

一、预习报告

1. 实验综述

实验原理：由磁电式电流计和不同阻值的电阻可通过分流和分压分别构成不同量程的电流表和电压表。磁电式电流计有量程 I_g 与 R_g 两个重要参数。量程 I_g 是电流计允许通过的最大电流， R_g 是电流计线圈有一定的电阻。

将磁电式电流计改装为量程为 I 的电流表只需并联一个分流电阻 R_s 即可，则 $R_s = \frac{R_g \cdot I_g}{I - I_g}$ 。当 $I = n \cdot I_g$ 时则有 $R_s = \frac{R_g}{n-1}$ ，并联不同的分流电阻可构成不同量程的电流表。

将表头改装成量程为 U 的电压表，则表头需串联一分压电阻，分压电阻阻值公式计算为： $R_x = \frac{U}{I} - R_g$ 。由此，串联不同分压电阻即可得到不同量程的电压表。

实验方法：测量表头的 I_g 与 R_g ，将一个标准表与被测表并联，调节被测表满偏，此时标准表的读数即为表头的 I_g 值；再切换为与变阻器并联，调节变阻器使标准表出现原来的指示值，此时的变阻器读数即为 R_g 。接着进行多量程电流分流电阻的计算，再用标准电流表对改装的电流表进行校准并分析误差和定级。设计多量程电压表先计算分压电阻大小，再进行改装后的电压表校准并分析误差和定级。设计欧姆表时先短接调节 R' 使电流计刻度满偏，再接入 R_x 回路电流仅由 R_x 决定。

实验现象：串联或者并联接入不同的电阻时都能观察到表头指针不同程度的偏转。

2. 实验重点

- (1) 学会推导利用磁电式电流计进行电流表和电压表的设计公式。
- (2) 了解并学习欧姆表的内部结构，自行组装制作欧姆表。
- (3) 了解万用表测量电压、电流以及电阻的基本原理。

3. 实验难点

- (1) 实验过程中初始时对磁电式电流计的电阻和量程的测量就存在误差，再由此设计的电流表或者电压表也会再次误差上进一步导致偏差较大。
- (2) 实验过程中会导致发热也会影响电流计等元件的阻值，从而导致实验中误差。
- (3) 本次实验需要推导所需并联或者串联的阻值，同时电路连接也较为繁琐，需细心操作。

二、原始数据

1. 电流校准:

改装表偏转格数	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0 4.5
改装表示数 $V_{改}/mA$	1.00	2.00	3.00	4.00	4.50
标准表示数 $V_{标}/mA$	1.00 1.04	2.00 2.03	3.04	3.99	4.50
$\Delta V_{改} = V_{标} - V_{改}/mA$	0.00 0.04	0.00 0.03	0.04	-0.01	0.00

2. 校准电压 (5V).

改装表示数 $V_{改}/V$	1.00	2.00	3.00	4.00	4.50
校准表示数 $V_{校}/V$	1.04	2.05	3.05	4.00	4.50
$\Delta V / V$	0.04	0.05	0.05	0.00	0.00

3. 改装成欧姆表. $R_{中} = 310\Omega$.

变阻箱 R_x/Ω	0	60	80	100	120	140	160	190	210	230
表头电流 I/mA	1.00mA	0.86	0.81	0.77	0.74	0.70	0.67	0.63	0.60	0.58
R_x/Ω	250	270	290	310	400	600	800	1000	1200	1400
I/mA	0.56	0.54	0.52	0.50	0.44	0.34	0.28	0.24	0.20	0.18
R_x/Ω	1600	1800								
I/mA	0.16	0.14								

Handwritten signature in red ink.

三、结果与分析

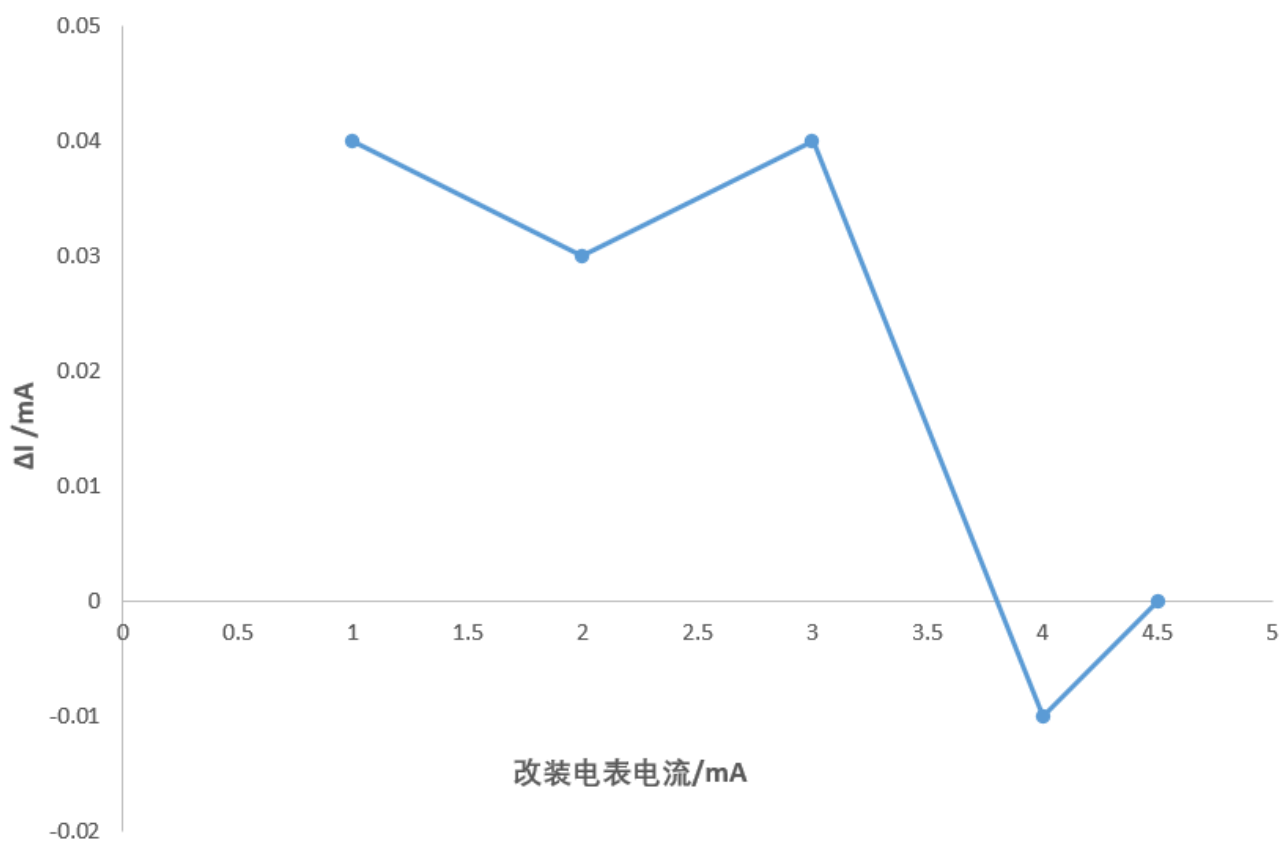
1. 数据处理与结果

(1) 改装为电流表并校准 5mA 电流表，实验数据列出表格（表一）如下：根据改装电表测得的电流大小和标准电流表测得的电流大小可做出校准曲线（图一）。对改装的电流表精度等级计算：

$E_{max} = \frac{\Delta I_{改_{max}}}{5.00} \times 100\% = 0.8\% < 1.0\%$ ，因此电表等级为 ± 1.0 。

表一

改装电表偏转格数	1.0	2.0	3.0	4.0	4.5
改装电表示数/mA	1.00	2.00	3.00	4.00	4.50
标准电表示数/mA	1.04	2.03	3.04	3.99	4.50
$\Delta I/\text{mA}$	0.04	0.03	0.04	-0.01	0.00



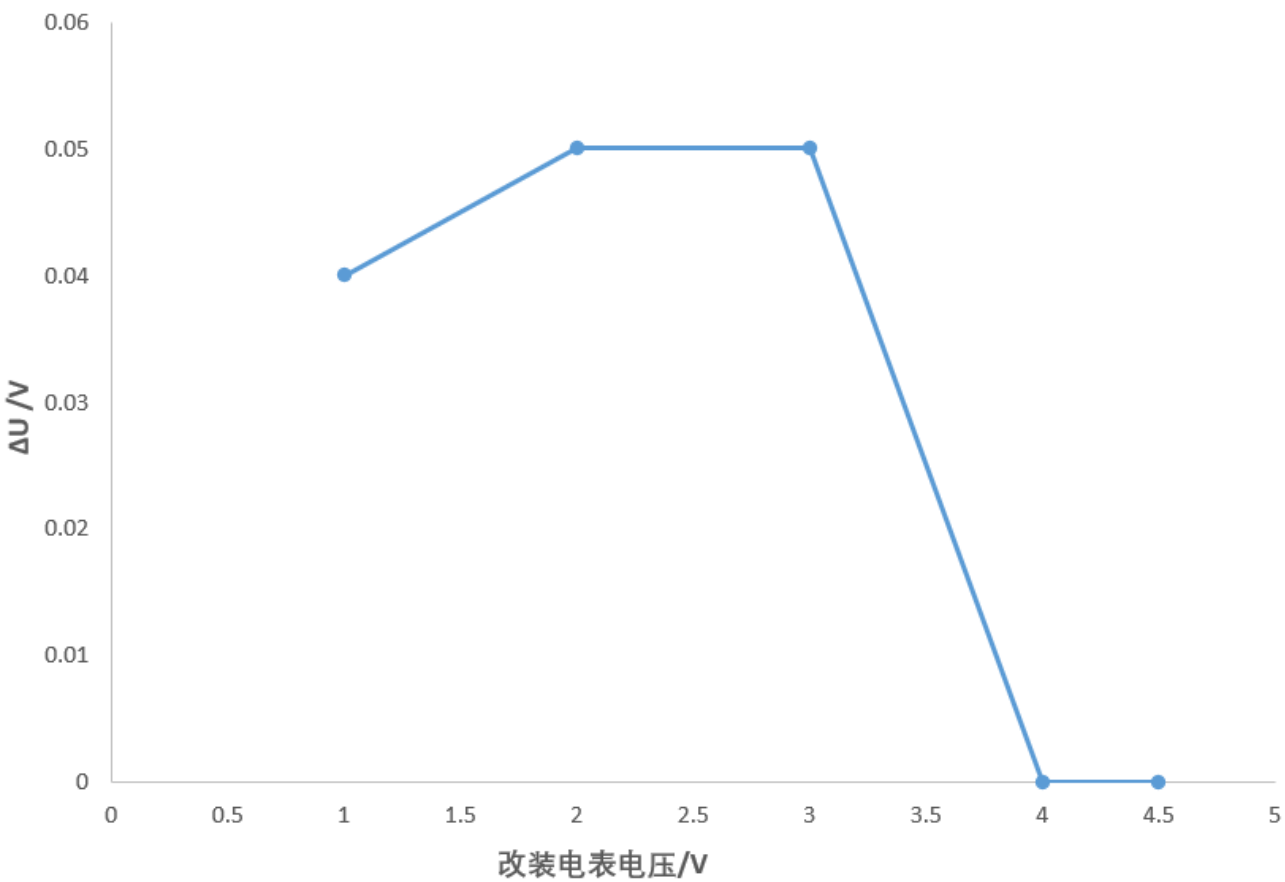
图一 电流表校准曲线

(2) 改装为电压表并校准 5V 电压表，实验数据列出表格（表二）如下：根据改装电压表测得的电压大小和标准电压表测得的电流大小可做出校准曲线（图二）。对改装的电压表精度等级等

级计算： $E_{max} = \frac{\Delta U_{改max}}{5.00} \times 100\% = 1.0\% \leq 1.0\%$ ，因此电表等级为 ± 1.0 .

表二

改装电表偏转格数	1.0	2.0	3.0	4.0	4.5
改装电表示数/V	1.00	2.00	3.00	4.00	4.50
标准电表示数/V	1.04	2.05	3.05	4.00	4.50
$\Delta U/V$	0.04	0.05	0.05	0.00	0.00

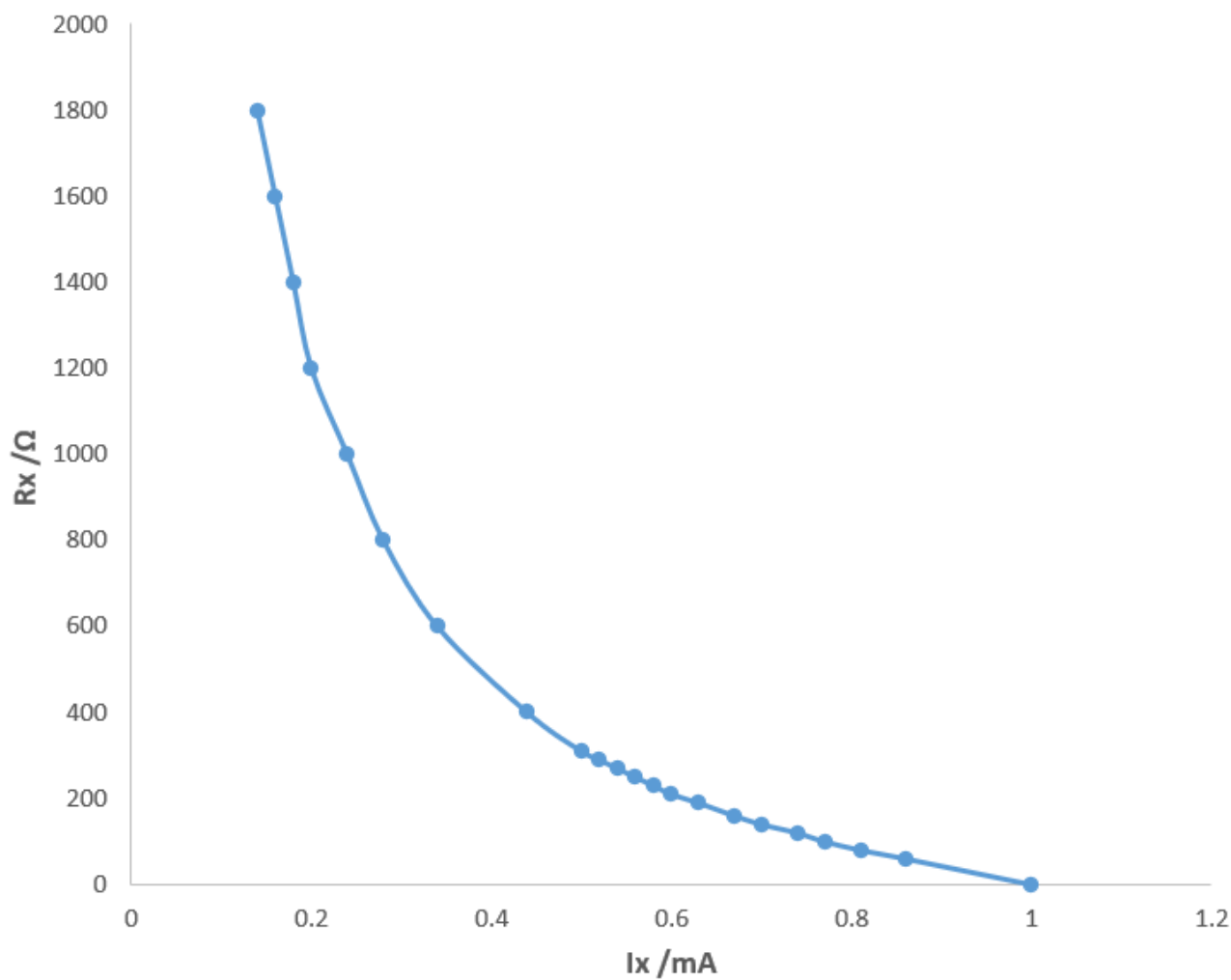


图二 电压表校准曲线

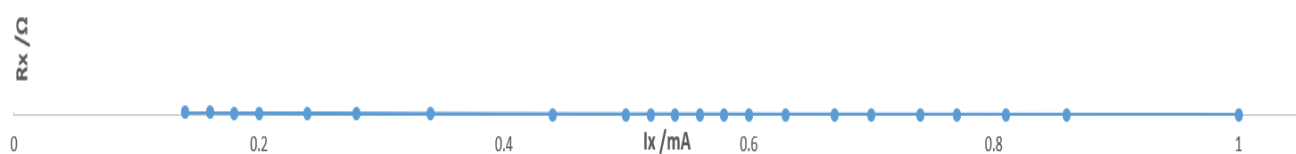
(3) 改装为欧姆表，首先测得改装后中值电阻为 310Ω ，根据实验数据得到欧姆表刻度对应关系表（表三）。由表格可知，随着电阻增大，指针变化的幅度越小，且在欧姆表上，右侧电阻小左侧电阻大，左侧刻度密集，右侧刻度稀疏。作出欧姆表刻度对应关系图（图三）和一维数轴图（图四）。

表三

R_x/Ω	0	60	80	100	120	140	160	190	210	230	250
I_x/mA	1.00	0.86	0.81	0.77	0.74	0.70	0.67	0.63	0.60	0.58	0.56
R_x/Ω	270	290	310	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
I_x/mA	0.54	0.52	0.50	0.44	0.34	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14



图三 欧姆表测量阻值与表头电流示数关系



图四 电阻一维数轴图的分布

2. 误差分析

- 1) 实验中由于灵敏电流计较小，读数上存在视觉误差，放大后导致误差也被放大。
- 2) 标准电表和灵敏电流计表头指针都不太稳定，装置存在不稳定性，实验结果存在误差。
- 3) 观察到电流即使调整好后也存在一定的波动，可能是连接仪器处不稳定或者内部电流不稳定，从而也导致读数上的数据误差。
- 4) 实验中组装电流表或者电压表时，使用电阻用于分压、分流等，其阻值的准确性对测量结果也有影响。
- 5) 实验中仪器内部电学元件使用过程发热，导致电阻阻值发生变化，改装表测得读数也发生变化。
- 6) 校准的电压表和电流表基本都是呈现为正向误差，可能是表头零点不准或者电阻阻值偏小。

3. 实验探讨

本次实验通过对灵敏电流计改装为电流表、电压表和万用表，并对改装表进行精度等级计算。这让我对电流表和电压表的结构进一步有了了解。同时根据误差分析也提醒我应当注意实验中接线、调零这些操作的准确性。万用表的组装和多个位置对于的电阻大小也让我对万用表测电阻时电阻的分布情况有了清晰认识。

四、思考题

1、影响实验精度的因素有哪些？

答：表头的灵敏度会直接影响该表的读数，从而影响改装后电表的精度。同时并联或者串联的电阻始终会存在分流或者分压，或者电阻阻值受到温度等环境因素的影响，这些都会导致测量误差。此外，该实验过程中多处使用导线连接各个电学元件，存在的接线电阻没有考虑，这也会导致电流测定存在偏差。

2、调研数字万用表与指针式万用表的差异？

答：数字万用表精度较高，能达到 0.01% 甚至更高的精度等级，而指针式万用表精度相对较低，通常在 1% - 5% 左右。数字万用表通过 A/D 转换将被测的模拟电量转换为数字

量，然后由数字电路进行处理和显示，而指针式万用表通过电流在磁场下使指针发生偏转，两者工作原理不同。数字万用表直接显示读数，而指针式万用表依靠指针人为读数，后者会存在读数误差。

3、为什么不能用电阻表测试电源电阻？

答：电阻表自身内部存在一个电源，通过连接被测电阻测量电流，显示被测电阻阻值。如果再连接一个电源可能会导致内部电流过大导致电表表头被损坏，同时当被测电源电压过大还会存在安全隐患。

4、欧姆表中干电池内阻变了对其有什么影响？

答：当电池内阻发生改变会导致流过表头的电流与原来校准刻度时的电流不一致，测量的电阻大小存在误差。干电池内阻增大，在测量同一电阻时，电路中电流变小，指针偏转角度减小，读取的电阻值偏大。同理，当内阻减小时，电路中电流增大，读取的电阻阻值偏小。