

旋风分离器自然旋风长的试验研究

魏耀东, 张 静, 宋健斐, 王 甜

(中国石油大学(北京)重质油国家重点实验室, 北京 102249)

摘 要: 采用激光多普勒测速系统(LDV)对 $\varnothing 300$ mm升气管直径为 $D_c=100, 135$ 和 180 mm的旋风分离器内气相流场进行了测量, 主要分析了旋风分离器的自然旋风长。测量结果表明, 旋风分离器内的旋转流呈现明显的衰减特性。沿升气管出口轴向向下, 切向速度和轴向速度逐渐减小, 对于直径 100 mm升气管, 最大切向速度由 $2.55V$ 开始衰减, 并且最大切向速度的径向位置由 $0.28R$ 逐渐向壁面移动, 内部的刚性涡逐渐扩大, 外部的准自由涡逐渐缩小, 最终在轴向 $5.2D$ 处最大切向速度点接近筒体壁面, 准自由涡消失, 此位置以下形成完全的刚性涡; 对于直径 135 和 180 mm升气管, 最大切向速度的值和位置也具有相似的变化。在此基础上, 提出了旋风分离器自然旋风长的定义, 即从升气管下口到准自由涡消失位置的距离为旋风分离器的自然旋风长 L_c 。依据实验结果给出了计算式(5)的关系式。最后通过分析旋风分离器内旋转流的衰减特性和两涡之间的能量传递过程, 进一步说明了旋风分离器自然旋风长的物理意义。

关 键 词: 旋风分离器; 自然旋风长; 气相流场; 旋转流; 旋转强度; 衰减特性

中图分类号: TQ051.8 文献标识码: A

符号说明:

- a—入口高度/mm; z—轴向坐标/mm;
- b—入口宽度/mm; ρ —密度/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- D—旋风分离器筒体直径/mm;
- D_c —升气管直径/mm;
- K—常数, $K=1.02$;
- L_c —自然旋风长/mm;
- M_{θ} — θ 方位的角动量/ $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$;
- $M_{\theta r}$ —自由涡部分角动量/ $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$;
- R—旋风分离器筒体半径/mm;
- r—径向坐标/mm;
- r_T —最大切向速度的径向坐标/mm;
- V_T —切向速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- V_z —轴向速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- V_T —入口气体速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- S_w —旋流数;
- μ —动力粘度/ $\text{N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$;
- τ —剪切力/ $\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$;

引 言

旋风分离器是利用气流旋转产生的离心力场进行气固两相分离的, 因此气流的旋转强度直接影响到旋风分离器的分离效率。但受到流场三维速度分布, 摩擦阻力及湍流能量耗散的影响, 旋风分离器内的旋转流的旋转强度沿轴向存在一定的衰减。为此 Alexande提出了自然旋风长的概念^[1], 定义从升气管下口到旋转流结束的距离为自然旋风长。姬忠礼则依据流场测量的结果认为从升气管下口到最大切向速度衰减到 88% 的位置为自然旋风长^[2]。Hoffmann根据实验讨论了入口速度和入口浓度因素对自然旋风长的影响^[3~4]。钱付平基于响应曲面法通过数值模拟提出一个预测自然旋风长的模型^[5]。但这些自然旋风长的计算缺乏流场分析的支持, 有的相互之间还存在一定的矛盾。自然旋风长是旋风分离器性能分析和设计计算的重要参数之一, 表征了旋风分离器内旋转流的基本特性。本研究则依据激光多普勒测速系统(Laser Doppler Velocity LDV)对旋风分离器内气相流场的测量结果, 由旋转流的衰减特性及准自由涡和刚性涡的结构演变特点提出了一个新的旋风分离器自然旋风长的定义。

1 实验装置及测量方法

1.1 实验装置

实验装置如图 1 所示, 主要包括供风系统, LDV 测量系统, 粒子发生器和旋风分离器装置。旋风分离器用有机玻璃制成, 进气口尺寸为 $a\times b=178$ mm \times 92 mm, 筒体直径 $D=300$ mm, 升气管直径为 $D_c=100$ mm、 135 mm和 180 mm, 插入长度为 178 mm。为能完整的反映出旋转流的衰减特性, 旋风分离器的基本结构采用直筒型, 大长径比, 总长度为 $3\,420$ mm。轴向

收稿日期: 2009-03-18 修订日期: 2009-04-15

基金项目: 国家高技术研究发展规划(863)基金资助项目(2007AA061702), 国家自然科学基金资助项目(20876170)

作者简介: 魏耀东(1958—), 男, 北京人, 中国石油大学(北京)教授。

坐标 从升气管下口开始。测量窗口使用厚为 2 mm 的光学玻璃, 易于激光透过以减少对光路的干扰。旋风分离器的入口速度为 $V_i = 10 \text{ m/s}$ 。

1.2 测量方法

采用美国 TSI 公司提供的后散射二维 LDV 系统主要测量流场的切向速度和轴向速度。示踪粒子为 LZL-II 型粒子发生器产生的约 $2 \mu\text{m}$ 的丙二醇粒子。实验中每个测点取 2 000 个样本点, 测量时间为 90 s。径向位置测点间隔为 10 mm, 轴向位置从升气管下口向下 100 mm 为第一测量截面, 间隔 200 mm 为一测量截面; 离升气管较远的位置, 间隔 300~500 mm 为一测量截面。

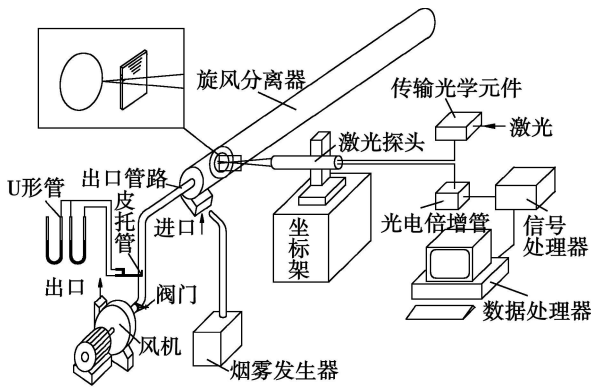


图 1 实验装置

2 实验结果与讨论

2.1 切向速度的衰减

由于旋风分离器模型采用了直筒体, 大长径比, 不存在锥体的影响, 可以完整的反映出旋转流的衰减特性。图 2 是直径 100 mm 升气管旋风分离器内切向速度和轴向速度的测量结果, 其中左半部分是切向速度在轴向不同位置沿径向分布的测量值。切向速度分布的一个重要特点是沿轴向方向存在明显的衰减变化, 这与带有锥体结构, 长径比较小的旋风分离器流场的测量结果有很大区别^[6~7]。由图 2 可知, 旋风分离器上部流场是由内部的刚性涡和外部的准自由涡构成, 沿轴向向下两涡的结构形式发生了很大的变化。由最大切向速度 $2.55V_i$ 开始衰减, 径向位置 $0.28R$ 逐渐向壁面移动 (图 2 中的斜线, 即外部的准自由涡区逐渐缩小, 内部的刚性涡区逐渐扩大)。最大切向速度在轴向 $5.2D$ 位置处接近壁面, 为 $0.22V_i$, 此时准自由涡消失, 刚性涡扩展为整个直筒体横截面, 形成完全的刚性涡。这个刚性涡轴向向下也存在着衰减, 气流的旋转速度缓慢降

低, 旋转一直延续到旋风分离器的末端。另外, 从升气管下口截面位置沿轴向向下, 旋转流的衰减不仅使最大切向速度值下降, 而且两涡切向速度的径向梯度 $\frac{dV_t}{dr}$ 也逐渐减小, 速度分布趋于平缓。这与姬忠礼等人的测量是一致的^[2]。对于直径 135 mm 和 180 mm 升气管, 最大切向速度的大小值和位置沿轴向具有相似的变化, 但与直径 100 mm 升气管的测量结果对比, 开始的最大切向速度的值相对较小, 径向位置也比较大。直径 135 mm 升气管的最大切向速度在轴向 $4.4D$ 位置处接近壁面, 直径 180 mm 升气管的最大切向速度在轴向 $3.5D$ 位置处接近壁面。本研究根据上述流场中两涡结构的演变特点, 定义从升气管下口截面到准自由涡消失位置的距离为旋风分离器的自然旋风长。

2.2 轴向速度的衰减

图 2 的右半部分是旋风分离器流场的轴向速度在轴向不同位置沿径向分布的测量值。根据轴向速度的方向可分为外侧的下行流和内侧的上行流。上行流和下行流的分界点, 即轴向速度为零 ($V_z = 0$) 的位置沿轴向基本不变。轴向速度沿轴向方向也存在着明显的衰减, 与切向速度沿轴向的衰减类似, 越向下轴向速度值越小。

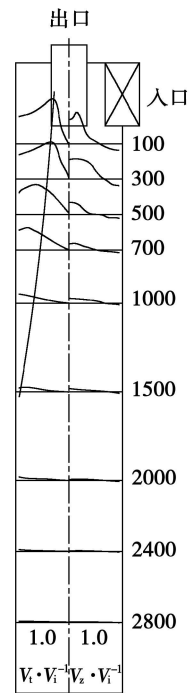


图 2 切向速度和轴向速度的测量值 ($D_c = 100 \text{ mm}$)

2.3 旋转流的角动量

为定量描述旋风分离器内旋转流的衰减特性,用任意横截面上的一个径向方位的角动量来描述该截面的旋转流的旋转强度,则旋风分离器任意横截面上 θ 方位 (入口位置为 0°) 的角动量 M_θ 为:

$$M_\theta = \int_0^R \rho V_t r dr \quad (1)$$

其中, 准自由涡区角动量为:

$$M_{\theta f} = \int_{r_1}^R \rho V_t r dr \quad (2)$$

根据测量的切向速度分布, 式 (1) 和式 (2), 0° 方位角动量沿轴向的计算结果如图 3 所示。

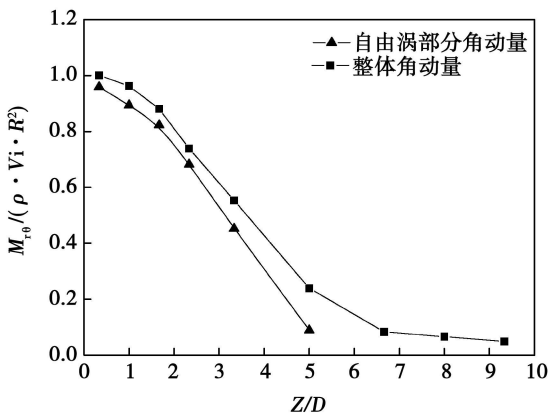


图 3 沿轴向的角动量 ($D_c=100$ mm)

由图 3 可知, 角动量很好地描述了旋风分离器内旋转流的衰减特性, 其中准自由涡部分的角动量是其主要部分, 也是衰减的主要部分, 而刚性涡部分的角动量比较小。当准自由涡消失后, 余下的刚性涡部分角动量向下缓慢衰减。图 3 表明旋转流进入旋风分离器筒体分离空间后, 角动量存在着两个明显不同的衰减区, 快速衰减区和缓慢衰减区。前者主要是准自由涡部分的角动量衰减, 后者是刚性涡部分的角动量衰减。两个区的分界位置也是本研究定义的自然旋风长结束的位置。

2.4 旋转流的能量传递过程

流体的能量传递过程主要是通过流体流动进行的。对于快速衰减区内的旋转流, 在角动量保持恒定的条件下, 随着流体从准自由涡流向刚性涡, 提高了流体旋转速度。因此, 当下行流体通过轴向流量提供的角动量急剧减少时, 导致了旋转流的强度快速衰减, 准自由涡区域缩小; 当下行流体输送给准自由涡的角动量不足以对刚性涡起到加速旋转的作用时, 准自由涡消失, 能量传递的性质发生了变化, 切向速度向内单调下降, 加速旋转的作用也因此消失。

旋风分离器的旋转能量是从径向和轴向两个方

向输送的, 而且存在着中心区域流体向上的分流流动, 与此同时也存在着能量的耗散, 一方面是流体与器壁之间的摩擦产生的能量损耗, 另一方面是流体湍流能量损耗。

从径向看, 在旋风分离器任意横截面上, 根据牛顿内摩擦定律, 旋转流内的剪切力 τ 与切向速度 V_t 的关系式为:

$$\tau = \mu \frac{dV_t}{dr} \quad (3)$$

依据流场的切向速度分布可知 (如图 2 所示), 内部的刚性涡和外部的准自由涡的剪切力 τ 的方向不同, 如图 4 所示。刚性涡部分切向速度 V_t 随着径向距离的增加而增大 $dV_t/dr > 0$ 即 $\tau > 0$; 但准自由涡部分切向速度 V_t 随着的增加而减小 $dV_t/dr < 0$ 即 $\tau < 0$ 。剪切力的方向表明刚性涡是接受能量, 而准自由涡是向刚性涡输送能量的。能量传递过程是通过剪切力由外部的准自由涡向内部的刚性涡进行的, 准自由涡驱动刚性涡旋转。在旋风分离器自然旋风长结束后的刚性涡区域, 气流的旋转能量不足以加速旋转流, 切向速度只能是单降的。

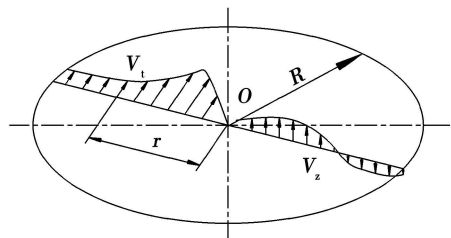


图 4 旋转流内的剪切力 τ 与切向速度 V_t 的关系

从轴向看, 在旋风分离器任意纵截面上 (如图 2 所示) 下行的流体沿轴向向下输送旋转能量, 上行的流体沿轴向向上带走旋转能量如图 4 所示。由于存在上行气流, 下行的轴向速度逐渐减小, 同时存在着流体与器壁之间的摩擦带来的能量损失和湍流能量损耗, 向下游传递的能量也减少, 导致了旋风分离器旋转流强度的衰减, 表现为准自由涡区逐渐缩小, 这意味着准自由涡向刚性涡输送能量逐渐减少。当准自由涡消失后, 仅有刚性涡, 其切向速度是单降分布, 两涡之间的能量传递过程结束。此时也是本研究定义的旋风分离器自然旋风长结束的位置。旋风分离器的这种衰减由于存在中心区域向上的分流带走旋转能量, 与一般仅有单向轴向流动的旋转流相比衰减更加明显^[8]。在旋风分离器自然旋风长结束后, 仅有刚性涡的下部区域, 气流的旋转能量只

能依靠下行的轴向流量输送。

2.5 旋风分离器的自然旋风长的分析和计算

上述旋风分离器内旋转流的能量传递关系以及旋转流的衰减特性是通过流场的切向速度和轴向速度的变化来表征, 表现为刚性涡和准自由涡结构的演变过程。通常定义流场的旋转角动量与轴向速度动量乘以筒体半径的比值为旋风分离器的旋流数 S_v :

$$S_v = \frac{2\pi \rho \int_0^R |V_t V_z| r dr}{2\pi \rho R_0^2 V_z^2 r dr} \quad (4)$$

式 (4) 表明切向速度和轴向速度的衰减变化影响旋流数 S_v 的大小, 而刚性涡和准自由涡结构的演变表明了自然旋风长的变化, 因此可采用自然旋风长这个特征参数来定量描述旋风分离器内旋转流的旋转强度。旋转强度越高, 准自由涡区延伸的越远, 自然旋风长越长。在入口流量一定的条件下, 由于旋转流的旋转强度与旋风分离器的几何参数 $\pi D^3 / 4 a b$ 和 D_e / D 密切相关^[9~10], 可建立旋风分离器的自然旋风长与这些几何参数的关系式:

$$\frac{L_c}{D} = K \frac{D}{ab} \left[1 - \left(\frac{D_e}{D} \right)^2 \right] \quad (5)$$

式中: K —常数。根据本实验旋风分离器的结构参数, $K=1.02$ 。式 (5) 表明在确定的流量条件下, 旋风分离器自然旋风长随升气管直径的减小而增大, 这与改变升气管直径的实验结果是吻合的, 如图 5 所示。Alexander 自然旋风长的计算式是^[1]:

$$\frac{L_c}{D} = 2.3 \frac{D_e}{D} \left(\frac{D}{ab} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

其中, 自然旋风长与 D_e / D 成正比。流场测量表明, 旋流的旋转强度随 D_e / D 的减小而增大^[2, 11], 计算结果与实际不符。姬忠礼的计算式是^[2]:

$$\frac{L_c}{D} = 2.4 \left(\frac{D_e}{D} \right)^{-2.25} \left(\frac{D}{ab} \right)^{-0.361} \quad (7)$$

其中, 自然旋风长与 $\left(\frac{D}{ab} \right)^{-0.361}$ 成正比。这是将入口速度 V_i 设为不变量产生的, 而一般旋风分离器是以入口流量为固定参数的。因此, 本研究给出的自然旋风长计算式 (5) 能准确地描述了旋风分离器的旋转流的基本特性, 并是建立在流场分析和能量传递的基础上, 具有明确的物理意义。

3 结论

(1) 用 LDV 对 $\Phi 300$ mm 旋风分离器内气相流场的测量结果表明旋风分离器内的旋转流呈现明显

的衰减特性。对于直径 100 mm 升气管, 旋风分离器最大切向速度位置从 $0.28R$ 处沿轴向向下逐渐向壁面移动, 内部的刚性涡逐渐扩大, 外部的准自由涡逐渐缩小, 最终在轴向 $5.2D$ 处准自由涡消失。对于直径 135 mm 和 180 mm 升气管, 旋风分离器最大切向速度的值和位置也具有相似的变化, 以此定义从升气管下口到准自由涡消失位置的距离为旋风分离器的自然旋风长。

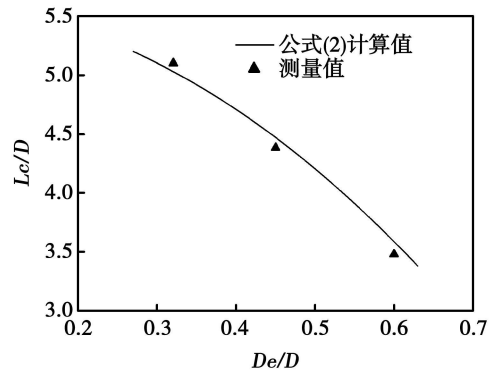


图 5 旋风分离器自然旋风长的测量值与式 (2) 计算值比较

(2) 旋风分离器的旋转能量是从径向和轴向两个方向输送的。由于存在分流和能量损耗导致旋风分离器旋转流强度的衰减。依据准自由涡向刚性涡传递能量的关系和旋转强度与旋风分离器的几何参数的关系, 给出了一个新的自然旋风长计算公式 $\frac{L_c}{D} = K \frac{D}{ab} \left[1 - \left(\frac{D_e}{D} \right)^2 \right]$, 计算结果与实验结果吻合, 而且具有明确的物理意义。

参考文献:

- [1] ALEXANDER R MCK. Fundamentals of cyclone design and operation [J]. Proceedings of the Australian Institute of Minerals and Metals (New Series), 1949, 152/153: 202-228.
- [2] 姬忠礼, 吴小林. 旋风分离器自然旋风长的实验研究 [J]. 石油学报 (石油加工), 1993, 9(4): 86-91.
- [3] ALEX C HOFFMANN, LOUIS E SIEN. Gas cyclones and swirl tubes: principles, design and operation [M]. Berlin: Springer-Verlag, 2002: 165-170.
- [4] HOFFMANN A Ç, JOUGE R DE, ARENDS H, et al. Evidence of the natural vortex length and its effect on the separation efficiency of gas cyclone [J]. Filtration & Separation, 1995, 32(8): 799-804.
- [5] 钱付平, 章名耀. 基于响应曲面法旋风分离器的自然旋风长 [J]. 东南大学学报 (自然科学版), 2006, 36(2): 247-251.

- [6] 胡砾元, 时铭显. 蜗壳式旋风分离器全空间三维时均流场的结构[J]. 化工学报, 2003, 54(4): 549—556
- [7] HOEKSTRA A J, DERKSEN J J, VAN DEN AKKER H E A, et al. An experimental and numerical study of turbulent swirling flow in gas cyclones[J]. Chemical Engineering Science, 1999, 54(13): 2055—2065.
- [8] 徐一, 周力行, 曹东. 旋流数为 1.0 的强旋湍流两相流动的 PDA 实验[J]. 化工学报, 2000, 51(1): 39—44.
- [9] 宋健斐, 魏耀东, 时铭显. 蜗壳式旋风分离器内气相流场非轴对称特性分析[J]. 化工学报, 2007, 58(5): 1091—1096
- [10] WEI YAODONG, SONG JIANFEI, SHIMINGXIAN, et al. Numerical simulation of the asymmetry of gas-phase flow field in a vortex cyclone separator[J]. Progress in Natural Science: Special Issue, 2005, 15: 99—105.
- [11] 时铭显, 吴小林. 旋风分离器大型冷模实验研究[J]. 化工机械, 1993, 20(4): 187—192

(本文责任编辑 陈 滨)

宜兴市东山新型材料有限公司

公司为国内电力行业提供关键部位特种材料:

(1) 热变换器, 水冷壁管, 耐磨涂料。该产品具有附着力高, 耐磨, 施工方便, 价格便宜等优点。

(2) 烟卤内壁贴片及特种塑性粘合剂, 其耐高温, 耐磨, 塑性, 抗机械冲击好。

3. 热风管, 煤粉输送管道用陶瓷贴片及粘合剂, 刚玉质贴片, 机械强度高, 耐磨。

(4) 喷煤口用特种碳化硅陶瓷, 抗亚音速低频振动, 耐磨耐高温; 具有塑性的碳化硅质改性喷口材料。

(5) 脱硫装置用碳化硅器件, 也可生产具塑性碳化硅材料。

(6) 流化床用耐磨浇注料, 烧成刚玉制品, 轻质保温浇注料, 轻质烧成制品。

(7) 普通烟卤耐酸胶泥, 微膨胀可塑料。

东山公司是一个科技创新为立厂根本的开拓型企业, 具有一定的自主创新能力, 能为企业量身定做各类产品。欢迎用户提出各种特殊要求, 替代进口, 共同开发, 合作创新。公司可以提供 200 多种无机材料, 耐火材料, 保温材料供电力材料行业采用。

厂址: 江苏省宜兴市大浦镇工业区

电话: 0510—87457988(传真), 87457669, 13906152806, 13812208664

E-mail: W el@188 x . com 网址: //www. 188 x . com

开户: 工行东山办 帐号: 1103028909000039117

邮编: 214226

operating conditions. The test results show that the plate type of pop heat pipes can successfully start up at a heat flux density ranging from 1 W/cm^2 to 10 W/cm^2 and have a good capacity to accommodate themselves to a change in the heat load. During a transition from one operating condition to another, the system can usually come to a new balance state within 3 minutes. Under the condition of the heat load of 18 W to 48 W , a phenomenon of temperature fluctuations with unequal wave amplitudes and cycles will emerge in the system. The heat resistance of the experimental system is between 0.29 and $3.2 \text{ }^\circ\text{C/W}$. The heat resistance is related to heat load, system inclination angle and filling amount of the working medium. Special emphasis of the present study was put on an analysis of the influence of the above-mentioned inclination angle and filling amount on the startup of the system and its off-design operations. Key words: loop heat pipe, plate type evaporator, thermal control, heat flux density, heat resistance, experimental study

压力式喷嘴雾化性能的试验研究 = Experimental Study of the Atomization Performance of a Pressure Type Nozzle [刊, 汉] / FANG Li-jun, LIBin (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(2), —202~205

By utilizing a single-phase nozzle atomization testing system, an experimental study was conducted of the atomization performance of a pressure type nozzle. In conjunction with a computer-based image processing technology, a high-speed dynamic video camera and sector-shaped measuring flasks in a row were used to measure the liquid droplet diameter distribution, radial sprinkling density distribution and atomization angle, etc. with relevant data processing being performed. As a result, the relationship between the nozzle atomization pressure and the atomized liquid droplet diameter, radial sprinkling density distribution on the one hand and the atomization angle on the other was obtained. For HHSJ90210 special type atomization nozzles, when the pressure changes from 0.05 MPa to 0.5 MPa , Sauter mean diameter (SMD) of the atomized liquid droplets will be in a range from 0.831 to 1.621 mm and the conditional atomization angle will be between 70.4 degrees to 91.2 degrees. For the inner threaded nozzles, when the pressure ranges from 0.07 MPa to 0.52 MPa , SMD of the atomized liquid droplets will be in a range from 2.23 to 3.52 mm , and the conditional atomization angle, between 64.5 degrees to 78.5 degrees. The research results can offer a scientific basis for the type selection of the pressure type nozzles in wet method flue gas desulfurization technologies. Key words: pressure type nozzle, atomization performance, liquid droplet diameter, radial sprinkling density, atomization angle, experimental study

旋风分离器自然旋风长的实验研究 = Experimental Study of the Natural Cyclone Length of a Cyclone Separator [刊, 汉] / WEI Yaodong, ZHANG Jing, SONG Jian-fei, WANG Tian (Key Laboratory on Heavy Oils, China State Petroleum University (Beijing), Beijing, China, Post Code: 102249) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(2), —206~210

By using a Laser Doppler Velocimetry (LDV) system, measured was the gas-phase flow field in a $\phi 300 \text{ mm}$ cyclone separator, of which the riser diameter is 100 , 135 and 180 mm respectively. Mainly, the natural cyclone lengths of the separator were analyzed. The measurement results show that the swirling flow inside the cyclone separator assumes conspicuous attenuation characteristics. Downwards along the axial direction from riser outlet, the tangential and axial speed will gradually diminish. For the riser with a diameter of 100 mm , the maximal tangential speed will begin to attenuate starting from 2.55 V . Moreover, the location of the maximal tangential speed in the radial direction will progressively shift to the wall surface beginning from 0.28 R . The internal rigid vortex will gradually expand and the external quasi-free vortex becomes smaller. Finally, the maximal tangential speed point

will approach the shell wall surface at the location of 5.2 D in the axial direction and the quasi free vortex disappear thus forming a full rigid vortex below the above mentioned location. For the risers with a diameter of 135 mm and 180 mm, the value and location of the maximal tangential speed will undergo a similar change. On this basis the definition of the natural cyclone length of the cyclone separator was presented, i.e. the distance from the lower port of the riser to the location where the quasi free vortex disappears shall be defined as the natural cyclone length L_c of the separator. The result of the formula (5) was given according to the test results. Finally by analyzing the attenuation characteristics of the swirling flow in the cyclone separator and the energy transfer process between the two vortices, further explained was the physical meaning of the natural cyclone length of the cyclone separator.

Key words: cyclone separator; natural cyclone length; gas phase flow field; swirling flow; attenuation

烟气循环流化床脱硫灰特性研究 = Study of the Desulfurized Ash Characteristics of a Flue Gas Circulating Fluidized Bed 刊, 汉 / XU Xi ren, GUI Ke ting (College of Energy Source and Environment, Southeast University, Nanjing, China, Post Code: 210096), MA Chun-yuan, WANG Wen-bing (College of Energy Source and Power Engineering, Shandong University, Jinan, China, Post Code: 250061) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(2), —211 ~215

With the desulfurized ash produced in the typical desulfurization process in a flue gas circulating fluidized bed serving as a sample, by using such methods as theoretical analysis, chemical analysis, electronic telescope scanning, thermogravimetry analysis and X-ray diffraction analysis etc., more or less systematically studied were such characteristics as the chemical composition, morphological appearance and physical phase composition etc. of the desulfurized ash. It has been found that the desulfurization reactions can play a role of eroding the raw ash particles from pulverized coal and there exists a conspicuous agglomeration effect in the desulfurization tower. The main physical phase composition of the desulfurized ash includes pulverized-coal produced ash phase, such as mullite, quartz and F_2O_3 etc., and desulfurization-produced physical phase, such as $CaSO_3 \cdot \frac{1}{2} H_2O$, $CaCO_3$ and $CaSO_4$ etc. It is worth paying attention to the fact that $CaSO_3 \cdot \frac{1}{2} H_2O$ represents the main sulfur containing physical phase and the $CaCO_3$ content in various ash samples is relatively big.

Key words: flue gas circulating fluidized bed; desulfurized ash; flue gas desulfurization; physical phase composition; characteristics analysis

初始氧浓度对锅炉富氧燃烧和 NO_x排放的影响 = The Influence of the Initial Oxygen Concentration on Boiler Oxygen-enriched Combustion and NO_x Emissions 刊, 汉 / YAN Wei-ping, MI Cui-li, LI Hao-yu (Education Ministry Key Laboratory on Power Plant Equipment Condition Monitoring and Control, 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(2), —216 ~220

For a 300 MW coal-fired boiler in a power plant and on the basis of a specially developed software platform CFX-TASC Flow, numerically studied were the flow, combustion and pollutant production in the furnace under the rated-load air environment in the O_2/CO_2 atmosphere of various initial oxygen concentrations (O_2) = 21%, 30%, 35% and 40% totaling five operating conditions. The calculation results show that under the O_2/CO_2 combustion mode, the CO_2 concentration of the flue gas at the outlet of the furnace can reach over 90%, facilitating the recovery of CO_2 . With an increase of the initial oxygen concentration, the in-furnace flame temperature will go up, the temperature drop margin along the furnace height direction increase and the flue gas temperature at the outlet of the furnace go down. The amount of NO_x product being generated will be less than the air quantity. The combustible