

水煤浆气化装置的腐蚀与防护

赵小伟

国家能源投资集团有限责任公司 北京 100000

摘要: 中国“贫油、少气、富煤”的资源结构特征决定了适度发展煤制烯烃项目有着良好的前景。在政策调控之下,中国煤炭价格维持相对稳定,煤制烯烃成本优势进一步凸显。新疆某公司自原始开车已经有7年,生产运行期间出现了一些关键设备的运行瓶颈问题,在一定程度上影响了气化装置的长周期稳定运行,增加了劳动强度,气化装置设备管理人员通过从设备内部构造以及工作原理和工艺操作条件进行了系统分析,并通过和兄弟企业交流,通过各项技术改造攻克了气化装置关键设备运行瓶颈问题,保证了气化装置的安稳长满优高负荷生产。本文主要分析水煤浆气化装置的腐蚀与防护。

关键词: 水煤浆气化;选材推荐;腐蚀调研;腐蚀监测检测;腐蚀流程

引言

在煤气化过程中会生成硫化物、氮化物和氯化物等腐蚀性介质,对煤气化装置的设备和管道产生严重危害,影响装置的长周期稳定运行。水煤浆气化技术已成为煤气化技术的典型代表,具有对煤种适应性强、碳转化率高和整体热利用率高等优点。水煤浆气化工艺采用煤、氧气(或空气)为原料,经气化反应,将其转化为CO和H₂为主要组分的粗合成气。针对某公司的水煤浆气化装置,通过工艺流程、腐蚀性介质和腐蚀流程分析,对现场装置进行了腐蚀调研,分析了生产中暴露的腐蚀、结垢和堵塞问题,并从选材推荐和腐蚀监测检测方面提出了相应的防护对策。

1 水煤浆气化装置工艺流程

水煤浆气化装置主要包括水煤浆制备单元、气化单元、合成气洗涤单元、黑水闪蒸单元和黑水沉降单元等。

1.1 水煤浆制备单元

原煤中加入添加剂后进入磨煤机M-2201与水混合,开始磨煤,制得的水煤浆通过溢流的方式经滚筒筛脱除不符合粒度分布要求的煤粒后,进入煤浆槽T-2201,由煤浆泵提供动力送入气化单元。

1.2 合成气洗涤单元

合成气进入洗涤塔C-2201下部经过初步洗涤后,所含的大部分固体颗粒被脱除。在洗涤塔内部,合成气继续上升,与灰水、变换冷凝液进行逆流接触,经过深度洗涤后去变换工段。洗涤塔底部黑水经流量调节后去高压闪蒸罐V-2201。

1.3 黑水沉降单元

真空闪蒸罐V-2204底部的黑水送至沉降槽T-2202,为了加速黑水的沉降,在黑水中加入絮凝剂。沉

降槽上部的澄清水溢流到灰水槽T-2205,底部沉降的细渣送往后续过滤装置^[1]。灰水槽T-2205中的一部分灰水送入除氧器V-2206除氧后返回洗涤塔C-2201循环利用,另一部分灰水去污水预处理单元初步处理后外送下游装置进一步处理。

2 腐蚀性介质分析

水煤浆气化装置的主要原料是煤,在煤气化的操作条件下,煤中所含的硫、氯、氮等元素发生反应,生成硫化物、氯化物和氮化物等有害介质,并混入合成气、黑水和灰水等工艺介质中,造成设备和管道发生腐蚀。黑水和灰水环境的腐蚀具有如下特点:①黑水和灰水呈弱酸性,其中的氯离子含量较高,均超过500 μg/g,该环境下奥氏体不锈钢设备和管道具有较高的氯化物应力腐蚀开裂风险。②黑水的固含量较高,需重点关注黑水管道的冲蚀磨损风险。③在水煤浆气化单元和合成气洗涤单元中,黑水里的CO₂含量较高,若黑水中钙、镁含量较高,且黑水pH值较高,显碱性时,设备和管道易发生结垢。④黑水和灰水中H₂S含量较低,小于50 μg/g,其湿硫化氢损伤风险较低;湿硫化氢损伤风险较高部位集中在黑水闪蒸单元的酸性气设备和管道等部位。⑤黑水和灰水中甲酸含量较高,大于1000 μg/g,黑水和灰水环境中甲酸对金属材料的腐蚀产生一定的影响。

3 气化装置关键设备运行存在问题及处理措施

如磨煤机筒体螺栓频繁泄漏、低压煤浆泵单向阀卡涩不打量、锁斗锥部磨损减薄泄漏、渣水大小黑水管线磨损减薄严重等问题,这些问题严重制约了装置的正常生产^[2]。针对这些制约生产的瓶颈问题,对装置采取了一系列行之有效的处理措施,并取得了良好的效果。

3.1 磨煤机筒体螺栓频繁漏浆

故障现象及原因分析, 该公司使用的磨煤机属于湿式溢流型棒磨机, 物料通过溜管给料, 由进料中空轴内进料衬套给入筒体内部, 主电动机经棒销联轴器、主减速器、气动离合器、大、小齿轮装置带动装有介质棒的筒体旋转, 物料受到介质的撞击以及介质之间、介质与筒体衬板之间的研磨, 达到合格粒度的物料, 经排料中空轴内出料衬套排出, 完成研磨过程。筒体螺栓的主要作用是固定筒体内部钢衬板, 增强钢棒提升能力, 磨煤机在正常工作时, 筒体内100多 t 钢棒随着筒体旋转, 筒体内衬板的提升条辅助钢棒尽可能达到一定高度, 落下时对原煤进行研磨。钢棒在下落的过程中, 锤击物料及下方钢衬板, 导致筒体螺栓剧烈振动, 从而出现衬板滑动而引起的筒体螺栓松动甚至断裂等情况。原始设计筒体螺栓处的密封形式, 在这种苛刻工况下运行时会很快磨损甚至脱落, 达不到良好的密封效果和使用寿命, 磨煤机筒体螺栓泄漏严重, 严重影响了正常的生产。经过对照研究分析, 固定衬板的两个筒体螺栓主要存在3个密封点: (1) 密封胶垫与筒体之间的密封点; (2) 密封胶垫与螺杆之间的密封点; (3) 密封胶垫与压盖之间的密封点。原始密封装置设计不合理, 所以容易导致筒体螺栓泄漏, 主要原因有以下2点: (1) 原始密封胶垫厚度不够, 不能有效吸收缓解来自钢棒锤击衬板产生的振动从而导致螺栓容易松动, 预紧力失效从而产生泄漏; (2) 原始密封碗型垫在紧固螺栓的过程中, 由于碗型垫受压变形, 从而破坏了胶垫与螺栓之间的密封, 从而产生间隙导致泄漏。

故障解决办法及效果, 考虑到筒体螺栓密封频繁泄漏是由于密封装置设计不合理, 所以打算针对密封装置进行改造, 经过研究考察。选用计算好弹性模量的优质橡胶制成弹性密封垫。相应增加密封垫及外套筒的厚度, 使密封垫有足够的面积包裹螺栓及筒体两个泄露方向, 并且在安装密封组件时, 注入一定量的密封胶。这样在紧固螺栓过程中, 通过压盖施加给密封胶套的压力从而使密封胶套产生垂直方向的形变和水平方向上的形变。垂直方向上的形变使得密封胶垫和筒体之间的密封面紧密贴合, 结构胶的注入保证螺栓和螺栓孔无缝隙, 从而保证了密封。水平方向上的形变由于外套筒的束缚, 从而使橡胶密封套和螺栓之间, 橡胶套和外筒之间的密封面紧密贴合, 从而保证了密封。通过此次改造, 磨机筒体螺栓漏浆问题得到改善, 磨机运行过程中筒体螺栓基本无泄漏, 只需定期根据运行情况进行螺栓紧固即可^[3]。

3.2 闪蒸系统黑水管线磨损泄漏严重

故障现象及原因, 气化装置闪蒸系统主要接收气化炉产生的黑水, 由于气化装置闪蒸系统黑水系统固含量高、温度高、压差大, 所以黑水介质在被输送过程中流速增大, 大量高温黑水夹杂着固体颗粒对黑水管道造成强有力的冲击, 从而造成黑水管道泄漏。闪蒸系统管线在运行过程中承受着气液固三相流体冲刷, 由于金属表面与流体之间存在高速相对运动, 金属表面受机械力作用而磨损减薄, 甚至泄漏。所以自原始开车以来, 黑水系统管道受介质冲刷磨损严重, 泄漏大的情况下气化炉只能退气停车处理, 制约着气化装置的安全稳定运行。

故障解决方法及效果, 装置通过对介质冲刷管道机理研究, 并且通过技术交流、技术谈判, 技术交底对闪蒸系统易磨易冲刷管道采用耐磨粉末合金新型耐冲刷管道。易磨易冲刷管道采用安装试用耐磨粉末合金耐冲刷管道7部分, 其中包含: 渣水6楼高闪至低闪管道减压角阀后管线及释放筒, 渣水5楼低闪至真闪管道释放筒, 渣水4楼真闪上塔至下塔调节阀后短节, 渣水3楼真闪管箱, 渣水2楼气化炉排水去高闪管线及释放筒, 渣水2楼洗涤塔排水去高闪减压角阀后管线及释放筒, 渣水1楼沉降槽底流泵出口管线及调节阀后短节。制作处理完的双金属管道表面硬度是普通钢管的4~5倍, 从而保证了管线的长周期使用。每件产品法兰端应该带有耐磨层端部翻边结构, 以保证法兰面的防磨效果达到使用寿命要求。^[4]所有管道尺寸均采用现场测绘一对一模式, 法兰均采用活套法兰, 便于安装, 避免动焊增加工作量。

3.3 选材推荐

根据水煤浆气化工工艺特点, 设备和管道的选材应考虑操作温度、操作压力以及工艺介质的状态、流速、流态等条件, 并充分考虑苛刻条件下腐蚀性介质对设备和管道的影响。黑水和灰水中溶解有 Cl^- 、 CO_2 、 H_2S 、 HCN 和 HCOOH 等, 应考虑 Cl^- 点蚀及应力腐蚀开裂问题, 并考虑 CO_2 、 H_2S 、 HCN 与 HCOOH 腐蚀以及湿 H_2S 应力腐蚀开裂等问题。除考虑腐蚀外, 还应考虑固体颗粒对材料的冲蚀磨损, 适当增大材料的腐蚀余量, 特殊情况下需要进行局部材料升级。可选用陶瓷衬里或硬质合金等材料以减缓磨损; 同时在结构设计上尽量减缓固体颗粒对设备或管道的磨损, 如改变管道走向时可选大曲率半径弯管等。此外, 在装置运行期间, 定期进行壁厚监测, 及时更换管道, 尤其是选用碳钢材料时应加强管道壁厚的监测。

结束语

水煤浆气化装置在运行过程中, 设备和管道的腐蚀问题逐渐显现。黑水和灰水等工艺介质呈弱酸性, 其中

的氯离子和固体颗粒等腐蚀性介质含量较高,会对金属设备及管道产生严重的腐蚀,如氯化物应力腐蚀开裂、固体颗粒冲蚀磨损等。基于工艺流程分析和物料中腐蚀性介质的组成及含量分析,开展了腐蚀流程分析和腐蚀规律研究。通过对现场装置进行腐蚀调研,分析了生产中暴露的腐蚀、结垢和堵塞问题,并从选材推荐和腐蚀监测检测方面提出了相应的防护对策,保障了装置的长周期安全稳定运行,提高了装置的经济效益,推动了煤化工行业的技术进步。

参考文献:

[1]段永锋,赵小燕,李文盛,等. Q245 R 碳钢和

15CrMo钢在水煤浆气化黑水中腐蚀规律研究[J]. 煤化工, 2020, 48(4):24-27.

[2]杨宏泉,赵小燕,李文盛,等. 煤气化装置“三水”系统的腐蚀研究[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2020, 37(3):1-5.

[3]毕研超,郑军,王金辉,等. 煤制气装置腐蚀案例剖析[J]. 大氮肥, 2014, 37(1):8-12.

[4]许振宝. 德士古水煤浆气化工工艺及长周期运行因素分析[J]. 齐鲁石油化工, 2020, 48(2):132-135.