



高职高专“十一五”规划教材
综合机械化采煤系列

矿井 通风与安全

蔡永乐 胡创义 主编
朱天安 主审



化学工业出版社



国家安全生产监督管理总局
煤矿安全监察局 编 中国矿业大学

矿井

通风与安全

主编 潘爱华 王德



中国矿业大学出版社

高职高专“十一五”规划教材
综合机械化采煤系列

矿井通风与安全

蔡永乐 胡创义 主编
朱天安 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

《矿井通风安全》教材主要内容是介绍煤矿井下空气的质量标准和风流流动规律,并探索控制风流稳定流动技术措施;同时对煤矿井下各种自然灾害的发生、发展、变化规律,控制井下瓦斯、火灾、矿尘、水灾等重大事故的发生进行了系统的讲述。是在煤炭生产中彻底改善煤矿井下环境,保证煤矿生产更加安全可靠,采煤工程技术人员必须掌握的一门课程。

本教材还介绍了通风工程及安全技术的最新研究成果及发展方向,以便为今后从事矿井通风及其他行业通风工程设计、安全生产技术管理及科学研究奠定基础。

本书可作为高职高专综合机械化采煤及相关专业教材,也可作为大型煤矿职工培训和工程技术人员的参考用书。

矿井通风安全

主编 义路路 永永蔡
审主 安天米

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风与安全/蔡永乐,胡创义主编. —北京:化学工业出版社,2007.7
高职高专“十一五”规划教材. 综合机械化采煤系列
ISBN 978-7-122-00649-3

I. 矿… II. ①蔡…②胡… 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(2007)第 091143 号

责任编辑:张双进

责任校对:凌亚男

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张14½ 字数366千字 2007年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书是高职高专综合机械化采煤专业系列教材之一,属综合机械化采煤技术专业的主干教材,与《煤矿开采技术》等教材配合使用。

根据2006年4月在北京召开的煤矿综合机械化专业教材会议精神,我们承担了《矿井通风与安全》教材的编写任务。在编写过程中,我们结合综合机械化专业的特点,收集了大量现代煤矿现场管理技术资料,借鉴以往《矿井通风与安全》教材版本的优点,注重教材的适应性、使用性、先进性和系统性。本书重点阐明了通风基本理论,同时又加强新技术的实际应用,力求做到理论知识够用,重视实践应用,增强了教材的实用性和灵活性。

本教材由蔡永乐、胡创义担任主编。共分十三章,具体分工如下。

山西晋中学院李瑞英编写了第一章、第十一章。

山西大同大学胡创义编写了第二章、第三章、第十章。

山西阳泉学院蔡永乐编写了第四章、第五章、第七章。

山西阳泉学院李秀杰编写了第六章、第八章。

山西大同大学朱润生编写了第九章、第十二章、第十三章。

蔡永乐、胡创义对全书进行了统稿。感谢同煤集团、神华公司等煤矿单位给予大力协作和支持,感谢各参编院校积极参与和通力合作。特别更要感谢的是山西大同大学教授朱天安在百忙中对本教材的认真审阅,并提出了很多宝贵的建议,使本教材更加完善。

物之初出,其形必丑。由于编者水平有限,加上时间紧迫,书中不妥之处在所难免,恳请同仁批评指正。

编者

2007年5月

目 录

第一章 矿井空气	1
第一节 矿井空气成分	1
一、地面空气与矿井空气	1
二、矿井空气主要成分的基本性质及安全标准	1
三、矿井空气主要成分的检测方法	3
第二节 矿井空气中的有害气体及其检测	3
一、矿井空气中有害气体的基本性质及安全标准	4
二、有害气体的检测方法	6
三、防止有害气体危害的措施	7
第三节 矿井气候条件及改善	8
一、矿井气候对人体热平衡的影响	8
二、矿井空气的温度、湿度和风速	8
三、衡量矿井气候条件的指标和安全标准	10
四、矿井空气温度和湿度的测定	12
五、矿井气候条件的改善	12
第四节 井巷中风速与风量的测定	14
一、测风仪表	14
二、测风方法及步骤	16
三、微风测量	18
复习思考题	18
习题	19
第二章 矿井空气流动理论基础	20
第一节 空气的主要物理参数	20
一、空气的压力(压强)	20
二、空气的密度	20
三、空气的比容	21
四、空气的黏性	21
第二节 矿井风流的能量与压力	21
一、静压能-静压	22
二、动压能-动压	22
三、位压能-位压	23
四、全压和势压	24

五、点压力和总压力	24
第三节 空气压力测量及压力关系	24
一、测压仪器	24
二、压力测量及压力之间的关系	28
第四节 矿井通风中的能量方程及其应用	29
一、空气流动连续性方程	29
二、矿井通风中能量方程	30
三、能量方程在矿井通风中的应用	31
复习思考题	35
习题	35
第三章 井巷通风阻力	38
第一节 概 述	38
一、通风阻力定义	38
二、通风阻力分类	38
三、风流的流动状态	38
第二节 摩擦阻力	39
一、摩擦阻力计算公式	39
二、摩擦阻力系数与摩擦风阻	41
第三节 局部阻力	45
一、局部阻力产生的原因及地点	45
二、局部阻力的计算	45
三、局部风阻	46
第四节 矿井总风阻与矿井等积孔	46
一、矿井通风阻力定律	46
二、矿井总风阻	47
三、矿井等积孔	47
第五节 降低矿井通风阻力措施	49
一、降低井巷摩擦阻力措施	49
二、降低局部阻力措施	49
第六节 矿井通风阻力测定	50
一、通风阻力测定的方法及步骤	50
二、矿井通风阻力测定报告的编写	54
复习思考题	55
习题	56
第四章 矿井通风动力	57
第一节 自然风压	57
一、自然风压的形成	57
二、自然风压的影响因素及变化规律	58
三、自然风压的控制和利用	58

四、自然风压的测定	59
第二节 矿井主要通风机	59
一、离心式通风机	59
二、轴流式通风机	60
第三节 通风机附属装置	61
一、风硐	61
二、扩散器	61
三、防爆门	62
四、反风装置和功能	62
第四节 通风机实际参数及实际特性曲线	63
一、通风机的工作参数	63
二、通风机的个体特性曲线	64
三、通风机合理工作范围	64
四、通风机风压与通风阻力关系	65
第五节 通风机联合运转	66
第六节 矿井主要通风机性能测定	68
一、测定前的准备	68
二、测定方法与步骤	68
三、数据的整理与特性曲线的绘制	70
复习思考题	71
习题	71
第五章 矿井通风系统	73
第一节 矿井通风系统	73
一、矿井通风方法	73
二、矿井通风方式	74
三、矿井通风网路	77
四、矿井通风设施	77
第二节 采区通风系统	77
一、采区通风系统的基本要求	77
二、采区进、回风上(下)山的选择	78
三、采、掘工作面的串联通风及要求	79
四、采煤工作面通风系统的类型和特点	79
五、采煤工作面上行通风与下行通风的分析	81
第三节 通风设施	82
一、通风设施的种类和质量要求	82
二、通风设施的管理	84
第四节 矿井漏风及其预防	85
一、漏风的概念及危害	85
二、矿井有效风量率及漏风率的表示法	86
三、防止漏风的措施	86

第五节 矿井通风系统图	87
一、矿井通风系统图	87
二、通风网络图及其绘制	88
复习思考题	89
习题	89
第六章 矿井通风网络中风量分配规律与调节	90
第一节 通风网络中风量分配规律	90
一、风网中风流流动的普遍规律	90
二、简单风网的特殊规律	90
三、角联风网特性	91
第二节 矿井风量按需调节	92
一、局部风量调节	92
二、矿井总风量的调节	96
第三节 通风网的解算	97
一、通风网络解算的目的	97
二、解算通风网络方法	98
复习思考题	99
习题	99
第七章 掘进通风	101
第一节 掘进通风方法	101
一、矿井全风压通风	101
二、引射器通风	102
三、局部通风机通风	102
第二节 局部通风设备	104
一、局部通风机	104
二、风筒	106
第三节 掘进工作面风量计算	109
一、排出炮烟所需风量	109
二、排出瓦斯所需风量	110
三、排出矿尘所需风量	110
四、按风速验算风量	110
第四节 掘进通风系统设计	111
一、局部通风系统的设计原则	111
二、局部通风设计步骤和选型	111
第五节 掘进通风技术管理	112
一、加强风筒管理的措施	113
二、保证局部通风机安全可靠运转	114
三、掘进通风安全技术装备系列化	114
四、局部通风机消声措施	115

复习思考题	115
习题	115
第八章 矿井通风设计	117
第一节 拟定矿井通风系统	117
一、拟定矿井通风系统的基本要求	117
二、确定矿井通风系统的方法	118
第二节 计算和分配矿井总风量	118
一、矿井需风量的计算原则	118
二、矿井需风量的计算方法	118
三、矿井总风量的分配	122
第三节 计算矿井通风总阻力	122
一、矿井通风总阻力的计算原则	122
二、矿井通风总阻力的计算方法	122
第四节 选择矿井通风设备	123
一、选择矿井通风设备的基本要求	123
二、主要通风机的选择	124
第五节 概算矿井通风费用	125
一、吨煤通风电费	125
二、其他吨煤通风费用	125
第六节 生产矿井通风设计	126
一、生产矿井通风设计的特点	126
二、生产矿井通风设计的内容和步骤	126
复习思考题	127
习题	127
第九章 矿井瓦斯	130
第一节 煤层瓦斯赋存与含量	130
一、瓦斯的生成	130
二、瓦气的存在状态	130
三、煤层瓦斯含量及其影响因素	131
第二节 矿井瓦斯涌出	132
一、瓦斯涌出形式	132
二、矿井瓦斯涌出量	133
三、影响瓦斯涌出的因素	133
四、瓦斯涌出不均系数	135
五、矿井瓦斯等级	135
第三节 瓦斯喷出和煤与瓦斯突出及其预防	137
一、瓦斯喷出及其预防	137
二、煤与瓦斯突出及其预防	138
第四节 矿井瓦斯爆炸及其预防	143

881 一、瓦斯爆炸过程及其危害	144
881 二、瓦斯爆炸的条件及影响因素	145
781 三、煤矿井下瓦斯爆炸事故原因分析	147
781 四、预防瓦斯爆炸的措施	147
88 第五节 瓦斯检查	151
881 一、矿井瓦斯检测仪器	152
881 二、瓦斯检查	156
101 三、煤矿安全监测系统简介	158
10 复习思考题	159
881	
第十章 矿井火灾防治	160
80 第一节 概述	160
101 一、矿井火灾的概念	160
二、矿井火灾的分类及其特点	160
801 三、矿井火灾的危害	161
7 第二节 煤炭自燃	162
201 一、煤炭自燃原因	162
201 二、煤炭自燃的发展过程	162
801 三、煤炭自燃条件及影响煤炭自燃的因素	163
100 四、煤炭自燃倾向性的鉴定	164
701 五、煤炭自燃的早期识别	164
81 第三节 矿井防火	167
801 一、矿井防火的一般性措施	167
801 二、外因火灾预防措施	167
003 三、内因火灾预防措施	168
81 第四节 矿井火灾的处理	173
一、发生矿井火灾时应采取的措施	173
005 二、火灾时期的灭火方法	176
005 三、火区管理与启封	179
00 复习思考题	180
015	
第十一章 矿尘防治	181
2 第一节 矿尘性质、危害及测定	181
715 一、矿尘的含义及分类	181
815 二、矿尘含量的表示方法及卫生标准	181
055 三、矿尘的分散度及其表示方法	181
155 四、矿尘的产生、影响因素及危害	182
五、矿尘质量浓度测定	183
55 第二节 矿工职业病	185
一、尘肺病及其发病机理	185
二、尘肺病的发病症状及影响因素	185

第三节 煤尘爆炸及预防	186
一、煤尘爆炸的机理及特征	186
二、煤尘爆炸的条件	187
三、影响煤尘爆炸的因素	187
四、煤尘爆炸事故分析	188
五、煤尘爆炸性鉴定	188
六、预防煤尘爆炸的技术措施	188
第四节 矿山综合防尘	191
一、通风除尘	191
二、湿式作业	192
三、净化风流	193
四、个体防护	193
复习思考题	194
第十二章 矿井防治水	195
第一节 概述	195
一、矿井水灾的概念	195
二、矿井水灾对煤矿安全生产的影响	195
第二节 矿井水灾发生的规律	196
一、矿井水灾的基本条件	196
二、造成水灾的主要原因	197
三、透水的预兆	198
第三节 水灾防治技术	198
一、地面防治水	198
二、井下防治水	200
复习思考题	208
第十三章 矿山救护	209
第一节 矿工自救	209
一、发生事故时在场人员的行动原则	209
二、矿工自救设施与设备	210
三、各类灾害事故时避灾措施	213
第二节 现场急救	215
一、伤员类别及处置原则	215
二、现场急救技术	216
三、急救方法	220
复习思考题	221
参考文献	222

第一章 矿井空气

附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I

附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I

矿井通风是保障矿井安全的最主要技术手段之一，其主要任务就是把地面新鲜空气源源不断地送入井下，供给人员呼吸，排出各种有害气体和矿尘，创造一个良好的矿内气候条件，从而保障井下人员的身体健康和安全生产。所以，矿井空气的质量和数量是反映矿井通风效果的主要指标。本章重点阐述矿井空气的主要成分，井下常见的有害气体，空气成分和有害气体的安全标准及测定方法，矿井的气候条件，风速、风量测定等主要内容，为进一步学习矿井通风理论奠定基础。

附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I

第一节 矿井空气成分

附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I

附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I

附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I

一、地面空气与矿井空气

附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I

地面空气又称为大气，是由干空气和水蒸气组成的混合气体，通常称为湿空气。大气中除了水蒸气的比例随地区和季节变化较大以外，其余化学组成成分相对稳定。干空气是指不含水蒸气的空气，它的组成成分和含量分别为氧气（20.90%）、氮气（78.13%）、二氧化碳（0.03%）、氩气（0.93%）、其他稀有气体（0.01%）。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。

附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I 附录 I

地面空气从井筒进入矿井就成了矿井空气。由于受井下各种因素的影响，与地面空气相比，矿井空气将发生一系列变化。主要有：氧气含量减少；有毒有害气体含量增加；粉尘浓度增大；空气的温度、湿度、压力等物理状态变化等。一般将井巷中没经过用风地点、受污染程度较轻的风流叫新鲜风流，简称新风，如进风井筒、水平进风大巷、采区进风上山等处；经过用风地点后，受污染程度较重的风流叫做污风风流，简称污风或乏风，如采掘工作面回风巷、矿井回风大巷、回风井筒等处。

尽管矿井空气与地面空气不同，但主要成分仍然是由氧气、氮气和二氧化碳等组成。

二、矿井空气主要成分的基本性质及安全标准

1. 氧气（O₂）

氧气是一种无色、无味、无臭、化学性质很活泼的气体，易使多种物质氧化，并能助燃，产生 CO₂、CO，与空气的相对密度为 1.11。

氧气是维持人体正常生理机能所必需的气体。人类之所以能够生存，是因为人体内不断汲取食物和吸入空气中的氧气，经过氧化作用，进行细胞的新陈代谢作用而维持的。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，人在休息时需氧量为 0.2~0.4L/min；在工作时为 1~3L/min。

空气中的氧气含量直接影响着人体健康和生命安全，当氧气含量降低时，人体就会产生不良反应，出现种种不舒适的症状，严重时可能会导致缺氧甚至死亡。人体缺氧症状与空气

中氧气含量的关系如表 1-1 所示。

表 1-1 人体缺氧症状与空气中氧气含量的关系

氧气含量(体积分数)/%	人 体 主 要 症 状
17	静止状态无影响,工作时会感到喘息、呼吸困难和强烈心跳
15	呼吸及心跳急促,无力进行劳动
10~12	失去知觉,昏迷,有生命危险
6~9	短时间内失去知觉,呼吸停止,可能导致死亡

地面空气进入井下后,氧气含量要有所降低,其主要原因有:人员呼吸;煤岩、坑木和其他有机物的缓慢氧化;爆破作业;井下火灾和瓦斯、煤尘爆炸;煤岩和生产过程中产生的各种有害气体等。

在正常通风的井巷和工作面中,氧气含量与地面相比一般变化不大,不会对人体造成太大影响。但在井下盲巷、通风不良的巷道中或发生火灾、爆炸事故后,应特别注意对氧气含量的检查,以防发生窒息事故。

在矿井空气的主要成分中,由于氧气对人员身体健康和安全生产影响很大,所以《煤矿安全规程》^① 对其含量标准做了明确规定:采掘工作面进风流中,氧气含量不低于 20%。

2. 氮气 (N₂)

氮气是无色、无味、无臭的惰性气体,微溶于水,不助燃,无毒,不能供人呼吸,与空气的相对密度为 0.97。

矿井中的氮气主要来源:井下爆破;有机物的腐烂;天然生成的氮气从煤岩中涌出等。在正常情况下氮气对人体无害,但当空气中的氮气含量过多时,会使氧气含量相对减少,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,中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。

3. 二氧化碳 (CO₂)

二氧化碳是无色、略带酸臭味的气体,易溶于水,不助燃也不能供人呼吸,略带毒性,与空气的相对密度为 1.52。

新鲜空气中含有的微量二氧化碳对人是无害的,但二氧化碳对人体的呼吸有刺激作用,所以在抢救中对中毒或窒息者进行输氧时,常常要在氧气中加入 5% 的二氧化碳,以刺激呼吸中枢神经,加强患者呼吸。当空气中的二氧化碳含量过高时,会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;重则能造成人员中毒或窒息。空气中二氧化碳含量对人体的危害程度如表 1-2 所示。

表 1-2 空气中二氧化碳含量对人体的危害程度

二氧化碳含量(体积分数)/%	人 体 主 要 症 状
1	呼吸加深,急促
3	呼吸急促,心跳加快,头痛,很快疲劳
5	呼吸困难,头痛,恶心,耳鸣
10	头痛,头昏,呼吸困难,昏迷
10~20	呼吸停顿,失去知觉,时间稍长会死亡
20~25	短时间中毒死亡

^① 《煤矿安全规程》于 2004 年 11 月 3 日国家安全生产监督管理局、国家煤矿安全监察局令第 16 号公布,自 2005 年 1 月 1 日起施行。

二氧化碳比空气重,所以常常积聚在溜煤眼、下山尽头、煤矿井下的巷道底板、水仓、盲巷、采空区及通风不良处。

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;井下爆破;井下火灾;煤炭自燃;瓦斯、煤尘爆炸等。有时也能从煤岩中大量涌出,甚至与煤或岩石一起突然喷出,给矿井安全生产造成重大影响。如中国某矿曾在1975年6月发生过一起二氧化碳和岩石突出事故,突出二氧化碳 11000m^3 。

二氧化碳窒息同缺氧窒息一样,都是造成矿井人员伤亡的重要原因之一。

二氧化碳是空气的主要成分之一,对人员身体健康和安全生产有着直接的影响,所以《煤矿安全规程》对其含量标准做了明确规定。

采掘工作面进风流中,二氧化碳含量不得超过 0.5% 。

矿井总回风巷或一翼回风巷风流中,二氧化碳含量超过 0.75% 时,必须立即查清原因,进行处理。

采区回风巷、采掘工作面回风巷风流中二氧化碳含量超过 1.5% 时,采掘工作面风流中二氧化碳含量达到 1.5% 时,都必须停止作业,撤出人员,进行处理。

三、矿井空气主要成分的检测方法

矿井空气主要成分的检测方法可分为两大类:一是取样分析法,二是快速测定法。

1. 取样分析法

利用取样瓶或吸气球等容器提取井下空气试样,送往地面化验室进行分析。分析仪器多用气相色谱仪,它是一种通用型气体分析仪器,可完成多种气体的定性和定量分析。其优点是分析精度高,定性准确,分析速度快,一次进样可以同时完成多种气体的分析;缺点是所需时间长,操作复杂,技术要求高。一般用于井下火区成分检测或需精确测定空气成分的场所。

2. 快速测定法

利用便携式仪器在井下就地检测,快速测定出主要气体成分。尽管它的测定精度不如取样分析法高,但基本能满足矿井的一般要求,是目前普遍采用的测定方法。

(1) 氧气含量的快速测定方法

① 利用氧气检测仪检测。检测井下氧气的便携式仪器种类较多,主要有AY-1B型、JJY-1型(可测 O_2 、 CH_4 两种气体)等。其中AY-1B型是普遍使用的氧气检测仪,用来检测采煤工作面、回风巷、采空区、瓦斯抽放管路及瓦斯、煤尘爆炸或火灾等事故灾区中的氧气含量。仪器为本质安全型,具有功率小、结构简单、测量线性好等特点。

② 利用比长式氧气检测管检测。这种方法与矿井中主要有害气体的检测基本相同。

(2) 二氧化碳含量的快速检测方法 矿井空气中二氧化碳的测定主要使用光学瓦斯鉴定器,也可利用比长式检测管法检测。

第二节

矿井空气中的有害气体及其检测

矿井空气中常见的有害气体除了前节提到的二氧化碳和氮气以外,主要还有一氧化碳(CO)、硫化氢(H_2S)、二氧化硫(SO_2)、二氧化氮(NO_2)、氨气(NH_3)、氢气(H_2)、甲烷(CH_4)等。这些有害气体直接影响着井下人员的身体健康和生命安全。本节将重点介绍其中的部分气体性质、危害、含量标准和检测方法。

一、矿井空气中有害气体的基本性质及安全标准

1. 一氧化碳 (CO)

一氧化碳为无色、无味、无臭的气体，微溶于水，能燃烧，对空气的相对密度为 0.97。当含量达到 13%~75% 时遇火源能引起爆炸。

一氧化碳具有很强的毒性。人体血液中的血红素与一氧化碳的亲合力比它与氧气的亲合力大 250~300 倍，血红素是人体血液中携带氧气和排出二氧化碳的细胞。因此，当人体吸入含有一氧化碳的空气时，首先一氧化碳与血红素相结合，阻碍了血红素与氧气的正常结合，使血红素失去输氧的功能，从而造成人体血液缺氧现象，引起窒息和中毒。一氧化碳的中毒程度与中毒浓度、中毒时间、呼吸频率和深度及人的体质有关。一氧化碳的中毒程度与含量的关系如表 1-3 所示。

表 1-3 一氧化碳的中毒程度与含量的关系

一氧化碳含量(体积分数)/%	主 要 症 状
0.016	数小时时无征兆或有头痛、心跳、耳鸣等轻微中毒征兆
0.048	1h 可引起轻微中毒症状
0.128	0.5~1h 引起意识迟钝、丧失行动能力等严重中毒症状
0.40	短时间失去知觉、抽筋、假死。30min 内即可死亡

一氧化碳中毒除表 1-3 所述症状外，最显著的特征是中毒者黏膜和皮肤呈樱桃红色。

矿井空气中一氧化碳的主要来源有：爆破作业；井下火灾；瓦斯及煤尘爆炸等。据统计，在煤矿发生的瓦斯爆炸、煤尘爆炸及火灾事故中，产生大量的一氧化碳，约 70%~75% 的死亡人员都是因一氧化碳中毒所致。因此，《煤矿安全规程》规定，井下空气中一氧化碳的含量不得超过 0.0024%。

2. 硫化氢 (H₂S)

硫化氢是无色、微甜、略带臭鸡蛋味的气体，易溶于水，对空气的相对密度为 1.19，当空气中硫化氢含量达 4.3%~46% 时，具有爆炸性。

硫化氢有剧毒。它不但对眼睛及呼吸道的黏膜具有强烈的刺激作用，引起鼻炎、气管炎和肺水肿，而且能使人体血液缺氧中毒。当空气中含量达到 0.0001% 时可嗅到臭味，但当含量较高时 (0.005%~0.01%)，因嗅觉神经中毒麻痹，臭味“减弱”或“消失”，反而嗅不到臭鸡蛋味。硫化氢的中毒程度与含量的关系如表 1-4 所示。

表 1-4 硫化氢的中毒程度与含量的关系

硫化氢含量(体积分数)/%	主 要 症 状
0.0001	有强烈臭鸡蛋味
0.01	流唾液和清鼻涕、瞳孔放大、呼吸困难
0.05	0.5~1h 严重中毒，失去知觉、抽筋、瞳孔变大，甚至死亡
0.1	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；含硫矿物的水化；从老空区和旧巷积水中放出。1971 年，中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。有些矿区的煤层中也有硫化氢涌出。因此，《煤矿安全规程》规定，井下空气中硫化氢的含量不得超过 0.00066%。

3. 二氧化硫 (SO₂)

二氧化硫是无色、有强烈硫黄气味及酸味的气体，当空气中二氧化硫含量达到0.0005%时即可嗅到刺激性气味。它易溶于水，对空气的相对密度为2.22，是井下有害气体中密度最大的气体，往往积聚于井下巷道的底部。

二氧化硫毒性很强。空气中的二氧化硫遇水后生成硫酸，能强烈地刺激眼睛以及呼吸道黏膜，使眼睛红肿，因此，矿工们将其称之为“瞎眼气体”。严重时可引起喉炎和肺水肿，使人肺浮肿致命。二氧化硫的中毒程度与含量的关系如表1-5所示。

表 1-5 二氧化硫的中毒程度与含量的关系

二氧化硫含量(体积分数)/%	主 要 症 状
0.0005	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：含硫矿物的氧化与燃烧；在含硫矿物中爆破；从含硫煤体中涌出。

《煤矿安全规程》规定，井下空气中二氧化硫的含量不得超过0.0005%。

4. 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，极易溶于水，对空气的相对密度为1.59。

二氧化氮是井下毒性最强的有害气体。它遇水后生成腐蚀性很强的硝酸，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，中毒初期仅是眼睛和喉咙有轻微的刺激症状，容易被人忽视。有的在严重中毒时尚无明显感觉，还可坚持工作，但经过6h甚至更长时间后才出现中毒征兆。主要特征是手指尖及皮肤出现黄色斑点，头发发黄，吐黄色痰液，呼吸困难，发生肺水肿，引起呕吐甚至死亡。二氧化氮的中毒程度与含量的关系如表1-6所示。

表 1-6 二氧化氮的中毒程度与含量的关系

二氧化氮含量(体积分数)/%	主 要 症 状
0.004	2~4h内不致显著中毒,6h后出现中毒症状,咳嗽
0.006	短时间内喉咙感到刺激、咳嗽,胸痛
0.01	强烈刺激呼吸器官,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：爆破作业。炸药爆破时会产生大量的炮烟，其主要成分是一系列氮氧化物，如一氧化氮（遇空气中的氧即转化为二氧化氮）、二氧化氮等。中国某矿1972年在煤层中掘进巷道时，工作面非常干燥，工人们放炮后立即迎着炮烟进入，结果因吸入炮烟过多，造成二氧化氮中毒，2名工人于次日死亡。因此在爆破工作中，一定要加强通风和喷雾洒水，排除二氧化氮，防止炮烟造成人员伤害。

《煤矿安全规程》规定，井下空气中二氧化氮的含量不得超过0.00025%。

5. 氨气 (NH₃)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体，对空气的相对密度为0.6，易溶于水。当空气中的氨气含量达到30%时遇火源有爆炸性。

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。