连续化生产稳定性、杂质控制以及针对高端场景的专用牌号开发上,仍需通过持续的市场应用来打磨和验证。

3.3　电线电缆领域

在电线电缆行业,POE 逐步应用于非聚氯乙烯电缆护套料及绝缘领域,主要用于控制电缆、船用电缆及矿用电缆的包覆层,替代传统的氯丁橡胶和聚氯乙烯材料[18-19]。其优势在于可通过挤出机直接加工,以此简化生产流程、提升效率并降低能耗与成本。随着我国通信、电力和基础设施建设的持续推动,电线电缆市场需求保持稳定,而新能源、智能电网、轨道交通、航空航天及海洋工程等重点领域的政策导向与发展前景进一步驱动 POE 行业向高端化、差异化方向升级。

针对这些应用需求,国内外主要厂商均推出了代表性牌号。例如,陶氏化学的 Engage 8400 凭借高流动性适用于挤出成型,埃克森美孚的 Exact9061 及 LG 化学的 LC670、LC170 则以高韧性与抗冲击性能著称,常用于汽车线束及对机械强度要求较高的护套。随着国内产业化技术的突破,贝欧亿的 Betopp-G 系列与万华化学的 WANSUPER 系列聚焦于线缆线材及高端线缆市场,将其作为核心应用方向之一。此外,京博石化牵头起草的国内首个 POE 团体标准《乙烯-辛烯共聚物》(T/PSTM 0006-2022),于 2022 年正式发布,该标准明确了 POE 在电线电缆领域的用途,表明国产 POE 正系统性地融入并推动该领域的发展。

3.4　改性发泡领域

在发泡材料领域中,POE 通常作为高性能改性剂与 EVA 进行共混,应用于模压发泡或造粒后注射发泡等多种工艺中。成品具有更低的密度、更出色的压缩回弹性、均匀细腻的泡孔结构、舒适的触感以及更高的抗撕裂强度[20-21]。改性后的发泡材料,被广泛应用于保温材料、包装缓冲材料、箱包衬里、健身垫和吸音材料等多元化的日常与工业产品中。

国际化工企业在该领域占据显著技术优势。陶氏化学开发的 Engage 8480 和 8200 分别适用于鞋材发泡与户外包装发泡。埃克森美孚的 Exact 6502 凭借耐磨耐候特性适配运动器材发泡场景。而三井化学的 Tafmer DF710 通过高透明度和多孔结构设计在鞋底发泡及包装发泡领域实现多功能应用。国产 POE 材料已在基础性能上取得突破。例如,万华化学的 WANSUPER 5007、5017 通过优化发泡回弹性和降低密度,已在鞋材轻量化领域形成初步进口货源替代能力,并依托本土产业链优势展现出成本竞争力,但在高端技术指标和工艺成熟度方面仍存在一定差距。

3.5　薄膜包装领域

通过将 POE 与 PP 等基础树脂进行共混,可显著优化树脂材料的综合性能。该复合材料不仅表现出优异的低温热封性能、较高的热粘合强度以及良好的弹性恢复能力,还拓宽了热封操作的温度窗口,从而增强了薄膜的回弹性和抗撕裂强度[22-23]。基于上述特性,此类共混材料在食品包装、医疗包装及工业包装等领域展现出广泛的应用潜力。

在热封层应用中,埃克森美孚的 Exact 系列与陶氏的 Engage 系列因其良好的热封性能及符合食品接触标准,成为该领域的主流选择。万华化学与 LG 化学的部分牌号通过与 PE、PP 等树脂共混改性有效提升薄膜柔韧性与抗撕裂性,覆盖了通用料系列薄膜的增韧需求。陶氏 Engage8400、8401 与三井化学 Tafmer DF 系列因透明度高、雾度低,适用于食品、医药行业等的高端透明包装。埃克森美孚 Exact 5371 与 SK 化学 861L、875L 具有低熔点、高韧性及低析出性等优势,满足医疗灭菌包装的严苛要求。目前,国产 POE 已逐步在通用料薄膜增韧领域实现替代,并不断向高透明包装与医疗灭菌等高端领域加速渗透。

4　我国 POE 未来市场发展形势

2026—2028 年,国内 POE 投产及拟建在建项目合计产能约 194 万 t/a,生产工艺以溶液法为主、气相法为辅(表 2)。随着未来三年新增产能集中释放,我国 POE 供应能力将实现跨越式提升,国产化进程全面提速。预计到 2028 年,我国 POE 对外依存度将降至 30%。POE 市场竞争格局将由进口品牌主导逐步转向国产与进口同台竞技的局面。除中国石油、中国石化等央企外,万华化学、浙石化、诚志股份等地方国企及民企亦加速布局,推动产业链协同发展。

表 2 2026—2028 年我国 POE 新增产能统计表

区域	企业名称	产能/(万 t·a^{-1})	生产工艺	投放时间
东北	鼎际得石化	10	溶液法	2026 年
	大庆石化	3	溶液法	2026 年
华北	天津石化	10	溶液法	2026 年
	齐鲁石化	5	气相法	2026 年
	诚志股份	20	溶液法	2028 年
华东	联泓惠生新材料	10	溶液法	2026 年
	贝欧亿	10	溶液法	2026 年
	镇海炼化	10	溶液法	2026 年
	浙石化	1	溶液法	2026 年
		40	溶液法	2027 年
	万华化学	20	溶液法	2027 年
	蓝海新材料	10	溶液法	2026 年
		10	气相法	2027 年
华南	贝欧亿	10	溶液法	2027 年
		5	溶液法	2028 年
西北	中国化学	10	溶液法	2028 年
西南	广西石化	10	气相法	2026 年

需求方面,光伏行业是拉动 POE 消费增长的主要动力,未来国内新增装机虽保持增长,但受产能扩张过快、贸易壁垒高企及产业链利润压缩等影响,增速将回落,新增需求有限。汽车改性作为第二大下游,伴随新能源汽车轻量化趋势及座椅、皮革等新应用拓展,需求保持乐观。发泡鞋材、线缆等传统领域消费基数较小,整体消费规模有限。预计 2028 年国内 POE 表观消费量将达 121 万 t,较 2025 年增长 29.7%。

5 发展方向及建议

近年来,我国已成功攻克催化剂体系、溶液聚合及深度脱挥等核心技术,实现了从无到有的自主可控,并通过中试装置完成多个产品牌号的稳定生产与下游应用验证。然而,目前国内尚未形成规模化商业产能,市场供应仍高度依赖进口,同时多家企业正加速推进工业化装置建设。未来三年,国内预计将有十余套 POE 装置相继建成并投产,产能将快速释放,市场竞争随之趋于激烈,产品价格或出现下行趋势。为巩固在华市场份额,进口 POE 亦将面临降价压力,行业将进入以价格和质量为核心的综合竞争阶段。为加速产业升级、精准匹配市场需求,建议国内企业重点聚焦以下发展方向。

(1)加强 POE 技术研发投入力度,着力缩小与国际先进水平的差距。针对当前研发主体集中于少数龙头企业和高校机构,以及投入规模有限等问题,应进一步拓宽研发力量的参与范围,扩大资金与资源的投入规模,加快构建从基础研究到产业化的完整链条。考虑到 POE 生产技术壁垒高、研发难度大的特点,需集中力量突破核心技术与关键原材料的瓶颈,全面提升自主创新能力。同时,建议政府设立专项基金,支持企业开展核心技术攻关,引导企业提高研发投入比重,形成产学研用协同发展的良好格局。

(2)着力推动国产 POE 产品质量与性能的提升。围绕行业面临的共性技术瓶颈,集中力量在以下几个方面实现突破:催化剂体系研究方面,应持续提升催化活性与共聚能力,实现对共聚单体插入率、序列分布及分子量分布的精准控制;聚合工艺优化方面,需强化反应器设计与传质传热调控能力,保障产品批次质量一致性;产品深加工方面,要完善聚合物深度脱挥与后处理技术,降低产品中小分子残留,提升纯度、色泽与热稳定性,满足光伏、医疗等高端应用对低挥发性与高洁净度的严格要求。

(3)以高端市场应用需求为牵引,重点发展高附加值 POE 系列产品。紧密围绕汽车轻量化、光伏封装、绿色建材、高端医疗及轨道交通等应用场景,持续拓展产品牌号与应用方向。目前,国际领先企业已围绕不同应用场景开发出 POE 系列化专用料,在密度控制、透光率、耐候性及加工稳定性等方面形成显著优势。而我国在面向高端领域的专用 POE 产品开发方面仍处于起步阶段,亟需在关键技术环节实现突破。尤其是在光伏胶膜用 POE 的透光率与抗 PID 性能、汽车轻量化用 POE 的熔融指数与回弹性能,以及医疗与食品包装用 POE 的超低气味与高纯度控制等方面,需对标国际先进水平与行业标准加快产品迭代。

(4)聚焦上下游联动与产业生态培育,推动 POE 产业发展。完善原料供应、生产制造与下游应用的衔接以提升过程效率,同时搭建产业创新与技术服务平台,为中小企业提供多元支撑,构建完整产业生态。打造高效产业链集群的核心是推动上下游环节园区化集聚,当前国内多数 POE 装置企业已具备园区内从烯烃到 α-烯烃再到 POE 的全链配套能力,却缺少与光伏膜、汽车改性塑料等下游终端的同园布局。可统筹布局 POE 下游材料生产设施,构建产业集群,进而达成降本增效的发展目标。

参考文献

[1] 中国石油和化学工业联合会化工新材料专委会.中国化工新材料产业发展报告(2024)[M].北京:化学工业出版社,2025.

[2] 李世卿,林吉超,孙明,等.聚烯烃弹性体生产技术及应用新进展[J].弹性体,2025,35(6):96-100.

[3] 詹小燕,李维.聚烯烃弹性体的工业化现状与发展趋势[J].现代化工,2026,46(3):7-12.

[4] 韩书亮,潘亚男.聚烯烃弹性体极具发展前景[J].中国石化,2024,(8):57-59.

[5] 谭捷.我国聚烯烃弹性体应用研究进展[J].精细与专用化学品,2023,31(10):35-38.

[6] 崔宇超,吴薇,王文燕,等.聚烯烃弹性体的结构与性能[J].合成树脂及塑料,2025,42(6):50-54.

[7] 王帅,乔冰,樊星,等.聚烯烃弹性体行业发展现状与展望[J].化学工业,2024,42(4):1-13.

[8] 袁学玲,曹中琦.我国 POE 行业发展现状及应用前景展望[J].当代石油石化,2023,31(7):23-29.

[9] 耿亮先,刘蓉.我国聚烯烃弹性体生产现状及发展前景分析[J].合成技术及应用,2025,40(4):53-57.

[10] 徐双凤,宋昊,李晶晶,等.聚烯烃弹性体在我国高分子材料领域的应用研究进展[J].合成技术及应用,2025,53(S2):143-146.

[11] 谭捷.聚烯烃弹性体生产现状及发展前景[J].精细与专用化学品,2023,31(11):10-12.

[12] 吴薇,贾珺博,王文燕,等.聚烯烃弹性体研究进展[J].弹性体,2022,32(4):90-94.

[13] 马师.聚烯烃弹性体 POE 工艺开发的难点分析[J].化工管理,2024,(35):158-160.

[14] 陶怡,王强,邬一凡,等.我国高端聚烯烃产业发展现状分析[J].现代化工,2024,44(2):9-15.

[15] 刘明,杨小俊,陈风涛,等.长链支化聚烯烃弹性体的合成、结构与性能研究[J].高分子学报,2025,56(9):1480-1489.

[16] 宋艳萍,陈伟,陈慧敏,等.中国聚烯烃高端化产品发展现状及前景分析[J].油气与新能源,2022,34(4):12-20.

[17] 金栋,崔小明.POE 增韧改性研究进展[J].塑料助剂,2018,(6):11-13.

[18] 张瑞,王立娟.国内外 POE 市场分析及预测[J].合成树脂及塑料,2023,40(4):76-81.

[19] 赵燕,徐典宏,李楠,等.聚烯烃弹性体技术研究与应用进展[J].合成橡胶工业,2020,43(6):514-520.

[20] 郭鹏,吕明福,徐耀辉,等.聚烯烃弹性体发泡材料[J].石油化工,2023,52(9):1283-1290.

[21] 于明伟,张连红,文婕,等.聚烯烃弹性体在树脂改性中的应用进展[J].广州化工,2022,50(8):18-20.

[22] 万正一,韩书亮,宋文波.聚烯烃弹性体在树脂改性中的应用研究进展[J].石油化工,2025,54(2):262-268.

[23] 程嘉猷,高念,李洪泊.聚烯烃弹性体的现状及研究进展[J].合成树脂及塑料,2020,37(4):77-84.■

(上接第 11 页)

[10] 宋鹏飞,张超,肖立,等.海上风电非上网消纳及制醇氨技术综述[J].中外能源,2023,28(11):16-23.

[11] 宋鹏飞,张超,侯建国,等.不同场景海上风电制氢及储运技术经济性分析[J].现代化工,2025,45(6):252-257.

[12] 黄海龙,宋鹏飞.海上风电制氢成本研究——以粤东管输至大湾区为例[J].油气与新能源,2024,36(6):84-90.

[13] 郭庆方.日韩发展氢能汽车带来哪些启示[J].中国石化,2024,(5):45-47.

[14] 霍宇同,亓硕,白裕.日本氢能战略及其国际环境治理影响研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(3):107-109.

[15] 林云蕾,卞曙光,程竹静,等.日本氢能发展战略及其对中国的启示[J].全球科技经济瞭望,2023,38(11):1-9.

[16] 孟思芹.新制度主义视角下韩国氢能产业政策研究[D].大连:大连外国语大学.

[17] 徐滨,王锐,苏伟,等.质子交换膜电解水技术关键材料的研究进展与展望[J].储能科学与技术,2022,11(11):3510-3520.

[18] Xie H,Zhao Z,Wu Y,*et al*.A membrane-based seawater electrolyser for hydrogen generation[J].Nature,2022,612(7491):673-678.

[19] 刘东艺,孙苗婷,于洋,等.电解海水制氢工艺及系统研究现状及未来趋势[J].化学进展,2025,37(12):1877-1901.

[20] 王昊成,杨敬瑶,董学强,等.氢液化与低温高压储氢技术发展现状[J].洁净煤技术,2023,29(3):102-113.

[21] 孙恒,徐嘉明,王超,等.LNG 预冷的新型氢液化工艺设计与优化[J].低碳化学与化工,2023,48(6):134-141.

[22] 孙潇,朱光涛,裴爱国.氢液化装置产业化与研究进展[J].化工进展,2023,42(3):1103-1117.

[23] 陈明钿.大规模氢液化方法与装置的研究进展[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(18):105-107.

[24] 张春伟,张首蕤,郭嘉翔,等.液氢储罐内增压过程温度场演化实验测试[J].低温工程,2025,(1):1-11.

[25] 刘磊,海航,赵林.关于液氢储罐安全阀泄放量的计算及校核[J].中国化工装备,2024,26(2):28-33.

[26] 邱一男,刘锣汉,马兴龙,等.液氢储罐支撑结构关键技术与展望[J].太阳能学报,2025,46(9):419-425.

[27] 王鑫,陈叔平,朱鸣.液氢储运技术发展现状与展望[J].太阳能学报,2024,45(1):500-514.

[28] 刘晓鹏,金燕子,何新,等.全球液氢运输船专利技术分析及发展建议[J].科技导报,2025,43(7):92-99.

[29] 信德海事.世界最大液氢(LH_2)运输船,签约![EB/OL].(2026-01-19)[2026-04-01].https://baijiahao.baidu.com/s?id=1854755665632040629.

[30] 陶安,贾献林,张磊,等.海上风电制氢工艺系统及关键装备的研究现状及展望[J].太阳能,2025,6(6):13-22.

[31] 国家能源投资集团有限责任公司.我国首个海洋氢氨醇一体化项目建设完工[EB/OL].(2025-04-01)[2026-04-01].http://www.sasac.gov.cn/n2588025/n2588124/c33149634/content.html.■