·第一章

1.比体积：$v = \frac{V}{m}$

2.真空度$p_v = p_b - p$，表压$p_e = p - p_b$

3.$pv = R_g T$，其中$R_g = \frac{R}{M}$

第二章

1.热力学第一定律：

闭口系：$q = \Delta u + w$

闭口系、可逆：$q = \Delta u + \int_1^2 p dv$

稳定流动：$q = \Delta h + \frac{1}{2}\Delta c^2 + g\Delta z + w_{net} = \Delta h + w_t$

稳定流动、可逆：$q = \Delta h - \int_1^2 v dp$

2.透平机械：

蒸汽机、汽轮机：$q = 0, w_{net} = -\Delta h > 0$

压缩机：$w_{net} = -\Delta h < 0$

换热设备：$w_{net} = 0, q = \Delta h$

绝热节流过程（阀门）：$q = 0, \Delta w_s = 0, \Delta h = 0$

喷管：$-\Delta h = \frac{1}{2}\Delta c^2$

第三章

1.卡诺循环：$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$

热机效率$\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1}$，制冷系数$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$，供暖系数$\varepsilon' = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$

2.克劳修斯不等式：$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$

熵：$\Delta s = s_2 - s_1 = \int_1^2 \frac{\delta q}{T}$

熵产：$\delta s_g = ds - \frac{\delta Q}{T} \geq 0$，熵流：$ds_f = \frac{\delta Q}{T}$

3.最大有用功:

闭系: $W_{u,max} = (U + p_0 V - T_0 S) - (U_0 + p_0 V_0 - T_0 S_0)$

开系: $W_{u,max} = (H - T_0 S) - (H_0 - T_0 S_0)$

能损: $\delta w_l = T_0 \delta s_g$

第四章

1.$T = (\frac{\partial u}{\partial s})_v$, $\ p = -(\frac{\partial u}{\partial v})_s$

2.麦克斯韦关系: $(\frac{\partial s}{\partial v})_T = (\frac{\partial p}{\partial T})_v$, $\ (\frac{\partial s}{\partial p})_T = -(\frac{\partial V}{\partial T})_p$

3.比热: $c_v = (\frac{\partial u}{\partial T})_v$, $\ c_p = (\frac{\partial h}{\partial T})_p$, 绝热节流系数: $\mu_J = (\frac{\partial T}{\partial p})_h$

4.第一 ds 关系: $ds = \frac{c_v}{T}dT + (\frac{\partial p}{\partial T})_v dv$

第二 ds 关系: $ds = \frac{c_p}{T}dT - (\frac{\partial v}{\partial T})_p dp$

第一 du 关系: $du = c_v dT + (T\left(\frac{\partial P}{\partial t}\right)_v - p)dv$

第二 dh 关系: $dh = c_p dT + (v - T(\frac{\partial v}{\partial T})_p)dp$

5.$\left(\frac{\partial c_v}{\partial v}\right)_T = T\left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_v$, $\ \left(\frac{\partial c_p}{\partial p}\right)_T = -T\left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}\right)_p$,

$c_p - c_v = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p = \frac{Tv\alpha_v^2}{\kappa_T}$, 其中$\alpha_v = \frac{1}{v}(\frac{\partial v}{\partial T})_p$, $\ \kappa_T = -\frac{1}{v}(\frac{\partial v}{\partial p})_T$

$\mu_J = \frac{1}{c_p}(T\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p - v)$

第五章

1.理想气体方程: $pV = nRT = mR_g T$, $\ pv = R_g T$, $\ pV_m = RT$

2.理想气体热系数: $\alpha_v = \frac{1}{T}$, $\ \kappa_T = \frac{1}{p}$, $\ \beta = \frac{1}{T}$, $\ \mu_J = 0$

 理想气体的定压比热和定容比热是温度的单值函数

  迈耶公式: $c_p - c_v = R_g$, $\ C_{p,m} - C_{v,m} = R$

3.热力学能: $du = c_v dT$, 焓: $dh = c_p dT$,

熵: $ds = c_v \frac{dT}{T} + R_g \frac{dv}{v} = c_p \frac{dT}{T} - R_g \frac{dp}{p}$

平均比热容（温度的单位为摄氏度）：

$$c_p|_{t_1}^{t_2} = \frac{\Delta h}{t_2 - t_1} = \frac{c_p|_0^{t_2} t_2 - c_p|_0^{t_1} t_1}{t_2 - t_1}, \quad c_v|_{t_1}^{t_2} = \frac{\Delta u}{t_2 - t_1} = \frac{c_v|_0^{t_2} t_2 - c_v|_0^{t_1} t_1}{t_2 - t_1}$$

4.范德瓦尔斯方程：$p = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2}$

第六章

1.T-s 图将蒸汽状态分为了五块，左曲线上为饱和液，右曲线为饱和气，曲线左侧为未饱和液体，右侧为过热蒸汽，中间为湿蒸汽。曲线顶点为临界温度T_c

2.等压线在 T-s 图上表示为三折线，分为加热阶段、气化阶段和过热阶段三个阶段，中间段为平台，温度为t_s保持不变

3.求解气体状态参数：根据压力求解饱和蒸汽的$t_s, v', v'', s', s'', h', h''$等参数，判断蒸汽状态。

如在湿蒸汽区则利用公式$x = \frac{v - v'}{v'' - v} = \frac{s - s'}{s'' - s'} = \frac{h - h'}{h'' - h'}$，

也可利用$t_s(s - s') = h - h'$

如在过热蒸汽区则利用线性内插

第七章

1.混合物的熵：$s(T, p) = \sum w_i s_i(T, p_i)$

2.相对湿度$\varphi = \frac{p_v}{p_s}$，$p_v$对应下的是露点温度，$p_s$对应下的是环境温度

3.含湿量$d = 0.622 \frac{p_v}{p_a} = 0.622 \frac{p_v}{p - p_v}$

4.湿空气的焓：$h = 1.005t + d(2501 + 1.86t)$（t 单位为摄氏度）

5.湿空气过程（可以根据 h-d 图来求解）

（1）加热过程：d 不变，h 增大

（2）冷却去湿过程：$q = h_1 - h_2 - (d_1 - d_2)h_w$

（3）绝热加湿：湿度增加，温度降低，焓保持不变

（4）绝热混合

$$q_1 + q_2 = q_3，q_1 d_1 + q_2 d_2 = q_3 d_3，q_1 h_1 + q_2 h_2 = q_3 h_3$$

第八章

1.对于多变过程：

（1）特征：$pv^n =$常数

（2）状态变化：$Tv^{n-1} =$常数，$pT^{\frac{n}{1-n}} =$常数

$$du = c_v dT，dh = c_p dT，$$

$$ds = c_v \frac{dT}{T} + R_g \frac{dv}{v} = c_p \frac{dT}{T} - R_g \frac{dp}{p} = c_v \frac{dp}{p} + c_p \frac{dv}{v}$$

（3）能量转化：$w = \int p dv = \frac{p_1 v_1}{n-1}\left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right) = \frac{R_g}{n-1}(T_1 - T_2)$

$$w_t = nw，q = \frac{n-\gamma}{n-1} c_v (T_2 - T_1) = c_n (T_2 - T_1)$$

（4）补充公式：$c_p - c_v = R_g，\frac{c_p}{c_v} = \gamma，c_p = \frac{\gamma}{\gamma-1} R_g，c_v = \frac{1}{\gamma-1} R_g$

2.变化过程图像：顺时针旋转依次得到$n = 0,1,\gamma,\infty$

第九章

1.连续性方程：$\frac{dA}{A} + \frac{dc_f}{c_f} - \frac{dv}{v} = 0$

2.稳定流动方程：$\Delta q = \Delta h + \frac{1}{2}\Delta c_f^2 + g\Delta z + w_{net} = \Delta h - \int v dp$

3.定熵流动：$h + \frac{1}{2}c_f^2 = const，c_f dc_f = -vdp$

声速：$p = \sqrt{\gamma R_g T}$，马赫数：$Ma = \frac{c_f}{c}，\frac{dA}{A} = (Ma^2 - 1)\frac{dc_f}{c_f}$

4.喷管：截面积最小处（喉部）为临界状态 Ma=1

滞止截面：$h^* = h_1 + \frac{1}{2}c_{f1}^2$，定义$v_{cr} = \frac{p_{cr}}{p^*} = 0.528(双) = 0.546(三)$

若$\frac{p_B}{p^*} \geq v_{cr}$，则使用渐缩喷管，若$\frac{p_B}{p^*} < v_{cr}$，则使用缩放喷管

临界截面（喉部）速度：$c_{f,cr} = \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma+1} p^* v^*}$

最大流量：$q_{m,max} = A\sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma+1}(\frac{2}{\gamma+1})^{\frac{2}{\gamma-1}}\frac{p^*}{v^*}}$

5.喷管效率：$\eta_N = \frac{c_{f2'}^2}{c_{f2}^2} = \varphi^2$

第十章

1.压缩过程可视为开系，所需外界功为$\int vdp$

2.绝热压缩：$W_t = \frac{\gamma}{\gamma-1} p_1 V_1 (1 - (\frac{p_2}{p_1})^{\frac{\gamma-1}{\gamma}})$

　多变压缩：$W_t = \frac{n}{n-1} p_1 V_1 (1 - (\frac{p_2}{p_1})^{\frac{n-1}{n}})$

　定温压缩：$W_t = p_1 V_1 ln\frac{p_2}{p_1}$

3.有摩擦时，绝热效率$\eta_{C,s} = \frac{W_t}{W_{t'}} = \frac{H_1-H_2}{H_1-H_{2'}} = \frac{T_2-T_1}{T_{2'}-T_1}$

4.有余隙容积时，容积效率$\eta_V = \frac{V_1-V_4}{V_1-V_3}$，计算公式应代入有效容积

5.多级压缩：在 p-v 图上表现为在两条等温线之间按多变过程、平台

往复逐渐上升，耗功最少时，增压比$\pi = \sqrt[z]{\pi_{tot}}$，

此时每一级耗功量相等为$\frac{n}{n-1} p_1 V_1 (1 - \pi^{\frac{n-1}{n}})$

第十一章（记忆图像）

1.朗肯循环：

　1-2 为汽轮机中绝热膨胀，对外做功$w_T = h_1 - h_2$

　2-3 为冷凝器中定压（定温）放热，放热量$q_2 = h_2 - h_3$

　3-4 为水泵中绝热压缩，外界对其做功为$w_P = h_4 - h_3$

　4-1 为锅炉中定压吸热，吸热量为$q_1 = h_1 - h_4$

2.热效率$\eta_t = \frac{w}{q_1} = \frac{w_T-w_P}{q_1} = \frac{(h_1-h_2)-(h_4-h_3)}{h_1-h_4}$

功比$r_w = \frac{w}{w_T} = \frac{w_T - w_P}{w_T} = \frac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)}{h_1 - h_2}$

气耗率：$d = \frac{3600}{w}$

相对内效率：$\eta_T = \frac{w\prime}{w}$

3.再热循环：由两个循环 12'341 和 AB2'2A 拼接而成

效率：$\eta_t = \frac{w}{q_1} = \frac{(h_1 - h_B) + (h_A - h_2)}{(h_1 - h_4) + (h_A - h_B)}$

4.回热循环：

（1）先在循环图上标数字，之后在 T-s 图上标出数字

（2）由等温升原则得出中间温度

（3）由温度和干度 x=0 可以查得压力

（4）换热器列方程组计算各级抽汽系数，换热器有两种

　　　对于表面式：$\alpha_1(h_1 - h_3) + \alpha_2(h_2 - h_4) = 0$

　　　对于混合式：$\alpha_1 h_1 + \alpha_2 h_2 = (\alpha_1 + \alpha_2)h_3$

（5）计算循环功：$w = h_1 - \alpha_A h_A - \cdots$

（6）计算吸热量：$q_1 = h_1 - h_{最终}$

第十二章（记忆图像）

1.燃气轮机内的循环：

1-2：绝热压缩，耗功$w_C = c_P(T_2 - T_1)$

2-3：定压膨胀，吸热$q_1 = c_P(T_3 - T_2)$

3-4：绝热膨胀，做功$w_T = c_P(T_3 - T_4)$

4-1：定压压缩，放热$q_2 = c_P(T_4 - T_1)$

$\eta = 1 - \frac{q_2}{q_1}$

2.定义增压比为$\pi = \frac{p_2}{p_1}$，升温比$\tau = \frac{T_3}{T_1}$

3.有不可逆因素的循环$\eta_T = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{4t}}z$, $\eta_{Cs} = \frac{T_{2t} - T_1}{T_2 - T_1}$

4.内燃机混合加热循环：1-2 绝热压缩，2-3 定容吸热，3-4 定压吸热，4-5 绝热膨胀，5-1 定容放热

定义压缩比$\varepsilon = \frac{v_1}{v_2}$，定容升压比$\lambda = \frac{p_3}{p_2}$，定压预胀比$\rho = \frac{v_4}{v_3}$

$T_2 = T_1 \varepsilon^{\gamma-1}, T_3 = T_1 \lambda \varepsilon^{\gamma-1}, T_4 = T_1 \lambda \rho \varepsilon^{\gamma-1}, T_5 = T_1 \lambda \rho^\gamma$

$q_2 = c_v T_1(\lambda \rho^\gamma - 1)$, $q_1 = c_v T_1 \varepsilon^{\gamma-1}((\lambda - 1) + \gamma \lambda(\rho - 1))$

当$\lambda = 1$时变为定压加热循环（狄塞尔循环）

当$\rho = 1$时变为定容加热循环（奥托循环）

第十三章（记忆图像）

1.$COP = \frac{收益}{付出}$

2.制冷系数$\varepsilon = \frac{q_2}{w} = \frac{q_2}{q_1 - q_2}$

3.空气制冷循环：

　　1-2：膨胀机中定熵膨胀

　　2-3：冷藏室中定压吸热

　　3-4：压缩机中定熵压缩

　　4-1：冷却器中定压放热

　　$q_2 = c_p(T_3 - T_2)$, $q_1 = c_p(T_4 - T_1)$, $\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$, $\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_4}{T_3} = (\frac{p_1}{p_2})^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$

4.蒸气制冷循环：

　　1-2：节流阀中节流

　　2-3：蒸发器中定压吸热

　　3-4：压缩机中绝热压缩

　　4-1：冷凝器中定压放热

$$w = h_4 - h_3, \quad q_2 = h_3 - h_2, \quad \varepsilon = \frac{q_2}{w} = \frac{h_3 - h_2}{h_4 - h_1}$$

第十四章

1.定容反应$Q_V = \Delta U$，定压反应$Q_P = \Delta H$

2.基尔霍夫定律$\Delta H = \Delta H_0 + \Delta H_{re} + \Delta H_{pr}$

3.反应最大功：定温定容反应为$-\Delta F$，定温定压反应为$-\Delta G$