

# 设计性实验大纲

## 回顾实验要求

### 目的：

实现1W以上的电或机械功率输出的“热机”，在此基础上探究热力学第二定律。

### 要求：

1. 学习、理解热电效应，包括Seebeck效应、Peltier效应与Thomson效应，设计实验方案（含原理及物理模型）；
2. 制作一个展示热力学第二定律的“热机”，其电或机械输出功率不小于1W；
3. 测量出该装置的最大输出功率和输出效率，讨论与卡诺循环的差异以及进一步提高效率的方法，分析测量精度和不确定度。
4. 确保安全性：装置表面（可触摸到的）温度不高于50℃。

### ◆ 熟识基本实验装置，搭建与操作；

### ◆ 开路输出电压与温差的关系——Seebeck效应，器件等效热电系数 $\alpha$ 、等效热导 $\lambda$ （热阻 $\rho$ ）；

### ◆ 特定负载下输出功率与温差的关系——热力学第二定律；

### ◆ 给定热源功率下，室温应用的单片热电堆输出效率的优化；

### ◆ 固定冷、热源温度，测量不同负载下的热电机输出功率与输出效率的关系；器件内阻 $r$ 。

## 介绍三种热电效应（Seebeck,Peltier,Thomson）

### 1. Seebeck效应

$$V = \alpha \cdot \Delta T, \alpha \text{ 为 Seebeck 系数}$$

### 2. Peltier效应

$$\dot{Q} = \Pi \cdot I, \Pi \text{ 为 Peltier 系数}$$

### 3. Thomson效应

$$\dot{Q} = \mu I \cdot \nabla T, \mu \text{ 为 Thomson 系数}$$

# 热机的搭建

- 热端：电热贴加热（通过控制电压、电流实现功率的控制）
- 中间核心元件：

产品信息

Product information



芯片型号：TEG1-127-1.5-8

外形尺寸：40\*40mm

开路电压：6.7V

匹配负载电压：4V

匹配负载电流：1.1A

匹配负载功率：4.1W

测试环境为冷面30°C 热面200°C 热面,两面温差为170°C。

尺寸说明：因生产批次不同，导线、厚度尺寸有一定误差，有要求可咨询客服！

- 冷端：风扇散热（有优化空间）
- 外围：用隔热材料覆盖，确保热量尽量全部流入Seebeck元件。
- 冷端、热端使用PID控温
- 负载：没想好

## 实验目的

- 验证热力学第二定律
- 测量最大输出功率
- 测量最大输出效率

- 测量Seebeck系数 $\alpha$
- 测量Seebeck元件的转换效率

## 实验方案

### 简化考虑

**基本假设：**忽略系统对空气的散热，则电热贴的发热全部被Seebeck元件吸收。

在上述假设下，进行下面的实验：

#### 1. 验证热力学第二定律

在冷端和热端温度都确定的情况下，测量其输出效率 $\eta = \frac{W_{\text{对外做功}}}{Q_{\text{吸热}}} = \frac{P_{\text{对外做功功率}}}{P_{\text{电热贴发热功率}}}$

原则上最大输出效率为卡诺热机效率 $\eta_c = 1 - \frac{T_c}{T_h}$

只需验证 $\eta < \eta_c$ 即可

#### 2. 测量最大输出功率

原则上，当热机的等效内阻与负载的内阻满足 $R_{\text{热机}} = R_{\text{负载}}$ 时，可以达到输出功率最大。

#### 3. 测量最大输出效率

通过改变温差或负载，测量不同条件下的输出效率。

#### 4. 测量Seebeck系数 $\alpha$

测量不同温差下的输出电动势，再线性拟合。

#### 5. 测量Seebeck元件的转换效率。

即测量Seebeck的输出功率和电热贴的发热功率之比 $\eta = \frac{P_{\text{Seebeck元件输出功率}}}{P_{\text{电热贴发热功率}}}$

### 提升（优化）

- 优化冷端的散热方式，由原先的风扇散热变成使用Peltier元件。

# 产品信息 Product information



## 制冷片详细参数

品 牌: Seebeck

芯片型号: TEC1-12703

外形尺寸: 40\*40\*4.2±0.25mm

最大电压: DC-15.8V

工作电压: DC-12V

最大电流: 3A

最大制冷量: 28W

导线长度: 100-300mm

尺寸说明:

因生产批次不同, 导线、厚度尺寸  
有一定误差, 有要求可咨询客服!

赠



赠导热硅脂2包

赠



赠送  
隔热棉  
(1片)



- 测量 (估算) 热对空气的耗散

- i. 热对流: 使用牛顿冷却定律 ( $\dot{Q} = hA(T_{surface} - T_{air})$ ), A为面积。

- ii. 热辐射: 使用斯特藩-玻尔兹曼定律 ( $\dot{Q} = \epsilon\sigma A(T_{surface}^4 - T_{air}^4)$ ), A为面积。

基于上面的估算, 再修正之前的计算。