

乙烯裂解气压缩机段间换热器的堵塞处理

朱柏青*

(中国石油四川石化有限责任公司, 四川 成都 611930)

摘要:介绍了四川石化公司乙烯装置裂解气压缩机二、三、四段的段间换热器堵塞问题,分析了问题产生的原因,最终提出在换热器入口分支管线增加洗油,促进阻垢剂对垢物进行分散,解决了换热器压差持续升高的问题,为乙烯行业解决同类问题提供了新的思路。

关键词:裂解气压缩机;结焦;注油;注水

中图分类号:TE6

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2020)S-0276-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2020.S.062

Solving blockage happens at heat-exchanger between sections of cracking gas compressors in ethylene plant

ZHU Bai-qing*

(PetroChina Sichuan Petrochemical Company Limited, Chengdu 611930, China)

Abstract: This paper introduces the blockage problems often happened at heat-exchanger between the second, third and fourth sections of the cracking gas compressor in the ethylene plant of PetroChina Sichuan Petrochemical Co., Ltd. The reasons causing blockage are analyzed. A new solution against the blockage problem is proposed that wash oil is added into the branch pipeline at the inlet of heat-exchanger to promote the dispersion of scale by inhibitor, which can finally solve the problem that the differential pressure of heat exchangers goes up continuously and provide a new idea for the ethylene producers to solve the similar problems.

Key words: cracking gas compressor; coking; oil injection; water injection

中国石油四川石化有限责任公司 80 万 t/a 乙烯装置采用美国 S&W 公司专利技术。裂解采用 7 台 USC-176U 型超选择性液体裂解炉和 1 台 USC-12M 型气体裂解炉,分离采用前脱丙烷、前加氢、双塔脱丙烷、乙烯塔和乙烯压缩机形成开式热泵的乙烯分离工艺,并采用了 S&W 公司最新开发的乙烯分离专利技术热集成精馏系统(HRS)。该装置于 2009 年 9 月 9 日开工建设,2014 年 2 月 27 日正式投产开车,2018 年 4—7 月进行了首次停工大修。

2018 年 4 月前乙烯装置运行平稳,裂解气压缩机运转正常。2018 年 7 月检修结束恢复生产后,裂解气压缩机二段、三段、四段压缩气出口温度及冷却器压差均出现逐渐升高现象。

2019 年 7 月底压缩机二段出口换热器 E-1320 出入口压差为 40 kPa,超过设计值 20 kPa;压缩机三段出口换热器 E-1330 出入口压差升高较小,但是换热效率下降明显;压缩机四段出口换热器 E-1343 出入口压差达到 130 kPa,超过设计值 100 kPa,到 9 月更高达 160 kPa,导致压缩机前四段压力普遍升

高。针对以上问题,对乙烯装置结垢问题进行了分析,并采取了相应的解决方案。

1 裂解气压缩机段间冷却器结垢原因分析

通过对压缩机段间冷却器垢物分析发现,产生结垢的物质主要是聚合物和腐蚀副产物。腐蚀副产物的产生主要是因为乙烯原料石脑油的硫化物经高温裂解后转化为 H₂S 等酸性物质,裂解气压缩机注水后部分酸性物会溶于水,对压缩机叶片等产生酸性腐蚀^[1]。而聚合物的产生主要是因为裂解气中含有少量的苯乙烯、戊二烯等含双键的不饱和物质,这些双键会发生自由基聚合以及 Diels-Alder 反应生成聚合物,聚合物沉积在设备表面进一步受热结焦,即使在有洗油的条件下也很难带出体系。聚合物的沉积增加了垢下腐蚀的风险,同时腐蚀副产物又是聚合反应的催化剂,再加上换热效率的降低,体系温度升高,进一步加剧结垢压力。

针对以上原因,乙烯装置通过增加压缩机级间注水降低体系温度、更换洗油、采用纳尔科多效阻垢剂减缓聚合趋势等方式解决裂解气压缩机段间冷却

器结垢问题。

2 裂解气压缩机段间冷却器堵塞处置方案

2.1 增加裂解气压缩机级间注水

裂解气压缩机级间的注水线在压缩机吸入口,距离压缩机本体仅0.8~1.0 m,为防止裂解气压缩机级间注水造成酸性腐蚀,四川石化裂解气压缩机在2019年7月前一直未采取注水方案。2019年7月裂解气压缩机二~四段排出口温度偏高,其中四段排出口温度已经升高至88.97℃。温度的升高,不仅影响压缩效果,也会加剧聚合反应的发生。为防止裂解气压缩机排气温度进一步上升,采取了注水措施。注水后四段排出温度仅下降至88.70℃,降温效果并不明显,裂解压缩机段间冷却器压差仍缓慢上升。裂解气压缩机级间注水量见表1。

表1 裂解气压缩机级间注水量

注入位置	一段	二段	三段	四段
设计流量/(kg·h ⁻¹)	300	0	700	800
实际流量/(kg·h ⁻¹)	360	360	540	1080
各段出口温度/℃	87.72	86.80	88.41	88.70

2.2 更换裂解气压缩机洗油

由于聚合物会沉积在设备表面,需要洗油将其带出体系,所以洗油的质量和用量也很重要。2019年8月将洗油更换为芳烃联合装置的碳八芳烃,注入量一般控制在裂解气质量流量的2%~3%^[2]。

四川石化裂解气压缩机从2014年开工以来就一直注入洗油,2018年大检修前4年,洗油最大注入量为1.5 t/h,但裂解气压缩机一~四段的压力不同,洗油注入量分配不均,压缩机四段洗油注入量最少,检修时发现四段轴套磨损。因此,检修期间对注洗油流程作了修改,检修后洗油注入量为2 t/h,四段注入量可以达到700 kg/h,达到了设计要求的500 kg/h标准。2018年8月以来洗油总量2.3 t/h,四段注入量达到700 kg/h,各段洗油注入量均大于设计指标。但裂解压缩机段间换热器压差仍稳步上升。裂解气压缩机各段洗油注入量见表2。

表2 裂解气压缩机各段洗油注入量

注入位置	一段	二段	三段	四段
设计流量/(kg·h ⁻¹)	300	500	600	700
实际流量/(kg·h ⁻¹)	200	800	800	700

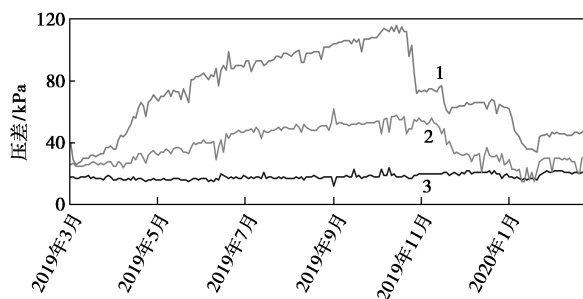
2.3 更换裂解气压缩机注剂

降低系统温度、增加洗油的溶解性和使用量虽然可以减缓聚合反应速率和带出结垢的物质,但不

能从根本上阻止聚合的发生^[3]。高效阻聚剂和分散剂可以从根本上阻止聚合反应的发生以及分散已经生成的聚合物,从而阻止其沉积在设备表面进一步发生结垢和腐蚀^[4]。因此,对比了纳尔科与某公司的药剂效果。

2019年9月12日裂解气压缩机四段出口换热器E-1343分散剂及阻聚剂更换为纳尔科公司生产的EC-3144A,该产品同时具有阻聚和分散多重功效。压缩机前三段阻聚剂及分散剂仍使用某公司产品,以便进行对比。

2019年8月3日—10月7日,裂解气压缩机二段出口换热器E-1320仍使用某公司分散剂和阻聚剂。从图1可以看出,10月7日之前换热器E-1320压差整体仍呈缓慢上升趋势,没有好转迹象。



1—二段出口冷却器压差;2—三段出口冷却器压差;
3—一段出口冷却器压差

图1 裂解气压缩机一~三段换热器压差变化趋势

2019年9月12日裂解气压缩机四段出口换热器E-1343分散剂及阻聚剂更换为纳尔科公司产品。从裂解气压缩机四段换热器E-1343前后压差变化趋势可以看出,采用纳尔科药剂后换热器E-1343压差呈现下降趋势,最低降至91 kPa。清理机泵过滤器时也发现有部分聚合物随冷凝液排出。但12月18日后换热器E-1343前后压差出现猛烈上涨,之后总体趋势稳中上升,2020年1月份最高升至170 kPa,见图2。

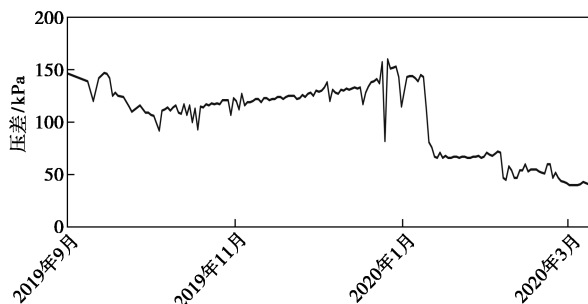


图2 裂解气压缩机四段出口换热器E-1343压差变化趋势

2.4 在裂解气压缩机级间冷却器入口管线配冲洗油线

由于在更换药剂前系统已经结垢严重,考虑到经济性,使用的药剂量有限,很难将已经形成的大量垢物带出体系。

为彻底解决裂解气压缩机段间换热器堵塞问题,技术人员与纳尔科技术人员研究后决定在压缩机二~四段换热器入口分支管线上带压开孔配冲洗油线直接对换热器进行冲洗。为防止洗油注入期间裂解气压缩机段间罐高液位,触发压缩机段间吸入罐高液位联锁停车,采取每次只对一台换热器的一路物料通道注洗油。

2020年1月10日上午10时开始对换热器 E-1343 西侧第一路物料通道(对应换热器支线出口温度最低,怀疑堵塞严重)进行洗油注入冲洗,洗油 500 L/h,阻聚剂 1 L/h,洗油注入后换热器 E-1343 压差下降十分明显,加注 20 min 后,换热器压差从 147 kPa 降至 115 kPa,降低了 32 kPa。截至 10 日晚 23 时,压差降至 100 kPa,第一天换热器压差下降了 47 kPa。11 日上午 9 时,对换热器 E-1343 西侧第二路物料通道进行洗油注入冲洗,压差由 100 kPa 轻微升高至 109 kPa,待洗油稳定注入后,压差开始持续下降,截至 11 日下午 15 时,压差从 109 kPa 降至 80 kPa,降低了 29 kPa。截至 1 月 12 日压差由最高时的 170 kPa 降至 60 kPa,通过在换热器入口用洗油+阻聚剂进行冲洗的方法,3 天共计降低压差 110 kPa。依照此方案分别对 E-1320 和 E-1330 进行了注洗油处理。

3 实施后效果

3.1 裂解气压缩机 M 因子

裂解气压缩机 M 因子是反映压缩机运行状态、压缩机结构情况的重要参数^[5],其计算公式如式(1):

$$M = \ln(T_d/T_s) / \ln(P_d/P_s) \quad (1)$$

式中: T_d 为压缩机出口温度 K; T_s 为压缩机入口温度 K; P_d 为压缩机出口压力, kPa(A); P_s 为压缩机入口压力, kPa(A)。

从图 3 裂解气压缩机一~四段 M 因子变化趋势可以看出,在 2019 年 9 月加注纳尔科阻聚剂后,在压缩机及换热器处理的过程中, M 因子整体呈缓慢稳定下降趋势,说明压缩机状况持续变好,整体效果控制良好。

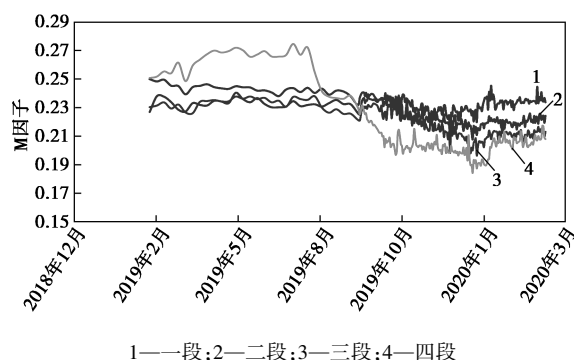


图 3 裂解气压缩机一~四段 M 因子变化趋势

3.2 裂解气压缩机段间换热器压差

3.2.1 裂解气压缩机四段换热器压差变化

2020年1月10日开始在换热器 E-1343 入口注洗油和阻聚剂,注洗油前换热器压差 147 kPa,注洗油后压差下降至 60 kPa。从图 2 可以看出压差下降效果十分明显。2020年2月乙烯负荷降至 83%,换热器压差最低降至 45 kPa,3月乙烯负荷 100%,换热器压差稳定在 60 kPa。

3.2.2 裂解气压缩机三段换热器压差变化

2020年1月17日对换热器 E-1330 入口注洗油,注洗油前换热器压差 45 kPa,注洗油后压差下降至 30 kPa。同样,因乙烯装置负荷调整最低压差下降至 15 kPa,3月压差 36 kPa。该换热器原本压差较低,因此压差变化不太明显,但换热器 E-1330 工艺物料侧出口温度有明显下降趋势。此前,裂解气压缩机三段换热器温差一直呈降低趋势,注洗油后,换热器温差由最低 41℃ 提高至 49℃,从图 4 可以看出换热效果改善十分明显。

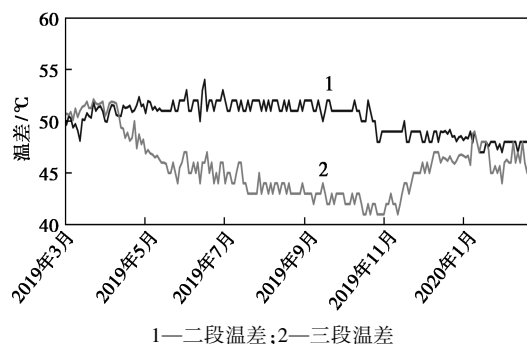


图 4 裂解气压缩机二、三段换热器温差变化

3.2.3 裂解气压缩机二段换热器压差变化

2020年1月14日开始对换热器 E-1320 入口注洗油,注洗油前换热器压差 116 kPa,注洗油后压差下降至 68 kPa。从图 4 变化趋势可以看出裂解

(下转第 283 页)

发酵法制乙醇技术上都是可行的。UGI 气化技术具有投资低、工艺流程短等优点,但是由于气化炉本身的消耗高,再加上高煤价等因素,使合成气的成本相对较高,与其他两种气化技术相比,不具有明显的优势。鲁奇气化技术的投资低于航天炉气化技术,合成气成本与航天炉气化技术差不多,同时可以拓展晋煤集团的碎煤出路。航天炉技术投资最高,但单炉气化规模大、占地面积较小,适合大规模生产。实际应用中,可以根据不同的需求选择适合的气化技术。

参考文献

- [1] 曹国庆,曹东学,黄顺贤.乙醇汽油推广政策分析及炼厂应对建议[J].石油石化绿色低碳,2019,4(3):1-4.
- [2] 第一财经网.千万吨需求缺口何来? 央企加速布局燃料乙醇[OL]. 2019-10-23. <http://news.sina.com.cn/o/2019-10-23/doc-iicezrr4469803.shtml>
- [3] 娄岩.中国乙醇汽油和燃料乙醇市场供需现状[J].国际石油经济,2019,27(7):68-74.
- [4] 田守国.深入分析 UGI 煤气炉和造气系统技术改造概况及发展方向(下)[J].全国造气技术通讯,2009,17(6):1-10.
- [5] 田守国.深入分析 UGI 煤气炉和造气系统技术改造概况及发展方向(上)[J].全国造气技术通讯,2009,17(5):3-7.
- [6] 王云杰.关于 U-Gas 气化技术的认识[J].中氮肥,2015,(2):7-10.
- [7] 杨振江.中小型氮肥装置采用 U-GAS 加压气化炉替代常压固定床气化炉节能改造的经济性分析[J].中氮肥,2016,(6):5-9.
- [8] 田守国.论下一步的造气技改方向(中)[J].全国造气技术通讯,2004,12(6):1-3.
- [9] 楚可嘉,潘玉芹.适应晋城无烟块煤气化技术的分析与研究[J].煤炭技术,2018,37(6):294-296.
- [10] 王宏涛,吕建宁,马新宾.煤制乙醇技术的研究及开发应用进展[J].煤化工,2014,42(4):3-8.
- [11] 张敏.晋城无烟煤鲁奇气化技术路线选择的探讨[J].煤炭技术,2017,36(10):293-294.
- [12] 张敏.无烟煤鲁奇气化制工业燃料气技术经济性评价[J].应用化工,2019,48(S1):219-221.
- [13] 孙永才,刘伟.航天炉粉煤加压气化技术浅析[J].中氮肥,2010,(2):18-20.
- [14] 杜国强,曹志斌.天溪煤制油公司 30 万 t/a 甲醇项目改造及效果[J].化肥设计,2017,55(6):42-45.
- [15] 贺娜,邵效云.煤制合成气生物发酵生产燃料乙醇技术进展[J].化工工艺与工程,2018,41(6):142-144.
- [16] 龙逢兴,吴沐霜,赵尧.煤基燃料乙醇技术工业化进展及前景展望[J].四川化工,2017,20(5):9-14. ■

(上接第 278 页)

气压缩机二段出口换热器 E-1320 的换热效率也有了明显的提升。同样,因乙烯装置负荷调整最低压差下降至 34 kPa,3 月压差 45 kPa。

3.3 注洗油后聚合物排出情况

从裂解气压缩机四段换热器冲洗下来的聚合物硬度较大,类似焦粉,不溶于水和洗油。

将裂解气压缩机二段换热器排出的垢物样品分别加入洗油、洗油和阻聚剂浸泡 24 h 后发现,单独加入洗油后垢样基本分散和溶解;加入洗油和阻聚剂后,垢样完全分散和溶解。裂解气压缩机三段换热器取得的垢样与二段换热器取得样品大体相同,实验结果基本一致。

4 结论

(1)从裂解气压缩机段间换热器处理情况和取得的效果来看,改变冲洗油注入位置,直接在换热器入口增加冲洗油线可以有效地将附着在换热器上的

聚合物冲洗下来,从而改善了裂解气压缩机运行状况,避免了因乙烯装置停工带来的巨大经济损失。

(2)裂解气压缩机的冲洗油一般使用裂解汽油,但含有苯乙烯等易聚物质;更换为芳烃碳八可以减少聚合物的产生。

(3)纳尔科公司的阻聚剂和分散剂对解决本公司裂解气压缩机聚合物效果较好。

参考文献

- [1] 凌通.压缩机缓蚀剂新型注入方式的应用[J].乙烯工业,2017,29(1):26-31.
- [2] Sheri S.Ethylene plant cracker gas compressor fouling[C]//AICHE Spring National Meeting, EPC Conference, 2006.
- [3] 杨思思.乙烯装置裂解气压缩机级间结焦的诱因、机理及其对策[J].化工设备与管道,2018,55(1):43-48.
- [4] 盛在行.乙烯装置裂解气压缩机级间注水技术[J].石油化工设备技术,2009,30(4):16-18.
- [5] 李海涛.裂解气压缩机密封及平衡管法兰腐蚀泄漏分析[J].广州化工,2013,9(1):184-187. ■