

# 除尘设备在煤泥干燥中的应用

任伟涛 张铭韬 李德伟 赵雪峰

(唐山天和科技开发有限公司 河北 唐山 063020)

**摘要:** 结合中国现阶段普遍应用的煤泥干燥系统,详细分析了系统中重力除尘器、旋风除尘器以及湿式除尘器等除尘设备的除尘原理,通过对设备除尘原理的分析,并结合煤泥干燥系统的实际情况,列举了重力除尘器、旋风除尘器以及湿式除尘器等设备在煤泥干燥系统中的作用及优缺点。结果表明:3种除尘设备的串联使用,能够完全达到国家环保标准中所允许的排放浓度,且3种除尘设备的应用完全适合选煤厂的实际生产情况。通过对设备除尘原理的分析,并结合实际经验给出了系统中重力除尘器、旋风除尘器以及湿式除尘器等除尘设备的选型计算公式。

**关键词:** 煤泥干燥;重力除尘;旋风除尘;湿式除尘

中图分类号:TD946.23

文献标识码:B

文章编号:1006-6772(2012)05-0097-03

## Application of dedusting equipments in slime drying

REN Wei-tao ZHANG Ming-tao LI De-wei ZHAO Xue-feng

(Tangshan Tianhe Technology Development Co., Ltd., Tangshan 063020, China)

**Abstract:** Introduce the working principle of gravity dust collector, cyclone dust collector and wet dust collector and the like, which are widely used in slime drying system. Analyse the merit and demerit of these collectors. The results show that the combination of these three collectors could meet the demand in national environmental protection, it's also suitable for actual production of coal preparation plant. Based on the working principle, draw the type selection calculation formula of these three collectors.

**Key words:** slime drying; gravity dedusting; cyclone dedusting; wet dedusting

现阶段中国煤泥干燥行业采取的干燥形式多为火力干燥,即利用热能蒸发煤泥外水。这不仅需要足够的热量,还必须在煤的外水与周围空气之间有足够的蒸汽压差,这是干燥脱水的两个必备条件;加大物料与热风流之间的接触面积亦是提高干燥效率的主要因素之一。因此,通过高温加热空气、提供足够风量和在干燥过程中对煤泥进行破碎

等方法,可有效提高煤泥干燥效率。鉴于以上提高干燥效率的方法,并且根据煤泥“遇水流失,遇风飞扬”的性质,煤泥在干燥过程中不可避免地会出现大量灰尘,必须对灰尘进行捕捉和分离,才能保证尾气排放符合国家环保规定<sup>[1-5]</sup>。因此,除尘系统在煤泥火力干燥中起到了至关重要的作用,是衡量干燥系统是否符合可持续性发展战略的重要依据。

收稿日期:2012-07-31 责任编辑:孙淑君

作者简介:任伟涛(1984—),男,河北唐山人,助理工程师,从事煤炭干燥系统的研究和工程设计工作。

引用格式:任伟涛,张铭韬,李德伟,等.除尘设备在煤泥干燥中的应用[J].洁净煤技术,2012,18(5):97-99,106.

当今,在中国煤泥火力干燥行业中,应用最为广泛的除尘系统如图1所示<sup>[6]</sup>,此系统分别采用重力除尘、旋风除尘、湿式除尘3种除尘方式。通过3种除尘方式的串联除尘,最终达到国家环保要求中所允许的排放浓度(GB 9078—1996《工业炉窑大气污染物排放标准》中规定干燥炉允许排放浓度为 $100 \text{ mg/m}^3$ ,且林格曼黑度达到I级)。

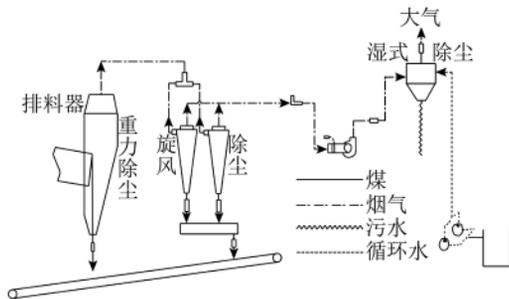


图1 煤泥干燥系统除尘示意

## 1 重力除尘

煤泥在干燥机内经过扬料板的作用形成料幕,与热风进行热量交换,在此过程中产生大量粉尘。干燥过程结束后,煤泥产品与粉尘全部进入排料器。排料器的经验设计通风面积 $A_2 \approx 1.7A_1$ ,对排料器通风分析如下

$$Q = V_1 A_1 \quad (1)$$

$$Q = V_2 A_2 \quad (2)$$

$$\text{可得: } V_2 \approx \frac{1}{1.7} V_1 \quad (3)$$

式中  $Q$ ——干燥系统中的风量(在整个干燥系统内所有可能漏风处均做了密封处理,因此可将干燥系统内的风量作为守恒风量计算)  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$A_1$ ——干燥机的通风截面积  $\text{m}^2$ ;

$A_2$ ——排料器的通风截面积  $\text{m}^2$ ;

$V_1$ ——干燥机内的风速  $\text{m/s}$ ;

$V_2$ ——排料器内的风速  $\text{m/s}$ 。

由式(3)结果可知,当含尘气流由干燥机进入排料器时,由于气体流通截面积突然增大,气体流速迅速下降,粉尘借自身重力作用逐渐下降,最后落入排料器的排料口,经输送机械运出干燥系统,因此排料器起到排料与重力除尘的双重作用。

重力除尘器结构简单,维护容易,可靠性能优良,故障率低,压力损失较小。但它的除尘效率低,

一般只有40%~50%,且适于捕集大于 $50 \mu\text{m}$ 的粉尘粒子<sup>[7]</sup>。当尘量很大或粒度很粗,对串联使用的下一级除尘器产生有害作用时,需首先使用重力除尘器预先净化。

## 2 旋风除尘

通过重力除尘的初级净化,含尘气体进入第二个除尘设备,即旋风除尘器。其由筒体、锥体、进气口、出气口、排灰斗和锁风阀等部件组成。旋风除尘器的工作原理如图2所示。当含尘气体由切向进气口进入旋风除尘器时,气流将由直线运动变为圆周运动,并开始向上、向下各方向均有流动。旋流气体的绝大部分沿器壁在圆筒体内呈螺旋形自上而下流动,通常称此为外旋气流<sup>[7]</sup>。外旋气流在旋转过程中产生离心力,由于尘粒的惯性大于气体的惯性,因此将尘粒甩向器壁,尘粒一旦与器壁接触,将失去径向惯性力而靠最初的动能和向下的重力沿器壁下落,进入排灰斗,经锁风阀进入下一级运灰装置。旋转下降的外旋气体到达锥体时,因圆锥体的收缩而向除尘器中心靠拢,其切向速度不断提高,尘粒所受离心力也不断加强,当气流到达锥体下端某一位置时,即以同样的旋转方向从旋风除尘器中部,形成一股继续做螺旋线运动并且由下向上的气流,即内旋气流。最终,内旋气流(净化后的气体)经出气口排出<sup>[8-12]</sup>,一部分未被捕集的尘粒也由此排出,进入下一级除尘系统。

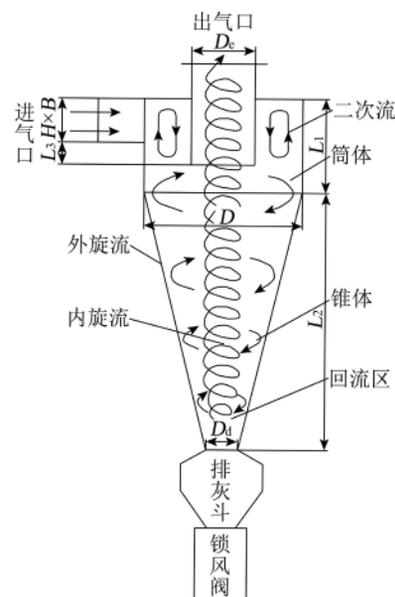


图2 旋风除尘器除尘原理

随着煤泥干燥行业的发展,干燥系统处理量越来越大,系统内的风量与含尘量也较大,超过十几万立方米风量的干燥系统已普遍存在,使用单个旋风远远不能满足系统使用要求。因此,既要满足干燥系统处理量,又要达到一定的除尘效率,就必须在干燥系统内并联多个旋风除尘器。理论上讲,在保证入口气流速度不变的情况下,2个以上的小尺寸旋风除尘器并联使用时的除尘效率比同一类型的1台大尺寸旋风除尘器的效率要高。在选择并联使用的个数与确定除尘器的直径时应按式(4)计算

$$\frac{1}{4}\pi D^2 v = \frac{Q}{3600N} \quad (4)$$

式中  $D$ ——旋风筒直径  $m$ ;

$N$ ——干燥系统内并联旋风个数;

$Q$ ——干燥系统中的风量  $m^3/h$ ;

$v$ ——旋风筒截面上假想气流速度  $m/s$ ,一般为  $2 \sim 4 m/s$ 。

在利用上式计算时,首先根据加工设备厂家的加工能力、设备使用的场地限制或设备的压力损失等条件确定旋风筒直径的接受范围,然后选择  $N$  值( $N=1, 2, 4, 6, \dots$ ),计算出接受范围内的直径。确定旋风除尘器的旋风筒直径后,依照丹尼森(Danielson)给出的标准除尘器比例(可参见《除尘器手册》),即可设计出适合本干燥系统的标准除尘器。

旋风除尘器的优点是结构简单,没有运动部件,不需要操作人员,维修方便,使用过程中动力消耗小,因此造价较便宜,应用比较广泛。但是,旋风除尘器的除尘效率不高,尤其是对小于  $5 \mu m$  的尘粒捕集效率很低<sup>[13]</sup>,所以在干燥系统中,含尘气体经过旋风除尘后,还需要利用湿式除尘器对气体进一步净化。

### 3 湿式除尘

由于重力除尘与旋风除尘均是作为预级除尘之用,所以含尘气体经过这2道除尘阶段后还要进入终极除尘阶段——湿式除尘。湿式除尘是尘粒从气流中转移到流体中的过程,含尘气体在湿式除尘器中经过自激、喷淋涤尘、液滴碰撞和雾化吸等工艺过程,气、液、固得到充分接触进而分离,洗涤后的含尘气体经过脱水和除雾处理,实现达标排放。唐山天和科技开发有限公司研发的湿式除尘器除尘原理如图3所示。含尘气体通过进风管进入

湿式除尘器,由于进风管与湿式除尘器蓄水面呈垂直状态,所以含尘气体垂直冲击水面,经过冲击过程后,含尘气体随即转折向上,而尘粒则由于惯性作用继续按原方向运动,其中大部分尘粒与水黏附后留在水中。但仍然有一部分细小颗粒随气体转折向上,这一部分细小颗粒则通过喷淋水对其进行净化<sup>[14]</sup>。净化后的气体经过气液分离器除去含尘气体夹杂的液滴最终排入大气。

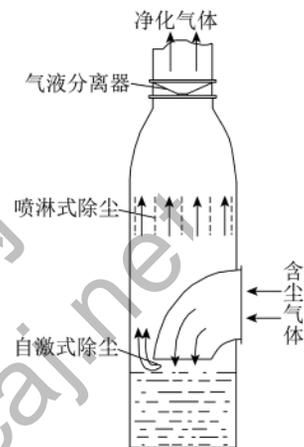


图3 湿式除尘器除尘原理

对湿式除尘器设计时关键要考虑除尘器内部含尘气流的流速,除尘器内的流速越低,除尘效率越高,一般湿式除尘器的气流速度在  $2 \sim 5 m/s$  选择。所以,除尘器的直径由每小时所需处理的气量和气流速度确定,依下式计算:

$$\frac{1}{4}\pi D^2 v = \frac{Q}{3600} \quad (5)$$

式中  $D$ ——除尘器直径  $m$ ;

$Q$ ——干燥系统中的风量  $m^3/h$ ;

$v$ ——除尘器内气体流速  $2 \sim 5 m/s$ 。

除尘器的高度一般参考直径选择,高与直径之比  $H/D$  在  $4 \sim 7$  内选择,喷淋段占整体高度要至少  $1/2$  以上<sup>[7]</sup>。

湿式除尘器优点是效率较高,能够将  $0.1 \mu m$  以上的尘粒除掉<sup>[15]</sup>,缺点是要消耗一定量的水,需要配套的污水处理系统<sup>[13]</sup>。但是,若将湿式除尘器应用在煤泥干燥系统中,就能很好地弥补这一缺点,因为煤泥干燥系统大部分是与选煤厂配套建设,而选煤厂均配有煤泥水处理系统<sup>[16]</sup>,所以湿式除尘器所排污水可以直接排入煤泥水处理系统,无需再配套建设污水处理系统。

(下转第106页)

- [15] Hargreaves J H, Silvester R S. Computational fluid dynamics applied to the analysis of deoiling hydrocyclone preferences [J]. Chemical Engineering Research and Design, 1990, 68(4): 365-383.
- [16] 李玉星, 冯淑初. 油水分离水力旋流器理论模型及数值模拟[J]. 石油机械, 2000, 28(11): 26-29.
- [17] Dyakowski T, Williams R A. Modeling turbulent flow within a small-diameter hydrocyclone [J]. Chemical Engineering Science, 1993, 48(6): 1143-1152.
- [18] Slack M D et al. Advances in cyclone modeling using unstructured grids [J]. Trans IChemE, 2000, 78(A): 1098-1104.
- [19] 陆耀军, 周力行, 沈熊. 不同湍流模型在液-液旋流分离管流场计算中的应用及比较[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2001, 41(2): 105-109.
- [20] Grady S A, Wesson G D, Abdullab M et al. Prediction of 10-mm hydrocyclone separation efficiency using computational fluid dynamics [J]. Filtration and Separation, 2003, 40(9): 41-46.
- [21] Yang I H, Shin C B, Kim T H. A three-dimensional simulation of a hydrocyclone for the sludge separation in water purifying plants and comparison with experimental data [J]. Minerals Engineering, 2004, 17(5): 637-641.
- [22] 邹宽, 杨荣, 曹玮, 等. 水力旋流器湍流流动的数值模拟[J]. 工程热物理学报, 2004, 25(1): 127-129.
- [23] He P, Salcudean M, Gartshore I S. A numerical simulation of hydrocyclones [J]. Transactions of the Institution of Chemical Engineers, 1999, 77(Part A): 429-439.
- [24] 王志斌, 陈文梅, 褚良银, 等. 旋流分离器中固体颗粒随机轨道的数值模拟及分离特性分析[J]. 机械工程学报, 2006, 42(6): 34-39.
- [25] 马文兵. 水力旋流器的流场模拟与控制研究[D]. 鞍山: 鞍山科技大学, 2006.
- [26] 李慧. 固-液分离水力旋流器的三维数值模拟研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2006.
- [27] 徐会. 水力旋流器的多相流模拟和实验研究[D]. 鞍山: 辽宁科技大学, 2007.

(上接第99页)

#### 4 结 语

唐山天和科技开发有限公司在干燥除尘领域内不断研发新式除尘设备, 拥有多个专利, 设计的煤泥干燥系统中含尘气体经过此3种除尘设备后, 经环保部门监测, 所排气体均能达到排放标准, 说明以上除尘系统在使用中经得起理论与实践的考验。

参考文献:

- [1] 曾钦, 李军, 王慧香, 等. 内蒙古某褐煤干燥特性的实验研究[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(2): 57-59.
- [2] 高俊荣, 陶秀祥, 侯彤, 等. 褐煤干燥脱水技术的研究进展[J]. 洁净煤技术, 2008, 14(6): 73-76.
- [3] 伊·阿·杨托夫斯基. 选煤产品的干燥[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1957.
- [4] 程军. KJC 喷雾除尘装置在潘三选煤厂的应用[J]. 煤质技术, 2010(6): 67-68.
- [5] 王秀军, 彭定茂, 黄凤豹, 等. 褐煤脱水改质技术[J]. 洁净煤技术, 2010, 16(3): 83-86.
- [6] 郭芬, 李德伟, 任伟涛. 新型滚筒式褐煤干燥系统的应用[J]. 洁净煤技术, 2010, 16(1): 29-31.
- [7] 张殿印, 王纯. 除尘手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [8] 申丽, 张殿印. 工业粉尘的性质[J]. 金属世界, 1998(2): 31-32.
- [9] 嵇敬文. 除尘器[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981.
- [10] 马广大. 除尘器性能计算[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [11] 张殿印, 王纯. 除尘工程设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [12] 王晶, 李振东. 工厂消烟除尘手册[M]. 北京: 科学普及出版社, 1992.
- [13] 谭天祐, 梁凤珍. 工业通风除尘技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1984.
- [14] 陆军, 王凤红, 阚晓静, 等. 玻璃钢湿式除尘器在煤泥干燥系统中的应用[J]. 洁净煤技术, 2009, 15(2): 36-37.
- [15] 郑铭. 环保设备-原理设计应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [16] 葛咸浩. 龙固选煤厂煤泥浮选试验研究[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(5): 23-25.