

F-T 合成油异构脱蜡尾油深加工处理工业实践

王 浩 王 智 (山西潞安煤基清洁能源有限责任公司, 山西 长治 046200)

摘 要: 国内某煤制油项目是以煤为原料, 经过费托合成及油品加工过程生产清洁交通运输燃料, 该项目符合国家能源安全战略要求, 可以有效缓解国内石油资源紧缺压力并提升煤炭的清洁利用效率。为进一步提高项目经济效益, 后续配套建设异构脱蜡装置加工精制尾油, 生产润滑油基础油等高附加值产品, 但受某些原因影响, 生产的基础油尾油出现颜色发黑的问题。针对这一问题, 利用加氢裂化装置对其进行深加工处理, 并探索出适宜的深加工处理操作条件, 解决发黑基础油尾油滞销问题, 进一步提高项目的经济效益。

关键词: 煤化工; 基础油尾油; 加氢裂化

0 引言

国内某煤制油项目以煤为原料, 经过费托 (F-T) 合成过程及油品加工过程生产清洁交通运输燃料, 该项目符合国家能源安全战略要求, 可以有效缓解国内石油资源紧缺压力以及提升煤炭的清洁利用效率。为进一步提高项目经济效益, 后续配套建设异构脱蜡装置加工精制尾油, 生产润滑油基础油等高附加值产品, 但受某些原因影响, 生产的基础油尾油出现颜色发黑的问题, 售价下降, 市场需求量低, 销售困难。如出现产品滞销, 加氢异构脱蜡装置将被迫降负荷运行甚至停止生产, 严重影响公司经济效益。因此, 对基础油尾油如何进行再加工处理已成为保证加氢异构脱蜡装置稳定运行的重要因素。在经过调研和催化剂专利商确认后, 决定利用闲置的加氢裂化装置对发黑的基础油尾油进行深加工处理。通过不断摸索, 优化加氢裂化工艺操作条件及优化基础油尾油加工比例, 实现了加氢裂化装置在低负荷下实现全基础油尾油进料, 解决了发黑基础油尾油销路问题, 进一步提高整个项目的经济效益。

1 装置概述

某公司加氢裂化装置于 2017 年建成投产, 采用中石化大连石油化工研究院开发 F-T 合成油全循环加氢裂化技术及配套 FC-14 裂化催化剂加工精制尾油, 主要产品为 LPG、石脑油、柴油组分、未转化尾油。

本文主要分析加氢裂化装置处理基础油尾油时, 对装置操作条件、产品质量、能耗以及经济效益等方面的影响, 并针对出现的问题提出长周期运行建议。

2 原料油性质及可行性调研

表 1 原料油的主要性质

分析指标 \ 进料介质	精制尾油	基础油尾油
馏程 / $^{\circ}\text{C}$		
初馏点	290	321
10%	344	355
50%	436	438

终馏点	680	701
铁含量 /ppm	2.5	未检出
密度 / $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	/	839
水含量 /ppm	50	/
运动粘度 / $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	/	30

表 1 列出了精制尾油、基础油尾油的主要性质。对比分析基础油尾油铁含量低于精制尾油, 模拟馏程及运动粘度高于精制尾油, 基础油尾油和精制尾油中均无烯烃含量, 为饱和的烷烃。

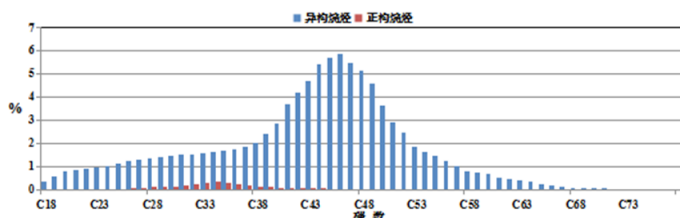


图 1 基础油尾油碳数分布

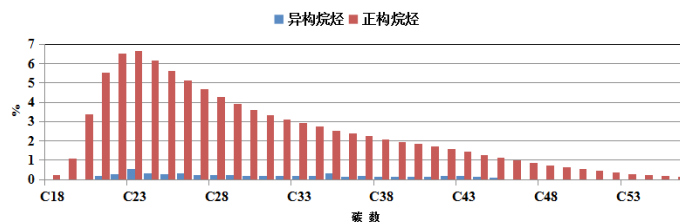


图 2 精制尾油碳数分布

图 1 和图 2 列出了两种原料的碳数分布。F-T 合成的精制尾油中正构烷烃含量达 90% 以上、异构烃含量 < 10%, 主要以正构烷烃为主; 基础油尾油中正构烷烃含量 < 5%、异构烷烃含量 > 95%, 主要以异构烷烃为主, 基础油尾油异构率远高于精制尾油。

通过对比精制尾油和基础油尾油组分, 两种原料的组成均为饱和的烷烃, 无环状烃和芳烃, 区别在于基础油尾油异构率高, 粘度较大。通过分析裂化催化剂的进料要求和催化剂性质, 确定理论上基础油尾油可作为加氢裂化装置原料使用。

3 利用加氢裂化装置加工基础油尾油工艺条件探索

基础油尾油流量控制在 15–20t/h，要实现加氢裂化装置连续加工，运行负荷需低至 20–30%，工艺条件指标控制难度大。加氢裂化装置加工基础油尾油时，随着负荷提高，液体产品收率逐渐下降，产品结构轻质化，运行负荷达到 40% 时，液体产品收率已不足 90%，因此将负荷控制在 25% 左右为宜。

加氢裂化装置加工基础油尾油时，轻质产品占比大，柴油产品产量较小，且柴油不能实现连续抽出，产品为石脑油和 LPG。根据特殊的运行工况，分馏塔侧线停止抽出，塔顶温度控制在 100–110℃；吸收脱吸塔底温度控制在 110–120℃，塔顶压力控制在 0.7–0.9MPa；稳定塔底温度控制在 150–160℃，塔顶压力控制在 0.90–1MPa，实现了产品的连续合格，裂化干气中 C₃ 以上组分含量 < 4%，充分回收液体产品。

加氢裂化反应温度的选择，以降低 C₃ 以下气相组分比例，提高单程转化率为目标，通过摸索，确定加工基础油尾油时裂化催化剂反应温度控制 310–320℃，既保证了单程转化率可满足 25% 负荷要求，又将裂化冷低分气、裂化干气中 C₃ 以下组分含量控制在 4% 以下，避免了物料浪费，提高了液体产品收率。

4 不同原料对工艺参数的影响

自加氢裂化装置以基础油尾油为原料进行工业应用试运行，运行期间系统指标稳定，设备运行状态良好，处理量为 20t/h，表 2 列出了处理基础油尾油工况时主要工艺参数。

表 2 加氢裂化装置主要工艺参数

反应条件	运行值
运行负荷	25%
床层平均温度，℃	310-320
反应压力，MPa	6.8-7.2
空速，h ⁻¹	1.2
氢油比	1100-1200
循环氢纯度，%	> 90
床层压降，MPa	0.36-0.40

4.1 裂化反应器参数变化

表 3 裂化反应器主要工艺参数

反应器入口温度℃	反应器床层总温升℃	第一床层温升℃	第二床层温升℃	第三床层温升℃	第四床层温升℃	反应器总压降/MPa
290	6.8	2.8	2.0	1.6	0.4	0.36
300	8.1	3.6	2.8	1.3	0.4	0.38

310	11.4	3.9	4.4	2.6	0.5	0.37
320	13.4	4.8	4.9	2.9	0.8	0.36

本次裂化装置加工基础油尾油最高负荷达到 40%，分别调整进料温度 290℃ 工况、300℃ 工况、310℃ 工况、320℃ 工况进行观察，通过各温度工况的运行数据进行分析，分析结果列于表 3。

通过与处理精制尾油工况的运行参数相比，处理基础油尾油物料时催化剂起活温度较低，仅有 290℃（精制尾油工况 300–310℃），相同进料温度条件下，第 1–3 床层温升均比精制尾油工况高，表明基础油尾油中的异构烃类分子更容易发生裂化反应。床层压降方面，相同负荷下总压降较尾油工况略高，但并不明显，均在 0.36–0.40MPa 之间，床层压降基本稳定，无明显上升趋势，对催化剂活性、稳定性及使用寿命无大的影响。

4.2 氢耗变化

由运行数据可知，在转化率相同时，加氢精制尾油耗氢为 240Nm³/t 原料，基础油尾油耗氢为 200Nm³/t，耗氢降低约 16.7%。这是因为处理基础油尾油时，由于加氢裂化反应正碳离子断键裂化反应机理的影响，异构烃类分子更易生成正碳离子，反应的速率常数增大，在相当的转化深度下，使催化剂的平均温度降低了 6℃，表现为装置耗氢量降低。

4.3 产品分布的变化

通过装置运行发现与精制尾油相比，处理基础油尾油时进料更容易发生裂化反应，在产品分布方面，轻质产品占比大，柴油不能实现连续抽出，产品为石脑油和 LPG，从物料平衡来看，产品收率较低，但总液体收率 95% 基本能达到要求。

综上所述，加氢裂化装置以基础油尾油为原料进行工业应用实践，通过加工负荷、工艺参数等优化调整，基础油尾油可以采用现有加氢裂化装置加工处理，运行期间系统指标稳定，设备运行状态良好。与设计精制尾油相比，在控制相同的转化深度下，基础油尾油需要的反应温度更低，轻质产品收率更高，总液体收率基本能达到要求，可以有效解决发黑基础油尾油滞销问题，进一步提高项目的经济效益。

参考文献：

- [1] 孙继良. 国内加氢裂化尾油的综合利用 [J]. 炼油与化工, 2008(04):3-6.
- [2] 李雪静. 浅谈加氢裂化尾油的综合利用 [J]. 甘肃石油和化工, 1997(03):9-12.
- [3] 刘俊朝. 加氢基础油现状及加氢裂化尾油资源利用探讨 [J]. 引文版 (工程技术), 2015(06):1-1.
- [4] 杨军, 刘丽, 芝刘平, 等. 加氢裂化尾油异构脱蜡催化剂及工艺研究 [J]. 工业催化, 1999(02):17-21.
- [5] 陈锡武, 周应斌, 等. 加氢裂化尾油异构脱蜡工艺技术的研究 [J]. 金陵科技, 2003, 10(01):43-47.