

煤气化工艺闪蒸汽段配套缓冲装置故障的原因分析及整改方向

高玉斌 张稼铄 马 钊

宁夏神耀科技有限责任公司, 宁夏 银川 750004

[摘要]煤气化工艺闪蒸汽段闪蒸罐根据工艺的需求配置有两到三级,每一级闪蒸罐上均配置缓冲装置,自气化工段来的高压灰水在缓冲装置内实现降压过程,至此,缓冲装置运行条件尤为苛刻,在运行过程中易磨穿泄露,泄露后又不易消缺,且泄露过程检修安全风险极高,多数情况下被迫停车处理,是气化生产长周期稳定运行的短板。文章就针对缓冲装置问题,进行原因分析并提出整改方向。

[关键词]缓冲装置;磨损泄露;原因分析;整改方向

DOI: 10.33142/ec.v6i11.9886

中图分类号: TH134

文献标识码: A

Reason Analysis and Rectification Direction of the Failure of the Supporting Buffer Device in the Flash Steam Section of Coal Gasification Process

GAO Yubin, ZHANG Jiashuo, MA Zhao

Ningxia Shenyao Technology Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750004, China

Abstract: The flash tank in the coal gasification process flash tank section is equipped with two to three levels according to the process requirements, and each level of flash tank is equipped with a buffer device. The high-pressure ash water from the gas chemical section realizes the pressure reduction process in the buffer device. Therefore, the operating conditions of the buffer device are particularly harsh, and it is easy to wear through and leak during operation, but it is not easy to eliminate defects after leakage. Moreover, the safety risk of maintenance during the leakage process is extremely high, and in most cases, it is forced to stop for treatment, which is a short board for long-term stable operation of gasification production. The article analyzes the causes of the buffer device problem and proposes rectification directions.

Keywords: buffer device; wear and leakage; cause analysis; rectification direction

1 概况

煤气化工艺中,自气化工段来的高压黑水:气化炉激冷室的黑水、文丘里气液分离罐底部黑水、合成气洗涤塔底部的黑水等,经过闪蒸汽段减压角阀及闪蒸缓冲装置减压缓冲后,历经闪蒸汽段二到三级闪蒸完成气液分离,闪蒸后的酸性气经过冷却送往火炬管网,处理后的黑水继续循环利用,分离后的泥浆送往下游干化固废处理。自气化工段的黑水约从 220℃、4.2MPa 经闪蒸后降至约 80℃、-0.05MPa 进沉降槽,在逐级降压过程中,各级闪蒸汽段配套的缓冲装置所处工况恶劣,极易冲刷磨损泄露,严重时寿命短至 90 天左右,一旦泄露,消漏难度非常大且安全风险极高,即便消漏后继续运行也无法维持过长周期,严重影响气化系统的高负荷和长周期平稳运行。在诸多气化现场凸显出故障率高、检修难度大、寿命短等现状,是黑水闪蒸汽段一大痛点。

2 缓冲装置存在问题

(1) 缓冲装置顶部配套减压角阀后大小头扩散段,自减压后的射流直接冲刷其表面,虽衬有耐磨材料,无法抵抗长期冲刷,频繁磨穿,频繁堵漏,若不能停车彻底处理,又损坏了角阀阀座。

(2) 缓冲装置三通部位冲刷磨损严重后泄露,且空间受限不易修复处理,无法确保较好的焊接质量,修复不

彻底会出现短时间再次冲刷泄露。

(3) 缓冲装置筒体耐磨衬里脱落后磨穿泄露。筒身的高强度冲刷,使整体耐磨层减薄,耐磨层失效后,外壳在短时间内就会磨穿泄露,再次修复,无法现场浇筑,只能大面积对焊耐磨层或者整体更换备件。

(4) 缓冲装置底部防冲板易冲穿后泄露。防冲板有镶嵌结构、塞焊结构、球胆式一体结构、厚重非金属塞块结构、焊接堆状钢球结构、盲头防冲板一体式结构,一旦冲穿,部分防冲板碎片会随黑水带入下游,进而堵塞管道,卡坏阀门。部分缓冲装置底部盲头贴近楼面,拆卸空间受限,在线堵漏更不能实施,导致装置只能全线停车工艺交出消漏。

(5) 缓冲装置耐磨内胆一体式结构,虽底部采用了碗状导流,但是一旦泄露,多数只能采取整体更换缓冲装置的措施。

上述问题在运行过程中多数会集中爆发,泄露后的高温、高压气体带着黑水、有害气体喷至设备周围,严重时黑水四溢、在线检测仪有害气体超标报警,可视度不到 3 米,只能停车处理;泄露较小时,一般为保生产维持运行采用带压堵漏,将漏点堵住后,进行加固处理,但是在消漏的过程中,作业人员一直处于有毒气体超标、高温黑水喷溅的环境下作业,给漏点消缺带来了严重的安全风险。

缓冲装置故障后的症状如下:



图1 黑水角阀下方喇叭口磨穿泄露

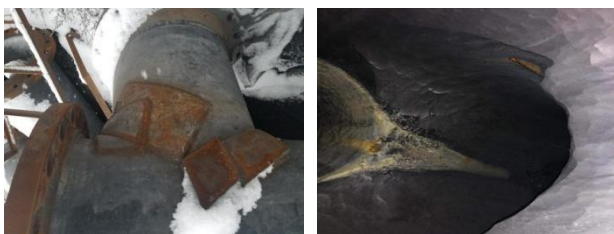


图2 三通处磨损泄露



图3 直筒段磨穿泄露



图4 防冲板磨穿泄露

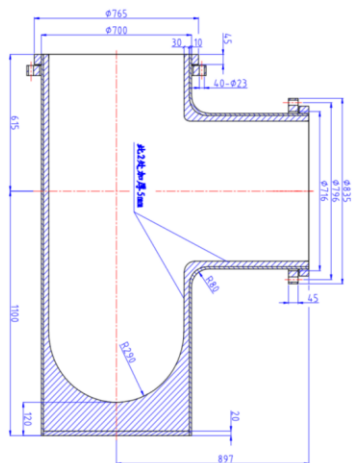


图5 耐磨内胆一体式结构不易维修

3 故障原因分析

缓冲装置是气化工艺中降压降温的关键缓冲稳流部

件,虽运行寿命跟工艺操作息息相关,但是设备的本质质量是核心问题。缓冲装置内的介质流场为角阀射出带颗粒的黑水,自上而下由角阀开度大小呈伞状或柱状射入缓冲装置中下部筒体,射流经碰撞缓释后,由中间三通进入闪蒸罐,在其中关键环节就在于以液缓流、以液抗磨,使缓冲装置内的液体消化角阀射流的冲击。综合各气化现场的运行情况,对该部件存在问题分析如下:

(1) 减压角阀后大小头扩散段与减压阀节流改向后的黑水直接接触,扩散段长期处于高压冲刷状态,寿命不能保证,频繁磨穿。

(2) 三通喉口部位未倒角圆滑过渡,未经缓冲的黑水射流高频次冲刷三通喉口,喉口一圈迅速减薄,不能保证长周期,且该部位消漏困难,质量不能可靠保证。

(3) 筒体内部空间不足,没有将减压后的黑水充分缓冲释能,即上游高动能射流未经有效空间内下游液体缓冲,同时下游液体在筒体内未停留就排入罐内,筒体内的介质始终处于沸腾、频繁碰壁折流至低压区(三通处)释放。缓冲装置未真正起到缓冲稳流的作用,筒体本身冲刷减薄严重,减薄到一定的程度,耐磨板会开裂脱落,加速了缓冲装置筒身的磨穿泄露。

(4) 缓冲装置底部防冲板易冲穿后泄露,其中有防冲板边缘冲刷脱焊后脱离底部盲头,防冲板过于单薄,被冲穿后继而冲穿盲头,防冲板未固定,随液晃动导致不停地碰撞内壳壁,甚至将防冲板或脱落耐磨层随水带入下游堵塞附属管线和阀门等。部分结构防冲板与筒体为一体式浇筑结构,出现泄露后需要整体更换缓冲装置,工作量庞大,影响装置短期内恢复生产。

(5) 缓冲装置制作水平参差不齐,根据运行工况应该配套高径比确定原始数据,再确定耐磨层和外壳的材质壁厚,最后确定制作工艺,但现有现场配套缓冲装置,从设计上就存在缺陷,加之制造工艺,对外壳制作、内层浇筑工艺要求标准不一,制造厂不具备压力管道资质,不能确保其质量。制造后无损检测、热处理、耐压试验、耐磨层浇筑后的修整等工序未真正落实,制造上就埋下了隐患。设备投用后,出现外壳、耐磨层选材过低或不适合黑水冲刷工况的材质,运行后出现频繁脱落的现象。

4 缓冲装置整改方向

(1) 缓冲装置顶部减压角阀后取消大小头扩散段,保证减压角阀原功能不变的前提下,规避此处频繁磨损泄露。即缓冲装置顶部减压角阀后传统的大小头扩散段结构废弃,缩短角阀的整体高度,使角阀阀座与缓冲装置顶部封头做为一体,即平盖结构,经过角阀的黑水扩散后,确保直筒段足够的口径,黑水尚未来得及冲刷筒体,就倒入缓冲装置液体内,实现了以液缓冲抗磨的目的。

(2) 缓冲装置三通喉口部位设计马鞍型结构且本体扩径,即将射流频繁冲刷三通凸台部位,统统向外收缩且圆滑过渡,避开射流直接冲刷三通喉口肩部,确保介质圆

滑过渡导流，延长了三通部位的整体寿命。

(3) 缓冲装置根据介质稳流流场，扩大筒体直径、筒身高，实现以液稳液，规避介质直接冲刷壁面，达到真正的缓冲作用。

(4) 缓冲装置底部防冲板与筒体连接方式采用法兰连接，规避一体式结构方便检修；防冲块与底部盲法兰分体结构，但两者可组装边缝焊接固定或防冲板有配合的凸台固定，且防冲块与筒体间隙控制在 3mm 以内，规避防冲块磨损后在缓冲装置内异响或破碎部分带入下游堵塞管道和阀门，也规避了防冲板边缘与壳体间的甩刷磨蚀，延长缓冲装置整体寿命。

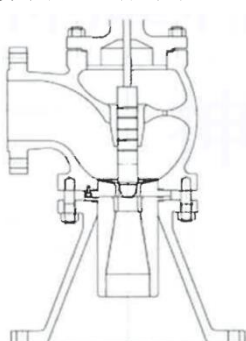


图 6 改造前角阀结构

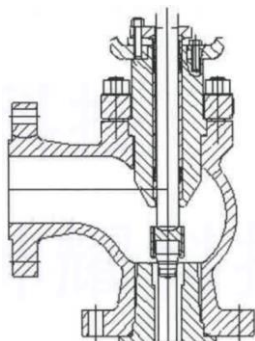


图 7 改造后角阀结构

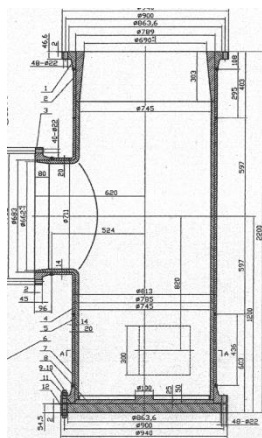


图 8 原始结构

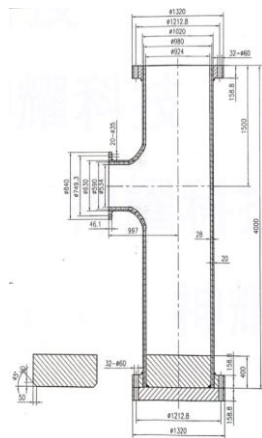


图 9 新结构

(5) 缓冲装置制造设计和制造质量尤为关键，按设计要求给足缓冲空间，把好材料关和质量关，严格按照要求制作，至少满足以下要求：

①外壳材料采用 Q345，外壳厚度 $\geq 20\text{mm}$ 。耐磨衬里优先采用双金属耐磨材料，耐磨层厚度 $\geq 28\text{mm}$ ，硬度不小于 HRC55。

表 1 双金属材料的化学及物理性能需要满足

双金属耐磨层主要化学成分				
Cr	P	S	Ni	Mo
$\geq 26\%$	$\leq 0.04\%$	$\leq 0.04\%$	$\geq 3\%$	$\geq 3\%$

②筒体和三通上的所有承压焊缝采用全焊透结构，焊

缝坡口应用机械法加工，若有火焰切割制备的焊接坡口表面，热影响区必须机械加工方法切除。所有受压部件的焊接坡口表面，均需进行磁粉或渗透检测。壳体整体制作完，要做整体热处理。

③铸造工艺采用消失模真空吸铸工艺，双金属耐磨层与外钢体的单侧缝隙 $\leq 2\text{mm}$ ，确保内衬耐磨材料的耐磨性和与普通碳素钢管的可焊性，耐磨层应平整光洁，无气泡渣眼、裂纹、缩松、粘沙等影响使用性能和外观质量的缺陷。整体焊接完成后按要求压力做水压处理且合格。

④缓冲装置根据介质稳流流场，达到以液稳液，黑水从筒体中心射入缓冲后从外环泛上入三通口。根据极限流量优化尺寸为一级缓冲装置长 $\geq 4000\text{mm}$ （自角阀连接法兰到底部盲头距离），直径 $\geq 1000\text{mm}$ ，防冲板厚 $\geq 400\text{mm}$ ；二级闪蒸缓冲装置长 $\geq 3200\text{mm}$ （自角阀连接法兰到底部盲头距离）直径 $\geq 900\text{mm}$ ，防冲板厚 $\geq 400\text{mm}$ ；三级闪蒸缓冲装置长 $\geq 3200\text{mm}$ （自角阀连接法兰到底部盲头距离），直径 $\geq 1000\text{mm}$ ，防冲板厚 $\geq 400\text{mm}$ 。

5 缓冲装置技术优化的结论

(1) 缓冲装置顶部减压角阀阀座由喇叭口结构优化为平盖结构，解决了阀座下方频繁泄露故障。

(2) 缓冲装置三通喉口部位采用马鞍形结构解决了喉口一圈薄弱部位频繁泄露故障。

(3) 筒身据以液稳液、稳流释能的要求配置合理的直径和高度解决了筒身剧烈磨蚀泄露故障。

(4) 防冲块紧凑的尺寸配合和分体固定结构解决了维修困难和频繁泄露故障。

(5) 控制成本精准选材，采用消失模真空吸铸工艺严格控制制造过程核心质量，大幅度提升整体寿命。

上述技术优化是在做了大量各运行现场对比、信息搜集的基础上，完善了该部件的目前缺点，并付诸于实际制造，并现场投用，将原缓冲装置整体寿命从 3~6 个月，延长至：防冲板寿命 > 2 年，缓冲装置筒体在 2 年内无明显磨损和耐磨层开裂、脱落现象。缓冲装置的优化改造，已付诸于实践，得到了验证，解决了闪蒸系统因缓冲装置频繁泄露导致停车的现状。

基金项目：宁夏回族自治区 2017 年重点研发计划（沿黄试验区科技创新专项 2017BY049）；宁夏回族自治区 2018 年重点研发计划（重大科技专项）（项目编号：2018BCE01004）

【参考文献】

张海龙，白海，任利荣. 黑水闪蒸罐侧进缓冲装置的优化改造[J]. 化学工程与装备, 2021(4): 2.

[2] 曹辉，杨胜，钱威. 黑水闪蒸系统角阀损坏原因及处理[J]. 机械工业, 2014(2): 18.

作者简介：高玉斌（1984.8—），学历：本科，目前职务：主任，目前就职于宁夏神耀科技有限责任公司。