

实验十一&十七 直流电桥

注：本实验为教材中“实验十一”和“实验十七”的综合性实验，请按教材中两个实验的原理预习（“实验十一”中箱式电桥的相关内容可略去），按照指导书内容做实验。

一、实验任务

1. 用自组惠斯通电桥测量电阻；
2. 用非平衡电桥测金属铜材料的电阻温度系数；
3. 拓展内容：设计方案消除桥臂电阻的阻值不准引起的系统误差。

二、操作要点

1. 用自组惠斯通电桥测量电阻

(1) 设计：设计测量准确度为四位有效数字的惠斯通电桥。

①由 R_x 的测量结果不确定度公式选择 0.1 级电阻箱作桥臂电阻；②按 R_x 的粗值设计恰当的 N 值；③ R_{0x} , R_0 的选取原则：在大于 100 Ω 的前提下取小值。

(2) 操作：

①连接线路：先按实验电路图的位置摆好各元件再连线，认真检查线路，确认无误后方可通电；②在低灵敏度下预置平衡（电源电压取 1 伏；滑线电阻取大值）；③提高灵敏度后精测（电源电压取 5 V；滑线电阻取小值）；④测量阻值大约为 27 Ω ，180 Ω ，2.7 k Ω 左右电阻的阻值及其对应的电桥灵敏度，科学表达出测量结果。

2. 用非平衡电桥测 Cu50（“热电阻”）的电阻温度系数。

在平衡电桥电路基础上，搭建非平衡电桥电路。

(1) 在 30 $^{\circ}\text{C}$ 时，用万用表测量铜材料的电阻的阻值。

(2) 按照实验原理，组装输出对称电桥（卧式桥），测金属铜材料的电阻的阻值。

(3) 将加热器温度稳定在 30 $^{\circ}\text{C}$ ，预调电桥平衡，使输出电压值只与电阻的变化有关。建议 U_0 取 5 V 左右，要用数字万用表测量并记录 U_0 ，要求有效数字达到 3 位以上。

(4) 改变加热器温度，在 30 $^{\circ}\text{C}$ ~60 $^{\circ}\text{C}$ 之间，每隔 5 $^{\circ}\text{C}$ 测量一次电桥输出电压 ΔV ，同时测量半导体电阻（热敏电阻）的阻值，将测量值填入自行设计的表格中。

注：①当控温仪器显示温度稳定于预设值时再记录数据。②金属电阻的温度系数与温度有关，本实验测量的是金属材料在 30 $^{\circ}\text{C}$ ~60 $^{\circ}\text{C}$ 之间的电阻温度系数。

3. 拓展内容：在用自组平衡电桥测电阻时，如比例臂 R_{0x} , R_0 阻值不准，设计研究消除该系统误差的测量方法，并给出实验中 2.7k 电阻的测量数据及结果。

三、注意事项

1. 各接线旋钮必须拧紧，否则接触电阻过大，影响测量的准确度，甚至无法达到电桥平衡。

2. 在非平衡电桥实验中，尽量避免碰触仪器和接线，以免因电阻接线的微小变化引起电桥的严重失衡，导致测试结果出现极大的误差。

3. 不能用数字万用表的欧姆档测电压，否则会烧坏电表。

4. 由于热敏电阻耐高温的局限，设定加温的上限值不超过 70 $^{\circ}\text{C}$ 。

5. 实验完毕后，应立即切断电源。

四、报告要求

1. 用自组惠斯通电桥测量电阻：计算 3 个电阻的测量值及其灵敏度 S （注意有效位数的选取），并计算待测 $27\ \Omega$ 电阻的不确定度，并科学表达出测量结果（含不确定度、置信概率等）。

2. 非平衡电桥：分别用作图法和最小二乘法计算金属铜材料的电阻温度系数；绘制半导体电阻的电阻~温度（R-T）关系曲线。

3. 拓展内容：在用自组平衡电桥测电阻时，如比例臂 R_{0x} 、 R_0 阻值不准，会造成系统误差。在实验上如何消除这一系统误差？给出测量 $2.7\ \text{k}\Omega$ 电阻的测量数据及结果。

五、讨论题

教材实验十一的第 2 题，第 4 题。

教材实验十七的第 1 题，第 2 题。

附录（实验用表）：

表 1 自组电桥测电阻

粗值 (Ω)	r_x (Ω)	r_R (Ω)	R (Ω)	R_x (Ω)	ΔR (Ω)	ΔU (mV)
27	150	1500				
180	150	150				
2700	150	150				

说明：灵敏度 $S = \frac{\Delta U}{\Delta R/R}$ ，不确定度 $E = \sqrt{\left(\frac{U_{rx}}{r_x}\right)^2 + \left(\frac{U_{rR}}{r_R}\right)^2 + \left(\frac{U_R}{R}\right)^2} = 0.1\%$

表 2 非平衡电桥测电阻温度系数

温度 ($^{\circ}\text{C}$)	30	35	40	45	50	55	60
电压 (mV)							
热敏电阻							

说明：电阻温度系数 $\alpha = \frac{4}{U_0} \frac{\Delta U}{\Delta T}$