

# 物理实验预习报告

实验名称：\_\_\_\_\_ 万用表的设计 1 \_\_\_\_\_

指导教师：\_\_\_\_\_ 方则正 \_\_\_\_\_

班级：\_\_\_\_\_ 机械 2402 \_\_\_\_\_

姓名：\_\_\_\_\_ 叶畅飞 \_\_\_\_\_

学号：\_\_\_\_\_ 3240103132 \_\_\_\_\_

实验日期：2025 年 10 月 21 日 星期二 下午

浙江大学物理实验教学中心

# 一、预习报告（10 分）

## 1. 实验综述（5 分）

### (1). 实验现象

通过改变简易万用表接入电路的方式得到电流表和电压表，通过调节不同的分流或附加电阻，能够实现多量程测量，且在不同量程档位下，表头指针能正确指示对应的电流或电压值。欧姆表档位下，短接表笔时指针满偏（调零），断开时指针指在零电流处（ $\infty$ 电阻）；测量电阻时，指针的偏转角度与电阻大小一一对应，并可观察到欧姆刻度不均匀的现象。

### (2). 实验原理

万用表的设计原理核心在于利用磁电式电流计（表头）的特性，通过配置不同的电阻网络，将其改装成多量程的电流表、电压表和欧姆表。磁电式电流计的两个关键参数：

- 量程 $I_g$ ：允许通过的最大电流。
- 内阻 $R_g$ ：表头的内部电阻。可用替代法或中值法获得

#### 1). 改装多量程电流表

电流表的扩程通过将电流计与分流电阻（ $R_s$ ）并联实现。当电流计与分流电阻并联时，大部分电流通过分流电阻，只有小部分电流通过电流计，从而达到扩大总电流测量范围的目的。

若改装后的电流表量程为 $I$ ，则有：

$$R_s = \frac{R_g I_g}{I - I_g} \quad (1)$$

并联不同阻值的分流电阻，可实现多量程电流测量。如图 1 所示，电流计量程为 $1mA$ ，改装后有 $5mA$ 和 $10mA$ 的量程。

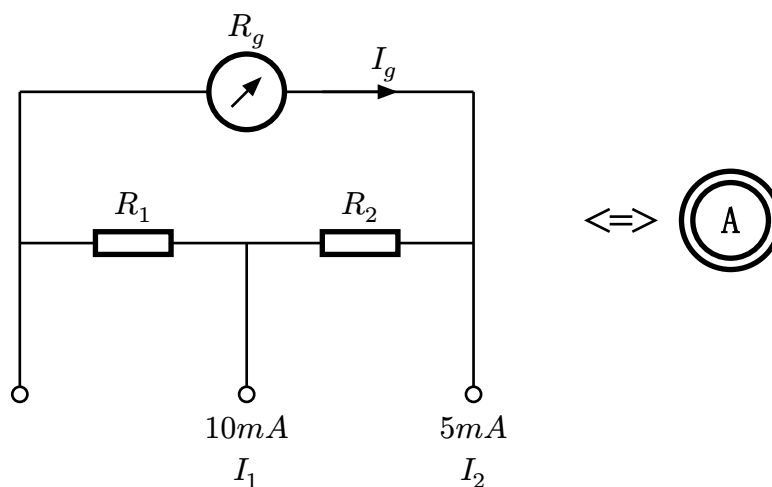


图 1： 多量程电流表电路图

根据改装后的电路图，可得：

$$\begin{aligned}(R_2 + R_g)I_g &= R_1(I_1 - I_g) \\ (R_1 + R_2)(I_2 - I_g) &= R_g I_g\end{aligned}\quad (2)$$

计算出 $R_1$ 、 $R_2$ 后，即可设计出多量程电流表。然后，用图 2 所示电路校正，并分析误差。

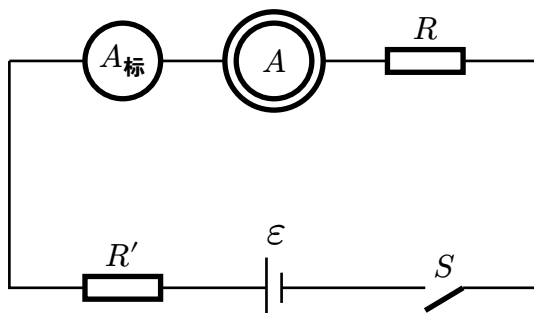


图 2： 电流表校正电路图

## II). 改装多量程电压表

电压表的扩程通过将电流计与分压电阻（ $R_x$ ）串联实现。当电流计与附加电阻串联时，增加了电压表的总内阻，从而达到扩大总电压测量范围的目的。若改装后的电压表量程为 $U$ ，则有：

$$R_p = \left( \frac{U}{I'_g} \right) - R'_g \quad (3)$$

其中， $R'_g$ 和 $I'_g$ 分别为电流计在电压表中的等效内阻和等效量程。

串联不同阻值的分压电阻，可实现多量程电压测量。如图 3 所示，改装后有 5V 和 10V 的量程。

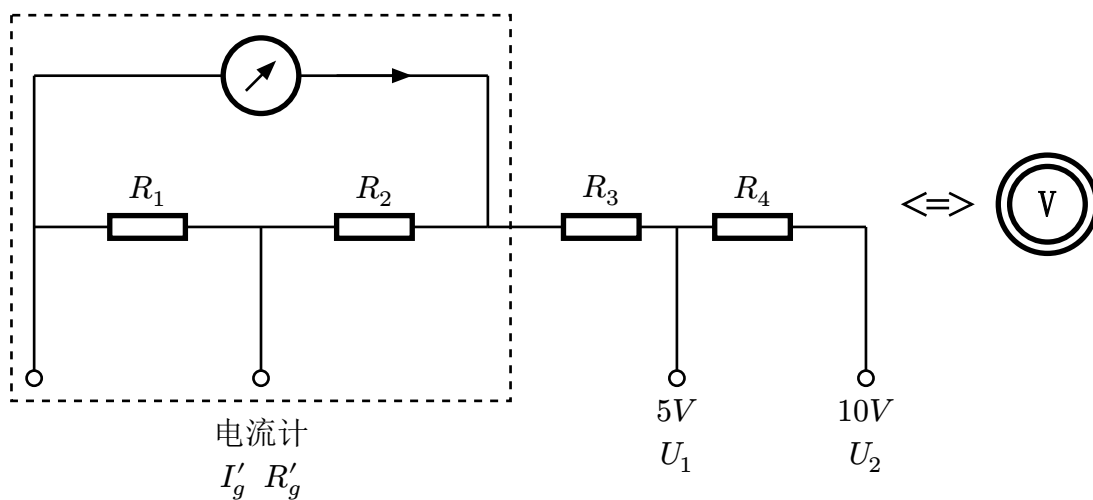


图 3： 多量程电压表电路图

根据改装后的电路图，可得：

$$\begin{aligned} U_1 &= I'_g(R_3 + R_g) \\ U_2 &= I'_g(R_3 + R_4 + R_g) \\ R'_g &= \frac{R_g(R_1 + R_2)}{R_g + R_1 + R_2}, \quad I'_G = 5mA \end{aligned} \quad (4)$$

计算出 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 后，即可设计出多量程电压表。然后，用图 4 所示电路校正，并分析误差。

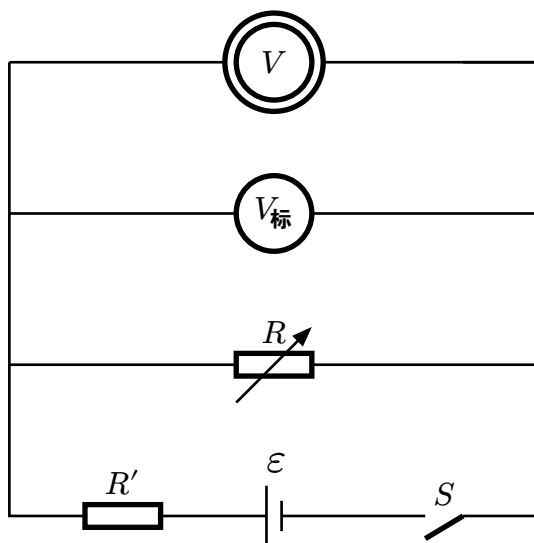


图 4： 电压表校正电路图

### III). 改装欧姆表

欧姆表的改装是将电流计与电池和附加电阻串联组成一个闭合回路。通过调节附加电阻，使得在欧姆表两端短接时，电流计指针满偏（调零）。

原理图如图 5 所示：

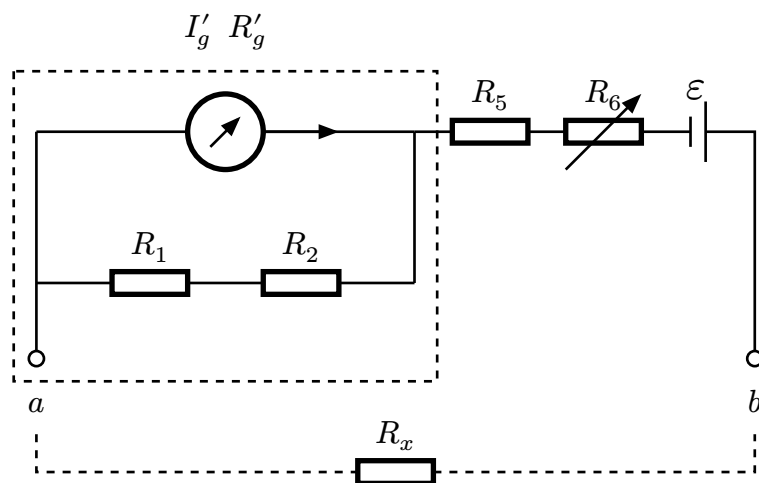


图 5： 欧姆表电路图

首先，短接 a 和 b，调节  $R_6$  使得电流计指针满偏，此时有  $I_0 = \frac{\varepsilon}{R'_g + R'}$ ，其中  $R'$  为电路回路中的其他电阻总和。然后，断开 a 和 b，接入  $R_x$ ，此时有  $I_x = \frac{\varepsilon}{R'_g + R' + R_x}$ 。

当  $R_x = R'_g + R'$  时，有  $I_x = \frac{I_0}{2}$ ，此时  $R_x$  称为欧姆表的中值电阻，根据此法可以在电流计面板上标出欧姆刻度，刻度不均匀。

### III). 实验方法

#### 0. 替代法测量电流计内阻 $R_g$ ：

先将电流计与标准电流表串接在测量回路中  $R$ ，调节可变电阻使回路电流为合适值  $I$ ；再用电阻箱替代电流计，调节电阻箱使回路电流仍为  $I$ ，此时电阻箱的阻值即为电流计的内阻  $R_g$ 。

1. 多量程电流表的设计与校正
2. 多量程电压表的设计与校正
3. 欧姆表的设计与刻度曲线绘制

## 2. 实验重点（3 分）

- (1). 通过设计万用表，深入理解其工作逻辑，并加强设计电路的能力。
- (2). 加强学生对电路中欧姆定律的认知。

## 3. 实验难点（2 分）

- (1). 了解指针式万用表测量电流、电压以及电阻的基本原理。
- (2). 掌握多量程电流表、电压表和万用表的设计方法，并能设计出具体电路。
- (3). 记录数据并作出欧姆表刻度曲线曲线。