双臂电桥测低电阻

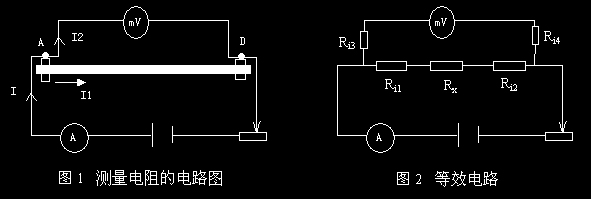
赵龙宇 PB06005068

实验简介

电阻按照阻值大小可分为高电阻(100K以上)、中电阻(1～100K)和低电阻(1以下)三种。一般说导线本身以及和接点处引起的电路中附加电阻约为>0.1，这样在测低电阻时就不能把它忽略掉。对惠斯通电桥加以改进而成的双臂电桥(又称开尔文电桥)消除了附加电阻的影响，适用于10-5~102 电阻的测量。本实验要求在掌握双臂电桥工作原理的基础上，用双臂电桥测金属材料的电阻率。

实验原理

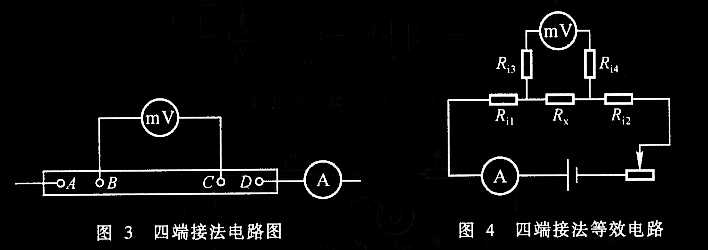
我们考察接线电阻和接触电阻是怎样对低值电阻测量结果产生影响的。例如用安培表和毫伏表按欧姆定律*R*＝*V*／*I*测量电阻*Rx*，电路图如图 1 所示，



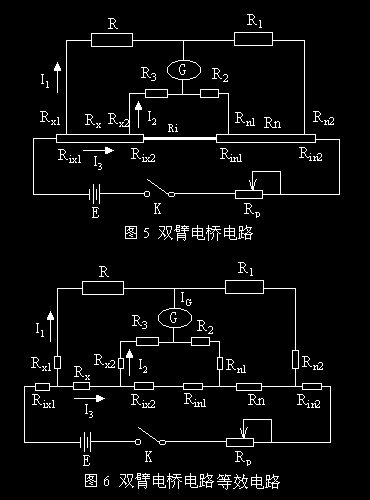
考虑到电流表、毫伏表与测量电阻的接触电阻后，等效电路图如图 2 所示。

由于毫伏表内阻Rg远大于接触电阻Ri3和Ri4,因此他们对于毫伏表的测量影响可忽略不计，此时按照欧姆定律*R*＝*V*／*I*得到的电阻是（Rx+ Ri1+ Ri2）。当待测电阻Rx小于1时，就不能忽略接触电阻Ri1和Ri2对测量的影响了。

因此，为了消除接触电阻对于测量结果的影响，需要将接线方式改成下图 3方式，将低电阻Rx以四端接法方式连接，等效电路如图 4 。此时毫伏表上测得电眼为Rx的电压降，由Rx = V/I即可准测计算出Rx。接于电流测量回路中成为电流头的两端(A、D)，与接于电压测量回路中称电压接头的两端(B、C)是各自分开的，许多低电阻的标准电阻都做成四端钮方式。



根据这个结论，就发展成双臂电桥，线路图和等效电路图和图所示。标准电阻Rn电流头接触电阻为Rin1、R in2，待测电阻Rx的电流头接触电阻为Rix1、R ix2，都连接到双臂电桥测量回路的电路回路内。标准电阻电压头接触电阻为Rn1、R n2，待测电阻Rx电压头接触电阻为Rx1、Rx2，连接到双臂电桥电压测量回路中，因为它们与较大电阻R1、R 2、R3、R相串连，故其影响可忽略。



由图和图，当电桥平衡时，通过检流计G的电流IG = 0, C和D两点电位相等，根据基尔霍夫定律，可得方程组（1）

  (1)

解方程组得

 (2)

通过联动转换开关，同时调节R1、R 2、R3、R，使得成立，则（2）式中第二项为零，待测电阻Rx和标准电阻Rn的接触电阻Rin1、R ix2均包括在低电阻导线Ri内，则有

 (3)

实际上即使用了联动转换开关，也很难完全做到。为了减小(2)式中第二项的影响，使用尽量粗的导线以减小电阻Ri的阻值(Ri<0.001)，使(2)式第二项尽量小，与第一项比较可以忽略，以满足(3)式。

学习重点

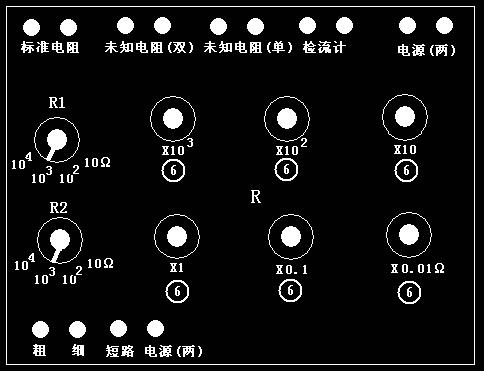
        熟悉双臂电桥的原理、特点和接线方法。

        掌握测量低电阻的特殊性和采用四端接法的必要性。

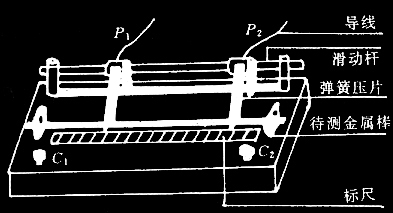
         了解金属电阻率测量方法的要点。

实验仪器

本实验所使用仪器有QJ型双臂电桥（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（C15/4或6型）、千分尺、导线等。



双臂电桥面板



棒材金属测试架

实验内容

用双臂电桥测量金属材料（铜棒、铝棒）的电阻虑，先用（3）式测量Rx,再求。

1．将铜棒安装在测试架上，按实验电路图接线。选择长度为cm，调节R1，R2为1000调节R使得检流计指示为0，读出此时R的电阻值。利用双刀开关换向，正反方向各测量3组数据。

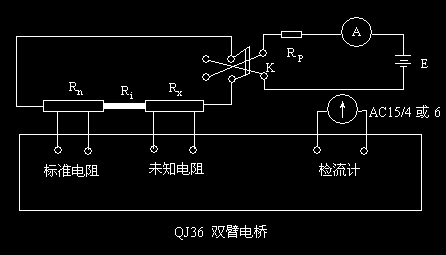
2．选取长度30cm,重复步骤1。

3．在6个不同的未知测量铜棒直径并求D的平均值。

4．计算2种长度的和，再求。

5．取40cm长度，计算测量值的标准偏差。

6．将铜棒换成铝棒，只计算40cm时的。



实验电路图

 实验数据

仪器参数：标准电阻：0.01级 0.001Ω

双臂电桥：0.02级 1000Ω

直径：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| D/mm | 4.989 | 4.986 | 4.987 | 4.985 | 4.988 | 4.989 |

铜棒40cm：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  | 1597 | 1594 | 1596 | 1594 | 1596 | 1594 |

由于ρ与成线性关系，故通过求不同的ρ再求平均的应与求出的相等，所以有：

（最后计算不确定度）

铜棒30cm：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  | 1194 | 1197 | 1195 | 1197 | 1195 | 1197 |

铝棒40cm：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  | 728 | 724 | 728 | 724 | 728 | 724 |

现在计算40cm铜棒的不确定度，由公式：

得不确定度传递公式：

分别分析D，L，R，，的不确定度

对于D，A类不确定度，由计算器得

在P=0.68下，

B类不确定度，查书得

对于L，A类不确定度为0，对于B类：

对于R，A类不确定度，由计算器得Ω

在P=0.68下，

B类不确定度，由关于电阻箱的不确定度公式：

对于，A类不确定度为0，直接有相对误差：

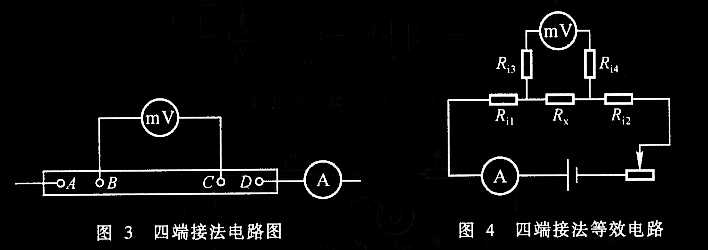
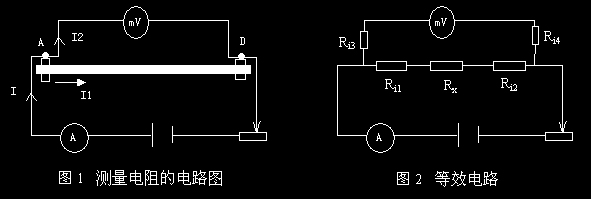
对于，A类不确定度为0，相当于一个旋钮的电阻箱，直接有相对误差：

P=0.683

 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：这样接后，电阻接入电路的方法从四端接法变成普通接法。如下图：

后图为普通接法。改变接法后新添的和会在电路中分压。为了消除它们的影响，必须增加实验的复杂度，而且由于增加了实验步骤，也会使误差变大，准确性降低，故不能将其对换。

1. 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：有影响。从电路图看出，被测低电阻的电压头接线电阻之所以能忽略是因为它们分别与较大的电阻R与串联。如果和这两个电阻不能忽略，那么就应用和代替R和。所以此时无法再满足，因为无法保证，所以由于不能近似处理，误差会很大。

注意事项

        按线路图电流回路接线，标准电阻和未知电阻连接到双臂电桥时注意电压头接线顺序。

        先将铝棒(后测铜棒)安装在测试架刀口下面，端头顶到位螺丝拧紧。

         检流计在X1和X0.1档进行调零、测量，不工作时拨到短路档进行保护。