# ­实验题目：双臂电桥测量低电阻

# 实验目的：

掌握双臂电桥的工作原理，并用双臂电桥测量金属材料的电阻率。

# 实验原理：

电阻按照阻值大小可分为高电阻(以上)、中电阻()和低电阻(以下)三种。低电阻测量有其特殊性：一般来说导线本身以及接点处接触状况引起的电路中附加电阻大约，当测量低电阻时，就不能将其忽略掉。必须考虑接触电阻和导线电阻对测量产生的影响，此时伏安法（图1）和电阻两端接法（图2）就失效了。

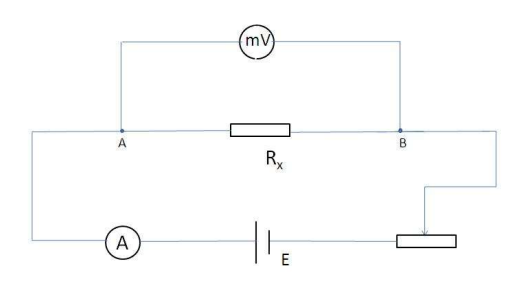


图1 伏安法测电阻电路

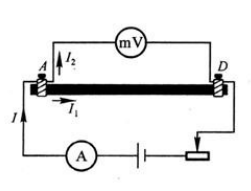


图2 电阻两端接法

为了消除接触电阻对于测量结果的影响，需要改变电阻两端接法，将低电阻以四端接法接入测量电路，获得图3所示的等效电路。电流由电流头端流入从端流出，待测低电阻为电压头间的电阻，间压降即为待测电阻两端的压降。

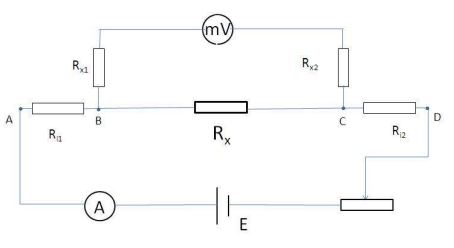


图3 四端接法等效电路

许多低电阻的标准电阻都做成四端钮方式，接于电流测量回路中的电流头两端()，与接于电压测量回路中的电压接头两端()是各自分开的。双臂电桥测量低电阻将低电阻的四端接法应用于电桥法测电阻，就发展成双臂电桥，电路如图4所示，其等效电路如图7所示。标准电阻电流头接触电阻为、，待测电阻的电流头接触电阻为、，都在双臂电桥测量回路的电流回路内。标准电阻电压头接触电阻为、，待测电阻电压头接触电阻为、，连接到双臂电桥电压测量回路中，因为它们与较大电阻相串连，故其影响可忽略。

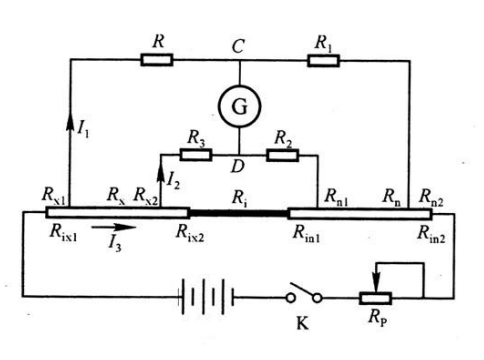


图4 双臂电桥电路图

当电桥平衡时，通过检流计的电流，两点电位相等，由基尔霍夫定律，得：

解得：

通过联动转换开关，调节，使得成立，那么有：

。

# 实验内容：

1.将铜棒安装在四端测试架上，按图接线。调节待测铜棒长度为。将桥臂电阻、均设置为。

2.调节 R 使检流计指示为，读出此时的电阻值。利用双刀开关换向，反向再调平，并记录值。

3.如步骤2，正反向测量组数据。

4.多次测量铜棒直径：在未知电阻测量区域，在不同的位置和方位测次，求均值。

5.计算和，分析计算测量值的不确定度。

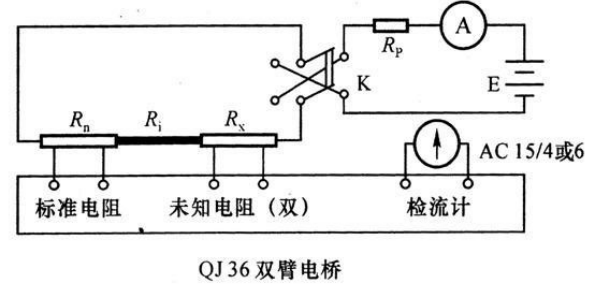
6.用双臂电桥测量铝棒的电阻率。将铜棒换成铝棒，重复步骤1至4。计算铝棒的电阻率. 7.用双臂电桥测量铜棒的电阻率。重复步骤1至4。计算铜棒的电阻率。

图5 双臂电桥接线原理图

实验数据：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 铜棒直径读数（mm） | 4.955 | 4.960 | 4.965 | 4.960 | 4.965 | 4.967 |
| 铝棒直径读数（mm） | 4.975 | 4.977 | 4.980 | 4.978 | 4.982 | 4.985 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | | 2 | | 3 | |
| 正 | 反 | 正 | 反 | 正 | 反 |
| 30cm铜棒接入时电阻 | 1209.40 | 1210.00 | 1209.34 | 1209.10 | 1210.03 | 1208.94 |
| 30cm铝棒接入时电阻 | 551.70 | 552.00 | 552.30 | 555.03 | 556.33 | 556.02 |

其中，千分尺零点误差为，输出电压为。

# 数据分析：

根据电阻率的计算公式以及Rx的表达式可以得到：

1. 铜棒接入电路时：

（1）考虑零点误差，铜棒直径平均值

（2）测量所得电阻的平均值

（3）由公式计算得：

2. 30cm铝棒接入电路时：

（1）考虑零点误差，铝棒直径平均值

（2）测量所得电阻的平均值

（3）由公式计算得：

# 不确定度分析：

1.（1）铜棒直径的测量列的标准差为

（2）对铜棒直径用螺旋测微器测量，取。取，查表得因子，则的类不确定度

D的展伸不确定度

（3）30cm铜棒接入时的电阻的测量列的标准差为

(表示正向电阻，表示反向电阻)

（4）对电阻用电阻箱测量，取。取，查表得因子，则的类不确定度

R的展伸不确定度

又有

根据不确定度的传递公式应该有：

那么

于是最终结果写成：

2. （1）铝棒直径的测量列的标准差为

（2）对铝棒直径用螺旋测微器测量，取。取，查表得因子，则的类不确定度

D的展伸不确定度

（3）30cm铝棒接入时的电阻的测量列的标准差为

(表示正向电阻，表示反向电阻)

（4）对电阻用电阻箱测量，取。取，查表得因子，则的类不确定度

R的展伸不确定度

又有

根据不确定度的传递公式应该有：

那么

于是最终结果写成：

# 提高内容：

实验步骤：选取电压头间长度 铜棒,重复前面的步骤。测量铜棒的电阻率,并计算其不确定度。分析比较步骤1、2、3 测量得到的铜棒电阻率，讨论铜棒样品的均匀性。

实验数据：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | | 2 | | 3 | |
| 正 | 反 | 正 | 反 | 正 | 反 |
| 15cm铜棒接入时电阻 | 602.06 | 602.30 | 602.10 | 602.10 | 602.12 | 603.07 |
| 20cm铝棒接入时电阻 | 804.37 | 803.87 | 804.97 | 809.96 | 804.10 | 804.21 |

数据处理：

1. 15cm铜棒接入电路时：

（1）测量所得电阻的平均值

由公式计算得：

（2）15cm铜棒接入时的电阻的测量列的标准差为

(表示正向电阻，表示反向电阻)

（3）对电阻用电阻箱测量，取。取，查表得因子，则的类不确定度

R的展伸不确定度

又有

根据不确定度的传递公式应该有：

那么

于是最终结果写成：

2. 20cm铜棒接入电路时：

（1）测量所得电阻的平均值

由公式计算得：

（2）20cm铜棒接入时的电阻的测量列的标准差为

(表示正向电阻，表示反向电阻)

（3）对电阻用电阻箱测量，取。取，查表得因子，则的类不确定度

R的展伸不确定度

又有

根据不确定度的传递公式应该有：

那么

于是最终结果写成：

由于连接电路不熟练，基础实验耗费较多时间，仅在提高内容测量两组数据。

综上，可得出：

|  |  |
| --- | --- |
| 15cm铜棒的电阻率 |  |
| 20cm铜棒的电阻率 |  |
| 30cm铜棒的电阻率 |  |

由此分析，不同长度的铜棒接入时，铜棒的电阻率稍有变化，但变化较小，因此铜棒较为均匀。

# 实验小结与反思：

1、本次实验并不困难，但应在接线时注意细节，如测量电阻和标准电阻接线时的相对位置不变。单刀双掷开关两边的接线柱无需再用导线相连，通电后，应首先观察电流表是否有示数来确保电路是通路。

2、实验中检流计一定要注意调零，粗调细调旋钮在不同情境下要有所选择。

3、实验时，首次使用螺旋测微器时读数错误，学生应熟悉螺旋测微器操作以便下次实验测量数据准确。实验时也应注意时间，安排好测量的数据量。

4、实验中应减小震动等因素保持实验台稳定，不然会因为接触不良等原因导致实验数据的突变。

5、实验时要注意电压端和电流端原来已经有52mm的距离，且四段测试架的标尺从10cm开始。

6、从实验结果来看，两次铜棒的测量所得电阻率比较接近，误差较小

# 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？

答：在实验中之所以能忽略的影响是因为其与电压支路的大电阻串联，而当电流头与电压头互换后，它们所串联的便成为了电流支路相对小很多的电阻，此时其影响便不该忽略，会对实验结果造成很大的影响。

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？

答：考虑到电压测量支路的大电阻一般是兆欧级别的电阻，一般情况下电阻在几欧到几百欧之间，相比大电阻仍然是高阶小量，故仍可忽略不计，但若是非常极限的情况，如接线电阻有几十千欧时，自然不可以忽略。

3. 根据测量误差分析情况，实验中电阻率测量精度影响最大的是什么？

答：误差分析过程中可以发现，对相对不确定度贡献最大 的项是电阻测量的误差项。这个误差一方面来自于电桥本身的灵敏度（检流计的灵敏度），在平衡位置附 近检流计偏转不明显带来测量误差；另一方面，整个电路也会因为发热、外界扰动等原因受到影响，从而影响测量精度。

4. 电阻测量中四端接法用于什么情况？如何提高电阻测量精度？

答：四端接法用于测量低电阻。对于测量常规大小的电阻 时，使用两端法即可。用双臂电桥测量低电阻时，应注意不要使待测电阻温度过高，并尽量选择阻值精度高、温度系数小的电阻为桥臂电阻。实验时，避免长时间通电造成电阻升温，避免外力扰动实验台，换用灵敏度更高的检流计，适当提高电路电流大小等方法，都可以提高测量精度。