

惠斯通电桥实验报告

董坤楷 202211140003 完成时间：2022.2.23 报告提交时间：3.2

第一部分：利用惠斯通电桥测量电阻

1. 实验原理：

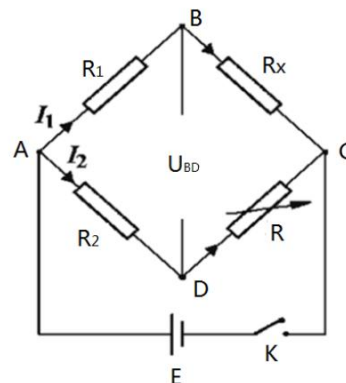
如图 1 所示电路系统， R_1 、 R_2 、 R 为可变电阻， R_x 为待测电阻，则 B、D 间电压有

$$U_{BD} = E \left(\frac{R_x}{R_x + R_1} - \frac{R}{R + R_2} \right)$$

调节 R 使 $U_{BD}=0$ ，则有

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R$$

代入 R_1 、 R_2 、 R 的示数即可求出 R_x 。



2. 误差分析：

惠斯通电桥测电阻的误差主要有两个来源：

(1) 电桥灵敏度，

电桥灵敏度可以用公式计算，即

$$K = \frac{R_1 R_x}{(R_1 + R_x)^2} \frac{E}{R^*}$$

电桥灵敏度也可以通过实验测出，即

$$K = \frac{2m \in}{|R^+ - R^-|}$$

(2) 电阻结构误差，即

$$\frac{u_{R_x}}{R_x} = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_2}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_{eq}}{R}\right)^2}$$

3. 实验数据处理

(1) 测量待测电阻

待测电阻精测：2206.7 Ω

实验记录：

$E = 5V$

R_1 / Ω	2000	1500	2000	1000
R_2 / Ω	2000	1500	1000	500
R / Ω	2206.89	2206.09	1103.45	1103.11
R_x / Ω	2206.89	2206.09	2206.90	2206.22
R' / Ω	2206.61	2206.42	4412.48	4413.37
R_x' / Ω	2206.61	2206.42	2206.24	2206.69
$K / mV \cdot \Omega^{-1}$	0.5650	0.5460	1.1300	0.9728
$K' / mV \cdot \Omega^{-1}$	0.5651	0.5459	0.2431	0.1706

(R 、 R_x' 及 K' 为将 R_1 、 R_2 调换后测得的数据)

利用 $K = \frac{2m\epsilon}{|R^+ - R^-|}$ 计算电桥灵敏度

ϵ/mV	m	R^+/Ω	R^-/Ω	$K/\text{mV} \cdot \Omega^{-1}$
0.01	10	2206.40	2206.01	0.5128
0.01	10	2207.16	2206.75	0.4878
0.01	10	1103.50	1103.28	0.9091
0.01	10	1103.27	1103.05	0.9091
0.01	10	4413.03	4412.06	0.2061
0.01	10	4413.04	4412.95	0.1834

取第一组数据计算得电阻结构误差

$$\frac{u_{R_x}}{R_x} = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_2}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_{eq}}{R}\right)^2} = 0.7182 \times 10^{-3}$$

4. 分析与总结

- (1) 通过实验测得的 R_x 阻值与欧姆表测出的阻值很接近，同时两种方法算出的电桥灵敏度数值也很接近，本次实验比较成功；
- (2) 实验先通过欧姆表获得待测电阻阻值的大致值可以使电桥的平衡调节时大大减少步骤；
- (3) 实验如果长时间进行，会导致电阻温度升高影响阻值，因此实验一段时间后应该断电一段时间来保持电阻温度；
- (4) 接线不稳会导致实验仪器的示数不断跳动导致难以读取，因此要保证接线口的稳定。

第二部分 非平衡电桥测磁阻系数

1. 实验原理：

当 $R_1R=R_2R_x$ 时 $U_{BD}=0$ ，电桥达到平衡，此时若 R 的值改变，改变量将由 U_{BD} 的变化放大，可以通过 U_{BD} 的示数来计算 R 改变量。本实验采用 TMR 隧道磁电阻，改变线圈内电流可以改变磁阻阻值，然后通过

$$U_{BD} = \alpha E \frac{R_1R_{20}}{(R_1 + R_{20})^2} B$$

来计算磁阻的磁阻系数。

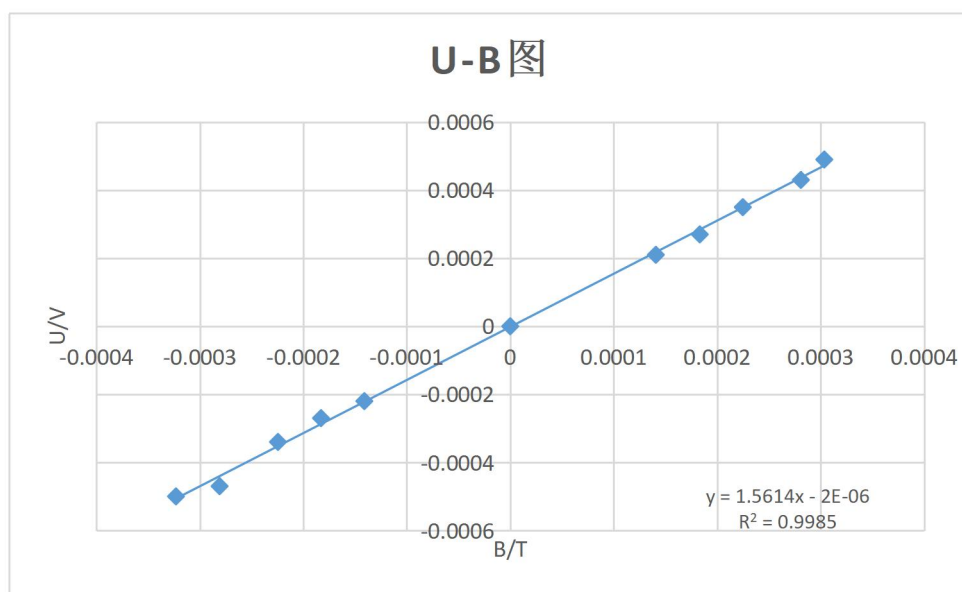
2. 误差分析

本实验中要计算最小二乘法拟合的误差

3. 实验数据处理

E	R_1	R_{20}	N	r
5.0	17398.5 Ω	17398.5 Ω	300	67.5mm

U_{BD}/V	I/A	B/T
-0.00050	-0.1157	-0.000323095
-0.00047	-0.1006	-0.000280928
-0.00034	-0.0804	-0.000224519
-0.00027	-0.0655	-0.000182910
-0.00022	-0.0505	-0.000141022
0	0	0
0.00021	0.0504	0.000140743
0.00027	0.0656	0.000183195
0.00035	0.0805	0.000224798
0.00043	0.1006	0.000280928
0.00049	0.1087	0.000303547



计算不确定度

$$u = 1.5614 \sqrt{\frac{(0.9985)^{-2} - 1}{11 - 1}} = 0.05482$$

拟合后

$$\alpha = \frac{1.5164 \times 4}{2} = 3.0328 \pm 0.05428 \text{ } T^{-1}$$

4. 分析与总结

1. 因为地磁场原因，线圈摆放角度会对阻值有一定影响。最好将其东西向放置以减小这方面

影响。

2. 实验过程中，长时间通电会使线圈发热，对实验结果产生一定影响，故要在线圈前放一点风扇降温，并且每实验一段时间要断电几分钟。

