

中国科学院研究生院
2012 年招收攻读硕士学位研究生入学统一考试试题
科目名称：热工基础

考生须知：

1. 本试卷满分为 150 分，全部考试时间总计 180 分钟。
2. 所有答案必须写在答题纸上，写在试题纸上或草稿纸上一律无效。
3. 可以使用无字典存储和编程功能的电子计算器。

工程热力学

一、名词解释（共 20 分，每小题 4 分）

- (1) 卡诺定理 (2) 熵 (3) 理想气体 (4) 平衡状态 (5) 可逆过程

二、简答题（共 15 分，每小题 5 分）

- (1) 写出 3 个热力学基本状态参数并解释其意义。
- (2) 在温-熵 (T-S) 图上绘出以饱和蒸气为工质的卡诺循环过程，并标出做功量，写出循环效率的计算式。说明图中每个过程是什么，并举例说明在何种设备中发生。
- (3) 气流通过喷管，气体绝热膨胀、压力降低、流速增加，写出不同马赫数下的气流截面变化规律。

三、（共 10 分）证明下列等式 $\left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_v = \frac{c_v}{T}$ ， $\left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_p = \frac{c_p}{T}$ 。

四、（共 10 分）某制冷机工作于两恒温热源 $T_1 = 323\text{K}$ ， $T_2 = 273\text{K}$ 之间，如果工质在放热 Q_1 过程中与高温热源的温差为 7K ，在吸热 Q_2 过程中与低温热源的温差为 3K ，压缩机做功为 W_{net} 。试判断以下几种情况能否实现，是否是可逆循环。

- (1) $Q_2 = 270\text{J}$ ， $W_{net} = 60\text{J}$ ；
- (2) $Q_2 = 1000\text{J}$ ， $Q_1 = 1150\text{J}$ ；
- (3) $Q_2 = 540\text{J}$ ， $W_{net} = 150\text{J}$ 。

五、(共 10 分) 某种理想气体以 700°C 、 0.6MPa 及 100m/s 的速度流入绝热收缩喷管, 若喷管的背压 $p_b = 0.25\text{MPa}$ 、速度系数 $\varphi = 0.9$ 、喷管的截面积为 2400mm^2 。

- (1) 计算喷管的流量;
- (2) 计算由摩擦引起的作功能力损失。

已知该气体的物性参数为 $R_g = 0.32\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、 $c_p = 1.16\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。环境温度 $T_s = 300\text{K}$, 定熵流动下的表达式: $pv^k = \text{定值}$; 滞止参数表达式为 $T_0 = T + c^2/2c_p$;

流速表达式为 $c_2 = \sqrt{2(h_1 - h_2) + c_1^2}$; 临界压力比 $v_{cr} = \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$ 。

六、(共 10 分) 某燃气轮机乏气温度为 $T_H = 800\text{K}$, 采用某一热机循环来回收其余热, 工质的平均吸热温度为 $T_1 = 600\text{K}$, 平均放热温度为 $T_2 = 300\text{K}$ 。热机的效率为工作在 T_1 和 T_2 温度区间卡诺循环的 80% , 即 $\eta_t = 0.8\eta_c$ 。每 kg 工质, 热源放热量 $q_1 = 100\text{kJ}$ 。已知环境温度 $T_0 = 288\text{K}$ 。试采用可用能(焓)分析方法求各相应温度下的可用能(焓)和不可逆损失。

传热学

一、简答题 (共 25 分, 每小题 5 分)

- (1) 热扩散系数的物理意义是什么? 试写出它与导热系数的主要区别。
- (2) 说明辐射换热的主要特点。
- (3) 什么是速度边界层? 请画出流体掠过平板时速度边界层的发展过程。
- (4) 画出竖壁附近自然对流的温度分布与速度分布并分析其特征。
- (5) 简述地球“温室效应”的形成机制。

二、(共10分) 厚度为 δ 导热系数为 λ 的半无限大平板, 一侧 ($x=0$) 绝热, 另一侧 ($x=\delta$) 为恒温 t_δ 。平板内部放置一个热源 Φ , 且 $\Phi = \Phi_0 e^{-ax}$, a 为常数。在稳态条件下,

- (1) 导出平板中温度分布的表达式;
- (2) 计算 $x=0$ 处的温度;
- (3) 计算 $x = \delta$ 处的热流密度。

三、(共 10 分) 某管壳式换热器, 水蒸气在管壳侧凝结, 产生的热量被管内的水带走。管长 $l = 5\text{m}$, 管内径 $d = 20\text{mm}$ 。假设管壁很薄、温度均匀, 管内的水入口温度 $t'_f = 84.3^{\circ}\text{C}$, 水在管内的流速为 $u = 2\text{m/s}$, 管壳侧水蒸气温度为 $T_0 = 100^{\circ}\text{C}$ 、

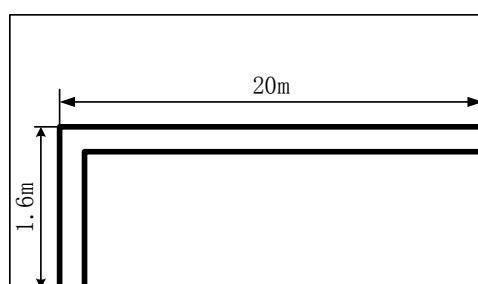
凝结换热系数为 $h_o = 1.57 \times 10^4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。试计算

(1) 管内换热系数 h_i 、管壁温 T_w 及水出口温度 t_f' 。水的平均温度取算术平均值。

(2) 该换热器的对数平均温差及总传热系数。

已知：管内湍流强制对流换热 $Nu_f = 0.023 Re_f^{0.8} Pr_f^{0.4}$ ；水的物性， $\lambda_f = 0.68 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ， $\nu_f = 0.326 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ， $\rho = 965.3 \text{ kg}/\text{m}^3$ ， $c_p = 4.208 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。

四、(共 15 分) 在室温为 10°C 的大房间中，有一个竖直部分高 1.6m ，水平部分长 20m ，直径为 20cm 的烟筒。该烟筒所用材料的发射率为 0.7 ，求当烟筒的平均壁面温度为 110°C 时单位时间总的散热量。



假设烟筒分别按照竖直段和水平段计算，不考虑相交部分的影响。空气物性 $\rho = 1.060 \text{ kg}/\text{m}^3$ ， $c_p = 1.005 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ， $\lambda_f = 0.029 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ， $\nu = 18.97 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 。

已知大空间内自然对流换热关联式： $Nu_f = C(GrPr)^n$ ； $Gr = \frac{g\beta\Delta t^3}{\nu^2}$ ；

层流： $1.43 \times 10^4 \leq Gr \leq 3 \times 10^9$ ， $C = 0.59$ ， $n = 0.25$ ；

湍流： $Gr \geq 2 \times 10^{10}$ ， $C = 0.11$ ， $n = 0.33$ 。

五、(共 15 分) 用一裸露的圆球热电偶测量烟气管道内的温度，该热电偶直径为 1mm ，密度为 $8500 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，比热容为 $400 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，导热系数为 $20 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。该热电偶的测量值为 $t_1 = 177^\circ\text{C}$ ，管道内壁温度为 $t_w = 94^\circ\text{C}$ ，烟气对热电偶的表面换热系数 $h = 142 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，热电偶表面的黑度 $\varepsilon_1 = 0.6$ 。

(1) 试求该热电偶在该场合下的时间常数；

(2) 求烟气的真实温度；

(3) 如果其他条件不变，给热电偶加以黑度为 0.8 的足够长的遮热罩，烟气对遮热罩的对流换热系数同样为 $h = 142 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。求此时热电偶的测量值。