

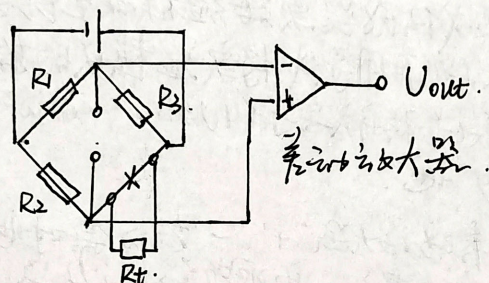
实验：铜热电阻特性测试实验

实验目的：1). 了解热电阻常用测量线路。

2). 掌握热电阻二线制桥路测量的原理。

3). 熟练掌握 CSY2001B 型传感器实验台主相关模块的使用。

实验原理：在一定被测温度范围内，Cu50 铜热电阻变化和温度近似线性关系，而直流不平衡电桥的电阻和输出电压又是线性关系，所以可以利用直流不平衡电桥作为 Cu50 铜热电阻的温度测量线路。



考虑到在被测范围为 $0^{\circ}\text{C} < T < 100^{\circ}\text{C}$ 时，上述电桥下电压输出在零点附近，不利于信号传输与显示，所以还要采用放大环节。Cu50 铜热电阻实验测量电路采用上图所示结构。

桥中 $R_1 = R_2 = R_3 = R$ ，忽略连接导线电阻，则电桥输出电压：

$$U_0 = \frac{R - R_1}{2(R + R_1)} \times E$$

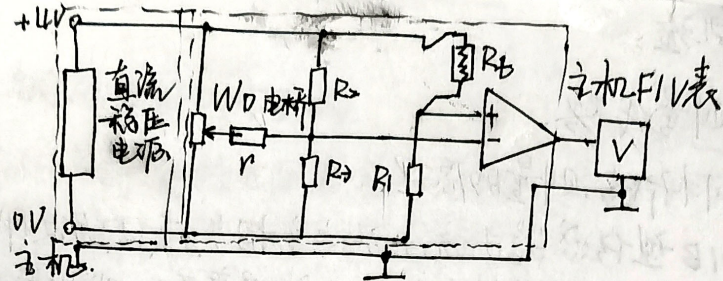
实验仪器：自制 Cu50 铜热电阻，CSY2001B 型传感器实验台，该实验项目所需部件说明。

1). 传感器实验台主机上的温控器。

2). 主机上的直流稳压电源 +4V 档。

3). 主机上的频率/电压显示仪表。

实验线路：1). 热电阻 R_1 引桥路的连接导线不宜过长，且注意绝缘。
2). +4V 电压来自主机直流稳压电源，为电桥桥路供电。比直流输出电压不可随意加大，以免造成热电阻工作电流过大。
3). W_0, R 是用来调整直流电桥初始平衡的电阻。
4). 放大器采用表头的大结构，其双端输入来自电桥的输出。
5). 注意主机电压/频率表的量程选择。
6). 注意加热室温度一定不能超过高，以免损坏传感器的包装，其次要注意操作以免被烫伤。
7). 注意主机和传感器实验模块的共地。



实验步骤:

1) 差动放大器调零:

步骤一: 连接主机与应变式传感器实验模块电路之间的电源连接线, 打开主机电源开关, 然后用导线将实验模块的输出连接到主机上电压频率数字显示器(量程开关置于+4V处)的输入端, 将实验模块的“地”连接到主机上的“地”。

步骤二: 将实验模块与差动放大器“+”“-”输入端对地用实验线短路, 边观察主机上的电压显示, 一边调节差动放大器的调零旋钮, 当输出电压为零时停止调节。

2) 电桥调零:

步骤一: 接成单臂测量电路, 图中 R_1, R_2, R_3 固定电阻采用应变式传感器实验模块上的标准电阻, R_4 为铜热电阻。

步骤二: 将主机上的直流稳压电源输出置为+4V, 检查实验电路无误后, 打开电源开关, 并预热数分钟, 使电路工作趋于稳定。

步骤三: 调节实验模块上的W电位器, 使电压表读数为零, 则此时桥路输出为零。

3) 实验数据测试

步骤一: 在上述(1)(2)基础上, 接通温度传感器上的加热炉, 设定加热炉温度为 $\leq 100^\circ\text{C}$ 。

步骤二: 调节差动放大器增益, 使主机电压表电压在零点几伏级上, 然后保持增益大小不变。

步骤三: 观察并记录随炉温上升铜电阻测量电桥输出电压, 将数据填写在表中, 由于实验时主机温度表上显示的温度值是加热炉的炉内温度, 并非是加热炉顶端传感器感受到的温度, 所以加热炉顶部温度需要用工业温度计测量。

实验一：铜热电阻制作实验

实验目的：(1) 了解铜热电阻的基本组成

(2) 了解铜热电阻的制作方法

(3) 掌握分度号Cu50的铜热电阻的制作过程

实验原理：铜热电阻是利用铜在温度变化时本身电阻值也随之发生变化的原理制成的温度测量传感器，主要由接线盒、保护管、绝缘套管和感温元件组成。感温元件有陶瓷元件、玻璃元件、云母元件，由铜丝分别绕在陶瓷骨架、玻璃骨架和云母骨架上再经过复杂的工艺加工而成。根据 $T_0=0^{\circ}\text{C}$ 时热电阻的初始阻值的不同，铜热电阻的常见的有两种分度号：Cu50和Cu100铜热电阻。Cu50铜热电阻在 0°C 时的阻值为 50Ω ，Cu100铜热电阻在 0°C 时阻值为 100Ω 。当被测温度范围 $-50^{\circ}\text{C} < T < +150^{\circ}\text{C}$ 时Cu50铜热电阻的电阻温度关系为 $R_{Cu} = R(0^{\circ}\text{C})[1 + AT + BT(T-100^{\circ}\text{C}) + CT^2(T-100^{\circ}\text{C})]$ 式中， $A = 4.280 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ ； $B = 9.31 \times 10^{-8}/(^{\circ}\text{C})^2$ ； $C = 1.23 \times 10^{-9}/(^{\circ}\text{C})^3$ 。当被测温度范围 $0^{\circ}\text{C} < T < 100^{\circ}\text{C}$ 时，Cu50铜热电阻温度关系近似线性。

$$R_{Cu50} = R(0^{\circ}\text{C})(1 + \alpha T)$$

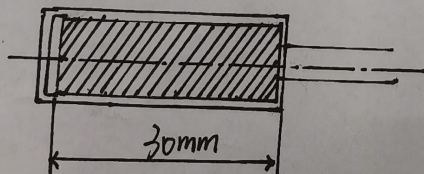
式中， $\alpha = (4.28 - 4.281) \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ 。

实验仪器：

0.1mm高强度聚酯绝缘丝，棒状塑料骨架，1mm铜丝，酚醛树脂及联剂、数字万用表、水铜银温度计、CSY2001B型传感器系统实验台主机和温度传感器实验模块以及其他辅助材料，如金属管套、导线等。该实验所需要的部件如下：

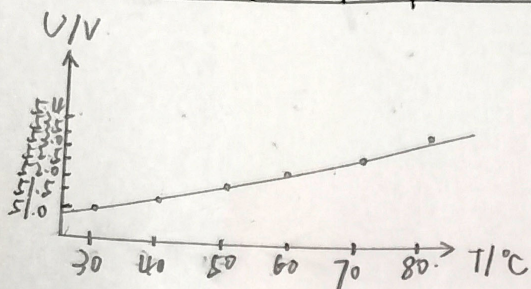
- 1). 0.1mm高强度聚酯绝缘铜丝用于制作热电阻本体。
- 2). 棒状塑料骨架作为热电阻本体的支架。
- 3). 酚醛树脂是为防止铜丝松散以及提高绝缘性和机械强度使用。使用时将整个元件用其浸渍。
- 4). 酚醛树脂是为防止铜丝松散以及提高绝缘性和机械强度使用。使用时整个元件用其浸渍。
- 5). 数字式万用表用来测量电阻。
- 6). 水铜银温度计用来测量温度。
- 7). CSY2001B型传感器系统实验台主机提供温控器。
- 8). CSY2001B型传感器系统实验台温度传感器。
- 9). 主机和模块之间的电源连接线1根，实验连接导线若干，金属套1段。

实验线路：



实验步骤：一、熟悉各种实验仪器和器件，了解各部件的使用方法和测试各部件参数。
二、设计实验方法，用给定的铜丝制作 $Cu50$ 铜热电阻，满足 $t=0^{\circ}C$ 时， $R=50\Omega$ 。
三、用步骤二制作的完成的铜热电阻和骨架制作铜热电阻本体。
四、将步骤三制作完成的铜热电阻本体与引出线连接。
五、将步骤四制作完成的铜热电阻置于酚醛树脂浸渍。
六、将步骤五制作完成的铜热电阻外部放置金属保护管，并进一步用酚醛树脂密封号由空间，冷却待用。

实验数据	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T/^\circ\text{C}$	30	40	50	60	70	80				
U_{out}/V	51.0	51.3	51.7	52.2	52.7	53.3				



实验结果总结:

思考题:

1) 分析在实验电路下误差的主要原因:

① 分度误差, 由于热电阻材料和工艺的差异将产生分度误差。

② 线路电阻变化误差: 热电阻是通过测量电阻大小来测温的。因此, 线路电阻的大小将影响测量结果, 引起测量误差。

③ 通电电流发热引起误差: 测量热电阻的阻值时, 要通一定的电流, 产生热量, 电阻体升温。

2) 减小误差的方法:

① 使用时测温头跟器壁表面和被测介质温度接近。

② 尽量减小热电阻保护管的厚度极数。③ 减小热电阻保护管的外径。

3) 如果电阻连接导线过长有什么影响?

连接导线电阻与热电阻阻值变化相叠加, 从而给仪表带来较大的温度附加误差。

4) 实验中的几次调零顺序能否颠倒? 为什么?

不能颠倒。

若先进行电桥调零, 后进行差动的大零调零, 会使调零后电桥输出不为零, 电桥不平衡。

误差分析:

1) 当实验温度变化时, 读数误差, 应在温度稳定后再读数。

2) 铜热电阻的温度不是热电阻的真实温度。制作铜热电阻漆膜不是均匀的。

实验结论:

1) 温度变化时, 铜热电阻的阻值随温度变化发生变化。2) 在一定温度范围内, Cu50铜电阻的电阻阻值变化和温度近似线性关系。