

实验一 圆球法测粒状材料(黄沙、石英砂)的导热系数

一、实验目的

- 1、通过实验,掌握在稳定热流情况下,用圆球法测各种粒状材料的导热系数的方法。
- 2、确定导热系数随温度变化的关系。
- 3、加深对傅里叶定律的理解。

二、实验原理

图 1-1 所示球壁内外直径分别为 d_1 、 d_2 (半径 r_1 、 r_2), 球壁内外表面温度分别维持为 t_1 和 t_2 。傅里叶定律应用于此球体稳定导热过程:

$$Q = -1F \frac{dt}{dr} = -14\pi r^2 \frac{dt}{dr} \quad (\text{W}) \quad (1)$$

实验证明,当温度变化范围不大时,大多数工程材料的导热系数随温度的变化,可以近似地认为是直线关系:

$$l = l_0(1 + \beta t) \quad (2)$$

对式(1)分离变量积分,并带入边界条件得

$$Q = \frac{2\pi l_m(t_{1\text{均}} - t_{2\text{均}})}{\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}} \quad (\text{W}) \quad (3)$$

或

$$l_m = \frac{Q(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2})}{2\pi(t_{1\text{均}} - t_{2\text{均}})} \quad (\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}) \quad (4)$$

式中 Q ——热流量(W), $Q = l \times U$;

λ ——材料的导热系数 ($\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$);

λ_0 ——材料在 0°C 时的导热系数($\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$);

λ_m —— $t_m = (t_{1\text{均}} + t_{2\text{均}})/2$ 时材料的导热系数($\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$);

β ——由实验确定的常数。

由式(4)可知,只要在球壁内维持一维稳定温度场,测出它的 $t_{1\text{均}}$ 、 $t_{2\text{均}}$ 以

及导热量 Q ，则可求出 $t_m = (t_{1均} + t_{2均})/2$ 时材料的平均导热系数 λ_m 。

为了求得 λ 和 t 的依变关系，则必须测定不同 t_m 下的 λ_m 之值，从而求出式 (2) 中的 λ_0 和 β 值。

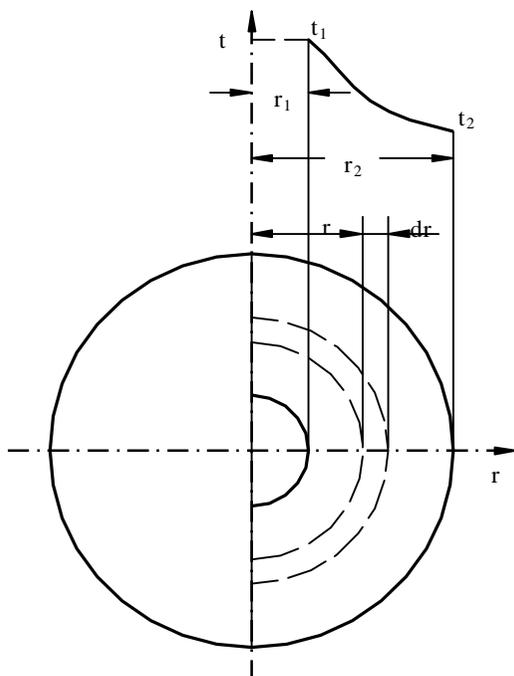


图 1-1 球壁导热过程

三、实验仪器

实验设备包括：圆球导热仪本体、热电偶测温系统和电加热器及调节电路，图 1-2 所示。导热仪本体是由两个很薄的铜制圆球壳 1 和 2 组成，内球壳外径为 $d_1=80\text{mm}$ ，外球壳的内径为 $d_2=160\text{mm}$ 。在两球壳之间充填粒状实验材料(黄沙、石英砂)。热量由内球壳里边的电加热器 5 发出。

热量通过球壁传出，由空气以自然对流方式带走，因为在外球壳表面的上部和下部空气自然对流情况不完全相同，故外球表面温度分布也不均匀。故此，在内球壳表面上和外球壳里边分别各用三对热电偶测量各点温度，并取其平均值作为内外球壁表面温度 $t_{1均}$ 和 $t_{2均}$ 。

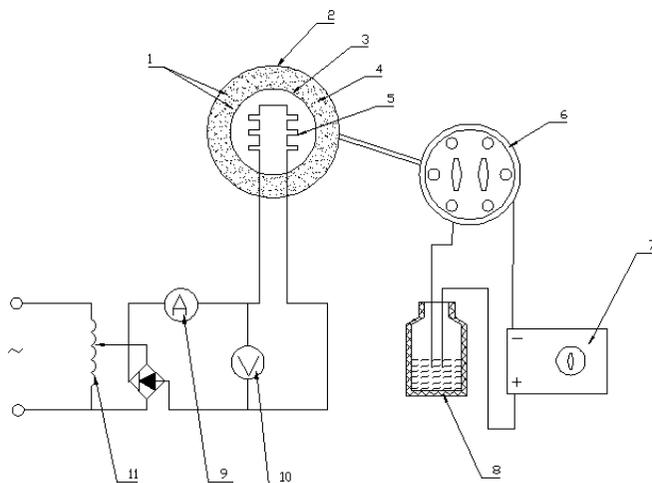


图 1-2 圆球导热仪装置简图

1—热电偶 2—外球 3—内球 4—黄沙 5—电加热器 6—转换开关
7—电位差计 8—冰瓶 9—电流表 10—电压表 11—自藕变压器

四、实验内容及步骤

- 1、先将所用测量的球体导热仪内装好待测物料(物料要松紧均匀、干燥)。
- 2、将测量所用的仪器仪表按图 1-2 连接好，即可通电加热。用调压器将电压调至一定值保持不变，经一段时间后(从开始加热算起大约需几个小时，它取决于球壁尺寸及试样导热性能)，待内外球壁上各点温度为一定值，即球壁导热过程达到稳定后记录各点温度及电热器的电流与电压。
- 3、改变电加热器的电压(调节调压器)，即改变热量使之维持在另一个数值上，当球壁上各点温度达到新的稳定状态后，重复第 2、3 项的测量。
- 4、实验完毕，切断电源，整理好仪器和实验用具。

五、实验原始数据记录表

序号	t_1		t_2		t_3		t_4		t_5		t_6		I A	U V
	mv	°C												
1														
2														
3														

由式(4)计算出各次实验的导热系数 λ_m 和 t_m 的值，然后描点作图，根据所做图线，求解公式(2)中的 I_0 和 b 值。



六、思考题

1、当球体的试料填充不均匀时所产生的影响？

2、分析内外球壳不同心时所产生的影响？