

330MW 循环流化床锅炉燃烧系统低氮改造

王昊

晋控电力同达热电山西有限公司, 山西 大同 037000

[摘要]目前电站锅炉 NO_x 排放控制技术可分为燃烧控制和烟气净化两类措施, 其中, 后一种措施可使烟气中 NO_x 排放量显著降低, 但投资巨大, 运行费用昂贵。而为达到国家排放标准, 火电厂脱硝改造势在必行。出于技术和经济方面的衡量, 在保证脱硝效率和节省运行成本的前提下, 低氮燃烧器的配套改造成为首要选择。对于旋流对冲燃烧锅炉, 低氮燃烧器改造的技术核心是将燃烧器改为新型低氮燃烧器及采用炉内整体纵向分级燃烧技术。但是, 旋流对冲燃烧锅炉由于其燃烧器结构和布置方式的局限性导致燃烧器之间的混合及燃烧后期扰动差, 尤其针对贫煤锅炉, 若设计不合理或者燃烧优化调整不当, 易导致燃烧效率差、CO 及 NO_x 排放高、水冷壁高温腐蚀、燃烧器烧损、屏式过热器结渣及减温水量大等一系列问题。

[关键词] W 型火焰; 锅炉; 低氮; 燃烧器; 锅炉效率

DOI: 10.33142/ec.v5i10.6978

中图分类号: X701.7

文献标识码: A

Low Nitrogen Transformation of 330MW Circulating Fluidized Bed Boiler Combustion System

WANG Hao

Jinkong Electric Power Tongda Thermal Power Shanxi Co., Ltd., Datong, Shanxi, 037000, China

Abstract: At present, the NO_x emission control technology of utility boilers can be divided into two kinds of measures: Combustion control and flue gas purification. The latter measure can significantly reduce the NO_x emission in flue gas, but the investment is huge and the operation cost is expensive. In order to meet the national emission standards, the denitration transformation of thermal power plants is inevitable. Based on the measurement of technology and economy, on the premise of ensuring denitration efficiency and saving operating costs, the supporting transformation of low nitrogen burner has become the primary choice. For the swirl opposed combustion boiler, the technical core of the transformation of low nitrogen burner is to change the burner into a new low nitrogen burner and adopt the overall longitudinal staged combustion technology in the furnace. However, due to the limitations of burner structure and layout, the swirl opposed combustion boiler leads to poor mixing between burners and poor disturbance in the later stage of combustion. Especially for lean coal boilers, if the design is unreasonable or the combustion optimization adjustment is improper, it is easy to lead to a series of problems, such as poor combustion efficiency, high emission of CO and NO_x, high temperature corrosion of water walls, burning loss of burners, slagging of platen superheaters and large desuperheating water volume.

Keywords: W-shaped flame; boiler; low nitrogen; burner; boiler efficiency

1 项目情况简述

同达热电两台 330MW 循环流化床锅炉发电机组, 锅炉为 DG1165/17.5-II 1 型亚临界参数国产化循环流化床汽包炉、自然循环、单炉膛、一次中间再热、汽冷式旋风分离器、平衡通风、露天布置、燃煤、固态排渣、受热面采用全悬吊方式, 刚架为双排柱钢结构。两台机组分别于 2014 年 1 月 25 日和 3 月 12 日通过 168 小时试运进入商业运行。总体上锅炉运行比较平稳, 但存在锅炉局部床温高、床温偏差大、燃烧时 NO_x 原始排放值高, 脱硝剂氨水耗量偏大(每台炉日消耗氨水高达 70~80t、入炉煤粒度偏大, 一次流化风量偏高等问题。

为了降低锅炉脱硝系统的氨水耗量大问题, 经过对周边电厂的调研, 同时由漳电总部生产部牵头联系的烟台龙源环保的首席技术总监和西安热工院的专家进行技术交流和现场勘查, 分析并确定改造方案。由于改造的工程量、工期、资金及效果等方面考虑, 我公司决定 2021 年先对

改造效果好的 5 项进行实施。

1.1 布风板优化升级改造

对布风装置进行优化改造, 将布风板风帽全部更换, 达到 (1) 提高布风板一次风风速, 降低一次风机电流, (2) 风帽磨损速度降低, 提高了布风均匀性; (3) 降低 NO_x 原始生成量。

1.2 分离器改造

分离器回料口改造, 回料口打台坡; 中心筒升级改造; 达到 (1) 优化中心筒结构, 达到自有膨胀, 消除钢板受热膨胀的开裂的问题; (2) 回料灰前移, 达到床温均匀性、降低床温的目的。

1.3 SNCR 脱硝系统优化改造

在原有计量模块、分配模块的基础上, 新增一组 9 支喷枪的分配模块, 喷枪数量由原来的 21 支喷枪增加到 30 支, 重新布置喷枪位置并更换雾化效果好喷枪, 达到 (1) 提高脱硝喷枪分布均匀性; (2) 按照分离器水平烟

道 NO_x 流场分布,重新合理布置脱硝喷枪位置;加强烟气 NO_x 与氨分子的混合、反应速度,提高脱硝效率;(3)提高脱硝喷枪雾化效果和射流速度,增强穿透能力。

1.4 循环灰改造

将脱硫塔布袋除尘器灰斗的灰反向输送到锅炉#3、#4回料阀,由回料阀进入炉膛,增加床料的灰浓度,不仅可以降低床温,降低 NO_x 的生成,还能使灰中没有反应的氧化钙物质再次被利用,进行脱硫反应,已到达降低脱硫剂的耗量。

1.5 锅炉石灰石系统改造。

#1 锅炉原石灰石从锅炉前墙分四路给入,主管道管径为 $\phi 219\text{mm}$,由于石灰粉粒径较小,一次流化风量较大,造成石灰石利用率较低,建议将石灰石输送管道改到从炉后回料阀进入,为了简化系统,将新增石灰石输送管并到床料添加系统的输送管道上,利用床料添加系统管道进入炉膛,促使石灰石提前与循环灰混合、预热,进入炉膛即可达到反应的条件,提高石灰石粉的利用率。

2 项目运营阶段

2.1 低氮燃烧改造后 330MW 负荷运行情况

#1 锅炉于 2021 年 6 月 5 日 17:40—21:30 进行了 330MW 满负荷试验,改造后,330MW 满负荷的氨水耗量由 4.12t/h 降至 2.7t/h,降幅达到了 1.4t/h。



图 1 #1 锅炉低氮燃烧改造前 330MW 负荷锅炉总图

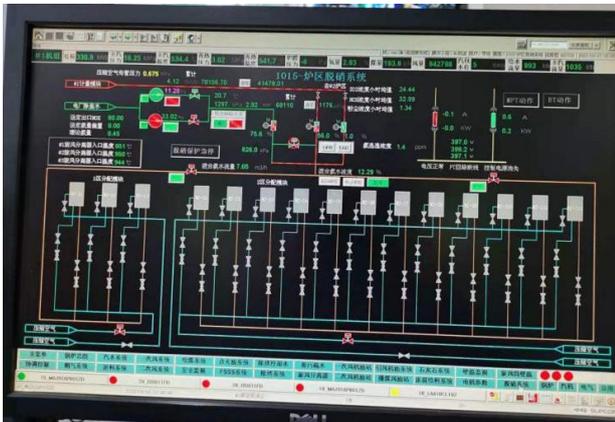


图 2 #1 锅炉低氮燃烧改造前 330MW 负荷脱硝系统

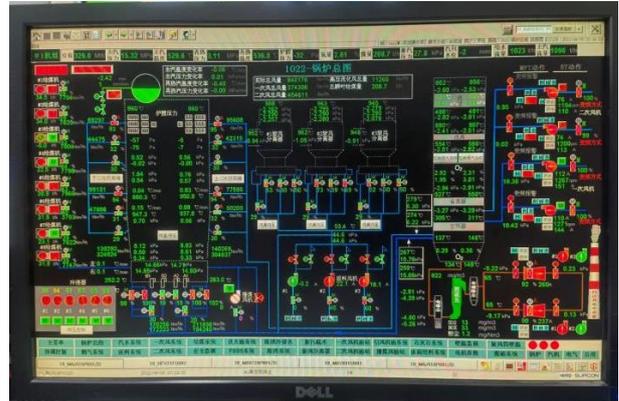


图 3 #1 锅炉低氮燃烧改造后 330MW 负荷锅炉总图

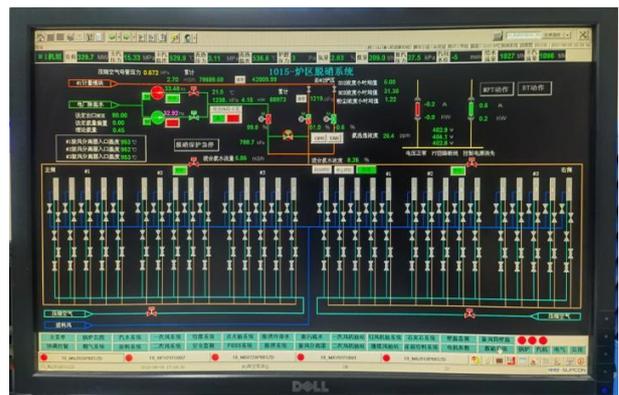


图 4 #1 锅炉低氮燃烧改造后 330MW 负荷脱硝系统

2.2 低氮燃烧改造后 125MW 负荷运行情况

#1 锅炉于 2021 年 6 月 4 日 10:00—14:30 进行了 125MW 深调负荷试验,通过对比分析,改造后锅炉床料流化好,炉膛上部物料浓度较改造前明显增多,运行床温基本一致(平均床温约 890℃)的情况下,旋风分离器入口烟道温度由改造前的 673℃、704℃、661℃上升至改造后的 752℃、711℃、736℃,两侧烟道温度升高近 80℃,更有利于脱硝反应。改造后,125MW 负荷的氨水耗量由 4.12t/h 降至 0.43t/h,稳定燃烧一段时间后降到 0.3t/h,大幅度降低了机组深调时的脱硝成本。



图 5 改造前深调负荷 125MW 锅炉总图

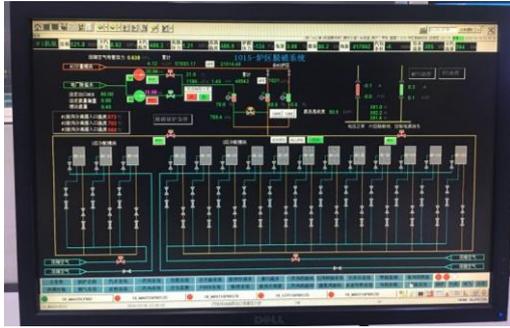


图 6 改造前深调负荷 125MW 脱硝系统



图 7 改造后深调负荷 125MW 锅炉总图

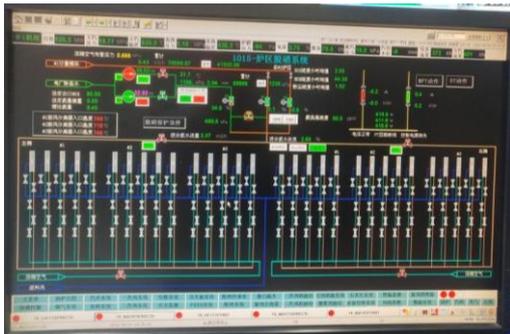


图 8 改造后深调负荷 125MW 脱硝系统

3 项目效果及效益评价

#1 锅炉于 2021 年 6 月 1 日启动后经过陕西国全中节能环保科技有限公司进行锅炉热力性能试验及节能降耗试验调整后，尿素耗量与前期氨水耗量明显下降，脱硝成本大大下降。

3.1 布风板风帽改造后效果

3.1.1 布风板阻力特性试验

风帽更换后进行了冷态和热态时的布风板阻力特性试验，阻力特性曲线如下图：

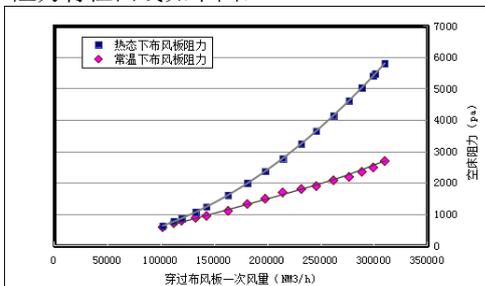


图 9 布风板阻力特性曲线

图 9 中下方曲线为试验条件下的布风板阻力特性，上方曲线为折算到一次风热态(正常运行 242℃)下的布风板阻力特性，即 242℃ 热风状态下的布风板阻力特性。通过此曲线我们可以直观看到在热态风量 300000Nm³/h 下的布风板阻力为 5024Pa 左右。与原锅炉布风板的阻力 4.5kPa 相比，提高了 0.5kPa，布风更均匀，流化效果更好，平整度试验左右侧床料厚度偏差小于 20mm，机组启动后炉膛两侧床温提高，床温分布比以前均匀。风帽改造后，锅炉运行期间一次流化风量降低，一次风机耗电量降低 0.17 个百分点。同时，减弱了锅炉密相区富氧燃烧，原始 NO_x 生成量减少。

3.1.2 临界流化风量测定和平整度试验

本次试验进行了料层厚度为 690mm 工况下的临界流化风量，锅炉的料层阻力随穿过布风板一次流化风量的变化曲线如图 10 所示。通过试验可以看到料层阻力约为 7482Pa，临界流化风量为 200000Nm³/h。

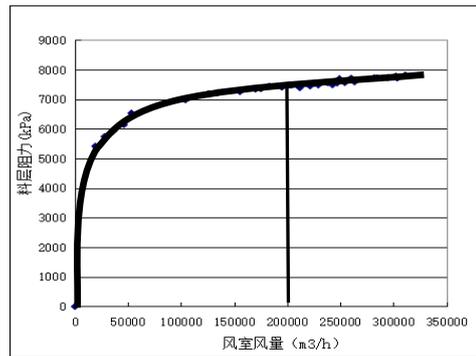


图 10 料层厚度 670mm 工况下临界流化风量及料层阻力曲线图

3.1.3 布风均匀性试验

最低流化风量试验结束后，跳停风机，打开引风机挡板，待炉内灰尘静止后，进入炉内观察炉膛床层表面平整度如图 3 所示，平整度较好。测量床层厚度结果见表 1，左右侧最大料层差约 20mm。



图 11 料层平整度现场图

3.2 分离器中心筒改造后效果

#1 锅炉分离器中心筒改造后，分离器出入口差压增加 0.2kPa。6 月 25 日对#1、#2 锅炉飞灰进行取样化验如下：



图 12 #1 锅炉和#2 锅炉飞灰取样对比

表 1 #1 锅炉和#2 锅炉飞灰化验结果对比

项目	#1 锅炉	#2 锅炉
飞灰粒度 (>0.25mm)	1.5%	2.3%
飞灰含碳量 (%)	2.76%	4.98%

3.3 SNCR 脱硝系统优化改造

3.3.1 改造前后一周数据对比

改造完成后，进行了冷态雾化试验，雾化效果较好，水平烟道达到了全覆盖，能够保证与烟气充分混合。#1 机组启动后进行了改造前后耗量分析，如表 3 所示，2021 年 4 月 16 日至 4 月 22 日为供热期结束至#1 机组停运前纯凝工况运行时间段。2021 年 6 月 2 日至 6 月 8 日为#1 机组技术改造完成启动后第一周运行时间段，该时段尿素车间未竣工，脱硝系统仍使用氨水。通过数据对比分析改造前后，氨水度电单耗降低 2.71g/kWh，效果比较显著。

表 2 #1 锅炉低氮燃烧改造前后氨水耗量对比情况

项目	技改前	技改后
时间	4 月 16 日-4 月 22 日	6 月 2 日-6 月 8 日
发电量 (万 kWh)	4434.65	4114.55
负荷率 (%)	79.99	74.21
氨水耗量 (t)	436	293
单耗 (g/kWh)	9.83	7.12

由上述数据可知，自投运尿素以来，我厂脱硝成本同比下降 7.96 元/兆瓦时，较同期脱硝成本下降 60.12%。

表 3 为 2021 年前半年使用氨水和后半年使用尿素的耗量表

日期	氨水/尿素				
	发电量 万千瓦时	主汽流量 吨	实际耗量 吨	单价 元	单位耗量 千克/吨蒸汽
2021 年 1 月	33769.45	1394581	4630	1100.92	3.32
2021 年 2 月	25215.85	1048353	3222	1100.92	3.07
2021 年 3 月	30816.50	1124718	4119	1100.92	3.66
2021 年 4 月	22822.25	785760	2209	1100.92	2.81
2021 年 5 月	17048.90	533364	2110	1100.92	3.96
2021 年 6 月	36317.05	1136669	1838	1100.92	1.62
2021 年 7 月	34626.90	1088522	642	3109	0.59
2021 年 8 月	39553.25	1237436	858	3004	0.69
2021 年 9 月	23189.65	722971	460	3014	0.64
2021 年 10 月	25462.80	836130	603	3383	0.72
2021 年 11 月	23944.25	1070868	548	2995	0.51
2021 年 12 月	31146.50	1223761	673	2844	0.55
合计	343913.35	12203133	21912.96		1.80

通过以上表格看出 1~6 月份主汽流量合计 6023445 吨（考虑供热），氨水耗量 18128 吨，每吨氨水 1100 元/吨，总计 19940800 元；7~12 月份主汽流量合计 6179688 吨，尿素耗量 3784 吨，每吨尿素平均价 3058 元/吨，总计 11571472 元，前半年和后半年在蒸发量基本相同情况下，节约 8369328 元；前半年氨水折算成尿素后的差价 $18128 \div 3 \times (1100 \times 3 - 3058) = 1462164$ 元，即低氮燃烧改造节约成本 6907164 元，尿素车间改造节约 1462164 元。（如果按照 12203133 吨/年蒸发量，氨水单耗 3kg/吨和尿素单耗 0.6kg/吨计算，一年可节约 17880029 元）。

[参考文献]

- [1]董亚光. 国外关于降低锅炉 NO 排放的问题[J]. 锅炉技术, 1985(6): 3-14.
 - [2]钟万里, 吴爽登, 曾凡云. 超临界锅炉水冷壁高温腐蚀及对策[J]. 热力发电, 2009, 38(12): 106-108.
 - [3]李德波, 沈跃良. 前后墙对冲燃煤锅炉 CO 和 NO_x 分布规律的试验研究[J]. 动力工程学报, 2013(7): 502-506.
 - [4]吕同波, 李建浏, 胡永锋. SCR 法烟气脱硝技术在燃气锅炉上的工程应用[J]. 节能技术, 2009, 27(153): 65-68.
 - [5]王智. 火电厂烟气脱硝现状分析[J]. 企业导报, 2014(22): 23-25.
 - [6]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, 2009.
- 作者简介: 王昊 (1984-) 男, 本科学历, 所学专业, 热能与动力工程。