

# 石灰石-石膏湿法脱硫系统处理能力下降治理

尤翔<sup>1</sup> 吴勇<sup>2</sup>

(四川中电福溪电力开发有限公司 四川宜宾 644000)

摘要: 石灰石-石膏脱硫法是最成熟、应用最多、运行状况最稳定的方法,其脱硫效率在95%以上。随着环保要求的不断提高,通过技术改造,脱硫效率可达99%以上。随着机组运行时间的增加,脱硫系统受设备老化、磨损等因素影响,脱硫效果逐渐下降。本文介绍了脱硫系统基本原理,通过对比两台机组在同等工况下系统设备运行的差异性,分析可能造成的原因,并通过运行调整和停机期间设备维护等手段,解决脱硫系统处理能力下降的问题。

关键词: 石灰石/石膏-湿法脱硫; 吸收塔; 浆液循环泵

Treatment of treatment capacity decline of limestone-gypsum wet desulfurization system  
XiangYou<sup>1</sup>, YongWu<sup>2</sup>

(Sichuan Zhongdian Fuxi Electric Power Development Co., LTD., Yibin, 644000)

Abstract: Limestone-gypsum desulphurization method is the most mature method with the most application and the most stable operation, and its desulphurization efficiency is above 95%. With the continuous improvement of environmental protection requirements, the desulfurization efficiency can reach more than 99% through technical transformation. With the increase of unit running time, the desulfurization efficiency of the desulfurization system is gradually decreased due to factors such as equipment aging and wear. This paper INTRODUCES THE basic principle of the desulphurization system, analyzes the possible causes by comparing the difference of the system equipment operation between the two units under the same working conditions, and solves the problem of the reduced processing capacity of the desulphurization system by means of operation adjustment and equipment maintenance during downtime.

Key words: Limestone/gypsum - wet desulfurization; Absorption tower; Slurry circulation pump; Slurry

## 引言

目前,绝大多数的大型火力发电厂均采用石灰石-石膏湿法脱硫工艺进行烟气中二氧化硫(SO<sub>2</sub>)的处理,这种脱硫工艺具有脱硫效率高、煤种适应性强、处理能力大、原材料获取容易、副产物可有效利用等特点。随着清洁能源的大力发展,新能源渐渐替代化石燃料机组,现有火力发电机组大多数运行时间都较长。设备老化、腐蚀、磨损等问题,严重影响系统出力,甚至影响机组带负荷能力。

### 1. 设备简介

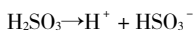
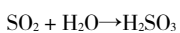
该发电企业共安装2台600MW超临界机组,采用石灰石-石膏湿法脱硫工艺,一炉双塔双循环的脱硫装置(FGD)。在设计煤种煤质含硫量在4.0%时脱硫效率不小于99.7%,脱硫原烟气SO<sub>2</sub>浓度常年维持在7000-10000mg/m<sup>3</sup>。

#### 1.1 石灰石-石膏湿法脱硫原理

吸收浆液通过喷嘴雾化喷入吸收塔,分散成细小的液滴并覆盖吸收塔整个断面。这些液滴与塔内烟气逆流接触,发生传质与吸收反应,烟气中的SO<sub>2</sub>、SO<sub>3</sub>及HCl、HF被吸收。SO<sub>2</sub>吸收产物的氧化和中和反应在吸收塔底部的氧化区完成并最终形成石膏。主要化学反应:

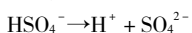
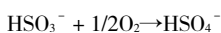
##### (1) 吸收反应

烟气与喷嘴喷出的循环浆液在吸收塔内有效接触,循环浆液吸收大部分SO<sub>2</sub>,反应如下:



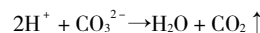
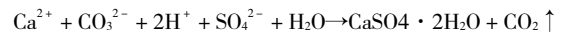
##### (2) 氧化反应

一部分HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>在吸收塔喷淋区被烟气中的氧所氧化,其它的HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>在反应池中被氧化空气完全氧化,反应如下:



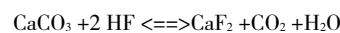
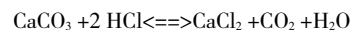
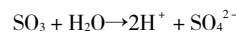
在吸收塔内再循环。

##### (3) 中和反应:



##### (4) 其他污染物

烟气中的其他污染物如SO<sub>3</sub>、Cl<sup>-</sup>、F<sup>-</sup>和尘都被循环浆液吸收和捕集。SO<sub>3</sub>、HCl和HF与悬浮液中的石灰石按以下反应式发生反应:



### 1.2 异常现象

2022年2月,运行过程中发现#1、#2脱硫系统在同等工况条件下,#2脱硫系统处理能力明显低于#1脱硫系统,如下图1、图2所示。为达到超低排放要求,#2脱硫系统运行浆液循环泵数量较#1脱硫系统多一台,才能满足超低排放要求。

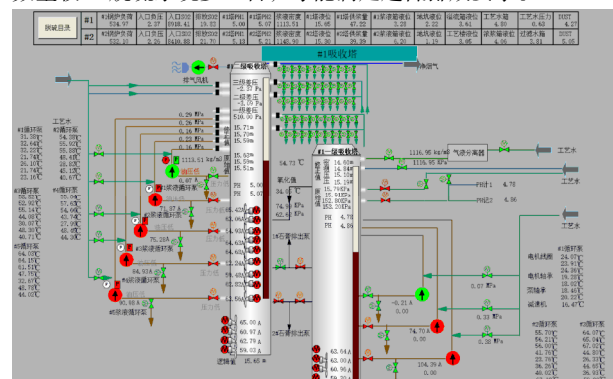


图1: #1FGD循环泵组

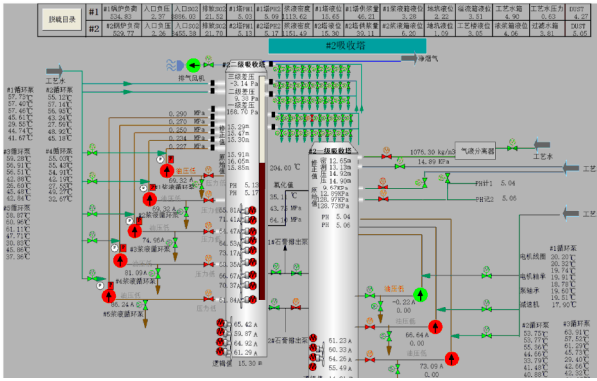


图 2: #2FGD 循环泵组

机组	负荷 (MW)	入口 SO <sub>2</sub> 浓度 (mg/Nm <sup>3</sup> )	浆液循环泵组合		PH
			一级	二级	
#1	533	8918	A2、A3	B2、B3、B4、B5	4.80/5.03
#2	530	8410	A2、A3	B1、B2、B3、B4、B5	5.05/5.15

(备注: 全文表格绿色为相对更优参数, 红色为相对更差参数。)

2. 事件分析与处理

2.1 事件分析

结合脱硫原理、系统运行参数变化和现场观察, 提出以下几个可能造成脱硫系统处理能力下降的原因:

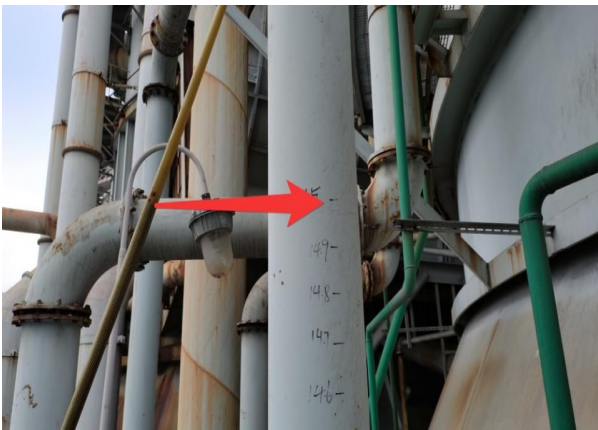
- (1) 吸收塔液位测量不准, 有效液位偏低。
- (2) 浆液循环系统出力下降, SO<sub>2</sub> 逃逸率增加。
- (3) 氧化空气系统故障, 浆液氧化不充分。
- (4) 脱硫吸收剂品质下降, 吸收效率降低。

2.2 检查和处理

针对以上可能造成脱硫系统处理能力下降的原因, 逐项展开检查。

(1) 吸收塔液位。为进一步核实吸收塔有效液位, 采用连通管原理, 在吸收塔浆液取样口加装临时液位观察软管, 发现一级吸收塔DCS显示液位与实际有效液位相差近2m。

为此, 该公司进行液位计校准和DCS液位后台算法的重新修正, 并对吸收塔浆液取样管进行小改造定期观测有效液位(图3)。



(图3: 一级塔液位观测)

(2) 循环浆液系统。利用机组停机, 对循环浆液系统从下至上进行了全方位的检查和处理:

①2B4浆液循环泵叶轮口环间隙偏大(18mm), 将2B4浆液循环泵叶轮口环间隙调整为6mm, 其余泵叶轮轻微磨损, 口环间隙在要求范围内。

②2B2浆液循环泵叶轮磨损, 对叶轮进行更换, 同时调整叶轮口环间隙至6.5mm, 运行后#2B2电流由69A提高至74-76A。

③2A3、2A2浆液循环泵对应的喷淋层分别有4个、2个喷嘴掉落(图4)。2A1浆液循环泵对应喷淋层1个喷嘴根部玻璃钢穿孔(图5)、1个喷嘴脱落。

④B塔5层喷淋层近30个喷嘴被脱落的衬胶和异物堵塞(图6)。



(图4: 修复的喷嘴)

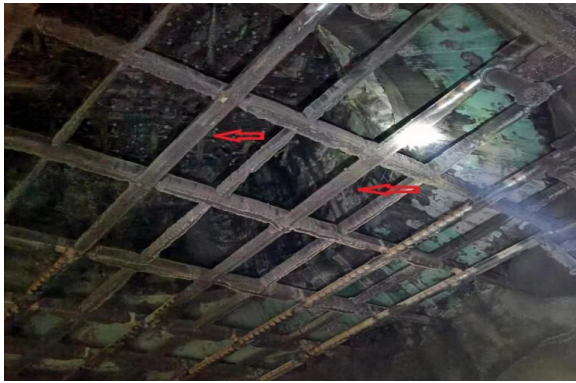


(图5: 穿孔的喷嘴)



(图6: 堵塞的喷嘴)

(3) 氧化空气系统。氧化风机本体无异常, 氧化风母管管壁轻微结垢, 正常。但发现一级塔中间两根氧化风喷管(管网式, 共6根)喷孔堵塞约二分之一(图7)。通过搭设塔内满堂架, 对堵塞的喷口进行了彻底处理。



(图7: 堵塞的氧化风支管)

(4) 脱硫吸收剂。通过查验该公司石灰石化验报表, CaO含量基本维持在52.5%~53.5%之间, 过筛率(325目)在83~89%之间波动, 未达设计要求的大于90%, 但整体比较稳定。

### 3. 效果检验和原因解析

#### 3.1 效果检验

2022年7月, #1、#2机连续高负荷运行, 下面分别从处理前、后两台机组负荷、入口SO<sub>2</sub>浓度、浆液循环泵组合、浆液PH等方面, 阐述脱硫效果的变化。

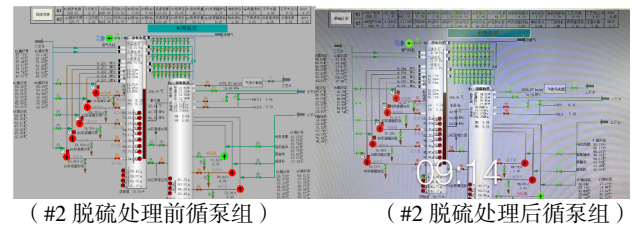
#1/#2 脱硫处理后对比



机组	负荷 (MW)	入口 SO <sub>2</sub> 浓度 (mg/Nm <sup>3</sup> )	浆液循环泵组合		PH
			一级	二级	
#1	570	10961	A1、A2	B2、B3、B4、B5	5.34/5.22
#2	570	11211	A1、A2	B2、B3、B4、B5	5.18/5.22

从上图表中都可以看出, 在同等负荷, #2入口浓度略高于#1脱硫的情况下, #1、#2脱硫系统浆液循环泵组合方式相同。#2脱硫系统一级吸收塔浆液PH值低于比#1脱硫。

#2 脱硫处理前/后对比



状态	入口 SO <sub>2</sub> 浓度 (mg/Nm <sup>3</sup> )	浆液循环泵组合		PH
		一级	二级	
修前	8410	A2、A3	B1、B2、B3、B4、B5	5.05/5.15
修后	11211	A1、A2	B1、B2、B3、B4、B5	5.18/5.22

通过#2脱硫系统处理前、后对比发现, 处理后的脱硫系统在同样运行7台浆液循环泵, 浆液PH略高于处理前, 但浆液循环泵总功率小于处理前组合方式的情况下, 可以满足更高的机组负荷和更高的入口SO<sub>2</sub>浓度的运行工况, 经验判断增加的处理量完全可以等同甚至高于一台浆液循环泵的处理量。

结论:通过开展运行调整和停机设备维护等多方面检查处理工作, #2脱硫系统处理能力基本同#1脱硫系统, 特定工况下甚至优于#1脱硫系统。

#### 3.2 原因解析

(1) 2A塔喷淋层个别喷嘴脱落和穿孔, 由于断裂和穿孔的喷淋管口无喷嘴约束, 喷淋层浆液压力被释放, 断口越多, 喷淋层其余喷嘴浆液的压力越小, 雾化效果就越差, 造成SO<sub>2</sub>捕集效率大大降低。

(2) 吸收塔液位计测量不准, 导致吸收塔液位偏低, 氧化区缩短, 浆液氧化时间短, 氧化不足, 造成亚硫酸根(SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)浓度增加, 阻碍氧化反应的持续进行, 脱硫系统处理能力下降。

(3) 氧化风支管喷孔堵塞, 局部区域浆液氧化不充分, 一定程度上造成脱硫能力降低。

(4) 2B塔喷淋层部分喷嘴堵塞, 吸收塔断面喷淋覆盖率下降, 造成SO<sub>2</sub>逃逸率增加。

### 4. 结语

脱硫系统的正常运行与否, 与运行参数监视、调整、分析和停机设备维护息息相关。只有严格按照规范、要求开展运维工作, 严把运行工作质量、设备维护质量才能保证系统的稳定、可靠运行。

#### 参考文献:

- [1]周至祥, 段建中, 薛建明. 火电厂湿法烟气脱硫技术手册. 2006.06
- [2]贾西部. 脱硫废水零排放技术路线遴选原则解析[J]. 水处理技术, 2021(08)

#### 作者简介:

尤翔(1990.02), 男, 本科, 助理工程师, 长期从事脱硫除灰运行管理相关工作。

吴勇(1982.08), 男, 本科, 工程师、技师, 长期从事集控运行、脱硫除灰运行管理相关工作。