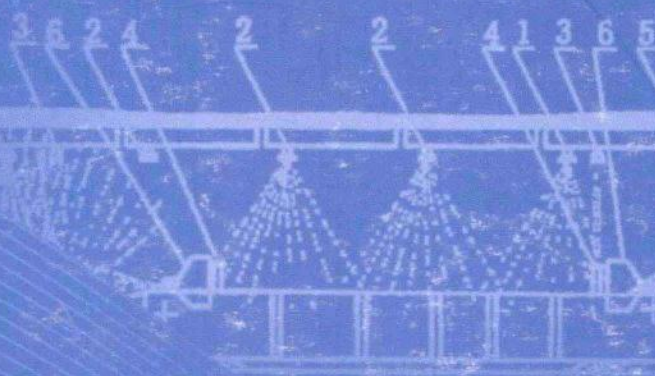


等职业教育“十二五”规划教材

国煤炭教育协会职业教育教学与教材建设委员会审定

矿 尘 防 治

主 编 郝玉柱



煤炭工业出版社

中等职业教育“十二五”规划教材
中国煤炭教育协会职业教育教学与教材建设委员会审定

矿 尘 防 治

主 编 郝玉柱

副主编 张宏升

煤 炭 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿尘防治/郝玉柱主编. --北京:煤炭工业出版社,
2011

中等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3826-7

I. ①矿… II. ①郝… III. ①煤尘-除尘-中等专业
学校-教材 IV. ①TD714

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 048712 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

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 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 10

字数 230 千字 印数 1—3 000

2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

社内编号 6636 定价 20.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

前 言

为贯彻《教育部办公厅、国家安全生产监督管理总局办公厅、中国煤炭工业协会关于实施职业院校煤炭行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》（教职成厅〔2008〕4号）精神，加快煤炭行业专业技能型人才培养培训工程建设，培养煤矿生产一线需要，具有与本专业岗位群相适应的文化水平和良好职业道德，了解矿山企业生产全过程，掌握本专业基本专业知识和技术的技能型人才，经教育部职成司教学与教材管理部门的同意，中国煤炭教育协会依据“矿井通风与安全”专业教学指导方案，组织煤炭职业学（院）校专家、学者编写了矿井通风与安全专业系列教材。

《矿尘防治》一书是中等职业教育规划教材矿井通风与安全专业中的一本，可作为中等职业学校矿井通风与安全专业基础课程教学用书，也可作为在职人员培养提高的培训教材。

本书由石家庄工程技术学校郝玉柱主编并统稿，第一章至第六章由甘肃煤炭工业学校张宏升编写，第七章、第八章由郝玉柱编写。

中国煤炭教育协会职业教育
教学与教材建设委员会

2011年5月

煤炭中等专业教育分专业教学与教材建设委员会

(矿井通风与安全类专业)

主 任 郝玉柱

副主任 张红兵

委 员 张长喜 杨成章 苏 寿 任世英 周 虎
龚琴生 焦 健

目 次

第一章 矿尘及其危害	1
第一节 矿尘的分类	1
第二节 矿尘的产生源	2
第三节 影响粉尘产生的因素	4
第四节 矿尘的性质	5
第五节 矿尘含尘量的计量指标	8
第六节 矿尘的危害	10
第二章 矿山尘肺职业病	13
第一节 矿山尘肺病概述	13
第二节 尘肺病及其发病机理	16
第三节 尘肺病的发病症状及影响因素	17
第三章 综合防尘措施	21
第一节 矿尘在矿井通风中的特性	21
第二节 减尘	24
第三节 降尘	29
第四节 捕尘	32
第五节 排尘	34
第六节 阻尘	37
第七节 物理化学降尘技术	38
第四章 煤尘爆炸事故的预防及防治	43
第一节 煤尘爆炸机理及特征	43
第二节 煤尘爆炸的条件及影响因素	45
第三节 煤尘爆炸性的鉴定	49
第四节 预防煤尘爆炸的技术措施	53
第五节 抑制煤尘爆炸范围扩大的措施	55
第五章 粉尘的检测	63
第一节 粉尘浓度控制标准	63
第二节 粉尘浓度检测方法与技术	66
第三节 工作场所空气中总粉尘浓度的测定	69
第四节 工作场所空气中呼吸性粉尘浓度的测定	73
第五节 游离二氧化硅含量测定	75
第六节 粉尘的分散度测定	81
第六章 防尘供水系统	85

第一节	地面水池及水质	85
第二节	防尘用水设备的耗水量与水压	88
第三节	防尘供水系统及防尘供水管路的选择	90
第四节	喷嘴与水幕的设置与调试	93
第五节	管路的保养维修	95
第七章	矿山粉尘防治措施编制	97
第一节	防尘技术措施编制的主要内容	97
第二节	防尘管理措施编制的主要内容	100
第三节	矿井防尘标准化建设及检查评定办法	111
第八章	矿井粉尘事故防治拓展知识	122
第一节	矿井粉尘事故案例分析	122
第二节	矿井粉尘事故典型案例	123
参考文献		151

第一章 矿尘及其危害

矿尘是指矿山建设和生产过程中产生的并能较长时间悬浮于空气中的细微固体颗粒,也称为粉尘。矿山采矿过程中产生的各类粉尘在性质、危害、分析与检测方法、防治技术措施等方面有很大差别,相关的矿山安全法律、法规、标准对不同类别的粉尘也有不同的规定。在煤矿,常见的粉尘主要有煤尘、岩尘、水泥粉尘,它们是粉尘防治的重点。

第一节 矿尘的分类

矿尘的分类方法有多种,下面介绍几种常见的分类方法。

一、按矿尘存在状态划分

按其存在状态,可分为浮游矿尘和沉积矿尘两种。

(1) 浮游矿尘:指悬浮于矿井空气中的矿尘,简称浮尘。

(2) 沉积矿尘:从矿井空气中因自重而沉降下来,附在巷道周边以及积存在巷道内的矿尘,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。在一定条件下(如风流速度降低、尘粒被湿润、尘粒的凝聚等),浮尘因自重可沉降为落尘;而落尘受外界条件干扰(如车辆运行、煤岩垮落、割煤机滚筒旋转诱导的气流和爆破冲击波、井下风流速度增高、凿岩机的排气、风筒漏风等),又可再次飞扬起来变为浮尘。

二、按矿尘粒径划分

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

(2) 细尘:粒径为 $10\sim40\text{ }\mu\text{m}$,在明亮的光线下肉眼可见,在静止空气中作加速沉降。

(3) 微尘:粒径为 $0.25\sim10\text{ }\mu\text{m}$,用光学显微镜可以观察到,在静止空气中作等速沉降。

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

三、按矿尘粒径组成范围划分

(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综合。

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

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。

四、按矿尘中游离二氧化硅含量划分

(1) 硅尘:游离二氧化硅含量在 10% 以上的矿尘。它是引起矿工尘肺病的主要因素。煤矿中的岩尘一般多为硅尘。

(2) 非硅尘:游离二氧化硅含量在 10% 以下的矿尘。煤矿中的煤尘一般为非硅尘。国内外矿山粉尘浓度标准的确定,均是以矿尘中游离二氧化硅含量多少为依据的。

五、按矿尘有无爆炸性划分

(1) 有爆炸性煤尘:经过爆炸性鉴定,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煤尘爆炸的粉尘,如岩粉等。

六、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。

七、按矿尘的成分划分

按粉尘成分,煤矿粉尘可分为煤尘、岩尘、水泥粉尘等。

(1) 煤尘的一般含义为“细微颗粒的煤炭粉尘”,但随应用场合不同而又有不同的严格定义。在评价作业场所空气中呼吸性粉尘状况时,将游离二氧化硅含量低于 10% 的煤炭粉尘定义为煤尘;而在评价作业人员接触呼吸性煤尘状况时,将游离二氧化硅含量小于 5% 的煤炭粉尘定义为煤尘。

(2) 岩尘一般是指细微颗粒的岩石粉尘。在评价作业场所空气中呼吸性岩尘状况时,也使用“矽尘”一词表示岩尘,这两个名词的含义应该是相同的。岩尘中游离二氧化硅含量一般大于 10%。

(3) 水泥粉尘是指煤矿井上下有些场所生产、应用水泥或水泥制品时产生的粉尘。例如,煤矿井下的典型场所为锚喷作业点,大量使用水泥,产生水泥粉尘。

第二节 矿尘的产生源

为准确测定煤矿粉尘的性状、评价安全生产水平和作业人员所受尘害状况及有针对性地采取粉尘控制技术控制粉尘产生量,就必须了解和掌握煤矿粉尘的产生源。矿井的主要尘源在采煤工作面、掘进工作面,煤(岩)装运、转载点,锚喷作业点,另外其他工作

场所也会产生大量粉尘。

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尘比例关系大致是：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%。

一、采煤工作面的产尘源

1. 普通采煤工作面

普通采煤工作面的主要产尘工序有采煤机落煤、装煤、液压支架移架、运输转载、输送机运煤、人工撬煤、爆破及放煤口放煤等。

采煤工作面的各种产尘工序的产尘机理一般可分为摩擦和抛落两种机制，前者产生的大颗粒粉尘较多，后者产生的呼吸性粉尘较多。采煤机截煤产尘相对于其他工序来说，摩擦为主要产尘机制，其产生的呼吸性粉尘较多，因此经常更换截齿以保持截齿的锐利很重要。目前，各工序的产尘特点研究尚不充分，有待进一步加强，以便有针对性地采取粉尘控制技术措施。

2. 综采放顶煤工作面

综采放顶煤开采技术是 20 世纪 90 年代以来在我国大面积推广的比较先进的采煤方法，但工作面粉尘问题也引起较多关注。综采放顶煤工作面的产尘环节主要有采煤机落煤、放煤、移架、装煤和运煤五大工序。从微观方面分析，煤尘产生可分为摩擦、抛落和摩擦与抛落相结合等方式。

摩擦产尘发生在煤与煤、煤与岩石之间，也发生在煤与截齿及其他机械设备之间。采煤机截煤时，其截齿与煤体接触给煤体以挤压力，推动煤体移动、破坏，截齿首先与煤接触，不可避免地在两者之间产生摩擦，之后产生煤尘；同时，煤体被挤压部分要产生移动、破坏，在移动过程中，同煤体其他部分及煤块产生摩擦，之后产生粉尘。同样，在放煤、移架、装煤和运煤过程中，也会发生这种煤与煤、煤与机械设备之间的摩擦产生现象。

机械割煤时，煤块在滚筒动力作用下发生抛落现象，抛落时煤块要发生破碎产尘。顶煤在放落、运输和移架过程中，这种抛落产尘也是常见情况。

煤块在斜向抛落于其他物体之上时，既与该物体产生摩擦，也伴有破碎，即抛落与摩擦相结合的产尘方式。事实上，严格意义上的垂直抛落是不存在的，总是在抛落时伴有摩擦。

二、掘进工作面的产尘源

掘进工作面的产尘工序主要有机械破岩（煤）、装岩、爆破、煤矸运输转载及锚喷等。一般而言，掘进工作面各工序产生的粉尘含游离二氧化硅成分较多，对人体危害大，操作人员很有必要进行个体防护。统计资料也表明，掘进工人的尘肺病发病率比采煤工人高，这也是由于掘进工人接触的粉尘具有较高的游离二氧化硅所致。

三、其他地点的产尘源

巷道维修的锚喷现场、煤炭装载、转载、卸载点等也都会产生高浓度粉尘，尤其是煤炭装载、转载、卸载点的瞬时粉尘浓度有时高达每立方米数克，有时甚至达到煤尘爆炸浓度界限，十分危险，应予以充分重视。

此外，地面煤炭装运、煤堆、矸石山等由于风力作用也产生大量粉尘，使矿区周边空气环境受到严重污染，对居民健康和植物都造成十分不利的影响。

第三节 影响粉尘产生的因素

煤矿作业的各个生产环节都可能产生矿尘。这些产生作业工序主要有：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爆破作业；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变化。矿尘生成量的多少主要取决于自然条件（地质构造及煤层赋存条件、煤岩的物理性质、环境温度和湿度）、采掘条件（采煤方法、采掘机械化程度和生产强度）、矿井通风条件等。

一、自然条件

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。一般来说，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大。

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。如煤（岩）体本身潮湿，矿井空气湿度又大，虽然作业时产尘较多，但得益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。

二、采掘条件

1. 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；全部垮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。

2. 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 $300 \sim 500 \text{ mg/m}^3$,机采干割煤时矿尘浓度为 $1000 \sim 3000 \text{ mg/m}^3$,而综采干割煤时矿尘浓度则高达 $4000 \sim 8000 \text{ mg/m}^3$,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 $40 \sim 80 \text{ mg/m}^3$,机采为 $30 \sim 100 \text{ mg/m}^3$ 。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;而综放工作面产生具有尘源多、产尘强度高、持续时间长等特点,它比综采工作面的防尘难度要大。

三、矿井通风条件

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,含尘污风再次进入被串联作业地点,或工作面风量不足、风速偏低时,矿尘浓度就会逐渐增高。保持产生点良好的通风状况,关键在于选择最佳排尘风速。

第四节 矿尘的性质

煤矿生产过程中产生的粉尘一般都不伴有化学变化,因此飘浮于空气中粉尘的化学成分与其原矿物的化学成分基本相同。煤炭、岩石往往由多种矿物成分组成,这些成分的硬度有差别,某些成分较易破碎形成细小颗粒,某些成分密度较小,其细小颗粒容易悬浮在空气中,所以悬浮于空气中的粉尘,其成分与原始物料略有不同,但这种差别一般很小。工程上常把煤炭、岩石的化学成分与煤炭、岩石的粉尘成分等同对待。

一、矿尘的化学成分

二氧化硅是地壳内最常见的氧化物,它以两种状态存在:一种是结合状态的二氧化硅,即硅酸盐矿物,其危害性不大;另一种是游离状态的二氧化硅,主要为石英,是许多矿岩的组成成分,也是引起人体尘肺病的主要因素。煤系地层中的砂岩、砾岩和砂质页岩中都含有游离二氧化硅。矿尘中游离二氧化硅的含量越高,危害越大。

煤矿岩巷掘进,特别是在砂岩中掘进时,产生的矿尘中游离二氧化硅含量都比较高,一般为 $20\% \sim 50\%$;煤尘中游离二氧化硅含量一般不超过 5% ;锚喷支护时,水泥粉尘中的二氧化硅主要为结合状态,危害性不大,但长期吸入水泥粉尘,能引起水泥尘肺、肺气肿等。

二、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粉尘的总表面积,单位为 m^2/kg 或 cm^2/g 。

矿尘的比表面积与矿尘的粒度成反比,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,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、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, 降低了尘粒间的凝聚以及影响其尘粒的湿润性, 更难把粉尘从空气中捕捉分离出来。

三、矿尘的分散度

矿尘的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, 通常所说的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。矿尘分散度越高, 危害性越大, 而且越难捕获。矿尘分散度是衡量矿尘颗粒大小构成的一个重要指标, 是研究矿尘性质与危害的一个重要参数。矿尘的分散度有两种表示方法:

(1) 质量分散度, 各粒级尘粒的质量占总质量的百分比称为质量分散度。

(2) 数量分散度, 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。

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划分为 4 级: 小于 $2\ \mu\text{m}$ 、 $2\sim5\ \mu\text{m}$ 、 $5\sim10\ \mu\text{m}$ 和大于 $10\ \mu\text{m}$ 。

矿尘组成中, 小于 $5\ \mu\text{m}$ 的尘粒所占的百分比越大, 对于人体的危害就越大。一般情况下, 矿井生产过程中所产生的矿尘, 小于 $5\ \mu\text{m}$ 的往往占 80% 左右; 湿式作业条件下, 矿尘浓度可以降低, 但分散度增加, 个别场合小于 $5\ \mu\text{m}$ 的矿尘可达 90% 以上。这部分矿尘不仅危害性很大, 而且更难捕获和沉降。为此, 小于 $5\ \mu\text{m}$ 尘粒的控制应是通风防尘工作的重点, 更是矿井粉尘职业病防治的重点。

四、粉尘的吸附性

其他物质分子在粉尘表面上相对聚集的现象称为粉尘的吸附现象。由于粉尘具有较大的表面及自由能, 而物质又具有由高能态向低能态转化的趋势。能态越低越稳定, 所以, 它对周围分子尤其是快速移动的气体分子具有吸附性。通过吸附其他分子来降低部分表面自由能。

五、粉尘的湿润性

液体对固体表面的湿润程度取决于液体分子对固体表面作用力的大小, 而对同一粉尘尘粒来说, 液体分子对尘粒表面的作用力又与液体的力学性质即表面张力的大小有关。表面张力越小的液体, 对尘粒越容易湿润。不同性质的粉尘对同一性质的液体的亲和程度是不相同的, 这种不同的亲和程度称为粉尘的湿润性。

粉尘的湿润性还与粉尘的形状和大小有关, 球形粒子的湿润性比不规则形状的粒子要小; 粉尘越细, 亲水能力越差。例如, 石英的亲水性好, 但粉碎成粉末后亲水能力却大大降低。

在除尘技术中, 粉尘的湿润性是选用除尘设备的主要依据之一。对于湿润性好的亲水性粉尘 (中等亲水、强亲水), 可选用湿式除尘器。为了加强液体 (水) 对粉尘的浸润, 往往要加入某些润湿剂, 以减少固液之间的表面张力, 增加粉尘的亲水性, 提高除尘效率。

六、粉尘的凝聚和附着

细微粉尘增大了表面能,即增强了尘粒的结合力。一般把尘粒间互相结合形成一个新的大尘粒的现象称为凝聚;尘粒和其他物体结合的现象称为附着。粉尘的凝聚与附着是在粒子相距非常近时,由于分子间的引力作用而造成的。一般尘粒间距离较大,需要有外力作用使尘粒间碰撞、接触,促使其凝聚和附着。这些外力有分子间力、静电力等。

七、粉尘的自燃和爆炸性

当煤等可燃性物料被研磨成粉料时,总表面积增加,系统的表面自由能也增加,从而提高了粉尘的化学活性,特别是提高了氧化产热的能力,这种情况在一定条件下会转化为燃烧状态。粉尘的自燃是由于粉尘氧化而产生的热量不能及时散发,从而使氧化反应自动加速所造成的。

各类可燃性粉尘的自燃温度相差很大。根据不同的自燃温度可将可燃性粉尘分成两类:第一类粉尘的自燃温度高于周围环境的温度,因而只能在加热时才能引起燃烧;第二类粉尘的自燃温度低于周围空间的温度,甚至在不加热时都可能引起自燃。第二类粉尘造成的火灾危险性最大。在封闭或半封闭空间内,可燃性悬浮粉尘燃烧导致的化学爆炸的粉尘最低浓度和最高浓度称为爆炸的下限和上限。处于上下限浓度之间的粉尘都具有爆炸危险性。在封闭或半封闭空间内低于爆炸浓度下限或高于爆炸浓度上限的粉尘虽然不能爆炸,但是可以燃烧,因此也是不安全的。

八、粉尘的电性质

1. 荷电性

自然界中的粉尘通常都带有电荷,使粉尘带有电荷的原因有很多,诸如粒子间撞击、天然辐射、物料破碎时摩擦、电晕放电等,且粉尘的正负电荷几乎相等,因而悬浮于空气中的粉尘整体呈电中性。粉尘荷电量的大小取决于物料的化学成分和与其接触的物质,如高温可使带电量增加,高湿则使带电量减少。通常在干燥空气中,粉尘表面的最大荷电量约为 $2.7 \times 10^{-9} \text{ C/cm}^2$,而粉尘由于自燃产生的电量却仅为最大荷电量的很小一部分。一般而言,非金属粉尘与酸性氧化物常带正电荷;金属粉尘和碱性氧化物则带负电荷。异性荷电尘粒因相互吸引、黏着、凝结,增大了尺寸而加速沉降;同性荷电尘粒由于排斥作用增加了飘浮于空气中的相对稳定性。呼吸性粉尘一般带负电,大颗粒粉尘带正电或呈电中性。研究粉尘电性质一方面可利用其特性研制电除尘设备;另一方面带电尘粒吸入肺组织,较易沉积于支气管、肺泡中,增加了对人体的危害。表1-1是在一次实测中所得到的井下矿尘电荷数据。

表1-1 井下矿尘电荷

作业方式	带正电荷粒子/%	带负电荷粒子/%	不带电粒子/%
干式凿岩	49.8	44.0	6.2
湿式凿岩	46.7	43.0	10.3
爆破	34.5	50.6	14.9

2. 比电阻

粉尘的电性质对除尘有着重要的意义,目前在地面环境或工厂除尘技术中,越来越多的利用粉尘的电性质来捕集粉尘。可是粉尘的自然荷电具有两性,且荷电量也很小。为了达到捕集的目的,须利用附加条件使粉尘带电荷。粉尘的导电性通常用比电阻表示。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,在两极间加直流电压,测出电压、电流后算出比电阻。比电阻是评定粉尘导电性的指标,一般在 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 范围内,比较适于静电除尘。

九、粉尘的光学特性

粉尘的光学特性包括粉尘对光的反射、吸收和透光程度等。可以利用粉尘的光学特性来测定粉尘的浓度和分散度。通过含尘气流的光的强度减弱程度与粉尘的透明度和形状有关,但主要取决于粉尘粒子的大小及浓度。尘粒粒径大于光波波长和小于光波波长对光的反射和折射作用也是不同的。

对于直径大于波长的尘粒,通过的光强服从几何光学的“平方定律”,即正比于尘粒所遮挡的横断面面积。当粒径大于 $1 \mu\text{m}$ 时,通过的光强实际上与波长无关。

十、粉尘的安息角与滑动角

粉尘自漏斗连续落到水平板上堆积成圆锥体,圆锥体的母线同水平面之间的夹角称为粉尘的安息角,也叫休止角、(自然)堆积角、安置角等。

滑动角是指光滑平面倾斜时粉尘开始滑动的倾斜角。粉尘在空气中以极其缓慢的速度自由沉降,所堆积成的堆积角称为静堆积角。

粉尘的安息角及滑动角是评价粉尘流动特征的一个重要指标。安息角小的粉尘,其流动性好;相反,安息角大的粉尘其流动性差。

粉尘安息角和滑动角是设计除尘器灰斗(或粉尘仓)锥度、除尘管路或输灰管路倾斜度的主要依据。

影响粉尘安息角和滑动角的因素有粉尘粒径、含水率、粒子形状、粒子表面光滑程度、粉尘黏性等。

综上所述,由于粉尘的分散度较大,具有较大的表面积,从而具有较高的表面自由能,使粉尘的状态不稳定,活性增高,在理化性质上表现为粉尘较之原物质具有较小的点火能量和自燃点。例如,块状时不能燃烧的铁块,在粉碎成粉尘时,最小点火能量小于 100 mJ ,自燃点小于 300°C ,煤粉的点火能量小于 40 mJ 。表面积的增加和吸附特性的存在,使得粉尘与空气中氧分子的接触面增大,增加了反应速度;表面积的增加还使固体原有的导热能力下降,易使局部温度上升,也有利于反应进行。

第五节 矿尘含尘量的计量指标

一、矿尘浓度

单位体积矿井内空气中所含浮尘的数量称为矿尘浓度,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, 单位为粒/ cm^3 。

我国规定采用质量法来计量矿尘浓度。《煤矿安全规程》第七百三十九条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 1-2。

表 1-2 作业场所空气中粉尘浓度标准

粉尘中游离二氧化硅含量/%	最高允许浓度/ $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	
	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

同时《煤矿安全规程》第七百四十条还规定, 煤矿企业必须按国家规定对生产性粉尘进行监测, 并遵守下列规定:

(1) 总粉尘:

①作业场所的粉尘浓度, 井下每月测定 2 次, 地面及露天煤矿每月测定 1 次。

②粉尘分散度, 每 6 个月测定 1 次。

(2) 呼吸性粉尘:

①工班个体呼吸性粉尘监测, 采、掘(剥)工作面每 3 个月测定 1 次, 其他工作面或作业场所每 6 个月测定 1 次。每个采样工种分 2 个班次连续采样, 1 个班次内至少采集 2 个有效样品, 先后采集的有效样品不得少于 4 个。

②定点呼吸性粉尘监测每月测定 1 次。

(3) 粉尘中游离二氧化硅含量, 每 6 个月测定 1 次, 在变更工作面时也必须测定 1 次; 各接尘作业场所每次测定的有效样品数不得少于 3 个。

(4) 开采深度大于 200 m 的露天煤矿, 在气压较低的季节应适当增加测定次数。

二、产生强度

产生强度是指生产过程中, 采落煤中所含的粉尘量, 又称绝对产生强度, 常用的单位为 g/t 。

三、相对产生强度

相对产生强度是指每采掘 1 t 或 1 m^3 矿岩所产生的矿尘量, 常用的单位为 mg/t 或 mg/m^3 。凿岩或井巷掘进工作面的相对产生强度也可按每钻进 1 m 钻孔或掘进 1 m 巷道计算。相对产生强度使产生量与生产强度联系起来, 便于比较不同生产情况下的产生量。

四、矿尘沉积量

矿尘沉积量是指单位时间在巷道表面单位面积上所沉积的矿尘量,单位为 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。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。

第六节 矿尘的危害

矿尘具有很大的危害性,主要表现在以下几个方面:①污染工作场所,危害人体健康,引起职业病,轻者会患呼吸道炎症、皮肤病,重者会患尘肺病;②某些矿尘(如煤尘、硫化尘)在一定条件下可以爆炸;③加速机械磨损,缩短精密仪器的使用寿命;④降低工作场所能见度,增加工伤事故的发生。其中,以尘肺病和矿尘爆炸危害最大,直接危害工人身体健康和生命安全。

一、对环境的污染

污染工作场所,当煤尘浓度达到一定程度时影响作业人员的视线,会引起伤亡事故,影响劳动生产效率,还会影响设备安全运行。

矿山向大气中排放的粉尘对矿区周围的生态环境有很大的影响,对生活环境、植物生长环境造成严重破坏。排入大气的粉尘中有相当一部分是飘尘,它可以几小时、几天甚至几年浮游在大气中。飘尘一般具有很强的吸附能力。很多有害气体、液体或某些金属元素(如镍、铬、锌等)都能吸附在其上,随着人的呼吸而被带入肺部深处或黏附在支气管壁上,引起或加重呼吸器官的各种疾病。1952年12月发生在英国伦敦的“烟雾事件”,许多人吸入大气中以飘尘为“载体”的二氧化硫,以致在两个星期内造成4000多人死亡。另外,飘尘还会降低大气的可见度,促使烟雾的形成,使太阳辐射能传递受到影响。

此外,地面煤炭装运、煤堆、矸石堆(山)等由于风力作用也产生大量粉尘,使矿区周边空气环境受到严重污染,对居民健康和植物都造成十分不利的影响。

二、煤尘爆炸

随着矿井开采强度的加大,煤尘爆炸威胁逐渐呈现出来。

自煤炭开采进入规模化生产时代以来,煤尘爆炸已经成为煤炭生产中一个严重危险因素。有史记载的最早的煤尘爆炸于1803年发生在英国的沃尔德逊煤矿。据不完全统计,英国在1911年至1941年间发生过146次煤尘爆炸事故,美国在1925年至1945年间发生过30次煤尘爆炸事故。我国也曾经发生多起煤尘爆炸事故。1960年发生在山西大同矿务局老白洞煤矿的煤尘爆炸事故,死亡684人,为新中国成立以来煤矿工业死亡人数最多的一起事故。2005年11月27日,黑龙江龙煤矿业集团七台河分公司东风煤矿发生一起煤尘爆炸事故,造成171人死亡,48人受伤,直接经济损失达4293万元。

煤尘爆炸的危害性表现为对作业人员的伤害和设备的破坏两方面。其特征可概括为如下6个方面。

1. 产生高速火焰