

# 物理实验预习报告

实验名称: 惠斯登电桥

指导教师: 郑昕颖老师

班级: -

姓名: -

学号: -

实验日期: 2025 年 11 月 17 日 星期 二 上午

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）

（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。）

惠斯登电桥的实验旨在通过自组惠斯登电桥和使用盒式惠斯登电桥，测量未知电阻并进行误差分析，从而掌握惠斯登电桥的工作原理和特点。惠斯登电桥是一种经典的直流平衡单臂电桥，广泛应用于中等数值电阻 ( $10^1 - 10^6 \Omega$ ) 的精确测量。它通过比较法在平衡条件下确定待测电阻的阻值，是众多电学实验的基础。

### 实验现象：

在自组电桥的实验中，当电桥接近平衡时，检流计的指针偏转会逐渐减小，直至指示为零。通过调节比较臂电阻  $R_s$  和比率臂  $R_1/R_2$ ，可以观察到电桥的灵敏度对平衡判断的影响。在交换法测量中，互换待测电阻和比较臂电阻的位置后，需要重新调节以达到平衡，这消除了  $R_1$ 、 $R_2$  自身的误差对测量结果的影响。使用盒式惠斯登电桥时，通过旋钮的调节，可以快速实现电桥平衡，并且可以观察到在不同的倍率设置下，测量的范围和精度会有所不同。

### 实验原理：

#### 1. 惠斯登电桥测量电阻的原理

下图是惠斯登电桥的原理图。

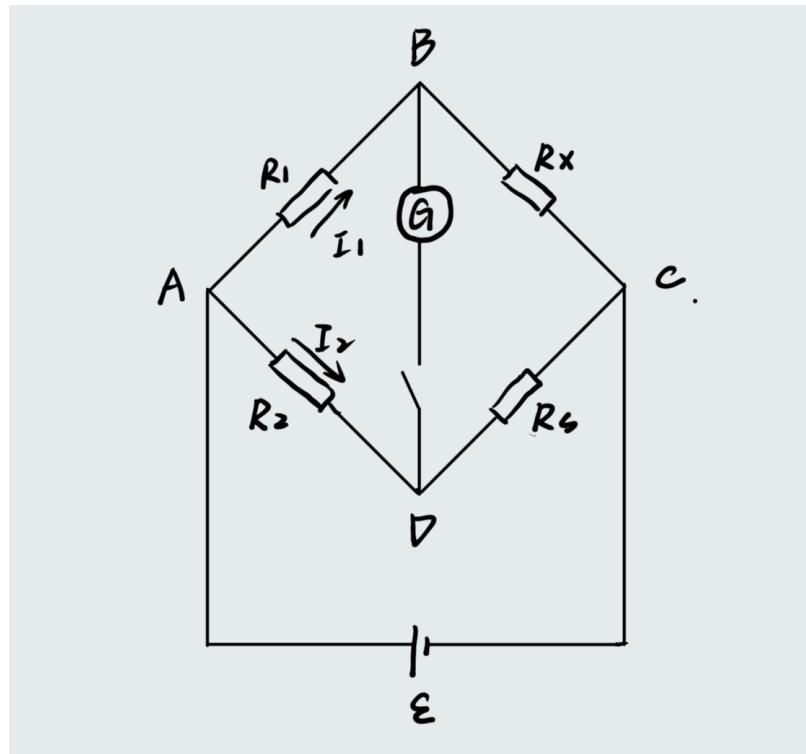


图 1：惠斯登电桥原理图

当通过检流计  $G$  的电流  $I_g$  等于零时，B、D 两点电位相同，电桥达到平衡。此时，流过电阻  $R_1$  和  $R_x$  的电流同为  $I_1$ ，流过电阻  $R_2$  和  $R_s$  的电流同为  $I_2$ ，满足：

$$U_{AB} = U_{AD} \quad \text{即} \quad I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$U_{BC} = U_{DC} \quad \text{即} \quad I_1 R_x = I_2 R_s$$

两式相除，得到电桥的平衡条件：

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_x}{R_s} \quad \text{即} \quad R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_s$$

式中  $\frac{R_1}{R_2}$  称为电桥的比率臂， $R_s$  称为电桥的比较臂。通过调节  $R_s$  使检流计  $G$  无电流通过，即可求得  $R_x$  值。

## 2. 交换法减小自组电桥系统误差

为了尽量减小自组电桥的系统误差，可采用交换法。在电桥平衡后，将  $R_x$  和  $R_s$  位置互换，重新调节  $R_s$  达到平衡，得到  $R'_s$ 。此时有：

$$R'_s = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_x$$

因此我们可得：

$$R_x = \sqrt{R_s R'_s}$$

这样可以消除比率臂  $R_1, R_2$  自身误差对测量结果的影响。

## 3. 电桥灵敏度与不确定度

电桥灵敏度  $S$  定义为检流计偏转格数  $\Delta d$  与比较臂电阻相对改变量  $\Delta R_s/R_s$  之比：

$$S = \frac{\Delta d}{\Delta R_s/R_s}$$

灵敏度越高，电桥对电阻变化的响应越明显，测量结果越准确。待测电阻  $R_x$  的相对不确定度  $E$  可表示为：

$$E = \frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_s}{R_s}\right)^2 + \left(\frac{\Delta S}{S}\right)^2}$$

其中  $\frac{\Delta R_s}{R_s} = \pm \left(a + b \frac{m}{R_s}\right) \%$  是电阻箱的不确定度，而电桥灵敏度引入的不确定度

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{0.2 R_s}{S}$$

最终测量结果表示为

$$R_x = \bar{R}_x \pm \Delta R_x$$

其中  $\Delta R_x = E \cdot \bar{R}_x$ 。

## 实验装置与方法：

实验器材包括检流计、电阻箱（四旋钮和六旋钮）、待测电阻、直流稳压电源和盒式惠斯登电桥（QJ-23型）。

### 自组电桥测量未知电阻：

1. 利用检流计、电阻箱、待测电阻及电源等组装电桥，其中  $R_1, R_2$  选用四旋钮电阻箱， $R_s$  选用六旋钮电阻箱。
2. 选取适当的比率臂，使测量结果的有效数字最大化。

3. 按下检流计“电计”按钮，测量待测电阻  $R_x$ ，并测出该状态下电桥的灵敏度，用交换法进行系统误差分析，估算出测量误差  $\Delta R_x$ ，写出测量结果表达式。

**使用 QJ-23 型盒式惠斯登电桥测量未知电阻：**

1. 打开盒式惠斯登电桥开关并调零。将 B 接上 4.5 V 直流稳压电源，“G”和“外接”短接，然后将待测电阻接入  $R_x$  接线端。

2. 根据待测电阻盘上 8 个待测电阻  $R_{x1}, R_{x2}, \dots, R_{x8}$  的数值，选取适当的倍率臂，确保测量结果有四位有效数字。

3. 先按 B 键，后按 G 键以接通电路，调节  $R_s$  的 4 个旋钮使电桥达到平衡，此时  $R_s$  的 4 个旋钮所示数值乘以比率盘读数即为待测电阻阻值。

4. 测量 8 个待测电阻，写出结果表达式，并确定这批电阻的离散程度。

## 2. 实验重点（3 分）

（简述本实验的学习重点，不超过 100 字。）

1. 掌握惠斯登电桥的工作原理、平衡条件及灵敏度。
2. 学会自组电桥并运用交换法测量未知电阻，并对结果进行误差分析。
3. 掌握 QJ-23 型盒式惠斯登电桥的使用方法，并评估测量结果的离散程度。

## 3. 实验难点（2 分）

（简述本实验的实现难点，不超过 100 字。）

本实验的难点在于精确判断电桥的平衡点，尤其是在自组电桥中，需细致观察检流计指针的微小偏转。同时，准确选择比率臂以确保测量精度和有效数字，以及对系统误差和随机误差进行合理的分析与处理，也是实验成功的关键挑战。

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