

· 煤矿安全技术丛书 ·

矿尘防治技术

赵其文 刘 明 编

714

中国经济出版社

内 容 提 要

矿尘是煤矿生产中五大自然灾害之一，它不但影响井下工作人员的健康，而且在一定条件下具有爆炸性，严重威胁着煤矿的安全生产。

本书共分七章，对矿尘的特性、产生及运动规律，有效地控制矿尘，防止矿尘的危害，对矿尘的检测及管理从理论上和实践上作了全面的阐述，并介绍了煤尘爆炸及处理实例。

本书可作为煤矿职工的安全技术培训教材，也可作为煤矿院校及有关工程技术人员的参考用书。

煤矿安全技术丛书 矿尘防治技术 赵其文 刘明 编

中国经济出版社出版
(北京翠微路22号)
北京顺义小店印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

787×1092毫米 32开本 6 4/32 印张 139千字

1987年4月第1版 1987年4月第1次印刷

印数：00,001—12,000

统一书号：15395·07 定价：1.30元

《煤矿安全技术丛书》编辑委员会

主 编：岳 翰

副主编：贾悦谦 孙承仁 于不凡

编写组成员：（以姓氏笔划为序）

于不凡	万长慈	王家棣	白 帆
孙承仁	刘 明	刘福全	陈 光
宋 吟	严志才	陆春元	余德绵
张 枫	岳 翰	苗建国	赵其文
袁钟慧	贾悦谦	黄 侃	虞 人
魏 青			

前 言

《煤矿安全技术丛书》（以下简称《丛书》，是根据中华人民共和国煤炭工业部1986年2月颁发，并于1986年7月1日开始执行的《煤矿安全规程》的规定组织编写的。

《煤矿安全规程》第500条明确规定：“直接从事煤矿井下生产建设的职工，都必须进行强制性的安全技术培训，经考核合格并取得《安全资格证书》，才能上岗。否则，干部不能担任领导职务，工人不准上岗。”所以，从事煤矿生产建设的干部和工人都必须学习党和国家有关安全生产的方针、政策；学习和掌握矿山救护、创伤急救的基本知识，能抢救、自救和互救。此外，干部还必须学习安全技术理论知识、井下灾害的发生规律、预防措施和处理方法，能制定职责范围内矿井灾害的预防和处理计划，如遇险情能采取应急措施，正确处理，化险为夷；工人也必须学习矿井安全基础知识、与本工种有关的煤矿安全规程的规定，了解与本工种有关的事故发生规律；学习预防措施和处理方法，遇有险情能采取应急措施；学习本工种的操作规程以及有关设备、仪器仪表的安全操作，做到能排除故障安全生产。

为了满足广大煤矿职工安全技术培训的需要，我们组织北京煤炭管理干部学院、煤炭部技术咨询委员会、重庆煤矿安全研究所等单位有关专家和专业人员编写了：《煤矿采掘基础》、《矿井通风》、《煤矿瓦斯防治技术》、《矿尘防治技

术》、《矿井防灭火技术》、《矿压及顶板事故处理》、《矿井水灾防治技术》、《矿井爆破安全技术》、《矿井提升运输安全技术》、《煤矿安全用电》、《煤矿安全监测技术》以及《矿山救护》等。这套《丛书》适合于从事煤矿生产建设的职工安全技术培训用，并可作为煤炭院校师生的教学参考用书。干部和工人的各种培训班，可根据本地区、本单位的具体情况，结合培训对象，对《丛书》内容酌情增减。

《丛书》在编写过程中，得到了煤炭部有关司局、煤炭部技术咨询委员会、重庆煤矿安全研究所、山西矿业学院、山东矿业学院、开滦矿务局、阳泉矿务局、大同矿务局、北京矿务局等有关同志的大力支持，并由煤炭部安监局朱美丽高级工程师、山西矿业学院刘吉昌副教授、中国矿业学院徐永圻副教授、通化矿务局张卫国总工程师、北京矿务局田荣林总工程师、煤炭部技术咨询委员会童有德高级工程师、北京煤炭管理干部学院王振铎副编审、《煤炭企业管理》编辑部周培玉副主编等同志进行了审阅，提出了宝贵意见，在此一并致以深切的谢意。

书中不足和错误之处，诚请广大读者批评指正。

《丛书》编写组
一九八六年九月

目 录

前 言

第一章 矿尘及其危害	(1)
第一节 矿尘概述.....	(1)
第二节 矿尘的性质.....	(5)
第三节 煤尘爆炸.....	(10)
第四节 尘肺病.....	(22)
第二章 预湿煤体防尘	(31)
第一节 预湿煤体概述.....	(31)
第二节 短钻孔及深钻孔煤层注水.....	(35)
第三节 长钻孔煤层注水.....	(39)
第四节 采空区及巷道灌水.....	(53)
第五节 预湿煤体防尘的施工管理.....	(59)
第三章 喷雾洒水防尘	(62)
第一节 喷雾降尘.....	(62)
第二节 喷雾器.....	(66)
第三节 自动喷雾.....	(73)
第四节 防尘供水.....	(77)
第四章 采掘防尘	(82)
第一节 湿式凿岩.....	(82)

第二节	水封爆破与装岩洒水.....	(92)
第三节	通风防尘.....	(97)
第四节	除尘器及物理化学除尘.....	(105)
第五节	改进采掘机械结构及运行.....	(110)
第六节	个体防护.....	(112)
第五章	防止与隔绝煤尘爆炸.....	(119)
第一节	消除井下引爆火源.....	(119)
第二节	落尘的处理.....	(121)
第三节	隔绝煤尘爆炸.....	(125)
第六章	矿尘的检测及管理.....	(131)
第一节	矿尘浓度测定.....	(131)
第二节	矿尘分散度测定.....	(141)
第三节	落尘及游离二氧化硅的测定.....	(144)
第四节	分析天平及显微镜的使用.....	(150)
第五节	防尘技术管理.....	(158)
第七章	煤尘爆炸及处理实例.....	(165)
第一节	放炮引起煤尘爆炸实例.....	(165)
第二节	沼气爆炸引起煤尘连续爆炸实例.....	(173)
第三节	明火引起煤尘爆炸实例.....	(177)
附录 I	煤层注水主要设备技术特征.....	(180)
附表 II	矿尘浓度测定测点布置.....	(187)

第一章 矿尘及其危害

矿尘是煤矿生产中五大自然灾害之一，它不仅影响接尘人员的健康，而且绝大部分矿区的煤尘还具有爆炸性，严重威胁着煤矿的安全生产。所以，了解矿尘的特性以及产生与运动的规律，有效地控制矿尘，对改善劳动条件、防止矿尘的危害和保证矿井的安全生产具有重要的意义。

第一节 矿尘概述

一、矿尘及其分类

（一）矿尘的概念

矿尘是指在煤矿生产中所产生的细小矿物颗粒。在矿尘中，从能否参与爆炸的角度考虑，煤粒粒径如大于1毫米一般不能参与爆炸，因此，粒径在1毫米以下的煤粒叫煤尘；从卫生的角度考虑，岩粒粒径如大于5微米尘粒很难进入肺泡，因此，粒径在5微米以下的岩粒叫岩尘。岩尘中如果含有游离的二氧化硅（ SiO_2 ），当其含量超过10%时称为矽尘。

矿尘大小不一，形状各异，通常取其平均粒径来表示矿尘的大小。矿尘的粒径也叫矿尘的粒度。粒度单位采用微米（1微米=0.001毫米）。

（二）矿尘的分类

1. 按测定矿尘浓度的方法分类

（1）全尘 全尘是指各种粒度的煤尘和岩尘总和。在实

际工作中，无法严格按粒度和成分测得全尘，通常把矿尘浓度近似作为全尘浓度。

(2) 呼吸性矿尘 人在正常呼吸时，粒径较大的矿尘容易被阻留在呼吸道，而小于5微米的矿尘有80~90%能够随人的呼吸到达人的肺泡，对肺部危害很大，所以，把5微米以下的矿尘叫做呼吸性矿尘。

2. 按矿尘的爆炸性分类

爆炸性矿尘是指经过爆炸性鉴定实验，确认飞扬在空气中的矿尘在一定的条件下，本身能发生爆炸或能够传播爆炸的矿尘。我国多数矿区的煤尘均属有爆炸性危险的矿尘。

无爆炸性矿尘是指经爆炸性鉴定实验，确认不能发生爆炸也不能传播爆炸的矿尘。

二、矿尘的产生及其影响因素

(一) 产生矿尘的主要环节

在煤的生产过程中，几乎所有作业都可产生矿尘。例如，打眼放炮、清理工作面、装载、运输、转载、支护、顶板管理、提升等都会产生矿尘或使其飞扬。凡是在生产过程中因破碎或震动煤岩所产生的矿尘叫次生矿尘；而把煤岩层受地质构造运动或受支承压力作用而产生的矿尘叫做原生矿尘。

(二) 影响矿尘产生的主要因素

1. 自然条件

(1) 地质构造情况 地质构造复杂，断层褶皱发育，受地质构造运动破坏强烈地区，开采时矿尘产生量较大，反之则较小。

(2) 煤层的赋存条件 在同样的技术条件下，开采薄煤层比开采厚煤层矿尘产生量要大，因为在同样的钻眼爆破、装

载运输条件下薄煤层工作空间小。

开采缓倾斜煤层比开采急倾斜煤层矿尘产生量小。

(3) 煤、岩的物理性质 一般情况下，节理发育，结构疏松、水份较低。煤、岩坚硬，脆性大采掘时矿尘的产生量较大，反之较小。

2. 生产条件

(1) 机械化程度 随着采掘机械化程度的提高，矿尘的产生量也随之增大。据统计采煤工作面矿尘浓度大致如下：综采工作面为200~300毫克/立方米；普采工作面为100~200毫克/立方米；炮采工作面为50~100毫克/立方米。由此可以看出，机械化程度越高，矿尘危害越严重。

(2) 生产的集中化程度 生产的集中化使矿井的采掘工作面的个数减少，采掘推进速度加快，人和设备集中，其结果是在较小的空间内产生较多的矿尘。同时，因采掘集中化要求，风量越来越大，扬起矿尘而且使矿尘在井下巷道中浮游时间和距离增大，矿内空气中矿尘浓度增大。

(3) 采煤方法 采煤方法不同，煤尘产生量也不一样。例如，急倾斜煤层采用倒台阶采煤法比水平分层采煤法煤尘产生量要大得多；全部垮落法管理顶板比冲填法管理顶板产尘量要大。

(4) 通风状况 通风和矿尘的关系比较密切，风量大能稀释矿尘，将矿尘带出矿井。但是，如果风量过大，风速过高，又能将已经沉降的矿尘吹扬起来，增加空气中矿尘的浓度。

各个矿井由于生产条件和自然条件不同，矿尘的产生量也不同。在同一矿井同一工作面不同地点矿尘产生量也不同。在同样的条件下，同一种工序矿尘的产生量大约相同。

三、矿尘在井下的存在状态

(一) 浮游状态

飞扬在矿内空气中的矿尘叫做浮游矿尘，简称浮尘。浮尘一般粒度在1微米以下。浮游矿尘所存在的状态为浮游状态。

(二) 沉积状态

从矿内空气中沉降下来附着在巷道顶，底板上以及设备、材料上的矿尘叫做沉积矿尘，简称落尘。落尘一般粒度大于10微米。沉积矿尘所存在的状态为沉积状态。

浮游矿尘在井下因自重而逐渐沉降下来变为沉积矿尘；沉积矿尘也可能受外界的震动，冲击再次飞扬起来成为浮游矿尘。矿尘的悬浮能力与矿尘的粒度、形状、比重、空气流动速度有关。在矿内空气中，小于10微米的矿尘易于悬浮，大于10微米的矿尘大部分在风流中先后沉降。根据理论计算，比重为1.31的球形煤尘，在静止的空气中降落速度如表1—1所示。

表1—1 矿尘的沉降速度

尘粒直径(微米)	100	10	1	0.1
降落速度(毫米/秒)	398	3.98	0.0398	0.000398
降落每米时间(秒)	2.6	264	25200	∞

在采煤工作面，一般情况下100微米的煤尘可随风飘出十米以外；10微米的煤尘可随风飘出数百米以外沉降到底板；再小的煤粒基本上不沉降。

第二节 矿尘的性质

一、矿尘的比表面积

煤或岩石被破碎为微细的矿尘，其总表面积显著增大。单位质量（或体积）矿尘的总表面积称为矿尘的比表面积。设尘粒为球形则比表面积 S_w 与直径 d 的关系为：

$$S_w = \frac{\pi d^2}{\pi/6 d^3 \rho_1} = \frac{6}{\rho_1 d} \text{ 平方米/公斤}$$

$$\text{或} \quad S_w = \frac{\pi d^2}{\pi/6 d^3} = \frac{6}{d} \text{ 平方米/立方米。}$$

式中 d ——尘粒的直径，米；

ρ_1 ——矿尘的密度，公斤/立方米

由上式可以看出，矿尘的比表面积与其直径成反比。如果矿尘的粒径越小，它的比表面积越大。例如，将一立方厘米的煤破碎成直径为1微米的球形煤尘，则比表面积变化如下：

$$S_{w1} = \frac{6 l^2}{l^3} = 6 \text{ 平方厘米/立方厘米}$$

$$S_{w2} = \frac{\pi d^2}{\pi/6 \cdot d^3} = \frac{6}{d} = 6 \times 10^6 \text{ 平方米/立方米}$$

单位变换 $S_{w2} = 6 \times 10^4 \text{ 平方厘米/立方厘米。}$

由此看出，体积为1立方厘米的一个正立方体煤块，如果矿碎成粒度为1微米的煤尘，则表面积是原来的一万倍。

二、矿尘的可见度

在强烈的阳光下,当尘粒的背影颜色不同时,可以见到10微米大小的尘粒。然而,在照明条件很差的矿井里,100微米的尘粒肉眼是看不见的。因此,看上去井下空气似乎很清洁。而实际上可能含有大量的矿尘。这部分矿尘恰恰是对人身体危害比较严重的那一部分。

三、矿尘的悬浮性及凝聚性

(一) 悬浮性

尘粒粒度越小、重量越轻,矿尘表面积越大,吸附空气的能力也越强。矿尘的表而形成一层空气膜。因此,矿尘不易降落,可以长时间的悬浮在空气中。矿尘的这种特性叫做悬浮性。直径大于10微米的矿尘,在静止的空气中呈加速下降,很快落到底板;直径在0.1~10微米之间的呈等速下降;直径小于0.1微米的尘粒基本不下降。

(二) 凝聚性

矿尘体积小,重量轻,比表面积大,增强了尘粒间的结合力。当粒子间的间距非常小时,由于分子引力作用,尘粒相互结合而形成较大尘粒,矿尘的这种性质叫做凝聚性。若尘粒和其它物体相结合称这种现象为附着。利用超声波振动以及磁力作用促进粒子的互相碰撞而使矿尘凝聚,加大矿尘的直径,体积和重量,使矿尘沉降速度加快是除尘的一种有效方法。

四、矿尘的吸湿性

当空气湿度较大或有水雾时,矿尘的粒子表面空气膜被水

雾或水滴破坏，因而粒子相互碰撞时凝聚在一起，这种性质叫做矿尘的湿润性。矿尘的湿润性一般很小，即使是湿润性较高的矿尘，也只有在尘粒与水滴具有较高的相对速度碰撞时，才能湿润矿尘，湿润后的矿尘重量增加，矿尘才会加速沉降。井下使用的喷雾器就是利用矿尘的这种性质捕捉矿尘的。

五、矿尘的荷电性

矿尘粒子因在被破碎的过程中互相摩擦，得到或失去电子因而矿尘带电。尘粒的荷电量取决于尘粒的大小和比重，并与湿度和温度有关。当温度升高时，荷电量增加；而当温度增大时，荷电量降低。同一种尘粒可带正电，也可带负电或不带电，而与其化学性质无关。

尘粒的荷电性对矿尘在空气中的稳定程度有一定的影响。同性电荷相斥，增加了尘粒在空气中的运动，异性电荷相吸，可使尘粒在碰撞时凝聚而沉降。

一般认为，荷电尘粒易被阻留于体内，尘粒的荷电量影响细胞的吞噬速度，矿尘的荷电量越大对人的危害也越严重。

六、矿尘的浓度

矿尘的浓度是指在单位体积的矿内空气中所含矿尘的数量。其表示方法有两种：

（一）表示方法

1. 计重法

计重法是用每立方米矿内空气中所含浮尘的重量表示，单位为克/立方米或毫克/立方米。

2. 计数法

计数法是用每立方厘米的矿内空气中含有浮尘的颗粒数表

示，单位为粒/立方厘米。

目前，世界上主要采煤国多采用计重法表示矿尘的浓度。

(二) 矿尘的国家卫生标准

根据国家卫生标准，在《煤矿安全规程》第464条中规定“井下有人工作地点和人行道的空气中粉尘浓度应符合表1—2所示”。

表1—2 矿尘国家卫生标准

矿尘中的游离SiO ₂ 含量	矿尘允许浓度
<10%	10毫克/立方米
>10%	2毫克/立方米

我国矿尘卫生标准中规定的矿尘浓度是指劳动者每天工作八小时，每周工作六天，长期接触此浓度矿尘不至于引起对健康有害的影响。它是根据矿尘中有毒有害物质对人体的毒害致病情况的研究和国家当前的经济技术条件，参考国外有关资料而制定的。它是评价生产环境中有害物质对劳动者健康的影响程度的标准，也是制订预防性措施和进行卫生监督的依据。

(三) 除尘效率

除尘效率（也叫降尘率）是表示除尘措施或装置使空气中含尘量降低程度的指标，其实质就是除掉的矿尘与空气中原有总的含尘量之比的百分数。其计算式如下：

$$\eta = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100\% = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

式中 G_1 ——原空气中的总矿尘量，克；
 G_2 ——降尘后空气中的矿尘量，克；

C_1 ——原空气中的矿尘的浓度，克/立方米或毫克/立方米；

C_2 ——降尘后空气中的矿尘浓度，克/立方米或毫克/立方米。

七、矿尘的分散度

矿尘的分散度是指物质被破碎的程度，用来表示矿尘粒子大小的组成。通常所说的矿尘分散度是指某粒级的矿尘量与矿尘总数量的百分比。

（一）计数分散度

计数分散度是指某粒级的矿尘颗粒数占矿尘总颗粒数的百分比。其计算方法如下：

$$P_i = \frac{n_i}{m} \times 100\%$$

式中 n ——某粒级尘粒的颗粒数，粒；
 m ——矿尘的总尘粒颗粒数，粒。

（二）计重分散度

计重分散度是指某粒级矿尘的重量占矿尘总重量的百分比。其计算方法如下：

$$P_i = \frac{u_i}{w} \times 100\%$$

式中 u ——某粒级矿尘的重量，毫克；
 w ——矿尘总重量，毫克。

通常以表格的形式表示矿尘的分散度，其表格的形式如表1—3所示。

我国以计重分散度计量

表1—3

分散度计量样表

矿尘总和 粒级分散度	<1	1~2	2~5	5~10	>10

第三节 煤 尘 爆 炸

煤尘爆炸在煤矿井下危害十分严重，但是，如果掌握其爆炸的条件及其规律，积极采取相应的措施，煤尘爆炸是可以预防的。

一、煤尘爆炸的必要条件

(一) 煤尘具有爆炸性

煤尘爆炸的必要条件之一是煤尘具有爆炸性。煤尘的爆炸性要通过煤尘爆炸性鉴定实验确定。鉴定煤尘爆炸性的方法有两种：一种是在实验室用大管状煤尘鉴定实验仪；一种是利用模拟巷道进行实验。

1. 大管状煤尘爆炸鉴定实验仪

如图1—1所示，燃烧管1为内径75~80毫米，长为1400毫米的耐压玻璃管。它与通风排尘箱8连接，另一端开口并在距管口400毫米径向对开两个小孔。穿过小孔装入铂丝加热器2。加热器为长110毫米的中空细瓷管（内径为1.5和3.6毫米），管外缠绕直径为0.3毫米的铂丝约60圈，铂丝由燃烧管的小孔引出，接在变压器的2次线圈上，该线圈两端电压为30~40