

MINE
VENTILATION
AND
SAFETY

矿井

通风与安全

谢中朋 主编



化学工业出版社

矿井通风与安全

谢中朋 主 编
王 凯 宋晓燕 李勇军 副主编
王 恺 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书从通风知识与实用技术角度出发,系统地介绍了矿井空气及其流动理论、矿井通风系统、通风网络分配与调节、瓦斯与热害防治、矿山防火、防尘以及通风安全技术测定等知识,重点介绍了矿井通风的基本理论、基本技能和基本要求。每章都附有复习思考题,以便读者进一步加深巩固和提高对所学章节内容的理解。

本书内容丰富,资料翔实,可供矿山安全技术人员、安全管理人员以及采矿工程、安全工程等相关专业的师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风与安全/谢中朋主编. —北京:化学工业出版社, 2011.1
ISBN 978-7-122-10113-6

I. 矿… II. 谢… III. ①矿山通风②矿山安全 IV. TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 241801 号

责任编辑:周永红 杜进祥
责任校对:周梦华

装帧设计:尹琳琳

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:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张17¼ 字数463千字 2011年7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:46.00 元

版权所有 违者必究

《矿井通风与安全》编写人员名单

主 编 谢中朋

副 主 编 王 凯 宋晓燕 李勇军

主 审 王 恺

参编人员 (以姓氏笔画排序)

王 凯 王 恺 王轶波 李 杰

李勇军 李隆庭 宋晓燕 张跃兵

周爱桃 郭永锋 崔丽琴 康伯阳

谢中朋

前言

采矿工业是我国国民经济和社会发展的基础，在相当长的时间内仍将为我国提供主要能源。所以矿井安全生产的科学研究在我国具有重要意义。矿井通风是采矿的一个重要组成部分，是矿井安全生产的基本保障。它的作用是保证井下有良好的空气、安全、卫生条件，也是在事故后控制事故扩大和抢险救灾的基本手段之一。它直接影响到井下工人的安全、健康及矿井的生产效率和经济效益。

根据我国矿井开采技术实际，为了既适应本科通风安全专业教学需求，又能为提高我国矿井通风安全技术及管理知识水平作出努力，编者编写了这部《矿井通风与安全》。

本书从通风知识与实用技术角度出发，结合作者在科研活动中的实际经验，系统地介绍了矿井空气及其流动理论、矿井通风系统、通风网络分配与调节、瓦斯与热害防治、矿山防火、防尘以及通风安全技术测定等知识。

本书由谢中朋主编，王凯、宋晓燕、李勇军副主编。在本书的编写过程中得到了郭永锋、王恺、周爱桃、张跃兵、康伯阳、崔丽琴、李隆庭、李杰、王轶波的大力帮助，在此表示感谢。

随着科学水平的发展，我国矿山通风安全理论与技术得到迅速发展，学者们发表了很多各具特色的与通风技术相关的文献和书籍。本次编写过程中吸收了较多之前诸多教材的优点，且参阅了许多近年来发表的科技文献。为此特向文献作者表示感谢。

如果本书的出版能对读者有所裨益，对我国矿山安全技术特别是通风安全工作有所帮助，那将使我们感到莫大欣慰。

由于编者水平有限，加之时间紧迫，错误和不妥之处在所难免，恳请广大读者不吝指正。

编著者

2010年10月

目录

第一章 矿井空气	1
第一节 矿井空气主要成分	1
一、有害气体的成因	1
二、井下主要空气成分	1
第二节 矿井空气中的有害气体	2
一、矿井空气中的有害气体及其基本性质	2
二、矿井空气中有害气体的安全体积分数标准	4
三、防止有害气体危害的措施	4
第三节 矿井气候条件	5
一、矿井空气的温度、湿度和风速	5
二、衡量矿井气候条件的指标	6
复习题	7
第二章 矿井空气流动基本理论	8
第一节 矿井空气常用物理参数	8
第二节 矿井空气流动基本定律	9
一、静压能与静压	9
二、重力位能	10
三、动压	10
四、绝对压力与相对压力	11
五、井巷风流断面上的点压力与平均压力	11
第三节 测压方法	11
一、绝对静压、动压和绝对全压的测量	11
二、相对静压、动压和相对全压的测量	12
三、静压差和全压差的测量	13
复习题	13
第三章 矿井通风系统	15
第一节 巷道断面的风速分布	15
一、风流流态	15
二、井巷断面上风速分布	16
三、巷道几何参数的测算	16
第二节 矿井通风阻力	17
一、矿井通风阻力的定义	17
二、矿井通风阻力定律	19
三、通风阻力测定	19
四、降低通风阻力的措施	20
第三节 矿井通风动力	21
一、矿井自然通风	21

二、通风机通风	23
三、通风机的工作方式	26
四、通风机实际特性曲线	26
五、通风机联合运转	28
六、主要通风机的使用及安全要求	32
第四节 矿井等积孔与矿井总风阻	32
一、井巷阻力特性	32
二、矿井总风阻	33
三、矿井等积孔	33
第五节 矿井通风方式	34
一、中央式	34
二、对角式	35
三、区域式	35
四、混合式	36
第六节 采区通风系统	36
一、采区通风系统的基本要求	36
二、采区上山与回风上山的选择	37
三、采、掘工作面的串联通风及要求	38
四、长壁式采煤工作面通风系统的类型和特点	39
五、采煤工作面上行通风与下行通风	41
六、采区通风管理中的注意事项	42
第七节 掘进通风方式	42
一、局部通风机通风	42
二、矿井全风压通风	45
三、引射器通风	46
第八节 矿井通风方式的选择	46
一、矿井通风系统基本要求	47
二、矿井通风系统的选择	48
复习题	49
第四章 通风网络风量分配与调节	51
第一节 矿井通风图	51
一、通风系统平面图	51
二、矿井通风系统网络图	51
第二节 简单通风网路及其性质	53
一、串联通风及其特性	53
二、并联通风及其特性	54
三、串联与并联的比较	56
四、角联通风及其特性	57
第二节 局部风量调节	58
一、增加风阻调节法	58
二、降低风阻调节法	61
三、辅助通风机调节法	62
第三节 矿井通风能力	63

一、矿井需要风量计算方法	63
二、总体核算法	68
三、由里向外核算法	69
四、矿井通风能力验证	70
五、通风能力确定	70
第四节 矿井通风总阻力的计算	70
一、矿井通风总阻力的计算原则	70
二、矿井通风总阻力的计算方法	71
第五节 选择矿井通风设备	71
一、选择矿井通风设备的基本要求	71
二、主要通风机的选择	72
第六节 概算矿井通风费用	73
一、吨煤通风电费	73
二、其他吨煤通风费用	74
第七节 矿井通风仿真系统	74
一、矿井通风仿真系统概述	74
二、《矿井通风安全决策支持系统》简介	75
复习题	77
第五章 矿井瓦斯防治	78
第一节 瓦斯概述	78
第二节 瓦斯赋存与含量	79
一、煤层中瓦斯赋存状态	79
二、煤的孔隙特征及瓦斯含量	80
三、煤层瓦斯含量	81
四、影响瓦斯含量的主要因素	82
五、煤层瓦斯压力	84
第三节 矿井瓦斯涌出	87
一、矿井瓦斯涌出量	87
二、影响瓦斯涌出的因素	88
三、矿井瓦斯等级及鉴定	89
四、瓦斯涌出量预测	94
第四节 瓦斯喷出及防治	94
一、瓦斯喷出防治	94
二、喷出瓦斯积聚的处理方法	95
第五节 煤（岩）与瓦斯突出及防治	96
一、突出机理	96
二、煤与瓦斯突出的基本特征	97
三、突出强度的一般规律	97
四、区域性预防突出措施	97
五、局部防治突出措施	101
六、煤层突出危险性预测	102
第六节 矿井瓦斯爆炸及预防	105
一、瓦斯爆炸的条件	105

二、瓦斯爆炸的原因分析·····	106
三、防止瓦斯爆炸的措施·····	108
第七节 瓦斯抽放·····	110
一、瓦斯治理与利用现状·····	110
二、瓦斯抽放要求·····	112
三、瓦斯抽放方法·····	115
四、瓦斯抽放工程设计·····	123
复习题·····	125
第六章 高温矿井热害治理 ·····	126
第一节 概述·····	126
第二节 矿井高温热源测定与计算·····	127
一、地面空气温度·····	127
二、井下热源测定与计算·····	127
第三节 矿井生产环境热源计算与测定·····	129
一、井下各种物质化学反应热量·····	129
二、各种设备运转散热量·····	129
三、人体和煤岩块散热量·····	131
四、管路散热量计算·····	131
五、空气放热系数及换湿系数的测定与计算·····	132
第四节 巷道围岩与风流热交换·····	133
一、二维导热偏微分方程建立·····	133
二、矿区地温梯度测定及计算·····	135
三、地温梯度计算算例·····	135
四、巷道围岩调热圈·····	135
第五节 矿井井巷风温预测·····	138
一、围岩传递给井下空气的热量·····	138
二、矿内空气温度计算·····	139
三、井下通风巷道风温预测·····	142
四、回采工作面风温预测·····	145
五、巷道风温预测实例·····	148
第六节 高温矿井配风量·····	152
一、工作面是否增风降温判别·····	152
二、湿球温度与风流焓值的关系·····	152
三、用湿球温度表示的工作面热平衡方程式·····	152
四、工作面风流的 最大吸热能力 ·····	153
五、工作面进风临界湿球温度确定·····	153
六、工作面是否增风降温的判别·····	154
第七节 矿井降温技术·····	154
一、通风降温·····	155
二、喷雾降温·····	155
三、个体防护·····	155
四、空调降温·····	156

第七章 矿井防灭火	158
第一节 概述	158
一、矿井火灾	158
二、矿井火灾形势	159
三、煤层自燃防治技术国内外的研究现状	161
第二节 采空区“三带”	163
一、概述	163
二、采空区“三带”	164
三、“三带”指标检测设备	164
四、矿井防火检测实例	165
第三节 采空区自然发火数值模拟	167
一、采空区气体运移特征概述	167
二、采空区气体运移的数学模型	167
三、采空区气体运移数学模型的边界条件及解法	169
四、采空区自燃发火的理论模型	169
第五节 易燃煤层开采自燃早期预报及应急新技术	171
一、概述	171
二、指标气体选取	172
三、沿空巷道自燃发火早期预报	172
四、工作面自燃发火监测及早期预报	174
五、工作面封闭期间和闭墙内火灾气体检测及预报	175
六、应急防灭火系统的构成	176
七、防灭火应急预案	176
第五节 矿井防灭火技术	179
一、氮气防灭火技术	179
二、注胶防灭火技术	180
第八章 矿尘防治	183
第一节 矿尘防治基础知识	183
一、矿尘的产生与分类	183
二、矿尘的性质	184
第二节 矿尘危害及矿山尘肺病	187
一、矿尘的危害	187
二、矿山尘肺病	187
三、煤矿粉尘危害的控制	189
第三节 煤尘爆炸及预防	190
一、煤尘爆炸机理及特征	190
二、煤尘爆炸的条件	191
三、影响煤尘爆炸的因素	192
四、煤尘爆炸性鉴定及事故处理方法	194
五、预防煤尘爆炸技术	196
第四节 矿井综合防尘	202
一、通风除尘	202
二、湿式作业	204

三、净化风流	207
四、个体防护	208
第五节 煤矿粉尘测量	210
一、矿尘含量的测定	210
二、矿尘中游离 SiO_2 含量的测定	212
三、矿尘的分散度的测定	213
复习题	215
第九章 通风安全技术测定	216
第一节 矿井通风阻力测定	216
一、测定原理与方法	216
二、资料准备	216
三、测点布置与测定路线选择	217
四、井巷内风量的计算	217
五、矿井通风总阻力的计算	217
六、井巷风阻 R_L 的计算	217
七、计算井巷摩擦阻力系数	217
八、计算巷道百米风阻 R_{100}	217
九、矿井通风阻力计算实例	217
第二节 自然风压测定	225
一、平均密度测算法	225
二、直接测定法	226
三、停主要通风机时测定自然通风的风量计算自然风压	227
四、简化计算法	227
第三节 主要通风机性能测定	227
一、各参数的测定	228
二、工况调节	230
三、数据整理与特性曲线的绘制	230
第四节 煤层透气性系数的测定方法	232
一、煤层透气性系数的测定原理和步骤	232
二、煤层透气性系数的测定和计算结果	233
第五节 钻屑瓦斯解吸指标测定方法	234
一、定义	234
二、测定原理	234
三、测定仪器	234
四、实验室测定	235
五、现场测定	237
第六节 防突措施有效半径的测定方法	238
一、超前钻孔有效排放半径测定方法	238
二、其他防突措施参数的测定法	239
第七节 煤的坚固性系数 (f) 的测定方法	239
一、仪器设备及用具	239
二、采样与制样	239
三、测定步骤	239

四、坚固性系数的计算·····	240
五、煤坚固性系数的确定·····	240
第八节 煤层瓦斯含量井下直接测定方法·····	240
一、仪器设备·····	240
二、采样·····	240
三、测定方法及步骤·····	241
四、数据处理·····	245
第九节 煤自燃倾向性的氧化动力学测定方法·····	251
一、术语和定义·····	251
二、测试煤样的采取方法·····	251
三、测试系统与辅助器材·····	252
四、测试步骤·····	252
五、煤自燃倾向性判定指数的计算·····	254
六、煤自燃倾向性分类及其指标·····	254
七、测试重复性·····	255
附录·····	256
附录一 通风中常用单位换算·····	256
附录二 不同温度下饱和水蒸气分压力（单位：hPa）·····	257
附录三 由风扇温度计查相对温度·····	258
附录四 井巷摩擦阻力系数 α 值（空气相对密度 $\rho=1.2\text{kg/m}^3$ ）·····	259
附录五 井巷局部阻力系数 ξ 值·····	262
附录六 BD 系列风机特性曲线·····	263
参考文献·····	268

第一章 矿井空气

第一节 矿井空气主要成分

矿井空气源于地面空气，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，在成分和性质上发生很大变化。一般来讲，将井巷中经过用风点以前、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。

一、有害气体的成因

矿井是一个非常复杂的系统，有害气体的形成非常复杂，主要的原因如下。

① 混入各种有害气体 如甲烷 (CH_4)、一氧化碳 (CO)、二氧化氮 (NO_2)、氨气 (NH_3)、硫化氢 (H_2S)、二氧化硫 (SO_2) 等从煤层、岩层中涌出，混入井下空气中。

② 混入煤尘和岩尘 井下各种作业所产生的细小岩尘、煤尘和其他杂质悬浮在井下空气中。

③ 氧气体积分数降低 井下一切物质（煤、岩石、支架等）的缓慢氧化；井下火灾和瓦斯、煤尘爆炸；爆破工作；火区氧化以及人员呼吸都要消耗氧气，产生二氧化碳、一氧化碳、二氧化氮等气体、使井下空气中氧气体积分数降低。

④ 矿井空气温度、湿度和压力的变化 由于地热、氧化及水分蒸发等原因，使井下空气温度增高，湿度增加，空气压力随之相应变化。

二、井下主要空气成分

尽管矿井空气和地面空气相比，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气、氮气和二氧化碳。

(1) 氧气 (O_2)

氧气是一种无色、无味、无臭的气体，它对空气的相对密度是 1.11，是维持人体正常生理机能所需的气体。空气中氧的含量高低对人体健康影响很大，最适于人体呼吸的空气中含氧量为 21% 左右。当空气中氧的含量降低时，人体可能产生不良的生理反应，出现不适症状，严重时可能在短时间内导致死亡。在矿井条件下，空气中氧气体积分数降低对人体的影响见表 1-1。

表 1-1 空气中氧气体积分数降低对人体影响

空气中氧气体积分数/%	人体的反应
17	静止时无影响，工作时能引起喘息和呼吸困难
15	呼吸及心跳加速，感觉及判断能力减弱，失去劳动能力
10~12	失去理智，时间稍长会有生命危险
6~9	失去知觉，短时间内导致死亡

(2) 氮气 (N_2)

氮气是一种无色、无味、无臭的惰性气体，它对空气的相对密度是 0.97，是新鲜空气中的主要成分，本身无毒，不助燃，也不能供呼吸。在正常情况下，氮气对人体无害，但空气中

若氮气含量升高,势必造成氧含量降低,也能导致人员窒息性伤害。

在通风正常的井巷中,氮气体积分数一般变化不大。

(3) 二氧化碳 (CO_2)

二氧化碳是无色、略带酸味的气体,它对空气的相对密度为 1.52,比空气重,不助燃,也不能供呼吸,在风速较小的巷道中,一般能与空气均匀混合。

在新鲜空气中含有微量的二氧化碳对人体是无害的。二氧化碳对人体的呼吸中枢神经有刺激作用,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,但井下空气中二氧化碳体积分数过大时,会使氧气体积分数相对降低,形成缺氧使人中毒或窒息。空气中二氧化碳体积分数变化对人体的影响见表 1-2。

表 1-2 空气中二氧化碳体积分数变化对人体影响

空气中二氧化碳 体积分数/%	主要症状	空气中二氧化碳 体积分数/%	主要症状
1	呼吸加深,但对工作无明显影响	6	强烈喘息,虚弱无力
3	呼吸急促,很快感到疲劳	10~20	昏迷状态,失去知觉
4~5	呼吸困难,头痛,耳鸣	20~25	很快窒息死亡

第二节 矿井空气中的有害气体

一、矿井空气中的有害气体及其基本性质

(1) 一氧化碳 (CO)

一氧化碳是无色、无味、无臭的气体,相对密度 0.97,微溶于水,能燃烧,当体积分数达到 13%~75% 时遇火源有爆炸性。

一氧化碳有剧毒。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。一氧化碳的中毒程度与体积分数、中毒时间、呼吸频率和深度及人的体质有关。与体积分数和中毒时间的关系如表 1-3 所示。

表 1-3 一氧化碳的中毒程度与体积分数的关系

一氧化碳体积分数/%	主 要 症 状
0.016	数小时后有头痛、心跳、耳鸣等轻微中毒症状
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

一氧化碳中毒除上述症状外,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,在煤矿发生的瓦斯爆炸、煤尘爆炸及火灾事故中,约 70%~75% 的死亡人员都是因一氧化碳中毒所致。

(2) 硫化氢 (H_2S)

硫化氢是无色、微甜、略带臭鸡蛋味的气体,相对密度为 1.19,易溶于水,当体积分数达 4.3%~45.5% 时具有爆炸性。

硫化氢有剧毒。它能使人体血液缺氧中毒,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。当空气中体积分数达到 0.0001% 时可嗅到臭味,但当体积分

数较高时 (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。硫化氢的中毒程度与体积分数的关系如表 1-4 所示。

表 1-4 硫化氢的中毒程度与体积分数的关系

硫化氢体积分数/%	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。

(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, 当空气中二氧化硫体积分数达到 0.0005% 时即可嗅到刺激气味。它易溶于水, 相对密度为 2.32, 是井下有害气体中相对密度最大的, 常常积聚在井下巷道的底部。

二氧化硫有剧毒。空气中的二氧化硫遇水后生成硫酸, 对眼睛有刺激作用, 矿工们将其称之为“瞎眼气体”。此外, 也能对呼吸道的黏膜产生强烈的刺激作用, 引起喉炎和肺水肿。二氧化硫的中毒程度与体积分数的关系如表 1-5 所示。

表 1-5 二氧化硫的中毒程度与体积分数的关系

二氧化硫体积分数/%	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。

(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, 相对密度 1.59, 易溶于水。

二氧化氮是井下毒性最强的有害气体。它遇水后生成硝酸, 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 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, 发生肺水肿, 引起呕吐甚至死亡。二氧化氮的中毒程度与体积分数的关系如表 1-6 所示。

表 1-6 二氧化氮的中毒程度与体积分数的关系

二氧化氮体积分数/%	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,是炮烟的主要成分。

(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 0.6,易溶于水。当空气中的氨气体积分数达到 30% 时遇火有爆炸性。

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。

氨气主要是在矿井发生火灾或爆炸事故时产生。

(6) 氢气 (H_2)

氢气无色、无味、无毒,相对密度为 0.07,是井下最轻的有害气体。空气中氢气体积分数达到 4%~74% 时具有爆炸危险。

井下氢气的主要来源是蓄电池充电。此外,矿井发生火灾和爆炸事故中也会产生。

除了上述有害气体之外,矿井空气中最主要的有害气体是甲烷 (CH_4),又称沼气。它是一种具有窒息性和爆炸性的气体,对煤矿安全生产的威胁最大。

在煤矿生产中,通常把以甲烷为主的这些有毒有害气体总称为瓦斯。

二、矿井空气中有毒有害气体的安全体积分数标准

为了防止有害气体对人体和安全生产造成危害,《煤矿井工开采通风技术条件》(AQ 1028—2006) 中对其安全体积分数(允许体积分数)做了明确规定,体积分数标准如表 1-7 所示。

表 1-7 矿井有害气体最高允许体积分数

有害气体名称	最高允许体积分数/%	有害气体名称	最高允许体积分数/%
一氧化碳(CO)	0.0024	硫化氢(H_2S)	0.00066
氧化氮(换算成二氧化氮 NO_2)	0.00025	氨(NH_3)	0.004
二氧化硫(SO_2)	0.0005		

此外,《煤矿安全规程》还规定,井下充电室风流中以及局部积聚处的氢气体积分数不得超过 0.5%。

通过上述有害气体的安全体积分数标准可以看出,最高允许体积分数的制定都留有较大的安全系数,只要在矿井生产中严格遵守规程规定,不违章作业,人身安全是完全有保障的。

三、防止有害气体危害的措施

① 加强通风 用通风的方法将各种有害气体体积分数冲淡到规程规定的安全标准以下,这是目前防止有害气体危害的主要措施之一。

② 加强对有害气体的检查 按照规定的检查制度,采用合理的检查方法和手段,及时发现存在的隐患和问题,采取有效措施进行处理。

③ 瓦斯抽放 对煤层或围岩中存在的大量高体积分数瓦斯,可以采用抽放的方法加以解决,既可以减少井下瓦斯涌出,减轻通风压力,抽到地面的瓦斯还能加以利用。

④ 放炮喷雾或使用水炮泥 喷雾器和水炮泥爆破后产生的水雾能溶解炮烟中的二氧化氮、二氧化碳等有害气体,降低其体积分数,方法简单有效。

⑤ 加强对通风不良处和井下盲巷的管理 工作面采空区应及时封闭;临时通风的巷道要设置栅栏,揭示警标,需要进入时必须首先进行有害气体检查,确认无害时方可进入。

⑥ 井下人员必须随身佩戴自救器 一旦矿井发生火灾、瓦斯煤尘爆炸事故,人员可迅速使用自救器撤离危险区。

⑦ 对缺氧窒息或中毒人员及时进行急救 一般是先将伤员移到新鲜风流中,根据具体情况采取人工呼吸(NO_2 、 H_2S 中毒除外)或其他急救措施。

第三节 矿井气候条件

矿井气候是指矿井空气的温度、湿度和风速等参数的综合作用状态,这三个参数也叫做矿井气候条件三要素,它们与人体的热平衡状态有密切关系,直接影响着作业人员的身体健康和劳动生产率。创造良好的气候条件是矿井通风工作的基本任务之一。

一、矿井空气的温度、湿度和风速

(1) 矿井空气的温度

矿井空气的温度是影响矿井气候条件的主要因素。最适宜的矿井空气温度为 15~20℃。

矿井空气的温度受地面气温、井下围岩温度、机电设备散热、煤炭等有机物的氧化、人体散热、水分蒸发、空气的压缩或膨胀、通风强度等多种因素的影响。随着井下通风路线的延长,空气温度逐渐升高。

在进风路线上,矿井空气的温度主要受地面气温和围岩温度的影响,有冬暖夏凉之感。

工作面温度基本上不受地面季节气温的影响,且常年变化不大。

在回风路线上,因通风强度较大,加上水分蒸发和风流上升膨胀吸热等因素影响,温度有所下降,常年基本稳定。

(2) 矿井空气的湿度

空气的湿度是表示空气中所含的水蒸气量或潮湿程度的指标。有绝对湿度和相对湿度之分。

绝对湿度:指 1m³ 或 1kg 空气中水蒸气的质量 (g/m³ 或 g/kg),用 f 表示。

空气在某一温度下所能容纳的最大水蒸气量称为饱和水蒸气量,用 $F_{\text{饱}}$ 表示。温度越高,空气的饱和水蒸气量越大。

相对湿度:指空气中水蒸气的实际含量 (f) 与同温度下饱和水蒸气量 ($F_{\text{饱}}$) 比值的百分数,用公式表示如下:

$$\varphi = \frac{f}{F_{\text{饱}}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 φ ——相对湿度,%;

f ——空气中水蒸气的实际含量 (即绝对湿度), g/m³;

$F_{\text{饱}}$ ——在同一温度下空气的饱和水蒸气量, g/m³。

通常所说的湿度指的都是相对湿度,它反映的是空气中所含水蒸气量接近饱和的程度。一般认为相对湿度在 50%~60% 对人体最为适宜。

矿井空气的湿度还与地面空气的湿度、井下涌水大小及井下生产用水状况等因素有关。

(3) 井巷中的风速

风速是单位时间内风流流过的距离。风速过低过高,都会影响工人的身体健康,因此,井下工作地点和通风井巷中都要有一个合理的风速范围。表 1-8 给出了井下不同温度下适宜的风速范围。表 1-9 则是《煤矿安全规程》规定的不同井巷中的允许风速标准。

表 1-8 风速与温度之间的合适关系

空气的温度/℃	适宜的风速/(m/s)	空气的温度/℃	适宜的风速/(m/s)
<15	<0.5	22~24	>1.5
15~20	<1.0	24~26	>2.0
20~22	>1.0		