

南京航空航天大学

第1页 (共6页)

二〇二一 ~ 二〇二二 学年 第 学期 《工程热力学》 考试试题

考试日期: 2022 年 7 月 1 日 试卷类型: A 试卷代号: 020030

班号

学号

姓名

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
得分											

本题分数	20
得分	

一、选择题 (每题只有一个正确答案, 每题 2 分, 共 20 分)

- 可逆过程与准静态过程的区别在于 ()
A. 是否存在热传递 B. 是否存在功传递
C. 是否存在耗散项 D. 熵是否增加
- 系统从一个平衡态开始经过不同的两个过程到达相同的终态, 其中一个过程为可逆过程, 另一个为不可逆过程, 则 ()
A. $\Delta s_{\text{不可逆}} = \Delta s_{\text{可逆}}$ B. $\Delta s_{\text{不可逆}} > \Delta s_{\text{可逆}}$ C. $\Delta s_{\text{不可逆}} < \Delta s_{\text{可逆}}$ D. 不确定
- 常温常压下对一定量水进行定压加热, ()
A. 未饱和水的温度可能高于饱和湿蒸汽;
B. 饱和水的温度与饱和湿蒸汽相同
C. 熵保持不变
D. 饱和蒸汽温度大于过热蒸汽
- 稳定流动装置中工质流体经历可逆变化, 系统对外做功 20kJ, 与外界换热-15kJ, 则出口截面上流体的熵与进口截面上的熵相比 ()
A. 增加 B. 减少 C. 不变 D. 不能确定

本资源免费共享 收集网站 nuaa.store

5. 理想气体的下列参数中, 不是温度单值函数的是 ()
- A. 熵 B. 比定压热容 C. 焓 D. 热力学能
6. 相同高低温热源下工作的制冷循环与供热循环是 ()
- A. 制冷系数 > 供热系数 B. 供热系数 > 制冷系数 C. 供热系数 = 制冷系数 D. 不确定
7. 理想朗肯循环由 () 构成。
- A. 一个等压过程、一个等容过程和两个等熵过程
- B. 两个等容过程和两个等熵过程
- C. 两个等压过程和两个等熵过程
- D. 两个等温过程和两个等熵过程
8. 定量的某种理想气体经历某种可逆过程, 过程中不可能同时发生 ()
- A. 吸热、升温又对外作正功 B. 吸热、降温又对外作正功
- C. 吸热、升温又对外作负功 D. 吸热、降温又对外作负功
9. 超音速气流进入某扩压器进行降速扩压, 扩压器出口气流为音速, 则扩压器形状为 ()
- A. 渐缩型 B. 渐扩型 C. 先缩后扩 D. 先扩后缩
10. 关于湿空气, 下面说法正确的湿 ()
- A. 相对湿度越大, 含湿量越高
- B. 对湿空气进行加热, 其相对湿度保持不变
- C. 相对湿度越大, 湿空气吸收水蒸气的能力越强
- D. 当湿空气温度低于其露点温度时, 将一直保持在饱和湿空气状态

二、作图与证明题：(共 15 分)

本题分数	15
得 分	

1. (15分) 有一台气体发动机，按下列过程工作：1) 绝热压缩过程1-2；2) 定容加热过程2-3；3) 绝热膨胀过程3-4，使膨胀终了压力 $P_4 = P_1$ ；4) 定压放热过程4-1，使工质回复初态。试求：
- (1) 把该循环表示在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上；
 - (2) 若在初始参数相同，压缩比和最高温度相同的情况下，有一个内燃机奥拓循环，试将两循环表示在同一张 $p-v$ 图和 $T-s$ 图，并比较这两个循环的热效率，简要说明理由？

三、计算题 (共 65 分)

本题分数	65
得 分	

1、(10 分) 已知蒸汽进入汽轮机时的焓为 3232 kJ/kg , 流速 $c_{f1} = 50 \text{ m/s}$, 做功后的乏气流出汽轮机的焓为 2300 kJ/kg , 流动速度 $c_{f2} = 120 \text{ m/s}$, 假设汽轮机散热损失和位能变化可以忽略不计。试求 (1) 每千克蒸汽流过该汽轮机时对外所做的功; (2) 蒸汽流量为 10 吨/小时 , 汽轮机输出功率。

2、(10 分) 假设润滑油的耐温极限为 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ (压缩空气最高温度不能超过此温度), 实验室需要 6 MPa 的压缩空气, 应采用一级压缩还是二级压缩? 若采用二级压缩, 最佳中间压力等于多少? 设大气压力为 0.1 MPa , 大气温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 多变压缩指数 $n=1.25$, 采用中间冷却器可将压缩空气冷却到初温, 试计算压缩终了的空气温度。

3、(10 分) 空气在初参数为 $P_1=0.6 \text{ MPa}$, $T_1=227^\circ\text{C}$ 的状态下, 稳定地流入静止的绝热容器。然后分为两股 (A 和 B) 离开容器, A 股质量是 B 股的 3 倍。假设其中 A 股空气的状态变为 $P_2=0.6 \text{ MPa}$, $T_2=327^\circ\text{C}$ 的热空气, B 股空气状态变为 $P_3=0.3 \text{ MPa}$, $T_3=-73^\circ\text{C}$ 的冷空气。若空气为理想气体, $c_p=1.004 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, $R_g=0.287 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, 忽略气体动能和位能的变化。试根据热力学第一定律和第二定律论证该稳定流动过程是否能够实现。

4、(15 分) 已知某燃气轮机采用布雷顿循环, 其空气进口温度为 300 K, 进口压力为常压 ($1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$), 燃烧室温升 ($T_3 - T_2$) 为 1250 K, 已知其理想工作循环热效率为 60%。(已知空气的气体常数 $R_g = 287 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, $\kappa = 1.4$) 试求:

- (1) 在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上画出其理想工作循环;
- (2) 循环增压比;
- (3) 最高循环温度 T_3 ;
- (4) 循环净功。

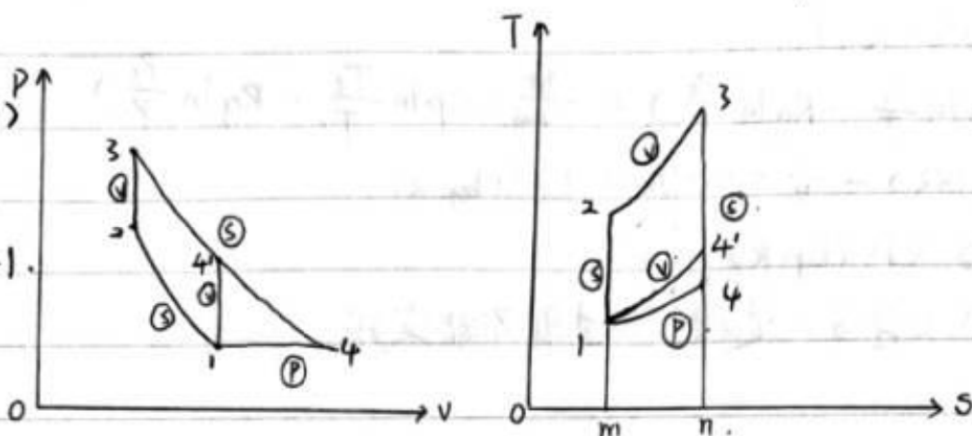
5、(20分) 某大型气罐排出的空气的压力为1.2 MPa, 温度为622 °C, 流速为100 m/s。若将之引入出口背压为0.45 MPa、出口截面积为25 cm² 的渐缩喷管进行定熵膨胀,

1) 试确定出口流速; 2) 确定出口截面流量; 3) 若背压降为0.3 MPa, 为使空气尽量加速, 需在渐缩喷管出口再接一扩张段, 求扩张段出口压力、面积和出口马赫数。

(已知 $c_p = 1.004 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, $R_g = 0.287 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$)

1. C 2. A 3. B 4. B 5. A 6. B 7. C 8. D 9. A 10. D.

二. 1. (1)
如图
1-2-3-4-1.



(2). 奥托循环: 1-2-3-4'-1.

$$\eta_{t1} = \frac{W}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{A_{12341}}{A_{m23nm}}$$

$$\eta_{t1,T} = \frac{W}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{A_{1234'1}}{A_{m22nm}}$$

$\because A_{12341} > A_{1234'1}$

$\therefore \eta_{t1} > \eta_{t1,T}$. 第一种循环热效率高.

三. 1. (1) $w = h_1 + \frac{Cf_1^2}{2} - (h_2 + \frac{Cf_2^2}{2}) = 3232 + \frac{50^2}{2 \times 1000} - (2300 + \frac{120^2}{2 \times 1000}) \text{ (kJ/kg)}$
 $= 926.05 \text{ kJ/kg}$

(2). $P = q_m \cdot w = \frac{10 \times 10^3 \text{ kg}}{3600 \text{ s}} \times 926.05 \text{ kJ/kg} = 2572.36 \text{ kW}$

2. 若采用一级压缩: $T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{n-1}{n}} = (20+273) \left(\frac{0.1}{6}\right)^{\frac{1.25-1}{1.25}} \text{ K} = 664.5 \text{ K}$

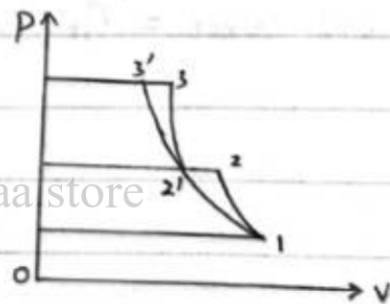
$\because 664.5 \text{ K} > 273 + 300 = 573 \text{ K}$

\therefore 应采用二级压缩.

最佳中间压力: $P_2 = \sqrt{P_1 P_3} = \sqrt{6 \text{ M} \cdot 0.1 \text{ M}} \text{ Pa} = 0.77 \text{ MPa}$

$T_2' = T_1 = 293 \text{ K}$ $P_2' = P_2 = 0.77 \text{ MPa}$

终了温度: $T_3 = T_2' \left(\frac{P_2'}{P_3}\right)^{\frac{n-1}{n}} = 441.8 \text{ K}$



本网站免费共享 收集网站 nuaa store

3. 由热力学第一定律: $\Delta h = c_p \cdot \frac{3m}{4m} T_2 + c_p \cdot \frac{1m}{4m} T_3 - c_p \cdot 1 \cdot T_1 = 0.$

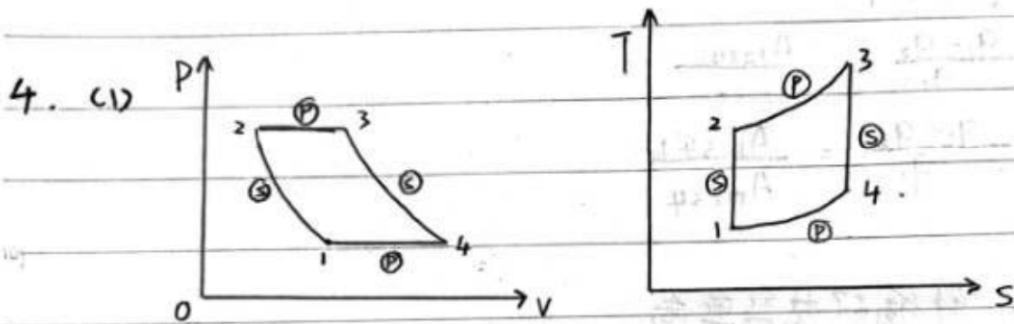
∴ 遵循热力学第一定律.

$$\Delta S = \frac{3m}{4m} (c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R_g \ln \frac{P_2}{P_1}) + \frac{1m}{4m} (c_p \ln \frac{T_3}{T_1} - R_g \ln \frac{P_3}{P_1})$$

$$= \frac{3}{4} (0.183) + \frac{1}{4} \times (-0.721) \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}).$$

$$= -0.042 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) < 0.$$

∴ 不遵循热力学第二定律, 过程不能实现.



$T_1 = 300 \text{ K}$, $P_1 = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, $T_3 - T_2 = 1250 \text{ K}$, $\eta_t = 60\%$.

(2) $\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{h_4 - h_1}{h_3 - h_2} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 60\%$.

∴ $T_4 = T_1 + 0.4(T_3 - T_2) = 800 \text{ K}$.

1-2: $T_1 P_1^{-\frac{k-1}{k}} = T_2 P_2^{-\frac{k-1}{k}}$, 3-4: $T_3 P_3^{-\frac{k-1}{k}} = T_4 P_4^{-\frac{k-1}{k}}$

$P_2 = P_3$, $P_1 = P_4$

解得 $T_2 = 750 \text{ K}$, $T_3 = 2000 \text{ K}$, $P_2 = 2.30 \text{ MPa}$.

∴ 循环增压比 $\lambda = \frac{P_2}{P_1} = 24.7$

(3) $T_3 = 2000 \text{ K}$

(4) $w_{\text{net}} = \eta_t \cdot q_1 = \eta_t \cdot c_p (T_3 - T_2) = 0.6 \times 1005 \times 1250 \text{ J}/\text{kg} = 753.75 \text{ kJ}/\text{kg}$

$$5. (1) T_0 = T_1 + \frac{Cf_1^2}{2Cp} = (622 + 273) + \frac{100^2}{2 \times 1004} K = 8900 K$$

$$P_0 = \left(\frac{T_1}{T_0}\right)^{\frac{k}{k-1}} \cdot P_1 = 1.22 \text{ MPa}$$

$$P_{cr} = P_0 \cdot P_{cr} = 1.22 \times 0.528 \text{ MPa} = 0.646 \text{ MPa} > P_b = 0.45 \text{ MPa}$$

$$\therefore P_2 = P_{cr} = 0.646 \text{ MPa}$$

$$T_2 = \left(\frac{P_0}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}} T_0 = 750.5 K$$

$$Cf_2 = C = \sqrt{k R g T_2} = 549.1 \text{ m/s}$$

$$(2) V_2 = \frac{R g T_2}{P_2} = 0.333 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$q_m = \frac{A_2 Cf_2}{V_2} = 4.122 \text{ kg/s}$$

$$(3) \text{由题意得 } P_3 = P_b = 0.3 \text{ MPa}$$

$$T_3 = \left(\frac{P_0}{P_3}\right)^{\frac{k-1}{k}} T_0 = 602.8 K$$

$$V_3 = \frac{R g T_3}{P_3} = 0.577 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$Cf_3 = \sqrt{2Cp(T_0 - T_3)} = 772.9 \text{ m/s}$$

$$\therefore A_3 = \frac{q_m V_3}{Cf_3} = 3.077 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 30.77 \text{ cm}^2$$

$$Ma = \frac{Cf_3}{C} = \frac{Cf_3}{\sqrt{k R g T_3}} = 1.57$$