

物理实验

第二册

(八 一 级 用)

物理实验室

上海工业大学

一九八二年六月

目 录

实验十三、电子示波器.....	13-1
十四、用冲击法测螺线管内磁感应强度.....	14-1
十五、电子束线的电聚焦、磁聚焦、电偏转和磁偏转	15-1
十六、驻波.....	16-1
十七、声速的测定.....	17-1
十八、光学预备实验.....	18-1
十九、平行光管的调整及使用.....	19-1
廿十、牛顿环.....	20-1
廿一、衍射光栅.....	21-1
廿二、光的偏振现象的观察和研究.....	22-1
廿三、用旋光计测定物质的旋光率.....	23-1

实验十三 电子示波器

一、目的：

1. 了解电子示波器的结构和使用方法。
2. 观察交流电压及整流后的波形。
3. 通过李萨如图形的观察来测量频率。

二、仪器：

325-2 型示波器 一台 PB-2 型频率计 一台
6V 交流电源 一只 测试线路板 一块

三、原理：

示波器是电子仪器中的一种常用的测量工具，它可以用来观察电压与时间的关系（即电压的波形），当将其它物理量转换成电信号时，就可以在示波器上直接观察这些物理量的变化。

示波器的具体电路比较复杂，这里不作介绍，本实验仅限于初步学习示波器的使用。

示波管是示波器的核心，它的内部结构如图一所示：

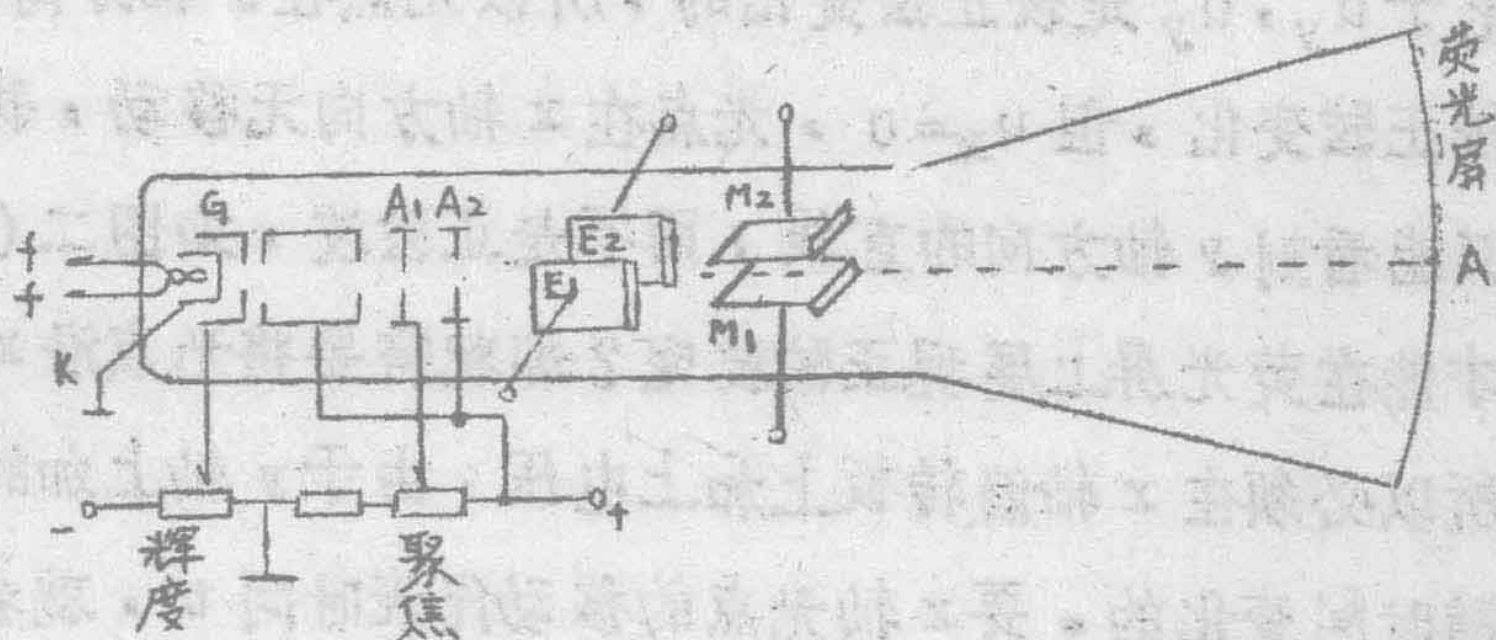


图 一

示波管由一根电子枪，一对垂直（或 y 轴）偏转板 M_1 、 M_2 ，一对水平（或 x 轴）偏转板 E_1 、 E_2 和一张荧光屏等组成。电子枪用来发射和加速电子束，两对偏转板用来控制电子束运动的方向，荧光屏在电子的碰击下能发光，其光点的亮度决定于电子束中电子的数量和速度，光点的粗细则决定于电子束的会聚程度，它们可以分别由面板上的“辉度 ”和“聚焦 ”、“辅助聚焦”旋钮来调节。

射向荧光屏的电子束，途径 x 、 y 偏转板时，偏转板是如何控制电子的运动方向呢？下面我们分别加以讨论：

(1) 当 x 、 y 轴偏转板上的电压 $u_x=0$ （或 $u_x=u_{E_2}-u_{E_1}=0$ ）、 $u_y=0$ （或 $u_y=u_{M_2}-u_{M_1}=0$ ）时，电子束打在荧光屏上 A 点。

(2) 当 $u_x>0$ ， $u_y=0$ 时，电子束将受电场作用力，使电子束向正极板偏转，则光点将由 A 点向右偏转；若 $u_x<0$ ，则反之。

(3) 当 $u_y>0$ ， $u_x=0$ ，光点向上移动；若 $u_y<0$ ，光点则向下移动。

(4) 当 y 轴偏转板上加正弦波电压 ($u_y=\sqrt{2}E\sin\omega t$)， x 轴偏转板不加电压 ($u_x=0$)，此时光点将沿 y 轴方向移动。移动的距离正比于 u_y ， u_y 是按正弦变化的，所以光点在 y 轴方向移动的距离也按正弦变化，但 $u_x=0$ ，光点在 x 轴方向无移动，我们在荧光屏上只能看到 y 轴方向的直线，而不是正弦波，如图二(a)所示，如何才能能在荧光屏上展现正弦波呢？那就需要将光点沿 x 轴方向拉开，所以必须在 x 轴偏转板上加上电压，由于 y 轴上加的电压的波形是随时间变化的。要 x 轴光点的移动代表时间 t ，就希望 x 轴的电压 (u_x) 随时间变化的关系是线性的。这个电压 (u_x) 称为扫描

电压（或称锯齿波电压），它的波形图，如图二（b）所示，它是由示波器的扫描发生器产生的。这样电子束不仅受 u_y 的作用，同时受到 u_x 的作用，使其展开成正弦波。

我们用比较直观的作图法将电子束受 $u_y u_x$ 电场力作用后的轨迹表示如图二（c）所示。

（5）若在 x 偏转板上加正弦波电压，在 y 偏转板上加的也是一正弦波电压，则电子束经过 x 、 y 轴偏转板时，将同时受两对偏转板极上电场力的影响，即电子束将同时参与这两个互相垂直振动的运动，在荧光屏上显示出的是其合成轨迹曲线（李萨如图形）。

示波器各旋钮位置如图三所示，主要旋钮及开关的作用介绍如下：

1) y 轴衰减：分1、10、100、1000四档，供选择适当的偏转电压以利观察。在“”位置时，机内试验电压直接从 y 轴输入端送入。

2) y 轴增益：系 y 轴衰减的微调，用来控制 y 轴信号幅度。顺时针旋转时幅度增大，反之，则幅度减小。

3) DC、AC：被测 y 轴信号输入耦合方式开关。置于“AC”时，输入端处于交流耦合状态，它隔断被测信号中的直流分量，使屏幕上显示的波形不受电平影响而变化；置于“DC”时，输入端处于直流耦合状态，特别适合于观察各种缓慢变化的信号。

4) 扫描范围：锯齿形扫描频率变换开关。分10~100Hz、100~1kHz、1k~10kHz、10k~100kHz四档；“TV-V”和“TH-H”分别为电视场频和行频扫描；在“外接”位置时，扫描发生器停止工作，外加信号可经“ x 输入”接线柱直接送入 x 轴放大

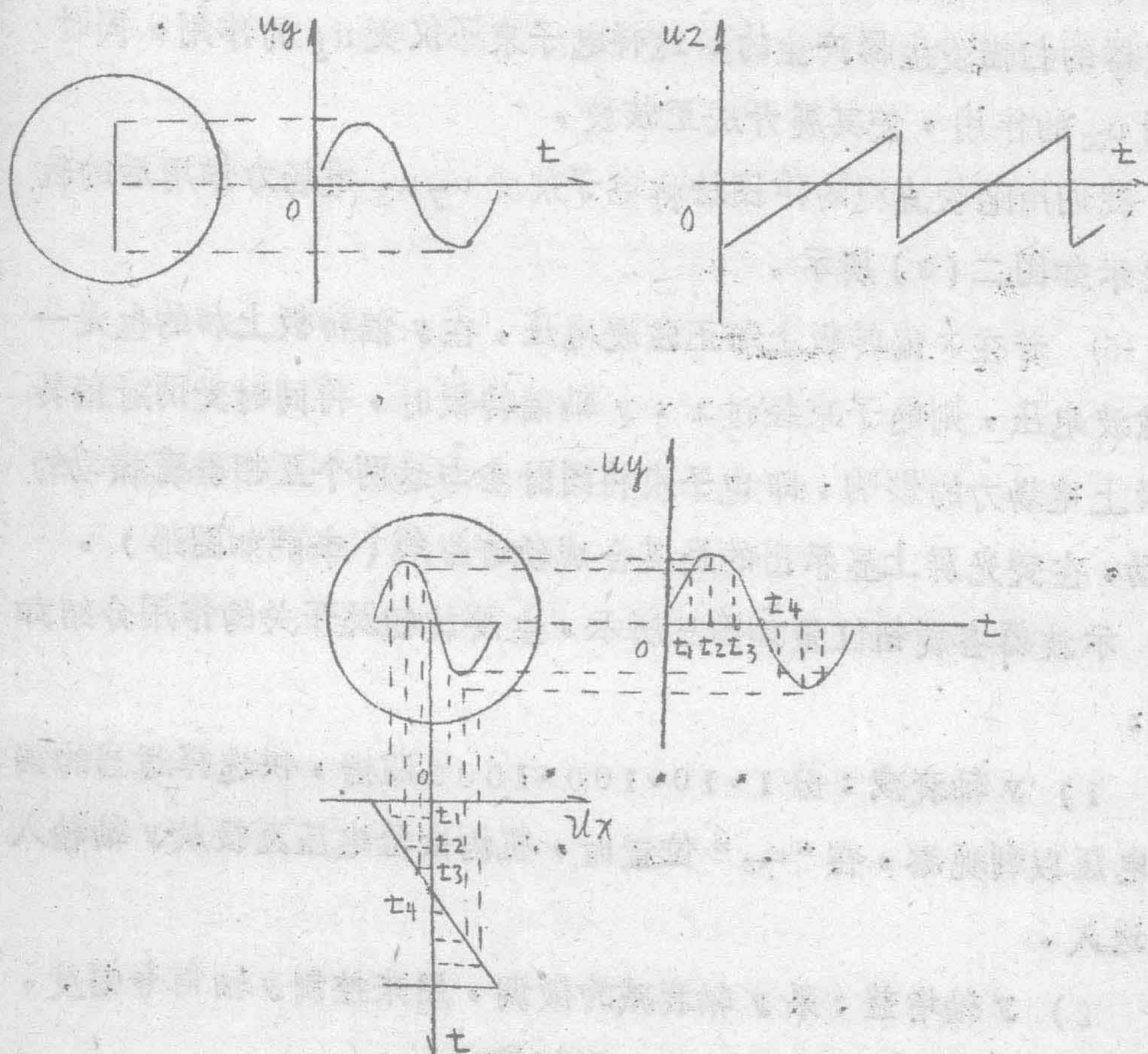
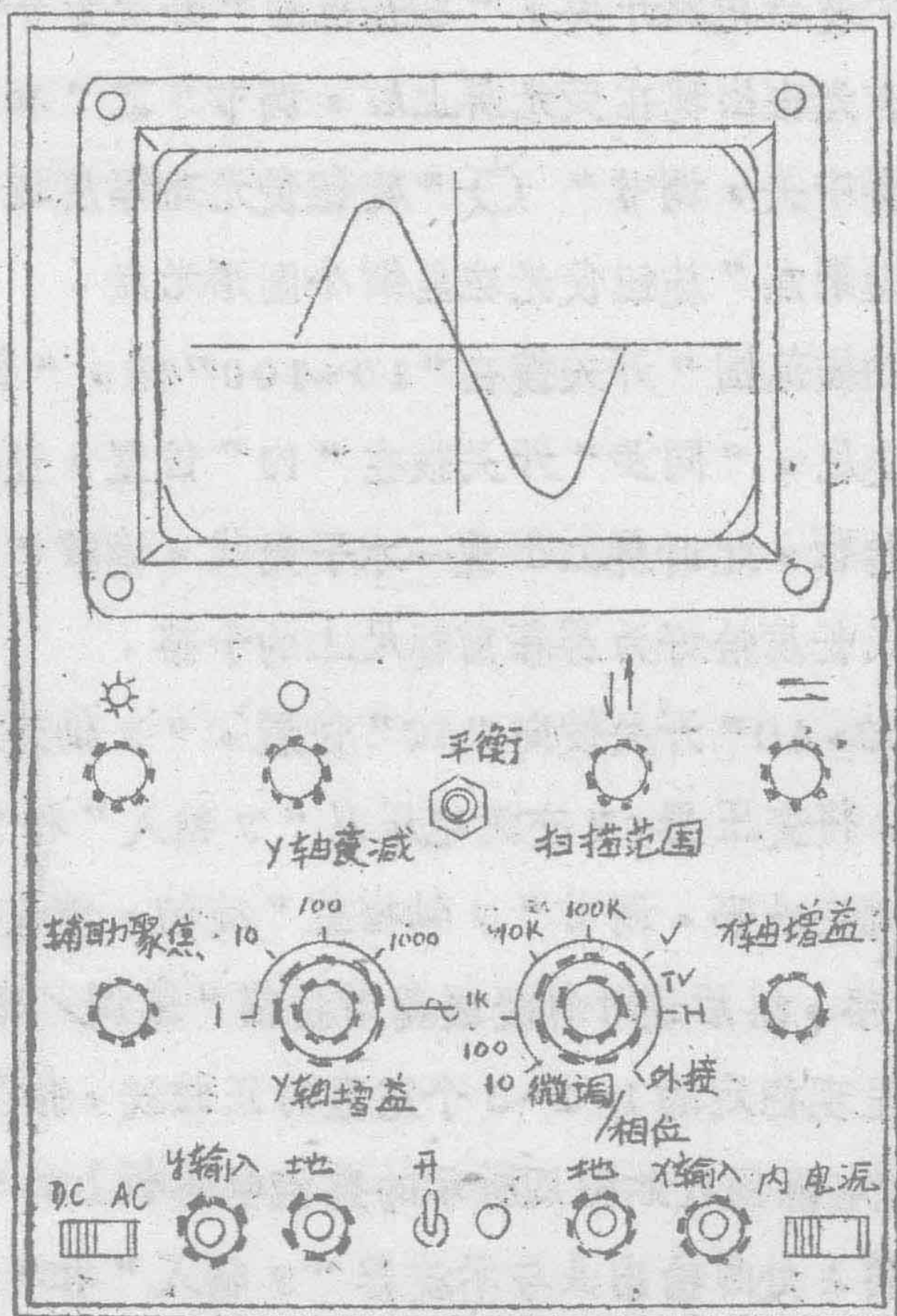


图 二

器放大。

5) 微调/相位: 在“同步”开关(图三的右下角)置于“内”位置时, 它作为扫描频率微调控制器, 顺时针旋转时, 扫描频率增大, 反之减小, 例如“扫描范围”开关置于“10~100”时, 则本控制器自左至右顺时针转动时, 频率变化在 $10\text{Hz} \sim 100\text{Hz}$ 范围。



图三 示波器面板图

当“同步”开关置于“电源”位置时，它则起相位调节作用。

6) 同步：控制扫描发生器的同步方式。置于“内”时，同步信号自Y轴直接送至扫描发生器；置于“电源”时，则由电源频率信号输入X轴放大器，作为时基信号。

四、实验步骤：

1. 用示波器观察交流、整流（及带有滤波器）波形

1) 打开示波器电源开关，“扫描范围”开关置于“外接”，略等一会，见有光斑出现在荧光屏上后，调节“ $\leftarrow$ ”和“ $\rightarrow$ ”旋钮使光斑移至屏中央，调节“ $\odot$ ”旋钮使光斑辉度适中，再调节“ $\odot$ ”和“辅助聚焦”旋钮使光斑呈细小圆形光点。

2) 将“扫描范围”开关拨在“10~100”档，“微调/相位”旋钮顺时针向旋足，“同步”开关拨在“内”位置，让机内扫描电压接通水平偏转板，此时屏上出现一水平亮线。调节“x轴增益”旋钮使水平亮线长度恰好为屏幕前标尺上的十格。

3) 将“DC·AC”开关拨向“AC”位置，“y轴衰减”开关拨在“100”档。将变压器6V交流电压从“y输入”和“地”输入，屏幕上呈现交流电波形。调节“y轴增益”旋钮，使波形幅度恰好为标尺上的六格。然后逆时针缓缓调节扫描“微调/相位”旋钮，使屏幕上先后呈现稳定的1、2、3个完整的正弦波，描下波形。

4) 将6V交流电源接入如图四所示的整流电路板上的“~6V”插孔内，以导线将A处两输出头与示波器“y输入”和“地”连接。

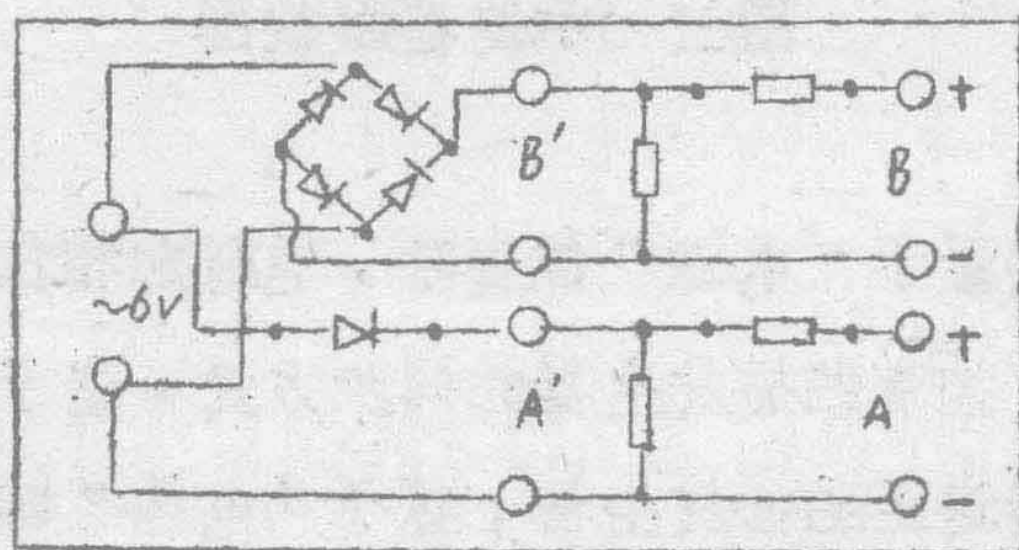


图 四

再将示波器“DC、AC”开关拨在“DC”位置。此时整流板电路成半波整流状态，如图五所示。观察并记下波形。

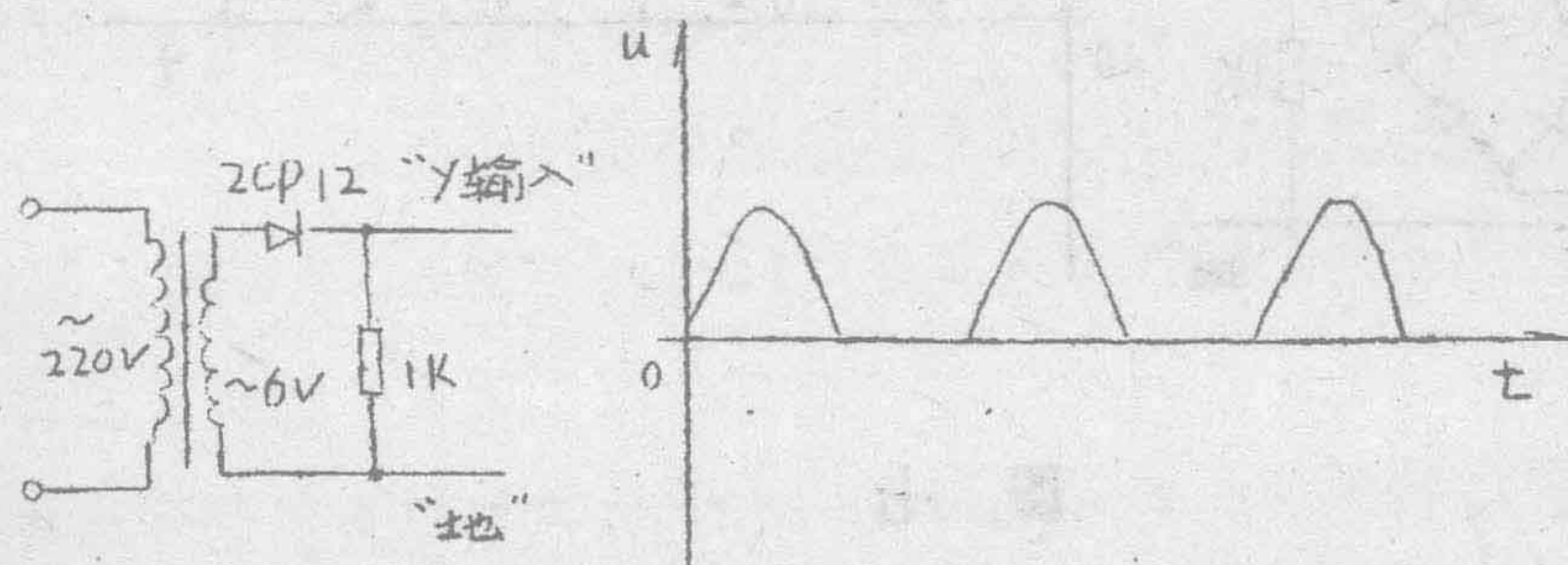


图 五

将电解电容插入A'处插孔内（注意极性），电路成带有滤波器半波整流状态，如图六所示。观察并记下波形。

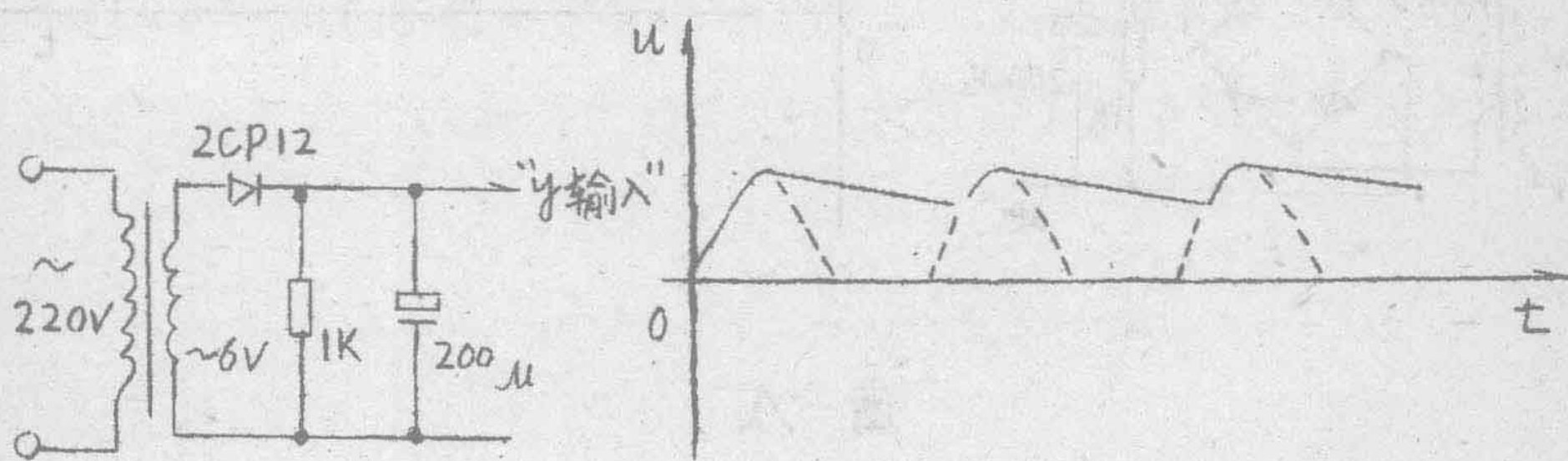


图 六

5) 拔出A处导线，改接在B处，此时电路成桥式整流状态，如图七所示。观察并记下波形。

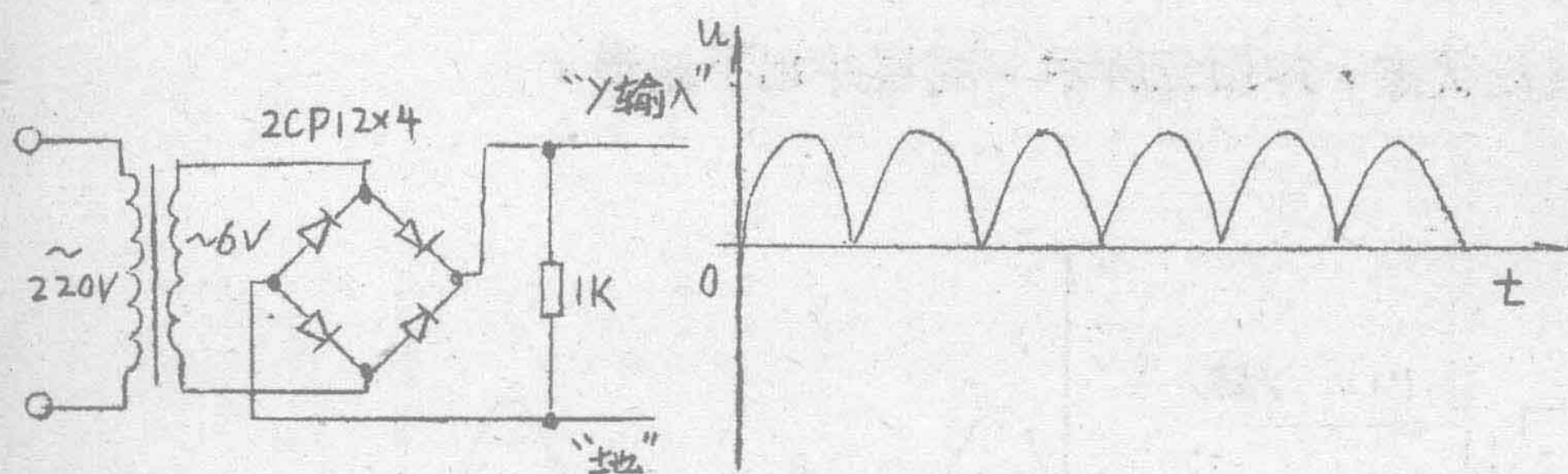


图 七

将电解电容改插在B'处，电路成带滤波的桥式整流状态，如图八所示。观察并记下波形。

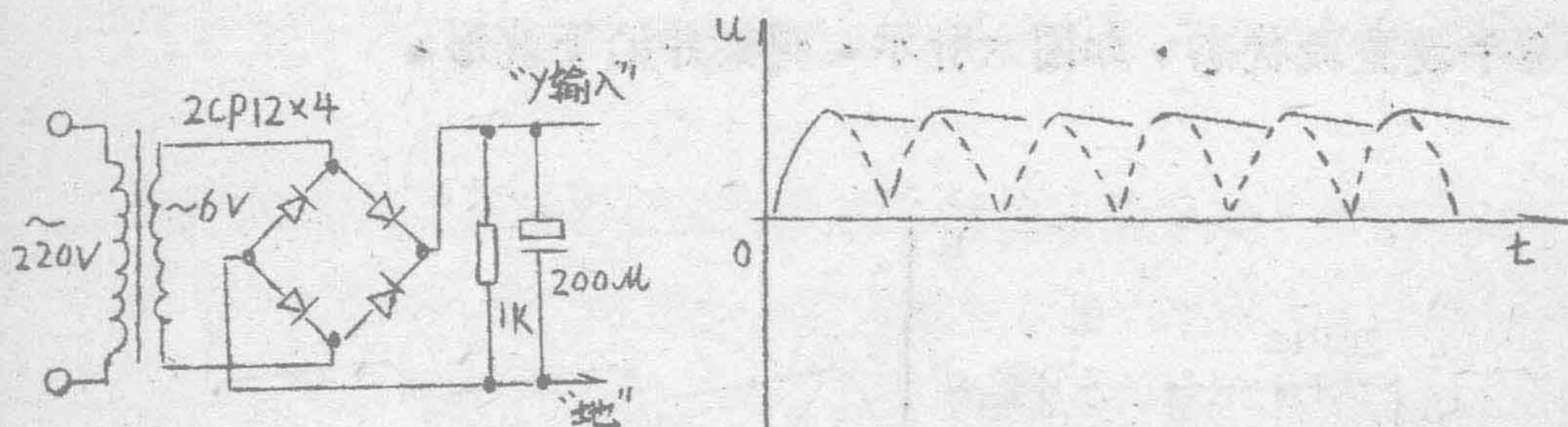


图 八

2 用示波器观察李萨如图形

1) 将示波器“扫描范围”拨至“外接”，电源变压器的6V交流电从Y输入；另用电线将示波器的“X输入”和“地”与频率计（面板如图九所示）的“讯号输出端连接，以备频率计的正弦电

压从x输入。

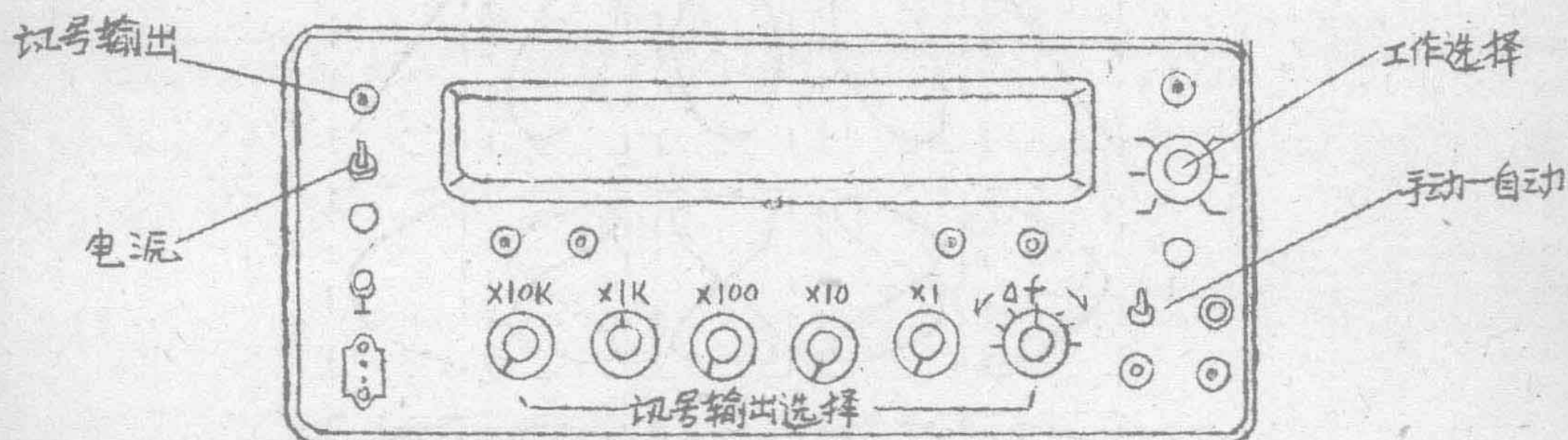


图 九

2) 合上频率计电源开关，预热后，将“工作选择”转到“输出Ⅱ”位置，并将“手动——自动”开关拨至“自动”，则面板上的数码管每隔5秒钟自动清除原来的数字，重新显示输出的讯号频率。

3) 调节“讯号输出选择”开关，使数码管显示值为50，即频率计输出50赫兹的正弦交流电压。此时示波器屏上应依次出现如图十第一行所示的各种图形。

4) 调节“频率微调”—— Δf 旋钮能使图形稳定不动。调节该旋钮，使屏幕上出现稳定不动的、频率比为1:1的、位相差为 $\frac{\pi}{2}$ 的波形。记下波形。

5) 依照步骤3)和4)调节，让频率计先后输出100、150、75赫兹的交流电压，即可在屏上观察到如图十所示的李萨如图形。记下位相差为 $\frac{\pi}{2}$ 时，各种频率下的波形。

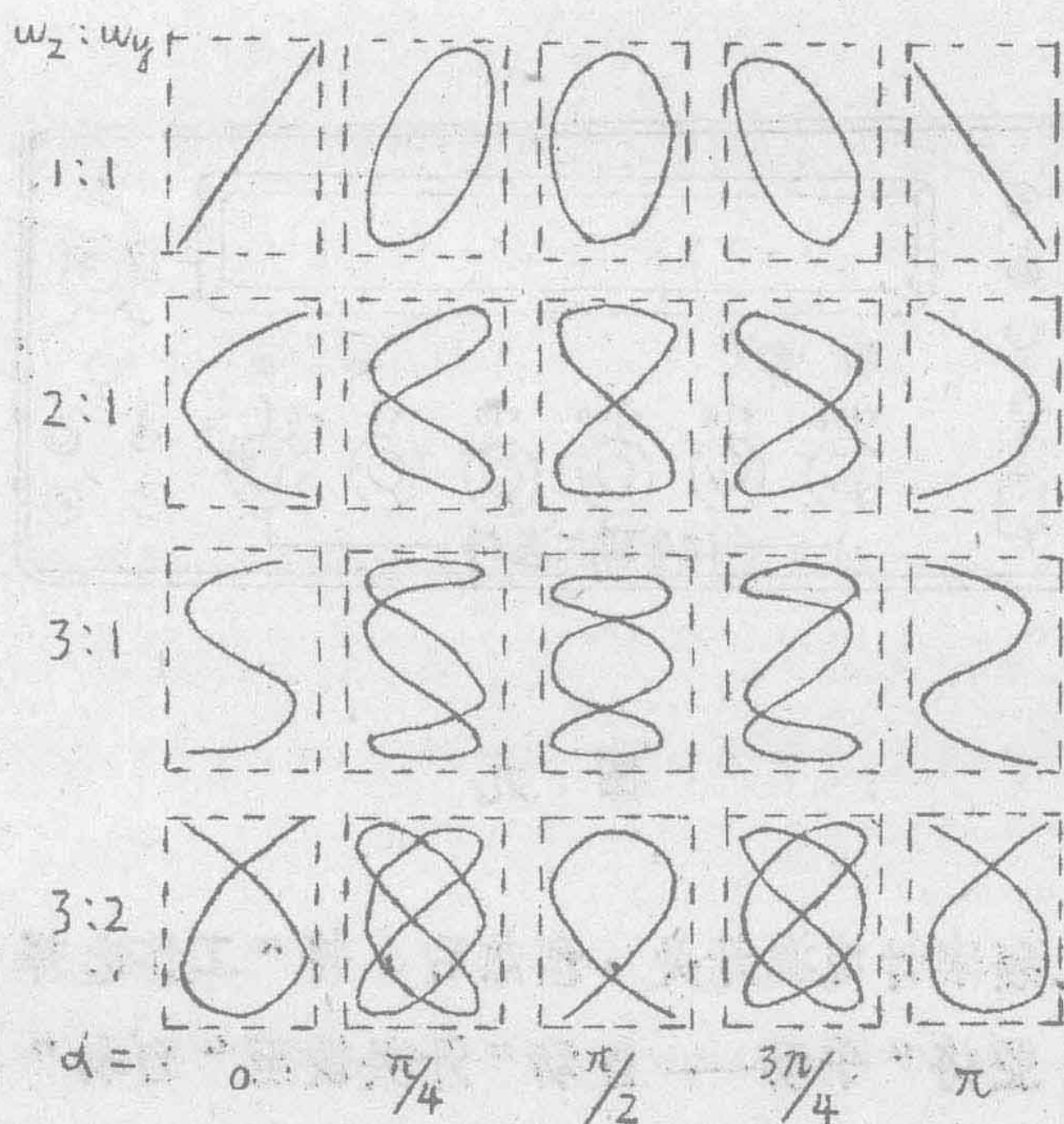


图 十

3. 用李萨如图形测定市电频率

根据示波器的两对偏转板分别输入两个频率成简单整数比值的正弦交流电，可显示稳定的李萨如图形原理，可由其中一已知频率，确定另一待测交流电频率。具体方法如下：

1) 仍按前述方法接线和调节，使频率计输出 50 赫兹左右的交流电，并使示波器屏幕呈现稳定的波形，例如一椭圆。

2) 观察示波器标尺中某一水平线刻线和某一垂直刻线与图形相交的交点个数 n_x 和 n_y ，这两点数与水平和垂直偏转板上的信号频率 f_x 和 f_y 之间有下列关系

$$\frac{n_y}{n_x} = \frac{f_x}{f_y}$$

其中 f_x 可以从频率计读出，故待测市电频率 f_y 则可由上式算出。

3) 仿照步骤 1)、2) 的方法，将 f_x 先后调在 100 和 150 赫兹附近，求得相应的点数，记下点数和频率 f_x 。

五、数据处理

1) 画出交流、半波整流、半波整流加滤波、桥式整流、桥式整流加滤波五种电原理图，按比例画出相应的波形。

2) 按比例画出频率计输出分别为 50、100、150、75 赫兹，位相差为 $\frac{\pi}{2}$ 时的李萨如图形。

3) 设 6V 交流电源频率为未知，频率计频率为已知，改变输出频率三次 (50、100、150 赫兹)，列表填入交点数 n_x, n_y ，标准频率 (已知频率)，和由前式算出的待测频率。

注意事项：

1) 示波器屏上光点不宜过亮，以免损伤荧光屏。

2) 示波器上的开关和旋钮不可强行扭动。

实验十四 用冲击法测螺线管内磁感应强度

一、目的：

1. 初步掌握冲击电流计的原理及使用方法；
2. 用冲击法测定螺线管内磁感应强度。

二、仪器：

长直螺线管 冲击电流计 标准互感器

直流稳压电源 直流电流表 电阻箱 换向开关 选择开关
阻尼开关 导线

三、原理：

1. 通电长直螺线管内磁感应强度的理论值

若螺线管的长度比它的口径大得多，就可以近似地看作“无限长”螺线管。据理论分析，在螺线管轴线上磁感应强度 B 的分布如图一所示。在螺线管内部，轴线上各点的磁感应强度几乎是匀强的。

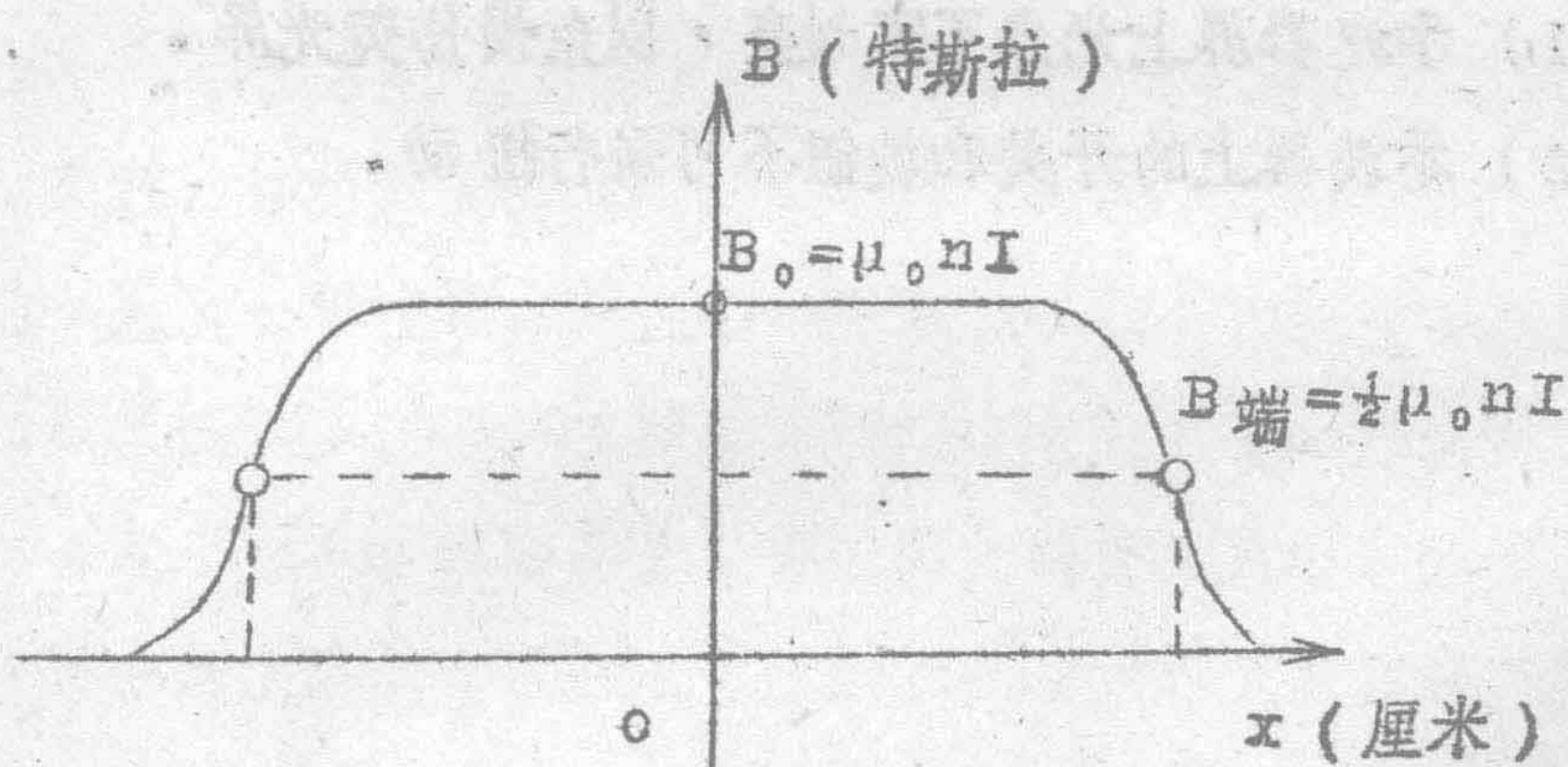


图 一

而接近端口处 B 值锐减，在端口处，磁感应强度恰为管内部场强的一半。理论上，

$$B_{\text{中心}} = \mu_0 n I \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$B_{\text{端口}} = \frac{1}{2} \mu_0 n I \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中， I 为螺线管导线上的电流强度；

n 为螺线管单位长度的线圈匝数；（若螺线管长度为 L 米，

线圈总数为 N ，匝，则 $n = N/L$ 匝/米）。

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨利/米为真空磁导率。

2. 冲击电流计：

当短暂的脉冲电流流过电流计线圈时，若线圈的运动周期大于脉冲电流的持续时间，则电流计可以用来测量这时流经电流线圈的电量（见附录）这种电流计叫做冲击电流计。它在结构上与一般电流计略有不同，它的线圈常做成扁宽形状，并在线圈转轴上附加一圆盘，使线圈的转动惯量明显增大，因而线圈的运动周期较长，本实验使用的电流计的周期大于 20 秒。（图二）

AC4/3 型电流计是一种反光式光标读数的电流计。一般在线圈转轴上附装一面小园镜，镜面随轴而转动。在读数标尺旁，装一聚光光源，光线由光源→反射镜→小园镜→反射镜→标尺，并在标尺上形成光斑。（图三）。这样，线圈的转动引起反射光线的扫掠，因而使光斑在标尺上有较大的位移。若线圈转动角度不大，标尺与反射镜的距离又足够大，则近似地可以认为 θ 角与光斑在标尺上的线位移 a 成正比，即： $\theta \propto a$ 。

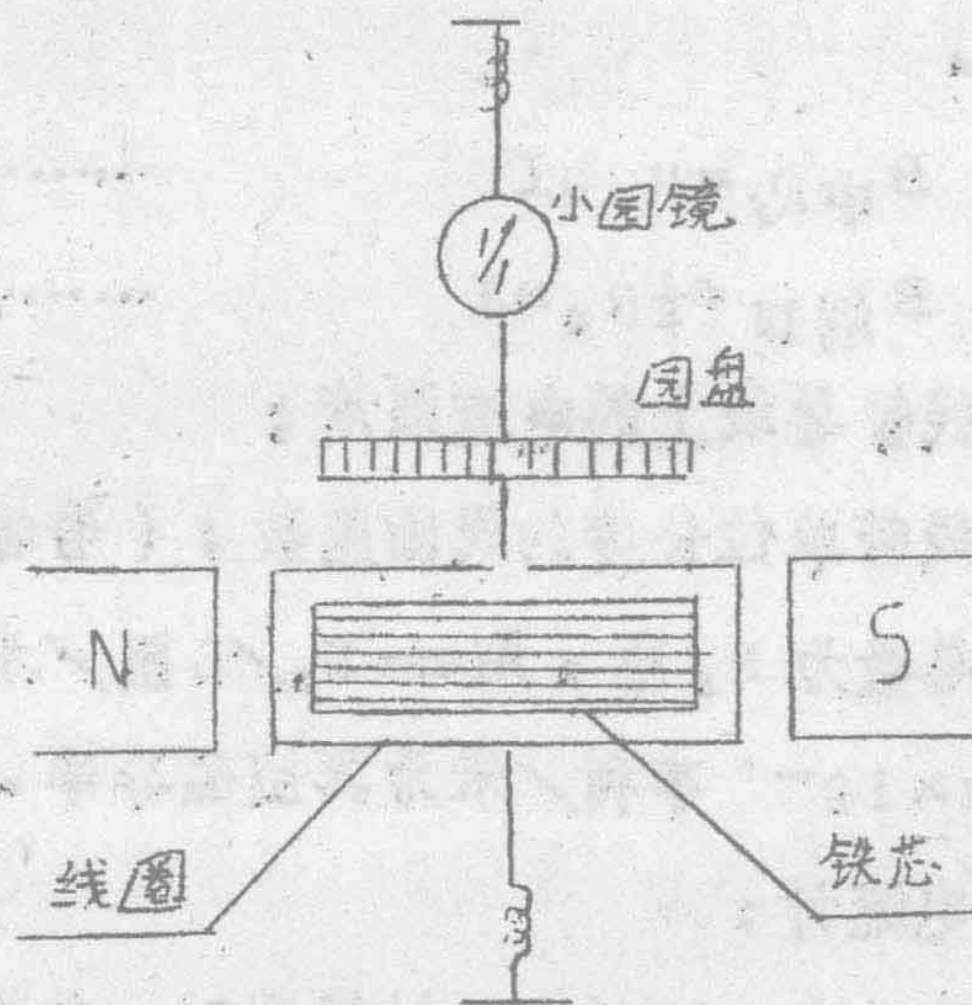


图 二

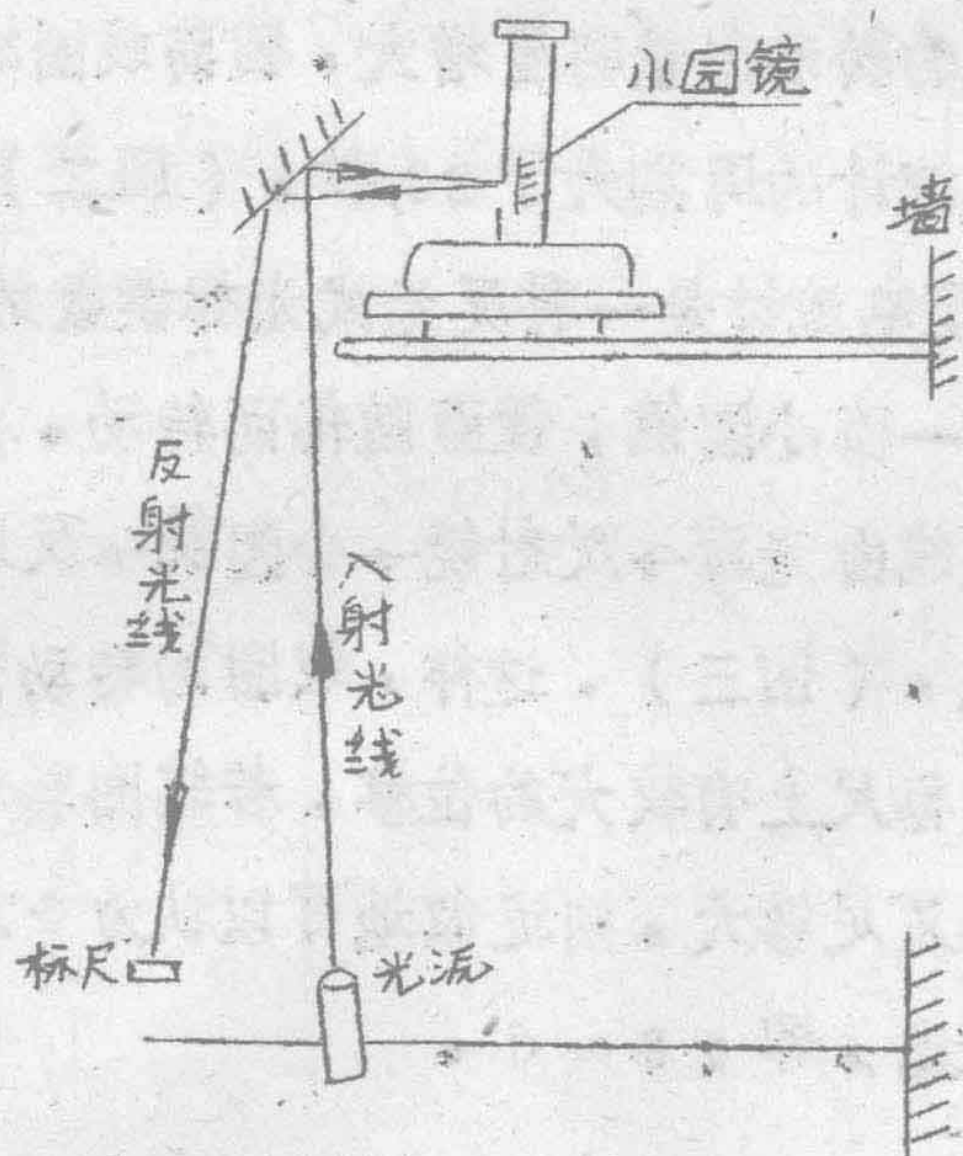


图 三

3. 冲击法测磁感强度的原理：

(1) 测试线路原理图（如图四所示）

图中 L_1 为螺线管线圈，其圈数为 N_1 （匝）

L_2 为探测线圈，圈数为 N_2 （匝）电阻为 R_L （欧）

M_1 ：互感器初级线圈

M_2 ：互感器次级线圈，其电阻为 R_m （欧）

G ：冲击电流计，其内阻为 R_g （欧）

K ：电源开关

R ：限流可变电阻

E ：直流稳压电源 mA ：毫安表 K_1 ：换向开关

K_2 ：选择开关 K_3 ：阻尼开关

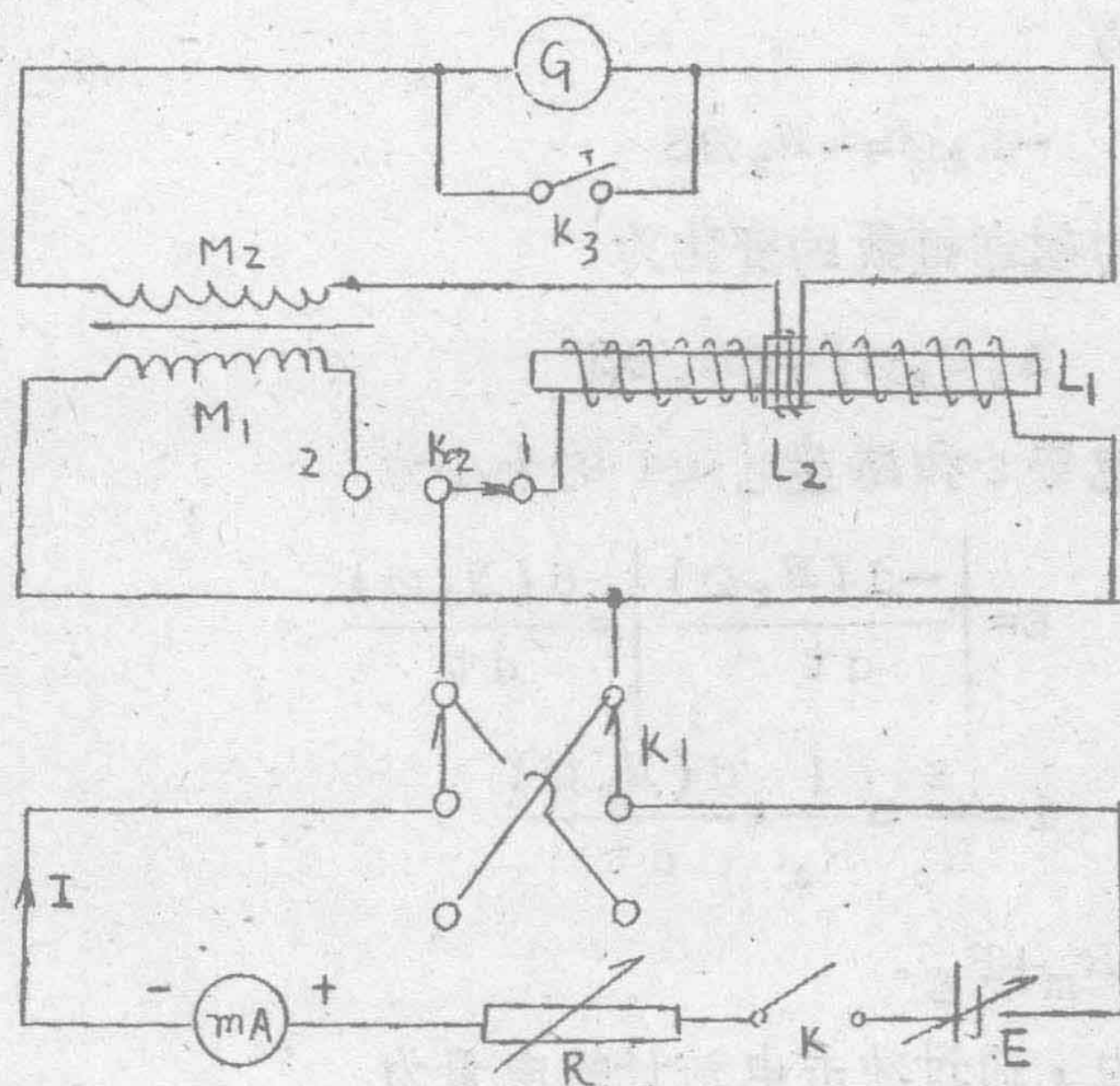


图 四