

本试卷适应范围
机制 101-106

11-12 南京农业大学试题纸

~~11-12~~ 学年 - 学期 课程类型: 必修、选修 (√) 试卷类型:

A (√)、B

课程 工程热力学 班级 学号 姓名 成绩 85分

一、 填空题 (每题 2 分, 共计 14 分)

- 1、孤立系的总能量 不变。
- 2、逆循环装置可供暖和制冷两用, 假如某热泵的供暖系数等于 5, 若用该热泵作为制冷机, 则制冷系数为 4。
- 3、某多变过程满足膨胀、降温、且吸热, 则多变指数 n 数值满足 $1 < n < \gamma$ 。
- 4、热泵循环的供热系数 ε' 大于 1 (填: 大于 1, 等于 1 或 小于 1)
- 5、一卡诺机(可逆的), 低温热源的温度为 27°C , 热机效率为 40%, 其高温热源温度为 500K K。今欲将该热机效率提高到 50%, 若低温热源保持不变, 则高温热源的温度应增加 100 K。

- 6、卡诺循环组成为 二个可逆定温过程(可逆定温吸热和放热) + 二个绝热过程(膨胀和压缩)

二、 选择题 (每题 3 分, 共计 18 分)

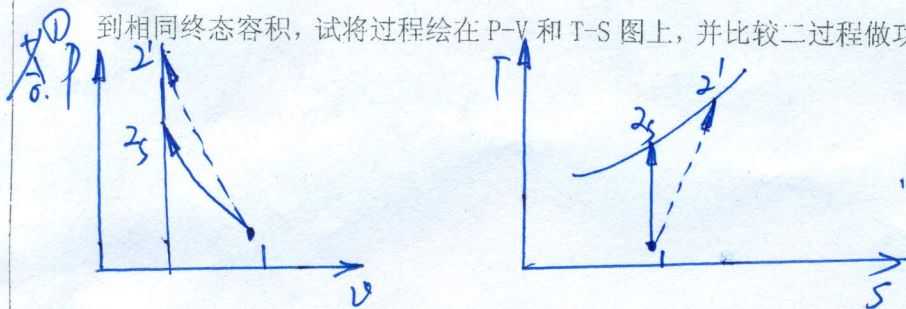
- 1、气体在某一过程中吸入 1800KJ 的热量, 同时内能增强了 2500KJ, 该过程是 B。
(A) 膨胀过程 (B) 压缩过程 (C) 定容过程
- 2、对于简单可压缩热力系的准平衡过程, 若工质的压力降低, 则 A。
(A) 技术功为正 (B) 技术功为负 (C) 技术功可正可负 (D) 零
- 3、下列系统中与外界不发生能量交换的系统是 B。
(A) 绝热系统 (B) 孤立系统 (C) 闭口系统 (D) A+B
- 4、下列说法, 哪些是错误的 D。
① 孤立系统内工质的状态不能发生改变;
② 只要不存在任何性质的耗散效应就一定不会产生能量不可逆损耗;
③ 经过一个不可逆过程后, 工质再不能回复到原来的状态;
④ 质量相同的物体 A 和 B, 若 $T_A > T_B$, 物体 A 具有的热量较物体 B 多。
(A) ①②③ (B) ②③④ (C) ①②④ (D) ①③④
- 5、闭口系统经历了一不可逆过程, 已知终态熵小于初态熵, 则该过程 A。
(A) 一定放热; (B) 一定吸热; (C) 可能吸热, 也可能放热 (D) 没有热量交换
- 6、理想气体可逆吸热过程, 下列哪个参数一定增加。 B。
(A) 热力学能 (B) 熵 (C) 压力 (D) 温度

三、判断题：(对的打“√”，错的打“×”，每小题2分，共10分)

- 1、气体膨胀时一定对外做功，而被压缩时则一定消耗外功。 (X)
- 2、多热源可逆热机热效率大于相同温度界限的卡诺热机的热效率。 (X)
- 3、可逆绝热过程即等熵过程；反之，等熵过程必为可逆绝热过程。 (✓)
- 4、对于某一闭口系统，气体从某初始状态1变化到另一终状态2时，只要整个过程是可逆的，那么不管线路如何？ $\int Pdv$ 积分总是一个常数。 (X)
- 5、若空气的温度 $t_2 > t_1 > 0^\circ\text{C}$ ，则其平均比热一定是 $\bar{C}|_{t_1}^{t_2} > \bar{C}|_0^{t_2} > \bar{C}|_0^{t_1}$ (✓)

四、简答题。(共计26分)

- 1、若工质从同一初态出发，分别经过一个可逆绝热压缩过程和一个不可逆绝热压缩过程到相同终态容积，试将过程绘在P-V和T-S图上，并比较二过程做功量大小。(6分)



根据 $ds \geq \frac{\delta Q}{T}$ \therefore 绝热 $ds=0$
 \therefore 二过程在P-V图和T-S图上位置

- ② 根据 $Q = \Delta U + W$ \therefore 绝热 $Q=0$ $\therefore W = U_2 - U_1$ 又 $T_2' > T_2$ $\therefore U_2' > U_2 \Rightarrow W_{1-2'} > W_{1-2}$

- 2、理想气体绝热自由膨胀，熵变？说明理由。(4分)

答：根据题意 $Q=0$ $W=0 \Rightarrow \Delta U=0$ 即膨胀前后温度不变 $T_1=T_2$

$$\Delta S = \int_1^2 C_v \frac{dT}{T} + Rg \int_1^2 \frac{dv}{v} = Rg \ln \frac{V_2}{V_1} > 0 \quad \text{熵增加}$$

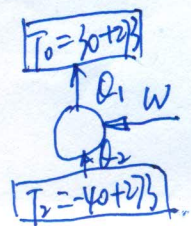
- 3、柴油机的热效率一般比汽油机高，其主要原因是什么？(4分)

答：根据 T_1 相同 $\epsilon \uparrow \rightarrow T_2$ 越高。柴油机吸入的纯空气， ϵ 主要受设备机械效率影响。汽油机吸入的汽油和空气的混合物，若已太大超过汽油自燃温度会提前着火，不正常燃烧。

- 4、某人声称使用新式热力循环和高技术开发出一种新型节能冷柜，在 30°C 室温下，制冷温度为 -40°C 时，制冷系数仍可以达到4，请你判断一下是否可能实现。

解法1：如可逆根据 $\epsilon = \frac{Q_2}{W} = 4 \Rightarrow Q_2 = 4W$ 又根据热一律 $Q_1 = Q_2 + W = 5W$

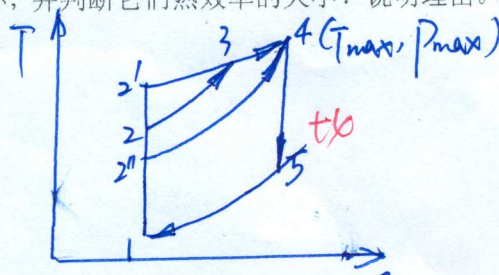
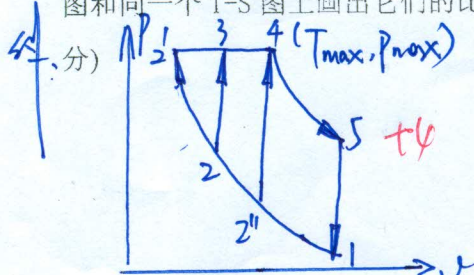
$$\oint \frac{\delta Q}{T} = \frac{Q_2}{-40+273} + \frac{-Q_1}{30+273} = \frac{4W}{-13} - \frac{5W}{303} = -0.0007W < 0 \quad \text{不能实现}$$



解法二：假设在 T_0 和 T_2 间卡诺循环则 $\epsilon_c = \frac{Q_2}{W} = \frac{T_2}{T_0 - T_2} = 2.3$
 $\epsilon_c < 4$ 不可能。

5、活塞式内燃机三种理想循环在初态相同， P_{max} 、 T_{max} 相同情况下，试分别在同一个 $p-v$

图 and 同一个 $T-S$ 图上画出它们的比较循环，并判断它们热效率的大小？说明理由。(8分)



由 $T-S$ 图知 $q_{1p} > q_{1m} > q_{1v}$ $q_{2p} = q_{2m} = q_{2v}$

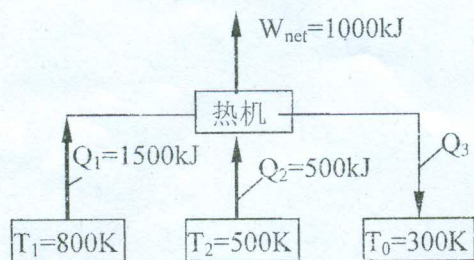
根据 $\eta = 1 - \frac{q_2}{q_1} \Rightarrow \eta_{tp} > \eta_{tm} > \eta_{tv}$ +2

五、计算题 (32 分)

1、有人设计了一台热机，循环中工质分别从温度为 $T_1=800K$ 、 $T_2=500K$ 的两个高温热源吸热 $Q_1=1500kJ$ 和 $Q_2=500kJ$ 。该热机以 $T_0=300K$ 的环境为冷源，放热 Q_3 。问：

①若热机作出的循环净功为 $W_{net}=1000kJ$ ，该循环能否实现？如能，判断循环可逆与否？

②在上述条件下，该热机可能输出的最大循环净功 $W_{net, max}$ 是多少？ (10 分)



解：① 根据热力学第一定律

$$Q_1 = Q_3 + W_{net} - Q_2$$

$$\therefore Q_3 = 1000kJ \quad +2$$

$$2. \oint \frac{\delta Q}{T} = \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_3}{T_0}$$

$$= \frac{1500}{800} + \frac{500}{500} - \frac{1000}{300}$$

$$= -0.458 < 0 \quad +3$$

能实现，是不可逆循环 +1

② 设最大循环净功 $W_{net, max}$

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + W_{net}$$

$$\therefore Q_3 = 2000 - W_{net}$$

热机输出最大循环净功
也就是热机是可逆热机

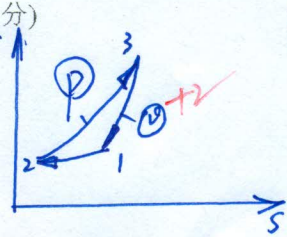
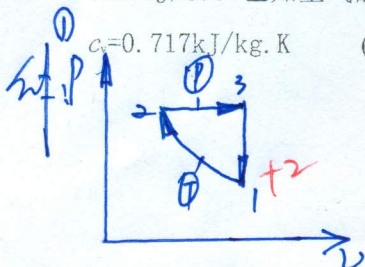
$$\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$$

$$\text{即 } \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_3}{T_0} = 0$$

$$\frac{1500}{800} + \frac{500}{500} - \frac{2000 - W_{net}}{300} = 0$$

$$W_{net} = 1137.5kJ \quad +4$$

2、某空气循环由下列三个可逆过程组成，由状态1 ($T_1=300\text{K}$, $v_1=0.861\text{m}^3/\text{kg}$) 经定温压缩到 $P_2=400\text{kPa}$ ，接着定压膨胀到状态3，然后定容降压回到状态1，工质流量为 10kg/s 。试将循环示意地画在 $P-v$ 图和 $T-S$ 图上，并计算循环热效率和作出的功率 ($\text{kW}=\text{kJ/s}$)。已知空气的 $R_g=0.287\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ ，比热比 $\gamma=1.4$ ， $c_p=1.004\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ ， $c_v=0.717\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ (10分)



绝热效率 $\eta_c = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 0.154$

$P_1 v_1 = P_2 v_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 v_1}{v_2} = 100\text{kPa}$

1-2 定温过程 $P_1 v_1 = P_2 v_2$

$v_2 = 0.215\text{m}^3/\text{kg}$

3-1 定容过程 $v_3 = v_1$

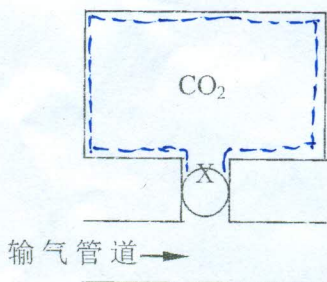
2-3 定压过程 $T_3 = \frac{P_3 v_3}{R_g} = 1200\text{K}$

功率 $W = \eta_c q_1 = 0.154 \times (1.004 \times (1200 - 300)) = 13.89\text{kJ/s}$

$P = \frac{W}{t} = \dot{m} w = 138.9\text{W}$

② 由 $T-S$ 图知 $q_1 = q_{23} = C_p (T_3 - T_2) = 903.6\text{kJ}$
 $q_2 = q_{21} + q_{13} = W_{21} + q_{13} = P_1 v_1 \ln \frac{v_1}{v_2} + C_v (T_3 - T_1)$
 $= 119.36 + 645.3 = 764.7\text{kJ}$

3、 $V=0.55\text{m}^3$ 的刚性容器中原装有 $P_1=0.25\text{MPa}$ 、 $T_1=300\text{K}$ 的二氧化碳；输气管道参数保持 $P_L=0.85\text{MPa}$ 、 $T_L=440\text{K}$ 、 $h_L=372.2\text{kJ/kg}$ 不变，打开阀门对容器充入二氧化碳，直到容器中气体的压力升高到 $P_2=0.5\text{MPa}$ 时关闭阀门。整个充气过程绝热，若二氧化碳 $u=0.661T$ ，试求容器内气体的终温 T_2 和质量 m_2 。按定值比热容计算，已知 $R_{g,\text{CO}_2}=0.189\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ ， $C_{v,\text{CO}_2}=0.661\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ ， $C_{p,\text{CO}_2}=0.846\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ (12分)



解：取容器为控制体，则此控制体为开口系，控制体边界为控制面。

$\delta Q = dE_{cv} + (h_2 + \frac{1}{2}c_2^2 + gz_2) \delta m_{out} - (h_1 + \frac{1}{2}c_1^2 + gz_1) \delta m_{in}$

由题意知 $\delta Q=0$ ， $\delta m_{out}=0$ ， $c_1=0$ ， $z_1=0$ ， $\delta u_1=0$

代入得 $dE_{cv} - h_L \delta m_{in} = 0$

又 $dE_k=0$ ， $dE_p=0$ ， $dU = h_L \delta m_{in}$

积分 $U_2 - U_1 = h_L (m_2 - m_1)$

初始 $m_1 = \frac{P_1 V_1}{R_g T_1} = \frac{0.25 \times 10^6 \times 0.55 \times 10^{-3}}{0.189 \times 300} = 2.425\text{kg}$

教研室主任

[Signature]

出卷人 力学与材料教研室

$0.661 C m_2 T_2 - m_1 u_1 = h_L (m_2 - m_1)$

$P_2 v_2 = m_2 R_g T_2$

① ② = 式联立求得 $m_2 = 3.717\text{kg}$
 $T_2 = 391.5\text{K}$

说明：已知下列公式（不一定都用上）：

$$Q = \Delta U + W \quad \delta q = du + pdv \quad Q = \Delta H + W_t \quad \delta q = dh - vdp \quad \eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\delta Q = dE_{c,v} + \delta m_{out} \left(h + \frac{c^2}{2} + gz \right)_{out} - \delta m_{in} \left(h + \frac{c^2}{2} + gz \right)_{in} + \delta W_s$$

$$q = \Delta h + \frac{1}{2} \Delta c^2 + g \Delta z + w_s$$

$$\Delta s = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R_g \ln \frac{v_2}{v_1} = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R_g \ln \frac{P_2}{P_1} = c_v \ln \frac{P_2}{P_1} + c_p \ln \frac{v_2}{v_1}$$

$$\Delta s = cm \ln \frac{T_2}{T_1} \quad c_p = \frac{\gamma}{\gamma - 1} R_g \quad c_v = \frac{1}{\gamma - 1} R_g \quad \text{比热比 } \gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

多变过程： $Pv^n = C$

$$\text{定熵过程： } Pv^\gamma = C \quad \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^\gamma \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{\gamma-1} \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$w = \frac{P_1 v_1 - P_2 v_2}{\gamma - 1} = \frac{R_g}{\gamma - 1} (T_1 - T_2) \quad W_t = \gamma W$$

$$\text{等容过程： } \frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2}{P_1} \quad w = 0 \quad w_t = v(P_2 - P_1) \quad q = c_v (T_2 - T_1)$$

$$\text{等压过程： } \frac{T_2}{T_1} = \frac{v_2}{v_1} \quad w = P(v_2 - v_1) \quad w_t = 0 \quad q = c_p (T_2 - T_1)$$

$$\text{等温过程： } \frac{P_2}{P_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad w = w_t = q = P_1 v_1 \ln \frac{v_2}{v_1}$$

$$\Delta S_{\text{孤立系}} \geq 0$$

$$\text{克劳修斯积分式 } \oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$$
