

燃煤电厂超低排放技术改造分析

陈明彦¹, 李朝杰²

(1. 贵州黔桂发电有限责任公司, 贵州 贵阳 550081;

2. 贵州电网有限责任公司电力科学研究院, 贵州 贵阳 550002)

摘 要:介绍了国家和地方对燃煤电厂超低排放技术改造的政策要求,以某电厂 1 台 660 MW 机组为改造对象,通过对其它电厂、环保公司超低排放改造技术进行调研的基础上,并结合某电厂原有的环保设施和污染物排放现状,选用投资少、工期短的超低排放改造技术路线,确定超低排放设备改造范围,成功对 2 号机组烟气实施超低排放技术改造,改造后二氧化硫、氮氧化物、烟尘等主要指标平均排放浓度分别为 22 mg/Nm³、34 mg/Nm³、2 mg/Nm³,均符合国家燃煤电厂超低排放 35 mg/Nm³、50 mg/Nm³、10 mg/Nm³ 标准要求,可实现在原有基础上削减二氧化硫 750 t/年、氮氧化物 500 t/年、烟尘 80 t/年,具有良好的环境效益和社会效益。并对超低排放技术改造后出现的一些问题进行分析,提出解决措施,为尚未改造或正在改造的电厂提供了借鉴。

关键词:燃煤电厂;超低排放;技术改造;问题分析与对策

文章编号:2096-4633(2018)04-0059-05 **中图分类号:**TM62 **文献标志码:**B

2011 年 7 月 29 日,国家修订发布了《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)标准,燃煤电厂开展了一系列环保设施提效运行和升级改造工作,以期满足逐步从严的污染物排放浓度要求。但近年来,随着经济的发展,我国面临越来越严峻的环保形势,达标排放已非燃煤电厂的全部追求。2014 年 9 月 12 日,国家发改委、国家环保部、国家能源局联合下发的《关于印发〈煤电节能减排升级与改造行动计划(2014-2020 年)〉的通知》(发改能源[2014]2093 号)及国家环境保护部、国家发展和改革委员会、国家能源局联合下发的关于印发《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)的通知要求,到 2020 年,全国所有具备改造条件的燃煤电厂力争实现超低排放,烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于 10、35、50 mg/Nm³ (在氧含量 6%、标干条件下,下同),有条件的新建燃煤发电机组达到超低排放水平。加快现役燃煤发电机组超低排放改造步伐,将东部地区原计划 2020 年前完成的超低排放改造任务提前至 2017 年前总体完成;将对东部地区的要求逐步扩展至全国有条件地区,其中,中部地区力争在 2018 年前基本完成,西部地区在 2020 年前完成。

贵州省能源局、贵州省发展和改革委员会、贵州

省环境保护厅关于印发《贵州省煤电机组超低排放和节能改造实施方案》(黔能源电力[2016]78 号)的通知,对贵州省具备超低排放改造条件的各燃煤电厂提出了更具体的改造任务,要求某电厂 1 号、2 号机组分别于 2017 年、2018 年各完成一台机组超低排放改造。某电厂作为具有高度社会责任感的企业,根据国家 and 地方环保要求,从高处着手,提前谋划,考虑今后环境保护将越来越严格、燃用煤种存在不确定性、以及电厂处于乡镇中心等情况,并适当考虑一定余量的情况下,按烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于 5 mg/Nm³、20 mg/Nm³、30 mg/Nm³ 进行设计,对 1 号、2 号机组的除尘、脱硫、脱硝等环保设施进行超低排放技术改造。

1 某电厂原烟气污染物排放现状

某电厂 1 号、2 号机组装机规模为 2 × 660 MW,分别于 2013 年 12 月 25 日、2014 年 12 月 24 日投入运行,并同步配套建设先进高效的烟气脱硫、脱硝、除尘环保设施,二氧化硫、氮氧化物、烟尘排放浓度标准按《火电厂大气污染物排放标准》(GB 13223-2011)进行设计,分别不大于 200 mg/Nm³、100 mg/Nm³、30 mg/Nm³^[1]。烟气脱硫工艺采用石灰石-石膏湿法,燃煤含硫量按 3% 进行设计,3.5% 进行校核,设计烟气脱硫效率 ≥

95%,不设置烟气/烟气换热器(GGH),不设置旁路烟道;脱硝工艺采用选择性催化还原法(SCR),脱硝还原剂为液氨,脱硝催化剂采用板式催化剂,催化层为2+1模式(即安装两层,预留一层空间),锅炉采用低氮燃烧器,设计烟气脱硝效率 $\geq 80\%$,不设置旁路烟道;烟气除尘装置为电-袋复合型除尘器,共设置两个电场和三个袋场,除尘效率不小于99.91%,加上脱硫系统除尘洗涤作用,总除尘效率达99.95%。在进行超低排放技术改造前1号、2号机组FGD入口/出口 SO_2 平均值分别为2708/68 mg/Nm^3 、3007/75 mg/Nm^3 ,SCR反应器入口/出口 NO_x 平均值分别为462/82 mg/Nm^3 、442/71 mg/Nm^3 ,FGD入口/出口烟尘平均值分别为55/15 mg/Nm^3 、62/17 mg/Nm^3 ,二氧化硫、氮氧化物、烟尘排放浓度(标干、6% O_2)符合当时环保排放标准的要求,但要满足超低排放标准要求还有很大差距,同时由于机组烟气超低排放改造时间紧、投入大、任务重,所以某电厂选择先进的、成熟的脱硫、脱硝、除尘技术路线是超低排放技术改造的关键^[2-5]。

2 某电厂超低排放改造技术路线选择及主要改造内容

某电厂在对其它电厂、环保公司超低排放改造技术进行调研的基础上,按照股东方的要求,采用委托第三方治理的方式对1号、2号机组烟气实施超低排放技术改造,改造结束后由第三方负责1号、2号机组烟气脱硫、脱硝、除尘设施和烟气自动监控设备的运行维护、设备检修及相关升级、技术改造等工作。

2.1 烟气脱硫

(1)采用方式:脱硫系统超低排放改造采取脱硫除尘一体化改造方式,改造后的脱硫装置在高效脱除烟气中的 SO_2 的同时,对烟气中的烟尘也具有较高的脱除效果^[6-9]。

(2)改造内容:更换3台循环泵头,电机利旧;更换3层喷淋层及喷嘴,增加沸腾式传质结构(托盘)及增设烟气再分布器,吸收塔入口烟道烟气均流改造,将原屋脊式除雾器更换为管束+屋脊式高效除雾器,烟囱CEMS更换,吸收塔塔体及附属设备的检查、检修。

(3)性能要求:在锅炉BMCR工况下,改造后

FGD入口 SO_2 浓度为7 000 mg/Nm^3 时,FGD出口 SO_2 浓度 $\leq 20 \text{ mg}/\text{Nm}^3$,脱硫效率 $\geq 99.72\%$,除雾器出口烟气携带的液滴含量低于20 mg/Nm^3 (干基),运行阻力 $\leq 3\ 300 \text{ Pa}$ 。

2.2 烟气脱硝

(1)采用方式:单一的技术手段难以达到脱硝系统超低排放改造的要求,因此采取低氮燃烧改造+SCR混合技术的方案^[10-12]。

(2)改造内容:将锅炉燃烧器更换为新型低氮燃烧器,启用SCR系统催化剂备用层,即由原设计的2+1层催化剂,改为3层蜂窝式催化剂运行,脱硝反应器入口烟气均流改造,SCR系统进出口CEMS改造,氨的逃逸率分析仪更换,脱硝供氨系统检查、检修。

(3)性能要求:在锅炉BMCR工况下,改造后脱硝入口 NO_x 浓度不超过280 mg/Nm^3 时,出口 NO_x 浓度 $\leq 30 \text{ mg}/\text{Nm}^3$,脱硝效率 $\geq 90\%$,SCR系统烟气阻力 $\leq 1\ 000 \text{ Pa}$,氨的逃逸率 $\leq 2.5 \text{ ppm}$, SO_2/SO_3 转化率 $\leq 1\%$ 。

2.3 烟气除尘

(1)采用方式:除尘系统超低排放改造采取电袋复合除尘器除尘提效改造+脱硫除尘一体化除尘改造^[13-15]。

(2)改造内容:电-袋复合除尘器电场分区供电改造,并对阴极系统及其振打装置进行相应的改造,彻底清除极板、极线上的积灰,更换和校正电场损坏、变形的极板、极线,取消除尘器袋区旁路烟道,袋除尘区破损的滤袋进行更换,除尘器其它附属设备的检查、检修。

(3)性能要求:在锅炉BMCR工况下,改造后FGD入口烟尘浓度 $\leq 30 \text{ mg}/\text{Nm}^3$;综合除尘效率达99.95%,除尘器本体漏风率小于2%,FGD进一步除尘后烟尘排放浓度 $\leq 5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$,除尘器本体运行阻力 $\leq 1\ 000 \text{ Pa}$ 。

3 某电厂超低排放改造后的效果

某电厂在完成前期的可研报告、立项、环评、备案、招标等手续后,2号机组超低排放改造于2017年7月15日开工,9月5日竣工,9月29日与主机同步投入运行,10月28日进行验收监测,11月16日通过环保验收,11月24日完成验收备案并获得超低排放环保补助电价和增加的发电利

用小时数。2号机组超低排放改造后,二氧化硫、氮氧化物、烟尘等主要指标平均排放浓度分别为 22 mg/Nm^3 、 34 mg/Nm^3 、 2 mg/Nm^3 ,均符合国家燃煤电厂超低排放 35 mg/Nm^3 、 50 mg/Nm^3 、 10 mg/Nm^3 标准要求,但是二氧化硫和氮氧化物要满足设计要求的 20 mg/Nm^3 、 30 mg/Nm^3 标准还有一定差距,其它性能指标氨的逃逸率、 SO_2/SO_3 转化率、运行阻力等基本满足要求。该机组改造后可实现在原有基础上削减二氧化硫 750 t/年 、氮氧化物 500 t/年 、烟尘 80 吨/年 ,具有良好的环境效益和社会效益。

4 某电厂2号机组超低排放改造后存在的问题及解决措施

(1)脱硫系统改造后高负荷、高硫份时段,出口二氧化硫 SO_2 浓度易超标,不能满足FGD进口二氧化硫浓度在 $7\ 000\text{ mg/Nm}^3$ 时出口二氧化硫浓度控制在 20 mg/Nm^3 以内的设计要求。

解决措施:①对浆液循环泵的压力、流量进行真实测量,以了解浆液循环泵性能是否达到设计要求,并对其余相关表计进行校核。②运行维护人员通过试验确定最佳的浆液密度、pH值、液位控制值,并化验分析浆液品质。③利用停炉机会排空浆液,检查浆液循环泵入口滤网和入口管道有无堵塞,滤网和孔径是否满足通流面积需求;检查托盘运行情况,并测量托盘实际运行效率是否达到设计要求;检查喷嘴和覆盖面积情况,并对已改造的三层喷淋与未改造的喷淋层进行效果对比,如未改造的喷淋层效果差则在下次予以更换;修复已损坏的5号浆液循环泵。④对1号机组脱硫废水系统检修,确保水处理效果达标,以利于改善脱硫效率。将上述问题逐一诊断清楚后,再针对超低排放指标做进一步的优化设计、改造。

(2)脱硫系统改造后浆液循环泵运行台数较多,高负荷高硫份时段,运行6台浆液循环泵和2台氧化风机,脱硫耗电量偏高 $0.6\sim 0.8\%$ 左右(月增加大约 230 万度电)。

解决措施:按照第(1)条逐一整改后,在保证二氧化硫浓度达标排放的条件下合理控制浆液循环泵和氧化风机的运行台数。

(3)超低排放改造、锅炉本体及部分烟道改造后导致烟气系统沿程阻力发生变化,引风机电流增大 100 A 以上,满负荷时引风机出力不足。

解决措施:测量2号炉膛出口、过再热器烟气挡板后、省煤器、脱硝、空预器、除尘器、吸风机出口、脱硫等区域改造前后的烟气阻力变化情况,结合设计值进行对比分析,查出影响吸风机电流变化的原因,再进行处理。

(4)低氮燃烧器改造后,满负荷时 NO_x 在 400 mg/Nm^3 左右,远高于设计值 280 mg/Nm^3 。如将 NO_x 浓度降下来,则飞灰含碳量将会偏高 3% 左右,反之亦然,两者不能兼顾。目前为了兼顾锅炉效率, NO_x 控制在 330 mg/Nm^3 左右。

解决措施:①继续进行锅炉燃烧调整试验工作,找到锅炉运行最佳配风方式,收集好相关参数,为下一步锅炉厂优化设计提供数据。②针对锅炉厂技术人员在进行锅炉燃烧调整试验反映2号炉一次风率偏大及粉管煤粉均匀性影响燃烧的问题,及时联系有实力的技术服务单位进行磨煤机最大出力试验、风速标定、风量标定、粉管煤粉均匀性优化工作,并将相关结果数据反馈给锅炉厂,便于锅炉厂制定优化设计方案。③电厂尽快启动磨煤机静态分离器的改造工作^[16]。

5 结束语

基于某电厂在2号机组超低排放改造成果的基础上,对燃煤电厂超低排放改造技术选择提供以下三点建议^[17-18]:

(1)在选择技术路线时,要具体问题具体分析,要根据电厂自身燃煤情况和机组情况来选择适合的超低排放改造技术;

(2)超低排放改造技术选择不仅要考虑技术的先进性,同时要兼顾技术经济性,尤其要选择具有节能潜力的超低排放改造技术;

(3)提高管理和运行水平,作为超低排放改造的技术补充。为了实现超低排放的目的,技术是主要方面,但是管理和运行水平也是很重要的一方面,不能把所有的问题都依托于技术手段实现,如果在采用适当技术手段的情况下,同时提高管理和运行水平,超低排放改造会更加经济,效果会更好;

某电厂在2号机组超低排放改造后虽能满足超低排放要求,但脱硫、脱硝系统出现了不少问题,希望通过此文能给尚未改造或正在改造的电厂有所借鉴,避免类似问题再发生。

参考文献:

- [1] 国家环境保护部、国家质量监督检验检疫总局. 火电厂污染物排放标准:GB13223-2011[S]. 北京:中国环境科学出版社, 2012.
- [2] 吴智鹏,毛奕升. 火电厂超低排放脱硝控制策略优化研究与实践[J]. 锅炉制造, 2016, 5(01): 1-4.
WU Zhipeng, MAO Yisheng. Research and practice on denox control strategy of ultra low emission in thermal power plant [J]. Boiler Manufacturing, 2016, 5(01): 1-4.
- [3] 林伟,赵斌. 火电厂超低排放措施研究[J]. 研究与探讨, 2016, 10(07): 35-39.
LIN Wei, ZHAO Bin. Study on ultra low emission measures in power station [J]. Research & Discussion, 2016, 10(07): 35-39.
- [4] 杨青山. 火电厂“超洁净排放”改造应对策略研究及问题分析[J]. 电力环境保护, 2015, 31(04): 44-46.
YANG Qingshan. The strategy research and problem analysis of “ultra clean emission” transformation for power plant [J]. Power Technology And Environmental Protection, 2015, 31(04): 44-46.
- [5] 帅伟,李立. 基于实测的超低排放燃煤电厂主要大气污染物排放特征与减排效益分析[J]. 中国电力, 2015, 48(11): 131-137.
SHUAI Wei, LI Li. Analysis of primary air pollutant emission characteristics and reduction efficiency for ultra-low emission coal-fired power plants based on actual measurement [J]. Electric Power, 2015, 48(11): 131-137.
- [6] 国家环境保护总局, HJ/T 179-2005, 火电厂烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰-石膏法[S]. 北京:中国环境科学出版社, 2005.
- [7] 曾善超, 石灰石的氧化钙含量超标的原因分析[J]. 电力大数据. 2018, 21(02): 27-31.
ZENG Shanchao. Analysis of the casue of excessive calcium oxide content in calcium carbonate [J]. Power Systems and Big Data, 2018, 21(02): 27-31.
- [8] 中华人民共和国国家能源局, 火电厂烟气脱硫吸收塔施工及验收规程: DL/T 5418-2009[S]. 北京:中国电力出版社, 2009.
- [9] 林永明,高翔. 湿法烟气脱硫喷淋塔内烟气流场的数值模拟研究[J]. 热力发电, 2006, 35(04): 6-9.
LIN Yongming, GAO Xiang. Study on numerical simulation of flue gas flow field in spray tower of wet flue gas desulfuration system [J]. Thermal Power Generation, 2006, 35(04): 6-9.
- [10] 解永刚,程慧. 火电厂 SCR 脱硝还原剂的选择与比较[J]. 电力环境保护, 2010, 26(05): 32-33.
JIE Yonggang, CHENG Hui. Selection and comparison of reducing agent on SCR DeNO_x system in thermal power plants [J]. Power Technology And Environmental Protection, 2010, 26(05): 32-33.
- [11] 刘康,张强,虞宏等. 烟气脱氮氧化物与 SCR 催化剂种类及工程应用[J]. 电力环境保护, 2009, 25(04): 13-15.
LIU Kang, ZHANG Qiang, YU Hong et al. Species and application of SCR catalyst for flue gas denitrification in coal-fired power plant [J]. Power Environmental Protection, 2009, 25(04): 13-15.
- [12] 王义兵,孙叶柱,陈丰等. 火电厂 SCR 烟气脱硝催化剂特性及其应用[J]. 电力环境保护, 2009, 25(04): 13-15.
WANG Yibing, SUN Yezhu, CHEN Feng, et al. Characteristics of SCR catalyst and its application in coal-fired power plants DeNO_x system [J]. Power Environment Protection, 2009, 25(04): 13-15.
- [13] 高志东. 电袋复合除尘器在燃煤电厂的应用[J]. 电力设备, 2007, 8(12): 41-43.
GAO Zhidong. Application of electrostatic-fabric filtering composite precipitator in coal-fired power plant [J]. Power Equipment, 2007, 8(12): 41-43.
- [14] 何剑. 电除尘器气流分布技术的研究: 气流分布影响因素的试验分析[D]. 西安:西安理工大学, 2004: 57-59.
- [15] 杨雷. 石景山电厂1号炉电除尘器技术改造[J]. 电力环境保护, 2006, 22(06): 47-49.
YANG Lei. Technical renovation of ESP for boiler 1 in Shijingshan power plant [J]. Electric Environment Protection, 2006, 22(06): 47-49.
- [16] 张军,郑成航. 某1000 MW 燃煤机组超低排放电厂烟气污染物排放测试及其特性分析[J]. 煤矿环境保护, 2016, 36(05): 1310-1314.
ZHANG Jun, ZHENG Chenhang. Experimental investigation of ultra-low pollutants emission characteristics from a 1000 MW coal-fired power plant [J]. Coal Mine Environmental Protection, 2016, 36(05): 1310-1314.
- [17] 李晓敏,王立军. 660 MW 机组脱硫装置烟气超低排放改造[J]. 内蒙古电力技术, 2017, 35(03): 66-68.
LI Xiaomin, WANG Lijun. Transformation of Ultra-Low Flue Gas Emission of 660 MW Desulphurization Facilities [J]. Inner Mongolia Electric Power, 2017, 35(03): 66-68.
- [18] 杨群发,张桂平,侯剑雄,等. 600 MW 机组超净排放技术工程实践及系统优化[J]. 广东电力, 2016, 29(08): 1-6+26.
YANG Qunfa, ZHANG Guiping, HOU Jianxiong, et al. Engineering Practice of Ultra-clean Emission Technology for 600 MW Unit and System Optimization [J]. Guangdong Electric Power, 2016, 29(08): 1-6+26.

收稿日期: 2018-01-08

作者简介:



陈明彦(1969年),男,大学本科,主要从事火力发电生产技术管理及经济运行分析。

(本文责任编辑:范斌)

**Analysis of technical transformation for ultra-low
emission in coal-fired power plants**

CHEN Mingyan, LI Chaojie

(1. Guizhou Qiangui Power Generation Co. , Ltd. , Guiyang 550081Guizhou, China;

2. Electric Power Research Institute of Guizhou Power Grid Co. , Ltd. , Guiyang 550002 Guizhou, China)

Abstract: This paper introduces the national and local policy requirements for ultra low emission technical transformation of coal-fired power plants, one 660 MW units of a certain power plant as the reformed object, on the basis of research on the ultra low emission technology of other power plants and environmental protection companies, and combined with the original environmental protection facilities and pollutant emission situation in a power plant , the technical route of ultra-low emission transformation is selected for less investment and short period of work, the scope of ultra low emission equipment modification is determined, the technical transformation of ultra-low emission of flue gas for NO. 2 unit is successful, The average emissions of sulfur dioxide, nitrogen oxides and soot were 22 mg/Nm³, 34 mg/Nm³ and 2 mg/Nm³ after transformation, which were all in line with the 35, 50 and 10 mg/Nm³ standard requirements of national coal fired power plants, It is possible to reduce sulfur dioxide 750t/ years, 500t/ years of nitrogen oxides and 80t/ years on the original basis, which has good environmental and social benefits. Some problems in the transformation of ultra low emission technology are analyzed, and the proposed solution is to provide reference for the power plant which has not been reformed or is being reformed.

Key words: coal-fired power plants; ultra low emission; technical transformation; analysis and countermeasures of problems