

# 石灰石-石膏湿法烟气脱硫除雾器 堵塞分析与对策

潘超群

(浙江天地环保工程有限公司设计部 杭州 310012)

**摘要:**除雾器堵塞在石灰石-石膏湿法脱硫中已成了常见现象。除雾器堵塞不但影响除雾器的除雾效果,进而加重了对下游设备的腐蚀;还会造成后续湿烟气对石膏液滴携带的增加,形成"石膏雨"现象。通过对除雾器堵塞原因的分析,提出了除雾器堵塞的对策,为脱硫系统的正常运行提供了参考。

**关键词:**湿法脱硫;堵塞;除雾器;石膏雨;

**中图分类号:**TF704.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8759(2015)04-0030-03

脱硫系统除雾器常采用屋脊式,分两级布置于吸收塔内顶部,当含有雾滴的烟气流经除雾器通道时,雾滴的撞击作用、惯性作用、转向离心力及其与波形板的摩擦作用、吸附作用等使得雾滴被捕集。根据国内外除雾器厂家经验表明:99.99%的22 $\mu\text{m}$ 以上的雾滴能够被除雾器除去;50%的15-22 $\mu\text{m}$ 的雾滴能够被除雾器除去;对于15 $\mu\text{m}$ 以下的雾滴,除雾器是无法拦截的。除雾器的冲洗水压力一般为2 bar,喷淋覆盖率为200%。

两级除雾器堵塞后的阻力由150 Pa会增加至400 Pa左右,对系统的稳定运行构成了一定的威胁。除雾器除雾效率的高低和压降的大小直接影响到湿法洗涤烟气脱硫系统能否连续可靠运行。

## 1 除雾器堵塞的原因分析

### 1.1 石膏浆液中亚硫酸钙含量偏高,并被烟气带走沉积

由于吸收塔石膏浆液中亚硫酸钙含量偏高,烟气携带的亚硫酸钙也随之上升。亚硫酸钙随液滴进入除雾器后,会在除雾器的叶片上形成软垢,同时烟气携带的一些其他的物质如 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{CaSO}_3$ 、 $\text{CaCO}_3$ 及飞灰中含有硅、铁、铝等物质,这些

物质具有较大的粘性。当浆液颗粒碰撞到除雾器叶片表面时,它们中的部分便会粘附于除雾器沉降下来。由于烟气具有一定的温度,加快沉积层水分的蒸发,同时亚硫酸钙不断被氧化,使沉积层逐渐形成结构致密类似于水泥的硬垢。亚硫酸钙浓度偏高的可能原因大致有两种:(1) pH 控制不当,亚硫酸钙难以被及时氧化。实践表明:吸收塔石膏浆液的 pH 维持在 5.2 ~ 5.8,脱硫效率最理想。由于电厂有时燃高硫煤,排出的烟气中二氧化硫的含量较高,超出了吸收塔的设计处理能力。这时运行人员会向吸收塔中加入大量的石灰石浆液,使吸收塔浆液的 pH 维持在 6.0 以上,过高的 pH 抑制了亚硫酸钙的氧化和碳酸钙的溶解。(2) 液位控制不当,氧化不充分。湿法脱硫常采用强制氧化方式来氧化生成亚硫酸盐,氧化风机出力正常。运行人员为了提高脱硫效率,常控制吸收塔液位在设计液位以下,这样导致缩短了氧化空间,浆液中生成的亚硫酸钙将大大增加。即使氧化空气能得到保证,因氧化空间被压缩,对二氧化硫的氧化效果也很难得到保证,尤其是在高 pH 值条件下。如果此时真空皮带脱水系统出现故障,则吸收塔石膏浆液浓度将持续增加。高浓度的石膏浆液会进一步压缩亚硫酸钙与氧气的接触机会,进而压缩氧化时间和空间,石膏浆液中亚硫酸钙含量大幅超标将难以避免。

收稿日期:2014-08-18

作者简介:潘超群(1984-),男,本科,主要从事火电厂烟气脱硫、废水等环保工程方面的工艺设计工作。

## 1.2 吸收塔浆液过饱和,烟气含固量增加

亚硫酸钙、硫酸钙在石膏浆液中的溶解度均较小,尤其在浆液 pH 值较高的情况下它们的溶解度就更小。当亚硫酸钙、硫酸钙的含量超过石膏浆液的吸收极限时,亚硫酸钙、硫酸钙就会以晶体的形式开始沉积。当浆液相对饱和浓度达到一定值时,亚硫酸钙、硫酸钙将按异相成核作用在浆液中已有的晶体表面上生长。当浆液相对饱和度大于引起均相成核作用的临界饱和度时,亚硫酸钙、硫酸钙就会在浆液中形成新的微小晶核,这些微小晶核将在容器表面上逐渐生长成坚硬垢物。

一些电厂运行规程规定,当浆液浓度超过  $1\ 120\ \text{kg}/\text{m}^3$  时,应启动真空皮带脱水系统。在真空皮带脱水系统因皮带跑偏、旋流子堵塞等原因停运处理缺陷期间,吸收塔里的浆液浓度将不断增加,甚至高达  $1\ 160\ \text{kg}/\text{m}^3$ ,远超  $1\ 120\ \text{kg}/\text{m}^3$  的控制标准,使得硫酸盐浓度超过临界饱和度而不断结晶沉积,烟气携带固体颗粒量也大大增加。若按正常的冲洗周期和冲洗水量,这些固体颗粒难以完全清除。未清除的颗粒黏附在除雾器表面,会逐渐长大,形成垢物。

## 1.3 除雾器冲洗不充分,效果不理想

如果冲洗周期太长,烟气液滴中携带的固体会不断附着在除雾器表面,在高温烟气的不断冲刷下逐步硬化,直至形成厚实致密的硬垢;但如果冲洗过于频繁,又将导致烟气带水量加大。

如果除雾器冲洗水压力不够。除雾器投入时间较短时,表面光滑洁净,运行中形成的垢物多分散、疏散,一定压力的冲洗水就可以冲刷掉。但实际中由于管路设计不合理,或者除雾器冲洗水再循环管路节流孔板设置偏大,都有可能造成除雾器冲洗水压力无法达到设计要求,冲洗效果不理想,致使除雾器表面形成的结垢晶核不断长大,形成硬垢。

## 1.4 原烟气粉尘浓度超过设计值,除雾器负担增大

原烟气粉尘浓度超过设计。在除雾器表面沉积的垢物除了吸收塔浆液中的固体颗粒,还有随烟气带入的飞灰,正常情况吸收塔浆液可以洗涤 50% 左右的飞灰,到达除雾器处的烟气飞灰含量一般较低,正常冲洗可以保证除雾器洁净。但实际中很多电厂煤种与设计偏差较大,灰分高出设计

50%,甚至 100%,或者除尘器运行达不到设计要求,致使脱硫系统进口烟气飞灰含量远高于设计值,大量飞灰在除雾器表面沉积,由于飞灰中的金属氧化物粘性较强,而且飞灰颗粒细小,一旦结垢很难去除。

## 1.5 烟气流速不时变化,影响除雾效果

机组负荷较低时,烟气流量低,烟气流速降低,烟气对除雾器板面的碰撞量将减少,部分烟气会飘出除雾器而没有达到除雾效果。飘出的烟气雾滴在流动过程中互相碰撞凝结成大液滴,掉落并黏附在除雾器表面,形成沉积物。除雾器部分堵塞时,会造成未堵部分处的烟气流速超出除雾器的设计值,使聚集到除雾器表面的液滴又被高速烟气带走,导致烟气含固量增加。而穿过除雾器后,这部分烟气的流速将降低,其中的液滴将不断碰撞、长大、坠落,最终造成除雾器堵塞更为严重。

## 2 预防除雾器堵塞的措施和对策

4.1 维持适当的运行 pH 值。将吸收塔浆液 pH 值控制在 5.2~5.8,最好控制在 5.4~5.6 范围内。在烟气中二氧化硫含量发生较大变化时,要及时调整石灰石浆液的加入量,防止浆液 pH 值超标运行,尤其是超上限运行。投入过多的石灰石浆液,不但提高脱硫效率十分有限,而且由于反应中  $\text{SO}_2$  水合反应后生成的  $\text{H}^+$ 、 $\text{HSO}_3^-$  不能完全中和石灰石,使得浆液中  $\text{Ca}^{2+}$  与  $\text{SO}_4^{2-}$  及  $\text{SO}_3^{2-}$  的溶度积不断增大,浆液过饱和度不断上升,会加重除雾器堵塞。

4.2 维持适当的吸收塔液位和浆液密度。吸收塔液位的高低,对脱硫效率和亚硫酸钙的氧化率有一定影响。液位低,脱硫效率有所上升,但氧化效果会下降;液位高,脱硫效率将有所下降,但氧化效果会上升。一般而言,在燃烧低硫煤时,吸收塔液位可控制在低限运行,以降低氧化风机电流,节约厂用电;但当燃烧高硫煤时,应及时提高吸收塔液位,以增加亚硫酸钙的氧化空间。同时,要控制好浆液浓度,当浓度达到控制标准上限时,要及时启动真空皮带脱水系统。

4.3 保证除雾器冲洗系统的正常运行。如前所述从以下几方面开展工作:①根据除雾器前后压差设定合理的冲洗周期,维持除雾器压差在初通烟气的 1.5 倍左右;②在调试阶段,实际检查冲洗效

(下转第 61 页)

结果如下表 5 所示。

根据表 5 可知,莆田地区综合评价地下水质量级别为良好,其中笏石镇新厝店村监测点区域地下水质量级别为优良,城厢区亭镇油湫村,荔城区黄石镇五龙村,秀屿区东庄镇苏田村,仙游县郊尾镇沙溪村,仙游县鲤南镇霞苑村,涵江区仓林镇仓口村监测点区域地下水质量级别均为良好。

莆田市境内木兰溪两岸流域和闽东沿海诸河流域基本为松散堆积含水岩组,防污性能较弱,难免受到人类活动的影响。但其受地形地貌影响形成各自独立小水文地质单元,主要通过大气降水补给,大部分通过泄流排泄于木兰溪和大海,径流短,水交替较强烈,因此能够保持着良好的水质。根据描述统计、单因子标准指数评价和综合评价分析可知,莆田市境内木兰溪流域两岸和闽东沿海诸河流域地下水水质现状总体良好。但木兰溪流域两岸和闽东沿海诸河流域基本为冲洪堆积层和海陆交互层,防污性能弱,孔隙潜水较易受污染,且是莆田市未来建设发展的主要区域,特别是木兰溪下游两岸平原和秀屿区滨海平原,人口密度将加大,人类活动增强。因此尽管目前水质较好,但仍然需加强地下水保护与监测,确保地下水质量。

(上接第 31 页)

果,保证冲洗能够覆盖整个除雾器,并达到冲洗压力;③加强冲洗门维护,完善防护措施。

4.4 加强除尘器的运行维护,保证除尘器的正常投运。如果煤质长期与设计煤种偏离较大,致使烟气飞灰浓度超标较多,条件允许下,应在大修期间对除尘器进行改造。

4.5 遇停机时机,应彻底清理除雾器。即使采取了适当的措施,除雾器长期运行后,仍会结垢堵塞,特别是形成硬垢后,晶核不断长大,单靠冲洗难以去除,就要在脱硫系统大小修期间用高压枪进行彻底地清理,保证除雾器正常投运。

### 3 结语

除雾器是防止下游设备结垢、堵塞、腐蚀的重

### 6 结论及建议

通过进行水文地质和环境地质调查并采集水样测试分析与评价,莆田市境内木兰溪流域两岸和闽东沿海诸河流域水文地质单元主要为堆积松散空隙岩组,其浅层孔隙潜水水质均符合《地下水质量标准》中 III 类标准,综合评价结果水质良好。但其地层岩性主要为冲洪积层和海陆交互层,需加强地下水监测与保护,以维持目前良好的水质状况。

### 参考文献

- [1] 张玉珍,马荣欣.运用模糊综合评判莆田市农村浅层地下水质量[J].长沙大学学报.2011(02).
- [2] 詹永东.莆田市农村饮用水安全状况与保障措施研究[J].农业环境与发展.2006(04).
- [3] 张新钰,辛宝东,刘文臣,等.三种地下水水质评价方法的应用对比分析[J].城市地质.2011(01).
- [4] 杨广焱,李巧,周金龙.新疆吐鲁番地区地下水质量与污染评价[J].节水灌溉.2014(02).
- [5] 王红晋,庞绪贵,何玉海,等.临沂地区浅层地下水环境质量评价与分析[J].安徽农业科学.2014(05).
- [6] 吴夏懿,理继红,姜素,戴罗芳.长江三角洲江苏地区浅层地下水质量评价[J].地下水.2013(06).

要设备。日常运行中应注意监控除雾器前后压差变化趋势,保证脱硫系统的安全运行。对石灰石-石膏湿法脱硫系统而言,除雾器堵塞与否,对整个脱硫系统的安全、经济、稳定运行至关重要。加强运行管理和运行控制,是延长除雾器堵塞周期最有效的办法。

### 参考文献

- [1] 阎维平,刘忠,王春波,纪立国.电站燃煤锅炉石灰-石湿法烟气脱硫装置运行与控制[M].北京:中国电力出版社,2005.
- [2] 熊立红.超超临界机组烟气净化设备及系统[M].北京:化学工业出版社,2009.
- [3] 曾庭华,杨华,马斌,等.湿法烟气脱硫系统的安全性及优化[M].北京:中国电力出版社,2004.
- [4] 孙文寿,孟韵.湿式石灰/石灰石烟气脱硫工艺存在的问题及技术措施[J].四川环境.2006,25(4):64-68.