

新型高效旋风分离器用于造气炉 高温煤气净化

周洁新 夏兴祥

(上海化工研究院化工装备所, 上海 200062)

摘要 主要介绍新型E-II型高效旋风分离器的结构特点和模拟计算以及系统优化用于氮肥系统的除尘效果。

关键词 高效旋风分离器; 造气炉; 煤气净化

在氮肥工业中, 造气炉一般采用块煤、焦炭和碳化煤球作为原料而制得原料气, 这些原料煤尤其是碳化煤球机械强度和热力强度差, 下落时或被加热后易破碎, 使造气炉出口的原料气中含有大量的粉尘, 这些粉尘必须予以清除, 否则会造成后系统管道和设备的磨损和堵塞。但由于造气炉的制气过程是一个不断循环过程, 每个循环过程由几个不同的阶段组成, 使得造气炉的温度、出口的粉尘浓度和风量随不同的阶段呈周期性的变化, 所以给原料气的除尘带来一定的困难。目前国内氮肥厂和城市煤气厂造气炉的除尘技术比较落后, 往往采用盲肠式除尘器或简单的湿法除尘, 有的厂家虽然也采用旋风分离器, 由于结构落后, 加之设计不合理, 除尘效率都在50%~60%左右, 所以除尘后的原料气中仍含有相当多的粉尘, 这些粉尘随着气体进入后系统, 不仅影响了传热效果及设备的使用寿命, 而且造成管道、废热锅炉和热管换热器的磨损和堵塞, 同时也严重地污染了环境。

旋风分离器是利用气流在作高速旋转时所产生的离心力, 将固体从气体中分离出来的干式除尘设备, 该设备的优点是结构简单, 操作方便, 与湿法除尘比较, 它既可回收热能, 又可避免二次污染。针对造气炉的特定工艺条件所研制和开发的旋风分离器必须具备分离效率高、阻力低、操作弹性大且耐磨性能好的特点。本文主要介绍E-II型新型高效旋风分离器的结构特点和模拟计算及系统优化用于氮肥造气系统的除尘效果。

1 新型E-II型高效旋风分离器的结构特点

通过对多种旋风分离器结构进行探索, 在大量冷、热态系统性能试验的基础上, 提出了新型高效旋风分离器有E-II型的结构型式。一般旋风分离器进口为矩形, 在顶盖、出口管外表面及筒体的内壁间形成局部上涡流, 夹带着相当数量的粒子向中心流动, 并沿出口管外表面下降而随向上核心旋转逸出。新型旋风分离器E-II型的结构特点是采用异型蜗壳进口, 并且带有与顶板保持一定缝隙的导流挡板, 它的外层截面相对内层截面的变化是逐渐增大的, 其作

用是当气流管进入导流,使直线流动转变为曲线流动进入旋风分离器时,气流趋向于较稳定的圆周运动而没有涡流或削弱涡流。另一方面,气流在导流管内的旋转半径在逐渐减小,所以气流的离心分离作用也进一步加强。同时,随着导流角度的增加,导流管越来越狭,使气流形成薄带状螺旋形气体,减少尘粒的径向分离距离,并使粉尘接近器壁,避免粉尘在排气管排出,从而提高了分离效率。另外导流板与顶板之间有一定的缝隙,可降低旋风分离器的阻力,实验表明:当缝隙 $e/h \approx 0.11$ 时(h 为旋风进口截面的高度),可使旋风降低阻力 9.7%,旋风出口粉尘跑损减少 10%~17%。

旋风分离器内壁磨损主要是由于含尘气流中固体颗粒对器壁的高速冲蚀。对使用在造气炉上的旋风分离器采用如下的高温耐磨措施:①降低旋风分离器进口风速;②对于较大直径的旋风分离器,采用龟甲网刚玉衬里;③对于无法实施刚玉衬里的较小直径的旋风分离器,采用局部喷涂碳化钨。

2 E-II型旋风分离器的数学模型及系统优化

根据不同直径旋风在局部结构不同几何尺寸(进口截面、排气管直径等)、不同操作条件(进口风速、进口含尘浓度等)下的系统冷态性能试验,得出 E-II 型旋风分离器的数学模型

$$\eta_x = 1 - \exp[-0.2256D_0^{-0.573}(d_e/D_0)^{-0.499}v_i^{0.262}d_p^{1/2}]$$

$$\Delta p = 2.0686(d_e/D_0)^{-2.148}(v_i^2/2g)Dr_g$$

式中 η_x ——某一粒径的分离效率
 D_0 ——旋风直径
 d_e ——排气管直径
 v_i ——旋风进口风速
 n ——速度分布指数, $n = 1 - (1 - 0.668D_0^{0.14})(T/283)^{0.3}$
 T ——温度
 Δp ——旋风阻力
 g ——重力加速度
 r_g ——气体重度
 d_p ——颗粒直径

从表 1、表 2、表 3 可看出 E-II 型旋风分离器的数学模型及系统优化,其计算值与实测值误差较小,可为工业设计提供可靠的保证。

表 1 E-II型旋风分离器冷态下计算机模拟计算与实测值比较

	工况				工况				工况				
	Q	v	d_e/D_0	ab/D_0^2	Q	v	d_e/D_0	ab/D_0^2	Q	v	d_e/D_0	ab/D_0^2	
	/(m ³ /h)/ (m/s)				/(m ³ /s)/ (m/s)				/(m ³ /h)/ (m/s)				
	5486	12	0.443	0.185	6858	15	0.443	0.185	8159	18	0.443	0.185	
计算值	$\eta/\%$	90.78				91.67				92.75			
	/mmH ₂ O	106				166				239			
实测值	$\eta/\%$	90.30				92.05				93			
	/mmH ₂ O	105				158				235			
误差	$\eta/\%$	-4.9				+4.8				+4.1			
	/mmH ₂ O	0				-5				-1.7			

注:1. $D_0 = 830\text{mm}$; 2. 旋风进口尘浓度 $c = 9\text{g/m}^3$; 3. 效率误差按出口跑损计算。

表2 E—II型旋风分离器热态下计算模拟计算与实测值比较

	Q /(Nm ³ /h)	T /℃	p /MPa	v /(m/s)	η /%	Δp /mmH ₂ O	$c_{出}$ /(g/m ³)
计算值	18000	300	0.01	18	99.18	95	0.149
实测值	17940	250~300	0.00748~0.00775	17.5	99.20	≈80	0.144

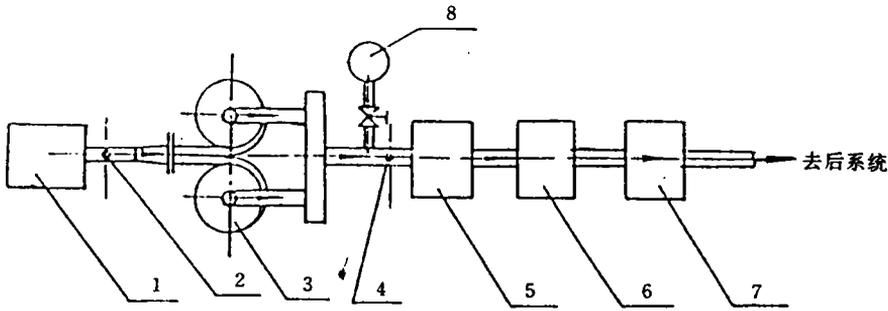
表3 φ2400mm造气炉除尘系统模拟计算

工 艺 条 件	1、造气炉直径:φ2400mm								
	2、操作工况:气量 上行: $Q = 7000\text{Nm}^3/\text{h}$; 温度 $T = 300^\circ\text{C}$; 压力 $p = 1.1 \times 10^5\text{Pa}$ 吹风: $Q = 18000\text{Nm}^3/\text{h}$;								
	气体密度 $\rho_g = 1.2\text{kg}/\text{m}^3$; 气体粘度 $\mu = 2.64\text{E}^{-6}\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$								
	固体密度 $\rho_p = 1500\text{kg}/\text{m}^3$; 烟尘浓度 $c = 18.4\text{kg}/\text{m}^3$								
优 化 设 计 方 案	1、采用一级二组并联高效旋风分离器								
	2、旋风结构型式:E—II型								
	3、几何参数: 旋风直径 $D_0 = 1196\text{mm}$; 进口截面比 $ab / D_0^2 = 0.185$; 排气管直径 $de/D_0 = 0.5$								
	4、进气风速: $v = 18\text{m}/\text{s}$								
优 化 结 果	1、分离效率 $\eta = 99.18\%$								
	2、系统排放浓度 $c_{出} = 0.285\text{g}/\text{Nm}^3 = 0.145\text{g}/\text{m}^3$								
	3、系统阻力 $\Delta p = 95\text{mmH}_2\text{O}$								
烟尘进口粒度分布									
备	$d_p / \mu\text{m}$	>150	150~106	106~75	75~38	38~25	25~20	<20	$d_p / \mu\text{m}$
注	$f / \%$	66.32	8.89	8.20	5.59	7.98	2.5	0.52	164
	回 归 系 数	$A_{\bar{f}} = 4.28 \times 10^{-13}$; $A_{\bar{f}} = 1157$; $A_{\bar{f}} = -1.222$							

3 热态测定和实际应用效果

新型E—II型旋风分离器已应用于造炉的除尘。江苏金龙集团公司(原太仓化肥厂)是用碳化煤球生产合成氨的,由于碳化煤球强度差,使造气炉口的气体中夹带大量的煤粉。原来采用冲击式盲肠除尘器,除尘效果极差,效率仅为30%左右,1995年开始先后采用了5套E—II型高效旋风分离器用于造气炉的除尘,经现场热态测定,效果良好,解决了厂方长期以来环境污染及后系统管道和设备的堵塞与磨损,提高了热管换热器和废热锅炉的传热效果,延长了设备的使用寿命,并回收了大量的粉煤,可直接用于制作碳化煤球,每年经济效益达120万元左右。

工业装置流程图见附图。热态测定结果从略。



附图 工业装置流程图

1. 造气炉 2. 取样口 3. E-II型旋风分离器 4. 取样口
5. 热管换热器 6. 燃烧室 7. 废热锅炉 8. 烟囱

4 结 论

(1) E-II型新型旋风分离器采用异型进口,并且在进口内壁端连接着导流挡板,导流挡板与顶板保留一定的缝隙,缝隙的开度为 $e/h = 0.11$ 时,阻力可下降 10% 左右,出口粉尘逸出量减少 10% ~ 17%。

(2) E-II型旋风分离器数学模型和系统优化模拟计算程序的建立,为造气炉的除尘提供了最佳的设计。

(3) 新型 E-II型旋风分离器具有分离效率高、阻力低、操作弹性大,且在高温下耐磨性能好的特点,适用于造气炉特定的工艺条件,是造气炉除尘的一种较理想的除尘设备。

(4) E-II型旋风分离器用于造气炉的除尘,解决了后系统管道、设备的磨损和堵塞,提高了设备的使用寿命,延长了生产周期,既达到综合利用的目的,又保护了生态环境,经济效益显著,具有推广应用价值。

新型 E-II型高效旋风分离器已于 1996 年 12 月通过由化工部主持的鉴定会,到会的专家一致认为,该成果适用于小氮肥行业,其技术属国内领先,并达到当前国际上同类产品的先进水平。

Study on New Type of High - efficiency Cyclone Separator Applied to Coal - gas Clean - up for Gasifier at High Temperature

Zhou Jiexin Xia Xingxiang

(Shanghai Institute of Chemical Technology)

Abstract A new type of model E - II cyclone separator is discussed in this paper, and the structural feature, computer simulating program and optimized design of model E - II cyclone which can use to dedust for gasifier are also expounded.

Key words high - efficiency ; cyclone separator ; gasifier coal - gas clean - up