

淮南师范学院实验报告

学院：电子工程学院 专业：物理学 班级:24 物理 1 班

学号:2414050120 姓名 缪雨轩 日期：2025. 9. 10

一、实验名称：万用电表的使用

二、实验目的：

- 了解磁电式（指针式）万用表的结构与工作原理；
- 了解数字式万用表的结构与工作原理；
- 掌握用万用表测量电压、电阻、电流的方法。

三、实验原理：

电压/电流量程扩展：指针式表头经并联分流电阻构成电流表，经串联分压电阻构成电压表；数字万用表以高内阻取样+A/D 转换直接显示。

欧姆档（指针式）：内置电池供电，短接表笔做欧姆调零后读数。其等效关系：

$$E = I_x (R_g + R + R_0 + R_x) \Rightarrow R_x = \frac{E}{I_x} - (R_g + R + R_0)$$

刻度非线性，中段更敏感。

不确定度（读数分辨力型 B 类）：

$$u_B(V) = \frac{\Delta U_{\min}}{\sqrt{3}}, \quad u_B(R) = \frac{\Delta R_{\min}}{\sqrt{3}}$$

其中 (U_{{}},R_{{}}) 为所用档位的最小分度值。指针式电压档常见示性误差限近似按 **3%FS**（满量程）估计：

$$\Delta_{\text{sys}} = 0.03 \times \text{FS}$$

说明：如需合并 A 类重复性（标准差 (s)）与 B 类不确定度，可按

$$U \approx \sqrt{\left(k \frac{s}{\sqrt{n}}\right)^2 + u_B^2} \quad (k = 2)$$

本次为单次读数，无充分 A 类样本，以下报告以 B 类为主。

三、主要仪器设备：数字式万用表（DMM）、指针式万用表（MF47 类）、电池（1 号、2 号/5 号、7 号、9V 方块等）、标准电阻/电阻箱、导线若干。

五、实验步骤：

（一）数字式万用表

电压：插红/黑表笔→选电压档与量程→两表笔并联到被测两端→读数→复位至交流电压最大档并关机。

电阻：插表笔→选欧姆档→两表笔接被测电阻两端→读数→复位。

（二）指针式万用表

电压：水平放置并机械调零→插表笔→选档→并联测量→读数→复位至交流电压最大档。

电阻：水平放置并机械调零→选合适欧姆档→**短接表笔作欧姆调零**→接入被测电阻→读数→复位。

六．原始数据记录：

	待测量	3Ω	47Ω	200Ω	2KΩ	20KΩ
数字式万用表	选用量程	0-200Ω	0-200Ω	0-2KΩ	0-20KΩ	0-200KΩ
	测量结果	3.8Ω	47.4Ω	199Ω	1.98KΩ	20KΩ
指针式万用表	选用量程	X1	X1	X10	X100	X1000
	测量结果	2.6Ω	46Ω	200Ω	2KΩ	20KΩ

表 1 电阻测量

	待测量	照明电路	方块电池	1 号电池	甲号电池	七号电池
数字式万用表	选用量程	0-750V	0-20V	0-2V	0-2V	0-2V
	测量结果	179V	9.68V	1.585V	1.408V	0.387V
指针式万用表	选用量程	250V	10V	2.5V	2.5V	1V
	测量结果	240V	9.6V	1.55V	1.35V	0.25V

表 2 电压测量

七、数据处理：

1. 相对误差定义

$$E = \left| \frac{x_{\text{meas}} - x_0}{x_0} \right| \times 100\%$$

2. B 类不确定度

指针式电压表：

$$u_B(V) = \frac{\Delta U_{\min}}{\sqrt{3}}$$

指针式欧姆档：

$$u_B(R) = \frac{\Delta R_{\min}}{\sqrt{3}}$$

指针式电压 3%FS 示性误差限：

$$\Delta_{\text{sys}} = 0.03 \times \text{FS}$$

3. 电压测量计算

照明电路: $E_{\text{数字}} = \left| \frac{179.0-220.0}{220.0} \right| \times 100\% = 18.64\%$; $E_{\text{指针}} = \left| \frac{240.0-220.0}{220.0} \right| \times 100\% = 9.09\%$; $u_B =$

$$\frac{\Delta U_{\min}}{\sqrt{3}} = \frac{5.0}{\sqrt{3}} = 2.887 \text{ V}; \Delta_{\text{sys}} = 0.03 \times \text{FS} = 0.03 \times 250 = 7.500 \text{ V}。$$

方块电池: $E_{\text{数字}} = \left| \frac{9.68-9.0}{9.0} \right| \times 100\% = 7.56\%$; $E_{\text{指针}} = \left| \frac{9.6-9.0}{9.0} \right| \times 100\% = 6.67\%$; $u_B = \frac{\Delta U_{\min}}{\sqrt{3}} =$

$$\frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.115 \text{ V}; \Delta_{\text{sys}} = 0.03 \times \text{FS} = 0.03 \times 10 = 0.300 \text{ V}。$$

1 号 电 池： $E_{\text{数字}} = \left| \frac{1.585-1.5}{1.5} \right| \times 100\% = 5.67\%$ ； $E_{\text{指针}} = \left| \frac{1.55-1.5}{1.5} \right| \times 100\% = 3.33\%$ ； $u_B =$

$$\frac{\Delta U_{\min}}{\sqrt{3}} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ V}; \Delta_{\text{sys}} = 0.03 \times \text{FS} = 0.03 \times 2.5 = 0.075 \text{ V}。$$

甲 号 电 池： $E_{\text{数字}} = \left| \frac{1.408-1.5}{1.5} \right| \times 100\% = 6.13\%$ ； $E_{\text{指针}} = \left| \frac{1.35-1.5}{1.5} \right| \times 100\% = 10.00\%$ ； $u_B =$

$$\frac{\Delta U_{\min}}{\sqrt{3}} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ V}; \Delta_{\text{sys}} = 0.03 \times \text{FS} = 0.03 \times 2.5 = 0.075 \text{ V}。$$

七号电池: $E_{\text{数字}} = \left| \frac{0.387-1.5}{1.5} \right| \times 100\% = 74.20\%$ ； $E_{\text{指针}} = \left| \frac{0.25-1.5}{1.5} \right| \times 100\% = 83.33\%$ ； $u_B =$

$$\frac{\Delta U_{\min}}{\sqrt{3}} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ V}; \Delta_{\text{sys}} = 0.03 \times \text{FS} = 0.03 \times 1 = 0.030 \text{ V}。$$

4. 电阻测量计算

3Ω: $E_{\text{数字}} = \left| \frac{3.8-3.0}{3.0} \right| \times 100\% = 26.67\%$; $E_{\text{指针}} = \left| \frac{2.6-3.0}{3.0} \right| \times 100\% = 13.33\%$; $u_B = \frac{\Delta R_{\min}}{\sqrt{3}} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} =$

$$0.115 \Omega。$$

47Ω: $E_{\text{数字}} = \left| \frac{47.4-47.0}{47.0} \right| \times 100\% = 0.85\%$ ； $E_{\text{指针}} = \left| \frac{46.0-47.0}{47.0} \right| \times 100\% = 2.13\%$ ； $u_B = \frac{\Delta R_{\min}}{\sqrt{3}} =$

$$\frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.115 \Omega。$$

200Ω: $E_{\text{数字}} = \left| \frac{199.0-200.0}{200.0} \right| \times 100\% = 0.50\%$ ； $E_{\text{指针}} = \left| \frac{200.0-200.0}{200.0} \right| \times 100\% = 0.00\%$ ； $u_B =$

$$\frac{\Delta R_{\min}}{\sqrt{3}} = \frac{2.0}{\sqrt{3}} = 1.155 \Omega。$$

2KΩ: $E_{\text{数字}} = \left| \frac{1980.0-2000.0}{2000.0} \right| \times 100\% = 1.00\%$ ； $E_{\text{指针}} = \left| \frac{2000.0-2000.0}{2000.0} \right| \times 100\% = 0.00\%$ ； $u_B =$

$$\frac{\Delta R_{\min}}{\sqrt{3}} = \frac{20.0}{\sqrt{3}} = 11.547 \Omega。$$

20KΩ: $E_{\text{数字}} = \left| \frac{20000.0-20000.0}{20000.0} \right| \times 100\% = 0.00\%$ ； $E_{\text{指针}} = \left| \frac{20000.0-20000.0}{20000.0} \right| \times 100\% = 0.00\%$ ；

$$u_B = \frac{\Delta R_{\min}}{\sqrt{3}} = \frac{200.0}{\sqrt{3}} = 115.470 \Omega。$$

八、实验结果与讨论:

1.市电：DMM=179V（ $E = 18.64\%$ ）显著低于标称 220V，可能由测点处线路压降/接触不良/测量为交流不同波形因数等导致；指针式为 240V（ $E = 9.09\%$ ），在 250V 档 3%FS（±7.5V）范围内。

2.电池：1 号、甲号（按 1.5V 标称）与方块 9V 均与标称接近；七号电池（0.387V/0.25V）明显亏电，反映内部极化与容量衰减。

3.电阻：数字表在中高阻上误差较小（≤1%），3Ω 低阻因表笔/线阻与接触电阻带来较大偏差（26.67%）；指针式欧姆档非线性，中段读数最佳，X100、X1000 档的分辨力限制（ u_B 大）使高阻读数仅用于定性判断。