

A decorative border on the left and bottom of the slide, featuring stylized purple flowers and swirls on a black background. The flowers have yellow centers and are scattered across the border.

Chapter 5

Cam mechanisms

凸轮机构

类型及应用

5.1 Characteristics and Classification of Cam Mechanisms

Used for { transmitting complicated and precise motion
dwell for a short time during a cycle

凸轮机构→从动件的加速度，速度，位移严格按预定规律变化，尤其原动件连续运动，从动件间歇运动

5.1.1 Characteristics of Cam Mechanisms

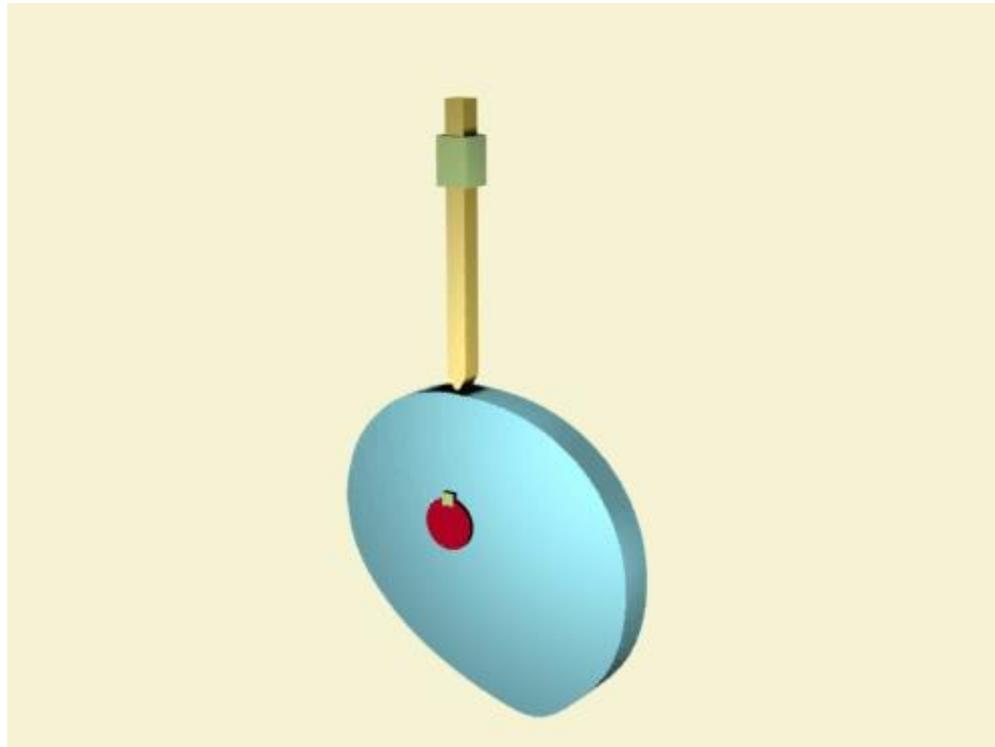
组成： { cam —driver (具有曲线轮廓或凹槽的构件)
a follower —the driven element
the frame

特点： 1 the cost for cutting cam contour is high
2 it cant transmit heavy load,used for control mechanisms

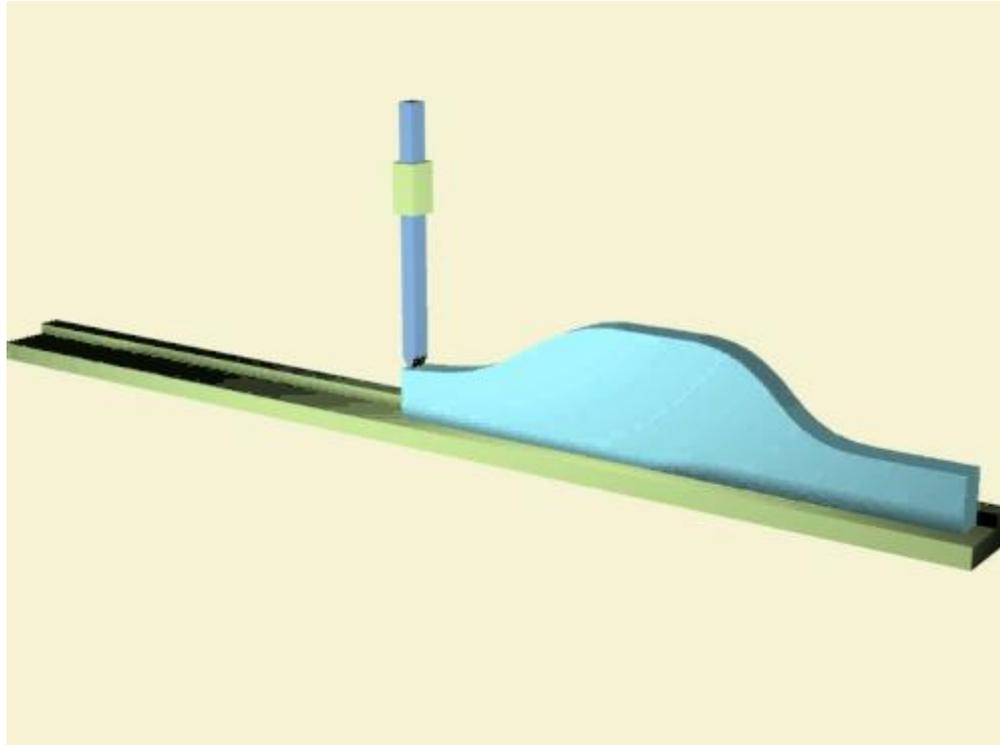
5.1.2 Classifications of cam Mechanisms

1 By the cam shape

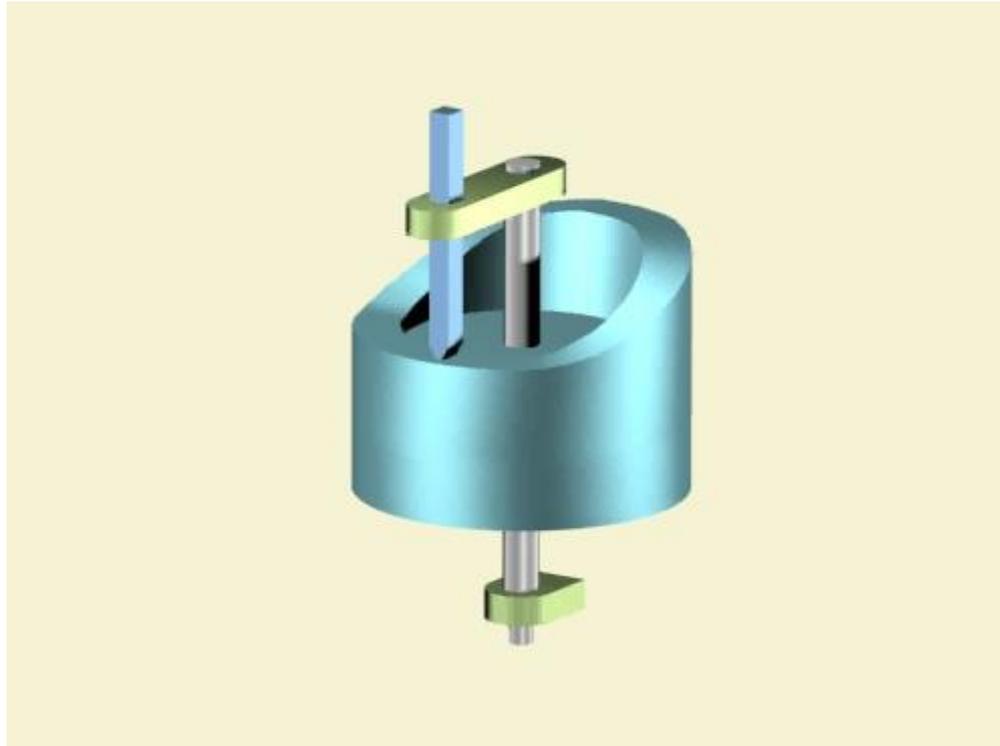
(a) plate cam (or disc cam)



(b) Translating cam

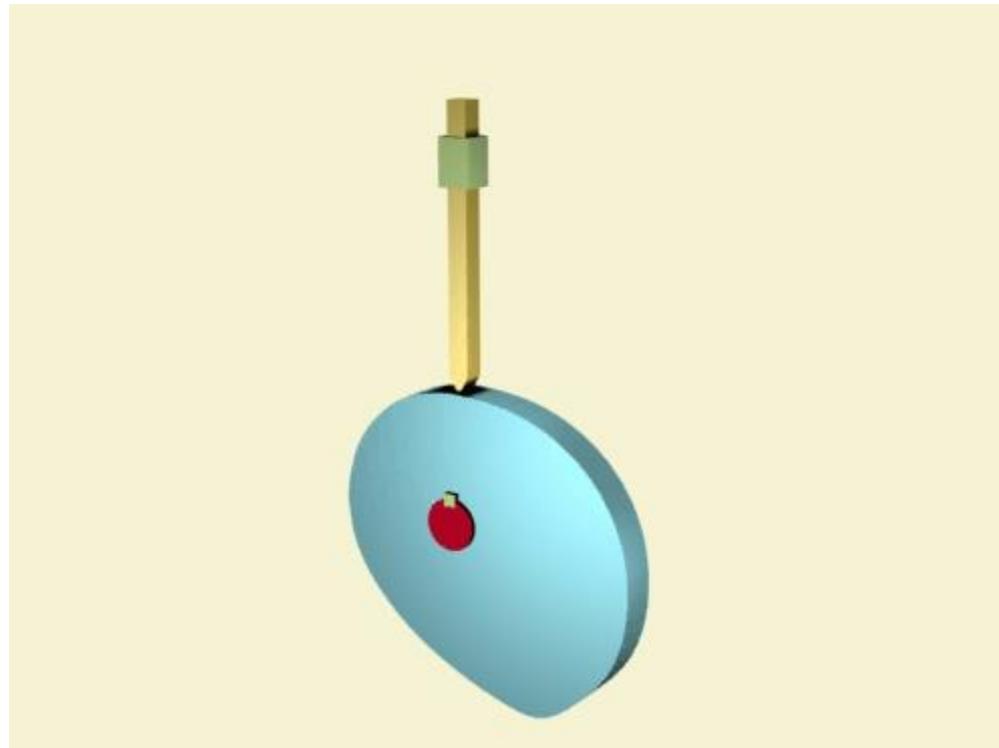


(c) three –dimensional cam

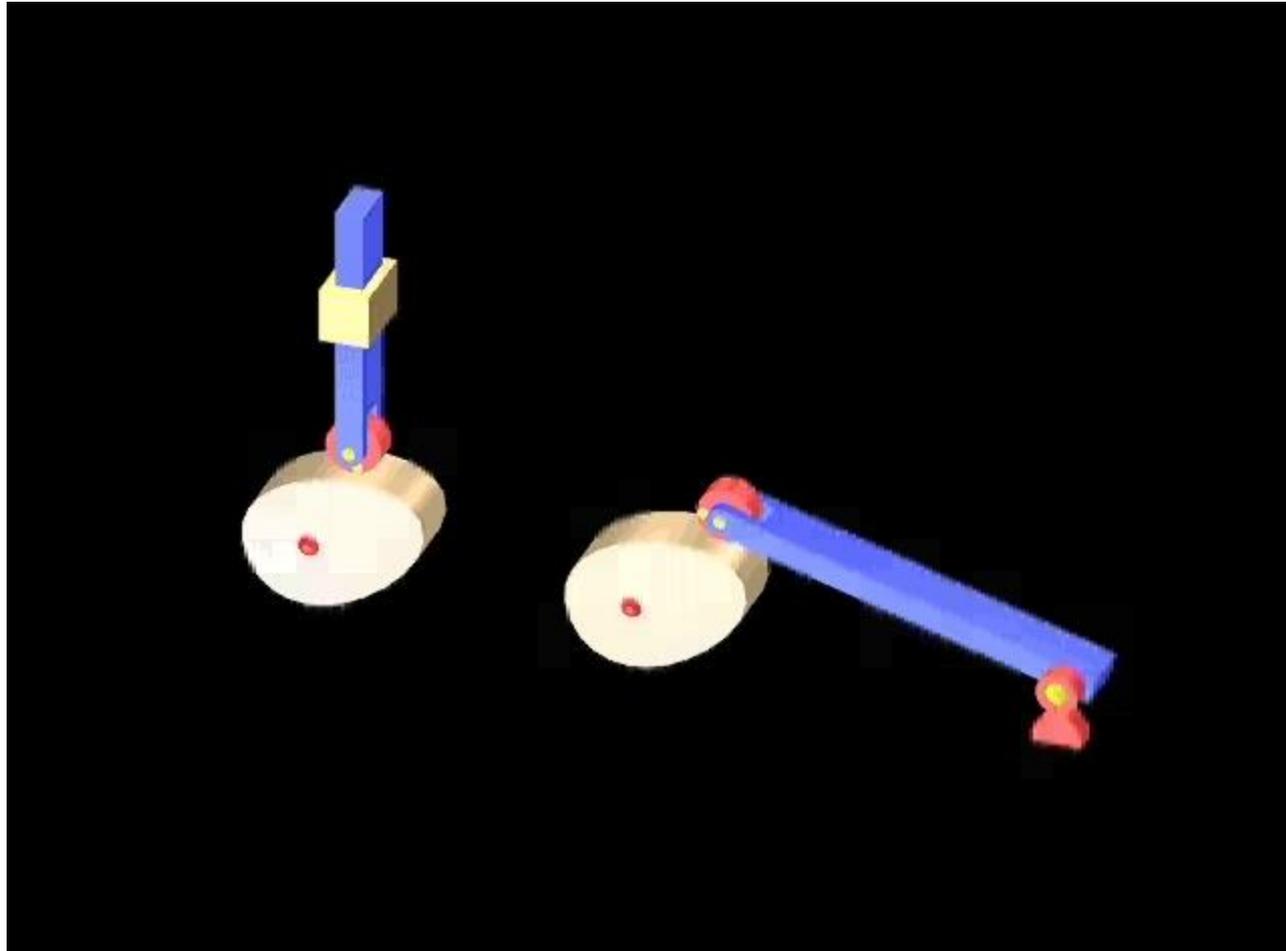


2. By the motion type of the follower

(a) Translating follower



(b) Oscillating follower



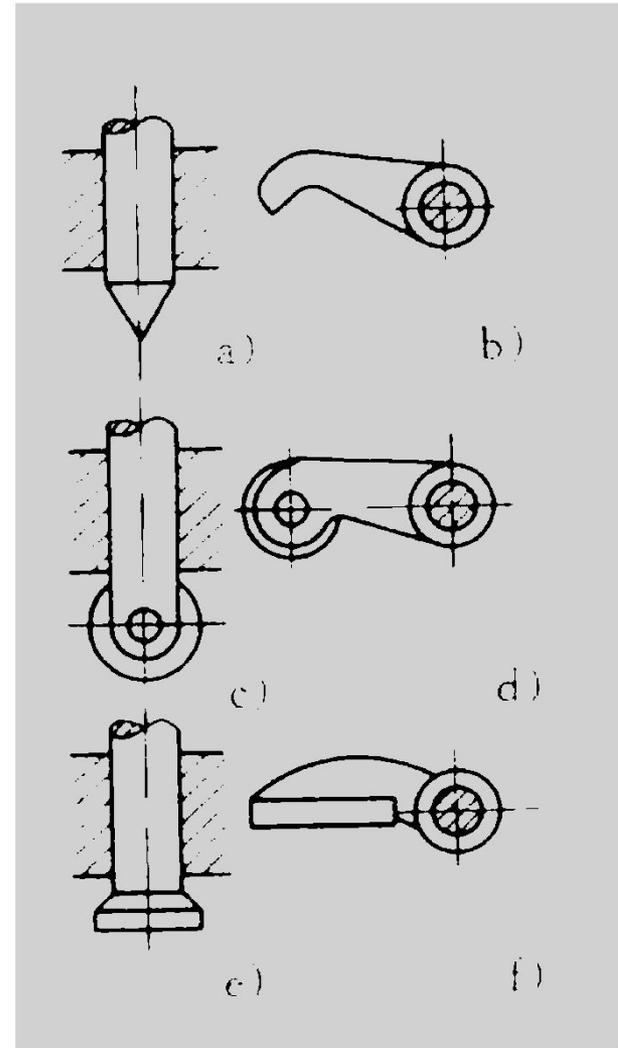
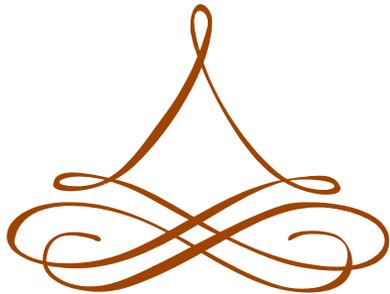
3.By the shape of the follower end

(a).knife-edge follower

能与任意复杂的凸轮轮廓接触，
凸轮轮廓易磨损，传力不大，低
速。

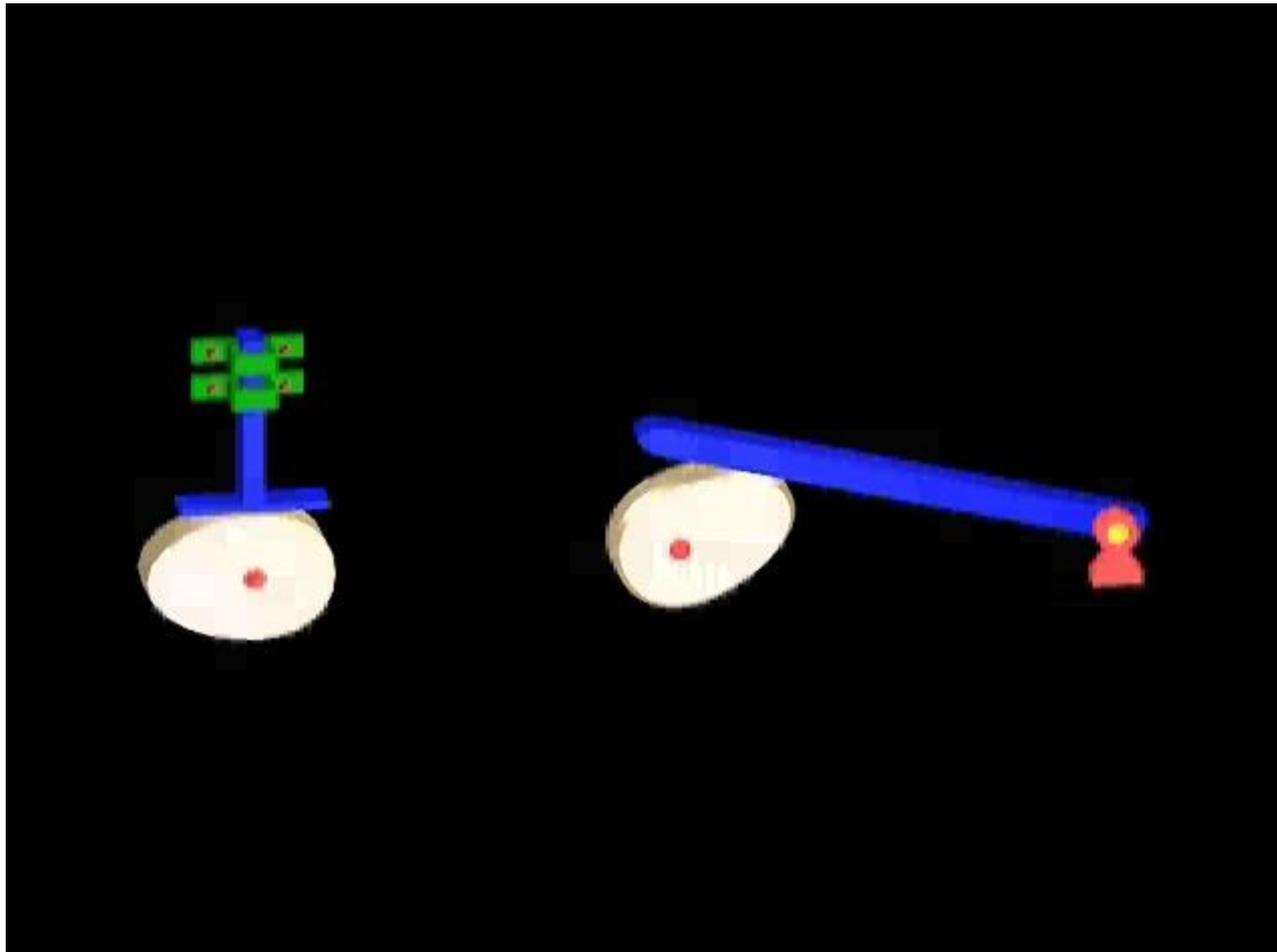
(b). roller follower

可承受较大载荷，最常用。



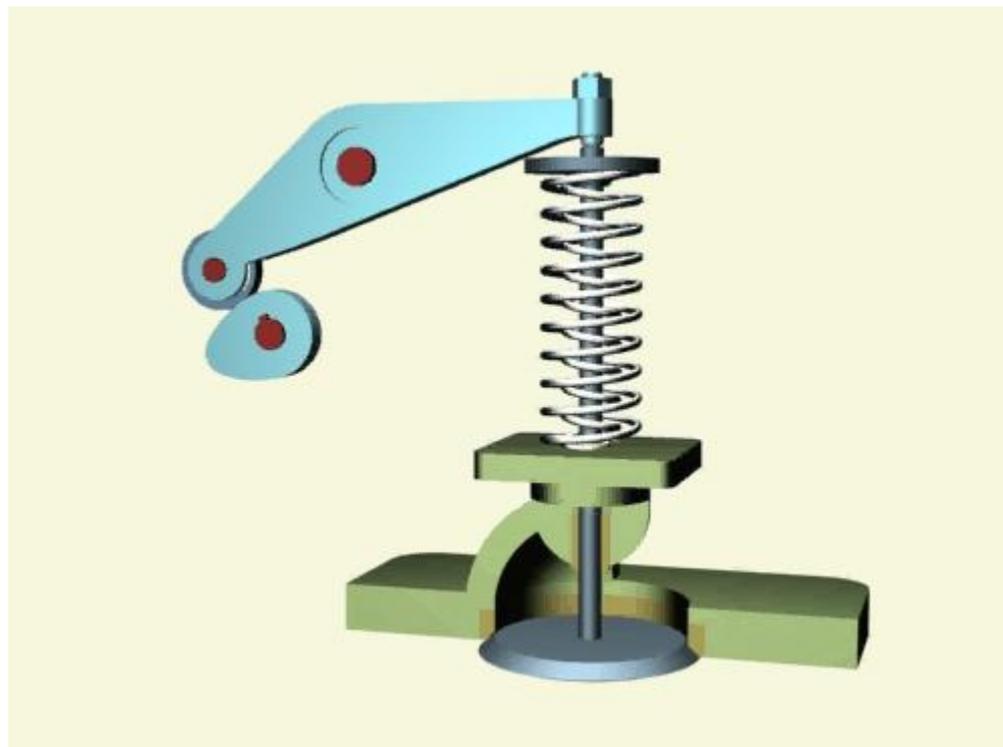
(c). flat-faced follower

简单，低廉，易形成润滑油膜，高速。



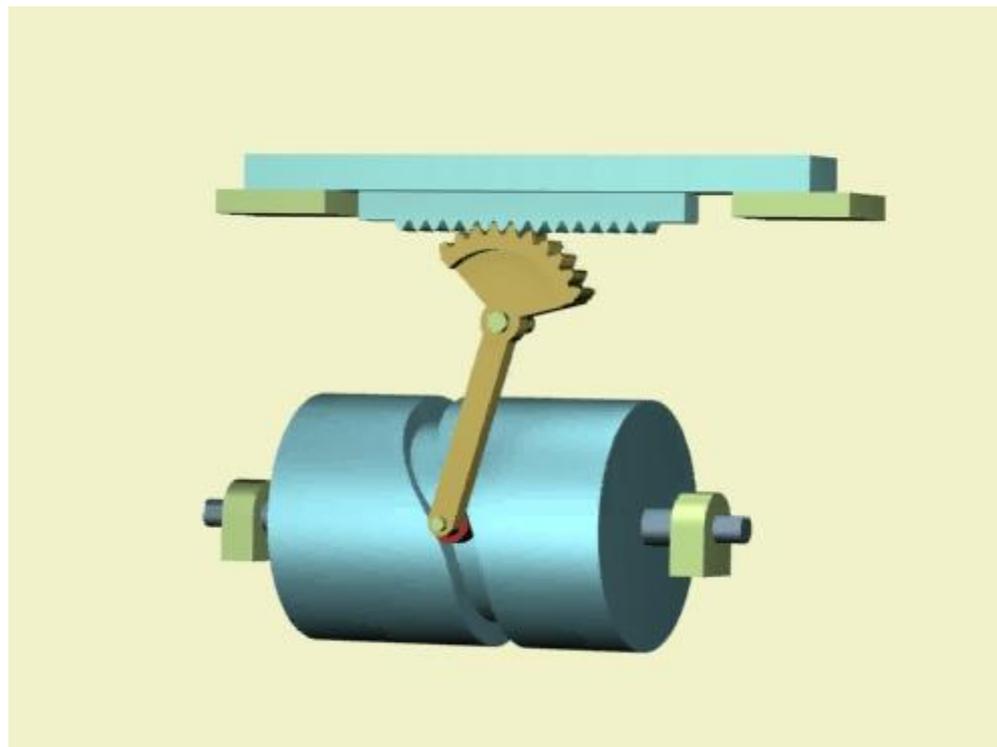
4 By the manner of keeping the cam and the follower in contact

(a).force-closed cam mechanisms (力锁和)



配气机构

(b). form-closed cam mechanisms



进刀机构

要求

- 1、分析从动件的运动规律
- 2、按照运动规律设计凸轮轮廓

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

5.2 Follower Motion Curves

design steps:

确定从动件运动规律，然后确定凸轮轮廓。

1. 概念(key concept)

以尖底偏置直动从动件盘形凸轮机构为例

基圆半径 r_0 ：凸轮轮廓上对 O 点的最短向径；

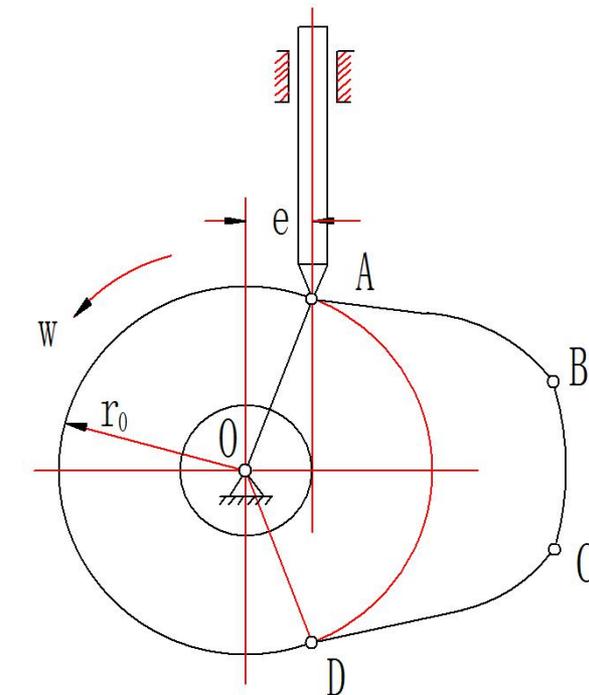
基圆：以 O 为圆心， r_0 为半径的圆；

Base circle, prime circle

偏距—offset

偏距圆—offset circle.

行程 h —total follower travel, the lift



二、分析从动件的运动

推程——推杆从最低位置**A**上升到最高位置

B'，尖底与凸轮接触点：**A→B**。



远休——推杆远停不动，尖底与凸轮接触点：

B→C。



回程——推杆由最高位置**B'**下降到最低位置

A，尖底与凸轮接触点：**C→D**。

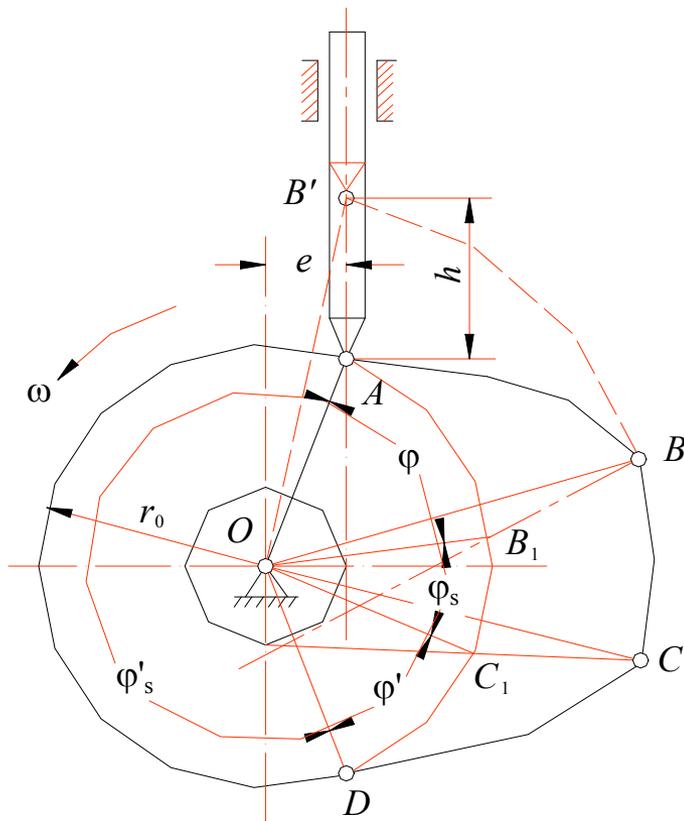


近休——推杆近停不动；尖底与凸轮接触点：

D→A。



升 → 停 → 降 → 停



行程 h —total follower travel,the lift-最大位移

Cam angle for rise 推程运动角：

$$\delta_0 = \angle BOB' = \angle AOB_1$$

Cam angle for outer dwell 远休止角：

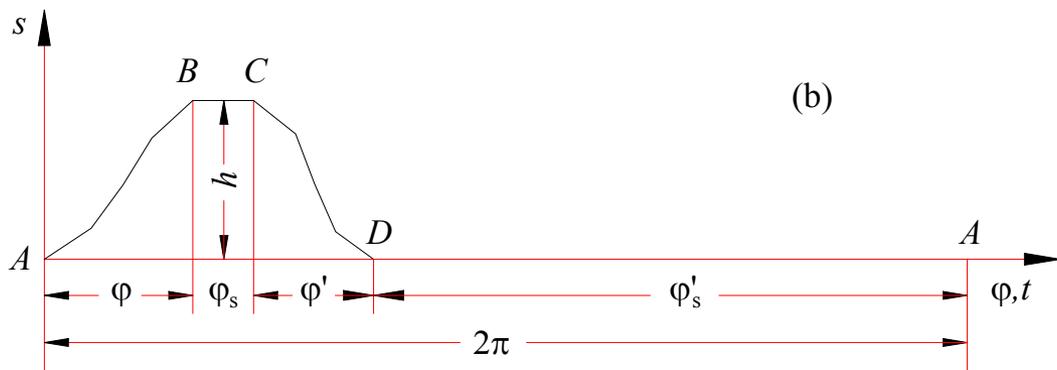
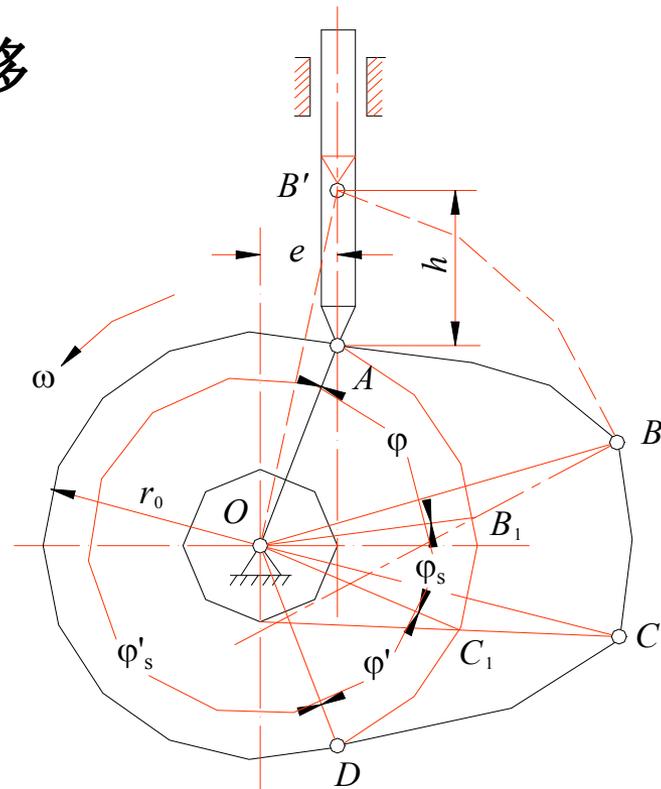
$$\delta_s = \angle BOC = \angle B_1OC_1$$

Cam angle for return 回程运动角：

$$\delta_0' = \angle C_1OD$$

Cam angle for inner dwell 近休止角：

$$\delta_s' = \angle AOD$$



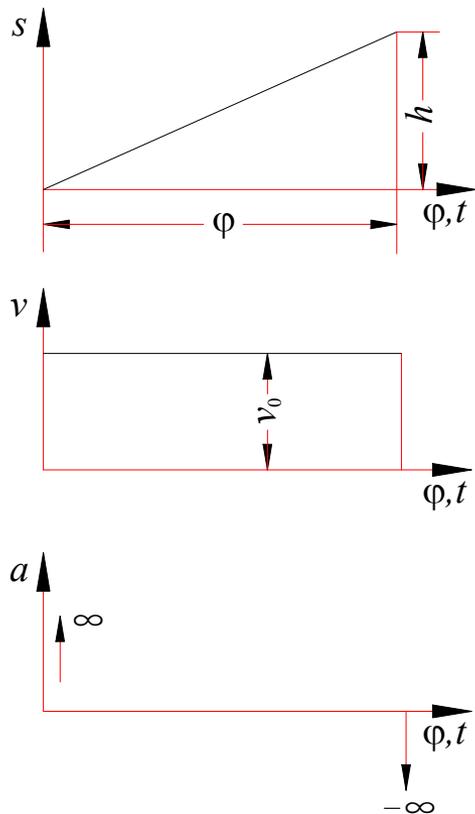
(b)

displacement curve
速度，加速度图同理

$$v-s=v-t$$

$$a-s=a-t$$

5.2.1 Constant velocity Motion Curve 匀速运动规律（推程段）



$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right) \rightarrow \infty$$

惯性力 (inertia force) $F = -ma$

rigid impulse 刚性冲击:

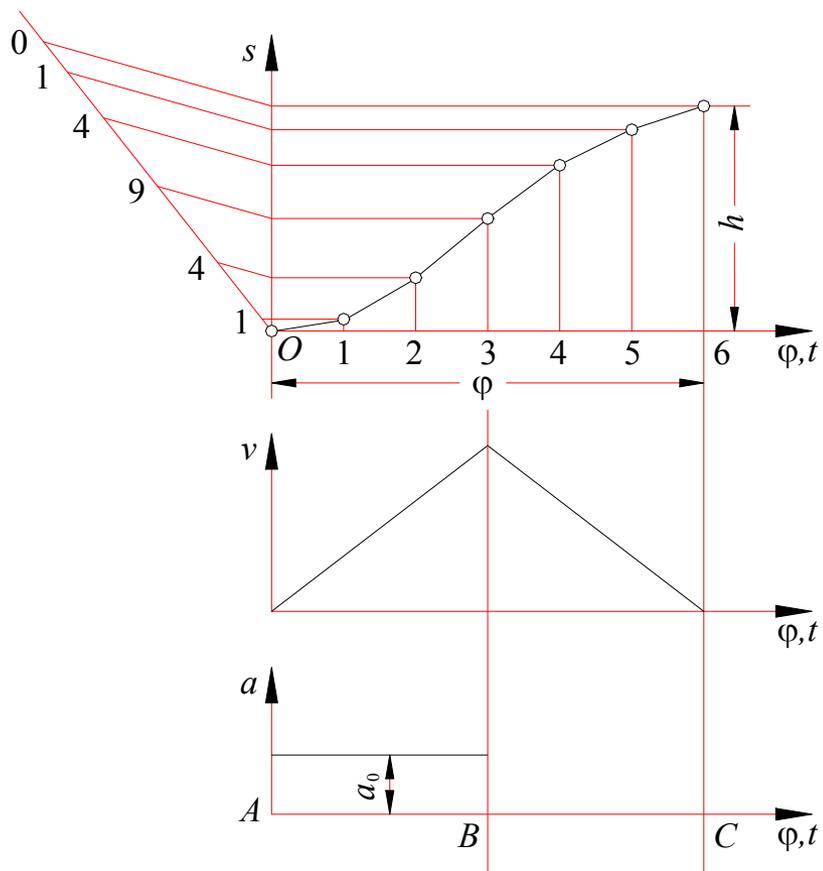
由于加速度发生无穷大突度而引起的冲击称为刚性冲击。



5. 2. 2 Constant Acceleration and Deceleration Motion Curve

first half of the rise—acceleration

second half of the rise—deceleration

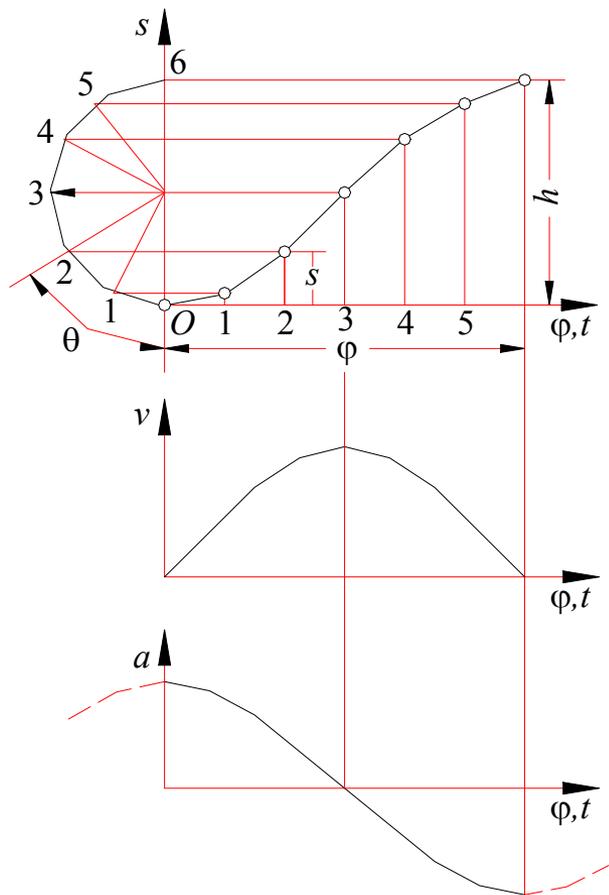


$$S = \frac{1}{2} at^2$$

$$V = a_0 t$$

soft impulse 柔性冲击：
加速度发生有限值的突变
Used for low and
intermediate speed cams.

5.2.3 Cosine Acceleration Motion Curve (simple harmonic motion curve)



运动特征:

若 δ_s, δ_s' 为零, 无冲击,

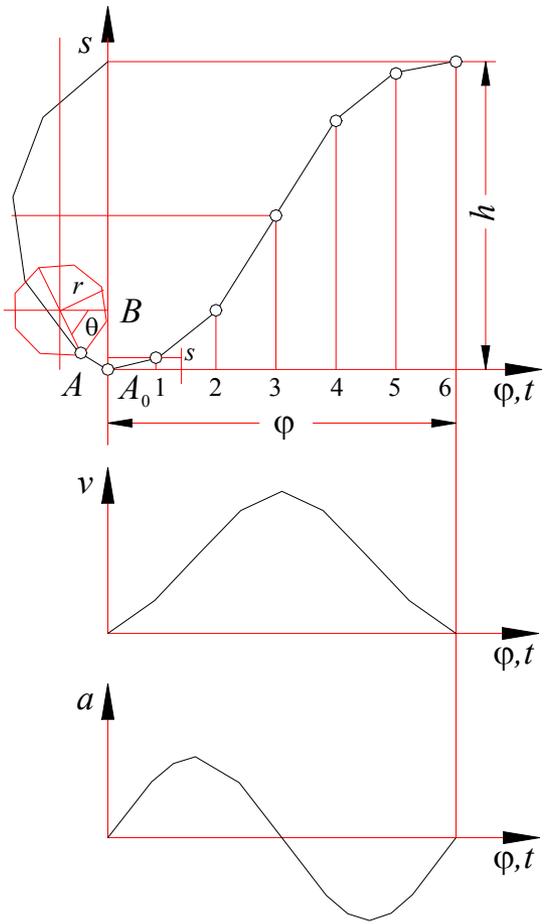
若 δ_s, δ_s' 不为零, 有冲击



soft impulse

5.2.4 Sine Acceleration Motion curve ----

(cycloid (摆线) Motion curve)



No rigid and soft impulse—
high-speed cams

5.2.5 3-4-5 Polynomail Motion Curve 3.4.5次多项式 (略)

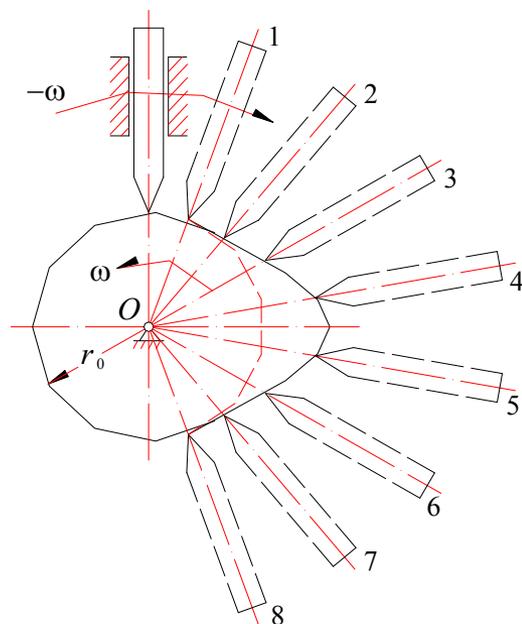
5. 2. 6 Combined Motion Curve (略)

5.3 plate Cam with Translating Roller (or knife-edge)

Methods graphical Design:principle of inversion (反转法)

Analytical:

一、直动从动件盘形凸轮机构反转法



反转法FLASH动画



Given that: $\gamma_0, e, S - \varphi, \omega$ Clock-wise

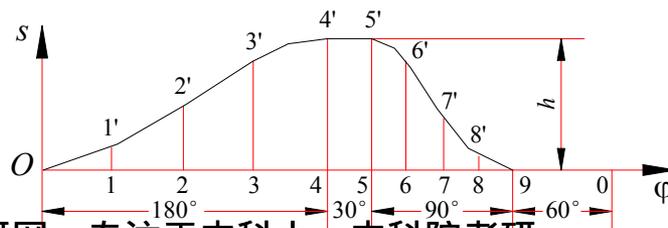
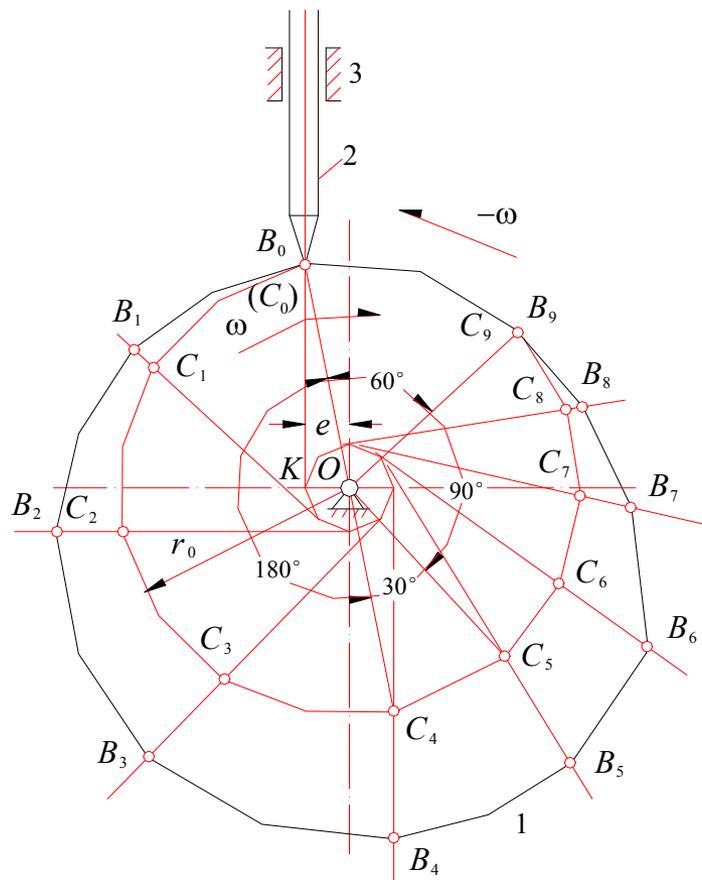
1、画出基圆、偏距圆，尖底从动件的起始位置 $C_0(B_0)$ 。

2、将 $S - \varphi$ 运动图做等分。
(推程运动角和回程运动角)

3、沿 $-\omega$ 方向，按从动件运动规律等分基圆角度，得到 $C_1, C_2 \dots C_9$ 各点。

4、过 C_1 点作偏距圆的切线，量取 $1-1' = B_1C_1$ ，得到 B_1 。

5、将得到的 $B_0, B_1, B_2 \dots B_9$ 各点连成光滑曲线。



注意：

- 1、注意反转方向，分点一定沿 $-\omega$ 方向分。
- 2、分段数不宜过小，实际设计中，常取 5° 一个间隔。
- 3、过基圆上的点可作偏距圆的2条切线，应根据偏置方式和反转方向 $-\omega$ 正确作出其中的一条切线。
- 4、位移线图与凸轮轮廓线图的比例尺应一致。
- 5、**the centerline of the follower must always be tangent to the offset circle**

尖底从动件凸轮轮廓的设计动画

BT is the common normal

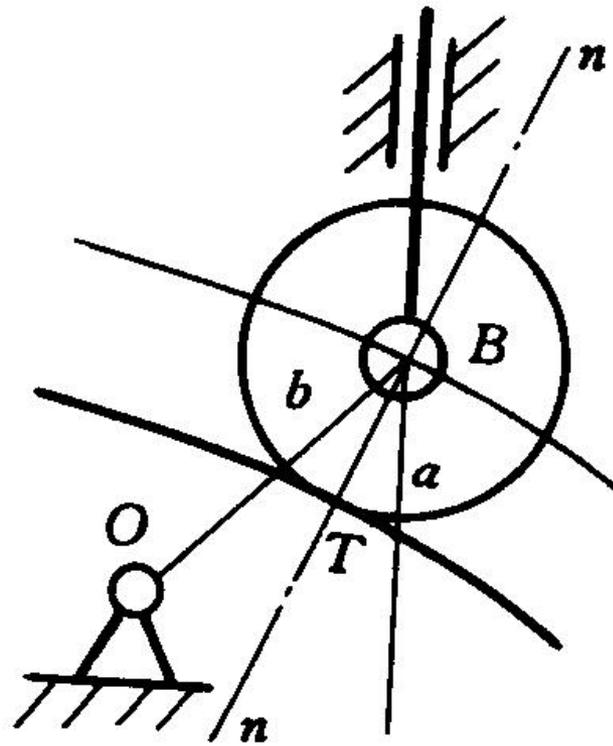
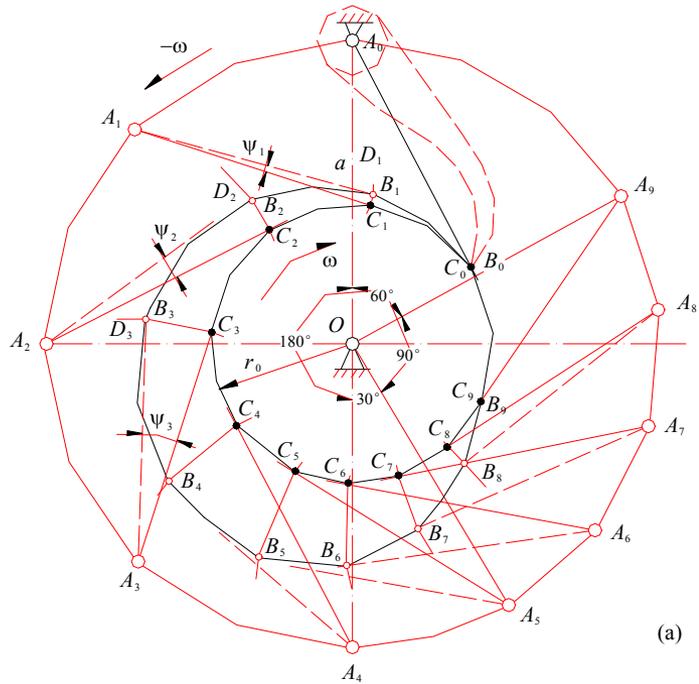


Fig. 5-19

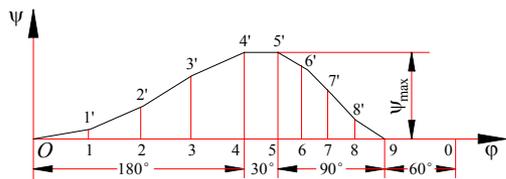
二、摆动从动件盘形凸轮机构 Plate Cam with Oscillating Roller Follower

已知： ω 转向， r_0 ， a ， l ， ψ_{max} ， $\phi - \psi$

- 1、作基圆、反转圆和摆杆的初始位置 $C_0(B_0)$ 。
- 2、将 $S - \phi$ 运动图做等分。
- 3、在反转圆上从 OA 起，按从动件运动规律等分反转圆角度，得到 $A_1、A_2 \dots A_9$ 各点。它们为反转后从动件回转轴心的位置。
- 4、以分点 A_i 为圆心， l 为半径，作圆弧与基圆交于 $C_1、C_2、\dots C_9$ ；从 $A_i C_i$ 向外量取对应的从动件摆角 $\psi_1、\psi_2 \dots$ ，得到 $B_1、B_2、\dots B_9$ 。
- 5、将得到的 $B_0、B_1、B_2 \dots B_9$ 各点连



(a)



(b)

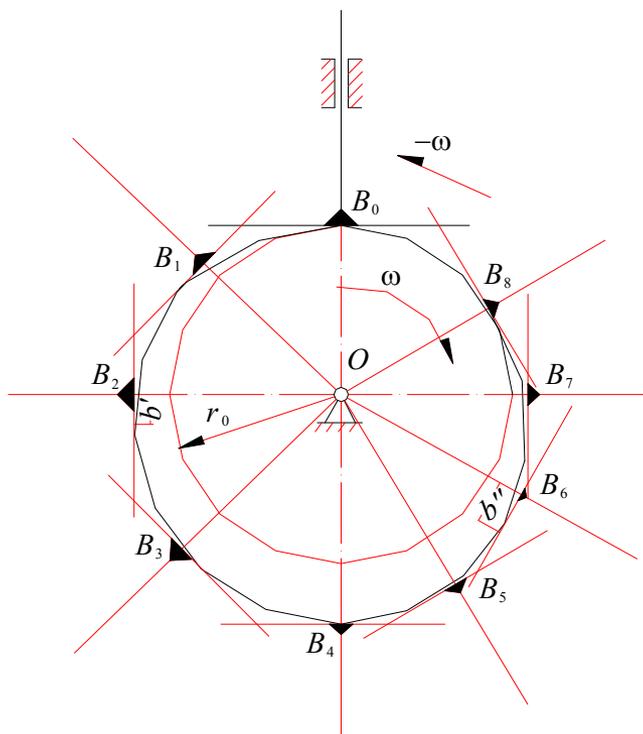
摆动从动件凸轮机构反转动画

摆动从动件凸轮轮廓的设计动画

完整版，请访问 www.kaoyancas.net 科大科院考研网、中科院考研网

3、平底从动件Plate Cam with Translating Flat-faced Follower

- (1) 取平底与导路的交点 B_0 为参考点
- (2) 把 B_0 看作尖底，运用上述方法找到 B_1 、 B_2 ...
- (3) 过 B_1 、 B_2 ...点作出一系列平底，得到一直线族。作出直线族的包络线，便得到凸轮实际轮廓曲线。



平底从动件凸轮机构反转动画

平底从动件凸轮轮廓设计动画

example 5-1 (study after class)

- 5.3.3 Analytical Synthesis of the Pitch Curce
- 5.3.4 Analytical Synthesis of the Cam Contour
- 5.3.5 Locus of Centres of Milling Cutter.

5.3.6 Pressure Angle α

plate cam with translating roller follower

F—凸轮作用于从动件的驱动力方向，
Along common normal

α —pressure angle 压力角：接触点法线
与从动件上作用点速度方向所夹的锐角。

F F' 有用分力
 F'' 有害分力 side-thrust
摩擦 \uparrow , jam

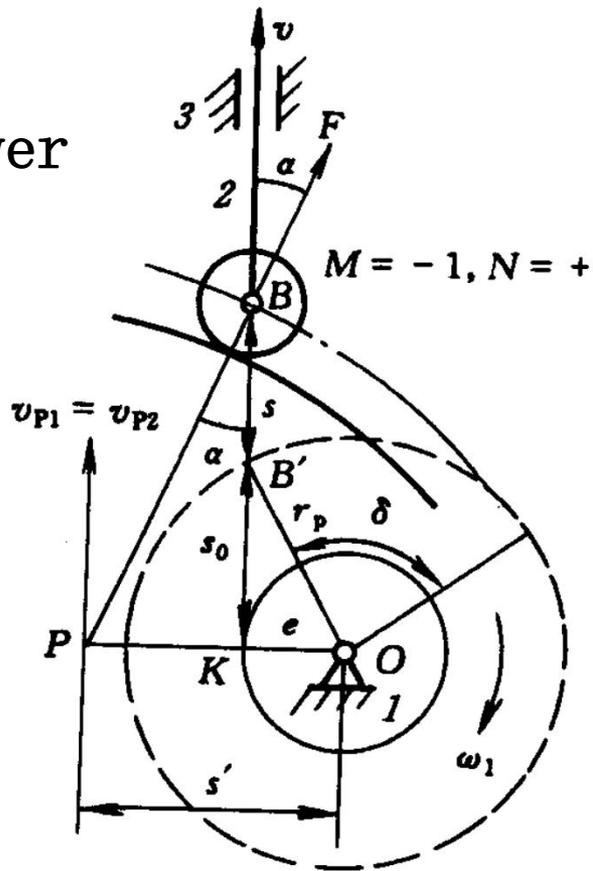


Fig. 5-24

α 过大，机构自锁

$\alpha < [\alpha]$ (allowable pressure angle $[\alpha]$)

$$\alpha = \arctg \frac{\left| \frac{d_s}{d_\varphi} - Ne \right|}{S + S_0} = \arctg \frac{\left| \frac{d_s}{d_\varphi} - Ne \right|}{S + \sqrt{r_p^2 - e^2}}$$

$r_p \uparrow \alpha \downarrow$ cam becomes larger!
机构不紧凑。

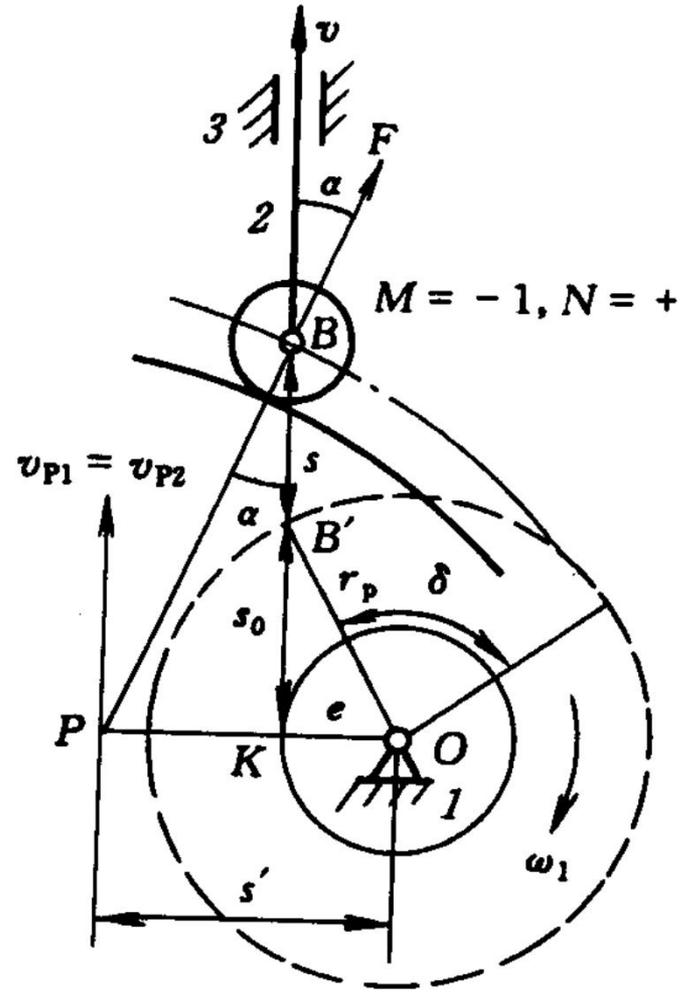


Fig. 5-24

5.3.7 Radius of Curvature

凸轮轮廓的曲率影响到凸轮能否正常工作。



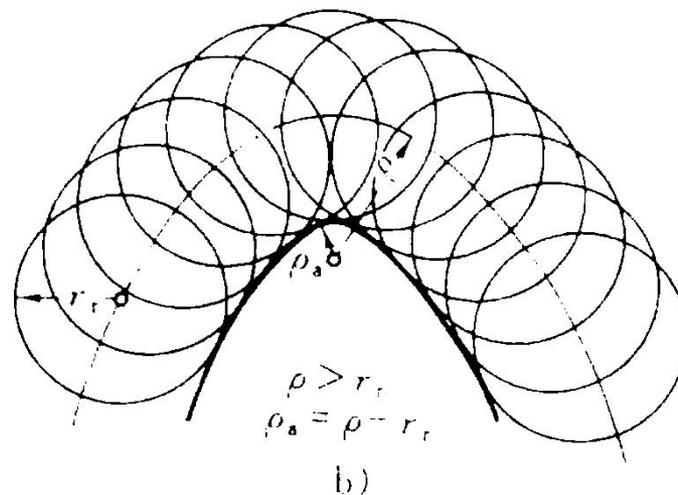
滚子半径的选择

ρ —— 理论廓线的曲率半径

ρ_α —— 实际廓线的曲率半径

理论廓线外凸：convex section of pitch curve.

$$\rho_\alpha = \rho - r_r$$



1 On the convex section of pitch curve.

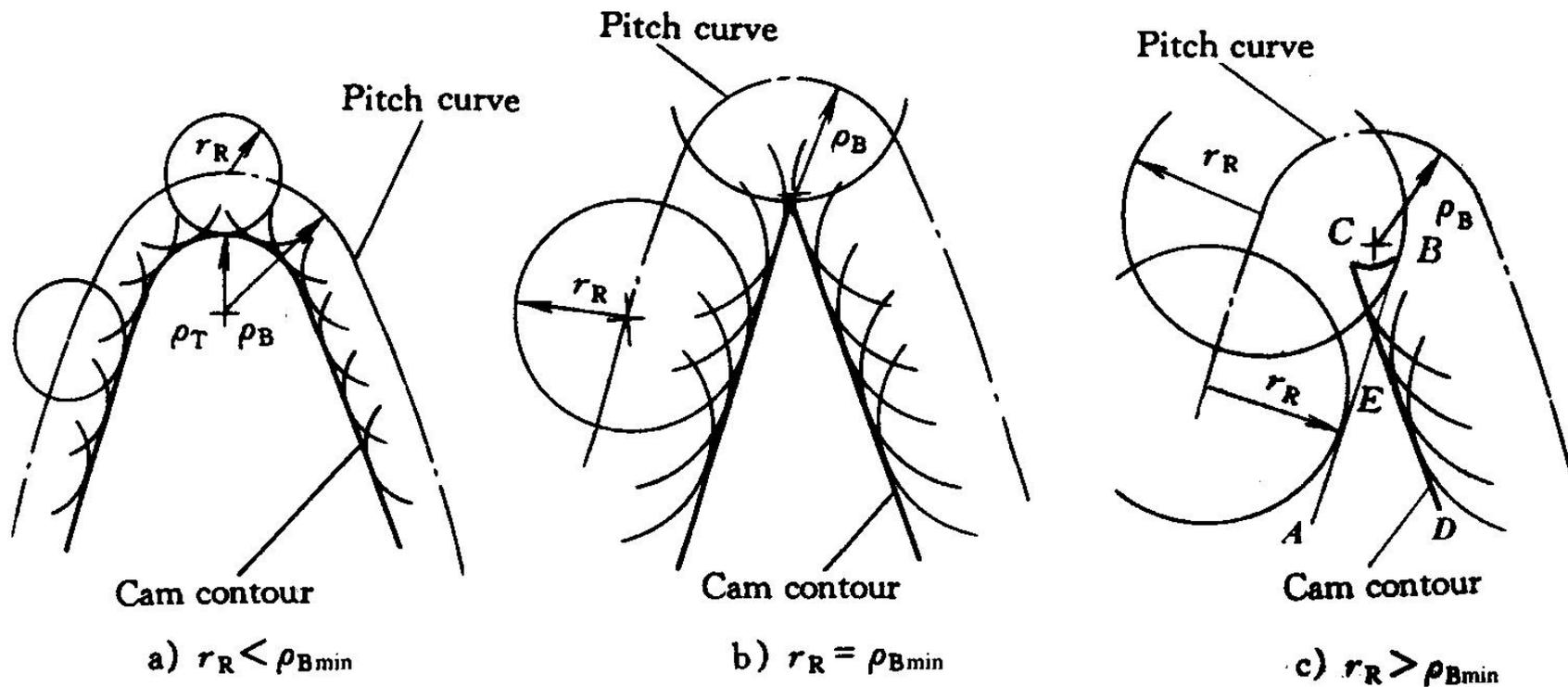


Fig. 5-26

$$\rho_T = \rho_B - r_R$$

$$\rho_B > r_R \therefore \rho_T > 0$$

曲线正常

$$\rho_B = r_R \therefore \rho_T = 0$$

cuspl尖端

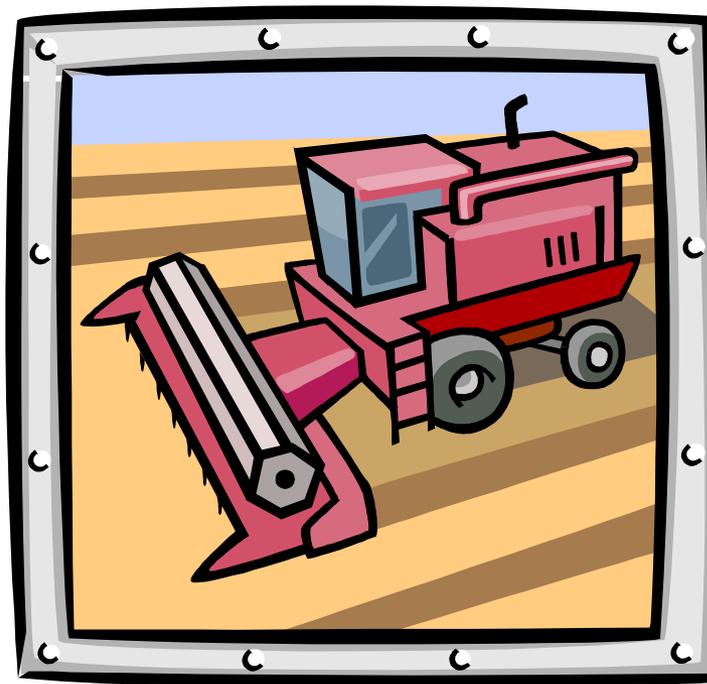
压力太高，易损坏

$$\rho_B < r_R$$

motion distortion

$$0.1 \gamma_p < \gamma_R < 0.15 \gamma_p$$

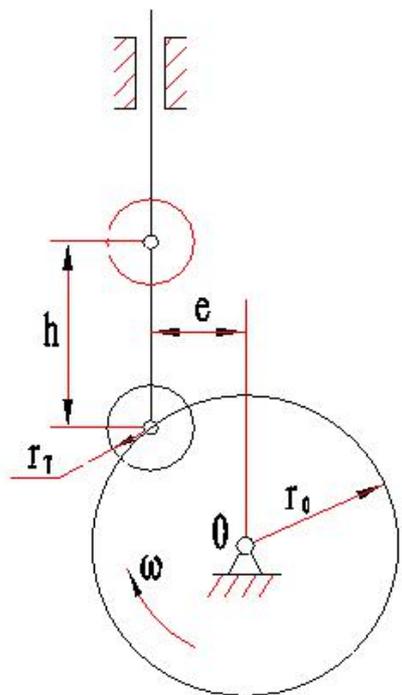
5.4.2-5.4.5 (略) omitted



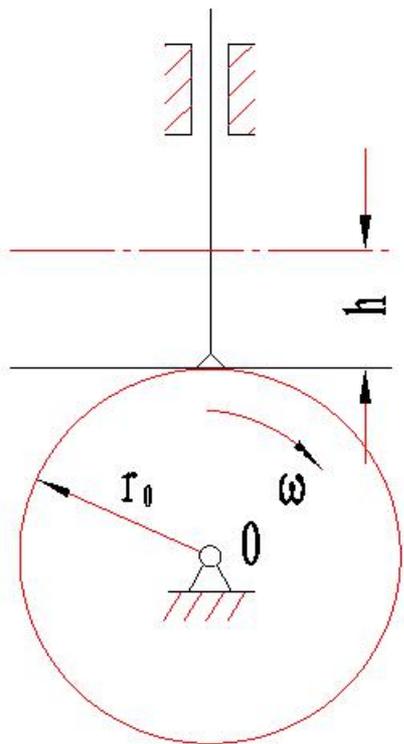
复习思考题

- 1、 连杆机构和凸轮机构在组成方面有何不同，各有什么优缺点？
- 2、 凸轮机构中，刚性冲击是指什么？举出一种存在刚性冲击的运动规律。
- 3、 凸轮机构中，柔性冲击是指什么？举出一个具有柔性冲击的从动件常用运动规律。
- 4、 何谓凸轮的理论轮廓与实际轮廓？
- 5、 凸轮机构中的力锁合与几何锁合各有什么优缺点？
- 6、 为什么不能为了机构紧凑，而任意减小盘形凸轮的基圆半径？
- 7、 设计滚子从动件盘形凸轮机构时，如实际轮廓上出现尖点，将可能出现什么后果？面对这一实际结果，设计上应如何加以处理？

2、设计一偏置直动滚子从动件盘形凸轮机构，凸轮回转方向及从动件初始位置如图所示。已知偏距 $e=10\text{mm}$ ，基圆半径 $r_0=40\text{mm}$ ，滚子半径 $r_T=10\text{mm}$ ，从动件运动规律如下： $\Phi=150^\circ$ ， $\Phi_S=30^\circ$ ， $\Phi'=120^\circ$ ， $\Phi'_S=60^\circ$ ，从动件在推程以简谐运动规律上升，行程 $h=20\text{mm}$ ；回程以等加速等减速运动规律返回原处，试绘出从动件位移线图及凸轮轮廓曲线。



3、设计一平底直动从动件盘形凸轮机构，凸轮回转方向及从动件初始位置如图所示。已知基圆半径 $r_0=60\text{mm}$ ，行程 $h=20\text{mm}$ ， $\Phi=150^\circ$ ， $\Phi_s=30^\circ$ ， $\Phi'=120^\circ$ ， $\Phi'_s=60^\circ$ ，从动件在推程以简谐运动规律上升，回程以等加速等减速运动规律返回原处，试绘出该机构凸轮轮廓曲线并决定从动件底面应有的长度。



4、设计一平底摆动从动件盘形凸轮机构，凸轮回转方向和从动件初始位置如图所示。已知 $l_{OA}=75$ ， $r_0=30\text{mm}$ ，从动件运动规律如下： $\Phi=180^\circ$ ， $\Phi_S=0^\circ$ ， $\Phi'=180^\circ$ ， $\Phi'_S=0^\circ$ ，从动件推程以简谐运动规律顺时针摆动， $\psi_{\max}=15^\circ$ ；回程以等加速等减速运动规律返回原处。试绘出凸轮轮廓曲线并确定从动件的长度。

