

# EDV 湿法烟气脱硫脱硝装置运行分析

王鹏博

中化泉州石化有限公司

**摘要:** 随着我国社会和经济的发展,含硫和高硫原油在国内炼厂中的加工比重不断上升,虽然有效降低了原料采购成本,但加工过程所产生的二氧化硫对环境的危害却在加剧,影响到我国农作物、植物正常生长,也对人们的健康造成了一定的损害。因此,为解决经济发展与环境可持续发展之间的矛盾,重视催化裂化再生烟气进行脱硫脱硝处理已是必然趋势。鉴于此,采用催化装置烟气脱硫脱硝装置是与催化裂化装置相配套的烟气环保处理装置,工艺为美国 Belco 科技公司 (BELCO®) 设计开发 EDV® 气体净化系统技术,处理催化裂化装置产生的流体烟气,清除含硫气体、氮氧化物气体和催化剂颗粒。EDV 湿法烟气脱硫脱硝装置投入运行有助于减少有害污染物排放,改善周围地区环境状况,因此本文从分析 EDV 湿法烟气脱硫脱硝装置及原理出发,探析 EDV 湿法烟气脱硫脱硝装置运行情况和运行中的异常情况

**关键词:** 烟气; 脱硫; 脱硝; 催化裂化; 装置; 运行

## 前言:

随着全球工业发展,环境问题愈发突出,减少各种工业装置所造成的空气污染已是世界各国有待解决的问题,在石油工业领域,空气污染问题主要来源于催化裂化装置的再生烟气,其中所含有的含硫气体、氮氧化物气体和催化剂颗粒都是造成空气污染的物质,为减少烟气中这些物质的排放采用烟气脱硫脱硝工艺技术是很多相关企业的重要选择。目前,在我国常用烟气脱硫脱硝技术有很多种,主要为湿法、干法、半干法,不同种类的技术所采用的处理形式和处理产物有所不同,EDV 湿法烟气脱硫脱硝装置便是使用的湿法技术,该技术具有较强的灵活性,同时除脱硫脱硝以外还可以脱除粉尘,由此我国很多企业都采用 EDV 湿法洗涤工艺和 EDV 湿法烟气脱硫脱硝装置。

## 一、EDV 湿法烟气脱硫脱硝装置及原理分析

### (一) EDV 湿法烟气脱硫脱硝装置

烟气脱硫脱硝装置由臭氧发生单元、洗涤吸收系统和废水处理系统三部分组成,采用杜邦-贝尔格 (DuPont-Belco) 公司开发的 EDV 湿法洗涤工艺,该工艺主要涉及洗涤和排出液处理两个板块,在催化裂化烟气中含有二氧化硫、氮氧化物气体以及催化剂粉尘等进入到装置中,烟气在装置中经过吸收洗涤单元和洗涤液处理单元,烟气中的在相应的单元中被逐级洗涤出并脱去催化剂颗粒、二氧化硫、氮氧化物气体等有害物质。整个装置的运行流程催化裂化高温烟气进入到装置中,经过与喷嘴浆液混合接触后形成大量的水蒸气随后与臭氧接触沿塔壁上行,其中的氮氧化物在这个过程中产生氧化反应,与水蒸气形成硝酸,形成氮氧化物反应区。在氧化反应后的气体进入到烟气脱硫塔内,并在塔中加入脱硫剂 (碱液) 和工艺水,让进入到烟气脱硫塔内的烟气与相关的检验和工艺水产生反应,充分反应后的浆液被分散进入到滤清模块中,烟气中未被脱除的细小固体颗粒和一些有害气体被吸收,让烟气得到进一步净化。剩余的浆液进入到澄清池中进行固体和液体分离,固体脱水后形成泥饼,进行填埋处理,而气体经过烟气脱硫塔处理后达标的气体可以正常排放至大气。

### (二) 反应原理

烟气进入装置内其中的二氧化硫与水接触,生成亚硫酸,  $\text{H}_2\text{SO}_3$  与  $2\text{NaOH}$  反应生成  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  和  $2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  与  $\text{H}_2\text{SO}_3$  反应生成  $2\text{NaHSO}_3$ ,  $2\text{NaOH}$  与  $\text{SO}_3$  反应生成  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 其中主要的还是装置采用钠碱法脱硫工艺技术。烟气在洗剂塔内与  $\text{NaOH}$  溶液逆

向充分接触反应,除去烟气中的  $\text{SO}_x$  并洗涤烟尘,从而将烟气净化,实现达标排放的目的。在洗涤塔内发生的用于吸收  $\text{SO}_x$  的中和反应如下所示<sup>[1]</sup>



## 二、EDV 湿法烟气脱硫脱硝装置运行情况

### (一) 吸收洗涤单元运行情况

催化裂化烟气在进入 EDV 湿法烟气脱硫脱硝装置中后会在洗涤塔中下部和洗涤塔中上部两段进行循环运行,相关的烟气在洗涤塔中下部中产生反应以后所产生的烟气进入到洗涤塔中上部中,整个运行目的是更好净化烟气中的污染物质,避免一些未被净化的烟气排放到大自然中污染环境。在该装置运用过程中,吸收洗涤单元为洗涤塔内急冷区和吸收区,烟气和不同操作工况情况下整个装置的运行整体状态是较为良好的。在急冷区设置一个喷嘴洒水蒸气,形成水帘,让烟气以垂直方向经过水帘,在整个吸收区内设置多层喷嘴形成多层水帘。降温饱和后的烟气上升至吸收区,与含有碱性吸收剂的浆液液滴分段逆向充分接触,逐级洗涤脱除烟气中的催化剂粉尘和  $\text{SO}_x$ , 通过不断向塔内注入碱液吸收浆液的 pH 值,保障浆液的 PH 值能在标准范围值内,确保相应反应环境能处于平衡状态,同时为保障整个区域内的反应环境适宜还应该补充合适的工艺水,以此使整个环境中的液位能保持在规定位上。

严格按照装置の設定值设置操作参数,仅补充水流量和氧化风量比设计值高,整个装置的吸收区的工况是较为良好的,不仅可以保障一部分固体颗粒物脱除率达到良好的标准,如 86.85%、94.66%,还可以减少外排污水 COD 的含量,该装置能很好的减少向大气中的污染物排放量,在很大程度上保障了相关企业的环保效益。在实际运作期间,因洗涤塔烟从出口排放烟气压力为常压,洗涤塔入口烟气压力测量值是是整个洗涤塔的运行压降,在实际运行过程中要根据入口烟气压力的数据信息来进行判断分析整个装置内的压降情况。分析影响烟气中氮氧化物,二氧化硫等组分用以分析脱除效率的因素,发现其主要的因素是循环浆液的 pH 值,综合实际发现想要很好地控制 pH 值不仅要考虑吸收洗涤单元的设备材质,还需要考虑烟气中的酸碱物料平衡。首先是吸收洗涤单元的设备材质主要为 304L,循环液酸性会对整个装置带来一定的影响,在装置生产期间

会产生反应造成装置内壁被腐蚀,影响使用年限和影响烟气净化效果。但为保障吸收效果,不能太过降低循环液的PH值,避免达不到明显效果而减少碱液消耗。同时循环液的碱性也需要控制在标准范围内,在装置实际运行过程中,烟气中的其他有害酸性物质会吸收碱量,因此,其中所加入的吸收液pH值应控制在6.5-7.0之间。另外,循环浆液的PH值不得低于6.5,以防止设备腐蚀。以先到条件为操作限制条件。

### (二) 洗涤液处理单元运行情况

由洗涤塔浆液循环泵送来的洗涤废水含有颗粒物和亚硫酸钠,首先与絮凝剂混合均匀后送入澄清池,在澄清池,催化剂固体沉淀并集中形成底层。底部的浆料(澄清池底流)应当具有20-25%-wt催化固体浓度。耙式传动机构促进形成合适的底层,防止固体底层压缩。

澄清的净化水(来自澄清池)在三个氧化槽中进行处理,减少化学需氧量。化学需氧量的减少涉及氧化溶解在液体中的亚硫酸盐,通过同空气中的氧气发生化学反应,生成硫酸盐。氧化过程包括促使主风进入到氧化槽,并混合到澄清的液体中。澄清的净化水利用重力流到第一个氧化槽的底部,并从这个氧化槽溢出到第二个氧化槽的底部,然后流入到第三个氧化槽。经过氧化脱除COD的含盐废水,再经过加压泵送至三个污水浊过滤器,过滤掉部分固体颗粒后,被送至含盐污水排放处<sup>[2]</sup>。

废水处理系统单元分析,废水处理单元主要是对洗涤塔送来的洗涤液进行净化处理,要让整个装置内所产生的废水的各项指标满足标准后再进行排放,在实际废水处理单元系统运行过程中当入口烟气的硫化物含量超过设计指示,系统内的水质化学含氧量会大大超过设计标准。因此,在实际运行过程中,要将入口烟气的二氧化硫含量降低到很低的标准内,才能够保障废水处理系统中水质合格。分析含盐污水外排的情况,在废水处理单元系统运行中,催化原料油的硫含量变化较大,通常处于4000 μg/g-9089 μg/g该变化会直接影响到烟气中的原料硫含量变化,无法固定的变化区间值,会影响到烟气脱硫装置的操作状况,无法有效的控制,浆液和污水中的悬浮物含量以及化学含氧量需要处于较高的水平下,能够更好的完成污水处理。同时,还需要对其中所添加的絮凝剂进行有效调试,若絮凝剂添加的值,无法满足烟气中硫含量的变化,会直接影响到外排污水的悬浮数据产生变化。

### (三) 装置能耗运行情况

EDV湿法烟气脱硫脱硝装置的运行和维护都是存在耗能问题的,对于相关企业使用该装置而言,主要涉及的耗能内容有臭氧发生器、机泵、氧化风机和搅拌器运行所需的电能消耗。主要涉及的物料消耗有,吸收需要的碱液;氮气、氧气、氧化风;洗涤塔的工艺补充用水,机泵机械密封、冷却水。一年时间中烟气脱硫装置所耗32%离子膜碱液累计单耗为15955.28g/t,远远超出设计值5138g/t。另按催化装置正常加工量404t/h计算,烟气脱硫装置的正常运行会增加主装置综合单耗约1.44 kgEo/t,低于1.65kgEo/t的设计值。在这期间因增加压力损失会使前面的烟机背压提高,过滤箱回收泥中含水量大,会造成后过滤箱内的回收泥需再次进行处理,增加成本。因此,相应的装置在实际运行过程中会充分考虑节能方面的问题,在标准范围内适当降低臭氧量,降低臭氧发生器电能消耗。并且,减少烟气脱硫塔操作压降保障烟机做功运动,同时为保障整个装置的运行年限,降低排液系统中固体颗粒浓度,来减少相应物质对设备及管线所带来的影响<sup>[3]</sup>。

## 三、EDV湿法烟气脱硫脱硝装置运行异常及处理

### (一) 烟气脱硫塔腐蚀及结垢

在EDV湿法烟气脱硫脱硝装置运行中发现烟气脱硫塔内壁垢层下面及内购焊接处发生腐蚀的情况经常出现,该问题若不采取合理科学的措施处理会,随着装置的运行周期延长问题会逐渐变得严重,直至影响到空气净化单元的运行和影响到整个装置的安全运行。除此以外,在冷却吸收区内洗涤的浆液pH值较高的情况下烟剂中的二氧化硫会与其中的钙、镁离子发生反应,加之颗粒物的存在会让整个装置内很多区域出现结垢现象,导致整个装置的运行出现堵塞的情况。一旦发生堵塞问题,会影响到过滤模块中的液位下降,也会影响到过滤模块中的出口处被堵塞,造成循环泵出口压力降低。因此,应严格控制过滤模块中的pH值在6.5-7.5之间。

### (二) 烟气SO<sub>2</sub>异常上升

EDV湿法烟气脱硫脱硝装置脱硫塔主要利用塔底浆液注碱液对烟气中的SO<sub>2</sub>进行吸收,生成Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>和水,装置在正常运行状态下,排出的烟气出现白烟现象,采用相应的烟气分在线析仪表分析发现烟气SO<sub>2</sub>异常上升。碱液浓度是否突然下降,导致烟塔底循环浆液PH值快速下降,脱硫效果下降使外排烟气中SO<sub>2</sub>大幅上升,出现该问题,势必会影响到所排出的烟气,无法达到相应的标准值。因此,在实际装置运行过程中出现该问题可以在现场用PH试纸快速检测碱液PH值同时采样送化验分析,如低则加大碱液注入量,并联系动力提高碱液浓度<sup>[4]</sup>。在前面提到,催化裂化原料中的硫含量会呈现出大幅度的变化,而相应的循环液中的pH值未进行及时调整就会导致烟气中的SO<sub>2</sub>浓度大幅上升,那么这个问题需要结合现场的整体情况分析催化原料中的硫含量,若确实是该原因,可以采用加大循环浆液量的方式来提升pH值,以达到提升吸收效果的目的,或者深入分析原料的实际情况可以采用调整原料性质改善硫含量的方式来解决该问题。

### (三) 烟气颗粒度异常上升

由于烟气中大量夹杂着细小的催化剂颗粒,在该装置实际运行过程中,烟气颗粒度主要是催化剂粉尘浓度的体现,而且催化剂粉尘浓度会直接影响到装置的运行,也可能会增加污染物排放超标的风险。若在实际装置运行过程中,烟气颗粒度异常上升的原因可能是由于再生压力存在大幅度波动或旋风分离器工作不正常的问题,分析相应的问题存在点,可以对再生器压力的平衡度进行校正,要保障相应的催化剂细粉含量在规定的范围内。

### 结论:

EDV湿法烟气脱硫脱硝装置运行可以有效的脱除烟气中的二氧化硫、氮氧化物、催化剂颗粒物等,让工业锅炉烟气排放能达到相应的标准,该装置的应用不仅操作简单,同时能适应上游催化负荷变化。但是在实际运行过程中,还是存在着一定的问题,需要相关的技术人员采取合理科学的措施进行防治,以此保障该装置对烟气的治理效果,减少环境污染,改善生态环境质量,保证相关企业的环保效益。

### 参考文献:

- [1]陈林,武传朋,李传坤. FCC烟气脱硫脱硝装置外排水pH值异常研究[J]. 安全、健康和环境,2022,22(07):38-42.
- [2]颜军文. 催化裂化装置烟气脱硫脱硝运行问题及对策[J]. 齐鲁石油化工,2022,50(02):121-125.
- [3]孙也,庞琳琳,李杰,刘勇,胡小吐,李晓彬,朱天乐. 气相臭氧深度氧化协同湿法吸收脱硝工艺的氮平衡研究:以某钢铁公司300 m<sup>2</sup>烧结烟气脱硫脱硝系统为例[J]. 环境工程,2022,40(09):186-191.
- [4]党修伟. 多级喷雾湿法氧化烟气脱硫脱硝除尘一体化工艺[J]. 化工管理,2020,(06):197-198.