

## 实验一 燃烧热的测定

### 一、目的要求

1. 了解量热计的原理、构造和使用方法，掌握用氧弹量热计测定物质的燃烧热的技术。
2. 了解恒压燃烧热和恒容燃烧热的区别与联系。
3. 学会用雷诺图解法校正温度的变化值。

### 二、基本原理

燃烧热是热化学中的基本数据之一，是指在指定温度和压力下，一摩尔物质完全燃烧时的热效应。这里所指的完全燃烧是指燃烧产物中的 C 转化为  $\text{CO}_2(\text{g})$ ，H 转化为  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ，S 转化  $\text{SO}_2(\text{g})$ ，N 转化为  $\text{N}_2(\text{g})$ ，等。

燃烧热的测定对于人们生产生活以及探索未知具有非常重要的实际意义，比如可以用于测定燃料的燃烧热值、食品热量、也可以求算化合物的生成热、键能等数据。

测定燃烧热可以在恒容条件下，也可以在恒压条件下进行。由热力学第一定律可知，恒容热效应（燃烧热） $Q_v$  等于系统热力学能（内能） $\Delta U$  的变化。恒压热效应  $Q_p$  等于系统的焓变  $\Delta H$ 。

若把参与反应和生成的气体都按照理想气体处理，由于对于理想气体  $\Delta(PV) = \Delta nRT$ ，则他们存在如下关系：

$$Q_p = Q_v + \Delta nRT \quad (1)$$

式中  $\Delta n$  为反应前后产物与反应物中气体物质摩尔数之差； $R$  为气体常数； $T$  为反应温度（实验条件下可按 300 K 计算）。

本实验用氧弹量热计测定棉花的燃烧热，装置如图 1 所示。此仪器有很好的绝热性能，使燃烧所产生的热量可全部用来升高体系的温度，故测定燃烧热需要了解体系的热容量。由于每套仪器的热容量是不同的，因此必须预先测定。测定的方法是：用已知燃烧热的标准物（本实验用苯甲酸，其  $Q_v = -26.46 \text{ kJ/g}$ ）完全燃烧所放出的热量使体系温度升高  $\Delta T$ ，根据能量守恒定律：

$$m Q_v = -(\rho V C + C_{\text{计}}) \Delta T - 2.9I \quad (2)$$

式中， $m$  为样品质量； $V$  为量热计中所放入水的体积（2500 ml）； $\rho$  为水的密度； $C$  为水的比热（ $4.18 \times 10^{-3} \text{ kJ/g} \cdot \text{K}$ ）； $I$  为铁丝的长度，其燃烧热值为  $2.9 \times 10^{-3} \text{ kJ/cm}$ ， $C_{\text{计}}$  为量热计的热容量。

### 三、仪器试剂

#### 仪器

氧弹量热计（图 1），氧弹（图 2），高压氧气，充气机（图 3），贝克曼温度计（本实验用精密数字温差测量仪），压片机，铁丝

#### 试剂

苯甲酸，棉花，萘

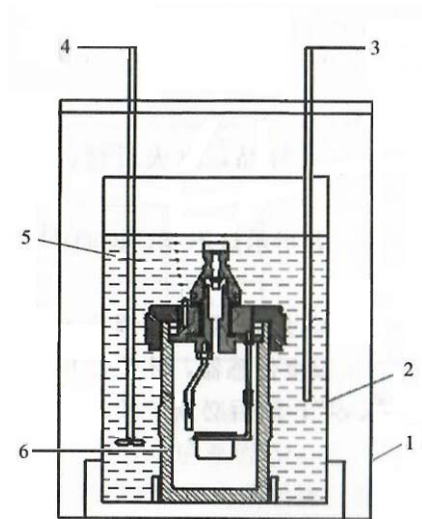


图 1 氧弹量热计

1. 外筒；2. 内筒；3. 温度传感器；4. 搅拌器；5. 内筒水浴；6. 氧弹

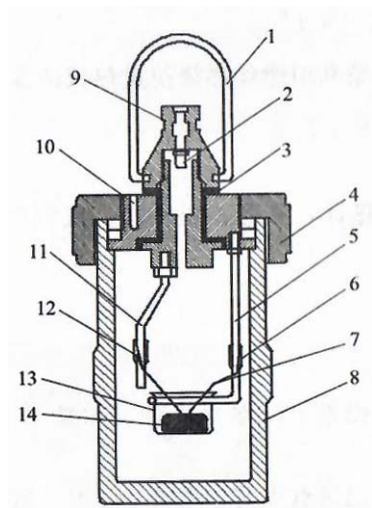


图 2 氧弹的构造

1. 氧弹拉环；2. 充气口；3. 绝缘片；4. 氧弹盖；5. 负极电极杆；6. 引燃丝固定套；7. 引燃丝；8. 氧弹筒；9. 正极接口；10. 负极接口；11. 正极电极杆；12. 引燃丝固定槽；13. 坩埚；14. 燃烧样品

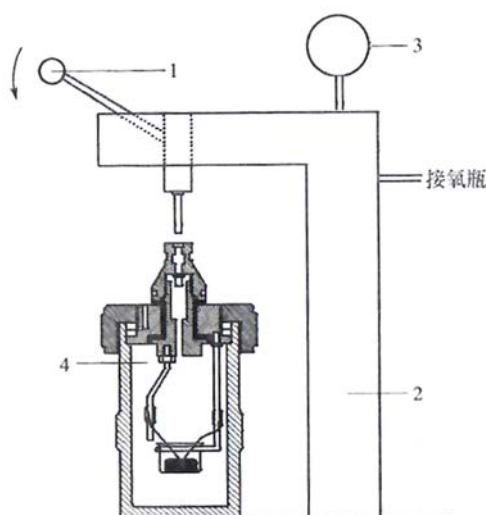


图3 充气示意图

1.拉杆；2. 支架；3. 充氧压力表；4. 氧弹

#### 四、实验步骤

##### 1. 样品压片及装置氧弹

称取苯甲酸 1.0 g，将所称药品放入压片机模具中，徐徐旋紧丝杆，直至单手稍用劲拧不动为止，然后松开丝杆，移去垫板，让垫片落下，然后夹住模具，旋下压棒推出苯甲酸压片，用镊子夹住压片在称量纸上轻轻敲击将未压实的粉末除去，并将苯甲酸压片在分析天平上准确称量，然后放入燃烧皿。取 12 cm 长的铁丝，将铁丝中部在钢针上绕 5-6 圈，铁丝两端分别与氧弹上的两个电极 6、7 连接好（操作时注意：两电极不能碰到一起，以免短路），小圈与燃烧皿中压片表面紧密接触。然后旋紧弹盖，用万用表测试两极接线柱。若电阻很小，说明电路已经接通，便可给氧弹充气。

##### 2. 氧弹充气

将氧弹进气孔置于氧气充气机充气口正下方，轻轻下压充气机操作杆使得进气孔与充气机相通。打开氧气钢瓶总阀，顺时针打开减压阀门，使减压表的指针移至 2 Mpa 左右，充气 10 s。然后逆时针关闭减压阀门，关闭钢瓶总阀。取下氧弹，充气完毕。

##### 3. 燃烧热的测量

在量热计内桶中加入 2500 ml 自来水，将充好气的氧弹慢慢放入水中，其两极与点火控制器连接。装好搅拌器，然后将精密数字温差测量仪（与贝克曼温度计功能一致）的温度传感器装好。接通电源，打开搅拌器开关，分三个阶段进行测量。

（1）前期：即燃烧点火之前，每分钟读取温差测量仪上的温度一次，共读取 10 分钟。

(2) 中期：即点火燃烧期，按下控制器上的点火控制开关。由于样品燃烧放出大量的热，将使温差测量仪的温度迅速上升，此时应每半分钟记录温度一次，一般至少应记录 20 个点。

**注意：**若发现温度未迅速上升，应停止实验，检查原因。

(3) 后期：燃烧放热结束后，每分钟还应记录温度一次，再读取 10 min。

测量完成后，取出氧弹，旋松排气孔排出燃烧后的废气。打开氧弹盖清洗后，按上述方法分别测量 1.0 g 棉花和 0.5 g 萘的燃烧热（或者 0.5 g 面粉、蔗糖等食品或液态煤油）。**注：**棉花的点火铁丝长度取 8 cm。

## 五、数据处理

1. 由于实验过程中受环境的影响而难以从实验数据直接得到燃烧前后的真实温度差  $\Delta T$ ，所以要进行温度校正。根据实验数据作出温度---时间曲线，如图 4 所示，有以下三种情况，校正方法如下：从曲线上平均温度（对应 D、F 点）H 点引垂线与线 BF 及 ED 的延长线交于 A、C 两点，则 A、C 在坐标中所示的温度差就是所求  $\Delta T$ 。

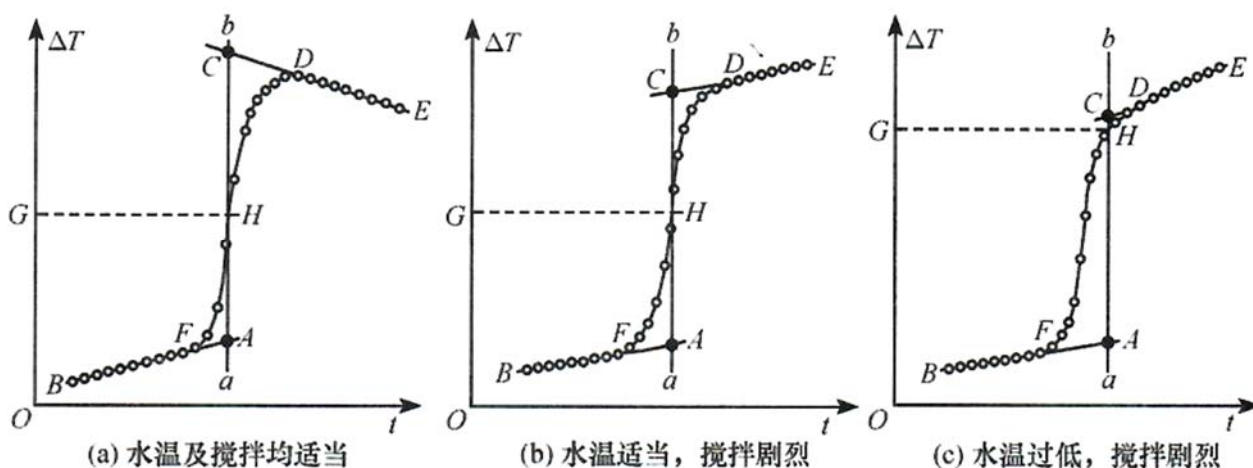


图 4 雷诺校正图

2. 作出苯甲酸、棉花、萘的实验温度---时间曲线，并在曲线上求出  $\Delta T$ 。
3. 根据式 (2) 及苯甲酸的  $Q_v$  值计算  $C_{\text{计}}$ 。
4. 根据计算得到的  $C_{\text{计}}$ ，分别求出棉花、萘（或其他食品、燃料）的  $Q_v$  值。

## 六、预习思考题

1. 燃烧过程是\_\_\_\_\_热过程， $Q_v$  的符号是\_\_\_\_\_值，苯甲酸燃烧的反应方程式为\_\_\_\_\_。
2. 贝克曼温度计（精密数字温差测量仪）测得的温度是\_\_\_\_\_值，而不是\_\_\_\_\_值。

3. 减压阀如何使用？充氧气时，充气机使用中需要注意什么？
4. 燃烧热的测量过程中，温度的测量应分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_及\_\_\_\_\_三个阶段。
5. 液态燃料的燃烧热值如何测定？请给出具体设计方案。
6. 如何选择火箭推进剂及航空航天燃料，其关键问题是什么？

#### 附：贝克曼温度计的调节和使用

如图 5 所示，贝克曼温度计有一水银球，上接一毛细管，管后附一刻度尺，刻度范围 0-5 度。刻度精确至 0.02 度，用放大镜读数时可估读至 0.01 度。利用贝克曼温度计测量的是温度变化，而非体系的确切温度。故调节前应明确反应放热后温度的变化范围，才能在温度计上选择一个合适的起始温度。

例如本实验中棉花的燃烧是一个放热反应，约一克的棉花放出的热量可使其周围的水温升高近  $3^{\circ}\text{C}$ ，所以温度计在水浴中的起始位置应在 0—2 之间。若不在此位置时，可用下面的方法调节：

1. 用手握住贝克曼温度计水银球，利用体温使水银上升，同时将温度计横置，使毛细管中的水银与温度计顶端贮汞槽中的水银相接后，松开水银球并小心地使温度计回到垂直位置。

2. 根据需要（原起始位置过高或过低），使水银球冷却或温热，目的是将顶端贮汞槽中的水银向毛细管中转移（或反向转移）。**每次的转移量必须很少**，可分多次进行。

3. 右手握住温度计中间，使温度计垂直，水银球向下，左手掌拍右手腕（注意：操作时应远离实验台，以免碰坏温度计），靠震动的力量使毛细管中的水银与贮汞槽中的水银在接口处断开。

4. 将温度计置于水浴中，考察水银的位置是否合乎需要，未达到需要时，可重复 1、2、3 步骤，直至符合需要为止。调节好的温度计，应插在量热计温度计架上，不可随意乱放或拿在手中，以免贮汞槽与毛细管中的水银重新连接而前功尽弃。

注意：若调节有困难时，应主动请求教师帮助。

**注意：**拿取贝克曼温度计时手不能接触温度计下部的水银球。

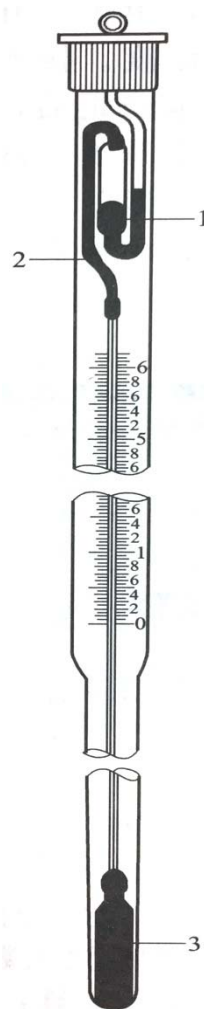


图 5 贝克曼温度计

## 七、实验记录

### 1. 苯甲酸

重量:

[illegible]

## 2. 棉花

重量:

[illegible]

### 3. 萘

重量:

[illegible]