

凤台电厂双 V 型均流收尘电除尘技术提效改造试验

赵海宝^{2,3}, 侯正炜¹, 钱水军², 任池银¹, 方雁惠², 刘永华¹, 梁东方¹, 魏星华¹

(1. 淮浙电力有限责任公司凤台发电分公司, 安徽 淮南 232131; 2. 浙江菲达环保科技股份有限公司, 浙江 诸暨 311800;
3. 浙江省燃煤烟气净化装备研究重点实验室, 浙江 诸暨 311800)

摘要: 清洁高效先进节能的煤电是新能源体系的重要支撑, 节能减排是火电厂今后的重点工作。对凤台电厂某 660 MW 机组电除尘器进行了性能测试分析, 发现电除尘器出口 A 通道、B 通道烟尘浓度偏高导致整体烟尘浓度偏高, 电除尘器进口 A 通道、D 通道流场不均匀, 部分供电分区已退出工作, 电除尘器出口烟尘平均质量浓度为 81 mg/m³ 超过了设计要求。在此背景下, 开发了双 V 型均流收尘电除尘技术并进行了改造, 对高压电源和烟道导流板进行了恢复性检修, 改造后电除尘器出口粉尘浓度降至 20 mg/m³ 以下。对比试验得出: 均流收尘电除尘技术具有显著的均流和收尘提效作用, 可作为燃煤电厂老机组和非电领域电除尘器改造的选择方案。

关键词: 电除尘改造; 双 V 型均流收尘电除尘; 节能减排; 烟尘浓度

中图分类号: TM621.7+3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-6772(2024)S1-0356-09

Experimental study on efficiency improvement of double V-shaped uniform gas current electrostatic precipitator technology in fengtai power plant

ZHAO Haibao^{2,3}, HOU Zhengwei¹, QIAN Shuijun², REN Chiyin¹, FANG Yanhui², LIU Yonghua¹,
LIANG Dongfang¹, WEI Xinghua¹

(1. Huazhe Coal & Electricity Fengtai Power Co., Ltd. Anhui 232131, China; 2. Zhejiang Feida environmental science & technology CO., Ltd. Zhuji 311800, China; 3. Key Laboratory of Coal-fired flue gas purification equipment research of Zhejiang Province, Zhuji 311800, China)

Abstract: Clean, efficient, advanced and energy-saving coal-fired power is an important support for the new energy system in China, and energy conservation and emission reduction are the key tasks for thermal power plants in the future. Performance testing and analysis were conducted on the electrostatic precipitator (ESP) of a 660MW unit in Fengtai Power Plant. It was found that the high concentration of smoke and dust in channel A and channel B at the outlet of the ESP resulted in an overall high concentration of smoke and dust. The flow field in channel A and channel D at the inlet of the ESP was uneven, and some power supply zones have been decommissioned. The average concentration of smoke and dust at the outlet of the ESP exceeded the design requirements at 81 mg/m³. In this context, the double V-shaped uniform gas current ESP technology has been developed and modified, and the high-voltage power supply and flue guide plate have been restored for maintenance. After the modification, the dust concentration at the outlet of the ESP has been reduced to below 10 mg/m³. Comparative experiments have shown that the double V-shaped uniform gas current ESP technology has significant effects on improving the efficiency of uniform flow and dust collection, and can be used as a choice for the renovation of ESP in old coal-fired power plants and other fields.

Key words: electrostatic precipitator renovation; double V-shaped uniform gas current electrostatic precipitator; energy conservation and emission reduction; dust concentration

0 引言

在全球能源结构转型和燃煤发电仍是我国最主

要发电方式的背景下, 国家能源局发布《关于开展全国煤电机组改造升级的通知》规定 2025 年全国火电平均供电标准煤耗必须降至 300 g/(kW · h) 以

收稿日期: 2024-3-29; 责任编辑: 常明然 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.24032903

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2022YFC3701501)

作者简介: 赵海宝(1987—), 男, 浙江诸暨人, 高级工程师。E-mail: zhaohaibaozj@163.com

引用格式: 赵海宝, 侯正炜, 钱水军, 等. 凤台电厂双 V 型均流收尘电除尘技术提效改造试验[J]. 洁净煤技术, 2024, 30(S1): 356-359.

ZHAO Haibao, HOU Zhengwei, QIAN Shuijun, et al. Experimental study on efficiency improvement of double V-shaped uniform gas current electrostatic precipitator technology in fengtai power plant[J]. Clean Coal Technology, 2024, 30(S1): 356-359.

下。国家发改委和国家能源局印发《“十四五”现代能源体系规划》表明清洁高效先进节能的煤电是新能源体系的重要支撑,清洁高效先进节能的煤电为支撑的新能源供给消纳体系^[1],因此,节能减排是火电厂今后的重点工作。

2013 年左右的燃煤烟气超低排放改造之后,较多现存燃煤机组电除尘器出口粉尘浓度从设计的 20 mg/m³左右随着设备运行时间的增长逐渐降低到了 30 mg/m³以上^[2-3],高压电源、极线、振打装置等电除尘器易损件部分失效,需要进行恢复性大修。但随着环保要求的提高,电除尘器恢复性检修后的电除尘器出口粉尘浓度 20 mg/m³左右已无法满足现有环保要求,亟需在恢复性检修的同时进行电除尘器新技术提效改造,达到电除尘器出口粉尘浓度低于 15 mg/m³左右甚至低于 10 mg/m³的要求。

1 机组概况

淮浙煤电(电力)有限责任公司凤台发电分公司某机组为 660 MW 超超临界参数燃煤汽轮发电机组,每台机组同步配套脱硝装置、干式静电除尘器和烟气脱硫装置。锅炉为上海锅炉厂有限公司设计制造的超超临界螺旋管圈直流炉、四角切圆燃烧方式、Π 型燃煤锅炉^[4]。

该机组于 2015 年 12 月完成超低排放改造并投入运行,在空气预热器上游安装选择性催化还原法脱硝装置,下游安装浙江菲达环保科技股份有限公司生产的静电除尘器。电除尘器结构为双室四通道五电场。煤质设计值见表 1,电除尘器入口烟气参数见表 2。

表 1 煤质设计值

项目	符号	单位	设计煤种	校核煤种 1	校核煤种 2
收到基低位发热量	LHV	kJ/kg	21 300	20 000	19 490
干燥无灰基挥发份	V _{daf}	%	39	36	41.91
全水分	M _t	%	7	9	6.5
空气干燥基水分	M _{ad}	%	2	2.5	1.68
收到基灰份	A _{ar}	%	26	29	32.01
碳	Car	%	56.37	52.1	50.08
氢	Har	%	3.72	3.4	3.54
氮	Nar	%	1	0.9	0.9
氧	Oar	%	5.54	5.05	6.55
硫	Sar	%	0.37	0.55	0.42
可磨性系数	HGI	/	55	50	51
灰变形温度	DT	℃	>1 450.0	>1 450.0	>1 450.0
灰软化温度	ST	℃	>1 500.0	>1 500.0	>1 500.0
灰流动温度	FT	℃	>1 500.0	>1 500.0	>1 500.0

表 2 电除尘器入口烟气参数

项目	单位	设计煤种	校核煤种 1	校核煤种 2
入口烟气流	m ³ /s	446.01	438.40	427.36
入口烟气温度	℃	133	131	131
入口含尘浓度	g/m ³	29.40	35.31	41.46

2 电除尘性能测试及问题分析

2.1 测试依据及内容

测试方法根据国家标准《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》(GB/T16157)、《电除尘器性能测试方法》(GB/T13931)、《湿度测量方法》(GB/T11605)、《固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定重量法》(HJ836)和《火电厂环境监测技术规范》(DL/T414)进行^[5-9]。烟气污染物浓度及烟气参数的测量分析方法见表 3。

表 3 主要测试项目使用的采样分析方法

测试对象	测量分析方法	方法来源
颗粒物	重量法	
烟气流速及压力	皮托管法	GB/T 16157
烟气温度	热电偶温度计	HJ 836
湿度	阻容法	GB/T 11605
氧气	电化学法	

在负荷稳定、电除尘器正常稳定运行条件下,燃用煤种不变,对机组电除尘器进、出口的压力、烟尘浓度及含氧量等进行测试,计算了电除尘效率、设备漏风率、电除尘器阻力等技术指标。试验期间,每隔 1 min 记录 1 次锅炉相关热力参数、电除尘器主要运行参数^[10-11]。

2.2 测试结果及分析

试验期间机组运行稳定,机组负荷为 593 MW,试验煤种化验结果见表 4。

表 4 试验期间入炉煤分析数据

全水分	空干水分	灰分 A _{ar} /	挥发分	S _{t,ar} /	低位发热值
M _t /	M _{ad} /		V _{daf} /		Q _{net,ar} /
%	%	%	%	%	(MJ·kg ⁻¹)
5.8	1.92	31.2	42.0	0.33	19.66

根据电除尘器烟尘浓度等试验数据,计算得出电除尘器除尘效率和压力降结果(表 5)。

测试结果显示:电除尘器出口烟尘平均浓度 81 mg/m³,除尘效率为 99.42%,漏风率为 0.87%,压力降为 92.1 Pa。

表 5 电除尘器除尘效率和压力降

项目	通道	A	B	C	D	平均
烟尘浓度/ ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	进口	12 042	16 927	16 079	10 763	13 953
	出口	130.7	130.7	50.2	13.5	81
除尘效率/%		98.91	99.22	99.69	99.87	99.42
动压/Pa	进口	81	95	120	73	87
	出口	109	118	138	125	123
静压/kPa	进口	-2.637	-2.607	-2.627	-2.650	-2.630
	出口	-2.715	-2.765	-2.780	-2.770	-2.758
压力降/Pa		50.2	135.9	135.2	47.2	92.1

凤台电厂某机组在试验期间,机组运行稳定,平均负荷 593 MW。电除尘器出口烟尘浓度偏高,为 81 mg/m^3 ;漏风率及压力降数据正常。测试发现,电除尘器出口 A 通道、B 通道烟尘浓度偏高,导致整体烟尘浓度偏高。电除尘器进口 A 通道、D 通道流场较不均匀,建议结合改造项目,对相应通道的流场进行优化,对烟尘浓度偏高的通道适当提高运行参数。

3 均流收尘装置设计及改造实施

3.1 均流收尘装置设计

随着燃煤烟气超低排放从 2013 年开始到目前基本改造完成,低低温电除尘器出口粉尘浓度普遍到达了 20 mg/m^3 以下,并成为燃煤烟气粉尘治理的主流技术。随着电除尘器易损件使用寿命的临近,电除尘的超低排放改造市场潜力巨大,但目前常规电除尘器改造方案缺乏。虽然电除尘器进一步提升空间潜力大,但缺少改造技术方案适应不同电厂的多种需求。

在电除尘器第一电场设置沉降室内,可对烟气中的大颗粒进行脱除,沉降室对粉尘的除尘效率可达 30% 以上,但存在用钢量大导致设备成本高,占地面积大等缺点。为解决以上问题,设计了采用双 V 型多孔板的均流收尘装置,如图 1 所示,包括 V 型均流收尘板、悬挂装置,振打清灰装置,导流叶片。

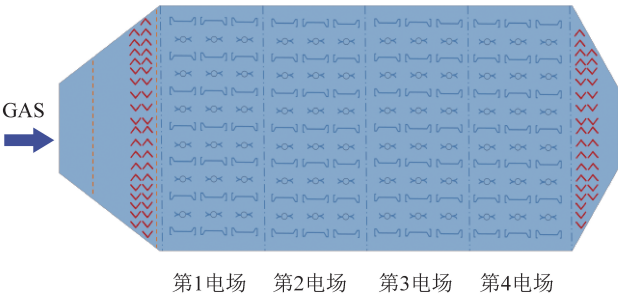


图 1 双 V 型多孔板的均流收尘装置

双 V 型多孔板的均流收尘装置主要特征:

1) 均流收尘板的结构为 V 型或双 V 型,为多孔钢板。V 型板只需要进行 1 道折弯,加工布置少,可提高产品的平面度和垂直度,产品质量好,加工难度低,加工成本低。双 V 型的两个 V 型相互之间不干涉,在电除尘器运行时 $160 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右的温差下热变形小。

2) 双 V 型均流收尘板布置在电除尘器进口封头原第 2 道分布板位置,拆除或取消第 2 层分布板。

3) 振打清灰装置的振打锤的振打清灰方向沿着下部固定轴,V 型多孔板均流收尘板垂直串联并固定在下部轴上。

4) 双 V 型均流收尘板根据气流数值模拟实验进行分布,烟气在中心线聚集,气流分布很差。因此,在封头中心线位置的双 V 型均流收尘板布置为烟气出口方向为超两侧,两侧的双 V 型均流收尘板布置为开口向内侧,达到中级的气流向两边扩散,两侧的气流向中间回笼,达到气流均匀性分布系数低于 0.12,进入电除尘器的流场均匀性最佳。

3.2 均流收尘装置改造实施

含尘烟气进入电除尘器进口封头,原第 1 层导流板对气流进行初步导流,双 V 型进口均流收尘板对烟气粉尘进行水平方向导流,在离心力、范德华力等作用下, $5 \text{ }\mu\text{m}$ 以上的粒子被黏附在双 V 型进口均流收尘板上,由于双 V 型进口均流收尘板为多孔板,气流被阻挡的力很小,粉尘颗粒在气流作用下碰撞到双 V 型进口均流收尘板的效果极好。双 V 型进口均流收尘板通过微通道改变气流流向,增加了气流中小颗粒和大颗粒的碰撞,从而将小颗粒黏附在大颗粒上,对小颗粒的碰撞凝并,提高电除尘器的除尘效率。

烟气粉尘黏附到双 V 型进口均流收尘板上后,当到底一定时间后双 V 型进口均流收尘板上的粉尘厚度达到一定厚度值时,启动振打清灰装置,在振打力的作用下,设定厚度的粉尘层被剥离下来,并成块掉落到进口封头的下封板上,由于进口封头的下封板设置了足够的倾斜角度,粉尘层滑落到第一电场的灰斗,并被输灰系统带走,从而完成一个循环的除尘。

烟气通过电除尘器进口封头的双 V 型进口均流收尘装置后,进入电场进行除尘,然后进入电除尘器出口封头的双 V 型进口均流收尘装置,再次对电除尘器未脱除的粉尘以及振打 2 次扬尘进行脱除,达到高效除尘的效果。

3.3 均流收尘装置改造效果

2023 年 11 月,机组负荷为 660 MW,燃用改造前相同煤种,经双 V 型进口均流收尘装置改造和电场恢复性检修后,电除尘器出口烟尘平均浓度从改造前的 81 mg/m³降低到改造后电除尘器出口粉尘浓度降至 20 mg/m³以下。双 V 型多孔板现场照片如图 2 所示。

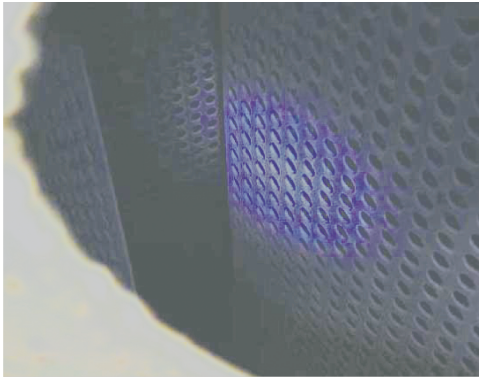


图 2 双 V 型多孔板现场照片

4 结 论

双 V 型多孔板的均流收尘装置具有均流效果好、除尘效率高及改造适应性好等优点,增加了收尘表面积达到 2 个电场左右,充分利用了进口封头和出口封头内的空间,在进口封头内提高对粉尘的预收尘,在出口封头内增加了对逃逸粉尘的再次捕集,适合应用于老机组电除尘器体系改造,尤其是气流均布较差的电除尘器。

参考文献:

[1] ZHAO Haibao, YANG Gang, SHEN Jiadong, et al. Research on the shielding effect of the electrode frames in the electrostatic precipitator.[J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2023, 73(6): 1-10.

[2] 环境保护部,国家质量监督检验检疫总局. 火电厂大气污染物排放标准; GB 13223—2011[S]. 北京:中国环境科学出版社.

[3] LIU Hanxiao, LUO Shuiyuan, YU Liyuan, et al. Study on multi-pollutant test and performance index determination of wet electrostatic precipitator[J]. Separations, 2023, 10(536): 1-17.

[4] 浙江浙能技术研究院有限公司. 淮浙煤电(电力) 有限责任公司风台发电分公司 2023 年 4 号机组电除尘器提效改造前性能试验报告[R]. 2023.

[5] 中华人民共和国工业和信息化部. 低低温电除尘器; JB/T 12591—2016 [S]. 北京:机械工业出版社, 2016.

[6] 全国环保产业标准化技术委员会. GB/T 13931—2017 电除尘器性能测试方法[S].北京:中国标准出版社.2017.

[7] 机械工业环境保护机械标委会 JB/T 5910—2013 电除尘器性能[S].北京:机械工业出版社.2014.

[8] 机械工业环境保护机械标委会. JJB/T 10921-2008 燃煤锅炉烟气袋式除尘器[S].北京:机械工业出版社.2014.

[9] 国家环境保护总局. GB/T 16157—1996 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法[S].北京:中国标准出版社.1996.

[10] 国家环境保护总局科技标准司.HJ /T 397—2007 固定源废气检测技术规范[S].北京:中国环境科学出版社,2007.

[11] IX-ISO. Stationarysource emissions-determination of mass concentration of particulate matter (Dust) at low concentrations - manual gravimetric method; ISO 12141—2002 [S]. 2002.