

630MW 超临界锅炉除尘器改造

吴瑞生

(华润江苏镇江发电有限公司, 江苏 镇江 212114)

摘 要: 介绍江苏镇江电厂 630MW 超临界锅炉 5、6 锅炉电除尘器的设备概况。并为满足新的《火电厂大气污染物排放标准》〔GB13223-2011〕提出的电除尘器出口排放标准, 烟气中烟尘应执行 $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的排放限值, 进行相应的改造工作。改造后的电除尘器达到预期的要求, 烟尘排放浓度满足了新的国家标准, 达到 $11.3\text{mg}/\text{Nm}^3$ 除尘效率明显提高, 电气除尘器效率达到了 99.9% 以上。

关键词: 环保; 电除尘器; 烟尘排放; 设备改造

1 概述

随着国家对节能环保要求的提高, 节能减排工作的开展, 对火电厂烟尘排入的控制要求越加严格。江苏镇江电厂属重点地区的电厂, 根据《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011), 三期工程#5、#6 超临界机组粉尘排放应执行 $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的排放限值。

对#5、#6 机组实施除尘器改造, 这必将大大降低电厂烟气污染物的排放, 对促进当地经济发展、保护环境和确保电厂机组运行经济性以及保持地区经济可持续发展等都具有十分重要的意义。

江苏镇江#5、#6 锅炉为上海锅炉厂有限公司生产的 1913t/h 超临界参数直流炉。单炉膛、一次中间再热、四角切圆燃烧方式、II 型露天布置燃煤锅炉(型号: SG1913/25.40-M951)。电除器配置为福建龙净环保股份有限公司生产的双室四电场静电除尘器(型号: 2BE416/2-4), 每台电除尘器的有效断面积 416m^2 , 电场的总有效长度 19 m, 设计的烟气处理量为 $3135456\text{m}^3/\text{h}$, 电除尘器设计效率为 99.5%。电除尘器仓泵排放灰采用正压气力输送系统送至干灰库。

#5、6 机组分别于 2005 年 07 月及 2005 年 11 月投入运行。运行时间较长, 电除尘器维护较好, 运行基本正常。经江苏省环境监测中心的监测结果表明: #5 锅炉在 600MW 负荷下的排放烟气中烟尘最大排放浓度范围为 $44.5\text{mg}/\text{m}^3$, #5 锅炉静电除尘器除尘效率平均为 99.4%, 接近设计指标 99.5%。#6 锅炉在 600MW 负荷下的排放烟气中烟尘最大排放浓度为 $41.7\text{mg}/\text{m}^3$, #6 锅炉静电除尘器除尘效

率平均为 99.6%, 满足设计指标要求 (99.5%)。但是, 目前烟尘排放还是不能满足《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011) 烟尘排放浓度 $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的标准限值。

2 工程设想

根据江苏镇江电厂原有静电除尘器的性能测试报告数据及场地布置情况, 适合本工程的改造方式主要有以下三种: 静电除尘器提效改造、布袋除尘器、电-袋复合式除尘器。

静电除尘器提效改造主要是通过加长(增加)电场、加高(加宽)极板、除尘器进口前加装调温装置、高频电源改造、末电场采用移动极板等组合方式来改善除尘效果。对于通过加长(增加)电场、加高(加宽)极板进行静电除尘器提效, 因原有静电除尘器为顶部振打, 所有的阴、阳极的振打装置设置在电除尘器的顶部, 且极板高度已达到 14.685m, 已不能再加高。另由于场地布置受限, 增加电场数量的方案也不可行, 所以本次除尘器改造并不适合采用此方案。

根据 2013 年锅炉实际所用煤种情况进行分析, 我公司锅炉所用煤种的飞灰成分除尘指数基本上偏向于容易收尘的区间, 适合用电除尘器收尘。并且电除尘器入口烟气量大, 烟气含尘浓度在 $15\sim 37\text{g}/\text{Nm}^3$ 之间。基本确定三个方案:

(1) 静电除尘器改造

电除尘前加装烟气调温装置; 电除尘第一、二电场更换高频电源, 第三、四电场工频电源控制系统优化改造; 末级电场采用可移动阳极板。

(2) 小分区电袋复合式除尘器改造方案

对第一电场进行改造，在第一电场布置两个分区的 BE 型电场，拆除二、三、四电场的阴阳极及高压设备，在其空间布置布袋除尘区。

(3) 纯布袋除尘器改造方案

拆除现有除尘器第 I~IV 电场内的阴、阳极及高压设备，前面设置一个自然沉降区，在剩余空间内布置布袋除尘区。

经对上述三种方案进行计算比较，采用以上三种方案理论上都可以满足最新的环保要求，对于本改造工程都是可行的。但因采用电袋或纯袋式设备，改造一次投资费用和运行维护费用较多，大量更换下来的废袋属于不可自然降解材料，更不可通过焚烧处理，若采用填埋处理，需要较大的填埋场地，直接填埋仍会造成二次污染。采用烟气调温装置+移动极板+高频电源静电除尘器提效改造，理论上可以达到改造要求，且总投资费用最省。

本工程从环保与投资共同考虑，选用烟气调温装置+移动极板+高频电源的改造方案。

3 改造过程

3.1 改造前电除尘器设计参数

改造前电除尘器设计参数见表 1。

表 1 电除尘器的基本参数

| 项目 | 数值 |
|---|--|
| 每台炉所配台数 | 2 |
| 有效断面积/m ² | 2×416 |
| 室数/电场数 | 2/4 （10 个分区，实为 5 电场） |
| 通道数/个 | 35 |
| 电场的总有效长度/m | 19 m |
| 比集尘面积/(m ² /m ³ /s) | 89.7 |
| 处理烟气量/(m ³ /h) | 3135456 |
| 入口烟气温度(原设计)/℃ | 129（实际运行烟温：夏季 140~160， 冬季为 120~140） |
| 入口含尘浓度/(g/m ³) | 18.239 |
| 保证效率/% | ≥99.5 |
| 本体阻力/ Pa | ≤200 |
| 本体漏风率/% | <2 |

3.2 改造后希望达到的要求

镇江电厂三期工程 2×630MW 机组，按现主要实际燃用煤质情况，新设计煤种： $V_{daf}=35.56\%$ ， $A_{ar}=24.78\%$ ， $Q_{net,ar}=19.64\text{MJ/kg}$ ， $S_{t,ar}=1.21\%$ 。在此煤种情况下，实施除尘器改造后，改造后电除尘器出口按 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ 计，考虑湿法脱硫塔 50% 的除尘效果，烟尘的最终排放浓度 $<20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。在不投用电除尘器前烟气调温装置情况下，电除尘器效率

不小于 99.82%。电除尘器本体烟气阻力不大于 200Pa，漏风率不大于 2%。

3.3 改造方案

(1) 原电除尘器大修

a) 对原电除尘器设备进行全面检查修理，更换已损部件，更换已老化的振打器绝缘轴，校正内部电场；采用中空硅橡胶密封条，全部更换各孔洞的密封材料；

b) 原来的振打和加热控制系统采用单片机控制，本次需改造为西门子 PLC 控制方式，同时上位机也相应更换，以满足通讯的要求；

c) 一、二、三、四电场的灰斗电加热更换管式电加热器，新增 2 只低压控制柜用于四电场振打、加热控制用，新增上位机系统；

d) 为能精确掌握灰斗存灰量，对一、二电场灰斗增设料位计。

(2) 电除尘器进口加装烟气调温装置

烟气调温装置系统是通过在电除尘前烟道上安装 4 台换热器，烟气经过换热器时与换热器蛇形管里面的凝结水进行换热，烟气温度降低，烟气余热被回收，同时电除尘效率提高。凝结水经烟气加热升温后再回到凝结水系统，低加抽汽量减小，机组发电量增加，机组煤耗降低。

本次改造设计是从汽机侧 8 号低压加热器前和 7 号低压加热器后分别引出部分凝结水，混合进入调温装置。凝结水水温升至约 115℃，然后返回到 6 号低压加热器前，进水温度根据机组负荷及季节情况由气动调节阀进行调节。空气预热器出口烟气温度为 140℃~160℃，经过调温装置后，温度降低到 100℃~110℃，然后进入电气除尘器。在 50% 负荷时，系统采用单点取水，全部凝结水取自 7#低加出口，取水温度 80℃。最低管壁温度为 70℃。凝结水系统采用两点取水，8#低加入口的压力高、温度低，设置调阀，7#低加入口压力低、温度高，两路水混合到 80℃，进入烟气换热器。混水温度通过调门的开度调节。取水量通过增压泵变频调节。烟气换热器的出口烟温通过凝结水流量调节。

烟气调温装置总的换热面积应 $\geq 26500\text{ m}^2$ （一台炉），调温装置换热管采用顺（错）列管排逆流布置，每个烟气调温装置设置 16 个模块，单台炉共 64 个模块。

(3) 一二电场高频电源改造

电除尘器用高频高压电源是在传统电源基础上结合国内外先进技术开发出来的新一代电除尘用节能型电源,节能减排效果显著(在保证除尘效率的前提下,节电能约 40%-60%)。

对应我公司现煤种,按除尘器入口浓度约为 $23.98\text{g}/\text{Nm}^3$ (标准状态,干基, $6\%\text{O}_2$) 左右,入口含尘浓度较高会减弱电场的电离效果、削弱粉尘的荷电,特别是前电场极易发生电晕封闭,导致粉尘的荷电不足。采用高频电源能有效的降低厂用电,用于入口高浓度烟尘场合时,抑制电晕封闭的性能优于普通电源,能够提高前级电场的除尘效率,且在运行中有效降低除尘器电耗。

我公司在第一、二电场均进行高频电源改造,第三、四电场进行工频电源控制优化。

(4) 四电场旋转电极改造

移动极板电除尘器的工作原理与传统电除尘器一样,仍然是依靠静电力来收集粉尘,属于静电除尘技术的一种。一般是将末级电场的阳极板改造成可以旋转的形式,将传统的振打清灰改造为旋转刷清灰,当极板旋转到电场下端的灰斗时,清灰刷在远离气流的位置把板面的粉尘刷除,达到比常规电除尘器更好的清灰效果,能提高电除尘器的除尘效率,降低排放浓度。

我公司在第四电场进行旋转电极的改造。

3.4 改造实施

本次电除尘器改造#5 炉 2013 年 11 月 20 日完成,在 2014 年 1 月 2~9 日完成 168 小时运行。#6 炉从 2014 年 1 月 31 日完成,在 2014 年 2 月 11~18 日完成 168 小时运行。

4 性能测试及改造效果

2014 年 1 月 7~8 日及 2014 年 2 月 20~21 日,江苏省环境监测中心分别对#5、#6 锅炉电除尘器进行测试。见表 2。监测期间锅炉运行参数基本稳定,燃烧稳定。制粉系统运行方式固定在一定方式下运行。停止锅炉吹灰,打焦等工作。

表 4 #5, 6 炉电除尘器性能试验汇总

| 炉号 | 项目 | 保证值 | 检测值 | 结论 |
|----|-------------------------------|-------|--------------|----|
| #5 | 除尘效率% | 99.82 | 99.9~99.909 | 合格 |
| #5 | 出口烟尘浓度 mg/m^3 | <30 | 10.6~11.1 | 合格 |
| #5 | 本体漏风率% | 2 | 1.5~1.6 | 合格 |
| #5 | 烟气阻力 Pa | 200 | 156~177 | 合格 |
| #6 | 除尘效率% | 99.82 | 99.87~99.893 | 合格 |
| #6 | 出口烟尘浓度 mg/m^3 | <30 | 21~24.8 | 合格 |
| #6 | 本体漏风率% | 2 | 1.48~1.7 | 合格 |
| #6 | 烟气阻力 Pa | 200 | 146~174 | 合格 |

5 结束语

电除尘器改造过程中,因烟气调温装置与电除尘器高频电源改造,旋转电极改造分属二家企业,存在一定的工作交叉,但通过各部门的共同努力,工程质量处于受控状态,为电除尘器性能达到要求提供了保障。

因冬季工况,排烟温度较低,且因烟气调温装置还存在泄漏的情况,投用还未能完全正常,效果还需夏季工况检验。

本次锅炉电除改造工作达到的预期要求,从最终电除尘器测试结果看,改造是成功的。按本次改造新设计煤种,每年减排烟尘 566.44t。改造满足了新的《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223—2011)中的标准。改造工作也为同类型机组提供了经验。

参考文献:

- [1] GB13223—2011,火电厂大气污染物排放标准[S].
- [2] 江苏省环境监测中心.#5、6 炉电除尘器性能监测报告[R].2014.
- [3] 江苏镇江发电有限公司.(2×630MW 机组)电除尘改造可行性报告[Z].

作者简介:

吴瑞生(1970-),男 江苏镇江人,从事锅炉运行专业管理工作。