

南京航空航天大学
二〇〇七年硕士研究生入学考试试题

考试科目: 工程热力学

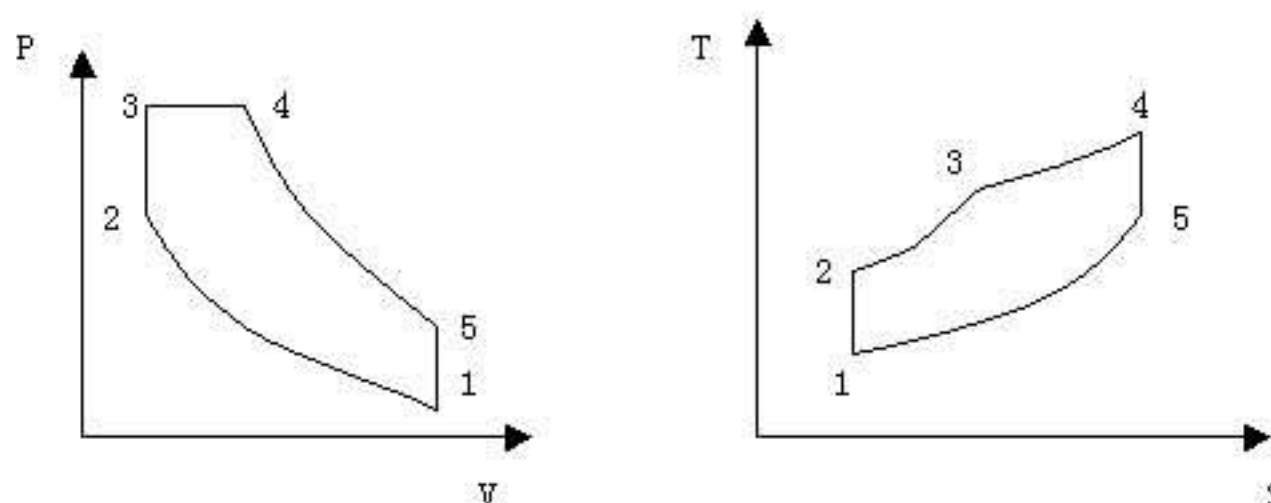
说 明: 答案一律写在答题纸上,写在试卷上无效

一、简答题 (共 65 分)

- 1、试分析下列各热力过程是否为可逆过程,如不可逆,请说明理由,若不一定可逆,说明在什么条件下可逆。
 - (1) 将热量从温度为 100°C 的热源缓慢传递给处于平衡状态的 0°C 的冰水混合物。
 - (2) 通过搅拌器做功使水保持等温的汽化过程。
 - (3) 在一绝热的气缸内进行无内、外摩擦的膨胀或压缩过程。
 - (4) 30°C 的水蒸气缓慢流入一绝热容器与 30°C 的液态水相混合。
 - (5) 在一定容积的容器中,将定量工质从 20°C 缓慢加热到 120°C 。(25 分)
- 2、在一个敞开的房间内,若房内空气温度上升而压力不变,则房间内空气的总热力学能如何变化(假设空气比热容为定值)?请说明理由。(5 分)
- 3、系统进行某过程时,从热源吸热 10kJ ,对外做功 10kJ ,试分析能否采取可逆绝热过程使系统回到初态?(5 分)
- 4、 0°C 的冰在温度为 20°C 的大气中逐渐溶化成水,该过程是否可逆?过程中冰的熵变和大气熵变哪个大?为什么?(5 分)
- 5、将空气视为理想气体,若已知它的热力学能和焓或热力学能与温度,能否确定它的热力状态,为什么?(5 分)
- 6、若空气比热容为定值,问在定压过程中加给空气的热量中有多少用来做功?有多少用来改变热力学能?(5 分)
- 7、若分别以某种服从 $p(v-b)=R_gT$ 的气体(其中 b 为常数)和理想气体为工质在两个恒温热源之间进行卡诺循环,试比较哪个循环的热效率大一些,为什么?(5 分)
- 8、说明有摩擦阻力损失时,喷管出口的流速、流量、比体积、温度及熵与理想情况(无摩擦阻力时)有何区别?(假定压力降相同)(10 分)

二、锅炉烟气—空气预热器内烟气质量流 50000kg/h ，比热容为 $1.088\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，流入时温度为 315°C ，流出时为 205°C 。空气流入时温度为 37°C ，比热容为 $1.044\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，流量为 46500kg/h 。若环境温度 $T_0=37^\circ\text{C}$ ，环境压力 $p_0=0.1\text{MPa}$ ，烟气与空气的比热容均视为定值，(1) 求换热过程熵产及作功能力损失；(2) 若在烟气和空气间设置一可逆热机利用热机排热加热空气，如烟气的进出口温度不变，求空气终温和热机的功率。(20 分)

三、某内燃机采用混合加热循环 1—2—3—4—5，如图所示，其中 $t_1=22^\circ\text{C}$ 、 $t_2=350^\circ\text{C}$ 、 $t_3=600^\circ\text{C}$ 、 $t_5=320^\circ\text{C}$ 。工质为空气，比热容为定值 ($k=1.4$)。求 (1) t_4 的大小；(2) 该混合加热循环的循环热效率；(3) 同温限下卡诺循环的热效率。(20 分)



四、现有一闭口系统，其中装有 10kg 氮气，经历一缓慢的多变加热过程，从初态 $P_1=1\text{bar}$ 、 $t_1=27^\circ\text{C}$ 变到终态 $P_2=7\text{bar}$ 、 $t_2=320^\circ\text{C}$ ，求 (1) 过程中氮气的热力学能变化；(2) 与外界交换的功量和热量；(已知氮气的 $c_v=0.7425\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ， $k=1.4$) (15 分)

五、某理想气体工质进行稳定绝热流动，由初态 P_1 、 T_1 膨胀到终态 P_2 ，若过程一为可逆，另一为不可逆，设 c_p 为定值。(1) 将两过程在 $P-v$ 图和 $T-s$ 图上表示出来；(2) 分析比较两过程所作技术功的大小，并将其差值在 $P-v$ 图上表示出来；(3) 分析作功能力损失的大小，并在 $T-s$ 图上标出。(15 分)

六、压缩空气绝热定熵流过一渐缩形喷管，已知喷管进口压力可调，进口温度 $t_1=27^\circ\text{C}$ ，喷管外环境压力 $P_b=0.1\text{MPa}$ ，求当进口压力分别为 0.15MPa 和 0.25MPa 时，喷管出口截面空气的压力及流速。(喷管进气速度可忽略，空气比热视为定值， $c_v=0.716\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ， $c_p=1.004\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$)。(15 分)

研究生入学考试试题标准答案纸

试题编号 417

共 4 页 第 1 页

一、简答题（共 65 分）

1、答：

- (1) 不可逆。属有限温差下的传热过程，所以不可逆。（5 分）
- (2) 不可逆。属功转热过程。（5 分）
- (3) 不一定可逆，若过程为准静过程则可逆，否则不可逆。（5 分）
- (4) 可逆。（5 分）
- (5) 不一定可逆，若热源温度随时保持与工质相同，则可逆。（5 分）

2、答：房间内空气的总热力学能不变。（3 分）

$$\ominus m = pV / (RgT)$$

$$\Delta U = m_2 u_2 - m_1 u_1 = \frac{pV}{RgT_2} c_v T_2 - \frac{pV}{RgT_1} c_v T_1 = 0 \quad (2 \text{ 分})$$

3、答：不能。（3 分）因为系统在此过程中吸热，不论是否可逆，过程的熵变均大于 0，因此要回到初态需增加一个熵减小的过程，而可逆绝热过程的熵变为 0。（2 分）

4、答：过程不可逆，过程中冰的熵变大于大气的熵变。（3 分）因为以冰与大气构成一孤立系统，系统的熵变大于 0，其中冰吸热，熵变为正，大气放热，熵变为负，所以冰的熵变大于大气的熵变。（2 分）

5、答：不能。（3 分）因为理想气体热力学能和焓均为温度的单值函数，因此热力能和焓或热力学能与温度均不是两个独立的状态参数，而热力状态需要两个独立的状态参数才能确定。（2 分）

6、答：有 $1/k$ 用于热力学能增加， $(k-1)/k$ 用于作功。（5 分）

7、答：两才的热效率一样大。（3 分）卡诺循环的热效率只与热源的温度有关，与工质无关。（2 分）

8、答：与无摩擦阻力的理想情况相比，有摩擦阻力时喷管出口流速减小、流量减小、比体积增大、温度增大及熵增大。（5 分）理想条件下，喷管内的过程为可逆过程，熵不变，有阻力是，喷管内的流动过程为不可逆过程，因此熵增大。另外不可逆过程造成部分动能转化成热能，因此喷管出口流速降低、流量下降及比体积增大（因为出口压力相同）。（5 分）

二、解：设下标 gas 为烟气参数，air 为空气参数。

(1) 以烟气与空气为系统，系统为一孤立系。

$$Q_{gas} = Q_{air}$$

$$m_{gas} c_{pgas} (T_{1gas} - T_{2gas}) = m_{air} c_{pair} (T_{2air} - T_{1air})$$

$$50000 \times 1.088 \times (588 - 478) = 46500 \times 1.044 \times (T_{2air} - 310) \quad (4 \text{ 分})$$

$$T_{2air} = 433.3K$$

$$\Delta S_{gas} = \int_{T_{1gas}}^{T_{2gas}} \frac{m_{gas} c_{pgas} dT}{T} = m_{gas} c_{pgas} \ln \frac{T_{2gas}}{T_{1gas}}$$

$$= 50000 \times 1.088 \times \ln \frac{478}{588} = -11267.1 kJ / (K \cdot h) = -3.13 kJ / (K \cdot s)$$

$$\Delta S_{air} = \int_{T_{1air}}^{T_{2air}} \frac{m_{air} c_{pair} dT}{T} = m_{air} c_{pair} \ln \frac{T_{2air}}{T_{1air}}$$

$$= 46500 \times 1.044 \times \ln \frac{433.3}{310} = 16256 kJ / (K \cdot h) = 4.52 kJ / (K \cdot s)$$

$$\Delta S = \Delta S_{gas} + \Delta S_{air} = -3.13 + 4.51 = 1.386 kJ / (K \cdot s)$$

$$I = T_0 \Delta S = 310 \times 1.386 = 429.5 kJ / s \quad (6 \text{ 分})$$

(2) 以烟气、空气及可逆机为系统，系统为一孤立系统。

$$\Delta S = \Delta S_{gas} + \Delta S_{air} + \Delta S_e = -3.13 + \frac{46500}{3600} \times 1.044 \times \ln \frac{T_{2air}}{310} = 0 \quad (6 \text{ 分})$$

$$T_{2air} = 391K$$

$$Q_1 = Q_{gas} = m_{gas} c_{pgas} (T_{1gas} - T_{2gas}) = 50000 \times 1.088 \times (588 - 478) = 5.984 \times 10^6 kJ / h$$

$$Q_2 = Q_{air} = m_{air} c_{pair} (T_{2air} - T_{1air}) = 46500 \times 1.044 \times (391 - 310) = 3.932 \times 10^6 kJ / h$$

$$W = Q_1 - Q_2 = 2.052 \times 10^6 J / h = 570 kw \quad (4 \text{ 分})$$

三、解：(1) 混合加热的循环热效率： $\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{T_5 - T_1}{(T_3 - T_2) + k(T_4 - T_3)}$

因而先求出 T_4 ：

$$T_4 = T_3 \frac{v_4}{v_3} = T_3 \frac{v_4}{v_1 (T_1 / T_2)^{1/(k-1)}} = T_3 \frac{v_4}{v_5 (T_1 / T_2)^{1/(k-1)}} = T_3 \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{1/(k-1)} \left(\frac{T_5}{T_4} \right)^{1/(k-1)} \Rightarrow \quad (10 \text{ 分})$$

$$T_4 = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{1/k} T_3^{(k-1)/k} T_5^{1/k} = 1129.64K$$

$$(2) \quad \Rightarrow \eta_t = 1 - \frac{T_5 - T_1}{(T_3 - T_2) + k(T_4 - T_3)} = 51.1\% \quad (5 \text{ 分})$$

$$(3) \quad \text{同温限下卡诺循环的热效率：} \eta_{tc} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{T_1}{T_4} = 73.9\% \quad (5 \text{ 分})$$

四、解：(1) 先求多变指数 n : $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} \Rightarrow n = 1.54$ (3 分)

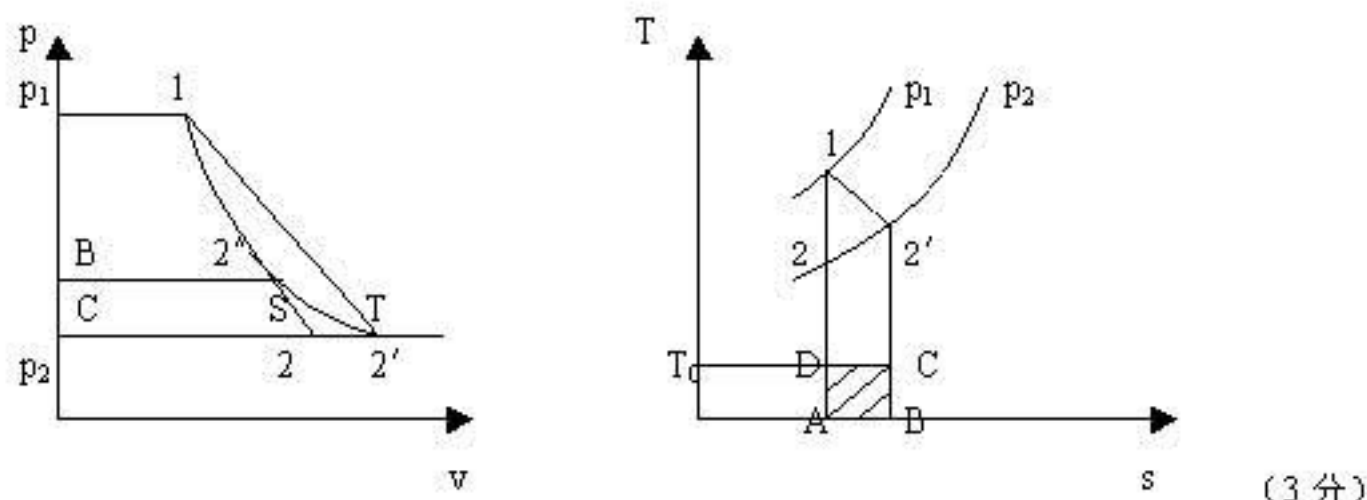
热力学能变化: $\Delta U = mc_v(T_2 - T_1) = 2175.5 \text{ kJ}$ (3 分)

(2) 先求 c_n : $c_n = \frac{n-k}{n-1}c_v = 0.19 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$ (3 分)

吸热量: $Q = mc_n(T_2 - T_1) = 4512.2 \text{ kJ}$ (3 分)

功量: $W = Q - \Delta U = 2336.7 \text{ kJ}$ (3 分)

五、解：(1)



1-2 可逆过程技术功: $w_t = -\int_1^2 v dp = \text{面积} 12CA1$ (3 分)

1-2' 不可逆过程的技术功:

$w_t' = c_p(T_1 - T_2') = c_p(T_1 - T_2'') = -\int_1^{2''} v dp = \text{面积} 12''BA1$ (3 分)

(2) 技术功差值为: $\Delta w = w_t - w_t' = \text{面积} 22''CB2''$ (3 分)

(3) 作功能力损失: $w_t = T_0 \Delta S = \text{面积} ABCDA$ (3 分)

六、解：(1) $P_1 = 0.15 \text{ Mpa}$ 时

$P_b / P_1 = 0.1 / 0.15 = 0.667 > \beta_c (0.528)$

$\Rightarrow P_2 = P_b = 0.1 \text{ Mpa}$ (3 分)

出口截面上的流速: $R_g = c_p - c_v = 0.288$, $k = c_p / c_v = 1.4$ (2 分)

$c_{f2} = \sqrt{\frac{2k}{k-1} R_g T_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} = 257.33 \text{ m/s}$ (3 分)

(2) $P_1=0.25$ Mpa 时

$$P_b / P_1 = 0.1 / 0.25 = 0.4 < \beta_c (0.528)$$

$$\Rightarrow P_2 = P_1 \cdot \beta_c = 0.132 \text{ Mpa} \quad (4 \text{ 分})$$

出口截面上的流速:
$$c_{f2} = \sqrt{\frac{2k}{k-1} R_g T_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} = 317.49 \text{ m/s} \quad (3 \text{ 分})$$