

国家示范院校重点建设专业优质核心课程工学结合系列教材

KUANGCHEN
FANGZHI JISHU

矿尘防治技术

主编 郑光相

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

国家示范院校重点建设专业优质核心课程工学结合系列教材

矿尘防治技术

主 编 郑光相

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是全国高职高专示范院校矿井通风与安全专业核心课程教材之一。全书主要包括矿尘的检测、防治和隔绝煤尘爆炸、煤矿防尘技术、防尘技术的选择与实施、尘肺病与个体防护和矿井防尘供水系统设计。

本书可供煤炭高职高专院校矿井通风与安全专业使用,也可作为成人高校、中等职业学校相关专业和煤炭干部培训的教材或教学参考书,也可供从事煤炭工业科研、设计及现场工程技术工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿尘防治技术 / 郑光相主编. — 徐州: 中国矿业大学出版社, 2009. 1

(国家示范院校重点建设专业优质核心课程工学结合系列教材)

ISBN 978-7-5646-0185-0

I. 矿… II. 郑… III. 煤尘—除尘—高等学校: 技术学校—教材 IV. TD714

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 207717 号

书 名 矿尘防治技术

主 编 郑光相

责任编辑 何 戈 章 毅

责任校对 李 敬

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 徐州中矿大印发科技有限公司排版中心

印 刷 江苏淮阴新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 10.25 字数 253 千字

版次印次 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定 价 19.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前言

为了满足高职高专院校培养矿井通风与安全专业高技能人才的需要,课程组教师在充分调研的基础上,编写了《矿尘防治技术》教材。参加教材编写的人员中既有有着多年煤矿企业工作经历的工程技术人员,又有教学工作经验丰富的学校专业教师。在教材编写时,我们对教材的定位、结构、特点进行了反复研究,力求使教材具有以下特点:

一、按照高职高专教育特点,遵循学生职业能力培养的基本规律,以真实工作任务及其工作过程为依据整合、序化教学内容。其组织形式是以模块、任务取代了章、节的传统做法。

二、通过课程相关知识的理论学习和技能强化训练,培养学生具备测尘、防尘、矿尘管理等方面岗位技术应用和管理的职业综合素质能力,具有分析矿尘实际情况和解决矿尘实际问题的专业能力。

三、便于开展项目教学,采取“教、学、做”一体的教学方法;打破传统的课堂讲授与实训教学分段实施的方式,利用实验实训室或工作现场,边讲授、边训练;学生在教中学,在学中做,强化学生职业能力的培养。

四、将行业、企业专家所积累的经验以及新技术、新设备、新方法、新工艺有机地融入到相关模块、任务中,突出教材的先进性和实用性。

本书由郑光相任主编,李英杰任副主编。具体编写分工为:平顶山工业职业技术学院郑光相编写模块一和模块二,平煤集团公司十一矿郑立编写模块三,平顶山工业职业技术学院房耀洲编写模块四,平顶山工业职业技术学院刘秋菊编写模块五,平顶山工业职业技术学院李英杰编写模块六。郑光相、李英杰负责全书的统稿。

由于编者水平有限,在内容安排和资料取舍方面难免疏漏,缺点错误在所难免,恳请读者批评指正。

编者
2008年7月

目 录

模块一 矿尘的检测	1
任务一 粉尘浓度测定	1
任务二 测定粉尘分散度	16
任务三 测定矿尘中游离 SiO ₂ 含量	19
模块重点实训项目指导——测尘技能训练	23
模块二 煤尘爆炸及其预防	28
任务 防止和隔绝煤尘爆炸	28
模块重点实训项目指导——防尘技能训练	41
模块三 煤矿防尘技术	48
任务一 煤层注水防尘技术	48
任务二 通风除尘	58
任务三 喷雾降尘和除尘器除尘技术	62
模块重点实训项目指导——煤层注水设计	79
模块四 防尘技术的选择与实施	82
任务一 掘进工作面综合防尘	82
任务二 采煤工作面综合防尘	96
任务三 转载运输系统的防尘	111
模块重点实训项目指导——采区综合防尘措施	118
模块五 尘肺病与个体防护	121
任务 预防尘肺病	121
模块六 矿井防尘供水	133
任务一 矿井防尘洒水水源、管网系统及用水量计算	133
任务二 管网水力计算、水压控制和管路选择、敷设	142
任务三 绘制矿井防尘洒水系统图	148
模块重点实训项目指导——矿井防尘洒水设计	150
参考文献	156

模块一 粉尘的检测

粉尘测定是矿井防尘工作中不可缺少的重要环节,通过经常性地进行的测尘工作,能够及时了解井下各工作地点的粉尘情况,正确评价作业场所的空气污染程度和劳动卫生条件;为指导降尘工作、制定防尘措施、选择除尘设备提供依据,通过测尘工作来鉴定防尘措施、防尘系统和设备的使用效果。

粉尘测定项目包括粉尘浓度(全尘浓度、呼吸性粉尘浓度)测定、粉尘中游离 SiO_2 含量的测定以及粉尘分散度测定等。

《煤矿安全规程》第七百四十条规定,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:

总粉尘: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;粉尘分散度,每 6 个月测定 1 次。

呼吸性粉尘: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;定点呼吸性粉尘监测每月测定 1 次。

粉尘中游离 SiO_2 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。

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。

本模块分三项任务:粉尘浓度测定、粉尘分散度测定和粉尘游离 SiO_2 含量测定。

任务一 粉尘浓度测定

知识点

1. 熟知粉尘的计量。
2. 熟知粉尘的产生与危害。

技能点

1. 能正确使用粉尘浓度测定仪测定指定地点的粉尘浓度。
2. 能正确选择测点和采样。

任务导入

在井下粉尘作业环境中工作时,所吸入的粉尘量多少与浮游在空气中的粉尘浓度密切相关。对浮游粉尘浓度进行监测的目的在于:

① 对井下各作业地点的粉尘浓度进行测定,以检验作业地点的粉尘浓度是否达到国家卫生标准。

- ② 研究各种不同采、掘、装、运等生产环节的产尘状况,提出相应的解决方案。
- ③ 评价各种防尘措施的效果。

相关知识

一、矿尘与计量

(一) 矿尘的概念

能够较长时间呈浮游状态存在于空气中的一切固体微小颗粒称为粉尘。煤矿粉尘(简称粉尘)系煤尘、岩尘和其他有毒有害粉尘的总称。生产过程中散放出的大量粉尘称为生产性粉尘,矿山粉尘(简称矿尘)就属于这类粉尘,它是矿井在建设 and 生产过程中所产生的各种岩矿微粒的总称。煤尘是从爆炸角度定义的,一般指粒径(尘粒平均的横断面直径)在 $0.7\sim 1\text{ mm}$ 以下的煤炭微粒;岩尘是从工业卫生角度定义的,一般指粒径在 $10\sim 45\text{ }\mu\text{m}$ 以下的岩粉尘粒。

(二) 矿尘的分类

矿尘除按其成分分为煤尘和岩尘外,还可以有多种不同的分类方法。

1. 按矿尘粒径划分

- ① 粗尘:粒径大于 $40\text{ }\mu\text{m}$,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 $10\sim 40\text{ }\mu\text{m}$,在明亮的光线下,肉眼可以看到,在静止空气中做加速沉降运动。
- ③ 微尘:粒径为 $0.25\sim 10\text{ }\mu\text{m}$,用光学显微镜可以观察到,在静止空气中做等速沉降运动。
- 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,在空气中做扩散运动。

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节理、层理和裂隙之中。

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。

浮尘和落尘在不同风流环境下可以相互转化,矿井防尘的主要对象是浮尘,通常意义的矿尘指的也是浮尘。

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粉尘的总和。对于煤尘,常指粒径在 1 mm 以下的所有尘粒。

② 呼吸性粉尘:能吸入人体肺部并能滞留于肺泡内的微细粉尘。一般来讲,粒径大于 $100\text{ }\mu\text{m}$ 的尘粒在大气中会很快沉降; $10\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 的尘粒可以滞留在呼吸道中; $5\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 的尘粒大部分会在呼吸道沉积,被分泌的黏液吸附,可以随吐痰排出;小于 $5\text{ }\mu\text{m}$ 的尘粒能深入肺部,引起各种尘肺病,是导致尘肺病的病因,对人体健康威胁甚大。

5. 按粉尘中游离 SiO_2 含量划分

① 硅尘:含游离 SiO_2 在 10% 以上的矿尘。它是引起矿工矽肺病的主要因素。煤矿中的岩尘一般多为硅尘。

② 非硅尘:含游离 SiO_2 在 10% 以下的粉尘。煤矿中的煤尘一般多为非硅尘。

6. 按粉尘有无爆炸性划分

① 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 非爆炸性煤尘: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。

(三) 粉尘的计量指标

粉尘的计量指标很多。在煤矿安全管理工作中,最常用的粉尘计量指标有粉尘浓度、产尘强度、粉尘沉积量。

1. 粉尘浓度

粉尘浓度是指单位体积矿井空气中所含浮游粉尘量。其表示方法有质量法和计数法两种。

① 质量法是指每立方米空气中所含浮尘的毫克数,单位为 mg/m^3 。

② 计数法是指每立方厘米空气中所含浮尘颗粒数,单位为粒/ cm^3 。

我国规定的粉尘浓度标准为质量法。很多国家过去曾采用计数法,因其测定复杂和不能很好地反映粉尘的危害性,因而大多数国家现已改用质量法。

粉尘浓度的大小直接影响着粉尘危害的严重程度,是衡量作业环境劳动卫生状况好坏和评价防尘技术效果的重要指标。作业场所空气中粉尘(总粉尘、呼吸性粉尘)浓度应符合表 1-1-1 的要求。

表 1-1-1 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/ $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	
	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

2. 产尘强度

产尘强度是指生产过程中,采落煤中所含的粉尘量,又称为绝对产尘强度。常用的单位为 g/t 。与其相对应的是相对产尘强度。

3. 相对产尘强度

指每采掘 1 t 或 1 m^3 煤(岩)所产生的粉尘量,常用的单位为 mg/t 或 mg/m^3 。凿岩或井巷掘进工作的相对产尘强度可按每钻进 1 m 钻孔或掘进 1 m 巷道计算。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。

4. 粉尘沉积量

粉尘沉积量是指单位时间在巷道表面单位面积上所沉积的粉尘量,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。

二、粉尘的性质

要做好煤矿防尘工作,必须掌握煤矿粉尘的性质,这是防尘工作的基础。深入研究粉尘的某些性质,可以在不增加防尘成本的前提下,充分利用其有利性质,改变其不利性质,并采取有效措施,大大提高除尘效果。

(一) 粉尘中游离 SiO_2 的含量

煤(岩)尘粒本身具有复杂的矿物成分和化学成分,其中游离 SiO_2 是危害人体的决定因素,其含量越高,危害越大。

游离 SiO_2 是许多矿岩的组成成分。在煤矿常见的岩石中,游离 SiO_2 的含量通常为 20%~50%,煤尘中游离 SiO_2 的含量一般不超过 5%。

(二) 粉尘的密度

1. 真密度

单位体积(不包括尘粒间的空隙)粉尘的质量称粉尘密度,单位为 kg/m^3 或 g/cm^3 。排除粉尘间空隙以纯粉尘体积计量的密度称为真密度。

2. 表观密度

用包括粉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。

粉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。

3. 相对密度

粉尘的相对密度系指粉尘的质量与同体积标准物质的质量之比,因而是无因次量。常采用 1 个标准大气压(101 325 Pa)和温度为 4℃ 时的纯水作为标准物质。由于在这种状态下 1 cm^3 的水的质量为 1 g,因而粉尘的相对密度在数量上就等于其密度。但相对密度和密度是两个不同的概念。

(三) 粉尘的粒度与比表面积

1. 粉尘的粒度

粉尘的粒度指粉尘颗粒的大小,又称粒径。因粉尘的形状不规则,一般用尘粒的平均直径或其投影定向长度来表示粒度,通常用 μm 计量。

一般说来,粉尘的粒度越小,危害性越大。粒度小于 5 μm 的呼吸性粉尘易被人吸入细支气管和肺泡里引起尘肺病。

2. 粉尘的比表面积

单位质量粉尘的总表面积称为比表面积,单位为 m^2/kg 或 cm^2/g 。粉尘的比表面积与直径成反比,粒径越小,比表面积越大。比表面积是衡量粉尘颗粒大小的指标之一。

(四) 粉尘的分散度

分散度是指物质破碎的程度。通常所说的粉尘分散度是指某粒级的粉尘量与粉尘总量的百分比。我国把粉尘的分散度划分为 4 个计测范围(粒级):Ⅰ为小于 2 μm ;Ⅱ为 2~5 μm ;Ⅲ为 5~10 μm ;Ⅳ为大于 10 μm 。矿井生产过程中产生的粉尘,小于 5 μm 的往往占 80%左右。湿式作业情况下,粉尘总量减少,分散度却增加了,个别场合小于 5 μm 的尘粒可达 90%以上。

根据粉尘总量中不同粒级的粉尘所占比例的多少,粉尘的分散度可分为高分散度的矿

尘和低分散度的粉尘。高分散度的粉尘是指粉尘总量中微细尘粒多、所占比例大的粉尘；低分散度的粉尘是指粉尘总量中粗大的尘粒多、所占比例大的粉尘。粉尘的分散度越高，危害性越大，而且越难捕获。所以在制订防尘措施时，必须考虑粉尘的分散度，以收到最佳效果。

根据计量方法的不同，粉尘分散度又可分为计数分散度和质量分散度。计数分散度，指某粒级的粉尘颗粒数占粉尘总量颗粒数的百分比；质量分散度，指某粒级粉尘的质量占粉尘总质量的百分比。

（五）粉尘的湿润性

粉尘的湿润性是指尘粒与水分子的亲和能力，亦称吸湿性、浸润性。根据湿润性，可将粉尘分为亲水性粉尘（易湿润的粉尘）和疏水性粉尘（不易湿润的粉尘）。湿式除尘就是利用粉尘的湿润性从空气中分离易湿润的粉尘的。

煤矿中的岩尘一般为亲水性粉尘，煤尘为疏水性粉尘。通常采取提高尘粒与水滴的相对运动速度、降低水的表面张力等方法来提高湿润效果。湿润后的粉尘质量增加，同时粒子间相互碰撞时容易凝聚在一起形成较大的尘粒，从而加快了沉降速度。井下使用喷雾装置就是利用粉尘的这种性质捕捉粉尘的。

（六）粉尘的荷电性

粉尘的荷电性是指粉尘粒子因在被破碎的过程中互相摩擦碰撞等原因，得到或失去电子而带电的性质。尘粒的荷电量取决于尘粒的大小和密度，并与湿度和温度有关。当温度升高时，荷电量增加；当温度降低时，荷电量减少。同一种尘粒可带正电，也可以带负电，或不带电，这与其化学性质无关。

尘粒的荷电性影响尘粒在空气中的稳定程度。如同性电荷相斥，增加了尘粒在空气中的运动；异性电荷相吸，会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，尘粒的荷电量还影响细胞的吞噬速度。粉尘的荷电量越大时，对人体的危害也越严重。

（七）粉尘的光学特性

粉尘的光学特性包括粉尘对光的反射、吸收和透光强度等性能。在测尘技术中，常利用粉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岩粒的透明度、形状、大小及气流含尘浓度有关，但主要取决于气流含尘浓度和尘粒大小。当尘粒直径大于 $1\text{ }\mu\text{m}$ 时，光线由于被直接反射而损失，即光线损失与反射面面积成正比。当气流含尘浓度相同时，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 g/m^3 时，含尘气流是透明的，可通过 90% 的光；随着浓度的增加，其透明度将大为减弱。

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，会使光强减弱。

（八）粉尘的燃烧性和爆炸性

有些粉尘（主要是硫化粉尘和煤尘）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。粉尘爆炸时能产生高温、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% 的硫化粉尘即有爆炸性，发生爆炸的粉尘浓度范围为 $250\sim 1\,500\text{ g/m}^3$ ，引燃温度为 $435\sim 450\text{ }^\circ\text{C}$ 。

三、矿尘的产生及危害

(一) 矿尘的产生

1. 产生矿尘的主要作业工序

煤矿作业的各个生产过程中都可以产生矿尘。能产生粉尘的作业工序主要有以下几种：

- ① 钻眼作业，如气动凿岩机或煤电钻打眼、打锚杆眼、注水眼等。
- ② 炸药爆破。
- ③ 采煤机割煤、装煤和掘进机掘进。
- ④ 采场支护、放顶。
- ⑤ 巷道支护，特别是锚喷支护。
- ⑥ 装载、运输、转载、卸载和提升。
- ⑦ 通风安全设施的构筑等。

2. 影响粉尘量的主要因素

煤矿粉尘生成量受多个因素影响，理论和实践分析表明，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，粉尘产生量较大；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量大，且分散度高。

(3) 环境的温度和湿度

煤岩体本身水分低、煤帮岩壁干燥，而且环境相对湿度又低时，作业时产尘量会相对增大；反之，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，粉尘悬浮性减弱，空气中粉尘含量会相对减少。

(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方法开采比用水平分层开采的产尘量要大；全部冒落采煤法比水砂充填法的产尘量大得多。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

煤矿粉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，粉尘浓度就会降低；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，粉尘浓度就会逐渐增高。保持产尘点的良好通风状况，关键在于选择既能使粉尘稀释并排出，又能避免落尘重新飞扬的最佳风速。根据现场试验研究，采煤工作面风速为 $1.5 \sim 2.5 \text{ m/s}$ 时，浮游粉尘浓度小；掘进工作面的风速以 $0.4 \sim 0.7 \text{ m/s}$ 为宜。

(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。

（二）矿尘的尘源分布

煤矿矿尘的主要尘源是采掘运输和装载、锚喷等作业场所。采掘工作面产生的浮游矿尘约占矿井全部矿尘的 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，也产生相当数量的矿尘。

按产生来源分析，在现有防尘技术条件下，各生产环节所产生的浮游矿尘产生量比例关系大致是：采煤工作面占 45%~80%；掘进工作面占 20%~38%；锚喷作业点占 10%~15%；运输通风巷道占 5%~10%；其他作业点占 2%~5%。

（三）矿尘的危害

矿尘具有很大的危害性，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

工人长期吸入矿尘后，轻者会患呼吸道炎症、皮肤病，重者会患尘肺病，而尘肺病引发的致残和死亡人数在国内外都十分惊人。

2. 某些矿尘（如煤尘，硫化尘）在一定条件下可以爆炸

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，煤尘则有可能与瓦斯同时爆炸。煤尘或瓦斯煤尘爆炸，都将给矿山以突然性的袭击，酿成严重灾害。

3. 加速机械磨损，缩短精密仪器使用寿命

随着矿山机械化、电气化、自动化程度的提高，矿尘对设备性能及其使用寿命的影响将会越来越突出，应引起高度重视。

4. 降低工作场所能见度，增加工伤事故的发生

在某些综采工作面干割煤时，工作面煤尘浓度高达 4 000~8 000 mg/m³，有的甚至更高，这种情况下，工作面能见度极低，往往会导致误操作，造成人员的意外伤亡。

（四）《煤矿安全规程》对粉尘浓度的规定

《煤矿安全规程》第七百三十九条规定，作业场所空气中粉尘（总粉尘、呼吸性粉尘）浓度应符合表 1-1-1 的要求。

四、粉尘浓度测定方法

（一）粉尘浓度测定方法分类

粉尘浓度的测定方法很多，按不同的目的可分为如下几种：

1. 按计量方法不同分类

① 质量法：以单位体积空气中粉尘质量表示（mg/m³）。

② 计数法：以单位体积空气中粉尘粒数表示（粒/cm³）。

2. 按测尘仪器原理不同分类

① 采样器：现场滤膜采样，地面实验室称重分析，计算粉尘浓度值。

② 测尘仪：根据物理原理，用测尘仪直接在现场读出粉尘浓度值。

3. 按采样方法不同分类

① 短时定点：仪器放在固定点，采样 10~20 min。

② 连续监测：利用粉尘浓度传感器与安全监测系统联网来对粉尘进行监测。

③ 个体佩戴：作业人员佩戴仪器，全工班（8 h 以上）采样。

目前，粉尘浓度的测定方法以质量法为基础，主要有滤膜质量测尘法和光电直读测尘

法,用于测定全尘浓度或呼吸性粉尘浓度。

(二) 测尘采样位置的确定

测尘点(或采样位置)的选择,应根据测尘目的来确定。如果测定的目的是了解工人接触粉尘情况,测尘点应选择在接受尘人员经常活动的范围内,高度一般位于工人呼吸带,即离底板 1.5 m 左右。如果测定的目的是了解某一尘源的影响范围,则应根据尘源的特点,在其不同方向、不同距离布置固定测尘点或移动测尘点。移动测尘点可布置成与尘源同步移动的或直接将测尘仪(或采样器)设于移动设备上。如果测定的目的是评价某一防尘措施或除尘装置的除尘效果,则应分别在采用和不采用该措施或装置的情况下,对操作点和呼吸带进行实测对比。当有风流影响时,一般应选择在尘源的下风侧或回风侧布置测点。

从国内外采样方法来看,有个体采样方法和区域采样方法两种。前者以工人每个工班实际的接触浓度来评价粉尘的危害程度,优点是便于从劳动卫生学的角度来评价工人受尘害的状况,缺点是评价治理措施的优劣还有些不足;后者能够比较客观地评价作业场所的粉尘浓度状况,从而反映出治理措施的效果如何,但直接用来进行劳动卫生学评价尚存在一定的距离。两种方法各有利弊。

通常,测定作业环境的目的在于准确地掌握作业环境的实态,将其数量化,求出作业场所(单位作业场所)的平均浓度和不同位置的粉尘浓度。所谓单位作业场所,是指根据工人在该作业区域内的行动范围及粉尘浓度分布状况等定出的必要区域。日本将作业场所粉尘浓度的测定分成 A 测定、B 测定两种:A 测定是在单位作业场所范围内画出纵横等间隔的线,在线的交叉点布点测定,求出几何平均浓度及几何标准差;B 测定是在尘源移动、间歇或固定的情况下,在粉尘浓度最高的位置布点测定。B 测定用以补充 A 测定,故要在 A 测定以外追加 B 测定。

我国从 20 世纪 50 年代开始到现在,一直采用区域采样方法,同时对煤矿各生产工艺过程的测尘点布置作了具体规定,如表 1-1-2 所列。

表 1-1-2

井上下作业场所粉尘测点的选择和布置

类别	生产工艺	测尘点布置
采煤工作面	1. 缓倾斜及倾斜煤层采煤机落煤	采煤机回风侧 10~15 m 处
	2. 采煤机司机操作采煤机	司机工作地点
	3. 液压支架司机移架	司机工作地点
	4. 风镐落煤、手工落煤及人工撬煤	一人作业,在其回风侧 3~5 m 处;多人作业,在最后一人回风侧 3~5 m 处
	5. 工作面平巷钻机钻孔	打钻地点回风侧 3~5 m 处
	6. 煤电钻打眼	作业人员回风侧 3~5 m 处
	7. 回柱放顶移刮板输送机	作业人员工作范围
	8. 薄煤层刨煤机落煤	工作面上作业人员回风侧 3~5 m 处
	9. 刨煤机司机操作刨煤机	司机工作地点
	10. 工作面多工序同时作业	回风巷内距工作面端头 10~15 m 处
	11. 工作面爆破作业	爆破后工人进入工作面开始作业前,工人作业的地点
掘进工作面	1. 掘进机作业	机组后 4~5 m 处的回风侧
	2. 掘进机司机操作掘进机	司机工作地点
	3. 机械装岩	在未安设风筒的巷道一侧,距装岩机 4~5 m 处的回风流中
	4. 人工装岩	在未安设风筒的巷道一侧,距矿车 4~5 m 处的回风流中

续表 1-1-2

类别	生产工艺	测尘点布置
掘进工作面	5. 气动凿岩机、煤电钻打眼 6. 打眼与装岩机同时作业 7. 砌碛 8. 抽出式通风 9. 切割联络眼 10. 刷帮 11. 挑顶 12. 拉底 13. 工作面爆破作业	距作业地点 4~5 m 处巷道中部 装岩机回风侧 3~5 m 处巷道中部 在作业人员活动范围内 在工作面产生点与除尘器吸捕罩之间粉尘扩散得较均匀地区的呼吸带范围内 在作业人员活动范围内 距作业地点回风侧 4~5 m 处 距作业地点回风侧 4~5 m 处 距作业地点回风侧 4~5 m 处 爆破后工人进入工作面开始作业前,工人作业的地点
锚喷	1. 打眼 2. 进打锚杆 3. 喷浆 4. 搅拌上料 5. 装卸料	工人作业地点回风侧 5~10 m 处 工人作业地点回风侧 5~10 m 处 工人作业地点回风侧 5~10 m 处 工人作业地点回风侧 5~10 m 处 工人作业地点回风侧 5~10 m 处
转载点	1. 刮板输送机作业 2. 带式输送机作业 3. 装煤(岩)点及翻罐笼 4. 翻罐笼司机和放煤工人作业 5. 人工装卸材料	距输送机转载点回风侧 5~10 m 处 距输送机转载点回风侧 5~10 m 处 尘源回风侧 5~10 m 处 司机和放煤工人工作地点 作业人员工作地点
井下其他场所	1. 地质刻槽 2. 维修巷道 3. 材料库、配电室、水泵房、机修 4. 硐室等工人作业处	作业人员回风侧 3~5 m 处 作业人员回风侧 3~5 m 处 作业人员活动范围内
露天矿	1. 钻机打眼 2. 钻机司机操作钻机 3. 电铲作业 4. 电铲司机操作电铲	钻机下风侧 3~5 m 处 司机室内 电铲作业地点下风侧 4~5 m 处 司机室内
地面作业场所	地面煤仓、选煤厂、建材厂、机修 厂及火药制造厂等进行生产作业处	作业人员活动范围内

五、呼吸性粉尘采样效率曲线及其应用

过去由于测尘技术的原因,多数国家只测定全尘浓度。近些年来,国内外根据呼吸性粉尘采样效率曲线,研制出不少呼吸性粉尘测定仪,用于直接测定呼吸性粉尘浓度。

基于呼吸性粉尘导致尘肺的病理研究,英国医学研究协会主张模拟人的呼吸道对粉尘的滞留状况制造分离粗粒子的测尘仪,并于 1959 年在南非第四次国际尘肺会议上通过了他们拟制的对呼吸性粉尘采样效率曲线,即所谓约翰内斯堡曲线,简称 BMRC 曲线,如图 1-1-1 所示。

美国原子能协会拟制的对呼吸性粉尘采样效率曲线,称为美国原子能协会曲线,简称 LAS 曲线,即 AEC 曲线,经美国工业卫生协会修正后,即所谓 ACGIH 曲线(图 1-1-1)。

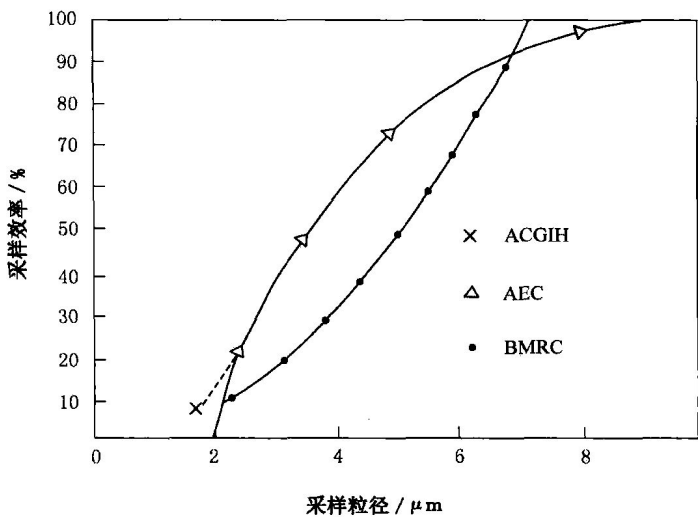


图 1-1-1 呼吸性粉尘采样效率曲线

两种曲线对粉尘采样的标准如表 1-1-3 和表 1-1-4 所列。

表 1-1-3 BMRC 曲线呼吸性粉尘采样器采样效率										
空气动力学直径/ μm	2.2	3.2	3.9	4.5	5.0	5.5	5.9	6.3	6.9	7.1
采样效率/%	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0

表 1-1-4 AEC 曲线呼吸性粉尘采样器采样效率					
空气动力学直径/ μm	2.0	2.5	3.5	5.0	10.0
采样效率/%	100	75	50	25	0

一些国家在研制呼吸性粉尘测定仪时,又提出了各自的选择特性曲线。我国 ACH—1 型呼吸性粉尘测定仪的采样曲线也是参照 BMRC 曲线研制的。

六、煤矿矿尘连续监测系统简介

随着微计算机和网络信息传输技术的不断普及应用,煤矿矿尘测定由单机分散测尘走向集中监测和连续化系统监测,并将其纳入到全矿井安全集中监测系统的一个重要组成部分。目前矿尘连续监测系统正处在从研制到应用的发展时期。

1. 研制煤矿矿尘监测系统的目的

① 使地面管理部门直接了解井下各作业区的产尘情况,进而控制井下通风防降尘设施的运行状态,确保矿井安全生产和有一个良好的作业环境。

② 避免现行测尘的随机误差,正确反映作业区各工序的高低峰矿尘浓度值及累计平均浓度值,为正确评价矿尘作业环境提供科学依据。

③ 实行长期连续监测,可以对矿工的矿尘吸入量做统计分析,为预报和控制尘肺提供

可靠数据。

2. 煤矿矿尘连续监测系统的组成

矿尘连续监测系统由井下监测固定机、携带机和井下数据存储器、收发送装置、地面控制中心等组成。

在井下有人工作区设置固定监测单机,测定的数值能自动储存并能通过光纤(或电缆)信道传输给井下数据存储器,并由存储器传输给地面微机控制中心进行数据处理。计算机将处理后的数据直接显示、记录,并绘制成曲线或打印输出。井下的携带机测定矿尘数值也可通过井下流动监测仪数据发送设备传送到地面控制中心。同时,控制中心可根据情况,发布指令操纵井下或地面有关设备的运行,从而达到遥测遥控的目的。由于采用光纤传送,因而既防爆,又可防止因井下潮湿或有害气体腐蚀等影响而造成的数据丢失及错误传送,保证了测定数据的准确可靠。

3. 矿尘监测系统与连续监测仪器

我国镇江煤矿专用设备厂生产的 ALJH—1 型呼吸性粉尘连续监测仪,是目前我国先进的连续快速测尘仪。可长时间连续监测、存储、回放处理平均粉尘浓度及瞬时粉尘浓度的变化;分析作业环境产生原因,为综合治理粉尘提供可靠数据,初步实现了对呼吸性矿尘的连续监测和远距离读数的集中监测。其先进性是任何快速、连续、直读式测尘仪所不能比拟的。该产品由以下八部分组成:

- ① ALJH—1 型呼吸性粉尘连续监测仪。
- ② 12HMK II 存储器。
- ③ SD12MK II 解码器。
- ④ 12H—VTC 验证器。
- ⑤ 曲线记录仪。
- ⑥ BC—7 充电器。
- ⑦ 远距离读出器。
- ⑧ 校准器。

ALJH—1 型呼吸性粉尘连续监测仪为引进英国 SIMSLIN II 型而研制的产品。

SIMSLIN 呼吸性粉尘测尘仪是由英国矿山安全研究所(SMRE)研制,由 R&M 公司制造的。原理是利用光散射技术连续测定呼吸性粉尘瞬时浓度,并能把 8 h 的粉尘浓度变化记录在纸上。本身又有滤膜捕尘装置,能用滤膜称重法对仪器结果进行检验。

SIMSLIN 测尘仪气路原理如图 1-1-2 所示。由抽气泵吸入的含尘空气(一般流量为 0.625 L/min),通过

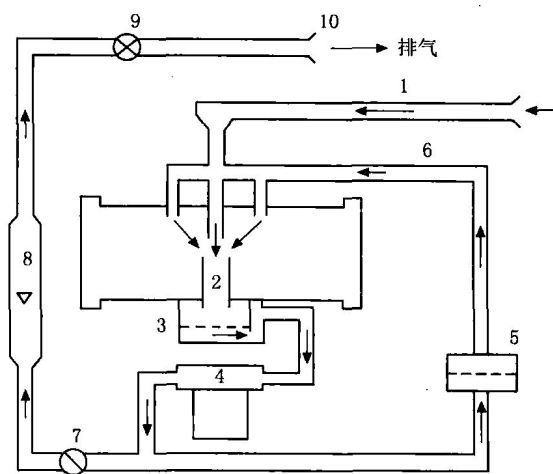


图 1-1-2 SIMSLIN 气路原理

- 1——淘析器;2——光学检测系统气道;3——主过滤器(滤膜盒);
4——抽气泵;5——副过滤器;6——清洁空气;7——调节阀;
8——流量计;9——排气阀;10——排气口

单道平板式淘析器,分离出呼吸性矿尘,进入测尘仪的光学检测系统,在光学检测系统中,按光散射原理测定矿尘浓度;随后气流进入主过滤器,被直径 47 mm 的滤膜捕获。此处所得的矿尘可用滤膜称重法测定矿尘浓度,这样的结果可与光散射法的测尘浓度结果进行比较,以便校准光散射仪器。

经过主过滤器的空气可分为两路,一路经流量计、排气阀从排气管排出,另一路少量气流经过副过滤器再次被净化,清洁空气返回到光学检测系统的进气一侧,分流在光学检测系统含尘气流两侧,形成清洁空气“屏障”,防止检测系统的光学透镜被矿尘污染。

由中国煤炭科学研究总院重庆分院研制的矿井“粉尘浓度传感器”,首次应用于重庆煤炭集团旗下中梁山、南桐、松藻、永荣等矿区,解决了长期困扰煤炭企业“粉尘浓度在线监测”的技术难题。该传感器探头可直接安装到井下工作面,通过信号传输至地面电脑网络实施监控,便于技术人员 24 h 跟踪监控井下粉尘浓度数据,预防矿井粉尘爆炸事故。

任务实施

一、滤膜质量称重测尘法测尘

滤膜采样法测尘的实质是使一定体积的含尘空气,在电动抽气机或薄膜泵的作用下,通过已知质量的滤膜,粉尘被阻留在滤膜上;然后,根据采样后滤膜上粉尘的质量和采气量,计算出单位体积空气中粉尘的质量(mg/m^3)。

1. 测定器材

① 采样器:采用经过产品检验合格的粉尘采样器在煤矿井下采样时,必须用防爆型粉尘采样器。

② 采样头:使用测定总粉尘浓度的采样头,或分级采样头,即同时测定总粉尘浓度和呼吸性粉尘浓度。其气密性应符合如下要求,即将滤膜夹上装有塑料薄膜的采样头放在盛水的烧杯中,向采样头内送气加压,当压差达到 1 000 Pa 时,水中应无气泡产生。

③ 滤膜:煤矿井下一般采用过氯乙烯纤维滤膜。过氯乙烯滤膜表面呈细网状,韧性很强,不易破裂,具有静电性、憎水性、耐酸性、滤膜阻力小等特点。这种滤膜对粉尘粒子阻留率高达 99% 左右。若粉尘浓度低于 $200 \text{ mg}/\text{m}^3$,用直径为 40 mm 的滤膜。

④ 气体流量计:常用 15~40 L/min 的玻璃转子流量计,精度为 $\pm 2.5\%$,流量计至少每半年用钟罩式气体计量器、皂膜流量计或精度为 $\pm 1\%$ 的转子流量计校正 1 次。若流量计有明显污染时,应及时清洗校正。

⑤ 天平:用感量不低于 0.000 1 g 的分析天平。按计量部门规定,每年检定 1 次。

⑥ 秒表或相当于秒表的计时器。

⑦ 干燥器:内盛变色硅胶。硅胶为红色时应及时更换或烘干后再用。

2. 测定程序

(1) 滤膜的准备。用镊子取下滤膜两面的衬纸,置于天平上称量,记录初始质量,然后将滤膜装入滤膜夹,确认滤膜毛面向上无褶皱或裂隙后,放入带编号的样品盒里备用。直径为 75 mm 的滤膜固定方法如下:

① 旋开滤膜固定圈。

② 用镊子将称量完的滤膜对折两次成 90° 角的扇形,然后张开成漏斗状,置于固定盖