

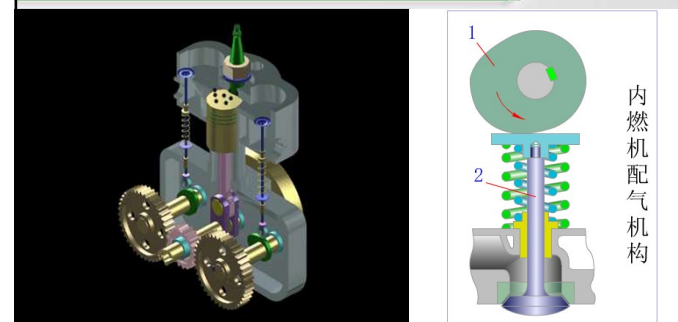
第三章 凸轮机构

3.1 凸轮机构的应用及分类

3.2 从动件的常用运动规律

3.3 给定从动件运动规律绘制凸轮机构

2.1 凸轮机构的应用及分类



凸轮机构：凸轮与从动件通过点或线接触传递运动和动力，是一种常见的**高副机构**。

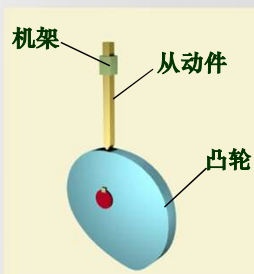
□ 凸轮机构的结构特点

1、**组成**：凸轮，从动件，机架

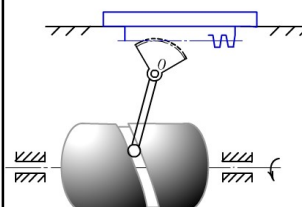
2、**作用**：将凸轮的连续转动转变为从动件的间歇移动或摆动

3、**特点**：

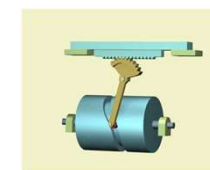
- ◆结构简单、紧凑；
- ◆可精确实现从动件任意的运动规律；
- ◆设计方法简单；
- ◆点、线高副接触易磨损；
- ◆与连杆机构中的圆柱面和平面相比，凸轮轮廓制造较困难。



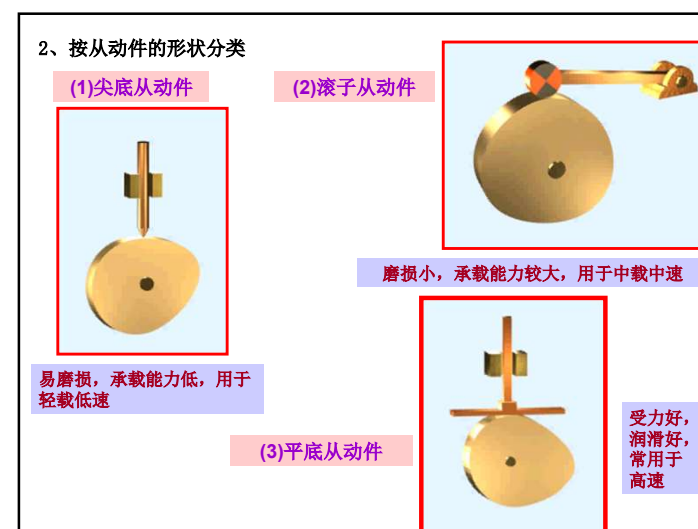
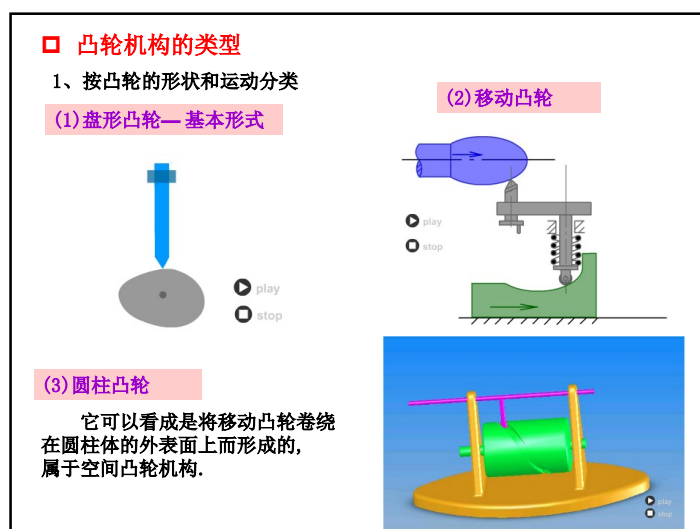
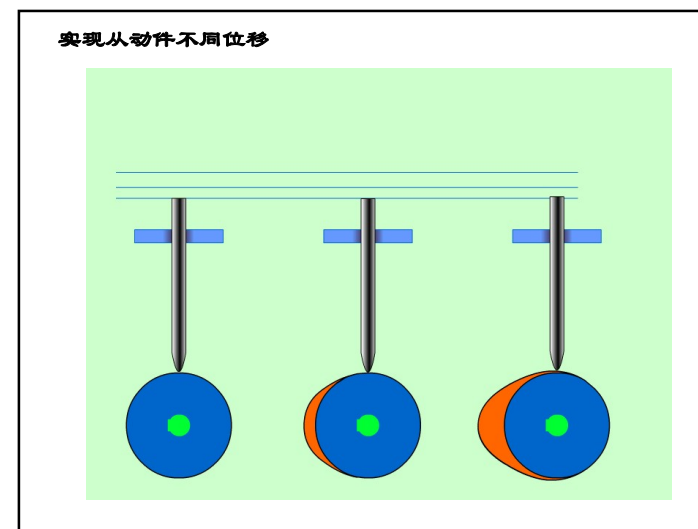
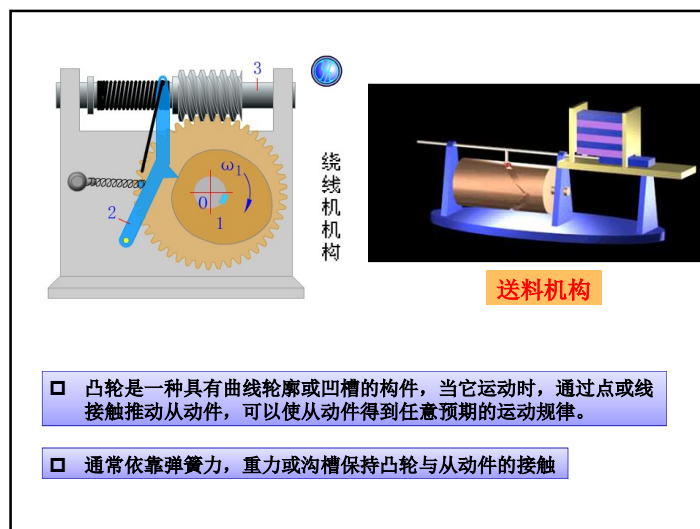
4、**应用**：用于实现运动规律有特殊要求，载荷不大、行程较小的场合，广泛用于各种机械，特别是控制装置、仪器仪表、**自动机械**中。



自动机床上的走刀机构

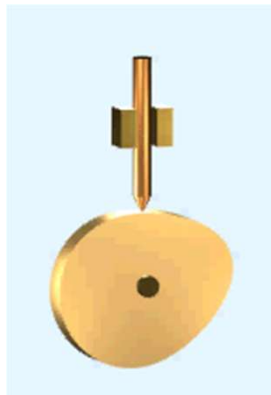


当圆柱凸轮回转时，凸轮凹槽侧面迫使杆件摆动，从而驱使刀架运动，运动规律由凹槽形状决定。



3、按从动件的运动形式

(1) 直动从动件



(2) 摆动从动件

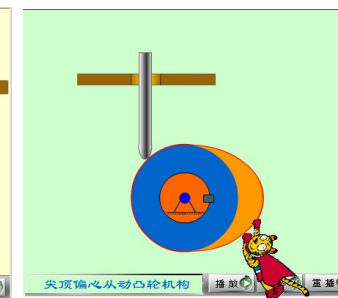
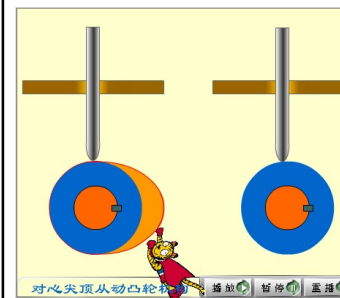


直动从动件又分为：

凸轮回转中心至从动件导路间的偏置距离

对心直动从动件

偏置直动从动件



凸轮机机构设计思路：

当凸轮做等速转动时，从动件的运动规律（比如：位移、速度、加速度与凸轮转角或时间之间的函数关系）取决于凸轮的曲线形状；

因此，按机器的工作要求给定从动件的运动规律，然后合理地设计出凸轮的轮廓曲线，是凸轮机构的设计思路。

凸轮机机构设计任务：

为满足凸轮机构输出件提出的运动要求、动力要求等，凸轮机构的设计可分成以下四步：

- (1) 从动件运动规律的设计
- (2) 凸轮机构基本尺寸的设计
- (3) 凸轮机构轮廓曲线的设计
- (4) 绘制凸轮机构工作图

2.2 从动件常用运动规律

正确选择和设计从动件的运动规律，是凸轮机构设计的重要环节。从动件的运动规律，由凸轮轮廓曲线形状决定。

推程：当从动件被凸轮推动而远离凸轮回转中心的行程

回程：当从动件趋近凸轮回转中心的行程

工作行程：从动件实现机械工作要求的行程——等速运动

空行程：从动件不工作的行程——等加速等减速运动

1、等速运动

始、末位置：

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v-0}{\Delta t} \rightarrow +\infty$$

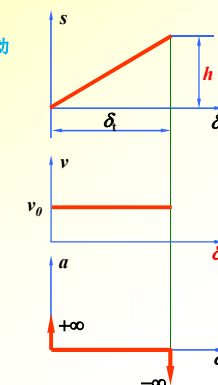
$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{0-v}{\Delta t} \rightarrow -\infty$$

理论上： $a \rightarrow \pm\infty \Rightarrow$ 惯性力 $\rightarrow \infty$

\rightarrow 极大冲击 = 刚性冲击

\Rightarrow 只能用于低速、轻载场合

运动线图



2、等加速等减速运动

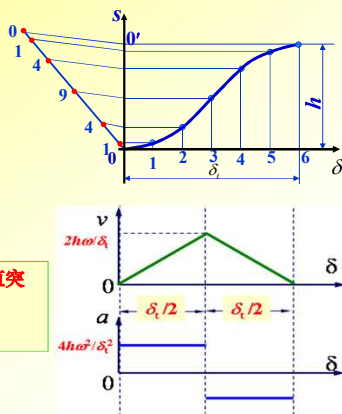
$$s = 1/2 a_0 t^2 = K \delta^2$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} \delta &= 1: 2: 3 \dots\dots \\ s &= 1: 4: 9 \dots\dots \end{aligned}$$

但在 $\delta=0$ 、 $\delta_i/2$ 、 δ_i 处， a 发生有限值突变，有柔性冲击。

\Rightarrow 适用于中速、轻载场合

运动线图

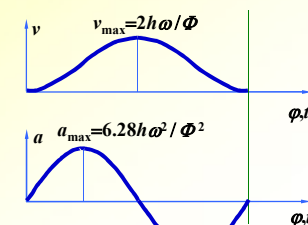
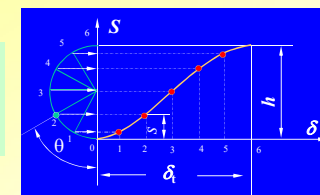


3、正弦加速度运动—摆线运动

以半径 $R=h/2\pi$ 的圆，沿纵坐标轴作匀速纯滚动一圈，其长度 $2\pi R$ 刚好等于从动件的行程 h ，这时圆上点A的轨迹称为**正摆线**，A点沿摆线运动时在纵轴上的投影即构成**摆线运动规律**

$$\begin{aligned} \text{推程 } s &= h \left[\frac{\delta_i}{\delta_i} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi}{\delta_i} \delta_i \right) \right] \\ v &= \frac{h\omega}{\delta_i} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{\delta_i} \delta_i \right) \right] \\ a &= \frac{2\pi h\omega^2}{\delta_i^2} \sin \left(\frac{2\pi}{\delta_i} \delta_i \right) \end{aligned}$$

速度曲线和加速度曲线连续，**无刚性冲击和柔性冲击**。正弦加速度运动规律适用于高速轻载场合。



运动线图

小结:

运动规律	运动特性	适用场合
等速	刚性冲击	低速轻载
等加速等减速	柔性冲击	中速轻载
正弦加速度	无冲击	中高速轻载

约定: ①凸轮转角 δ 从各段运动规律的起始位置量起;
②推杆的位移 s 总是从最低位置算起。

2.3 图解法设计凸轮轮廓

一、基本概念

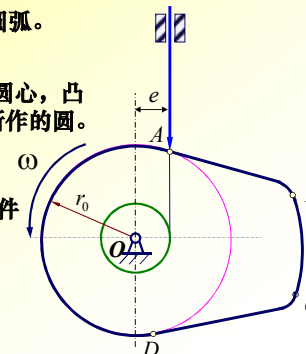
以**偏置直动尖底从动件盘形凸轮机构**为例。

常见的凸轮轮廓由四段曲线组成: 曲线 AB ，以 O 为圆心的圆弧 BC ，曲线 CD 和基圆的 DA 圆弧。

基圆(r_0): 以凸轮回转中心 O 为圆心，凸轮轮廓曲线**最小直径** r_0 为半径所作的圆。

偏距(e): 凸轮回转中心至从动件导路间的偏置距离。

偏距圆: 以 O 为圆心，偏距 e 为半径的圆。

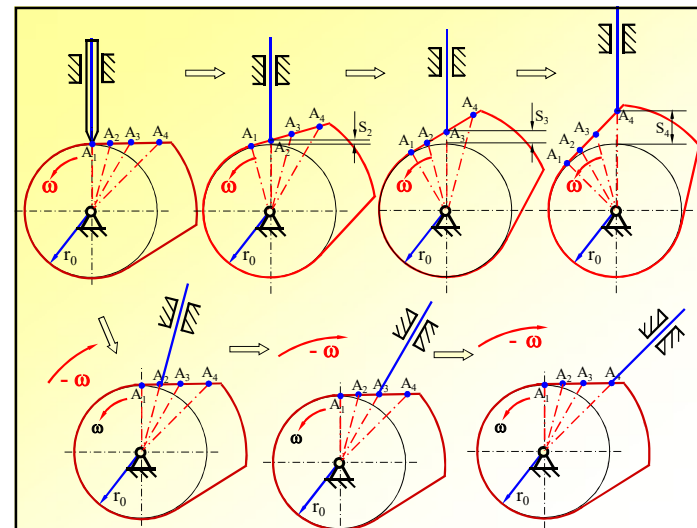
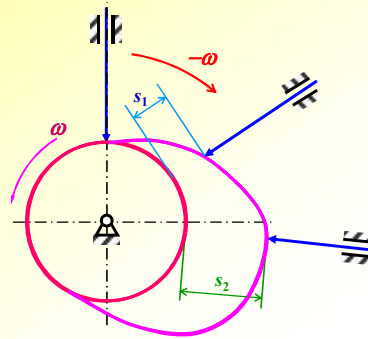


2.3 图解法设计凸轮轮廓

二、凸轮轮廓线设计方法的基本原理

反转法原理:

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, 从动件尖底复合运动的轨迹即为凸轮轮廓曲线。

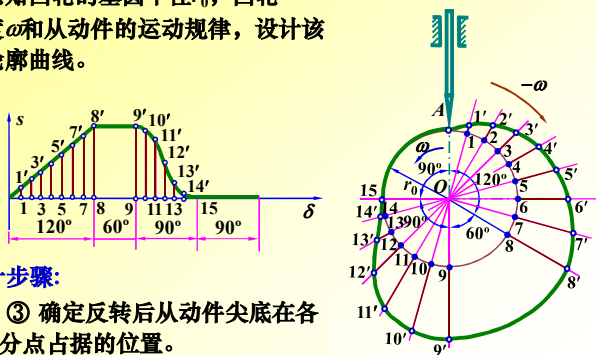


1、对心尖底直动从动件盘形凸轮

已知凸轮的基圆半径 r_0 , 凸轮角速度 ω 和从动件的运动规律, 设计该凸轮轮廓曲线。

设计步骤:

- ③ 确定反转后从动件尖底在各等分点占据的位置。
- ④ 将各尖底点连接成一条光滑曲线。

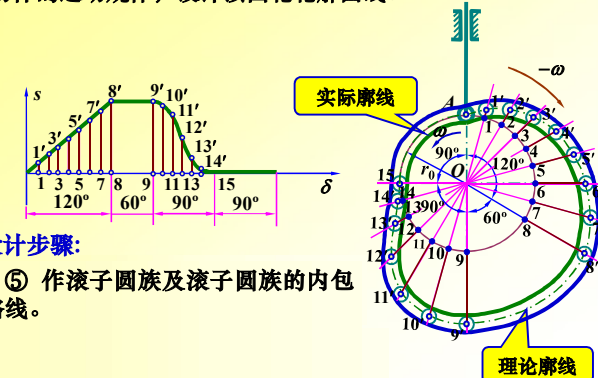


2、对心滚子直动从动件盘形凸轮

已知凸轮的基圆半径 r_0 , 滚子半径 r_r , 凸轮角速度 ω 和从动件的运动规律, 设计该凸轮轮廓曲线。

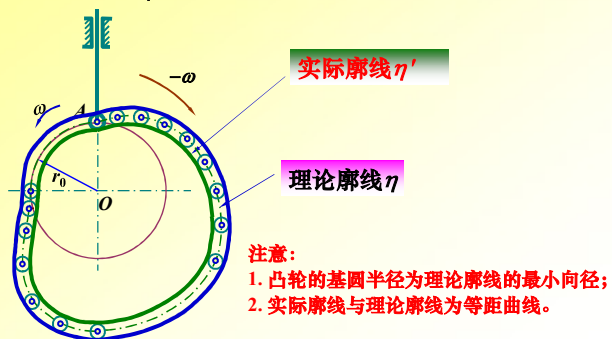
设计步骤:

- ⑤ 作滚子圆族及滚子圆族的内包络线。



说明：滚子从动件的设计

- (1) 将滚子中心视为假想的尖底；
- (2) 按照上述方法作出的轮廓曲线——理论廓线 η ；
- (3) 在理论轮廓上画出一系列滚子，画出滚子的内包络线——实际廓线 η' 。

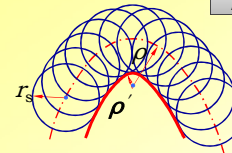


滚子半径的设计

r_s —滚子半径

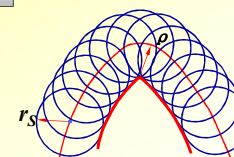
ρ —理论廓线的曲率半径， ρ' —实际廓线的曲率半径，

$$\rho' = \rho - r_s$$



若 $\rho_{\min} > r_s$ 有 $\rho' = \rho - r_s > 0$

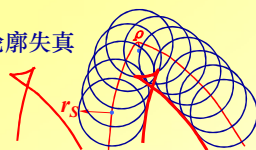
凸轮廓线正常



若 $\rho_{\min} = r_s$ 有 $\rho' = \rho - r_s = 0$

凸轮廓线变尖

轮廓失真



若 $\rho_{\min} < r_s$ 有 $\rho' = \rho - r_s < 0$

凸轮廓线失真

∴ 对于外凸轮廓，要保证正常工作，应使： $\rho_{\min} > r_s$

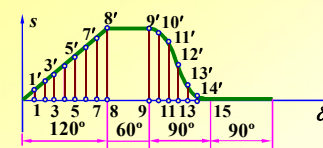
$$r_s \geq (0.1 \sim 0.5)r_b$$

当 ρ_{\min} 太小导致 r_s 太小时，可加大 r_b ，重新设计凸轮轮廓。

3、对心平底直动从动件盘形凸轮

已知凸轮的基圆半径 r_0 ，角速度 ω 和从动件的运动规律，设计该凸轮轮廓曲线。

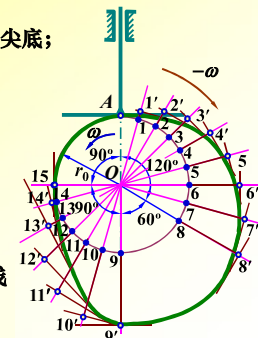
- 将平底与导路中心线的交点视为假想的尖底；



设计步骤：

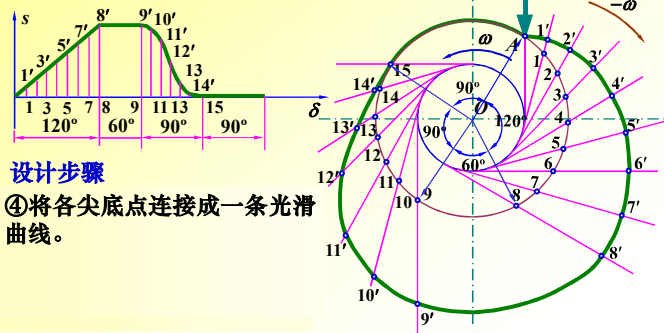
③ 确定反转后平底与导路中心线的交点A在各等分点占据的位置。

④ 作平底直线族及平底直线族的内包络线。



4、偏置尖底直动从动件盘形凸轮

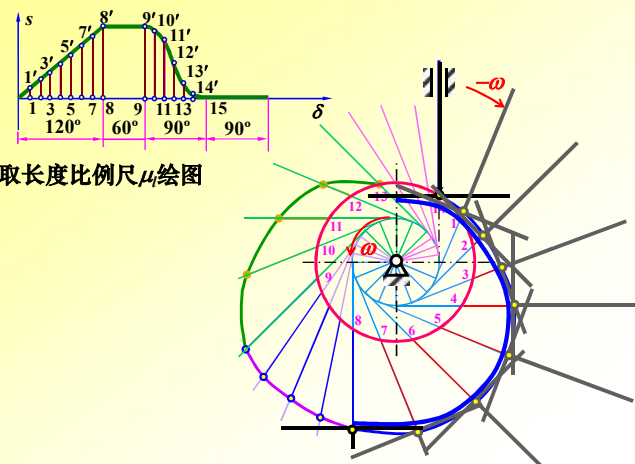
已知凸轮的基圆半径 r_0 ，角速度 ω 和从动件的运动规律及偏心距 e ，设计该凸轮轮廓曲线。



设计步骤

④将各尖底点连接成一条光滑曲线。

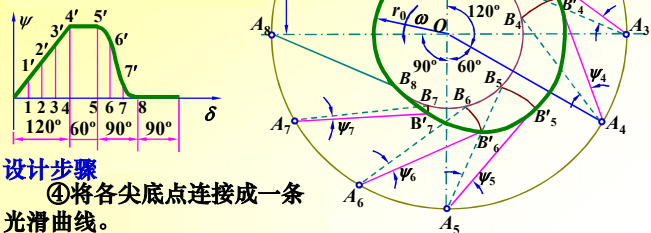
5、偏置平底直动从动件盘形凸轮



取长度比例尺 μ_l 绘图

6、尖底摆动从动件盘形凸轮

②等分位移曲线及反向等分各运动角，确定反转后对应于各等分点的转轴 A 的位置。



设计步骤

④将各尖底点连接成一条光滑曲线。

作业：