

部分。井下数据采集单元由矿用本安型传感器、数据采集仪组成,安装于采煤机机身,实时采集电机电流、电压、温度、振动等多源数据,具备防爆、防尘、抗干扰能力,适应井下恶劣环境;边缘计算单元采用矿用嵌入式边缘计算网关,部署于采煤机电气控制柜内,负责数据预处理、模型推理与实时故障报警,具备低功耗、高可靠性特点,满足井下实时诊断需求;地面监控中心由服务器、显示器、存储设备组成,部署于煤矿地面调度室,负责数据存储、模型更新、远程监控与故障管理,实现对采煤机电气系统的远程运维。系统软件架构采用分层模块化设计,包括数据采集层、数据预处理层、模型推理层、应用服务层、人机交互层。数据采集层通过驱动程序实现与传感器、采集仪的通信,完成多源数据的实时采集;数据预处理层实现数据去噪、归一化、异常值剔除等功能,为模型推理提供标准化数据;模型推理层部署训练好的 CNN-LSTM 模型,实现故障类型的实时识别与定位;应用服务层提供故障报警、数据存储、历史查询、模型更新、报表生成等服务;人机交互层通过 Web 界面为用户提供可视化监控、故障报警、数据查询等功能,操作便捷,界面友好。

#### 4.2 系统功能模块实现

模块实现采煤机电气系统多源数据的实时采集与可靠预处理,主要功能包括数据采集支持电流、电压、温度、振动等 12 类参数的同步采集,采样频率最高可达 10kHz,满足故障信号瞬态特征采集需求;数据缓存采用本地缓存机制,防止网络中断时数据丢失,缓存容量  $\geq 100\text{GB}$ ,保障数据完整性;数据预处理集成小波去噪、归一化、异常值剔除等算法,自动完成数据预处理,无需人工干预,提升数据质量。该模块是系统的核心模块,部署 CNN-LSTM 混合模型,实现故障实时诊断,主要功能包括模型加载支持预训练模型的加载与部署,支持模型在线更新,便于模型优化升级,还有实时推理对预处理后的数据进行实时推理,诊断时间  $\leq 10\text{ms}$ ,满足井下实时诊断需求;故障输出输出故障类型、故障位置、故障概率、发生时间等信息,形成故障诊断报告,为维修决策提供依据。

模块实现故障的提前预警与可视化展示,主要功能有

故障预警基于模型推理结果,对潜在故障进行提前预警,预警阈值可自定义设置,实现故障早发现、早处理;故障定位结合采煤机电气系统拓扑结构,实现故障部件的精准定位,定位精度  $\leq 0.5\text{m}$ ,便于维修人员快速排查;可视化展示以曲线、图表、仪表盘等形式,实时展示采煤机电气系统运行参数与状态,直观呈现诊断结果,提升用户体验。

## 5 结语

本文以采煤机电气系统为研究对象,针对传统故障诊断方法存在的特征提取依赖人工经验、复杂工况适应性差、诊断精度低等问题,开展智能化故障诊断方法研究,系统分析了采煤机电气系统的结构与工作原理,梳理了变频器故障、电机故障、传感器故障、控制单元的机理与表现形式。结合 CNN 的空间特征提取能力与 LSTM 的时序特征挖掘优势,提出了多源数据特征级融合策略。针对现有不足,未来研究可扩充故障样本库,采集更多类型的故障数据,包括耦合故障、渐变故障,提升模型对复杂故障的覆盖能力,以及模型轻量化优化,采用模型剪枝、量化、知识蒸馏等方法,简化模型结构,降低模型算力需求,提升模型在嵌入式设备上的部署能力。最后是融合数字孪生技术,构建采煤机电气系统数字孪生模型,实现物理实体与虚拟模型的实时映射,结合故障诊断结果,实现故障可视化、维修决策优化与剩余寿命预测。

## 参考文献

- [1] 吴昊阳,欧阳敏,赵江滨.基于深度时序建模的采煤机故障诊断研究[J].煤矿机械,2025,46(09):186-190.
- [2] 李宁,丁华,孙晓春,等.基于简化区间核全局-局部特征融合的采煤机智能故障诊断[J].煤炭学报,2024,49(11):4655-4670.
- [3] 路诚,郭常建,李楠,等.基于优化ART神经网络算法的采煤机故障诊断系统设计及应用[J].煤矿机械,2025,46(11):204-207.
- [4] 李鑫,李淑华,陈浩,等.基于改进型级联宽度学习的采煤机截割部齿轮箱故障诊断[J].工矿自动化,2025,51(03):86-95.
- [5] 张宏伟,刘治国,王福忠.基于LSTM的采煤机电机故障预警方法[J].电力系统保护与控制,2023,51(05):102-109.

# Preparation Process and Performance Analysis of a New Chemical Catalyst

Xiaodan Yang

China National Chemical Engineering The Ninth Construction Co., Ltd., Liaoning, Panjin, 124021

## Abstract

This study investigates the preparation techniques and properties of novel chemical catalysts, examining how different preparation methods influence catalyst activity, selectivity, and stability. Through experimental analysis, the research systematically evaluates the performance characteristics of impregnation, co-precipitation, and sol-gel methods in terms of microstructure, surface properties, and catalytic efficiency. The findings highlight the application potential of these catalysts in petrochemical and fine chemical industries. The study demonstrates that the pore structure and distribution of active components critically determine catalyst performance, while optimizing preparation parameters significantly enhances catalytic efficiency, providing theoretical foundations and technical support for industrial applications.

## Keywords

novel catalyst; preparation process; catalyst

## 新型化工催化剂制备工艺及性能分析

杨晓丹

中国化学工程第九建设有限公司, 中国·辽宁 盘锦 124021

## 摘要

本文针对新型化工催化剂的制备技术及其特性展开研究,探讨了不同制备方法对催化剂活性、选择性和稳定性的影响机制。通过实验分析,系统考察了浸渍法、共沉淀法和溶胶-凝胶法等工艺在催化剂微观结构、表面性质及催化效能方面的表现特征,阐明了新型催化剂在石油化工和精细化工领域的应用潜力。研究表明,催化剂的孔隙结构与活性组分分布对其性能具有决定性影响,制备工艺参数的优化可显著提升催化效率,为工业应用提供了理论依据和技术支持。

## 关键词

新型催化剂; 制备工艺; 催化剂

## 1 引言

催化剂在工业生产中扮演着至关重要的角色,其作用类似于化学反应的“加速器”,能够显著提升反应速率、降低能耗并提高产物选择性。现代工业生产中,许多关键过程都离不开催化剂的介入,例如化肥制造、石油炼化、药物合成以及环境保护等。根据行业报告统计,全球催化剂市场规模持续增长,预计到2025年将达到数百亿美元。这一增长趋势主要得益于催化剂在提高生产效率、减少副产物生成以及推动绿色化学发展方面的显著优势。随着化学合成技术与材料科学的不断进步,催化剂制备方法日益多样化,微观结构调控与表面改性技术得到显著提升,而催化剂的活性与选

择性也在持续改善,促使研究人员重新审视催化剂设计原理,其孔道结构、活性位点分布和表面性质,使催化剂性能评价体系更加完善,工业应用范围不断拓展,市场前景广阔。

## 2 新型化工催化剂在工业生产中的关键作用

### 2.1 提升反应效率

新型化工催化剂通过优化反应路径降低活化能,而其高效催化特性源于活性组分的精确调控。催化剂不仅是加速化学反应的媒介,也是实现绿色化学工艺的重要载体,对缩短反应时间、降低反应温度具有显著效果,适当调整催化剂组成与结构,更提升了整体工艺的经济性与环保性,实现了资源节约与能源高效利用。研究人员以不同载体材料将活性组分进行了合理分布,成功地提高了催化中心的可及性,这种结构设计有效增强了催化性能。催化剂制备过程一般是活性组分负载与热处理相结合的多步骤工艺,通过精确控制各环节参数完成制备,也可采用微波辅助或超声分散等新技术,能够提高分散均匀性,并增强催化剂的稳定性与再生

【作者简介】杨晓丹(1990-),男,中国山西太原人,本科,工程师,从事石油化工、煤化工行业施工管理及施工技术研究。

能力<sup>[1]</sup>。

## 2.2 优化生产环境

新型催化剂的应用带来了更清洁的生产工艺与更低的环境负荷，化学工业也因此变得更加可持续，催化剂对减少有害副产物生成也起到关键作用。催化剂设计切合绿色化学原则。而新型催化剂在工业应用中展现出独特的环境友好优势。其对反应条件的温和化使用，产生了更低的能耗与排放，进而改善了工作环境和周边生态，能有效减少对环境的负面影响。在生产过程中，不仅降低了能耗，也可以减少废物产生，甚至是实现零排放等环保目标<sup>[2]</sup>。

## 3 新型化工催化剂在工业领域的具体应用

### 3.1 石油炼制领域应用

结合石油加工需求，新型催化剂在炼油工艺中的关键应用就是提高原油转化效率。催化剂可以对复杂烃类分子进行选择性转化，加氢处理催化剂在石油精炼中已被广泛应用，尤其在重油转化领域，主要有加氢脱硫、加氢裂化和异构化等工艺。这些工艺又可以细分为不同反应类型，为炼油厂是提高轻质油收率的关键，实现资源最大化利用。由于催化剂活性中心的精确设计可以实现特定化学转化，所以在渣油处理工艺也可以开发高效催化剂。在催化裂化过程中，从分子层面理解反应机理，将催化剂孔道结构与活性组分分布进行优化，在工业装置中能够给反应提供理想场所，同时为工艺条件控制提供理论依据。催化剂可以促进重质组分转化，可以对焦炭生成起到抑制效果，这种功能具有显著的经济效益。例如，现代 FCC 催化剂和加氢处理催化剂都相对成熟稳定，但是新型纳米结构催化剂，具有更高活性。石油炼制中催化剂都会选择特定载体与活性组分组合方式，以金属氧化物为主，还可将多种活性组分复合使用，催化剂配方相对灵活，能够满足不同原料特性。通常催化剂制备采用浸渍法或多步合成法，并进行高温焙烧，催化剂性能也受制备条件影响，尤其载体孔结构应用比较关键。比如，在加氢脱硫催化剂制备中，按照钼-钴或钼-镍为活性组分的典型配方，将活性金属负载于氧化铝载体上，整个制备过程需要精确控制，如图 1 所示，在工业应用中作为关键工艺要素，促使石油产品满足日益严格的环保标准。

### 3.2 精细化工合成应用

新型催化剂在精细化学品合成中应用广泛。在有机合成和药物制造时，其选择性是实现高纯度产品的关键，催化剂可以为复杂分子构建增添精确控制，在绿色化学背景下，催化剂对实现原子经济性反应至关重要，新型催化剂在精细化工合成中具有独特优势。对于手性分子为关键中间体的药物合成来说催化剂选择至关重要，催化剂在精细化工中利用不对称催化作为核心技术，这样能够高效合成单一对映体。此外，将生物催化剂应用在精细化学品合成中，能够实现温和条件下的高选择性转化，尤其在制药工业，可以将复杂分

子精准修饰，将反应副产物也大幅减少，有利于提高产品纯度。通过酶催化或金属有机催化，具有高度选择性，化学合成路线也会对环境影响和生产成本，将其优化至最佳状态。比如，将钯基催化剂作为交叉偶联反应的核心，可以实现复杂分子的高效构建。为了提高反应效率、降低成本，精细化工企业选择利用新型多相催化剂。通过对手性催化剂的立体选择性利用，最为典型的应用就是药物中间体的不对称合成，而且具有高光学纯度特征。在精细化工生产优化同时，能够实现绿色合成目标，同时产品收率并不降低，能够给企业带来显著经济效益<sup>[3]</sup>。

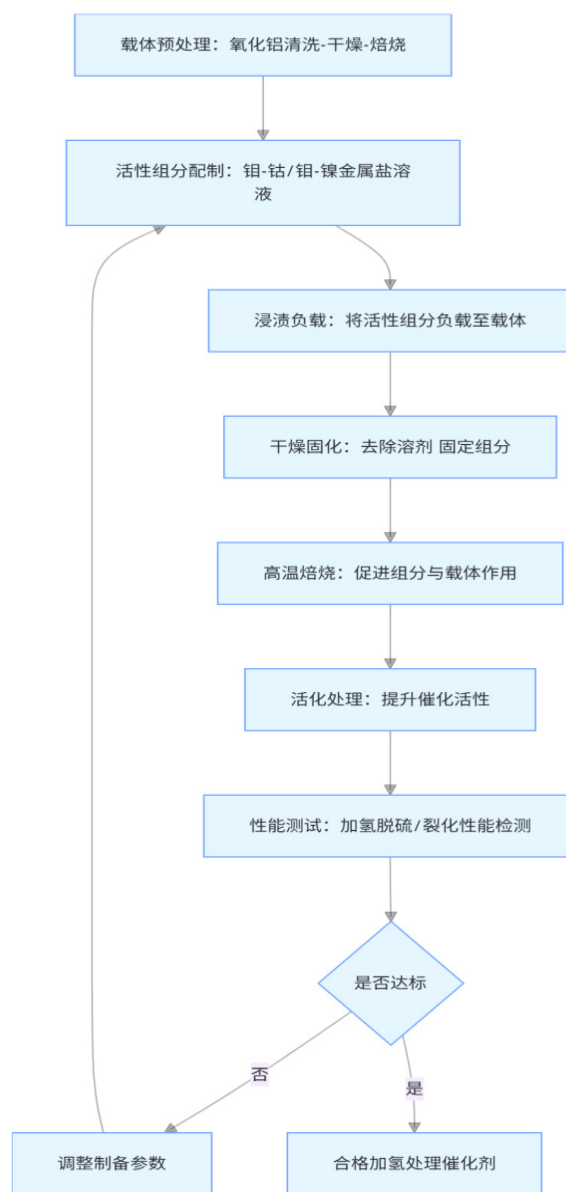


图 1 新型加氢处理催化剂制备工艺流程图

### 3.3 环境保护领域应用

在当前环保要求日益严格的背景下，必须重视催化剂在污染治理中的关键作用，部分传统处理方法已难以满足需求。为了实现污染物高效降解，需要充分认识催化剂净化效