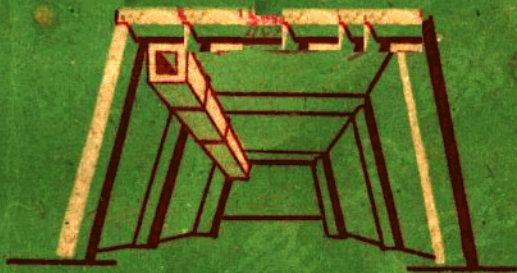


矿井通风

下 册

曹 載 平 編 著



江西人民出版社

矿 井 通 风

下 册

曹 戴 平 編 著

江 西 人 民 出 版 社

目 录

第三篇 矿井通风检查仪表.....	(3)
第九章 矿内空气成分的检查	(3)
第一节 气体容积分析器.....	(3)
第二节 沼气检定器.....	(14)
第十章 矿井风速的测量.....	(27)
第一节 井巷中风速的分布.....	(27)
第二节 用风表测风.....	(28)
第三节 测风资料整理和风量计算.....	(40)
第十一章 测量井下气候要素的仪器	(42)
第一节 测量温度.....	(42)
第二节 测量湿度.....	(48)
第十二章 矿井通风阻力测量	(55)
第一节 仪器构造.....	(58)
第二节 测量方法.....	(67)

第三篇 矿井通风检查仪表

要知道矿内的工作环境是否良好，空气的成分、气候条件、风量分配的情况，是否合乎保安规程的要求，就必需进行经常地矿井通风检查工作。

我国已制造出很多种新颖的、非常完善的检查用仪表，用于矿井通风的检查工作。煤矿的工程技术人员和通风检查人员，必须熟悉这些仪表的构造、使用和简单的维护检修，以保证矿井通风检查工作的无误地正常进行。

第九章 矿内空气成分的检查

矿内空气成分的检查，可以分两种形式来进行。一种是化验室的分析方法，它是要采取矿内的空气试样，拿到地面的化验室来，在气体分析装置中进行分析；另一种是利用特殊的检定仪器，在井下进行直接的快速检查方法。对于煤矿来说，在一般的生产情况下，需要检查的是：沼气、二氧化碳、一氧化碳和氧气等四种成分在矿井空气中的含量。

第一节 气体容积分析器

它是一种携带式的轻便气体分析器，能够从一个空气试样中，一次化验出二氧化碳(CO_2)、氧气(O_2)、沼气

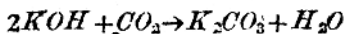
(CH_4)和一氧化碳(CO)的含量。

I. 气体分析器的简单原理

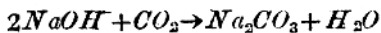
气体分析器的简单工作原理，是先量出所要分析的气体的体积，再使这已知体积的气体和各种吸收溶液接触，这些吸收溶液能选择地和试样气体中的个别组成成分发生化学反应，因而就把这一组成成分吸收掉，试样空气中的沼气，则是利用燃烧的方法，将它全部烧掉。根据气体经过相应的吸收溶液或者是完全燃烧掉之后，所减少的体积，就可以测定出气体中被吸收和燃烧掉组成成分的含量。但气体的容积是随温度和压力的变化而变动的，所以在工作时，必须随时注意温度和大气压的变化，尤其是温度的变化。不过，在很短的时间内分析一个空气试样时，可以不考虑大气压和温度的变化。

各种气体的测定是根据下列化学反应来进行测定的：

1、二氧化碳(CO_2)的测定。用33%浓度的氢氧化钾(KOH)或20%的氢氧化钠($NaOH$)作吸收剂，吸收试样空气中的二氧化碳(CO_2)。它们的化学反应如下：



上一反应式是用氢氧化钾作吸收剂，如果用氢氧化钠作吸收剂，其反应式是：

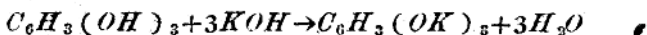


分析器中二氧化碳吸收剂的配制方法是这样的：用二份重量的水加一份重量的固体氢氧化钾，待完全溶解后，即得33%浓度的氢氧化钾溶液。将此配制好的吸收剂溶液装入分

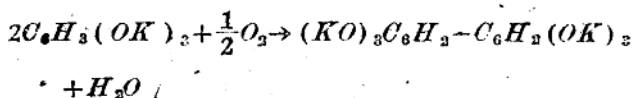
析器接触式吸收瓶中。

2、氧的测定。它是用焦性没食子酸的碱溶液作吸收剂，以吸收试样空气中所含的氧量。它们的化学反应如下：

焦性没食子酸加碱



焦性没食子酸的碱溶液吸收氧 (O_2)

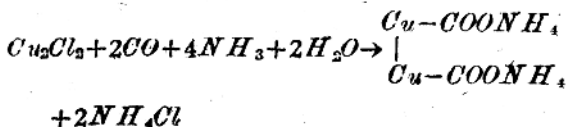


焦性没食子酸的碱溶液是一种黑色的溶液，它的配制方法是把 5 克焦性没食子酸溶解于 15 毫升蒸馏水中，另外以 48 克氢氧化钾溶解于 32 毫升水中，将两种溶液于气体分析器的吸收瓶内混合，避免吸收大气中的氧气。

焦性没食子酸碱溶液的吸收剂，每毫升可以吸收 8—10 毫升氧气。它的吸收能力在温度高于 $15^\circ C$ 时，可以很快地完全地吸收氧气，在低温时，则吸收速度显著降低，且吸收氧气不完全。

吸收剂应放在接触式吸收瓶中。在与大气接触的液面，应放上一层约厚 4—5 毫米的液体石蜡，使吸收剂和大气隔绝，以免吸收剂与大气中的氧起作用。

3、一氧化碳的测定。用氨性氯化亚铜作吸收剂。它与一氧化碳的化学反应为：



吸收剂的配制方法是将 250 克氯化铵 (NH_4Cl) 溶于 750 毫升蒸馏水中，再加入 200 克氯化亚铜 (Cu_2Cl)。将配好的溶液保存在一个充满红铜丝（即纯铜丝）并用橡皮塞塞紧的玻璃瓶中，静置数天，直到溶液变成无色或浅黄色时，才能应用。使用时将它与浓氨水按 2:1 的比例混和，放在有纯铜丝的接触式的吸收瓶中。氨性氯化亚铜溶液在吸收一氧化碳之后会放出氨气，所以被分析的气体，还必须经过气体分析器中的 10% H_2SO_4 溶液，将放出来的氨气吸收。

4、沼气的测定。测定沼气，是用燃烧的方法来将试样空气中的沼气含量全部烧掉，结果试样空气的体积减少，从而计算出它的沼气含量。由于沼气在燃烧后，会产生二氧化碳 (CO_2)，所以在试样空气中的沼气全部燃烧完了之后，要将试样气体重新通过分析器接触式吸收瓶，以吸收新产生出来的二氧化碳。

II. 气体分析器的构造

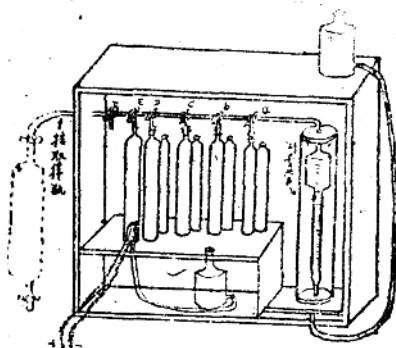


图62 气体分析器总装图

气体分析器的全部构造共分三部分(見62图)。第一部分是100毫升有刻度的测量管，它用来测量气体样品的体积。测量管的形状如第63图所示，它的上部宽大，目的是减小仪器的高度。装配到仪器架上时，在它的外面包一个玻璃水套，以避免分析时温度变化对试样气体体积的影响。测量管的下端用橡皮管和盛饱和食盐水溶液的水准瓶连接。为了及时发现所分析的气体试样中是否含有碱性成分，可以在食盐饱和溶液中加入两滴酸，并用甲基橙染红。水准瓶是可以提上、放下活动的。第二部分是如第64图所表示的吸收瓶和沼



图63 测量管

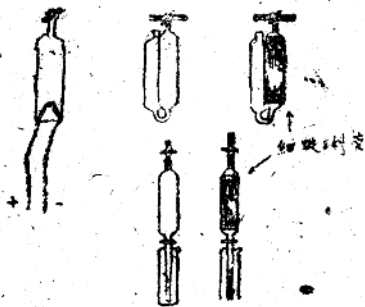


图64 接触式吸收瓶 OH_2 燃烧瓶

气燃烧瓶。在接触式的吸收瓶中放满了细玻璃管，以增加分析时气体的吸收面积，沼气(CH_4)的燃烧瓶，则是装有白金丝，在接通电流后可以熾热为火源的瓶子，它的下部有一个小管口，可以橡皮管和另一个水准瓶相连接。第三部分是第65图所示的梳形毛细管三通旋塞排。梳形旋塞排上的各个玻璃旋塞，因用途不同，它的式样也就不一样。今详细介绍如下。

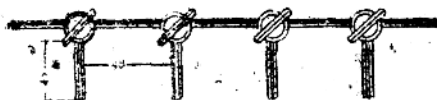


图65 三通旋塞排

1. 月牙形毛细三通旋塞。如第66图所示，这种旋塞是外三通，内二通的。

2. “T”形毛细三通旋塞。这种旋塞如第67图所示，是外三通，内三通的。

3. 排气三通旋塞。这种玻璃旋塞的形状如第68图所示。

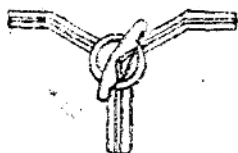


图66 月牙三通旋塞

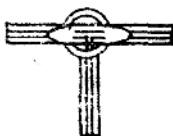


图67 T形旋塞



图68 排气三通旋塞

第62图中的A吸收瓶，是用来吸收二氧化碳，内盛33%的 KOH 溶液，放入的量不宜过多，也不可太少。装多了，操作时往往容易使溶液溢出，如果太少，大气会压入吸收瓶中，使分析不能进行。最合适的量为充满吸收瓶后，在与它相连通的空瓶中还有三分公高的溶液。如第69图所表示的标准。

第62图中的B瓶用来吸收氯气。其中盛焦性没食子酸的碱溶液，用量和A瓶一样。

C瓶盛氨性氯化亚铜，用来吸收试样空气中的一氧化

碳，用量同A、B瓶。

D瓶盛10%濃度的稀硫酸溶液，用来吸收在分析一氧化碳时，新产生出来的氨气。

E瓶內盛饱和食盐水溶液，当将試样气体压入瓶中来分析沼气含量时，要將这些饱和食盐水溶液，由燃燒瓶下部的管口放到水准瓶里去，露出白金絲，以便通电燃燒。

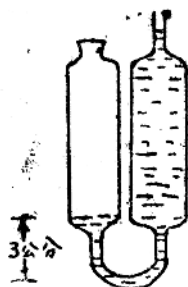


图69 适合的液量

吸收瓶和燃燒瓶的排列次序，要按A、B、C、D、E的順序，不能倒換。操作时应严格的按照这个順序来分析 CO_2 、 CH_4 、 O_2 、 CO ，因为焦性没食子酸的碱溶液会吸收一氧化碳，氨性氯化亚铜会吸收氨气。

III. 操作方法

1. 在正式分析試样气体以前，首先檢查仪器各接口活动处是否严密不漏气，所有橡皮管是否紧密，玻璃管是否对接，旋塞上是否涂了潤滑脂或凡士林。然后进行試漏。試漏的方法按第62图所示仪器的裝置，把旋塞a关闭，提高与測量管連通的水准瓶，五分钟后，如測量管的液面无变化，則可认为不漏气。再开旋塞A，閉旋塞B，同样試漏，一直进行到旋塞F为止。如发现那一个旋塞漏气，就要将它取下来用酒精洗干淨，吹干，重新涂上凡士林，繼續試漏，直到不漏气时为止。

2. 將所有吸收瓶中的液面，都調整到距三通旋塞一公分

的地方，把測量管的液面也調整到刻度零之外。

3. 把取有氣體試樣的取樣瓶，按第62圖虛線所表示的位置，用一小段橡皮管和梳形三通旋塞排的末端管口連接起來，在取樣瓶的另一端管口，再接一個盛滿飽和食鹽水溶液的水准瓶，使整個分析系統與大氣隔絕。

一切準備好之後，可以開始分析。分析步驟是：

把與取樣瓶相連的水准瓶提高，打開取樣瓶的進口旋塞，使飽和鹽水压入取樣瓶，再打開取樣瓶的出氣口旋塞，用等於10倍梳形毛細管三通旋塞排中的體積的氣體洗滌這旋塞排中的空間。因為這段空間中原存有的氣體是普通大氣中的氣體，不加沖洗會影響分析的精確程度。這一段空間，被叫做死空間，購來的儀器，一般都在1—3毫升之間。當分析的數據，要求更準確時，則必須在計算中考慮死空間的數值。

把洗過的氣體從旋塞F放掉。要連續洗2~3次。然後再正式取入氣樣，使測量管中的液面下降，氣體就被吸入測量管中。測量管的水面應下降到刻度100以下，亦即取100多毫升的氣體試樣。關閉旋塞F。提高與測量管相連的水准瓶，將測量管內的氣體壓出，直至液面停于某一刻度時為止（最好是所取氣體試樣為100毫升）。這時要以一只手壓緊與測量管相連的水准瓶上的橡皮管，以保持氣體試樣為100毫升，另一只手打開旋塞F，通大氣一秒鐘，使分析儀器內氣體試樣的气压為大氣压。多餘的氣體就由測量管經旋塞F逸出儀器外。關閉旋塞F，重新檢查測量管的液面是否恰恰為100毫升，將這體積記錄下來，開始進行分析。

打开旋塞 a ，在 A 瓶吸收二氧化碳。要借升高和降与测量管相连的水准瓶，使气体全部由测量管进入和从吸收瓶排出4~5次后，使甲瓶的液面回到原来的位置，并关闭旋塞 a 。使水准瓶内的液面和测量管内的液面在同一水平线上，分析者应如第70图所示，用单只眼睛平视二液面，读出测量管的读数。记下这读数。以后再将气体通入甲瓶2~3次，再读数，如前后读数相符，则表示二氧化碳已吸收完毕，否则须往复通入 A 瓶，直至前后读数不变为止。

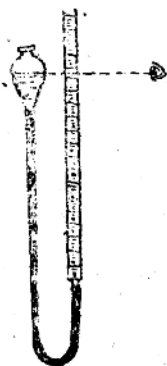


图70 正确读数法

在测定二氧化碳含量之后，第二步即测定沼气的含量。分析时打开第62图 E 瓶的旋塞，即燃烧瓶的旋塞。慢慢地放下与燃烧瓶底部管口相连的水准瓶，同时提高测量管的水准瓶，这样就将需要分析的空气试样导入燃烧瓶中。当气体试样从测量管排出后，将燃烧瓶的旋塞关闭，将连于燃烧瓶的水准瓶挂在低于 E 瓶的钩上，再接通电路10~15秒钟，又断开电流。这样周期性地通电，使其中白金丝烧热到 $800\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。为了沼气完全燃烧，这种周期性的通电不应少于25次。

沼气烧尽之后，等待3分钟，一直到燃烧瓶冷却为止。然后提高与燃烧瓶相连的水准瓶，放低测量管的水准瓶，打开旋塞 F ，所分析的气体试样即从燃烧瓶流入测量管中。关闭旋塞 F ，从测量管的刻度上读出气体试样的体积读数，并将读数记录于工作簿上。读数的方法，和测 CO_2 时一样。

我们知道，沼气燃烧后，会产生二氧化碳。所以在分析

了沼气的含量后，还要吸收一次沼气燃烧后所产生的 CO_2 ，其操作方法与第一次吸收 CO_2 时一样。

第二次吸收 CO_2 以后，剩余的气体试样的体积，要从测量管的刻度上读出来，并在工作簿上记录其读数。

然后依次在B、C瓶分别吸收氨气和一氧化碳，手續同A瓶。如用氨性氯化亚铜吸收一氧化碳，则吸收后还须使气体在D管通过，以除去氨。

在分析时每次读数的时间要一样，因为测量管壁上不断有食盐水流下，每次读数时间长短不同，流下的量也不同，这样会影响读数。

另外，还要注意一点，就是煤矿生产一般正常的时候，矿井空气中是没有一氧化碳存在的，所以不需要进行这一步骤的分析。但是当矿井发生了瓦斯煤尘爆炸或地下火灾时，则矿井空气中，可能有大量的一氧化碳。这时在分析时，要取两个同样的空气试样，作两次分析。一次是测定气体试样中的 CO_2 、 CH_4 、 O_2 ；另一次是测定 CO_2 、 O_2 、 CO 。总共是测定了二氧化碳、沼气、氨气和一氧化碳。前后两次分析中，所测定的 CO_2 和 CO 数据，可用作核对，以查有无讹错。之所以要取两个试样分两次进行，是因为在测定 CH_4 含量时，用点火燃烧的方法不但会烧掉 CH_4 ，也会烧掉 CO 。

IV. 纪录和计算

为了便利计算和少出差错，可用下面的一般记录表格：

气体分析原始纪录

气样名称：

编号：

取样地点:

取样日期:

室温: °C

分析者:

测量管读数, 毫升

1. 最初的气样体积 $V =$

2. 吸收 CO_2 以后的体积 $V_1 =$

3. 沼气烧尽以后的体积 $V_2 =$

4. 第二次吸收 CO_2 以后的体积 $V_3 =$

5. 吸收 O_2 以后的体积 $V_4 =$

分析结果:

$$1. \text{二氧化碳} \% = \frac{V - V_1}{V} \times 100 =$$

$$2. \text{沼 气} \% = \frac{V_1 - (V_2 + V_3)}{V} \times 100 =$$

$$3. \text{氧 气} \% = \frac{V_3 - V_4}{V} \times 100 = \quad \text{①式}$$

$$\text{或者} = \frac{(V_3 - V_4) \times 100}{V} + W = \quad \text{②式}$$

计算氧气含量时, 可能有两种情况:

一、当被分析的气体试样中, 没有可燃烧的沼气时, 用①式计算。

二、当被分析的气体试样中, 有可燃烧的沼气存在时, 用②式计算。因为必须估计到在分析可燃性沼气时, 沼气燃烧所消耗的氧气量。这个氧气量以字母 W 表示, 它一般地等于沼气含量的二倍。

这种井下空气的容积分析法可以确定 CO_2 , 沼气和氧的含量, 精确程度达到 0.05 %。

分析这三种气体的操作时间, 一般为 15—20 分钟。

V. 結 語

利用气体分析器，来测定矿井空气中各种气体成分含量的方法，操作简单易行，并且能从一个气体试样中，一次测出所需知道的几种气体成分的含量，而且精确程度都很高，所以是一种很好的常用方法。但是它要在井下采取气体试样，拿到地面来分析，因此限制了一天之中测定的次数。并且它不能很快地直接了解井下工作地点的空气成分的情况，为了弥补这个缺陷，所以需要一些特殊的仪器，来快速地在工作地点进行检定。这些仪器大都是专门检定一种空气成分用的。

第二节 沼气检定器

I. 仪器的光学构造

这种检定仪器，是一种精密的光学仪器，它借用一组安排恰当的光学玻璃，使光波产生干涉条纹。又由于纯净空气和含有沼气的空气的折射率不同，造成光程差，影响干涉条纹发生偏移。从干涉条纹偏移的大小，就可直接读出矿井空气中沼气含量的多少。在仪器中这一组光学玻璃的设置位置和光波进行系统，如第71图所示。图中灯泡是光源，光波经过透镜A和光栏（或称窄缝），到达平行平面镜的表面B点后，由于平面镜的镜底镀了银，所以射到该镜上的一列光波，在镜面和镜底产生为两列光波，在第71图中分别以带箭头的实线和带箭头的虚线表示。这两列光波中的一列从B点成90度的反射，自镜面B点按实线通过容室（或称气体室）A，到

达直角三稜鏡C，作两次90度的反射，又經另一容室B，回到原平行平面鏡的上部F点，由鏡面折射至鏡底，反射后又折射至鏡面，再到达三稜鏡B，另一列虛綫表示的光波經平行平面鏡的折射和鏡底的反射，自E点通过容室D（这是瓦斯容室），到三稜鏡C，也作两次90度的反射，又經容室D返回到平行平面鏡表面，再反射到三稜鏡B。虚实两綫所表示的两列光波，經過上述的一段行程之后，产生了光程差，并繞由三稜鏡B作90度的反射，經過透鏡B、C，到达接目鏡，于是看見干涉条紋。

如果A、B、D三容室中，都是新鮮純淨空气时，两列光波的光程就固定不发生偏移，只在目鏡中可以看到两列光波所引起的干涉条紋。如果A、B两容室內是純淨的空气，而D容室內是沼气或其他气体与空气的混合气体时，那么由于沼气或其他气体与空气的混合气体的折射率，和純淨空气的不同，不論它的折射率比純淨空气的是大还是小，都会如第72图所表示的引起光程变化。图72用长虛綫和点虛綫分别表示在D容室內，是純淨空气或者是混合气体时的两列光波，由于它体的折射率不同，所以在这个假設的比較图中，可以顯然地看出两列光波有光程上的差異。就是由于这种光程差異，

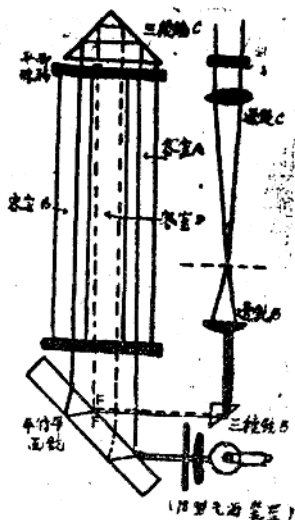


图71 光波系統

引起干涉条纹的偏移。混合气体的浓度高，干涉条纹的偏移就大，反之，若浓度低，偏移就小。干涉条纹偏移的大小，在刻度玻璃上表示出来，就可以直接读出在混合气体中，需要测定的气体的含量读数。

以上所讲的，是SG 2型检定沼气光学干涉仪器（或称理研瓦斯检定器）的光学理论，也是这种仪器的光波系统。它的整个构造系统都是非常严密、精致的，极微小的故障或损毁，都将影响检定结果，造成很大的误差。因此在使用中，需要加以爱护和经常进行维修。

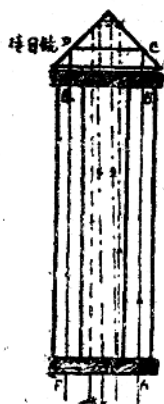


图72 光程差

II. 仪器的经常性维护

使用前的仪器检查

使用前检查仪器的各个部件是否良好，是保护仪器和保护测定工作顺利进行的重要步骤。

1. 检查仪器皮外套、皮带和各个小链条是否良好。由于长期的使用，这些部件很容易被磨损，如果不注意，在使用中皮带断脱，仪器的内部很可能受到震伤。轻则震松某一玻璃镜片，影响测量精确程度；重则使某部破损，使仪器报废。

2. 橡皮吸气球，如第73图所示，是用来吸出仪器容室内的气体的。它的两端有两个活塞心子，在活塞心子上如果沾有