



HIT大物实验交流群2019
扫一扫二维码，加入群聊。



哈尔滨工业大学

实验报告

姓名: _____ 学号: _____

课程名称: 传热学实验

实验名称: 准稳态法测绝热材料的导热系数和比热实验

公众号 qq: 1689929593

教师评语:

教师签字:

年 月 日

一、实验目的：

1. 掌握使用热电偶测量温度及温差的方法；
2. 认识和使用数字化仪来测量温度和温差；
3. 快速测量绝热材料的导热系数和比热。

二、实验原理

本实验是根据第二类边界条件，无限大平板的导热问题设计的。设平板厚度为 δ （见图1），初始温度为 t_0 ，平板两面受恒定的热流密度 q 均匀加热。求任意时刻间平板厚度方向的温度分布 $t(x, \tau)$ 导热微分方程及初始条件和第二类边界条件如下：

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}$$

$$t(x, 0) = t_0$$

$$\left. \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \right|_{x=\delta} + \frac{q}{\lambda} = 0$$

$$\left. \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \right|_{x=0} = 0$$

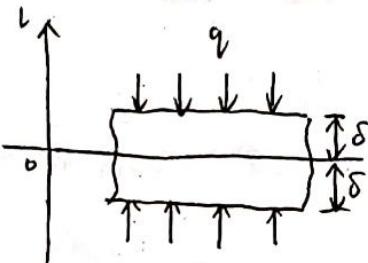


图1 第二类边界条件无限大
平板导热的物理模型

$$\text{解为 } t(x, \tau) - t_0 = \frac{q}{\lambda} \left[\frac{\alpha \tau}{\delta} - \frac{\delta^2 - 3x^2}{6\delta} + \delta \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2}{\mu_n^2} \cos(\mu_n \frac{x}{\delta}) \exp(-\mu_n^2 F_0) \right] \quad (1)$$

式中： τ —时间；s

q —沿 x 方向以端面向平板加热的恒定热流密度； W/m^2

λ —平板导热系数； $W/(m \cdot ^\circ C)$

α —平板导温系数； m^2/s

$\mu_n = n\pi$ ； $n = 1, 2, 3 \dots$

$F_0 = \frac{\alpha \tau}{\delta^2}$ 傅里叶准则数；

t_0 —初始温度； $^\circ C$

随着时间 τ 的延长， F_0 数变大，式(1)中的级数项变小。当 $F_0 > 0.5$ 时，级数项变得很小可以忽略，式(1)变成：

$$t(x, \tau) - t_0 = \frac{q\delta}{\lambda} \left(\frac{\alpha \tau}{\delta^2} + \frac{x^2}{2\delta^2} - \frac{1}{6} \right) \quad (2)$$

由此可见，当 $F_0 > 0.5$ 后，平板各处的温度和时间成线性关系，温度随时间变化的速率是常数，并且到处相同，这种状态称为准稳态，平板中心即 $x=0$ 处的温度为：

$$t(0, \tau) - t_0 = \frac{q\delta}{\lambda} \left(\frac{\alpha \tau}{\delta^2} - \frac{1}{6} \right)$$

平板加热面 $x=\delta$ 处为：

$$t(\delta, \tau) - t_0 = \frac{q\delta}{\lambda} \left(\frac{\alpha \tau}{\delta^2} + \frac{1}{3} \right)$$

$$\text{此断面的温差为: } \Delta t = t(\delta, t) - t(0, t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{q\delta}{\lambda} \quad (3)$$

如已知 q 、 δ , 再测出 Δt , 就可以由式(3)求出导热系数:

$$\lambda = \frac{q\delta}{2\Delta t} \quad (4)$$

实际上,无限大平板是无法实现的,实际总是用有限尺寸的试件。一般认为,试件的延展方向尺寸为厚度的六倍以上,两侧散热对试件中心温度的影响可忽略不计,试件两侧面中心处的温度等于无限大平板时两侧面的温度差。

根据热平衡原理,在准稳态时有下列关系:

$$q \cdot A = c \cdot \rho \cdot \delta \cdot A \cdot \frac{dt}{dx} \quad (5)$$

式中: A 为试件的横截面积; c 为比热容, ρ 为密度; $\frac{dt}{dx}$ 为准稳态时的温升速率。

由上式可得:

$$c = \frac{q}{\rho \delta \frac{dt}{dx}} \quad (6)$$

用此式可求出试件的热量,试验时 $\frac{dt}{dx}$ 以试件中心处为准。

二 实验装置

按上述理论模型设计的实验装置如图2,说明如下:

(1) 试件:

试件尺寸为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 8$, 共四块, 尺寸完全相同, $\delta = 10\text{mm}$, 每块上面要平行, 表面要平整。

(2) 加热器:

采用高电阻康铜箔平面加热器, 康铜箔厚度仅 $20\mu\text{m}$, 加上保护箔的绝缘薄膜, 总共只有 $70\mu\text{m}$ 。电阻值稳定, 在 $0\text{~}100^\circ\text{C}$ 范围不变。加热器面积和试件的相同, 是 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的正方形。两个加热器的电阻值应尽量相同, 相差应在 0.1% 以内。

(3) 绝热层:

用导热系数比试件小得多的材料作绝热层, 力求减少通过它的热量, 使试件1、4与绝热层的接触面接近绝热。这样, 可以假定式(4)中的热量 q 等于加热器发出热量的 $\frac{1}{2}$ 。

实验盒时, 将四个试件齐整放在一起, 分别在试件1和2及试件3和4之间放入加热器1和2, 试件和加热器对齐。热电偶的放置如图3。热电偶测温头要放在试件中心部位, 放好绝热层后, 适当加以压力以保持各试件之间接触良好。

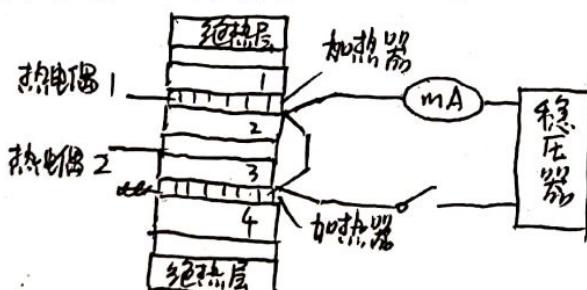


图2 实验装置示意图

四、实验步骤

1. 打开多路温度数采仪电源，在通道组态命令内检查通道1和4信号类型是否为T型热电偶，如果不是将其改为T型热电偶。
2. 设置完通道信号类型后，切换至实时曲线以及数显画面，检查实时曲线以及数显画面，检查实时曲线以及数显采集是否正常。
3. 打开加热器电源，同时启动秒表并记下开始加热时间（在实验过程中，电流值保持不变）
4. 将数采仪显示画面切换到数显画面，每隔一分钟记录通道1和4的实时温度，待温度1和4的差值基本稳定在固定值时关闭加热器电源
5. 实验结束后，取下试件及加热器，试件不能连续做实验，必须经过四小时以上的放置，待与室温平衡后才能做下一次实验。
6. 实验全部结束必需断开电源，一切恢复原状。

五、分析与思考

1. 讨论稳态、准稳态、非稳态传热过程的差异？

答：稳态指温度场不随时间而改变。准稳态则是在较短的时间内没有明显的变化，当然如果时间一长还是会有变化，只是通常在研究的时间段内可以看做稳态，此时为准稳态。非稳态则是温度场随时间不断变化的传热过程。

2. 本方法能否测量金属材料的导热系数为什么？

答：不能，准稳态法要求测量出平板状试样厚度方向上两个端面的温度和随时间变化情况。

金属材料导热系数较大，使得这两个端面温度很难有所区别，测温时温度相差很小，会给计算带来极大误差。准稳态法适合导热系数较小的材料。

六、实验数据记录(见下页)

公众号 qq: 1689929593

居表

班级: 1-6

实验时间: 2019

同组人:

加热器电流 I [A]: 200mA

两加热器电阻的平均值 R [Ω]: 100

试件截面尺寸 A [m^2]: 0.1 × 0.1

试件厚度 δ [m]: 0.01

试件材料密度 ρ [kg/m^3]: ~~100~~ 1200

热流密度 q [W/m^2]: ~~200~~ 200

实验数据记录与整理表 1

	温度 t_1 [°C]	温度 t_2 [°C]	$\Delta t = t_2 - t_1$ [°C]
1	22.42	22.48	0.06
2	22.49	25.88	3.39
3	22.77	27.38	4.61
4	23.16	28.35	5.19
5	23.80	29.28	5.48
6	24.56	30.23	5.67
7	25.33	31.09	5.76
8	26.02	31.83	5.81
9	26.85	32.70	5.85
10	27.72	33.58	5.86
11	28.39	34.30	5.91
12	29.26	35.17	5.91
13	29.93	35.88	5.95
14	30.67	36.61	5.94
15	31.48	37.43	5.95
16	32.33	38.28	5.95
17	33.01	38.96	5.95
18	33.77	39.82	5.95
19			
20			

之环境温度 22°C

一、准稳态法测绝热材料的导热系数和比热实验数据表

实验数据记录与整理表 2

接触不良

	未知 1		未知 2	
	热电势数值 $x_{0,1}$	温度 $[^{\circ}\text{C}]$	热电势数值 $x_{0,1}$	温度 $[^{\circ}\text{C}]$
1	X 0 1.0		0	
2	X 0.1		0.93	
3	X 1.0		0.07	
4	2.37	6.377	1.57	26.051
5	2.40	6.154	1.93	26.974
6	2.40	6.154	2.55	28.538
7	2.40	6.154	3.15	30.075
8	2.40	6.154	3.72	31.513
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

七、数据处理

1. 计算导热系数:

(1) 由表1知最终 $\Delta t = 5.95^\circ C = 5.95K$

代入 $\lambda = \frac{q\delta}{2\Delta t} \approx 0.169 W/m \cdot K$

(2) 由表2知最终 $\Delta t = 6.154^\circ C = 6.154K$

代入 $\lambda = \frac{q\delta}{2\Delta t} \approx 0.163 W/m \cdot K$.

2. 计算比热

(1) 由逐差法求 $\frac{dt}{dT}$

$$\frac{dt}{dT} = \frac{38.28 - 35.88 + 38.96 - 36.61 + 39.82 - 37.43}{3 \times 3 \times 60} = 0.01322 \text{ } ^\circ C/s$$

代入 $C = \frac{q}{\rho \delta \frac{dt}{dT}} = 1260.50 \text{ J/(kg} \cdot {^\circ}C)$

(2) $\frac{dt}{dT} = \frac{30.075 - 26.974 + 31.513 - 28.538}{2 \times 2 \times 2 \times 60} = 0.0126583 \text{ } ^\circ C/s$

代入 $C = \frac{q}{\rho \delta \frac{dt}{dT}} = 1316.66 \text{ J/(kg} \cdot {^\circ}C)$