

链条炉横向配风不均匀性的研究

常 兵, 虞亚辉, 季俊杰, 王清成
(上海交通大学热能工程研究所, 上海 200240)

摘 要: 横向配风不均匀性会严重影响链条炉效率。针对此问题, 对一台 20 t/h 链条炉供风系统进行了 7 个工况的实炉冷态试验, 结果表明炉排的侧密封不严和风门变形是造成配风不均的主要原因。以实测数据为边界条件, 采用 $k-\epsilon$ 湍流模型对单风室内部气体流动进行数值模拟, 发现扩流压降、动压转化为静压、以及风室内涡流扰动是造成横向配风不均的内在原因。结合国内研究的大风仓小风斗供风系统以及国外垃圾焚烧炉的下饲式供风形式的各自优点, 提出了下饲式大风仓小风斗供风系统。对这两种大风仓小风斗进行的数值模拟表明, 改进后的供风系统能有效地提高横向配风的均匀性。

关 键 词: 链条炉; 冷态试验; 横向配风; 数值模拟

中图分类号: TK229.61 文献标识码: A

引 言

目前我国在用工业锅炉有 60 多万台, 耗煤量占全国原煤产量的三分之一, 而这些工业锅炉中, 链条炉约占 70%^[1]。链条炉风室普遍存在横向配风不均的问题, 在强风区易出现“火口”, 冷风直接进入炉膛, 降低炉膛温度; 在弱风区由于煤层阻力过大, 会形成一条未燃烧的“黑带”, 使化学和机械不完全燃烧热损失增加。

目前, 国内绝大部分链条炉排均采用分风室供风。为了提高横向配风的均匀性, 多采用双侧水平供风和加装均流挡板的措施。从二十世纪七八十年代起, 文献[2~5]对双侧供风和加装挡板进行了试验和理论研究, 并取得了一系列成果, 但横向配风不均匀性问题并没有得到完全的解决。

本文利用测压钟罩, 对 20 t/h 链条炉排的配风不均匀性问题进行研究, 通过数值模拟分析了其原因所在, 并提出了一种下饲式大风仓小风斗的供风形式。

1 试验方案

试验对象为某 20 t/h 层燃链条锅炉, 在正常运行过程中, 炉排上的煤层左右大面积燃烧不同步, 而且中间存在火口, 局部出现未燃带, 因此炉渣含碳量很高。该炉的送风方式为 6 个分风室外置总风道双侧进风, 如图 1 所示。每个风室有 7 块均风挡板, 呈左右对称布置。

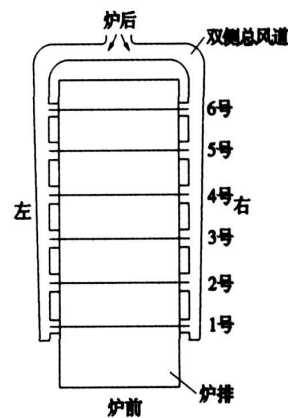


图 1 风道示意图

为了测量炉排表面各点的风压, 试验采用底面积为 $100\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 的测压钟罩置于无煤层的链条炉排表面, 上接 $0 \sim 4\text{ kPa}$ 的 U 型测压计(见图 2)。横向上, 炉排两边各空出 100 mm , 以 200 mm 为一个测量单位, 则共有 15 列; 纵向上, 以每个风室中心线为一排测点, 并以 200 mm 间隔向两边扩展, 每两个风室中心线间隔为 1000 mm , 则每个风室在纵向上正好有 5 排测点。

试验共分 7 个工况, 均是在鼓风机满负荷的条件下进行。第一个工况是 6 个风室调风门全开, 第二个则为 1 号风室调风门全开, 其它风室调风门全

收稿日期: 2006-07-18; 修订日期: 2006-10-20

基金项目: 上海市科委重大科技攻关基金资助项目(05dz12028)

作者简介: 常 兵(1982-)男, 山东邹城人, 上海交通大学硕士研究生

关, 另外 5 个工况依次类推。

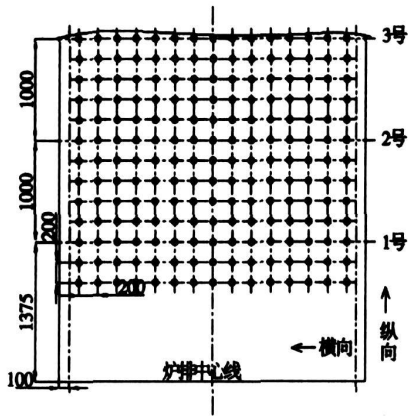


图 2 炉排测点 布置示意图

2 结果与分析

2.1 试 验

如图 3 所示为 6 个风室风门全开时 1 号风室横向风压分布曲线。可以看出, 炉排两端与中间的风压比较高, 这是因为双侧进风, 气流在中间对冲而相互抵消, 动压转化为静压, 导致中间风压显著增大, 这与前述观测到的中间存在火口的现象是吻合的。此外, 两端进风口处风压也偏高, 说明侧密封处漏风比较严重, 主要原因是炉排与导轨之间的间隙过大, 症状为贴近炉墙有一片发亮的火焰。实测发现, 其余各风室也均存在类似不均匀的情况。

为研究单风室的配风不均匀性 将风量集中从左右两端送入一个调风门全开的风室 其余风室的调风门全关。这样, 不仅可以研究该全开风室的配风不均匀性, 也可以研究该风室及其它风室的窜漏风情况。

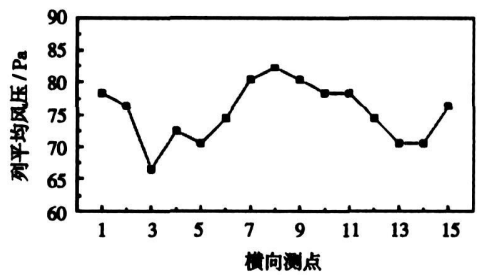


图 3 1 号风室横向风压分布曲线

以 3 号风室为例(见图 4), 3 号风室平均风压为 158.5 Pa, 横向配风不均匀系数为 27.2%, 波动幅度比较大; 而 4 号风室平均风压为 60.5 Pa, 是 2 号风室 27.8 Pa 的 2.2 倍, 也明显高于其它几个风室的平均风压, 这主要是因为其前两排从 3 号过来的窜风非常严重, 尤其是第一排, 风压与 3 号风室的相差无异, 窜风率为 29.5%。其余几个风室的平均风压在 18.3~27.8 Pa 之间波动, 是由于调风门处漏风引起的。

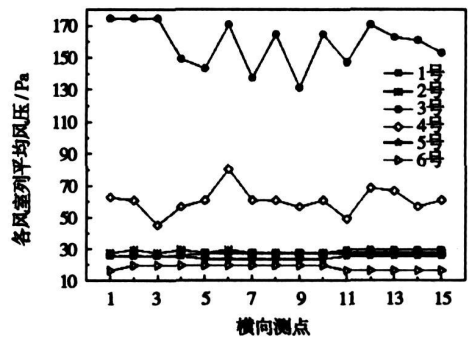


图 4 3 号风门全开时各风室横向风压分布曲线

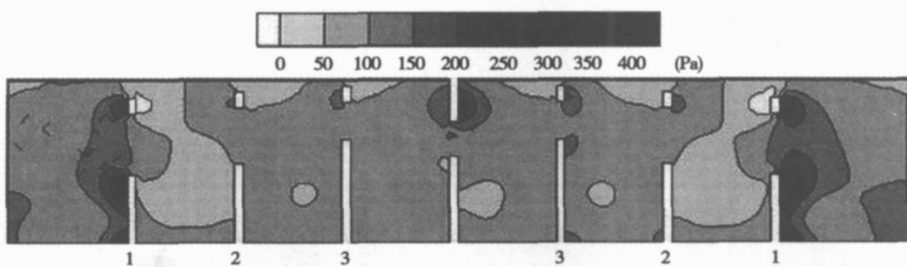


图 5 3 号风室静压分布图

2.2 数值模拟

取 3 号风室为研究对象, 计算域入口即为风室入口, 出口为炉排下表面。根据实际运行工况, 风室

左右两端入口流量分别为 3.74 和 4.52 kg/s, 压力分别为 294 和 431.2 Pa, 出口则按定压 100 Pa 计算, 采用 $k-\epsilon$ 湍流模型进行数值模拟。图 5 所示为模拟

的沿风室中心线截面的静压分布图,可以看出,在风室顶部由于气流突扩形成回流区而使压力降低,另外底部各挡板后面也均存在低压涡流区。由于涡流的耗散和扰动,加剧了风室内静压的分配不均匀性。另一方面,各级挡板的开口截面逐级减小,高速气流由于受到挡板阻挡,会有一部分动压转变为静压,而

使静压升高,这在迎风面挡板处很明显。这几种因素相互作用,使得静压在每个被挡板隔开的小风室内分配不均,最终使得横向配风产生不均匀性。可见,虽然加装挡板的措施在提高均匀性方面比没有均风措施的情况有所提高,但由于挡板本身固有的局限性,所以采用这种形式仍存在较大的不均匀性。

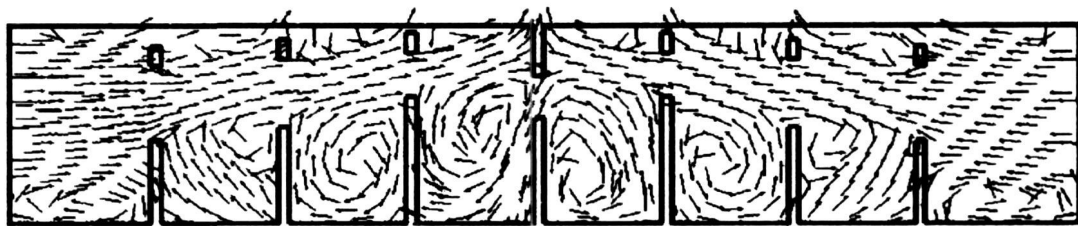


图 6 3号风室气流速度矢量图

2.3 下饲式大风仓小风斗供风系统

针对挡板式均风系统的不足,英国燃烧公司制造的 21 t/h 双横锅筒链条锅炉,采用大风仓小风斗供风系统^[9]。由于大风仓自身具有稳压和均风的作用,所以它不需要风室内均风挡板等结构。但通过数值模拟可以发现(见图 7),这种配风方式也存在

一定的问题。由于供风形式仍采用水平双侧供风,因此气流会在中部对冲,仍然会出现流量中间大、两边小的不均匀分布情况,燃烧时就会中间出现火口而两边燃烧不完全。图 8 所示为各小风斗的流量分配比例,可以看出,中间 5 号和 6 号小风斗最大处流量占到 21.5%,横向配风不均匀性问题仍然存在。

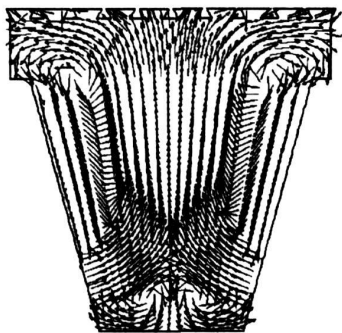


图 7 大风仓小风斗速度矢量图

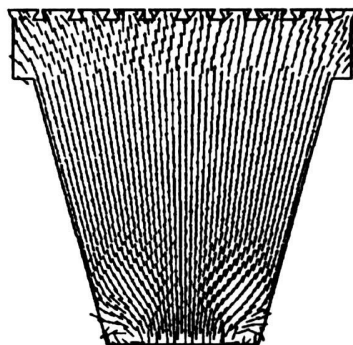


图 9 下饲式大风仓小风斗速度矢量图

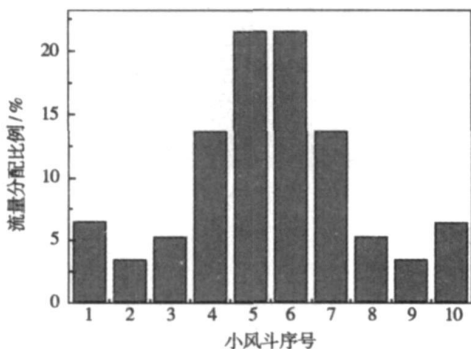


图 8 大风仓小风斗出口流量分配比例

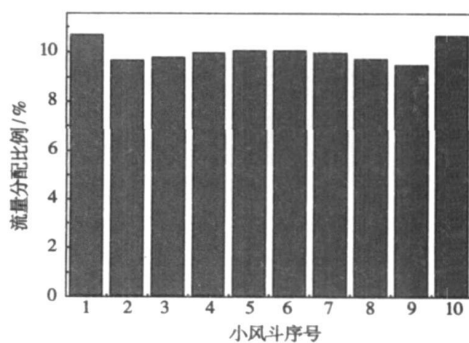


图 10 下饲式大风仓小风斗出口流量分配比例

因此,本文在大风仓小风斗供风形式的基础上,借鉴国外垃圾焚烧炉下饲式供风模式的优点^[7],提出一种新型的下饲式大风仓小风斗系统,将原来的水平双侧供风改为由底部向上垂直供风。图9是模拟下饲式大风仓小风斗横向截面上的速度矢量图,可以看出,除了入口处两边稍有涡流外,在大风仓的主体区气流基本垂直向上,而且没有涡流出现。从流量分配比例可以看出(见图10),各流量保持在9.46%~10.70%范围内,配风不均匀性得到明显改善。

这种下饲式大风仓小风斗供风系统在小风斗组的基本构造上与改进前是完全相同的。在炉排下方纵向设置五组风斗,每组又有10只小风斗,沿横向分成两列。可以通过转动同轴风门挡板来调节纵向不同位置的空气进入量。这种供风系统一方面不会出现较强的涡流和对冲,另一方面由于扩流均压作用,横向配风均匀性会显著提高。它的最大优点是不需要采用匀流挡板等措施就可以使横向配风均匀,减少了各种涡流阻力损失,可以有效地改善横向煤层燃烧不同步的问题,降低灰渣含碳量,而且漏煤也比较容易清理;缺点是要保证大风仓较高的密封性,金属耗量大^[9],因此一般只适用于蒸发量较大的锅炉。

3 结 论

在一台20 t/h链条炉上进行横向配风的测试,

发现侧密封不严和风门变形是造成配风不均的主要原因。侧密封不严,则炉排两侧漏风严重,风压偏高,横向上风压会形成较大波动;风门变形,则会造成调节失灵。二者综合作用,就会造成横向风压分配不均。

通过数值模拟发现,扩流压降、动静压转化以及风室内涡流扰动是造成配风不均的内在原因。在此基础上提出了下饲式大风仓小风斗的供风形式,能够有效地提高横向配风的均匀性。

参考文献:

- [1] 李振钢. 层燃锅炉燃烧恶化与严重漏风原因分析探讨 //2004中美工业锅炉先进技术研讨会会议论文集[C]. 北京: 中国动力工程学会, 2004. 194-198.
- [2] 张元忠, 何若敏, 陈振德, 等. 链条炉风室配风均匀性的试验研究[J]. 能源工程, 1985(3): 6-11.
- [3] 何若敏, 张元忠, 陈振德. 链条炉供风系统的节能改造[J]. 上海节能, 1986(6): 4-7.
- [4] 张永照, 薛 山. 链条炉横向配风不均匀性的试验研究[J]. 工业锅炉技术, 1989(15): 7-15.
- [5] 缪正清, 奚文字, 周屈兰, 等. 火床炉风室内横向配风特性的理论分析[J]. 热能动力工程, 2001, 16(4): 380-382.
- [6] 张志英, 余德祖, 卢 玫, 等. 大风仓小风斗供风系统试验分析 //2004中美工业锅炉先进技术研讨会会议论文集[C]. 北京: 中国动力工程学会, 2004. 153-159.
- [7] YANG Y B, SHARIFI V N, SWITHENBANK J. Substoichiometric conversion of biomass and solid wastes to energy in packed beds[J]. AIChE Journal, 2006, 52(2): 809-817.

(编辑 渠 源)

运行维护

换热器进口管段侵蚀—腐蚀磨损原因的分析

据《Элект Рические станции》2005年11月号报道,蒸汽动力装置的换热器,包括ПВД(高压加热器)的进口管段内表面的金属在运行中通常会受到侵蚀—腐蚀磨损。在盘管的进口段上,在管子具有最大弯曲半径外侧观察到管壁变薄。

为了分析换热器进口管道侵蚀—腐蚀磨损的原因,俄罗斯ЦКТИ(中央锅炉涡轮机研究所)进行了大量的科学研究工作。主要有3个方面研究:引起进口管段冲击腐蚀的流体动力的试验和理论研究;管件内流动特性的可视(流动显形)和声学的研究;水化学工况对由碳素钢制成的高压加热器管子腐蚀的影响。

研究表明,高压加热器管子侵蚀—腐蚀磨损产生的主要原因是由于在进口段的流动存在高度紊流的情况下,热负荷的作用导致在其内表面上缺乏形成金属保护膜的条件。

(吉桂明 供稿)

has realized a flameless combustion and the reactor has a uniform temperature distribution, the pollutant emission level of exhaust gases is far lower than that set by the applicable national standard. **Key words:** flameless combustion at a normal air temperature, coal-fired boiler being converted to burn gas, high efficiency, reduction of emissions

链条炉横向配风不均匀性的研究= An Investigation of the Non-uniformity of Transversal Air Distribution for a Chain Grate Stoker [刊, 汉]/CHANG Bin, YU Ya-hui, JI Jun-jie, et al (Thermal Energy Engineering Research Institute under the Shanghai Jiaotong University, Shanghai, China, Post Code: 200240)// Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2007, 22(3). — 288 ~ 291

The non-uniformity of transversal air distribution in a chain grate stoker can seriously affect the stoker efficiency. To solve this problem, real stoker cold-state tests have been performed of the air supply system of a 20 t/h chain grate stoker in 7 operating regimes. The test results show that the unsatisfactory lateral seal of the grate and air damper deformation are the main causes leading to the non-uniformity of air distribution. With the actually measured data serving as boundary conditions, a numerical simulation was conducted of air flow in a single wind box by employing a $k-\epsilon$ turbulence model. It has been found that the diffusion-flow pressure drop and a conversion from a kinetic pressure to a static one as well as a turbulence perturbation in the wind box can cause the non-uniformity of transversal air distribution. In the light of the respective merits of large-air-box and small-air-funnel air supply system developed in China and underfeed air supply mode of foreign-made incinerators, proposed was an air supply system incorporating an underfeed large-air-box and small-air-funnel. A numerical simulation of the above two kinds of air supply system indicates that the improved air supply system can effectively enhance the uniformity of transversal air distribution. **Key words:** chain grate stoker, cold state test, transversal air distribution, numerical simulation

燃煤电站锅炉高温腐蚀特征的研究= A Study of High-temperature Corrosion Characteristics of Coal-fired Utility Boilers [刊, 汉]/GAO Quan, ZHANG Jun-ying, QIU Ji-hua, et al (National Key Laboratory on Coal Combustion under the Central China University of Science and Technology, Wuhan, China, Post Code: 430074)// Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2007, 22(3). — 292 ~ 296

By adopting a variety of microscopic analytic methods, such as metallographic microscope and X-ray diffraction analysis, X-ray fluorescent probe analysis, electronic microscope-energy spectrum analysis by field emission scanning and aperture testing etc., a systematic analysis was conducted for the corrosion products of the water wall of a coal-fired utility boiler. The results of the analysis show that the corrosion products assume a laminar structure with its outer layer being loose and porous and its inner layer rather compact. The corrosion products mainly consist of iron sulfide, iron oxide and a small quantity of silicate. The element distribution regularity of the corrosion products from inside to outside can be given as follows: the content of silicon and aluminium assumes an ascending tendency and that of sulfur and iron a descending tendency. The mineral matter mainly includes iron sulfide and iron oxide generated by corrosion as well as silicon aluminate which originated from fly-ash particles. A comprehensive analysis of the composition and microscopic characteristics shows that the corrosion of the water wall pertains to one of sulfide type. **Key words:** high temperature corrosion, water wall, microscopic structure, X-ray diffraction, coal combustion

基于自抗扰的多变量解耦控制在球磨机的应用= Application of an Auto-disturbance-rejection-controller-based Multivariable Decoupling Control in Ball Mills [刊, 汉]/MA Yong-guang, HAO Na, LI Peng-fei, et al (College of Control Science and Engineering under the North China University of Electric Power, Baoding, China, Post Code: 071003)// Journal of Engineering for Thermal Energy &Power. — 2007, 22(3). — 297 ~ 300

A ball mill-based milling system in a thermal power plant is a typical three-input and three-output system. There is a se-