

## 实验三 稳态双平板法测定非金属材料的导热系数

### 一、实验目的

- 1、巩固导热理论知识，了解建立较严格的一维稳态导热的实际方法。
- 2、用稳态双平板法测定非金属材料的导热系数，确立导热系数和温度之间的依变关系，即 $\lambda = A + Bt$ 。
- 3、学习实际问题的实验研究方法和有关测试技术。

### 二、实验原理

双平板法是以无限大平板的导热规律为基础的。设有一块厚度为 $\delta$ ，导热系数为 $\lambda = A + Bt$ 的无限大平板，一侧以恒定流密度 $q$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) 加热，平板两表面的温度分别保持恒等于 $t_1$ 和 $t_2$ ，如图3-1所示。根据付立叶定律，描写板内温度场的导热微分方程式为：

$$q = -l \frac{dt}{dx} = -(A + Bt) \frac{dt}{dx} \quad (1)$$

相应的边界条件为：

$$x=0 \text{ 处, } t=t_1 \qquad x=\delta \text{ 处, } t=t_2 \quad (2)$$

对式(1)积分，并代入(2)式的边界条件，得：

$$q = \left[ A + B \frac{t_1 + t_2}{2} \right] \times \frac{t_1 - t_2}{d} \quad (3)$$

$$\text{令} \quad l_m = A + B \frac{t_1 + t_2}{2} = A + Bt_m \quad (4)$$

即在平均温度  $t_m = (t_1 + t_2)/2$  的条件下，板材的导热系数等于在 $t_1$ 和 $t_2$ 间材料的平均导热系数 $\lambda_m$ 。则式(3)可写为：

$$q = \frac{l_m(t_1 - t_2)}{d} \quad (5)$$

如果是为了确定板材的导热系数，则需在热稳定时，测出加热(或冷却)平板一侧的恒热流密度 $q$ 和温度 $t_1$ 、 $t_2$ ，依据(5)式便可得板材的平均导热系数：

$$l_m = \frac{qd}{(t_1 - t_2)} \quad (6)$$

### 三、实验设备

如图3-2所示，它包括NKIII-200型双试件导热率测定装置、双路直流稳压电源、

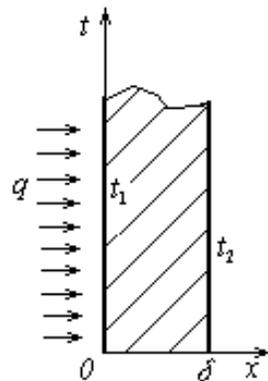


图3-1 平板导热原理

恒温水浴和测试系统。NKIII-200型双试件导热率测定装置为对称的双平板结构，它的中央为圆形主加热器，周围为环形辅助加热器，它们均为薄片型加热器，由电阻带均匀绕成。二者共平面，其之间有一小的环形隔缝。在主、辅加热器上，各放置由导热系数较大的黄铜做的圆形均热板。主、辅均热板也是同厚度共平面，二者之间有1mm的环形隔缝。实验时将两块直径均等于环形辅助加热器均热板外径相等厚度的同种试件分别置于两侧的均热板上。并在每块试材的另一面各安置一个圆盘形冷却器，最后从两个方向用力将它们压紧以减少各交界面上的接触热阻。一台超级恒温水浴向两个冷却器并联供给恒温水。冷却器内有盘香形小槽，恒温水沿槽盘旋流动，以便保持两块试材的冷却面具有相同的温度。双路直流稳压器分别对主、辅加热器单独供电。

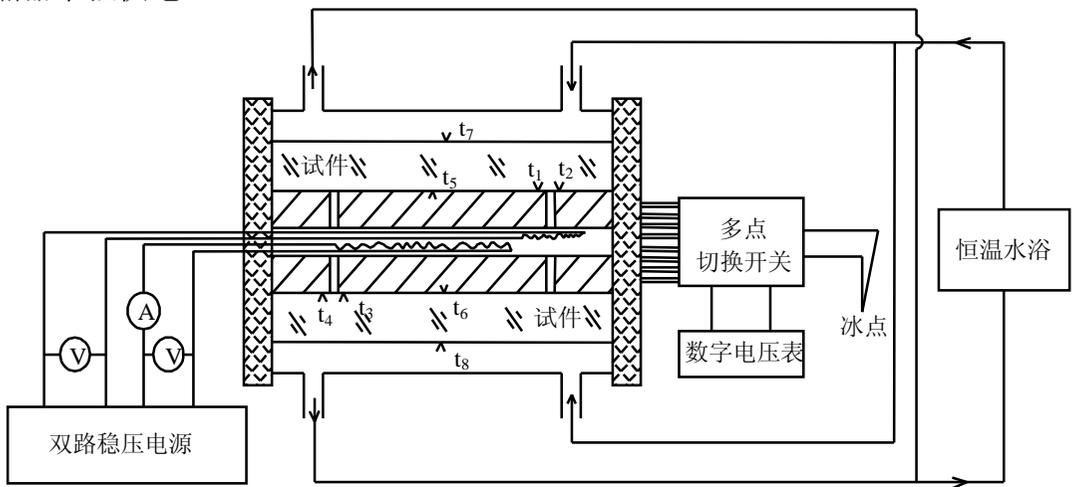


图3-2 双试件实验设备原理图

实验时，可以调节辅助加热器的功率，来匹配已设定好的主加热器的功率，使得在热稳定时，主、辅均热板间的隔缝在径向上无温差，这意味着它们之间无热量传递，主均热板表面是等温面，以一半主加热器功率对其试件的中央部分供应一维导热流。这样，达到了实验原理的要求。必须特别指出，试件的厚度不宜过大。否则，由于试件侧向散热及其径向温度梯度引起的径向导热，使得主均热板和冷却器间的试件内各等温面不再是互相平行的平面了，不能满足一维导热实验原理的要求。为了计算试件的导热系数，在主、辅均热板的表面和冷却器的冷却表面共埋设8对镍铬—康铜(E型)热电偶，其布置如图3-2所示。通过多点切换开关由数字电压表测量各热电偶输出的热电势，查表以确定各点温度。

#### 四、实验步骤

- 1、预习实验报告，看懂实验原理，了解实验装置的结构和实验方法。
- 2、将两面已磨平的试件按图示装入实验装置，并压紧。
- 3、按图示接好直流稳压电源、电压表、电流表和数字电压表的连接导线；将超级恒温水浴的出水口用橡皮管并联接至两个冷却器，并将它们的回水用橡皮管引回恒温水浴；热电偶冷端置于冰瓶内，经指导教师检查认可。
- 4、调节恒温水浴上的控制温度计，设定冷却水的温度，启动恒温水浴。
- 5、接通直流稳压器，按预先拟定的方案，调节主、辅加热器的功率，直至达实验要求。
- 6、热稳定后采集数据。需采集的数据有各对热电偶输出的热电势、主加热器的电流和电压，将数据填入预先画好的记录表中。
- 7、时间许可时，可改变水温或主、辅加热器功率，重复5、6 步骤，共做3~8次实验。测量数据经指导教师审核后，切断电源，结束实验，整理现场。

#### 五、基本参数及有关计算

实验设备的主均热板直径 $D_1=99\text{mm}$ ，辅助均热板内径 $D_2=101\text{mm}$ ，外径 $D=200\text{mm}$ ，如图3-3 所示。

取 $D_e=(D_1+D_2)/2=100\text{mm}$ 作为计算试件一维导热面积的直径。为了避免主加热器的电源导线通过辅助加热器而受热，先将主加热器电阻带的两端穿过辅助加热器后再与电源线连接。这样，主加热器实际传给试件的热量要小于所测的主加热器输入电功率，根据主加热器电阻带中有多长未穿过辅助加热器，每台实验本体的侧面都标有一个小于1 的功率修正系数 $K$ 。前已述及，本实验装置采取双平板的对称结构，使两块试件内的温度场相同，即 $t_5=t_6$ ， $t_7=t_8$ ，同时，调节辅助加热器功率使得 $t_1=t_2$ ， $t_3=t_4$ ，以满足主加热器上试件的一维导热条件。

但是，由于加工工艺、装配质量和功率调节方法等方面的原因，实际中往往得不到上述的理想温度场。而是当 $t_1 \approx t_2$ ， $t_3 \approx t_4$  时即认为近似符合实验原理的条件，当然其近似程度取决于实验结果所需精度。综上所述，计算试件在平均温度下的平均导热系数时，应用下式进行计算：

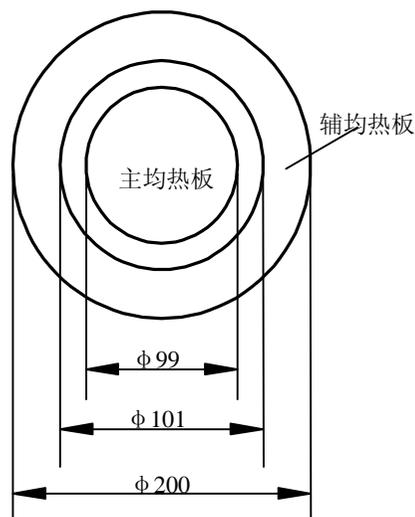


图3-3 加热板尺寸

$$t_m = (t_5 + t_6 + t_7 + t_8) / 4 \quad (9)$$

$$I_m = \frac{kQd}{F_e [(t_5 - t_7) + (t_6 - t_8)]} \quad (10)$$

式中

$$F_e = \frac{\pi}{4} D_e^2 \quad (D_e = 100\text{mm}) \quad (11)$$

为一维稳态导热的计算面积。

## 六、思考题

- 1、为了建立一维稳定的温度场，本实验装置采取了哪些措施？
- 2、如果试件表面不平整时测得的导热系数将偏大还是偏小？

## 七、实验原始记录表

序号	K	厚度 $\delta$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$	$t_8$	电压U	电流I
		mm	mv	V	A							
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												