

# 电位差计及其应用

## 一、实验目的

- 1.学习补偿原理和比较测量法
- 2.牢固掌握基本电学仪器的使用方法，进一步规范实验操作
- 3.培养电学实验的初步设计能力
- 4.熟悉仪器误差线和不确定度的计算

## 二、实验原理

### 1.补偿原理

测量干电池电动势 $E_x$ 最简单的办法是把伏特表接到电池的正负极上直接读数，为了避免误差，可以采用如图所示的补偿电路，由补偿原理可知，可以通过测定 $V_{cd}$ 来确定 $E_x$ 。在此采用比较测量法，把 $E_x$ 接入 $R_{ab}$ 的抽头，当抽头滑至位置 cd 时，G 中无电流通过，则 $E_x = 2R_{cd}$ ，其中 $I$ 是流过 $R_{AB}$ 的电流，再把一电动势已知的标准电池 $E_N$ 接入 $R_{AB}$ 的抽头，等抽头滑至 ab 时，c 再次为 0，则 $E_n = IR_{ab}$ 。于是 $E_x = \frac{R_{cd}}{R_{ab}} E_N$

由于 $R_{AB}$ 是精密仪器， $\frac{R_{cd}}{R_{ab}}$ 可以精确读出， $E_N$ 是标准电池，其电动势也有很高的准确度，因此只要在测量过程中保持辅助电源的稳定，并且检流计 G 有足够的灵敏度， $E_x$ 就可以有很高的测量准确度。

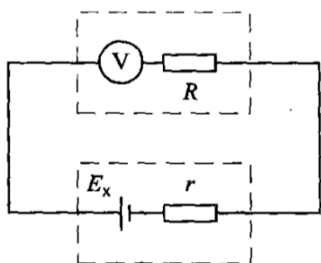


图 4.8.1 用电压表测电池电动势

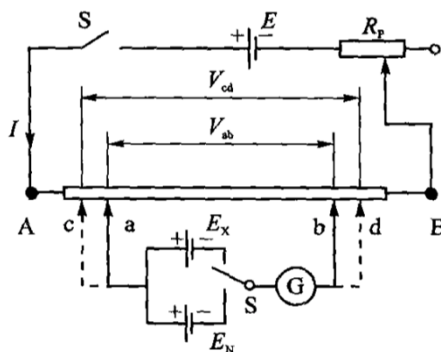


图 4.8.2 补偿法测电动势

### 2.UJ25 型电位差计

UJ25 型电位差计是一种高电势电位差计，测量上限为 1,91110V，准确度为 0.01 级，工作电流 $I_0 = 0.1mA$ 。原理如图所示。

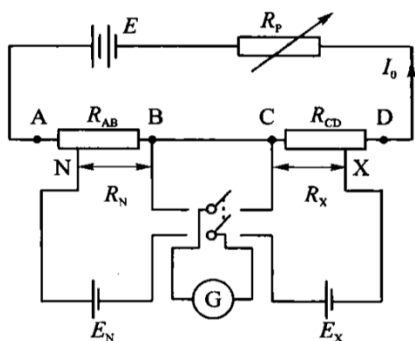


图 4.8.3 UJ25 型电位差计原理图

在 UJ25 中，在辅助回路中串接一个可调电阻  $R_p$ ，按公式  $R_{ab} = \frac{E_n}{I}$ ，预先设置好  $R_{ab}$ ，调节  $R_p$ ，但不改变  $R_{ab}$ ，直至  $V_{ab} = E_N$  再接入  $E_x$ ，调节  $R_{cd}$ ，并保持工作电流不变。

### 三、实验仪器

zx-21 电阻箱（两个）、指针式检流计、标准电池、稳压电源、待测干电池、双到双掷开关、UJ25 型电位差计、电子检流计、待校电压表、待测电流表

### 四、实验内容

#### 1. 自组电位差计

- (1) 设计并连接自组电位差计的线路
- (2) 工作电流标准化，测量干电池的电动势
- (3) 测量自主电位差计的灵敏度

#### 2. UJ25 型相似电位差计

- (1) 使用 UJ25 型电位差计测量固定电阻
- (2) 使用 UJ25 型电位差计测量电表内阻

### 五、预习思考题

1. 画出自组电位差计测量干电池电动势的完整电路，并按设计要求设置各仪器或元件的初值或规定值。

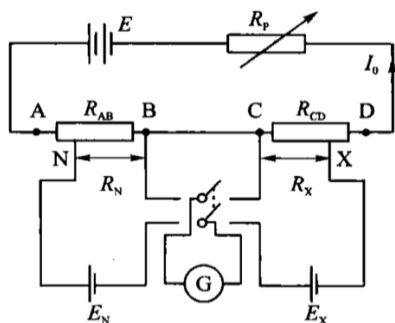


图 4.8.3 UJ25 型电位差计原理图

根据估计值  $E_x = 1.5V$   $E \approx 3V$

又有  $I = I_0 = 1mA$   $E_N = 1.01860V$

对于补偿回路,  $E_N - E_{AB}$ , 由补偿原理,  $E_N = I_0 R_{AB}$ , 故  $R_{AB} = \frac{E_N}{I_0} = 1018.6\Omega$

对于补偿回路,  $E_x - R_{CD}$ ,  $R_{CD} = 1500\Omega$

对于整体回路  $I_0(R_{AB} + R_{CD} + R_p) = E$ ,  $R_p = 481\Omega$

即  $R_{AB} = 1018.6\Omega$   $R_{CD} = 1500\Omega$   $R_p = 481.4\Omega$

2.标准电池只允许通过微安量级的电流, 检流计也不能经受大电流的冲击, 怎样来保证仪器的使用安全?

可用一较大的电阻  $R'$  与电流器串联, 在粗条中  $R'$  起限流作用, 保护电流计, 粗调后电路电流已至微安级, 可以直接细调。使用检流计的时候要用跃接法, 按下“电路”按钮接通回路, 快接快断, 观察指针偏转剧烈程度与初始方向, 再做电路调整, 重复上述操作至检流计指针接通时不摆动为止。

3.给出用自组电位差计测  $E_x$  的完整步骤, 特别是保持  $I_0$  在测量过程中不能发生改变的方法。(1) 按设计图连接电路, 将可变电阻调至最大阻值, 开关断开。

(2) 开关向左闭合, 不连检流计, 设计  $I_0 = 1mA$ , 即  $R_{AB} = 1018.6\Omega$ , 跃接法接通  $E_N$ , 并随时间调整  $R_{CD}$ , 指回路中的电流为 0。

(3) 开关向右接通, 接  $E_x$  补偿回路, 接通检流计观察指针变化, 为了使  $E_x$  回路电流为 0, 需改变  $R_{CD}$  大小而保证为  $1mA$ , 则使电阻之和不变, 若改变  $R_{CD}$ , 则应改变  $R_{AB} \Delta R$ , 并检流至  $E_x$  回路  $I = 0$

(4)  $E_x = R_{CD} I_0$

数据处理报告部分（示例）

说明：以下部分的数据为示例数据，仅供参考，若直接照抄，后果自负。

1051 电位差计及其应用实验 数据处理报告模板

实验一 自组电位差计测电动势

原始数据记录：

类别	$R_1$	$R_2$	$R_1'$	$R_2'$	$R_1''$	$R_2''$
一	1018.6	1989.9	1423.4	1585.1	1423.4	1565.1
二	1018.6	1951.1	1408.5	1561.2	1408.5	1541.2
三	1018.6	1950.8	1416.7	1552.7	1416.7	1526.7

标准电池电动势  $E_N = 1.0186 \text{ V}$

室温  $t = 19.35 \text{ }^\circ\text{C}$

数据处理：

电动势计算：

类别	$\overline{R_1}$	$\overline{R_2}$	$\overline{R_1'}$	$\overline{R_2'}$	$\overline{R_1''}$	$\overline{R_2''}$
平均值	1018.6	1963.9	1416.2	1566.3	1416.2	1544.3

$$E_x = \frac{E_N}{\overline{R_1}} \cdot \overline{R_1'} = 1.4162 \text{ V}$$

不确定度计算：

$$\Delta \overline{R_1} = 1.110 \text{ } \Omega$$

$$\Delta \overline{R_2} = 1.480 \text{ } \Omega$$

$$\Delta \overline{R_1'} = 2.100 \text{ } \Omega$$

$$\Delta \overline{R_2'} = 1.685 \text{ } \Omega$$

$$u(\overline{R_1}) = \frac{\Delta \overline{R_1}}{\sqrt{3}} = 0.641 \text{ } \Omega$$

$$u(\overline{R_2}) = \frac{\Delta \overline{R_2}}{\sqrt{3}} = 0.854 \Omega$$

$$u(\overline{R_1'}) = \frac{\Delta \overline{R_1'}}{\sqrt{3}} = 1.212 \Omega$$

$$u(\overline{R_2'}) = \frac{\Delta \overline{R_2'}}{\sqrt{3}} = 0.973 \Omega$$

$$S = \frac{9div}{|R_2'' - R_2'| \times 10^{-3}} = 409.1 \text{ div}/\Omega$$

$$\Delta_{\overline{\mathcal{R}}}(E_x) = \frac{0.2}{S} = 0.00048889 \text{ V}$$

$$u_{\overline{\mathcal{R}}}(E_x) = \frac{\Delta_{\overline{\mathcal{R}}}(E_x)}{\sqrt{3}} = 0.000282 \text{ V}$$

不确定度合成：

$$\begin{aligned} & \frac{u(E_x)}{E_x} \\ &= \sqrt{\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_1 + R_2}\right]^2 u^2(\overline{R_1}) + \left[\frac{u(\overline{R_2})}{R_1 + R_2}\right]^2 + \left[\frac{1}{R_1'} + \frac{1}{R_1' + R_2'}\right]^2 u^2(\overline{R_1'}) + \left[\frac{u(\overline{R_2'})}{R_1' + R_2'}\right]^2} \\ &= \#u_{Ex\_Ex}\# \end{aligned}$$

$$u(E_x) = E_x \frac{u(E_x)}{E_x} = 0.000737 \text{ V}$$

最终结果：

$$E_x \pm u(E_x) = (1.4162 \pm 0.0007) \times 10(0) \text{ V}$$

实验二 箱式电位差计测固定电阻

原始数据记录：

$$\text{电压 } U_0 = 1.674013 \text{ V}, U_x = 1.369610 \text{ V}$$

$$\text{电阻值 } R_0 = 180 \Omega$$

数据处理：

电阻的计算：

$$R_x = \frac{U_x}{U_0} R_0 = 147.27 \Omega$$

不确定度计算：

$$\Delta R_0 = 0.280 \, \Omega$$

$$u(R_0) = \frac{\Delta R_0}{\sqrt{3}} = 0.1617 \, \Omega$$

$$\Delta_{\text{校}}(U_0) = a\%(U_0 + \frac{U}{10}) = a\%(U_0 + \frac{0.1}{10}) = 0.000168 \, \text{V}$$

$$u(U_0) = \frac{\Delta_{\text{校}}(U_0)}{\sqrt{3}} = 0.0000972 \, \text{V}$$

$$\Delta_{\text{校}}(U_x) = a\%(U_x + \frac{U}{10}) = a\%(U_x + \frac{0.1}{10}) = 0.000138 \, \text{V}$$

$$u(U_x) = \frac{\Delta_{\text{校}}(U_x)}{\sqrt{3}} = 0.0000797 \, \text{V}$$

不确定度的合成：

$$\frac{u(R_x)}{R_x} = \sqrt{(\frac{u(R_0)}{R_0})^2 + (\frac{u(U_0)}{U_0})^2 + (\frac{u(U_x)}{U_x})^2} = 0.000902$$

$$u(R_x) = R_x \frac{u(R_x)}{R_x} = 0.13 \, \Omega$$

最终结果：

$$R_x \pm u(R_x) = (147.3 \pm 0.1) \, \Omega$$