

火电厂锅炉低氮燃烧改造及运行优化调整探究

徐 康 吴 昊

国能江苏谏壁发电有限公司 江苏 镇江 212006

摘 要: 近年来,环境保护和能源可持续发展的重要性日益凸显。作为我国主要能源消耗部门之一,火电厂在能源供应中起着重要作用。然而,火电厂锅炉燃烧过程中产生的氮氧化物排放对大气环境和人类健康造成了严重影响。因此,对火电厂锅炉进行低氮燃烧改造和运行优化调整具有重要的现实意义和深远的影响。以下便对火电厂锅炉低氮燃烧改造及其运行优化调整路径展开一系列探讨分析。

关键词: 低氮燃烧;改造;火电厂锅炉;运行优化

Research on Low Nitrogen Combustion Transformation and Operation Optimization Adjustment of Boiler in Thermal Power Plant

Xu Kang, Wu Hao

State energy Jiangsu Jianbi Power Generation Co., LTD., Zhenjiang city, Jiangsu Province 212006

Abstract: In recent years, the importance of environmental protection and sustainable energy development has become increasingly prominent. As one of the main energy consumption sectors in China, thermal power plants play an important role in energy supply. However, the nitrogen oxide emissions generated in the combustion process of thermal power plant boilers have caused a serious impact on the atmospheric environment and human health. Therefore, the low nitrogen combustion transformation and operation optimization adjustment of thermal power plant boilers have important practical significance and far-reaching influence. The following is a series of discussion and analysis on the low nitrogen combustion transformation and operation optimization adjustment path of thermal power plant boiler.

Key words: Low nitrogen combustion; Renovation; Thermal power plant boilers; Operational optimization

前言:随着环境保护意识的增强和环境法规的不断加强,火电厂锅炉低氮燃烧改造及运行优化调整成为了亟待解决的问题。本研究旨在探究火电厂锅炉低氮燃烧改造及运行优化调整的方法和策略,以降低氮氧化物排放,提高燃烧效率,以实现火电厂的绿色发展和环境保护,并真正实现环境友好型以及经济可行的运行模式。

1 火电厂锅炉燃烧系统概述

1.1 输煤阶段

如果以燃煤电厂为例,发电过程中的煤耗巨大,如果火电厂的装机容量为 $2 \times 1000\text{MW}$,按 $300\text{g}(\text{kW}\cdot\text{h})$ 计算的煤耗率至少为每天1万吨煤。但在火电厂的实际运行中,由于所用煤的煤质难以保证满足需求,需要掺混较多的劣质煤,再加上外部环境的影响和煤耗率的波动,实际运行中的煤耗率会较高。据统计,中国煤炭总量的 $1/4$ 左右用于发电,该厂煤炭运输通常是船舶运输,为了保证及时的煤炭供应,燃煤电

厂通常需要储备至少10天的煤炭。

1.2 磨煤阶段

在煤燃料进入炉膛之前,煤块必须从煤场运输,经过煤输送带预筛,到给煤机上方煤仓,通过给煤机到磨煤机,通过磨煤机将煤粉碎。经分离并满足煤尘要求后,煤尘在一次风的作用下送入煤粉直吹式燃烧器,送入炉膛进行燃烧。

1.3 焚烧阶段

在燃烧运行时,煤粉通过磨煤机旋转分离器的调节煤粉细度后进入一次风管,途经一次风管煤粉分配器,送入每个角燃烧器,再注入锅炉炉膛内进行燃烧^[1]。

1.4 风烟阶段

在炉内燃烧后产生高温烟气,经过过热器、省煤器和空气预热器,不仅降低了烟气的温度,而且除去了大部分粉尘,最后在引风机的作用下通过烟囱排放到大气中。炉膛加热后,一部分漏风通过燃烧器外壳进入炉内,一部分一次风

通过磨粉机和一次风机进入炉内。

2 火电厂锅炉低氮燃烧改造现有技术

低氮转化主要在锅炉源端和末端实现,即燃烧控制和烟气净化。在燃煤锅炉的情况下,两种技术可以同时使用,但在燃气锅炉的情况下,通常使用低 NO_x 燃烧技术。根据 NO_x 的形成机理,减少其产量最重要的是控制燃烧过程的温度和时间,而实际控制因素是空燃比、燃烧区温度和分布、燃烧后区的冷却程度和燃烧器的形状设计。

2.1 分级燃烧

分段燃烧技术的主要特点是:将燃料和空气分段引入炉膛。燃料分期是指大部分燃料被引入主燃烧区,主燃烧区在主火焰区末端可形成富含 NH_3 、 CH 、 HCN 和 NO 的低氧还原区^[2]。当它通过这个区域时,其中一些被还原成 N_2 。空气分级是这样的,燃料燃烧所需的空气被分阶段引入炉膛,大约80%的理论风量首先被引入主燃烧器,形成富氧燃料燃烧区。在燃烧的后期阶段,燃烧所需的剩余空气作为二次空气提供,以燃烧掉多余空气区的燃料。分级燃烧允许燃料完全燃烧,并大大减少烟气中 NO_x 的形成;使用分级燃烧技术可以减少约60%的氮氧化物排放。

2.2 燃烧机预混

与扩散燃烧相比,预混燃烧是另一种典型的燃烧方式。根据预混剂的用量是否能使燃料完全燃烧,可分为部分预混燃烧和完全预混燃烧。燃烧前,燃料和氧气在燃烧器内完全混合,预混燃烧具有高燃烧温度和高燃烧强度,且当量比完全可控,因此燃烧温度可控,然后热 NO_x 的形成可控。在减少 NO_x 生成方面,完全预混燃烧和部分预混燃烧都有很大的潜力,与非预混燃烧相比,完全预混燃烧可使 NO_x 的生成减少85%左右。预混燃烧的火焰稳定性差,会产生不稳定火焰,不稳定火焰的现象难以控制,影响燃烧器的使用寿命,对燃烧器造成灾难性后果。预混燃烧由于在安全控制上存在一定的技术难点,目前尚未得到广泛应用。该技术还会产生较高的多余空气系数,从而增加烟雾损失并降低锅炉效率。

2.3 烟气再循环

烟气再循环技术的原理是通过再循环废气的吸热作用,降低火焰温度,稀释氧气浓度,降低燃烧速度,以减少热 NO_x 的形成。它的工作原理是通过再循环废气的吸热作用,降低火焰温度,稀释氧气浓度,降低燃烧速度,以减少热 NO_x 的形成。

由于天然气含氮量较低, NO_x 主要是热生成的,因此EGR技术主要是减少热生成的 NO_x ,对燃气锅炉的减氮效果最大。此外,该技术的使用还取决于烟气再循环量,再循环率一般控制在10-20%,如果过高,燃烧变得不稳定,因燃烧不完全而造成的热损失增加。经验表明,当煤气再循环率为10%~15%时,煤气炉的 NO 排放浓度可降低40%以上。控制烟气再循环的方法是通过风机入口的控制风门来调节再循环烟气的量。PLC通过4 mA-20 mA,通过烟气再循环设定最

佳燃烧曲线,并对燃烧负荷进行自动控制。在不同运行工况下,根据锅炉运行工况自动调节烟气再循环量。目的是在锅炉不同负荷运行时,将 NO_x 浓度控制在合理范围内。重要的是通过使用适当的再循环和精确的控制来尽量减少这种影响^[3]。

3 火电厂锅炉低氮燃烧改造技术原则

在采用低氮燃烧技术改造动力锅炉时,需要遵循以下几点原则。

首先,相关工作人员在改造之前必须要对火电厂锅炉的受热面问题和实际运行情况展开全方位的分析,例如针对存在的金属管道老化等现实问题,进行专门的更换升级,或针对厂房结构和设备设计不当,在改造时对厂房结构和设计进行优化等。这都是为了将锅炉运行中存在的问题有效解决。

二是联合制定改造方案。该改造方案的制定通常是由锅炉厂家结合火电厂锅炉的实际运行环境、参数及实际影响因素,通过分析论证,分析该改造方案对火电厂整体运行的积极或消极影响。例如,在老化管需要升级的情况下,不应更换受热面规格。如果需要重新设计,还应考虑到管在受热面上的实际布置、转换后管的规格变化和重量,以避免对烟气系统阻力和蒸汽-水侧阻力产生不利影响。一旦在改造设计的基础上制定了改造方案,就必须对现场进行检查,确保改造方案在现场没有任何阻碍,现场新排管的布置必须严格按照设计方案的要求进行。

最后,相关工作人员还需要在改造、优化中结合烟气脱硝技术,确保这一技术在低氮燃烧改造中的科学运用,以实现锅炉燃烧后 NO_x 排放的降低。这样做的原因是该技术的应用可以对减少 NO_x 排放产生影响。其原理是根据 NO_x 的生成机理,通过低氧燃烧和废气回流,将燃烧器放置在长段,并建立氧化还原、主还原和燃烧区三个模块,保证燃烧器的科学定位。为了保证有机染料的低氧低温燃烧和锅炉内空气的分布,还可以对整个燃烧过程进行划分和分级,实现对 NO_x 排放的严格控制。

4 火电厂低氮燃烧改造路径

首先,对于燃烧器来说,现阶段最为常见的立式和卧式这两种浓淡燃烧器。二者浓淡分离方向存在差异,立式燃烧器能够采用垂直方向的燃烧器布置,从宏观上实现煤尘的分离。将卧式燃烧器水平布置,利用其良好的直接夹带性能在当前锅炉改造中实现浓度分析。通过控制分离比和相关参数,可以提高分离效果。其次,对于主燃烧器,在技术改造时,结合其标准高度要求明确专用偏转风箱、死角风箱风道的固定位置,然后根据要求更换燃烧器内的部件,将一次风底部改成等离子燃烧器,其余的燃烧器改成厚燃烧器。同时还必须更换二次风喷嘴,改变二次风喷嘴喷射方向,一次风喷射角度必须控制在 10° ,使用耐热性好的钢板将其密封。再次,在重新设计二次风喷嘴时,采用耐热设计对不符合系统要求的二次风喷嘴的风量、风速和尺寸进行封堵改

造。建议采用改进的燃烧技术,使用低氮燃烧器,如西门子 ABTOpti-Flow™低氮燃烧器,因为改用低氮燃烧器会导致锅炉效率降低,受热面过热,一次风道煤粉浓缩器高温腐蚀磨损。可以在不降低锅炉效率和不增加锅炉飞灰含碳量的情况下降低氧化亚氮水平。为解决飞灰含碳量高的问题,采用前后壁面燃烧方式的低NO_x旋流燃煤燃烧器对排风进行分流^[4]。

5 火电厂锅炉低氮燃烧运行优化对策

5.1 一次、二次风与周界风

在调整主燃烧区的阶段,相关工作人员应尤其重视低氧燃烧的需求,控制二次风的实际开度,并严格掌握燃烧风量与调节O₂量的比值,根据锅炉机组内部的实际运行情况调整锅炉优化参数,对各种配风系统进行比较,应在优化过程中落实多种锅炉运行对策,将NO_x的实际排放量尽可能降至最低。严格控制锅炉生产对环境所产生的污染,进一步提高火电厂生产的环境效益。对于二次风开度的调节,上层二次风开度需要调节在35%内,各层外围风开度需要控制在15%~20%的范围之间,下层二次风开度不得低于70%,如果下层二次风开度低于70%,煤粉燃烧过程中就将出现缺氧问题,而锅炉中的烟气生成量就会快速增加。同时,在优化过程中应根据已知的信息参数,综合考虑二次风组合方式、氮氧化物排放和锅炉内部温度的相互作用,对其展开综合调整。特别是要综合评价锅炉低氮燃烧的实际效益,找出存在的问题并调整问题的参数数据,注意锅炉负荷状态、制粉系统运行方式和锅炉实际运行情况,确保火电厂锅炉运行的稳定性。

5.2 锅炉内部含氧量优化

在优化燃烧系统减少NO_x排放之前,相关工作人员有必要对NO_x等污染物排放的原因进行深入分析,找出主要原

因,制定有针对性的解决方案,并在实践中应用,控制锅炉污染物的排放。锅炉内氧含量与NO_x排放量之间必然存在相关性,即锅炉内氧含量越高,NO_x排放量越高。确定NO_x排放控制任务后,可通过调节锅炉含氧量来降低锅炉含氧量,从而确定最佳动态含氧量范围。理论上,较低的O₂会减少氮氧化物的产生和排放,但过低的O₂将不利于锅炉的正常运行^[5]。由此可见,锅炉内部含氧量的设置必须处于合理范围,最好将其控制在2.5%~3.5%的范围内。

结束语:综上所述,由于锅炉在火电厂中起着举足轻重的作用,需要通过低氮燃烧技术来有效调节锅炉燃烧过程中的大气污染,从而提高锅炉燃烧工作的运行效率和环境效益。在这其中,为能尽快将火电厂锅炉运行效率提升,并做到低氮燃烧,相关工作人员就需要加强对锅炉改造、优化的重视,明确火电厂锅炉低氮燃烧改造技术原则。优化一次、二次风与周界风,并优化锅炉内部含氧量,最终达到健康发展的需要。

参考文献

- [1]刘瑞东,王志,周远科,彭献永,周怀春.根据气温对锅炉运行的影响构造闭环燃烧优化控制的试验研究[J].节能技术,2022,40(2):99-104.
- [2]金森旺,陈久全,曾贯虹,孙广.燃用贫煤的130t/h CFB锅炉低氮燃烧技术改造[J].热能动力工程,2021,36(8):152-157.
- [3]王永平.火电厂锅炉低氮燃烧改造及运行优化调整[J].中国科技期刊数据库 工业A,2022(5):0108-0110.
- [4]徐剑辉,王彬,林宸煜,晏儒先.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.
- [5]张强,何陆灿,方亚雄.火电厂锅炉低氮燃烧改造与运行优化调整探究[J].中国设备工程,2023(4):130-132.

