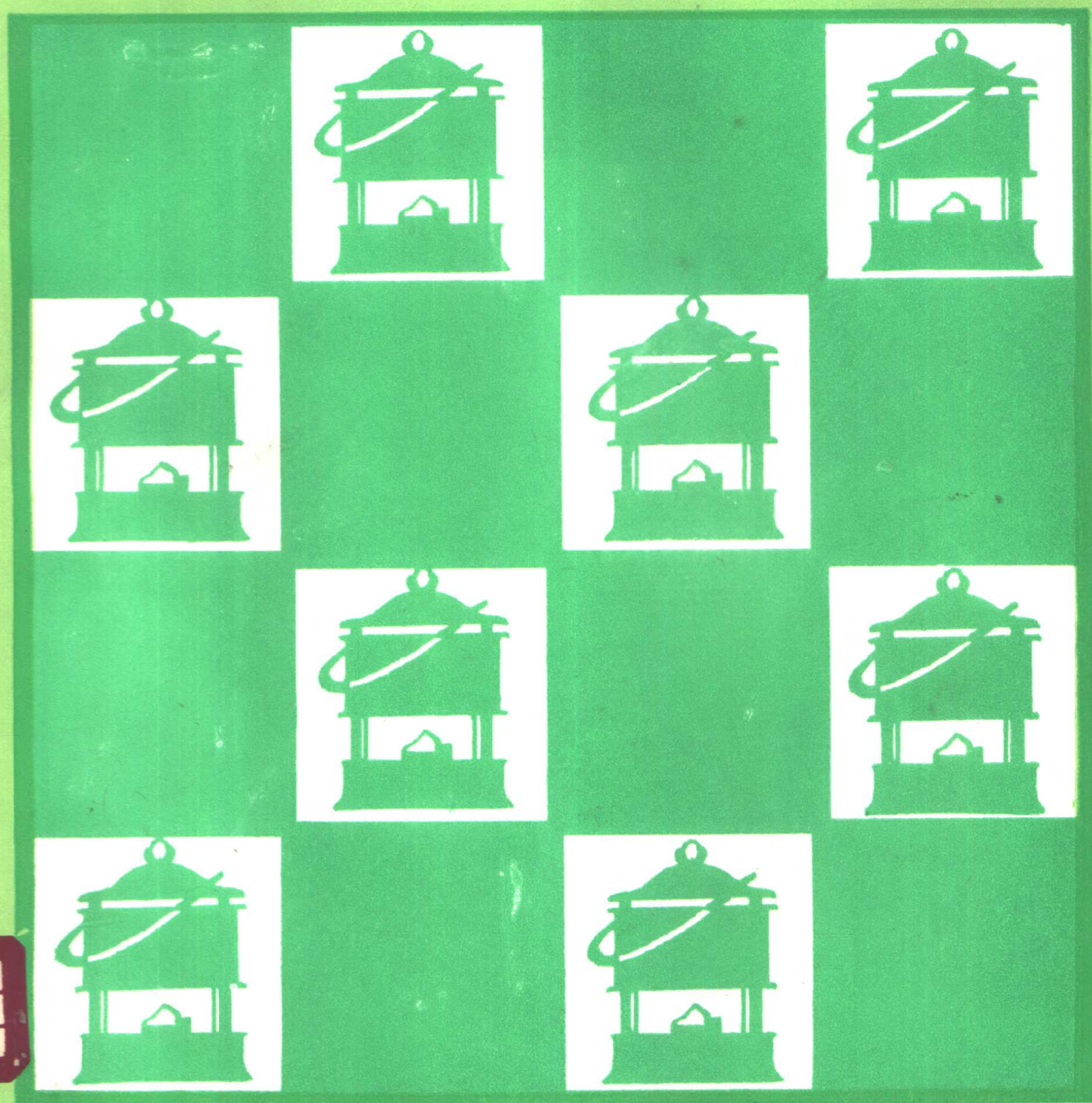


煤矿安全手册

第三篇 矿井粉尘防治



煤炭工业出版社

煤矿安全手册

主 编 赵全福

副主编 **戴国权** 黄元平

第三篇 矿井粉尘防治

主编单位 煤炭科学研究总院重庆分院

主 编 卢鉴章

副主编 王茂吉

编写人 王茂吉（第一章、第二章九、十节、第四章）陈治中
（第二章一~八节）刘新强（第三章）陈方莹
（第五章）周莫邦（第六章）王跃明（第七章）

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

内 容 提 要

本书从保障矿井安全生产和职工身体健康出发,在充分总结国内外矿井粉尘防治技术经验和科研成果的基础上,重点阐述了采煤、掘进、转载运输的综合防尘措施及其装备,防尘和隔绝煤尘爆炸的措施及其装备。书中还介绍了矿井粉尘的基本性质、粉尘检测方法及其仪器,并对防尘供水的水质、水池和供水管路的要求也一并作了介绍。全书内容丰富,系统性强,便于使用。

本书可供矿山生产建设、设计和科研部门的工程技术人员及管理干部使用,也可供矿业院校师生参考。

责任编辑:邓荷香

煤矿安全手册 第三篇 矿井粉尘防治

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092mm¹/₁₆ 印张12¹/₁₆

字数286千字 印数1—1,500

1992年3月第1版 1992年3月第1次印刷

ISBN 7-5020-0571-4/TD·526

书号 3346

定价 5.20元

前 言

建国以来，我国煤炭工业和其他工业一样，取得了突飞猛进的发展，煤炭产量由1949年的3240万t增长到1990年的10.9亿t。煤炭作为我国的主要能源，在社会主义四个现代化建设和人民生活方面做出了应有的贡献。

与此同时，我国煤矿安全技术的发展也取得了令人瞩目的成就，安全生产面貌发生了巨大变化，并且随着新技术、新工艺、新材料和新设备的不断使用，煤矿生产建设和矿井安全程度有了很大提高。为了总结煤炭工业战线广大职工积累起来的安全生产的丰富经验和科研成果，促进煤矿安全技术的发展，进一步加强煤矿安全技术管理工作，提高矿井安全程度，从根本上解决生产建设中的不安全隐患，以适应煤炭工业发展的需要，煤炭工业部于1985年组织煤炭工业生产建设、科研、设计和院校等单位的有关专家、教授和学者，编写了《煤矿安全手册》一书。

《煤矿安全手册》是一部囊括煤矿安全生产技术知识的大型工具书。它是根据党和国家的有关安全生产方针、政策和规程、规范，以及行之有效的安全生产经验和科研成果，本着科学性、先进性和实用性的原则进行编写的。在内容上，以总结我国的安全技术经验和最新成果为主，实事求是地反映我国煤矿的科学技术成就和发展趋向，并适当地吸收国外的先进技术，注意理论与实践相结合；在表达形式上，力求系统性和层次清楚，文字简练和条理化，尽力做到文、图、表并茂，便于读者查阅使用。《手册》主要供煤矿生产建设现场的工程技术人员（部分可供医务人员）和管理干部使用，也可供科研、设计人员及院校师生参考。

《手册》包括：矿井通风与空调，矿井瓦斯防治，矿井粉尘防治，矿井防灭火，矿井防治水，矿山压力与岩层控制，爆破安全，凿井安全，采掘机械安全技术，运输提升安全，电气安全技术，矿山救护，工业卫生及劳动保护，煤矿安全仪器、仪表及装备等内容，共十四篇，将分册陆续出版。

《手册》的编写工作得到了原煤炭部有关司局，特别是安全监察局，以及各主编单位和参加编写单位的很大支持，在搜集资料和审稿过程中也得到有关单位及人员的大力帮助。因此，《手册》的编写成功是各级领导、全体编写人员和审稿人员，以及提供资料单位共同努力的结果，也凝聚着煤炭系统广大职工共同的智慧与结晶，在此向他们表示衷心感谢。

由于编写时间仓促和缺乏经验，加之水平所限，书中缺点、错误在所难免，望读者批评指正。

《煤矿安全手册》编审委员会

150/5

编 者 的 话

建国40余年来，我国煤矿在防治粉尘危害方面积累了许多行之有效的经验，取得了很多的科研成果，对于促进煤炭生产持续稳定和健康地发展起了很大作用。但随着煤矿机械化程度的不断提高、开采强度的加大，煤矿粉尘的产生量增大，其危害仍然存在，尘肺发病率仍呈上升趋势，重大瓦斯煤尘爆炸事故也时有发生。因此，继续大力加强尘害防治工作，是刻不容缓的重要任务。

为了进一步搞好矿井粉尘防治工作，保证矿井安全生产和职工的身体健康，根据原煤炭工业部的部署，煤炭科学研究总院重庆分院组织了一些多年从事矿井粉尘防治的科研人员，在总结科研成果和现场经验的基础上编写了本书。从其涉及的范围看，包括有矿井粉尘的基本知识、粉尘检测、采煤、掘进和转载运输的综合防尘措施及其装备、防尘供水与防止和隔绝煤尘爆炸技术等；在技术要求上，在保证其科学性、实用性的同时，力求其先进性。因此，本书的全部内容可供现场工程技术人员从事粉尘防治工作借鉴使用，也可供有关领导干部决策时参考。由于参加编写的同志水平所限，书中难免有缺点或错误，恳请读者指正。

本书在编写和审稿过程中，得到了有关单位及不少同志的大力支持，在此表示衷心感谢。

1991年2月

目 录

第一章 煤矿粉尘的基本概念	1
第一节 名词术语的含义	1
第二节 影响粉尘产生的因素	2
第三节 粉尘的沉降与扩散	3
第四节 粉尘的大小及其表示方法	5
第五节 粉尘的某些性质	11
参考文献	30
第二章 掘进及锚喷支护防尘	31
第一节 打眼防尘	31
第二节 爆破防尘	36
第三节 洒水和冲洗防尘	39
第四节 净化风流	40
第五节 添加湿润剂防尘	40
第六节 通风除尘	41
第七节 机掘工作面通风除尘设备配套的几种方案	49
第八节 高压喷雾降尘	53
第九节 锚喷支护的主要尘源及影响因素	56
第十节 锚喷支护的防尘措施	57
参考文献	63
第三章 回采防尘	64
第一节 煤层注水预先湿润煤体防尘	64
第二节 采空区灌水预先湿润煤体防尘	86
第三节 综合机械化采煤工作面防尘	88
参考文献	111
第四章 转载运输的防尘	112
第一节 喷雾洒水	112
第二节 捕尘	123
第三节 泡沫除尘	125
参考文献	130
第五章 防尘供水	131
第一节 防尘供水的要求	131
第二节 防尘供水的水池	134
第三节 防尘供水管路系统	135
参考文献	148
第六章 防止和隔绝煤尘爆炸	149
第一节 防止煤尘爆炸措施	149
第二节 防止煤尘爆炸传播的措施(隔爆措施)	158

参考文献	162
第七章 粉尘检测	163
第一节 粉尘浓度的测定	163
第二节 粉尘分散度的测定	174
第三节 粉尘中游离二氧化硅含量的测定	185
参考文献	188

第一章 煤矿粉尘的基本概念

第一节 名词术语的含义

在煤矿粉尘防治工作中，常用的名词术语及其含义如下：

1) 煤矿粉尘：煤矿生产过程中随着煤、岩石被破坏而产生的煤、岩石及其它物质的微粒的统称。

2) 浮游粉尘：能在矿井空气中悬浮的粉尘。

3) 沉积粉尘：因自重而沉降在巷道、硐室周边以及支架、材料和设备等上面的粉尘。

4) 全尘(总粉尘)：飞扬在井下空间的含各种粒径的粉尘。

5) 呼吸性粉尘：能被吸入人体肺部并能滞留于肺泡内的微细粉尘。一般，粒径大于 $100\mu\text{m}$ 的尘粒在大气中会很快沉降；大于 $10\mu\text{m}$ 的尘粒可以滞留在呼吸道中； $5\sim 10\mu\text{m}$ 的尘粒大部分会在呼吸道沉积，被分泌的粘液吸附，可以随吐痰排出；小于 $5\mu\text{m}$ 的微粒能深入肺部，引起各种尘肺病。

6) 可见粉尘：粒径大于 $10\mu\text{m}$ ，肉眼能看见的粉尘。

7) 显微粉尘：粒径为 $0.25\sim 10\mu\text{m}$ ，在光学显微镜下可以看见的粉尘。

8) 超显微粉尘：粒径小于 $0.25\mu\text{m}$ ，在电子显微镜下可以看见的粉尘。

9) 爆炸性煤尘：悬浮在空气中的煤尘云，在一定浓度和有引爆热源条件下，能发生爆炸的煤尘。

10) 岩粉：能飞散浮游的岩石粉末，其中可燃物的含有率不超过5%，游离二氧化硅含有率不超过10%， P_2O_5 不超过0.01%，并且不含有砷等有害或有毒物质，岩粉的粒度必须全部小于 0.3mm ，其中70%以上小于 0.075mm 。它是防止和隔绝瓦斯煤尘爆炸的消焰剂。

11) 粉尘分散度：各粒径区间的粉尘数量或质量分布的百分比。

12) 粉尘浓度：单位体积的空气中所含粉尘的质量(mg/m^3)或数量(粒/ cm^3)。

13) 游离二氧化硅：即结晶型的二氧化硅。

14) 尘肺病：由于长期吸入作业环境空气中悬浮的微细粉尘所引起肺部纤维性病变的总称。

15) 矽肺病：由于长期吸入含游离二氧化硅较高的岩石粉尘所引起的尘肺病。其病理上有典型的矽结节改变。

16) 煤肺病：长期吸入大量煤尘引起在病理上有典型的煤尘纤维灶和灶周肺气肿的尘肺病。

17) 煤矽肺病：既大量吸入过煤尘，又大量吸入过岩尘引起在病理上兼有矽肺和煤肺的病理改变特征的尘肺病。

18) 综合防尘：所有生产过程都采取防尘措施，并且同时采用多种防尘措施降低悬浮在空气中的粉尘浓度。

19) 气溶胶：固体或液体微小颗粒分散于空气中的分散体系称为气溶胶。根据气溶胶形成的方式和方法不同，它可分为固态分散性气溶胶、固态凝集性气溶胶、液态分散性气溶胶和液态凝集性气溶胶四种类型。分散性气溶胶是固体或液体物质在破碎或气流通过时，或在采掘、爆炸、振荡等作用下，形成的固体小颗粒或液体小滴悬浮于空气中而成的；凝集性气溶胶是由过饱和蒸气凝集而成，如过饱和水蒸气遇冷形成的雾滴，冶炼金属锌时产生的氧化锌悬浮颗粒等。

第二节 影响粉尘产生的因素

一、采掘机械化程度

粉尘的产生随采掘机械化程度的提高而增加。全面实现了机械化开采的煤矿，其采掘工作面产生的粉尘一般要占全矿井产生的粉尘的70~85%。对采用不同采掘方式的作业环境，其粉尘浓度相差很大（表3-1-1）。

表 3-1-1 各种作业环境中的粉尘浓度比较

采掘方式	防尘措施	粉尘一般浓度(mg/m ³)
风镐落煤	无	800左右
炮采	无	300~500
机采	无	1000~3000
综采	无	4000以上
炮掘	无	1300~1600
机掘	无	2000~3000

二、地质构造及煤层的赋存状况

地质构造复杂、断层褶曲发育、受地质构造运动破坏强烈的煤田，开采时产尘量大。

一般情况下，开采厚煤层比开采薄煤层产尘量大；开采急倾斜或倾斜煤层比开采缓倾斜煤层产尘量大。节理发达、脆性大易碎、结构疏松、水分低的煤、岩较其他煤、岩产尘量大，粉尘也细。

三、采煤方法和截割参数

在相同煤层条件下，采用不同的采煤方法其产尘量不同。急倾斜煤层用倒台阶采煤法比用水平分层采煤法产尘量大；顶板全部垮落采煤法比充填采煤法的产尘量大。

采掘机械截齿的形状和排列、牵引速度、截割速度、截割深度等是否合理都直接影响着粉尘的产生。

四、作业环境的通风状况

作业环境空气中的粉尘浓度与通风方式、风速、风量及风流方向等有极为密切的关系。

第三节 粉尘的沉降与扩散

一、粉尘的沉降与悬浮

粉尘粒子在空气中因重力作用而下落时，它受到的空气阻力与下落速度的1~2次方成正比。因此，下落速度越大，阻力就越大，直至阻力和重力相等。在此瞬间，因作用于粉尘粒子上的两个力处于平衡状态，尘粒就不会下落而处于飘浮状态。一般称这时的速度为悬浮速度或沉降速度。在通风除尘技术中，这是很有意义的参数。根据斯托克斯法则的数学表示法可得出球形尘粒在静止空气中沉降速度 v_p 的计算式为：

$$v_p = \frac{2(\rho_p - \rho_g)gr_p^2}{9\mu_g} \quad (3-1-1)$$

式中 ρ_p ——粉尘的密度，g/cm³；

ρ_g ——空气密度，g/cm³；

r_p ——尘粒半径，cm；

g ——重力加速度，981cm/s²；

μ_g ——静止空气粘性系数（当温度为21℃时，等于 1.81×10^{-4} ）。

由于 ρ_g 远小于 ρ_p ，可以忽略不计，并将 μ_g 及 g 值代入（3-1-1）式可得出以下的简化式：

$$v = 1.2 \times 10^6 r_p^2 \rho_p, \text{ cm/s} \quad (3-1-2)$$

按（3-1-2）式算出的石英球形尘粒（密度为2.62）在静止空气中的沉降速度见表3-1-2。

表 3-1-2 石英球形尘粒在常温静止空气中的沉降速度

尘粒直径 (μm)	沉 降 速 度	
	(cm/s)	(m/h)
100	78.6	2829.6
10	0.786	28.296
5	0.196	7.074
1	0.00786	0.283
0.1	0.000786	0.00283

在静止空气中的粉尘，按一定规律沉降。通常，直径大于100 μm 的尘粒呈加速度沉降；1~100 μm 的尘粒呈等速度沉降；小于1 μm 的尘粒则很难沉降，在空气中呈布朗运动。对于这种超显微粉尘，斯托克斯计算公式已不适用。

粉尘的沉降速度，主要取决于尘粒的大小和密度 ρ_p 。在室温下各种密度的尘粒在静止空气中的沉降速度如图3-1-1所示。

在实际的生产条件下，由于尘粒形状多为不规则，加之风流、热源、机械设备运转及人员作业等因素的影响，粉尘的沉降速度比在静止空气中更会变慢，从而增长在空气中的浮游时间。

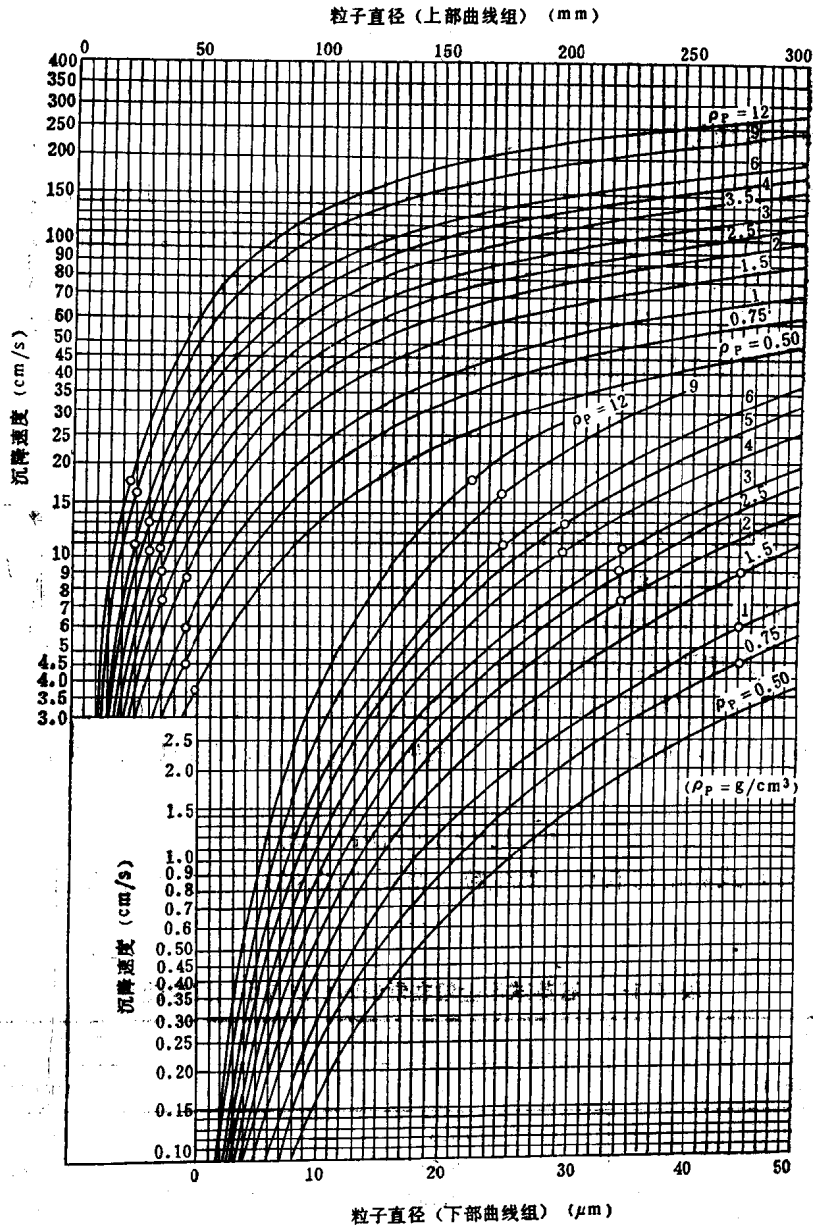


图 3-1-1 尘粒在静止空气中的沉降速度

二、粉尘的扩散

悬浮于空气中的粉尘，如果存在浓度差别，则在风流作用下，粉尘会从高浓度区域向低浓度区域扩散移动，具有趋向于浓度均匀化的性质。

进行布朗运动的尘粒越细，则由于扩散作用而向液滴或除尘滤料等障碍物表面附着的尘粒越多，特别是 $0.1\mu\text{m}$ 以下的尘粒更明显。

尘粒的附着速度，与尘粒的扩散系数成比例。尘粒越小，其扩散系数越大，即扩散越快，因而向液滴或除尘滤料上附着的尘粒就越多。不同粒径尘粒的扩散系数见表3-1-3。

表 3-1-3 不同粒径尘粒的扩散系数

尘粒粒径 (μm)	0.5	0.1	0.01	0.001	SO ₂ 分子
扩散系数(cm^2/s)	6.4×10^7	6.5×10^{-6}	4.4×10^{-4}	4.1×10^{-2}	1.18×10^{-1}

由于扩散作用引起粉尘在液滴或滤料上附着的粉尘量，除与粉尘的扩散系数有关外，还与粉尘的浓度、液滴与气体的相对速度（在洗涤式除尘时）成正比，与气体的粘度成反比。

第四节 粉尘的大小及其表示方法

一、粒子的形状

粉尘粒子由于产生的方式不同而呈不同的形状，少数情况下粒子是呈圆球形或其它规则形状；多数情况下粒子呈不规则形状。用定量表示粒子的形状或与形状有关因素的方法主要有以下两种：

1. 形状指数

为了进行比较，常用形状指数来表示单一粒子的形状。形状指数的主要表示方法见表3-1-4。

表 3-1-4 粒子形状指数的主要表示方法

序号	名称	计算方法	比较
1	均匀度 (1)延伸度 (2)扁平度 (3)金格(Zingg)指数F	粒子的长轴/粒子的短轴 = L/b 粒子的短轴/粒子的厚度 = b/δ 粒子的延伸度/粒子的扁平度 = $L\delta/b^2$	
2	体积充填度 ϕ_v	粒子三轴径的积/粒子的体积 = $Lb\delta/V_p$	
3	球形度 ϕ_s	等于粒子体积的球的表面积/粒子的实际表面积	粒子形状与球形粒子不一致的程度
4	圆形度 ϕ_c	等于粒子投影面积的圆的周长/粒子投影面的周长	粒子形状与球形粒子不一致的程度

粒子的球形度亦称为粒子的球形系数，一些物料的球形系数见表3-1-5。

2. 形状系数

它是用某种方法求得粒子的平均粒径与表面积（或体积或质量）的关系系数。其目的在于表示粒子群的性质与某一现象之间的函数关系，而不是表示粒子的形状。

粒子的形状系数有如表3-1-6所列的几种主要表示方法。

对于球形粒子： $\psi_s = \pi$ ； $\psi_v = \frac{\pi}{6}$ ； $\psi = 6$ ； $\psi_c = 1$ 。

对于正方体粒子： $\psi_s = 6$ ； $\psi_v = 1$ ； $\psi = 6$ ； $\psi_c = 1$ 。

表 3-1-5 某些物料的球形系数

物 料	球 形 系 数
砂	0.600; 0.681; 0.534~0.628
铁催化剂	0.578
烟 煤	0.625
次乙酰塑料圆柱体	0.861
碎 石	0.63
硅 石	0.554~0.628
粉 煤	0.696

表 3-1-6 粒子形状系数的主要表示方法

名 称	定 义 式	表 中 符 号 的 含 义
表面积形状系数 ψ_s	$\psi_s = \frac{\bar{S}_p}{\bar{d}_{sp}^2}$	\bar{S}_p —粒子群的平均表面积
体积形状系数 ψ_v	$\psi_v = \frac{\bar{V}_{Pt}}{\bar{d}_{vpt}^3}$	\bar{V}_{Pt} —粒子群的平均体积
形状系数 ψ (或比表面积形状系数)	$\psi = \frac{\psi_s}{\psi_v} = \frac{\bar{S}_p \bar{d}_{vpt}^3}{\bar{V}_{Pt} \bar{d}_{sp}^2}$	\bar{d}_{sp} —粒子群的表面积平均径
卡门形状系数 (或表面系数) ψ_c	$\psi_c = \frac{6}{\psi}$	\bar{d}_{vpt} —粒子群的体积平均径

根据流体阻力实验求得的比表面积和用筛分法确定的几何平均粒径, 计算出的一些不同粉尘粒子群的卡门形状系数 ψ_c 。见表3-1-7。

表 3-1-7 粒子群的卡门形状系数 ψ_c

名 称	粒 子 形 状	ψ_c
砂 (平均)		0.75
型砂	精选	0.65
型砂	精选、片状	0.43
砂	有棱角	0.70~0.75
砂	球形	0.83
焦炭		0.55~0.70
细煤粉		0.73
自然煤粉	<9.5mm	0.65
烟尘	熔集	0.55
烟尘	熔成球形	0.89
纤维尘		0.30
云母	片状	0.28
丝炭纤维		0.38
试验用的金属螺旋		0.20

二、粒子的粒径

1. 粒径的分类

1) 单一粒径: 只代表单个粒子的大小。

2) 平均粒径: 代表由各种不同大小的粒子组成的粒子群的平均粒径。

2. 粒径的定义与表示方法

1) 单一粒径: 球形粒子是用其直径(粒径)来表示它的大小; 对于非球形粒子一般也用“粒径”来衡量其大小, 但这种情况的粒径有以下不同的含义:

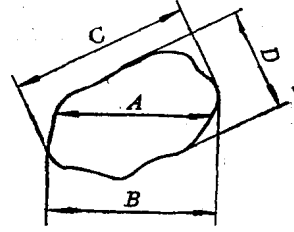


图 3-1-2 粒子的投影径

(1) 投影径。是指粒子在显微镜下所观察到的粒径, 如图 3-1-2 所示。它有四种表示方法:

A——面积等分径 (Martin 径)。是将粒子的投影面积二等分的直线长度。面积等分径与所取的方向有关, 通常采用等分线与底边平行。

B——定向径 (Feret 径)。是粒子投影面上两平行切线之间的距离。定向径可取任意方向, 通常取其与底边平行。

C——长径。是不考虑方向的最长径。

D——短径。是不考虑方向的最短径。

(2) 几何当量径。取与粒子的某一几何量(面积、体积等)相同时的球形粒子的直径。例如:

等投影面积径 d_A 与粒子的投影面积相同的某一圆面积的直径, 可用下式表示:

$$d_A = \sqrt{\frac{4A_p}{\pi}} = 1.128\sqrt{A_p} \quad (3-1-3)$$

式中 A_p ——粒子的投影面积。

等体积径 d_v 与粒子体积相同的某一圆球体的直径, 可用下式表示:

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{6V_{pt}}{\pi}} = 1.24\sqrt[3]{V_{pt}} \quad (3-1-4)$$

式中 V_{pt} ——粒子的体积。

等表面积径 d_{pm} 与粒子的外表面积相同的某一圆球的直径, 可用下式表示:

$$d_{pm} = \sqrt{\frac{S_{pw}}{\pi}} \quad (3-1-5)$$

式中 S_{pw} ——粒子的外表面积。

根据粒子的某一几何特征与球粒子相同的原理, 还有其他表示几何当量粒径的方法。

(3) 物理当量径。取与粒子的某一物理当量相同的球形粒子的直径。例如:

自由沉降径 d_f 是指在特定气体中, 粒子与密度相同的圆球粒子因重力自由沉降所达到的末速度相同时的圆球粒子直径。

空气动力径 d_a 是指在静止空气中, 粒子与密度为 1g/cm^3 的圆球粒子的沉降速度相同时的圆球粒子直径。

斯托克斯径 d_{st} 在层流区内 (对粉尘粒子雷诺数 $R_{op} < 0.2$) 的空气动力径称为斯托克斯径, 可用下式表示:

$$d_{st} = \left[\frac{18\mu_g V_p}{(\rho_p - \rho_g)g} \right]^{\frac{1}{2}}, \text{ m} \quad (3-1-6)$$

式中 μ_g ——空气动力粘性系数, $\text{Pa}\cdot\text{s}$;

ρ_p ——粒子的密度, kg/m^3 ;

V_p ——粒子的沉降速度, m/s ;

g ——重力加速度, m/s^2 。

同一粉尘按不同定义所得的粒径, 在数值上是不同的, 因此在使用粉尘的粒径时, 必须清楚所采用的粒径含义。

不同的粒径测试方法得出不同概念的粒径。如用显微镜法测得投影径, 用移液管法测得斯托克斯径, 用光散射法测得等体积径, 用筛分法测得筛分直径(粒子通过的最小方孔的宽度)等。

工业上比较广泛应用筛分法测定较大粒子(一般大于 $37\mu\text{m}$)的粒径。

2) 平均粒径: 为了表示粒子群的某一物理特性, 按照应用的目的, 求出代表粒子群特性的粒径的平均值, 称为平均粒径。平均粒径的几种计算方法和应用见表3-1-8。

表 3-1-8 平均粒径的计算方法和应用情况

序号	名称	计算公式	物理意义	物理、化学现象
1	长度(算术)平均径	$\bar{d}_1 = \sum nd_p / \sum n$	单一粒径的算术平均值	蒸发及各种长度的比较
2	面积长度平均径	$\bar{d}_2 = \sum nd_p^2 / \sum nd_p$	总表面积除以总长度	吸 附
3	· 体积平均径	$\bar{d}_3 = \sum nd_p^3 / \sum nd_p^2$	总体积除以总表面积	传质、反应、粒子充填层的流体阻力, 填料的强度
4	质量平均径	$\bar{d}_4 = \sum nd_p^3 / \sum nd_p^3$	质量等于总质量, 数目等于总个数的粒子粒径	气力输送, 质量效率、燃烧、平衡
5	表面积平均径	$\bar{d}_m = (\sum nd_p^2 / \sum n)^{1/2}$	总表面积除以平方根	吸 收
6	体积平均径	$\bar{d}_v = (\sum nd_p^3 / \sum n)^{1/3}$	总体积除以总个数的立方根	光的散射, 喷雾的质量分布的比较
7	中位径	$d_{.5}$	粒径分布的累计值为50%的粒径	分离、分级装置性能的表现
8	众径	d_{dom}	粒径分布中频率密度值最大的粒径	

表3-1-8中的 d_p 代表粒子群中任一单一粒子的粒径, n 为相应于该粒径的粒子个数。

对同一粒子群, 用表3-1-8所列方法计算出各种平均粒径的数值差别很大, 一般情况下, $\bar{d}_1 < \bar{d}_m < \bar{d}_v < \bar{d}_2 < \bar{d}_3 < \bar{d}_4$ 。在实际应用中, 应根据不同的目的, 选择合适的计算方法。

三、粒径分布

1. 粒径分布的定义

某一粒子群中, 不同粒径范围内粉尘粒子所占的比例, 称为粒子的粒径分布。若以粒子的个数所占的比例来表示时称为粒数分布(数量分布); 以粒子的质量表示时称为质量分布; 以粒子的表面积表示时称为表面积分布。一般都采用质量分布来表示粉尘粒子的粒径分布。

2. 粒径分布的主要表示方法

1) 列表法。粉尘粒子的粒径分布最简单和最常用的表示方法是列表法。它是将粉尘粒子的粒径分成若干个区段, 分别测出各个区段的颗粒数或质量(用绝对数或百分数表示), 并将测定和计算的结果一并列入表中。用这种方法表示某种粉尘粒径分布的示例见表3-1-9 (该粉尘试样为42.7g)。

表 3-1-9 用列表法表示某种粉尘粒径分布的示例

区 段	1	2	3	4	5	6	7	8	9
表示项目									
粒径 \bar{d}_P (μm)	0.6~1.0	1.0~1.4	1.4~1.8	1.8~2.2	2.2~2.6	2.6~3.0	3.0~3.4	3.4~3.8	3.8~4.2
平均粒径 \bar{d}_P (μm)	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0
颗粒数 n (个)	370	1110	1660	1510	1190	776	470	187	48
质量 ΔD (g)	0.1	1.0	3.55	6.35	8.6	8.9	8.05	4.55	1.6
质量百分数 ΔD (%)	0.23	2.35	8.3	14.95	20.1	20.85	18.8	10.65	3.77
相对频率 $\Delta D/d_P$ (%/ μm)	0.58	5.88	20.8	37.4	50.3	52.1	47.0	26.6	9.6
筛上累计 R_i (%)	100	99.7	97.42	89.12	47.17	54.07	33.22	14.42	3.77
筛下累计 D_i (%)	0	0.3	2.58	10.88	52.83	45.93	66.78	85.58	96.23

2) 图形法。用图形法表示粉尘的粒径分布状况比用表格法有更直观醒目的特点。

用直方图表示粉尘粒子的粒径分布如图3-1-3a所示。横坐标为粒径, 纵坐标为该粒径范围的粒子数, 或称频率。

在直方图中, 每一级的高度与在该级中的粒子数成正比。如果所计算的粒子数足够时, 通过每级直方图可连接成一光滑曲线, 称为频率曲线。因此, 需将粉尘的粒径至少分成8级, 最多20级, 以使每级中有足够多的粒子数。

区间分布图亦是直方图的一种, 它的表示方法是使每级直方图的面积与该级内的粒子数成正比, 如图3-1-3b所示。横坐标仍为粒径, 纵坐标为 $\Delta D/d_P$ 。 d_P 为各级的粒径区间, ΔD 为该级内粒子的质量百分数。

图3-1-3c为累积分布曲线。其横坐标仍为粒径, 纵坐标为小于或大于该粒径的累积百分数。

$$R_i + D_i = 100 \quad (3-1-7)$$

筛下累计

$$D_i = \int_{d_{m1}}^{d_p} dD \quad (3-1-8)$$

筛上累计

$$R_i = \int_{d_p}^{d_{m2}} dD = 100 - \int_{d_{m1}}^{d_p} dD \quad (3-1-9)$$

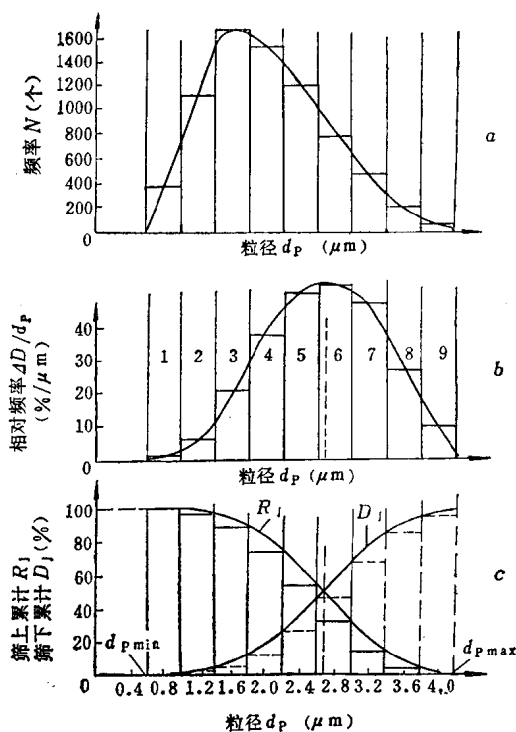


图 3-1-3 粒径频率及累积分布图

a—直方图; b—区间分布图; c—累积分布图

$$\text{相对频率} \quad y = \frac{dD_j}{d(\bar{d}_p)} = - \frac{dR_j}{d(\bar{d}_p)} \quad (3-1-10)$$

累积分布曲线表示法的优点是容易从图上查出粉尘粒子的中位径和任何两粒径之间的粒子百分数。

3) 函数法。虽然粉尘的粒径分布可用表格或图形表示,但在某些情况下用函数形式表示对数学分析有利。常用的函数表达形式有正态分布函数、对数正态分布函数、Rosin-Rammler函数等。

四、比表面积

1. 比表面积的定义

粉尘的比表面积是单位量(可以是净体积、堆积体积或质量)粉尘的表面积。

粉尘粒子越细,其相同体积的粒子的表面积越大。它表示粒子群总体的细度,特别是微细粒子存在程度的一种粒度特性值。

2. 比表面积的确 定

1) 以粉尘的净体积(不包括占据空间的气体体积)为基准的粉尘比表面积 S_w 为:

$$S_w = \frac{6}{\phi_c \bar{d}_3}, \text{ cm}^2/\text{cm}^3 \quad (3-1-11)$$

式中 \bar{d}_3 ——粒子的体面积平均径;

ϕ_c ——粒子的卡门形状系数(或表面系数)。

对粒径为 d_p (cm) 的球形粒子,其比表面积 S_w 为:

$$S_w = \frac{6}{d_p}, \text{ cm}^2/\text{cm}^3 \quad (3-1-12)$$

2) 以质量为基准的粉尘比表面积 S_{wm} 为:

$$S_{wm} = \frac{6}{\phi_c \rho_p \bar{d}_3}, \text{ cm}^2/\text{g} \quad (3-1-13)$$

式中 ρ_p ——粒子的真密度, g/cm^3 。

3) 以堆积体积为基准的粉尘比表面积 S_{wb} 为:

$$S_{wb} = \frac{6(1-\varepsilon)}{\phi_c \bar{d}_3}, \text{ cm}^2/\text{cm}^3 \quad (3-1-14)$$

式中 ε ——空隙率,它为粉尘粒子之间的空隙体积与粉尘实际占据的容积之比,

部分粉尘的比表面积见表3-1-10。

表 3-1-10 部分粉尘的比表面积

粉尘类别	中位径 d_{50} (μm)	比表面积 S_{wm} (cm^2/g)
刚生成的烟草烟尘	0.6	100000
细飞灰	5	6000
粗飞灰	25	1700
水泥窑粉尘	13	2400
细炭黑	0.03	1100000
细砂	500	50