

新型内置积垢器在焦化汽油加氢装置上的应用

娄 城*, 倪家俊, 安晓杰, 辛丁业
(中石油克拉玛依石化有限责任公司, 新疆 克拉玛依 834003)

摘要:焦化汽油加氢装置由于反应器压降问题, 频繁进行装置停工撇头操作, 造成大量人力、物力的损耗。抚顺石油化工研究院开发了一种新型内置积垢器, 可改善物流分布, 有效拦截垢物, 对催化剂表面形成保护, 最终达到延长装置开工周期的目的。

关键词:压降; 积垢器; 开工周期

中图分类号: D530.51

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2022)S2-0395-04

DOI: 10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2022.S2.081

Application of novel built-in cruder in coking gasoline hydrogenation unit

LOU Cheng*, NI Jia-jun, AN Xiao-jie, XIN Ding-ye

(PetroChina Karamay Petrochemical Co., Ltd., Karamay 834003, China)

Abstract: Due to the pressure drop problem of the reactor, the coking gasoline hydrogenation unit needs to shut down frequently to skim operation, resulting in a large loss of human and material resources. Sinopec Fushun Research Institute of Petroleum and Petrochemicals (FRIPP) has developed a novel built-in cruder, which can improve the logistics distribution, intercept the crud effectively, protect the surface of the catalyst, and finally prolong the operation cycle of the unit.

Key words: pressure drop; cruder; operating cycle

450 kt/a 焦化汽油加氢装置自 2015 年大检修后开工至今, 因反应器压降过高问题进行了 5 次停工撇头操作, 并且需要补充部分新剂。撇头会造成料面间催化剂因混合导致的弃用, 造成大量人力、物力的消耗。

中国石化抚顺石油化工研究院开发了一种新型内置积垢器, 能够改善物料流态, 增加反应器容垢能力, 进而延长装置开工周期。本文针对装置存在问题、新型内置积垢器的原理及使用效果进行评价说明。

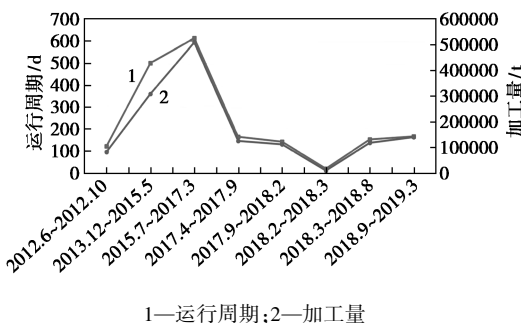
1 焦化汽油加氢装置现状

450 kt/a 焦化汽油加氢装置单独加工延迟焦化装置出产的焦化汽油, 由于焦化汽油原料性质恶劣^[1], 稳定性差, 轻重馏分切割对结焦影响也较大^[2], 自 2015 年大检修后, 装置陆续因反应器压降过高问题进行了 5 次停工撇头操作, 装置开工周期受到极大影响。表 1 为各周期运行情况。

表 1 各周期运行状况统计表

时间	催化剂 型号	运行周期/ d	床层压降/ MPa	加工量/ t
2012.6~2012.10	FH-98	122	0.15	83030
2013.12~2015.5	FH-98	500	0.12	308988
(大检修停工)				
2015.7~2017.3	FH-40C	613	0.45	509474
2017.4~2017.9	FH-40C	165	0.50	124678
2017.9~2018.2	FH-40C	142	0.78	111561
2018.2~2018.3	FH-40C	20	0.70	9919
2018.3~2018.8	FH-40C	153	0.40	117412
2018.9~2019.3	FH-40C	166	0.73	140017

周期运行对比如图 1 所示。



1—运行周期; 2—加工量

图 1 焦化汽油加氢装置各个运行周期对比

收稿日期: 2022-01-21; 修回日期: 2022-04-06

作者简介: 娄城(1990-), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为油品加氢技术, 通讯联系人, loucksh@petrochina.com.cn。

由上述图表可以看出,焦化汽油加氢装置自 2017 年后运行周期明显降低,加工周期及负荷大幅降低。

装置于 2018 年 3 月停工过程中对卸下的催化剂及垢样样品进行元素分析,如表 2 所示。

表 2 催化剂和垢样金属元素组成分析 $\mu\text{g/g}$

样品名称	Fe	Ca	Si	Na
保护剂上垢样	14400	360	268	1090
蜂窝保护剂中垢样	67400	842	365	4080
保护剂 3-1	910	848	4400	1010
保护剂 6 垢样	9550	316	1640	1220
脱硅剂	440	288	2610	878
脱硅剂(90 cm 处)	532	1230	6200	1290
FH-40C	424	800	2320	890

注:分析方法为 RIPP 124—1990。

表 2 金属元素分析结果表明,垢样中铁元素含量为 9 550~67 400 $\mu\text{g/g}$,蜂窝保护剂中垢样含铁较高;催化剂中铁含量较低,为 424~910 $\mu\text{g/g}$ 。钙元素含量较低,为 288~1 230 $\mu\text{g/g}$ 。硅元素在脱硅剂和催化剂上含量较高,为 2 320~6 200 $\mu\text{g/g}$ 。钠元素含量为 878~4 080 $\mu\text{g/g}$,其中蜂窝保护剂中垢样含钠较高。整体来看,催化剂中各种金属含量除了铁含量较高,其他金属含量在相对正常范围内,判断垢样中的铁元素主要来源于管线腐蚀和金属设备杂质带入。

表 3 非金属元素分析结果表明,垢样中碳含量为 60.8%~81.3%,H/C(摩尔比)为 0.71~1.21,说明垢样主要为生焦物,来源有可能是原料中烯烃等不饱和化合物在进反应器前受热缩合形成的生焦物,逐渐在反应器顶部沉积形成压降。催化剂中碳

表 3 催化剂和垢样非金属元素分析 %

样品名称	C	H	H/C (摩尔比)	O	N	S
保护剂上垢样	81.30	6.35	0.94	6.95	0.55	0.36
蜂窝保护剂中垢样	70.90	7.15	1.21	6.95	0.55	3.64
保护剂 3-1	11.00	2.20	2.40	6.10	0.42	1.08
保护剂 6 垢样	60.80	3.60	0.71	7.20	0.60	1.10
脱硅剂	7.89	1.25	1.90	7.15	0.41	2.22
脱硅剂(90 cm 处)	6.79	1.25	2.21	5.2	0.51	1.41
FH-40C	7.52	1.55	2.47	5.15	0.44	2.89

注:C、H 分析方法为 NB/SH/T 0656;N、S 分析方法为 NB/SH/T 0656。

含量为 6.79%~11.0%,H/C(摩尔比)为 1.9~2.47,说明催化剂有一定程度的积碳,此次开工仅半年时间,催化剂积碳含量相对偏高。其他元素:氧含量为 5.15%~7.2%、硫含量为 0.36%~3.64%、氮含量为 0.41%~0.60%,均在比较正常的范围内。

因焦化汽油中烯烃、二烯烃等不饱和化合物极不稳定,尤其是二烯烃,受热发生 Diels-Alder 环化反应和聚合反应而形成大分子化合物^[3],因此认为,由于原料中焦粉、二烯烃结焦堆积至反应器顶部形成高压降^[4]。故在装置现有的基础上(未增加烯烃饱和反应器),需对反应器内构件进行改造,增加反应器容垢能力,改善物料流态,延长装置生产周期。

2 新型内置积垢器

目前,国内广泛使用的为 Union Oil 泡罩分配器。该分配器基于抽吸原理,气相折流时对液相形成夹带,实现液相分布,由于中心区域流量大,需流经一段床层后才能实现均匀分布,因此,不得不填充足够厚的瓷球,浪费了宝贵的反应器空间,采用的积垢篮筐占有较大的反应器空间,且易造成偏流。在对比了装置反应器内原有泡罩分配器后,将积垢篮筐及分配盘重新进行设计,以求最大程度容垢、分配物流等。

2.1 内置积垢器组成

内置积垢器主要由积垢盘、积垢器、环形梁构成。其中积垢盘由若干个积垢器和塔盘构成,辅以连接件,蹲支在反应器凸缘上,若干个积垢器呈并列布置。积垢盘设置在反应器顶部封头内,具体位置如图 2 所示。

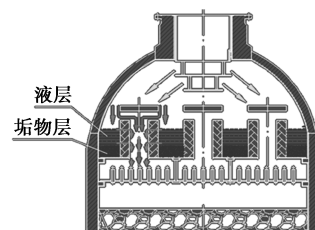


图 2 积垢盘与顶分盘的位置关系

积垢器由内、外筛网筒体构成,呈套装式结构,在两者之间形成的环形空间内装填积垢剂,其结构如图 3 所示。

2.2 内置积垢器原理

从图 4 中可以看出,进入反应器内部的气相与液相分开走不同的通道,液相由积垢器外侧流入内

侧,颗粒较大的垢物沉积在积垢器之间的空间里,颗粒较小的垢物沉积在内置积垢器内部。气相经积垢气中间通道流入下部分配盘。

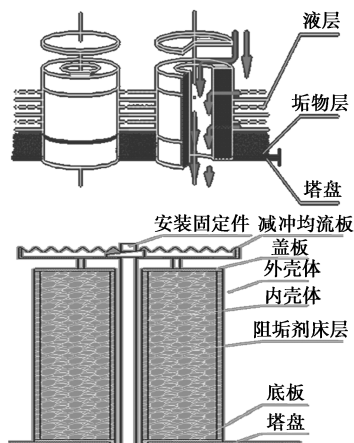


图3 积垢器结构示意图

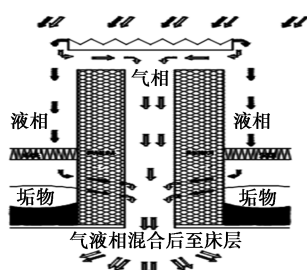


图4 内置积垢盘工作时流体流动示意图

当运行一段时间后垢物会充满积垢器间的空间,此时积垢器失效。由于积垢器特殊的结构形式,即使失效,积垢器中间的通道仍可作为气液通道,进而不产生压降。内置积垢盘失效时流体流动示意图见图5。只有当垢物沉积在积垢器下面的分配盘上时,才会逐渐产生压降^[5]。

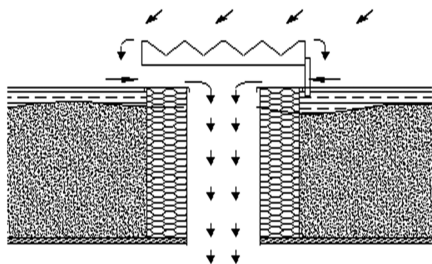


图5 内置积垢盘失效时流体流动示意图

该积垢器适用于各种类型的加氢反应器,除有积垢功能外,还可显著改善第一床层顶部分布器的流态,尤其是适用于渣油加氢反应器。内置积垢器可大大增加容垢能力,进而实现延长装置开工周期的目的。

3 内置积垢器使用前后对比

3.1 装置运行周期对比

焦化汽油加氢装置大修后于2018年9月底开工生产。开工后压降逐步出现变化,截至2019年3月18日装置停工,反应器压降最高达到0.73 MPa左右(图6),本周期内共运行166 d,加工原料140 017 t。

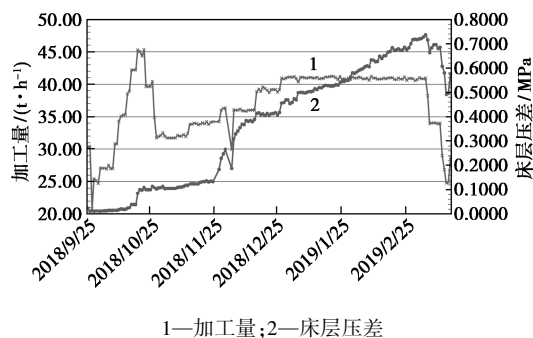


图6 2018年9月—2019年3月压降上升曲线

2019年3月停工期间,拆除原有反应器内分配盘及积垢篮筐,安装新型内置积垢器后,装置于2019年3月25日开工,至2020年5月10日,装置期间运行411 d,共加工原料349 862 t,其间装置压降变化见图7。

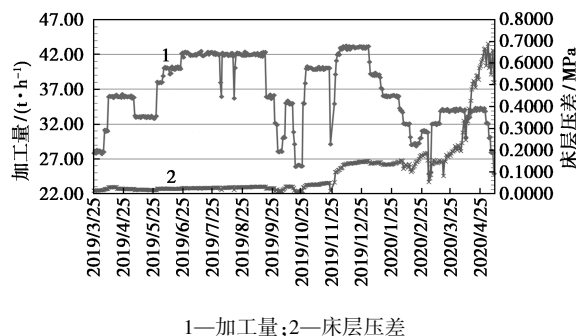


图7 2019年3月—2020年5月压降变化曲线

3.2 投用内置积垢器前后容垢变化

在投用内置积垢器前,停工换剂期间,检查确认反应器内泡罩上堆积垢样层厚度约为3~5 cm,保护剂床层顶部垢样层厚度约为10~15 cm,经清理后计算垢样质量约为200~250 kg。

2020年5月装置停工期间,检查发现在投用内置积垢器后,反应器内容垢能力显著增加,内置积垢器最大容积为1.2 m³,垢物密度 ρ 若按0.4~0.5 g/cm³计算,最大容垢约480~600 kg,加之反应器内保护剂床层垢样厚度约为10~15 cm,最终清理后计算垢样质量约为600~680 kg。

综上,反应器在使用新型内置积垢器前后压降变化趋势有明显改变,容垢能力大幅提高,装置加工负荷得到极大提升,运行周期得以延长。

4 内置积垢器设计、安装、使用及检修注意事项

(1)在设计前要对反应器的封头高度、内径、支撑板规格等相关尺寸进行复核和强度核算等。设计时要充分考虑反应器长期高温运转产生的永久变形问题。由于内置积垢器零配件较大,设计时需要充分考虑到热膨胀问题,避免出现热膨胀变形影响使用。

(2)在安装过程中,必须保证支撑梁的水平度和安装的牢固度,否则将严重影响日后的使用效果。所有的热膨胀缝、安装过程中产生的缝隙必须使用耐火陶瓷纤维绳塞紧、塞实,避免出现流体短路现象。积垢器安装过程中需防止积垢剂散落,并保证积垢器必须紧固到位,防止使用过程中出现倾倒现象。

(3)使用过程中严格控制升温、升压、降温、降压速度,避免损坏内置积垢盘。特别是开工阶段,控制进油速度,避免进油量突然增大,造成积垢器冲翻或倾斜。

(4)反应器检修或催化剂撤头时,由于内置积垢盘的积垢器筒体直接沉积了大量垢物,不易直接拆除,需要先清理出垢物。由于该设备零配件较多、

专利构件较多,拆卸过程需特别注意零配件的保存,避免丢失。

5 结论

(1)装置反应器由于焦粉、二烯烃结焦堆积至反应器顶部形成高压降,需对反应器内构件进行改造,增加反应器容垢能力,改善物料流态,延长装置运行周期。

(2)新型内置积垢器可显著改善第一床层顶部分布器的流态,亦可大大增加容垢能力,进而实现延长装置开工周期的目的。

(3)新型内置积垢器投用后,装置压降变化较小,加工负荷得到提升,降低停工撤头的频次,可作为现阶段延长装置运行周期的一项措施。

参考文献

- [1] 马洋,吴浩,马雪鸿,等.FH-98 与 FH-40C 催化剂在焦化汽油加氢装置上的应用对比[J].石油炼制与化工,2016,47(8):20-21.
- [2] 李立权.焦化汽油单独加氢技术工程化的问题及对策[J].炼油技术与工程,2012,41(1):14-20.
- [3] 李大东.加氢处理工艺与工程[M].北京:中国石化出版社,2004:946-950.
- [4] 高娜.焦化汽油加氢装置运行问题及对策[J].炼油技术与工程,2016,46(8):23-26.
- [5] 王岩,彭德强,刘杰,等.新型内置集垢器技术开发与应用[J].石油炼制与化工,2016,47(9):98-101.■

(上接第 394 页)

参考文献

- [1] 张占梅,陈斌,宋英豪.城市再生水作火电厂锅炉补给水对预处理系统的影响[J].水处理技术,2016,42(4):87-90.
- [2] 范唯,郑得鸣.全膜法在湖南某发电厂锅炉补给水处理中的应用[J].工业水处理,2019,39(4):109-112.
- [3] 万国晖,杨永强.废水回用膜系统污染监测研究[J].现代化工,2015,35(4):170-174.
- [4] 李亚娟,卢剑,许臻,等.某火电厂锅炉补给水处理系统运行故障分析及解决措施[J].水处理技术,2020,46(2):133-136.
- [5] 郑猛,吴青芸,周洁媛,等.海水淡化反渗透膜微生物污染及防控研究进展[J].膜科学与技术,2015,35(1):123-130.
- [6] 冯礼奎,李广辉,葛雪静,等.反渗透预处理系统微生物污染原因分析及处理[J].工业水处理,2016,36(3):103-105.
- [7] 高伟,梁恒,李圭白.微生物本身对超滤膜污染的影响因素研究[J].给水排水,2013,49(5):115-119.
- [8] 李睿涵,黄李金鸿,黄万抚,等.影响反渗透膜生物污染的因素及控制方法[J].水处理技术,2019,45(12):19-25.
- [9] 刘博,王运宏,巫寅虎,等.紫外线消毒对再生水中微生物生长分泌特性的影响[J].环境工程,2020,38(2):28-34.
- [10] 邵青,王颖,李晶,等.紫外/臭氧工艺在水处理中的技术原理及研究进展[J].中国给水排水,2019,35(14):16-23.
- [11] 田芳,陆昱,郭光,等.中压紫外/氯水处理工艺过程中氯的分解规律[J].环境工程学报,2021,15(2):572-579.
- [12] 刘淑琳,唐玉霖.城市污水处理厂紫外线消毒常见问题控制及发展趋势[J].中国给水排水,2017,33(22):24-28.
- [13] 文尚胜,左文财,周悦,等.紫外线消毒技术的研究现状及发展趋势[J].光学技术,2020,46(6):664-670.■