

# 300 MW 燃煤锅炉低氮燃烧器改造研究

黄俊杰

(广州恒运企业集团股份有限公司, 广东 广州 510730)

**摘要:**为更好地达到新环保标准《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)的要求以及进一步降低脱硝运行成本,对某电厂300 MW燃煤锅炉进行了低氮燃烧器改造的必要性与可行性的研究分析,决定采用某锅炉厂新研发的多维深度分级燃烧系统,并实施了低氮燃烧器技术改造。为了考察新型低氮燃烧系统改造后的运行状态,以及为电厂日常运行寻找最佳工况,依据国家以及行业相关标准进行多维深度分级燃烧系统(多维深度分级)的调试,进行制粉系统试验和燃烧优化调整试验,通过磨煤机出力特性试验、磨煤机分离器挡板特性试验、煤粉细度调整试验,还有习惯工况下变氧量试验、变高位燃尽风量试验、变高位燃尽风摆角试验、变氧试验、磨煤机投运组合试验、变低位燃尽风量试验、变夹心风量试验、二次风配风方式试验、负荷特性试验、空预器漏风测试等一系列试验,优化低氮燃烧器的燃烧调整,寻找较优运行工况,优化锅炉燃烧状况,更好地实现脱硝反应器前入口烟气中NO<sub>x</sub>含量低于300 mg/Nm<sup>3</sup>的排放要求,延长昂贵的SCR反应器中金属催化剂的寿命,进一步降低SCR脱硝装置的运行成本,实现节能降耗,令锅炉燃烧更加地稳定、可靠与经济,防止出现水冷壁严重结焦和大屏严重挂焦问题,提高锅炉效率,达到了改造目标。

**关键词:**燃煤锅炉; 氮氧化物; 低氮燃烧器; 改造调整

文章编号:2096-4633(2018)05-0052-07 中图分类号:TK22 文献标志码:B

氮氧化物(简称NO<sub>x</sub>)对环境的污染不容小觑,影响着经济与社会的发展。NO<sub>x</sub>和SO<sub>x</sub>大气中可分别形成硝酸和硫酸以及细颗粒,引起地区性酸雨污染现象。火力发电企业作为氮氧化物污染源头,较为集中,治理方便,为此发电企业在做好社会能源供应的同时更应承担起社会责任,加强NO<sub>x</sub>排放的治理工作,为社会提供绿色电力以更好服务社会发展<sup>[1-8]</sup>。

而且由于国家新环保标准《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)的公布,对环保要求越来越严格,对于重点地区的火力发电锅炉需执行氮氧化物(以NO<sub>2</sub>计)排放限值为100 mg/m<sup>3</sup><sup>[9-12]</sup>。为更好地达到环保要求以及进一步降低脱硝运行成本,决定对某电厂300 MW燃煤锅炉进行低氮燃烧器改造,采用了某锅炉厂新研发的多维深度分级燃烧系统,并实施了技术改造。并依据国家及行业标准,进行了一系列的运行调整试验,优化了运行调整方式,寻求较优运行工况,大幅度地降低了脱硝装置入口NO<sub>x</sub>含量。

## 1 改造前的燃烧器概况

改造的锅炉型号为DG1025/18.2-II(4)型,其为亚临界参数,一次中间再热、自然循环、单炉膛、

全悬吊露天布置、平衡通风、燃烧系统四角布置、切圆燃烧、固态排渣燃煤汽包炉,原设计锅炉尾部烟道同步有SCR脱硝装置。改造前,锅炉省煤器出口NO<sub>x</sub>值一般为450~500 mg/Nm<sup>3</sup>,原燃烧器设备布置图如图1所示。

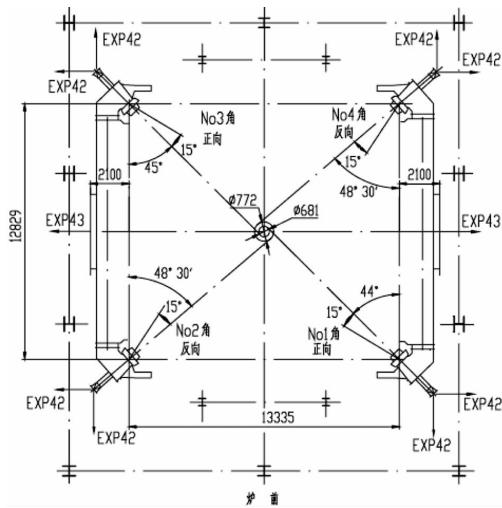


图1 原燃烧器设备布置图

Fig. 1 Original burner equipment layout

该300 MW锅炉原燃烧器采用东方锅炉厂设计制造的低氮燃烧器,一方面,该燃烧器为采用均等配

风的四角切圆直流燃烧器,一、二次风喷口布置过于集中,顶二次风也没跟其余喷口拉开距离,导致还原区偏小,造成还原能力受到限制,没有充分考虑降低 NO<sub>x</sub> 措施<sup>[11~13]</sup>。

另外,炉内燃烧可控性较差,虽然采用水平浓淡浓缩器,但是早期的一次风喷口未将水平浓淡浓缩器分离后的浓煤粉和淡侧气流分别送入炉膛,在炉内燃烧的过程中淡侧气流过早的与浓煤粉混合,降低了浓淡分离的效果,而且燃尽风量过小,二次风混入过早,燃烧器区域化学当量比较高,燃烧所需要的相当部分空气均从燃烧器区域加入,容易形成富氧燃烧,给燃料型和热力型 NO<sub>x</sub> 生成创造了条件,致使脱硝装置入口 NO<sub>x</sub> 生成量偏大,一般 NO<sub>x</sub> 值为 450~500 mg/Nm<sup>3</sup>,也使得脱硝装置喷氨量增大、催化剂容易提早中毒失效,增加脱硝运行成本<sup>[14~15]</sup>。

## 2 低氮燃烧器改造方案

结合电厂生产实际,采用多维深度分级燃烧系统。多维深度分级燃烧系统能实现轴向、径向和周向的空气和燃料深度分级,有效控制 NO<sub>x</sub> 的生成,还具有极好的稳燃能力,确保煤粉燃尽,同时防止水冷壁高温腐蚀和炉膛结焦<sup>[16~17]</sup>。

改造后仍为四角布置、切圆燃烧方式,采用上下浓淡垂直分离直流式煤粉燃烧器,除等离子点火煤粉燃烧器和底二次风固定不摆动外,其余喷口采用摆动式设计,新增布置两层 LOFA 燃尽风和两层 HOFA 燃尽风。炉膛四角燃烧器的安装中心线在炉膛中心形成大小两个直径分别为 Φ772 mm 和 Φ681 mm 的假想切圆,主二次风和一次风淡相气流在此形成逆时针的主气流旋转,浓相一次风反切一定角度在炉膛中心形成顺时针旋转气流,部分二次风正向偏转一定角度喷入炉膛。燃烧器中心线与侧墙水冷壁的夹角分别为 44° 和 48.5°,改造后的燃烧器平面布置见图 2。

燃烧器改造后,上组布置两层高位燃尽风(HOFA)喷口,中组布置有两层低位燃尽风(LOFA)和两层 MDSS 燃烧器,喷口的布置型式为 LOFA2 - LOFA1 - 2 - 1(淡相) - 2(夹心) - 1(浓相) - 2 - 1(淡相) - 2(夹心) - 1(浓相) - 2;下组布置两层 MDSS 燃烧器和一层等离子点火燃烧器,喷口的布置型式(由上至下)为 2 - 1(浓相) - 2(夹心) - 1(淡相) - 2 - 1(浓相) - 2(夹心) - 1(淡相) - 2 - 1(等离子) - 2。总共 5 层一次风,4 运 1 备。改造

前、后的喷口对照图见图 3 所示。

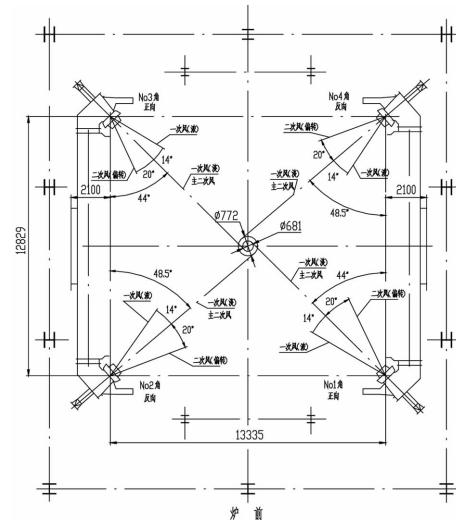


图 2 低氮燃烧器改造后的布置图

Fig. 2 Layout of Low-NO<sub>x</sub> combustor after transformation

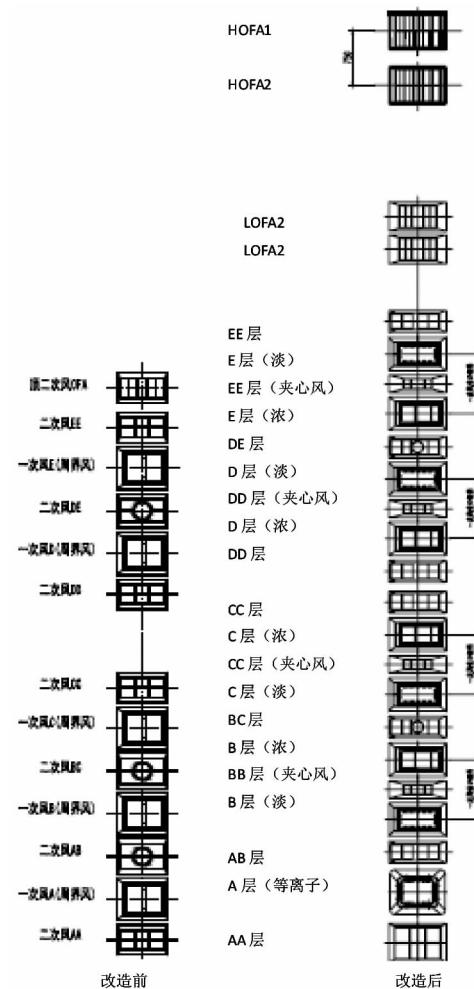


图 3 改造前、后的喷口对照图

Fig. 3 A contrast diagram of the nozzle before and after the transformation

### 3 低氮燃烧器改造后的运行调整

实施低氮燃烧器改造后,为保证锅炉稳定安全、经济运行,确定运行主要参数对 NO<sub>x</sub> 排放的影响规律,降低 NO<sub>x</sub> 排放,进行了一系列的锅炉燃烧调整试验,寻找锅炉的最佳运行方式与工况,避免由于燃

烧状态不良造成的炉膛热负荷分配不均、炉膛出口烟温偏差大引起的受热面热偏差、减缓水冷壁结焦与高温腐蚀等问题。

#### 3.1 试验工况及内容

燃烧调整试验共完成 20 个工况的试验,具体的试验工况和内容见下表。

表 燃烧优化调整试验工况及内容

Tab. Combustion optimization and adjustment test conditions and content

| 名称    | 机组<br>负荷<br>/MW | 实测预热器<br>入口氧量<br>/% | 飞灰平均<br>含碳量<br>/% | 炉渣平均<br>含碳量<br>/% | 脱硝前平均<br>NO <sub>x</sub> 排放<br>/(Mg/Nm <sup>3</sup> ) | 实测平均<br>排烟温度<br>/℃ | 修正后<br>锅炉效率<br>/% | 工况说明          |
|-------|-----------------|---------------------|-------------------|-------------------|---|--------------------|-------------------|---------------|
| 工况 1  | 297.7           | 3.15                | 3.31              | 3.67              | 458.9   | 132.5              | 93.08             | 300 MW 标定     |
| 工况 2  | 304.2           | 2.63                | 3.41              | 1.22              | 391.0   | 133.7              | 93.26             | 预备性试验         |
| 工况 3  | 269.3           | 3.01                | 2.08              | 1.52              | 327.4   | 132.9              | 93.47             | 变氧量           |
| 工况 4  | 302.0           | 2.16                | 3.87              | 2.72              | 274.4   | 134.0              | 92.62             | 变高位燃尽风量       |
| 工况 5  | 287.2           | 2.35                | 1.97              | 1.41              | 281.8   | 141.2              | 93.82             | 调整煤粉细度变燃尽水平摆角 |
| 工况 6  | 285.6           | 2.57                | 1.84              | 1.50              | 257.3   | 137.5              | 94.46             | 变高位燃尽风量       |
| 工况 7  | 272.9           | 2.55                | 1.90              | 1.86              | 238.7   | 135.0              | 93.58             | 变氧量           |
| 工况 8  | 270.5           | 2.22                | 2.08              | 1.37              | 224.4   | 135.5              | 93.56             | 变氧量           |
| 工况 9  | 281.8           | 2.37                | 2.10              | 0.47              | 282.7   | 131.6              | 93.78             | 投磨组合          |
| 工况 10 | 278.5           | 2.37                | 2.07              | 0.22              | 293.5   | 129.5              | 93.91             | 变低位燃尽风量       |
| 工况 11 | 273.8           | 2.28                | 2.05              | 0.48              | 257.6   | 128.3              | 93.92             | 变低位燃尽风量       |
| 工况 12 | 275.1           | 2.29                | 1.52              | 0.53              | 267.2   | 134.1              | 93.77             | 变夹心风量         |
| 工况 13 | 279.2           | 2.10                | 2.42              | 0.47              | 270.2   | 130.3              | 93.65             | 变夹心风量         |
| 工况 14 | 289.9           | 2.29                | 2.12              | 3.79              | 224.8   | 134.6              | 93.54             | 调整煤粉细度正塔配风    |
| 工况 15 | 290.5           | 2.13                | 2.44              | 2.78              | 231.6   | 132.0              | 93.77             | 均等配风          |
| 工况 16 | 295.7           | 2.28                | 2.87              | 3.94              | 234.8   | 130.9              | 93.59             | 倒塔配风          |
| 工况 17 | 301.6           | 1.96                | 3.11              | 3.96              | 199.1   | 135.5              | 93.22             | 调整煤粉细度负荷特性试验  |
| 工况 18 | 245.2           | 2.11                | 3.19              | 4.35              | 186.2   | 131.4              | 93.30             | 负荷特性试验        |
| 工况 19 | 222.4           | 2.29                | 2.18              | 3.61              | 193.1   | 130.5              | 93.63             | 负荷特性试验        |
| 工况 20 | 179.2           | 2.73                | 2.66              | 2.27              | 248.7   | 132.5              | 93.08             | 负荷特性试验        |

工况 1 采用电厂常用操作参数与方式进行试验,发现脱硝前平均 NO<sub>x</sub> 排放都较高。

#### 3.2 习惯工况下变氧量试验

变氧量试验在工况 2 试验前进行了摸索试验,在习惯运行工况下,将氧量由大变小,每次稳定半小

时,实测脱硝入口 NO<sub>x</sub> 排放值和 CO 排放值,试验结果如图 4 所示。

在习惯工况下,随着氧量的降低,NO<sub>x</sub> 排放呈现单边下降趋势,CO 排放在氧量 2.63% 以下后出现大幅度上升趋势。因此将氧量控制在 2.63% 进

行了煤灰渣取样分析,试验结果如下:工况2在工况1的基础上降低氧量,NO<sub>x</sub>排放降低67.9 mg/Nm<sup>3</sup>,飞灰可燃物相当,排烟损失略微降低,锅炉热效率略微升高。

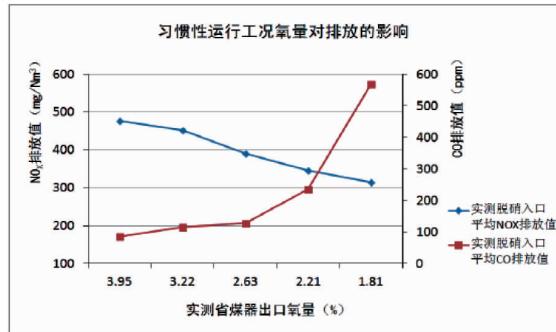


图4 习惯性运行工况氧量对排放的影响

Fig. 4 The effect of oxygen on emission of habitual operating condition

### 3.3 变高位燃尽风量试验

变高位燃尽风量试验在工况4试验前进行了摸索试验,以确定最佳的燃尽风开度组合,

二次风采用均等配风方式,低位燃尽风设定在50%开度。如图5所示。

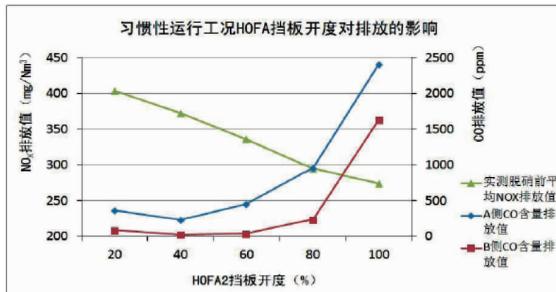


图5 习惯运行工况下 HOFA 挡板开度

对排放的影响

Fig. 5 The influence of HOFA baffle opening on emission in the habit running condition

当HOFA燃尽风门开大后,NO<sub>x</sub>排放量随之降低,曲线呈现单调大幅度下降趋势,不过在习惯运行工况下开大HOFA开度,达到60%以上时,CO排放量开始大幅度上升,分析认为:加大主燃烧区域分级程度后,NO<sub>x</sub>排放量随之降低,但CO排放量上升较多,而HOFA燃尽风未能有效混合,出现CO排放量大幅度上升高,引起锅炉效率的下降。

### 3.4 变高位燃尽风摆角试验

为了解决高位燃尽风量开大后,CO排放量升高的问题,工况5尝试调整高位燃尽风摆角,由于HOFA可以摆动的角度不大,而且燃尽区煤粉燃烧

已接近完成,因此调整HOFA上下摆角对减温水量、NO<sub>x</sub>排放和CO排放影响不大,可将HOFA设置在水平位置。

随后进行了高位燃尽风水平摆角调整,将HOFA1整层反切角度加大10°,而HOFA2整层反切角度减少5°后,实测脱硝前两侧的CO排放均低于100 ppm,满足CO控制要求。

工况4由于飞灰可燃物和CO排放较高,锅炉热效率仅达到92.62%,工况5调整燃尽风水平摆角和磨煤机分离器挡板后,CO和飞灰可燃物恢复到正常水平,锅炉热效率也提升到93.32%,工况6将高燃尽风挡板恢复到工况4的水平,CO排放没有明显升高,而实测脱硝前平均NO<sub>x</sub>排放值降到了257.3 mg/Nm<sup>3</sup>,试验中发现,增加燃尽风量,实现主燃烧区域的深度分级,可大幅度降低NO<sub>x</sub>排放值,通过调整HOFA水平摆角,可控制CO排放,保证锅炉效率。

### 3.5 变氧量试验

在开大HOFA燃尽风条件下,270 MW负荷对氧量进行了精细调整,投磨组合为ABCD。由于优化了HOFA燃尽风水平摆角,氧量由工况3的3.01%降低到工况8的2.22%,排烟中CO没有明显上升,同时由于煤粉细度控制合理,针对试验期间燃煤特性,氧量降低到工况8的2.22%,飞灰可燃物变化不大,而实测脱硝前平均NO<sub>x</sub>排放由327.4 mg/Nm<sup>3</sup>大幅度降低到224.4 mg/Nm<sup>3</sup>,可见,要实现低氮燃烧,炉膛出口氧量的控制非常重要。如图6所示。

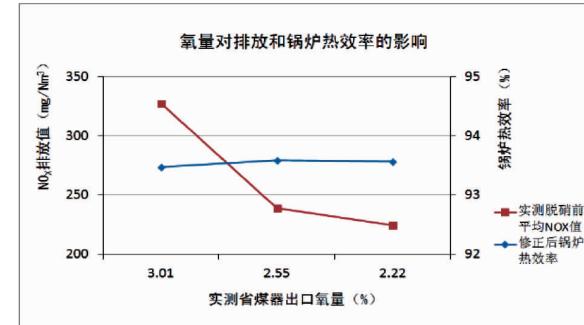


图6 氧量对排放和锅炉热效率的影响

Fig. 6 The effect of oxygen on emissions and boiler efficiency

### 3.6 磨煤机投运组合试验

工况9中,将ABCD磨运行切换为BCDE磨运行后,燃烧器摆角由38.2%调整到65.3%,过热器

减温水量增加 7.3 t/h, 再热器减温水量增加 6.9 t/h, 飞灰可燃物变化不大, 炉渣可燃物明显降低, 实测脱硝前平均  $\text{NO}_x$  排放值比工况 8 增加 58.3 mg/Nm<sup>3</sup>, 增幅较大, 主要原因为投运 E 层磨煤机后, 还原区高度减少所致。

### 3.7 变低位燃尽风量试验

工况 10 和工况 11 在工况 9 的基础上改变了 LOFA 低位燃尽风挡板开度, 高位燃尽风全开, 结果发现, LOFA 风量对飞灰可燃物、减温水量和锅炉热效率的影响不明显, 但对  $\text{NO}_x$  排放影响显著, LOFA 挡板开度由工况 10 的 30% 开大到 100% 后, 实测脱硝前平均  $\text{NO}_x$  值由 293.5 mg/Nm<sup>3</sup> 降低到 257.6 mg/Nm<sup>3</sup>, 降幅为 12.2%, 当 LOFA 燃尽风门开大后,  $\text{NO}_x$  排放量曲线呈现单调下降趋势。

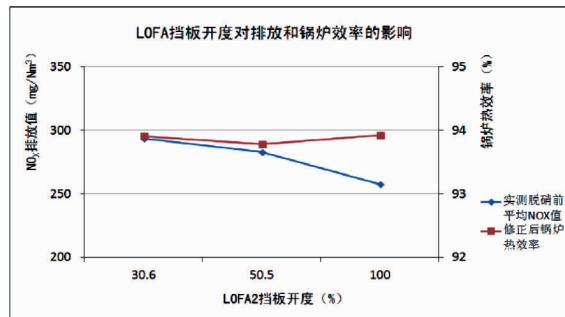


图 7 LOFA 风量对  $\text{NO}_x$  排放和锅炉热效率的影响曲线

Fig. 7 The influence curve of LOFA air volume on  $\text{NO}_x$  emission and boiler thermal efficiency

### 3.8 变夹心风量试验

工况 11、工况 12 和工况 13 进行了变夹心风试验, 投磨组合为 BCDE, 高位燃尽风和低位燃尽风全开。试验发现, 改变夹心风量对  $\text{NO}_x$  排放值影响不明显, 但对飞灰可燃物和减温水量影响显著。当增加夹心风量时减温水量和飞灰含碳量降低, 主要是由于开大夹心风后火焰中心下移所致。关小夹心风后回火强烈, 对稳燃比较有利, 但回火过强容易烧损喷口, 在试验燃煤条件下, 建议投运一次风燃烧器的夹心风门设置在 35~50% 比较适宜。

### 3.9 二次风配风方式试验

工况 14 至 16 进行了二次风配风方式试验, 投磨组合采用 ABCD 磨, 鉴于前面试验时机组不能带到 300 MW 负荷, 工况 14 试验开始前将 A 磨分离器挡板刻度由 49 调整到 52, B、C、D 磨分离器挡板刻度由 46 调整到 50, 夹心风门设定为

35% 进行试验, 二次风配风试验时, E 层燃烧器未投运, EE 层关小到 5%, CC 层和 DD 层为两组燃烧器间的二次风, 将 CC 层关小到 5%, 为了保证炉渣可燃物, 将 AA 层固定设置在 65%, 其他二次风平均开度 ~35%, 可得, 煤粉细度调粗后, 飞灰和炉渣可燃物有所升高, 其中正宝塔配风方式  $\text{NO}_x$  排放值最低。

### 3.10 负荷特性试验

锅炉燃烧调整后各负荷段  $\text{NO}_x$  排放明显降低, 300 MW 负荷条件下, 工况 17 实测脱硝前平均  $\text{NO}_x$  排放从工况 1 的 458.9 mg/Nm<sup>3</sup> 降低到 199.1 mg/Nm<sup>3</sup>, 炉内脱硝效率达到 56.6%, 喷氨量由工况 1 的 134.9 Nm<sup>3</sup>/h 降低到 49.6 Nm<sup>3</sup>/h, 降幅为 63.2%, 锅炉热效率 93.22%, 要实现低  $\text{NO}_x$  排放, 除了低氮燃烧系统改造外, 采用低氮运行方式也至关重要。

综合所有试验工况分析认为, 工况 17 和工况 18 由于氧量控制较低, CO 排放量有所升高, 比对前期调整试验结果, 燃用试验期间神华烟煤, 300 MW 负荷控制省煤器出口氧量在 2.2% 左右比较适宜, 对应过量空气系数为 1.12, 可控制脱硝前  $\text{NO}_x$  排放在 220 mg/Nm<sup>3</sup> 左右。

## 4 结论

300 MW 燃煤锅炉经低氮燃烧器改造后, 通过调整试验可得, 多维深度分级燃烧系统表现出燃烧稳定性好, 而低氧量运行有利于降低  $\text{NO}_x$  排放<sup>[18~20]</sup>, 额定负荷控制过量空气系数在 1.12 左右较为适宜, 在保证锅炉效率的同时, 可实现低  $\text{NO}_x$  排放; 高位燃尽风 HOFA 对降低  $\text{NO}_x$  排放作用明显, 高位燃尽风门开度增加,  $\text{NO}_x$  排放呈单边下降趋势, 高位燃尽风上下摆角的调整对主要参数的影响不大, 而通过调整高位燃尽风水平摆角, 可有效控制 CO 排放, 保障锅炉效率; 低位燃尽风 LOFA 对降低  $\text{NO}_x$  排放作用明显, 随着还原风门开度的增加,  $\text{NO}_x$  排放呈单边下降趋势; 在较低的一次风率下运行有利于  $\text{NO}_x$  排放的控制, 运行过程中在不堵煤粉管的条件下, 需要尽量降低一次风率<sup>[21~22]</sup>。

锅炉燃烧优化调整后, 各负荷段  $\text{NO}_x$  排放显著降低, 燃用神华烟煤, 额定负荷脱硝前实测  $\text{NO}_x$  排放从 450~500 mg/Nm<sup>3</sup> 降到 190~240 mg/Nm<sup>3</sup>, 锅

炉热效率高于 93.05% ,各项性能指标优良,改造效果显著。

#### 参考文献:

- [1] 王春昌. 低 NO<sub>x</sub> 燃料分级燃烧技术应用探讨 [J]. 热力发电, 2009, 38(05): 10–13.
- WANG Chunchang. Application Problem Study of Low NO<sub>x</sub> Staged Combustion Technology [J]. Thermal Power Generation. 2009, 38 (05). 10–13.
- [2] 朱利军. 300 MW 燃煤锅炉低氮氧化物燃烧的改造 [J]. 广东电力, 2009, 22(04): 64–67.
- ZHU Lijun. Modification on of Low Nitrogen Oxide Combustion for 300 MW Coal fired Boiler[J]. Guangdong Electric Power. 2009. 22 (04):64–67.
- [3] 费俊, 吴必科, 李云峰, 等. 立体分级低氮燃烧技术在恒运电厂 2×210 MW 锅炉上的应用 [J]. 科学技术与工程. 2010, 34 (10):8421–8426.
- FEI Jun, WU Bike, LI Yunfeng, et al. Stereo-staged Process of Low NO<sub>x</sub> Combustion Technique in Hengyun Power Plant 2 × 210 MW Boiler Applications[J]. Science Technology and Engineering. 2010, 34 (10):8421 – 8426.
- [4] 王热, 郭春源, 王伍泉, 利用“双尺度”燃烧技术进行燃烧器改造 [J]. 华北电力技术, 2011, 38(01): 41–44.
- Wang Re, Guo Chunyuan, Wang Wuquan. Burner Reformation Based on Double-scale Combustion [J]. North China Electric Power. 2011, 38(01):41 – 44.
- [5] 贾宏禄. 国外几种锅炉低氮燃烧改造方案及业绩考察 [J]. 江苏电机工程. 2006, 25(03):81–84.
- JIA Honglu. Overseas Boiler Low-NO<sub>x</sub> Combustion System Retrofits and Their Application Survey[J]. Jiangsu Electric Engineering. 2006, 25(03):81 – 84.
- [6] 禹庆明, 张波, 朱宪然, 等. 低氮燃烧器改造及运行调整方法探讨 [J]. 华北电力技术, 2012, 28(07):35–38.
- YU Qingming, ZhangBo, Zhu Xianran, et al. Study of Low NO<sub>x</sub> Burner Retrofit and Operation Adjustment[J]. North China Electric Power. 2012, 28(07):35 – 38.
- [7] 候向阳. 燃煤锅炉燃烧优化的调整试验研究 [J]. 电力建设, 2006, 27(06):35–38.
- HOU Xiangyang. Study on regulation and test of combustion optimization for coal-fired boilers [J]. Electric Power Construction. 2006, 27 (06): 35 – 38.
- [8] 向楠. 电厂低氮燃烧系统改造探讨 [J]. 电站系统工程, 2013, 29(02):79–81.
- XIANG Nan. Discussion on Low-NO<sub>x</sub> System Reformation of Power Plant[J]. 2013,29(02):79 – 81.
- [9] 关涛, 彭志刚. 锅炉燃烧器低 NO<sub>x</sub> 改造效果分析 [J]. 电站系统工程, 2009, 26(02):31–33.
- GUAN Tao, PENG Zhigang. Analysis of Boiler Burner Reconstruction for Low-NO<sub>x</sub> [J]. Power System Engineering, 2009, 26(02):31 – 33.
- [10] 陈辉, 黄启龙, 戴维葆, 等. 国内 300 MW 等级电站锅炉低氮燃烧器性能比较与评价 [J]. 华东电力, 2013, 41(05): 1116 – 1119.
- CHEN Hui, HUANG Qilong, DAI Weibao, et al. Comparison and evaluation of Low-NO<sub>x</sub> combustor performance of 300 MW power station boiler in China [J]. East China Electric Power. 2013, 41 (05):1116 – 1119.
- [11] 童家麟, 赵振宁, 王晶晶, 等. 国内强化燃烧、低 NO<sub>x</sub> 直流燃烧器的发展 [J]. 华北电力技术, 2012(04):1 – 6.
- TONG Jialin, ZHAO zhenning, WANG Jingjing, et al. Development of Domestic Low NO<sub>x</sub> Direct-flow Burners and Enhanced Combustion Techniques[J]. North China Electric Power. 2012(04):1 – 6.
- [12] 张耀. 低氮燃烧改造在电厂应用研究 [J]. 贵州电力技术, 2014, 17(01):52 – 54.
- ZHANG Yao. Application Research of Low NO<sub>x</sub> Combustion Reformation in Power Plant [J]. Guizhou Electric Power Technology. 2014, 17(01):52 – 54.
- [13] 黄伟, 曾汉才. 分级燃烧对 NO<sub>x</sub> 排放的试验研究 [J]. 电站系统工程, 2005, 21(04):8 – 10.
- HUANG Wei, ZENG Hancai. Experiment research for the air staging on NO<sub>x</sub> emissions[J]. Power System Engineering, 2003, 21(04):8 – 10.
- [14] 冯兆兴, 安连锁, 李永华, 等. 空气分级燃烧降低 NO<sub>x</sub> 排放的试验研究 [J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(z1):88 – 92.
- FENG Zhaoxing, AN Liansuo, Li Yonghua, et al. Experimental Study on Reducing NO<sub>x</sub> Emission by Air Staged Combustion[J], Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engineering, 2006, 26 (25):88 – 92.
- [15] 张晓辉, 孙锐, 孙绍增, 等. 立体分级燃烧对 NO<sub>x</sub> 排放特性的影响 [J]. 机械工程学报, 2009, 45(02):199 – 205.
- ZHANG Xiaohui, SUN Rui, SUN Shaozeng, et al. Effects of Stereo-staged Combustion Technique on NO<sub>x</sub> Emission Characteristics[J]. Journals of Mechanical Engineering. 2009, 45 (02):199 – 205.
- [16] 王红. 分级燃烧降低锅炉 NO<sub>x</sub> 排放的控制技术 [J]. 环境技术, 2002, 20(05):23 – 26.
- WANG Hong. Technology on Reducing Boiler NO<sub>x</sub> Emission by Classified Combustion [J]. Environmental Technology. 2002, 20 (05):23 – 26.
- [17] 高鹏, 高明, 张建文, 等. 600 MW 机组锅炉低氮燃烧器改造试验研究 [J]. 热力发电, 2013, 42(04):43 – 46.
- GAO Peng, GAO Ming, ZHANG Jiangwen, et al. Experimental Study on Low NO<sub>x</sub> Combustion Transformation on a 600 MW unit boiler[J]. 2013, 42(04):43 – 46.
- [18] 鲁鹏飞, 某 600 MW 机组烟煤锅炉低 NO<sub>x</sub> 改造及效果分析 [J]. 陕西电力, 2013, 41(02):84 – 87.
- LU Pengfei. Low NO<sub>x</sub> retrofit for certain 600 MW bituminous coal boiler and performance analysis[J]. Shaanxi Electric Power. 2013, 41(02):84 – 87.
- [19] 吕玉坤, 彭鑫. 300 MW 燃煤锅炉 NO<sub>x</sub> 排放特性试验研究

- [J]. 华北电力大学学报(自然科学版), 2010, 37 (05) :78 – 82.
- LU Yukun, PENG Xin. Experimental study on the characteristics of NO<sub>x</sub> emissions with 300 MW coal-fired boiler [J]. Journal of North China Electric Power University(Natural Science Edition), 2010, 37 (05) :78 – 82.
- [20] 岑可法, 姚强, 骆仲涣, 等. 燃烧理论与污染控制 [M]. 北京, 机械工业出版社, 2004.
- [21] 袁宏伟, 陈启召. 600 MW 发电机组对冲燃煤锅炉低氮燃烧改造及运行优化试验 [J]. 广东电力, 2016, 29 (11) :26 – 30 + 109.
- YUAN Hongwei, CHEN Qizhao. Low NO<sub>x</sub> Combustion Transform for Hedging Coal-fired Boiler of 600 MW Generator Units and Operation Optimization Experiment [J]. Guangdong Electric Power, 2016, 29 (11) :26 – 30 + 109.
- [22] 韩义, 李鑫, 刘永江, 等. 330 MW 机组锅炉低氮燃烧技术改造 [J]. 内蒙古电力技术, 2016, 34 (05) :63 – 66, 79.
- HAN Yi, LI Xin, LIU Yongjiang, et al. Low-NO<sub>x</sub> Combustion Technical Reconstruction on 330 MW Boiler [J]. Inner Mongolia Electric Power, 2016, 34 (05) :63 – 66, 79.

收稿日期: 2018-03-13

作者简介:



黄俊杰(1986),男,硕士,工程师,主要从事火电发电厂锅炉设备维护与管理工作。

(本文责任编辑:龙海丽)

## Study on modefication of Low-NO<sub>x</sub> combustor for A 300 MW coal-fired boiler

HUANG Junjie

(Guangzhou Hengyun Enterprises Holding LTD., Guangzhou 510730 Guangdong, China)

**Abstract:** As the new national environmental standards "Thermal Power Plant Air Pollutant Emission Standards" (GB13223 – 2011) published, which has increasingly stringent environmental requirements, in order to meet environmental requirements better and further reduce the denitration operation cost, based on a series of research, and for the currently coal cases, the necessity and feasibility analysis on modefication of Low-NO<sub>x</sub> combustor for a 300 MW coal-fired boiler of a power plant were studied. Finally, the newly developed multi-dimensional depth staged combustion system of a boiler plant was adopted. In order to examine the operation state of low nitrogen combustion system after modification and find out the best working condition for the daily operation of power plant, according to national and industrial standards related, multi-dimensional depth grading combustion system (MDSS) was debugged, and pulverizing system test and combustion optimization adjustment test were carried on. Through a series of mill output characteristics test, mill separator baffles characteristic test, coal fineness adjustment test, as well as variable oxygen volume test on customary conditions, variable high over fired air volume test, variable angles of high over fired air damper test, variable oxygen volume test, mill commissioning combination test, variable low over fired air volume test, variable sandwich air volume test, the secondary air distribution test, load characteristics test, air preheater leakage test and so on, low nitrogen combustion burner adjustments were optimized, optimum operating conditions were found out, and boiler combustion was optimized in order to meet the emission requirements that NO<sub>x</sub> content in flue gas is lower than 300 mg / Nm<sup>3</sup> before denitration reactor inlet better, and prolong the life of expensive metal catalyst in SCR reaction to further reduce operating costs of SCR denitration devices, achieving energy saving, to make the boiler combusting more stable, reliable and economic, to prevent problems of serious water wall coking and hung coke on full screen superheater, to improve boiler efficiency and achieve modifcating objectives.

**Key words:** Coal-fired Boiler; NO<sub>x</sub>; Low-NO<sub>x</sub> Combustor; Modified adjusting