习 题 答 案

第 1 章

1-1 742.56mmHg；99 000N

1-2 1.019 7m；1.292 4m

1-3 0.178 32MPa

1-4 80mmH_2O；739.12mmHg

1-5 768.81mmHg；1.175kPa

1-6 1.062 3MPa；0.623 7MPa

1-7 9.807MPa；3048.8kJ/kg

1-8 $t_{(°F)}=1.8t_{(℃)}+32$；−459.67°F

第 2 章

2-1 1.589×10^6kJ/h

2-2 1.921kW

2-3 压缩过程；−8kJ

2-4 过程 1-a-2 中 $W=7$kJ；过程 1-c-2 中 $Q=11$kJ

2-5 $W=0$；$\Delta U=0$；$\Delta H=7.6$kJ

2-6 $W_t=-7.6$kJ（外界消耗功）；$\Delta U=0$；$\Delta H=7.6$kJ

2-7 11 044kW；10 853kW

2-8 $0.894\ 9\times10^6$kJ

2-9 1420J

2-10 过程 1—2：$w_t=18$kJ/kg；过程 2—3：$q=3128$kJ/kg，$\Delta h=3128$kJ/kg

过程 3—4：$w_t=1142$kJ/kg；过程 4—1：$q=-2094$kJ/kg

第 3 章

3-1 (1) 411.96J/（kg·K）

(2) 1.110 5m^3/kg；0.900 5kg/m^3

(3) 0.618kJ/（kg·K）；1.667

3-2 9.973kg

3-3 0.234 1kg；0.041 5MPa

3-4 30.32g/mol；274.2J/（kg·K）；0.001 5MPa

3-5 (1) $w_{CO_2}=5.6\%$；$w_{O_2}=16.32\%$；$w_{H_2O}=2\%$；$w_{N_2}=76.08\%$

(2) $m_{mix}=28.87$g/mol

(3) $R_{mix}=288$J/（kg·K）

3-6 (1) $\varphi_{CO_2}=3.673\%$；$\varphi_{O_2}=14.724\%$；$\varphi_{H_2O}=3.205\%$；$\varphi_{N_2}=78.398\%$

(2) $p_{CO_2}=0.003\,673\text{MPa}$；$p_{O_2}=0.014\,724\text{MPa}$；$p_{H_2O}=0.003\,205\text{MPa}$；$p_{N_2}=0.078\,398\text{MPa}$

(3) $V=108\text{m}^3$

(4) $U=$（1046+3707+1020+20 915）kJ=26 724kJ

3-8 漏气 1.118kg

3-9 195.8℃

3-10 (1) 603kJ/kg；1.104kJ/（kg·K）

(2) 634.5kJ/kg；1.150 8kJ/（kg·K）

(3) 632.74kJ/kg；1.146 53kJ/（kg·K）

3-11 (1) $w=51.68\text{kJ/kg}$；$q=182.21\text{kJ/kg}$；$\Delta u=130.63\text{kJ/kg}$；$\Delta s=0.475\,57\text{kJ/（kg·K）}$

(2) $w=40.48\text{kJ/kg}$；$q=171.11\text{kJ/kg}$；$\Delta u=130.63\text{kJ/kg}$；$\Delta s=0.475\,57\text{kJ/（kg·K）}$

3-12 (1) $w=-154.32\text{kJ/kg}$；$w_t=-154.32\text{kJ/kg}$；$q=-154.32\text{kJ/kg}$；

(2) $w=-143.95\text{kJ/kg}$；$w_t=-201.53\text{kJ/kg}$；$q=0$

(3) $w=-148.48\text{kJ/kg}$；$w_t=-185.60\text{kJ/kg}$；$q=-55.60\text{kJ/kg}$

3-13 (1) 230.76K；347kW

(2) 241.16K；295kW

3-14 0.044 02kJ/（kg·K）

3-15 1.222 3；3.027MPa；84.54%

3-16 80.4kJ/kg；300K；0.102 4kJ/（kg·K）

3-17 426.9K

3-18 1.011kg

3-19 1.445kg；119.3kJ

3-20 (1) 249.2K；(2) 0.117 6MPa；(3) 0.005 32kg；(4) 0.264kJ

3-21 (1) 1.325MPa；(2) 200.59K；346.44K；(3) 36.40kg

第 4 章

4-1 4800kJ；1200kJ；75%

4-2 定温吸热过程：$w=477.61\text{kJ/kg}$；$q=477.61\text{kJ/kg}$

定熵膨胀过程：$w=646.20\text{kJ/kg}$；$q=0$

定温压缩过程：$w=-199.40\text{kJ/kg}$；$q=-199.40\text{kJ/kg}$

定熵压缩过程：$w=-646.20$；$q=0$

热效率 $\eta_{t,C}=75\%$

4-3 过程 1→2：$w=676.3\text{kJ/kg}$；$w_t=676.3\text{kJ/kg}$；$q=676.3\text{kJ/kg}$

过程 2→3：$w=-187.3\text{kJ/kg}$；$w_t=0$；$q=-468.7\text{kJ/kg}$

过程 3→4：$w=-169.1\text{kJ/kg}$；$w_t=-169.1\text{kJ/kg}$；$q=-169.1\text{kJ/kg}$

过程 4→1：$w=187.3\text{kJ/kg}$；$w_t=0$；$q=468.7\text{kJ/kg}$

$\eta_{t,r}=75\%$

若不回热，则 $\eta_t=44.3\%$；$\Delta S_{iso}=1.717\ 8\text{kJ/kg}$

4-4 （1）360℃；（2）261℃

4-5 $\eta_{t,a}/\eta_{t,b}=1+T_2/T_1$；$\lim_{(T_1\to\infty)}=1$；$\eta_{t,a}=70\%$；$\eta_{t,b}=53.85\%$

$W_a-W_b=16.15\text{kJ}$；$\Delta S_{冷源b}-\Delta S_{冷源a}=0.053\ 83\text{kJ/K}$；

$\Delta S_{iso}=0.053\ 83\text{kJ/K}$

4-7 20℃；0.2MPa；1.386 2kJ/K

4-8 15.64kJ/kg；$\Delta s=0.058\ 66\text{kJ/（kg·K）}$

4-9 33.09℃；0.598 3kJ/K

4-11 21.70kJ；19.29kJ；15.01kJ

4-12 −0.534 1kJ；4.851 7kJ

4-13 （1）116.68kJ/kg；12.03kJ/kg；（2）25.46kW；（3）9.23kW

第 5 章

5-1 $872\ 000\text{m}^3/\text{h}$

5-2 0.878（亚声速气流）；1.107（超声速气流）

5-3 879.1K；0.665 9MPa；该截面在喷管的渐放段

5-4 217.4m/s；0.372 3kg/s

5-5 0.421 3kg/s；316.0m/s

5-6 481.8m/s；0.585MPa；577.56K

5-7 $A_1=1723\text{mm}^2$；$A_{min}=1385\text{mm}^2$；$A_2=3016\text{mm}^2$

5-8 未达最大流量；$q_m=q_{m,max}=95.13\%$

5-9 363.4m/s

5-10 $P_n=129.69\text{kW}$；$P_S=136.75\text{kW}$；$P_T=104.72\text{kW}$

5-11 $p_{2'}=3.622\text{MPa}$；$t_{2'}=352.46℃$

多变指数	进气压力（MPa）	进气温度（℃）	余隙比	排气压力（MPa）	排气温度（℃）	容积效率（%）
1.25	0.1	32	0.06	0.5	147.87	84.26
				1	210.48	68.14
			0.03	0.5	147.87	92.13
				1	210.48	84.07

5-12 380.2kW；447.3kW

5-13 1.489 3；87.13%

5-14 85.38%；5.185 3kg/s；127.5kW

第 6 章

6-1 1433.1℃；3.168MPa；2.579；383.7kJ/kg；51.16%

6-2 916.04℃；244.48℃；56.47%

6-3 971.0kJ/kg；1.402；1.553；627.2kJ/kg；64.59%

6-4 1218kJ/kg；1.478；1.554；718.4kJ/kg；58.98%

6-5 53.42%；51.57%；35.15%

6-6 2370.5kW；50.83%

6-7 1557.9kW；32.24%

6-8 $\Delta\eta_t=6.54\%$；$\Delta\eta'_t=10.12\%$

6-9 $\eta_t=46.99\%$；$\eta_{t(勃雷顿)}=60.14\%$；$\eta_{t,h}=64.80\%$

6-10 $\pi_0=8.215$

6-13 $\pi_{opt}=10.182$；$\eta_{i,max}=27.10\%$；$\pi'_{opt}=5.856\%$

第7章

7-1 10.46MPa

7-2 0.122 58kJ/（kg·K）；1.139 7

7-7 $c_p-c_V=R_g(pv^3+av)/(pv^3-av+2ab)$

$\mu_J=\{[R_gTv^3/(pv^3-av+2ab)-v]\}/c_p$

7-8 $\gamma_V=0.006\ 636/K$；$\kappa_T=0.228\ 0/MPa$

7-9 $c_p(T,p)=a+bT+12Cp/T^4$

第8章

8-3 $w_T=R_gT\ln\dfrac{v_2-b}{v_1-b}+a\left(\dfrac{1}{v_2}-\dfrac{1}{v_1}\right)$；

$w_{t,T}=R_gT\left(\ln\dfrac{v_2-b}{v_1-b}-\dfrac{v_2}{v_2-b}+\dfrac{v_1}{v_1-b}\right)+2a\left(\dfrac{1}{v_2}-\dfrac{1}{v_1}\right)$

8-6 （1）13.26kg；（2）14.55kg；（3）14.03kg

8-7 0.013 6m^3/kg；−30.21kJ/kg；−2.424kJ/（kg·K）

8-8 281.8kJ/kg

8-9 43.1kJ/kg；0.378 7kJ/（kg·K）；179.2kJ/kg

第9章

9-1

状态	压力 p (MPa)	温度 t (℃)	焓 h (kJ/kg)	熵 s [kJ/（kg·K）]	干度 X (%)	过热度 D (℃)
1	5	500	3433	6.975	—	235
2	0.3	134	2550	6.565	91.9	—
3	1.0	180	2510	6.0	86.7	—
4	0.01	47	2345	7.405	90	—
5	4	400	3215	6.77	—	150

9-2 (1) 0.081 226m³/kg; 2992.4kJ/kg; 6.537 1kJ/(kg·K); 2.748 7kJ/kg
(2) 0.001 093m³/kg; 656.70kJ/kg; 1.886 9kJ/(kg·K); 651.23kJ/kg
(3) 0.557 49m³/kg; 2552.17kJ/kg; 6.566 5kJ/(kg·K); 2348.92kJ/kg

9-4 1.288t/h

9-5 52 571kW; 22.6%; 44 865kW; 13.6%; 0.713kJ/(kg·K)

9-6 40 520t/h

9-7 (1) 255.3℃; 42.09%; 2.651kg/(kW·h)
(2) 269.6℃; 43.62%; 2.483kg/(kW·h)

9-8 (1) 255.3℃; 42.09%; 22.8%
(2) 265.2℃; 43.15%; 25.9%

9-9 $\Delta\eta_t=2.17\%$; $\Delta\eta_t/\eta_t=4.68\%$

9-10 (1) $\Delta\eta_t=4.9\%$; $\Delta\eta_t/\eta_t=11.1\%$
(2) $\Delta d=0.426$kg/(kW·h); $\Delta d/d=17.28\%$

9-11 $T_{新烟}=1923.7$K; $T_{排烟}=477.3$K
$E_{L燃烧}/E_{X,U,f}=0.343\,83$; $E_{L温差传热}/E_{X,U,f}=0.232\,97$; $E_{L排烟}/E_{X,U,f}=0.021\,86$
$\sum E_L/E_{X,U,f}=E_{L锅炉}/E_{X,U,f}=0.598\,66$

第 10 章

10-1 (1) 55.1%; 2.339kPa; 14.90g/kg (DA); 68.20kJ/kg (DA)
(2) 55%; 2.35kPa; 15g/kg (DA); 68.5kJ/kg (DA)

10-2 44.85%; 45%

10-3 28℃

10-4 31kJ/kg (DA); 8.1g/kg (DA)

10-5 522MJ/h; 13℃

10-6 7.5g/kg (DA); 70%

10-7 6.1g/kg (DA)

10-8 91.5kJ/kg (DA); 24.1g/kg (DA); 91℃

第 11 章

11-1 56.42%

第 12 章

12-1 (1) 9.105; 6.579; 5.063
(2) 6.263; 5.386; 4.759

12-2 4.566; 2.712; 2.058; 1.713; 1.496
7.519

12-3 809.72kW; 348.04kW; 0.638 4

12-4 (1) 0.029 9kg/s
(2) 386K; 8.97kW

（3）3.717

（4）1.263kg/s

12-5 （1）0.028 8kg/s

（2）$0.140\ 7\times10^{6}$kJ/h

（3）4.357

（4）39.08kW

12-6 （1）2.349

（2）12 680kJ

（3）5.83；319K（46℃）

第13章

13-1 −890 309J/mol；−802 301J/mol；−800 519J/mol

13-2 −241 826J/mol；−240 587J/mol

13-3 （1）−41 169J/mol；241 826J/mol；−282 995J/mol

（241 826−282 995）J/mol=−41 169J/mol

（2）$\ln K_p$=−1.814；−5.120；3.306

−5.120+3.306=−1.814

13-4 ΔG=457 164J/mol>0，自由焓增大，反应不能自发进行。

13-5 β=0.34；X_{CO_2}=0.66mol；X_{CO}=0.34mol；X_{O_2}=0.67mol

13-6 468.2K

13-7 2327.2K；235 746J/mol