浙江大学

物 理 实 验 报 告

实验名称： 万用表的设计

实验桌号： 4

指导教师：

班级：

姓名：

学号：

实验日期： 2025 年 9 月 28 日　　**星期** 日 **下午**

（此处填实验选课系统内日期）

浙江大学物理实验教学中心

如有实验补做，补做日期：

情况说明：

一、预习报告（10 分）

（注：将已经写好的“物理实验预习报告”内容拷贝过来）

1. 实验综述（5 分）

（自述实验现象、实验原理和实验方法，包括必要的光路图、电路图、公式等。不超过 500 字。）

(1) 实验现象

电流通过导体产生的磁效应以及电表指针的偏转。当电流通过电流计的线圈时，线圈会受到安培力而发生偏转，其偏转角度与通过的电流大小成正比。在改装和校验电表的过程中，会观察到标准电表和改装电表的读数变化，理想情况下两者读数应保持一致。本实验围绕指针偏移的现象设计万用表

(2) 实验原理

1. 改装多量程电流表

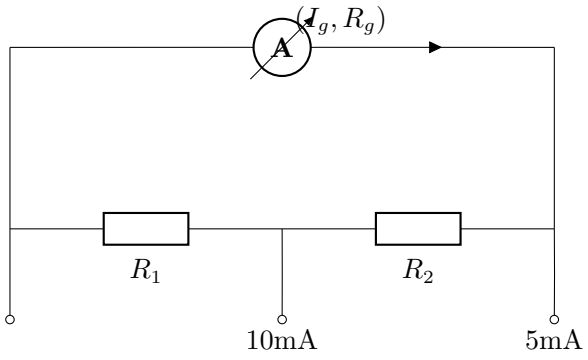


图 1: 多量程电流表电路原理图

由于电流量程 I 常远大于 I_g，因此我们需要给检流计并联上分流电阻。如图1，有关系：当接量程 I_1 时，电流计与 R_2 串联，然后与 R_1 并联，即：

$$(R_g + R_2)I_g = R_1(I_1 - I_g) \tag{1}$$

当接量程 I_2 时，R_1 与 R_2 串联，然后与电流计并联，即：

$$(R_1 + R_2)(I_2 - I_g) = R_g I_g \tag{2}$$

计算出 R_1、R_2 后，即可设计出多量程电流表。

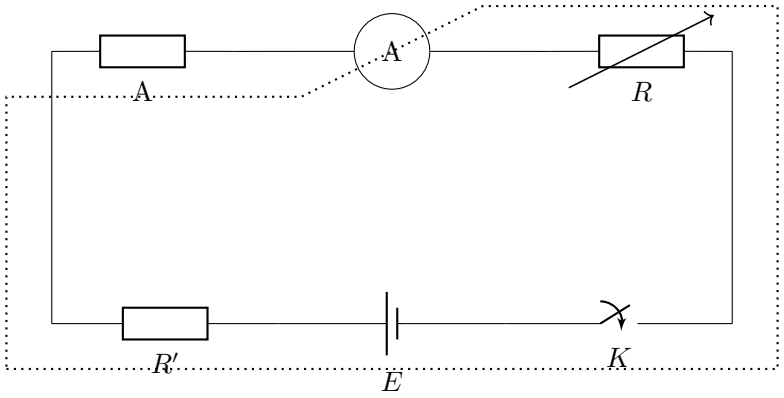


图 2: 使用半偏法测量电流表内阻的电路原理图

然后，用图2所示电路校正，并分析误差。

2. 改装电压表

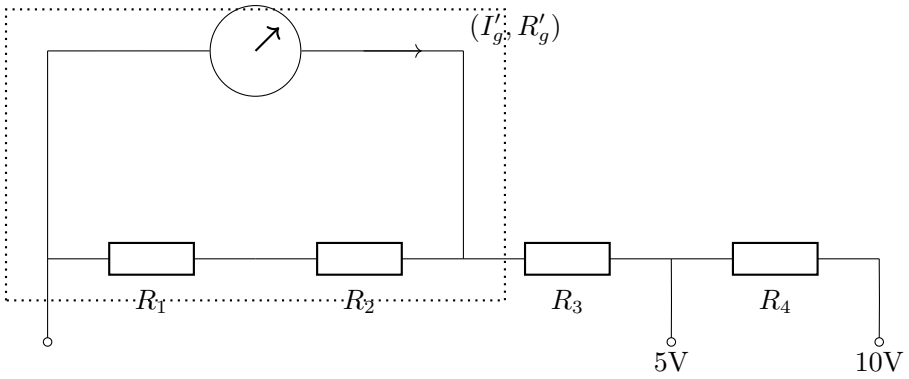


图 3: 多量程电压表电路原理图

类似的，由于电压表量程通常远大于 I_gR_g，因此我们给检流计串联上分压电阻。有关系：(如图3)

$$I_g'(R_g' + R_3) = U_1 \tag{3}$$

$$I_g'(R_g' + R_3 + R_4) = U_2 \tag{4}$$

$$R_g' = \frac{R_g(R_1 + R_2)}{R_g + R_1 + R_2} \tag{5}$$

$$I_g' = I_2 = 5\text{mA} \tag{6}$$

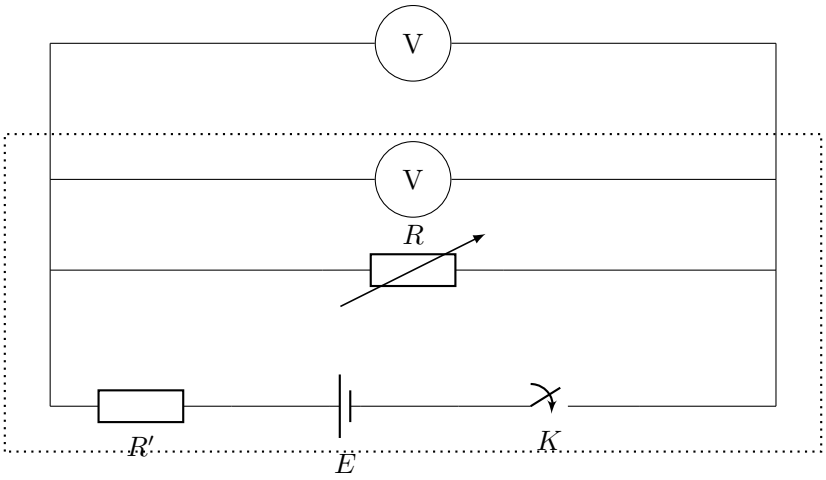


图 4: 伏安法测量电压表内阻的电路原理图

然后进行计算和矫正，并分析误差（如图4）

3. 改装欧姆表

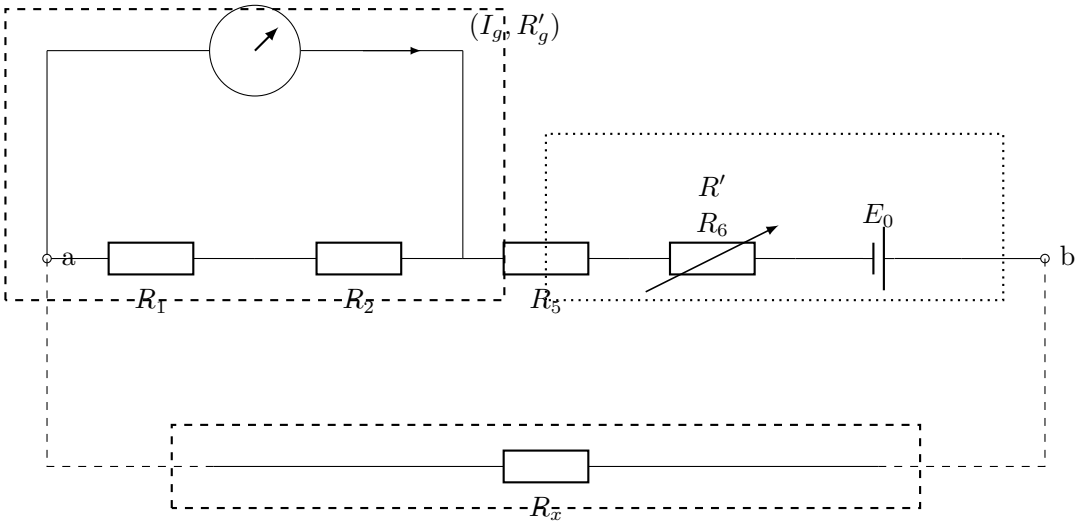


图 5: 欧姆表内部电路原理图

如图5所示, 首先短接 a,b, 调节 R_b 使电流计满偏, 此时有

$$I_0 = I'_g = \frac{E_0}{R'_g + R'} \tag{7}$$

其中 R' 为回路中其他电阻 (R_5, R_6, 电源内阻等) 之和。

当 R_x 接入回路中, 有

$$I = \frac{E_0}{R'_g + R' + R_x} \tag{8}$$

当 $R_x = R'_g + R'$ 时, $I = \frac{I_0}{2}$, 此时 R_x 称为欧姆表的中值电阻。利用此方法在电流计面板上刻上刻度以显示不同阻值。

(3) 实验方法

本实验方法首先采用替代法或中值法测量电流计内阻。接着，通过计算并联或串联电阻，分别设计和改装成 5mA 电流表与 5V 电压表，并进行校验与校准。最后，设计并改装欧姆表，完成调零，并通过描绘特性曲线来分析其电阻分布。

2. 实验重点（3 分）

（简述本实验的学习重点，不超过 100 字。）

本次实验的学习重点在于理解万用表的基础工作原理，特别是掌握如何运用磁电式电流计与不同阻值的电阻来组建多量程的电流表和电压表。此外，学会通过调节分流电阻与分压电阻来校准万用表，以确保其在各个量程下的测量精度，也是本次实验的一项核心内容。

3. 实验难点（2 分）

（简述本实验的实现难点，不超过 100 字。）

本实验的技术难点在于：精确选择和调试分流与分压电阻，以保证万用表在多量程下的测量精度。同时，有效处理电流计内阻、量程等参数对测量结果的干扰，从而控制并减小实验误差，也是本次操作的挑战之一。

二、原始数据（20 分）

（将有老师签名的“自备数据记录草稿纸”的扫描或手机拍摄图粘贴在下方，完整保留姓名，学号，教师签字和日期。）

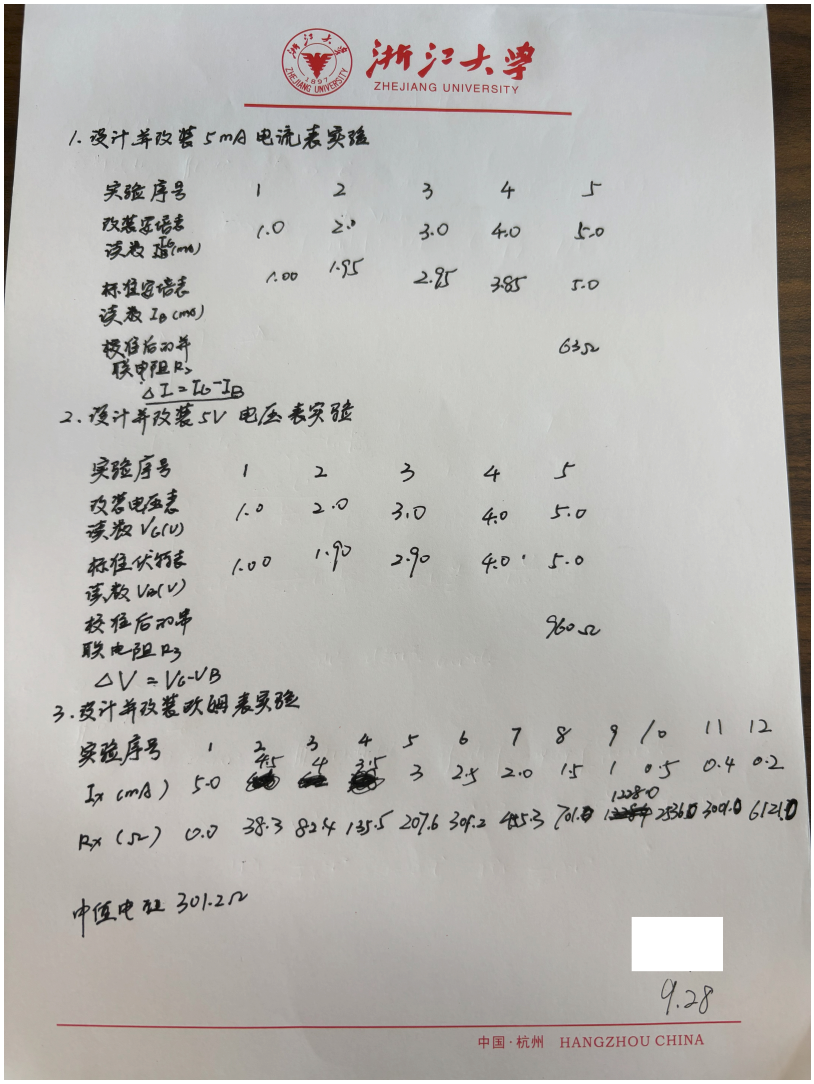


图 6: 原始数据记录

原始数据如图6所示。

三、结果与分析（60 分）

1. 数据处理与结果（30 分）

（列出数据表格、选择适合的数据处理方法、写出测量或计算结果。）

(1) 改装 5mA 量程的电流表并校准

表 1: 安培表读数记录与分析

实验序号	1	2	3	4	5
改装安培表读数 (I_G/mA)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
标准安培表读数 (I_B/mA)	1.00	1.95	2.95	3.85	5.0
$\Delta I = I_G - I_B$	0.00	0.05	0.05	0.15	0.00

实验结果如表1所示。
实验得出校准后的并联阻值 $R_2 = 63\Omega$
使用计算机辅助作图得到校准曲线如图7所示

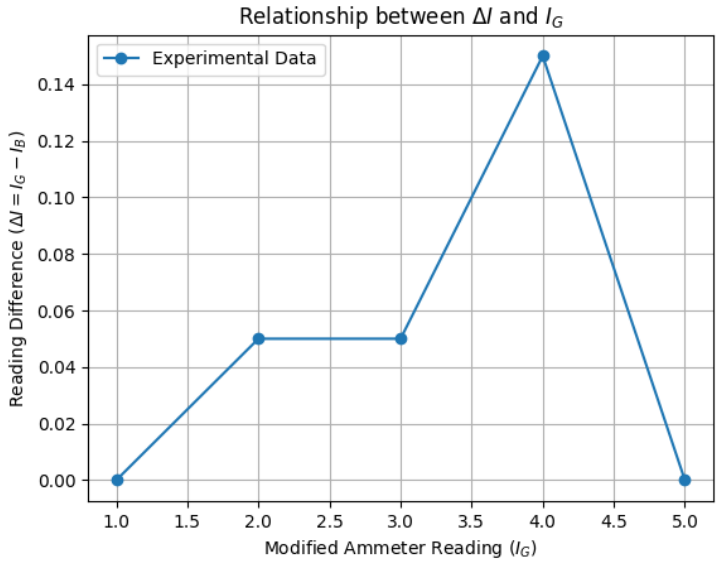


图 7: 改装电流表的校准曲线

(2) 改装 5V 量程的电压表并校准

表 2: 电压表读数记录与分析

实验序号	1	2	3	4	5
改装电压表读数 (V_G/V)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
标准电压表读数 (V_B/V)	1.00	1.90	2.90	4.00	5.00
$\Delta V = V_G - V_B$ (V)	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00

实验结果如表2所示。
经实验得到校准后的并联电阻值 $R_3 = 960\Omega$

使用计算机辅助作图得到校准曲线如图8所示

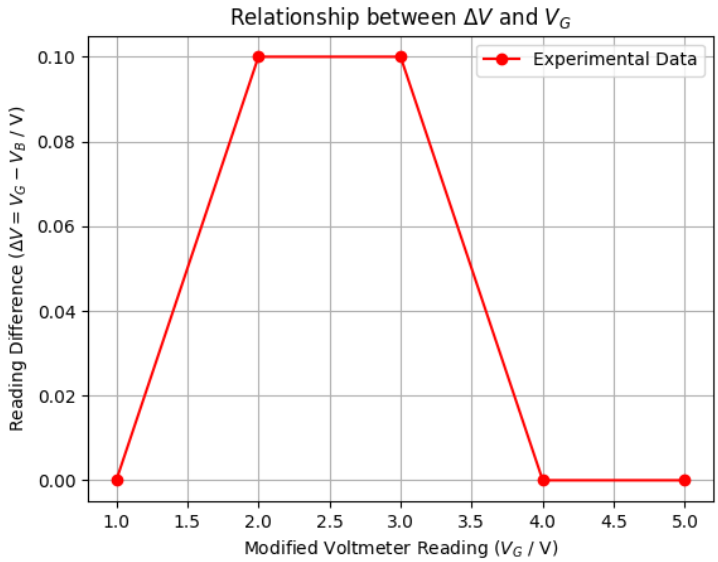


图 8: 改装电压表的校准曲线

(3) 改装为欧姆表

表 3: 实验数据记录

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I_x (c/mA)	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.4	0.2
R_x (Ω)	0.0	38.3	82.4	135.5	207.6	301.2	455.3	701.0	1228.0	2536.0	3001.0	6121.0

刻度对应关系如表3

利用计算机辅助绘图，得到对应曲线如图9所示

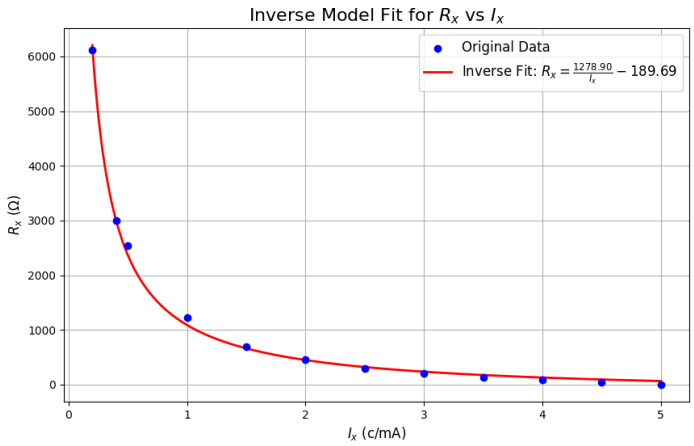


图 9: 刻度对应关系曲线

2. 误差分析（20 分）

（运用测量误差、相对误差或不确定度等分析实验结果，写出完整的结果表达式，并分析误差原因。）

(1) 前两个实验在校准的时候，发现表头的指针十分不稳定，说明装置存在较大的不稳定性，容易引起结果的误差。

(2) 前两个读数的改装表读数是精确到小数点后一位，而标准表的读数精确到小数点后的两位。这种读数上的不同在一定程度上导致了结果精度的下降

(3) 第三个实验，当 I_x 很小的时候，注意到对应的 R_x 要调的很大，很难调节到一个准确的值。

3. 实验探讨（10 分）

（对实验内容、现象和过程的小结，不超过 100 字。）

本次实验通过连接不同阻值的电阻，成功将电流计改装为多量程电流表、电压表和欧姆表，验证了万用表的设计原理。校准过程揭示了改装电表的系统误差来源，并直观地展示了欧姆表刻度的非线性特点，即大阻值区域刻度更密集，测量精度相应下降。

四、思考题（10 分）

（解答教材或讲义或老师布置的思考题，请先写题干，再作答。）

1. 为什么不能用万用表欧姆挡测量电源电阻？

因为万用表的欧姆档内有一个自带的电源电动势，用来测量电源电阻会导致两个电源直接相连，不仅测量结果无意义，还可能损害仪器

2. 为什么不能用欧姆表测量另一表头内阻？

因为欧姆表内有电源电动势，连零一表头形成通路，会产生电流，而电流很有可能大于另一表头的满偏电流，这也会对仪器造成损害。

3. 为什么 I_x 与 R_x 为非线性关系？

由公式7:

$$I = \frac{E_0}{R'_g + R' + R_x}$$

从数学原理分析，这两者呈现的是非线性关系

注意事项：

1. 用 PDF 格式上传“实验报告”，文件名：学生姓名 + 学号 + 实验名称 + 周次。
2. “实验报告”必须递交在“学在浙大”本课程内对应实验项目的“作业”模块内。
3. “实验报告”成绩必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内查询。
4. 教学评价必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内进行，学生必须进行教学评价，才能看到实验报告成绩，教学评价须在本次实验结束后 3 天内进行。

浙江大学物理实验教学中心制