

# 动态法测定良导体的热导率

雷逸鸣

## 1 实验条件

研究导热性质的对象为 Cu, 实验中控制恒温端冷却水流量 $Q_1$ , 脉动热源端水流量 $Q_2$ , 脉动热源周期 $T$ 为:

$$Q_1 = 0.3 \text{ L/min}$$

$$Q_2 = 0.8 \text{ L/min}$$

$$T = 180 \text{ s}$$

实验材料基本参数:

$$c_{Cu} = 0.385 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\rho_{Cu} = 8.92 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\lambda_{Cu} = 4.01 \times 10^2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

## 2 实验测得的信号随时间的变化关系

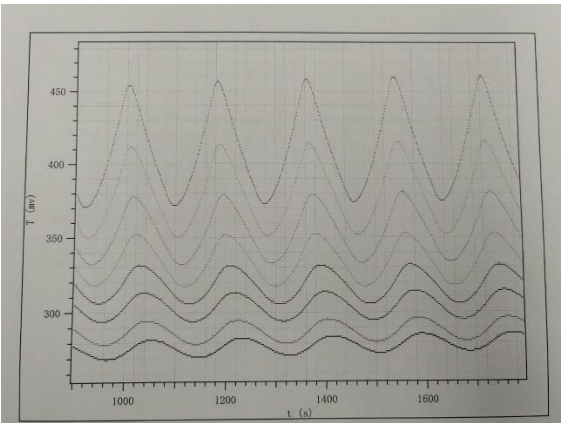


图 1 5 组热电偶电压随时间变化关系

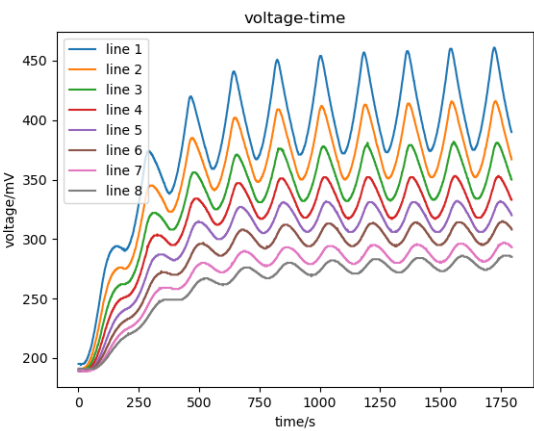


图 2 热电偶电压随时间变化关系

## 2.1 取动态稳定时 3 组峰值谷值时间

在图 1 中选取 3 组极值点列表。

表 1 动态稳定时 3 组峰值谷时间表  
(指标 1, 3 对应谷值, 指标 2 对应峰值)

序号	$t_1/s$	$U_1/mV$	$t_2/s$	$U_2/mV$	$t_3/s$	$U_3/mV$
1	1458.04	374.2	1544.27	459.8	1637.68	375.0
2	1467.02	352.9	1549.66	415.6	1644.87	352.2
3	1472.21	332.9	1555.05	380.7	1652.05	334.3
4	1479.60	316.5	1560.44	352.9	1659.24	317.2
5	1492.17	305.8	1569.42	331.5	1670.02	305.8
6	1497.56	294.4	1578.40	314.4	1673.61	295.1
7	1501.16	281.6	1581.99	296.6	1682.59	280.9
8	1508.34	273.1	1590.98	285.9	1687.98	274.5

## 2.2 拟合分析 $t_1$ 数据

将指标为 1 的数据进行拟合得到:

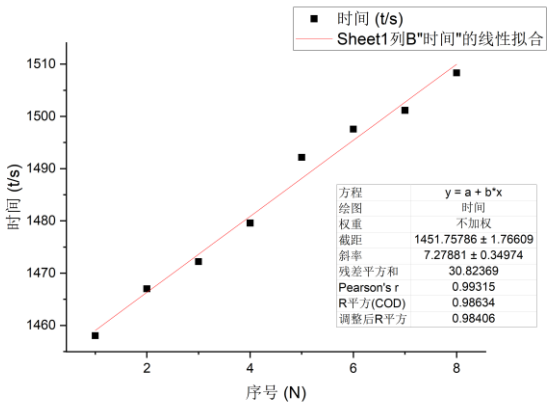


图 3 到达谷值时间与热电偶序号关系图

由图表可知:

$$\Delta t = (7.3 \pm 0.3) \text{ s}$$

波速:

$$v = \frac{l_0}{\Delta t} = (2.74 \pm 0.11) \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

故热导率:

$$\kappa = \frac{v^2 c \rho}{4\pi} T_{period} = (369 \pm 31) \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

### 2.3 拟合分析 $t_2$ 数据

将指标为 2 的数据进行拟合得到：

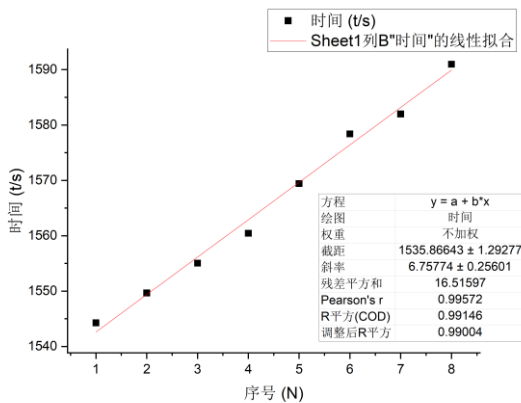


图 4 到达峰值时间与热电偶序号关系图

由图表可知：

$$\Delta t = (6.8 \pm 0.3) s$$

波速：

$$v = \frac{l_0}{\Delta t} = (2.94 \pm 0.12) \times 10^{-3} m/s$$

故热导率：

$$\kappa = \frac{v^2 c \rho}{4\pi} T_{period} = (425 \pm 35) w/(m \cdot K)$$

### 2.4 拟合分析 $t_3$ 数据

将指标为 3 的数据进行拟合得到：

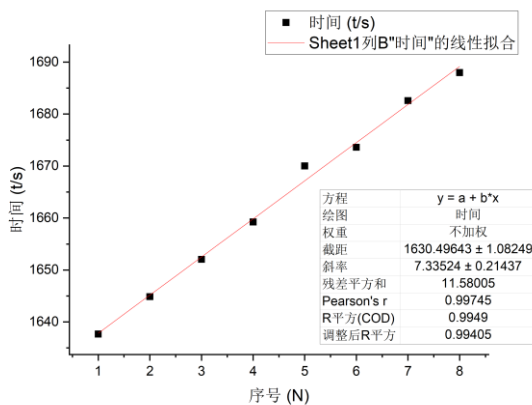


图 5 到达峰值时间与热电偶序号关系图

由图表可知：

$$\Delta t = (7.34 \pm 0.21) s$$

波速：

$$v = \frac{l_0}{\Delta t} = (2.74 \pm 0.07) \times 10^{-3} m/s$$

故热导率：

$$\kappa = \frac{v^2 c \rho}{4\pi} T_{period} = (369 \pm 19) w/(m \cdot K)$$

## 3 振幅衰减法测量导热率

### 3.1 实验数据：

根据测量到的数据，取连续的 3 个周期，测量其峰值、谷值，得到数据如下：

表 2 动态稳定时 3 组峰值谷电压值表

序号	$U_{1谷}/mV$	$U_{1峰}/mV$	$U_{2谷}/mV$	$U_{2峰}/mV$	$U_{3谷}/mV$	$U_{3峰}/mV$	振幅 $U/mV$
1	371	455	372	455	373	457	84
2	350	413	350	413	351	414	63
3	332	378	332	379	332	379	47
4	318	352	318	351	318	352	34
5	306	331	306	331	306	331	25
6	294	313	294	313	294	313	19
7	279	294	279	294	280	294	14
8	270	282	271	283	272	284	12

### 3.2 对以上数据的振幅进行指数拟合：

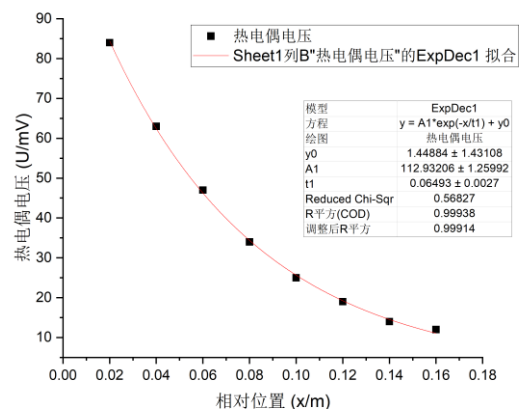


图 6 振幅随到脉动热源的距离的关系

由拟合图表可知，振幅随距离衰减常数 $t_1$ 为：

$$t_1 = (0.065 \pm 0.003) m$$

由教材 P294(25.5)式：

$$t_1 = \sqrt{\frac{2\alpha}{\omega}}$$

其中， $\alpha = \frac{\kappa}{c\rho}$ 。

故导热率：

$$\kappa = \frac{1}{2} \omega c \rho t_1^2 = (253 \pm 24) w/(m \cdot K)$$

波速：

$$v = \omega \cdot t_1 = (2.27 \pm 0.11) m/s$$

## 4 误差分析

### 4.1 读数误差：

在测量中，仪器的输出数据的最小分度值为 1mV，因而在峰值附近的较长一段区域内，电压的数值是保持不变的，这对于判断峰值位置会带来误差。同时，在使用振幅衰减法时，由于分度值的限制，对于 8 号热电偶，相对不确定度接近 10%。

但由于测量波速法会对曲线进行三角函数拟合，所以可以适当的提高精度。反之，振幅衰减法的误差也就更大一些。

### 4.2 实验条件与理论推导的差异：

在理论过程中，我们认为热流是一维传播的，并且认为波源的单色性良好，然而在实际实验中，我们采用的是方波波源，这会使起始的几个峰的高度偏高，对应到图像上就是相较于三角函数，偏尖一些。这使得振幅衰减法的误差相较于测量波速的方法误差更大。

### 4.3 振幅衰减法误差波速法大的原因

综上所述，振幅衰减法收到测量精度，波源单色性等影响，表现出的误差更大

## 5 分析与讨论

### 5.1 数据稳定性：

观察表 2 中的数据可以发现，输出电压的波动约为 1mV，数据的波动  $E_U = \frac{U_2 - U_1}{U_{mean}} \approx 0.3\%$ 。因而，数据的稳定性是很好的，这也说明在足够长时间（约 5 个周期）后，可以认为达到了动态稳定。

### 5.2 数据周期性：

实验测得周期的相对误差  $E_t = \frac{T_2 - T_1}{T_{mean}} \approx 0.5\%$ 。因而，数据的周期性也是很好的。

## 实验二十五 动态法测量良导体的热导率

## 1. 峰峰值法 (衰减法)

峰: 极小

曲线序号	时间 / (s)	热电动势 (mV)
1	1544.27	459.8
2	1549.66	415.6
3	1555.05	380.7
4	1560.44	352.9
5	1569.42	331.5
6	1578.40	314.4
7	1581.99	296.6
8	1590.98	285.9

谷: 极大

曲线序号	时间 / s	热电动势 (mV)
1	1637.68	375.0
2	1644.87	352.2
3	1652.05	334.3
4	1659.24	317.2
5	1670.02	305.8
6	1673.61	295.1
7	1682.59	280.9
8	1687.98	274.5



姓名 \_\_\_\_\_ 学号 \_\_\_\_\_ 星期 \_\_\_\_\_ 第 \_\_\_\_\_ 组 \_\_\_\_\_ 页码 \_\_\_\_\_ /

合2:

曲线序号	时间/s	热电偶电压 (mV)
1	1458.04	374.2
2	1467.02	352.9
3	1472.21	332.9
4	1479.60	316.5
5	1492.17	305.8
6	1497.56	294.4
7	1501.16	281.6
8	1508.34	273.1

二. 基本参数

恒温端冷却水流量:  $Q_1 = 0.3 \text{ L/min}$

脉动热源端冷却水流量:  $Q_2 = 0.8 \text{ L/min}$

脉动热源周期:  $T = 180 \text{ s}$

导热介质:  $Cu$

学

4.1

