

炭高职高专（成人）“十二五”规划教材

矿井通风与安全

吴金刚 鹿广利 主编

Kuangjing Tongfeng Yu Anquan

第二版

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press



全国煤炭高职高专(成人)“十二五”规划教材

矿井通风与安全

(第二版)

主 编 吴金刚 鹿广利

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了矿井通风的基本原理、基本方法及管理手段,详细阐述了矿井瓦斯、火灾、矿尘、水灾等灾害发生的客观规律及防治技术,扼要介绍了常用通风安全仪器仪表的构造原理及测定技术。

本书可供高职高专和成人高等职业技术教育煤矿开采技术及相关专业教学使用,也可供相关工程技术人员及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风与安全/吴金刚,鹿广利主编. —2版. —徐州:
中国矿业大学出版社, 2015.1

ISBN 978-7-5646-2585-6

I. ①矿… II. ①吴…②鹿… III. ①矿山通风②矿山安全
IV. ①TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 000115 号

书 名 矿井通风与安全
主 编 吴金刚 鹿广利
责任编辑 耿东锋
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 23.5 字数 587 千字
版次印次 2015 年 1 月第 2 版 2015 年 1 月第 1 次印刷
定 价 38.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

全国煤炭高职高专(成人)“十二五”规划教材

建设委员会成员名单

主任：李增全

副主任：于广云 丁三青 王廷弼

委员：(按姓氏笔画排序)

王宪军 王继华 王德福 刘建中

刘福民 孙茂林 李维安 张吉春

陈学华 周智仁 赵文武 赵济荣

郝虎在 荆双喜 徐国财 廖新宇

秘书长：王廷弼

秘书：何 戈

煤炭高职高专(成人)“十二五”规划教材 煤矿开采技术专业编审委员会成员名单

主 任:胡卫民

副主任:李学忠 杜俊林 张吉春

委 员:(按姓氏笔画为序)

吕建青 张占斌 张 浩 张登明

李德忠 杨红涛 胡海峰 赵济荣

姬 婧 贾琇明 曾 旗 蒋金泉

漆旺生

再版前言

上一版《矿井通风与安全》为全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材,自2008年正式出版以来,发行量较大,影响范围较广,不仅是煤矿开采技术专业的统编教材,也成为广大矿山工程技术人员及管理人员的重要学习工具。为了进一步提高煤炭成人高等教育质量、培育高素质的应用型专业技术人才,按照煤炭成人高等教育“十二五”教材建设规划要求,对原书进行修订。

本次修订工作的指导思想是:强化基本概念、基本原理和基本方法,突出实践能力的培养;强干修枝,简化理论,对原书内容压缩较大;与时俱进,更新相关法规和标准;修订原书中的各类错误及疏漏;每章前均增加重点、难点及学习目标,章后附自学测评,方便自学。

本次修订工作由河南工程学院与山东科技大学共同完成。第一章、第二章、第四章由山东科技大学鹿广利编写,第三章、第十一章由山东科技大学苗德俊编写,第五章、第六章由河南工程学院吴金刚编写,第七章、第九章由河南工程学院王振江编写,第八章、第十三章、第十四章由河南工程学院李凤琴编写,第十章由山东科技大学吴立荣编写,第十二章、第十五章、第十六章由河南工程学院杜学胜编写。

本书修订过程中,除了原书的部分作者外,还得到了同行专家、学者的指导,使用过本教材的老师也提出了宝贵意见,在此一并表示感谢。

虽然做了很大的努力,但由于编者水平及时间限制,缺点及错误在所难免,恳请广大读者批评、指正。

编者

2014年8月

目 录

第一章 矿井空气及气候条件	1
第一节 矿井空气成分	1
第二节 矿井空气中的主要有害气体	3
第三节 矿井气候条件	9
本章自学测评	16
第二章 井巷空气流动基本理论及应用	18
第一节 矿井空气主要物理参数	18
第二节 井巷风流运动特征及连续方程	23
第三节 风流的压力及能量方程	29
第四节 井巷通风阻力	39
本章自学测评	50
第三章 矿井通风动力	54
第一节 自然风压	54
第二节 矿井通风机	59
第三节 通风机的工作特性	69
第四节 矿井主要通风机的合理运行	79
第五节 通风机联合运转	81
本章自学测评	87
第四章 矿井通风网路中风量分配与调节	89
第一节 矿井通风网路与网路图	89
第二节 通风网路的基本规律	91
第三节 简单网路特性	92
第四节 通风网路风量调节	97
第五节 多台主要通风机联合运转的相互调节	104
第六节 复杂通风网路解算介绍	106
本章自学测评	108
第五章 矿井通风系统	112
第一节 矿井主要通风机的工作方法	112

第二节	矿井通风系统的类型及特点	113
第三节	采区通风系统	116
第四节	通风构筑物	123
第五节	矿井漏风及管理	128
第六节	矿井通风系统图纸	130
	本章自学测评	132
第六章	局部通风	134
第一节	局部通风方法	134
第二节	掘进工作面需风量计算	139
第三节	局部通风设备	141
第四节	局部通风设计	148
	本章自学测评	151
第七章	矿井通风设计	153
第一节	拟定矿井通风系统	153
第二节	矿井总风量的计算与分配	154
第三节	矿井通风阻力计算	159
第四节	选择矿井通风设备	161
第五节	概算矿井通风费用	164
第六节	生产矿井通风设计简述	165
	本章自学测评	166
第八章	矿井通风能力核定	168
第一节	概述	168
第二节	矿井通风能力核定方法	168
第三节	矿井通风能力验证	175
第四节	矿井通风能力核定结果计算	175
	本章自学测评	177
第九章	矿井瓦斯防治	178
第一节	矿井瓦斯概述	178
第二节	煤层瓦斯赋存与含量	179
第三节	矿井瓦斯涌出	183
第四节	矿井瓦斯等级鉴定	186
第五节	瓦斯抽放	190
第六节	瓦斯爆炸及其预防	198
第七节	瓦斯喷出及其预防	203
第八节	煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出及其预防	205

本章自学测评	214
第十章 火灾防治	216
第一节 概述	216
第二节 外因火灾及其预防	218
第三节 煤炭自燃	220
第四节 煤炭自燃的预测与监测	224
第五节 煤炭自燃火灾的防治措施	228
第六节 矿内灭火	239
第七节 火区的管理与启封	241
本章自学测评	242
第十一章 矿尘防治	243
第一节 矿尘及其危害	243
第二节 矿山尘肺病	246
第三节 煤尘爆炸及预防	247
第四节 综合防尘措施	254
本章自学测评	261
第十二章 矿井水灾防治	263
第一节 概述	263
第二节 地面防治水	263
第三节 井下防治水	266
第四节 透水事故的处理	276
本章自学测评	278
第十三章 矿山救护	279
第一节 矿山救护队	279
第二节 矿工自救与互救	288
第三节 现场急救	296
本章自学测评	302
第十四章 重大事故应急救援	304
第一节 概述	304
第二节 应急救援预案的编制	309
第三节 应急救援行动	313
本章自学测评	318

第十五章 通风安全检测仪器仪表	319
第一节 风速测量仪表.....	319
第二节 压力测量仪表.....	322
第三节 粉尘浓度检测仪器.....	327
第四节 温度、湿度检测仪表.....	333
第五节 气体检测仪器仪表.....	337
第六节 煤矿安全环境监测监控系统.....	343
本章自学测评.....	345
第十六章 通风安全技术测定	346
第一节 漏风测定.....	346
第二节 矿井通风阻力测定.....	348
第三节 自然风压测定.....	352
第四节 主要通风机性能测定.....	354
第五节 局部通风机性能和风筒参数测定.....	358
第六节 煤层瓦斯压力测定.....	362
本章自学测评.....	365
参考文献	366

第一章 矿井空气及气候条件

【本章重点】 矿井空气的主要成分,氧气的作用;井下常见的有害气体及其安全标准与主要检测方法;矿井气候条件、矿井气候特征及主要的衡量指标。

【本章难点】 矿井有害气体的来源、危害和安全规定;矿井气候规律和主要衡量指标。

【学习目标】 了解矿井空气的质量要求,掌握井下常见的有害气体的种类及检测方法;掌握矿井气候规律及气候参数的测定技术。

第一节 矿井空气成分

一、地面空气的主要成分

地面空气可以分为干洁空气和可变成分两部分。干洁空气的组成及其比例是比较稳定的,如表 1-1-1 所示,表中其他气体指氦、氖、氩、氪、氙、氢(H_2)、甲烷(CH_4)等。可变成分主要为水蒸气和少量的污染性气体及尘埃。空气中的水蒸气随地区和季节气候等发生变化,其体积分数的变化范围为 0~4%,污染性气体体积分数变化范围为 0~2 ppm(1 ppm=10⁻⁶)。

表 1-1-1 地表干洁空气组成

气体成分	体积浓度/%	质量浓度/%
氮气(N_2)	78.088	75.527
氧气(O_2)	20.949	23.143
二氧化碳(CO_2)	0.030	0.046
其他气体	0.933	1.284

二、地面空气进入矿井后发生的变化

地面空气进入矿井以后,由于受到井下生产及环境的影响,其成分和性质发生了一定的变化。

(1) 混入了有害气体和矿尘,主要有:

- ① 煤层、岩层中涌出的有害气体:甲烷(CH_4)、二氧化碳(CO_2)、硫化氢(H_2S)等。
- ② 井下物质氧化、燃烧、爆炸等产生的有害气体:二氧化碳(CO_2)、一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO_2)等。

③ 爆破产生的炮烟及各作业工序产生的微细矿尘。

④ 井下人员呼吸以及燃油设备产生的废气等。

(2) 氧气浓度降低,主要原因是:

① 有害气体的大量涌出会冲淡氧气的浓度。

② 井下物质氧化、人员呼吸等消耗氧气。

③ 井下火灾、爆炸等灾害会消耗大量氧气。

(3) 矿井空气的温度、湿度等状态参数发生了变化。

井巷围岩散热、氧化、人员、机电设备散热及水分蒸发等原因,会使井下空气温度升高,湿度增加,空气的其他状态参数也会发生相应变化。

我们将流动在矿井井巷及井下工作地点的空气称为矿井空气。通常将流动在进风井巷中的矿井空气称为新鲜空气或进风流,简称新风,这些空气一般受到污染较少,在成分和性质上与地面空气比较接近;把流经采掘工作面或硐室等工作用风地点的空气称为工作风流,它为工作地点创造健康安全的空气环境;将流动在回风井巷中的矿井空气称为污浊空气或回风流,简称污风或乏风,这些空气受到井下矿尘和有害气体污染较多,一般不可再利用。

三、矿井空气的主要成分

矿井空气主要来源于地面空气,虽然发生了一系列变化,但其主要成分仍然是氮气和氧气。

(一) 氧气

氧气是一种无色、无味的气体,相对于空气的密度为 1.105,比空气的密度大。化学性质活泼,易使其他物质氧化,能助燃,是产生矿井火灾以及瓦斯、煤尘爆炸的必要条件。

氧气是维持人体正常生理机能所需要的气体。人对氧气的需要量取决于人的体质、劳动强度和精神状态等,人的需氧量与劳动强度的关系如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 人体需氧量与劳动强度的关系

劳动强度	呼吸空气量/L·min ⁻¹	氧气消耗量/L·min ⁻¹
休息	6~15	0.2~0.4
轻劳动	20~25	0.6~1.0
中度劳动	30~40	1.2~2.4
重劳动	40~60	1.8~2.4
极重劳动	60~80	2.5~3.1

空气中氧气浓度为 21%左右对人的呼吸最为有利。空气中氧气浓度的降低会影响人的健康,甚至危及生命。空气中氧气浓度降低对人体的影响见表 1-1-3。

表 1-1-3 空气中氧气浓度降低对人体的影响

空气中氧气浓度(体积)/%	主要症状
17	静止时无影响,工作时能引起哮喘和呼吸困难
15	呼吸及心跳急促,耳鸣目眩,感觉和判断能力降低,失去劳动能力
10~12	失去理智,时间稍长有生命危险
6~9	失去知觉,呼吸停止,如不及时抢救,几分钟内可能导致死亡

矿井中有害气体的涌出、煤岩及其他物质氧化、人员呼吸等消耗氧气,会导致井下空气中氧气浓度降低。在通风不良或停风的巷道,氧气的浓度可以降低到10%以下,贸然进入会导致窒息伤亡事故。

《煤矿安全规程》(以后简称《规程》)规定:在采掘工作面的进风流中,氧气浓度不得低于20%。工作地点按照人数计算风量时,每人每分钟不得低于 4 m^3 。

(二) 氮气

氮气是一种无色、无味、无毒的气体,相对于空气的密度为0.97。化学性质稳定,一般不与其他物质起反应,在矿井生产中常被当作惰性气体用来灭火或惰化采空区。正常情况下,空气中的氮气对人体无害,但是在井下有限空间里,当空气中氮气浓度过高时,将相对降低氧气浓度而使人缺氧窒息。

导致矿井空气中氮气浓度增大的原因主要有:①从煤层或围岩中涌出氮气,许多低瓦斯矿井的煤岩层气体中,氮气往往占有较大的比例。②在矿井防灭火中人为注氮惰化采空区时泄漏的氮气。③铵类炸药爆破以及含氮有机物的腐烂等产生一定量的氮气。

由于氮气无毒,实际中可以通过检测氧气的浓度来防止氮气的危害。

第二节 矿井空气中的主要有害气体

一、矿井空气中常见有害气体

矿井空气中有害气体的成分非常复杂,能够造成危害的气体主要有甲烷(CH_4)、二氧化碳(CO_2)、一氧化碳(CO)、硫化氢(H_2S)、二氧化硫(SO_2)、二氧化氮(NO_2)、氨气(NH_3)、氮气(N_2)、氢气(H_2)、氩气(Rn)等。根据其主要危害形式可以划分为爆炸性气体,如 CH_4 、 H_2 ;有毒性气体,如 CO 、 H_2S 、 SO_2 、 NO_2 、 NH_3 ;窒息性气体,如 CH_4 、 N_2 、 CO_2 ;放射性气体,如 Rn 。下面讨论矿井空气中常见有害气体的来源、性质、危害及安全标准。

1. 甲烷(CH_4)

(1) 来源:煤层中涌出。煤矿中又称为瓦斯,是煤炭生成过程中的伴生气体,是对煤矿安全危害最为严重的有害气体。

(2) 性质:是一种无色、无味、无毒的气体,相对于空气的密度为0.554,在空气中具有较强的扩散性;甲烷是一种可燃性气体,热值为 $3.7 \times 10^7\text{ J/m}^3$,是天然气和煤层气的主要成分。初步估计,我国煤层气总量达 $3.0 \times 10^{13} \sim 3.5 \times 10^{13}\text{ m}^3$,现在高瓦斯煤矿广泛推行的煤层瓦斯抽放是一项巨大的变害为利的工程。甲烷的化学性质不活泼,通常情况下不与其他物质起反应,但是,在具备一定的浓度和点火条件下,能够在空气中燃烧爆炸。

(3) 危害:①燃烧爆炸。瓦斯爆炸是煤矿最严重的灾害形式,造成了大量的人员伤亡和财产损失。

②窒息。在无风或微风的巷道中,瓦斯的涌出会挤占空气的空间,使空气中氧气浓度下降。当空气中瓦斯的浓度达到43%时,空气中氧气的浓度会降低到12%以下,因此,空气中瓦斯的浓度过大,就会造成人员窒息事故。

③异常涌出。煤层瓦斯的突出、喷出,可直接造成矿井灾害。

(4)《规程》规定:采掘工作面进风流中瓦斯浓度不得超过0.5%;采区回风道、采掘工作

面回风流中瓦斯浓度不得超过 1%；矿井总回风或一翼回风中瓦斯浓度不得超过 0.75%。

2. 二氧化碳(CO₂)

(1) 来源:岩层中涌出,坑木、煤炭的氧化、燃烧,爆破,柴油设备作业以及人员的呼吸等都会产生二氧化碳。

(2) 性质:无色,略有酸性,相对于空气的密度为 1.52;其化学性质比较稳定。

(3) 危害:当空气中 CO₂ 含量过多时,能使人中毒。空气中 CO₂ 对人体的危害程度与浓度的关系如表 1-2-1 所示。

表 1-2-1 二氧化碳中毒症状与浓度的关系

二氧化碳浓度(体积)/%	主要症状
1	呼吸加深,但对工作效率无明显影响
3	呼吸急促,心跳加快,头痛,人体很快疲劳
5	呼吸困难,头痛,恶心,呕吐,耳鸣
6	严重喘息,极度虚弱无力
7~9	动作不协调,大约 10 min 可发生昏迷
10~20	失去知觉,时间长可导致死亡
20~25	中毒死亡

(4) 《规程》规定:采掘工作面进风流中二氧化碳浓度不得超过 0.5%;采区回风道、采掘工作面回风流中二氧化碳浓度不得超过 1.5%;矿井总回风或一翼回风中二氧化碳浓度不得超过 0.75%。

3. 一氧化碳(CO)

(1) 来源:煤炭的氧化自燃,爆破作业,井下火灾,瓦斯、煤尘爆炸以及井下燃油设备产生的废气等。

(2) 性质:一氧化碳是一种无色、无味的气体,相对于空气的密度为 0.97,微溶于水;一氧化碳的化学性质活泼,具有强烈毒性,能够在空气中燃烧爆炸。

(3) 危害:① 毒性。一氧化碳毒性极大,一氧化碳与人体内的血色素的结合力比 O₂ 与血色素的结合力大 250~300 倍。一旦一氧化碳进入人体,首先就与血液中的血红素相结合,因而减少了血红素与氧结合的机会,使血红素失去输氧的功能,从而造成人体血液“窒息”。人体吸入一氧化碳后的中毒程度取决于空气中一氧化碳浓度和时间有关。一氧化碳中毒症状与浓度关系如表 1-2-2 所示。井下发生瓦斯、煤尘爆炸及火灾时,会产生大量一氧化碳,是造成人员伤亡的主要原因。② 爆炸。空气中一氧化碳的浓度达到 13%~75%,遇火能爆炸。

表 1-2-2 一氧化碳中毒症状与浓度关系

一氧化碳浓度(体积)/%	主要症状
0.048	轻微中毒,1 h 内引起耳鸣、头痛
0.128	严重中毒,0.5~1 h 内四肢无力,呕吐,丧失行动能力
0.4	致命中毒,短时间内使人丧失知觉,呼吸停顿,出现假死现象,1 h 内可导致中毒死亡
1.28	短时间内(1~3 min)就会出现昏迷和死亡

(4)《规程》规定:井下空气中一氧化碳的最高允许浓度为 0.002 4%(即 24 ppm)。

4. 硫化氢(H_2S)

(1) 来源:有机物腐烂,含硫矿物(黄铁矿、石膏等)水解、氧化,爆破作业,有些矿区煤岩层中也有硫化氢涌出。

(2) 性质:硫化氢是无色、有臭鸡蛋味的气体,相对于空气的密度为 1.19,易溶于水,在常温、常压下 1 个体积的水可溶解 2.5 个体积的硫化氢,因此它可能积聚于旧巷的积水中。硫化氢有剧毒,在空气中能燃烧爆炸。

(3) 危害:① 毒性。硫化氢有剧毒,对眼黏膜及呼吸系统有强烈刺激作用,不但能引起鼻炎、气管炎和肺水肿,而且还能使血液中毒。当空气中硫化氢含量较低时,以腐蚀刺激作用为主;含量较高时能引起人体迅速昏迷或死亡。硫化氢中毒症状与浓度的关系如表 1-2-3 所示。② 爆炸。在空气中硫化氢浓度达 4.3%~45.5%,能够燃烧爆炸。

表 1-2-3 硫化氢中毒症状与浓度的关系

硫化氢浓度(体积)/%	主要症状
0.002 5~0.003	有强烈臭味
0.005~0.01	1~2 h 内出现眼及呼吸道刺激症状,臭味“减弱”或“消失”
0.015~0.02	出现恶心,呕吐,头晕,四肢无力,反应迟钝。眼及呼吸道有强烈刺激症状
0.035~0.045	0.5~1 h 内出现严重中毒,可发生肺炎、支气管炎及肺气肿,有死亡危险
0.06~0.07	很快昏迷,短时间内死亡

(4)《规程》规定:矿内空气中硫化氢的最大允许浓度为 0.000 66%(即 6.6 ppm)。

5. 二氧化氮(NO_2)

(1) 来源:二氧化氮主要来自于爆破作业,1 kg 硝铵炸药爆破能产生 10 L 的二氧化氮气体。此外,井下燃油设备的使用也产生了一定的氮氧化物。

(2) 性质:二氧化氮是褐红色、有刺激性的气味,相对于空气的密度为 1.57,易溶于水,并与水化合生成硝酸,具有极强的毒性。

(3) 危害:二氧化氮对人的眼睛、鼻腔、呼吸道及肺部有强烈的刺激和腐蚀作用,可引起肺水肿、神经麻痹甚至致人死亡。二氧化氮中毒具有潜伏期,有的在严重中毒后仍无明显征兆,还可以坚持工作;经过 6~24 h 后才会出现中毒征兆,中毒者指头出现黄色斑点、严重的咳嗽、呕吐等。二氧化氮中毒症状与浓度的关系如表 1-2-4 所示。

表 1-2-4 二氧化氮中毒症状与浓度的关系

二氧化氮浓度(体积)/%	主要症状
0.004	2~4 h 内出现咳嗽症状
0.006	短时间内感到喉咙刺激,咳嗽,胸疼
0.01	短时间内出现严重中毒症状,神经麻痹,严重咳嗽,恶心,呕吐
0.025	短时间内可导致死亡

(4)《规程》规定:矿内空气中二氧化氮的最大允许浓度为 0.000 25%(即 2.5 ppm)。

6. 二氧化硫(SO₂)

(1) 来源:含硫矿物的氧化与自燃,在含硫矿物中的爆破作业。

(2) 性质:二氧化硫是一种无色、具有强烈硫黄燃烧气味的气体,相对于空气的密度为 2.22,易溶于水,在常温、常压下 1 个体积的水可溶解 4 个体积的二氧化硫,二氧化硫遇水后生成硫酸,属剧毒气体。

(3) 危害:对眼睛及呼吸器官有强烈的刺激腐蚀作用,使喉咙及支气管发炎,呼吸麻痹,严重时会引起肺水肿使人死亡。当空气中二氧化硫浓度达到 0.000 5%即可嗅到;达到 0.002%时,眼及呼吸器官感到有强烈的刺激;浓度达 0.05%时,引起急性支气管炎和肺水肿,短时间内就有致命危险。

(4) 《规程》规定:矿内空气中二氧化硫最高容许浓度为 0.000 5%(即 5 ppm)。

7. 氨(NH₃)

(1) 来源:铵类炸药爆破,有机物腐烂,含氨的凝胶材料。

(2) 性质:氨是一种无色、有浓烈刺激气味的气体,易溶于水,相对于空气的密度为 0.6。氨属于碱性气体,有剧烈毒性,在空气中能燃烧爆炸。

(3) 危害:氨对人的皮肤、上呼吸道及眼睛有强烈的刺激腐蚀作用,会引起咳嗽、流泪、头晕、呼吸困难、喉头水肿,严重时会导致人员失去知觉甚至死亡。空气中氨气浓度达到 0.001%就可嗅到其刺激气味,浓度达到 0.45 %很快即可致人死亡。

空气中氨气浓度在 16%~27%之间具有爆炸危险。

(4) 《规程》规定:矿内空气中氨气最大容许浓度为 0.004%(即 40 ppm)。

8. 氢气(H₂)

(1) 来源:主要是蓄电池充电放出氢气,有的中等变质的煤层中也有氢气涌出。

(2) 性质:氢气是一种无色、无味、无毒的气体,相对于空气的密度为 0.07,难溶于水。氢气是易燃易爆气体。

(3) 危害:当空气中氢气浓度达到 4%~74%时,遇火源即可爆炸,其点燃温度比甲烷低 100~200 ℃。

(4) 《规程》规定:矿内空气中氢气最高容许浓度为 0.5%。

9. 氡气(Rn)

(1) 来源:主要来源是井巷围岩(特别是含铀矿物岩层)及地下水析出。

(2) 性质:氡气是一种无色、无味的气体,相对于空气的密度为 7.5,是自然界唯一的天然放射性气体,半衰期 3.8 d,能溶于水和有机溶剂,在油脂中的溶解度为水中的 125 倍。氡是惰性气体,一般不参与化学反应。

(3) 危害:氡及其子体(氡在衰变过程中所产生的中间产物)是放射性元素,在蜕变过程中会产生一定量的 α、β、γ 射线,对人体有辐射危害。井下天然放射性元素对人体的危害,主要是氡及其子体衰变时所产生的 α 射线。吸入这些含氡空气,氡及其子体易沉积在呼吸道上,对呼吸道及肺组织会造成的辐射危害。

(4) 《金属非金属地下矿山通风技术规范》规定:井下作业场所的空气中氡的最大允许浓度为 3.7 kBq/m³ (Bq——贝可勒尔简称贝可,是放射性活度的国际计量单位,指单位时间内衰变的原子数),氡子体的潜能值不超过 6.4 μJ/m³。

通过对我国煤矿氡及氡子体的调查测定,查明煤矿中普遍存在着氡及氡子体的危害,而

且个别矿井中氡及氡子体浓度比较高,甚至超过了国家标准规定的最大允许浓度值。但是,在煤矿中,只要保持正常通风,一般情况下氡气危害容易得到控制。

此外,井下使用柴油机的矿井柴油机排出的废气也都污染了矿内空气,这些废气的主要成分为氮的氧化物、一氧化碳、醛类和油烟等。

二、矿井有害气体的检测方法概述

矿井有害气体检测是防止有害气体危害的前提,也是矿井通风安全测量的重要内容。检测的目的是掌握矿井有害气体的浓度及其规律,确定其是否符合《规程》规定。若不符合规定要求,则必须采取措施进行处理。另外,通过气体检测还可以分析通风质量,检查漏风,预测井下煤炭自燃及分析火区状态等。

煤矿有害气体检测有三种方式:化验室分析、现场测试和在线监测。

(一) 化验室分析

采用气相色谱仪、红外光谱仪等设备对采集的气样进行测定分析,可以准确检测井下空气的各种成分。气样采集的方法有人工取样器采集法和束管系统采集法。束管系统采样是通过束管将井下气体采样点连到化验室,用真空泵抽取气样,一般束管系统与其相色谱仪可以实现联机自动分析。化验室分析一般用于全面分析测定气体成分或者检测微量气体,常用于测定分析煤炭自燃指标气体,预报煤炭自燃。

(二) 现场测试

用便携式检测仪器到井下检测地点进行测定。测定方法主要有以下几种。

1. 光学检定器检测法

可以根据需要选用不同测定对象的光学检定器。煤矿井下广泛使用光干涉式瓦斯检定器,它可以同时测量甲烷和二氧化碳。常用的有量程 $0\sim 10\%$ CH_4 (精度 0.01%)和 $0\sim 100\%$ CH_4 (精度 0.1%)两种。这类仪器维护简单,可靠性高,但是不适合检测微量气体,且操作不便。

2. 检定管检测法

检定管是内部装有吸附了化学试剂的颗粒状指示胶的玻璃管。测定不同气体的检定管,其指示胶吸附的化学试剂不同。测定时,用吸气装置在一定时间内定量地抽取被测气样,并流经检定管,当含有被测气体的空气通过检定管时,被测气体与吸附的化学试剂发生化学反应,使指示胶改变颜色。根据检定管内指示剂变色的程度或变色的长度来确定气体的浓度。前者称为比色式,后者称为比长式。检定管法一般用于测定化学活泼性高的气体,测定速度快,方法简单。煤矿使用的检定管有一氧化碳、硫化氢、二氧化碳、二氧化硫、二氧化氮、氨气、氢气和氧气等。

3. 数字式便携检测仪检测法

根据被测气体的物理、化学特性制成敏感元件,可将被测气体的浓度大小转换成电信号,以数字形式显示出来。数字式便携检测仪操作方便,可以实现连续检测,并有超限报警功能。煤矿常用的有单一气体检测仪(如瓦斯检测仪、氧气检测仪、一氧化碳检测仪、二氧化碳检测仪等)和多种气体检测仪(如瓦斯、氧气、一氧化碳复合检测仪)。

4. 氡气检测

氡及其子体的测量方法很多,测氡主要有静电计法、活性炭浓缩法、闪烁室法、双滤膜法