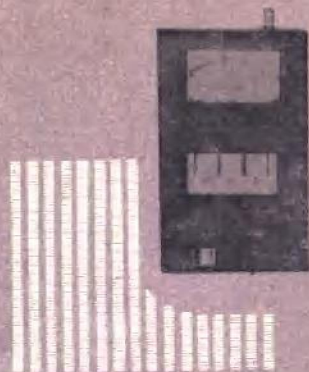




甲烷测定器

祝运武 李德洪 杨成全 编著

2

煤矿安全仪器仪表丛书

煤矿安全仪器仪表丛书

甲烷测定器

祝运武 李德洪 杨成全 编著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书简介了各种携带式甲烷测定器的国内外概况,较详细地叙述了光干涉、热导和热催化式甲烷测定器的结构、原理、性能和仪器的组装、调试、操作、校正、试验、维修及管理等内容;简单介绍了甲烷检定灯的原理、结构及维护。本书可供从事煤矿安全工作的工程技术人员、工人、管理干部和仪器维修人员阅读参考,亦可作为煤矿学校和有关专业学校的教学参考书。

责任编辑:李淑琴

煤矿安全仪器仪表丛书

甲烷测定器

祝运武 李德洪 杨成全 编著

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16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 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $4^{3/4}$

字数103千字 印数1—1,900

1986年3月第1版 1986年3月第1次印刷

书号15035·2778 定价0.75元

前 言

矿井瓦斯与煤尘爆炸、煤与甲烷突出、火灾是严重威胁煤矿安全生产的重大灾害。矿井安全监测仪器仪表和救护装备是预防和处理灾害的有力武器。为了使用好这些装置，切实保障煤矿井下工作人员的安全，特组织编写了《煤矿安全仪器仪表丛书》。

本《丛书》介绍了甲烷检测、监视、遥测仪器；井下有害气体和矿尘测定仪表；自救、灭灾装备等。《丛书》主要介绍仪器仪表的原理、结构、组装、调试、操作、检验、维修及管理。内容力求实用，文字要求通俗易懂。以适合于从事煤矿通风、安全工作的干部、技术人员以及使用、维护安全仪器仪表的工人学习参考。亦可供现场生产技术管理人员、设计人员、煤矿学校和安全技术培训班的师生使用。

《丛书》由煤炭部安全局、制造局负责组织抚顺、西安、重庆安全仪器仪表厂、抚顺、重庆、上海煤研所、鹤壁矿务局，山西矿业学院等单位的有关同志参加编写。本书LRD-1型甲烷测定器部分由抚顺煤研所杨成全同志编著；AQJ-9型甲烷检定报警器和M502型甲烷测定器由抚顺煤矿安全仪器厂李德洪同志编著；其余部分由西安煤矿仪表厂祝运武同志编著。全书由祝运武同志整编、校订。在编写过程中，曾得到编写单位的领导大力支持和有关同志的协助，谨此表示感谢。

目 录

第一章	概述	1
第一节	大气成分与矿井大气	1
第二节	体积浓度与重量浓度	3
第三节	矿用甲烷测定器的类型与应用	4
第二章	甲烷检定灯	10
第一节	结构与原理	10
第二节	维护与检验	11
第三节	使用与管理	14
第三章	光干涉甲烷测定器	17
第一节	发展历史	17
第二节	主要技术特征	19
第三节	工作原理	21
第四节	仪器的结构	28
第五节	仪器性能与试验	45
第六节	整机调试	57
第七节	仪器的维修	66
第八节	仪器的使用	77
第九节	仪器配备与管理	87
第四章	热导式甲烷测定器	89
第一节	热导原理	89
第二节	LRD-1型甲烷测定器	91
第五章	热催化式甲烷测定器	101
第一节	热催化原理	101
第二节	AQJ-9型甲烷检定警报器	106
第六章	M502型甲烷测定器	125

第一节	主要技术特征	125
第二节	原理与结构	126
第三节	维修与校验	129
第四节	使用与管理	132
附图 1	大气中缺氧对热导、热催化和光干涉甲烷测定 器测量读值的影响曲线图.....	138
附表 1	GWJ-1A 型甲烷测定器的零部件明细表	139
附表 2	AQJ-9 型甲烷检定警报器主要电气零件 汇总表	146

第一章 概 述

第一节 大气成分与矿井大气

正常大气是几种气体的混合物。由于地面空气的流动性很大,所以地面各处的大气成分大致相同。接近地面大气成分的体积百分比列于表1-1。

表 1-1 大 气 成 分

名 称	氮	氧	氩	二氧化碳	氖
分 子 式	N	O ₂	Ar	CO ₂	Ne
成 分 (%)	79	20.96	0.93	0.04	0.0018

地面空气中除含上述气体外,还带有微量氦、氪、氢、氙等气体和水蒸气。矿井中的大气成分与地面空气成分就不一样了。煤矿井下不见阳光,有地下水渗出,空气潮湿、不流通,煤层和岩层分解物混入矿井气体中,因此矿井大气具有以下特点:

1. 氧气的含量较低

地面空气中氧气的含量为 20.96%。在矿井中,由于存在有机物的氧化过程,煤层不断地向矿井中放出甲烷气体,二氧化碳气体,从而冲淡了矿井氧气,改变了氧气在矿井大气的含量。再加之矿井工人不断地呼吸消耗了一部分氧气。所以矿井中氧气的含量较低。

2. 含有一定浓度的甲烷气体

甲烷气体是煤层的主要产物，它不断地向矿井大气中涌出，致使矿井大气中含有不同浓度的甲烷气体，有的高达5%，有的更高。甲烷气体是一种无色、无味、无臭的气体，对空气的比重为0.552，比空气轻得多，常积聚在矿井巷道的顶部，上山及顶板冒落的地方。而且，在适当的浓度与空气混合遇火易爆炸。

不管何种矿井，都含有不同浓度的甲烷气体，它是矿井大气的主要特征之一。

本书中所叙述的“甲烷”其分子式为 CH_4 。俗名叫沼气。有的用它的音译名叫“瓦斯”（英文gas，日文ガス）。这里将“瓦斯”改为“甲烷”的叫法更加符合实际。因为本书所论及的各种仪器，都是主要用于测定甲烷这种单一气体在空气中的含量，而不是某几种可燃或不可燃混合气体在空气中的含量，请读者注意。

3. 含有较高的二氧化碳气体

地面空气中二氧化碳的含量为0.04%，而矿井空气成分里含二氧化碳量较高。有的高达3%，甚至更高些。除了由煤层放出二氧化碳外，人的呼吸，煤及木材的氧化，木材支柱的腐烂，放炮、动力机械中燃料的燃烧都会产生二氧化碳。

二氧化碳是一种无色的气体，对空气的比重为1.528，具有酸臭味，常常聚积矿井巷道底部或角落等地。

4. 含有少量一氧化碳

地面空气不含一氧化碳。但在矿井中，由于煤的自燃，打眼放炮、井下发生火灾，瓦斯爆炸，煤尘爆炸等可能产生更多的一氧化碳气体。

一氧化碳是一种无色、无味、无臭的气体，对空气的比

重为0.967。

5. 含有氮氧化合物

地面大气成分中不含有氮氧化合物。而矿井气体却常含有微量的氮氧化合物。它主要是由放炮时炸药中产生的。主要成分是一氧化氮 (NO)、二氧化氮 (NO_2)、四氧化二氮 (N_2O_4) 等。

6. 含有二氧化硫

在含有硫的岩层矿井爆破时, 要产生二氧化硫 (SO_2), 混在甲烷气体中, 所以矿井大气中含有少量的二氧化硫。

二氧化硫是一种无色, 具有令人咳嗽而较强地刺激眼睛和呼吸系统的有害气体。对空气的比重为2.2, 极易溶于水。

7. 有些矿井中还含有硫化氢

煤矿在采掘过程中还会产生硫化氢气体。某些矿井会含有少量的硫化氢。它是一种无色并具有臭鸡蛋气味的气体。它对空气的比重为1.172, 易溶于水。

8. 矿井大气中粉尘增多

在煤矿掘进及采煤过程中要产生粉尘, 致使矿井大气的粉尘比地面空气灰尘增多。

在矿井中, 尽管采取通风, 排风等措施, 但仍然存在上述气体混在矿井大气之中。它们的最高浓度允许值为: 二氧化碳1%, 甲烷气体1%, 一氧化碳0.0024%, 二氧化硫0.0005%, 氧化氮(换算成 NO_2) 0.00025%, 硫化氢0.00066%等。

第二节 体积浓度与重量浓度

表示气体浓度的方法有两种, 即体积浓度和重量浓度。

一、重量浓度

某气体的重量浓度是用每立方米大气中含有该气体物质

的毫克 (mg)、微克 (μg) 数表示。其符号是:

(1) 毫克/米³, 符号: mg/m^3 ;

(2) 微克/米³, 符号: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

二、体积浓度

某气体的体积浓度是用每立方米大气中含有该气体物质的毫升数 (ml) 表示, 即毫升/米³, 其符号是: ml/m^3 。

因为 $1 \text{ 米}^3 = 100 \text{ 万毫升}$, 通常用 $\frac{1}{100 \text{ 万}}$ 表示浓度, 用符号 ppm 表示。

$$1\text{ppm} = 0.0001\% \text{ 或 } 1\% = 10\,000\text{ppm}$$

$$1\text{ppm} = 1\text{ml}/\text{m}^3$$

$$1\text{ppm} = 100\text{pphm} = 1000\text{ppb}$$

三、两种浓度的换算关系

某气体的重量浓度与体积浓度有如下换算关系。

$$B = \frac{A \times 22.4}{M \times 10^4} \% = \frac{A \times 22.4}{M} \text{ ppm} \quad (1-1)$$

式中 B ——所求气体物质的体积浓度, ppm;

A ——被测气体物质的重量浓度, mg/m^3 ;

M ——被测气体物质的分子量;

22.4——在 1 个大气压, 0°C 以下, 1 克分子气体体积为 22.4l。

本书以后提到的某气体在大气中的浓度是用体积浓度的百分数表示的, 而有的书是用重量浓度表示, 都可以按照上述关系式进行换算。

第三节 矿用甲烷测定器的类型与应用

携带式甲烷测定器是煤矿井下最常用的安全检测仪表之

一。各国生产的品种很多，原理也很繁杂，但是除安全灯外各国煤矿实际运用的甲烷检测仪器主要有三种原理：即光干涉式、催化燃烧式和热导式。其中使用最为广泛的是光干涉式和催化燃烧式甲烷测定器，其次是热导式甲烷测定器。这是由于光干涉式和催化燃烧式甲烷测定器都能满足测定矿井低浓度甲烷的精度要求，并且体积小、重量轻、便于携带，特别是光干涉式甲烷测定器还可间接地测定二氧化碳的浓度。而热导式对低浓度甲烷精度较低，主要适用于测高浓度甲烷。日本近年来对采用热敏电阻的热导式测量仪表做了不少研究。其对低浓度甲烷也能达 $\pm 0.1\%$ 的精度。各国在使用携带式甲烷检测仪器上有着不同的趋向，西欧各国基本上采用催化燃烧原理，日本则多采用光干涉原理。当前用携带式甲烷测定器取代安全灯——甲烷检定灯是总的发展趋势。在苏、日、波、联邦德国等国安全灯已经或正在被代替，但是由于目前还缺乏检查矿井缺氧情况的便利工具，有些国家如英国、法国、美国仍在使用的安全灯，并且英国还成功地运用安全灯来检查矿井巷道薄层甲烷的浓度。

现将各国各种甲烷测定器的原理与特征简述如下：

一、测定低浓度甲烷的仪器

(一) 甲烷检定灯——油 安 全 灯

1. 原理

利用燃烧火焰的长度变化来检测甲烷的浓度。

2. 主要特征

优点：构造简单；能测缺氧状况。

缺点：精度低；需补充燃料；不能测高浓度甲烷；操作不当时容易引起爆炸。

产品型号：中国58型甲烷检定灯；日本的 Wolr 型安全

灯；美国的Keoler257型安全灯。

(二) 热催化式甲烷测定器

1. 原理

利用甲烷在催化元件上的低温氧化引起的电信号的变化来测定甲烷的浓度。

2. 主要特征

优点：受背景气体和温度变化的影响小，容易实现自动化检测。

缺点：探测元件的寿命短；不能测高浓度甲烷；硫化氢、硅蒸气会引起元件中毒。

产品型号：英国的C₄、D₆型；美国的MSAE-2型；法国YM-1型；英国MSA-GP型；西德M401、M402型和G.F.F-70型，波兰VM-1P型；中国的AQJ-9型，SJ-1型等。

(三) 压力、容积式甲烷测定器

1. 原理

利用甲烷在催化元件上燃烧而引起的燃烧室压力和容积变化来检测甲烷的浓度。

2. 主要特点

优点：压力式甲烷测定器的构造简单；容积式甲烷测定器精度高。

缺点：测定甲烷时所用的时间长；压力式甲烷测定器精度低；容积式甲烷测定器构造复杂。

产品型号：美国Ringosem-3型，不常使用。

二、测高、低浓度甲烷的仪器

(一) 热导式甲烷测定器

1. 原理

利用甲烷与空气的传导率之差来测定甲烷的浓度。

2. 主要特征

优点：可测二氧化碳和甲烷的浓度：高、低浓度均可测试；可实现自动化检测。

缺点：测量低浓度甲烷时的精度低；受气温的影响较大；受背景气体的影响较大。

产品型号有：联邦德国 Z243 型；日本 SK35 型；国产 LRD-1 型等。

（二）光干涉式甲烷测定器

1. 原理

利用甲烷与空气对光在气室中的光程差的变化来测定甲烷的浓度。

2. 主要特征

优点：测定甲烷的精度高寿命长，使用可靠；仪器容易校正；测高、低浓度甲烷均可使用该仪器；除了测定甲烷和二氧化碳外还可测其它一些气体的浓度。

缺点：测量时受环境气压和温度的影响，考虑修正值后可减小其影响；测量时受背景气体影响，但控制得好可以减小其影响。

产品型号：在携带式甲烷测定器中使用最多的是日本理研18型、理研28型、SR-7 型；联邦德国 ZGJ-5 型；苏联IIIH-6 型；国产 ZG-1 型，AQG-1 型，GWJ-1A 型，GWJ-2 型等。

（三）红外线式甲烷测定器

1. 原理

利用甲烷对红外线吸收能力的温度和压力变化来测量甲烷的浓度。

2. 主要特征

优点：对各种气体有选择性，不受其它气体的影响；精

度较高；高、低浓度甲烷均可测定。

缺点：装置复杂，体积大；在环境潮湿的地方影响测量；价格昂贵。

产品主要在欧洲各国使用。

（四）密度差式甲烷测定器

1. 原理

利用空气与甲烷的密度差产生的回转翼角速度的变化来测量甲烷的浓度。

2. 主要特征

优点：结构坚固；适用于高、低浓度甲烷的测量。

缺点：精度低；装置体积大；测量低浓度甲烷困难。

产品主要用于甲烷气体抽放时的测量。

（五）音波式甲烷测定器

1. 原理

利用甲烷对音波传播速度的变化来检测甲烷的浓度。

2. 主要特征

优点：测量高浓度甲烷精度高；仪器体积小。

缺点：装置复杂；测量低浓度甲烷困难。

本产品不常使用。

（六）同位素式甲烷测定器

1. 原理

利用放射性同位素产生的电离电流变化来测定甲烷的浓度。

2. 主要特征

优点：用于测定甲烷的元件寿命长；适用于测高浓度甲烷。

缺点：装置复杂；测低浓度甲烷困难；受二氧化碳和环

境气压的影响较大。

该产品仍处于试验阶段。

由此看来，光干涉式甲烷测定器在煤矿用于检测甲烷时，仍然处于主导和领先地位。大量生产光干涉式甲烷测定器的国家主要是日本和中国。其次是苏联和西德等国家。日本理研、东科、东科精机、新光四大仪器公司都生产此产品。

我国抚顺、西安和沈阳等都大量生产光干涉式甲烷测定器。

从第二章开始，将甲烷检定灯，光干涉甲烷测定器，热导式甲烷测定器，热催化甲烷测定器和 M502 型甲烷测定器作以介绍。

为了与国家标准统一起见，把各种类型的瓦斯检定器在本书中都改为相应的甲烷测定器，例如 GWJ-1A 型瓦斯检定器，本书把它叫做光干涉甲烷测定器。

第二章 甲烷检定灯

甲烷检定灯在煤矿现场通常叫甲烷安全灯或叫安全灯。可用来测量甲烷的粗略含量，可测缺氧情况，但精度很低，测量范围为 $\leq 4\% \text{CH}_4$ ；浓度高时，使用甲烷检定灯危险性很大。随着科学技术的发展，考虑到甲烷检定灯的安全可靠性低，它的使用场合越来越少了。尽管如此，我们还是要对它的结构原理、性能有所了解，以便于正确地使用甲烷检定灯。

第一节 结构与原理

一、工作原理

甲烷检定灯的型式较多，但是其结构原理都是一样的。它是用金属网罩把灯的火焰罩住，使火焰不致于透到外面来。灯焰燃烧所产生的热，几乎都被金属网吸收、扩散，不致于引起外面的甲烷燃烧或爆炸；而外面的空气，可以通过金属网进到里面去。如果空气中含有甲烷，则甲烷与灯焰接触就会燃烧，灯焰就会伸长。我们则根据灯焰伸长的程度来确定甲烷的浓度。

火焰变化情况与安全灯的性质，它的构造有密切关系。甲烷检定灯的灯焰长度变化随型式不同而变化。一般地说，甲烷含量在 $1\sim 2\%$ 时，火焰伸长几毫米；达到 $3\sim 4\%$ 时，火焰伸长到 $15\sim 25$ 毫米，并且灯内显著地发暗；达到 5% 以上时，灯内就发生爆炸，灯焰随之熄灭，在这种情况下使用安

全灯是很危险的。所以每一矿井最好根据本矿所用检定灯的特点，作出火焰高度与甲烷含量的对照表，作为测定甲烷浓度时的依据。例如本多式甲烷检定灯和58型甲烷检定灯，其火焰高度与甲烷含量对照表，见表2-1和表2-2。

表 2-1 本多式甲烷检定灯火焰高度与甲烷浓度对照表
在基准火焰下测定时（火焰高度2~3毫米）

甲烷含量（%）	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
火焰高度（毫米）	2.5	5	7	8	9	10	11.5	14.5	20

这种灯只能检查4%以下的甲烷含量，超过4%时，即造成满灯罩火焰，甚至在灯内爆炸。

表 2-2 58型甲烷检定灯的火焰高度与甲烷含量对照表
在基准火焰下测定时（火焰高度2~3毫米）

甲烷含量（%）	1	2	3	4.5	5	6
火焰高度（毫米）	5	8	15	30	40	满灯

二、结构

甲烷检定灯的结构型式较多，但其基本构造是一致的。图2-1是58型甲烷检定灯结构图。

第二节 维护与检验

一、维护

甲烷检定灯在入井使用前，应首先进行全面检查。如果