

实验二 热电偶温度计定标

【实验目的】

1. 掌握对热电偶温度计定标的方法；
2. 掌握非电量电测方法的基本原理。

【实验仪器】

保温杯，烧杯，电热杯，温度计，镍-铜镍热电偶，PZ114A 型直流数字电压表，79HW-1 恒温磁力搅拌器（半导体温度计），见图 1。

【实验原理】

非电量电测方法是利用传感器把温度、压力、光强等非电信号转换成电信号，通过测量电压、电流等电信号来获得这些非电学量的方法。本实验中的热电偶温度计就是把温度转换成电压来测量。

当一个金属棒的两端分别为不同的温度 t_1 和 t_2 时，由于金属中电子的热运动，在棒的两端有一电动势存在，称为汤姆逊电动势。

$$\varepsilon(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} \sigma(t) dt \quad (1)$$

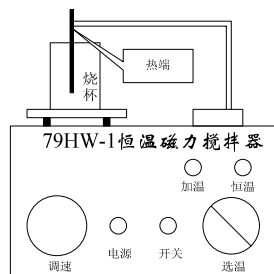


图 1

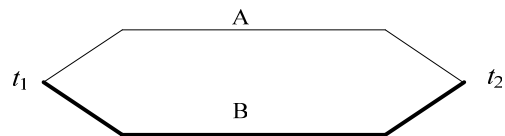


图 2

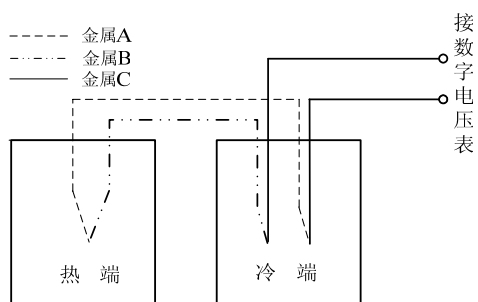


图 3

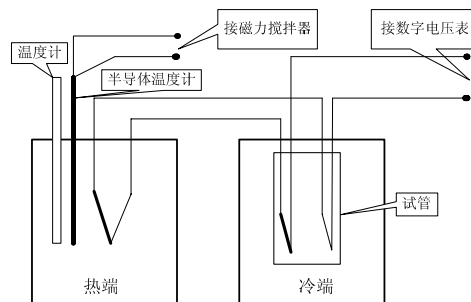


图 4

$\sigma(t)$ 将称为金属的汤姆逊系数，和金属材料的温度有关，所以汤姆逊电动势的大小只与金属材料和两端的温度有关。显然只用一种金属、只依靠汤姆逊电动势，不能在闭合回路中建立电流。

将两种不同的金属 A 和 B 焊接成闭合电路，如图 2 所示。且当 A 和 B 两接点处在不同温度状态时，电路中将产生电流，相应地有电动势存在。这种电流称为温差电流，电动势包含了两种金属的汤姆逊电动势和两个两种金属接触点的接触电动势，其作用的总体效果称为温差电动势。产生温差电动势的装置称为热电偶。电动势和电流的方向由组成的热电偶的导体材料和冷热端温度决定，与热电偶的长度和直径无关。

如果在金属 A 和 B 之间插入任何一种金属 C，只要维持它和 A、B 连接点在同一温度 t_1 或 t_2 ，这个回路中的温差电动势就和只有 A、B 两种金属组成的回路中的温差电动势一样，不会发生变化。这种性质给我们测量温差电动势提供了条件。如图 3 所示，用金属 C 做为导线连接到电位差计上，就可以测得 A、B 两种金属组成的热电偶的温差电动势。

温差电动势的大小将随两端温度而变。若用测量仪表测得温差电动势的数值，便可测得相应的温度，所以热电偶可以做温度计使用，叫做热电偶温度计。表 1 列出几种标准化热电偶材料的部分特性。

本实验中的热电偶一端以 $t_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ 为参考点，当另一端的温度 t 与 t_0 相差不大时，温差电动势与热电偶两端的温度差近似成线性关系，为

$$\varepsilon(t_0, t) = \alpha(t - t_0) \quad (2)$$

其中比例常数 α 称为温差电动势率。通过实验定出 α 值，即可知道温度和温差电动势的对应关系。

表 1 热电偶材料的特性

材料	铂铑 10-铂	镍铬-镍硅	铜-铜镍	铁-铜镍	镍铬-铜镍	
型号	WRP	WRN	WRC	WRF	WRK	
分度号	S	K	T	J	E	
极性识别	正	较硬	不亲磁	红色	亲磁	暗绿
	负	柔软	稍亲磁	银白色	不亲瓷	亮黄
测温范围 ($^\circ\text{C}$)	0~1600	0~1300	-200~+400	-40~750	-200~900	
100 $^\circ\text{C}$ 时温差电势值 (mV)	0.645	4.095	4.277	5.268	6.317	
$a (\times 10^{-6} \text{ V/K})$	64.5	40.95	42.77	52.68	63.17	

在理论上，温差电动势等于两个端点温度函数的差，而温度函数的形式比较复杂，和两种金属的汤姆逊系数 $\sigma(t)$ 、两种金属的接触电动势有关。一般情况下，在使用前，需要对热电偶温度计进行实验定标，即确定两个端点温度和温差电动势之间一一对应关系。如图 4 所示，本实验对镍铬和铜镍组成的热电偶进行定标，作为热电偶温度计应用，用定标后的温度计测量液体的温度，室温等。

【实验内容】

1. 热电偶温度计定标

按图 3 接线，就是要确定温度变化时在热电偶回路中产生电动势的变化，即两者之间的对应关系。本实验以温度 $t_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ 的冰水混合物为参考点，对由A、B两种导体组成的热电偶进行定标。温差电动势由直流数字电压表测量。接点“2”放在盛有冰水混合物的保温杯中，使温度稳定在 $t_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ 。接点“1”放在热杯中加热直到沸腾（即 $100\text{ }^\circ\text{C}$ ），在附表 1 中记录该点的温差电动势。

2. 应用一

按图 4 接线，将热电偶热端放入烧杯中，并置于磁力搅拌器的平台上，启动恒温磁力搅拌器加热、搅拌以及配合半导体温度计测温控温），用水银温度计监察。使 t 逐渐升高（亦可采用使 t 从高温逐渐降低的方法），注意在烧杯中适当搅拌使温度均匀，每隔一适当的温度间隔（本实验约为 $10\text{ }^\circ\text{C}$ ），测量并在附表中记录温差电动势数值，求出此时的 α 值。

3. 应用二

将热电偶热端放置室温状态，测定此时的温差电动势，记录在附表 2 中，求出此时的室温。

【数据处理】

用作图法处理数据，以温度为横坐标，温差电动势为纵坐标，绘制 $E \sim t$ 校正曲线。

【思考题】

1. 保温杯内的冰水混合物的温度是否处处为 $0\text{ }^\circ\text{C}$ ；
2. 热电偶温度计有什么特点？

【参考资料】

- [1] 赵凯华，陈熙谋，《电磁学》下册，人民教育出版社 1980 年
- [2] 程守珠，江之永，《普通物理学》第五版，高等教育出版社 1998 年
- [3] 谢行怒，康士秀，《大学物理实验》第二册，高等教育出版社 2001 年