

2020 年工程热力学线上期末考试

第1页 (共6页)

课程名称:《工程热力学》

考试班级:

考试时间 2020 年 6 月 13 日 9:00—11:00

学号

姓名

一、简答题 (共 10 题, 共 40 分)

1.1、试述平衡状态和稳定状态的区别与联系。

答:(答案全放在最后了)

1.2、简要分析系统与外界没有能量交换时,系统的状态变化是否会发生?

答:

1.3、在室内温度保持不变的条件下,当夏天环境温度升高时,住宅用空调机的制冷系数和耗功量如何变化?

答:

1.4、请简要分析理想气体经过绝热节流后,理想气体的温度、焓和熵的变化规律。

答:

1.5、空气的含湿量定义是什么?湿空气相对湿度越大,则含湿量是否越高?并说明理由。

答:

1.6、迈耶公式 $c_p - c_v = R_g$ 能否适用于高压水蒸气? 为什么?

答:

1.7、简述活塞式压气机的余隙容积对于其生产量和理论耗功的影响

答:

1.8、若分别以某种服从 $p(v-b) = R_g T$ 错误!未找到引用源。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更大一些, 为什么?

答:

1.9、简述初温和背压对朗肯循环效率和膨胀终点干度的影响

答:

1.10、孤立系统中进行了 (1) 可逆过程; (2) 不可逆过程, 问孤立系统的总能、总熵、总焓各如何变化?

答:

1.1 平衡状态一定是稳定状态，
稳定状态不一定是平衡状态。

1.2 系统状态可能发生变化。
如：在真空中自由膨胀。

$$1.3 \quad \varepsilon = \frac{q_2}{W_{\text{net}}} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

当 T_1 升高时，制冷系数 ε 变小，
耗功量增大。

1.4 绝热节流 $q = 0$, ~~$\Delta S > 0$~~

$$h_2 = h_1 + \frac{1}{2}(C_{f2}^2 - C_{f1}^2)$$

\therefore 速度几乎相等

$\therefore h_1 = h_2$ \leftarrow 理想气体焓是温度单值函数

$\therefore T_1 = T_2$

\therefore 不可逆

$\therefore \Delta S > 0$.

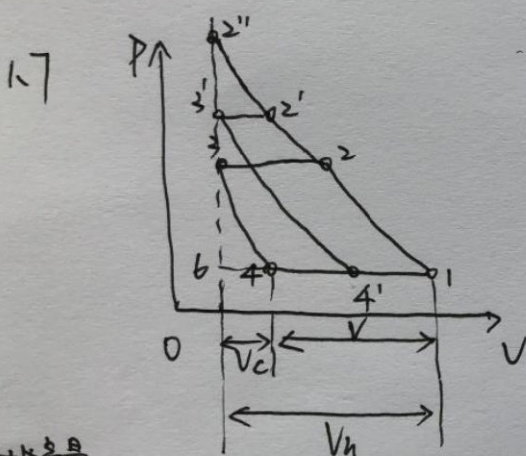
1.5 含湿量: 1kg干空气所带有的水蒸气的质量.

相对湿度越大, 不能说明含湿量越高.

相对湿度是湿空气的绝对湿度与同温度下饱和空气的饱和绝对湿度的比值, 相对湿度不仅仅取决于含湿量大小.

1.6 迈耶公式 $C_p - C_v = R_g$ 不适用于高压水蒸气.

因为当压力 p 过高时, 水蒸气就不再是理想气体, 它的 C_p, C_v 将不再是定值, $C_p - C_v = R_g$ 也就不适用了.

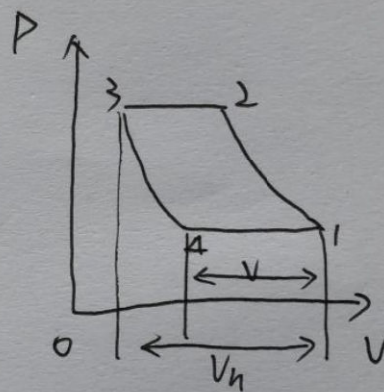


对排量:

$$\eta_v = 1 - \sigma \left[\pi^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \quad (\sigma \text{ 为余隙容积百分比})$$

当 σ 和 n 一定时, π 越大, η_v 越低

当 π 一定时, σ 越大, η_v 越低.



对理论耗功:

$$W_c = \frac{n}{n-1} R_g T_1 (\pi^{\frac{n-1}{n}} - 1)$$

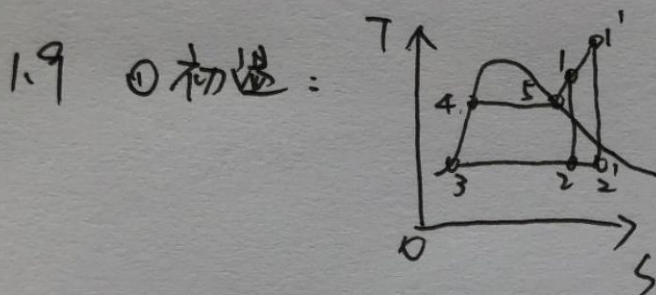
当生产压比 π 相同时,

理论耗功与无余隙容积时相同.

$$1.8 \quad \eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

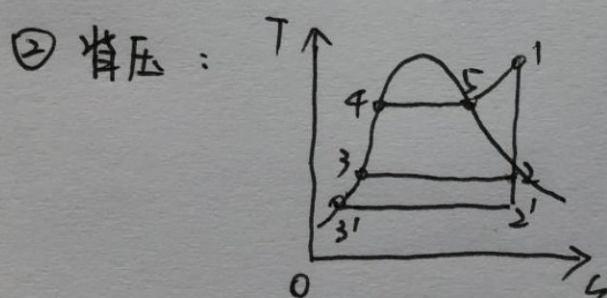
由卡诺定理：卡诺循环效率只与温度有关

∴ 二者热效率相同。



由图可知：提高初温 t_1 ，温差加大，循环效率变大。

同时可以增大膨胀终态干度 x_2 。



由图可知：降低背压 p_2 ，循环净功增大，循环效率也变大。

若只降低 p_2 ，会使干度 x_2 降低。

1.10. (1) 可逆过程: 总能、总熵、总焓均不变.

(2) 不可逆过程: 总能不变、总熵变大、总焓变小.

二、作图题。(共 2 题, 共 10 分)

2.1、从状态点 1 出发, 先在 $p-v$ 和 $T-S$ 图上表示出四个理想过程, 再将满足下列要求的多变过程表示在 $p-v$ 和 $T-S$ 图中 (工质为空气)。(5 分)

(1) $n=1.6$ 的膨胀过程 1-2

(2) $n=1.3$ 的压缩过程 1-3

答:

2.2、如图 1 所示, 燃气轮机理想布雷顿循环 1-2-3-4-1, 如果将定熵膨胀过程 3-4 替换为等温膨胀过程 3-4', 构成新循环 1-2-3-4'-4-1, (1) 试比较这两个循环的效率大小? 为什么? (2) 在 $P-V$ 图上表示 1-2-3-4 和 1-2-3-4'-4-1。(10 分)

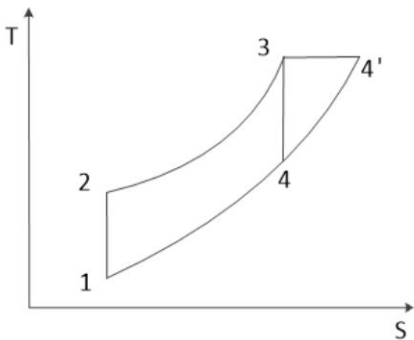
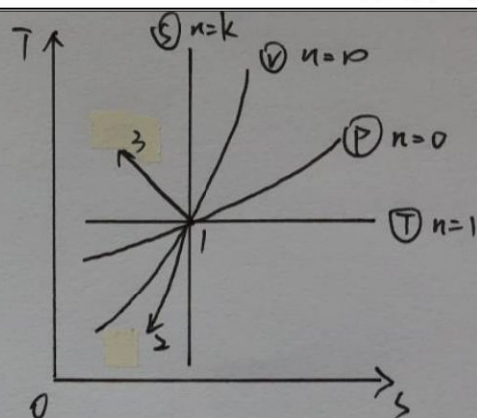
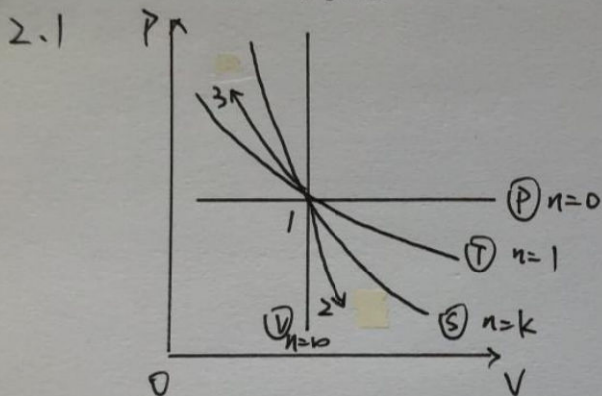


图 1

答:



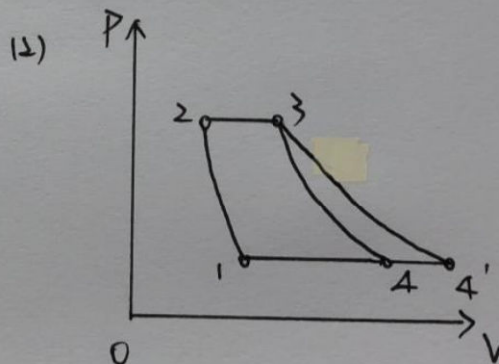
2.2 (1) $\eta_{1t} = 1 - \frac{h_4 - h_1}{h_3 - h_2}$
 $\eta_{2t} = 1 - \frac{h_3 - h_1}{h_3 - h_2}$

$\therefore T_3 > T_4$

$\therefore h_3 > h_4$

$\therefore \eta_{1t} > \eta_{2t}$

\therefore 循环 1-2-3-4-1 效率更大.



三、计算题（共 5 题，共 50 分）

3.1、气体初态为 $p_1=0.5\text{MPa}$ ， $V_1=0.4\text{m}^3$ ，在压力为定值的条件下膨胀到 $V_2=0.8\text{m}^3$ ，求气体膨胀所作的功。（5 分）

解：（答案都插在了最后面）

3.2、如图 2 所示的循环，判断下列情况哪些是可逆的？哪些不是可逆的？哪些是不可能的？如果是不可逆的，计算系统做功能力损失，环境温度 300K。

(1) $Q_L=1000\text{kJ}$ ， $W=250\text{ kJ}$ ；(2) $Q_L=2000\text{kJ}$ ， $Q_H =2400\text{ kJ}$ ；(3) $Q_H=3000\text{kJ}$ ， $W=250\text{ kJ}$

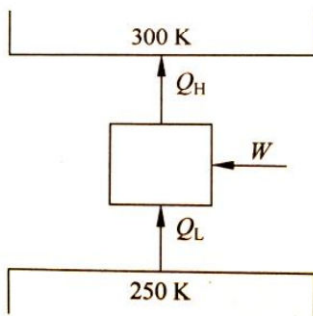


图 2

解：

3.3、假设润滑油的耐温极限为 300°C ，实验室需要 6MPa 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 0.1MPa ，大气温度为 20°C ，多变压缩指数 $n=1.25$ ，采用中间冷却器将压缩空气冷却到初温，试计算压缩终了的空气温度。

(10 分)

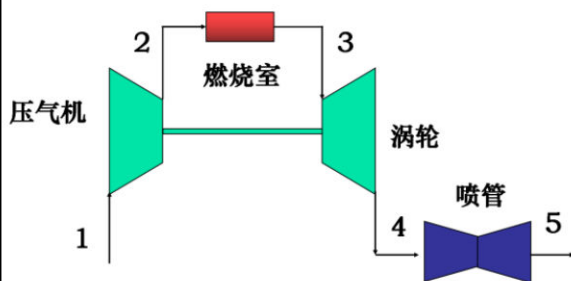
解：

3.4、空气流过渐缩喷管，进口参数 $p_1=1\text{MPa}$, $T_1=800\text{K}$ ，背压 $p_b=0.2\text{MPa}$ ，若喷管出口截面积 $A_2=25\text{cm}^2$ ，进口速度忽略不计。试求：1) 出口流速 2) 喷管流量。

$c_p = 1.004\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ， $R_g = 0.287\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ (10 分)

解：

3.5、某燃气涡轮喷气推进装置，如下图，燃气轮机（**涡轮**）输出功用于驱动压气机。工质的性质与空气近似相同，装置进气压力 90kPa ，温度 290K ，压气机的增压比是 $20:1$ ，气体进入燃气轮机（**涡轮**）时的温度为 1850K ，排出燃气轮机（**涡轮**）的气体进入喷管膨胀到 90kPa ，若空气比热容为 $c_p = 1.005\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、 $c_v = 0.718\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，试求进入喷管时气体的压力及离开喷管时气流的速度。(10 分)



解：

3.1 定压过程

$$W = \int_1^2 p dV = p_1 (V_2 - V_1) = 0.5 \times 10^6 \times (0.8 - 0.4) = 2 \times 10^5 \text{ J}.$$

$$3.2. (1) Q_H = Q_L + W = 1250 \text{ kJ}.$$

$$\oint \frac{\delta Q}{T_r} = \frac{-Q_H}{T_H} + \frac{Q_L}{T_L} = \frac{-1250}{300} + \frac{1000}{250} = -0.167 \text{ kJ/K} < 0$$

∴ 循环可实现, 为不可逆循环.

$$I = T_0 \Delta S = 300 \times 0.167 = 50.1 \text{ kJ}.$$

$$(2) \oint \frac{\delta Q}{T_r} = \frac{-Q_H}{T_H} + \frac{Q_L}{T_L} = \frac{-2400}{300} + \frac{2000}{250} = 0$$

∴ 循环可实现, 为可逆过程.

$$(3) Q_L = Q_H - W = 3000 - 250 = 2750 \text{ kJ}$$

$$\oint \frac{\delta Q}{T_r} = \frac{-Q_H}{T_H} + \frac{Q_L}{T_L} = \frac{-3000}{300} + \frac{2750}{250} = 1 \text{ kJ/K} < 0$$

∴ 循环不能实现.

3.3 (1) 采用二级压缩.

$$\text{最佳: } P_2 = \sqrt{P_1 P_3} = \sqrt{0.1 \times 6} = 0.775 \text{ MPa.}$$

$$T_3 = T_2 \left(\frac{P_3}{P_2} \right)^{\frac{n-1}{n}} = (20+273) \times \left(\frac{6}{0.775} \right)^{\frac{1.25-1}{1.25}} = 441.2 \text{ K.}$$

$$3.4 \quad T_0 = T_1 = 800 \text{ K}$$

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

$$P_{cr} = \text{Var } P_0 = 0.528 \times 1 = 0.528 \text{ MPa} > P_b = 0.2 \text{ MPa}$$

$$\therefore P_2 = P_{cr} = 0.528 \text{ MPa}$$

$$T_2 = T_0 \left(\frac{P_2}{P_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 800 \times \left(\frac{0.528}{1} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} = 666.6 \text{ K}$$

$$\therefore C_{f2} = \sqrt{2C_p(T_0 - T_2)} = \sqrt{2 \times 1004 \times (800 - 666.6)} = 517.6 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{R_g T_2}{P_2} = \frac{287 \times 666.6}{0.528 \times 10^6} = 0.362 \text{ m}^3/\text{kg.}$$

$$\therefore \dot{q}_m = \frac{A_2 C_{f2}}{V_2} = \frac{25 \times 10^{-4} \times 517.6}{0.362} = 3.57 \text{ kg/s}$$

$$3.5 \quad P_1 = 90 \text{ kPa}, T_1 = 290 \text{ K}, P_2 = P_1 = 90 \text{ kPa}$$

$$P_2 = \pi P_1 = 20 \times 90 = 1800 \text{ kPa}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 290 \times \left(\frac{1800}{90} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} = 682.5 \text{ K}$$

$$P_3 = P_2 = 1800 \text{ kPa}, T_3 = 1850 \text{ K}.$$

$$\text{压气机 } w_c = c_p (T_2 - T_1) = 1.005 \times (682.5 - 290) = 394.5 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{涡轮: } w_t = w_c = h_3 - h_4$$

$$\therefore h_4 = h_3 - w_c$$

$$\therefore c_p T_4 = c_p T_3 - w_c$$

$$\therefore T_4 = \frac{c_p T_3 - w_c}{c_p} = T_3 - \frac{w_c}{c_p} = 1850 - \frac{394.5}{1.005} = 1457.5 \text{ K}$$

$$P_4 = P_3 \left(\frac{T_4}{T_3} \right)^{\frac{k}{k-1}} = 1800 \times \left(\frac{1457.5}{1850} \right)^{\frac{1.4}{1.4-1}} = 781.3 \text{ kPa}$$

$$T_5 = T_3 \left(\frac{P_5}{P_3} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 1850 \times \left(\frac{90}{1800} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} = 786.0 \text{ K}$$

$$\therefore C_f = \sqrt{2 c_p (T_4 - T_5)} = \sqrt{2 \times 1005 \times (1457.5 - 786.0)}$$

$$= 1161.8 \text{ m/s}$$