

循环换热分离器运行过程分析

史 聪*, 沈永斌, 梁雪美, 刘素丽
(神华宁夏煤业集团, 宁夏 银川 750411)

摘要:循环换热分离器是费托合成工艺核心设备,通过总结分析 8 台循环换热分离器改造前后运行数据,证明现有改造措施无法长期有效解决热侧整体压降、换热性能、重质油分离效果差的问题,费托合成装置随运行周期被迫降负荷且能耗高,对此提出将换热器与分离器独立设置的改造思路,建议换热器选用传统列管式结构,分离器选用抗堵旋风式结构。

关键词:循环换热分离器;热侧压降;换热性能;分离效果;能耗

中图分类号:TQ529.2

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2019)01-0192-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2019.01.041

Analysis on operation process of loop heat exchange separator

SHI Cong*, SHEN Yong-bin, LIANG Xue-mei, LIU Su-li

(Shenhua Ningxia Coal Group, Yinchuan 750411, China)

Abstract: Loop heat exchange separator is the core equipment of Fischer-Tropsch synthesis process. Through summarizing and analyzing the operational data before and after the renovation to eight certain heat exchange separators, it is proved that the existing renovation measures cannot effectively solve the problems such as undesired overall pressure drop at the hot side, poor heat exchange performance and poor separation effect for heavy oil. Fischer-Tropsch synthesis unit features typically with high energy consumption and often has to reduce load over the operating cycle. In this regard, the idea of reconstructing the heat exchanger and the separator independently is proposed and it is recommended that a traditional tubular structure is employed for the heat exchanger and anti-blocking cyclone structure for the separators.

Key words: loop heat exchange separator; pressure drop at hot side; heat transfer performance; separation effect; energy consumption

某化工项目循环换热分离器共 8 台,其中 I ~ VI 系列为进口设备, VII、VIII 系列为国产设备^[1],主要包括高温油气进出口、低温油气进出口、换热内件、分离内件、重质油出口等,其中进口设备分离元件由丝网+Munters 单囊波纹板+均气板构成,国产设备分离内件由翅片式进料分布器+高效分离叶片/均气板构成^[2]。费托反应器^[3]顶部高温油气自入循环换热分离器^[4]换热板束,与低温油气换热后进入对称的 4 组分离内件进行气液分离,分离后的高温油气经壳体内壁收集后自高温油气出口送往油气空冷器,分离下的液相重质油经过分离内件底部积液槽和降液管自罐底部出口管送往汽提塔。

自投料试车以来,随着生产运行周期,循环换热分离器^[5]热侧压降达到设计值的 2~6 倍,冷热侧出口温差(-17~35℃)远低于设计值(94℃),重质油分离流量严重下降,装置被迫降负荷运行且能耗高。

总体来看,进口设备分离内件经改造后有一定分离效果,国产设备分离器^[5]改造后仍无分离效果,但阻力降较小。进口设备换热性能较好,但换热内件包边易开裂造成热流体走“短路”,换热效果明显下降。

1 技术优化

针对循环换热分离器运行过程中出现的问题,在不改变设备和工艺流程条件下,先后对各系列循环换热分离器分离内件进行了技术优化改造。

第一次优化,将费托 III、IV 系列分离器丝网拆除,但投用后发现分离效果不理想。

第二次优化,将费托 II 系列分离器 Munters 单囊波纹板更换为 TP 波纹板,该系列运行较之前有所改善。

第三次优化,将其他 I、III、IV 相继采用相同方案进行改造,但各系列差异较大,其中费托 III、IV 系

收稿日期:2018-06-04;修回日期:2018-11-07

基金项目:神华宁夏煤业集团有限责任公司科技创新项目

作者简介:史聪(1985-),男,硕士,工程师,从事煤制油化工技术研究工作,通讯联系人 shicong@sncitl.com。

列分离效果相对较差。

第四次优化,将费托 V、VI 系列进行同样改造,大检修后投用。

在各系列分离器检修的同时,对换热器四周包边进行加固改造,其中费托 I 系列热侧出口上方最易破裂的包边用 DN50 剖 1/4 进行加强,见图 1 所示。



(a) 包边开裂处焊接修复

(b) 包边加筋板



(c) 包边用 DN50 管剖加固

图 1 进口循环换热分离器换热器包边修复件

第五次优化,国产设备分离内件高效分离改造为 TP 波纹板结构,开车 10 d 后重质油无法分离。

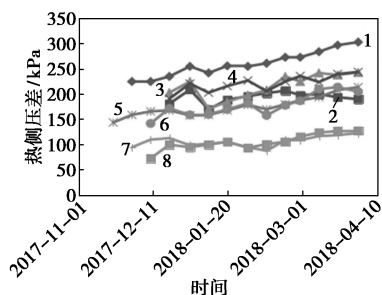
2 运行情况

反映循环换热分离器运行情况的关键指标是热侧压降、热侧出口温度、冷侧出口温度、冷热侧出口温差、重质油流量^[6]。

2.1 热侧压降大,系统压力高

循环换热分离器热侧压降随运行周期不断上涨,造成新鲜合成气压力不断上涨,脱碳吸收塔压力下降(外送低温油洗脱碳净化气量增大)。开车初期进口设备热侧压差 120 ~ 200 kPa(设计值 50 kPa)、国产设备 50 ~ 70 kPa(设计值 50 kPa),连续运行 2 ~ 3 个月后进进口循环换热分离器热侧压差 > 200 kPa(最高 320 kPa)、反应器压力 > 2.90 MPa(设计值 2.75 MPa)、负荷 < 85%,如不停车检修处理提负荷困难;国产设备在 130 ~ 140 kPa、反应器压力 < 2.90 MPa(设计值 2.75 MPa)、负荷 > 90%,能够满足高负荷运行要求但轻质油分离系统负荷过高、压缩机跳车风险大,详见图 2 所示,主要原因是换热内件和分离内件堵塞。相比 II ~ VI 系列,费托 I

系列热侧压差最大,主要是由于其换热内件包边在大检修期间进行固定焊死,II ~ VI 系列热侧压差在 > 100 kPa 条件下换热内件包边存在不同程度开裂现象,导致部分高温油气泄漏短路。



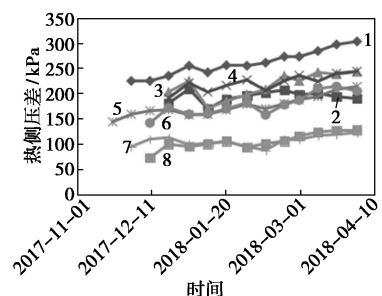
1— I 系列;2— II 系列;3— III 系列;4— IV 系列;
5— V 系列;6— VI 系列;7— VII 系列;8— VIII 系列

图 2 各系列循环换热分离器热侧压差对比

注:图中数据为 10 d 平均值。

2.2 换热效果差

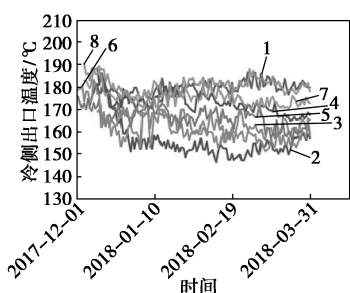
换热效果差,冷、热侧出口温度与设计值偏差大。循环换热分离器冷热侧出口温差随运行周期大幅下降,热侧出口温度高,高温油气局部过冷重质油带水,油气空冷器超负荷,另外入塔气温度低,影响费托反应,副产 2.8 MPa 蒸汽量明显降低。目前费托 I 系列冷侧出口温度在 170 ~ 180℃(设计值 219℃)、热侧出口温度在 150 ~ 155℃(设计值 125℃),费托 II ~ VI 系列冷侧出口温度在 155 ~ 165℃、热侧出口温度在 165 ~ 175℃,费托 VII、VIII 系列冷侧出口温度在 170 ~ 180℃、热侧出口温度在 140 ~ 145℃,见图 3、图 4 所示,造成油气空冷负荷大幅增加,空冷后温度 > 40℃(设计值 40℃),油气带油严重,循环气组分偏重,压缩机透平超负荷运行。



1— I 系列;2— II 系列;3— III 系列;4— IV 系列;
5— V 系列;6— VI 系列;7— VII 系列;8— VIII 系列

图 3 各系列循环换热分离器热侧出口温度对比

注:图中数据为 10 d 平均值。

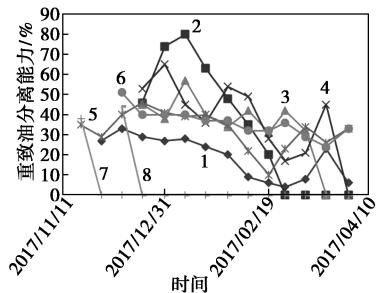


1— I 系列;2— II 系列;3— III 系列;4— IV 系列;
5— V 系列;6— VI 系列;7— VII 系列;8— VIII 系列

图 4 各系列循环换热分离器冷侧出口温度对比

2.3 分离效果差

分离效果差,轻质油分离系统超负荷。循环换热分离器分离能力随运行周期严重下降,造成轻质油组分偏离严重,压缩机跳车风险高,汽提塔热负荷不足,轻质石脑油终馏点温度超标。目前进口费托 II、III 系列重质油基本无流量,国产费托 VII、VIII 开车 10 d 后重质油无流量,见图 5 所示,大量重质油被高温油气带入轻质油分离系统,造成入塔气在线分析仪、油气空冷管束易堵塞,油水分离器油侧频繁满液位,轻质油泵超负荷运行(轻质油量是设计值 2~6 倍),原设计轻质油加热器热负荷不足,轻质石脑油终馏点超标(>200℃),导致下游低温油洗装置急冷吸收系统堵塞。



1— I 系列;2— II 系列;3— III 系列;4— IV 系列;
5— V 系列;6— VI 系列;7— VII 系列;8— VIII 系列

图 5 各系列循环换热分离器重质油分离能力对比

注:图中数据为 10 d 平均值。

3 造成的影响

3.1 无法长周期安全运行

3.1.1 工艺危害

(1)过冷析水,重质油带水。重质油带水(比热大)进塔吸热,汽提塔气相热负荷严重不足,稳定重质油、稳定蜡出口温度低带水风险大,下游加氢进料泵易发生汽蚀抱轴损坏,严重时可导致装置停车。

(2)重质油流量过低。重质油被高温油气带入轻质油分离系统,造成空冷堵塞,轻质油泵超负荷,释放气压缩机、循环气压缩机易跳车,严重影响下游装置正常运行。

(3)热侧出口温度过高。油气空冷器负荷不足,合成尾气带液量大,过滤器易堵塞变形。

(4)轻、重油分离不彻底。轻质油带重质油,轻质油流量大,入塔温度低,造成稳定重质油、稳定蜡带水风险高,石脑油终馏点超标(塔顶无法建立回流),油洗负荷超负荷运行且吸收急冷系统压差高。

(5)入塔气温度过低,催化剂破碎。循环气压缩机出口低温油气经换热后入塔温度<180℃,反应器内尤其底部催化剂因温差大造成机械性能下降发生破碎,且吸收反应热副产 2.8 MPa 蒸汽量减少。

3.1.2 设备危害

(1)循环换热分离器换热内件包边开裂,见图 6 所示。

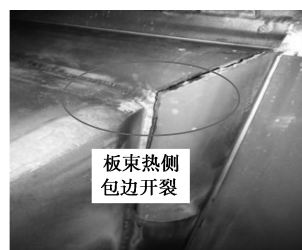


图 6 循环换热分离器换热板束包边

(2)重质油加热器堵塞超压,内件损坏,见图 7 所示。

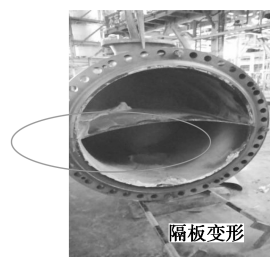


图 7 重质油加热器封头重质油隔板

(3)压缩机入口过滤器堵塞,转子叶片损坏风险高,见图 8 所示。



图 8 循环气压缩机二段入口过滤器

3.2 无法高负荷运行

装置开车初期1~2个月,循环换热分离器运行情况较好,装置整体能够实现100%负荷运行,精脱硫界区压力在3.3 MPa,连续运行2个月以后受循环换热分离器运行情况持续恶化影响,总体负荷逐步降至90%以下,但精脱硫界区压力在3.4 MPa,无提负荷富裕量。

3.3 装置整体能耗高

因循环换热分离器运行热侧压差变大、冷热侧出口温差变小、重质油分离能力变差,造成循环气压缩机、轻质油加热器、重质油加热器、轻质油泵机泵及油气空冷器等设备能耗大幅增加,初步测算满负荷工况下每年能耗损失近亿元,详见表1。

表1 装置能耗损失测算(100%负荷)

设备名称	设计	实际	偏差	损失/(万元·a ⁻¹)
2.8 MPa 蒸汽/(t·h ⁻¹)	2336	2102	234	7488
油气空冷器/kW	3456	4230	774	204
轻质油泵/kW	192	384	192	51
重质油加热器/(t·h ⁻¹)	15	30	15	480
轻质油加热器/(t·h ⁻¹)	4	9	5	160
循环气压缩机/(t·h ⁻¹)	485.6	520	34.4	1101
合计				9484

注:各等级蒸汽按40元/t,电按0.33元/kWh测算。

4 结论

循环换热分离器运行核心问题是热侧压差高、内件易堵塞、换热能力低、重质油分离效果差,因此改造要着重考虑设计选用满足运行负荷要求的新型易清洗、防堵的换热器和分离设备。因原换热分离器内件改造为分离器方案现场实施比较困难,且串联新增重质油加热器的方案无法解决换热部分存在的问题,从技术成熟度和可靠性上建议换热器和分离器独立设置,换热器可采用易清洗的管壳式换热器形式,分离设备采用抗堵性和分离效果较好的多管旋风式分离元件。

参考文献

- [1] 郑宁来.神华宁煤建世界单套单套装置规模最大的煤制油项目[J].炼油技术与工程,2003,(12):29-30.
- [2] 周立进,王磊,黄慧慧,等.费托合成工艺研究进展[J].石油化工,2012,41(12):33-38.
- [3] 周从文,林泉.费托合成技术应用现状与进展[J].神华科技,2010,8(4):93-96.
- [4] 毛希渊.换热器设计[M].上海:上海科学技术出版社,1988.
- [5] 邱冰冰.一种高效换热式旋风分离器的研究[J].蚌埠学院学报,2012,1(3):4-6.
- [6] 董其伍,刘敏珊,苏立建.管壳式换热器研究进展[J].内蒙古石油化工,2006,32(1):6-9.■

科德宝与阿波罗集团签署协议在华成立合资公司

2018年12月12日,德国科德宝(Freudenberg)与阿波罗展贸科技(香港)有限公司(属日本阿波罗贸易集团旗下子公司)签署协议,在原顺德阿波罗环保器材有限公司基础上组建合资公司。顺德阿波罗环保器材有限公司(后文称顺德阿波罗)是中国领先的空气和水过滤解决方案供应商之一。2017年,顺德阿波罗在全球拥有约1000名员工,年销售额达7.5亿人民币(约9600万欧元)。目前,此次交易仍待中国相关机构最终审批。

随着国内相关法律法规的不断完善和大众环保意识的日益增强,中国市场对空气和水过滤解决方案的需求每年都在快速增长。据专家估计,到2022年,顺德阿波罗的主要产品室内空气净化过滤、新风系统过滤和家用水过滤在全球市场的销售规模将达50亿美元。

面对中国经济的飞速增长,如何进一步改善空气和提高水质已成为中国面临的重大挑战之一,“可持续发展”、“环境保护”和“健康安全”等议题变得越来越重要。阿波罗过滤产品能够有效过滤空气及饮用水中的(超)细颗粒

物、有害气体、异味和微生物,保护人体健康。

“顺德阿波罗在各个方面都与科德宝非常契合,”科德宝旗下的科德宝过滤技术集团首席执行官安德烈亚斯·克鲁特博士(Dr.Andreas Kreuter)说。“作为一家创新型技术企业,阿波罗拥有一流的生产和技术能力以及出色的市场网络。这次合作能够进一步完善我们在室内空气过滤和水过滤领域的整体解决方案。”

顺德阿波罗在中国顺德拥有自己的生产基地,在质量、工艺或安全生产方面都有很高的标准。2017和2018连续两年,顺德阿波罗均被评为广东省制造业500强企业。公司通过了ISO 9001、ISO 14001、TS 16949认证,并获得中国合格评定国家认可委员会(CNAS)实验室认可证书。

科德宝过滤技术集团和顺德阿波罗都将从此次合作中获益,包括生产、技术和市场在内的各个环节,特别是在将来发展非常重要的两个领域过滤材料和气体过滤技术领域的优势互补。协议达成后,科德宝集团将占合资公司多数股份。(李鸣号)