

普通高等学校规划教材

通风安全学

主 编 张国枢
副主编 谭允祯 陈开岩 刘泽功 杨运良

TONGFENG ANQUANXUE



中国矿业大学出版社

普通高等学校规划教材

通 风 安 全 学

主 编 张国枢

副主编 谭允祯 陈开岩

刘泽功 杨运良



中国矿业大学出版社

《通风安全学》编撰审人员名单

主 编：张国枢

副主编：谭允禎 陈开岩 刘泽功 杨运良

编著人员：张国枢 谭允禎 陈开岩 刘泽功

杨运良 王海桥 田水承 陈 平

邵 辉 吴 强 李湖生 赵跃江

戴广龙

审 稿：王省身

新
学
知

FDG

前 言

本书是采矿工程专业《通风安全学》课程的“九五”规划教材,与《煤矿开采学》或《采矿学》配套使用。本书编写的指导思想是:教材内容面向 21 世纪,充分反映近年来国内外矿山通风安全的最新技术发展和较为成熟的科研成果;力求体现煤与非煤结合,既适应本科采矿专业教学需要,又适应现场管理需要,为提高我国采矿工程技术和管理人员的通风与安全技术和知识水平做出应有的贡献。

整个教材内容力求少而精,深入浅出。以传授基础理论和基本知识为主,并适当阐述典型的应用技术,以求理论与实践相结合。

中国矿业大学王省身教授对书稿进行了审校,提出了许多宝贵的意见和建议,并对其内容和文字进行了细致的修改,这对提高书稿质量起到重要保证作用,在此谨表衷心谢意。

参加本书编写的院校有:淮南工业学院、山东科技大学、中国矿业大学、焦作工学院、西安科技学院、黑龙江矿业学院、湘潭工学院和太原理工大学。本书在编写过程中得到原煤炭部教材规划室吕聪主任、淮南工业学院及其他编者所在学校、教研室领导和同志们的大力支持,在此特表示感谢。

建国 50 年来,尤其是改革开放 20 年来,我国的矿山通风安全理论和技术得到迅速发展,通风与安全教材亦有过较多版本,各有特色。本次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。为此特向文献作者们表示感谢。

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。

作 者

1999 年 6 月

新
学
知

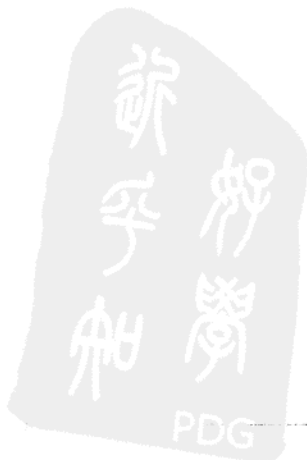
PDG

主要符号表

符号	符号意义	符号	符号意义
1. ρ	空气密度(可用下标区分不同状态和性质的气体密度)	34. ρ	各种比和比率,有效风量率
2. ρ_v, ρ_a	饱和水蒸气含量	35. ΔP	煤的瓦斯放散指数
3. φ	相对湿度	36. h	相对静压,阻力
4. δ	相似比例系数(可用下标表示不同物理量的比例系数)	37. h_t	相对全压
5. γ	重力相对密度,水的汽化潜热	38. h_{Rd}	通风机装置阻力
6. α	摩擦阻力系数,对流传热系数,导热系数	39. h_R	通风阻力
7. μ	绝对粘度	40. h_{vd}	通风机装置动压
8. ν	运动粘度	41. h_{vt}	通风机动压
9. τ	时间	42. h_l	局部阻力
10. λ	沿程阻力系数,导热系数	43. h_f	摩擦阻力
11. ξ	局部阻力系数,瓦斯的压缩系数	44. H_{sd}	通风机装置静压
12. Δ	纵口径	45. H_{td}	通风机装置全压
13. ω	角速度	46. H_s	通风机静压
14. ψ	壁面潮湿率	47. H_t	通风机全压
15. ε	粗糙因子	48. H_N	自然风压
16. θ	湿润边界角	49. \overline{H}	通风机压力系数
17. C_p	定压比热	50. \overline{H}_t	通风机全压系数
18. C	浓度(可用下标区分各种浓度)	51. \overline{H}_s	通风机静压系数
19. Δ	差值,增量	52. H_t	火风压
20. A	矿井等积孔,产量	53. H	深度
21. A^f	煤的灰分	54. Z	高程
22. M	质量,质量流量	55. S	面积
23. m	质量流量,煤层厚度	56. D	直径
24. I	比焓	57. d	比重,含湿量,管道直径
25. V^c	煤的挥发分	58. d_e	当量直径
26. V	体积,容积,速度	59. R_w	水力半径
27. v	空气的流速	60. R_f	摩擦风阻
28. ν	空气的比容	61. R_l	局部风阻,漏风风阻
29. g	重力加速度;加下标后表示各种参数增深率	62. R_m	矿井总风阻
30. G	重量,产尘量	63. R	风阻(下标表示不同类型)
31. G_0	巷道暴露面的瓦斯初始涌出强度	64. T	热力学温度
32. P	压力,绝对静压	65. t	温度
33. h_s	动压	66. Q	体积流量,风量,发热量,瓦斯涌出量(可加下标表示不同性质的量)
		67. Q_m	矿井风量
		68. Q_t	主要通风机工作风量

符 号	符 号 意 义	符 号	符 号 意 义
69. Q_d	采区总风量	90. \bar{N}	通风机功率系数
70. Q_l	外部漏风风量	91. E	机械能(下标表示区别类型)
71. Q_h	掘进面风量,小时注浆量	92. n	转速,状态指数
72. Q_w	回采工作面风量,注水流量	93. q	回路风量,比注水量
73. Q_o	其他用风地点风量	94. W	煤的水分
74. Q_r	独立通风硐室风量	95. F_i	浮力
75. Q_s	局部通风机风量	96. f	岩石硬度系数,粘滞力
76. Q_g	瓦斯绝对涌出量	97. F	卡他度常数
77. U	周长	98. $F_{d.w}$	尘-液界面的表面张力
78. q_a	相对瓦斯涌出量	99. X	煤层瓦斯含量
79. L_p	声压级	100. $F_{w..}$	液-气界面的表面张力
80. L	长度	101. X_o	煤的剩余瓦斯量
81. η_s	静压效率	102. X_f	煤的游离瓦斯含量
82. η	效率,漏风率	103. K_r	巷壁的不稳定传热系数
83. η_m	电机效率	104. K	各种系数和比率(加下标区分)
84. η_i	风机全压效率	105. Bi	比欧准数
85. η_v	容积效率	106. K_d, K_w	干、湿卡他度
86. η_{tr}	传动效率	107. Re	雷诺数
87. a, b	煤的瓦斯吸附常数	108. R_o	通用气体常数
88. η_h	水力效率	109. K_{ur}	基尔比契夫准数
89. N	功率,混合气体的爆炸界限	110. Fo	傅立叶准数

说明:本次列出了常用的主要符号,未列出的符号请参考有关教材自定。但要考虑不要与本节的其他符号混淆。并将新增的符号列表加以说明。



目 录

第一篇 通风工程

第一章 矿井空气	(2)
第一节 矿井空气成分.....	(2)
第二节 矿井空气中有害气体.....	(4)
第三节 矿井气候.....	(7)
第二章 矿井空气流动基本理论	(12)
第一节 空气主要物理参数	(12)
第二节 风流能量与压力	(16)
第三节 通风能量方程	(22)
第四节 能量方程在矿井通风中的应用	(29)
第三章 井巷通风阻力	(37)
第一节 井巷断面上的风速分布	(37)
第二节 摩擦风阻与阻力	(39)
第三节 局部风阻与阻力	(43)
第四节 矿井总风阻与矿井等积孔	(48)
第五节 降低矿井通风阻力的措施	(50)
第四章 通风动力	(53)
第一节 自然风压	(53)
第二节 通风机类型及构造	(56)
第三节 主要通风机附属装置	(59)
第四节 通风机实际特性曲线	(61)
第五节 通风机工况点及其经济运行	(68)
第六节 通风机联合运转	(71)
第七节 矿井通风设备选型	(76)
第八节 噪声控制概述	(81)
第五章 矿井通风网络中风量分配与调节	(85)
第一节 风量分配基本规律	(85)
第二节 简单网络特性	(91)
第三节 通风网络动态特性分析	(95)
第四节 矿井风量调节	(97)

第五节	应用计算机解算复杂通风网络·····	(100)
第六章	局部通风 ·····	(111)
第一节	局部通风方法·····	(111)
第二节	掘进工作面需风量计算·····	(118)
第三节	局部通风装备·····	(119)
第四节	局部通风系统设计·····	(128)
第五节	掘进安全技术装备系列化·····	(129)
第七章	通风系统与通风设计 ·····	(133)
第一节	矿井通风系统·····	(133)
第二节	采区通风系统·····	(136)
第三节	通风构筑物及漏风·····	(142)
第四节	矿井通风设计·····	(148)
第五节	可控循环通风概述·····	(158)
第八章	矿井空气调节概论 ·····	(160)
第一节	井口空气加热·····	(160)
第二节	矿井主要热源及其散热量·····	(164)
第三节	矿井风流热湿计算·····	(167)
第四节	矿井降温的一般技术措施·····	(173)
第五节	矿井空调系统设计简介·····	(175)

第二篇 安全工程

第九章	矿井瓦斯 ·····	(182)
第一节	概述·····	(182)
第二节	煤层瓦斯赋存与含量·····	(183)
第三节	矿井瓦斯涌出·····	(187)
第四节	瓦斯喷出·····	(196)
第五节	煤(岩)与瓦斯突出及其预防·····	(197)
第六节	瓦斯爆炸及其预防·····	(208)
第七节	瓦斯抽放·····	(215)
第十章	火灾防治 ·····	(229)
第一节	概述·····	(229)
第二节	外因火灾及其预防·····	(230)
第三节	煤炭自燃理论基础·····	(232)
第四节	火灾预测与预报·····	(236)
第五节	开采技术防火措施·····	(241)
第六节	灌浆与阻化剂防灭火·····	(243)
第七节	均压防灭火·····	(248)
第八节	惰气防灭火·····	(253)

第九节 火灾时期通风	(255)
第十节 矿井火灾处理与控制	(259)
第十一章 矿尘防治	(268)
第一节 矿尘及其性质	(268)
第二节 矿山尘肺病	(271)
第三节 煤尘爆炸及预防	(273)
第四节 矿山综合防尘	(283)
第十二章 矿山防水	(290)
第一节 地面防治水	(290)
第二节 井下防治水	(291)
第三节 矿井突水及其处理	(301)
第十三章 矿山救护	(304)
第一节 矿山救护队	(304)
第二节 矿工自救	(311)
第三节 现场急救	(316)

第三篇 通风安全现代化管理

第十四章 通风安全检测仪器仪表	(322)
第一节 风速测量仪表	(322)
第二节 压力测量仪器	(325)
第三节 粉尘浓度检测仪器	(329)
第四节 温度、湿度检测仪表	(332)
第五节 气体检测仪器仪表	(334)
第六节 煤矿安全环境监测监控系统	(341)
第十五章 通风安全技术测定	(344)
第一节 漏风测定	(344)
第二节 矿井通风阻力测定	(346)
第三节 自然风压测定	(351)
第四节 主要通风机性能测定	(353)
第五节 局部通风机性能和风筒参数测定	(357)
第六节 煤层瓦斯压力测定	(362)
第七节 煤层透气系数测定与计算	(365)
第八节 煤的坚固系数和瓦斯放散指数测定	(366)
第十六章 矿井通风安全现代化管理	(369)
第一节 通风安全现代化管理体系与制度	(369)
第二节 通风安全管理业务及其计算机管理	(374)
第三节 掘进通风管理	(376)
第四节 瓦斯管理	(377)

第五节 火区管理.....	(380)
第六节 安全技术措施计划及矿井灾害预防和处埋计划.....	(382)
第十七章 安全生产方针与法规.....	(387)
第一节 安全生产方针.....	(387)
第二节 矿山法律法规体系.....	(388)
第三节 矿山安全法规简介.....	(389)

附 录

附录一 通风中常用单位换算.....	(396)
(一) 压力单位及其换算	(396)
(二) 通风中常用的国际单位制导出单位	(396)
(三) 国际单位制与其他单位制换算表	(396)
附录二 不同温度下饱和水蒸气分压(单位: $\times 10^2$ Pa)	(397)
附录三 由风扇温度计读值查相对湿度.....	(398)
附录四 $i-d$ 曲线图($P=101\ 325$ Pa).....	(399)
附录五 井巷摩擦阻力系数 α 值(空气密度 $\rho=1.2$ kg/m³)	(400)
附录六 井巷局部阻力系数 ξ 值表.....	(405)
附录七 (一) BD 系列风机特性曲线.....	(406)
(二) K ₄ -73-01 型矿井离心式风机性能曲线	(410)
参考文献.....	(411)

第一篇

通 风 工 程



第一章 矿井空气

矿井通风是保障矿井安全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,创造良好的矿内工作环境,保障井下作业人员的身体健康和劳动安全。这种利用机械或自然通风为动力,使地面空气进入井下,并在井巷中做定向和定量地流动,最后将污浊空气排出矿井的全过程就称为矿井通风。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。

为此,本章将着重阐述矿井空气的主要成分,井下各种常见的有害气体,矿井空气的安全标准以及矿井气候条件等主要问题,为进一步学习矿井通风的基本理论奠定基础。

第一节 矿井空气成分

地面空气进入矿井以后即称为矿井空气。矿井空气由于受到井下各种自然因素和生产过程的影响,其与地面空气在成分和质量上有着程度不同的区别。

一、地面空气的组成

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。干空气的组成成分比较稳定,其主要成分如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 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。

二、矿井空气的主要成分及基本性质

地面空气进入矿井以后,由于受到污染,其成分和性质要发生一系列的变化。如氧浓度降低,二氧化碳浓度增加;混入各种有毒、有害气体和矿尘;空气的状态参数(温度、湿度、压力等)发生改变等。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. 氧气(O₂)

氧气是维持人体正常生理机能所需要的气体。人类在生命活动过程中,必须不断吸入氧气,呼出二氧化碳。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 1-1-2 所示。

表 1-1-2 人体需氧量与劳动强度的关系^[5]

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

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

表 1-1-3 人体缺氧症状与空气中氧浓度的关系^[5]

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,感觉和判断能力降低,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

造成矿井空气中氧浓度降低的主要原因有:人员呼吸;煤岩和其他有机物的缓慢氧化;煤炭自燃;瓦斯、煤尘爆炸。此外,煤岩和生产过程中产生的各种有害气体,也使空气中的氧浓度相对降低。所以,在井下通风不良的地点,空气中的氧浓度可能显著降低,如果不经检查而贸然进入,就可能引起人员的缺氧窒息。缺氧窒息是造成矿井人员伤亡的原因之一。

2. 二氧化碳(CO₂)

二氧化碳不助燃,也不能供人呼吸,略带酸臭味。二氧化碳比空气重(与空气的相对密度为 1.52),在风速较小的巷道中,底板附近浓度较大;在风速较大的巷道中,一般能与空气均匀地混合。

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,如果空气中完全不含有二氧化碳,则人体的正常呼吸功能就不能维持。所以在抢救遇难者进行人工输氧时,往往要在氧气中加入 5% 的二氧化碳,以刺激遇难者的呼吸机能。但当空气中二氧化碳的浓度过高时,也将使空气中的氧浓度相对降低,轻则使人呼吸加快,呼吸量增加,严重时也可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 1-1-4 所示。

表 1-1-4 二氧化碳中毒症状与浓度的关系^[5]

二氧化碳浓度(体积)/%	主要症状
1	呼吸加深,但对工作效率无明显影响
3	呼吸急促,心跳加快,头痛,人体很快疲劳
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,大约十分钟可发生昏迷
9~11	几分钟内可导致死亡

矿井空气中二氧化碳的主要来源是:煤和有机物的氧化;人员呼吸;碳酸性岩石分解;炸药爆破;煤炭自燃;瓦斯、煤尘爆炸等。此外,有的煤层和岩层中也能长期连续地放出二氧化碳,有的甚至能与煤岩粉一起突然大量喷出,给矿井带来极大的危害。例如吉林省营城煤矿五井,曾在1975年6月发生过一起二氧化碳和岩石突出的事故,突出岩石1 005 t,二氧化碳11 000 m³。

3. 氮气(N₂)

氮气是一种惰性气体,是新鲜空气中的主要成分,它本身无毒、不助燃,也不供呼吸。但空气中若氮气浓度升高,则势必造成氧浓度相对降低,从而也可能导致人员的窒息性伤害。正因为氮气为惰性气体,因此又可将其用于井下防灭火和防止瓦斯爆炸。

矿井空气中氮气主要来源是:井下爆破和生物的腐烂,有些煤岩层中也有氮气涌出。

三、矿井空气主要成分的质量(浓度)标准

由于矿井空气质量对人员健康和矿井安全有着重要的影响,所以《煤矿安全规程》(以下简称《规程》)对矿井空气主要成分(氧气、二氧化碳)的浓度标准做出了明确的规定:

采掘工作面进风流中的氧气浓度不得低于20%;二氧化碳浓度不得超过0.5%;总回风流中二氧化碳浓度不得超过0.75%;当采掘工作面风流中二氧化碳浓度达到1.5%或采区、采掘工作面回风道风流中二氧化碳浓度超过1.5%时,必须停工处理。

第二节 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。本节将重点讨论矿井空气中常见有害气体的基本性质及安全标准。

一、矿井空气中常见有害气体的基本性质

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。

一氧化碳与人体血液中血红素的亲和力比氧大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)。一旦一氧化碳进入人体后,首先就与血液中的血红素相结合,因而减少了血红素与氧结合的机会,使血红素失去输氧的功能,从而造成人体血液“窒息”。所以,医学上又将一氧化碳称为血液窒息性气体。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 1-2-1 所示。由于一氧化碳与血红素结合后,生成鲜红色的碳氧血红素,故一氧化碳中毒最显著的特征是中毒者粘膜和皮肤均呈樱桃红色。

表 1-2-1 一氧化碳中毒症状与浓度的关系^[5]

一氧化碳浓度(体积)/%	主要症状
0.02	2~3 小时内可能引起轻微头痛
0.08	40 分钟内出现头痛,眩晕和恶心。2 小时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 分钟内出现头痛,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

空气中一氧化碳的主要来源有:井下爆破;矿井火灾;煤炭自燃以及煤尘、瓦斯爆炸事故等。

2. 硫化氢(H₂S)

硫化氢无色、微甜、有浓烈的臭鸡蛋味,当空气中浓度达到 0.0001% 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。

硫化氢剧毒,有强烈的刺激作用,不但能引起鼻炎、气管炎和肺水肿;而且还能阻碍生物的氧化过程,使人体缺氧。当空气中硫化氢浓度较低时主要以腐蚀刺激作用为主;浓度较高时能引起人体迅速昏迷或死亡,腐蚀刺激作用往往不明显。硫化氢中毒症状与浓度的关系如表 1-2-2 所示。

表 1-2-2 硫化氢中毒症状与浓度的关系^[6]

硫化氢浓度(体积)/%	主要症状
0.0025~0.003	有强烈臭味
0.005~0.01	1~2 小时内出现眼及呼吸道刺激症状,臭味“减弱”或“消失”
0.015~0.02	出现恶心,呕吐,头昏四肢无力反应迟钝。眼及呼吸道有强烈刺激症状
0.035~0.045	0.5~1 小时内出现严重中毒,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

空气中硫化氢的主要来源: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;我国有些矿区煤层中也有硫化氢涌出。

3. 二氧化氮(NO₂)

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。

二氧化氮溶于水后生成腐蚀性很强的硝酸,对眼睛、呼吸道粘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。二氧化氮中毒有潜伏期,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 小时后发作,中毒者指头出现黄色斑点,并出现严重的咳嗽、头痛、呕吐甚至死亡。二氧化氮中毒症状与浓度的关系如表 1-2-3 所示。

表 1-2-3 二氧化氮中毒症状与浓度的关系^[7]

二氧化氮浓度(体积)/%	主 要 症 状
0.004	2~4 小时内可出现咳嗽症状
0.006	短时间内感到喉咙刺激,咳嗽,胸疼
0.01	短时间内出现严重中毒症状,神经麻痹,严重咳嗽,恶心,呕吐
0.025	短时间内可能出现死亡

空气中二氧化氮的主要来源:井下爆破工作。

4. 二氧化硫(SO₂)

二氧化硫无色、有强烈的硫磺气味及酸味,当空气中二氧化硫浓度达到 0.0005% 即可嗅到。其相对密度为 2.22,在风速较小时,易积聚于巷道的底部。二氧化硫易溶于水,在常温、常压下 1 个体积的水可溶解 4 个体积的二氧化硫。

二氧化硫遇水后生成硫酸,对眼睛及呼吸系统粘膜有强烈的刺激作用,可引起喉炎和肺水肿。当空气中二氧化硫浓度达到 0.002% 时,眼及呼吸器官即感到有强烈的刺激;浓度达到 0.05% 时,短时间内即有生命危险。

空气中二氧化硫的主要来源:含硫矿物的氧化与自然;在含硫矿物中爆破;以及从含硫矿层中涌出。

5. 氨气(NH₃)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体,比重为 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粘膜有刺激作用,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。

6. 氢气(H₂)

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。

二、矿井空气中有毒气体的安全浓度标准

矿井空气中有毒气体对井下作业人员的生命安全危害极大,因此《规程》对常见有毒气体的安全标准都做了明确的规定,其值如表 1-2-4 所列。制定这些标准时,都留有较大的安

表 1-2-4 矿井空气中有毒气体的最高容许浓度

有害气体名称	符 号	最高容许浓度/%
一氧化碳	CO	0.0024
二氧化氮(换算成二氧化氮)	NO ₂	0.00025
二氧化硫	SO ₂	0.0005
硫化氢	H ₂ S	0.00066
氨	NH ₃	0.004

全系数。如空气中 CO 浓度达 0.048% 时一小时内才可出现轻微的中毒症状,而《规程》规定的 CO 最高允许浓度为 0.0024%, 是其轻微中毒浓度的 1/20; 再如 NO₂ 浓度达 0.025% 时, 中毒者在短时间内有死亡危险, 而《规程》规定的 NO₂ 最高允许浓度为 0.00025%, 是其危险中毒浓度的 1/100。因此, 只要我们能够严格遵守《规程》规定, 不违章作业, 就完全可以避免有害气体对人体的侵害。

第三节 矿井气候

矿井气候是指矿井空气的温度、湿度和流速这三个参数的综合作用状态。这三个参数的不同组合, 便构成了不同的矿中气候条件。矿井气候条件对井下作业人员的身体健康和劳动安全有重要的影响。

一、矿井气候对人体热平衡的影响

新陈代谢是人类生命活动的基本过程之一。人从食物中摄取营养, 在体内进行缓慢氧化而生成热量, 其中一部分用来维持人体自身的生理机能活动以及满足对外做功的需要, 其余部分必须通过散热的方式排出体外, 才能保持人体正常的生理功能。

人体散热主要是通过人体皮肤表面与外界的对流、辐射和汗液蒸发这三种基本形式进行的。对流散热主要取决于周围空气的温度和流速; 辐射散热主要取决于温度周围物体的表面; 蒸发散热主要取决于周围空气的相对湿度和流速。在正常情况下, 人体依靠自身的调节机能, 使产热量和散热量之间保持着动平衡, 体温维持在 36.5~37℃ 之间。人体的这种热平衡关系可表示如下:

$$q_m - q_w = q_d + q_e + q_r + q_{ch} \quad (1-3-1)$$

式中 q_m ——人体在新陈代谢过程中的产热量, 取决于人体活动量的大小;

q_w ——人体用于做功而消耗的热量, $q_m - q_w$ 为必须从体内排出的多余热量, 它因人体的活动强度不同而异;

q_d ——人体对流散热量。当空气温度低于人体表面温度时, q_d 为正, 反之为负;

q_e ——汗液蒸发和呼出水蒸气所带出的热量;

q_r ——人体与周围物体表面间的辐射换热量, q_r 可能为正, 也可能为负;

q_{ch} ——由热量转化而来没有排出体外的能量。

当人体处于热平衡状态时, $q_{ch} = 0$, 这时人体因保持了热平衡而感到舒适; 当受外界环境影响, 人体这种热平衡受到破坏时, 就将导致人体的体温升高 ($q_{ch} > 0$) 或降低 ($q_{ch} < 0$), 从而产生种种不舒适的症状, 严重时甚至可能导致疾病和死亡。

矿井气候条件的三参数是影响人体热平衡的主要因素。

空气温度对人体对流散热起着主要作用。当气温低于体温时, 对流和辐射是人体的主要散热方式, 温差越大, 对流散热量越多; 当气温等于体温时, 对流散热完全停止, 蒸发成了人体的主要散热方式; 当气温高于体温时, 人体依靠对流不仅不能散热, 反而要从外界吸热, 这时蒸发几乎成为人体惟一的散热方式。

相对湿度影响人体蒸发散热的效果。随着气温的升高, 蒸发散热的作用越来越强。当气温较高时, 人体主要依靠蒸发散热来维持人体热平衡。此时若相对湿度较大, 汗液就难于蒸发, 不能起到蒸发散热的作用, 人体就会感到闷热, 因为只有汗液蒸发过程中才能带走较