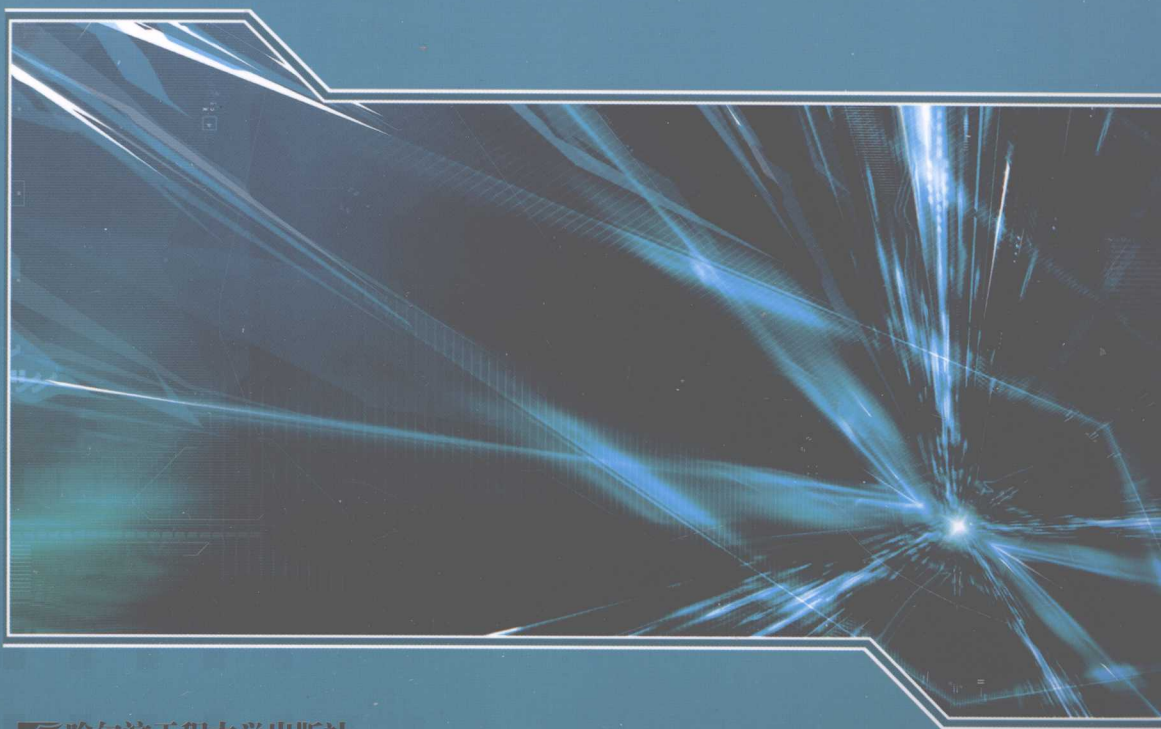




国防特色教材·核科学与技术

铀矿通风与辐射安全

——周星火 主编



 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社



国防特色教材·核科学与技术

铀矿通风与辐射安全

周星火 主编



哈尔滨工程大学出版社

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社

内容简介

本书为“十一五”国防特色专业教材之一。该书从铀矿通风降氡特点出发,从单纯排除已产生的有害物到能够控制和减少有害物的产生量,系统介绍了铀矿通风与辐射安全技术。本书可供铀矿开采、核安全、地下工程等专业的本科生和研究生教学使用,又适应现场管理的需求,也可供铀矿冶及其他有关生产、设计、科研和教学工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

铀矿通风与辐射安全/周星火主编.—哈尔滨:哈尔滨
工程大学出版社,2009.5

ISBN 978-7-81133-402-9

I. 铀… II. 周… III. ①铀矿通风②铀矿-辐射防护
IV. TD72 TL75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 067259 号

铀矿通风与辐射安全

周星火 主编
责任编辑 杨秀华

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南岗区东大直街 124 号 发行部电话:0451-82519328 传真:0451-82519699

<http://press.hrbeu.edu.cn> E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

肇东粮食印刷厂 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:16.5 字数:319千字

2009年5月第1版 2009年5月第1次印刷 印数:1000册

ISBN 978-7-81133-402-9 定价:43.00元

序

《铀矿通风与辐射安全》是为贯彻落实国防科技工业教育“十一五”规划,切实加强国防特色专业教材建设,进一步完善质量上乘、品种齐全、特点突出,适应当代国防科技发展的国防特点专业教材体系而编写的教材之一。本书编写的指导思想是:教材内容面向 21 世纪,充分反映 50 年来铀矿通风的最新技术发展和较为成熟的科研成果,力求体现铀矿与非铀矿相结合,既适应铀矿采矿、核安全、地下工程等专业的本科教学需求,又适应现场管理的需求,同时也适应有关氡问题的非铀矿山管理需要,为提高铀矿山和非铀矿山通风与安全技术作出应有的贡献。

实践表明铀矿山和许多非铀矿山不仅存在氡的危害,而且还相当严重,而通风降氡是目前最经济有效的方法。因此,氡防护技术成为改善地下矿山空气条件和保护人类环境的一个普遍关心的问题。总结铀矿井通风降氡成果,逐步建立完整铀矿井通风降氡理论,对确保铀矿业可持续发展、促进铀矿通风技术发展具有重要意义。

本书系编者根据多年来掌握的铀矿井通风、氡析出机理、氡监测监控、职业病防治等方面的理论知识和在培训教学与实际工作中积累的经验编撰而成。本书从铀矿通风降氡特点出发,从单纯排除已产生的有害物到能够控制和减少有害物的产生量,系统介绍了铀矿通风与辐射安全技术。在编写上力求内容丰富具体、技术简明实用。全书共分 11 章,主要内容包括:第 1 章,矿内空气;第 2 章,矿井空气流动基本理论;第 3 章,矿井通风系统和通风动力;第 4 章,铀矿山辐射危害与安全;第 5 章,辐射防护标准与矿井防氡指标;第 6 章,氡来源及性质;第 7 章,氡析出与氡传播;第 8 章,排氡通风与控氡技术;第 9 章,铀矿井排氡通风设计;第 10 章,氡测量和其他辐射测量方法;第 11 章,矿井通风系统测定与评价。

本书由南华大学周星火主编,参加编写的还有核工业北京化工冶金研究院邓文辉、李先杰,南华大学刘栋、叶勇军、蒋复量。本书编写过程中南华大学安全教研室谢焱石、钟永明、王淑云提供了宝贵的技术资料;本书由南华大学杨仕教和李向阳两位教授主审。编者在此表示感谢。

鉴于编者水平有限,书中若有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 3 月

前 言

《铀矿通风与辐射安全》是国防科技工业“十一五”规划国防特色专业教材之一。本教材可以作为核资源、安全工程和地下工程等专业本科生教学用书,也是这类专业的硕士生参考书,按 50~60 课时编写。

本教材内容是在原核工业第六研究所对核工业铀矿冶系统技术人员培训教材的基础上,为适应国防科技发展需要编写而成,既反映了 50 年来铀矿通风的最新技术发展和较为成熟的科研成果,也为教学服务,同时还为设计、科研和现场管理的工程技术人员提供参考。

整个教材面向 21 世纪,内容力求少而精、深入浅出,以传授基础理论和基础知识为主,较详细阐述典型的应用技术,以求理论与实践相结合。编者总结了 50 年来铀矿井通风降氡成就,进一步完善了铀矿通风降氡理论,对促进铀矿业可持续发展,满足国家对核资源日益增长的需要具有重要意义。

铀矿业是采矿工业的一部分,是生产原材料的基础工业,在核工业发展中占有重要地位。铀矿开采除一般金属矿山矽尘、有害气体危害外,还有放射性氡及其子体的危害。据统计,我国严重尘肺病患者多达 120 万人,占世界尘肺患者的一半以上,且每年以 1.5 万人左右速度增长。铀矿的氡及其子体浓度不仅能加速矽肺发展,而且能引起肺癌。据职业卫生安全调查,目前铀矿业采掘工作面氡及其子体浓度距离国家标准有一段距离,合格率较低,严重影响和制约铀矿山企业的发展,故加强铀矿通风,为从业人员创造一个良好的环境,这是铀矿通风工作者为之而奋斗的目标。

建国 60 年来,我国的矿山通风安全理论和技术得到迅速发展,铀矿井通风也从单纯排除产生的有害物,上升到同时能够控制和减少有害物产生量,铀矿通风的特殊要求为矿井通风学发展增加了更深刻的含义。本书编写过程中吸收了以前诸教材的优点,参阅了国内外近年来发表的科技文献,为此特向诸教材与文献的作者们表示感谢。

由于编者水平有限,加之时间紧迫,错误和不妥之处,恳请读者不吝指正。

编 者

2009 年 3 月

目 录

绪论	1
第 1 章 矿内空气	3
1.1 矿井空气的主要成分	3
1.2 矿井空气中有害气体	5
1.3 矿井气候	10
习题	13
第 2 章 矿井空气流动基本理论	14
2.1 空气主要物理参数	14
2.2 矿井空气压力与能量	15
2.3 各种通风方式的通风压力坡度图形	18
2.4 矿井通风阻力	19
2.5 矿井通风网路	22
2.6 风量调节	26
习题	26
第 3 章 矿井通风系统和通风动力	27
3.1 矿井通风系统	27
3.2 通风动力	30
习题	37
第 4 章 铀矿山辐射危害与安全	38
4.1 矿山辐射安全环境概况	38
4.2 铀矿山井下的主要辐射危害	39
4.3 其他辐射危害	41
4.4 电离辐射对人体的危害	43
4.5 铀矿开采中辐射危害所引起的职业病	49
4.6 辐射危害的防护	50

习题	53
第 5 章 辐射防护标准与矿井防氡指标	54
5.1 辐射防护法规	54
5.2 主要的相关法规制度	55
5.3 现行标准与规章	56
5.4 辐射防护标准	56
5.5 矿井防氡指标	61
5.6 辐射防护监督与管理	67
习题	70
第 6 章 氡来源及性质	71
6.1 氡的发现	71
6.2 氡问题的历史	71
6.3 氡的来源	76
6.4 环境大气中的氡水平	87
6.5 室内空气中的氡	94
6.6 矿山的氡	97
6.7 氡的性质	107
6.8 氡危害的特点	117
习题	118
第 7 章 氡析出与氡传播	119
7.1 氡的运移通道	119
7.2 氡在岩体传播的动力	120
7.3 均匀多孔介质中氡的传播方程	121
7.4 半无限大射气介质中氡的传播与氡的析出	122
7.5 射气介质中的气体渗流对氡析出的影响	129
7.6 风流对氡析出的影响	134
7.7 风流中氡及其子体浓度的增长	137
7.8 氡析出率的测定方法	140
习题	149
第 8 章 排氡通风与控氡技术	151
8.1 铀矿井下氡的特性和排氡通风特点	152

8.2 排氦通风技术	154
8.3 控制氦的析出	176
8.4 小结	186
习题	187
第 9 章 铀矿井排氦通风设计	188
9.1 矿井通风设计的任务与内容	188
9.2 矿井通风系统的合理选择	189
9.3 全矿需风量的计算	190
9.4 全矿通风阻力计算	197
9.5 矿井通风设备的选择	198
9.6 通风设计经济部分的编制	199
习题	201
第 10 章 氦测量和其他辐射测量方法	202
10.1 氦的测量	202
10.2 氦子体测量	216
10.3 其他辐射测量方法	219
10.4 个人剂量监测	221
习题	225
第 11 章 矿井通风系统测定与评价	226
11.1 矿井通风测定的主要仪表	226
11.2 矿井风速检查与风量测定	228
11.3 矿井通风阻力的测定	236
11.4 矿井空气的污染检查	240
11.5 主扇工况测定	244
11.6 矿井通风优化及可靠性评价	247
习题	251
参考文献	252

绪 论

铀矿通风是降低矿井井下空气氡及其子体浓度的主要措施,是以降低氡及其子体浓度为
主要目的的矿井通风。矿井通风学的基本原理都适用于铀矿通风,但铀矿通风的特殊性又反
过来丰富了矿井通风学。铀矿通风的特殊性主要反映在氡的性质、产生和传播过程中的一系
列特点。有害物的产生和通风联系在一起,有时互相促进,有时互相制约,依具体条件的不同
而变化。这就使得铀矿通风不仅要求稀释和排除井下有害物,而且要能抑制井下有害物产生
量。在某些条件下,后一作用非常重要,往往是解决铀矿通风一些具体问题的关键。铀矿通风
这个特点是和铀矿井下氡的性质、产生和传播紧密联系在一起的。也就是说,认识氡这种有害
物与其他有害物的不同点,是搞好铀矿通风的基础。

铀矿通风是保障井下通风空间的氡及其子体浓度达到国家允许标准的手段。所谓通风空
间,指的是空气中有毒物的浓度适宜人们在那里工作的空间,它包括各类工作面 and 进风井巷。
现代的铀矿通风不仅要保证铀矿井下工作环境满足有关规范要求,而且要使矿井析出的氡量
尽可能的少,以确保铀矿通风排出的污染物尽可能少,达到保护矿井外环境的辐射安全。因
此,搞好铀矿通风是保证矿山正常生产的一项重要工作。

铀矿通风的重点是矿井防氡。但是绝不可以把矿井防氡与对其他有害物如粉尘、炮烟、瓦
斯和其他有害气体的防护技术截然分开,更不可以把对一种有害物的防护超越对其他有害物
的防护而忽视对其他有害物的防护。当然,在不同的条件下,针对危害比较重的有害物,着重
采取相应的防护措施,还是完全必要的。

氡区别于其他有害物的主要之点不仅在于它是放射性气体,而且在于氡衰变后形成的子
体危害更大。在常温下氡是气体,吸入后还可以排出来,虽然有一部分会溶解在血液并被带到
全身,但其量并不多,而且,当人离开了矿井,这些氡会被排出来。氡子体则不同,它是极细微
的固体颗粒,即使与粉尘结合在一起,大部分也是与一微米以下的尘粒结合。它们被吸入以
后,很容易沉积在支气管壁上,这时,它们放出的 α 射线就很容易照射支气管壁的基底细胞。
基底细胞是氡子体诱发癌肿的敏感部位,那么,是不是只要有一个 α 粒子照射到了基底细胞上
都会造成癌肿呢?看来也不是。事实证明,吸入的氡子体越多,得肺癌的可能性越大。显然,
肺癌与支气管所接受的 α 射线能量多少有关。

综上所述,我们可以看到氡及其子体造成危害的三个必要条件:

- (1)氡及其子体只有被吸入体内并沉积在支气管壁上才能造成危害;
- (2)吸入的氡子体越多,得肺癌的可能性越大;
- (3)吸入氡子体后并不很快得肺癌,还需要经历相当长一段时间的潜伏期。

可以看出,氡及其子体对人体的危害是完全可以防止的,而防止的措施主要是不让或少让

氡及其子体进入人体。方法有很多,如矿井通风、个人防护等。但是,最根本的防护措施应当是降低井下通风空间中的氡及其子体的浓度。这样就可以大大减少吸入氡子体的量,同时辅以其他防护措施,才有可能完全防止氡及其子体危害的发生。

矿井通风防护人员的职责之一是应当保证井下各工作面空气的辐射安全,这只有通过充分发挥通风的作用才能做到。为了更好地做到这一点,应当对铀矿通风的特点有比较明确的认识。

铀矿通风的重点在于降低空气中氡及其子体的浓度。铀矿通风区别于其他矿山最主要的是有害物不完全相同。作为有害物的一种,氡的特点如下:

(1)氡是放射性气体,它衰变以后形成更加有害的氡子体,氡子体浓度的增加需要一定的时间,氡在井下停留的时间越长,氡子体浓度越高;

(2)井下空气中的氡主要来源于矿石和围岩,它的产生是连续的,因而不可能从岩矿体中把它抽放出去,如果停止通风或在没有通风的独头区域,氡会积累起来,达到相当高的浓度;

(3)矿井里氡及其子体的产生量不仅与矿井生产有关,而且与气象条件和通风系统的管理更有密切的关系;

(4)因为几乎所有的岩石中都含铀,所以各种岩石表面都会析出氡。说氡源遍布井下,也许并不夸张。

根据有害物的特点,我们可以总结出铀矿通风的特点:

(1)按氡的析出量和入风中氡的浓度分配风量和设计风量;

(2)合理调配通风压力,利用风压减少通风空间的氡析出量;

(3)尽量缩小通风空间的体积,防止氡在井下停留时间过长;

(4)提高通风网路的稳定性,努力消除通风死角;

(5)按氡及其子体浓度的分布评价防护水平。

由于铀矿通风发展得比较晚,对铀矿通风特点的认识还不十分明确,这里提出它的重要性,目的是希望在实践中不断总结,以期认识进一步深化。

从上述特点我们可以看出,铀矿通风使矿井通风从单纯排除已经产生的有害物,上升到同时能够控制和减少有害物的产生量,铀矿通风的特殊要求使矿井通风增加了更深刻的含义。

第1章 矿内空气

矿井通风是保证矿井安全生产的最主要技术手段之一。在矿井生产过程中,必须源源不断地将地面空气输送到井下各个作业地点,以供给工作人员呼吸,并稀释和排除井下各种有毒、有害气体和矿尘,创造良好的井下工作环境,保证井下作业人员的身体健康和劳动安全,以及机械设备的正常运转。这种利用机械或自然通风为动力,使地面空气进入井下,并在井巷中作定向和定量地流动,最后将污浊空气排出矿井的全过程称作矿井通风。因此,矿井通风的首要任务就是要保证矿井空气的质量符合要求。

研究矿井内空气成分,各种气体对人体健康的影响,保证矿井内空气的清洁程度,防止污染,以及矿内气候条件等有关内容,对搞好铀矿井通风,保证矿工身体健康和安全生产有重要意义。

1.1 矿井空气的主要成分

地面空气是由于空气和水蒸气组成的混合气体,通常称为湿空气。

干空气是指完全不含有水蒸气的空气,它是由氧、氮、二氧化碳、氩、氖和其他一些微量气体所组成的混合气体。在大气压力为 101 325 Pa、气温为 0℃ 时,干空气的密度为 1.293 kg/m³。

干空气的组成成分比较稳定,其主要成分如表 1.1 所示。

表 1.1 地表大气组成成分

气体成分	按体积计/%	按质量计/%	备 注
氧气(O ₂)	20.96	23.23	惰性稀有气体氦、氖、氩、 氪、氙等计入氮气中
氮气(N ₂)	79.00	76.71	
二氧化碳(CO ₂)	0.04	0.06	

湿空气中仅含有少量的水蒸气,但其含量的变化会引起湿空气的物理性质和状态发生变化。

地面空气进入铀矿井后,在成分和性质上将发生下列变化:

- (1) 氧气含量减少;
- (2) 混入各种有害气体或易爆炸性气体;
- (3) 混入铀尘及岩尘;
- (4) 空气的温度、湿度和压力也有变化。

一般来说,将井巷中经过用风地点以前,受污染程度较轻的进风巷道内的空气,称为新鲜空气;经过用风地点以后,受污染程度较重的回风巷道内的空气,称为污浊空气。

尽管矿井空气与地面空气相比,在性质上存在许多差异,但在新鲜空气中其主要成分仍然是氧、氮和二氧化碳。

1.1.1 氧(O_2)

1.性质

氧是一种无色、无味、无臭、化学性质很活泼的气体,易使其他物质氧化,纯氧比空气重 1.1 倍,是人与动物呼吸和物质燃烧不可缺少的气体。

2.对人体的影响

人的生命主要是靠食入食物及吸入空气中的氧,在体内进行新陈代谢作用来维持的,因此,人们离开新鲜空气就好比鱼儿离开水一样是无法生存的。人对氧的需要量是随人的体质强弱及劳动强度大小而定的。休息时,平均每分钟所需要的氧量不少于 0.25 L;在行走和劳动时,平均需氧量为 1~3 L/min。

空气中氧含量减少对人体的影响如表 1.2 所示。

表 1.2 空气中氧含量减少对人体的影响

空气中氧的含量/%	人体的反应
17	静止时无影响,但工作时能引起喘息,呼吸困难
15	呼吸及脉搏跳动急促,感觉及判断能力减弱
10~12	失去劳动力、失去理智,时间稍长即有生命危险

因此,井下工作地区必须供给含有足够氧气的新鲜空气。《铀矿冶安全规程》和《铀矿井排氧及通风技术规范》规定:在总进风和采掘工作面进风中,按体积计算,氧气不得低于 20%。

3.矿内空气中,氧含量减少的主要原因

- (1)坑木、煤、硫化物矿物等的氧化;
- (2)井下火灾,含煤铀矿瓦斯或煤尘的爆炸;
- (3)矿井中因各种气体的放出而相对地降低了氧含量;
- (4)人的呼吸。

由于上述原因,在通风不良的井巷中,或发生火灾的地区,氧的含量可能降低,在进入之前,一定要对这些地区进行氧含量的检查。

1.1.2 氮(N_2)

氮是一种无色、无味、无臭的气体,纯氮气比空气略轻,为空气质量的 0.97 倍,不助燃,也

不能供人呼吸。在正常情况下,氮对人体无害,但当空气中氮含量过多时,能相对地减少氧含量,而使人窒息。在通风正常的巷道中氮含量一般变化不大。

1.1.3 二氧化碳(CO₂)

二氧化碳在大气中含量极少,所以对人体无害。但是在井下由于坑木的氧化、爆破工作、人员的呼吸以及从煤层和岩层中的放出,都会产生大量的二氧化碳。尤其是当矿井发生火灾或含煤铀矿瓦斯、煤尘爆炸时,生成的二氧化碳量更多,掺入风流中便可能达到有害的浓度。

1. 对人体的危害

表 1.3 空气中二氧化碳含量对人体的影响

空气中二氧化碳含量/%	人体的反应
1	呼吸感到急促
3	呼吸量增加两倍,易发生疲劳现象
5	呼吸感到困难,耳鸣,感到血液流动很快
10	头昏,发生昏迷状态
10~20	呼吸处于停顿状态,失去知觉
20~25	中毒死亡

二氧化碳对人的呼吸有刺激作用,当人体内二氧化碳增多时,能刺激人的呼吸神经中枢,而引起频繁的呼吸,使人的需氧量增多。另外,井下空气中二氧化碳浓度过大时,又会相对地使氧含量降低形成缺氧,使人中毒或窒息。空气中二氧化碳含量对人体的影响如表 1.3 所示。

2. 性质

纯二氧化碳比空气重 1.52 倍,因此常积存于巷道的底部或下山盲巷没有风流的地方。所以在掘进巷道接近老空区的下部边缘时,要十分注意加强检查,以防二氧化碳透过裂隙大量涌入工作地点。在恢复旧井巷,打开密闭区时更要提高警惕。已经停止通风的旧巷绝不允许随便进入,以免发生二氧化碳中毒窒息事故。为防止二氧化碳的危害,《铀矿冶安全规程》中明确地提出:在总进风和采掘工作面进风中,按体积计算,二氧化碳不得超过 0.5%;在总回风中不得超过 0.75%;在个别掘进工作面和恢复旧井巷时,风流中的二氧化碳允许达到 1%。

1.2 矿井空气中有害气体

矿井中常见的有害气体主要有一氧化碳(CO)、硫化氢(H₂S)、二氧化氮(NO₂)、二氧化硫(SO₂)、氨气(NH₃)、氢气(H₂)等。这些有害气体对井下作业人员的生命安全和身体健康危害极大,必须引起高度的重视。本节将重点介绍矿井空气中常见有害气体的基本性质及安全标准。

1.2.1 一氧化碳(CO)

一氧化碳是一种无色、无味、无臭的气体,相对密度为 0.97,微溶于水,能与空气均匀地混合。一氧化碳能燃烧,当空气中一氧化碳浓度在 13% ~ 75% 时有爆炸的危险。

矿井在正常情况下,除爆破过程中可能产生少量一氧化碳外,一般很少出现。不过一旦发生瓦斯、煤尘爆炸、火灾,甚至是初起的自燃热源,都会生成大量的一氧化碳。因此,在有自然发火的矿井、存在火区的矿井,必须十分注意一氧化碳的出没情况,以便与之进行有效地斗争。

1. 对人体的危害

一氧化碳是毒性很大的气体,日常生活中的煤气中毒,就是一氧化碳中毒;一氧化碳在空气中的含量达到 0.4% 时,在很短时间内,就会使人丧失知觉或死亡。它为什么有这么大的毒性呢? 这是因为人体血液中的血色素与一氧化碳的结合能力要大于它与氧气结合能力的 250 ~ 300 倍。当人们吸入含有一氧化碳的空气后,一氧化碳与血色素很快地结合,从而大大地降低了血色素的吸氧能力,造成缺氧现象,严重时就会死亡。

一氧化碳中毒的特征:轻微中毒时,头发沉,额部发紧,头晕,耳鸣,两眼冒金花、发黑,流泪;严重中毒时,除有轻微中毒的各种症状外,并有恶心,呕吐,脉搏加快等症状;致命中毒时,先是出现痉挛,相继而来的便是丧失知觉和呼吸停顿。

2. 影响中毒程度的因素

一氧化碳的中毒程度和快慢与下列因素有关:

(1) 空气中的一氧化碳浓度愈大则中毒程度愈深,中毒的速度也愈快。当人处于静止状态时,一氧化碳浓度与中毒程度、中毒时间的关系如表 1.4 所示。

表 1.4 一氧化碳浓度、中毒时间与中毒程度表

中毒程度	中毒时间	一氧化碳浓度	
		mg/L	%(按体积计)
无症状或有轻微症状	数小时	0.2	0.016
轻微中毒	1 小时以内	0.6	0.048
严重中毒	0.5 ~ 1 小时	1.6	0.128
致命中毒	短时间内	5.0	0.4

(2) 与含有一氧化碳的空气接触时间愈长则中毒愈严重。如果长期在含有 0.1% 的一氧化碳空气中工作,因为人体内长期缺氧,使中枢神经系统长期受到损害,就会引起头痛、眩晕、

记忆力减退、全身无力、失眠等慢性中毒症状。

(3)呼吸频率与呼吸深度愈大则愈易中毒。如工人处在繁重劳动或紧张工作时,则呼吸急促,呼吸量也大,往往中毒也较快。在井下处理事故时,有的救护队员不慎失落鼻夹,几步之内便造成严重中毒事故是屡见不鲜的。

(4)和人的体质也有一定的关系。身体健壮的人抵抗中毒的能力自然是比较强的。

1.2.2 硫化氢(H_2S)

硫化氢无色、微甜、有浓烈的臭鸡蛋味,当空气中浓度达到0.000 1%即可嗅到,但当浓度较高时,因嗅觉神经中毒麻痹反而嗅不到。硫化氢相对密度为1.19,易溶于水,在常温、常压下一个体积的水可溶解2.5个体积的硫化氢,所以它可能积存于旧巷的积水中。硫化氢能燃烧,空气中硫化氢浓度为4.3%~45.5%时有爆炸危险。

矿井中的硫化氢,一般是由于坑木腐烂、含硫矿物遇水分解而生成的。因为它有易溶于水的特性,所以常积存于老采空区积水中。矿井一旦发生涌水事故,常常会放出多量的硫化氢,毒化矿井空气,威胁工作人员安全。

1. 对人体的危害

硫化氢的毒害作用在于能使人的中枢神经中毒,引起延髓中枢麻痹,而损伤神经系统。另外对黏膜有强烈刺激作用,能伤害眼睛和呼吸器官。由于毒性剧烈,所以轻度中毒即可引起眼结膜炎、头晕、恶心、呕吐、全身虚弱以至反应迟钝,甚至会发生肺水肿和肺炎。严重中毒可引起眼底网膜充血,突然昏迷以致死亡。实际经验证明,硫化氢浓度在0.002%以下对人体没有危害;浓度在0.08%以上短时间内即有致命危险。

2. 消除其危害的措施

在我国西北、西南和中南地区的少数矿井中都有硫化氢的危害问题。河南鹤壁矿务局的工人和技术人员在抚顺煤炭科学研究所科研人员的配合下,对于防治硫化氢的危害曾经做了大量的工作,并已取得一定的效果。他们首先摸清该矿硫化氢的赋存状态和涌出规律,试验了多种消除硫化氢的方法,并且制定了一整套的安全措施,基本上战胜了硫化氢自然灾害,实现了安全生产。他们采取的是向煤体注碱液和向采掘高压水中(该矿系水采矿井)加石灰水的方法。实践证明后一种方法效果良好,已定为该矿处理硫化氢的主要方法。另外,由于硫化氢的相对密度为1.19,能溶于水,一般积存于巷道下部,所以他们提出要使用长把工具,工人在工作时不用低弯腰,以防中毒。为了做好个体防护工作,抚顺煤矿安全仪器厂试制成功了半面罩过滤式硫化氢自救器。滤毒药剂为氢氧化钙($Ca(OH)_2$),在硫化氢浓度不超过0.04%,二氧化碳浓度为0.5%左右的条件下,重体力劳动可使用2小时以上,中等体力劳动可用3小时。在

硫化氢浓度为 0.07% ~ 0.1%, 二氧化碳为 0.5% ~ 1% 时, 可使用 1 小时以上。

1.2.3 氧化氮(NO , NO_2)

一氧化氮(NO)和二氧化氮(NO_2)都是放炮时火药爆炸的产物。而一氧化氮极不稳定, 遇空气中的氧即转化为二氧化氮。在井下所谓炮烟中毒实际就是二氧化氮中毒。

二氧化氮是一种褐红色的气体, 有强烈的刺激气味, 相对密度为 1.59, 易溶于水。

二氧化氮遇水后生成硝酸, 所以对人的眼、鼻、呼吸器官、肺部组织具有强烈的腐蚀作用, 特别是破坏肺组织很易引起肺部浮肿。当空气中二氧化氮浓度为 0.006% 时, 短时间内即对呼吸器官有刺激作用, 咳嗽, 胸部发痛; 浓度为 0.025% 时, 可以很快使人死亡。二氧化氮中毒的特点是起初无感觉, 但经过 6 ~ 24 小时后才出现中毒征兆。即使在危险浓度下, 起初也只是感觉呼吸道受刺激, 咳嗽, 吐黄痰, 但经 6 ~ 24 小时后肺部浮肿, 呕吐, 呼吸困难, 以致很快死亡。二氧化氮中毒患者的特点是手指尖及头发变黄。

1.2.4 二氧化硫(SO_2)

1. 性质

二氧化硫是一种无色, 但有强烈硫磺味及酸味的气体, 易溶于水, 其相对密度为 2.22, 相对密度大, 所以经常积聚在巷道底部。因为它的化学性质不稳定, 很容易被氧化而生成硫酸酐(SO_3), 硫酸酐与水化合而生成硫酸, 所以它存在于井下是不长久的。二氧化硫的其他来源: 含硫矿物的缓慢氧化及自燃; 在含硫的岩层中进行爆破工作; 井下电缆及胶皮类物品燃烧等。

2. 对人体的危害

二氧化硫对眼睛有强烈的刺激作用, 矿工称它为“瞎眼气体”。它对人的呼吸器官也有强烈的腐蚀作用。当空气中含二氧化硫为 0.000 5% 时, 嗅觉器官能闻到刺激味; 浓度为 0.002% 时, 就能引起眼睛红肿、流泪、咳嗽、头痛、喉头发痒等症状; 到达 0.05% 时, 将可能引起急性支气管炎、肺水肿, 短时间内中毒死亡。

1.2.5 氨气(NH_3)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体, 相对密度为 0.596, 易溶于水, 空气浓度中达 30% 时有爆炸危险。

氨气对皮肤和呼吸道黏膜有刺激作用, 可引起喉头水肿。

空气中氨气的主要来源:爆破工作,用水灭火等,部分岩层中也有氨气涌出。

1.2.6 氢气(H_2)

氢气无色、无味、无毒,相对密度为 0.07。氢气能自燃,其点燃温度比甲烷低 100~200℃,当空气中氢气浓度为 4%~74% 时有爆炸危险。

空气中氢气的主要来源:井下蓄电池充电时可放出氢气,有些中等变质的煤层中也有氢气涌出。

1.2.7 矿井含铀粉尘

在生产过程中产生和形成的、能较长时间在空气中悬浮的固体微粒被称为生产性粉尘。悬浮于矿井空气中的称为浮尘,已沉落的粉尘称为积尘。检测和防治的重点是浮尘。从胶体化学的观点看,含有粉尘的空气是一种气溶胶。

矿井粉尘对人体的健康影响取决于粉尘的性质,粒径及浓度。对人体的危害如下所述。

1. 引起尘肺病

一般粉尘进入人体后,可引起各种尘肺病,如含有二氧化硅成分的粉尘,在肺泡内沉积会引起纤维性病变,使肺组织硬化而失去呼吸功能,发生矽(硅)肺病。含铀粉尘可加速矽肺病的发展。

2. 引起中毒甚至死亡

有些毒性强的金属粉尘(如铬、锰、镉、铅、铁、铀等)进入人体后会引起中毒,严重可导致死亡。

1.2.8 放射性气体

开采铀矿后,矿井空气中含有放射性气体氡和氡子体,可导致矿工得肺癌。

1.2.9 矿井空气中有害物的允许浓度标准

矿井空气中有有害气体对井下作业人员的生命安全危害极大,因此《铀矿冶安全规程》13.1.2 条对常见有害气体的允许标准都作了明确的规定,其值如表 1.5,表 1.6 所示。