

# 延迟焦化装置生产运行优化措施

谢文立<sup>1</sup> 黄晓晓<sup>2</sup>

1. 中国石油天然气股份有限公司广东石化公司 广东 揭阳 515200

2. 东粤环保科技有限公司 广东 揭阳 515200

**摘要:** 延迟焦化装置作为炼油工业中的重要设备,承担着将重质渣油转化为气体、汽油、柴油、蜡油和焦炭的重要任务。然而,随着原油的重质化、劣质化趋势加剧,延迟焦化装置在生产运行中也面临着诸多挑战。为了确保装置高效、稳定运行,提高轻质油收率,降低生产成本,减少环境污染,需要采取一系列优化措施。本文从多个方面探讨延迟焦化装置生产运行的优化措施。

**关键词:** 延迟焦化装置; 生产运行; 优化措施

**引言:** 延迟焦化装置在石油加工过程中具有重要地位,其运行的优化对于提高产品质量、降低能耗、延长装置寿命等有着关键意义。本文旨在深入探讨延迟焦化装置生产运行的优化措施,从工艺参数调整、设备维护与改进、原料性质控制等多个方面展开分析,为提高装置的综合性能提供全面指导。

## 1 延迟焦化装置概述

延迟焦化装置是现代石油炼厂中一种重要的重质油热加工工艺设备,主要用于将高残碳的渣油转化为更有经济价值的轻质油品和石油焦。延迟焦化装置的核心工艺是将减压渣油、常压渣油、减黏渣油、重质原油、重质燃料油和煤焦油等重质低价值油品,经过深度热裂化反应转化为高价值的液体和气体产品,如气体、汽油、柴油、蜡油和焦炭。这一过程中,原料油首先在管式加热炉中被急速加热到约500℃的高温,然后迅速进入焦炭塔内,在塔内一定的温度、停留时间和压力条件下进行裂解和缩合反应。裂解产生的轻质组分进入分馏塔进行分离,而缩合反应生成的焦炭则留在塔内。随着焦炭在塔内的积累,当焦炭塔中结焦达一定程度后,就切换到另一个焦炭塔中继续焦化成焦,原先的焦炭塔则进行清焦作业。延迟焦化装置的主要设备包括加热炉、焦炭塔、分馏塔、压缩机系统、吸收稳定系统、冷切焦水系统、放空和吹汽系统等<sup>[1]</sup>。其中,加热炉为装置提供热量,是延迟焦化装置的核心设备;焦炭塔用于进行裂解和缩合反应,是延迟焦化装置的重要组成部分;分馏塔则用于将裂解产生的轻质组分进行分离,提高产品的分离精度和质量。延迟焦化装置具有投资少、操作费用低、转化深度高等优点,是现代石油炼厂中唯一的间歇-连续操作工艺。通过优化操作条件、改进设备设计和加强生产管理,可以进一步提高延迟焦化装置的生产效率

和经济效益,为炼油厂的发展做出更大的贡献。

## 2 延迟焦化装置生产运行优化措施探讨

### 2.1 工艺参数优化

#### 2.1.1 反应温度优化

反应温度是延迟焦化过程中的关键参数,提高反应温度可以增加液体产品收率,但同时也会导致焦炭产率增加和气体产量上升。在优化反应温度时,需要综合考虑产品分布和质量要求。通过精确的温度控制,可以使重质原料在焦炭塔内发生适度的热裂解和缩合反应。采用先进的温度监测技术,实时反馈反应温度变化,结合在线分析系统,根据原料性质和产品目标,动态调整加热炉出口温度,确保反应在最佳温度区间进行。一般而言,对于不同的原料油,其适宜的反应温度范围有所不同,需要通过实验和模拟来确定,通常在480-520℃之间进行微调。

#### 2.1.2 反应压力优化

较低的反应压力有利于提高液体收率和改善产品质量,但可能会增加焦炭塔内泡沫层高度,对装置的稳定运行产生潜在风险。因此,在优化反应压力时,要在保证装置安全运行的前提下,尽量降低压力。通过优化分馏塔的操作压力、调整焦炭塔的放空系统以及采用合适的压力控制阀门等措施,可以实现反应压力的精细控制<sup>[2]</sup>。例如,可通过改进放空系统的设计,使其在不同操作阶段能够更有效地调节压力,维持焦炭塔内压力稳定在适宜范围,一般在0.15-0.25MPa之间。

#### 2.1.3 循环比优化

增大循环比可以提高液体产品收率,降低焦炭和气体产率,但同时也会增加装置的能耗和加工成本。在优化循环比时,要结合原料性质、产品市场需求和装置能耗情况。利用先进的流程模拟软件,对不同循环比下的

产品分布和装置性能进行模拟预测。当原料中重质组分较多时,可以适当提高循环比,以增加液体产品收率;而当原料性质较好且对轻质油品需求较大时,可以适当降低循环比。通过优化操作参数和工艺流程,可以实现循环比在0.1-0.5之间的灵活调整。

## 2.2 设备维护与改进

### 2.2.1 加热炉优化

加热炉是延迟焦化装置的核心设备之一,其运行效率直接影响整个装置的性能。对加热炉的优化包括提高加热炉的热效率和延长炉管寿命。在热效率方面,可以通过改进燃烧器设计,使燃料充分燃烧,减少热量损失。采用高效的保温材料对加热炉进行保温,降低炉体表面散热。定期对加热炉进行清灰,保持对流段和辐射段的传热效率。对于炉管,要加强材质的选择和质量检测,防止炉管在高温高压环境下发生腐蚀和结焦。采用在线监测技术,实时监测炉管的温度、压力和壁厚变化,及时发现潜在问题并采取措施。例如,通过安装炉管表面温度传感器和压力传感器,建立数据监测系统,当检测到异常数据时,及时调整加热炉操作参数或安排检修。

### 2.2.2 焦炭塔优化

焦炭塔在延迟焦化过程中承受着高温、高压和复杂的物理化学变化。对焦炭塔的优化主要包括提高其抗热应力能力和防止焦炭粘结。在抗热应力方面,要优化焦炭塔的结构设计,采用合理的壁厚和材料,使其能够承受频繁的温度变化。在操作过程中,要严格控制升温速率和降温速率,避免热冲击对塔体造成损害。为防止焦炭粘结,可以在塔内壁采用特殊的涂层技术,减少焦炭与塔壁的附着力<sup>[3]</sup>。此外,定期对焦炭塔进行水力除焦操作,确保除焦彻底,避免焦炭残留对下一轮操作产生影响。在水力除焦过程中,要优化高压水的喷射参数,如喷射压力、喷射角度和喷射时间等,提高除焦效率和质量。

### 2.2.3 分馏塔优化

分馏塔的优化目标是提高分馏效率和产品质量,通过改进塔内件的设计,如采用高效的塔板或填料,可以增加气液接触面积,提高分馏效果。定期对分馏塔进行清洗和维护,防止塔内结垢和堵塞,影响分馏过程。在操作过程中,要精确控制回流比和进料位置等参数,根据产品质量要求进行动态调整。例如,通过安装在线质量分析仪,实时监测塔顶、侧线和塔底产品的质量,反馈给控制系统,调整回流比和进料位置,确保产品质量稳定在合格范围内。

## 2.3 原料性质控制

### 2.3.1 原料预处理

原料预处理是优化延迟焦化装置运行的重要环节。对于重质原油或劣质原料,通过预处理可以降低其中的杂质含量,如金属杂质、硫、氮等,改善原料性质。采用脱盐、脱水工艺,去除原料中的盐和水,减少对装置设备的腐蚀。通过加氢处理等方法,可以降低原料中的硫、氮含量,提高原料的可加工性。在脱盐脱水过程中,要优化操作参数,如温度、压力和破乳剂的用量等,提高脱盐脱水效果<sup>[4]</sup>。对于加氢处理,要选择合适的催化剂和反应条件,确保在降低杂质含量的同时,不会过度裂解原料,影响产品收率。

### 2.3.2 原料混合与调配

合理的原料混合与调配可以使延迟焦化装置在不同原料供应情况下保持稳定运行。根据不同原料的性质,如密度、粘度、残炭等,进行科学的混合,使混合后的原料性质符合装置的加工要求。通过建立原料数据库和模拟模型,分析不同原料混合比例下的产品分布和装置性能。在原料供应变化时,及时调整混合比例,确保装置的平稳操作。

## 2.4 能量回收与利用优化

### 2.4.1 余热回收

延迟焦化装置在生产过程中有大量的余热可以回收利用。例如,从焦炭塔塔顶逸出的高温油气、加热炉的烟道气等都含有大量的热能。通过安装换热器,将这些余热用于预热原料油、加热锅炉给水等,可以有效降低装置的能耗。对于高温油气,可以采用高效的油气-原料油换热器,提高原料油的预热温度,减少加热炉的燃料消耗。对于烟道气,可以通过热管换热器等设备回收其热量,用于预热空气或其他需要加热的介质。在余热回收系统的设计和运行过程中,要注意防止换热器结垢和腐蚀,定期进行清洗和维护,确保余热回收效率。

### 2.4.2 蒸汽系统优化

蒸汽在延迟焦化装置中有着广泛的应用,如用于驱动泵、压缩机等设备,以及在分馏塔的汽提等操作中。优化蒸汽系统可以提高蒸汽的利用效率,降低蒸汽消耗。通过改进蒸汽管网的设计,减少蒸汽泄漏和压力损失。采用蒸汽凝结水回收系统,将蒸汽使用后的凝结水回收并重新利用,节约水资源和能源。在蒸汽使用设备的选型和操作上,要根据实际需求合理配置,避免蒸汽的浪费。

## 2.5 自动化控制系统优化

### 2.5.1 先进控制策略应用

采用先进的控制策略可以提高延迟焦化装置的自动

化水平和控制精度,例如,应用模型预测控制(MPC)技术,可以对装置的多个变量进行协调控制。MPC基于过程模型,预测未来的过程行为,并根据设定的目标优化控制动作。在延迟焦化装置中,可以利用MPC对反应温度、压力、循环比等关键参数进行综合控制,使装置在不同工况下都能稳定运行。采用自适应控制策略,能够根据原料性质和装置性能的变化自动调整控制参数,提高装置对原料和操作条件变化的适应性。

### 2.5.2 仪表与传感器优化

在延迟焦化装置中,要选用高质量、高可靠性的温度、压力、流量、液位等仪表和传感器。对于关键参数的测量,要采用冗余设计,确保测量数据的准确性和可靠性。定期对仪表和传感器进行校准和维护,防止因仪表故障导致控制偏差。例如,对于加热炉出口温度的测量,采用多个温度传感器,并安装在不同位置,通过数据处理系统对测量值进行平均和校正,提高温度测量的精度,为加热炉的精确控制提供保障。

### 2.5.3 控制系统集成与优化

将延迟焦化装置的各个子系统,如加热炉控制系统、焦炭塔控制系统、分馏塔控制系统等进行集成,实现信息共享和协同控制。通过建立统一的控制平台,操作人员可以在一个界面上对整个装置进行监控和操作,提高工作效率和装置的安全性。在控制系统集成过程中,要优化控制逻辑和通信协议,确保数据传输的快速和准确。要建立完善的故障诊断和报警系统,当装置出现异常情况时,能够及时发出警报并提供故障原因分析,帮助操作人员快速采取措施解决问题。

## 2.6 环保措施优化

### 2.6.1 废气处理优化

延迟焦化装置在生产过程中会产生大量的废气,其中含有硫氧化物、氮氧化物、颗粒物等污染物。优化废气处理措施对于减少环境污染至关重要。采用高效的脱硫技术,如湿法脱硫、干法脱硫等,降低废气中的硫氧化物含量。对于氮氧化物,可以通过选择性催化还原(SCR)或选择性非催化还原(SNCR)等技术进行处理。在颗粒物控制方面,采用高效的除尘设备,如静电除尘器、布袋除尘器等。要优化废气处理系统的运行参数,如脱硫剂的用量、反应温度等,提高废气处理效率,确保废气达标排放。

### 2.6.2 废水处理优化

延迟焦化装置的废水含有大量的油类、酚类、硫化物等污染物。废水处理的优化包括改进废水处理工艺和提高处理效率。采用隔油、气浮、生化处理等多级处理工艺,去除废水中的油类和溶解性有机物。对于酚类和硫化物等难处理的污染物,可以采用特殊的吸附剂或化学氧化方法进行处理。在废水处理过程中,要优化各处理单元的操作参数,如气浮的溶气压力、生化处理的温度和pH值等,提高废水处理质量,减少对环境的污染。要加强废水的回用,将处理后的废水用于对水质要求较低的环节,如冲洗设备等,节约水资源。

### 2.6.3 废渣处理优化

延迟焦化装置产生的废渣主要是焦炭和废催化剂等,对于焦炭,可以通过改进除焦工艺,提高焦炭质量,使其能够作为产品销售或用于其他工业领域,如炼铁等。对于废催化剂,要建立完善的回收和再生体系,将废催化剂中的贵金属等有价值成分回收利用,减少废渣的排放。对于无法回收利用的废渣,要按照环保要求进行安全填埋或其他无害化处理,防止对土壤和地下水造成污染。

## 结语

延迟焦化装置作为炼油工业的关键设备,其生产运行的优化对于提高轻质油收率、降低生产成本和减少环境污染具有重要意义。通过延迟焦化装置生产运行优化措施,可以显著提升装置的综合性能。同时加强环保措施的优化,确保废气、废水和废渣的达标处理,是实现绿色、可持续发展的重要保障。未来,随着炼油工业的不断发展,延迟焦化装置的生产运行优化将继续面临新的挑战 and 机遇,需要不断探索和创新,以推动炼油行业的持续进步。

## 参考文献

- [1]杨军.原料劣质化对延迟焦化装置的影响分析及应对措施[J].中外能源,2023,28(3):70-74.
- [2]薛颖,刘伟强,于国辉.延迟焦化装置生产运行优化措施[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(15):107-108,110.
- [3]张健.延迟焦化装置的清洁生产工艺优化[J].化工管理,2024(1):128-130.
- [4]侯继承,王乐毅,奕龙.延迟焦化装置低负荷生产措施与优化[J].中外能源,2020,25(7):64-68.