

# 单塔双循环脱硫技术在火电厂脱硫改造中的应用

高广军, 王玉祥

(国电谏壁发电厂, 江苏 镇江 212006)

**摘 要:** 本文介绍了国电谏壁发电厂 12 号机组脱硫进行改造的必要性, 阐述了单塔双循环技术的基本原理, 通过对 12 号机组脱硫系统的改造, 表明单塔双循环技术可以提高脱硫效率, 降低脱硫系统出口二氧化硫排放浓度, 实现达标排放, 为燃煤电厂脱硫系统提效改造提供技术参考。

**关键词:** 烟气脱硫; 改造; 锅炉; 单塔双循环

## 1 概况

国电谏壁发电厂现有装机容量为  $5 \times 330\text{MW}$  (8 号、9 号、10 号、11 号、12 号机组) +  $2 \times 1000\text{MW}$  (13 号、14 号机组), 全厂总容量为  $3650\text{MW}$ , 原四期 7 号机组 ( $1 \times 330\text{MW}$ ) 于 2013 年 9 月底关停。

12 号机组于 2004 年 8 月份投产, 脱硫装置随机组同步建设投运, 采用石灰石-石膏湿法脱硫工艺, 一炉一塔, 设计脱硫效率不低于 90%。

工艺水系统、石灰石浆液制备系统、压缩空气系统、石膏脱水系统、排空系统为六期 (11 号、12 号) 两套脱硫装置公用。

## 2 改造的必要性

随着国家新的《火电厂大气污染物排放标准》(GB1323-2011)<sup>[1]</sup>颁发实施和《江苏省煤电节能减排升级与改造实施方案 (2014-2018 年)》<sup>[2]</sup>的执行, 烟囱出口  $\text{SO}_2$  小于  $35\text{mg}/\text{Nm}^3$  (标准状态, 干基, 6% 氧, 下同)。12 号机组脱硫系统设计燃煤硫份为 1.0%、烟气量为  $1250000\text{ m}^3/\text{h}$ 、FGD 入口  $\text{SO}_2$  浓度为  $2600\text{ mg}/\text{Nm}^3$ , 要保证出口  $\text{SO}_2$  浓度小于  $35\text{ mg}/\text{Nm}^3$ , 就必须使得脱硫效率大于 98.65%, 这已经超出了单纯使用石灰石作为脱硫剂的石灰石-石膏湿法脱硫技术的临界效率。显然原有单塔脱硫工艺不能满足新的排放标准, 故必须尽快对 12 号炉脱硫系统进行提效改造以满足新的超低排放标准要求。

## 3 改造方案选择

石灰石-石膏湿法烟气脱硫工艺是目前世界上应用量为广泛、技术最为成熟的  $\text{SO}_2$  脱除技术。脱硫工艺主要包括吸收剂制备系统、烟气系统、吸收

反应系统、石膏脱硫系统和电气控制系统等, 其中烟气系统和吸收反应系统是脱硫工程的核心。

该工艺具有脱硫率高、运行可靠性高、吸收剂利用率高、能适应大容量机组和高浓度  $\text{SO}_2$  烟气条件、吸收剂价廉易得、钙硫比低 (一般小于 1.05)、副产品具有综合利用的商业价值等特点。

常规石灰石-石膏湿法脱硫系统提效改造方法有: 更换大容量的浆液循环泵、增加一台浆液循环泵和一层喷淋层、双塔双循环、单塔双循环等。其中双塔双循环、单塔双循环可以明显提高脱硫效率, 因此在脱硫提效改造中使用比较多。在提效改造中要充分考虑到工期紧张、脱硫效率高、现场场地较小、充分利用现有设备等。因此 12 号机组脱硫系统提效改造方案最终采用单塔双循环工艺。

## 4 单塔双循环工艺简介

单塔双循环工艺实际上是相当于烟气通过了两次  $\text{SO}_2$  脱除过程, 经过了二级浆液循环, 二级循环分别设有独立的循环浆池, 喷淋层, 根据不同的功能, 每级循环具有不同的运行参数。烟气首先经过一级循环 (图 1 中 Quench Zone), 此级循环的脱硫效率一般在 30-70%, 循环浆液 pH 控制在 4.6-5.0, 浆液停留时间在 5min, 此级循环的主要功能是保证优异的亚硫酸钙氧化效果, 和充足的石膏结晶时间, 根据资料显示, 在酸性环境下 pH=4.5 时, 氧化效率是最高的。特别是对于高硫煤, 氧化空气系数可以大大降低, 从而大幅降低氧化风机的电耗, 并且同时可以大大提高石膏品质, 提高石膏脱水率, 据国外资料显示, 采用双循环系统后石膏含水率可以从 10% 降低到 6%, 低 pH 值可以有效提高氧化效率。

经过一级循环的烟气直接进入二级循环（图 1 中 Absorber Zone），此级循环实现主要的脱硫洗涤过程，由于不用考虑氧化结晶的问题，所以pH 可以控制在非常高的水平，达到 5.8-6.4，这样可以大大降低循环浆液量，一般循环浆液量可降低 20% 左右。单塔双循环工艺见图 1。

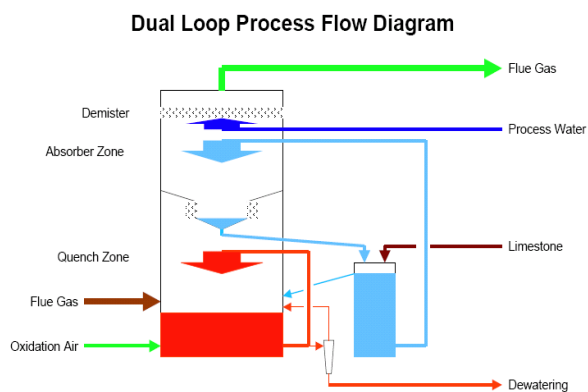


图 1 单塔双循环工艺图

5 改造主要内容

（1）烟气系统

考虑 GGH 泄漏对脱硫装置的效率影响，#12 脱硫装置 GGH 内部换热元件全部拆除，原、净烟气侧进行封堵隔离；烟囱防腐按湿烟囱技术要求进行防腐处理。

（2）吸收塔系统

#12 机组脱硫提效技改工程采用单塔双循环技术，保留原有吸收塔设备，对原有吸收塔保留三层喷淋层，喷淋层以上部分进行改造，作为单塔双循环吸收塔。在原吸收塔喷淋层上方并进行改造，新增 3 层喷淋层，原有吸收塔最上层喷淋层由原来的双向喷淋改为单向喷淋，在吸收塔旁设置一座 AFT 浆池（二级循环浆池）。

原氧化空气系统氧化倍率较小，本次改造对原吸收塔新增 1 台氧化风机，与原有风机形成两运一备，由于一级循环塔氧化风量增加，所以新增了 1 台同型号的氧化风搅拌器；AFT 浆池新增两台氧化风机用于 AFT 浆池的氧化，一运一备。2 台吸收塔石膏排浆泵和石膏旋流器增容，提高吸收塔浆液脱水能力。新增 AFT 旋流器，新增 2 台 AFT 旋流泵，以控制 AFT 塔内浆液密度在合理范围内。

（3）石灰石浆液制备及供浆系统

增加一座同原来一样大小的石灰石粉仓及石灰

石浆液箱，两台石灰石浆液箱可互为备用，新增两台石灰石供浆泵用于新增的石灰石浆液箱，形成单元制系统，均可为吸收塔和 AFT 塔进行供浆。两套石灰石浆液制备及供浆系统可互相切换。

（4）工艺水系统

保留工艺水箱和水泵不变，根据其他系统改造要求，改造相应的水冲洗系统，增设两台除雾器冲洗水泵，单独用于除雾器冲洗。

（5）电控系统

电控系统配合机务设备进行同步改造。

6 改造效果

2015 年 1 月 20 日 12 号脱硫随主机同步启动，2 月 7 日顺利通过了 168 小时试运行，期间各项参数稳定可控，达到脱硫提效改造的目标要求，相关参数见表 1。

表 1 12 号机组 168 小时期间运行参数

项目	1 日-7 日平均值
原烟气SO <sub>2</sub> 浓度/ mg.(Nm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	2457.6
净烟气SO <sub>2</sub> 浓度/ mg.(Nm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	20.43
脱硫效率/%	99.1
吸收塔 pH 值	4.6
AFT 塔 pH 值	5.8

从表 1 可看出，试运行期间脱硫日平均效率达 99.1% 以上，出口净烟气SO<sub>2</sub> 平均排放浓度仅为 20.43 mg/Nm<sup>3</sup>，低于 35 mg/Nm<sup>3</sup> 的超低排放限值。

7 结束语

12 号机组脱硫提效改造后运行以来，各项参数运行较为正常，脱硫出口净烟气SO<sub>2</sub>浓度一直保持在 50 mg/Nm<sup>3</sup>以下。运行中吸收塔pH值一般保持在 4.8 左右，AFT塔浆液pH值保持在 5.9 左右，浆液循环泵一般为 2+1 运行方式，即吸收塔运行 2 台，AFT 塔运行 1 台，吸收塔运行一台氧化风机，AFT塔氧化风机间断运行，原烟气硫份超出设计值时，吸收塔增开一台浆液循环泵和氧化风机，原烟气硫份正常后调停。运行以来锅炉原烟气SO<sub>2</sub>浓度最高达到 3800mg/Nm<sup>3</sup>左右，脱硫系统吸收塔运行 3 台浆液循环泵、AFT塔运行 1 台浆液循环泵，吸收塔浆液pH 值为 4.80 左右，二级吸收塔pH值为 5.9 左右，脱硫效率达到 99.1%，出口SO<sub>2</sub>排放浓度为 30mg/Nm<sup>3</sup>左右，保证脱硫后烟气SO<sub>2</sub>排放浓度满足环保要求，达到了脱硫提效改造的效果。

**参考文献：**

- [1] GB1323-2011,火电厂大气污染物排放标准[S].
- [2] 关于印发《江苏省煤电节能减排升级与改造实施方案（2014-2018 年）》和《江苏省煤电节能减排升级与改造 2015 年度实施计划》的通知(苏发改能源发〔2015〕207 号)[Z].

---

**作者简介：**

高广军（1971），男，江苏句容人，助理工程师，主要从事火电厂环保设施技术管理工作；  
王玉祥（1973），男，江苏丹阳人，助理工程师，主要从事火电厂环保设施技术管理工作。