

# 《矿井通风》 实验实训指导书

赵尚书 编

娄底职业技术学院煤矿开采教研室

2013年2月

## 目 录

实验一	空气中有害气体浓度测定
实验二	大气压、空气湿度和空气密度测定
实验三	风道的风阻摩擦阻力系数
实验四	扇风机特性测定
实验五	矿内空气中沼气和二氧化碳浓度测定

# 实验一 空气中有害气体浓度测定

## 一、实验目的

学习并掌握检定管法测空气中有害气体浓度的原理和方法。

## 二、实验仪器

### 1、检定管

检定管为装有某种检测用试剂的玻璃管，待测气体通过检定管时与该试剂发生化学反应，并呈现一定的颜色或变色长度，从而测出该气体的浓度。根据变色深浅测定浓度的叫比色法检定管。根据变色长短测定浓度的叫比长法检定管。煤矿常用的有 CO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S 和 SO<sub>2</sub> 检定管。本次实验只用比长法检定管测 CO 或 H<sub>2</sub>S 浓度。



#### (1) 比长法 CO 检定管

比长法 CO 检定管(图 1-1)内装有发烟硫酸及硅胶做载体吸收 I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的指示剂，当 CO 与 I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 接触时，发生如下的反应：

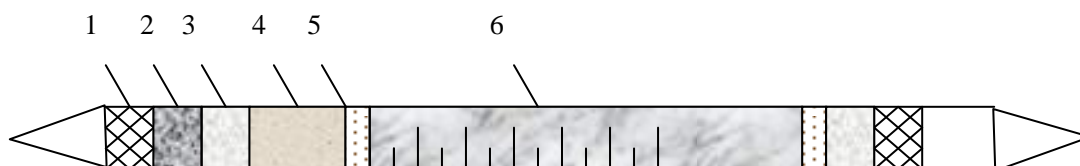
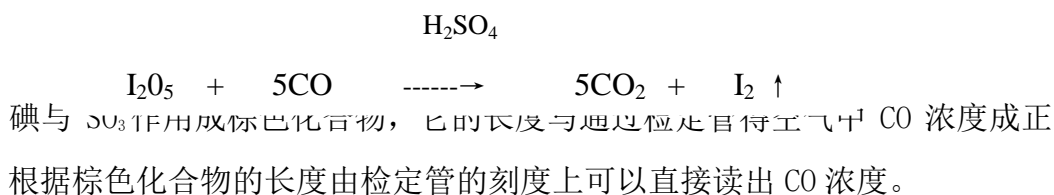


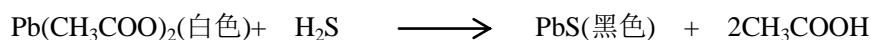
图 1-1 比长式 CO 检定管

1—堵塞物 2—活性炭 3—硅胶 4—消除剂 5—玻璃粉 6—指示剂

#### (2) 比长法 H<sub>2</sub>S 检定管

管内装有以陶瓷做载体吸附醋酸铅和氯化钡的白色指示剂。它与 H<sub>2</sub>S 发生

下列化学反应：



加入氯化钡可生成一部分  $\text{Pb}_2\text{Cl}_2\text{S}$  以增加色柱长度，提高测定精度。

## 2、取样唧筒

唧筒用采取被测气体试样并将 AQY-50 型 CO 检定器唧筒。它由唧筒活塞 4、吸气口 1、排气口 2 和三通开关组成，活塞杆上有 0-50 毫升的刻度，可以控制取样数量和送气速度。三通开关用以控制气流方向，当开关把手与吸气口平行时，唧筒与吸气口连通，它与排气口平行时，则连通排气口。位于两者之间时（ $45^\circ$ ），各路都不通。

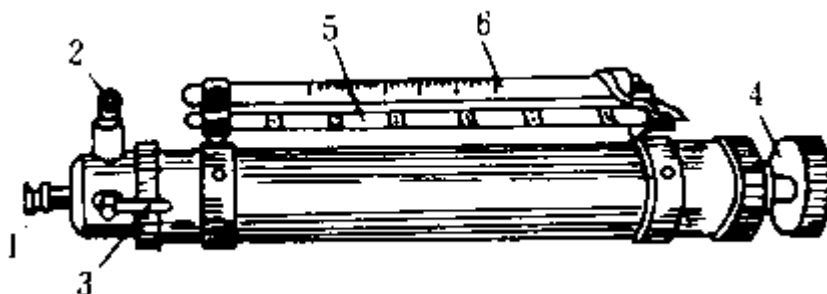


图 1-2 抽气唧筒

1-气体入口；2-检定管插孔；3-三通阀阀把；4-活塞柱；5-比色板；6-温度计

## 三、实验方法和步骤

1、在测定地点将开关把手置于吸气位置，并将唧筒往复推压 2-3 次，以清洗唧筒，然后将活塞杆拉出，气体试样就被抽吸在唧筒内了。再将开关把手置于（ $45^\circ$ ）封闭位置。

2、将检定管两端用小锉刀切断，把进气端插入唧筒的排气口上，再将开关把手置于排气口位置，按照检定管的使用说明书对送气量和送气时间的要求，使气样流过检定管 CO 与指示胶起反应，产生棕色环。

3、读数，由变色环上端指示的数字直接从检定管上读出 CO 浓度（PPM）。如果气样中 CO 含量超过检定管测量上限，可减少通气量，如通气量为  $V$  mL，则：测定结果=检定管 $\times$ （ $100 \div V$ ）（式中 100 指要求送气量为 100mL 检定管）如果气样中 CO 含量低于检定管测量下限，可增加通气次数，如果通气次数为  $N$ ，则：测定结果=检定管读数 $\div N$ 。

## 实验二 大气压、空气湿度和空气密度测定

### 一、实验目的

掌握测定大气压 (P) 和空气湿度的常用仪表的构造、原理和使用方法, 计算空气密度。

### 二、实验仪表:

#### 1. 大气压测定

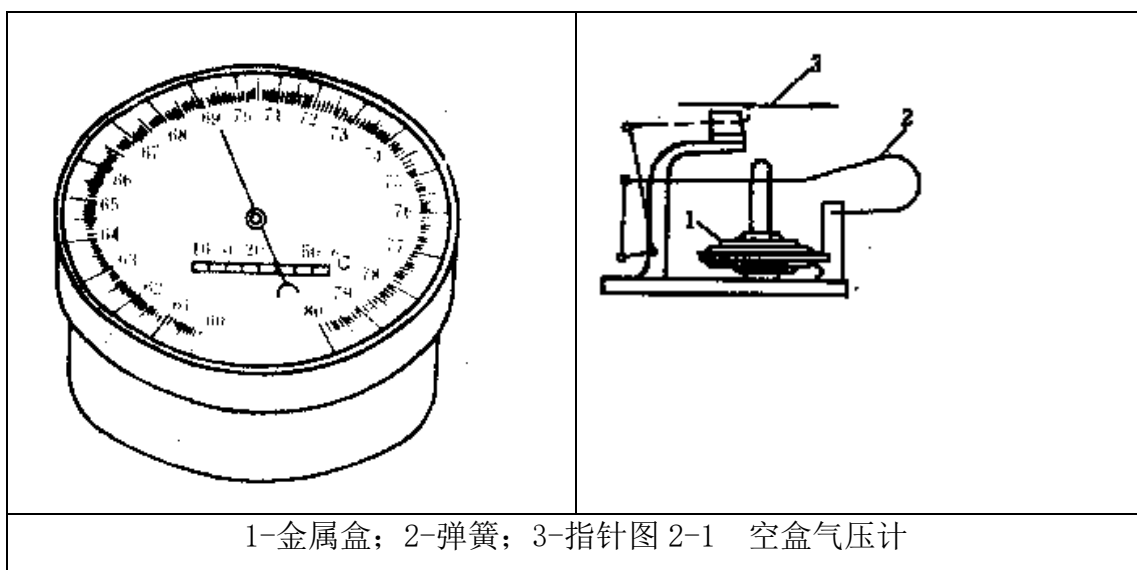
常用的仪表有空盒气压计。

##### (1) 空盒气压计

如图 2-1 所示, 空盒气压计由一个波纹状金属真空盒和一套杠杆机构组成。大气压变化时盒面变形值经杠杆机构放大, 带动盒面指针转动指出大气压值。

空盒气压计使用前应用水银气压计校正, 校正时用小螺丝刀微微拧转盒背面(或侧面)的调节螺丝, 使指针所示气压值与水银气压计一致。

测定时, 将其水平放置, 用手指轻轻敲击盒面数次, 消除指针的蠕动现象, 等待数分钟后再读值, 读值应根据仪器所附检定证进行刻度和温度的补充校正。例如, 某空盒气压计读值为 770mmHg, 查取它的刻度校正值为-0.1 mmHg, 温度校正为-0.03 (mmHg / $^{\circ}\text{C} \times 15^{\circ}\text{C}$ ) = -0.45 mmHg, 补充校正为+0.6 mmHg, 则实际大气压为  $770 - 0.1 - 0.45 + 0.6 = 770.05$  mmHg。



## 2. 空气相对湿度测定

如图 2-2 风扇湿度计，它们都由两支水银温度计组成，其中，一支为干温度计（又叫干球），另一支的水银球上包着纱布，叫湿温度计（又叫湿球）。

测定前将湿球上的纱布用清水润湿。用风扇湿度计测定时，用小风扇罩上的锁匙将发条上紧，风扇转动，使空气以一定速度（ $1.7\sim 3.0\text{m/s}$ ）流经干、湿温度计的水银球周围， $1\sim 2$  分钟，两支温度计示数稳定即可读取。

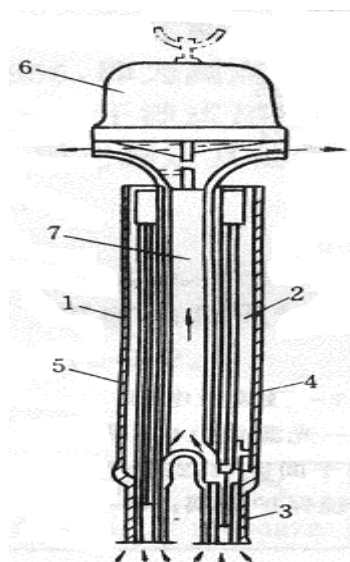


图 2-2 风扇湿度计

### 三、实验内容

- 1、分别用水银气压机和空盒气压计测大气压。
- 2、风扇湿度计测空气的相对湿度，计算绝对湿度。
- 3、以水银气压计和风扇湿度计的测定结果计算空气的密度。

## 实验三 风道的风阻摩擦阻力系数测定

### 一、实验目的

掌握风道的摩擦风阻 ( $R_{\text{摩}}$ )、摩擦阻力系数 ( $\alpha$ ) 的测定方法, 通过测定加深理解能量方程在通风中的应用。

### 二、实验设备及仪器

扇风机和管网系统 (图 3-1)、精密数字气压计、单管压差计、皮托管、空盒气压计、湿度计、胶皮管、皮尺、小钢尺、酒精、液体比重计。

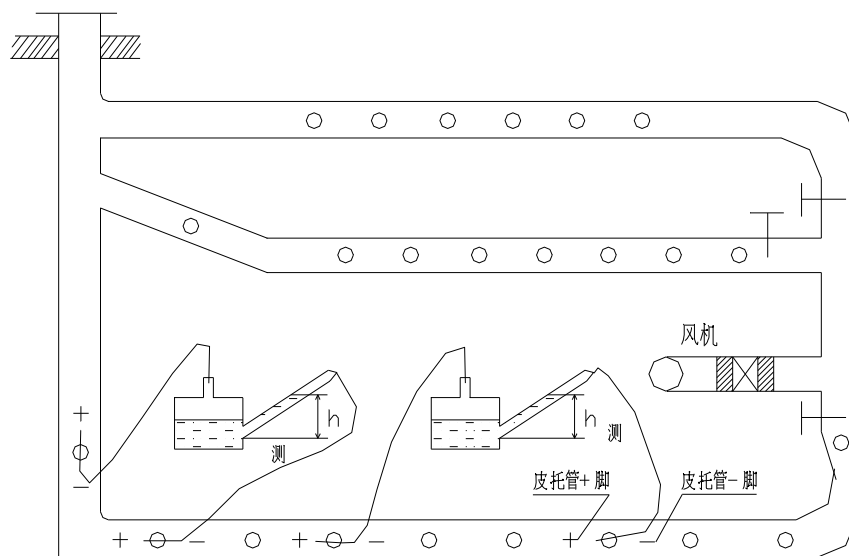


图 3-1

### 三、实验内容和实验方法

(1) 摩擦风阻 ( $R_{\text{摩}}$ ) 和摩擦阻力系数 ( $\alpha$ ) 测定:

风道的摩擦阻力  $h_{\text{摩}}$ :

$$h_f = R_{\text{摩}} Q^2 = \frac{\alpha_{\text{测}} LU}{S^3} Q^2 \quad \text{式 3-1}$$

式中:  $h_f$ ——风道的摩擦阻力, Pa;

$R_{\text{摩}}$ ——摩擦风阻,  $\text{NS}^2/\text{M}^7$ ;

$Q$ ——通过风道的风量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$S$ ——风道的净断面,  $\text{m}^2$ ;

U——风道的周界，m；

$\alpha_{\text{测}}$ ——风道的摩擦阻力系数， $\text{kg/m}^3$

由 3-1 式可见，只要测出一段风道的摩擦阻力 ( $h_f$ ) 和风量 ( $Q$ ) 就可以求出这段风道的摩擦风阻 ( $R_{\text{摩}}$ )。如果同时测量出这段风道的长度、净断面和周长，就可以求出测定时的摩擦阻力系数 ( $\alpha_{\text{测}}$ )，再按式 (3-2) 换算成标准空气密度下 ( $\rho = 1.2 \text{kg/m}^3$ ) 的摩擦阻力系数  $\alpha_0$ ；

$$\alpha_0 = \frac{1.2\alpha_{\text{测}}}{\rho_{\text{测}}} \quad \text{式 (3-2)}$$

式中： $\rho_{\text{测}}$ ——测定时的空气密度， $\text{kg/m}^3$ 。

测定方法：

在图 3-1 所示的管网系统中，在铁风道（或木风道）内选择 A、B 两个测点，将单管压差计调平，A、B 在两测点放置皮托管，用胶皮管将测点的静压分别接到压差计，测 A、B 两断面风流的势能差 ( $h_{\text{测AB}}$ )，再用皮托管和压差计分别测出两端面的平均风速，用皮尺和小钢尺量出间的距离和它们的周长。

$$\text{根据风流的能量方程： } h_{\text{阻AB}} = h_{\text{测AB}} + \left( \frac{v_{A\text{均}}^2}{2} \rho_A - \frac{v_{B\text{均}}^2}{2} \rho_B \right) \quad (3-3)$$

式中： $h_{\text{阻AB}}$ ——AB 段风道的通风阻力，Pa；

$h_{\text{测AB}}$ ——AB 段风道的势能差，Pa；

$v_{A\text{均}}$ 、 $v_{B\text{均}}$ ——分别为 A 和 B 断面的平均风速，m/s；

$\rho_A$ 、 $\rho_B$ ——分别为 A 和 B 断面的空气密度， $\text{kg/m}^3$ 。

又  $Q = SU_{\text{均}}$

如果 AB 段漏风较大，则 (3-1) 式中的  $Q$  为 A、B 两端面的风量的平均值，即

$$Q = \frac{Q_A + Q_B}{2}$$

根据测定结果，计算铁风筒或木风筒的  $R_{\text{摩}}$  和  $\alpha$ 。



## 实验四 扇风机特性测定

### 一、实验目的

掌握扇风机特性测定方法，通过测定加深理解扇风机风量和风压、功率与效率的关系。

### 二、实验设备与仪表

5.5KW 轴流式风机、风筒、调节闸门、皮托管、U 形压差计、单管压差计、电度表(或功率表、或电压表、电流表与功率因数表)、秒表、空盒气压计、湿度计、胶皮管、酒精、皮尺、转速计(本实验不测风机转速)。

### 三、实验方法和计算

实验按图 4-1 所示布置，用调节闸门由全开到全闭调节风机工况 7~9 点，测定每一工况时的风量、风压和电动机功率，经过计算，绘制该扇风机的特性曲线。

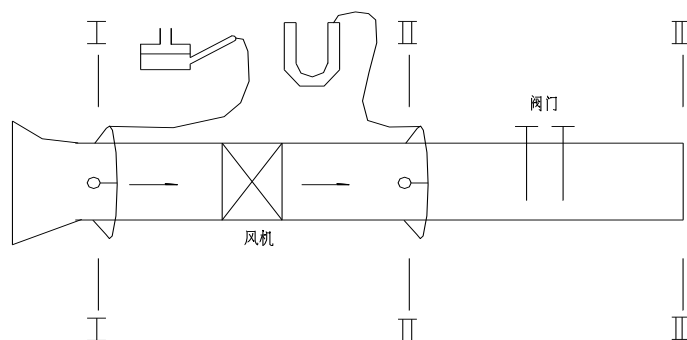


图 4-1

#### (1) 风量测定

在扇风机入风侧断面 I 处用单管压差计测得相对静压  $h_{is}$  后按下式计算风量

$$Q: Q = V_{Im} \cdot S_I \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (4-1)$$

$$V_{Im} = \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot h_{Iv}} = \sqrt{\frac{2}{\rho} K h_{Is}} \quad \text{m/s} \quad (4-2)$$

式中:  $V_{Im}$  —— I 断面的平均风速, m/s;

$S_I$  —— I 断面的面积,  $\text{m}^2$ ;

$\rho$  ——测定时的空气密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

K ——集流器系数,  $K = \frac{h_{Iv}}{h_{Is}}$ , 经标定, 本实验所用集流器系数为 0.95

$h_{I_s}$ ——I 断面的相对静压, Pa。

## (2) 扇风机风压测定

因  $H_t = H_s + H_{ov} = h_R + h_{ov}$

今  $H_{ov} = h_{ov} = h_{II_v} = h_{I_v}$

所以  $H_s = h_r$

又因 I~II 断面风筒很短, 其阻力可略去, 故

$$h_R = h_{II_s} + h_{I_s}(1 - K)$$

$$H_t = h_{II_s} + h_{I_s}$$

式中:  $H_t$ ——扇风机的全风压, Pa;

$H_s$ ——扇风机的静风压, Pa;

$h_R$ ——扇风机所克服的通风阻力, Pa;

$H_{ov}$ ,  $h_{II_v}$ ,  $h_{I_v}$ ——扇风机出口, 风筒 I 断面、II 断面的平均动压,

Pa;

$h_{I_s}$ ,  $h_{II_s}$ ——I、II 断面的相对静压, Pa。

由上式可知, 只要测得 I、II 断面的相对静压 ( $h_{I_s}$ ,  $h_{II_s}$ ) 即可算出扇风机的风压  $H_t$  和静压  $H_s$ 。

## (3) 电动机功率测定

本实验采用三相功率表读出其表指针偏转格数  $n$  后, 用下式计算电动机输入功率  $N_{电}$ 。

$$N_{电} = 0.04 \times n$$

## (4) 扇风机效率计算

$$\text{扇风机全压效率 } \eta_{电} = \frac{QH_t}{1000N_{电}} \times 100\% \quad \text{扇风机静压效率 } \eta_s = \frac{QH_s}{1000N_{电}} \times 100\%$$

## (5) 空气密度测定

用空盒气压计测大气压, 用湿度计测湿度, 计算空气密度。

## (6) 测点断面积测算

## (7) 绘制扇风机特性曲线

以风量为横坐标, 扇风机的静压、功率、效率为纵坐标, 分别绘制  $Q-H_s$ 、 $Q$

— $N_{电}$ 、 $Q$ — $\eta_s$ 的关系曲线。

注：1. 转速测定可参阅教材的有关部分；

2. 压力读数为 mmH<sub>2</sub>O，应换算为 Pa 带入公式计算

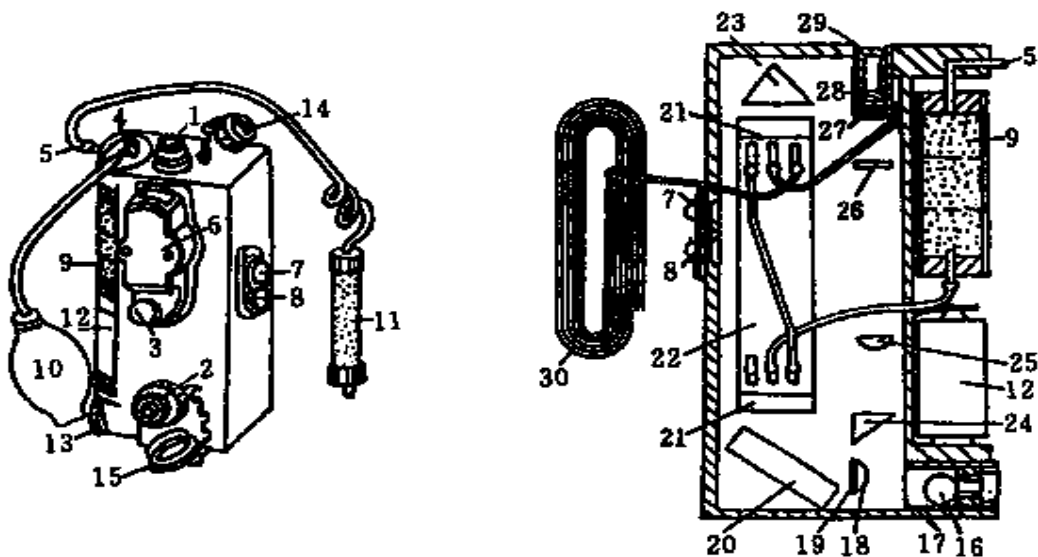
## 实验五 矿内空气中沼气和二氧化碳浓度测定

### 一、实验目的

学习并掌握光学瓦斯检定器的构造，原理和使用方法。

### 二、实验原理

煤矿井下普遍使用 AQG-1 型光干涉式瓦斯检定器测 CH<sub>4</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的浓度，它的外形和内部构造见图 5-1。



检定器根据光干涉原理制成，它的关学原理如图 5-2 所示。灯泡 1 发出的一束白光，经光栅 2 和透镜 3 变成一束平行光射到平行平面镜 4 后，分成两束光线。其中一束自平面镜的 a 点反射，经右空气室，大三棱镜和左空气室回到平行平面镜，再经镜底反射镜面的 b 点，另一束在 a 点折射进入镜底后反射出来，往返经过瓦斯室也回到平面镜，于 b 点反射后与第一束光一同进入三棱镜 6 再经 90 度反射进入望远镜。这两束光由于光程差（光程为光线通过的路程和所遇过的介质的折射率的乘积），在透镜 7 的焦点平面上就白色光特有的干涉条纹（通常称“光谱”）条纹中有两条黑纹和若干条彩纹。光通过气体介质的折射率与气体密度有

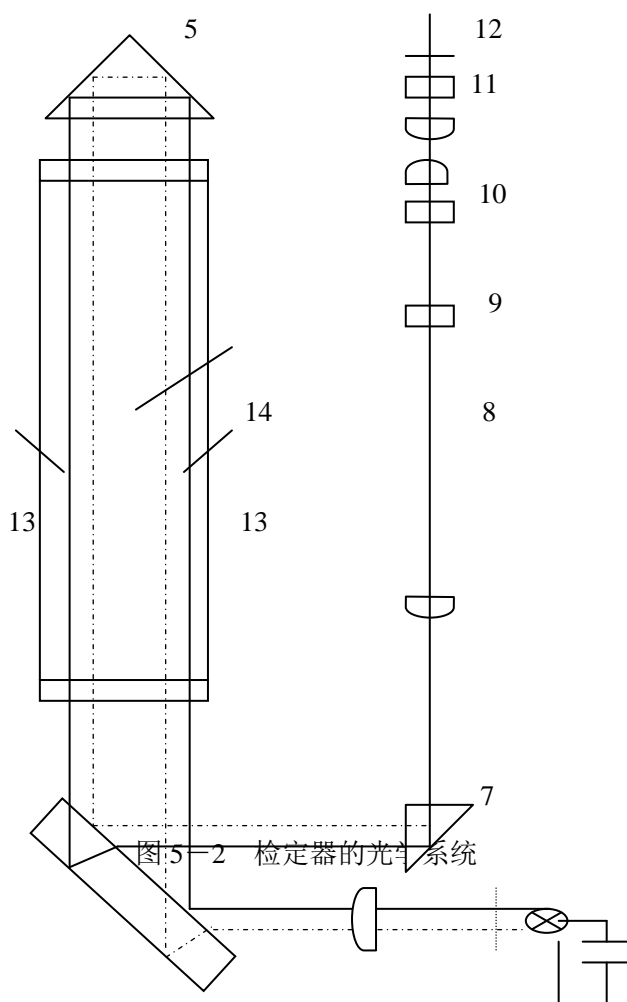
关,如果以空气和瓦斯室都充满新鲜空气时干涉条纹的位置为基准(即为零点),当含 $\text{CH}_4$ 的空气进入瓦斯室时由于气体密度的变化,光程也随之发生变化,于是干涉条件产生位移,位移量的大小与 $\text{CH}_4$ 浓度的高低成线性关系。所以根据干涉条纹中任一条纹(通常为黑色条纹)的移动距离的大小,就能直接测出空气中的 $\text{CH}_4$ 浓度。

仪器使用前要进行下列准备:

(1) 充填吸收剂水分吸收管中装入氯化钙(或硅胶),二氧化碳吸收管中装入石灰,吸收剂颗粒过大不能充分起吸收作用,过小则阻塞气路,吸收管两端填以脱脂棉,以免煤尘及吸收剂进入仪器内部,吸收剂变质时应及时更换。

(2) 气密性检查,堵住进气口,用手捏扁吸气球,然后放松,球体不起表明仪器不漏气,放开进气口,球体即膨起,表明气路畅通可以使用。

(3) 光路系统检查,装好电池后,按下光源电门8,由目镜观察并转动目镜筒,调整到分划板刻度清晰时,再看干涉条纹是否清晰,如不清晰可转动光源电门7,由微读数观测窗看微读数电源是否接通。



1—光源 2—光栅 3—透镜 4—平行平面镜 5—大三棱镜 6—三棱镜 7—物镜  
8—测微玻璃 9—分划板 10—场镜 11—目镜 12—目镜保护玻璃 13—空气室  
14—瓦斯室

CH<sub>4</sub>浓度测定：

首先，在新鲜风流中对零：按压微读数电门 7，逆时针转动微调螺旋 3，将微读数调到零点，捏放橡皮球 5~6 次，使瓦斯室内充满新鲜空气，按下光源电门 8，由目镜观察干涉条纹的同时，转动主调螺旋 2，使条纹中的某一黑线正对分划板的零点，盖紧主调螺旋盖 15，就可以进行测定了。

测定时，在测定地点捏放橡皮球 5~6 次，将待测气体吸入瓦斯室，按下光源电门 8，读出黑基线位移后的整数值，再转动微调位螺旋 3，使黑线遇到和该读数重合，由微调读数盘上读数读出小数，例如，位移的整数为 2，微读数为 0.46，则 CH<sub>4</sub>浓度为 2.46%。

该仪器还可以用来测定其它气体，但是必须加装专门的吸收管并进行测定结果校正。

CO<sub>2</sub>浓度的测定，空气中同时存在 CH<sub>4</sub>和 CO<sub>2</sub>时，先测出 CH<sub>4</sub>浓度，然后取下吸收管，测出 CH<sub>4</sub>浓度和 CO<sub>2</sub>的混合浓度。因为 CO<sub>2</sub>的折射率（1.000418）与 CH<sub>4</sub>浓度的折射率（1.000411）相差不大，一般测定时，后一读数减去前一读数即为 CO<sub>2</sub>浓度。精度测定时，还要乘以校正系数 k， $k_{CO_2}=0.952$ 。

### 三、实验内容和方法

在掌握了仪器的构造，原理和使用方法以后，分别由瓦斯缸内取样测缸内浓度各二次，取其平均值。