

试验研究

脱硫湿电一体化运行模式下水平衡控制技术 及工程实践

张桂平

(广东珠海金湾发电有限公司,广东 珠海 519050)

摘要:介绍了卧式、板式湿式电除尘器及其附属系统的特点和用水情况,提出了湿法脱硫系统——湿式电除尘器一体化运行模式下的水量控制措施。针对脱硫系统水平衡失衡、湿式电除尘器外排水量受限等问题,将湿式电除尘器阳极板冲洗水 #6 管水源改为循环水,将吸收塔除雾器冲洗水水源改为湿式电除尘水系统处理后的澄清水,在吸收塔除雾器母管上增加一路支管到锅炉灰渣水处理系统,最终实现了湿式电除尘器的废水零排放。

关键词:湿式电除尘器;湿法脱硫;灰渣水;零排放;工程实践

中图分类号:X701

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2018)02-0029-02

WATER BALANCE CONTROL TECHNOLOGIES AND ENGINEERING PRACTICE UNDER AN INTEGRATED OPERATION MODE OF WET DESULFURIZATION AND WET ESP

ZHANG Gui-ping

(Guangdong Zhuhai Jinwan Power Generation Co., Ltd., Zhuhai 519050, China)

Abstract:The characteristics and water-use of horizontal wet Electrostatic precipitator(ESP), plate wet ESP and their attached systems were introduced. The water control measures were proposed under an integrated operation system mode of wet desulfurization and wet ESP. Considering water imbalance issue in the desulfurization system and controlled discharge from wet ESP, the water source of #6 washing tube in the anode plate of wet ESP was changed to circulating water. The water treated by wet ESP was used as the source of washing water for the demister of the absorption tower. A new tube was added to connect the main tube in the demister of the absorption tower with the boiler ash waste water treatment system. Therefore zero emission of wet ESP was realized.

Key words: Wet Electrostatic precipitator (ESP); Wet desulfurization; Clinker water; Ash wastewater; Zero emission; Engineering practice.

近年来国家对燃煤电厂烟气排放要求日趋严格。2011年实施的《火电厂大气污染物排放标准》对污染物排放浓度创历史最严要求;2014年国家

发改委、环保部、国家能源局联合印发《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014-2020年)》(发改能源[2014]2093号),要求新建燃煤发电机组 NO_x 、 SO_2 及粉尘在基准氧含量6%条件下排放浓度阈值达到 50 mg/m^3 、 35 mg/m^3 、 10 mg/m^3 ,一些地方政府在国家文件的基础上提出了“50355”的

收稿日期:2017-12-26

第一作者简介:张桂平(1982~),男,贵州省毕节市人,工程师,从事燃煤电厂环保系统设备管理与维护工作。

超低排放要求;2015年,三部委再次联合印发《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》(环发[2015]164号),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。这一系列的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,多数燃煤电厂在脱硫系统后面增加了湿式电除尘器,本文主要讨论的就是新增湿式电除尘器后水量的合理控制,实现湿式电除尘器的废水零排放。

1 湿式电除尘器工艺技术

本文讨论的发电机组是国产2×600 MW超临界燃煤机组,脱硫系统采用石灰石-石膏湿法工艺,单塔,设置GGH,湿式电除尘器位于吸收塔出口和GGH入口之间,双室1电场卧式、板式湿式电除尘器,收尘面积9386 m²,附属系统包括补水系统、循环水系统、排水系统、加碱系统。设计极板水膜水量(连续使用)95.1 t/h,NaOH(32%)消耗量0.15 t/h,BMCR工况工业补充水量和外排废水量27.2 t/h。

1.1 本体用水

湿式电除尘器本体用水包括三路,分别用于冲洗入口气流均布板、阳极板和阴阳极系统同时冲洗。阳极板是连续喷淋,在电除尘正常投运过程中进行,用来清除阳极板收集的雾滴、粉尘等物质,水路来源有两个,一个是循环用水,用于冲洗电除尘前端的5块(#1、#2、#3、#4、#5)极板,一个来自工业水,用于冲洗电除尘后端的2块(#6、#7)极板,气体均布板喷淋管路和阴阳极同时冲洗的管路一般在电除尘投运期间投运,用来清理气流均布板和阴阳极系统上的污垢等,水路来源为工业水。

湿式电除尘器前端4块阳极板喷淋水回收至排水箱,通过向排水箱添加氢氧化钠调整其pH值至中性,一部分被排水泵输送至沉淀系统,其余的溢流至循环水箱。后端的3块阳极板喷淋水回收到循环水箱,通过添加氢氧化钠调整其pH值至中性,再通过循环水泵输送供阳极板喷淋使用。

1.2 补水系统

补水系统设置工业水箱,通过补水泵加压冲洗电除尘入口气流均布板,阴阳极系统同时冲洗,#6、#7阳极板,并向其他水箱补水,使用后最终回

收到循环水箱或排水箱,重复使用。

1.3 循环水系统

循环水的来源有三路:一是电除尘后端3块阳极板的冲洗水经灰斗流入循环水箱,主要是因为电除尘后端阳极板、阴极线收集的粉尘等污垢量较小,其冲洗水较为干净,收集的水水质较好,直接自流到循环水箱重复利用;二是经排水箱初步沉淀后的溢流水;三是循环水箱补水,采用电动门调节,补水量根据循环水箱液位自动调节控制。所有进入循环水箱的水再通过循环水泵打到电除尘器喷淋使用,管路中安装了自清洗过滤器,用于去除循环水中的悬浮杂质,进入电除尘后主要用于冲洗电除尘的进口段。

1.4 排水系统

电除尘在连续运行过程中,循环水长时间冲洗水收集大量的石膏、粉尘等污垢,使水的含固率逐渐增加,需要定期外排以提高水质的清洁度,避免喷嘴堵塞,保障系统运行的稳定性,排水系统设计BMCR工况排水量27.2 t/h,通过排水泵输送至沉淀系统,进一步处理或排放。

1.5 液碱贮存与计量系统

电除尘运行过程中,喷淋水会吸收烟气中的SO₃和SO₂以及吸收塔出口雾滴,具有较强的酸性,为避免系统管道和设备收到腐蚀,同时避免污垢在阳极板和阴极线上结垢,需要通过NaOH调整循环水的PH值。NaOH溶液采用汽车运输,经卸碱泵提升至碱贮存罐,由碱计量泵输送至循环水箱和排水箱。

1.6 废水处理系统

废水处理系统对排水箱排出高含固率水进行处理,采用絮凝-沉淀工艺,顶部溢流的清水自流至清水池,用于冲洗吸收塔除雾器或排放至灰渣水系统,底部沉淀的泥水自流至泥水池,经泥水泵输送到脱硫系统石膏缓冲箱重复利用。本文所指的废水即指沉淀池的溢流水和底部泥水,通过系统水量的调整和利用,实现废水零排放。

2 脱硫湿电一体化运行水系统失衡

在水量平衡方面,湿式电除尘器和脱硫系统是一体化设计和运行,湿式电除尘器的排水经沉淀后全部返回脱硫系统,澄清部分用于吸收塔除雾器第一、第二层冲洗水,底泥部分回收至脱硫缓冲箱,继续返回吸收塔使用,运行过程中存在两个

问题:

(1) 脱硫系统的用水全部来自工艺水箱, 主要用途包括吸收塔除雾器第三第四层的冲洗、系统转动设备机封水、制浆系统用水和各箱罐补水等, 主要通过调整除雾器的冲洗频次来调整系统的水平衡。湿式电除尘器投运后回收一部分吸收塔净烟气携带的雾滴, 最终返回脱硫吸收塔, 降低了烟气系统的耗水量, 加上湿式电除尘 27.2 t/h 的废水, 导致脱硫系统水平衡失衡, 常出现吸收塔液位过高、除雾器冲洗不及时压差上升等问题, 机组负荷较低时水系统失衡情况尤为严峻。

(2) 湿式电除尘器外排水量受限时, 电除尘后端的 2 块(#6、#7)极板无法及时冲洗, 运行过程中表面的污垢会越积越多, 降低电除尘运行效率, 同时电除尘循环水含固率逐渐增加, 滤网的运行效果降低, 导致喷嘴大量堵塞, 影响除尘器运行的稳定性。

3 系统优化方案

湿式电除尘器和脱硫系统一体化水平衡的优化方案必须综合考虑吸收塔除雾器的冲洗、吸收塔液位的可控调节、湿式电除尘器极板的冲洗和循环水的含固率, 原系统设计吸收塔除雾器第三、第四层冲洗水为工艺水, 只有控制工艺水的适当使用才能保证除雾器的低压差。同样, 湿式电除尘器 #6、#7 极板的冲洗也是工艺水, 保证极板的清洁, 就必须使用工艺水。因此, 系统的优化必须在保证有效冲洗频次的基础上进行。一是降低工艺水的使用量, 降低系统用水的摄入量; 二是合理利用湿电系统产生的废水。

3.1 改造湿式电除尘器阳极板冲洗 #6 管

原设计 #6 管使用的是工艺水, 电除尘 A 侧、B 侧各一根, 每根管道水流量 6.8 t/h, 优化方案是将循环水管道和工艺水管道连接在一起, 在 #6 管道入口的循环水和工艺水管道上各增加一个电动隔离阀, 优化后的 #6 管道既可使用工艺水, 也可使用循环水, 根据机组负荷等系统运行要求调整水源, 当该管道使用循环水时, 可降低湿式电除尘 13.6 t/h 的工艺水摄入量, 降低了 50% 的排水量。

3.2 吸收塔除雾器冲洗水水源改为湿电废水

原设计湿式电除尘废水用于冲洗吸收塔第一、二层除雾器, 优化改造将除雾器冲洗水管道材质全部改为 316 L, 在第一、二层和第三、四层之间

增加一个联通阀, 实现第三、四层除雾器的冲洗既可以使用湿式电除尘器废水, 也可以使用工艺水。一般情况下, 除雾器的冲洗水全部采用湿电废水, 即打开联通阀即可, 吸收塔用水需求增大时直接从湿式电除尘系统补水并快速置换, 用于冲洗除雾器并向吸收塔补水, 如遇检修或设备运行要求, 水源可随时切换至原工艺水箱。此措施能够完全消耗湿式电除尘器产生的废水量。

3.3 增加一排水管道至锅炉灰渣水系统

湿式电除尘排水经沉淀后含固率较低且颗粒度小, pH 值在 6 上下小范围波动, 灰渣水流量约 120 T/h, pH 值约为 10, 将这个排水输送至灰渣水系统, 不会增加灰渣水处理系统的运行压力, 且能有效降低灰渣水的 pH 值, 脱硫湿电一体化水平衡改造时, 在湿式电除尘器水处理系统至吸收塔除雾器的母管上增加一路支管到锅炉灰渣水处理系统, 作为废水的紧急排放点, 并在灰渣水系统中循环使用, 解决因突发情况造成系统水量过多的问题。这也为湿电酸性废水和灰渣水碱性废水中和研究建立了新的课题, 包括氯离子富集, 有待深入研究。

4 系统优化后运行效果

系统优化改造后, 通过设备运行和停机检查对脱硫湿电一体化水量控制、阳极板冲洗效果、除雾器冲洗水管路和除雾器表面清洁度等进行全面跟踪检查, 运行效果良好。

(1) 湿电产生的废水完全回收至脱硫系统使用, 包括用于冲洗除雾器的澄清水和湿电沉淀池的污泥, 污泥排至缓冲箱后返回吸收塔使用, 未造成脱硫系统水量过多的问题, 且吸收塔用水需求量增大时, 能及时通过湿式电除尘器补水置换获得, 满足除雾器实时冲洗要求。从脱硫湿电一体化运行上来看, 在满足脱硫系统用水的情况下, 新安装的湿式电除尘器没有增加清洁水的消耗量。

(2) 湿式电除尘水系统沉淀池处理效果没有因水量的增加受到影响, 处理后的酸性澄清水和吸收塔 pH 值相当, 未造成系统设备管道等的腐蚀, 除雾器冲洗水管道和喷嘴无堵塞, 除雾器表面干净无污垢。

(3) 系统优化后水系统平衡控制良好, 湿电到灰水系统的管路长时间处于备用状态, 未曾投入

(下转第 25 页)

放电功率变小。

4 结论

本实验通过建立小型静电激发袋式除尘器,在现有静电激发袋式除尘理论基础,重点研究了静电激发袋式除尘器的放电特性,所得结论如下:

(1) 气体流量和滤袋表面粉尘层厚度对静电激发袋式除尘器的电场特性具有较大的影响。气体流量的增大、粉尘层厚度的增加均会导致静电激发袋式除尘器电场电流的减小,使其能量损失增加,增大了除尘器的能耗。

(2) 随着放电间距的增大,静电激发袋式除尘器的电场击穿电压增加,最大放电功率同样随之增大;但在相同电压下,随着放电间距的增大,电子流注距离增大,二次电离效应被弱化,产生的放电电流变小,放电功率有所下降。

(3) 曲率半径对静电激发袋式除尘器的电场特性影响相对较小,随着曲率半径的增大,电场电流和电功率均出现小幅下降。

参考文献

[1] 郝吉明,马广大,王书肖.大气污染控制工程[M].北京:高等教育出版社,2010.

- [2] 李芳波.超净电袋除尘技术的研究与应用[J].中国设备工程,2017,10:105-106.
- [3] 何永裕.火力发电厂电袋除尘技术的环保效益[J].资源节约与环保,2017,(3):9-11.
- [4] 唐亮,赵梦雪,郑苏忠.新型电袋复合除尘器改造关键技术及其应用[J].能源技术与管理,2017,6:21-24.
- [5] 赵毅,王佳男.电袋除尘器的发展与机理研究[J].中国环保产业,2017,6:58-62.
- [6] 王晓娟.袋式除尘器除尘特性的实验与数值研究[D].山东大学,2017.
- [7] 刘英.电袋复合除尘理论与实践研究[D].沈阳:东北大学,2015.
- [8] 戴日俊,李伟.电-袋复合除尘器捕集微细粒子的理论浅析[J].电力科技与环保,2014,27(2):22-24.
- [9] Sim K M, Park H, Bae G, et al. Antimicrobial nanoparticle-coated electrostatic air filter with high filtration efficiency and low pressure drop[J]. Science of The Total Environment, 2015, 533: 266-274.
- [10] Myers D, Dean A. Mechano-electret Filtration Media: Synergy of Structure and Electrostatic Charge [J]. Filtration & Separation, 2013, 40(5): 24-27.
- [11] Yan C, Liu G, Chen H. Effect of induced airflow on the surface static pressure of pleated fabric filter cartridges during pulse jet cleaning[J]. Powder Technology, 2013, 249: 424-430.
- [12] Ploeanu M C, Dascalescu L, Yahiaoui B, et al. Repartition of Electric Potential at the Surface of Nonwoven Fabrics for Air Filtration[J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 2012, 48 (3): 851-856.
- [13] 李加丰.等离子体发生及其空气净化技术[D].浙江大学,2017.

(上接第 31 页)

使用,想要利用湿电用水来解决灰水系统的碱性符合和钙镁离子结垢问题,需要进行充分的流量核算和 pH 控制,并且根据运行情况持续跟踪灰水系统中的氯离子富集情况。

5 结语

在脱硫系统、湿式电除尘器一体化水平衡控制中,通过系统优化,将湿式电除尘器阳极板冲洗水 #6 管水源由工艺水改为循环水,吸收塔除雾器四层除雾器冲洗水水源改为湿式电除尘水系统处理后的澄清水,有效降低了电除尘极板和除雾器冲洗对清洁水的消耗量,实现了脱硫湿电一体化运行的水量控制和湿式电除尘器的废水零排放,改造后设备运行正常、系统控制高效,实现了系统设备的安全稳定运行。

参考文献

- [1] GB13223-2011, 火电厂大气污染物排放标准[S].
- [2] 发改能源 [2014]2093 号, 煤电节能减排升级与改造行动计划(2014-2020 年)[Z].
- [3] 环发[2015]164 号, 全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案[Z].
- [4] 郭永雄,张桂平,王东亚.WESP 安装关键质量控制点控制措施探讨[J].能源环境保护,2017,31(2):45-48.
- [5] 赵鹏,陈勇,蹇浪.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.
- [6] 杨群发,张桂平,侯剑雄等.600MW 机组超净排放技术工程实践及系统优化[J].广东电力,2016,29(8):1-6.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.