

某燃煤电厂超低排放改造对烟尘的脱除效果研究

潘红波

(辽宁省环境监测实验中心, 辽宁 沈阳 110161)

摘要: 辽宁省燃煤电厂超低排放工作全面推进, 燃煤电厂经超低排放改造后, 污染物指标控制限值要求为颗粒物 10 mg/m^3 。某燃煤电厂面临烟气超低排放要求, 提标改造现有除尘器, 每台炉配两台双室六电场干式低温静电除尘器, 并在吸收塔喷淋层下方增设聚气环, 在吸收塔净烟道处加装一级烟道除雾器。除尘器和吸收塔改造后, 除尘效率由 99.8% 提高到 99.94%, 改造后总出口浓度 6.80 mg/m^3 , 改造后排放量 6.0 kg/h , 削减量 16 kg/h , 各工况下烟气污染物折算浓度均符合标准要求。

关键词: 燃煤电厂; 超低排放; 技术改造; 烟尘; 除尘效率

中图分类号: X831

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2019.02.010

Research of Ash Emissions and Removal Effects After Ultra-low Emission Modification of Coal-fired Power Plants

PAN Hongbo

(Liaoning Environmental Monitoring and Experiment Center, Shenyang 110161, China)

Abstract: The ultra-low emission work of coal-fired power plants in Liaoning Province has been comprehensively promoted. After the ultra-low emission transformation of coal-fired power plants, the limit value of pollutant index control is required to be 10 mg/m^3 for particulate matter. Facing with the requirement of flue gas ultra-low emission in a coal-fired power plant, the existing dust remover was upgraded according to the standard. Each furnace was equipped with two double-chamber six-electric field dry low-temperature electrostatic precipitators, and a gas-collecting ring was added below the spray layer of the absorption tower, a first-level flue gas remover was installed at the clean flue of the absorption tower. After the transformation of the dust remover and absorption tower, the dust removal efficiency increased from 99.8% to 99.94%. After the transformation, the total outlet concentration was 6.80 mg/m^3 , the emission was 6.0 kg/h , and the reduction was 16 kg/h . The converted concentration of flue gas pollutants under various working conditions met the standard requirements.

Keywords: Coal-fired Power Plants; Ultra-low Emission; Technological Transformation; Flue Dust; Dust Removal Efficiency
CLC number: X831

近年来, 大气颗粒物污染呈加重趋势, 雾霾天气的发生频率越来越高, 出现雾霾的地方越来越多, 辽宁省是全国空气污染水平较重, 雾霾高发的16个省之一, 空气质量问题倍受人们关注, 突出表现为颗粒物严重超标^[1]。辽宁作为东北老工业基地的重要省份之一, 主要能源消耗为煤炭, 大气污染总体上呈煤烟型污染^[2]。辽宁省现有28家省管电厂, 300 MW级及以上燃煤机组的发电企业共有24家, 燃煤电厂是消耗煤炭大户又以颗粒物

等为主要污染物, 排放量巨大, 最终排放的烟气中颗粒物以 $\text{PM}_{2.5}$ 为主^[3-4]。

1 国家对燃煤电厂烟尘排放要求

为了更有效的降低燃煤电厂各类污染物排放, 国家环保部等部门出台了一系列政策。2011年7月, 环保部颁布的《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223—2011)^[5]关于重点区域火电厂排放烟尘、 SO_2 、 NO_x 排放浓度分别执行20、50、

收稿日期: 2018-10-10

作者简介: 潘红波(1982-), 女, 硕士、高级工程师。研究方向: 环境监测与管理。E-mail: 45012905@qq.com

引用格式: 潘红波. 某燃煤电厂超低排放改造对烟尘的脱除效果研究[J]. 环境保护科学, 2019, 45(2): 53-56.

100 mg/m³ 限值。2014 年 9 月 12 日,国务院办公厅印发《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014—2020 年)》^[6]提出超低排放的目标。要求东部地区(包括辽宁等 11 个省):新建燃煤发电机组大气污染物排放浓度基本达到燃气轮机排放限值;到 2020 年,现役 30 万 kW 及以上公用燃煤发电机组、10 万 kW 及以上自备燃煤发电机组以及其他有条件的燃煤发电机组,改造后大气污染物排放浓度基本达到燃气轮机排放限值,即颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不超过 10、35、50 mg/m³,是燃煤发电机组清洁生产水平的新标杆。

2015 年 12 月,国家环境保护部、国家发展和改革委员会、国家能源局印发《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》的通知(环发[2015]164 号)^[7]，“通知”要求: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。为了改善大气环境质量,国家与部分地方政府针对火电行业制定了日趋严厉的排放标准,要求采取措施进行污染治理。为了满足国家“十三五”节能减排要求,同时满足《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014—2020 年)》^[5]中严控大气污染物排放的要求。近年来环保的管控标准度越来越高,时间进度越来越紧迫。燃煤发电企业必须立刻开展相关改造工作以满足环保要求。

2 某燃煤电厂超低排放改造方案

2.1 燃煤机组烟尘排放现状

某非重点地区燃煤电厂 320 MW 的超临界燃煤发电机组,除尘设备为 1 台高效静电除尘器,除尘效率为 99.6%,结合烟气脱硫设施,总除尘效率可达 99.8%,烟尘排放浓度为 25 mg/m³。该电厂为实现节能减排,减少烟尘的排放,同时,按照《关于做好煤电机组达到燃机排放水平环保改造示范项目评估监测工作的通知》(环办[2015]60 号

文)^[8]的要求,对机组进行烟气超低排放改造。

2.2 燃煤机组烟尘改造方案

燃煤电厂烟气除尘工艺包括电除尘器、袋式除尘器和电袋除尘器。其选择使用何种除尘器主要取决于企业规模、锅炉类型和配置等。目前,国内电除尘器提标改造技术主要有电袋复合技术、布袋除尘技术、旋转电极技术、高频电源技术、低温高效技术、烟气调质、湿式柔性静电除尘技术等。

某燃煤电厂提标改造采用静电除尘器的除尘方式,每台炉配两台双室六电场干式低温静电除尘器。现有除尘器内外顶盖、阴阳极系统、振打系统全部拆除,与现有六电场电除尘器相比,长度和宽度方向上的基础不变,在现有电场内部重新布置全新的阴阳极及振打系统。进口气流分布板更新,增设进口气流分布板振打装置。出口封头增设出口槽形板。为保证协同除尘效率,在吸收塔喷淋层下方增设聚气环,在吸收塔净烟道处加装一级烟道除雾器。除尘器和吸收塔改造后,除尘效率由现在的 99.8% 提高至 99.94%,烟尘排放浓度控制在 10 mg/m³ 以下。

2.3 改造方案的可行性分析

烟囱入口的粉尘由两部分组成:吸收塔出口烟气中未脱除的尘和吸收塔出口烟气中夹带的液滴中浆液颗粒。吸收塔出口烟气中未脱除的尘含量取决于烟气经过吸收塔洗涤后的尘脱除效率,吸收塔出口烟气中夹带的液滴中浆液颗粒的多少取决于烟气经过除雾器除雾后携带的液滴的含量,液滴含量越低,液滴中含有的浆液颗粒就越小。因此协同除尘实现烟囱入口处尘含量小于 5 mg/m³(标态、干基、6% O₂) 的指标需从提高吸收塔的除尘效率和降低烟气经过除雾器后的液滴含量着手。改造前烟气出口温度为 130 ~ 140 ℃,通过脱硫协同除尘改造,增加低温省煤器,使烟气温度降到 90 ℃ 以下,降温的目的是使温度越低,收尘的效果越好。吸收塔的除尘效率受以下因素的影响:粉尘的特性、浆液液滴的粒径、烟气流速、流场分布均匀性、液气比等。通过采取新增托盘、CFD 流场模拟,提高烟气分布均匀度;优化喷淋层

布置,提高覆盖率;优化喷嘴选型,采用高效同向双头喷嘴,降低液滴粒径。采用同向双头喷嘴可以产生更小的雾滴(由常规的 2 200 降到 1 600 μm),提高气液接触面积,提高粉尘被捕集几率的措施。同时采取降低脱硫塔除雾器出口液滴含量,减少液滴浆液颗粒夹带,从而降低出口粉尘的排放浓度。在脱硫协同除尘改造的同时,对除尘器的内部进行改造,提高电除尘器的效率,最终使烟尘排放浓度控制在 10 mg/m³ 以下。

3 超低排放改造后烟尘排放情况

超低排放改造前,320 MW 的超临界燃煤发电机组废气污染物烟尘出口排放浓度为 25 ~ 28 mg/m³,满足《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223—2011)燃煤锅炉排放限值要求^[5]。改造前后锅炉烟尘排放变化情况,见表 1。

根据文献[8]规定,超低排放监测需在不同煤种及工况负荷下累计监测 5 d。根据企业实际用煤情况,此次监测仅对单一煤种不同工况进行测试。每天一个工况,共监测 3 d。在机组除尘设施

出口、脱硫设施出口各设置 1 个监测点位,分别在 50% 左右、75% 左右、大于 90% 工况下,烟尘采集 5 个样品。

监测期间,机组在 50% 左右工况、75% 左右工况、大于 90% 工况下,脱硫设施出口烟尘折算浓度分别为 7.3 ~ 8.1、6.2 ~ 6.8 和 7.0 ~ 7.9 mg/m³。各工况下废气污染物折算浓度均符合文献[8]要求。除尘设施出口和脱硫设施出口监测结果,见表 2。

表 1 改造前后燃煤锅炉烟尘排放变化情况

锅炉	项目	烟尘
320 MW 锅炉	烟气量/m ³ ·h ⁻¹	881 000
	入口浓度/mg·m ⁻³	12 000
	改造前总出口浓度/mg·m ⁻³	25.00
	改造后总出口浓度/mg·m ⁻³	6.80
	改造前去除率/%	99.80
	改造后去除率/%	99.94
	改造前排放量/kg·h ⁻¹	22.00
	改造后排放量/kg·h ⁻¹	6.00
	削减量/kg·h ⁻¹	16.00

表 2 机组废气监测结果

监测点位	监测工况	监测次数	标态干烟气流量/m ³ ·h ⁻¹	烟尘浓度/mg·m ⁻³	
				实测	折算
除尘设施出口	机组负荷 66%	1	7.94 × 10 ⁵	9.1	10.9
		2	8.23 × 10 ⁵	9.0	10.7
		3	8.12 × 10 ⁵	9.1	10.9
		4	8.32 × 10 ⁵	8.9	10.4
		5	8.14 × 10 ⁵	8.6	10.0
	机组负荷 83%	1	8.23 × 10 ⁵	8.7	9.0
		2	8.16 × 10 ⁵	8.6	9.1
		3	8.55 × 10 ⁵	8.3	8.6
		4	8.56 × 10 ⁵	8.2	8.5
		5	8.84 × 10 ⁵	8.9	9.2
	机组负荷 93%	1	9.92 × 10 ⁵	9.5	10.2
		2	9.82 × 10 ⁵	9.5	9.9
		3	9.89 × 10 ⁵	9.2	9.5
		4	9.73 × 10 ⁵	9.8	10.1
		5	9.71 × 10 ⁵	9.8	10.1

续表 2

监测点位	监测工况	监测次数	标态干烟气流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	烟尘浓度/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	
				实测	折算
脱硫设施出口	机组负荷 66%	1	8.21×10^5	6.9	8.1
		2	8.53×10^5	6.8	8.1
		3	8.42×10^5	6.9	8.1
		4	8.70×10^5	6.7	7.8
		5	8.45×10^5	6.4	7.3
	机组负荷 83%	1	8.64×10^5	6.5	6.7
		2	8.54×10^5	6.4	6.7
		3	8.90×10^5	6.1	6.2
		4	8.97×10^5	6.0	6.2
		5	9.08×10^5	6.7	6.8
	机组负荷 93%	1	1.02×10^6	7.4	7.9
		2	1.02×10^6	7.3	7.5
		3	1.01×10^6	6.9	7.0
		4	9.99×10^5	7.6	7.7
		5	9.98×10^5	7.6	7.7

监测期间,机组运行负荷符合要求,监测工作严格按照有关规范进行,监测结果可以反映正常排污状况。机组在 3 种工况负荷下,脱硫设施出口烟尘折算浓度均符合文献[8]要求。

5 结论

随着中国生态环境管理要求的进一步提高,国家对火电的减排要求会越来越严,所以将减排工作做到前头是火电发展的未来趋势。一方面将高效静电除尘器、低低温电除尘等新技术推广应用到燃煤电厂超低排放改造中,探索最佳的烟气控制技术和方法,使燃煤机组烟尘排放始终满足国家环保管理要求^[9-11]。另一方面要加大排放高、污染重的煤电机组淘汰力度,以环境质量改善为目标,全面稳步有序推进具备改造条件的燃煤机组超低排放改造,避免环境效益差、经济代价大的超低排放改造。

参 考 文 献

[1]胡洋洋. 燃煤电厂超低排放改造项目全寿命周期成本管理研究[D]. 北京:华北电力大学(北京),2017.

[2]隋建才,徐明厚,邱继华,等. 煤燃烧中可吸入颗粒物的形成及其控制研究现状[J]. 热力发电,2014,32(12):9-12.

[3]鲁 晟,姚德飞. 燃煤电厂烟气中颗粒物颗粒粒径分布特征研究[J]. 环境污染与防治,2010,32(8):62-65.

[4]梁 硕. 燃煤电厂超低排放改造对颗粒物排放浓度的浅析[J]. 低碳世界,2017(35):67-68.

[5]国家环境保护部. 火电厂大气污染物排放标准:GB13223—2011[S/OL]. (2011-09-21)[2018-08-20]. <http://kjs.mee.gov.cn/hjbhzb/bzwb/dqhjbh/dqgdwrywrfbz/201109/W020130125407916122018.pdf>.

[6]国务院办公厅. 煤电节能减排升级与改造行动计划(2014—2020年)[EB/OL]. (2014-09-19)[2018-08-22]. http://www.gov.cn/foot/2014-09/19/content_2753137.htm.

[7]国家环境保护部,国家发展和改革委员会,国家能源局. 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》的通知(环发[2015]164号)[EB/OL]. (2015-12-15)[2018-08-22]. http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201512/t20151215_319170.htm.

[8]国家环境保护部办公厅,国家能源局综合司. 关于做好煤电机组达到燃机排放水平环保改造示范项目评估监测工作的通知(环办[2015]60号文)[EB/OL]. (2016-02-23)[2018-07-22]. http://sthj.ln.gov.cn/xgxkml/zfwj/lhh/201602/t20160223_89000.html.

[9]王婀娜,朱 林,姜艳靓,等. 燃煤电厂烟尘超低排放技术措施研究[J]. 电力科技与环保,2015,31(4):47-49.

[10]钱莲英,徐哲明,李震宇,等. 燃煤机组超低排放改造对汞的脱除效果研究[J]. 环境科学与管理,2016,41(4):64-67.

[11]张春鑫. 华能丹东电厂减排方案及效益评价[D]. 北京:华北电力大学(北京),2016.