·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：$q = \Delta u + \int_1^2 pdv$

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：$q = \Delta h - \int_1^2 vdp$

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：$W_{u,max}=(U+p_0V-T_0S)-(U_0+p_0V_0-T_0S_0)$

开系：$W_{u,max}=(H-T_0S)-(H_0-T_0S_0)$

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：$pV=nRT=mR_gT$，$pv=R_gT$，$pV_m=RT$

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）:

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

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

$$q_1+q_2=q_3，q_1d_1+q_2d_2=q_3d_3，q_1h_1+q_2h_2=q_3h_3$$

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

$du=c_vdT$，$dh=c_pdT$，

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

（3）能量转化：$w=\int pdv=\frac{p_1v_1}{n-1}\left(1-\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right)=\frac{R_g}{n-1}(T_1-T_2)$

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

（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：$\Delta q=\Delta h+\frac{1}{2}\Delta c_f^2+g\Delta z+w_{net}=\Delta h-\int vdp$

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

声速：$p=\sqrt{\gamma R_gT}$，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：$W_t=\frac{\gamma}{\gamma-1}p_1V_1(1-(\frac{p_2}{p_1})^{\frac{\gamma-1}{\gamma}})$

多变压缩：$W_t=\frac{n}{n-1}p_1V_1(1-(\frac{p_2}{p_1})^{\frac{n-1}{n}})$

定温压缩：$W_t=p_1V_1ln\frac{p_2}{p_1}$

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$\frac{n}{n-1}p_1V_1(1-\pi^{\frac{n-1}{n}})$

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：$\eta_T=\frac{w'}{w}$

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：$\alpha_1h_1+\alpha_2h_2=(\alpha_1+\alpha_2)h_3$

（5）计算循环功：$w=h_1-\alpha_Ah_A-\dots$

（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$\rho = \frac{v_4}{v_3}$

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

$q_2 = c_vT_1(\lambda\rho^{\gamma}-1)$，$q_1 = c_vT_1\varepsilon^{\gamma-1}((\lambda-1)+\gamma\lambda(\rho-1))$

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

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

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$-\Delta G$