

中等专业学校教学用书

金属矿井通风防尘

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

金属矿井通风防尘

昆明冶金工业学校 周洵远 主编

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

金属矿井通风防尘

昆明冶金工业学校 周洵远 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 9 1/4 字数 214 千字

1980年6月第一版 1980年6月第一次印刷

印数00,001~8,000册

统一书号: 15062·3516 定价**0.78**元

前 言

本书系根据一九七八年冶金工业部制订的中等专业学校金属矿床地下开采专业教学计划编写的。本书主要分析影响矿内空气变化的因素，阐述矿内空气运动的基本规律和通风技术，以及矿井防尘技术措施、矿井通风设计等基本知识。本书还对复杂通风网路的解算及扇风机联合工作等难点作了简要的分析，并反映了一些国内通风防尘的先进技术。

本书为冶金中等专业学校金属矿床地下开采专业的教学用书，也可供高等学校学生及现场工作人员参考。

本书由昆明冶金工业学校周洵远主编，徐石铮参加编写。在编写过程中曾得到沈阳有色金属工业学校、吉林冶金工业学校、长沙冶金工业学校和东北工学院、昆明工学院以及云南锡业公司的大力支持，在此表示感谢。

编 者

一九七九年四月

绪 论

在矿井里,由于矿岩和各种有机物的氧化,使空气中的氧不断地减少;在生产过程中也会产生一定的粉尘和有毒、有害以及放射性气体。而矿井只有少数几个出口和地面相通,若不采取有效措施消除这些有害因素,必将危害人体健康,影响生产的正常进行。因此,必须认真做好矿井的通风防尘工作。

矿井通风防尘的主要内容是,将地面的新鲜空气不断地送到井下,经各工作地点把有毒、有害、放射性气体及粉尘等稀释并排出地面,保证井下维持良好的大气条件;根据矿山生产过程和生产的方法,建立合理的通风系统及相应的防尘措施,以保证井下工人的健康和安全,促进生产的不断发展。

在生产中,不断地改善和创造安全生产条件,保护劳动群众的安全和健康,这是党和国家的一贯方针。国家颁布了《关于防止厂、矿企业中的矽尘危害的决定》,以及其他劳动保护法令和安全规章制度,建立了各级劳动保护组织机构和研究机构,每年要拨出巨额经费,加强矿山劳动保护设施,使旧中国遗留下来的极端恶劣的劳动条件得到了很大的改善。

《金属矿井通风防尘》包括矿井通风和矿井防尘两方面的内容。关于矿井生产中各有关工序的安全技术问题,由各有关课程讲授,本教材不再讲述。

《金属矿井通风防尘》是采矿专业的一门重要专业课,通过本课程的学习应理解矿内大气的性质和矿内风流运动的基本规律;掌握矿内大气中主要有毒、有害物质浓度的测定,矿井通风管理,工作面通风防尘的技术措施,以及矿井通风设计计算方法等技能。

随着我国采掘工业的高速度发展和采掘技术的不断革新,对矿井通风防尘工作也将会提出新的要求。因此,不断提高矿井通风防尘的科学技术水平,认真做好矿工的劳动保护工作,促进生产的不断发展,是采矿科技工作者的光荣任务。

目 录

绪 论

第一章 矿内大气	1
第一节 概 述	1
第二节 矿内空气的主要成分及其变化	1
第三节 爆破及内燃设备产生的主要有毒气体	2
第四节 含硫矿床产生的有毒气体	4
第五节 放射性物质产生的有害气体	5
第六节 矽尘及其危害	6
第七节 矿内气候条件	7
第八节 有害气体、空气含尘量和气候条件的检查	9
第九节 小 结	12
第二章 矿井空气流动的基本原理	14
第一节 矿井风流的压力	14
第二节 矿井通风的压差	15
第三节 伯诺里方程式在矿井通风中的应用	17
第四节 矿井风流的阻力	21
第五节 矿井风流的测定	26
第三章 矿井风流的自然分配	31
第一节 串联通风网路	31
第二节 并联通风网路	32
第三节 角联通风网路	35
第四节 矿井通风网路风量自然分配的总规律	36
第五节 复杂通风网路解算	37
第四章 矿井风流的管理	43
第一节 矿井风量的调整	43
第二节 矿井风流的管理	48
第三节 通风构筑物	51
第四节 矿井通风图的绘制	52
第五章 自然通风	57
第一节 矿井自然风流的形成	57
第二节 自然压差的计算	57
第三节 自然压差的测定	59
第四节 自然压差对矿井通风的影响	60

第六章 矿井扇风机	62
第一节 扇风机的类型、构造及工作原理	62
第二节 扇风机的特性	63
第三节 扇风机的联合工作	66
第四节 扇风机的调整方法	68
第五节 自然通风及漏风对扇风机工作的影响	68
第七章 工作面通风	71
第一节 掘进工作面通风	71
第二节 采场通风	80
第八章 矿井通风设计	84
第一节 矿井通风设计的任务与内容	84
第二节 通风系统的拟定	85
第三节 全矿所需风量计算	88
第四节 风量分配	89
第五节 全矿总压差计算	90
第六节 主要扇风机的选择	92
第七节 矿井通风费用的预算	93
第八节 矿井通风设计中的几个补充问题	94
第九章 矿井通风系统的检查	104
第一节 概 述	104
第二节 风量实测	105
第三节 压差测量	106
第四节 扇风机效率实测	111
第十章 矿井防尘	113
第一节 粉尘的性质	113
第二节 凿岩防尘	115
第三节 爆破防尘	118
第四节 装岩防尘	121
第五节 溜井防尘	122
第六节 井下破碎硐室的防尘	124
第七节 风流净化	125
第八节 防尘供水	126
第九节 通风除尘	129
第十节 防尘口罩	130
附 录	133

第一章 矿 内 大 气

第一节 概 述

地表空气的组成(按体积百分比)是:

氧(O ₂)	20.96%
氮(N ₂)	79.00%
二氧化碳(CO ₂)	0.04%

此外还含有微量的水蒸气、微生物与灰尘等, 这些物质仅在城市或工业中心等局部地区变化较大, 但不影响整个地面空气成分的组成, 所以不包括在地面空气的组成成分之内。

人类长期以来就生活这样的空气成分中, 不断吸收空气中的氧气, 同时人还受到空气的温度、湿度及大气压力的作用, 这些条件的变化会使人体受到不同程度的影响。

在矿井里, 和地表相通的出口是有限的, 而在生产过程中又不断地消耗着氧气, 并增加一些有毒有害气体及矿尘, 这些都会直接危害工人的健康和安全。所以在进行生产的同时, 除了不断降低有毒有害气体及矿尘外, 还应不断地送入足够的新鲜空气, 排出废旧空气, 造成适宜的气候条件, 为井下各工作地点创造一个良好的工作环境, 以保证安全生产。这个工作就是矿井通风与防尘。

第二节 矿内空气的主要成分及其变化

矿内空气包括地表形成的新鲜空气和从地表空气进入以后, 空气成分把矿内空气和地面空气相比, 若其成分变化不大称为新鲜风流(如进风巷道中的风流); 反之就称为污浊风流或废风(如回风道中的风流)。

矿内空气的主要成分是:

一、氧(O₂)

是一种无色、无味、无臭的气体, 和空气相比, 它的比重是1.11。它的化学性质很活泼, 几乎能与所有的气体化合, 易使其他物质氧化。是人与动物呼吸和物质燃烧不可缺少的气体。

人对氧的需要量是随人的体质强弱及劳动强度大小而定, 休息时, 所需的氧量不少于0.25升/分; 在行走和劳动时, 所需氧量为1~3升/分。

空气中含氧量减少对人体的反应如表1-1所列。

空气中含氧量减少对人体的反应

表 1-1

空气 中含 氧量 (%)	人 体 的 反 应
17	静止时无影响, 但工作时能引起喘息、呼吸困难
15	呼吸及脉搏跳动急促, 感觉及判断能力减弱, 失去劳动力
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, 不进行急救会导致死亡

因此，井下工作地区必须供给含有足够氧气的新鲜空气。我国矿山安全规程规定：在总进风和采掘工作面进风中，按体积计算，氧气含量不得低于20%。而资本主义国家规定为19%。

二、二氧化碳(CO₂)

是一种无色略带酸臭味的气体，俗称碳酸气。比重1.52，容易聚集在巷道底部或下山盲巷没有风流的地方；不助燃、不能供呼吸，易溶于水。

二氧化碳对人的呼吸有刺激作用，当人体内CO₂增多时，能刺激人的呼吸神经中枢，而引起频繁的呼吸，使人的需氧量增加。另外，井下空气中CO₂浓度过大时，又会使氧含量相对减少，使人中毒或窒息。

空气中CO₂含量增高对人体的反应如表1-2所列。

空气中CO₂含量对人体的反应 表 1-2

空气中CO ₂ 含量 (%)	人 体 的 反 应
1	呼吸感到急促
3	呼吸量增加两倍，并很快发生疲劳
5	呼吸感到困难、耳鸣、血液流动快（太阳穴跳动快）
6	发生严重的喘息，极度虚弱无力
10	头晕，发生昏迷状态
10~20	呼吸处于停顿状态，失去知觉
20~25	中毒死亡

为了防止CO₂的危害，安全规程规定：在总进风和采掘工作面进风中，按体积计算，CO₂不得超过0.5%；在总回风中不得超过0.75%。

三、氮(N₂)

是一种无色、无味、无臭的气体，比重0.97，既不助燃，也不能供人呼吸。在正常情况下，氮对人体无害，但当空气中氮含量增加时，会使氧气含量相对减少，而使人窒息。在通风正常的巷道中氮含量一般变化不大。

矿内空气成分的变化，主要是O₂减少及CO₂增加。因为在矿井里，由于矿岩及木材等缓慢氧化，消耗大量氧气，并产生CO₂。在矿内通风不好的地方，尤其是火区及采空区附近，以及有CO₂放出的独头巷道，氧的含量可能会降低到1~3%。所以在进入这些巷道前应该进行检查，否则冒然进入将会遭到窒息死亡的危险。已经停止通风的旧巷，未经检查决不允许进入，以免发生CO₂中毒窒息事故。

第三节 爆破及内燃设备产生的主要有毒气体

爆破是矿山生产的主要作业之一，爆破后不能立即进入工作面，因为现代各种工业炸药的爆破分解都是建立在可燃物质(如碳、氢、氧等)气化的基础上。当炸药爆炸时，除产生水蒸气和氮外，还产生二氧化碳、一氧化碳、氮氧化物等有毒有害气体，统称为炮烟。它会直接危害矿工的健康和安全。

井下使用柴油动力的无轨设备能使劳动生产率大大提高，但必须解决柴油机排出的废气对矿工的危害。因为柴油是由碳(按重量85~86%)、氢(13~14%)和硫(0.05~0.7%)

组成，柴油的燃烧一般不是理想的完全燃烧，产生很多局部氧化和不燃烧的东西。所以，柴油机排出的废气是各种成分的混合物。其中以氮氧化物(主要是一氧化氮和二氧化氮)、一氧化碳、醛类和油烟等四类成分含量较高、毒性较大，是柴油机废气中的主要有害成分。一般柴油机废气中的氮氧化物浓度按体积为0.005~0.025%，一氧化碳浓度为0.016~0.048%。所以应进一步了解一氧化碳和氮氧化物的特性，才能清楚地知道它们的危害及其预防方法。

一、一氧化碳(CO)

是一种无色、无味、无臭的气体，比重0.97。由于CO与空气重量相近，易于均匀散布在巷道中，若不用仪器测定很难察觉。CO不易溶解于水。在通常的温度和压力下，化学性质不活泼。

CO是一种性质极毒的气体，在井下各种中毒事故中所占的比例较大。CO性极毒是由于它与人体血液中血色素的结合力比氧大250~300倍，也就是说血液吸收CO的速度比氧快250~300倍。当人体吸入的空气含有CO时，那么血液就要多吸入CO，少吸入以致不吸入氧气。这样人体内循环的不是氧素血色素(H_BO₂)而是碳素血色素(H_BCO)，使人患缺氧症。当血液中CO达到饱和时就完全失去输送氧的能力，使人死亡。

但是，氧气、一氧化碳与血色素之间的反应是可以互相转化的，如下式



这说明空气中CO含量过高会妨碍人体吸收氧；反之，有足够的氧气也会排出人体内的CO。因此CO中毒时只要吸入新鲜空气就会减轻中毒的程度，所以对CO中毒者尽快地转移到新鲜风流中进行人工呼吸，仍可得救。CO对人体的反应如表1-3所列。

空气中不同的CO浓度对人体的反应 表 1-3

一 氧 化 碳 浓 度		对 人 体 的 反 应
(毫克/升)	体 积 (%)	
0.2	0.016	连续呼吸数小时，人感到耳鸣、头痛等，当吸入新鲜空气后，即恢复正常
0.6	0.048	连续呼吸1小时，就会感到耳鸣、头痛、心跳
1.6	0.128	连续呼吸0.5~1小时，四肢无力、呕吐、感觉迟钝、丧失行动能力
5.0	0.4	连续呼吸20~30分钟，丧失知觉、呼吸停顿、以致死亡
12.5	1.0	1~2分钟死亡

由于CO的毒性很大，安全规程规定：井下空气中CO浓度不得超过0.0016%，按重量计不得超过0.02毫克/升。这个规定的允许浓度比表1-3所列的有轻微症状的中毒浓度还有十倍的安全系数，这主要考虑到人在这样的环境下从事劳动也不致中毒和受到伤害。但爆破后，在扇风机连续运转不断送入新鲜风流的情况下，CO浓度降到0.02%时就可以进入工作面。

若经常在CO浓度超过允许浓度的环境中工作，虽然短时期内不会发生急性病状，但由于血液长期缺氧和中枢神经系统受到伤害，就会引起头痛、眩晕、胃口不好、全身无力、记忆力衰退、情绪消沉及失眠等慢性中毒。

还应注意到，发生井下火灾时，由于井下氧气供应不充分，会产生大量的CO。

二、氮氧化物(NO、NO₂)

爆破和柴油机废气中都有大量的一氧化氮(NO)产生, NO是极不稳定的气体, 遇到空气中的氧即转化为二氧化氮(NO₂)。

NO₂是一种褐红色气体, 比重1.57, 具有窒息气味, 极易溶解于水; NO₂遇水后生成硝酸, 对人的眼、鼻、呼吸道和肺部组织具有强烈的腐蚀作用, 以致破坏肺组织而引起肺部浮肿。

NO₂中毒的特点是起初无感觉, 往往要经过6~24小时后才出现中毒征兆。即使在危险浓度下, 起初也只感觉呼吸道受刺激、咳嗽, 但经过6~24小时后, 就会产生严重的支气管炎、呼吸困难、吐黄痰、发生肺水肿、呕吐, 以致很快死亡。空气中不同的NO₂浓度对人体的反应如表1-4所列。

空气中不同的NO₂浓度对人体的反应 表 1-4

二氧化氮浓度		对 人 体 的 反 应
(毫克/升)	体 积 (%)	
0.08	0.004	经过2~4小时还不会引起显著的中毒现象
0.12	0.006	短时间对呼吸道有刺激作用, 咳嗽、胸痛
0.20	0.01	短时间呼吸器官引起强烈刺激作用, 剧烈咳嗽, 声带痉挛性收缩、呕吐、神经系统麻木
0.51	0.025	短时间内死亡

为了防止NO₂的毒害, 安全规程规定: 井下空气中NO₂的浓度不得超过 0.00025%(换算为N₂O₅的氮化合物为0.0001%)。按重量计不得超过0.005毫克/升。

三、CO和NO₂中毒时的急救

从CO和NO₂的特性可以看出, 都是毒害很大的气体, 二者又同时产生在爆破后和柴油机排出的废气中。但由于二者对人体中毒的部位不同, 在对中毒伤员进行急救时应加以区别对待。CO中毒, 呼吸浅而急促, 失去知觉时面颊及身上有红斑, 嘴唇呈桃红色, 对中毒伤员可施用人工呼吸及苏生输氧, 输氧时可参入5~7%的CO₂以兴奋呼吸中枢促进恢复呼吸机能。口服生萝卜汁有解毒作用。NO₂中毒, 突出的特征是指尖、头发变黄, 另外还有咳嗽、恶心、呕吐等症状。因为NO₂中毒时, 往往发生肺水肿, 所以切忌采用人工呼吸, 以免加剧肺水肿的发展。可用拉舌头刺激神经引起呼吸, 或在喉部注入碱性溶液——NaHCO₃, 以减轻肺水肿现象。当必须用苏生输氧时, 也只能输入不含CO₂的纯氧, 以免刺激肺器官。最好是在苏生器供氧的情况下, 让中毒伤员自行呼吸。

第四节 含硫矿床产生的有毒气体

在开采含硫矿床的矿井里, 眼和鼻会有特殊感觉, 这是因为硫化矿物被水分解产生硫化氢; 含硫矿物的缓慢氧化、自燃和爆破等产生的二氧化硫所引起的。

一、硫化氢(H₂S)

是一种无色的气体, 比重1.19, 具有臭鸡蛋及微甜味。当空气中含量为0.0001~0.0002%时, 可以明显地感到它的臭味。易溶解于水, 能燃烧。性极毒, 能使人体血液中毒; 并对眼膜和呼吸系统有强烈的刺激作用。不同的H₂S浓度对人体的反应如表1-5所列。

安全规程规定: 矿内空气中H₂S的含量不得超过0.00066%。

空气中不同的H₂S浓度对人体的反应

表 1-5

H ₂ S 的 浓 度		对 人 体 的 反 应
(毫克/升)	体 积 (%)	
0.14	0.01	数小时后发生轻度中毒、流唾液、清鼻涕、瞳孔放大，呼吸困难
0.28	0.02	1小时后昏迷头痛、呕吐、四肢无力
0.7	0.05	30分钟到1小时失去知觉、痉挛、脸色发白，不急救便死亡
1.4	0.10	很快有死亡的危险

应该注意到，H₂S容易出现在一些老硐中，由于它的比重大，易溶解于水，很容易聚集在老硐的水塘中，若被搅动，就有放出的危险。

二、二氧化硫(SO₂)

是无色的气体，具有强烈的烧硫磺味，比重2.2，易溶解于水。对眼有刺激作用，它与呼吸道潮湿的表皮接触后能产生硫酸，对呼吸器官有腐蚀作用，使喉咙支气管发炎、呼吸麻痹，严重时引起肺水肿。所以SO₂中毒的伤员也不能进行人工呼吸。不同的SO₂浓度对人体的反应如表1-6所列。

空气中不同的SO₂浓度对人体的反应

表 1-6

SO ₂ 浓 度		对 人 体 的 反 应
(毫克/升)	体 积 (%)	
0.014	0.0005	嗅觉器官感到刺激味
0.057	0.002	对眼睛和呼吸器官有强烈的刺激，引起眼睛红肿、流泪、咳嗽、头痛、喉痛等现象
1.43	0.05	引起急性支气管炎、肺水肿、短期内中毒死亡

安全规程规定：矿内空气中SO₂不得超过0.0007%。

在矿石含硫量超过15~20%的矿井里，CO和SO₂含量不断增加，是矿石自燃火灾的主要征兆之一。

三、H₂S、SO₂中毒时的急救

H₂S中毒，除施行人工呼吸或苏生输氧外，可用浸过氯水溶液的棉花或毛巾放在嘴和鼻旁。氯是H₂S的良好解毒物。SO₂中毒可能引起肺水肿，避免用人工呼吸。当必须用苏生输氧时，也只能输入不含CO₂的纯氧。

外部器官受H₂S、SO₂刺激时，眼睛可用1%的硼酸水或明矾溶液冲洗，喉咙可用苏打溶液、硼酸水及盐水漱口。

第五节 放射性物质产生的有害气体

一、氡及其危害

自然界存在着很多放射性元素，它们在不断地进行衰变，并不断放出 α 、 β 、 γ 射线。一种原子核放出射线后，变成另一种原子核，称为放射性衰变。现已查明，自然界存在铀、钍、钍三个衰变系，它们都有一个在常温常压下以气体形式存在的放射性元素，其中铀系中的氡容易对井下工作人员造成危害。

地壳中铀的含量大约是百万分之三，有的富集成具有开采价值的铀矿。铀几乎在所有

岩石中都能找到它的踪迹，在井下空气中也会出现相当高的氡浓度。所以认为只有在铀矿井才需要防氡的看法是片面的。

放射性原子数因衰变而减少到原来的一半所需要的时间叫半衰期。如铀的半衰期是45亿年，铀衰变为镭；镭的半衰期是1620年，镭又继续衰变为氡；氡的半衰期是3.825天，

氡又继续按下述规律衰变： $\text{氡} \xrightarrow{3.825\text{天}} \text{镭}_A \xrightarrow{3.05\text{分}} \text{镭}_B \xrightarrow{26.8\text{分}} \text{镭}_C \xrightarrow{19.7\text{分}} \text{镭}_{C'} \xrightarrow{1.6 \times 10^{-4}\text{秒}} \text{镭}_D \xrightarrow{22\text{年}} \text{铅}$ 。氡的衰变产物从镭_A到镭_{C'}，半衰期都比较短，称为氡的短寿命子体。

氡是一种惰性气体，对人体无直接危害，但氡子体是呈固体微粒形式，大小为0.001~0.05微米，它具有一定的电荷性，具有很强的附着能力。因此在空气中很容易与粉尘结合形成“放射性气溶胶”。被吸入人体后，氡及其子体继续衰变放出 α 射线，长期作用能使支气管和肺组织产生慢性损伤，引起病变，据认为它是产生矿工肺癌的原因之一。

实践说明，即使在铀矿山， γ 射线对人体的外照射也很弱。所谓矿井的放射性防护是针对被吸入人体的氡及其子体所放射的 α 射线的内照射而言。

二、矿内大气中氡的来源

岩石中普遍存在着铀，铀不断衰变，不断产生氡气，并从岩石的裸露表面进入空气中。所以在含铀品位不变的情况下，岩石的自由面越多，析出的氡也就越多。实践说明在一些通风不好的非铀矿井，岩石裂隙及有大量充填料（未填实）的采空区中，往往也存在着高浓度的氡。当矿内气压低于岩石裂隙及采空区的气压时，氡就进入矿内空气中。

氡在水中的溶解度不大，但由于岩石裂隙中存在高浓度的氡，使地下水溶解大量的氡，一经流入矿井，促使氡从水中析出。

采矿及掘进都在不断地破碎矿岩，随着矿岩裸露面的增加，也增加了矿井的氡析出量。

三、氡及氡子体的最大允许浓度

量度放射性物质的“多少”用的单位是居里。每一升空气中有 1×10^{-10} 居里的氡称其浓度为1艾曼。所以，1艾曼等于 1×10^{-10} 居里/升。

氡在封闭的情况下，三小时所衰变成的氡子体与氡的放射性能量达到平衡。在与1艾曼的氡平衡时所有的氡的短寿命子体全部衰变而释放的 α 粒子能量的总和叫一个“工作水平”，其能量为 1.3×10^5 百万电子伏/升，以WL表示。

我国制订的《放射性防护规定》中指出，矿山井下工作场所空气中氡及其子体最大允许浓度如下：

氡： 1×10^{-10} 居里/升

氡子体的 α 潜能值： 4×10^4 百万电子伏/升

第六节 矽尘及其危害

在凿岩、爆破、运输及破碎岩石过程中会产生大量矿尘。含游离二氧化矽超过10%的矿尘叫矽尘。随空气进入呼吸道的粉尘，大于5微米的进入呼吸道即被气管分泌粘液粘着，通过咳嗽随痰吐出。小于5微米的粉尘进入肺细胞后，被吞噬细胞捕捉并排出体外。若进入肺细胞的是矽尘，一部分被排出体外；余下的由于其毒性作用，破坏了吞噬细胞的正常机能，逐渐变性坏死，使肺失去弹性，就是人们常说的矽肺病。所以0.1~5微米的矽

尘是最有害的。

影响矽肺发生和发展的因素有粉尘含游离二氧化矽的多少、粉尘粒度、空气含尘量、人接触含尘空气的时间，以及人的体质等。诸因素中空气含尘量是主要因素。

为了保证工人的健康，安全规程规定：粉尘中含游离二氧化矽在10%以上时，空气含尘量不得大于2毫克/米³；含游离二氧化矽在10%以下时，空气含尘量不得大于10毫克/米³。进风井巷与采掘工作面的风源含尘量不得大于0.5毫克/米³。

解放前的旧中国，唯利是图的矿主对工人的安全、健康、劳动保护一概不闻不问，也就不可能采取防尘措施，所以矽尘的危害是十分严重的。

全国解放后，我国许多矿山，在党的领导下，认真贯彻执行“安全生产”和“预防为主”的方针，大搞防尘群众运动，坚持湿式作业及有效通风，在防止矽尘危害方面，取得了显著的成效。江西下垄钨矿1958年参加井下工作的矿工二十年无矽肺病患者就是其中的一例。这有力地说明了只要长期坚持“风水为主”的综合防尘措施及“预防为主”的方针，达到国家规定的卫生标准，矽肺病的发生和发展是可以控制的。

第七节 矿内气候条件

不论在工作或休息时，人体都在不断产生热量和散发热量以保持热平衡。劳动强度越大，散发的热量就越多。若热量不能充分散发，会感到闷热；体内积热严重，会中暑。反之，人体大量散热会导致感冒。只有当人体产生的热量与散发的热量相平衡，使体温保持在36.5~37°C时，才是最合理的外部条件。

人体是借助于对流、辐射及汗水蒸发三种方式向空气散发热量。影响对流散热的是人体与周围空气的温度差和空气的流动速度。辐射的效果是受人体及周围介质温差大小的影响。汗水蒸发与空气温度、湿度和风流速度都有关系。这样可以看出影响人体散热的条件是空气温度、湿度及其流动速度的综合作用，称为矿内气候条件。它对人体的健康及劳动生产率的提高有着重要的影响。
人体散热极多，太快或极慢周围都不易保持正常体温等

一、矿内空气的温度

矿内空气温度是矿内气候条件的重要因素。温度过高，人体散热困难；温度过低，则散热太快，人体过冷。最适宜的矿内空气温度是15~20°C。

矿内空气温度受多种因素的影响：

1. 地面空气温度的变化 地面空气温度对井下温度有直接影响。冬季地面冷空气进入矿井后，使矿内空气温度降低，甚至发生结冰现象。夏季地面热空气进入矿井后，使井下温度升高。这种影响对较浅的矿井比较明显，因为风流进入矿井后，不能有充分的热交换时间。而对较深的矿井则影响不太显著。

2. 岩石温度 浅部岩石温度是随地表温度而变化；但从恒温带以下，则岩石温度随着深度的增加而升高，不受地表气候的影响。恒温带的深度一般为20~30米，其温度等于该地区空气的年平均温度。由于岩石性质种类不同，岩石温度增加1°C所相应的下降深度叫地温率。根据地温率可按下式计算岩石温度。
... 因此，若地表空气温度在10°C以上时，井下最适宜温度是15~20°C

$$t = t_{\text{表}} + \frac{H - h_1}{g_r}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1-2)$$

式中 t ——深度为 H 米处的岩石温度，°C；

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

h_1 ——恒温带的深度，米；

g_r ——地温率，米/ $^{\circ}\text{C}$ ；金属矿床地温率约为40~45米/ $^{\circ}\text{C}$ 。

当矿井开采深度增加后，温度的升高将是一个显著的问题。如南非的深部矿井中，2750米水平的岩石温度高达43.5 $^{\circ}\text{C}$ ；印度的奥列古姆矿井在2750米水平，岩石温度高达61.5 $^{\circ}\text{C}$ 。

3. 氧化生热 在硫化矿床，矿石的氧化是高温的直接原因。如安徽向山硫铁矿的独头工作面气温曾达40 $^{\circ}\text{C}$ 。

4. 水分蒸发 水分蒸发时从空气中吸收热量，使空气温度降低。1克的水蒸发可吸收585卡的热量，1立方米的空气吸收或放出310卡热，将使空气温度升高或降低1 $^{\circ}\text{C}$ 。所以在1立方米空气中有1克水蒸发，将使空气温度降低1.9 $^{\circ}\text{C}$ 。

5. 空气受压缩或膨胀 当空气向下流动时，随着深度增加，使空气受压缩而放出热量，一般垂直深度增加100米，气温增高1 $^{\circ}\text{C}$ ；当空气向上流动时，因膨胀而吸热，平均每升高100米，气温下降0.8~0.9 $^{\circ}\text{C}$ 。

6. 矿井通风 矿井通风对矿井气温有直接影响，许多矿井的实践说明，在高温工作面，通过适量的风流，气温会显著下降。因为空气流过巷道或工作面时，吸收热量排出地表。若气温较低，风流速度过大会使人体大量散热，所以根据不同的气温有不同的风速要求。

空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	风速要求(米/秒)
<15	不大于0.5
15~20	不大于1.0
20~22	不低于1.0
22~24	不低于1.5
24~25	不低于2.0

为了给井下工人创造一个良好的劳动环境，安全规程规定：井下作业地点最高允许温度为25 $^{\circ}\text{C}$ 。如超过25 $^{\circ}\text{C}$ 时，必须采取降温措施。

井下最高允许风速不得超过下述规定：

井巷名称	最高允许风速(米/秒)
专用风井、风硐	15
专用材料提升井	12
人员、材料提升井	8
风桥	10
主要进风道	8
运输巷道	6
采矿场、采准巷道	4

7. 其他因素 如机电设备散热、灯火燃烧、人体散热等对气温也有一定的影响。

二、矿内空气的湿度

空气中常含有一定的水蒸气，单位体积或单位重量的空气含有的水蒸气量称为空气的绝对湿度或实际湿度。在某一温度时，单位空气所能含有的最大水分称为该温度时的饱和

湿度。过多的水分将变为水滴。饱和湿度参看附录 I。

在同温度的情况下实际湿度与饱和湿度之比的百分数，称为相对湿度。可用下式表示

$$\varphi = \frac{\gamma_{\text{绝}}}{\gamma_{\text{饱}}} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 φ ——空气的相对湿度，%；

$\gamma_{\text{绝}}$ ——空气的绝对湿度，克/米³；

$\gamma_{\text{饱}}$ ——同温度的空气饱和湿度，克/米³。

对人体的影响主要是相对湿度，所以一般所指湿度是相对湿度。相对湿度小于40%说明空气极为干燥；大于80%表示空气比较潮湿。湿度过大，则人体出汗不易蒸发；湿度过低则感到干燥并引起粘膜干裂。一般以50~60%为宜。湿度对人体散热有一定的影响，但不如风速及温度的作用明显。

所以，创造良好气候条件的措施，首先仍然是合理的通风。在高温矿井还可采用喷水降温。此外，南方的矿井用岩石冷却进风温度，可使工作面气温降低2~5℃。北方矿井采用旧巷道在冬季预热进风，亦收到良好效果。

第八节 有害气体、空气含尘量和气候条件的检查

一、有害气体的检测

利用各种检定管测定空气中各种有害气体原理是：根据各种待测气体和检定管中指示剂发生化学变化后指示剂变色的深浅或长度，来确定各种气体的浓度。前者称为比色法；后者称为比长法。目前生产的有一氧化碳、硫化氢和氧化氮等几种检定管。

使用的方法是：先将检定管的
两端玻璃封口打开，并插在抽气唧筒的排气口上如图 1-1，使三通开关把手转到水平位置，拉动唧筒的活塞把手，抽取一定体积（一般为50毫升）的待测气体，然后把三通开关把手转到垂直位置，用 100 秒钟的时间压送唧筒活塞，使待测气体均匀地通过检定管。根据改变颜色的深浅或长度即可读出有害气体的浓度。

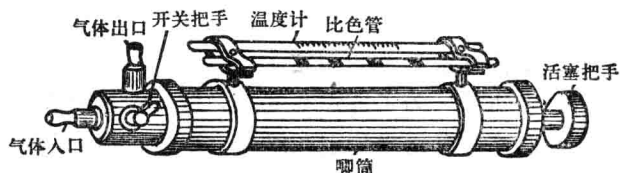


图 1-1 抽气唧筒

使用柴油设备的矿井，对于台架试验中CO、NO_x测定，应用红外线CO分析仪和红外线NO分析仪（或72型分光光度计测NO₂）进行测定。

二、空气含尘量的测定

我国金属矿山普遍使用的测尘方法是滤膜测尘。滤膜是由直径为1.2~1.5微米超细合成纤维构成的薄膜，孔隙很小，表面是细绒状，不易破裂，质地均匀，有明显的负电荷，能牢固吸附粉尘，滤尘率可达99%，含尘空气通过时，阻力小，不易吸湿，重量轻（一般为20~70毫克）。使用滤膜测尘简便准确。

具体测尘方法如图1-2。由于抽气动力的作用，使含有粉尘的空气通过采样器上的滤膜，粉尘被阻留在滤膜表面。根据滤膜增加的重量（即被阻留的粉尘量）和过滤的空气量，就可按下式算出空气中的粉尘浓度。

$$n = \frac{q' - q}{c t} \times 1000, \text{毫克/米}^3 \quad (1-4)$$

式中 q ——采样前滤膜的重量, 毫克;
 q' ——采样后滤膜的重量, 毫克;
 c ——采样时通过滤膜的单位时间空气量, 升/分;
 t ——采样时间, 分。

抽气动力一般使用电动抽气机; 没有抽气机时可用引射器如图 1-3。引射器是利用压缩空气由引射器喷嘴喷出时, 由于流速很大, 致使喷嘴附近的混合管内形成低压区, 而抽取引射管中的空气。

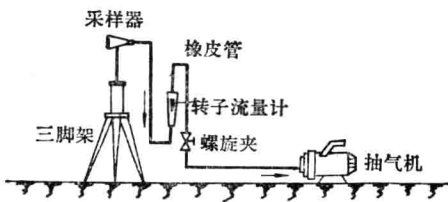


图 1-2 滤膜测尘示意图

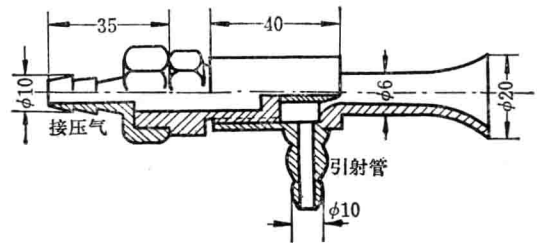


图 1-3 武安-3型引射器

转子流量计 (图1-4) 目前使用较普遍, 其主要部分是一根上粗下细的透明管, 锥度为1.2%, 里面装入一只上大下小的锥形转子A。当空气从下向上通过透明管时, 转子受气流的升力作用而上升, 此时转子与管壁的缝隙则逐渐增加, 直至升力等于转子的重力, 转子即稳定在某一高度, 这样就可以按转子顶部在锥形管中的高度数值来表示单位时间的流量。

三、矿井气候条件的测定

1. 卡达计 为了评定空气的温度、湿度及风速对人体的综合作用, 一般采用卡达计来测定。它是一种用来测定在温度、湿度、风速的综合作用下空气散热能力的仪器如图 1-5所示。它内装酒精, 上面刻有35°C及38°C的刻度。

空气的散热效果以卡达度表示。它是指卡达计的酒精容器表面 1 平方厘米面积上, 当温度由38°C降到35°C时, 每一秒钟损失了多少千分之一卡的热量。

$$H = \frac{F}{t} \quad (1-5)$$

式中 H ——卡达度;
 F ——卡达计常数 (注明在每支卡达计上);
 t ——测定时, 仪器的酒精面从38°C降到35°C的时间, 秒。

测定方法: 将酒精容器放入60~80°C的热水中, 当酒精上升到上面扩大部分的三分之一处, 取出后擦干表面的水, 记录酒精液面从38°C降到35°C的时间, 即可求出干卡达度。它表示温度及风速综合作用的散热效果。若从热水中取出后, 在酒精容器表面包上湿纱布, 则测出的是湿卡达度, 表示温度、湿度及风速综合作用下的散热效果。

卡达度的值越大, 表示散热条件越好。人在各种工作情况下感到比较舒适的状况如表 1-7所列。