

# 630MW 超临界锅炉低氮燃烧系统改造优化

张斌

国电蚌埠发电有限公司

DOI:10.32629/hwr.v3i4.2018

**[摘要]** 通过对 630MW 机组超临界锅炉低氮燃烧系统改造后进行的运行分析、冷态试验、燃烧调整试验和基准试验,确定燃烧系统改造对改变燃烧热偏差大、锅炉排烟温度高、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub> 减排等效果,确定机组整体经济性水平的优化。

**[关键词]** 燃烧调整; 燃烧热偏差; 排烟温度

## 前言

国电蚌埠发电有限责任公司 630MW 超临界燃煤机组自投运以来#2 锅炉燃烧系统一直存在着一些问题,主要表现在炉内燃烧热偏差大、锅炉排烟温度高、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub> 排放浓度高等;另外锅炉水冷壁、过热器、再热器管壁局部有超温现象。这些都给机组安全运行带来十分不利的影 响,机组运行的经济性也因此有一定程度的下降。根据这一情况,国电蚌埠发电有限责任公司针对 NO<sub>x</sub> 排放超标问题,与烟台龙源公司合作进行燃烧器改造。2011 年 4 月,蚌埠电厂利用 2 号机组大修期间,采用烟台龙源电力技术股份有限公司(以下简称烟台龙源公司)LYSC 低 NO<sub>x</sub> 燃烧技术对该炉进行了燃烧设备的改造。该整体实施方案的主要内容为:将锅炉 D 层燃烧器改造为兼备离子点火功能的 LYSC - I 型低 NO<sub>x</sub> 燃烧器, B、C、E、F 层燃烧器改造为 LYSC - II 型低 NO<sub>x</sub> 燃烧器,并在原燃尽风喷口上方增设一层二级 OFA 喷口,使燃尽风最大风率提高至 30%左右。2014 年 6 月份,将 B、C 层燃烧器优化为 LYSC - III 型燃烧器,通过上述工作并进行相应的分析整改后,困扰锅炉运行的以上问题基本得到改善,机组运行的安全性和经济性也得到了很大提高。但在随后运行的三年中,再热汽温及再热器壁温超温严重,国电蚌埠发电有限责任公司针对这一情况,2017 年 4 月与烟台龙源公司又合作进行燃烧器改造,本次改造分为三个部分:首先,去掉前、后墙上标高 39.35m 处增设一层燃尽风喷口;其次,将#2 炉 E、F 层共 10 只 LYSC - II 型燃烧器整体更换为 LYSC - III 型低 NO<sub>x</sub> 燃烧器,其结构与 B、C 层一致;最后,对 AD 层燃烧器喷口改造。通过上述工作并进行相应的分析整改后,困扰锅炉运行的再热汽温及再热器壁温超温问题得到改善,机组运行的安全性和经济性得到了提高。

## 1 设备概况

国电蚌埠发电有限责任公司锅炉是哈尔滨锅炉厂有限责任公司引进英国三井巴布科克能源公司(MitsuiBabcockEnergy Limited)技术生产的超临界参数变压运行燃煤本生直流锅炉,锅炉型号为 HG-1913/25.4-YM7,采用 II 型布置,螺旋水冷壁、单炉膛、低 NO<sub>x</sub> 轴向旋流燃烧器(LNASB)前后墙对冲燃烧方式、一次中间再热、平衡通风、露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构。炉膛宽度 22187.3mm,深度

15632.3mm,顶棚管标高为 66550mm 水平烟道深度为 5322.4mm,尾部前烟道深度为 5520mm,尾部后烟道深度为 8280mm,水冷壁下集箱标高 8000mm。燃烧系统配有 30 只低 NO<sub>x</sub> 轴向旋流煤粉燃烧器,分三层前、后墙对冲布置。在最上层煤粉燃烧器上方布置 1 层燃尽风口,前后墙各布置 5 只,两侧墙各布置 3 个,共 16 只燃尽风口。对应每只煤粉燃烧器共配有 25 支轻油枪(A 层油枪拆除),用于点火和助燃。在前墙 A 层煤粉燃烧器原油枪位置安装了等离子点火装置。

## 2 优化改造项目

根据机组锅炉燃烧系统的结构、布置特点,以及降低示范工程项目技术风险的要求,本次低 NO<sub>x</sub> 燃烧技术改造的内容分为三个主要部分:首先燃尽风系统优化,为达到深化炉膛内空气分级燃烧的目的,取消标高为 39350mm 处的 8 个原 OFA 喷口和标高为 35993mm 处的 14 个原 OFA 喷口,并采用水冷壁直管屏进行封堵,同时取消二级燃尽风风箱、风道。在前、后墙水冷壁标高约为 36104.4mm 处各布置 5 个 LYOFA 型燃尽风喷口,新燃尽风喷口与主燃烧器在水平方向上一一对应。同时,原前后墙一级燃尽风风箱、风道不能满足新增设的燃尽风风量,需对原前后墙一级燃尽风风箱、风道的截面尺寸进行优化扩大,并在燃尽风风道上布置新的膨胀节、调节风门和风量测量装置等。这样,改造后的燃尽风喷口中心线距屏底距离为 14400mm,距最上层燃烧器中心线的距离为 5949mm,改造后的燃尽风风量最大可达 30%。相应的,燃尽风平台及楼梯进行局部改造。其次,将#2 炉 E、F 层共 10 只 LYSC - II 型燃烧器整体更换为 LYSC - III 型低 NO<sub>x</sub> 燃烧器,其结构与 B、C 层一致;最后,AD 层燃烧器喷口改造:首先对碶口重新制作,对碶口结构进行优化,靠近两侧强燃烧器采用差异化碶口角度,以实现初期煤粉高效燃烧,后期二次风对一次风有效控制,避免低 NO<sub>x</sub> 燃烧器改造后高温腐蚀加剧等问题。其次对一次风筒前端喷口割除,并用新加工件进行更换,扩大一次风喷口面积;再对 LNASB 燃烧器外二次风内喷口增加直段及扩口结构,减小外二次风喷口面积,提高风速;再对燃烧器内二次风内喷口增加直段及扩口结构,减小内二次风喷口面积,提高风速;最后对 A、D 层燃烧器二次风入口部分封堵,以增加燃烧器二次风阻力。

## 3 1LYSC-III 燃烧器

LYSC - III 型燃烧器主要组成部分: 一次风装置、中心风筒、中心风组件、弯头、内二次风部件、外二次风部件和弯头。该类型燃烧器可安装大油枪或不安装大油枪; 一次风装置带煤粉均流装置。III型燃烧器主要结构: 中心风筒、中心风组件、弯头、一次风装置、内二次风部件、外二次风部件、吊杆组件、风箱盖板等。燃烧器上安装煤火检, 油火枪, 图像火检等; 有的安装大油枪。燃烧器安装在二次风箱内, 前部通过密封装置与水冷壁密封, 后部通过风箱法兰与风箱护板连接。通过吊杆部件吊在二次风箱上部的槽钢。旋向: 分左旋和右旋, 以进入喷口介质的走向来区分, 进入喷口的介质为顺时针为右旋, 逆时针为左旋, 其中一次风、内二次风、外二次风旋向是一致的。

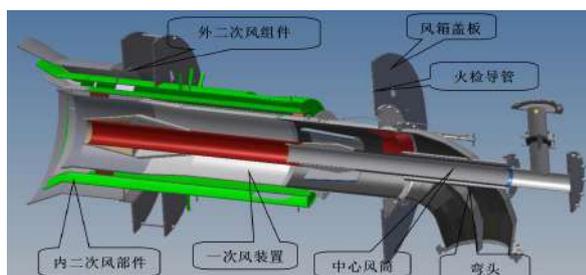


图1 燃烧器结构

### 3.1 中心风筒

中心风筒用于调整煤粉的流向和通入中心风。通入中心风取自热二次风。前部采用文丘里结构, 使一次风形成射流。外表面在煤粉磨损部位贴有陶瓷。

### 3.2 中心风组件

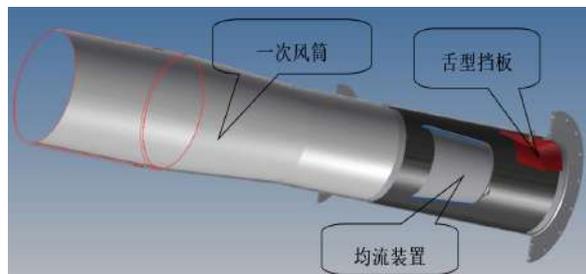
用于连接油枪、中心风筒和中心风管。

### 3.3 弯头

用于连接燃烧器和煤粉管道, 内壁贴有 12mm 厚的耐磨陶瓷。弯头出口法兰与一次风法兰连接, 弯头入口法兰与焊接到煤粉管道上的反法兰连接; 过渡筒内安装中心风筒。

### 3.4 一次风装置

用于通流一次风粉混合物。燃烧器的喷口处都装有热电偶保护管用于安装热电偶以测量喷口壁温。一次风装置主要包括: 一次风筒、均流装置、舌型挡板、稳燃齿等。

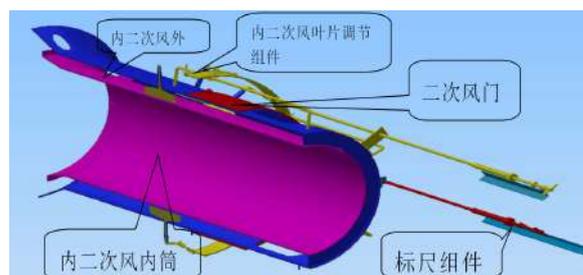


图一次风装置

### 3.5 内二次风部件

控制内二次风旋转强度和风量大小。采用轴向旋流叶片, 气流轴向进入, 通过拉杆调节叶片角度控制内二次风强度,

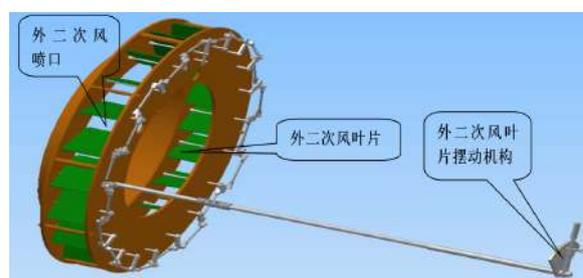
通过拉杆调整二次风门的开度来调节内二次风风量。



图内二次风部件

### 3.6 外二次风部件

采用切向旋流叶片, 气流切向进入, 通过调节二次风摆动机构调节叶片角度。



图外二次风部件

### 3.7 LYSC-III 型燃烧器设计参数

将#2 炉 E、F 层共 10 只 LYSC - II 型燃烧器整体更换为 LYSC - III 型低 NO<sub>x</sub> 燃烧器, 其结构与 B、C 层一致。

### 3.8 一次风部分

燃烧器的一次风部分内布置舌头挡板、均流装置及中心风筒结构。一次风部分中沿周向布置 10 个固定旋流叶片, 叶片长度 200mm, 角度 10 度, 旋向与二次风旋向一致。

### 3.9 二次风部分

燃烧器的二次风分为内二次风和外二次风两个部分。内二次风采用轴向可调旋流叶片, 沿一周布置 12 个旋流叶片, 入口风量采用滑动挡板进行控制, 内二次风内扩口角度为 10 度。外二次风采用切向可调旋流叶片来调整气流的旋流强度和内、外二次风风量的分配, 沿周向均布 20 个切向叶片, 外二次风内扩口角度为 20 度。考虑到二次风前端部分暴露在高温环境下, 需采用耐高温材质进行制作。

### 3.10 LY0FA 燃尽风喷口

取消标高为 39350mm 处的 8 个原 OFA 喷口和标高为 35993mm 处的 14 个原 OFA 喷口, 并采用水冷壁直管屏进行封堵, 同时取消二级燃尽风风箱、风道。

在前、后墙水冷壁标高约为 36104.4mm 处各布置 5 个 LY0FA 型燃尽风喷口, 新燃尽风喷口与主燃烧器在水平方向上一一对应。同时, 原前后墙一级燃尽风风箱、风道不能满足新增设的燃尽风风量, 需对原前后墙一级燃尽风风箱、风道的截面尺寸进行优化扩大, 并在燃尽风风道上布置新的膨胀节、调节风门和风量测量装置等。这样, 改造后的燃尽风

喷口中心线距屏底距离为 14400mm, 距最上层燃烧器中心线的距离为 5949mm, 改造后的燃尽风风量最大可达 30%。相应的, 燃尽风平台及楼梯进行局部改造。

#### 4 改造后锅炉燃烧调整

锅炉燃烧调整试验是在摸底试验、风量标定试验、冷态试验等工作的基础上, 通过对影响机组经济性的各个单项因素的调整, 提高锅炉机组的整体运行水平。燃烧调整试验的主要调整因素包括: 锅炉总风量调整、磨煤机一次风量调整、旋流燃烧器调整、层二次风开度调整、过燃风开度调整、一次风炉膛差压调整等。根据这些单项调整试验的结果, 最终确定了各个控制参数的基准运行方式。

##### 4.1 一次风平衡阀调整试验

针对各台磨的各个粉管煤粉浓度分配不均的情况, 对动态分离器各粉管挡板进行了调整。按照磨各个粉管风速及浓度将每台磨各粉管中 5 号调大, 1 号适当关小、2、3、4 号关小; 调整后观察发现末级过热器壁温有所好转, 末级再热器壁温超温点最高值明显下降 (90 点和 12 点较为明显), 超温幅值有所减小。

##### 4.2 锅炉配风调整试验

通过调整锅炉总风量、燃尽风风率、一次风风率以及各层燃烧器间的风量分配关系, 改变炉内煤粉燃烧状况。测试飞灰、炉渣含碳量、排烟温度、减温水流量、NO<sub>x</sub> 排放浓度等经济性、环保性指标, 分析锅炉配风方式对机组综合性能的影响规律。

##### 4.3 燃尽风喷口调整试验

本次燃尽风改造后, 燃尽风就地风门的调整对 NO<sub>x</sub> 及壁温等参数影响较改造前敏感。就地中心风筒关小 NO<sub>x</sub> 增大, 再热器壁温超温现象得到控制, 对过热器壁温比改造前有些升高。就地内二次风旋度关小, 实测 CO 明显升高, 不利于锅炉的燃烧; 就地内二次风门挡板开大, NO<sub>x</sub> 明显减小, CO 也随之减小。

##### 4.4 变氧量试验

在试机组负荷 350MW, 600MW 两种工况下进行了变氧量试验, 发现: 低负荷时氧量过低燃烧恶化, 主汽压力及主、再热器壁温很难控制, 氧量过高不利于锅炉经济运行, 所以 4.5% 左右为宜。高负荷时, 降低氧量至 2.5% 以下, 过热器、再热器壁温升高在可控范围; 氧量增加至 3.5% 以上 NO<sub>x</sub> 及锅炉效率升高, 所以 3.0-3.5% 为宜。

#### 5 锅炉燃烧系统改造后优化效益分析

锅炉燃用煤质较设计煤质变化较大, 且燃用煤质多变。当最上层燃烧器燃用高灰分低质煤时, 再热器壁温比改造前低, 在可控范围。将所掺烧的高灰分低热值煤尽量放在中层燃烧器燃用, 下层使用设计煤种加高挥发性低热值煤。可以改善再

热器壁温偏差, 加大了经济煤的掺烧力度。使机组煤耗降低。

改造后, 锅炉再热汽温比改造前提升大约 15℃, 再热器壁温在 600℃ 以下, 锅炉 NO<sub>x</sub> 排放浓度较改造前略有升高, 平均增幅约 10% 左右。NO<sub>x</sub> 排放浓度 300mg/m<sup>3</sup> 左右。高负荷时 OFA 燃尽风保持 70% 左右, 有效的降低 NO<sub>x</sub> 排放浓度, 低负荷时, 保证炉膛二次风压情况下, 尽可能开大一级 OFA 燃尽风, 停止上层制粉系统, 有效的降低 NO<sub>x</sub> 排放浓度。

在典型工况下, 实测排烟温度 136.6℃, 修正后为 130.5℃, 实测锅炉效率 93.48%, 修正后为 93.82%, 与改造前变化不大。

对比分析各阶段的汽水系统和烟气系统的温度, 对比改造后再热器温升变大, 说明再热器吸热量变大; 改造后低过温升变化不大; 改造后屏过温降低, 说明屏过吸热量减少; 改造后水冷壁温升高, 说明燃烧区域吸热量增大; 改造后末过温升变化不大; 改造后一级减温水流量变化不明显; 改造后二级减温水流量减少; 改造后再热器减温水流量减少; 改造后转向室烟温改造后降低; 改造后低过出口烟温, 520MW 左右升高, 300MW 负荷降低, 其他负荷低负荷变化不大; 改造后低再出口烟温升高; 改造后屏过壁温改造前后变化不大; 改造后末过壁温升高; 末再壁温升高; 垂直水冷壁壁温略有降低。

#### 6 结束语

通过锅炉燃烧系统改造, 630MW 机组运行的安全性和经济性都有很大幅度的改善, 提升了机组的整体运行水平。达到了项目预设的目标, 并取得了一定的成果。本次燃烧系统改造效果明显, 因再热器壁温超温使汽温过低的问题基本解决, 主、再热减温水流量明显减少。NO<sub>x</sub> 有一定程度的升高, 飞灰含碳量、大渣含碳量及锅炉效率与改造前基本持平。但是锅炉运行过程中末级过热器有超温现象, 影响锅炉安全运行。

#### 【参考文献】

- [1]周黎明.630MW 机组低氮燃烧系统燃烧调整优化[J]. 锅炉技术,2019,50(02):67-70.
- [2]徐志明.电厂锅炉燃烧调整技术的发展与应用[J]. 山东工业技术,2019,(11):180.
- [3]孙俊威,戴维葆,陈国庆.600MW 超临界对冲燃烧锅炉水冷壁高温腐蚀运行优化调整[J]. 热能动力工程,2019,(6):178-183.
- [4]袁德权,潘晶,李彦龙,等.300MW 机组锅炉燃烧优化调整试验研究[J]. 锅炉制造,2019,(02):9-12.

#### 作者简介:

张斌(1977--),男,甘肃静宁人,汉族,2003年7月毕业于沈阳电力高等专科学校火电厂集控运行专业毕业,至今从事火电厂运行,从事运行值班岗位近10年,一直专心于锅炉运行研究,被安徽省特检院聘请为三级司炉培训老师,现从事国电蚌埠发电有限公司运行部安培岗位,工程师。