

# 煤化工装置黑水管道磨损问题分析及预防措施

卢强伟

国家能源化工分公司 甘肃 天水 741000

**摘要:** 介绍了煤化工气化装置渣水处理系统的工艺流程,着重阐述了渣水处理系统沉降槽底流泵出口管线自运行以来出现的管道磨损问题。对管道磨损的机理进行分析,并提出改进方法与措施。

**关键词:** 黑水; 颗粒; 磨粒磨损; 冲蚀磨损; 腐蚀磨损

## Analysis and preventive measures of black water pipeline wear in coal chemical plant

Lu Qiangwei

National energy and chemical branch, 741000, Tianshui, Gansu

**Abstract:** This paper introduces the process flow of slag water treatment system of coal chemical gasification unit, and focuses on the pipeline wear problem of the outlet pipeline of underflow pump of sedimentation tank of slag water treatment system since its operation. The mechanism of pipeline wear is analyzed, and the improvement methods and measures are put forward.

**Key words:** Black water; grain; Abrasive wear; Erosion wear; Corrosive wear

### 前言

国家能源化工分公司气化装置采用的是通用电气神华气化技术有限公司水煤浆加压气化技术(即德士古气化炉)。德士古气化工艺包含制浆单元、气化单元和渣水处理单元。气化炉与洗涤塔排放的黑水经高压闪蒸处理后,再进行低压闪蒸处理,然后再经过两级真空闪蒸处理,最后由沉降槽给料泵送入沉降槽进行,黑水与絮凝剂在沉降槽混合后进行沉降分离。沉降槽顶部的清液流入灰水槽再次循环利用,底部泥浆由沉降槽底流泵输送至真空过滤机进一步处理,最终分离出黑水中的固体颗粒,得到干净的灰水再次循环利用。但是沉降槽底流泵在输送黑水的过程中多次在管道三通、弯头及其附近处发生管道磨损泄露,严重影响装置的安全平稳运行。因此,分析黑水管道磨损的原理并提出相应的预防措施是气化装置稳定运行必不可少的工作。

### 1 气化装置黑水管道磨损机理

管道磨损是指管道输送流体中含有固体颗粒且流速较高时,因固体颗粒、气泡及液流对管壁冲击而造成的局部磨损。常发生在管道流通截面及介质流向发生急剧变化的部位,如弯头、阀芯、大小头等处,磨损部位的管道内壁出现凹凸不平、大大小小的冲击坑。在含有细渣颗粒的黑水管道中,当流速较高时,磨损的作用不可忽视。灰水中的硬质颗粒以切削、犁沟和刺入方式引起管道冲刷、侵蚀是造成管道破坏的主要原因,尤其在湍流场合,即弯头、三通附近,磨损和冲刷现象更为突出。管道磨损程度与管材、所输流体的

流速、含渣量、固体颗粒大小及硬度、管道直径、截面形状等有关。管道磨损机理可分为磨料磨损、腐蚀磨损、接触疲劳磨损和冲蚀磨损。我公司沉降槽共有三个,正常运行真空过滤机有三台,三个沉降槽底流泵出口管线在真空过滤机厂房汇合后,利用手动球阀进行限流,这样子才能保证三个真空过滤机进料均匀。根据管道磨损机理分类,气化装置黑水管道内表面的磨损主要是由于介质中颗粒物体对管壁的动力作用而引起的,可以分为磨粒磨损、冲蚀磨损和腐蚀磨损。

#### 1.1 磨粒磨损

根据管道介质中颗粒所受应力的不同,磨粒磨损可以分为凿削式磨粒磨损、高应力碾碎性磨粒磨损和低应力擦伤性磨粒磨损。沉降槽底部黑水泥浆中含有大量的不规则形状的固体颗粒物体,在沉降槽底流泵的作用下,黑水中固体颗粒与管道内壁相对运动产生摩擦。黑水中固体颗粒不断撞击管道内壁,在固体颗粒与管道摩擦面产生大于管材屈服强度的局部应力。黑水中含有的固体颗粒由于硬度、粒径和形状各不相同,所以高速流动的固体颗粒会在管壁会产生大小不同的应力,这些应力的叠加导致管壁内表面局部变形或疲劳。固体颗粒与管道内壁摩擦而产生擦伤或者明显的划痕,当管道内壁发生变形后,固体颗粒会将发生变形的铁屑从变形部位切割下来,从而导致管道局部破坏。黑水管道在这样长期的使用过程中,管道内壁本就产生局部变形或疲劳的地方会再次受到固体颗粒的磨损而发生变形,加剧管道厚度减薄,从而引起管道破裂的隐患。

## 1.2 冲蚀磨损

冲蚀磨损是指流体或固体以松散的小颗粒按一定的速度和角度对管道内表面进行冲击所造成的磨损。沉降槽底流泵出口管线流量大、管道流速高,在送往真空过滤机的过程中管道要经过多次弯头与变径。黑水中的固体颗粒在经过弯头或有变径的地方会改变原来的流向,固体颗粒以一定的速度、一定的角度冲击管道内表面,对管道造成破坏。当管道流体介质中固体颗粒斜向冲击管壁,高速运动的固体颗粒将以切削的方式磨蚀管壁内表面。尤其是在球阀位置,因为球阀限流的作用阀门处于未全开状态,黑水进过球阀阀体时与管道内壁形成一定的角度。若黑水调节阀开度太小,控制系统的调节质量会降低,并且会产生阀内的较高阻力降,导致空穴现象或闪蒸;若开度太大,当负荷增大时,无法进行调节。在小开度情况下,节流间隙小,高流速的含固流体对阀内件的冲蚀破坏较为严重。黑水中硬度较高的固体颗粒会不断地冲击球阀阀体内壁。球阀阀体在长期的冲击作用下,阀体内壁形成冲蚀坑,渐渐地冲蚀坑的表面会以片状或者颗粒状的形态从阀体内壁剥落,形成金属磨屑。发生变形的阀体内壁部位又会形成一种变径,黑水在经过冲蚀坑的部位时,固体颗粒又以一定的角度高速的冲击冲蚀坑,长期作用下冲蚀坑只会越来越大,阀体内壁厚度也会越来越薄,因此球阀阀体会经常性的发生泄漏。当剥落的金属铁屑在管道内流动时,会形成比黑水中固体颗粒硬度更高、表面更加尖锐的金属颗粒,这对后面的管道将会造成更大的危害。如图一所示



图一

## 1.3 腐蚀磨损

腐蚀磨损是固体颗粒与管壁发生摩擦,黑水中的较强的腐蚀性物质与摩擦部位反应生成腐蚀产物。本文主要分析黑水中的硫化氢对金属管道的腐蚀磨损。黑水中的 $H_2S$ 在一定的条件下与金属反应生成 $Fe_xS_y$ 类的腐蚀性物质,这种腐蚀产物的硬度相对管道材料来说相对较小,在磨粒磨损与冲蚀磨损的作用下,腐蚀产物从管道内壁脱落。管道的金属材料与腐蚀性介质再次直接接触生成腐蚀产物。这种往复循环的过程加速了管道的局部磨损,会使管道局部变薄,甚至发生管道磨蚀穿孔。气化装置黑水管线经常发生磨损破裂,就是应为黑水中的固体颗粒以及腐蚀性物质在磨粒磨损、冲蚀磨损和腐蚀磨损的共同作用下造成管道壁厚减薄。

管道磨损是一个复杂现象,还与黑水流速、黑水粘度、黑水密度以及管道尺寸都有密切联系,本文不作详细的研究。

## 2 预防措施

管道磨损预防的最主要措施就是及时的对管道进行检测,及时发现问题并解决问题。工程上多采用增加管道厚度,选用强度更高的合金钢材,或者在管道内增加抗腐蚀内衬,但是这些方法不能从根本上解决黑水管道的磨损问题,而且稳定性差,成本高。所以本文针对黑水管线磨损问题提出以下预防措施。

### 2.1 合理使用絮凝剂的添加量,控制黑水中固体质量浓度

据有关资料显示,当浆体浓度在1%-20%之间时,管道的磨损量随浓度的增加而增加;当浆体浓度小于1%时,流体中的固体颗粒碰到管壁的概率很小,管壁的磨损不大;而当浆体浓度大于20%时,由于固体颗粒之间的碰撞导致颗粒对管壁的磨损效率下降。固体颗粒的粒径大小也与管道的磨损程度有关,当固体颗粒的粒径分布在0.05mm-0.5mm之间时,固体颗粒对管壁的磨损程度随粒径的增大而增大。所以,合理的使用絮凝剂的加药量,控制黑水中的固体浓度,能有效地降低管道的磨损,

### 2.2 合理调节球阀限位,控制黑水流向与管道的冲击角

固体颗粒与管道内壁冲击的夹角称为冲击角,冲击角是影响管道冲蚀磨损的最重要因素。大量的实验表明:陶瓷、玻璃等典型的脆性材料最大冲蚀率出现在冲击角为 $90^\circ$ 附近;铜、铝合金等典型的塑性材料最大冲蚀率出现在冲击角 $20^\circ$ - $30^\circ$ 之间。一般工程材料的最大冲蚀率介于脆性材料和塑性材料之间。沉降槽底流泵出口管线由于球阀限流的缘故,黑水流向必然会与管道形成一定的夹角。在日常的工作中应该合理的调节球阀的开度,尽可能的让黑水在通过阀体时与管道的冲击夹角大于 $90^\circ$ ,这样就能有效地降低黑水对管壁的冲蚀磨损。

### 2.3 对经常出现磨损的管道采用内衬耐磨陶瓷的管件

内衬耐磨陶瓷管道充分发挥了钢管强度高、韧性好、耐冲击、焊接性能好以及刚玉瓷高硬度、高耐磨、耐腐蚀、耐热性好,克服了钢管硬度低、耐磨性差以及陶瓷韧性差的特点。因此,内衬耐磨陶瓷管道具有良好的耐磨、耐热、耐蚀及抗机械冲击与热冲击、可焊性好等综合性能。是输送颗粒物料、磨削、腐蚀性介质等理想的耐磨、耐蚀管道,已经广泛用于电力、矿山、钢铁、水泥、化工等磨损较大的行业。

### 2.4 定期检测黑水管壁厚度,将隐患消灭在萌芽阶段

气化装置沉降槽底流泵黑水中固体含量高,并且含有腐蚀性介质,管道在长期运行的情况下,经常会发生管道磨损而导致发生泄露的隐患。所以定期的对黑水管线进行壁厚检测,能有效的预防管道泄露的隐患发生。常见的管道厚度无损检测方法超声检测、射线检测、磁粉检测、渗透检测和涡流检测。如图二所示



图二

### 结束语

黑水管道及阀门由于磨损问题经常发生管道泄露,这不仅影响装置生产工作,而且增加了工作人员的负担,延长黑水管道使用寿命是煤气化装置长周期稳定运行的保证。因此明确黑水管道磨损的机理,并提出有效的预防措施有助于装置的稳定运行。在日常的生产过程中要严格按照工艺指标操

作,合理添加化工药剂,按操作规程操作设备设施,为煤化工装置的长周期运行奠定基础。

### 参考文献:

- [1]束德林.工程材料力学性能[M].机械工业出版社,2007.
- [2]邹伟生;吴桂芳;黄家祯.长距离浆体管道输送管壁磨蚀研究;2004(04).
- [3]张燕;郑永刚.加速管道系统磨蚀的参数及磨蚀预测,油气储存,1998,17(10):55-59.
- [4]夏德宏;徐文利.水煤浆输送管道磨损过程的解析[J].北京科技大学学报,1992,14(1):83-89.
- [5]刘烈炜;吴建军.硫化氢对不锈钢在酸性体系中腐蚀行为影响的研究[J].腐蚀与防护,2002,23(1):10-14.
- [6]张继军;桂晓莉.浆体管道磨损机理研究.2011.

作者简介:卢强伟、男、汉族、1988.05.15、籍贯:甘肃、学历:本科、职称:助理工程师、研究方向:煤化工、邮箱:923663859@qq.com