

原油调和对常减压装置的影响及工艺控制策略

邵明辉

华北石化公司储运部, 中国·河北 任丘 062552

摘要: 本文以某炼厂常减压装置为研究对象, 分析沥青工况(加工量 12500t/d)与常规工况(加工量 13000t/d)下不同原油掺炼比例对装置腐蚀、工艺操作及产品质量的影响。结合硫含量、API 值等关键参数变化, 提出工艺优化与防腐措施, 为高硫、高酸原油掺炼提供技术参考。

关键词: 原油掺炼; 腐蚀控制; 工艺优化; 沥青工况

The impact of crude oil blending on atmospheric and vacuum distillation units and process control strategies

Shao Minghui

Storage and Transportation Department of Huabei Petrochemical Company, China Hebei Renqiu 062552

Abstract: This article takes the atmospheric and vacuum distillation unit of a refinery as the research object, and analyzes the effects of different crude oil blending ratios on the corrosion, process operation, and product quality of the unit under asphalt conditions (processing capacity of 12500 t/d) and conventional conditions (processing capacity of 13000 t/d). Based on changes in key parameters such as sulfur content and API values, process optimization and anti-corrosion measures are proposed to provide technical reference for the blending of high sulfur and high acid crude oil.

Keywords: Crude oil blending; Corrosion control; Process optimization; Asphalt working conditions

0 引言

不同来源、不同性质的原油在硫含量、酸值、API 值、金属含量等关键指标上存在显著差异, 掺炼过程中混合原油的性质呈现非线性变化, 若掺炼比例不合理或工艺控制不当, 会显著影响常减压装置的运行稳定性^[1], 具体表现为:

设备腐蚀加剧: 高硫原油导致塔顶低温系统腐蚀, 高酸原油加剧高温部位环烷酸腐蚀。

工艺参数波动: 分馏效率受原油 API 值影响, 需对侧线抽出温度、加热炉负荷加以调整。

产品质量风险: 重质组分比例若在沥青工况下偏高, 则可对油炸性质产生影响, 且可干扰后续加工作业。

传热效率波动: 重质原油受到黏度大等因素的影响, 导致其在加热过程中易出现炉管结焦现象, 降低炉管表面传热系数, 且造成分馏塔温度不均问题^[2]。

组分分离不彻底: 因轻组分汽化不足而导致其进入侧线产品, 使馏分干点超标。

在当前工艺背景下, 炼油企业主要面临两种生产工况, 分别为沥青工况、常规工况, 两种工况在多方面(如工艺重点、加工量、原油掺加比例等)各有不同, 且工艺过程对装置的影响也具有差异。因此, 需注意分析不同工况原油掺炼对常减压装置的影响情况, 以便针对性得出工

艺要点, 通过优化减压装置而提高工艺稳定性。

1 原油掺炼方案与性质对比

1.1 沥青工况(12500t/d)

1.1.1 掺炼比例确定原则

在质量原则指导下, 要求基于沥青产品质量要求对混合原油中的重质组分比例进行调整, 采用该方式保障减压塔底渣油质量, 确保其符合沥青产品要求。在经济性原则指导下, 应找准运行风险与原油成本间的风险点, 尽可能掺炼低成本重质含硫原油, 以此避免出现生产成本过高的情况。在腐蚀风险规避原则指导下, 高酸原油、高硫原油不可高比例掺加至工艺流程线, 以免加重对装置的腐蚀作用。在工艺参数可控原则指导下, 应对混合原油各项参数指标(如密度、黏度等)精细化把控, 合理确定掺炼比例, 防止受到原料性质波动影响而出现参数失控的问题。

在上述原则共同作用下, 经长期实践最终得出沥青工况下适宜的原油掺炼比例, 即奥瑞恩特混油: 巴彦原油: 阿塔普原油 = 56% : 24% : 20%。

1.1.2 混合原油性质

按照上述掺炼比例调和后, 沥青工况下混合原油的综合性质如下: 硫含量 1.6%; API 值 26.3, 属于中质含硫原油, 密度(20℃) 890~900kg/m³; 酸值 0.35~0.45mgKOH/g, 属于低酸原油; 残炭值 7.8%~8.2%, 符合

沥青原料对渣油残炭值的要求;黏度(50℃)65~75mm²/s,能够满足装置加工要求;有机氯含量约18~20ppm;含镍约6~7ppm、钒约12~14ppm。

1.1.3 工艺特点

侧重生产沥青原料,需控制减压深拔率及渣油残炭值^[9]。

该工况侧重生产沥青原料,通过常减压蒸馏,控制减压深拔率,使减压塔底剩余的残渣符合沥青标准,可直接作为沥青产品出厂。

1.2 常规工况(13000t/d)

1.2.1 掺炼比例确定原则

其一,以确保轻油组分充分汽化分离为目标,控制混合原油的API值,适当提高混合原油的轻组分含量。其二,以保障轻油收率为前提,以严控原油成本为目标,搭配成本各异的原油。其三,以降低装置腐蚀风险为核心,优先选择低硫、低酸原油。其四,装置满负荷稳定运行,原则。在确定原油掺炼比例时,需严格控制混合原油的性质波动,以确保工艺参数稳定,削弱原料性质突变对装置运行的负面干扰。

结合上述原则,该炼厂常规工况下的原油掺炼比例为:巴中冀东混油(7.7%)、巴彦原油(38.5%)、阿塔普原油(23.1%)、ESPO原油(30.8%)。

1.2.2 混合原油性质

按照上述掺炼比例调和后,常规工况下混合原油的综合性质如下:硫含量1.0%;API值30.5,密度(20℃)850~860kg/m³,轻组分含量显著高于沥青工况;酸值0.2~0.3mgKOH/g,腐蚀风险较低;残炭值4.0%~4.5%,远低于沥青工况;黏度(50℃)35~45mm²/s,流动性较好,加工难度较低;有机氯含量约15~17ppm,氯离子含量约2~3ppm(主要来源于ESPO原油);含镍3~4ppm、钒5~7ppm,均低于沥青工况。

1.2.3 工艺特点

侧重提高轻油收率,需优化常压塔分馏效率及加热炉热负荷。该工况侧重提高轻油收率,通过优化常压塔分馏效率,可从原油中分离出不同馏程的轻油组分,再经过后续加工得到汽油、煤油、柴油等产品。此外,还可能生产石脑油,作为化工原料。

2 掺炼对常减压装置的影响分析

2.1 硫分布与腐蚀风险

原油中的硫作为主要的腐蚀介质之一,常以有机硫(如硫醇、硫醚、二硫化物等)和无机硫(如硫化氢)的形式存在。

在常减压蒸馏过程中,随着馏程变化,硫的分布也会随之发生变化。正因如此,装置设备会产生不同程度的腐

蚀。其中,有机硫在高温条件下会分解生成硫化氢,硫化氢会与水结合形成氢硫酸,腐蚀设备,与氯化氢(经原油中的氯化物水解生成)结合,形成H₂S-HCl-H₂O腐蚀体系,加剧设备腐蚀。两种工况下混合原油硫含量差异显著,导致硫分布及腐蚀风险明显不同。

2.1.1 沥青工况:高硫含量导致的低温腐蚀风险突出

沥青工况下,混合原油硫含量为1.6%,接近高硫原油阈值。在常减压蒸馏过程中,大部分有机硫在减压炉高温条件下分解生成硫化氢,随塔顶油气进入冷凝系统,与冷凝水结合形成氢硫酸,同时,原油中的氯化物(主要来自阿塔普原油)在加热过程中水解生成氯化氢,与氢硫酸形成H₂S-HCl-H₂O腐蚀体系,加剧局部腐蚀,尤其是常压塔顶冷凝器、常压塔顶空冷器、塔顶回流管线及焊缝部位等处的腐蚀。

2.1.2 常规工况:氯离子富集导致的腐蚀风险凸显

常规工况下,混合原油硫含量降至1.0%,硫带来的腐蚀风险较沥青工况显著降低,常压塔顶低温系统的腐蚀速率可控制在0.08~0.10mm/a,处于设备允许的腐蚀速率范围内。

ESPO原油含有微量氯离子。在常减压蒸馏过程中,氯离子会随着轻馏分进入塔顶冷凝系统,并在循环水中不断富集,导致循环水氯离子浓度升高,常压塔顶空冷器、冷凝器等设备产生氯离子点蚀腐蚀。氯离子点蚀具有隐蔽性强、腐蚀速率快的特点,一旦发生,会快速导致设备穿孔,引发安全事故。

2.2 API值与分馏效率

API值是衡量原油轻重程度的核心指标,API值越高,原油越轻,流动性越好,轻组分含量越高;API值越低,原油越重,流动性越差,重质组分含量越高。

沥青工况下,混合原油的API为26.3,具有轻组分收率较低的特点,在常压蒸馏过程中,需提高加热炉出口温度(通常增加2~3℃)以保障减压深拔效果,满足减压蒸馏的要求。但提高加热炉出口温度会带来一系列问题,如加剧炉管结焦、增加加热炉负荷等。

常规工况下,混合原油API参数为30.5,具备气化效率高、流动性强、轻组分量高等特征,在生产作业中,需之一调整常压塔侧线抽出量,以免因调整不及时而引发石脑油干点超标、柴油闪点不足等问题。

2.3 金属与酸值影响

通常情况下,镍、钒等金属杂质若在原有中含量较高,则会直接干扰电脱盐系统的稳定运行,继而影响最终产品质量,且会引发炉管结焦问题,阻碍加热炉传热,不仅造成能耗提升,且可引发不必要的设备维护成本。

3 工艺优化与防腐措施

3.1 腐蚀控制策略

3.1.1 注剂优化

因沥青工况、常规工况在腐蚀风险方面存在差异,故需采用不同的注剂方案。

对于沥青工况,应将控制重点放在常压塔顶的低温系统中,适当提高中和剂、缓蚀剂在塔顶的注入量,使常压塔顶冷凝水 pH 值能够始终高于 7.5,同时适当注入缓蚀剂,借助缓蚀剂对塔顶轻微腐蚀问题进行抑制。此外,对注剂方式加以把控,优先运用多点注入的方式,使中和剂、缓蚀剂可均匀分布在塔顶系统中,确保注剂成效。

对于常规工况,则可将氯离子抑制剂注入其中,并减少塔顶缓蚀剂注入量,同时对循环水氯离子浓度动态监测,通过对氯离子富集程度的控制而避免出现点蚀和应力腐蚀开裂现象。

3.1.2 材质升级

结合沥青工况来看,应重点升级焊缝部位、塔顶回流量管、常压塔顶空冷器相关材质,在条件允许情况下,优先运用耐硫酸碳钢材质的塔顶回流量管以及双相不锈钢材质的常压塔顶空冷气管束,通过材质升级而控制点蚀风险。

结合常规工况来看,则运用不锈钢材质的常压塔顶回流量管与常压塔顶空冷器管束,借此增强设备的耐氯离子点蚀性能,减少设备穿孔风险的发生概率。

3.2 操作参数调整

为减少工艺参数波动所带来的风险隐患,则基于产品质量、分馏效率要求。应基于生产计划,对不同工况下的关键参数精细化调整。

其一,在 12500t/d~13000t/d 参数变动过程中,以每小时提升 200~300t/d 的速度对常压塔进料流量精细化调整,以免出现雾沫夹带、液泛等现象。此外,对各类关键参数(如侧线抽出量、塔顶回流流量、加热炉热负荷等)进行调整,使常压塔内气液状态能够维持平衡稳定。

其二,在 13000t/d 降低至 12500t/d 的过程中,以每小时降低 200~300t/d 的速度对常压塔进料流量精细化调整,防止受到进料量骤减因素影响而出现炉管结焦加剧、炉管局部过热等问题。

其三,对于加工量切换过程,则对减压塔、常压塔关键参数(如温度、压力、液位等)实时监控,根据参数变化情况动态调整工艺细节。

在实际生产作业中,应以生产目标、工况特性为依据,对减压深拔情况进行控制,并立足生产需求,将塔顶压力控制在 5kPa 以下,借此提升沥青工况下的蜡油收率。换个角度来看,减压深拔控制期间,还需对减压塔底渣油

参数指标(如软化点、残炭值等)进行实时监控,一旦在该过程中发现软化点过高,或渣油残炭值超过 8.2%,则应对减压深拔参数及时调整,对减压炉出口温度进行控制,并适当提高塔顶压力,以此保障产品品质。

3.3 掺炼比例动态优化

3.3.1 硫-酸协同效应规避

基于原油掺炼过程来看,应尽可能避免高酸原油、高硫原油混炼的情况,采用该方式降低腐蚀风险发生概率。

沥青工况场景下,应优先搭配低酸原油,对高酸原油掺炼比例严格控制,避免出现高酸原油、高硫原油过量搭配的现象。在常规工况场景下,应对掺炼组分加以调整,若在该过程中需新增原油,应做酸值检测,使混合原油酸值始终低于 0.3mgKOH/g,从源头出发,防止受到硫-酸协同腐蚀影响而损伤设备。

3.3.2 氯含量监控

注意检测 ESPO 原油的氯离子含量,要求其含盐量完成电脱盐仍可低于 3mg/L。若在该过程中发现氯离子含量超标,则针对性降低 ESPO 原油掺炼比例,或运用低氯离子含量原油加以调和,以此中和氯离子浓度。在此基础上对电脱盐系统运行效率精细化控制,对电脱盐破乳剂注入量精细化控制,要求电脱盐后原油含盐量能够低于 3mg/L。与此同时,对混合原油有机氯含量实时监控,对于沥青工况与常规工况,若发现其有机氯含量分别超出 20ppm、17ppm,则则检查阿塔普原油掺炼比例并调整,以此确保装置稳定运行,避免出现腐蚀加剧的问题。

4 结论与建议

对于沥青工况,在生产期间应加强对渣油质量的把控,并做好防腐工作,通过优化减压深拔参数、提高注剂量而确保装置可长期稳定运行。对于常规工况,则应重点提高轻油收率,同时尽可能降低氯含量风险程度与巴彦原油金属杂质的负面影响。结合实践来看,在后续阶段的生产作业中,应立足实际需求搭建原油快速评价体系,根据工况条件,对工艺参数、掺炼比例实时调整,以此良好应对原油性质波动问题。

参考文献:

- [1] 赵长元. 掺炼重质凝析油工艺技术分析 & 高效耦合加工研究[J]. 化学工程与装备, 2025(10): 44-47.
- [2] 赵旭. 炼油企业优化工艺和技术升级战略研究[J]. 石油工程建设, 2025, 47(12): 9-11.
- [3] 王蒙, 何鑫, 高伟等. 掺炼进口原油工艺分析及加工方案优化[J]. 工业催化, 2024, 32(05): 62-66.

作者简介: 邵明辉(1968.10-), 男, 汉族, 河北沧州人, 本科, 工程师, 研究方向: 从事油品储运研究。