

# 新型脱硫除尘一体化技术在热电联产机组的应用

曹琛玲<sup>1</sup> 赵铮红<sup>2</sup> 杨一帆<sup>3</sup>

(1. 宁波经济技术开发区热电有限责任公司, 浙江 宁波 315801; 2. 浙江省环境保护科学设计研究院, 浙江 杭州 310007;  
3. 浙江理工大学建筑工程学院, 浙江 杭州 310018)

**摘要** 宁波经济技术开发区热电有限责任公司(简称宁波开发区热电公司)积极响应节能减排号召, 投资2 000万元, 采用新型脱硫除尘一体化技术进行流化床锅炉的烟气治理。分析该技术在宁波开发区热电公司调试、运行中出现的问题以及解决措施, 以期为该技术在同行业中的使用提供参考。

**关键词** 新型脱硫除尘一体化技术 烟气脱硫 工程应用

宁波市政府提出《“十一五”期间宁波市主要污染物排放总量控制计划》, 2010年将在2005年的基础上实现SO<sub>2</sub>排放总量再削减30%的目标。根据该目标, 宁波市要求到2010年所有流化床锅炉在炉内喷钙脱硫的基础上, 建设炉外脱硫, 达到90%以上的脱硫率。宁波经济技术开发区热电有限责任公司(简称宁波开发区热电公司)积极响应节能减排号召, 投资2 000万元, 采用新型脱硫除尘一体化技术进行流化床锅炉的烟气治理。

## 1 工艺流程及设计参数

宁波开发区热电公司采取原拆原建, 拆除20世纪90年代初期的4台35 t/h抛煤炉和3台6 MW抽凝机组, 建设2台130 t/h高温高压循环流化床及2台12 MW背压机组, 以热定电, 突显热电联产的高效率。该工程需要利用原有烟囱, 场地狭小, 对设备的占地要求极高。湿法脱硫存在投资成本高、占地面积大、对烟囱腐蚀严重等诸多不利因素, 通过多方论证, 最终确定采用新型脱硫除尘一体化技术, 脱硫率达到90%以上, 除尘率达到99.85%, SO<sub>2</sub>及烟尘排放浓度达到《火电厂大气污染物排放标准》(GB 13223—2003)中规定的第3时段标准。

### 1.1 工艺流程

热烟气通过静电除尘器, 去除烟气中大部分的尘粒。烟气经弯头进入直烟道, 烟气中的SO<sub>2</sub>与含有脱硫剂的大量循环灰接触反应, 由于具有极大的蒸发表面, 可以保证SO<sub>2</sub>在短时间(反应时间一般为1.0~1.5 s)内与脱硫剂充分反应, 生成亚硫酸钙和硫酸钙。反应后的烟气夹带大量的固体颗粒进入沉降室, 通过碰撞及重力沉降除去大颗粒物, 再进入

布袋除尘器收集净化, 保证出口烟尘达到50 mg/m<sup>3</sup>的排放标准, 同时布袋除尘器上附着的含有脱硫剂的脱硫灰, 对烟气也具有一定的脱硫作用。

经过各室布袋除尘器捕集的脱硫灰以流化风机为动力, 通过流化斜槽汇集至流化槽进入到混合器; 同时, 经过消化的石灰借助烟道负压的引力先与大量的循环灰混合, 然后进入直烟道参与反应。由于脱硫剂是不断循环的, 脱硫剂的有效利用率可高达95%以上。

通过静电除尘器去除的粉煤灰, 其未经加湿, 流动性好, 通过静电仓泵(上引式仓泵)以气力输送方式泵入粉煤灰库, 综合利用价值较高。经布袋除尘器去除的脱硫灰, 通过流化槽仓泵(下引式仓泵)以气力输送方式泵入脱硫灰库。由于脱硫灰仅占全部灰量体积的1/5, 只要合理控制脱硫灰掺量比例, 建材水泥的性能几乎不受影响<sup>[1]</sup>。

新型脱硫除尘一体化技术的工艺流程见图1。

### 1.2 工艺特点

(1)采用静电除尘器与布袋除尘器相结合的工艺, 可适应各种煤种, 避免静电除尘器对高比电阻煤以及细小颗粒除尘效率不佳, 保证出口烟尘达到50 mg/m<sup>3</sup>的排放标准。(2)脱硫除尘一体化设计, 投资省, 整个装置结构紧凑, 占地空间小。(3)脱硫灰在外置混合器雾化、增湿, 在后续设备不粘结。(4)系统无二次污染产生, 脱硫灰为干灰, 可进行气力输送, 有利于综合利用。(5)脱硫灰再循环, 循环倍率达30~150倍, 有效提高脱硫剂利用率。(6)净化后的烟气温度一般为70~75℃, 高于露点温度(15~20℃), 对风机、烟道、烟囱系统无腐蚀, 无须加热, 可直接经过引风机排入烟囱。

第一作者: 曹琛玲, 女, 1974年生, 本科, 工程师, 主要从事电厂环境管理工作。

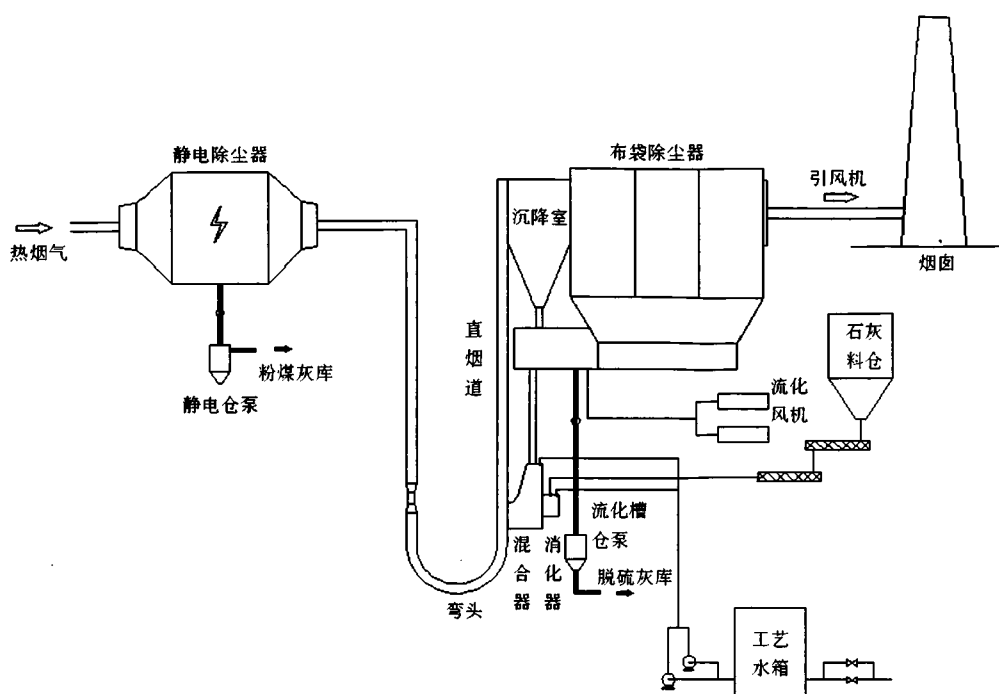


图1 新型脱硫除尘一体化技术的工艺流程

### 1.3 工程设计参数

工程设计参数见表1。

表1 工程设计参数

| 项目                                                    | 数值          |
|-------------------------------------------------------|-------------|
| 煤硫分(质量分数)/%                                           | 0.8         |
| 烟气温度/℃                                                | 124         |
| 入口烟气流/( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )            | 300 000     |
| 入口 $\text{SO}_2$ /( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) | 1 565       |
| 入口粉尘/( $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )               | 23          |
| 锅炉负荷(以锅炉连续最大蒸发量计)/%                                   | 50~110      |
| 设计脱硫率/%                                               | $\geq 90$   |
| 出口粉尘/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )              | $\leq 50$   |
| 静电预除尘率/%                                              | 90          |
| 脱硫除尘烟气出口温度/℃                                          | $\geq 70$   |
| 钙硫比(摩尔比)                                              | $\leq 1.21$ |
| 脱硫除尘水耗/( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )             | $\leq 8$    |
| 脱硫除尘总功率/kW                                            | $\leq 215$  |

## 2 工程在设计、建设过程中碰到的问题及解决措施

由于工程属原拆原建,利用原有的烟囱排烟,在锅炉的建设位置定下后,留给脱硫除尘系统的场地空间有限,还需要考虑全厂的通道以及场地上供热母管贯穿。在设计过程中,经过反复测量及计算,采用抬高静电除尘器基础的方式,既保证了全场道路的畅通,又合理地避让了供热母管。

脱硫除尘系统自2008年5月进场施工,2009年4月1<sup>#</sup>炉系统完成设备冷态及热态调试,投入试生产;2009年8月2<sup>#</sup>炉系统完成设备冷态及热态调试,投入试生产。

由于布袋除尘器内置旁通烟道以保证异常状态下滤袋的安全,在建设过程中尤其注重斜隔板部分的

查漏工作,多次通过煤油渗漏试验保证焊缝质量,并以荧光粉试验进行查漏,保证系统烟尘的达标排放。

## 3 调试及运行过程中存在的问题及解决措施

### 3.1 设计负荷问题

在系统运行过程中,必须保证有一定的烟气流量,否则会引起大量循环灰沉降,从而堵塞烟道。故在系统设计中,设有烟气流量连锁,当低于一定的烟气流量时,脱硫系统停止运行。在实际运行中发现,锅炉厂提供的设计烟气流量偏大,目前实际运行的锅炉负荷低限仅为70%。

建议在改造项目中,尽可能提供准确的烟气流量作为设计参数。

### 3.2 脱硫剂的选择问题

脱硫剂可使用生石灰或消石灰。采用生石灰作脱硫剂时,需在消化器中加水生成消石灰,新鲜消化的消石灰具有较好的活性。因此,当脱硫剂使用生石灰时,对其活性指标有具体要求:加适量水4 min内温度升到60℃。当脱硫剂使用成品消石灰时,无需加水消化,则消化器作为物料通道,消石灰进入混合器与大量循环灰一起进行混合增湿后,参与反应。

(1) 采用生石灰作为脱硫剂时,由于需要消化,除了纯度、水分指标外,活性指标是一个重要的参数,但市场内生石灰的品质不稳定。而消石灰无需消化,品质相对较容易控制。

(2) 采用生石灰作为脱硫剂时,生石灰经石灰变频螺旋进入消化器内消化,消化器温度是一项重

表2 对1#炉、2#炉排放烟尘、SO<sub>2</sub>及NO<sub>x</sub>的监测数据

| 项目              | 1# 炉                                                |                    | 2# 炉               |                    |                    |
|-----------------|-----------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                 | 静电除尘器进口                                             | 布袋除尘器出口            | 静电除尘器进口            | 布袋除尘器出口            |                    |
| 烟尘              | 废气量/( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )            | $1.79 \times 10^5$ | $1.84 \times 10^5$ | $1.70 \times 10^5$ | $1.83 \times 10^5$ |
|                 | 实测排放质量浓度/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )        | $3.79 \times 10^4$ | 17.30              | $3.97 \times 10^4$ | 23.40              |
|                 | $\alpha$ 换算质量浓度/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) |                    | 16.10              |                    | 21.40              |
|                 | 排放量/( $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ )             | $6.78 \times 10^3$ | 3.18               | $6.75 \times 10^3$ | 4.28               |
|                 | 除尘率/%                                               |                    | 99.9               |                    | 99.9               |
| SO <sub>2</sub> | 废气量/( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )            | $1.73 \times 10^5$ | $1.76 \times 10^5$ | $1.70 \times 10^5$ | $1.73 \times 10^5$ |
|                 | 实测排放质量浓度/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )        | 1 899              | 137                | 2 042              | 132                |
|                 | $\alpha$ 换算质量浓度/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) |                    | 125                |                    | 119                |
|                 | 排放量/( $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ )             | 329.0              | 24.1               | 347.0              | 22.8               |
|                 | 脱硫率/%                                               |                    | 92.7               |                    | 93.4               |
| NO <sub>x</sub> | 实测排放质量浓度/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )        |                    | 324                |                    | 326                |
|                 | $\alpha$ 换算质量浓度/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) |                    | 301                |                    | 298                |
|                 | 排放量/( $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ )             |                    | 59.6               |                    | 59.7               |

要控制指标。在调试过程中,出现过数次由于消化器板结,负荷变大、电机跳闸现象,在清理时工作量大。分析原因可知,消化器温度的变化不是非常明显,这与操作经验密切相关。而消石灰无需消化,消化器作为物料通道,不会产生此类现象。

在1#炉调试过程中,采用生石灰作为脱硫剂。在2#炉调试过程中,采用消石灰作为脱硫剂。在2#炉调试过程中,运行状况较1#炉稳定。通过2种脱硫剂运行比较,选择消石灰作为脱硫剂。

3.3 石灰变频螺旋给料机问题

在系统运行过程中,石灰变频螺旋给料机根据布袋除尘器出口的SO<sub>2</sub>浓度自动调节石灰的给料量,石灰给料经一级输送螺旋及二级输送螺旋送至消化器。石灰变频螺旋给料机在调试时需要通过称重标定频率和出力之间的关系曲线,以达到较为精确的给料量。但在实际运行中,由于需要通过二级输送螺旋,路线较长,变频器存在稳定的最小值,无法100%变频,当燃煤处于含硫量低于设计值时,脱硫剂的投加量往往会过量,即钙硫比偏大,脱硫剂的有效利用率达不到95%。

希望设备供应厂家能进一步加强给料输送螺旋的设计及选型,有效提高脱硫剂的利用率。

3.4 压缩空气品质问题

脱硫除尘系统中设置了3个储气罐分别用于仪表用气(1 m<sup>3</sup>)、布袋用气(4 m<sup>3</sup>)以及气力输灰用气(10 m<sup>3</sup>)。其中,气力输灰用气量最大,对用气的品质要求最低,布袋用气主要为脉冲阀喷吹,用气品质等同于仪表用气,对压缩空气的含油、含水量要求很高。1#炉调试初期,空压站用气量远远小于设计量,冷干机常常跳机,压缩空气中的含水量偏大,布袋除尘器投入运行2个月后,发现喷吹频率大大增加,且喷吹后的布袋差压下降不明显,经检查,脉冲阀膜片有粘结现象,更换膜片后系统恢复正常。

解决方法:(1)停用老空压站,全厂用气均由新空压站提供,提高新空压站的用气量;(2)加强空压机及冷干机的运行管理,保证设备的稳定运行;(3)储气罐底部手动排水阀后增设自动疏水器,手动排水阀处于常开状态,加强排水。

4 监测数据

经过试生产后,生产负荷达到验收要求,1#炉、2#炉于2009年12月进行了验收,现场监测数据见表2。

由表2可知,在锅炉负荷为100%的情况下,1#炉、2#炉排放烟尘过量空气系数(α)换算质量浓度分别为16.10、21.40 mg/m<sup>3</sup>,均低于GB 13223—2003第3时段的相应限值(50 mg/m<sup>3</sup>),符合标准要求,且除尘率均达到了99.9%;2台锅炉排放SO<sub>2</sub> α换算质量浓度分别为125、119 mg/m<sup>3</sup>,均低于GB 13223—2003第3时段的相应限值(400 mg/m<sup>3</sup>),符合标准要求,且脱硫率均达到了90%以上;2台锅炉排放NO<sub>x</sub> α换算质量浓度分别为301、298 mg/m<sup>3</sup>,均低于GB 13223—2003第3时段的相应限值(450 mg/m<sup>3</sup>),符合标准要求。

5 结 语

通过新型脱硫除尘一体化技术在宁波开发区热电公司的应用证明,其投资省、结构紧凑、占地面积小、无二次污染以及脱硫副产物干灰易综合利用等特性,比较适合中小型燃煤锅炉的脱硫项目及改造工程。在运行过程中出现的一些问题,需设备供应厂家加以改进,以进一步提高系统的稳定性与经济性。

参考文献:

[1] 傅伯和,葛介龙,郑月华,等.干法脱硫灰用作水泥混合材及缓凝剂的可行性研究[J].电力环境保护,2000(4):35-38.