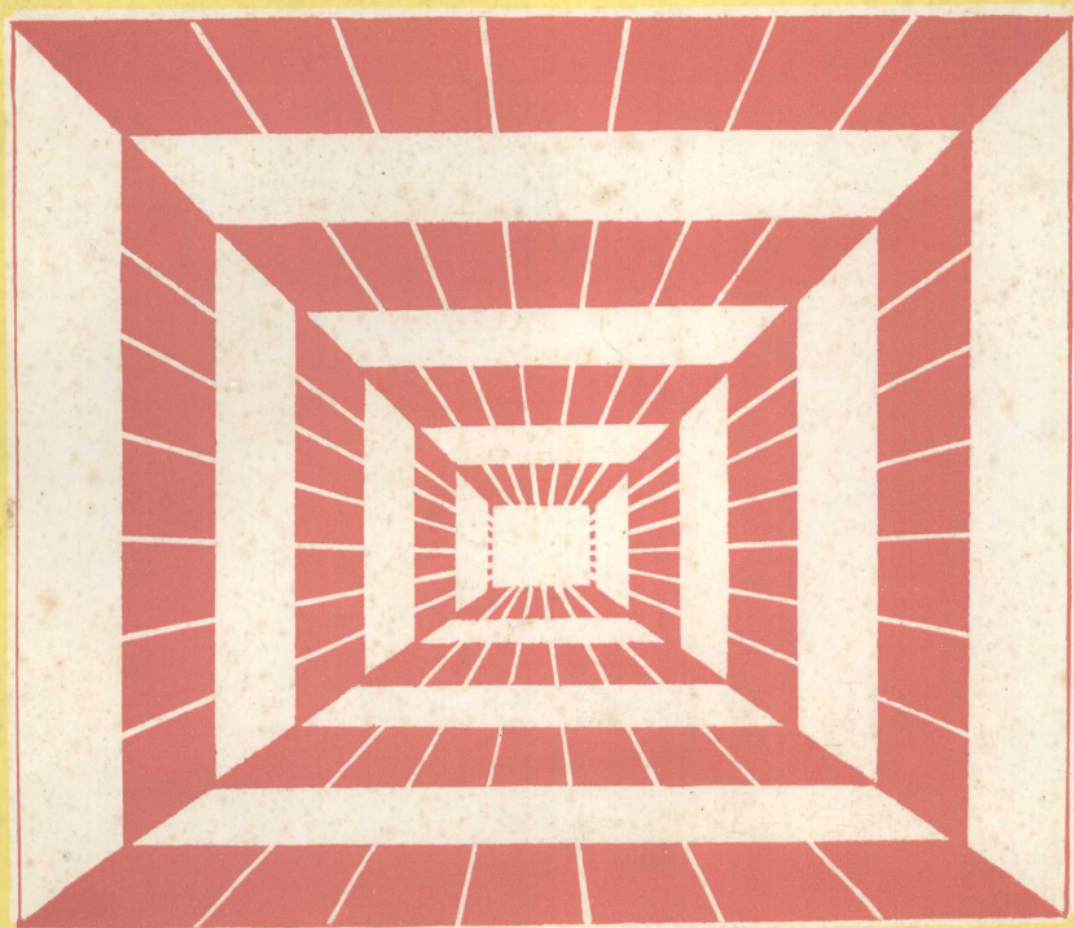


高等学校试用教材

矿井通风与防尘技术

黄 兢 侯祺棕 主编



武汉工业大学出版社

高等学校试用教材

矿井通风与防尘技术

黄 兢 侯祺棕 主编

154-5505

林德烈加列等译高
木野尘捕口风面长等
编主 林德烈 黄
林德烈 林德烈
林德烈 林德烈

(号 11 卷第) 出出书编出考大业工是海
解强出并单通康各 / 行发刊学发米康海并
解强出并单通康各 / 行发刊学发米康海并

平千 082 / 发 51 / 201 01/1 200 (X787)
1002 次一 1002 次一 1002 次一 1002 次一
51 201 201 201 201

武汉工业大学出版社

1150-55 DT

(鄂)新登字 13 号

内 容 提 要

本书为非金属矿类高等院校教材。全书共分十三章,主要包括:矿井通风基本理论;矿井通风安全技术及管理;矿山粉尘危害及其测定与评价;矿山粉尘防治技术;矿山救护等内容。

本书以系统的基础理论,具体的设计计算,实用测试实验及安全工程实施技术为重点,注重理论联系实际、贯彻矿山安全法规、反映国内外矿井通风与防尘技术的发展动向和最新技术成果,具有较高的实用价值。

本书还可供从事矿山安全的工程技术及管理人员,以及煤矿、金属矿类大专院校相关专业师生参考。

T072-43/

高等学校试用教材
矿井通风与防尘技术
黄兢 侯祺棕 主编
责任编辑 王忠林
责任校对 张明华

武汉工业大学出版社出版 (武汉市武昌珞狮路 14 号)
新华书店湖北发行所发行 各地新华书店经销
湖北省石首市第二印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:17 字数:360 千字
1993 年 10 月第一版 1993 年 10 月第一次印刷
印数 1-1000 册 定价:7.85 元
ISBN 7-5629-0787-0/TD·16

前 言

本书是根据 1988 年全国高等院校非金属矿类专业第二届教材编审委员会武汉会议审定的“矿井通风与防尘技术”教学大纲编写的。

本教材系统地论述了矿井通风与防尘技术的基本理论、通风设计原理及其技术管理、测定与评价等主要内容。理论联系实际,注意反映国内外的新成果及发展动向,阐述问题深入浅出,侧重于解决实际生产问题能力的培养。

本书由黄兢(第二至第八章)、侯祺棕(第一章和第九至十三章)主编。

本书由吴泽源主审,徐长佑、张志呈、蔡本裕、孙镇德、张世雄、鲁勉、宗良钦等参审。对他们的支持和帮助,特别是为本书修改提出了宝贵意见,表示感谢。

本书可作为资源开发专业、安全工程专业的教材,并可供从事矿业生产建设、科研和设计部门的有关工程技术和管理人员参考。

限于编者水平,书中有不妥或不当之处,恳望读者批评指正。

编 者

1993.5

目 录

第一章 矿井空气与劳动环境	(1)
1.1 矿井空气的成分及其变化	(1)
1.2 矿井空气中常见的有害气体	(3)
1.3 矿内劳动环境	(8)
第二章 矿内空气流动特性	(19)
2.1 矿内空气的物理量	(19)
2.2 矿内空气的基本定律	(25)
2.3 空气在井下流动时的能量及其测定	(29)
2.4 井巷风速及其测定	(38)
第三章 矿内风流的能量变化规律	(43)
3.1 稳流与流体的连续方程	(43)
3.2 能量方程	(44)
3.3 能量方程在矿井通风技术中的应用	(47)
3.4 压力坡度图	(55)
第四章 矿井通风阻力	(57)
4.1 矿内风流的流动状态	(57)
4.2 阻力定律	(58)
4.3 摩擦阻力	(58)
4.4 局部阻力	(62)
4.5 正面阻力	(68)
4.6 等积孔与井巷风阻特性曲线	(69)
4.7 流体流动的相似理论与应用	(72)
第五章 矿井通风动力与设备	(78)
5.1 自然通风	(78)
5.2 机械通风及其设备	(81)
5.3 通风机的性能	(85)
5.4 通风机的联合作业	(93)
5.5 矿井通风机的性能测定	(97)
5.6 矿井通风机噪声及其治理	(100)
第六章 局部通风	(105)
6.1 掘进工作面的通风方法	(105)
6.2 掘进通风设备的选择设计	(109)
6.3 长距离单巷掘进的通风方法	(119)
6.4 天井和井筒的掘进通风	(122)
第七章 通风网路中风量的自然分配与调节	(125)

7.1	风网的常用术语及其形式	(125)
7.2	风网中风流流动的普遍规律	(127)
7.3	简单风网中风流的特殊规律	(130)
7.4	复杂风网中风量的自然分配	(134)
7.5	矿井风量按需调节	(141)
第八章 矿井通风技术管理及检查		(146)
8.1	矿井通风构筑物	(146)
8.2	矿内风流的技术管理	(151)
8.3	矿井漏风及漏风量的检查	(151)
8.4	全矿风速和风量的检查	(154)
8.5	矿井通风阻力的测定	(156)
8.6	生产矿井主扇工况的测定	(159)
8.7	矿内热环境的控制与调节	(161)
第九章 矿井通风设计		(164)
9.1	矿井通风设计依据及主要内容	(164)
9.2	矿井通风系统	(165)
9.3	矿井风量计算与分配	(173)
9.4	矿井通风阻力计算	(178)
9.5	矿井通风设备选择	(179)
9.6	通风井巷经济断面的选择	(184)
9.7	矿井通风费用概算	(185)
第十章 矿尘与尘肺		(187)
10.1	矿尘的产生和分类	(187)
10.2	矿尘的性质	(189)
10.3	矿尘的危害及职业病	(194)
第十一章 粉尘测定与评价		(201)
11.1	粉尘浓度的测定	(201)
11.2	粉尘中游离二氧化硅含量的测定	(206)
11.3	粉尘分散度的测定	(210)
11.4	粉尘危害程度及评价	(212)
第十二章 矿山防尘措施		(220)
12.1	矿井防尘措施分类	(220)
12.2	控制尘源	(221)
12.3	风流净化	(229)
12.4	矿井防尘供水	(235)
12.5	个体防护	(237)
第十三章 矿山救护		(239)
13.1	矿山救护队	(239)
13.2	矿山救护主要设备	(242)
13.3	矿工自救	(246)
附录 I (一)饱和水蒸气分压力 P_{ws} (或 P_v) (kPa)		(252)
(二)空气相对湿度 ϕ (%)		(253)

附录Ⅱ	井巷摩擦阻力系数 α 值.....	(254)
附录Ⅲ	通风机新旧名称型号对照.....	(255)
附录Ⅳ	铁风筒漏风系数.....	(256)
附录Ⅴ	4-72-11 离心式通风机性能表	(257)
附录Ⅵ	通风机性能曲线.....	(261)

第一章 矿井空气与劳动环境

1.1 矿井空气的成分及其变化

空气是人类赖以生存不可缺少的物质。它的理化和生物学性质对人体的健康有明显的影响。

地面新鲜空气是由氧、氮、二氧化碳等气体组合而成的混合物。它们按一定比例组成,如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 干洁空气的化学组成

气体名称	体积比(%)	质量比(%)
氧	20.95	23.140
氮	78.09	75.530
二氧化碳	0.03	0.046
氢、氦等气体	0.93	1.284

此外,在地表大气中还含有不计入干洁空气组分的水蒸气和尘埃及微生物等。

为了生存,人体必须不断地与外界环境进行气体交换。以成人一次吸入空气量为 0.5L 计算,则每人每天吸入空气量达 12000L,其中氧气约占 2500L。人为的和自然的作用可使空气成分经常发生变化,但由于空气的垂直和水平运动引起混合,加上自然界氧的循环和空气中氧的储备等,使空气的基本组成能够保持相对恒定,满足地球上各种生命活动的需要。

1.1.1 矿井空气的成分

矿井空气是指矿井内来自地面的新鲜空气和井下产生的浮尘、有毒、有害气体的空气。

矿井空气的主要成分是氧、氮及二氧化碳。不过,由于生产的结果使其成分发生了变化。

1) 氧(O_2)

氧是无色、无味、无臭的气体,相对密度(与空气密度之比,下同)为 1.11,难溶于水。它是一种非常活泼的气体,能与很多物质起氧化反应而放热,能助燃和供人与动物呼吸,是空气中不可缺少的气体。

人要维持生命,就得靠进食和吸入空气中的氧在体内进行新陈代谢。如果没有空气,人的生命连数分钟都不能维持。然而,人体的需氧量又会因人的体质、精神状态和劳动强度等的不同而有差异。例如,人休息时的平均需氧量为 0.25L/min,而在行走或劳动时的平均需氧量则为 1~3L/min。

一般环境中氧含量的波动范围仅 0.5% 左右,这种波动,人们通常感觉不出来。但在矿井作业中可遇到缺氧环境,须采取专门防护措施,以避免缺氧的危害。人体缺氧症状与空气中氧浓度的关系如表 1-1-2 所示。

我国《地下矿山安全规程》规定,井下采掘工作面进风流空气成分中的氧气不得低于 20%。

2) 二氧化碳(CO_2)

表 1-1-2 急性缺氧症状与氧浓度的关系

氧浓度(体积)%	主 要 症 状
17	静止状态时无明显影响,工作时引起喘息,呼吸困难,心跳快
15	人体缺氧,呼吸及心跳急促,感觉及判断能力减弱,耳鸣目眩,失去劳动能力
10~12	失去理智,时间稍长即有生命危险
6~9	失去知觉,呼吸停止,心脏在几分钟内尚能跳动,如不进行急救,会导致死亡

二氧化碳是无色、略带酸臭味的气体,相对密度为 1.52,易溶于水。它比空气重,且很难与空气均为混合,故常沉积于巷道底板,在静止的空气中明显的分界。二氧化碳不助燃,也不供人呼吸,是惰性气体,但却略带毒性,对眼、鼻、喉粘膜有刺激作用,能使血液酸度加大。

人对二氧化碳浓度变化比其他动物敏感,当二氧化碳浓度达 2%~3%时,可刺激呼吸中枢反射性引起呼吸运动增强和心脑血管扩张,当浓度增至 8%,呼吸开始受抑制,超过 8%,可引起呼吸麻痹导致死亡。

我国《地下矿山安全规程》规定,井下采掘工作面进风流空气成分中的二氧化碳不得高于 0.5%。

3)氮(N₂)

氮是无色、无味、无臭的气体,相对密度为 0.97,微溶于水(按体积可溶 2%)。氮不助燃,不能供人呼吸,对人体无直接危害,是惰性气体,但空气中的氮浓度过高时,会相应降低氧的含量,造成缺氧窒息。

1.1.2 矿井空气的变化

地面空气进入矿井后,由于地下采矿是在有限的井巷空间中进行,井巷狭窄,与地表相通的孔道为数不多,矿井内外空气不易对流,而是定量地按需分配,加之井下生产过程中产生的各种有毒、有害物质的混入等,因此矿井空气的成分和性质发生了一系列变化。

1)氧含量降低

矿井氧含量减少主要是由于人员呼吸;矿灯燃烧(非煤矿山);爆破工作;有机物和无机物的氧化;矿物自燃和矿井火灾等。同时,矿井在生产过程中产生的气体和矿岩中各种有毒有害气体的放出,也相应降低了空气中氧的含量。

2)二氧化碳含量增加

矿井二氧化碳含量的增加主要来源于:人员呼吸;爆破作业;煤、矿物及岩石的氧化、水解;坑木的氧化;瓦斯、煤尘爆炸;煤层及矿岩中涌出;矿井火灾;煤和硫化矿的自燃以及内燃机排放的尾气等。

3)混入了各种有毒、有害气体和矿尘

矿井有毒有害气体主要包括:一氧化碳、氮氧化物、硫化氢、二氧化硫和甲烷(煤矿)等。

矿尘种类较多,但以硅尘危害最严重。

4)空气的温度、湿度、压力发生了变化

地面空气进入矿井后在入风段,其温度一般冬季升高,夏季降低;绝对湿度和相对湿度均呈增加趋势;在压入式通风的矿井中,矿井空气的绝对静压力大于井外同标高的大气压力;在抽出式通风的矿井中,矿井空气的绝对静压力小于井外同标高的大气压力。

矿井空气流经作业之前,其成分与地面空气近似或相同,称为新鲜空气。新鲜空气流经

采掘工作面或硐室之后,受到粉尘、有毒有害气体污染的空气称为污浊空气。

1.2 矿井空气中常见的有害气体

1.2.1 矿井有害气体的性质、危害及其来源

1) 一氧化碳(CO)

一氧化碳是无色、无味、无臭的气体,相对密度为 0.967,微溶于水(按体积可溶 3%),易溶于氨气。在通常的温度和压力下,其化学性质不活泼,与酸、碱不发生反应,但能被活性炭少量吸附。它在空气中燃烧呈蓝色火焰,点燃温度为 630~810℃。一氧化碳能与空气均匀混合,与空气混合的爆炸极限为 12.5%~74%,30%时爆炸威力最强。

一氧化碳性极毒,属化学性窒息性气体。当一氧化碳经呼吸道吸收进入血液,由于它和血红蛋白(Hb)的亲合力比氧大 300 倍,因此进入血液的一氧化碳即可与血红蛋白结合而形成碳氧血红蛋白(HbCO),使血液的携氧能力下降;当碳氧血红蛋白一经形成,其解离又比氧合血红蛋白(HbO₂)慢 3600 倍,同时,碳氧血红蛋白的存在,还可影响氧合血红蛋白的解离,阻碍氧的正常释放和传递。可见,碳氧血红蛋白的形成是使血红蛋白载氧与释氧能力均下降,组织受到双重缺氧作用的主要原因。

一氧化碳的毒性作用与吸入空气中一氧化碳的浓度和吸入时间,以及血中碳氧血红蛋白有密切关系,三者关系如表 1-2-1 所示。

表 1-2-1 空气中 CO 浓度和血液中 HbCO% 与主要症状之间的关系

空气中 CO 浓度 (ppm)	半清醒时间 (min)	HbCO 的饱和浓度 (%)	主 要 症 状
50	150	7	轻度头痛
100	120	12	中度头痛和眩晕
250	120	25	强烈头痛和眩晕
500	90	45	恶心、呕吐,可能虚脱
1000	60	60	昏迷
10000	5	95	死亡

一氧化碳中毒常以急性中毒方式出现。急性一氧化碳中毒在临床上可分为三级:

(1)轻度中毒 患者自觉头痛、头晕、耳鸣、心悸、恶心、呕吐、无力。离开中毒环境,自觉好转,数小时即可恢复正常。血中碳氧血红蛋白含量约在 10%~20%。

(2)中度中毒 除上述症状外,面色潮红,口唇樱桃红色,脉快、多汗、烦躁,步态蹒跚,嗜睡,甚至昏迷。如能及时脱离有毒环境,抢救及时,可较快苏醒,1~2 天内恢复正常,一般无明显并发症和后遗症。血中碳氧血红蛋白约在 30%~40%。

(3)重度中毒 常因短时间内吸入高浓度 CO,发生突然昏倒,而进入昏迷状态。患者面色苍白,口唇发绀,对光反射迟钝,血压下降,肌张力增强或出现阵发性痉挛,腱反射增强,病理反射等。血中碳氧血红蛋白含量约在 50%以上。

矿井一氧化碳的主要来源是爆破作业和矿井火灾。采用柴油机设备的矿井,柴油机尾气也释放一定量的一氧化碳。

2) 二氧化氮(NO₂)

二氧化氮是呈暗棕色、带臭味、有刺激性气味的气体,相对密度为 1.588,溶解度低。

二氧化氮对眼和上呼吸道刺激性小,吸入后往往不易发觉,但进入呼吸道深部的细支气管及肺泡,逐渐与水作用,形成硝酸和亚硝酸,对肺组织产生剧烈的刺激和腐蚀作用,增强肺毛细血管通透性,形成肺水肿。

二氧化氮主要危害是急性中毒。在急性中毒初期,仅有轻微的眼和上呼吸道症状,脱离中毒现场后,症状很快消失而常不被注意。经过4~6小时或更长的潜伏期后,出现肺水肿和高铁血红蛋白血症。轻度中毒仅有轻度呼吸道刺激症状,为时短暂;中度中毒在接触毒物后,稍有头痛、咳嗽和胸部不适。随后症状消失,自觉良好,但经过一段潜伏期可出现肺水肿,症状加重,咳出粉红色泡沫痰,呼吸困难,紫绀;重度中毒少见,仅发生在严重事故或中度中毒治疗不当时,症状为呼吸困难和紫绀加重,并发生一些并发症,若治疗及时,可进入恢复期。

矿井空气中的以二氧化氮为主的氮氧化物主要来源于爆破作业中的硝铵炸药爆炸。因为硝铵炸药是由碳、氢、氧、氮四种元素组成(其中碳、氢是可燃元素,氧助燃,氮(载氧),而硝铵炸药的爆炸过程实质上是可燃元素与助燃元素发生极其迅速和猛烈的氧化燃烧反应的结果,其生成物大部分是氮氧化物、一氧化碳等有毒有害气体,因此炮烟中含有浓度很高的氮氧化物。此外,矿用柴油机的尾气中也含有氮氧化物,其排放量视柴油机系列不同而不同,一般为6.8~8.1g/kW·h。在矿井通风不良处进行电焊作业,也可使二氧化氮积聚到有害程度。

3) 硫化氢(H₂S)

硫化氢是无色、微甜、带有腐蛋臭味的可燃性气体,相对密度为1.19,易溶于水、乙醇和石油中,呈酸性反应。燃烧时呈蓝色火焰,生成二氧化硫和水。硫化氢与空气混合达爆炸限时,可发生强烈爆炸。它能和大部分金属起反应形成硫酸盐,而使其呈现黑色。

硫化氢极毒,属化学性窒息性气体。它主要经呼吸道进入人体,具有局部刺激作用和全身毒性作用。前者主要是硫化氢遇到潮湿的粘膜表面时迅速溶解,与体液中的钠离子结合成为碱性的硫化钠,引起局部强烈的刺激和腐蚀作用。后者则是硫化氢在体内与氧化型细胞色素氧化酶中的三价铁相结合,抑制细胞呼吸酶的活性,造成组织缺氧。由于中枢神经系统对缺氧最为敏感,故首先受到影响。当硫化氢浓度极高时,可直接麻痹中枢神经,迅速引起窒息而死亡。不同浓度硫化氢对人的作用见表1-2-2。

表 1-2-2 不同浓度硫化氢对人的影响

浓 度 (mg/m ³)	接触时间	毒 性 反 应
30~40	1~2h	臭味强烈,但仍能耐受。可能引起局部刺激症状及全身症状的阈浓度
70~150	1~2h	出现眼及呼吸道刺激症状,长期接触可引起亚急性或慢性结膜炎
300	1h	眼及呼吸道粘膜刺激症状强烈,并引起神经系统抑制
760	15~6min	可引起支气管炎及肺炎,并出现全身症状
1000 以上	数 s	可引起急性中毒,出现明显的全身症状。开始呼吸加快,而后呼吸麻痹死亡

矿井硫化氢主要来源于硫化矿物的水解和有机物的腐烂。旧巷的积水、硫化矿泉及某些岩层裂隙与空洞也会涌出硫化氢。

4)二氧化硫(SO₂)

二氧化硫是无色、味酸、具有强烈辛辣刺激性气味的气体,相对密度为 2.26,易液化,在水中溶解度为 8.5%(25℃)。二氧化硫溶于水生成亚硫酸,具有还原性。二氧化硫常与三氧化硫同时存在。

二氧化硫属中等毒性类。易被粘膜的湿润表面吸收而生成亚硫酸,一部分进而氧化为硫酸,故对呼吸道及眼有强烈刺激作用。大量吸入可引起喉水肿、肺水肿,声带痉挛以至窒息。

二氧化硫对人体的危害表现为急性中毒、慢性中毒和灼伤(液态时)。不同浓度二氧化硫对人的影响列于表 1-2-3。

表 1-2-3 不同浓度二氧化硫对人的影响

浓度 (mg/m ³)	对人的毒性作用
5240	立即产生口喉头痉挛,喉头水肿而窒息
1050~1310	短间接接触亦有危险
400	吸入 5min 的一次接触限值
200	吸入 15min 的一次接触限值
125	吸入 30min 的一次接触限值
50	引起眼刺激症状及窒息感
20~30	立即引起喉部刺激的阈浓度
8	约有 10% 的人发生暂时性支气管收缩
3~8	连续吸入 120h 无症状
1.5	大多数人的嗅觉阈值

矿井二氧化硫主要来源于硫化物矿物的氧化及自燃。其次,柴油机尾气中也有二氧化硫。在硫化矿中进行爆破作业,以及硫化矿尘爆炸,都生成二氧化硫。

1.2.2 矿井有毒有害气体的最高允许浓度

我国地下矿山安全规程规定,井下作业地点(无柴油设备的矿井)空气中,有毒有害物质的浓度不得超过表 1-2-4 的规定。

表 1-2-4 矿井空气中有毒有害气体最大允许浓度

气 体 名 称	体 积 浓 度		质 量 浓 度
	(%)	(ppm)	
一氧化碳(CO)	0.0024	24	30 mg/m ³
氮氧化物 (换算为二氧化氮)(NO ₂)	0.00025	2.5	5 mg/m ³
二氧化硫(SO ₂)	0.0005	5	15 mg/m ³
硫化氢(H ₂ S)	0.00066	6.6	10 mg/m ³
氡 $\left(\begin{smallmatrix} 222 \\ 86\text{Rn} \end{smallmatrix} \right)$			3.7 kBq/m ³
氡子体 α 潜能			6.4 μJ/m ³

在矿井,空气中往往有数种毒物同时存在,表现出毒物的相加作用。在这种场合,对于具有不同蒸气压力的 n 成分混合溶剂蒸气,其允许浓度应为

$$\sum_{i=1}^n (F_i p_i^0) / \sum_{i=1}^n (F_i p_i^0 / T_i)$$

式中 p_i^0 ——某毒物纯物质的蒸气压力;

F_i ——混合物中某毒物的克分子量分率;

T_i ——某毒物对应成分的允许浓度。

1.2.3 几种常见有毒有害气体中毒的预防和急救

1) 一氧化碳中毒的预防和急救

(1) 预防 放炮后加强通风及时冲淡炮烟;加强对火区的管理与检查,发现超限,及时处理。

(2) 急救 一旦发现急性中毒患者,应立即移至新鲜空气处,保持呼吸道通畅,并注意保暖。轻度中毒常于吸入新鲜空气或吸氧后迅速好转;中度至重度中毒患者应依病情积极抢救治疗。由于一氧化碳中毒后,患者可能处于假死状态(有的接上苏生器 6~8 小时才苏醒),故抢救要有耐心。

2) 二氧化氮中毒的预防和急救

(1) 预防 采用水炮泥放炮;放炮后加强通风和用水喷雾,及时冲淡和吸收二氧化氮。

(2) 急救 积极防治肺水肿是抢救二氧化氮中毒的主要关键。为此,要防止毒物继续进入,使患者迅速脱离现场,脱去污染衣服,用大量清水彻底清洗污染部位,保暖。对水溢呼吸道。造成通气障碍的患者,首先要通畅呼吸道,吸入氧气,然后是利水治疗(目的在于减少渗出,促进渗出的液体吸收)。

3) 硫化氢中毒的预防和急救

(1) 预防 进入有可能有硫化氢的井巷、下水道及地沟时,应加强检测和通风后才能作业;必要时,应佩戴供气式防毒面具,并在危险区外设人监护,做好救生准备。对不能冲淡的超限地点,应及时密封或设置栅栏禁止人员进入。

(2) 急救 立即将患者移离中毒现场,在新鲜空气中对症抢救。对窒息者施人工呼吸,呼吸恢复时吸氧,注射强心剂和兴奋剂。

4) 二氧化硫中毒的预防和急救

(1) 预防 及时封闭火区与废弃巷道;放炮后加强通风及时冲淡炮烟;在个体防护方面,可用 1% 浓度的小苏打水或白陶土溶液漱口。

(2) 急救 采取一般急救措施(脱离现场、吸氧)和对症治疗(眼部损害可用生理盐水或 2% 小苏打溶液洗眼,或采用可的松眼药水滴眼,鼻塞时用 2% 麻黄素或 1% 氢化可的松加肾上腺素滴鼻,呼吸困难时可注射氨茶碱或氢化可的松加葡萄糖静脉滴注等)即可。

5) 二氧化碳中毒的预防和急救

(1) 预防 加强检查与通风,防止超限和积聚;当超限地点二氧化碳不能冲淡时,应及时处理。

(2) 急救 尽快将患者移离现场,采取必要措施,不使抢救人员再行中毒(如加强通风),将患者置于新鲜空气流通处,或附近有氧气时,给氧治疗。有躁动或抽搐时,给以冬眠灵等镇静剂。呼吸暂停者,行人工呼吸及给呼吸兴奋剂。情况好转,送入医院治疗。

1.2.4 有毒有害气体的测定

矿井有毒有害气体监测的目的,是了解生产场所空气污染的程 度、范围及其变化,以便采取 措施改善劳动条件和检查实施效果。

我国地下矿山安全规程规定,矿井空气中有毒有害气体的浓度,应每月测定一次;井下空气成分的取样分析,应每半年进行一次;在进行大爆破和更换炸药时,应在爆破前、后进行空气成分的测定。

对于矿井空气中的有毒有害气体,现场测量多用直接采样方法;实验室测量多用浓缩采样方法。下面介绍现场快速测定方法。

1) 检气管法

这是目前应用最普遍的方法。使用的仪器有:检气管、抽气唧筒、秒表。

(1) 检气管 检气管是一根两端熔封、内装有显色指示粉的细长玻璃管。使用时将检气管两端截开,当被测空气通过检气管时,其中所含 有毒有害气体与管内的显色指示粉迅速发生化学反 应,按气体浓度显示指示粉发生相应程度的颜色变化。根据定量方式不同,检气管分为四种类型:定容比长型(固定取样量,按变色长度定量);定容比色型(固定取样量,按变色程度定量);标准长测容型(按达到预计变色长度的取样量定量);标准色测容型(按达到标准着色的程度定量)。前两种类型使用较多。目前适用于矿井的几种常用国产检气管性能见表 1-2-5。

表 1-2-5 几种常用国产检气管

类型	气 体 种 类	灵敏度 (mg/m³)	抽气速度 (mL/s)	抽气量 (mL)	颜色 变化	测量范围 (mg/m³)	试 剂 成 分
比长	一氧化碳	25	1.5	100	白→棕	10~300	发烟硫酸、硅胶、碘酸
比长	二氧化碳	400	0.5	100	蓝→白	400~60000	百里酚酞、氢氧化钠、氧化铝
比长	氮氧化物	3	1	100	白→黄绿	3~200	联苯甲胺、乙醇、甘油、硅胶
比长	二氧化硫	10	1	400	棕黄→红	10~200	氯化锌、亚硝基铁氰化钠、乌洛托品、陶瓷
比长	硫化氢	10	2	200	白→褐	10~500	醋酸铅、醋酸、氯化钡、硅胶
比长	汞蒸气	0.1	17	500	白→红橙	0.1~0.2	碘化亚铜、硅胶

(2) 抽气唧筒 如图 1-2-1,它

由筒体、活塞、三通阀组成。筒体空腔容积为 50mL。在活塞杆上每 5mL 有一刻度,借以掌握抽气量或排气量。三通阀有三个位置:阀把水平时,入气口与筒体空腔联通,为抽气取样位置;阀把竖立时,筒体空腔与检气管插孔联通,为测定位置;阀把倾斜时,筒体空腔密闭。

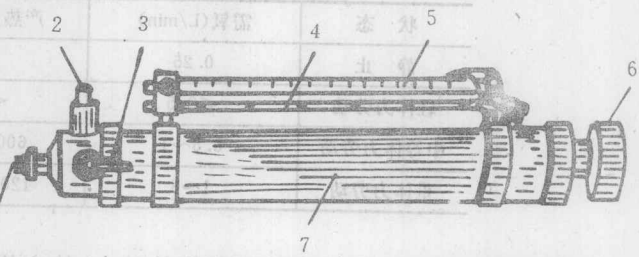


图 1-2-1 抽气唧筒

(3) 秒表 用以控制抽气速度

和采样时间。

1—气体入口;2—气体出口;3—开关把手;4—比色管;
5—温度计;6—活塞把手;7—抽气唧筒

此外,DQJD-1型多种气体检定器采用的也是检气管法,只不过是使用吸气泵代替了抽气唧筒。该检定器能测定矿井空气中的一氧化碳、二氧化碳和硫化氢等有害气体。

2)其它方法

包括试纸比色法、溶液快速比色法及仪器现场测定法等。其中仪器现场测定法具有方便、准确、可靠的优点,是今后有毒有害气体快速测定法发展的方向。目前国内用于矿井现场使用的专用仪器有抽样测量仪器(如瓦斯检定器、汞蒸气分析仪、一氧化碳分析仪、二氧化碳分析仪、氮氧化物分析仪等)和连续测量仪器(如瓦斯遥测警报仪、氮氧化物自动连续分析仪等)两类。但检测的有毒有害气体种类不完全,有的质量和体积还偏大,有的价格还较贵,这些都有待于改进。

1.3 矿内劳动环境

环境是一个极其复杂的综合体,它是指与人类生产和生活活动有关的一切有生命和无生命的物质。矿内劳动环境是整个大环境的一部分,它是人类从事地下采矿生产活动的直接环境。

决定矿内劳动环境好坏的因素很多,但主要是其中的微气候。因为矿工的安全、健康及劳动效率在很大程度上取决于矿内劳动环境中微气候的舒适状况,因此常用矿井微气候作为衡量矿内劳动环境质量的重要指标。

1.3.1 劳动环境对人体和劳动效率的影响

1)人体的热平衡

人体类似一台热机,其能量循环通过新陈代谢来实现。新陈代谢是一切有机体生命活动产物的吸收、变化、储存与排泄等过程的总和。人摄取食物在代谢过程中释放出来的总能量中,大部分用于自身各种生理性功能活动,并转变为热能以维持体温,且不断通过体表向外散热,另一小部分则以机械能(肌骨活动)的形式作功,最后仍以“热”的形式表现出来。即人体在新陈代谢过程中不断产生热量,又不断以各种形式消耗及排放热量,人体凭借自身的调节机能使产生的热量等于排出的热量,以保持能量的自然动平衡——热平衡,使体温保持相对稳定。一旦热平衡破坏,人就会感到不适,从而导致各种热病的发生。

人体的产热主要来自体内物质的氧化代谢过程。强烈的体力劳动均促使代谢产热增加。即人体的产热量与劳动强度密切相关(见表 1-3-1)。

表 1-3-1 人体不同状态下的产热量

状 态	需氧(L/min)	产热量(kJ/h)	备注
静 止	0.25	260	人体的 表面积 按 1.57m ² 计算
轻体力劳动	<0.5	<600	
中等体力劳动	0.5~1	600~1200	
重体力劳动	1~3	1200~2500	

矿工(特别是采掘工人)的劳动强度均较大,故产热量也较多(见表 1-3-2)。

人体要产热就得散热,否则就会蓄热而致病。人体的散热主要取决于周围环境的微气候,即气温、湿度、风速和热辐射;而人体散热的途径则主要是通过皮肤表面,以传导、对流、辐射和蒸发方式进行。人体在 15~26℃的常温下安静或从事轻劳动时,一昼夜约丧失 1000~11300kJ 的热,其中约 30%通过对流,45%通过辐射,25%通过蒸发而放散出来。但是,当

气温大于 25℃时,对流和辐射的散热逐渐开始减少;当气温超过 37℃时,对流和辐射的散热作用几乎停止,人体的产热主要通过出汗及汗液蒸发散发出来。即随着气温和四周挡物体表面温度的升高,经对流和辐射的散热越来越困难,而蒸发散热的比例则越来越大。

表 1-3-2 采煤、掘进、成巷工等作业项目能量消耗调查

作业项目		产热量(kJ/h)	作业项目		产热量(kJ/h)
采煤	掘 煤	1238	掘进	主巷道行走	938
	支 柱	1529		杂项工作	1054
	砍木头	1087		岩石掘进打眼	690
	背药箱走路	852		推车运岩石	1466
	回风巷中搬支柱	2005		抬钢轨支架	1021
	打 眼	711		手搬运石块	1038
	装 药	630		上水泥顶板	1343
	移溜子	1091		和 泥	1147
	回风巷中行走	1745		坐位休息	423

在热环境里,人的生理反应取决于其新陈代谢热与周围介质的冷却能力间的平衡程度。按照能量守恒定律,人体热平衡数学模型如下:

$$S = M - W \pm C \pm R - E \tag{1-3-1}$$

- 式中 S ——蓄热量;
 M ——新陈代谢产热量;
 W ——做机械功;
 C ——对流散热(包含传导散热);
 R ——辐射散热;
 E ——蒸发散热;

公式中“+”号表示人体吸热;“-”号表示人体散热。

若 $S=0$,表明人体达到热平衡,感觉良好;若 $S>0$,表明产热量大于散热量,体温上升,感觉不适;若 $S<0$,表明产热量小于散热量,体温下降,可能导致感冒等。

2)高温对人体的危害

在矿井生产中可能会遇到各种不利的微气候,但主要是矿井的高温、高湿。所谓高温,是指气温超过 30℃;所谓高湿,是指相对湿度超过 80%。

在高温作业环境中,机体可产生一系列生理功能的改变。

(1)体温调节 在高温微气候条件下,由于外部散热条件恶化,人体只有靠出汗蒸发来散热。若劳动强度大,则体内产热较多,就需要蒸发更多的汗液才能维持机体的热平衡,此时机体经皮肤排出的汗液增加(每个工作日的出汗量可达 6~8L)。当汗液蒸发时,即有散热作用;但事实上,由于人体排出的汗液往往不完全以蒸发的方式散去,而是以成滴的汗珠滴下,加之汗湿的衣服紧贴皮肤,故不能完成起到蒸发散热作用。若在低风速下从事重劳动,虽淌汗多,但有效蒸发率低,此时机体蓄热,使体温升高。另外,劳动时体内所产生的热由血液传至体表,体表血管反射性地扩张,周围血液增加,加速散热过程,此时皮肤温度可升高,结果

导致机体散热作用下降。人体的体温调节受多种因素的影响,其中起主导作用的是微气候中的气温。在高温环境中作业,体温调节可发生障碍,其主要表现是体温和皮温升高。

(2)水盐代谢 机体内环境的相对恒定是维持正常生命活动的必需条件。水与电解质的平衡是内环境相对恒定中一个重要组成部分。水盐代谢的紊乱,会使机体的机能受到严重影响。在矿井高温下作业时,为适应机体散热的需要,排汗量显著增加,且排汗量与劳动强度呈正相关。由于大量出汗,身体丧失水分甚多,并引起缺盐及维生素 B₁ 和 C 的损失,结果出现劳动效率降低,疲乏、无力、口渴、尿少,脉搏增快,体温升高,并因水盐代谢平衡紊乱而导致身体酸碱平衡和渗透压失调。

(3)循环系统 在长时间的高温作用下,由于机体水分的损失,血液浓缩,以及为增加散热而向高度扩张的皮肤血管网内输送大量血液,从而使心脏负担增加;同时血液温度增高,可直接影响循环中枢,使心率增加。长期在高温环境下劳动,心脏经常处于紧张状态,久之可使心肌发生生理性肥大,也可转变为病理状态。在高温作用下,皮肤血管扩张及血管紧张度降低,可使血压下降。但在高温与重体力劳动相结合的情况下,血压也可增高。

(4)消化系统 大量水和氯化钠的丧失,使胃液分泌减少,酸度降低;大量饮水又可使胃液稀释;因末梢循环血量增加而引起的消化道贫血,又可使消化腺分泌减少、胃肠蠕动减弱、排空速度减慢等。所有这些因素都可以带来食欲减退、消化不良及胃肠疾病增多的情况,且高温中作业工龄越长,情况越严重。

(5)泌尿系统 高温作业时,大量水盐经汗腺排出,经肾脏排出的水盐量大大减少。长期在高温条件下劳动,若水盐供应不足,可使尿液浓缩,增加肾脏负担。

(6)神经系统 在高温、热辐射环境中作业时,可出现中枢神经系统抑制,注意力不集中,共济失调,反应迟钝,动作的准确性降低,致使工作能力下降,并易发生工伤事故。

表 1-3-3 列出了我国某高温矿井矿工健康调查。

表 1-3-3 我国某矿工健康调查

工作地点	关节痛	高血压	低烧	心动过速
地面	15.4%	7.1%	0.9%	26.3%
井下	24.1%	15.3%	11.7~15.9%	33.4~35.1%
井下比地面高	56.5%	1.2 倍	12~17 倍	27~35%

3)高温环境对劳动效率及安全的影响

在高温环境中,人的中枢神经系统容易失调,从而感到精神恍惚、疲劳、周身无力、昏昏沉沉。这种精神状态成为诱发事故的原因。

据日本 1979 年全国调查,30~34℃气温的工作面,比低于 30℃的事故增加率高 3.6 倍。表 1-3-4 列出了南非金矿公会于 1956 年到 1961 年期间的事故调查资料。

人们在高温环境下从事较长时间的劳动,对热环境会有一定的适应性,这种热适应性因民族、生活环境及健康状况而异。但是,随着气温的升高(在矿井往往是高温和高湿同时存在),微气候变得恶劣,多数矿工会出现各种不适和疾病,出勤率明显降低,甚至不得不停产或缩短作业时间,最终导致劳动效率下降,采矿成本增加。