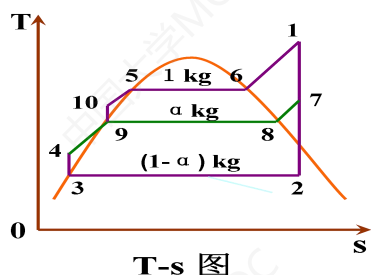


### 一. 判断对错

- 1 气体被压缩时一定消耗外功； ( )
- 2 理想混合气体中，各组元的体积分数等于其摩尔分数； ( )
- 3 不可逆过程的熵变无法计算； ( )
- 4 当  $m$  公斤的河水与  $G$  公斤的沸水具有相同的热力学能时，它们的可用能一定相同； ( )
- 5 湿空气的含湿量  $d$  一定时，温度越高，其吸湿能力越强； ( )

### 二. 问答题

1. 将满足以下要求的理想气体多变过程表示在同一个  $p-v$  图和  $T-s$  图上
  - (1)理想气体的定温，定压，定容和定熵过程；
  - (2)工质又膨胀，又降温，又放热的多变过程。
2. 欲设计一台热机，使之能从温度为  $973\text{K}$  的高温热源吸热  $2000\text{ kJ}$ ，并向温度为  $303\text{K}$  的低温热源放热  $800\text{ kJ}$ ，问此循环能否实现？)
- 3.

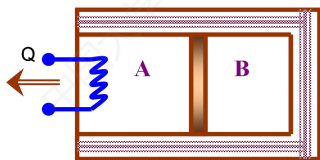


解释湿空气的露点温度，说明将未饱和湿空气转变为饱和湿空气的方法。

4. 如图为蒸汽一次回热循环的  $T-s$  图， 指出各相应过程的特点，并写出热效率的计算公式。

### 三. 计算题





1.

有一汽缸和活塞组成的系统，汽缸壁和活塞均由绝热材料制成，活塞可在汽缸中无摩擦地自由移动。初始时活塞位于汽缸中间，A，B 两侧各有 1 kg 空气，两边的压力、温度都相同，并有  $P_{A1} = P_{B1} = 0.45 \text{ MPa}$ ， $T_{A1} = T_{B1} = 900 \text{ K}$ 。现对 A 侧冷却水管通水冷却，A 侧压力逐渐降低，直至压力降低到  $P_{A2} = P_{B2} = 0.3 \text{ MPa}$  时。试计算：

- (1) A，B 两侧的体积，温度是多少？
- (2) 冷却水从系统带走的热量是多少？
- (3) A，B 腔内气体的熵变及整个气体组成的系统熵变是多少？按定值比热容计算。且  $k=1.4$ ， $c_V=0.717 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ 。

2. 将 1 kmol 理想气体在 400K 下从 0.1 MPa 缓慢地定温压缩到 1.0 MPa，试计算下列三种情况下此过程气体的熵变，热源的熵变和总熵变。

- (1) 过程无摩擦，热源温度为 400K；
- (2) 过程无摩擦，热源温度为 300K；
- (3) 过程有摩擦，比可逆压缩多消耗 20% 的功，热源温度为 300K。



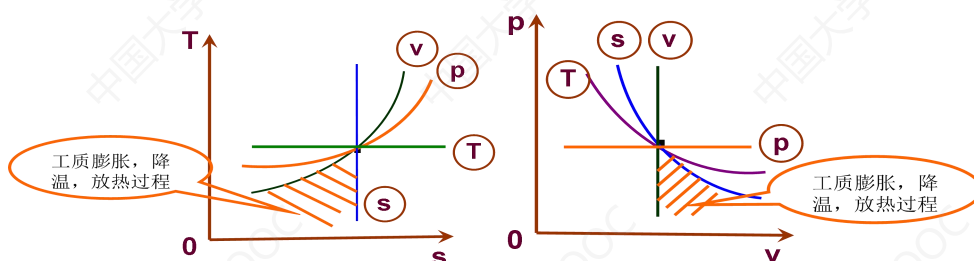
## 答案

### 一. 判断对错

1.√; 2.√; 3.X; 4.X; 5.√。

### 二. 问答题

1.



2.

答:

法 1: 利用克劳修斯积分式判断循环是否可行:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = \frac{2000}{974} + \frac{-800}{303} = -0.585 \text{ kJ/K} < 0$$

因此此循环能实现, 且为不可逆循环。

法 2: 利用孤立系统熵增原理判断循环是否可行; 孤立系统由高温热源, 低温热源, 热机和功源组成。

$$\begin{aligned} \Delta S_{\text{iso}} &= \Delta S_H + \Delta S_D + \Delta S_R + \Delta S_W = \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} + 0 + 0 \\ &= \frac{-2000}{973} + \frac{800}{303} = -2.055 + 2.640 = 0.585 \text{ kJ/K} > 0 \end{aligned}$$

故此循环能实现。

3.

答: 湿空气中水蒸气分压力  $p_v$  所对应的饱和温度, 称为露点温度。

将未饱和湿空气转变为饱和湿空气的方法有两种:

法 1: 湿空气温度  $T$  一定时, 增加水蒸气分压力  $p_v = p_{v\text{max}} = p_s(T)$ ,



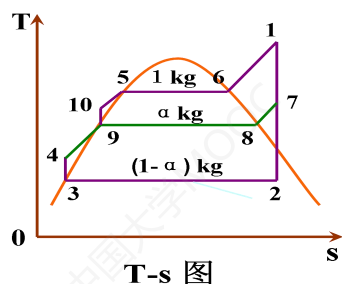
学长学姐互助答疑群



期末突击课

法 2: 保持水蒸气含量  $p_v$  不变, 降低湿空气温度  $T = T_s(p_v)$ 。

4.



答: 热力过程为:

10-5-6-1 锅炉中未饱和水定压加热成过热水蒸气过程;

1-7  $\alpha kg$  过热蒸汽在汽轮机中可逆绝热膨胀过程;

1-2  $(1-\alpha)kg$  过热蒸汽在汽轮机中可逆绝热膨胀对外做功至冷凝压力过程;

2-3 冷凝器中可逆定压放热过程;

3-4 饱和水在凝结水泵中可逆绝热被压缩过程;

4-9  $(1-\alpha)kg$  工质在回热加热器中被定压加热过程;

7-8-9  $\alpha kg$  工质在回热加热器中定压放热过程;

9-10  $1kg$  工质在给水泵中可逆绝热被压缩过程。

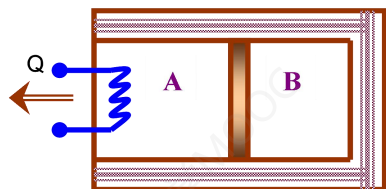
热效率: 由:  $Q_1 = h_1 - h_{10}$ ,  $Q_2 = h_2 - h_3$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{(h_1 - h_{10}) - (h_2 - h_3)}{h_1 - h_{10}} = \frac{(h_1 - h_2) - (h_{10} - h_3)}{h_1 - h_{10}}$$

得:

三.

1.



解：（1）根据题意，B 侧为可逆绝热膨胀过程，终态时 A，B 两侧压力相同，且过程中总体积不变，即  $\Delta V_{A1} + \Delta V_{B1} = \Delta V_{A2} + \Delta V_{B2}$ 。

$$V_{A1} = V_{B1} = \frac{m_A R_g T_{A1}}{p_{A1}} = \frac{1 \text{ kg} \times 287 \text{ J/(kg.K)} \times 900 \text{ K}}{0.45 \times 10^6 \text{ Pa}} = 0.574 \text{ m}^3$$

初始时：

先取 B 为热力系，进行可逆绝热过程，故有：

$$T_{B2} = \left( \frac{p_{B2}}{p_{B1}} \right)^{\frac{k-1}{k}} T_{B1} = \left( \frac{0.3 \text{ MPa}}{0.45 \text{ MPa}} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} \times 900 \text{ K} = 801.55 \text{ K}$$

$$V_{B2} = \frac{m_B R_g T_{B2}}{p_{B2}} = \frac{1 \text{ kg} \times 287 \text{ J/(kg.K)} \times 801.55 \text{ K}}{0.3 \times 10^6 \text{ Pa}} = 0.7668 \text{ m}^3$$

$$\text{A 热力系： } V_{A2} = (V_{A1} + V_{B1}) - V_{B2} = 2 \times 0.574 - 0.7668 = 0.3812 \text{ m}^3,$$

$$T_{A2} = \frac{p_{A2} V_{A2}}{m_A R_g} = \frac{0.3 \times 10^6 \text{ Pa} \times 0.3812 \text{ m}^3}{1 \text{ kg} \times 287 \text{ J/(kg.K)}} = 398.45 \text{ K}$$

（2）再取（A+B）为热力系统，整个系统对外不作功。

$$\begin{aligned} Q &= \Delta U_A + \Delta U_B = m_A c_v (T_{A2} - T_{A1}) + m_B c_v (T_{B2} - T_{B1}) \\ &= m c_v (T_{A2} + T_{B2} - 2T_{A1}) \\ &= 1 \text{ kg} \times 0.717 \text{ kJ/(kg.K)} \times (398.45 + 801.55 - 2 \times 900) \text{ K} \end{aligned}$$

$$\text{有： } = -430.2 \text{ kJ}$$

（3）求熵变：

$$\begin{aligned} \Delta S_A &= m_A \left( c_p \ln \frac{T_{A2}}{T_{A1}} - R_g \ln \frac{p_{A2}}{p_{A1}} \right) \\ &= 1 \text{ kg} \times (1.4 \times 0.717 \text{ kJ/(kg.K)} \ln \frac{398.45 \text{ K}}{900 \text{ K}} - 0.287 \text{ kJ/(kg.K)} \ln \frac{0.45 \text{ MPa}}{0.3 \text{ MPa}}) \\ &= -0.934 \text{ kJ/K} \end{aligned}$$

$$\Delta S_B = 0$$

整个汽缸绝热系的熵变：

$$\Delta S = \Delta S_A + \Delta S_B = -0.934 + 0 = -0.934 \text{ kJ/K}$$

2.



解：（1）此过程为可逆过程。

对于可逆的定温压缩过程， $\Delta U = 0$ ，消耗功量：

$$W = \int_1^2 -Vdp = nRT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

$$= 1000 \text{ mol} \times 8.3141 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)} \times 400 \text{ K} \times \ln \frac{100 \text{ kPa}}{1000 \text{ kPa}} = -7657 \text{ kJ}$$

因此，由闭口系统能量守恒得： $Q = W = -7657 \text{ kJ}$

将气体和热源看成孤立系统，孤立系统经历可逆过程，由孤立系统熵增原理得：

$$\Delta S_{\text{iso}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} = 0$$

$$\Delta S_{\text{surr}} = \frac{Q_{\text{surr}}}{T_{\text{surr}}} = \frac{7657 \text{ kJ}}{400 \text{ K}} = 19.144 \text{ kJ/K}$$

其中：

$$\Delta S_{\text{sys}} = -\Delta S_{\text{surr}} = -19.144 \text{ kJ/K}$$

（2）热源和气体之间进行有温差的传热过程，故该过程为不可逆过程。因为气体的初终状态保持不变，则气体的熵变仍为： $\Delta S_{\text{sys}} = -19.144 \text{ kJ/K}$

$$\Delta S_{\text{surr}} = \frac{Q_{\text{surr}}}{T_{\text{surr}}} = \frac{7657 \text{ kJ}}{300 \text{ K}} = 25.523 \text{ kJ/K}$$

热源熵变：

$$\Delta S_{\text{iso}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} = -19.144 + 25.523 = 6.379 \text{ kJ/K}$$

于是整个孤立系统熵变为：

（3）热源和气体之间进行有温差的传热过程，同时压缩过程机械不可逆，故该过程为不可逆过程。因为气体的初终状态保持不变，则气体的熵变仍为：

$$\Delta S_{\text{sys}} = -19.144 \text{ kJ/K}$$

压缩过程中所需的压缩功比（2）多 20%，则有：

$$W = 1.2 \times (-7657) \text{ kJ} = -9189 \text{ kJ}$$

$$\Delta S_{\text{surr}} = \frac{Q_{\text{surr}}}{T_{\text{surr}}} = \frac{9189 \text{ kJ}}{300 \text{ K}} = 30.630 \text{ kJ/K}$$

热源熵变：

$$\Delta S_{\text{iso}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} = -19.144 + 30.630 = 11.486 \text{ kJ/K}$$

于是整个孤立系统熵变为：

