

石蜡基高压加氢润滑油经济运行分析

刘发电 谢明明 乔永明（山东胜星化工有限公司，山东 东营 257300）

摘要：在对某石化公司启动的润滑油加氢项目进行为期两年的经济运行情况进行综合分析基础上，本研究着重从多个关键维度如产品收率、能耗、催化剂使用情况等方面对比分析，旨在深挖装置运行中的差异性和存在的问题。通过深入剖析和比较这两年的运行数据，本文旨在揭示加氢装置在实际操作中遭遇的诸多挑战，并尝试提供经济运行可尝试的解决方案。

关键词：加氢；装置；经济；运行

0 前言

润滑油加氢装置在产品收率方面表现出一定的波动性。尽管设定了高标的产品收率目标，实际运行过程中却受到多种因素的影响，导致成品油的实际产出和预期存在偏差。这不仅影响了经济效益，也增加了生产过程的不确定性。能耗方面，润滑油加氢项目同样面临着挑战。在原油加工过程中，由于装置的能效不高，加之原材料的质量波动，能源消耗较设计预期有所增加。这不仅直接影响了项目的成本控制，还与当前石化行业倡导的绿色、低碳发展理念相悖。

1 工况概述

在探讨某石化公司的润滑油加氢装置时，可以着重分析了其独特的工艺流程，该流程包含加氢前精制、异构脱蜡以及加氢后精制三个阶段。这一复杂但高效的流程设计，利用来自常减压装置的石蜡基原油——主要包括减二线、减三线、减四线原油作为原料，通过精心设计的加氢裂化和异构脱蜡步骤，再经过加氢精制反应，最终完成了高品质润滑油基础油的生产过程。

在此过程中，还顺带产生了粗石脑油、煤油和柴油等副产品。专注于工艺流程与操作细节的这种方法，理论上应该能够确保产品质量的同时，优化产出比例。然而，自装置投入运行两年来的运行数据显示，尽管理论设计合理，实际操作中仍然存在一些难以忽视的问题。通过与开工初期相同时间段的对比分析，可以尝试识别和阐述了这些运行中的关键问题。

2 石蜡基高压加氢润滑油经济运行

2.1 原料和产品加工情况分析

在过去的一年里，对石化公司的润滑油加氢装置进行了详尽的性能监测，特别关注了基础油的收率问题。数据显示，今年1至4月份的基础油收率仅为43.72%，相较去年同期的49.00%出现了明显的下滑，

降低了5.28%。这一变化不仅影响了生产效率，还对经营成本产生了不小的影响。

为了深入了解导致收率下降的根本原因，本文进行了仔细的分析，并得出了以下几点结论。

首先，并非所有原料都具备理想的加工属性。可以发现，今年使用的原料与设计标准存在较大的偏差，尤其是在蜡含量及其结构特性方面。这些蜡的结构特殊，不仅使得萃取脱蜡更加困难，也导致了在异构脱蜡阶段降低凝点的挑战加剧。另一个问题是，对异构降凝催化剂的选择性较差，为了确保末端产品的质量，不得不将加氢裂化与异构脱蜡反应的温度提高，这直接加剧了裂化副反应的严重性，导致了其他副产品，如石脑油与减顶污油的收率远超设计预期，而基础油的收率则远远低于预期。

其次，原料的掺混种类繁多也给生产流程带来了额外的复杂度。不同类型的原料使得生产过程中的操作调整变得更为复杂，反应条件的苛刻程度也直接影响了产品质量的调节，从而导致目标产品的收率不仅难以提升，反而出现了下降再者，可以注意到，与去年相比，减三线和加裂尾油的供应情况有所变化。

去年，减四线的收率相对较高，而本年度由于减三线和加裂尾油的供应量变动，导致了基础油实际生产收率的降低。这一供料变化，间接反映出在原料供应和选择上的调整对整体生产效率产生了影响。

从上述分析中可以看出，导致基础油收率下降的原因多种多样，包含了原料质量的偏差、生产过程的复杂度增加以及原料供应变动等因素。因此，要想提升基础油的收率，就必须综合考虑这些问题，并采取针对性的措施来进行优化。这可能包括改进原料选择与调配的策略，重新评估和选择更加适宜的催化剂，以及对生产流程进行优化，从而有效降低复杂度和提高生产的灵活性。通过这些方法的综合应用，有望在

未来的生产中实现更高的基础油收率,提升生产效率,降低经营成本,从而在激烈的市场竞争中占据更有利的位置。

2.2 装置质量控制情况

在深入分析石化公司润滑油加氢装置的实际运行情况时,一个显著发现是,原料特性与设计参数存在较大偏差。尤其是原料中的蜡含量高于预期,这在前精制阶段导致反应空速过高,为了确保入二段反应器的原料氮含量达标,不得不将脱氮床层温度调至偏高水平。这种做法虽然解决了氮含量问题,却意外激发了裂化副反应的增强,对产品的整体分布产生了负面影响。

具体表现在干气和低分子量气体的产出比例显著上升,达到了7.5%至8.5%的水平,远超过了设计阶段的预期值4.13%。类似地,石脑油的收率也超出了设计值,实际的加工收率在12%到14%之间,明显高于设计末期的预期值11.48%。另一方面,处理减三线原料时,基础油的收率仅在37%至43%之间,而处理减四线原料时,基础油收率能够达到45%至53%的较高水平。这些数字背后,裂化副反应的激增也导致了重组分的粘度损失加剧,使得减四线重组分难以满足68#工业白油的质量标准。

裂化副反应的增强不仅影响产品分布和质量,还给装置的平稳运行带来了压力。增加的轻组分提高了二段异构脱蜡的耗氢量,热高分气空冷器的负荷亦因此增大。在夏季炎热的午后,冷后温度接近60℃,这对装置的处理能力产生了不利的影响。二段冷高压分离器的液控阀需要大幅开启,以适应裂化轻组分增多的情况。尤其是在处理减三线原材料时,二段冷高压分离器排液A阀需全开,B阀开度调整到30%至50%之间,以满足生产的需求。此外,异构脱蜡汽提塔在处理减三线时,需要副线全开以保持流量,导致加热炉负荷过高,使得预热器副线全关闭,排烟温度持续维持在160℃以上。

分析上述问题和挑战,显然,存在于原料特性、副反应控制、以及设备负荷管理方面的问题互相交织,形成了一系列的运营难题。要想有效地提升装置运行的稳定性和产品质量,就必须从多个维度出发,进行全面深入的分析和调整。这可能包括优化原料混配策略、调整反应器操作参数以更精确控制副反应、改善设备负荷和冷却系统的设计等措施。通过这种系统性的优化,有望实现更加高效和稳定的生产运行,同时

保证产品质量,满足市场的需求。

2.3 催化剂性能及反应器差压对比

在该石化公司润滑油加氢装置的综合考察中,重点关注了其两大核心部分:加氢前精制单元和异构脱蜡/后精制单元。值得一提的是,这两个关键单元中所使用的催化剂均出自美国雪弗龙鲁姆斯公司之手,这些催化剂的性能直接影响着整个装置的运行效率和产品质量。通过对催化剂活性的详细分析,可以更深入地理解装置运行中的关键变量和潜在挑战。

首先,原料质量是影响催化剂性能的重要因素之一。根据设计要求,原料的硫和氮含量分别不应超过3000 mg/kg和1500 mg/kg。通过数据比对,发现本年度实际处理的减三线蜡油,其平均硫含量仅为770 mg/kg,氮含量为468 mg/kg,相较于去年同期的硫含量平均值1099 mg/kg和氮含量458 mg/kg,硫含量明显改善,氮含量基本持平。

其次,在加氢前精制反应产出的分馏塔底油中,即异构脱蜡/后精制单元的进料,其硫和氮含量的实际控制要求极为严格,分别是 ≤ 50 mg/kg、 ≤ 2 mg/kg。这对催化剂的性能提出了高需求。在详细审视催化剂活性时,依据第二年1至4月份和去年同期的数据做了对比。令人关注的是,平均反应温度由去年的388℃上升至395℃,每月平均上升了0.58℃。在处理减三线蜡油时,加裂分馏塔底油(即异构脱蜡进料)的氮含量去年一直低于1 mg/kg,而今年同期的数据中,氮含量已时有超过1 mg/kg,最高达到1.5 mg/kg。这一变化暗示着催化剂活性的降低,而导致这一问题的根源,主要在于上游装置使用的原油种类繁多且变化频繁,导致原料性质复杂多变。

在对比分析第二年度前四个月与去年同一时期的数据时,不难发现异构脱蜡催化剂的平均反应温度略有上升,从363℃微调至366℃,平均每月增加了0.25℃。这一温度的轻微升高,与加裂催化剂的活性下降相比,显得更为温和。然而,尽管异构脱蜡催化剂的活性下降幅度相对较低,其脱蜡选择性却有明显变差的迹象。从产品收率的变动中可以一窥端倪:去年同期基础油的收率为49%,而本年同期则降至43.72%;相对地,轻润滑油的收率却从去年同期的18.69%增至26.61%。

此外,催化剂床层的总压降也为可以提供了关键信息。加裂反应器催化剂床层的总压降从0.284 MPag升至0.354 MPag,显示出该环节的阻力增加。与此相

对照, 异构脱蜡反应器催化剂床层的总压降从 0.186 MPag 略升至 0.2 MPag。

值得一提的是, 异构反应器第一床层的压降却有所降低, 从 0.059 MPag 下降至 0.035 MPag, 这可能暗示了催化剂床层中发生的物理或化学变化。在综合以上数据分析时, 可以明确观察到虽然异构脱蜡过程中催化剂活性的减弱相对较为缓慢, 但其对于基础油生产的选择性明显下降。可能的原因包括原料性质变化、催化剂老化、操作条件的微调等。

此外, 加裂反应器和异构脱蜡反应器中催化剂床层压力的变化也提醒可以, 反应环境的微小改变可能会对整个化学过程产生深远影响。因此, 通过精细调控操作条件、及时更换或再生催化剂等手段来优化异构脱蜡过程, 对于提高基础油的收率、改善产品质量具有决定性作用。这需要可以对装置的运行状况进行持续的监控和细致的分析, 以确保生产过程的高效与稳定。

2.4 专业技术工作

在深入理解并分析石化公司运营过程中, 一个显著而复杂的挑战是原料性质的大幅波动。这种波动主要源于上游单元频繁变更原油掺炼种类及比例, 而各类原油的特性存在较大差异。更为复杂的是, 上游装置为了充分利用资源, 还需回炼部分质地较差的污油, 这不仅进一步加剧了石蜡基润滑油装置处理原料性质的不稳定性, 还导致了原料中焦粉和胶质沥青质含量的超标。

具体来看, 对减三线蜡油与加裂尾油进行的胶质与沥青质分析揭示了令人担忧的数据: 胶质含量高达 0.81%, 沥青质含量更是高达 1.23%; 即 8100 mg/kg 和 12300 mg/kg, 远超出专利和石科院对这两种物质含量的严格要求。这种苛刻的原料性质不仅使得加裂脱氮和异构脱蜡降倾点的过程变得异常困难, 而且对催化剂造成了严重且不可逆的伤害。

面对原料性质的复杂多变, 原料升压泵入口过滤器的频繁堵塞问题也显得尤为突出。这不仅导致了反冲洗过滤器压差的急剧上升, 更使得滤后原料罐的液位控制成为一大难题, 进而增加了因反应进料中断而导致装置停工的风险。

针对这一系列问题, 可以采取了多种措施以稳定产品质量, 调整和优化生产流程。对于原料质量波动引起的产品质量不稳, 可以及时调整反应温度, 在不牺牲产品质量的前提下尽可能提高基础油的产量。在

遭遇极端苛刻的原料时, 即使通过提高反应温度也难以确保品质达标, 此时会适当降低处理量, 调整蜡油与尾油的掺炼比例, 以实现产品质量的稳定。

夏季温度升高给异构脱蜡过程带来额外的挑战。高温导致高压空冷器的冷后温度偏高, 可以通过喷淋水和优化装置换热网络的方式, 有效控制空冷器的冷后温度在 60℃ 以下, 保障循环氢压缩机的正常运作, 以及装置的安全稳定运行。面对原料中焦粉和胶质类物质带来的困扰, 可以通过降低原料处理量、增加常压塔底油循环量等方式来清洗并反冲洗过滤器, 及时清理原料升压泵入口过滤器, 以此应对过滤器堵塞问题。通过这些方法, 可以有效地延长了反应进料的缓冲时间, 避免了因原料性质恶化导致的反应进料中断和装置停工风险。

通过这一系列精心设计和实施的措施, 不仅成功应对了原料性质的波动和多变, 还保证了产品质量的稳定, 同时显著降低了因原料问题引发的生产中断风险, 从而确保了整体生产流程的高效和稳定。

3 结语

综上所述, 针对润滑油加氢装置在运行过程中出现的种种问题, 本文提出了需要进一步优化管理策略, 如加强原料质量控制、提升能效、科学选择和管理催化剂、引入先进的模拟技术和精细的生产控制策略等建议。通过将这些建议实践应用至加氢装置的具体操作中, 有望对解决装置存在的问题提供指导性的帮助, 从而提升产品质量, 降低生产成本, 最终达到优化经济运行效益的目的。通过这一系列的分析和建议, 本研究旨在为同行业中遭遇类似挑战的加氢项目提供借鉴和参考, 共同推动石化行业的可持续发展。

参考文献:

- [1] 冯全. 高压加氢装置生产 API III 类基础油运行分析 [J]. 当代化工研究, 2023, (22): 161-163.
- [2] 孙荣阔. 石蜡基高压加氢润滑油经济运行分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(18): 17-19.
- [3] 王启升, 王娟, 曹华民, 等. 石蜡基润滑油基础油高压加氢装置运行分析及改进建议 [J]. 石油炼制与化工, 2018, 49(09): 27-31.
- [4] 王启升, 王娟, 陈春保. 环烷基润滑油高压加氢装置运行分析 [J]. 炼油技术与工程, 2019, 49(05): 7-9.

作者简介:

刘发电 (1990.06.22-), 男, 汉族, 山东日照人, 本科, 中国海洋大学, 研究方向: 化工工程。