# 实验报告

**学号：2413507 津南周五下午1048 J组8号 姓名：蒋林瀞**

**实验：直流单臂电桥**

***时间：2025/3/21***

1. 实验前准备
   1. **实验目的**

1.掌握电桥测量电阻的原理和方法。

2.了解电桥的测量精确度所依赖的条件。

3.学会使用箱式电桥。

**1.2 实验适用范围**

直流单臂电桥主要是用来测量中等阻值，即~的电阻。

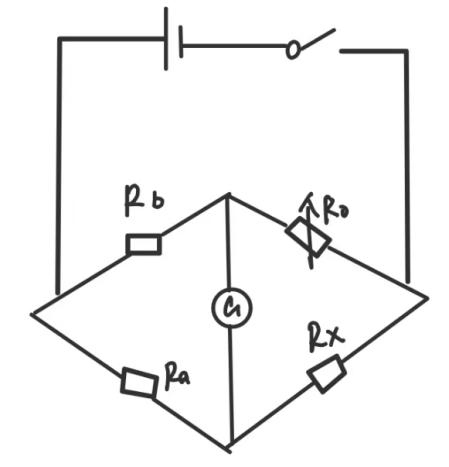
**1.3 实验器材**

提供的器材及参数：

FB3081型直流数显微电流计，比例臂电阻四个（，，，），电阻箱（99999.9），待测电阻两个，直流电源一个。

**1.4 实验电路图及推导实验所需测量公式**

直流单臂电桥原理如图1所示。它是由四个电阻Ra、Rb、Rx、R0连成的四边形回路。在这个四边形回路的一条对角线的端点间接入直流工作电源，另一条对角线的端点间接入电流计。适当调节R0的值，可以使C、D两点电势相同，电流计中无电流通过，此时称电桥达到了平衡。



*图1*

在电桥平衡时，由电学知识可得：

且同一支路上电流处处相等，有

由上述式子联立得

为了计算方便，使过程简洁，通常令 的值记作C，（C的值取10n,且n为整数）。

则有：

所以，在已知电路的，阻值后，不断调节可调电阻箱阻值使电流表G的示数为0时，我们就可以利用上述公式求出的阻值。此外，在实际实验中由于电阻箱的阻值无法连续变化，如果无法让电流表的示数降为0，则可让电流表的电流的绝对值最低，取该情况对应的进行近似计算。

**1.5 比例臂倍率C的合适选取**

原理：电桥在从非平衡到平衡的过程中，要调节电阻箱的阻值，使电流计的读数为0(如果读数到不了0，应尽可能地靠近0)。测量时，R0调节位数越多，对电桥的平衡调节也就越精细，带来的测量误差越小。为此在测量时要恰当选取倍率C，使R0调节位数尽可能多。电阻箱一共有6个旋钮，调节范围为0~99999.9，最小调节量为0.1。显然，旋钮数用的越多，调节位数越多，对电桥的平衡调节越精细，电流计的读数就越有可能到0，带来的误差也就越小。

选择：本次实验一共要测量两个阻值分别约为1200和50的电阻，在测量阻值约为1200的电阻时，可选取为1，这样电桥平衡时，电阻箱的阻值约为1200，能够用上5个旋钮，使电桥的平衡调节精确到5位有效数字；而在测量阻值约为50的电阻时，可选取为0.01，这样可使电桥平衡时，电阻箱的阻值约为5000，用上5个旋钮，使电桥的平衡调节精确到5位有效数字。

**1.6 电桥灵敏度与测量精度**

电桥的平衡在实验上是通过电流计的示数来判断的。当通过电流计的电流小于其分辨率时，我们不能判断电桥是否偏离平衡，仍认为电桥处于平衡态，从而给测量带来误差。对此，我们引入电桥灵敏度的概念，定义为：

式中 是电桥平衡时的阻值；是在电桥平衡后的微小改变量；是电桥偏离平衡而引起电流计的示数改变量。

可见电桥灵敏度越大，电桥越灵敏，对电桥平衡的判断越精细，由灵敏度引入的误差也就越小，亦即提高了测量精度。可根据上式由实验测出。

电桥灵敏度与很多因素有关，电桥灵敏度也可由基尔霍夫定律推出。若忽略电源内阻，其表达式为:

以此公式可以提高电流灵敏度。式中、分别为电流计的电流常数和内阻。由此式可见，适当提高电源电压、选择电流常数和内阻适当小的灵敏电流计、适当减小桥臂电阻（）、尽量把桥臂配置成均压状态（即四臂电压相等），使上式中的（）值最小，这些对提高电桥灵敏度均有作用，但需根据具体情况灵活运用。这是因为有时倍率的选择使电桥平衡的精细度调节最佳时，却不能使桥的灵敏度最大，如发生这种矛盾应兼顾考虑。

为了消除桥路中电动势的影响，可采用电源正、反向各测一次，然后取平均值的办法。

**1.7 什么是换臂法，有什么作用？**

在实际测量中，已知电阻与的阻值不一定准确，而这种不精确度会造成误差。而通过对换电阻与后再进行测量可以很好地规避这一现象。

当选取倍率进行测量时，可方便地采用换臂法完全消除倍率的误差。

在图1所示的电路，我们得到的公式为：

而将与进行对换之后，我们能得到新的公式：

将两者公式相乘，得到：

其中与为两次测量中的测量值，与分别为两次测量对应的同一电阻，所以有：

二、实验进行时

2.1 第一个实验：测量数据、数据处理

测量未知电阻（即，约1200）及电桥灵敏度。选取，故比例臂倍率*C=1*，即。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电桥状态 | R0（Ω） | R1（Ω） | ΔR0（Ω） | ΔI（nA） | S1（nA） |
| 换臂前 | 1182.9 | 1182.9 | 1 | 15.2 | 16560.6 |
| 换臂后 | 1182.8 | 1182.8 | 1 | 14.3 | 16915.5 |

利用换臂前数据计算：

相对不确定度：，

不确定度：

得：

若利用换臂前后两次的数据计算：

相对不确定度：

因为换臂法消除了比例臂倍率带来的误差，故计算相对不确定度时不含：

不确定度：

得：

2.2 第二个实验：测量数据，数据处理

观察电桥灵敏度与电源电压的关系，取，，改变电源电压 ，测量不同电压下的电桥灵敏度，利用各组数据及公式计算得各组*S*值，并 作关系图。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| （V） |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| () |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

*图2*

结果发现电桥灵敏度与电压大小成正比。计算相关系数后得，说明电桥灵敏度与电压大小在一定范围内具有较强的线性相关性。

2.3 第三个实验：测量数据，数据处理

测量未知电阻（即，约50）及电桥灵敏度：

根据情况，因为待测电阻约为50，为使电阻箱的旋钮尽可能用上，故选取比例臂倍率=0.01，即=10，=100。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电桥状态 |  |  |  |  |  |
| 数据记录 | 4964.9 | 49.65 | 10 | 12.9 | 6404.72 |

相对不确定度：，

不确定度：

得：

三、实验后反思

误差分析：

1.实际测量时电流计的初始值并没有始终稳定在0，而是会上下波动，对测量时电桥平衡的判断造成误差。

2.电压一直波动，会造成一定的误差。

3.接线误差与接触误差，本次实验采取的直流电桥很明显能看到连接的导线非常多，导线与导线之间相互交叉，相互影响，造成接触情况不够稳定，这种误差会影响电流表示数。

4.本次实验理论上应保证电流表的示数为0，但实际上由于电阻箱无法连续调节，大多数情况下无法达到0，所以实验选取了距离0最接近的情况视作平衡，这种近似将不平衡视作平衡，造成一定的误差。

四、思考题

**4.1 若电桥保证准确度的测量范围为20～99999，要测一个1×Ω左右的电阻，可否用一只1000Ω的标准电阻与之并联起来测量？能否测准？**

4.1.1 可以并联起来测量，同时这种方法可以测准。由并联电阻阻值计算公式得：

二者并联总阻值在20与99999之间，故可以测准。

**4.2 根据实验中测和时的电路参量，由式（3-2-5）计算电桥灵敏度和并与测量值比较，看看是否一致。**

4.2.1 本实验中电流计的电流常量*K*未知，无法计算和比较。

**4.3 替代法测，即电桥平衡后若以电阻箱某值替下时桥仍平衡，则。注意替代时需断开电源。这种测法要求、、准确吗？要求电源稳定吗？**

4.3.1 不要求、、准确，用替代法测量，测量值与、、无关，无需 知道这些电阻的阻值。但是要求电源稳定，只有电源稳定，电桥平衡时，才有 成立，否则电路发生变化，替代法就不成立。

五、实验收获

在本次实验中，我使用了单臂电桥，通过连接电路，采用观察电流计示数的方法同时调节电阻箱的电阻来测量待测电阻的值。此外，还测量了不同电源电压下的电桥灵敏度，使用作图的方法发现电桥灵敏度与电源电压成正比。

通过实验，我不仅对单臂电桥的原理有了更直观的理解，也更加熟悉了使用单臂电桥测量待测电阻的方法和技巧。例如如何选取比例臂，如何通过电流计的读数判断电流是否达到了平衡状态。

总的来说，本次实验对我掌握实验测量方法、训练实验技能和培养实验素养都有很大的帮助，是一次非常有意义的实验。做实验过程中我也获得了许多乐趣，使我对物理实验更加感兴趣，也期待着下一次实验。

*附件1：实验测量时部分记录数据图*

*<3.21单臂电桥记录数据图片>*

*附件2：数据处理Excel表格*

*<3.21单臂电桥现场数据.xlsx>*