

# 300 MW 四角切圆锅炉低氮改造关键技术研究与工程实践

邓均慈 李德波 邓剑华

(广东电网公司电力科学研究院, 广东 广州 510060)

**摘要:** 针对某电厂1号、2号锅炉 $\text{NO}_x$ 排放浓度高的现状,进行了低 $\text{NO}_x$ 改造。系统分析了该电厂低氮改造方案,同时对该电厂低氮改造后效果进行了评价。低氮改造采用分隔SOFA(燃尽风)的空气分级方案,具有较高的改造效果;部分二次风采用偏转风技术进行改进,防止水冷壁结渣和高温腐蚀事故的发生,同时有利于防止水冷壁管超温爆管;改造后满负荷下,空预器入口 $\text{NO}_x$ 浓度降低了47%,锅炉排烟温度降低了31.8℃,改造取得了圆满的效果。

**关键词:** 四角切圆; 低氮改造; SOFA

中图分类号: TK124 文献标识码: B

DOI:10.16146/j.cnki.rndlgc.2014.06.039

## 引言

目前,国内外电站锅炉控制 $\text{NO}_x$ 技术主要有2种<sup>[1-4]</sup>:一是控制生成,主要是在燃烧过程中通过各种技术手段改变煤的燃烧条件,从而减少 $\text{NO}_x$ 的生成量,即各种低 $\text{NO}_x$ 技术;二是生成后的转化,主要是将已经生成的 $\text{NO}_x$ 通过技术手段从烟气中脱除掉,如SCR(选择性催化还原法)、SNCR(选择性非催化还原法)<sup>[1-3]</sup>。

文献[4-10]针对某电厂660 MW超临界旋流燃烧器(DBC-OPCC)大面积烧损,利用数值模拟技术进行了锅炉炉内流动场、温度场研究。李德波详细分析了旋流燃烧器烧损的原因<sup>[4-8]</sup>,包括燃烧器材料选择、结构设计上的缺陷和现场运行存在的问题,最后提出了相应的改造措施。文献[11]对600 MW机组对冲燃烧锅炉低氮燃烧改造进行了研究。通过更换低氮燃烧器,合理布置燃尽风喷嘴,采用全炉膛分级燃烧技术,使得 $\text{NO}_x$ 排放质量浓度降低至300 mg/m<sup>3</sup>左右。文献[12]对600 MW机组四角切圆燃烧锅炉进行了低 $\text{NO}_x$ 燃烧改造。研究结果表

明:通过低 $\text{NO}_x$ 燃烧改造,锅炉 $\text{NO}_x$ 排放浓度明显下降,SOFA风量、辅助风门开度、二次风箱与炉膛差压等对 $\text{NO}_x$ 排放影响比较大。文献[13]针对消除大容量低 $\text{NO}_x$ 切向燃煤锅炉烟温偏差方面进行了研究,认为任何OFA(消旋二次风)包括CCOFA(紧凑型燃尽风)和SOFA(分隔燃尽风)系统的设计首先取决于所要求的 $\text{NO}_x$ 排放水平和煤种特性,必须针对每一个具体情况单独而定,同时要考虑炉膛形状、煤粉停留时间、炉膛输入热量和制粉系统性能等因素、长期的实践证明,四角切圆燃烧锅炉采用OFA可以有效降低 $\text{NO}_x$ 排放。随着分级燃烧技术的发展,在炉膛不同高度位置布置OFA,将炉膛分成3个相对独立的区域:初始燃烧区、 $\text{NO}_x$ 还原区和燃料燃尽区,每个区域的过量空气系数由3个因素控制:总的OFA风量、CCOFA和SOFA风量的分配以及总的过量空气系数。

某电厂300 MW四角切圆锅炉,由于 $\text{NO}_x$ 排放浓度高,随着我国经济的快速发展和环保法规的实施和加强,新的火电厂大气污染物排放标准更加严格。本研究针对某电厂1号、2号锅炉 $\text{NO}_x$ 排放浓度高的实际现状,进行了低 $\text{NO}_x$ 技术改造。系统分析了该电厂低氮改造方案,同时对该电厂低氮改造后效果进行了评价。

## 1 锅炉设备情况

该电厂2×300 MW机组工程(上海锅炉厂)为亚临界压力、一次中间再热控制循环汽包炉、四角切圆燃烧、固态排渣、平衡通风、全钢构架、露天布置。表1为该锅炉主要参数表。

收稿日期: 2014-04-02

作者简介: 邓均慈(1963-),男,广东从化人,工程师,主要电力企业生产管理工作。

表 1 锅炉主要参数表

Tab. 1 Table of main parameters of a boiler

项目	最大工况	额定工况
锅炉蒸发量 / t · h <sup>-1</sup>	1025	931.8
过热器出口蒸汽压力 / MPa	18.3	17.3
过热器出口蒸汽温度 / °C	541	541
再热蒸汽流量 / t · h <sup>-1</sup>	830	762
再热器进口蒸汽压力 / MPa	3.86	3.5
再热器进口蒸汽温度 / °C	323	319
再热器出口蒸汽压力 / MPa	3.65	3.31
再热器出口蒸汽温度 / °C	541	541
省煤器进口给水压力 / MPa	20.1	18.9
省煤器进口给水温度 / °C	282	275.7
冷空气温度 / °C	27.8	27.8
预热器出口热一次风温度 / °C	290	308.3
预热器出口热二次风温度 / °C	323.3	317.8
锅炉排烟温度 / °C	135	130.6
锅炉计算效率(高位热值计) / %	87.86	88
锅炉计算效率(低位热值计) / %	92.07	92.22
炉膛容积热负荷 / kJ · (h · m <sup>-3</sup> )	403 × 10 <sup>3</sup>	374 × 10 <sup>3</sup>
炉膛断面热负荷 / kJ · (h · m <sup>-2</sup> )	18.1 × 10 <sup>6</sup>	16.7 × 10 <sup>6</sup>
空气预热器型式	三分仓回转式	
过热蒸汽调温方式	一级喷水减温	
再热蒸汽调温方式	摆动燃烧器角度 + 喷水减温	
燃烧器型式	摆动式, 五层布置	
燃烧器喷咀摆动角度	上、下各 30°	
锅筒压力 / MPa	19.76	18.48
燃煤量 / t · h <sup>-1</sup>	144.3	148.84

该电厂磨煤机采用正压冷一次风机的 RP863 型中速磨煤机制粉燃烧系统, 炉膛尺寸为 14 022 mm × 12 330 mm。燃烧器为直流式四角布置切圆摆动式燃烧系统, 燃烧器为一二次风间隔布置, 燃烧器可在上、下方向摆动以调节再热汽温, 采用同心反切燃烧系统, 二次风偏离一次风一定角度送入炉膛。设有五层一次风和五层二次风喷嘴, 一二次风间隔布置, 二层三次风直接布置在上面。满负荷条件下投用 A - D 层一次风, E 层一次风备用。锅炉炉膛结构和燃烧器结构如图 1 所示。300 MW 锅炉燃烧器的设计特点如下:

- (1) 燃烧器采用引进技术设计和制造, 燃烧器布置在四角上, 为四角切圆直流式燃烧器。
- (2) 燃烧器采用同心反切圆( CFS - II ) 布置,

如图 2 所示, 采用同心反切圆( CFS - II ) 燃烧方式, 部分二次风气流在水平方向分级, 在初始燃烧阶段推迟了空气和煤粉的混合, NO<sub>x</sub> 形成量少。由于一次风煤粉气流被偏转的二次风气流( CFS - II ) 裹在炉膛中央, 形成富燃料区, 在燃烧区域及上部四周水冷壁附近则形成富空气区, 减少了水冷壁结渣和高温腐蚀的倾向。这种燃烧方式产生的 NO<sub>x</sub> 比其它燃烧方式低, 是一种降低 NO<sub>x</sub> 排放的措施。

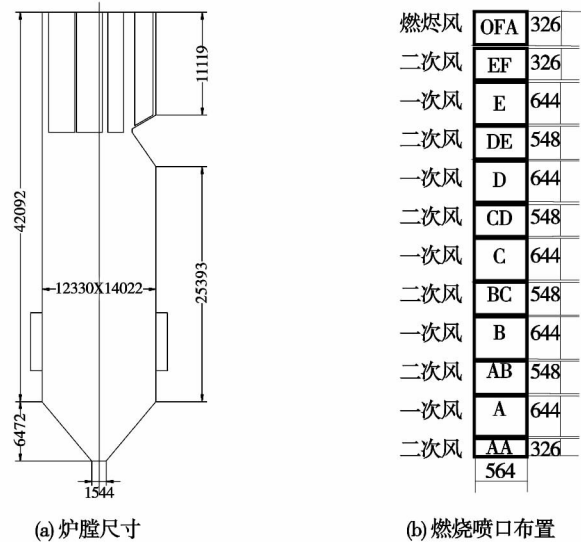


图 1 锅炉炉膛尺寸及燃烧器布置 ( mm )  
Fig. 1 Dimensions of the furnace of a boiler and arrangement of burners ( mm )

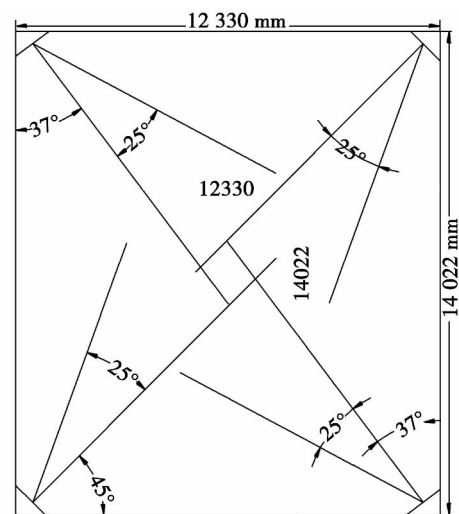


图 2 CFS - II 燃烧器布置  
Fig. 2 Arrangement layout of CFS - II burners

煤粉流过燃烧器入口弯头时,大部分煤粉颗粒在离心力的作用下紧贴弯头外沿进入煤粉喷管,煤粉喷管中的隔板将一次风分成浓淡两股,从而提高了一次风喷嘴出口处的煤粉浓度。一次风喷嘴中装有V型钝体,使得一次风在V型钝体前方形成稳定的回流区,卷吸高温烟气,起到稳定火焰的作用。宽调节比煤粉喷嘴如图3所示。

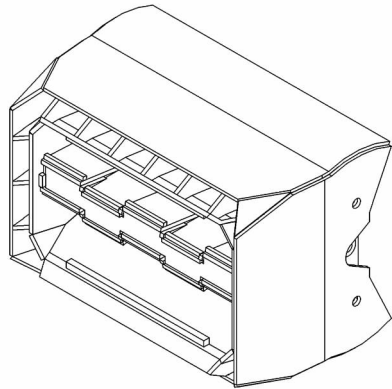


图3 WR(宽调节比)煤粉喷嘴

Fig. 3 Pulverized coal nozzle with a large turn-down ratio

在炉内垂直方向空气分级程度不高,仅设一层CCOFA(紧凑型燃尽风)设计,相比于近年新投运的其它电厂锅炉,没有采用分离布置SOFA(燃尽风)的空气深度分级方案,因此 $\text{NO}_x$ 排放偏高。

根据现场测量发现,1号锅炉满负荷下炉膛出口 $\text{NO}_x$ 排放浓度平均为 $762.7 \text{ mg/m}^3$ ,2号锅炉炉膛出口 $\text{NO}_x$ 排放浓度平均为 $868.34 \text{ mg/m}^3$ (以上各 $\text{NO}_x$ 排放浓度均以 $\text{NO}_2$ 计,并折算到6%含氧量),锅炉的 $\text{NO}_x$ 排放量普遍偏高。随着我国经济的快速发展和环保法规的实施和加强,新的火电厂大气污染物排放标准更加严格。电厂针对1号、2号锅炉 $\text{NO}_x$ 排放浓度高的现状,进行了低 $\text{NO}_x$ 改造。

## 2 低氮改造方案

### 2.1 低氮改造原则

降低 $\text{NO}_x$ 生成与排放根本在于控制燃烧区域的温度以及形成还原性区域,但低温燃烧会影响煤粉的燃烧反应速度,同时还原性区域如果氧量补充不及时,这都会引起锅炉未燃尽损失增加。协调好

低氮燃烧以及保证煤粉燃尽率使之达到最佳效果,必须对煤粉燃烧的全过程加以控制,达到既能保证煤粉着火的稳定性,又能有较低的燃烧温度,且有足够长的并在一定温度下燃烧的时间。

### 2.2 该电厂选用的低氮改造方案

经过电厂反复调研,最终决定的低氮改造方案为:低氮燃烧器可采用原有燃烧器的空间和风室,对锅炉的改动最小。原燃烧器也已采用低氮燃烧器,但技术相对落后,目前的排放量已经不能满足要求。经现场调研发现,个别燃烧器的热负荷较高,存在局部高温区,这些对于降低 $\text{NO}_x$ 的排放相当不利。故可将锅炉的主燃烧器整体更换为水平浓淡燃烧器,底层燃烧器因为刚进行过微油改造,可不做更改。低氮改造措施:

(1) 一次风燃烧器可采用原锅炉的一次风燃烧器。

(2) 改造采用SOFA风的空气分级方案,该方案是大型电站锅炉进行低 $\text{NO}_x$ 燃烧改造的必然方案,具有改造经验丰富,风险可控。

(3) 下部二次风采用偏转二次风系统,由于从二次风中引出了一部分空气到上部SOFA风,为保证下部二次风喷口的风速和二次风风箱压力,需要缩小部分二次风喷口的面积,并采用偏转二次风系统,以实现“风包粉”燃烧模式,防止锅炉水冷壁的结渣和高温腐蚀,并对锅炉水冷壁管防止超温爆管具有好处。根据改造经验,各二次风的偏转角度需要根据实际进一步优化。

(4) SOFA喷口设计为具有上下和水平摆动功能,从而可以调整燃尽风穿透深度和混合效果,并有效防止炉膛出口过大的扭转残余并能有效控制炉膛出口烟温偏差和炉膛出口烟温水平。

### 2.3 低氮改造关键参数选取原则

#### (1) 改造设计煤种

由于目前锅炉燃用煤种多变,改造中以锅炉目前燃用的煤种元素含量平均值为选择设计燃料的依据。

#### (2) 炉膛出口过量空气系数

为配合低 $\text{NO}_x$ 燃烧,应采用适当的低氧燃烧方式,因此选定炉膛出口过量空气系数为1.2,其中漏风率取为4%。

#### (3) 燃烧器整体布局

下部主燃烧区基本格局不变,即各一次风标高、

二次风标高、三次风标高均不改变。一次风喷口不变,一次风切角保持不变。二次风喷口面积根据设计进行改造,在上部区域增加分离布置 SOFA 风。最下层二次风仍维持不变,为直吹风。其余二次风采用偏转风技术进行改进。并将上层二次风作为 CCOFA 风。

部分二次风改造为偏转二次风的目的是为了在下部主燃烧区缺氧条件下,通过偏转二次风在水冷壁面附近形成一层风膜,以防止水冷壁结渣和高温腐蚀事故的发生,同时有利于防止水冷壁管超温爆管。偏转二次风系统在横截面方向形成空气分级,可以降低  $NO_x$  排放,其主要方法是建立早期着火和使用控制氧量的燃料/空气分段燃烧技术。典型的偏转二次风系统炉内布置如图 4 所示,而燃烧器组件如图 5 所示。

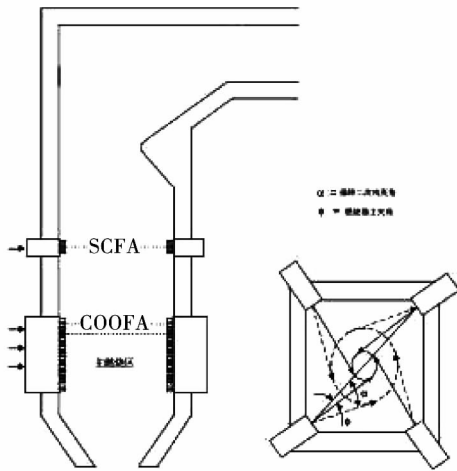


图 4 典型的偏转二次风系统炉内布置

Fig. 4 Arrangement layout of a typical deflected secondary air system in the furnace

(4) 燃烧系统配风

为低  $NO_x$  燃烧系统设计需要,选取分离布置 SOFA 风,SOFA 风量选取为占总风量的 20%,而 CCOFA 风占总风量的 5-10% 左右。一次风采用小风率设计,以控制着火初期  $NO_x$  的大量生成,一次风率取为 22%。其中二次风的风量又分为 SOFA、周界风和 CCOFA 风以及其他二次风。

低  $NO_x$  燃烧改造中采用三层 SOFA 喷口布置,三层 SOFA 布置有利于使 SOFA 不全投条件下,SOFA 的中心标高提高,而且在后部风道面积一定的条件下,SOFA 的风速更高,从而达到降低  $NO_x$  的效果

更好。

(5) SOFA 高度方向的布置位置

分离布置燃尽风的高度布置原则由文献可知,要获得高的低  $NO_x$  排放效果,SOFA 应布置在距离主燃烧区越远越好的位置,但其布置高度另一方面也受到碳燃尽的影响。通过计算发现,锅炉在满负荷条件下,炉内高度方向的烟气流速为 10 m/s 左右,可根据现场情况调整 SOFA 风喷口高度,取得一个平衡值。SOFA 喷口将采用上下、左右可摆动喷口,以增大调节性能。

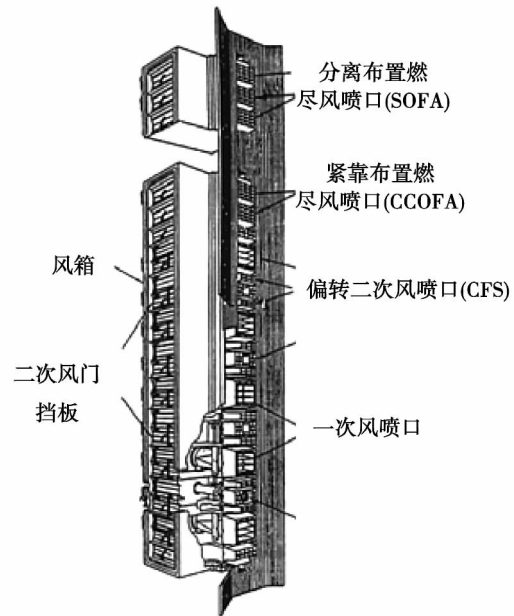


图 5 典型的偏转二次风系统燃烧器组件

Fig. 5 Burner modules in the typical deflected secondary air system

(6) 各二次风偏转角度的选择

低  $NO_x$  燃烧改造经验表明,各二次风偏转角对炉内结焦和炉膛出口烟温偏差影响较大,研究结果表明,在任何一个固定的二次风反切角度(或一次风反切角度)时,尽管一、二次风假想切圆的旋转方向相反,但整个炉内气流的旋转方向是一致的,即一二次风以相同的旋转方向在炉内旋转。在较小的反切角度时,炉内实际直径比常规切圆系统要小。当反切角度很大时,炉内实际切圆直径比常规切圆系统要大。通过试验和数值模拟,获得了一个用以衡量同心反切燃烧系统炉内空气流动结构的评价参数  $\Phi/\Phi$  被定义为正反向(顺时针方向为正向,逆时针方向为反向)旋转气流的理论动量矩之比:

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^m (\rho_i f_i v_i^2) \cdot \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + B^2} \cdot \sin(\alpha_1 - \operatorname{tg}^{-1} \frac{B}{A})}{\sum_{j=1}^n (\rho_j f_j v_j^2) \cdot \frac{1}{2} \sqrt{A^2 + B^2} \cdot \sin(\operatorname{tg}^{-1} \frac{B}{A} - \alpha_2)}$$

式中:  $m$ 、 $n$ —顺逆向布置的喷口总数;  $\rho$ 、 $f$ 、 $v$ —各次风密度、喷口面积和速度;  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ —反正切角度;  $A$ 、 $B$ —炉膛宽度和深度。

选择各喷口最理想的偏转角,各喷嘴的偏转角度会各不相同,从而可以保证随炉膛高度的变化,炉内火球的直径变化实现最佳的风包粉模式。结合 SOFA 风的左右摆动,则可控制炉膛出口烟温在合适的范围内,也有利于减小炉内切圆,在实现“风包粉”的同时,进一步降低锅炉结渣和锅炉水冷壁超

温爆管的风险。结合 SOFA 风的左右摆动,可控制炉膛出口烟温在合适的范围内,也有利于减小炉内切圆,在实现“风包粉”的同时,进一步降低锅炉结渣和锅炉水冷壁超温爆管的风险。

### 3 改造效果分析与讨论

#### 3.1 改造前后锅炉参数对比

为了验证该电厂低氮改造效果,对 1 号锅炉进行了改造后锅炉热效率试验。表 2 为改造前后 1 号锅炉主要参数对比。

表 2 改造前后 1 号锅炉主要参数对比

Tab. 2 Contrast of the main parameters of Boiler No. 1 before and after the modification

	300 MW		250 MW		200 MW	
	改造前	改造后	改造前	改造后	改造前	改造后
NO <sub>x</sub> 排放浓度(空预器入口实际网格法测量,6% O <sub>2</sub> , 干基、标态) / mg · m <sup>-3</sup>	565	295	539	280	536	289
CO 排放浓度(空预器实际网格法测量,6% O <sub>2</sub> , 干基、标态) / mg · m <sup>-3</sup>	0	10.2	0	10	0	10
排烟温度 / °C	145.8	114.0	136	108.4	131.1	108.4
飞灰可燃物(水平烟道) / %	2.05	2.38	2.66	2.58	3.24	2.58
锅炉热效率(修正) / %	92.25	93.62	92.46	93.71	92.17	93.01

从表 2 可以得出,该电厂锅炉通过低氮改造后,整体上效果是非常明显的。经过低氮改造后,在满负荷 300 MW 时,锅炉 NO<sub>x</sub> 浓度由改造前的 565 mg/m<sup>3</sup> 降低为改造后的 295 mg/m<sup>3</sup>,降低幅度达到 47%,锅炉排烟温度由改造前的 145.8 °C 降低为改造后的 114 °C,降低了 31.8 °C;在负荷为 250 MW 时,锅炉 NO<sub>x</sub> 浓度由改造前的 539 mg/m<sup>3</sup> 降低为改造后的 280 mg/m<sup>3</sup>,降低幅度达到 48%,锅炉排烟温度由改造前的 136 °C 降低为改造后的 108.4 °C,降低了 27.6 °C;相比改造前的性能测试数据,除了高负荷下飞灰可燃物(水平烟道取样)有升高外,其它负荷下,飞灰可燃物都有一定程度的下降,相比改造前,锅炉效率大约提高 1.3% 左右。炉膛出口左右侧烟温偏差由改造前的 100 - 200 °C 降低为改造后的 20 - 80 °C,降低幅度达到 100 °C。

通过改造前后锅炉主要参数对比,在不同负荷下,空预器入口 NO<sub>x</sub> 降低比较明显,锅炉效率也提

高了 1.3 个百分点,改造取得了圆满的效果。

### 4 结 论

针对某电厂 1 号、2 号锅炉 NO<sub>x</sub> 排放浓度高的现状,进行了低 NO<sub>x</sub> 改造。系统分析了该电厂低氮改造方案,同时对该电厂低氮改造后效果进行了评价。主要结论:

(1) 低氮改造采用分隔 SOFA 风的空气分级方案,具有改造经验丰富,风险可控;

(2) 最下层二次风仍维持不变,为直吹风。其余二次风采用偏转风技术进行改进。并将上层二次风作为 CCOFA 风。部分二次风改造为偏转二次风的目的是为了在下部主燃烧区缺氧条件下,通过偏转二次风在水冷壁面附近形成一层风膜,以防止水冷壁结渣和高温腐蚀事故的发生,同时有利于防止水冷壁管超温爆管。

(3) 通过改造前后锅炉主要参数对比,在不同负荷下,空预器入口  $\text{NO}_x$  浓度降低比较明显,满负荷下,空预器入口  $\text{NO}_x$  浓度降低了 47%,锅炉排烟温度降低了 31.8 °C 改造取得了圆满的效果。

本例进行的 300 MW 四角切圆锅炉低氮改造技术研究成果,为国内同类型机组开展低氮技术改造,提供了重要的参考价值,具有较好的学术价值和工程应用价值。

#### 参考文献:

- [1] 樊泉桂. 新型煤粉燃烧器的燃烧机理分析[J]. 广东电力, 2010 23(4): 45-50.  
FAN Quan-gui. Combustion mechanism analysis of a new type pulverized coal burner. Guangdong Electric power 2010 23(4): 45-50.
- [2] 梁志勇, 余岳溪. 锅炉燃烧由贫煤改烟煤的热效率分析[J]. 广东电力 2009 22(11): 80-83.  
LIAN Zhi-yong, YU Yue-xi. Analysis of the thermal efficiency of a boiler converted to burn bituminous coal instead of lean coal[J]. Guangdong Electric Power 2009 22(11): 80-83.
- [3] 李占元, 高 鹏. 进口煤在 600 MW 烟煤锅炉上的掺烧方式探讨[J]. 广东电力 2010 23(5): 23-26.  
LI Zhan-yuan, GAO Peng. Exploratory study of the dilution-mixing combustion mode of coal imported in 600 MW bituminous coal-fired boilers [J]. Guangdong Electric Power, 2010, 23(5): 23-26.
- [4] 李德波, 沈跃良, 邓剑华, 等. OPCC 型旋流燃烧器大面积烧损的关键原因及改造措施[J]. 动力工程学报 2013 33(6): 430-436.  
LI De-bo, SHEN Yue-liang, DENG Jian-hua, et al. Key causes for the burnout of OPCC type swirling burners in a large area and their reconstruction measures [J]. Journal of Power Engineering, 2013, 33(6): 430-436.
- [5] 李德波, 徐齐胜, 沈跃良, 等. 变风速下四角切圆锅炉燃烧特性的数值模拟[J]. 动力工程学报 2013 33(2): 172-177.  
LI De-bo, XU Qi-sheng, SHEN Yue-liang, et al. Numerical simulation of the combustion characteristics of a tangentially-fired boiler at variable air speeds [J]. Journal of Power Engineering, 2013, 33(2): 172-177.
- [6] 李德波, 宋景慧, 徐齐胜, 等. 660 MW 超超临界旋流对冲燃烧煤粉锅炉  $\text{NO}_x$  分布数值模拟研究, 动力工程学报, 2013, 33(12): 913-919.  
LI De-bo, SONG Jing-hui, XU Qi-sheng, et al. Numerical simulation study of the  $\text{NO}_x$  distribution in a 660 MW ultra-supercritical swirling opposed combustion pulverized coal-fired boiler [J]. Journal of Power Engineering 2013 33(12): 913-919.
- [7] 李德波, 徐齐胜, 沈跃良, 等. 运用燃烧数值模拟分析某台 660MW 超临界锅炉旋流燃烧器喷口烧损事故, 机械工程学学报 2013 49(16): 121-130.  
LI De-bo, XU Qi-sheng, SHEN Yue-liang, et al. Analysis of the burn-down accident of the spout of a swirling burner in a 660MW supercritical boiler by using the numerical simulation of combustion [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2013. 49(16): 121-130.
- [8] 李德波, 张 睿. 220 t/h 锅炉的再燃改造及再燃区过量空气系数选择关键问题的数值模拟研究, 热能与动力工程学报, 2012 27(4): 459-463.  
LI De-bo, ZHANG Rui. Study of the numerical simulation of the key problems relating to the reburning modification of a 220t/h boiler and selection of excess air coefficient in the reburning zone [J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power 2012, 27(4): 459-463.
- [9] 李德波, 徐齐胜, 岑可法. 大型电站锅炉数值模拟技术工程应用进展与展望, 广东电力 2013 26(11): 54-63.  
LI De-bo, XU Qi-sheng, CEN Ke-fa. Advances in engineering applications and prospects of the numerical simulation technology for large-scale utility boilers [J]. Guangdong Electric Power 2013 26(11): 54-63.
- [10] 李德波, 沈跃良, 宋景慧, 等. 改变燃尽风量对比对 660MW 超超临界前后对冲煤粉锅炉炉内燃烧影响的数值模拟研究, 广东电力 2013 26(6): 5-10.  
LI De-bo, SHEN Yue-liang, SONG Jing-hui, et al. Numerical simulation study of the influence of changes in burn-out air ratio on the combustion in the furnace of a 660 MW supercritical front-rear opposed combustion pulverized coal-fired boiler [J]. Guangdong Electric Power 2013 26(6): 5-10.
- [11] 应明良, 戴成峰, 胡伟锋, 等. 600 MW 机组对冲燃烧低氮改造及运行调整, 中国电力 2011 44(4): 55-58.  
YING Ming-liang, DAI Cheng-feng, HU Wei-feng, et al. Opposed combustion and low  $\text{NO}_x$  reconstruction and operation regulation of a 660 MW unit [J]. China Electric Power 2011 44(4): 55-58.
- [12] 应明良, 潘国清, 戴成峰, 等. 600 MW 机组四角切圆锅炉低氮改造及运行调整, 中国电力 2012 45(4): 54-58.  
YING Ming-liang, PAN Guo-qing, DAI Cheng-feng, et al. Low  $\text{NO}_x$  reconstruction of a 600 MW tangentially-fired boiler and operation regulation [J]. China Electric Power 2012 45(4): 54-58.
- [13] 刘福国, 徐 伟, 胡代军, 等. 消除大容量低  $\text{NO}_x$  切向燃煤锅炉烟温偏差现场试验 [J]. 机械工程学学报, 2013 39(2): 159-166.  
LIU Fu-guo, XU Wei, HU Dai-jun, et al. On-the-spot test of a large capacity low  $\text{NO}_x$  tangentially-fired boiler to eliminate the deviation of the flue gas temperature [J]. Journal of Mechanical Engineering 2013 39(2): 159-166.

(陈 滨 编辑)

中美钢烟囱规范风荷载计算比较和研究 = **Comparison and Study of the Methods for Calculating Wind Loads According to Chinese and American Specification for Steel-made Smoke Stacks** [刊, 汉] CHENG Dong-mei, CHEN Ming, JI Qing-zhou ( CSIC Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150078) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2014, 29(6). - 740 - 746

Boiler steel-made smoke stacks pertain to high-rise structures and the wind load calculation plays a key role in structural design. In the light of the differences existing in American and Chinese specification for steel-made smoke stacks, the basic wind speed, along-the-wind-direction wind load calculation and lateral wind vibration were compared and analyzed. With two engineering projects serving as examples, their wind load calculation results were compared. It has been found that the basic wind speeds stipulated in the specifications of both countries cannot be used at a same time and a conversion is needed, and the conversion factor of 1.45 is considered as relatively sound and reasonable. The along-the-wind-direction wind load as calculated as per this conversion factor is basically identical to that as calculated as per the other specification. For a same engineering project, the lateral wind vibration results judged by using the specifications of both countries may be different and the wind load design value of the structure may also be not identical. To guarantee the safety of foreign-related projects, the structure should meet all relevant requirements stipulated in American and Chinese standards. **Key Words:** steel-made smoke stack, wind load, basic wind speed, lateral wind vibration

300 MW 四角切圆锅炉低氮改造关键技术研究与实践 = **Study of the Key Technologies for Low Nitrogen Reconstruction of 300 MW Tangentially Corner-fired Boilers and Engineering Practice** [刊, 汉] DENG Jun-ci, LI De-bo, DENG Jian-hua ( Electric Power Science Research Institute, Guangdong Power Grid Corporation, Guangzhou, China, Post Code: 510060) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2014, 29(6). - 747 - 752

In the light of the status quo of the  $\text{NO}_x$  emissions concentration of No. 1 and 2 boiler in a power plant being high, a low  $\text{NO}_x$  reconstruction was performed. In this connection, the authors systematically analyzed the low nitrogen reconstruction version for the power plant and at the same time evaluated the low nitrogen reconstruction effectiveness of the power plant. They arrived at the main conclusions as follows: the low nitrogen reconstruction adopts a SOFA air staged version, which merits a relatively good reconstruction effectiveness. A part of the secondary air adopts the air deflection technology to obtain an improvement and prevent from the slagging on the water walls and high temperature corrosion accidents and in the meantime, avoid the excessively high temperature of the water walls and tube rupture. At the full load, the  $\text{NO}_x$  concentration at the inlet of the air preheater decreases by 47% and the flue gas temperature of the boilers decreases by 31.8 °C, thus the reconstruction comes to its end with a success being achieved. **Key Words:** tangentially corner-fired, low nitrogen reconstruction, SOFA (separated over-fire air)