

# 湿法脱硫石灰石浆液的优化研究

尹连庆, 郭静娟

(华北电力大学 环境科学与工程学院, 河北 保定 071003)

**摘要:**为提高湿法脱硫效率,实现脱硫系统节能,以国华沧东电厂和保定热电为例,从石灰石浆液参数方面对石灰石浆液品质进行了优化研究,并通过现场实验测定和编程计算,对吸收塔内浆液液位和循环浆液量进行了优化研究。

**关键词:**湿法脱硫;浆液品质;浆液液位;循环浆液量

中图分类号:X701.3

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2010)03-0096-03

湿法脱硫过程中,石灰石浆液作为吸收剂,是湿法脱硫的重要组成部分。石灰石浆液品质好坏、液位高低和循环浆液量的多少不仅决定了脱硫系统效率的高低,还影响到电厂的经济性。因此,石灰石浆液的优化对湿法脱硫来说,具有重要意义。

石灰石浆液的优化研究主要包括石灰石浆液品质的优化,脱硫系统运行过程中吸收塔内浆液液位和循环浆液量的优化。

## 1 石灰石浆液品质的优化

浆液品质的好坏是由浆液参数决定的,对吸收塔内浆液品质的优化应从浆液参数方面进行分析研究。

### 1.1 浆液 pH 值

湿法脱硫系统中 pH 值是最重要的控制参数之一,其设计的理论依据不仅要满足高吸收率,还要兼顾石灰石的溶解率、塔内的亚硫酸盐氧化效果、石膏结晶以及石膏过饱和度控制晶体大小而引发的磨损与结垢问题。单纯从  $\text{SO}_2$  的吸收角度讲, pH 值越高越好。但 pH 过高会影响石灰石的溶解,不利于  $\text{Ca}^{2+}$  的溶出。在系统实际运行中应综合考虑这些因素以确定最佳 pH 值。

### 1.2 浆液浓度

浆液浓度较低时,单位体积内溶质较少,不利于  $\text{SO}_2$  吸收;但当浓度过高时,又影响离子的扩散,也会令浆液停留时间延长,影响吸收塔内晶体的粒

径分布状况,若生成过大晶体还将导致设备磨损。设计吸收塔内质量浓度一般在 10% ~ 15%。

### 1.3 浆液密度

浆液密度是脱硫系统中一个较为重要的运行参数。它决定了系统是否能够脱水出石膏,使塔体内保持一个较佳的反应环境。对吸收塔内浆液密度进行优化的理论依据主要有以下 3 点:

(1)在保证吸收塔内浆液扩散情况下,尽量提高吸收塔内浆液密度,即在浆液循环泵流量不变的情况下,增大了液滴内离子浓度,从而加快了  $\text{SO}_2$  分子穿透气膜进入液膜后的反应速度。

(2) $\text{SO}_2$  负荷不能过大,即过饱和度不能超过一定范围,即要求系统在一定过饱和度下运行,否则系统易结垢。塔内生成的石膏粒径应适合脱水,小粒径具有一定数量,但又不得二次结晶,以免生成过大粒径颗粒而加大系统磨损。通过对浆液粒径分布状况的测试可以大致了解塔内粒径分布情况和分析脱硫系统吸收塔内的大粒径或小粒径杂质情况。

(3)密度越高,石膏结晶在系统内停留时间越长,同时生长期越长。但生长期过长会导致石膏脱水困难,废水不易排出而造成塔内杂质离子的富集,另外还会因密度过高、浓度过大而增大系统的磨损。

对吸收塔浆液密度进行优化,就是要找到一个最优的浆液密度范围,其研究步骤如下:

①粒径分布状况测试:主要是对直接生成石膏的

收稿日期:2010-01-25

作者简介:尹连庆(1959—),男,河北保定人,教授,硕士。Tel:13582071296, E-mail:jingjuan1986@163.com

粒径分布状况,石灰石浆液的粒径分布状况,进入吸收塔飞灰的粒径分布状况(系统燃烧正常硫分煤时和燃用高硫煤时),吸收塔内浆液正常粒径分布、成品石膏粒径分布状况,石膏脱水溢流液粒径分布状况,脱硫废水粒径分布状况等进行实验测定。

## ②进行吸收塔浆液密度试验研究

设备、系统的设计条件决定的密度:首先将吸收塔内浆液的设计浓度换算至正常浆液状态下的密度,然后从吸收塔浆液浓度设计以及主要泵体叶轮设计的含浆浓度角度综合考虑,确定符合设备、系统要求的密度范围。

设备磨损条件决定的密度:一般情况下,浆液中颗粒粒径越大,对浆液泵叶轮的磨损越严重。设备中主要的叶轮包括:浆液循环泵叶轮、扰动泵叶轮、石膏排出泵叶轮、事故浆液箱叶轮等。如设备设计参数中未明确以上介质泵设计的最大颗粒粒径,应从设备磨损角度考虑,控制浆液中的最大颗粒粒径在 200  $\mu\text{m}$  以下。并且应将浆液中含有的大颗粒杂质尽量排净,从而降低其它大颗粒杂质对系统磨损的影响。

确定吸收塔浆液最优密度范围:一般来讲,浆液密度较高时对  $\text{SO}_2$  吸收有利,但从扩散来讲,当密度增大到一定程度后将对扩散产生不利影响。浆液过饱和度和越高,越易生成小粒径的晶体,在一定过饱和度内运行可以控制晶体主要在原有晶体上生长,而尽量减少生成新的晶体;从粒径特征分布来看,较大的棱状石膏晶体对脱水有利,较小的或过饱和度过大的石膏可能会在滤布上结晶,造成滤布眼的堵塞;对于系统磨损来讲,以尽量控制不生成较大的晶体颗粒为宜。在考虑安全因素的前提下,综合考虑以上因素,最终确定吸收塔浆液最优密度范围。

在低硫状况下,因脱硫吸收效率变化不大,浆液循环泵可以控制上限密度运行,以减少脱水系统

启停频次。在高硫状况下,为避免局部过饱和度过大,浆液循环泵应尽量控制下限运行密度。

## 1.4 粒径分布控制

脱硫石膏应有较好的粒径分布特征,即粒径分布相对集中,小粒径生成较少,使新生成的晶体主要在已有石膏上生长,或在细小飞灰上生长,尽量减少石膏浆液直接生成大量细小晶体,防止因缺少晶核而在塔壁上结晶(结垢)。

## 1.5 氧化控制

应保证足够的氧化风量,并使氧化风在吸收塔内安静、均匀地鼓泡。

## 1.6 杂质控制

吸收塔内杂质情况非常复杂,大部分杂质离子对脱硫系统有害。也有部分离子如  $\text{Mn}^{2+}$  等对氧化起到一定的催化作用。在正常条件下应尽量降低系统内杂质。

## 2 运行过程中参数优化

### 2.1 吸收塔内浆液液位优化

以国华沧东电厂湿法脱硫系统为例,该电厂共有 3 台浆液循环泵,设计运行浆液液位为 10.8 ~ 12.3 m。

#### (1) 运行电流及减少气蚀分析

在浆液循环泵流量不变的情况下,较高的液位可以增大浆液循环泵入口的压力,在一定范围内可以降低循环泵的运行电流,起到节能的作用,但通过实际测试发现其作用不明显。提高吸收塔运行液位对浆液循环泵入口负压有较明显的作用,尤其是当设计气蚀余量不合理时,可以减小气蚀的发生。

#### (2) 浆液停留时间分析

选择 11 ~ 12 m 浆液液位区间,分别运行 2 台、3 台浆液循环泵时,液位和浆液停留时间现场测定数据见表 1。

表 1 液位、浆液循环泵台数与浆液停留时间对应关系

液位/m	12	11.9	11.8	11.7	11.6	11.5	11.4	11.3	11.2	11.1	11
2 台停留时间	8.75	8.67	8.60	8.53	8.46	8.38	8.31	8.24	8.16	8.09	8.02
3 台停留时间	5.83	5.78	5.73	5.69	5.64	5.59	5.54	5.49	5.44	5.39	5.35
差值	2.92	2.89	2.87	2.84	2.82	2.79	2.77	2.75	2.72	2.70	2.67

由表 1 可知,当 2 台浆液循环泵运行,运行液位在 11 ~ 12 m 之间变化时,停留时间变化为 44 s;当 3 台浆液循环泵同时运行,运行液位在 11 ~ 12 m 之间变化时,停留时间仅 30 s 左右,与 2 台浆液循环泵运行相比,3 台浆液循环泵同时运行时对系统影响较小。

同时,浆液循环泵运行台数变化时,浆液停留时间变化较大。正常运行在 11.5 m 时,浆液循环停留时间

差值在 2.79 min,即 2 台浆液循环泵运行时,停留时间比 3 台泵运行时增加 50%。所以,2 台浆液循环泵运行时,吸收塔内石灰石溶解时间、石膏结晶时间、氧化区氧化时间都将增大,故此时石灰石溶解更充分,石膏结晶成核时间更充裕,氧化区氧化更充分。

### (3) 对氧化风机运行的影响分析

当运行液位由 11 m 增大为 12 m 时,氧化风机出口压力由 59 kPa 升至 70 kPa 左右,增加了氧化风机的运行电流,电流约增大 5 A 左右。因此,降低运行液位对氧化风机节能有一定效果。

### (4) 对浆液浓度的影响

当运行液位由 11 m 增大为 12 m 时,在相同运行条件下,吸收塔内浆液离子浓度将降低约 1/10。因此,液位升高对降低浆液过饱和度有一定作用。

### (5) 对液相内气体分压的影响

液位的变化对于液相内,尤其是扰动区石灰石溶解过程中产生的  $\text{CO}_2$  气体的逸出有一定影响。当液位增大时,产生的细小  $\text{CO}_2$  气泡不易进入吸收区,甚至会随着扰动到达循环泵等的入口处,会增大循环泵等的气泵,并且降低泵的出力。同时,由于  $\text{CO}_2$  气泡不易进入气相中,也影响石灰石的溶解。

从液相内气体分压、石灰石溶解及泵的安全性角度考虑,保持低液位较为有利。

### (6) 对氧化效果的影响

氧化区高度提升 1 m,会在一定程度上加强氧化效果,但这对于设计合理、充分的氧化区意义不大。

综合以上分析,考虑循环泵的叶轮气蚀问题及  $\text{CO}_2$  气体析出对石灰石溶解问题的影响,确定该系统运行液位仍为 11 ~ 11.5 m。

## 2.2 循环浆液量的优化

脱硫系统实际所需的石灰石浆液量主要受煤种含硫量和锅炉负荷影响,随着煤质和锅炉负荷的变化,脱硫系统实际所需的石灰石的浆液量也将发生变化。在实际运行中,循环浆液量过少,会造成脱硫效率降低;循环浆液量过多,会造成石灰石浆液资源浪费。对石灰石循环浆液量的优化,目的在于避免在实际运行中浆液供给量的过多或过少。

以保定热电为例,其设计煤种含硫量为 0.71%,实际运行中煤种含硫量多在 0.6% 左右,变化范围为 0.4% ~ 0.8%;保定热电共有 3 台循环浆液泵。

(1) 当保定热电在设计煤种含硫量 0.71% 条件下运行时,通过对原烟气中  $\text{SO}_2$  浓度和液气比的分析,计算出负荷与烟气中  $\text{SO}_2$  浓度、循环浆液量、循环浆液泵运行数量关系如图 1 所示。

(2) 保定热电实际运行中煤种含硫量变化范围为 0.4% ~ 0.8%,通过编程计算,可以得到不同含硫量煤种(0.4% ~ 0.8%)、不同负荷下所需的循环浆液量,如图 2 所示。

(3) 电厂实际运行中煤种含硫量多在 0.6% 左

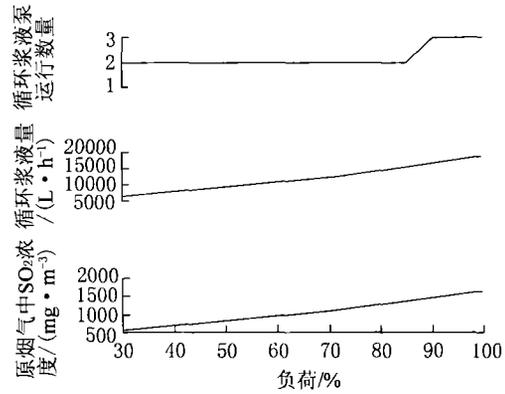


图1 负荷变化与  $\text{SO}_2$  浓度、浆液量和浆液泵数目的关系

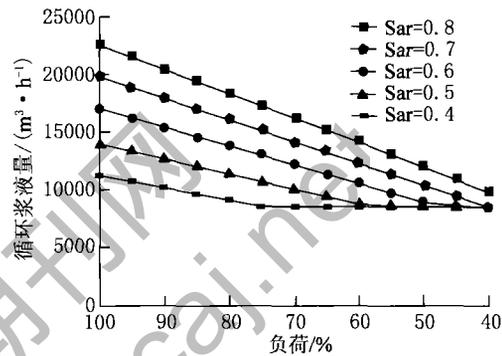


图2 不同煤种的负荷与循环浆液量的关系

右,此时浆液循环量比设计的值过剩约  $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ , 2 台浆液泵可保证脱硫效率。在低负荷、低含硫量煤种时浆液需求量更少,但为保证系统安全,建议最少使用 2 台循环浆液泵。

## 3 结 语

对石灰石浆液进行优化,不仅有利于提高脱硫系统效率,也有利于实现脱硫系统节能,达到节能环保双赢的目的。

### 参考文献:

- [1] 管一明,李仁刚. 湿式石灰石烟气脱硫工艺现状和发展[J]. 电力环境保护,1999,15(2):53-58.
- [2] 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):64-67.
- [3] 刘焜. 烟气脱硫系统的设计优化[J]. 江苏电机工程,2005,24(5):64-66.
- [4] 郭玉泉,姬中国,郝卫东,刘福国. 燃煤电厂煤质波动的影响与对策分析[J]. 煤质技术,2007(3):1-3.
- [5] 罗绍强,蔡振云. 燃煤电厂烟气脱硫技术进展[J]. 浙江化工,2007,38(2):13-17.

(下转 95 页)

在 $(850 \pm 10)$  °C。从开始放入煤样计时,焦化时间为 15 min。如果回升速度慢测定结果会偏低。加热温度必须严格控制在 $(850 \pm 10)$  °C 之间,否则会严重影响测定结果的准确度。不同温度下的  $G$  值见表 1。

表 1 不同温度下的  $G$  值

试样编号	<840 °C	>860 °C	$(850 \pm 10)$ °C
08011101	87	99	92
08011102	36	44	40
08011103	50	60	55

#### 4 转鼓转速和时间

粘结指数是表示煤样在规定条件下所成焦块的耐磨强度或对破坏抗力大小的指标,而转速和时间与研磨力或破坏力的大小有关。因此,试验中采用的转鼓转速必须保证为 $(50 \pm 2)$  r/min,并且保证转动时间在 5 min,总转数为 $(250 \pm 10)$  r。速度越快,时间越长,焦块所受的研磨力也越大, $G$  就越小,反之, $G$  就越大。不同转速和时间(总转数)下的  $G$  值见表 2。

表 2 不同转速和时间(总转数)下的  $G$  值

试样编号	220 r	80 r	250 r
08011201	96	87	92
08011202	45	37	40
08011203	59	50	55

#### 5 注意事项

(1)空坩埚和带样坩埚在称量前的冷却时间应相对一致,以免影响测定结果。

(2)煤样的平行测定一般不能在炉内同时进行,以便对 2 次试验条件进行检查,确保测定结果的准确度。

(3)从坩埚架取放坩埚时应戴线手套,避免用手直接接触坩埚,以防手上的水分影响称量结果,造成测定结果误差偏大。

总之,烟煤粘结指数的测定是一项规范性很强的测试项目,它的影响因素较多,这就需要采制化人员严格制备煤样,严格进行化验,精心研究,加强责任心,把试验误差降到最低,从而确保测定结果的准确度。

### Study on factors of effecting accurate determination of caking index

QIU Bo

(Coal Mine Safety Supervision Bureau, Xinwen Mining Group, Xintai 271233, China)

**Abstract:** Determination of caking index in coal quality analysis is very important. It is the key indicators to determine caking property of coal and coking property. After determining the caking index can make sure the type of process and main application of coal.

**Key words:** soft coal; caking index; determination; effecting factors; analysis

(上接 98 页)

### Optimisation study of wet desulphurization limestone slurry

YIN Lian-qing, GUO Jing-juan

(College of Environmental Science and Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

**Abstract:** To improve the efficiency of wet desulphurization and save energy, taking Cangdong plant and Baoding thermoelectric power plant for example, optimize the quality of limestone slurry from the part of slurry parameters, also study the slurry level in absorber and quantity of limestone slurry loop according to field experiments and programming terms.

**Key words:** wet desulfurization; slurry quality; slurry level in absorber; amount of circulating slurry