

基于分区浓淡技术的电厂锅炉低氮燃烧改造技术

马宏飞¹, 史良宵², 孔祥皓¹

(1. 内蒙古电力勘测设计院有限责任公司, 内蒙古 呼和浩特 010011; 2. 中核能源科技有限公司, 北京 100080)

摘要: 为提高电厂锅炉节能改造后的效果, 降低 NO_x 排放浓度、提升锅炉热效率、降低烟气中的 CO 浓度, 达到节能降耗的目的, 本文提出基于分区浓淡技术的电厂锅炉低氮燃烧改造技术。基于 NO_x 的形成类型, 本文设计了电厂锅炉炉膛纵向三区与横向双区分布; 燃尽风采用 4 层结构, 布置锅炉高位燃尽风; 增设低 NO_x 燃烧器, 采用分区浓淡技术, 控制锅炉燃烧过程中的 NO_x 排放, 实现低氮燃烧改造。通过实例证明, 新技术的应用可以有效降低 NO_x 的排放浓度和烟气中的 CO 浓度, 并提升了锅炉热效率, 具备更加理想的节能改造效果。

关键词: 电厂锅炉, 低氮燃烧, 分区浓淡技术, NO_x 排放浓度

中图分类号: TK229.6

文献标识码: A

Transformation Technology of Low Nitrogen Combustion in Power Plant Boiler Based on Zonal Shade Technology

MA Hongfei¹, SHI Liangxiao², KONG Xianghao¹

(1. Inner Mongolia Electric Power Survey & Design Institute Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia 010011, China;

2. Chinergy Co., Ltd., Beijing 100080, China)

Abstract: In order to improve the effect of energy-saving transformation of power plant boilers, reduce the concentration of NO_x emission, increase the thermal efficiency of boilers, and reduce the CO concentration in flue gas, so as to save energy and reduce consumption, this paper puts forward the transformation technology of low-nitrogen combustion of power plant boilers based on zonal dense-thin technology. Based on the formation type of NO_x , this paper designs the vertical three-zone and horizontal two-zone distribution of the boiler hearth in power plant. Burn-out air is a four-layer structure with high-position burnout air of the boiler. Adding a low NO_x burner and using zonal enrichment technology to control the NO_x emission during the combustion process of the boiler will realize the transformation of low nitrogen combustion. The application of the new technology can effectively reduce the emission concentration of NO_x and CO concentration in flue gas, improve the thermal efficiency of the boiler, and have a better energy-saving transformation effect.

Key words: power plant boiler, low nitrogen combustion, zone shading technology, NO_x emission concentration

0 引言

电厂锅炉燃烧后会排放大量的毒害气体, 对附近居民的身体健康造成一定危害。为大幅提高锅炉燃烧的安全环保性能, 我国已逐步与国际先进水平相适应, 并逐步提高环保意识。在此发展背景下, 国家制定了严格的 NO_x 排放标准, 为今后各电厂降低 NO_x 排放提出了更高的要求^[1]。

低氮燃烧技术的应用原理是通过降低燃烧反应热的温度, 降低过量空气系数, 在高温区域中缩短烟尘停留时间, 以达到控制 NO_x 排放的目的^[2]。低氮燃烧是当前最有效、最经济的一种降低火力发电锅炉 NO_x 的途径。经长时间研究, 目前低氮燃烧已取得一定成效, 但达不到理想的节能降耗效果, 投资与运行的费用较高, 且相关技术的应

用还不够成熟, 诸多问题的存在都在一定程度上限制着电厂锅炉节能的进一步发展, 并仍存在资源浪费的现象^[3]。为此, 本文开展对电厂锅炉的低氮燃烧改造设计, 基于电厂锅炉的实际情况, 采用分区浓淡技术控制 NO_x 排放, 并以此为基础实现对电厂锅炉设备的节能改造, 以达到降低节能降耗的目的, 为进一步深化电厂锅炉节能和提高锅炉热效率奠定基础。

1 电厂锅炉炉膛纵向三区与横向双区分布设计

电厂锅炉在燃烧过程中主要是产生 NO_x , NO_x 主要分为燃料型、快速型和热态型 3 大类。(1)燃料型。其在锅炉燃烧所产生的 NO_x 总量占 80%~90%左右, 是实现 NO_x 控制的首要目标。(2)热态型。(3)快速型。控制 NO_x 的同时

作者简介: 马宏飞, 1992 年生, 助理工程师, 研究方向电力热动。

还需要控制炉温,以进一步避免快速型 NO_x 的形成^[4]。基于上述控制原理,分区优化设计电厂锅炉炉膛。优化设计是将电厂锅炉炉膛从上至下分为3个分区,如图1所示。

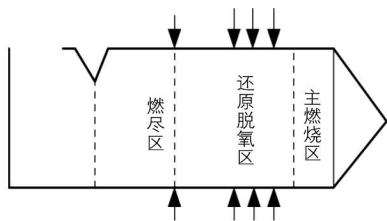


图1 电厂锅炉炉膛纵向三区分布设计

完成上述改造后,再进行二次风比的分配。4个高位SOFA燃尽风风道布置在主燃烧区的上部,其风量为20%~30%,可有效减少 NO_x 的产生。在主燃烧区,还必须再配置一次风、二次风两种不同的喷嘴,以实现对其的合理分配^[5]。利用一次风喷嘴的空间浓淡燃烧技术,控制垂直气流分配,从下往上,按照主燃烧区、还原脱氧区、燃尽区的顺序流通减少 NO_x 的排放。

在此基础上设计炉膛横向双区域分布。通过调节炉内一、二次风切圆弧,并在合适的位置设置贴壁式风嘴,在炉膛剖面上形成3个区域特征不同的中央区 and 近壁区。中央区域的煤粉浓度、温度、氧气浓度较高;近壁区温度和煤粉浓度较低。采用贴壁式结构,既能保证壁面有充足的氧气,并能防止炉膛结渣和高温腐蚀,又能保持喷嘴的方向。本次改造采取一次风反吹、二次风正切^[6],一次逆风将一股气流吹入热风中,在该区域,煤粉浓度低,易挥发可提前的沉淀、燃烧,有利于稳定燃烧。

2 锅炉高位燃尽风布置

锅炉燃尽风的设置采用较高的风能,取代原有的燃尽风,从而确保一定的还原度。将燃尽风分为4层结构,并确保在运转期间至少有一层是备用的,确保在运行时具备更加灵活的调节条件。通过对不同层的搭配与组合,找出最佳的燃尽风位置,锅炉高位燃尽风布置如图2所示。

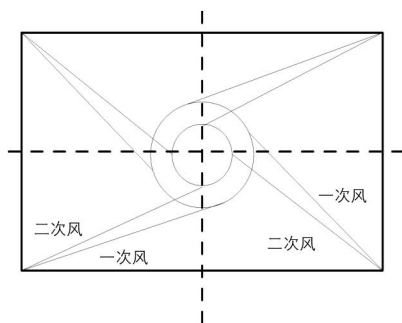


图2 锅炉高位燃尽风布置示意图

燃尽风的设计是一种能上下摇摆的喷嘴,既能加强燃烧效果、调节炉膛出口的烟气温度,又能调节燃烧高度、平衡燃烧效率^[7]。在燃烧过程中,喷嘴的摆动使空气在燃烧区域得到合理的分配,从而实现良好的燃烧效果。燃尽空

气喷嘴设置为椭圆形喷嘴,以进一步提升燃尽风的穿透能力。

3 增设低 NO_x 燃烧器

完成上述布置后,增具备低 NO_x 性能的燃烧器。同时,采用分区浓淡技术实现锅炉燃烧过程中 NO_x 排放的控制。一次风为上下浓淡式燃烧器,浓淡燃烧技术属于低氮燃烧技术。一次风分为浓、淡两种,产生不同的燃烧方式,其产生的 NO_x 总量比传统燃烧器低,是一种普遍存在的低 NO_x 排放技术。一次风为逆向喷吹,一次风遇到从上游吹来的高温烟气,形成一次集中燃烧,从而使一次风具有较长的火焰长度。可降低 NO_x 含量,并降低飞灰的易燃性。为了提高煤粉的稳燃性和煤粉的快速扩散性能,一次风管均为波形钝体。两级一次风的浓淡分离使得浓侧更加致密,产生局部浓淡燃烧。二次风管和一次风管之间采用适宜的夹角,使一次风向被反向切割,二次风被送进炉内。在一次风挥发燃烧、 NO_x 生成、还原后,与一次空气进行混合,以确保 NO_x 在燃烧时的浓度下降,从而强化燃烧过程中的煤粉燃烧。

经过一、二次喷嘴调节和特殊的壁风布置,在炉膛剖面形成3个区域特征不同的中央区 and 近壁区,由于中央区域的温度较高,近壁区温度较低,煤粉在向水冷壁运动时能迅速降温,不会产生粘壁、积灰,并能有效预防结渣和高温腐蚀。一次风反射流和二次风反射流能有效地抑制炉膛的膨胀,有利于控制煤粉流冲壁,防止炉渣飞到水冷壁,具有良好的防渣效果。采用双尺度燃烧技术,在节点二次风喷口加装壁喷,可有效改善近壁区的氧化性气氛,并增加灰熔点,从而极大地改善炉体的结渣现象。另外,在横向分层燃烧的中后期,贴壁风可有效地控制炉膛 NO_x 的产生。通过实施垂直分层,使燃烧室面积增大,燃烧区热负荷和燃烧区温度峰值减小,从而有效防止燃烧室表面结渣,进一步提升节能降耗效果。

4 实例说明

在上述论述基础上,针对设计的基于分区浓淡技术的电厂锅炉低氮燃烧改造技术,为验证其在实际应用中的是否具备理想的节能降耗效果,以某电厂锅炉为研究对象,从多个体现节能降耗的角度设置测试指标,并对比在应用新技术前后各项指标的具体数值。所选锅炉为某电厂正在运行使用中的锅炉,型号为DZL4-1.25-T,该型号锅炉尺寸为长6150 mm×宽2650 mm×高2900 mm,自身质量为21.6 t,运行功率为4000 kW,正常耗电量为11.2 kW,出口处压力为1.25 MPa,运行工作电压为380 V,炉内最高温度可达194℃。该型号锅炉热转化率高、运行稳定,其自身性能良好,不会影响此次测试的结果。根据该电厂对锅炉燃烧时的节能降耗要求,分别从 NO_x 排放浓度、锅炉热效率、

烟气中 CO 浓度等方面,设置节能降耗的各项指标标准要求范围,如表 1 所示。

表 1 电厂锅炉燃烧节能降耗各项指标标准范围

节能降耗指标	标准范围
NO _x 排放浓度	£300 mg/Nm ³
锅炉热效率	93%
烟气中 CO 浓度	£100 µL/L
锅炉最低不投油稳燃负荷	£40%BMCR
BMCR 工况下锅炉炉膛出口温度	<1 011 ℃
BMCR 工况下锅炉炉膛烟温偏差	<30 ℃

表 1 中的 BMCR 表示电厂锅炉在设置的标准出口压力条件、温度条件下,在单位时间内产生的最大连续蒸发量。其中,浓度参数、温度参数等均可通过相关检测仪直接得出数值结果,对于锅炉热效率,可根据式(1)计算得出具体数值。

$$w=-(a+b+c+d+e) \tag{1}$$

式中: w 表示锅炉热效率; a 表示锅炉在排烟时损失的热量; b 表示锅炉内气体无法完全燃烧损失的热量; c 表示机械设备未能够实现完全燃烧时损失的热量; d 表示散热损失; e 表示灰渣中的物理热损失量。

表 1 中的锅炉最低不投油稳燃负荷可通过式(2)计算具体数值。

$$g=s/v \tag{2}$$

式中: g 表示最低稳燃负荷率; s 表示锅炉稳燃负荷; v 表示锅炉额定出力。

应用本文提出的技术后,对表 1 中的各项节能降耗指标对应实测数值记录,并将其与电厂锅炉在未应用新技术时的历史数据对比,得到如表 2 所示的结果。

表 2 新技术应用前后电厂锅炉节能降耗指标对比表

技术应用前	技术应用后	比较
125.36 mg/Nm ³	286.36 mg/Nm ³	$J_h > J_q$
98.65%	93.01%	$J_h > J_q$
43.25 µL/L	86.36 µL/L	$J_h > J_q$
13.25%BMCR	32.52%BMCR	$J_h > J_q$
586.36 ℃	1 000 ℃	$J_h > J_q$
11 ℃	28 ℃	$J_h > J_q$

注: J_q 表示技术应用前; J_h 表示技术应用后。

由表 2 可知,各项指标均在规定要求的范围内,均具备实际应用条件,但明显应用新技术后各项指标的数值更

理想,均控制在比标准范围更小的区间内,具备更好的应用效果。同时,与应用新技术前相比,新技术的应用能进一步降低 NO_x 排放浓度、烟气中 CO 浓度,促进锅炉热效率达到更理想的水平。因此,综合此次新技术应用实例得到的结果证明,本文提出的新技术具备节能降耗性能,在实际应用中可有效降低电厂锅炉燃烧时排放的 NO_x,在环境方面和经济方面能取得双重收益,有利于电厂锅炉运行的可持续发展。

5 结语

NO_x 的排放与电厂锅炉的设计要素密切相关,本文为进一步提升节能降耗效果,开展了对基于分区浓淡技术的电厂锅炉低氮燃烧改造技术的设计研究。通过研究提出一种新的技术手段,并通过实例实现对该新技术应用可行性的验证。新技术手段的应用能在极大程度上降低 NO_x 的形成,同时具有促进锅炉热效率提升的应用性能,具备十分可观的应用优势。后续研究中,为促进电厂锅炉运行的持续发展,还将继续从环保角度、经济角度优化电厂锅炉及锅炉燃烧,同时从安全角度全面完善技术,在最大程度上保障电厂的综合利益。

参考文献

[1] 连国栋,李浩,姜楠.300 MW 贫煤锅炉低氮燃烧改造后拓宽煤种适应性的技术研究[J].价值工程,2022,41(28):148-152.

[2] 宋扬,赵阳,关凤一.300 MW 锅炉低 NO_x 燃烧器改造后燃烧优化调整试验研究[J].东北电力技术,2022,43(8):6-9+15.

[3] 李磊,王晓鹏,马虹,等.基于生命周期评价的燃气工业锅炉低氮燃烧技术综合评价[J].环境污染与防治,2022,44(7):907-910+917.

[4] 巩时尚,雍绍平,李韩亮,等.350 MW 超临界旋流燃烧锅炉低负荷燃烧优化试验研究[J].电力勘测设计,2022(6):41-46.

[5] 曾令艳,李晓光,张宁,等.三次风摆角影响 W 火焰锅炉低负荷燃烧及 NO_x 排放特性的试验研究[J].电力科技与环保,2021,37(6):18-23.

[6] 徐剑辉,王彬,林宸煜,等.650 MW 超临界锅炉低氮燃烧器改造后的主要问题与优化调整[J].能源工程,2021(5):55-59.

[7] 刘鹏飞,武学谦,崔星源,等.基于系统工程理念的锅炉深度降氮燃烧技术改造与仿真研究[J].电站系统工程,2021,37(5):12-15.

(责任编辑:黄 霞)