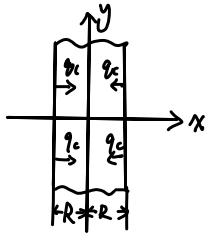


班级_____ 学号_____ 姓名_____ 教师签字 陈晓林
 实验日期 2024/9/3 预习成绩 2 总成绩_____

实验名称 准稳态法测不良导体的比热容和导热系数

一、预习

1. 请结合一维无限大平板导热模型, 利用傅里叶热传导定律, 给出导热系数的推导过程?
2. 在本实验中, 如何判断系统进入准稳态?

1.  模型为
$$\begin{cases} \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2} \\ \frac{\partial t(R, \tau)}{\partial x} = \frac{q_0}{\lambda}, \quad \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} = 0 \\ t(x, 0) = t_0 \end{cases}$$

求解得
$$t(x, \tau) = t_0 + \frac{q_0}{\lambda} \left(\frac{a\tau}{R} + \frac{1}{2R}x^2 - \frac{R}{6} + \frac{2R}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n^2} \cos \frac{n\pi}{R}x \cdot e^{-\frac{a n^2 \pi^2}{R^2} \tau} \right)$$

因为指数项会随加热时间增加而趋近于0, 忽略不计.

$\frac{a\tau}{R^2} > 0.5$ 时, 指数项忽略不计. 此时 $t(x, \tau) = t_0 + \frac{q_0}{\lambda} \left(\frac{a\tau}{R} + \frac{x^2}{2R} - \frac{R}{6} \right)$

在试件中心 $x=0$, 有: $t(0, \tau) = t_0 + \frac{q_0}{\lambda} \left(\frac{a\tau}{R} - \frac{R}{6} \right)$

在加热面处, $x=R$, 有: $t(R, \tau) = t_0 + \frac{q_0}{\lambda} \left(\frac{a\tau}{R} + \frac{R}{3} \right)$

故在 $\frac{a\tau}{R^2} > 0.5$ 时, 试件中心和加热面温度随加热时间呈线性关系. 升温率为 $\frac{aq_0}{\lambda R}$

加热面处中心温度差 $\Delta t = t(R, \tau) - t(0, \tau) = \frac{1}{2} \frac{q_0 R}{\lambda}$ ①

此时 Δt 与加热时间 τ 无关, 升温速率保持恒定, 将此状态为准稳态.

由①求得 $\lambda = \frac{q_0 R}{2\Delta t}$ 测得 Δt , 结合 q_0 和 R 可求得导热系数

2. 判断方法: 加热面处中心面热电偶电势差保持稳定, 说明温差保持稳定.
 中心面处温度随时间呈线性增长.

二、原始数据记录

$\Delta V = S \Delta T$ $S = 0.04 \text{ mV/K}$

表1 导热系数及比热测定 [样品:有机玻璃]

加热电压 $V=160 \text{ (V)}$, 加热膜电阻 $r=108.4 \text{ (}\Omega\text{)}$, 试样厚度 $R=0.01 \text{ (m)}$

记录点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
时间 $\tau \text{ (min)}$	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
加热面热电势 S_1 (mV)	0.087	0.097	0.105	0.114	0.123	0.131	0.141	0.149	0.159	0.169
中心面热电势 S_2 (mV)	0.282	0.291	0.300	0.310	0.319	0.328	0.338	0.347	0.356	0.365
两面热电势之差 $V_t \text{ (mV)}$	0.195	0.194	0.195	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196
5 分钟热电势升高 $\Delta V_h = S_{i+10} - S_i \text{ (mV)}$	0.091	0.090	0.091	0.091	0.091	0.092	0.091	0.092	0.091	0.090

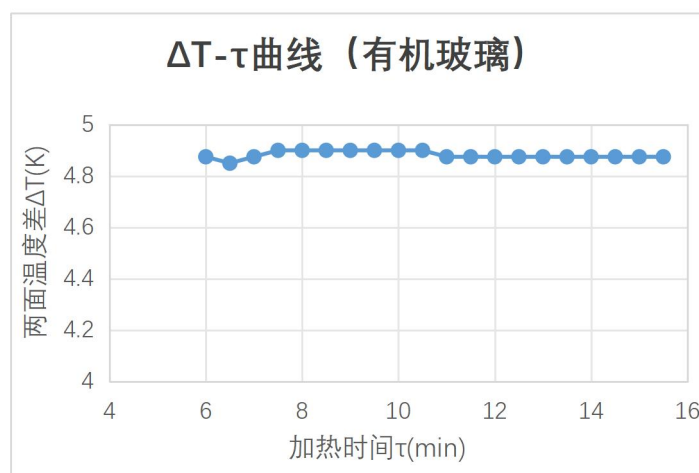
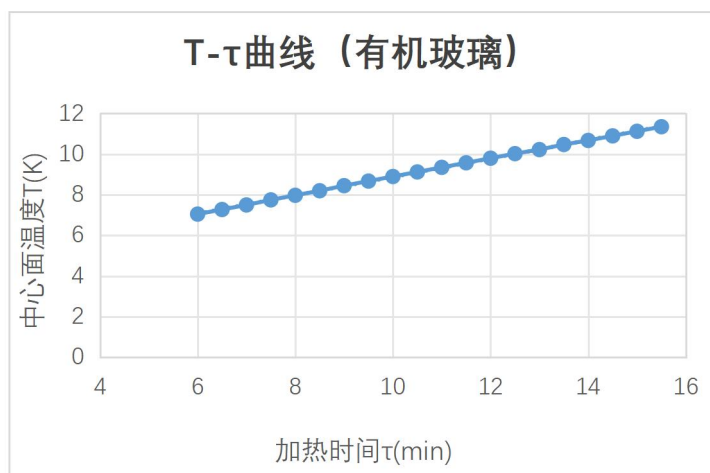
记录点	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均
时间 $\tau \text{ (min)}$	11	11.5	12	12.5	13	13.5	14	14.5	15	15.5	/
加热面热电势 S_1 (mV)	0.178	0.187	0.196	0.205	0.214	0.223	0.232	0.241	0.250	0.259	/
中心面热电势 S_2 (mV)	0.374	0.383	0.392	0.401	0.409	0.419	0.427	0.436	0.445	0.454	/
两面热电势之差 $V_t \text{ (mV)}$	0.196	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.1953
5 分钟热电势升高 $\Delta V_h = S_{i+10} - S_i \text{ (mV)}$	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.091

3

教师	姓名
签字	陈逸彬

三、数据处理

1. 在坐标纸上分别画出 ΔT - τ 及 T - τ 曲线, 从图上判断何时进入准稳态, 并求出 ΔT 及 $dT/d\tau$;



从图上可看出, 当 $\tau > 6\text{min}$ 时, 中心面温度近似呈线性变化, 加热面和中心面的温差基本保持不变, 可认为此时进入了准稳态。

$$\Delta T = \frac{V_t}{S} = \frac{0.1953}{0.040} = 4.8825\text{K}$$

$$\Delta V = 0.091\text{mV}, \text{ 则 } \frac{dT}{d\tau} = \frac{\Delta V}{S\tau} = \frac{0.091}{5 \times 60 \times 0.040} = 0.00758\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

2. 计算有机玻璃样品和橡胶样品的导热系数和比热容。

$$\text{热流密度 } q_c = \frac{AV^2}{2Fr} = \frac{0.85 \times 16.0 \times 16.0}{2 \times 0.09 \times 0.09 \times 108.4} = 123.91\text{W}/\text{m}^2$$

$$\text{导热系数 } \lambda = \frac{q_c R}{2\Delta T} = \frac{123.91 \times 0.010}{2 \times 4.8825} = 0.127\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$\text{比热容 } c = \frac{q_c}{\rho R \frac{dT}{d\tau}} = \frac{123.91}{1196 \times 0.010 \times 0.00758} = 1367\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$$

四、实验现象分析及结论

加热 6 分钟后, 中心面温度和加热面温度近似呈线性变化, 加热面和中心面的温差基本保持不变, 有机玻璃进入准稳态。测得导热系数 $\lambda = 0.127\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, 比热容 $c = 1367\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, 与数据手册导热系数 $\lambda = 0.14 - 0.20\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 和比热容 $c = 1424 - 1529\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 数据接近, 说明测量较为准确, 误差较小。

五、讨论题

1. 本实验中我们采取在样品两端加热的方式根据加热面与中心面的温差及端面温升速率求出导热系数和比热。实验中为何使用四块样品？

计算导热系数和比热容需要使用热流密度 q_c ，而 q_c 通过加热膜的电功率确定。加热膜发出的热量是向两面传导的，如果只使用两块样品，加热膜向两侧发出的热量不相等，会导致难以计算热流密度 q_c 。实验中将四块样品对称地放置，这样的对称结构可以保证向样品传导的热流占加热器电功率的一半，可以简便地算得向样品传导的热流密度。

2. 本实验中判断系统进入准稳态的条件是什么？

① 加热面与中心面的热电势差基本不变,说明加热面与中心面的温差保持稳定。

② 中心面与室温的温差呈线性增长, $dT/d\tau$ 为一定值。

3. 本实验中准稳态会无限保持下去吗？是否时间越长实验数据越好？

不会。由于实验条件不能完全满足理想模型，如边缘效应随试样温度升高而加剧等，试样温度不可能保持理想的准稳态。

由于试样温度不可能保持理想的准稳态，故延长测量时间也无益，实验一般最多持续 35min。