

石膏含水量过大的原因探究

卜宪伏

(徐州华润电力有限公司, 江苏 徐州 221142)

摘 要: 火力发电厂是我国 SO_2 的排放大户, 在“十一五”期间, 火电厂烟气脱硫改造工作基本完成。大部分火力发电厂采用石灰石-石膏湿法脱硫的方法, 吸收烟气中的 SO_2 , 生成的副产物为石膏。为了达到节能减排、提高经济效益的目的, 石膏作为火力发电厂的副产品向外输出, 加以综合利用。同时, 石膏的含水量直接影响石膏的品质, 从而间接影响脱硫效率和公司效益。本文针对我公司出现的石膏含水量过大的现象, 对这一问题进行深入探究, 以期对将来的工作提供指导作用。

关键词: 石灰石-石膏; 湿法脱硫; 石膏脱水

1 概述

铜山华润电力有限公司 $2 \times 1000\text{MW}$ 机组采用湿法脱硫、一炉一塔、不含烟气换热器。石灰石浆液在吸收塔内对浆液进行逆流洗涤。通过物理化学反应使烟气中的与石灰石中的钙离子发生反应生成半水亚硫酸钙, 再被鼓入浆液中的空气强制氧化生成二水硫酸钙, 形成石灰石石膏浆液, 由排浆泵将吸收塔内的浆液抽出送往一级水力旋流器进行粒径密度分离含固量左右的溢流主要包括石灰石、灰尘等细小杂质颗粒重新返回吸收塔含固量左右的底流主要为石膏晶体送往二级真空皮带脱水机进行脱水形成含水量小于 10%、石膏纯度 90% 以上的石膏饼外运。

自两台机组投产以来, 脱水系统频繁出现问题, 石膏含水量大, 在皮带机上成浆液状造成脱水困难或无法脱水, 直接影响脱硫投运率。2013 年 7 月 21 日~2013 年 8 月 1 日, 除灰脱硫岗位脱水系统故障频发, 无法正常运行, 且机组连续高负荷、高硫份运行, 导致浆液密度快速上升、浆液品质恶化、石膏浆液脱水困难, 石膏库内积存大量过湿石膏, 外运困难且造成路面污染。

研究石膏脱水问题已经成为影响火力发电厂的效益和环保的一个重要因素, 但是并未引起足够的重视。本文通过从设备和浆液成分分析两个方面, 对这一问题进行探究。通过本论文的探究希望能得到石膏脱水不干的原因, 并提出改进意见, 对以后的工作起到指导作用。

2 石膏含水量过大原因探究

2.1 设备及仪器部分

石膏脱水系统分为一级脱水系统和二级脱水系统。一级脱水系统主要有石膏浆液排出泵、石膏旋流器和废水旋流器; 二级脱水系统主要有真空皮带脱水机、水环真空泵、石膏浆液箱和石膏浆液给料泵。以上设备中对石膏含水量有影响的主要是石膏旋流器和真空皮带脱水机。

2.1.1 石膏旋流器的影响

判断旋流器工作是否正常, 可以采取检查及测量的方法。测量的方法十分简单, 分别取进石膏旋流器进口、出口的浆液, 沉淀 30 分钟, 对比一下含固量的差别, 如果入口的含固量为出口的 40-60% 说明旋流子运行正常, 如果高于 60% 以上就要检查更换旋流子了。可想而知, 如果进入真空皮带机的石膏浆液过稀, 负压析出的水量过大。脱水过程中形成不了真空, 脱水效果变差。

2.1.2 真空皮带脱水机的影响

真空皮带脱水机是石膏二次脱水的重要设备, 脱水效果与浆液的性质、滤布的清洁程度有较大的关系。汽液分离器的表计直观地反映了皮带机的真空, 真空皮带机的真空与石膏含水率呈有规律的变化, 皮带机真空升高, 反映出滤液水通过滤布时的压降增加, 反应出石膏含水率增大。其增加的原因, 一是脱水设备运行不正常, 如滤布冲洗不干净或滤布使用周期过长都会使皮带机脱水效果变差, 脱水不畅; 二是石膏浆液本身性质的变化, 如浆液中小

颗粒石膏晶体增多或浆液中的杂质含量增加等引起滤布过滤通道的堵塞，使浆液中的水不容易从滤布孔隙分离出来。若要达到一定的固液分离效果，必须使真空升高。

首先排查真空盒有漏气现象，漏点消除后仍然脱不干。检查气液分离器压力（正常值在-0.05MPa，实际只有-0.02MPa），初步判断为真空泵出力不足。

其次解体真空泵检查，发现内部护板有结垢现象、齿轮有损坏现象，检修人员清理维护真空泵。

最后启动后气液分离器压力没有明显变化，调整真空皮带机转速(30%---95%)，调整石膏排出泵上下吸入口开度，稍有好转，石膏能间断脱干。

通过对上述两个重要设备的排查发现石膏旋流器和真空皮带脱水机，能否正常工作，对石膏脱水效果有一定的影响，但是效果不是很明显。

2.2 化验分析测量部分

通过对设备的分析我们发现，设备对石膏脱水的效果影响不是很明显，于是我们就要从成份上进行定量的化验分析。从生产过程中看，对石膏脱水有影响的主要有石灰石、粉尘和浆液。

2.2.1 石灰石品质的影响

石灰石粉的品质是影响脱硫运行的一个重要因素，其中碳酸钙含量及成品的细度是关键，杂质增多或含量下降都会使浆液品质恶化，细度越细反应效果就越好。这就可能出现当碳酸钙含量及成品的细度发生较大变化时，其反应活性降低，极可能发生供浆过量，此时塔内浆液中含 CaCO_3 量增大，由石灰石颗粒易粘结在一起，导致造成脱水困难现象的发生。另外如果石灰石原料中夹带黏土、泥沙等杂质，这些杂质状态不稳定，也会在一定程度上造成脱水困难的现象发生。图 1、表 1 分别显示为 2013 年 7 月 3、11、24 日石灰石品质及化验报告。



图 1 石灰石品质

表 1 石灰石品质化验报告

| 时间 | 项目 | 数值 | % |
|--------------------|------------|-----|-------|
| #5、6 机 7 月 3 日 | 水分 | -- | 0.19 |
| | 碳酸钙 | >90 | 91.00 |
| | 45μm 筛子通过率 | >90 | -- |
| #5、6 机 7 月 11 日 | 水分 | -- | 0.18 |
| | 碳酸钙 | >90 | 91.59 |
| | 45μm 筛子通过率 | >90 | -- |
| #5、6 机 7 月 24 日 | 水分 | -- | 0.18 |
| | 碳酸钙 | >90 | 87.46 |
| | 45μm 筛子通过率 | >90 | -- |

与此同时这几天的石膏的化验报告如表 2 所示。

表 2 石膏品质化验报告

| 设备 | 项目 | 标准 | 指标 |
|--------------------|--|------|------|
| #5、6 机 7 月 3 日 | 水分/% | <10 | 11.9 |
| | $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}/\%$ | >90 | 86.4 |
| | $\text{CaSO}_3 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}/\%$ | <1 | 1.07 |
| | $\text{CaCO}_3/\%$ | <3 | 7.86 |
| | CL^-/ppm | <100 | 5186 |
| #5、6 机 7 月 11 日 | 水分/% | <10 | 16.3 |
| | $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}/\%$ | >90 | 90.0 |
| | $\text{CaSO}_3 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}/\%$ | <1 | 2.16 |
| | $\text{CaCO}_3/\%$ | <3 | 7.79 |
| | CL^-/ppm | <100 | 5508 |
| 5、6 机 7 月 24 日 | 水分/% | <10 | 12.2 |
| | $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}/\%$ | >90 | 87.5 |
| | $\text{CaSO}_3 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}/\%$ | <1 | 0.10 |
| | $\text{CaCO}_3/\%$ | <3 | 9.11 |
| | CL^-/ppm | <100 | 5094 |

从以上报告的数据分析可以看出：

- (1)石膏水份含量超标
- (2)石膏纯度偏低
- (3)亚硫酸钙含量偏高
- (4)供浆量大，碳酸钙含量高，浆液浪费
- (5)脱水后废水重新回流至吸收塔，影响浆液品质，降低脱硫效果

通过以上两个报告的对比可看出，石灰石品质和石灰石在石膏中的含量对石膏脱水有很大影响。

2.2.2 烟气中粉尘的影响

入口含尘量偏高，导致至吸收塔浆液中毒，原烟气中的飞灰进入吸收塔浆液中阻碍脱硫剂与二氧化硫的接触，降低了钙离子的溶解速率，同时飞灰中不断溶出的重金属离子会抑制钙离子与硫酸氢根离子的反应，封闭了吸收他的活性。吸收塔入口的烟尘含量不超过 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，如果超标就容易出现这种问题，现在#5、6 原烟气、净烟烟气尘浓度测点都已修改了量程，已起不到监测作用。运行人员一般会取样沉淀如果沉淀的固体物质上部的黑色会灰

状物质超过总量的 1/3（正常在 1/4 以下），说明入口的烟尘含量太大。

其次废水系统没有投运，滤液水无法向外排放，导致滤液水又重新进入吸收塔，在这种状况下再坚持运行，浆液极易中毒，一旦中毒，就需要进行浆液置换，在此期间会浪费大量的石灰石浆液，提高运行成本。

2.2.3 浆液的量化分析

通过上述探究发现，浆液中石灰石含量对石膏脱水具有很大影响。为了进一步验证我们进行了长时间的跟踪分析，对石膏脱干和石膏脱不干的石膏成份进行分类整理见表 3、4（以#5 机为例）。

表 3 石膏能脱干时石膏成份

| 日期 | 成份/% | | | CL ⁻ /ppm | 浆液密度/(kg/m ³) |
|------|-------------------|--------------------------------------|--|----------------------|---------------------------|
| | CaCO ₃ | CaSO ₄ ·2H ₂ O | CaSO ₃ ·0.5H ₂ O | | |
| 4-19 | 1.08 | 21.2 | 0 | 12841 | 1170 |
| 4-29 | 5.67 | 28.92 | 0 | 14352 | 1300 |
| 5-6 | 1.61 | 8.10 | 0 | 13811 | 1150 |
| 5-10 | 1.74 | 23.43 | 0 | 15035 | 1240 |
| 6-18 | 1.42 | 28.00 | 1.30 | 19467 | 1280 |
| 7-26 | 1.69 | 25.34 | 0 | 18472 | 1250 |
| 8-1 | 5.04 | 23.78 | 0.02 | 19053 | 1300 |
| 8-6 | 4.76 | 10.75 | 0.04 | 14945 | 1120 |

表 4 石膏脱不干时石膏成份

| 日期 | 成份/% | | | CL ⁻ /ppm | 浆液密度/(kg/m ³) |
|------|-------------------|--------------------------------------|--|----------------------|---------------------------|
| | CaCO ₃ | CaSO ₄ ·2H ₂ O | CaSO ₃ ·0.5H ₂ O | | |
| 4-18 | 22.68 | 21.2 | 0 | 26244 | 1390 |
| 7-21 | 17.69 | 22.23 | 0 | 8019 | 1350 |
| 7-23 | 12.36 | 20.12 | 0 | 7832 | 1280 |
| 7-26 | 8.28 | 16.52 | 0 | 6947 | 1230 |

通过以上表格中数据对比可以发现，当碳酸钙含量降至5%以下，石膏含量降至20%以下时，石膏能够脱干。

2.3 其他影响因素

燃煤含硫量突然增大，氧化风量不足。

当吸收塔入口SO₂浓度增大较大，而鼓入吸收塔的氧化空气量并未随之增加，运行人员这时会增启一台氧化风机来增加氧化风量，但两台氧化风机同时运行，氧化风机出口母管压力、减温前、后温度会快速增高，经常超过报警值，同时#5、6吸收塔内氧化风管检修时发现会不同程度出现脱落现象，特别当SO₂浓度超过设计值，由于严重氧化不足，当燃煤硫分增大时，极易发生氧化不充分的现象。氧化率下降时，浆液中的可溶性亚硫酸盐浓度增大，将抑制CaCO₃的溶解，石膏纯度也将下降，其中的CaCO₃将增大，由于CaCO₃的粒径较小，容易吸附

到真空皮带机的滤布上，从而造成脱水困难。这时若从吸收塔取样可以发现，浆液成灰白色，沉淀速度较慢，正常石膏浆液完全沉淀时间越20分钟，此时需要1小时左右。会造成石膏结晶困难，增加脱水的难度。

3 结论

脱硫工艺系统复杂，影响石膏含水率的因素比较多，各因素之间又存相互影响。通过对脱硫系统石膏含水量大的原因分析，在运行实际过程总结经验、分析原因。石膏脱不干主要有列因素叠加：

(1) 脱水系统频繁出现故障，导致长时间停运，浆液密度不断升高。

(2) 机组连续高负荷、高硫份运行，进浆量大，密度居高不下。

(3) 烟气含灰量含硫量大、石灰石品质、设备故障、氧化风量不足等等干扰了塔内脱硫化学反应的正常进行，影响了石膏的结晶和生长，使石膏结晶颗粒大小、形状发生变化，造成真空皮带机滤布堵塞。

(4) 由于进浆过量，导致碳酸钙含量过高，超过5%时，就会导致脱水困难。

因此为保证脱水系统正常运行，运行人员应重点控制浆液中碳酸钙含量在3%以下（定期化验，运行中控制浆液pH在5.4以下），避免过量进浆；控制好浆液密度（1160kg/m³以下）；出现脱不干的情况时及时利用事故浆液罐进行浆液置换；还应加强脱硫系统设备的运行管理，及时消除设备缺陷；提高运行及检修人员的操作及维护水平是维持系统设备安全正常运行的保证。同时，尽快实施脱硫浆液化学分析监测、提高运行操作水平，使整个脱硫生产过程处在可控，才能使脱硫系统保持稳定正常运行。

参考文献：

- [1] 大唐国际发电股份有限公司.火力发电厂辅控运行[Z].
- [2] 《火电厂烟气脱硫装置运行检修岗位培训教材》编委会.火电厂烟气脱硫装置运行检修岗位培训教材[M].北京：中国电力出版社,2012.

作者简介：

卜宪伏，铜山华润电力有限公司发电部除灰脱硫专业工程师，E-mail: byj200404@163.com。