

全国煤炭高职高专（成人）“十一五”规划教材

矿井通风与安全

胡卫民 高新春 鹿广利 主编

Kuangjing Tongfeng Yu Anquan



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

煤炭行业

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

矿井通风与安全

主 编 胡卫民 高新春 鹿广利

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是煤矿开采技术专业“矿井通风与安全”课程的“十一五”规划教材,与《煤矿开采方法》配套使用。全书共分十六章,系统介绍矿井通风的基本原理、基本方法及管理手段,详细介绍矿井瓦斯、煤尘、水灾、火灾等自然灾害发生的客观规律及其防治理论和技术。

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有关专业做教材使用,也可供从事矿山工业科研、设计、管理及工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风与安全/胡卫民,高新春,鹿广利主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2008. 5

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 81107 - 981 - 4

I. 矿… II. ①胡…②高…③鹿… III. ①矿山通风—高等学校:技术学校—教材②矿山安全—高等学校:技术学校—教材 IV. TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 064928 号

书 名 矿井通风与安全

主 编 胡卫民 高新春 鹿广利

责任编辑 耿东锋 章 毅

责任校对 周俊平

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 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 26.5 字数 661 千字

版次印次 2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 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)

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 建设委员会成员名单

主 任:李增全

副 主 任:刘咸卫 胡卫民 刘发威 仵自连

委 员:(按姓氏笔画为序)

牛耀宏 王廷弼 王自学 王宪军

王春阁 石 兴 刘卫国 刘景山

张 军 张 浩 张贵金 李玉文

李兴业 李式范 李学忠 李维安

杜俊林 陈润叶 周智仁 荆双喜

贺丰年 郝巨才 唐又驰 高丽玲

彭志刚

秘 书 长:王廷弼 李式范

副秘书长:耿东锋 孙建波

煤炭高职高专(成人)“十一五”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			

前 言

安全生产事关人民群众生命财产安全,事关改革发展和社会稳定的大局,是贯彻落实科学发展观的必然要求。党中央把安全发展作为重要理念纳入我国社会主义现代化建设的总体战略。由于煤炭行业是我国的高危行业,煤层赋存条件及自然地质条件较为复杂,且存在瓦斯、煤尘、水灾、火灾、冒顶等五大自然灾害,涉及的危险危害因素达上千种;虽然经过各方面的共同努力,近年来,在煤炭产量持续增长的情况下,煤矿安全生产形势保持了稳定好转的态势,但安全生产形势依然十分严峻。为适应当前煤矿安全管理工作的需要,我们基于体现基本概念,强调能力与技能培养,突出实践环节,采用新技术、新工艺、新装备、新经验等最新成果,系统介绍矿井通风的基本原理、基本方法及管理手段,详细介绍矿井瓦斯、煤尘、水灾、火灾等自然灾害发生的客观规律及其防治理论和技术,体现科学性、系统性和实用性,编写了《矿井通风与安全》教材。

全书共分十六章,其中,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、第八章由河南工程学院胡卫民编写;第九章、第十二章由河南工程学院高新春编写;第十章由山东科技大学吴立荣编写;第十三章、第十四章由河南工程学院李凤琴编写;第十五章、第十六章由河南工程学院范参良编写。

全书由胡卫民教授策划总体编写思路,提出总体编写框架,确定各章内容和编写原则。由高新春对第五、第六、第七、第八、第九、第十二、第十三、第十四、第十五、第十六章等章节进行统稿和全面、认真、细致的审稿。由鹿广利对第一、第二、第三、第四、第十、第十一章等章节进行统稿和全面、认真、细致的审稿。本书编写过程中,吸收了以前教材的优点,参阅了国内外近年来发表的科技文献,为此特向参考文献作者们表示感谢;同时对本书编写给予大力支持的院校和煤矿企业表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处,恳请读者不吝指正。

编 者

2007年6月

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	10
思考与习题	18
第二章 井巷空气流动基本理论及应用	20
第一节 矿井空气主要物理参数	20
第二节 井巷风流运动特征及连续方程	24
第三节 风流的压力及能量方程	31
第四节 井巷通风阻力	41
思考与习题	52
第三章 矿井通风动力	55
第一节 自然风压	55
第二节 矿井通风机	60
第三节 通风机的工作特性	70
第四节 矿井主要通风机的合理运行	80
第五节 通风机联合运转	82
思考与习题	87
第四章 矿井通风网路中风量分配与调节	90
第一节 矿井通风网路与网路图	90
第二节 通风网路的基本规律	92
第三节 简单网路特性	93
第四节 通风网路风量调节	98
第五节 多台主要通风机联合运转的相互调节	105
第六节 复杂通风网路解算介绍	107
思考与习题	109
第五章 矿井通风系统	112
第一节 矿井主要通风机的 methods	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	124
第五节	矿井漏风及管理	128
第六节	矿井通风系统图	131
第七节	矿井通风系统评价与通风系统改造	133
	思考与习题	137
第六章	掘进通风	139
第一节	掘进通风方法	139
第二节	掘进工作面需风量计算	145
第三节	局部通风设备	147
第四节	掘进通风设计	157
	思考与习题	161
第七章	矿井通风设计	162
第一节	拟定矿井通风系统	162
第二节	矿井总风量的计算与分配	164
第三节	矿井通风阻力计算	169
第四节	选择矿井通风设备	171
第五节	概算矿井通风费用	174
第六节	生产矿井通风设计简述	175
	思考与习题	176
第八章	矿井通风能力核定	177
第一节	概述	177
第二节	矿井通风能力核定方法	177
第三节	矿井通风能力验证	184
第四节	矿井通风能力核定结果计算	184
	思考与习题	186
第九章	矿井瓦斯防治	187
第一节	矿井瓦斯概述	187
第二节	煤层瓦斯赋存与含量	188
第三节	矿井瓦斯涌出	192
第四节	矿井瓦斯等级鉴定	195
第五节	煤层气开发与瓦斯抽放	199
第六节	瓦斯爆炸及其预防	208
第七节	瓦斯喷出及其预防	215

第八节 煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出及其预防	217
思考与习题	226
第十章 火灾防治	227
第一节 概述	227
第二节 外因火灾及其预防	229
第三节 煤炭自燃	231
第四节 煤炭自燃的预测与监测	237
第五节 煤炭自燃火灾的防治措施	241
第六节 矿内灭火	253
第七节 火区的管理与启封	254
思考与习题	255
第十一章 矿尘防治	257
第一节 矿尘及其危害	257
第二节 矿山尘肺病	265
第三节 综合防尘措施	269
第四节 煤尘爆炸及其预防	283
思考与习题	299
第十二章 矿井水灾防治	300
第一节 概述	300
第二节 地面防治水	300
第三节 井下防治水	303
第四节 透水事故的处理	313
思考与习题	315
第十三章 矿山救护	316
第一节 矿井灾害预防与处理计划	316
第二节 矿山救护队	319
第三节 矿工自救与互救	329
第四节 现场急救	337
思考与习题	345
第十四章 重大事故应急救援	347
第一节 概述	347
第二节 应急救援预案的编制	352
第三节 应急救援行动	355
思考与习题	361

第十五章 通风安全检测仪器仪表	362
第一节 风速测量仪表	362
第二节 压力测量仪表	365
第三节 粉尘浓度检测仪器	370
第四节 温度、湿度检测仪表	378
第五节 气体检测仪器仪表	383
第六节 煤矿安全环境监测监控系统	390
第十六章 通风安全技术测定	392
第一节 漏风测定	392
第二节 矿井通风阻力测定	394
第三节 自然风压测定	397
第四节 主要通风机性能测定	400
第五节 局部通风机性能和风筒参数测定	404
第六节 煤层瓦斯压力测定	408
参考文献	413

第一章 矿井空气及气候条件

矿井生产过程中,必须持续不断地将地面空气输送到井下各个作业地点,以供给人员呼吸,并稀释和排除井下各种有害气体和矿尘,创造良好的矿井气候条件,确保井下作业人员的身体健康和劳动安全。本章将着重介绍矿井空气的主要成分、井下常见的有害气体及其主要检测与管理方法,讨论矿井气候条件及其改善的问题,为进一步学习矿井通风的基本理论奠定基础。

第一节 矿井空气成分

一、地面空气的主要成分

地面空气是由地球演变及生物活动而形成的多种气体组成的混合物,是人类生存、活动的基本条件。地面空气可以分为稳定的干洁空气和可变成分两部分,干洁空气的成分及其组成比例是比较稳定的,如表 1-1-1 所列。表中其他气体指氦(Ne)、氦(He)、氪(Kr)、氙(Xe)、氢(H_2)、甲烷(CH_4)和一氧化碳(CO)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,其体积浓度的变化范围为 0%~4%,污染性气体体积浓度变化范围为 $(0\sim2)\times 10^{-6}$ 。

表 1-1-1 地表干洁空气组成成分

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
氩气(Ar)	0.930	1.282
二氧化碳(CO_2)	0.030	0.046
其他气体	0.003	0.002

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,由于受到井下环境的影响,其成分和性质发生了一系列的变化。

(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。

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

地面空气进入矿井以后发生了一系列的变化,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。相对于地面空气,在成分和性质上变化不大的矿井空气称为新鲜空气,简称新风,如进风井巷中的空气。把流经采掘工作面及硐室等工作地点或受到井下矿尘和有害气体污染的,在成分和性质上变化较大的矿井空气称为污浊空气,简称污风或乏风,如回风井巷中的空气。通常以用风地点为界,将用风地点以前的风流称为新鲜空气,或进风流;将用风地点以后的风流称为污浊空气,或回风流。

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氧气和氮气。

(一) 氧气

(1) 性质。氧气是一种无色、无味的气体,相对于空气的密度为 1.105(标准空气的密度为 1.293 kg/m^3);氧气化学性质活泼,易使其他物质氧化,能助燃,是矿井火灾以及瓦斯、煤尘爆炸的必要条件。

(2) 氧气对人的影响。氧气是人呼吸所必需的气体,人的生命主要是依靠吃进食物和不断吸入空气中的氧气,在体内进行新陈代谢来维持的。人对氧气的需要量取决于人的体质、精神状态和劳动强度等,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/ $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$	氧气消耗量/ $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$
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% 左右时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。空气中氧气浓度的降低对人体的影响如表 1-1-3 所示。

矿井中由于有害气体的涌出、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 5% 以下,贸然进入会导致窒息死亡,我国煤矿每年都发生多起因缺氧造成的窒息死亡事故。另一方面,对于井下瓦斯积聚区域或采空区,不可盲目送入空气,否则,会使之达到瓦斯爆炸的条件或引发煤炭自燃。

表 1-1-3

空气中氧气浓度的降低对人体的影响

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

《煤矿安全规程》(以下简称《规程》)第一百条及第一百零三条规定:在采掘工作面的进风流中,氧气浓度不得低于 20%。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 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,一般不与其他物质发生反应,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)、氡气(Rn)等十种气体。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各有害气体的来源、性质、危害及安全标准。由于氮气的性质及其危害在前节中已阐述,这里就不再赘述。

(一) 甲烷

1. 来源

甲烷由煤层中涌出,煤矿中又称为瓦斯,是煤层的伴生气体,是对煤矿安全危害最为严重的有害气体。

2. 性质

甲烷是一种无色、无味、无毒的气体,相对空气的密度为 0.554,在空气中具有较强的扩散性;瓦斯是一种可燃性气体,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发

生反应。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。不同的瓦斯浓度在空气中发生燃烧的形式不同,空气中瓦斯浓度小于 5% 时,瓦斯只能在点燃火源的表面发生附着式的燃烧,不能形成持续的火焰;当空气中瓦斯的浓度为 5%~16% 时,瓦斯和空气形成了预混可燃气体,其内部有点火源时,则会发生瓦斯爆炸,并且浓度为 9% 左右时最容易爆炸;当瓦斯浓度大于 16%,该空气与瓦斯的混合气体内部不能被点燃,但是可以在与新鲜空气的接触面上被点燃,形成扩散燃烧的形式。

(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%,时间稍长则会发生窒息事故。

(3) 瓦斯的异常涌出。瓦斯突出、喷出等,可直接造成矿井灾害(将在“矿井瓦斯防治”一章中介绍)。

4. 《规程》规定

采掘工作面的进风流中瓦斯浓度不得超过 0.5%;采区回风巷、采掘工作面回风巷风流中瓦斯浓度不得超过 1.0%;矿井总回风巷或一翼回风巷中瓦斯浓度不得超过 0.75%。

(二) 二氧化碳

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一定的二氧化碳。

2. 性质

无色,略有酸性,能溶于水——常温常压下 1 m^3 的水可以溶解 0.73 m^3 的二氧化碳,相对空气的密度为 1.52;其化学性质比较稳定,略有毒性。

3. 危害

二氧化碳对人的危害是其具有弱毒性或窒息性。在井下通风良好的新鲜风流中, CO_2 含量极少,对人体无害,通风不良含量超过正常数值时,对人的呼吸系统有刺激作用,引起呼吸频繁、呼吸量增加等。所以在急救有害气体中毒的受害人员时,常常先让其吸入含有 5% CO_2 的氧气,以加强肺部的呼吸。当 CO_2 含量过多时,能使人中毒或窒息。空气中 CO_2 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(窒息)死亡

4. 《规程》规定

采掘工作面的进风流中二氧化碳浓度不得超过 0.5%；采区回风巷、采掘工作面回风巷风流中二氧化碳浓度不得超过 1.5%；矿井总回风巷或一翼回风巷中二氧化碳浓度不得超过 0.75%。

(三) 一氧化碳

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废气等均会产生一氧化碳。

2. 性质

一氧化碳是一种无色、无味的气体，相对空气的密度为 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 O_2 与血色素的结合力大 250~300 倍。当人吸入一氧化碳后，使血液中毒，阻碍了氧和血红素的结合，破坏运氧功能，使人体缺氧中毒死亡。一氧化碳中毒的一个显著特征是中毒者嘴唇呈桃红色，两颊有红色斑点。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、煤尘爆炸后的空气中一氧化碳的浓度可以达到 1%~3%。

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

(2) 爆炸。空气中一氧化碳的浓度在 13%~75% 之间时，遇火能爆炸。

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 2.4×10^{-6})。

(四) 硫化氢

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，对眼粘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。

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

(2) 爆炸。在空气中硫化氢浓度达 4.3~45.5%,能够燃烧爆炸。

4. 《规程》规定

井下空气中硫化氢的最大允许浓度为 0.000 66%(即 6.6×10^{-6})。

(五) 二氧化氮

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相当于 10 L 的二氧化氮气体。

2. 性质

二氧化氮是褐红色、有刺激性的气体,相对空气的密度为 1.57,极易溶于水,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,神经麻痹等致人死亡。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,有的头发变黄,并出现严重的咳嗽、呕吐、神经麻痹甚至死亡。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

井下空气中二氧化氮的最大允许浓度为 0.000 25%(即 2.5×10^{-6})。

(六) 二氧化硫

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。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。二氧化硫属剧毒气体。

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% 时即可嗅到;达到 0.002% 时,眼及呼吸器官感到有强烈的刺激;浓度达到 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

井下空气中二氧化硫最高容许浓度为 0.000 5% (即 5×10^{-6})。

(七) 氨

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,相对空气的密度为 0.6。氨有剧烈毒性,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以至死亡。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

井下空气中氨气最大容许浓度为 0.004% (即 40×10^{-6})。

(八) 氢气

1. 来源

井下氢气的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 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4. 《规程》规定

井下空气中氢气最高容许浓度为 0.5%。

(九) 氡气

1. 来源

矿井空气中氡气的主要来源是井巷围岩(特别是含铀矿物岩层)及由地下水析出。

2. 性质

氡气是一种无色、无味的气体,相对空气的密度为 7.7,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的 125 倍。氡是惰性气体,一般不参与化学反应。