

五环炉煤气化装置黑水系统问题及处理

杨 星, 李 岩, 赵 捷, 韩鑫阳

(河南能源化工集团洛阳永龙能化有限公司, 河南 洛阳 471100)

摘 要:河南能源化工集团洛阳永龙能化有限公司 20 万 t/a 乙二醇项目, 采用五环炉煤气化工艺, 主要包括粉煤加压输送、气流床反应、气化炉水冷壁结构、余热部分回收、液态排渣、黑水集中处理等技术。介绍了黑水处理系统的工艺流程, 分析了黑水处理系统出现的湿洗塔塔盘压差高、角阀缓冲罐振动及内衬脱落、灰水水质不达标和三级闪蒸单元工况波动的原因, 提出了相应的处理措施, 并展示了技改效果。

关键词:五环炉煤气化工艺; 黑水处理系统; 处理措施

doi:10.3969/j.issn.1004-8901.2019.01.012

中图分类号: TQ545 文献标识码: B 文章编号: 1004-8901(2019)01-0040-04

Problem and Treatment of Black Water System of Wuhuan Coal Gasification Unit

YANG Xing, LI Yan, ZHAO Jie, HAN Xin-yang

(Luoyang Yonglong Energy Chemical Co., Ltd., Henan Energy Chemical Group, Luoyang Henan 471100, China)

Abstract: The 200,000 t/a ethylene glycol project of Luoyang Yonglong Energy Chemical Co., Ltd., Henan Energy Chemical Group, adopting Wuhuan coal gasification process, mainly applies such technologies as pressurization conveying of pulverized coal, entrained-flow reaction, gasifier water wall membrane structure, partial recovery of waste heat, liquid slag discharge, centralized treatment of black water. This paper introduces the process flow of blackwater treatment system, analyzes the reasons of the high pressure difference of the wet washing tower tray, the vibration of the angle valve buffer tank and the falling off of the inner lining, the substandard quality of grey water and the working condition fluctuation of the three-stage flashing unit in the blackwater treatment system, puts forward the corresponding treatment measures, and shows the technological remoulding effect.

Keywords: wuhuan coal gasification process; black water treatment system; treatment measure

doi:10.3969/j.issn.1004-8901.2019.01.012

河南能源化工集团洛阳永龙能化有限公司 20 万 t/a 乙二醇项目, 其煤气化装置采用的是中国五环工程有限公司与河南能源化工集团共同合作开发的五环炉煤气化工艺技术, 其主要任务是以煤为原料生产粗合成气, 设计碳转化率高于 98%。粗合成气以 $\text{CO} + \text{H}_2$ 为主要成分, 干气组分可达 87%。

黑水处理系统是五环炉煤气化工艺中最后一步, 也是最重要的环节。该步骤主要是将合成气洗涤废水和液渣水浴后的废水, 回收并重新循环使用, 保证粗合成气质量合格。因此, 黑水处理系统能否高效、稳定运行, 制约着煤气化生产的稳定和长周期运行。经过几次试车, 黑水处理系统出现的问题和应对措施的效果, 笔者作出简要概括和总结, 以便相互借鉴和学习。

1 黑水处理系统工艺流程

黑水处理系统是将来自激冷罐、湿洗塔和除渣系统的废水和系统的雨水污水等回收处理再循环利用的水处理系统。黑水处理系统分为 3 部分: ①回收来自激冷罐、湿洗塔和除渣系统的废水和系统的雨水污水等, 统称为黑水; ②将回收的黑水通过三级闪蒸单元, 闪蒸分离出其中的酸性气体, 如 H_2S 、 NH_3 、 HCN 等, 送至后续硫回收工序, 同时回收利用黑水闪蒸释放的热量; ③将三级闪蒸后的黑水送至澄清槽, 加入絮凝剂, 使黑水中固体悬浮物浓缩、聚集、自然沉淀至澄清槽底部, 最后通过真空

作者简介: 杨星(1989 年—), 男, 河南洛阳人, 2018 年毕业于河南财经政法大学工商企业管理专业, 助理工程师, 现主要从事煤化工中控操作工作。

带式过滤器形成滤饼送至界外,而上部较干净的水从澄清槽顶部自然溢流到灰水槽,分配到其他系统循环利用。

黑水处理系统的主要目的有以下4点:①洗涤合成气,液渣水浴冷却,回收各系统产生的废水;②三级闪蒸初步处理黑水。闪蒸出黑水中的酸性气体,回收黑水热量;③通过澄清、增浓操作进行水固分离,灰水回收循环使用,渣泥抽滤后送界外;④为维持系统水质,外排灰水同时补入新鲜水。

黑水处理系统主要分为3个单元,分别为湿洗单元、三级闪蒸单元和黑水处理单元。

1.1 湿洗单元工艺流程

湿洗单元主要由激冷罐和洗涤塔组成。首先,是将粗合成气经激冷罐初步洗涤除灰;然后,再经过文丘里洗涤器洗涤和降温,与适量的碱液混合后进入湿洗塔,一方面除去合成气中的细灰,另一方面中和了酸性气体;最后,进入湿洗塔的粗合成气自下而上与塔板上的高压灰水、变换冷凝液和高压工艺水分别接触洗涤后,分为两路,一路经过低压废热锅炉换热后去合成气压缩机,作为气化炉激冷气,另一路去洗涤除灰塔,再次洗涤后送至后序变换工序。

1.2 三级闪蒸单元工艺流程

来自激冷罐、湿洗塔和除渣系统的3.8MPa高压废水,经特制角阀瞬间闪蒸进入中压闪蒸罐,中压闪蒸罐设计压力为0.6MPa,闪蒸气经减湿器与循环灰水换热后,一部分不凝气经中压闪蒸气冷却器冷却至90℃后进入中压气液分离罐气液分离,气体部分送至界外硫回收装置或送至酸火炬焚烧,液体部分进入除氧器循环再利用;另一部分成为灰水经减湿器底部泵送至激冷罐,用来洗涤粗合成气。

中压闪蒸罐产生的黑水再经特制角阀二次瞬间闪蒸进入低压闪蒸罐,低压闪蒸罐设计压力为0.25MPa,低压闪蒸汽去除氧器回收热量,闪蒸黑水和来自除渣系统的渣水分别进入真空闪蒸罐进行三次瞬间闪蒸,即真空闪蒸,真空闪蒸罐压力为-0.05MPa,由真空泵维持其负压。其中,一部分闪蒸汽经过真空闪蒸汽冷却器冷却为60℃的气液混合物至真空气液分离罐气固分离,气体与真空闪蒸汽冷却器产生的不凝气通过真空泵排至大气,液体经真空闪蒸冷凝液泵送至除氧器循环利用,另一部分闪蒸黑水经真空闪蒸罐水冷却器降温到50℃左右,由泵打入澄清槽。

1.3 黑水处理单元工艺流程

经三级闪蒸单元初步处理后的黑水,加入适量絮凝剂混合搅拌后进入澄清槽,在絮凝作用下,黑水中细小固体颗粒聚集,并在重力作用下自然沉降,当澄清槽内固体浓度达到约10%(w)时,泥浆

经泵打入灰浆贮槽再次提浓约至30%(w),再经灰浆槽底流泵送到真空带式过滤器吸附过滤掉水分,形成滤饼排出界外,而滤液经收集后用滤液泵送回澄清槽。

澄清槽澄清后的上清液溢流进入灰水槽,经泵送至其他系统循环利用。为了防止氯离子等物质的累积腐蚀管道,同时也保证水质(固含量<100mg/kg),部分灰水外排到后序水处理厂。黑水处理系统工艺流程见图1。

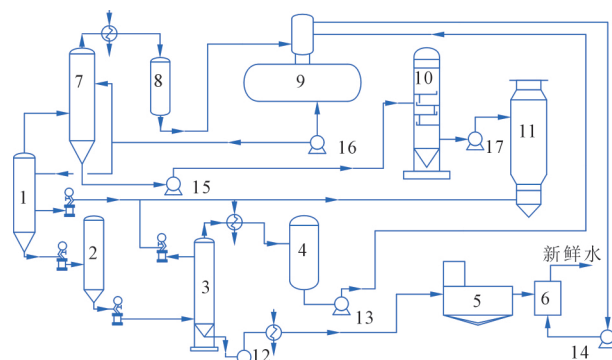


图1 黑水处理系统工艺流程

注:1—中压闪蒸罐;2—低压闪蒸罐;3—真空闪蒸罐;

4—真空气液分离罐;5—澄清槽;6—灰水槽;7—减湿器;

8—中压气液分离罐;9—除氧器;10—湿洗塔;11—激冷罐;

12—真空闪蒸灰水泵;13—真空闪蒸冷凝液泵;14—低压灰水泵;

15—高压灰水泵;16—除氧水泵;17—洗涤塔循环水泵

2 黑水处理系统出现的问题及处理措施

2.1 湿洗塔塔盘压差高

(1)湿洗塔塔盘压差高的现象如下:湿洗塔为塔盘式,自上而下共有4层塔盘。运行过程中,塔盘压差从2kPa不断上涨至10kPa后发生液泛,液位波动大,造成合成气带水严重,被迫停车。检修后发现主要结垢位置为第3层塔盘和第4层塔盘,结垢为暗白色细灰,厚度约为2~3mm。

(2)湿洗塔塔盘压差高的原因如下:①加碱位置影响到了湿洗塔的操作;②塔盘阻力大,需提高透气率;③合成气洗涤除灰效果差;④煤种灰分含量高。

(3)湿洗塔塔盘压差高的处理措施如下:①改变加碱位置。实际生产中,原有的加碱位置有两处,分别为文丘里洗涤器和高压灰水管线。工艺优化:将液碱进入高压灰水管线的阀门关闭,碱进入文丘里洗涤器的阀门保持畅通;②塔盘改造。对湿洗塔塔盘第3层和第4层进行了改造,提高透气率。整个固阀阀帽向上提高1~2mm。塔盘整体透气率从10%提高到21%;③煤种选择。控制煤种灰分含量,选择灰分含量小于15%煤种,以便于降低合成

气带灰量,也有利于气化炉通道通畅,能够长周期运行;④合成气润湿管线技改。合成气管线加装两组喷嘴环,介质来自高压灰水泵出口,一个喷嘴环管对应 3 个喷嘴环,喷嘴环管设计 $DN80$,3 条支管设计 $DN50$,分别设计在激冷罐合成气出口管线 1m 处和湿洗塔合成气出口管线约 3m 处。开车运行时管线手阀全开,保证总流量 $10\text{m}^3/\text{h}$ 以上。

再次开车运行过程中,压差稳定在 $3\sim 4\text{kPa}$ 。在后期技改中,取消了碱液的添加,改造了高压灰水在湿洗塔的分布,开车运行后未发生液泛和合成气带水严重等问题,并有效地降低了合成气中灰含量,保证了系统的稳定长周期运行。

2.2 角阀缓冲罐振动

(1)角阀缓冲罐振动的现象如下:系统运行期间,角阀缓冲罐振动较大,导致角阀开度波动大,影响黑水处理系统的稳定运行。

(2)角阀缓冲罐振动的原因如下:黑水角阀前后压差大。气化炉压力为 $3.7\sim 3.8\text{MPa}$,中压闪蒸罐一般压力为 0.6MPa ,压差高达 3.0MPa 以上,高压黑水通过角阀缓冲罐时,大量黑水瞬间汽化膨胀,对角阀缓冲罐产生了极大的冲击作用,造成持续振动。

(3)角阀缓冲罐振动的处理措施如下:在角阀缓冲罐底部加枕木,同时根据角阀缓冲罐振动幅度,保证枕木与角阀缓冲罐底部留有约 10mm 间距。再次开车运行过程中,角阀缓冲罐振动得到有效的缓解,保证了角阀动作的稳定性,黑水系统能够稳定运行。

2.3 角阀缓冲罐内衬脱落

(1)角阀缓冲罐内衬脱落的现象如下:停车检修期间,发现角阀缓冲罐内衬脱落,造成系统缓冲罐底锥堵,为清理工作带来较大困难。

(2)角阀缓冲罐内衬脱落的原因如下:由于系统介质为高腐蚀高冲刷的黑水,为减少介质腐蚀和磨损,角阀缓冲罐内衬设计为陶瓷。但由于角阀缓冲罐频繁振动和系统黑水流量不稳定,造成陶瓷震碎,部分脱落。

(3)角阀缓冲罐内衬脱落的处理措施如下:①更换缓冲罐衬里材质。将缓冲罐衬里由原来的陶瓷改为 Cr20 耐磨铸钢堆焊作为衬里, Cr20 耐磨铸钢虽然耐磨性能不如陶瓷内衬,但具有较强的抗冲击性;②操作优化。规范操作规程,严格控制工艺指标,精心操作,保证工况稳定运行,避免黑水角阀大幅开关造成系统黑水流量不稳定。再次开车运行后,停车检修角阀缓冲罐未发现内衬碎裂和脱

落情况^[1]。

2.4 灰水水质问题

(1)灰水水质出现的问题如下:系统运行过程中,分析灰水水质发现水浊度高达 $200\sim 300\text{NTU}$,设计小于 100NTU 。灰水水质浊度高,对系统的主要影响有:①磨损管道。灰水浊度高对管线冲刷作用强烈,造成管线磨损严重,容易发生泄漏;②堵塞管道。在弯头和盲区处容易结垢发生堵塞,如取压管、导淋等;③对泵稳定运行影响较大。泵前过滤器容易堵塞,叶轮容易磨损;④合成气细灰除灰效果差。影响后序系统的稳定运行,同时,也影响压缩机的稳定运行;⑤增加分散剂消耗量。由于浊度高,为防止水中颗粒的沉降和凝聚,对系统管道造成堵塞,则需要适当增加分散剂使用量;⑥容易发生环保事故。加大水处理厂负担,就容易造成污水排放超标,造成环保事故。

(2)灰水水质出现的原因如下:①煤质灰分高;②絮凝剂不合适。

(3)灰水水质问题的处理措施如下:①加强煤质管理。选择灰分含量小于 15% 的煤,并保证煤质变化小;②絮凝剂厂家配合,选择合适型号的絮凝剂,根据分析结果调整絮凝剂使用量。现开车过程中,使用常州中南化工有限公司提供的 4240 型絮凝剂,消耗量 $37.5\text{kg}/\text{d}$,浊度稳定在 $50\sim 80\text{NTU}$ 。

2.5 三级闪蒸单元工况波动

(1)三级闪蒸单元工况波动的现象如下:气化炉点火成功后,随着气化炉压力和温度的提高,三级闪蒸单元液位忽高忽低,整个黑水处理系统出现了工况大幅度波动的问题。

(2)三级闪蒸单元工况波动的原因如下:气化炉点火成功后,气化炉压力和温度的快速变化,导致三级闪蒸单元水气平衡被破坏,液位忽高忽低,造成角阀频繁地大幅度波动,最终导致整个黑水处理系统出现了工况大幅度波动。

(3)三级闪蒸单元工况波动的处理措施如下:①气化炉投煤点火前,暂时解除激冷罐和湿洗塔液位低低联锁,激冷罐液位保持在 20% ,湿洗塔液位保持在 30% ,投煤后,逐步提升至正常液位,待液位稳定后恢复联锁;②三级闪蒸单元罐液位均控制在 55% ,投自动控制;③操作工精心操作,发现问题及时汇报和调整,保证系统稳定运行。在以后开车过程中,三级闪蒸单元液位稳定提升,工况稳定。

3 黑水处理系统优化方案

3.1 湿洗塔操作优化

在正常负荷下,保持高压灰水进入湿洗塔在约

200m³/h,提高对合成气的洗涤冲洗效果。高压工艺水在开车时维持在 30m³/h,投用变换冷凝液后,高压工艺水的减少量在 8~10m³/h,保持对第 1 层和第 2 层塔板的冲洗及合成气的洗涤。

湿洗塔具体工艺指标控制:①开车时高压工艺水补充量为 30m³/h,投用变换冷凝液后为 20m³/h;②高压灰水进湿洗塔流量控制在 180~210m³/h;③湿洗塔底部管线去中压闪蒸罐流量控制在 80m³/h;④激冷罐至中压闪蒸罐流量在 100m³/h 以上(若流量低于 100m³/h,则适当调大角阀,恢复流量)。

3.2 三级闪蒸单元操作优化

开车过程中,当气化炉压力在 0~0.6MPa 时,打开激冷罐侧面和底部至真空闪蒸罐的现场手阀;当气化炉压力大于 0.6MPa 时,打开侧面去中压闪蒸罐的阀门。开车后,建立系统压力和液位正常。气化炉停车过程中,在 3 次充泄压过程中,气化炉压力要保持在 0.2MPa 左右,保证充泄压置换时间在 8h 左右,激冷罐和湿洗塔要用大流量进行冲洗,保证激冷罐和湿洗塔内部的黑水置换完全。

具体工艺指标控制:①中压闪蒸罐压力控制在 0.6MPa,液位 55%;②低压闪蒸罐压力控制在 0.25MPa,液位 55%;③真空闪蒸罐压力控制在 -0.05MPa,液位 55%。

3.3 黑水处理单元操作优化

絮凝剂和分散剂添加量根据黑水系统指标进

行调整,配置絮凝剂时,12.5kg 药剂和 10t 水均匀混合溶解,现场液位计从最低 1m 开始配料,配置到 3.3m 左右,搅拌速度不宜过快,药剂添加同时且将泵转速调整到最慢。根据煤种变化,按照经验提前调整絮凝剂泵行程。

具体工艺指标控制:①低压灰水泵外排污水流量 100m³/h 左右,根据灰水罐液位适时调整;②黑水至澄清槽温度控制范围 40~60℃ 之间;③氨氮≤150mg/L;COD<500mg/L;固含量<1 000mg/L;总硬度<500mg/L;总碱<1 000mg/L;pH 值为 5~9;浊度控制范围<100NTU。

4 结语

从生产实际出发,对五环炉黑水系统运行时出现的湿洗塔塔盘压差高、黑水角阀缓冲罐振动及内衬脱落、黑水水质不达标和开车初期系统工况大幅波动等问题进行了原因分析,并提出了相应解决措施,经过严格控制各项工艺指标,精心操作,不断积累经验,根据实际出现的问题,分析并不断优化改进措施,目前五环炉已实现连续稳定运行 130d 以上,创造出可观经济效益。

参考文献:

- [1] 宁哲,纪林朋,等.五环炉煤气化装置黑水处理系统问题分析[J].化肥设计,2016,54(4):55-57.

修改稿日期:2018-10-03

(上接第 35 页)

采用 DP100 高效除沫丝网。放空尾气经第三方专业检测单位检测,粉尘和氨含量均低于 10mg/Nm³,满足最新环保排放要求,但也存在湿法洗涤的共性问题——水汽拖尾,目前正在考虑优化。

2.3 装置国产化

本套装置 CO₂ 压缩机采用新锦化机生产的蒸汽透平驱动离心式压缩机、离心式高压氨泵、高压甲铵泵由大连深蓝生产,机封为四川日机配套生产,运行良好,完全可以替代进口产品,也大大节省了投资。本套装置除少量高压管道阀门及仪表进口外,其他所有设备材料均为国内制造或供货。

3 结语

(1)华鲁恒升 3 000t/d 尿素装置整体设计合理,自动化程度高,运行稳定,各项指标正常,氨耗 0.569t/t-Ur,接近理论消耗,合成 CO₂ 转化率一直稳定在 62.5%以上,蒸汽消耗 0.77t/t-Ur 左右,满负荷运行时 0.75t/t-Ur,达到国际先进水平。

(2)产品质量优良。当负荷稳定在 80% 以上时,产品质量就能满足优级品标准要求,满负荷运行时,产品缩二脲维持在 0.75%~0.8%。

(3)造粒塔尾气及解吸废液回收处理效果好,能满足最新环保排放标准。

(4)本装置采用了多项创新技术及国产化装备,包括全冷凝反应器及工艺、国产离心式 CO₂ 压缩机、离心式高压氨泵、高压甲铵泵等,使用效果良好,可完全替代进口。这将为大型尿素装置关键设备国产化,进一步推动国内设计及制造业发展发挥巨大作用。

参考文献:

- [1] 夏炎华.高效冷凝、低安装高度 CO₂ 气提法尿素生产工艺[J].尿素,2011(6):1-4.
[2] 刘云刚,李晓音.尿素水解装置问题分析[J].四川化工,2015(3):45-48.
[3] 钟焱奎,王富德,雷炳莲.关于尿素生产工艺的研究[J].工业 A,2016(7):75.

修改稿日期:2018-12-07