

110681

庆祝建所三十周年

北京市劳动保护科学研究所

科研成果和技术措施

(五)

上 册

~~1985.5~~

内 容 提 要

本汇编分七个部分：工业防尘、工业防毒、噪声控制、工业防爆、锅炉安全、个人防护和综合技术。其内容具体介绍了关于预防事故和职业危害的各种技术措施以及大气污染、环境污染的防治对策、设计与计算方法、检测仪器、测量方法、环境评价和控制方法及为编制各种安全、环境标准、规范的科学依据等内容。本汇编分上、下册，总共100多万字，345幅图。

本汇编可供从事劳动保护、环境保护、设备制造等部门的工程技术人员、设计人员、安技干部、环保干部、管理人员以及大专院校有关师生参考。

前 言

劳动保护与环境保护是我国的一项基本国策。保障劳动者在劳动过程中的安全与健康,保护环境,是振兴经济、实现四化的重要保证。是社会主义企业经营管理的一个基本原则,是提高经济效益的一个基本条件。因此,必须牢固树立安全第一,预防为主的思想。

北京市劳动保护科学研究所创建于1955年,是从事社会公益事业的应用研究单位。本汇编搜集了1977年至1984年期间的科技成果和技术措施,是成果汇编之五。本所科研领域为安全工程与环境保护,即研究预防工伤事故和职业性危害的技术措施和控制设备,环境评价与环境污染控制方法,各种安全、环境标准规范、安全及环境仪器。

多年来,我所贯彻科学技术必须面向经济建设的方针,取得了可喜的成绩,据不完全统计,自1979年以来,共获国家、部、省(市)级科技成果奖六十多项,其中获一、二等奖11项,达到或接近国际先进水平的近30项。这些成果,属于产品的,大多数已经投产;属于技术措施的,大多数得到推广应用,为标准规范提供技术依据的,大多数被有关部门采纳,公布施(试)行。

当前,我国人民正在进行社会主义现代化建设的伟大事业。我们要为在本世纪末实现工农业总产值翻两番的总目标而努力奋斗。在这样一个新的历史时期,我们劳动保护与环境保护科研工作者的任务十分繁重。目前仍然有一些企业,职工的劳动保护条件还需要进一步改善,城市大气污染防治和环境物理污染控制问题,迫切需要我们去研究解决。因此,为了庆祝建所30周年,刊印此汇编,介绍了本所近八年来的科研成果和技术措施,使其为四化建设、安全生产、环境保护发挥更大的作用。

1985年5月

工业防尘

LSB型顺喷式脉冲袋滤器的研制

陈安琦 肖景崇 刘林森

(北京市劳动保护科学研究所)

一、引言

脉冲袋滤器除尘效率高、过滤速度大、能连续工作，在环境保护和劳动保护等方面应用很广泛。

过去国内使用较多的是MC型脉冲袋滤器，采用下进风，净化后的干净空气经引射器排出。当过滤速度为2~4米/分，滤袋长约2米时，一般阻力在100~120毫米水柱左右。若提高过滤速度，或加长滤袋，会使袋滤器阻力急剧增加，采用上进风，阻力可以低些，但由于净化后的空气仍须通过引射器喉管，所以压力损失仍较大。

为了解决这个问题，我们参阅了国外资料，与有关单位协作，研制一种LSB型脉冲袋滤器。因为它是由顶部或上部进气，下部排气，气流方向和脉冲喷吹同向，因之称为顺喷式。

二、袋滤器结构

图1为LSB型脉冲袋滤器的结构。它由上、中、下三个箱体、排灰系统和喷吹系统五部分组成。

含尘空气由上箱体的进气箱进入袋滤器后，经滤袋过滤，粉尘被捕集在滤袋外侧，净化后的空气流入袋内，再向下由滤袋下面的净气联箱汇集后，从出风口排出。当滤袋表面负荷的粉尘增加到一定程度，脉冲阀开启，使气包内的压缩空气从喷吹管各喷孔中以接近音速

的速度喷出一次气流，通过引射器，诱导二次气流一起喷入滤袋，造成滤袋瞬间急剧膨胀、收缩，从而使附着在滤袋上的粉尘脱落，通过净气联箱之间的空隙落入灰斗，然后由排灰阀排出。

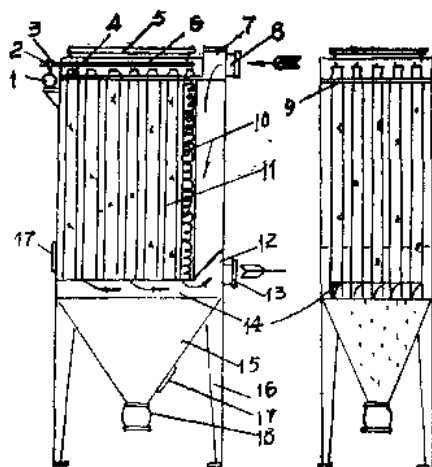


图1 LSB型脉冲袋滤器的结构

1—气包；2—电磁阀；3—脉冲阀；4—引射器；5—上掀盖；6—喷吹管；7—进气箱；8—进风管；9—花板；10—弹簧骨架；11—滤袋；12—净气联箱总管；13—出风口；14—净气联箱支管；15—灰斗；16—支腿；17—检查门；18—排灰阀。

LSB型袋滤器在结构上的特点是：

1. 袋滤器的箱体采用单元体组装式结构，以35袋分5排，每排7个为一单元体。上、中箱体全部采用钢板翻边，螺栓连接。可根据需要

处理的空气量选择大小相同的单元加以组合。外形美观,耗钢量少,加工、运输、安装都较方便。

2. 检查门均采用翻盖结构,开启方便,严密性也很好。

3. 采用了高架喷吹管 引射器下半部插入花板的安装方式,在更换滤袋时,可不拆卸喷吹管。

4. 滤袋采用弹簧骨架,加工简便,表面光滑,没有笼式骨架的焊点,可减少滤袋的磨损;在运输中所占空间小,不怕碰撞。

5. 在滤袋下口设净气联箱,过滤后的空气由此汇集后再排出。

6. 净气联箱与滤袋下端采用插接方式。

在滤袋下端的短锥管中间横有一根拉杆,在安装和更换滤袋时,可用专用工具从上箱体翻盖处将滤袋下端与净气联箱短管插接或拨开,亦可从检查门处进行插接或拨开。

7. 引射器为喉管直径70毫米的喇叭管,比普通脉冲袋滤器的喉管直径大。根据我们试验的结果,这样可使引射空气量增多。

三、性能试验

LSB型脉冲袋滤器的性能试验装置见图2。试验的袋滤器有直径为120毫米的滤袋36条,分6排,每条滤袋长2.5米,总过滤面积约34米²。每个净气联箱的净面积为120×200毫米。滤料为“208”工业涤纶绒布。试验粉尘为400目滑石粉,其比重为2.74克/厘米³,中位直径为8.7微米,粒度分布见表1。

试验的滑石粉用量,事先按试验风量与发尘浓度计算得出,然后由倾斜式振动发尘机均匀送入袋滤器的进风管中。

在进风管和出风管上的I、Ⅱ两处,是用比托管测量和取粉尘样品的位置。Ⅲ是弯头流量计,试验时利用它和风机出口处的闸板调节风量。袋滤器进、出口静压值在I、V两处测量,Ⅳ是测定箱体静压的位置,Ⅴ是测定滤袋内静压值的位置。

压缩空气由小空压机供给。试验时,保持

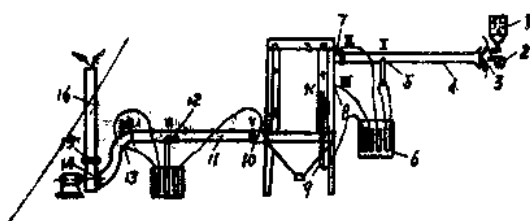


图2 LSB型脉冲袋滤器试验装置

1—发尘器; 2—小吹风机; 3—分散锥; 4—进风管; 5—进气风管测点; 6—压力计; 7—袋滤器进口静压测定管; 8—箱体静压测定管; 9—滤袋里静压测定管; 10—袋滤器出口静压测定管; 11—出风管; 12—出口风量测点; 13—弯头流量计; 14—风机; 15—闸板; 16—排风管。

表 1 滑石粉粒度分布

粒径范围(微米)	<2	2~5	5~10	10~20	20~30
重量百分数(%)	3.8	21.2	31.8	27.7	8.9
粒径范围(微米)	30~40	40~50	50~60	>60	
重量百分数(%)	3.4	1.5	0.7	1	

注: 分析仪器为“巴柯(Bacho)”。

气包上的压力表在每次脉冲喷吹前达到所需的各喷吹压力值。

实践经验以及一些试验证明喷吹周期和喷吹时间对袋滤器阻力的影响不大。因此我们的试验是在喷吹周期恒定为60秒(即每10秒钟喷吹一排滤袋),喷吹时间为0.1~0.12秒的条件下进行的。

为考察袋滤器阻力与喷吹压力、过滤速度以及入口空气含尘浓度的关系,我们选择了L₉(3⁴)的正交表进行试验。各因素具体考察水平如下:

A、过滤速度(米/分): A₁=2; A₂=4; A₃=5

B、含尘浓度(克/米³): B₁=10; B₂=15; B₃=5

C、喷吹气包压力(公斤/厘米²):

$$C_1 = 4; C_2 = 5; C_3 = 6$$

用 $L_0(3^4)$ 安排试验,共进行九次。其试验结果见表2。

表 2

$L_0(3^4)$ 正交试验表

试 验 号	过滤速度(A)			入口含尘浓度(B) (克/米 ³)			喷吹压力(C) (公斤/厘米 ²)		袋滤器 阻力 (毫米 水柱)	除尘 效率 (%)
	位级	风量 (米 ³ /时)	速度(米/分)	位级	发尘浓度	测尘浓度	位级	压力		
1	1	4000	2	1	10		3	6	17.6	
2	2	8000	4	1	10	9.11	1	4	51.7	99.6
3	3	10200	5	1	10	10.53	2	5	74.2	99.5
4	1	4000	2	2	15	14.68	2	5	18.6	99.8
5	2	8000	4	2	15	14.52	3	6	51.7	99.9
6	3	10200	5	2	15	13.99	1	4	>150	
7	1	4000	2	3	5	3.41	1	4	17	99.9
8	2	8000	4	3	5	5.47	2	5	46.7	99.8
9	3	10200	5	3	5	3.62	3	6	74.2	99.7
I = 位级1之和		53.1			143.5			218.7		
II = 位级2之和		150.1			220.3			186.5		
III = 位级3之和		298.4			137.9			143.5		
极 差 R		245.2			82.4			79.2		

从表2可看出,以过滤速度的极差R最大,为影响袋滤器阻力的显著因素,其次是发尘浓度和喷吹压力。

从表中还可见到:当过滤速度为2~4米/分,含尘浓度为5~15克/米³,喷吹压力为4~6公斤/厘米²时,袋滤器阻力值小于60毫米水柱;当过滤速度达5米/分,气体含尘浓度小于10克/米³时,阻力小于80毫米水柱。

只有当过滤速度高达5米/分,气体含尘浓度大于15克/米³,喷吹压力为4公斤/厘米²时,袋滤器的阻力才急剧增加,使设备不能正常运行。

粉尘是否干燥对袋滤器的阻力影响颇大。虽然喷吹时间、喷吹周期、试验粉尘均按前所述,但由于气候非常潮湿,滑石粉含水量较大(用手一捏即可成团),在过滤速度高于4米/分时,袋滤器的阻力值与前述数据差别较大。

为什么处理潮湿的粉尘,在过滤速度较高时阻力上升较显著?我们认为,这和过滤速度高时清灰后灰尘重返滤袋的量大小有关。据我们测定,当过滤速度2米/分,粉尘浓度为15克

/米³和过滤速度为5米/分,粉尘浓度为6克/米³时,每清灰周期(1分钟内)滤袋单位面积所沉积的粉尘量 ρ 虽同为30克/米²,但滤袋本身的阻力值大不一样。前者只有7毫米水柱左右,而后者则超过40毫米水柱。这说明,在高过滤速度时粉尘容易附着于邻近的滤袋或清灰滤袋本身。由于粉尘比较潮湿,而脉冲喷吹时脱离滤袋的粉尘未落入灰斗,又重新附着在滤袋上的量比较大,以致清灰效果减弱,所以阻力升高。此时增加喷吹压力虽有降低阻力的效果,但不明显,所以实际选用时,如果粉尘细而潮时,过滤风速要适当低一些。

关于除尘效率,从测定结果看,使用“208”工业涤纶绒布为滤料,效率可保持在99.5%以上。

四、喷吹动态试验

从以上试验可知,LSB型袋滤器的阻力小,这是由于采用了上进风和避开引射器压力损失的结果。但从清灰能量来看,喷射气流的动能在滤袋末端并未完全转变成静压,这将损

失一部分能量。但这部分能量损失有多大？针对这一问题，我们进行了动态试验，其试验装置如图3所示。

袋滤器风量用标定过的弯头流量计测量，以风机出口的闸板调节。在喷吹管最后一孔上，安装压力传感器，测定喷吹孔前的全压。在引射器喉管侧壁开一静压孔测静压，以推测引射流量变化的趋势。在滤袋离下口约35厘米处，用压力传感器测动态压力。在滤袋旁边立

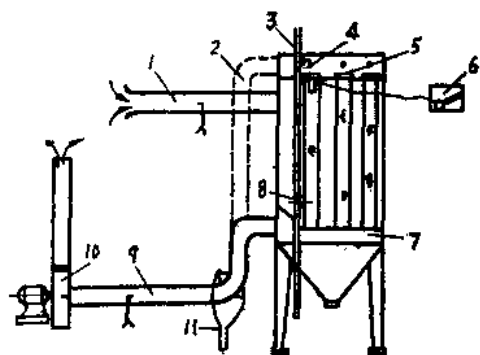


图3 动态试验装置

1—进风管；2—逆喷出风管；3—大气管；4—喷吹管；5—引射器；6—倾斜压力计；7—净气联箱；8—滤袋下部测点；9—出风管；10—风机；11—弯头流量计。

有一上、下端与外界大气相通的管子，上面开有小孔。它是为固定压力传感器和使压力传感器一侧与室外大气相通而设置的。

将袋滤器出风口改到袋滤器顶部，就变成逆喷式，如图3中虚线所示。

试验是在不发尘的条件下进行的。脉冲控制仪的电信号控制在0.1秒。电信号通过衰减，送到16线示波器自动记录，各压力传感器也通过动态压力测量仪处理后输入16线示波器。

喷吹时气包的压力由气包上设置的标准压力计（YB-50型，0.4级）读出。

喉管的静压值用倾斜压力计测定，在同一台袋滤器上分别测出顺喷和逆喷的喉管静压值（喉管尺寸相同）见表3。从该表可看出，顺喷时喉管的壁面静压高于逆喷。这说明在开始

喷吹的瞬间，顺喷式因为不须克服通过喉管的逆向过滤气流，所以诱导空气要大些。

用传感器测出滤袋下端静压峰值，如表4所示。

由此表可知，滤袋下端静压峰值在以6公斤/厘米²的压力喷吹时，顺喷比逆喷约低6.4毫米水柱；在4公斤/厘米²喷吹时，只低1.6毫米水柱，而平均静压值相差则更小一些。这说明脉冲气流沿滤袋长度方向要向外渗透，所以越近袋底，脉冲气流越少，能转换成静压的动态值也越小。

在测定中还发现，不论顺喷或逆喷，随着过滤速度的增加，袋内脉冲全压和静压都有所降低，因此，在过滤速度高时脉冲喷吹清灰的效果会减弱。

有人认为逆喷清灰时除了气浪向下冲击产生一次清灰作用外，还有气浪碰撞底盘折返，引起第二次清灰作用。但从我们测定的压力波形（图4）来看，不论逆喷、顺喷，不论是在滤袋上部还是下部测定，在一次喷吹过程中都只有一个周期的压力波形（正压表示滤袋向外膨胀，负压表示滤袋收缩），所以，我们认为，二次清灰作用是不存在的。

表3 喉管静压值

袋滤器形式	过滤速度 (米/分)	喷吹压力 (公斤/厘米 ²)	喉管静压 (毫米水柱)
顺 喷	3	6	9.2
顺 喷	3	5	7.6
顺 喷	3	4	6.4
逆 喷	3	6	8
逆 喷	3	5	7.2
逆 喷	3	4	6
顺 喷	5	6.1	6.8
顺 喷	5	5	6.4
顺 喷	5	4	5.2
逆 喷	5	5.9	5.6
逆 喷	5	5	3.6
逆 喷	5	4	2.8

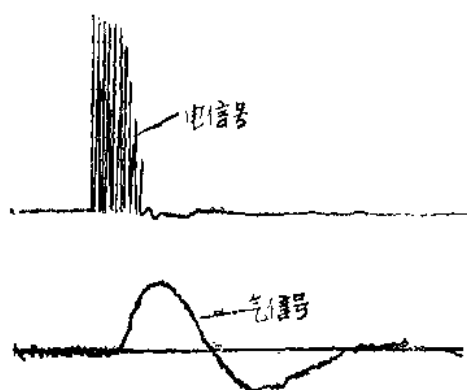


图4 动态测试压力波形

表4 滤袋下端动态静压峰值

试验状态	过滤速度 (米/分)	喷吹压力 (公斤/厘米 ²)	静压峰值 (毫米水柱)
不开风机	0	6.15	28.6
	0	4.95	24
	0	4.2	21.8
顺喷	3	5.95	20.8
	3	5.025	19.5
	3	4	18.4
逆喷	3	5.925	27.2
	3	4.975	23
	3	4	20

对比试验所用的引射器都是大喉管的($\phi 70$)。根据我们实验结果,喉管直径小的引射器引射流量小。但直径大的出现峰值虽大,峰值出现的时间却较晚,且持续时间短。因此在逆喷中使用喉管直径小的引射器,更容易克服引射器中的逆向气流,使袋滤内建立起清灰压力,而顺喷不须克服逆向气流,采用大喉管能建立较大的喷吹压力。从实际观察看,顺喷时只要袋滤器阻力不超过150毫米水柱,在4~5米/分过滤速度下,滤袋还是能膨胀的。而阻力再大时,由于滤袋透气性能差,滤袋与粉尘的质量增加,要使其膨胀需要建立更大的脉冲压力才行。否则从滤袋底部损失的能量就会增

多,导致清灰能力降低。

五、结 语

LSB型脉冲袋滤器由于采用了顺喷顺流的设计,使含尘空气由上向下流动,过滤后的空气不再经引射器喉管排出,所以具有高效率、低阻力的特点。

过滤速度为3米/分时,LSB型与MC型进行阻力比较。其中MC型的喷吹时间 $t = 0.1 \pm 0.03$ 秒,周期 $T = 30 \pm 0.2$ 秒,喷吹压力为7公斤/厘米²,处理粉尘为硅石粉。LSB型喷吹时间 $t = 0.1 \sim 0.12$ 秒,周期 $T = 60$ 秒,喷吹压力为4~5公斤/厘米²,处理粉尘为滑石粉。通过测定,后者的阻力比前者小35~60毫米水柱,即差不多为前者阻力的一半左右。而且喷吹压力也由7公斤/厘米²降低到4~5公斤/厘米²。因此LSB型能节省风机的能量和压缩空气的消耗,对压缩空气压力的要求也较低。

此外,LSB型袋滤器还有上掀翻盖轻便,弹簧骨架不易损坏滤袋,换滤袋时不要挪动喷吹管,可以从上箱体将滤袋抽出更换,出风口在下部,与风机连接较方便等优点。但在结构上增加了净气联箱。

通过对喷吹系统及袋滤器内部的动态压力测试,可知:

1. 目前使用的脉冲阀,在喷吹中压力下降较大。喷吹压力越大,下降越多。压力为7公斤/厘米²时,一般下降2公斤/厘米²以上,而4公斤/厘米²时,降低约1公斤/厘米²。所以用提高喷吹压力的办法来增加清灰效果是不利的,而改进脉冲阀的结构以提高清灰效率则有利。

2. 顺喷袋滤器中使用较大直径的喉管比较有利。

3. 过滤速度越大,动态脉冲压力越小,引射流量也小,在高滤速、高含尘浓度、高湿度条件下,应采用对喷等办法以提高清灰能力。

YCJ—I型冲击式飘尘浓度粒度 测定仪研究试制报告

常启旺 刘增恺 濮荷生

(北京市劳动保护科学研究所)

承德市仪表厂

YCJ—I型冲击式飘尘浓度粒度测定仪，系由六个圆形喷嘴串联组成的。此仪器的特点，是在测定空气中粉尘浓度的同时又能对粉尘的粒度进行测定。根据测定结果就可以评价作业地点的劳动卫生条件和大气污染源的危害程度。在研制过程中，我们着重分析确定仪器设计参数的理论依据，确定制造误差的允许范围，以及质量的检验方法，以使国产仪器质量能够达到国外同类产品的水平。经样机试制，实验室检查，证明达到了预期效果。

一、原理和设计参数

此种仪器是根据惯性碰撞沉降原理，各级捕集板上所收集到的粉尘，其收集效率为50%时的粒径定为该级的分割粒径，其计算方法可按下列方程式计算确定。

$$d^2 + \frac{4.92 \mu \sqrt{\pi}}{\sqrt{8gc\pi\rho}} d - (0.38)^2 \frac{18 \mu D^3 pc \pi \pi_i}{\rho p_4 Q_0 p_0} = 0$$

式中 d —某一级粉尘的分割粒径 (厘米)；

ρ —气体密度 (克/厘米³)；

ρp —粉尘密度 (克/厘米³)；

gc —重力换算系数；

Q_0 —冲击器入口的进气量 (厘米³/秒)；

p_0 —冲击器入口的绝对压力 (克/厘米²)；

pc —某级喷嘴直径 (厘米)；

π_i —某一级喷嘴入口气体的绝对压力 (克/厘米²)；

μ —气体的粘性系数 (泊)。

当各参数值确定后，按上式进行一系列的运算即可绘制分割粒径与粉尘粒子密度关系的工作图，便可省略测定中的繁复的计算。比如：喷嘴直径 $\phi = 2.7$ 毫米，其工作图如下：

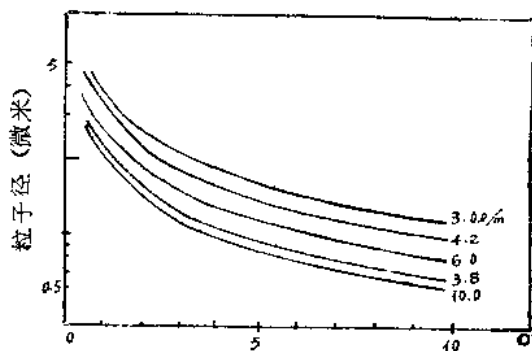


图1 粒子密度 (克/厘米³)

仪器的组成，是由六个圆型喷嘴串联而成，每级喷嘴下都安放一个接受粉尘碰撞的捕集板，喷嘴与捕集板的距离为喷嘴直径的三倍。喷嘴的直径逐渐变小，则各级喷嘴的气流速度依次增高。根据粉尘分级的需要，每级喷嘴速度设计成约为上一级喷嘴速度的二倍，则各级喷嘴直径定为 $\phi = 5.3$ 、 $\phi = 3.5$ 、 $\phi = 2.7$ 、 $\phi = 2.0$ 、 $\phi = 1.6$ 、 $\phi = 1.1$ 毫米，取样的气体流量是在每分钟 3—10 升之间选用，其分割粒径在最小喷嘴级约为 0.5 微米，最大喷嘴级约为 5 微米，如此设计，对危害人体健康最大的 5

微米以下的粉尘量，就可以通过此仪器测量出来。

二、制造误差的允许范围及质量的检查方法

为使测定数值有较高的准确性，在制造质量方面要求，一是根据分割粒径的变化率，确定机加工的精度，即机加工的允许误差范围，

一是取样系统的严密性，克服冲击取样器和联结管道的漏风，通过理论运算和实际测定检验，确定产品制造质量的检验指标为如下四项：

(一) 额定取样流量下各级应达到一定真空度值：

以额定取样流量每分钟9升为准，各级的真空度值见表1。

表 1

项 目 级 别	计 算 测 定 值			计算时选取参数的值
	分割粒径	绝对压力	真 空 度	
	(微米)	克/厘米 ³	毫米水柱	
6.3毫米	4.20	1018.5	1.05	$Q_0 = 9$ $p_0 = 1018.6$ $\rho = 0.0012$ $\rho p = 2.0$ $\mu = 1.81 \times 10^{-4}$ $G_c = 981$
3.5毫米	2.20	1018.2	4.48	
2.7毫米	1.47	1016.4	22.45	
2.0毫米	0.92	1010.4	82.17	
1.6毫米	0.62	994.2	244.80	
1.1毫米	0.32	950.6	680.00	

根据表1所列数值，分析可以得出如下几点结论：

1. 当假定真空度在 $\pm 50\%$ 范围内变化，对孔径 $\phi = 2.7$ 毫米一级分割粒径的变化百分率没有超过1%。(计算数值从略)

2. 尽管真空度在 $\pm 50\%$ 范围内变化，对粉尘的粒径影响是很小的，但我们认为在额定流量升/分情况下，各级真空度还要接近到(表1)中所列数值。

3. 如真空度出现较大偏差，则应找出其原因给予解决。

(二) 喷嘴孔径加工精度的要求：

加工精度的要求是根据影响分割粒度的大小来决定。当喷嘴孔径加工误差在 ± 0.1 毫米范围内，分割粒径的变化百分率见表2。

从表2所列数值中，可以清楚的看出喷嘴孔径差异，对粉尘的分割粒径的影响还是较大

的。对喷嘴 $\phi = 1.1$ 毫米级则影响就更为显著。故对孔径的加工应有较高的要求，保证允许误差范围必须在 ± 0.05 毫米以内。此时的分割粒径的最大误差不超过8.2%。

(三) 对系统漏风的检查：

为检验取样器是否漏风，可在冲击器吸风口封闭条件下吸风，其真空度应保持在540毫米汞柱以上。

(四) 对捕集板与喷嘴距离的检验：

根据国内外文献资料记载，此距离并不要求十分严格，我们采用喷嘴孔径的3倍值为捕集板与喷嘴的最大距离。其允许误差范围为 ± 0.50 毫米。

(五) 两台仪器质量检验结果：

对承德市仪表厂所生产的三台样机检验结果表明，机加工精度和真空度均达到了上述各项质量检查标准，其分割粒径误差最大不超过

表 2

喷嘴标称 直 径 (毫米)	计 算			假定参数
	孔径误差 (毫米)	分割直径 (微米)	分割粒级 变 化 (%)	
5.3	-0.10	4.07	-2.9	$Q_0 = 9 \text{ 升/分}$ $P_0 = 1018.6$ 克/厘米 ³
	-0.05	4.13	-1.5	
	0	4.19	0	
	+0.05	4.25	+1.4	
	+0.10	4.31	+2.9	
2.7	-0.10	1.31	-5.9	$\rho = 0.0012$ 克/厘米 ³ $\rho_p = 2.0$ 克/厘米 ³
	-0.05	1.43	-2.9	
	0	1.47	0	
	+0.05	1.52	+2.9	
	+0.10	1.56	+5.9	
1.1	-0.10	0.27	-16.0	$\mu = 1.81 \times 10^{-4}$ 泊 $G_c = 981$ 厘米/秒 ²
	-0.05	0.29	-8.2	
	0	0.32	0	
	+0.05	0.34	+8.2	
	+0.10	0.37	+16.0	

表 3

中国 YCJ—I 型

喷嘴标称直径 (毫米)	喷嘴实测直径 (毫米)	喷嘴直径误差 (毫米)	真 空 度 (毫米水柱)	闭路真空度 (毫米汞柱)	捕集板与喷嘴 距离误差(毫米)	备 注
5.3	5.33	不大于 ± 0.05	1.05	550	-0.40	$Q = 8.7$ 升/分
3.5	3.47		4.10		-0.25	
2.7	2.71		22.44		-0.50	
2.0	2.00		78.45		-0.25	
1.6	1.59		258.40		-0.45	
1.1	1.09		652.80		-0.20	

表 4

日本CL-150A型

5.3	5.31	不大于 ± 0.05	1.13	540	-0.40	Q = 9 升/分
3.5	3.53		4.73		-0.30	
2.7	2.71		22.45		-0.50	
2.0	1.96		82.17		-0.40	
1.5	1.57		224.80		-0.30	
1.1	1.08		680.00		-0.35	

8.2%。同日本进口CL-150A型比较达到了同样的制造水平,见表3、表4。

三、测试对比与应用效果

现将中、日两台仪器对比试验是在发尘装置内平行取样,测定的数据见下页表5。

对比测定的粉尘数值表明,两台仪器所测定的粉尘分布的规律性极为相似,唯国产的数值稍低,即国产的测定结果表明粉尘的粒度偏细,造成此种现象的原因有二,一是国产样机喷嘴的直径是在未经精确测量加工修正以前测定的,其孔径有偏小的倾向。二是发尘装置内的浓度并不十分均匀,以致平行取样也产生一些误差。因此,喷嘴孔径加工精度提高和发尘浓度均匀的条件下,其误差会进一步的缩小。

使用国产仪器在北京水磨石厂筛分工序操作场所进行粉尘浓度粒度的测定,测得粉尘浓度为388.0毫克/米³,其中危害性最大的4.2微米以下占16.5%。其分级结果如下(表6)。

表 6

喷嘴标准直径 (毫米)	粉尘粒径 (微米)	捕集板增重 (毫克)	累计重量 (毫克)	筛上累计 (%)	备 注
5.3	4.2	349.9	349.9	83.5	
3.5	2.3	52.9	402.8	96.1	
2.7	1.6	11.5	414.3	98.9	
2.0	0.9	2.7	417.0	99.5	
1.6	0.6	1.3	418.3	99.8	
1.1	0.3	0.7	419.0	99.9	
滤 膜		0.1	419.1	100	

此项科研成果于1980年通过技术鉴定,代表一致认为,该仪器的样机在四项检验标准上,达到了国外同类产品的水平。冲击式飘尘粒度浓度测定仪的试制成功,为我国从事飘尘浓度粒度的研究和监测部门,提供了一种新仪器。

表 5

项 目		单位	国籍	各 级 数 值						滤膜增重 (毫克)	累计重量 (毫克)
喷嘴标称直径		毫米		5.3	3.5	2.7	2.0	1.6	1.1		
粉尘分割粒径		微米		3.8	1.9	1.5	0.82	0.55	0.28		
1	粉尘收集量	毫克	日	12.1	1.3	0.7	0.3	0.1	0.0	0.2	14.7
			中	17.4	3.6	1.7	0.7	0.4	0.2	0.0	25.2
	筛上累计数	%	日	82.3	91.2	95.9	98.0	98.6	98.6		
			中	69.0	83.3	90.8	93.7	95.2	96.0		
2	粉尘收集量	毫克	日	24.8	2.5	1.1	0.3	0.0	0.0	0.2	28.9
			中	17.7	3.2	1.8	0.9	0.3	0.1	0.6	25.6
	筛上累计数	%	日	85.8	94.5	98.2	99.3	99.7	99.3		
			中	69.1	85.5	92.6	96.1	97.3	97.3		
3	粉尘收集量	毫克	日	35.0	2.7	1.1	0.5	0.01	0.0	0.0	39.0
			中	41.5	4.6	3.0	1.3	0.6	0.3	0.5	53.0
	筛上累计数	%	日	88.8	95.7	98.5	99.7	100	100		
			中	78.3	88.9	94.9	97.4	98.5	99.1		
4	粉尘收集量	毫克	日	28.0	2.7	1.1	0.4	0.1	0.0	0.1	32.4
			中	20.0	4.6	2.4	0.7	0.2	0.2	0.3	28.4
	筛上累计数	%	日	86.4	94.8	98.1	99.4	99.7	99.3		
			中	70.4	86.6	95.1	97.5	98.2	98.9		
5	粉尘收集量	毫克	日	49.7	2.3	1.1	0.4	0.1	0.0	0.1	53.7
			中	26.1	5.5	2.6	1.4	0.3	0.1	0.1	36.1
	筛上累计数	%	日	92.6	96.8	98.9	99.6	99.8	99.8		
			中	72.3	87.5	94.7	98.6	99.4	99.7		
五次筛上累计平均数		%	日	87.18	94.6	98.06	99.20	99.48	99.40		
			中	71.82	86.36	93.46	96.66	97.72	98.20		
备 注											

YFJ型离心式粉尘分级仪研制报告

刘增信 戴戈 张玲桂 于秀庚 杨良洪

(北京市劳动保护科学研究所)

气相离心式粉尘分级仪早在五十年代初期问世,国外命名为“Bahco Centrifugal Classifier”,现已成为工业粉末和粉尘粒度测定的通用仪器。三十年来,虽然有一些快速的粒度分级测定仪器出现,如:库尔特计数器,光学粒度测定仪等。而本仪器仍然广泛地使用着。为适应工业除尘发展需要,一九七八年四月,我所同承德仪表厂协作研制本仪器,到目前为止,从样机试制到粒度标定均取得了一定的结果。在研制过程中,对样机本身来讲,着重要解决的问题是仪器的动平衡要稳定,粒度分档合适,这就要求做到选用质量高的马达,铝铸件质量匀称,较高精度的加工和细致的安装调试等。对粒度标定来讲,尽可能地消除仪器制造中造成的系统误差,并对使用过程中的偶然误差作出定性的分析,以提高测定的精确度。根据仪器的特点,我们探讨了用球形粒子和异形粒子的两种标定方法,还对国外的摩擦刹车,手动加料改为马达能耗刹车,自动加料,这对保证仪器的稳定性及简化操作均有好处。

本仪器的特性

本仪器是粉尘粒度测定用仪器,也是研究除尘技术的良好测试设备。其特性有:

第一、仪器运行中分离室粉尘的分散程度与除尘设备中的粉尘分散程度较为接近,因而仪器的测试结果接近实际。如粉尘在液体

中,虽然能使粉尘有效地分散,凝聚粒子较少,但脱离了除尘过程的实际情况,即在气相中仍有较多凝聚粒子的实际状况。因此,这种气相离心法测试粉尘的装置可以作为除尘研究的较好仪器。我们用玻璃球形微粒,在移液管和离心分级器对比测定中,证明了这种仪器的优越性,尤其是对4微米以下的尘粒更为明显。其测定数据见表1。

表 1

分 档	各档粒径 (微米)	筛下累积重量百分数 (%)	
		气相离心法	移液管法
18	2.2	0.64	2.18
17	4.0	2.70	2.80
16	6.2	7.65	
14	10.1	19.73	17.25
12	17.1	39.19	36.38
8	29.7	60.59	72.28
4	36.6	71.50	
0	44.7	77.76	89.1

第二、它是以极限速度作为当量来度量粉尘的粒径的。即所谓空气动力径,是以斯托克斯定律为基础的球形粒子径,它包括了粉尘形状因素和粉尘密度不同的影响。对于测量不同形状和不同密度组成的混合粉尘来说更为合适。当混合粉尘中一部分粉尘的密度低于样品

总体的平均密度,如根据显微镜测定的实际粒子尺寸,按平均密度值计算,可能推断出某一除尘设备能捕集这些粒子。而事实上,这些粒子的极限速度比显微镜测定的计算值要低得多,而不能捕集着。故应用空气动力径能较准确地计算除尘装置的净化效率。美国机械工程师协会(AME)的微粒性质测定规范中就推荐这种仪器作为粒度测定的仪器。

第三、它与同类仪器,如风力筛分筒,移液管法,沉降天平法等相比,具有分析速度快的优点。分析一个样品仅需2个多小时,而用同类其它仪器所需要的时间要长几倍甚至十几倍。

第四、本仪器适用范围广,能测试多种粉尘。如:石英、陶土、水泥、矿粉、食品、药品等。对那些在空气中吸湿性强的、脆性较高的、凝聚性强的金属性粉末则不适用。

第五、本仪器测定粒度的范围是在2~60微米,并可分成八个等级,能满足一般的要求。还有其它一些优点如:试样量大,代表性高。用天平称量,准确性高。操作也简单等。

结构与分级原理

本仪器以三相交流电动机(功率0.6千瓦,转速接近3000转/分)为动力,直接带动直径为120毫米的给料旋盘旋转,当落于旋盘上的粉尘获得一定的离心力后,使粉尘分散而且进入分离室。电动机还直接带动叶轮旋转,使分离室内形成一个平面的旋转的汇流场。进入分离室的粉尘,既受到离心力的作用又受到方向相反的空气阻力的作用,当粉尘的离心力大于空气阻力时,粉尘落入灰斗成为筛上物。当粉尘的离心力小于空气阻力时,被空气吸入通过叶片沉积于外圈的周边上,成为筛下物。由于风量可以由小到大调节,即相当于筛孔由小到大更换着,粉尘也就由小到大分离出不同的粒级来。

根据上述的分级原理,不同风量下的分割粒径(即最大粒径)写出如下的计算公式:

$$\frac{\pi}{6} d^3 (\rho_k - \rho_a) \frac{Wt^2}{R} = 3\pi\eta d \frac{Q}{2\pi R h}$$

$$\frac{\pi}{6} d^3 (\rho_k - \rho_a) \frac{Wt^2}{R} = 3\pi\eta d \frac{Q}{2\pi R h}$$

$$d = \frac{1}{Wt} \sqrt{\frac{9\eta Q}{(\rho_k - \rho_a)\pi h}}$$

式中 d —分割粒径(厘米);
 ρ_k —粉尘的密度(克/厘米³);
 ρ_a —空气的密度(克/厘米³);
 Wt —粉尘在分离室的切线速度(厘米/秒);
 R —分离室的半径(厘米);
 h —分离室的高度(厘米);
 η —空气的粘滞系数(泊);
 Vr —空气的汇流速度(厘米/秒);
 Q —汇流量(厘米³/秒)。

但由于仪器结构的复杂性,我们不可能测定出粉尘的切线速度 Wt 和准确地测定出气流的汇流速度 Vr 或流量 Q 的数值,因而各级的分割粒径是不可能以计算作为标定的依据,需用其它仪器的实验数据来标定。这是与风力筛分筒、移液管法不同的。但从这个理论公式可以看出粒度的大小是与粉尘密度的平方根成反比。因此,生产厂可以通过实际标定提出粉尘密度为1克/厘米³的各档分割粒径值作为仪器的标定数据。使用时对任何密度的颗粒各档的分割粒径就可用下式换算:

$$d' = \frac{d_1}{\sqrt{\rho_k'}}$$

式中 d_1 —密度为1克/厘米³时的分割粒径(微米);
 d' —测定颗粒的分割粒径(微米);
 ρ_k' —测定颗粒的密度。

实验标定方法

如上所述,本仪器不可能用计算的方法进行各档分割粒径的标定,必须用其它仪器标定过的粒尘进行对比标定。我们探讨了用球形粒子标定和用异形粒子标定两种方法。所谓球形

粒子标定方法是用颗粒均匀的球形粒子作为试料，在显微镜下测量各档分离出来的最大颗粒的直径。我们选用颗粒匀称的玻璃微珠作为试料，并放在500倍带刻度的投影显微镜下观测

(每刻度等于2微米)，测得各档的分割粒径(即最大粒径)的结果如下表2。

试验样品：玻璃微珠(密度为2.38克/厘米³)

表 2

分 档	法 国 产 (单位: 微米)		承 德 产 03*(单位: 微米)	
	根据法国生产厂 标定换算的值	显微镜量测值	根据本所标定换 算 的 值	显微镜量测值
18	2.2	3.0	2.3	3
17	4.0	6.0	3.7	6
16	6.2	8.0	6.1	8
14	10.1	11.0	11.6	12.0
12	17.1	18.0	17.8	18.0
8	29.7	30.0	26.5	26.0
4	36.6	36.0	35.4	35.0
0	44.7	44.0	42.1	42.0

结果表明，法国巴柯分级结果，在显微镜下量测的粒径值与法国生产厂标定的结果很接近。只是在17、16两档有些偏差，但实践证明用球形粒子的标定方法是可行的，法国生产厂的原标定值也是可信的。同样，对国产YFJ—03*仪器进行显微镜下标定，取得各档分割粒径的数值见表2，其准确度取得同样的结果。

这种方法需要有显微镜，并且存在操作技术复杂和时间长的缺点，很难作为生产厂产品逐台标定的方法，故提出了第二种标定方法，即异形粒子的标定法。

异形粒子标定法，即用形状不一的粉体在已经用球形粒子标定过的仪器上进行分级，得出异形粒子的筛分曲线，以这种异形粒子作为标准粉尘去标定待标仪器。我们选用滑石粉作为标准粉尘，其粒径分布在对数机率座标纸上绘图能接近一直线，作为标准线。在待测机台的筛上(或筛下)累积百分率与标准线相交之点的横座标上找到各档的粒径。标定时要求，一、以三个重复样的平均值作为基准点，其筛

上(或筛下)累积百分率与平均值的最大偏差不得大于0.5%方为合格，美国动力试验规范1961年11月举例为0.5%，法国样本举例为0.675%。

涉及仪器的准确性，还有几个值得注意的问题：

1. 一次筛分不净的问题。试料经一次筛分时，对10微米以下凝聚的“群体”，很难彻底分开而形成单个粒子。前面已经谈到正由于这个原因，它的分散程度能与除尘设备中的分散程度相吻合。因此，要求得到更为分散的筛下百分率，需要在同一个风量下进行多次筛分才能做到。德国鲁奇仪器制造公司实验室做了试验，证明在小于4微米以下的颗粒，需要重复三次筛分，6微米以下要重复二次才能筛分干净，10微米以上只需一次筛分即可。我们根据实际需要情况考虑重复筛分的次数。对探讨除尘技术来说，重复筛分就没有必要了。

2. 空气湿度的影响。空气中的湿度会影响粉尘的凝聚力，4微米以下的粉尘对湿度的反应更为灵敏。在实践中发现，当空气的相对湿

度由50%提高到75%，对小于4微米的粉尘的筛下累积筛分量要减少1.5%，对大于4微米的粉尘则影响极小。在有条件时，仪器应安设在恒温恒湿的高全柜内运行。国外规定的仪器运行条件是：环境相对湿度为50%，温度为18~24℃。在用本仪器测定除尘设备的粒级效率时，应在空气相对湿度相近的条件下采样和分析，空气相对湿度不超过60%为宜。以减少粒级效率计算值的误差。

3. 給料速度的影响。为保持仪器分离室内有合适的粉尘浓度和分散效果，规定給料速度为每分钟1~2克，給料速度过大，会使试样筛分的结果偏粗，影响测量的准确度。

样机标定

一九八〇年四月底，对承德厂试制生产的三台第三代样机进行了标定。

标定结果表明，各台仪器的分档均匀，以密度1克/厘米³的粉尘来说，10微米以下的能分为三档；10~50微米的分为五档，各档之间没有重合或十分接近的状况，符合国外同类产品的分档要求。此外，各台仪器的重复性好，每台仪器做三个平行样品，每档筛下累积百分率与平均值的最大偏差均小于0.5%。

在仪器运行中，机座无跳动、移动现象，旋转体运行稳定。用声级计测定三台样机，A档声级分别为88、87和87.5分贝。

三台仪器在标定检验之后，分别交给冶金部安全技术研究所、北京市环境保护研究所、湖北省工业建筑设计院使用。

工业锅炉旋风除尘器冷热态性能测定方法

刘增恺 高守芳 张玲桂 袁保来

(北京市劳动保护科学研究所)

医科院卫生研究所

西安冶金建筑学院

冶金部安全技术研究所等

一、旋风除尘器冷态性能测定方法

本规定适用于工业锅炉(包括热水锅炉)尾部配置的干式旋风除尘器，在冷态模型试验时的性能测定。

1. 除尘器模型冷态性能测定项目

(1) 处理风量；

(2) 除尘效率；

(3) 粒级除尘效率；

(4) 负荷适应系数：当风量提高到额定风量的1.1倍和减少到额定风量的0.7倍时的除尘效率对额定风量除尘效率之比；

(5) 粉尘浓度适应性：指除尘器入口粉尘浓度对除尘效率的影响，粉尘浓度的试验范围从1克/米³到30克/米³；

(6) 压力损失：在模型额定风量条件下