

For personal use only in study and research;
not for commercial use

习题及部分解答

第一篇工程热力学

第一章基本概念

1. 指出下列各物理量中哪些是状态量，哪些是过程量：

答：压力，温度，位能，热能，热量，功量，密度。

2. 指出下列物理量中哪些是强度量：答：体积，速度，比体积，位能，热能，热量，功量，密度。

3. 用水银差压计测量容器中气体的压力，为防止有毒的水银蒸汽产生，在水银柱上加一段水。若水柱高 200mm，水银柱高 800mm，如图 2-26 所示。已知大气压力为 735mm Hg，试求容器中气体的绝对压力为多少 kPa？解：根据压力单位换算

4. 锅炉烟道中的烟气常用上部开口的斜管测量，如图 2-27 所示。若已知斜管倾角 $\gamma = 30^\circ$ ，压力计中使用 $\rho = 0.8 \text{g/cm}^3$ 的煤油，斜管液体长度 $L = 200 \text{mm}$ ，当地大气压力 $p_a = 0.1 \text{MPa}$ ，求烟气的绝对压力

（用 MPa 表示）解：

5. 一容器被刚性壁分成两部分，并在各部装有测压表计，如图 2-28 所示，其中 C 为压力表，读数为 110kPa，B 为真空表，读数为 45kPa。若当地大气压 $p_b = 97 \text{kPa}$ ，求压力表 A 的读数（用 kPa 表示）

$$P_{gA} = 155 \text{kPa}$$

6• 试述按下列三种方式去系统时，系统与外界见换的能量形式是什么。

- (1) .取水为系统；
- (2) .取电阻丝、容器和水为系统；
- (3) .取图中虚线内空间为系统。

答案略。

7• 某电厂汽轮机进出处的蒸汽用压力表测量，起读数为 13.4MPa ；冷 凝器内的蒸汽压力用真空表测量，其读数为 706mmHg 。若大气压力 为

0.098MPa ， 试求汽轮机进出处和冷凝器内的蒸汽的绝对压力（用

MPa 表示） $p_1 = 0.0241 \text{ MPa}$ $p_2 = 0.0033 \text{ MPa}$

8. 测得容器的真空度 $p_v/550\text{mmHg}$ ，大气压力 0.098MPa ， 求容器内的绝对压力。若大气压变为 $P_b = 0.102\text{MPa}$ ， 求此时真空表上的读

数为多少 mmMPa ？

$p_v = 0.0247\text{MPa}$, $p_1 = 579.8\text{MPa}$

9. 如果气压计压力为 83kPa ， 试完成以下计算：

- (1) .绝对压力为 0.1MPa 时的表压力；
- (2) .真空计上的读数为 70kPa 时气体的绝对压力；
- (3) .绝对压力为 50kPa 时的相应真空度（kPa）；
- (4) .表压力为 0.25MPa 时的绝对压力（kPa）。

(1) . $P_g = 17\text{kPa}$ ；

(2) . $p_v = 13\text{kPa}$ ；

(3) . $p_v = 33\text{kPa}$ ；

(4) . $p = 333\text{kPa}$ 。

10. 摄氏温标取水在标准大气压下的冰点和沸点分别为 0°C 和 100°C ，而华氏温标则相应地取为 32°F 和 212°F 下。试导出华氏温度和摄氏温度之间的换算关系，并求出绝对零度所对应的华氏温度。

将水在标准大气压下的冰点值 32°F 和 0°C ，以及沸点值 212°F 和 100°C 代入，得

解该二元一次方程组，得： $A=1.8$ ， $B=32$ 。

从而有 $t_{\text{F}} = 1.8t_{\text{C}} + 32$

当 $t_{\text{C}} = -273.15^{\circ}\text{C}$ 时，有

11. 气体进行可逆过程，满足 $pV = C$ (C 为常数)，试导出该气体从状态 1 变化到状态 2 时膨胀功的表达式，并在 p - V 图上定性画出过程线、示出膨胀功。

答案：略

12. 某气体的状态方程为 $pV = R_g T$ ，试导出：

- (1) . 定稳下气体 p, v 之间的关系；
- (2) . 定压下气体 v, T 之间的关系；
- (3) . 定容下气体 p, T 之间的关系。

答案：(1). 匹二也；(2) 工二空；(3). 匹二上。

$$\frac{P_1 V_2}{P_1 V_1} = \frac{V_1 T_1}{V_1 T_1} = \frac{P_1 T_1}{P_1 T_1}$$

第二章热力学第一定律

1. 一蒸汽动力厂，锅炉的蒸汽产量为 $q = 180 \times 10^4 \text{kg/h}$ ，输出功率为

$P = 55000 \text{kW}$ ，全厂耗煤 $q_{m,c} = 19.5 \text{t/h}$ 煤的发热量为 $q^{\wedge} 3^{\wedge} 10^3 \text{kJ/kg}$ 。

不得用于商业用途

蒸汽在锅炉中吸热量 $q=2680\text{kJ/kg}$ 。试求：

(1) . 该动力厂的热效率 η_t ;

(2) . 锅炉的效率 η_B (蒸汽总吸热量煤的总发热量)

$$\text{热效率} = \frac{55000}{1.34 \times 10^5} = 41\%$$

解: (1). 锅炉中蒸汽吸热量

(2) . 锅炉效率

2. 系统经一热力过程, 放热 8kJ 对外做功 26kJ 。为使其返回原状态, 对系统加热 6kJ , 问需对系统做功多少?

解: 由 $Q = W$ 得

对于返回初态的过程

故需对系统做功 28kJ 。

3. 气体在某一过程只能感吸收了 54kJ 的热量, 同时热力学能增加了

94kJ 。此过程是膨胀过程还是压缩过程? 系统与外界交换的功是多少?

答案: 此过程为压缩过程; 此过程中系统与外界交换的功是

-40kJ

4. 1kg 空气由 $p_1 = 5\text{MPa}, t_1 = 0.5\text{MPa}$ 膨胀至 $p_2 = 0.5\text{MPa}, t_2 = 500\text{C}$, 得到热量 506kJ , 对外做膨胀功 506kJ 。接着又从终态被压缩到初态, 热出热量 390kJ ,

试求:

(1) . [膨胀过程空气热力学能的增量;

(2) . 压缩过空气热力学能的增量;

(3) . 压缩过程外界消耗的功。

答案：(1) . $U = 0$ ； (2) . $= 0$ ； (3) . $W = -390\text{kJ}$ 。

表中括号

内的数为

答案。

6. 如图所

闭系统沿

径由状态

吸入

90kj

40kj

统从 a 经

对外做功

5• 闭口系统中实施以下过程，试填补表中的空缺数据。

吸收热量是多少？

(2) . 系统由 b 经曲线所示过程返回 a, 若外界对系统左贡 23kj,

吸收热量为多少？

示, 某封

(3) . 设 $U_{adb} = 5kj, U_d = 45kj$; 那么过程 a-d 和 d-b 中系统吸 c 收

热量各为多少？

a 变化到

答案 (1) $Q_{db} = 60kj$; (2) $Q_a = 73kj$;

热 量

(2). $Q_{ad} = 50kj$; (4). $Q_{db} = 10kj$ 。

外做功

7• 容积为 $1m^3$ 的绝热封闭的气缸中装有完全不可压缩的流体, 如图 2-31

所示。试问:

:

(1). 系

d 至 b, 若

过 程 序 号						
1	25	-12			-9	
2	-8				58	-16
3		17	⁻¹ ₃	(8		21
4	18		⁻¹ ₁		7	
1	25	-12		(-46)	-9	(37)
2	-8			(8)	(74)	58
3	(38)	17		-13	(8)	21
4	18	-11		(-22)	7	(29)

10kj, 则

(1) • 活塞是否对流体做功?

(2) . 通过对活塞加压, 把流体压力从 $p_1=0.2\text{MPa}$ 提高到 $p_2=3\text{MPa}$, 热力学能变化多少? 焓变化多少?

答案 (1) $W=0$; (2) . : $U=0$, : $H=2.8 \times 10^5\text{kJ}$

8• 一质量为 4500kg 的汽车沿坡度为 15° 的山坡下行, 车速为 30m/s 。在距山脚 100m 处开始刹车, 且在山脚处刚好刹住。若不计其它力, 求因刹车而产生的热量。

$Q=2.04 \times 10^5\text{kJ}$

9. 某蒸汽动力装置, 蒸汽流量为 40t/h , 汽轮机进出口处压力表读数为 9MPa , 进口比为 3440kJ/kg , 汽轮机出口比焓为 2240kJ/kg , 真空表读数为 95.06kPa , 当时当地大气压力为 98.66kPa , 汽轮机对环境放热为 _____。
试求:

(1) . 汽轮机进出口蒸汽的绝压各为多少?

(2) . 单位质量蒸汽经汽轮机对外输出功为多少?

(3) . 汽轮机的功率为多少?

答案 (1) .

(2) . $w=1200\text{kJ/kg}$

(3) . $P=1.332 \times 10^4\text{kW}$

(4) . 考虑进出口动能差后 w_{sh} 的相对偏差

10. 进入冷凝器的乏汽的蒸汽为 $p_1=0.005\text{MPa}$, 比焓 $h_1=2500\text{kJ/kg}$ 出口为同压下的水, 比焓为 $h_2=137.77\text{kJ/kg}$, 若蒸汽流量为 22t/h , 进入冷凝器的冷却水

温为 $t_1=17\text{ }^\circ\text{C}$, 冷却水出口温度为 $t_2=30\text{ }^\circ\text{C}$, 试求冷却水流量为多少? 水的比热容为 $4.18\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。

答案 $q_{m,w}=956.4\times 10^3\text{ (kg/h)}$

11. 某活塞式氮气压气机, 压缩的氮气的参数分别为: $p_1=0.1\text{ MPa}$,

$V_1=0.88\text{ m}^3/\text{kg}$; $p_2=1.0\text{ MPa}$, $v=0.16\text{ m}^3/\text{kg}$ 设在压缩过程中每 kg 氮气热力学能增加 180kJ , 同时向外放出热量 60kJ 。压气机每 min 生产压缩氮气 18kg ,

试求:

- (1) . 压缩过程对每 kg 氮气所做的功;
- (2) . 生产每 kg 压缩氮气所需的功;
- (3) . 带动此压气机至少要多大的电动机。

答案 (1) . $w = -240\text{kJ} / \text{kg}$

(2) . $h = -312\text{kJ}/\text{kg}$;

(3) . $P=93.6\text{kW}$ 。

12. 流速为 600m/s 的高速空气突然受阻停止流动, 即 $c_2=0$, 称为滞止。如滞止过程进行迅速, 以致气流受阻过程中与外界的热交换可以忽略, 问滞止过程空气的焓变化了多少?

答案: $h=180\text{kJ}/\text{kg}$

第三章理想气体及其混合物

1. 把 CO_2 压送到体积为 0.5 m^3 的贮气罐内。压送前贮气罐上的压力表读数为 3kPa , 温度为 $20\text{ }^\circ\text{C}$, 压送终了时压力表读数为 30kPa , 温度为 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 试求压送

到罐内的 CO_2 的质量。大气压力为 $P_b = 0.1 \text{ MPa}$ 。

$$p_2 = p_b p_{gi} = 0.1 \times 10^3 = 103 \text{ kPa}$$

$$R_g = \frac{8.314}{44} = 0.189 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$P_2 = P_b P_{g2} = 0.1 \times 10^3 = 130 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_2 V_2}{R_g} = \frac{P_1 V_1}{R_g} \Rightarrow P_2 V_2 = P_1 V_1$$

$$pV = mRT \Rightarrow m = \frac{pV}{RT}$$

$$\Delta m = \frac{0.1 \times 10^3 \times 0.03}{0.189 \times 10^3 \times (20 + 273)} - \frac{0.13 \times 10^3 \times 0.03}{0.189 \times 10^3 \times (50 + 273)} = -0.143 \text{ kg}$$

2. 体积为 0.03 m^3 的某刚性容器内盛有了 700 kPa , 20°C 的氮气。瓶上装有一排气阀，压力达到 875 kPa 时发门开启，压力降到 840 kPa 时关闭。若由于外界加热的原因造成阀门开启，问：

(1) 阀门开启时瓶内气体温度为多少？

(2) 因加热造成阀门开闭一次期间瓶内氮气失去多少？设瓶内空气温度在排气过程中保持不变。

答案 (1) $t_2 = 93.3^\circ \text{C}$; (2) 0.0097 kg

3. 氧气瓶的容积 $V = 0.3 \text{ m}^3$ 瓶中氧气的表压力为 $p_g = 1.4 \text{ MPa}$, $t = 30^\circ \text{C}$ 。问瓶中盛有多少氧气？若气焊时用去一半氧气，温度降为 $t = 20^\circ \text{C}$ ，试问此时氧气的表压力为多少(当地大气压力 $P_b = 0.1 \text{ MPa}$)

答案 $m = 7.86 \text{ kg}$; $p_{g2} = 0.625 \text{ MPa}$

4. 某锅炉每小时燃煤需要的空气量折合表准状况时为 $66000 \text{ m}^3/\text{h}$ 鼓风

机实际送入的热空气温度为 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，表压力为 20.0kPa ，当地大气压为 P_b

$=0.1\text{MPa}$ ，求实际送风量 m^3/h 。

解 $p = P_b + P_g = 0.1 + 20 \times 10^{-3} = 0.12\text{MPa}$

由 $p q_v = q_m R_g T$

$$P_{q0} = P_{q0} \frac{T_1}{T_0} = 1.132566 \times \frac{250}{273} = 1.06810 \text{ m}^3 \text{ h}$$

5. 某理想气体比热比 $k = C_{p,q} = 1.4$ ，定压比热容 $C_p = 1.042 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot \text{K})$ ，求该气体的摩尔质量。

$$\frac{C_p}{C_v} = k \text{ 及 } C_p - C_v = R_g$$

$$C_p - \frac{C_p}{k} = R_g \Rightarrow \frac{C_p(k-1)}{k} = R_g \Rightarrow \frac{1.042(1.4-1)}{1.4} = 8.314 \Rightarrow C_p = 27.93 \text{ g} / \text{mol}$$

6. 在容积为 0.1 m^3 的封闭容器内装有氧气，其压力为 300 kPa ，温度为 $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ，问应加入多少热量可使氧气温度的上升到 $800 \text{ }^\circ\text{C}$ ？

(1) 按定值比热容计算；

(2) 按平均比热容计算。

解 $R_g = \frac{8314}{M} = 0.26 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot \text{K})$

$$(1) \quad Q = m C_{v,0} (t_2 - t_1) = 1.2 \times 0.26 \times (800 - 15) = 612.3 \text{ kJ}$$

(2) 查得 $C_{v,0} = 0.656 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot \text{K})$

7. 摩尔质量为 30 kg 的某理想气体，在定容下由 $275 \text{ }^\circ\text{C}$ ，加热到 $845 \text{ }^\circ\text{C}$ ，若热力学能变化为 $400 \text{ J} / \text{kg}$ ，问焓变化了多少？

答案 $h = 557.9 \text{ kJ} / \text{kg}$

8. 将 1 kg 氮气由 $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ 定压加热到 $400 \text{ }^\circ\text{C}$ ，分别用定值比热容，平均比热容(表)计算其热力学能和焓的变化。

用定值比热容计算

用平均比热容计算

9. 2 kg 的 CO_2 ，由 $p_1 = 800 \text{ kPa}$ ， $t_1 = 900 \text{ }^\circ\text{C}$ 膨胀到 $p_2 = 120 \text{ kPa}$ ， $t_2 = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ ，

不得用于商业用途

试利用定值比热容求其热力学能、焓和熵的变化。

解

10. 在体积为 $V = 1.5 \text{ m}^3$ 的刚性容器内装有氮气。初态表压力为 $P_{g1} = 2.0 \text{ MPa}$ 温度为 230 C ，问应加入多少热量才可使氮气的温度上升到 750 C ？其焓值变化是多少？大气压力为 0.1 MPa 。

- (1) 按定值比热容计算；
- (2) 按真实比热容的多项式计算；
- (3) 按平均比热容表计算；
- (4) 按平均比热容的直线关系式计算。

解

(1)

$$C_{p,m} = a_0 + a_1 T + a_2 T^2$$

(2) 查得

$$\frac{21.09}{28} = 0.7532 \text{ kmol}$$

$$a_0 = 27.3146, a_1 = 5.2335 \times 10^{-2}, a_2 = -0.42 \times 10^{-5}$$

$$Q = [nC_{V,m} dT = n[(C_{p,m} - R) dT = n[nC_{p,m} dT - nR(dT = n[(a_0 + a_1 T + a_2 T^2) dT - nR^{\wedge} T_{-n} a_0 T + a_1 T^2 + a_2 T^3]$$

$$T_3 \int : \int_{T_1}^{T_2} (a_0 + a_1 T + a_2 T^2) dT - nR \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$= 0.7532 [27.3146 \times 1023 - 503 + \frac{1}{2} \times 5.2335 \times 10^{-2} (1023^2 - 503^2) - \frac{1}{3} \times 0.42 \times 10^{-5} (1023^3 - 503^3) - 0.7532 \times 8.314 \times 1023 \times \ln \frac{1023}{503}] = 9.005 \times 10^4 \text{ J}$$

$$\begin{aligned} \Delta H &= (nC_{p,m} dT = Q + nR \Delta T \\ &= 9.005 \times 10^3 \times 0.7532 \times 8.314 \times 1023 - 503 = 1.226 \times 10^4 \text{ kJ} \end{aligned}$$

(3) 查得

(4) 查得

11. 某氢冷却发电机的氢气入口参数为 $P_{gi}=0.2\text{MPa}$, $t_i=40\text{C}$, 出口参数为 $P_{g2}=0.19\text{MPa}$, $t_2=66\text{C}$ 。若每分钟入口处体积流量为 1.5m^3 , 试求氢气经过发电机后的热力学能增量、焓增量和熵增量。设大气压力为

$$P_b = 0.1\text{MPa}。$$

(1) 按定值比热容计算;

(2) 按平均比热容直线关系式计算

解

(1) 按定值比热

$$c_p = 7 \times 9 = 7 \times 4.157 = 14.55 \text{kg} \cdot \text{kg} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$c_v = c_p - R = 14.55 - 4.157 = 10.39 \text{kg} \cdot \text{kg} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$U = q_m c_v (t_2 - t_1) = 0.3459 \times 10.39 \times (66 - 40) = 93.44 \text{kJ} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$H = q_m c_p (t_2 - t_1) = 0.3459 \times 14.55 \times (66 - 40) = 130.9 \text{kJ} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\Delta S = q_m c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R_g \ln \frac{p_2}{p_1} = 0.3459 \left[14.55 \ln \frac{60 + 273}{40 + 273} - 4.157 \ln \frac{0.19}{0.2} \right] = 0.4504 \text{kJ} / (\text{K} \cdot \text{min})$$

(2) 按平均比热容的直线关系式

12. 利用内燃机排气加热水的

余热加热器中, 进入加热器的排气(按空气处理)温度为 300C , 出口温度为 80C 。

不计流经加热器的排气压力变化, 试求排气经过加热器的比热力学能变化, 比

焓变化和比熵

的变化。

(1) 按定值比热容计算;

(2)按平均比热容(表)计算。

答案

(1) (2)

13. 进入气轮机的空气状态为 600kPa , $600\text{ }^\circ\text{C}$, 绝热膨胀到 100kPa , $300\text{ }^\circ\text{C}$, 略去动能、位能变化, 并设大气温度为 $T_0 = 300\text{K}$, 试求:

- (1) 每千克空气通过气轮机输出的轴功;
- (2) 过程的熵产及有效能损失, 并表示在 $T-s$ 图上;
- (3) 过程可逆膨胀到 100kPa 输出的轴功。

解

(1)

(2)

熵产 i 及有效能损失 i_e 如图 3-36 中阴影面积所示

(3) 14. 由氧气、氮气和二氧化碳组成的混合气体, 各组元的摩尔数为 n_1, n_2, n_3 , 试求混合气体的体积分数、质量分数和在 $p = 400\text{kPa}, t = 27\text{ }^\circ\text{C}$ 时的比体

程是否可逆, 恒有 $\frac{R_g}{k-1} T_1 - T_2$

15. 试证明: 对于理想气体的绝热过程, 若比热容为定值, 则无论过

式中： T_1 和 T_2 分别为过程初终态的温度

证明 对于理想气体的绝热过程，有

又

$$C_p - C_v = R_g$$
$$S/C_v = k$$

得

$$c_v = \frac{R_g}{k-1}$$

故

$$\frac{R_g}{k-1} = -T_2$$

证毕

第四章理想气体的热力过程

1. 某理想气体初温 $T_i = 470\text{K}$ ，质量为 2.5kg ，经可逆定容过程，其热力学能变化为 $\Delta U = 295.4\text{kJ}$ ，求过程功、过程热量以及熵的变化。设气体 $R_g = 0.143\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ ， $k = 1.35$ ，并假定比热容为定值。

解

$$c_p = c_v + R_g$$

$$c_p = k c_v$$

$$c_v = \frac{R_g}{k-1} = \frac{1.143\text{kJ/kg}\cdot\text{K}}{1.35-1} = 3.77\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$\Delta U = m c_v (T_2 - T_1) = 2.5 \times 3.77 \times (T_2 - 470) = 295.4$$

$$T_2 = 573.3\text{K}$$

$$\Delta S = m c_v \ln \frac{T_2}{T_1} = 2.5 \times 3.77 \ln \frac{573.3}{470} = 0.568\text{kJ/K}$$

2. 一氧化碳的初态为 $p_1 = 4.5\text{MPa}$ ， $T_1 = 493\text{K}$ 。定压冷却到 $T_2 = 293\text{K}$ 。试

计算 1kmol 的一氧化碳在冷却过程中的热力学能和焓的变化量，以及对外放出的热量。比热容取定值

答案 $\Delta U = -4.154 \times 10^4\text{kJ}$ ， $Q = -5.82 \times 10^4\text{kJ}$

3. 氧气由 $t_1 = 30\text{C}$ ， $p_1 = 0.1\text{MPa}$ 被定温压缩至 $p_2 = 0.3\text{MPa}$ 。

(1) 试计算压缩单位质量氧气所消耗的技术功；

(2) 若按绝热过程压缩，初态与终态与上述相同，试计算压缩单位

质量氧气所消耗的技术功；

(3) 将它们表示在同一副 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上，试在图上比较两者的耗功。

解 $R_g = \frac{R}{M} = \frac{8314}{32} = 0.26 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

$$(1) W_{tT} = R_g \left[\ln \frac{P_1}{P_2} \right] = 0.26 \times 3031 \ln \frac{0.1}{0.3} = -86.55$$

(2)

(3) 两过程在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上的表示分别如图 3-37(a) 和 3-37

(b) 所示。图中过程线 $1-2_r$ 为定温过程， $1-2_s$ 为绝热过程线。从 $p-v$ 图中可以看到，绝热过程耗功比定温过程耗功多出曲边三角形面积

$$1-2_r-2_s$$

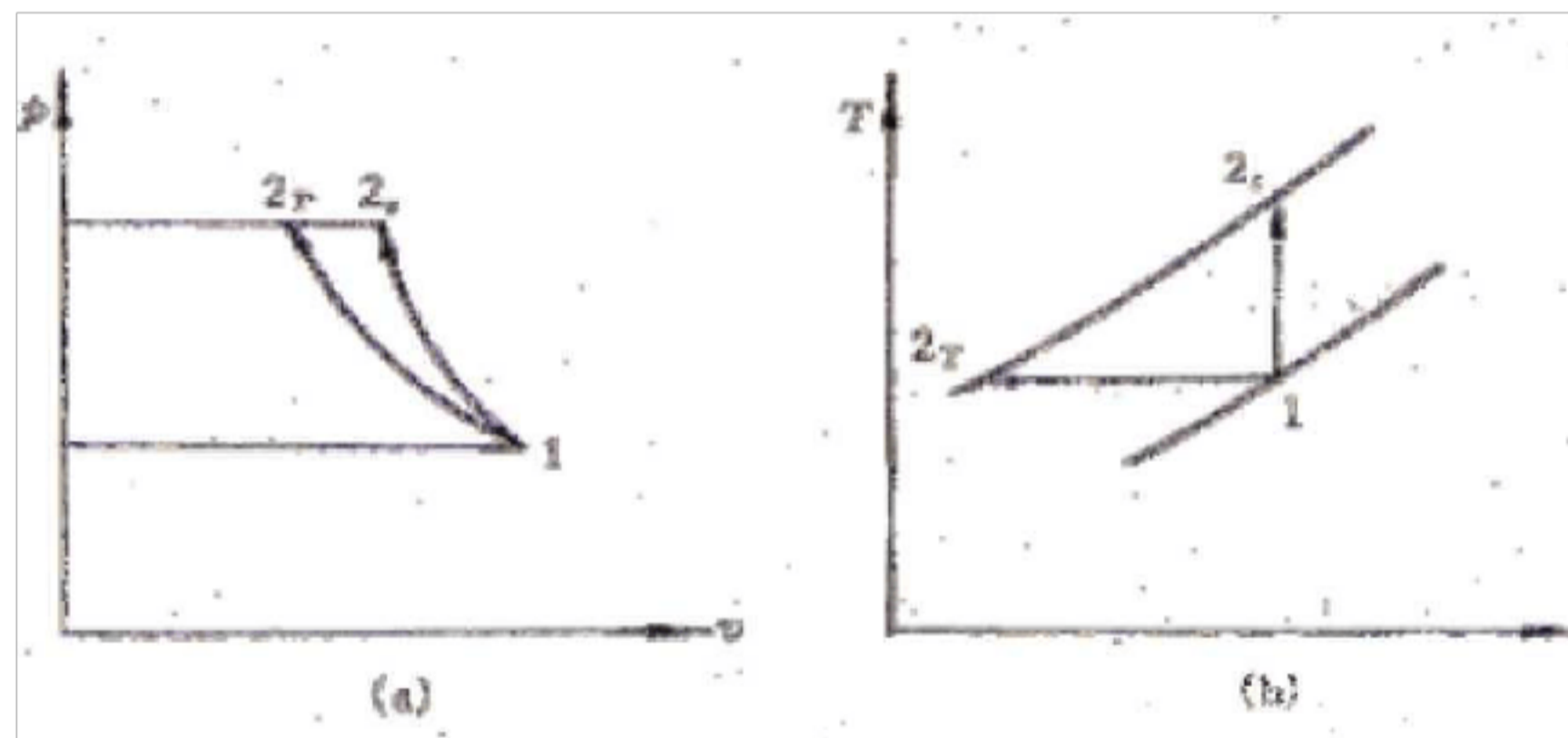


图 3-37
(a) $p-v$ 图 (b) $T-s$ 图

4. 使将满足以下

要求的理想气

体多变过程在 $p-v$ 和 $T-s$ 图上表示出来(先画出 4 个基本热力过程)：

(1) 气体受压缩、升温 and 放热；

(2) 气体的多变指数 $n=0.8$ ，膨胀；

(3) 气体受压缩、降温又降压；

(4) 气体的多变指数 $n=1.2$ ，受压缩；

(5) 气体膨胀、降压且放热。

答案 如图 3-38 (a) 和图 3-38 (b) 所示的 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上，

1-1, 1-2, 1-3, 1-4 和 1-5 分别为满足(1), (2), (3), (4)和(5) 要求的多变过程线。

5• 柴油机汽缸吸入温度 $t_1 = 60^\circ\text{C}$ 的空气 $2.5 \times 10^{-2} \text{m}^3$, 经可逆绝热压缩。空气的温度等于燃料的着火温度。若燃料的着火温度为 720°C , 问空气应被压缩到多大的体积?

答案 $V_2 = 1.63 \times 10^{-3} \text{m}^3$

6. 有 1kg 空气, 初态为 $p_1 = 0.6\text{MPa}$, $t_1 = 27^\circ\text{C}$, 分别经下列三种可逆过程 膨胀到 $p_2 = 0.1\text{MPa}$, 试将各过程画在 $p-v$ 图和 $t-s$ 图上, 并求各过程 始态温度、做工量和熵的变化量:

- (1) 定温过程;
- (2) $n = 1.25$ 的多变过程;
- (3) 绝热过程。

答案

- (1)
- (2)
- (3)

$p-v$ 图和 $T-S$ 图如图 3-39 所示。

7. 一容积为 0.2m^3 的贮气罐, 内装氮气, 其初压力 $p_1 = 0.5\text{MPa}$, 温度 $t_1 = 37^\circ\text{C}$ 。若对氮气加热, 其压力、温度都升高。贮气罐上装有压力控制阀, 当压力超过 0.8MPa 时, 阀门便自动打开, 防走部分氮气, 即 罐中维持最大压力为 0.8MPa , 问当贮气罐中氮气温度为 287°C 时, 对 罐内氮气共加入多少热量? 设氮气比热容为定值。

解 $R_g = \frac{R}{M} = \frac{8.314}{28} = 0.297 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

由 $pV = mR_gT$

开始过程是定容过程，则

8. 容积为 $V = 0.6 \text{ m}^3$ 的空气瓶内装有压力 $p_1 = 0.1 \text{ MPa}$ ，温度为 $T_1 = 300 \text{ K}$ 的

压缩空气，打开压缩空气瓶上的阀门用以启动柴油机。假定留在瓶中

的空气进行的是绝热膨胀。设空气的比热容为定值，

$c_p = 0.287 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$ 。

(1) . 问过一段时间后，瓶中空气从室内空气吸热，温度有逐渐升高，最后重新达到与室温相等，即又恢复到 $T_2 = 300 \text{ K}$ ，问这时空气瓶中压缩空气的压力 p_3 为多大？

答案 (1) $T_2 = 271.1 \text{ K}$ ， $m = 15.6 \text{ kg}$

(2) $p_3 = 7.75 \text{ MPa}$

9. 是导出理想气体定值比热容的多变过程的初、终态熵变为解：主要步骤与公式

$$c_p = \frac{c_v}{k-1} + R_g$$

10. 压力为 160 kPa 的 1 kg 空气， 450 K 定容冷却到 300 K ，空气放出的热量全部被温度为 17°C 的大气环境所吸收。求空气所放出热量的有效能

和传热过程、的有效能损失，并将有效能损失表示在 $T-s$ 图上。

由于放出的热量全部被环境吸收，使热量有效能全部变成了无效能，

故有效能损失

有效能损失如图 3-40 的 $T-s$ 图上阴影面积所示。

11. 空气进行可逆压缩的多变过程，多变指数 $n=1.3$ ，耗功量为 67.95kJ/kg 求热量和热力学能变化。

答案 $Q = -16.95\text{kJ}$, $u = 50.85\text{kJ}$

第六章水蒸气

1. 湿饱和蒸汽， $p = 0.9\text{MPa}$, $x = 0.85$ ，试由水蒸气表求 t , h , v , 和 u 。

答案 $t_s = 175.389\text{C}$, $h = 2468.99\text{kJ/kg}$

2. 过热蒸汽， $p = 3.0\text{MPa}$, $t = 425\text{C}$ ，根据水蒸气表求 v , h , s , u 和过热度 D ，再用 $h-s$ 图求上述参数。

答案 查表： $v = 0.103638\text{m}^3/\text{kg}$, $h = 3286.7\text{kJ/kg}$

查图： $v = 0.105\text{m}^3/\text{kg}$, $h = 3290\text{kJ/kg}$

3. 开水房用开水的蒸汽与 $t = 20\text{C}$ 同压下的水混合，试问欲得 5t 的开水，需要多少蒸汽和水？

解 设需蒸汽为 $m_v\text{kg}$ ，则水为 $m_w = m - m_v$ 。

由 $p = 0.1\text{MPa}$ ，查得 $h' = 417.52\text{kJ/kg}$, $F = 2675.14\text{kJ/kg}$

$$t = 20\text{C时}, h = 83.96\text{kJ/kg}$$

根据热力学第一定律

4. 已知水蒸气 $p = 0.2\text{MPa}$, $h = 1300\text{kJ/kg}$ 试求其 v , t , s

答案 $v = 0.3158\text{m}^3/\text{kg}$, $t = 120.30\text{C}$, $s = 3.5452\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$

5. 1kg 蒸汽， $p = 2.0\text{MPa}$, $x = 0.95$ ，定温膨胀至 $p = 0.1\text{MPa}$ ，求终态 v , h , s 及过程中对外所

做的功。

解 $w = 683.0 \text{ kJ kg}$

6. 进汽轮机的蒸汽参数为 $p_1 = 3.0 \text{ MPa}$, $t_1 = 435 \text{ }^\circ\text{C}$ 。若经可逆膨胀绝热至

$p_2 = 0.1 \text{ MPa}$ ，蒸汽流量为 4.0 kg/s ，求汽轮机的理想功率为多少千瓦：

答案 $P = 4.66 \text{ MW}$

7. 一刚性容器的容积为 0.3 m^3 ，其中 $1/5$ 为饱和水，其余为饱和蒸汽，容器中初压为 0.1 MPa 。欲使饱和水全部汽化，问需要加入多少热量？终态压力为多少？若热源温度为 $500 \text{ }^\circ\text{C}$ ，试求不可逆温差传热的有效能损失。设环境温度为 $27 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

8. 容积为 0.36 m^3 的刚性容器中贮有 $t_1 = 350 \text{ }^\circ\text{C}$ 的水蒸气，其压力表度数为 100 kPa 。现容器对环境散热使压力下降到压力表度数为 50 kPa 。试求：

- (1) 确定初始状态是什么状态？
- (2) 求水蒸气终态温度；
- (3) 求过程放出的热量和放热过程的有效能损失。

设环境温度为 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ，大气压力为 0.1 MPa 。

答案(1) 过热蒸汽；

(2) $t_2 = 145.8 \text{ }^\circ\text{C}$ (此结果为利用教材《热工基础与应用》后附录 A-7 所得。利用较详细水蒸气热表或 $h - s$ 图答案应为 $191 \text{ }^\circ\text{C}$)

(3) $Q = -82.6 \text{ kJ}$, $I = 35.8 \text{ kJ}$ (同上, $Q = -59.1 \text{ kJ}$, $I = 27.2 \text{ kJ}$)

9. 气轮机的乏汽在真空度为 96 kPa 干度为 $x = 0.88$ 的湿空气状态下进入冷凝器，被定压冷却凝结为饱和水。试计算乏汽体积是饱和水体积的多少倍，以及 1 kg 乏汽 2

答案 $\frac{V_1}{V_2} = 3.05 \times 10^4$, $\hat{q} = 2140 \text{ kJ/kg}$

在冷凝器中放出的热量。设大气压力为 0.1 MPa <

10.
内刚性各将容器分为容积相同的

一刚性绝热容器
A, B 两部分。设

A 的容积为 0.16m^3 ，内盛有压力为 0.1MPa 、温度为 300C 的水蒸气；B 为真空。抽掉隔板后蒸汽自由膨胀达到新的平衡态。试求终态水蒸气的压力、温度和自由膨胀引起的不可逆有效能损失。设环境温度 为 20C ，并假设该蒸汽的自由膨胀满足 pV 二常数。

解(1) 由 $p_2V_2 = p_1V_1 = \text{常数}$

$$\text{得 } p_2 = p_1 \frac{V_1}{V_2} = 1.0 \frac{1}{2} = 0.5 \text{ MPa}$$

(2) 由 $p_1 = 0.1\text{MPa}$ ， $t_1 = 300\text{C}$ ，查得

由 $p_2 = 0.5\text{MPa}$ ， $v_2 = 0.5161\text{m}^3/\text{kg}$ ，查得

11. 利用空气冷却蒸汽轮机乏汽的装置称为干式冷却器。瑞俄流经干式冷却器的空气入口温度为环境温度 $t_1 = 20\text{C}$ ，出口温度为 $t_2 = 35\text{C}$ 。

进入冷凝器的压力为 7.0kPa ，干度为 0.8 ，出口为相同压力的饱和水。设乏汽流量为 220t/h ，空气进出口压力不变，比热容为定值。试求：

(1) 流经干式冷却器的焓增量和熵增；

(2) 空气流经干式冷却器的熵变以及不可逆传热引起的熵产。

解(1) 由 $p = 7.0\text{kPa}$ ， $x = 0.8$ 查算得

对空气 $R_g = 0.287\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ， $C_p = 1.004\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$

根据热力学第一定律有

$$\text{(2) 也 } H_a = q_{m,a} C_p (t_2 - t_1) = 7.818 \times 10^3 \times 1.004 \times (35 - 20) = 1.177 \times 10^5 \text{ (kW)}$$

$$S_a = 39.18 \text{ (kW/K)}$$

$$S_v = 377.17 \text{ kW/K}$$

$$S_g = 14.63 \text{ kW/K}$$

39. 压力为 9.0MPa ， $t_1 = 500\text{C}$ 的水蒸汽进入气轮机中作绝热膨胀，终压为

不得用于商业用途

$P_2 = 50\text{kPa}$ 。 汽轮机相对内效率

式中 h_{2s} 为定熵膨胀到 P_2 时的焓。试求

(1) 每 kg 蒸汽所做的功;

(2) 由于不可逆引起熵产, 并表示在 T_s 图上。

答案 由 $p_i=9.0\text{MPa}, t_i=500\text{C}$ 查得 $h_i=3385\text{kJ/kg}, s_i=6.656\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ 由 $s_2 = s_i =$

$6.656\text{kJ/kg}\cdot\text{K}, p_2=5.0\text{kPa}$ 查得 $h_{2s}=2030\text{kJ/kg}$

由 T_s 图

得 $h_2=2220\text{kJ/kg}, W_{sh}=1165\text{kJ/kg}$

(3) 由 $p_2=5\text{kPa}, h_2=2220\text{kJ/kg}$ 查得

过程如图所示。

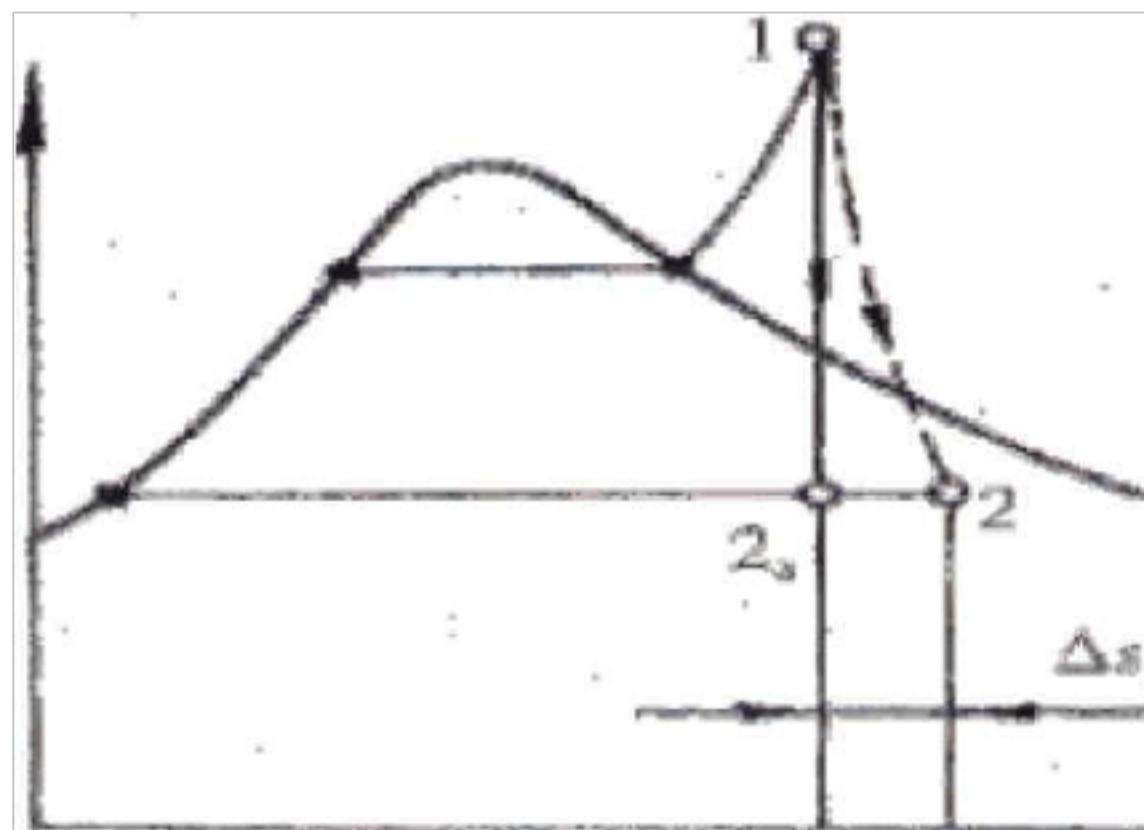


图 3-41

第七章湿空气

1. 设大气压力为 $P_b=0.1\text{MPa}$, 温度为 $t=25\text{C}$, 相对湿度

$\phi=55\%$, 试用分析

求空气的露点温度、含湿量, 并查 $h-d$ 图校核之。

答案 解析法 $t_d=14.8\text{C}, d=0.011\text{kg/kg a}, h=53.15\text{kJ/kg a}$

查 $h-d$ 图:

2. 空气的参数为 $P_b=0.1\text{MPa}, t=20\text{C}, \phi=30\%$, 在加热器中加热到 85C 后送入

烘箱取烘干物体/从烘箱出来时空气温度为 $t=35\text{C}$, 试求从烘干物体中吸收

1kg 水分所消耗的干空气质量 and 热量。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/748013012067006102>