

班号 1903201 学号 190410102 姓名 方亮 教师签字 陈晓林
 实验日期 2021.4.28 组号 C6 预习成绩 _____ 总成绩 _____

实验(四) 准稳态法测不良导体的比热容和导热系数

一. 实验目的

1. 了解准稳态法测量导热系数和比热容的原理。
2. 学习热电偶测量温度的原理和使用方法, 3. 利用准稳态法测量不良导体的导热系数和比热容。

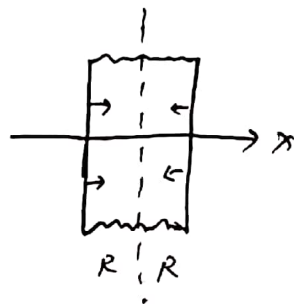
二. 实验原理

1. 准稳态法测量原理

如图4-1所示, 一维无限大导热模型: 其厚度为 $2R$, 初始温度为 t_0 , 在两侧同时施加均匀指向中心面的热流密度 q_c , 则平板各处温度 $t(x, \tau)$ 将随加热时间 τ 而变化。以试样中心为坐标原点, 上述模型表达为:

$$\begin{cases} \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2} \\ \frac{\partial t(R, \tau)}{\partial x} = \frac{q_c}{\lambda} \quad \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} = 0 \end{cases}$$

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



式中 $a = \lambda / \rho c$, λ 为材料的导热系数, ρ 为材料的密度, c 为材料的比热。

对准导得到, 当时间加热时间满足条件 $\frac{a\tau}{R^2} > 0.5$ 时, 在试件中心面与加热面温度和加热时间成线性关系, 升温速率同为 $\frac{a q_c}{\lambda R}$, 此值为与材料导热性能和实验条件有关的常数, 此时加热面和中心面间的温度差为: $\Delta t = t(R, \tau) - t(0, \tau) = \frac{1}{2} \frac{q_c R}{\lambda}$

知 Δt 与 τ 没有直接关系, 保持恒定。温度与时间为线性关系, 升温速率相同, 得 $\lambda = \frac{q_c R}{2 \Delta t}$

$$\text{可得 } q_c = C \rho R \frac{dt}{d\tau} \quad \text{比热为 } C = \frac{q_c}{\rho R \frac{dt}{d\tau}}$$

2. 热电偶温度传感器, 可测 $-50 \sim 1600^\circ\text{C}$, 应用极为广泛。

AB两种不同导体相互紧密连在一起, 组成一个闭合回路, 如图4-2(a)所示, 两接点温度不等 ($T > T_0$) 时, 回路中就会产生电动势, 形成电流, 称为热电效应。产生电动势为热电动势。



图4-2

图4-2为热电偶原理及接线示意图。
不同导体组合称为热电偶。A、B两种导体称为热电极，两个接点，一个为工作端，另一个为自由端（T₀），处于某一恒定温度。
常见热电偶，热电动势与温度可由热电偶特性分度表给出，可对应相应的温度。

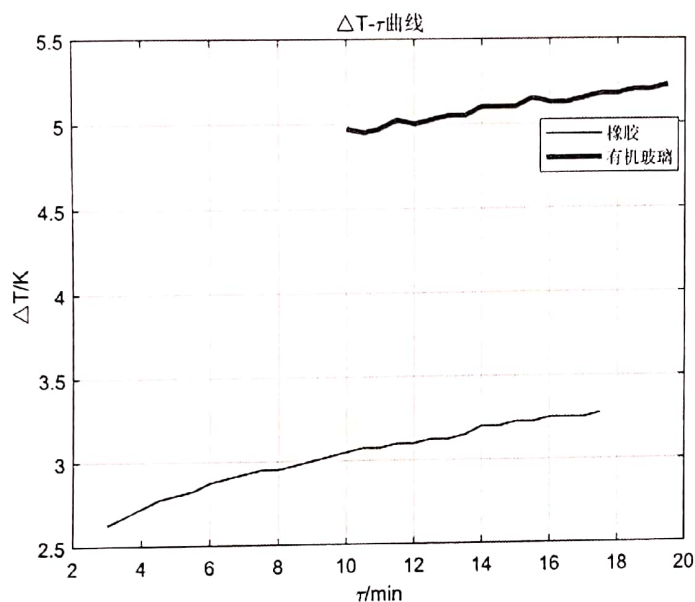
三. 数据处理

1. 绘制 $\Delta T - \tau$ 以及 $T - \tau$ 曲线

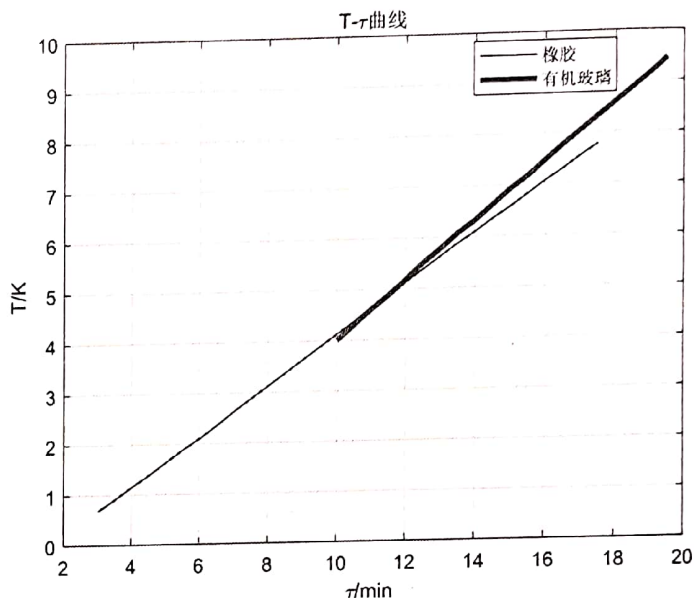
由温差公式 $\Delta T = \frac{V_t}{S}$ 且有 $T = \frac{S_2}{S}$ 以及温升速率公式 $\frac{dT}{d\tau} = \frac{\Delta V}{\Delta \tau \cdot S}$

其中 S 给出值为 $S = 0.040 \text{ mV/K}$

绘制出曲线如图所示:



图表 1 $\Delta T - \tau$ 曲线



图表 2 $T - \tau$ 曲线

2. 计算热导系数和比热容

实验中可能由于设备原因无法进入准稳态, 现分析可能的原因:

- 1) 仪器可能内部已经损坏, 或实验时出现故障;
- 2) 材料未贴合, 或者加热板局部故障;

取橡胶 $\Delta T = 3 \text{ K}$ 有机玻璃 $\Delta T = 5.25 \text{ K}$

曲线可以看出橡胶 $dT/d\tau = 0.492 \text{ K/min}$, 有机玻璃 $dT/d\tau = 0.571 \text{ K/min}$

由公式

$$\lambda = \frac{q_c R}{2\Delta T}$$

以及

$$c = \frac{q_c}{\rho R \frac{dT}{d\tau}}$$

$$q_c = \frac{AV^2}{2Fr} = 143.32 \text{ W/m}^2, \text{ 得到:}$$

橡胶导热系数 $\lambda = 0.2389 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, 比热容 $c = 1.46 \times 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$

有机玻璃导热系数 $\lambda = 0.1365 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, 比热容 $c = 1.26 \times 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$

四. 实验结论及现象分析

计算得到:

橡胶导热系数

$$\lambda = 0.2389 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

橡胶比热容

$$c = 1.46 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$$

有机玻璃导热系数

$$\lambda = 0.1365 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

有机玻璃比热容

$$c = 1.26 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$$

五. 讨论问题

问题一:

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, 加热膜向加热膜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。

问题二:

中心面与室温温差随时间线性增长, 即 $dT/d\tau$ 为一定值; 同时加热面与中心面温差为一恒定值。

问题三:

不能保持下去, 该实验并非理论理想模型, 当边缘效应随样品温度升高加剧时, 样品的温度无法一直保持理想的准稳态。故并非时间越长实验数据越好。

橡胶

 $V = 17V$

实验现象观察与原始数据记录

 $r = 105.8\Omega$ $R = 0.01m$

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

 t 180 210 240 270 300 330 360 390 420 450 480 510 540 570 600 630 660 690 720 750 S_1 0.132 0.143 0.155 0.166 0.177 0.188 0.199 0.210 0.222 0.233 0.243 0.254 0.265 0.276 0.287 0.298 0.308 0.319 0.329 0.340 S_2 0.027 0.036 0.046 0.055 0.065 0.075 0.084 0.094 0.105 0.115 0.125 0.135 0.145 0.155 0.165 0.175 0.185 0.195 0.205 0.215 V $\Delta V/h$

21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

 t 780 810 840 870 900 930 960 990 1020 1050 S_1 0.350 0.361 0.372 0.382 0.392 0.402 0.413 0.422 0.432 0.442 S_2 0.235 0.235 0.244 0.254 0.263 0.273 0.283 0.292 0.302 0.311 V $\Delta V/h$ 17.0V 1058 Ω $R = 0.01m$ t/s $S_1, S_2/mV$

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

 t 600 630 660 690 720 750 780 810 840 870 900 930 960 990 1020 1050 S_1 0.359 0.370 0.383 0.396 0.407 0.421 0.433 0.445 0.457 0.469 0.481

0.493 0.504 0.516 0.528 0.540

 S_2 0.160 0.172 0.184 0.195 0.207 0.220 0.231 0.243 0.253 0.265 0.277

0.287 0.299 0.311 0.322 0.333

 V $\Delta V/h$

1080 1110 1140 1170

0.551 0.563 0.574 0.587

0.344 0.355 0.366 0.378

学生	姓名	学号	日期
签字	方尧	190410102	2021.4.28

教师	姓名
签字	陈秋林