

袋式除尘器及其在木材工业中的应用

吴 靖

(南京林业大学 江苏南京 210037)

随着木材加工、家具制造和人造板生产的日益发展,木材粉粒性碎料的处理工作也随之剧增。为保护大气环境,特别是人口稠密的城市,国家对粉尘排放的规定会愈来愈严格。我国木材工业过去使用较多的旋风分离器因其本身性能的限制,已很难独立完成木粉的除尘工作。根据国内外应用的实际情况看,袋式除尘器具有良好的处理效果。本文着重从袋式除尘器的捕尘机理、影响压损的因素及其在木材工业中的应用特点等方面进行探讨。

1 袋式除尘器的捕尘机理

袋式除尘器并非依靠单纯的筛分原理过滤含尘气流,它可以捕集比其滤布最小孔眼小得多的粉尘粒子。如在正常使用过程中,某滤料孔眼尺寸约 $100\mu\text{m}$,但它甚至能捕集小至 $1\mu\text{m}$ 的粉尘粒子。不论何种滤料,袋式除尘器的正常捕尘机理,是由筛分、截留、惯性、重力以及静电力等综合作用导致在滤布上形成粉尘层而产生过滤作用^[1]。

筛分是指大颗粒物不能通过小孔眼而被分离出来。由于粉尘粒子形状的不规则性,大粒子很容易在滤布表面形成粉尘层,此粉尘层的孔眼尺寸很小,故能将后来的粉尘截留。粒子的运动速度决定了粒子休止前渗入滤布的深度。

通常袋式除尘器内通过滤布表面的气流速度很低,约在每分钟零点几米至每分钟几米,气流呈层流状态流动,当气流遇到滤布时,流线产生偏折,因粉尘粒子的惯性较大,仍向前运动而偏离流线碰撞到捕尘体上,这种捕尘机理为惯性碰撞效应。而当尘粒粒径很小(如小于 $1\mu\text{m}$)时惯性力也很小,它将仍随流线一起运动,但在靠近滤布纤维、在粒子作用半径的等效范围内时,粒子将被范德华力作用而吸附到滤布上去。上述作用中以何种作用为主导,需视尘粒粒径大小和密度的大小而定。

粉尘粒子因本身重力沉降 to 捕尘体上的作用称重力效应;在低速情况下,粉尘粒子还由于随机扩

散作用可能与捕尘体碰撞而被捕集的称扩散效应。此外有因本身静电引力产生团聚现象而将之捕集的静电力作用因素,它决定着滤料的清灰难易程度。

在除尘器正常工作过程中,由于粉尘层的形成而进一步强化了过滤作用,其效率大大提高,即使对小于 $1\mu\text{m}$ 的尘粒,亦有很好的捕尘效果,其最高效率可达99.90%^[2],只不过在纯滤料正常工作之前的一个短暂的工作区域内效率稍低而已。

根据使用和实验结果,正常工作的袋式除尘器一般能满足对木材粉尘料分离效率的要求。

2 袋式除尘器的压损

袋式除尘器的压损包括结构压损(进出口、灰斗、挡板等处的局部阻力引起的压损)、清洁滤布压损和粉尘层压损三部分。一般情况,压损在1200~1500Pa左右,在正常工作的过滤速度下,结构压损一般在200~500Pa之内,清洁滤料的压损一般不受重视,因滤料都是在附着粉尘层的条件下工作,且粉尘层压损占最大比率,随着粉尘层在滤料上的堆积,粉尘层负荷增加,这部分压损也随着增加。一般当其超过1000~2000Pa时,考虑到滤布的强度、孔眼的堵塞、风机的运行情况以及整个吸尘系统的运行经济情况等方面的因素,需进行清灰。因此,袋式除尘器的压损视不同结构型式、处理对象、工作要求和环境而定。

积有粉尘层的滤料的总压损可按下式计算:

$$\Delta P = (K_0 + K_1 W) \mu V_s$$

式中: ΔP —滤料总压损, Pa;

K_0, K_1 —滤布及粉尘层阻力系数;

W —粉尘层负荷, kg/m^2 ;

μ —空气的动力粘滞系数, $\text{mPa}\cdot\text{s}$;

V_s —滤布的表观过滤速度, m/s 。

由此可以看出,直接影响袋式除尘器压损的因素有滤布及粉尘层的阻力系数、表观过滤速度和粉尘层的负荷。

滤布的阻力系数 K_0 决定于滤布的种类、滤布的重度、加工方法以及后期处理工艺,关键在于对滤布的选择。选择滤料需从多方面综合考虑,如阻力系数、透气率、强度、价格指标等。而滤布的阻力系数与透气率(一般规定在127Pa的压差下,滤布单位面积上的透风量)往往是相矛盾的,阻力系数小,从某种程度上意味着其孔眼较粗、粉尘较易穿透。因此,需慎重选择滤布。

粉尘层的阻力决定滤布的总压损,粉尘层阻力系数 K_1 不仅取决于粉尘的形态特征、粒径大小、粉尘层的孔隙率、含水率以及滤料的特性,同时它还随粉尘负荷而变化,因此 K_1 不是常数,它对总压损 ΔP 的影响至关重要。另外,随着粉尘层负荷 W 的增加, ΔP 会相应增加,当 W 增加到一定值时,须及时清灰,以保证压损不至直线上升超过正常工作范围,袋式除尘器的这种清灰方法称为定压清灰。应该指出,每次清灰完毕继续工作时,滤袋不可能回复成全新滤料,在滤料上始终存在一定的残余粉尘,那么滤料的阻力系数会加大,并且会随工作时间的增长缓慢地增加。由此便可看出,过分强调所选滤布的阻力系数(或透气率)并无多大意义,相反地,研究粉尘粒子的性能和粉尘层的阻力特性,以及合理确定粉尘层的负荷上限则重要得多。

所谓表观过滤速度即单位滤布过滤面积上所处理含尘气流的流量,单位为 $\text{m}^3\text{气}/\text{m}^2\cdot\text{s}$,如将清灰方式所增加的气流量考虑在内,则称之为“净表观过滤速度”,它代表总进风量与有效过滤面积之比。显然,对于某一袋式除尘器,如果 V 增加,则所处理的含尘气流量可以加大,提高了它的负荷和适用性,但这时滤布的总压损呈直线关系递增,反过来增加了系统的能耗,甚至当 V 超过一定范围很多时还会引起袋式除尘器除尘效率的降低。

一般袋式除尘器表观过滤速度取值范围在 $0.5\sim 5\text{m}/\text{min}$,个别情况可达 $6\text{m}/\text{min}$ 。

3 袋式除尘器在木材工业中的应用

3.1 木材碎料的特点及袋式除尘器的应用情况

木材碎料形态多变,尺寸离异和含水率差异大,某些碎料还经施胶,因此尚有较大粘性。木材颗粒状细小碎料包括锯屑和木粉,分别来自木材及人造板的锯解和砂光,木粉的粒径最小,通常不超过 $100\mu\text{m}$,甚至在 $1\mu\text{m}$ 以下。而一般旋风分离器只对粒径大于 $5\sim 10\mu\text{m}$ 的粒料才有较高效率^[3],故旋风分离器仅限于对木片、刨花、锯屑等较大物料

的分离,在处理含尘量较小的木粉或者木粉与其它碎料混合在一起的特殊情况下也有使用。对一些大型企业,砂光机砂削下来的木粉(有时还有精砂的极细木粉)量较大,最大达 $1400\text{kg}/\text{h}$,这时就要采用袋式除尘器来除尘。

木材粉粒料属无毒性粉尘,根据国家标准GB J4—73规定,排放浓度为 $150\text{mg}/\text{标m}^3$ 。根据实验结果及有关实际使用情况表明,袋式除尘器完全能控制在此范围内。

目前在木材工业中,袋式除尘器的处理含尘气流量有小至每小时几百立方米的单机吸尘器(过滤面积仅几平方米),到每小时 2万m^3 的整个木工车间气力吸尘系统。在很多场合,由于含尘气流浓度大大超过袋式除尘器的入口许可浓度,或其中含有大量块状碎料,应先用旋风分离器作预除尘处理。

袋式除尘器的清灰方式主要有:机械振动清灰、反吹风清灰和气流脉冲喷吹清灰,这几种在木材工业均有应用。

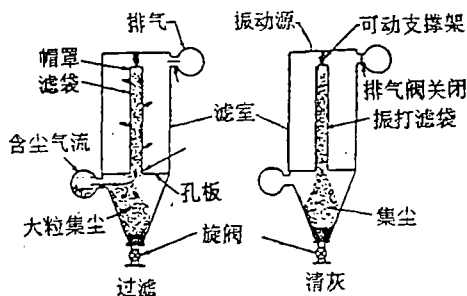


图1 振动清灰袋式除尘器

图1为机械振动清灰的袋式除尘器的工作原理图。含尘气流进入除尘室后速度降低,大粒料沉降,而粉粒料通过孔板均匀分布到各个滤袋中去,纯净的空气穿过滤层进入公共排气室排出。粉尘层积聚至一定厚度后,振动上部帽罩(由偏心轮机构传递振动力),使粉尘松散沉降并将其在料斗中收集。振动清灰的频率视粉尘的性质、浓度大小及系统压损的设计要求等因素决定。料斗中收集的物料可由螺旋出料器或旋转排料阀及时排出。

反吹气流清灰的袋式除尘器是依靠反吹气流反吹滤袋,使之收缩(如为外滤则为膨胀)变形而清灰,见图2。

图3为气流脉冲喷吹清灰的袋式除尘器,上部为排气室,每个滤袋由套在孔板上的文丘里管支撑着,上面设置一排压缩空气喷管,此压缩空气经文丘里管能诱导大量空气进入滤袋,从内侧对外侧的粉尘层进行清理。每个滤袋内部装有框架支撑以防

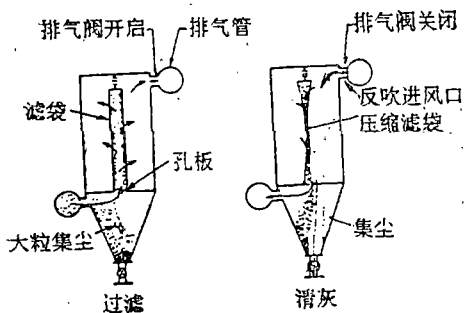


图2 反吹清灰袋式除尘器

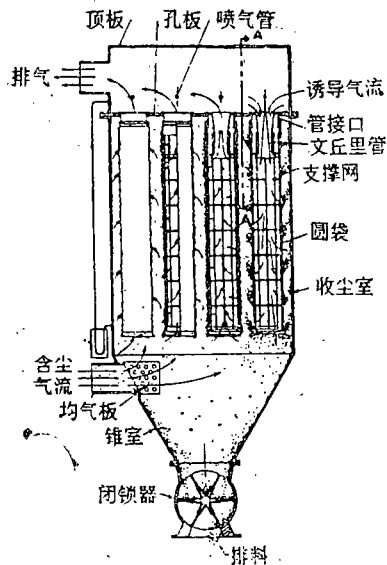


图3 脉冲喷吹清灰袋式除尘器结构简图

滤袋的损坏。

袋式除尘器一般为连续工作状态，图2所示的清灰系统可由几组滤室组成，当两个或多个滤室组合在一起时，可逐一对某一滤室进行清灰，从而达到连续工作的目的。具体的使用尚有许多不同之处，在此不一一列举。

3.2 袋式除尘器的设计要素及其它

首先必须明确，袋式除尘器各设计参数之间与其运行性能指标之间都存在密切的关系。无论是滤速、清灰周期，还是压损、含尘气流的负荷、许可处理的含尘气流浓度及分离效率等参数，均应根据

使用场合加以具体要求，最终还须通过实测加以验证后才能确定。

根据实践经验，一般对木材粉粒料选用的表观过滤速度可在 $0.9 \sim 6 \text{ m/min}$ 之间。对于振动清灰方式、木质粉尘较细微、含水率及粘性均较大者，滤速选择宜偏小些；粉尘粒径较大、含水率较小（如人造板砂光的木粉含水率不大于8%）的可取偏大值，对反吹清灰可取在 $4 \sim 5 \text{ m/min}$ 之间，对脉冲喷吹清灰可取高达 6 m/min 。

木材工业气力吸尘装置中重量混合浓度一般小于0.2，即含尘气流的含尘量达 240 g/m^3 ，而一般袋式除尘器许可的入口含尘量不超过 20 g/m^3 ，可见采用一般袋式除尘器单独除尘是不够的，这时还需先经过初级预除尘，以降低后面的含尘浓度。除此之外，目前已出现一种新型组合式袋式除尘器，其结构为袋式除尘器内部组合设计了一个旋风分离器，其位置可在若干滤袋的中心部位，也可在整个结构的下方。图4为一种新型的反吹风清灰组合式袋式除尘器。其下方的旋风分离器可将含尘气流中粉尘的70~85%先收集至下方的集尘室，剩余的含尘气流再由上方的袋式除尘器收集，这种组合结构可提高整个设备的入口含尘浓度。例如，按一般气力吸尘设计浓度0.1考虑，则由该除尘器上方滤袋所处理的含尘气流浓度也仅在 20 mg/m^3 左右。目前，国内木材加工行业已有此类袋式除尘器应用。

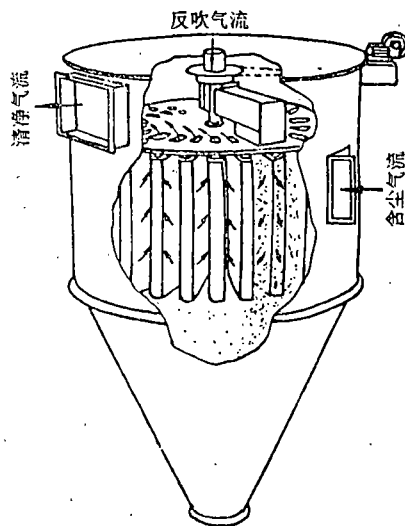


图4 反吹风清灰组合式袋式除尘器

袋式除尘器能处理的气流量与过滤面积有关，在选定的表观过滤速度下，气流量愈大，则过滤面积愈大，整机所占体积、钢材消耗也愈大，另外制造、安装也愈困难。一般滤袋个数小于100个，最

大处理的气流量可达 $16000\sim 20000\text{m}^3/\text{h}$ 。

设计过程中,必须对袋式除尘器的压损引起足够的重视。一般不宜超过 1500Pa ,因为木材工业气力吸尘系统的总压损中本身由除尘分离设备所占的压损比率较大,因此袋式除尘器的压损可显著影响整个系统的功率消耗。另外,随袋式除尘器压损的波动提高,还会改变离心风机的工况,对整个吸尘系统产生不利影响。目前着重于对 K_1 的研究。

如将袋式除尘器用于两级除尘,总除尘压损更大,而且设备庞大,占地面积也增加,管路的压损也大。相比之下,图4所示袋式除尘器具有很大优越性,值得推广使用^[4]。

袋式除尘器正常工作的压损很大程度上决定于清灰方式和清灰周期。综合多方面因素包括经济指标来看,连续反吹风清灰方式最佳,图4即采用此方式清灰。其清灰频率推荐为1次/分钟左右。如清灰频率太低,则易引起滤布上粉尘层阻力太大,系统压损增加,还有可能使清灰后的粉尘在滤袋之间搭桥,严重影响正常工作;反之频率太高,则会增加清灰功率消耗,严重的还会降低滤袋寿命。

袋式除尘器滤料的选择是项前提工作,必须从其性能、强度、价格、清灰效果等方面考虑。值得指出的是,滤料的造价应以单位面积滤料的造价与其寿命期限之比作为评定准则,应予以重视。木材工业对滤料一般无特殊性能要求,宜选用透气性较好、清灰容易、强度较高的滤料。目前最常用的是工业涤纶208等。针对木材粉尘选择最佳的滤料尚在研究中。在此不作赘述。

在使用过程中,一旦有某个滤袋出现破坏,即会导致整个除尘器除尘效率急剧下降,应及时修复或更换滤袋。经过一段时间的使用,应注意检查除尘效率和滤袋工作情况。这同样对设计过程中也提出了检查、修复、换袋必须方便的要求。通常滤袋损坏的原因有:①进口气流的冲蚀,②表观过滤速度太大,③金属物对滤料的磨削以及滤袋框架长期对滤袋的磨损。

英国学者D.T.Chamber论证,下进风式袋式除尘器性能不如上进风为佳,因下进风影响了粉尘在除尘器内清灰沉降^[5]。因此,在可能情况下,宜采用上进风形式的袋式除尘器。

随着木材工业的发展和环境保护要求的日益提高,袋式除尘器将占有不可替代的重要地位。

4 参考文献

- 1 Nicholas P C. Hydrodynamics of gas-solid fluidization. Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1984, 623~638
- 2 谭天祐,梁凤珍. 工业通风除尘技术. 北京:中国工业出版社,1984
- 3 李维礼. 木材工业气力输送及厂内运输机械. 北京:中国林业出版社,1983, 329
- 4 Homer W and Parker P E. Air pollution. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J., 1977, 96
- 5 Chambers D T and F Cairns. Developments in filtration. Shirley Institute and Contributors, England, 1984, 6~7

(上接第32页)

A study on hewing wood by cutter

Diao Jiaxiang

(Heilongjiang Forest Products Research Inst., Haerbin, 150040)

Kinoshita Jiokou

(Forestry and Forest products Research Inst., Japan)

Abstract Test were made on hewing wood by changing factors of cutting tool and wood (workpiece), and possibilities of hewing wood into several pieces in one process by designing composed cutter were studied.

Keywords Wood, Cleavability, Hewing conversion