

# 石灰石-石膏湿法烟气脱硫系统 (FGD) 运行中石膏浆液品质控制综论

翟学军

(江苏射阳港发电有限责任公司, 江苏 射阳 224300)

**摘 要:** 结合某电厂 FGD 系统的实际运行数据, 着重从石膏浆液的恶化机理和改善机理来阐述 FGD 系统在实  
际运行中石膏浆液品质好差的判断和控制, 提前作出合理的运方调整, 防止石膏浆液出现“石灰石盲区”现象的  
发生。

**关键词:** FGD; 石膏浆液; 品质; 控制; 化学反应; 机理

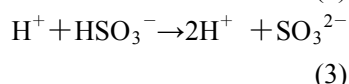
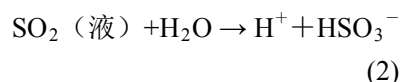
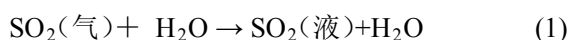
## 0 引言

在石灰石-石膏湿法烟气脱硫系统 (FGD) 主要是利用石膏浆液来脱除烟气中的 $\text{SO}_2$ , 石膏浆液是通过循环泵从吸收塔浆液池抽出, 打入喷淋层, 形成石膏浆液喷淋雾化层, 与烟气中 $\text{SO}_2$ 接触反应后, 再回落到吸收塔浆液池中, 进行二次反应, 如此反复, 形成石膏浆液在FGD系统中的循环利用。由此可见, 石膏浆液就像人体的血液一样重要, 其品质的好坏, 对FGD系统的性能有着重要影响。石膏浆液品质变差, 会导致脱硫系统结垢、堵塞、电耗增加等现象, 严重时会出现“石灰石盲区”现象, 进一步造成系统效率降低、设备损坏, 甚至影响系统不能正常运行。因此, 应提前作出合理的运方调整, 防止石膏浆液出现“石灰石盲区”现象的发生。

## 1 脱硫系统运行中石膏浆液化学反应机理

### 1.1 $\text{SO}_2$ 的吸收机理

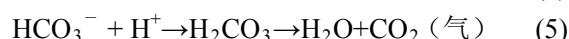
在脱硫系统吸收塔上部喷淋层, 烟气中的 $\text{SO}_2$ 首先被浆液中的水吸收, 形成亚硫酸, 并部分电离, 产生 $\text{H}^+$ 、 $\text{HSO}_3^-$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 等离子:



### 1.2 石灰石的溶解机理

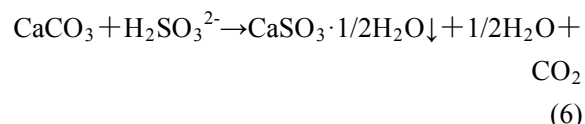
石膏浆液的pH值不仅影响 $\text{SO}_2$ 的吸收和亚硫酸钙的氧化, 同时也会影响石灰石的溶解, 因此对石灰石在脱硫系统中的反应活性有极重要的影响。

下面是石灰石溶解化学反应式:



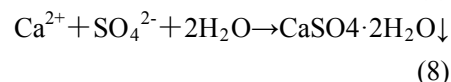
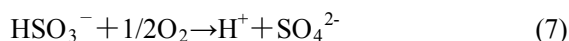
### 1.3 石膏结晶机理

第一步, 亚硫酸与吸收塔浆液中的 $\text{CaCO}_3$ 细颗粒反应生成 $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 细颗粒:



第二步, 通常在FGD工艺上会采用氧化风机向吸收塔石膏浆液中鼓入空气的方法, 加强氧化 $\text{HSO}_3^-$ 离子,  $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 被鼓入的空气中的氧气所氧化, 最终生成石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

以保证下面反应正常进行:



但pH值越高,  $\text{HSO}_3^-$ 越不容易氧化, 造成浆液中形成大量的亚硫酸盐, 不易进一步氧化生成硫酸盐。同时, 石灰石在浆液中的浓度过高, 会产生大量来不及反应的过剩 $\text{CaCO}_3$ , 极易与浆液中的亚硫酸盐相互吸附, 阻碍它们的进一步反应。

## 2 石膏浆液在运行中的恶化机理和改善机理

### 2.1 恶化机理分析

从以上化学反应机理, 从实际运行角度可以提出以下几点石膏浆液恶化机理:

(1) 从第 1、2、3 步化学反应可以看出,  $\text{SO}_2$  (液) 浓度越高,  $\text{H}^+$  浓度越高, pH值越低; pH值越低越不利于 $\text{SO}_2$ 吸收, 一般pH值低于 4.0,  $\text{SO}_2$ 几乎不被浆液吸收, 而且加剧了设备的腐蚀。

(2) 从第 4 步化学反应可以看出, 石灰石浆液

$H^+$ 扩散驱动力与浆液的pH值成比例关系, pH值越低,  $H^+$ 浓度越高, 液相阻力越低, 越有利于石灰石的溶解(很多学者也建立了石灰石溶解的数学模型, 如 $H^+$ 拿云传质控制模型和传质/表面反应共同控制模型, 计算结果能很好地与以上理论吻合), 反之亦然。一般当pH >5.9 时, 石灰石中的 $Ca^{2+}$ 溶出速度减慢。

(3) 从第 7 步化学反应可以看出,  $H^+$  浓度越高,  $HSO_3^-$ 氧化反应就越慢。一般认为pH值达到 5.5 以上,  $HSO_3^-$ 离子很不容易被氧化。当 $HSO_3^-$ 氧化反应慢,  $SO_4^{2-}$ 则生成速度也慢, 浆液中 $CaSO_3 \cdot 1/2H_2O$ 和 $CaCO_3$ 含量就会增加, 易发生结垢、堵塞现象, 石膏形成速度也变慢。反之亦然。

(4) 以上石膏浆液恶化机理主要为化学机理, 所有化学反应会受到温度、压力等条件所影响, 但温度、压力条件在脱硫系统实际运行中波动不大, 在本文中不作讨论。另外, 在石膏浆液中所有离子化学反应过程中, 也必然受到物理机理的影响, 如相对运行、接触程度等, 在 FGD 脱硫系统实际运行中也起到很大的决定作用, 主要有以下几方面:

1) 过剩 $CaCO_3$  颗粒与亚硫酸盐相应相互吸附的物理过程, 当运行中 $CaCO_3$  颗粒大量过剩, 就会阻碍亚硫酸盐的进一步氧化, 最终造成石膏不能结晶, 在实际运行中最初反应在脱水效果不好。

2) 烟尘和石膏浆液中其他盐类和杂质, 也会阻碍石膏浆液中的离子之间的充分反应。在实际运行中, 控制烟尘含量和石膏浆液的杂质含量, 也是非常必要的。

3) 石膏浆液中的各种成份如果不能充分接触, 化学反应也会受到影响。如吸收塔搅拌器不能正常工作、石膏浆液池底有沉积等。

## 2.2 改善机理分析

从以上石膏浆液品质恶化机理分析, 从实际运行角度可以提出以下几点石膏浆液改善机理:

(1) 通过恶化机理第 1、2 条, 可以通过降低pH值(一般降至 4.1), 并根据浆液的具体情况, 保持相应时间, 在浆液中产生大量 $H^+$ 离子, 以使过剩 $CaCO_3$ 充分反应。

(2) 通过恶化机理 3, 在低 pH 值条件下, 一般在 4.2 以下, 加大氧量, 以促进亚硫酸根离子充分氧化, 进而形成硫酸根离子。

(3) 进一步减少过剩 $CaCO_3$ , 增加石灰石粉

的细度, 以使进入浆液的石灰石能够充分溶解和反应。

(4) 控制原烟气烟尘含量和石膏浆液中的杂质含量。

## 3 FGD 脱硫系统在实际运行中如何判断石膏浆液品质好与差

脱硫系统(FGD)运行时吸收塔浆液pH值控制在 5.2~5.6, 以确保 $CaCO_3$ 石灰石的溶解平衡和 $SO_2$ 的吸收平衡, 并按照脱硫效率 90% ~ 95% 的要求设计, 吸收塔系统的钙硫比保持在 1.03 左右, 这是一个十分理想的性能指标。此时, 从理论上来说, 浆液中的硫主要是以 $HSO_3^-$ 或 $SO_3^{2-}$ 的形态存在, 而未与石灰石反应的 $H_2SO_3$ 或 $SO_2$ 数量极低, 可以认为 $SO_2$ 的吸收和石灰石的溶解达到了动态平衡,  $CaCO_3$ 的溶解速率等于 $SO_2$ 的吸收速率。

此时, 可以按照各火电厂的脱硫系统运行规程对各运行参数进行正常的调整控制。但在实际运行中, 脱硫的化学反应过程是一个动态过程, 石膏浆液的品质也不能始终保持稳定, 影响因素很多, 如: 机组负荷的变动、原烟气含硫量变化、石灰石品质的变化、设备故障等。如何准确地判断与分析石膏浆液品质好与差, 应紧密结合以上恶化和改善机理, 并在实际运行中进行参数对比, 以能够及时地调控石膏浆液品质, 保证系统稳定运行。

根据某电厂脱硫系统实际运行数据, 结合以上机理, 我们来谈谈在实际运行中, 如何有效、及时地判断石膏浆液品质变差。

### 3.1 通过 pH 值与脱硫效率的对应关系来判断

实际运行描述: pH 值能够正常调整, 但脱硫效率与 pH 值不能很好对应, 脱硫效率随 pH 上升而上升较慢, 随着 pH 值降低而降低较慢。

在石膏浆液品质良好的状态下, pH 值与脱硫效率有很好的对应关系, 如图 1。当 pH 值升高时, 脱硫效率亦同步升高, 反之, 亦然。

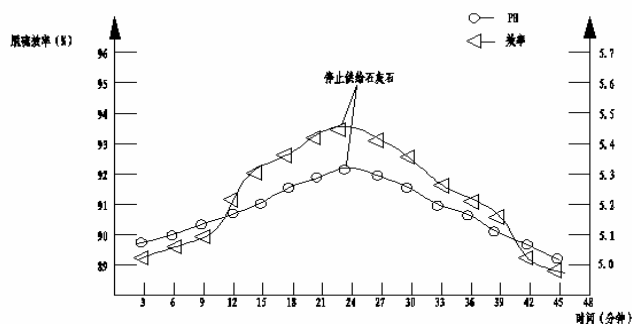


图1 石膏浆液品质良好时 pH 值与脱硫效率的对应关系

图2是与图1相似工况下的pH值与脱硫效率的对应关系图，图中可以看出，当停止向吸收塔浆液池中供给石灰石浆液后，pH值不能像图1中那样很快下降，且脱硫效率也没有立即下降，维持原效率值较长时间。第45min时，pH值降至5.1，恢复向吸收塔浆液池供给同样量的石灰石浆液，pH值、脱硫效率较前期均上升缓慢。

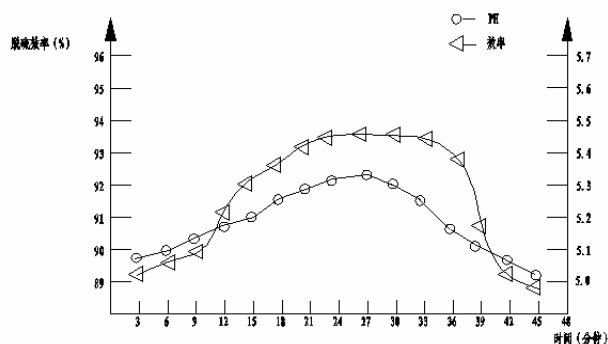


图2 石膏浆液活性差时 pH 值与脱硫效率的对应关系

出现上述情况后，认为此时石膏浆液活性已经开始变差，应及时分析存在的原因，调控石膏浆液品质，否则，石膏浆液品质会进一步恶化。

一般情况下，造成石膏浆液此种现象的主要原因有：1) 前期运行时间内石灰石供给量偏大，造成石膏浆液内碳酸盐含量高，就会因2.1所述的恶化机理而造成石膏浆液品质变化；2) 石膏浆液中杂质较多，阻碍有益离子的正常接触反应；3) pH值一直运行在较高水平，一般指5.8以上，此时供给大量的石灰石浆液，虽短时间内pH会升高，但 $\text{HSO}_3^-$ 离子却不容易被氧化， $\text{SO}_4^{2-}$ 则生成速度也会减慢，最终会打破整个 $\text{SO}_2$ 的吸收反应的整体平衡，脱硫效率下降；4) 其他的运行参数原因，如原烟气 $\text{SO}_2$ 含量偏高、烟气量偏大等，这是可明显控制的参数，

这里不再赘述。

### 3.2 从石灰石浆液的供给量与 pH 值的变化关系来判断

正常情况下，在脱硫系统外部数据变动不大的条件下，如机组负荷、原烟气 $\text{SO}_2$ 含量等，当石灰石供浆量变大时，pH值应相应升高，当减少石灰石供浆量时，pH应相应降低。而当外数据不变，石灰石供浆量不变时，pH值也不应有大的波动。但如果石膏浆液品质发生变化后，以上正常情况会发生改变，如图3中，是两组实际运行的数据，大家可以看到两条曲线1曲线2，是在相同条件、相同石灰石供浆量的情况下，pH值上升速度和幅度都不一样，当发生曲线2的情况，可以认为石膏浆液品质变差了。

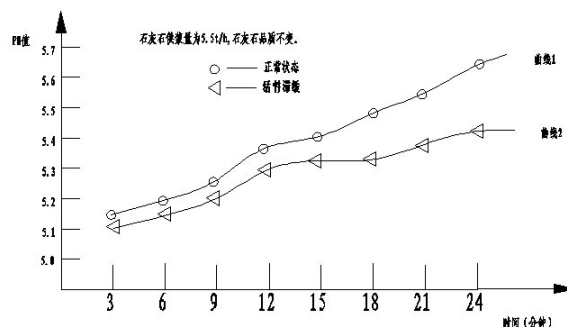
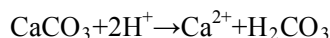
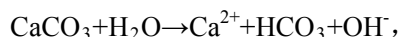


图3 相同石灰石供给量 pH 值变化速率关系对比

造成石灰石供给量增大，而pH值上升缓慢的主要原因为供浆量增加情况下，石灰石溶解过程中产生的 $\text{H}_2\text{CO}_3$ 电离产生 $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+$ ，使石灰石在低pH值时发生的反应为：



而不是石灰石溶解平衡时的化学反应：



石灰石的溶解并没有提高pH值，也不能提高浆液中的硫酸钙含量，结果是阻碍了石灰石的溶解。

为此时，在实际运行中，不能有两条曲线同时让运行人员对比，pH值上升速率应该保持多少为正常，这与脱硫系统的石灰石的品质、系统设计、测点位置等客观因素有关，不同类型、不同容量的脱硫系统应该不尽相同，运行人员应在平时运行中积累经验，在运行调整中进行对比分析。

### 3.3 从烟尘含量超标对石膏浆液 pH 值的影响来判断

在这里有一种特殊情况应特别注意，因国内燃

煤资源越来越紧张，价格不断上涨，火力发电厂对煤碳品种的选择余地越来越小，有些煤种偏离锅炉设计煤种，指标差别较大，当燃煤中灰份含量较大时，有些火力发电厂为了保证脱硫系统的投运率，而将脱硫系统烟尘含量（一般不超过 300mg/Nm<sup>3</sup>）保护退出，只设报警。运行中，当脱硫系统原烟气烟尘量较大时，且运行一段时间后，当不管石灰石供浆量提高多少，pH 值升到某一数值后，不再发生变化，如图 4。

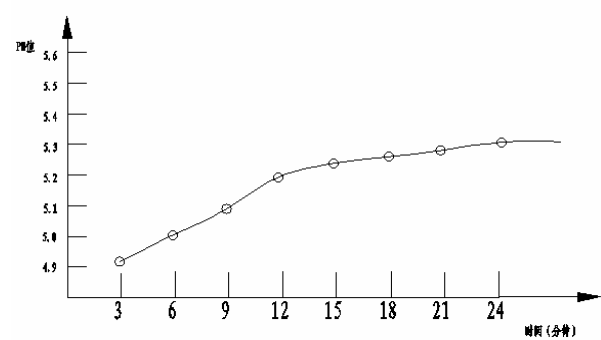


图 4 烟尘量超标运行工况下 pH 值封闭现象

根据相关文献资料，这种现象主要是由于电除尘后粉尘含量高或重金属成份高，在吸收塔浆液内形成一个稳定的化合物 ALFn(其中 n 一般为 2~4)，附着在石灰石颗粒表面，影响石灰石颗粒的溶解和反应，导致石灰石供浆对 pH 值的调节无效，这是石膏浆液产生氟化铝致盲的前兆。一般这种情况下 pH 值很难达到 5.0，可以明显判断石膏浆液品质变差。此时，脱硫效率不会明显受到影响，但实际运行中如果不注意，为了提高 pH 值而大量提高石灰石浆液的供给量，会造成石膏浆液中碳酸盐含量大幅增加，出现亚硫酸盐含量超标，

3.4 从脱硫系统运行中各项化验数据来判断

(1) 石膏的化验数据

表 1 石膏的化验数据					%
化验日期	含水量	硫酸盐	Cl <sup>-</sup>	亚硫酸盐	碳酸盐
3-1	9.42	88.69	0.017	0.51	0.47
3-3	7.97	90.19	0.011	0.30	0.39
3-4	6.98	89.99	0.006	0.31	0.35
3-8	11.84	89.73	0.010	0.23	0.51
3-15	9.40	90.09	0.006	0.43	0.50
3-22	6.43	89.40	0.003	0.48	0.44
标准值	≤10	≥90	≤0.01	≤0.35	≤3

从表 1 石膏化验数据中可以看出，对亚硫酸盐

含量要特别注意，当亚硫酸盐含量大于标准值，或有增大趋势时，说明石膏浆液因某种原因，对亚硫酸盐氧化生成硫酸盐的过程起到了阻碍作用，应增加化验分析的次数，加强对比，注意在运行中进行调整，防止石膏浆液品质进一步恶化。

(2) 从石膏浆液中的 Cl<sup>-</sup> 含量来判断

石膏浆液中的 Cl<sup>-</sup>、F<sup>-</sup> 等主要来源为煤碳燃烧后析出和工艺水、石灰石带入系统内部，在火电厂的生产过程中，进入脱硫系统的 Cl<sup>-</sup> 含量占主要比例。Cl<sup>-</sup> 含量增加，会与石膏浆液中的其他碱性离子反应生成难溶解的固体杂质，阻碍石膏浆液中离子间的正常化学反应。在运行中很难从运行参数中看出，需要通过石膏浆液的化验报告看出。

(3) 通过对石膏的视觉观察来判断

也可以在运行中，通过眼睛来观察石膏的品质，从而判断石膏浆液的总体状况。如石膏颜色变深、石膏中肉眼可见细小的杂质等，这都能说明石膏浆液的品质有所下降。

(4) 通过废水化验指标来判断

表 4 废水化验指标

化验日期	pH(25℃时)	Cl <sup>-</sup> /(mg/l)	固体含量/%
2010-1-4	8.11	103.1	0.02
2010-1-11	8.08	102.5	0.02
2010-1-18	8.12	99.8	0.02
2010-2-1	7.06	845.0	0.86
2010-2-23	7.93	161.0	0.02
2010-3-1	7.80	258.0	0.14
2010-3-8	7.32	204.8	0.13
2010-3-15	7.20	612.0	0.59
2010-3-22	7.07	360	0.64
2010-3-29	6.98	868.1	0.72
2010-4-6	6.92	934.1	0.80
2010-4-13	7.07	956.1	0.94

表 4 为废水化验指标。废水里富含氯离子，如果不定期排放废水，氯离子会和浆液中溶解的钙离子反应生成氯化钙 (CaCl<sub>2</sub>)，阻碍亚硫酸氢根离子，亚硫酸根离子与钙离子的中和反应，一方面降低了脱硫效率，一方面浪费了脱硫剂，进而降低了石膏的品质。脱硫系统废水主要成份为：粉尘及脱硫产物等形成的细小悬浮物，含量很高，大部分可直接沉淀；来源于脱硫剂和煤的大量重金属，如汞、铜、铅、镍、锌等重金属元素以及砷、氟等非金属元素重金属元素，在吸收塔洗涤的过程中进入 FGD 浆液内富集，石灰石中也存在重金属，如 Hg、Cd 等；另

外，脱硫废水中 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、铝、铁等含量也较高。

所有这些成份，均对石膏浆液品质有较大影响，特别是含量很高的 $\text{Cl}^-$ ，影响最为明显。在运行中对废水化验指标应加强分析。

(5) 从吸收塔除雾器、GGH 差压以及喷淋层、喷咀积垢情况判断

石膏浆液品质是受许多综合因素影响，在 FGD 系统运行中，运行控制参数都在规程要求范围内，运行中也不会发现异常情况，但仍会在 FGD 系统调停或大、小修期间，发现设备内部出现积垢、堵塞现象。当运行中经常出现或定期出现吸收塔除雾器、GGH 换热器差压大的情况，应考虑石膏浆液的运行参数了。当在设备大小修或设备内部检修时，发现设备内部，如喷淋层、喷咀、除雾器有积垢现象，更应在经后的 FGD 运行调整上，对一些参数加以控制。

#### 4 FGD 脱硫系统在实际运行中保证石膏浆液品质始终维持良好的状态

以上几种情况在脱硫系统运行中较常见，对石膏浆液品质的影响较为缓慢，也很隐蔽，但对系统稳定运行的危害较大，故以明确表述。那么在脱硫系统运行中如何进行及时调控，以避免上述情况发生呢？

##### 4.1 pH 值在实际运行中，采取高低值间断运行方式

各火力发电厂脱硫运行规程一般规定 pH 值为 5.0~5.8 之间，在运行中 pH 值具体控制在多少，一般都是根据机组负荷、原烟气 $\text{SO}_2$ 含量等决定。当机组负荷高、原烟气 $\text{SO}_2$ 含量也高时，此时石灰石供浆量会增加，pH 值会运行在高值，才能满足 $\text{SO}_2$ 排放指标的要求。就是在正常运行工况下，维持石灰石浆液供给量的稳定，但因脱硫系统外部参数的小幅度变化，也会影响石膏浆液内部各种离子浓度的变化，特别是在机组负荷增加速度较快时，短时间内大幅度供给石灰石浆液， $\text{CaCO}_3$ 来不及溶解， $\text{Ca}^{2+}$ 来不及被吸收，在石膏浆液中会残留 $\text{CaCO}_3$ 细颗粒，根据恶化机理的 2、3 两条，此时， $\text{HSO}_3^-$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 的含量也会增加，长时间运行必然造成石膏浆液内化学反应不平衡。

在实际运行中，pH 值可以采取高、低间断运行方式。当机组负荷较高、原烟气 $\text{SO}_2$ 含量较高，可

以提高 pH 值，运行一段时间后，如果 $\text{SO}_2$ 排放指标允许，应降低 pH 值至规程允许的低值运行。这样的运行方式，可以有效地减少石膏浆液中的 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{HSO}_3^-$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 的含量，使石膏浆液内部的离子间在化学平衡不被有效打破前，保持一种动态的化学反应平衡，对石膏浆液品质是有力的保证。根据运行数据，一般每次 pH 值在 5.1~5.2 之间连续运行 30min，即能有效降低石膏浆液中 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{HSO}_3^-$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 的含量，使石膏浆液中的各化学反应趋于良好状态。如果运行工况许可， $\text{SO}_3^{2-}$ 氧化和石膏结晶的最佳 pH 值在 4.5~4.7，此环境下只要鼓入足够的空气， $\text{HSO}_3^-$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 几乎可以全部氧化，保证石膏的结晶。

当机组负荷变动较大时，应立即切除供浆自动，采取手动控制石灰石浆液供给量，但也不能瞬间大幅度提高供给量。这要求在运行中，每次机组负荷、锅炉燃煤大幅度变动时，值长应提前通知脱硫运行人员，运行人员提前做出调控，这样能避免因石灰石供给量大幅变化而造成石膏浆液品质变化。

##### 4.2 增开氧化风机，保证石膏浆液中的氧量充足

增开氧化风机，补充石膏浆液内的氧量，是改善石膏浆液品质的较好手段。在上一条已提到，石膏浆液内的化学反应是一个动态平衡过程，根据恶化机理第 3 条，强制氧化亚硫酸盐，是结晶生成硫酸盐的必要条件。那么在运行中什么情况下需要增开氧化风机来提高石膏浆液内的氧量呢？

根据运行经验，可以从以下几方面判断：

###### (1) 比较脱硫系统进出口烟气氧量

当脱硫系统正常运行时，一般情况下净烟气有效氧量（是指减去脱硫系统漏风产生的氧量）比原烟气氧量高 0.2%~0.4% 为最适合氧量。当净烟气氧量等于或小于原烟气氧量时，应及时增开一台氧化风机，以保证石膏浆液中有足够的氧量。

脱硫系统漏风率，我们无需去进行测量，但在运行中掌握系统因漏风而造成的烟气氧量的增加值，应有可靠的数据。这是一项较为细致的工作，因为不同的烟气压力、不同的主机运行工况都会造成不一样的烟气漏风率，作为脱硫系统运行工程师是必然要掌握的。

###### (2) 石膏的颜色

根据恶化机理，当石膏浆液中氧量不足，亚硫酸盐被强制氧化的过程就会减弱，浆液中亚硫酸盐

含量超标。当亚硫酸盐含量超过一定数值后,脱出的石膏颜色就会比正常石膏颜色深,呈淡灰色或深灰色。此时,应立即增开氧化风机。

以颜色来判断石膏浆液中亚硫酸盐含量超标,还应排除其他两个原因,一是脱硫剂石灰石本来的颜色是否是清灰色;二是原烟气烟尘含量是否超标。因为这两点也会造成石膏颜色加深。

### (3) 脱水效果

亚硫酸盐的水溶性很好,较石膏晶体来说,脱水性能不强。当石膏浆液中亚硫酸盐含量超标更多时,直接会导致脱水系统不能正常脱水,脱出的“石膏”为半固体状,俗称“稀泥”。此时,应立即增开氧化风机,否则会对脱硫系统中其他设备造成严重危害,如结垢、堵塞、电耗增加等。

### 4.3 脱水系统运行时,废水系统一定要投入运行

废水,顾名思义,就是不能再用的水。在脱硫系统中,经过石膏浆液一级分享后的水经过高效旋流器再分离后,水内含有大量的氯酸盐、氟化铝等固体杂质,以及烟气、石灰石带入系统内的难溶性杂质,大部分被分享出来,此时的水是不能再作为滤液水的一部分打入吸收塔浆液池中的,否则,脱硫系统长期运行,石膏浆液品质必然变差。

所以,在脱水系统运行时,废水系统一定要正常投入运行。在运行中,可以根据废水的化验报告,来调整实际运行中的废水排出量。

### 4.4 当烟尘量大时,最有效的手段为:吸收塔溢流、废水排放

因锅炉燃煤的变化或因锅炉机组的燃烧工况的变化,FGD系统进口原烟气烟尘有时偏大,一般指大于  $200\text{mg}/\text{Nm}^3$  长时间运行,在FGD系统的运行调整上应该采取相应的运行方式来预防石膏浆液品质的恶化,烟尘含量偏大对石膏浆液的亚化机理前面已述。主要采取的预防措施如下:

首先,烟尘在石膏浆液中是难溶固体,很难与浆液中其他的分子、离子反应,主要是悬浮在石膏浆液中。这时,最有效的改善途径,就是排出烟尘,而石膏浆液中有益的成份主要集中在浆液池的中、下部,直接把石膏浆液排出,必然造成有益的成份浪费,通过吸收塔浆液池上部的溢流口溢流,是最佳途径。当烟尘含量特别大时,在运行中,应打破原FGD系统的水平衡,可以根据吸收塔浆液的液位情况,快速补充工艺水,使液位达到溢流口溢流。

此时应注意两点,一是不能在高液位连续溢流,这样会使烟气带走的水份偏多,给后部烟道的设备造成危害,如 $\text{SO}_2$ 在线分析仪、后部烟道防腐等;二是补充的水量,应该根据石膏浆液的密度来控制,不能使密度过低,而影响脱硫效率。

第二,保证废水系统的正常投运,也可以有效排出石膏浆液中密度较大的成份,其中包括烟尘。

第三,确保吸收塔搅拌器的连续正常运行,不能使烟尘沉积在浆液池底部,容易板积,后果严重。

### 4.5 非正常手段

当石膏浆液品质综合变差,运行中又不能大量转换浆液时,且吸收塔溢流堵塞、废水系统不能正常投运时,可以采取非正常手段来改善石膏浆液品质,但不影响系统安全运行。如:除雾器补水、滤液水系统补水。

### 4.6 检修诊断

石膏浆液品质是受许多综合因素影响,在FGD系统运行中,运行控制参数都在规程要求范围内,运行中也不会发现异常情况,但仍会在FGD系统调停或大、小修期间,发现设备内部出现积垢、堵塞现象。所以,在每次设备内部检查、检修时,要求检修队伍在检修后能够写出具体的检修报告,对以后的运行方式起到指导作用,运行人员应根据报告来调整以后的FGD系统的运行方式。如:当发现喷淋层管道、人孔处有积垢、喷咀有堵塞现象时,在以后的运行中,应尽量降低石膏浆液的pH值;当发现吸收塔除雾器、GGH差压大,经常需要调整水冲洗方式时,也应对FGD系统的运行参数加以控制,特别是pH值、浆液密度等。

### 参考文献:

- [1] 邵炜,陈颖,金东春. 600 MW 机组湿法脱硫石灰石盲区现象分析及对策[J].浙江电力,2007(3):57-59.
- [2] 曾庭华,杨华,廖永进,等.湿法烟气脱硫系统的调试、试验及运行[M].北京:中国电力出版社,2008.
- [3] 周至祥,段建中,薛建明.湿法烟气脱硫工艺技术全程控制指导手册[M].北京:中国电力出版社,2009.
- [4] 林朝扶,陈显辉.石灰石-石膏湿法烟气脱硫系统运行优化分析[J].广西电力,2007(4):53-57.

### 作者简介:

翟学军(1970-),男,江苏盐城人,工程师,从事发电厂脱硫

运行管理工作，E-mail: [zxj2272@yahoo.com.cn](mailto:zxj2272@yahoo.com.cn)。