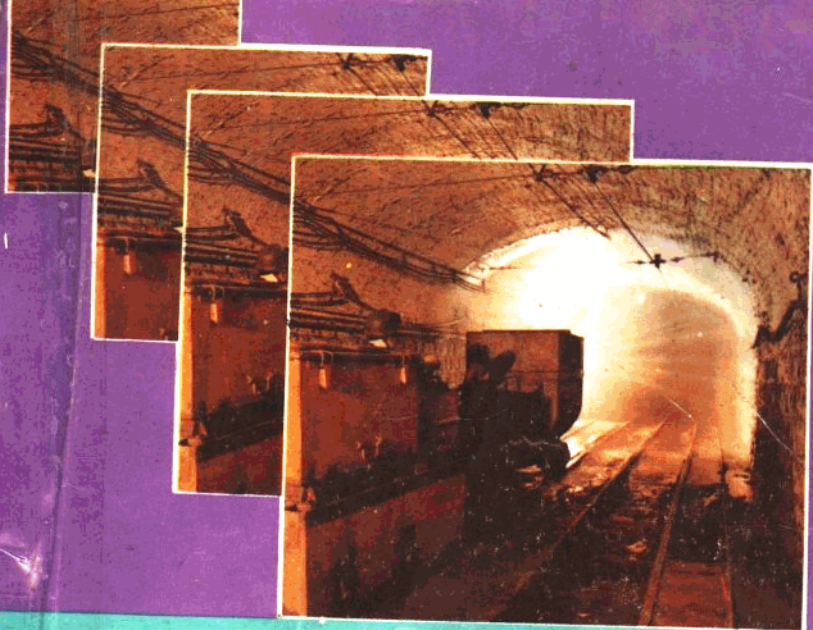




煤矿防尘与

粉尘检测

穆智宏/ 主编

黄河出版社

内 容 提 要

煤矿防尘工作是国家对煤矿实现安全文明生产的重要政策，是煤矿各级领导、工程技术人员的工作重点，也是关系煤矿职工健康的大事。本书由从事煤矿企业防治尘肺方面有实践经验和从事教学、科研、医疗工作的同志撰写。

《煤矿防尘与粉尘检测》贯彻预防为主，防治并重的方针，阐述了煤、岩尘的危害，产生煤、岩尘的尘源，提出患煤、岩尘肺的治疗方法，强化煤、岩尘防治的技术措施、管理办法，介绍了有关粉尘检测仪器、检测方法、检测评定标准。并把有关规定纳入本书附录。该书既可作为煤矿管理干部和专业技术人员工具书，也可作为专业干部的培训教材，指导煤矿企业减尘除害，造福矿工。

主 编 穆智宏

副主编 卢鉴章 段树华 李维林

编 委 (以姓氏笔画为序)

弓文康 王茂吉 王学众 卞伯绶 白云

向卓辉 刘奎政 刘新强 朱美珍 祁务

李学诚 陈邦文 陈绍义 杨 松 孟

范世义 赵质敏 赵世奎 侯登双 胡秀

钟 明 张希哲 殷继昌 梁贵和 姚涖

鲍含诚 谭成海

序

煤矿生产过程中产生的粉尘，对矿工的身体健康和安全生产都造成了极大的危害。加强对尘害的防治是煤矿安全生产极其重要的一个方面。

建国以来，党和政府十分重视尘害的治理工作，采取了许多措施并取得一定的成效。但是，由于煤矿自然条件极其复杂，煤矿的粉尘危害至今仍是安全生产中十分突出的问题，这种现状必须尽快改变。

煤炭系统的有关专家根据煤矿现有在粉尘防治、尘肺预防及治疗等方面的成熟技术编写出的这本书，对进一步搞好煤矿防尘工作，改善作业环境，减少尘肺的发生，保证矿井安全，促进生产效率的提高具有指导意义。

希望从事煤矿安全和职业病防治工作的人员积极利用此书，并组织煤矿一线的广大职工进行学习，进一步提高自身的业务素质，以适应煤炭生产高速发展的需要，为推动我国煤矿实现高效、安全、文明生产做出更大的贡献。

李秋斌

目 录

第一篇 粉尘及其危害	(1)
第一章 粉尘	(1)
第一节 粉尘的一般概念	(1)
第二节 生产性粉尘的产生及种类	(2)
第三节 煤矿粉尘的理化特性	(5)
第四节 煤尘的爆炸性	(11)
第五节 生产性粉尘的致病性	(16)
第二章 煤工尘肺及其防治	(19)
第一节 煤工尘肺的种类及分期	(19)
第二节 煤工尘肺的预防与治疗	(31)
第二篇 粉尘防治	(38)
第三章 煤矿粉尘防治措施的分类	(38)
第四章 防尘供水与喷雾	(41)
第一节 矿井防尘用水量的计算	(41)
第二节 静压供水	(47)
第三节 水质要求及水的净化	(48)
第四节 管网系统	(51)
第五节 喷雾	(54)
第五章 掘进防尘	(73)
第一节 炮掘工作面防尘	(73)

第二节	机掘工作面防尘	(100)
第三节	锚喷支护防尘	(109)
第六章	采煤防尘	(120)
第一节	煤层注水防尘	(120)
第二节	采空区灌水防尘	(161)
第三节	机采工作面防尘	(165)
第四节	自移式液压支架移架时自动喷雾降尘	(181)
第五节	炮采工作面的防尘	(184)
第七章	转载运输系统防尘	(185)
第一节	机械控制自动喷雾降尘装置	(186)
第二节	电器控制自动喷雾降尘装置	(197)
第三节	其它防尘措施	(207)
第八章	个体防尘	(218)
第一节	自吸过滤式防尘口罩	(218)
第二节	动力送风过滤式防尘用具	(224)
第三节	隔绝式压风呼吸器	(228)
第四节	防尘服	(231)
第九章	煤尘爆炸的预防及限制	(232)
第一节	防爆措施	(232)
第二节	被动式隔绝煤尘爆炸传播措施	(240)
第三节	自动式隔爆措施	(251)
第三篇	粉尘检测	(258)
第十章	粉尘检测概述	(258)
第一节	粉尘检测的基本概念	(258)

第二节	粉尘检测的项目及要求	(259)
第三节	粉尘检测工作的现状及展望	(264)
第十一章	粉尘卫生标准	(268)
第一节	基本概念	(268)
第二节	我国粉尘卫生标准概况	(269)
第三节	国外粉尘卫生标准概况	(272)
第四节	我国煤矿粉尘管理控制浓度	(276)
第十二章	粉尘检测方法	(278)
第一节	粉尘浓度的测定	(278)
第二节	粉尘中游离二氧化硅含量的测定	(282)
第三节	粉尘分散度的测定方法	(288)
第十三章	粉尘测定仪器	(290)
第一节	粉尘浓度测定仪器的分类	(290)
第二节	国外粉尘测定仪器	(291)
第三节	国内测尘仪器现状	(295)
第四节	煤矿测尘仪器的选择原则及应用	(300)
第十四章	测尘技术档案的建立与报告制度	(304)
第一节	测尘数据的登记、整理与报告	(304)
第二节	报告程序及制度	(307)

第四篇 煤矿防尘管理

与劳动卫生监督

第十五章	防尘管理与劳动卫生监督	(315)
第一节	防尘工作的历史沿革	(315)

第二节 机构及职责范围	(317)
第三节 监督检查与评价	(320)
第四节 统计指标与报表	(343)
附录 1: 防尘规范	(361)
附录 2: 中华人民共和国尘肺病防治条例	(381)
附录 3: 测尘仪器	(385)

第一篇

粉 尘 及 其 危 害

第一章 粉 尘

第一节 粉尘的一般概念

在煤炭生产过程中,由于煤或岩石被破碎,随之产生大量粉尘并浮游于作业环境空气中,这些粉尘受重力作用而沉降形成积尘,粒径非常细小的,则随风流飘扬形成飘尘。它们对人体健康会直接或间接产生危害。

一、粉尘

是指能够较长时间悬浮在空气中的固体微粒。从胶体化学的角度来看,悬浮粉尘是一种气溶胶,其分散媒是空气,分散相为固体粒子,是固体粒子悬浮在空气中共同组成的分散体系。

煤炭开采有两种生产形式,一种是井工开采;另一种是对埋藏浅的煤层采用剥离复盖层直接采煤法,即露天开采。无论是井工开采或露天开采都有粉尘的危害,尤其井工开采是地下作业,井下作业环境狭小,在掘进、采煤、爆破、装运等生产工序中都会产生大量的粉尘,如果防尘措施不健全,其危害是非常严重的。露天矿生产中的潜孔钻钻孔、电铲挖煤、装运、爆破等各个工序中亦能产生大量粉尘污染作业环境,虽然露天开采为完全开敞式生产,能直接受外界自然气象条件的影响,且操作人员可以视其当时风向而选择最佳空间位置,但露天矿是一整体生产工场,各生产工序彼此有连续性,位置相对固定,其粉尘的危害虽不及井下作业严重,但也

不能忽视。

二、飘尘

即飘浮在空气中的粉尘，是一种广义的概念，更多的用于对大气环境的污染。凡能较长时间飘浮在空气中的固体微粒，包括尘、烟等均为飘尘，在煤矿井下则称为浮游粉尘。在空气中飘浮时间的长短与粉尘的粒径大小有直接关系。粒径 $10\mu\text{m}$ 的粉尘沉降到地面，一般需要 $4\sim 9\text{h}$ ；粒径 $1\mu\text{m}$ 的粉尘需要数十天；粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以下的粉尘，可长时间飘浮在空气中而不沉降。

在煤炭生产中，露天煤矿的上空，由于生产性粉尘的外逸或煤层自然着火引起烟尘的放散，飘尘量很大，周围环境尘烟迷漫，直观能见度下降。我国工业企业设计卫生标准所规定的居民区大气中飘尘日平均最高容许浓度为 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ (TJ36~79)。露天煤矿的飘尘除污染周围居民区大气外，对生产工人可以引起一些呼吸道常见疾病，但尚不会引起尘肺。

三、积尘

积尘是煤炭生产中粉尘存在的一种形式。生产环境空气中浮游的粉尘，由于重力作用，逐渐向下沉降，沉积在生产工作面、井下巷道周边、采掘机械的表面和运输设备表面，如不及时清扫冲洗，则积少成多。积尘本身并不能直接进入呼吸道对人体造成危害，但由于生产中机械的运转，各种操作工具的振动，局部通风等，会使已经沉降的积尘，再次飞扬形成二次污染源，增加工作面空气中的粉尘浓度，加重粉尘的危害性。

第二节 生产性粉尘的产生及种类

所谓生产性粉尘，是指生产过程中产生的粉尘。煤矿粉尘是

煤炭生产过程中伴随煤和岩石被破碎而产生的，所以，它也是生产性粉尘的一种。

一、生产性粉尘的产生

就煤矿粉尘而言，按煤炭生产的方式，可分为两大部分，即井工开采产生的粉尘和露天开采及地面生产产生的粉尘。

（一）井工开采产尘

我国煤矿大多数为井工开采矿井，均为地下作业。在井巷开拓、采煤、支护、运输、装载和提升等各个生产环节都有大量粉尘产生。据统计，煤矿粉尘的80%产自采掘工作面。

近年来，煤矿生产面貌发生了很大变化，大量新技术、新装备被煤矿采用，尤其是综采机掘的迅速发展，使煤矿机械化程度大为提高，采掘强度也随之加大，促进煤炭产量成倍增长。但是，在这种生产条件下煤矿的产尘强度也随之增大，采掘工作面的粉尘浓度大幅度增加。据不完全统计，在地质条件和通风状况基本相同情况下，不同的采掘方法其粉尘浓度相差很大。例如，在无防尘措施条件下，炮采的粉尘浓度为 $300\sim 500\text{mg}/\text{m}^3$ ，而机采的粉尘浓度达到 $1000\sim 3000\text{mg}/\text{m}^3$ ，综采则高达 $4000\sim 8000\text{mg}/\text{m}^3$ 。

另外，一些新技术的采用有时也带来了增加产尘量的问题。例如锚喷支护技术的推广运用，由于在上料口上料、喷射混凝土等工序，都有大量粉尘产生，增加了井下空气中的粉尘浓度。

（二）露天开采产尘

露天开采是地面作业。现代化的露天煤矿无论是挖掘、钻眼机械或运输工具的机械化程度都较高。在潜孔钻钻眼，大爆破作业，电铲挖掘岩石与采装原煤，自翻机车进行运载等生产环节都有大量粉尘产生，工人既接触岩粉，也能接触煤尘，局部作业面的粉尘浓度亦较高。特别是深部开采，由于通风不良，粉尘更加严重。

井下开采的原煤经提升送到地面以后，还需运送到选煤厂进行筛选、洗选，在振动筛部位，皮带运输过程等，粉尘飞扬亦很大。

所以，无论是地下作业或地面作业，工作面粉尘的产生和飞扬都必须有外力的作用，如机械或人工破坏煤层、岩体，以及风力、各种振动都是产生粉尘和使粉尘飞扬的原因。

二、生产性粉尘的种类

(一)按生产性粉尘的性质分类

1. 无机粉尘：

(1) 矿物粉尘，如石英、石棉、云母等；

(2) 金属粉尘，如铁、锡、钨、锰、铜、铈、铍、铝等；

(3) 人工无机粉尘，如金钢砂、水泥、石墨、玻璃粉等。

2. 有机粉尘：

(1) 植物粉尘，如棉、麻、烟草、甘蔗、谷物、茶、木材等；

(2) 动物粉尘，如毛发、角质、皮革、骨粉等；

(3) 人工合成有机粉尘，如三硝基甲苯、有机染料、有机玻璃、人造纤维、塑料粉末等。

3. 混合性粉尘：以上各种粉尘的混合物。按粉尘的性质可为无机粉尘间的混合，或为有机粉尘间的混合，或为有机粉尘与无机粉尘间的混合，这类粉尘在生产中都能见到。在煤炭生产中，掘进工作面或采煤工作面经常遇到岩层和煤层，其工作面空气中往往是岩尘与煤尘的混合性粉尘。

(二)按粉尘颗粒粒径的大小分类

1. 可见粉尘，用肉眼可见，粒径多在 $10\mu\text{m}$ 以上；

2. 显微粉尘，粉尘粒径在 $10\mu\text{m}$ 以下至 $0.25\mu\text{m}$ 之间，只能借助显微镜才能见到；

3. 超显微粉尘，粉尘粒径在 $0.25\mu\text{m}$ 以下的粒子，在普通光学

显微镜下已不能将光线反射出来，只能用暗视野显微镜或电子显微镜才能见到。

(三)煤矿生产性粉尘分类

1. 按粉尘的组成成分可分为煤尘、岩尘以及其他粉尘，如水泥粉尘等；

2. 按粉尘的存在形式可分为生产环境空气中悬浮的粉尘（含露天煤矿大气中的飘尘）与环境周围的沉积粉尘；

3. 按粉尘中游离二氧化硅的含量可分为矽尘与非矽尘，根据我国“矽尘作业工人医疗预防措施实施办法”中规定，作业环境中粉尘的游离二氧化硅含量在10%以上者称为矽尘，煤矿生产中的井下作业与露天作业都能遇到矽尘与非矽尘；

4. 对于煤尘按其爆炸性可分为有爆炸性煤尘和无爆炸性煤尘等。

第三节 煤矿粉尘的理化特性

煤矿粉尘的理化特性既与粉尘对人体危害的生物学作用有关，亦与在生产工作面采用的防尘、降尘措施关系密切，有重要的卫生学意义。

一、粉尘分散度

如前所述，在煤炭生产中，煤尘是采煤过程中煤体被粉碎而产生，岩尘是由岩石被破碎而产生。粉尘颗粒有大有小，用分散度来表示这些粉尘粒径大小的组成情况，即是说分散度反映了固体物质被粉碎的程度。空气中粉尘由较小的粒子组成时，表示分散度高；由较大的粒子组成时，则表示分散度低。度量粉尘粒径大小一般用微米来表示。

(一)影响在空气中浮游时间的长短

分散度的大小直接影响粉尘在空气中的沉降速度。粉尘的沉降速度决定于方向相反的两个力之间的相互作用，即粉尘颗粒的重力与粉尘粒子跟空气接触之间的摩擦力，这种力与下降的重力形成阻抗。实践证明：当粉尘粒径大于 $10\mu\text{m}$ 时，随着重力加速度的增大，摩擦阻力也相应增大，但重力此时大于摩擦阻力，故尘粒以逐渐增大的速度向下沉降；当粉尘粒径小于 $10\mu\text{m}$ 时，其沉降速度达到一定程度，重力与摩擦阻力趋于平衡，此时尘粒向下沉降的重力加速度消失，而以等速度下降；当粉尘粒径小于 $0.5\mu\text{m}$ 时，很难降落，在空气中的运动轨迹近于布朗运动，浮游在空气中的时间很长。

表 1-1-1 不同粒径的岩尘和煤尘在静止空气中的沉降速度

粒径(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

(二)影响呼吸道的侵入和阻留

粉尘分散度愈高，在空气中浮游的时间愈长，由呼吸道侵入体内的机会也就愈多；相反，粉尘分散度愈低，在空气中易于向下沉降，侵入体内的机会也就愈少。

粉尘进入人体呼吸道，由于人体的防御功能，如上呼吸道鼻腔的鼻毛、呼吸道的生理弯曲、呼吸道粘膜的粘性分泌物等，使随气流吸入呼吸道的粉尘绝大部分通过撞击、粘附而被阻留在上呼吸道。这种方式的阻留量与粉尘的分散度有密切关系，粒径大于 $10\mu\text{m}$ 的粉尘，由于质量大、沉降速度快，在上呼吸道的阻留率很高，易于撞击而阻留在沿途管壁上，不能到达肺泡； $2\sim 10\mu\text{m}$ 的粒

子,特别是 $5\mu\text{m}$ 和 $5\mu\text{m}$ 以下的尘粒,由于重力沉降作用逐渐减少,进入中、小支气管后,分枝增多,气流速度因次递减,尘粒可随气流进入到吸呼吸道深部,大部分可粘附、沉着在中、小支气管的粘膜壁上,其中一部分,主要是 $2\mu\text{m}$ 和 $2\mu\text{m}$ 以下的尘粒可以到达肺泡;小于 $2\mu\text{m}$ 以下的粉尘粒子,尤其是小于 $0.5\mu\text{m}$ 的尘粒,由于扩散作用,大部分仍随气流而呼出体外,在终末、呼吸性支气管、肺泡管及肺泡囊内沉积减少,粉尘直径 $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ 的粒子,约有 80% 又重新呼出。小于 $0.2\mu\text{m}$ 的粒子,其质量小得使重力失去作用,由于扩散的能力与粒子比重无关,但与粒径成反比,这样扩散速度加大,增加了与肺泡壁撞击的机率,粒径小于 $0.2\mu\text{m}$ 的粒子主要靠扩散沉积在肺泡内。

在煤炭生产中,粉尘在呼吸道不同部位的阻留机会还应考虑到粉尘本身的一些特性。例如煤尘较岩石粉尘的密度小,颗粒同样大小的煤尘与矽尘,密度大的矽尘较易于沉降,惯性撞击力也大些;粉尘的形状,煤尘中含有有机成分比岩尘多,破碎中产生非球形粒子的机率比岩尘大,而同样大小的尘粒,非球形的粒子与空气接触的面积大,也能影响粉尘在呼吸道的阻留。

(三)影响在体内的致病性

通过实验性矽肺的研究,认为重量相同而分散度不同的粉尘粒子,在肺组织内引起病变的严重程度和致病能力有差异。英国学者根据粉尘浓度与尘肺关系的 30 年煤工尘肺的流行病学调查资料,首先提出了小于 $5\mu\text{m}$ 的粉尘作为呼吸性粉尘浓度的概念。英国医学研究中心还推荐使用呼吸性粉尘采样器测尘的方法,并已于 1959 年国际尘肺会议所采纳。大家比较一致的看法,认为生产环境空气中直径 $5\mu\text{m}$ 以下的尘粒是引起尘肺的主要有害粉尘。我国煤炭生产中多采用风镐和电钻作业,工作面空气中悬浮的尘粒直径多在 $0.5\sim 10\mu\text{m}$ 之间,直径 $2.5\mu\text{m}$ 以下的约占 60% 以上,直径 $7\mu\text{m}$ 以上的较大尘粒在肺泡内已几乎看不到,所以建

议工作面粉尘浓度的测定方法应包括呼吸性粉尘与全尘的内容，我国目前已研制出了这一类型的采样仪器，现正在逐步推广使用中。

二、粉尘的吸附性

粉尘的吸附能力与粉尘颗粒的表面积有密切的关系，表面积与分散度呈正比例关系。即粉尘分散度越大，表面积也越大。粉尘颗粒随表面积的增大其吸附能力也增强。

(一)吸湿性

吸湿性是指粉尘颗粒对水分的吸附。液体向固体表面扩散，是由于固体表面张力大于固体与液体间的界面张力及液体表面张力之和，故粉尘被润湿。粉尘的吸湿性与粉尘的成分、结构有关，可以分为亲水性粉尘与疏水性粉尘两大类。对于 $5\mu\text{m}$ 以下的尘粒，即使是亲水性粉尘，也必须在尘粒与水雾有较高的相对速度条件下才能被润湿。

粉尘的吸湿性与生产环境的微气候条件也有关联，吸湿性可随气压增高而增大，随温度上升而下降。

在煤矿生产中，粉尘的吸湿性被广泛利用于湿式作业，诸如水打眼、水炮泥、洒水喷雾、煤体注水等。但由于粉尘颗粒对周围介质的气体吸附能力很强，往往在粉尘产生的同时，便吸附了气体分子，在表面形成一层薄膜，阻碍了对水分的吸附能力，增加了气溶胶的稳定性。生产中采用煤体注水，利用固体物质在粉尘未形成以前与水的接触进行预湿润，或是在粉尘工作面采用水雾，增加与粉尘粒子的接触面积，可能有助于粉尘的重力沉降作用。

(二)吸油性

在生产中由于各种机械设备，如采煤机组、风镐、电钻都加有润滑油，随着机械的运转与压缩风流的喷射，这些润滑油亦可以形成雾状悬浮在生产环境空气中，部分粉尘对它亦有吸附性。这些

油雾可干扰粉尘浓度的测定；而且由于油的憎水性，吸附油雾的粉尘阻碍对水分的吸附，干扰了水雾的除尘效果。用水打眼可减少或消除油雾的影响。

（三）吸毒性

在煤炭生产中主要是对有毒气体的吸附，如一氧化碳、氮氧化物等。有文献记载，在爆破后沉降的粉尘中，按重量计算，有0.012~0.018%吸附了氮氧化物，从而增加了粉尘对人体的危害；也有报导，粉尘可以吸附氦子体，可能有致肺癌或增强粉尘对人体的致纤维化作用。

三、粉尘的溶解性

粉尘的溶解性与对人体危害的大小有一定的关系。冶金工业一些金属矿，在开采中产生的矿物粉尘本身有的具有化学毒性作用，如铅、锰等矿物，这些矿物粉尘随溶解性的增大，对人体的危害也逐渐增强。一些对人体作用主要是机械刺激性的粉尘，其粒子的溶解性越大，对机体的危害性越小。一些游离二氧化硅含量较高的矿物性粉尘，对人体的致纤维化作用很强。我国煤矿岩巷掘进工作面粉尘中的游离二氧化硅含量一般都在10%以上，最高可达到80%，多数在30~40%之间。有人认为游离二氧化硅含量较高的粉尘进入人体后，在体内存留时间较长，可能缓慢溶解。溶解后在体内形成胶体硅酸，对细胞蛋白质有毒害作用，引起肺组织的纤维性变。

四、粉尘的荷电性

粉尘的荷电性主要是由于机械磨擦产生的，如煤炭生产中采煤与凿岩中，高速旋转的钻头与岩、煤的磨擦，使产生的粉尘表面带有电荷。粉尘浮游在空气中，亦可直接吸附空气中的离子而荷电。粉尘的荷电性受很多因素的影响，温度升高时荷电增