

国家专业技术人员知识更新工程 (“653工程”)
煤炭行业煤矿安全领域培训教材 (第7册)

煤矿粉尘及职业病防治技术

领域主编: 张铁岗 卢鉴章 周心权 王虹桥

本册主编: 李德文 马 骏 刘何清

MEIKUANG FENCHEN JI ZHIYEBING FANGZHI JISHU

国家“十一五”重大人才培养工程

国家人事部直接组织领导

中国煤炭工业协会全面负责实施

国家人事部统一颁发培训证书

国家专业技术人才知识更新工程(“653 工程”)

煤炭行业煤矿安全领域培训教材

煤矿粉尘及 职业病防治技术

领域主编：张铁岗 卢鉴章 周心权

王虹桥

本册主编：李德文 马 骏 刘何清

中国矿业大学出版社

国家专业技术人员知识更新工程(“653 工程”) 煤炭行业培训教材编审委员会

顾 问：王显政 濮洪九

主 任：路德信

副主任：姜智敏 孙之鹏 胡省三

钱鸣高 宋振骥 张铁岗

葛世荣 乔建永

委 员：(以姓氏笔画为序)

马念杰 王金力 王金华

王虹桥 卢鉴章 叶醒狮

刘 峰 刘文生 刘炯天

孙继平 陈 奇 杜铭华

宋学峰 宋秋爽 张玉卓

张贤友 周 英 周心权

赵阳升 赵跃民 赵衡山

钟亚平 段绪华 都基安

袁 亮 徐水师 黄福昌

常心坦 彭苏萍 遇华仁

缪协兴 濮 津

国家专业技术人员知识更新工程(“653 工程”)
煤炭行业煤矿安全领域培训教材编审委员会

顾 问：路德信

主 任：孙之鹏 张铁岗 卢鉴章
周心权

委 员：(以姓氏笔画为序)

马 骏	王虹桥	王德明
刘 剑	刘何清	朱红青
李德文	张延松	张明安
武 强	胡千庭	常文杰
常心坦	景国勋	

《煤矿粉尘及职业病防治技术》

编写人员

领域主编：张铁岗 卢鉴章 周心权

王虹桥

本册主编：李德文 马 骏 刘何清

本册编者：李德文 马 骏 刘何清

王树德 王自亮 隋金君

胥 奎 郭胜均 李建国

序

加快人才培养,是建设创新型国家、强国兴业的重要举措。《中共中央、国务院关于进一步加强对人才工作的决定》为加强专业技术人才队伍建设指明了方向,明确了工作重点和政策措施。人事部决定“十一五”期间,在关系我国经济社会发展和科技创新的一些重要行业领域实施专业技术人才知识更新工程(即“653工程”),开展大规模示范性继续教育活动,加快建立健全我国继续教育的工作体系、制度体系和服务体系,大力推动专业技术人员培养工作的深入开展。“653工程”已被列入国家“十一五”发展规划,是国家实施专业技术队伍建设的一项重大人才培养工程。煤炭行业“653工程”是国家“653工程”的重要组成部分,是煤炭行业专业技术人才继续教育工作的示范工程,该工程的全面启动必将有力带动和促进煤炭工业人才培养工作的进程。

煤炭工业是我国的基础产业。发展振兴煤炭工业,人才队伍建设是关键。实施大基地、大集团战略,推进节约发展、清洁发展、安全发展,实现可持续发展,必须以强有力的专业技术队伍作保证。当前,煤炭工业已进入新的历史发展机遇期,但同时又面临着煤炭主体专业人才匮乏、知识更新滞后的严峻挑战。推进实施“653工程”旨在拓展煤矿专业人才培养的广阔空间。根据《煤炭行业专业技术人才知识更新工程(“653工程”)实施办法》,“十一五”期间每年将为110家国有大型煤炭企业培训1万名左右的高级专业技术人才,为5000多家规模以上煤炭企业培训3万名左右的中高级专业技术人才,五年全国煤炭行业将培训20万名左右。国家人事部委托中国煤炭工业协会全面负责煤炭行业“653工程”的组织实施工作,实行统一组织、统一规划、统一教学大纲、统一发证和归口管理、分级实施、

分类指导,创造性地推进“科教兴煤”战略,全面提升煤炭行业专业技术人才队伍素质,从而为煤炭工业的全面、协调和可持续发展提供强大的人才保障和智力支持。

为适应煤炭行业实施“653 工程”的需要,我们组织全国有关专家学者编写了《国家专业技术人才知识更新工程(“653 工程”)煤炭行业培训教材》,这一教材具有以下三个突出特点:

第一,突出重点专业领域,培训内容丰富。煤炭行业“653 工程”专家指导委员会根据煤矿实际需要,立足当前、着眼长远,选定的煤矿专业领域和培训内容都是煤炭行业和企业所必需的。包括采煤工程、煤矿安全、煤矿机电、煤田地质与测绘、煤炭洁净利用及矿区环保这五个重点专业领域,以及高效高回收率采煤方法与技术等 34 个专业培训方向,全面反映煤炭工业的科技发展趋势。培训教材突出新理论、新知识、新装备、新技术、新方法、新工艺、新材料、新标准、新法规、新政策和新问题等内容,涵盖煤炭行业专业技术人才知识更新的重点,具有很强的针对性。

第二,体现学术权威,保证培训质量。顺利、高效地实施“653 工程”,搞好专业技术人才培养,教材编写质量和所体现的学术水平必须得到切实的保证。为此,实行了首席专家负责制,从全国煤炭行业的高等院校、科研院所和煤炭企业推选出一百余名在各自学术研究领域颇有建树和创新的业内知名专家,领衔编写这套培训教材,集中了院校、科研机构和企业多年来理论与实践的丰硕成果,包含了专业基础知识、理论系统讲解,也集锦了一些极具参考价值的典型应用案例。这是建国以来我国煤炭行业在专业技术人才继续教育方面一次规模最大、最为全面的新知识展示,是提高全行业专业技术人员技术水平的一批好教材。

第三,培训方向明确,教材实用性强。根据不同的专业培训对象,立足矿山,站在世界煤炭工业科技发展前沿,针对我国“十一五”煤炭科技发展的需求,广泛吸纳新知识、新技术和新信息,坚持理论与实践相结合、理论知识与案例分析相结合,把专业技术知识内容进

行科学分解,编写成34个分册,既系统成书又独立成册,便于不同领域内的工程技术人员各取所学、研读提高。因此,本套教材既是优秀的培训教科书,也是一套煤炭专业技术人员实际工作中必备的工具书。

我衷心希望这套凝聚着煤炭行业专家学者智慧与心血的教材,能够在实际教学培训中发挥应有的重要作用;同时也希望广大基层专业技术人员通过认真学习、刻苦钻研,不断提高理论水平和实际应用能力,为加快建设新型、现代化煤炭工业做出积极的贡献。

王显政

二〇〇七年四月八日

前 言

粉尘危害是煤矿生产的六大灾害之一。粉尘危害主要表现在两个方面:引起煤尘爆炸和导致尘肺病。由粉尘而导致的尘肺病严重影响着矿工的身心健康,根据有关资料介绍,全国煤矿目前统计的尘肺病患者为60万人。2003年,国有重点煤矿新报告尘肺病1.2万例,约占当年井下工人总数的1.5%,我国煤矿职业卫生形势依然非常严峻。我国绝大部分煤矿的煤尘还具有爆炸性,严重威胁着矿井安全生产和矿工的生命安全。

为了满足煤炭行业实施“653工程”的需要,在国家煤矿安全监察局的统一领导下,编写组组织有关专家学者于2007年编写了《煤矿粉尘及职业病防治技术》一书,介绍了我国最新的煤矿粉尘防治技术及尘肺病防治技术。全书共分两章,主要编写人员:第一章第一节:李德文;第二节:隋金君、王自亮、马骏;第三节:王树德、胥奎、郭胜均、李建国;第四节:李德文、王树德;第二章:马骏、刘何清。统稿工作由李德文、马骏、刘何清完成。

本书可作为煤炭行业“653工程”的培训教材,也可作为煤矿现场工程技术人员的工具书。

在编写过程中,作者引用和参与了大量书籍、文献及资料,在此特向原作者致以谢意。

由于编写时间仓促,作者水平有限。书中难免有不当之处,恳请读者批评指正。

《煤矿粉尘及职业病防治技术》编写组

2007年9月

目 录

序	1
前言	1
第一章 煤矿粉尘防治技术	1
第一节 粉尘及粉尘防治的基本概念	1
第二节 煤矿粉尘监测技术	18
第三节 粉尘治理技术	54
第四节 煤矿粉尘防治技术发展趋势	133
第二章 尘肺病的防治	138
第一节 概述	139
第二节 尘肺病的发病机理	145
第三节 尘肺病的诊断	149
第四节 尘肺病的治疗	167
第五节 尘肺病防治研究进展	172
附录 常用喷嘴性能参数	175
参考文献	183

第一章 煤矿粉尘防治技术

第一节 粉尘及粉尘防治的基本概念

一、粉尘的定义及分类

1. 粉尘的定义

粉尘是固体物质细微颗粒的总称。

从胶体化学观点看,矿尘散布在矿井空气中,和空气混合构成气溶胶,成为一个分散体系。空气是分散介质,矿尘是分散相。

2. 粉尘的分类

(1) 按粉尘的成分分

① 煤尘

细微颗粒的煤炭粉尘称为煤尘,它是采煤、煤巷掘进以及运煤中产生的,尘粒中以固定炭可燃物为主的粉尘。

我国不同种类的煤所含固定炭的比例为:褐煤 45%~55%,烟煤 65%~90%,无烟煤 >90%。

② 岩尘

细微颗粒的岩石粉尘称为岩尘,它是岩巷掘进中产生的,尘粒中不含或极少含有固定炭可燃物的粉尘。

煤矿井下作业产生的粉尘主要为煤尘和岩尘,此外,还有少量的金属微粒和爆破时产生的其他尘粒等。

(2) 按煤尘有无爆炸性分

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云在一定浓度

和有引爆热源的条件下,能发生爆炸或传播爆炸的煤尘称为爆炸性煤尘。

② 无爆炸性煤尘

经过煤尘爆炸性鉴定,确定不能发生爆炸的煤尘称为无爆炸性煤尘。

能够减弱和阻止有爆炸性煤尘爆炸的矿尘称为惰性粉尘。煤矿中的惰性粉尘主要是岩尘。

(3) 按粉尘中游离 SiO_2 含量分

① 矽尘

粉尘中游离 SiO_2 含量在 10% 以上的粉尘称为矽尘。煤矿中的岩尘一般都为矽尘。

② 非矽尘

粉尘中游离 SiO_2 含量在 10% 以下的粉尘可称为非矽尘。煤矿中的煤尘一般都为非矽尘。

(4) 按粉尘在井下的存在状态分

① 浮游粉尘

浮游在空气中的粉尘称为浮游粉尘。

② 沉积粉尘

较粗的尘粒在其自重的作用下,从矿井空气中沉降下来,附着在巷道、硐室周边、支架、材料和设备等上的粉尘称为沉积粉尘。

部分浮游粉尘因自重沉降而形成沉积粉尘,沉积粉尘在爆风、冲击波等作用下,又可再次飞扬起来成为浮游粉尘。

(5) 按粉尘的粒度组成范围分

① 总粉尘

飞扬在井下空间包括各种粒径的粉尘。

② 呼吸性粉尘。

能被吸入人体肺泡区的浮尘称为呼吸性粉尘,其空气动力径小于 $7.07 \mu\text{m}$ 。呼吸性粉尘能吸入人体和其他动物的最小支气管及肺

泡里引起尘肺,是对人体危害最严重的粉尘。

(6) 按尘粒直径的大小分

① 粗尘

尘粒直径大于 $40\ \mu\text{m}$, 相当于一般筛分的最小粒径, 在空气中极易沉降。

② 细尘

尘粒直径在 $10\sim 40\ \mu\text{m}$ 之间, 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

尘粒直径为 $0.25\sim 10\ \mu\text{m}$, 在光学显微镜下可以观察到, 在静止空气中作等速沉降运动。

④ 超微尘

尘粒直径小于 $0.25\ \mu\text{m}$, 在电子显微镜下才能观察到, 在空气中作扩散运动。

二、矿尘的产生及影响因素

1. 粉尘的产生

煤矿井下生产的绝大部分作业, 都会不同程度地产生粉尘。产生粉尘的主要作业有:

- ① 采煤机割煤、装煤和掘进机掘进。
- ② 爆破作业。
- ③ 各类钻孔作业, 如打炮眼、锚杆眼和注水钻孔等。
- ④ 风镐落煤。
- ⑤ 装载、运输、转载和提升。
- ⑥ 采场和巷道支护, 移架和推溜等。
- ⑦ 放煤口放煤。

如发生冒顶和冲击地压等也会产生大量的粉尘。

2. 影响产尘的主要因素

(1) 采掘机械化程度和开采强度

据不完全统计, 机械化开采的煤矿井下矿尘的 $70\%\sim 85\%$ 来自采

掘工作面。采掘机械化程度的提高和开采强度的加大使产生量大幅度地增加。在地质条件和通风状况基本相同的情况下,不同的采掘方法及有无防尘措施,其产生浓度相差很大,如表 1-1 所列。有无防尘措施时,粉尘的粒度分布也有差异,如表 1-2 所列。采取防尘措施后,粗粉尘的比例下降,微细粉尘的比例上升,说明除去的粗粉尘更多。

表 1-1 不同采掘方法及有无防尘措施的产生浓度比较

采掘方法	防尘措施	产生浓度/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$
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	1 000~3 000(个别达 8 800 以上)
	煤层注水和采煤机内外喷雾	30~100
综 采	无	4 000~8 000(个别达 20 000 以上)
	煤层注水和采煤机内外喷雾	20~120
炮 掘	无	1 300~1 600
	湿式凿岩、爆破喷雾、装车洒水、 冲洗岩帮及净化通风	6~10
机 掘	无	2 000~3 000(个别达 6 000 以上)
	掘进机外喷雾和除尘器净化等	5~50

表 1-2 有无防尘措施的粉尘粒度分布比较(平顶山一矿某采煤工作面)

防尘措施	粉尘斯托克斯径 $d_s/\mu\text{m}$										
	>100	>80	>60	>50	>40	>30	>20	>10	>8	>6	>5
	粒度分布(累计质量百分比)/%										
无	2.3	4.6	8.5	12.0	18.4	29.4	42.8	63.9	70.7	77.5	81.0
采取综合防尘措施	1.0	1.8	4.7	7.5	12.1	18.2	29.9	51.0	56.0	64.3	68.5

产尘量除受机械化程度因素的影响外,与开采强度(即工作面的产量)也有密切关系。一般情况下,在没有采取防尘措施的煤矿井下,产生的煤尘约等于采煤量的1%~3%,有的综采工作面达到了5%以上。

不同的采掘方法,不仅影响着产尘量,而且影响矿尘的粒度分布,如表1-3所列。

表 1-3 不同采掘方法产生的矿尘的粒度分布(计数)

矿井名称	采掘方法	测定工序	粉尘投影粒径 $d_{pr}/\mu\text{m}$			
			0~2	2~5	5~10	>10
			粒度分布(对应粒径所占数量)/%			
集贤竖井	普采	割煤	46	24	21	9
岭西竖井	炮采	出煤	27	40	27	6
岭西竖井	半煤层炮掘	打眼	35	35	20	10
七星四井	岩炮掘	打眼	31	43	21	5
七星四井	综采	割煤	43	44	11	2

(2) 地质构造及煤层赋存条件

地质构造复杂、断层褶曲发育、受地质构造运动破坏强烈的煤田,开采时产尘量大,粉尘颗粒细,呼吸性粉尘含量高。

煤层的厚度、倾角等赋存条件对产尘量也有明显影响。开采厚煤层比开采薄煤层的产尘量大;开采急倾斜或倾斜煤层比开采缓倾斜煤层产尘量大。

(3) 煤岩的物理性质

一般情况下,节理发育、脆性大易碎、结构疏松、水分低的煤岩较其他煤岩产尘量大,尘粒也细。

(4) 采煤方法和截割参数

在相同煤层条件下,采用不同的采煤方法其产尘量也不同。急倾斜煤层用倒台阶采煤法比用水平分层采煤法产尘量大;顶板全冒

落采煤法比充填采煤法产生量大。

采掘机械截齿形状及排列、牵引速度、截割速度、截割深度等确定和选择得是否合理都直接影响着产生量及其粒度组成。

(5) 环境温度和湿度

在其他条件相同的情况下,如果作业环境温度高、湿度低,则悬浮在空气中的粉尘的浓度就大。

(6) 作业点的通风状况

① 通风方式

在合适条件(如急倾斜倒台阶采煤工作面)下,下行通风方式比上行通风方式产生量少,作业点分区通风方式比串联通风方式产生量少。

② 风速

风速是影响作业环境空气中粉尘含量的极其重要的因素。风速过大,会将已沉积的矿尘吹扬起来;风速过低,影响供风量和矿尘的吹散。最佳排尘风速要根据不同作业点的特点而定。国内外认为,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,国内外研究得出的结果如表 1-4 所列。

各国煤矿采煤工作面的生产技术条件不同,需要的供风量也各异,加之煤体性质等方面的差别,因此确定出的最佳排尘风速有较大差异。从表 1-4 可看出,我国部分综采工作面的实际风速已超过最佳排尘风速,这对粉尘治理非常不利。

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/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	部分综采工作面已达实际风速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
中国	$1.2 \sim 1.6$	3.8
英国	$1.5 \sim 2.0$	2.5
德国	$2.0 \sim 3.0$	3.1
苏联	$1.2 \sim 3.5$	

3. 浮游粉尘的运动状况

井下作业产生的浮游粉尘,因受风流吹动和尘粒自身的重力作用,将作定向运动或不规则(布朗)运动。

粉尘在风流作用下的运动状况与风流的状态有密切关系。当风速较大时,即当粉尘的速度比(风速比尘粒的速度)接近于1时,尘粒基本上处于均匀分布状态,呈悬浮运动;当风速较小时,粉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粉尘时,粉尘绝大部分靠近巷道下部运动;当风速很小时,粉尘仅部分被风流带走;当局部巷道断面变小风流增大时,粉尘的运动状态也随之发生变化。

悬浮在风流中的粉尘,在自身的重力作用下而沉降,一般情况下,进入回风巷内的部分粉尘大致在距工作面约60 m的范围内沉降下来;装载点扬起的部分粉尘,大致在距尘源20 m范围内沉降下来。

悬浮在气流中的微细粉尘是很难沉降的,仅靠与障碍物接触时粘附在障碍物上,当聚集的尘团重量大于粘附力时,便第二次进入风流中。

沉积粉尘可被风流再次扬起,此时的风速叫做沉积粉尘的吹扬速度。煤尘堆被吹扬的速度为5~25 m/s;单层煤尘被吹扬的速度为20~140 m/s;煤尘堆局部被吹扬的速度为2~24 m/s;单层煤尘局部被吹扬的速度为2~6 m/s。

三、粉尘的特性

粉尘的特性包括粉尘粒度分布、真密度和相对密度、充填性质、安置角与滑动角、湿润性、扩散性、粘附性、荷电性、光学特性、磨损性、化学成分、爆炸性等,以下介绍与粉尘防治有关的主要内容。

1. 粉尘粒度分布

煤矿生产过程产生的矿尘与其他粉尘一样,是由各种不同粒径的尘粒组成的集合体,因此单纯用“平均”粒径来表征这种集合体是