

两系列单开单停工艺在渣油加氢装置的发展及应用

任国庆,于长旺,宋兴武,冯文欣

(中化泉州石化有限公司,福建泉州 362100)

摘要:固定床渣油加氢装置因其催化剂使用寿命无法与炼厂大检修时间同步,在停工换剂期间对上下游装置影响较大,由此促进了两系列单开单停工艺的发展。单开单停技术可实现两系列渣油加氢装置一列停工换剂时另一列正常运行,增强装置操作灵活性,提高炼厂经济效益。通过对比分析两系列单开单停工艺 3 个发展阶段的工艺流程,归纳总结出实现该工艺的 3 个充分必要条件,包括独立的进料系统、独立的循环气系统和独立的循环油系统,并对 3 个工艺条件在单系列独立开、停工过程中的具体应用做出了详细说明。

关键词:渣油加氢;两系列;单开单停;换剂;停工

中图分类号:TE624

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2014)07-0126-04

Development and application of two-parallel set refining technology in the residual oil hydrogenation unit

REN Guo-qing, YU Chang-wang, SONG Xing-wu, FENG Wen-xin

(Sinochem Quanzhou Petrochemical Co., Ltd., Quanzhou 362100, China)

Abstract: Due to the non-synchronization problem between the service life of the catalyst and the overhaul period, the residue fixed bed hydrogenation unit has great influence on the interrelated devices during the catalyst replacing time. Then, the two-parallel set refining technology involved residual oil hydrogenation unit is developed, which ensures the normal operation for one set unit when the other one is shutdown. Such operating flexibility of residue fixed bed hydrogenation unit can improve the economic efficiency of refinery. By the comparative analysis on the process configuration in its three stages development, it is found that two-parallel set refining process can be achieved under the following three sufficient prerequisites, including the independent feed system, independent gas circulation system and independent oil circulation system. The specific description about the application of three process conditions in one-set starting and shutdown procedure is carried out as well.

Key words: residue hydrotreating; parallel-set; single-set starting and shutdown; replacing catalyst; shutdown

2013 年 9 月国务院发布的《大气污染防治行动计划》提出,在 2017 年底,全国供应符合国家第五阶段标准的车用汽、柴油。油品升级、优质优价是国家实施节能减排、改善环境和人民生活质量的重要战略之一,石油炼制工业发展的目标必将是在提高轻质油收率的同时提高产品质量。

提高轻质油收率的关键在于重油的高效转化,关键技术之一就是渣油加氢技术^[1],目前渣油加氢工艺主要包括沸腾床、固定床、移动床和悬浮床 4 种。固定床渣油加氢工艺技术成熟,装置投

资费用相对较低,产品质量好,发展速度很快,而两系列单开单停技术是固定床渣油加氢工艺的发展趋势。

1 背景

渣油加氢工艺与催化裂化工艺相结合可将低价值的渣油全部转化为市场亟需的高附加值的汽、柴油^[2],进一步提高炼厂收益,因此在愈加依靠进口原料的中国得到越来越广泛的应用。国内发展最早的 4 套渣油加氢装置概况见表 1^[3]。

表 1 国内前 4 套渣油加氢装置概况

序号	装置名称	本文中简称	投产时间	处理量/(万 t·a ⁻¹)	设计原料	采用技术
第 1 套	中国石油化工股份有限公司齐鲁分公司胜利炼油厂减压渣油加氢脱硫(VRDS)装置	改造前	1992.6	84	孤岛减压渣油	美国雪弗隆(Chevron)公司的 VRDS 技术
		齐鲁	2000.1 ^[4]	150	中东高硫原油减压渣油	增加 Chevron 公司的上流式反应器专利技术(UFR)

收稿日期:2014-01-15;修回日期:2014-05-07

作者简介:任国庆(1982-),男,硕士,工程师,从事渣油加氢装置技术工作,0595-27570900, zld_guoqing@163.com。

续表

序号	装置名称	本文中简称	投产时间	处理量/($\text{万 t}\cdot\text{a}^{-1}$)	设计原料	采用技术
第2套	大连西太平洋石油化工有限公司重油加氢装置(ARDS)	西太	1997.8	200	中东常压渣油	美国联合油公司(UNICAL)技术
第3套	中国石油化工股份有限公司茂名分公司渣油加氢脱硫装置	茂名	1999.12	200	沙特减渣、伊朗减渣和伊朗减压蜡油的混合油	国产化渣油加氢成套技术(S-RHT)
第4套	海南实华炼油化工有限公司催化原料预处理装置	海南	2006.9	310	阿曼和文昌原油的常渣	由中国石化工程建设公司(SEI)、中国石化海南炼油化工有限公司等单位完成的大型化渣油加氢工艺及工程技术 ^[5]

装置工艺流程不同、选用催化剂不同、进料条件不同、操作条件不同等,会造成渣油加氢运转周期不同,其中,催化剂使用寿命是影响固定床渣油加氢工艺运转周期的关键因素,影响催化剂失活的主要因素^[6]有装置操作苛刻度水平、进料量和氢分压等。

从国内运行时间较长的前4套装置(齐鲁、西太、茂名和海南)实际运转周期看^[3],截至2006年,运转时间最长的是西太第1周期,约26个月,其次是茂名,平均周期均较长,约21个月,齐鲁和海南的运转周期均不足18个月。这与当前国内各炼厂平均3~4年进行一次的装置大修周期相比有一定差距。停工换剂期间,相关联的上下游装置需要降

量生产或调整生产方案,增加了罐区调配难度,炼厂整体波动幅度较大,增加了装置事故几率。随着固定床渣油加氢工艺在国内越来越广泛地应用,人们在研究如何提高催化剂使用寿命的同时,也在研究如何在停工换剂期间减少对其他装置影响。渣油加氢两系列单开单停技术由此得到发展和应用。

2 两系列单开单停工艺发展的过程

早期建设的3套装置,包括改造前齐鲁^[7]、西太和茂名,渣油加氢工艺虽在反应部分设置成两系列,却不能实现单开单停操作,流程示意图见图1。

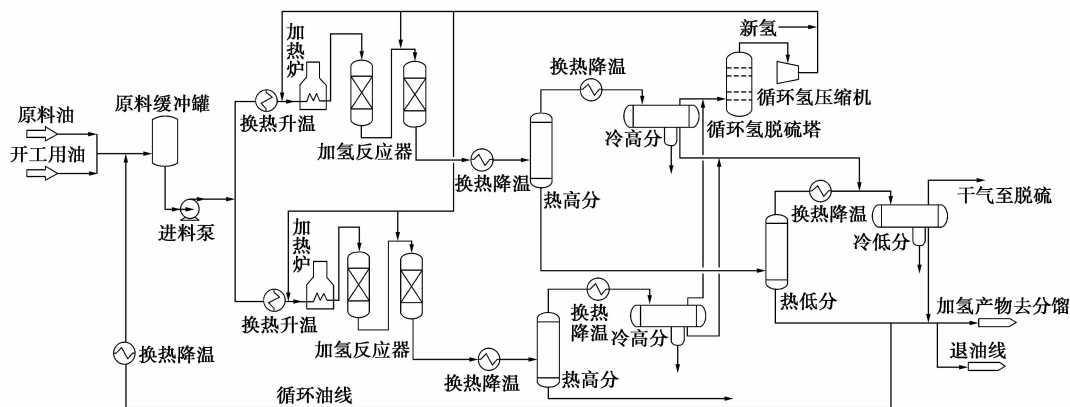


图1 渣油加氢两系列不能单开单停工艺流程示意图

1999年底齐鲁渣油加氢装置改造^[3]后,可以实现两系列半单开单停操作,工艺流程示意图见图2。

图2与图1相比,在两系列单独设置加氢反应器和冷、热高压分离器的基础上,进一步单独设置了进料泵、热低压分离器、循环氢压缩机和循环氢脱硫塔,如图2中虚线框中所示。

半单开单停时期设置两列反应器,在满足设备制造和催化剂床层压降要求的基础上进一步提高了装置操作灵活度,两列反应器可分别装填不同类型

的催化剂^[8]以实现不同期换剂,减少对其他装置的影响,也有利于对比选择对原料适应性更强的催化剂。

但半单开单停工艺进料部分共用决定了两系列进料必须相同,一列停工时,另一列要配合更换进料,以便于停工系列退油,导致不停工系列需要经历一个从渣油切换到蜡油,再由蜡油切换至渣油的过程(停工系列需在蜡油循环下注入成膜剂进行催化剂成膜),虽时间较短(约3d),对上下游装置影响

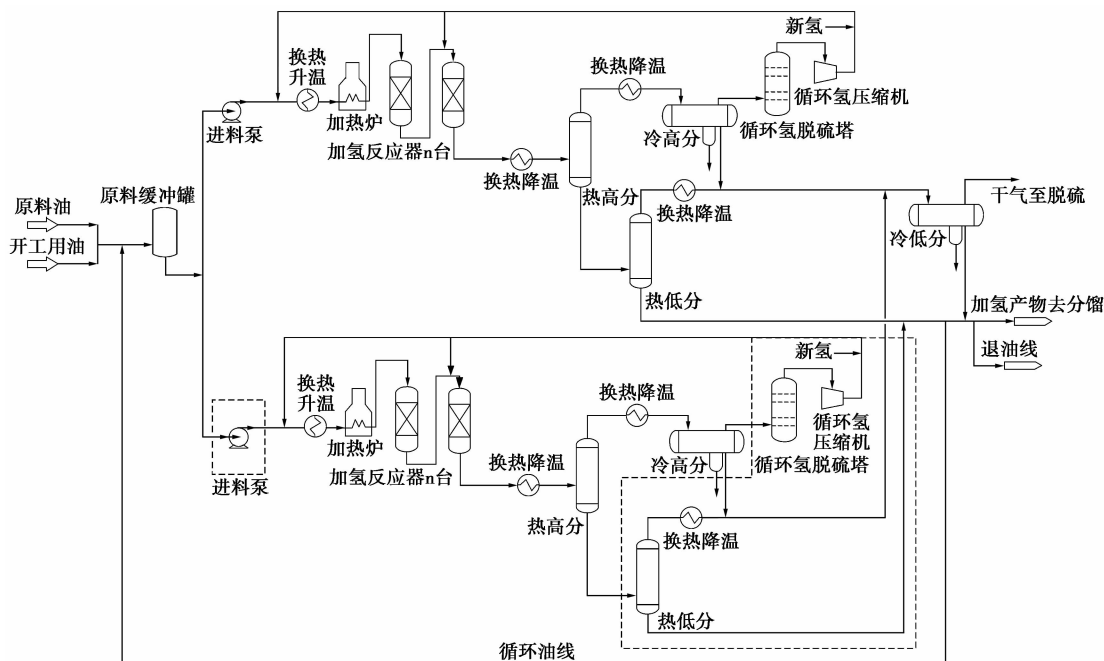


图 2 渣油加氢两系列半单开单停工艺流程示意图

相对较小,但过程操作比较烦琐,且高压操作危险性大,因此后建的海南渣油加氢装置设计应用了两系

列单开单停工艺,一列停工时另一列可正常运转,流程示意图见图 3。

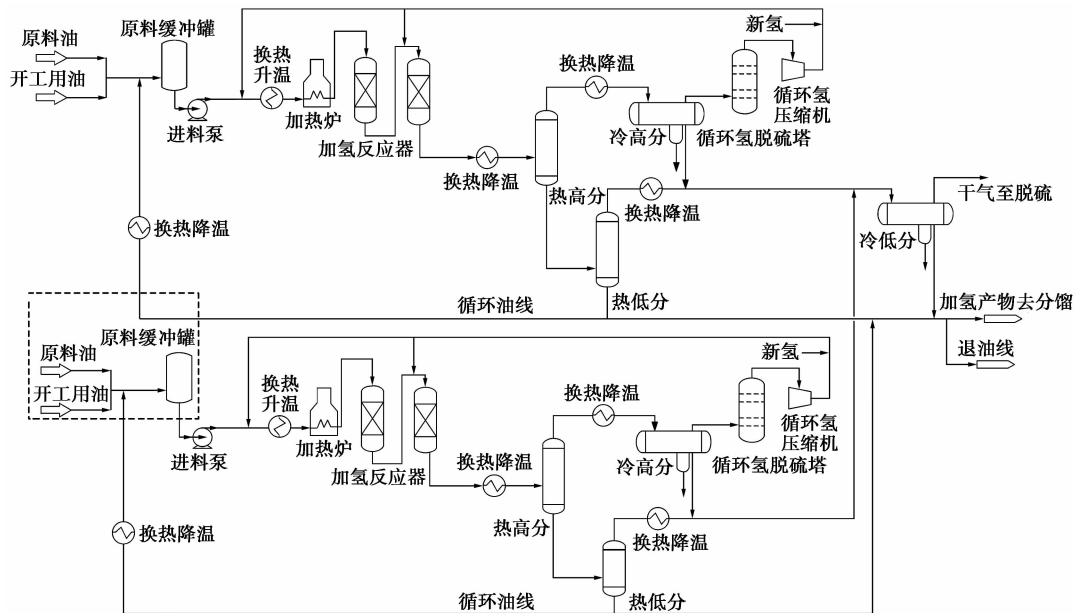


图 3 渣油加氢两系列单开单停工艺流程示意图

图 3 与图 2 相比,两系列进一步单独设置了反应进料系统,如图 3 中虚线框中所示,增加了从原料进装置到滤后原料缓冲罐流程,至此,渣油加氢两系列操作完全分开,真正实现了一列停工另一列正常运转的目的。

的 3 个阶段可以看出,要实现单系列开停工操作需要具备以下 3 个工艺条件。

3.1 独立的进料系统

如图 4 所示,原料油从装置外进入装置界区内,分别进入两系列的进料缓冲罐,经反应进料泵升压后进入反应系统。

3 实现两系列单开单停技术的工艺条件

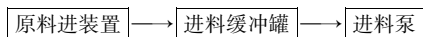


图 4 独立的进料系统流程示意图

通过对比渣油加氢装置单系列开停工工艺发展

3.2 独立的循环油系统

如图5所示,进料缓冲罐的原料油经反应进料泵升压后与已预热的混合氢混合,经供热设备加热至所需的温度后进入反应器,在催化剂的作用下,进行加氢反应。反应器间设有控制反应温度的急冷氢。反应产物经取热设备降温后进入热高压分离器。从热高压分离器分离出的液体(热高分油)经减压后进入热低压分离器,进一步在低压下将其溶解的气体闪蒸出来。从热低压分离器分离出的液体经取热设备降温后返回进料缓冲罐,形成油路循环。

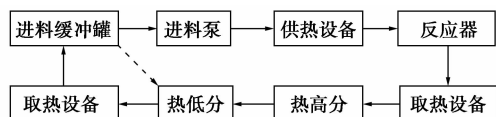


图5 独立的循环油系统流程示意图

进料缓冲罐的油也可以经泵升压后直接进入热低分,并经取热设备后返回进料缓冲罐,形成小油路循环。

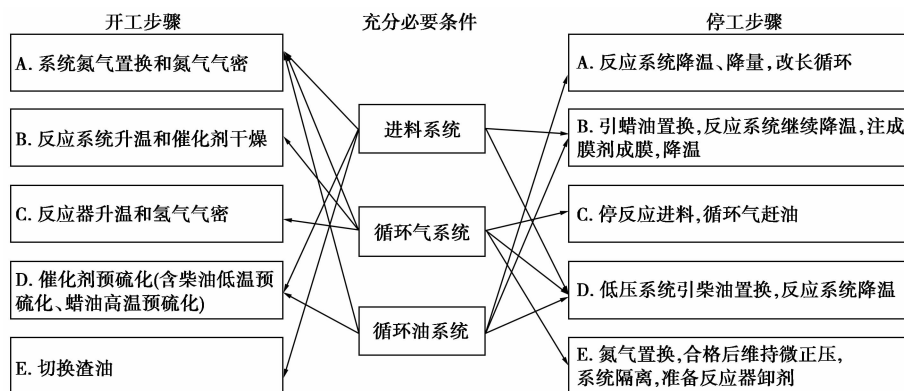


图7 3个工艺条件在单系列开停工过程中的应用

4.1 3个工艺条件在开工过程中的应用

(1) 进料系统、循环气系统和循环油系统可实现氮气置换和氮气气密。

(2) 循环气系统可以实现反应系统升温 and 催化剂干燥,也可以实现反应器升温 and 氢气气密。

(3) 进料系统和循环油系统可以实现催化剂预硫化,包括柴油低温预硫化和蜡油高温预硫化。

(4) 进料系统可实现渣油切换。

4.2 3个工艺条件在停工过程中的应用

(1) 循环油系统可实现停工时反应系统降温、降量,改长循环。

(2) 进料系统和循环油系统可以实现蜡油置换,系统降温,注成膜剂成膜过程。

3.3 独立的循环气系统

如图6所示,从热高压分离器分离出的气体(热高分气)经取热设备降温后进入冷高压分离器,进行气、油、水三相分离。从冷高压分离器分离出的气体(循环气),经循环氢脱硫塔脱除硫化氢后,由循环氢压缩机升压,返回反应部分同该系列的补充氢混合,混合氢经供热设备加热后与原料油混合进入反应器,循环气随反应产物经取热设备降温后进入热高压分离器,实现气路循环。

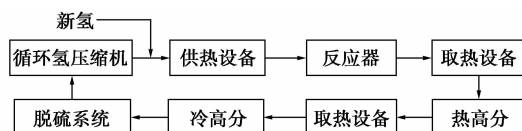


图6 独立的循环气系统流程示意图

4 3个工艺条件在单系列开、停工过程中的应用

3个工艺条件在单系列开工、停工过程中的具体应用见图7。

(3) 循环气系统可以实现循环气赶油,也可实现氮气置换。

(4) 进料系统和循环油系统的小油路循环可实现低压系统柴油置换,循环气系统可实现反应系统降温。

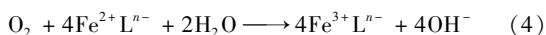
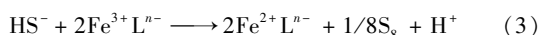
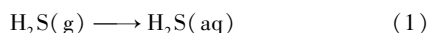
由此可见,只要每个系列单独设置了进料系统、循环气系统和循环油系统,就可以实现渣油加氢装置两系列单独开工和停工的过程操作,保证一列停工另一列的运行不受影响。

反之,要实现单独的开停工过程必须具备独立的进料系统、循环气系统和循环油系统,可以说这3个工艺条件是两系列单开单停工艺实现的充分必要条件。

(下转第131页)

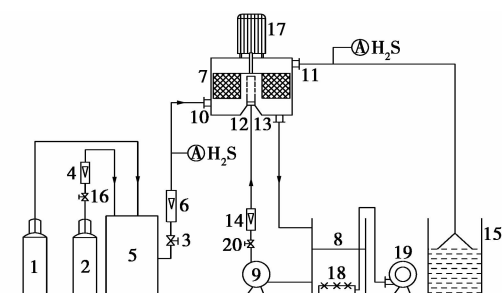
1.2 基本原理

络合铁溶液吸收 H₂S 分为 H₂S 溶于液相过程,液相中 H₂S 解离过程,HS⁻ 被 Fe³⁺ 氧化为单质硫过程 3 个阶段,有关方程见式(1)~式(3),其中 n 表示络合剂所带电荷,L 表示络合剂。通过鼓入空气进行 Fe²⁺ 的再生,如方程(4)所示。



1.3 工艺流程

工艺流程见图 1。



1—N₂ 钢瓶;2—H₂S 钢瓶;3,16,20—阀门;4,6—气体流量计;
5—配气罐;7—错流旋转填料床;8—脱硫液储槽;9—液泵;
10—气体进口;11—气体出口;12—脱硫液进口;
13—脱硫液出口;14—液体流量计;15—尾气吸收装置;
17—电机;18—气体分布器;19—空气鼓风机

图 1 错流旋转填料床内脱除 H₂S 工艺流程

如图 1 所示,来自 N₂ 瓶中的 N₂ 和 H₂S 瓶中的

(上接第 129 页)

5 结语

随着世界原油重质化及我国进口原油比例的增加,现代炼厂为了争取较好的经济效益,将越来越关注质量较差、组分较重的常压渣油和减压渣油的炼制工艺。两系列单开单停工艺可实现两系列渣油加氢装置一列停工换剂时另一列正常运行,增强了装置操作灵活性,减小了催化剂换剂期间渣油加氢装置对其关联装置的影响,提高了炼厂经济效益,将成为固定床渣油加氢工艺的发展趋势。

通过对比分析两系列单开单停工艺的发展历史,提炼出实现固定床渣油加氢装置单开单停技术的 3 个充分必要条件,包括独立的进料系统、独立的循环气系统和独立的循环油系统。这对现有炼厂改造及新建炼厂的工艺选择具有一定的指导意义。

H₂S 进入配气罐 5 中混合均匀,调节阀门 3 和 16 配成体积分数约为 $5\ 000 \times 10^{-6}$ H₂S 模拟气。模拟气经气体流量计 6 计量后由错流旋转填料床底部进入,沿轴向通过填料层。来自脱硫液储槽 8 中的络合铁脱硫液在液泵作用下,经液体流量计 14 计量后,通过错流旋转填料床中心的液体分布器均匀喷洒在填料层内缘,在离心力作用下沿径向向外缘运动,同时与向上运动的 H₂S 于填料上错流接触反应,然后经器壁汇集于错流旋转填料床底部,流入脱硫液储槽。反应后剩余的 H₂S 经尾气吸收装置 15 吸收后排空。来自鼓风机 19 的空气经气体分布器 18 后鼓入脱硫富液中,进行富液再生。

1.4 实验方案

首先,配置一系列不同 NTA/HEDTA 摩尔比的络合铁脱硫液,通过比较脱硫率与工作硫容确定最优配比;其次,考察气体流量、液体流量、错流旋转填料床转速、温度、pH 对脱硫率的影响,得出最佳工艺条件;最后,在最佳工艺条件下,对配方溶液的稳定性进行研究。

1.5 评价指标与分析方法

(1) 评价指标

以脱硫率、穿透时间、工作硫容作为评价配方溶液脱硫性能的指标。脱硫率定义如式(5)所示,其中 ρ_0 表示进气 H₂S 体积分数 ($\times 10^{-6}$), ρ 表示脱硫后尾气 H₂S 体积分数, E 表示脱硫率(%);穿透时间定义为配方溶液脱硫率从 100% 降到 80% 所持续

参考文献

- [1] 李大东. 支撑未来炼油工业发展的若干关键技术[J]. 催化学报,2013,34(1):48-60.
- [2] 夏恩冬,吕倩,王刚,等. 国内外渣油加氢技术现状与展望[J]. 精细石油化工进展,2008,9(8):42-46.
- [3] 刁望升. 国内渣油加氢装置概况[J]. 炼油技术与工程,2007,37(3):36-40.
- [4] 周艳,苏栋根,谭正湘. 国内外渣油加氢处理技术现状[J]. 石化技术,2002,9(4):243-246.
- [5] 海南 8 Mt/a 炼油厂技术集成及工业应用和大型化渣油加氢工艺及工程技术开发通过技术鉴定[J]. 石油工程设计,2008,25(3):32.
- [6] 于天水,赵宏国. 大连石化渣油加氢装置催化剂寿命预测及原油加工建议[J]. 中外能源,2011,16(1):90-93.
- [7] 刘家明. 渣油加氢工艺在我国的应用[J]. 石油炼制与化工,1998,29(6):17-21.
- [8] 孙振光,王瑞旭. UFR/VRDS 工艺整体优化技术应用[J]. 石油炼制与化工,2008,39(3):6-11. ■