

# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题

考试科目代码及名称：824 工程热力学

要求：答案一律写在考点发放的答题纸上，写在试题上无效。

### 一、简答论述题（共 6 题，30 分，每题 5 分）

1. 经验温标的缺点是什么？为什么？
2. 热力学第一定律的能量方程式是否可写成下列形式？为什么？

$$q = \Delta u + pv$$

$$q_2 - q_1 = (u_2 - u_1) + (w_2 - w_1)$$

3. 氮、氧、氨这样的工质是否和水一样也有饱和状态的概念，也存在临界状态？
4. 当气流速度分别为亚声速和超声速时，下列形状的管道宜于作喷管还是宜于作扩压管？

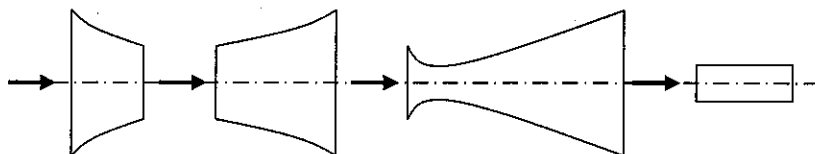


图 1

5. 压气机按定温压缩时，气体对外放出热量，而按绝热压缩时，不向外放热，为什么定温压缩反较绝热压缩更为经济？
6. 利用人工打气筒为车胎打气时用湿布包裹气筒的下部，会发现打气时轻松了一点，工程上压气机气缸常以水冷却或气缸上有肋片，为什么？

### 二、计算应用题（共 120 分）

1. 压气机在 95 kPa、25 °C 的状态下稳定地以 340 m<sup>3</sup>/min 的容积流率吸入空气，进口处的空气流速可以忽略不计；压气机排口处的截面积为 0.025 m<sup>2</sup>，排出的压缩空气的参数为 200 kPa、120 °C。压气机的散热量为 60 kJ/min。已知空气的气体常数  $R_g = 0.287 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，比定热容  $c_v = 0.717 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，求压气机所

# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题

消耗的功率。(20 分)

2. 将 100 kg 温度为 30 °C 的水与 200 kg 温度为 80 °C 的水在绝热容器中混合, 假定容器内壁与水之间也是绝热的, 水的比热容为定值, 取  $c = 4.187 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , 环境温度为 17 °C。求混合过程导致的可用能损失? (20 分)

3. 在高温环境中有一容器, A 侧装有 2 kg 氮气, 压力为 0.07 MPa, 温度为 67°C; B 侧装有 8 kg 氮气, 压力为 0.1 MPa, 温度为 17°C。A 和 B 的壁面均为透热壁面, 它们之间用管道和阀门相连, 见图 1。现打开阀门, 氮气由 B 流向 A。氮气可视为理想气体, 已知气体常数  $R_{g,N_2} = 297 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , 过程中的平均定容比热容  $c_v = 0.742 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , 若压力平衡时容器中气体温度为  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ , 试求: (1) 平衡时终压力  $P_2$ ; (2) 吸热量  $Q$ ; (3) 气体的熵变。(24 分)

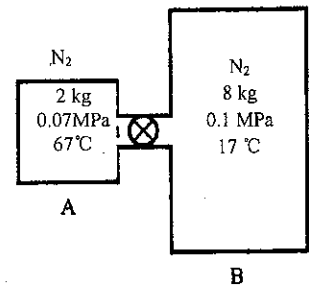


图 2

4. 某燃气  $p_1 = 1 \text{ MPa}$ ,  $t_1 = 1000 \text{ K}$ , 流经渐缩渐扩喷管。已知喷管出口截面上的压力  $p_2 = 0.1 \text{ MPa}$ , 进口流速  $c_1 = 200 \text{ m/s}$ , 喷管效率  $\eta = 0.95$ , 燃气的质量流量  $\dot{m} = 50 \text{ kg/s}$ , 燃气的比热  $k = 1.36$ , 定压质量比热  $c_p = 1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。求喷管的喉部截面积和出口截面积。(25 分)

5. 下述说法是否有错误: (1) 不可逆过程的熵变  $\Delta S$  无法计算; (2) 如果从同一初始态到同一终态有两条途径, 一为可逆, 另一为不可逆, 则  $\Delta S_{\text{不可逆}} > \Delta S_{\text{可逆}}$ ,  $\Delta S_f, \text{不可逆} > \Delta S_f, \text{可逆}$ ,  $\Delta S_g, \text{不可逆} > \Delta S_g, \text{可逆}$ ; (3) 不可逆绝热膨胀终态熵大于初态熵  $S_2 > S_1$ , 不可逆绝热压缩终态熵小于初态熵  $S_2 < S_1$ ;

(4) 工质经过不可逆循环  $\oint ds > 0$ ,  $\oint \frac{\delta q}{T_r} < 0$ 。(16 分)

6. 热泵利用井水作为热源, 将 20°C 的空气  $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$  加热到 30°C, 使用氟利昂 R134a 为致冷剂, 已知蒸发温度为 5°C, 冷凝温度为 35°C, 空气的定压容积比热为  $c_p = 1.256 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$ , 井水的温度降低 7°C, 试求理论上必需的井水量、压缩机功率和压缩机的压气量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )。(15 分)

查表得压力和焓分别为:  $h_1 = 400 \text{ kJ/kg}$ ,  $h_2 = 420 \text{ kJ/kg}$ ,  $h_3 = 250 \text{ kJ/kg}$

# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题(B)参考答案

考试科目代码及名称：824 工程热力学

要求：答案一律写在考点发放的答题纸上，写在试题上无效。

### 一、简答论述题（30 分，每题 5 分）

1. 经验温标的缺点是什么？为什么？

答：不同测温物质的测温结果有较大的误差，因为测温结果依赖于测温物质的性质。

2. 热力学第一定律的能量方程式是否可写成下列形式？为什么？

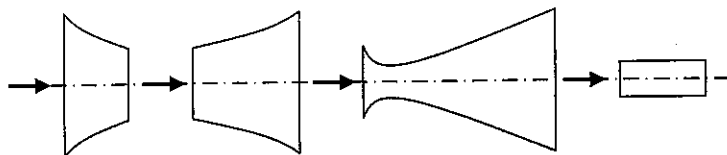
$$q = \Delta u + pv$$
$$q_2 - q_1 = (u_2 - u_1) + (w_2 - w_1)$$

答：热力学第一定律能量方程式不可以写成题中所述的形式。对于  $q = \Delta u + pv$  只有在特殊情况下，功  $w$  可以写成  $pv$ 。热力学第一定律是一个针对任何情况的定律，不具有  $w = pv$  这样一个必需条件。公式  $q_2 - q_1 = (u_2 - u_1) + (w_2 - w_1)$ ，功和热量不是状态参数所以不能写成该式的形式。

3. 氮、氧、氨这样的工质是否和水一样也有饱和状态的概念，也存在临界状态？

答：是的。几乎所有的纯物质（非混合物）都有饱和状态的概念，也存在临界状态。此外的物质性质更为复杂。

4. 当气流速度分别为亚声速和超声速时，下列形状的管道宜于作喷管还是宜于作扩压管？



答：亚声速时

喷管

扩压管

喷管

都不适合

# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题(B)参考答案

超声速时

扩压管

喷管

扩压管

都不合适

5. 压气机按定温压缩时, 气体对外放出热量, 而按绝热压缩时, 不向外放热, 为什么定温压缩反较绝热压缩更为经济?

答: 压气机耗功中有意义的部分是技术功, 不考虑宏观动能和势能的变化, 就是轴上输入的功(由设备直接加诸气体的机械功), 而同样进出口压力定温过程消耗的技术功比绝热过程少, 绝热过程消耗的技术功有一部分用于提高气体温度。

6. 利用人工打气筒为车胎打气时用湿布包裹气筒的下部, 会发现打气时轻松了一点, 工程上压气机气缸常以水冷却或气缸上有肋片, 为什么?

答: 湿布使打气筒散热增强, 气缸水冷或加装肋片也是为了增强散热, 从而使压缩过程离开绝热靠近定温, 压缩耗功减少。

### 二、计算应用题(共 120 分)

1. 压气机在 95 kPa、25 °C 的状态下稳定地以 340 m<sup>3</sup>/min 的容积流率吸入空气, 进口处的空气流速可以忽略不计; 压气机排口处的截面积为 0.025 m<sup>2</sup>, 排出的压缩空气的参数为 200 kPa、120 °C。压气机的散热量为 60 kJ/min。已知空气的气体常数  $R_g=0.287 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , 比定热容  $c_v=0.717 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , 求压气机所消耗的功率。(20 分)

解:

以压气机中空气为研究对象, 其稳定工况的能量方程为

$$\dot{Q} - \dot{W}_{sh} + (h_1 + \frac{c_1^2}{2} + gz_1) \dot{m} - (h_2 + \frac{c_2^2}{2} + gz_2) \dot{m} = 0$$

$$\text{即 } \dot{W}_{sh} = \dot{Q} + (h_1 + \frac{c_1^2}{2} + gz_1) \dot{m} - (h_2 + \frac{c_2^2}{2} + gz_2) \dot{m} \quad (\text{a})$$

$$\text{其中: } \dot{Q} = -\frac{60 \times 10^3}{60} = -1000 (\text{J}/\text{s})$$

# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题(B)参考答案

$$\dot{m} = \frac{p_1 \dot{V}}{R_g T_1} = \frac{95 \times 10^3}{287 \times (273 + 25)} \times \frac{340}{60} = 6.2944 (\text{kg/s})$$

$$c_1 \approx 0 \text{ m/s}$$

$$\Delta z = 0 \text{ m}$$

$$c_2 = \frac{\dot{m}}{\rho_2 A_2} = \frac{m R_g T_2}{p_2 A_2} = \frac{6.2944 \times 287 \times (273 + 120)}{200 \times 10^3 \times 0.025} = 141.99 (\text{m/s})$$

$$\Delta h = h_2 - h_1 = c_p \Delta T = (273 + 717) \times (120 - 25) = 95380.0 (\text{J/s})$$

将以上数据代入式 (a), 可得压气机所消耗的功率为:

$$\dot{W}_{sh} = -1000 + 6.2944 \times (-95380.0 - \frac{141.99^2}{2}) = -6.648 \times 10^5 (\text{J/s})$$

2. 将 100 kg 温度为 30 °C 的水与 200 kg 温度为 80 °C 的水在绝热容器中混合, 假定容器内壁与水之间也是绝热的, 且水的比热容为定值, 取  $c = 4.187 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , 环境温度为 17 °C。求混合过程导致的可用能损失? (20 分)

解: 以绝热熔器内水为研究对象, 由其能量方程可得

$$m_1 c T_1 + m_2 c T_2 = (m_1 + m_2) c T$$

$$\text{可得 } T = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} = \frac{100 \times 303 + 200 \times 353}{100 + 200} = 336.33 \text{ K}$$

水的混合过程的熵变为  $\Delta S = S_f + S_g$

由于绝热  $S_f = 0$

$$S_g = \Delta S = m_1 c \ln \frac{T}{T_1} + m_2 c \ln \frac{T}{T_2} = 100 \times 4.187 \ln \frac{336.33}{303} + 200 \times 4.187 \ln \frac{336.33}{353} = 3.186 (\text{kJ/K})$$

混合过程的做功能力的损失为:  $I = T_0 S_g = 290 \times 3.186 = 923.94 (\text{kJ})$

3. 在高温环境中有一容器, A 侧装有 2 kg 氮气, 压力为 0.07 MPa, 温度为 67 °C; B 侧装有 8 kg 氮气, 压力为 0.1 MPa, 温度为 17 °C,。A 和 B 的壁面均为透热壁面, 它们之间用管道和阀门相连, 见图 1。现打开阀门, 氮气由 B 流向 A。氮气可视为理想气体, 已知气体常数  $R_{g,N_2} = 297 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , 过程中的平均定容比热容  $C_v = 0.742 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , 若压力平衡时容器中气体温度为  $t_2 = 40 \text{ °C}$ , 试求: (1) 平衡时终压

# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题(B)参考答案

力  $P_2$ ; (2)吸热量  $Q$ ; (3)气体的熵变。(25 分)

解: (1)容器 A 和 B 的容积分别为

$$V_A = \frac{m_A R_g T_{A1}}{P_{A1}} = \frac{2 \times 297 \times 340}{0.07 \times 10^6} = 2.8851 \text{ m}^3$$

$$V_B = \frac{m_B R_g T_{B1}}{P_{B1}} = \frac{8 \times 297 \times 290}{0.1 \times 10^6} = 6.8904 \text{ m}^3 \quad (6 \text{ 分})$$

取 A+B 中的气体为系统 (CM),

$$m = m_A + m_B = 2 + 8 = 10 \text{ kg}$$

$$V = V_A + V_B = 2.8851 + 6.8904 = 9.7755 \text{ m}^3 \quad (4 \text{ 分})$$

终态时的气体压力

$$P_2 = \frac{m R_g T_2}{V} = \frac{10 \times 297 \times 313}{9.7755} = 0.0951 \text{ MPa} \quad (3 \text{ 分})$$

(2)按题给, 系统不对外做功, 有

$$\begin{aligned} Q = \Delta U &= m c_v T_2 - c_v (m_A T_{A1} + m_B T_{B1}) \\ &= 10 \times 0.742 \times 313 - 0.742 \times (2 \times 340 + 8 \times 290) \\ &= 2322.46 - 2226 = 96.46 \text{ kJ} \end{aligned} \quad (6 \text{ 分})$$

(3)原在 A 中的氮气熵变 (2 分)

$$\Delta S_A = m_A \left( c_p \ln \frac{T_2}{T_A} - R_g \ln \frac{P_2}{P_A} \right) = 2 \times \left( 1.039 \ln \frac{273+40}{273+67} - 0.297 \ln \frac{0.0951}{0.07} \right) = -0.3540 \text{ kJ/K}$$

原在 B 中的氮气熵变 (2 分)

$$\Delta S_B = m_B \left( c_p \ln \frac{T_2}{T_B} - R_g \ln \frac{P_2}{P_B} \right) = 8 \times \left( 1.039 \ln \frac{273+40}{273+17} - 0.297 \ln \frac{0.0951}{0.1} \right) = 0.7538 \text{ kJ/K}$$

全部氮气的熵变

$$\Delta S = \Delta S_A + \Delta S_B = -0.3540 + 0.7538 = 0.3998 \text{ kJ/K} \quad (2 \text{ 分})$$

4. 某燃气  $p_1 = 1 \text{ MPa}$ ,  $t_1 = 1000 \text{ K}$ , 流经渐缩渐扩喷管。已知喷管出口截面上的压力  $p_2 = 0.1 \text{ MPa}$ , 进口流速  $c_1 = 200 \text{ m/s}$ , 喷管效率  $\eta = 0.95$ , 燃气的质量流量  $50 \text{ kg/s}$ , 燃气的比热  $k = 1.36$ , 定压质量比热  $C_p = 1 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ 。求喷管的喉部截面积和出口截面积。(24 分)?

# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题(B)参考答案

解：进口流速  $c_1 = 200 \text{ m/s}$

$$\frac{c_1^2}{2} = 20 \text{ kJ/kg} \text{ 远小于燃气的进口焓 } c_p T_1 = 1000 \text{ kJ/kg}$$

忽略。

出口流速：

$$\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = 0.5436 \quad T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = 543.6 \text{ K}$$

$$c_2 = 44.72 \sqrt{c_p (T_1 - T_2)} = 955 \text{ m/s} \quad c_2' = \sqrt{\eta} c_2 = 931 \text{ m/s}$$

$$T_2' = T_1 - \eta(T_1 - T_2) = 566 \text{ K} \quad v_2' = \frac{RT_2'}{P_2} = 1.5 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{出口截面积 } f = \frac{mv_2'}{c_2} = 805 \text{ cm}^2$$

(2) 喉部流速：

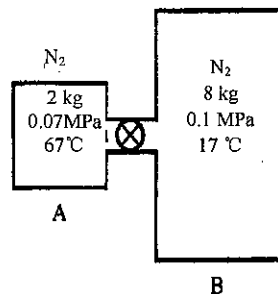
$$p_c = \beta p_1 = 0.535 \text{ MPa} \quad T_c = T_1 \beta^{\frac{k-1}{k}} = 847.4 \text{ K} \quad c_c = \sqrt{kRT_c} = 552 \text{ m/s}$$

$$v_c = \frac{RT_c}{P_c} = 0.4193 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{喉部截面积 } f = \frac{mv_c}{c_c} = 380 \text{ cm}^2$$

5. 下述说法是否有错误：(1) 不可逆过程的熵变  $\Delta S$  无法计算；(2) 如果从同一初始态到同一终态有两条途径，一为可逆，另一为不可逆，则  $\Delta S_{\text{不可逆}} > \Delta S_{\text{可逆}}$ ， $\Delta S_f$ ，不可逆  $>$   $\Delta S_f$ ，可逆， $\Delta S_g$ ，不可逆  $>$   $\Delta S_g$ ，可逆；(3) 不可逆绝热膨胀终态熵大于初态熵  $S_2 > S_1$ ，不可逆绝热压缩终态熵小于初态熵  $S_2 < S_1$ ；(4) 工质经过不可逆循

$$\text{环 } \oint ds > 0, \quad \oint \frac{\delta q}{T_r} < 0 \quad . (16 \text{ 分})$$



# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题(B)参考答案

答：(1) 错。熵是状态参数，只要能够确定起迄点，就可以确定熵变 $\Delta S$ 。(2) 错。应为 $\Delta S_{\text{不可逆}} > \Delta S_{\text{可逆}}$ 、 $S_f$ ，不可逆 $< S_f$ ，可逆、 $S_g$ ，不可逆 $> S_g$ ，可逆。因为熵是状态参数，同一初始状态和同一终了状态之间的熵差保持同一数值，与路径无关。(3) 错。不可逆绝热压缩过程的终态熵也大于初态熵， $S_2 > S_1$ 。(4) 错。 $\oint ds = 0$ ，因为熵是状态参数。

6. 热泵利用井水作为热源，将  $20^\circ\text{C}$  的空气  $8 \times 10^4 \text{m}^3/\text{h}$  加热到  $30^\circ\text{C}$ ，使用氟利昂 R134a 为致冷剂，已知蒸发温度为  $5^\circ\text{C}$ ，冷凝温度为  $35^\circ\text{C}$ ，空气的定压容积比热为  $c_p = 1.256 \text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$ ，井水的温度降低  $7^\circ\text{C}$ ，试求理论上必需的井水量、压缩机功率和压缩机的压气量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )。(15 分) 查表得压力和焓分别为： $h_1 = 400 \text{kJ/kg}$ ， $h_2 = 420 \text{kJ/kg}$ ， $h_3 = 250 \text{kJ/kg}$

解：查表得压力和焓分别为： $h_1 = 400 \text{kJ/kg}$ ， $h_2 = 420 \text{kJ/kg}$ ， $h_3 = 250 \text{kJ/kg}$

制热量： $q_1 = h_2 - h_3 = 170 \text{kJ/kg}$

吸热量： $q_2 = h_1 - h_3 = 150 \text{kJ/kg}$

压缩功： $w = h_2 - h_1 = 20 \text{kJ/kg}$

加热空气额热量： $Q = m_a c_p \Delta t = 80000 \times 1.256 \times 10 = 1 \times 10^6 \text{kJ/h}$

致冷剂流量： $m = \frac{Q}{q_1} = 5.88 \times 10^3 \text{kg/h}$

必需的井水量： $m_w = m q_2 / (4.18 \times 7) = 30143 \text{kg/h}$

压缩机功率： $P = m w = 32.6 \text{kW}$

氟利昂 R134a 在  $35^\circ\text{C}$  时比容为  $0.018 \text{m}^3/\text{kg}$

压缩机的压气量： $5.88 \times 10^3 / 0.018 = 3.27 \times 10^5 \text{m}^3/\text{h}$