

循环流化床锅炉的低氮燃烧改造

Low Nitrogen Combustion Retrofit of Circulating Fluidized Bed Boiler

鲍军荣

Junrong Bao

杭州热电集团能源技术管理有限公司 中国·浙江 杭州 311228

Hangzhou Thermal Power Group Energy Technology Management Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311228, China

摘要: 氮氧化物 (NO_x) 是目前发现造成我国大气污染的主要来源之一。会对周围的人体和动物造成至毒及病变作用; 会在大气中形成光化学烟雾污染环境; 会和大气中的水生成硝酸、亚硝酸形成酸雾或酸雨; 还会使臭氧分解破坏臭氧层。研究和治理好 NO_x 的排放是我们国家环保工作的主要工作, 也是中国今后生产生活需要减排的主要污染物之一。

Abstract: Nitrogen oxide (NO_x) is one of the main sources of air pollution in China. It will cause toxic and pathological effects on the surrounding human body and animals; Photochemical smog will be formed in the atmosphere to pollute the environment; It will form nitric acid and nitrite with water in the atmosphere to form acid mist or acid rain; It can also decompose ozone and destroy the ozone layer. It is the main work of our national environmental protection work to study and control NO_x emissions, and it is also one of the major pollutants that our production and life need to reduce in the future.

关键词: 氮氧化物 (NO_x); CFB 锅炉; 低氮燃烧; 环保排放

Keywords: nitrogen oxide (NO_x); CFB boiler; low nitrogen combustion; environmental emission

DOI: 10.12346/peti.v5i1.7522

1 引言

循环流化床锅炉 (CFB) 是工业化程度最高的洁净煤燃烧技术, 用流态化燃烧。因为运行可靠、经济, 并有较好的环保功能, 所以在我国的火电厂中应用广泛, 尤其热电联产企业。目前, 循环流化床锅炉已经很好地解决了热学、力学、材料学等基础问题和膨胀、磨损、超温等工程问题, 成为难燃固体燃料能源利用的先进技术。在火电厂“50355 超低排放”标准要求下, 急需解决现有循环流化床锅炉 (CFB) 的脱硝改造, 减少 NO_x 的排放, 改善大气污染, 提高人们生活水平^[1]。

2 脱硝改造 (低氮燃烧) 方案

2.1 脱硝改造方案设想

低氮燃烧+SNCR+烟气再循环, 低氮燃烧改造后 NO_x 排放浓度小于等于 100mg/Nm³, SNCR 后 NO_x 排放浓度小于等于 50mg/Nm³, 烟气再循环保证低负荷情况下 NO_x 排

放浓度小于等于 50mg/Nm³。

2.2 低氮燃烧改造内容

通过低氮燃烧改造, NO_x 排放浓度小于等于 50mg/Nm³。

2.2.1 烟气再循环

改造目的:

低负荷工况下, 减弱密相区氧化氛围, 利于降低 NO_x 排放。

在锅炉引风机出口开口连接 DN800 风管通过烟气再循环风机引至一次风机入口处, 采用此再循环烟气方法降低一次风含氧量, 在保证锅炉密相区正常燃烧以及流化的前提下使用再循环烟气尽量降低一次风的含氧量, 抑制氮氧化物的生成。降低一次风氧量后, 可适当增加二次风风量保证燃烧, 不降低现有锅炉运行出力如图 1 所示。

2.2.2 改造内容二: 提高二次风比例, 优化二次风喷口改造目的:

①二次风变单层, 提高二次风口位置, 加大下部密相区

【作者简介】鲍军荣 (1976-), 男, 中国浙江临安人, 本科, 工程师, 从事热电联产中循环流化床锅炉超低排放改造及运行调整研究。

还原性气氛空间，减少 NO_x 生成。

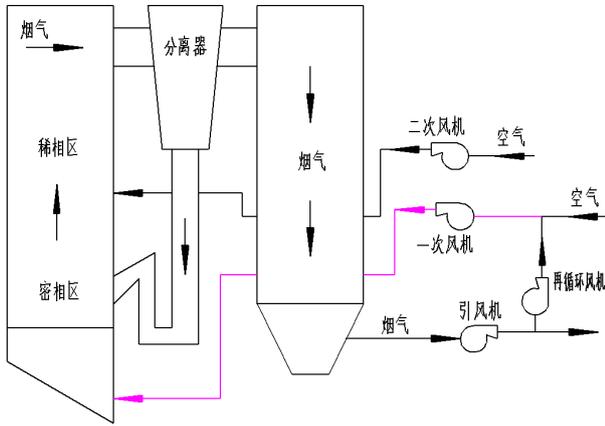


图 1 锅炉引风机

②增加单个喷口动能，有利于二次风扰动，降低飞灰含碳量。

二次风采用锅炉厂独创的单层布置、大动量、低阻力、强穿透力二次风设计工艺。二次风由现在的双层布置改为单层布置，口径加大 150×300，数量 11 个，前 6 后 5，同时炉内侧所有二次风喷嘴应与浇注料垂直立面相齐平，避免因二次风口处冲刷导致浇注料脱落产生的安全隐患。二次热风道相应变更。原布风板标高为 5800mm，改造后二次风口标高 9700mm，距离布风板 3900mm，如图 2、图 3 所示。

2.2.3 改造内容三：减少一次风比例、减少布风板面积、优化风帽结构

改造目的：

①减少一次风量，使密相区形成还原性气氛，减少 NO_x 生成；

②减少布风板床面面积，减少最小流化风量，降低低负荷时 No_x 生成；

③降低床压及一次风压头，减少一次风机厂用电率。

锅炉厂原设计水冷布风板截面太大，为保证流化均匀，运行中只有加大一次风量。这对燃烧效率、防止磨损和 NO_x 原始排放都不利。

按改造设计需要，重新布置风帽，并保证布风板的布风均匀性和物料流化质量。风帽采用精密铸造、易更换、夹套式、大钟罩风帽，要求风帽选用材质不得低于 ZG30Cr26Ni6Re，其耐高温耐磨性能满足锅炉运行需要，布风板实际所需风帽数量约 260 个左右，由于风帽属于易磨损件，因此乙方需提供不少于实际安装数量的 10% 的风帽作为备件。现场割除原水冷布风板水冷壁管之间的鳍片，用加工好的已经开孔的鳍片取代。

炉膛下部四周原炉墙现场打掉，补焊抓钉，按改造设计后确定的炉墙尺寸用耐磨浇注料砌筑，高度 500mm，然后向上砌筑一斜坡与原炉墙相连。

改造后，水冷布风板冷态空床阻力约 2500Pa，流化更均匀。所用一次风量远小于原运行一次风量，同时一次风机更节能。

2.2.4 改造内容四：优化锅炉分离器，提高分离效率

改造目的：

提高物料进入分离器的速度，使分离器的效率得到提高。分离器进口加速段改造，原锅炉分离器入口基本没有加速段，用抓钉和耐磨浇注料在分离器进口内侧建立一个逐步加速的加速段。改造用抓钉和耐磨浇注料在进口内侧制作一个夹角为 5° 的耐磨浇注料层，提高物料进入分离器的速度，使分离器的效率得到提高。

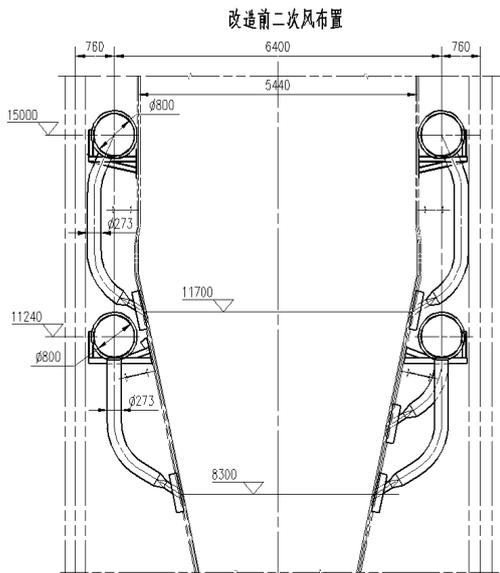


图 2 改造前

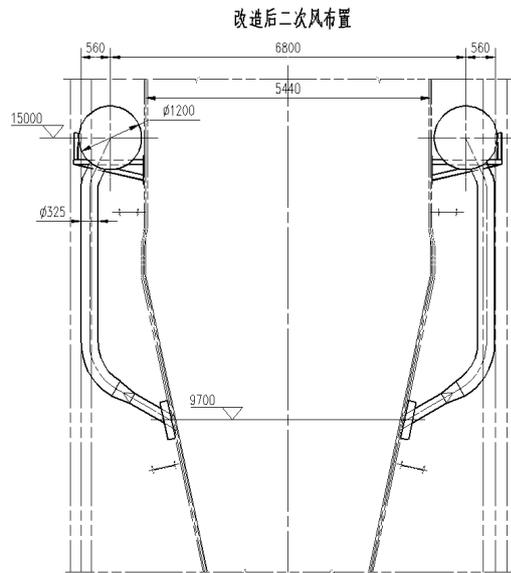


图 3 改造后

2.2.5 改造内容五：优化锅炉回料装置

改造目的：

- ①减少回料管内细粒子物料反窜，提高分离效率；
- ②采用低流阻阀体及风帽，减少厂用电率。

整个返料系统（立管、回料阀和返料腿）重新施工安装，回料腿及立管内径减小，由原来的 $\phi 800$ 减小至小于 $\phi 500$ ，料腿对接焊缝外径必须采用 10 槽钢圈进行加强。料腿和回料阀内浇注料施工工艺进行改进，原锅炉厂设计全部用耐磨浇注料灌注的方式在实际运行中易造成立管开裂，应改为内侧使用耐磨浇注料，中层采用轻质保温浇注料，外层采用耐火泥和耐火砖，耐火砖与立管筒壁之间采用两层 $\delta 20$ 的硅酸铝耐火纤维板。回料阀采用锅炉厂专利低能耗、高流率、自平衡回料阀^[2]。

2.2.6 改造内容六：炉膛内增加受热面

改造目的：

- ①降低床温及炉膛内温度水平，减少 NO_x 生成；
- ②增加锅炉带负荷能力。

锅炉炉膛内新增布置两片水冷屏、一片汽冷屏，保障锅炉低氮燃烧改造后锅炉床温在经济运行的合理区间，同时使锅炉可以维持额定的出力运行，如图 4 所示。

3 调试总结

3.1 低氮燃烧改造调试

2015 年 11 月底，锅炉改造现场施工开始；2016 年 2 月

底，锅炉改造现场施工结束，锅炉第一次运行调试，因空预器漏风等原因停炉检修。停炉后发现风帽被吹掉 4 只，停炉期间更换空预器，同时对返料器和二次风喷口进行局部优化改进，对风帽进行点焊固定处理。2016 年 4 月初，锅炉第二次运行调试，高负荷运行调试时，通过调节配风和床压在不投 SNCR 情况下可以实现 NO_x 低于 $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ 稳定运行。低负荷调试时，发生床压不稳和床温瞬间升高等现象，再次停炉检修。停炉后发现布风板结焦，2 只风帽被吹掉。现场进行了除焦处理，风帽重新焊接固定。2016 年 4 月底，锅炉第三次运行调试。起炉后直接进行低负荷调试，在配风、床压和烟气再循环调整到位且运行稳定的情况下，在不投入 SNCR 情况下烟气中 NO_x 可以实现低于 $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ 连续稳定运行。在将风帽全部更换（风孔由 $\phi 15$ 改为 $\phi 12$ ）、安装返料风支路流量孔板后于 2016 年 8 月 9 日至 23 日再次投运 #3 锅炉，在投入 SNCR 情况下，锅炉负荷在 55~120t/h 调节范围内烟气中 NO_x 可以实现低于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 连续稳定运行。

3.2 低氮燃烧改造总结

在投入 SNCR 情况下，锅炉负荷在 50%~100% 负荷调节范围内烟气中 NO_x 可以实现低于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 连续稳定运行。在不投 SNCR、投用烟气再循环情况下，锅炉负荷在 55t/h 时烟气中 NO_x 可以实现低于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 连续稳定运行。锅炉带负荷能力增强。床温及炉膛出口温度飞灰含碳量比改造前有所提高，这会导致锅炉效率降低。排烟温度比改造之前升高。低负荷运行时，易出现床压不稳。

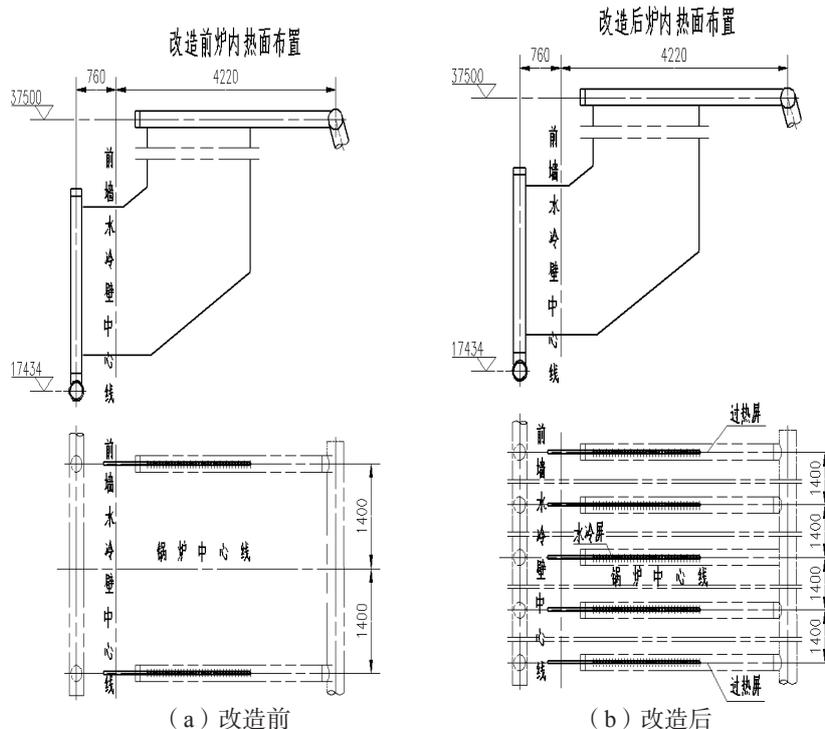


图 4 炉内热面布置

3.3 低负荷运行控制氮氧化物运行调整

确保锅炉燃烧稳定性,保持床压稳定,均匀给煤,防止出现炉膛局部高温区,减少氮氧化物原始生成量。在负荷变化时,通过风煤调整,控制锅炉氧量稳定。提高炉膛出口温度,提高 SNCR 效率,主要手段:在可预见低负荷运行期间,尽可能低压运行,提高炉膛温度。上下二次风调整,调整锅炉不同区域燃烧份额,关闭下二次风,调整上二次风,同时提高二次风压力,即提高二次风刚度。烟气再循环使用,是低负荷控制氮氧化物原始产生量重要手段。

4 结语

十九大报告指出,建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计,功在当代,利在千秋,深刻揭示了推进生态文明建设的重大意义。我国环保的可持续发展是大方向是改善人民幸福生活的必要条件。推进绿色发展,要按照“五大发展理念”的要求,实现真正的绿色发展、实现人与自然相和谐

的发展,绝不能因为发展破坏自然环境,破坏之后很难修复,破坏之后发展本来的目的也改变了^[3]。我们显然要通过发展提高生活质量,其中宜居的环境就是非常重要的方面。要树立绿水青山就是金山银山的环保发展理念,保护好生态环境就是保护未来,为子孙造福,“十九大报告中所说的‘像对待生命一样对待生态环境’,为大气污染治理未来发展指明了方向。”所以,我们一定要建立环保制度、实施保护改造、减少环保排放,创建绿色可循环发展经济体系。

参考文献

- [1] 曹启峰.浅析循环流化床锅炉的低氮氧化物排放[J].山东工业技术,2015(14):1.
- [2] 吕小祥.循环流化床锅炉一二次风风量配比及风压选定[J].环境与生活,2014(8X):177.
- [3] 章明铁,祁晓锋,夏继胜.循环流化床锅炉飞灰含碳量的分析[J].锅炉制造,2008(6):3.