

南京航空航天大学

二〇〇八年硕士研究生入学考试试题

考试科目: 工程热力学

说 明: 所有试题答案必须写在答题纸上, 答案写在试卷上无效

一、是非题 (正确打√, 错误打×, 每题 2 分, 共 20 分)

- 1、工质的绝对压力可表达为表压力和当场大气压之和, 或当场大气压减去真空度。
- 2、经不可逆循环后, 系统与外界均无法完全恢复原态。
- 3、工质经任何一种循环, 其熵变为零。
- 4、一切不可逆循环的热效率均有: $\eta_t < w_{net}/q_1$
- 5、理想气体只有取定比热容时, 才能满足迈耶公式: $c_p - c_v = R_g$
- 6、喷管内稳定流动气体在各截面上的流速不同, 但各截面上的流量相同。
- 7、若缩放喷管进口截面上工质的参数不变, 背压提高 (仍小于临界压力), 则流经喷管的流量下降。
- 8、工质在开口绝热系中作不可逆稳定流动, 系统的熵会增大。
- 9、闭口绝热系的熵不可能减少。
- 10、任何循环的净热量等于该循环的净功量。

二、选择题 (每题只有一个正确答案, 每题 3 分, 共 30 分)

- 1、准静态过程是
 - A、平衡过程
 - B、可逆过程
 - C、不可逆过程
 - D、无限接近平衡的过程
- 2、下列系统中与外界不发生能量交换的系统是
 - A、绝热系统
 - B、孤立系统
 - C、闭口系统
 - D、A+B
- 3、开口系统的质量是
 - A、不变的
 - B、变化的
 - C、B 或 A
 - D、在理想过程中是不变的
- 4、在 T-s 图上, 任意一个制冷循环其
 - A、吸热大于放热
 - B、吸热等于放热
 - C、吸热小于放热
 - D、吸热与放热关系不定
- 5、某理想气体自状态 1 经历一个可逆多变过程到达状态 2, 其温度下降、熵增大, 则气体:
 - A、压力升高、比体积增大, 对外作正功
 - B、压力降低、比体积增大, 对外作正功
 - C、压力升高、比体积减小, 对外作负功
 - D、压力降低、比体积减小, 对外作负功
- 6、缩放喷管进口参数 p_1 、 T_1 和背压 p_b ($p_b < p_{cr}$) 一定时, 在渐扩段切去一段管子, 因而出口面积较原来稍为减小, 这时:

- A、出口流速不变, 流量不变 B、出口流速不变, 流量减小
C、出口流速减小, 流量不变 D、出口流速增大, 流量减小

7、有人声称发明了一种机器, 当这台机器完成一个循环时, 吸收了 100kJ 的功, 同时向单一热源排出了 100kJ 的热, 这台机器:

- A、违反了热力学第一定律 B、违反了热力学第二定律
C、违反了热力学第一、第二定律 D、既不违反热力学第一定律, 也不违反热力学第二定律

8、在密闭的房间内, 启动一台打开的冰箱, 经一段时间运行后则室温:

- A、降低 B、升高 C、不变 D、不确定

9、在不可逆过程中, 系统的熵:

- A、增大 B、减少 C、不变 D、不确定

10、对于理想气体, 下列参数中不是温度的单值函数的是 ()

- A、热力学能 B、焓 C、熵 D、比热

三、简答题 (每题 5 分, 共 30 分)

1、若工质经历一可逆过程和一不可逆过程, 若其初态、终态相同, 问两过程中工质与外界交换的热量是否相同? 说明原由。

2、与大气温度相同的压缩空气可以膨胀做功, 这是否违反了热力学第二定律? 为什么?

3、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和温度, 能否确定它的状态? 说明原由。

4、系统进行某一过程时, 从热源吸热 10kJ, 对外做功 20kJ, 问能否采取一可逆绝热过程使系统回到初态? 为什么?

5、喷管中作可逆绝热流动时, 进口的定熵滞止参数与出口的定熵滞止参数是否相同? 作不可逆绝热流动时又如何?

6、水在定压汽化过程中温度维持不变, 因此有人认为过程中热量等于膨胀功, 即 $q=w$, 对不对? 为什么?

四、计算题: (共 70 分)

1、某理想气体初态时 $p_1=520\text{kPa}$, $V_1=0.1419\text{m}^3$, 经放热膨胀过程, 终态的 $p_2=170\text{kPa}$, $V_2=0.2744\text{m}^3$, 过程中焓值变化 $\Delta H = -67.95\text{kJ}$ 。已知该气体的定压比热容 $c_p=5.20\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, 且为定值, 试求:

(1) ΔU

(2) 定容比热容 c_V 和气体常数 R_g 。

(本题 15 分)

2、将 1kmol 某种理想气体在 127°C 下进行定温不可逆压缩, 压力由 0.1MPa 升高到 1MPa , 压缩过程中气体向 27°C 的热源放热。过程耗功量比同样情况下的可逆功大 20% , 试计算气体的熵变、热源的熵变及取气体和热源为系统的系统熵变。已知通用气体常数 $R=8.314\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ (本题 15 分)

3、某理想气体 $c_p=1\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}), k=1.4$, 可逆绝热地流过渐缩喷管出口时, 恰好处于临界工况, 若测得喷管中间某截面的空气流速 $c_f=165\text{m/s}, p=0.7\text{MPa}, t=300^\circ\text{C}$, 求喷管出口截面空气流速、压力及温度。若上述气体不可逆绝热地流过喷管时, 试将不可逆过程的做功能力损失定性地在 $T-s$ 图上。(本题 20 分)

4、有一台气体发动机, 工质从初态 p_1, v_1 出发按下列过程工作: 1) 绝热压缩过程 1-2, 压缩比 ε ; 2) 定容加热过程 2-3, 定容升压比为 λ ; 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, 使工质回到初态。设气体比热容为定值, 绝热指数为 k 。要求:

(1) 把该循环表示在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上;

(2) 用 ε, λ, k 等参数表示该循环的热效率;

(3) 若在相同压缩比下, 有一个定容加热的活塞式内燃机循环, 试比较这两个循环的热效率哪个大, 为什么? (本题 20 分)

南京航空航天大学

二〇〇八年硕士研究生入学考试试题参考答案

考试科目: 工程热力学

一、是非题 (正确打√, 错误打×, 每题 2 分, 共 20 分)

1. √ 2. × 3. √ 4. × 5. × 6. √ 7. × 8. × 9. √ 10. √

二、选择题 (每题只有一个正确答案, 每题 3 分, 共 30 分)

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

三、简答题 (每题 5 分, 共 30 分)

1. 答: 若工质经历一可逆过程和一不可逆过程, 若其初态、终态相同, 两过程中工质与外界交换的热量不一定相同。

因为, 根据热力学第一定律: $Q = \Delta U + W$, 由于内能是状态量, 相同初态、终态意味着 ΔU 相同, 即不同过程的 $Q - W$ 是相同的, 但不同过程的 Q 和 W 是可以不同的。

2. 答: 与大气温度相同的压缩空气可以膨胀做功, 这没有违反热力学第二定律。因为, 由于要保持等温膨胀过程的发生, 系统必须吸热, 在此膨胀过程中, 将热源、系统看成一个孤立系统, 可以计算出整个孤立系统的熵为恒温热源、气缸的熵变和过程不可逆熵产的总和, 即:

$$\Delta S = Q/T_0 - Q/T_0 + S_g = S_g$$

所以, 熵产是大于零的, 即孤立系统熵是增加的, 符合热力学第二定律

3. 答: 不能。

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和温度, 不能确定它的状态。因为, 在简单可压缩系统中, 确定一个状态需要两个相互独立的变量, 而理想气体的热力学能和焓都是温度的单值函数, 也就是只给出了一个独立变量。

4. 答: 不能。系统进行某一过程时, 从热源吸热 10kJ, 对外做功 20kJ, 则此过程的系统熵必然增加, 如果采取一可逆绝热过程即定熵过程, 则无法使得系统的熵回到初态。

5. 答: 喷管中作可逆绝热流动时, 进口的定熵滞止参数与出口的定熵滞止参数是相同的。作不可逆绝热流动时, 总焓、总温是相同的, 但总压是下降的。

6. 答: 不对。

因为, 水在定压汽化过程中不能将之看成是理想气体。内能不再是温度的单值函数, 温度维持不变并不意味着内能变化为零, $q = \Delta u + w$, 而不是 $q = w$ 。

四、计算题: (共 70 分)

1、解: 理想气体有:

$$p_1 V_1 = m R_g T_1, \quad p_2 V_2 = m R_g T_2$$

二式相减, 可以得到:

$$m R_g (T_2 - T_1) = p_2 V_2 - p_1 V_1 = 170 \times 0.2744 \times 1000 - 520 \times 0.1419 \times 100 = -27.14 \text{ kJ} \quad (1)$$

又由于: $\Delta H = m C_p (T_2 - T_1) = -67.95 \text{ kJ}$

$$\text{所以: } m(T_2 - T_1) = \frac{\Delta H}{C_p} = \frac{-67.95}{5.20} = -13.067 \quad (2)$$

将 2 式代入 1 式, 有:

$$R_g = \frac{-27.14}{-13.067} = 2.077 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$$

$$c_v = c_p - R_g = 5.20 - 2.077 = 3.123 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$$

$$\text{所以: } \Delta U = m C_v (T_2 - T_1) = 3.123 \times (-13.067) = -40.8 \text{ kJ}$$

2、解:

气体的熵变:

$$\Delta S = -nR \ln(p_2 / p_1) = -1 \times 8.314 \ln(1/0.1) = -19.14 \text{ kJ/K}$$

如果是可逆过程, 熵变相同, 所以:

$$Q_{rev} = T \Delta S = 400 \times (-19.14) = -7656 \text{ kJ}$$

因为是定温过程:

$$Q = W, \quad Q_{rev} = W_{rev}$$

$$\therefore W = 1.2 W_{rev}$$

$$\therefore Q = 1.2 Q_{rev} = -9187.2 \text{ kJ}$$

热源吸热量: $Q' = -Q = 9187.2 \text{ kJ}$

热源熵变:

$$\Delta S' = Q' / T_0 = 9187.2 / 300 = 30.62 \text{ kJ/K}$$

气体与热源为系统的熵变:

$$\Delta S_{iso} = \Delta S + \Delta S' = -19.14 + 30.62 = 11.49 \text{ kJ/K}$$

3、解:

$$k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{c_p}{c_p - R_g}$$

$$R_g = 0.286 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

因为喷管出口为临界, 所以: $c_{f2} = c_2$

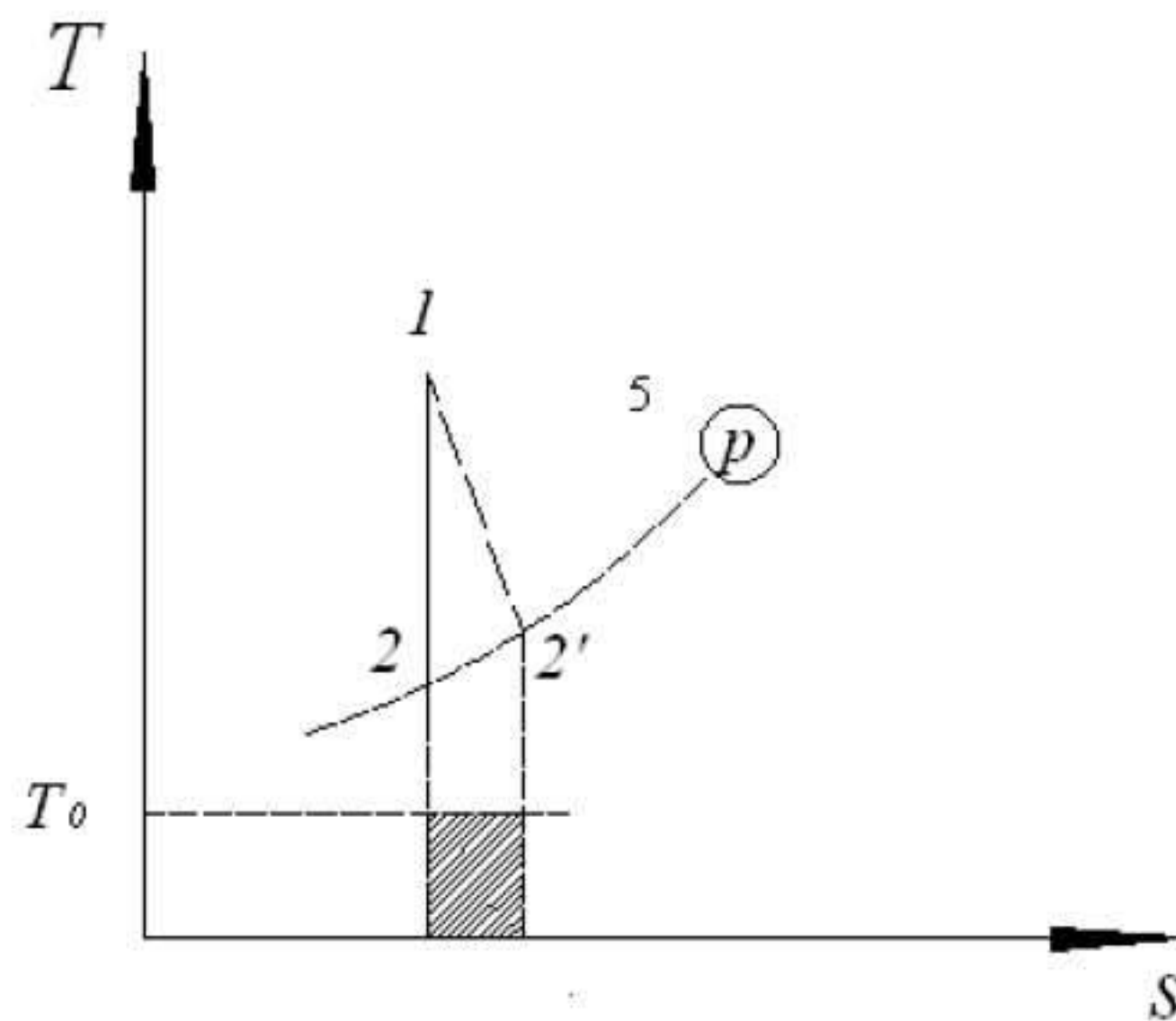
$$T_0 = T + \frac{c_f^2}{2c_p} = 573 + \frac{165^2}{2 \times 1000} = 586.6 \text{ K}$$

$$T_0 = T_2 + \frac{c_{f2}^2}{2c_p} = T_2 + \frac{c_2^2}{2c_p} = T_2 + \frac{kR_g T_2}{2c_p}$$

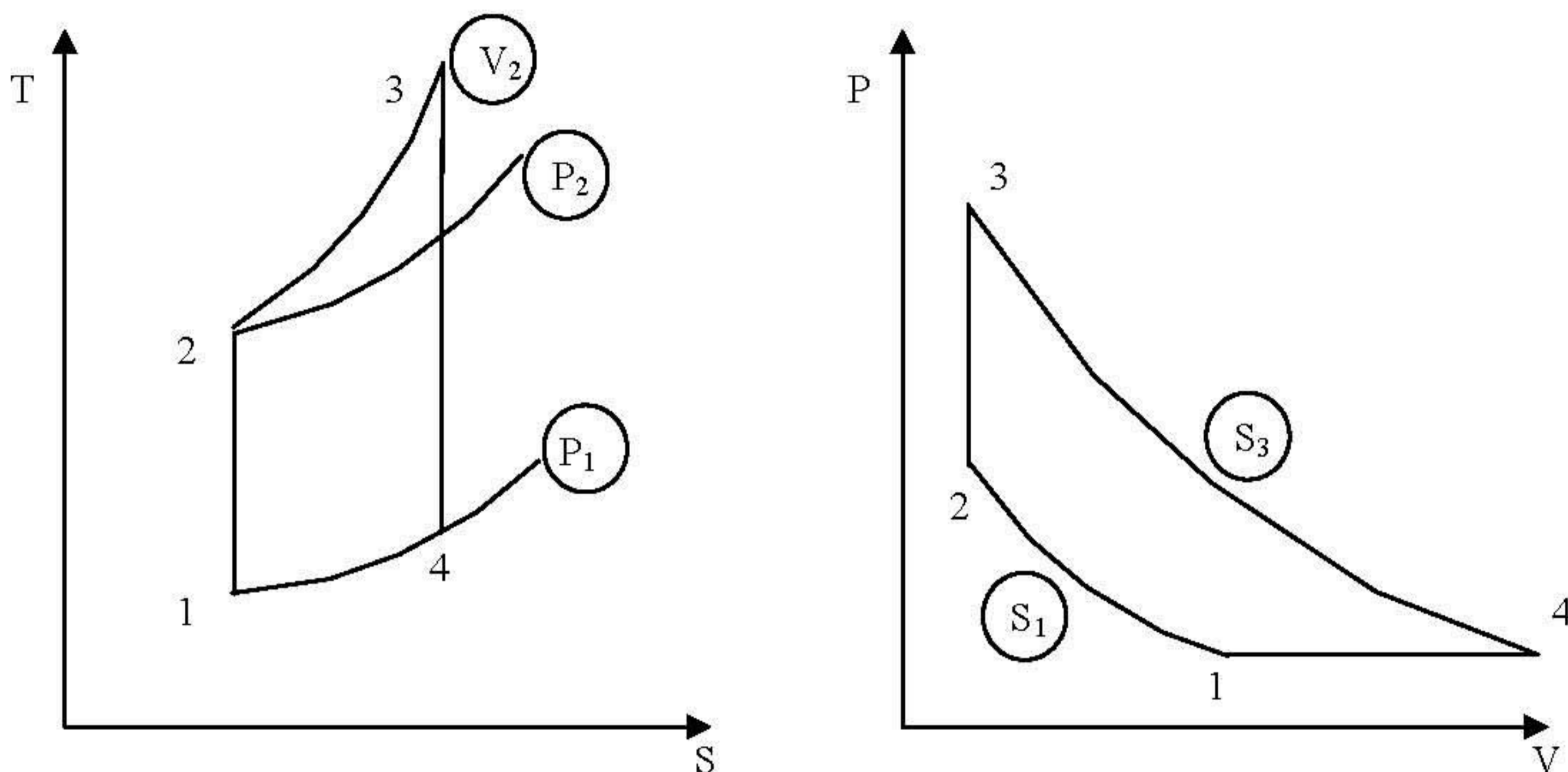
$$T_2 = T_0 / \left(1 + \frac{kR_g}{2c_p} \right) = 586.6 / \left(1 + \frac{1.4 \times 0.286}{2 \times 1} \right) = 488.8 \text{ K}$$

$$c_{f2} = c_2 = \sqrt{kR_g T_2} = \sqrt{1.4 \times 286 \times 488.8} = 442.4 \text{ m/s}$$

$$p_2 = p \times \left(\frac{T_2}{T} \right)^{\frac{k}{k-1}} = 0.7 \times \left(\frac{488.8}{573} \right)^{\frac{1.4}{1.4-1}} = 0.4 \text{ MPa}$$



解: (1) 把该循环表示在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上



(2) 用 ε 、 λ 、 k 等参数表示该循环的热效率:

由于有: $\frac{v_1}{v_2} = \varepsilon$, $\frac{P_3}{P_2} = \lambda$, $P_1 = P_4$

$$\eta_t = 1 - \frac{|q_{41}|}{q_{23}} = 1 - \frac{C_p(T_4 - T_1)}{C_v(T_3 - T_2)} = 1 - k \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)} = 1 - k \frac{T_1 \left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)}{T_2 \left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)} = 1 - k \frac{\left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)}{\frac{T_2}{T_1} \left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)} = 1 - k \frac{\left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)}{\varepsilon^{k-1} (\lambda - 1)}$$

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_4}{T_3} \frac{T_3}{T_2} \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_4}{T_3} \lambda \varepsilon^{k-1} = \left(\frac{P_4}{P_3}\right)^{\frac{k-1}{k}} \lambda \varepsilon^{k-1} = \left(\frac{P_1}{P_3}\right)^{\frac{k-1}{k}} \lambda \varepsilon^{k-1} = \left(\frac{P_1/P_2}{P_3/P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}} \lambda \varepsilon^{k-1} = \left(\frac{1}{\varepsilon^k \lambda}\right)^{\frac{k-1}{k}} \lambda \varepsilon^{k-1} = \lambda^{\frac{1}{k}}$$

所以: $\eta_t = 1 - k \frac{\left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)}{\varepsilon^{k-1} (\lambda - 1)} = 1 - k \frac{\left(\lambda^{\frac{1}{k}} - 1\right)}{\varepsilon^{k-1} (\lambda - 1)}$

(3) 如图所示。

内燃机循环 1234'1, 显然: $w_{12341} < w_{12341}$

而两循环的吸热量相同, 所以:

内燃机循环热效率小。

