

● 国家煤矿安全监察局事故调查司 组织编写 ●

煤矿粉尘监测

必读

煤炭工业出版社

煤矿粉尘监测必读

国家煤矿安全监察局事故调查司 组织编写

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿粉尘监测必读 / 国家煤矿安全监察局事故调查司
组织编写. —北京: 煤炭工业出版社, 2007. 6

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3086 - 5

I. 煤… II. 国… III. 煤尘 - 空气污染监测 IV. TD714

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 062611 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 $850\text{mm} \times 1168\text{mm}^{1/32}$ 印张 7
字数 176 千字 印数 1—4,000
2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷
社内编号 5887 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

内 容 提 要

为了做好煤矿粉尘监测工作，国家煤矿安全监察局组织编写了此书。内容主要包括煤矿矿井空气及有害气体，粉尘及其危害，煤工尘肺，生产性粉尘的控制，生产性粉尘浓度标准与有关规定，粉尘浓度测定仪器，工作场所粉尘浓度测定，粉尘游离二氧化硅含量和分散度测定，粉尘测定的数据处理和测尘表格填报等内容。

本书可供煤矿测尘人员阅读、使用或作为测尘人员的培训教材，也可供煤矿有关管理人员、防尘技术人员、安全监察人员及相关院校师生参考。

编写委员会

主 任 商登莹

副主任 刘维庸 赵清林

委 员 公丕秋 马 骏 关砚生 于清江

王德法 王治国 王教义 赵葆青

栾福田 常进军 高树坤 孙 霖

主 编 赵清林

副主编 王治国

编写者 (按姓氏笔划为序)

王治国 王教义 孙 霖 赵清林

高树坤

前 言

煤矿生产性粉尘可使煤矿工人患尘肺病，并且可能引发煤尘爆炸事故，严重威胁着煤矿工人的身体健康和生命安全。目前，煤矿生产性粉尘仍是我国煤矿主要的职业病危害因素之一。我国颁布的《职业病防治法》和《矿山安全法》等法律法规，对产生粉尘职业危害的企业单位，做出了防尘与粉尘监测工作的相关规定。粉尘监测是防尘工作的一项重要基础性工作，对指导和促进防尘工作，对评价作业场所的粉尘危害状况和防尘措施的效果都具有重要意义。

2002 年国家发布了《工作场所空气中有害因素职业接触限值》(GB Z2—2002)，该标准将沿用多年的粉尘最高容许浓度卫生标准，改为短时间接触容许浓度和时间加权平均容许浓度两种职业接触限值。过去与粉尘最高容许浓度卫生标准相配套的测尘方法，已不能完全适用于职业接触限值标准。2004 年又发布了《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GB Z159—2004)，该规范仅对有害物质的采样作了原则性的规定。由于很多煤矿的测尘人员不能正确理解和应用粉尘职业接触限值与采样规范，仍照搬与最高容许浓度卫生标准相配套的测尘方法，影响了测尘数据的科学性和可靠性。再者，有些测尘人员对与其工作相关的职业卫生常识了解甚少，不利于测尘工作的开展。为此，依照中国煤炭工业劳动保护科学技术学会编制的《煤矿工人安全技术操作规程指南》中对测尘工要求掌握的七个方面知识，参考新近发表的文献资料，并根据粉尘职业接触限值的含义和采样规范，结合过去的测尘方法，编写了本书。

本书共分九章，重点阐述了煤矿粉尘理化特性及其危害，粉尘采样仪器的类型与使用，粉尘浓度、分散度、游离二氧化硅含

量的测定方法，粉尘监测表格的填报，防尘技术措施以及测尘人员必备的职业卫生知识等。希望本书能对煤矿粉尘监测工作质量和测尘人员业务素质的提高产生积极作用。

本书附录三、附录四，可作为应用职业接触限值卫生标准，进行定点呼吸性粉尘、总粉尘浓度测定的参考文件。

在本书编写过程中，始终本着“系统、实用、易懂”的原则，以期达到更适合煤矿测尘人员及其他非职业卫生专业人员阅读使用的目的。但限于编写人员业务水平，本书难免存在不足之处，恳请读者予以指正，以便再版时一并修订。

《煤矿粉尘监测必读》编写委员会

2006年12月30日

目 录

第一章 煤矿矿井空气及有害气体	1
第一节 矿井空气.....	1
第二节 煤矿常见有害气体及其危害.....	5
第二章 粉尘及其危害	13
第一节 生产性粉尘的概念、理化特性及来源.....	13
第二节 粉尘的危害	25
第三章 煤工尘肺	29
第一节 概述	29
第二节 接尘工人的健康监护	33
第三节 煤工尘肺的诊断与治疗原则	36
第四章 生产性粉尘的控制	41
第一节 工程防尘措施	41
第二节 通风排尘	68
第三节 个体防护	71
第五章 生产性粉尘浓度的标准与有关规定	75
第一节 劳动卫生标准	75
第二节 生产性粉尘国家卫生标准	77
第三节 《煤矿安全规程》中有关规定	83
第六章 粉尘浓度测定仪器	85
第一节 呼吸性粉尘分离曲线的特点	85

第二节	短时间粉尘采样器	89
第三节	个体粉尘采样器	94
第四节	快速直读测尘仪	99
第七章	工作场所粉尘浓度测定	102
第一节	概述	102
第二节	短间接接触浓度测定	105
第三节	时间加权平均浓度的测定	112
第四节	影响粉尘浓度测定结果的因素及 控制措施	118
第八章	粉尘游离二氧化硅含量和分散度测定	122
第一节	粉尘游离二氧化硅含量测定	122
第二节	粉尘分散度测定	136
第九章	粉尘测定的数据处理和测尘表格填报	140
附录一	关于做好煤矿作业场所职业卫生监察 工作的指导意见	154
附录二	工作场所空气中有害物质监测的采样 规范	160
附录三	车间空气中呼吸性水泥粉尘卫生标准	174
附录四	作业场所空气中粉尘测定方法	177
附录五	煤矿个体呼吸性粉尘监测实施 办法(试行)	192
参考文献		208

第一章 煤矿矿井空气及有害气体

在煤矿的采掘生产过程中，会产生一氧化碳、二氧化碳、甲烷和硫化氢等多种有害气体。在煤矿因有害气体而引发的伤亡事故屡见不鲜。这些伤亡事故往往是由于相关人员缺乏有害气体的相关知识和完善的安全理念，忽视有害气体的危害性而蛮干造成的。本章重点介绍煤矿井下常见有害气体的理化特性、来源及其危害。这些知识也是测尘、防尘人员应当具备的安全生产知识。

第一节 矿 井 空 气

人们生活的地球是被一层厚厚的上稀下浓的气体所包围，厚度达 150 ~ 300km，约 95% 的气体集中在距地球表面 12km 以内。这层厚厚的气体，通常称为大气，而靠近地面的部分或局部空间（如车间、矿井下等）的气体通常称为空气。煤矿井下各作业场所是通过巷道、主副井与地表的空气相连通。由于车间、矿井下等场所与外界自然环境相对隔离，形成了在气压气温、气湿、风速、热辐射等方面有别于外界自然环境的微小气候。异常的微小气候会损害身体健康甚至危及生命安全。

一、空气成分

空气是人类赖以生存的重要外界因素之一。人体通过肺与空气不断地进行着气体交换，从空气中吸收氧气，并将机体代谢过程中产生的二氧化碳呼出体外，以维持机体的正常生命活动。一般健康成年人平静呼吸时每分钟呼吸 15 次左右，每次吸入或呼出气体约 500mL，每天大约呼吸 10000L 空气。以每升空气重 1.293g 计算，一个人每天就要呼吸约 13kg 的空气，这比一日内

的饮水量和食物摄取量的总和还要多，可见空气对人类生存的重要性。

空气是多种气体的混合物，在人们生活的地面高度的空气正常组分见表1-1。空气的主要成分为氮、氧、氩，三者共计约占空气总量的99.9%。空气中还有其他气体和某些杂质，这些杂质有水汽、尘、微生物等。

表1-1 空气正常化学组分
(干燥空气、气温0℃、气压101325Pa)

名 称	体积百分比/%	浓度/(mg·m ⁻³)
氮(N ₂)	78.09	976300
氧(O ₂)	20.95	299300
氩(Ar)	0.93	16550
二氧化碳(CO ₂)	0.0273	590
氫、氖、氦、臭氧等	微量	微量

氧是人类生存必需的元素。氧的分子式为O₂，分子量32.0，密度1.42kg/m³，相对密度1.105。新鲜空气中氧气约占21%，地面空气的氧气含量是稳定的，一般情况下，不会发生减少的现象。在与外界自然环境相对隔离的场所，如无良好的通风，氧气含量可有所降低。如矿井下，由于人的呼吸、矿物氧化、坑木腐烂、爆破、煤自燃等消耗大量氧气，如通风量不足就会造成空气中的氧气含量降低。由于人体有一定的代偿能力，空气中氧气含量轻微降低对人体无明显危害，氧气含量在16%以上时，人还能正常生活。当氧气含量降至7%~8%时，是一个危险界限，此时机体的代偿能力急剧衰退，体温下降，可因缺氧窒息而死亡。

《煤矿安全规程》规定，矿井需要的风量应按下列要求分别计算，并选取其中的最大值：

(1) 按井下同时工作的最多人数计算，每人每分钟供给风

量不得少于 4m^3 。

(2) 按采煤、掘进、硐室及其他地点实际需要风量的总和进行计算。各地点的实际需要风量，必须使该地点的风流中的瓦斯、二氧化碳、氢气和其他有害气体的浓度、风速以及温度、每人供风量符合本规程的有关规定。

二、几种常用的空气状态参数

(一) 空气的压力

空气的压力是由气体分子不断地无规则运动产生的。在运动过程中不断地撞击它所接触到的物体表面，从而产生了对各物体表面的压力。空气的密度越大，气压越高；密度越小，气压越低。当温度为 0°C 时，在纬度 45° 处海平面上的大气压力为 101.325kPa ，这一压力值通常称为 1 个标准大气压。大气压随海拔高度的变化而变化。海拔越高，大气压越低；海拔越低，大气压越高。一般来说，矿井垂深每增加 100m ，大气压则相应增加 1.1kPa 左右。

在监测工作中经常需要测量采样地点的大气压，测量现场的气压常用空盒气压计或精密数字气压计。

(二) 空气的密度

空气的密度是指单位体积的空气质量。常用单位为 g/L 或 kg/m^3 。混合气体静置后，由于各种成分的密度不同，出现密度大的聚积在下层，密度小的聚积在上层的分层现象，了解气体的这一物理特性，对于防治有害气体的危害具有重要意义。

在标准状态下 (0°C , 101325Pa)，干燥空气的密度为 1.293kg/m^3 。当气压和温度发生变化时，其密度由下式计算：

$$W = \frac{1.293p}{(1 + 0.00367t) \times p_0} \quad (1-1)$$

式中 W ——空气的密度， kg/m^3 ；

t ——温度， $^\circ\text{C}$ ；

p ——实测气压， Pa ；

p_0 ——在标准状态下气压值， $p_0 = 101325\text{Pa}$ 。

为了便于比较有害气体与干燥空气两者密度的大小，人们常用相对密度这一概念。相对密度是指在标准状态下，某种气体密度与干燥空气密度 (1.293kg/m^3) 之比。相对密度小于 1，说明该种气体比空气轻；反之，则说明比空气重。

(三) 空气的湿度

1. 绝对湿度

绝对湿度是指在一定温度下，单位体积或单位质量的空气中所含水分的质量，单位常以 g/m^3 ， g/kg 表示。

2. 饱和湿度

饱和湿度是指在一定温度下，单位体积空气中所能容纳水蒸气的最大值。可从有关资料中查出某一气温下所对应的饱和湿度，例如气温 20°C 时饱和湿度为 17.16g/m^3 ， 30°C 时为 30.14g/m^3 。

3. 相对湿度

通常情况下，空气中水蒸气的含量总是低于饱和状态的。如果绝对湿度离饱和状态较远，水容易蒸发成水蒸气，人们就感到干燥；反之，离饱和状态较近时，由于水不容易蒸发，人们就感到潮湿。如果空气的绝对湿度相同，由于温度的不同，它们离开饱和状态的远近也不同，干湿的程度也就不同。

为了确切地表示空气的干湿程度，也就是要反映绝对湿度距离当时饱和状态的远近，我们引入相对湿度这一概念。相对湿度是指空气中实际含水蒸气量与同一温度下饱和水蒸气量之比的百分数，即绝对湿度与同一温度下饱和湿度之比的百分数。相对湿度可从干湿球温度计或温湿度表上查得。相对湿度高于 80% 称为高气湿，低于 30% 称为低气湿，人适宜的相对湿度为 60% 左右。

(四) 空气的温度

我国统一实行的法定计量单位中，应用于温度的量的名称有两个，即热力学温度（单位名称为开〔尔文〕单位符号为 K）

和摄氏温度（单位名称为摄氏度单位符号为℃）。在日常生活中人们习惯用摄氏度（ t ）描述温度的高低。在监测工作中需要将采集的气体体积换算成标准采样体积（详见本书附录二）时，则应采用热力学温度（ T ）。两者之间的关系为： $T = t + 273.15$ 。

空气温度是构成矿井微小气候的主要因素之一。作业场所空气温度过高或过低，将直接或间接影响人体的散热状况。如果空气温度过高，相对湿度又大，给人以闷热的感觉，甚至发生中暑；如果气温过低，可造成冻伤。

《煤矿安全规程》规定，进风口以下的空气温度必须在 2℃ 以上。生产矿井采掘工作面空气温度不得超过 26℃，机电设备硐室的空气温度不得超过 30℃；当空气温度超过时，必须缩短超温地点工作人员的工作时间，并给予高温保健待遇。采掘工作面的空气温度超过 30℃，机电设备硐室的空气温度超过 34℃ 时，必须停止作业。

第二节 煤矿常见有害气体及其危害

一、有害气体浓度表示方法与换算

1. 有害气体浓度表示方法

常用的有害气体浓度表示方法有两种：一种是质量、体积混合表示法，是以每立方米空气中某种有害气体的毫克数表示，即 mg/m^3 ；另一种是体积、体积表示法，是指某种有害气体体积占空气采样体积的比，常用百分数（%）或百万分数（ppm）表示（1ppm 即百万分之一，体积百分数浓度与体积百万分数浓度之间的关系是 $1\% = 10000\text{ppm}$ ）。

2. 有害气体浓度表示法之间的换算

（1）由 ppm 换算成 mg/m^3 。

$$\text{mg}/\text{m}^3 = \frac{M \times \text{ppm}}{22.4} \quad (1-2)$$

式中 M ——被测物质的分子量。

(2) 由体积百分数浓度换算成 mg/m^3 。先将体积百分数浓度值乘以 1000000 变成 ppm，再用式 (1-2) 换算成 mg/m^3 。

例：《煤矿安全规程》规定，矿井 CO 最高允许浓度为 0.0024%，将此体积百分数浓度换算成 mg/m^3 浓度。

解： $0.0024\% \times 1000000 = 24\text{ppm}$

将 CO 分子量 28 和 CO 体积百万分数浓度 24ppm 代入式 (1-2)，计算 mg/m^3 浓度。

$$\text{mg}/\text{m}^3 = \frac{M \times \text{ppm}}{22.4} = \frac{28 \times 24}{22.4} = 30\text{mg}/\text{m}^3$$

(3) 由 mg/m^3 换算成 ppm。

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg}/\text{m}^3 \times 22.4}{M} \quad (1-3)$$

式中 M ——被测物质的分子量。

(4) 由 ppm 换算成百分数浓度。

$$\text{百分数浓度}(\%) = \frac{\text{ppm}}{1000000} \times 100\% \quad (1-4)$$

二、煤矿有害气体浓度标准

《煤矿安全规程》对矿井有害气体浓度作了规定，见表 1-2。

表 1-2 矿井有害气体最高允许浓度

名 称	最高允许浓度/%
一氧化碳 (CO)	0.0024
氧化氮 (换算成 NO_2)	0.00025
二氧化硫 (SO_2)	0.0005
硫化氢 (H_2S)	0.00066
氨 (NH_3)	0.004

对二氧化碳 (CO_2) 允许浓度的规定：采掘工作面的进风流

中， CO_2 浓度不超过 0.5%；矿井总回风巷或一翼回风巷中 CO_2 浓度超过 0.75% 时，必须立即查明原因进行处理；采区回风巷、采掘工作面回风巷风流中 CO_2 浓度超过 1.5% 时，必须停止工作，撤出人员，采取措施进行处理。

对瓦斯允许浓度的规定：在采掘工作面进风流的瓦斯浓度不得超过 0.5%；在采掘工作面和采区的回风流中，瓦斯浓度不得超过 1%；在矿井和一翼的总回风流中，瓦斯浓度不得超过 0.75%。《煤矿安全规程》还对瓦斯超限时的处理作了严格的规定。

对氢气 (H_2) 允许浓度的规定：井下充电室风流中以及局部积聚处的氢气浓度，不得超过 0.5%。

《工作场所有害因素职业接触限值》(GB Z2—2002) 中对上述几种有害气体的职业接触限值作了规定，见表 1-3。表中“时间加权平均容许浓度、短时间接触容许浓度、最高容许浓度”的定义详见本书第五章第一节。

表 1-3 工作场所空气中一氧化碳等六种有害气体的

职业接触限值

mg/m^3

名 称	最高 容许浓度	时间加权平 均容许浓度	短时间接触 容许浓度
一氧化碳：			
非高原	—	20	30
高原：	20	—	—
海拔 2000m	15	—	—
海拔 >3000m			
二氧化碳	—	9000	18000
二氧化氮	—	5	10
二氧化硫	—	5	10
硫化氢	10	—	—
氨	—	20	30

三、常见有害气体及其危害

1. 一氧化碳

一氧化碳的分子式是 CO ，分子量为 28.01，密度为 1.251kg/m^3 ，相对密度为 0.967。 CO 是无色无味无臭的气体，易燃易爆，爆炸浓度界限为 12.5% ~ 74%。

CO 在煤矿井下主要产生于煤的自然发火和坑木腐烂以及放炮的炮烟中。当发生煤尘、瓦斯爆炸时，将产生大量 CO 。瓦斯爆炸后，其浓度一般在 2% ~ 3%；煤尘爆炸后，其浓度甚至高达 8% 左右。在煤矿井下监测 CO 浓度变化趋势，可作为判断煤层是否发生自然发火的指标。

肺脏的主要功能是吸收 O_2 和排出 CO_2 。人体各组织器官新陈代谢所需要的 O_2 和产生的 CO_2 是由血液中的红细胞来运送的。红细胞中的血红蛋白（Hb）与肺脏中的 O_2 结合，随血液流动运送到各组织器官，Hb 释放 O_2 后又与组织器官代谢产生的 CO_2 结合运送到肺脏，释放 CO_2 ， CO_2 被呼出体外。 CO 与 Hb 的结合力比 O_2 与 Hb 的结合力大 240 ~ 300 倍， CO 中毒机理就是 CO 竞争性地抑制了 O_2 与 Hb 的结合能力， CO 取代 O_2 与 Hb 结合，使 O_2 的运送和组织利用 O_2 的功能发生障碍，引起中毒。人在 CO 浓度为 115mg/m^3 （92ppm）环境中，至多 2h 即可发生中毒；空气中的 CO 浓度为 1% 时（10000ppm），人呼吸数次后就会昏迷，1 ~ 2min 便可死亡。

2. 二氧化碳

二氧化碳的分子式是 CO_2 ，分子量为 44.01，密度为 1.976kg/m^3 ，相对密度为 1.529。

CO_2 主要存在于煤层和煤块内，在采煤过程中与瓦斯一道排出。此外，坑木腐烂、人员呼吸、煤自然发火以及爆破等也可产生 CO_2 。由于 CO_2 密度大，一般多积聚于巷道低处及通风不良的废巷中。个别煤层或岩层中会出现大量 CO_2 异常涌出现象，称为 CO_2 突出，如营城煤矿和窑街矿区曾发生 CO_2 突出事故。