# 实验名称：直流单臂电桥

学生姓名：宋奕纬 学号：2212000 学院：网络空间安全学院

A组19号 2024年4月26日

## 实验器材

1. 直流稳压电源
2. 直流数显微电流计：FB308型
3. 比例臂电阻：4个，阻值分别为100**Ω、**100**Ω、**10**Ω**、1000**Ω**
4. 电阻箱
5. 待测电阻（分别约为1200**Ω与**50**Ω**）
6. 导线

## 实验目的

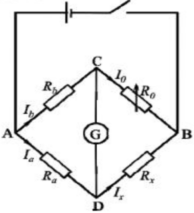
1. 掌握电桥测量电阻的原理和方法；
2. 了解电桥的测量精确度所依赖的条件；
3. 学会使用箱式电桥。

## 实验原理

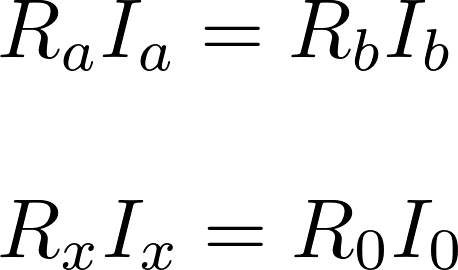
1. **电阻的测量**

本实验所用的是直流单臂电桥(又称惠斯通电桥),主要是用来测量中等阻值(10~102Ω)电阻的;测量低阻(10-5~10Ω)用直流双臂电桥(又称开尔文电桥);测量高阻(106~1012Ω)则用专门的高阻电桥或冲击法等。

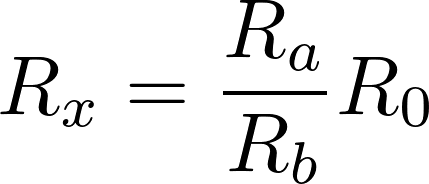
直流单臂电桥的原理电路如图所示：



它是由四个电阻联成一个四边形回路,这四个电阻称为电桥的四个“臂”。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,这个支路一般称为“桥”。适当地调节值,可使C、D两点电势相同,电流计中无电流流过,这时称电桥达到了平衡，在电桥平衡时有：



则上式整理可得：



为了计算方便,通常把的比值选成10n(n=0,±1,±2,…),令,则。可见电桥平衡时,由已知的、(或C)及值便可算出。人们常把、称为比例臂,C为比例臂的倍率,称为比较臂,称为待测臂。

1. **精度提高**  
   （1）**倍率C的选取与测量精度：**

电桥由非平衡态达到平衡态的过程中，需要调节比较臂电阻。显然调节位数越多，对电桥的平衡调节得越精细，由此给测量带来的误差就越小。为此在测量时要恰当地选取倍率C,以使调节的有效位数尽量多。

1. **电桥灵敏度与测量精度：**

变阻器的用途是控制电路中的电压和电流，使其达到某一指定的数值，或使其在一定范围内连续变化。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δ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 或

其中是电桥平衡时的阻值Δ是在电桥平衡后的微小改变量，ΔI是电桥偏离平衡而引起电流计的示数改变量。故由电桥灵敏度引入待测量的相对误差为

可见电桥灵敏度S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。

电桥灵敏度S也可由基尔霍夫定律推出。若忽略电源内阻，其表达式为

式中K、分别为电流计的电流常量和内阻。由此式可见，适当提高电源电压E选择电流常量K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C的选择使电桥平衡的调节精细度最佳时，却不能使桥的灵敏度S最大，如发生这种矛盾应兼顾考虑。

1. **测量方法消除误差（换臂法）：**

采取一定的测量方法，可以消除某些误差，提高测量精度。

例如在自组单桥测电阻中，当选取倍率C=1进行测量时，可方便地采用换臂法完全消除倍率C的误差。

若电桥平衡时比较臂为,将、(或、)交换位置后，若电桥再次平衡比较臂为,待测电阻则为

此时倍率C被消除，C造成的误差也被消除。

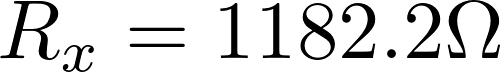
## 操作步骤及实验数据记录、计算

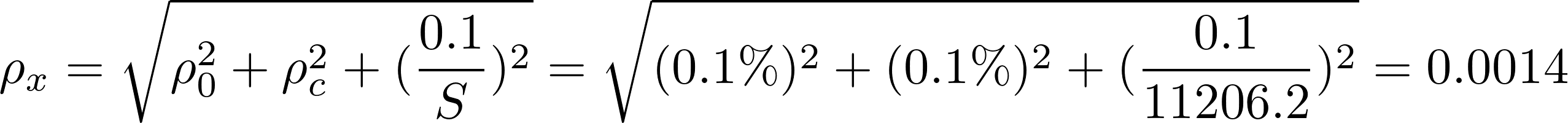
1、**测量未知电阻（即，约1200Ω）及该实验灵敏度：**

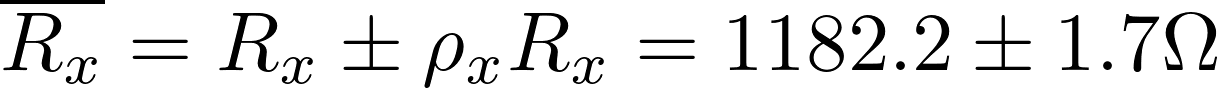
根据情况，选取=100Ω，=100Ω，比例臂的倍率C=1，电源电压E=0.5～3.5V。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电桥状态 | /Ω | /Ω | Δ/Ω | ΔI/nA | /nA |
| 换臂前 | 1182.2 | 1182.2 | 5 | 47.5 | 11206.2 |
| 换臂后 | 1181.9 | 1181.9 | 5 | 47.3 | 11160.908 |

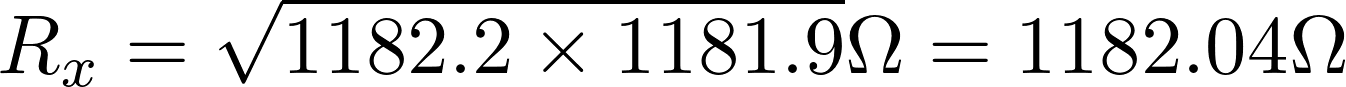
**利用换臂前的数据计算:**

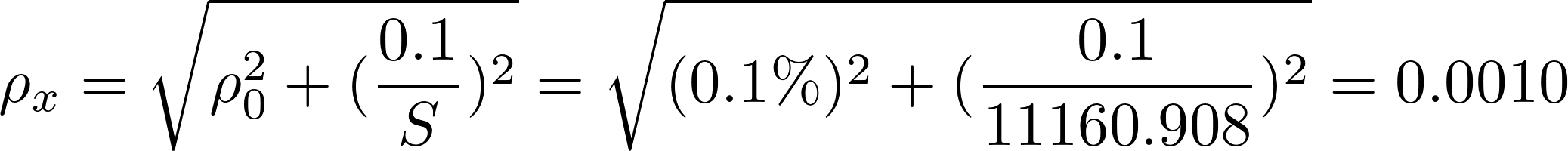


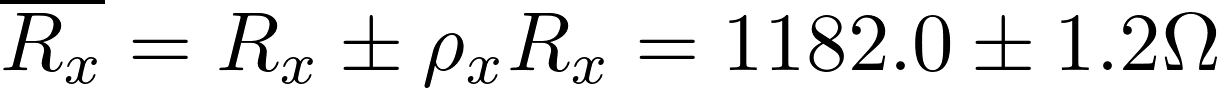




**利用换臂后的数据计算:**







1. **观察电桥灵敏度与电源电压的关系：**

取==100Ω和，改变电源电压E，测量不同电压下的电桥灵敏度，并做S-E关系图。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| E/V | 0.50 | 1.00 | 1.50 | 2.00 | 2.50 | 3.00 | 3.50 |
| /Ω | 1181.8 | 1182.1 | 1182.2 | 1182.2 | 1182.2 | 1182.2 | 1182.2 |
| Δ/Ω | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| ΔI/nA | 14.5 | 29.1 | 44.2 | 59.1 | 74.0 | 88.8 | 103.5 |
| S/nA | 3427.2 | 6880.4 | 10450.6 | 13973.6 | 17496.6 | 20995.9 | 24471.5 |

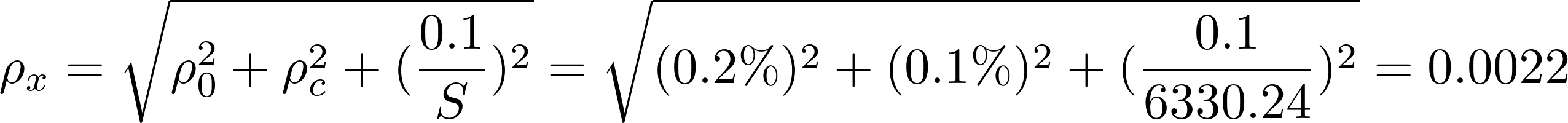
根据表中数据作图：

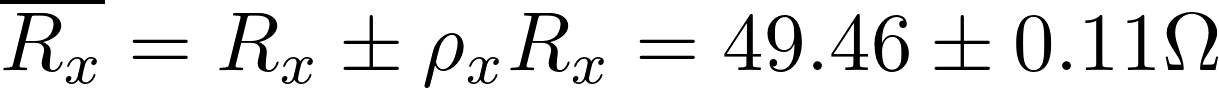
1. **测量未知电阻（即，约50Ω）及灵敏度：**

根据情况，选取=10Ω，=1000Ω，比例臂的倍率C=0.01，电源电压E=0.50V。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电桥状态 | /Ω | /Ω | Δ/Ω | ΔI/nA | /nA |
| 数据记录 | 4945.5 | 49.455 | 5 | 6.4 | 6330.24 |







## 实验反思与总结

1、在进行测量前要对微电流计进行调零，具体操作为接好后按下电阻的按钮，调节其示数为0。

2、电阻箱要从大档位到小档位进行调节，可以预先调到待测电阻预估值的附近。

3、实验过程中可能出现调节最小档位后仍无法完全平衡的情况（0.1Ω档位大一格为正值，小一格为负值），可以选择微电流计示数较小的阻值进行计算。

## 考察题与思考题

考察题：

1. **在用电桥测量电阻时恰当选取倍率C的目的何在？在实验中怎样判断C选取得是否恰当?**

在电桥测量电阻时，选取倍率C的目的是确保测量结果在仪器的最佳测量范围内，以提高测量的准确性和精度。选择倍率C要根据待测电阻的预估范围，以及所用电桥的灵敏度和量程来确定。

**判断方法：**

可以根据有效位进行判断，有效位越多越恰当；

如果测量结果接近或者直接等于量程的上限或下限，则需要调整倍率C，以确保测量结果在仪器的合适范围内；

如果测量结果波动较大或者难以稳定在一个数值上，可能是倍率选取不当导致的，此时需要调整倍率并重新进行测量。

1. **影响测量精确度的因素有哪些？**

倍率C的选取，电源电压，微电流计的精度，电阻箱的精度，测量方法（可以用换臂法消除C带来的误差）

根据，可以看出与电源电压E、电流计的电流常量与内阻、桥臂电阻之和、桥臂电阻比例（最好是均压）等因素有关。

1. **电源电压不太稳定是否影响测量的精确度？电源电压太低为什么影响测量精确度？**

有一定影响，由，电压不稳定会导致灵敏度忽高忽低，对测量造成一定影响。

电源电压太低时，由上式知道灵敏度较低，精确度下降；也可以理解为电源电压太低使回路的电流减小，电表波动不大，更容易小于其分辨率，影响灵敏度，导致精确度下降，误差增大。

1. **若桥臂回路有导线不通，电流计示数大或小？若电流计支路或电源支路不通，电流计示数大或小？若C和预置不当，电流计示数大或小？**

有导线不通时，电流计示数大，电流会通过电流计走向最低阻抗的路径，而不通过未通的回路，导致电流计读数增大。

电流计支路不通或电源支路不通，电流计示数小，流会通过电流计走向最低阻抗的路径，如果支路不通，则电流计的读数会减小。

C和预置不当，示数（绝对值）偏大。

思考题

1. **若电桥保证准确度的测量范围为20～99 999 Ω,要测一个  Ω 左右的电阻,可否用一只1000 Ω的标准电阻与之并联起来测量?能否测准?**

并联后的电阻大概是*999*Ω，在测量范围内，可以测量。

可以根据测出的电阻值根据并联规律计算出待测电阻，可以测准

1. **根据实验中测和时的电路参量，由式计算电桥灵敏度并与测量值比较，看是否一致。**

（不知道电流常量K与直流数显微电流计的内阻无法计算结果，但根据数量级估算，基本一致）

1. **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?**

不要求其余电阻准确与电源稳定，但最好做到电源稳定。

## 七、原始数据与助教签字

