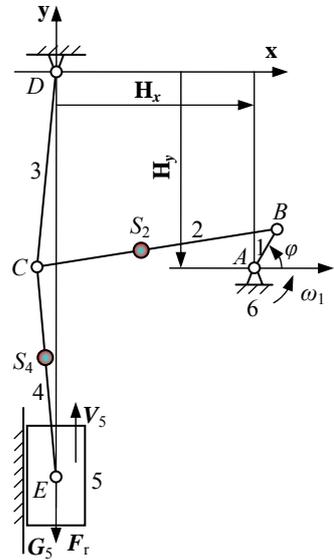


习 题

4-1 题 4-1 图为一平面六杆压力机机构，曲柄 1 作匀速转动， $\omega_1=6.28 \text{ rad/s}$ ，设滑块 5 的质量 $m_5=185 \text{ kg}$ ，质心在 E 点；连杆 4 的质量 $m_4=95 \text{ kg}$ ，质心在 S_4 点，关于 S_4 的转动惯量 $J_{S_4}=0.600 \text{ kgm}^2$ ；连杆 2 的质量 $m_2=80 \text{ kg}$ ，质心在 S_2 点，关于 S_2 的转动惯量 $J_{S_2}=0.400 \text{ kgm}^2$ ，其余构件的质量与转动惯量忽略不计。机构的尺寸为 $L_{AB}=0.150 \text{ m}$ ， $L_{BC}=0.800 \text{ m}$ ， $L_{BS_2}=0.450 \text{ m}$ ， $L_{CD}=0.650 \text{ m}$ ， $L_{CE}=0.700 \text{ m}$ ， $L_{CS_4}=0.300 \text{ m}$ ， $H_x=0.650 \text{ m}$ ， $H_y=0.650 \text{ m}$ 。机构的受力状态为，当滑块 5 向上运动时，工作阻力 $F_r=10\,000 \text{ N}$ ；当滑块 5 向下运动时，摩擦阻力 $F_r=1\,000 \text{ N}$ 。不计惯性力与惯性力矩，试用图解法作 $\varphi=60^\circ$ 位置的受力分析（**参考答案：** $F_{12}=F_{61}=2\,398 \text{ N}$ ， $F_{2C}=2\,535 \text{ N}$ ， $F_{3C}=F_{63}=13\,637 \text{ N}$ ， $F_{C4}=12\,797 \text{ N}$ ， $F_{45}=11\,865 \text{ N}$ ， $F_{65}=1\,090 \text{ N}$ ， $M_1=308 \text{ Nm}$ ）。



题 4-1 图

解： 仅做静力分析，动力分析未做。

对连杆 4 上的 C 点取力矩得： $F_{S_4t} L_{CE} = G_4 L_{CS_4} \sin 5.1$

$$F_{S_4t} = 95 \times 9.81 \times 0.3 \sin 5.1 / 0.7 = 35 \text{ N}。$$

对滑块 5 取力平衡方程： $F_{45t} \cos 5.1 + F_{45r} \sin 5.1 = F_{65}$

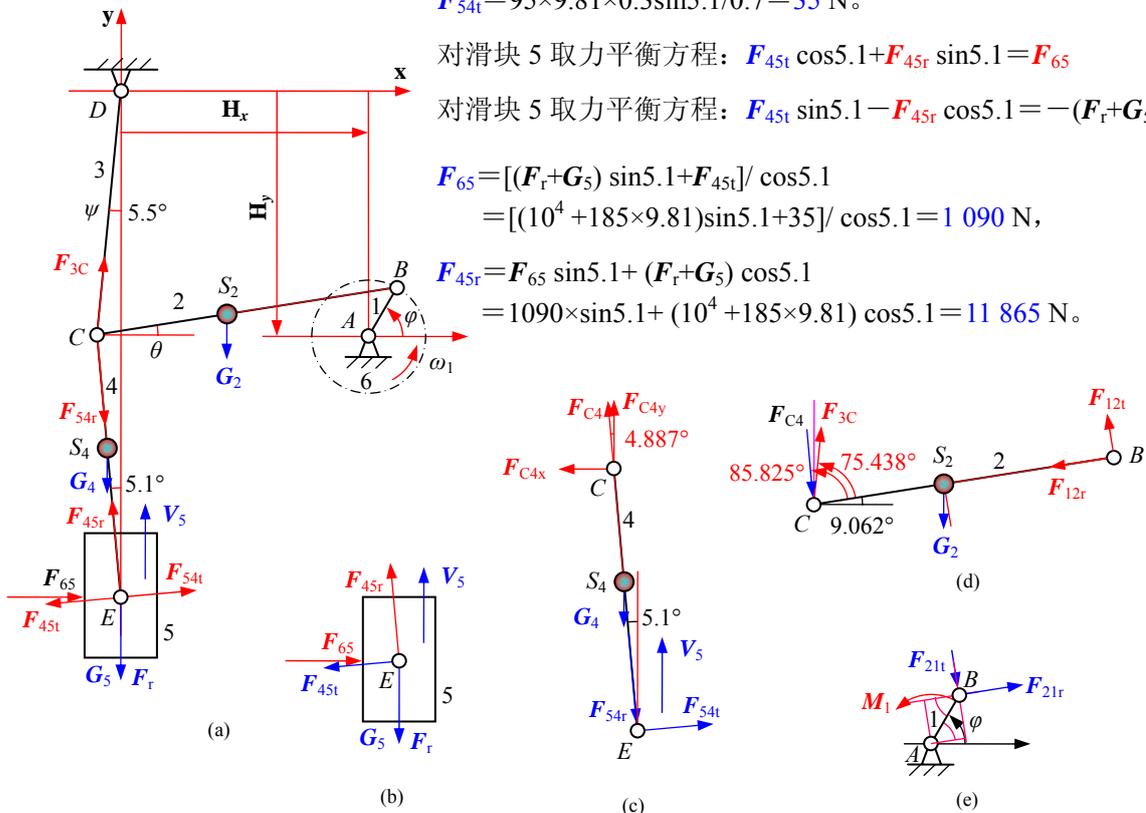
对滑块 5 取力平衡方程： $F_{45t} \sin 5.1 - F_{45r} \cos 5.1 = -(F_r + G_5)$

$$F_{65} = [(F_r + G_5) \sin 5.1 + F_{45t}] / \cos 5.1$$

$$= [(10^4 + 185 \times 9.81) \sin 5.1 + 35] / \cos 5.1 = 1\,090 \text{ N}，$$

$$F_{45r} = F_{65} \sin 5.1 + (F_r + G_5) \cos 5.1$$

$$= 1090 \times \sin 5.1 + (10^4 + 185 \times 9.81) \cos 5.1 = 11\,865 \text{ N}。$$



题 4-1 图

对连杆 4 取 x 方向的力平衡方程得： $F_{C4x} = F_{54t} \cos 5.1 + F_{54r} \sin 5.1 = 35 \cos 5.1 + 11865 \sin 5.1 = 1\ 090\ \text{N}$ ，

对连杆 4 取 y 方向的力平衡方程得： $F_{C4y} = G_4 - F_{54t} \sin 5.1 + F_{54r} \cos 5.1 = 95 \times 9.81 - 35 \sin 5.1 + 11865 \cos 5.1 = 12\ 747\ \text{N}$ 。

连杆 4 上 C 点的合力为 $F_{C4} = \sqrt{F_{C4x}^2 + F_{C4y}^2} = 12\ 797\ \text{N}$ ，

连杆 4 上 C 点的合力 F_{C4} 的方位角为 $\varphi_{C4} = 180^\circ - \arctan(F_{C4y} / F_{C4x}) = 180^\circ - \arctan(12747 / 1090) = 94.887^\circ$ 。

对连杆 2 上的 C 点取力矩得： $F_{12t} L_{BC} = G_2(L_{BC} - L_{BS2}) \cos 9.062^\circ = 80 \times 9.81(0.800 - 0.450) \cos 9.062^\circ$

$F_{12t} = 80 \times 9.81(0.800 - 0.450) \cos 9.062^\circ / 0.800 = 339\ \text{N}$ 。

对连杆 2 取 $\theta + \pi/2$ 方向的力平衡方程得： $F_{12t} + F_{3C} \sin 75.438^\circ = F_{C4} \sin 85.8258^\circ + G_2 \cos 9.062^\circ$

对连杆 2 取 $\theta + \pi$ 方向的力平衡方程得： $F_{12r} + G_2 \sin 9.062^\circ + F_{C4} \cos 85.8258^\circ = F_{3C} \cos 75.438^\circ$

$$F_{3C} = (F_{C4} \sin 85.8258^\circ + G_2 \cos 9.062^\circ - F_{12t}) / \sin 75.438^\circ$$

$$= (12797 \times \sin 85.8258^\circ + 80 \times 9.81 \cos 9.062^\circ - 339) / \sin 75.438^\circ = 13\ 637\ \text{N}$$

$$F_{12r} = F_{3C} \cos 75.438^\circ - G_2 \sin 9.062^\circ - F_{C4} \cos 85.8258^\circ$$

$$= 13637 \cos 75.438^\circ - 80 \times 9.81 \sin 9.062^\circ - 12797 \cos 85.8258^\circ = 2\ 374\ \text{N}$$

连杆 2 上 B 点的合力为 $F_{12} = \sqrt{F_{12t}^2 + F_{12r}^2} = 2\ 398\ \text{N}$ 。

连杆 4 对滑块 5 的作用力为 $F_{45} = \sqrt{F_{45t}^2 + F_{45r}^2} = \sqrt{35^2 + 11865^2} = 11\ 865\ \text{N}$ 。

连杆 2 对 C 点的作用力为 $F_{2C} = \sqrt{(F_{12t} - G_2 \cos 9.062^\circ)^2 + (F_{12r} + G_2 \sin 9.062^\circ)^2}$

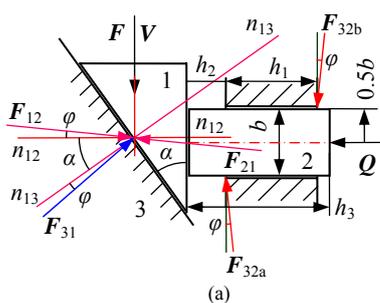
$$F_{2C} = \sqrt{(339 - 80 \times 9.81 \cos 9.062^\circ)^2 + (2374 + 80 \times 9.81 \sin 9.062^\circ)^2} = 2\ 535\ \text{N}$$

曲柄 1 的平衡力矩为 $M_1 = F_{21r} L_{AB} \sin(\varphi - 9.062) + F_{21t} L_{AB} \cos(\varphi - 9.062)$

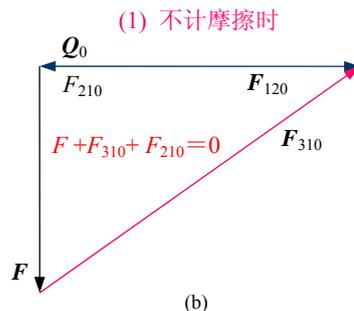
$$M_1 = 2374 \times 0.150 \sin(60 - 9.062) + 339 \times 0.150 \cos(60 - 9.062) = 308\ \text{Nm}$$

4-2 题 4-2 图 为一斜面运动变换机构，主动力 $F = 10\ 000\ \text{N}$ ， $\alpha = 35.5^\circ$ ， $b = 88\ \text{mm}$ ， $h_1 = 120\ \text{mm}$ ， $h_2 = 50\ \text{mm}$ ， $h_3 = 188\ \text{mm}$ 。

- (1) 若不计摩擦力的影响，求阻力 Q_0 的大小（**参考答案：** $Q_0 = 14\ 019\ \text{N}$ ）；
- (2) 当各个摩擦面的摩擦系数 $f = 0.1$ 时，求阻力 Q 的大小（**参考答案：** $Q = 10\ 070\ \text{N}$ ）；
- (3) 当各个摩擦面的摩擦系数 $f = 0.1$ 时，求该斜面机构的机械效率（**参考答案：** $\eta = Q/Q_0$ ）

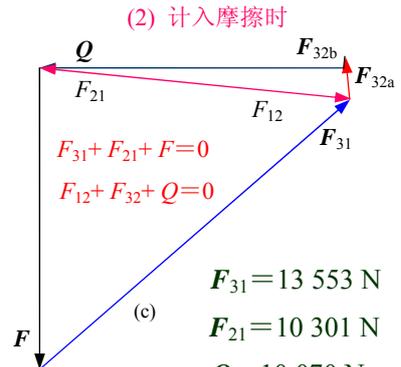


$$\eta = Q/Q_0 = 10070/14019 = 0.7183$$



$$F_{310} = 17\ 232\ \text{N}$$

$$Q_0 = 14\ 067\ \text{N}$$



$$F_{31} = 13\ 553\ \text{N}$$

$$F_{21} = 10\ 301\ \text{N}$$

$$Q = 10\ 070\ \text{N}$$

=0.718)。

解：(1) 若不计摩擦力的影响，求阻力 Q_0 的大小

(1-1) 作图法： $F + F_{310} + F_{210} = 0$ ， $\mu_F = 10000 \text{ (N/30(mm))} = 333.333 \text{ (N/mm)}$ ，力多边形如图(b)所示。

$$F_{310} = 51.695 \times \mu_F = 17\,232 \text{ N}, \quad Q_0 = 42.2 \times \mu_F = 14\,067 \text{ N}.$$

(1-2) 解析法： $F_{310} = F/\sin\alpha = 10000/\sin 35.5 = 17220 \text{ N}$ ， $Q_0 = F/\cos\alpha = 10000/\tan 35.5 = 14019 \text{ N}$ 。

(2) 当各个摩擦面的摩擦系数 $f=0.1$ 时，求阻力 Q 的大小

(2-1) 作图法： $\varphi = \arctan f = \arctan 0.1 = 5.711^\circ$ 。

$F + F_{31} + F_{21} = 0$ ， $\mu_F = 10000 \text{ (N/40(mm))} = 250 \text{ (N/mm)}$ ，力多边形如图(c)所示。

$$F_{31} = 54.214 \times \mu_F = 13\,553 \text{ N}, \quad F_{21} = 41.024 \times \mu_F = 10\,301 \text{ N}.$$

(2-2) 解析法：

(a) 斜块 1 的力平衡方程为

$$\begin{aligned} F_{31} \sin(\alpha + \varphi) + F_{21} \sin \varphi &= F & F_{31} \sin(\alpha + \varphi) \cos \varphi + F_{21} \sin \varphi \cos \varphi &= F \cos \varphi \\ F_{31} \cos(\alpha + \varphi) - F_{21} \cos \varphi &= 0 & F_{31} \cos(\alpha + \varphi) \sin \varphi - F_{21} \cos \varphi \sin \varphi &= 0 \end{aligned}$$

化简得

$$\begin{aligned} F_{31} \sin(\alpha + 2\varphi) &= F \cos \varphi, \quad F_{31} = F \cos \varphi / \sin(\alpha + 2\varphi) \\ F_{31} &= F \cos \varphi / \sin(\alpha + 2\varphi) = 10000 \cos 5.711 / \sin(35.5 + 2 \times 5.711) = 13622 \text{ N} \\ F_{21} &= F_{31} \cos(\alpha + \varphi) / \cos \varphi = 13622 \cos(35.5 + 5.711) / \cos 5.711 = 10299 \text{ N} \end{aligned}$$

(b) 滑块 2 的力与力矩的平衡方程为

$$\begin{aligned} F_{32a} \sin \varphi + F_{32b} \sin \varphi + Q &= F_{12} \cos \varphi \\ F_{32a} \cos \varphi &= F_{32b} \cos \varphi + F_{12} \sin \varphi \\ F_{32a} \frac{b}{2} \sin \varphi + F_{32a} (h_3 - h_2) \cos \varphi &= F_{32b} \frac{b}{2} \sin \varphi + F_{32b} (h_3 - h_2 - h_1) \cos \varphi + F_{12} h_3 \sin \varphi \end{aligned}$$

化简得

$$\begin{aligned} F_{32a} \tan \varphi + F_{32b} \tan \varphi + Q / \cos \varphi &= F_{12} \\ F_{32a} &= F_{32b} + F_{12} \tan \varphi \\ F_{32a} \frac{b}{2} \tan \varphi + F_{32a} (h_3 - h_2) &= F_{32b} \frac{b}{2} \tan \varphi + F_{32b} (h_3 - h_2 - h_1) + F_{12} h_3 \tan \varphi \\ F_{32a} \tan \varphi + F_{32b} \tan \varphi + Q / \cos \varphi &= F_{12} \\ F_{32a} &= F_{32b} + F_{12} \tan \varphi \\ (F_{32b} + F_{12} \tan \varphi) \left(\frac{b}{2} \tan \varphi + h_3 - h_2 \right) &= F_{32b} \left(\frac{b}{2} \tan \varphi + h_3 - h_2 - h_1 \right) + F_{12} h_3 \tan \varphi \\ F_{32b} \left(\frac{b}{2} \tan \varphi + h_3 - h_2 \right) - F_{32b} \left(\frac{b}{2} \tan \varphi + h_3 - h_2 - h_1 \right) &= F_{12} h_3 \tan \varphi - F_{12} \tan \varphi \left(\frac{b}{2} \tan \varphi + h_3 - h_2 \right) \\ F_{32b} \left(\frac{b}{2} \tan \varphi + h_3 - h_2 - \frac{b}{2} \tan \varphi - h_3 + h_2 + h_1 \right) &= F_{12} (h_3 \tan \varphi - \frac{b}{2} \tan^2 \varphi - h_3 \tan \varphi + h_2 \tan \varphi) \\ F_{32b} h_1 &= F_{12} \left(-\frac{b}{2} \tan^2 \varphi + h_2 \tan \varphi \right) \end{aligned}$$

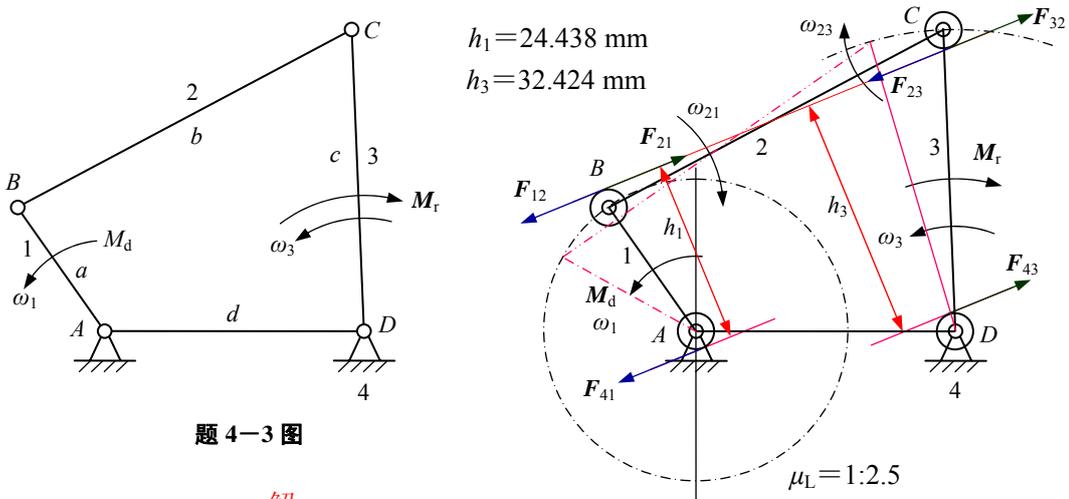
$$F_{32b} = F_{12}(-\frac{b}{2} \tan^2 \varphi + h_2 \tan \varphi) / h_1 = 10299(-44 \tan^2 5.711 + 50 \tan 5.711) / 120 = 391 \text{ N}$$

$$F_{32a} = F_{32b} + F_{12} \tan \varphi = 391 + 10299 \tan 5.711 = 1421 \text{ N}$$

$$Q = F_{12} \cos \varphi - F_{32a} \sin \varphi - F_{32b} \sin \varphi = 10299 \cos 5.711 - 1421 \sin 5.711 - 391 \sin 5.711 = 10070 \text{ N}$$

(3) 求该斜面机构的机械效率 $\eta_1 = Q/Q_0 = 10070/14019 = 0.7183$ 。

4-3 题 4-3 图为一曲柄摇杆机构，用作转动到摆动的变换，各个转动副的摩擦圆半径均为 $\rho = 6 \text{ mm}$ ，工作阻力矩 $M_r = 100 \text{ Nm}$ ，曲柄 1 的杆长 $a = 50 \text{ mm}$ ，连杆 2 的杆长 $b = 125 \text{ mm}$ ，摇杆 3 的杆长 $c = 100 \text{ mm}$ ，机架 4 的杆长 $d = 85 \text{ mm}$ ，试求图示位置主动力矩 M_d 的大小（参考答案： $M_d = 75.33 \text{ Nm}$ ）。



题 4-3 图

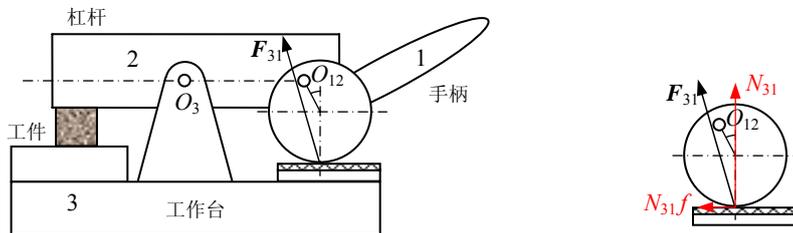
解

$$F_{23} = M_r / (h_3 \times \mu_L) = 100000 / (32.424 \times 2.5) = 1233 \text{ N}$$

$$F_{12} = F_{23}$$

$$M_d = F_{12} \times h_1 \times \mu_L = 1233 \times 24.438 \times 2.5 / 1000 = 75.33 \text{ Nm}$$

4-4 题 4-4 图 为偏心圆杠杆夹紧机构在钳工作业中的应用，试分析当 F_{31} 在 O_{12} 左侧时，工件处于自锁状态（参考答案：当 F_{31} 在 O_{12} 左侧时， F_{31} 的力矩使偏心圆夹紧而不是被推出）。



题 4-4 图

是被推出)。

4-5 题 4-5 图为一正切机构，用作摆动到移动的变换，已知 $h = 400 \text{ mm}$ ， $b = 80 \text{ mm}$ ， $\omega_1 = -10 \text{ rad/s}$ ，构件 3 的质量 $m_3 = 20 \text{ kg}$ ，滑块 2 的质量 $m_2 = 5 \text{ kg}$ ，工作阻力 $Q = 1000 \text{ N}$ 。

(1) 不计惯性力时，试求图示位置驱动力矩 M_d 的大小（参考答案： $M_d = -402.5 \text{ Nm}$ ）；

(2) 计入惯性力时，试求图示位置驱动力矩 M_d 的大小（参考答案： $M_d = 418.6 \text{ Nm}$ ）。

解: (2) 计入惯性力时, 求驱动力矩 M_d 的大小

$$S_3 = h \tan \varphi_1, V_3 = h\omega_1 / (\cos \varphi_1)^2, V_3 (\cos \varphi_1)^2 = h\omega_1, a_3 \cos^2 \varphi_1 - 2V_3\omega_1 \cos \varphi_1 \sin \varphi_1 = 0$$

$$a_3 = 2V_3\omega_1 \sin \varphi_1 / \cos \varphi_1 = 2V_3\omega_1 \tan \varphi_1$$

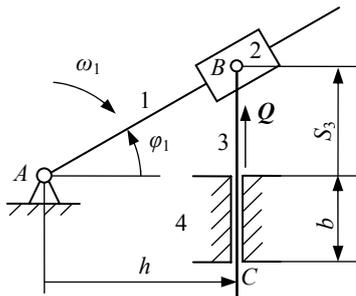
$$V_3 = h\omega_1 / (\cos \varphi_1)^2 = -0.4 \times 10 / \cos^2 30^\circ = -5.333 \text{ m/s}$$

$$a_3 = 2V_3\omega_1 \tan \varphi_1 = 2 \times 5.333 \times 10 \tan 30^\circ = 61.584 \text{ m/s}^2$$

$$F_{R2} = Q - (m_2 + m_3)(g + a_3) = 1000 - (5 + 20)(-9.81 + 61.584) = -784.85 \text{ N}$$

$$F_{23} = F_{R2} / \cos \varphi_1 = 784.85 / \cos 30^\circ = 906 \text{ N}$$

$$M_d = F_{21}h / \cos \varphi_1 = 906 \times 0.4 / \cos 30^\circ = 418.6 \text{ Nm}$$



题 4-5 图

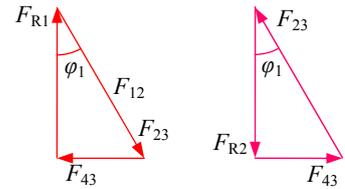
解: (1) 不计入惯性力时, 求驱动力矩 M_d 的大小

$$F_{23} = F_{12}$$

$$F_{R1} = Q - (m_2 + m_3)g = 1000 - (5 + 20) \times 9.81 = 754.75 \text{ N}$$

$$F_{23} = F_{R1} / \cos \varphi_1 = 754.75 / \cos 30^\circ = 871.5 \text{ N}$$

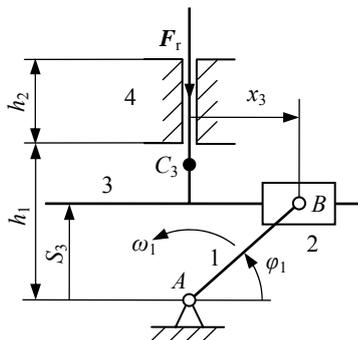
$$M_d = -F_{21}h / \cos \varphi_1 = 871.5 \times 0.4 / \cos 30^\circ = -402.5 \text{ Nm}$$



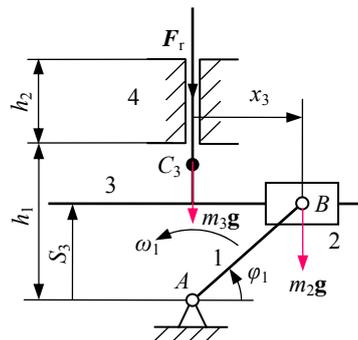
4-6 题 4-6 图为一正弦机构, 用作转动到摆动的变换, 已知 $L_{AB} = 110 \text{ mm}$, $h_1 = 150 \text{ mm}$, $h_2 = 70 \text{ mm}$, $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$, 构件 3 的质量 $m_3 = 30 \text{ kg}$, 滑块 2 的质量 $m_2 = 8 \text{ kg}$, 构件 1 的质心在 A 点, $m_1 = 20 \text{ kg}$, 工作阻力 $F_r = 2000 \text{ N}$ 。

(1) 不计惯性力时, 试用解析法求机构在 $\varphi_1 = 30^\circ$ 、 $\varphi_1 = 60^\circ$ 、 $\varphi_1 = 120^\circ$ 和 $\varphi_1 = 220^\circ$ 位置时, 构件 1 上的平衡力矩 M_b (参考答案: $M_b = 35.512, 20.503, -20.503, -31.412 \text{ Nm}$);

(2) 计入惯性力时, 试用解析法求机构在 $\varphi_1 = 30^\circ$ 、 $\varphi_1 = 60^\circ$ 、 $\varphi_1 = 120^\circ$ 和 $\varphi_1 = 220^\circ$ 位置时, 构件 1 上的平衡力矩 M_b (参考答案: $M_b = 55.422, 40.412, -40.412, -8.774 \text{ Nm}$)。



题 4-6 图



解: (1) 不计惯性力时, 构件 1 上的平衡力矩 M_b

$$M_b = (m_2 + m_3)gL_1 \cos \varphi_1 = 38 \times 9.81 \times 0.110 \times \cos 30^\circ = 41.0058 \cos 30^\circ = 35.512 \text{ Nm}$$

$$M_b = (m_2 + m_3)gL_1 \cos \varphi_1 = 38 \times 9.81 \times 0.110 \times \cos 60^\circ = 41.0058 \cos 60^\circ = 20.503 \text{ Nm}$$

$$M_b = (m_2 + m_3)gL_1 \cos \varphi_1 = 38 \times 9.81 \times 0.110 \times \cos 120^\circ = 41.0058 \cos 120^\circ = -20.503$$

Nm

$$M_b = (m_2 + m_3)gL_1 \cos \varphi_1 = 38 \times 9.81 \times 0.110 \times \cos 220^\circ = 41.0058 \cos 220^\circ = -31.412$$

Nm

(2) 计入惯性力时, 构件 1 上的平衡力矩 M_b

$$S_3 = L_1 \sin \varphi_1, \quad x_3 = L_1 \cos \varphi_1$$

$$V_3 = L_1 \omega_1 \cos \varphi_1, \quad V_{x_3} = -L_1 \omega_1 \sin \varphi_1$$

$$a_3 = -L_1 \omega_1^2 \sin \varphi_1, \quad a_{x_3} = -L_1 \omega_1^2 \cos \varphi_1$$

$$a_3 = -L_1 \omega_1^2 \sin \varphi_1 = -0.110 \times 100 \sin \varphi_1 = 11 \sin \varphi_1 = 11 \sin 30 = 5.5 \text{ m/s}^2$$

$$a_3 = -L_1 \omega_1^2 \sin \varphi_1 = -0.110 \times 100 \sin \varphi_1 = 11 \sin \varphi_1 = 11 \sin 60 = 9.526 \text{ m/s}^2$$

$$a_3 = -L_1 \omega_1^2 \sin \varphi_1 = -0.110 \times 100 \sin \varphi_1 = 11 \sin \varphi_1 = 11 \sin 120 = 9.526 \text{ m/s}^2$$

$$a_3 = -L_1 \omega_1^2 \sin \varphi_1 = -0.110 \times 100 \sin \varphi_1 = 11 \sin \varphi_1 = 11 \sin 220 = -7.070 \text{ m/s}^2$$

$$M_b = (m_2 + m_3)(g + a_3)L_1 \cos \varphi_1 = 38(9.81 + 5.5) \times 0.110 \times \cos 30 = 55.422 \text{ Nm}$$

$$M_b = (m_2 + m_3)(g + a_3)L_1 \cos \varphi_1 = 38(9.81 + 9.526) \times 0.110 \times \cos 60 = 40.412 \text{ Nm}$$

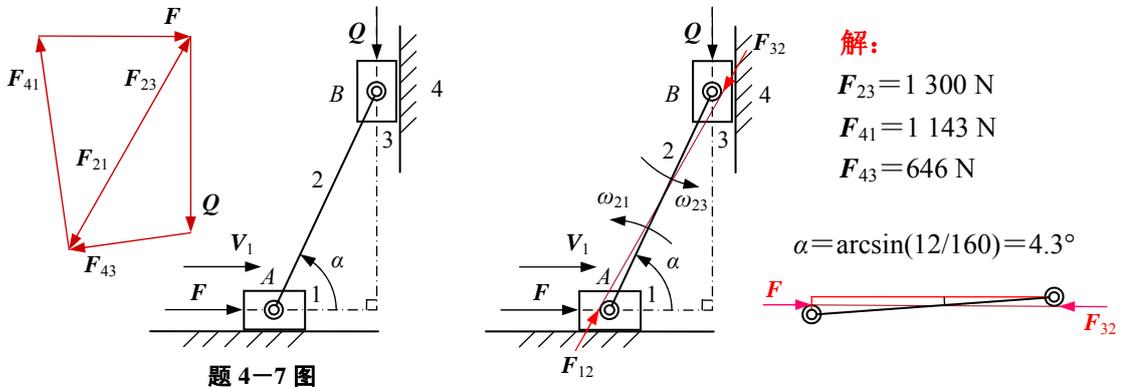
$$M_b = (m_2 + m_3)(g + a_3)L_1 \cos \varphi_1 = 38(9.81 + 9.526) \times 0.110 \times \cos 120 = -40.412 \text{ Nm}$$

$$M_b = (m_2 + m_3)(g + a_3)L_1 \cos \varphi_1 = 38(9.81 - 7.070) \times 0.110 \times \cos 220 = -8.774 \text{ Nm}$$

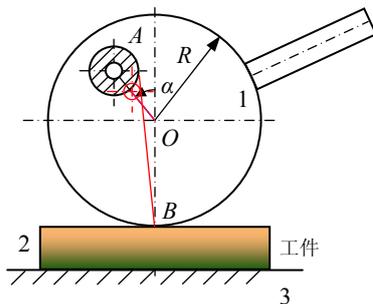
4-7 题 4-7 图为一双滑块机构, 用作移动到移动的变换, 已知 $L_{AB} = 160 \text{ mm}$, 转动副 A 、 B 处的摩擦圆半径均为 $\rho = 6 \text{ mm}$, 移动副中的摩擦角 $\varphi = 8^\circ$, F 为主动力, 工作阻力 $Q = 800 \text{ N}$ 。

(1) 求机构在 $\alpha = 65^\circ$ 位置时, 各运动副中的支反力 (参考答案: $F_{23} = 1300 \text{ N}$, $F_{41} = 1143 \text{ N}$, $F_{43} = 646 \text{ N}$);

(2) 该机构在 $\rho = 6 \text{ mm}$, $\varphi = 8^\circ$ 时的自锁条件 (参考答案: $\alpha = 4.3^\circ$)。



4-8 题 4-8 图为一偏心夹具机构, 已知 $R = 100 \text{ mm}$, A 处为固定支承, OA 与垂线之间的夹角 $\alpha = 30^\circ$, 转动副 A 处的摩擦圆半径均 $\rho = 8 \text{ mm}$, 构件 1 与 2、2 与 3 之间的摩擦系数 $f = 0.1$ 。试分析当夹紧到图示位置后, 在工件反力的作用下, 夹具不会自动松开时, OA 之间的长度为多大 (参考答案: $OA_{\max} = 4.8918 \times \mu_L = 35 \text{ mm}$)。



解:

$$\mu_L = 100/14 = 7.14286$$

$$R = 100 \text{ mm} \quad R_{Tu} = 14 \text{ mm}$$

$$OA_{Tu} = 8.5796 \text{ mm}$$

$$\rho_{Tu} = 2.24 \text{ mm}$$

$$\varphi = \arctan f = \arctan 0.1 = 5.711^\circ$$

$$OA_{Tumin} = 4.8918 \text{ mm}$$

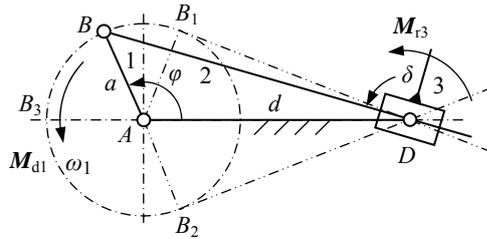
$$OA_{Tumax} = 4.8918 \times \mu_L = 35 \text{ mm}$$

4-9 题 4-9 图为一曲柄摇块机构，已知曲柄 1 的转速 $\omega_1=10 \text{ r/min}$ ，曲柄 1 的杆长 $a=0.150 \text{ m}$ ，机架 4 的杆长 $d=0.450 \text{ m}$ 。当曲柄 1 转 $B_1B_3B_2$ 区间时，工作阻力矩 $M_{r3}=50 \text{ Nm}$ ，不计惯性力，求驱动力矩 M_{d1} 的大小（参考答案： $\delta = \arctan 2[a \sin \varphi / (a \cos \varphi - d)]$ ，

$$S_2 = \sqrt{(a \sin \varphi)^2 + (a \cos \varphi - d)^2}, \quad M_{d1} = M_{r3} a \cos(\delta - \varphi) / S_2。$$

解： $\delta = \arctan 2[a \sin \varphi / (a \cos \varphi - d)]$ ， $S_2 = \sqrt{(a \sin \varphi)^2 + (a \cos \varphi - d)^2}$

$$\omega_3 = a \omega_1 \cos(\delta - \varphi) / S_2, \quad M_{r3} a \omega_1 \cos(\delta - \varphi) / S_2 = M_{d1} \omega_1, \quad M_{d1} = M_{r3} a \cos(\delta - \varphi) / S_2$$



题 4-9 图

4-10 题 4-10 图为一工作台升降机构，当油缸下腔通入高压油时，工作台作上升运动。已知比例尺 $\mu_L = \text{实际尺寸} / \text{图上尺寸} = 30$ ，工件的重量 $G_w = 10\,000 \text{ N}$ ，求驱动力 F_{12} 的大小（参考答案： $F_{12} = 28\,175 \text{ N}$ ）。

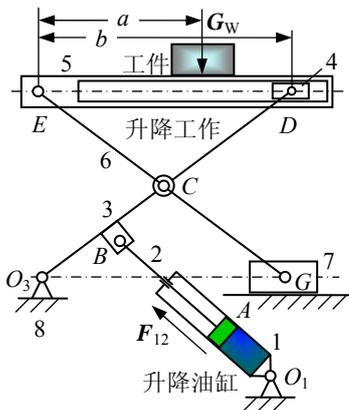
解： $F_{65} = G_w (b - a) / b = 10000(33.4 - 21.5) / 33.4 = 3563 \text{ N}$

$$F_{45} = G_w a / b = 10000 \times 21.5 / 33.4 = 6437 \text{ N}$$

$$F_{36} = F_{56} c / (c - d) = 3536 \times 32.5 / (32.5 - 16.5) = 4972.5 \text{ N}$$

$$F_{12} g = F_{63} f + F_{43} e$$

$$F_{12} = (F_{63} f + F_{43} e) / g = (4972.5 \times 16 + 6437 \times 32.9) / 10.34 = 28175 \text{ N}$$



题 4-10 图

解：

图上尺寸

$$a=21.5$$

$$b=33.4$$

$$c=32.5$$

$$d=16.5$$

$$e=32.9$$

$$f=16$$

$$g=10.34$$

