

数字体温计

实验要求:

1. 预习阶段

(1) 认真阅读实验讲义。可查阅与实验相关的资料。

(2) 本学期预习考核方式为在线测验（进门测），不要求写预习报告。在线测验只能完成一次，如多次作答，后面提交的作答无效，请大家完成实验讲义的预习后再作答。请点击预习测试链接：<https://ks.wjx.top/vj/OTJro3Y.aspx> 作答，或扫描下面二维码作答。



2. 实验阶段

(1) 维护良好的课堂秩序，在实验室内尽量保持安静，维护整洁的实验环境。

(2) 爱护实验设备，轻拿轻放。在听完老师讲解后才能动手操作。在动手前应仔细阅读实验注意事项和操作说明。

(3) 如实记录实验数据，按讲义上的要求完成数据处理后，当堂交给老师。**不要求书写实验报告。**

(4) 实验完成后，整理好实验设备后方可离开。离开前请扫描实验室内的二维码参加出门测。

实验原理：

本实验要求用经典电桥原理测量非电量；掌握温度传感器的线性特性及其应用；掌握用直流非平衡电桥制作一个 $25.00\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 45.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的数字体温计，温度值用数字万用表 200mV 电压档来显示，实现模拟到数字的转化。

温度的宏观特征和微观本质。“温度”是热学中表征物体冷热程度的物理量，温度这一物理量从概念引入到定量测量都是建立在热力学第零定律的实验基础之上。从分子热运动角度来看，温度的高低反映了分子热运动的剧烈程度，是大量热运动分子的平均平动动能的量度。

温标的制定。一套定量地给出温度值的方法称为温标，制定一种经验温标先要选择一种物质系统（测温物质），然后选择该系统随温度变化明显的状态参量（测温参量），确定温度与测温参量的函数关系（定标方程）。

非电量的电测法。利用温度传感器的电阻温度特性，温度变化引起的传感器电阻变化会使直流电桥输出不平衡电压，根据电桥输出电压和传感器电阻变化的线性关系可以确定温度，从而制作数字温度计。

直流非平衡电桥电路如图 1 所示， R_x 为待测电阻，当调节 R_1 、 R_2 和 R_3 ，使电桥的 B、D 的两端电势相等，这时电桥达到平衡，如果将平衡电桥中的待测电阻换成电阻型传感器，当温度改变时，传感器的阻值会相应变化，B、D 两端电势不再相等，这时电桥处于非平衡状态。假设 B、D 之间有一负载电阻 R_g ，其输出电压为 U ，如果 R_1 、 R_2 和 R_3 保持不变，则 R_x 变化时， U 也会发生变化。根据 R_x 与 U 的函数关系，通过检测桥路的非平衡电压 U_0 ，能反映出桥臂电阻 R_x 的微小变化，从而测量温度的变化。

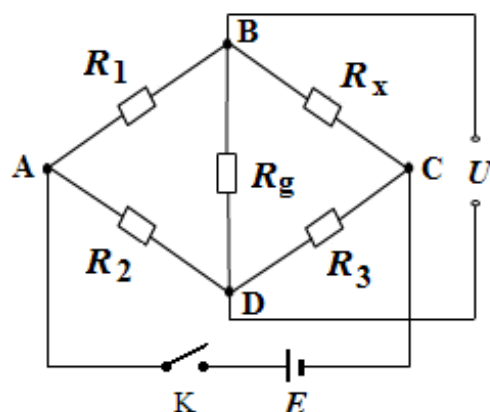


图 1 直流电桥

根据分压原理，得

$$U = U_{BC} - U_{DC} = \frac{R_x}{R_1 + R_x} E - \frac{R_3}{R_2 + R_3} E = \frac{R_2 R_x - R_1 R_3}{(R_1 + R_x)(R_2 + R_3)} E$$

当满足条件 $R_1 R_3 = R_2 R_x$ ，电桥输出 $U = 0$ ，即电桥处于平衡状态。为了测量的准确性，在测量的起始点，电桥必须调到平衡（预调平衡），保证电桥的输出只与某一臂的电阻变化有关。若 R_1 、 R_2 、 R_3 固定，设 R_x 为温度的函数，则当温度从 $t_0 \rightarrow t_0 + \Delta t$ 时， $R_x \rightarrow R_0 + \Delta R_x$ ，因电桥不平衡而产生的电压输出为

$$U(t) = \frac{R_2 \Delta R_x}{(R_1 + R_0 + \Delta R_x)(R_2 + R_3)} E$$

设电桥的比率 $R_2/R_3 = K$ ，待测桥臂的相对变化为 $\delta = \Delta R_x/R_0$ ，则

$$U(t) = \frac{K \delta}{(1 + K + \delta)(1 + K)} E$$

当待测桥臂的相对变化很小，即 $\delta \ll 1$ 时，可以认为非平衡电桥的输出电压 U 与 ΔR_x 成线性关系，故

$$U(t) = \frac{K \delta}{(1 + K)^2} E$$

当 $K=1$ 时，得

$$U(t) = \frac{E}{4} \delta$$

实验中的温度传感器 Pt1000 是铂热电阻，其阻值随温度线性变化，即 $R_t = R_0[1 + \alpha(t - t_0)]$ ， α 为电阻温度系数。

实验器材：

直流电源 1 台、加热磁力搅拌器 1 台、标准电阻箱 3 台、数字万用表 1 块、水银温度计 1 支、温度传感器 1 只（Pt1000）、开关 1 个、导线若干。

实验内容：

1. 设计制作温度从 25.00 °C 到 45.00 °C 的数字体温计；
2. 测量 Pt1000 的电阻温度系数；
3. 确定 Pt1000 在 0 °C 时的电阻值；
4. 用制作好的温度计测量待测水的温度；
5. 对制作的数字体温计进行校准；
6. 掌握通过调整电路参数，使数字万用表 200mV 档的电压值和温度值相同；
7. 研究非平衡电桥的线性和非线性特性；
8. 自制电子秤，实现非电量（如温度、长度、应力、光强等）的电学测量。

注意事项：

1. 调电桥平衡的过程中不要开磁力搅拌器加热开关。
2. 实验过程中缓慢加热并开启磁力搅拌。

3. 实验过程中水温控制在 $60.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。
4. 实验结束之后，磁力搅拌器设定温度调至 $17.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

思考题：

1. 如何实现毫伏表电压值与温度值数值相等（如 $37.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ 对应 37.00mV ）？
2. 如何判断非平衡电桥的线性特性？
3. 如何用实验的方法确定 Pt1000 的电阻温度系数与温度的关系？