

## 实验四 固体表面黑度的测定

### 一、实验目的

- 1、巩固辐射换热理论。
- 2、掌握用真空辐射法测定固体表面黑度的实验方法。
- 3、分析固体表面黑度随温度的变化规律。

### 二、实验原理

当一物体放在另一物体的空腔内，且空腔内不存在吸收热辐射的介质时（如空气），彼此以辐射换热方式进行热交换，其辐射换热量由下式计算：

$$Q_{12} = \frac{C_0 F_1 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{F_1}{F_2} \left( \frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)} \quad (\text{W}) \quad (1)$$

式中  $F_1$ ——试件外表面积（ $\text{m}^2$ ）；

$F_2$ ——外壳内表面积（ $\text{m}^2$ ）；

$C_0$ ——黑体辐射系数， $C_0=5.67\text{W}/\text{m}^2\text{K}^4$ ；

$T_1$ 、 $T_2$ ——分别为试件外表面和外壳内表面的绝对温度， $\text{K}$ ；

$\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$ ——分别为试件外表面和外壳内表面的黑度。

当  $F_1$ 、 $F_2$  为已知，由实验测得  $Q_{12}$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ ，根据式（1）试件外表面黑度  $\epsilon_1$  可由下式算出：

$$\epsilon_1 = 1 / \left\{ \frac{C_0 F_1 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{Q_{12}} - \frac{F_1}{F_2} \left( \frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right) \right\} \quad (2)$$

为了研究试件表面黑度  $\epsilon_1$  随温度  $T_1$  的变化关系，必须测量不同温度下的黑度值，从而画出  $\epsilon_1 = f(T_1)$  曲线。

### 三、实验装置及设备

实验设备由黑度测定仪本体及三个系统组成。三个系统分别为

- 1、加热系统：包括电加热器、电流表、电压表、调压器、稳压集成块。
- 2、真空系统：包括真空泵、真空保持阀、真空表、大气阀以及密封装置。
- 3、热电偶测温系统：包括外壳及试件上的热电偶、数显温度表。

本体是由圆柱管的试件及外壳组成。试件外径为  $\phi 25\text{mm}$ ，管长  $270\text{mm}$ 。外壳内径为  $\phi 99\text{mm}$ ，管长  $270\text{mm}$ 。本实验装置的外壳内表面黑度取  $\varepsilon_2=0.6$ 。具体测量原理及装置参见图 4-1。

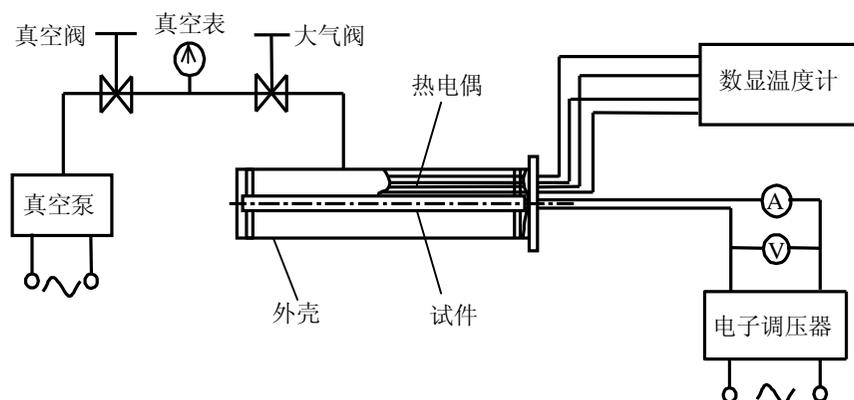


图 4-1 辐射传热实验装置简图

#### 四、实验步骤

- 1、将所用的仪表及测量仪器按图 4-1 连接好，经指导老师同意，开启电源。
- 2、开启真空泵，打开真空保持阀，使系统中形成真空。观察真空表，系统中形成真空后可以关闭真空泵。开启加热电源，调整调压旋钮，将电压调到预设初值。
- 3、经过一段时间，观察温度表，待温度基本不再变化时记录第一组温度及电加热器的电流电压。
- 4、改变加热器的电压，待各点温度达到新的稳定状态后，记录第二组数据。重复第 4 项，然后记录第三组数据。
- 5、打开通大气阀，使空腔内通大气散热。然后换另一种表面材料的试件重新测量，重复步骤 1-4。最后实验完毕，切断电源，整理好实验现场。

#### 五、注意事项及说明

- 1、停泵前必须先关闭真空阀；
- 2、真空阀只能在开真空泵后打开，否则真空泵内的油会被抽走。

## 六、原始实验数据记录表

| 材料 | 序号 | U | I | T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | ε <sub>1</sub> |
|----|----|---|---|----------------|----------------|----------------|
|    |    | V | A | °C             | °C             |                |
|    |    |   |   |                |                |                |
|    |    |   |   |                |                |                |
|    |    |   |   |                |                |                |
|    |    |   |   |                |                |                |
|    |    |   |   |                |                |                |
|    |    |   |   |                |                |                |
|    |    |   |   |                |                |                |
|    |    |   |   |                |                |                |
|    |    |   |   |                |                |                |
|    |    |   |   |                |                |                |

计算不同温度下的 ε<sub>1</sub> 值，画出 ε<sub>1</sub> = f(T<sub>1</sub>) 的曲线，并对实验结果进行分析。



## 七、思考题

- 1、概念解释：黑度。
- 2、计算两个实验表面间的角系数 φ<sub>12</sub> 和 φ<sub>21</sub> 的值。
- 3、分析造成实验误差的因素有哪些。