

## 第二章 平面连杆机构

### 2.1 平面四杆机构的类型及演化

### 2.2 曲柄存在的条件

### 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性

### 2.1 平面四杆机构的类型及演化

#### 一、基本概念

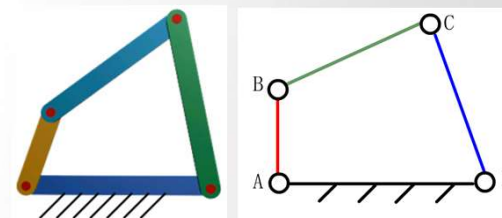
##### 1、平面连杆机构：

由若干刚性构件用低副联接而成的平面机构。

##### 2、铰链四杆机构：

所有运动副均为转动副的平面四杆机构。

它是平面四杆机构的基本型式，其它型的四杆机构可看作是在它的基础上通过演化而成的。



### 铰链四杆机构

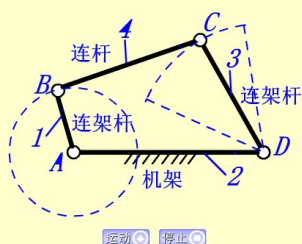
机架 — 构件2

连架杆 — 构件1、3

曲柄：整周回转，如构件1

摇杆：仅在某一角度内往复摆动，如构件3

连杆 — 构件4

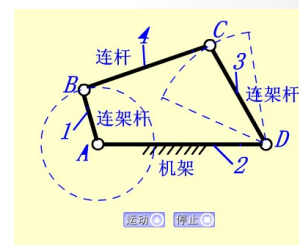


◆ 连杆上任一定点相对于机架的轨迹称为**连杆曲线**，当各构件相对长度不同时，连杆曲线的形状随之变化

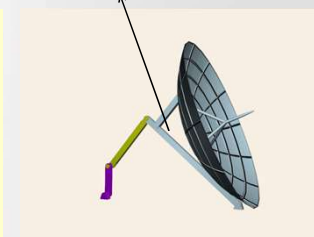
◆ 适当选择**各构件的尺寸比例**和**连杆上的某一定点**，就能实现设计要求的预定运动轨迹

### 二、铰链四杆机构的基本形式

#### 1. 曲柄摇杆机构



摇杆



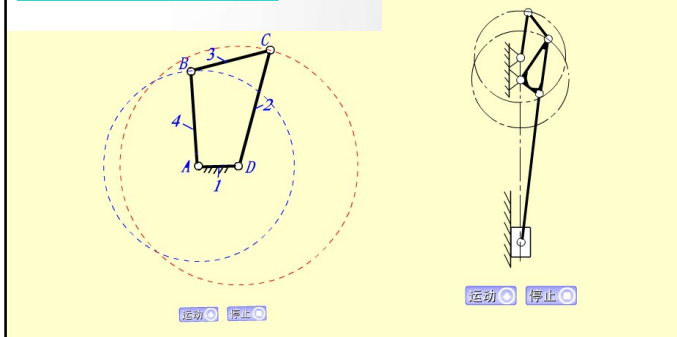
雷达天线机构：  
调整天线俯仰角的大小

特征：两个连架杆中一个为曲柄，另一个为摇杆。

➤ 可将曲柄的连续转动转换成摇杆的往复摆动（相互转变）

## 二、铰链四杆机构的基本形式

## 2. 双曲柄机构



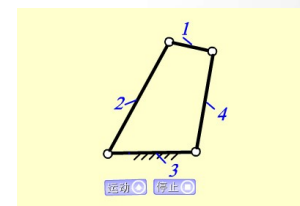
特征：两个连架杆均为曲柄。

加速度惯性筛

➤ 可将原动件的等速转动转换成从动曲柄的等速或变速运动

## 二、铰链四杆机构的基本形式

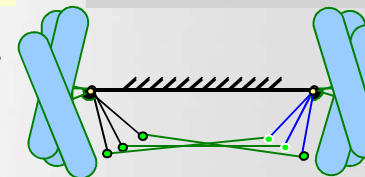
## 3. 双摇杆机构



特征：两个连架杆均为摇杆。

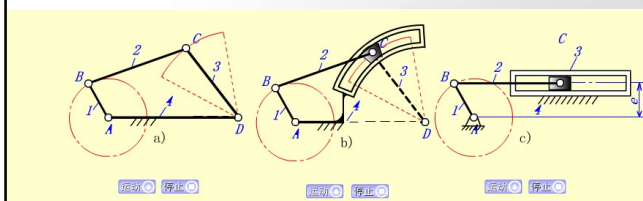
汽车前轮转向机构

港口起重机  
水平移动，减少功率消耗



## 三、铰链四杆机构的演化

## (1) 改变相对杆长，转动副演化为移动副

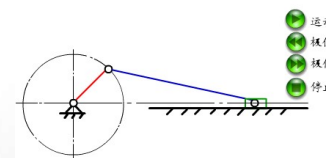


曲柄摇杆机构 → 偏置曲柄滑块机构

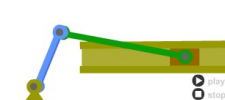
1. 将摇杆改为一环形滑块并在具有环形槽的机架上滑动，取该环形槽的曲率半径等于摇杆的长度
2. 将环形槽的曲率半径增至无穷大，转动副D便转化成移动副

□ 偏距e：曲柄中心A至直槽中心线的垂直距离

## (对心) 曲柄滑块机构

 $e=0$ 

## 偏置曲柄滑块机构

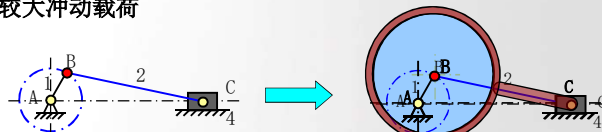
 $e>0$ 

□ 应用：回转运动与往复直线运动相互转换，如空气压缩机，内燃机

### 三、铰链四杆机构的演化

#### (2) 改变转动副半径，演化为偏心轮机构

- 当AB的距离很短时，常将曲柄改成偏心圆盘，能够承受较大冲动载荷



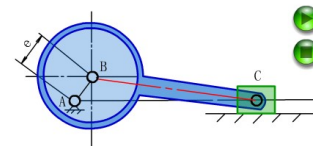
曲柄滑块机构

偏心轮机构

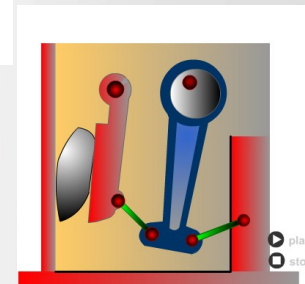
1. 将转动副B的半径扩大至超过曲柄的长度
2. 运动特性与演化前相同

□ 偏心距 $e$ ：几何中心与回转中心的距离，等于曲柄的长度

### 三、铰链四杆机构的演化



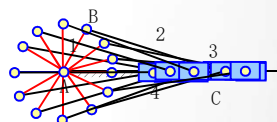
碎石机



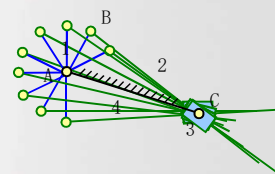
### 三、铰链四杆机构的演化

#### (3) 选用不同构件为机架

曲柄滑块机构

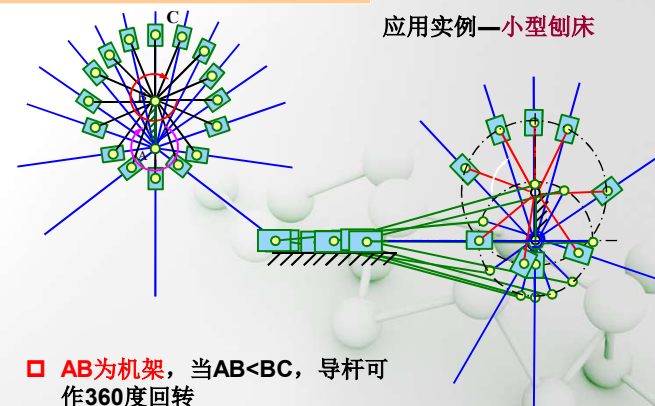


#### 1、曲柄摇块机构（连杆作机架）



### 2、转动导杆机构（曲柄作机架）

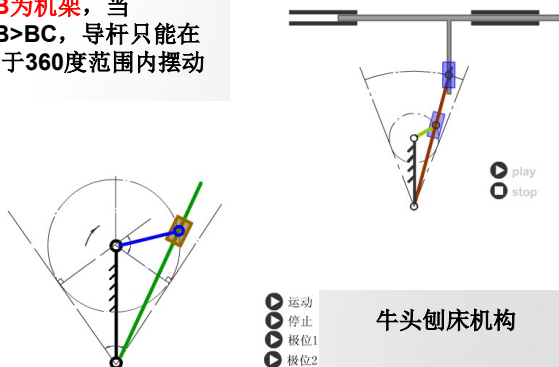
#### 应用实例—小型刨床



□ AB为机架，当 $AB < BC$ ，导杆可作360度回转

### 3、摆动导杆机构

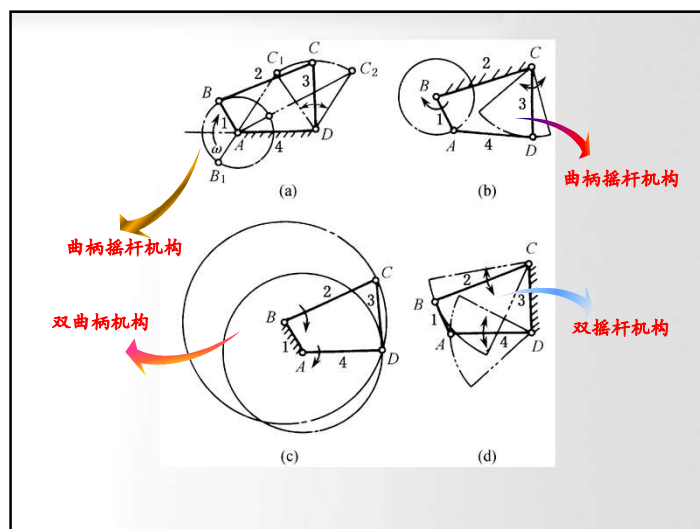
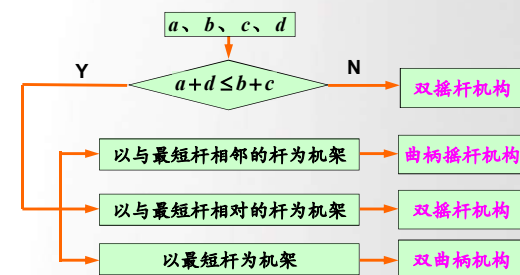
□ **AB为机架**，当  
**AB>BC**，导杆只能在  
小于360度范围内摆动



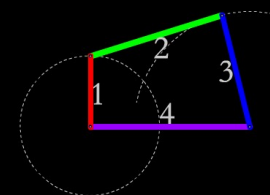
牛头刨床机构

### 2.2 曲柄存在的条件

- ① 连架杆和机架中必有一杆为**最短构件**。
- ② 最长杆与最短杆长度之和小于或等于其它两构件长度之和。  
(杆长条件)



### 铰链四杆机构的基本形式



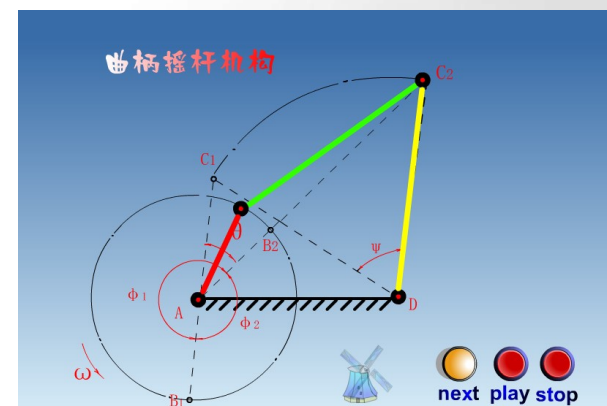
曲柄摇杆机构 取曲柄为机架 取摇杆为机架 取连杆为机架 背 景 机械工作

根据图中注明的尺寸判断各铰链四杆机构的类型

双曲柄机构      曲柄摇杆机构      双摇杆机构      双摇杆机构

## 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性

### (1) 急回特性



## 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性

**进程：**摇杆从第一个极位 $DC_1$ 摆向第二个极位 $DC_2$ 的运动过程

对应进程曲柄转过的角度： $\alpha_1 = 180^\circ + \theta$  ( $\theta$ 称为极位夹角:两次共线夹的锐角)

对应摇杆从  $C_1D$  位置摆到  $C_2D$  转过的角度： $\varphi$  (称为最大摆角)

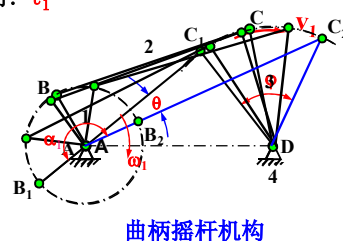
摇杆从  $C_1D$  到  $C_2D$  所用时间： $t_1$

$$\alpha_1 = \omega_1 t_1 = 180^\circ + \theta$$

$$t_1 = \frac{\alpha_1}{\omega_1} = \frac{180^\circ + \theta}{\omega_1}$$

$$t_1 = (180^\circ + \theta) / \omega_1$$

从 $C_1$ 到 $C_2$ 的平均速度： $V_1 = \widehat{C_1C_2} / t_1$



**回程：**摇杆从第二个极位 $DC_2$ 摆回到第一个极位 $DC_1$ 的运动过程

对应回程曲柄转过的角度： $\alpha_2 = 180^\circ - \theta$

对应摇杆从 $C_2D$ 位置摆到 $C_1D$ 转过的角度： $\varphi$

**注意：**从 $C_1D$ 到 $C_2D$ ，摇杆摆过 $\varphi$ ；  
从 $C_2D$ 到 $C_1D$ ，摇杆仍摆过 $\varphi$ 。

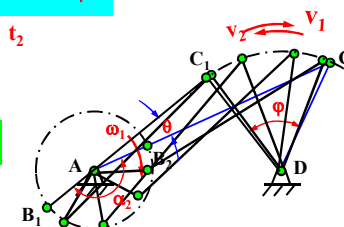
摇杆从 $C_2D$ 到 $C_1D$ 所用时间： $t_2$

$$\alpha_2 = \omega_1 t_2 = 180^\circ - \theta$$

$$t_2 = (180^\circ - \theta) / \omega_1$$

从 $C_2$ 到 $C_1$ 的平均速度：

$$V_2 = \widehat{C_2C_1} / t_2$$

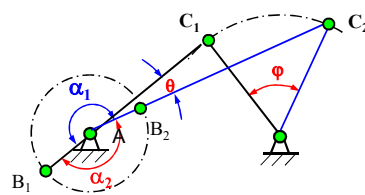


## 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性

由:  $\begin{cases} \alpha_1 = 180^\circ + \theta \\ \alpha_2 = 180^\circ - \theta \end{cases} \Rightarrow \alpha_1 > \alpha_2$

由:  $\begin{cases} \alpha_1 = \omega_1 t_1 = 180^\circ + \theta \\ \alpha_2 = \omega_1 t_2 = 180^\circ - \theta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t_1 = (180^\circ + \theta) / \omega_1 \\ t_2 = (180^\circ - \theta) / \omega_1 \end{cases}$

$\Rightarrow t_1 > t_2, V_2 > V_1$  机构的这种特性称为**急回特性**



## 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性

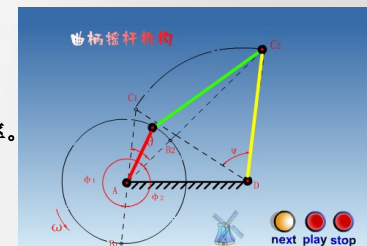
连杆机构从动件具有急回特性的条件:

- 1) 原动件等角速整周转动;
- 2) 输出件具有正、反行程的往复运动;
- 3) 极位夹角  $\theta > 0$ 。

机构急回的作用:

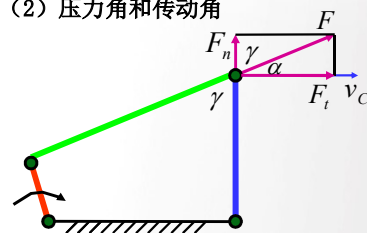
节省空回时间, 提高工作效率。

(注意: 急回具有方向性!)



## 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性

(2) 压力角和传动角



**压力角:** 从动件受力方向与受力点线速度方向之间所夹的锐角。

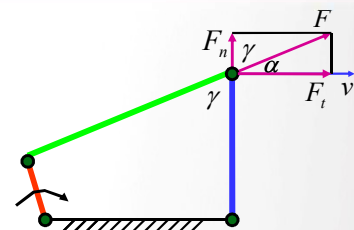
**传动角:** 压力角的余角。

$$F_n = F \sin \alpha \quad F_t = F \cos \alpha \quad \alpha \downarrow, F_t \uparrow$$

压力角愈小, 机构的传力效果愈好。所以, 衡量机构传力性能, 可用压力角作为标志。



## 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性



传动角  $\gamma$  比压力角  $\alpha$  更直观, 故一般用传动角  $\gamma$  来描述机构的传力性能。

传动角愈大, 机构的传力性能愈好, 反之则不利于机构中力的传递。机构运转过程中, **传动角是变化的**, 机构出现最小传动角的位置正好是传力效果最差的位置, 也是检验其传力性能的关键位置。

一般情况下, 机构的传动角:  $\gamma_{\min} \geq 40^\circ$

对于高速和大功率的传动机械:  $\gamma_{\min} \geq 50^\circ$

## 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性

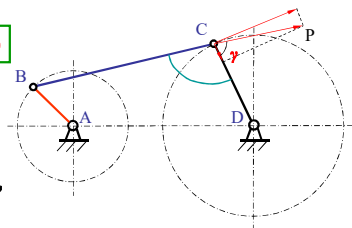
找出  $\gamma_{\min}$  出现的位置当  $\angle BCD \leq 90^\circ$  时,  $\gamma = \angle BCD$ 当  $\angle BCD > 90^\circ$  时,

$$\gamma = 180^\circ - \angle BCD$$

可见, 当  $\angle BCD$  最小或最大时, 都有可能出现  $\gamma_{\min}$

那么, 此位置一定是:

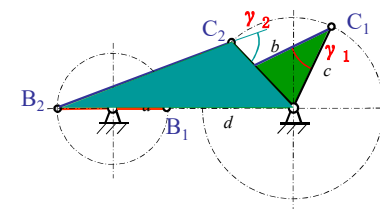
主动件与机架共线两处之一。



## 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性

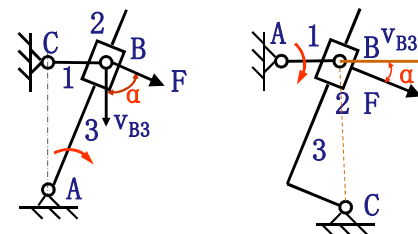
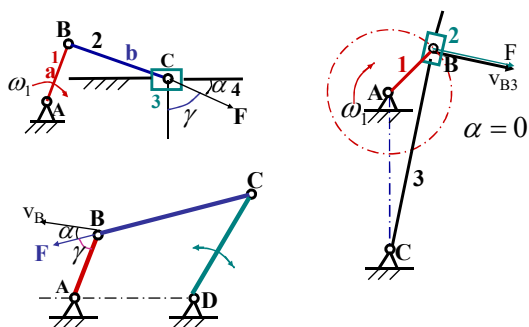
若  $\angle B_1C_1D \leq 90^\circ$ , 则  $\gamma_1 = \angle B_1C_1D$ 若  $\angle B_2C_2D > 90^\circ$ , 则  $\gamma_2 = 180^\circ - \angle B_2C_2D$ 

$$\gamma_{\min} = [\gamma_1, \gamma_2]_{\min}$$



## 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性

◆ 试分析下列机构图示瞬时的压力角与传动角大小。



## 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性

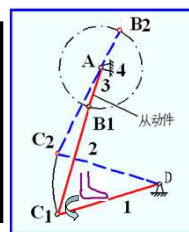
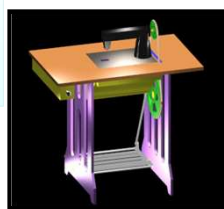
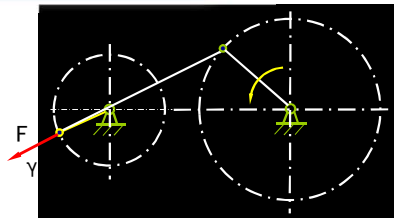
## (3) 死点位置

摇杆为主动件，且  
连杆与曲柄两次共  
线时，有：  
 $\gamma = 0$

摇杆CD通过连杆加于曲  
柄转动的驱动力F正好通  
过曲柄的转动中心，此  
时机构不能运动。

称此位置为：

“死点”

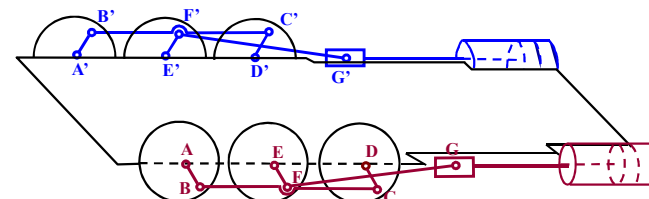


## 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性

克服死点方法

- 借助惯性 一在曲柄上加装飞轮，如内燃机、缝纫机等。
- 机构错位排列法

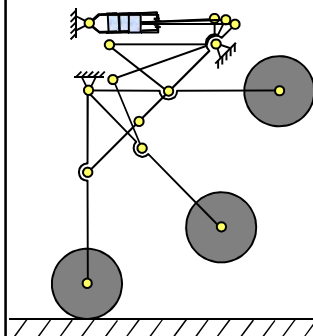
例：采用机构错位排列法克服死点—蒸汽机车联动机构



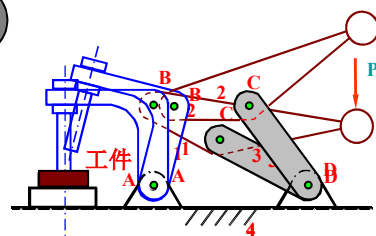
## 2.3 曲柄摇杆机构的传动特性

## 死点的利用：

飞机起落架机构



工件夹具



作业：