

630MW 燃煤机组脱硫设施单塔双区提效改造

吴国军

(江苏国信扬州发电有限责任公司, 江苏 扬州 225131)

摘 要:以扬州第二发电有限责任公司#1 机组脱硫单塔双区提效改造工程为实例, 介绍了单塔双区技术原理、技术改造的主要内容及改造效果, 并对改造特点进行了小结。

关键词:火电机组; 脱硫; 单塔双区; 提效改造

0 概述

继GB13223—2011《火电厂大气污染物排放标准》颁布以来, 新的污染物减排政策和措施逐渐明朗并不断细化。国务院《大气污染防治行动计划》、国家三部委《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014-2020 年》等环保政策出台后, 江苏省提出了更为具体、严格的要求: 省内 10 万千瓦及以上火电机组必须在 2018 年前完成超低排放改造工作, 改造后机组的大气污染物排放可达到天然气燃气轮机组的排放水平(即: 烟尘排放浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ 、二氧化硫排放浓度 $\leq 35\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物排放浓度 $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$)。扬州第二发电有限责任公司#1 机组(630MW)的 SO_2 排放虽然满足GB13223-2011 要求, 但不能满足超低排放要求, 因此需要对脱硫系统进行技术改造。

1 改造方案的选择与确定

1.1 原系统概况

#1 机组脱硫系统采用石灰石—石膏湿法、一炉一塔, 设计硫分 1.0%, 设计脱硫效率 95%。脱硫吸收塔采用三层喷淋层配备单托盘装置。机组实际用煤以神华集团的低硫低灰煤为主, 最近 5 年入炉煤的平均硫份均低于 0.7% (St_{ar})。

1.2 本次改造的边界条件

为适应未来环保政策进一步趋严及煤炭市场的变化, 改造充分考虑脱硫系统富裕量: 设计硫分按 1.2% ($\text{St}_{\text{ar}}=1.2\%$, 对应吸收塔入口 SO_2 浓度 $2890\text{mg}/\text{m}^3$), 设计效率 98.85%, 吸收塔出口 SO_2 排放浓度不超过 $34\text{mg}/\text{m}^3$ 。

1.3 改造方案选择与确定

根据对当前主流的脱硫提效技术路线收资调

研, 双塔双循环技术、单塔双循环技术、单塔单循环分区控制技术等均能实现改造目标。通过对现场场地限制条件、施工工期的允许性、项目投资的节约性、运行维护便捷性等方面的综合考虑后, #1 机组脱硫改造最终采取了吸收塔单塔双区改造的方案。

2 改造技术说明

单塔双区吸收塔的核心技术是将塔内浆液池通过分区调节器形成上下两个区域: 浆液池的上部为较低pH值的氧化区, 有利于 CaSO_3 的氧化反应, 下部为较高pH值的吸收区, 有利于 SO_2 的吸收反应, 从而获得更高的脱硫效率。

石灰石—石膏湿法工艺的脱硫过程中, 主要是烟气中 SO_2 的吸收过程和浆液中 CaSO_3 或 $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ 的氧化结晶过程。在吸收过程中, 需要与酸性气体充分反应, 因此浆液pH值应较高(8~9), 而在氧化结晶过程中, 需要较强的酸性环境, pH值应较低(4~5)^[1]。#1 机组脱硫吸收塔的单塔双区改造方案就是依据该原理, 在浆池区设置了分区调节器, 分区调节器处同时设置供氧管系统, 在调节器上部, 浆液主要为刚完成吸收反应后自由掉落的喷淋液, 溶解有相当量的 SO_2 , 浆液呈现较强酸性, pH可达4.5~6, 浆液中 SO_3^{2-} 可以在该区域内在供氧管供氧情况下氧化生成 SO_4^{2-} 并立即与溶液中大量存在的 Ca^{2+} 结合生成 CaSO_4 , 同时也可以实现 CaSO_4 与水结晶生成石膏的反应, 并立即将石膏外排。而在调节器下部, 为新加入的石灰石浆液, 为了避免其对调节器上部浆液pH的影响, 采用了射流搅拌系统, 当液体从管道末端喷嘴中冲出时产生射流, 依靠该射流作用可以搅拌起塔底固体物, 进

而防止产生沉淀。新加入的吸收剂在短时间内，高 pH 的情况下，进入循环泵，通过喷淋层喷出进行 SO₂ 吸收。因此，通过分区调节器的设置和射流搅拌系统的辅助，整个吸收塔内呈现 2 个 pH 区域，调节器下部以及喷淋系统喷出的吸收浆液保持在高 pH 值（6.1 左右），而调节器上部为吸收 SO₂ 后呈现的低 pH 区域（5.3 左右），能促使 CaSO₃ 或 Ca(HSO₃)₂ 迅速氧化结晶。通过分区，SO₂ 的吸收和氧化分别在各自更适合的 pH 范围进行，吸收塔的吸收能力得到提升。双区浆池立面图如图 1 所示，分区调节器及氧化空气管道和射流管道分别如图 2、3 所示。

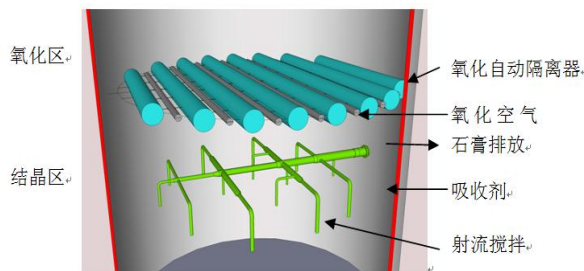


图 1 双区浆池立面图

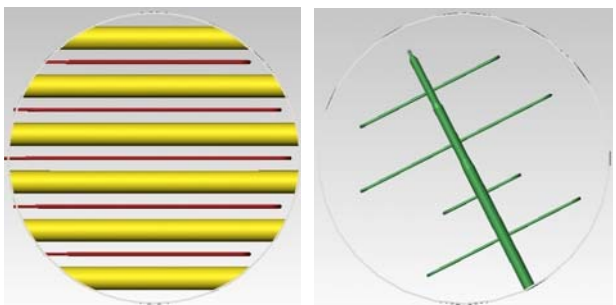


图 2 分区调节器及氧化空气管道图

3 射流管道

3 改造内容介绍

3.1 吸收塔内部改造

吸收塔内部改造的主要内容有：抬升浆液区，浆液区装设分区调节器及氧化风管道和射流搅拌装置，抬升喷淋区并新增 2 层喷淋层，改造前后吸收塔外形图如图 4 所示。具体如下：

(1) 吸收塔分两段环切，原塔径 15.2m 保持不变，浆液区抬升 5.5m 后，浆液池体积由 1540 m³ 至 2540 m³，喷淋区到除雾器之间抬升 4.4m，吸收塔总高增加到 38.2m。改造后烟气停留时间为 5.14s，浆液循环时间为 3.73min。

(2) 原 3 层喷淋层上部增加 2 层喷淋（共 5 层）。通过 5 层喷淋覆盖叠加，每层喷淋覆盖率达到 250% 以上，液气比由 9.56 L/m³ 提高到 13.86 L/m³。喷淋层布置如图 5、6 所示。

(3) 喷淋喷嘴进行优化，由单一的空心锥型改为由大角度中空锥形、常规角中空锥形、常规角实心锥型、单向或双向等不同类型喷嘴的组合，进一步提升石灰石浆液喷淋覆盖效果。

(4) 喷淋层间的塔壁周边增设脱硫提效环，防止塔壁附近烟气逃逸（未经脱硫）。

(5) 更换托盘，对新托盘的开孔率进行进一步的优化。

(6) 拆除浆液区原 4 台侧进式搅拌器和氧化风喷枪，改造后的浆液区内分别装设分区调节器、管式氧化风管道、底部射流搅拌管道。以实现浆液池实现氧化区与吸收区的自然分区。

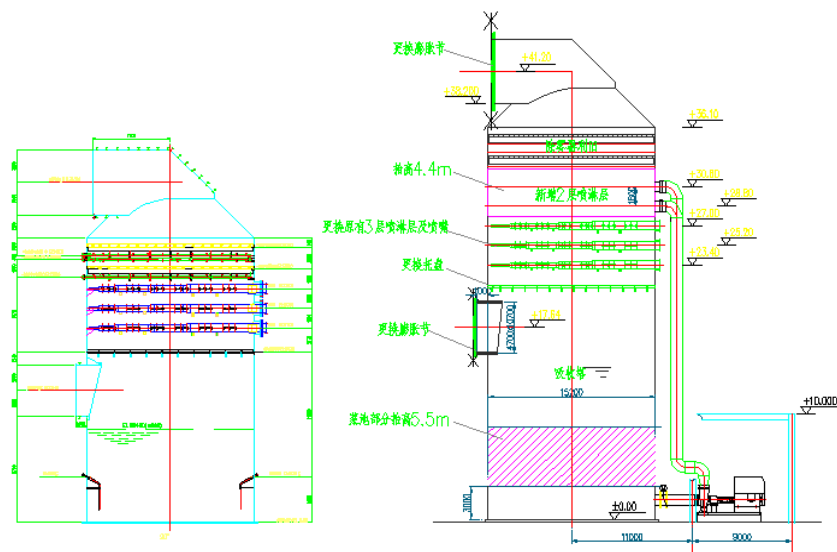


图 4 吸收塔改造前后外形图

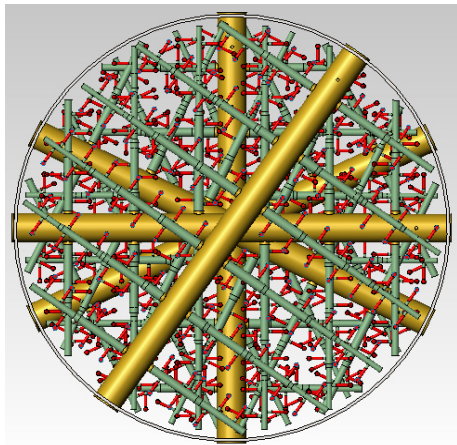


图 5 五层喷淋层布置示意图

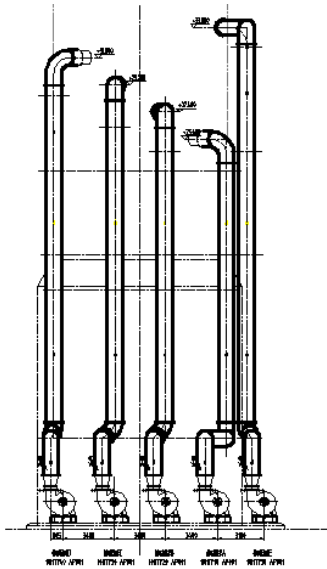


图 6 五台循环泵布置示意图

3.2 吸收塔外部改造

- (1) 新增 2 台浆液循环泵及管道，安装在原 3 台浆液循环泵组的两侧。浆液循环量由 $3 \times 8160 \text{ m}^3/\text{h}$ 增加至 $5 \times 8160 \text{ m}^3/\text{h}$ 。
- (2) 新增在吸收塔北侧安装射流搅拌泵及管道 2 台套。
- (3) 原氧化风机拆除，原址安装 2 台大容量风机。氧化风量由 $2 \times 5508 \text{ Nm}^3/\text{h}$ （标态，湿基）增加至 $2 \times 14850 \text{ Nm}^3/\text{h}$ （标态，湿基），实现氧化风机的一运一备。
- (4) 原石膏排出泵拆除，原址安装 2 台大容量石膏排出泵。泵出力由 $2 \times 70 \text{ m}^3/\text{h}$ 增加至 $2 \times 145 \text{ m}^3/\text{h}$ 。
- (5) 新增 260 m^3 石灰石浆液箱一座（4 台机组脱硫系统的公用）及浆液供浆泵等。
- (6) 考虑机组燃煤实际硫分在 0.7% （St,ar）

左右的现状，原系统公用的 3 套湿式球磨系统及 2 套石膏脱水系统暂缓扩容改造，今后可根据燃煤硫分的变化决定扩容改造与否。

4 改造效果及小结

4.1 改造效果

脱硫系统 2015 年 4 月改造完成后一直连续稳定运行，2015 年 6 月对改造后脱硫系统进行了性能试验，试验结果表明主要性能参数均达到设计要求（详见表 1）。改造后脱硫系统阻力增加、电耗增加等负面影响均在预测范围内。

表 1 改造后脱硫系统主要测试数据表

序号	项目	单位	数值
1	机组负荷	MW	620
2	入口烟气流量（标态，干基，6%）	m^3/h	2271738
3	入口 SO_2 浓度（标态，干基，6%）	mg/m^3	3194.8
4	出口 SO_2 浓度（标态，干基，6%）	mg/m^3	14.9
5	脱硫效率	%	99.53
6	脱硫系统阻力	Pa	2994

4.2 小结

#1 机组脱硫系统采用单塔双区技术进行的提效改造，达到了改造的预期目标。该技术具有以下特点：

- (1) 适合石灰石—石膏湿法脱硫工艺脱硫系统对高含硫或高脱硫效率场合的增容提效改造，完全可实现 98.85% 以上的高脱硫效率。
- (2) 浆液池自然分成 pH 值的“双区”，其中：上部氧化区 pH 值 $4.9 \sim 5.5$ ，有利于生成高纯度石膏；下部吸收区 pH 值 $5.3 \sim 6.1$ ，有利于实现高效脱除 SO_2 。
- (4) 配套的射流搅拌装置，可实现吸收塔内浆液无任何转动部件的均匀搅拌，脱硫系统停运后可以很顺利地重新启动。
- (5) 改造不需要设置塔外罐（塔），工程项目节约占地面积 500 m^2 以上。
- (6) 改造后脱硫系统运行阻力较低，比塔+罐或串联塔的运行阻力低 $150 \text{ Pa} \sim 600 \text{ Pa}$ 。
- (7) 改造后系统简单，检修方便，运行维护费用低。

5 结束语

通过采用单塔双区技术的脱硫提效改造，630MW 燃煤机组的 SO_2 排放浓度完成可以达到天

然气燃气轮机组的排放水平（二氧化硫排放浓度 $\leq 35\text{mg/m}^3$ ）。该系统具有节约占地、系统简单、检修方便、投资及运行维护费用较低的特点。

参考文献：

[1] 叶道正.单塔双区高效脱硫技术在火力发电厂中的应用

[J].中国电力(技术版),2014(08):57-59.

作者简介：

吴国军（1970-），男，江苏南通人，工程师，从事电厂环保
技术监督管理工作，E-mail: 1835928786@qq.com。