

一、简答题：

(1) 何谓热力系统？主要分为哪几类？依据什么？

答：人为分离出的热力学研究对象。根据其与外界的质量与能量的交换情况，分为闭口系、开口系和孤立系。

(2) 热力过程不可逆现象的本质是什么？

答：过程的不可逆在于有功损失。

(3) 什么叫饱和状态？

答：物质液气两相平衡的状态。

(4) 临界点与三相点之于工质的意义何在？

答：三相点与临界点分别规定了工质液气两相平衡共存区的上下界。

(5) 天气预报中的湿度指的是什么？

答：相对湿度，即大气中的水蒸气压与其同温下的饱和水蒸气压的比 / 用百分比表示。因绝对湿度不能反映空气的潮湿程度。相对湿度反映了降雨、有雾的可能性。在炎热的天气之下，高的相对湿度会让人类（和其他动物）感到更热，因为这妨碍了汗水的挥发。人类可以从而制定出酷热指数。

(6) 压气机采用多级压缩中间冷却的目的何在？

答：使之尽可能趋于定温压缩，以增大散热量，减小耗功、压缩终温和终体积。

(7) 为提高热效率通常采用什么措施来改变热力循环的结构？它们起什么作用？

答：回热与再热。有助于提高吸热平均温度、降低放热平均温度，从而使热效率上升。

(8) 各种动力、制冷（热泵）循环都是由哪几个基本过程组成？请说明理由。

答：都是由吸热、放热、压缩、膨胀过程组成。因不管是动力循环还是制冷（热泵）循环，都是热-功相互转换的循环，视目的不同，都需要将工质压缩到某一个相对高的温度、压力去吸热或放热，以及将工质膨胀到某一个相对低的温度、压力以做功或制冷，故必然都有吸（放）热、膨胀（压缩）过程。

二、计算题:

1. 某小型运动气手枪, 射击前枪管内空气的压力为 250kPa 、温度为 27°C , 体积为 1cm^3 , 被扳机锁住的子弹像活塞封住该压缩空气。击发时, 扣动扳机, 子弹被释放, 由于过程迅速, 可认为空气作绝热膨胀。若子弹离开枪管时枪管内空气压力为 100kPa 、温度为 235K , 求此时空气的体积、击发过程中空气做的功及熵产。已知空气的 $R_g = 0.287\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、 $c_p = 1.005\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。

解: 由于过程中质量不变, 所以

$$m = \frac{p_1 V_1}{R_g T_1} = \frac{250 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-6}}{0.287 \times 10^3 (273.15 + 27)} = 2.90 \times 10^{-6} \text{kg} \quad ; \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad ,$$

$$V_2 = V_1 \frac{p_1}{p_2} \frac{T_2}{T_1} = 1\text{cm}^3 \frac{250}{100} \frac{235}{(273.15 + 27)} = 1.96\text{cm}^3$$

因过程绝热, 有

$$\begin{aligned} W = Q - \Delta U = -\Delta U &= m(c_p - R_g)(T_1 - T_2) \\ &= 2.9 \times 10^{-6} (1.005 - 0.287) \times 10^3 \times (273.15 + 27 - 235) = 0.135\text{J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_g = \Delta S &= m\Delta s = m \left(c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R_g \ln \frac{p_2}{p_1} \right) \\ &= 2.90 \times 10^{-6} \left(1.005 \times 10^3 \ln \frac{235}{300.15} - 0.287 \times 10^3 \ln \frac{100}{250} \right) = 4.95 \times 10^{-5} \text{J/K} \end{aligned}$$

2. 某柴油机排气温度 557°C , 排气压力为 0.1MPa 。废气性质可近似当作空气处理, 比热容取定值, $c_p = 1.005\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。若环境压力为 0.1MPa , 环境温度为 17°C , 试问从 1kg 废气中最多能回收多少功?

解

$$\begin{aligned} w_{\max} = e_x &= (h - T_0 s) - (h_0 - T_0 s_0) = (h - h_0) - T_0 (s - s_0) \\ &= c_p (T - T_0) - T_0 \left(c_p \ln \frac{T}{T_0} - R_g \ln \frac{p}{p_0} \right) = c_p (T - T_0) - T_0 c_p \ln \frac{T}{T_0} \\ &= 1.005(557 - 17) - (273.15 + 17) \left(1.005 \ln \frac{557 + 273.15}{17 + 273.15} \right) = 236.17\text{kJ/kg} \end{aligned}$$

3. 一大型储气罐盛有温度 100°C 、压力 4.90MPa 的氢气。氢气经装设于罐壁上的渐缩喷

管流入背压 $p_b = 3.9\text{MPa}$ 的外界，设喷管的出口截面积 $A_2 = 20\text{mm}^2$ ，已知氢气

$R_g = 4.124\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、 $c_p = 14.32\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，试求：放气开始时，

(1) 氢气外射的速度及流量；

(2) 其他条件不变，氢气直接外射入压力为 0.1MPa 大气时的速度及流量。

解：(1) 先确定出口压力 p_2 。气体在喷管的进口状态近于其在罐内的滞止状态。

因 $p_{cr} = v_{cr} p_0 = 0.528 \times 4.9\text{MPa} = 2.587\text{MPa} < p_b$ ， $p_2 = p_b = 3.9\text{MPa}$ ，

$$\text{于是 } T_2 = T_0 \left(\frac{p_2}{p_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = (100 + 273.15) \times \left(\frac{3.9}{4.9} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} = 349.6\text{K}$$

$$c_{f2} = \sqrt{2(h_0 - h_2)} = \sqrt{2c_p(T_0 - T_2)} = \sqrt{2 \times 14.32 \times 10^3 (373.15 - 349.6)} = 821.4\text{m/s}$$

$$v_2 = \frac{R_g T_2}{p_2} = \frac{4.124 \times 10^3 \times 349.6}{3.9 \times 10^6} = 0.370\text{m}^3/\text{kg}$$

$$\dot{m} = \frac{A_2 c_{f2}}{v_2} = \frac{20 \times 10^{-6} \times 821.4}{0.370} = 0.044\text{kg/s}$$

(2) 因此时 $p_b = 0.1\text{MPa} < p_{cr}$ ， $p_2 = p_{cr} = 2.587\text{MPa}$ ，于是，

$$T_2 = T_0 \left(\frac{p_2}{p_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = (100 + 273.15) \times 0.528^{\frac{1.4-1}{1.4}} = 310.9\text{K}$$

$$c_{f2} = \sqrt{2c_p(T_0 - T_2)} = \sqrt{2 \times 14.32 \times 10^3 (373.15 - 310.9)} = 1335.2\text{m/s}$$

$$v_2 = \frac{R_g T_2}{p_2} = \frac{4.124 \times 10^3 \times 310.9}{2.587 \times 10^6} = 0.496\text{m}^3/\text{kg}$$

$$\dot{m} = \frac{A_2 c_{f2}}{v_2} = \frac{20 \times 10^{-6} \times 1335.2}{0.496} = 0.054\text{kg/s}$$

4. 一冷暖两用空调，输入功率为 1.8 kW ，制冷系数为 3，供暖系数为 4。若欲使室内的温度全年保持在 20°C ，而室内外温度每相差 1°C 的换热率为 0.5 kW ，则允许的室外温度范围应是多少？假如空调为理想的可逆机，输入功率不变，则允许的室外温度范围又是多少？

解：

1. 实际

$$(a) \text{ 夏天, 空调制冷运行时, 制冷系数 } \varepsilon = \frac{\dot{Q}_2}{\dot{W}} = \frac{0.5(t_a - 20)}{1.8} = 3, \quad t_a = 30.8^\circ\text{C}$$

$$(b) \text{ 冬天, 空调热泵运行时, 供暖系数 } \varepsilon' = \frac{\dot{Q}_1}{\dot{W}} = \frac{0.5(20 - t_a)}{1.8} = 4, \quad t_a = 5.6^\circ\text{C}$$

故允许的室外温度范围应 $5.6^\circ\text{C} < t_a < 30.8^\circ\text{C}$ 。

2. 理想

$$(a) \text{ 夏天, 空调制冷运行时, 制冷系数 } \varepsilon = \frac{\dot{Q}_2}{\dot{W}} = \frac{0.5(t_a - 20)}{1.8} = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{273.15 + 20}{t_a - 20}$$

$$t_a = 52.5^\circ\text{C}$$

$$(b) \text{ 冬天, 空调热泵运行时, 供暖系数 } \varepsilon' = \frac{\dot{Q}_1}{\dot{W}} = \frac{0.5(20 - t_a)}{1.8} = \frac{T_H}{T_H - T_L} = \frac{273.15 + 20}{20 - t_a},$$

$$t_a = -12.5^\circ\text{C}$$

故允许的室外温度范围应 $-12.5^\circ\text{C} < t_a < 52.5^\circ\text{C}$ 。