



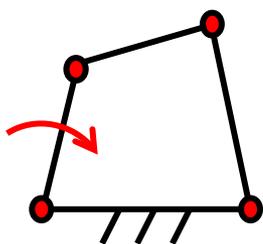
## 第2节 平面铰链四连杆机构

### 内 容

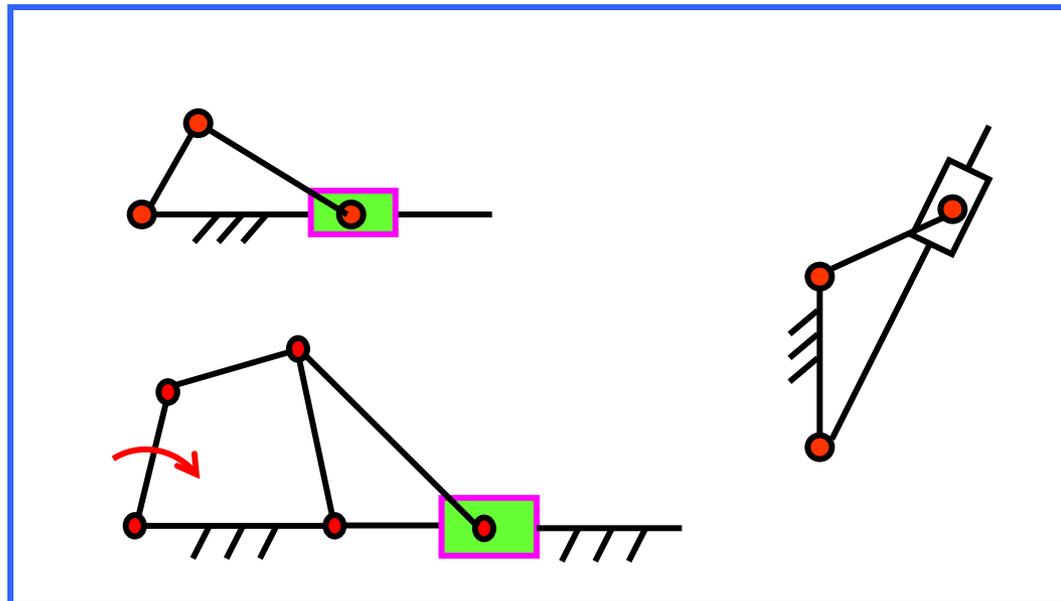
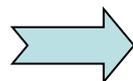
- 平面四杆机构的基本类型
- 平面四杆机构的演化
- 平面四杆机构的特点及设计

了解常用四杆机构的基本类型和应用。  
对急回特性、传动角、压力角、死点位置等有明确概念。

# 一、铰链四杆机构



铰链四杆机构

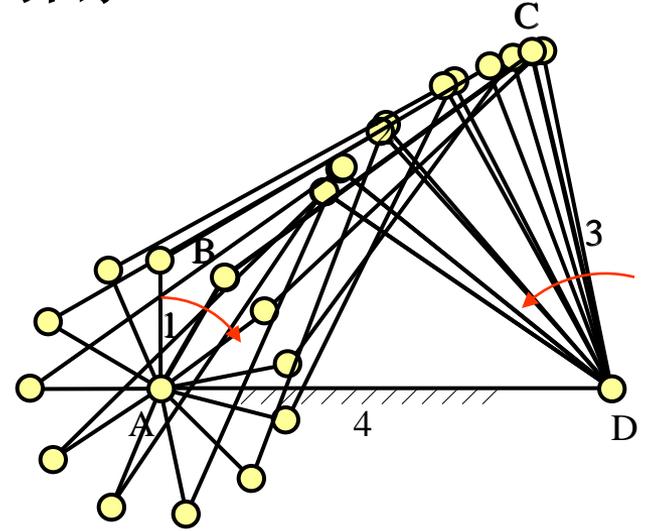


- 平面连杆机构的基本型式是铰链四杆机构
- 其余四杆机构均是由铰链四杆机构演化而成的



- **结构特点：**四个运动副均为转动副
- **组成：**机架、连杆、连架杆

曲柄 (周转副)      摇杆 (摆杆) (摆转副)



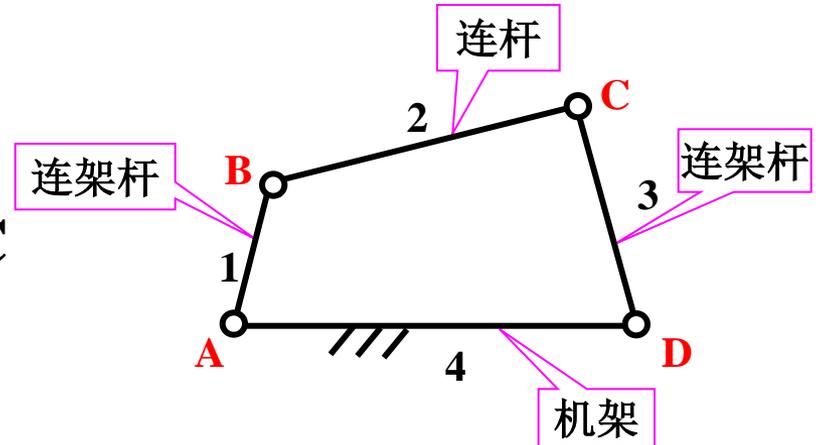
**机架：**固定不动的构件——AD

**连架杆：**直接与机架相连的构件——AB、CD

**连杆：**不与机架相连的构件——BC

**曲柄：**能作整周转动的连架杆

**摇杆：**不能作整周转动的连架杆



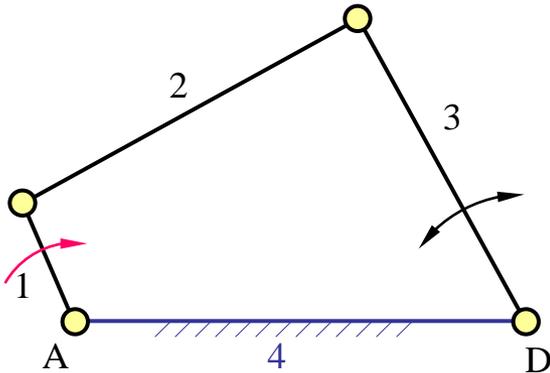
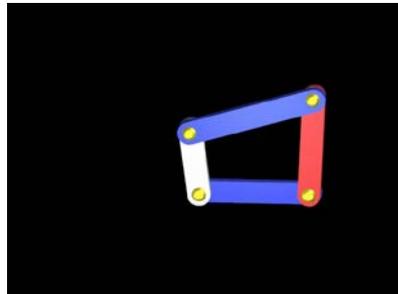
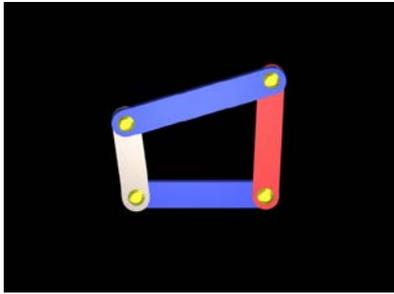
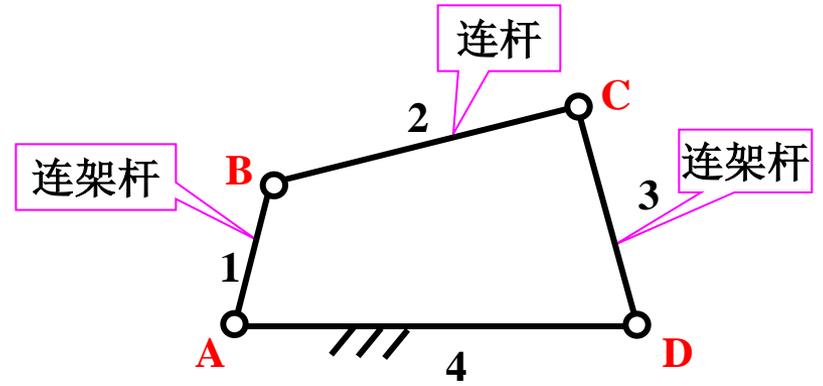


# 按连架杆不同运动形式分：

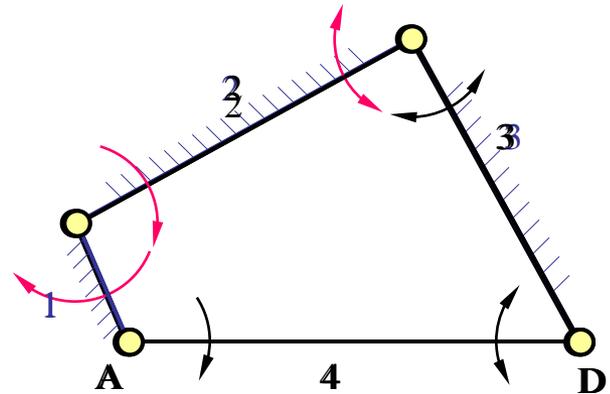
(1) 曲柄摇杆机构

(2) 双曲柄机构

(3) 双摇杆机构



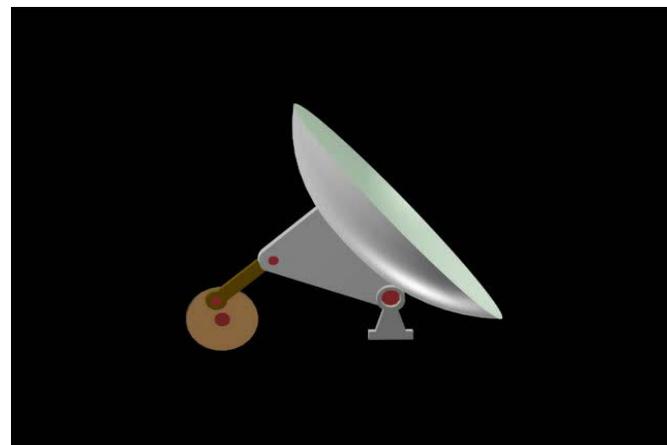
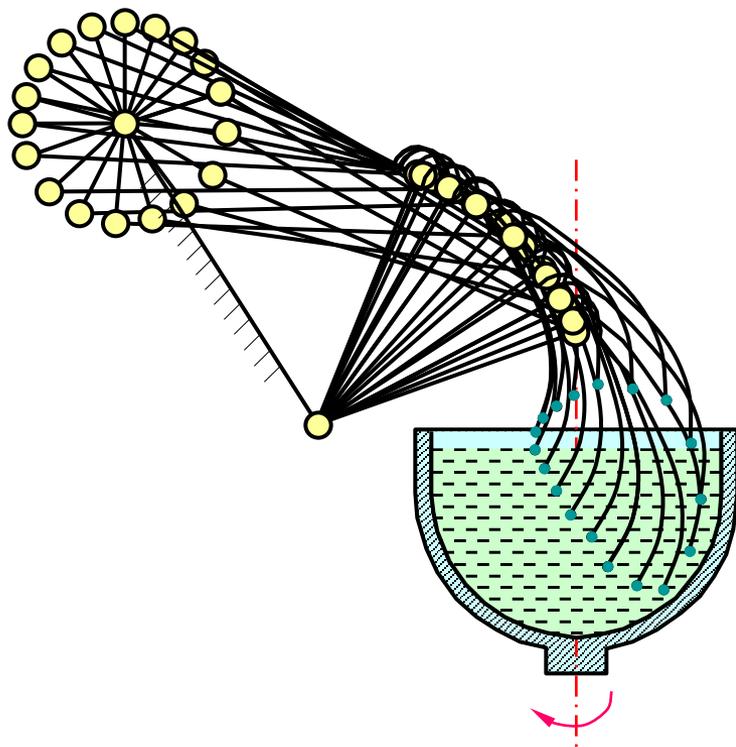
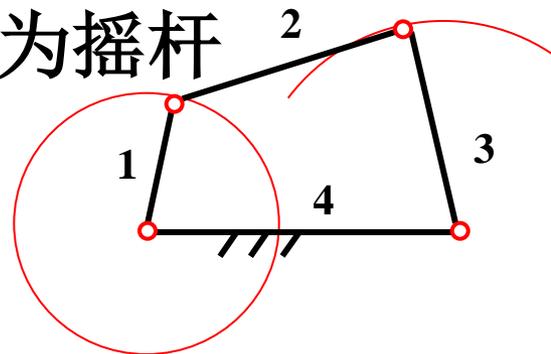
曲柄摇杆机构



双摇杆机构

## (1) 曲柄摇杆机构

- **结构特点：** 连架杆1为曲柄，3为摇杆
- **举例：** 搅拌器机构
- 雷达天线机构

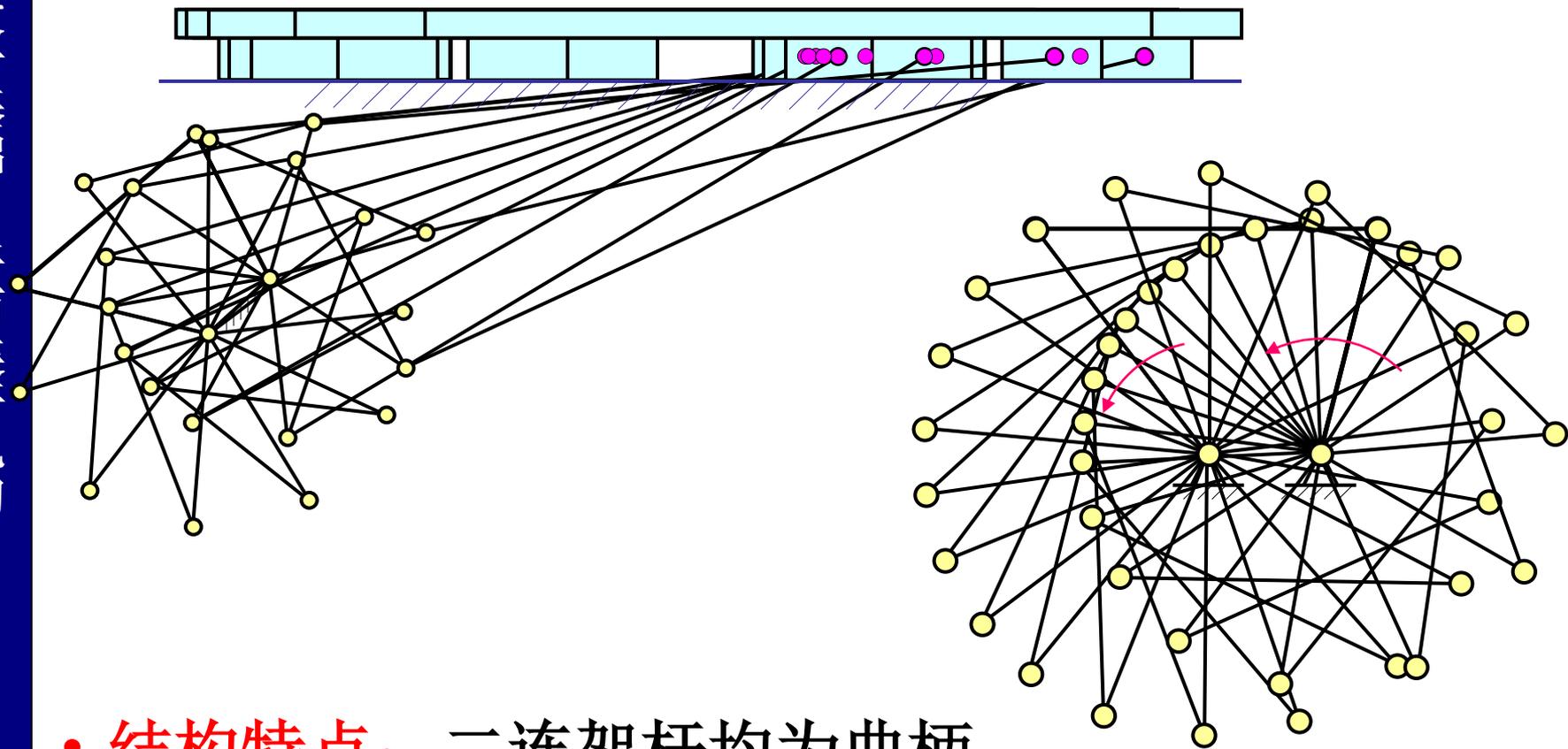


用途：改变运动形式

回转——摇杆摆动

摇杆摆动——回转

## (2) 双曲柄机构



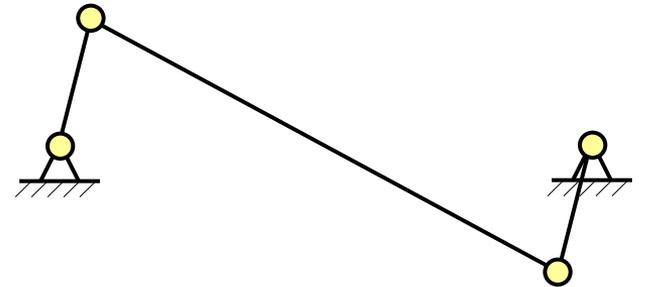
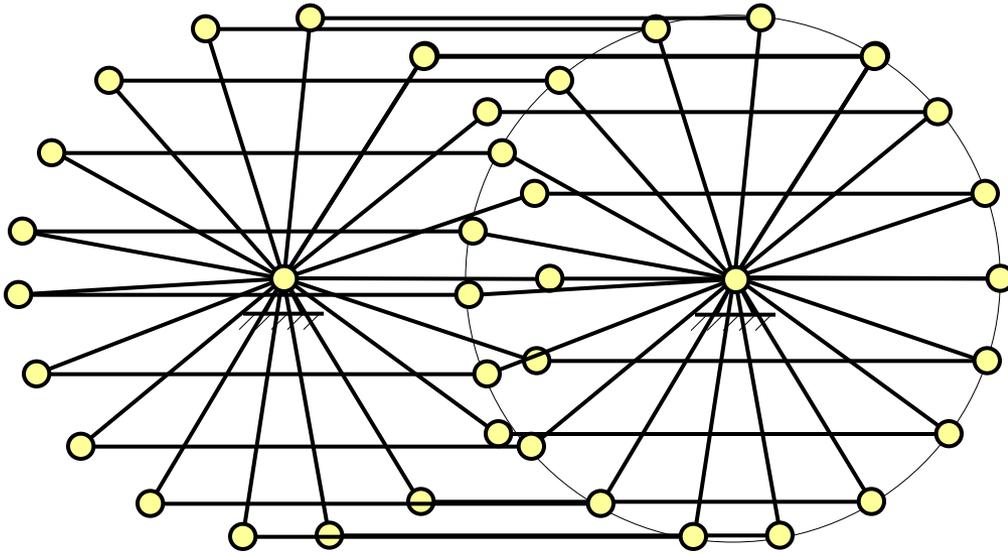
- **结构特点：** 二连架杆均为曲柄
- **举例：** 振动筛机构      变速



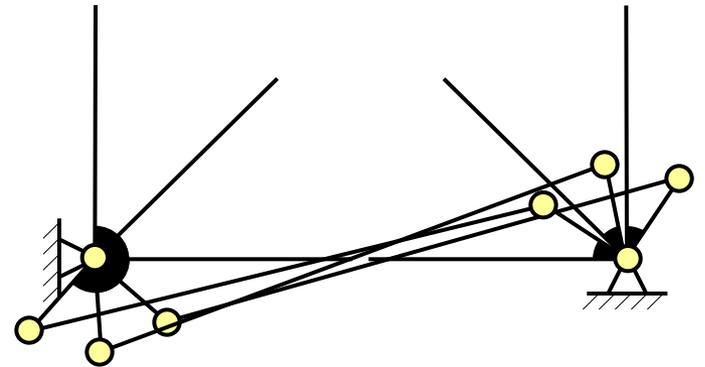
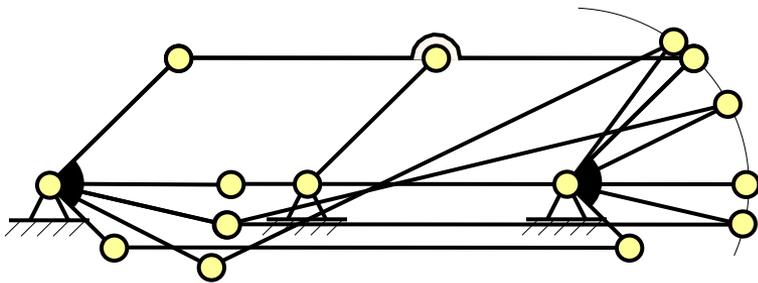
## 特殊双曲柄机构：

- 平行四边形机构  
**特点：**二曲柄等速  
运动不确定问题

- 反平行四边形机构  
**结构特点：**二曲柄转向相反

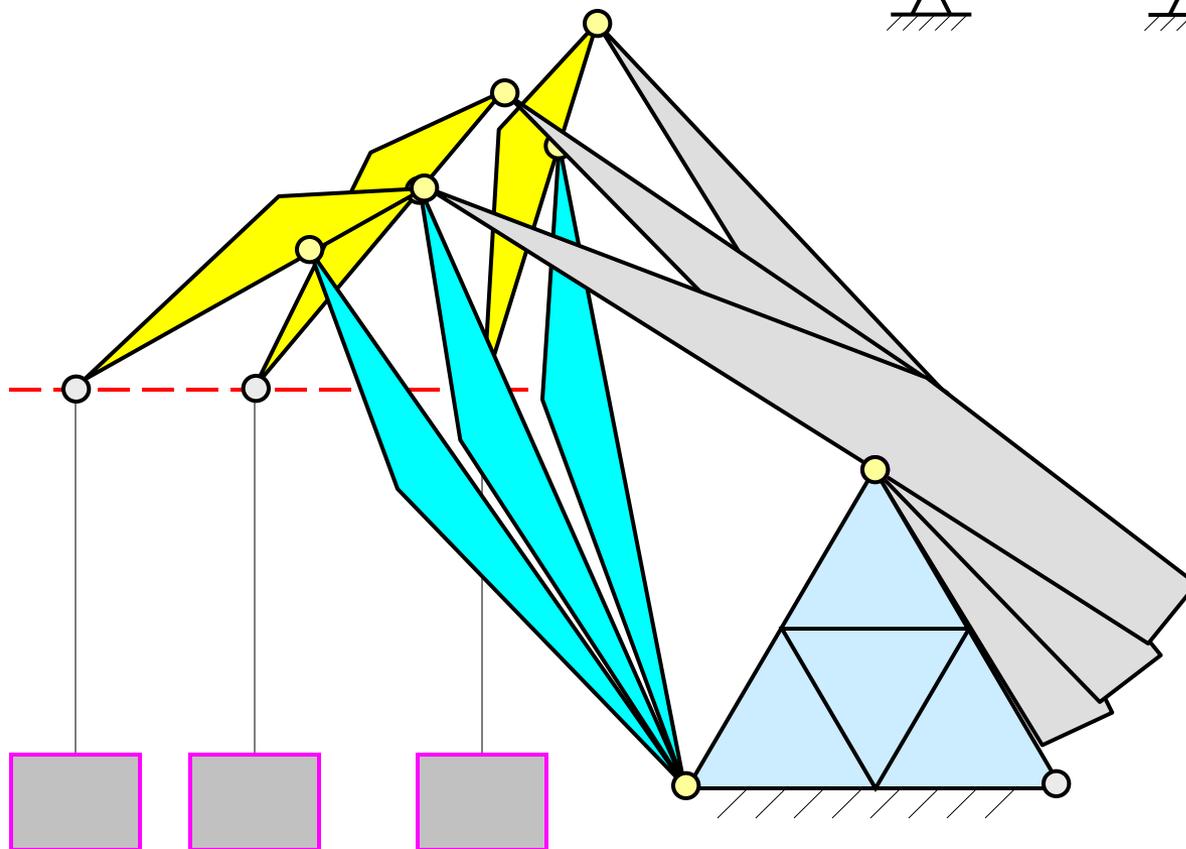
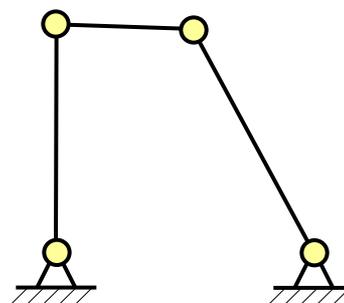


车门开闭机构



### (3) 双摇杆机构

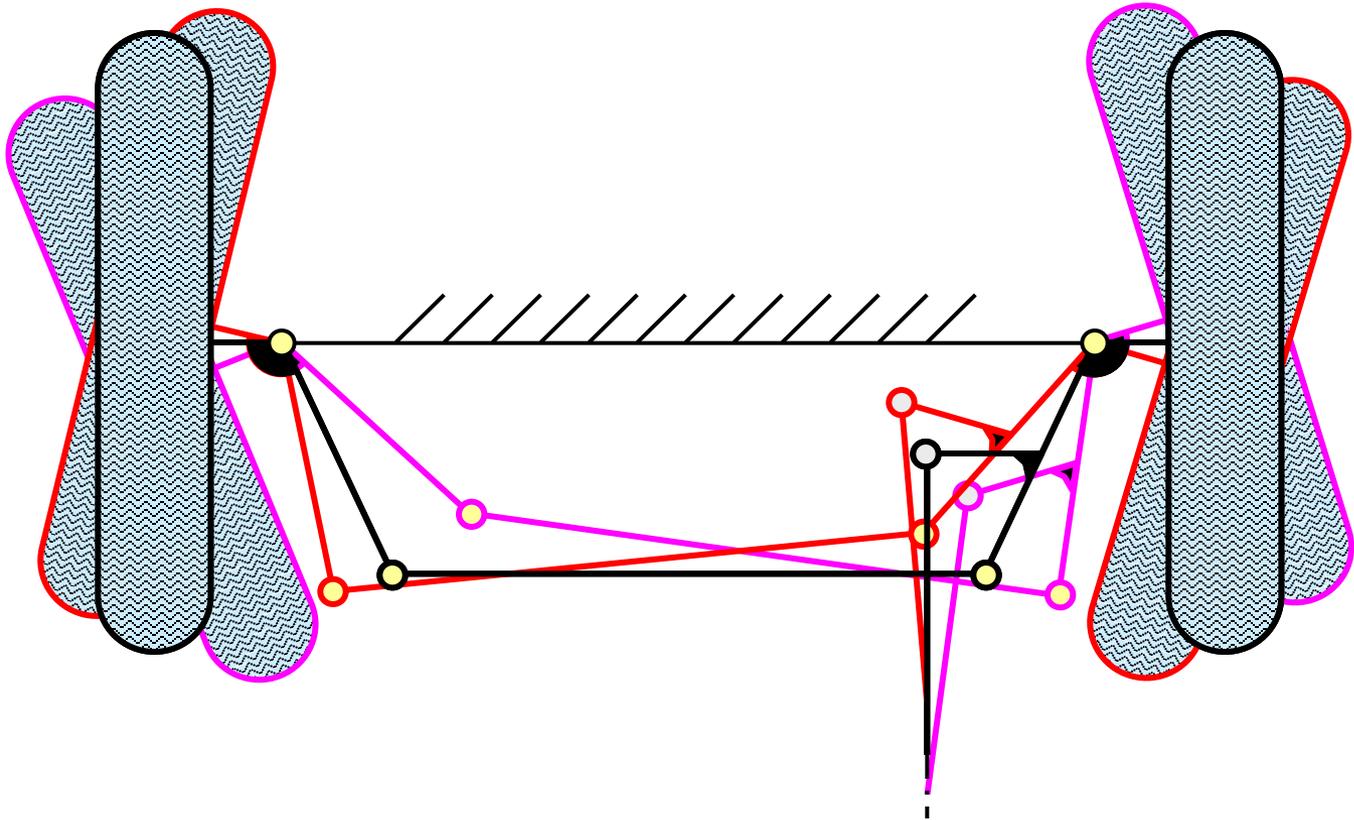
- **结构特点：** 二连架杆均为摇杆
- **举例：** 鹤式起重机





## 特殊机构

- 等腰梯形机构
- **实例：**汽车前轮转向机构



### 3 铰链四杆机构类型的判别:

#### (1) 曲柄存在条件

(以曲柄摇杆机构为例)

设 AB 为曲柄, 且  $a < d$ .

由  $\triangle BCD$  :

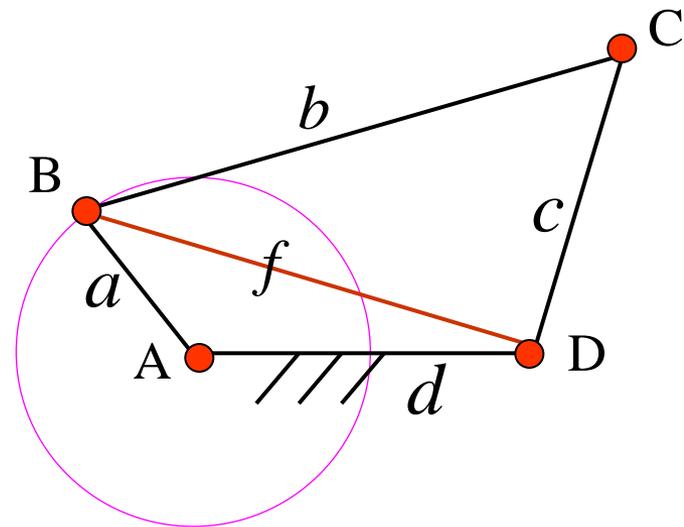
$$b+c>f, \quad b+f>c, \quad c+f>b$$

以  $f_{max} = a + d$  ,  $f_{min} = d - a$

代入并整理得:

$$b+c > a+d, \quad b+d > a+c, \quad c+d > a+b$$

并可得:  $a < b$  、  $a < c$  、  $a < d$ .



曲柄存在的条件:

- (1) 最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆长度和。
- (2) 曲柄是最短杆。

曲柄存在的条件：

- (1) 最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆长度之和
- (2) 曲柄是最短杆。

铰链四杆机构类型的判别：

当 $L_{\max}+L_{\min}\leq L$  (其余两杆长度之和) 时

- 最短杆是连架杆之一 —— 曲柄摇杆机构
- 最短杆是机架 —— 双曲柄机构
- 最短杆是连杆 —— 双摇杆机构

当 $L_{\max}+L_{\min}>L$  (其余两杆长度之和) 时

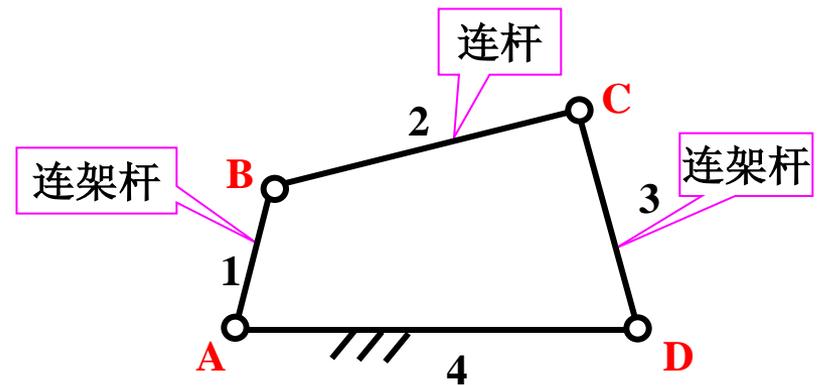
—— 双摇杆机构



## 二、铰链四杆机构的演化

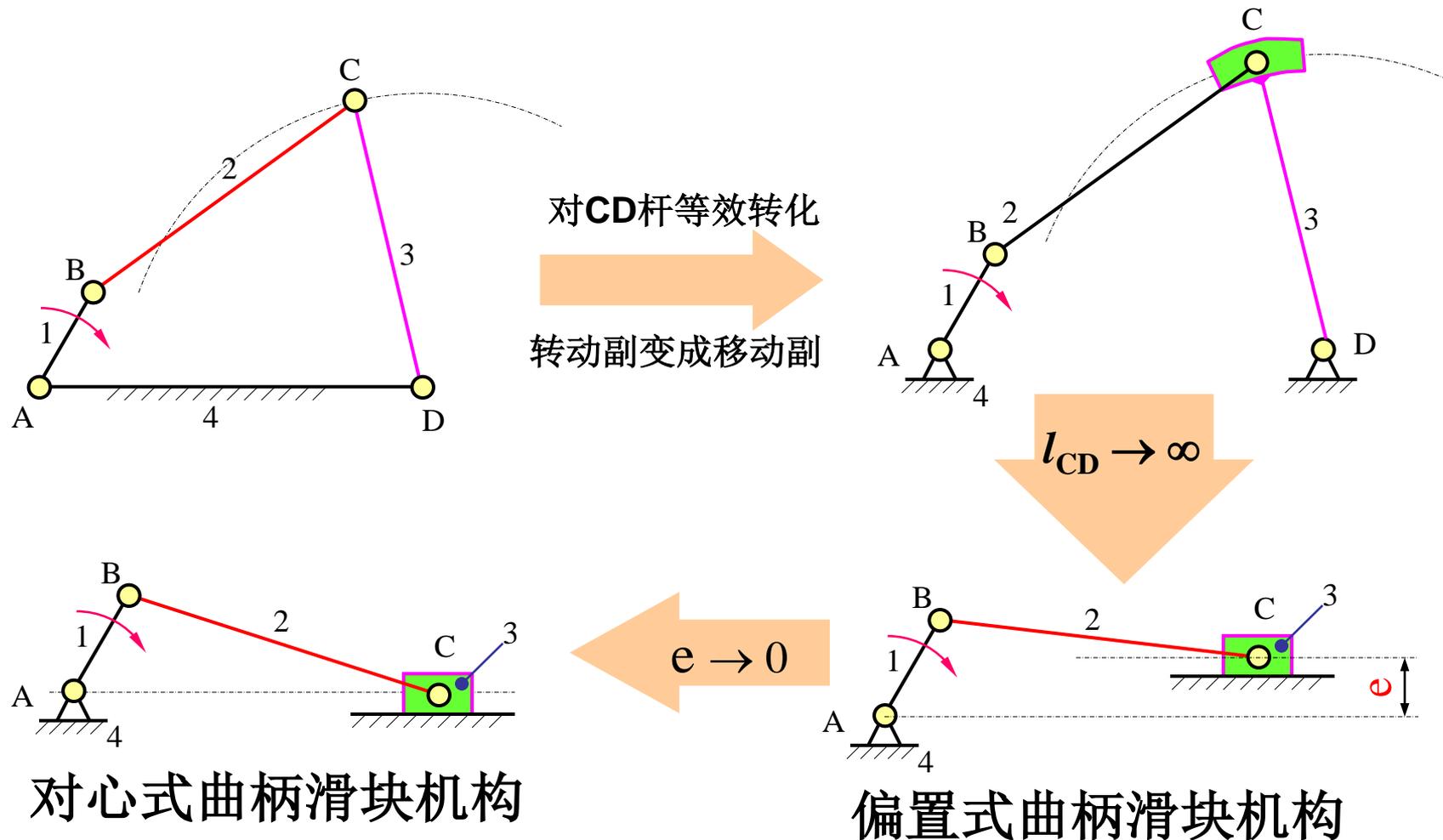
### 机构演化方法

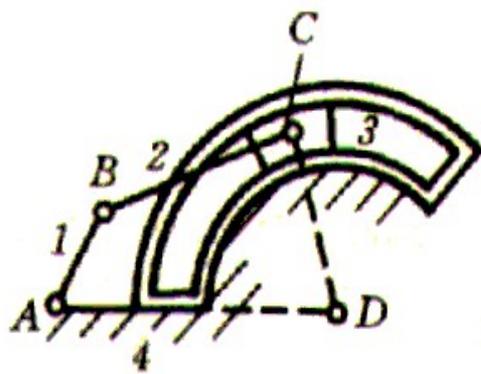
- ◆ 改变杆件长度，用移动副取代回转副
- ◆ 扩大回转副
- ◆ 变更机架等



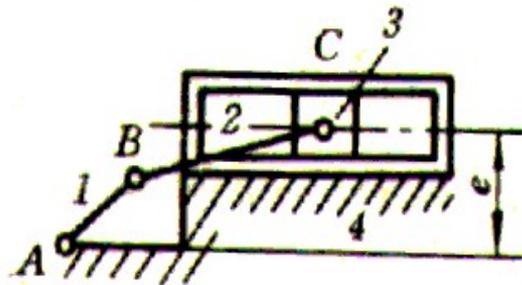
# (1) 改变杆件长度 —— 曲柄滑块机构

## 曲线导轨曲柄滑块机构

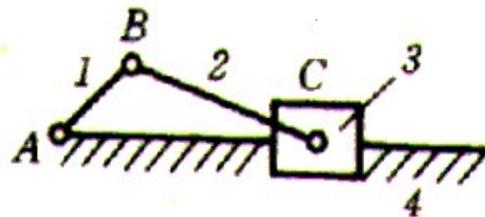




a)

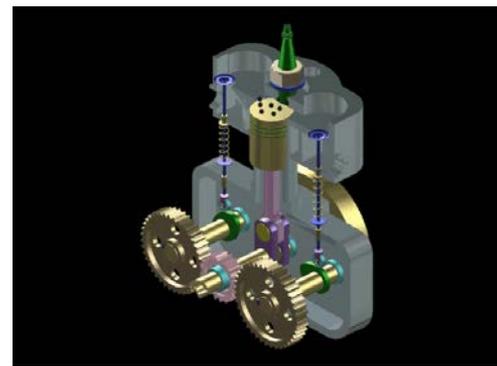
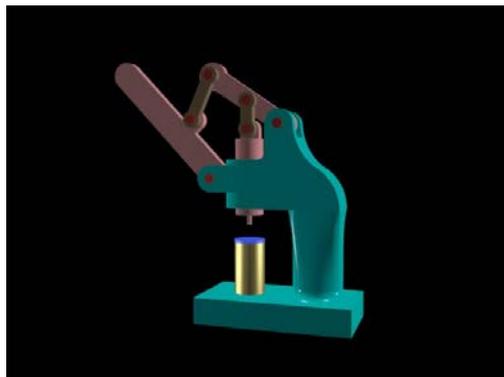


b)



c)

- e —— 偏心距
- e = 0 为曲柄滑块机构
- e ≠ 0 为偏置曲柄滑块



### 运动特点:

曲柄的回转运动变换为滑块的往复直线运动（如空压机）  
 或将滑块的往复直线运动变换为回转运动（如内燃机）。

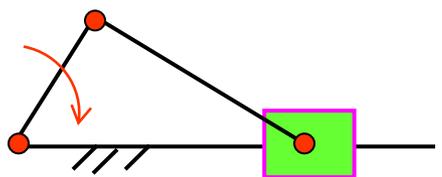
## (2) 选不同构件作机架

- 导杆机构
- 曲柄摇块机构
- 移动导杆机构  
(定块机构)

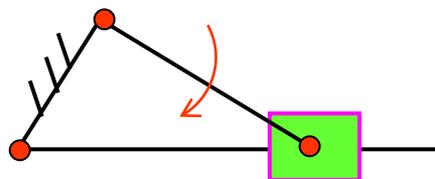
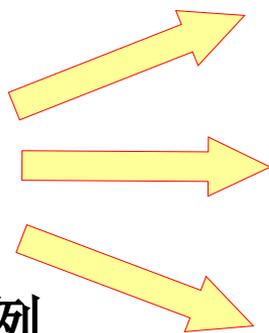
变更机架



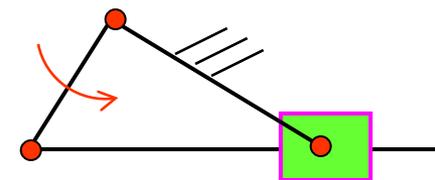
- 曲柄滑块机构



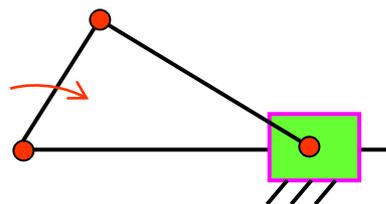
曲柄滑块机构 例



导杆机构 例



曲柄摇块机构



移动导杆机构



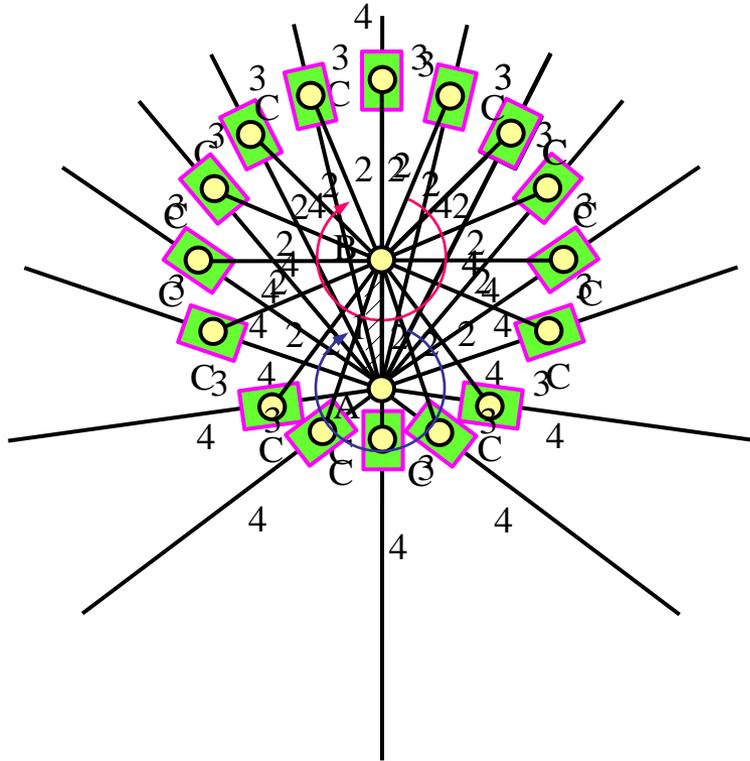
# 导杆机构

将曲柄滑块机构中的曲柄作为机架，既变为导杆机构。

转动导杆机构：

$BC > AB$

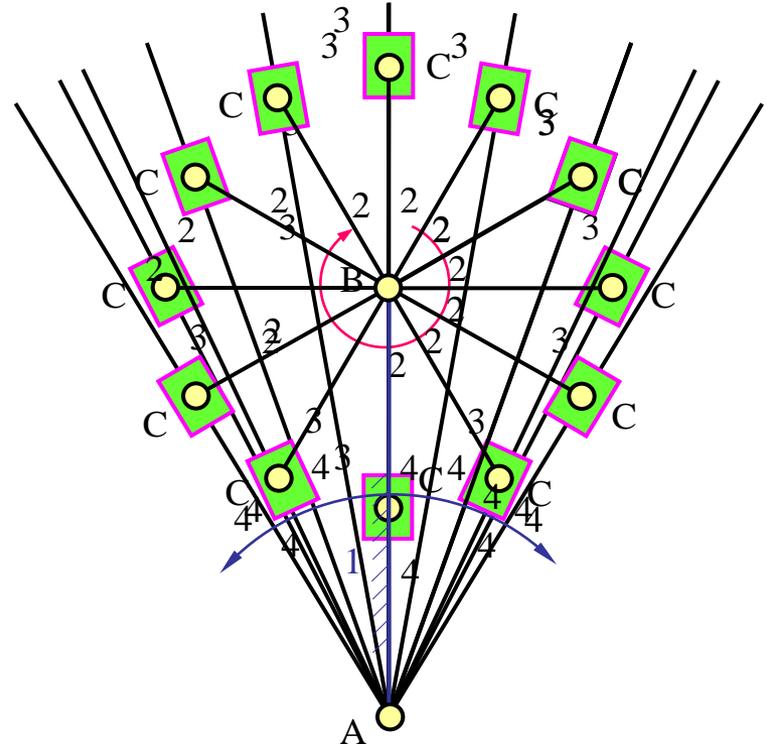
导杆可作 $360^\circ$ 回转



摆动导杆机构：

$BC < AB$

导杆在小于 $360^\circ$ 范围内摆动。  
(牛头刨床的主传动机构)

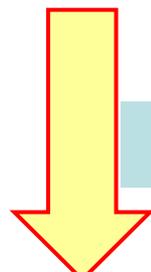


### (3) 扩大回转副 —— 偏心轮机构

曲柄摇杆机构中，将曲柄上的转动副B的半径扩大至超过曲柄的长度，曲柄变成一个几何中心与回转中心不重合的圆盘，称为偏心轮。

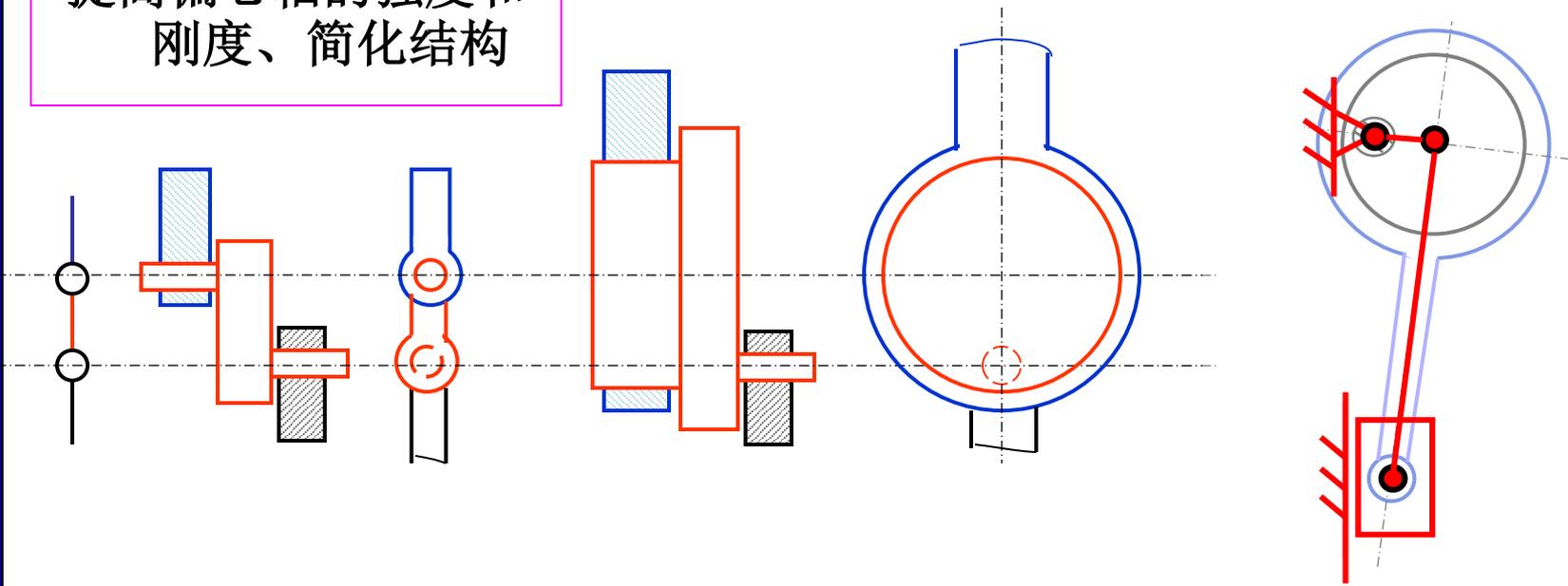
提高偏心轴的强度和刚度、简化结构

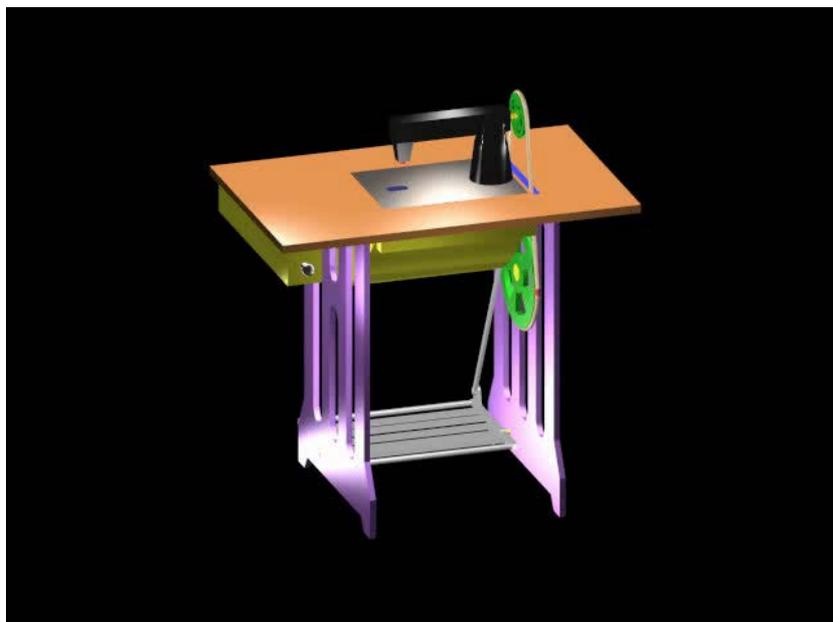
- 曲柄滑块机构



(扩大回转副)

- 偏心轮机构





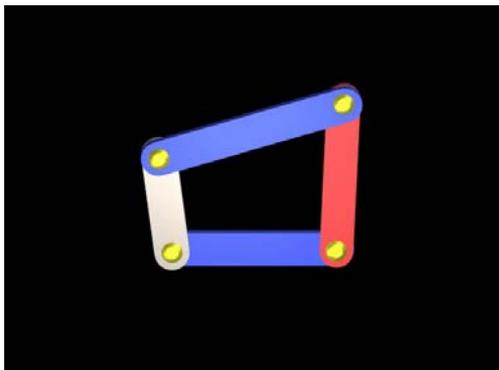
还如：  
脚踏砂轮机构  
颚式破碎机。

### 偏心轮用在：

曲柄销承受较大冲击载荷、曲柄长度较短及需要装在直轴中部的机器之中的机构中。

# 三、平面四杆机构的传动特性

- 急回特性
- 死点位置
- 压力角和传动角



# 急回特征

- 当回程所用时间小于工作行程所用时间时，称该机构具有急回特征
- 极位夹角**： $\theta$  对应从动杆的两个极限位置，主动件两相应位置所夹锐角。

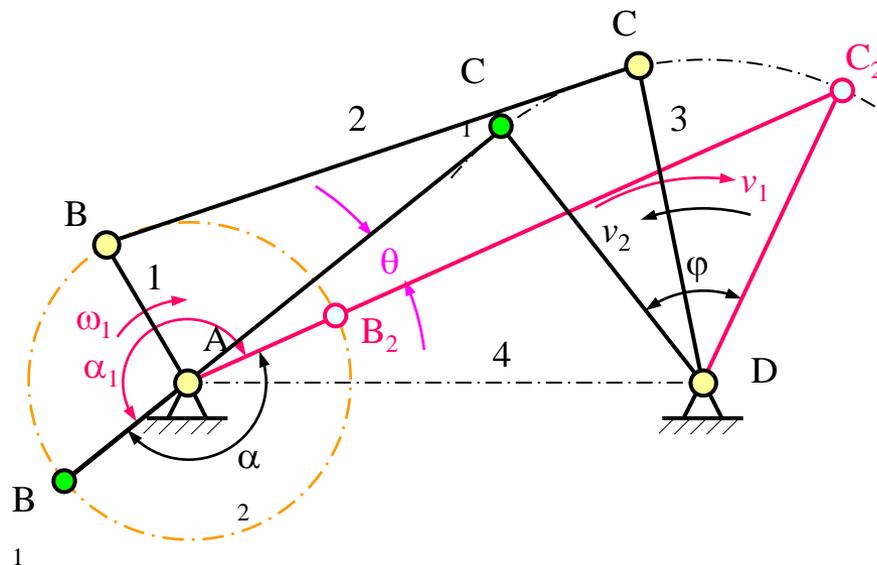
## 急回特性分析：

- $\omega_1 = C$
- $\alpha_1 = \omega_1 t_1 = 180^\circ + \theta$
- $\alpha_2 = \omega_1 t_2 = 180^\circ - \theta$
- $t_1 > t_2, v_2 > v_1$
- 行程速比系数K**

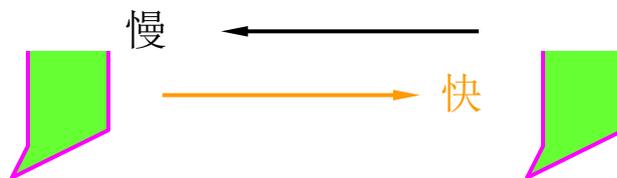
$$K = \frac{v_2}{v_1} = \frac{C_1 C_2 / t_2}{C_1 C_2 / t_1} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}$$

$$\theta = 180^\circ \cdot \frac{K - 1}{K + 1}$$

- $K=1$ , 无急回特性
- $\theta \uparrow K \uparrow$  急回特征越显著



急回特性的应用例：牛头刨工作要求



### (3) 传力特性

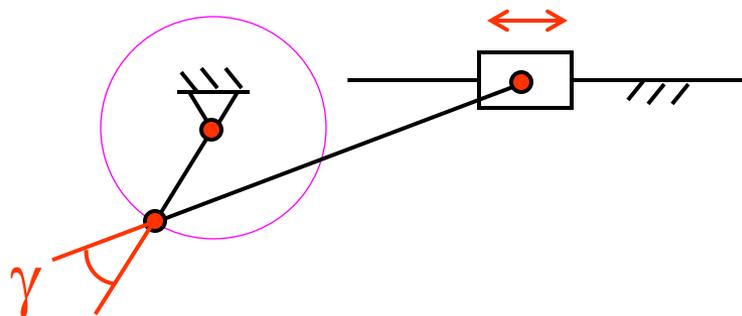
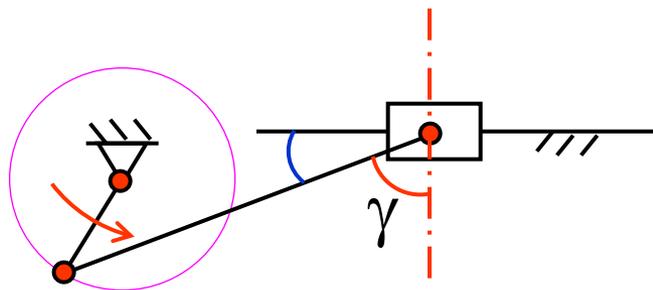
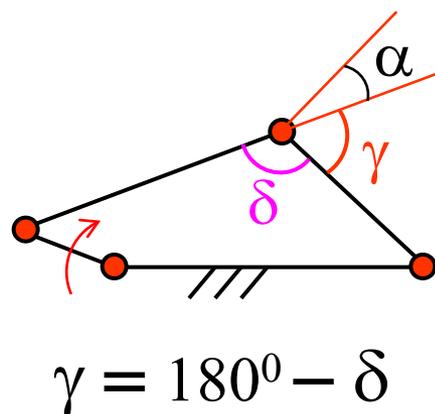
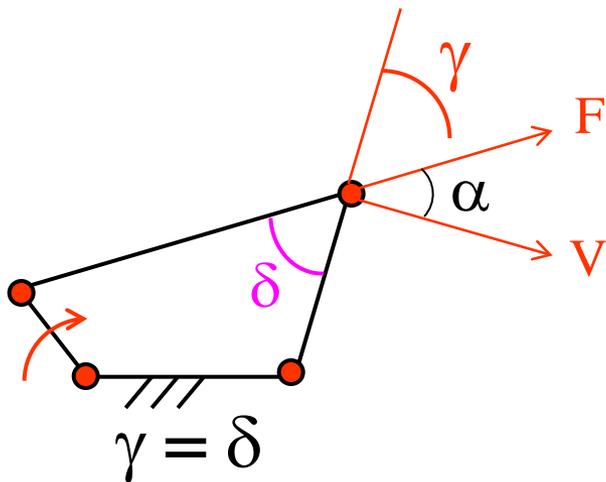
压力角和传动角

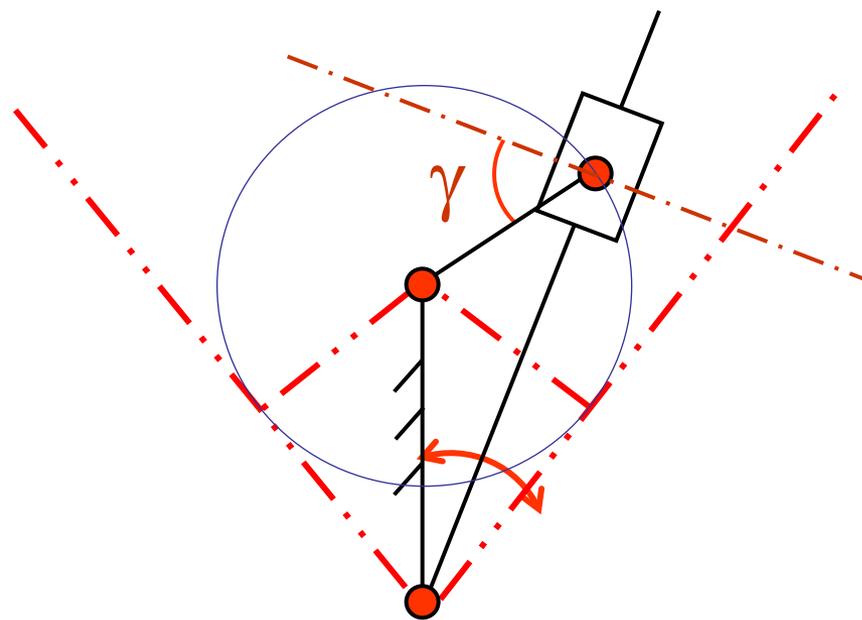
**压力角 $\alpha$**

从动杆(运动输出件)受力点的力作用线与该点速度方位线所夹锐角。(不考虑摩擦)

**传动角 $\gamma$**

压力角的余角。(连杆轴线与从动杆轴线所夹锐角)





$\gamma \downarrow \rightarrow$  传动不利，设计时规定  $\gamma \geq 40^\circ \sim 50^\circ$

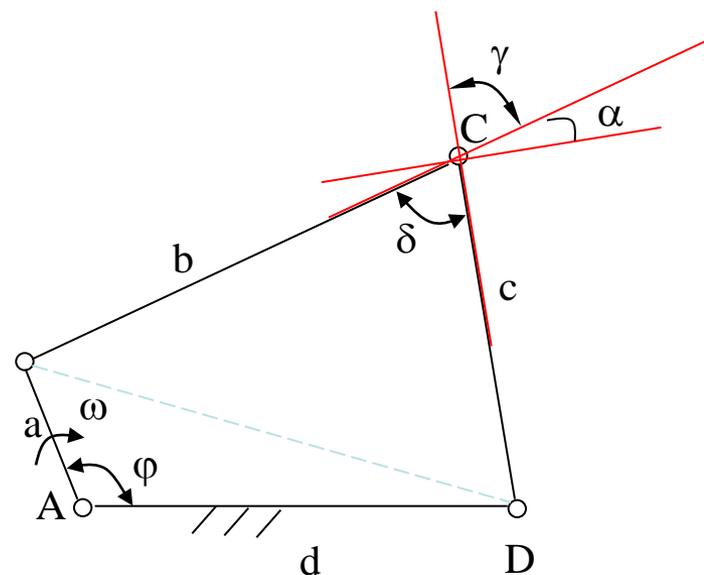
通常，机构在运动过程中传动角 $\gamma$ 是变化的，最小值在哪？

## 最小传动角 $\gamma_{\min}$

$$\overline{BD}^2 = a^2 + d^2 - 2a \cdot d \cdot \cos \varphi$$

$$\overline{BD}^2 = b^2 + c^2 - 2b \cdot c \cdot \cos \delta$$

$$\cos \delta = \frac{b^2 + c^2 + 2 \cdot a \cdot d \cdot \cos \varphi - a^2 - d^2}{2 \cdot b \cdot c}$$



分析

$$\varphi = 0 \quad \cos \varphi = 1 \rightarrow \cos \delta \uparrow \rightarrow \delta_{\min}$$

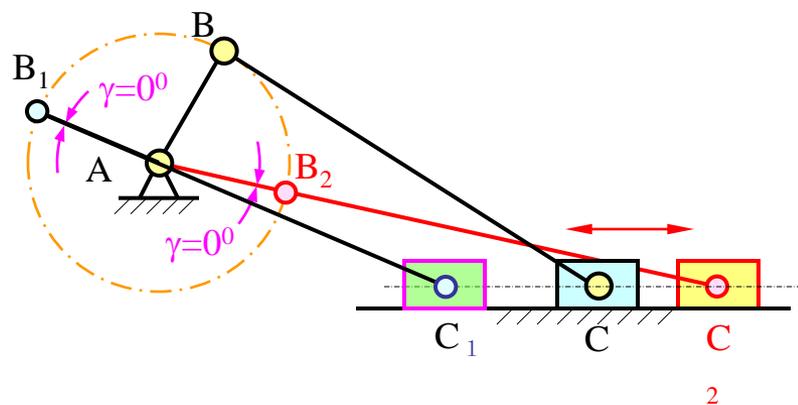
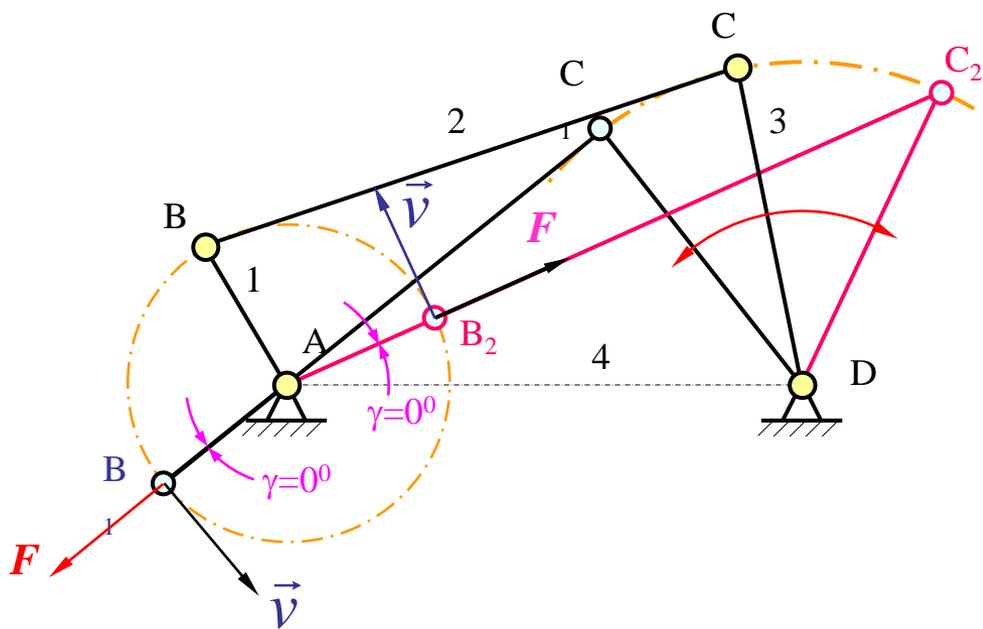
$$\varphi = 180^\circ \quad \cos \varphi = -1 \rightarrow \cos \delta \downarrow \rightarrow \delta_{\max}$$

$\delta_{\min}$  或  $\delta_{\max} \rightarrow \gamma$  可能最小

曲柄摇杆机构, 当曲柄主动时, 在曲柄与机架共线的两个位置之一, 传动角最小.

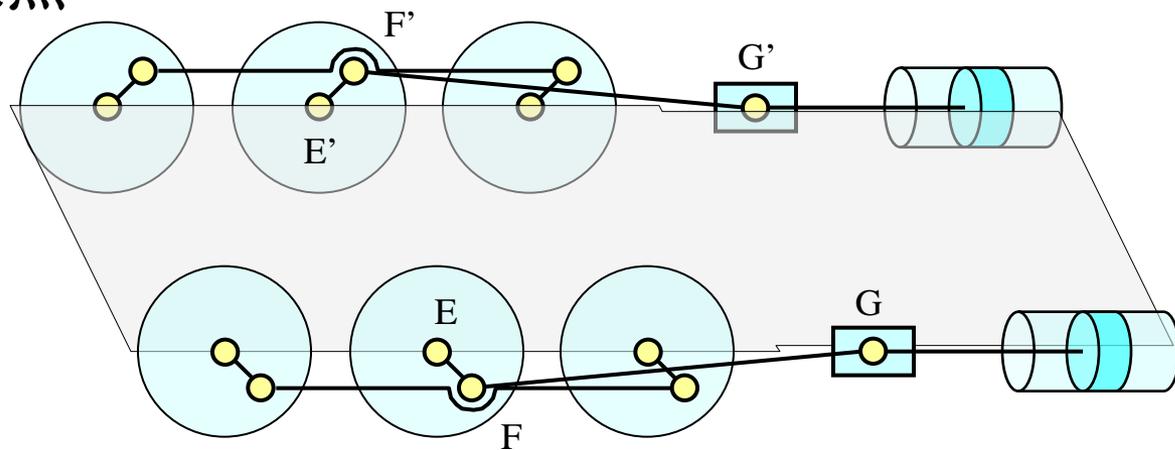
# 死点

- 死点:
- 传动角为零 $\gamma=0$  (连杆与从动件共线), 机构顶死



## 克服死点的措施

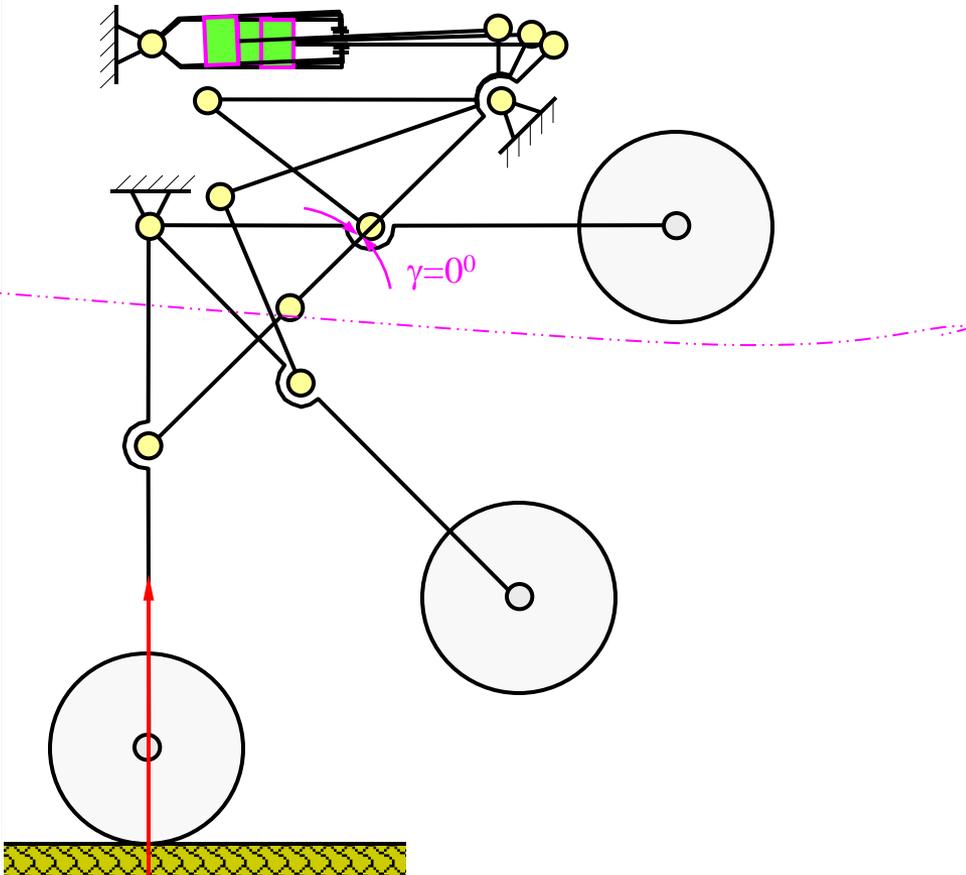
- 利用构件惯性力
- **实例:** 家用缝纫机
- 采用多套机构错位排列
- **实例:** 蒸汽机车车轮联动机构
- 蒸汽机车两侧利用错位排列的两套曲柄滑块机构使车轮联动机构通过死点





# 死点的利用

- 实例: 夹具
- 飞机起落架机构

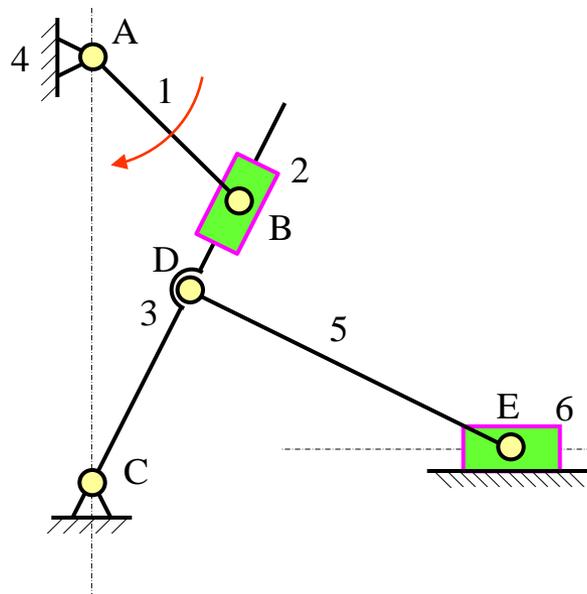
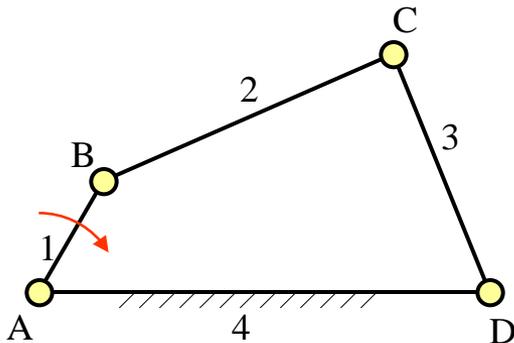
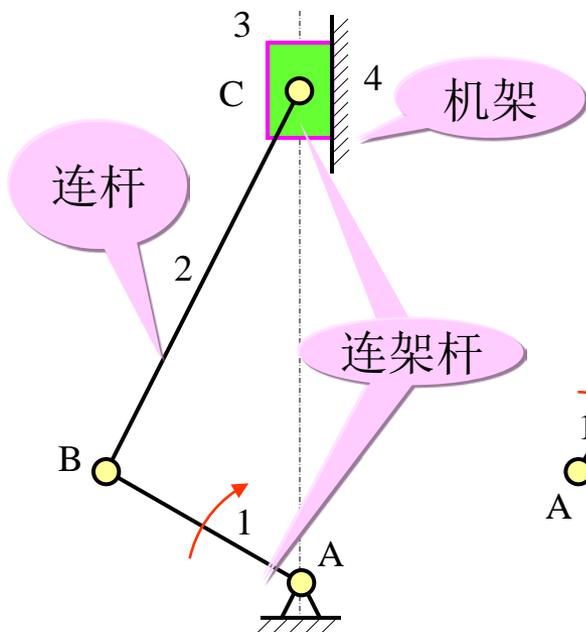


## 2-3 平面四杆机构的特点及其设计

一、平面四杆机构的特点

二、平面四杆机构的设计

# 一、平面四杆机构的特点



- 全低副（面接触），承受冲击力，易润滑，不易磨损
- 运动副结构简单，易加工
- 运动规律多样化、点的运动轨迹多样化
- 运动副累积误差大，效率低
- 惯性力难以平衡，不宜用于高速
- 不能精确实现复杂的运动规律，设计计算较复杂

## 二. 平面四杆机构的设计

### 设计类型

1. 实现连杆给定位置
2. 实现预定运动规律

例如: 从动件的急回运动特性

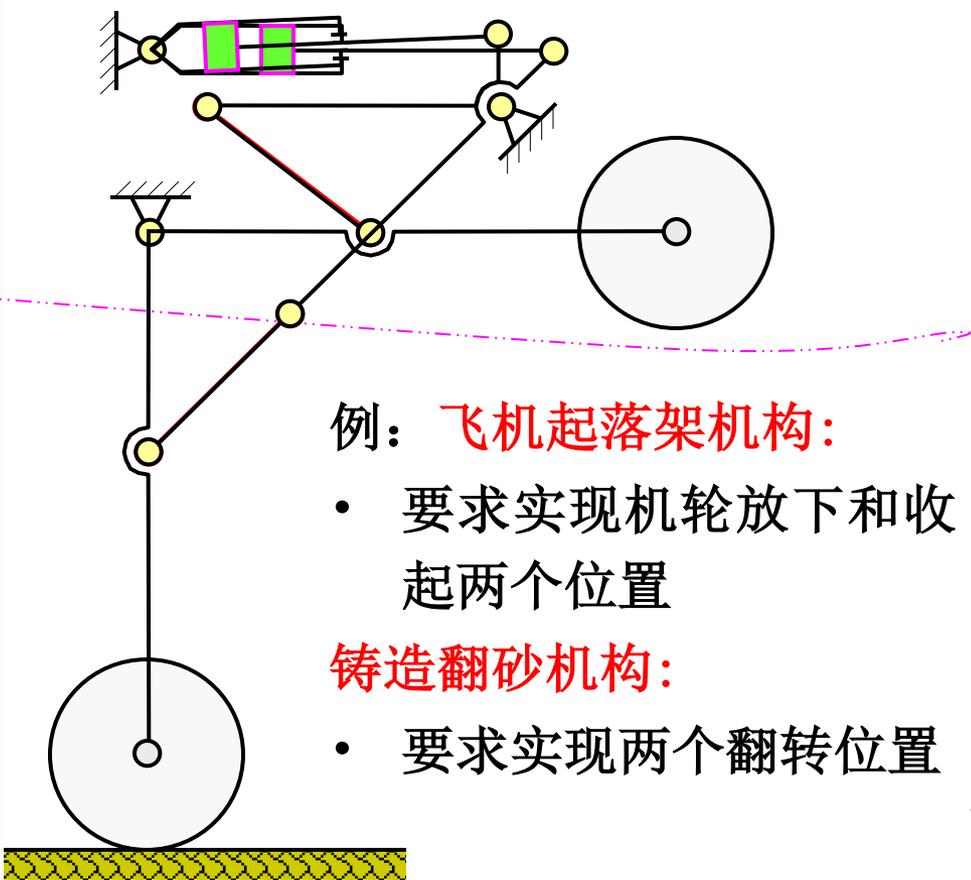
3. 实现预定运动轨迹

方法: 解析法、作图法、实验法

# 1. 实现连杆给定位置机构

如实现预定的连杆位置要求

机构能引导刚体（一般为连杆）通过一系列给定位置

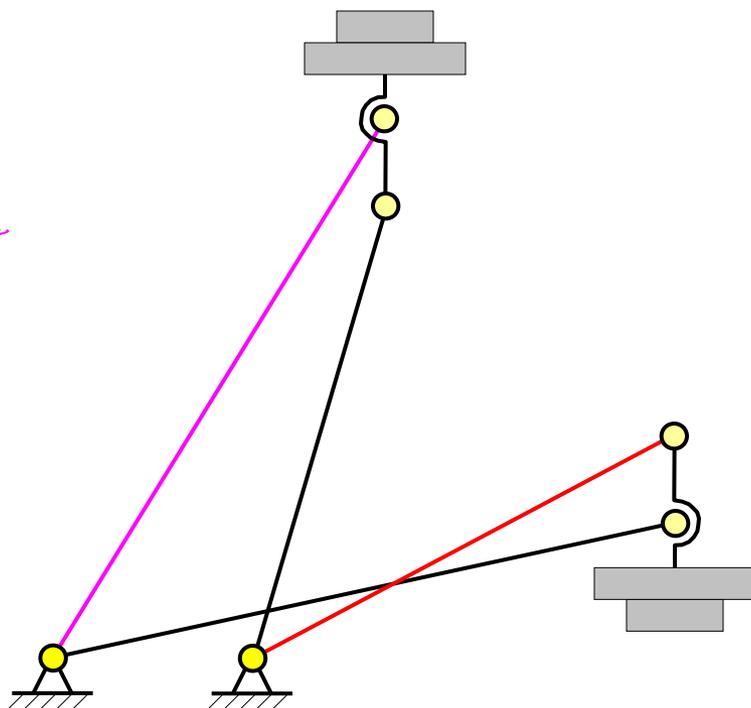


例：飞机起落架机构：

- 要求实现机轮放下和收起两个位置

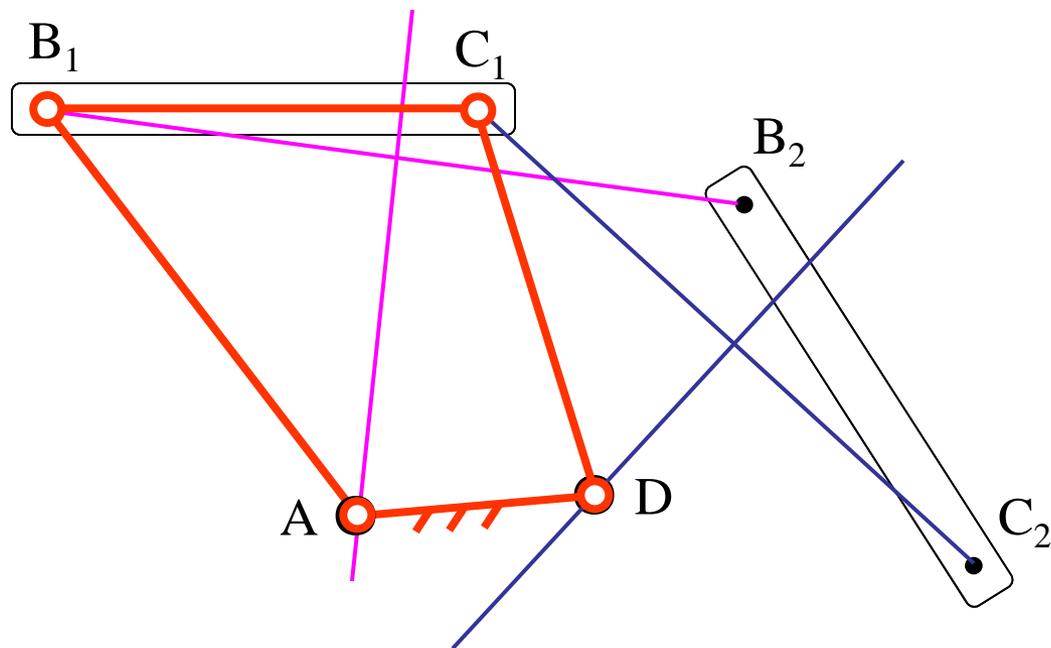
铸造翻砂机构：

- 要求实现两个翻转位置



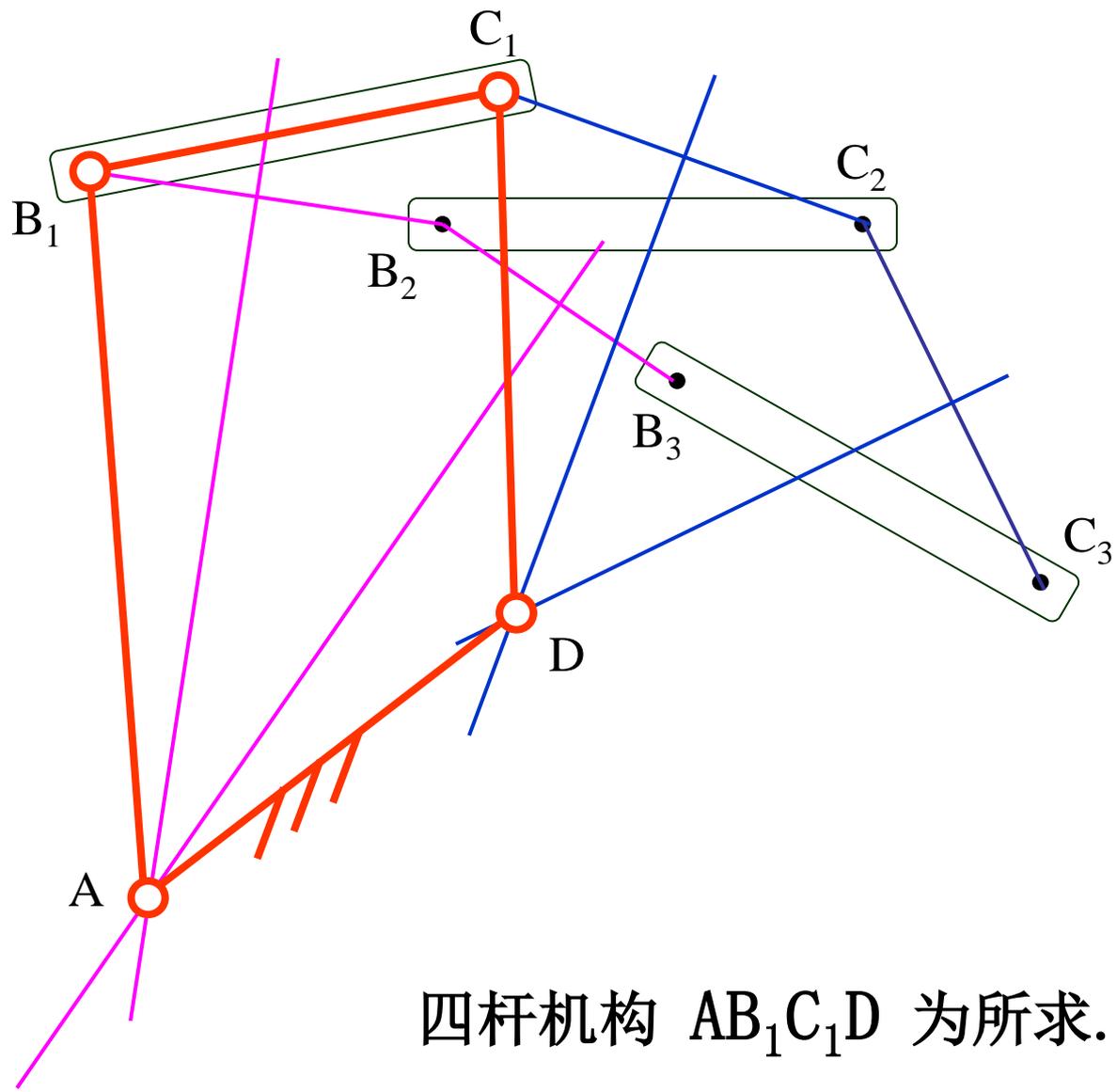
# 设计

已知活动铰点B、C中心位置，求固定铰链A、D中心位置。

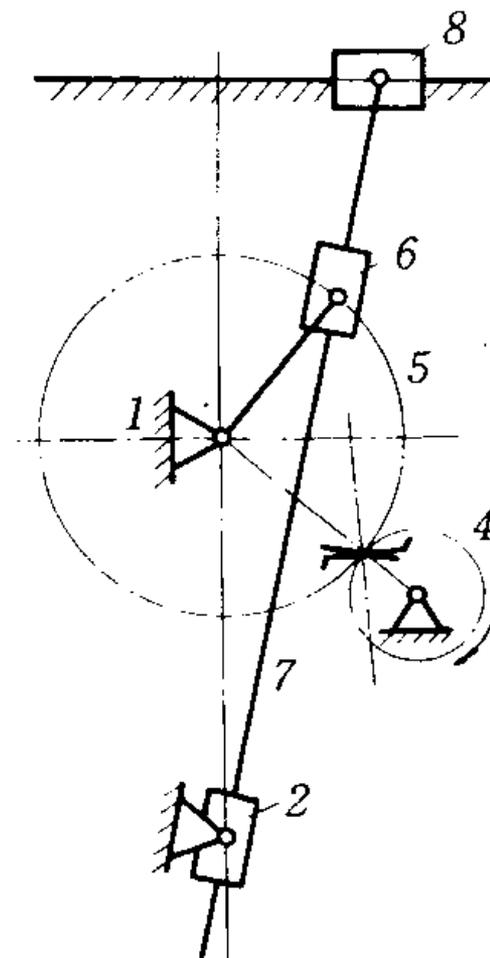
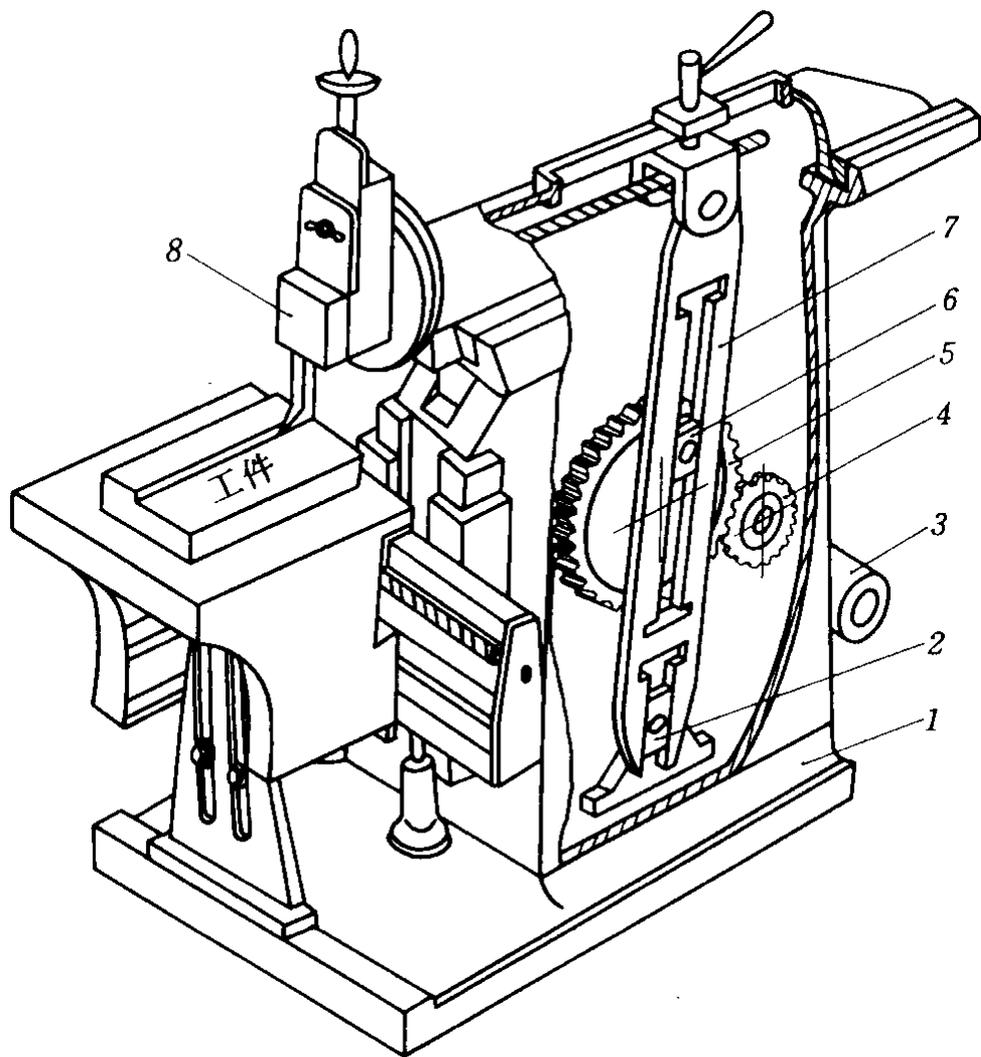


四杆机构  $AB_1C_1D$  为所求.

# 实现连杆给定的三个位置



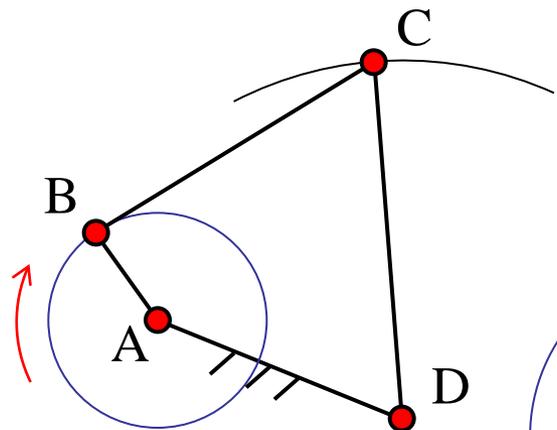
## 2. 具有急回特性的机构



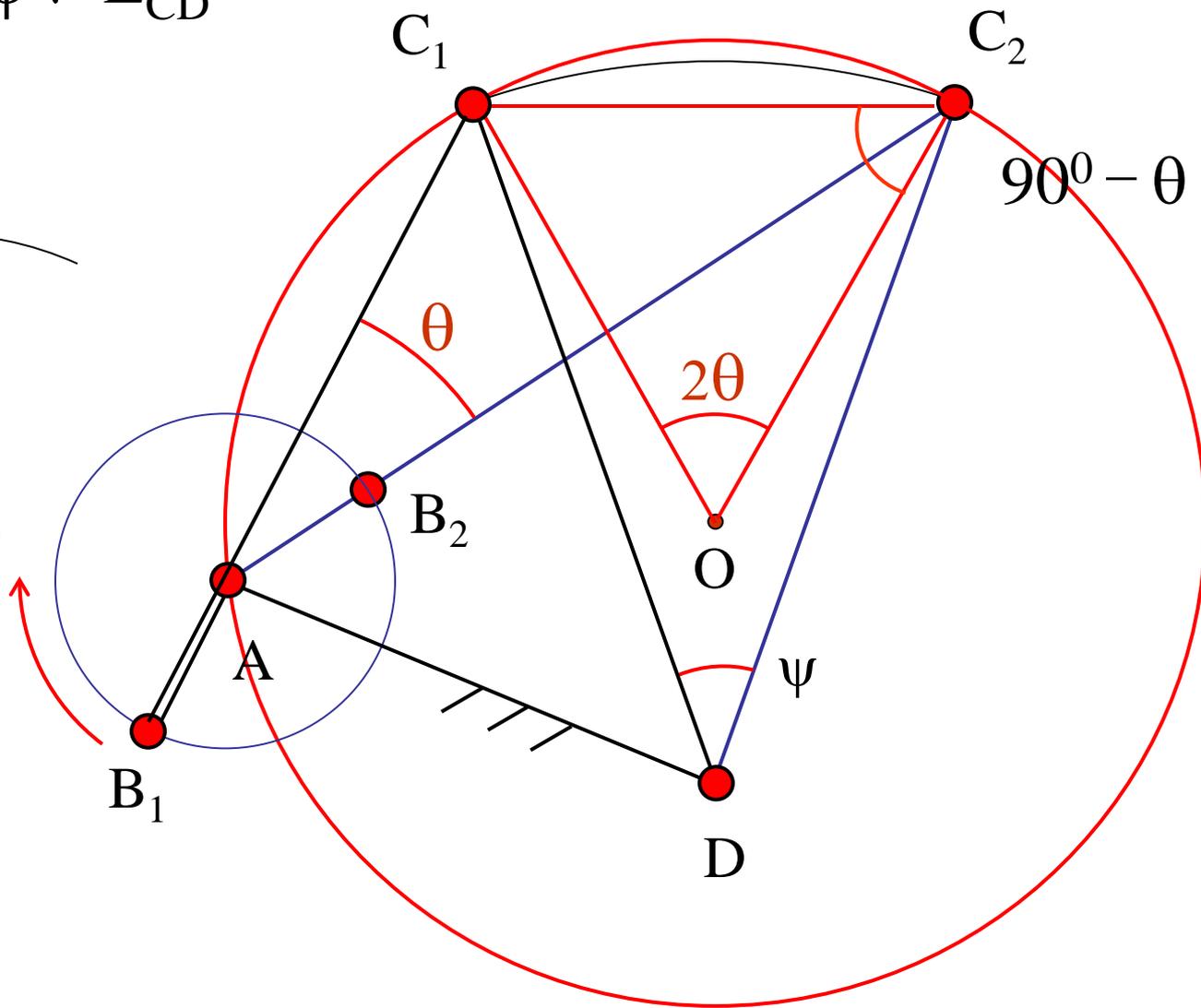
# 按给定的 $K$ 值, 设计曲柄摇杆机构

1) 给定  $K$ 、 $\psi$ 、 $L_{CD}$

① 分析.



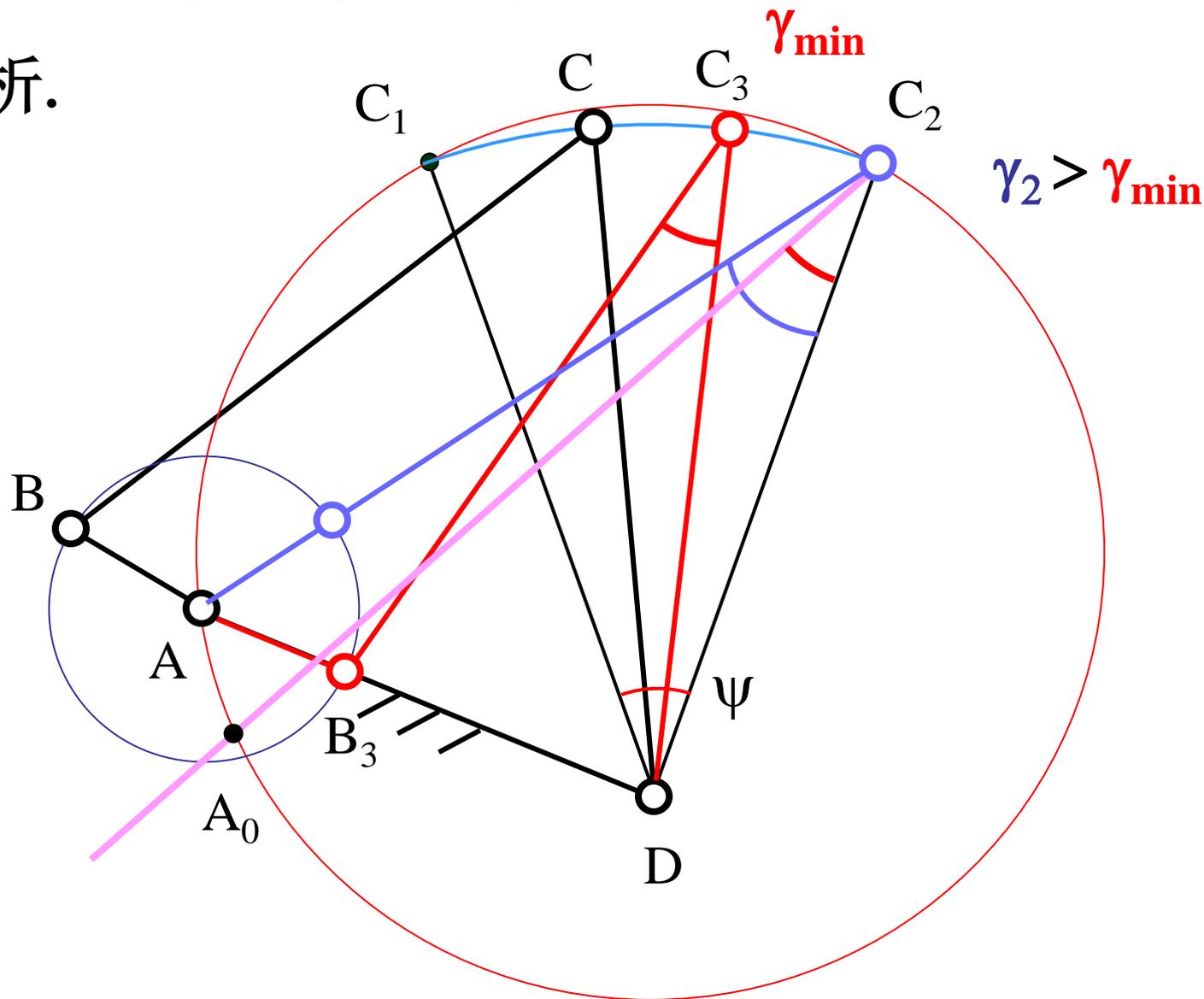
$$\theta = \frac{K-1}{K+1} 180^\circ$$



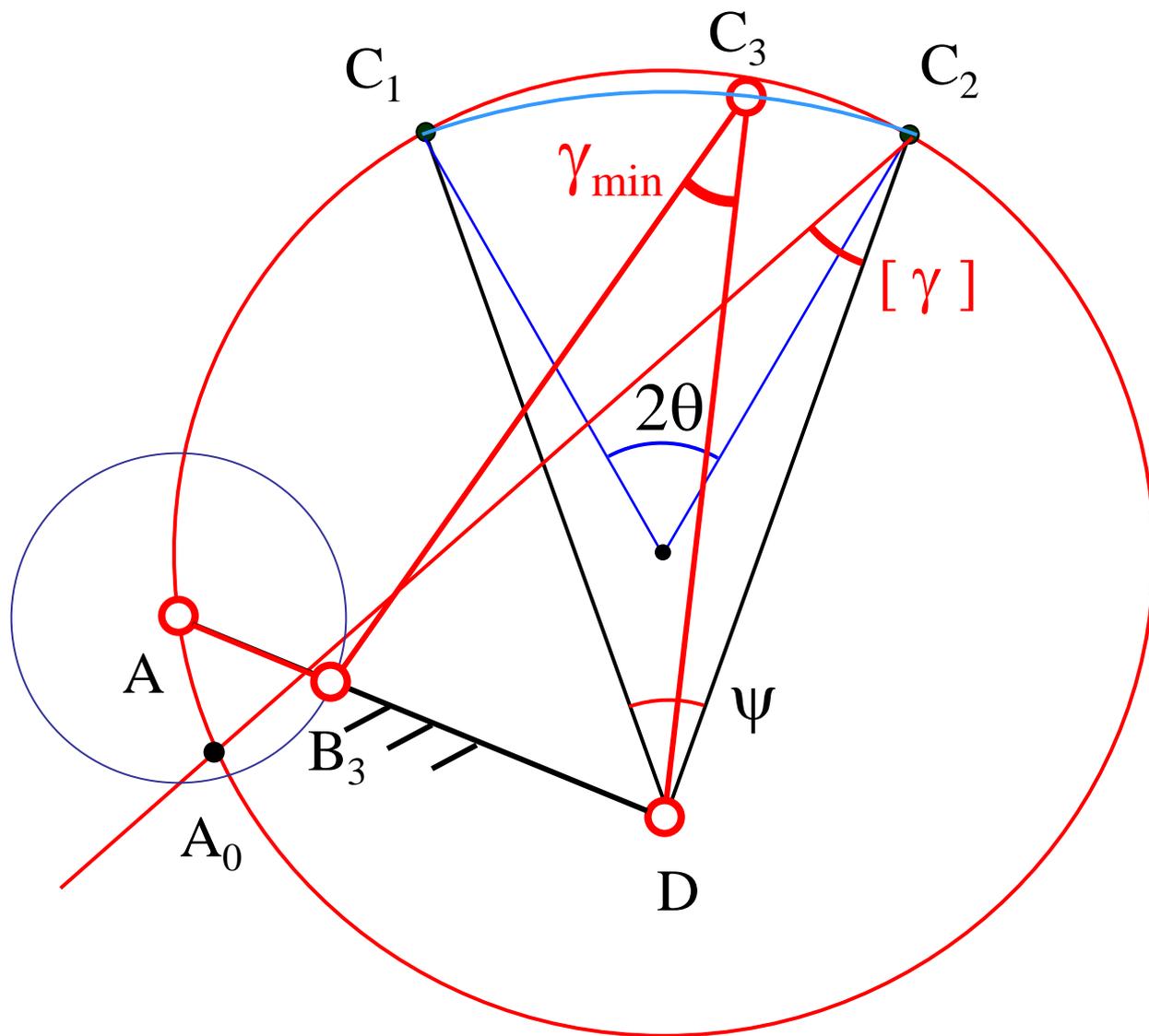


2) 给定  $K$ 、 $\psi$ 、 $L_{CD}$ 、 $[\gamma]$ 。

① 分析。



② 设计.

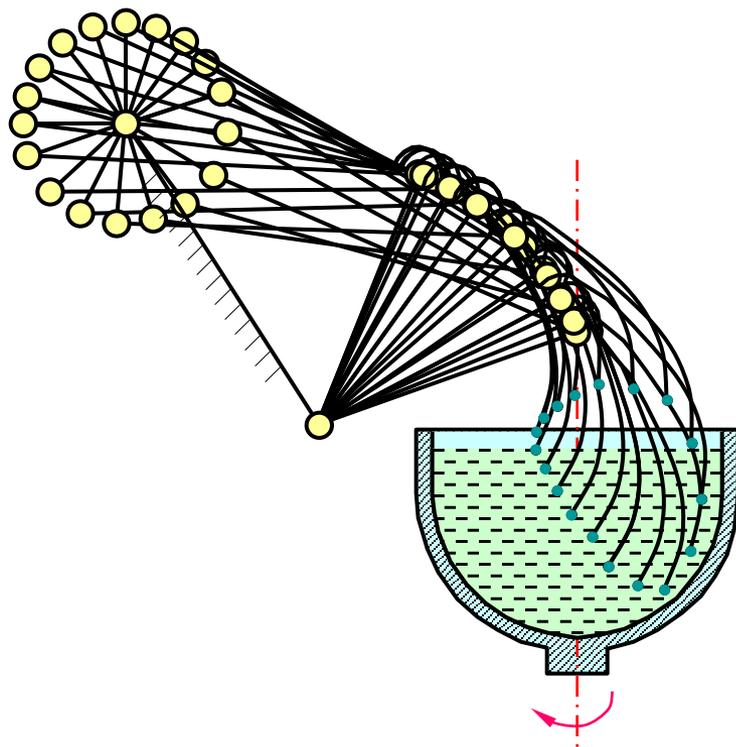


$\gamma_{\min}$  须不小于  $[\gamma]$ .

### 3实现预定运动轨迹机构

- 实现预定轨迹的设计
- 即要求机构中连杆上某点的轨迹能与给定的曲线相一致,或能通过给定曲线上的若干有系列的点

如: **搅拌器机构**——要求连杆上某点按搅拌特点生成某种轨迹



实验法、  
图谱法、  
解析法。

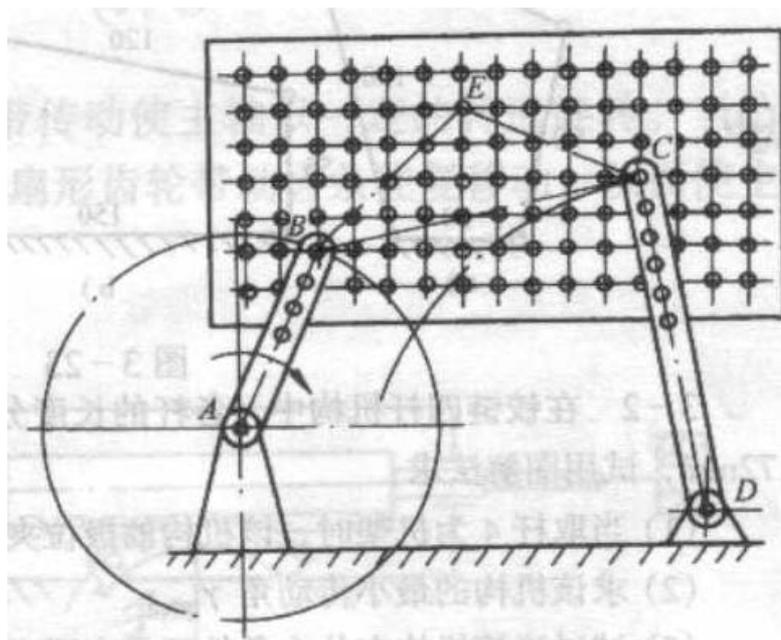
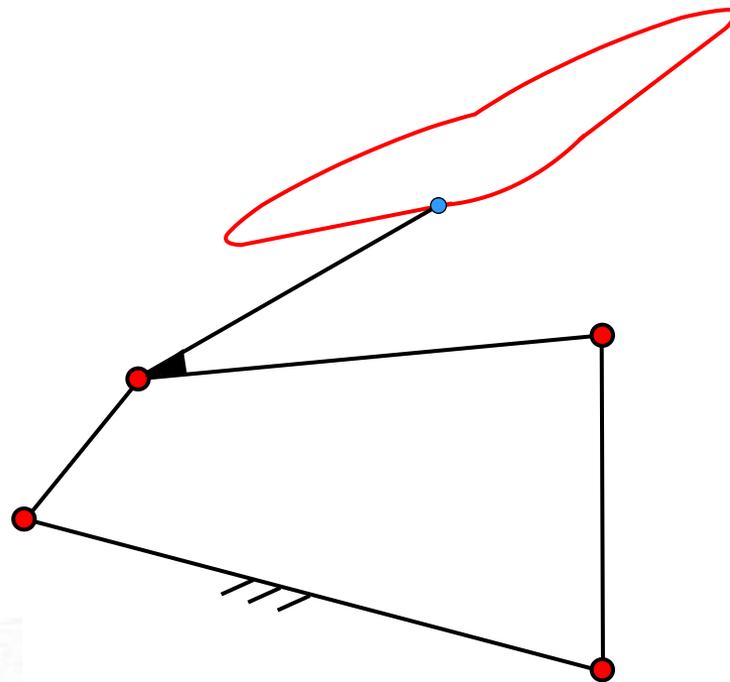


图 3-21 连杆曲线的绘制

# 连杆曲线图谱

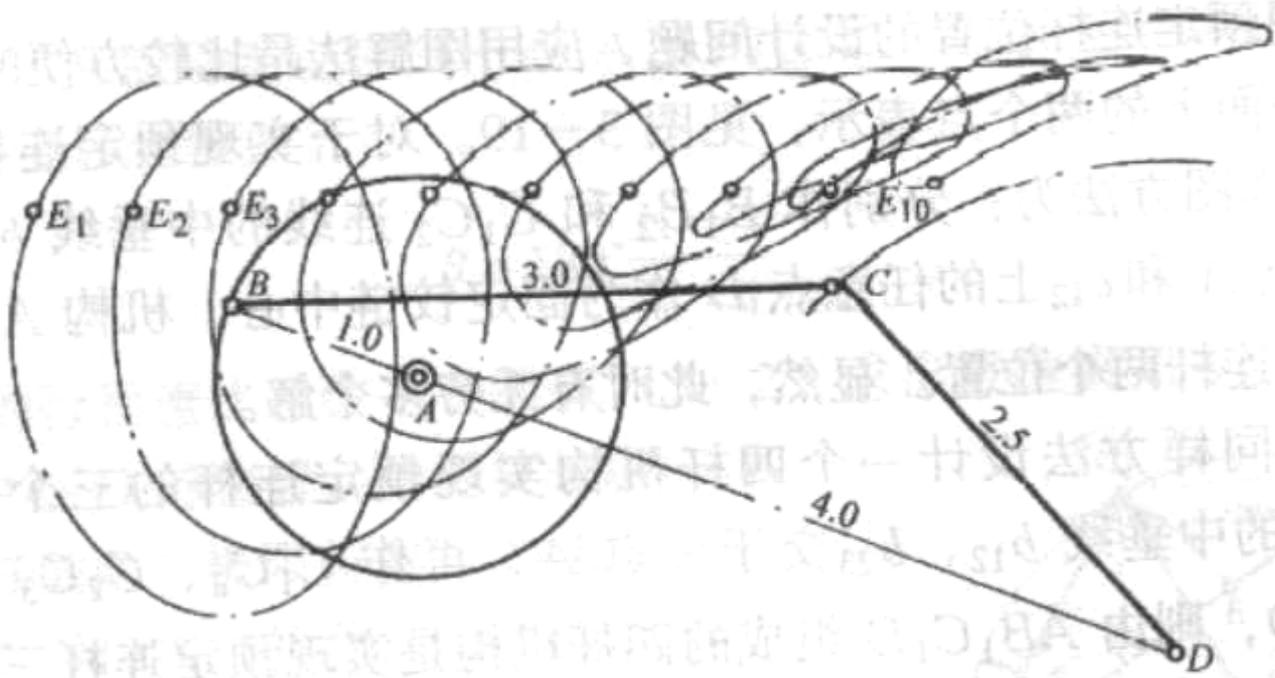


图 3-22 四连杆机构分析图谱



- 作业:
- 3-1, 3-2, 3-3