

中等专业学校教学用书

矿井通风安全仪器及监测系统

钱德群 编

煤炭工业出版社

内 容 简 介

本书介绍煤矿井下空气成分、甲烷、气象条件、粉尘的检测仪器,煤矿安全监测系统及矿山救护技术装置的工作原理、使用方法和性能。重点讲述具有代表性的一些常用仪器的结构组成、电路原理、调试校验和维修知识。本书的特点是内容全面,资料新近,简明实用,反映了国内外近年来科研和生产上的技术成果,可作为煤炭工业中等专业学校通风安全专业的教材和有关通风安全技术培训班的教学参考书,也可供从事煤矿通风安全工作的工程技术人员、工人和管理干部参考。

责任编辑:莫国震

中等专业学校教学用书 矿井通风安全仪器及监测系统

钱 德 群 编

煤炭工业出版社 出版

(北京宣武门外大街甲1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787×1092mm¹/₁₆ 印张16¹/₄ 插页 8

字数385千字 印数 1—11,085

1991年5月第1版 1991年5月第1次印刷

ISBN 7-5020-0502-1/TD·458

书号 3279 定价 4.15元

前 言

煤矿生产是地下作业，自然条件和生产条件都比较复杂。矿井通风安全仪器和监测系统可以及时、准确地提供井下环境参数和安全信息，是预防事故、处理灾害与救护人员的重要物质手段。随着我国工业的发展和科学技术的进步，我国煤矿将愈来愈多地装备各种类型的通风安全仪器、监测系统和救护技术装备。因此，从事煤矿通风安全工作的工程技术人员、工人和管理干部了解这些仪器、装备的原理，掌握正确的使用及维修方法，对充分发挥其效能，实现煤矿安全生产，保障矿工的健康和安全，提高企业的经济效益都具有重要意义。作为通风安全专业的学生和未来的煤矿通风安全技术人员和管理干部，通过本课程的学习应达到了解各类煤矿通风安全仪器的原理、构造和性能；掌握使用仪器的正确方法和必要的维修知识；能够合理选择和管理各类通风安全仪器和监测系统的基本要求。

考虑到中等专业学校培养的学生面向基层的特点，本书力求做到：内容全面，资料新近，简明实用。在简明交代了基本原理的前提下，重点讲述仪器的调试使用、维修方面的知识和经验，并对最常用的甲烷检测仪器的使用和检修方法作了较详细的介绍。书中所列的一些仪器的电路原理和检修步骤以及附录部分的资料，可供学生进一步自学和读者在实际应用中参考。

本书是在我校1984年编印的《矿井通风与安全仪表》教材的基础上增补改写而成，主要增加了煤矿安全监测系统方面的内容。在编写过程中，学校有关领导和通风安全教研组的同志曾给予大力支持和帮助，在此表示谢意。限于编者的水平，书中错误和不妥之处，恳请读者提出批评指正。

重庆煤炭工业学校 钱德群

1990年1月

目 录

第一章 煤矿安全仪器的分类及测量仪器的基本性能	1
第一节 煤矿安全仪器的分类	1
第二节 测量仪器的基本性能	2
第二章 井下空气成分检测仪器	8
第一节 检定管检测仪器	8
第二节 COY-3型一氧化碳测定仪	13
第三节 AT2型一氧化碳测定仪	17
第四节 AQX-1型数字式氧气浓度计	20
第三章 甲烷检测仪器	22
第一节 概述	22
第二节 携带式甲烷检测仪器	23
第三节 固定式甲烷检测仪器	49
第四章 矿井气象条件检测仪器	88
第一节 温度检测仪器	88
第二节 矿井空气湿度测定仪器	99
第三节 矿井空气压力测定仪器	102
第四节 矿井风速检测仪器	117
第五节 卡他温度计	131
第五章 粉尘浓度检测仪器及煤尘爆炸性鉴定仪	133
第一节 粉尘浓度检测仪器	133
第二节 煤尘爆炸性鉴定仪	149
第六章 煤矿安全集中监测系统	153
第一节 煤矿安全集中监测系统的组成与结构	153
第二节 传感器	154
第三节 监测系统中的信息传输	162
第四节 监测信息的处理	174
第五节 本质安全电路中的隔离设备	180
第六节 国产安全监测系统介绍	182
第七节 安全监测系统的选型、使用与管理	201
第七章 矿山救护技术装备	203
第一节 氧气呼吸器	203
第二节 AHK-40型空气呼吸器	215
第三节 AJH-3型氧气呼吸器校验仪	217
第四节 ASZ-30型自动苏生器	227
第五节 ABD-200型氧气充填泵	231
第六节 自救器	236

第七节 矿山救护通讯机	242
附 录	246
一、WFC-1煤样瓦斯放散初速度测量仪	246
二、煤的坚固性系数 f 的测定装置	248
三、205型线路电桥	249
四、光电导通表	251
五、MYFB-1型载波遥控发爆器	251
参考文献	253

第一章 煤矿安全仪器的分类 及测量仪器的基本性能

第一节 煤矿安全仪器的分类

一、煤矿安全仪器概况

煤矿生产是地下作业，自然条件和生产条件都比较复杂，在采掘过程中出现的瓦斯涌出、煤尘飞扬、自然发火等都有可能造成严重事故。为了防止事故发生，保障矿工的健康和安全，促进生产发展，提高煤炭企业的经济效益，应对井下的气象条件进行检测，对可能造成灾害事故的各种有害气体及矿尘进行及时而准确的检测和严格的控制，一旦发生灾变，必须及时救护遇难人员和处理事故。所有这些，都需要有相应的检测仪器和救护装备。

最初，人们为了防止井下空气中混有一氧化碳造成中毒事故，曾使用过金丝雀一类的小动物来进行检测。1815年英国人在煤矿井下开始使用安全火焰灯检测瓦斯。1897年瑞典制成第一台容积压力式瓦斯测量仪。随着矿井开采规模及开采深度的增大，机械化和综合机械化采煤的普遍推广，通风安全方面的问题日益突出。与此同时，随着仪表工业及电子技术的发展，矿井通风安全仪器也得到了不断的发展。1927年日本制造成光干涉原理甲烷检定器，以后又陆续出现了热导、热催化原理、气敏半导体、……等各种不同原理的甲烷检定器，其测量精度不断提高；检测方式从“间断”、“就地”检测发展到“连续”、“集中自动”遥测。特别是随着电子计算机技术的应用，一套监测系统，除能检测高低浓度甲烷外，还可测一氧化碳、氧、氢的浓度，气温，风速，……等。同时还能对井下设备的工作状态进行监控。如英国DYNALINK-MINOS系统的监测容量为986个模拟量，896个开关量，传输距离为13km。在地面中心站一般都配有用来进行数据采集和处理的计算机、打印机、显示器、控制台和模拟盘等。譬如当井下某测点的甲烷浓度超限时，能发出声、光报警信号，切断该测点附近的电源。作为间断方式检测的便携式仪器，也随着测试技术的飞速发展及多功能集成电路的出现，检测元件的性能不断提高而实现了单机分级报警，数码显示，自动校正，电源监视和故障指示等功能。而且操作简单，维修量小，体积小。例如美国MSA公司生产的便携式甲烷检测仪重量只有0.28kg，外形尺寸为146×65×38mm。

解放前我国煤炭工业技术十分落后，矿井通风安全仪器更是属于空白。解放后，党和政府对安全工作极为重视，煤矿安全状况及劳动条件得到了很大的改善，通风安全仪器也从无到有地发展起来。在仪器的研究、生产制造方面，多年来投入了很大的力量，形成了以抚顺、重庆、西安、常州、上海等地为中心的安全仪器生产基地，除生产大量的通风安全仪器和救护设备外，从1980年起，先后从波兰、英国、美国和西德等引进了多种型式的煤矿安全监测系统和生产监控系统。在引进消化的基础上，我国也研制了一批安全监测系统，如常州煤研所的KJ1型，北京长城科学仪器厂的KJ4型，重庆煤矿安全仪器厂的TF-200型和AWJ-80型，西安煤矿仪表厂的MJC-100型，抚顺煤矿安全仪器厂的AU₁型，总

参6904厂的WDJ-1型和镇江煤矿专用设备厂的A-1型……等来装备矿井。其中KJ4型的系统容量为1536个,传输距离为13km。所有这些成就,表明我国的安全监测仪器的研制和装备进入了新的水平。但是目前安全监测传感器的种类和质量与国际水平的差距还较大,这是需要解决的问题。

二、煤矿安全仪器的分类

由于煤矿生产环境特殊,影响安全的因素也多,需要监测的参数不少,加之同一用途的仪器,因其工作原理和结构不同又有多种类型,因而安全监测仪器的种类繁多。根据其用途不同可分为三大类:

(一) 矿井环境条件检测和监控仪器

这类仪器也称预防性仪器,主要用来检测矿井的环境条件,预防事故的发生。它以电子产品为主,现已形成监测系统。按其用途不同又可分为井下空气成分检测仪器、甲烷检测仪器、矿井气象条件检测仪器和粉尘检测仪器几类。

(二) 矿山救护技术装备

矿山救护技术装备是减少事故损失的重要手段,也是我国煤矿使用最早的安全装备。按其用途不同可分为氧气呼吸器、自救器、苏生器及其它救护装备几类。

(三) 其它安全装备

其它安全装备包括通风除尘装备、瓦斯抽放设备、防灭火及注浆设备……等。

本课程只包括前两类的内容,第三大类的内容在其它相应的课程中讲授。

第二节 测量仪器的基本性能

一、测量仪器的概念

煤矿安全仪器是用来检查测量矿井安全状况的物质手段。什么叫测量呢?测量是人们对自然界的客观事物取得数量观念的一种认识过程。在这一过程中,借助于专门的技术工具,通过实验方法,求出以所采用的测量单位表示的未知量的数值大小。测量的目的是为了在限定的时间内尽可能正确地收集被测对象的未知信息,以便掌握被测对象的参数及控制生产过程。例如,在采煤机上安装采煤机瓦斯断电控制仪。它不仅可以连续监测采煤机附近风流中的甲烷浓度,而且在甲烷浓度超限时还可发出声、光报警信号,并自动切断采煤机的工作电源以防发生瓦斯事故,确保生产安全。

二、测量仪器的基本性能

评价测量仪器品质的指标是多方面的。仪器的基本性能,主要是指衡量仪器测量能力的一些指标,如精确度、稳定性、测量范围、动态性能等。但工作可靠性、经济性也很重要,这些因素在很大程度上影响仪器的使用。

(一) 精确度

与这个性能有关的指标有:

1. 精密度 精密度是指在测量中所测数值重复一致的程度。即对某一稳定的被测量在相同的规定工作条件下,由同一测量者用同一仪器在相当短的时间内按同一方法连续重复测量多次,其测量值的不一程度。不一致程度愈小,说明测量愈精密。例如某温度仪表的精密度为0.5K,意即用该仪表测量温度时其不一致程度不会大于0.5K。但精密不一定准确。

2. 准确度 准确度是指仪器的示值有规律地偏离真值大小的程度。例如某流量计的准确度为 $0.3\text{m}^3/\text{s}$ ，意即该流量计的示值偏离真值 $0.3\text{m}^3/\text{s}$ 。

3. 精密度 (简称精度) 精度是测量的精密与准确程度的综合反映。精密度高是精度高的必要条件，但并非充分条件。要使仪器的精度高，还必须使其准确度高才行。

在工程测试中，为了简单表示仪器测量结果的可靠程度，引入一个仪器精度等级的概念，用 A 表示。 A 以一系列标准百分比数值(0.001, 0.005, 0.02, 0.05, …, 1.5, 2.5, 4.0, 6.0等)进行分档。这个数值通常是仪器在规定条件下，其最大绝对允许误差值相对于仪器测量范围的百分数，即

$$A = \frac{\Delta_{\text{Smax}}}{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 Δ_{Smax} ——仪器在全刻度范围内的最大绝对允许误差；

$x_{\text{max}}, x_{\text{min}}$ ——测量范围的上、下限值；

A ——仪器的精度等级。

科学研究用的仪器的精度等级值约为 $10^{-1} \sim 10^{-10}$ ，工业检测用的仪器的精度等级值约为 $10^{-1} \sim 4.0$ 。

(二) 稳定性

稳定性是指仪器的性能在工作条件保持恒定的情况下，在规定的时间内保持不变的能力。它用精密度的数值和观测时间长短一起来表示。例如，某仪表24小时内示值变化幅度达 1.3mV ，则该仪表的稳定度为 $1.3\text{mV}/\text{d}$ 。

(三) 影响系数

仪器由于室温、大气压、振动等外部状态变化及电源电压、频率等工作条件变化对示值的影响统称为环境影响，用影响系数来表示。这是因为仪器在校准时都规定有一个标准工作条件，但在实际使用该仪器时又很难达到这个要求。影响系数是用示值变化值与影响量变化值之比来表示。例如某压力表的温度影响系数为 $2\text{Pa}/^\circ\text{C}$ ，即温度每变化 1°C ，就会引起压力表示值变化 2Pa 。

(四) 仪器输入输出特性

说明仪器输入、输出对应关系的主要性能有：

1. 灵敏度 灵敏度是指仪器在稳态下输出变化

对输入变化的比值，用 S 表示，即 $S = \frac{dy}{dx}$ 。它是仪器在稳态下输入输出关系的静特性曲线上各点的斜率，如图1-1所示。在线性特性的仪器中灵敏度 S 是常数。在非线性特性的仪器中灵敏度 S 在整个量程内不是常数。

对特定的测量装置来说，其灵敏度的定义方法往往是不同的。例如，在接收机中，灵敏度定义为产生具有指定信噪比的输出信号所需的最小输入信号；而在频率计中，灵敏度是指能使仪器正常工作的最小输入信号的幅度，它与频率计的输出示值(频率值)之间没有直接的关系。

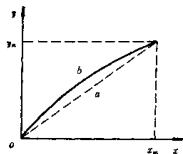


图 1-1 仪器的静特性曲线
a—线性特性；b—非线性特性

2. 分辨率 如果输入量从某个任意非零值缓慢地变化, 我们将会发现, 在输入变化值没有超过某一数值之前, 仪器示值是不会变化的, 这个使示值变化的最小输入变化值叫做仪器的分辨率。分辨率说明仪器能够检测到的被测量中最小变化的本领。同样, 为了消除分辨率的模糊性, 也应该对示值的变化从量上规定一个数值。一般模拟式仪表的分辨率规定为最小刻度分格值的一半, 数字式仪表的分辨率是最后一位数的数值。

3. 线性度 线性度用来说明输出量与输入量的实际关系曲线偏离直线的程度。无论是模拟式的仪表, 还是数字式的仪表, 都希望它们的特性是线性关系。这样模拟式仪表的刻度就可以做成均匀的刻度, 而数字式仪表就可以不必采用线性化环节。

4. 滞环 滞环是指仪器正向(上升)特性和反向(下降)特性不一致的程度。这种现象是由于仪器元件吸收能量所引起的。例如机械仪表中有内摩擦, 电磁仪表中有磁滞损耗。

(五) 量程

量程 B 是指测量上限值与下限值之差, 即仪表刻度盘上的上限值 $x_{\max}$ 减去下限值 $x_{\min}$, 其表达式为 $B = x_{\max} - x_{\min}$ 。通常仪表的 $x_{\min} = 0$, 这时 $B = x_{\max}$ 。但在整个测量范围内仪表提供被测量信息的可靠程度并不相同, 一般在仪表的上、下限值附近的测量误差较大, 故不宜在该区使用。这样, 更确切的量程概念应定为: 在工作量程内的相对误差 γ 应该不超过某个设定值 γ_0 。

量程用绝对值 B 表示时, 各类不同仪表之间便无法比较, 所以常用量程比 D 作为量程的指标, 即

$$D = \frac{\text{满足 } \gamma_0 \text{ 的测量上限值 } x_{\max}}{\text{满足 } \gamma_0 \text{ 的测量下限值 } x_{\min}} \quad (1-2)$$

(六) 可靠性

可靠性是指仪器对规定的条件在规定时间内完成所要求功能的能力。仪器的可靠性可用平均无故障工作时间 $MTBF$ 来表征。它是仪器连续运行时发生一次故障的时间间隔的平均值。假设某仪器在 90000 小时的运行中发生了 12 次故障, 则该仪器的 $MTBF$ 为 7500 小时。

(七) 经济性

任何工业产品都要讲究经济性。对生产者来讲, 以重金制造高质量的产品是比较容易的。但是, 如果生产出的仪器价格太贵, 使用者无力购买, 也就谈不上发挥其作用。对使用者来讲总是希望用最少的钱买到一台具有指定性能的仪器。所以, 工程检测仪器的经济性也是其重要的指标之一。

在实际工作中, 对给定的测量任务只需达到规定的精度就行了, 决不是精度愈高愈好, 盲目地提高测量精度的做法, 往往会带来相反的效果, 浪费人力和财力, 降低测量的可靠性。在工程检测中, 应该根据测量的目的, 全面考虑测量的可靠性、精度、经济性以及操作的简便性。而在科研工作中往往把测量精度放在首位。

三、测量误差

测量的最终目的是求得被测量的真值。真值是指被测量的量本身所具有的真实大小。只有在极少数简单的情况下, 测量才能完全正确无误, 例如, 对一小堆零件或若干个电脉冲计数。在绝大多数情况下, 真值一般是永远测量不到的。这是由于测量仪器、测量对象、

测量方法、测量者本身都不同程度地受到自身和周围各种因素的影响。当这些因素变化时，必然会影响到被测量的示值，使示值与被测量的真值之间产生差异，这个差异就是测量误差。

从理论上讲真值是无法知道的。因此在实践中是这样来定义被测量的真值的：真值是指测量次数无限多时所求得平均值。这是根据误差对称分布时正负误差出现的机会相等，在没有系统误差（或系统误差用校正法给以消除）的情况下，各次示值相加以后求平均值，就能得到极接近于真值的数值。由于测量次数总是有限的，所以平均值还不是真值，我们称它为约定真值。严格地讲，误差是指示值与真值之差，而示值与约定真值之差应叫做偏差，但在习惯上误差和偏差已经不加区别了，且均称为误差。

由于系统误差不可能完全被排除，故通常只能把由更高一级的标准仪器所测得的值来当作“真值”。为了强调它并非是真正的“真值”，故把这个当作“真值”的值称为实际值。

误差按其出现的规律不同可分为：

1. 系统误差

系统误差是指服从一定规律（如定值、线性、多项式、周期性等函数规律）的误差。即多次测量的误差按一定的函数规律出现。引起系统误差的原因有仪器的作用原理不完善；仪器本身材料、零部件、工艺有缺陷；测试工作中使用仪器的方法不正确以及测量者有不良的读数习惯等等。例如，等臂天平的两臂不完全相等时，将会引起定值误差。

系统误差的特点是有规律可循，通过仔细分析研究是有可能掌握其影响因素的规律的，因而也就有可能通过实验或引入修正值的方法加以消除或减小。系统误差决定测量的准确度，系统误差愈小，测量就愈准确。

2. 随机误差

随机误差是指服从统计规律的误差，用 δ 表示。它产生的原因是由很多复杂因素微小变化的总和引起的，很难分析。然而，对其全部总和则可以用统计规律加以描述。它不能用校正方法加以消除，但其大小与测量次数 n 有关，随 n 增大，随机误差的算术平均值

$\left(\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n}\right)$ 将逐渐减小。随机误差决定测量的精密性，它的平均值愈小，测量愈精密。

在习惯上系统误差和随机误差之间有如上所述的差别，但是在一定条件下它们可以互相转化。例如，在同一精度等级的同类仪器中，每台仪器的具体系统误差彼此都不一样，或大或小，对使用者来讲它就具有随机性。又如可以把某些尚未掌握的具有复杂规律的系统误差，或虽可掌握但过于复杂的系统误差当作随机误差来处理。了解系统误差与随机误差之间可以互相转化的辩证关系，对测量数据的处理是有一定帮助的。

3. 粗大误差

粗大误差是指一种显然与事实不符的误差。没有任何规律可循。它主要是由于读数错误，记录错误，操作仪器不正确，测量过程中的失误以及计算错误等原因造成的，明显地歪曲了测量结果。粗大误差一般远远超过同一客观条件下的系统误差或随机误差。凡是确实含有粗大误差的实验数据，应该舍弃不用，因为它是不值得相信的。

误差按其因次（单位）的不同可分为：

1. 绝对误差

绝对误差是指以被测量的单位来表示的误差,数值上等于仪器的示值与约定真值之差,即

$$\Delta = M - T_0 \quad (1-3)$$

式中 Δ ——绝对误差;

M ——仪器示值;

T_0 ——被测量的约定真值。

在实际工作中常用示值加修正值 C 来求得约定真值 (或实际值), 即

$$M + C = T_0 \quad (1-4)$$

移项

$$C = T_0 - M \quad (1-5)$$

比较式 (1-3) 和式 (1-5) 可知

$$C = -\Delta \quad (1-6)$$

即修正值与绝对误差大小相等, 符号相反。一台测量仪器送到上一级计量机构检定, 其主要目的之一是获得一个相应精度的修正值。错误的修正值, 例如符号弄反了, 反而会使误差更大, 因此, 对修正量值应谨慎。

很明显, 绝对误差不能作为不同量程的同类仪器和不同类仪器之间测量精确度的比较尺度。例如用温度计测量, 指示值 1000°C 时, 实际值为 1001°C , 其绝对误差 $\Delta = 1000^\circ\text{C} - 1001^\circ\text{C} = -1^\circ\text{C}$; 指示值为 100°C 时, 实际值为 101°C , 其测量误差也是 $\Delta = 100^\circ\text{C} - 101^\circ\text{C} = -1^\circ\text{C}$ 。这就反应不出谁的准确度高。事实上, 前者的准确度比后者高, 为此引入了相对误差的概念。

2. 相对误差

相对误差 γ 是指绝对误差与被测量实际值 T (或示值 M) 之比, 通常以百分数表示, 即

$$\gamma = \frac{\Delta}{T} \times 100\% \quad (1-7)$$

或

$$\gamma = \frac{\Delta}{M} \times 100\% \quad (1-8)$$

相对误差解决了同类与不同类仪器之间互相比较的问题, 但同一台仪器在整个测量范围内, 一般相对误差不是一个定值, 而是随被测量的大小而变化的。例如, 在测量范围的下限值附近相对误差一般都比较大, 而在上限值的 $\frac{2}{3} \sim \frac{4}{5}$ 的范围内相对误差就比较小。相对误差的这种变化也不利于仪器之间的比较, 为此采用了引用误差这一概念。

3. 引用误差

引用误差 γ_0 是指绝对误差 Δ 与量程 B 的比值, 并以百分数表示, 即

$$\gamma_0 = \frac{\Delta}{B} \times 100\% \quad (1-9)$$

通常以最大引用误差 $\gamma_{0\max}$ 来确定某台仪器的精确度等级。当 $\gamma_{0\max}$ 与精确度等级的分档值不等时, 应取比 $\gamma_{0\max}$ 值稍大的精确度等级值。精确度等级表示的是仪器的最大引用误差不能超过的界限。一般来说, 如果某仪器为 A 级精确度, 则表明该仪器的最大引用误

差不会超过4%，而不能认为仪器在各刻度点的示值误差都具有4%的数值，在选用仪器时应注意这一点。

例 要测稍小于100℃的温度。现有0.5级的0~300℃的和1.0级的0~100℃的两支温度计，试问采用哪一支温度计好？

解 用0.5级的温度计测量时，最大相对误差 $\gamma_1 = (300 \times 0.5\%) / 100 = 1.5\%$ ，而用1.0级的温度计测量时其最大相对误差 $\gamma_2 = (100 \times 1.0\%) / 100 = 1.0\%$ 。计算结果表明，用1.0精度的那支温度计比0.5级的更合适，所以，在选用仪器时应兼顾精确度等级和量程，不能只注意精确度等级。

第二章 井下空气成分检测仪器

地面新鲜空气进入井下后,其成分将逐渐发生变化,主要表现为氧气含量减少和掺入了一些有害气体。检测井下空气的目的是为了确定其成分是否符合《煤矿安全规程》第104条的规定。如果不符,必须采取措施进行处理。另外,检测井下空气中一氧化碳的浓度,还是预测井下自燃火灾及分析火区状况的可靠方法之一。正因为如此,目前除甲烷外,一氧化碳检测仪的种类比其它有害气体的检测仪要多些。

检测井下空气成分的方式有两种。一种是在井下采样送到地面化验室进行分析,其所测得的数据准确度高、范围广,如用色谱仪可分析多种气体成分,但所需时间长,不能很快作出判断,也就谈不上采取措施。因为在井下有的事故隐患,由于处理不及时可能引起重大灾害(特别是在矿井救灾过程中),因此,还必须采用就地检测方式。检定管检测法便是就地快速检测法之一。

第一节 检定管检测仪器

用检定管检测井下空气成分的仪器由检定管及吸气装置两部分组成。

一、检定管

(一) 检定管的结构

检定管的结构如图2-1所示。它由外壳1、堵塞物2、保护胶3、隔离层4及指示胶5等组成。其中外壳是用中性玻璃管加工而成。堵塞物用的是玻璃丝布、防声棉或耐酸涤纶,它对管内物质起固定作用。保护胶是用硅胶作载体吸附试剂制成,其用途是除去对指示胶变色有干扰的气体。隔离层一般用的是有色玻璃粉或其它惰性有色颗粒物质,它对指示胶起界限作用。指示胶是以活性硅胶为载体吸附化学试剂经加工处理而成。

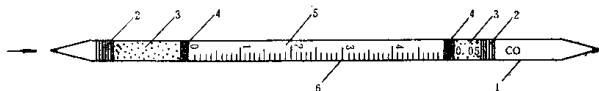


图 2-1 检定管结构示意图

1—外壳；2—堵塞物；3—保护胶；4—隔离层；5—指示胶；6—指示被测气体含量的刻度

(二) 检定管的工作原理

当含有被测气体的空气以一定的速度通过检定管时,被测气体与指示胶发生化学反应,根据指示胶变色的程度或变色的长度来确定其浓度。前者称为比色式,后者称为比长式。由于比色式检定管的灵敏度低、颜色不易辨认,两个色阶代表的浓度间隔太大、成本高、定量测定准确性差等缺点,所以目前主要用比长式检定管。我国用于煤矿的检定管有一氧化碳、二氧化碳、硫化氢、二氧化氮及氧等几种。

(1) 一氧化碳检定管是以活性硅胶为载体, 吸附化学试剂碘酸钾和发烟硫酸作为指示胶, 当含有一氧化碳的空气通过检定管时, 与指示胶反应, 有碘生成, 沿玻璃管壁形成一个棕色环, 随着气流通过, 棕色环向前移动, 其移动的距离与被测空气中的一氧化碳含量成正比关系, 因此当检定管中通过定量空气后, 根据色环移动的距离便可测得所测空气中的一氧化碳含量。

目前国内生产的比长式一氧化碳检定管的主要型号如表2-1所示。

表 2-1 一氧化碳检定管的型号

型 号	测定范围 %	采 样 量 mL	送气时间 s	使用温度 ℃	生产单位
一 型	0.0025~0.005	50	100	15~35	鹤壁市气体检测管厂
二 型	0.001~0.05	50	100	15~35	
三 型	0.001~0.1	50	100	15~35	
四 型	0.01~0.5	50	100	15~35	
五 型	0.5~20	50	100	15~35	
C ₁ D 型	0.005~0.01	50	90	10~30	西安煤矿仪表厂
C ₁ Z 型	0.005~0.1	50	90	10~30	
C ₁ G 型	0.05~1	50	90	10~30	
CO 型	0.0008~0.024	100	100		北京劳保研究所

(2) 硫化氢检定管也是以活性硅胶为载体, 而它所吸附的化学试剂为醋酸铅, 当含有硫化氢的空气通过检定管时, 便与指示胶反应沿玻璃管壁产生一褐色的变色柱, 变色柱的长度与空气中硫化氢的含量成正比关系。根据这一原理便可测得空气中硫化氢的含量。硫化氢检定管的型号主要有表2-2所示的三种。

表 2-2 硫化氢检定管的型号

型 号	测定范围 %	采 样 量 mL	送气时间 s	使用温度 ℃	生产单位
一 型	0.0001~0.01	50	100	不限	鹤壁市气体检测管厂
二 型	0.001~0.1	50	100	不限	
三 型	0.005~0.5	50	100	不限	
S ₁ D 型	0.0005~0.01	50		不限	西安煤矿仪表厂
S ₁ Z 型	0.005~0.1	50		不限	

(3) 二氧化碳检定管是以活性氧化铝作为载体, 吸附带有变色指示剂的氢氧化钠作为指示胶。当含有二氧化碳的空气通过检定管时, 与活性氧化铝上所载的氢氧化钠反应, 由原来的蓝色变为白色, 白色药柱的长度与被测空气中二氧化碳含量成正比, 当被测的定量空气通过检定管后, 根据白色药柱的长度可以直接从检定管上的刻度读出二氧化碳浓度。二氧化碳检定管的型号主要有表2-3所示的三种。

(4) 其它气体检定管的规格如表2-4所示。

二、吸气装置

吸气装置有J-1型采样器、DQJD-1型多种气体检定器及XR-1型气体检测器。

(一) J-1型采样器

表 2-3 二氧化碳检定管的型号

型 号	测定范围 %	采 样 量 mL	送气时间 s	使用温度 ℃	生 产 单 位
一 型	0.05~5	50	100	不限	鹤壁市气体检测管厂
二 型	0.5~20	50	100	不限	
C ₄ G 型	0.5~10	50	100	不限	西安煤矿仪表厂

表 2-4 氮、氮氧化物、二氧化硫检定管的型号

检定管名称	型 号	测 定 范 围 %	生 产 单 位
氮	一 型	1~21	鹤壁市气体检测管厂
	二 型	1~100	
	三 型	0.1~5	
氮氧化物	一 型	0.0001~0.01	鹤壁市气体检测管厂
	二 型	0.001~0.1	
二氧化硫	一 型	0.0001~0.01	
	二 型	0.001~0.1	

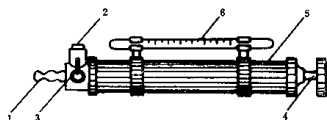


图 2-2 J-1型采样器结构示意图

1—气样入口；2—检定管插孔；3—三通阀把；
4—活塞杆；5—吸气管；6—温度计

1. 结构

J-1 型采样器实质上是一个取样唧筒，其结构如图 2-2 所示。它是由铝合金管及气密性良好的活塞所组成。抽取一次气样为 50mL，在活塞杆上有 10 等分刻度，并标有吸入试样的毫升 (mL) 数。采样器的前端有个三通阀，当阀把 3 平放时，是吸取气样位置，如取样地点采样器不便进入时，可在气样入口 1 处接胶管来吸取，阀把 3 处于垂直位置时，可将吸入唧筒的气样通过检定管插孔 2 压入检定管；而阀把 3 处于 45° 位置时，三通阀为关闭状态。

2. 测定方法

(1) 采样与送气。不同的检定管要求用不同的采样和送气方法。对于不很活泼的气体，如 CO、CO₂ 等，一般是先将气体吸入采样器，在此之前应在测定地点将活塞往复抽送 2~3 次，使采样器内原有的空气完全被气样取代。打开检定管两端的封口，把检定管浓度标尺标“0”的一端插在采样器的插孔 2 中，然后将气样按规定的送气时间以均匀的速度送入检定管。如果是较活泼的气体，如 H₂S，则应先打开检定管两端封口，把检定管浓度标尺上限的一端插入采样器的气样入口 1 中，然后以均匀的速度抽气，使气样先通过检定管后进入采样器。在使用检定管时，不论用送气或抽气方式采样，均应按照检定管使用说明书的要求准确采样。

(2) 读取浓度值。检定管上印有浓度标尺。浓度标尺零线一端称为下端，测定上限

一端称为上端。送气后由变色柱（或变色环）上端所指示的数字，可直接读取被测气体的浓度。根据变色柱的状况有四种量读方法。

a. 变色柱界限与“0”线平行，清楚无虚影，则变色柱所指示的数字 C 便是被测气体的浓度，如图2-3a所示。

b. 变色柱界限与“0”线不平行，如图2-3b所示，则应以变色柱界限所示的两个数字 C_1 及 C_2 的平均值作为测定结果，即 $C = \frac{C_1 + C_2}{2}$ 。

c. 变色界限为凹面，如图2-3c所示，则应以凹面的最低点和最高点所指示的两数值的平均值为其测定结果，即 $C = \frac{C_1 + C_2}{2}$ 。

d. 变色界限不清楚有虚影。变色柱从 C_1 处往下颜色深浅一致，这一段称为变色长度，往上颜色逐渐变浅消失，这一段称为变色柱的虚影，如图2-3d所示。这时应以变色柱的长度加虚影的一半作为测定结果，即 $C = C_1 + \frac{C_2 - C_1}{2}$ 。这种检定管测定误差大，只能得出大概的数值。

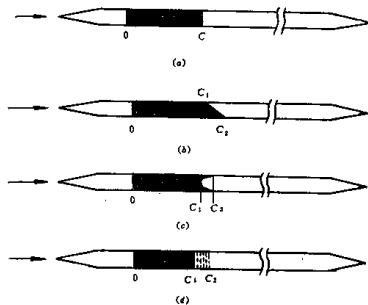


图 2-3 检定管的读数方法

a—变色界限为平面；b—变色界限为斜面；c—变色界限为凹面；d—变色界限不清

(3) 高浓度气样的测定。如果被测气体的浓度大于检定管的上限（即气样还未送完检定管已全部变色）时，应首先考虑测定人员的防毒措施，然后采用下述方法进行测定。

a. 稀释被测气体。在井下测定时，先准备一个装有新鲜空气的胶皮囊带到井下，测定时先吸取一定量的待测气体，后用新鲜空气使之稀释至 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{10}$ ，送入检定管，将测得的结果乘以气体稀释后体积变大的倍数，即得被测气体的浓度值。例如用二型 CO 检定管进行测定。先吸入气样 10mL，后加入 40mL 新鲜空气将其稀释后，在 100s 内均匀送入检

定管,其示数为0.04%,则被测气体中的CO浓度为: $0.04\% \times \frac{10+40}{10} = 0.04 \times 5 = 0.2\%$ 。

b. 采用缩小送气量和送气时间进行测定。如采样量为50mL,送气时间为100s的检定管,测高浓度时使采样量为 $\frac{50}{N}$ [mL]及送气时间为 $\frac{100}{N}$ [s],这时被测气体的浓度=检定管读数 $\times N$ 。对于采样量为100mL,送气时间为100s的检定管, N 可取2或4;如果要求采样量为50mL,送气时间为100s时, N 最好不要大于2,因 N 过大,采样量太少,容易产生较大的测定误差。因此,对测定结果要求较高时,最好更换测定上限高的检定管。

(4) 低浓度气样的测定。如果气样中被测气体的浓度低,结果不易量读,可采用增加送气次数的方法进行测定,被测气体的浓度=检定管上读数 $\times$ 送气次数。例如用二型CO检定管进行测定,按送气量为50mL,送气时间为100s的要求,连续送5次气样后,检定管的示数为0.002%,则被测气体中CO的浓度应为 $0.002\% \times 5 = 0.0004\%$ 。

(二) DQJD-1型多种气体检定器

DQJD-1型多种气体检定器,主要由一个橡胶波纹管构成的吸气泵与检定管(C₁D型、C₁Z型、C₁G型;S₁D型、S₁Z型及C₂G型等)配合使用。吸气泵的结构如图2-4所示。吸气泵一次动作吸气体积为50mL。

吸气泵上的支撑环、弹簧及链条是为了保证一次吸气量为50mL而设置的。调整链条的长短可改变吸气流量的大小。

使用时将所需测定气体的检定管两端打开,按检定管上所标箭头指向插入吸气泵的插管座,手握吸气泵,并将它完全压缩,然后按照所用检定管要求的送气时间均匀地放松,使50mL气样等速地通过检定管,最后根据检定管变色柱(或色环)的长度直接读出被测气体的浓度。

若遇被测地点不宜将检定管插在吸气泵上使用时,可在两者之间接一连胶管进行测定。

(三) XR-1型气体检测器

XR-1型气体检测器的抽气球是一个60mL的医用洗耳球,其使用容积为 50 ± 2 mL,根据需要可在球嘴上安一个金属三通活塞以便测定时增加取气次数,其结构如图2-5所示。

使用该检测器时应先检查其气密性。方法是左手拿抽气球,用右手拇指按压球的底部,排出球内气体后,用左手拇指与食指捏球的左边,退出右手拇指再把球对折,用手握紧。然后将一支完整的检定管插在抽气球的进气口上,放松左手,经10min左右,如抽气球未鼓起则说明气密性良好。

测定时,按气密性检查方法,排出抽气球内的气体后,在其进气口处,紧密牢固地插入一支两端切开的检定管,“零”点一端向上,松开抽气球,待测气体便通过检定管进入抽气球。当抽气球全部鼓起后,再停约半分钟,即可由检定管上的浓度标尺,读出待测气体浓度。

该检测器在使用时,虽然每次的抽气时间不同,速度也不够均匀,但实验证明,只要抽气球与检定管连接处不漏气,每次抽气体积基本上是相同的,其测定结果在规定的误差范围内。它具有体积小,重量轻,便于携带及价格低廉等优点。