

# 矿井通风与安全测定技术

樊小利 编

焦作矿院采矿工程系

一九九四年十月



## 内 容 提 要

根据煤炭高等专科学校矿井通风与安全专业的教学需要,并结合生产矿井的实际情况,本书较为系统地介绍了在矿井通风与安全工作中的技术测定及所用常规仪器的原理、构造和使用方法。主要内容包括矿井空气成分中有害气体测定;矿井空气的微气候测定;点压力及井巷风速测定;井巷阻力系数的测定;简单风网中风流的基本参数测定;局部通风测定;通风机性能和矿井通风阻力测定;矿井瓦斯测定;粉尘的测定;救护设备及使用等。

本书可供煤炭高等专科学校矿井通风与安全专业使用教材,也可供从事煤炭工业现场工程技术人员及煤炭中等专业采矿、通风与安全专业的参考用书。

# 目 录

第一章 矿井空气成份中有害气体测定.....	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 一氧化碳浓度测定.....	(1)
第三节 硫化氢气体的测定.....	(6)
第二章 矿井空气的微气候测定.....	(9)
第一节 空气温度、湿度和气压的测定.....	(9)
第二节 空气气候条件综合测定.....	(18)
第三章 点压力及井巷风速测定.....	(20)
第一节 点压力及皮托管测定风速.....	(20)
第二节 风表测风方法.....	(29)
第三节 风表校正.....	(34)
第四节 测风资料整理.....	(36)
第四章 井巷阻力系数的测定.....	(37)
第一节 摩擦阻力系数测定.....	(37)
第二节 局部阻力系数测定.....	(40)
第三节 风阻特性及其曲线绘制.....	(43)
第五章 简单风网中风流的基本参数测定.....	(45)
第一节 串联风路的风流参数关系.....	(45)
第二节 并联风路的风流参数关系.....	(46)
第三节 简单角联风路中对角风道的风向判别.....	(47)
第六章 局部通风测定.....	(49)
第一节 局扇性能测定.....	(49)
第二节 风筒测定.....	(54)
第七章 通风性能和矿井通风阻力测定.....	(58)
第一节 通风性能测定.....	(58)
第二节 矿井通风阻力测定.....	(67)
第八章 矿井瓦斯测定.....	(73)
第一节 光学瓦斯检定器及其使用.....	(73)
第二节 热效式、热导式瓦斯检定器.....	(78)
第三节 AQJ-7 型瓦斯指示警报器.....	(81)
第四节 AWBY-2 型瓦斯遥测警报仪.....	(84)
第五节 煤层瓦斯含量的测定.....	(87)
第六节 煤的坚固性系数和瓦斯放散指数的测定.....	(93)
第九章 粉尘的测定.....	(97)
第一节 粉尘浓度的测定.....	(97)
第二节 粉尘分散度的测定.....	(103)

第三节	粉尘中游离二氧化碳含量的测定.....	(107)
第四节	煤炭自燃倾向性鉴定.....	(109)
第十章	救护设备及使用.....	(112)
第一节	氧气呼吸器.....	(112)
第二节	自动苏生器与自救器.....	(123)

# 第一章 矿井空气成份中有害气体测定

## 第一节 概述

地面空气一般是由下列各种气体按体积百分比组成的混合物:

氧(O <sub>2</sub> )	20.96%
氮(N <sub>2</sub> )	78.13%
二氧化碳(CO <sub>2</sub> )	0.04%
惰性气体——氩、氦、氖、氪和氙	0.87%

除了以上气体成份外,大气内还含有1%的水蒸汽、微生物和灰尘等。这些物质仅在城市或工业中心等局部地区变化较大。它不影响地面空气的组成,所以不包括在空气的组成成分内。

地面空气进入矿井后要发生一系列的变化,如氧含量的减少,二氧化碳含量增加,并增加了一些有毒、有害或爆炸性的气体——一氧化碳(CO),甲烷(CH<sub>4</sub>),硫化氢(H<sub>2</sub>S),二氧化硫(SO<sub>2</sub>),二氧化氮(NO<sub>2</sub>),一氧化氮(NO),氢气(H<sub>2</sub>),氨气(NH<sub>3</sub>)等十余种,以及煤尘和岩粉等固体物质。同时空气的温度、湿度和压力也发生了变化。这种充满在矿内巷道中的各种气体和杂质的混合物就叫矿内空气。

在上述十余种有害有毒气体中,通常对井下工作人员危害最大的为一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、硫化氢(H<sub>2</sub>S)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)等气体。为了确保工人的生命安全和健康,使生产顺利进行,就必须经常性地检查有害气体的含量。随着科学技术的发展,检测手段也再不断的改进和更新。其发展过程为:①小动物观察法,②取样化验法,③试纸测试法,④仪器仪表直接测试法及⑤检定管快速测定法。在这些方法中,用检定管测定法的优点有:快速、准确、方便、成本低等。因此,目前在许多矿井有害气体测定中,检定管快速测定法被得到广泛的使用。

通过测定,我们要掌握测定时所用仪器的原理、构造、使用方法及使用时的注意事项。

## 第二节 一氧化碳浓度测定

### 一、测定目的

1. 学习比长式 CO 检定管和比色式 CO 检定管的原理并掌握其测定方法。
2. 了解 DQJD-1 型多种气体检定器的构造并掌握其使用方法。

### 二、测定仪器

#### 1. 比长式 CO 检定管

##### (1) 原理:

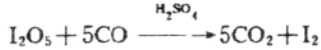
比长式 CO 检定管(图 1-1)内装发烟硫酸及硅胶作载体吸附 I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的指示剂,当 CO 和 I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 接触时,CO 能使 I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 还原成游离碘。



1-钢化玻璃丝 2-活性炭 3-硅胶 4-消除剂 5-玻璃粉 6-指示剂

图 1-1

碘和  $\text{SO}_2$  作用生成棕色化合物,反应式如下:



其变色长度与通过管内的CO浓度成正比,因此可从刻度上直接读出CO的浓度。

(2)规格:

西安煤矿安全仪器厂生产的CO检定管按其测定范围分为三种规格,即C<sub>1</sub>D型(0.0005~0.01%),C<sub>1</sub>Z型(0.005~0.1%),C<sub>1</sub>G型(0.05~1%),供测定不同浓度的CO选用。

鹤壁矿务局安全仪器厂生产的CO检定管按其测定范围不同分五种规格:即一型0.0005~0.005%;二型0.001~0.05%;三型0.01~0.5%;四型0.2~5%;五型0.5~15%。

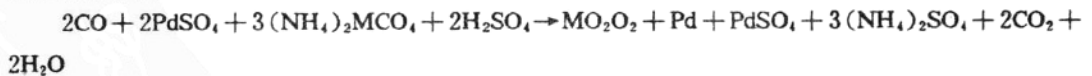
2、DQJD-1型多种气体检定器(图1-2)是由内弹簧的波纹形皮囊构成,皮囊的一侧有进气阀并与进气口相通,另一侧装有排气阀。测定时将检定管插入进气口,用压缩皮囊,皮囊内的空气从排气口排出。然后将手松开,皮囊在弹簧作用下以一定的速度均匀张开,吸入待测气体,多种气体检测器与比长式CO检定管可配套使用。



图 1-2 DQJD-1 型多种气体检定器

3、比色式CO检定管

它是一根长约16厘米两端封闭的细玻璃管(图1-3),管内装有以硅胶为载体吸附酸铵和硫酸钡的混合溶液而成为黄色指示剂和白色水分吸收剂硅胶。当含有CO的气体通过检定管时,在硫酸钡的催化作用下,酸铵为CO还原成钼兰,随CO浓度的增加指示剂颜色由黄色变成黄绿、绿黄、绿、兰绿、兰,其反应式如下:



上述反应速度比较慢,在温度一定时,指示剂变色程度与通气时间及CO浓度的乘积成正比。

由于测定地点气体成分不同,CO检定管分为A、B、C三种(图1-3),A型管只装一段黄色试剂,适用于不含乙烯和氧化氮的场所。B型管装有两段黄色试剂,靠进气口那一段可消除乙烯对测定结果的影响,适用于煤矿自然火灾的测定。C型管除装有两段黄色试剂外,还

装有一段橙红色硅胶(将白色硅胶浸泡在铬酸的混合液内制成)用以吸收  $H_2$  和  $NO_2$ 。适用于  
 炮烟中  $CO$  的浓度测定。

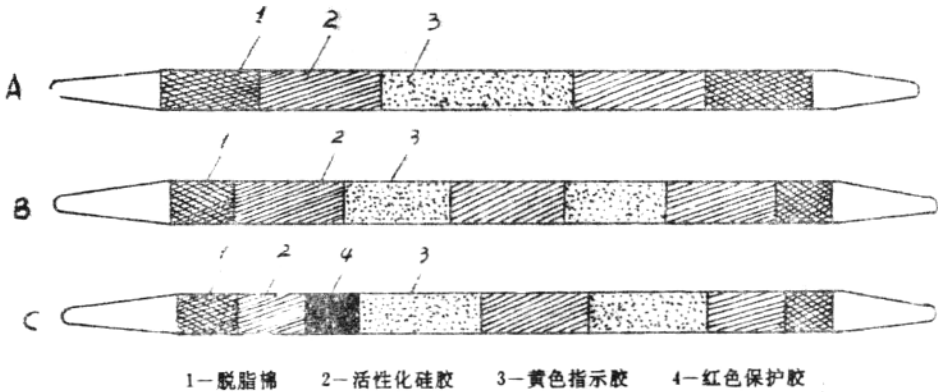
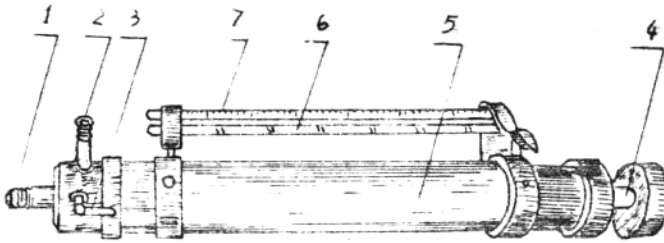


图 1-3

#### 4、AQY-50 型唧筒

AQY-50 型唧筒(图 1-4)与比长式或比色式检定管配套使用,唧筒可采取被测气体样品并将其均匀送入检定管内,它由唧筒活塞④吸气口①排气口②和三通开关③组成,活塞杆上有 0-50 毫升的刻度,可控制取样数量和送气速度,三通开关用以控制气流方向,当开关把手与进气口平行时,唧筒与吸气口连接。当开关把手与排气口平行时,唧筒与排气口连通,位于两者之间( $45^\circ$ )时,被测气体被封闭在唧筒内。



1-气体入口 2-检定管插孔 3-三通阀把 4-活塞杆 5-唧筒 6-比色板 7-温度计

图 1-4

### 三、测定方法和步骤

#### 1、比长式 $CO$ 检定管测定法

(1)采取空气试样:(实验室可抽取如图 1-5 制的  $CO$ )在用唧筒取样时,在测定地点应该先将活塞往返抽送 2-3 次,使筒内原来存在的气体完全被试样气体所代替。

(2)送入气体试样:把检定管两端打开,将进气一端插入唧筒插孔中,按检定管要求的推送时间均匀的把唧筒内 50 毫升试样气体送入检定管,此时将产生一棕色环。

(3)读值:棕色环所指的刻度即为  $CO$  的浓度。

#### 2、比色式 $CO$ 检定管测定法

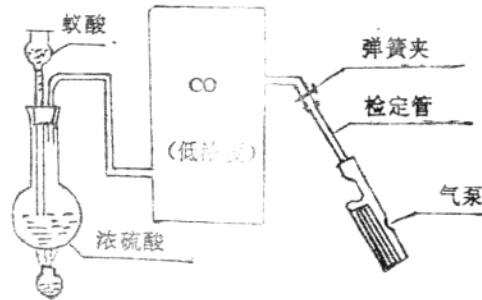


图 1-5 CO 气体发生装置示意图

(1) 采取空气试样: 在测定地点首先将唧筒的活塞抽拉 2—3 次以清洗唧筒, 然后将活塞杆拉出, 把三通开关置于  $45^\circ$  的位置此时被测气体被封存在唧筒中。

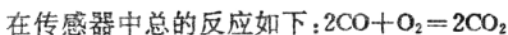
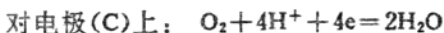
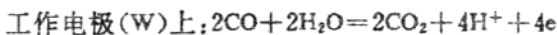
(2) 送入气体试样: 将检定管两端打开, 把进气端插入唧筒的插孔, 把三通开关置于排气孔位置, 按表 1-1 所示的进气时间送气均匀地推送唧筒活塞, 使气流流过检定管, 并同时记下测定时温度。

(3) 比色从停止送气开始, 按表 1-1 要求等待一段时间后, 再与标准比色板校正之, 即为 CO 的实际浓度。

### 3. DCOY 型 CO 测定仪

DCOY 型一氧化碳测定仪供煤矿井下快速测定 CO 浓度用, 本仪器符合安全火花型即《KH》型, 可以在有煤尘和瓦斯爆炸的煤矿中使用。本仪器体积小, 重量轻, 携带方便, 指示连续直读, 检测快速, 灵敏度高。

(1) 原理: 本仪器以定电位电解法为基本原理, 整机由吸气手泵, 过滤, 传感器, 放大, 显示等几部分组成, 当被手泵吸入的 CO 气体经过滤后传入传感器时, 在传感器里发生下列电化学反应:



这样在工作电极与对电极间产生了可测量的微电流, 此电流大小与进入传感器的 CO 浓度成正比, 经运算放大器后, 由电流表直接显示 CO 浓度。

(2) 使用方法: 为确保仪器测量准确, 需要用装入钢并的 CO 已知气体浓度校正(60PPM 或 80PPM)。

A、校正: 将开关板至 100PPM 档, 压动吸气手泵使空气以约 18me/分的流量通过氧化触媒过滤管(内装 2/3 氧化触媒和 1/3 兰色硅胶), 待指针稳定后, 旋动调零电位器调零。在空气新鲜(无 CO 气体)的地方, 可直接使空气经活性炭过滤管(内装黑色的圆粒活性炭)进入传感器, 压动手泵 2—3 次(以清除上次测量时残留的 CO 气体)待指针稳定以后调零。

将已知气体装球胆, 装气量约为 200—500me, 然后扳动过滤管两端的三通阀, 压动吸气手泵使球胆里的气体经过活性炭过滤管进入传感器, 45 秒钟后读数, 如果读数与已知浓度不符, 用小螺丝刀调节校正电位器使读数与已知浓度一致, 校正后旋动二个三通关闭过滤管

的进出气口,以免过滤介质吸潮过早失效。

比色法检定管测定一氧化碳浓度校正表

表 1-1	送气时间 (秒)	等待时间 (分)	温 度		实 际 浓 度						(% )		
			比 色 浓 度 % 板	度	10	15	20	25	30	35	40	35	40
			0.01	0.05	0.03	0.02	0.015	0.01	0.008	0.005	0.004	0.003	0.006
			0.02	0.09	0.06	0.04	0.03	0.015	0.01	0.008	0.007	0.005	0.012
	10	1	0.03	0.14	0.09	0.06	0.05	0.03	0.015	0.01	0.008	0.006	0.018
			0.06	0.27	0.18	0.12	0.09	0.06	0.045	0.03	0.023	0.015	0.036
			0.10	0.45	0.30	0.20	0.15	0.10	0.08	0.05	0.04	0.03	0.060
			0.01	0.023	0.015	0.01	0.008	0.005	0.004	0.003	0.002	0.002	0.003
			0.02	0.045	0.03	0.02	0.015	0.01	0.008	0.006	0.004	0.003	0.006
	20	2	0.03	0.070	0.05	0.03	0.023	0.015	0.012	0.01	0.008	0.006	0.01
			0.06	0.140	0.09	0.06	0.045	0.03	0.023	0.015	0.012	0.008	0.02
			0.10	0.230	0.15	0.10	0.08	0.05	0.04	0.03	0.023	0.015	0.02
			0.01	0.015	0.01	0.007	0.008	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
			0.02	0.03	0.02	0.014	0.01	0.007	0.005	0.004	0.003	0.002	0.004
	30	3	0.03	0.04	0.03	0.02	0.015	0.01	0.008	0.006	0.004	0.003	0.006
			0.06	0.09	0.06	0.04	0.03	0.02	0.015	0.01	0.008	0.006	0.012
			0.10	0.15	0.10	0.07	0.05	0.0005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.02

B、测量：启动开关，转动三通阀，压动手泵使待测气体经氧化触媒过滤管流入传感器，指针移动后 45 秒钟调零或记下  $H_2$  干扰值，然后将三通阀转向活性碳过滤管，使之与传感器连通，压动手泵，大约 45 秒钟后读数，如果事先已调零，此值即为 CO 浓度值，若未调零此值应减去干扰值  $H_2$ ，测量时若发现指针超过 100PPM，应将开关扳至 500PPM 挡，经调零后重测。

### (3) 注意事项

- A、仪器校正和调零电位器不能任意旋动，以免影响测量精度。
- B、为保证仪器测量准确，每隔半个月仪器应校正一次。
- C、仪器储存应保证在 0—40℃ 范围内，温度过高，传感器失效。
- D、传感器、过滤剂，电池失效或用完后，应及时通知厂家予以更换。
- E、氧化触媒（霍加拉特剂）极易吸潮导致失效，应在干燥密封状态下保管，活性碳、兰色硅胶也应在密封状态下保管，以免失效。
- F、仪器修理时，不能更改仪器中所用元件之型号规格。

## 四、注意事项

1、检定管应放在阴凉处，两端切勿碰坏，使用时也不要过早打开两端，以防影响测定效果。

2、比长式检定管的推送时间应根据厂家标定时间推送，如鹤壁矿务局生产的检定管推送时间为 100 秒，西安煤矿仪器厂生产的检定管推送时间为 90 秒。

3、高浓度 CO 的测定：测定前应首先作好测量人员的防毒措施，然后按下述方法进行测定。

如果被测气体的浓度大于检定管最大刻度时，可以抽取一部分空气试样，然后用新鲜空气冲淡 2~10 倍，最后将所测结果乘以冲淡的倍数，即为所测 CO 的实际浓度。其计算式如下：

$$CO_{\text{实}} = \text{检定管指示值} \times \text{稀释的倍数}$$

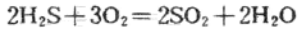
4、微量 CO 浓度的测量：当所测 CO 浓度低于检定管最小示值时，可采用延长推送时间或连续送气的方法来测定，其结果要除以时间延长的倍数或连续送气的次数，即可得出 CO 的真实浓度值。其计算如下式：

$$CO_{\text{实}} = \text{检定管指示值} / \text{时间延长的倍数或送气的次数}$$

## 第三节 硫化氢气体的测定

在开采有硫化氢涌出的煤层时，为了防止硫化氢中毒事故的发生，必须随时掌握矿井空气中硫化氢的浓度变化情况，以便及时采取措施，把硫化氢的浓度降低到《规程》规定的标准。矿井空气中硫化氢的最大浓度不能超过 0.00066%。为了满足需要，鹤壁矿务局研制成功了比长式硫化氢快速检定管。用这种检定管测定硫化氢，具有灵敏度高、快速、准确、使用方便等优点。

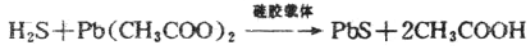
硫化氢是一种无色微甜带有臭鸡蛋味的气体，它对空气的密度为 1.19，在标准状态时一升重 1.521 克。易溶于水，温度 20℃ 时，一个体积水中能溶解 2.5 个体积。硫化氢在水中的溶液称为硫化氢水，它具有强酸性。硫化氢有可燃性，燃烧时的反应式为：



硫化氢有强烈的毒性,能使血液中毒,对眼睛粘膜及呼吸系统有强烈的刺激作用。《规程》第 104 条规定的最高允许体积浓度为 0.00066%。

### 一、测定原理

比长式  $\text{H}_2\text{S}$  快速检定管为线性比长法,含硫化氢气体通过检定管时, $\text{H}_2\text{S}$  与指示胶起反应,产生一个褐色的变色柱,变色柱的长度与通过检定管气体中  $\text{H}_2\text{S}$  的浓度成正比例。其化学反应式如下:



其中  $\text{PbS} + 2\text{CH}_3\text{COOH}$  是一种褐色化合物。

为了提高测定精度,在指示剂中加入氯化钡,可生成一部分  $\text{Pb}_2\text{d}_2\text{S}$  以增加色柱的高度,从而提高了读数的精度。

### 二、检定管的构造

在内径为 3mm 的玻璃管的两端用韧性玻璃丝堵塞,在玻璃丝后装一定量的玻璃粉,中间装有指示胶(如图 1-6 所示)。指示胶是以硅胶或素陶瓷作载体,使其吸附醋酸铅  $[\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2]$  和氯化钡  $(\text{BaCl}_2)$ ,当含有  $\text{H}_2\text{S}$  的气体通过时,形成褐色硫化铅  $(\text{PbS})$ 。根据变色柱长度来确定  $\text{H}_2\text{S}$  的浓度。



图 1-6  $\text{H}_2\text{S}$  检定管

1—玻璃丝 2—玻璃粉 3—指示胶

### 三、型号及规格

鹤壁矿务局安全仪器生产的  $\text{H}_2\text{S}$  检定管有两种规格即:

一型:测定范围为 0.0001~0.01%

二型:测定范围为 0.001~0.1%

检定管测定前后颜色的变化规律为白色——→褐色,要求采样气体体积为 50ml,送气时间为 100 秒,有效期为 1.5 年。

### 四、使用方法

1、若用采样唧筒,首先应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试样气体所代替,然后把检定管切开,将其下端(浓度标尺有“0”的一端)抽在采样器的排气口上,在 100 秒的时间内匀速地将 50ml 的气样推送过检定管,硫化氢即和指示胶起反应,出现一褐色的变色柱。

2、若用玻璃注射器时,可先抽取 50ml 气样,然后用胶管将检定管与出气口相连接,以均

匀速度在 100 秒钟内使气样全部通过检定管。

3、若用 DQJD-1 型多种气体检定器时, 首先将检定管两端切开, 并将非“0”端插入进气口, 用手将皮囊完全压缩, 之后以均匀速度在 100 秒钟内将手松开, 使待测气体通过检定管, 然后进入气囊。

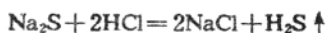
4、结果量读: 由变色柱高度可以直接从检定管上读出  $H_2S$  的百分含量。一型检定管上的数字 1 即代表 0.0001%, 2 即代表 0.0002%, 以此类推。一大格又分为 4 小格, 每一小格代表 0.000025%。二型与此类同, 只是测量范围不同。

#### 5、 $H_2S$ 实验室制备

##### (1) $H_2S$ 气体的发生

在实验室中制备  $H_2S$  的装置如图 1-7 所示。

在该装置中装入  $Na_2S$  (或  $FeS$ ) 药品, 将稀盐酸 (或 1:4 的硫酸) 溶液倒入分液漏斗中, 慢慢滴入发生器内,  $H_2S$  气体即从支管排出, 储存在小塑料袋中备用。其反应式如下:



或  $FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S \uparrow$

##### (2) $H_2S$ 气样的配制

用约 20 升的塑料袋作为配气袋。将配气袋充满室外新鲜空气约 18 升, 然后用玻璃注射器注入一定量的  $H_2S$  气体, 混合均匀, 半小时后即可使用, 用气时间以不超过 1 小时为宜。

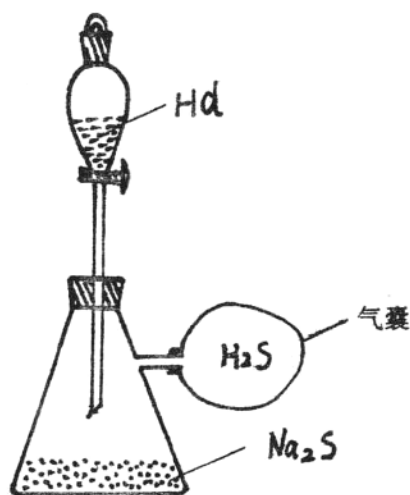


图 1-7  $H_2S$  气体发生装置示意图

### 五、注意事项

- 1、检定管打开后不要放置时间太长, 以防影响测定结果。
- 2、检定管应储放在暗凉处, 两端切勿碰坏, 以免影响使用。
- 3、在  $H_2S$  测定中, 要注意安全, 防止自身中毒。

## 第二章 矿井空气的微气候测定

矿内空气的气候条件主要是指矿内空气的温度、湿度和风速三者的综合状态而言。矿内空气的气候条件,可以分别测定空气的温度、湿度、风速和气压等参数来获得;也可以利用卡他温度计直接测定空气的温度、湿度和风速三者的综合状态。本章主要介绍温度、湿度、大气压力及卡他度的测定,风速测定见第三章。

### 第一节 空气温度、湿度和气压的测定

#### 一、温度的测定

##### 1、几种常用的温度标尺

常用的温度标尺(温标)有摄氏、华氏、凯氏三种。

(1)摄氏温标( $^{\circ}\text{C}$ )是以水的三相点作  $0^{\circ}\text{C}$ ,水的沸点作为  $100^{\circ}\text{C}$ 。我国、俄罗斯和欧洲许多国家都采用这种温标。

(2)华氏温标( $^{\circ}\text{F}$ )是以水的三相点作为  $32^{\circ}\text{F}$ ,水的沸点作为  $212^{\circ}\text{F}$ 。英、美等国家都采用这种温标。

(3)凯氏温标( $^{\circ}\text{K}$ )也称绝对温标。它是以水的三相点作为  $273^{\circ}\text{K}$ ,水的沸点为  $373^{\circ}\text{K}$ 。

摄氏温度、华氏温度和绝对温度间的换算,可应用下式:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32^{\circ}) \quad (2-1)$$

$$t^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 32^{\circ} \quad (2-2)$$

$$T^{\circ}\text{K} = t^{\circ}\text{C} + 273^{\circ} \quad (2-3)$$

它们之间的关系也可以从图 2-1 中看出。

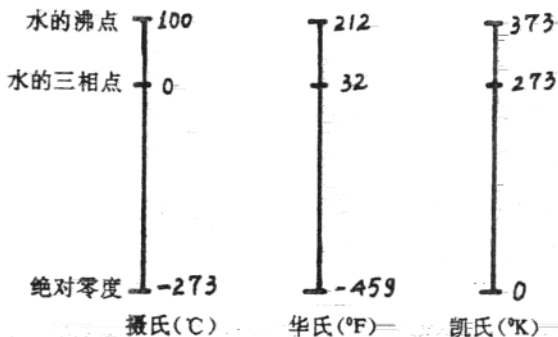


图 2-1 几种常用温标之间的关系图

##### 2、常用的温度测定仪器

###### (1)液体温度计

液体温度计是利用液体受热膨胀的原理制成,通常有水银和酒精温度计两种。水银温度计的测量范围是  $-35^{\circ}\text{C}$  至  $357^{\circ}\text{C}$ 。如果温度低于  $-35^{\circ}\text{C}$ ,水银将结冰,就无法使用。酒精温度

计的适用范围是 $-130^{\circ}\text{C}$ 至 $78.3^{\circ}\text{C}$ 。温度高于 $78.3^{\circ}\text{C}$ 时,酒精将开始沸腾,不能再使用。因此,在严寒的地区进行测定时,应使用酒精温度计,而在温度很高的测温地点应使用水银温度计。

使用液体温度计时应注意事项:

a、测定温度之前,应先检查温度计的液柱是否断裂。如有断裂时,则应设法加以消除。消除断裂的简单方法是将温度计握在手中轻轻击拍。如断裂情况严重时,可将温度计放在低温的容器中冷却,使液体降入温度计的球部。

b、在测定温度时,应注意温度计的热惰性。将水银或酒精温度计放入待测定的介质中后,一般需经过数分钟才能正确地反映出介质的温度。如立即读数,则会产生误差。

c、读温度计上的数值时,应将眼睛放在与温度计中的液面同一水平上,用水银温度计时,应对准水银的凸形弯月面的最高点读数;用酒精温度计时,则应对准酒精的凹形弯月面的最低点读数。

d、在测定温度时,应避免辐射热的影响。如果温度计同时受周围辐射热的作用,则测得的温度会较实际气温为高。减少辐射热影响的最简单办法是,用铝箔、银纸等卷成一个圆筒将温度计球部围罩起来,只让对流空气和球部接触。通风式湿度计外部罩有金属外壳,用它来测定温度也可少受辐射热的影响。

e、在测定温度时,还应避免水滴的影响。如果温度计上沾有小水滴,则由于水滴蒸发吸收热量,所测得的温度会比实际气温低。

## (2) 热电偶温度计

当两根不同性质的金属丝A和B相连接时,如图2-2所示,如两连接点温度不同( $t_1$ 及 $t_2$ ),则在通路内就会发生电流。这两根连接在一起的金属丝称为热电偶。热电偶上的电流是连接点的电位差(称热电动势)所引起的,而电位差的大小,主要与金属丝性质及两连接点的温度有关。如保持其中一连接点温度不变(通常浸入冰水中,使恒为 $0^{\circ}\text{C}$ ),则由已知性质的两种金属丝做成的热电偶的电位差,将仅随着另一点的温度增高而增大。如将此连接点放入待测定的介质中,则根据仪器测出的热电偶的电位差就可求出该介质的温度。这就是热电偶温度计的工作原理。通常将浸在冰水中的连接点称为冷端,而用于测定介质温度的一连接点称为测端。

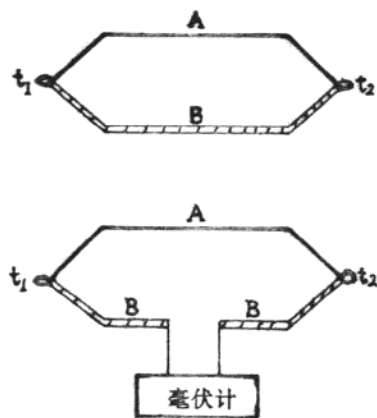


图2-2 热电偶温度计

用作热电偶的材料有很多种,在一般测定中最常用的是康——铜热电偶。它测量 $350^{\circ}\text{C}$ 以下温度。

测定热电偶电位差时,通常用毫伏计。但是常用毫伏计的精密密度不够,只适用于高温测量。在一般气候条件测定中,温度一般都不很高,因此,最好用电位差计来测定热电偶中的电位差。

用热电偶温度计测定温度比起用水银等液体温度计来具有很多的优点:

a、热电偶温度计的测定范围几乎是没有限制的。如康——铜热电偶可测常温也可测零下 $200^{\circ}\text{C}$ 的低温,铂——铂铑热电偶可测 $1300^{\circ}\text{C}$ 以上的高温。

b、用热电偶测定温度可不受距离的限制。可以用很长导线接至数百米以外测定,也可以把它和适当的仪器相连接,进行远距离的自动记录和自动控制。

c、可比较正确地测定物体表面的温度,如墙壁温度,机电设备的外壳温度、人体皮肤温度和室内屋顶温度等。

d、对温度反应较快,受辐射热影响较小。

## 二、空气湿度的测定

### 1、关于空气湿度的几个概念

(1)水汽分压力  $P_{\text{水}}$ ——由空气中的水汽所造成的压力称为水汽分压力,Pa。

(2)饱和水汽分压力  $P_{\text{饱和}}$ ——水汽在空气中达到饱和状态时的分压力称为饱和水汽分压力,Pa。

(3)绝对湿度——1立方米空气中所含的水汽的质量称为绝对湿度,用  $\rho_v$  来表示。它用下式来计算:

$$\rho_v = \frac{P_{\text{水}}}{3.46 \times T}, \text{kg/m}^3 \quad (2-4)$$

式中:  $P_{\text{水}}$ ——水汽分压力,Pa;

$T$ ——空气绝对温度,°K;

3.46——水汽的气体常数,Pa·m<sup>3</sup>/kg·°K。

(4)湿容量——空气达到饱和水汽状态时的绝对湿度称为湿容量,kg/m<sup>3</sup> 或 g/m<sup>3</sup>,用  $\rho_s$  来表示。

(5)相对湿度——空气中水蒸汽的实际含量和同温度下最大可能含水蒸汽量的比值即相对湿度。相对湿度用未饱和湿空气的绝对湿度( $\rho_v$ )与同温度下饱和湿空气的绝对湿度( $\rho_s$ )之比表达。即:

$$\varphi = \frac{\rho_v}{\rho_s} \times 100\% \quad (2-5)$$

或 
$$\varphi = \frac{P_{\text{水}}}{P_{\text{饱和}}} \times 100\% \quad (2-6)$$

式中:  $\varphi$ ——相对湿度,其它符号意义同前。

(6)含湿量(d)——在干空气部分为 1kg 时湿空气中所含水汽的质量称为含湿量,即:

$$d = \frac{m_v}{m_d} \times 1000 \text{g 水蒸汽/kg 干空气} \quad (2-7)$$

式中:  $m_v$ ——水蒸汽质量,kg;

$m_d$ ——干空气质量,kg。

### 2、常用的空气相对湿度测定仪器

#### (1)干湿球温湿度计

干湿球温湿度计是一种最常用的相对湿度测定仪器。它是由两个完全相同的温度计组成。其中一个保持通常的干燥状态,称为干球温度计。另一个温度计的球部包上浸水的纱布,称为湿球温度计。湿球温度计因纱布水分逐渐蒸发时吸收热量,所以它表示出的温度永远低于干球温度计的读数。空气愈干燥,则水蒸发愈快,温度下降也愈大。根据干球温度计和湿球温度计的读数差值,就可求空气相对湿度的大小。通常是依据干湿球温度计的读数,查温湿度换算表(表 2-1)或  $t$ - $d$  图而求得空气的相对湿度。

表 2-1

干湿度 计读数 (°C)	干湿度计读数差 (°C)							干湿度 计读数 (°C)	干湿度计读数差 (°C)								
	0	1	2	3	4	5	6		7	0	1	2	3	4	5	6	7
	相对湿度 %								相对湿度 %								
0	100	81	63	46	28	12	—	—	18	100	90	80	72	63	55	48	41
5	100	86	71	58	43	31	17	4	19	100	91	81	72	64	57	50	41
6	100	86	72	59	46	33	21	8	20	100	91	81	73	65	58	50	42
7	100	87	74	60	48	36	24	14	21	100	91	82	74	66	58	50	44
8	100	87	74	62	50	39	27	16	22	100	91	82	74	66	58	51	45
9	100	88	75	63	52	41	30	19	23	100	91	83	75	67	59	52	46
10	100	88	77	64	53	43	32	22	24	100	91	83	75	67	59	53	47
11	100	88	79	65	55	45	35	25	25	100	92	84	76	68	60	54	48
12	100	89	79	67	57	47	37	27	26	100	92	84	76	69	62	55	50
13	100	89	79	68	58	49	39	30	27	100	92	84	77	69	62	56	51
14	100	89	79	69	59	50	41	32	28	100	92	84	77	70	64	57	52
15	100	90	80	70	61	51	43	34	29	100	92	85	78	71	65	58	53
16	100	90	80	70	61	53	45	37	30	100	92	85	79	72	66	59	53
17	100	90	80	71	62	55	47	40									