

新型催化剂在化工生产中提升经济效益的实证研究

沈加尊 (方圆咨询 (山东) 有限公司, 山东 济南 261021)

季良照 (山东筑本安全技术咨询有限公司, 山东 济南 261000)

张振国 (潍坊众泰职业环境检测有限公司, 山东 潍坊 261000)

摘要: 新型催化剂作为化工产业转型的核心技术支撑, 其性能优化对经济效益提升具有关键作用。本文从理论层面剖析新型催化剂的核心特性与作用机理, 构建化工生产经济效益的多维度评价体系, 揭示催化剂性能与经济效益的关联机制及理论模型。通过实证分析, 量化新型催化剂在生产效率提升、成本结构优化、资源利用效率提高及环境效益转化中的具体成效, 并搭建技术适配、市场推广、政策支持及风险防控的产业化保障体系, 为新型催化剂在化工领域的规模化应用提供理论与实践参考, 助力产业实现高效低碳与经济生态效益协同发展。

关键词: 新型催化剂; 化工生产; 经济效益; 实证分析; 产业化保障

中图分类号: TQ426 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 012-0094-03

Empirical Study on Enhancing Economic Benefits of New Catalysts in Chemical Production

Shen Jiazun (Fangyuan Consulting (Shandong) Co., Ltd., Jinan Shandong 261021, China)

Ji Liangzhao (Shandong Zhuben Safety Technology Consulting Co., Ltd., Jinan Shandong 261000, China).

Zhang Zhenguo (Weifang Zotye Occupational Environmental Testing Co., Ltd., Weifang Shandong 261000, China)

Abstract: As the core technical support for the transformation of the chemical industry, the optimization of the performance of new catalysts plays a key role in improving economic benefits. This article analyzes the core characteristics and mechanism of action of new catalysts from a theoretical perspective, constructs a multidimensional evaluation system for the economic benefits of chemical production, and reveals the correlation mechanism and theoretical model between catalyst performance and economic benefits. Through empirical analysis, quantify the specific effects of new catalysts in improving production efficiency, optimizing cost structure, enhancing resource utilization efficiency, and transforming environmental benefits, and establish an industrialization guarantee system for technology adaptation, market promotion, policy support, and risk prevention and control. This provides theoretical and practical references for the large-scale application of new catalysts in the chemical industry, and helps the industry achieve efficient, low-carbon, and coordinated development with economic and ecological benefits.

Keywords: new catalyst; Chemical production; economic performance; Empirical analysis; Industrialization guarantee

全球化工产业迈向高效低碳可持续转型的关键期, 新型催化剂凭借独特性能优势, 成为突破传统生产瓶颈、提升产业经济效益的核心驱动力。当前化工行业面临原料成本高、能耗大、环保压力大等挑战, 传统催化剂在活性、选择性及稳定性上的局限愈发明显, 难以适配高质量发展需求。本研究聚焦催化剂技术创新与产业应用融合, 梳理研究成果, 明确技术路线, 剖析其对生产效率、成本控制、资源利用及环境价值的影响机制, 构建效益评价体系, 为新型催化剂产业化推广提供支撑, 助力化工产业实现经济与生态效益协同提升。

1. 新型催化剂与化工经济效益的理论基础

1.1 新型催化剂的核心特性与作用机理

新型催化剂核心特性为高活性、高选择性、长稳

定性及环境兼容性 (如图 1 所示), 其作用机理是优化活性中心与反应路径, 降低反应活化能, 推动反应在温和条件下高效进行。高活性可大幅提升反应速率, 高选择性能减少副产物, 长稳定性通过优化载体结构

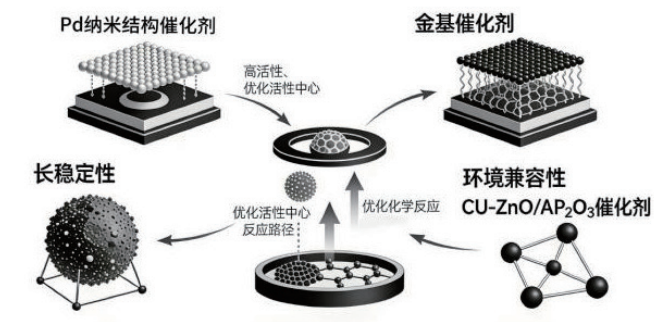


图 1 新型催化剂核心特性与作用机理的示意图

表 1 化工生产经济效益核心评价维度说明

评价维度	核心指标	效益体现方式
直接产出效益	反应转化率、产物纯度	提升产能与产品附加值，增加收入
成本控制效益	催化剂成本、能耗成本	降低全生命周期投入，压缩开支
资源利用效益	原料利用率、循环效率	减少资源浪费，提升资源价值
环境协同效益	污染物排放量、环保成本	规避罚款，获取政策补贴

表 2 新型催化剂成本优化效果对比表

应用领域	催化剂类型	成本优化效果
多卤代烃制备	新型调聚催化剂	生产成本降低约 22%
火电机组脱硝	抗中毒脱硝催化剂	年节约采购成本 7200 万元
炼油行业	新型催化裂化催化剂	单厂年节省相关费用超 400 万元

与活性组分分散度实现，环境兼容性体现在非贵金属替代与可回收设计。不同类型催化剂机理各异，通过质子转移、电子传递或孔道筛选实现精准转化。

1.2 化工生产经济效益的核心评价维度

化工生产经济效益核心评价维度包括直接产出、成本控制、资源利用及环境协同效益，构成多维度全周期评价体系（如表 1 所示）。直接产出效益以转化率、产物纯度为指标，提升产能与产品增值；成本控制效益优化全生命周期成本，降低催化剂成本与能耗；资源利用效益提升原料利用率至 90% 以上；环境协同效益通过减排降本实现。各维度相互关联，形成完整评价框架^[1]。

1.3 催化剂性能与经济效益的关联机制

催化剂性能与经济效益通过“性能参数-工艺优化-效益转化”链式路径深度关联，核心性能指标提升直接驱动经济价值增长。催化活性提高可缩短反应周期、提升单位产量，如 ZSM-5 分子筛催化剂使石油裂化轻质油收率超 95%；选择性优化减少副产物，高选择性银基催化剂将丙烯水合制环氧丙烷副产物控制在 10% 以下，下游处理成本降低 40%；稳定性延长催化剂寿命，铂-铈系重整催化剂稳定运行周期达两年，更换成本降低 60%。环境友好型催化剂还能转化政策红利，低污染技术可使企业综合效益提升 15%-25%，性能小幅优化经规模化生产可放大为显著效益^[2]。

1.4 经济效益提升的理论模型构建

经济效益提升理论模型以“全生命周期价值最大化”为核心，整合技术性能、成本结构、市场需求与政策环境四大要素，形成闭环传导体系。模型以催化剂活性、选择性等性能参数为输入，通过工艺适配系数转化为生产效率提升值与成本优化量，中间层构建全阶段成本效益核算模块，量化直接与间接经济效益。以石油炼化行业为例，新型加氢催化剂购置成本增加 20%，但转化率提升 30%、能耗降低 25%、环保成本减少 30%，生产周期内综合效益提升 45%。模型引入

动态调整因子优化参数，为量化分析催化剂经济价值提供科学工具。

2. 新型催化剂提升经济效益的多维实证分析

2.1 生产效率提升的量化效应分析

生产效率提升是新型催化剂创造经济效益的核心维度，通过反应转化率、时空产率及设备连续运行周期的量化改善体现。丙烷脱氢制丙烯工艺中，天津大学“原子抽提”技术催化剂使铂原子利用率近乎 100%，铂用量减少 90% 仍保持优异性能；中石化新型催化裂化催化剂优化产物选择性，使炼油装置处理量提升 10%，芳烃收率从 8% 增至 15%；稀乙烯增值转化技术中，形貌择向纳米分子筛催化剂乙烯转化率超 96%，寿命延长至 3-7 年，减少停机更换频次，直接推动产能扩大与单位时间效益增长^[3]。

2.2 成本结构优化的实证研究

新型催化剂通过多路径实现化工生产成本的系统性优化，覆盖原料消耗、催化剂采购及设备运维等核心环节（如表 2 所示）。西安近代化学研究所的新型调聚催化剂应用于多卤代烃制备，与传统铜系催化剂相比，单釜单批次产能提升近一倍，生产成本降低约 22%。国能龙源环保的抗中毒脱硝催化剂，对 Pb、Zn 等重金属的耐受限值较常规催化剂提升 3-5 倍，在集团 30% 火电机组推广后，每年可节约催化剂采购成本 7200 万元。炼油行业新型催化剂将重油掺炼比例提至 30%，降低优质原油依赖，且更换频率减半，单厂年省费用超 400 万元，借原料、损耗及运维优化构建全链条成本优势。

2.3 资源利用效率提升的效益核算

新型催化剂通过强化原子经济性与资源回收利用率，最大化挖掘资源价值。天津大学“原子抽提”策略突破传统催化局限，让贵金属原子完全暴露参与反应，大幅降低稀缺贵金属消耗，助力丙烯产业破解资源依赖瓶颈。稀乙烯增值转化技术针对炼化尾气低品位稀乙烯资源，开发高效催化材料与工艺，覆盖国内

20%以上副产稀乙烯资源,三年累计节约原油约180万t。清源创新实验室天然矿物基分子筛合成技术,实现廉价天然矿物高附加值利用,减少制备资源消耗并拓展利用渠道,通过废弃物资源化创造额外价值,形成显著资源效益转化^[4]。

2.4 环境效益向经济效益的转化分析

新型催化剂推动环境成本内部化向环境价值外部化转变,实现生态效益与经济效益的协同增收。清源创新实验室的“自愈再生”丙烷脱氢催化剂,无需氯气即可完成再生,杜绝含氯污染物排放,减少设备腐蚀,使再生能耗大幅降低,连续再生周期较传统催化剂延长超10倍。中石化稀乙烯转化成套技术综合能耗较传统工艺下降30%,年减少废气排放约15万t,规避高额环保罚款与治理成本。炼油行业新型催化剂使吨油能耗降低8%,碳排放减少10%,既契合“双碳”政策导向获得绿色发展红利,又通过节能降耗降低能源支出。这些环境效益通过政策激励、能耗节约、环保投入减少等途径转化为直接经济收益,拓展了化工生产的效益增长空间。

3. 新型催化剂产业化应用的保障体系构建

3.1 技术适配与规模化应用路径

技术适配需立足化工生产实际工况,构建实验室技术到工业化应用的全链条适配体系。针对不同化工领域反应特性,优化新型催化剂活性组分配比与制备工艺,确保复杂工况下性能稳定。如煤化工领域,对纳米镍铁合金催化剂进行抗烧结处理,使其在费托合成工艺中连续运行寿命超8000h。规模化生产引入智能制造技术,优化参数控制解决批量生产均匀性问题,依托产学研平台开展中试放大,推动MOF材料催化剂从公斤级提升至百吨级,适配工业生产需求^[5]。

3.2 市场推广与产业融合策略

市场推广需精准定位目标场景,采用“示范应用+梯度推广”的策略打开市场。优先选择高能耗、高成本的化工细分领域作为突破口,如在VOCs治理领域,以沸石催化剂的高效净化性能为卖点,通过免费试点方式让企业直观感受减排与节能双重效益。建立多元化推广渠道,依托行业展会、技术研讨会展示新型催化剂的应用数据,联合产业链上下游企业构建合作联盟。例如某催化剂企业与新能源巨头达成战略合作,将新型电解液催化剂纳入其供应链体系,实现技术与市场的深度融合。同时开展客户教育与技术培训,降低企业应用门槛,通过分享成功案例增强市场信任度,推动新型催化剂从小众试点走向规模化普及。

3.3 政策支持与标准体系建设

政策支持与标准体系是新型催化剂产业化的重要

保障。积极对接国家绿色化工产业政策,争取研发费用加计扣除、所得税优惠等政策红利,降低企业创新成本。推动行业标准完善,参与制定新型催化剂的性能测试、安全评估等规范,如参照沸石催化剂质量分级认证模式,建立统一的技术准入标准。借助国产化替代政策东风,响应重点工艺催化剂国产化率90%的目标要求,争取政府采购优先权。地方层面可依托产业园区出台专项扶持政策,提供研发补贴、产能扩张资金支持,构建“政策引导+市场驱动”的发展环境,为新型催化剂产业发展提供稳定的政策保障。

3.4 长效运营与风险防控机制

长效运营需建立全生命周期管理体系,实现催化剂选型、使用到回收再生的闭环管理。使用阶段搭建实时监测平台,通过传感器追踪活性变化预警失活风险,针对纳米催化剂易溶出问题建立重金属动态监测机制。优化回收再生工艺,将废弃催化剂再生率从65%提升至80%以上,提升资源利用率并降低运维成本。风险防控方面,构建“技术-市场-环境”三维评估模型,识别生产工艺、市场需求等风险,通过小范围试点降低放大失败概率,建立知识产权保护机制,防范侵权风险,保障产业健康发展。

4 结语

本研究系统探究新型催化剂在化工生产中的经济效益提升机制,通过理论构建与实证分析,明确其在生产效率、成本控制、资源利用及环境价值转化中的核心作用,构建完善的产业化保障体系。研究为新型催化剂的推广应用提供科学支撑,但在跨行业普适性研究上仍有拓展空间。未来可聚焦催化剂结构创新与智能调控技术,深化多场景应用研究,助力化工产业实现高效低碳转型,推动经济与生态效益协同发展。

参考文献:

- [1] 蒋秀龙,周铁桩,王慧,等.MTO催化剂旋转闪蒸干燥及节能技术的开发与工业应用[J].现代化工,2020,40(4):208-211.
- [2] 中国石化石油化工科学研究院科研处.中国石化石油化工科学研究院开发的高效超稳分子筛及催化剂制备技术助力中国石化绿色行动[J].石油炼制与化工,2018,49(8):5-5.
- [3] 高云波.煤化工装置配体催化剂消耗分析及研究[J].中国煤炭,2024,50(7):148-153.
- [4] 杨清河,曾双亲,李会峰,等.满足全氢型炼化模式的加氢催化剂开发技术平台的构建和工业应用[J].石油炼制与化工,2018,49(11):1-6.
- [5] 路涛.磷化工生产过程中副产物的资源化利用与环保技术研究[J].当代化工研究,2025,(13):97-99.