

# 物理实验

上册

物理系外系物理实验组编

中山大学

一九七九年二月

# 物理实验目录

|      |                            |       |
|------|----------------------------|-------|
| 实验一  | 线度的测量——直游标尺、螺旋测微计和读数显微镜的使用 | (1)   |
| 实验二  | 基本电学仪器的使用                  | (9)   |
| 实验三  | 简易万用电表的设计                  | (17)  |
| 实验四  | 电桥法测电阻                     | (30)  |
| 实验五  | 电子射线的电偏转                   | (35)  |
| 实验六  | 电子束线的磁偏转                   | (39)  |
| 实验七  | 电子示波器的使用                   | (43)  |
| 实验八  | 用示波器观测半导体二极管伏安特性曲线         | (56)  |
| 实验九  | 单相交流电路的基本测量                | (64)  |
| 实验十  | 三相异步电动机的启动控制               | (74)  |
| 实验十一 | 谐振电路的测量                    | (80)  |
| 实验十二 | 照相和暗室技术                    | (89)  |
| 实验十三 | 用牛顿环测定透镜的曲率半径              | (99)  |
| 实验十四 | 平行平面透明板折射率的测定              | (103) |
| 实验十五 | 受迫振动                       | (109) |

# 实验一 线度的测量——直游标尺、螺旋测微计和读数显微镜的使用

## 实验目的：

(1) 了解游标原理及使用方法。

(2) 了解读数显微镜量度物体线度的方法。

## 练习一 直游标尺

### 原理：

在测量长度时总要用标尺。但是被测量物体本身的长度大多数不恰好和所采用标尺的最小分度相重合，这便要对其重合的一小段长度进行估计。现在为了提高测量的准确度，在这把主尺上装上可沿主尺滑动的付尺，以提高测量的精密度。这样的付尺叫做游标。附有游标的标尺，称为游标尺。

利用附加的游标来提高测量的精密度原理如图一。分析如下：

设游标上刻有  $m$  个分度，（图中取  $m=10$ ），它和主尺上  $m-1$  个分度的总长相等。令  $x$  表示游标每一分度长， $y$  表示主尺上每一分度长，则

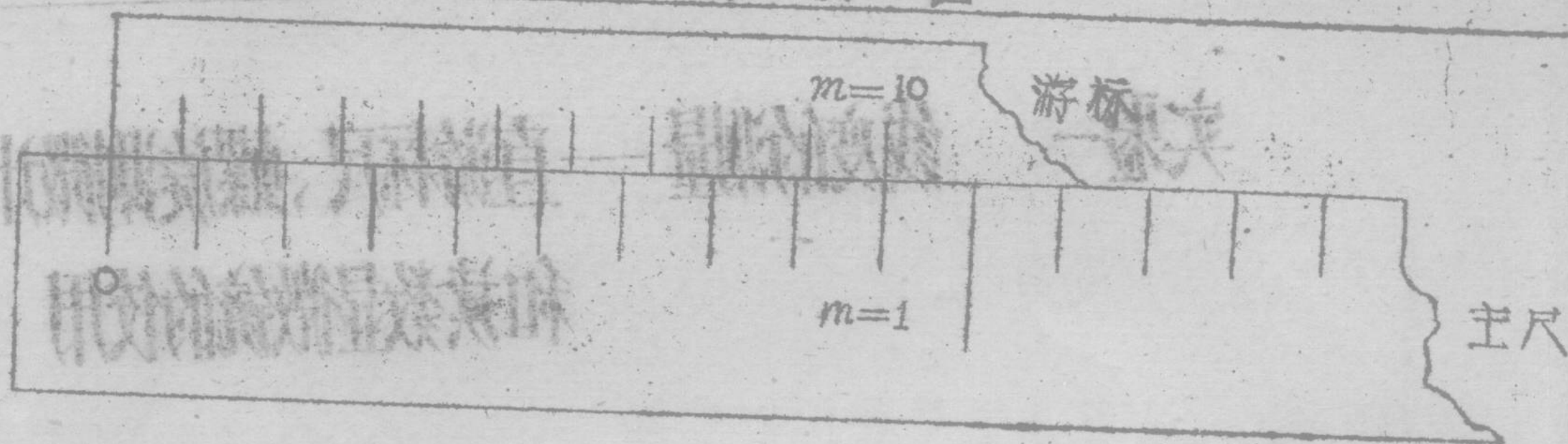
$$x = y - \frac{y}{m}$$

游标每个分度与主尺每个分度之差为

$$\Delta x = y - x = \frac{y}{m} \quad (\text{取 } m=10 \text{ 时, } \Delta x = \frac{y}{10})$$

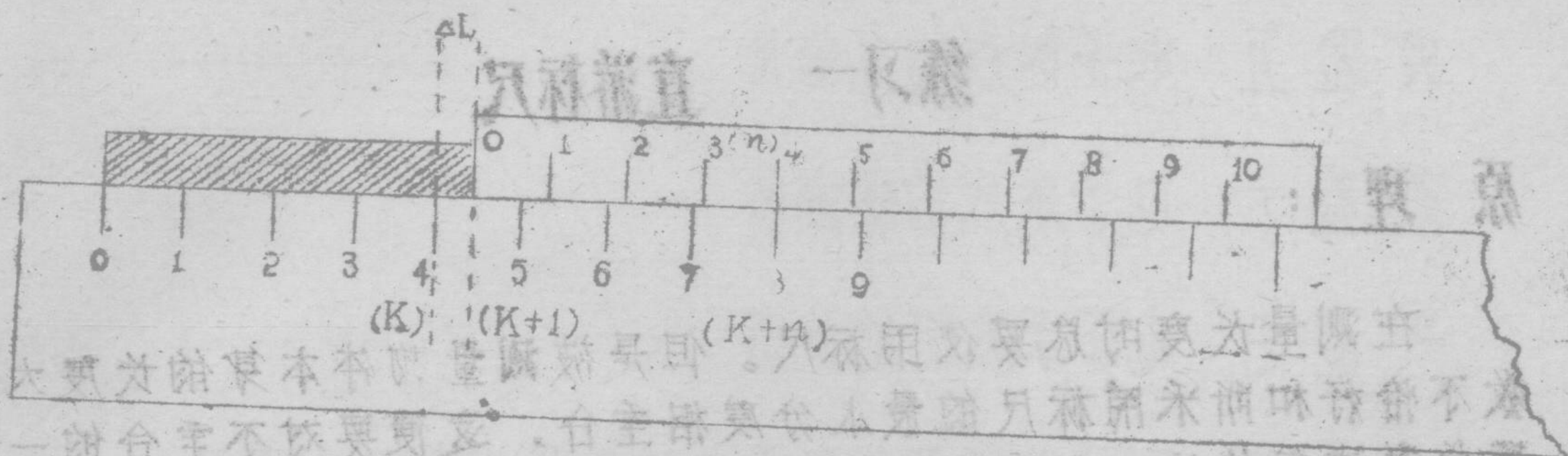
$\Delta x$  称为游标的精密度。

$m=50$  相差  $\frac{1}{50}$



(图一)

测量时，设待测物体长度为  $L$  (图二)，让它的始端重合于主尺的零线，终端落在主尺的  $K$  与  $K+1$  刻度之间，则物体长度  $L$



(图二)

可表达成：

$$L = Ky + \Delta L$$

其中  $\Delta L$  为待测定部分。现将游标之“0”刻度紧贴于物体末端，由于游标与主尺分度差为  $\frac{y}{m}$ ，故一定可在游标上找到这样一根刻度  $n$  与主尺上第  $K+n$  条刻度最接近于重合。由图二可以看出：

$$\Delta L + nx = [(K+n) - K]y$$

$$\Delta L = n(y - x)$$

$$= n(y - x)$$

$$= n \cdot \Delta x = n \cdot \frac{y}{m}$$

总长度为

$$L = K\psi + n \cdot \frac{\psi}{m}$$

代入图中数目字： $K=4$   $n=4\psi=1$  则

$$L = 4 \times 1 + 4 \times \frac{1}{10} = 4.4 \text{ (毫米)}$$

实际上  $\Delta L$  便是游标上与主尺上某一分刻尺相对齐的分度读数乘以  $\frac{\psi}{m}$ 。当  $m=10$  时， $\frac{\psi}{m} = \frac{1}{10}$ ，这便可很方便的将  $\Delta L$  直接读出来。

有的游标  $m=10$ ，那么读数时便要先定出  $\frac{\psi}{m}$  的比值，而原理都是一样。

### 实验部分：

实验室使用的游标尺如图三所示，这种游标尺也称为三用游标尺，它可以测量物体的外径、内径及深度。使用步骤：

(1) 先推动 C，使 FE 相靠拢，观察游标的“0”刻度与主尺的“0”刻度是否重合，这便是先确定零点。

(2) 测量物体长度或圆筒外径时，要推动 C，使游标向右滑动，这时待测物体位于 E、E' 之间，然后读数。

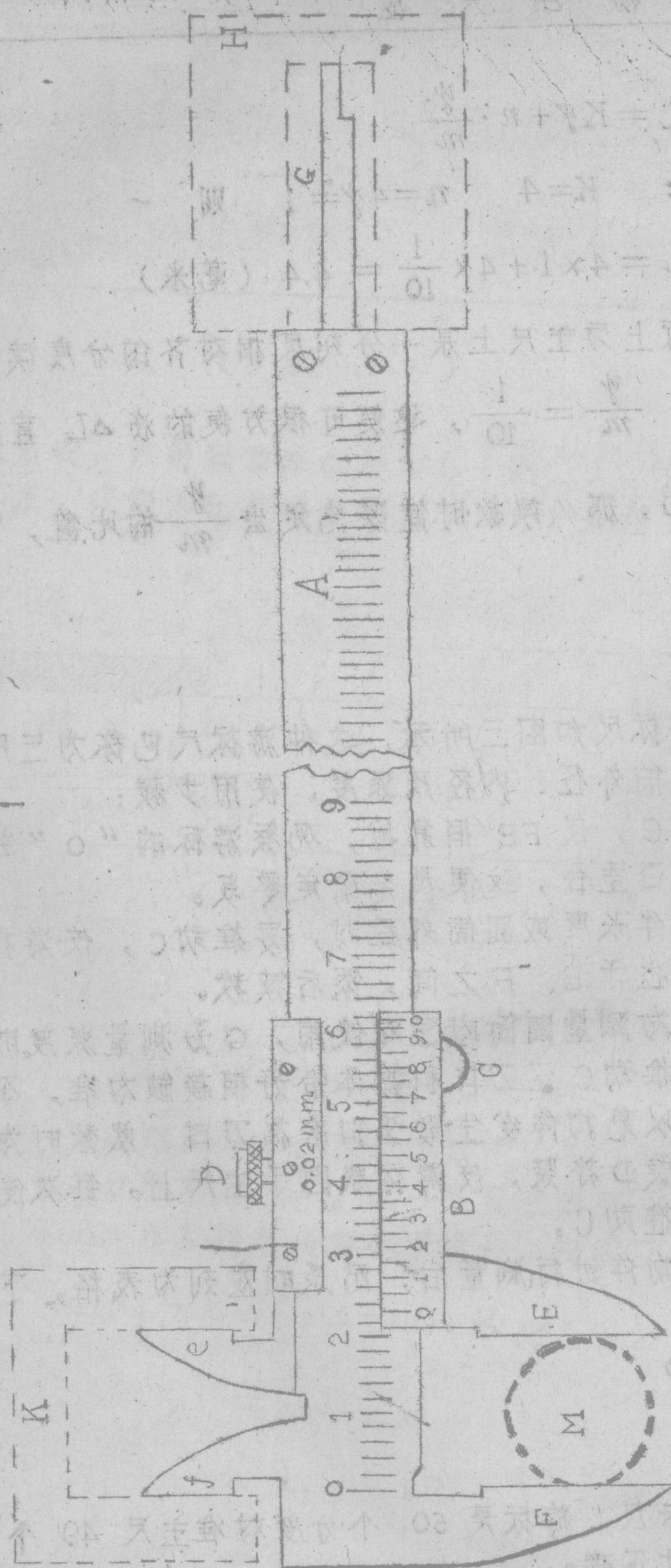
(3) e、f 为测量圆筒内径时使用，G 为测量深度时使用。应该注意在测量时，推动 C 至刀口和物体恰好相接触为准，不要用力紧挤压待测物体，以免物体发生形变和磨损刀口。读数时为了防止游标滑动，可将螺旋 D 拧紧，使游标紧固于主尺上。每次使用时，应将 D 拧松后，才可推动 C。

(4) 对待测物体进行测量后，记录时应列为表格，下面格式可供参考：

(附表见第 5 页)

### 思考：

我们使用的游标卡尺，游标是 50 个分度对准主尺 49 个分刻度，那么应如何读数才正确？



| 数<br>值<br>次<br>数 | 测量<br>项目 | 高度(mm)      |                    | 深度(mm)      |                    | 外径(mm)      |                    | 内径(mm)           |                         |
|------------------|----------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|------------------|-------------------------|
|                  |          | $n_i$       | $\Delta n_i$       | $d_i$       | $\Delta d_i$       | $R_i$       | $\Delta R_i$       | $\gamma_i$       | $\Delta \gamma_i$       |
| 1                |          |             |                    |             |                    |             |                    |                  |                         |
| 2                |          |             |                    |             |                    |             |                    |                  |                         |
| 3                |          |             |                    |             |                    |             |                    |                  |                         |
| 平均值              |          | $\bar{n} =$ | $\Delta \bar{n} =$ | $\bar{d} =$ | $\Delta \bar{d} =$ | $\bar{R} =$ | $\Delta \bar{R} =$ | $\bar{\gamma} =$ | $\Delta \bar{\gamma} =$ |
| 结 果              |          | $H =$       |                    | $D =$       |                    | $R =$       |                    | $\gamma =$       |                         |

## 练习二 螺旋测微计

### 原理构造

螺旋测微计多用于测量金属导线的直径，薄金属板的厚度等。它是根据测微螺旋的原理即利用螺旋转动一周，旋杆移动一定距离（称为螺距），若将螺杆之周界等分为若干分度，则由螺杆转过的分度数就可读出其移动的距离。螺旋测微计的外形如图四所示：

（图见第6页）

A为螺旋杆，其上固定有螺旋圈C，当C转动时，A便一起运动。C左端有分度盘H，其上刻有50或25个分度。D为螺旋套，E为固定瓣。若把E沿顺时针方向扣紧，A即不能再移动。L为一金属圆筒（内刻有螺旋纹），它与D固定着又被C套住。L为主尺，其上有标尺，标尺每分格为0.5毫米，与螺距对应。

螺旋测微计的用法和读数方法。



1. 先认识螺旋测微计的最大量值及其精密度。熟悉各部分的构造及使用方法。

2. 测量给定的金属线线径及金属板厚度各 3 次, 自己设计表格记录。

### 练习三 读数显微镜

物体的外表为不规则或是比较小的球体, 对它的某一部分进行测量时, 使用游标尺或螺旋测微计则存在困难。于是读数显微镜便是为了完成这方面的测量而设计的。

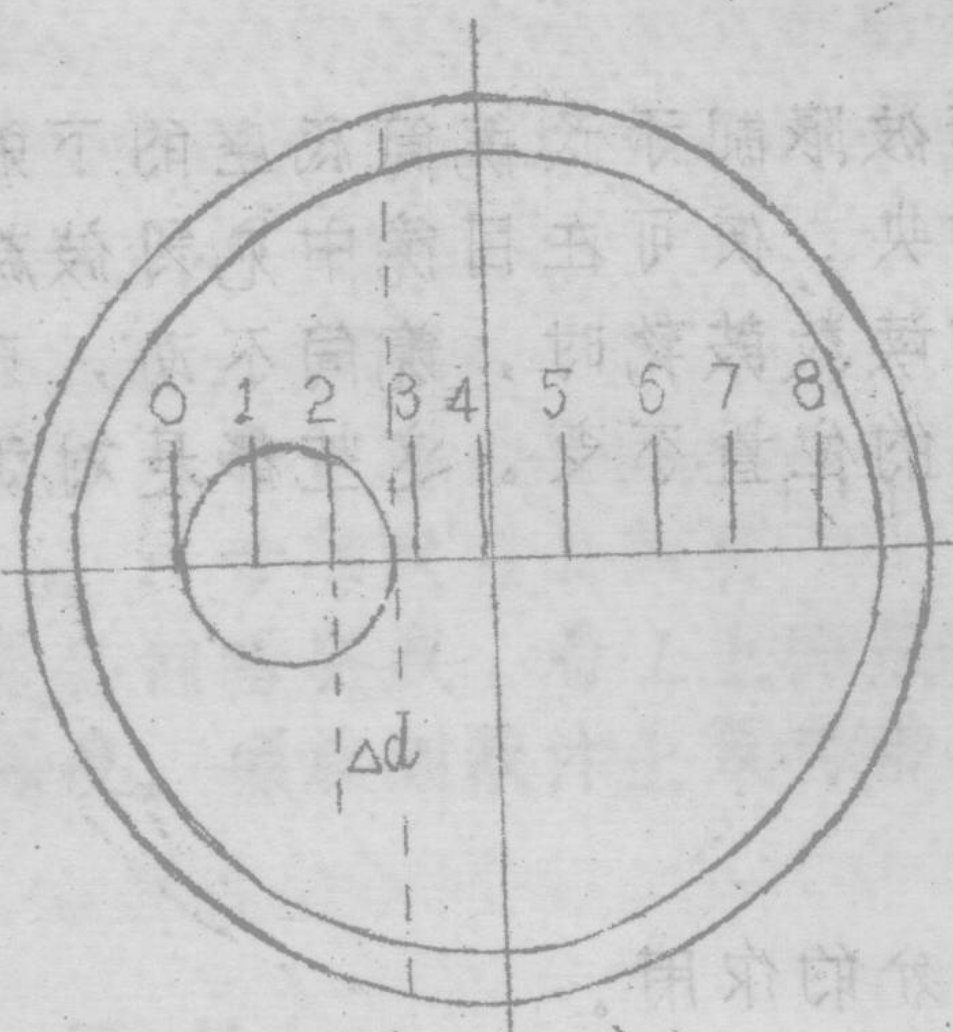
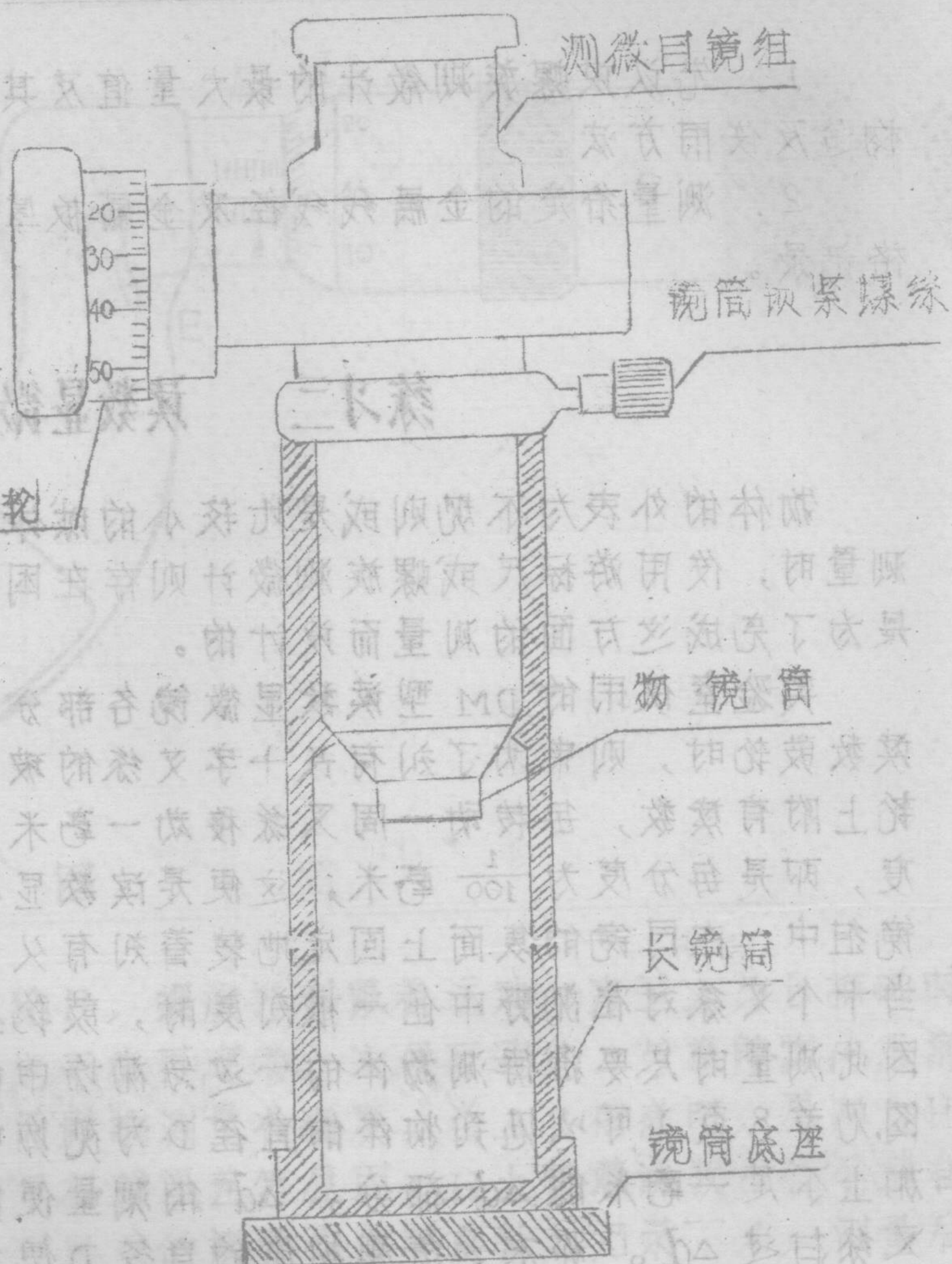
实验室使用的 DM 型读数显微镜各部分的构造如图五。当转动读数鼓轮时, 则带动了刻有长十字叉线的玻璃分划板一起移动。鼓轮上附有读数, 每转动一周叉线移动一毫米。鼓轮上共分 100 个分度, 即是每分度为  $\frac{1}{100}$  毫米, 这便是读数显微镜的准确度。测微目镜组中, 在目镜的焦面上固定地装着刻有从 0 → 8 毫米分划板。当十个叉线对准视野中在一根刻度时, 鼓轮上的读数应对准“0”。因此测量时只要将待测物体的一边与视场中的 0 刻度相切 (图六图见第 8 页) 可以见到物体的直径  $D$  为视场中所占毫米的整数部分加上不足一毫米的  $\Delta d$  部分。 $\Delta d$  的测量便由鼓轮来完成——移动叉线扫过  $\Delta d$ 。那末, 待测物体的直径  $D$  便等于视场中的毫米整数加上鼓轮上读数。

DM 型读数显微镜的焦平面被限制于长镜筒底座的下端平面上, 只要将待测物体置于底座范围中央, 便可在目镜中见到被放大的物象, 省却了调焦手续。当转动读数鼓轮时, 镜筒不动, 只是将叉线扫过而已, 因此物体在视场中的位置不变。这些都是对于快速测量提供方便。

### 实验部分

(1) 熟悉读数显微镜各部分的作用。

(2) 测量各小孔的直径各三次, 列表记录。



(图六)  
被放大的视野

(图五)  
DM型读数显微镜的外观

## 实验二 基本电学仪器的使用

### 一. 目的要求:

1. 熟悉几种最基本的电学测量仪器(如安培计、伏特计、万用电表)的工作原理和使用方法。
2. 学习看图接线。

### 二. 仪器用具:

电流计、安培计、伏特计、万用电表、电阻箱、变阻器、干电池和开关等。

### 三. 概述:

电流测量是物理学基本测量之一,它在生产斗争和科学实验中得到广泛的应用。因此,我们必须牢固地掌握基本电磁测量仪器的原理、构造、性能和使用方法,学会一些基本电学量(如电流、电压和电阻)的测量方法。本实验介绍一些基本电学仪器,并以测量电流、电压和电阻。

#### 1. 电流计

电流计是测量微小直流电流的一种仪器,它的型式有好几种,这里只简单介绍磁电式电流计。

由于电流在磁场中所受的作用力跟电流强度成正比,因此可以利用这个现象来制造测量电流强度的仪器——电流计。

图1——1是一个含有可转动的线圈的电流计。在永久磁铁的两极N、S和铁柱K间的狭小间隔中放一轻的铝框a,在a上用绝缘导线绕成线圈。框和线圈被两个螺旋弹簧P固定在一定位置上,在框的轴上固定着一个指针C。当电流通过螺旋弹簧而流过线圈时,铝框a及指针C就要转动。它们的转动使弹簧扭紧。框转到磁场使

它转动的力矩跟弹簧由于被扭紧而产生的反抗力矩相互平衡为止。电流的大小与指针偏转角度成正比，经校正后，可直接在指针偏转角上刻上电流数值。

这种电流计的灵敏度很高，甚至可以用来测出  $10^{-10}$  安培的电流，可是能量度的电流不大。

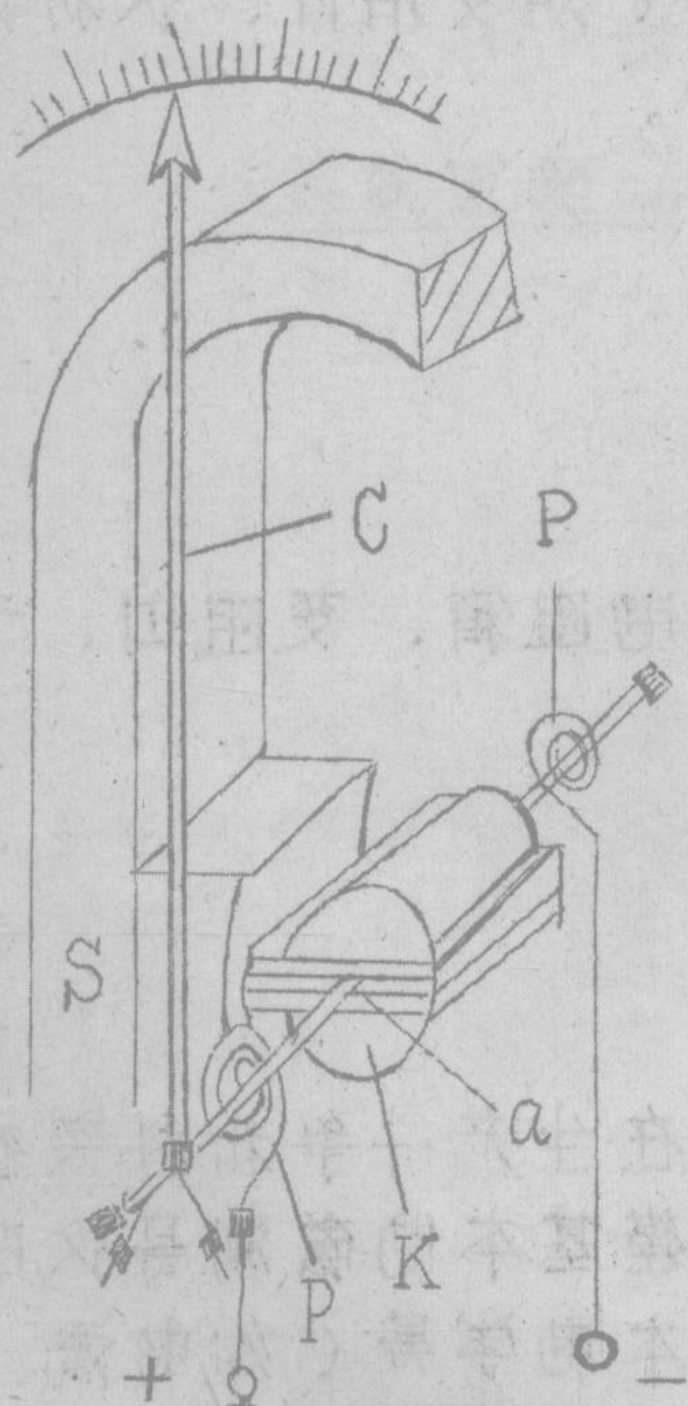


图 1—1 电流计

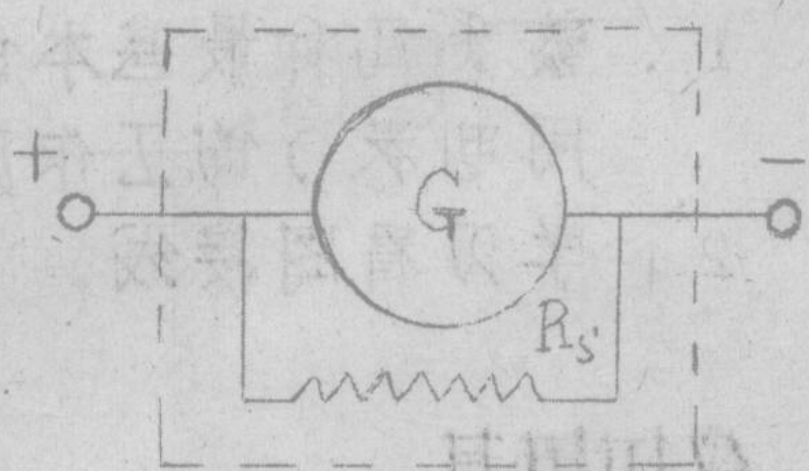


图 1—2 安培计

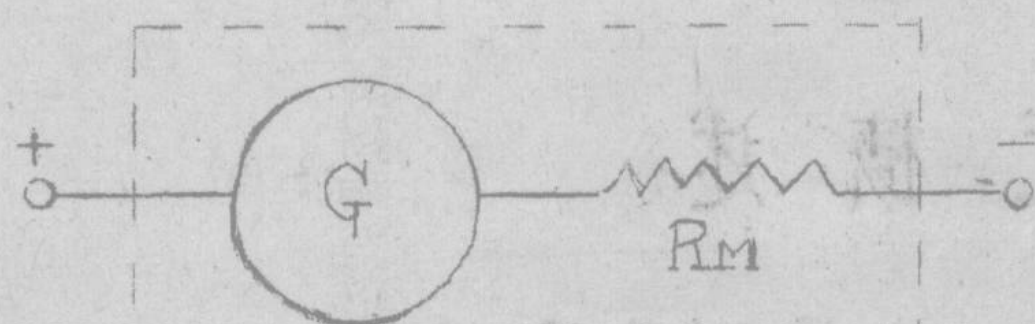


图 1—3 伏特计

## 2. 安培计

安培计可以用来量度较弱的电流。在上述电流计  $G$  的两端并联一个阻值较低的电阻  $R_s$ （称分流电阻），就成安培计，如图 1—2 所示。

为适应测量不同大小的电流，可分别在电流计上并联不同大小的分流电阻而构成不同量程的毫安表和安培表。（具体计算请参阅本讲义中“万用电表的设计”）。

## 3. 伏特计：



图 1—4

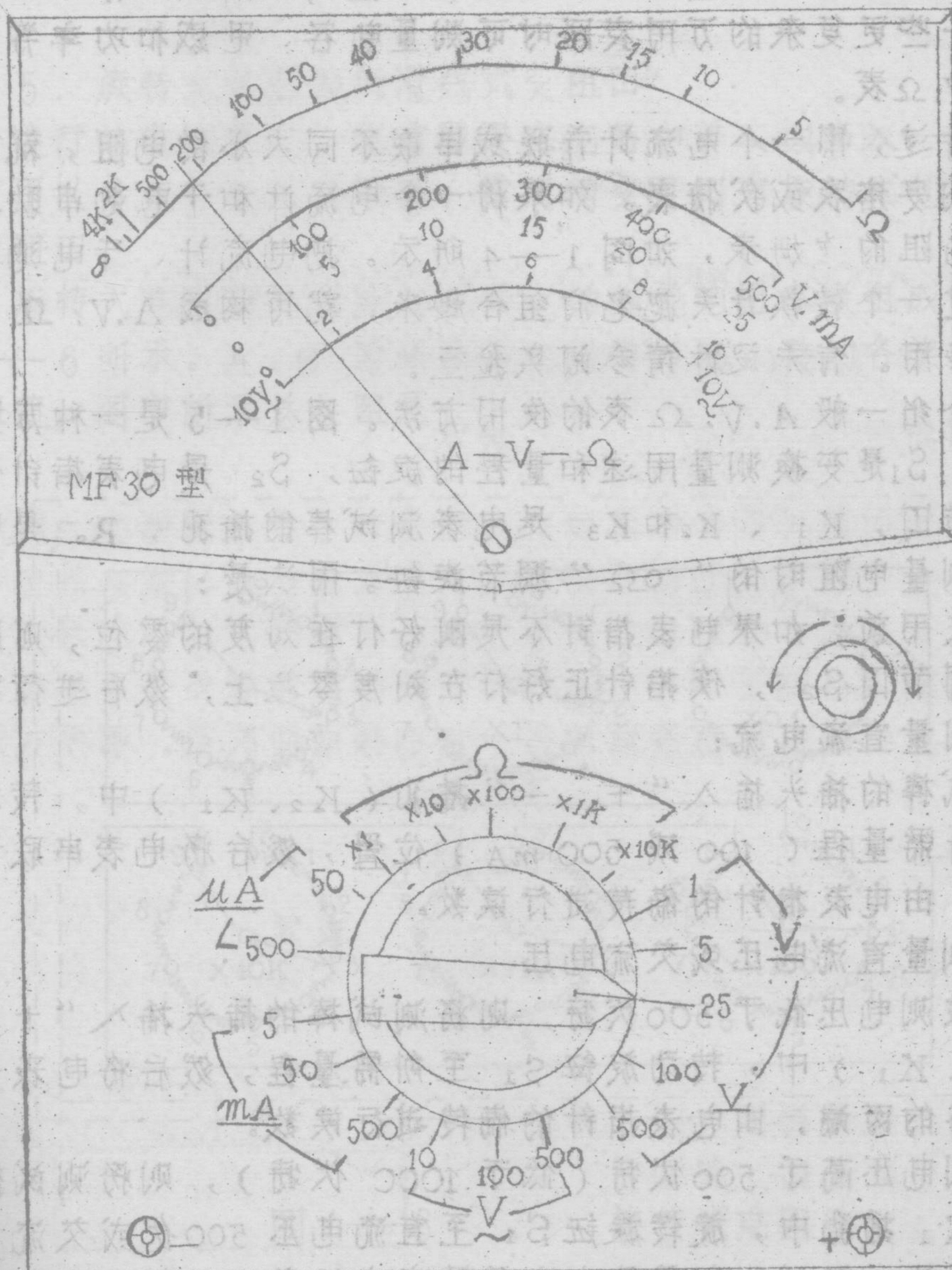


图 1—5

MF30 型万用表外形图

伏特计用以测量电压。在上述电流计  $G$  上串联一个阻值较高的电阻  $R_M$  (称附加电阻), 就构成伏特计, 如图 1—3 所示。

附加电阻  $R_M$  起限流作用。为适应测量不同大小的电压, 可分别串联不同大小的附加电阻。

#### 4. 万用表:

万用电表是用来测量电流、电压和电阻的, 所以又称为  $A.V.\Omega$  表。还有一些更复杂的万用表同时可测量电容、电感和功率等。这里介绍  $A.V.\Omega$  表。

前面讲过, 用一个电流计并联或串联不同大小的电阻, 就可构成种量程的安培表或伏特表。如果将一个电流计和干电池串联还可构成测量电阻的欧姆表, 如图 1—4 所示。把电流计、干电池和各种电阻通过一个转换开关把它们组合起来, 就可构成  $A.V.\Omega$  表, 达到一表多用。有关设计请参阅实验三。

下面介绍一般  $A.V.\Omega$  表的使用方法。图 1—5 是一种万用表的外形图。 $S_1$  是变换测量用途和量程的旋钮,  $S_2$  是电表指针的机械零位调节口,  $K_1$ 、 $K_2$  和  $K_3$  是电表测试棒的插孔,  $R_0$  是电表作欧姆表测量电阻时的“ $0\Omega$ ”调节旋钮。用法是:

① 使用前, 如果电表指针不是刚好打在刻度的零位, 则用螺丝批转动调节口  $S_2$ , 使指针正好打在刻度零位上, 然后进行测量。

#### ② 测量直流电流:

将测试棒的插头插入“+、-”插孔 ( $K_2$ 、 $K_1$ ) 中, 转动旋钮  $S_1$  至所需量程 (100 或 500 mA) 位置, 然后将电表串联于测量电路中, 由电表指针的偏转进行读数。

#### ③ 测量直流电压或交流电压

如果被测电压低于 500 伏特, 则将测试棒的插头插入“+、-”插孔 ( $K_2$ 、 $K_1$ ) 中, 转动旋钮  $S_1$  至所需量程, 然后将电表并联于被测电路的两端, 由电表指针的偏转进行读数。

若被测电压高于 500 伏特 (低于 1000 伏特), 则将测试棒插入  $K_3$  和  $K_1$  插孔中, 旋转旋钮  $S_1$  至直流电压 500 伏或交流电压 500 伏挡 (视所测电压是直流还是交流而定), 然后将电表并联于被测电路两端, 由表针偏转进行读数。

万用表用来测量交流电压时，是先将交流电通过表内附设的整流机构变成直流，然后通过表来进行测量，测量原理与直流一样。

#### ④ 测量电阻：

将测试棒插入“+、-”插孔（ $K_2$ 、 $K_1$ ）中，转动旋钮  $S_1$  至所需量程档（ $\times 1$  或  $\times 100$ ），先使两测试棒相接触（即电表外路短接），轻轻转动“ $0\Omega$ ”调节旋钮  $R_0$ ，使表针指于零欧姆处，然后用两测试棒并联于被测电阻两端，由表针偏转进行读数。

### 5. 旋转式电阻箱和滑线式变阻器

进行电磁测量时，常常需要在电路中并入或串入一些可变电阻器，用以分流、分压或限流。常用的变阻器有旋转式电阻箱和滑线式变阻器。

旋转式电阻箱是由排列成环状的线绕电阻串联组成的，如图 1—6 所示。A、B 为串联总电阻的两端，转动各旋钮可改变电阻值，图中所示总电阻是：

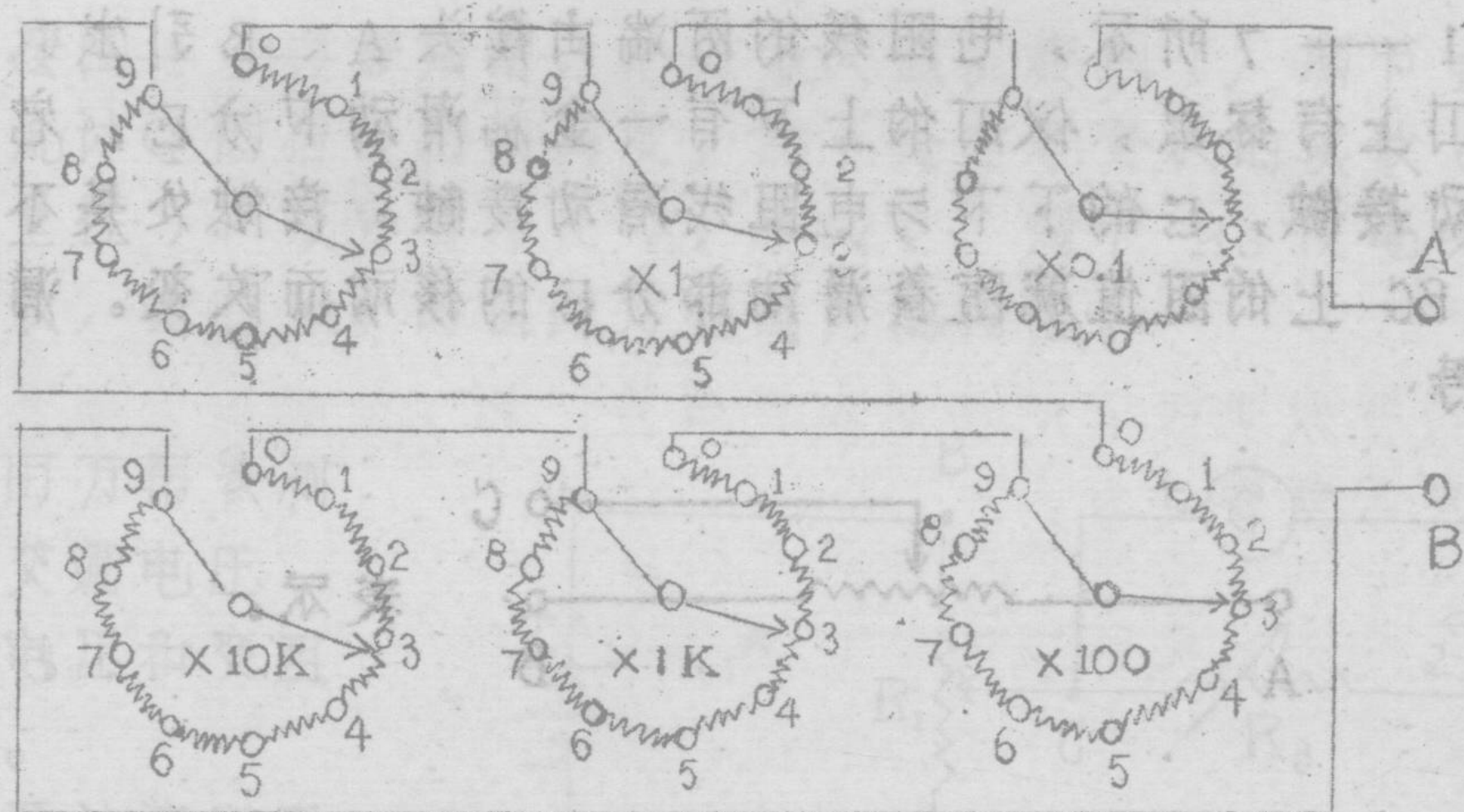


图 1—6

旋转式电阻箱

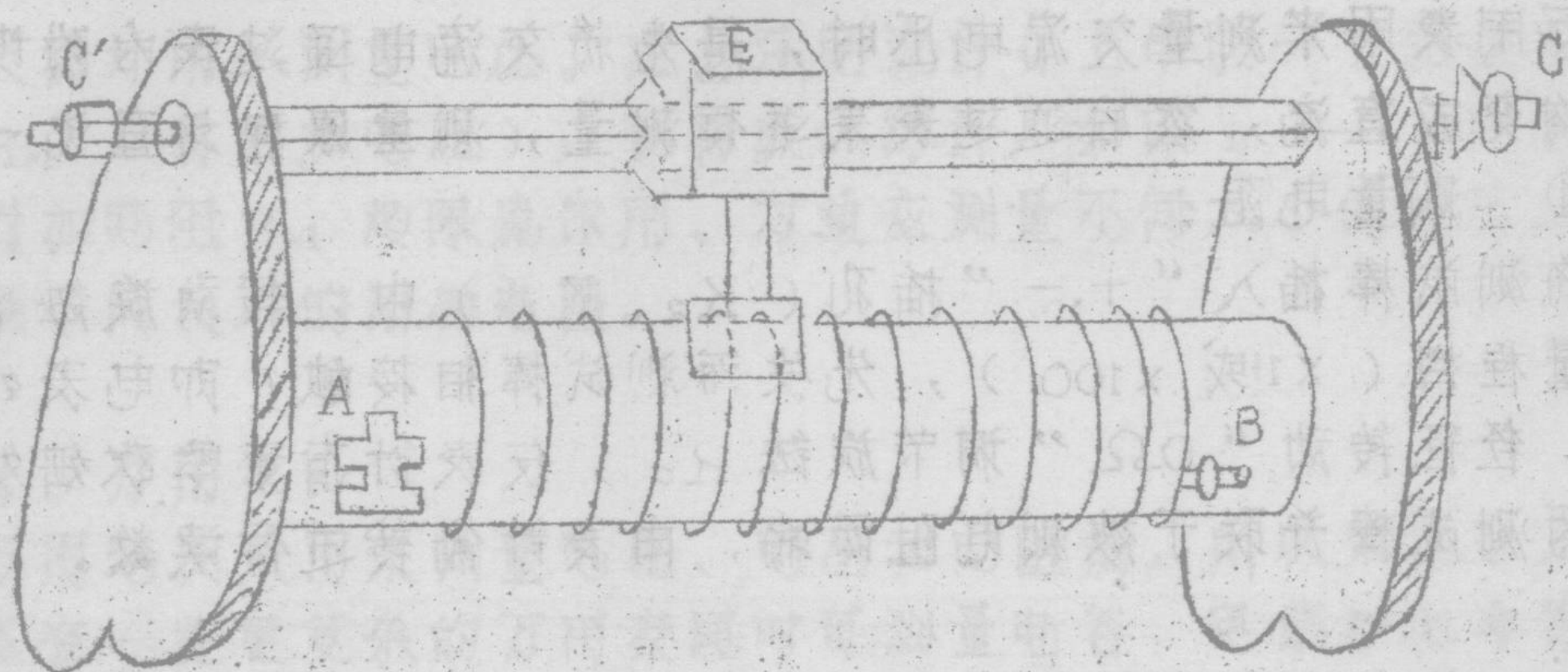
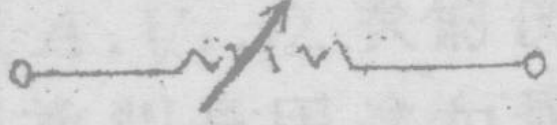


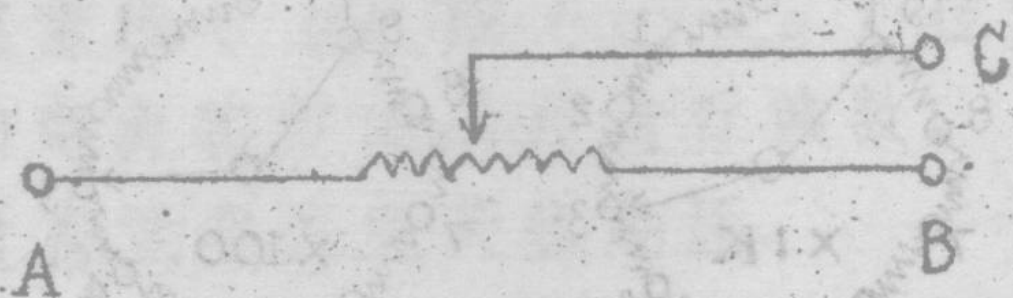
图 1——7 滑线式变阻器

$$R=3\times10000+3\times1000+3\times100+3\times10+3\times1+3\times0.1$$

$$=33333.3(\Omega)$$

电阻箱用符号  表示。

滑线式变阻器是用绝缘电阻线绕在绝缘体（瓷质圆筒）上制成的，如图 1——7 所示，电阻线的两端由接头 A、B 引出，其全电阻值在仪面上有标出，仪面的上下有一金属滑动部分 E，它与金属棒 CC' 滑动接触，E 的下与电阻线滑动接触，接触处是不绝缘的，故 AC 或 BC 上的阻值就随着滑动部分 E 的移动而改变。滑线式变阻器用符号



表示。

将变阻器与电源按图 1——8 连接时，便成一分压器，移动滑动部分便可在 A、C（或 B、C）两端得到电源的部分电压。

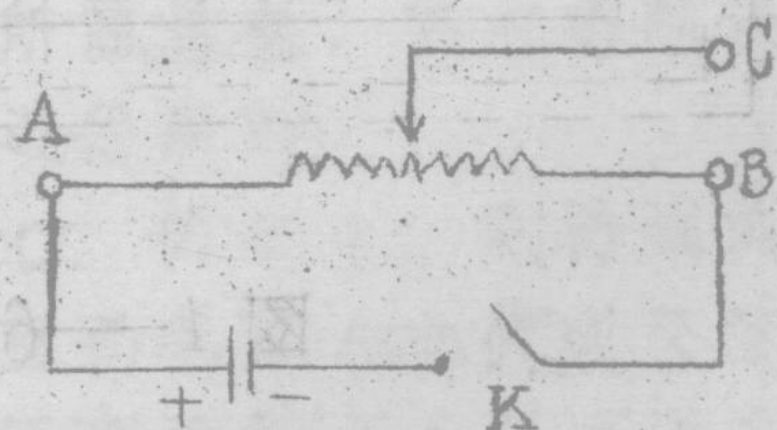
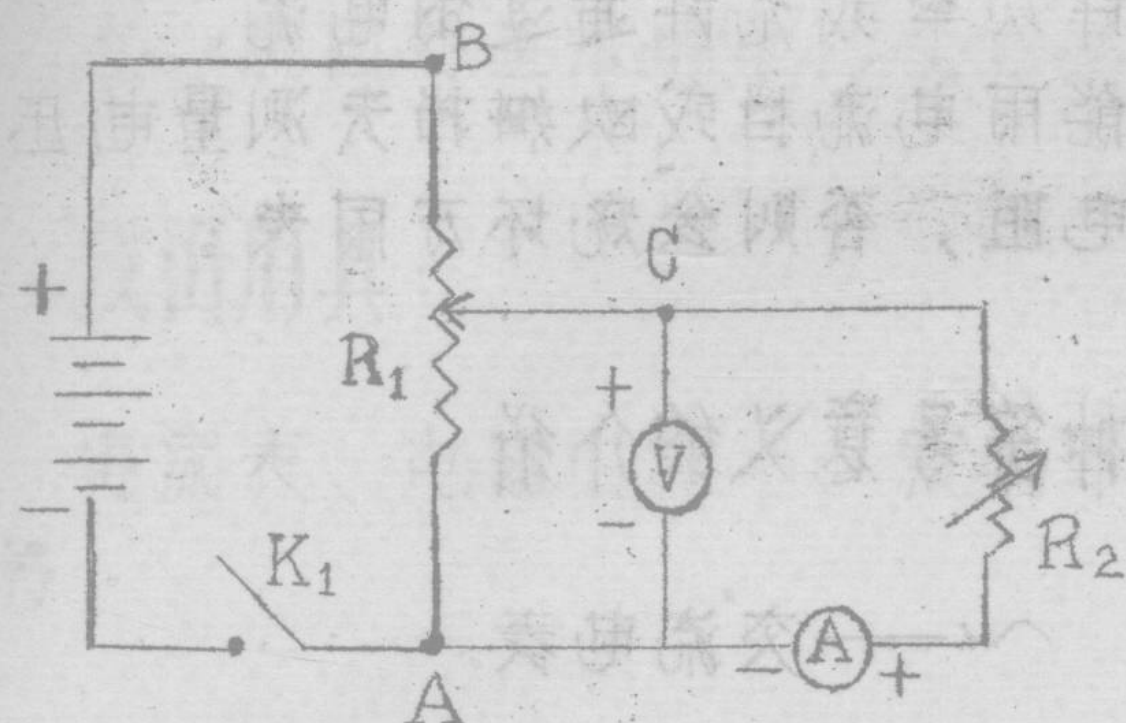


图 1——8 分压器

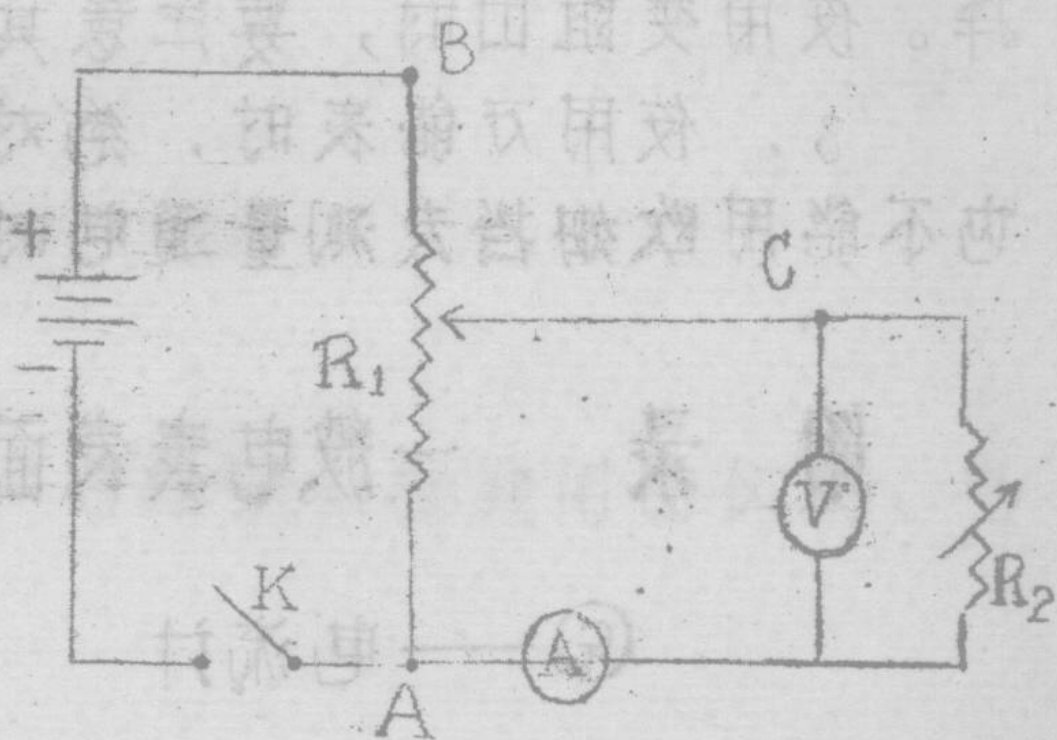
## 四 实验内容

### 1. 用安培计和伏特计测量电阻

分别按图 1 — 9 和图 1 — 10 的线路测定电阻  $R_2$  的值，并对测量结果进行分析讨论。



( 图 1 — 9 )



( 图 1 — 10 )

### 2. 用代替法测定电流计的内阻

按图接图 1 — 11 所示线路，先将开关  $K_2$  接到 1，调节  $R_1$  或  $R_2$  使电流计 G 的指针指到满度，记下此时毫安表的读数（此数即为 G 表的量程）。然后将开关  $K_2$  接到 2，调节  $R_3$  使毫安表达到原先的读数，此时  $R_3$  的值即为电流计的内阻。

### 3. 用万用表测量市电的交流电压、电池的端电压和变阻器的电阻。

首先要认清表面各按钮的作用，然后选择适当的档位进行测量。（要正确选择档位，否则烧坏电表）。

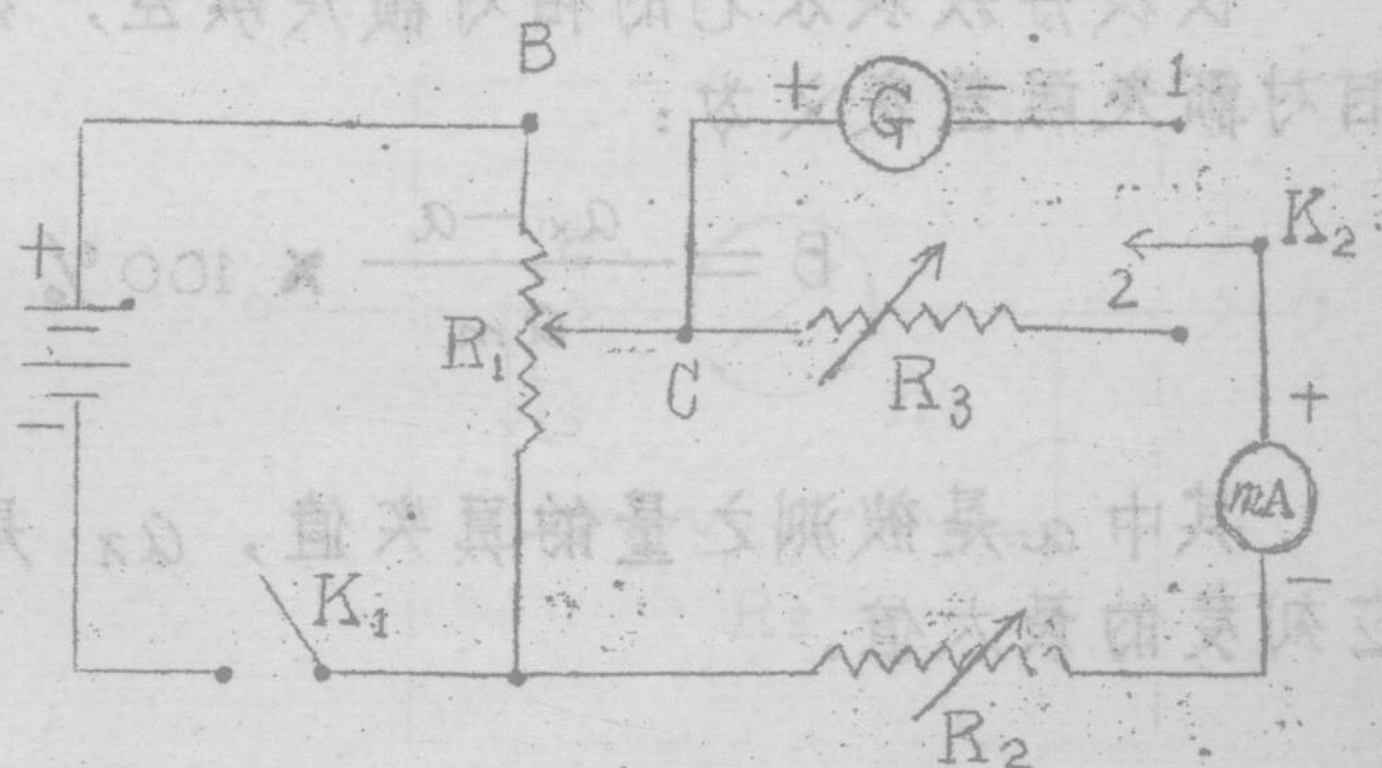


图 1 — 11