第3章 凸轮机构

内 容

- 凸轮机构的组成、分类与应用
- 凸轮机构的基本概念和参数
- 从动件常用运动规律
- 凸轮机构的压力角
- 盘形凸轮轮廓设计

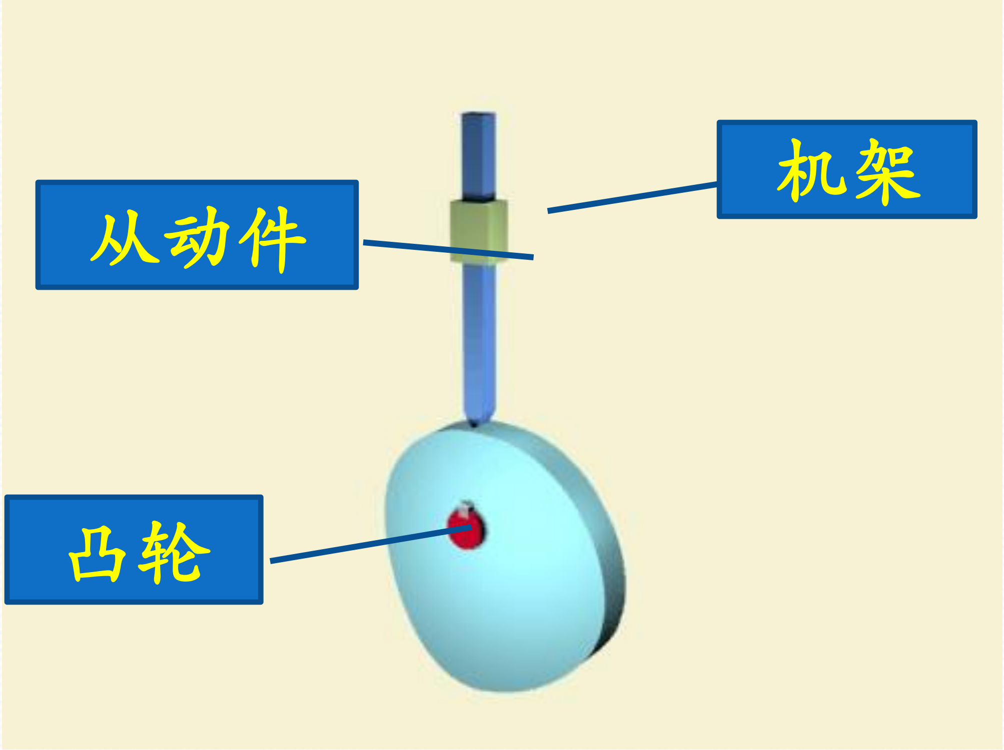
重 点

- 几种常用运动规律的特点和应用
- 压力角与机构尺寸、机构效率的关系
- 盘形凸轮廓线曲线的设计

§3-1 凸轮机构的应用和类型

一、组成及应用

1. 组成



凸轮——具有曲线轮廓或凹槽的构件。

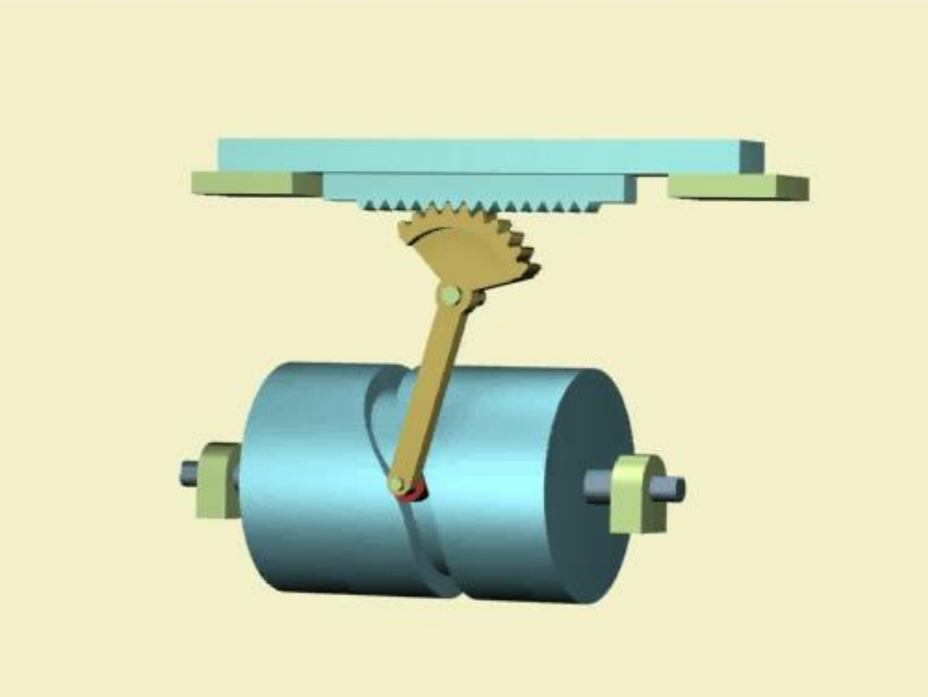
从动件——被凸轮直接推动的构件。

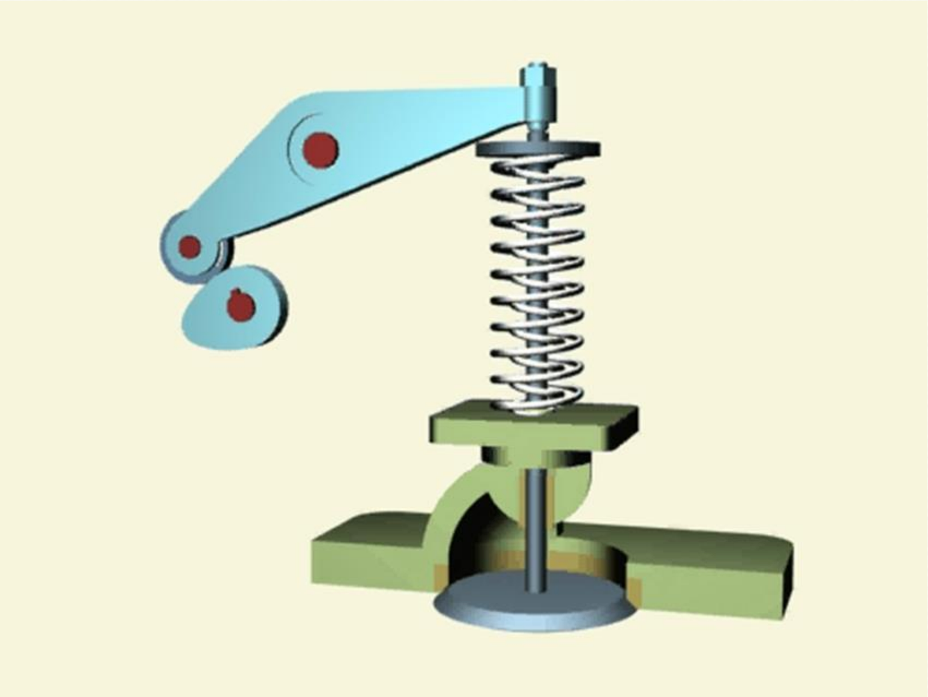
机架——相对参照系。

2. 应用

实现预期运动规律要求。

实现预期位置要求。



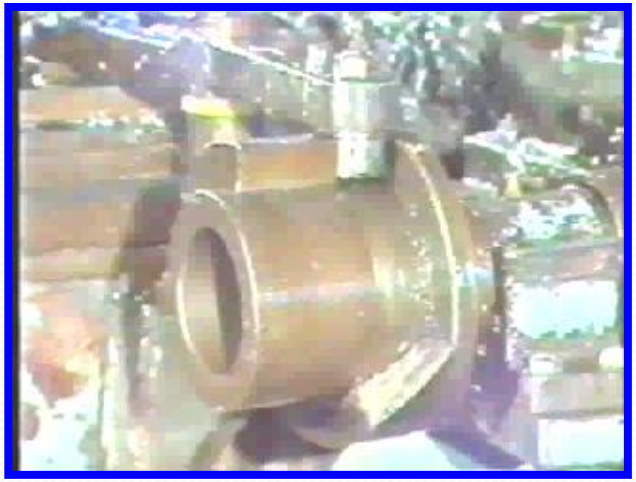


[自动机床进刀机构]

[内燃机配气机构]

凸轮机构具有结构简单，可以准确实现要求的运动规律等优点，因而在工业生产中得到广泛的应用。

凸轮机构在机床中的应用



凸轮机构印刷机中的应用

分度凸轮的应用

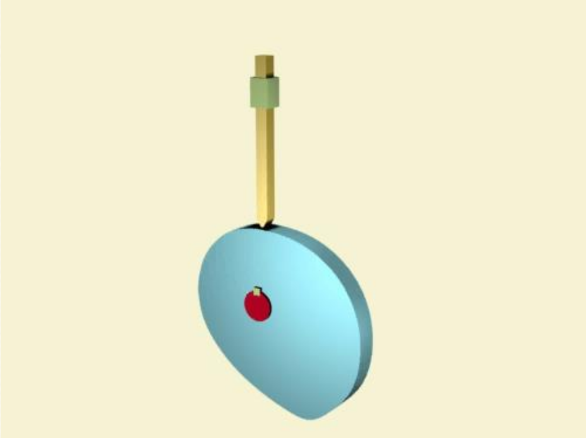
等径凸轮的应用

二、凸轮的分类

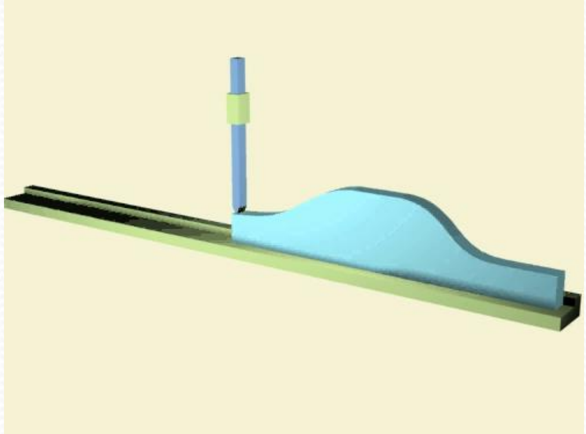
1. 按凸轮形状分类

平面凸轮：

- 盘形凸轮
- 移动凸轮



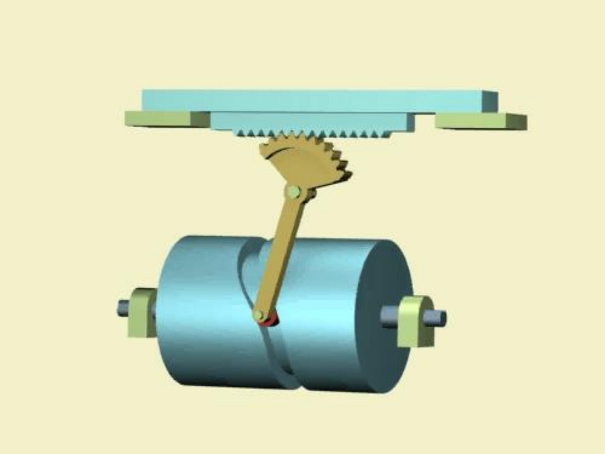
盘形凸轮



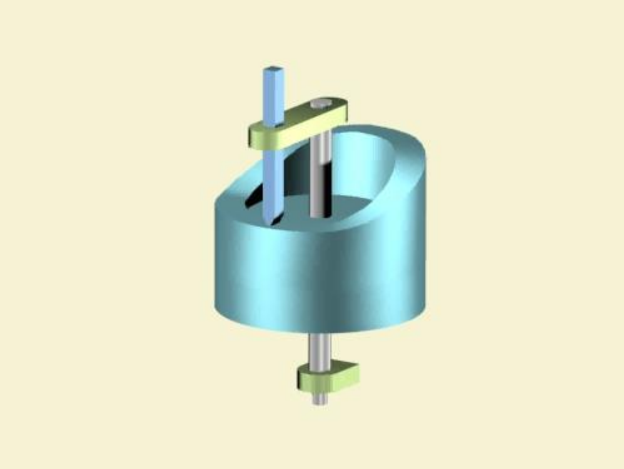
移动凸轮

空间凸轮：

- 圆柱面凸轮
- 端面凸轮



圆柱面凸轮



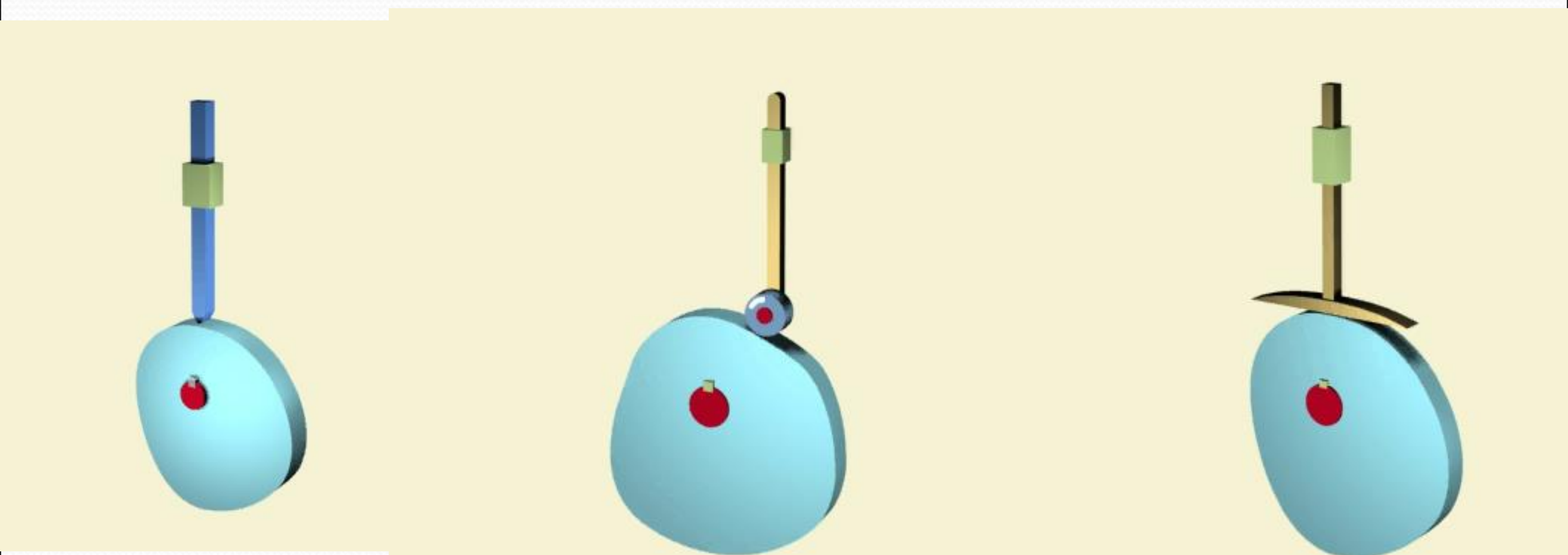
端面凸轮

2. 按从动件型式

尖底从动件——易磨损，承载力低，用于轻载低速。

滚子从动件——磨损小，承载力较大，用于轻载低速。

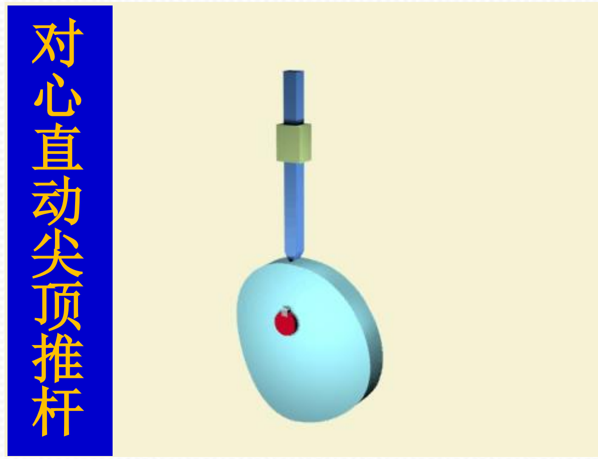
平底从动件——受力好，润滑好，常用于高速。

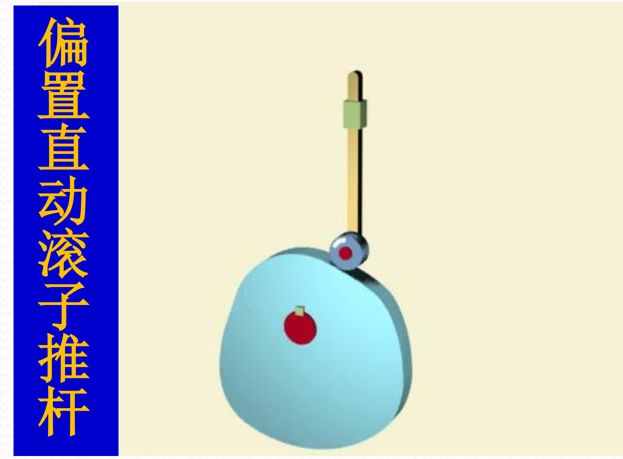


3. 按从动件运动方式

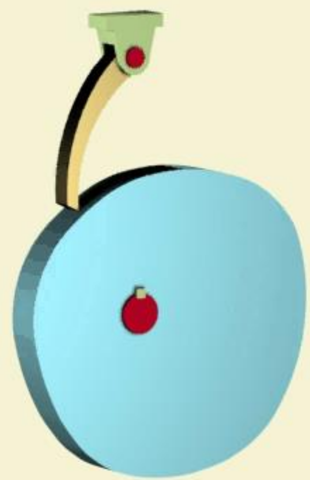
1） 直动从动件

- 对心直动
- 偏置直动

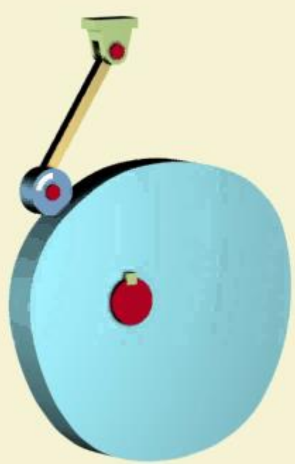




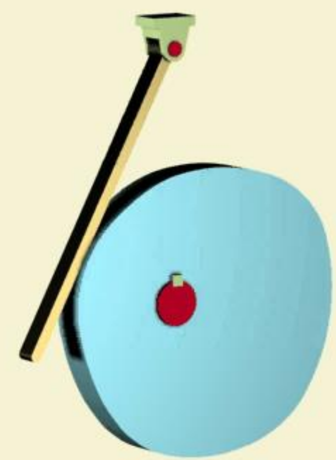
2） 摆动动从动件



摆动尖顶



摆动滚子



摆动平底

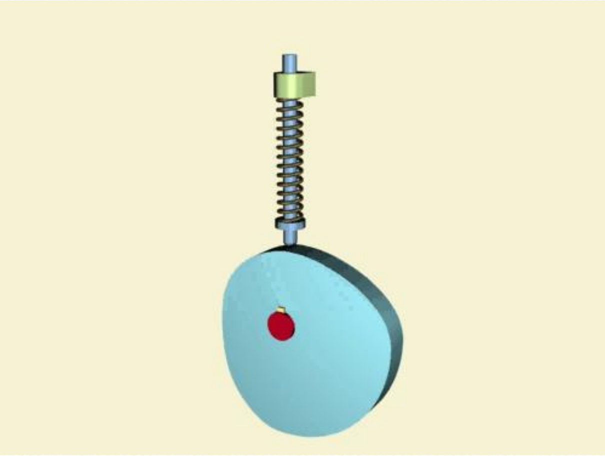
4. 按锁合装置分类

1）力锁合

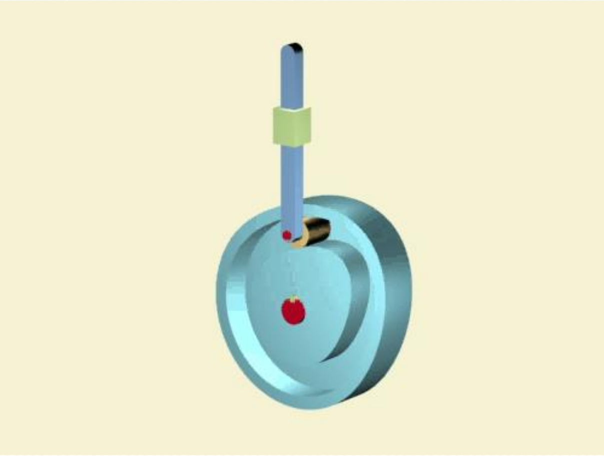
利用推杆的重力、弹簧力等保持接触。

2）形锁合

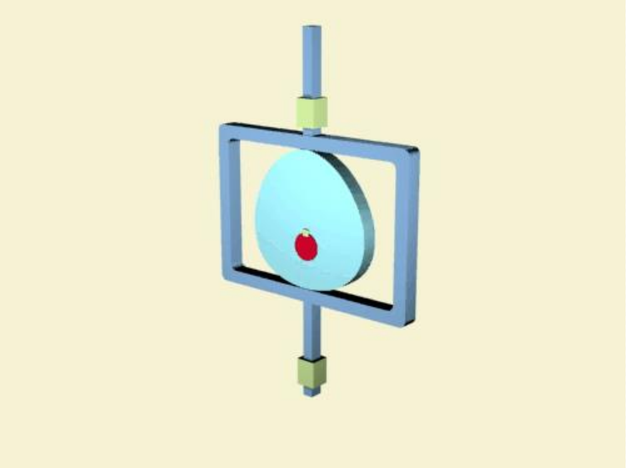
依靠凸轮和从动件的特殊几何形状而始终保持接触。



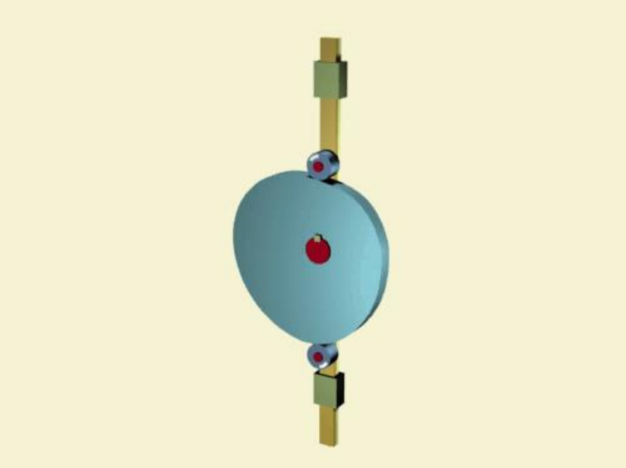
力锁合凸轮机构



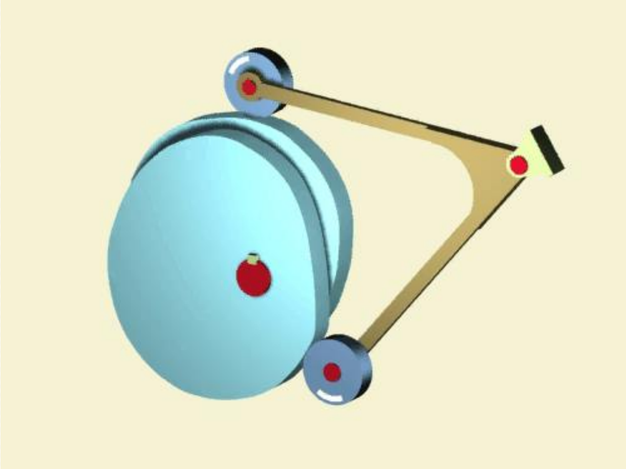
凹槽凸轮机构



等宽凸轮机构



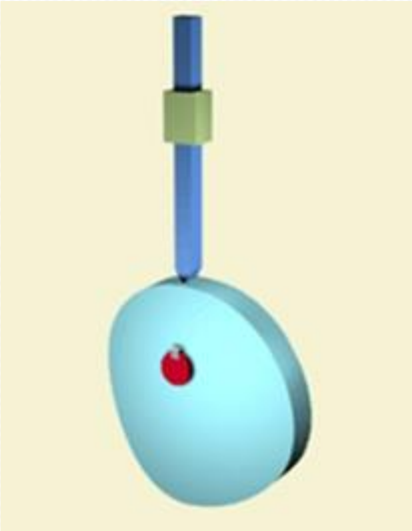
等径凸轮机构



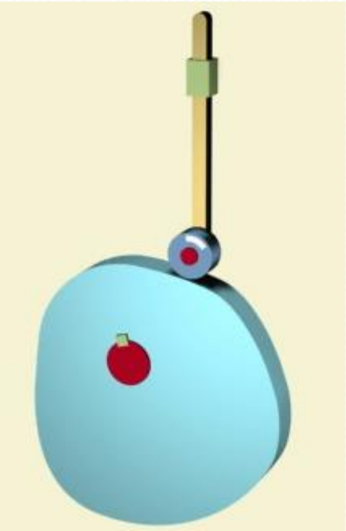
共轭凸轮机构

三、凸轮机构的命名

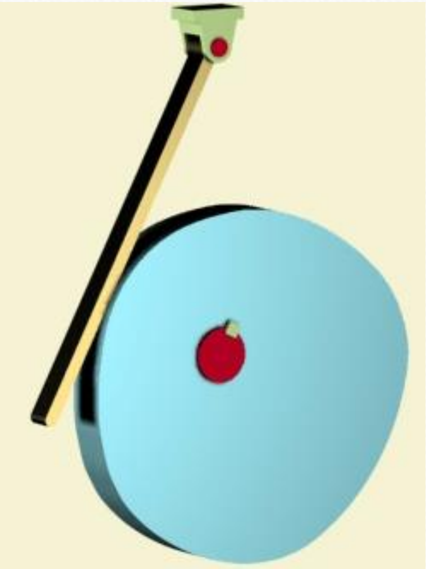
凸轮机构的命名=3+2+1



对心尖顶直动从动件盘形凸轮机构



偏置滚子直动从动件盘形凸轮机构



摆动平底盘形凸轮机构

3. 特点

优点：1）可使从动件得到各种预期运动规律；

2）结构紧凑；

3）实现停歇。

缺点：1）高副接触，易磨损，多用于传力不太大的场合；

2）加工困难，不规则；

3）从动件的行程不能太大，避免凸轮太笨重。

小　结：

凸轮机构的组成:

凸轮是一个具有曲线轮廓或凹槽的构件。凸轮通常作等速转动，但也有作往复摆动或移动的。从动件是被凸轮直接推动的构件。凸轮机构就是由凸轮、从动件和机架三个主要构件所组成的高副机构。

凸轮机构的特点：

1)优点：

可以使推杆得到各种预期的运动规律

机构简单紧凑

实现停歇

2)缺点：

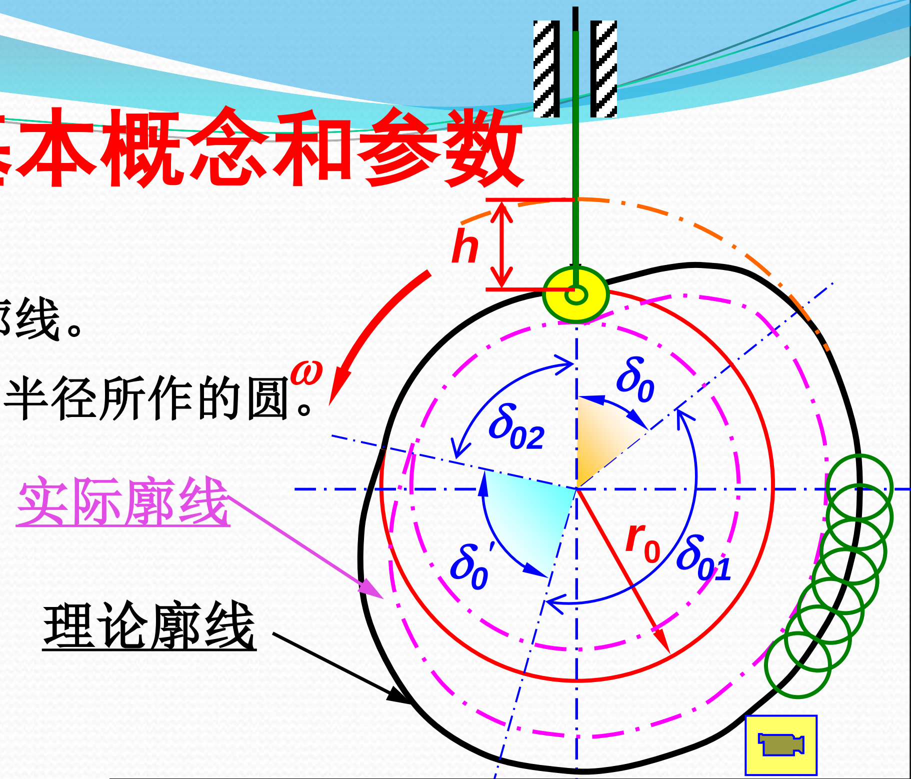
高副接触，易磨损，所以凸轮机构多用在传力不大的场合。

加工困难，不规则

从动件的行程不能太大，避免凸轮太笨重。

§3-2凸轮机构的基本概念和参数

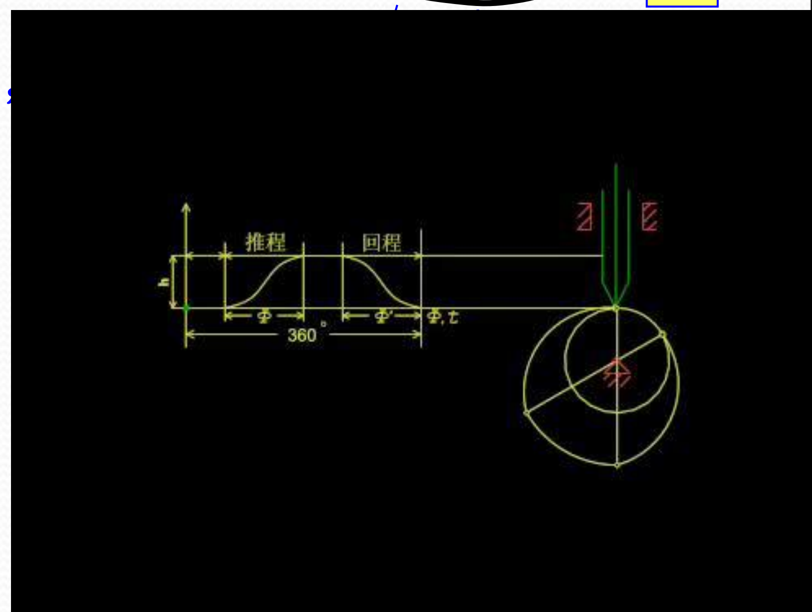
一. 基本概念



1. 理论廓线——与尖端从动件相接触的廓线。
2. 基圆r_0——凸轮理论廓线上最小向径为半径所作的圆。
3. 行程h——从动件运动的最大位移h.
4. 从动件位移s
5. 推程——从动件从起始位置到距离回转中心最远位置。

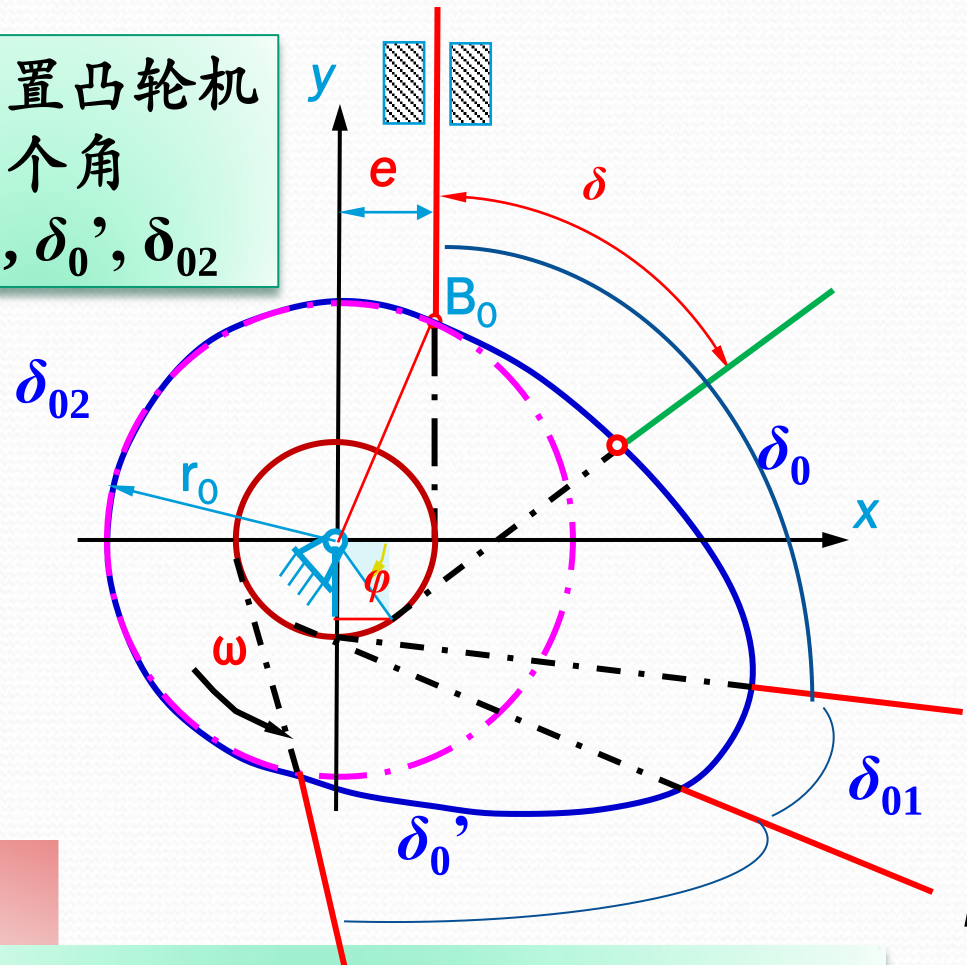
   推程运动角δ_0
6. 回程——从动件从最远位置到达起始位置。

   回程运动角δ_0'
7. 远休止，远休止角δ_{01}
8. 近休止，近休止角δ_{02}
9. 实际廓线——与滚子或平底从动件相接触的廓线.

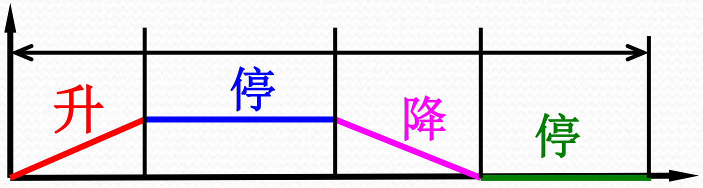


10.偏距*e*，偏距圆

标出偏置凸轮机构的四个角
δ_0，δ_{01}，δ_0'，δ_{02}



凸轮转动过程中，从动件重复进行升-停-降-停的运动循环，这一循环过程根据实际需要可以没有远休止或近休止，但是推程和回程必不可少。



问题?

基圆上至少有一点是凸轮廓线上的点。

基圆上只能有一点是凸轮廓线上的点。

§3-3 从动件常用运动规律

一、从动件的常用运动规律

从动件的运动规律—— 从动件的运动（位移、速度和加速度）与时间或凸轮转角间的关系。

从动件的运动规律既可以用线图表示。

从动件的运动方程—— 可用数学方程表示。

位移： $s = f(t) = f(\delta)$

$$\left.\begin{aligned} \text{速度：}\quad v &= \frac{ds}{dt} = \frac{ds}{d\delta} \cdot \frac{d\delta}{dt} = \omega \cdot \frac{ds}{d\delta} \\ \text{加速度：}\quad a &= \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{d\delta} \cdot \frac{d\delta}{dt} = \omega^2 \cdot \frac{d^2 s}{d\delta^2} \end{aligned}\right\}$$

从动件常用运动规律：

- ◆ 多项式运动规律
  - ★一次多项式运动规律——等速运动
  - ★二次多项式运动规律——等加速等减速
- ◆ 三角函数运动规律
  - ★余弦加速度运动规律——简谐运动
  - ★正弦加速度运动——摆线运动规律
- ◆ 组合运动规律

重点：掌握各种运动规律的特性

1. 多项式运动规律

$$s = C_0 + C_1\delta + C_2\delta^2 + \ldots + C_n\delta^n$$

1.1等速运动规律（n=1 一次多项式）

待定系数

运动方程一般表达式：
$$\begin{cases} s = c_0 + c_1\delta \\ v = ds/dt = c_1\omega \\ a = dv/dt = 0 \end{cases}$$

推程运动方程：

边界条件
- 运动始点：$\delta=0, s=0$ → $c_0=0$
- 运动终点：$\delta=\delta_0$，$s=h$ → $c_1=h/\delta_0$

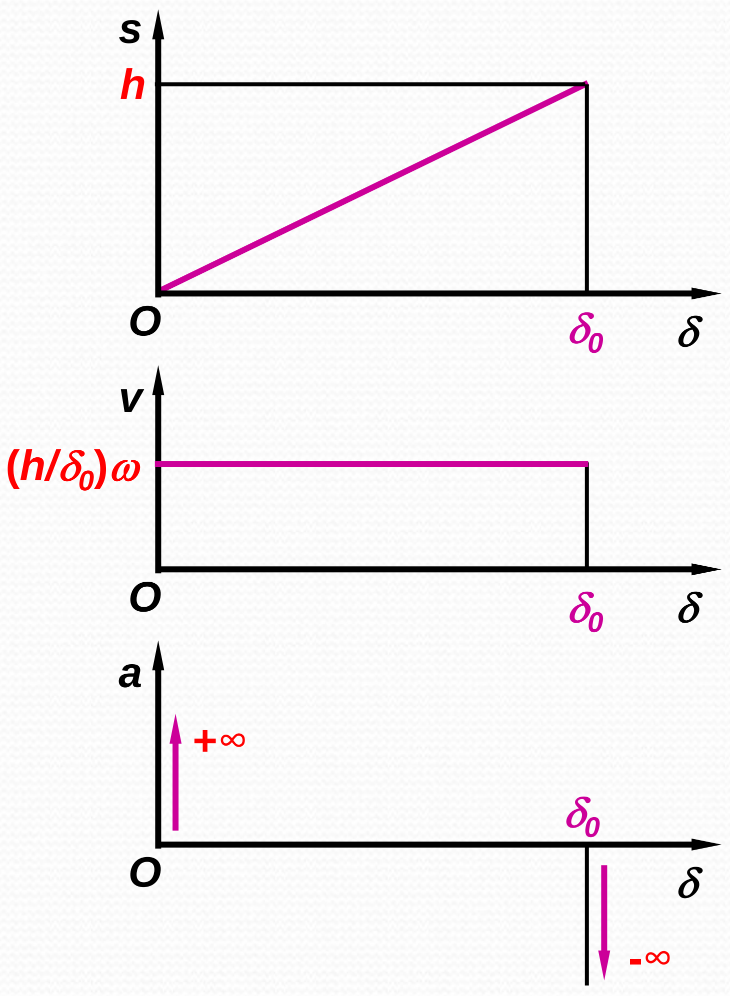
推程运动方程式：
$$\begin{cases} s = (h/\delta_0)\delta \\ v = (h/\delta_0)\omega \qquad \delta \in [0, \delta_0] \\ a = 0 \end{cases}$$

1.1 n=1——等速运动规律

推程运动方程：

$$
\begin{cases}
s = (h/\delta_0)\delta \\
v = (h/\delta_0)\omega \qquad \delta \in [0, \delta_0] \\
a = 0
\end{cases}
$$

推程运动线图：



★等速运动规律的特点：

- ✓ 从动件在运动的开始和终止瞬时，有刚性冲击。
- ✓ 适用于低速轻载。

1.2等加速等减速运动规律（n=2 二次多项式）

运动方程一般表达式:

$$s = C_0 + C_1\delta + C_2\delta^2$$

$$v = ds/dt = C_1\omega + 2C_2\omega\delta$$

$$a = dv/dt = 2C_2\omega^2$$

等加速等减速运动规律亦称为抛物线运动规律

★注意:

为保证凸轮机构运动平稳性，常使推杆在一个行程*h*中的前半段作等加速运动，后半段作等减速运动，且加速度和减速度的绝对值相等。

例如：将推程[0， δ_0]划分为两个区段：

- 加速段[0， $\delta_0/2$]
- 减速段[$\delta_0/2$， δ_0]

➢ **推程运动方程**
$$\begin{cases} s = C_0 + C_1\delta + C_2\delta^2 \\ v = \mathrm{d}s/\mathrm{d}t = C_1\omega + 2C_2\omega\delta \\ a = \mathrm{d}v/\mathrm{d}t = 2C_2\omega^2 \end{cases}$$

推程等加速段边界条件：

运动始点：$\delta=0, s=0$，$v=0$ ⟶ $C_0 = C_1 = 0$

运动终点： $\delta = \delta_0/2$，$s=h/2$ ⟶ $C_2=2h/\delta_0^2$

加速段运动方程式为：

$$\begin{cases} s = \dfrac{2h}{\delta_0^2}\delta^2 \\ v = \dfrac{4h\omega}{\delta_0^2}\delta \qquad \delta \in \left[0, \dfrac{\delta_0}{2}\right] \\ a = \dfrac{4h\omega^2}{\delta_0^2} \end{cases}$$

推程等减速段边界条件：

运动始点： $\delta=\delta_0/2$， $s=h/2$

运动终点： $\delta=\delta_0, s=h$ ， $v=0$

→ $C_0=-h$， $C_1=4h/\delta_0$

$C_2=-2h/\delta_0^2$

减速段运动方程式为：

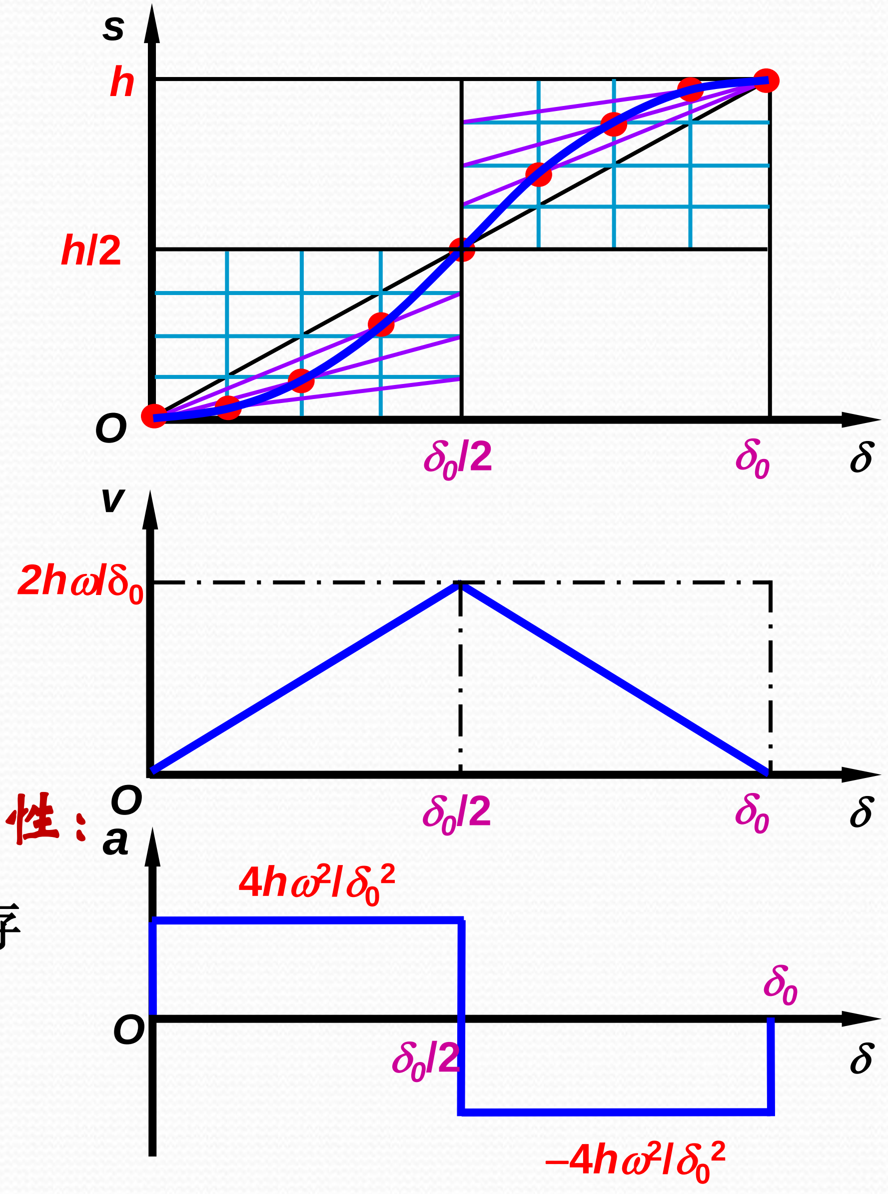
$$\begin{cases} s=h-\dfrac{2h}{\delta_0^2}(\delta_0-\delta)^2 \\ v=\dfrac{4h\omega}{\delta_0^2}(\delta_0-\delta) \qquad \delta\in\left[\dfrac{\delta_0}{2},\delta_0\right] \\ a=-\dfrac{4h\omega^2}{\delta_0^2} \end{cases}$$

推程运动方程：

$$
\begin{cases}
s = \dfrac{2h}{\delta_0^2}\delta^2 \\[2mm]
v = \dfrac{4h\omega}{\delta_0^2}\delta \qquad \delta \in \left[0, \dfrac{\delta_0}{2}\right] \\[2mm]
a = \dfrac{4h\omega^2}{\delta_0^2}
\end{cases}
$$

$$
\begin{cases}
s = h - \dfrac{2h}{\delta_0^2}(\delta_0 - \delta)^2 \\[2mm]
v = \dfrac{4h\omega}{\delta_0^2}(\delta_0 - \delta) \qquad \delta \in \left[\dfrac{\delta_0}{2}, \delta_0\right] \\[2mm]
a = -\dfrac{4h\omega^2}{\delta_0^2}
\end{cases}
$$

推程运动线图



★等加速等减速运动规律运动特性：

✓从动件在运动起始、中点和终止点存在柔性冲击。

✓适用于中速轻载场合。

2. 三角函数运动规律

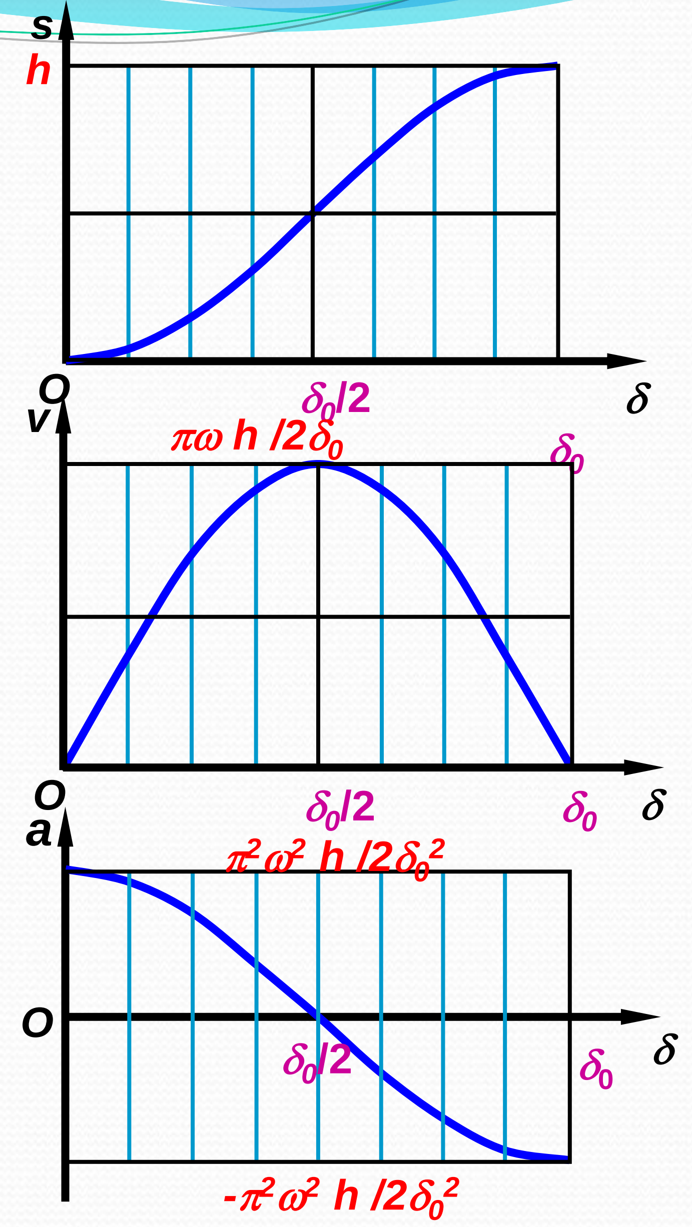
2.1简谐运动（余弦加速度运动规律）

推程运动方程式：

$$\begin{cases} s = \dfrac{h}{2}\left[1-\cos\left(\dfrac{\pi}{\delta_0}\delta\right)\right] \\ v = \dfrac{\pi\omega h}{2\delta_0}\cdot\sin\left(\dfrac{\pi}{\delta_0}\delta\right) \qquad \delta\in[0,\delta_0] \\ a = \dfrac{\pi^2\omega^2 h}{2\delta_0^2}\cdot\cos\left(\dfrac{\pi}{\delta_0}\delta\right) \end{cases}$$

★简谐运动特点：

- ✓ 加速度在起点和终点存在有限值突变，故有柔性冲击。
- ✓ 适于中速中载场合。



推程段运动线图

2.2 摆线运动（正弦加速度运动规律 ）

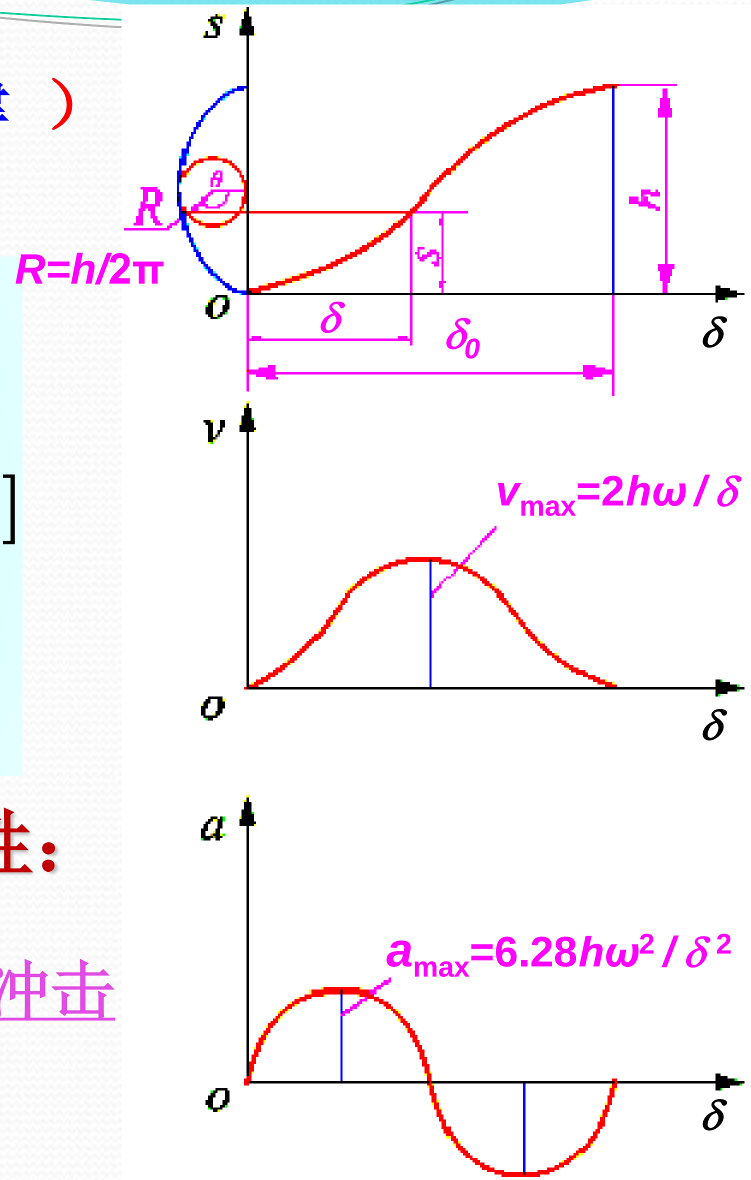
推程运动方程：

$$
\begin{cases}
s = h\left[\dfrac{\delta}{\delta_0} - \dfrac{1}{2\pi}\sin\left(2\pi\dfrac{\delta}{\delta_0}\right)\right] \\
v = \dfrac{\omega h}{\delta_0}\left[1 - \cos\left(2\pi\dfrac{\delta}{\delta_0}\right)\right] \qquad \delta \in [0, \delta_0] \\
a = \dfrac{2\pi\omega^2 h}{\delta_0^2}\sin\left(2\pi\dfrac{\delta}{\delta_0}\right)
\end{cases}
$$

★正弦加速度运动规律运动特性：

★ 从动件加速度没有突变，不存在冲击

★ 适用于高速轻载场合



推程段的运动线图

小 结

运动规律	运动特点	适用场合
等速运动	刚性冲击	低速轻载
等加速等减速运动	柔性冲击	中速轻载
余弦加速度运动	柔性冲击	中速中载
正弦加速度运动	无冲击	高速轻载

3. 组合运动规律

- 采用组合运动规律的目的：

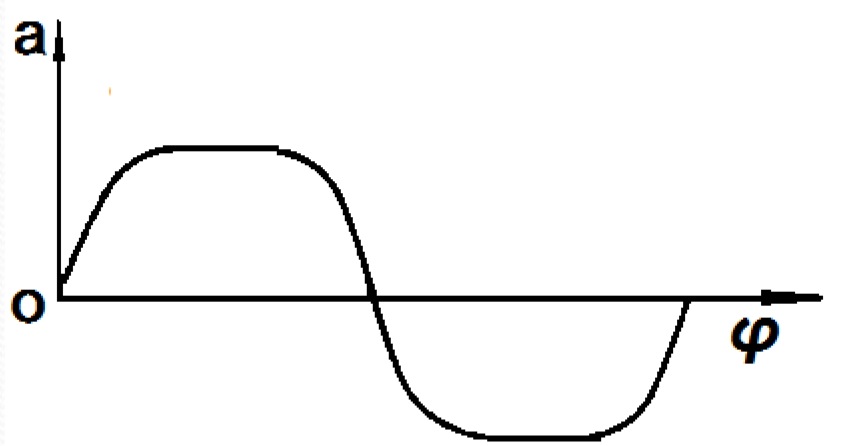
  避免有些运动规律引起的冲击，改善推杆其运动特性。

- 构造组合运动规律的原则：
  - 根据工作要求选择主体运动规律，然后用其它运动规律组合；
  - 保证各段运动规律在衔接点上的运动参数是连续的；
  - 在运动始点和终点处，运动参数要满足边界条件。
- 组合运动规律的示例

例：改进梯形运动规律

主运动： 等加速等减速运动

组合运动：在加速度突变处以正弦加速度曲线过渡。



三、运动规律选择

1.基本要求

根据工作要求选择运动规律

兼顾运动学和动力特性两方面要求

综合考虑运动规律的各项特性指标

2.根据工作条件确定从动件运动规律

当只要求从动件行程或角行程

——便于加工，可考虑采用直线、圆弧或简单曲线作为凸轮廓线

对运动规律有完全确定地要求

——按运动规律设计凸轮廓线

对于速度较高的凸轮机构

——动力特性为主，为避免产生大的冲击，还应考虑该种运动的速度最大值，加速度最大值，跃度最大值等。

§3-4 凸轮机构的压力角

一、凸轮机构压力角 α的确定

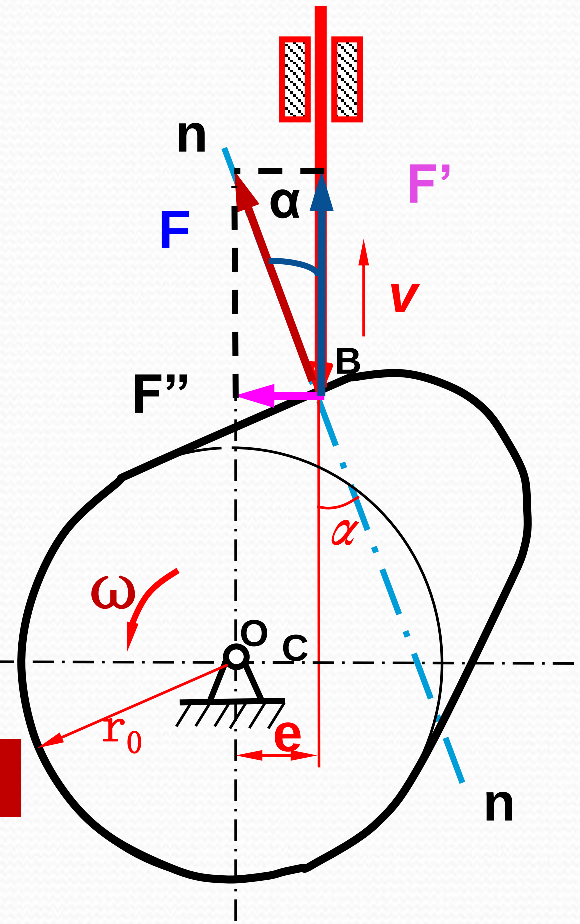
1.压力角 α：凸轮从动件作用力的方向线与从动件上力作用点的速度方向之间所夹的锐角。

驱动力F：沿法线方向传递。

推程F：

有用分力F’ :$F'=F\cos\alpha$（从动件驱动力）

有害分力F”: $F''=F\sin\alpha$（加大从动件摩擦阻力）



问题？压力角α是否影响机构的传力性能呢？

F一定时，α↑ → $F'\downarrow$ $F''\uparrow$

自锁： 当α大于一定值，机构将发生自锁而无法运动.

要求 $\alpha_{max}\le[\alpha]$，满足正常工作。

2. 许用压力角 $[\alpha]$

F' $\begin{cases}\text{在推程中是从动件运动的动力}\\ \text{在回程中是从动件运动的阻力}\end{cases}$

许用压力角$[\alpha]$

为改善凸轮机构的受力情况、提高机械效率，规定了允许采用的最大压力角 $\alpha_{\max} \le [\alpha]$

凸轮机构的压力角 α 在运动周期中是变化的，应保证 α 在整个运动周期中的最大值小于许用压力角

★推程推荐的许用压力角：

直动从动件：$[\alpha]=30^\circ \sim 40^\circ$

摆动从动件：$[\alpha]=35^\circ \sim 45^\circ$

★回程许用压力角：　$[\alpha]=70^\circ \sim 80^\circ$

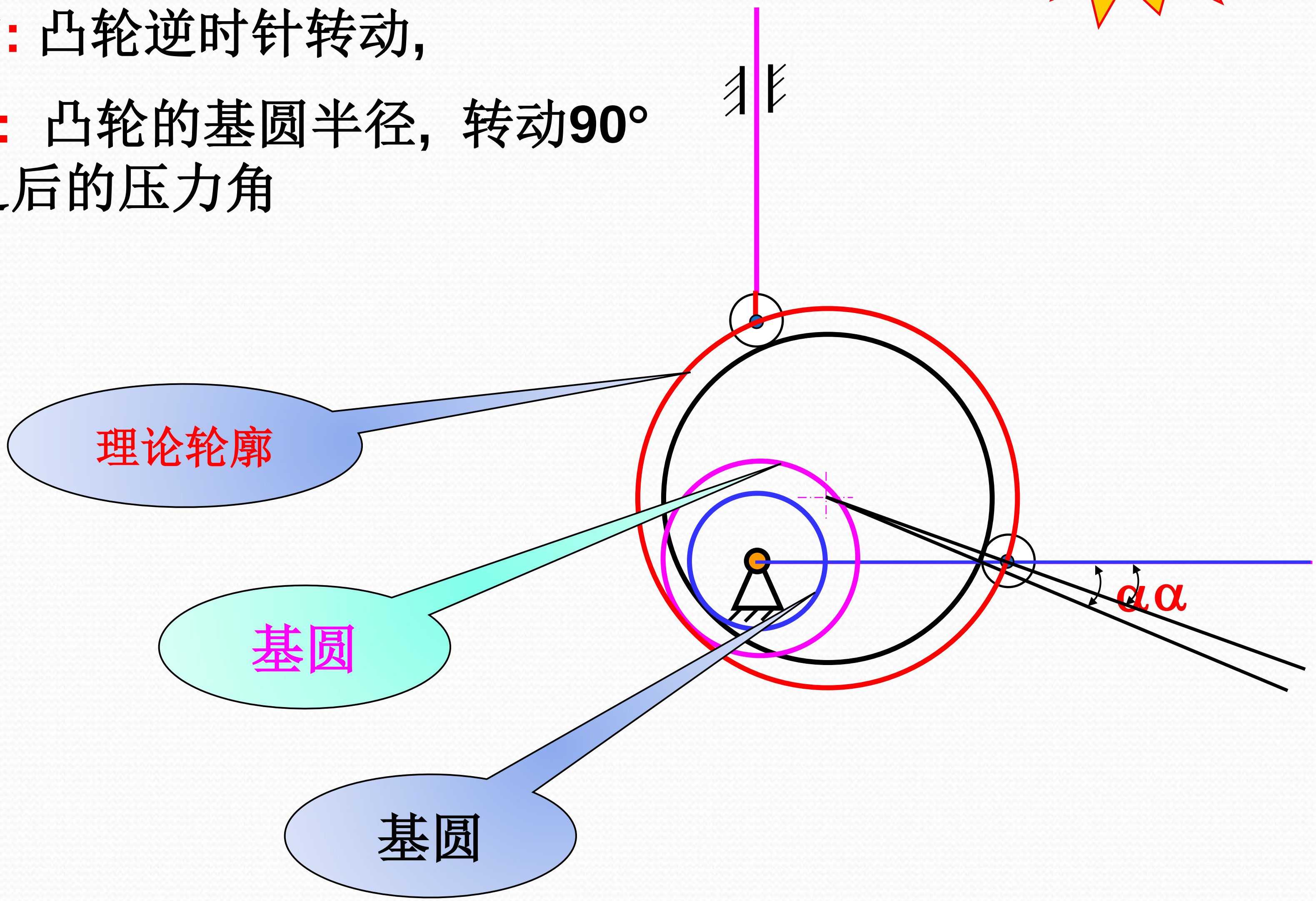
例题1

习题

已知: 凸轮逆时针转动,

求： 凸轮的基圆半径，转动90°之后的压力角

- 解：



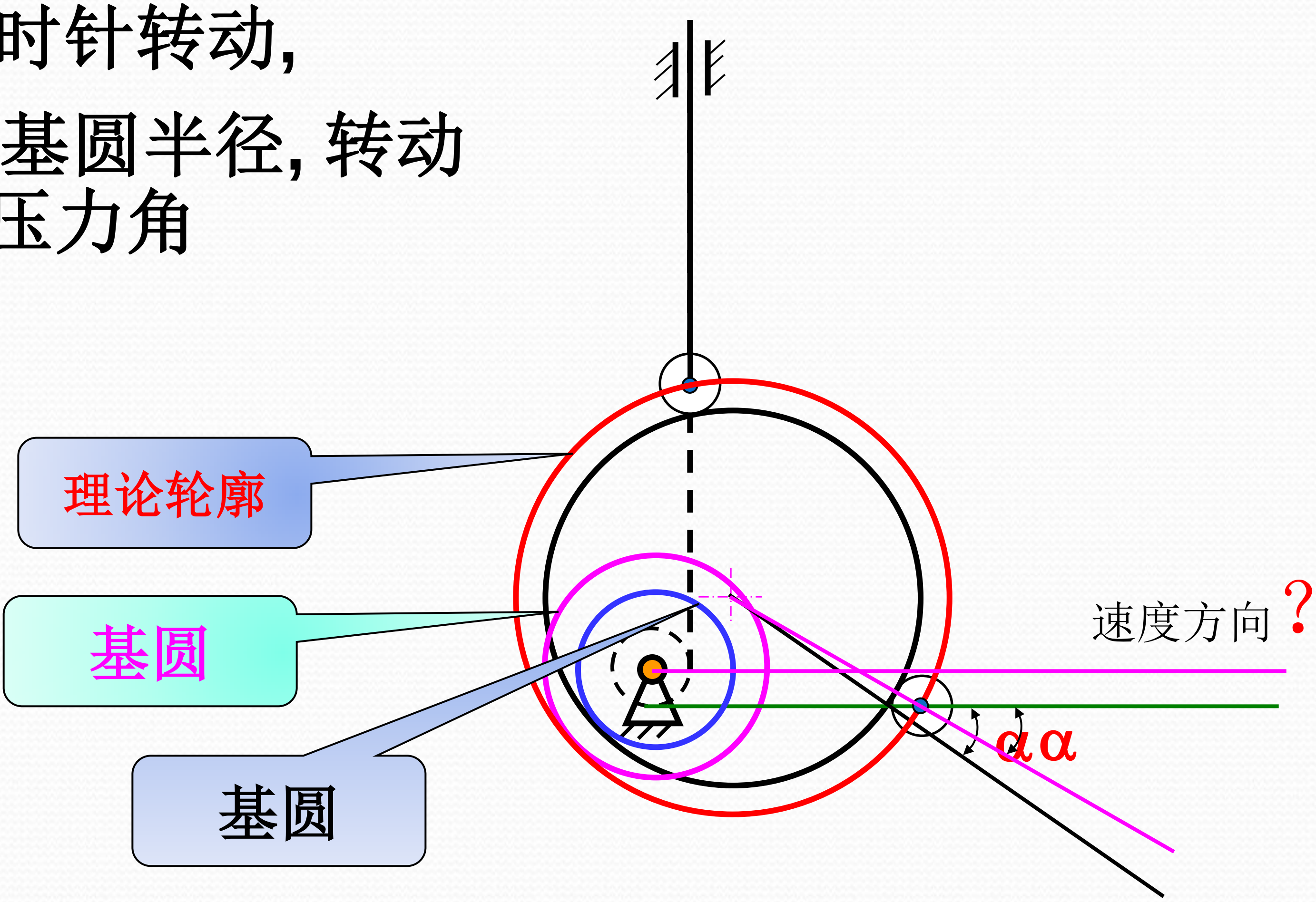
例题2

习题

已知: 凸轮逆时针转动,

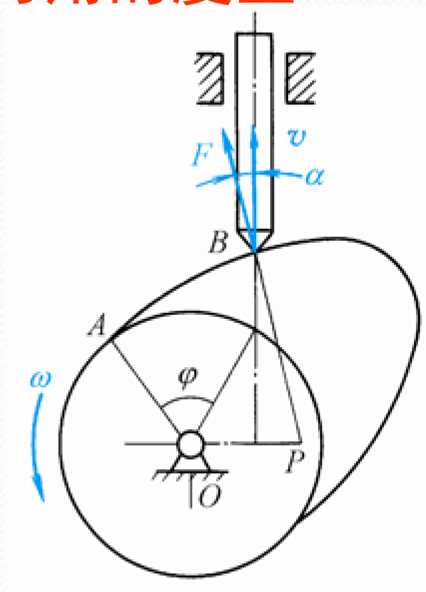
求 : 凸轮的基圆半径, 转动90°之后的压力角

- 解:

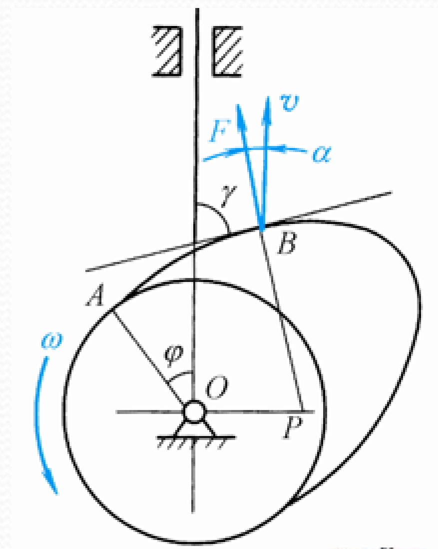


问题讨论：

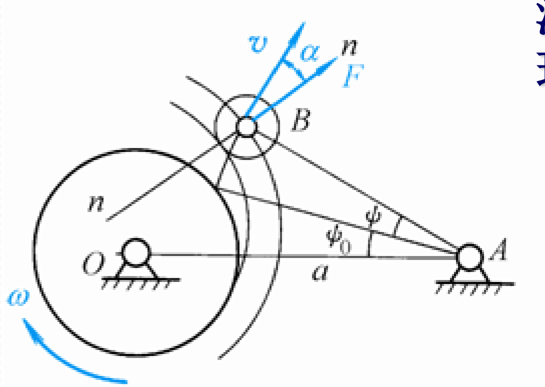
压力角的度量



a)

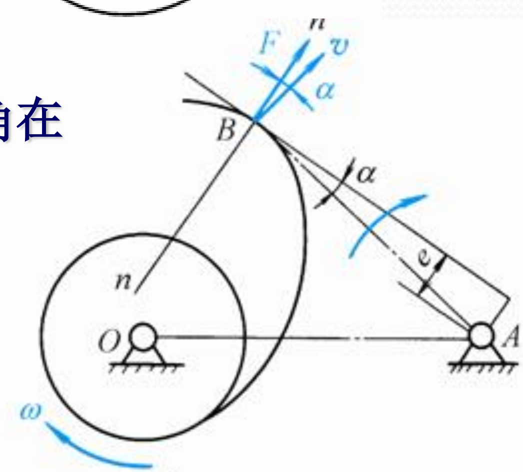


平底在运动中始终与凸轮廓线相切，这类凸轮机构压力角在整个运动周期中为常值



c)

滚子从动件压力角在理论廓线上



d)

若校核α_{max}时，如不满足$\alpha_{max} \le [\alpha]$怎么办?

二、压力角α与基圆半径 r_0

运动规律确定之后，凸轮机构的压力角 α 与基圆半径r_0直接相关。

1. 凸轮副的瞬心(同速点)

P点为相对瞬心:

$$tg\alpha = \frac{\overline{CP}}{\overline{BC}} = \frac{\overline{OP} - \overline{OC}}{\overline{BC}}$$

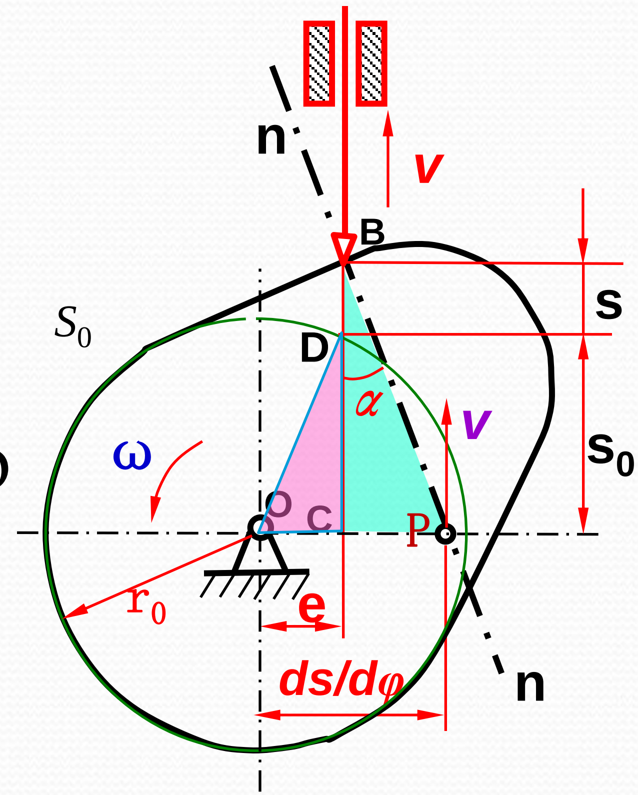
其中: ① 据三心定理 $\overrightarrow{V_{P1}} = \overrightarrow{V_{P2}}$

即: $\overline{OP}\,\omega = V$ 得: $\overline{OP} = v/\omega = ds/d\varphi$

② $\overline{OC} = e$

③ $\overline{BC} = s + s_0 = s + \sqrt{r_0^2 - e^2}$

从而 $$\boxed{tg\alpha = \frac{|ds/d\varphi \mp e|}{s + \sqrt{r_0^2 - e^2}}}$$



显然，$r_0\uparrow \rightarrow \alpha\downarrow$

$$tg\alpha = \frac{\left|ds/d\varphi \mp e\right|}{s + \sqrt{r_0^2 - e^2}} \Rightarrow r_0 = \sqrt{\left(\frac{ds/d\varphi \mp e}{tg\alpha} - s\right)^2 + e^2}$$

讨 论

1)当 $\alpha_{max} \le [\alpha]$ 不满足时，可增大基圆半径r_0

2)基圆半径选择

$r_0 \uparrow \longrightarrow \alpha \downarrow \longrightarrow$ 机构的传力性能好

基圆半径增大带来什么弊端呢? 凸轮整体尺寸变大，结构不紧凑。

在空间允许条件下选择较大$r_0 \longrightarrow \alpha \downarrow$

在保证 $\alpha_{max} \le [\alpha]$前提下，选择较小$r_0 \longrightarrow$ 结构紧凑

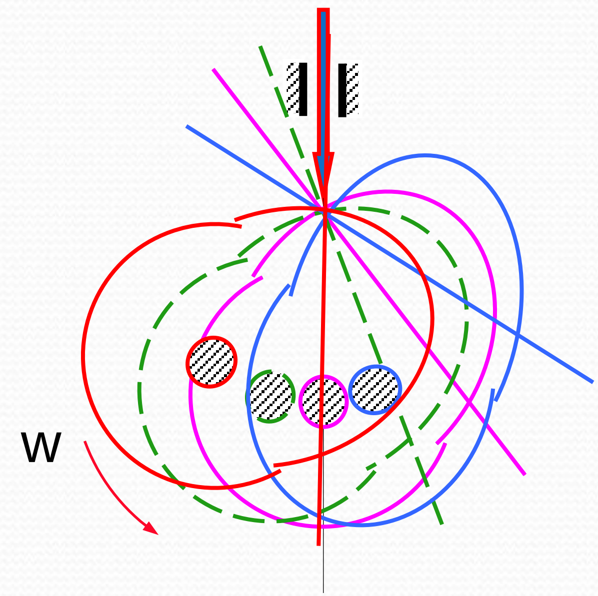
当$\alpha \rightarrow [\alpha]$时 $r_0 \rightarrow r_{0min}$时，可得最小基圆半径。

$$r_0 \ge \sqrt{\left(\frac{ds/d\varphi \mp e}{tg[\alpha]} - s\right)^2 + e^2} = r_{0\,min}$$

三、压力角 α 与偏置e的关系

从动件偏置方向的确定

$$tg\alpha = \frac{\left|ds/d\varphi \mp e\right|}{s + \sqrt{r_0^2 - e^2}}$$



※凸轮逆时针转动，从动件应右偏置，

凸轮顺时针转动，从动件应左偏置.

注意： 按正配置，可减小推程压力角，但增大回程压力角；按负配置可减小回程压力角，但增大了推程压力角。

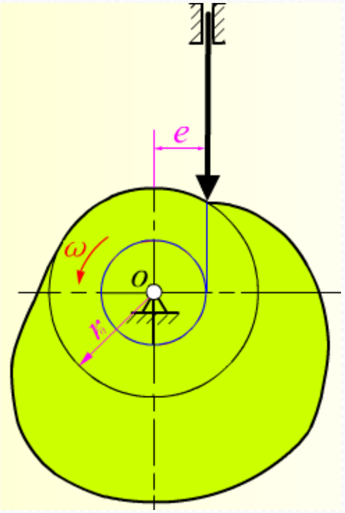
§3-5 盘形凸轮轮廓设计

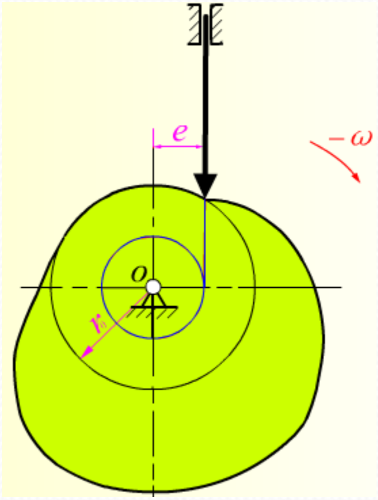
一. 设计的方法及基本原理

1.设计方法　图解法

解析法

2.基本原理 ——反转法





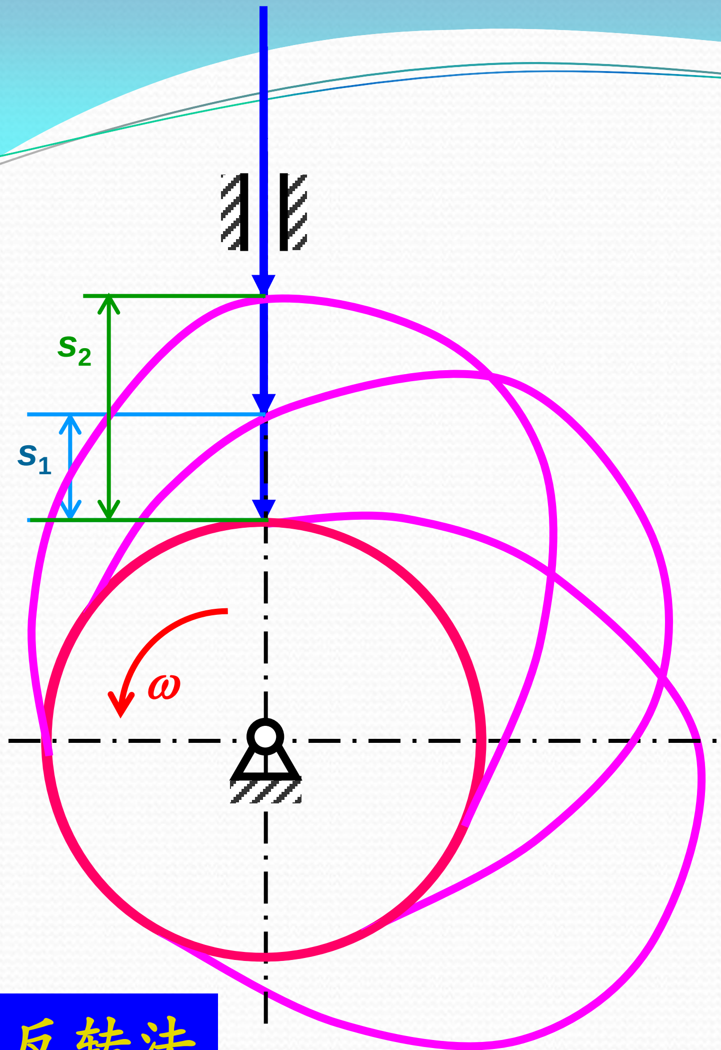
假想给整个机构施加一个公共角速度-ω——转化机构

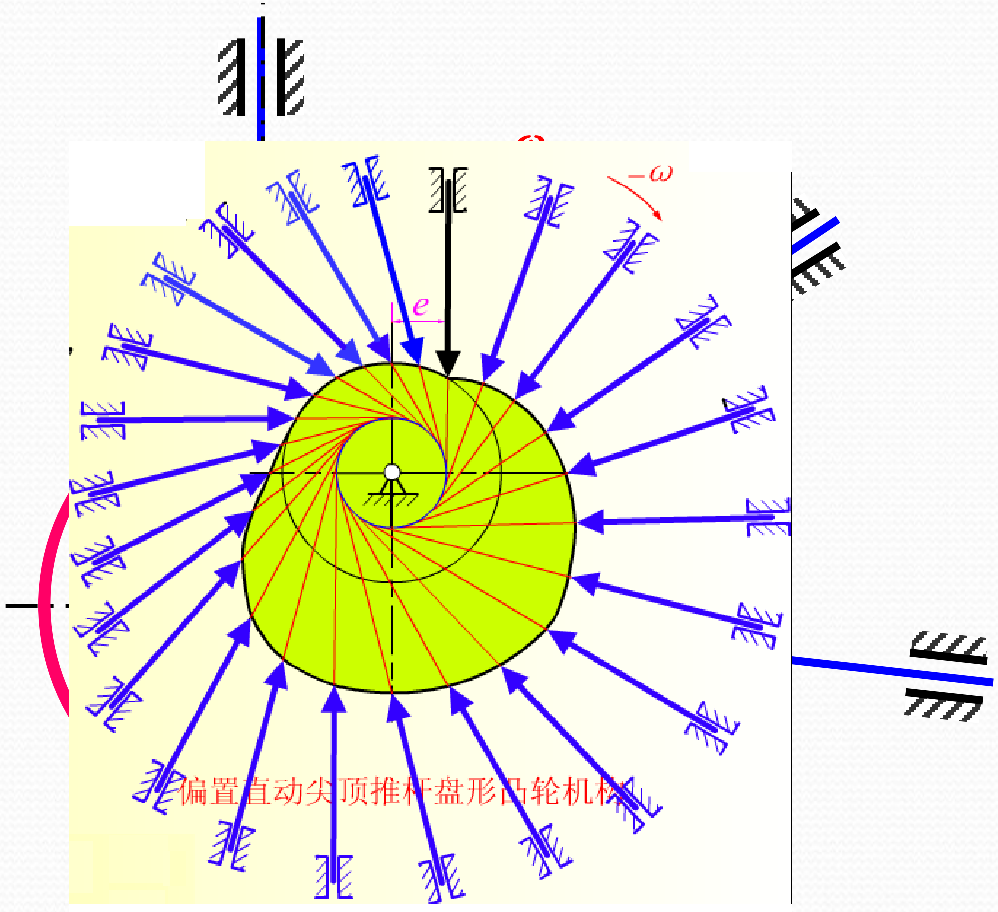
	原机构	转化机构
凸轮	ω	ω-ω=0
机架	0	0-ω=-ω
从动件	$\vec{V}$	$\vec{\omega}+\vec{V}$

凸轮：转动 ➡ 相对静止不动

从动件：

沿导轨往复移动 ➡ 沿导轨作往复移动 ＋ 随导轨以-ω绕凸轮轴心转动





反转法

假想给整个机构加一公共角速度$-\omega$，则凸轮相对静止不动，而从动件一方面随导轨以$-\omega$绕凸轮轴心转动，另一方面又沿导轨作预期运动规律的往复移动。从动件尖顶在这种复合运动中的运动轨迹即为凸轮轮廓曲线。

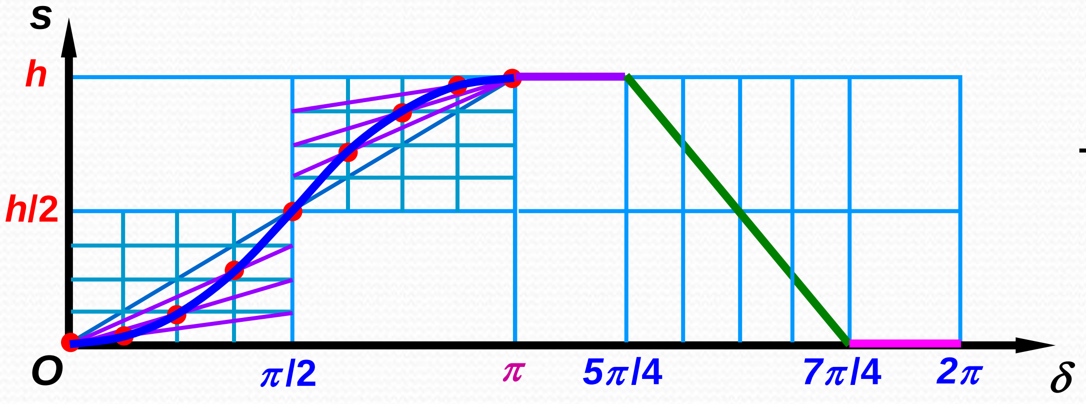
二. 图解法设计凸轮轮廓曲线

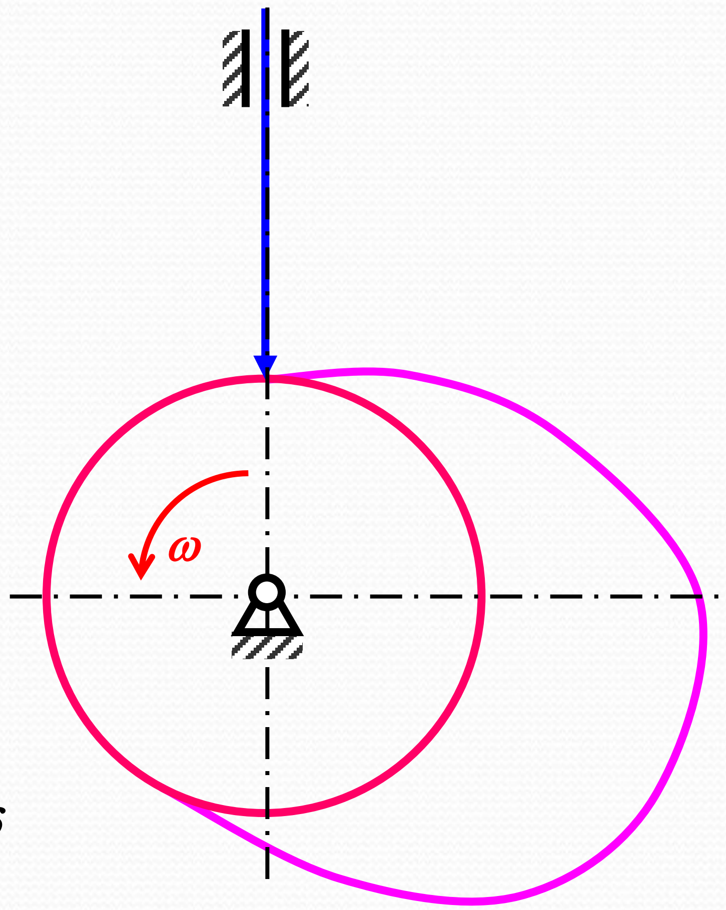
- 从动件位移——凸轮在从动件导路方向上，基圆以外的尺寸

1. 对心直动尖端从动件盘形凸轮机构

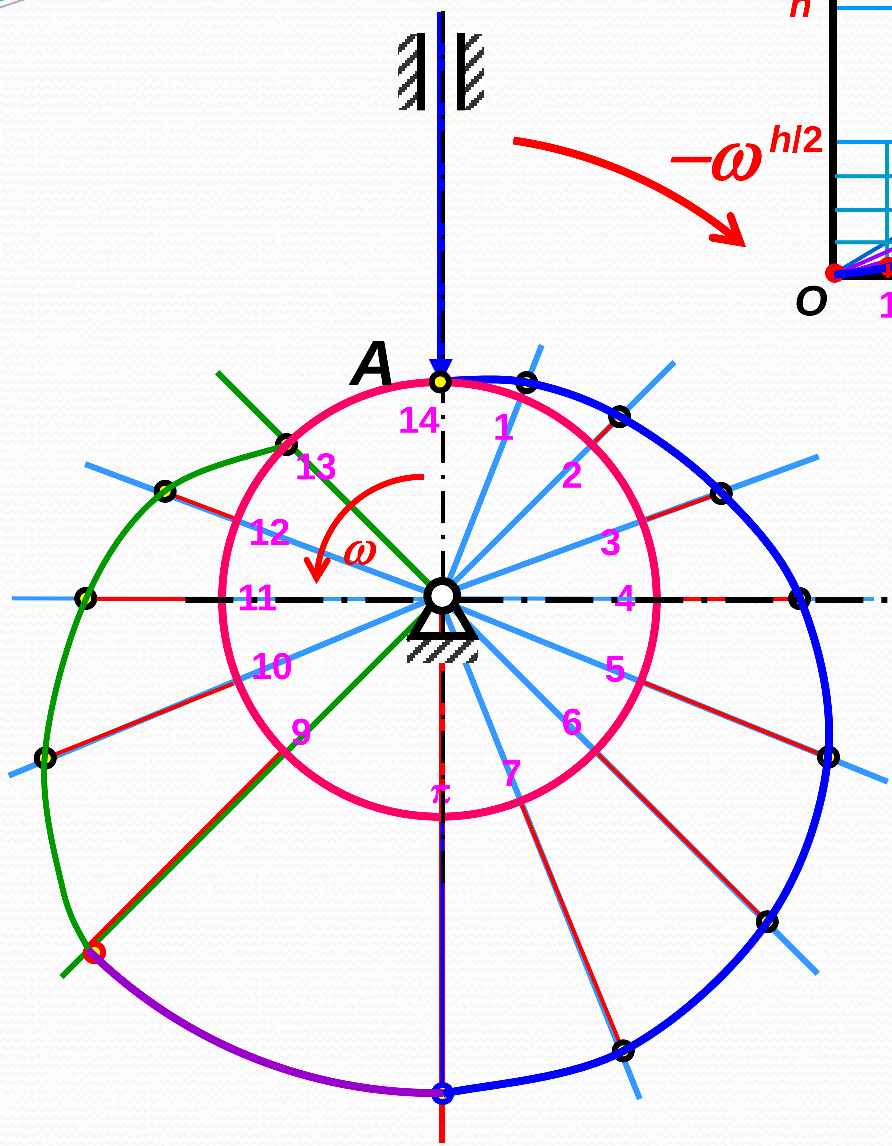
已知：推杆的运动规律、升程 h；凸轮的ω及其方向、基圆半径r_0

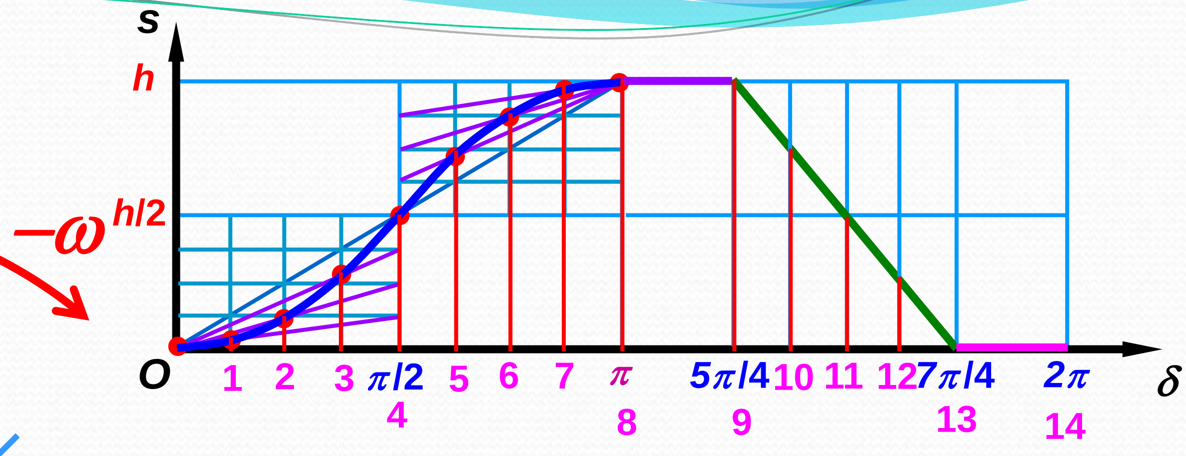
设计：凸轮轮廓曲线





取长度比例尺μ_l绘图





1) 作基圆，从动件导路，得起始点A，建立转化机构。

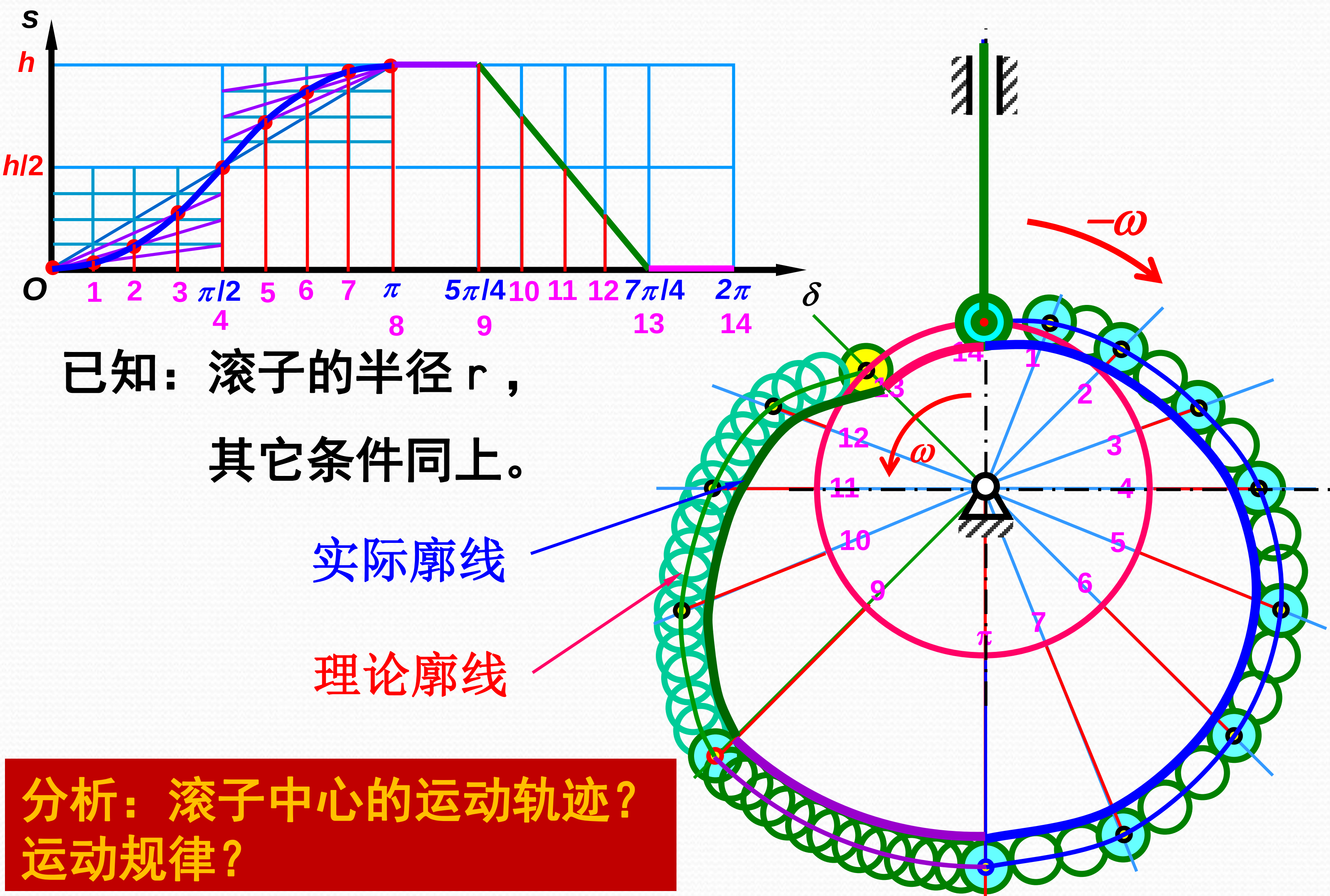
2) 将位移曲线若干等分；

3) 自A点沿-ω方向将基圆截取Φ，Φ_S，Φ’，Φ'_S，并作相应等分；

4) 作射线，沿导路方向截取相应的位移，得到一系列点；

5) 光滑联接。

2. 对心直动滚子从动件盘形凸轮机构



已知：滚子的半径 r，

其它条件同上。

分析：滚子中心的运动轨迹？运动规律？

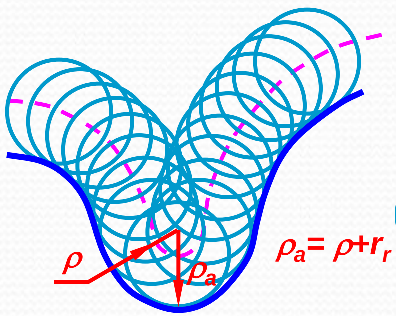
(1) 滚子半径的选择

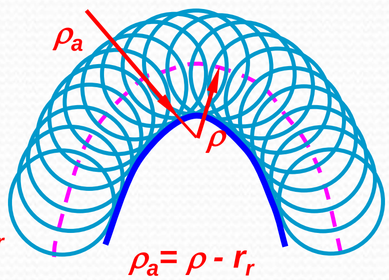
设 ρ_a ——实际廓线曲率半径；

ρ ——理论廓线曲率半径；

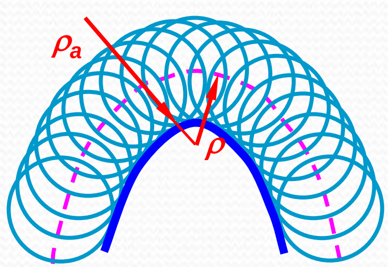
当凸轮廓线为内凹时：$\rho_a = \rho + r_r$

当凸轮廓线为外凸时：$\rho_a = \rho - r_r$

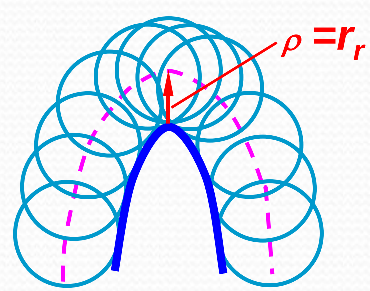




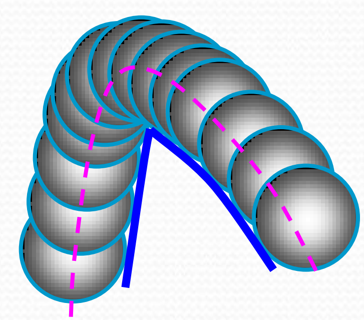
外凸轮廓：$\rho_a = \rho - r_r$
- >0 ——凸轮实际廓线光滑连续；
- $=0$ ——凸轮实际廓线变尖；
- <0 ——凸轮实际廓线交叉，运动规律失真。



$\rho_a = \rho - r_r > 0$



$\rho_a = \rho - r_r = 0$



$\rho_a = \rho - r_r < 0$

(2)滚子半径的确定方法

避免凸轮实际廓线出现变尖或失真现象:

凸轮实际廓线最小曲率半径不小于许用值

$$\rho_{a\min} \geq [\rho_a] \ (一般取\rho_{a\min} \geq 3mm \sim 5mm)$$

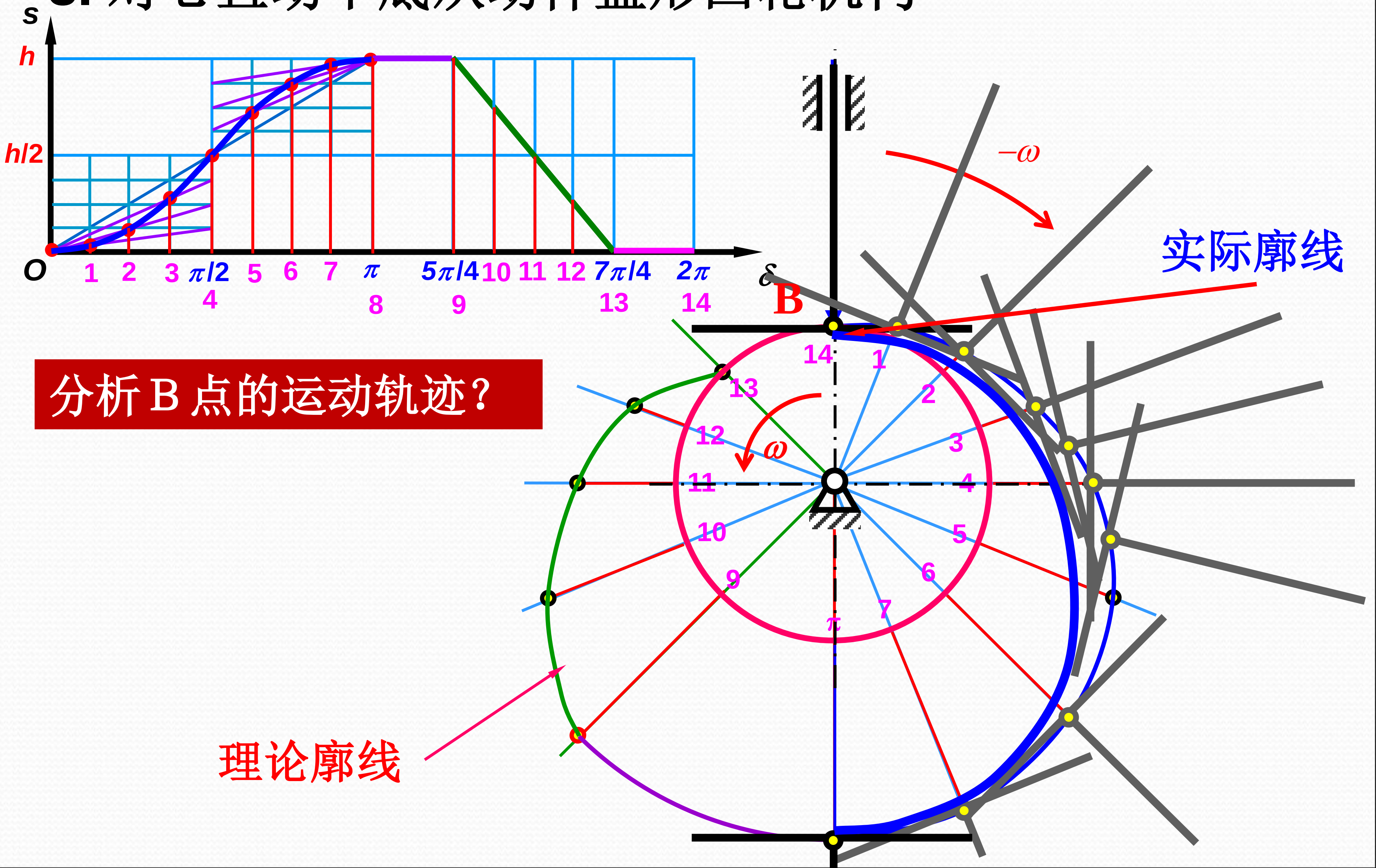
$$r_r \leq 0.8\rho_{a\min}$$

避免凸轮实际廓线产生过度切割措施:

减小滚子半径 $r_r = (0.1 \sim 0.15) r_0$

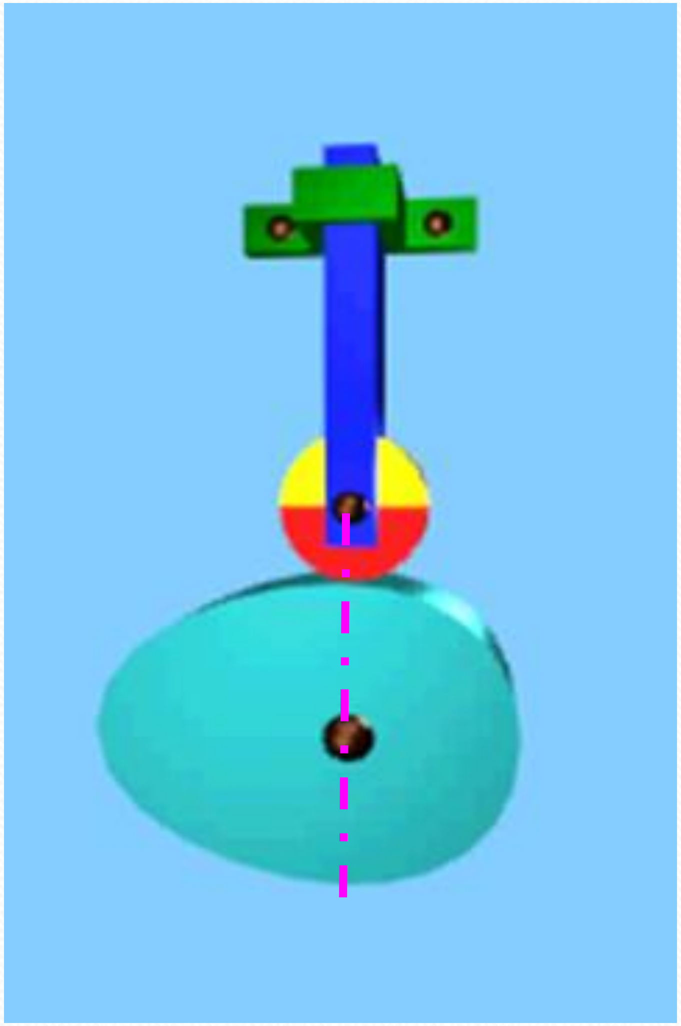
增大基圆半径来增大理论廓线的曲率半径 $\rho_{\min}$

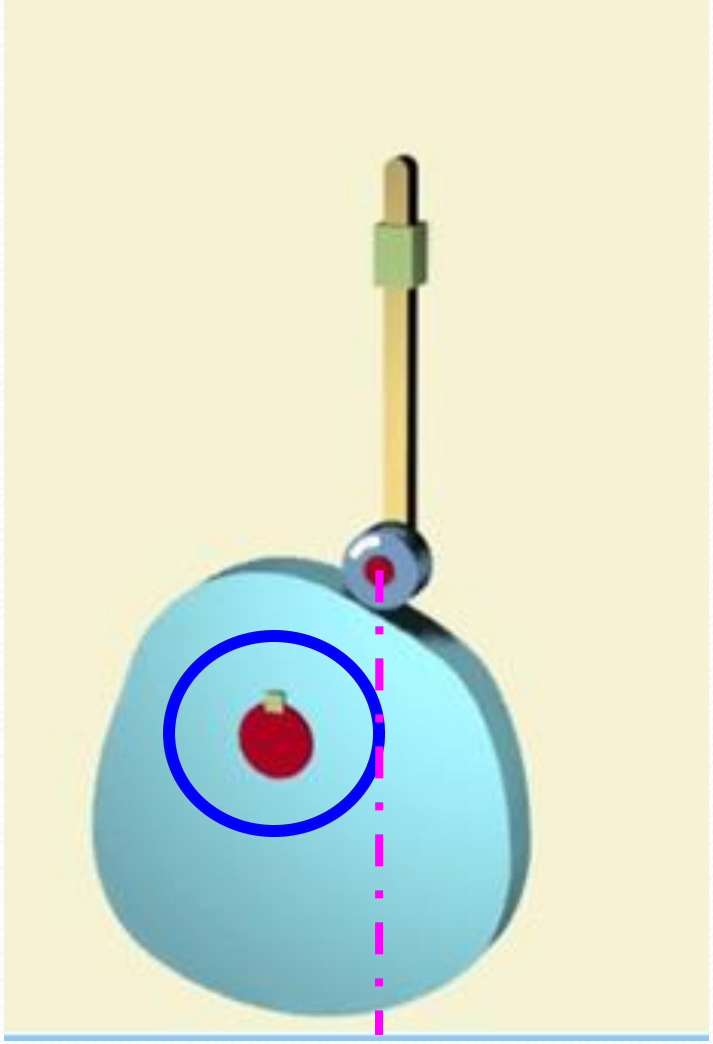
3. 对心直动平底从动件盘形凸轮机构



分析B点的运动轨迹？

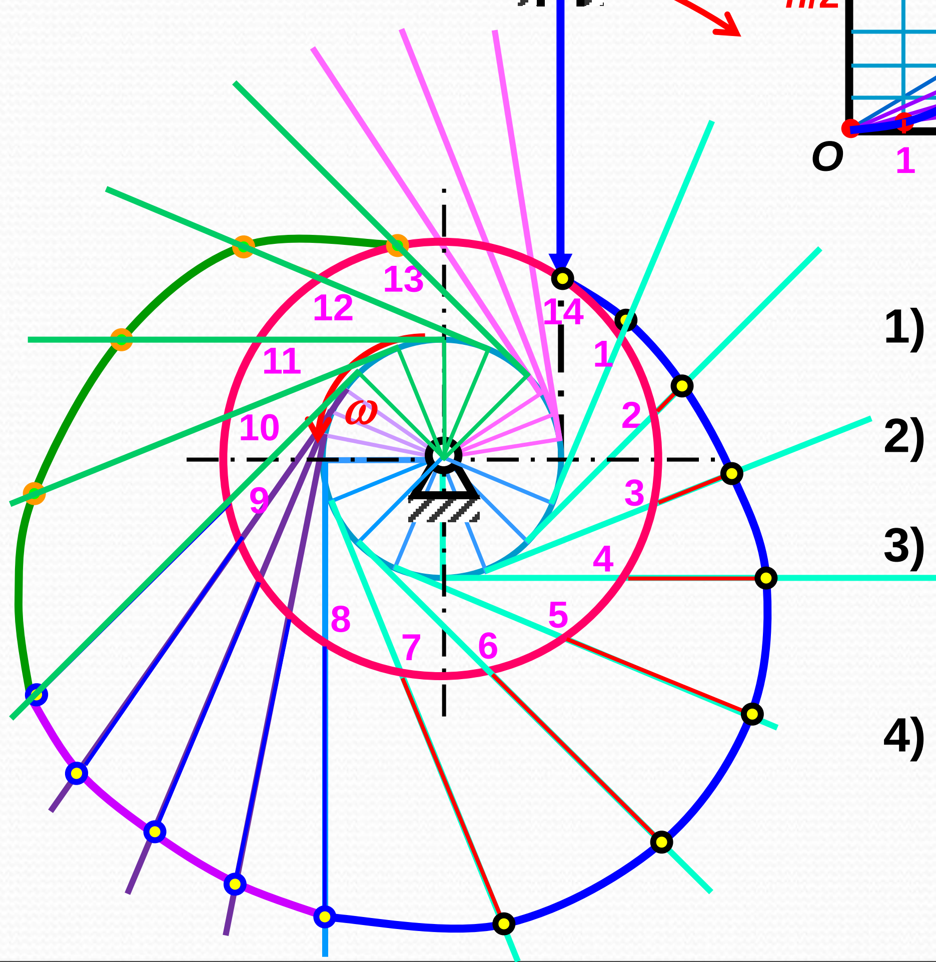
分析：偏置机构与对心机构有何不同之处？

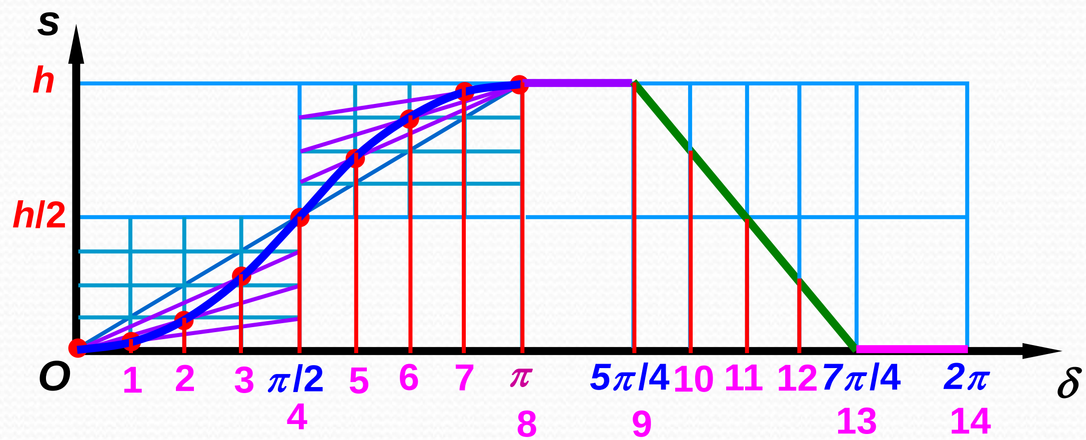




4. 偏置直动尖端从动件盘形凸轮机构

取长度比例尺μ_l绘图





1) 将位移曲线若干等分；

2) 沿-ω方向将偏置圆作相应等分；

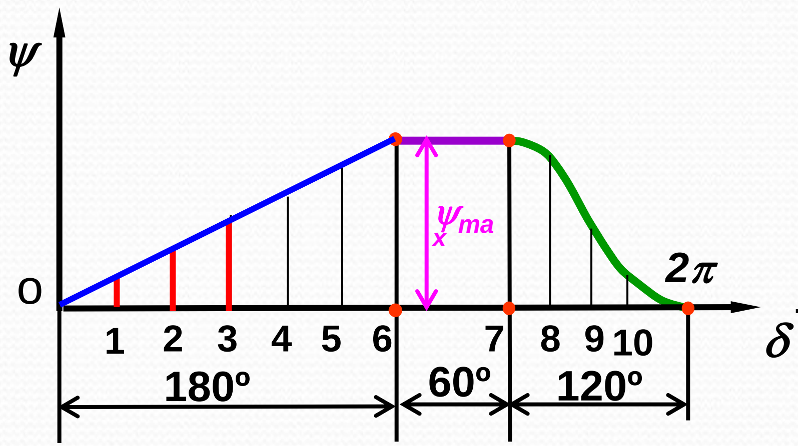
3) 沿导路方向截取相应的位移，得到一系列点；

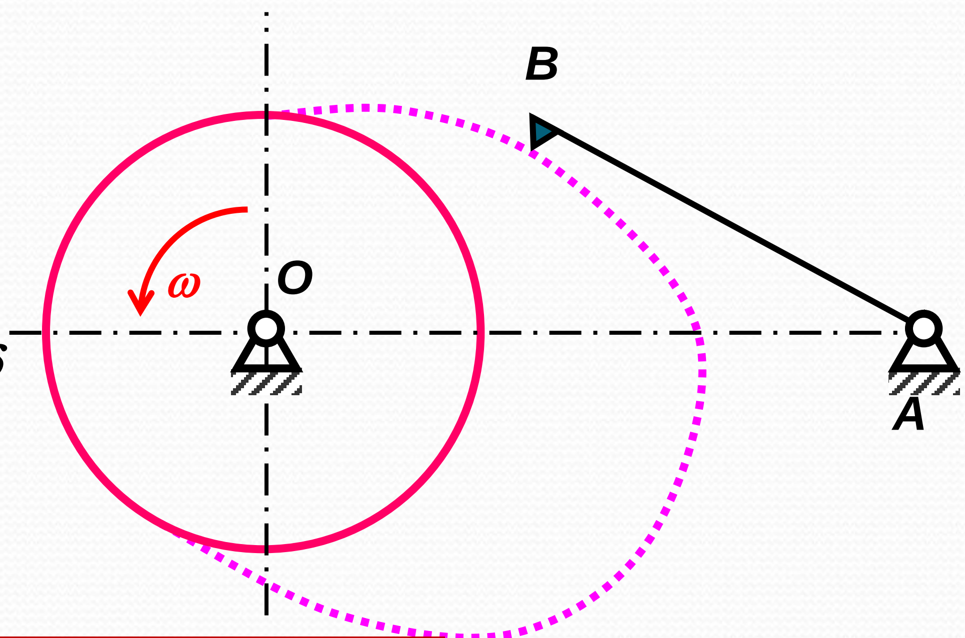
4) 光滑联接。

5. 摆动尖顶从动件盘形凸轮机构

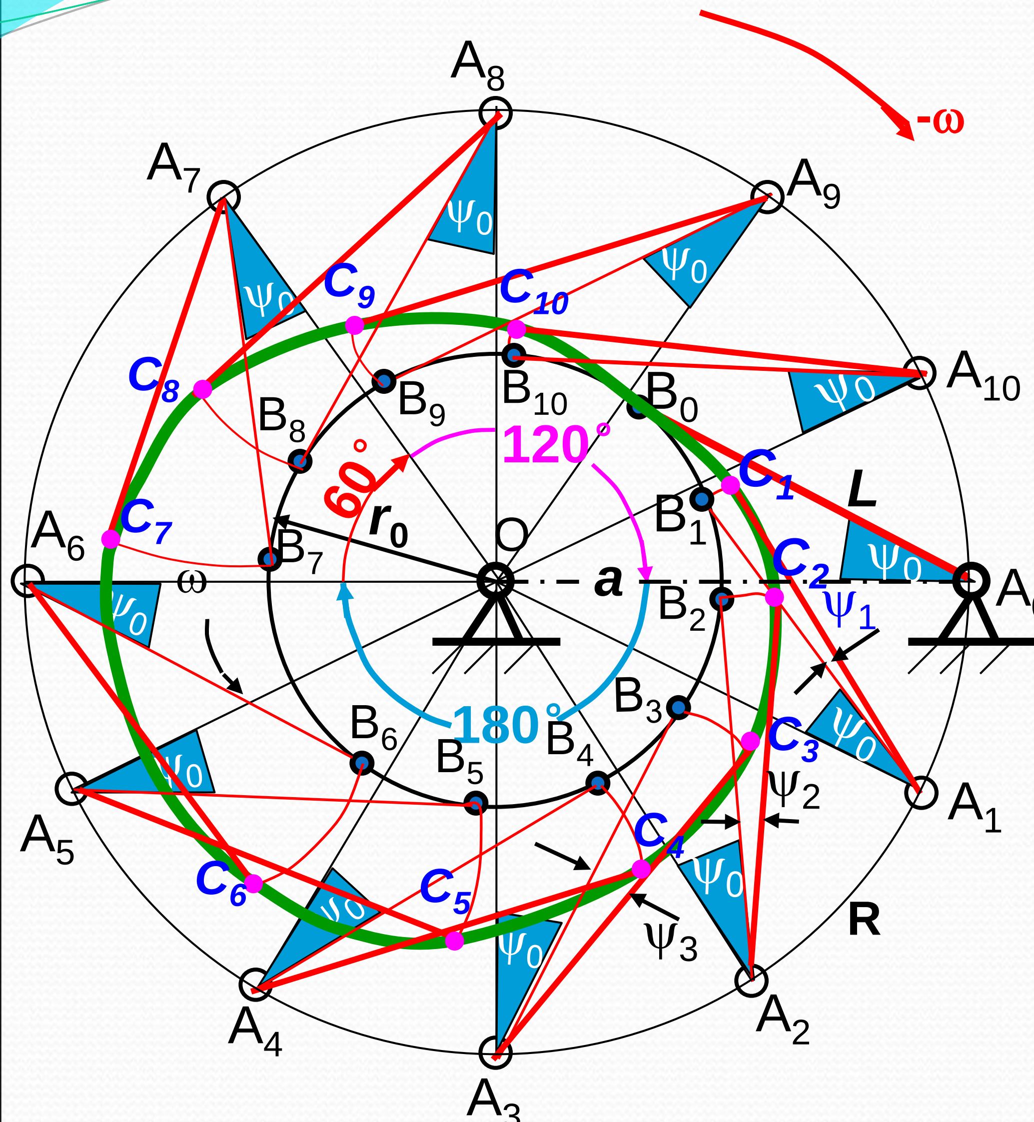
已知：摆杆的运动规律、角升程ψ、摆杆的长度L_{AB}、L_{AO}，
凸轮的ω及其方向、基 圆半径r_0 。

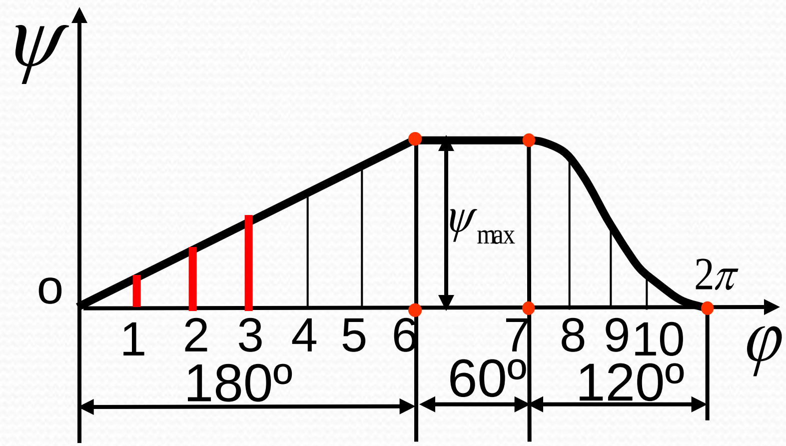
设计：凸轮轮廓曲线





分析：凸轮机构反转后B点的运动轨迹？





（1）作出角位移线图；

（2）作初始位置；

（3）按-ω 方向划分圆R得A_0、A_1、A_2……等点；即得机架反转的一系列位置；

（4）找从动件反转后的一系列位置，得 C_1、C_2、 … … 等点，即为凸轮轮廓上的点。

注意：位移纵坐标长度代表从动件角位移，绘制时，需把长度转化成角度，才能一一对应地转移到凸轮轮廓设计图上。

1. 对心直动滚子从动件凸轮机构

核心问题：将滚子中心点视为尖底从动件的尖点

2. 平底从动件盘形凸轮廓线的设计方法与滚子的相类似

核心问题： 将平底与导路中心线的交点作为假想的尖底

3. 偏置盘形凸轮廓线设计

核心问题：作偏距圆，沿偏距圆等分各运动角，作其切线确定偏置从动件导路的位置。

4. 摆动从动件凸轮机构

核心问题：位移纵坐标长度代表从动件角位移，绘制时，需把长度转化成角度，才能一一对应地转移到凸轮轮廓设计图上。

图解法设计凸轮轮廓曲线小结

1）确定基圆和推杆的起始位置；

2）作出推杆在反转运动中依次占据的各位置线；

3）根据推杆运动规律，确定推杆在反转所占据的各位置线中的尖顶位置——光滑连接后即为理论廓线。

4）在所占据的各尖顶位置作出推杆高副元素所形成的曲线族；

5）作推杆高副元素所形成的曲线族的包络线，即是所求的凸轮轮廓曲线——光滑连接后即为实际廓线。

一等分，二反转，截位移，再连线。

三、解析法设计凸轮轮廓

已知：推杆运动规律，凸轮以逆时针ω转动，基圆半径r_0,滚子半径r_t,偏心距e.

分析：

关键问题

↓

将凸轮廓线用数学方程表示

↓

数学模型

↓

原理——反转法

↓

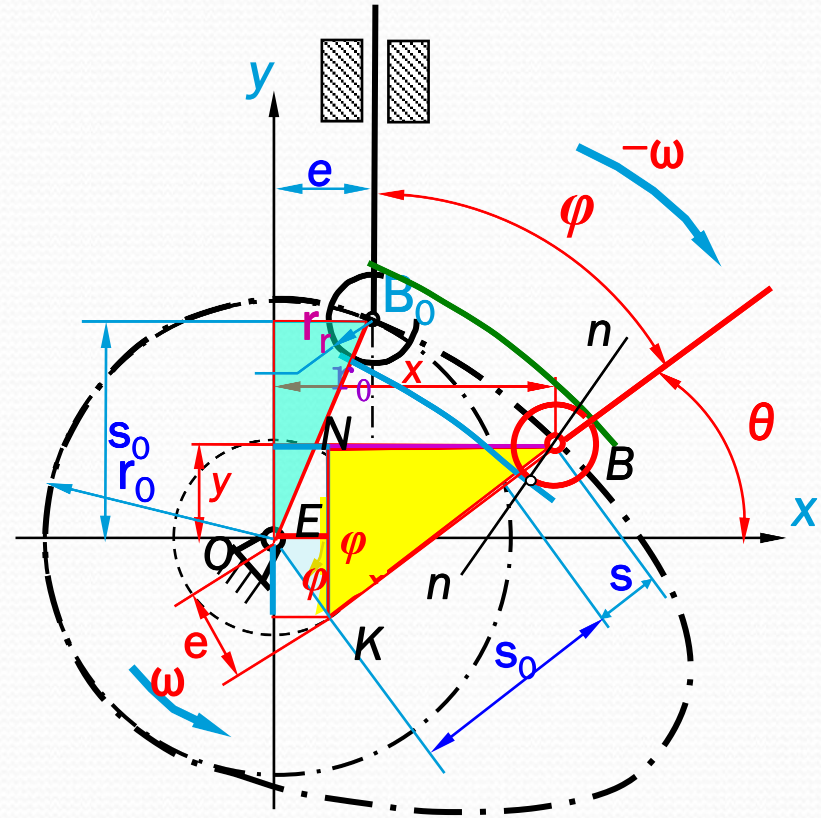
找坐标值

1. 理论廓线方程

建立直角坐标系，B点为理论廓线起始点，当凸轮转过 ϕ 角时，推杆位移为 s.

则滚子中心B点的坐标为：
（理论廓线方程）

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

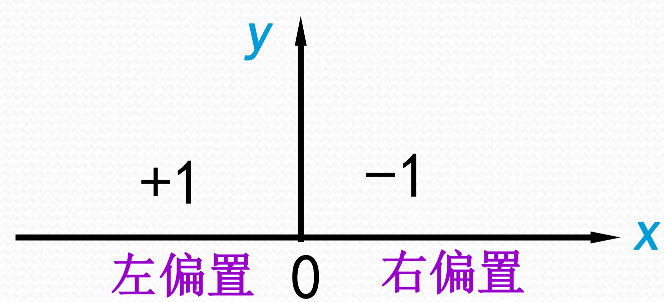


e——偏距

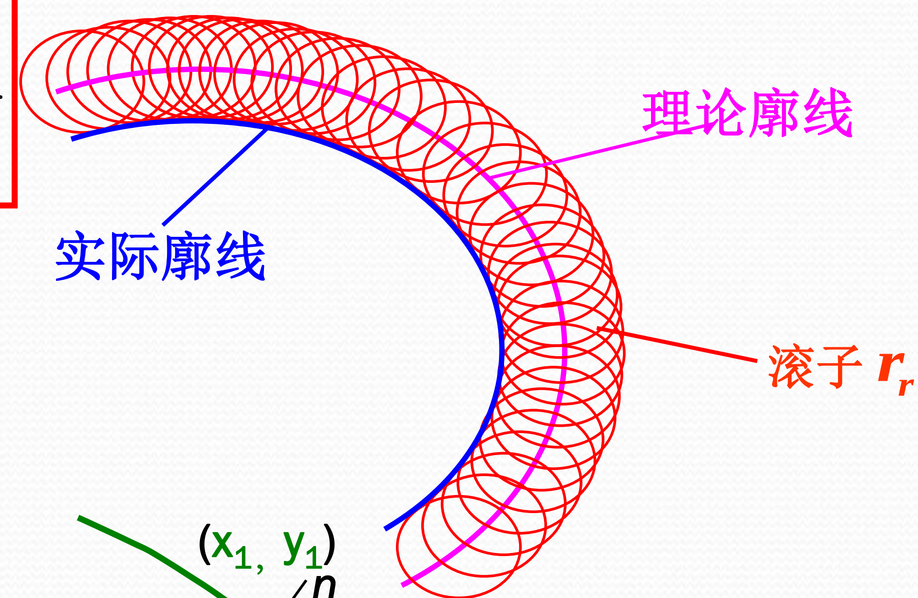
由图可知：$s_0=(r_0^2-e^2)^{1/2}$

η——凸轮转向系数 $\begin{cases}\text{顺时针：}+1\\ \text{逆时针：}-1\end{cases}$

δ——从动件偏置方向系数 $\begin{cases}+1\\ 0\\ -1\end{cases}$

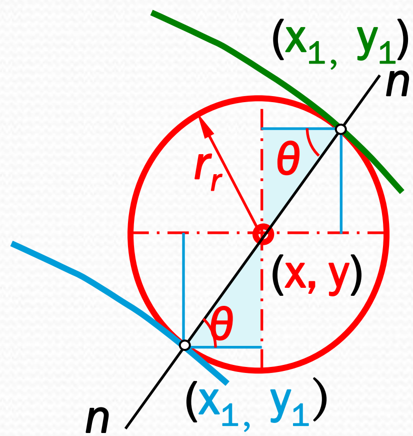


$$\left.\begin{aligned} x &= (s_0 + s)\sin(\eta\varphi) + \delta e\cos\delta(\eta\varphi) \\ y &= (s_0 + s)\cos(\eta\varphi) - \delta e\sin(\eta\varphi) \end{aligned}\right\}$$



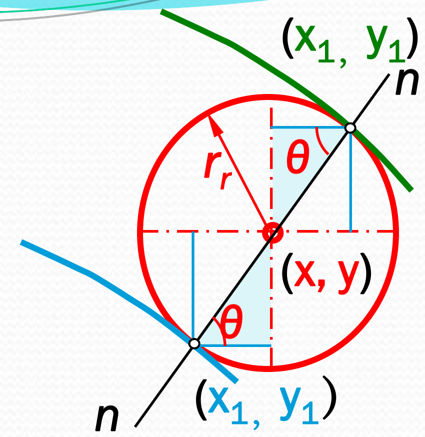
2. 实际廓线方程

$$\left.\begin{aligned} & f(x, y, \varphi) = 0 \\ & \frac{\partial f}{\partial \varphi}(x, y, \varphi) = 0 \end{aligned}\right\}$$



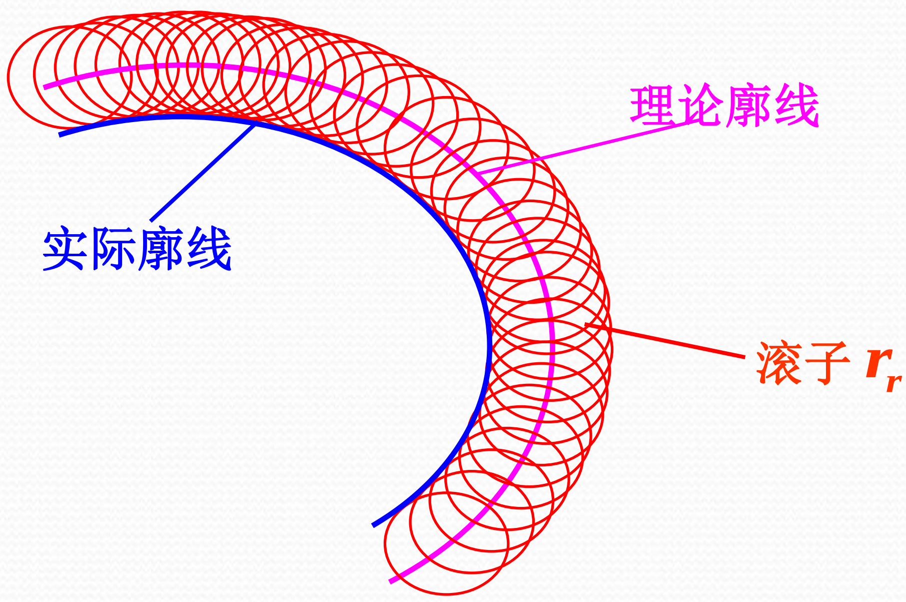
分析：包络线的圆族方程怎么找？

$$\left.\begin{aligned} f(x_1,y_1,\varphi)&=(x_1-x)^2+(y_1-y)^2-r_r^{\ 2}=0\\ \frac{\partial f}{\partial\varphi}(x_1,y_1,\varphi)&=-2(x_1-x)\frac{dx}{d\varphi}-2(y_1-y)\frac{dy}{d\varphi}=0 \end{aligned}\right\}$$



联立方程求解x1, y1, 即得滚子从动件盘形凸轮的实际廓线方程：

$$\left.\begin{aligned} x_1&=x\pm r_r\frac{dy/d\varphi}{\sqrt{\left(\dfrac{dx}{d\varphi}\right)^2+\left(\dfrac{dy}{d\varphi}\right)^2}}\\ y_1&=y\mp r_r\frac{dx/d\varphi}{\sqrt{\left(\dfrac{dx}{d\varphi}\right)^2+\left(\dfrac{dy}{d\varphi}\right)^2}} \end{aligned}\right\}$$



注意：式中，上面一组加减号表示内包络线，下面一组加减表示外包络线

本章小结

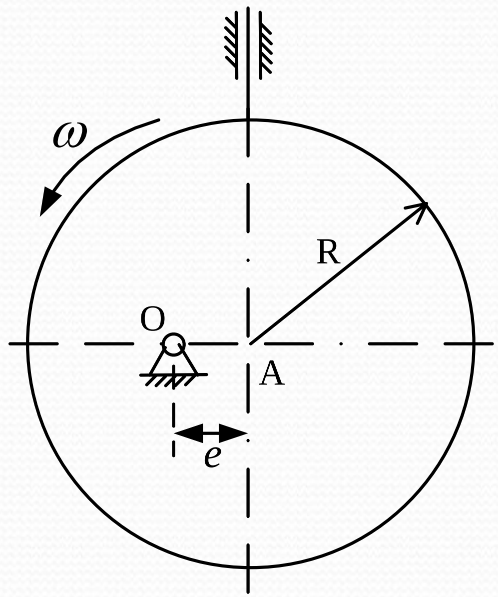
- ❖凸轮机构的应用
- ❖凸轮机构的分类
- ❖从动件的常用运动规律
  - ◆等速运动
  - ◆等加速等减速运动
  - ◆余弦加速度运动规律
- ❖凸轮轮廓曲线的设计
  - ✓设计方法所依据的基本原理——反转法
  - ✓设计方法：图解法、解析法
- ❖凸轮机构基本尺寸的确定

基圆半径、压力角、滚子半径、平底尺寸

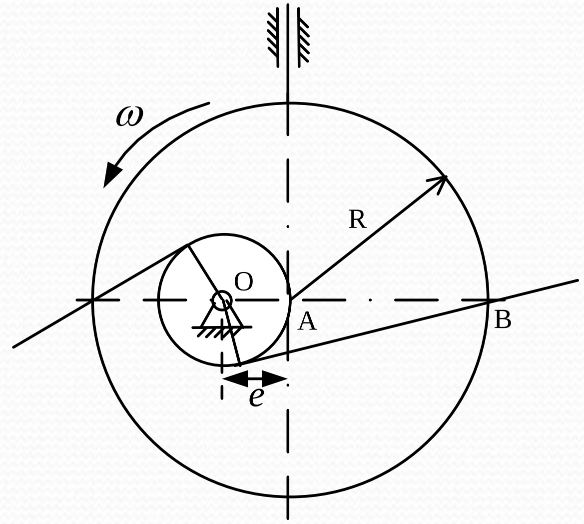
1、图示凸轮机构中凸轮是一偏心圆盘，该圆盘几何中心为A，半径 $R=100mm$ 偏心距 $e=40mm$，图示位置从动杆垂直AO，主动件凸轮转向如图所示。

在图中标出从动件位移最大的位置，并计算出最大位移 $h=?$

及推程角 $\Phi=?$



图中从动件与凸轮在B点接触时位移为最大的位置



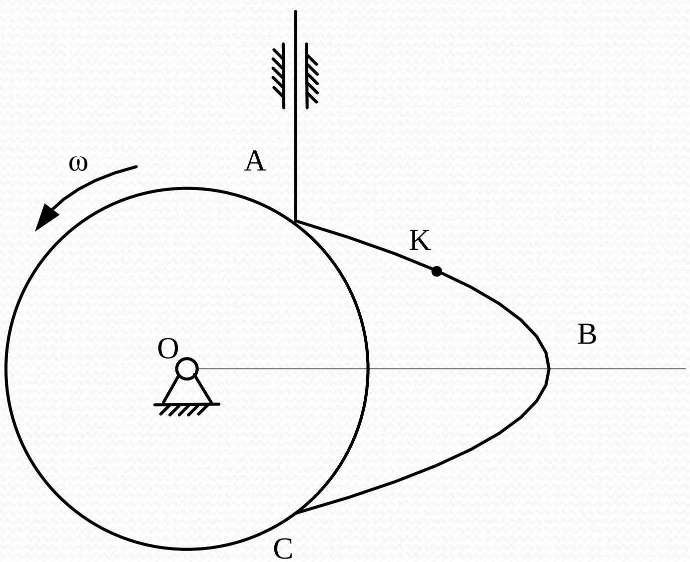
$$s=\sqrt{140^2-40^2}-\sqrt{60^2-40^2}=89.44mm$$

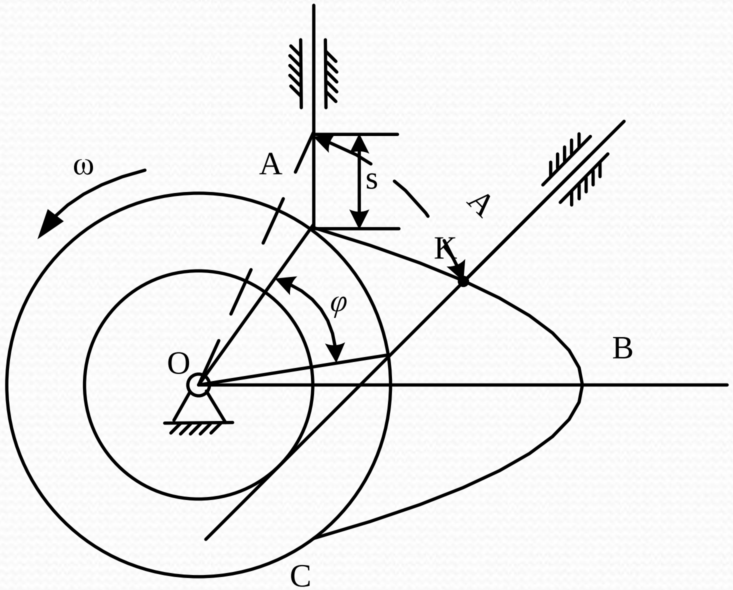
$$\Phi=(180^0-\cos^{-1}\frac{40}{60})+\cos^{-1}\frac{40}{140}=205.21^0,$$

2、图示凸轮机构中，已知推程段廓线AB段与回程段廓线BC段互相对称，又知基圆半径r=50mm，偏心距e=30mm，廓线最高点B至旋转中心O的距离l_{OB}=100mm。试解答：

1)在图中标出从动杆与廓线上K点接触时，凸轮的转角φ，从动杆位移s。K点如图所示。

2)计算出从动杆的最大位移h=?





$$h=\sqrt{100^2-30^2}-\sqrt{50^2-30^2}=55.4$$