



5 凸轮机构及其设计

5-1 凸轮机构的应用及分类

5-2 从动件运动规律

5-3 凸轮机构的传力特性

5-4 图解法设计凸轮

5-5 凸轮基本尺寸要点

5-6 解析法设计凸轮

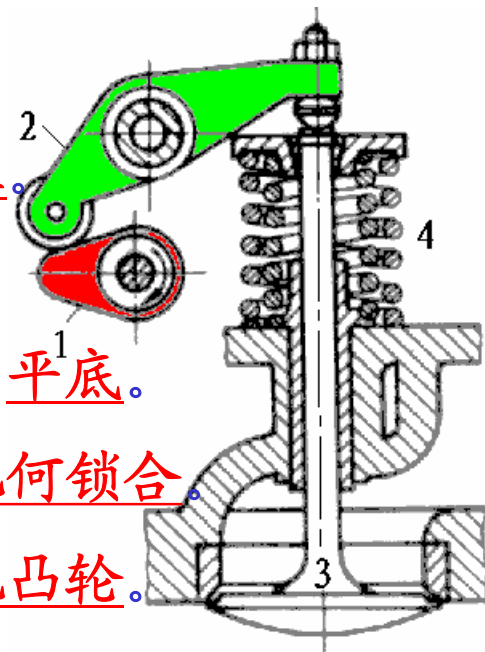
5-1 凸轮机构的应用及分类

■ 凸轮机构特点：

- 运动规律自由、点或线接触、接触应力高。

■ 分类：

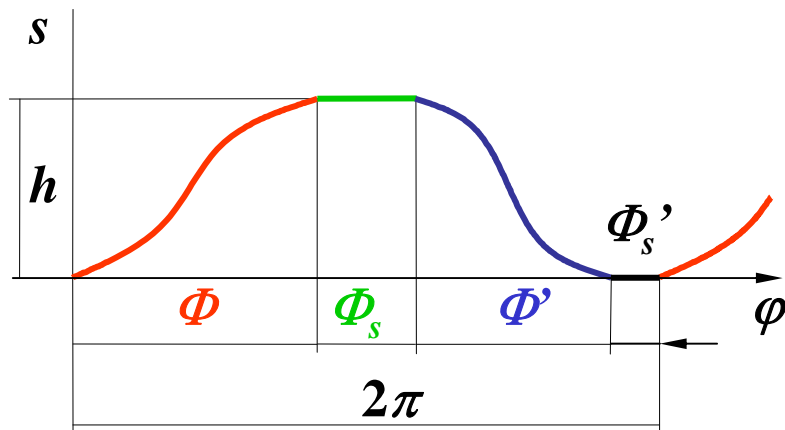
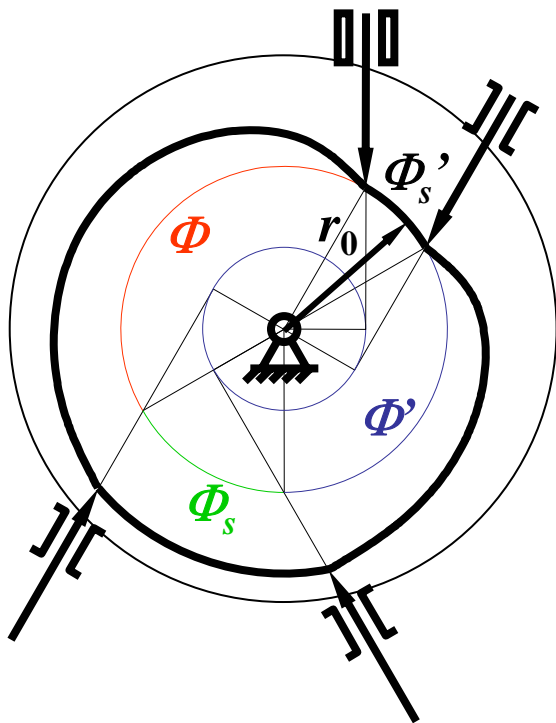
- 按凸轮形状分：盘形、移动、圆柱。
- 按从动件的运动分：直动、摆动。
- 按从动件底型式分：尖底、滚子、平底。
- 按高副的锁合方式分：力锁合、几何锁合。
- 其它：等宽凸轮、等径凸轮、共轭凸轮。



5-2 从动件运动规律

偏置直动尖底从动件凸轮机构中的几个术语：

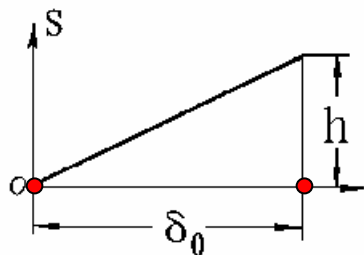
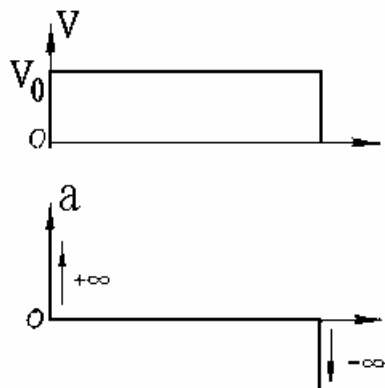
基圆半径(r_0) 推程(Φ) 远休止(Φ_s) 回程(Φ') 近休止(Φ_s')



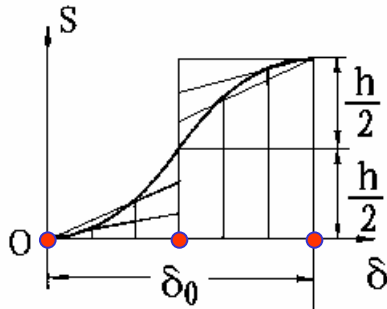
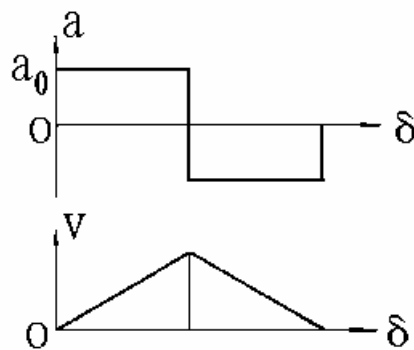
5-2 从动件运动规律

设计从动件运动规律的注意点:

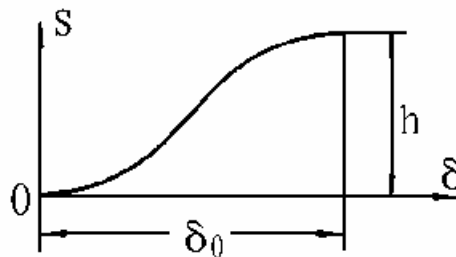
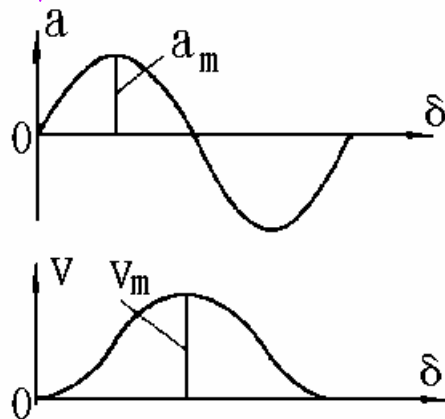
1、避免刚性冲击 $a=\infty$ 。 2、避免柔性冲击 $da/dt=\infty$ 。



等速运动



等加等减速运动



摆线运动

5-3 凸轮机构的传力特性

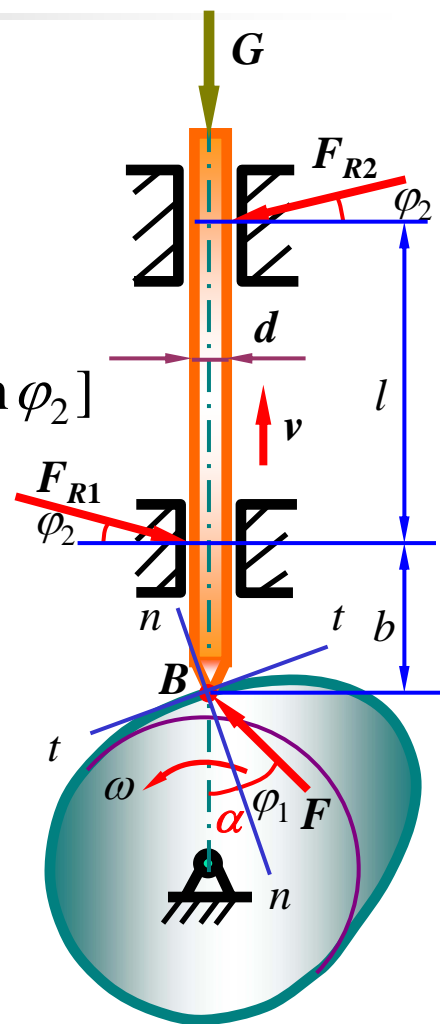
$$\begin{cases} F \sin(\alpha + \varphi_1) - (F_{R1} - F_{R2}) \cos \varphi_2 = 0 \\ F \cos(\alpha + \varphi_1) - G - (F_{R1} + F_{R2}) \sin \varphi_2 = 0 \\ F_{R2}(l + b) \cos \varphi_2 - F_{R1}b \cos \varphi_2 = 0 \end{cases}$$

$$F = G / [\cos(\alpha + \varphi_1) - (1 + 2b/l) \sin(\alpha + \varphi_1) \tan \varphi_2]$$

$$\eta = \frac{\cos(\alpha + \varphi_1) - (1 + 2b/l) \sin(\alpha + \varphi_1) \tan \varphi_2}{\cos \alpha}$$

机构刚好发生自锁时的临界压力角 α_c

$$\alpha_c = \arctan \left[\frac{1}{(1 + 2b/l) \tan \varphi_2} \right] - \varphi_1$$



5-4 图解法设计凸轮

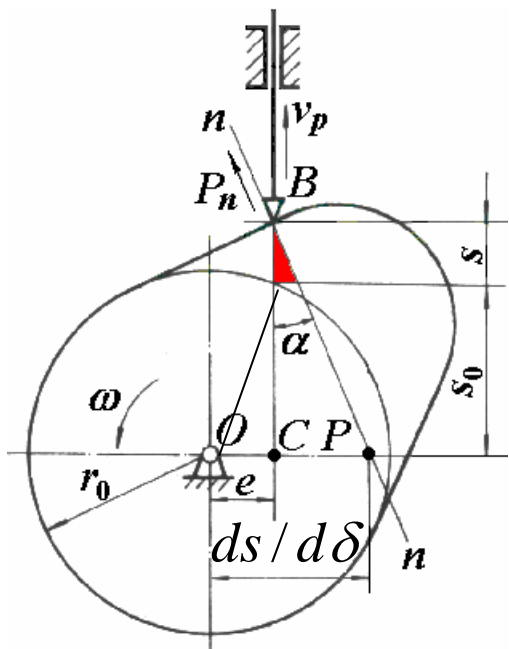
■ 反转法的实质：倒置机构。



- 尖底对心直动从动件盘形凸轮机构设计
- 滚子对心直动从动件盘形凸轮机构设计
- 滚子偏置直动从动件盘形凸轮机构设计
- 平底直动从动件盘形凸轮机构设计
- 尖底摆动从动件盘形凸轮机构设计

5-5 凸轮基本尺寸要点

1、压力角与基圆半径及偏距的关系

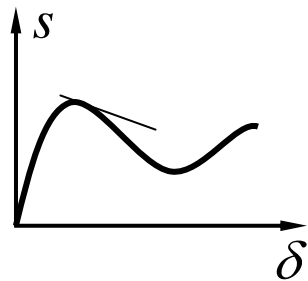


$$\begin{aligned}\tan \alpha &= \frac{|\boldsymbol{OP} - \boldsymbol{OC}|}{|\boldsymbol{BC}|} = \frac{|\boldsymbol{OP} - e|}{s_0 + s} \\ &= \frac{|\boldsymbol{OP} - e|}{\sqrt{r_0^2 - e^2} + s} = \frac{|ds/d\delta - e|}{\sqrt{r_0^2 - e^2} + s}\end{aligned}$$

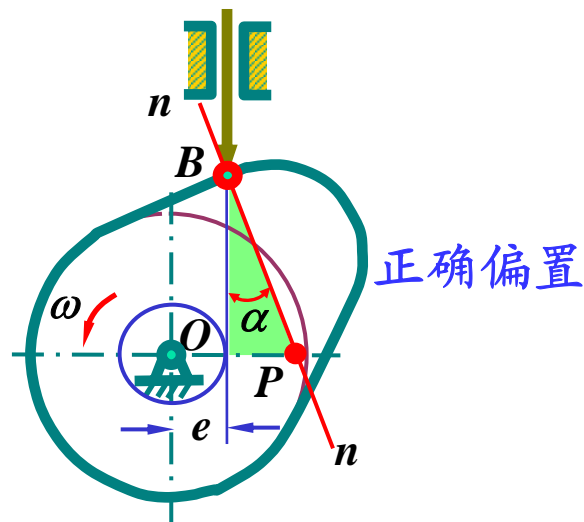
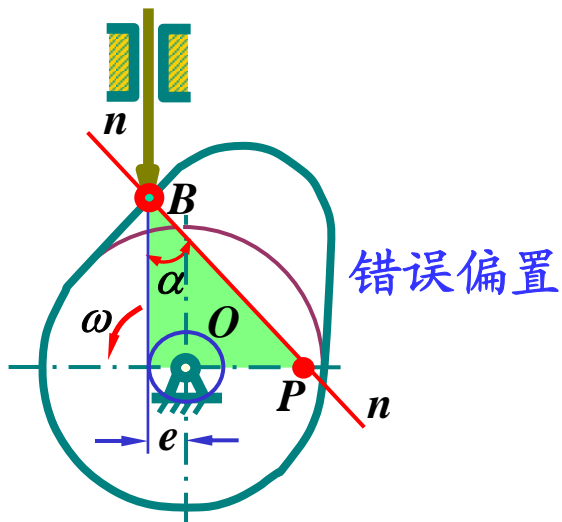
$$\therefore \omega |OP| = v$$

$$\text{即} \quad \frac{d\delta}{dt} | \boldsymbol{OP} | = \frac{ds}{dt}$$

$$\therefore \quad |\boldsymbol{OP}| = \frac{ds}{d\delta}$$



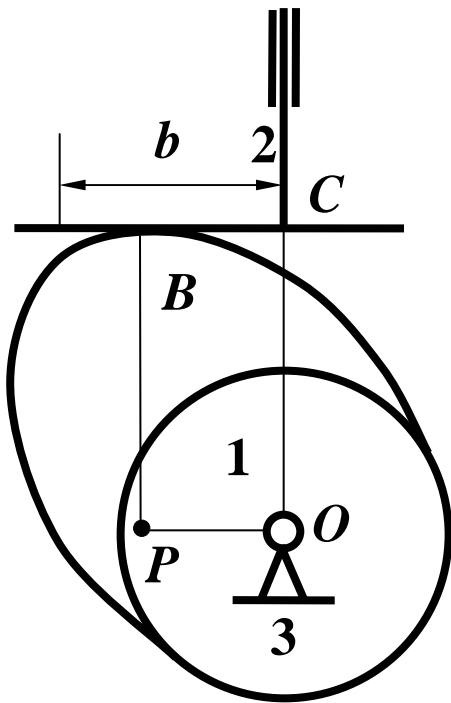
5-5 凸轮基本尺寸要点



$$r_0 \geq \sqrt{\left(\frac{ds/d\delta - e}{\tan[\alpha]} - s \right)^2 + e^2}$$

5-5 凸轮基本尺寸要点

2、平底从动件的底部尺寸确定

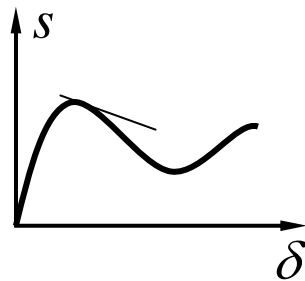


$$\therefore \omega |OP| = v$$

$$\text{即 } \frac{d\delta}{dt} |OP| = \frac{ds}{dt}$$

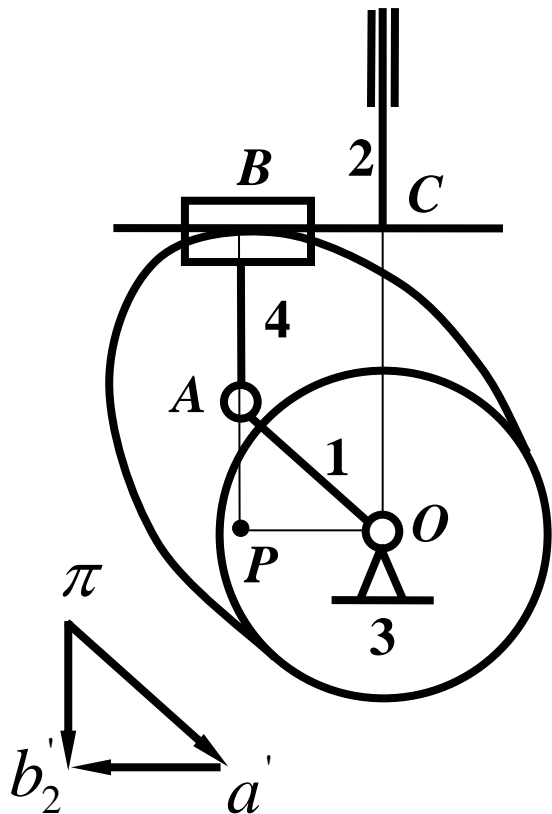
$$\therefore |OP| = \frac{ds}{d\delta}$$

$$b = |ds / d\delta|_{\max} + \Delta$$



5-5 凸轮基本尺寸要点

3、设计平底从动件凸轮机构时的特别问题



$$a_2 = a_{B2} = a_{B4} + a_{24} = a_A + a_{24}$$

$$\frac{\overline{AP}}{\overline{AO}} = \frac{\overline{a_2}}{\overline{a_A}} = \frac{d^2s/dt^2}{\overline{AO}(d\delta/dt)^2}$$

$$\overline{AP} = d^2s/d\delta^2$$

$$\rho = \overline{AB} = \overline{AP} + \overline{PB} = d^2s/d\delta^2 + r_0 + s$$

$$\rho = r_0 + s + d^2s/d\delta^2 \geq \rho_{\min}$$

$$r_0 \geq \rho_{\min} - s - d^2s/d\delta^2$$



5-5 凸轮基本尺寸要点

4、设计滚子从动件凸轮机构时的特别问题

$$\rho_{\min} > r_r \quad \rho_{\min} = r_r \quad \rho_{\min} < r_r$$

$$r_r \leq 0.8\rho_{\min}$$

5-6 解析法设计凸轮

1 偏置直动滚子推杆盘形凸轮机构

由图可知: $s_0 = (r_0^2 - e^2)^{1/2}$

$$\left. \begin{aligned} x &= (s_0 + s) \sin \delta + e \cos \delta \\ y &= (s_0 + s) \cos \delta - e \sin \delta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

实际轮廓线为理论轮廓的等距线。

切线与法线斜率互为负倒数:

$$\operatorname{tg} \theta = -dx/dy = (dx/d\delta)/(-dy/d\delta) = \sin \theta / \cos \theta$$

$$\text{由(1): } dx/d\delta = (ds/d\delta - e) \sin \delta + (s_0 + s) \cos \delta$$

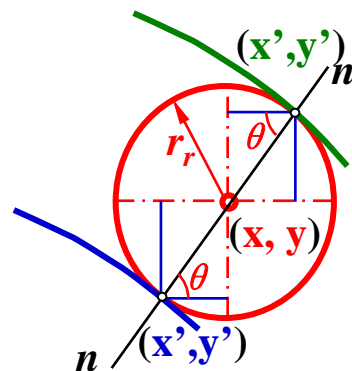
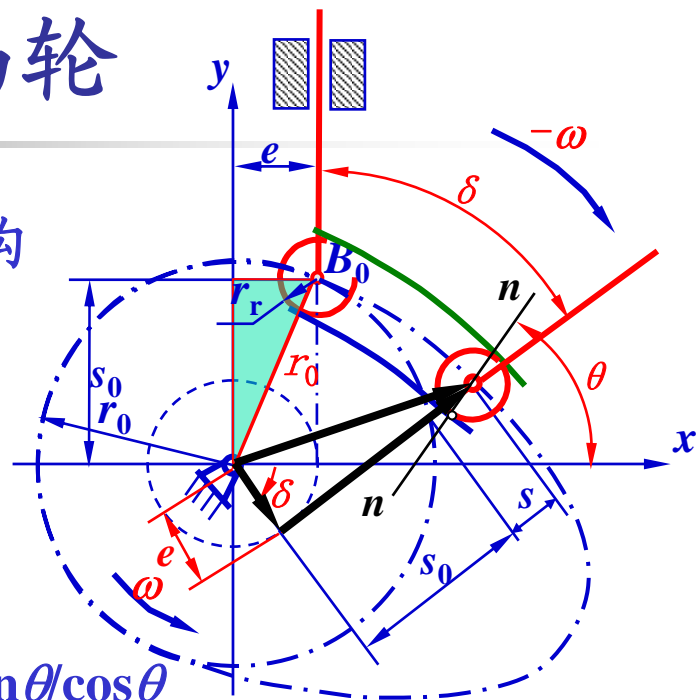
$$dy/d\delta = (ds/d\delta - e) \cos \delta - (s_0 + s) \sin \delta$$

$$\text{可得: } \sin \theta = (dx/d\delta) / \sqrt{(dx/d\delta)^2 + (dy/d\delta)^2}$$

$$\cos \theta = -(dy/d\delta) / \sqrt{(dx/d\delta)^2 + (dy/d\delta)^2}$$

$$\text{实际轮廓为'点的坐标: } x' = x \pm r_r \cos \theta$$

$$y' = y \pm r_r \sin \theta$$



5-6 解析法设计凸轮

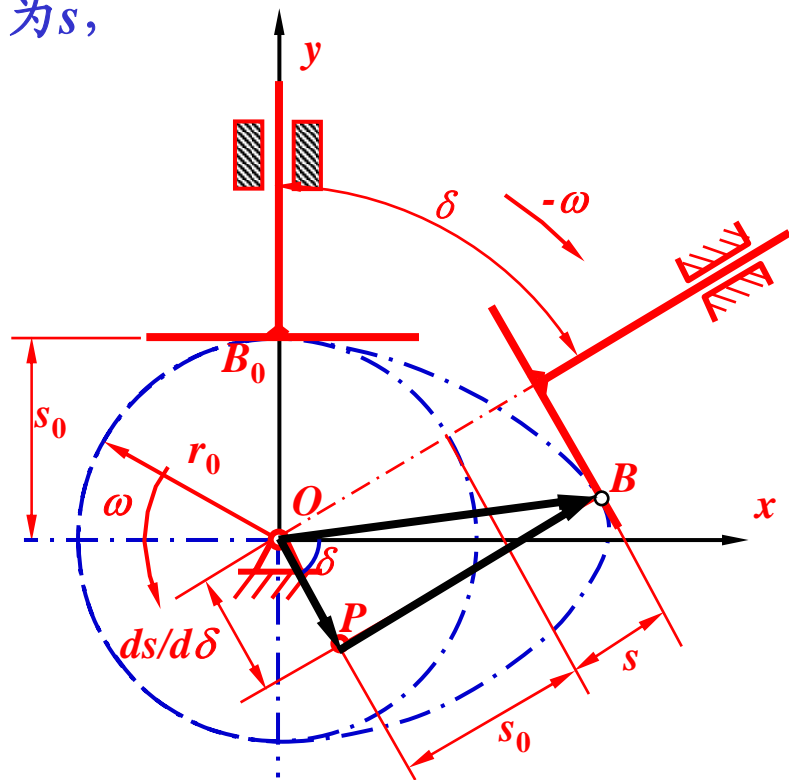
2 对心直动平底推杆盘形凸轮

如图：反转 δ 后，推杆移动距离为 s ，

P 点为相对瞬心， $OP = ds/d\delta$

$$x = (r_0 + s)\sin\delta + (ds/d\delta)\cos\delta$$

$$y = (r_0 + s)\cos\delta - (ds/d\delta)\sin\delta$$



5-6 解析法设计凸轮

3 摆动滚子推杆盘形凸轮机构

理论廓线方程:

$$x = a \sin \delta - l \sin(\delta + \varphi + \varphi_0)$$

$$y = a \cos \delta - l \cos(\delta + \varphi + \varphi_0)$$

式中: a - 中心距, l - 摆杆长度

实际轮廓方程的求法同前。

对应点 B' 的坐标为:

$$x' = x \pm r_r \cos \theta$$

$$y' = y \pm r_r \sin \theta$$

