

传统旋风除尘器的阻力影响分析与改进措施

姜 江,金 晶,屈星星,江 鸿,刘 瑞

(上海理工大学 动力学院,上海 200093)

摘 要:旋风除尘器通常作为粉尘多级除尘中的一级使用。如何提高旋风除尘器效率,同时又实现合理的压力损失,是国内外研究与关注的焦点。分析了旋风除尘器的工作机理和阻力影响因素,验证了入口阻力、出口阻力和灰斗阻力可以通过结构优化来降低。总结了目前国内对于上述 3 种阻力的研究情况和减阻措施,并分析了这些措施的理论依据。

关键词:旋风除尘器;机理分析;措施

中图分类号:TK223.26 **文献标识码:**B

1 引言

旋风分离器是利用旋转含尘气体所产生的离心力,将粉尘从气流中分离出来的一种干式气—固分离装置,广泛应用于化工、石油、冶金、建材、矿业等行业。它具有结构简单、生产能力大、体积小、投资省、操作维护简便、维护费用低等优点。它对于捕集、分离 5~10 μm 以上的粉尘尤其有效,但对粉尘粒径较小的粉尘除尘效果一般,所以对于除尘要求较高的生产场合,一般将它作为多级除尘中的一级除尘使用。如何在提高旋风除尘器效率的同时实现合理的压力损失,一直是国内外研究者所共同关注的焦点。

2 工作机理

当含尘气流由入口切线进入除尘器后,沿桶壁作旋转运动,由上向下,形成外涡旋。外涡旋到达锥体底部后,速度达到最大,湍流达到最强,气体转而开始向上,沿轴心向上旋转,形成内涡旋,最后由排出管排除,参见图 1。气流在外涡旋作旋转运动时,尘粒在惯性离心力的推动下,向外壁移动,到达外壁的尘粒在气流和重力的共同作用下,沿壁面落入灰斗。内外涡旋的旋转方向相同。

3 阻力特性

旋风除尘器的流动阻力主要包含以下几方面^[1]:

- (1) 进气管的流动损失。
- (2) 气体进入旋风除尘器内,因流通截面突变成膨胀或压缩、旋转而造成的能量损失。

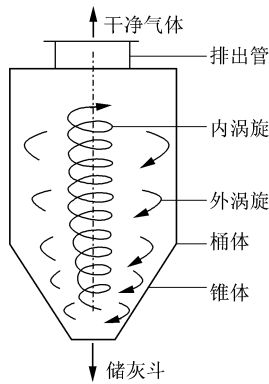


图 1 旋风除尘器工作机理

(3) 气体在桶体内和桶壁摩擦造成的能量损失。

(4) 流经排气管的流动阻力
当忽略进出口动压差时,除尘器阻力可按式

(1) 计算:

$$P = \frac{1}{2} \rho v^2 \xi \quad (1)$$

式中 P ——流动阻力(压力损失),Pa;
 ρ ——进口气流密度,kg/m³;
 v ——进口气流速度,m/s;
 ξ ——流动阻力系数,无量纲。

可由实验测得数据反推,也可由式(2)计算:

$$\xi = \frac{30A \sqrt{D_1}}{D_2^2 \sqrt{H_1 + H_2}} \quad (2)$$

式中 A ——进口截面积;
 D_1 ——除尘器桶体外径;
 D_2 ——排气管外径;
 H_1 ——桶体直段高度;
 H_2 ——桶体锥段高度。

一般来说,除尘器压力损失 P 应控制在 $0.5 \sim 1.5 \text{ kPa}$ 之间。在旋风除尘器中,气流速度过大,阻力会急剧上升。通常,除尘器各部分压损占总压损的比例中,进口占 7% ,出口占 20% ,桶体内动压损失占 30% ,灰斗占 33% ,器壁摩擦损失占 10% 。

4 减阻措施及机理

通过改变分离器结构可以减少入口阻力,出口阻力,灰斗阻力。

(1) 入口阻力:气体进入旋风除尘器内,因膨胀和摩擦等因素造成的阻力损失。就目前的研究成果看,入口气体的膨胀及和排气管之间的碰撞摩擦,是造成该损失的主要原因。

改进方法是将排气管偏置。文献[2]介绍了分离器试验模型,在排气管不同偏置角度及相对偏置距离 $\left(L = \frac{S}{R-r}\right)$ 的 17 个偏置工况下,分离效率和阻力特性的变化。图 2 是排气管偏置位置示意图^[2],图 3 是排气管偏置后分离器阻力变化情况^[2]。

由图 2 可看出,排气管偏置后,除个别异常点外,各方向的偏置都能带来阻力的大幅度降低。究其原因,偏置后的排气管改善了桶内的流场,不仅使得排气管避开了入口气体的膨胀影响,还使得原来由于单侧进气方式造成的沿排气管外壁 $90^\circ \sim 180^\circ$ 的“滞留层”由于气体的加速而消失,从而改善了分离效率。

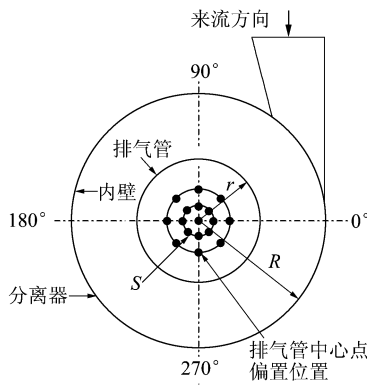


图 2 旋风分离器排气管偏置位置

(2) 出口损失:在分离过程的结尾,内漩涡从排气管排出的过程中,排气流和排气管内壁强烈摩擦,造成中心负压的强旋流。该旋流对分离效果影响有限,但在很大程度上却影响分离器的阻

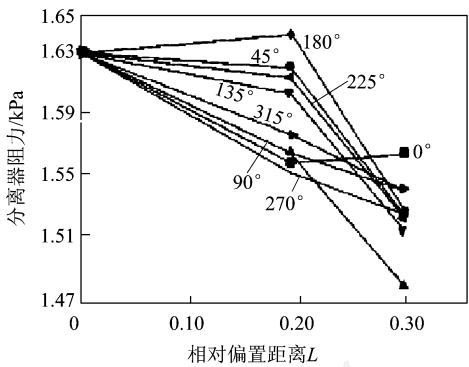


图 3 排气管偏置后分离器阻力变化

力。
改进方法是增大排气管的管径,在排气管中设减阻杆^[3,4],设置出口导流叶片,加装解旋涡壳等。

任何降低分离器出口阻力的方法,其关键是要降低排气管内的漩涡程度,其中最直接的方法是增大排气管径,以降低旋转气流的切向速度。图 4^[3]表示的是加装减阻杆前后排气管内气体切向速度的变化情况。可以看出:加入减阻杆之后,排气管内的切向速度曲线变得平缓了许多,而且其各个位置上的切向速度大小也均随之降低。这说明排气管内气流的螺旋运动减弱了,其能量消耗也有所降低。而加入减阻杆之后,排气管内部轴向上的回流区也消失了,这同时也减少了系统的阻力损失^[3]。

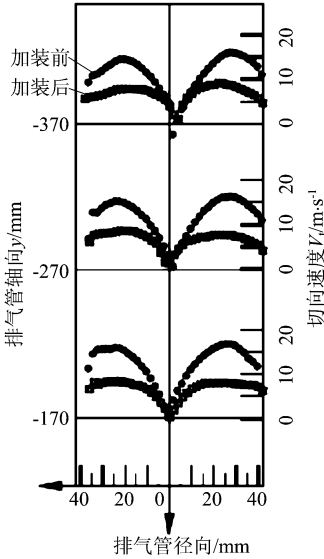


图 4 加装减阻杆前后排气管内气流切向速度变化

(3) 灰斗阻力:由于“旋转矩不变”原理^[5],在分离器锥段末段,分离器内的旋转运动达到最强,气流的湍流度也达到最强。高速旋转的气流摆脱

了壁面的束缚开始沿桶体心线向上旋转排出,形成内漩涡,固体颗粒沿桶壁落入灰斗被分离。此过程须要消耗大量能量,成为整个分离器阻力构成中的重要部分。

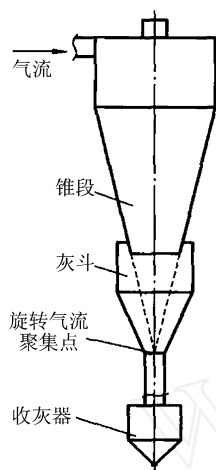


图 5 新型灰斗^[5]

中国石油大学过程装备实验室管伟、吴小林等人提出的新型灰斗^[6]较好的降低了该阻力,如图 5。该灰斗使得旋转气流在到达湍流度很强之前就已经进入灰斗,随着空间的增大,气体的湍流度重新降低,从而降低了其灰斗阻力。实际中,灰斗的直径不超过分离器桶径的 0.8 倍,适当长度的料腿也是分离器性能优化的要求。

5 结论

(1) 入口气体的膨胀及和排气管之间的碰撞摩擦,是造成入口损失的主要原因。偏置排气管可使之有效降低,究其原因,偏置后的排气管改善了桶内的流场,不仅使得排气管避开了入口气体的膨胀影响,还使得原来由于单侧进气方式造成的沿排气管外壁 90° — 180° 的“滞留层”由于气体的加速而消失。

(2) 出口阻力是由于排气流和排气管内壁强烈摩擦而形成,在排气管中设减阻杆等措施可以降低排气管内旋转气流的切向速度,从而降低排气管阻力。

(3) 灰斗阻力形成于内外漩涡的交界处,分离器内的旋转运动达到最强,气流的湍流度也达到最强。石油大学提出的新型灰斗使得旋转气流在到达湍流度很强之前就已经进入灰斗,随着空间的增大,气体的湍流度重新降低,从而降低了其灰斗阻力。

参考文献:

- [1] 周兴求,叶代启. 环保设备设计手册——大气污染控制设备[M]. 北京:化学工业出版社, 22-23.
- [2] 张定坤,李军. 排气管偏置式旋风分离器工作特性研究[J]. 锅炉技术, 2005, 36(5).
- [3] 李双权,孙国刚,时铭显. 排气管偏置对 PV 型旋风分离器效率及压降的影响[M]. 北京.
- [4] 王建军,王连泽,刘成文. 旋风分离器排气管内流动分析及减阻机理[J]. 过程工程学报, 2005, 5(3).
- [5] 耿晓伟,刘剑,刘雅俊. 旋风除尘器减阻增效措施及改进方式[N]. 矿业快报, 2007-06(6).
- [6] 管伟,时铭显. 旋风分离器排灰与进、排气系统对分离性能的影响[J]. 石油化工设备技术, 2005, 26(4).

收稿日期:2008-06-24

作者简介:姜江(1982-),男,安徽人,硕士研究生,从事研究热能工程(清洁燃烧)技术。

(责任编辑:杜建军)

电力简讯

各省市援建四川电网抢修恢复重建任务已全面完成

据《中国电力报》2008 年 7 月 14 日报道:7 月 10 日,220 kV 安县变电站恢复重建竣工移交仪式在绵阳市安县安昌镇举行。四川省电力公司副总经理王平表示,安县变电站的竣工移交,标志着各兄弟省市公司援建队伍抢修恢复重建任务全面完成。王平介绍说,地震灾害导致四川电网 35 kV 及以上变电站停运 171 座,其中 17 座完全损毁,包括配网线路在内的 10 kV 及以上线路停运 2 769 条,其中包括 2 条 500 kV 和 19 条 220 kV 在内的 162 条线路无法恢复;累计造成 405.07 万用户停电。按照国家电网公司的总体安排部署,各兄弟省市公司援建队伍加入到四川变电站抢修恢复重建中来。其中,重庆电力承担了绵阳 220 kV 安县变电站、110 kV 晓坝、永安、睢水等变电站的抢修恢复重建工作。

电力简讯

国家电网公司名列世界 500 强第 24 位

据《国家电网报》2008 年 7 月 11 日报道:在美国《财富》杂志 7 月 9 日公布的 2008 年度世界 500 强企业排行榜中,国家电网公司排名比去年跃升 5 位,列第 24 位。在全球入选的 19 家公共事业公司中,公司继续稳获第 1 名。在入选的中国企业中名列第 2 位。美国沃尔玛零售公司名列 500 强榜首。中国共有 35 家企业上榜,比去年增加了 5 家,总数名列世界第 5 位。国务院国资委监管的中央企业共有 19 家入围。《财富》杂志主要依据入选企业 2007 年度的营业收入排名。2007 年,国家电网公司认真落实中央决策部署,全面贯彻科学发展观,大力推进电网发展方式和公司发展方式转变,电网建设步伐不断加快,公司发展质量和效益持续提高。《财富》杂志公布的数据显示,2007 年国家电网公司营业收入为 1 328.85 亿美元,营业收入增长率和利润增长率均大大高于世界 500 强企业平均水平。