

·煤·矿·主·要·灾·害·防·治·技·术·丛·书·

矿井粉尘防治技术

中国煤炭工业劳动保护科学技术学会 组织编著

煤炭工业出版社

煤矿主要灾害防治技术丛书

矿井粉尘防治技术

中国煤炭工业劳动保护科学技术学会 组织编著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书系统地阐述了矿井粉尘的基础知识，从理论和实践两方面较全面地介绍了目前国内外矿井粉尘防治的科研成果和实用技术。全书共十章，主要内容有各关键产尘地点的综合防尘技术措施、煤尘爆炸防隔爆技术措施、粉尘监测技术及煤矿防尘管理。

本书面向从事煤矿安全生产工作的科研、设计、生产的工程技术人员和管理干部，也可供煤炭高等院校采矿、通风安全专业师生参考使用。

编审委员会名单

主任 赵铁锤
委员 (按姓氏笔画排序)
王宏斌 王岐成 王树玉 刘伯 刘景华
朱锦文 李文俊 运宝珍 邱宝杓 赵益芳
窦永山
主编 窦永山
副主编 朱锦文 王树玉

《矿井粉尘防治技术》

主编 赵益芳
编写人 赵益芳 赵森林 薄俊伟 赵树芬 赵光宇

《瓦斯灾害防治技术》

主编 运宝珍 刘洪
审稿人 马尚权

《矿井水害防治技术》

主编 王宏斌 刘伯
编写人 王宏斌 刘伯 才向军 张林
审稿人 刘国林

《矿井火灾防治技术》

主 编 刘景华

审稿人 方裕璋

《矿山压力与岩层控制技术》

主 编 王岐成

审稿人 刘过兵

前 言

煤炭是我国国民经济发展的主要能源支柱。我国煤炭生产和国外相比，最大的特点之一是以井工生产为主。井工生产除生产过程复杂、环节多、工作地点经常移动外，还要受到矿压、瓦斯、火灾、水害、煤尘等自然灾害的威胁。随着矿井机械化程度的不断提高，开采强度的不断加大，煤矿安全问题日趋突出。因此，认真做好煤矿安全工作，对于加强煤矿劳动保护、搞好安全文明生产、加速我国煤炭工业持续稳定地发展具有重要的现实意义。

新中国成立以来，我国在煤矿灾害防治方面积累了丰富的经验，特别是随着《矿山安全法》、《煤炭法》和《安全生产法》等一系列法律法规的颁布与实施，我国煤矿灾害防治工作在理论研究及技术应用方面都取得了显著的进展，这对煤矿安全状况的改善发挥了重要作用。

为了系统地总结目前国内外行之有效的煤矿灾害防治技术，推动煤矿安全技术水平和管理水平的提高，使煤矿安全技术更加系统和完善，中国煤炭工业劳动保护科学技术学会组织从事煤矿安全技术的科研单位、高等院校以及煤炭生产企业的专家学者编写了本套丛书。本套丛书共有《瓦斯灾害防治技术》、《矿井火灾防治技术》、《矿井水害防治技术》、《矿井粉尘防治技术》、《矿山压力与岩层控制技术》5个分册。

本套丛书立足于现场应用，在内容上以矿井灾害防治理论与技术实践为基础，汇集了近年来国内外矿井灾害防治最新科研成果，具有先进性、科学性和较强的实用性。

本套丛书适合从事煤矿安全工作的科研、设计、生产的工程技术人员和管理人员阅读，也可供煤炭高等院校采矿、通风安全专业师生参考。

由于编者水平所限，书中缺点和错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

编审委员会

2007年6月

目 录

第一章 矿尘及其危害	1
第一节 矿尘的产生及分类.....	1
第二节 矿尘的性质.....	4
第三节 煤尘爆炸.....	8
第四节 煤矿尘肺病.....	13
第五节 我国煤矿煤尘事故统计分析.....	16
第二章 综合防尘技术	24
第一节 通风除尘.....	24
第二节 湿式除尘.....	25
第三节 密闭抽尘.....	30
第四节 净化风流.....	31
第五节 个体防护.....	38
第六节 其他防尘措施.....	40
第三章 煤体注水防尘	43
第一节 概述.....	43
第二节 煤层注水方式及选择.....	44
第三节 煤层长孔注水.....	47
第四节 注水设备及器材.....	55
第五节 有关煤层注水的几个问题.....	57
第六节 煤层注水效果及其考察方法.....	59
第四章 掘进工作面防尘	61
第一节 湿式凿岩.....	61
第二节 湿式钻眼.....	63
第三节 爆破防尘.....	64
第四节 装煤(岩)洒水.....	67
第五节 通风排尘.....	68
第六节 机掘工作面防尘.....	70
第七节 锚喷支护防尘.....	84

第五章 采煤工作面防尘	91
第一节 炮采工作面防尘	91
第二节 机采工作面防尘	93
第三节 综放工作面防尘	117
第四节 采空区灌水预湿煤体	119
第六章 转载运输系统综合防尘	123
第一节 井下转载运输系统防尘	123
第二节 地面转载运输系统防尘	138
第七章 矿井防尘供水系统	142
第一节 地面水池及水质	142
第二节 防尘用水设备的耗水量与水压	145
第三节 矿井防尘用水量的确定	148
第四节 防尘供水系统	153
第五节 给水池供水的水泵电机功率及耗电量计算	156
第六节 管网水力计算	157
第七节 压力控制	171
第八节 喷嘴与水幕的设置与调试	176
第九节 管路的保养维修	181
第八章 预防和隔绝煤尘爆炸	183
第一节 煤矿防隔爆技术分类	183
第二节 预防煤尘爆炸的技术措施	183
第三节 隔绝煤尘爆炸传播的技术措施	186
第九章 矿尘检测	191
第一节 概述	191
第二节 粉尘浓度的测定	191
第三节 粉尘粒径分布的测定	204
第四节 粉尘中游离 SiO ₂ 含量的测定	208
第五节 煤尘沉积速度(强度)的测定	209
第六节 综采工作面粉尘浓度分布的测定	209
第七节 综采工作面粉尘分布图的测绘	215
第八节 煤矿粉尘连续监测系统	217
第九节 煤矿粉尘浓度标准及监测规定	219

第十章 煤矿防尘管理.....	221
第一节 煤矿防尘组织管理.....	221
第二节 煤矿防尘安全技术管理.....	224
第三节 煤矿防尘工作的系统工程管理初探.....	232
附录一 《煤矿安全规程》中有关防尘的条款	240
附录二 有关粉尘的国家标准和行业标准.....	243
附录三 粉尘防治质量标准及检查评比办法.....	244
附录四 山西煤矿安全监察局煤矿粉尘危害防治监察实施办法.....	246
参考文献.....	251

第一章 矿尘及其危害

第一节 矿尘的产生及分类

一、矿井粉尘

一般说来,粉尘是指能够较长时间呈悬浮状态存在于空气中的固体微小颗粒。从胶体化学观点来看,含尘空气是一种气溶胶,悬浮粉尘散布在空气中与空气共同组成一个分散体系,分散相是悬浮粉尘,分散媒是空气。

在生产过程中产生并形成的,能够较长时间呈悬浮状态存在于空气中的固体微粒称为生产性粉尘。矿井粉尘属于这类粉尘。矿尘是指在采矿过程中所产生的细小矿物颗粒。它是煤矿在建设和生产过程中所产生的煤尘、岩尘和其他有毒有害粉尘的总称。煤尘一般指粒径在 $0.75 \sim 1\text{mm}$ 以下的煤炭微粒;岩尘一般指粒径在 $10 \sim 45\mu\text{m}$ ($1\mu\text{m} = 1/1000\text{mm}$)以下的岩粉尘粒。

二、矿尘的产生

煤矿作业的各个生产环节都可以产生矿尘。这些产尘作业工序主要有:

- (1) 各类钻眼作业,如风钻或煤电钻打眼,打锚杆眼、注水孔等。
- (2) 炸药爆破。
- (3) 采煤机割煤、装煤和掘进机掘进。
- (4) 采场支护、顶板冒落或冲击地压。
- (5) 各类巷道支护,特别是锚喷支护。
- (6) 各种方式的装载、运输、转载、卸载和提升。
- (7) 通风安全设施的构筑等。

不同矿井由于煤、岩地质条件和物理性质的不同,以及采掘方法、作业方式、通风状况和机械化程度的不同,矿尘的生成量有很大的差异。即使在同一矿井里,产尘的多少也因地因时发生着变化。

矿尘生成量的多少主要取决于下列因素:

(1) 地质构造及煤层赋存条件。在地质构造复杂、断层褶曲发育并且受地质构造破坏强烈的地区开采时,矿尘产生量较大;反之则较小。井田内如有火成岩侵入,煤体变脆变酥,产尘量也将增加。一般说来,开采急倾斜煤层比开采缓倾斜煤层的产尘量要大,开采厚煤层比开采薄煤层的产尘量要高。

(2) 煤岩的物理性质。通常,节理发育且脆性大的煤易碎,结构疏松而又干燥坚硬的煤岩在采掘工艺相近的条件下产尘既细微又量大。

(3) 环境的温度和湿度。煤岩本身水分低、煤帮岩壁干燥且环境相对湿度低时,作业时产尘量会相对增大;若煤岩体本身潮湿,矿井空气湿度又大,虽然作业时产尘较多,但由于水蒸气和水滴的湿吸作用,矿尘悬浮性减弱,空气中矿尘含量会相对减少。

(4) 采煤方法。不同的采煤方法,产尘量差异很大。例如,急倾斜煤层采用倒台阶开采比水平分层开采产尘量要大,全部冒落采煤法比水砂充填法的产尘量要大。就减少产尘量而言,早采(特别是机采)又远不及水采。

(5) 产尘点的通风状况。矿尘浓度的大小和作业地点的通风方式、风速及风量密切相关。当井下实行分区通风、风量充足且风速适宜时,矿尘浓度就会降低;如采用串联通风,含尘污风再次进入下一个作业地点,或工作面风量不足、风速偏低时,矿尘浓度就会逐渐增高。保持产尘点的良好通风状况,关键在于选择最佳排尘风速。

(6) 采掘机械化程度和生产强度。煤矿采掘工作面的产尘量随着采掘机械化程度的提高和生产强度的加大而急剧上升。在地质条件和通风状况基本相同的情况下,炮采工作面干放炮时矿尘浓度一般为 $300 \sim 500\text{mg}/\text{m}^3$,机采干割煤时矿尘浓度为 $1000 \sim 3000\text{mg}/\text{m}^3$,而综采干割煤时矿尘浓度则高达 $4000 \sim 8000\text{mg}/\text{m}^3$,有的甚至更高。在采取煤层注水和喷雾洒水防尘措施后,炮采的矿尘浓度一般为 $40 \sim 80\text{mg}/\text{m}^3$,机采为 $30 \sim 100\text{mg}/\text{m}^3$,而综采为 $20 \sim 120\text{mg}/\text{m}^3$ 。采用的采掘机械及其作业方式不同,产尘强度也随之发生变化。如综采工作面使用双滚筒采煤机组时,产尘量与截割机构的结构参数及采煤机的工作参数密切相关。

三、矿尘尘源分布

煤矿井下粉尘主要在采掘、运输和装载、锚喷等作业场所产生。采掘工作面产生的浮游粉尘约占矿井全部粉尘的 80% 以上。其次是运输系统中的各转载点,由于煤岩遭到进一步破碎,也产生相当数量的粉尘。

尽管井下各生产系统及各工序环节的产尘量并非一成不变,且受到多种条件的制约而经常发生变化,但一般按产尘来源分析,在现有防尘技术条件下,各生产环节所产生的浮游粉尘量比例关系大致是:采煤工作面产尘量占 45% ~ 80%,掘进工作面产尘量占 20% ~ 38%,锚喷作业点产尘量占 10% ~ 15%,运输通风巷道产尘量占 5% ~ 10%,其他作业点产尘量占 2% ~ 5%。

四、矿尘分类

矿尘除按其成分分为煤尘和岩尘外,还可以有其他多种不同的分类方法。

1. 按矿尘粒径划分

(1) 粗尘: 粒径大于 $40\mu\text{m}$, 相当于一般筛分的最小粒径, 在空气中极易沉降。

(2) 细尘: 粒径为 $10 \sim 40\mu\text{m}$, 在明亮的光线下, 肉眼可以看到, 在静止空气中作加速沉降运动。

(3) 微尘: 粒径为 $0.25 \sim 10\mu\text{m}$, 用光学显微镜可以观察到, 在静止空气中作等速沉降运动。

(4) 超微尘: 粒径小于 $0.25\mu\text{m}$, 要用电子显微镜才能观察到, 在空气中作扩散运动。

2. 按矿尘成因划分

(1) 原生矿尘：在开采之前因地质作用和地质变化等原因而生成的矿尘。原生矿尘存在于煤体和岩体的层理、节理和裂隙之中。

(2) 次生矿尘：在采掘、装载、转运等生产过程中，因破碎煤岩而产生的矿尘。次生矿尘是煤矿井下矿尘的主要来源。

3. 按矿尘的存在状态划分

(1) 浮游矿尘：悬浮于矿井空气中的矿尘，简称浮尘。

(2) 沉积矿尘：从矿井空气中沉降下来的矿尘，简称落尘。

浮尘和落尘在不同环境下可以相互转化。浮尘在空气中飞扬的时间不仅与尘粒的大小、重量、形式等有关，还与空气的湿度、风速等大气参数有关。矿山防尘的对象是浮尘，通常所说的矿尘也是指浮尘。

4. 按矿尘的粒径组成范围划分

(1) 全尘（总粉尘）：粉尘采样时获得的包括各种粒径在内的矿尘的总和。

(2) 呼吸性粉尘：主要指粒径在 $5\mu\text{m}$ 以下的微细尘粒。它能通过人体上呼吸道进入肺泡区，是导致尘肺病的主要病因，对人体威胁甚大。

全尘和呼吸性粉尘是粉尘检测中常用的术语。显然，全尘包括呼吸性粉尘，它们都是粉尘的物理参数。在一定条件下，两者有一定比例关系，其比值大小与矿物性质及生产条件有关，可以通过多次粉尘粒径分布测定获得。

5. 按矿尘中游离 SiO_2 含量划分

(1) 硅尘：游离 SiO_2 含量在 10% 以上的矿尘。它是引起矿工硅肺病的主要因素。煤矿中的岩尘一般多为硅尘。

(2) 非硅尘：游离 SiO_2 含量在 10% 以下的矿尘。煤矿中的煤尘一般均为非硅尘。

国内外矿山粉尘浓度标准的确定，均是以矿尘中 SiO_2 的含量多少为依据的。

6. 按矿尘有无爆炸性划分

(1) 有爆炸性煤尘：经过煤尘爆炸性鉴定，确定悬浮在空气中的煤尘，在一定浓度和有引爆热源的条件下，本身能发生爆炸或传播爆炸的煤尘。

(2) 无爆炸性煤尘：经过爆炸性鉴定，不能发生爆炸或传播爆炸的煤尘。

(3) 惰性粉尘：能够减弱和阻止有爆炸性粉尘爆炸的粉尘，如岩粉等。

五、含尘量的计量指标

1. 矿尘浓度

单位体积矿井空气中所含悬浮粉尘量称为矿尘浓度。其表示方法有两种：

(1) 质量法：每立方米空气中所含浮尘的毫克数，单位为 mg/m^3 。

(2) 计数法：每立方厘米空气中所含浮尘的颗粒数，单位为 $\text{粒}/\text{cm}^3$ 。

我国规定采用质量法计量矿尘浓度。计数法因其测定方法复杂且不能很好地反映矿尘的危害性，因而在国外使用也越来越少。矿尘浓度的大小直接影响着矿尘危害的严重程度，是衡量作业环境的劳动卫生状况和评价防尘技术效果的重要指标。因此《煤矿安全规程》对作业场所空气中粉尘（总粉尘、呼吸性粉尘）浓度标准做了明确规定，见表 1-1。

表 1-1 作业场所空气中粉尘浓度标准

粉尘中游离 SiO ₂ 含量/%	最高允许浓度/ (mg · m ⁻³)	
	总 粉 尘	呼吸性粉尘
<10	10	3.5
10 ~ 50	2	1
50 ~ 80	2	0.5
≥80	2	0.3

2. 产尘强度

指生产过程中, 采落煤中所含的粉尘量, 又称绝对产尘强度, 常用的单位为 g/t。与其相对应的是相对产尘强度, 它是指每采掘 1t 或 1m³ 矿岩所产生的矿尘量, 常用的单位为 mg/t 或 mg/m³。凿岩或井巷掘进工作面的相对产尘强度可按每钻进 1m 钻孔或掘进 1m 巷道计算, 单位为 mg/m。相对产尘强度使产尘量与生产强度联系起来, 便于比较不同生产情况下的产尘量。

3. 矿尘沉积量

指单位时间内在巷道表面单位面积上所沉积的矿尘量, 单位为 g/(m² · d)。这一指标用来表示巷道中沉积粉尘的强度, 是确定岩粉撒布周期的重要依据。

六、矿尘的危害

矿尘的危害主要表现在两个方面: 一是对人体健康的危害, 即工人长期吸入矿尘 (如硅尘和煤尘), 轻者患呼吸道炎症, 重者患尘肺病。尘肺病引起的矿工致残和死亡人数, 在国内外都十分惊人。据国内某矿务局统计, 尘肺病的死亡人数为工伤事故死亡人数的 6 倍; 德国煤矿死于尘肺病的人数曾比工伤事故死亡人数高 10 倍。因此, 世界各国都在积极开展预防和治疗尘肺病的工作, 并已取得较大进展。

矿尘危害的另一个表现是燃烧和爆炸。例如, 煤尘能够在完全没有瓦斯存在的情况下爆炸; 对于瓦斯矿井, 则有可能发生瓦斯煤尘同时爆炸事故。无论是何种爆炸, 都将给矿井以突然性的袭击, 酿成严重的灾害。例如, 1906 年 3 月 10 日法国柯利尔煤矿发生的煤尘爆炸事故, 死亡 1099 人, 造成了重大的灾难。

除此以外, 矿尘能加速机械的磨损, 减少精密仪表的使用时间; 能降低工作场所的能见度, 使工伤事故增多。

因此, 认真做好矿尘防治工作, 预防和控制矿尘的危害, 是矿井安全生产必不可少的环节。

第二节 矿尘的性质

了解矿尘的性质是做好防尘工作的基础。矿尘的性质取决于矿尘构成的成分和存在的状态, 矿尘与形成它的矿物在性质上有很大的差异, 这些差异隐藏着巨大的危害, 同时也决定着矿井防尘技术的选择 (如除尘系统的设计和运行操作等), 充分利用对除尘有利的

矿尘物性或采取某些措施改变对除尘不利的矿尘物性，可以大大提高除尘效果。

一、矿尘中游离 SiO₂ 的含量

煤岩尘粒本身具有复杂的矿物成分和化学成分。矿尘中游离 SiO₂ 的含量是危害人体的决定因素，其含量越高，危害越大。游离 SiO₂ 是许多矿岩的组成成分，如煤矿上常见的页岩、砂岩、砾岩和石灰岩等中游离 SiO₂ 的含量通常在 20% ~ 50% 之间，煤尘中的含量一般不超过 5%。

二、矿尘的密度和比重

单位体积矿尘的质量称矿尘密度，单位为 kg/m³ 或 g/cm³。排除矿尘间空隙以纯矿尘的体积计量的密度称为真密度，用包括矿尘间空隙在内的体积计量的密度称为表观密度或堆积密度。

矿尘的真密度是一定的，而堆积密度则与堆积状态有关，其值小于真密度。

矿尘的真密度，对拟定含尘风流净化的技术途径（如除尘器选型）有重要价值。

矿尘的比重是指粉尘的质量与同体积标准物质的质量之比，因而是无量纲量。通常采用标准大气压（1.031 × 10⁵ Pa）和温度为 4℃ 的纯水作为标准物质。由于在这种状态下 1cm³ 的水的质量为 1g，因而粉尘的比重在数值上就等于其密度（g/cm³）。但是比重和密度应是两个不同的概念。

矿尘颗粒比重的大小影响其在空气中的稳定程度，尘粒大小相同时比重大者沉降速度快，稳定程度低。

三、矿尘的粒度与比表面积

矿尘粒度是指矿尘颗粒的平均直径，单位为 μm。

矿尘的比表面积是指单位质量矿尘的总表面积，单位为 m²/kg 或 cm²/g。

矿尘的比表面积与粒度成反比，粒度越小，比表面积越大，因而这两个指标都可以用来衡量矿尘颗粒的大小。煤岩破碎成微细的尘粒后，其比表面积增加，因而化学活性、溶解性和吸附能力明显增加；其次更容易悬浮于空气中，在静止空气中不同粒度的尘粒从 1m 高处降落到底板所需的时间见表 1-2；另外，粒度减小容易使其进入人体呼吸系统，据研究，只有 5μm 以下粒径的矿尘才能进入人的肺内，是矿井防尘的重点对象。

表 1-2 尘粒沉降时间

粒度/μm	100	10	1	0.5	0.2
沉降时间/min	0.043	4.0	420	1320	5520

四、矿尘的分散度

矿尘分散度是指矿尘整体组成中各种粒级尘粒所占的百分比。它表征岩矿被粉碎的程度，通常说高分散度矿尘，即表示矿尘总量中微细尘粒多，所占比例大；低分散度矿尘，

即表示矿尘中粗大的尘粒多，所占比例大。

1. 矿尘分散度的两种表示方法

(1) 质量百分比。各粒级尘粒的质量占总质量的百分比称为质量分散度，按下式计算：

$$P_{w_i} = w_i / \sum w_i \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 P_{w_i} ——某粒级尘粒的质量百分比，%；

w_i ——某粒级尘粒的质量。

(2) 数量百分比。各粒级尘粒的颗粒数占总颗粒数的百分比称为数量分散度，按下式计算：

$$P_{n_i} = n_i / \sum n_i \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 P_{n_i} ——某粒级尘粒的数量百分比，%；

n_i ——某粒级尘粒的颗粒数。

由于表示的基准不同，同一种矿尘的质量分散度和数量分散度的数值不尽相同。如果矿尘是均质的，则两者可用下式换算：

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

式中 d_i ——某粒级粒径的代表粒径。

粒级的划分是根据粒度大小和测试目的确定的，我国工矿企业将矿尘粒级分为四级： $<2\mu\text{m}$ ， $2\sim5\mu\text{m}$ ， $5\sim10\mu\text{m}$ 和 $>10\mu\text{m}$ 。

根据一些实测资料，矿井中矿尘的数量分散度大致为： $<2\mu\text{m}$ 的占46.5%~60%， $2\sim5\mu\text{m}$ 的占25.5%~35%， $5\sim10\mu\text{m}$ 的占4%~11.5%， $>10\mu\text{m}$ 的占2.5%~7%。一般情况下， $<5\mu\text{m}$ 的矿尘（即呼吸性粉尘）占90%以上。

2. 矿尘分散度的重要意义

矿尘分散度是衡量矿尘颗粒大小组成的一个重要指标，是研究矿尘性质与危害的一个重要参数：

(1) 矿尘的分散度直接影响着它的比表面积的大小，矿尘分散度越高，其比表面积越大，矿尘的溶解性、化学活性和吸附能力等也愈强。如石英粒子的大小由 $75\mu\text{m}$ 减小到 $50\mu\text{m}$ 时，它在碱溶液中的含量由2.3%上升到6.7%，这对尘肺的发病机理起着重要作用。另外，煤尘比表面积愈大，与空气中的氧气反应就愈剧烈，成为引起煤尘自燃和爆炸的因素之一。

随着粉尘颗粒比表面积的增大，微细尘粒的吸附能力增强。一方面，井下爆破后，尘粒表面能吸附诸如CO、氮氧化物等有毒有害气体；另一方面，由于充分吸附周围介质（空气）的结果，微细尘粒表面形成气膜现象随之增强，从而大大提高了微细尘粒的悬浮性。而尘粒周围气膜的存在，阻碍了微细尘粒间的相互结合，尘粒的凝聚性和吸湿性明显下降，不利于粉尘的沉降。

(2) 矿尘分散度对尘粒的沉降速度有显著的影响。矿尘在空气中的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。矿尘的分散度愈高，其沉降速度愈慢，在空气中的悬浮时间愈长。如静止空气中的岩尘和煤尘，粒径为 $10\mu\text{m}$ 时，沉降速度分别为 7.86mm/s 和 3.98mm/s ；而粒径为 $1\mu\text{m}$ 时，沉降速度则仅为 0.0786mm/s 和 0.0398mm/s ；粒径小于 $1\mu\text{m}$ 时，沉降速度几乎为零。在实际的生产条件下，由于风流、热源、机械设

备运转及人员操作等因素的影响,微细尘粒的沉降速度更慢。微细尘粒难以沉降,给降尘工作带来了不利因素。

(3) 矿尘分散度对尘粒在呼吸道中的阻留有直接影响。空气中悬浮的矿尘,随着气流吸进呼吸道。尘粒通过惯性碰撞、重力沉降、拦截和扩散等几种运动方式,进入并阻留在呼吸道和肺泡里。矿尘分散度的高低和被吸入人体后在呼吸道中各部位的阻留有着密切关系。

不同粒径的尘粒可达呼吸系统各部位的情况大致为: $30\mu\text{m}$ 的尘粒可达气管分歧部; $10\mu\text{m}$ 的可达终末支气管; $3\mu\text{m}$ 的可达肺泡管; $1\mu\text{m}$ 的可达肺泡道和肺泡囊腔; $1\mu\text{m}$ 以下的,部分沉着在肺泡上,部分再呼出。

综上所述,矿尘的分散度愈高,危害性愈大,而且愈难捕获。

五、矿尘的湿润性

矿尘的湿润性是指矿尘与液体亲和的能力。矿尘的湿润性是决定液体除尘效果的重要因素。容易被水湿润的矿尘称为亲水性矿尘,不容易被水湿润的矿尘称为疏水性矿尘。对于亲水性矿尘,当尘粒被湿润后,尘粒间相互凝聚,尘粒逐渐增大、增重,其沉降速度加速,矿尘能从气流中分离出来,可达到除尘目的。矿井常用的喷雾洒水和湿式除尘器就是利用矿尘的湿润性使其沉降的。对于疏水性矿尘,一般不宜采用湿式除尘器,而多采用通过在水中添加湿润剂和增加水滴的动能等方法进行湿式除尘。

六、矿尘的荷电性

悬浮于空气中的尘粒,因空气的电离作用和尘粒之间或尘粒与其他物体碰撞、摩擦、吸附而带有电荷。尘粒的荷电性与电荷符号对防尘工作有重要的意义。

煤尘的电荷符号主要取决于煤的变质程度、灰分组分和破碎方式,可能带正电荷,也可能带负电荷。尘粒带有相同电荷时,互相排斥,不易凝聚下沉;带有异电荷时,则可相互吸引、凝聚而加速沉降。因此,有效利用矿尘的这种荷电性,例如设计和使用电除尘器、袋式除尘器、湿式除尘器,不仅能提高对粉尘的捕集性能,而且能有效降低矿尘浓度。

需要注意的是,由于矿尘具有带电性,带电的尘粒也较容易沉积在人体的支气管和肺泡中,从而增加了对人体的危害性。

七、矿尘的光学特性

矿尘的光学特性包括矿尘对光的反射、吸收和透光强度等性能。在测尘技术中,常利用矿尘的光学特性来测定它的浓度和分散度。

1. 尘粒对光的反射能力

光通过含尘气流的强弱程度与尘粒的透明度、形状、气流含尘浓度及尘粒的大小有关,但主要取决于浓度和尘粒大小。当尘粒直径大于 $1\mu\text{m}$ 时,光线由于直接反射而损失,即光线损失与反射面面积成正比。当浓度相同时,光的反射值随粒径减小而增加。

2. 尘粒的透光程度

含尘气流(对光线)的透明程度,取决于气流含尘浓度的高低。当浓度为 $0.115\text{g}/\text{m}^3$ 时,含尘气流是透明的,可通过 90% 的光;随着浓度的增加,其透明程度大为减弱。

3. 光强衰减程度

当光线通过含尘气流时，由于尘粒对光的吸收和散射等作用而使光强减弱。

八、矿尘的燃烧性和爆炸性

有些矿尘（主要是硫化矿尘和煤尘）在空气中达到一定浓度时，在高温热源的作用下，能发生燃烧和爆炸。矿尘爆炸时产生高温、高压，生成大量的有毒有害气体，对矿井安全生产威胁极大。

一般认为，含硫大于10%的硫化矿尘即有爆炸性，发生爆炸的粉尘浓度范围为250~1500g/m³，引燃温度为435~450℃。

关于煤尘爆炸将在本章第三节中讨论。

第三节 煤 尘 爆 炸

煤尘爆炸同瓦斯爆炸一样都属于矿井中的重大灾害事故。我国历史上最严重的一次煤尘爆炸发生在1942年日本侵略者统治下的本溪煤矿，死亡1549人，伤残246人，死亡的人员中大多为CO中毒。

煤尘发生爆炸是有条件的，而且受一些因素的影响；伴随爆炸的发展过程，有其自身特点和产物。

一、煤尘爆炸的机理及特征

1. 煤尘爆炸的机理

煤尘爆炸是在高温或一定点火能的热源作用下，空气中氧气与煤尘急剧氧化的反应过程，是一种非常复杂的链式反应。一般认为其爆炸机理及过程如下：

(1) 煤本身是可燃物质，当煤炭被破碎成微细的煤尘后，总表面积显著增加，吸氧和被氧化的能力大大增强，一旦遇见火源，氧化过程迅速展开。

(2) 当温度达到300~400℃时，煤的干馏现象急剧增强，放出大量的可燃性气体，其主要成分为甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、氢和1%左右的其他碳氢化合物。

(3) 形成的可燃气体与空气混合，在高温作用下吸收能量，在尘粒周围形成气体外壳，即活化中心。当活化中心的能量达到一定程度后，链反应过程开始，游离基迅速增加，发生了尘粒的闪燃。

(4) 闪燃所形成的热量传递给周围的尘粒，并使之参与链反应，反应速度急剧增加，导致燃烧过程急剧地循环进行。由于燃烧产物的迅速膨胀，而在火焰面前方形成压缩波。压缩波在不断压缩了的介质中传播时，后波可以赶上前波。这些单波叠加的结果，使火焰面前方的气体的压力逐渐增高，因而引起了火焰传播的自动加速。当燃烧不断加剧使火焰速度达到每秒数百米后，煤尘的燃烧便在一定临界条件下跳跃式地转变为爆炸。

从燃烧转变为爆炸的必要条件是由化学反应产生的热能必须超过热传导和辐射所造成的热损失，否则，燃烧既不能持续发展，也不会转为爆炸。

2. 煤尘爆炸的特征

(1) 形成高温、高压、冲击波。煤尘爆炸火焰温度为1600~1900℃，爆源的温度达