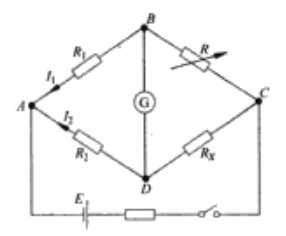
**直流电桥测电阻  
实验报告**

双二下A组16号

力9 班 倪彦硕

2009011640

2010年10月19日

1. **实验目的**
2. 了解单电桥测电阻的原理，初步掌握直流单电桥的使用方法；
3. 单电桥测量铜丝的电阻温度系数，学习用作图法和直线拟合法处理数据；
4. 了解数字电表的原理和线性化设计的方法
5. **实验原理**

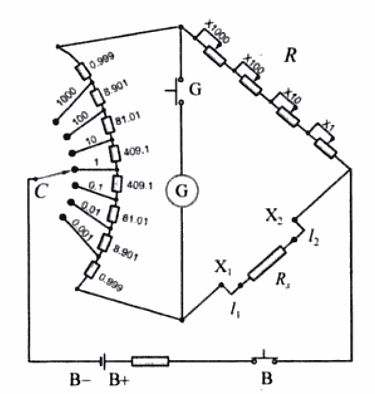
**2.1 惠斯通电桥测电阻**

惠斯通电桥是最常用的直流电桥。其中，和是已知阻值的标准电阻，他们和被测电阻构成四个“臂”，对角*B*和*D*之间接有检流计G，它像桥一样。若调节R使测流计中电流为0，则桥两端*B*和*D*点的电位相等，电桥达到平衡，这时可得：

，

图1 电桥原理简图

图1 电桥原理简图

两式相除可得：

只要检流计足够灵敏，上式就能相当好地成立，就能用三个标准电阻的值来求得，而与电源电压无关。从而测量的准确度较高。

单电桥的实际电路如右图所示。将和做成比值为的比率臂，则被测电阻为

其中，共分7个档：0.001～1000，为测量臂，由4个十进位的电阻盘组成。图中电阻单位为。

图2 单电桥电路图

**2.2 铜丝的电阻温度系数**

任何物体的电阻都与温度有关。多数金属的电阻随温度升高而增大，有如下关系式

式中，分别是时金属的电阻值；是电阻温度系数，单位是（）。严格地说，一般与温度有关，但对本实验所用的纯铜材料来说，在的范围内的变化很小，可当作常数，**即与*t*呈线性关系**。于是

利用金属电阻随温度变化的性质，可制成电阻温度计来测温。例如铂电阻温度计不仅准确度高、稳定性好，而且从都能使用。铜电阻温度计在范围内因其线性性好，应用也较广泛。

**2.3 组装数字温度计**

**2.3.1 非平衡桥**

非平衡桥是指把单电桥中的检流计G去掉，通过测量其两端电压来测量电阻，与平衡桥相比，非平衡桥的优点是，可以在直接观测量与间接观测量之间建立函数关系，（而不是惠斯通电桥法里面，检流计仅仅作为“检验工具”），于是可以很方便快速地测得连续变化的电阻值。输出电压的公式为：

由2.2节知，铜丝电阻满足 ，则即可以通过测量铜丝电阻从而知道铜丝的温度；如用非平衡桥连续测得铜丝电阻的变化，那么就可以通过测量毫伏表实数从而测得温度。这就是数字温度计的原理。

一般来说，与的关系不是线性的，为了组装数字温度计，适当地选择电桥参数（），使其非线性项误差很小，在一定温度范围内近似呈线性关系。这就是线性化设计。

**2.3.2 互易桥**

把惠斯通电桥中电源和检流计位置互换，则，则这样的设计下误差较小。

**2.3.3 线性化设计**

欲组装一个温度范围在的铜电阻数字温度计，必须将的关系线性化，当采用量程为数字电压表来显示温度值时，要求显示值：

当温度，此时互易桥为平衡桥有：

式中铜丝电阻值，为测量臂电阻，对铜电阻来说，在范围内是线性关系：，那么， 可以改写为：

考虑到本实验中选，铜丝电阻温度系数，则上式可以进一步简化为：

其中为非线性误差项，忽略后，把上式与 比较得： 即：选择电桥参数，就可以使得数字电压表的示数与铜丝温度满足线性关系：。

1. **实验任务及步骤**
2. **惠斯通电桥测电阻**
3. 熟悉电桥结构，预调检流计零位。
4. 测不同量级的待测电阻值（其中有一个感生电阻），根据被测电阻的标称值（即大约值），首先选定比率并预置测量盘；接着调节电桥平衡而得到读数和的值，并注意总结操作规律；然后测出偏离平衡分格所需的测量盘示值变化，以便计算灵敏阈。
5. 根据记录的数据计算测量值，分析误差，最后给出各电阻的测量结果。
6. **单电桥测铜丝的电阻温度系数**
7. 测量加热前的水温及铜丝的电阻值
8. 从起始温度升温，每隔左右测一次温度及相应的阻值。
9. 注意摸索控制待测铜丝温度的方法。要求在**大致热平衡**（温度计示值基本不变）时进行测量。
10. 测量后用计算机进行直线拟合来检验数据。如果每次都在大致热平衡时测量，则和直线拟合的相关系数应该在以上。
11. **组装数字温度计**
12. 将QJ-23型惠斯通电桥改装成互易桥（必须关掉电源后再操作）。电源*E*接到原电桥*G*的外接端（此时金属片必须将“内接”两端短路并拧紧），将数字电压表接到元电桥的B端。
13. 按所选的电桥参数组装数字温度计，即，其中在前面的实验中已测得。分析不准确对实验结果的影响。
14. 用实验检验组装的数字温度计

在前面测铜丝电阻温度系数的实验的水桶中继续进行，在余温度上每增加测个实验点，记录温度计示数测温范围大于。

1. **误差计算原理**

**QJ-23型单电桥不确定度计算**

使用QJ-23型单电桥在一定参考条件下（、电源电压偏离额定值不大于绝缘电阻符合一定要求、相对湿度等），电桥的基本误差极限可表示为

在上式中被测电阻值；第二项是常数项，是基准值，暂取。等级指数主要反映了电桥中各标准电阻（比率臂和测量臂）的准确度。

若测量范围或电源、检流计条件不符合登记指数对应的要求时，我们会发现电桥测量不够“灵敏”，即平衡后再改变（实际上等效地改变），而检流计却未见偏转。我们可将检流计灵敏阈（0.2分格）所对应的被测电阻的变化量叫做电桥的灵敏阈。的变化量可以这样测得：平衡后，将测量盘电阻人为地调偏分格，使检流计偏转分格（如2或者1分格），则按比例关系再求出0.2分格对应的，即：

电桥的灵敏阈反映了平衡判断中可能包含的误差，其值既和电源及检流计的参量有关，也和比率臂*C*以及的大小有关。。要减小，可适当提高电源电压或外界更灵敏的检流计。当测量范围及条件符合仪表说明书所规定的要求时，不大于的几分之一，可不计的影响，否则应该从下式得出测量结果的不确定度：

1. **实验数据及误差分析**
2. **惠斯通电桥测电阻**

仪器组号 16 ；电桥型号 QJ-23 ；编号 16 。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电阻标称值 | 120 | 1k | 11k | 360k | 200 |
| 比率臂读数 | 0.1 | 1 | 10 | 100 | 0.1 |
| 准确度等级指数 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.2 |
| 平衡时测量盘读数 | 1290 | 1001 | 1095 | 3603 | 1989 |
| 平衡后将检流计调偏 | 2 | 6 | 4 | 3 | 4 |
| 与对应的测量盘的示值变化 | 1 | 1 | 2 | 380 | 1 |
| 测量值 | 129.0 | 1001 | 10.95k | 360.3k | 198.9 |
|  | 0.358 | 3.002 | 79.75 | 2051.5 | 0.4978 |
|  | 0.010 | 0.033 | 1.000 | 2533.3 | 0.005 |
|  | 0.358 | 3.002 | 79.76 | 3259.8 | 0.498 |
|  |  |  |  |  | 198.9 |

（注1：最后一个()是感生电阻）

（注2：加阴影的数据不是原始测量量，是实验后计算得出的，下同。）

1. **单电桥测铜丝的电阻温度系数**

起始温度\_19.0\_；比率臂= 0.01 ；测量盘读数= 1344 ；起始电阻为 13.44 。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 温度 | 比率臂 | 测量盘读数 |  |
| 1 | 25.1 | 0.01 | 1388 | 13.88 |
| 2 | 29.4 | 0.01 | 1410 | 14.10 |
| 3 | 34.0 | 0.01 | 1436 | 14.36 |
| 4 | 39.2 | 0.01 | 1463 | 14.63 |
| 5 | 44.5 | 0.01 | 1491 | 14.91 |
| 6 | 48.5 | 0.01 | 1507 | 15.07 |
| 7 | 53.8 | 0.01 | 1536 | 15.36 |
| 8 | 57.9 | 0.01 | 1553 | 15.53 |
| 9 | 63.2 | 0.01 | 1584 | 15.84 |

计算机直线拟合结果：12.61937；0.05082；0.99956。 。

（注：图中的细实直线即为拟合线，阴影的背景粗线各个数据连成的折线，下同）

1. **非平衡桥及组装数字温度计**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 温度 | 63.0 | 66.0 | 70.0 | 73.0 | 77.0 |
| 毫伏表示数 | 6.16 | 6.48 | 6.90 | 7.20 | 7.62 |

用计算机绘图如下

1. **实验总结**
2. **惠斯通电桥的相对误差**

单电桥法虽然从原理上说，只要检流计足够灵敏那么就能做到足够精确，但由于测量盘不是连续可调的，所以在测高电阻的时候会有较大的相对误差。见下表：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电阻标称值 | 120 | 1000 | 11000 | 360000 | 200 |
| 测量值 | 129 | 1001 | 10950 | 360300 | 119.8 |
| 不确定度 | 0.358 | 3.002 | 79.76 | 3259.8 | 0.498 |
| 相对误差 | ***0.28%*** | ***0.30%*** | ***0.73%*** | ***0.90%*** | ***0.42%*** |

可以看出，被测电阻值越大，相对误差越大。这是因为当待测电阻大的时候，应该把比率臂放在大比率（如）上，则测量盘改变的最小电阻就是。有时经常找不到能“真正”电桥平衡的点，在测量盘某个示数时，检流计在0的左边几格，而改变最小的电阻值就发现指针在0的右方几格，只能选择偏差较小的数来作为结果。

1. **两次直线拟合**

第一次直线拟合的相关系数，第二次是。第一次比较低。可能原因是：第一次拟合的时候，不知道怎么判断热平衡，往往出现错过预先期望的温度，导致读完电阻时，再看温度计结果已经不是刚才所对应的了，所以误差比较大。到后来采取估计温度升高3～4度后的阻值，先把阻值调到位，然后再等待平衡，然后立刻读数的办法，增强了准确率和线性相关度。从第一个图表也可以看出来，如果去掉2个线性相关度不好的点，还能够更高。

另外由于在实际测量过程中，两次测量的温差往往不是一个固定数，而表格处理时无法把横轴间距调的不同，导致看上去的图表线性没有r所翻译的那么好。

1. **总结由平衡桥——非平衡桥——数字温度计演变的物理思想**

平衡桥是一种精确测电阻的方法，理论意义很重要，但是实际操作中，还是需要调整电源电压等以得到更大精度。非平衡桥与平衡桥测电阻的本质原理一致，都可用基尔霍夫方程推出，但是非平衡桥的读数方便，可以快速、连续测量。有了这一电阻值“监控”工具后，就可以“实时”地把该值转化为其他间接测量的物理量。

（原始数据表格见附页）