

# 浙江大学

## 物理实验报告

实验名称： 双臂电桥测低电阻实验

指导教师： 厉位阳

专业： 竺可桢学院混合班

班级： 混合 1903 班

姓名： 徐圣泽

学号： 3190102721

实验日期: 4 月 26 日 星期 日 下午

## 一、实验目的

- 1、学习双臂电桥的工作原理和特点；
- 2、掌握低电阻的特殊性质和四端法的必要性；
- 3、熟悉基尔霍夫定律；
- 4、利用双臂电桥测量低电阻并计算电阻率。

## 二、实验内容

- 1、根据实验原理正确连接电路；
- 2、测量铜棒和铝棒接入电路的长度和横截面积直径；
- 3、测量金属接入电路不同长度（50cm 和 40cm）时的电阻；
- 4、根据测得的数据计算电阻率。

## 三、实验原理

### （1）电阻率

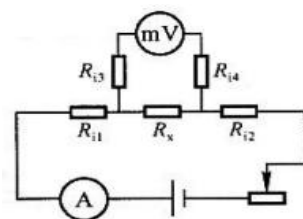
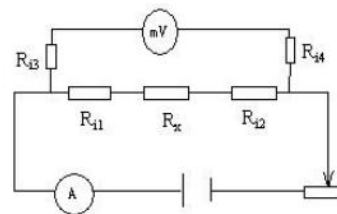
利用公式  $R_x = \rho \frac{l}{S}$  计算电阻率，其中  $l$  为接入电路的金属棒长度， $S$  为金属棒的横截面积，通过测量金属棒的直径  $d$  得到， $R_x$  是待测电阻，通过双臂电桥法测定。

### （2） $R_x$ 的测量

#### （I）低电阻测量原理和四端接线法

利用安培表和毫伏表按照欧姆定律测量待测电阻  $R_x$ ，但此时毫伏表的内阻  $R_g$  远大于接触电阻  $R_{i3}$  和  $R_{i4}$ ，因此其影响不可忽略，此时测得的电阻为  $R = \frac{U}{I} = R_x + R_{i1} + R_{i2}$ ，当待测电阻  $R_x$  小于  $1\Omega$  时，就不能忽略  $R_{i1}$  和  $R_{i2}$  的影响。

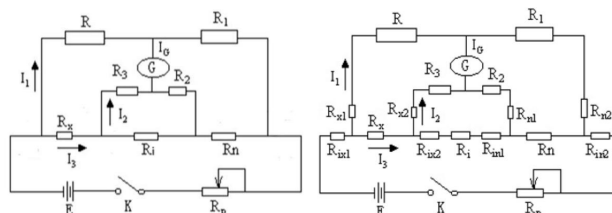
因此，为了消除接触电阻的影响，需要将接线方式改成四端接线法，此时可以通过欧姆定律准确地测得  $R_x = \frac{U}{I}$ ，许多低电阻的标准电阻都做成了四段钮方式。



#### （II）双臂电桥法

根据上述结论将电路发展成双臂电桥，线路图和等效电路如图所示。当电桥平衡时，通过检流计的电流为 0，因此可由基尔霍夫定律下列等式：

$$I_1 R = I_3 R_x + I_2 R_3$$



$$I_1 R_1 = I_3 R_n + I_2 R_2$$

$$(I_3 - I_2) R_i = I_2 (R_3 + R_2)$$

解得  $R_x = \frac{R}{R_1} R_n + \frac{R \cdot R_i}{R_3 + R_2 + R_i} \left( \frac{R_2}{R_1} - \frac{R_3}{R} \right)$ , 调节联动转换开关尽量满足等式  $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R}$ , 此时式中的

第二项几乎为零, 故得到了等式  $R_x = \frac{R}{R_1} R_n$ , 于是通过代入数据计算得到  $R_x$  的值。

## 四、实验仪器

QJ36 型双臂电桥 (0.02 级)、JWY 型直流稳压电源 (5A15V)、电流表 (5A)、RP 电阻、双刀双掷换向开关、0.001 标准电阻 (0.01 级)、超低电阻 (小于 0.001 ) 连接线、低电阻测试架 (待测铜、铝棒各一根)、直流复射式检流计 (AC15/4 或 6 型)、千分尺、导线。

## 五、实验原始数据记录

### (1) 测量铜棒

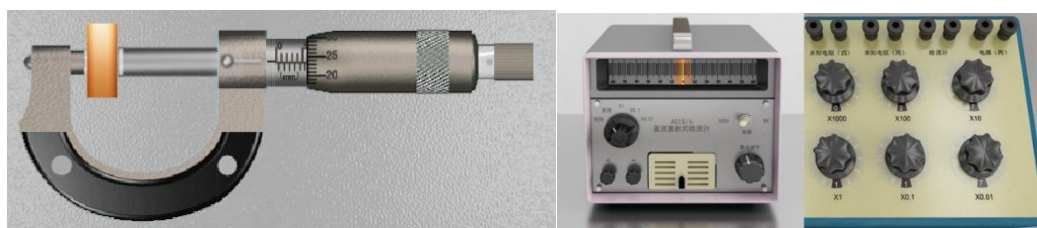
通过螺旋测微器测得铜棒直径(mm): 5.734

接入 50cm 和 40cm 的铜棒, 调节联动转换开关得到以下数据:

接入 50cm		接入 40cm	
向左	向右	向左	向右
339.65	339.50	270.39	270.23
339.51	339.39	270.13	270.29
339.63	339.42	270.27	270.32

表 1 接入不同长度铜棒时的电桥 R 电阻 (单位:  $\Omega$ )

实验截图记录:



### (2) 测量铝棒

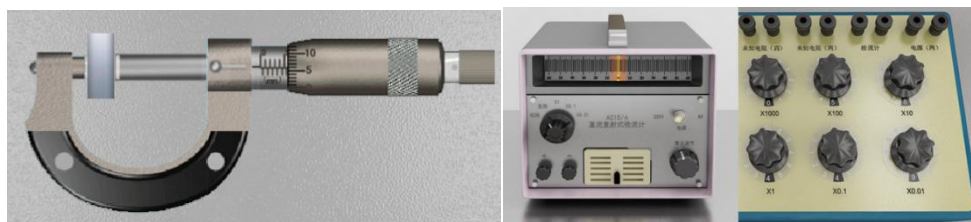
通过螺旋测微器测得铝棒直径(mm): 5.552

接入 50cm 和 40cm 的铝棒, 调节联动转换开关得到以下数据:

接入 50cm		接入 40cm	
向左	向右	向左	向右
584.49	583.94	468.75	468.43
584.29	583.78	468.59	468.39
583.91	584.27	468.38	468.69

表 2 接入不同长度铝棒时的电桥 R 电阻（单位： $\Omega$ ）

实验截图记录：



## 六、 实验数据处理与结果分析

利用公式  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  代入直径得到铜棒和铝棒的横截面积：

	铜棒	铝棒
直径平均值	5.734mm	5.552mm
横截面积	$2.582 \times 10^{-5} m^2$	$2.421 \times 10^{-5} m^2$

表 3 铜棒和铝棒的横截面积

计算接入不同长度铜棒时电桥 R 的平均值，并利用公式  $R_x = \frac{R}{R_1} R_n$  计算得到  $R_x$  的值：

铜棒	向左平均	向右平均	R 平均	Rx 平均
接入 50cm	339.60	339.44	339.52	$3.3952 \times 10^{-4}$
接入 40cm	270.26	270.31	270.29	$2.7029 \times 10^{-4}$

表 4 铜棒接入电路时的各电阻平均值（单位： $\Omega$ ）

计算接入不同长度铝棒时电桥 R 的平均值，并利用公式  $R_x = \frac{R}{R_1} R_n$  计算得到  $R_x$  的值：

铝棒	向左平均	向右平均	R 平均	Rx 平均
接入 50cm	584.56	584.00	584.28	$5.8428 \times 10^{-4}$
接入 40cm	468.57	468.50	468.54	$4.6854 \times 10^{-4}$

表 5 铝棒接入电路时的各电阻平均值（单位： $\Omega$ ）

利用公式  $R_x = \rho \frac{l}{S}$ ，可得到电阻率的表达式为  $\rho = \frac{R_x S}{l}$ ，代入数据得到铜棒和铝棒的电阻率：

	铜棒电阻率	铝棒电阻率
接入 50cm	$1.753 \times 10^{-8}$	$2.829 \times 10^{-8}$
接入 40cm	$1.745 \times 10^{-8}$	$2.836 \times 10^{-8}$

表 6 接入不同长度时铜棒和铝棒的电阻率（单位： $\Omega \cdot m$ ）

经查阅资料发现，20℃ 时铜棒和铝棒的电阻率分别为  $1.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$  和  $2.83 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$  左右，因此本次实验测得的数据比较符合客观规律，实验误差较小。

## 七、 实验心得

### 思考题

1、如果将标准电阻和待测电阻电流头和电压头互换，等效电路有何变化，有什么不好？

如果将表头互换，则等效电路中的两个电阻就要更换位置。这样做加大了待测电阻的附加电阻，使得测量结果不正确。

2、在测量时，如果被测低电阻的电压头接线电阻较大（例如被测电阻远离电桥，所用引线过细过长等），对测量准确度有无影响？

没有影响。

### 心得体会

在本次实验中，我大致完成了实验内容，达到了实验目的。

在本次“双臂电桥测低电阻”的实验过程中，再次深入地探究和认识了电学实验。“双臂电桥法”和“基尔霍夫定律”，这都是高中曾经出现过的知识点，在本次实验过程中对这些方法的原理进一步加深了理解，同时将其运用于实际操作计算中，处理了实际问题。本实验的数据处理部分较为简便，通过简单的公式计算便得到了最终数值，且误差较小。

查阅资料发现，不同温度下金属的电阻率发生变化，而我此次实验测得的最终数据与客观条件下  $20^{\circ}\text{C}$  时的数据较为接近，这一点可能也是得益于虚拟平台已经控制好室温的条件。同时，虚拟平台很好地解决了电学实验中的安全问题，不会像实际操作过程中因为连接错误造成人身安全的危险。

这次实验是本学期以来做的又一个电学实验。电学实验的核心问题就是对电路的理解和连接，不同连接方式对应着不同的等效电路，得到的数据也可能会截然不同，尤其是对于本次实验中这种对于低电阻的测量操作。因此，理解等效电路图和正确连接实际电路，是电学实验的核心问题。希望尽早地亲自动手连接电路，深入理解电学实验。