

# 渣油加氢工艺优化对经济效益的影响分析

桂 妹(中国石化海南炼油化工有限公司, 海南 洋浦 578001)

**摘要:**作为现代炼油工业的重要环节,渣油加氢工艺的经济效益的提升意义重大,随着全球能源结构的转型和环保要求的日益严格,炼油企业面临着巨大的市场竞争和环保压力,因此,通过技术创新和工艺优化来降低成本、提高产品质量势在必行。本文对渣油加氢工艺原理进行了分析,阐述了工艺优化的具体措施,并研究了其经济效益的影响,通过优化渣油氢化工艺,为炼油企业提供理论基础和实践参考,最大限度地提高经济效益。

**关键词:**渣油加氢工艺; 工艺优化; 经济效益

中图分类号: TE624

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167(2025)029-0046-03

## Analysis on the influence of residue oil hydrogenation process optimization on economic benefit

Guimei (Sinopec Hainan Refining & Chemical Co., Ltd., Yangpu Hainan 578001, China)

**Abstract:** As a crucial component of modern refining operations, enhancing the economic efficiency of residue hydroprocessing is of paramount importance. With the ongoing transformation of global energy structures and increasingly stringent environmental regulations, refineries face intense market competition and growing pressure to meet sustainability standards. This necessitates technological innovation and process optimization to reduce costs while improving product quality. This study analyzes the operational principles of residue hydroprocessing, outlines specific optimization strategies, and evaluates their economic impacts. By refining hydrogenation processes for residual oil, this research provides both theoretical foundations and practical references for refining enterprises, ultimately maximizing economic benefits through optimized production methods.

**Key words:** residue hydroprocessing; process optimization; economic benefit

全球对轻质油的需求不断增长,环保法规也越来越严格,炼油企业面临提高轻质油收率和生产清洁燃料的双重压力,作为重油轻质化的关键技术,渣油加氢工艺对炼油企业进行产品结构优化和品质提升意义重大,优化渣油加氢工艺,不仅可以提高装置运行效率和产品质量,而且可以对企业经济效益产生明显的影响,对经济发展起到促进作用。

### 1 渣油加氢工艺概述

渣油加氢工艺是重油加工领域的重要技术手段,其核心是通过在高温高压条件下引入氢气,从而改善油品质量或为后续加工提供合格原料,实现渣油中各种非理想成分的转化,该工艺在提高其氢碳比的同时,有效降低了渣油中硫、氮、金属等杂质的含量,具有不可替代的环保优势,提高了资源利用率。

#### 1.1 渣油加氢工艺原理

渣油加氢工艺是以催化剂作用在氢气氛围中完成的一系列催化反应为基础的。其中,加氢脱硫(HDS)是指渣油中的含硫化合物与氢发生化学反应,将硫转化为硫化氢而脱掉;加氢脱氮(HDN)是指含氮化合物与氢气发生化学反应,生成氨,达到脱氮的目的;加氢脱金属(HDM)是针对渣油中的镍、钒等金属元素,经过反应使其在催化剂表面沉积或转变成可分离的去

除的一种金属。此外,还包括降低芳香族化合物含量的加氢脱芳(HDA)和粘度和密度的加氢裂化(HDC)等反应。

在反应机制上,所有类型的反应都是按照具体的化学路径来进行的,以加氢脱硫为例,在与氢结合生成硫化氢脱离反应体系的同时,含硫化合物先吸附在催化剂的活性中心,然后硫碳键发生断裂,而加氢脱氮反应则涉及氮杂环的氢气的加成,因为含氮化合物结构更稳定,对反应活性条件要求更高。催化剂在反应中起关键作用,其活性成分通常是以镍或钴为助催化剂的金属硫化物,载体多为氧化铝或硅铝酸盐,如钼、钨等的硫化物,催化剂的作用是在其孔洞结构和比表面积会影响处理不同大小分子的同时,吸附反应物分子,降低反应促使反应朝目标方向进行。

#### 1.2 主要工艺流程

渣油加氢的主要工艺流程包括设备结构、操作方式、适用原料等各有显著差异的固定床、沸腾床、悬浮床三种工艺。

固定床工艺是以催化剂在反应器内固定不动、原料油与氢气混合后从上到下穿过催化剂床层,在一定温度和压力下发生反应为核心的渣油加氢技术,应用最为广泛。该工艺的优点是操作稳定,催化剂利用率

高，适用于渣油原料，杂质含量相对较少，产品质量较好，但由于催化剂的固定存在，需要定期更换催化剂或采取保护床层等措施延长运转周期，当原料中金属和沥青质含量较高时，容易造成床层堵塞，压降升高；沸腾床工艺是由反应器底部进入原料油和氢气与流化催化剂充分接触并发生反应的液态或气态介质，使催化剂颗粒处于流化状态，对高沥青质的渣油原料有较强的适应性，能处理较差的渣油，催化剂颗粒可通过循环系统部分排出补充，便于失活催化剂及时清除。沸腾床与固定床相比，其压降较低，反应温度分布较均匀，但对设备的耐磨损要求较高，产品质量较固定床工艺略低，因此催化剂的磨损和损耗问题比较突出；悬浮床工艺则是将催化剂分散在原料油中，以细粉的形式形成悬浮体系参与反应在反应后随产物排出，经过分离后部分循环再利用，悬浮床工艺将催化剂分散该工艺以具有最强的原料适应性、可对渣油进行极高的金属和残炭处理、实现深度转化的高反应空间利用率为特点。但目前工业应用成熟度相对较低，因为催化剂和产物分离难度较大，在反应条件较为苛刻、设备材料和运行控制要求较高的同时，后续处理成本会有所增加。

### 1.3 关键影响因素

渣油加氢反应的效果受到多种因素的综合影响，主要包括反应温度、压力、空速、氢油比，以及原料性质和催化剂活性等。

反应影响反应速率和深度的关键参数，温度升高会加快加氢反应的进行，使脱硫、脱氮、裂化程度提高，但同时也会使催化剂的失活、结焦反应加剧，副产物的生成也会增加，因此，反应温度升高会导致因此，需要根据原料性质和产品要求，通常在300–450℃范围内确定适宜的温度范围，并根据催化剂活性的变化，在反应过程中做出适当的调整；反应压力主要通过影响油相中氢气的溶解度而起作用，提高压力能增加氢气的溶解量，促使加氢反应向正向进行，抑制结焦等副反应，特别是在加氢脱氮和芳烃饱和反应中，加氢脱氮和芳烃饱和反应，但高压运行会增加设备投资和能源消耗，根据工艺类型和原料特性不同，一般工业装置的运行压力在8–20MPa区间；空速是指原料油在单位经过单位体积催化剂处理的量，空速降低意味着原料与催化剂的接触时间延长，反应深度增加，但装置处理能力会降低，因此，相反，过高的空速反应不彻底，产品品质就会有所下降，空速值需要合理设定，根据原料的反应活性及目标转换率而定；氢油比是指氢气与原料油的体积或摩尔比，在为反应提供充足氢源的足够的氢气量能及时将反应产生的热量移除并抑制结焦，过低的氢油比会导致催化剂加快失活，过高

则会使氢气循环能耗增加，通常控制在500–2000之间，这取决于原料的反应的种类。

## 2 渣油加氢工艺优化措施

### 2.1 催化剂改进

对具有更高活性、选择性和稳定性的新型催化剂进行改进，使催化剂的活性组分、载体和制备工艺得到提高，具有比表面积更大、活性中心分布更均匀的制备的催化剂，使渣油加氢反应的效率和选择性得到显著提高，同时，催化剂对特定反应路径的促进作用可以增强，减少不必要的副反应发生，通过调节活性组分的配比和分布。催化剂的装填方式和比例应根据反应器结构和渣油性质合理设计，以保证催化剂在反应器内均匀分布，使其性能得到充分发挥，使不同活性和功能的催化剂在反应器内形成合理的组合，提高反应效果，采用分层装填等方法进行，在装填过程中，应考虑反应器中流体的流动状态，以保证原料与催化剂的充分接触，避免沟壑、偏流等现象的发生。

### 2.2 反应条件优化

①调整反应温度和压力。根据渣油的性质和产品质量要求，对反应温度和压力进行精确调整，适当提高反应加快反应速率，但温度过高可能导致催化剂失活和副反应对反应压力进行合理控制，能促进渣油中氢气的溶解和扩散，提高加氢反应效率，经试验和模拟计算，确定最佳反应温度和压力范围，从而达到平衡产品质量和经济效益的目的，同时，还可使反应温度和压力范围在实际操作中，温度和压力参数需要及时根据原料性质的波动进行微调，这样才能保证在参数偏差带来的不利影响下，反应始终处于最优范围内。②优化氢油比。合适的氢油比可以确保反应系统中有足够的氢气参与反应副反应的发生，如结焦等，使产品的质量得到提高，但氢气比例过高，对氢气的消耗和生产成本都会有较大的提高，因此，需要在保证产品质量的前提下监测分析反应过程中的氢气利用率，并结合反应动力学模型，根据渣油的性质和反应条件，优化氢比，确定不同工况下的最佳氢比数值，从而达到资源的合理利用。

### 2.3 工艺流程创新

①改进原料预处理。加强渣油的预处理，降低原料中杂质含量，减少后续加氢反应器的负担，提高催化剂的使用寿命，优化脱盐工艺，减少渣油中的盐分含量，避免反应器中盐分沉积，影响催化剂的活性和反应效果，同时还应加强渣油的预处理工作及脱水作业，减少水分对氢气反应的干扰，保证反应系统稳定。②优化产品分离与精制。通过优化分离、精炼加氢后的产品的品质和收益率得到提高，精确切割不同馏分，

以先进的蒸馏技术获得优质轻质油品，对法规对产品的产品进行深度脱硫、脱氮等精炼处理。在分离环节中，各馏分的分离精度提高，减少了不同馏分之间的相互干扰，例如优化分馏塔的操作参数，如回流比、塔板温度等，在提炼过程中，通过强化脱硫脱氮效果，使产品各项指标达到相关标准，增强产品的市场竞争力，选择高效的提炼催化剂和适宜的工艺条件。

#### 2.4 操作参数优化

①反应时间调控。延长反应时间在一定范围内可以使反应更加充分，提高产品转换率，但反应时间过长会使设备处理能力下降，能耗也会增加，因此，需要对反应时间进行精确调控，根据原料性质、反应条件和产品要求建立反应动力学模型，在保证反应深度的同时，结合实际生产数据确定不同工况下的最佳反应时间，以提高装置运行效率。②搅拌强度优化。搅拌强度直接影响反应物的混合程度和传质效率，对于使用搅拌装置的反应器来说，可使原料、氢气充分接触催化剂，促使反应均匀，如果混合强度不够，就会造成反应系统的不均匀混合，从而影响反应的效果，并且搅拌强度过高会导致能源消耗增加，甚至有可能机械损伤催化剂，经过试验测定反应速率和不同搅拌强度下的产物分布，确定最优搅拌强度参数，并结合能耗分析，使反应效率和能量消耗达到平衡。③进料速率调整。原料在反应器中的停留时间和反应程度都会因进料率的大小而受到影响，进料率过快，原料在反应器中停留时间短，反应不充分，可能导致产品质量不过关，过慢的进料率会造成装置产能下降，单位产品成本上升。进料速率需要根据反应器的体积、反应条件和催化剂的性能等因素进行合理的调整，通过对不同进料率下的反应过程进行动态模拟，并结合生产目标，确定进料率的最佳范围，从而保证设备运行在高效稳定的状态下。④循环氢纯度控制。循环氢在渣油加氢反应中，其纯度直接影响反应效率和产品质量，从而起到提供氢源和抑制焦化的作用，循环氢纯度过高，可使制备氢气的费用提高，如果纯度过低，会使氢分压降低，影响加氢反应的进行，甚至会引起催化剂加剧结焦。因此，循环氢的纯度需要通过气体分离和净化过程的优化来得到合理的控制，经济合理的循环氢纯度范围是根据反应需求和氢源成本确定的，保证反应系统的氢分压在适宜水平，并通过在线监测及时调整来促进反应的顺利进行。

### 3 渣油加氢工艺优化对经济效益的影响

#### 3.1 提高产品质量，增加产品附加值

通过工艺优化，可以使渣油加氢产品的品质得到提升，生产轻质油品，如汽油、柴油、航空煤油等，

达到更高的标准，市场销售价格较高的优质轻质油品，提高了产品附加值。优化后的渣油加氢工艺还能生产出市场需求旺盛、价格较高、进一步提升企业经济效益的富含芳烃等成分的化工原料，为市场需求较高的下游化工行业提供优质原料，比如生产对二甲苯等重要化工产品，可以用重芳烃来生产，相对于一般的渣油产品，其附加值明显增加。

#### 3.2 提升装置处理能力，增加产量

渣油加氢反应的效率可以通过催化剂优化条件优化来提高，从而可以在相同的时间内使装置对更多的渣油进行处理，比如，为企业带来更多销售收入的应用以及合理调整反应温度和压力，提高产品产量等，可减少装置故障和停机次数、延长装置运行周期、加强原料预处理、降低催化剂中毒失活率、增加装置有效生产时间、提高产量的工艺流程优化和催化剂性能提升。

#### 3.3 降低生产成本，提高利润空间

优化反应条件和工艺流程，可降低渣油加氢工艺能耗，如氢油比的合理调整、氢气无效消耗的降低、加热炉等设备运行参数的能效提高等，能源消耗的减少，使得企业在能源成本上的开支直接减少，盈利空间得到提升。此外，在提高催化剂性能的同时，新型催化剂的研制和优化装填也使其寿命得以延长，催化剂更换周期的延长使公司在更换催化剂过程中减少了采购费用，减少了人力成本，减少了设备成本损耗。

### 4 结论

综上所述，优化渣油加氢工艺，深刻的影响着企业经济效益的提高，炼化企业为应对日益激烈的市场竞争和环保挑战，应积极探索和应用新工艺，不断提高渣油加氢的技术水平和经济效益，实现企业经济效益最大化。

#### 参考文献：

- [1] 李佳宜, 翁延博, 耿新国等. 关于渣油加氢装置加工原油的工艺考察 [J]. 当代化工, 2025, 54(05): 1098-1103+1115.
- [2] 吴达, 蒋淑娇. 能源转型中渣油高效利用技术的研究进展 [J]. 化工进展, 2024, 43(05): 2343-2353.
- [3] 程文远. 渣油加氢技术研究进展 [J]. 中外能源, 2023, 28(12): 53-58.
- [4] 李农, 李国旗等. 渣油加氢技术应用现状及发展前景分析 [J]. 石化技术, 2022(10): 221-213.
- [5] 林培培. 沸腾床渣油加氢技术应用优势 [J]. 炼油与化工, 2022, 33(02): 33-35.

#### 作者简介：

桂妹（1998-），女，汉族，海南临高人，本科，助理工程师，研究方向：炼油装置生产。