

超声波除垢技术在催化裂化装置 油浆系统中的应用

王峰 郎东磊

(中国石油大港石化公司 天津 300280)

摘要: 介绍催化裂化装置油浆系统中存在的问题,并考察了超声波除垢器对油浆系统的长周期运行、产品质量和产品收率的影响。应用结果表明,超声波除垢器能产生良好的经济效益,具有推广意义。

关键词: 超声波除垢 催化裂化 油浆 结焦

中图分类号: TE868 文献标识码: B 文章编号: 1009-9859(2011)03-0187-03

1 超声波防除垢技术简介

1.1 超声波的防除垢原理

超声波防除垢技术是利用超声波在金属介质

和与其接触介质中传播产生的相关效应共同作用来达到防除垢的效果,超声波防除垢流程如图 1 所示。

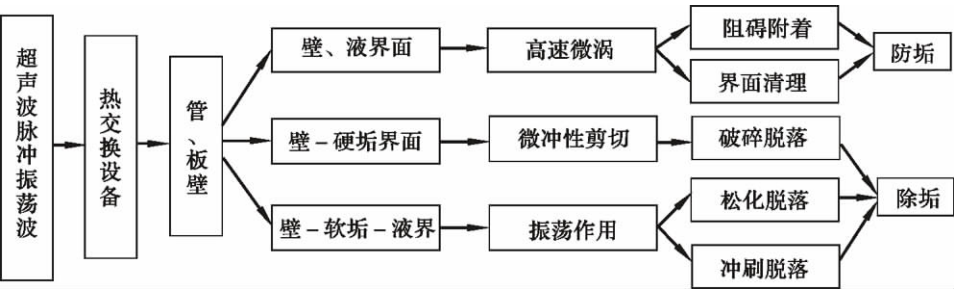


图 1 超声波防除垢流程示意

(1) 超声凝聚效应

当超声波在含有悬浮粒子(微粒杂质)的液体介质中进行传播时,会使悬浮粒子与液体介质一起产生振动。由于悬浮粒子的大小不同,相对振动的速度不同,悬浮粒子间会相互碰撞、粘合、聚集,形成体积和质量均会增大的微小颗粒物,在流动的液体介质作用下带出热交换设备,这就是超声凝聚效应。超声凝聚效应起到了防垢的作用。

(2) 高速微涡效应

当超声波在金属管、板壁传播时,产生高加速震荡波,使与该界面接触的液体产生高速微涡,阻碍了结垢、结晶、积垢等物质的附着,同时对金属

界面进行清理。高速微涡效应起到了防垢与除垢的双重作用。

(3) 剪切应力效应

当超声波由结垢的金属外表面向里传播时,即会引起板结在金属换热界面上的垢物跟随金属振动。由于垢物的性态和弹性阻抗与金属不同,垢物与金属之间会在界面上形成剪切应力作用,导致板结在金属界面上的垢物层疲劳、裂纹、疏松、破碎而脱落。超声波剪切应力效应起到了除

收稿日期: 2011-04-21; 修回日期: 2011-07-11。

作者简介: 王峰(1972—),男,高级技师。毕业于天津大学化学工程与工艺专业,现在中国石油大港石化公司催化车间工作。E-mail: wfme816@sina.com。

垢的作用。

1.2 应用背景

中国石油大港石化公司催化裂化装置(FCC)由中石化北京设计院设计,1996年12月建成投产。装置设计规模为1.2 Mt/a,原料为大港原油的减压蜡油、减压渣油和常压渣油的混合原料,主要产品有汽油、柴油、液化气等。2000年7月对装置进行了扩容改造,加工能力达到1.6 Mt/a。近年来,随着原油加工深度的增加,特别是加氢裂化装置开工后,原料性质变化较大,致使分馏塔底油浆中芳烃、稠环芳烃含量增加,换热器结焦现象严重,运转周期明显缩短,清洗频繁^[1]。因此,FCC油浆系统结焦和积垢问题已成为制约装置长周期运行的主要问题。

超声波除垢技术与传统的除垢方法相比具有诸多优点:操作安全、稳定、可靠,设备投资少;无化学污染,不造成任何环境危害;运行费用低,可在线全自动操作^[2]。为此,大港石化公司于2009年5月首次将超声波除垢技术应用于油浆蒸汽发生器(简称油浆换热器),以改善分馏塔底油浆性质,减缓设备结焦,提高油浆蒸汽发生器汽包(简称油浆汽包)发气量,增加产品收率。

1.3 超声波防除垢设备

在催化裂化装置油浆换热器上,安装了北京中环信科科技有限公司设计生产CM_{II}-H-06B防爆型超声波除垢器,每台换热器安装9台,共18台。该型号超声波除垢器使用220 V交流电源、功率250 kW,超声波频率为15~25 kHz、脉冲周期40~300 ms、脉冲宽度0.5~2.5 ms。具体安装情况见图2。



图2 超声波除垢器安装情况

2 工业应用条件对比

为了考察除垢器的应用效果,对其安装前后的工业条件进行对比。

2.1 原料性质的对比

安装除垢器前后的原料性质对比情况列于表1。

表1 除垢器安装前后原料性质对比

项目	安装前	安装后
密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	903.9	909.8
$w(\text{残炭})/\%$	4.81	5.07
$w(\text{硫})/\%$	0.1957	0.1965
氮含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	2358.4	2387.7
重金属含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)		
Fe	5.0	7.7
Ni	21.2	20.3
Cu	0.3	0.2
Ca	5.2	4.9
馏程/ $^{\circ}\text{C}$		
2%	341	331
10%	401	397
30%	444	447
50%	485	497
530 $^{\circ}\text{C}$ 馏出量(φ)/%	64	62
350 $^{\circ}\text{C}$ 馏出量(φ)/%	2.5	3.0

从表1看出,超声波除垢器安装后,原料残炭从4.81%增加到5.07%,增加了0.26个百分点;原料密度从903.9 kg/m^3 增加到909.8 kg/m^3 ;530 $^{\circ}\text{C}$ 馏出量(φ)从64%降到62%,降低了2个百分点。这些数据表明在除垢器安装后原料性质变重,塔底油浆换热器结焦倾向加大。

2.2 主要操作条件对比

安装除垢器前后的主要操作条件对比列于表2。

表2 主要操作条件对比

项目	安装前	安装后
加工量/($\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$)	175.2	175.6
反应温度/ $^{\circ}\text{C}$	516.5	516.6
反应压力(绝压)/MPa	0.234	0.237
一再密相温度/ $^{\circ}\text{C}$	664.3	669.3
二再密相温度/ $^{\circ}\text{C}$	718.8	718.4
再生压力(绝压)/MPa	0.245	0.249
回炼比	0.110	0.155
原料进提升管温度/ $^{\circ}\text{C}$	206.5	206.3

从表2可以看出,在除垢器安装后,由于催化

原料的残炭含量增加,为保证装置转化率,增加了操作回炼比,其余操作参数也略有变化,但对加工过程影响不大。

3 除垢器应用效果及经济效益

3.1 对分馏塔底油浆系统的影响

除垢器安装前后油浆系统运行状况对比列于表 3。

表 3 除垢器安装前后油浆系统运行状况对比

项目	安装前	安装后	停用期间
汽包发汽量/(t·h ⁻¹)	21.6	22.0	21.7
分馏塔底温度/℃	323.0	321.6	322.6
分馏塔底抽出温度/℃	329.4	328.9	329.2
油浆返塔温度/℃	283.4	281.4	283.0
油浆外甩量/(t·h ⁻¹)	5.8	5.3	5.5

从表 3 中可以看出,分馏塔底温度由原来的

323.0℃降至 321.6℃,返塔温度也降低了 2.0℃,塔底油浆系统的运行状况得到改善,减少了塔底补油量,油浆外甩量也相应的降至 5.3 t/h。

在除垢器停用期间,油浆换热器的传热效果下降,塔底反应温度又回升至 322.6℃,发汽量却降至 21.7 t/h,这说明分馏塔底油浆系统有恶化的趋势。3 d 后重新投用了除垢器,塔底油浆系统的运行状况又逐步好转。

3.2 对产品质量的影响

除垢器安装前后,产品质量对比列于表 4。从表 4 看出,除垢器安装后,催化汽油的 10% 点和 95% 点没有变化,轻柴的 95% 点增高了 2℃,重柴的 95% 点增高了 3.5℃。这是由于除垢器安装后,强化了油浆换热器的传热^[3],使装置能不受塔底油浆系统运行状况的限制而采用较大的回炼比,因此拓宽了部分产品的馏程。

表 4 除垢器安装前后产品质量对比

项目	安装前			安装后		
	催化汽油	催化轻柴	催化重柴	催化汽油	催化轻柴	催化重柴
馏程/℃						
初馏点		170.0	218.0		170.5	214.5
10%	36.0			36.0		
50%	53.0	219.0	309.0	51.0	226.0	307.5
70%	86.0			82.0		
90%	142.5	280.0	339.5	144.0	283.5	343.0
95%	170.0	298.0	346.5	170.0	300.0	350.0

3.3 对产品收率的影响

除垢器安装前后对产品收率的影响见表 5。

表 5 除垢器安装前后对产品收率的影响

项目	安装前	安装后
产品收率(w),%		
干气	5.41	5.38
液化气	16.26	16.04
汽油	32.01	31.92
轻柴油	20.29	20.63
重柴油	10.07	10.11
油浆	3.31	3.02
总液收	78.63	78.70
焦炭	12.65	12.90
总转化率, %	66.33	66.24

注:总液收是液化气、汽油、轻柴油以及重柴油收率之和。

由表 5 可知,除垢器安装后,干气、液化气、汽油收率减小,轻、重柴油和焦炭收率增加,总液收

也增加。这是由于除垢器安装后,虽然原料性质变重,但塔底油浆系统的运行状况却得到改善,使装置在较大的回炼比下操作,保证了原有的总转化率^[4]。另外,油浆产率由原来的 3.31% 降至 3.02%,这是因为随着油浆系统运行状况的改善,逐渐减少了分馏塔底补油量,减少了油浆外甩量,在一定程度上也起到了增加总液收的作用。

3.4 经济效益

超声波除垢器安装后,油浆汽包的发汽量增加了 0.4 t/h,按 180 元/t 计,可增加效益 63.1 万元/a;油浆汽包的运行周期由原来的 5 个月延长至 8 个月,按每台每次清洗费 10 万元计,可以节约 9 万元/a,约 1.8 a 收回全部投资。

4 结语

超声波除垢技术在油浆换热器上的应用结果
(下转第 195 页)

分油加氢装置成功应用,实现全焦化馏分油的加氢改质、精制,并生产优质的民用液化气、溶剂油、重整原料和柴油,拓宽焦化产品的加工工艺路线。

(2) 从表 4 5 8 9 中原料与产品中的硫、氮含量计算,反应系统的脱硫率为 98.17%,脱氮率为 99.93%,说明反应器中装填的精制催化剂(包括新增 FF-36 和 FTX 催化剂)在目前操作条件下具有良好的脱硫脱氮能力,在加工劣质焦化产品时,该装置产品各项指标均能达到要求。

(3) 由于焦化重馏分油中氮含量较高(表 4 中原料氮含量 2 650 $\mu\text{g/g}$),为防止裂化催化剂氮

中毒,生产上被迫提高改质反应温度。过高的反应温度造成生产周期缩短,目前催化剂级配方案仍无法满足长周期运行。因此,开发生产低温脱氮性能较高的精制催化剂和抗氮性能较高的裂化催化剂,研究适合加工低硫高氮原料催化剂级配方案,仍是舟山石化 1.7 Mt/a 馏分油中压加氢装置以后的工作重点。

参考文献

- [1] 李大东. 加氢处理与工艺[M]. 北京:中国石化出版社 2004:632-636.

REACTION SYSTEM CALIBRATION AND ANALYSIS OF 1.7 Mt/a DISTILLATE HYDROGENATION PLANT

Mu Yingang, Xing Meiwang

(Zhoushan Petrochemical Co., CNOC, Zhoushan Zhejiang 316015)

Abstract: The process characteristics of 1.7Mt/a distillate hydrogenation plant and operating conditions of processing low-sulfur high-nitrogen feedstock were presented. Through the analysis of calibration results, the feasibility and rationality of the process were clarified, and the problems of the reaction system were identified, so as to provide the basis for the optimization of operating conditions.

Key words: FHC-FHF; catalyst; upgradation; refining; calibration

(上接第 189 页)

表明:油浆汽包发泡量增加 0.4 t/h,油浆换热器运行周期延长了 3 个月,分馏塔塔底油浆系统的运行状况得到改善,减少了塔底补油量,使得轻油收率有所增加,具有一定的经济效益。

参考文献

- [1] 赵华,刘静翔,侯玉宝. 重油催化裂化装置油浆系

统的工艺改进及分析[J]. 石油炼制与化工, 2004, 35(7): 41-45.

- [2] 张文雍,徐鸿. 超声波除垢技术在电厂中的应用[J]. 中国科技博览, 2009, 29(30): 336-337.

- [3] 夏清,陈常贵. 化工原理[M]. 修订版. 天津:天津大学出版社, 2005: 204-293.

- [4] 陈俊武. 催化裂化工艺与工程[M]. 2 版. 北京:中国石化出版社, 2005: 855-896.

APPLICATION OF ULTRASONIC ONLINE CLEANING TECHNOLOGY IN FCC'S OIL SLURRY SYSTEM

Wang Feng, Lang Donglei

(Petrochina Dagang Petrochemical Company, Tianjin 300280)

Abstract: This work introduced the operation problems of FCC's oil slurry system and studied the effect of ultrasonic online cleaning technology on the long term running of oil slurry system, product quality and product yield. The result showed that ultrasonic online cleaning technology could produce good economic benefits and could be widely used.

Key words: ultrasonic online cleaning; catalytic cracking; oil slurry; coking