



全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

矿井 通风

主 编 刘其志 孙玉峰

煤炭工业出版社

全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

矿井通风

主 编 刘其志 孙玉峰
副主编 郑光相 方焕明
主 审 刘殿武

煤炭工业出版社

·北京·

内 容 提 要

本书是全国煤炭高职高专矿井通风与安全专业“十一五”规划教材。全书共分十一章,内容包括:矿井空气与所需风量、矿井风流的能量及其变化规律、矿井通风阻力、矿井通风动力、矿井通风系统、掘进通风、矿井风量调节、矿井通风设计、矿井空气调节概论、实践教学等。

本书是高等职业院校、高等专科学校矿井通风与安全专业的规划教材,也可作为成人高校、中等职业学校相关专业和煤矿干部培训的教材或教学参考书,也可供从事煤矿科研、设计、管理及工程的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿井通风/刘其志,孙玉峰主编. —北京:煤炭工业出版社,2007.8

全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3105-3

I. 矿… II. ①刘…②孙… III. 矿山通风—高等学校:技术学校—教材 IV. TD72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 078173 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
环球印刷(北京)有限公司 印刷
新华书店北京发行所 发行

开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 15
字数 365 千字 印数 1—5,000
2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷
社内编号 5906 定价 27.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

全国煤炭高职高专矿井通风与安全类“十一五”规划教材

编审委员会

主 任: 辛大学 王永安

副 主 任: 刘殿武 李永怀

秘 书 长: 刘其志

委 员 (以姓氏笔画为序):

王永祥 王占元 王延飞 朱云辉

刘子龙 刘其志 刘学鲁 孙玉峰

孙和应 吕智海 任世英 李 洪

沈 杰 何 林 苏 寿 张长喜

张钦祥 陈 雄 陈光海 姚向荣

高 专 常海虎 郭林祥 彭奏平

前 言

本书是全国煤炭高职高专矿井通风与安全专业“十一五”规划教材之一,是由中国煤炭教育协会和中国矿业大学(北京)教材编审室共同组织编写的。

本书是根据教育部高等职业教育矿井通风与安全专业培养培训教学方案的要求编写的。在编写过程中,结合培养矿井通风与安全专业高技能人才的要求,力求突出高等职业教育的特点,基本理论以够用为度,重点加强实践知识和能力的培养与训练。因此,增加了矿井通风能力核定和实践教学等内容。旨在提高学生实际分析问题和解决问题的能力。

本书由刘其志、孙玉峰任主编,郑光相、方焕明任副主编。具体分工如下:辽源职业技术学院赖立学编写第一章,辽源职业技术学院孙玉峰编写第二章、第三章,石家庄工程职业技术学校任世英编写第四章,山西大同大学工学院郭林祥编写第五章第1、2、4、5、6节和第九章,平顶山工业职业技术学院郑光相编写第六章,河北能源职业技术学院方焕明编写第五章第3节、第7节,重庆工程职业技术学院刘其志编写第七章、第八章,重庆工程职业技术学院桑鹏程编写第十章和附录,刘其志负责全书的统稿。全书由湖南安全技术职业学院刘殿武教授主审。

本书在编写过程中,得到了各参编院校相关专业教师的大力支持;湖南安全技术职业学院教授刘殿武对全书进行了认真审阅,并提出了宝贵的意见。在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者
2007年5月

目 录

第一章 矿井空气与所需风量	(1)
第一节 矿井空气的主要成分	(1)
第二节 矿井空气中的有害气体及其检测	(3)
第三节 矿井气候条件及改善	(7)
第四节 矿井采掘工作面和硐室风量的计算	(13)
第五节 井巷风量的测算	(16)
复习思考题	(22)
第二章 矿井风流的能量及其变化规律	(23)
第一节 矿井空气的主要物理参数	(23)
第二节 矿井空气压力及测量	(25)
第三节 风流流动的基本规律	(33)
第四节 矿井风流的能量方程及其应用	(35)
复习思考题	(40)
第三章 矿井通风阻力	(42)
第一节 摩擦阻力	(42)
第二节 局部阻力	(48)
第三节 井巷风阻与等积孔	(50)
第四节 矿井通风阻力测定	(53)
复习思考题	(61)
第四章 矿井通风动力	(62)
第一节 自然风压	(62)
第二节 矿用通风机	(64)
第三节 通风机的特性	(69)
第四节 矿井反风技术	(74)
第五节 矿井主要通风机风压与通风阻力的关系	(77)
第六节 通风机的性能试验	(79)
复习思考题	(82)
第五章 矿井通风系统	(84)
第一节 矿井通风方法	(84)
第二节 矿井通风方式	(85)
第三节 通风网络	(88)
第四节 采区通风系统	(95)
第五节 通风设施及提高矿井有效风量的途径	(101)
第六节 矿井通风系统图	(109)

第七节 复杂通风网络解算	(113)
复习思考题	(123)
第六章 掘进通风	(126)
第一节 掘进通风方法	(126)
第二节 掘进通风设备与选择计算	(131)
第三节 掘进通风技术管理	(136)
复习思考题	(141)
第七章 矿井风量调节	(142)
第一节 矿井局部风量调节	(142)
第二节 矿井总风量调节	(148)
复习思考题	(153)
第八章 矿井通风设计	(155)
第一节 拟定矿井通风系统	(156)
第二节 采区通风设计	(158)
第三节 矿井总风量的计算和分配	(160)
第四节 计算矿井通风总阻力	(161)
第五节 矿井通风设备的选择	(162)
第六节 矿井通风费用概算	(165)
第七节 生产矿井通风能力核定	(167)
第八节 生产矿井通风系统技术改造设计	(173)
复习思考题	(174)
第九章 矿井空气调节概论	(179)
第一节 井口空气加热	(179)
第二节 矿井主要热源散热量及风流热湿的计算	(183)
第三节 矿井降温的技术措施	(189)
复习思考题	(193)
第十章 实践教学	(194)
第一节 实验	(194)
第二节 实训	(197)
附录	(206)
附录一 井巷摩擦阻力系数 α 值表($\rho=1.2 \text{ kg/m}^3$)	(206)
附录二 井巷局部阻力系数 ξ 值表	(210)
附录三 通风阻力测量记录与计算表	(211)
附录四 离心式通风机性能曲线	(213)
附录五 轴流式通风机特性曲线	(215)
附录六 BD 系列通风机特性曲线	(222)
附录七 矿用通风机性能参数表	(226)
附录八 通风机性能试验数据记录表和计算表	(229)
主要参考文献	(232)

第一章 矿井空气与所需风量

矿井通风就是把地面新鲜空气连续不断地送入井下各用风地点,其目的是稀释和排除有害气体及矿尘,提供井下人员呼吸所需的氧气,同时创造一个良好的气候条件。因此,有必要首先对矿井空气的成分及其对人体的影响进行分析,了解矿井各用风地点对新鲜空气的需求(需风量)。

本章重点阐述矿井空气的各种成分及其检测,矿井空气的温度、湿度、风速及其测定方法,介绍了矿井需风量的计算方法,为矿井通风理论的学习奠定基础。

第一节 矿井空气的主要成分

地面空气是由干空气和水蒸气组成的混合气体,称为湿空气。

干空气是指完全不含有水蒸气的空气,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,其主要成分见表1-1。

表1-1 地面干空气组成成分

气体成分	按体积计/%	按质量计/%
氧气(O ₂)	20.96	23.23
氮气(N ₂)	79.00	76.71
二氧化碳(CO ₂)	0.03	0.05
稀有气体	0.01	0.01

地面空气进入井下,称为矿井空气。地面空气进入井下后,会发生一系列的物理变化和化学变化。一般在到达用风地点前变化较小,所以称为新鲜空气,也叫新鲜风流(简称新风),反之,称为污浊空气,也叫污浊风流(简称污风)。

一、氧气

在通常状况下,氧气是一种无色、无味、无臭的气体。在标准状况下,氧气的相对密度是1.429 g/L,比空气略大(空气的密度是1.293 g/L)。它不易溶于水,1 L水中只能溶解约30 mL氧气。在压强为101 kPa时,氧气在约-183 ℃(90 K)时变为淡蓝色液体,在约-218 ℃(55 K)时变成雪花状的淡蓝色固体。

氧气是一种化学性质非常活泼的气体,它可以与金属、非金属、化合物等多种物质发生氧化反应能助燃。

氧气是维持人体正常生理机能所需要的气体,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。通常情况下,人在休息时的需氧量为0.2 L/min~0.4 L/min;在工作时的需氧量为1 L/min~3 L/min。

空气中氧气浓度对人体健康和生命安全有直接影响,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,人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系见表 1-2。严重时可能导致缺氧死亡。

表 1-2 人体缺氧症状与空气中氧气浓度的关系

氧气浓度(体积)/%	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

二、氮气

氮气是一种无色、无味、无臭的气体,与空气的相对密度为 0.97,微溶于水,通常状况下 1 体积水中只能溶解大约 0.02 体积的氮气。在压强为 101 kPa 下,氮气在 -195.8°C 时变成无色液体,在 -209.9°C 时变成雪花状固体。

氮气在正常情况下,对人体无害,但当空气中的氮气浓度增加时,会相应降低氧气浓度,造成人因缺氧而窒息。矿井中的氮气主要来源于井下爆破、有机物(坑木)的腐烂和从煤岩层裂隙中涌出等。

三、二氧化碳

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

在新鲜空气中含量约为 0.03% 的二氧化碳,对人身是无害的,但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,也会使人呼吸加快,呼吸量增加,严重时也能造成人员中毒或窒息。空气中二氧化碳浓度对人体的影响见表 1-3。

表 1-3 空气中二氧化碳浓度对人体的影响

二氧化碳浓度(体积)/%	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

四、工业卫生标准

矿井上、下因各种有毒有害气体的存在而危害身体健康乃至生命安全,必须积极采取有效的防范措施,把空气成分中的有毒有害气体浓度降低到对人体没有危害的程度,是矿井通风的任务之一,也是衡量矿井通风工作的一项标准。这种对人体没有危害的气体浓度称为允许浓度或称安全标准。

根据我国制定的《工业企业设计卫生标准》,《煤矿安全规程》规定了在采掘工作面的进

风流中各种气体成分的安全标准(其中氧气是最低允许含量,其余都为最高允许浓度):在采掘工作面的进风风流中,按体积计算,氧气浓度不低于 20%,二氧化碳浓度不得超过 0.5%;采区回风巷道和采掘工作面回风巷道风流中二氧化碳浓度超过 1.5%时,必须停止工作,撤出人员,采取措施进行处理。

第二节 矿井空气中的有害气体及其检测

一、矿井主要有毒有害气体的种类及其性质

矿井空气中常见的有毒有害气体有一氧化碳、二氧化氮、硫化氢、二氧化硫和甲烷等。

(一) 一氧化碳(CO)

一氧化碳是一种无色、无味、无臭的气体。与空气相对密度为 0.97,微溶于水,能与空气均匀地混合;一氧化碳能燃烧,当矿井空气中一氧化碳体积浓度在 13%~75%时,具有爆炸性。

一氧化碳有剧毒。血红素是人体血液中携带氧气和排出二氧化碳的细胞,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。一旦一氧化碳进入人体后,首先就与血液中的血红素相结合,阻碍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引起窒息和中毒。一氧化碳的中毒程度与其浓度、中毒时间、呼吸频率和人的体质有关。一氧化碳中毒程度与其浓度关系见表 1-4。

表 1-4 一氧化碳的中毒程度与其浓度关系

一氧化碳浓度(体积)/%	主要症状
0.048	1 h 可引起轻微中毒
0.08	40 min 内可引起头痛、眩晕和恶心等。
0.128	0.5 h~1 h 引起意识迟钝、丧失行动能力等严重中毒
0.32	5 min~10 min 引起头痛、眩晕,30 min 引起昏迷,死亡

矿井空气中一氧化碳的来源有:爆破工作、矿井火灾、煤炭自燃以及瓦斯煤尘爆炸事故等。

(二) 硫化氢(H₂S)

硫化氢为无色、微甜、有浓烈臭鸡蛋味的气体,对空气的相对密度为 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,当空气中硫化氢浓度达到 4.3%~45.5%时具有爆炸性。

硫化氢有剧毒,不但能阻碍生物氧化过程,使人体血液缺氧中毒,而且有强烈的刺激作用,能引起鼻炎、气管炎和肺水肿。硫化氢的中毒程度与浓度的关系见表 1-5。

表 1-5 硫化氢的中毒程度与浓度的关系

硫化氢浓度(体积)/%	主要症状
0.000 1	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 h~1 h 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:坑木等有机物的腐烂;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。

(三) 二氧化氮(NO_2)

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。

二氧化氮是井下毒性最强的有害气体。它溶于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,严重时引起肺水肿。二氧化氮的中毒程度与浓度的关系见表 1-6。

表 1-6 二氧化氮的中毒程度与浓度的关系

二氧化氮浓度(体积)/%	主要症状
0.004	2 h~4 h 内不致显著中毒,6 h 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

矿井空气中二氧化氮的主要来源是井下爆破作业,炮烟的主要有害气体是二氧化氮。

(四) 二氧化硫(SO_2)

二氧化硫是无色、有强烈的硫磺气味及酸味的气体,当空气中二氧化硫浓度达到 0.000 5% 时,即可嗅到刺激气味。与空气的相对密度为 2.22,易溶于水。

二氧化硫有剧毒。空气中的二氧化硫遇水后生成硫酸,对眼睛及呼吸系统黏膜有强烈的刺激作用,可引起喉炎和肺水肿。二氧化硫的中毒程度与浓度的关系见表 1-7。

表 1-7 二氧化硫的中毒程度与浓度的关系

二氧化硫浓度(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

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

(五) 氨气(NH_3)

氨气是一种无色、有浓烈臭味的气体,与空气的相对密度为 0.596,易溶于水。当空气中的氨气浓度达 30% 时遇火有爆炸危险。

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。

矿井空气中氨气的主要来源:爆破和用水灭火时产生等;少数岩层中也有氨气涌出。

(六) 氢气(H_2)

氢气是一种无色、无味、无毒的气体,与空气相对密度为 0.07,是井下最轻的有害气体。氢气能燃烧,其点燃温度比瓦斯低 $100\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。当空气中氢气浓度达到 4%~74% 时有爆炸性。

矿井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;矿井发生火灾和爆炸事故时也会产生。

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),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。本专业系列教材《矿井瓦斯防治》中详细介绍了它的主要性质、危害和预防措施,本节不再重复。

二、矿井空气中有害气体的安全浓度标准

为了防止有害气体对人体和安全生产造成危害,《煤矿安全规程》中对其安全浓度(允许浓度)标准做了明确规定,其中主要有害气体的浓度标准见表 1-8。

表 1-8 矿井空气中有害气体最高允许浓度

有害气体名称	符 号	最高允许浓度/%
一氧化碳	CO	0.002 4
氧化氮(换算成二氧化氮)	NO_2	0.000 25
二氧化硫	SO_2	0.000 5
硫化氢	H_2S	0.000 66
氨	NH_3	0.004

通过上述有害气体的安全浓度标准可以看出,最高允许浓度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《煤矿安全规程》规定,不违章作业,人身安全是完全有保障的。

三、矿井有毒有害气体的检测方法

(一) 瓦斯(CH_4)的快速检测方法

煤矿中用于检测瓦斯的仪器有光学瓦斯检定器、瓦斯检测报警仪、瓦斯断电仪等,其工作原理及使用方方法详见本专业系列教材《煤矿安全监测监控技术》。

(二) CO 、 NO_2 、 H_2S 、 SO_2 、 NH_3 、 H_2 的快速检测方法

煤矿井下空气中 CO 、 NO_2 、 H_2S 、 SO_2 、 NH_3 和 H_2 等有害气体的浓度测定,普遍采用比长式检测管法。它是根据待测气体同检测管中的指示粉发生化学反应后指示粉的变色长度来确定待测气体浓度的。下面以比长式 CO 检测管为例说明检测原理及检测方法。

CO 检定与采样是用比长式一氧化碳检定管和抽气唧筒进行。比长式一氧化碳检定管如图 1-1 所示,它是以活性硅胶为载体,吸附化学试剂碘酸钾和发烟硫酸充填于细玻璃管中制成。测量时,含有一氧化碳的空气通过检定管,与指示胶所载试剂发生化学反应,在玻璃管壁上形成一个棕色环。棕色环随气流通过向前移动,移动的距离与被测环境空气中的一氧化碳浓度成正比。因此,可根据玻璃管上的刻度直接读出被测环境空气的一氧化碳浓度。

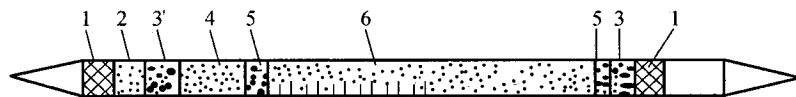


图 1-1 比长式 CO 检测管结构示意图

1—堵塞物;2—活性炭;3—硅胶;4—消除剂;5—玻璃粉;6—指示粉

其他有害气体的比长式检测管结构及工作原理与 CO 的基本相同,只是检测管内装的指

示粉各不相同,颜色变化各有差异。表 1-9 列举了我国煤矿用各种比长式气体检测管的主要性能。

表 1-9 我国煤矿用比长式气体检测管的主要性能

检测管名称	型号	测量范围(体积比)	最小分辨率	最小检测浓度	颜色变化
CO	I	$(5\sim 50)\times 10^{-6}$	5×10^{-6}	5×10^{-6}	白→棕褐色
	II	$(10\sim 500)\times 10^{-6}$	20×10^{-6}	10×10^{-6}	
	III	$(100\sim 5\,000)\times 10^{-6}$	200×10^{-6}	100×10^{-6}	
CO ₂	I	0.2%~3.0%	0.2%	0.1%	蓝色→白色
	II	1%~15%	1%	0.5%	
H ₂ S	1	$(3\sim 100)\times 10^{-6}$	5×10^{-6}	3×10^{-6}	白→棕色
SO ₂	1	$(2.5\sim 100)\times 10^{-6}$	5×10^{-6}	2.54×10^{-6}	紫→土黄色
NO ₂	1	$(1\sim 50)\times 10^{-6}$	2.5×10^{-6}	1×10^{-6}	白→黄绿色
NH ₃	1	$(20\sim 200)\times 10^{-6}$	20×10^{-6}	20×10^{-6}	桔黄→蓝灰色
O ₂		1%~21%	1%	0.5%	白→茶色
H ₂	1	0.5%~3.0%	0.5%	0.3%	白→淡红

与比长式检测管配套使用的抽气唧筒,如图 1-2 所示。

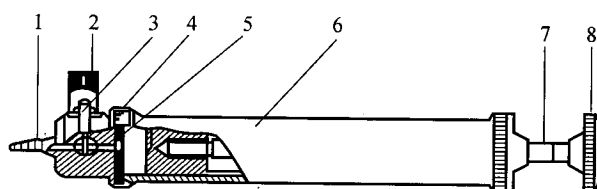


图 1-2 抽气唧筒结构示意图

1—气嘴;2—接头胶管;3—阀门把;4—变换阀;
5—垫圈;6—活塞筒;7—拉杆;8—手柄

抽气唧筒由变换阀和活塞筒等部分组成。活塞筒 6 用来抽取气样,变换阀 4 可以改变气样流动方向或切断气流。当阀门把手 3 处于垂直位置时,活塞筒与接头胶管 2 相通;当阀门把手处于水平位置时,活塞筒与气嘴 1 相通;当阀门把手处于 45°位置时,变换阀将活塞筒与外界气体隔断。在活塞拉杆 7 上刻有标尺,可以表示出手柄拉到某一位置时吸入活塞筒的气样体积(ml)。

使用时先将阀门把手转到水平位置,在待测地点拉动活塞拉杆往复抽送气 2~3 次,使待测气体充满活塞筒,再将把手扳至 45°位置;将检测管两端用小砂轮机打开,按检测管上的箭头指向插入胶管接头;将把手扳至垂直位置,按检测管上规定的送气时间(一般 100 s)将气样均匀地送入检测管,然后,拔出检测管。直接从检测管的刻度上读出一氧化碳的浓度。如果被测一氧化碳浓度很低,用低浓度检测管也不易测出,可增加通过检测管气样的体积(即增加送气次数)进行测定。例如,抽气唧筒连续动作 5 次后,从检测管刻度上读得一氧化碳浓度为 0.0018%,则实际一氧化碳浓度为

检定管刻度示值/抽气唧筒动作次数 = $0.0018\% / 5 = 0.00036\%$

四、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浓度稀释到《煤矿安全规程》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瓦斯,可以采用抽放的方法加以解决,这既可以减少生产中的瓦斯涌出,减轻通风负担,抽到地面的瓦斯还能加以利用,变废为宝。

(4) 放炮喷雾或使用水泡泥。喷雾器以及水泡泥爆破后产生的水雾能溶解炮烟中的二氧化氮、二氧化碳等溶水性好的有害气体,降低其浓度,且方法简单有效。

(5) 加强对通风不良处和井下盲巷的管理。工作面采空区、盲巷等应及时封闭;临时停风的巷道要切断电源,设置栅栏和警标,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带自救器。一旦矿井发生火灾、瓦斯煤尘爆炸等事故,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 矿井气候条件及改善

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,其参数的不同组合构成不同的矿井气候条件,直接影响井下作业人员的身心健康和劳动生产效率。

一、矿井空气的温度、湿度和风速

(一) 矿井空气的温度

1. 地面空气的温度

地面空气的温度对矿井空气的温度有直接影响。冬季地面温度较低,冷空气流进入矿井后,会使井下温度降低,如不预热,风井会有结冰现象。夏季地面温度很高,热空气流入井下后会使空气温度升高。特别是浅井,由于没有充分的热交换时间,井下温度随季节变化而变化,一般进风井冬季温度低,夏季温度高。

2. 岩层温度

一般在地面以下 20 m~30 m 深度地带,岩层温度在全年内保持不变,其温度等于年平均地表温度;这一地带称为恒温带,此处的深度称为恒温带深度。在恒温带以下岩层温度随深度的增加而升高,不受地面气候变化的影响。岩层温度增加 1°C 时所增加的垂直深度称为地温率。因此,只要知道本地区的恒温带温度和地温率就可按下式预计深部岩层温度。即

$$t = t_{\text{恒}} + (Z - Z_{\text{恒}}) / g_{\text{恒}} \quad (1-1)$$

式中 t ——深度为 Z 米的岩层温度, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{恒}}$ ——恒温带的岩层温度, $^\circ\text{C}$;

Z ——某处深度, m;

$Z_{\text{恒}}$ ——恒温带的深度, m;

$g_{\text{恒}}$ ——地温率, $\text{m}/^{\circ}\text{C}$ 。

当空气进入井下后,因其与岩层有温差,故在流动的同时进行热交换。如地面空气低于岩层温度时,则岩石放热,使气温逐渐升高;反之则岩石吸热,使气温逐渐降低。

3. 井下生成热及吸热

井下煤炭、坑木等物质的氧化会产生热量,机电设备、人体和地下热水的散热,都能使井下气温升高。例如,经氧化生成 2 g 二氧化碳时(相当于空气中二氧化碳增加 0.1%)能产生热量 18 kJ,可使 1 m^3 空气升高 14.5°C ,因此氧化发热是井下气温升高的主要因素之一。

4. 空气的压缩及膨胀

当空气沿井筒向下流动时,由于空气被压缩而产生热量,一般垂深每增加 100 m,其温度升高 1°C 左右;反之,空气向上流动时,则又因空气的膨胀而降温,平均每升高 100 m,温度下降 $0.8^{\circ}\text{C} \sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 。

5. 通风强度

通风强度主要是指在单位时间内进入井下的空气量的多少。温度较低的空气流经井下巷道和工作面时,由于热交换作用能吸收热量。流经井巷的风量越大,吸收的热量也越多,气温就会降低。因此,加大通风强度是降温的有效措施之一。

(二) 矿井空气的湿度

空气的湿度是指空气中所含的水蒸气量或潮湿程度。其有两种表示方法:

(1) 绝对湿度:单位体积空气中所含水蒸气的质量,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。在标准大气压下,不同温度时的饱和水蒸量、饱和水蒸气压力见表 1-10。

表 1-10 不同温度时的饱和水蒸气量、饱和水蒸气压力

温度/ $^{\circ}\text{C}$	饱和水蒸气量/ (g/m^3)	水蒸气压力/Pa	温度/ $^{\circ}\text{C}$	饱和水蒸气量/ (g/m^3)	水蒸气压力/Pa
-20	1.1	128	14	12	1 597
-15	1.6	193	15	12.8	1 704
-10	2.3	288	16	13.6	1 817
-5	3.4	422	17	14.4	1 932
0	4.9	610	18	15.3	2 065
1	5.2	655	19	16.2	2 198
2	5.6	705	20	17.2	2 331
3	6	757	21	18.2	2 491
4	6.4	811	22	19.3	2 638
5	6.8	870	23	20.4	2 811
6	7.3	933	24	21.6	2 984
7	7.7	998	25	22.9	3 171
8	8.3	1 068	26	24.2	3 357
9	8.8	1 143	27	25.6	3 557
10	9.4	1 227	28	27	3 784
11	9.9	1 311	29	28.5	4 010
12	10	1 402	30	30.1	4 236
13	11.3	1 496	31	31.8	4 490

(2) 相对湿度:某一体积的空气中水蒸气的实际含有量与同温度下的饱和水蒸气量比值的百分数,即

$$\varphi = f / F_{\text{饱}} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 φ ——相对湿度, %;

f ——空气中所含水蒸气量(即绝对湿度), g/m^3 ;

$F_{\text{饱}}$ ——在同一温度下空气中饱和水蒸气量, g/m^3 。

通常所说的湿度都是指相对湿度,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。

井下空气的湿度是随着进入井下的地面空气湿度和井下滴水情况不同而变化的。在冬季,地面空气进入井下后,因温度升高,空气的饱和能力加大($F_{\text{饱}}$ 值变大),使相对湿度降低,所以沿途要使井巷中水分蒸发,进风路线的井巷就显得干燥;在夏季正相反,地面空气进入井下后,因温度降低,空气的饱和能力变小,使相对湿度升高,此时空气中的一部分水蒸气就可能凝结成小水珠,使井巷显得潮湿。所以在矿井进风路线上有冬干夏湿现象;在采掘工作面和回风路线上,气温常年不变,湿度几乎常年不变,稳定在 95% 左右。

除了温度的影响以外,矿井空气的湿度还与井下涌水大小及井下生产用水状况等因素有关。

(三) 井巷中的风速

风速是指空气的流动速度。风速过低,汗水不易蒸发,人感到闷热,有害气体和矿尘也不能及时排散;风速过高,散热过快,易使人感冒,并造成井下落尘飞扬,对安全生产和人体健康也不利,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 1-11 给出了井下不同温度下适宜的风速范围。表 1-12 则是《煤矿安全规程》规定的不同井巷中的允许风速标准。

表 1-11 风速与温度之间的合适关系

空气温度/ $^{\circ}\text{C}$	<15	15~20	20~22	22~24	24~26
适宜风速/(m/s)	<0.5	<1.0	>1.0	>1.5	>2.0

表 1-12 井巷中的允许风流速度

井巷名称	允许风速/(m/s)	
	最低	最高
无提升设备的风井和风硐		15
专为升降物料的井筒		12
风桥		10
升降人员和物料的井筒		8
主要进、回风巷		8
架线电机车巷道	1.0	8
运输机巷,采区进、回风巷	0.25	0
采煤工作面、掘进中的煤巷和半煤岩巷	0.25	4
掘进中的岩巷	0.15	4
其他通风人行巷道	0.15	

此外,《煤矿安全规程》还规定,设有梯子间的井筒或维修中的井筒,风速不得超过 8 m/s;梯子间四周经封闭后,井筒中的最高允许风速可按表 1-12 执行。

二、矿井空气温度和湿度的测定

(一) 矿井空气温度的测定

测温仪器可使用最小分度 0.5℃ 并经校正的温度计。测温时间一般在 8:00~16:00 时间内进行。测定温度的地点应符合以下要求:

(1) 掘进工作面空气温度的测点,应设在工作面距迎头 2 m 处的回风流中。

(2) 长壁式采煤工作面空气温度的测点,应在工作面内运输道空间中央距回风道口 15 m 处的风流中。采煤工作面串联通风时,应分别测定。

(3) 机电硐室空气温度的测点,应选在硐室回风道口的回风流中。

此外,测定气温时应将温度计放置在测定地点 10 min 后读数,读数时先读小数再读整数。温度测点不应靠近人体、发热或制冷设备,至少离开 0.5 m。

(二) 矿井空气湿度的测定

测量矿井空气湿度的仪器主要有风扇湿度计和手摇湿度计,它们的测定原理相同。常用的风扇湿度计(又称通风干湿表)如图 1-3 所示,它主要由两支相同的温度计 1、2 和一个通风器 6 组成,其中一只温度计的水银液球上包有湿纱布,称为湿温度计,另一只温度计称为干温度计,两只温度计的外面均罩着内外表面光亮的双层金属保护管 4、5,以防热辐射的影响;通风器 6 内装有风扇和发条,上紧通风器上的发条,风扇转动,使风管 7 内产生稳定的气流,干、湿温度计的水银球处在同一风速下。

测定相对湿度时,先用仪器附带的吸水管将湿温度计的棉纱布浸湿,然后上紧通用器上的发条,小风扇转动吸风,空气从两个金属保护管 4、5 的入口进入,经中间风管 7 由上部排出。由于湿球表面的水分蒸发需要热量,因而湿球温度计的温度值低于干球温度计的温度值,空气的相对湿度越小,蒸发吸热作用越显著,干湿温度计的读数差值就越大。根据湿温度计的读数(t' ,℃)和干、湿温度计的读数差值(Δt ,℃),由表 1-13 即可查出空气的相对湿度(φ)。

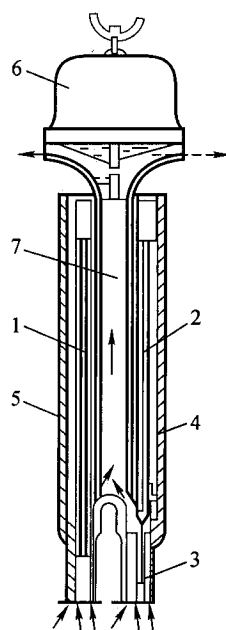


图 1-3 风扇湿度计

- 1—干球温度计;
- 2—湿球温度计;
- 3—湿棉纱布;
- 4、5—双层金属保护管;
- 6—通风器;7—风管

表 1-13 由风扇湿度计读数查相对湿度

湿球 示度/ ℃	干湿温度计指示度差/℃														
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
	相对湿度 φ /%														
0	100	91	83	75	67	61	54	48	42	37	31	27	22	18	14
1	100	91	83	76	69	62	56	50	44	39	34	30	25	21	17
2	100	92	84	77	70	64	58	52	47	42	37	33	28	24	21