

旋转电极技术在 300MW 燃煤机组电除尘器改造中的应用

庄 敏, 耿万雷

(中国大唐集团公司江苏分公司, 江苏 南京 210008; 江苏徐塘发电有限责任公司, 江苏 邳州 221300)

摘 要: 本文介绍了江苏徐塘发电有限公司两台 300MW 燃煤机组电除尘器提效改造工程和实施改造后效果, 为同类型机组电除尘提效改造提供参考。

关键词: 旋转电极; 电除尘器 ; 技术改造

0 引言

随着环保标准的提高, 在煤种多变, 比集尘面积偏小的情况下, 现有 300MW 燃煤机组电除尘器大多难以满足 2014 年 7 月 1 日起实施的《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011) 烟尘排放浓度限值 30 mg/Nm^3 (重点区域 20 mg/Nm^3) 要求, 因此对现役电除尘器进行提效改造, 已迫在眉睫。

1 概况

江苏徐塘发电有限公司 4、5 号机组 ($2 \times 300\text{MW}$) 于 2002 年投运, 原配套电除尘器由兰州电力修造厂生产, 配套两台双室三电场电除尘器, 型号为 KWD/KFH-260 \times 2-3 \times 4.5-2; 设计工况处理烟气流速 $1819188 \text{ m}^3/\text{h}$; 电除尘器在结构上为喇叭进出气型式, 当进气烟温为 $140 \sim 156^\circ\text{C}$, 电除尘器入口含尘浓度为 25.88 g/m^3 , 有效截面积 $2 \times 260 \text{ m}^2$; 电除尘器保证效率 $\geq 99.35\%$, 本体阻力 $\leq 245 \text{ Pa}$, 本体漏风率 $\leq 3\%$; 电除尘器同极距为 I、II、III 电场 400mm, 集尘极采用大 C 型 480 极板, 极板高度 13m, I、II、III 电场采用 Rs 线; 单电场长度为 4.0m, 所有阳极采用单侧部振打形式; 阴极采用顶部机械传动侧部振打形式。

两台电除尘器投运时间已超过 10 年, 电除尘器各电场的极板积灰较严重, 部分极板锈蚀变形, 极线磨损, 放电效果差, 阴极小框架也发生变形, 阴极线有松弛现象, 振打时产生晃动, 电除尘器运行效果不佳, 除尘效率低于设计值, 同时还严重影响了脱硫系统安全稳定运行, 造成脱硫系统阻力增加、脱硫塔内除雾器积灰、脱硫反应速度和脱硫效率降

低、石膏品质变差、脱硫系统转动机械磨损加剧、维修费用增大等问题。

2 方案选择

2.1 基本参数确定

烟气流速确定: 根据锅炉原始设计煤质, 按照氧量 6.0% 计算, 设计烟气流速为 $156 \text{ m}^3/\text{h}$, 依据近三年煤质平均值和近三年测试数值, 在煤质较差, 烟气漏风较大 (7%-8%) 的情况下, 烟气流速达到 $211 \text{ m}^3/\text{h}$ 。按照稍差煤质, 按氧量 6% 计算, 烟气流速为 $181 \text{ m}^3/\text{h}$, 按照 10% 富余量考虑, 确定烟气流速按照 $200 \text{ m}^3/\text{h}$ 进行设计。

入口浓度确定: 根据煤质稍差年份 2010、2011 年煤质统计, 烟气含尘浓度平均为 27.8 g/Nm^3 , 最大月平均浓度为 33 g/Nm^3 , 除 0.5% 时间段的特殊情况外, 其余 99.5% 时间段, 烟气含尘浓度均小于 40 mg/Nm^3 , 考虑煤质一直向好的方向发展, 最终确定除尘器烟尘进口浓度按照 40 g/Nm^3 进行设计。

出口浓度确定: 根据 2014 年 7 月 1 日起实施的《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011) 烟尘排放浓度限值 30 mg/Nm^3 要求, 在烟囱前有湿法脱硫系统, 按照常规湿法脱硫除尘效率至少 50% 考虑, 除尘器出口浓度满足小于 60 mg/Nm^3 , 就可以满足标准排放要求。为了确保达标排放, 进一步提高余量, 除尘器出口排放浓度设计值为 40 mg/Nm^3 。

烟气成分特性确定: 根据改造前权威部门对灰分检验试验和运行数据统计, 灰分成分为: $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = (1.3-1.5)\%$, $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 = (81-83)\%$, $\text{SO}_3 = (0.2-0.35)\%$, 烟气中 SO_2 浓度 $1600 \sim 3500 \text{ mg/Nm}^3$ 。

烟气飞灰比电阻为：

100℃：(1.35-1.92) *10¹² (Ω·cm)

120℃：(1.95-2.8) *10¹² (Ω·cm)

150℃：(4.2-6.4) *10¹¹ (Ω·cm)

电除尘器设计：按照原有除尘器面积、流速、粉尘浓度、除尘效率等进行反算飞灰各项特性，根据飞灰特性进行计算，若使电除尘器达到效率99.9%，入口浓度 40g/Nm³，出口浓度达到 40mg/Nm³，则比集尘面积需要达到 105 m²/m³/s。

2.2 工艺路线的确定

根据《火电厂除尘工程技术规范》烟气除尘方式的选择，若采用电除尘器能够经济有效地实现达标排放，宜优先选择电除尘器，当除尘器出口烟尘浓度为 50mg/m³ 以下时，煤中硫份含量大于等于 Y(Y=-3.2*Na₂O+1.6)，宜选用电除尘器。计算 Y=-3.2*Na₂O+1.6=-3.2*1.3+1.6=-2.56

Y 值远小于燃煤含硫量 1%，宜采用电除尘方式。

在电除尘可以实现的条件下不考虑电袋和布袋改造方案，确定工程采用电除尘改造工艺路线。

2.3 改造方案的选择

2.3.1 方案一

原电除尘器整体加高并增加一个电场，四电场采用移动极板电除尘器（3 固+1 移）。具体参数见表 1。涉及改造范围：

- 1) 新建第四电场除尘器钢支架基础；
- 2) 拆除原有烟道，烟道支架等设备；
- 3) 电场有效高度由 13m 增加至 16.66m，以增大除尘器截面积及有效收尘面积，同时降低风速，延长粉尘在电场内的停留时间；
- 4) 所有电场电源改为高频电源供电技术，进一步提高电场的总体工作效率；
- 5) 新增部分楼梯平台（包括卸灰平台）；
- 6) 新增一个移动极板电场；
- 7) 进气烟道的气流导向板改制；
- 8) 新增顶部壳体部分的保温系统；
- 9) 顶部起吊利旧改造；
- 10) 原有电场低压控制柜、电缆及其他电气是否更换待定；
- 11) 采用高频电源高压控制柜及电源；
- 12) 新增电场的电缆；
- 13) 新增部分电缆桥架；

14) 增加一套输灰系统；

15) 输灰系统系统上微机改造或换新。

表 1 四电场移动极板电除尘器技术参数表

项目	单位	原除尘器 技术参数	改造后除尘器 技术参数
烟气量：	m ³ /h	1819188	2000000
入口含尘浓度	g/Nm ³	25.88	40
出口含尘浓度	mg/Nm ³	≤260	≤40
设计效率：	%	/	≥ 99.92%
保证效率：	%	≥ 99.0%	≥ 99.90%
本体阻力	Pa	<245	< 245
本体漏风率	%	≤ 3	≤ 2.5
有效断面积	m ²	2×260	2×333.2
电场有效高度	m	13	16.66
电场有效长度	m	13.5	18
电场风速	m/s	0.9	0.834
室数/电场数		2/3	2/4
阳极板型式及 材质		C480 型/SPCC	C480 型/SPCC
阳极振打方式		单侧底部振打	双侧底部振打
阴极振打方式	/	双侧振打形式，	双侧振打形式
同极距	mm	400	I、II、III 电场： 400,IV 电场：460
比集尘面积	m ² /m ³ /s	73.04	I、II、III 电场： 80.97； IV 电场：22.67
设备改造费用	万元		2340

2.3.2 方案二

原电除尘器整体加高并新增两电场，五电场除尘器(参数见表 5)方案涉及改造范围：

- 1) 新建第四、五电场电除尘器钢支架基础；
- 2) 拆除原有烟道，烟道支架等设备；
- 3) 电场有效高度由 13m 增加至 16.66m，以增大除尘器截面积及有效收尘面积，同时降低风速，延长粉尘在电场内的停留时间；
- 4) 对原有输灰系统进行检修；
- 5) 对原电除尘器阳极系统、阴极系统全部换新；
- 6) 原电除尘器的工频电源电源更换为高频，进一步提高前电场的总体工作效率；
- 7) 新建全新四、五电场除尘器；
- 8) 安装新电除尘器的电控设备；
- 9) 安装除尘器烟道及支架；
- 10) 安装新增电场的输灰系统；
- 11) 输灰系统上微机改造或换新。

表 2 五电场除尘器技术参数表

项 目	单位	原除尘器 技术参数	改造后除尘器 技术参数
烟气量:	m ³ /h	1819188	2000000
入口含尘浓度	g/Nm ³	25.88	25.88
出口含尘浓度	mg/Nm ³	≤260	≤40
设计效率:	%	/	≥ 99.9
保证效率:	%	≥ 99.0	≥ 99.9
本体阻力	Pa	< 245	< 245
本体漏风率	%	≤ 3	≤ 2.5
有效断面积	m ²	2×260	2×320
电场有效高度	m	14	16
电场有效长度	m	13.5	18
室数/电场数		2/3	2/5
阳极板型式及材 质		C480 型/SPCC	C480 型/SPCC
阳极振打方式		单侧底部振打	双侧底部振打
阴极振打方式	/	双侧振打形式,	顶部电磁振打
阴极振打装置的 数量	套	6	200
同极距	mm	400	I、II、III 电场: 400; IV 电场: 450
比集尘面积	m ² /m ³ /s	57.1	120.55
设备改造费用	万元		2810

在原有三个电场情况下, 增加两个电场, 除尘器进口场地紧张, 除尘器出口仅有增加一个电场的场地, 所以此方案实施难度较大。

2.4 方案确定

综合技术经济等因素, 最终确定选用旋转电极电除尘改造技术, 实施方案是: 原除尘器 3 个电场总有效长度 13.2m, 在原电场后部再增加一个四电场, 长度 4.6m, 电场总长度为 18.1m; 电场宽度不变; 电场加高, 高度由 13.2m 改造为 15.98m, 将现有电除尘器截面 260m² 扩容为 320m², 末电场改为转动极板电除尘器, 配套增加除灰设施, 四个电场所有电源均改为新型高频电源。

3 工程建设

3.1 设计特点

改造工程由杭州天明环保公司承担设计及建设施工, 利用引进的阿尔斯通电除尘器选型程序进行选型计算, 结合原设备的原始结构, 进行合理调整, 尽可能的利用原设备的本体结构, 利用加高加大进行扩容, 获得电除尘器合理的流速, 气流分布, 收尘面积和比集尘面积等重要参数。设计结构上流通面积增加 23%, 电场从 3 级电场改为 4 级电场, 比集尘面积比原来增加了 53%, 第四电场应用了转

动极板收尘极电除尘器技术, 将工频电源全部改为高频电源。

3.2 设备安装

工程建设工期 50 天, 按初步设计和图纸要求完成施工安装, 前一二三电场加高至 16m, 除尘器流通断面积达到 320 m², 1~3 电场物理面积达到 43200 m², 4 电场转动电场物理面积达到 13003 m²。

3.3 调试运行

调试阶段, 各高压电场上电正常, 一次上电成功, 各电场均能够将电压升至 60kV 以上; 一、二、三电场振打系统经过 48 h 不间断振打, 运行正常; 四电场阳极板经过 48 h 不间断运行, 运行正常。

投入运行后各加热器部分温度测点故障, 部分加热器不能投入, 运行 1 个月时间后仍有部分测点不准, 同时转动极板机构有卡涩现象, 转动极板电机运行不正常, 利用机组调停机会, 对电除尘转动极板机构进行检修后恢复正常。

3.4 改造需要注意的问题

1) 阴极框架的刚性问题: 由于阴极框架部分在阳极机构的内部, 无法顶部悬吊, 只能两侧悬吊, 阴极框架的刚性强度容易不足, 运行中受烟气流动、温度、膨胀等作用, 产生变形、造成短路、电压升不到额定数值等问题。所以, 一定要在设计阶段对阴极框架的刚性强度引起足够的重视。

2) 安装尺寸的控制: 对于上下大梁的水平、垂直尺寸要进行精确控制, 保证安装尺寸控制在合格范围内, 否则容易造成运行阻力增大, 链条磨损、跑偏、阻滞、电机故障等问题更加容易出现。

3) 运行灰斗料位的控制: 运行中, 一定要控制灰位不能达到阳极板位置, 造成阳极板卡涩。除常规的料位检测外, 设置机械高位溢流检查管, 定期进行检查。杜绝高料位故障。

4) 适当提高旋转极板电压: 在 1、2、3 电场同极距基本为 400mm, 旋转极板同极距 460mm, 这就为提高电压等级提供了条件, 提高电压等级, 对于难于收尘的细微颗粒有着更加显著的收尘效果。

5) 作为提效改造项目, 受客观因素限制, 在系统设计布置上有许多需优化之处: 如阴阳极振打电机型号与尺寸有较大改变, 设计图上未能体现, 现场设备布置拥挤, 不利于巡检及检修, 由于第一台机组改造工程后期才暴露该问题, 受工期因素影响未优化设计, 在第二台电除尘改造上采取优化措施;

电除尘第四电场除灰管道未设置膨胀节,设备运行存在重大安全隐患,根据管系布置,优化新增膨胀节 8 个;电除尘第四电场除灰装置设计布置不合理,优化设计增设操作平台,管道阀门移位布置。

4 改造后效果

电除尘器投运 3 个月后,南京电力设备质量性能检验中心对电除尘器进行了热态性能试验,在机组 100%锅炉额定负荷(锅炉 947t/h~967t/h、平均 957t/h,机组 302MW~311MW、平均 306MW)工况条件下对电除尘器进行性能测试,电除尘各电场运行正常,除尘效率和排放浓度均达到设计要求。电除尘器性能试验结果见表 3。

表 3 除尘器性能试验汇总表

序号	项目	单位	设计值	检测值	试验结论
1	进口烟气温度	℃	139	127	符合
2	进口烟气流量	m ³ /h	2000000	1707116	符合
3	进口烟尘浓度	g/m ³ (标·干)	40	30.734	符合
4	除尘效率	%	≥99.9	99.9	达到
5	系统压力降	Pa	≤245*	835	—
6	设备漏风率	%	≤3**	2.96	达到
7	出口烟尘浓度	mg/m ³ (标·干)	≤40	29.8	达到

*设计值为本体阻力; **设计值为本体漏风率。

5 结论

在场地紧张条件下,老机组进行电除尘器提效改造,采用旋转极板技术是可以满足环保达标排放要求的,但从测试结果看,设备本体阻力超出设计值,经分析,可能为测点选取不合适导致,具体原因有待于在该厂第二台机组电除尘改造性能测试中进行比对和分析。

参考文献:

- [1] GB13223-2011, 火电厂大气污染物排放标准[S].
- [2] 孔春林,张德轩,张国文.转动电极式电除尘技术简介及其可靠性试验研究[J].除尘气体净化.2009(1):40-43.

作者简介:

庄 敏(1973-),女,江苏邳州人,工程师,主要从事火电厂环保技术管理工作, E-mail: zm1105@163.com。