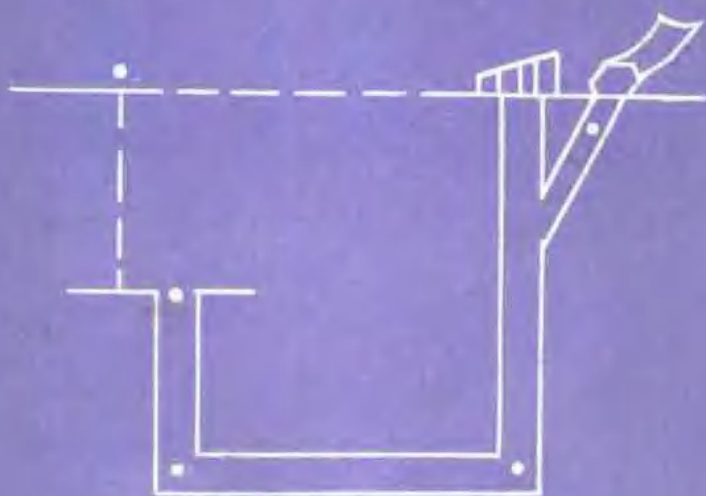




煤矿技工学校试用教材

# 矿井通风



煤炭工业出版社

煤矿技工学校试用教材

# 矿 井 通 风

周茂增 编

煤炭工业出版社

787401

京) 新登字042号

### 内 容 提 要

本书是根据煤矿技工学校中级技工教学大纲编写的,重点介绍了矿井通风的基础理论与技术管理知识,主要介绍矿井空气、通风阻力、通风动力、通风网络的解算方法,以及风量计算和调节等。每章都有复习题、习题。

本书内容丰富,技术理论和管理知识针对性强,为煤矿技工学校矿井通风专业和采煤专业的试用教材,也可供有一定文化水平的工人自学和工程技术人员参考。

煤 矿 技 工 学 校 试 用 教 材

## 矿 井 通 风

周 茂 增 编

责任编辑: 邓 荷 香

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平门里大街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092mm<sup>1/32</sup>, 印张16<sup>1/2</sup>。

字数391千字 印数1—6,065

1993年9月第1版 1993年9月第1次印刷

ISBN 7-5020-0856-X/UD·796

书号 3622 C0118 定价11.80元

# 前 言

为了适应煤矿技工学校教学改革的需要，加速技工人才的培养，促进煤炭工业现代化生产建设的发展和技术进步，全国煤矿技工教材编审委员会于1989年召开了第二次全体会议，确定以“七·五”教材建设为基础，按照“补齐、配套、完善、提高”，突出基本理论、基本知识教学和基本技能训练的原则，编制了“八五”技工教材建设规划。这套教材包括：《采煤概论》、《综采工作面采煤机》、《煤矿开采方法》、《机械化掘进工艺》、《矿井地质》、《矿山测量》等70余种，将陆续出版发行。

这套教材主要适用于煤矿技工学校教学和培训，也适合具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《矿井通风》是这套教材中的一种，是根据全国煤矿技工学校统一教学计划和大纲编写的、并经全国煤矿技工教材编审委员会组织审定和认可，是全国煤矿技工学校和在职工人培训必备的统一教材。

该教材由淮北矿务局技工学校周茂增同志编写，淮南矿务局技工学校彭期全同志主审，铁法、韩城、淮南、淮北煤矿技工学校和徐州煤炭基本建设技工学校的有关教师和部分工程技术人员也参加了审定工作，原中国统配煤矿总公司教育局工人培训处的有关同志具体组织并参加了审定和修改工作。

由于时间仓促，经验不足，教材中难免有不当之处，请用书单位和读者批评指正。

全国煤矿技工教材编审委员会

1993年3月17日

# 目 录

<b>第一章 矿井空气</b> .....	1
第一节 矿井空气的主要成分 .....	1
第二节 矿井空气中主要有害气体 .....	2
第三节 矿井气候条件 .....	9
第四节 井巷风量的测量方法 .....	20
<b>第二章 矿井通风压力</b> .....	26
第一节 矿井空气常用的物理参数 .....	26
第二节 矿井空气的绝对压力与相对压力 .....	28
第三节 绝对压力与相对压力的测量 .....	33
第四节 矿井通风中的能量方程 .....	39
<b>第三章 矿井通风阻力</b> .....	46
第一节 风流状态与阻力定律 .....	46
第二节 摩擦阻力与局部阻力 .....	48
第三节 井巷风阻与等积孔 .....	58
第四节 井巷通风阻力测定 .....	62
<b>第四章 矿井通风动力</b> .....	71
第一节 矿井自然通风 .....	71
第二节 机械通风 .....	78
第三节 通风机的联合工作 .....	95
第四节 通风机的安装使用及反风方法 .....	99
<b>第五章 矿井通风系统和采区通风系统</b> .....	105
第一节 矿井通风系统与通风方式 .....	105
第二节 采区通风系统 .....	111
第三节 通风设施 .....	120
第四节 矿井漏风 .....	126
<b>第六章 通风网路</b> .....	130
第一节 风流流动的普遍规律 .....	130
第二节 通风网路中的阻力与风量自然分配 .....	131
第三节 角联网路中风流方向变化规律 .....	136
第四节 矿井通风网路的解算方法 .....	139
<b>第七章 掘进通风</b> .....	156
第一节 掘进通风方法 .....	156
第二节 掘进通风设备选择 .....	161
第三节 局部通风机的通风技术管理 .....	176
<b>第八章 风量按需调节</b> .....	182
第一节 局部风量调节 .....	182
第二节 矿井总风量调节 .....	194

<b>第九章 矿井总风量的确定</b> .....	205
第一节 矿井总风量的计算方法 .....	205
第二节 矿井总风量的分配方法 .....	209
第三节 通风机的选择 .....	210
附录 I 井巷摩擦阻力系数 $a$ 值表 .....	221
附录 II 井巷阻力测定记录表 .....	227
附录 III 离心式通风机特性曲线及性能表 .....	229
附录 IV 轴流式通风机特性曲线及技术特征表 .....	243
附录 V 通风机性能试验记录表 .....	254

# 第一章 矿 井 空 气

## 第一节 矿井空气的主要成分

矿井空气来源于地面空气，而地面空气的主要成分是由氧、氮、二氧化碳、氩以及其它稀有气体混合组成。这几种气体按其体积浓度的百分数计算，其中氧（ $O_2$ ）占20.90%，氮（ $N_2$ ）占78.13%，二氧化碳（ $CO_2$ ）占0.03%，氩（Ar）占0.93%，其它稀有气体占0.01%。此外，地面空气还有尘埃和烟雾等杂质。新鲜空气无色、无味、无臭，是维持生命所必需的物质，并能助燃。

地面空气，每时每刻都在不停地进行着某种气体的减少、消失或物理化学变化。但是由于地球表面被很厚的大气层包围（空气层的厚度约2000~3000km），储存有相当大量的空气，同时空气本身具有很大的流动性和扩散性，所以在地面一般地区空气受到了污染后，经过一定的时间，空气的主要成分仍然能够保持原有自然比例。

地面空气进入井下后，在气体种类和成分上都发生了一系列物理化学性变化：

- ① 空气中的氧气成分减少；
- ② 二氧化碳和其它有害气体增多；
- ③ 混进了粉尘和炮烟；
- ④ 空气的温度、湿度、压力都发生了变化。

但是，在矿井进、回风路线上，如进风井、井底车场、运输大巷、采区石门、采掘工作面进风口等区段，空气成分变化并不太大，与地面空气成分基本相同，因此在这些井巷中的风流称为新鲜空气的风流，又称新风。而在采掘工作面的回风巷、采区回风巷、总回风巷和总回风井等回风中的风流，则称为污浊空气的风流，又称乏风。所谓污浊空气的风流，其中就含有不同浓度的各种有害气体、炮烟、粉尘等。

空气中主要气体的成分和性质：

### （一）氧

空气中的氧，化学分子式为 $O_2$ ，分子量为32。氧是一种无色、无味、无臭的气体，相对密度为1.105。氧的化学性质很活泼，能维持人的呼吸和助燃，并容易与许多简单的和复杂的物质化合，其作用过程为氧化或燃烧。

氧是人与其它动物呼吸和物质燃烧不可缺少的气体，所以空气中的氧气，对维持人的生命非常重要，如果空气中氧的浓度降低，就会影响人的身体健康，甚至造成人的死亡。例如，当空气中氧的浓度减少到17%时，人在工作时就会感到呼吸困难，心跳和喘息；空气中氧浓度减少到10%~12%，人一旦呼吸后将会失去理智，可能使人突然处于昏厥状态，时间稍长，就会因缺氧而死亡；当空气中氧浓度减少到9%时，在短时间内即将死亡。因此，氧是井下人员呼吸所必需的，必须保持一定的浓度，才能维持人的正常呼吸，并有良好的感觉和正常的工作能力。《煤矿安全规程》\*规定井下空气中氧的浓度不得低于20%。

\*《煤矿安全规程》简称《规程》，下同。

矿内空气中氧的浓度是不断减少的。其原因是：井下人员的呼吸和各种有机物（木材）和无机物（矿物及岩石）的缓慢氧化，煤炭的氧化和自燃，矿井火灾以及瓦斯煤尘爆炸等，都直接消耗空气中部分或大量的氧。同时煤层又不断的释放出各种有害气体混入到井巷内的空气中，也相对降低了氧的浓度。所以，当井下巷道中通风不良或停风时，尤其是在井下发生火灾或瓦斯爆炸以后，井巷空气中氧浓度可能降低到很低的浓度。在进入这些巷道之前，一定要认真的进行检查、分析，绝对不能盲目进入，否则会有窒息危险。在正常生产和通风的巷道内则不会出现这种情况。

### （二）氮

空气中氮的化学分子式是 $N_2$ ，分子量为28。氮是一种无色、无味、无臭的惰性气体，相对密度为0.97，它既不能维持人的呼吸，也不能帮助燃烧。在正常情况下，空气中的氮对人体无害，但在废弃的巷道或隔离的火区内，如积存大量的氮，则可使氧气的浓度相对减少，在进入这些巷道时即可能因缺氧而窒息。

矿井空气中氮气浓度增加的原因是：

- ① 空气中氧气浓度的减少；
- ② 有机物的腐朽；
- ③ 从煤层或围岩中放出；
- ④ 从废弃的旧巷或封闭隔离的采空区、火区内涌出或渗出。

### （三）二氧化碳

井下空气中二氧化碳的化学分子式为 $CO_2$ ，分子量为44，相对密度为1.52。二氧化碳是一种无色和略带酸味的窒息气体，易溶于水，不助燃，也不能维持人的呼吸，对人的眼睛、喉咙、鼻腔粘膜有刺激作用。由于二氧化碳比空气重，所以井下的二氧化碳常积于巷道的底板附近或者巷道的最低处。如果巷道是倾斜的或直立的，则二氧化碳常积于这些巷道的下部。

井下空气中，当二氧化碳浓度达到1%时，人的呼吸急促；当达到5%时，人就感到明显的呼吸困难，并伴有耳鸣、心跳，这时应立即撤离到新鲜空气的地方去，否则就要发生危险。《规程》规定，在矿井总进风流和采掘工作面的进风流中，按体积计算二氧化碳的浓度不得超过0.5%，在总回风流中二氧化碳浓度不得超过0.75%。

井下二氧化碳的主要来源是：

- ① 煤炭和坑木物质的氧化；
- ② 碳酸性岩石（如方解石、石灰石等）与酸性水的分解作用；
- ③ 从煤层或围岩中渗出，有时喷出或突出；
- ④ 井下火灾或火区内；
- ⑤ 爆破工作以及人员的呼吸；
- ⑥ 瓦斯煤尘爆炸。

## 第二节 矿井空气中主要有害气体

### 一、井下主要有害气体

井下主要有害气体有：一氧化碳、硫化氢、二氧化硫、二氧化氮、氢气、氨气、瓦斯、二氧化碳等。在这些气体中，二氧化碳已在前面作了介绍，现对其余几种气体的性质



及危害简述如下：

#### (一) 一氧化碳

一氧化碳的化学分子式为 $\text{CO}$ ，分子量为28。一氧化碳是无色、无味、无臭的气体，相对密度为0.97，微溶于水。在正常的温度与压力下，一氧化碳的化学性质不活跃，当空气中的浓度达到13%~75%时，遇火能引起燃烧和爆炸，浓度达到30%时，爆炸最为强烈。

一氧化碳是一种剧毒气体。它与人体血液内血色素的结合力比与氧的结合力约大250~300倍，也就是血液吸收一氧化碳的速度比氧快250~300倍。因此，一氧化碳被吸入人体后，就阻碍了氧和血色素的正常结合，使人体各部分组织和细胞产生缺氧，引起中毒、窒息以致死亡。人们长期在含有0.01%一氧化碳的空气中工作，会产生慢性中毒。一般认为，空气中一氧化碳浓度达到0.048%时，人在1h左右就有急性中毒的症状，如头昏、心跳；当达到0.4%时，短时间内很快中毒死亡。因此，《规程》规定井下空气中一氧化碳浓度不得超过0.0024%。

井下一氧化碳的来源：

- ① 井下火灾与瓦斯煤尘爆炸；
- ② 井下爆破；
- ③ 煤的缓慢氧化也会产生微量的一氧化碳。

其中井下火灾、瓦斯煤尘爆炸会迅速产生大量的一氧化碳气体，对人的威胁和伤亡最大。

防止一氧化碳中毒的措施：

- ① 防止煤炭自然发火和瓦斯、煤尘爆炸的发生；
- ② 放炮时喷雾洒水；
- ③ 加强通风。

#### (二) 硫化氢

硫化氢化学分子式为 $\text{H}_2\text{S}$ ，分子量为34.08。硫化氢是无色、微甜、有臭鸡蛋味的气体，相对密度为1.177，易溶于水，能燃烧和爆炸，爆炸的浓度范围为4.3%~46%。硫化氢有强烈的毒性，能使人体血液中毒，对眼睛粘膜及呼吸系统有强烈的刺激作用。空气中浓度达到0.0001%时，人就能嗅到它的气味，达到0.1%时，在极短时间内立即死亡。因此，《规程》规定井下空气中硫化氢的浓度不得超过0.00066%。

矿井中硫化氢的来源：

- ① 坑木的腐烂；
- ② 含硫矿物（黄铁矿、石膏等）遇水分解；
- ③ 从废旧巷道的涌水中或从煤层和围岩中放出；
- ④ 爆破工作。

防止硫化氢中毒的措施：

- ① 向煤层内注入石灰水，如水力采煤时向水中加石灰；
- ② 加强通风。

#### (三) 二氧化硫

二氧化硫化学分子式为 $\text{SO}_2$ ，分子量为64.04。二氧化硫是一种无色，并有类似硫磺燃烧时发出的臭味的气体，性质极毒，相对密度为2.2，极易溶于水，溶于水的程度相当于氧

气的1400倍，相当于二氧化碳的46倍。二氧化硫与眼、呼吸系统的湿表面接触后形成硫酸，对眼和呼吸系统有强烈的刺激和腐蚀作用。当空气中二氧化硫的浓度达到0.0005%时，人就可以嗅到它的臭味，并能感觉到它的刺激作用；当达到0.002%时，会出现眼睛红肿、流泪、灼热、头痛、咳嗽等现象；当达到0.05%时，引起急性支气管炎和肺水肿，并在短时间内中毒死亡。因此，《规程》规定井下工作场所空气中的二氧化硫的浓度不得超过0.0005%。

井下二氧化硫的来源：

- ① 含硫矿物的缓慢氧化或自燃；
- ② 从煤层或岩层中放出；
- ③ 在含硫矿物中进行爆破工作。

预防二氧化硫危害的措施：

- ① 预防矿内各种火灾的发生；
- ② 加强通风。

#### (四) 二氧化氮

二氧化氮分子式是 $\text{NO}_2$ ，分子量为46。二氧化氮为红褐色的气体，相对密度为1.59，极易溶于水。它与水结合成硝酸，对眼睛、鼻腔、呼吸气道有强烈的刺激作用，对肺部组织起破坏作用，引起肺部水肿。

二氧化氮中毒的特征是：开始无感觉，经过6h或更长的时间才能出现中毒症状。即是在危险的浓度下中毒后，开始也只感觉呼吸道受刺激、头痛、咳嗽加重，经过20~30h后，就会发生严重的支气管炎，呼吸困难，出现手脚尖及头发变黄，吐出淡黄色痰液，肺部水肿，呕吐以致死亡。

空气中二氧化氮对人体中毒作用表现为：当二氧化氮的浓度达到0.004%时，经过2~4h还不会引起显著中毒现象；达到0.006%时，短时间内，即对呼吸器官有刺激作用，出现咳嗽、胸部发痛；当达到0.01%时，短时间内对呼吸器官起强烈的刺激作用，呈剧烈咳嗽、声带痉挛收缩、呕吐、神经系统麻木等；当达到0.025%时，可很快使人死亡。因此，《规程》规定空气中二氧化氮的浓度不得超过0.00025%。

井下空气中的二氧化氮主要由放炮产生。放炮后首先生成一氧化氮，而一氧化氮极不稳定，遇到空气中的氧气，即转化为二氧化氮。因此，井下放炮后应加强通风，将二氧化氮冲淡排出后，人员方可进入工作面。

#### (五) 氢气

氢气分子式为 $\text{H}_2$ ，分子量为2.016。氢气是无色、无味、无臭、无毒的气体，不能维持人的呼吸，相对密度为0.07，是气体中最轻的一种气体，并在水中的溶解度很小。氢气在空气中体积浓度为4%~75.6%范围内，遇火能够引起爆炸。当空气中氢气的浓度小于4%时，在与高温热源接触后能燃烧，燃烧时发出的火焰几乎是无色的。引燃氢气的火源温度是150~200℃。《规程》规定：井下充电硐室及工作场所的空气中氢气的浓度不得超过0.5%。

井下氢气的来源：

- ① 井下充电硐室内的蓄电池充电时放出氢气；
- ② 用水直接扑灭火灾时，在火源附近可能产生大量的氢气；

③ 开采接近石油或钾盐地层时，从岩层中放出。

#### (六) 氨气

氨气分子式为 $\text{NH}_3$ ，分子量为17。它是一种无色，具有强烈的刺激臭味的气体，相对密度为0.59，易溶于水。这种气体毒性很强，对人的上呼吸道粘膜有较大的刺激作用，严重时，可致肺部水肿。当空气中氨气浓度达到0.004%~0.0047%时，人可嗅到它的臭味；当达到0.008%~0.0093%时，对人就有明显的刺激作用；当达到0.047%~0.05%时，对人有强烈的刺激作用，时间稍长能引起贫血，体重下降，抵抗力减弱，产生肺水肿，直至死亡。因此，《规程》规定井下空气中氨气的浓度不得超过0.004%。

井下氨气的来源：

① 盛氨容器漏气或溢漏出氨水，挥发到空气中；

② 井下煤炭自然发火时，煤炭在高温干馏状态下能产生出大量的氨气。

预防氨气危害的措施为：加强对氨的使用管理，加强通风降低氨气浓度。当接近高温火源时，应预防氨气中毒。

#### (七) 瓦斯

瓦斯是井下以甲烷( $\text{CH}_4$ )为主的有毒、有害气体的总称，有时单独指甲烷。甲烷的化学分子式为 $\text{CH}_4$ ，分子量为16。瓦斯的性质是无色、无味、无臭、无毒，具有窒息性的气体，不溶于水，相对密度为0.554，在标准状态下的容重为 $7.0216\text{N/m}^3(0.716\text{kgf/m}^3)$ ，具有燃烧和爆炸性。

这种气体的特点是，扩散性强，比空气快1.6倍，渗透能力强。瓦斯比空气轻，在井下常积聚在巷道或掘进工作面空间的最高处，尤其掘进煤巷上山或距含瓦斯的煤层较近的岩层内掘进岩石上山时，更容易积聚在工作面附近的最高处。对此应特别注意，严防其集聚超限，以防发生事故。

在井下有瓦斯积存的巷道或者有大量的瓦斯涌出的巷道中，常使人嗅到一种类似苹果香的气味，这是由于瓦斯同有香味的碳化氢以及极微量的硫化氢同时放出，产生的一种混合性气味，而并非瓦斯有香味。但是，在井下某一地点嗅到有类似苹果香的味道，同时也就证明有瓦斯的存

在空气中瓦斯浓度的爆炸界限为：下限5%~6%，上限14%~16%，当浓度达到9.5%时爆炸威力最强。在矿井条件下，引燃或引起瓦斯爆炸的火源温度为 $650\sim 750^\circ\text{C}$ 。

矿井中瓦斯来源于煤层或围岩之中。

##### 1. 矿井瓦斯涌出量的表示方法

1) 矿井瓦斯绝对涌出量：指矿井在单位时间内涌出瓦斯量的立方米数，用 $Q_{\text{CH}_4}$ 表示，单位为 $\text{m}^3/\text{min}$ 或 $\text{m}^3/\text{d}$ 。其计算方法是：

$$Q_{\text{CH}_4} = Q \times \frac{C_{\text{CH}_4}}{100} \times 60 \times 24, \text{ m}^3/\text{d} \quad (1-1)$$

式中  $Q_{\text{CH}_4}$ ——单位时间内瓦斯绝对涌出量， $\text{m}^3/\text{min}$ ；

$Q$ ——单位时间内的风量， $\text{m}^3/\text{min}$ ；

$C_{\text{CH}_4}$ ——风流中的瓦斯浓度，%。

2) 矿井瓦斯相对涌出量：指矿井在正常生产条件下，日平均产煤1t或月平均产煤1t的瓦斯涌出量，用 $q_{\text{CH}_4}$ 表示，单位为 $\text{m}^3/\text{t}$ 。瓦斯相对涌出量的计算方法为：

$$q_{CH_4} = Q_{CH_4} / T_d, \text{ m}^3/\text{t} \quad (1-2)$$

式中  $T_d$ ——矿井日产煤量, t。

$$\text{或} \quad q_{CH_4} = Q_{CH_4} \times n / T_n, \text{ m}^3/\text{t} \quad (1-3)$$

式中  $n$ ——一个月之中的生产工作日数;

$T_n$ ——矿井月产煤量, t。

## 2. 矿井瓦斯等级的确定方法

矿井瓦斯等级是根据矿井瓦斯相对涌出量来确定。《规程》的规定, 矿井瓦斯等级划分见表1-1。

表 1-1 矿 井 瓦 斯 等 级 表

矿 井 瓦 斯 等 级	矿井瓦斯相对涌出量 (m <sup>3</sup> /t)
低瓦斯矿井	10及10以下
高瓦斯矿井	10以上
煤与瓦斯突出矿井	

矿井二氧化碳绝对涌出量和相对涌出量的计算方法, 以及确定矿井二氧化碳等级的方法, 与计算瓦斯的方法相同。其等级的确定方法见表1-2。

表 1-2 矿 井 二 氧 化 碳 等 级 表

矿井二氧化碳等级	按二氧化碳相对涌出量 (m <sup>3</sup> /t)
低二氧化碳矿井	10及10以下
高二氧化碳矿井	10以上
煤、岩与二氧化碳突出矿井	

## 3. 划分矿井瓦斯等级的意义

矿井按瓦斯分级, 不仅是为了计算矿井所需风量, 而且是为了采取不同的瓦斯管理和安全措施。矿井按二氧化碳分级, 主要是为了计算矿井所需风量。如矿井瓦斯相对涌出量低于二氧化碳相对涌出量时, 则按二氧化碳等级的供风量标准计算矿井所需风量, 而按瓦斯等级制定安全生产措施。按矿井瓦斯或二氧化碳等级的供风量标准见表1-3。

表 1-3 按矿井瓦斯或二氧化碳等级的供风标准

瓦斯或二氧化碳相对涌出量 (m <sup>3</sup> /t)	供风量标准 Q (m <sup>3</sup> /min)
≤10	1~1.25
>10	≥1.5, 同时按矿井总回风流中的瓦斯或二氧化碳的浓度 ≤0.75% 计算
煤与瓦斯 (或煤岩二氧化碳) 突出矿井	≥1.5, 同时按矿井总回风流中的瓦斯或二氧化碳的浓度 ≤0.75% 计算

#### 4. 瓦斯爆炸应具备的条件

- (1) 空气中瓦斯的浓度在爆炸的范围内。
- (2) 空气中氧气的浓度不低于12%。
- (3) 有引燃或引爆瓦斯的高温火源(650℃以上)。

#### 5. 防止瓦斯爆炸的措施

- (1) 加强通风。井下凡是需要通风的场所,都要按照需要数量供给新鲜风量。
- (2) 加强检查和管理。对通风不良或废弃的巷道,以及生产实际要求严加检查和管理。
- (3) 消除引燃瓦斯的高温火源,如消除井下各种明火,使用安全炸药,使用防爆性能好的电器设备等。
- (4) 严格贯彻执行《规程》、操作规程,以及各种安全措施。

### 二、有害气体的检查方法

对矿内空气中的各种有害气体,必须经常进行检查测定,以便发现问题及时处理。检测有害气体的方法很多,如取样化验,用检定管快速测定及利用各种仪表直接测定等。但采取空气试样在化验室进行分析,求得有害气体的浓度,需要较长的时间,并且不能根据具体情况迅速采取有效的预防措施。因此,目前一般多用各种检定管直接测定有害气体的浓度。现将检定管检查测定方法简述如下。

用检定管测定某种有害气体的浓度,是根据所测有害气体与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的。前者称为比色法,后者称为比长法。比长法的优点是:准确、方便、成本低,目前较多采用。我国生产的有一氧化碳、硫化氢、二氧化硫和氧化氮等几种比长式检定管。

在测定某种有害气体浓度时,需用的仪器有:抽气唧筒、秒表和气体检定管。下面以比长式一氧化碳检定管为例,说明其测定原理、仪器构造和测定方法。

比长式一氧化碳检定管是一个装有化学指示剂、两端封口的玻璃管,如图1-1所示。

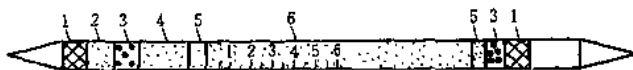
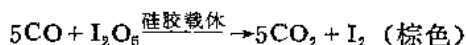


图 1-1 比长式一氧化碳检定管

1—堵塞物; 2—活性炭; 3—硅胶; 4—消除剂; 5—玻璃粉; 6—指示剂

比长式一氧化碳检定管的测定原理是:利用吸附五氧化二碘( $I_2O_5$ )和发烟硫酸的硅胶作指示剂,置于玻璃管中,当含有一氧化碳的气体通过检定管时,检定管中的指示剂与一氧化碳(CO)相接触并起化学反应,CO将 $I_2O_5$ 还原,产生一个棕色变色圈(游离碘),变色圈的长度与通过检定管的气体中的CO浓度成正比。因此,根据变色圈的长度就可指示CO的浓度,并从检定管的刻度上直接读值。其化学反应式如下:



为了消除乙炔、硫化氢、二氧化硫等气体的干扰,在检定管的前端(有黑色物质的一端)装有活性炭(消除 $H_2S$ 和 $SO_2$ )、硫酸银(消除乙炔( $C_2H_2$ ))等消除剂。

检定管的测定范围为0.001%~0.1%。

图1-2所示为抽气唧筒。它是由铝合金管及气密性良好的活塞部件所组成。抽取一次气样为50ml，在活杆4上有十等分刻度，表明抽入气体试样的毫升数。三通阀阀把3有三个位置：阀把平放时，是抽取气体试样；当阀把拨向垂直位置时，推动活塞把试样通过检定管插孔2压出；当阀把拨在45°位置时，是关闭状态，此时可把气体试样带到安全地带进行测定。

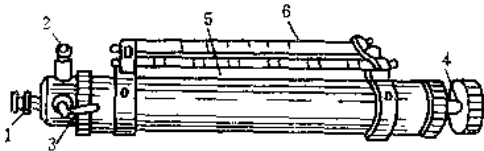


图 1-2 抽气唧筒

1—气体入口，2—检定管插孔，3—三通阀 阀把，4—活  
塞杆；5—比色板；6—温度计

测定方法如下：

(1) 采取空气试样。用抽气唧筒，在测定地点先将活塞往复抽送2~3次，使唧筒内原来存在的空气完全被待测气体所置换。

(2) 检查唧筒内气体浓度、把检定管两端的玻璃管封口打开，将有黑色物质的一端插入抽气唧筒的插孔2，然后将唧筒中50ml气样用100s时间均匀地送入检定管，气

体中含有的一氧化碳即与指示剂起反应，产生一个变色圈，这时按变色圈指示的长度，在检定管上的刻度直接读出CO浓度。检定管上的数字1即代表0.01%，2代表0.02%，以此类推。玻璃管上的一大格又分五小格，每一小格即为0.002%。

测定时注意事项：

(1) 检定管打开后，必须立即使用，以防影响测定效果。

(2) 检定管应储存在阴凉处，不要碰坏玻璃管及两端封口，否则，不能使用。

(3) 这种检定管只能测定0.1%以下的CO浓度，如果需要测定浓度超过0.1%的气样时，首先应考虑测定人员的防毒措施，然后再进行测定。

当井下被测巷道中CO浓度较高时，在实测前，首先准备一个胶皮气囊，其中装以新鲜空气，在测定时用唧筒先抽取巷道中的一部分气体以后，再从气囊中抽取一部分新鲜空气使之冲淡。空气中所含CO的实际浓度，即为测定时读数乘以冲淡的倍数。

对于浓度低于0.001%的微量一氧化碳，在测定时可将气体试样送入的时间增大2~10倍，再观察其结果，若送气时间增大10倍，得出结果为0.002%，而实际浓度为0.0002%。或增加送气次数，然后将所得浓度数值被送气次数除，同样可得微量一氧化碳的真实浓度值。

用其它检定管测定另外的有害气体时，其方法基本相同，不再详述。

### 三、井下空气中的粉尘危害和污染

井下粉尘，指生产过程中所产生的矿物和非矿物的细微颗粒的统称。按其形成的粉尘物质不同又分为煤尘和岩尘。粉尘在井下存在的状态有两种形式：一是飞扬悬浮于空气中的称为浮尘；另一是从空气中沉降下来的称为落尘。

粉尘在井下空气中浮游的条件、路线、时间与尘粒的大小、形状、干湿程度和风流的速度等有着密切的关系。随着这些条件的变化，浮尘和落尘可以互相转化。根据实验，尘粒直径<0.001mm的可以看成不降落的。

在单位体积空气中所含的浮尘数量称为粉尘的浓度。确定粉尘浓度的方法较多，但基

本上有以下两种方法:

- 1) 计重法:指每立方米空气中所含粉尘的质量。用 $\text{mg}/\text{m}^3$ 表示。
- 2) 计数法:指每立方厘米空气中所含的粉尘数量。用颗 $\text{g}/\text{cm}^3$ 表示。

根据《规程》规定,井下有人工作的地点和人行道的空气中粉尘(总粉尘、呼吸性粉尘)浓度,应符合表1-4要求。

表 1-4 《规程》规定的井下最高容许粉尘浓度

粉尘中游离 $\text{SiO}_2$ 含量(%)	最高容许浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	
	总粉尘	呼吸性粉尘
1. <5	20.0	6.0
2. 5~<10	10.0	3.5
3. 10~<25	6.0	2.5
4. 25~<50	4.0	1.5
5. >50	2.0	1.0
6. <10的水泥粉尘	6.0	

人员长期在粉尘量比较大的空气中,特别是尘粒平均直径在 $5\mu\text{m}$ 以下的呼吸性粉尘中工作,是非常有害的。因为呼吸性粉尘通过人的呼吸能进入人体最小支气管及肺泡里,引起尘肺。粉尘在肺泡中与水产生化学变化,对肺组织产生刺激和毒化作用,发生慢性病变,形成结节,随着时间的延长,而逐渐硬化,使肺组织失去呼吸能力,并出现咳嗽、气喘、呼吸频而不爽、胸闷、四肢无力、食欲减退、水肿等不良症状,最后使人身体丧失劳动能力,严重时更有生命危险。

多数品种的煤产生的煤尘具有爆炸性。据试验,煤尘爆炸的下限为 $30\sim 40\text{g}/\text{m}^3$ ,上限为 $2000\text{g}/\text{m}^3$ ,爆炸强度最大时为 $300\sim 400\text{g}/\text{m}^3$ 。引燃煤尘的火源温度一般为 $700\sim 800^\circ\text{C}$ ,有时可达 $1100^\circ\text{C}$ 。

井下能引燃煤尘的高温火源有:爆破出现的火焰,电器设备出现的电火花,机械摩擦生成的火花,安全灯火焰,井下火灾及瓦斯爆炸等。

井下煤尘产生量的多少与采掘机械化程度、煤层的湿度、煤的硬度、运输形式、转载点多少、喷雾洒水程度有关。井下产生煤尘最多的地点是采掘工作面、溜煤口、装车站等,而其中又以打眼、爆破、放顶、机械采煤等工序生成的煤尘最多。

预防煤尘危害的措施有:

① 煤层注水:超前回采工作面,沿倾斜方向平行工作面打钻注水或在工作面上垂直工作面打短孔注水,以湿润煤体;

② 水封爆破,用水炮泥;

③ 对产生煤尘较大的地点,采取喷雾洒水降尘;

④ 对井巷中的落尘,定期进行清扫;

⑤ 巷道中的风速要调节适当,以防煤尘飞扬;

⑥ 对产生煤尘大的区域或矿井一翼,安装水槽棚或岩粉棚。

### 第三节 矿井气候条件

井下气候条件是指矿井内空气的温度、湿度和风速三者的综合作用的结果。人不论在

工作或休息时,身体都在不断地产生热量和散失热量,以保持其热平衡,使人体温度保持在 $36.5\sim 37^{\circ}\text{C}$ ,才能保持人的正常活动能力。如果人体温度不能维持在这个范围内,人体就会立即感到不舒适。因此,井下气候条件的好坏,对保障人的身体健康,保持旺盛的劳动能力,提高劳动生产率有着重要的影响。

### 一、空气温度对井下气候条件的影响

空气温度是影响井下气候条件的重要因素。井下空气温度过高或过低,对人体都有不良的影响。最适宜的井下空气温度为 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。地面空气进入井下并沿井巷流动时,其温度就要发生变化,影响空气温度的变化主要有下列因素。

#### (一) 井下岩石温度

地下岩石温度对矿内空气温度有着直接影响。然而,地壳表层温度则受地面空气温度影响而变化,当达到一定的深度时,地层温度不再变化。一般将地表以下某一深度处地温常年基本上保持不变的那个地层称为恒温带。在我国,由于各地区地质条件和地面气温变化的不同,恒温带的深度,一般为 $20\sim 40\text{m}$ ,恒温带的温度,接近于当地地表的年平均气温。根据调查统计,我国部分不同纬度地区恒温带的深度和温度值见表1-5。

表 1-5 不同纬度地区恒温带深度及恒温带温度表

地 区	北 纬	恒温带的温度 $t(^{\circ}\text{C})$	恒温带的深度 $Z_0(\text{m})$
辽宁抚顺	$41^{\circ}50'$	10.5	20~30
河北怀来	$40^{\circ}21'$	9	14
河北唐山	$39^{\circ}38'$	13.6	35
天 津	$39^{\circ}10'$	12.7	32
山东陶庄	$34^{\circ}52'$	15.6	40
江苏徐州	$34^{\circ}15'$	17	25
陕西兰田	$34^{\circ}10'$	16.6	20
河南平顶山(按101孔计)	$33^{\circ}46'$	16.9	15~20
河南确山	$32^{\circ}56'$	16.2	20
安徽淮南	$32^{\circ}40'$	16.8	20~30
安徽庐江	$31^{\circ}0'$	18.9	25
广西合山	$23^{\circ}53'$	23.0	20
辽宁北票	$41^{\circ}49'$	10.6	27~32
浙江长广	$31^{\circ}00'02''$	18.9	30~35
湖北黄石	$30^{\circ}15'$	18.8	31

理论和实践证明,在地层恒温带以下,岩石温度随深度的增加而升高。在含煤地层中,一般深度每增加 $30\sim 35\text{m}$ ,岩石温度就要增加 $1^{\circ}\text{C}$ 。预测井下不同深度处的岩石温度可用下式计算:

$$t_R = t_c + \frac{Z - Z_c}{g_r} \quad (1-4)$$

式中  $t_R$ ——深度为 $Z$ 米处的岩石温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_c$ ——恒温带的温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$Z$ ——地表至测算处的深度,  $\text{m}$ ;

$Z_c$ ——恒温带的深度,  $\text{m}$ ;



$g_r$ ——地温率，即岩石温度每增加 $1^\circ\text{C}$ 所增加的垂直深度， $\text{m}/^\circ\text{C}$ 。

地温率在含煤地层中为 $g_r = 30 \sim 35 \text{m}/^\circ\text{C}$ ，也可通过地表或井下不同深度钻孔测定岩层温度 $t_R$ ，然后用下式计算：

$$g_r = \frac{Z - Z_c}{t_R - t_c}, \text{m}/^\circ\text{C} \quad (1-5)$$

在恒温带以下，垂直深度每增加 $100\text{m}$ ，地温所升高的度数，称为地温梯度( $G_t$ )，可用下式计算：

$$G_t = \frac{100(t_R - t_c)}{Z - Z_c}, \text{ }^\circ\text{C}/100\text{m} \quad (1-6)$$

## (二) 地面空气温度

在开采规模较小而又比较浅的矿井内，空气温度受地面季节气温变化影响尤为明显。当开采规模较大而又比较深时，地面空气进入井下后，只能影响矿井进风路线 $1000 \sim 2000\text{m}$ 范围之内，再进入深部井巷时，就要受到岩石温度的影响，而使空气温度升高。因此，在深度较大的矿井中，有的就需要采取降温措施。

## (三) 矿井空气的压缩和膨胀

据研究，空气沿井筒下降时，由于空气柱压力的增加，空气受到压缩，其温度就要升高，大约每下降 $100\text{m}$ ，温度就要升高 $1^\circ\text{C}$ ；当空气沿回风井上升时，又会因空气体积膨胀而降温，每上升 $100\text{m}$ ，空气温度大约下降 $0.8 \sim 0.9^\circ\text{C}$ 。

## (四) 氧化生热

井下的煤炭、坑木和其它有机物氧化会产生大量的热量。根据研究，经氧化生成 $2\text{g}$ 的二氧化碳时，能产生热量 $18\text{kJ}$ ，可使 $1\text{m}^3$ 空气升温 $14.5^\circ\text{C}$ 。在煤层的采掘巷道中，其暴露面积氧化产生的热量，可高达 $54 \sim 63\text{kJ}/\text{m}^2$ ，所以，一般回采工作面而是通风路线上温度最高的区段。因此，《规程》规定，采掘工作面的空气温度不得超过 $26^\circ\text{C}$ ，如超过这个温度，就要采取措施。

## (五) 水分蒸发

水分蒸发时，从空气中吸收热量，使空气温度降低。每蒸发 $1\text{g}$ 水可吸收 $2.45\text{kJ}$ 的热量，能使 $1\text{m}^3$ 空气降温 $1.9^\circ\text{C}$ 。可见，水分蒸发对降低空气温度起重要作用。

## (六) 通风强度

通风强度是指在单位时间内进入井巷的风量。当温度较低的空气流经井巷或工作面时，能吸收热量，供风量越大，吸收热量越多，所以加大通风强度，也是降低整个矿井或个别工作场所空气温度的有效的措施。

## (七) 其它因素

除上述因素外，井下机械运转，人体散热，井下爆破、火区、地下局部热水等都对井下气温有一定的影响，特别是随着机械化程度的不断提高，机械运转所产生的热量，也是不可忽视的。

## 二、空气温度对井下气候条件的影响

### (一) 空气湿度对人体的影响

长期在湿度较大的空气中工作时，人的身体健康就要受到一定的影响。这是因为，人体每天都在摄取食物，而食物在人体内通过氧化分解而产生一定的热量，其中约有三分之