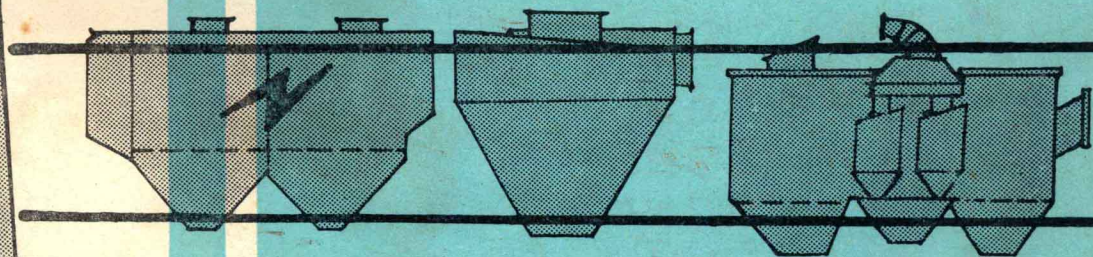


水泥工厂收尘



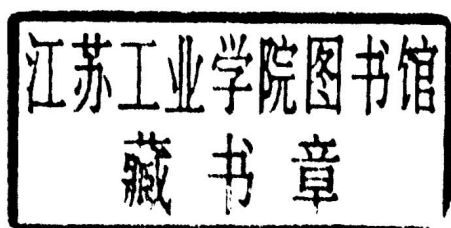
水泥工厂收尘

主 编:

黄有丰 蒋若鲁

编 写 人:

黄有丰 刘后起 尚文清 林 宏
邢士光 胡惠中 乔令山 于永礼



建材部技术情报标准研究所出版发行

建材部情报所印刷厂印刷

一九八一年十一月出版

定价: 2.60元

前 言

消除烟尘污染,搞好环境保护,保障人身健康,实现文明生产,是摆在水泥工业战线广大职工面前的一项重要任务。为了进一步推动水泥企业做好这项工作,力争早日达到“工业卫生标准”规定的要求,我们组织天津第一水泥设计院、合肥水泥研究院、建材部技术情报标准研究所以及部分水泥厂的有关工程师,按照理论联系实际的原则,编写了《水泥工厂收尘》,供水泥工业生产、科研、设计、教学等单位广大工程技术人员、管理干部阅读、参考和应用。这本书的主要内容包括收尘的基础理论,各种收尘设备的工作原理、性能、适用范围、使用与维修注意事项,选型计算和使用实例,以及含尘气体的检测方法等,并附有收尘设备选型及计算风量、阻力所需的各种图表和部分国外资料。由于我们的水平有限,经验不足,掌握的资料不多,书中内容还不够全面,难免存在一些缺点和错误,恳请读者批评指正。

建材部水泥局技术处

1981年10月

目 录

前 言

第一章 概 述

第一节 粉状物料的基本概念	(1)
第二节 粉尘的比重	(4)
第三节 粉尘的荷电性及电阻	(5)
第四节 粉尘的湿润性和附着性	(6)
第五节 粉尘的性质和分散度的分类	(7)
第六节 粒径、分布规律、计算与测定方法	(11)
第七节 颗粒在静止气体中的沉降	(16)
第八节 水泥设备的尘源、含尘浓度和风量	(22)
第九节 收尘设备的分类和评价	(25)

第二章 水泥生产工艺设备的收尘

第一节 水泥回转窑废气的收尘	(29)
第二节 烘干机废气的收尘	(35)
第三节 粉磨设备的收尘	(42)
第四节 窑灰的综合利用	(44)

第三章 降尘室(沉尘室)

第一节 一般概述	(52)
第二节 沉降速度的计算方法	(53)
第三节 降尘室的设计计算	(54)

第四章 旋风收尘器

第一节 旋风收尘器工作原理	(55)
第二节 旋风收尘器直径(D)与高度(L)的关系	(56)
第三节 旋风收尘器选型计算	(58)
第四节 CLT/A型旋风收尘器	(60)
第五节 CLT/B型旋风收尘器	(64)
第六节 扩散式旋风收尘器	(65)
第七节 《克雷资尔》型旋风收尘器	(75)
第八节 旋风预热器	(77)
第九节 多管式旋风收尘器	(89)

第五章 袋式收尘器

第一节 袋式收尘器概述	(98)
-------------	------

第二节	扁袋袋式收尘器	(107)
第三节	负压式玻璃纤维布袋收尘器	(110)
第四节	水泥回转窑尾玻纤袋收尘器设计 and 应用	(118)
第五节	玻纤袋收尘器的操作和维护	(139)
第六节	脉冲袋式收尘器	(140)
第七节	机械回转反吹布袋收尘器	(148)
第八节	旋风顺气脉冲袋式收尘器	(150)
第九节	袋式收尘器的选型计算	(152)
第六章 水收尘器		
第一节	水膜收尘器的设计	(154)
第二节	水膜收尘器的技术性能	(156)
第三节	泡沫收尘器的技术性能	(158)
第四节	水收尘器在水泥厂中的应用	(159)
第五节	冲激式水收尘器	(160)
第七章 电收尘器		
第一节	电收尘器的工作原理	(166)
第二节	电收尘器的结构	(179)
第三节	电收尘器的收尘效率及其选型	(183)
第四节	烟尘性能和操作条件对电收尘器性能的影响	(187)
第五节	电收尘器的设计和计算	(194)
第六节	烟气的喷雾增湿	(220)
第七节	电收尘器、增湿塔的安装、操作和维护	(252)
第八节	新型电收尘器的发展动态	(256)
第八章 颗粒收尘器		
第九章 密闭排灰装置		
第一节	排灰装置的种类	(267)
第二节	翻板阀	(267)
第三节	闪动阀	(268)
第四节	刚性叶轮给料机	(271)
第十章 破碎、筛分和运输设备收尘抽风量的计算和确定		
第一节	收尘抽风量的确定依据	(273)
第二节	输送设备的收尘抽风量	(274)
第三节	破碎设备的收尘抽风量	(278)
第四节	筛分设备的收尘抽风量	(283)
第五节	给料设备的收尘抽风量	(283)
第六节	其它设备的收尘抽风量	(285)
第十一章 离心式通风机的选择		
第一节	概述及选用原则	(289)
第二节	离心式通风机的选型计算	(290)

第十二章 气体含尘浓度的测定	
第一节 测定的目的和准备工作	(295)
第二节 采样位置和采样点	(296)
第三节 气体状态参数的测定	(298)
第四节 气体流量的测定	(303)
第五节 采样方法和采样系统	(306)
第六节 等速采样	(314)
第七节 排放浓度和收尘效率的计算	(317)
第十三章 粉尘粒度分布的测定	
第一节 显微镜法	(320)
第二节 重力沉降法	(322)
第三节 粉尘粒度分布的表示方法	(328)
第十四章 粉尘比电阻的测定	
第一节 实验室测定	(330)
第二节 现场测定	(332)
第十五章 国外水泥收尘简介	(335)

附 录

一、圆形风管的计算数据	(347)
二、等积环的划分及测量点至管道边的距离	(349)
三、气体的基本常数	(349)
四、各种粉尘的爆炸极限	(350)
五、可燃气体与空气混合物的着火温度及其范围	(350)
六、压力修正系数	(351)
七、水的物理参数	(351)
八、车间空气中生产性粉尘最高容许浓度	(352)
九、烟尘及生产性粉尘排放标准	(352)
十、采样体积(立米)计算表	(353)
十一、毫克/立米与ppm换算表	(354)
十二、各种收尘设备性能比较表	(358)
十三、离心式通风机的规格和性能简介	(359)
十四、干空气性质	(376)
十五、各种气体的含热量	(377)
十六、工程单位制和国际单位制换算表	(378)
参 考 资 料 目 录	(379)

◀ 广 告 ▶

- △建材部建设公司安装一处向您提供各种电收尘器…………… (封四)
- △北京市四季青农机厂为搞好环境保护向您提供各种除尘器…………… (封二)
- △西安矿山机械厂为全国大中小型水泥厂提供基建和技术改造项目所需的各种
收尘设备…………… (402, 封三)
- △北京市太阳宫除尘设备厂为您提供净化环境的多种优质高效的除尘设备 …… (380)
- △北京市建中机械厂为您提供净化空气中的粉尘和回收各种粉末材料的设备 …… (384)
- △福建省龙岩气体净化设备厂新产品简介 …… (386)
- △江苏省吴江县八坼除尘设备厂各种新产品介绍 …… (388)
- △北京市水泥制品厂欢迎订购耐用价廉的新产品——激冷铁段、渐白衬板 …… (389)
- △沈阳市耐火材料厂愿为全国各水泥厂提供各种优质窑衬材料 …… (390)
- △四川省玻璃纤维厂欢迎订购玻璃纤维高温除尘过滤袋 …… (392)
- △河北省唐山市电工机械厂欢迎订购新型物料输送设备——GZS型惯性振动
输送机 …… (394)
- △陕西省延河水泥机械厂为各水泥厂提供全套机械设备和新型高级耐磨材料
——高铬铸铁耐磨件 …… (396)
- △河南省密县耐火材料厂欢迎订购优质转窑窑衬——磷酸盐高铝质耐火材料 …… (398)
- △南京水泥机械厂生产高锰钢、炭素钢、低合金钢各类通用和专用配件产品
介绍 …… (399)
- △吉林省乾安无线电二厂为您提供水泥生产自动控制计量设备——可控硅电磁
振动給料秤 …… (400)
- △浙江省金华电子仪器厂向您推荐先进的除尘设备——高压静电除尘器 …… (401)

第一章 概 述

搞好环境保护,改善企业劳动条件,防止粉尘和有毒物质对人体的危害,是关系到广大人民身体健康和工农业生产发展的一项重要工作。水泥工业生产,不论采取哪种工艺,都有一些共同的特点:物料处理量大,高温作业,输送环节多。从矿山开采、原料破碎、粉磨、煅烧到成品出厂,生产一吨水泥大约需要处理三吨以上的物料。在加工这些物料的过程中,要产生大量的粉尘。仅据49个大中型水泥厂估算,每年对空排放的粉尘约150万吨。这不仅损失大量有用的原燃材料,造成经济上的损失,增加产品成本,而且加速机电设备的磨损,污染周围环境,危害人民身体健康和附近农作物的生长。因此,搞好消烟除尘工作,对保护环境、保护人民身体健康、巩固工农联盟和多快好省地建设社会主义,具有十分重要的意义。

第一节 粉粒状物料的基本概念

在生产中处理的粉粒状物料,其形状和尺寸大小有很大差别。而且由于物料种类不同,它的各种性质,如密度、孔隙率、比表面积、含水量、摩擦角、粘附性、爆炸性等都与颗粒流体相对运动及相应的生产过程有关。

一、粉粒状物料的一般物理性质

(一)密度、容积密度与孔隙率

单位体积的质量称为物质的密度 ρ ,国际单位制用千克/米³表示。工程上还常用“比重”的概念,它是无因次量。比重的数值与以克/厘米³表示的密度值基本相同,因此,在实用上往往将比重与密度作为同一量对待。

在处理粉粒状物料时,往往需要知道包括颗粒之间流体(通常为气体)所占体积在内的外观密度,称为容积密度。

粉粒之间的空隙体积与包含空隙体积与物料在内的整个体积之比称为孔隙率,以 ε 表示。真实密度 ρ 与容积密度 ρ_v 之间存在以下关系:

$$\rho_v = (1 - \varepsilon) \rho \quad (1-1)$$

对于一定的物料而言,真实密度 ρ 为定值,而容积密度 ρ_v 是随孔隙率 ε 而变动。由于物料加工粉碎过程不同,形成不同的颗粒级配,以及在输送过程中的加压和振动等情况,同一种物料的颗粒由于大小组成不同及彼此堆积状态的紧密与否,可以有不同的孔隙率 ε ,亦即会有不同的容积密度值。一般粉状物料由于颗粒不规则及粘结力等原因,其孔隙率 ε 值总是大于容积密度 ρ_v 值约0.5~0.8。

(二)形状系数、粗糙度系数和比表面积

在理论计算时,往往将不规则的颗粒看作园球形,则其线形尺寸与表面积等参数较易确

定。但在处理工程实际问题时，几乎颗粒皆不呈园球形，而是不规则状，甚至是条状、片状。按园球形计算的结果与实际情况往往不相符合，需要乘以修正系数进行修正。

1. 形状系数

形状系数是表示实际颗粒形状与球形颗粒不一致程度(比表尺度)。它的表示法有：

$$\text{球形度(形状系数)} \varphi_{\text{O}} = \frac{\text{与颗粒体积相等的球表面积}}{\text{颗粒实际的表面积}} < 1 \quad (1-2)$$

$$\text{园形度} \varphi_{\text{D}} = \frac{\text{与颗粒投影面积相等的园的周长}}{\text{颗粒投影面积的周长}} \quad (1-3)$$

$$= \frac{\text{面积与颗粒投影面积相等的园的直径}}{\text{园周与颗粒投影面周长相等的园的直径}} < 1 \quad (1-4)$$

$$\text{面积系数} \varphi_{\text{S}} = \frac{\text{颗粒的表面积}}{(\text{粒径})^2} \quad (1-5)$$

$$\text{体积系数} \varphi_{\text{V}} = \frac{\text{颗粒的体积}}{(\text{粒径})^3} \quad (1-6)$$

$$\text{比表面积系数} \varphi = \frac{\text{面积形状系数} \varphi_{\text{S}}}{\text{体积形状系数} \varphi_{\text{V}}} \quad (1-7)$$

以上式中诸系数与颗粒物料种类及形状有关。

$$\text{对球形: } \varphi = \pi \quad \varphi_{\text{V}} = \frac{\pi}{L} \quad \rho = b$$

2. 粗糙度

颗粒的形状系数是宏观的，如果微细观察，颗粒表面高低不平，有很多微小裂纹或孔洞。颗粒表面实际粗糙程度，直接关系到颗粒间摩擦、粘附、吸水性、吸附性及孔隙率等物理化学现象，也是处理问题时不容忽视的一个参数。

$$\text{颗粒粗糙系数} = \frac{\text{颗粒微观的实际表面积}}{\text{外观看成光滑颗粒的宏观表面积}} \quad (1-8)$$

$$\approx \frac{\text{用吸附法测定的表面积}}{\text{用透气法测定的表面积}} > 1 \quad (1-9)$$

3. 颗粒群的比表面积

在工业生产中通过粒料层的流体阻力，以及化学反应、传质、传热等现象，是和与流体相接触的颗粒靠表面积密切相关的。同时比表面积在一定程度上反映了粉尘颗粒分散程度。比表面积愈大，粉尘分散度愈高，也就是颗粒愈细小。细微颗粒(尤其是5微米以下)，不仅对人身危害大，而且具有显著的环绕气膜现象。在气体介质中，由于在尘粒周围形成了一层气体薄膜，牢牢地包裹着尘粒，提高悬浮体的稳定性，致使收尘困难。

在实际应用中常将单位体积(或重量颗粒群)所具有的总表面积 S_v 或 S_w ，称为颗粒群的比表面积。单位为厘米²/厘米³(或厘米²/克)。

按定义， S_v 、 S_w 可分别写成：

$$S_v = \frac{n_1 \varphi_{s1} d_1^2 + n_2 \varphi_{s2} d_2^2 + \dots + n_n \varphi_{sn} d_n^2}{n_1 \varphi_{v1} d_1^3 + n_2 \varphi_{v2} d_2^3 + \dots + n_n \varphi_{vn} d_n^3} = \frac{\sum n \varphi_s d^2}{\sum n \varphi_v d^3} \quad (1-10)$$

$$S_w = \frac{n_1 \varphi_{s1} d_1^2 + n_2 \varphi_{s2} d_2^2 + \dots + n_n \varphi_{sn} d_n^2}{n_1 \varphi_{v1} d_1^3 \gamma + n_2 \varphi_{v2} d_2^3 \gamma + \dots + n_n \varphi_{vn} d_n^3 \gamma} = \frac{\sum \varphi_s d^2}{\gamma \sum \varphi_v d^3} \quad (1-11)$$

而 $S_v = S_w \cdot \gamma$

式中, $\varphi_{s1}, \varphi_{s2}, \dots, \varphi_{sn}$ 面积系数

$\varphi_{v1}, \varphi_{v2}, \dots, \varphi_{vn}$ 体积系数

对同种物料可认为,

$$\varphi_{s1} = \varphi_{s2} = \dots = \varphi_s$$

$$\varphi_{v1} = \varphi_{v2} = \dots = \varphi_v$$

(三) 摩擦角

摩擦角是表示堆积状态的粉粒物料静止及运动时力学特性的物理量。物料的静止堆积状态、流动状态以及对仓壁面的摩擦、滑落特性等, 在设计粉状物料的堆放、贮存和输送时, 摩擦角是很重要的参数。在有关手册及资料中, 各种物料的摩擦角可以查得, 但由于取得这些数据的原始具体条件与方法不同, 结果有较大差别。几种常用的摩擦角的一般概念如下:

1. 静止角 (休止角或安息角),

散粒状物料呈自然堆积状态所形成的倾斜料面与水平之间的夹角 (图1—1) 称为该种物料的静止角。当其它条件一定时, 静止角随着物料受到的冲击或振动等干扰而变化。

2. 内摩擦角 (即崩解角)

用一平面切断散粒物料堆时, 断面剪切力 (F) 与其垂直力 (ΣW) 有一比值 $\left(\frac{F}{\Sigma W} \right)$ 。

即

$$\xi_i = \frac{F}{\Sigma W}$$

内摩擦角 (ϕ_i) 即为比值的反正切函数 (图1—2)。

即

$$\phi_i = \text{tg}^{-1} \xi_i$$



图 1—1 物料自然堆积状态形成
倾斜料面与水平面夹角

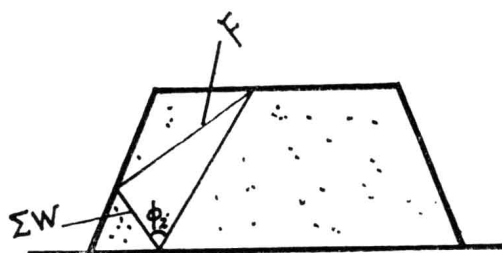


图 1—2 作用于料面间剪切力
与垂直力

此值在设计贮仓时, 考虑物料的流动性很重要。

3. 壁面摩擦角

散料堆与某一固体平面或仓库壁面间产生滑落时 (图1—3), 料层作用于此面的剪切力与垂直力之比的反正切函数, 称壁面摩擦角。即在重力影响下, 此值等于该平面 (或壁面) 与水

平面夹角的反正切。

各种摩擦角虽有一般的含义，但因物料的情况不同，摩擦角会发生变化。例如颗粒度变小，粘附性、吸水性增大，都能使摩擦角增大；反之，颗粒光滑成球形，孔隙率大、物料充气等，其摩擦角会减少。应用时除查手册外，必要时要通过实测解决。

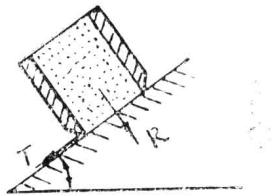


图 1—3 料层作用于壁面的剪切力

第二节 粉尘的比重

粉尘在空气中的扩散程度、机械收尘器的净化效率及灰斗、粉尘运输设备的设计等，很大程度上都与粉尘的比重有关。

粉尘的比重，就是指单位体积粉尘的重量与同体积的 4℃的水的重量之比。

由于试验与应用的条件不同，经常会遇到几种不同的比重名称：

1.粉尘的假比重：由于粉尘表面不平，在微粒中有细孔，有空气附着在粉尘上与孔隙中。粉尘的物质假比重，代表空气中微粒的状况，就是指粉尘自身包括粉尘颗粒中的空气的混合比重。

2.粉尘的真比重：就是指粉尘自身的比重。即设法将粉尘吸附的空气全部排掉以后，测得的比重，即是粉末状物料的比重。

3.粉尘的堆积比重(或称容重)：将粉尘堆集到一起，它们除了每个颗粒吸附有空气外，颗粒之间又形成孔隙，又含有一部分空气，这样测得其总体的比重，为粉尘的堆积比重。可见，粉尘的堆积比重比粉尘的假比重重要小。而假比重在有些情况下并不是一样的。在粉尘的

粉尘的比重 表 1—1

粉尘名称	真 比 重		粉尘粒子特征
	(克/厘米 ³)	(克/厘米 ³)	
硅砂粉	I	2.63	标准筛105微米通过
	II	2.63	沉降法得d = 30微米
	III	2.63	沉降法得d = 8微米
	IV	2.62	沉降法得0.5~72微米
精制滑石粉		2.70	沉降法得1.5~45微米
滑石粉 S100		2.75	d = 1.6微米
滑石粉 №13		2.75	d = 2.7微米
滑石粉 №11		2.75	d = 3.2微米
烟灰 I		2.20	沉降法得d = 0.7~56微米
烟灰 II		2.15	球状粒子
烟道粉尘 K-1		4.88	d = 5.6微米
烟道粉尘 M		5.07	d = 0.24
硅酸盐水泥 I		3.12	沉降法得d = 0.7~91微米
硅酸盐水泥 II		3.05	—
碳黑烟尘		1.85	—
造型用粘土		2.47	d = 4.6微米
烧结矿粉尘		3.8~4.2	—

微粒密实，表面平滑和不自行凝结的情况下，真假比重就相等。这样的粉尘如石英(砂)、金属屑、水泥等皆是。对金属氧化物的微粒、粉煤、木屑、植物纤维及其相类似的物质，它们的真假比重就不相等了。

在实际应用中，假比重与堆积比重有实用意义，而它们的数值，不仅与物质有关，又受粒度的很大影响。微粒越小，吸附于其周围的空气相对地增加，这两种比重就越小，尤其是用汽化的方法所得的粉尘，由于是凝结而成，其中孔隙较多，其假比重相当于粉碎而得的粉尘的80~90%。

表1-1给出部分粉尘比重的数值。由于测定方法与来源的不同，数据不大一致，在此列出仅作参考。

第三节 粉尘的荷电性及电阻

空气解质中的粉尘粒子通常带有电荷，此种电荷一是由于破碎物料的激烈撞击、粒子间或粒子与物料间的摩擦、放射线照射以及电晕放电等作用产生的，另一原因是由于粉尘粒子与其他带电表面直接接触而得到。

粉尘的荷电性，对尘粒在空气中的稳定程度有一定的影响，对于电收尘器的净化效率有决定的影响。例如，粉尘荷电以后，凝聚和附着性就增强，粒子的增大，有利于沉降和收尘，而附着性增加，也容易造成管壁挂灰，对收尘管道系统是不利的。当粉尘比电阻值高于 10^{10} 欧姆一厘米或低于 10^4 欧姆一厘米，这样的粉尘一般不适于应用电收尘进行净化。

对于浮游粒子来说，假如尘粒带有相同电荷，则要互相排斥，不易凝聚，带有异性电荷就互相吸引，便于凝聚。粉尘在空气解质中凝聚而成的结构，一般分为三种形式：1.蜂窝状，2.核状，3.链状，如示意图1—4所示。这三种形式的结构，通常与粉尘种类有关。玻璃厂的石英粉尘强烈带电时，通常可以观察到链状的结构。尘粒带的电量，决定于它的大小和重量，同时又与温度，湿度有关，温升高带电量增多，湿度加大带电量减少，粉尘带电情况见表1—2。

粉尘的带电情况表 表 1—2

观察项目	粉尘种类	带正电粒子 (%)	带负电粒子 (%)	不带电粒子 (%)
在实验室	石英岩粉尘	42.5	53.1	4.4
	砂岩粉尘	54.3	36.4	9.3
	粉矿尘	54.7	40.2	5.1
在矿井	干法钻孔	49.8	44.0	6.2
	湿法钻孔	46.7	43.3	10.0
	爆破作业	34.5	50.6	14.9

根据试验证明，同一种粉尘可带两种电荷。

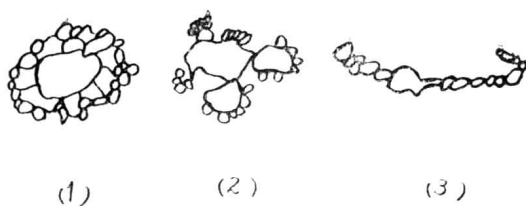


图 1—4 粉尘粒子凝结时结构形式
1.蜂窝状；2.核状；3.链状

第四节 粉尘的湿润性和附着性

粉尘的吸湿性决定于粒子成分、大小、荷电状态、温度和气压等条件。吸湿力随压力增加而增加，随温度的上升而下降，随粒子变小而减少。增加粉尘的吸湿条件是：

- (1)粉尘和液体需要长时间地密切接触；
- (2)要在粉尘发源地注加液体；
- (3)使用表面张力小的物质，如皂角素等。

不易被水湿润的粉尘，称为疏水性粉尘，如玻璃厂焦油烟气中的粉尘。矿石在筛分破碎过程中产生的粉尘容易被水湿润，称为亲水性粉尘。对于小于5微米，特别是小于1微米的尘粒悬浮于空气中就很难被水滴湿润，因为尘粒较轻在遇到水滴后产生环绕作用，所以悬浮于空气中尘粒愈小，愈不易被水湿润，只有在水滴与尘粒间具有很高的相对速度的条件下，尘粒方能被水湿润。

粉尘粒子与物料表面或器壁等的粘附现象称为尘粒的附着性。水膜收尘器的收尘过程就是粉尘粒子与水膜粘附的典型例子。粉尘附着性的强弱主要取决于粉尘的湿润性、粒子间的冲击、扩散以及电场力的磁性力等，粘附性大的粉尘，管道及收尘设备易堵，泥浆不易处理。

粉尘粒子的凝聚。微细尘粒在生产时受高温的影响、粒子表面的荷电、布朗运动以及声波的影响，在空气中作不规则、不均匀运动。粒子之间便发生冲击碰撞使尘粒凝并，这种现象叫做粉尘的凝聚性。尘粒的不规则形状和堆积受压等均可能使之凝聚。

粉尘粒子受热运动气体分子的冲击也呈现布朗运动，这种运动就能使尘粒凝聚。容量为2.0克/厘米³的尘粒在21.5℃的相对静止的空气中和在水中的布朗运动和重力沉降距离，如表1—3所列：

粉尘粘 结 性 分 类 表 1—3

类 别	粘 结 性	粉 尘 自 积 重
		毫米/厘米 ² (mg/cm ²)
1	非 粘 结 性	0 ~200
2	弱 粘 结 性	200~2000
3	粘 结 性	2000~7000
4	强 粘 结 性	>7000

第五节 粉尘的性质和分散度的分类

粉尘的性质,从卫生角度来讲,要研究什么样的粉尘对人体的危害最大,那种粉尘被吸入后对人体产生什么样的后果。了解粉尘这方面的性质,对我们与粉尘危害作斗争,具有重要的意义。

从研究除尘角度来讲,粉尘的性质对除尘效果的好坏具有决定性的意义。例如水泥厂的收尘设备的选型,首先要考虑其工艺特点和粉尘的化学性质、物理性质、颗粒组成,含尘气体的水份、温度、待净化的气体量和气体的含尘浓度等因素,都要了解清楚,否则就会影响收尘效果。

一、分 类

粉尘的来源广泛,其分类名目繁多。按国家卫生要求可分为有毒粉尘、无毒粉尘、放射性粉尘等。砷、铅、汞等粉尘为有毒粉尘,如不采取防护措施,会致使人体慢性中毒,因此需要经常检测其化学成分与组成。砂尘、水泥尘等为无毒粉尘,但此类粉尘可导致肺组织纤维化,引起矽肺、矽酸盐肺等疾病。

除按卫生要求分类外,依粉尘的不同性质有以下几种分类法。

1.按粉尘在静止空气中沉降性质可分为:

尘粉 在静止空气中能够呈加速度沉降的粉尘粒,粒子直径为10微米以上;

尘雾 在静止空气中能够呈现等速度沉降的尘粒,粒子直径为10~0.1微米;

尘云 在静止空气中不能沉降的浮尘,随空气分子作布朗运动,粒子直径为0.1~0.01微米。

2.按光学分类:

可见粉尘 用肉眼可以看见,粒子直径大于10微米的粉尘;

显微粉尘 用普通显微镜可以观察到,粒子直径为10~0.25微米的粉尘;

超显微粉尘 只能用超倍显微镜才能观察到,粒子直径小于0.5微米的粉尘;

3.按理化性质分类:

无机粉尘 矿物(硅石、矿岩、页岩等)和金属铁、铅、锌等粉尘;

有机粉尘 植物和动物粉尘;

混合粉尘 无机和有机粉尘同时悬浮于空气中。

4.按粉尘的爆炸性质,还可以分为易燃、易爆粉尘和非燃,非爆粉尘两种。

二、颗粒大小

粉尘颗粒大小,以尘粒直径来衡量,用微米(μ)作单位。(1微米=1/1000毫米)

我国对粉尘颗粒大小一般划分为以下四个计测范围:(1)2微米以下;(2)2~5微米;(3)5~10微米;(4)10微米以上。

一般粒度大于100 μ 的固体颗粒,实质上还不是粉尘,它在静止空气中的沉降受牛顿定律支配。

粒度为100~1 μ 的固体颗粒,它在静止空气中以等速度沉降,此速度与其比重、颗粒的

密度及其半径的平方成正比例。

粒度为 $1\sim 0.01\mu$ 的固体颗粒，它不沉降，始终在空气中飘浮，随气流而作剧烈的布朗运动，这种运动是由气体分子碰撞灰尘颗粒表面所引起的。

悬浮于作业场所空气中的粉尘一般都微小，非肉眼能看到，其直径范围多数在 $0.25\sim 10$ 微米之间，这类尘粒大小与某些细菌大小相当。（普通化脓杆菌为 $0.8\sim 1.2$ 微米，伤寒杆菌为 $1\sim 3$ 微米，流行性感菌为 0.5 微米）。因此，一般需要用显微镜才观察到。

粉尘粒度大小不同，其危害程度也不同。根据卫生部门的研究，直径在 5 微米（ μ ）以下的粉尘称之为呼吸性粉尘。可以浸入肺脏的最基本单位——肺泡和最小的支气管里（即毛细支气管里），危害最大，也就成为防尘的主要对象。

水泥在生产过程中产生大量粉尘，这种粉尘对人体肺部有一定危害。如长期吸入会引起肺部变化，严重的将使肺变成尘肺。尘肺病是一种严重的职业病，它威胁着有粉尘作业场所的职工健康。在能够引起尘肺的粉尘中，以石英及石棉危害最大。粉尘中的二氧化矽（ SiO_2 ），含量越大，危害越严重。

尘肺与空气中粉尘浓度、分散性、颗粒大小有很大关系。在其它条件相同时，空气中粉尘浓度愈高，尘肺发生的就愈多。肉眼能够看见的粉尘颗粒，直径有十几到几十微米，这么大的粉尘颗粒，一般是不能进入到肺泡里去的。进入肺泡里的粉尘多数是直径在 $1\sim 3$ 微米（ μ ）的。直径超过 5 微米的粉尘极少。其原因是微小粉尘可以长期处于悬浮状态而停留在空气中，从而有较大可能进入呼吸道深处。同时，沉积在肺中的微粉尘颗粒的化学活动性比较大。人体具有排除粉尘的能力，可以把在吸入呼吸道的大部分粉尘排出体外。一般吸入的粉尘能沉落在鼻、咽和上呼吸道等部位的粘膜上，在擤鼻、喷嚏和咳嗽时被排除。沉落在气管粘膜上的粉尘，可随不断向喉头方向运动的颤毛上皮纤毛活动而被排出呼吸道。其中有一部分最微小的粉尘（ 10 微米）颗粒则会进入肺泡，在肺泡内粉尘被细胞吞噬，这种吞噬了粉尘的细胞（即吞噬细胞）由肺泡沿着支气管移动，最后随痰自呼吸道排出。

人体的上述防御机能，能使沉落在呼吸道器官中 90% 以上的粉尘排出。但如长期在不良的操作环境下工作和室内空气粉尘浓度很高时，上呼吸道和支气管粘膜会发生萎缩，使愈来愈多的粉尘进入肺泡，单纯依靠吞噬细胞已不能将粉尘完全排出。这样粉尘积聚在肺淋巴管内，人就会得尘肺。游离二氧化矽具有抑制吞噬细胞的机能。因此，在生产过程中必须要重视解决粉尘的问题。表1—4、表1—5分别为《工业企业设计卫生标准》规定的作业场所空气中

作业地点空气中粉尘的最高容许浓度 表 1—4

序 号	物 质 名 称	最高容许浓度 (毫克/米 ³)
1	含有 80% 以上游离二氧化硅的粉尘	1
2	含有 10% 以上游离二氧化硅的粉尘	2
3	石棉粉尘及含有 10% 以上石棉的粉尘	2
4	含有 10% 以下游离二氧化硅的滑石粉尘	4
5	含有 10% 以下游离二氧化硅的水泥粉尘	6
6	含有 10% 以下游离二氧化硅的煤尘	10
7	玻璃棉和矿渣棉粉尘	5
8	铝、氧化铝、铝合金	4
9	烟草及茶叶粉尘	3
10	其它各种粉尘	10

的粉尘最高容许浓度和居民区大气中的粉尘最高容许浓度。表1—6为《工业“三废”排放试行标准》(GBJ4—73)规定的烟囱和除尘设备排放的气体中粉尘最高容许浓度。如超过标准,需要有效除尘净化,使排放气体中粉尘浓度低于标准中要求的最高容许浓度。

居民区大气中烟尘、飘尘最高容许浓度 表 1—5

物 质 名 称	最 高 容 许 浓 度 (毫克/米³)	
	一 次	日 平 均
煤 烟	0.15	0.05
飘 尘	0.50	0.15
粉尘自然沉降量	3 吨/平方公里/月	

烟囱和除尘装置排放气体中粉尘最高容许浓度 表 1—6

序 号	排 放 地 点	最高允许排放浓度 (毫克/米³)
1	工业及采暖锅炉	200
2	炼钢电炉	200
3	炼钢转炉	
	小于12吨	200
	大于12吨	150
4	水 泥	150
5	生产性粉尘	
	含有10%以上的二氧化硅或石棉的粉尘、玻璃棉和矿渣粉尘、铝化物粉尘等	100
	含有10%以下的二氧化硅的煤尘及其它粉尘	150

三、粉尘的分散度

按粉尘的颗粒直径的分组方法来表示粉尘粗细程度叫做粉尘的分散度。
粉尘的分散度,是指矿石或岩石被粉碎后,各种粒度的粉尘重量或数量的百分比。采掘矿岩时产生的粉尘,存在着各种不同的粒径。如果小颗粒的百分比大,表示粉尘的分散度高。反之,如果小颗粒占的百分比小,则表示粉尘的分散度低。粉尘颗粒大小分为2微米以下;2.5微米; ; 3~10微米; 10微米以上。在石灰石矿山的竖井平峒,在井下下料口的粉尘分散度(按数量计算)通过生产测定:

- (1)大于10微米的占3~8%;
- (2)5~10微米的占5~12%;
- (3)2~5微米的占24~35%;
- (4)2微米以下的占40~60%;

因此,竖井、平峒内由于通风的关系,粉尘的细颗粒百分数愈大,分散度愈高。在普通推行湿式作业的条件下,5微米以下的粉尘往往占90%以上。

由于小颗粒粉尘对人体危害大,而且粉尘中,小颗粒数量又多(即分散度高),对矿山的除尘工作,保护工人健康更要重视。

一颗10微米粉尘粒重量，一般相当于1微米粉尘尘粒重量的1000倍，而对人体的危害程度却恰恰相反。为了全面衡量作业场所空气中粉尘卫生标准与除尘效果，国家规定测尘项目包括：每立方米空气含尘量、粉尘游离二氧化硅含量、粉尘分散度。

矿石被粉碎成微细粉尘后，分散度越高，粉尘表面积就越大。表1—7为立方体形的粒子分割时表面积大小的变化。由1~7表可见，一个边长1厘米的立方体，其表面积为6厘米²，如对该立方体进行分割越多，表面积就越大，当分割成10¹⁵个每边长0.1微米正立方体时，表面积为原来分割时的10万倍。

立方体形的粒子在分割时表面大小的变化 表 1—7

立 方 体 边 长	分割后立方体数目	总 表 面 积
1 厘米	1	6厘米 ²
1×10 ⁻¹ 厘米(1毫米)	10 ³	60厘米 ²
1×10 ⁻² 厘米(0.1毫米)	10 ⁶	600厘米 ²
1×10 ⁻³ 厘米(0.01毫米)	10 ⁹	6000厘米 ²
1×10 ⁻⁴ 厘米(1 微米)	10 ¹²	6厘米 ²
1×10 ⁻⁵ 厘米(0.1微米)	10 ¹⁵	60米 ²
1×10 ⁻⁶ 厘米(0.01微米)	10 ¹⁸	600米 ²
1×10 ⁻⁷ 厘米(1 毫微米)	10 ²¹	6000米 ²

粉尘分散度越高，总表面增加越大，占有的空间也扩大许多倍，这样就大大增强其与周围解质的物理化学反应。例如整块煤表面积，在空气中氧化反应极其缓慢，若分为几千万颗甚至亿万颗微细煤粉尘，作用面积扩大几万倍到几十万倍，氧化反应便急剧。当高温和煤粉尘浓度达到足够程度时，就有产生燃烧、爆炸的可能。如水泥企业中煤磨的旋风收尘室和沉降室爆炸事故，电收尘爆炸事故等。

粉尘的分散度越高，对空气中气体分子的吸附性越明显。微细粉尘表面易形成特有的气膜，阻碍粉尘之间凝聚，降低了水对粉尘的湿润性能，使粉尘长期悬浮于空气中。

沉降：

粉尘沉降速度主要取决于粉尘的比重和分散度，部分也取决于粒子的形态。在静止空气中，尘粒呈浮游状态的时间，决定于尘粒的重力与空气的阻力这两个方向相反的力的相互作用。对于球形粒子，其重力F可按下列公式计算。

$$F = \frac{4}{3} \pi r^3 (p - p_1) g \tag{1—12}$$

- 式 中 π ——圆周率，3.14；
 r ——粒子直径，厘米；
 p ——粒子比重，克·秒²/厘米⁴；
 p_1 ——空气比重，克·秒²/厘米⁴；
 g ——重力加速度，981厘米/秒²。

对于微细粉尘，空气阻力R与空气粘性系数、尘粒的半径及其运动速度成正比。

$$R = 6\pi\mu r v \tag{1—13}$$

- 式 中 μ ——静止空气粘性系数(当温度为21℃时等于1.81×10⁻⁴克·秒/厘米²；
 v ——粒子的沉降速度，厘米/秒。