

参考答案

本试卷适用范围
机制 14 级
补考、缓考

南京农业大学试题纸

2015-2016 学年 第 1 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

一、选择题：（每题 2 分，共计 20 分）

- 1、供热系数 ε' 应该是 (A)
(A) 大于 1 (B) 等于 1 (C) 小于 1
- 2、下列过程中属可逆过程的是 (B)
(A) 自由膨胀过程 (B) 等温传热过程 (C) 有摩擦的热力过程
- 3、气体在某一热力过程中吸热 50kJ，同时热力学能增加 90kJ，则过程为 (A)
(A) 压缩过程 (B) 膨胀过程 (C) 体积保持不变
- 4、关于卡诺循环的热效率，下列说法中正确的是 (C)
(A) 可以大于 1 (B) 可以等于 1 (C) 只能小于 1
- 5、不可逆损失来源于 (C)
(A) 运动摩擦 (B) 不等温传热 (C) 任何耗散效应
- 6、在一可逆过程中，工质吸热说明该过程一定是 (A)
(A) 熵增过程 (B) 熵减过程 (C) 定熵过程
- 7、在 $p-v$ 图上，任意一个正向循环其 (A)
(A) 系统对外做功大于外界对系统做功
(B) 系统对外做功等于外界对系统做功
(C) 系统对外做功小于外界对系统做功
(D) 系统对外做功和外界对系统做功关系不定
- 8、系统与外界发生能量传递时，功和热量是 (A)
(A) 过程量 (B) 强度量 (C) 广延量 (D) 状态参数
- 9、若已知工质的绝对压力 $P=0.08\text{MPa}$ ，大气压力 $P=0.1\text{MPa}$ ，则测得压差为 (A)
(A) 真空度 0.02MPa (B) 表压力 0.02MPa
(C) 真空度 0.18MPa (D) 表压力 0.18MPa
- 10、孤立系统与外界没有 (D) 交换。
(A) 热量与功 (B) 热量 (C) 物质 (D) 物质与能量

1/6

二、是非判断题：（每题1分，共计10分）

- 1、不可逆过程中工质熵的变化量无法计算。（☒ X）
- 2、系统对外作功后，其储存能量必定减少。（☒ X）
- 3、通用气体常数 R 对实际气体和理想气体都是一个不变的常数。（☒ X）。
- 4、平衡状态是指在没有外界作用的条件下，热力系统宏观性质不随时间变化的状态。（☒ V）
- 5、可逆过程是不存在任何能量损耗的理想过程。（☒ V）
- 6、绝对压力、表压力和真空度都可以作为状态参数。（☒ X）
- 7、可逆循环的热效率必大于不可逆循环的热效率。（☒ X）
- 8、一台热机工作在 $T_1=900\text{K}$ 和 $T_2=300\text{K}$ 的两个恒温热源之间，热机从高温热源吸热 1000kJ ，向冷源放热 300kJ ，则该热机是不可能实现的。（☒ V）
- 9、使系统熵增加的过程一定是不可逆过程。（☒ X）
- 10、热力过程中，工质向外界放热，其温度不一定降低。（☒ V）

三、填空题：（每空2分，共计10分）

- 1、某多变过程满足膨胀、降温、吸热，则多变指数 n 数值应满足 $1 < n < k$ 。
- 2、一定量空气经一热力过程后热力学能增加 67kJ ，并消耗外功 257kJ ，则此过程为 放热 过程。（填“吸热”或“放热”）
- 3、一卡诺热机（可逆），低温热源温度为 27°C ，热机热效率为 40% ，则其高温热源温度为 500 K 。今欲将该热机热效率提高到 50% ，若低温热源温度保持不变，则高温热源温度应增加 100 K 。
- 4、点燃式内燃机的压缩比 $\epsilon = 5-10$ ，而压燃式内燃机的压缩比 $\epsilon = 14-20$ ，其原因为 点燃式内燃机吸入的是空气和燃料的混合物， ϵ 大会爆燃；而压燃机吸入的是空气，不存在爆燃。

四、简答题：（共计20分）

- 1、比较循环热效率公式 $\eta_i = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$ 与 $\eta_i = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ 的使用条件。（5分）

答：前者适用于任意热机循环；

后者适用于两个恒温热源间工作的一切可逆循环（包括卡诺循环）。

- 2、简要说明体积功、流动功、轴功和技术功四者之间有何联系和区别？如何在 $p-v$ 图上表示体积功和技术功的大小？（5分）

答：体积功 W 是工质体积变化所产生的功，是基本功，是做功的根源。
 流动功 (oPv) 是工质在流动过程中所传递的功；轴功 W_s 是从机器轴端输出的有用功；技术功 W_t 是轴功和流动工质宏观动能、位能的代数和，它是工程上可以直接利用的功。

$$W = oPv + W_t; \quad W_t = \frac{1}{2}\Delta C^2 + g\Delta z + W_s.$$

$p-v$ 图上过程线和横坐标包围面积为体积功，过程线与纵坐标包围面积为技术功。

- 3、理想气体的绝热自由膨胀过程中系统与外界没有交换热量，为什么熵增大？（5分）

答： $\Delta S = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R_g \ln \frac{V_2}{V_1}.$

对绝热自由膨胀， $Q=0, W=0, \therefore \Delta U = Q - W = 0.$

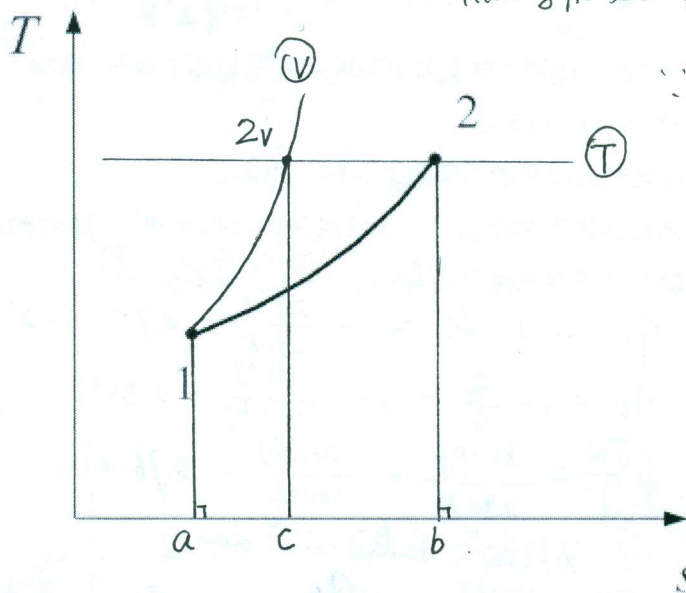
$$\therefore \Delta T = 0, \text{ 即 } T_2 = T_1. \quad \text{而 } V_2 > V_1 \text{ 即 } \frac{V_2}{V_1} > 1$$

$$\therefore \Delta S = R_g \ln \frac{V_2}{V_1} > 0 \quad \text{即熵增大.}$$

- 4、如图所示 $T-s$ 图上理想气体任意可逆过程 1-2 的热量如何表示？热力学能变化量如何表示？（5分）

答：热量为面积 1-a-b-2-1.

热力学能变化量为面积 1-a-c-2v-1.



$$\therefore Q = \int T ds.$$

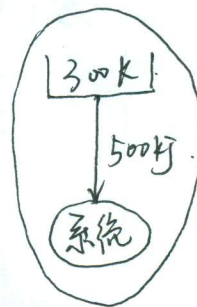
$$\Delta U = C_v dT = Q_v$$

五、计算题：（共计 40 分）

- 1、闭口系统从温度为 300K 的热源吸取 500kJ，系统熵变 2.2kJ/K，问这一过程能否实现，为什么？（6 分）

解：取热源、系统、外部环境一起作为孤立系。（2'）

$$\begin{aligned}\Delta S_{\text{孤}} &= \Delta S_{\text{热源}} + \Delta S_{\text{系统}} \quad (3') \\ &= \frac{-500 \text{ kJ}}{300 \text{ K}} + 2.2 \text{ kJ/K} = 0.153 \text{ kJ/K} > 0.\end{aligned}$$



∴ 根据孤立系熵增原理，此过程是可以实现的。（1'）

- 2、对一定量的某种气体加热 100kJ，使之由状态 1 沿途经 a 变至状态 2，同时对外做功 60kJ。若外界对该气体做功 40kJ，迫使它从状态 2 沿途经 b 返回至状态 1。问返回过程中工质需吸热还是向外放热？其量是多少？（8 分）

解：\$Q_{1a2} = 100 \text{ kJ}\$, \$W_{1a2} = 60 \text{ kJ}\$。（1'）

$$\therefore \Delta U_{1a2} = Q_{1a2} - W_{1a2} = 40 \text{ kJ} \quad (2')$$

$$\Delta U_{2b1} = \Delta U_{2a1} = -\Delta U_{1a2} = -40 \text{ kJ}, \quad W_{2b1} = -40 \text{ kJ} \quad (2')$$

$$\therefore Q_{2b1} = \Delta U_{2b1} + W_{2b1} = -80 \text{ kJ} \quad \text{放热} \quad (1')$$

- 3、欲设计一热机，使其从温度为 1000K 的高温热源中吸热 2000kJ，向温度为 290K 的低温热源放热 783kJ。（13 分）

（1）试问此热机循环能否实现？说明理由。

（2）若把此热机当制冷机用，从低温热源吸热 800kJ，能否向高温热源放热 2000kJ？

欲使之从低温热源吸热 800kJ，至少需耗多少功？

解：（1）\$\eta_{t,c} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{290 \text{ K}}{1000 \text{ K}} = 0.71\$（2'）

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{783 \text{ kJ}}{2000 \text{ kJ}} = 0.6085 < \eta_{t,c} \quad \therefore \text{可以实现} \quad (1')$$

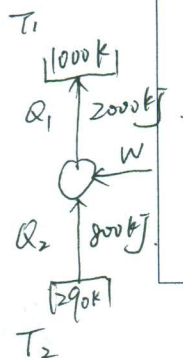
$$(2) \quad \oint \frac{\delta Q}{T} = \frac{800 \text{ kJ}}{290 \text{ K}} + \frac{-2000 \text{ kJ}}{1000 \text{ K}} = 0.76 \text{ kJ/K} > 0 \quad \therefore \text{不可实现} \quad (1')$$

∴ 不能向高温热源放热 2000kJ。（3'）

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = \frac{800 \text{ kJ}}{290 \text{ K}} + \frac{-Q_1}{1000 \text{ K}} \leq 0 \Rightarrow Q_1 \geq 2758.6 \text{ kJ} \quad (3')$$

$$\therefore W = Q_1 - Q_2 \geq 1958.6 \text{ kJ}.$$

即至少需耗功 1958.6 kJ。（1'）



4/6

4、空气由初态压力为0.1MPa，温度20℃，经2级压缩机压缩后，压力提高到2MPa。若空气进入各级气缸的温度相同，且各级压缩过程的多变指数均为1.2，求最佳的中间压力为多少？求生产1kg质量的压缩空气所消耗的理论功？并求各级气缸的排气温度为多少？（13分）

解： $p_1 = 0.1 \text{ MPa}$, $p_2 = 2 \text{ MPa}$.
 $p_x = \sqrt{p_1 p_2} = 0.4472 \text{ MPa}$ (3')
 $T_2' = T_1 = 293.15 \text{ K}$ (1')
 $\frac{T_1'}{T_1} = \left(\frac{p_x}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}$ (1')
 $\frac{T_2}{T_2'} = \left(\frac{p_2}{p_x}\right)^{\frac{n-1}{n}}$ (1')
 $n = 1.2$
 $\therefore T_2 = T_1' = 376.28 \text{ K}$ (2')
 $W_{c,n} = \frac{n}{n-1} R_g T_1 \left[2 - \left(\frac{p_x}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - \left(\frac{p_2}{p_x}\right)^{\frac{n-1}{n}} \right]$ (3')
 $= 2 \times \frac{n}{n-1} R_g T_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{2n}} \right]$
 $= 286.3 \text{ kJ/kg}$ (2').

或： $W_{c,n} = W_{t1} + W_{t2} = n W_1 + n W_2$
 $= n \frac{R_g}{n-1} (T_1' - T_1) + n \frac{R_g}{n-1} (T_2 - T_2')$
 $= 286.3 \text{ kJ/kg}$
 (空气 $R_g = 0.287 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$).

教研室主任 _____

出卷人 力学与材料教研室

5/6

已知下列公式（不一定都用上）：

$$Q = \Delta U + W \quad \delta q = du + p dv \quad Q = \Delta H + W_t \quad \delta q = dh - v dp \quad \eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

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

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

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

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

$$c \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{c \Big|_0^{t_2} t_2 - c \Big|_0^{t_1} t_1}{t_2 - t_1}$$

多变过程： $Pv^n = C$

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

$$w = \frac{p_1 v_1 - p_2 v_2}{\gamma - 1} = \frac{R_g}{\gamma - 1} (T_1 - T_2) \quad w_t = \gamma w$$

$$\text{等容过程：} \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} \quad w = 0 \quad w_t = v(p_2 - p_1) \quad q = c_v(T_2 - T_1)$$

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

$$\text{等温过程：} \frac{p_2}{p_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad w = w_t = q = p_1 v_1 \ln \frac{v_2}{v_1}$$

$$\Delta S_{\text{孤立系}} \geq 0$$

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

6/6