

导流板在旋风-滤袋复合除尘器中的应用研究

李 勇, 张文青*, 董 放, 郭喜龙, 刘伟冬

(青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘要: 运用Fluent软件对旋风-滤袋复合除尘器进行数值模拟分析, 发现存在气流分配不均导致滤袋使用寿命过低的问题。分别引入3种导流板进行对比分析, 结果显示, 布孔式Ⅲ型导流板气流分散作用明显, 最大流量不均匀幅值减小49.4%, 综合流量不均匀幅值减小56%。

关键词: 旋风-滤袋复合除尘器; 导流板; 数值模拟; 气流分布

中图分类号: TQ330.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2018)11-0000-05

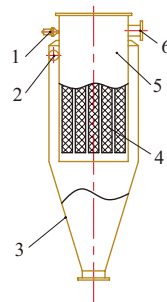
在橡胶厂除尘系统中, 目前使用较为广泛的有旋风除尘器和滤袋除尘器两种。旋风除尘器虽然具有结构简单、制造方便等优点, 但对细微粉尘的去除效果差强人意; 滤袋除尘器除尘效率高, 但普遍存在糊袋问题, 严重影响了滤袋的使用寿命^[1-3]。虽然可以将多级除尘器并联使用达到除尘目的, 但存在设备占地面积大、造价高等问题。旋风-滤袋复合除尘器将旋风和滤袋两种除尘器组合为一体, 既将两种除尘器的优点集为一体, 还解决了空间占有率高等问题。

目前针对旋风-滤袋复合除尘器的研究还较少。廉继尧^[4]设计了一款新型旋风-袋式复合除尘器, 该产品提高了除尘效率, 降低了袋式除尘器的除尘负荷, 且对粒径 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下的粉尘除尘效率达到99%; 赵新义等^[5]也对新型复合除尘器进行了开发研究, 通过将旋风分离器和袋式除尘器进行结合, 组合生产了一款新式除尘器并投入应用, 极大地降低了袋式除尘器的过滤载荷, 降低了生产成本, 提高了经济效益。本工作对目前市场存在的一种旋风-滤袋复合除尘器进行数值模拟分析, 并通过引入导流板对其进行优化。

1 旋风-滤袋复合除尘器的构造及机理

旋风-滤袋复合除尘器主要由旋风除尘和滤袋除尘两部分组成, 其结构见图1, 包括喷吹系统、

进风口、灰斗、滤袋、筒体和出风口。含尘气体首先通过进风口进入, 并产生向下运动的旋转气流, 粉尘颗粒在离心力的作用下甩向器壁, 在失去惯性力以及重力作用下沿壁面下落, 进入灰斗, 完成一次除尘。未分离的细粉尘颗粒在内旋气流的带动下进入滤袋除尘部分进行二级除尘, 含细粉尘的气流经滤袋的充分过滤后由出风口排出。喷吹系统定时对滤袋进行反向喷吹, 使粘附在滤袋的粉尘在重力的作用下下落至灰斗, 提高滤袋的除尘效率。



1—喷吹系统; 2—进风口; 3—灰斗; 4—滤袋; 5—筒体;
6—出风口。

图1 旋风-滤袋复合除尘器结构

为了更好地分析每个滤袋的气流分布情况, 利用Fluent软件对滤袋的流量分配系数进行统计, 并绘制成流量系数分配图。引入最大流量不均匀幅值与综合流量不均匀幅值来分析气体流量分配情况及不均匀程度。最大流量不均匀幅值越接近于零, 分配越均匀。滤袋分布情况见图2。

最大流量不均匀幅值公式如下:

作者简介: 李勇 (1962—), 男, 内蒙古卓资人, 青岛科技大学教授, 硕士, 主要从事气力输送与橡胶机械技术研究。

*通信联系人 (1247780763@qq.com)

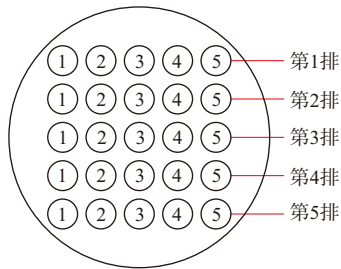


图2 滤袋布置示意

$$\Delta K_q = K_{q\max} - K_{q\min} \quad (1)$$

式中, $K_{q\max}$ ——单个滤袋最大流量分配系数;

$K_{q\min}$ ——单个滤袋最小流量分配系数。

综合流量不均匀幅值 ($\bar{K}_{\xi A}$) 公式如下:

$$\bar{K}_{\xi A} = \sum \frac{|K_q - 1|}{N} \quad (2)$$

式中, N ——滤袋除尘部分中滤袋的总个数;

K_q ——流量分配系数。

2 数值模拟与分析

2.1 边界条件

旋风-滤袋复合除尘器内具有三维强旋流,且具有明显各向异性的湍流特点,整个流动可看成定常不可压缩流动^[6]。滤袋使用多孔介质模型。

入口:速度入口, $28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;

出口:压力出口, 0 MPa ;

湍流模型:标准 $k-\varepsilon$ 湍流模型;

多孔介质跳跃边界条件 (porous-jump): 渗透率为 $2 \times 10^{-11} \text{ m}^2$, 介质厚 Δm 为 2 mm , 压力跳跃系数 C_2 为零。

2.2 模拟结果分析

复合除尘器的流线图见图3, 气体从进风口进入除尘器后, 在内外筒间形成向下的外旋气流, 到达锥体部分后形成螺旋形向上的内旋气流。向上的气流经过滤袋充分过滤后从出风口排出。

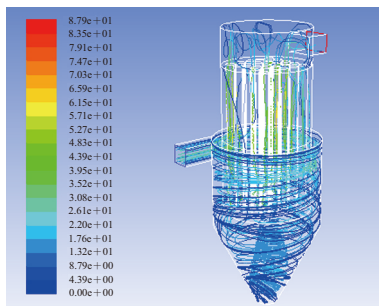


图3 复合除尘器流线图

复合除尘器的静压云图如图4所示, 可以看出静压分布具有较好的对称性。在旋风除尘部分, 静压在外筒壁处数值较大, 沿径向依次递减, 到达中心轴线附近后, 由于内旋涡的影响, 造成中心部分压力很低甚至出现负压, 分层较为明显。

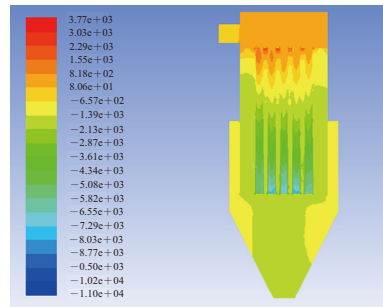


图4 复合除尘器的静压云图

复合除尘器内部流场是三维强旋转湍流流场, 含尘气体进入旋风除尘部分时, 运动趋势向下, 逐步形成外旋涡流, 在到达锥体底部后, 气流转而向上, 形成向上的内部涡流。从整体来看, 除尘器虽然是单侧进气, 但旋风除尘器中强烈的旋转气流削弱了这种作用, 因此, 如图5速度云图所示, 在自滤袋单元下端向下延伸的区域, 速度矢量具有较好的对称性。

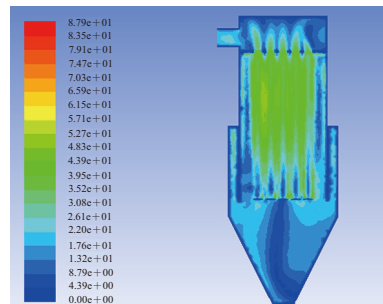


图5 复合除尘器的速度云图

对滤袋的分配系数进行统计, 结果如图6所示, 最大流量不均匀幅值为 0.988 , 综合流量不均匀幅值也达到了 0.25 , 气流分布非常不均匀。每排中间滤袋与两边的流量分配较多, 尤其是每排中间滤袋的气流分配系数甚至超过 1.4 , 过滤风量明显大于其他滤袋。

分析原因, 一方面气流做旋转向下运动, 完成一次分离后, 气流经锥体底部轴线处旋转向上进滤袋单元, 此处的气流主要经滤袋单元中间部分进入净气室, 造成了每排中间滤袋流量分配较

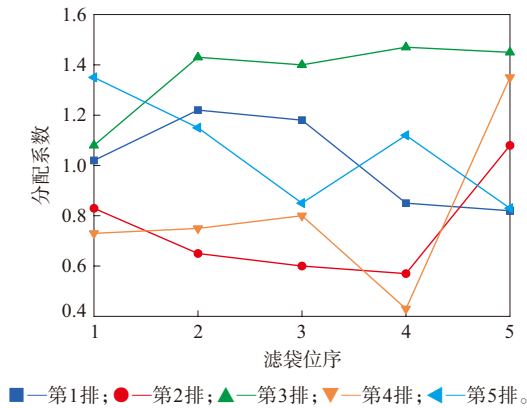


图6 滤袋分配系数

大,过滤负荷较大;另一方面一部分气体未在锥体底部形成上升气流,而是沿着内筒壁下边缘直接进入内筒体部分,造成了两边滤袋流量更大,滤袋上部静压较高,对滤袋造成了一定的冲刷,容易造成滤袋顶部的破损。

3 导流板优化分析

除尘器内加装导流板,目的在于使含尘气体合理分配至整个空间,尽可能使各个滤袋负荷一致,避免局部高风速、强负荷情况的发生。通常在滤袋除尘器中使用导流板可更好地将侧进风分散至整个过滤空间^[7-8]。针对复合式除尘器,本研究在下落风速和防爆性要求的基础上,采用导流板来对上旋风进行整流,起到了一定的效果。

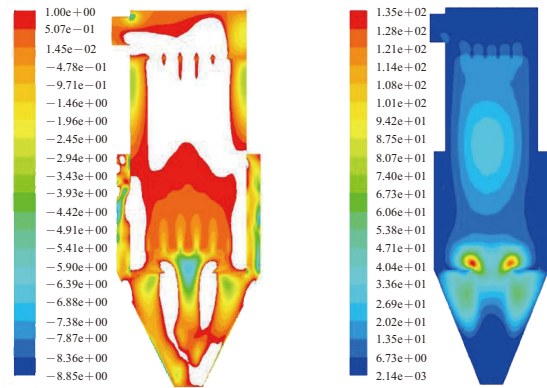
对3种类型的导流板进行类比分析,结构如图7所示。



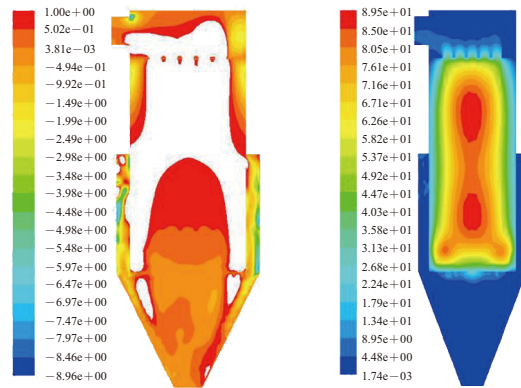
图7 导流板结构示意图

对安装有3种类型导流板的复合除尘器进行模拟分析,速度云图和湍动能云图见图8。为了使云图显示更为直观,只选择速度为 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下的区域。

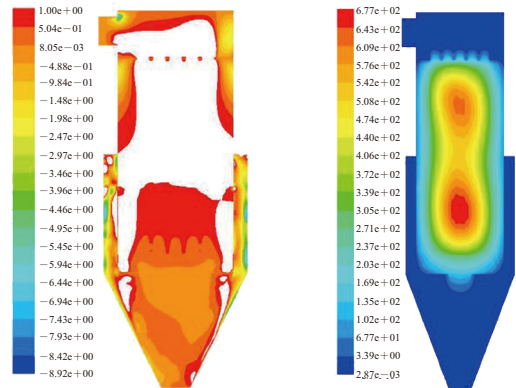
由速度云图分布情况可知,布孔式 II 型及布孔式 III 型流场差异不大,布孔式 III 型由于中间部分无伸出肋板遮挡,对应区域上方流速分布均匀



(a) 中间孔状



(b) 布孔式 II 型



(c) 布孔式 III 型

左图为速度云图;右图为湍动能云图。

图8 不同导流板的速度云图和湍动能云图

性较布孔式 II 型稍好。经该类导流板整流后,上旋风外周上升速度较内核心大,并且外周气流通整个过滤室空间,其上升气速均维持在 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上,衡量速度脉动的湍动度也显示滤袋区速度变化较大。

椭圆标注区显示,过滤室外周上升气速较大,

切断了上花板近壁面下落气流,造成该区域粉尘无法下落,产生类似于旋风除尘器中“上灰环”的问题。

由湍动能云图可知,中间孔状导流板由于四周封闭,对上升气流限制效果显著。由于只有中间开口可通过气流,因此在导流板附近产生节流效应。下锥体内产生较强的对流运动,湍流在导流板上端得到强化,这是极不利于粉尘下落的。对比上升风速可见,圆孔型导流板并不适于该结构。

分别对安装3种类型导流板复合除尘器的滤袋进行分配系数统计,结果见图9,安装中间圆孔状、布孔式Ⅱ型和布孔式Ⅲ型导流板复合除尘器滤袋的最大流量不均匀幅值分别为0.76,0.53和0.5,综合流量不均匀幅值分别为0.15,0.11和0.11。就改善气流分布来讲,布孔式Ⅲ型更优。

4 结论

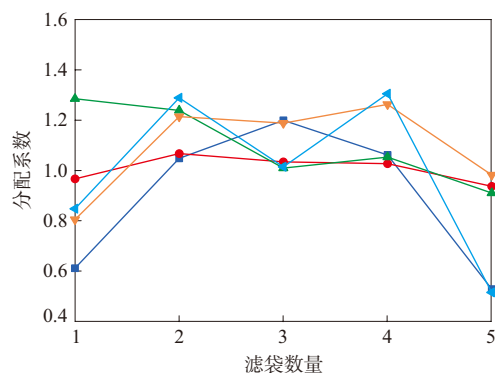
(1)复合除尘器在气流分配上存在一定不足,导致单个滤袋的气流流量分配不均匀,对滤袋的寿命造成了不利影响。

(2)通过加装导流板改善气流分布,对3种类型的导流板进行分析,得出布孔式Ⅲ型导流板能够较好地改善气流分布,相对于不加装导流板的复合除尘器,最大流量不均匀幅值减小49.4%,综合流量不均匀幅值减小56%。

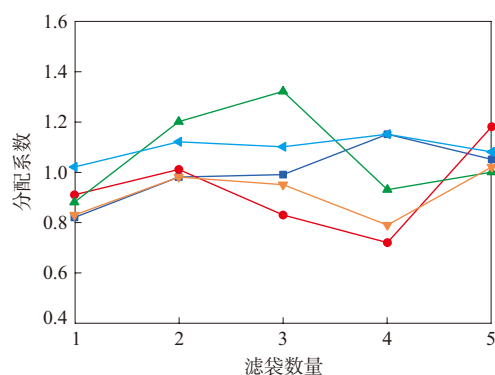
(3)模拟分析显示,导流板虽然对气流分布起到很好的改善作用,但是在上升风速的改进上没有明显作用,会产生类似于旋风除尘器中“上灰环”的问题。

参考文献:

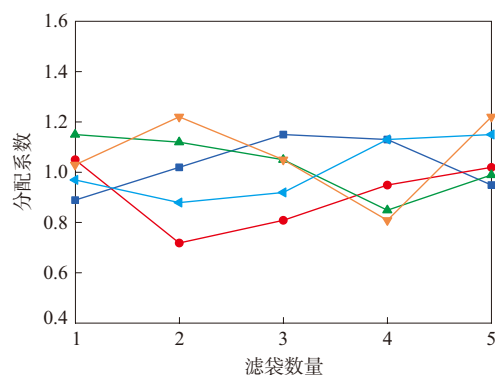
- [1] 胡婷. 旋风除尘器提高微细粉尘除尘效率的研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2015.
- [2] 宋风敏. 袋式除尘器和旋风除尘器的性能及其应用的比较[J]. 环境科学与管理, 2012, 37(8): 90-92.
- [3] 蒋存刚, 李纪锦, 李勇. 影响脉冲袋式除尘器清灰效果的因素探讨[J]. 橡胶工业, 2007, 54(1): 49-51.
- [4] 廉继尧. 新型复合除尘器的设计及数值模拟[J]. 中国计量学院学报, 2015, 26(1): 70-74.
- [5] 赵新义, 张毅. 新型旋风-滤袋复合除尘的开发应用[J]. 化工机械,



(a) 中间孔状



(b) 布孔式Ⅱ型



(c) 布孔式Ⅲ型

注同图6。

图9 不同导流板的滤袋分布系数

2006, 33(4): 227-229.

- [6] CAX技术联盟. ANSYS Fluent 15.0流体计算从入门到精通[M]. 北京: 电子工业出版社, 2015: 33-80.
- [7] 高广德, 何璐璐. 导流板对袋式除尘器流场影响的数值分析[J]. 煤矿机械, 2010, 31(12): 38-40.
- [8] 李勇, 张文青, 刘伟冬, 等. 不同入口导流板炭黑除尘器内部流场的模拟分析[J]. 橡胶工业, 2017, 64(12): 749-753.

收稿日期: 2018-06-07

Application of Deflector on Cyclone-bag Filter

LI Yong, ZHANG Wenqing, DONG Fang, GUO Xilong, LIU Weidong

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China)

Abstract: The numerical simulation of cyclone-bag filter was carried out by Fluent software, the problem of low service life of filter bag was found due to uneven distribution of air flow. Three kinds of guide plates were introduced and analyzed, and the results showed that the airflow distribution of the perforated plate III was the best, the maximum amplitude of non-uniform flow was decreased by 49.4%, and the non-uniform amplitude of synthesized flow was decreased by 56%.

Key words: cyclone-bag filter; deflector; numerical simulation; airflow distribution