



晋城煤业集团一体化教材

矿井通风

国安民 主编

姜铁明 冯志强 主审

Kuangjing

Tongfeng

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press



体化教材

矿井通风

主 编 国安民
参 编 刘发义 李 根
陈利军 张芬平
主 审 姜铁明 冯志强

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风 / 国安民主编. — 徐州 : 中国矿业大学
出版社, 2011. 1

晋城煤业集团一体化教材

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0946 - 7

I. ①矿… II. ①国… III. ①煤矿—矿山通风—教材
IV. ①TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 005529 号

书 名 矿井通风
主 编 国安民
责任编辑 杨 廷
责任校对 孙 景
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 15.25 字数 376 千字
版次印次 2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷
定 价 30.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

《晋城煤业集团一体化教材》编审委员会

编审委员会领导组

主任 苏清政
副主任 白正午 王仁庭 马香河
委员 (按姓氏笔画排名)
马 涛 马洪礼 马跃龙 王 成
王明学 王建武 王俊杰 牛海金
田根旺 冯志强 任贵文 刘红岗
刘海晨 闫小屯 孙贺军 李建国
李承红 李爱民 李海贵 李碰林
杨 廷 杨 建 杨太平 杨国立
杨荣贵 杨健康 时旺节 宋晨光
张志刚 张岩松 张建国 张钢同
张晋国 张海军 张银忠 苏泽明
国安民 赵贵福 姜志方 姜铁明
姚克勤 徐太山 郭庆亮 郭宏兵
彭红卫 董文敏 鲁风光 薛 懿
魏国升

《矿井通风》编审组

主 编 国安民
参 编 刘发义 李 根 陈利军 张芬平
主 审 姜铁明 冯志强

序

实践是认识的来源,是认识发展的动力,是检验理论的唯一标准,正确的认识和科学的理论对实践又有指导作用,这是马克思主义认识论的基本观点。只有认识与实践相结合才能更好地认识世界改造世界,在教育中,只有理论与实践相结合才能更好地促进学生的发展。然而,目前我国中职教育的培养模式,人为割裂了理论和实践,不利于学生综合职业能力的提高和全面素质的发展;加之教材内容与企业发展和生产实际相脱离,与学生学员自身发展相脱离,严重制约了技工教育教学质量的提高。

2009年7月13日,人力资源和社会保障部办公厅下发了《技工院校一体化课程教学改革试点工作方案》。该方案中明确指出:“一体化课程是以国家职业标准为依据,以综合职业能力培养为目标,以典型工作任务为载体,以学生为中心,根据典型工作任务和工作过程设计课程体系和内容,按照工作过程的顺序和学生自主学习的要求进行教学设计并安排教学活动,实现理论教学与实践教学融通合一、能力培养与工作岗位对接合一、实习实训与顶岗工作学做合一。”

课程是职业学校的产品,教材是课程的重要资源。《晋城煤业集团一体化教材》在编写中贯穿了“任务引领、行为引导”的先进教学理念;注重知识、技能、情感态度这三维目标的整合,使理论与实践在课程目标上融为一体。一体化教材的内容以模块课题形式呈现,模块课题通过精心设计,与学生的生活背景、学习经历和职业要求密切联系,使课程内容回归生活、回归职业。一个模块课题又分为几个具体的任务,通过任务的完成使学生获取知识、习得技能、养成健康的情感态度和价值观。

《晋城煤业集团一体化教材》共九本,分别是晋煤集团《采煤方法》、《掘进工艺》、《采掘机械》、《采区电气设备》、《运输与提升》、《矿井通风》、《煤矿地质与矿图》、《尿素工艺》、《选煤工艺——重选》,是一套突出技工学校煤炭主体专业教学特色的补充教材。为了兼顾煤矿职工培训和相关工种技能鉴定的需要,教材在编写中力求做到:理论够用,概括准确;操作规范,易懂易练;设备维护、检修工艺流程简单,具体易学;故障处理案例选取典型、具有普适性;内容贴近企业实际、贴近生产现场、贴近学生学员。

我们坚信,《晋城煤业集团一体化教材》的出版发行,必将改变煤炭企业一体化教材相对短缺的现状,为技工学校教学改革,为企业培养好未来人才,培训好现有人才作出应有的贡献。最后,向为一体化教材的编制、出版、发行过程中付出辛勤劳动的编审人员和各生产单位的专业技术人员表示衷心的感谢。



2010年6月30日

前 言

为不断深化一体化教学改革,加快技术技能型、知识技能型、复合技能型高技能人才的培养步伐,进一步满足企业生产现场需要,晋城煤业集团职教中心技工学校组织相关专业技术课教师,根据一体化教学要求,编写了《晋城煤业集团一体化教材》。这套教材具有以下特点:

第一,突出生产技能,贴近企业实际。教材编写人员深入到晋城煤业集团主要生产矿井和煤化工企业进行现场调研和实习,选用生产现场具有典型性、普适性和先进性的生产装备、技术、方法和工艺,贴近现场的实际操作需求,具有很强的针对性。

第二,体现国家标准,保证教学质量。教材编委会认真钻研国家人力资源和社会保障部制定的教学计划,教材编写大纲经过了专家的审核,涵盖相关工种国家职业标准,保证了教材的通用性。

第三,学习任务明确,实施过程合理。教材采用任务驱动的思路,分模块编写,以完成任务为导向、技能训练为主线、相关知识为支撑,达到理论教学与技能训练有机结合。聘请了技术专家和工程技术人员,对具体的任务选择进行把关,对任务描述和任务实施进行审核,教材实用性强。

这套教材主要用于技工教育教学,同时兼顾职工安全技术培训和职业技能鉴定培训。每本教材作为本专业的专业课补充教材,其他专业的专业基础课教材。我们有理由相信,这套教材的出版和使用必将有效提高集团公司技工教育和职工培训的质量,为集团公司实施“亿吨基地、千亿规模、百年企业、能源旗舰”宏伟战略愿景作出应有的贡献。教材在编写过程中,得到了晋城煤业集团相关生产处室和主力矿井的大力支持,得到了现场专家和工程技术人员悉心指导,在此表示衷心感谢。

由于时间仓促,书中难免有不当之处,恳请广大读者批评指正。

《晋城煤业集团一体化教材》编委会

2010年6月30日

绪 论	1
模块一 矿井空气	3
课题一 矿井空气的主要成分	3
课题二 矿井空气中有害气体及其检测	6
课题三 矿井气候调节	14
课题四 井下巷道中风速控制及测定	21
复习题	26
模块二 矿井瓦斯	30
课题一 矿井瓦斯的基本知识	30
课题二 矿井瓦斯涌出	33
课题三 矿井瓦斯检查	39
课题四 矿井瓦斯等级鉴定	48
课题五 瓦斯喷出和煤与瓦斯突出及其防治	50
课题六 瓦斯爆炸及预防	60
课题七 矿井瓦斯抽采	75
复习题	79
模块三 矿井通风压力与通风阻力	84
课题一 风流能量与压力	84
课题二 矿井通风阻力	97
课题三 矿井总风阻与矿井等积孔	107
课题四 降低通风阻力的措施	109
复习题	111
模块四 矿井通风动力	115
课题一 自然通风	115

课题二	矿井主要通风机及其附属装置·····	119
课题三	通风机风压及实际特性·····	127
课题四	矿井反风·····	130
课题五	通风机联合运转分析·····	136
复习题	·····	139
模块五	矿井通风系统 ·····	141
课题一	矿井通风设施·····	141
课题二	矿井通风系统·····	156
课题三	采区通风系统·····	164
课题四	通风系统漏风管理·····	173
课题五	通风网络及其特性·····	175
课题六	矿井总风量调节·····	187
课题七	矿井风量计算与分配·····	189
课题八	矿井通风系统图·····	197
复习题	·····	200
模块六	局部通风 ·····	206
课题一	局部通风方式、方法及适用条件·····	206
课题二	局部通风设备·····	212
课题三	循环风、串联通风·····	223
课题四	局部风量调节·····	225
课题五	巷道贯通通风管理·····	227
复习题	·····	230
参考文献	·····	234

绪 论

一、我国矿井通风的现状与发展

我国是以煤炭为主要能源的发展中大国,目前煤炭在一次能源生产和消费构成中所占的比例为 68%,预计到 2050 年仍将保持在 50% 以上。2009 年我国煤炭产量达 29.5 亿 t,居世界第一。随着国民经济的快速发展和对能源需求的增加,煤炭产量还有不断增加的趋势。我国煤矿 90% 以上是井工开采,与地面作业相比,有许多不安全的自然因素。井下空间狭小,光线不足,工作地点经常处于变动之中,存在着许多特殊的自然灾害和对人体不利的气候条件。特别是瓦斯、炮烟和粉尘等有毒有害物质严重影响着矿工的身体健康和生命安全,威胁着煤矿企业的正常生产和安全运行。有的矿井还伴随着高温、高湿等危害,恶化了工作环境。如何创造良好的井下工作环境,防止通风灾害事故的发生,保障井下人员的身体健康和生命安全,保护国家财产和资源,确保矿井正常安全生产,是《矿井通风》课程研究与探讨的主题。

新中国成立以来,党和政府十分重视煤矿通风安全工作,颁布了一系列安全法规和劳动保护法规,为了适应煤炭行业发展和体制改革的新要求,成立了国家煤矿安全监察局,颁布了《煤矿安全监察条例》,实行煤矿安全监察制度。近年来,我国矿井通风工作取得了长足发展。煤矿全部实行了机械式通风,形成了完整的独立通风系统,井下生产水平与采区实现了分区通风,采掘工作面达到了独立通风标准,在通风安全检测和现场管理方面实现了质量标准化。20 世纪 70 年代以来,随着电子技术和计算机技术的发展和运用,再次推动矿井通风设计、通风系统优化和通风安全监测工作跨上新水平。通风网络解算、主要通风机选型及系统优化等应用软件应运而生;功能更齐全、性能更稳定的智能化通风仪器仪表及监测系统已得到广泛应用;研发的新型、高效、大功率通风机正在替代传统产品,矿井通风设备和设施的安全性、可靠性整体得到明显改善。与此同时,我们也应看到,由于各种原因,我国煤矿在通风系统管理中仍然存在着主要通风机的运行效率低、主要通风机与井下风网匹配性差、通风系统阻力大、阻力分布不合理、风量调控不可靠、矿井漏风多等诸多问题。这些问题如果不能得到有效解决,势必会影响煤矿企业安全发展、和谐发展与高效发展。

今后一段时间,矿井通风的发展趋势主要表现在以下几个方面:一是注重非稳定流动理论及采空区渗流理论等方面的研究,为矿井防灭火、防瓦斯和控制灾变时期的风流提供理论依据;二是进一步推动新型自动化通风参数测试仪表的研制和计算机管理技术在现场的普及应用;三是推动通风装备向大型化、高效化和自动化方向发展;四是探讨适应大(井型大)、深(埋藏深)、热(地温)等现代矿井地质条件特点的通风理论技术。这些通风理论的突破及新技术、新工艺、新设备的应用,必将进一步改善煤矿井下工作环境,使矿井通风更加安全可靠,更有效地保证矿井安全生产。

二、矿井通风的主要任务和内容

矿井通风就是指对矿井不断输入新鲜空气和排出污浊空气的作业过程,是研究矿井(井巷)空气流动规律及矿井通风方式、方法的一门学科,是矿山安全工程学科中的一个基本分支。它的主要目的和任务是:向井下各工作场所连续不断地输送适宜的新鲜空气,保证井下人员呼吸;冲淡并排除从井下煤(岩)层中涌出的或在煤炭生产过程中产生的有毒有害气体、粉尘和水蒸气;调节煤矿井下的气候条件,给井下作业人员创造良好的生产工作环境;保障井下作业人员的身体健康和生命安全,并使生产作业人员能够充分发挥劳动效能和提高劳动生产率,从而达到高效、安全、健康的目的。

《矿井通风》课程是煤矿采掘类专业和矿井通风与瓦斯检查专业的主要专业课程之一,根据专业要求和高技能人才培养目标,本课程研究的基本内容是:矿井空气成分、性质、检测方法;矿井气候条件的影响因素、变化规律;矿井通风压力与通风阻力的概念、类型、测算方法;矿井风流的能量变化及矿井空气流动规律;矿井通风方法、方式,矿井通风网络的基本连接形式及特点;矿井风量自然分配规律、控制风流设施的类型及质量要求;采区通风系统;掘进通风方式、设备设施及技术管理;矿井配风原则、风量计算方法;矿井瓦斯的性质、存在状态、涌出形式,矿井瓦斯等级鉴定、瓦斯爆炸以及煤与瓦斯突出的规律及预防。

三、学习矿井通风的方法

根据本课程的性质和内容,与《矿井通风》密切相关的课程是《煤矿安全》,它们是相辅相成、有机相联的。此外,必须重视和学好《流体力学》、《矿山流体机械》、《巷道掘进》、《煤矿开采方法》等相关课程,它们是学好本课程的基础。更重要的是,本教材不仅编入了通风理论知识,而且编入了大量矿井通风现场实例、操作训练等内容,作为煤矿企业未来的建设者,我们必须牢固树立“安全第一”的思想意识,把学习热情与严肃的科学态度结合起来,认真对待每一个学习环节。在学习过程中,坚持手脑并用,勤于思考,勇于探索,强调把理论知识和实践技能有机结合,积极参与,实施“做中学、做中教”,进行专业知识、专业技能和职业素养三位一体的学习与训练,努力培养自己分析问题、处理问题的实际能力,为煤炭事业的发展和祖国的繁荣昌盛作出自己应有的贡献。

模块一 矿井空气

矿井通风的主要任务就是把地面的新鲜空气源源不断地送入井下,供给人员呼吸;同时稀释并排除井下各种有害气体和矿尘;创造一个良好的气候条件,以保障井下人员的身体健康和设备的安全运转。因此,矿井空气的质量和数量是反映矿井通风效果的主要指标。地面空气进入矿井以后即成为矿井空气。但地面空气进入井下后,会受到井下各种自然因素和生产过程的影响,使其在成分和性质上发生很大的变化,一旦有毒有害气体超标,或者矿井气候条件恶化,将直接影响井下工作人员的身体健康和生命安全。因此在矿井生产中,必须使矿井空气的质量符合《煤矿安全规程》(以下简称《规程》)的要求,同时也要创造良好的矿井气候条件。

本模块主要学习矿井空气的主要成分、矿井空气中的有毒有害气体、矿井气候调节及井下风速测定等内容。

课题一 矿井空气的主要成分

知识点

1. 矿井空气的主要成分。
2. 新鲜风流和污浊风流的概念。
3. 地面空气进入井下后其成分和性质发生的变化。

【任务描述】

矿井空气是井下工作人员获取氧气的主要来源,矿井空气的主要成分直接影响矿井空气的质量。因此,必须了解矿井空气的主要成分及《规程》规定的浓度标准,同时了解井下自然因素和生产过程对矿井空气的影响规律。

【任务实施】

一、地面空气组成

地面空气又称为地表大气,是由干空气和水蒸气组成的混合气体,通常称为湿空气。一般将不含水蒸气的空气称为干空气。地面空气中水蒸气所占比例随地区和季节变化较大,但干空气组分相对稳定,其主要组分如表 1-1 所列。

表 1-1 干空气的组成成分

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、氙等计在氮气中
氮气(N ₂)	79.00	76.71	
二氧化碳(CO ₂)	0.04	0.06	

二、矿井空气主要成分及其基本性质

进入井下后的地面空气即称为矿井空气。由于受井下各种自然因素和人为因素的影响,与地面空气相比,其成分和状态将发生一系列变化。如氧气含量减少,二氧化碳含量增加,混入了各种有毒有害气体和矿尘。空气的温度、湿度、压力等物理参数发生变化等。

在矿井通风中,一般把进入采掘工作面、硐室等用风地点之前,受污染程度较轻、空气成分或性质变化较小的风流称为新鲜风流,简称新风,如进风井筒、水平进风大巷、采区进风上(下)山等处的风流;将经过用风地点后,受污染程度较重、空气成分或性质变化较大的风流称为污浊风流,简称污风或乏风,如采掘工作面回风巷、采区回风上(下)山、矿井回风大巷、回风井筒等处的风流。

尽管矿井中的空气成分有了一定的变化,但主要成分仍同地面一样,即由氧气、氮气和二氧化碳等组成。

(一) 氧气(O₂)

氧气是一种无色、无味、无臭的气体,略重于空气(与空气的相对密度为 1.105)。氧是很活跃的化学元素,易使多种元素氧化,能助燃。更重要的是,人类要在地球上生存,就要不断地吸入氧气,呼出二氧化碳,以维持体内的新陈代谢。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有关,具体如表 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·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	1.2~1.6
重劳动	40~60	1.8~2.4
极重劳动	40~80	2.5~3.0

空气中的氧浓度直接影响着人体健康和生命安全。当氧浓度降低时,人体就会产生不良的生理反应,出现种种不舒服的症状,严重时可能会因缺氧而死亡。人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系如表 1-3 所列。

表 1-3 人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系

氧浓度(体积)/%	主要症状
17	静止状态无影响,工作时会感到喘息,呼吸困难
15	呼吸心跳急促,耳鸣目眩,感觉和判断能力降低,失去劳动能力
10~12	失去知觉,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

地面空气进入井下后,氧气浓度降低的主要原因有人员呼吸,煤岩、坑木和其他有机物的缓慢氧化,爆破工作,煤炭自燃、井下火灾,瓦斯、煤尘爆炸。此外,煤岩和生产过程中所产生的有毒有害气体,也会相对降低氧气浓度。

在井下通风不良的巷道中,应特别注意对氧气浓度的检查,严禁贸然进入,以防发生缺氧窒息事故。例如,2010年1月2日,晋城煤业集团救护消防中心赵庄中队,在对启用密闭巷道排放瓦斯的过程中,因巷内瓦斯浓度大,氧气浓度极低,导致4名工作人员因缺氧晕倒在工作地点,其中1人抢救无效死亡。

(二) 二氧化碳(CO₂)

二氧化碳无色(略带酸臭味),不助燃也不能供人呼吸,微溶于水。二氧化碳比空气重(与空气的相对密度为1.52),常积聚在风速较小的巷道底部、水仓、溜煤眼、盲巷、采空区等通风不良处;在风速较大的巷道内,一般能与空气均匀混合。

新鲜空气中微量二氧化碳对人体是无害的。二氧化碳对呼吸中枢神经有刺激作用,若空气中完全不含二氧化碳,则正常的呼吸功能就不能维持。所以为中毒或窒息人员输氧时,要在氧气中加入5%的二氧化碳,以刺激遇难者的呼吸机能。但是,当空气中的二氧化碳浓度过高时,将使空气中的氧气含量相对降低,轻则使人呼吸加快,呼吸量增加,严重时也能造成人员中毒或窒息。空气中二氧化碳对人体的危害程度与浓度的关系如表1-4所列。

表 1-4 二氧化碳中毒症状与浓度关系

二氧化碳浓度(体积)/%	主要症状
1	呼吸加深,急促,但对工作效率无明显影响
3	呼吸急促,心跳加快,头痛,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发生昏迷
9~11	几分钟内死亡

矿井中二氧化碳的主要来源有:煤和有机物的氧化;人员呼吸;碳酸性岩石分解;井下爆破;井下火灾;瓦斯、煤尘爆炸等。此外,在个别煤层和岩层中也能长期连续涌出,甚至与煤或岩石一起突然喷出,给安全生产造成重大影响。

甘肃窑街三矿1650北大巷掘进过程中,曾发生两次岩石与二氧化碳突出事故。在1977年2月3日,突出的二氧化碳从工作面向外蔓延1200 m,其中逆风流300 m,共波及四条巷道,总长度达1900 m,突出岩石540车,在20 min内二氧化碳喷出量约为4900 m³,从

2月3日至5月25日累计排放二氧化碳12.8万 m^3 。该巷道在1978年5月24日又发生了岩石与二氧化碳突出事故,突出二氧化碳24万 m^3 ,岩石1050 m^3 ,逆风流1700m。窑街煤电公司金河煤业公司在2007年4月6日发生了一起煤与二氧化碳突出事故,死亡9人。

吉林省营城煤矿九井曾在1985年11月发生过一起二氧化碳和岩石突出的事故,突出岩石75t,二氧化碳39630 m^3 。

(三) 氮气(N_2)

氮气是新鲜空气的主要成分,本身无色、无味、无臭,略轻于空气(与空气的相对密度为0.97),难溶于水,不助燃,无毒,不能供人呼吸。当空气中的氮气浓度增加时,会相应降低氧气浓度,人会因缺氧而窒息。在井下废弃旧巷或封闭的采空区中,有可能积存氮气。如1982年9月7日,我国某矿因矿井主要通风机停风,井下采空区的氮气大量涌出,致使采煤工作面支架安装人员缺氧窒息,造成多人伤亡事故。但利用氮气的惰性,可将其用于井下防灭火。实践证明,氮气防灭火是防治煤炭自燃的一项十分有效的技术,并得到广泛应用。

矿井中的氮气主要来源有:井下爆破和有机物的腐烂;个别煤岩层中也会有氮气涌出。

【知识链接】

《规程》规定:井下空气成分必须符合下列要求:采掘工作面的进风流中,氧气浓度不低于20%,二氧化碳浓度不超过0.5%(以上气体浓度按体积百分比计算)。

【思考与练习】

1. 地面空气进入井下后其成分和性质会发生哪些变化?
2. 什么是新鲜风流和污浊风流?
3. 造成矿井空气中氧气浓度降低的主要原因有哪些?

课题二 矿井空气中有毒有害气体及其检测

知识点

1. 矿井空气中有毒有害气体及其基本性质。
2. 矿井空气中有毒有害气体的主要来源。
3. 《规程》对矿井空气中有毒有害气体浓度标准的规定。
4. 防止有害气体危害的措施。

技能点

用气体检定器检测矿井空气中有毒有害气体的浓度,并判断其是否符合《规程》规定。

【任务描述】

矿井空气中有毒有害气体对井下安全生产和工作人员的健康危害极大,因此必须经常对其进行检测,以便及时发现问题,进行处理。要完成该任务,必须知道矿井空气中有毒有害气体的性质、来源及浓度标准,掌握井下常用气体检定器的操作使用方法,熟悉其检

测原理及操作步骤。

【任务实施】

矿井空气中常见的有害气体主要有：甲烷(CH₄)、一氧化碳(CO)、硫化氢(H₂S)、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、氨气(NH₃)、氢气(H₂)等。

一、矿井空气中有毒有害气体及其基本性质

(一) 甲烷(CH₄)

甲烷又称瓦斯，是一种无色、无味、无臭但有时会发出一种类似苹果香的特殊气味的气体，比空气轻(对空气的相对密度为 0.554)，微溶于水，逸散性强(比空气强 1.6 倍)。当巷道上部有瓦斯源，风速较低时，易积聚于巷道的上部。

甲烷是煤矿普遍存在的一种有害气体，它不助燃，本身无毒，但当空气中其浓度较高时会相对降低空气中的氧含量，使人窒息。当其浓度达到 5%~16% 时，遇到高温火源能发生爆炸；当其浓度达到 43% 时，人员便感到呼吸困难，气喘；当其浓度达到 57% 时，空气中的氧浓度就会降低至 10% 以下，人员若误入其中，几分钟内就会死亡。

在煤矿的采掘生产过程中，有些煤层还能在短时间内大量地喷出瓦斯或发生煤与瓦斯突出现象，产生严重的破坏作用。我国就是煤与瓦斯突出较为严重的国家之一。

甲烷主要来源于井下的煤层或岩层中。

(二) 一氧化碳(CO)

一氧化碳气体无色、无味、无臭，略轻于空气(对空气的相对密度为 0.97)，难溶于水，能与空气均匀地混合。一氧化碳能燃烧，在空气中体积分数达 13%~75% 时有爆炸性。

一氧化碳有剧毒。人体血液中的血红蛋白与一氧化碳的亲合力比氧大 250~300 倍，当人体吸入含有一氧化碳的空气时，一氧化碳首先与血红蛋白相结合，因而减少了血红蛋白与氧结合的机会，使血红蛋白失去输氧功能，造成人体血液缺氧“窒息”，这就是一氧化碳中毒机理。一氧化碳与血红蛋白结合后，生成鲜红色的碳氧血红蛋白，因此，一氧化碳中毒最显著的特征是中毒者黏膜和皮肤呈现樱桃红色。一氧化碳的中毒程度与一氧化碳浓度、时间及人的体质有关，如表 1-5 所列。

表 1-5 一氧化碳中毒症状与浓度的关系

CO 浓度(体积)/%	主要症状
0.02	2~3 h 内能引起轻微头痛
0.08	40 min 内出现头痛、眩晕和恶心；2 h 发生体温下降，脉搏微弱，出冷汗，可能出现昏迷
0.32	5~10 min 内出现头痛，眩晕；半小时内可能出现昏迷并有死亡危险
1.28	几分钟内出现昏迷和死亡

矿井中一氧化碳的主要来源有：爆破工作；矿井火灾；瓦斯及煤尘爆炸等。据统计，在煤矿发生的瓦斯、煤尘爆炸及火灾事故中，约 70%~75% 的死亡人员是一氧化碳中毒所致。

1992年1月2日,晋城煤业集团(原晋城矿务局)古书院矿东大巷因受到王谷坨小窑越界开采巷着火影响,造成该矿81名工人不同程度地中毒,不少人当时出现头晕、头痛、恶心、呕吐甚至晕倒等症状,2日晚上局救护队与通风区人员一起下井检测有害气体,当时测定东翼大巷1150m处(5102巷口)CO含量高达1.3%,CH₄含量高达2.0%,CO₂含量高达2.7%,5102巷口至10101车场口,CO含量高达0.05%,东翼其他头面和巷道风流中的CO含量均严重超限。

(三) 硫化氢(H₂S)

硫化氢气体无色、微甜、有浓烈的臭鸡蛋气味,比空气重(与空气的相对密度为1.19),易溶于水,能燃烧,当浓度达4.3%~45.5%时具有爆炸性。

硫化氢有剧毒。它不仅能使人体血液缺氧中毒,同时对眼睛及呼吸道的黏膜具有强烈的刺激作用,能引起鼻炎、气管炎和肺水肿。当空气中浓度达到0.0001%时可嗅到臭味,但当浓度较高时(0.005%~0.01%),因嗅觉神经中毒麻痹,反而嗅不到。硫化氢的中毒程度与浓度的关系如表1-6所列。

表 1-6 硫化氢的中毒程度与浓度的关系

H ₂ S 浓度(体积)/%	主要症状
0.0025~0.003	有强烈臭鸡蛋味
0.005~0.01	1~2h内眼及呼吸道有刺激感,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感
0.035~0.045	0.5~1h内严重中毒,可发生肺炎、支气管炎及肺水肿,有死亡危险
0.06~0.07	很快昏迷,短时间内死亡

矿井中硫化氢的主要来源有:坑木等有机物腐烂;含硫矿物的水解、矿物氧化和燃烧;从老空区和旧巷积水中放出;有些矿区煤层中也有硫化氢涌出。2006年9月1日,新疆阜康市金龙煤矿在建井期间,掘进巷道时突然发生冒顶事故,随之涌出硫化氢气体,当场就熏倒两人,下井救援人员也中毒了,其中包括三位煤矿领导。我国某矿一上山掘进工作面曾发生一起老空区透水事故,人员撤出后,矿调度室主任和一名技术员去现场了解透水情况,被涌出的硫化氢熏倒致死。晋城煤业集团凤凰山矿在2009年刚开始采15#煤时,由于割煤速度过快,在一个班中有7人不同程度出现眼睛肿痛、头晕恶心、流鼻涕等症状,后迅速上井到医院检查,最后证实为硫化氢中毒。

(四) 二氧化硫(SO₂)

二氧化硫气体无色、有强烈硫磺气味及酸味,当空气中二氧化硫浓度达到0.0005%时即可嗅到。它易溶于水,比空气重(与空气的相对密度为2.22),当风速较小时,常常积聚在巷道的底部。

二氧化硫有剧毒。二氧化硫遇水后生成亚硫酸、硫酸,对眼睛和呼吸道黏膜有强烈刺激作用,可引起喉炎和肺水肿,矿工们将其称之为“瞎眼气体”。二氧化硫的中毒程度与浓度的关系如表1-7所列。

表 1-7 二氧化硫的中毒程度与浓度的关系

SO ₂ 浓度(体积)/%	主要症状
0.000 5	嗅到刺激性气味
0.002	头痛、眼睛红肿、流泪、喉痛
0.05	引起急性支气管炎和肺水肿,短时间内有生命危险

矿井中二氧化硫的主要来源有:含硫矿物的氧化与自燃;在含硫矿物中爆破;从含硫煤体中涌出。

(五) 二氧化氮(NO₂)

二氧化氮是一种红褐色气体,有强烈的刺激性气味,比空气重(与空气的相对密度为 1.59),易溶于水。二氧化氮遇水后生成硝酸,对眼睛、呼吸道黏膜和肺部组织有强烈的刺激及腐蚀作用,严重时可引起肺水肿。二氧化氮的中毒有潜伏期,容易被人忽视。中毒初期仅是眼睛和喉咙有轻微的刺激症状,常不被注意,有的在严重中毒时尚无明显感觉,还可坚持工作,但经过 6~24 h 后才出现中毒征兆。主要特征是指头及皮肤出现黄色斑点,吐黄色痰液,甚至死亡。二氧化氮的中毒程度与浓度的关系如表 1-8 所列。

表 1-8 二氧化氮的中毒程度与浓度的关系

NO ₂ 浓度(体积)/%	主要症状
0.004	2~4 h 内无明显症状,6 h 后出现咳嗽症状
0.006	短时间内喉咙感到刺激、咳嗽、胸痛
0.01	短时间内出现严重中毒症状,严重咳嗽、呕吐、腹泻、神经麻木
0.025	短时间即可致死

矿井中二氧化氮的主要来源是爆破工作。炸药爆破时会产生一系列氮氧化物,如一氧化氮(遇空气即转化为二氧化氮)、二氧化氮等。

2007 年 6 月 28 日,云南个旧森源矿业有限责任公司在坑道内进行爆破作业时发生炮烟熏人事故,造成现场作业人员和施救人员 5 人死亡,8 人受伤。因此在爆破工作中,一定要加强通风,待炮烟排出巷道后再进入工作地点,防止炮烟熏人事故的发生。

(六) 氨气(NH₃)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体,比空气轻(与空气的相对密度为 0.59),易溶于水。当空气中的氨气浓度达 30% 时具有爆炸危险。

氨气有剧毒。它对皮肤和呼吸道黏膜有刺激作用,可引起喉头水肿,严重时失去知觉,以致死亡。

氨气的主要来源:爆破工作;用水灭火时产生;部分岩层中也有氨气涌出。

(七) 氢气(H₂)

氢气无色、无味、无毒,比空气轻(与空气的相对密度为 0.07),是井下最轻的有害气体。空气中氢气浓度达到 4%~74% 时具有爆炸危险。

氢气的主要来源:井下蓄电池充电,有些中等变质的煤层中也有氢气涌出。