

实验一、稳态平板法测定建筑材料的导热系数

一、实验目的

- 1、巩固和加深稳定导热过程的基本理论。学习 DRP—1 型导热系数测定仪的使用方法；
- 2、测定试材的导热系数；
- 3、确定试材导热系数与温度的关系。

二、实验原理

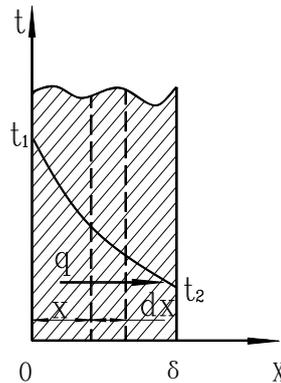
导热系数是表征材料导热能力的物理量。导热系数与材料的种类、性质、结构、密度等因素有关。同种材料的导热系数又取决于材料的温度，各种材料的导热系数通过实验方法测定。平板法就是应用一维稳态导热过程的基本原理，测定建筑材料导热系数的一种方法。

在温度变化较小的范围内，可以认为材料的导热系数随温度作直线变化，即：

$$\lambda = \lambda_0(1 + bt) \quad (1)$$

式中： λ_0 ：0℃时材料的导热系数。

b ：材料导热系数随温度变化的系数。



图一 平板中的一维稳态导热

见图一，平板内为一维稳态导热过程由傅立叶定律：

$$q = -\lambda_0(1 + bt) \frac{dt}{dx} \quad (2)$$

式中： q ：热流密度， w/m^2 ；

$\frac{dt}{dx}$ ：试件内的温度梯度， $^{\circ}C/m$ 。

(2) 式分离变量后积分可得：

$$qx = -\lambda_0 \left(t + \frac{b}{2} t^2 \right) + c \quad (3)$$

代人边界条件： $x=0$ $t=t_1$ (4)

$x=\sigma$ $t=t_2$ (5)

消去常数 C 可得：

$$\begin{aligned} q &= \lambda_0 \left(1 + b \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \left(\frac{t_1 - t_2}{\sigma} \right) \\ &= \lambda_0 \left(1 + bt_m \right) \left(\frac{t_1 - t_2}{\sigma} \right) = \lambda_m \frac{t_1 - t_2}{\sigma} \quad (6) \end{aligned}$$

或 $Q = Fq = F\lambda_m(t_1 - t_2)/\sigma$ (7)

即 $\lambda_m = \frac{Q\sigma}{F(t_1 - t_2)}$ (8)

其中 F: 平壁表面积, m²

σ : 平壁的厚度, m

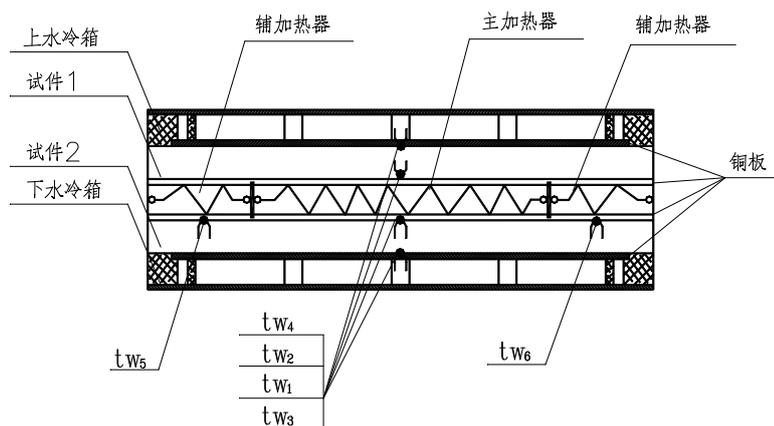
λ_m : 平均温度 $t_m = \frac{t_1 + t_2}{2}$ 时材料的导热系数, w/m²·C

如果, 在实验中, 创造一定的条件, 使平板试件内维持一维稳态温度场, 并测出 σ 、F、Q、 t_1 和 t_2 等值, 则由 (8) 可求得 t_m 下的导热系数。

试件材料的 $\lambda = f(t)$ 是直线关系时, λ_m 就是 λ_{t_1} 和 λ_{t_2} 的平均值, 即 t_m 下的真实导热系数 λ , 进而即可确定 $\lambda \sim t$ 的关系曲线。

三、实验装置及测量仪表

实验装置如图二所示。



图二 实验装置示意图

材料为两块圆形平板, 直径为 200mm, 厚度为 20mm ($S \ll d$ 可视试件为薄壁厚度)。两块试件的高温表面温度由夹在中间的主加热器提供热量, 维持稳定, 低温表面温度由恒温水浴的循环水维持恒定。为保证主加热器热量全部通过试件, 应严格保证试件内的温度变化为一维温度场, 因此主加热器外围设有一环行辅助加热器, 以保证主、辅加热器表面 (即试件表面) 温度均匀。为了减少热损失, 全部设备放置在带保温层的外壳中。

主加热器由一台晶体管稳压电源提供热量, 辅加热器由温度跟踪器控制加热, 由装在主、辅加热器上的温差热电堆给出温差值, 经过温度跟踪器给出信号, 并通过调节系统使辅加热器表面温度不断跟踪主加热器表面温度, 并达到稳定。

试件热表面温度 tw_1 (或 tw_2) 和冷表面温度 tw_3 (或 tw_4) 由铜—康铜热电偶测定。各热电偶端点与换相开关联接, 热电势通过 UJ—31 型电位差计进行测定。

为了准确测定主加热器电功率, 通过电位差计测定串联在电路上的 0.01 Ω 标准电阻的电位差值计算出电流。

四、实验步骤

1、将待测试件烘干, 并装入设备中。(为了保证试件与加热器表面紧密接触, 试件表面应平

整，不平度 $<0.05\text{mm}$ 将盖上的手柄拧紧，盖上罩子。

2、检查控制柜各旋钮，主加热器电源置于“断”位置，辅加热器的电源置于“零”，温度跟踪器置于“调零”，UJ-31型电位差计置于“断”。

3、接通电源。

4、按所需水温调节水银接触式温度计的触点，然后接通恒温水浴电源，接通6V开关，调整检流计及电位差计，以备使用。

5、接通温度跟踪器，指示灯亮。

6、将主加热器电源选择开关置于所需电压值。

7、将辅加热器电源选择开关置于适当位置。

8、调温度跟踪器的调零旋钮，使偏差表指针指在“0”，将跟踪置“手动”，按下热电势转换开关“5”，此时的读数为主加热板高于主加热板的热电势。如果其值为负，按下开关“6”，此时的读数为辅加热板高于主加热板的热电势。当此时热电势不为0时，用手动调节辅加热器功率。当调至热电势趋于0时，将跟踪置“自动”，仪器即自动跟踪。

9、将稳定度旋钮（I）顺时针到头，灵敏度旋钮（P）顺时针逐步增大，直至偏差表产生振荡，在慢慢退回，使偏差表稳定，然后慢慢把旋钮I逆时针转动，偏差表产生振荡，再顺时针拧至偏差表不振。当偏差表转不超过 ± 2 格，可认为过程达到稳定。

10、稳定后，（前后两次热电势差不大于 $\pm 4\mu\text{V}$ ）由UJ-31型电位计“未知1”测量出“1”、“2”、“3”、“4”点热电势值。

11、测主加热器的电流时，按下面板上“IV”开关的“I”由“未知2”测出 V_2 。

12、重复10、11步骤，记录三次读数。

13、改变主、辅加热器的电压，重复步骤8~12，则可测得另一温度下的导热系数。

五、实验记录及数据整理

1、实验记录：

材料名称：

加热器电阻 R_{20} ：

上试件直径：

上试件厚度：

下试件直径：

下试件厚度：

实验数据选用设备进入稳定状态后的最后三次记录的平均值。

时间	$1W_1$ (mv)	tw_1 ($^{\circ}\text{C}$)	$1W_2$ (mv)	tw_2 ($^{\circ}\text{C}$)	$1W_3$ (mv)	tw_3 ($^{\circ}\text{C}$)	$1W_4$ (mv)	tw_4 ($^{\circ}\text{C}$)	VI (mA)	I (A)
1										
2										
3										
4										
5										
平均值										

2、计算：

(1) 主加热器发出的功率：

$$Q=I_2R$$

式中：I：主加热器电流， $I = \frac{VI(A)}{0.01(\Omega)}$

R：主加热器电阻， $R = R_{20} [1 + \alpha (t - 20)] \Omega$

t：热面温度， $^{\circ}\text{C}$

R_{20} ：20 $^{\circ}\text{C}$ 时主加热器电阻值， Ω

R：实际热面温度下主加热器电阻值， Ω

α ：电阻丝温度系数，其值随温度变化，见下表：

t ($^{\circ}\text{C}$)	0~100	100~150	150~200	200~250
$\alpha \times 10^{-5}$ (1/C)	1.75	2.8	3.35	3.90

(2) 导热系数 λ

主加热器向二试件提供热量

$$Q = \frac{\lambda}{\sigma_1} F_1 (t_{w1} - t_{w3}) + \frac{\lambda}{\sigma_2} F_2 (t_{w2} - t_{w4})$$

当 $F_1 = F_2$, $\sigma_1 = \sigma_2$ 时

$$\lambda_m = \frac{\sigma Q}{2F\Delta t}$$

式中： $\Delta t = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - \frac{t_{w3} + t_{w4}}{2}$

式中计算得出的导热系数 λ_m 是 平均温度 t_m 下的导热系数。

$$t_m = \frac{t_{w1} + t_{w2} + t_{w3} + t_{w4}}{4}$$

(3) 将不同温度下的 λ_m 、 t_m 绘制成图，可得出 $\lambda_m \sim t_m$ 的关系式：

序号	Q (W)	t_m ($^{\circ}\text{C}$)	λ_m (W/m $^{\circ}\text{C}$)
1			
2			
3			
4			

六、实验报告：

- 1、绘实验设备简图
- 2、本组实验结果的计算，并抄录各组在不同电压下的计算结果
- 3、将各组的实验结果绘制成 $\lambda \sim t$ 曲线
- 4、实验结果的分析与讨论