

除 尘 技 术 基 础

东北工学院通风教研室

前

言

随着工业生产的发展，粉尘的产生源和生成量也日益增多，~~同时受到条件、环境及精密产品质量等方面的危害更趋严重~~，几乎涉及到各个生产部门，~~因而，对除尘技术的要求也更加严格和广泛~~。现代科学和生产技术的进步，给除尘技术的发展提供了有利条件，国内外许多学者对除尘的基础理论与生产技术进行了大量的研究工作，取得了丰富的成果，为控制和消除粉尘的危害创造了良好的基础。

这份教材是为矿井通风与安全技术研究班编写的，比较系统地阐述了粉尘的基本性质、运动规律、除尘技术的基础理论与知识和测试技术等内容，可为进一步研究除尘技术和设计、选用除尘设备打下基础，并可供从事防尘专业人员参考。

本书由陈荣策编写，承隋鹏程、王金波副教授审阅，教研室许多老师提供了参考材料和有益的意见。

由于编者水平所限，在内容以及资料的取舍上都会存在缺点和错误，诚恳希望读者提出宝贵意见。

编 者

1981 年 10 月

目 录

第一章 粉尘性质及危害

第一节	概述	1
第二节	粉尘的粒度、分散度和粒度分布	2
第三节	粉尘的物理化学性质	8
第四节	粉尘浓度及除尘效率	13
第五节	尘肺病	16

第二章 通风排尘

第一节	粉尘在空气中的沉降和扩散	18
第二节	粉尘在风流中的运动	24
第三节	排尘风量的确定	28

第三章 重力和惯性力除尘装置

第一节	重力沉降室	33
第二节	惯性除尘器	34

第四章 旋风除尘器

第一节	离心力捕集粉尘的原理	38
第二节	气流在旋风除尘器内的运动	39
第三节	旋风除尘器的阻力	41
第四节	分离界限粒径	43
第五节	分粒级除尘效率与除尘效率	45
第六节	旋风除尘器的相似与最宜尺寸	47
第七节	旋风除尘器的型式	50

第五章 过滤除尘

第一节	纤维层过滤	58
第二节	袋滤器	72

第六章 湿式除尘

第一节	湿式除尘原理	87
第二节	湿式除尘装置	91

第三节	脱水装置与污水处理	101
-----	-----------	-----

第七章 电除尘器

第一节	捕尘原理	103
第二节	电除尘器构造	109
第三节	影响除尘效率的主要因素	114
第四节	电除尘器的应用	117

第八章 测尘技术

第一节	粉尘粒度和粒度分布的测定	119
第二节	粉尘浓度测定	127
第三节	除尘装置性能测定	135

第九章 除尘装置的选择原则

第一节	选择除尘器的原则	138
第二节	典型除尘器的性能比较	139

附录

1.	常用工程单位与国际单位换算表	141
2.	干空气的物理参数	142
3.	水的物理参数	143
4.	对数概率坐标纸	144
5.	罗辛—拉姆勒(R ₉₀)坐标纸	145

第一章 粉尘的性质及危害

第一节 概 述

一、粉 尘

广义的粉尘的概念是指微细的固体颗粒的集合体。粉尘的存在状态可沉积于地表或物体之上称为积尘或落尘；也能悬浮于大气之中，叫作飘尘或浮尘。在防尘技术中所研究的对象主要是悬浮于空气中的粉尘，所以一般所说粉尘即是指此种状态的。

现在还没有统一的对粉尘的分类方法，按其不同性质和形态，可作如下分类：

1. 根据粉尘的产生过程可分为：

(1) 粉尘 固体物质由机械作用被粉碎而生成的细小颗粒，如在破碎、钻孔、运搬、爆破等过程所产生的，尘粒的形状是不规则的，大小分布范围很广，比较多的是在1~100微米之间，能暂时悬浮于空气之中。

(2) 烟尘 由燃烧、氧化、升华等伴随着物理或化学变化过程所产生的固体微粒，如煤、烟草等燃烧，金属冶炼等产生的烟尘，直径一般很小，多在0.01~1微米范围，可长时间悬浮于空气中。

2. 按尘粒的大小可分为：

(1) 粗尘 直径大于40微米的粉尘，是一般筛分的最小直径，极易沉降；

(2) 细尘 尘粒直径为10~40微米，在明亮的光线下，肉眼可以看到，在静止空气中呈加速沉降；

(3) 微尘 尘粒直径为0.25~10微米，用普通光学显微镜可以观察到，在静止空气中能呈等速沉降；

(4) 超微粉尘 粒径小于0.25微米的粉尘，要用超倍显微镜才能观察到，可长时间悬浮于空气中，并能随空气分子作布朗运动。

3. 其他分类，如：

(1) 按粉尘的成分分为矿尘、岩尘、煤尘、金属粉尘、植物粉尘等等；

(2) 按有无毒性可分为有毒、无毒、放射性粉尘等；

(3) 按爆炸性可分为易燃、易爆和非燃、非爆炸性粉尘。

二、粉尘的危害性

粉尘的危害主要表现在以下三个方面：

1. 对人体健康的危害 有毒粉尘的中毒作用，放射性粉尘的放射性危害都是很严重的，但危害面更广的是粉尘能引起一种职业病——尘肺病。

2. 对机电设备及产品质量的危害 如对机电设备的磨损、阻塞，精密仪表及原材

料中混入粉尘而使产品质量大为降低等，给生产造成很大危害。

3. 对环境的污染 粉尘可形成大面积的大气污染，因而给人类，动、植物生态及生产等形成危害。

粉尘的危害性非常严重而且危害面又广，现在无论是为了保障人员的身体健康或保护环境防止大气污染还是为提高产品质量，都迫切要求研究和提高防尘技术，以期人类能够控制粉尘，消灭其危害。为此，我们要很好地了解粉尘的物理化学性质。

第二节 粉尘的粒度、分散度和粒度分布

一、粉尘的粒度

是代表粉尘颗粒大小的尺度，也叫作粒径，用微米表示之。

粉尘颗粒的形状是很不规则的，为了有统计上的相似意义，需采用适当的代表尺寸来表示各个粒子的粒径。一般用当量直径来表示，当量直径可按不同的方法规定，列表如下：

尘粒粒径表示方法

表 1—1

当 量 直 径 名 称	定 义 式	备 注
短 轴 径	b	平面投影上最短宽度
长 轴 径	l	与 b 垂直方向的长度
定 向 径	d	沿一定方向的宽度
二 轴 平 均 径	$(l+b)/2$	
外接矩形当量径	$\sqrt{b \cdot l}$	
正 方 形 当 量 径	$\sqrt{A}$	A —尘粒投影面积
圆 当 量 径	$\sqrt{4A/\pi}$	
立方体当量径	$\sqrt[3]{V}$	V —尘粒的体积
球 当 量 径	$\sqrt[3]{6V/\pi}$	
沉淀径(stokes径)		基于流体力学性质的当量径

还有其他一些表示方法。同一粉尘用不同表示方法得到的数值是不一致的，选择哪种表示方法，主要根据所用的测定方法及研究的目的来确定。例如：用显微镜测定时，多采用定向径；用沉降法测定时，则得到的是沉淀径。研究旋风除尘器的除尘作用多用沉淀径，研究过滤除尘作用时，常用几何径。

表示粒子与理想球形的近似程度可用：

球形度 = $\frac{\text{与尘粒体积相同的球表面积}}{\text{尘粒表面积}}$

若干粉尘的粒度范围及除尘装置的适用情况，见图 1—1。

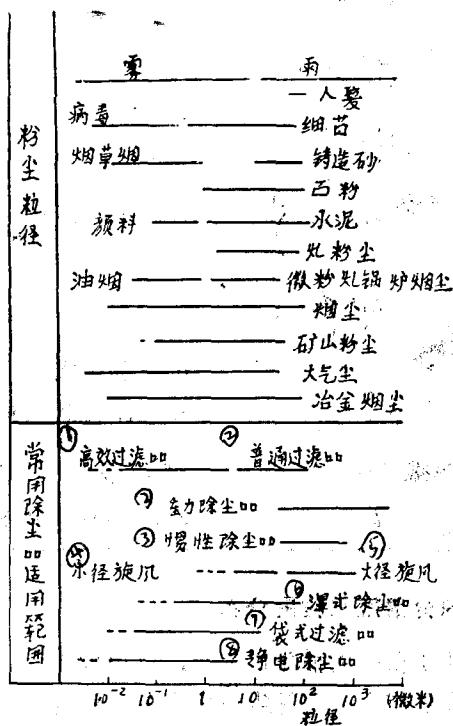


图 1—1 粉尘粒径及除尘器适用范围

二、粉尘的平均粒径

在自然界和工业生产过程产生的粉尘，不仅形状不规则，其粒度的分布范围也很广，为了表示一个特定的粒子群的代表尺寸，有时用平均粒径。平均粒径也有不同的表示方法，参看表 1—2。

粉尘平均直径表示方法

表 1—2

名称	定义式	备注
算术平均径	$d_a = \frac{\sum n_i d_i}{\sum n_i}$	n_i 为粒径在 d_i 范围内的粒数
几何平均径	$\lg d_g = \frac{\sum n_i \lg d_i}{\sum n_i}$	
调和平均径	$d_h = \frac{\sum n_i}{\sum (n_i / d_i)}$	

续表 1—2

名 称	定 义 式	备 注
面积长度平均径	$d_l = \frac{\sum n_i d_i^2}{\sum n_i d_i}$	
体表面积平均径	$d_s = \frac{\sum n_i d_i^3}{\sum n_i d_i^2}$	
重量平均径	$d_w = \frac{\sum n_i d_i^4}{\sum n_i d_i^3}$	
面积平均径	$d_f = \left(\frac{\sum n_i d_i^2}{\sum n_i} \right)^{1/2}$	
体积平均径	$d_v = \left(\frac{\sum n_i d_i^3}{\sum n_i} \right)^{1/3}$	
比表面积平均径	$d_{ps} = \frac{6}{\rho_p s_w}$	ρ_p —粒子密度 kg/m^3 ; s_w —比表面积 m^2/kg
中 位 径	d_{50}	筛上 50% 对应的粒径
最高频率径	$d_{m \cdot d}$	分布最多的粒径

三、粉尘的分散度与粒度分布

在深入研究粉尘的性质和分离捕集机理时, 只用粒子群的平均直径将不能充分反映粉尘的粒径组成特征, 需要有表示在粉尘整体中各个粒度的粉尘所占比重的特征数, 即是粉尘的分散度也叫粒度分布。有两种表示方法:

1. 个数标准的粒度分布即计数分散度

用各粒级尘粒的颗粒数占总颗粒数的百分数表示, 按下式 1—1 计算。

$$P_{ni} = \frac{n_i}{\sum n_i} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中: P_{ni} —某粒级尘粒的数量百分比, %;

n_i —某粒级尘粒的颗粒数。

2. 重量标准的粒度分布即重量分散度。

用各粒级尘粒的重量占总重量的百分数表示, 按下式 1—2 计算。

$$P_{wi} = \frac{W_i}{\sum W_i} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中: P_{wi} —某粒级尘粒的重量百分比, %;

W_i —某粒级尘粒的重量。

个数标准与重量标准的换算 如粉尘是均质的, 可用下式表示两者的关系。

$$P_{wi} = \frac{n_i d_i^3}{\sum n_i d_i^3} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中: d_i —某粒级尘粒的代表粒径。

粒级的划分要根据粉尘组成状况及研究目的来确定,从卫生角度,我国工矿企业把粉尘划分为四个计测粒级范围:小于2微米;2~5微米;5~10微米;大于10微米。一般称为粉尘分散度,分散度高即表示微细颗粒所占的比重大。

由于表示的基准不同,同一种粉尘的数量分散度与重量分散度的数值相差很大,必须是同样的表示方法才可直接对比,所以在给出数值时,必须说明表示方法。

四、粉尘粒度分布曲线

自然界和生产中产生的粉尘,如采取的样品具有代表性,粒度分布是连续的,可以用分布曲线或分布函数表示之,常用的分布曲线有下述三种。

1. 粒度分布曲线

在坐标纸上,横轴表示粒径,(用 x 代表,亦可用 d_p),纵轴表示相应粒径所占的百分比(y),根据实测结果,按划分的粒级画成柱状图,(即分散度 P_i),连接各柱面的中点,即为粒度分布曲线也叫作频率曲线。图 1—2 中的 y 曲线。

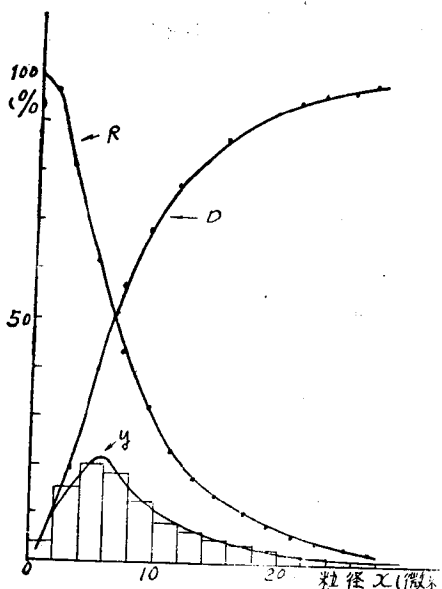


图 1—2 粉尘粒度分布曲线

用式 1—4 表示其关系。

$$y = f(x) \quad (1-4)$$

2. 累积分布曲线(R):如图 1—2 所示,是把粒度分布按粒径的顺序(x 由 ∞ 到 0)累积起来即是累积分布曲线,它可表示到某一粒级的筛上残留率,所以也叫作筛上或残留率。用下式表示。

$$R = \int_x^{x_{max}} f(x) dx \quad (1-5)$$

3. 通过率曲线(D):如图 1—2 所示,是与累积分布曲线对应的,把粒度分布按粒径顺序(x 由 0 到 ∞)累积所得到的,它表示到某一粒级的筛下通过率。用下式表示。

$$D = \int_0^x f(x) dx \quad (1-6)$$

从图 1—2 可知,粒径的间隔划分的越细,则所得曲线越接近实际。 R 、 D 两曲线交点对应的是中位径, y 曲线最高点对应的是最高频率径。

三种曲线的关系是:

$$y = f(x) = -\frac{dR}{dx} \quad (1-7)$$

$$R = 100 - D \quad (1-8)$$

五、工业粉尘的粒度分布函数

工业粉尘的粒度分布一般是有规律性的，可以用一分布函数来描述之。但因物料性质及产生过程不同，其分布状态差异很大，需用不同的分布函数来表示。下面介绍常用的分布函数。

1. 正态分布函数

$$y_x = f(x) = \frac{100}{\sqrt{2\pi}\sigma_a} \exp\left[-\frac{(x-x_a)^2}{2\sigma_a^2}\right]\% \quad (1-9)$$

$$R = \int_x^\infty f(x)dx = \int_x^\infty \frac{100}{\sqrt{2\pi}\sigma_a} \exp\left[-\frac{(x-x_a)^2}{2\sigma_a^2}\right]dx\% \quad (1-10)$$

式中： y_x —粒径的出现频率，%；

R —粒径大于 x 的累积率，%；

x —任意粒径；

x_a —算术平均粒径；

σ_a —标准偏差，是每个偏差平方的算术平均的平方根，即

$$\sigma_a = \left[\frac{\sum n_i (x_i - x_a)^2}{\sum n_i} \right]^{1/2} \quad (1-11)$$

应用累积分布曲线时，

$$\sigma_a = 50\% \text{径} - 15.87\% \text{径} = 84.13\% \text{径} - 50\% \text{径}$$

50%径，15.87%径，84.13%径分别为相应累积率（或通过率）时的粒径。

正态分布曲线是以算术平均值为中心而对称。其累积分布曲线在纵轴取对数坐标，横轴取等距的坐标纸上是一直线，可依此检查是否属于此种分布。工业粉尘属于此种分布的比较少，从溶液中析出的结晶，化学反应的升华等可属此种分布。

2. 对数正态分布函数

$$y_x = \frac{100}{\sqrt{2\pi} \log \sigma_g} \exp\left[-\frac{(\log x - \log x_g)^2}{2 \log^2 \sigma_g^2}\right]\% \quad (1-12)$$

$$R = \int_x^\infty \frac{100}{\sqrt{2\pi} \log \sigma_g} \exp\left[-\frac{(\log x - \log x_g)^2}{2 \log^2 \sigma_g^2}\right]d(\log x) \quad (1-13)$$

式中： x_g —几何平均粒径，

σ_g —几何标准偏差，

$$\sigma_g = \left[\frac{\sum n_i (\log x_i - \log x_g)^2}{\sum n_i} \right]^{1/2} \quad (1-14)$$

应用累积分布曲线时，

$$\sigma_g = \frac{84.13\% \text{径} - 50\% \text{径}}{50\% \text{径} - 15.87\% \text{径}}$$

对数正态分布的累积分布曲线，在纵、横轴皆为对数分度的坐标纸（附录4）上成直线。机械破碎产生尘可属于这种分布。

3. 罗辛——拉姆勒(Rosin-Rammler)分布函数

1933年罗辛、拉姆勒等对破碎实验进行了概率、统计学的研究，而归纳导出的函数。因为表达式中的常数，可根据具体粉尘来确定，故较多的粉尘可用这种分布函数描述。表达式如下。

$$R = 100e^{-\beta x^n} \quad (\%) \quad (1-15)$$

式中： β , n 为实验常数。

为求出常数 β 、 n ，可用如下方法：

(1) 将 1—15 式改写为以 10 为底的指数函数，

$$R = 100 \times 10^{-\beta' x^n} \quad (\%) \quad (1-16)$$

两侧取常用对数，

$$\log R = \log 100 - \beta' x^n \quad (1-17)$$

或

$$2 - \log R = \beta' x^n \quad (1-18)$$

再取一次对数

$$\log(2 - \log R) = \log \beta' + n \log x \quad (1-19)$$

在以 $\log x$ 为横坐标， $\log(2 - \log R)$ 为纵坐标的专用坐标纸上（R-R坐标纸）（附录5），如符合这种规律，则成为直线。直线的斜率为指数 n 值，当粒径 $x=1$ 时的 $(2 - \log R)$ 值，为系数 β' 值，且 $\beta' = 0.434\beta$ 。

(2) 将 $R = e^{-\beta x^n}$ 式改变为如下形式：

$$R = e^{-(x/x_0)^n} \quad (1-20)$$

当 $x = x_0$ 时， $R = e^{-1} = 0.368$ ，所以把 x 和 R 的实测值绘于 R-R 坐标纸上，当 $R = 36.8\%$ 时的 x 值即为 x_0 值。而 β 值可由下式计算：

$$\beta = \frac{1}{x_0^n} \quad (1-21)$$

指数 n 为直线的斜率，称为分布指数，它表示粒径的均一程度， n 小则粒径的分布范围比较广， n 大则表示粒径分布范围小。

系数 β 值越大，直线越向左移，表明粒度越细。

(3) 用中位径 x_{50} 表示，当粒径为 x_{50} 时， $R = 0.5$ 则据式 1—15。

$$0.5 = e^{-\beta x_{50}^n}$$

两侧取自然对数，

$$-\beta x_{50}^n = \ln 2^{-1} = -\ln 2$$

由此，系数 β 可由下式确定：

$$\beta = \frac{\ln 2}{x_{50}^n} = \frac{0.693}{x_{50}^n} \quad (1-22)$$

代入式 1—15，

$$R = e^{-\ln 2 (x/x_{50})^n} \quad (1-23)$$

从上式很容易看出，中位径 x_{50} 可作为粉尘的代表粒径，中位径越小， β 值越大，说明粉尘粒度越细。

据测定，露天矿牙轮钻机、潜孔钻机产生的 n 值为 1~2， β 值为 0.003~0.01。一般粉尘的 n 值为 0.7~2， β 为 0.01~0.2。

表示粉尘粒度分布的函数，还有一些表达式，大都是半经验公式。我们了解粉尘的粒度及粒度分布，对研究粉尘的性质、危害及分离扑集技术是有重要意义的。

第三节 粉尘的物理化学性质

一、粉尘的化学成分及游离二氧化矽（硅）含量

机械破碎产生的粉尘，在粉尘形成过程中，不伴有任何化学或物理变化，因而飞扬于空气中的粉尘的化学成分，基本上与处理的物料相同。但因物料中可能有些成分容易被粉碎，或者比重较小，因而较容易飞扬到空气中去，所以，粉尘中各成分的含量与物料可能稍有不同。

从卫生角度看，主要要了解粉尘中是否含有有毒物质，如铅、砷、汞等；放射性物质，如铀、钍等和游离二氧化矽（硅）。大部分粉尘都含有游离二氧化矽，它的含量的多少是研究粉尘危害性，检查作业环境，设计防尘措施和除尘设备的重要依据。

二氧化矽是地壳上最常见的氧化物，是许多种岩石和矿物的重要组成部分。它有两种存在状态，一种是结合状态的二氧化矽（硅），即硅酸盐矿物，如：长石（ $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ）；石棉（ $CaO \cdot 3MgO \cdot 4SiO_2$ ）；高岭土（ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ）；滑石（ $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ ）等等。另一种是游离状态的二氧化矽，主要是石英，在自然界中分布很广。许多粉尘都含有游离二氧化矽，它是引起矽肺病的主要因素，含量越高，危害越大。常把含有游离二氧化矽的粉尘叫作矽尘，防止矽尘危害是防尘的一项主要任务。

粉尘中游离二氧化矽的含量通过化学分析可以得出，如没有粉尘样品，不能直接取得数值时，可参考处理物料的数据估算。粉尘中游离二氧化矽含量一般低于物料的游离二氧化矽含量。常见矿岩中的游离二氧化矽含量可参考表 1—3。

矿岩中游离二氧化矽含量表

表 1—3

矿 岩 名 称	游离二氧化矽 %	矿 岩 名 称	游离二氧化矽 %
花 岗 岩	25.0~65.0	角 闪 岩	12.0~32.0
云 英 岩	35.0—75.0	矽 卡 岩	30.0~50.0
片 麻 岩	27.0—64.0	砂 岩	33.0—76.0
伟晶花岗岩	21.0—40.0	矽质石灰岩	15.0—37.0
石 英 岩	95 以上	普通石灰岩	0.2— 8.0
石英闪长岩	20.0—47.0	辉 长 岩	5.0— 8.0
石英砂岩	60.0—80.0	黄 铜 矿	1 —50

续表 1—3

矿 岩 名 称	游 离 二 氧 化 矽 %	矿 岩 名 称	游 离 二 氧 化 矽 %
辉 铜 矿	20—30	钨、钼 矿	70—90
黄 铁 矿	10—20	锡矿(石英脉)	80—90
方 铅 矿	0.5—15	辉 钼 矿	3—90
铅 锌 矿	5—15	磁 铁 矿	0.5—30
闪 锌 矿	1—10	镜 铁 矿	1—10
褐 铁 矿	1—5	赤 铁 矿	0.5—10

二、粉尘的比重

粉尘是非常微细尘粒的集合体，尘粒与尘粒之间存在着空隙并为空气所充满。单纯尘粒的单位体积的重量叫作粉尘的真比重，包括空隙在内的集合体的单位体积的重量叫作粉尘的假比重。

粉尘的真比重是一定的，假比重则因粉尘的集合状态不同而不同。

粉尘真比重的测定，多根据阿基米德原理，利用浸液法求出一定重量粉尘所排出水的体积，即可求出粉尘比重。测定时粉尘样品要干燥，注水后要使粉尘与水充分湿润，并用抽真空、振荡、加热等方法将气体排净。

几种粉尘真比重如表 1—4 所示。

粉尘真比重表

表 1—4

粉 尘 种 类	真 比 重	粉 尘 种 类	真 比 重
矽 尘	2.63—2.7	铜 矿 石	3.7—6.2
水 泥	3.0—3.51	铅 矿 石	6.4—7.6
滑 石 粉	2.75	锌 矿 石	3.9—4.5
煤 尘	2.1	石 灰 石	2.6—2.8
赤铁矿尘	4.2	烧结矿粉	3.8—4.2

粉尘的比重对重力、惯性力和离心力作用有很重要影响。

三、粉尘的比表面积和表面能

物料被粉碎为微细的粉尘，其总表面积显著增加。单位质量（或单位体积）粉尘的总表面积称为比表面积。如假设尘粒为与它具有同样体积的球形粒子时，则比表面积 S_w 与直径 d 的关系是：

$$S_w = \frac{\pi d^2}{(\pi/6)d^3 \rho_p} = \frac{6}{\rho_p d} \text{ 米}^2/\text{公斤} \quad (1-24)$$

式中 ρ_p ——粉尘的密度，公斤/米³，

从上式可以看出，粉尘的比表面积与直径成反比，粒径越小，比表面积越大。同样体积的物料，被分割的颗粒数与直径的三次方成反比。

由于粉尘的比表面积增大，它的表面能也随之增大，增强了表面活性。在研究粉尘的湿润、溶解、凝聚、附着、吸附、燃烧等性能时，必须考虑其比表面积。（例如，微细粉尘的表面吸附能力增强，容易吸附空气而在尘粒表面形成气膜，降低了尘粒间的凝集性和水对它的湿润性，使得更难于把它从空气中扑捉分离出来。）

四、粉尘的凝聚与附着

微细粉尘增大了表面能，即增强了尘粒的结合力。一般把尘粒间互相结合形成新的大尘粒的现象叫作凝聚，而把尘粒和其他物体结合的现象叫作附着。

粉尘的凝聚与附着是在粒子间距离非常近时，由于分子间引力的作用而产生的。一般尘粒间距离较大，需要有外力作用使尘粒间碰撞、接触，促进其凝聚和附着。这些外力有：粒子热运动（布朗运动）、静电力、超声波、紊流脉动速度等。

粉尘的凝聚有利于对它的扑集分离。

五、粉尘的湿润性

湿润现象是分子力作用的一种表现，是液体（水）分子与固体分子间相互吸引力（称为付着力）大于或小于液体分子之间的相互吸引力（称为内聚力）的结果。

在液体与固体接触处，厚度等于分子作用半径的一薄层液体叫付着层。在付着层内，如付着力小于内聚力，那么分子所受的合力垂直于付着层而指向液体内部，有尽量挤入液体内部的趋势，因此，付着层有收缩倾向，这就是不湿润的原因。反之如付着力大于内聚力，则分子所受的合力垂直于付着层而指向固体，液体内部的分子有尽量挤入付着层的趋势，付着层有伸张倾向，是产生湿润的原因。

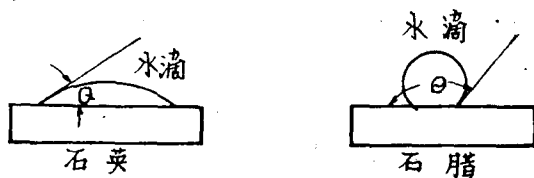


图 1—3 湿润现象

可以用湿润接触角(θ)的大小来表示湿润性，如图 1—3 所示。

几种矿物的湿润接触角

表 1—5

名 称	接 触 角 (度)	名 称	接 触 角 (度)
黄 铜 矿	72	方 解 石	20
辉 钼 矿	60	石 灰 石	0~10
方 铅 矿	57	石 英	0~4
黄 铁 矿	52	云 母	0

当湿润接触角大于 90° 时,说明不为水所湿润。

几种矿物的接触角如表 1—5 所示:

粉尘的湿润性除决定于成分外,还与颗粒大小、荷电状态、温度、气压、接触时间等因素有关。微细粉尘的比表面积增大,吸附能力增强,当与空气接触时,将吸附空气而于粉尘表面形成气膜,乃显著地降低水的湿润作用,较难于用水湿润扑集。

六、粉尘的电性质

1. 荷电性 悬浮于空气中粉尘通常都带有电荷,是由于破碎时的摩擦,粒子间撞击,放射性照射,电晕放电等原因而荷电,且粉尘的正电荷与负电荷两部分几乎相等,因而悬浮粉尘的整体呈中性。粉尘荷电量的大小,取决于它的大小、重量、湿度、温度等,高温可使带电量增加,高湿使之减少。

粉尘荷电后,一般使凝聚性增强,有利于沉降和除尘。

美国 Arizona 大学近年研究认为,飞散到大气中的粉尘会获得电荷,呼吸性粉尘(3微米以下)一般带负电,大颗粒粉尘带正电或呈中性。由于地面一般是带负电,使呼吸性粉尘受到排斥,更加不易沉降,并提出利用极性与粉尘相反的水滴进行喷雾除尘。

2. 比电阻 粉尘的比电阻由下式定义。

$$\rho = \frac{V}{I} \cdot \frac{A}{d} \quad \text{欧姆—厘米。} \quad (1-25)$$

式中 ρ —比电阻,欧姆—厘米;

V —电压,伏;

I —电流,安;

d —电极间距,(粉尘厚),厘米;

A —电极面积(粉尘样品断面积),厘米²。

粉尘比电阻可用圆板电极法测出,即在两圆板电极间堆积粉尘层,在两电极间加直流电压,测出电压、电流后,依式算出。

比电阻是评定粉尘导电性的一个指标,一般在 10^4 — 10^{11} 欧姆—厘米范围之内时,比较适于静电除尘。

七、粉尘的光学特性

1. 光散射现象 当光通过空气中悬浮粉尘的分散体时,要向各个方向散射光的一部分,是为光散射现象。当尘粒的线径尺寸超过入射光波长,则按照物理学定律发生反射。如果入射光的波长大于尘粒的线径尺寸,则发生光散射。

光的散射现象曾经雷leigh研究并给出理论公式如下:

$$I = \frac{24\pi^2}{\lambda^2} \left(\frac{n^2 - n_0^2}{n^2 + 2n_0^2} \right)^2 I_0 \quad (1-26)$$

式中 I —由单位体积分散体所散射的光能总量;

I_0 ——入射光的强度；

v ——分散体粒子浓度；

v ——每个粒子的体积；

λ ——入射光波长；

n_1, n_2 ——分散相与分散介质的折射率。

由公式可知，散射光的强度与分散体的粒子浓度及粒子体积的平方成正比，而与入射光波长的4次方成反比。可见光的波长在0.4~0.8微米范围，所以上式仅对很小粒子有效。利用光散射原理可测定粒子浓度。

2. 光的吸收 光线通过分散体时，光的强度要减弱，可用下式表示之。

$$dI = -kI dx \quad (1-27)$$

$$I = I_0 e^{-kx} \quad (1-28)$$

式中 I ——透过光的强度；

I_0 ——入射光的强度；

x ——分散体的厚度；

k ——吸收常数；

由上式可知，如分散体的厚度固定，则透过光的强度决定于 k 值，但 k 值与粒子的浓度、大小、形状、粒度分布等因素有关。因此，利用此原理测定粉尘浓度时，应考虑这些因素的影响，只有粉尘状况一定的情况下， k 值才是定值。

八、粉尘的爆炸性

粉尘的比表面积增大，使化学活性显著增强，一些粉尘（主要是可燃性物料的粉尘）在空气中达到一定浓度时，在外界明火、电火花、高温、摩擦等作用下，能发生爆炸，称为有爆炸性粉尘。

爆炸是急剧的氧化燃烧现象，产生高温、高压、尤其是生成大量的有毒有害气体，对安全生产有极大的危害，应注意预防。

粉尘在空气中，只有在一定浓度范围内才能发生爆炸，能发生爆炸的最高浓度叫爆炸上限，最低浓度叫爆炸下限。一些粉尘的爆炸下限及引燃温度如表1—6所示。

粉尘的爆炸下限及引燃温度

表 1—6

粉尘名称	爆炸下限(克/米 ³)	引燃温度(℃)	粉尘名称	爆炸下限(克/米 ³)	引燃温度(℃)
煤 尘	35	600	木 粉	40	430
硫化矿尘	250	450	小 麦	60	470
硫 黄	2.3	190	砂 糖	19	410
镁	20	520	棉 花	25	450
铝	35	645	烟 草	68	450

第四节、粉尘浓度及除尘效率

一、粉尘浓度

粉尘浓度是指悬浮于单位体积空气中的粉尘量，也叫空气含尘量，有两种表示方法：

1. 计重法：用单位体积空气中粉尘的重量表示，毫克/米³；
2. 计数法：用单位体积空气中粉尘的颗粒数表示，粒/厘米³。

我国、苏联、荷兰、瑞士、捷克等国家用计重法表示，美、波兰、东德等国用计数法表示，日本和西德则两种方法皆用。采用不同的浓度表示方法，与测尘方法有关，也与对粉尘引起尘肺病原因的认识有关系。两种表示方法之间的关系，也有一些研究，但还没有可实用的换算关系。

粉尘对人体的危害与进入肺内的粉尘重量有很大关系。目前各国对空气含尘量规定有最高容许浓度。但对最高容许浓度的概念、数值和规定的方法是不同的。

我国对作业地点矿物粉尘最高容许浓度的规定，如表 1—7 所示。

我国矿物粉尘的最高容许浓度

表 1—7

序号	物 质 名 称	最高容许浓度(毫克/米 ³)
1	含有 10% 以上游离 SiO ₂ 粉尘	2
2	石棉粉尘	2
3	含有 10% 以下游离 SiO ₂ 的滑石粉尘	4
4	含有 10% 以下游离 SiO ₂ 的水泥粉尘	6
5	含有 10% 以下游离 SiO ₂ 的煤尘	10
9	其他各种粉尘	10

烟囱和除尘装置排气中粉尘最高容许浓度

表 1—8

序号	排 放 地 点	最高容许浓度(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% 以上游离二氧化硅或石棉粉尘、玻璃棉和矿渣粉尘，铝化物粉尘等。	100
	含有 10% 以下游离二氧化硅的煤尘及其他粉尘	150