

(18) 61-63

## 液氮汽化热的非电量电测方法

严 军\* 万荣正<sup>1</sup> 陆中龙 曹正东

(复旦大学物理系 上海市 200433)

~~0551~~  
0551

普通物理实验中的液氮汽化热测量实验,过去是通过物理天平测质量,用水银温度计测温度<sup>[1]</sup>,因将铜块投入液氮中后,液氮剧烈汽化,质量迅速减少,故用物理天平无法测得这个过程中液氮的质量。现将质量、温度这两个非电学量,通过荷重传感器和集成温度传感器转化为电学量而进行测量,不仅可使测量准确度更高,而且便于计算机实时测量。

## 1 实验原理

在本实验中,液氮被置于一瓶塞上开有小孔的杜瓦瓶中,杜瓦瓶置于荷重传感器上,将一质量为  $\Delta m_b$ 、温度为室温的小铜柱从小孔中放入液氮中。液氮因吸热而剧烈汽化,直至铜柱与液氮温度相等,在此过程中荷重传感器记录下杜瓦瓶质量  $M$  与时间  $t$  的变化情况。(图1中  $ab$  段为投入铜柱前液氮吸收空气中热量部分汽化引起  $M$  的变化,  $cd$  段表示铜柱不再放热,液氮吸收空气中热量

引起  $M$  的变化,  $bc$  段则表示投入铜柱后液氮剧烈汽化的过程,  $fg$  段表示  $bc$  段中仅考虑由于铜柱放热而使液氮中被汽化的那部分的质量  $M_n$ 。在普通物理实验中,物理天平无法测得  $bc$  段  $M$  的实际变化情况,而本实验中,由于采用荷重传感器测量,可较精确地测得  $bc$  段的具体变化情况,然后根据等面积法测算出的  $fg$  便更为准确。

铜样品在上述过程中所释放的热量可用混合法测量,其中温度的测量使用 AD590 电流型集成温度传感器(可替代半导体热敏电阻)比汽化热的计算公式如下:

$$L = \frac{1}{\Delta m_N} [(\Delta m_w C_w + \Delta m_a \cdot C_a + \Delta m_c \cdot C_c) \cdot (T_2 - T_3) + \Delta m_b C_b (T_1 - T_3)] \quad (1)$$

式中  $\Delta m_w, C_w$  分别为水的质量和比热容;  $\Delta m_a, C_a$  分别为量热器内筒的质量和比热容;  $\Delta m_c, C_c$  分别为搅拌器的质量和比热容;  $\Delta m_b, C_b$  分别为铜柱的质量和比热容;  $T_1$  为室温,  $T_2$  为水与量热器的初温,  $T_3$  为两者达到热平衡时的温度。

## 2 实验仪器及实验准备

(1) AD590 定标:集成温度传感器 AD590 是一个稳流源,其灵敏度为  $1 \mu\text{A}/^\circ\text{C}$ ,它串联  $R=3 \text{ k}\Omega$  的电阻,接于一  $6 \text{ V}$  直流电源上时,可将电流信号转化为电压信号,灵敏度  $3 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ 。

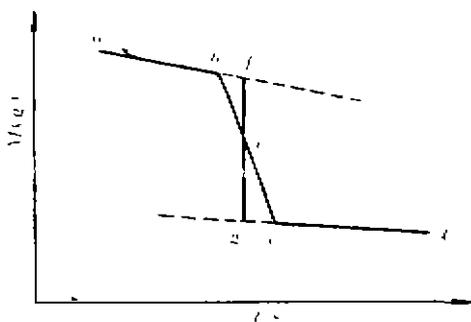


图1 杜瓦瓶质量( $M$ )与时间( $t$ )的变化情况

现将 AD590 与二等水银温度计在相同温度下比较定标:

$T_1 = 0.10^\circ\text{C}$  (冰水混合物) 电阻  $R$  上电压  $V_1 = 0.8283\text{ V}$ ,  $T_2 = 23.10^\circ\text{C}$  (室温下的水) 电阻  $R$  上电压  $V_2 = 0.8889\text{ V}$  得该 AD590 实际的温度-电压传感系数为:  $K_T = 2.856 \times 10^{-3}\text{ V}/^\circ\text{C}$ , ( $0^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$  之间线性)。

(2) 荷重传感器定标: 测得在不加放大器时的质量-电压传感系数为  $K_V = 5.739 \times 10^{-3}\text{ mV/g}$ 。可见此信号较微弱, 因而要用放大器放大, 将信号变为伏特量级, 以便准确测量及计算机处理。(见图 2)。

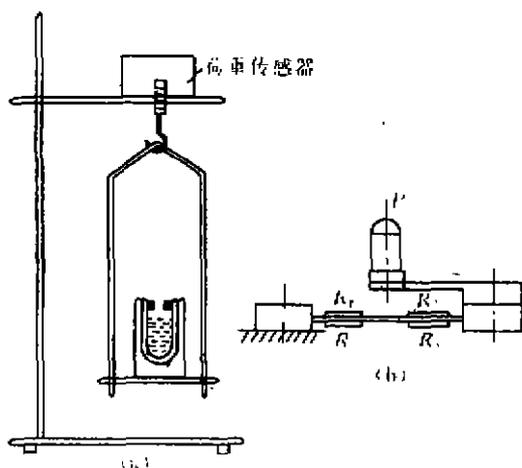


图 2 荷重传感器示意图(a)及其内部结构(b)

$R_1, R_2, R_3, R_4$  为电阻应变片

(3) 线性放大器: 测得放大倍数  $\beta = 1128$  倍

(4) PZ114 直流数字电压表, 用于测量荷重传感器和集成温度传感器输出电量。

### 3 实验过程

(1) 实验线路如图 3 所示。用荷重传感器制成电子秤, 测得各物体质量对应的电压值, 当开关打至 B 时 PZ114 测得: 铜柱:  $V_b = 0.080\text{ V}$ , 铝筒:  $V_a = 0.174\text{ V}$ , 搅拌器:  $V_c = 0.040\text{ V}$ , 水:  $V_w = 0.347\text{ V}$

(2) 在用荷重传感器制成的电子秤上放

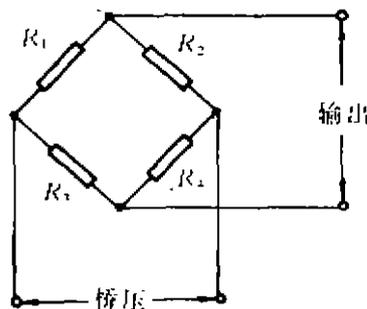


图 3 实验线路图

上盛有液氮的杜瓦瓶, 利用 PZ114 测量荷重传感器经放大后的输出信号; 用秒表测时间。记录下总质量  $V_m$  随时间的变化(附表)。

附表 总质量  $V_m$  随时间的变化

$t/s$	$V_m/V$	$t/s$	$V_m/V$
0	4.795	254	4.765
30	4.794	259	4.764
72	4.793	264	4.762
111	4.792	269	4.761
145	4.791	274	4.758
193	4.790	279	4.758
214	投入	284	4.758
219	4.783	289*	4.758
224	4.780	382	4.756
229	4.777	443	4.755
234	4.773	507	4.754
239	4.771	558	4.753
244	4.769	612	4.752
249	4.767		

表中 \* 表示最后一次强烈汽化。将铜柱投入量热器之前, 先将开关从 B 开至 A, 测得水初温对应的电压值  $V_2$ , 铜柱从液氮中投入水中后水温降至最低值  $V_3$ , 室温对应的电压为  $V_1$ 。实验测得:  $V_1 = 0.8898\text{ V}$ ,  $V_2 = 0.8877\text{ V}$ ,  $V_3 = 0.8776\text{ V}$ 。

### 4 数据处理

按表中数据作汽化曲线, 用等面积法作出  $f_{\text{汽}}$  求出, 则:

$$\Delta V_N = V_j - V_k = 2.988 \times 10^{-3} \text{ V}$$

已知:

$$\text{水的比热容: } C_w = 1.000 \text{ Cal/g} \cdot \text{C} = 4.184 \text{ J/g} \cdot \text{C}$$

$$\text{铝的比热容: } C_a = 0.215 \text{ Cal/g} \cdot \text{C} = 0.8996 \text{ J/g} \cdot \text{C}$$

$$\text{铜的比热容: } C_c = C_b = 0.0920 \text{ Cal/g} \cdot \text{C} = 0.3849 \text{ J/g} \cdot \text{C}$$

由液氮汽化热计算公式<sup>[1]</sup>:

$$L = \frac{1}{\Delta m_N} [(\Delta m_w \cdot C_w + \Delta m_a \cdot C_a + \Delta m_c \cdot C_c)(T_2 - T_3) + \Delta m_b C_b (T_1 - T_3)] = \frac{1}{kT\Delta V_N} [(\Delta V_w \cdot C_w + \Delta V_a \cdot C_a + \Delta V_c \cdot C_c)(V_2 - V_3) + \Delta V_b C_b (V_1 - V_3)] = \frac{1}{2.856 \times 10^{-3} \times 2.988 \times 10^{-3}} [(0.347 \times 1.000 + 0.174 \times 0.215 + 0.040 \times 0.092) \times 0.0101 + 0.080 \times 0.092 \times 0.0122] = 46.98 \text{ Cal/g} = 0.197 \text{ J/kg}$$

结果与标准值 0.1996 J/kg 偏差为 1.3%。

## 5 对 AD590 热容量的估计

由于考虑到 AD590 自身有一定的热容

量,计算时应加以考虑。但 AD590 的热容量太小,只有进行估计。我们用混合法测得:

$$V_A C_A = 1.466 \times 10^{-3} \text{ V} \cdot \text{Cal/g} \cdot \text{C} = 6.134 \times 10^{-3} \text{ V} \cdot \text{J/g} \cdot \text{C}$$

其中  $V_A$  为与 AD590 质量对应的荷重传感器所示的电压值。 $C_A$  为 AD590 的热容量。将此结果代入  $L$  的计算式进行修正:

$$\Delta L = 0.17 \text{ Cal/g} = 0.7113 \text{ J/g}$$

修正后  $L' = 47.15 \text{ Cal/g} = 0.1973 \text{ J/kg}$  更接近标准值。

## 6 结 语

由于本实验已将非电量全部转换成了电学量,只需经 AD 转换后便可变成数字量,可由计算机采集  $V_N - t$  的数据,进行曲线拟合,用等面积法求出  $\Delta V_N$ , 然后进行计算,这样就将本实验与计算机应用联系起来,并可提高实验的准确度,掌握非电量电测及用计算机测量物理量的方法。

## 参 考 文 献

- 1 贾玉润等编,大学物理实验,复旦大学出版社,1987,7
- 2 华东电子仪器厂,BHR-8 型电子应变式荷重传感器使用说明书,1992

## ·名人名言·

只有人们的社会实践,才是人们

对于外界认识的真理性的标准。

——毛泽东《实践论》