



小煤矿技术丛书

# 通风与安全

史惠昌 编



煤炭工业出版社

## 内 容 提 要

本书共九章，包括矿井空气、矿井通风的基本理论与通风技术管理，矿井瓦斯、矿尘、火灾的危害及防治措施，矿工自救和互救等。

本书适于具有初中文化程度的工程技术人员和管理干部阅读学习，也可作为通风安全人员的培训教材。

责任编辑：邓 荷 香

小 煤 矿 技 术 丛 书  
通 风 与 安  
史 惠 昌 编

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街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850×1168mm<sup>1/32</sup> 印张 7

字数 183千字 印数 1—8,700

1989年 8 月第 1 版 1989年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7-5020-0207-3/TD·197

书号 3048

定价 3.15元

# 前 言

近些年来，我国煤炭工业在“放开搞活”和坚持“两条腿”走路，即重点发展国家统配煤矿的同时，在有条件的地区积极发展地方小煤矿的方针指引下，地方小煤矿得到了迅猛发展。当前，地方煤矿和乡镇煤矿的产量已占我国煤炭总产量一半以上，这对于改善煤炭工业布局，缓和煤炭供需矛盾，促进地方工农业发展起了很大作用。

发展地方小煤矿具有初期投资少，建井容易，成本低，出煤快的优点。但由于发展速度快，在短时间内兴办起几万个煤矿，致使有的小煤矿不同程度地存在着地质情况不清，开采方法不合理，安全条件差，产量不稳定，技术力量薄弱等问题，为了巩固和发展地方小煤矿，加强行业管理，统一规划合理利用资源，提高小煤矿的企业素质和技术管理水平，加速技术改造，保障安全生产，预防事故发生，原煤炭工业部地方局和煤炭工业出版社委托山东矿业学院部分教师，编写了一套《小煤矿技术丛书》。

这套丛书包括《矿山地质》，《小矿区控制测量》，《小煤矿测量》，《小煤矿开采方法》，《通风与安全》，《开采设计》，《矿山压力与支护》，《巷道掘进》，《小煤矿技术改造》，《电工技术基础》，《矿山供电设备》，《矿井电气安全技术》，《小煤矿运输》，《通风、压气、排水设备》和《小煤矿企业管理》15个分册。它们是在调查研究、总结地方小煤矿和乡镇煤矿安全生产技术经验的基础上编写成的，并经过了地方煤矿一些有经验的工程技术人员审阅，内容上反映了小煤矿的特点，文字通俗易懂，适合具有初中文化程度的工程技术人员和管理干部自学使用，也可作为培训教材或供中等技术学校师生参考。本

《丛书》由中国地方煤矿联营开发总公司王海春、曹文蔚同志进行了总审阅。

《小煤矿技术丛书》由于编写时间仓促，缺点和错误在所难免，恳切希望读者批评指正。

# 目 录

<b>第一章 矿井空气与风量</b> .....	1
第一节 矿井通风的任务 .....	1
第二节 矿井空气 .....	1
第三节 矿井空气中主要有害气体及防治措施 .....	4
第四节 矿井气候 .....	9
第五节 井下各用风地点风量及总风量的确定 .....	13
第六节 井巷风速的测定 .....	16
<b>第二章 矿井通风基本理论</b> .....	20
第一节 矿井空气压力 .....	20
第二节 矿井空气流动的基本原理 .....	34
第三节 井巷通风阻力 .....	39
第四节 等积孔和风阻特性曲线 .....	43
第五节 通风网路中风流流动的规律及风量自然分配 .....	47
<b>第三章 矿井通风动力</b> .....	56
第一节 自然通风 .....	56
第二节 机械通风 .....	58
第三节 扇风机的特性及工况点 .....	63
第四节 扇风机的选择 .....	68
<b>第四章 矿井与采区通风</b> .....	73
第一节 矿井通风系统 .....	73
第二节 采区通风系统 .....	76
第三节 通风构筑物 .....	79
第四节 采区风量调节 .....	84
第五节 漏风的防治 .....	88
<b>第五章 掘进通风</b> .....	91
第一节 掘进通风方法 .....	91

第二节	掘进通风设备及管理 .....	96
第三节	煤巷掘进通风 .....	104
<b>第六章</b>	<b>矿井瓦斯 .....</b>	<b>107</b>
第一节	概述 .....	107
第二节	矿井瓦斯涌出形式和涌出量 .....	108
第三节	沼气的爆炸及防治措施 .....	112
第四节	沼气（或二氧化碳）喷出 .....	121
第五节	煤与沼气突出 .....	122
第六节	矿井瓦斯检查 .....	127
<b>第七章</b>	<b>矿尘 .....</b>	<b>139</b>
第一节	矿尘来源及危害 .....	139
第二节	煤尘的爆炸及其预防 .....	140
第三节	矿尘职业病及其预防 .....	146
第四节	矿尘浓度的测定 .....	152
<b>第八章</b>	<b>矿井火灾 .....</b>	<b>156</b>
第一节	外因火灾 .....	156
第二节	煤炭自燃 .....	158
第三节	煤炭自然火灾的预防 .....	162
第四节	消灭井下火灾的方法 .....	166
第五节	火区管理与启封 .....	174
<b>第九章</b>	<b>矿工自救和互救 .....</b>	<b>176</b>
第一节	发生事故时的临场措施 .....	176
第二节	自救器 .....	178
第三节	避难硐室 .....	185
第四节	急救 .....	185
<b>附录 I</b>	<b>井巷摩擦阻力系数<math>\alpha</math>值</b>	
	(空气密度 $\rho = 1.2\text{kg/m}^3$ ) .....	189
<b>附录 II</b>	<b>井巷局部阻力系数<math>\xi</math>值 .....</b>	<b>190</b>
<b>附录 III</b>	<b>4-72-11型扇风机性能表 .....</b>	<b>192</b>
<b>附录 IV</b>	<b>轴流式扇风机特性曲线图 .....</b>	<b>208</b>

# 第一章 矿井空气与风量

## 第一节 矿井通风的任务

煤矿生产是地下作业，自然条件复杂。在井下暴露的煤层或岩层中以及在作业过程中，均会不断地放出和产生各种有害气体，如沼气（ $\text{CH}_4$ ）、二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）、硫化氢（ $\text{H}_2\text{S}$ ）、二氧化氮（ $\text{NO}_2$ ）、一氧化碳（ $\text{CO}$ ）等；另外，矿井较深时，围岩温度较高会使空气温度上升而恶化劳动环境。因此，在生产过程中，必须向井下源源不断地供给一定量的新鲜空气，也就是必须进行通风。通风的任务是：

- 1) 对井下有人工作的场所供给足够的新鲜空气；
- 2) 冲淡和排除有害气体和矿尘；
- 3) 创造良好的气候条件。

矿井通风除了完成上述任务外，当矿井一旦发生沼气、煤尘爆炸和火灾等事故时，往往依靠采取正确的控制风流的方法来防止事故的扩大，减少事故造成的损失。因此，良好的矿井通风是安全生产的重要前提。

## 第二节 矿井空气

进入井下的地面空气，称为矿井空气。地面空气是多种气体的混合物，其主要成分为氧（ $\text{O}_2$ ）、氮（ $\text{N}_2$ ）、二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）。按各种气体在空气中所占的体积百分比计： $\text{O}_2$ 为20.96%； $\text{N}_2$ 为79%； $\text{CO}_2$ 为0.04%。此外，还含有少量的水蒸汽和各种微细颗粒，如尘埃、微生物等。但水蒸汽和尘埃等不计入空气的组成，也不影响主要成分之间的比例关系。

地面空气进入井下后，在成分上将发生一系列的变化，如氧

浓度减少，各种有害气体和矿尘混入，另外，空气的温度、湿度和压力也会发生变化，由此可见，地面空气和矿井空气是有区别的。但是，如果矿井空气在成分上和地面空气差别不多时，如井底车场、运输大巷的风流，则称为新鲜风流；流经采掘工作面后，在成分上将发生较大变化，此时则称为污浊风流。

矿内新鲜空气的主要成分仍是 $O_2$ 、 $N_2$ 、 $CO_2$ 。

### 一、氧 ( $O_2$ )

氧是一种无色、无味、无臭的气体，和空气相比相对密度为1.11。它的化学性质活泼，能助燃烧，是人呼吸不可缺少的气体。

氧化过程是人类生命活动的基本过程之一。人体必须不断地吸入氧气，才能将食物进行氧化而维持生命。可见氧对人的生命有着极为密切的关系。

矿井空气由进风井巷流向出风井巷的过程中， $O_2$ 浓度将会不断减少。这是因为井下的木材、支架、矿物、岩石的氧化要消耗氧气；煤炭自燃或发生矿井火灾、沼气、煤尘爆炸等，将消耗更多的氧；从煤、岩体内不断放出的有害气体，也会相对地降低 $O_2$ 的浓度。若空气中 $O_2$ 浓度降低，人的机体就会处于缺氧状态，产生种种不适症状。当 $O_2$ 浓度降低为17%时，静止不动无影响，工作时能引起喘息、呼吸困难；15%时，呼吸及脉搏跳动急促，失去对事物的判断能力；10~12%时，失去理智，时间稍长即有生命危险；6~9%时，失去知觉，呼吸停止，如不进行急救，会导致死亡。

因此，《煤矿安全规程》（以后简称《规程》）第104条规定：在采掘工作面的进风流中，按体积计算，氧气不得低于20%，…。

在通风良好的巷道中， $O_2$ 浓度降低很少；只有在通风不良的巷道和停风的盲巷， $O_2$ 浓度可能较低，此时，绝不能冒然进入这些巷道，以免因缺氧而造成窒息危险。1984年4月，山东某煤矿一名工人奉命爬到停工数天的溜煤眼查看情况以便恢复掘进，但立即掉了下来，队长误认为该工人因未站稳而掉了下来，故自己亲自上去，然而又掉了下来。后经救护队检查该溜煤眼气体成



分中的 $O_2$ 浓度仅为5.3%。显然，工人和队长都是因为缺氧窒息而造成死亡事故。若需要进入这些巷道，一定要预先检查 $O_2$ 和其它气体的浓度，而且最好在有防护装备的条件下进入检查，以保证检查人员的安全。

检查矿井空气中的 $O_2$ 浓度，可采用瓦斯检定灯进行粗略的测定，当 $O_2$ 浓度降低到19%时，灯焰高度减为原来的三分之一，达17%时，灯即熄灭。若无检定灯时，也可取样化验以测定 $O_2$ 浓度。

## 二、氮 ( $N_2$ )

氮是一种无色、无味、无臭的气体，相对密度为0.97，不助燃，有窒息性。在正常情况下， $N_2$ 对人体无害，但当含 $N_2$ 量过多时，能使 $O_2$ 浓度相对减少而使人缺 $O_2$ 窒息。

在通风良好的巷道中， $N_2$ 含量一般变化不大。

## 三、二氧化碳 ( $CO_2$ )

二氧化碳是无色略带酸臭味的气体，相对密度为1.52，常积聚于巷道的底部，不助燃，有窒息性。在井下通风良好的新鲜风流中， $CO_2$ 含量极少，对人体无害；通风不良含量超过正常数值时，对人的呼吸系统有刺激作用，引起呼吸频繁、呼吸量增加。所以在急救有害气体中毒的受害人员时，常常先让其吸入含有5% $CO_2$ 的氧气，以加强肺部的呼吸。当 $CO_2$ 含量过多时，又能使人中毒或窒息。

矿井空气中 $CO_2$ 的主要来源是：（1）坑木、煤、岩石的氧化；（2）从煤和围岩中放出或喷出；（3）爆破、井下火灾、沼气、煤尘爆炸及人的呼吸等。

空气中 $CO_2$ 浓度不同，对人体的影响也不同。当空气中 $CO_2$ 浓度达到3%时，呼吸感到急促；达到5%时，呼吸困难、耳鸣；达到10%时，头昏甚至发生昏迷现象；达到10~20%时，呼吸处于停顿状态，失去知觉；在20%以上，会使人迅速中毒死亡。

因此，《规程》规定，矿井空气中二氧化碳的安全浓度是：

- 1) 在采掘工作面的进风流中， $CO_2 \leq 0.5\%$ ；
- 2) 采区回风道、采掘工作面的回风流中， $CO_2 \leq 1.5\%$ ；

3) 矿井总回风流中,  $\text{CO}_2 > 0.75\%$ 。

### 第三节 矿井空气中主要有害气体及防治措施

#### 一、主要有害气体

由地面进入井下的新鲜空气, 流经采掘工作面及有关地点后, 除了使空气中 $\text{O}_2$ 相应减少,  $\text{CO}_2$ 增多外, 还会增加一些其它有害气体。矿井空气中主要有害气体有:  $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NH}_3$  (氨)、 $\text{CH}_4$ 等。

##### 1. 一氧化碳 ( $\text{CO}$ )

一氧化碳是无色、无味、无臭的气体, 对空气的相对密度为0.97, 微溶于水, 浓度达13~75%时, 有爆炸性。

一氧化碳极毒。这是因为 $\text{CO}$ 与人体内的血色素的结合力比 $\text{O}_2$ 与血色素的结合力大250~300倍, 因此, 当人吸入 $\text{CO}$ 后,  $\text{CO}$ 阻碍了 $\text{O}_2$ 和血色素的结合, 使人体缺氧, 引起窒息和死亡。

人对 $\text{CO}$ 中毒程度与下列因素有关: (1)空气中 $\text{CO}$ 的浓度; (2)与 $\text{CO}$ 接触的时间; (3)呼吸频率与呼吸深度。 $\text{CO}$ 中毒症状是: 当 $\text{CO}$ 浓度为0.016%时, 数小时内有头晕心跳反应; 为0.048%时, 一小时内即头痛、耳鸣、心跳; 为0.128%时, 在0.5~1小时内出现四肢无力, 呕吐、丧失行动能力等症状; 为0.4%时, 短时间内丧失知觉、痉挛、呼吸停顿、假死。

一氧化碳中毒的一个显著特征是中毒者嘴唇呈桃红色, 两颊有红色斑点。

井下 $\text{CO}$ 的主要来源是: (1)爆破工作; (2)井下火灾; (3)沼气、煤尘爆炸; (4)煤炭自燃。

##### 2. 二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ )

二氧化氮是褐红色、有刺激性的气体, 对空气的相对密度为1.57, 易溶于水。

二氧化氮有强烈毒性, 能和水结合成硝酸, 对眼睛、鼻腔、呼吸道和肺组织有强烈的刺激作用, 甚至造成肺浮肿。

二氧化氮中毒症状是: 当 $\text{NO}_2$ 浓度为0.006%时, 咳嗽、胸

部发痛；为0.01%时，剧烈咳嗽、呕吐、神经麻木；为0.025%时，短时间内死亡。

二氧化氮中毒的重要特征是经过6小时以上时间才出现中毒征兆。在危险浓度下，开始只感觉呼吸道受刺激，经过20~30小时后，就会出现呼吸困难，手指尖及头发变黄的症状，继之发生肺浮肿，甚至死亡。

井下NO<sub>2</sub>主要来源是爆破工作。一般炸药爆炸后生成NO，因NO极不稳定，遇空气中的氧即生成NO<sub>2</sub>。

### 3. 硫化氢 (H<sub>2</sub>S)

硫化氢是无色、微甜、有臭鸡蛋味的气体，对空气的相对密度为1.19，易溶于水，浓度达4.3~46%时有爆炸性。

硫化氢有强烈毒性，能使人的血液中毒，对眼粘膜及呼吸系统有强烈刺激作用。

硫化氢中毒的症状是：当H<sub>2</sub>S浓度为0.01~0.015%时，流唾液和清水鼻涕，呼吸困难、瞳孔放大；为0.02%时，眼、鼻、喉粘膜受强烈刺激，头痛、呕吐、四肢无力；为0.05%时，半小时内就失去知觉、痉挛，甚至死亡。

井下H<sub>2</sub>S的主要来源是：（1）坑木的腐烂；（2）硫化矿物遇水分解，如黄铁矿；（3）煤、岩中放出（少数矿井放出）。

### 4. 二氧化硫 (SO<sub>2</sub>)

二氧化硫是一种无色、有硫磺刺激臭的气体，对空气的相对密度为2.2，易溶于水。

二氧化硫与眼、呼吸道的湿表面接触后能形成硫酸，因而对眼及呼吸器官有强烈的腐蚀作用，严重时引起肺水肿。

二氧化硫的中毒症状是：当SO<sub>2</sub>浓度为0.0005%时，能闻到硫磺刺激臭味；为0.002%时，引起眼红肿流泪、咳嗽、头痛、喉痛等；为0.005%时，引起急性支气管炎，肺水肿，并在短时间内将中毒死亡。

井下SO<sub>2</sub>的主要来源是：（1）含硫矿物的氧化与自燃；（2）在含硫矿物中进行爆破工作。

### 5. 氨 (NH<sub>3</sub>)

氨是一种无色、有浓烈臭味的气体，易溶于水，对空气的相对密度为0.6。

氨对人的皮肤、上呼吸道及眼睛有强烈的刺激作用，会引起咳嗽、流泪、头晕，严重时，能失去知觉以至死亡。

井下NH<sub>3</sub>的主要来源是井下火区附近及由岩层中放出。如河北峰峰矿务局的万年矿、三矿、五矿等在岩巷掘进时，由岩层中放出NH<sub>3</sub>。

### 6. 沼气 (CH<sub>4</sub>)

沼气是一种无色无味的气体，对空气的相对密度为0.554，比空气轻，易积聚于巷道顶部，易扩散，渗透性强，所以容易从邻近层穿过岩层由采空区放出；CH<sub>4</sub>无毒，但不能供人呼吸，大量积聚时能使人窒息死亡；CH<sub>4</sub>和空气能迅速混合，在混合气体中CH<sub>4</sub>达到一定浓度时遇火能燃烧或爆炸。

井下CH<sub>4</sub>的来源：生产过程中从煤层和岩层中缓慢放出或突然放出。

以上所述的井下有害气体会直接影响到人体的健康及矿井的安全生产，因而《规程》规定了其允许浓度。各有害气体允许浓度可参看《规程》第104条的规定。

## 二、有害气体的防治措施

防止有害气体危害主要采取如下措施：

1) 搞好通风工作，供给井下足够的新鲜空气，将有害气体冲淡到允许浓度以下。

2) 做好检查工作，掌握各种有害气体产生的原因及规律，以便及时采取预防及处理措施。

3) 有针对性的采取有关技术措施，消除有害气体的产生。如鹤壁四矿煤层中涌出H<sub>2</sub>S，在开采前预先向煤体中注入石灰水，或向工作面喷洒石灰水，就可有效地消除H<sub>2</sub>S气体。对采掘工作面进行爆破工作所产生的大量NO<sub>2</sub>，可利用水炮泥和喷雾洒水来降低其在空气中的浓度。

4) 若因呼吸有害气体发生中毒现象时, 应立即将中毒者移到新鲜风流中, 进行人工呼吸。若为 $H_2S$ 中毒者, 除了将患者移到新鲜风流中外, 还可用氯水浸湿的毛巾放在患者嘴鼻旁, 也可让患者喝稀氯水溶液解毒, 并用1%硼酸水或弱明矾水冲洗眼睛。

### 三、有害气体的测定

有害气体测定方法有两种: 一种是在测定点取样, 再到化验室进行分析; 另一种是用携带式仪器在测定点直接快速测定。目前一般多用检定管直接测定有害气体的浓度。

用检定管测定某种有害气体浓度, 是根据待测气体与检定管中指示剂发生化学反应, 产生棕色变色环, 而变色环的前移距离, 反应有害气体的浓度值。变色环的移动距离与有害气体浓度成正比, 这种方法叫比长法。

下面以测定CO为例, 说明所使用的仪器、测定原理和测定步骤。

#### 1. 测定仪器

测定用的仪器有抽气唧筒或吸气泵、秒表和气体检定管。抽气唧筒和吸气泵用以抽取气样, 气体检定管用以测定某种气体浓度。

抽气唧筒如图1-1所示。它是由铝合金管及气密性良好的活塞等组成, 唧筒的容积为50ml, 活塞杆4上有十等份刻度, 每一刻度为5ml, 用此掌握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 $45^\circ$ 位置时, 是密闭状态。

吸气泵如图1-2所示。它是由上压盖2、下压盖7和橡皮波纹管3组成, 上压盖带有插管座1为进气口, 下压盖带有出气阀门8为排气口, 弹簧6可使气泵压缩后恢复原位, 链条4是限制弹簧伸张力, 以保持气泵50ml的容积, 支撑环5用以支撑波纹管使其不变形。

#### 2. 测定原理

比长式一氧化碳检定管的结构如图1-3所示。检定管两端封

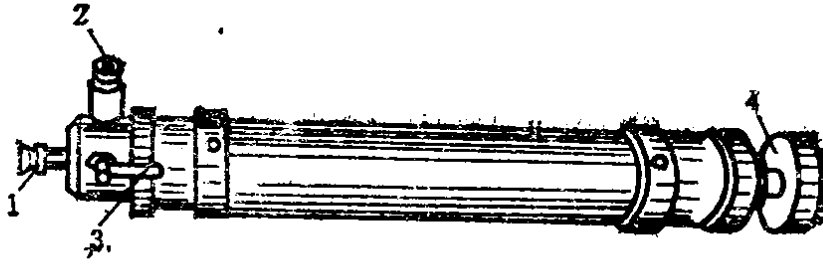


图 1-1 抽气唧筒

1—气体入口；2—检定管插孔；3—三通阀阀把；4—活塞杆

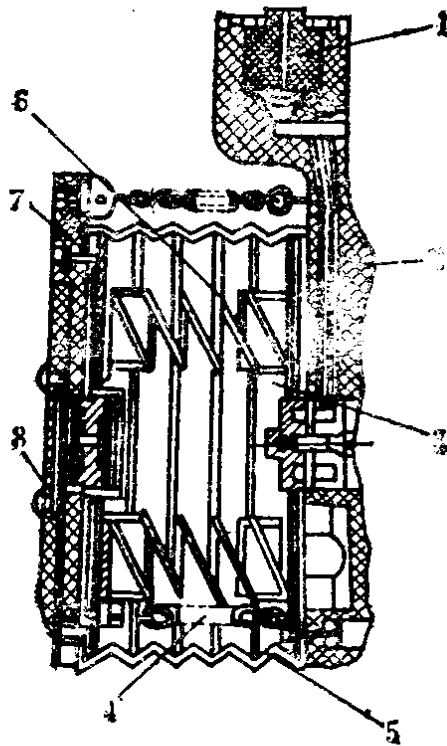


图 1-2 吸气泵

1—插管座；2—上压盖；3—橡皮波纹管；4—链条；5—支撑环；6—弹簧；  
7—下压盖；8—出气阀门

口，管内装有指示剂、消除剂和过滤物等。

其测定原理就是利用吸附五氧化二碘 $I_2O_5$ 和发烟硫酸的硅胶做指示剂，当含有CO的气体通过检定管时，指示剂与CO发生化学反应，CO将 $I_2O_5$ 还原，产生一个棕色变色环（游离碘），根据变色环的位置所对应的刻度，可直接读出CO的浓度。其化学反应式如下：

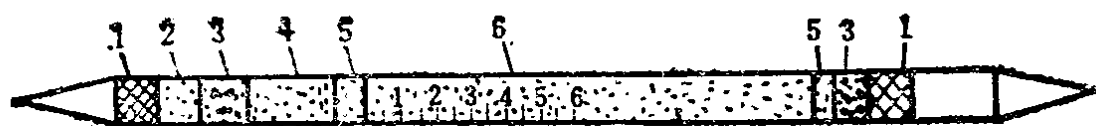
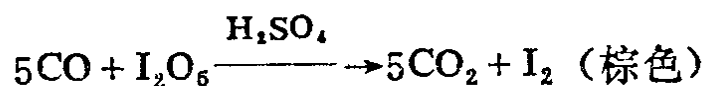


图 1-3 比长式一氧化碳检定管

1—堵塞物；2—活性炭；3—硅胶；4—消除剂；5—玻璃粉；6—指示剂



为了消除乙烯、硫化氢、二氧化硫等气体的干扰，在检定管的前端装有活性炭（用以消除 $\text{H}_2\text{S}$ 和 $\text{SO}_2$ ）、硫酸、硫酸银（用以消除乙烯 $\text{C}_2\text{H}_2$ ）等消除剂。

检定管的测定范围为0.001~0.1%。

### 3. 测定步骤

用抽气唧筒在测定点抽取气样50ml（取样前可反复抽送2~3次），打开检定管两端玻璃封口，将零刻度的一端插入抽气唧筒插孔2中，将气样以100秒的时间均匀地送入检定管，然后读数。

若测定点的CO浓度高于或低于检定管的测定范围时，可采取用新鲜空气冲淡或增加送气次数的办法以得到CO的实际浓度。

用检定管测定其它有害气体时，方法基本相同，只是测某种气体时，应采用该种气体的检定管。

## 第四节 矿井气候

矿井气候是指矿井空气的温度、湿度、风流速度三者综合状态对人体散热影响而言的。井下气候条件的好坏，直接影响着工人身体健康和工作效率。

人吃进食物之后，由于食物的氧化和分解，产生大量的热，人在工作劳动时，也将产生大量的热。在维持人体正常体温（36.5~37℃）后，多余的热量应散发到体外，以保持热平衡。人体散失热量的程度与空气的温度、湿度、风速有关。

## 一、空气的温度

空气的温度是影响矿井气候的主要因素，温度过高或过低，都会使人感到不舒适，对人体最适宜的空气温度为  $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。当开采深度不大、进风路线短时，回采工作面的气温将随着地面气温的变化而变化。由于小煤矿开采深度一般较浅，且大型机电设备较少，因而地层和机电设备的散热对风流温度影响较小。

## 二、空气的湿度

空气的湿度是表示空气中所含水蒸汽量的多少。其表示方法有三：

**绝对湿度：**每  $1\text{m}^3$  空气中所含水蒸汽量的克数，称为绝对湿度，用  $f$  表示。

**饱和湿度：**在温度不变的条件下，每  $1\text{m}^3$  空气所能容纳的最大限度的水蒸汽量的克数，称为饱和湿度，用  $F_{\text{饱}}$  表示。饱和湿度的大小，与温度有关，温度越高，饱和湿度值越大，在一定温度下，饱和湿度为常数。

**相对湿度：**每  $1\text{m}^3$  空气中实际含有的水蒸汽量与同温度下饱和水蒸汽量之比的百分数，也就是同温度下绝对湿度与饱和湿度之比的百分数，称为相对湿度，用  $\varphi$  表示。

$$\varphi = \frac{f}{F_{\text{饱}}} \times 100\%$$

相对湿度可以反映空气中实际所含水蒸汽量接近饱和湿度的程度，因而能够用来表明空气的潮湿程度。通常所说的空气的湿度就是指相对湿度。 $\varphi$  值小，空气干燥， $\varphi$  值大，空气潮湿， $\varphi = 100\%$ ，说明空气中所含水蒸汽量达到了饱和程度，此时湿衣服中的水分将不会被蒸发，只有当空气温度升高，其饱和能力提高了，水分才能蒸发使衣服晒干。

空气的相对湿度可以用手摇湿度计（图1-4）或风扇湿度计（如图1-5）测量。两种湿度计都是由两支相同的温度计组成。使用时，在一支温度计的水银球上包着用水湿润的纱布，称为湿温度计，为区别起见，另一支称为干温度计。湿温度计由于外包



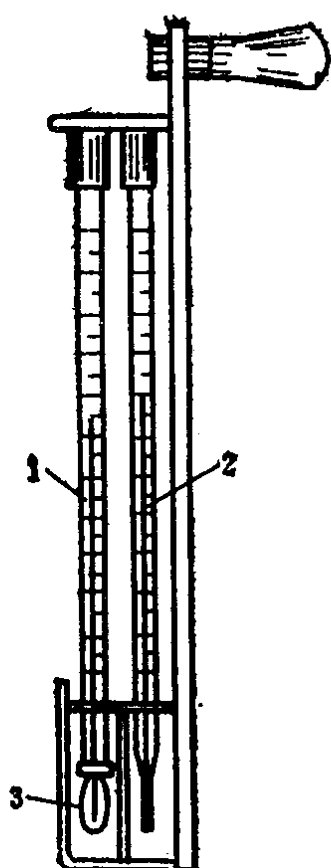


图 1-4 手摇湿度计

1—湿温度计；2—干温度计；3—湿纱布

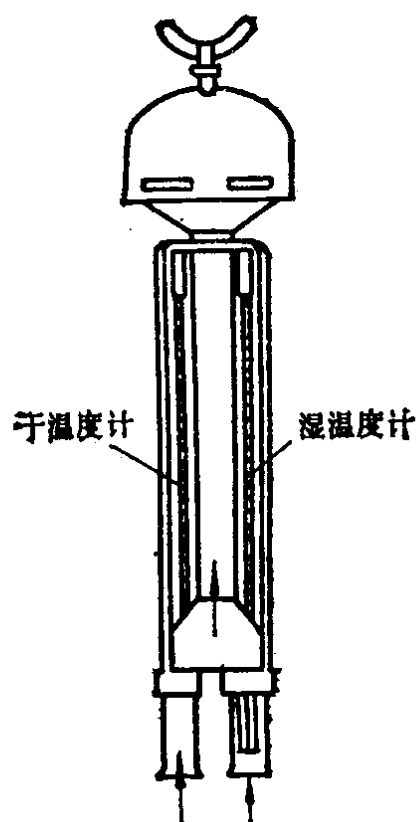


图 1-5 风扇湿度计

湿纱布的水分被周围空气蒸发，吸收热量而温度下降，待湿温度示数稳定后，即可根据干、湿温度计的读数差值和干温度（或湿温度）的读数在表1-1中查得相对湿度。

〔例1〕 干温度计读数  $t_{\text{干}} = 22^{\circ}\text{C}$ ，湿温度计读数  $t_{\text{湿}} = 20^{\circ}\text{C}$ ，干、湿温度计读数差  $\Delta t = t_{\text{干}} - t_{\text{湿}} = 22 - 20 = 2^{\circ}\text{C}$ ，根据  $t_{\text{干}}$  和  $\Delta t$ ，在表1-1中查得相对湿度  $\varphi = 82\%$ 。

井下空气的湿度与地面空气湿度、井下空气温度及井下淋水有关。一般情况下，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，所以沿途可使井巷中的水分蒸发，进风路线井巷显得干燥。夏天，空气进入井下后，温度逐渐降低，饱和能力逐渐变小，空气中一部分水蒸汽凝结成水珠，使沿途井巷显得潮湿。总之，进风路线会出现冬干夏湿的现象。在总回风道和出风井中，相对湿度一般都在95%以上，而且常年变化不大。