

## 第 3 章

# 实验基础知识与技术

### 3.1 温度测量技术及仪器

化学变化常常伴有放热或吸热现象,热效应的大小一般是通过体系温度的测量来实现的。温度是表征物质的冷热的一个物理量,同时也反映了物质内部大量分子平均动能的大小,是确定系统状态的一个基本热力学参数,系统的物理化学特性都与温度密切相关。因此,准确测量和控制温度是实验、科研等的重要技术之一。

#### 3.1.1 温标

##### 1. 温标的确定

温度是表征物体冷热程度的一个物理量。温度参数是不能直接测量的,一般只能根据物质的某些特性值与温度之间的函数关系,通过对这些特性参数的测量间接获得。温标是温度数值的标定与度量的表示方法。确立一种温标,需要从以下三个方面考虑:

(1) 选择测温物质。作为测温物质,它的某种物理性质(如体积、电阻、温差势能以及辐射电磁波的波长等)与温度有依赖关系且具有良好的重现性。

(2) 确定基准点。测温物质的某种物理特性只能显示温度变化的相对值,必须确定其相当的温度值,才能实际使用。通常是以某些高纯物质的相变温度,如凝固点、沸点等,作为温标的基准点。

(3) 划分温度值。基准点确定以后,还需要确定基准点之间的分隔。例如,摄氏温标是以 1atm 下水的冰点( $0^{\circ}\text{C}$ )和沸点( $100^{\circ}\text{C}$ )为两个定点,定点间分为 100 等份,每一份为  $1^{\circ}\text{C}$ 。用外推法或内插法求得其他温度。

实际上,一般所用物质的某种特性与温度之间并非严格的呈线性关系,因此用不同物质做的温度计测量同一物体时,所显示的温度往往不完全相同。

##### 2. 常用温标

(1) 热力学温标。热力学温标也称开尔文温标或绝对温标,它是建立在卡诺循环基础上的,与测温物质的性质无关,是理想的、科学的温标。热力学温标用单一固定点定义。规定水的三相点到绝对零度之间的  $1/273.15$  为热力学温标的 1 度。符号为  $T$ ,单位为 K。

(2) 摄氏温标。摄氏温标规定 101.325kPa 下,以水的冰点为  $0^{\circ}\text{C}$ ,沸点为  $100^{\circ}\text{C}$  为两个定点,两定点之间划分 100 等份,每一等份为 1 度。符号为  $t$ ,单位为  $^{\circ}\text{C}$ 。

热力学温标与摄氏温标的关系为:  $T/\text{K}=273.15+t/^{\circ}\text{C}$

(3) 国际温标。国际温标是以热力学温标为基础,用气体温度计来实现热力学温标的,是一个国际协议性温标。现在采用的是 1990 国际温标(ITS90)。规定从高温到低温划分了四个温区,每一温区分别选定一个高度稳定的标准温度计,用来量度各固定点之间的温度值。选定的四个温区及相应的标准温度计见表 3-1。

表 3-1 四个温区的划分及相应的标准温度计

| 温度范围/K | 13.81~273.15 | 273.15~903.89 | 903.89~1337.58 | 1337.58 以上 |
|--------|--------------|---------------|----------------|------------|
| 标准温度计  | 铂电阻温度计       | 铂电阻温度计        | 铂铑(10%)—铂热电偶   | 光学高温计      |

## 3.1.2 温度计

### 1. 水银温度计

水银温度计是实验室常用的温度计。它的测量原理是基于不同温度时,水银体积的变化与玻璃体积变化的差来反映温度的高低。它具有结构简单、价格低廉、使用方便、能直接读数且精确度较高等优点,但存在易损坏且损坏后无法修理等缺点。水银温度计的适用范围为 238.15~633.15K,因水银的熔点是 234.45K,沸点是 629.85K。如果用石英玻璃作管壁,充入氮气或氩气,最高使用温度可达 1073.15K。常用的水银温度计刻度间隔有 2K、1K、0.5K、0.2K、0.1K 等,与温度计的量程范围有关,可根据测定精度选用。

#### 1) 水银温度计的种类和使用范围

(1) 普通水银温度计。一般使用,量程有  $-5\sim 50^{\circ}\text{C}$ 、 $-5\sim 150^{\circ}\text{C}$ 、 $-5\sim 250^{\circ}\text{C}$ 、 $-5\sim 360^{\circ}\text{C}$  等,最小分度为  $1^{\circ}\text{C}$  或  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 精密水银温度计。供量热学使用,量程有  $9\sim 15^{\circ}\text{C}$ 、 $12\sim 18^{\circ}\text{C}$ 、 $15\sim 21^{\circ}\text{C}$ 、 $18\sim 24^{\circ}\text{C}$ 、 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ ,最小分度为  $0.01^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 测温差的贝克曼温度计。一种移液式的内标温度计,温度量程为  $-20\sim 150^{\circ}\text{C}$ ,温差量程  $0\sim 5^{\circ}\text{C}$ ,最小分度值为  $0.01^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 石英温度计。用石英作管壁,其中充以氮气或氢气,最高可测温  $800^{\circ}\text{C}$ 。

(5) 电接点温度计。它可以在某一温度点上接通或断开,与电子继电器等装置配套,可以用来控制温度。

(6) 分段温度计,从  $-10\sim 220^{\circ}\text{C}$ ,共有 23 支。每支温度范围  $10^{\circ}\text{C}$ ,每分度  $0.1^{\circ}\text{C}$ ;另外有  $-40\sim 400^{\circ}\text{C}$ ,每隔  $50^{\circ}\text{C}$  1 支,每分度  $0.1^{\circ}\text{C}$ 。

#### 2) 水银温度计的校正

大部分水银温度计是“全浸式”的,使用时应将其完全置于被测体系中,使两者完全达到热平衡。但实际使用时往往做不到这一点,所以在较精密的测量中需作校正。

(1) 示值校正。可以用纯物质的熔点或沸点等相变点作为标准进行校正;也可以用标准水银温度计作为标准,与待校正的水银温度计同时测定某系统的温度,将对应值记录,做出校正曲线。

标准水银温度计由多支温度计组成,每支温度计的测量范围不同,总量程为 $-10\sim 360^{\circ}\text{C}$ ,每支都经过计量部门的鉴定,读数准确。

(2) 露茎校正。水银温度计有“全浸”和“非全浸”两种。非全浸水银温度计的上面刻有一条浸入标线,表示测温时应浸入的深度,使用时若室温与系统温度相同且浸入深度恰好到标线,所示温度是系统的实际值。

全浸式水银温度计使用时应当全部浸入被测系统中,达到热平衡后才能读数。全浸式水银温度计如不能全部浸没在被测体系中,露出部分的温度与系统温度不同,必然存在读数误差,因此必须进行校正。这种校正称为露茎校正。如图 3-1 所示,校正公式为:

$$\Delta t = \frac{kn}{1 - kn}(t_{\text{测}} - t_{\text{环}}) \quad (3-1)$$

式中, $\Delta t = t_{\text{实}} - t_{\text{测}}$ 为读数校正值, $t_{\text{实}}$ 为系统温度的实际值; $t_{\text{测}}$ 为系统温度的测量值; $t_{\text{环}}$ 为露出待测体系外水银柱的有效温度(从放置在露出一半位置处的另一支辅助温度计读出); $n$ 为露出待测系统外部的的水银柱长度,称为露茎高度,以温度差值表示; $k$ 为水银对于玻璃的膨胀系数,使用摄氏度时, $k=0.00016$ ,式(3-1)中,因为 $kn \ll 1$ ,所以 $\Delta t \approx kn(t_{\text{测}} - t_{\text{环}})$ 。

## 2. 贝克曼温度计

### 1) 贝克曼温度计的构造和特点

贝克曼(Beckmann)温度计是一种移液式内标温度计,专用于测量温度差值,不能作温度值绝对测量。亦称示差温度计,其结构如图 3-2 所示。它的主要特点如下:

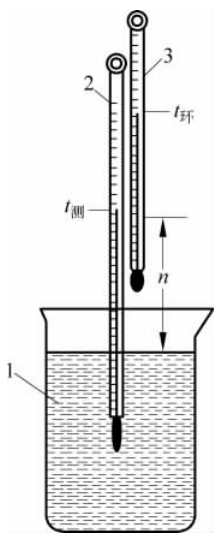


图 3-1 温度计露茎校正示意图

1. 被测体系; 2. 测量温度计; 3. 辅助温度计

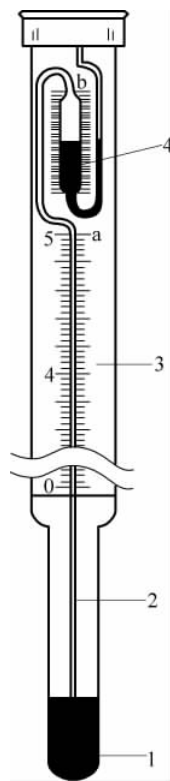


图 3-2 贝克曼温度计

1. 水银球; 2. 毛细管;  
3. 温度标尺; 4. 水银储槽

(1) 测量精度高。常用贝克曼温度计的最小刻度为  $0.01^{\circ}\text{C}$ , 用放大镜可以读准到  $0.002^{\circ}\text{C}$ 。此外, 还有一种最小刻度为  $0.002^{\circ}\text{C}$  的贝克曼温度计, 可以估计读准到  $0.0004^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 量程范围小。贝克曼温度计一般只有  $5^{\circ}\text{C}$  量程, 而  $0.002^{\circ}\text{C}$  刻度的量程只有  $1^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 使用范围较宽。贝克曼温度计的结构不同于普通温度计, 拥有上、下两个水银储槽 (1 和 4), 水银储槽中的水银量可根据需要进行调节, 因此尽管量程只有  $5^{\circ}\text{C}$ , 但可以在不同范围内使用。一般常用的贝克曼温度计可以在  $-6\sim 120^{\circ}\text{C}$  使用。

(4) 用于测量温差。由于水银球中的水银量可变, 因此水银柱的刻度值不是温度的绝对值, 只是在量程范围内的温度变化值。

(5) 易碎。使用时不能与坚硬物质碰撞, 以免损坏温度计, 使用完毕要断开上、下水银球, 然后放置于规定盒中。

## 2) 贝克曼温度计的使用方法

首先根据实验的要求确定选用哪一类型的贝克曼温度计。使用时需经过以下步骤:

### (1) 测定贝克曼温度计的 $R$ 值。

贝克曼温度计最上部刻度处  $a$  到毛细管末端  $b$  处所相当的温度值称为  $R$  值。将贝克曼温度计与一支普通温度计 (最小刻度  $0.1^{\circ}\text{C}$ ) 同时插入盛水或其他液体的烧杯中加热, 贝克曼温度计的水银柱就会上升, 由普通温度计读出从  $a\sim b$  段相当的温度值, 称为  $R$  值 (大约  $2^{\circ}\text{C}$ )。一般取几次测量值的平均值。

### (2) 水银球中水银量的调节。

在使用贝克曼温度计时, 首先应当将它插入一杯与待测体系温度相同的水中, 达到热平衡以后, 如果毛细管内水银面在所要求的合适刻度附近, 说明水银球 1 中的水银量合适, 不必进行调节。否则, 就应当调节水银球中的水银量。调节的具体步骤:

#### (a) 恒温水的准备。

恒温水浴的温度  $t'$  选择按照下式计算:

$$t' = t + R + (4 - x) \quad (3-2)$$

式中,  $t$  为实验温度;  $x$  为  $t$  时贝克曼温度计的设定读数。

#### (b) 水银量的调节。

若水银球 1 内水银过多, 毛细管水银量超过  $b$  点, 用左手握贝克曼温度计中部, 将温度计倒置, 右手轻击左手手腕, 使水银储槽 4 内水银与  $b$  点处水银连接, 再将温度计轻轻倒转放置在温度为  $t'$  的水中, 平衡后用左手握住温度计的顶部, 取出后立即用右手轻击左手手腕, 使水银储槽 4 内水银在  $b$  点处断开。这一调节操作要迅速、轻快, 并远离其他硬物, 以免损坏温度计。

若水银球 1 中的水银量过少: 用左手握住贝克曼温度计中部, 将温度计倒置, 右手轻击左手手腕, 水银就会在毛细管中向下流动, 待水银储槽 4 内水银与  $b$  点处水银相接后, 再按上述方法调节。

(c) 调节后, 将克曼温度计放在实验温度为  $t$  的水中, 当温度达平衡时, 观察温度计水银柱是否在预定的刻度  $x$  附近, 如未达到要求, 按上述方法再进行调整。

## 3. 精密数字温度温差仪

近年来, 数字贝克曼温度计以及精密数字温度温差仪逐渐取代了水银贝克曼温度计, 克服了水银贝克曼温度计使用时易破损, 不能实现自动化控制, 特别是使用前调节比较麻烦的

缺点,被广泛应用到温度测量与控制系统中。

SWC II D 型精密数字温度温差仪是在 SWC II C 型数字贝克曼温度计的基础上制作而开发的产品,其操作面板如图 3-3 所示。



图 3-3 SWC II D 型精密数字温度温差仪

- SWC II D 型精密数字温度温差仪的使用方法。
- (1) 在接通电源前,先将传感器插头插入后面板的传感器接口。
  - (2) 将传感器插入被测物中,深度大于 5cm,打开电源开关。开机后,显示屏即显示所测物的温度。
  - (3) 温差测量。
    - (a) 基温选择: 仪器根据被测物温度,自动选择合适的基温,其基温选择的标准见表 3-2。
    - (b) 温差显示: 面板温差显示部分即为被测物实际温度  $T$  与基温  $T_0$  的温差值。

表 3-2 基温的选择标准表

| 温度 $T$                                         | 基温 $T_0$              | 温度 $T$                                          | 基温 $T_0$              |
|------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|
| $T < -10^{\circ}\text{C}$                      | $-20^{\circ}\text{C}$ | $50^{\circ}\text{C} < T < 70^{\circ}\text{C}$   | $60^{\circ}\text{C}$  |
| $-10^{\circ}\text{C} < T < 10^{\circ}\text{C}$ | $0^{\circ}\text{C}$   | $70^{\circ}\text{C} < T < 90^{\circ}\text{C}$   | $80^{\circ}\text{C}$  |
| $10^{\circ}\text{C} < T < 30^{\circ}\text{C}$  | $20^{\circ}\text{C}$  | $90^{\circ}\text{C} < T < 110^{\circ}\text{C}$  | $100^{\circ}\text{C}$ |
| $30^{\circ}\text{C} < T < 50^{\circ}\text{C}$  | $40^{\circ}\text{C}$  | $110^{\circ}\text{C} < T < 130^{\circ}\text{C}$ | $120^{\circ}\text{C}$ |

- 注: 基温下  $T$  不一定为绝对准确值,其为标准温度的近似值。
- (4) 当温差显示值稳定时,可按“采零”键,使温度显示为“0.000”,仪器将此时的被测物温度  $T$  记为 0,若被测物温度变化时,则温差显示的即为温度的变化值。
  - (5) 仪器“采零”后,当被测物温度变化过大时,仪器的基温会自动选择,这样,温差的显示值将不能正确反映温度的变化值,所以在实验开始后,按“采零”键后再按“锁定”键,仪器就不会改变基温。此时“采零”键也不起作用,直至重新开机。
  - (6) 当温度和温差的变化太快无法读数时,可按一下“测量/保持”键,使仪器处于“保持”状态(此时,保持指示灯亮)。读数完毕,再按一下“测量/保持”键,即可转换到“测量”状态,进行跟踪测量。
  - (7) 定时读数按“▲”或“▼”键,设定所需的定时间隔(设定值应在 5s 以上,定时读数才能起作用)。设定完后,定时显示将进行倒计时,当一个计数周期完毕时,蜂鸣器鸣叫,且读数保持约 3s,此时可观察和记录数据。若不想定时鸣叫,只需将“定时”读数设置小于 5s 即可。

#### 4. 电阻温度计

电阻温度计是根据导体的电阻随温度变化的规律制成的测温仪器。任何物体的电阻都与温度有关,但是,能满足实际要求的并不多。实际应用中,不仅要求有较高的灵敏度,而且要有较高的稳定性和重现性。目前,按感温元件的材料分有金属导体和半导体两大类。金属导体有铂、铜、镍、铁和铑铁合金。目前大量使用的材料为铂、铜和镍。半导体有锗、碳和热敏电阻等。

##### 1) 电阻丝式电阻温度计

电阻丝式电阻温度计是由纯的金属丝用双绕法绕在耐热的绝缘材料(如云母、玻璃、石英或陶瓷等)骨架上制成。电阻丝式电阻温度计具有性能稳定、测温范围宽且精度高等优点,同时它不像热电偶那样需设置稳定参考点,这使得它在航空工业及一些工业设备中得到广泛应用。其缺点是热容量较大,因此热惯性较大,限制了它在动态测量中的应用。目前,大量使用的是铂丝电阻温度计和铜丝电阻温度计等,它们都是定型产品。

铂容易提纯,化学稳定性高,电阻温度系数稳定且重现性很好。所以,铂电阻与专用精密电桥或电位差计组成的铂电阻温度计有极高的精确度。精密的铂丝电阻温度计是目前最精确的温度计,测温范围为  $13.8033 \sim 1234.93\text{K}$ ,精度为  $0.001\text{K}$ ,误差可低至  $0.0001^\circ\text{C}$ 。它是能重现国际实用温标的基准温度计。

##### 2) 热敏电阻温度计

半导体热敏电阻温度计是由金属氧化物半导体材料制成,它可以制成各种形状,如珠形、杆形和圆片形等,作为感温元件通常选用珠形和圆片形。半导体热敏温度计的主要优点是:测量的灵敏度高;体积小、热容量小,动态特性好、电阻值大、制备工艺简单,价格便宜。

热敏电阻的缺点是:测量温度范围较窄;它是非线性电阻,制造时对电阻与温度关系的一致性较难控制;差异大、稳定性较差;作为测量仪表的感温元件很难互换,给使用和维修带来较大困难。

珠形热敏电阻器的构造示意图如图 3-4 所示。

在实验中可将热敏电阻作为电桥的一个臂,其余三个臂为纯电阻,如图 3-5 所示。图中  $R_1$ 、 $R_2$  为固定电阻,  $R_s$  为可变电阻,  $R_T$  为热敏电阻,  $E$  为工作电源,在某一温度下将电桥调平衡,则无电信号输给检流计。当温度发生变化时,电桥不平衡,将有电信号输给检流计,记录下电压变化,标定出记录笔对应单位温度变化时的走纸距离,就可求得所测温度。实验时应避免热敏电阻的引线间漏电,否则将影响测量结果和记录仪的稳定性。

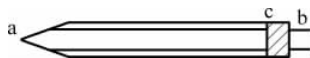


图 3-4 珠形热敏电阻器示意图

a. 用热敏材料做的热敏元; b. 引线; c. 壳体

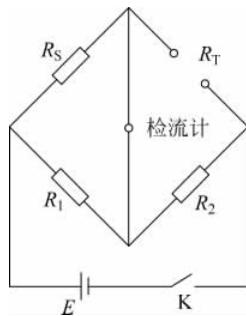


图 3-5 热敏电阻测温示意图

### 5. 热电偶温度计

热电偶温度计是化学实验中测量温度的常用仪器之一。它能够将温度信号转换成电势(mV)信号,配以测量电势(mV)的仪表或变送器,可以实现远距离测量与传输、自动记录和自动控制。热电偶温度计具有结构简单、制作方便、测量范围宽、测量精度高、性能稳定、重现性好、体积小、响应时间短等多个优点。

#### 1) 热电偶温度计测温原理

将两种不同材质的金属导体 A 和 B 连接成一个闭合回路,如图 3-6 所示。

当接点 1 和接点 2 温度不同时,如  $t_2 > t_1$ ,在回路中会产生一个与温差有关的电动势,称为温差电势。在回路中串接一毫伏表,就能粗略地测出温差电势值。温差电势只与两个接点的温差有关,与导线的长短、粗细和导线本身的温度分布无关。这样一对导体的组合就称为热电偶温度计,简称热电偶。热电偶就是利用这一原理来测量温度的。

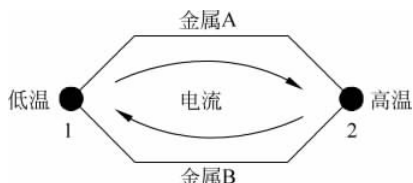


图 3-6 热电偶测温示意图

#### 2) 常用热电偶

国内外制备热电偶材料的品种极多,表 3-3 列出了在我国常用热电偶的基本参数。热电偶的分度号是热电偶分度表的代号,在热电偶和显示仪表配套时必须注意其分度号是否一致,不一致就不能配套使用。

表 3-3 常见热电偶的基本参数

| 热电偶分类      | 新分度号 | 旧分度号 | 测量温度范围/℃ | 热电势系数/mV |
|------------|------|------|----------|----------|
| 铜-康铜       | T    | CK   | -200~300 | 0.0428   |
| 镍铬-考铜      |      | EA-2 | 0~800    | 0.0695   |
| 镍铬-康铜      |      | NK   | 0~800    |          |
| 镍铬-镍硅      | K    | EU-2 | 0~1300   | 0.0410   |
| 铂铑 10-铂    | S    | LB-3 | 0~1600   | 0.0064   |
| 铂铑 30-铂铑 6 | B    | LL-2 | 0~1800   | 0.000 34 |

## 3.1.3 温度的控制技术

物质的物理化学性质,如黏度、密度、蒸汽压、表面张力、折射率、电导率、化学反应速率常数、化学平衡常数等都与温度有密切的关系。许多物理化学实验不仅要测量温度,而且要精确地控制温度。因此,了解温度的控制原理和掌握温度控制技术是做好物理化学实验的必备条件。实验室中所用的恒温装置一般分成高温恒温(250℃以上);常温恒温(室温~250℃)及低温恒温(-218℃~室温)三大类,应用较多的是常温恒温技术。

#### 1. 常温控制

在常温区间,通常用恒温槽作为控温装置。恒温槽是一种以液体为介质的恒温装置,用液体作介质的优点是热容量大,导热性好,使温度控制的稳定性和灵敏度大为提高。

根据温度的控制范围,可选用以下液体介质: 0~90℃用水; 80~160℃用甘油或甘油水溶液; 70~300℃用液状石蜡、汽缸润滑油或硅油。

## 1) 水银接触温度计恒温槽

这种恒温槽是由浴槽、加热器、搅拌器、温度计、水银接触温度计和继电器组成,有的恒温槽有循环泵,可向槽体外供给恒温水。装置示意图见图 3-7。

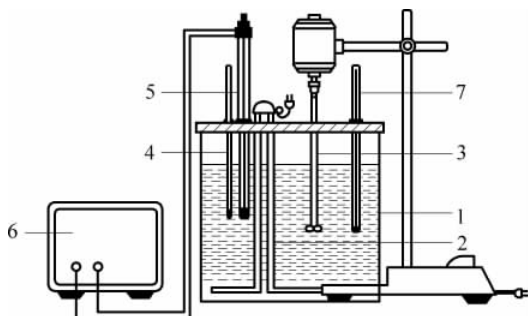


图 3-7 恒温槽的装置示意图

1. 浴槽; 2. 加热器; 3. 搅拌器; 4. 温度计; 5. 电接点温度计; 6. 继电器; 7. 贝克曼温度计

(1) 浴槽。如果控制温度与室温相差不大,可用敞口大玻璃缸作为浴槽,对于较高和较低温度,应考虑保温问题。具有循环泵的超级恒温槽,有时仅作供给恒温液体之用,而实验在另工作槽内进行。

(2) 加热器。如果恒温的温度高于室温,则需不断向槽中供给热量以补偿其向四周散失的热量;如恒温的温度低于室温,则需不断从恒温槽取走热量,以抵偿环境向槽中传热。在前一种情况下,通常采用电加热器间歇加热来实现恒温控制。对电加热器的要求是热容量小,导热性好,功率适当。

(3) 搅拌器。加强液体介质的搅拌,对保证恒温槽温度均匀起着非常重要的作用。搅拌器的功率、安装位置和桨叶的形状,对搅拌效果有很大影响。恒温槽越大,搅拌功率也该相应增大。搅拌器应装在加热器上面或靠近加热器,使加热后的液体及时混合均匀再流至恒温区。搅拌桨叶应是螺旋式或涡轮式,且有适当的片数、直径和面积,以使液体在恒温槽中循环。为了加强循环,有时还需要装导流装置。

(4) 温度计。温度计用于准确指示恒温槽液体的温度,一般选用 1/10 刻度精度的水银温度计,使用前应进行校正,安装时应尽量靠近被测系统。

(5) 感温元件。它是恒温槽的感觉中枢,是提高恒温槽精度的关键部件。感温元件的种类很多,如接触温度计(或称水银定温计),热敏电阻感温元件等。这里仅以接触温度计为例说明它的控温原理。接触温度计的构造如图 3-8 所示。其结构与普通水银温度计不同,它的毛细管中悬有一根可上下移动的金属丝,从水银槽也引出一根金属丝,两根金属丝与温度控制系统连接。在定温计上部装有一根可随管外永久磁铁旋转的螺杆。螺杆上有一指示金属片(也叫标铁),金属片与毛细管中金属丝(触针)相连。当螺杆转动时金属片上下移动即

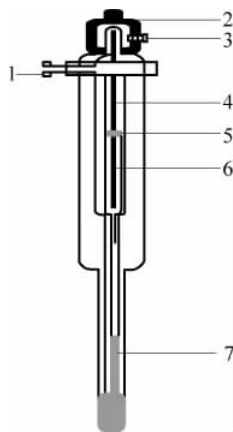


图 3-8 电接点温度计

1. 接触点引线; 2. 磁铁; 3. 固定螺钉;  
4. 螺杆; 5. 标铁; 6. 可调电极(钨丝);  
7. 水银柱

带动金属丝上升或下降。

调节温度时,先转动调节磁帽,使螺杆转动,带着金属片移动至所需温度(从温度刻度板上读出)。当加热器加热后,水银柱上升,当加热到所需温度时,水银柱与金属丝相接,线路接通,使加热器电源被切断,停止加热。由于水银定温计的温度刻度很粗糙,恒温槽的精确温度应该由另一精密温度计指示。当所需的控温温度稳定时,将磁帽上的固定螺钉旋紧,使之不发生转动。

水银定温计的控温精度通常为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ,甚至可达 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ ,对一般实验来说是足够精密了。水银定温计允许通过的电流很小,约为几毫安以下,不能同加热器直接相连。因为加热器的电流约为 $1\text{A}$ ,所以在定温计和加热器中间有一个电子管继电器。

(6) 电子管继电器。电子管继电器由继电器和控制电路两部分组成,其工作原理如下:可以把电子管的工作看成一个半波整流器(图 3-9), $R_0 \sim C_1$  并联电路的负载,负载两端的交流分量用来作为栅极的控制电压。当定温计触点为断路时,栅极与阴极之间由于  $R_1$  的耦合而处于同位,也即栅偏压为零。这时板流较大,约有  $18\text{mA}$  通过继电器,能使衔铁吸下,加热器通电加热;当定温计为通路,板极是正半周,这时  $R_0 \sim C_1$  的负端通过  $C_2$  和定温计加在栅极上,栅极出现负偏压,使板极电流减少到  $2.5\text{mA}$ ,衔铁弹开,电加热器断路。

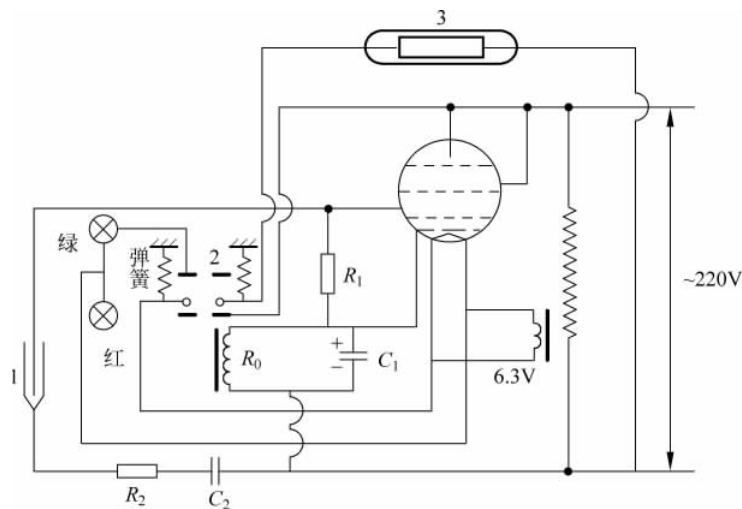


图 3-9 电子管继电器线路图

1. 水银定温计; 2. 衔铁; 3. 电热器

因控制电压是利用整流后的交流分量, $R_0$  的旁路电容  $C_1$  不能过大,以免交流电压值过小,引起栅偏压不足,衔铁吸下不能断开; $C_1$  太小,则继电器衔铁会颤动,这是因为板流在负半周时无电流通过,继电器会停止工作,并联电容后依靠电容的充放电而维持其连续工作,如果  $C_1$  太小就不能满足这一要求。 $C_2$  用来调整板极的电压相位,使其与栅压有相同峰值。 $R_2$  用来防止触电。

电子继电器控制温度的灵敏度很高。通过定温计的电流最多为  $30\mu\text{A}$ ,因而定温计使用寿命很长,故获得普遍使用。

## 2) SYP II B 一体化恒温水浴槽

SYP II B 一体化恒温水浴槽是集加热器工作电源、升温、控温、搅拌于一体的精密控温

装置,有一个清晰直观的测定温度与设定温度数据双显示屏面,具有控温均匀波动小、测量准确可靠和操作简单方便等特点,温度测量范围从室温到  $99.9^{\circ}\text{C}$ 。SYP II B 一体化恒温水浴槽主要由玻璃缸体和控温机箱组成,其结构如图 3-10 所示。

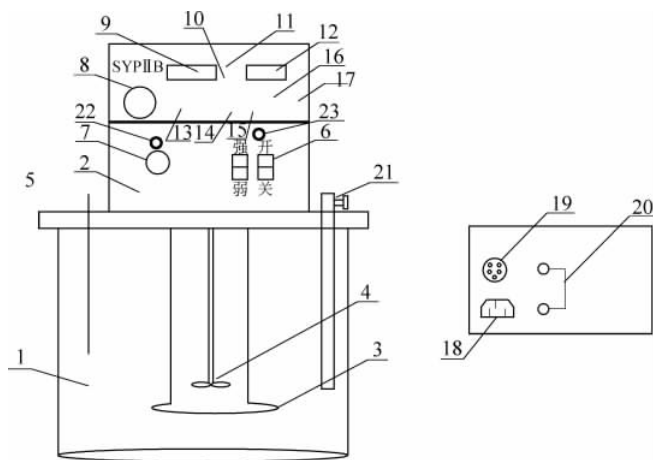


图 3-10 SYP II B 一体化恒温水浴槽示意图

1. 玻璃缸; 2. 控温机箱; 3. 加热器; 4. 搅拌器; 5. 温度传感器; 6. 加热器电源开关;
7. 搅拌速率调节旋钮; 8. 控温电源开关; 9. 温度显示; 10. 恒温指示灯; 11. 工作指示灯; 12. 设定温度显示; 13. 回差指示灯; 14. 回差键; 15. 移位键; 16. 增、减键;
17. 复位键; 18. 电源插座; 19. 温度传感器接口; 20. 保险丝座; 21. 可升降支架;
22. 搅拌指示灯; 23. 加热指示灯

SYP II B 一体化恒温水浴槽的使用和操作步骤如下:

(1) 向玻璃缸内注入其容积  $2/3 \sim 3/4$  的蒸馏水,将温度传感器插入玻璃缸塑料盖预置孔内,另一端与装置箱后的温度传感器接口相连接。

(2) 将电源线与装置箱后的电源插座相连。将加热器电源开关置于“关”的位置,搅拌速率调节旋钮左旋到底,然后按下“控温电源开关”,此时显示器和指示灯均有显示,其中,“恒温”指示灯亮,回差处于 0.5。

(3) 回差值的选择。按“回差”键,回差将依次显示为 0.5、0.4、0.3、0.2、0.1,选择所需的回差值即可。

(4) 控制温度的设置。如果恒温槽要设定到  $35.0^{\circ}\text{C}$ : 先按“移位键”,“设定温度显示”的十位数字闪烁,再按“▲”键,将依次显示“1”“2”“3”等数字,当显示数字“3”时停止按键;再按“移位键”,“设定温度显示”的个位数字闪烁,再按“▼”键,将依次显示“9”“8”等数字,当显示“5”时停止按键;重新按“移位键”,“设定温度显示”的最后一位“0”闪烁;最后一次按“移位键”,工作指示灯亮。此时“设定温度显示”显示设定的温度值  $35.0^{\circ}\text{C}$ 。

(5) 温度设定后,仪器进入自动升温控温状态。打开装置的“加热器电源开关”,调节搅拌速率。升温过程中为使升温速度尽可能快,可将加热器功率置于“强”位置;当温度与设定温度的差值为  $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$  时,将加热器功率置于“弱”位置,以达到较为理想的控温目的。

(6) 系统温度达到设定温度时,“工作指示灯”自动转换到恒温状态,“恒温指示灯”亮。此后,控温系统根据回差值设置的大小进行自动控温,两指示灯转换速率也随之变化。当介