

问题探讨

WESP 安装关键质量控制点控制措施探讨

郭永雄,张桂平,王东亚

(广东珠海金湾发电有限公司,广东 珠海 519050)

摘要:简要介绍了 WESP 的本体结构特点,详细描述 WESP 壳体、绝缘子室、阳极系统、阴极系统和喷淋系统等设备的安装工艺,指出本体结构设计中存在的不足,并对阳极板吊装、阴极小框架拼装等安装过程中容易出现的质量问题提出了相应的控制措施,可供 WESP 安装单位借鉴参考。

关键词:WESP;安装;质量控制

中图分类号:X701

文献标识码:B

文章编号:1006-8759(2017)02-0045-04

近年来国家对燃煤电厂烟气排放要求日趋严格,尤其是 2011 年实施的《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)^[1],要求 NO_x、SO₂ 及粉尘的排放浓度阈值分别为 50 mg/m³、35 mg/m³、10 mg/m³,重点区域达到 50 mg/m³、35 mg/m³、10 mg/m³ 的排放阈值,堪称“史上最严”标准。同时环发[2015]164 号也要求东部、中部和西部地区燃煤机组分别在 2017 年、2018 年和 2020 年前完成超低排放改造,这一政策给现役煤电机组带来了极大的生存考验,为响应国家环保政策,各燃煤电厂纷纷对炉后环保系统设备进行升级改造,其中,在脱硫系统后面增加湿式电除尘器(Wet Electrostatic Precipitator,简称 WESP)是目前超低排放改造的主要技术方案之一^[2-5]。本文主要讨论 WESP 本体部分安装工艺和质量控制措施,提高设备的安装质量,保证 WESP 的运行效果。

1 WESP 本体结构

本文讨论的是某型号双室一电场板式 WESP。WESP 本体结构由壳体和内部件两部分组成,壳体部分包括进出口喇叭口、灰斗、侧板、绝缘子室和内外顶盖;内部件部分包括阴极系统、阳极系统、冲洗水系统、气流均布板和挡板。阴极系统主要由绝缘子、吊杆、阴极大框架和阴极小框架

组成;阳极系统由阳极板、防震梁、定位板和接地装置组成;冲洗水系统包括内部配管和喷嘴,分 A、B、C 三类,A 类喷嘴为锥形雾化喷嘴,口径约 7 mm,用于冲洗入口气流均布板,B 类喷嘴 90°锥形雾化喷嘴,口径约 14 mm,用于整体冲洗阴极线和阳极板,冲洗时需要停止变压器的运行,C 类喷嘴为双向扇形喷嘴,口径约 2.3 mm,用于冲洗阳极板,在极板表面形成水膜;防漏风板即阳极板与壳体之间的挡风板,防止烟气泄漏。WESP 本体结构如图 1 所示。

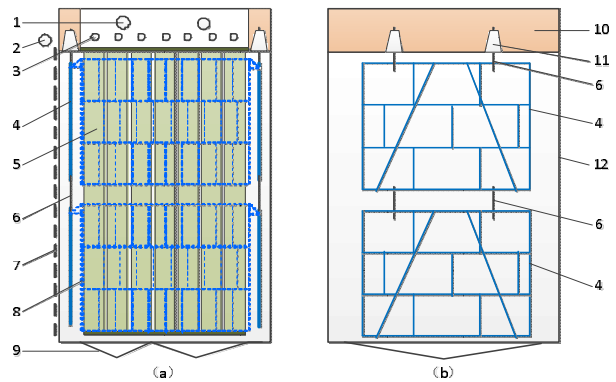


图 1 WESP 本体结构示意图

(a)WESP 侧面示意;(b)WESP 正面示意

1-A 类配管;2-B 类配管;3-C 类配管;4-阴极大框架;

5-阳极板;6-阴极大框架吊杆;

7-入口气流均布板;8-阴极小框架;9-灰斗;10-绝缘子室;

11-绝缘子;12-侧板

收稿日期:2016-09-08

第一作者简介:郭永雄(1976~),男,高级工程师,从事电力生产管理与技术研究工作。

WESP 安装工艺分别是灰斗、侧板及内部支撑、绝缘子室、喇叭口、绝缘子及吊杆、阴极大框架、阳极板和阴极小框架、内部配管及喷嘴、内顶盖和外顶盖, 阳极板和阴极小框架是从电除尘顶部成组吊装。

本设计中与低温湿烟气接触的壳体和支撑件采取玻璃鳞片防腐的方式, 阴阳极系统和挡风板材质为 316 L。

2 WESP 各部件安装

WESP 各部件的安装或多或少都会影响到系统设备的整体运行效果, 其关键质量控制点包括以下几个方面: 阳极板拼装、阴极小框架拼装、绝缘子室及绝缘子安装、阴阳极吊装以及极间距的调整、喷淋系统安装和内顶盖的防腐。

2.1 阳极板拼装

每块阳极板由 7 块面板、2 片顶梁、14 块引流板和 2 片底梁拼装而成, 阳极板面板 $10\ 000\ \text{mm} \times 590\ \text{mm}$, 厚度 $0.7\ \text{mm}$, 折边宽度 $50\ \text{mm}$, 拼装后阳极板尺寸 $10\ 060\ \text{mm} \times 4190\ \text{mm}$, 边长和对角线偏差 $\pm 3\ \text{mm}$ 。拼装过程中注意以下几点: (1) 工装平台必须保证在同一平面; (2) 紧固螺栓前需测量极板整体尺寸, 控制拼装偏差; (3) 两片顶梁与阳极板之间的衬垫不同, 一边是平面一边带有凹槽, 必须确保凹槽与面板凸起部分咬合; (4) 两片底梁正反面都可以安装, 但装反了会使阳极板高度增加 $10\ \text{mm}$, 吊装后会影响到灰斗挡风板的安装, 或者增大烟气漏风量; (5) 阳极板中间的 6 块间隔板长宽分别为 $60\ \text{mm}$ 和 $50\ \text{mm}$, 厚度 $10\ \text{mm}$, 宽度刚好和面板折边宽度相同, 拼装时切勿将间隔板和面板齐宽焊接, 会增大面板的焊接变形, 且焊接强度较差。

2.2 阴极小框架拼装

阴极小框架到货形式是半框架, 尺寸 $4\ 650\ \text{mm} \times 2\ 000\ \text{mm}$, 每两个半框架拼装成一个小框架, 每个小框架有 4 个连接点(如图 2 所示), 拼装后尺寸 $4\ 650\ \text{mm} \times 4\ 000\ \text{mm}$, 边长和对角线偏差 $\pm 3\ \text{mm}$ 。拼装过程中注意以下几点: (1) 阴极半框架内已预焊接圆钢, 圆钢中心与外管中心不一致, 两个半框架对接时不完全在同一平面上, 遇到这种情况需要对圆钢重新切割后焊接; (2) 两个半框架在水平的工装平台上组装, 在焊接热应力的作用下

非拼接的两侧会翘起来, 两个半框架会形成夹角呈“V”形, 自然冷却后, “V”的顶端较整个阴极小框架平面凸出 $24\sim 30\ \text{mm}$, 这个误差是在点焊后再满焊的工艺条件下形成的, 根据天气变化所产生的误差略有不同。(3) 根据以上误差, 可将工装平台调整为“^”形, 两侧低, 中间高出两侧 $25\ \text{mm}$ 左右基本可以消除拼装误差, 具体根据实际施工情况判断。(4) 拼装后的小框架吊车转运时采用 4 个吊点为宜, 注意各点受力平衡, 并且将小框架放在水平面上, 否则极易变形。

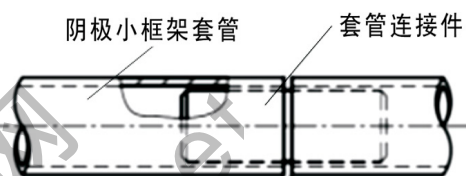


图2 阴极半框架拼接示意

2.3 绝缘子室及绝缘子安装

绝缘子室进出口侧各 4 个, 长度 $6\ 334\ \text{mm}$, 安装时控制进出口侧在同一标高, 且保证绝缘子室之间的距离和对角线在误差范围内, 避免阳极板安装变形。

绝缘子安装时注意以下几点: (1) 每个绝缘子顶盖安装必须保证吊杆居中, 顶盖上风量调整板必须控制好 8 个风孔的通流面积, 而且必须确保 16 个绝缘子顶盖上通风孔的通流面积一致, 避免密封风偏流; (2) 绝缘子底座定位后, 在确保底部阴极大框架就位并有拉杆自然垂钓满足要求的情况下才能将底座与绝缘子壳体焊接, 避免焊接后因吊杆位置固定而无法调节大框架的位置; (3) 绝缘子与底座之间的石棉垫片裁剪时内径大于或等于绝缘子内径, 避免阴极系统带电后引起短路; (4) 绝缘子吊杆和套筒之间的距离 $128\ \text{mm}$, 误差控制在 $\pm 5\ \text{mm}$, 如果偏差过大, 后续调整极间距便失去了意义。

2.4 阴阳极吊装

阴阳极的吊装包括阴极大框架和极板极线的吊装。阴极大框架吊装时立即调整好框架与绝缘子室底部、顶部大框架与底部大框架之间的距离, 后续调整难度较大。阳极板阴极线需成组与工装平台一起吊装, 吊装过程主要注意以下几点: (1)

阳极板面板 10 000 mm×590 mm, 面积较大而且较轻, 吊装前可将阳极板多点固定在吊装工件上, 避免工件倾斜时极板打折变形。(2)避免在风力较大(一般六级以下)的天气下吊装, 吊装时风大很容易将极板吹起并四处摇摆, 极板刚性较差很容易变形, 而且变形后无法校正, 一块阳极板的变形便会影响整个电场的升压。(3)极板在绝缘子室支撑台阶就位后, 调整好极板之间 300 mm 的距离, 方便后续阳极板和阴极线极间距的调整。

2.5 极间距调整

极间距的调整包括阳极板间距的调整及阳极板和阴极线极间距的调整。阳极板间距为 300 mm, 允许误差 ± 5 mm, 间距调整后把绝缘子支撑点、顶部定距板、防震梁和底部定距板焊接固定, 然后再进行阴阳极极间距的调整。

阴阳极极间距调整前可将阴极大框架在自然垂坠状态下将其焊接与壳体固定, 避免调整过程中不停地摆动, 然后逐个调节阴极小框架, 当极板与针刺间距在 115 ± 5 mm 时, 先焊接固定阴极小框架两侧三角支撑, 再拧紧夹板与阴极外框的固定螺栓, 最后再拧紧夹板与阴极大框架的调整螺栓, 每个小框架调整完毕后, 切除阴极大框架与壳体的固定装置, 重新核实极间距并进行微调, 最后将所有螺栓点焊固定, 若螺栓固定后仍然有部分间距不合格, 可通过外力调整夹板来进行调整。此外, 极板与针刺间 115 ± 5 mm 的距离是指面板与针刺之间, 每块阳极板由 7 块面板组成, 每块的边沿折角宽度都是 5 mm, 而阴极小框架之间有 19 根针刺线, 根据实际尺寸, 每块阳极板都会有面板折角与针刺线在同一纵向位置, 即极板与针刺的实际间距为 $(115-25)\pm 5$ mm, 因此调整误差需严格控制。再加上如果阴极小框架在拼装过程中有一定的幅度, 这对间距的调整更提出了严格的要求, 尽量保证阴极小框架处于两块极板的中间位置。

2.6 喷淋系统安装

喷淋系统的安装包括内部配管和喷嘴。WESP 的内部配管两端直接固定在壳体法兰上, 管道没有拉升余量, 垫片也不易安装, 接口处容易漏水, 安装时需将内部配管切断, 分别安装好两头法兰

的垫片螺栓后再将管道焊接起来, 避免泄漏。喷嘴的安装主要指 C 类喷嘴, 安装时确保管道内无毛刺和杂物, 喷嘴的位置相对在阳极板之间, 水膜的扇面角度可以通过调节扇形喷嘴来完成, 但应控制母管和接头方向位置, 避免大量调节扇形喷嘴。

2.7 玻璃鳞片防腐

WESP 玻璃鳞片防腐施工主要有四个关键控制点: 一是防腐无法提前施工, 受除尘器内部件影响, 施工空间受限, 施工质量较难控制; 二是壳体不锈钢生根件和碳钢连接部位容易被忽视, 防腐时应尽量将玻璃鳞片过渡到不锈钢上, 避免酸液渗入; 三是电除尘侧板与阳极板之间的距离不足 300 mm, 设备投运后该区域防腐因空间限制很难进行修补, 因此需要在施工阶段严格控制质量; 四是电除尘内顶盖防腐, 施工不当容易导致壳体腐蚀和极板极线短路。

内顶盖的防腐难点跟设备结构和施工工艺有关, 一是内顶盖底涂和第一道鳞片完成后要敷设一层碳纤维, 并用面涂粘贴在顶板上, 碳纤维导电且不易燃烧, 施工过程中边缘的丝线容易掉落并悬挂在阴极线针刺上, 针刺上挂有碳纤维时测量极板极线绝缘没有异常, 但极线通电后纤维会在电场力的作用下向阳极板偏移引起短路, 电场无法投运; 二是内顶盖和绝缘子室的连接部分是碳钢和不锈钢连接, 并且有 90° 的转角, 要确保玻璃防腐范围已完全过渡到不锈钢上, 碳纤维的边沿要完全贴合在内壁上, 防止缝隙腐蚀和纤维脱落。

3 系统设计优化建议

3.1 灰斗挡风板生根件

WESP 设计灰斗为碳钢, 挡风板生根件为 L 型不锈钢角钢, 每 2 个成组背靠焊接在灰斗钢板上, 间隙约 10 mm, 灰斗挡风板直接卡在每组生根件之间。该设计的主要问题是两块 L 型不锈钢之间缝隙过小, 不利于玻璃鳞片防腐。优化方案可考虑先在灰斗钢板上焊接不锈钢板, 再在不锈钢板上焊接生根件, 避免灰斗腐蚀穿孔。

3.2 喇叭口爬梯

原设计喇叭口爬梯是 $\varphi 20$ 的碳钢, 直接焊接在喇叭口壳体上, 圆钢本身及与壳体焊接的部分不利于防腐。优化方案可考虑将圆钢材质改为

316 L 不锈钢,并在圆钢两头焊接一块不锈钢板,再将钢板焊接在喇叭口壳体上,利于壳体与不锈钢之间防腐的过渡。

3.3 壳体侧板

WESP 壳体侧板与阳极板之间的距离约 300 mm,侧板采用玻璃鳞片防腐,当运行过程中侧板

防腐损坏时,无法进行修补。优化方案可从两方面考虑:一是加大壳体,增加侧板与极板之间的距离,便于侧板防腐层的修补;二是在侧板表面贴 316 L 不锈钢板,消除运行过程中侧板腐蚀的隐患。

表 1 湿式电除尘器性能试验结果

项 目	粉尘去除率 (含石膏) %	出口粉尘 浓度 mg/m ³ (标、 干、6%O ₂)	PM2.5 去除率 %	PM10 去除率 %	雾滴去除率 %	SO ₃ 去除率 %	汞去除率 %	出口烟气汞 μg/m ³ (标、 干、6%O ₂)	本体阻力 Pa
保证值	70	5	70	70	70	60	/	/	200
试验结果	82.5	3.43	80.4	74.2	86.46	62.2	58.1	1.06	79

4 WESP 运行效果

WESP 安装完成后,C 类喷嘴喷淋时二次电压 42 KV,二次电流 1 600 mA,系统投运后性能试验效果良好,试验结果如表 1 所示。

5 结语

WESP安装过程中,通过对阳极板组装,阴极小框架拼装,绝缘子室及绝缘子安装,阴阳极系统的吊装,极间距调整和喷淋系统安装进行严格的质量控制,除尘器正常运行时二次电压 42 kV,二次电流 1 600 mA,系统投运后粉尘(含石膏)、PM2.5、PM10、雾滴、SO₃ 和汞去除效果优于设计值。如果对灰斗挡风板生根件、喇叭口爬梯和壳体侧板等方面进行优化,会大大提高系统设备的防腐性能,保证 WESP 的安全稳定运行。

参考文献

[1] GB13223-2011,火电厂大气污染物排放标准[S].
GB13223 -2011,Emission standard of air pollutants for thermal

power plants[S].
[2] 赵鹏,陈勇,袁浪.湿式静电除尘器在火电厂中的应用探讨[J].能源与环境,2013(06):95-96.
ZHAO Peng, CHEN Yong, JIAN Lang. The application discussion of WESP in thermal power plant [J].Energy and Environment,2013(06):95-96.
[3] 时超林,潘卫国,郭瑞堂等.火电厂湿式静电除尘器的发展现状综述[J].电力与能源,2013,34(5):493-496,499.
SHI Chao-lin, PAN Wei-guo, GUO Rui-tang, et al. Development situation of the WESP in thermal power plant [J]. Electric power and energy, 2013,34(5):493-496,499.
[4] 赵琴霞,陈招妹,周超炯等.湿式电除尘技术及其在电厂的应用前景探讨[J].电力科技与环保,2012,8(4):14-26.
ZHAO Qin-xia, CHEN Zhao-mei, ZHOU Chao-jiang, et al. Discussion on wet ESP technology and its application prospect in coal-fired power plants [J].Power Technology and Environmental Protection,2012,8(4):14-26.
[5] 刘鹤忠,陶秋根.湿式电除尘器在工程中的应用[J].发电设计,2012,3:43-47.
LIU He-zhong, TAO Tiu-gen .Exploration Application of Wet Electric Dust Catcher to Engineering [J].Power generation design, 2012,3:43-47.