

石油化工催化裂化工艺技术优化分析

刘博, 宋孝文, 代俊桥

中触媒新材料股份有限公司, 辽宁 大连 116000

DOI: 10.61369/ETR.2025270017

摘 要 : 石油化工催化裂化工艺技术是炼油的关键环节, 能将重质油转化为轻质油, 对石油资源高效利用意义重大。本文阐述石油化工催化裂化工艺流程, 提出一系列优化策略, 如研发改进催化剂, 提升其活性、选择性与稳定性; 优化工艺操作条件, 提高反应效率; 升级装置设备, 增强反应与分离效果; 应用新型催化裂化技术, 拓展原料利用范围。这些策略有助于提升石油资源利用率、降低生产成本, 满足环保要求, 推动石油化工行业可持续发展。

关 键 词 : 石油化工; 催化裂化; 工艺技术; 优化

Optimization Analysis of Petrochemical Catalytic Cracking Technology

Liu Bo, Song Xiaowen, Dai Junqiao

China Catalyst New Materials Co., Ltd., Dalian, Liaoning 116000

Abstract : Petrochemical catalytic cracking process technology is a key link in oil refining. It can convert heavy oil into light oil, which is of great significance to the efficient utilization of petroleum resources. This paper expounds the petrochemical catalytic cracking process flow and puts forward a series of optimization strategies, such as researching and improving catalysts to enhance their activity, selectivity and stability; optimizing process operating conditions to improve reaction efficiency; upgrading equipment to enhance reaction and separation effects; and applying new catalytic cracking technologies to expand the scope of raw material utilization. These strategies are helpful to improve the utilization rate of petroleum resources, reduce production costs, meet environmental protection requirements, and promote the sustainable development of the petrochemical industry.

Keywords : petrochemical; catalytic cracking; process technology; optimization

引言

石油化工行业在社会经济体系中占据着举足轻重的地位, 它为众多领域提供基础原料和能源, 是推动经济发展的重要力量。催化裂化工艺作为石油炼制的核心环节, 发挥着不可替代的作用^[1]。该工艺能够将重质油转化为轻质油, 如汽油、柴油等, 满足了市场对轻质油品的大量需求, 在石油化工生产中具有关键意义。然而, 随着全球经济的发展, 石油资源的需求持续增长, 同时环保要求也日益提高。当前的催化裂化工艺面临着诸多挑战, 如催化剂性能不足、装置能耗高、产品质量难控等问题。这就使得优化催化裂化工艺技术成为石油化工企业的当务之急。通过优化工艺技术, 企业能够提高石油资源的利用率, 降低生产成本, 减少对环境的影响, 从而提升自身的竞争力和可持续发展能力^[2]。

一、石油化工催化裂化工艺流程

(一) 原料油催化裂化

在石油化工催化裂化工艺中, 原料油催化裂化是关键的起始环节。原料油在进入反应系统前, 需经历一系列预处理步骤。首先是脱水, 原料油中的水分会影响催化裂化反应的进行, 还可能导致设备腐蚀, 因此采用高效的脱水设备去除水分至关重要。同时, 原料油还需进行预热, 预热能使原料油达到适宜的反应温度, 为后续的裂化反应创造良好条件。经过预处理的原料油进入

加热炉, 在加热炉中被加热到特定温度。之后, 加热后的原料油与催化剂一同进入反应器进行裂化反应^[3]。反应条件的精确控制对裂化反应的效果起着决定性作用。温度方面, 需根据原料油的性质和反应进程进行精准调控, 一般维持在较高水平, 以促进大分子烃类的断裂。压力的控制同样重要, 合适的压力能保证反应的顺利进行, 提高轻质油的收率。凭借短停留时间、高反应强度的特点, 提升管反应器能使原料油与催化剂充分接触, 加快反应速度, 提高反应速率。在提升管反应器内, 原料油迅速发生裂化反应, 大分子烃类断裂为小分子烃类, 从而实现重质油向轻质油的

转化^[4]。

（二）催化剂再生

在石油化工催化裂化工艺中，催化剂再生是保障工艺持续高效运行的关键环节。催化剂在反应过程中会逐渐失活，其失活原因主要有积炭和中毒。积炭是由于反应过程中生成的焦炭等物质覆盖在催化剂的活性中心上，阻碍了反应物与活性中心的接触，从而降低了催化剂的活性^[5]。而中毒则是原料中的杂质，如重金属等，与催化剂发生化学反应，使催化剂的结构和性能发生改变，导致其失去活性。当催化剂失活后，就需要进行再生处理。失活的催化剂会从反应器被输送到再生器。这一输送过程需要精确控制，以确保催化剂能够顺利到达再生器，并且在输送过程中不会造成额外的损失。在再生器中，催化剂会进行烧焦处理。通过向再生器中通入空气等含氧气体，使催化剂表面的积炭等沉积物在高温下燃烧，从而去除这些杂质。烧焦过程不仅能去除积炭，还能使催化剂的活性中心重新暴露出来，恢复其活性。通过对温度和压力等条件的精准控制，能够使催化剂在再生后恢复良好的活性，继续投入到催化裂化反应中，从而保证整个工艺的稳定运行^[6]。

（三）产物分离

在石油化工催化裂化工艺中，产物分离是获取不同石油产品的关键步骤。当原料油在反应器中完成裂化反应后，反应器出口的物料会进入分馏塔进行分离。分馏塔利用不同组分沸点的差异，将混合物料分离成各种具有特定沸点范围的产品。进入分馏塔的物料处于高温状态，随着物料在塔内向上流动，温度逐渐降低。沸点较低的组分，如汽油，会首先汽化上升至分馏塔的上部，在塔顶附近被收集。汽油具有较低的沸点范围，其分子相对较小，挥发性较强^[7]。除了汽油、柴油和重油外，分馏塔还会分离出一些其他的组分，如液化气等。这些组分具有不同的物理和化学性质，可根据市场需求进行进一步的加工和利用。通过高效的产物分离过程，石油化工催化裂化工艺能够将重质油转化为多种有价值的轻质油品，实现石油资源的有效利用^[8]。

二、石油化工催化裂化工艺技术的优化策略

（一）研发和改进催化剂体系

在石油化工催化裂化工艺中，提高催化剂的活性和选择性是提升工艺效率的关键。研发新型活性组分是提高催化剂性能的重要途径。通过向催化剂活性组分中添加稀土元素或其他特殊金属元素，能够显著改变催化剂的电子结构和表面性质，从而提高其对重质油的裂化活性。例如，在催化剂中添加稀土元素钨，钨能够增强催化剂的酸性中心，促进重质油分子的吸附和裂解，使重质油更易转化为轻质油。调整催化剂的孔径大小和分布也是提高选择性的有效方式^[9]。不同孔径的催化剂对不同大小的分子具有不同的扩散和反应性能。通过精确控制催化剂的孔径，能够使目标产物分子更容易进入催化剂的活性中心进行反应，同时抑制副反应的发生。同时，催化剂的稳定性对于石油化工催化裂化工艺的长期稳定运行至关重要，在催化剂研发和应用过程中，要开发抗积炭性能好的催化剂。在催化剂表面修饰特殊涂层是一种有效的方法。特殊涂层能够阻止

焦炭等沉积物在催化剂表面的形成和积累，保持催化剂活性中心的清洁。例如，采用耐高温、抗积炭的陶瓷涂层，可以在催化剂表面形成一层保护膜，减少积炭对催化剂活性的影响。开发具有重金属捕集功能的催化剂也是增强稳定性的关键。在原料油中，常常含有一些重金属杂质，这些重金属会与催化剂发生反应，导致催化剂中毒失活。通过在催化剂中加入能与重金属形成稳定化合物的物质，如金属氧化物等，可以将重金属固定在催化剂中，减少其对催化剂活性的影响。这些方法的应用，有效地抑制了积炭的形成，减少了重金属对催化剂活性的影响，延长了催化剂的使用寿命，保证了催化裂化工艺的稳定运行^[10]。

（二）改善工艺操作条件

在石油化工催化裂化工艺中，反应温度和压力的优化对提高轻质油收率和降低能耗起着关键作用。要采用先进的温度控制技术，如智能控制系统，能够实时调整反应温度。智能控制系统可根据原料油的性质、反应进程以及产物分布等因素，精确地调节反应温度，确保反应始终在最佳温度条件下进行。这种实时调整的优势在于，它能适应不同工况的变化，避免因温度波动导致的反应效率下降。研究确定最佳反应压力范围同样重要。合适的压力能促进反应的进行，提高轻质油的收率。压力对反应速率和产物分布有着显著影响。较高的压力可以加快反应速率，但可能会导致副反应增加，影响产物质量；而较低的压力则可能使反应速率过慢，降低生产效率。通过精确研究和确定最佳压力范围，能够在保证反应速率的同时，优化产物分布，提高轻质油的选择性，从而降低能耗，提高经济效益。

（三）优化原料处理步骤

原料预处理的优化是石油化工催化裂化工艺中不可忽视的环节。采用高效的脱盐、脱水设备，如电脱盐装置，能够有效提高原料质量。电脱盐装置利用电场作用，使原料油中的盐分和水分分离出来。盐分的存在会导致设备腐蚀和催化剂中毒，而水分会影响反应的进行和产品质量。通过电脱盐装置去除盐分和水分，可以减少这些不良影响，提高原料的纯度和稳定性。对重质原料进行预加氢处理也是重要的预处理手段。预加氢处理可以去除原料中的杂质，如硫、氮、重金属等。这些杂质会降低催化剂的活性和选择性，影响反应效果。同时，预加氢处理还能提高原料的反应性能，使重质原料更容易发生裂化反应，提高轻质油的收率。原料预处理对减少对催化剂和设备的不良影响具有重要意义。优质的原料可以延长催化剂的使用寿命，降低设备的维护成本，保证工艺的稳定运行，从而提高整个石油化工催化裂化工艺的效率和经济效益。

（四）升级改造装置设备

在石油化工催化裂化工艺中，反应器的改进对提升反应效果至关重要。采用新型反应器结构，如提升管反应器与流化床反应器组合结构，具有显著优势。提升管反应器能使原料油与催化剂快速接触，实现短时间内的高效反应；而流化床反应器则提供了良好的传热和传质条件，保证反应的均匀性。两者结合，充分发挥各自长处，可使反应更加充分，提高反应转化率。优化反应器内部构件也十分关键。改进进料分布器能使原料油更均匀地分布

在反应器内，确保催化剂与原料油充分接触。这不仅提高了反应的选择性，使目标产物的收率增加，还能减少副反应的发生，提高产品质量。通过这些改进，催化裂化反应效果得到显著提升，反应转化率和选择性都有了明显提高，为石油化工企业带来更好的经济效益。分离设备的优化是石油化工催化裂化工艺中的重要环节。采用高效油气分离设备，如旋流分离器与重力分离器相结合的方式，能有效提高油气分离效率。旋流分离器利用离心力将油气快速分离，而重力分离器则进一步对分离后的油气进行精细处理，两者结合可使油气分离更加彻底。升级轻油和重油分离设备，如采用高效精馏塔或膜分离技术，能提高轻油和重油的分离精度。高效精馏塔通过精确控制温度和压力，实现不同沸点组分的高效分离；膜分离技术则利用特殊的膜材料，根据分子大小和性质的差异进行分离。这些优化措施不仅提高了分离效率，还降低了分离能耗，减少了能源浪费，使石油化工催化裂化工艺更加节能环保。

三、结束语

综上所述，石油化工催化裂化工艺技术的优化具有重大意义。在资源日益紧张和环保要求不断提高的当下，优化该工艺技术是石油化工企业提升竞争力和实现可持续发展的关键。通过催化剂的研发改进、工艺操作条件的优化、装置设备的升级改造以及新型催化裂化技术的应用等多种策略，能够有效解决当前工艺中催化剂性能不足、装置能耗高、产品质量难控等问题，提高石油资源利用率，降低生产成本。展望未来，催化裂化工艺技术将朝着绿色环保、智能化和原料多元化方向发展。绿色环保要求工艺减少污染物排放，降低对环境的影响；智能化则借助先进的控制系统和数据分析，实现工艺的精准控制和高效运行；原料多元化可拓宽原料来源，提高企业应对市场变化的能力。这些发展趋势将推动石油化工行业实现可持续发展，为经济社会的进步做出更大贡献。

参考文献

[1] 王文久. 催化裂化工艺技术优化分析 [J]. 石化技术, 2023, 30(10): 80-82.
[2] 张旭亮, 莫力根. 关于石油化工催化裂化工艺技术的优化措施研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(17): 184-186.
[3] 王裕振. 石油化工催化裂化工艺技术的优化措施 [J]. 化工管理, 2023, (26): 137-139.
[4] 王亮. 关于石油化工催化裂化工艺技术的优化措施研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(01): 192-194.
[5] 张旭亮, 莫力根. 关于石油化工催化裂化工艺技术的优化措施研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(17): 184-186.
[6] 王裕振. 石油化工催化裂化工艺技术的优化措施 [J]. 化工管理, 2023, (26): 137-139.
[7] 宗德龙. 分析石油化工催化裂化工艺技术优化 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(08): 149-151.
[8] 牛永华, 杨光伟, 陈太生. 石油化工催化裂化工艺技术优化探究 [J]. 山西化工, 2022, 42(07): 75-76+82.
[9] 李佳兴. 石油化工催化裂化工艺技术优化 [J]. 山西化工, 2020, 40(03): 98-99+102.
[10] 赵建彬, 沈洪泉, 万德福, 等. 石油催化裂化分馏系统的自控设计及仪表选型分析 [J]. 山西化工, 2024, 44(7): 137-139; 158.