习 题 答 案

第 1 章

1-1　略

1-2　略

1-3　略

第 2 章

2-1　$F=734.5\text{kN}$，θ=81°36′

2-2　（a）$F_A=15.82\text{kN}$，$F_B=7.06\text{kN}$；（b）$F_A=22.4\text{kN}$，$F_B=10\text{kN}$

2-3　$R_A=0.707P$，沿 CA 向左下方；$R_B=0.707P$，沿 BC 向左上方

2-4　$F_A=22.4\text{kN}$，沿 AC 方向斜向下，$F_{ND}=10\text{kN}$

2-5　$F_2=1.63F_1$

2-6　$F_{NA}=F_{NB}=1.414\dfrac{M}{l}$

2-7　$F=\dfrac{M}{a}\cot 2\theta$

2-8　$F_R=466.5\text{N}$，$\theta=20°16'$，$d=4.59\text{cm}$

2-9　$F_{Bx}=\sqrt{3}\text{kN}$，$F_{By}=9\text{kN}$，$F_{NA}=2\sqrt{3}\text{kN}$

2-10　$F_{Ax}=0$，$F_{Ay}=\dfrac{1}{4}P+\dfrac{1}{2}ql$，$F_{NB}=\dfrac{3}{4}P+\dfrac{3}{2}ql$

2-11　$F_{Ax}=38\text{kN}$，$F_{Ay}=-F_{NB}=16.4\text{kN}$

2-12　$F_{NB}=-F_{Ax}=\dfrac{1}{4\cos\alpha}\left[2(F+2W)\sin\alpha+W+2F\right]$，$F_{Ay}=F+3W$

2-13　$F_{NB}=176\text{kN}$，$M=286\text{kN}\cdot\text{m}$，$F_{Ox}=-3150\text{kN}$，$F_{Oy}=-176\text{kN}$

2-14　$F_{Bx}=-37.5\text{kN}$，$F_{By}=-112.5\text{kN}$，$F_D=159.1\,\text{kN}=F_A$，$F_{Cx}=-75\text{kN}$，$F_E=F_F=75\,\text{kN}$

2-15 $F_{Ax}=0$，$F_{Ay}=23.25\text{kN}$，$M_A=103.5\text{kN}\cdot\text{m}$

2-16 $F_{Ax}=0$，$F_{Ay}=-15.5\text{kN}$，$F_B=\dfrac{169}{6}\text{kN}$

2-17 $M=\dfrac{Prr_1r_3}{r_2r_4}$

2-18 $F_{Dx}=-37.5\text{N}$，$F_{Dy}=-75\text{N}$

2-19 $F_{BC}=1250\text{N}$，$F_{Dx}=2000\text{N}$，$F_{Dy}=250\text{N}$

2-20 $F_{Ax}=-250\sqrt{2}\text{N}$，$F_{Ay}=-250\sqrt{2}\text{N}$，$F_{Bx}=250\sqrt{2}\text{N}$，$F_{By}=250\sqrt{2}\text{N}$，$F_{Cx}=250\sqrt{2}\text{N}$，$F_{Cy}=250\sqrt{2}\text{N}$

2-21 $F_{\text{T max}}\approx 26\text{kN}$，$F_{\text{T min}}\approx 20.93\text{kN}$

2-22 $P_{\min}=280\text{N}$

2-23 $a_{\min}=100\text{mm}$

2-24 $a<\dfrac{b}{2f_{\text{s}}}$

2-25 $\dfrac{\sin\theta-f_{\text{s}}\cos\theta}{\cos\theta+f_{\text{s}}\sin\theta}F_Q\leqslant F\leqslant\dfrac{\sin\theta+f_{\text{s}}\cos\theta}{\cos\theta-f_{\text{s}}\sin\theta}F_Q$

2-26 $40.21\text{kN}\leqslant Q\leqslant 104.21\text{kN}$

第3章

3-1 $F_A=F_B=-26.39\text{kN}$（压），$F_C=33.46\text{kN}$（压）

3-2 $F_1=-5\text{kN}$（压），$F_2=-5\text{kN}$（压），$F_3=-7.07\text{kN}$（压）
$F_4=5\text{kN}$（拉），$F_5=5\text{kN}$（拉），$F_6=10\text{kN}$（压）

3-3 $M_x=-346.4\text{N}\cdot\text{m}$，$M_y=43.3\text{N}\cdot\text{m}$，$M_z=-200\text{N}\cdot\text{m}$

3-4 $\boldsymbol{F}_{\text{R}}'=(-100\boldsymbol{i}-300\boldsymbol{j}+746\boldsymbol{k})\text{N}$，$\boldsymbol{M}_O=(1200\boldsymbol{i}-1093\boldsymbol{j})\text{N}\cdot\text{m}$

3-5 $M_x(\boldsymbol{F}_1)=0$，$M_y(\boldsymbol{F}_1)=-447\text{N}\cdot\text{m}$，$M_z(\boldsymbol{F}_1)=0$
$M_x(\boldsymbol{F}_2)=561\text{N}\cdot\text{m}$，$M_y(\boldsymbol{F}_2)=-374\text{N}\cdot\text{m}$，$M_z(\boldsymbol{F}_2)=0$

3-6 （1）$M_x=0$，$M_y=-\dfrac{\sqrt{3}}{3}Fa$，$M_z=\dfrac{\sqrt{3}}{3}Fa$

（2）$|\boldsymbol{M}_O|=\sqrt{\dfrac{2}{3}}Fa$（垂直于$OAB$平面）

3-7 $F=50\text{kN}$，θ=143°8′

3-8 $F_1=F_5=-F$，$F_3=F$，$F_2=F_4=F_6=0$

3-9 $F_{Ax}=2667\text{N}$， $F_{Ay}=-325.3\text{N}$； $F_{Cx}=-666.7\text{N}$， $F_{Cy}=-14.7\text{N}$，
$F_{Cz}=12640\text{N}$

3-10 （a）$x_C=0$， $y_C=60.8\text{mm}$ （b）$x_C=110\text{mm}$， $y_C=0$

3-11 $x_C=-\dfrac{r_1r_2^2}{2(r_1^2-r_2^2)}$

第 4 章

4-1 （a）$F_{\text{N1}}=60\text{kN}$，$F_{\text{N2}}=10\text{kN}$，$F_{\text{N3}}=-20\text{kN}$
（b）$F_{\text{N1}}=0$，$F_{\text{N2}}=5P$，$F_{\text{N3}}=4P$，图略

4-2 $\sigma_{\max}=100\text{MPa}$，$\sigma_{\min}=25\text{MPa}$

4-3 $\sigma_{0^\circ}=200\text{MPa}$，$\tau_{0^\circ}=0$. $\sigma_{30^\circ}=150\text{MPa}$，$\tau_{30^\circ}=50\sqrt{3}\text{MPa}$
$\sigma_{45^\circ}=100\text{MPa}$，$\tau_{45^\circ}=100\text{MPa}$，$\sigma_{90^\circ}=0$，$\tau_{90^\circ}=0$

4-4 $\tau_{30^\circ}=\dfrac{\sigma}{2}\sin(2\times30^\circ)=0.95\text{MPa}$

4-5 $F\leqslant5.625\text{kN}$

4-6 $\Delta l=-0.1\text{mm}$

4-7 $\Delta l=-0.25\text{mm}$

4-8 $d_{\max}=17.84\text{mm}$， $A_{CD}\geqslant833\text{mm}^2$， $N_{\max}=15.7\text{kN}$

4-9 $b\geqslant116.4\text{mm}$， $h\geqslant162.9\text{mm}$

4-10 $d\geqslant27.9\text{mm}$， $a\geqslant100\text{mm}$

4-11 $F\leqslant420\text{kN}$

4-12 $\alpha=26.6^\circ$，$F\leqslant50\text{kN}$

4-13 $w_{\text{水平}}=0$

4-14 $\sigma_{AB}=40\text{MPa}$，$\sigma_{BC}=-110\text{MPa}$

4-15 $F_{\text{N1}}=-\dfrac{1}{6}P$，$F_{\text{N2}}=\dfrac{1}{3}P$，$F_{\text{N3}}=\dfrac{5}{6}P$

第 5 章

5-1 铜丝 $\tau=40.76\text{MPa}$， 销钉 $\tau=19.9\text{MPa}$

5-2 $\tau_{\text{u}}=89.46\text{MPa}$， $n=1.12$

5-3 $d=35.39\text{mm}$

5-4 安全

5-5 d 取 14mm 或略大

5-6 $\tau = 19.1\text{MPa}$，安全

5-7 $[F] = 21.6\text{kN}$

5-8 $h = 48\text{mm}$，$l = 90\text{mm}$，$\delta = 9\text{mm}$

第 6 章

6-1 （a）$T_{\max}=M$，（b）$T_{\max}=3\text{kN}\cdot\text{m}$，（c）$T_{\max}=2\text{kN}\cdot\text{m}$

6-2 （1）$|T_{\max}|=1273.2\text{N}\cdot\text{m}$

（2）$|T_{\max}|=954.9\text{N}\cdot\text{m}$

轮 1、轮 3 对调后，对轴的受力有利。

6-3 $\tau_A = 63.7\text{MPa}$，$\tau_{\max} = 84.93\text{MPa}$，$\tau_{\min} = 42.46\text{MPa}$

6-4 （1）$\tau_{\max} = 47.66\text{MPa} < [\tau]$

（2）$D_1 = 50.3\text{mm}$

（3）$\dfrac{W_{空}}{W_{实}}=\dfrac{A_{空}}{A_{实}}=34.5\%$

6-5 $d \geqslant 21.7\text{mm}$，$W_{\max} = 1120\text{N}$

6-6 $D_1 \geqslant 45\text{mm}$，$D_2 \geqslant 46\text{mm}$

6-7 （1）$\tau_{\max} = 71.3\text{MPa}$，$\varphi' = 0.0178\text{rad}$

（2）$\tau_A = \tau_B = 71.3\text{MPa}$，$\tau_C = 35.7\text{MPa}$

6-8 $\tau_{\max} = 69.8\text{MPa}$，$\varphi_{AC} = 2°$

6-9 $\tau_{\max 空}=41.2\text{MPa} > [\tau] = 40\text{MPa}$，$\tau_{\max 实} = 23.8\text{MPa} < [\tau] = 40\text{MPa}$，$\tau_{键}=199.0\text{MPa} > [\tau] = 100\text{MPa}$，$\sigma_{bs} = 398.0\text{MPa} > [\sigma_{bs}] = 280\text{MPa}$

不满足强度条件。

6-10 （1）$d_1 \geqslant 84.6\text{mm}$，$d_2 \geqslant 74.5\text{mm}$

（2）$d \geqslant 84.6\text{mm}$

（3）主动轮 A 放置在从动轮 B、C 之间

6-11 AB 段：$\tau_{\max} = 43.63\text{MPa} < [\tau]$；$\varphi' = 0.44° < [\varphi']$

BC 段：$\tau_{\max} = 71.34\text{MPa} < [\tau]$；$\varphi' = 1.02° < [\varphi']$

轴满足强度刚度条件

6-12 $d \geqslant 63\text{mm}$

6-13 $M_A = 0.97M_e$，$M_B = 0.03M_e$

第 7 章

7-1 略

7-2 略

7-3 略

7-4 100MPa

7-5 63.2MPa

7-6 略

7-7 57kN

7-8 196MPa 足够

7-9 44.2kN

7-10 510mm

7-11 最大正应力为 141.8MPa 最大切应力为 18.1MPa

7-12 25b

7-13 略

7-14 略

7-15 略

第 8 章

8-1 A 点：$\sigma_A = 112.5\text{MPa}$，$\tau_A = 0$，单向应力状态；$B$ 点：$\sigma_B = 56.25\text{MPa}$，$\tau_B = 16.9\text{MPa}$，二向应力状态；$C$ 点：$\sigma_C = 0$，$\tau_C = 22.5\text{MPa}$，二向应力状态。

8-2 （a）$\sigma_\alpha = 30\,\text{MPa}$，$\tau_\alpha = 52\text{MPa}$；（b）$\sigma_\alpha = 87.5\text{MPa}$，$\tau_\alpha = -21.65\text{MPa}$；（c）$\sigma_\alpha = 54.8\text{MPa}$，$\tau_\alpha = -23\text{MPa}$；（d）$\sigma_\alpha = -15\text{MPa}$，$\tau_\alpha = -25\text{MPa}$。

8-3 （a）三个主应力分别为 $\sigma_1 = 17.7\text{MPa}$，$\sigma_2 = 0$，$\sigma_3 = -67.7\text{MPa}$；$\alpha_0 = -34.7°$ 或 $-124.7°$；最大切应力 $\tau_{\max} = 42.7\text{MPa}$。

（b）三个主应力分别为 $\sigma_1 = 48.3\text{MPa}$，$\sigma_2 = 0$，$\sigma_3 = -8.3\text{MPa}$；$\alpha_0 = -22.5°$ 或 $-112.5°$；最大切应力 $\tau_{\max} = 28.3\text{MPa}$。

8-4 $\sigma_1 = 61.6\text{MPa}$，$\sigma_2 = 38.4\text{MPa}$，$\sigma_3 = 0$

8-5 （a）$\sigma_1 = 60\text{MPa}$，$\sigma_2 = 30\text{MPa}$，$\sigma_3 = -70\text{MPa}$，$\tau_{\max} = 65\text{MPa}$

（b）$\sigma_1 = 70\text{MPa}$，$\sigma_2 = 50\text{MPa}$，$\sigma_3 = -50\text{MPa}$，$\tau_{\max} = 60\text{MPa}$

（c）$\sigma_1 = 81.6\text{MPa}$，$\sigma_2 = 18.4\text{MPa}$，$\sigma_3 = -30\text{MPa}$，$\tau_{\max} = 55.8\text{MPa}$

8-6 $\varepsilon_{45^\circ}=\dfrac{\sigma(1-\mu)}{2E}$，$\varepsilon_{135^\circ}=\dfrac{\sigma(1-\mu)}{2E}$

8-7 $\sigma_x=101.98\text{MPa}$，$\sigma_y=6.6\text{MPa}$

8-8 $\varepsilon_{45^\circ}=3.3\times10^{-4}$

8-9 （1）三个主应力分别为$\sigma_1=150\text{MPa}$，$\sigma_2=50\text{MPa}$，$\sigma_3=0$。按第三强度理论$\sigma_{r3}=100\text{MPa}<[\sigma]$，构件满足强度要求；按第四强度理论$\sigma_{r4}=132.3\text{MPa}<[\sigma]$，构件满足强度要求。

（2）三个主应力为$\sigma_1=50\text{MPa}$，$\sigma_2=31.9\text{MPa}$，$\sigma_3=-21.9\text{MPa}$。按最大拉应力理论$\sigma_{r1}=50\text{MPa}>[\sigma]$，故不满足要求。

8-10 $\sigma_{rM}=\sigma_1-\dfrac{[\sigma_t]}{[\sigma_c]}\sigma_3=45\text{MPa}>[\sigma_t]$，该构件不满足要求。

第 9 章

9-1 $\sigma_{max}=120\text{MPa}=[\sigma]$，构件满足强度要求。

9-2 $d\geqslant12\text{mm}$

9-3 $d\geqslant29.7\text{mm}$，取$d=30\text{mm}$

9-4 $l=532\text{mm}$

9-5 $\sigma_{r4}=\sqrt{\left(\dfrac{4F}{\pi d^2}\right)^2+3\left(\dfrac{16T}{\pi d^3}\right)^2}\leqslant[\sigma]$

9-6 $\sigma=133.4\text{MPa}<[\sigma]$，构件满足强度要求。

9-7 $\delta\geqslant2.35\text{mm}$

9-8 $\sigma_{r3}=107.3\text{MPa}<[\sigma]$，构件满足强度要求。

第 10 章

10-1 $F_{cr}=\dfrac{\pi^2EI}{(0.5l)^2}$

10-2 正方形截面$F_{cr}=92.5\text{ kN}$；圆形截面$F_{cr}=88.3\text{ kN}$；空心圆截面$F_{cr}=190\text{ kN}$。

10-3 （a）图最容易失稳，（c）图的临界压力最大，其大小为313.58N。

10-4 $F_{cr1}=177.65\text{kN}$，$F_{cr2}=872.18\text{kN}$

10-5 $n=8.25>n_{st}$，安全

10-6 $F_{\max}=26.66\text{kN}$

10-7 $n=3.57>n_{\text{st}}$，安全

10-8 $n=2.51>n_{\text{st}}$，安全

10-9 $n=6.5>n_{\text{st}}$，安全

10-10 $F=998\text{kN}$

10-11 $F=15.5\text{kN}$

第 11 章

11-1 点 D 的运动方程为：$x_D=200\cos 0.2\pi t\ \text{mm}$，$y_D=100\sin 0.2\pi t\ \text{mm}$。$D$ 的轨迹方程为：$\dfrac{x_D^2}{200^2}+\dfrac{y_D^2}{100^2}=1$（椭圆）。

11-2 A 点轨迹方程为：$\dfrac{(x-a)^2}{(b+l)^2}+\dfrac{y^2}{l^2}=1$（椭圆）。

11-3 $v_A=\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=\dfrac{-v_0}{x}\sqrt{x^2+l^2}$，$a_A=\dfrac{\mathrm{d}v_A}{\mathrm{d}t}=-\dfrac{v_0^2l^2}{x^3}$，负号表示 v_A、a_A 的实际方向与 x 轴相反。

11-4 $y_B=\dfrac{2e\cos\omega t+\sqrt{(2e\cos\omega t)^2-4(e^2-R^2)}}{2}$；

$$v_B=\frac{\mathrm{d}y_B}{\mathrm{d}t}=-e\omega\left(\sin\omega t+\frac{e\sin 2\omega t}{2\sqrt{R^2-e^2\sin^2\omega t}}\right)；$$

$$a_B=\frac{\mathrm{d}v_B}{\mathrm{d}t}=-e\omega\left(\cos\omega t+\frac{e\cos 2\omega t}{\sqrt{R^2-e^2\sin^2\omega}}+\frac{e^2\sin^2\omega t}{4(R^2-e^2\sin^2\omega t)^{\frac{3}{2}}}\right)$$

11-5 以 O 为极点，水平方向为极轴，滑块以极坐标表示的轨迹方程为：$\rho=\dfrac{v_0}{\omega_0}\varphi$。

11-6 $v_A=v_M=\omega r=15\pi\cdot 0.2=9.42\text{m/s}$；

$a_A=a_M=\omega^2 r=(15\pi)^2\cdot 0.2=444.15\text{m/s}^2$

11-7 $\theta=\arctan\dfrac{r\sin\omega_0 t}{h-r\cos\omega_0 t}$

11-8 $\omega=\dfrac{v}{2l}$，$\alpha=-\dfrac{v^2}{2l^2}$。负号表示 α 与 φ 方向相反。

11-9 $\alpha=\dfrac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t}=\dfrac{av^2}{2\pi r^3}$

11-10 滚子上 M 点的加速度：$a_M^{\tau}=0$，$a_M^{n}=\dfrac{2v^2m}{d}=2.742\mathrm{m/s^2}$。

11-11 $\dot{x}_B=-l\sin\varphi\cdot\dfrac{v_0}{2R}$，$\dot{y}_B=l\cos\varphi\cdot\dfrac{v_0}{2R}$；

$$v=\sqrt{\dot{x}_B^2+\dot{y}_B^2}=\frac{v_0}{2R}l$$

$$\ddot{x}_B=-l\cos\varphi\cdot\frac{v_0^2}{4R^2},\quad \ddot{y}_B=-l\sin\varphi\cdot\frac{v_0^2}{4R^2}$$

$$a=\sqrt{\ddot{x}_B^2+\ddot{y}_B^2}=\frac{v_0^2}{4R^2}l$$

11-12 $\alpha=\dfrac{v_0^3t}{(l^2-v_0^2t^2)^{\frac{3}{2}}}$

11-13 $v_{\mathrm{r}}=v_{AB}=40\mathrm{km/h}$（↑）。

11-14 （1）船将在北岸下流 500m 处靠岸，渡河所花的时间：$t_1=\dfrac{1000\mathrm{m}}{1\mathrm{m/s}}=1000\mathrm{s}=16$ 分 40 秒。

（2）$\alpha=\arcsin\dfrac{v_{\mathrm{e}}}{v_{\mathrm{r}}}=\arcsin\dfrac{0.5}{1}=30°$；

$$t_2=\frac{1000\mathrm{m}}{0.866\mathrm{m/s}}=1155\mathrm{s}=19\text{ 分 }15\text{ 秒}$$

11-15 $v_{\mathrm{r}}=\sqrt{2^2+4^2-2\times2\times4\cos75°}=3.98\mathrm{m/s}$

11-16 当 $v_{\mathrm{r}}\perp v_B$ 时，传送带 B 的速度为：$v_B=v_{\mathrm{a}}\sin15°=4\sin15°=1.04\mathrm{m/s}$

11-17 $v_B=v_A=v\tan\alpha$

11-18 $v_{BC}=\dfrac{\sin(\varphi-30°)}{\sin120°}\cdot r\omega$

$$v_{BC}\big|_{\varphi=0}=\frac{\sin(0-30°)}{\sin120°}\cdot r\omega=\frac{-\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}}r\omega=-\frac{\sqrt{3}}{3}r\omega$$

负号表示此时速度方向与图示方向相反，即向左。

$v_{BC}\big|_{\varphi=30°}=\dfrac{\sin(30°-30°)}{\sin120°}=0$，此时往复运动改变方向。

$v_{BC}\big|_{\varphi=60°}=\dfrac{\sin(60°-30°)}{\sin 120°}\cdot r\omega=\dfrac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}}r\omega=\dfrac{\sqrt{3}}{3}r\omega$，向右。

11-19 $v_{BC}=v_B=v_{\mathrm{a}}=v_{\mathrm{e}}\cot 30°=v_A\cot 30°=600\sqrt{3}=1039.23\mathrm{mm/s}$；$a_{BC}=a_{\mathrm{a}}=1.732\times 800-2\times\dfrac{1200^2}{300}=-8214.4\mathrm{mm/s}^2$，负号表示方向向下。

11-20 $v_{CD}=v_C=v_{\mathrm{a}}=100\mathrm{mm/s}$；$a_{CD}=a_C=a_{\mathrm{a}}=346.4\mathrm{mm/s}$

第 12 章

12-1 $\omega_{AB}=3\mathrm{rad/s}$，$\omega_{O_1B}=5.2\mathrm{rad/s}$

12-2 $v_{BC}=2.51\mathrm{m/s}$

12-3 $v_B=0$，$v_C=v_E=70.7\mathrm{cm/s}$，$v_D=100\mathrm{cm/s}$

12-4 $\omega_{AB}=0.2\mathrm{rad/s}$，$v_A=34.64\mathrm{mm/s}$

12-5 当$\varphi=0°$，$\varphi=180°$时，$v_{DE}=4\mathrm{m/s}$；当$\varphi=90°$，$\varphi=270°$时，$v_{DE}=0$

12-6 $\omega_C=10.39\mathrm{rad/s}$，$v_B=14.7\mathrm{m/s}$

12-7 $\omega_{DE}=0.5\mathrm{rad/s}$

12-8 $\omega_{DE}=5\mathrm{rad/s}$，$v_C=1.3\mathrm{m/s}$

12-9 $\omega_{BC}=\dfrac{\omega}{2}$

12-10 $v_C=r\omega\tan 2\varphi$

12-11 $a_B=\dfrac{\sqrt{3}}{3}r\omega_0{}^2$，$\alpha_B=\dfrac{\sqrt{3}}{3}\omega_0{}^2$

12-12 $v_B=\sqrt{2}l\omega_0$，$a_B=\sqrt{2}l\omega_0{}^2$

12-13 $a_B=23.09\mathrm{cm/s}^2$，$\alpha_{AB}=2.31\mathrm{rad/s}^2$

12-14 $\omega_B=3.63\mathrm{rad/s}$，$\alpha_B=2.2\mathrm{rad/s}^2$

12-15 $a_n=2r\omega_0{}^2$，$a_\tau=r(\sqrt{3}\omega_0{}^2-2\alpha_0)$

12-16 $v_C=\dfrac{3}{2}r\omega_0$，$a_C=\dfrac{\sqrt{3}}{12}r\omega_0{}^2$

12-17 $\omega_{AB}=0$，$v_B=2\mathrm{m/s}$，$a_B=5.45\mathrm{m/s}^2$

第 13 章

13-1 （1）$t=0$ 至 $t=2\text{s}$ 时，$F_1=5.9\text{kN}$；（2）$t=2\text{s}$ 至 $t=8\text{s}$ 时，$F_2=4.7\text{kN}$；（3）$t=8\text{s}$ 至 $t=10\text{s}$ 时，$F_3=3.5\text{kN}$。

13-2 箱子的加速度 $a_1=1.96\text{m/s}^2$，小车的加速度 $a_2=4.56\text{m/s}^2$。

13-3 剪断瞬间绳子中的拉力 $F_\text{T}=P\cos\alpha$，小球到铅垂位置时，绳子中的拉力 $F_\text{T}=P(3-2\cos\alpha)$。

13-4 $n_{\max}=\dfrac{30}{\pi}\sqrt{\dfrac{f_\text{s}g}{R}}$

13-5 $\dot{x}=\dfrac{mg}{\mu}(1-\text{e}^{-\frac{g}{c}t})$，$x=\dfrac{mg}{\mu}t-\dfrac{m^2g}{\mu^2}(1-\text{e}^{-\frac{\mu}{m}t})$

13-6 $v_1=42.4\text{mm/s}$，$F_\text{T}=0.28\text{N}$

13-7 $F_\text{T}=\dfrac{m\omega^2r^4x^2}{(x^2-r^2)^{5/2}}$

13-8 $v=\sqrt{3gl/2}=2.1\text{m/s}$，$F_\text{T}=P/\cos\alpha=19.6\text{N}$

13-9 $y=\dfrac{eA}{mk^2}\left[\cos\left(\dfrac{k}{v_0}x\right)-1\right]$

13-10 $\varphi=0$ 时，$F=mg(1+\varphi_0^2)$；$\varphi=\varphi_0$ 时，$F=mg\cos\varphi_0$。

13-11 $t=2.02\text{s}$，$s=7.07\text{m}$

第 14 章

14-1 $\boldsymbol{p}=(2m_2+m_1)\boldsymbol{v}$

14-2 $p=\dfrac{1}{2}(5m_1+4m_2)l\omega$，$\boldsymbol{p}$ 垂直于 OC，指向与 ω 一致。

14-3 $I_x=-22\text{N}\cdot\text{s}$，$I_y=8\text{N}\cdot\text{s}$

14-4 $F_O=(m_1+m_2+m_3+m_4)g+\dfrac{1}{2}(m_1-2m_2+m_3)a$

14-5 0.138m

14-6 $F_O=(m_1+m_2+m)g+\dfrac{1}{2}(m_1-2m_2+m)a$

14-7 椭圆 $4x^2+y^2=4l^2$

14-8 $x=\dfrac{m_2}{m_2+m_1}e\sin\omega t$

14-9 $x=\dfrac{pl}{m_2g+m_1g}\sin(\varphi_0\cos kt)$

14-10 $F_{Ox}=ml\omega^2+mg\sin\varphi$，$F_{Ox}=mg\cos\varphi-ml\alpha$

14-11 向左移动 $(a-b)/4$

14-12 （a）$1.35\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$，（b）$1.5\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$，（c）$1.2\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$

14-13 $\dfrac{m_1R+m_2r}{(m_1-m_2)g}$

14-14 $t=\dfrac{\omega r_1}{2gf\left(1+\dfrac{P_1}{P_2}\right)}$

14-15 270N

14-16 $J_x=mh^2/6$

14-17 $W_{BA}=-20.3\text{J}$ $W_{AD}=20.3\text{J}$

14-18 $W=8\pi^2\left(b+\dfrac{8}{3}h\pi\right)-4\pi rQf$

14-19 $T=\dfrac{1}{2}m_1v^2+\dfrac{1}{2}m_2\left(v^2+\dfrac{1}{4}l^2\omega^2+vl\omega\cos\varphi\right)+\dfrac{1}{24}m_2l^2\omega^2$

14-20 $v=7.24\,\text{m/s}$

14-21 $v=\sqrt{\dfrac{4gh(P-2Q+W_2)}{8Q+2P+4W_1+3W_2}}$

14-22 $\dfrac{x_2}{x_1}=\dfrac{2(W+P)}{2W+3P}$

14-23 $h=0.854\text{m}$

14-24 $v_A=\sqrt{\dfrac{3}{m}[M\theta-mgl\ (1-\cos\theta)]}$

14-25 $v=\sqrt{\dfrac{4m_3gh}{3m_1+m_2+2m_3}}$，$a=\dfrac{2m_3g}{3m_1+m_2+2m_3}$

14-26 $a=4Mg/[(12W_1+3W_2)R]$

14-27 $\alpha=\dfrac{2g(M-PR\sin\theta)}{R^2(Q+3P)}$

14-28 $v=\sqrt{\dfrac{2(M_0-PRf\cos\alpha)sg}{PR+Jg}}$，$a=\dfrac{2g(M_0-PRf\cos\alpha)}{PR+Jg}$

14-29 $f'=[-(3W_1+2W_2)a/(2g)+W_1\sin\alpha]/W_2$

14-30 $\omega=\sqrt{\dfrac{3g\sin\varphi}{l}}$，$\alpha=\dfrac{3g}{2l}\cos\varphi$，$F_x=-\dfrac{3}{8}mg\sin 2\varphi$，$F_y=\dfrac{mg}{4}(1+9\sin^2\varphi)$

14-31 $F=\dfrac{M(W_1+2W_2)}{2R(W_1+W_2)}$

14-32 $a_A=\dfrac{2}{3}g$，$F_{\mathrm{T}}=\dfrac{1}{3}P$

14-33 $a=2Pg(\sin\beta-f'\cdot\cos\beta)/(2P+W+3Q)$

$\omega_2=\{4Pg(\sin\beta-f'\cdot\cos\beta)/[R^2(2P+W+3Q)]\}^{1/2}$

$\varepsilon_2=2Pg(\sin\beta-f'\cdot\cos\beta)/[R(2P+W+3Q)]$

$F_3=PQ(\sin\beta-f'\cdot\cos\beta)/(2P+W+3Q)$

附录 A

I-1 （a）$S_y=24\times10^3\ \mathrm{mm}^3$；（b）$S_y=42.25\times10^3\ \mathrm{mm}^3$；（c）$S_y=280\times10^3\ \mathrm{mm}^3$

I-2 （a）距上边 46.4mm；（b）距下边 23mm，距左边 53mm；（c）距下边 76mm，自槽钢腹板右边缘向左 6mm。

I-3 （a）$I_{z_C}=124\times10^4\ \mathrm{mm}^4$；（b）$I_{z_C}=65142\times10^4\ \mathrm{mm}^4$

I-4 （a）$I_y=6.58\times10^7\ \mathrm{mm}^4$；（b）$I_y=1.22\times10^9\ \mathrm{mm}^4$

I-5 a=8.14cm