

# 实验报告

课程名称:

实验名称: 双臂电桥

实验日期: 2023 年 5 月 14 日 下午

图 数:

教学班级:

学 号:

姓 名:

## 一、实验目的

学习和掌握低电阻测量的原理与方法

## 二、实验仪器

QJ-44 双臂电桥, 双路稳压稳流电源, 电阻四端接口架, 铜棒, 铝棒, 铁棒等, 导线若干

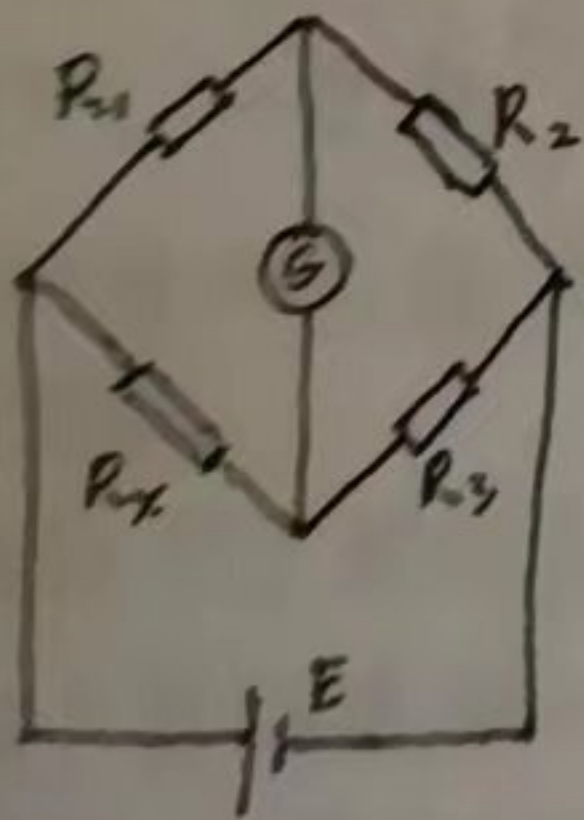
## 三、实验原理

### 1. “四端接口”方法

这种方法可以彻底排除接触电阻和引线电阻的干扰, 把电流接头和电压接头分开, 把电流接头处的接触电阻归入电源回路中, 不对电压值的测量造成影响。

### 2. 惠斯顿电桥

用 3 个已知电阻和一个待测电阻  $R_x$  可以构成如图惠斯顿电桥。当检流计  $G$  中没有电流流过时电桥达到平衡状态, 可得:  $R_x = \frac{R_3}{R_2} R_1$



惠斯顿电桥的测量范围是  $10 \sim 10^6$ 。

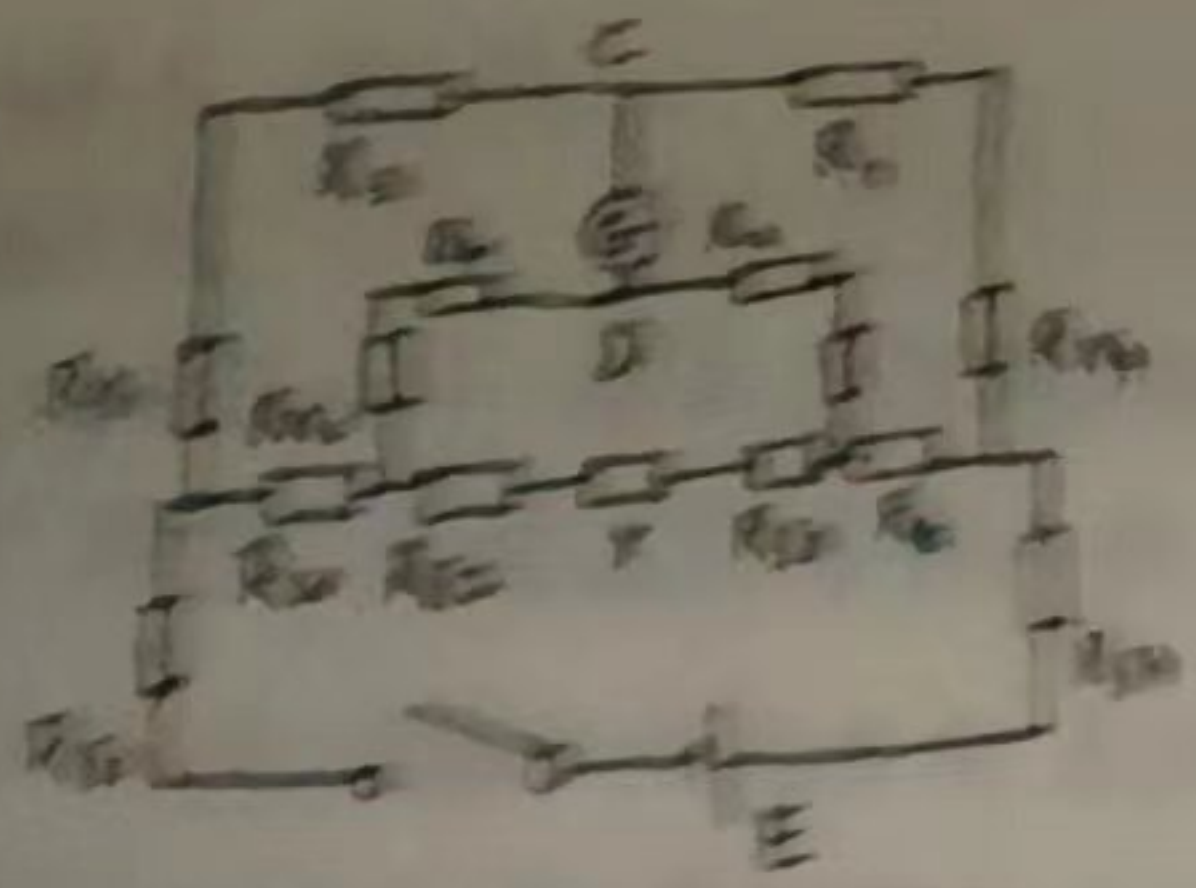
### 3. 开尔文电桥

开尔文电桥是“四端接口”法与惠斯顿电桥的结合, 是专门设计用来测量低电阻的。

指导教师签字: \_\_\_\_\_

联系方式: \_\_\_\_\_





$R_1, R_2$  为电压接头处引线电阻,  $R_{10}, R_{20}$  为测量臂到电压接头的引线电阻和接触电阻之和,  $R_0$  为可调高精度标准电阻,  $r$  为跨接两个臂间的导线电阻, 先导线把  $R_{10}$  和  $R_{20}$  连接起来,  $R_{10}, R_{20}$  和  $R_0$  两端的电压接头处引线电阻,  $R_{10}, R_{20}$  为  $R_0$  两端的电压接头到测量臂的引线电阻和接触电阻之和

当电桥平衡时中电流为零, 且四个臂的电阻始终满足  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ , 因此得到电阻  $R_x$  的计算公式为  $R_x = \frac{R_3}{R_0} R_k$

### 实验步骤内容和步骤

#### 1. 熟悉实验系统

调节  $R_0$  可得零, 调节  $R_{10}$  和  $R_{20}$  可改变  $R_k$ ,  $R_k = R_{10} - R_{20}$

#### 2. 求标准电阻及其电阻率

##### (1) 连接电路

测试架上电压接头和电流接头与电桥上的电压接头和电流接头一一对应连接, 桥上外接电源的一对接线柱与稳压稳压电源的正负极相接。

接通电源开关“B”, 旋转“调零”旋钮, 使检流计指针指“0”, 顺时针旋转灵敏度“旋钮”使检流计处于不太灵敏状态, 打开稳压稳压电源开关, 按下 QJ-1 桥上的“B”按键, 旋转“电流调节”旋钮, 使输出电流为 20A, 然后按下“B”

$$R_x = \frac{R_3}{R_0} R_k = R_0 (R_{10} + R_{20})$$

指导教师签字: \_\_\_\_\_

实验形式: \_\_\_\_\_



② 确定  $R_s$ ,  $R_N$ ,  $R_T$

① 确定  $R_s$

把  $R_N$  置于 0.01, 把  $R_T$  置于最小处, 先把  $R_s$  置于 "0.01" 档, 然后同时点击 "B" "G" 按键, 如检流计指针不转, 则逆时针方向稍微转动一点灵敏度按钮, 如检流计指针打向右边, 表示  $R_x$  小于正确值, 增大比例旋钮, 直到  $R_s$  达到某一档时, 检流计指针开始打向左边, 表示  $R_x$  大于正确值, 这时再把  $R_s$  倒退回一档, 为所求  $R_s$  值。

② 确定  $R_N$

同时按下 "B" 和 "G" 键, 将  $R_T$  旋钮从最小开始缓缓增大直到检流计指针置于 "0", 再把检流计的灵敏度调节到最大, 再调节到  $R_T$ , 使检流计指针再次指向 "0", 放开 "B" "G", 确定  $R_T$ ,  $R_s$ ,  $R_N$  即为所求

(3) 按下 "B", 改变电源输出电流为 2.5A, 重复上述步骤

(4) 测量铜棒直径, 电压接头间和电流接头间的距离

(5) 写出电阻率  $\rho$  的不确定度  $u(\rho)$  的表达式。写出直径  $d$  的不确定度  $u(d)$  表达式并求值。写出长度  $L$  的不确定度  $u(L)$  表达式, 并求值。写出  $R$  的不确定度表达式, 并求值, 写出  $\rho(u(\rho))$

(6) 测量铜棒与接线端的接触电阻

把铜棒每端上的两根接线同时接到电压接头上或电流接头上, 测量电流为 2.0A 和 2.5A 时的电阻值

用同样的方法测量一根铁棒和一根铝棒的电阻及其电阻率

注: 实验完毕后, 别忘了把开关关 B 断开

指导教师签字: \_\_\_\_\_

联系方式: \_\_\_\_\_



课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

铝棒:  $R_S = 0.1$   $R_N = 0.02$   $R_T = 0.00145$

直径  $d_0 = -0.328 \text{ mm}$

$d_1 = 3.310 \text{ mm}$   $d_2 = 3.309 \text{ mm}$   $d_3 = 3.309 \text{ mm}$

电流接头间距离:  $51.85 \text{ cm}$

电压接头间距离  $45.00 \text{ cm}$

铜棒:  $R_S = 0.1$   $R_N = 0.02$   $R_T = 0.00398$

直径  $d_0 = -0.328 \text{ mm}$

$d_1 = 3.316 \text{ mm}$   $d_2 = 3.318 \text{ mm}$   $d_3 = 3.315 \text{ mm}$

铜棒与接线端电压接头

$R_S = 1$   $R_N = 0.02$   $R_T = 0.00320$

铜棒与接线端电流接头

$R_S = 1$   $R_N = 0.02$   $R_T = 0.00670$

指导教师签字: \_\_\_\_\_

联系方式: \_\_\_\_\_



铝棒:  $d = \frac{(d_1 - d_0) + (d_2 - d_0) + (d_3 - d_0)}{3} = 3.637333 \text{ mm}$

$d: u_d = \frac{0.004}{\sqrt{3}} = 0.0023094 \text{ mm}$

$R_x = \frac{0.1 \times (0.02 + 0.00145)}{\times} = 0.002145 \Omega$

$R_x = \rho \frac{L}{S}$   $\rho = \frac{\pi d^2 R_x}{4L} = 4.95 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

$u_L = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.57735 \text{ mm}$

$R: \Delta_{ins} = A\% \times [R_s \times (R_N + R_T)] = 1.0725 \times 10^{-5}$

$u_R = \frac{\Delta_{ins}}{\sqrt{3}} = 6.192 \times 10^{-6}$

$u_p = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial d}\right)^2 (u_d)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial R_x}\right)^2 (u_R)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial L}\right)^2 (u_L)^2}$   
 $= \sqrt{\left(\frac{2\pi d R_x}{4L}\right)^2 (u_d)^2 + \left(\frac{\pi d^2}{4L}\right)^2 (u_R)^2 + \left(-\frac{\pi d^2 R_x}{4L^2}\right)^2 (u_L)^2}$   
 $= \cancel{4.95 \times 10^{-8}} + \cancel{1.74 \times 10^{-7}} + 1.74 \times 10^{-10}$

铜棒:  $d = \frac{(d_1 - d_0) + (d_2 - d_0) + (d_3 - d_0)}{3} = 3.644333 \text{ mm}$

$d: u_d = \frac{0.004}{\sqrt{3}} = 0.0023094 \text{ mm}$

$R_x = 0.1 \times (0.02 + 0.00398) = \cancel{0.002145 \Omega}$   
 $0.002398 \Omega$

$\rho = \frac{\pi d^2 R_x}{4L} = 5.55857 \times 10^{-8} \Omega$

$u_L = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.57735 \text{ mm}$

$R: \Delta_{ins} = \cancel{1.0} A\% \times [R_s \times (R_N + R_T)] = 1.199 \times 10^{-5}$

$u_R = 6.9224 \times 10^{-6}$

指导教师签字: \_\_\_\_\_

联系方式: \_\_\_\_\_



# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
 班级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_

$$u_f = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial d}\right)^2 (u_d)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial L}\right)^2 (u_L)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial R}\right)^2 (u_R)^2}$$

$$= 1.89 \times 10^{-10}$$

$$\cancel{R_{电压}} = \cancel{R_x} = \cancel{R_{x同}} =$$

电压接头  $R_x = R_s \times (R_N + R_T) = 0.0232$

$$R_{电压} = R_x - R_{x同} = 0.020802 \Omega$$

电流接头  $R_x = R_s \times (R_N + R_T) = 0.0267$

$$R_{电流} = R_x - R_{x同} \frac{L_1}{L_2} = 0.02394 \Omega$$

指导教师签字: \_\_\_\_\_

联系方式: \_\_\_\_\_

北京理工大学良乡校区管理处监制

电话: 813820



课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
 班级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_

### 电阻测量

	$R_s$	$R_N$	$R_T$	$R_x = R_s \times (R_N + R_T)$	$P(u)$
铝棒	$0.1\Omega$	$0.02\Omega$	$0.00145\Omega$	$0.002145\Omega$	$4.950(0.017) \times 10^{-8} m$
铜棒	$0.1\Omega$	$0.02\Omega$	$0.00398\Omega$	$0.002398\Omega$	$5.558(0.019) \times 10^{-8} m$

直径  $d_1 = 3.310 mm$

铝棒  $d_2 = 3.309 mm$

$d_3 = 3.309 mm$

平均值  $d = 3.307 mm$

用卷尺测量电流接头之间的距离  $L_1 = 518 mm$

电压接头之间的距离  $L_2 = 450 mm$

直径  $d_1 = 3.316 mm$

铜棒  $d_2 = 3.318 mm$

$d_3 = 3.315 mm$

平均值  $d = 3.314 mm$

千分尺的零误差  $= -0.328 mm$

### 铜棒电压接头和电流接头的接触电阻测量

	$R_s$	$R_N$	$R_T$	$R_x = R_s \times (R_N + R_T)$
电压接头	$1\Omega$	$0.02\Omega$	$0.00320\Omega$	$0.0232\Omega$
电流接头	$1\Omega$	$0.02\Omega$	$0.00670\Omega$	$0.0267\Omega$

分别写出电压接头和电流接头的接触电阻的计算公式和结果

$$R_{\text{电压接头接触电阻}} = R_x - R_{x\text{铜}} = 0.020802\Omega$$

$$R_{\text{电流接头接触电阻}} = R_x - R_{x\text{铜}} \frac{L_1}{L_2} = 0.02394\Omega$$

指导教师签字: \_\_\_\_\_

联系方式: \_\_\_\_\_

北京理工大学良乡校区管理处监制

电话: 81382088



# 实验报告

程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_  
级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

思考题

$$\Delta \ln S = A\% \times R_S \times (R_N + R_T)$$

若把  $R_S$  置于最小档, 可使  $\Delta \ln S$  较小, 从而使不确定度较小

$$R_x = R_S \times (R_N + R_T), \quad \text{因为 } R_T \ll R_N, \quad R_x = R_S \times R_T,$$

为使  $R_T$  起作用,  $R_S$  的值必须很大, 应避免这种情况,

同时也会造成  $\Delta \ln S$  增大, 使误差增大