

提升石油化工产品市场经济竞争力的创新研发方向

李 强 (陕西延长石油丰源石油助剂有限公司, 陕西 延安 716000)

摘 要: 全球产业链重构以及“双碳”目标背景里,我国石油化工产业现诸多难题,像核心技术薄弱、资源配置不合理、设备与人才匮乏等,急需靠创新研发增强竞争力。本文给出以市场需求作导向,构建含需求嵌入、产学研协同、市场反馈的研发体系,针对高端材料、绿色化工、数字化研发这三个方向发力,打破技术壁垒,促使技术和产业融合,达成从技术依赖到自主创新的转变,给产业朝中高端拓展、提升全球竞争力提供路径参照。

关键词: 石油化工; 市场需求导向; 技术创新; 竞争力提升

中图分类号: F407.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 019-0013-03

Innovative R&D Directions to Enhance Market Competitiveness of Petrochemical Products

Li Qiang (Shaanxi Yanchang Petroleum Fengyuan Petroleum Additives Co., Ltd., Yan' an Shaanxi 716000, China)

Abstract: Under the global industrial chain restructuring and the “Dual Carbon” (Carbon Peak and Carbon Neutrality) goals, China's petrochemical industry faces challenges such as weak core technologies, inefficient resource allocation, and shortages of advanced equipment and skilled personnel. To address these issues, innovation-driven R&D is urgently needed to enhance competitiveness. This study proposes establishing a demand-driven R&D system that integrates market needs embedding, industry-academia-research collaboration, and market feedback mechanisms. Focusing on three strategic directions—high-end materials, green chemical engineering, and digital R&D—the approach aims to break down technological barriers, foster technology-industry integration, and transition from technology dependence to independent innovation. These efforts provide a roadmap for advancing the industry toward mid-to-high-end development and strengthening global competitiveness.

Keywords: Petrochemical Industry; Market Demand Orientation; Technological Innovation; Competitiveness Enhancement

全球产业链重构,“双碳”目标深入推进,我国石油化工产业面临难题:核心技术储备少,高端产品依赖进口,研发资源配置乱。特种橡胶、电子化学品等关键领域,长期被国际巨头垄断,阻碍产业链向中高端迈进。新能源汽车、半导体、绿色包装等新兴产业迅速发展,对高性能材料、低碳工艺、智能化研发需求迫切。这种形势下,突破技术壁垒,构建以市场需求为导向的创新体系,成提升产业竞争力必由之路。本文结合产业瓶颈与新兴需求,从体系重构、技术攻关、数字化转型等方面,探讨提升石油化工产品竞争力的创新路径。

1 石油化工产品研发核心瓶颈分析

1.1 核心技术储备不足

石油化工产业关键领域自主创新能力差,核心技术储备不足明显。像特种橡胶、高端聚烯烃、高性能纤维、电子化学品等细分领域,国内企业大多没有自主知识产权核心技术。关键配方、催化剂制备、工艺控制等核心环节,被国际化工巨头把控。基础研究和应用研究衔接不好,行业共性技术、前沿颠覆性技术长期系统研发投入少,前瞻性技术布局落后。部分企

业研发只看短期效益,攻克高温高压合成、绿色催化、纳米材料改性等复杂技术难题能力不够。技术储备无法支持产品结构往高附加值领域升级,拖慢产业链向中高端延伸步伐。

1.2 研发资源配置失衡

研发资源配置失衡,体现在产业创新要素分布不均衡,协同效率也不高。主体结构上,科研资源大量汇聚于少数大型央企、科研院所,中小企业获取研发资金、设备平台、人才时,劣势十分突出,创新生态呈现出“头部集中、尾部薄弱”的分化情形。区域上,东部沿海靠区位优势、产业集群效应,汇聚超70%的研发投入,中西部地区配套设施、创新生态不够完善,资源虹吸效应明显。产学研合作里,高校、科研机构基础研究成果跟企业实际需求存在“技术代差”,成果转化率不到30%,企业内部研发资源常倾向成熟产品线,对新兴领域前瞻性布局投入不足,前沿技术研发与市场需求适配度低,资源利用效率未达最优配置状态。

1.3 设备人才双重缺口

设备、人才双重缺口,系统性制约研发效能。硬

件上, 高端研发核心设备如精密分析仪器、高温高压反应装置、智能化模拟平台等, 国产化率不到 40%, 长期依赖进口。这不仅提升研发成本, 还因技术参数限制, 部分前沿实验难以开展, 参考^[1]。设备维护、升级靠外部技术支持, 自主改造能力差, 影响研发流程连续性。人才方面, 既缺掌握分子模拟、绿色合成工艺、数字化研发工具的高端科研人才, 也缺有工程实践经验、市场洞察力的复合型技术骨干。行业人才培养体系与产业升级需求脱节, 高校专业课程设置落后于技术发展, 企业内部培训重操作技能, 对研发方法论、创新思维培养不足。受行业工作环境、薪酬竞争力影响, 青年人才流失率逐年攀升, 研发团队青黄不接, 创新活力、攻坚能力双双减弱。

2 市场需求导向研发体系重构

2.1 全流程需求嵌入机制

全流程需求嵌入机制注重把市场需求识别和产品研发全周期紧密融合, 借构建跨领域需求捕获网络, 达成技术创新和市场痛点的有效对接。研发前端, 依靠行业协会、产业链联盟以及第三方机构搭建动态需求数据库, 实时收集新能源汽车、高端装备、电子信息等下游应用领域的材料性能参数、使用场景限制和成本控制要求, 进而形成结构化需求图谱^[2]。产品设计时引入质量功能展开 (QFD) 工具, 把客户隐性需求转变为材料分子结构设计、工艺参数设定和性能测试指标, 保障研发目标契合应用场景。中试与工业化进程中同步接入生产端反馈, 针对加工稳定性、良品率波动这类工程化问题, 设立需求迭代机制, 促使技术方案不断优化。售后阶段, 通过追踪客户满意度、分析产品失效以及调研应用场景拓展, 形成需求反哺研发的闭环, 让技术创新一直紧扣终端市场真实需求的变化。

2.2 产学研深度协同模式

产学研深度协同模式, 重点在于打破创新主体间资源壁垒与技术代差, 构建目标导向明晰、权责分配清楚的立体合作体系。企业联手高校、科研院所打造产业创新中心, 关注高端聚烯烃合成、新型催化剂制备等共性技术难题, 借助“企业出题、高校解题、市场验题”的任务共担方式, 实现基础研究成果向工程化应用的逐步转化。设立跨单位人才流动与联合培养机制, 科研人员深入企业生产线助力工艺优化, 企业工程师进入实验室参与前沿技术验证, 消除理论与工程实践的认知差距^[3]。成果转化阶段, 施行“技术熟化度分级评估”, 针对中试阶段技术成果, 三方共同成立产业化专班, 同时进行市场前景分析、投资风险评估以及工艺放大设计, 并配备知识产权共享协

议与收益分配机制, 解决传统产学研合作中“重论文、轻转化”的问题, 让高校院所基础研究优势与企业工程化能力、市场敏感性协同发挥更大效能。

2.3 市场化反馈闭环构建

市场化反馈闭环构建, 核心在于数据驱动, 借助多维度市场信息采集和智能化分析, 实现研发方向的动态校准。搭建市场情报监测系统, 覆盖行业政策、竞争对手技术路线、终端消费趋势, 运用自然语言处理 (NLP) 技术, 实时抓取行业报告、专利文献、用户评论里的关键信息, 构建市场需求热力图和技术演进路线图。产品上市后, 利用工业互联网平台, 采集下游客户生产过程数据, 分析产品在加工适配性、长期使用性能等方面的问题, 结合销售端价格敏感度测试以及区域需求差异分析, 生成技术改进优先级清单。面对新兴市场需求, 像可降解材料在包装领域的迅速普及、氢能源储运对特种密封材料的性能需求, 组建跨部门敏捷响应小组, 快速整合研发资源进行定向攻关。把市场反馈转变为具体技术指标和研发任务, 确保创新活动始终贴合市场价值走向, 规避技术研发与市场需求错配的风险。

3 突破技术壁垒的关键研发方向

3.1 高端材料技术攻关

高端材料技术攻关聚焦石油化工高附加值产品瓶颈, 针对新兴产业严苛需求展开定向研发。特种橡胶领域, 通过含氟链段改性硅基弹性体, 提升 -40°C ~ 150°C 宽温域密封性能, 压缩永久变形率降至 8%, 满足新能源汽车电池包长期耐电解液需求; 采用动态硫化增容技术优化氢化丁腈橡胶, 引入热塑性弹性体增强界面作用, 使高铁减震材料疲劳裂纹扩展速率降低 35%, 适配高频振动环境^[4]。电子化学品领域, 建立超净高纯溶剂多级纯化体系, 金属离子杂质控制在 5ppb 以下, 满足 12 英寸晶圆制造标准; 利用微流控技术精准调控光刻胶树脂缩聚反应, 实现分子量窄分布, 提升 90nm 以下微结构图案转移精度, 推动国产光刻胶原料突破技术封锁。

高温材料和生物医用材料的攻关工作侧重极端环境适配及生物功能化, 聚酰亚胺薄膜借助纳米粒子梯度分散技术, 在 300°C 状态下, 拉伸强度保持率提至 85%, 介电损耗实现 25% 的降低, 实现航空发动机高温绝缘要求; 新能源汽车高压绝缘材料采用分子结构优化手段, 电晕起始电压提升至达到 15kV 以上, 解决 800V 平台局部放电困境。生物医用材料而言, 聚乳酸共聚物借助酶促聚合实现对降解周期的控制, 经表面接枝多肽, 成骨细胞黏附率提升了 40%; 可吸收硬脑膜补片采用纳米纤维电纺这一工艺, 内层诱发细

胞长入, 外层提升强度, 术后 3 个月, 强度留存率 > 80%, 6 个月时间过去后逐步降解, 躲开二次手术风险的困扰。这些技术促进石油化工向新能源、电子信息、高端医疗等领域高附加值材料供给的转型。

3.2 绿色化工技术创新

绿色化工技术创新, 以达成“双碳”目标、推动可持续发展为指引, 从生产过程低碳化、资源利用高效化着手实现技术突破。绿色催化领域, 研发基于 MOFs (金属有机框架) 材料的高效催化剂, 化解传统酸碱催化工艺废弃物排放多的难题。就拿铜基 MOFs 催化剂来说, 它能让环己酮氨肟化反应的原子利用率提高到 95% 以上, 极大减少废盐产生量。低碳工艺上, 大力推动 CO₂ 资源化利用技术研发, 搭建以 CO₂ 为原料合成碳酸酯、聚脲等产品的催化反应体系, 攻克 CO₂ 活化能高、反应选择性差的难关, 配套研发低温低压下的连续化反应器, 使工艺能耗降低 30% 以上。循环经济技术主要针对废塑料化学回收, 研发高效解聚催化剂和定向裂解工艺, 让聚烯烃废膜转化为高附加值单体的转化率超 80%, 同时构建杂质在线监测和产物精制技术模块, 解决回收时金属离子污染和分子量分布不均的状况。生物基化工技术方面, 开展以木质纤维素为原料, 通过生物发酵法生产丁二酸、乳酸等平台化合物的研究, 优化菌株代谢途径提升产物得率, 研发秸秆预处理与酶解糖化的耦合工艺, 让原料成本降低 25% 以上, 形成非粮路线的绿色合成技术路径, 降低对石油基原料的依赖。

3.3 数字化研发流程升级

数字化研发流程升级靠构建智能化技术平台, 助力石油化工研发从经验走向数据驱动。把数字技术嵌入材料设计、催化剂开发、工艺优化整个链条, 实现研发效率与精准度系统性提升。材料设计上, 分子模拟从单一结构预测转为多尺度耦合模拟, 结合高通量计算, 能短时间评估数万种共聚单体组合对材料结晶、力学、加工特性影响。拿新能源汽车轻量化用高抗冲击聚丙烯材料来说, 模拟乙烯- α 烯烃共聚物链段空间排列对 β 晶型形成调控机制, 设计出结晶度 35%、缺口冲击强度 45kJ/m² 的最优配方, 研发周期比传统试错法缩短 60%, 实验耗材成本降低 70%。AI 辅助研发系统打破催化剂设计经验瓶颈, 用深度学习算法解析茂金属催化剂配体结构与催化活性非线性关系, 自动找出含茚基和茱基双配体组合, 让乙烯聚合催化效率提高 200%, 还能预测不同聚合温度下催化剂稳定性, 把催化剂开发成本降低 40% 以上。

工业互联网平台通过部署数千个在线传感器, 实时采集聚合反应釜内的温度、压力、分子量分布等

300+ 关键参数, 结合数字孪生模型动态优化工艺路径。以聚丙烯环管聚合为例, 基于近红外光谱实时监测数据, AI 算法可在 10 秒内识别出熔体流动速率的异常波动, 自动调整氢气注入量与搅拌速率, 使产品性能指标合格率从 85% 提升至 98%, 同时减少 25% 的能耗。数字化研发管理系统构建了跨部门协同的“数字孪生中枢”, 集成市场需求模块、实验设计模块与知识产权管理模块, 实现从客户需求到分子结构设计、中试工艺参数的全流程数字化映射。某企业在研发 5G 高频覆铜板用特种环氧树脂时, 通过系统自动匹配历史相似项目数据, 快速生成 10 组候选配方, 经虚拟仿真筛选后仅需 3 次实验即确定最优方案, 研发周期缩短至传统流程的 1/3, 同步提升 60% 的配方成功率。虚拟仿真技术在复杂反应过程中的应用更为关键, 针对高温高压下的 CO₂ 氢化制甲醇反应, 通过建立多相流-传热-催化反应耦合模型, 精准预测反应器内温度梯度与催化剂积碳速率, 提前识别出传统工艺中未察觉的局部过热风险, 使中试阶段的工艺优化时间从 120 天缩短至 60 天, 同步降低 30% 的试错成本。这些技术的协同应用, 形成了“数据采集-智能分析-闭环优化”的研发新范式, 推动石油化工创新从依赖经验的“试错模式”转向基于数据的“精准模式”, 为高端材料与绿色工艺的快速落地提供了底层技术支撑。

4 结语

提升石油化工产品的竞争水平, 需消除核心技术“卡脖子”、资源配置失衡等阻碍, 构建需求指引的创新体系, 以高端材料、绿色化工、数字化研发等方向为聚焦点, 巩固产学研协同模式, 冲破设备及人才的缺口, 采用智能化举措缩短研发周期、提升效能。紧追新能源、电子信息等新兴需求步伐, 兼顾契合“双碳”愿景, 推动技术链跟产业链深度契合, 达成从跟随到领先的跃升, 在全球竞争中夯实产业优势。

参考文献:

- [1] 张传宝, 赵铁军, 于法珍. 二氧化碳捕集与驱油技术在低渗透油藏中的应用 [J]. 石油学报, 2022, 43(5): 789-796.
- [2] 程亚, 李华, 王明. 超快激光微纳加工技术在化工芯片制造中的应用 [J]. 中国激光, 2023, 50(4): 1-10.
- [3] 兰州石化公司, 石油化工研究院. 茂金属催化剂及系列新产品开发工业试验 [Z]. PROCESS 流程工业, 2023, 25(11): 45-50.

作者简介:

李强 (1987-), 男, 汉族, 西北大学本科学历, 工学学士 (化学工程与工艺), 助理工程师, 研究方向为油田化学品。