

矿井综合防尘 技术与管理

史富川 康聚鼎 等编

煤炭工业出版社

矿井综合防尘技术与管理

主 编	史富川	副主编	康聚鼎
主 审	黄国纲	副主审	朱义卿
编 写	张天恩	石奇良	杜传献
	武恒隆	柳 刚	李文利

煤炭工业出版社

798982

(京)新登字042号

内 容 提 要

本书从理论和实践方面全面阐述了矿尘防治技术和防尘管理方面的基本知识和经验。其内容包括：矿尘及其危害；矿井防尘供水和管网水力计算；矿井综合防尘技术；矿井综合防尘检测及管理，并介绍了煤尘灾害事故及处理实例。全书突出综合治理和强化科学管理，增加了综合防尘的新技术、新设备等内容。

本书可作为煤矿基层干部、技术人员、测尘工、专职或兼职防尘人员的防尘技术培训用书，亦可供有关工程技术人员和煤炭院校师生参考。

矿井综合防尘技术与管理

史富川 康泰 等编
责任编辑：李 荷 香

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门内大街136号)

煤炭工业出版社印刷 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787×1092mm¹/₃₂ 印张13³/₄ 插页5

字数294千字 印数1—8,590

1994年12月第1版 1994年12月第1次印刷

ISBN 7-5020-1009-2/TD·921

书号 3775 G0299 定价9.50元

前 言

近年来，全国煤矿都加强了对井下矿尘的综合治理，在有效地控制矿尘及其危害方面取得一定的成果。随着矿尘的综合治理，综合防尘技术及其装备得到了不断发展，综合防尘管理也逐渐适应当前煤炭安全生产的需要。我们通过对治理粉尘实践经验的系统总结，编写成《矿井综合防尘技术与管理》一书，旨在作为防尘技术培训用书，以提高煤矿干部、职工的安全技术素质。

本书从实际应用出发，从理论和实践方面全面阐述矿尘防治技术和防尘管理方面的基本知识和经验。书中重点介绍了矿尘及其危害、矿井防尘供水及防尘管网系统、矿尘的检测，按煤矿生产工艺系统阐述了采煤工作面、掘进工作面、运输转载系统的综合防尘技术、装备及其防尘措施，较系统地介绍加强综合防尘管理方面的经验，简要介绍了煤尘爆炸事故案例，并对煤尘爆炸事故作了综合分析。

本书在编写过程中，部分编写人员曾到一些煤炭科研部门、大专院校、矿务局等单位进行调研、咨询和收集资料，得到煤炭科学研究总院及其重庆分院、中国矿业大学、山东矿业学院、新汶矿务局、平顶山矿务局等单位的领导、专家和科技人员的大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，编者水平所限，书中缺点和疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

一九九四年二月

目 录

前 言

第一篇 矿尘及其危害

第一章 矿尘的基础知识	1
第一节 煤矿粉尘	1
第二节 矿尘的性质	11
第三节 煤尘的燃烧与爆炸	16
第二章 尘肺病及其防治	29
第一节 尘肺病的概念及分类	29
第二节 尘肺病发病机理及主要症状	33
第三节 影响尘肺病发病的因素	38
第四节 尘肺病的防治措施	41

第二篇 矿井防尘供水和管网水力计算

第三章 矿井防尘供水	47
第一节 防尘供水水源及供水系统	47
第二节 矿井防尘用水量计算	51
第三节 防尘静压供水	58
第四章 防尘管网系统	65
第一节 防尘管网布置	65
第二节 管网水力计算	66
第三节 水压调节	73
第四节 管材选型与管路敷设	78

第三篇 矿井综合防尘技术

第五章 掘进工作面综合防尘	81
第一节 概述	81
第二节 炮掘工作面防尘	83
第三节 机掘工作面防尘	128
第四节 巷道锚喷防尘	134
第六章 采煤工作面综合防尘	145
第一节 采煤产尘概述	145
第二节 煤层注水防尘	149
第三节 采空区灌水防尘	191
第四节 机采工作面防尘	193
第五节 炮采工作面防尘	209
第七章 转载运输系统综合防尘	211
第一节 机械控制自动喷雾洒水	211
第二节 电器控制自动喷雾洒水	222
第三节 防爆型电控洒水配套设备	228
第四节 喷雾及喷雾器	231
第八章 防爆及隔爆措施	238
第一节 预防煤尘爆炸措施	238
第二节 隔绝瓦斯煤尘爆炸措施	241
第九章 物理化学除尘	264
第一节 湿润剂除尘	264
第二节 泡沫除尘	270
第三节 磁化水除尘	276
第十章 个体防尘	280
第一节 自吸过滤式防尘口罩	280
第二节 动力送风过滤式个体防尘用具	285
第三节 隔绝式压风呼吸器	290

第四节 防尘服	292
---------------	-----

第四篇 综合防尘检测及管理

第十一章 矿井粉尘检测	293
第一节 粉尘检测概述	293
第二节 粉尘检测方法	299
第三节 粉尘测定仪器	315
第四节 测尘技术工作与制度	331
第十二章 综合防尘管理措施	339
第一节 综合防尘组织管理	339
第二节 综合防尘安全技术管理	350
第三节 综合防尘标准及检查评定	365
第十三章 煤尘爆炸事故及处理案例	386
第一节 瓦斯引起煤尘爆炸事故	386
第二节 放炮引起煤尘爆炸事故	394
第三节 明火引起煤尘爆炸事故	400
第四节 其它火源引起煤尘爆炸事故	407
第五节 煤尘爆炸事故综合简析	409
参考文献	419

第一篇 矿尘及其危害

第一章 矿尘的基础知识

第一节 煤 矿 粉 尘

一、矿尘及其分类

(一) 矿尘的定义

在煤矿井下煤炭生产过程中，破碎煤、岩时产生的，并能在空气中悬浮较长时间的煤炭和岩石的细微颗粒统称为煤矿粉尘，简称矿尘。煤矿粉尘主要是指岩尘和煤尘。粒径在1mm以下的煤粒叫煤尘；粒径在 $5\mu\text{m}$ 以下的岩粒叫岩尘($1\mu\text{m}$ 等于千分之一毫米)。

(二) 矿尘浓度

矿尘浓度是指单位体积的矿井空气中所含矿尘的质量或数量。一般采用两种表示方法：

(1) 质量法：是指每立方米矿井空气中所含浮游矿尘的毫克数，单位为 mg/m^3 。

(2) 计数法：是指每立方厘米矿井空气中所含浮游矿尘的颗粒数，单位为颗/ cm^3 。

目前，我国和其它主要采煤国均采用质量法来表示矿井的矿尘浓度，而计数法只是在进行矿尘分散度的显微镜分析时运用。

(三) 矿尘的分类

1. 按测定矿尘浓度的方法分类

(1) 全尘：是指在矿井通风条件下，飞扬在井下作业空间的各种粒度的矿物粉尘的总称。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：一般是指粒径小于 $5\mu\text{m}$ 的矿尘。呼吸性矿尘能吸入人体呼吸系统和肺部并导致尘肺，所以，它是对人体危害最严重的粉尘，是粉尘防治工作的重点。

2. 按矿尘的成分分类

(1) 煤尘：采煤、煤巷掘进以及运煤等过程中产生的，尘粒中以含固定碳可燃物为主的矿尘称为煤尘。

各个国家在定义煤尘的粒度范围是不相同的，没有统一的严格规定，例如：

美国：为 0.64mm 以下的煤粒；

英国：为 0.59mm 以下的煤粒；

中国：为 1.0mm 以下的煤粒。

我国不同种类的煤所含固定碳的比例见表1-1。

表 1-1 我国不同种类煤的煤质分析(按煤样分析)

煤 种	固定碳 (%)	水分 (%)	挥发分 (%)	灰分 (%)
褐 煤	45~55	10~40	>40	4~30
烟 煤	65~90	1~8	10~26	2~10
无烟煤	>90	1~2	<10	2~10

(2) 岩尘：岩巷或半煤岩巷掘进中产生的，尘粒中不含或极少含有固定碳可燃物的矿尘称为岩尘。

煤矿井下作业产生的矿尘主要是煤尘和岩尘，此外，还

有少量金属微粒和爆破时产生的其它尘粒等。

3. 按矿尘的爆炸性分类

(1) 有爆炸性矿尘：经矿尘爆炸性实验鉴定，确定悬浮在空气中的矿尘云，在一定条件下，本身能发生爆炸或传播爆炸的矿尘称为有爆炸性矿尘。我国多数矿区的煤尘均属于有爆炸性危险的矿尘。根据煤尘爆炸性实验鉴定：我国统配煤矿中，有煤尘爆炸危险的矿井占83%以上。

(2) 无爆炸性矿尘：经矿尘爆炸性实验鉴定，确定不能发生爆炸，也不能传播爆炸的矿尘称为无爆炸性矿尘。

能够减弱或阻止有爆炸性煤尘爆炸，或隔绝爆炸火焰扩散的矿物粉尘，称为惰性粉尘。煤矿中的惰性粉尘主要是岩尘，如隔爆岩粉棚采用的石灰岩、粘土页岩、石膏等不燃性岩粉都属于惰性粉尘。

4. 按矿尘中游离二氧化硅 (SiO_2) 含量分类

(1) 矽尘：一般是指矿尘中游离 SiO_2 含量在10%以上的岩石粉尘。在煤矿生产中接触到的岩尘一般都称之为矽尘。岩石中游离 SiO_2 含量见表1-2。

(2) 非矽尘：是指矿尘中游离 SiO_2 含量在10%以下的岩石粉尘。煤矿中的煤尘一般都为非矽尘。

5. 按矿尘在井下的存在状态分类

(1) 浮游矿尘：粒度一般在 $1\mu\text{m}$ 以下，能长期飞扬在矿井空气中的矿尘称为浮游矿尘，简称浮尘。

(2) 沉积矿尘：粒度一般大于 $1\mu\text{m}$ ，在其自重的作用下，从矿井空气中沉降下来，附着在巷道、硐室、矿渣、支架、材料和设备等上面的矿尘称为沉积矿尘，简称落尘。

6. 按矿尘颗粒的大小分类

(1) 粗尘：为尘粒直径大于 $40\mu\text{m}$ 的粉尘，极易沉降，

表 1-2 部分岩石中游离SiO₂的含量

	岩 石 名 称	游离SiO ₂ 含量 (%)
火成岩	花岗岩	25.0~65.0
	云英岩	35.0~75.0
	伟晶花岗岩	21.5~40.0
	石英斑岩	26.0~52.0
	石英闪长岩	20.0~47.0
	长英岩	20.0~35.0
	石英正长岩	14.0~21.0
	辉长岩	5.0~8.0
	绿辉岩	2.0~3.0
	花岗闪长岩	14.0~24.0
	辉 岩	1.0~2.0
变质岩	石英岩	57.0~92.0
	碧玉铁质岩	45.0~70.0
	片麻岩	27.0~64.0
	角闪岩	12.0~36.0
	砂嘎岩(斯卡隆)	30.0~50.0
	云母片岩	25.0~50.0
沉积岩	砂 岩	33.0~76.0
	砂质石灰岩	15.0~37.0
	石灰岩	0.2~8.0
	铝土矿石	0.5~1.0
	粘土岩	3.0~7.0

是一般筛分的最小直径。

(2) 细尘: 尘粒直径为10~40 μ m的粉尘, 在明亮的光线条件下, 肉眼可以看到, 在静止空气中呈加速沉降, 这种矿尘也称为可见矿尘。

(3) 微尘: 尘粒直径为0.25~10 μ m, 在普通光学显微镜下可以观察到, 在静止空气中呈等速沉降, 这种矿尘称

为微尘。

(4) 超微矿尘：尘粒直径小于 $0.25\mu\text{m}$ ，在电子显微镜下可以看到，能够长时间悬浮于空气中，并随空气分子作布朗运动的矿尘称为超微矿尘。

二、矿尘的产生及其影响因素

(一) 矿尘的产生

在煤矿井下采煤、掘进、运输、提升等生产过程中，几乎所有的作业工序都会不同程度地产生矿尘。一般来说，没有防尘措施的煤矿井下，每昼夜产生的矿尘量约等于煤岩采动量的 $0.25\% \sim 1\%$ ；在机械化采掘中，矿尘的产生量更大，约等于采动量的 $1\% \sim 3\%$ ，有的甚至达到 5% 。产生矿尘的主要作业有：

- (1) 各类钻眼作业，如打炮眼、锚杆眼和注水眼等；
- (2) 炸药爆破；
- (3) 采煤机割煤、装煤和掘进机掘进；
- (4) 风镐落煤；
- (5) 装载、运输、转载和提升；
- (6) 采场和巷道支护、移架和移输送机；
- (7) 放顶及其它（冲击地压、煤与瓦斯突出等）。

矿井产生矿尘的地点有：掘进工作面，采煤工作面，采煤机及掘进机附近；综合机械化放顶煤采煤工作面，液压支架和放煤口处；井下煤仓、溜煤眼、翻笼、输送机、装煤和其它转载地点；地面筛分厂、破碎车间、胶带走廊、转载等地点。以上这些地点必须按照《煤矿安全规程》*有关条款规定，采取有效的防尘措施。

* 《煤矿安全规程》简称《规程》，下同。

（二）影响产生的主要因素

1. 地质构造及煤层赋存条件

在地质构造复杂，断层褶曲发育，受地质构造破坏强烈的地区，开采时会破坏应力平衡，地压显现强烈，矿尘产生量就大。如向斜轴部压缩潜能密集，应力集中，开采这种应力集中地区，顶板不易管理，产尘量就大，如图1-1所示。



图 1-1 向斜构造应力集中

煤层的厚度、倾角等赋存条件对产生量也有明显影响。在同样的技术条件下，开采急倾斜煤层比开采缓倾斜煤层产生量要大；开采厚煤层要比开采薄煤层产生量高。

2. 煤岩的物理性质

根据实验研究，煤岩的物理性质对矿尘的产生量也有较大影响。一般情况下，节理发育、结构疏松、水分含量低、脆性大、易碎，而且坚硬的煤岩，在相同的截割条件下，较其它煤岩产生量大，尘粒也细。

3. 环境温度和湿度

在其它条件相同的情况下，如果环境温度高，煤岩内水分低，煤帮岩壁干燥，而且作业环境相对湿度低，则由作业产生的矿尘就相对增大，悬浮在空气中的矿尘浓度就越大；反之，煤岩体本身潮湿，空气湿度又较大，虽然作业时产生了大量的矿尘，但因水蒸气和水滴的湿吸作用，矿尘飞扬不起

来, 悬浮在空气中的矿尘浓度就会相对减小。综合防尘技术中的喷雾洒水等湿式除尘措施就是根据提高作业环境的湿度、降低温度, 而达到防尘的目的, 详见表1-3。

表 1-3 不同采掘方法及有无防尘措施的
产尘浓度比较

采掘方法	防 尘 措 施	产尘浓度(mg/m ³)
风镐落煤	无	800左右
炮采	无	300~500
	煤层注水和喷雾洒水	40~80
机采	无	1000~3000 (个别达88000以上)
	煤层注水和采煤机内外喷雾	30~100
综采	无	4000~8000 (个别达20000以上)
	煤层注水和采煤机内外喷雾	20~120
炮掘	无	1300~1600
	湿式凿岩、放炮喷雾、装车洒水、冲洗岩帮及净化通风	6~10
机掘	无	2000~3000 (个别达6000以上)
	掘进机外喷雾和除尘器净化等	5~50

4. 采掘机械化程度和开采强度

据不完全统计, 各国实现了机械化开采的煤矿中, 井下70%~85%的矿尘是来自采掘工作面。表1-3示出了在地质条件和通风状况基本相同的情况下, 应用不同的采掘方法及

有无防尘措施，所产生的矿尘浓度。由此可以看出，煤矿机械化程度的提高，引起开采强度（工作面产量）的加大和生产集中化程度的提高，导致产尘量大幅度增加。同时，随着采掘机械化、生产的集中化程度的提高，要求加强通风和提高风速，就会扬起落尘，使矿尘在井下巷道中浮游时间和距离增大，矿井空气中矿尘浓度也增大。

5. 采煤方法

在相同煤层条件下，不同的采煤方法产生的矿尘量也不相同。急倾斜煤层倒台阶采煤法比水平分层采煤法产尘量大；全部垮落法管理顶板采煤法比充填法管理顶板采煤法产尘量大；其它一些针对具体情况而采取的非正规的采煤方法，例如，“高落式采煤方法”、“斜坡采煤方法”，其产尘量更大。

6. 通风状况

通风与矿尘的关系密切。风量大能稀释矿尘，将矿尘排出矿井。但是，风量过大，风速过高，会将已沉积的矿尘吹扬起来，增大了空气中的矿尘浓度；反之风速过低，就会影响工作面的供风量和带出矿尘。所以，应该根据作业点的不同特点，选择最佳的排尘风速，有效地控制矿尘。国内外研究表明，掘进工作面的最佳最低排尘风速为 $0.25 \sim 0.5 \text{ m/s}$ ，采煤工作面的最佳排尘风速见表1-4。

另外，不同的通风方式，矿尘的产生量也是不同的。如下行通风方式比上行通风方式产尘量少；作业点分区通风方式比串联通风方式产尘量少。同时，风向和风量也对矿尘浓度有影响。在允许的最佳排尘风速中，风量越大，矿尘浓度就越小。为了减少矿尘的飞扬和扩散，在可能的条件下应该尽量使尘流和风流方向保持一致。

表 1-4 几个国家确定的采煤工作面最佳排尘风速

国家	最佳排尘风速 (m/s)	部分综采工作面已达实际风速 (m/s)
英国	1.5~2.0	2.5
德国	2.0~3.0	3.1
中国	1.2~1.6	

除了上述的主要影响因素以外，井下矿尘的产生量还受到一些偶然因素或未知因素的影响。所以应该指出，各个矿井里产生的矿尘量是不同的，在同一个矿井的各个作业点，不同的作业方式，其矿尘产生量也不尽相同，甚至在同一个工作面，同一个作业班里，产尘量也随着时间和作业方式的变化而变化。

三、井下矿尘的运动状况

井下矿尘的存在状态分为浮游矿尘和沉积矿尘。它们之间的关系，在一定条件下，能互相转换。浮游矿尘在静止的空气中，其沉降速度主要取决于它的分散度、密度及空气的密度和粘度，部分取决于尘粒的形态。表1-5表示的是不同粒径的煤尘和岩尘在常温静止空气中的沉降速度。

表 1-5 矿 尘 的 沉 降 速 度

尘粒直径 (μm)	岩尘沉降速度 (mm/s)	煤尘沉降速度 (mm/s)
100	786	398
10	7.86	3.98
1	0.0786	0.0398
0.1	0.000786	0.000398

但在风流作用下，矿尘因受到风流的吹动以及自身的重力作用，将做定向运动或不规则（布朗）运动。一般情况下，矿尘的悬浮能力与它的粒度、形态、密度、空气流动速度等因素有关。小于 $10\mu\text{m}$ 的矿尘易于悬浮，大于 $10\mu\text{m}$ 的矿尘大部分在风流中先后沉降，所以矿尘在风流作用下的运动状况与风流状态有密切关系。当风速较大时，即当矿尘的速度比（风速比尘粒的速度）接近于1时，尘粒基本处于均匀分布状态，呈悬浮运动；当风速较小时，矿尘的速度比是不规则变化的，尘粒呈疏密流或停滞流；当在接近巷道底板扬起矿尘时，矿尘绝大部分靠近巷道下部运动；当风流很小时，矿尘仅部分被风流带走；当局部巷道断面变小，风流增大时，矿尘的运动状态也随之发生变化。

部分悬浮于风流中的矿尘，在自身的重力作用下，逐渐沉降下来，成为沉积矿尘。颗粒小的矿尘多落在巷道的顶板和两帮；颗粒大的矿尘多落在底板上。从巷道周边来看，底板矿尘为最多，两帮次之，顶板最少。

悬浮于风流中 $1\mu\text{m}$ 以下的微细矿尘，基本上很难沉降，在空气中处于不停歇的运动状态，仅在与障碍物接触时粘附在它们上面，当聚集的尘团质量大于粘附力时，便第二次进入风流中。

沉积矿尘在暴风、冲击波等外力作用下，可再次飞扬起来，成为浮游矿尘。根据理论计算和实验，沉积煤尘的厚度达到 $37\sim 18\mu\text{m}$ 时，在受外力作用、全部均匀飞扬充满巷道后，即可达到起码的爆炸浓度。一般情况下，井下沉积煤尘远远超过这个厚度。沉积煤尘的再次飞扬，参与爆炸，可形成连续大爆炸，所以说它是井下存在的严重灾害隐患。为此，《规程》规定：矿井的综合防尘措施、隔爆措施及其组