

全国煤炭高职高专（成人）“十一五”规划教材

矿井通风

马宏福 郑小欢 主编



Kuangjing Tongfeng

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

矿井通风

马宏福 郑小欢 主编

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书是煤炭成人高校“十一五”规划教材之一,为通风安全专业的专业课教材。内容包括矿井空气、矿井通风压力,矿井通风阻力,通风动力,矿井通风系统和采区通风系统,矿井通风网络,掘井通风,矿井风量调节,矿井通风设计等。

本教材主要面向煤炭成人专科学历教育,包括普通专科和高等职业教育,也可作为职工短期培训和技师学校的教学参考书使用。

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风/马宏福,郑小欢主编.——徐州:中国矿业大学出版社,2008.1

ISBN 978-7-81107-842-8

I. 矿… II. ①马…②郑… III. 矿山通风 IV. TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 016186 号

书 名 矿井通风

主 编 马宏福 郑小欢

责任编辑 耿东锋 孙建波

责任校对 张海平

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 25.75 字数 639 千字

版次印次 2008 年 1 月第 1 版 2008 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)

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 矿井通风与安全专业编审委员会成员名单

主 任: 仵自连

副主任: 景国勋 王国际 张天驹

委 员: (按姓氏笔画为序)

王永才 王永祥 刘玉洲

余明高 郑小欢 袁东升

前 言

本书系煤炭成人高校“十一五”规划教材之一,是为通风安全专业编写的专业课教材。本教材主要面向煤炭成人专科学历教育,包括普通专科和高等职业教育,也可作为职工短期培训和技师学校的教学参考书使用。

本书编写的指导思想是:教材内容面向 21 世纪,力求反映近几年国内外矿井通风的最新技术发展和较为成熟的科研成果,以实用、够用为原则,突出成人教育的特点,特别注重理论联系实际,注重对学员实际动手能力的培养,力争为煤炭企业培养出既有一定的矿井通风理论知识,又具有实际动手能力,并具有解决现场实际问题能力的应用型技术管理人才。

本教材由郅兵印(绪论)、马宏福(第一章 矿井空气)、张世登(第二章 矿井通风压力;矿井通风课程设计示例及指导)、荆志勇(第三章 矿井通风阻力;矿井通风实习大纲;阳煤集团四矿 33 采区矿井通风阻力实测)、谢富强(第四章 通风动力;矿井通风专业实训指导)、郑卯成(第五章 矿井通风系统和采区通风系统)、尚梦强(第六章 矿井通风网络)、张爱华(第七章 掘进通风)、郑小欢(第八章 矿井风量调节;矿井通风实验指导书)、苏建荣(第九章 矿井通风设计)合编。矿井通风质量标准及检查评定办法、矿用通风机性能参数表、通风机性能实验记录表和计算表,由苏建荣、郑小欢编辑整理。本教材由马宏福、郑小欢任主编,郅兵印、苏建荣任副主编。全书由苏建荣、郑小欢修改审定。在编写过程中,得到了一些院校和厂矿的大力支持,在此表示衷心的感谢!

由于编写人员水平所限和经验不足,难免出现偏差和错误之处,敬请批评指正。

编 者

2007 年 6 月 22 日

目 录	
前言	1
绪论	1
第一章 矿井空气	4
第一节 矿井空气的主要成分	4
第二节 矿井空气中的主要有害气体和粉尘	8
第三节 矿井气候条件	19
第四节 井巷中风速与风量的测量方法	34
第二章 矿井通风压力	46
第一节 矿井空气的常用物理参量	46
第二节 风流的能量与压力	48
第三节 风流点压力的测量及其相互关系	50
第四节 矿井通风中的能量方程及其应用	53
第三章 矿井通风阻力	59
第一节 风流的流动状态	59
第二节 摩擦阻力	60
第三节 局部阻力	70
第四节 矿井总风阻与矿井等积孔	74
第五节 矿井通风阻力测量	77
第四章 通风动力	91
第一节 自然风压	91
第二节 通风机的类型、构造及附属装置	97
第三节 通风机的特性	104
第四节 通风机的特性试验	117
第五节 通风机的联合工作	125
第五章 矿井通风系统和采区通风系统	132
第一节 矿井通风系统	132
第二节 采区通风系统	140

第三节	矿井通风设施·····	154
第四节	矿井漏风·····	163
第六章	矿井通风网络·····	168
第一节	风流流动的普遍规律·····	168
第二节	串联网路与并联网路中风流流动的特殊规律·····	170
第三节	角联通风网络中风流方向的变化规律·····	178
第四节	矿井通风网络的解算方法·····	188
第七章	掘进通风·····	203
第一节	掘进通风方法·····	203
第二节	掘进通风设备·····	208
第三节	掘进工作面通风参数测算·····	223
第四节	局部通风机通风的安全技术管理·····	231
第五节	掘进通风系统设计·····	239
第八章	矿井风量调节·····	243
第一节	局部风量调节·····	243
第二节	矿井总风量调节·····	254
第九章	矿井通风设计·····	259
第一节	矿井通风设计内容和方法·····	259
第二节	矿井配风和总风量计算·····	261
第三节	矿井通风阻力计算·····	267
第四节	矿井通风设备的选择·····	269
第五节	概算矿井通风费用·····	271
附录	·····	275
附录一	“矿井通风”课程设计示例及指导·····	275
附录二	“矿井通风”实习大纲·····	285
附录三	“矿井通风”专业实训指导·····	288
附录四	阳煤集团四矿 33 采区矿井通风阻力实测 ·····	298
附录五	“矿井通风”实验指导书·····	305
附录六	矿井通风质量标准及检查评定办法·····	319
附录七	矿用通风机性能参数表·····	335
附录八	通风机性能实验记录表和计算表·····	398
参考文献	·····	402

绪 论

矿井通风是指连续不断地向井下供给足够的新鲜风量,供人员呼吸,冲淡井工生产活动中排出的有毒、有害气体和浮尘,改善气候环境的作业过程。矿井通风量是各生产环节中最重要的一个环节,是实现矿井安全生产的基础保证的重中之重,直接关系到井下工人的生命和健康,以及矿井生产效率和经济效益的提高。

矿井通风的基本任务是:① 供给井下工作人员以足够的新鲜空气;② 把有毒、有害气体和浮尘稀释到安全浓度以下,并排至矿井以外;③ 保证井下适宜的气候条件,以利于工人劳动和机电设备运转。

矿井通风由井工采煤开始,经历了由自然通风向机械通风发展的漫长历史过程。我国明代自然科学家宋应星的《天工开物》(1637 年刊行)对矿井通风排气有着详细记载,即用通心竹筒插入井底采落的煤炭中,利用竹筒内外的温度和压力差,使“毒气”自然排出。约在 1640 年,人们开始把进风路线和回风路线分开,以利用自然通风压力进行矿井通风。为了加大通风压力,1650 年开始在回风路线上设置火筐,1789 年又开始在回风路线上设置火炉,加热回风风流。1807 年风量约 $200 \text{ m}^3/\text{min}$ 的兽力活塞式空气泵,1849 年转速约 95 r/min 风量约 $500 \text{ m}^3/\text{min}$ 的蒸汽铁质离心式扇风机,1898 年电力初型轴流式扇风机相继投入使用,但其压力仅为 $100 \sim 300 \text{ Pa}$,效率仅为 $15\% \sim 25\%$,直到 20 世纪 40 年代以后,通风机才得到较快发展。到 20 世纪末期,高效低耗对旋轴流式通风机出现,并在中小型煤矿得到迅速应用。

1745 年,俄国科学家 M. B. 罗蒙诺索夫发表了空气在矿井中流动的论文;1764 年,法国采矿工程师 JARS 发表了关于矿井自然通风的论文,它们成为矿井通风学科史上奠基的两篇论文。20 世纪发表和出版了许多关于矿井通风的论文和专著,现在矿井通风已成为一门内容丰富的学科。

通风仪器、仪表随着空气动力学的发展得到逐步的改进和完善,到 20 世纪 80 年代,开始利用矿井安全监控系统在巷道设置风速传感器监测矿井风量变化。

我国党和政府对煤矿工人十分关心,确定了“安全第一,预防为主,综合治理”的安全生产方针。这一方针的提出是由我们国家的性质和制度决定的。我国是社会主义国家,生产的目的是为了满足人民日益增长的物质、文化生活的需要。劳动者是国家的主人,既是物质财富的创造者,又是生产建设事业的组织和管理者,国家利益和劳动人民的根本利益是完全一致的。因此,保障煤矿工人的生命安全和身体健康是组织煤矿生产的首要任务。

安全第一的方针是我国煤矿在生产实践中经历了多次惨痛教训,付出了血的代价才总结出来的。其含义主要有三点:在煤矿生产建设整个过程中,一是要树立起人是最宝贵的思想,以人为本,把职工的生命放在第一位;二是必须把保护煤矿职工的生命安全和健康作为第一位工作来抓;三是把安全第一作为煤矿生产建设的指导思想和行动准则,当生产建设与

安全发生矛盾时,生产必须服从安全,切实做到不安全不生产,隐患不排除不生产,措施不落实不生产。

《煤矿安全规程》作为煤炭行业的一部技术规章,其颁布实施是党和国家“安全第一,预防为主,综合治理”的安全生产方针在煤炭行业中的具体体现。长期实践证明,《煤矿安全规程》对确保我国煤矿的安全生产有着举足轻重的作用。历史正、反两方面的事实告诉人们,哪个时期认真制定和贯彻了《煤矿安全规程》,哪个时期煤矿安全生产就有保障,煤矿生产就会得到长足的发展;如果抛弃了《煤矿安全规程》,不按《煤矿安全规程》的规定办事就会带来安全生产的混乱,造成安全生产局面的被动。所以,在当前煤炭行业安全生产局面仍十分严峻,重、特重大事故屡屡发生的形势下,认真贯彻安全第一方针,一丝不苟执行《煤矿安全规程》尤为重要。

经过长期的实践,我们在安全生产方面积累了很多经验,这些经验归纳起来就是“管理、装备、培训”并举:一是坚持安全第一的方针,实行科学管理和监督监察;二是完善矿井安全设施,采用先进的安全技术和装备,增强矿井的抗灾能力;三是进行安全教育培训,提高工人的技术和思想素质。

采用先进的安全技术和装备,是我国安全生产的技术政策和发展方向。目前国有煤矿均实现了机械通风,地方乡镇煤矿在整顿过程中逐渐实现机械通风,这些均使矿井抗灾能力大大提高。

矿井通风系统是矿井生产系统的重要组成部分,矿井通风系统的好坏关系到矿井能否安全生产。每个矿井的通风系统都必须符合系统简单、安全可靠和经济合理的总原则,其中安全可靠是最为重要的。为了达到安全可靠的要求,矿井首先要有一个完整的独立通风系统,所谓“完整的独立通风系统”即矿井有自己独立的进风井筒和回风井筒以及主要的通风机装置。

通风系统的状态,决定着整个矿井的安全程度。满足通风系统的稳定可靠就要求通风设施构筑位置要合理,质量要达到标准化要求;矿井总进风量所决定的通风能力要大于矿井的生产能力,能充分稀释生产过程中所产生的有毒、有害气体,使有毒有害气体浓度在安全限度以下。我国煤矿发生的重大瓦斯爆炸事故中,有相当一部分与通风能力不足造成瓦斯超限、积聚有着直接关系。根据 1990~1999 年的统计,全国重大瓦斯爆炸事故中,由于风量不足导致瓦斯积聚,从而发生爆炸的事故次数占总数的 41.67%,死亡人数占总数的 43.52%。面对严峻的形势,在 21 世纪初国家煤矿安全监察局和中国煤炭工业协会提出了“以风定产、先抽后采、监测监控”12 字方针,这是“安全第一”指导思想在“一通三防”工作上的细化,必将对控制重大瓦斯事故发生起到重要的作用。为此,《煤矿安全规程》规定,矿井每年必须核定生产能力和通风能力,按实际供风量核定矿井产量,即“以风定产”,严禁超能力生产。国家安全生产监督管理总局、国家煤矿安全监察局,及国家发展和改革委员会共同制定了《煤矿通风能力核定办法(试行)》,2006 年下半年全面开展煤矿通风能力核定工作,建立适应社会主义市场经济的煤矿生产能力管理的新体系和新机制。

目前,我国煤矿在矿井通风系统布置上大多实现了分区通风,采掘工作面实现了独立通风;在安全检测和质量管理方面采用了矿井通风质量标准化。20 世纪 70 年代,电子技术和计算机技术推动了矿井通风设计、通风系统优化和安全监测监控工作,新型的智能化通风仪表应用于日常通风检测工作,环境监测系统在煤矿推广应用,新型、高效、大功率的通风

机亦在逐渐代替陈旧产品。

在矿井合理的通风管理体系建设中,需要配备数量足、素质高的管理和专业技术人员,负责矿井通风安全管理工作,这是矿井通风科学管理和安全生产的组织保证。因此,本教材在介绍矿井通风的基础理论和基本知识的前提下,着重加强理论与实践相结合的教学内容,以典型实例从正、反两方面的经验教训来提高通风专业技术人员和管理人员的专业知识和应用技术水平。

第一章 矿井空气

何谓矿井空气？进入井下的地面空气称为矿井空气，或为矿井井巷内气体的总称。矿井空气又分为新鲜风流和污浊风流。凡冲洗了井下采、掘工作面及其他用风地点后的矿井空气称之为污浊风流或乏风，没有冲洗过井下采掘工作面及其他用风地点的矿井空气称之为新鲜风流或新风。矿井空气虽来源于地面空气，但地面空气进入井下以后，会发生物理和化学两种变化，因而，井下空气的质量和数量都和地面空气有较大的区别。

第一节 矿井空气的主要成分

一、概述

(一) 地面空气的主要成分

一般来说，地面空气的成分种类是基本固定的，有粉尘、有害气体和高温气体污染的地区属于局部地区。因此，《煤矿安全规程》第一百一十一条规定：进风井口必须布置在粉尘、有害和高温气体不能侵入的地方。已布置在粉尘、有害和高温气体能侵入的地点的，应制定安全措施。

通常，地面空气是干空气和水蒸气组成的混合气体。在正常情况下，干空气主要由氧气、氮气和二氧化碳等气体组成，另外还有氦、氖、氩、氪、氙等少量的惰性稀有气体。按体积和质量计算，它们在空气中所占的比值见表 1-1。

表 1-1 地面空气的主要成分

气体名称	在空气中所占的比值	
	按体积计算/%	按质量计算/%
氧气	20.90	23.14
氮气	78.13	75.53
二氧化碳	0.03	0.05
氦、氖、氩、氪、氙等惰性稀有气体	0.94	1.28
合 计	100	100

地面空气每时每刻都在不停地进行着某种气体的减少、消失或物理、化学变化。由于地球表面被很厚的大气层包围，储存有大量的空气，同时，本身又具有很大的流动性和扩散性，所以在地面一些地区，空气受到了污染后，如果污染不是固定排放，则经过一段时间，空气的主要成分仍能够保持原有的自然比例，而且这些成分的数量基本不变。干空气成分的数量用体积浓度或质量浓度来表示，前者是某种气体的体积在干空气总体积中所占的百分比数，

后者为某种气体的质量在干空气总质量中所占的百分比数。在混合气体中,水蒸气的浓度随地区的不同和季节的变化而变化,其平均的体积浓度约为1%。新鲜空气无色、无味、无臭,是维持生命所必需的,并能助燃。

(二) 地面空气进入矿井后成分和性质的变化

地面空气进入矿井后,因发生物理和化学两种变化,其成分和性质均发生变化,表现为成分种类增多,各种成分的浓度也发生改变。

1. 物理变化

地面空气进入矿井后,发生的物理变化有:

气体混入——甲烷(CH_4)^①、二氧化碳(CO_2)和硫化氢(H_2S)等气体从地层中涌出到矿井空气中,且多数矿井有甲烷涌出。各矿井甲烷涌出量的大小有所不同,有些矿井的甲烷涌出量高达 $40\sim 50\text{ m}^3/\text{min}$,甚至更高;有些矿井甲烷涌出的同时,还有氮气(N_2)、二氧化硫(SO_2)和氢气(H_2)等气体涌出。

固体混入——井下各作业场所产生的微小的岩尘、煤尘和其他杂尘浮游在井下空气之中。

气象变化——主要是由于井下空气的温度、湿度和气压的变化,引起井下空气的体积和浓度变化。

以上物理变化的结果,不仅使矿井空气的成分种类增多,而且各种成分的浓度也发生了变化。

2. 化学变化

地面空气进入矿井后,所发生的化学变化有:井下一切物质(煤、岩石、坑木等)的缓慢氧化、爆破工作、火区氧化(指采空区的煤炭被空气氧化而逐渐起火的自燃现象)和人员呼吸等都会产生二氧化碳(CO_2);井下的爆破工作,火区氧化,机械润滑油高温分解,井下火灾和瓦斯、煤尘爆炸等都会产生一氧化碳(CO);井下火区氧化和含硫煤的水解都会产生硫化氢(H_2S);井下火区氧化和含硫煤的缓慢氧化都会产生二氧化硫(SO_2);井下爆破工作会产生氧化氮(NCO_2 或 N_2O_5);井下充电硐室的电解会产生氢气(H_2);井下火区氧化会产生氨气(NH_3)。

以上化学变化的结果,不仅使井下空气的成分种类和浓度发生变化,而且各种化学变化都要消耗空气中的氧气并产生二氧化碳,使井下空气中的氧气量减少,二氧化碳量增加。

就煤矿而言,矿井空气中的成分种类共有氧气(O_2)、瓦斯(CH_4)、二氧化碳(CO_2)、一氧化碳(CO)、硫化氢(H_2S)、二氧化硫(SO_2)、氮气(N_2)、二氧化氮或五氧化二氮(NO_2 或 N_2O_5)、氢气(H_2)、氨气(NH_3)、水蒸气和粉尘十二种。井下空气是湿空气,由于各矿井的具体条件不同,各矿井井下空气中的成分种类和浓度也有所不同。

在上述成分中,氧气是井下工作人员呼吸所必需的,必须保持足够的浓度;其余九种气体(水蒸气除外)和粉尘,超过一定浓度时,对人体都是有害的,必须把它们的浓度降低到没有危害的程度。在这九种气体中,一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO_2)和二氧化氮或五氧化二氮(NO_2 或 N_2O_5)、氨气(NH_3)、硫化氢(H_2S)超过一定浓度时,还会使人中毒;氮气(N_2)、

^① 甲烷 CH_4 , 亦称沼气。在煤矿习惯上把甲烷称为瓦斯。瓦斯是矿井中主要由煤层气构成的以甲烷为主的有害气体。有时单独指甲烷。

氢气(H_2)、二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)超过一定浓度时,会使氧浓度降低,使人窒息,故称这九种气体为有毒有害气体,又称之为广义的矿井瓦斯。瓦斯是煤矿中普遍存在的气体,在一定浓度范围内具有爆炸性,所以是煤矿井下最危险和最易导致矿井灾害事故的气体。另外,煤矿井下经常出现数量较多的气体是瓦斯和二氧化碳,它们也是计算矿井所需风量的主要依据。

二、矿井空气中的主要成分

虽然地面空气进入矿井后将发生一系列变化,但组成矿井空气的主要成分仍然是氧气、氮气和二氧化碳,下面分别介绍矿井空气的主要组成成分。

(一) 氧气

1. 性质

氧气的化学分子式为 O_2 , 相对分子质量为 32。空气中的氧气是一种无色、无味、无臭、无毒、无害气体, 是人体呼吸所必需的物质, 故须供给井下足够的风量, 以保证井下有足够的氧气量。因其化学性质很活泼, 易使其他物质氧化, 并能助燃, 产生一氧化碳和二氧化碳。氧气几乎可以与所有的气体结合, 故应阻止矿井空气进入采空区和火区, 以防止氧气对煤层氧化而引起煤层自燃。在标准状况下, 氧气的密度为 1.429 kg/m^3 , 与空气的相对密度为 1.11。

2. 对人体的影响

氧气与人的生命有着十分密切的关系。若空气中氧气的体积浓度降低到 15%, 会使人呼吸急促、脉搏加快, 降到 10%, 会使人失去理智, 时间稍长即有生命危险。人体维持正常生命过程所需的氧气量, 取决于人的体质、精神状态和劳动强度等。一般情况下, 人体需氧量与劳动强度的关系如表 1-2 所列。

表 1-2 人体需氧量与劳动强度的关系

劳动强度	呼吸空气量/ $L \cdot \min^{-1}$	氧气消耗量/ $L \cdot \min^{-1}$
休息	6~15	0.2~0.4
轻劳动	20~25	0.6~1.0
中度劳动	30~40	1.2~1.6
重劳动	40~60	1.8~2.4
极重劳动	60~80	2.5~3.0

当空气中的氧浓度降低时, 人体可能产生不良的生理反应, 出现种种不舒适的症状, 严重时可能导致人缺氧死亡。人体缺氧症状及空气中氧气浓度的关系如表 1-3 所示。

表 1-3 人体缺氧症状与空气中氧浓度的关系

氧浓度(体积)/%	主要症状
17	静止时无影响, 工作时能引起喘息和呼吸困难
15	呼吸及心跳急促, 耳鸣目眩, 感觉和判断力降低, 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

因此,氧气是矿井工作人员呼吸所必需的,必须保持一定的浓度,才能维持人的正常呼吸,并有良好的感觉和正常的工作能力。《煤矿安全规程》第一百条规定:采掘工作面的进风流中,氧气浓度不低于 20%。

3. 矿井空气中氧气浓度降低的原因

① 坑木、煤、岩石等的氧化;② 爆破工作;③ 井下火灾及瓦斯、煤尘爆炸;④ 矿井中各种气体(CH_4 、 CO_2 及其他气体)的混入,使氧气浓度相对降低;⑤ 井下工作人员的呼吸。

(二) 氮气

1. 性质

氮气的化学分子式为 N_2 , 相对分子质量为 28, 它是一种无色、无味、无臭的惰性气体;标准状况下的密度为 1.25 kg/m^3 , 相对空气的密度为 0.967;不助燃,也不能维持呼吸。在正常情况下,氮气对人无害;但在井下有限空间里,当空气中氮气浓度过高时,将相对地降低氧气浓度而使人缺氧窒息。氮气微溶于水,在高温下能与氧化合成有毒的 NO_2 或与氢化合成 NH_3 。

2. 矿井空气中氮气浓度增大的原因

包括① 有机物质的腐烂;② 爆破工作(1 kg 硝化甘油炸药爆炸时能产生 135 L 的氮气);③ 天然的氮气从煤岩层裂隙中涌出。

在通风正常的井巷中,氮气浓度一般变化不大。

(三) 二氧化碳

1. 性质

二氧化碳的化学分子式为 CO_2 , 相对分子质量为 44, 它是无色、略带酸臭味、较易溶于水、不助燃,也不能维持人的呼吸,略有毒性的气体,在标准状况下的密度为 1.976 kg/m^3 , 约为空气密度的 1.5 倍,所以二氧化碳也有“重气”之称。二氧化碳常积存在下山盲巷、暗井、采空区和通风不良的巷道底部,因此,测定二氧化碳浓度时,应在巷道底部抽出气样。

2. 对人体的危害

二氧化碳对人体的呼吸有刺激作用。当肺泡中二氧化碳增加时,能刺激呼吸神经中枢,引起频繁呼吸(所以在急救受有害气体伤害的患者时,常常首先让患者吸入混有 5% 二氧化碳的氧气,以帮助患者加强呼吸)。二氧化碳在大气中含量极少,对人体无害,但井下空气中二氧化碳浓度过大时,会使氧气浓度相对降低,形成缺氧,使人中毒或窒息。空气中二氧化碳浓度变化对人体的影响见表 1-4。

表 1-4 空气中二氧化碳浓度变化对人体的影响

空气中二氧化碳的浓度/%	人体的反应
1	感到呼吸急促
3	呼吸增大 2 倍,易发生疲劳现象
4~5	呼吸增大 3 倍,呼吸感到困难,且有较重的耳鸣,太阳穴血管出现剧烈跳动现象
6	出现强烈喘息和虚弱现象
10~20	发生昏迷状态,人失去知觉
20~25	立刻中毒(窒息)死亡

3. 二氧化碳的来源

① 人的呼吸(劳动时,每人每小时呼出 45~50 L 二氧化碳);② 经工程爆破(1 kg 硝化甘油炸药爆破时能产生 250 L 二氧化碳);③ 煤及含碳岩层的氧化;④ 有机物的氧化(如坑木腐朽);⑤ 煤、岩层裂隙中自由放出,有的甚至能和煤岩粉一起突然喷出,给矿井带来极大危害,有些矿井二氧化碳气体为该矿井主要涌出的气体,故要以此种气体为依据计算风量,评定二氧化碳矿井等级,如高二氧化碳矿井、低二氧化碳矿井及煤岩与二氧化碳突出矿井三个等级;⑥ 发生瓦斯、煤层爆炸和火灾事故时,将放出大量的二氧化碳。

4. 《煤矿安全规程》规定

采掘工作面的进风流中,二氧化碳浓度不超过 0.5%。

第二节 矿井空气中的主要有害气体和粉尘

一、矿井空气中常见的有害气体及粉尘的基本性质、对人体危害、来源及防治措施

(一) 一氧化碳

1. 基本性质

一氧化碳的化学分子式为 CO,相对分子质量为 28。一氧化碳是一种无色、无味、无臭的气体,相对密度为 0.967,微溶于水,能与空气均匀地混合。在正常温度下,一氧化碳的化学性质不活跃,当空气中一氧化碳浓度在 13%~75%时,遇火能引起燃烧和爆炸,浓度达到 30%时,爆炸最为强烈。

2. 对人的危害

一氧化碳是一种剧毒气体。它的毒性是因为人体血液内红血球所含血色素对它的亲和力比对氧气的亲和力大 250~300 倍(血色素是人体血液中携带氧气和排出二氧化碳的细胞)。一旦一氧化碳进入人体后,首先与血液中的血色素相结合,因而减少了氧气与血色素结合的机会,使血色素失去了输送氧气的功能,从而造成人体血液“窒息”,使人体各组织和细胞缺氧,引起窒息和中毒以致死亡。所以医学上又将一氧化碳称为血液窒息性气体。由于一氧化碳与血色素结合后,产生鲜红色的碳氧血色素,故一氧化碳中毒最显著的特征是中毒者黏膜和皮肤均呈樱桃红色。人体吸入一氧化碳后的中毒程度与空气中一氧化碳浓度和时间的关系如表 1-5 所示。

表 1-5 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
0.02	2~3 h 内可能引起轻微头疼
0.08	40 min 内出现头痛、晕眩和恶心。2 h 内发生体温和血压下降,脉搏微弱,出冷汗,可能出现昏迷
0.32	5~10 min 内出现头痛,晕眩。30 min 时内可能出现昏迷并有死亡危险
1.28	几分钟内出现昏迷、死亡

3. 矿井空气中一氧化碳的来源

① 井下火灾和瓦斯、煤尘爆炸;② 井下爆破工作;③ 煤的缓慢氧化。井下发生煤尘、瓦

斯爆炸是产生大量一氧化碳的最主要原因,同时也是造成人员大量伤亡的最主要原因。因此,在进入有瓦斯爆炸和煤尘、瓦斯爆炸危险的矿井时,所有人员必须佩戴过滤式自救器,以减少人员伤亡。

4. 防治一氧化碳中毒的措施

① 防止煤炭自然发火和瓦斯、煤尘爆炸的发生;② 爆破时喷雾洒水;③ 加强通风。

(二) 硫化氢

1. 基本性质

硫化氢的化学分子式为 H_2S , 相对分子质量为 34.09。硫化氢是无色, 微甜, 有臭鸡蛋味的气体, 与空气的相对密度为 1.19, 易溶于水, 能燃烧和爆炸, 爆炸浓度范围为 4.3%~46%。

2. 对人体的危害

硫化氢有强烈的毒性, 能使人体血液中毒, 对眼睛黏膜及呼吸系统有强烈的刺激作用。空气中硫化氢浓度达到 0.0001% 时, 人就能嗅到它的气味; 达到 0.1% 时, 人在极短时间内立即死亡。

3. 空气中硫化氢的来源

① 坑木的腐烂; ② 含硫矿物(黄铁矿、石膏等)遇水分解; ③ 从废旧巷道的涌水中或从煤层和围岩中放出; ④ 爆破工作。

4. 防治硫化氢中毒的措施

① 向煤层内注入石灰水, 如水力采煤时向水中加石灰; ② 加强通风。

(三) 二氧化硫

1. 基本性质

二氧化硫的化学分子式为 SO_2 , 相对分子质量为 64.07。二氧化硫是一种无色, 并有类似硫磺燃烧时发出的臭味气体, 性质极毒, 与空气的相对密度为 2.264, 极易溶于水, 溶于水的程度相当于氧气的 1400 倍, 相当于二氧化碳的 46 倍, 在常温、常压下 1 个体积的水可溶解 4 个体积的二氧化硫。

2. 对人体的危害

二氧化硫遇水后生成硫酸, 对眼睛及呼吸系统黏膜有强烈的刺激作用, 可引起喉炎和肺气肿。

当空气中二氧化硫的浓度达到 0.005% 时, 人就可以嗅到它的臭味, 并能感觉到它的刺激作用; 当达到 0.02% 时, 会出现眼睛红肿、流泪、灼热、头痛、咳嗽等现象; 当达到 0.05% 时, 会引起急性支气管炎和肺气肿, 并在短时间内中毒死亡。

3. 空气中二氧化硫的来源

① 含硫矿物的缓慢氧化或自燃; ② 从煤层或岩层中放出; ③ 在含硫矿物中进行爆破工作。

4. 预防二氧化硫危害的措施

① 预防矿内各种火灾的发生; ② 加强通风。

(四) 二氧化氮

1. 基本性质

二氧化氮的分子式是 NO_2 , 相对分子质量为 46。二氧化氮为红褐色的气体, 与空气的