

1.4 Mt/a 航煤加氢装置加工石脑油 探索与实践

魏文*, 田海波, 张灵, 杨琪
(浙江石油化工有限公司, 浙江舟山 316000)

摘要:某公司在 1.4 Mt/a 航煤加氢装置上进行了加工石脑油的尝试。通过将航煤加氢装置的工艺原理、原料性质和运行参数等方面与石脑油加氢装置进行对比,并结合模拟计算,确定航煤加氢装置加工石脑油完全可行。在航煤加氢装置没有进行大幅改造的情况下,将原料调整为石脑油,经过操作参数摸索调整产出了合格的精制石脑油,硫、氮含量完全满足连续重整装置的原料要求。航煤加氢装置加工石脑油可以丰富石脑油加工线路,充分发挥装置的灵活性,提高全厂经济效益。

关键词:航煤加氢;石脑油加氢;常顶一级油;精制石脑油

中图分类号:TE624.4+31

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2024)05-0239-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2024.05.042

Exploration and practice of naphtha processing in 1.4 Mt/a jet fuel hydrogenation unit

WEI Wen*, TIAN Hai-bo, ZHANG Ling, YANG Qi
(Zhejiang Petroleum & Chemical Co., Ltd., Zhoushan 316000, China)

Abstract: A company has carried out an attempt to process naphtha on a 1.4 Mt/a jet fuel hydrogenation unit. Through comparing the process principle, raw material properties and operating parameters of the jet fuel hydrogenation unit with those of naphtha hydrogenation unit, and combining with the simulation calculation, it is determined that the jet fuel hydrogenation unit can completely process naphtha. Under the condition that the jet fuel hydrogenation unit has not been greatly renovated, the raw material is adjusted to naphtha. After the adjustment of operating parameters, qualified refined naphtha is produced, and the contents of sulfur and nitrogen in refined naphtha fully meet the raw material requirements of the continuous reforming unit. The processing of naphtha in jet fuel hydrogenation unit can enrich the processing route of naphtha, give full play to the flexibility of the unit, and improve the economic benefits of the whole plant.

Key words: jet fuel hydrogenation; naphtha hydrogenation; first grade oil at the top of atmospheric tower; refined naphtha

某 20 Mt/a 炼化一体化项目中建设有 1.4 Mt/a 航煤加氢装置,采用中国石化股份有限公司抚顺石油化工研究院(FRIPP)的煤油超深度加氢脱硫工艺技术,使用深度脱硫加氢精制催化剂 FHUDES-5^[1]。设计原料为常减压装置常一线油,生产满足 3[#]喷气燃料指标要求(要求硫含量<10 μg/g)的煤油产品,所副产石脑油均可作为石脑油加氢装置原料,另外副产一部分低分气和酸性气。全装置由反应、分馏和公用工程 3 个部分组成。由于 3[#]喷气燃料市场极不稳定,而芳烃市场持续向好,结合该项目中出现的石脑油加工瓶颈,为使项目利润最大化,在航煤加氢装置上进行了加工石脑油的探索与实践。

1 可行性分析

1.4 Mt/a 航煤加氢装置开工后平稳运行,并进

行过 100%负荷工况、110%负荷工况下的标定,结果显示工艺、设备、环保各系统运行状况良好,可以在满负荷下稳定操作运行。产品质量合格,物料平衡达到设计指标,能耗满足设计指标,脱硫率 99.84%,催化剂具有较好的活性,装置运行优良。

1.1 装置情况

航煤加氢装置设 1 台加氢反应器,采用新型的反应器内构件,气液分配更加均匀,催化剂利用率提高,同时减少径向温差。反应部分采用加热炉炉前混氢,冷高分工艺流程^[2]。设置循环氢脱硫设施,降低循环氢中 H₂S 浓度,提高脱硫反应深度。分馏部分设置汽提塔和分馏塔,汽提塔采用过热蒸汽汽提,产品分馏塔用重沸炉汽提,避免产品带水,保证产品质量。航煤产品在出装置前设有过滤器和聚结器,装置工艺原理与石脑油加氢基本相同,工艺流程

如图 1 所示。

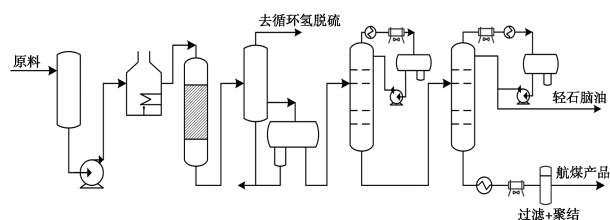


图 1 航煤加氢装置流程

1.2 原料性质

通过原料性质对比(表 1), 2 种石脑油的硫、氮和烯烃含量均小于该装置的设计和标定原料, 而全馏分石脑油的 50% 回收温度只有 90℃, 这股石脑油中轻组分太多, 航煤加氢装置加工时会造成分馏塔顶轻石脑油外送受限。常顶一级石脑油馏程略重, 硫含量 453 mg/kg、氮含量 0.63 mg/kg, 远低于直馏航煤中的含量, 因此利用航煤加氢催化剂 FHUDS-5 完全可以脱除, 装置所需的反应温度、压力还可以降低, 而且常顶一级油的烯烃体积分数小于 0.05%, 加氢脱硫时放热量可以忽略不计。经比较, 常顶一级油更接近航煤加氢装置标定原料, 可以尝试在航煤加氢装置上加工。

表 1 设计原料与石脑油性质对比

分析项目	设计原料 直馏航煤	标定原料 直馏航煤	石脑油 常顶 一级油	石脑油 直馏 全馏分
氮质量分数/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	4.24	1.32	0.63	1.16
硫质量分数/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	2144	1770	453	317
烯烃体积分数/%	0.9	0.78	<0.05	0.01
馏程/℃				
初馏点	156	152	75	35
10% 回收温度	184	169	108	55
30% 回收温度	194	179	124	72
50% 回收温度	204	189	134	90
70% 回收温度	219	200	145	112
90% 回收温度	251	218	157	145
终馏点	261	239	175	175
密度(20℃)/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	806	782	759	695

1.3 主要操作参数

从 2 个装置的操作条件对比(表 2)来看, 石脑油加氢装置的反应温度和压力略高, 其他参数比较接近, 航煤加氢的操作条件可以满足。由于石脑油加氢加工了一部分焦化石脑油, 该石脑油的硫、氮含

量是直馏石脑油的 5~8 倍, 因此石脑油加氢需要更高的反应温度和压力来精制。而按照表 1 中原料对比的情况, 航煤加氢仅加工常顶一级油, 所以不需要石脑油加氢装置一样高的温度和压力。

表 2 主要操作参数对比

参数名称	航煤加氢	石脑油加氢
进料温度/℃	112	70
反应器入口/出口温度/℃	270/280	290/305
反应器入口压力/MPa	4.0	4.62
反应总温升/℃	10	15
氢油比/($\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$)	200	170
分馏塔压力/MPa	0.2	0.17
分馏塔顶/底温度/℃	131/242	88/164
汽提塔压力/MPa	0.8	1.04
汽提塔顶/底温度/℃	197/196	81/225

1.4 物料平衡

从 2 个装置的物料平衡(表 3)对比看, 航煤加氢装置拔出的石脑油量较少, 石脑油外送泵的能力很有可能受限, 需要在加工时根据石脑油外送泵的能力调整装置负荷以及精制石脑油的初馏点。

表 3 物料平衡对比 %

航煤加氢		石脑油加氢	
投入	100	投入	100
直馏航煤	99.76	直馏石脑油+焦化石脑油	99.84
氢气	0.24	氢气	0.16
产出	100	产出	100
精制航煤	99.52	精制石脑油	68.01
石脑油	0.25	轻石脑油	31.11
低分气	0.01	含硫燃料气	0.88
酸性气	0.22		

1.5 分析小结

综合装置情况、原料情况、操作参数和物料平衡几个方面, 对航煤加氢装置和石脑油加氢装置进行了数据对比分析, 初步判断该装置可以加工石脑油。又进一步使用流程模拟软件对该装置进行模拟计算, 发现通过装置负荷和产品馏程的调整, 航煤加氢装置完全可以加工石脑油中的常顶一级油组分, 具备工业试验的可行性。

2 试加工情况

经过对航煤加氢装置加工石脑油的可行性分

析,组织在航煤加氢装置上进行了常顶一级油的加工试验,操作条件摸索调整到位后,所产精制石脑油产品的硫、氮含量($<0.5 \text{ mg/kg}$)均合格,达到了连续重整装置的进料要求。

2.1 试验过程

航煤加氢装置在静态情况下开工,使用常顶一级油对全装置进行置换,以流程上不同位置的多个点化验分析结果与常顶一级油接近,判定装置置换完成。对于原料变轻可能造成的超温、超压风险,在升温、升压阶段充分借鉴石脑油加氢装置的开工经验,将升温速度由不大于 25°C/h 降低至 17°C/h ,温度控制原则为先低温再提温,反应温度控制不大于 280°C 。升压速度也由不大于 1.5 MPa/h 降低到 0.4 MPa/h ,反应压力控制不大于 4.5 MPa ^[3]。汽提塔塔釜温度由 180°C 降低至 150°C 控制,分馏塔进料可能带水,塔釜升温速度严格控制不大于 17°C/h 。同时,由于原料偏轻,同样温度、压力下造成机泵气蚀、抽空风险增大^[4],在试验阶段分馏塔顶压力、液面均靠指标上限控制。对原料泵、精制石脑油泵、分馏塔底循环泵等重点观察运行情况。装置以最低负荷60%,即 100 t/h 常顶一级油进料开工,产品合格后逐步提高负荷测试。

2.2 主要操作参数

航煤加氢装置原料更换为常顶一级油后,经过开工调整,所产精制石脑油分析合格,稳定运行时的主要操作参数如表4所示,机泵运行平稳。逐步提高装置负荷继续测试,当达到75%负荷,即 125 t/h 常顶一级油进料时,分馏塔顶回流量加轻石脑油外送量达到了回流泵的最大负荷 11 t/h ,测试结束。

表4 主要操作参数

参数名称	石脑油(常顶一级油)
进料温度/ $^\circ\text{C}$	58
反应器入口/出口温度/ $^\circ\text{C}$	290/296
反应器入口压力/ MPa	4.2
反应总温升/ $^\circ\text{C}$	6.0
氢油比/ $(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3})$	256
分馏塔压力/ MPa	0.2
分馏塔顶/底温度/ $^\circ\text{C}$	105/150
汽提塔压力/ MPa	0.35
汽提塔顶/底温度/ $^\circ\text{C}$	99/125

2.3 产品性质

航煤加氢装置加工常顶一级油时,精制石脑油

各项控制指标均达到了重整进料要求^[5]。从表5可以看出,精制石脑油产品初馏点 96°C 、轻石脑油产品终馏点 116.7°C 均偏高,主要是分馏塔塔底温度控制 169°C 较高,而分馏塔顶回流控制较小。

表5 产品性质情况

分析项目	质量指标	精制石脑油	轻石脑油
硫质量分数/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	≤ 0.5	0.22	1.5
氮质量分数/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	≤ 0.5	0.34	< 0.3
馏程/ $^\circ\text{C}$			
初馏点	—	96.0	36.5
10%回收温度	—	114.7	57.5
50%回收温度	—	133.4	77.1
90%回收温度	—	154.0	101.5
终馏点	≤ 175	167.5	116.7

2.4 产品分布变化

从表6可以看出,加工常顶一级油时精制石脑油和轻石脑油综合收率为98.79%。新氢耗量为 0.14 t/h ,约0.16%,远小于航煤加氢装置设计值。由于常顶一级油馏程比航煤轻很多,所以轻石脑油收率较航煤加氢工况时增加了8.84%,直接导致分馏塔顶石脑油泵达到最大负荷,限制了装置负荷提升。

表6 产品分布变化对比 %

航煤加氢		石脑油	
投入	100	投入	100
直馏航煤	99.76	常顶一级油	99.84
氢气	0.24	氢气	0.16
产出	100	产出	100
精制航煤	99.52	精制石脑油	89.70
石脑油	0.25	轻石脑油	9.09
低分气	0.01	含硫燃料气	0.09
酸性气	0.22	酸性气	0.99
污油		污油	0.13

2.5 装置能耗变化

航煤加氢装置加工石脑油(常顶一级油)期间负荷为65%~75%,能耗变化见表7,此时的综合能耗为 383.72 MJ/t ,相比航煤加氢装置设计能耗 477.36 MJ/t 低 93.64 MJ/t 。从操作上看,装置加工石脑油时汽提塔温度和压力、分馏塔温度控制大幅降低,装置燃料气和 1.3 MPa 蒸汽消耗降低较多。

表7 能耗变化对比 MJ/t

项目	设计	实际
燃料气	242.44	175.56
1.3 MPa 蒸汽	76.08	52.25
电	121.22	130.00
除氧水	7.94	0.84
循环水	2.09	6.69
0.7 MPa 氮气	0.00	0.00
仪表风	2.93	3.34
伴热给水	5.85	0.00
含硫污水	2.51	0.42
取热水	16.30	14.63
伴热水	0.00	0.00
合计	477.36	383.72

2.6 试加工小结

(1) 装置原料改为石脑油后,以最低负荷 60% 开工,当达到 75% 负荷时,轻石脑油泵达到了最大负荷 11 t/h,装置加工石脑油遇到了瓶颈,若需要进一步提高装置负荷,需对轻石脑油泵进行负荷提升改造。

(2) 装置加工石脑油时,反应温度、压力、温升均满足生产需要,分馏塔温度、汽提塔温度和压力低于原操作条件,总体操作可控,装置运行平稳。

(3) 装置所产的精制石脑油硫、氮含量均低于 0.5 mg/kg,满足连续重整进料要求,可以作为连续重整装置原料直接供给。

(4) 由于常顶一级油馏程比航煤轻 65℃ 左右,产品分布中表现为精制石脑油收率较原来的精制航

煤低 9.8%,轻石脑油收率高 8.84%。

(5) 由于装置加工石脑油时汽提塔温度和压力、分馏塔温度控制大幅降低,装置综合能耗比设计降低 93.64 MJ/t。

3 结语

通过对航煤加氢装置的工艺流程、原料情况、操作参数等多方面分析,结合模拟软件计算情况,确定航煤加氢装置加工石脑油中的常顶一级油组分完全可行。因此,在装置不做大幅技术改造的情况下,将原料调整为常顶一级油,通过操作参数摸索调整,产出了合格的精制石脑油,硫、氮含量完全满足连续重整装置的原料要求。该探索试验打开了石脑油加工的一条新路,充分发挥了装置的灵活性^[6]。尤其在石脑油加氢装置大修时,可保证连续重整装置正常运行,为全厂物料平衡方案提供了新的选项。

参考文献

- [1] 方向晨,郭蓉,杨成敏.柴油超深度加氢脱硫催化剂的开发及应用[J].催化学报,2013,34(1):130-139.
- [2] 王伟.加氢精制装置节能措施及效果[J].炼油技术与工程,2022,52(8):60-63.
- [3] 史俭,张飞.加氢裂化装置开工初期重石脑油硫含量超标原因分析[J].炼油技术与工程,2013,43(11):29-30.
- [4] 张硕磊,丁明.浅析工艺生产中离心泵的气蚀[J].中国石油和化工标准与质量,2013,33(19):119.
- [5] 叶冲,邓咸林,薛金召.原料硫超标排查及其对重整反应的影响[J].当代化工,2015,44(7):1556-1559,1563.
- [6] 刘艳伟,赵书娟,李彬.用“分子炼油理念”指导石脑油加工优化[J].炼油技术与工程,2014,44(8):21-24. ■

霍尼韦尔为埃克森美孚惠州乙烯项目提供先进技术

近日霍尼韦尔宣布为埃克森美孚惠州乙烯项目提供一系列吸附剂产品和可再生吸附剂设计方案,助力关键装置安全、低碳、高效运行。本次合作将在帮助客户提高能效的同时减少碳排放,以顺应霍尼韦尔近期宣布的计划,即围绕包括能源转型在内的三大趋势进行业务组合调整。

在该项目中,霍尼韦尔 UOP 提供了多种吸附剂与分子筛的组合方案,可深度脱除相关装置中的水分与杂质,同时借助改性氧化铝系列产品,将各类杂质去除至极低含量,在确保催化剂活性与功效的同时,尽可能减少加工过程中的能耗。除了先进的吸附剂产品,霍尼韦尔 UOP 还为埃克森美孚惠州乙烯项目制定了一整套吸附剂设计方案,满足了埃克森美孚自主专利技术中的特殊工艺要求,加速推进了该项目的实施。

“随着双碳目标的深入推进,石化产业也逐渐向‘减油增化’的趋势加速发展,对分离、净化、精制等炼化工艺技术提出了更高的要求。”霍尼韦尔 UOP 副总裁兼中国总经

理石文才表示,“我们很高兴能与埃克森美孚达成合作,将霍尼韦尔 UOP 一系列创新技术和成熟解决方案运用于这一世界级项目中。霍尼韦尔将持续通过技术创新帮助炼化行业客户节能增效,推动中国的能源转型及可持续发展目标的实现。”

埃克森美孚表示,作为埃克森美孚在华独资建设的首个石化项目,埃克森美孚惠州乙烯项目具有行业示范意义。在这个项目中,埃克森美孚希望借助霍尼韦尔 UOP 强大的吸附剂技术,充分发挥双方优势,通过精诚合作,推动项目安全、低碳、高效运行,为双碳目标的实现注入新动力。

埃克森美孚惠州乙烯项目位于惠州大亚湾石化区,是一个世界级化工综合体项目,包括年产 160 万 t 乙烯的灵活进料蒸汽裂解装置、两套年产共计 120 万 t 的高性能线性低密度聚乙烯装置、一套世界最大单体年产 50 万 t 的低密度聚乙烯装置、两套年产共计 95 万 t 的差异化高性能聚丙烯装置以及重件码头等多个配套工程。(周宇虹)