

专业课强化精讲课程

第3讲

第六章 平面连杆机构

一、连杆机构的特点

优点：

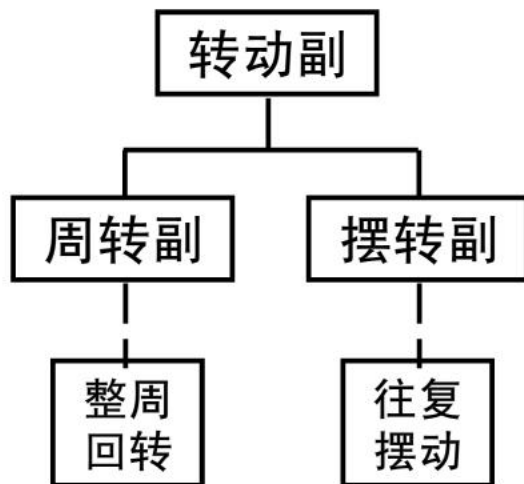
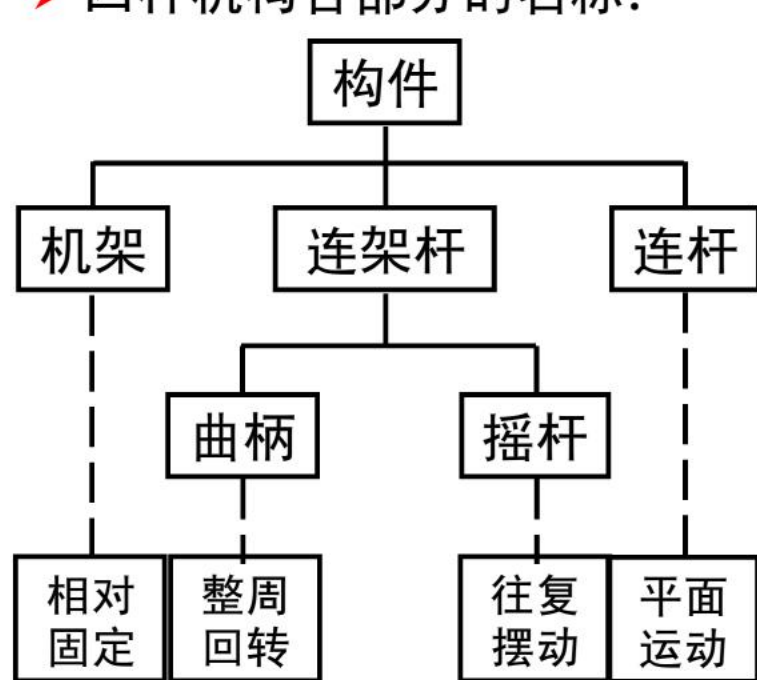
- ①连杆机构为低副机构，运动副为面接触，压强小，承载能力大，耐冲击；
- ② 运动副元素的几何形状多为平面或圆柱面，便于加工制造；
- ③在原动件运动规律不变情况下，通过改变各构件的相对长度可以使从动件得到不同的运动规律；
- ④可以连杆曲线可以满足不同运动轨迹的设计要求。

缺点：

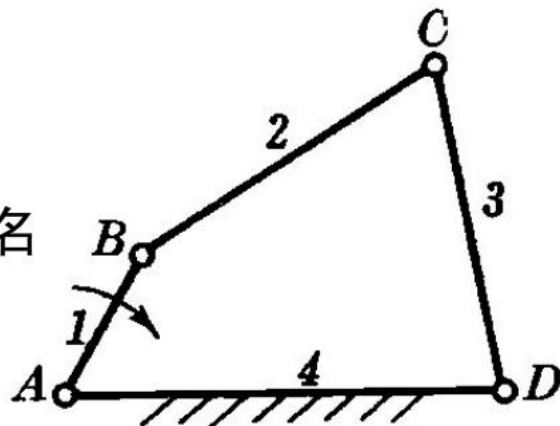
- ①由于运动积累误差较大，因而影响传动精度；
- ②由于惯性力不好平衡而不适于高速传动；
- ③设计方法比较复杂。

二、平面连杆机构的基本形式及演化

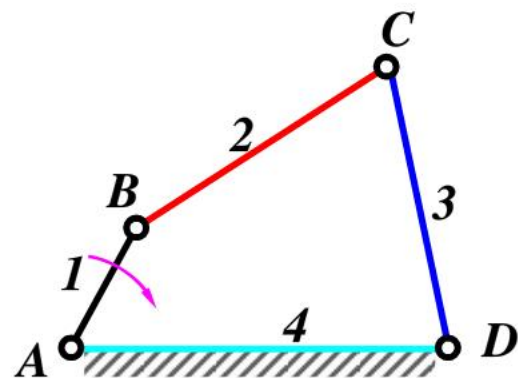
➤ 四杆机构各部分的名称：



机构命名：原动件名 + 输出构件名
(也可以几何特点命名)



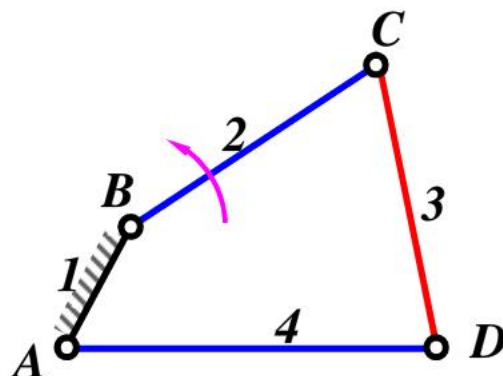
三、不同构件作为机架时的四杆机构



曲柄摇杆机构

✓ 构件2为机架——曲柄摇杆机构

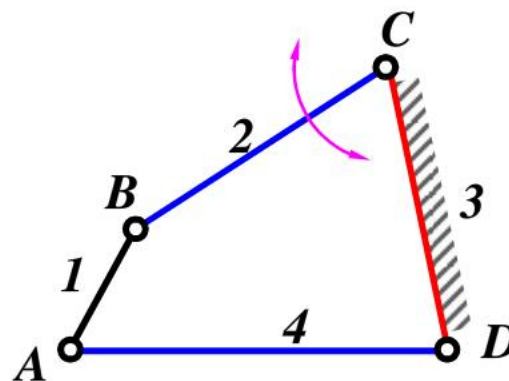
✓ 构件4为机架——曲柄摇杆机构



双曲柄机构

✓ 构件1为机架——双曲柄机构

✓ 构件3为机架——双摇杆机构



双摇杆机构

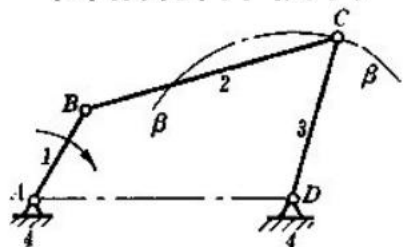
低副运动的可逆性：

在低副机构中，取不同构件作为机架时，任意两个构件间的相对运动关系不变。

四、平面连杆机构的演化

1) 含有一个移动副的四杆机构——演化型式I

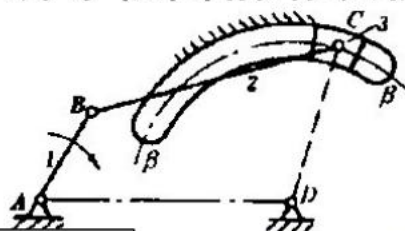
曲柄摇杆机构



变摇杆
为滑块

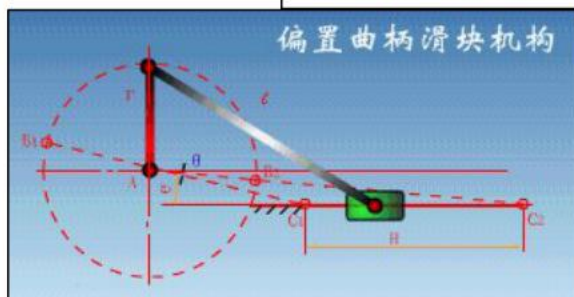


曲线导轨曲柄滑块机构

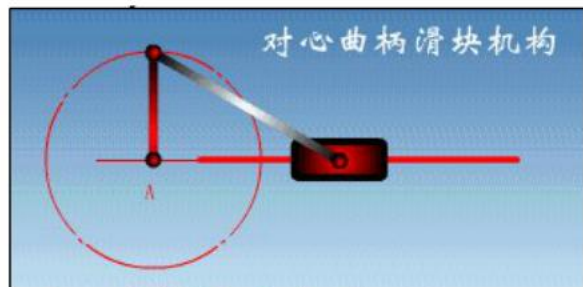


摇杆尺寸为无穷大

曲柄摇杆机构

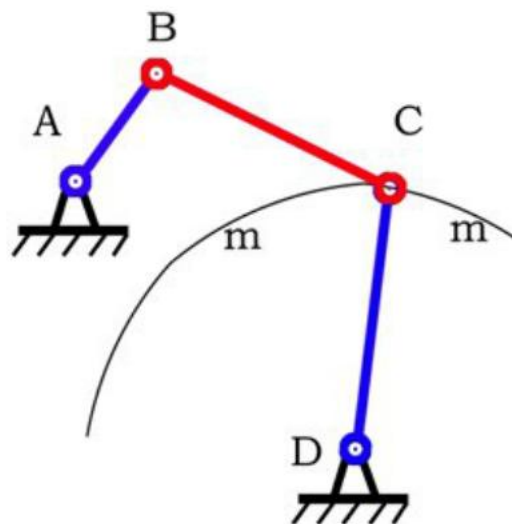


偏置曲柄滑块机构



对心曲柄滑块机构

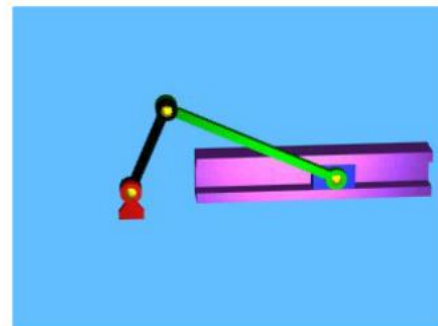
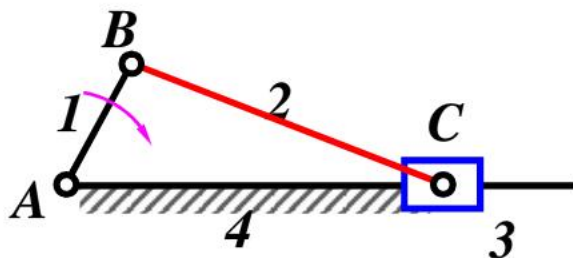
$e=0$



1. 曲柄滑块机构

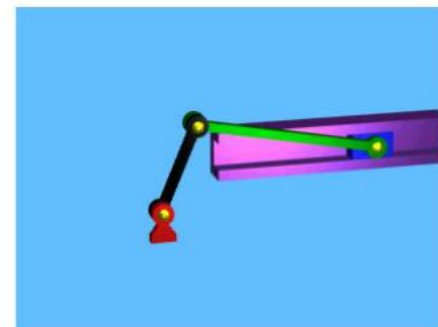
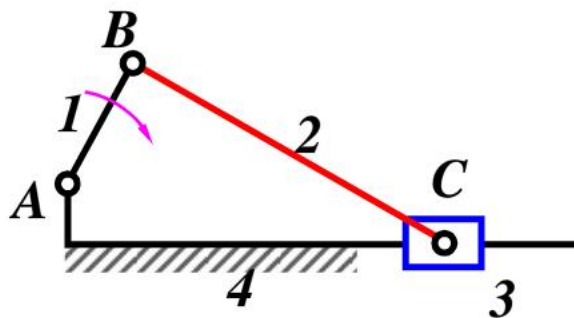
对心

曲柄滑块机构



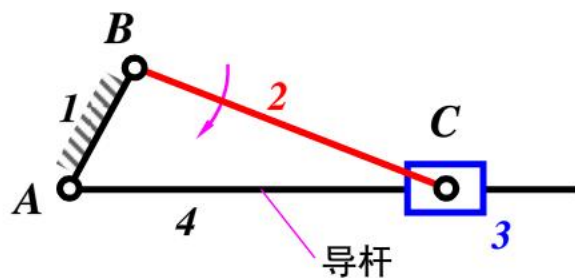
偏置

曲柄滑块机构

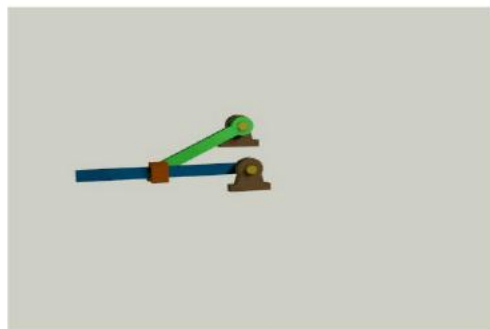


功能： 连续转动 \longleftrightarrow 往复移动

2. 导杆机构

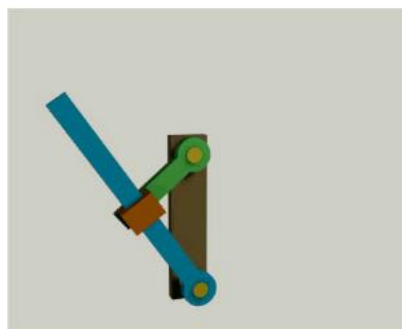
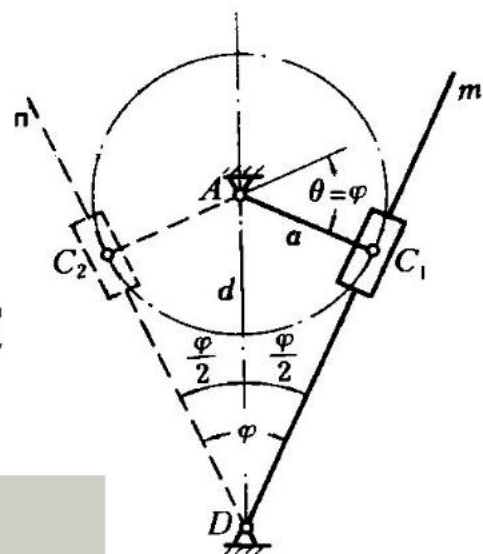


★回转导杆机构——
导杆能作整周转动



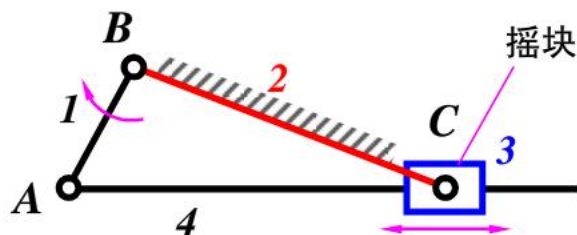
★摆动导杆机构——

导杆只能在一定的
角度内摆动



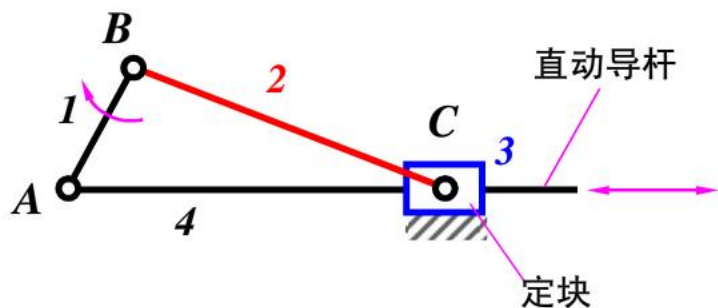
功能 连续转动 \longleftrightarrow 连续转动 连续转动 \longleftrightarrow 往复摆动

3. 曲柄摇块机构



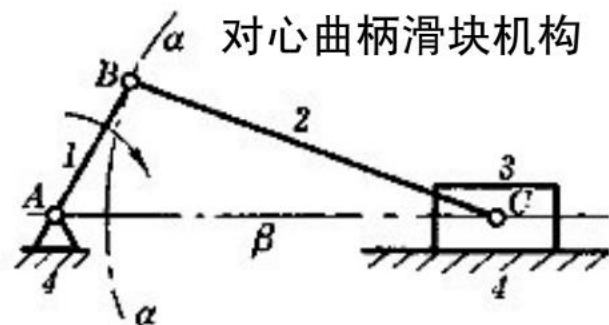
功能： 连续转动 \longleftrightarrow 往复摆动

4. 直动导杆机构

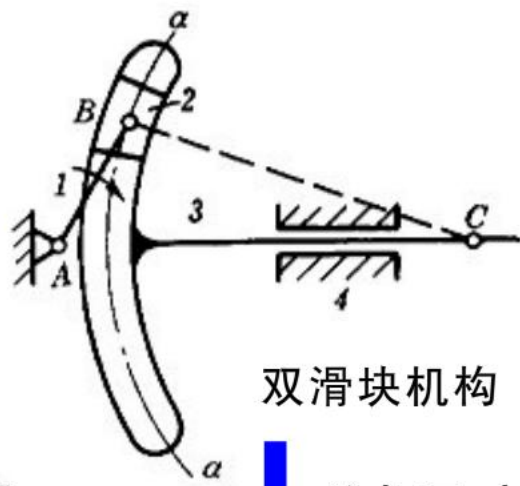


功能： 往复摆动 \longleftrightarrow 往复移动

2) 含有两个移动副的四杆机构——演化型式II



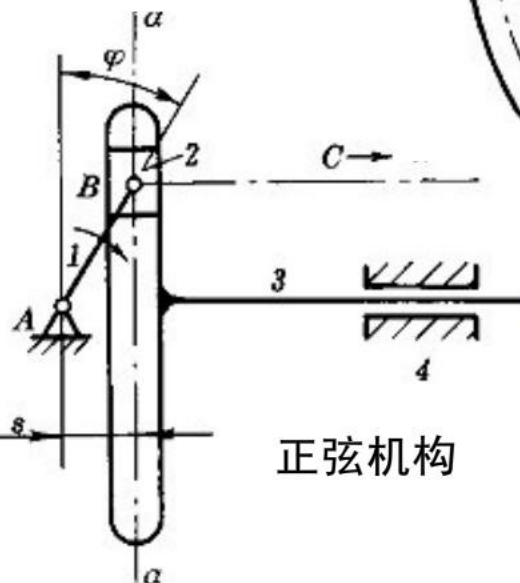
变连杆
为滑块



从动件3的位移与原动件1的转角成正比:

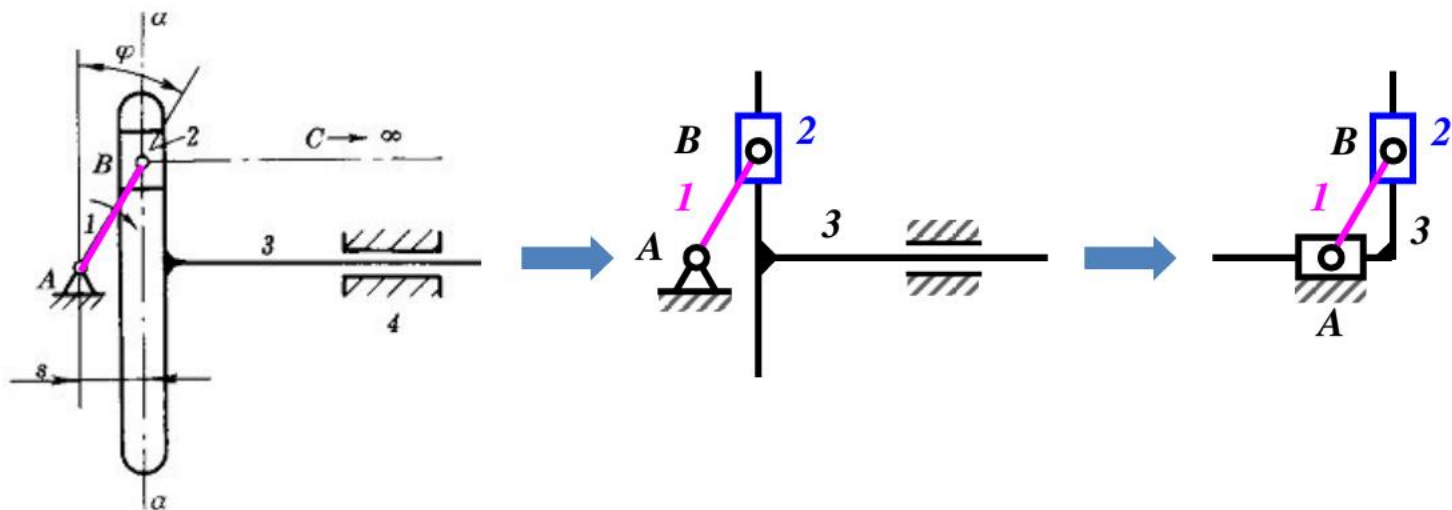
$$s = l_{AB} \sin \varphi$$

移动副可认为是回转中心在无穷远处的转动副演化而来



连杆尺寸为无穷大

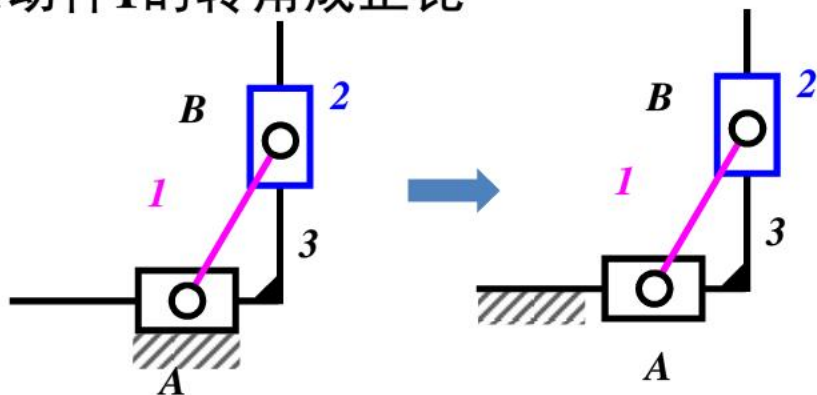
1. 正弦机构



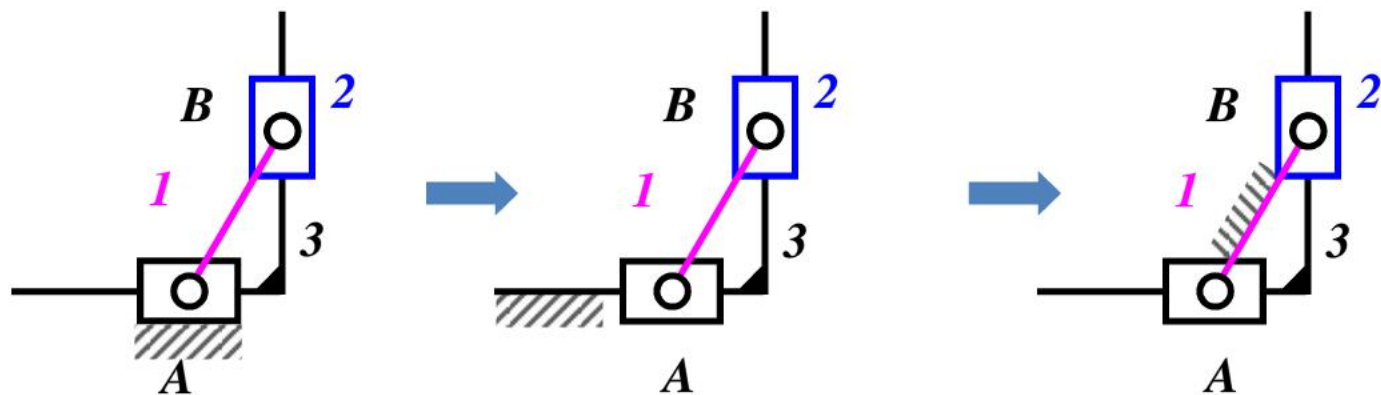
从动件3的位移与原动件1的转角成正比

$$s = l_{AB} \sin \varphi$$

2. 双滑块机构



3. 双转块机构



五、平面四杆机构存在曲柄的条件

◆ 周转副的条件：

1) 最短杆长度+最长杆长度 \leq 其余两杆长度之和——杆长条件
最短杆两端的转动副均为周转副；其余转动副为摆动副。

◆ 曲柄存在条件： $l_{\min} + l_{\max} \leq l_4 + l_3$

2) 连架杆或机架中必有一杆是最短杆。

六、急回运动特性

极位——输出构件的极限位置

摆角 ϕ ——两极限位置所夹的锐角

极位夹角 θ ——当输出构件在两极位时，原动件所处两个位置之间所夹的锐角。

急回运动

原动件作匀速转动，从动件作往复运动的机构，从动件正行程的平均速度慢于反行程的平均速度的现象——急回运动

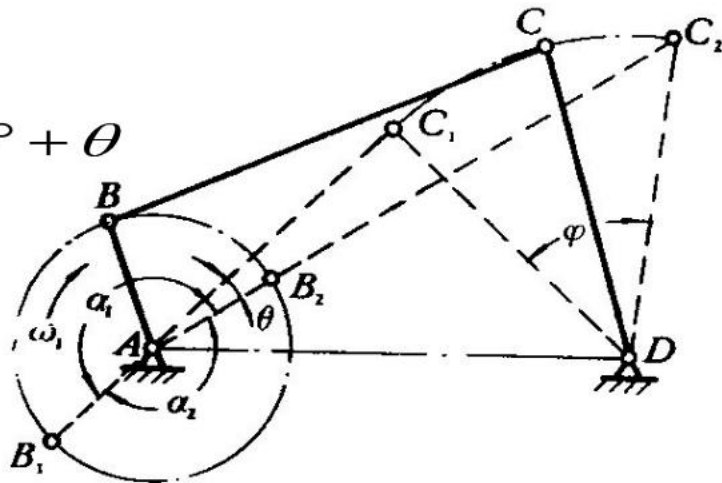
► 急回运动机理

a) 曲柄转过

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

摇杆上C点摆过: $\widehat{C_1C_2}$

所用时间: $t_1 = \frac{\alpha_1}{\omega_1} = \frac{180^\circ + \theta}{\omega_1}$



b) 曲柄转过 $\alpha_2 = 180^\circ - \theta$

摇杆上C点摆过: $\widehat{C_2C_1}$ 所用时间: $t_2 = \frac{\alpha_2}{\omega_1} = \frac{180^\circ - \theta}{\omega_1}$

$$\because \alpha_1 > \alpha_2 \therefore t_1 > t_2$$

c) 设两过程的平均速度为 V_1 、 V_2 :

$$V_1 = \frac{\overline{C_1C_2}}{t_1}; V_2 = \frac{\overline{C_2C_1}}{t_2}$$

$\because t_1 > t_2 \longrightarrow \therefore V_2 > V_1$ 回程速度大于正行程速度。

急回作用具有方向性, 当原动件的回转方向改变时, 急回的行程也随之改变。

行程速比系数K

为表明急回运动程度，用行程速度变化系数K 来衡量，作为机构的基本运动特征参数。定义为反正行程速度比，即

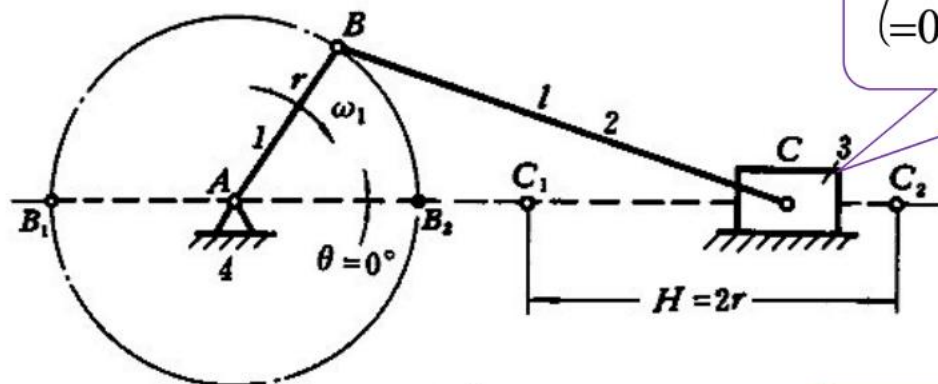
$$K = \frac{v_2}{v_1} = \frac{C_1 C_2 / t_2}{C_1 C_2 / t_1} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \Rightarrow K = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta} \geq 1$$

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

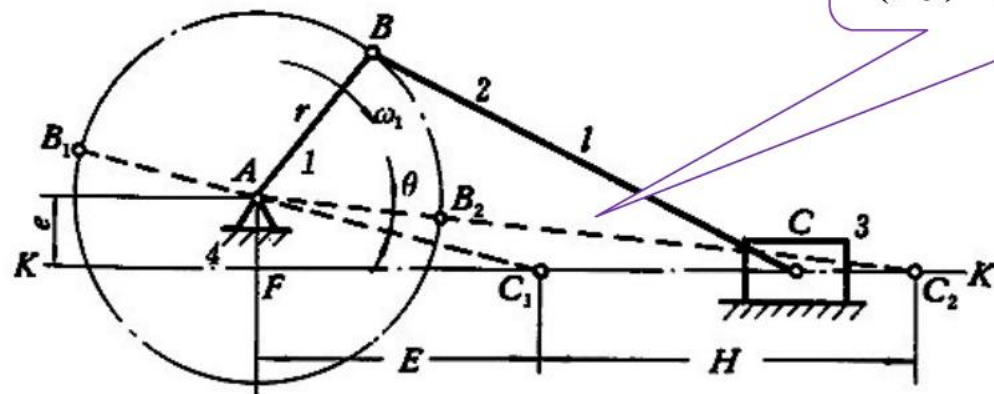
讨论：

- 1) 当 $\theta \neq 0$ 时，机构具有急回运动特性；
- 2) $\theta \uparrow \Rightarrow K \uparrow$ ，急回运动特性愈显著。

例：曲柄滑块机构

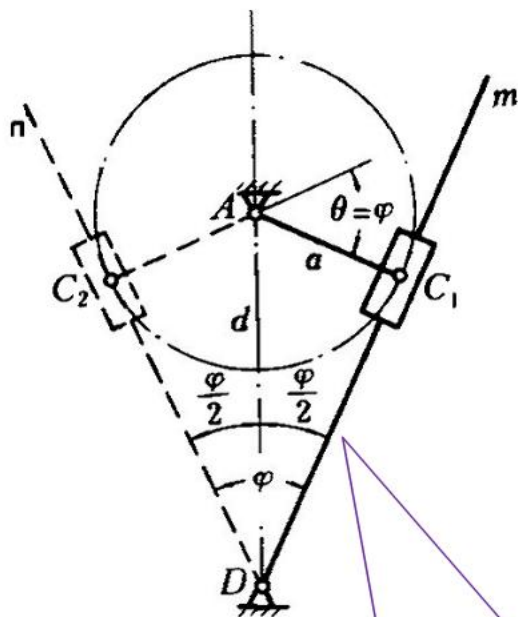


对心曲柄滑块机构
($\epsilon=0$, $K=1$, 无急回运动)



偏置曲柄滑块机构
($\epsilon \neq 0$, $K \neq 1$, 有急回运动)

摆动导杆机构



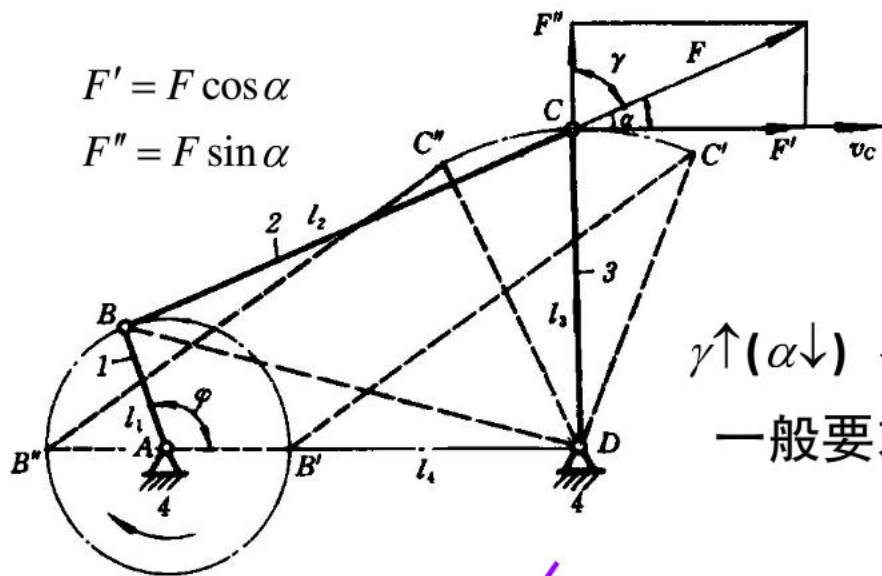
($\neq 0$, $K \neq 1$, 有急回运动)

七、平面四杆机构的压力角与传动角

$$\gamma = 90^\circ - \alpha$$

$$F' = F \cos \alpha$$

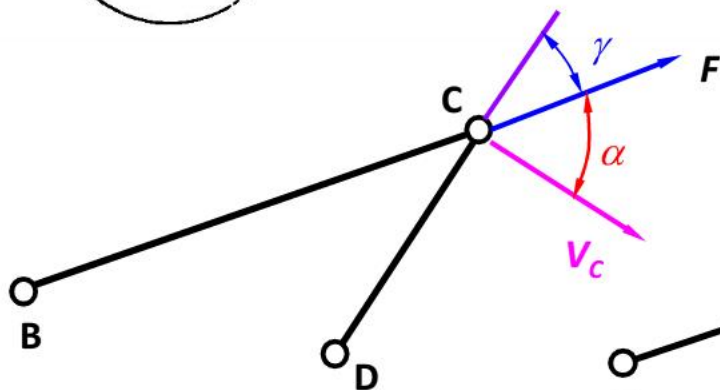
$$F'' = F \sin \alpha$$



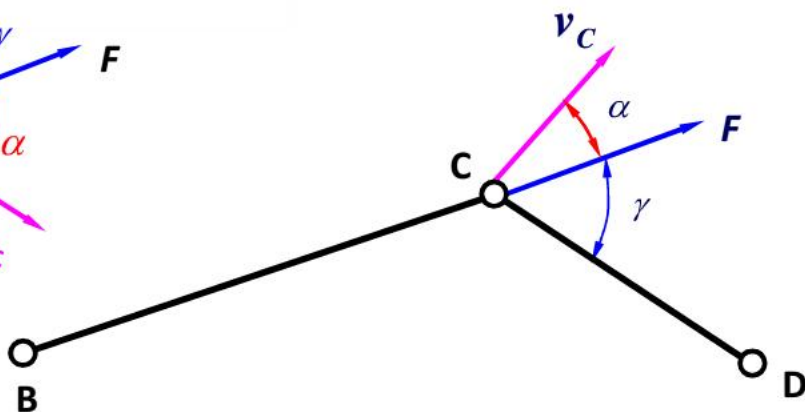
机构常用传动角大小
及变化来衡量机构传
力性能的好坏。

$\gamma \uparrow (\alpha \downarrow) \rightarrow F' \uparrow \rightarrow$ 机构传动越有利

一般要求: $\gamma_{\min} \geq 40^\circ \sim 50^\circ$



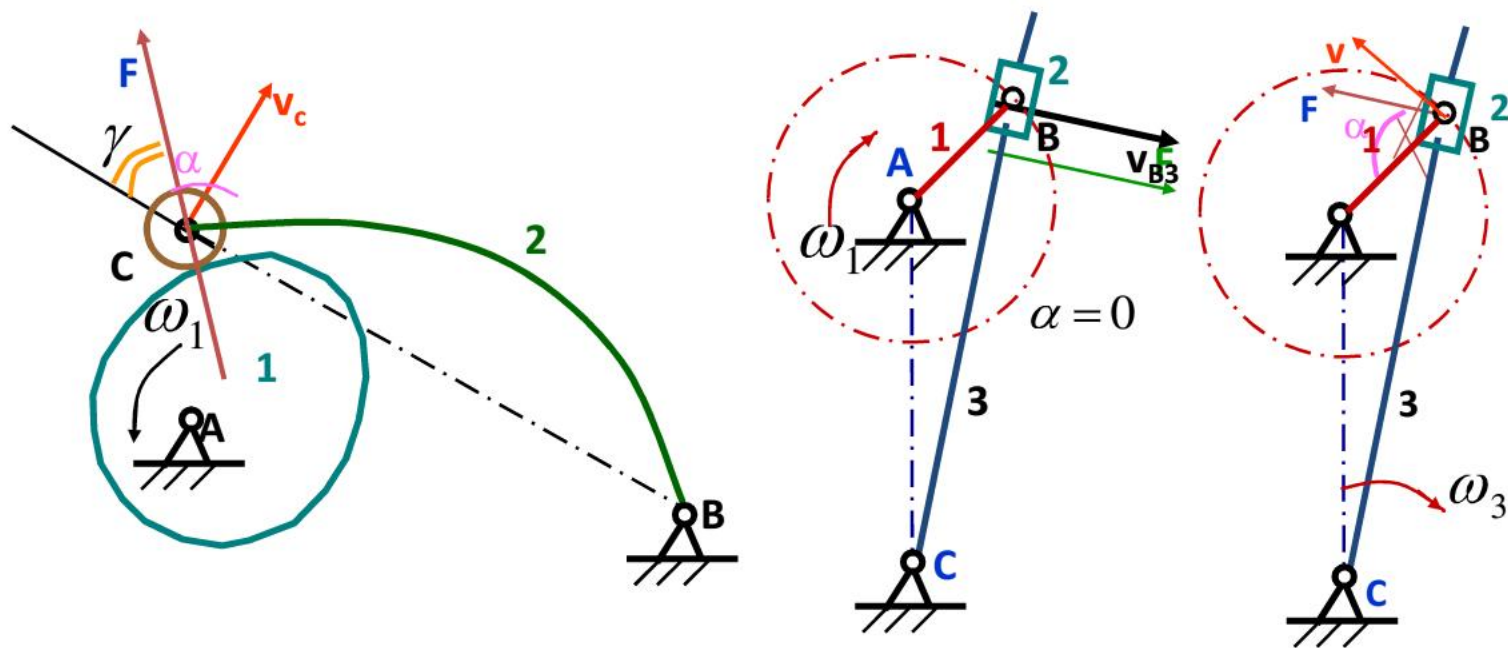
当 $\angle BCD \leq 90^\circ$ 时, $\gamma = \angle BCD$



当 $\angle BCD > 90^\circ$ 时, $\gamma = 180^\circ - \angle BCD$

★ 曲柄与机架共线时，出现最小传动角。

例：标出机构在图示位置的压力角与传动角

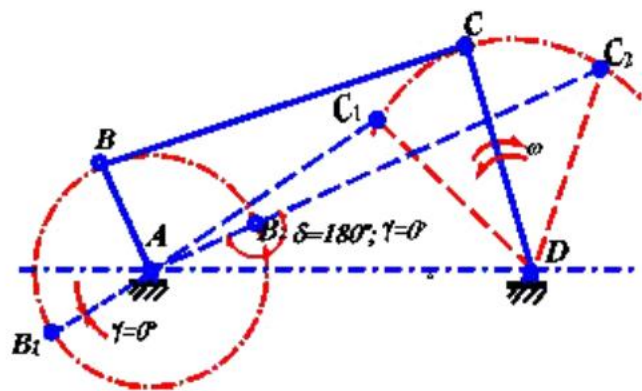


八、死点位置

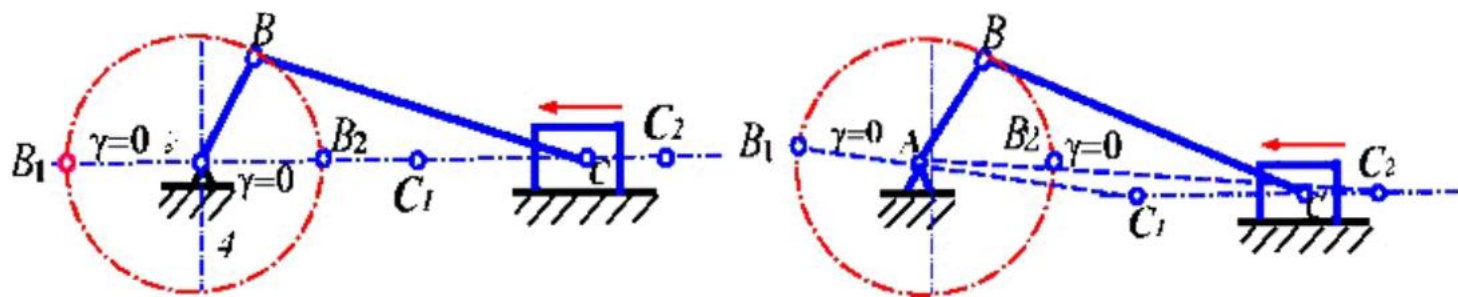
★当输出构件与连杆共线时，机构出现死点。

特别注意： 机构有无死点与原动件选取有关

曲柄摇杆机构的死点位置



曲柄滑块机构的死点位置

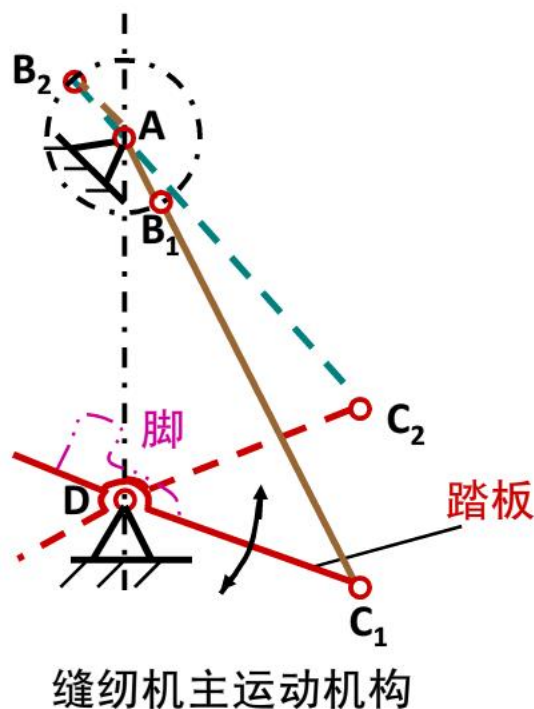


机构通过死点采取的措施

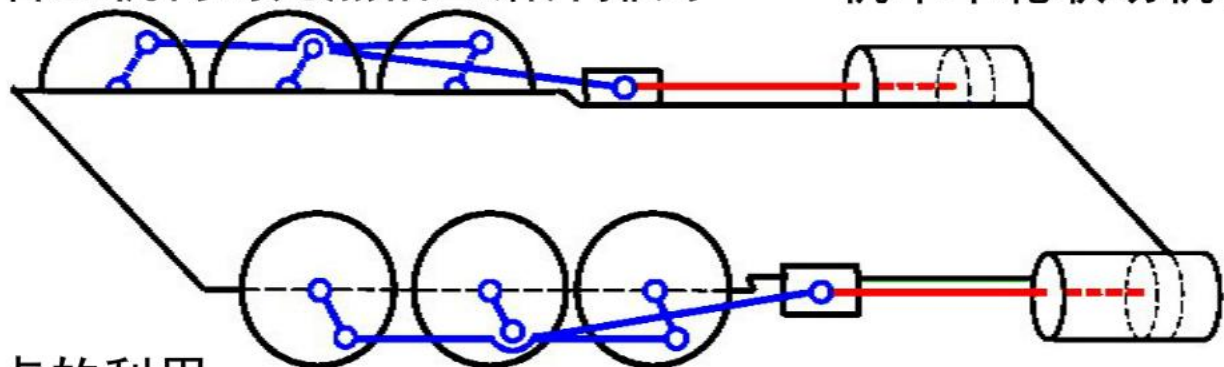
对于传动机构来讲，死点是不利的，应采取措施使机构能顺利通过死点位置。

✓ 利用惯性

—— 缝纫机脚踏板机构



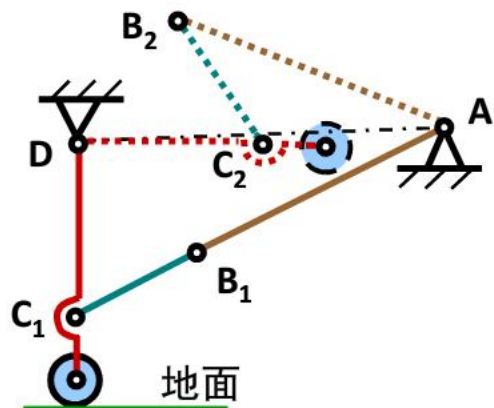
✓ 使各组机构的死点相互错开排列 —— 机车车轮联动机构



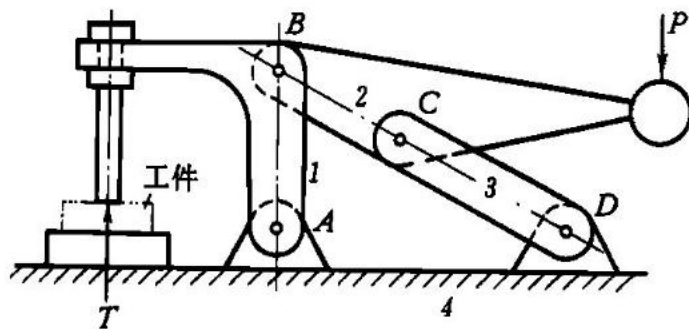
死点的利用

工程实践中，常利用死点来实现特定的工作要求。

飞机起落架机构



工件夹紧机构



九、用图解法设计四杆机构

1. 按给定的行程速比系数 K 设计四杆机构——实现给定运动要求
 2. 按连杆预定位置设计四杆机构——实现给定连杆位置（轨迹）要求
1. 按给定的行程速比系数 K 设计
◆ 曲柄摇杆机构

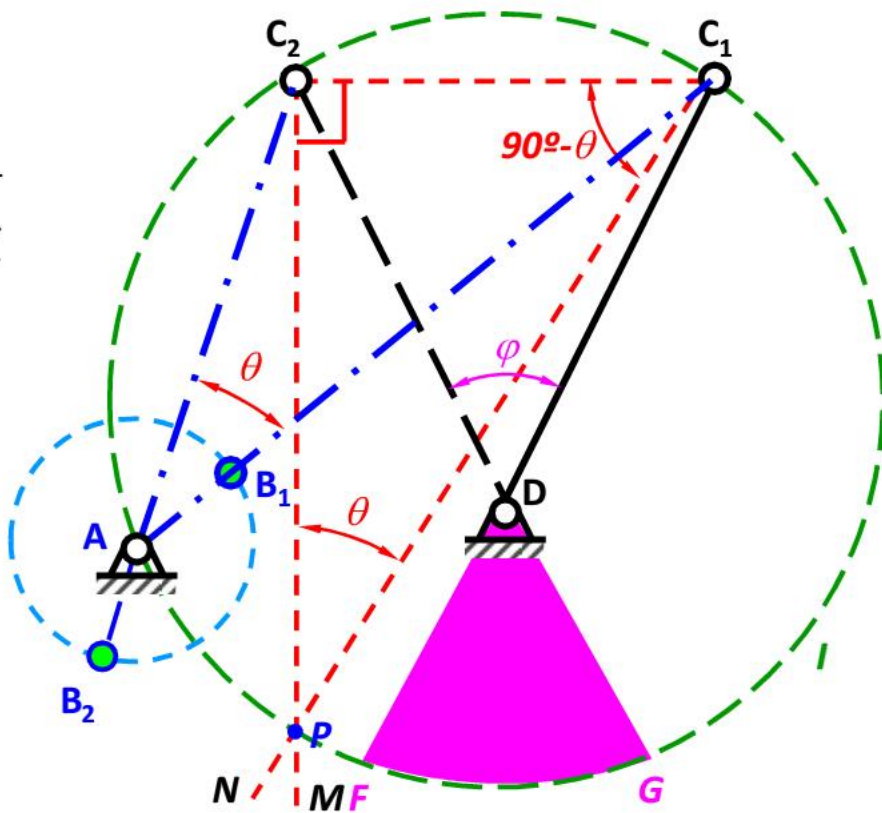
设计要求：已知摇杆的长度 CD 、摆角 φ 及行程速比系数 K 。

设计过程：

- 1) 计算极位夹角：
$$\theta = 180^\circ \frac{K - 1}{K + 1}$$
- 2) 选定机构比例尺，作出极位图：

- 3) 联 C_1C_2 ，过 C_2 作 $C_1M \perp C_1C_2$ ；另过 C_1 作 $\angle C_2C_1N=90^\circ-\theta$ 射线 C_1N ，交 C_1M 于P点；
- 4) 以 C_1P 为直径作圆I，则该圆上任一点均可作为A铰链，有无穷多解。

(除弧FG以外)



设曲柄长度为 a ，连杆长度为 b ，则：

$$\overline{AC_1} = b + a$$

$$\overline{AC_2} = b - a$$

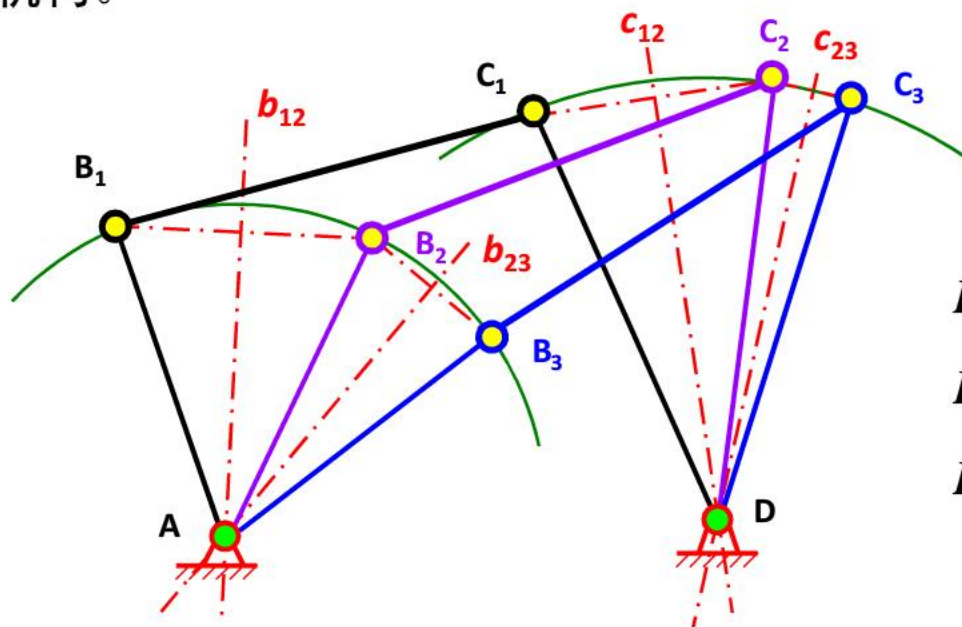


$$a = \frac{\overline{AC_1} - \overline{AC_2}}{2}$$

$$b = \frac{\overline{AC_1} + \overline{AC_2}}{2}$$

2. 按预定的运动轨迹设计

已知连杆上在运动过程中的三个位置 B_1C_1 、 B_2C_2 、 B_3C_3 ，设计四杆机构。



$$L_{AB} = \mu_i \overline{AB_1}$$

$$L_{CD} = \mu_i \overline{C_1D}$$

$$L_{AD} = \mu_i \overline{AD}$$

唯一解

十、实验法设计实现给定连杆轨迹的四杆机构

实验法的一种：

连杆曲线仪

图谱法：

设给定机构ABCD的各杆长度，在连杆BC上固定一板，板上开若干小孔，当机构运动时，采用适当方法将各小孔所走的不同轨迹记录在机架平面上。改变各杆长度重复操作就可以得到一本轨迹图谱。

