

全加氢型炼厂重油加工延迟焦化装置的设计

田 慧, 张敬敏

(中石油华东勘察设计研究院, 山东 青岛 266071)

摘要:以按照 100% 俄罗斯原油设计的某炼厂为例, 在设计工况的基础上测算了掺炼不同比例沙中油时, 渣油加氢脱硫和催化裂化装置进料性质的变化情况。经测算, 建设 1 套 100 万 t/a 的延迟焦化装置, 当掺炼沙中油达到 60% 时, 有利于关键装置长周期稳定运行, 且使净利润由 256.66 元/t 提高到 282.26 元/t。

关键词:重油加工; 延迟焦化装置; 加氢脱硫; 催化裂化

中图分类号: TE624

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2011)08-0076-02

Design of delay coking unit for heavy oil processing of hydrogenated refinery

TIAN Hui, ZHANG Jing-min

(CNPC East China Design Institute, Qingdao 266071, China)

Abstract: In hydrogenated refinery designed on the basis of Russian crude oil, the content of sulfur, carbon, Ni and V in vacuum residence hydrodesulfurization (VRDS) feed and the catalytic cracking (FCC) feed increase along with the increase of the proportion of Saudi Arabia's crude oil in the Russian crude oil. When establishing a 1 000 000 t/a delay coking unit and the portion of Saudi Arabia's crude oil is 60%, it is not only beneficial to the long-term reliable running but also improves the net margin from ¥256.66 to ¥282.26 per ton crude oil.

Key words: heavy oil processing; delay coking unit; hydrodesulfurization; catalytic cracking

自 20 世纪 80 年代中期, 我国先后在中国石化齐鲁分公司、大连西太平洋石油化工有限公司、中国石化茂名分公司、海南实华炼油化工有限公司和中国石油大连石化分公司等炼化企业建成投产了固定床渣油加氢脱硫装置 (VRDS)^[1]。该工艺与催化裂化 (FCC) 工艺相结合可将低价值的渣油全部转化为市场急需的高价值的汽、柴油, 实现对原油资源“吃干榨尽”的目标, 炼厂总液体收率高, 轻油收率高, 产品质量好, 是公认的经济环保深加工工艺, 不仅具有客观的经济效益, 而且具有良好的社会效益和环境效益。

由于渣油加氢脱硫工艺具有氢分压高、空速低、催化剂失活快、氢耗高、系统压降大、易结焦等特点, 工艺过程需要采取多种保护措施以延长渣油加氢装置的运转周期, 对原料要求较高, 原油选择面窄。对于齐鲁等重油加工采用渣油加氢工艺的全加氢型炼化企业来说, 渣油加氢脱硫装置可以说是最重要、最能充分体现“安稳长满优”的核心装置, 这是由于: (1) 该装置的加工能力直接影响炼厂原油的总加工量; (2) 该装置运转周期直接影响炼厂的经济效益; (3) 加氢渣油性质直接影响重油催化裂化装置的操作条件、产品性质、运行成本和环保排放指标。

近年来, 随着原油变重变差, 以及原油来源的不

确定性, 全加氢型炼厂投产后实际原油性质与设计所选用的原油性质差别较大, 特别表现在实际加工原油的硫含量、残炭、重金属等杂质比设计值增加许多, 造成加工重油馏分的渣油加氢脱硫装置原料性质变差, 渣油加氢脱硫装置出现了加工瓶颈, 从而影响全厂整体效益。

1 进料量和性质

以按照 100% 俄罗斯原油设计的全加氢炼厂 (主要装置配置见表 1、渣油加氢脱硫和催化裂化装置进料性质见表 2) 为例, 测算掺炼不同比例沙中原油情况下, 渣油加氢脱硫和催化裂化装置进料量和性质的变化情况, 见图 1~图 4。

表 1 全加氢型炼厂主要装置配置

序号	项目	规模/万 t·a ⁻¹
1	常减压蒸馏	1000
2	渣油加氢脱硫	260
3	蜡油加氢裂化	180
4	催化裂化	260
5	连续重整-芳烃抽提	220
6	柴油加氢精制	400

表2 全加氢型炼厂VRDS和FCC装置进料性质

项目	渣油VRDS装置	FCC装置
蜡油/万t·a ⁻¹	104.4	
减压渣油/万t·a ⁻¹	148.2	
加氢脱硫渣油/万t·a ⁻¹		246.96
加氢裂化尾油/万t·a ⁻¹		0.89
VGO:VR	0.70	
S质量分数/%	2.01	0.20
残炭质量分数/%	9.60	3.43
(Ni+V)质量含量/mg·kg ⁻¹	73.65	10.25
N含量/mg·kg ⁻¹	4864	1734

由图1可以看出:随着沙中油比例的增大,减压蜡油(VGO)和减压渣油(VR)的量增大,当掺炼沙中原油达到60%时,从量的关系来看,全厂重油馏分量为499万t/a,此时,渣油加氢脱硫和加氢裂化装置进料量达到设计值的113%,已超过设计弹性范围(110%)。

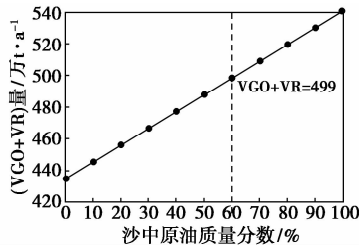


图1 掺炼不同比例沙中原油减压蜡油与减压渣油量的关系

由图2~图4可以看出,随着沙中油比例的增大,常减压、渣油加氢脱硫和催化裂化装置进料中金属镍和钒(Ni+V)、残炭(CCR)和硫(S)质量分数

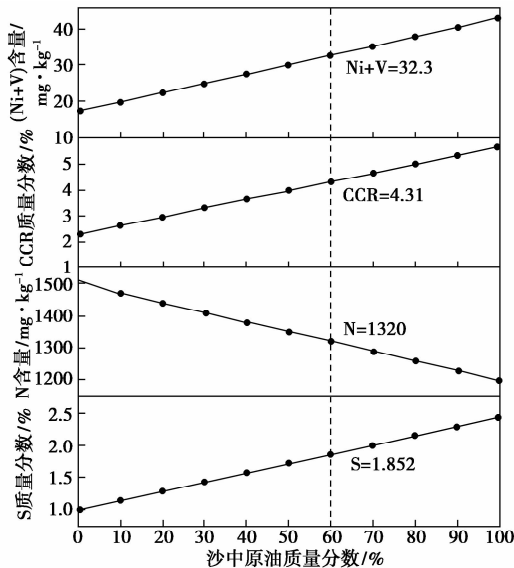


图2 掺炼不同比例沙中原油常减压装置进料性质

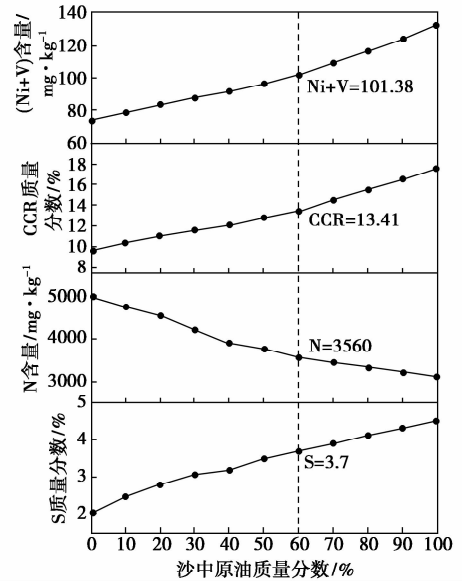


图3 掺炼不同比例沙中原油VRDS装置进料性质

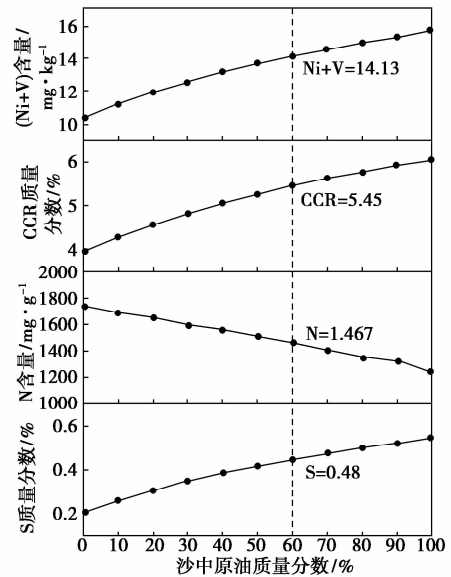


图4 掺炼不同比例沙中原油催化裂化装置进料性质

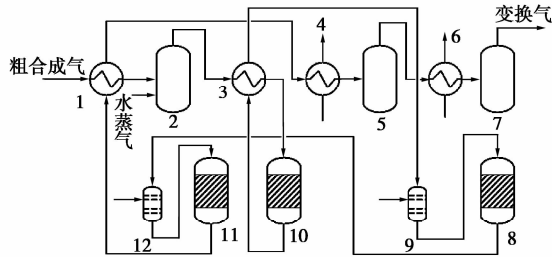
增大,而氮(N)质量分数减小。当掺炼沙中原油质量分数达到60%时,从性质上来看,此时VRDS和FCC装置已经超过设计值,出现加工瓶颈。

2 规模的确定

在加工40%俄油+60%沙中油和100%沙中油情况下,分别剩余59万t/a和95万t/a减压渣油的产能。因此,对于一个按照100%俄罗斯油设计的全加氢型炼厂,增设1套100万t/a的延迟焦化装置,当掺炼沙中油达到60%时,可使VRDS和FCC的进料性质接近设计值。延迟焦化装置的投入

(下转第79页)

通过煤气换热器被冷却,进第一淬冷过滤器被激冷,再进第二变换炉继续进行变换反应。出第二变换炉的变换气进第二淬冷过滤器被激冷后,进第三变换炉进行变换反应。出口的变换气经煤气预热器和废热锅炉预热器回收热量,在第一变换气分离器分离冷凝液后,经变换气水冷器进入第二变换气分离器,分离冷凝液后去酸性气体脱除工序。该工艺的核心设备是3个变换炉,其特点是换热结构复杂。



1—煤气预热器;2—蒸汽混合器;3—煤气换热器;4—废热锅炉预热器;5—变换器分离器 I;6—变换器水冷器;7—变换器分离器 II;8—第二变换炉;9—淬冷过滤器 I;10—第一变换炉;11—第三变换炉;12—淬冷过滤器 II

图1 变换过程流程图

1.2 正常模型

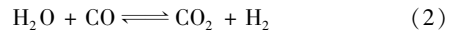
物料衡算是建立变换过程模型的主要基础,应用于变换炉、分离器和废热锅炉的主物料进出计算, *i* 组分的物料衡算可用式(1)来表示。

$$d(mz_i)/dt =$$

$$\sum_j (F_{in,j}x_{in,j,i}) - \sum_j (q_{g,j}y_i) - \sum_j (q_{l,j}x_i) + V_g \sum_k r_i \quad (1)$$

式中, F_{in} 、 q_g 和 q_l 分别表示进料、气相出料和液相出料的流量; m 为持料量; t 为时间; x 、 y 、 z 分别表示液相、气相、总物料摩尔浓度, V 为体积, r 为反应速率, 下标 i 、 j 、 in 、 g 、 l 分别代表组分号、物料号、进料、气相、液相。

变换过程是在催化剂作用和一定的温度下,使 CO 和水蒸汽发生反应,将 CO 转化为氢气和二氧化碳气,反应方程式如式(2)所示。由于该反应为气相反应,所以将式(1)中的反应项 r_i 乘以反应器气相体积 V_g 。CO₂ 的生成速率用式(3)和(4)来计算^[12-13],式(4)中的 K_y 是以摩尔表示的平衡常数,用式(5)和(6)来计算。式(3)~(5)中, T 为温度, y 为摩尔浓度, R 为气体常数。



$$r = 1800 \exp(-43000/RT) y_{CO}^{0.6} y_{H_2O}^{-0.3} y_{CO_2}^{0.8} y_{H_2}^{-1} (1 - \beta) \quad (3)$$

$$\beta = y_{CO_2} y_{H_2} / K_y y_{CO} y_{H_2O} \quad (4)$$

$$K_y = \exp\{z[0.63508 - 0.29353Z] + 4.1778\} + 0.31688 \quad (5)$$

$$Z = 1000/T - 1 \quad (6)$$

此外,在换热器和废热锅炉中还进行着热量传递过程,可用热量衡算式(7)来表示,可计算各温度参数 T 的变化趋势。

(上接第77页)

运行,一方面有利于 VRDS 和 FCC 等关键装置的长周期安全运行,另一方面可提高炼厂对原料的适应性。

3 经济效益分析

增加1套100万t/a的延迟焦化装置,需增加工程费用约2.6亿元人民币。对100%俄油、40%俄油+60%沙中油和100%沙中油3种工况进行混合原油价格、企业所得税后利润、税后财务内部收益率

表3 不同掺炼比例经济效益对比

项目	100% 俄油	40% 俄油 + 60% 沙中油	100% 沙中油
混合原油价格/元·t ⁻¹	3166	3099	2964
企业所得税后利润/万元	256657	282264	323952
税后财务内部收益率/%	15.07	15.83	17.54
吨油净利润/元·t ⁻¹	256.66	282.26	323.95

率、和吨油净利润等经济评价指标进行对比,见表3。

从表3可以看出,随着沙中油比例的增大,混合原油的价格降低;企业所得税后利润、税后财务内部收益率、吨油净利润3项经济指标增大。

4 结论

(1)延迟焦化装置轻油收率低,相对渣油加氢脱硫产品附加值低。但是原料适应性强,灵活性好。对于一个全加氢型炼油厂来说,建设1套规模适宜的延迟焦化装置,在原油质量变重变劣的情况下,能很好地解决炼厂对原油依赖性过强的问题,增加实际生产过程中的操作灵活性。

(2)从经济角度分析,在增加焦化装置后,全加氢型炼厂应尽量掺炼沙中油,增加经济效益。

参考文献

[1] 夏恩冬,吕倩,王刚,等. 国内外渣油加氢技术现状与展望[J]. 精细石油化工与进展,2008,9(8):42-46. ■