

烟气再循环及分段送风对链条炉 NO_x 生成的数值模拟

胡满银, 韩 静, 刘 忠, 林 蔚

(华北电力大学 环境科学与工程学院, 河北 保定 071003)

摘要:以某 10 t/h 链条炉为研究对象, 运用 FLUENT 软件分别对此链条炉在无烟气再循环和采用烟气再循环技术时炉膛内的燃烧过程、温度场以及 NO_x 的生成情况进行数值模拟。并且比较了循环烟气从一次风口和二次风口进入炉膛这 2 种不同情况。模拟结果显示: 采用烟气再循环技术, 炉膛内的平均温度降低, 从而降低 NO_x 的生成量; 而循环烟气从二次风口进入炉膛内, 生成的 NO_x 会更少些。该数值模拟结果可为链条炉的设计和运行提供参考。

关键词:烟气再循环; NO_x ; 链条炉; 数值模拟

中图分类号: TD946.2

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2010)03-0071-03

中国工业锅炉燃料以煤为主, 目前生产的 10、20、35 t/h 的工业锅炉绝大多数是采用链条炉排。这些锅炉的 NO_x 体积分数一般在 $150 \times 10^{-6} \sim 300 \times 10^{-6}$ 。 NO_x 对环境人类都有很大的危害。烟气再循环是使用较多的低氮燃烧技术。它是在锅炉的空气预热器前抽取一部分烟气返回炉内, 利用惰性气体的吸热和氧浓度的减少, 使火焰温度降低, 抑制燃烧速度, 减少热力型 NO_x 。循环烟气可以直接进入炉内, 也可以与一次风或二次风混合后送入炉内。链条带动炉排缓慢运动, 煤从炉前加入, 随着炉排移动而逐渐燃尽。在此过程中煤要经历干燥, 挥发分的析出, 焦炭的燃烧和燃尽这 4 个主要过程。其中挥发分和焦炭的燃烧需要足量的氧气, 所以链条炉采用分段送风^[1]。

采用 FLUENT 软件对某一 10 t/h 的链条炉在无烟气再循环和采用烟气再循环技术时炉膛内的燃烧情况进行数值模拟, 分别比较再循环烟气从一次风口进入和二次风口进入这 2 种不同情况, 以及烟气再循环率分别为 15%、20%、25%、30% 时 NO_x 的生成情况。根据模拟结果来分析 NO_x 降低的原

因。虽然数值模拟具有一定的局限性, 但对设计和运行链条炉有一定的指导作用。

1 锅炉模型和数值模拟方法

1.1 锅炉结构与参数

链条炉本身结构比较复杂, 在数值模拟时对其本身结构进行了简化。锅炉本体在 X 方向上长为 4.5 m, Y 方向上左边高为 7.85 m, 右边有烟气出口高为 10 m, Z 方向上深 4.8 m。

图 1 为对模型进行划分网格后的示意图。由于 NO_x 的生成在炉膛内, 所以计算时忽略炉膛下面的灰斗, 且对整个炉膛划分网格时采用了分块方法。由于炉膛内的燃烧反应主要在进风口上面产生, 所以此部分的网格比较密。而炉膛上部的网格相对稀些。

1.2 边界条件

燃料颗粒直径分布符合 Rosin-Rammler。对锅炉模型划分完网格后, 在网格隐藏的情况下, 设定边界条件的类型。煤从炉前加入, 随着炉排进入炉膛, 开始时要吸收高温烟气的热量加热并析出挥发

收稿日期: 2009-12-31

作者简介: 胡满银(1952—), 男, 山西阳泉人, 教授, 从事大气污染控制工程研究工作。

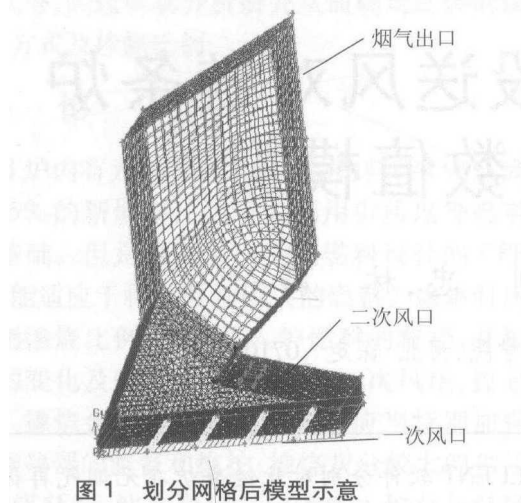


图1 划分网格后模型示意

分,从空气预热器引入的空气本身温度低,这个阶段不需要通入大量的空气。当煤运动到第2个进风口上部时挥发分和焦炭开始燃烧,所以第3、4进风口需要引入足量的空气来保证煤燃尽。所以链条炉采用分段送风的方式,即各个进风口的风量不同。

2 结果与分析

2.1 无烟气再循环时炉膛内温度场和出口处 NO_x 的分布情况

2.1.1 无烟气再循环时炉膛内温度场的分布 ($Z=2.4\text{ m}$)

从图2可以看出:第1风口和第5风口处的温度明显低于其他3个风口,这是因为:处于第1风口

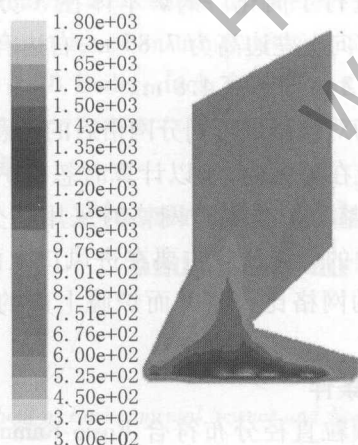
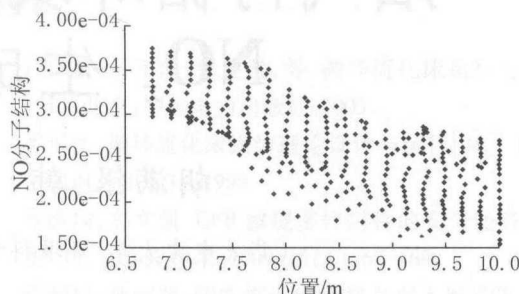


图2 无烟气再循环炉膛内温度场的分布图

的煤析出炉内烟气的热量而干燥蒸发水分,在第2、3、4风口处是煤挥发分的析出和焦炭的燃烧过程(这2个过程并没有严格的分界线)。所以此处温度高于其他风口。煤在第5个风口处燃尽,所以此

风口的温度也不是很高。

2.1.2 炉膛出口处 NO_x 的分布情况

图3 无烟气再循环时炉膛出口处 NO_x 的分布情况

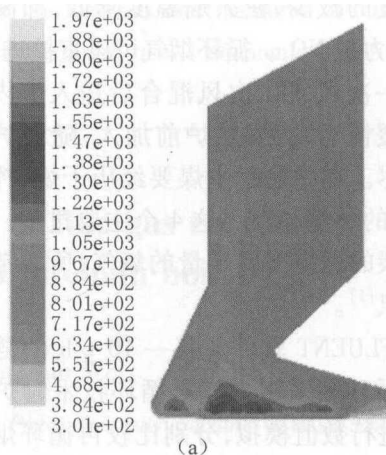
煤燃烧过程中生成 NO 、 NO_2 和 N_2O 。通常把 NO 和 NO_2 称为氮氧化物(NO_x)。其中 NO 占 90% 左右。所以主要针对 NO 的浓度进行计算。模拟结果显示炉膛出口处 NO_x 体积分数约为 288×10^{-6} 。

2.2 采用烟气再循环后炉膛内温度场和出口处 NO_x 的分布情况

在使用烟气再循环技术中,对烟气再循环不同位置做了对比:即把烟气从炉膛底部的一次风口再循环到炉膛内和从二次风口进入炉膛内作了对比。图4、图5中(a)为再循环烟气从一次风口进入,(b)为再循环烟气从二次风口处进入。

2.2.1 炉膛内温度场的分布情况

图4、图5中以烟气再循环率为 20%、25% 这2种情况,说明炉膛内温度场的分布情况。



从图4、图5可以看出:与无烟气再循环相比,采用烟气再循环时,炉膛内的温度有一定程度的降低,且随着烟气再循环率的增加,炉膛内的平均温度降低。这主要是由于采用了烟气再循环技术后,进风口处的进风量增加,由空气预热器循环回来的

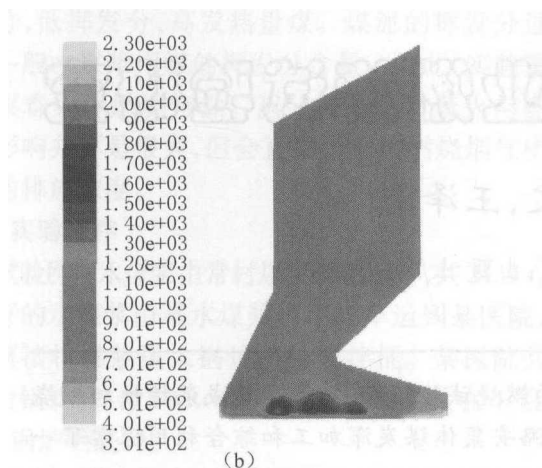


图4 烟气再循环率为20%时炉膛温度场分布

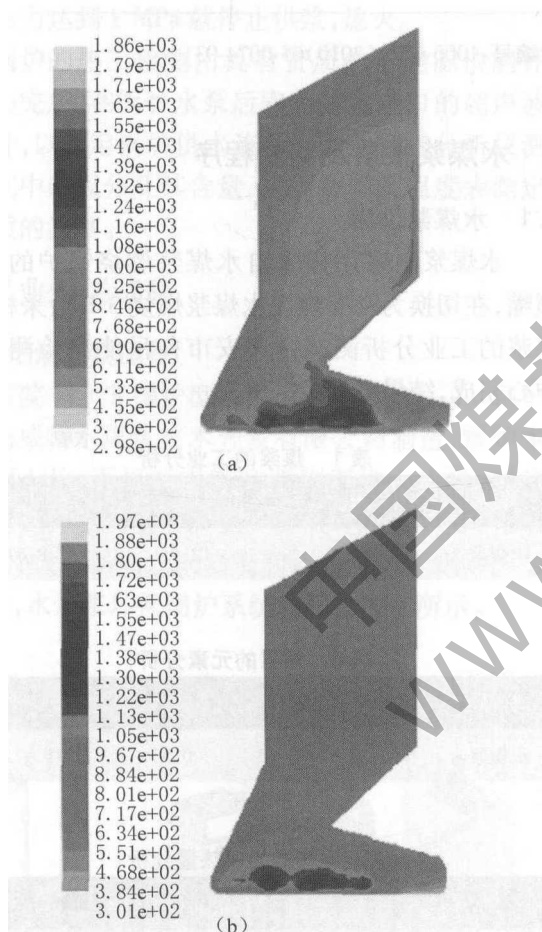


图5 烟气再循环率为25%时炉膛温度场分布

烟气的温度较低,更多的空气需要吸收高温烟气的热量加热,所以炉膛内的温度会降低;另外,由于循环烟气的加入,会使炉膛内 O_2 的体积分数减少, CO_2 的体积分数增加,这对炉膛内煤的燃烧有一定程度的影响。

图 a 和图 b 的比较可以看出,循环烟气从二次

风口处进入炉膛内,炉膛内的平均温度会更低一些。这主要是2次风口对1次风口的2,3,4进风口处的燃烧影响较大。

2.2.2 炉膛出口处 NO_x 浓度的分布情况

模拟结果显示:当烟气从一次风口循环进入炉膛,烟气再循环率分别为15%,20%,25%和30%时,炉膛出口处的 NO_x 平均体积分数分别为 250×10^{-6} , 240×10^{-6} , 230×10^{-6} , 260×10^{-6} 。而当循环烟气从二次风口进入炉膛,烟气再循环率分别为15%,20%,25%和30%时,炉膛出口处的 NO_x 平均体积分数分别为 248×10^{-6} , 235×10^{-6} , 228×10^{-6} , 256×10^{-6} 。

模拟结果显示炉膛出口处 NO_x 的浓度随着烟气再循环率的增加先减小再增加,当烟气再循环为25%时, NO_x 的体积分数最小。这主要是由于炉膛内温度的降低在一定程度上抑制了热力型 NO_x 的生成,且随着烟气再循环的增加,进风口处的速度增加,使烟气在火焰处的停留时间减少。这也抑制了热力型 NO_x 的生成。炉膛内燃烧条件的改变会影响燃料型 NO_x 的生成。

3 结 论

(1)采用烟气再循环后,炉膛的平均温度整体上有一定程度的下降。这主要是由于采用烟气循环后,进风口风量变大,需要加热的气体量增加;且 O_2 的体积分数有明显的下降,同时 CO_2 的体积分数有明显的增加。这样对炉膛内的燃烧有一定的影响。

(2)采用烟气再循环可以降低链条炉中 NO_x 的生成量。采用烟气再循环后炉膛内温度有一定程度的降低,对热力型 NO_x 的生成起到了很大的抑制作用。另外炉膛内 O_2 体积分数的减少,同时 CO_2 体积分数的增加,对燃料型 NO_x 的生成起到了一定量的抑制作用。

(3)当循环烟气从二次风口进入时,炉膛出口处 NO_x 的平均体积分数更小些。其原因在于:循环回来的低温烟气与第3个进风口距离近,此处为燃烧最剧烈的地方,对煤燃烧的影响较大,对 NO_x 的生成起了更大的抑制作用。

参考文献:

- [1] 鞠占英. 分段送风对链条炉燃烧的影响[J]. 锅炉制造, 2002(3): 57-58.

(下接70页)

燃烧方式等,经过认真分析研究从而确定配烧的煤种、配煤方式及掺烧比例。

3 结 论

CFB 炉内有大量高温固体颗粒物料(约 95% 高温床料,5% 的新燃料),为有效利用劣质煤等燃料提供了基础。但是根据某一特定燃料设计的 CFB 炉,并不能适应于特性差别较大的燃料。掺烧时应严格控制掺烧比例,控制好入炉燃料的粒径,并根据煤量的变化及时调整一次风压、二次风压,控制好床温。掺烧含硫量较高的燃料时应当特别加强对空气预热器的监督和维护;掺烧灰分较大的劣质燃料(如煤矸石、油页岩)时,应考虑入炉总灰量增大导致的排底渣量的相应增加,因此正常排渣、冷渣和及时输渣显得尤为重要。

需要注意的是掺烧劣质煤、煤矸石、炉渣及灰分大的煤,燃烧时烟气中灰浓度高,对受热面的磨损将增大。因此应建立相关的技术档案,加强对易磨损部位的监测和记录,通过对统计数据分析及

研究,逐渐总结出掺烧燃料的炉内受热面磨损的规律,以延长锅炉的连续运行周期。

参考文献:

- [1] 吕俊复,岳光溪,张建胜,等. 循环流化床运行与检修[M]. 北京:中国电力出版社,2003.
- [2] 岑可法. 循环流化床锅炉理论设计与运行[M]. 北京:中国电力出版社,1998.
- [3] 张跌玮,郑文凯. CFB 掺烧多样煤种的安全经济性分析[J]. 洁净煤技术,2009,15(1):67-69.
- [4] 代朝辉,孙丽萍. 60% 煤泥掺烧技术在大型 CFB 锅炉上的应用[J]. 热电技术,2007(2):14-18.
- [5] 黄玉龙,郑德伦. 循环流化床锅炉掺烧煤泥的探讨[J]. 热电技术,2006,89(1):12-20.
- [6] 贵州烟煤、炼厂石油焦、茂石油页岩检验分析报告[R]. 国家电力公司广东发电用煤质量监督检验中心,2008.
- [7] 张敏,白强,刘昱平. 循环流化床锅炉掺烧煤矸石试验研究[J]. 热力发电,2007,36(4):55-57.
- [8] Basu P(ed). Circulating Fluidized Bed Technology[M]. Oxford: Pergamon Press, 1986.

Study on blending multi-fuel technology in CFB boiler

ZHANG Yi-wei¹, ZHENG Wen-kai²

(1. Maoming College, Maoming 525000, China; 2. Ethylene power plant, Maoming Petrochemical Corporation, Maoming 525000, China)

Abstract: Analyze the features of different kinds of coal and point out the methods and measures of burning multi-fuel. In the premise of ensuring safety, make further improvement on the enterprise's economic benefits.

Key words: CFB Boiler; fuel; blending of multi-fuel; safe operation

(上接 73 页)

Numerical simulation for influence of flue gas recycle and zoned air on NO_x formation in chain boiler

Hu Man-yin, Han Jing, Liu Zhong, Lin Wei

(School of Environmental Science and Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: Numerical simulation was used to study the combustion procession, temperature distribution and NO_x emission for a 10 t/h chain boiler with and without flue gas recycle. The differences were contrasted when flue gas is recycled to the primary wind inlet and to secondary wind inlet. The results show that the temperature distribution decreased with flue gas recycle and there is less NO_x emission. And when flue gas is recycled to secondary wind inlet, the NO_x emission dropped mostly. The result offer a reference to design and operate a chain boiler.

Key words: flue gas recycle; NO_x; chain boiler; numerical simulation