

循环流化床中心二次风的设计及实验研究

孙绍增, 王正阳, 杜明坤, 陈 昊

(哈尔滨工业大学 能源科学与动力工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要: 介绍了在炉膛中央设置水平布置杆式二次风和垂直布置柱式二次风两种结构。在冷态循环流化床上, 研究了中心二次风的布置形式和布置高度, 以及二次风率对床内沿高度方向的颗粒浓度分布的影响, 并与同样高度的常规壁面二次风进行了对比。实验发现, 空气分级后二次风下方的颗粒浓度随二次风率的提高而增大。二次风高度的增加伴随着底部密相区向上延伸。几种二次风布置形式中, 水平杆式二次风结构布置时底部浓度最大。通过对射流的示踪发现, 在高二次风速时中心二次风扩散到壁面区域, 而在中心区域则缺少二次风气体, 这不利于对中心区域的氧气补充。而水平杆式中心二次风射流在横向动量的作用下, 射流进入床内时发生偏转, 能够在床内形成较大的扩散面。另外, 还讨论了中心二次风进一步在实际循环流化床锅炉中的应用所需要解决的问题。

关 键 词: 循环流化床; 中心二次风; 轴向颗粒浓度分布; 二次风的扩散。

中图分类号: TK223.7 文献标识码: A

引 言

在循环流化床锅炉中, 通常采用空气分级的形式, 把燃料空气分为一次风 (Primary air PA) 和二次风 (Secondary air SA) 分别给入炉内。其中, 二次风通常从炉墙四周的喷口墙式二次风横向喷入炉膛, 而一次风则从床底部布风板给入。空气分级的最大优势在于控制氮氧化物 (NO_x) 的形成和炉内的燃烧过程^[1]。

随着循环流化床锅炉的大型化, 对炉内气固混合特性的研究成了热点。Xiao 等人提出了二次风炉内穿透深度不够, 炉膛中心区域缺少燃烧空气的问题^[2]。为此, 炉膛采用“裤衩腿”形式的想法被应用到 300 MW 循环流化床锅炉上, 然而这种锅炉在实际运行中存在床料在炉膛底部两“腿”之间的平衡问题^[3]。其最明显的现象就是床料不能在两

“腿”之间自由流动, 在运行过程中易产生“翻床”问题。“翻床”问题对机组安全稳定运行构成了极大的威胁, 不但会造成机组停运, 而且可能导致锅炉大面积结焦。为了促进大型循环流化床锅炉的炉内流动混合能力, 本研究介绍了在炉膛中央设置二次风喷口直接补充燃烧空气并同时满足底部颗粒自由流动的方法, 并在循环流化床冷态模型上进行了冷模实验, 研究了射流的分布对床内浓度场的影响以及射流本身的扩散情况。另外, 还讨论了中心二次风进一步应用需要解决的问题。

1 实验装置

1.1 循环流化床冷态模型

循环流化床冷态实验台提升管截面为 $0.25 \text{ m} \times 0.25 \text{ m}$, 高为 6.07 m , 如图 1 所示。采用两级分离器将大部分循环颗粒回收。本实验床料采用平均粒径为 $247 \mu\text{m}$, 真密度为 2.550 kg/m^3 的石英砂颗粒。系统通过罗茨风机供风, 分为一次风、二次风以及回料风。回料采用 U 型流动密封阀, 通过调节回料风量以及总物料量来获取实验所需的颗粒循环速率 (G_s)。而 G 则是通过在稳定操作条件下迅速关闭设置于回料下行管中部的截止蝶阀, 测量一定时间内的颗粒堆积高度, 利用标定过的堆积密度 (1.485 kg/m^3) 计算得到, 实验中重复 4 次测量以获得 G 平均值。

本实验在提升管竖直方向上布置了 10 个压力测点, 相邻两点的压差通过差压传感器测得。在实验中, 压力梯度通常在忽略颗粒加速效应等作用后可转化为表观颗粒体积浓度 (ϵ_s), 即采用以下公式^[4-5]:

$$\epsilon_s = \frac{\Delta P}{\Delta Z(\rho_s - \rho_g) g} \quad (1)$$

收稿日期: 2009-01-22 修订日期: 2009-06-01

基金项目: 国家科技支撑计划子课题基金资助项目 (2006BAA03B01-07)

作者简介: 孙绍增 (1963-) 男, 河南漯河人, 哈尔滨工业大学教授, 博士生导师。

式中: ϵ_s —两压力测孔平面间的颗粒平均浓度值;
 ΔP —压差值; ΔZ —测孔间距; ρ_s, ρ_g —颗粒和气体的
 密度。研究中将两测点间的中间高度值作为该段平
 均浓度的代表点。

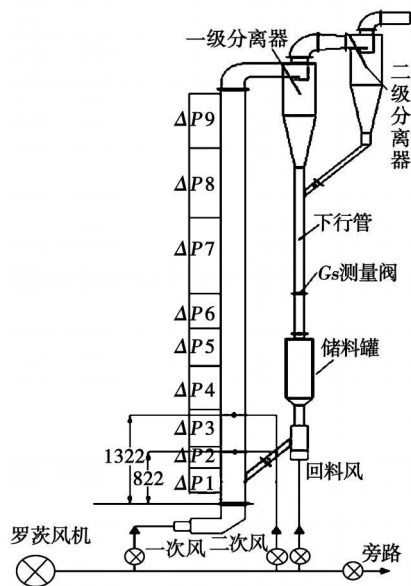


图 1 循环流化床冷态实验台

竖直布置柱式二次风结构(图 2(b), 图 3(b))。其中水平布置杆式二次风结构通过水平管两端的入口供给二次风, 并从管上所开的 2 组两两相对的直径 $\phi 25 \text{ mm}$ 的水平孔口喷入床内, 孔口间距 90 mm 。另一种竖直布置在炉膛中央的二次风形式, 主要通过一根穿过一次风风室及布风板进入提升管内的给风管向上输送二次风。在高颗粒浓度情况下, 为了阻止颗粒回流到中心二次风喷管中, 喷口设计成气流经过一个帽头 ($\phi 80 \text{ mm}$, 约占床截面积的 8%) 先上下再再横向喷入床内的流动模式。这种模式即使在没有二次风量的情况下也能很好运行且无回流。实验中两种中心二次风通过内隔板分成 4 个不同的给风通道, 所有的二次风喷口直径取为 $\phi 25 \text{ mm}$, 高度为布风板上方 0.822 m 和 1.322 m 处。另外, 还进行了常规墙式布置二次风的实验用于对比分析, 如图 3(c) 所示。所有工况都按 $G_s=21 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ s})$, $v_f=4 \text{ m/s}$ 进行。

1.2 中心二次风的设计

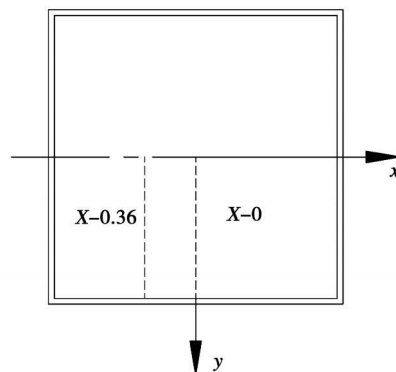


图 4 床内颗粒浓度与示踪气体浓度测点分布

利用在床内射流中加入 CO_2 示踪气体, 可以获得床内射流在床内的流动与扩散形式。射流气体中的 CO_2 初始浓度为 1.92% 。对应于 0.822 m 高度给入二次风 CO_2 混合射流, 在 1.142 m 高度处通过抽吸取样分析测量 CO_2 浓度分布。取样管为直弯形, 内径为 3 mm , 取样速度固定为 3.5 m/s 。对于墙式二次风和柱式二次风, 沿床中心线 $X=0$ 共测量 9 个点的 CO_2 浓度, 即 $y(L/2)=0$ (中心), $0.12, 0.24, 0.36, 0.48, 0.6, 0.72, 0.84$ 和 0.96 (壁面)。对于水平布置杆式二次风, 由于在喷口方向没有直段, 射流在进入床内后在 X 方向还有一定的动量, 所以除了测量射流中心线 $X=0.36$ 还测量了床中心线 $X=0$ 的浓度以获得射流的偏转情况, 如图 4 所示。测量结果以单点平均浓度与射流初始浓度比值表示 (分别减去空气中 CO_2 浓度 0.038% 的影响)。

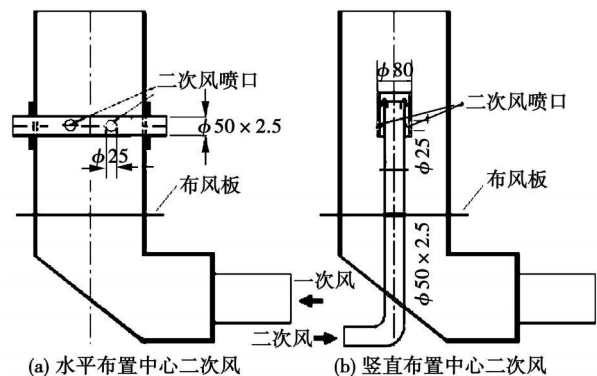


图 2 两种中心二次风布置形式主视图

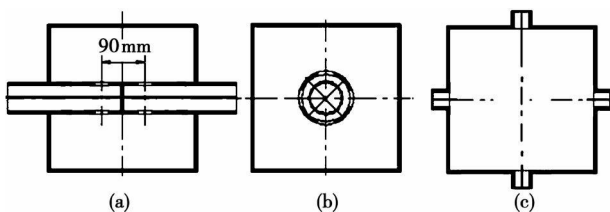


图 3 二次风中心布置和墙式布置俯视图

本研究设计了两种中心二次风布置结构, 分别为水平布置杆式二次风结构(图 2(a), 图 3(a))和

还需要说明的是, 本文相关工况只向 4 个通道中的一个通道注入二次风 /CO₂ 混合气体。考查射流中单股射流的流动与扩散情况。

2 结果与讨论

2.1 无二次风时的颗粒浓度轴向分布

当不给人二次风, 即二次风率 SAR (secondary air to total air ratio) 为零时, 两种中心二次风布置形式相当于在床内分布布置直立立柱和水平横杆内构件。图 5 为无二次风时床内沿高度方向的表观颗粒浓度分布 (二次风喷口高度 SAH 为 0.822 m)。其中, 水平杆式二次风布置形式下床底部浓度最大, 而竖直柱式布置则最小。水平杆式二次风由于横亘在主流运动方向上 (横截面积占床截面积的 20%) 造成部分上行的颗粒被折返回底部密相区, 增加了底部的颗粒浓度。一般来说采用竖直布置时, 竖直杆表面会降低附近颗粒的运动速度, 甚至会使得部分颗粒返混, 但在相同风量下因为床截面流通面积减少, 底部空截面速度由 4 m/s 提高到 4.16 m/s 使得更多底部的颗粒被夹带向上运动, 进而减小了床层下部颗粒浓度。另外也注意到中心布置的直立立柱阻挡了斜向下运动的回料流, 使得部分回料流颗粒不能更深入到床底部, 而被中央气体携带向上。颗粒浓度在水平二次风杆或竖直二次风柱上方区域较接近, 且略大于墙式布置二次风。这主要是因为颗粒流在经过竖直二次风柱或水平二次风杆后产生的减速效应以及内构件的尾涡作用。随着流动趋于稳定, 3 种结构的差别在床上部区域就很小了。

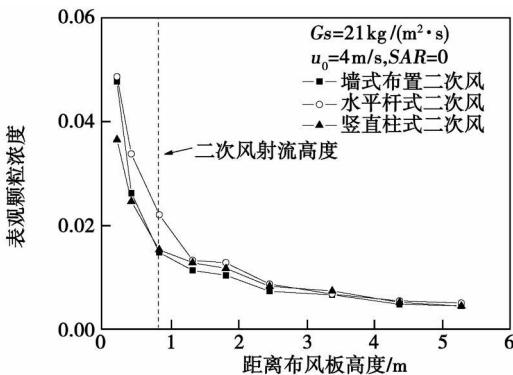


图 5 无二次风时床内表观颗粒浓度分布

2.2 二次风率对颗粒浓度轴向分布的影响

在快速流态化情况下, 提升管内形成了中心稀、边壁浓的颗粒环核结构, 边壁颗粒主要向下流动, 而

中心区域颗粒主要向上流动, 以及床层底部浓而上部区域稀的颗粒分布状态。为了便于分析, 以二次风喷口为界将床层分为上下两部分, 如图 6 所示。在二次风的作用下, 尤其是当 SAR 较高时, 床内基本形成以二次风为界的上部稀相区和下部密相区。床层下部将颗粒从中心输送到床层上部, 床层上部分颗粒再由边壁回流到床层下部。对于射流喷口处的流动环境, 从床内流动形式可以看出, 墙式二次风先穿过壁面高浓低速下行流后才与中心高速稀相上行流发生作用, 而中心二次风则相反。

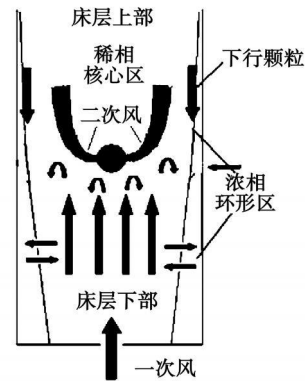


图 6 二次风与床内物料的传输

在实际循环流化床锅炉的运行过程中, 当负荷保持一定, 通常采用保持总风量一定, 调节一二次风间的比例来优化燃烧过程^[6]。图 7 和图 8 是二次风高度为 0.822 m 二次风率分别为 0.15 (二次风速 19.2 m/s) 和 0.3 (二次风速 38.4 m/s) 时的表观颗粒浓度分布。从图中可以看出, 随着 SAR 的增大, 床层下部及喷口邻近区域颗粒浓度逐渐增大, 而远离喷口的上部区域颗粒浓度则基本变化不大。Arena, Cho 等人通过墙式布置二次风的实验从两方面来解释了这一现象^[7-8], 一方面, 由于固定总风量, 随着 SAR 增大, 一次风量减小, 其对下部颗粒的携带能力减弱, 更多的颗粒在下部累积; 另一方面, 由于二次风射流的存在, 就相当于一个内部构件, 对二次风喷口下部核心区向上运动的颗粒具有隔断返混作用, 随着 SAR 的增大, 其刚性和穿透深度增加, 影响范围增大, 其对核心区向上运动的颗粒流的隔断作用不断增强, 更多的颗粒被阻断在下部并累积。除了这两点作用外, 通过实验还发现, 二次风对于其上方的壁面下行流也具有隔断作用, 紧邻二次风喷口 (墙式布置二次风) 的下方常出现由于二次风截断上部下行颗粒流而产生的局部空穴。壁面下行流在射流的作用下, 或被射流携带向上, 或被射流吹入

中心上行区,进而被主流携带向上。它对于底部物料的积存为负作用。中心二次风布置方向与墙式二次风相反,射流穿透深度越大,越接近壁面区域则截断下行流颗粒使之向上运动的能力越强。从图 6 和图 7 中还可以看出,3种二次风形式二次风下方颗粒浓度差异较大,其中水平杆式二次风的床内颗粒浓度最大,而墙式布置则最小。

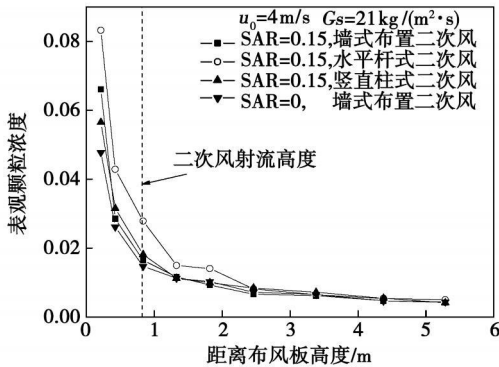


图 7 SAR=0.15 时不同二次风形式床层表观颗粒浓度分布

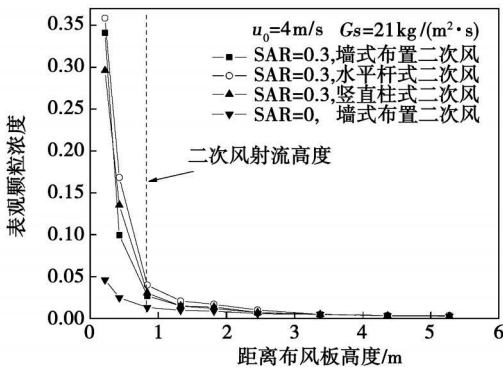


图 8 SAR=0.3 时不同二次风形式床层表观颗粒浓度分布

从图 6 的分析可知,墙式布置时二次风能够更直接地作用于壁面浓度很高的下行流,这样就减少了床层下部的颗粒补充,进而降低了床层下部的颗粒浓度。而两种中心二次风则由于射流阻碍中心区域颗粒向上运动,造成该区域颗粒的返混,对边壁下行流的携带作用较弱,所以其底部区域浓度较大。这两种中心二次风又以水平杆式二次风时的浓度为最大。具体分析它们的布置方式可以看到,由于帽头(外径 $\phi 80\text{ mm}$)的存在,竖直杆式二次风喷口距离其相对的壁面更近,且由于竖杆减少了底部区域相应的流通截面积,提高了气流的速度。另外正如前面分析的那样,水平杆式二次风所占床截面积较大,

床中央上行颗粒易被折返回下部密相区。最后综合效果为布置水平杆式二次风时床层底部浓度更大,其更高的浓度区还发展到二次风上方一定区域。

2.3 二次风高度对颗粒浓度轴向分布的影响

图 9 为 SAR=0.3, SAH=1.322 m 时不同二次风形式床层表观颗粒浓度分布。对比图 8 和图 9 在相同二次风率下,随着喷口高度的增加,其床层下部浓度显著增大,高浓区向上延伸,而上部远离喷口的区域颗粒浓度则基本保持不变。由于喷口下方一次风作用区域为截面低风速区,喷口上方为一次风和二次风混合后的高风速区,上部高速区颗粒携带能力比下部低速区强。随着二次风喷口高度的增加,低速区在提升管内的作用范围增加,高速区的作用范围相应减小,因而二次风喷口下部浓度随之增加,上部浓度则基本保持不变。从图 9 中可以看到,喷口的提高对底部颗粒浓度几乎没有影响,主要是密相浓度区向上发展,表明底部颗粒浓度达到了一定的饱和状态。3种二次风布置形式的浓度分布规律在其它高度相同 SAR=0.3, SAH=0.822 m 时相似,但浓度上的差距有明显的减少,这一方面表明二次风喷口位置越高,其对底部的流动状态影响越小;另一方面,当射流喷口位置提高后其出口颗粒浓度降低使得水平杆式二次风两平行射流的偏转并流现象越明显,越强烈地冲击壁面而降低其下方颗粒浓度。

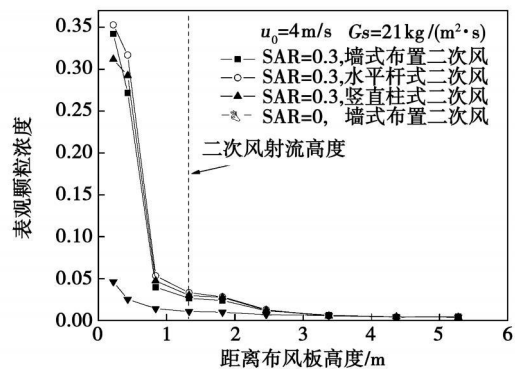


图 9 SAR=0.3 SAH=1.322 m 时不同二次风形式床层表观颗粒浓度分布

2.4 二次风射流在床内的扩散与混合

通过测量射流上方的示踪气体浓度,可以获得射流在床内的扩散与混合情况。图 10 为墙式二次风射流与柱式二次风射流在其上方 0.32 m 处的 CO_2 相对浓度分布。在低二次风率 (SAR=0.15) 时,柱式二次风射流主要分布在帽头附近区域,而墙式二次风射流则在近壁区有较高的浓度分布。另外

还发现射流 CO_2 浓度最高点距离喷口的位置墙式二次风要比柱式二次风来的大, 部分原因是柱式二次风射流在进入床内时有一定的向下动量, 减弱了其射流的穿透性。在高二次风率 ($SAR=0.3$) 时, 柱式二次风射流获得更高的穿透性, 其在壁面附近有较高的浓度分布, 而墙式二次风射流则更深入到床中央区域。由于实际燃烧时希望补充中央区域的氧气含量, 所以柱式中心二次风射流不能满足这种需要。

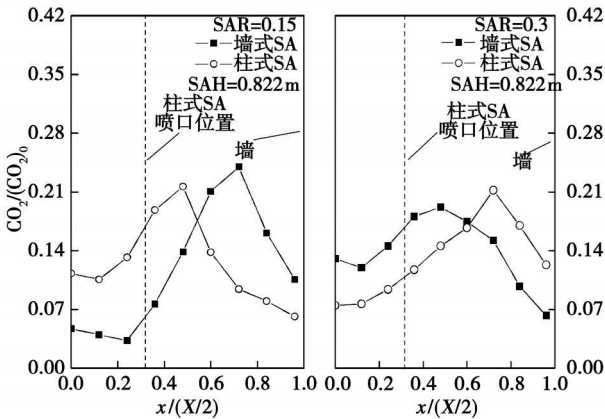


图 10 射流的扩散与分布(墙式二次风与柱式二次风)

对于水平横杆式二次风, 由于没有直段, 所以射流在进入床内时, 同时具有 X 与 Y 向的横向速度。通过对射流上方两个方向(射流中心线 $X \sim 0.36$ 和床中心线 $X \sim 0$) CO_2 浓度的测量, 如图 11 所示, 可以看到在低二次风率时, 在床中心线有一定的浓度分布, 但浓度要比射流中心线低, 而在高二次风率时射流较高的 X 方向速度, 使得床中心线上的浓度比射流中心线来的高。这说明由于射流的偏转, 射流在床内形成较大的扩散面, 也因此其对壁面下行流的冲击携带作用较弱, 而对中心上行流的布幕作用较强, 使得其下部颗粒浓度较大。

3 两种中心二次风进一步应用中需要注意的问题

由于实际循环流化床锅炉燃烧环境同冷态实验的不同, 以及二者在尺寸和结构中的差异, 所以进一步的应用开发应注意以下问题。

(1) 对于两种中心二次风, 必须注意防磨问题。水平杆式二次风受床内气流的正面冲刷, 而竖直柱式二次风则底部所处区域为高浓区。所以两种中心二次风装置均应在其外围包覆耐火耐磨材料。竖直

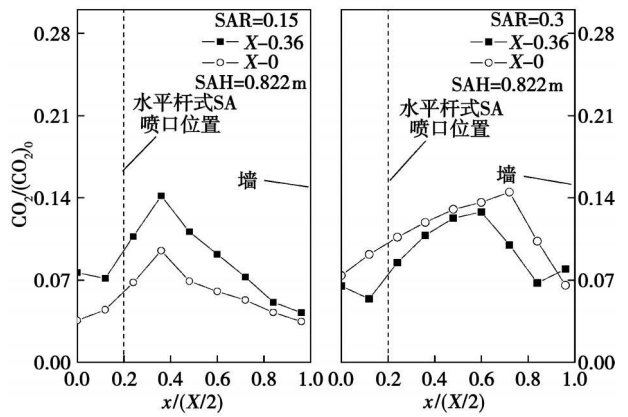


图 11 射流的扩散与分布(水平杆式二次风)

柱式二次风不应放置于回料流正方向处, 避免产生直接冲刷。另外, 还可将二次风柱帽头同风柱用耐火耐磨材料连成一体, 减少对帽头的直接冲击。

(2) 由于实际循环流化床锅炉中底部物料颗粒粒径为宽筛分布 ($0 \sim 10$ mm), 在底部有很大的颗粒浓度, 所以中心二次风喷口应设置于较高位置, 一方面防止在较低风速时物料的倒灌, 以及减少射流造成的涡流对喷口附近区域的冲刷作用, 另一方面还有利于射流的扩散。

(3) 柱式二次风由于喷口帽头采用的是气体先向上后向下再横向喷出的结构, 阻力较大, 且由于高速射流对中心区域的氧气补充起到反作用, 所以应采用床内多二次风柱分散布置, 扩大喷口, 降低速度, 减少阻力, 以达到床内均匀供风的目的。

(4) 中心二次风应与墙式二次风联合供风, 如图 12 所示, 以达到床内均匀供风的目的。

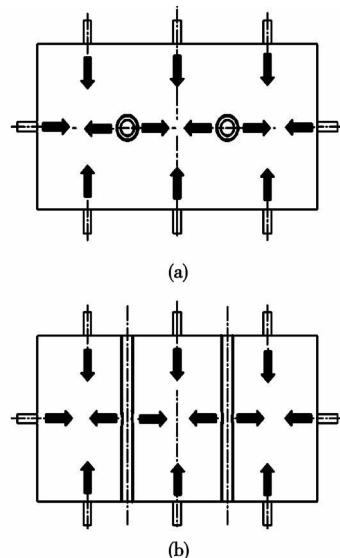


图 12 中心二次风在 CFB 锅炉中的布置形式

4 结 论

通过循环流化床实验台上进行的冷态实验,对两种中心二次风布置形式和常规墙式二次风布置形式进行了比较,并有以下结论:

(1)实验发现空气分级后 3种二次风布置形式二次风下方的颗粒浓度均随二次风率的提高而增大。二次风高度的增加伴随着密相区向上延伸。

(2)几种二次风布置形式中,水平杆式中心二次风结构布置时底部浓度最大。在二次风率为零的情况下,竖直柱式中心二次风底部浓度最小。而在有二次风时,墙式布置二次风底部浓度最小。

(3)通过对射流的示踪发现,在高二次风速时中心二次风扩散到壁面区域,而在中心区域则缺少二次风气体,这不利于对中心区域的氧气补充。而水平杆式中心二次风射流在横向动量的作用下,能够在床内形成较大的扩散面。

(4)中心二次风在循环流化床锅炉实际应用时应注意磨损问题,并通过和墙式二次风的联合供风,达到床内均匀供风的目的。

参考文献:

[1] LECKNER B Fluidized bed combustion mixing and pollutant

limitation[J]. Progress in Energy and Combustion Science 1998 24 (1): 31-61.

[2] XIAO XIANBIN YANG HAIRUI ZHANG HAJI et al Research on carbon content in fly ash from circulating fluidized bed boilers [J]. Energy and Fuels 2005 19 1520-1525.

[3] 李前宇, 赵 凯, 米子德. 双支腿循环流化床锅炉“翻床”问题研究[J]. 华北电力技术, 2007 7 43-47.

[4] SCHLICHTHAERLE P WERTHER J Axial pressure profiles and solids concentration distribution in the CFB bottom zone [J]. Chem Eng Science 1999 54(22): 5485-5493.

[5] JOACHIM WERTHER Fluid dynamics temperature and concentration fields in large-scale CFB combustors// Proceedings of the 8 th International Conference on Circulating Fluidized Beds[C]. Hang Zhou 2005 4-16.

[6] 邱 燕, 田茂诚, 牛蔚然, 等. 降低循环流化床锅炉飞灰含碳量的理论及其应用[J]. 热能动力工程, 2005 20(4): 369-372

[7] ARENA U CAMONMAROTA A MASSMILLA L L Pistone Ruboy Hydrodynamics of circulating fluidized bed with secondary air injection// Proceedings of the 12 th International Conference on Fluidized Bed Combustion ASME [C]. Vancouver 1993 889-905.

[8] YONG JUN CHQ WON NAMKUNG SANG DONE KM et al Effect of secondary air injection on axial solids holdup distribution in a circulating fluidized bed[J]. J Chem Eng Japap 1994 27 (2): 160-164.

(本文责任编辑 陈 滨)

新技术、新产品

IM2500系列发动机新的装舰情况

据《Diesel & Gas Turbine Worldwid》2009年 6月 号报道,在过去的一年间,GE Marine的 GE IM2500燃气轮机用在 2008年 6月下水的美国海军 Independence号 LCS(濒海战斗舰)上。两台 IM2500也被用于 CODAG(柴燃并车传动联合)装置中。

服役前的试航继续在美国海军 Makin Island LHD8(直升飞机船坞登陆舰)上进行。由两台 IM2500+的混合推进系统驱动, LHD8计划于 2009年 10月编入现役。

Makin Island LHD8基于燃气轮机的混合推进系统也将应用在美国海军新建造的 LHA6(大型两栖攻击舰)上。

美国海岸警卫队第一艘国家防御快艇 Berholfer 2008年 5月交付使用。该艇由 1台 IM2500燃气轮机和柴油机以 CODAG(柴燃并车传动联合)装置形式驱动,艇的航速超过 28节。

西班牙 Navantia造船厂将使用两台 IM2500燃气轮机,用于澳大利亚海军的两艘直升飞机船坞登陆舰。6台 IM2500燃气轮机也将驱动由 Navantia造船厂建造的澳大利亚海军 3艘先进的空战驱逐舰。

(吉桂明 摘译)

low temperature saturated nitrogen adsorption method and a thermobalance. The test results indicate that with a decrease of the particle size of the pulverized coal, a change will occur to the pore structure of the pulverized coal. Both the specific surface area and pore volume will increase, and the surface structure become complicated, thus leading to an increase of the fractal dimension and facilitating the combustion of pulverized coal particles. As a result, the ignition temperature of Pingsan originated coal goes down by 14 °C, the apparent activation energy decreases by 12.3 kJ/mol and the burnout rate rises by 9.81%. The variation law of the combustion characteristics of Dayou originated coal is similar to that of Pingsan originated coal. In addition, the fractal dimension of the pulverized coal particles may represent the combustion characteristics of the pulverized coal to a certain extent. Hence, the fractal dimension will provide a new approach for evaluating the combustion characteristics of the pulverized coal. Key words: pulverized coal; particle size; surface structure; fractal dimension; combustion characteristics

循环流化床中心二次风的设计及实验研究 = Design and Experimental Study of the Centrally-located Secondary Air of a Circulating Fluidized Bed [刊, 汉] / SUN Shao-zeng, WANG Zheng-yang, DUMing-kun, et al. (College of Energy Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, China; Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(1), — 51 ~ 56

Described were two types of secondary air structure, i.e. horizontally arranged rod type and vertically arranged pillar type, both of which are located in the center of a furnace. On a cold-state circulating fluidized bed (CFB), the influence of the arrangement pattern, height and secondary air flow rate of the centered secondary air on the particle concentration distribution along the height direction inside the bed was studied and compared with that of the conventional wall surface secondary air at the same height. It has been found that after the division of air into stages, the particle concentration below the staged secondary air increases with an increase of the secondary air flow rate. An increase in the secondary air height will be accompanied by the dense phase zone at the bottom extending upwards. Among the secondary air arrangement patterns, the horizontal rod type secondary air arrangement pattern can make the concentration at the bottom attain a maximal value. A trajectory tracking of the jet flow shows that when the secondary air speed is high, the centrally located secondary air can be diffused to the wall surface zones, but in the central area there is a lack of secondary air. This is unfavorable for the oxygen replenishment to the central area. The horizontal rod type centered secondary air jet flow, however, will swerve and deflect under the action of a lateral momentum when it enters into the bed and can form a relatively large diffusion area. The authors have also mentioned the problem meriting attention and requiring solutions when the centered secondary air is further applied in practical CFB boilers. Key words: circulating fluidized bed (CFB); centrally located secondary air; axial particle concentration distribution; diffusion of secondary air

非设计配风条件 W 火焰锅炉 NO_x 排放特性分析 = An Analysis of the NO_x Emission Characteristics of a Boiler with a W-shaped Flame Under the Condition of an Off-design Air Distribution [刊, 汉] / SUN Xiao-zhu, GAO Zheng-yang, SONG Wei, et al. (College of Energy Source and Power Engineering, North China University of Electric Power, Baoding, China; Post Code: 071003) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(1), — 57 ~ 60

The air distribution pattern is a key factor influencing the NO_x emissions in a pulverized coal combustion process. It is of major significance to study in depth the NO_x emission characteristics of a boiler with a W-shaped flame under the condition of an off-design air distribution. By using software CFX-TASCFLOW, a numerical simulation was conducted of a 300 MW plant with the above boiler in active service. The on-site operating data were used to verify the accuracy of the numerical simulation results at the base load condition. The in-furnace combustion was numerically simulated at 18 off-design air distribution operating conditions. The calculation and analysis results show that when the primary air ratio of the front and rear arch changes in a range of more than 5.6 and less than 6.5, the difference