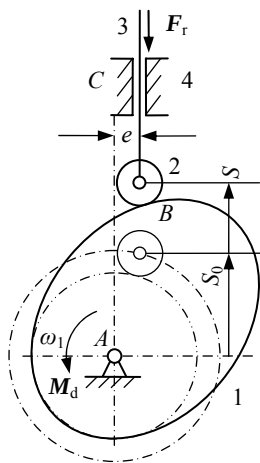


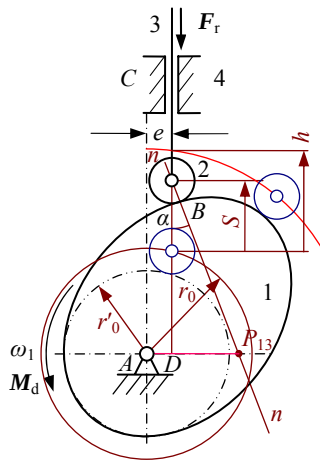
习 题

9-1 在题 9-1 图所示的凸轮机构中, μ_L (实际尺寸/图上尺寸)=10, 凸轮 1 为主动件, 推杆 3 为从动件。

- (1) 画出凸轮的理论基圆并量取半径 r_0 (参考答案: $r_0=139.5 \text{ mm}$);
- (2) 标出凸轮机构在图示位置的压力角 α 并量取 α (参考答案: $\alpha=21^\circ$);
- (3) 标出并量取从动件的位移 S (参考答案: $S=93 \text{ mm}$);
- (4) 标出并量取从动件的行程 h (参考答案: $h=134 \text{ mm}$);
- (5) 若主动力矩 $M_d=10 \text{ Nm}$, 不计所有运动副的摩擦, 求图示位置的工作阻力 F_r ($F_r=82 \text{ N}$);
- (6) 偏心距 e 的引入对受力是否有利 (参考答案: 有利)。



题 9-1 图



题 9-1 图

解:

- (1) 量出基圆半径 $r_0=13.95 \times \mu_L=139.5 \text{ mm}$;
- (2) 该位置从动件的压力角 $\alpha=21^\circ$;
- (3) 该位置时从动件的位移 $S=9.3 \times \mu_L=93 \text{ mm}$;
- (4) 该位置时从动件的行程 $h=13.4 \times \mu_L=134 \text{ mm}$;
- (5) 求此位置工作阻力 F_r 的大小

由 $M_d \omega_1 = F_r V_3$ 得 F_r 为

$$F_r = M_d \omega_1 / V_3 = M_d / (V_3 / \omega_1) = M_d / (AP_{13} \times \mu_L), \quad AP_{13} = 12.2 \text{ mm} = 0.0122 \text{ m},$$

$$F_r = 10 / (0.0122 \times \mu_L) = 82 \text{ N}$$

- (6) 偏心距 e 的引入对受力是否有利 (有利)。

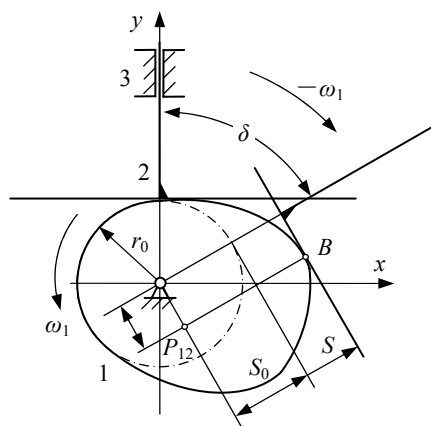
$\tan \alpha = DP_{13} / (S_0 + S) = (AP_{13} - e) / (S_0 + S)$, e 的存在使推程的压力角 α 减少, 有利。

9-2 在题 9-2 图所示的凸轮机构中, μ_L (实际尺寸/图上尺寸)=10, 凸轮 1 为主动件, 推杆 2 为从动件, 已知凸轮 1 的基圆半径 r_0 , 从动件在推程 $[0, 80^\circ]$ 的运动规律为 $S = b \cdot \sin[9\delta / (4\pi)]$ (mm), b 为常数。

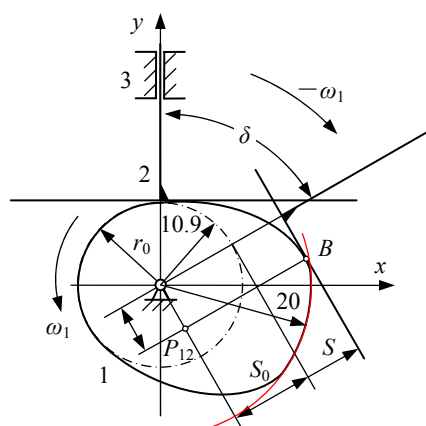
- (1) 试推导凸轮在推程阶段的轮廓方程 (参考答案: $S = b \cdot \sin[9\delta / (4\pi)]$ (mm), $dS/d\delta =$

$$9b/(4\pi)\cos[9\delta/(4\pi)], \quad x=(r_0+S)\sin\delta+(dS/d\delta)\cos\delta, \quad y=(r_0+S)\cos\delta-(dS/d\delta)\sin\delta;$$

- (2) 该机构的压力角 α (参考答案: $\alpha=0$);
 (3) 从动件 2 的行程 H (参考答案: $H=91 \text{ mm}$);
 (4) 求常数 b (参考答案: $b=108.144 \text{ mm}$).



题 9-2 图



题 9-2 图

解:

- (1) 推导凸轮在推程阶段的轮廓方程 $S=b\sin[9\delta/(4\pi)]$ (mm), $dS/d\delta=9b/(4\pi)\cos[9\delta/(4\pi)]$

$$\left. \begin{aligned} x &= (r_0 + S)\sin\delta + (dS/d\delta)\cos\delta \\ y &= (r_0 + S)\cos\delta - (dS/d\delta)\sin\delta \end{aligned} \right\}$$

- (2) 该机构的压力角 $\alpha=0$
 (3) 从动件 2 的行程 $H=[(S_0+S_{\max})-S_0]\times\mu_L=(20-10.9)\times10=91 \text{ mm}$
 (4) 求常数 b

$$80^\circ=80^\circ\times\pi/180^\circ=4\times\pi/9$$

$$91=b\cdot\sin[9\times4\pi/9/(4\pi)]=b\cdot\sin(1)$$

$$=b\cdot\sin(1\times180^\circ/\pi)=0.84147 b$$

$$b=91/0.84147=108.144 \text{ mm}$$

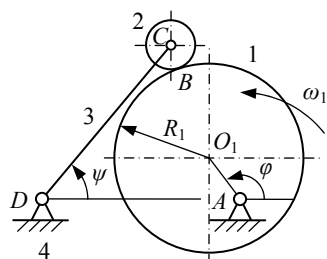
9-3 在题 9-3 图所示的凸轮机构中, 凸轮 1 为圆心在 O_1 点转动中心在 A 点的圆, 圆的半径 $R_1=150 \text{ mm}$, $AO_1=0.542R_1$, 摆杆 3 的长度 $L_3=2.118R_1$, 滚子 2 的半径 $R_2=0.26R_1$, $AD=2.088R_1$ 。

- (1) 标出摆杆 3 在图示位置的压力角 α (参考答案: $\alpha=31^\circ$);
 (2) 画出摆杆 3 的摆角 ψ (参考答案: $\psi=28^\circ$);
 (3) 求摆杆 3 的运动规律 (参考答案: $k_A=2bL_3\sin\varphi$, $k_B=2L_3(d+b\cos\varphi)$,
 $k_C=(R_1+R_2)^2-L_3^2-d^2-b^2-2bd\cos\varphi$, $\psi=2\arctan 2[(k_A+\sqrt{k_A^2+k_B^2-k_C^2})/(k_B-k_C)]$)。

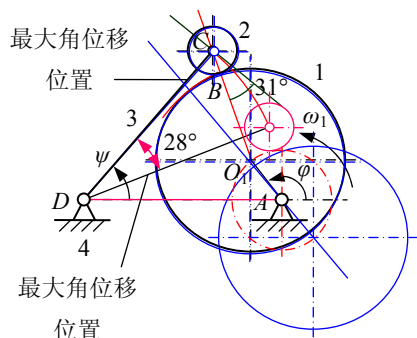
解:

- (1) 作图得摆杆 2 在图示位置的压力角 $\alpha=31^\circ$ 。
 (2) 作图得摆杆 2 的摆角 $\psi=28^\circ$ 。
 (3) 求摆杆 2 的运动规律。

$$[L_3 \cos \psi - (d + b \cos \varphi)]^2 + (L_3 \sin \psi - b \sin \varphi)^2 = (R_1 + R_2)^2$$



题 9-3 图



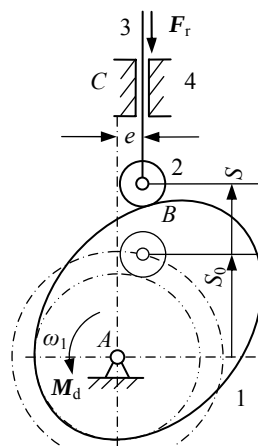
题 9-3 图

$$\begin{aligned} L_3^2 + (d + b \cos \varphi)^2 - 2L_3 \cos \psi (d + b \cos \varphi) - 2L_3 b \sin \psi \sin \varphi + b^2 \sin^2 \varphi &= (R_1 + R_2)^2 \\ L_3^2 + d^2 + b^2 + 2bd \cos \varphi - 2dL_3 \cos \psi - 2bL_3 \cos \psi \cos \varphi - 2bL_3 \sin \psi \sin \varphi &= (R_1 + R_2)^2 \\ (2bL_3 \sin \varphi) \sin \psi + 2L_3 (d + b \cos \varphi) \cos \psi + [(R_1 + R_2)^2 - L_3^2 - d^2 - b^2 - 2bd \cos \varphi] &= 0 \\ k_A = 2bL_3 \sin \varphi, \quad k_B = 2L_3 (d + b \cos \varphi), \quad k_C = (R_1 + R_2)^2 - L_3^2 - d^2 - b^2 - 2bd \cos \varphi \\ k_A \sin \psi + k_B \cos \psi + k_C &= 0 \\ \psi = 2 \arctan 2[(k_A + \sqrt{k_A^2 + k_B^2 - k_C^2}) / (k_B - k_C)] \end{aligned}$$

9-4 在题 9-1 图所示的凸轮机构中, 已知基圆半径 $r_0 = 60 \text{ mm}$ 、滚子半径 $r_g = 30 \text{ mm}$ 、偏置距 $e = 15 \text{ mm}$, 推程运动角 $\delta_0 = 120^\circ = 2\pi/3$, 推程按正弦加速度运动规律上升 40 mm , 远休止角 $\delta_{01} = 60^\circ = \pi/3$, 回程运动角 $\delta'_0 = 100^\circ = 5\pi/9$, 回程按余弦加速度运动规律下降, 近休止角 $\delta_{02} = 80^\circ = 4\pi/9$ 。试建立推程阶段凸轮的理论轮廓与实际轮廓方程。

解:

$$\begin{aligned} S_T &= h \left[\frac{\delta}{\delta_0} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi}{\delta_0} \delta \right) \right] \\ S_T &= 0.04 \left[\frac{3\delta}{2\pi} - \frac{1}{2\pi} \sin(3\delta) \right] = \frac{0.04}{2\pi} [3\delta - \sin(3\delta)] \text{ m} \\ S_0 &= \sqrt{r_0^2 - e^2} = \sqrt{0.06^2 - 0.015^2} = 0.058 \text{ m}, \\ \frac{dS_T}{d\delta} &= \frac{0.12}{2\pi} [1 - \cos(3\delta)] \\ \begin{cases} x_T = (S_0 + S_T) \sin \delta + e \cos \delta \\ y_T = (S_0 + S_T) \cos \delta - e \sin \delta \end{cases} \\ \begin{cases} x' = x - r_g \cos \theta \\ y' = y - r_g \sin \theta \end{cases} \end{aligned}$$



题 9-4 图

9-5 在题 9-5 图所示的凸轮机构中, 设基圆半径为 r_b , 推程运动角为 δ_0 , 推程阶段的凸轮轮廓为渐开线, 其余尺寸如图所示, 试求摆杆 3 在凸轮推程阶段的运动规律。

解:

在初始位置，设摆杆 3 的角位移为 ψ_0 ， O_1B_0 的方位角 γ_0 ， ψ_0 与 γ_0 由位置方程求得

$$b + (r_b + r_g) \cos \gamma_0 = L_3 \cos \psi_0$$

$$a + (r_b + r_g) \sin \gamma_0 = L_3 \sin \psi_0$$

D_0B_0 的长度为 $D_0B_0 = \sqrt{(r_b + r_g)^2 - r_b^2}$ ，结构角 β_0 为 $\beta_0 = (D_0B_0 - r_g) / r_b$ 。

设 O_1D_0 的方位角为 λ_0 ， λ_0 由位置方程求得

$$r_b \cos \lambda_0 + B_0D_0 \cos(\lambda_0 + \pi/2) = (r_b + r_g) \cos \gamma_0$$

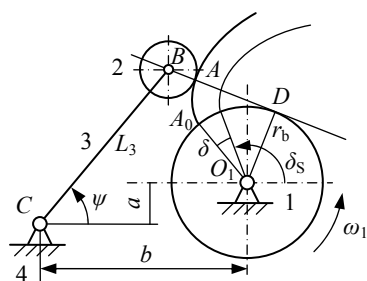
凸轮 1 的初始角位移 $\delta_s = \lambda_0 + \beta_0$ 。

当凸轮 1 转 δ 角时，机构的位移方程为

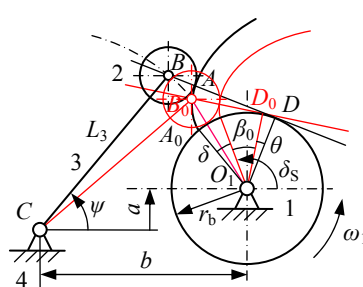
$$b + r_b \cos(\delta_s - \beta_0 - \theta) + [r_b(\delta + \beta_0 + \theta) + r_g] \cos(\delta_s - \beta_0 - \theta + \pi/2) = L_3 \cos \psi$$

$$a + r_b \sin(\delta_s - \beta_0 - \theta) + [r_b(\delta + \beta_0 + \theta) + r_g] \sin(\delta_s - \beta_0 - \theta + \pi/2) = L_3 \sin \psi$$

由以上方程求得摆杆 3 的角位移 ψ (θ 为过程变量)。



题 9-5 图



题 9-6 图

9-6 在题 9-6 图所示的凸轮机构中，设基圆半径 $r_b = 30 \text{ mm}$ ，推程运动角 $\delta_0 = 40^\circ$ ，推程阶段的凸轮轮廓为渐开线，其余的尺寸如图所示，试求从动件 3 在凸轮推程阶段的运动规律 S (参考答案: $S = r_b \delta$)。

解:

$$S_0 = r_b \delta_b = r_b, \quad \delta_b = 1, \quad S = r_b \delta$$

9-7 在题 9-7 图所示的凸轮机构中，凸轮 1 为圆心在 O 点转动中心在 A 点的圆，圆的半径 $R = 30 \text{ mm}$ ， $AO = 15 \text{ mm}$ ，滚子 2 的半径 $r_g = 10 \text{ mm}$ ，偏心距 $e = 10 \text{ mm}$ 。

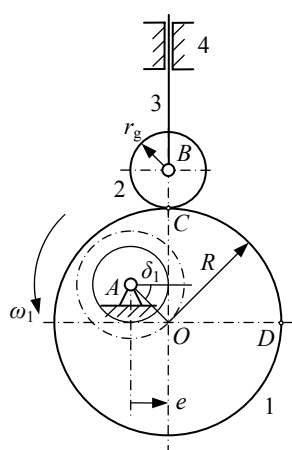
(1) 求图示位置以及凸轮 1 顺时针转过 30° 角时的压力角 α ; (参考答案: 图示位置的压力角 $\alpha = 7^\circ$; 顺时针转过 30° 角时的压力角 $\alpha = 4.3^\circ$)

(2) 画出凸轮 1 的基圆并量取基圆半径 r_0 (参考答案: $r_0 = 12.522 \text{ mm}$);

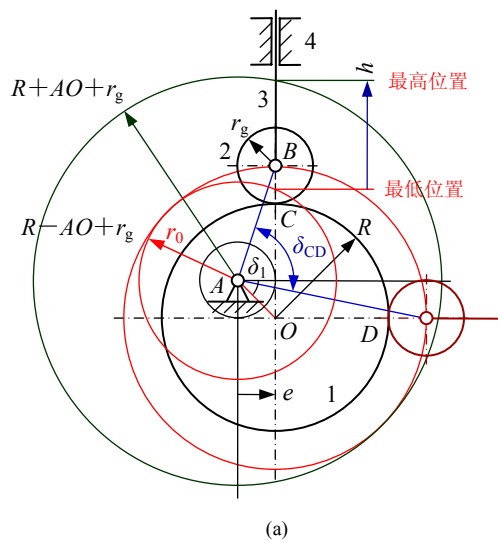
(3) 求推程的运动角 δ_1 (参考答案: $\delta_1 = 66.5^\circ$);

(4) 画出推杆 3 的行程 h (参考答案: $h = 30.8 \text{ mm}$)。

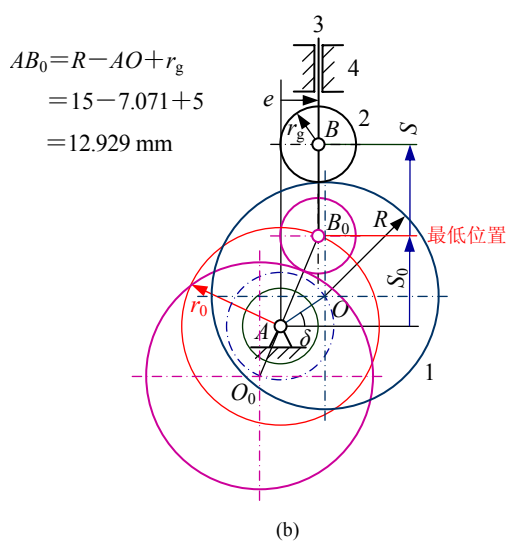
解: μ_L (实际尺寸/图上尺寸) = 2。



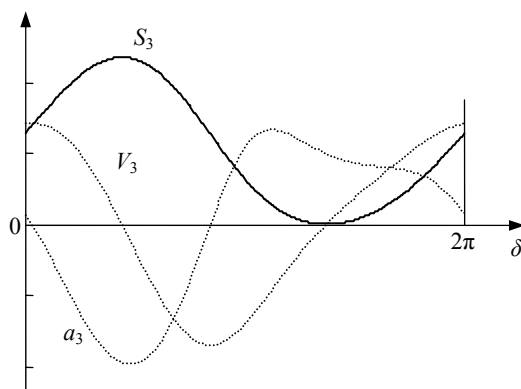
题 9-8 图



(a)



(b)



(c)

题 9-8 图的解

解: μ_L (实际尺寸/图上尺寸)=1。

(5) 求推杆 3 的运动规律

(5.1) 位移分析

$$S_0 = \sqrt{(AB_0)^2 - e^2} = \sqrt{12.929^2 - 5^2} = 11.923 \text{ mm}$$

$$\overline{AO}e^{i\delta} + (R + r_g)e^{i\theta} = (S_0 + S)e^{i\pi/2} + ee^{i0}$$

$$AO \cos \delta + (R + r_g) \cos \theta = e$$

$$AO \sin \delta + (R + r_g) \sin \theta = (S_0 + S)$$

$$\cos \theta = (e - AO \cos \delta) / (R + r_g)$$

$$\sin \theta = \sqrt{(R + r_g)^2 - (e - AO \cos \delta)^2} / (R + r_g)$$

$$\tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{\sqrt{(R + r_g)^2 - (e - AO \cos \delta)^2} / (R + r_g)}{(e - AO \cos \delta) / (R + r_g)}$$

$$\theta = \arctan 2[\sqrt{(R + r_g)^2 - (e - AO \cos \delta)^2} / (e - AO \cos \delta)]$$

$$S = AO \sin \delta + (R + r_g) \sin \theta - S_0$$

(5.2) 速度分析

$$-AO\omega_1 \sin \delta - \omega_2 (R + r_g) \sin \theta = 0$$

$$AO\omega_1 \cos \delta + \omega_2 (R + r_g) \cos \theta = V_3$$

$$\omega_2 = -AO\omega_1 \sin \delta / [(R + r_g) \sin \theta]$$

$$V_3 = AO\omega_1 \cos \delta + \omega_2 (R + r_g) \cos \theta$$

(5.3) 加速度分析

$$-AO\omega_1^2 \cos \delta - \alpha_2 (R + r_g) \sin \theta - \omega_2^2 (R + r_g) \cos \theta = 0$$

$$-AO\omega_1^2 \sin \delta + \alpha_2 (R + r_g) \cos \theta - \omega_2^2 (R + r_g) \sin \theta = a_3$$

$$\alpha_2 = [-AO\omega_1^2 \cos \delta - \omega_2^2 (R + r_g) \cos \theta] / [(R + r_g) \sin \theta]$$

$$a_3 = -AO\omega_1^2 \sin \delta + \alpha_2 (R + r_g) \cos \theta - \omega_2^2 (R + r_g) \sin \theta$$

推杆 3 的运动规律 $S=S(\delta)$, $V=V(\delta)$, $a=a(\delta)$ 如题 9-8 图(c)所示。