

第4章 平面连杆机构

基本内容

1. 连杆机构的基本概念

① 铰链四杆机构的基本形式、应用及演化

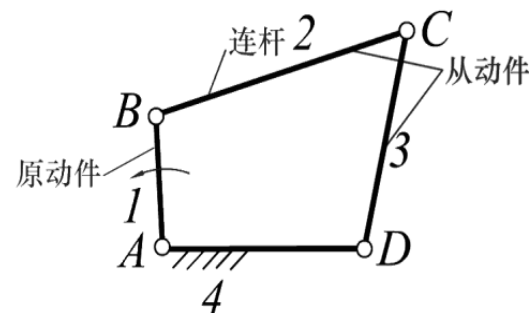
② 平面四杆机构的特性

2. 平面连杆机构的设计

学习重点

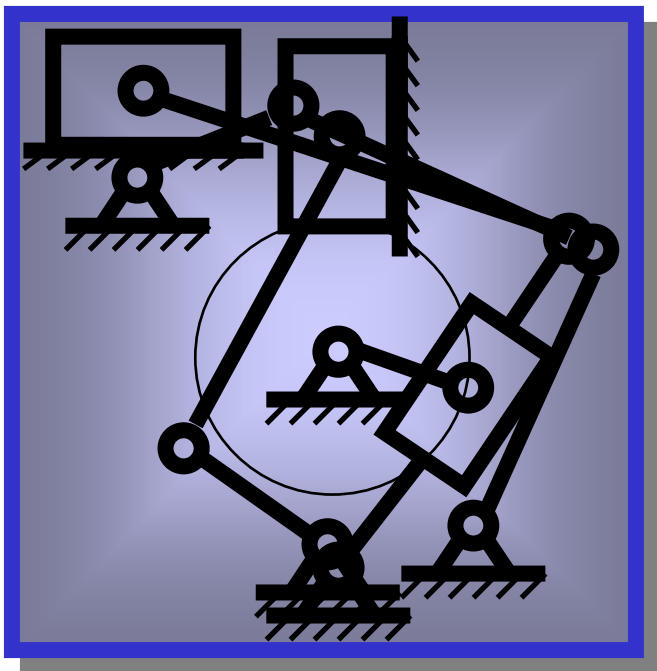
1. 连杆机构的特性；

2. 图解法设计平面四杆机构。



铰链四杆机构

连杆机构特点:



连杆机构—低副机构

优点:

1. 面接触, 压强小, 承受大载荷;
2. 通过改变各构件相对长度, 可使从动件获得不同的运动规律;
3. 可实现各种不同的轨迹要求。

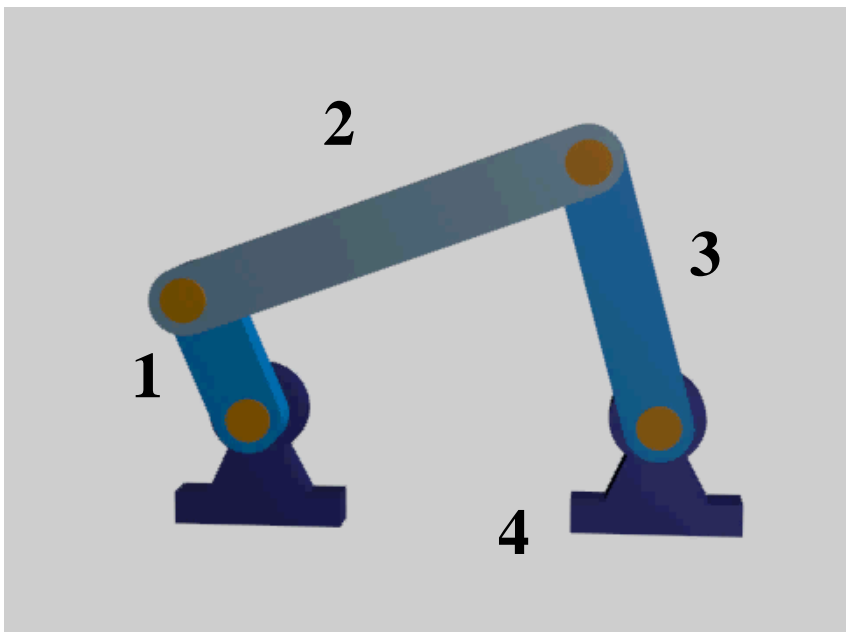
缺点：

- 1.运动链长，产生累积误差大，效率低；**
- 2.存在动载荷，不宜高速传动。**

第4章 平面连杆机构

4.1 铰链四杆机构的基本类型及其演化

4.1.1 铰链四杆机构的基本类型



铰链四杆机构的组成：

构件1, 3 --- 连架杆

构件 2 --- 连杆

构件 4 --- 机架

曲柄： 能作整周转动的连架杆

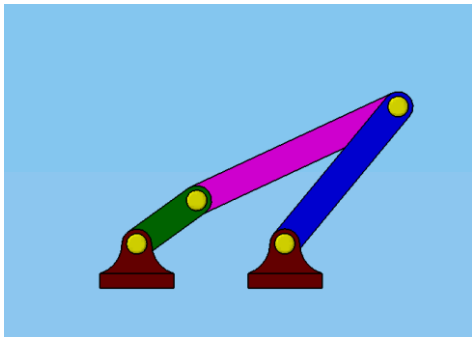
摇杆： 只能在一定角度范围内摆动的连架杆

连杆： 连接两连架杆，作平面运动

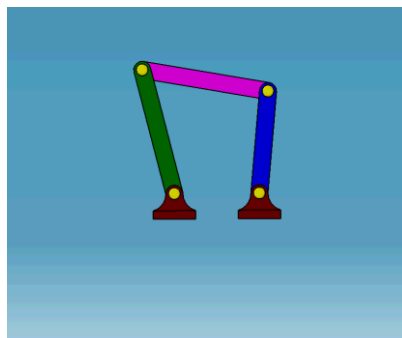
周转副：组成转动副的两构件能作整周相对转动，该转动副称为周转副。

摆转副：组成转动副的两构件不能作整周相对转动的转动副称为摆转副。

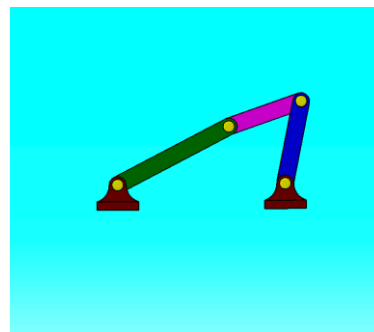
基本型式：



1.曲柄摇杆机构

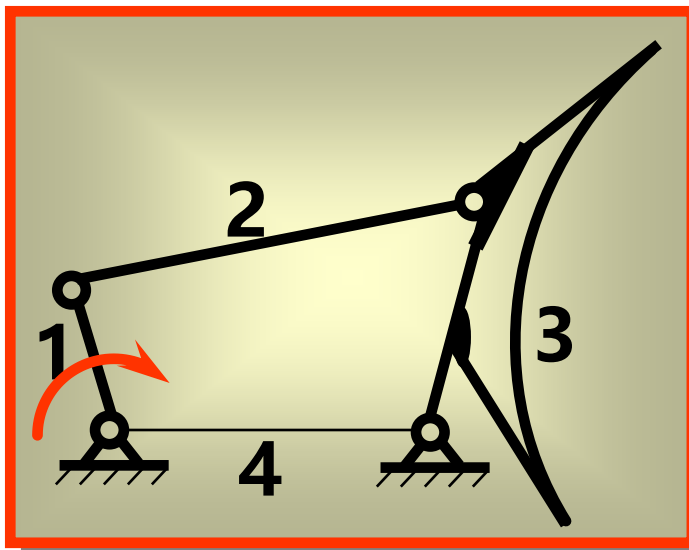


2.双曲柄机构

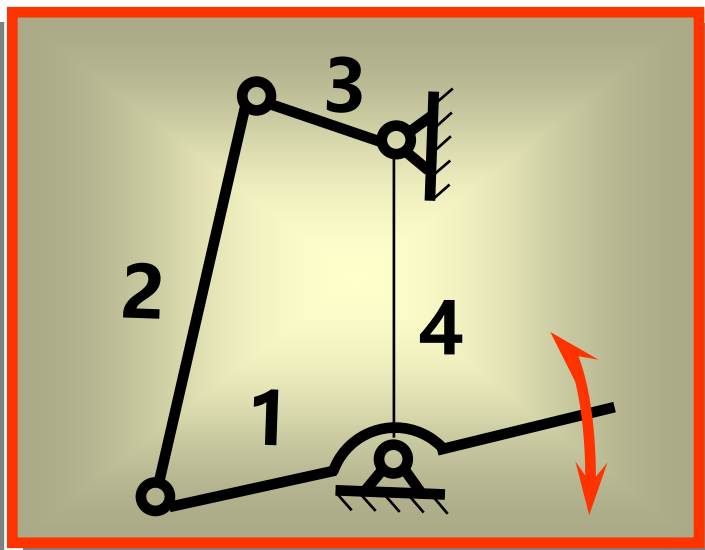


3.双摇杆机构

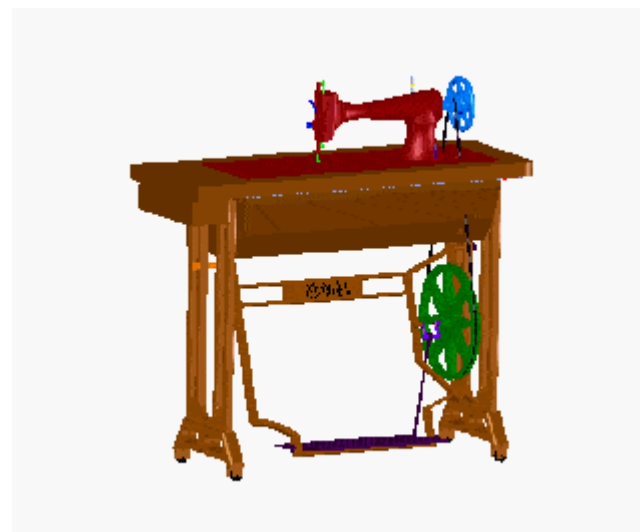
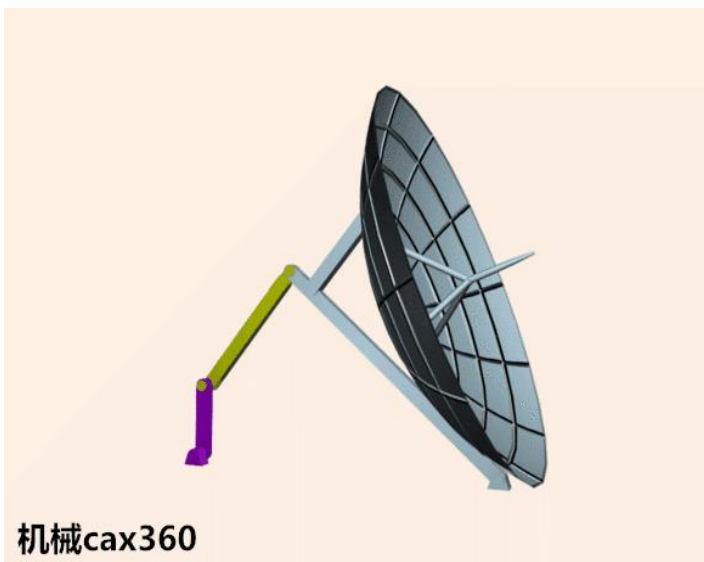
1. 曲柄摇杆机构



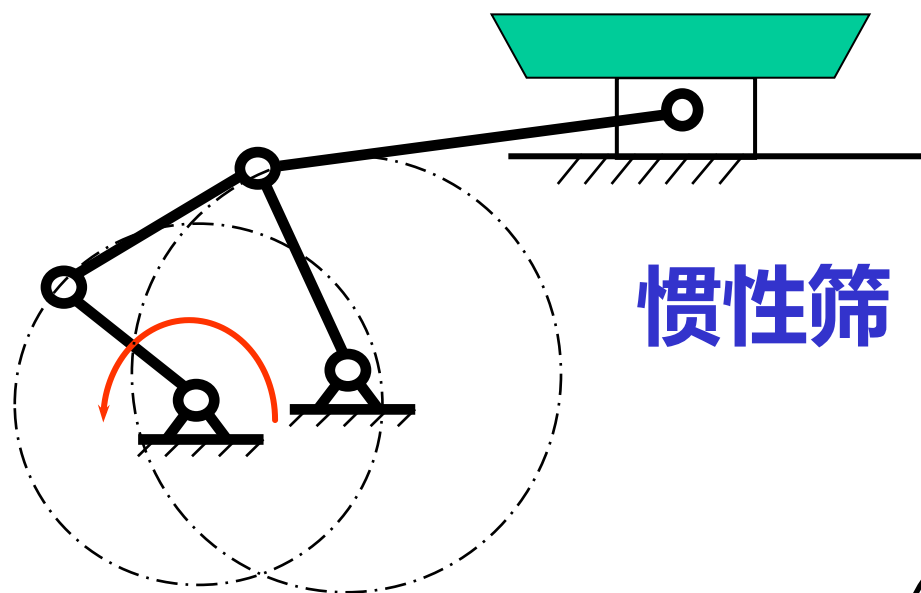
雷达天线俯仰机构



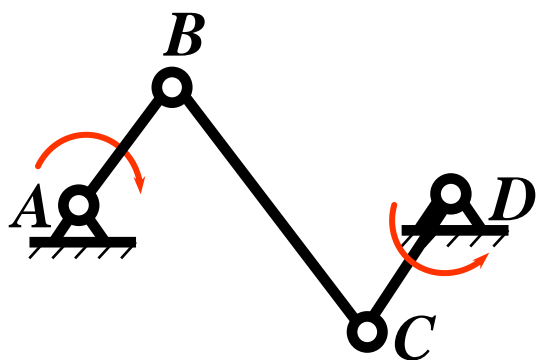
缝纫机的脚踏板机构



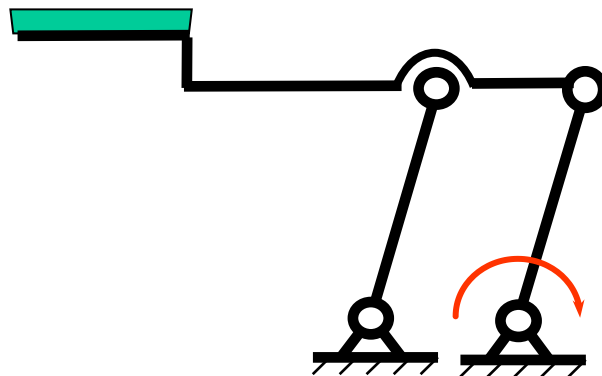
2. 双曲柄机构



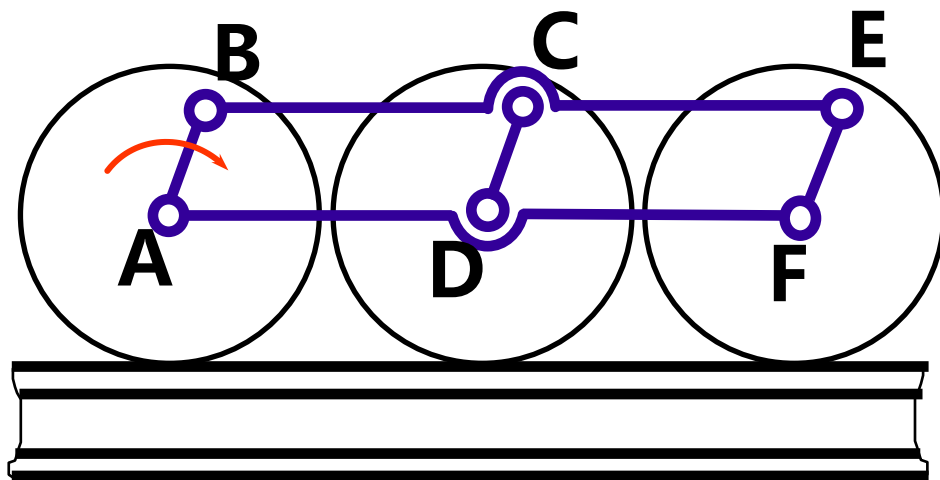
惯性筛



车门开闭机构

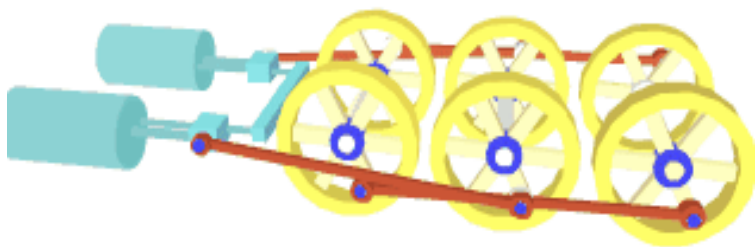


平台升降机构



机车车轮的联动机构

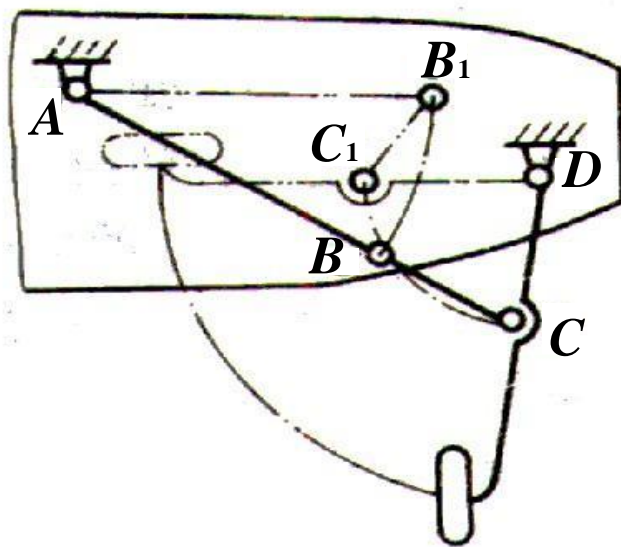
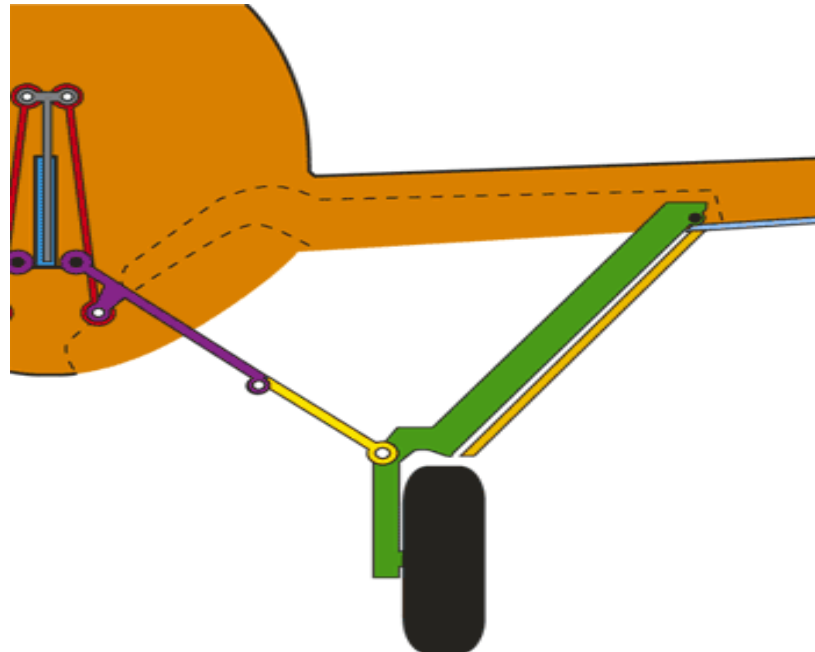
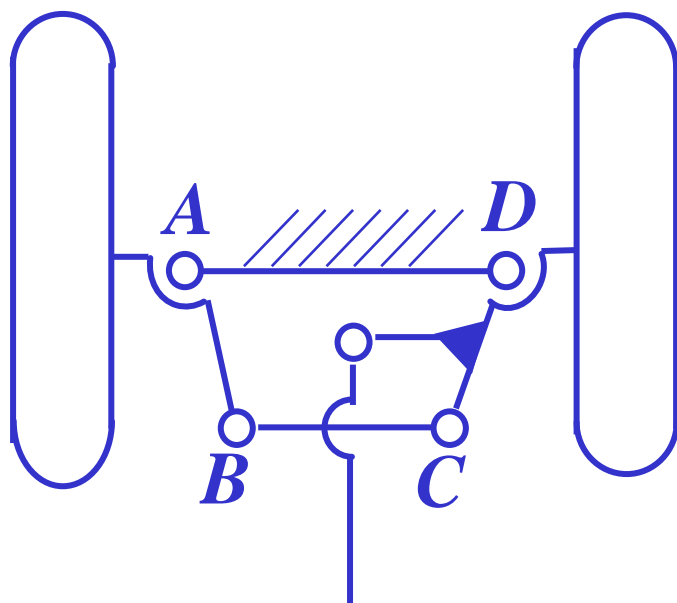
机工教育



机械cax360

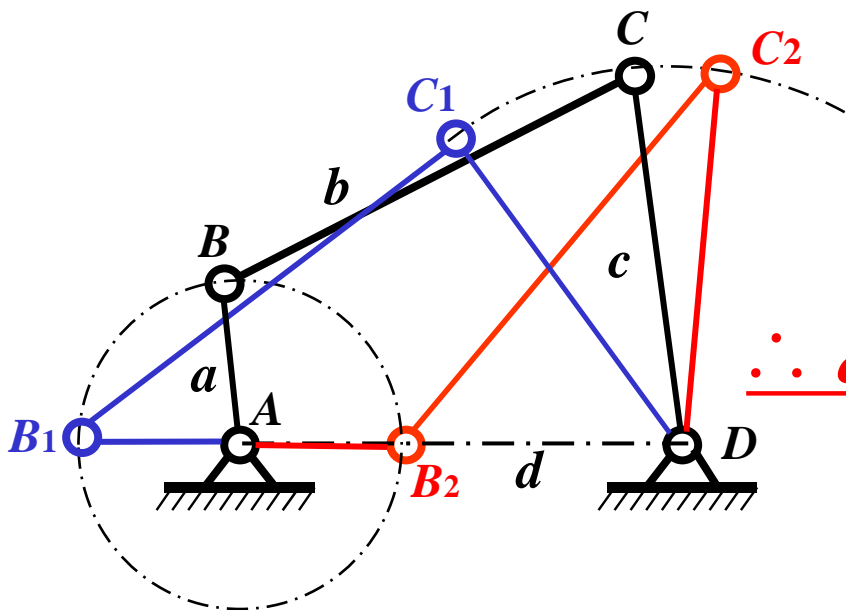
3.双摇杆机构

汽车、拖拉机的转向机构



飞机起落架机构

4.1.2 铰链四杆机构曲柄存在条件



设 $a \leq d$

由 $\triangle B_1 C_1 D$

$$\therefore a + d \leq c + b$$

$$\therefore b \leq (d - a) + c$$

$$\therefore a + b \leq d + c$$

$$\therefore c \leq (d - a) + b$$

$$\therefore a + c \leq d + b$$

若设 $d \leq a$, 同理可得

$$d + a \leq c + b$$

$$d + b \leq c + a$$

$$d + c \leq a + b$$

得 $d \leq a$, $d \leq b$, $d \leq c$

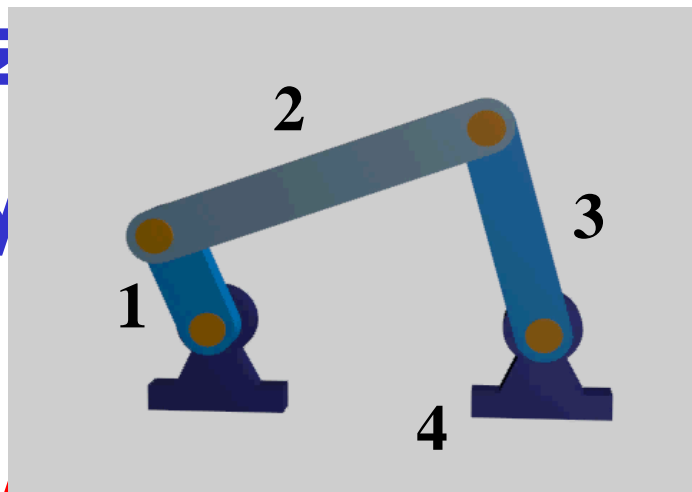
即 d 为最短杆

得 $a \leq b$

$$a \leq c$$

$$a \leq d$$

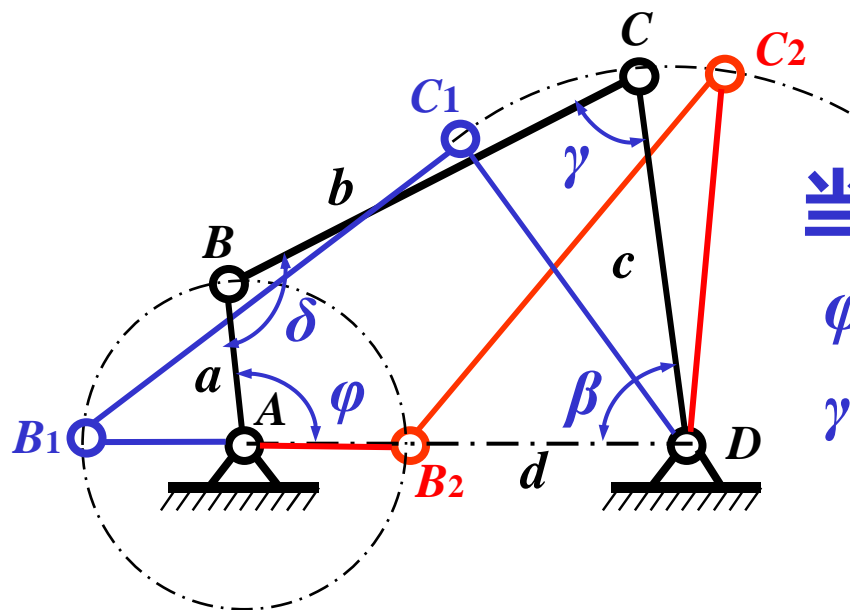
即 a 为最短杆



铰链四杆机构曲柄存在条件:

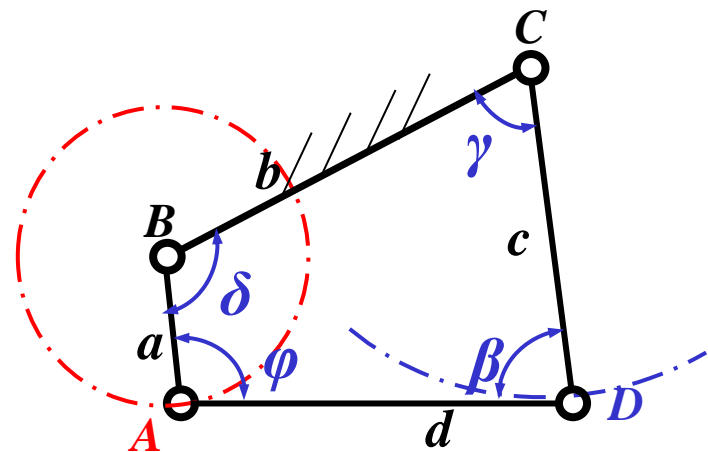
- 1.最短杆与最长杆长度之和
小于或等于其余两杆长度之和。
- 2.曲柄和机架中必有一杆为最短杆。

存在曲柄的
必要条件
(杆长条件)

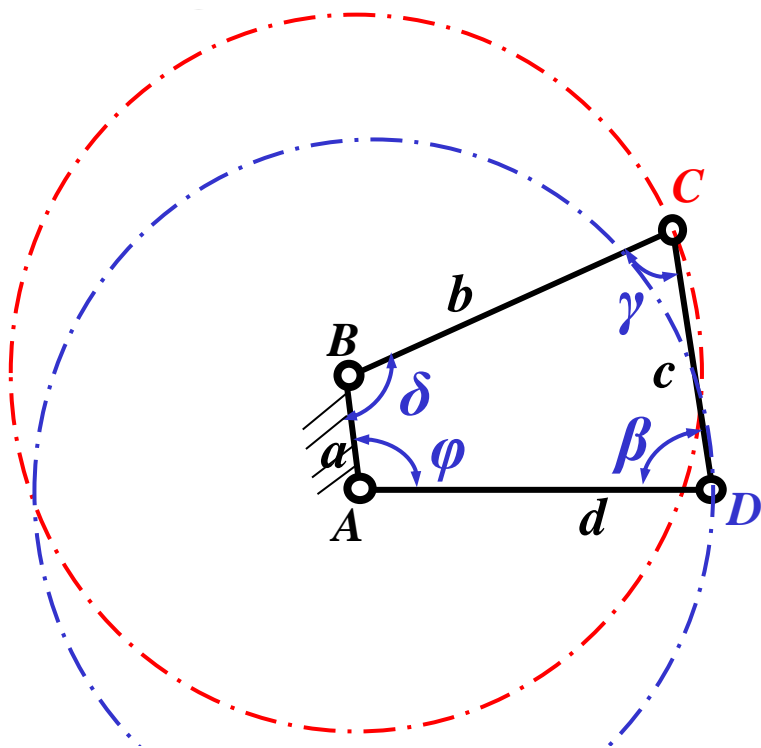


当四杆长度满足杆长条件时,
 φ 、 δ 可在 $0\sim 360$ 度内变化,
 γ 、 β 只能在一定范围内变化。

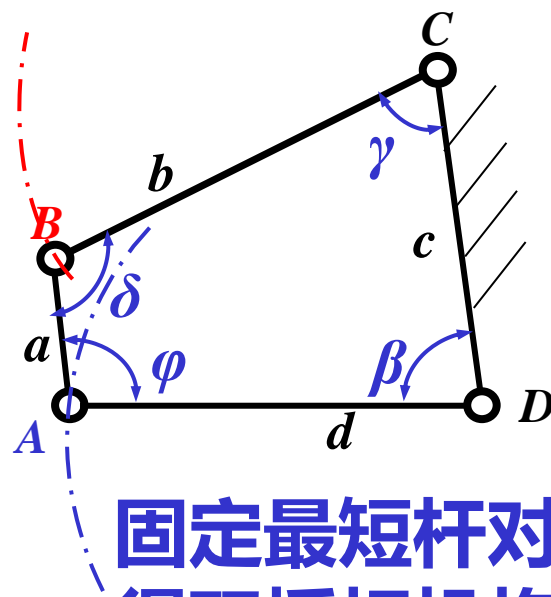
当四杆长度**不满足**杆长条件时，无论固定任何杆件均得**双摇杆机构**



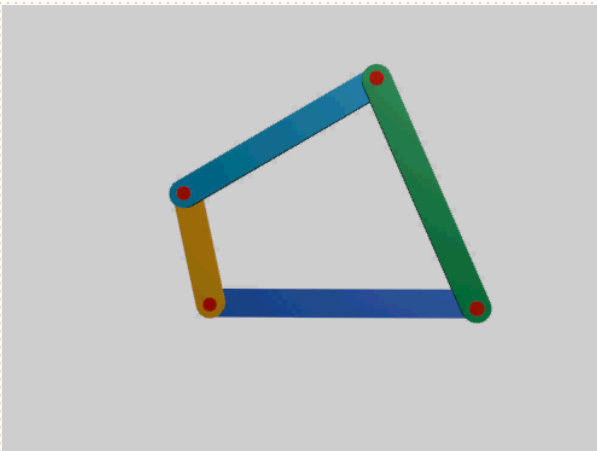
固定最短杆的邻边，
得曲柄摇杆机构



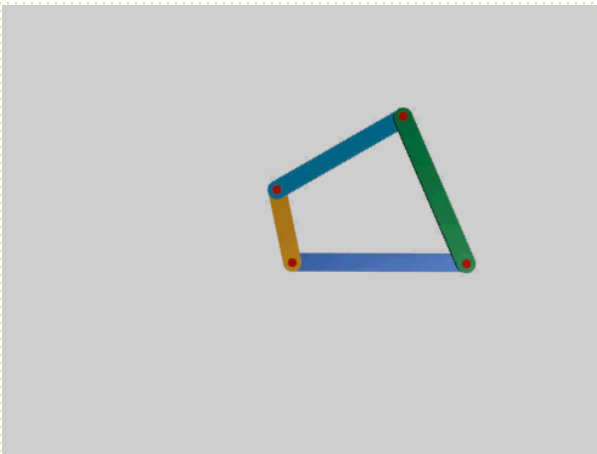
固定最短杆，得双曲柄机构



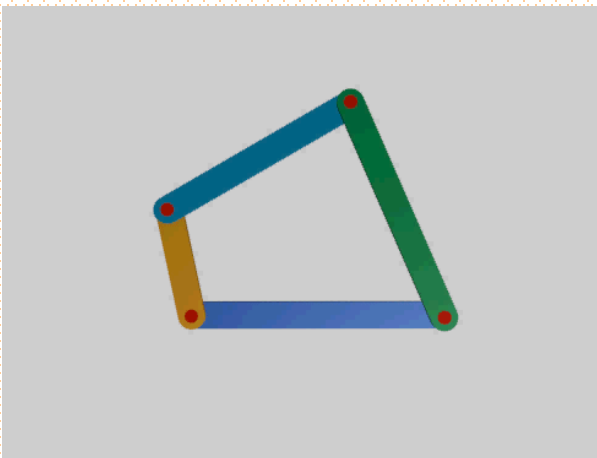
固定最短杆对边，
得双摇杆机构



1.固定最短杆邻边：
得曲柄摇杆机构；

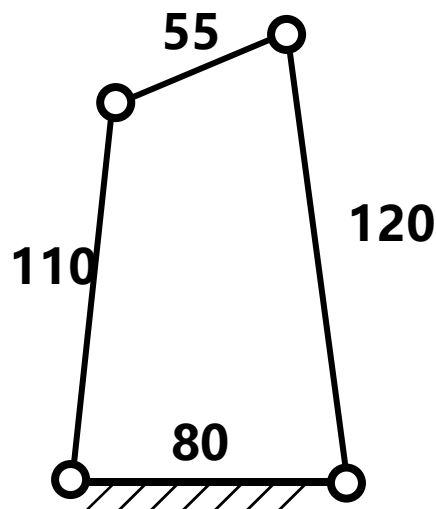


2.固定最短杆：
得双曲柄机构；



3.固定最短杆对边：
得双摇杆机构。

例：判定习题4-5 (d) 四杆机构的类型



$$\because 120+55 < 110+80$$

四杆长度满足杆长条件，
现取最短杆的对边杆为机架，
为双摇杆机构。

例2.已知：机构尺寸如图， AD 为机架。试问：

①若此机构为**曲柄摇杆机构**，求 L_{AB} 取值范围；

②若此机构为**双曲柄机构**，求 L_{AB} 取值范围；

③若此机构为**双摇杆机构**，求 L_{AB} 取值范围。

解： ①曲柄摇杆机构，曲柄应为最短杆，最短杆的邻边为机架。

$$L_{AB} + L_{BC} \leq L_{CD} + L_{AD}$$

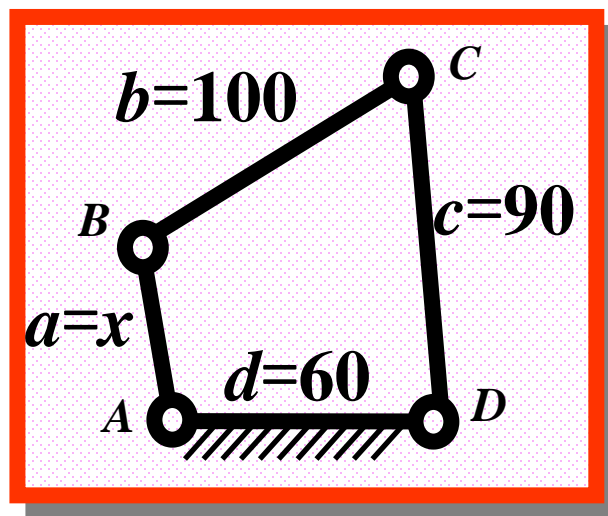
$$\therefore 0 \leq L_{AB} \leq 50\text{mm}$$

②双曲柄机构， AD 应为最短杆。

若 L_{AB} 长度居中，则 $L_{AD} + L_{BC} \leq L_{AB} + L_{CD} \therefore L_{AB} \geq 70\text{mm}$

若 L_{AB} 长度最长，则 $L_{AD} + L_{AB} \leq L_{BC} + L_{CD} \therefore L_{AB} \leq 130\text{mm}$

其结果应为 $70 \leq L_{AB} \leq 130\text{mm}$



③双摇杆机构，若满足杆长条件，应取最短杆对边作机架，显然题义不符合要求。按最短杆+最长杆 > 其余两杆之和，无论哪个构件作机架都为双摇杆机构。

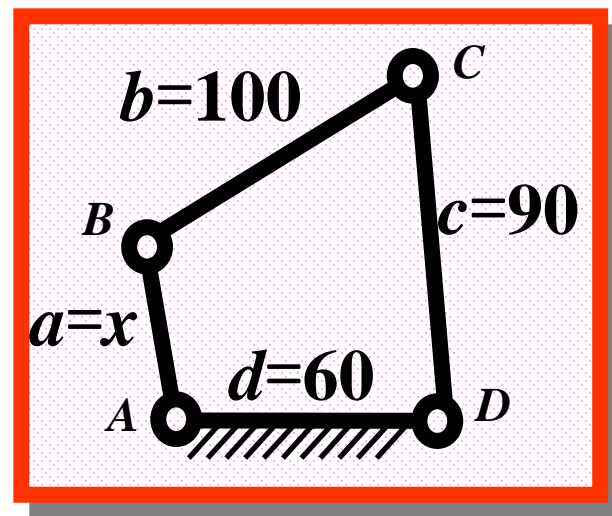
$$L_{AB} \text{ 最短, 则 } L_{AB} + L_{BC} > L_{CD} + L_{AD} \therefore L_{AB} > 50\text{mm}$$

$$L_{AB} \text{ 居中, 则 } L_{AD} + L_{BC} > L_{CD} + L_{AB} \therefore L_{AB} < 70\text{mm}$$

$$L_{AB} \text{ 最长, 则 } L_{AB} + L_{AD} > L_{CD} + L_{BC} \therefore L_{AB} > 130\text{mm}$$

结果为: $50 < L_{AB} < 70\text{mm}$

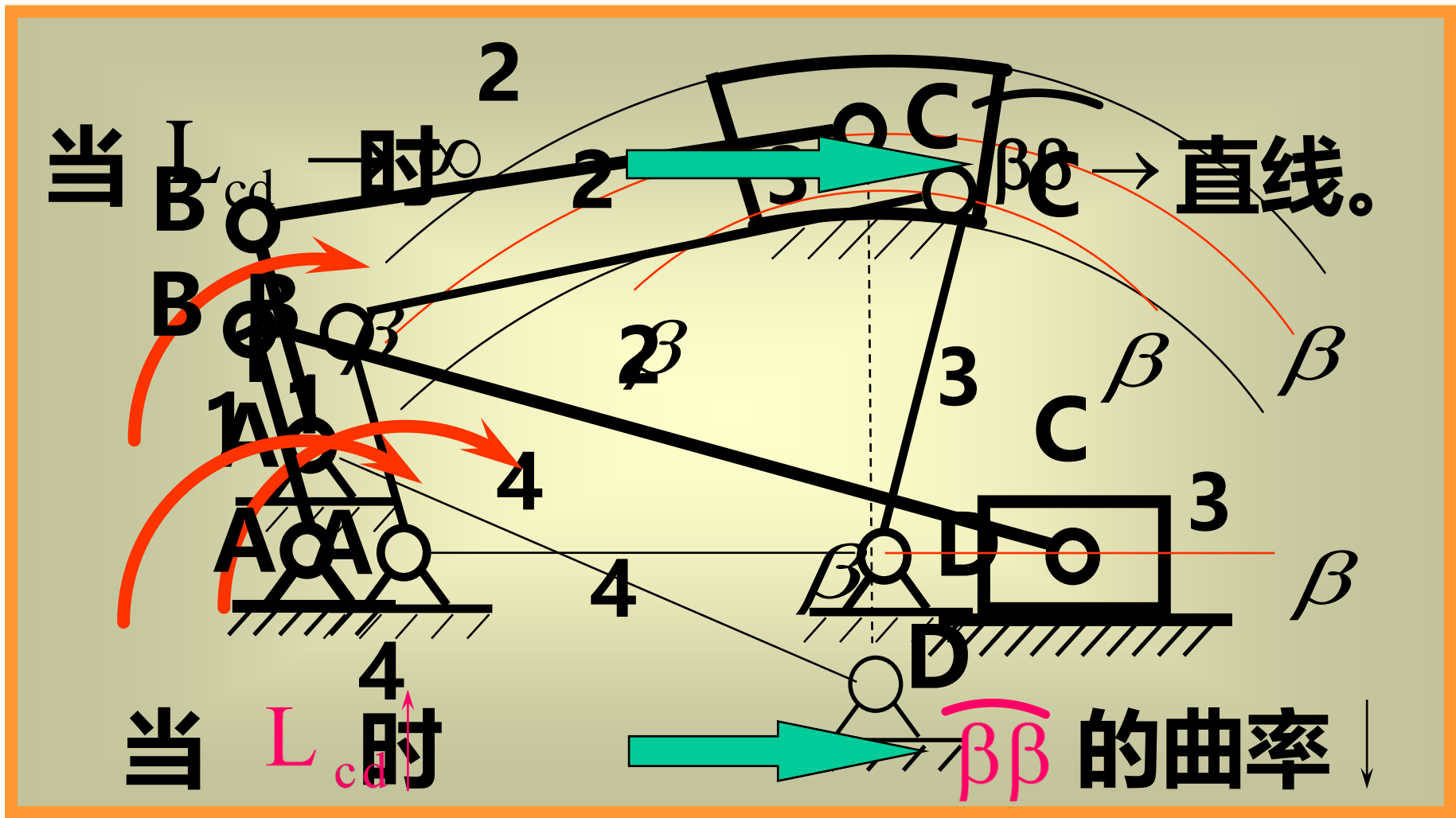
或 $130 < L_{AB} \leq L_{BC} + L_{CD} + L_{AD} = 250\text{mm}$ 。

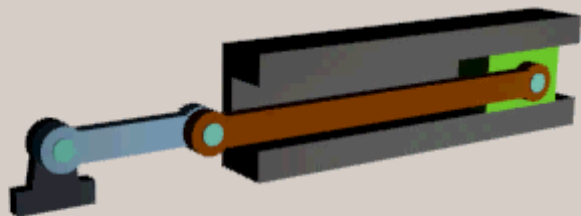


4.1.3 铰链四杆机构的演化

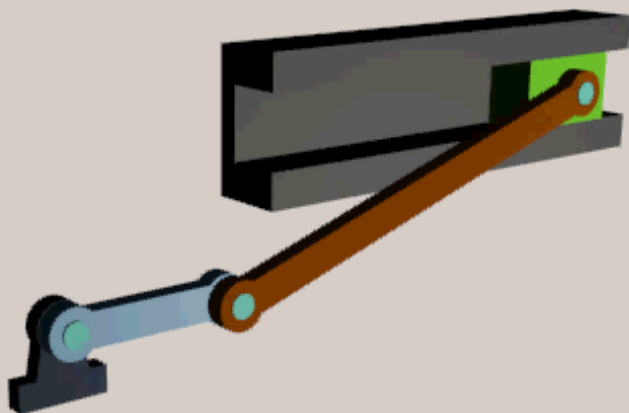
1、改变构件形状和相对尺寸

1) 曲柄滑块机构



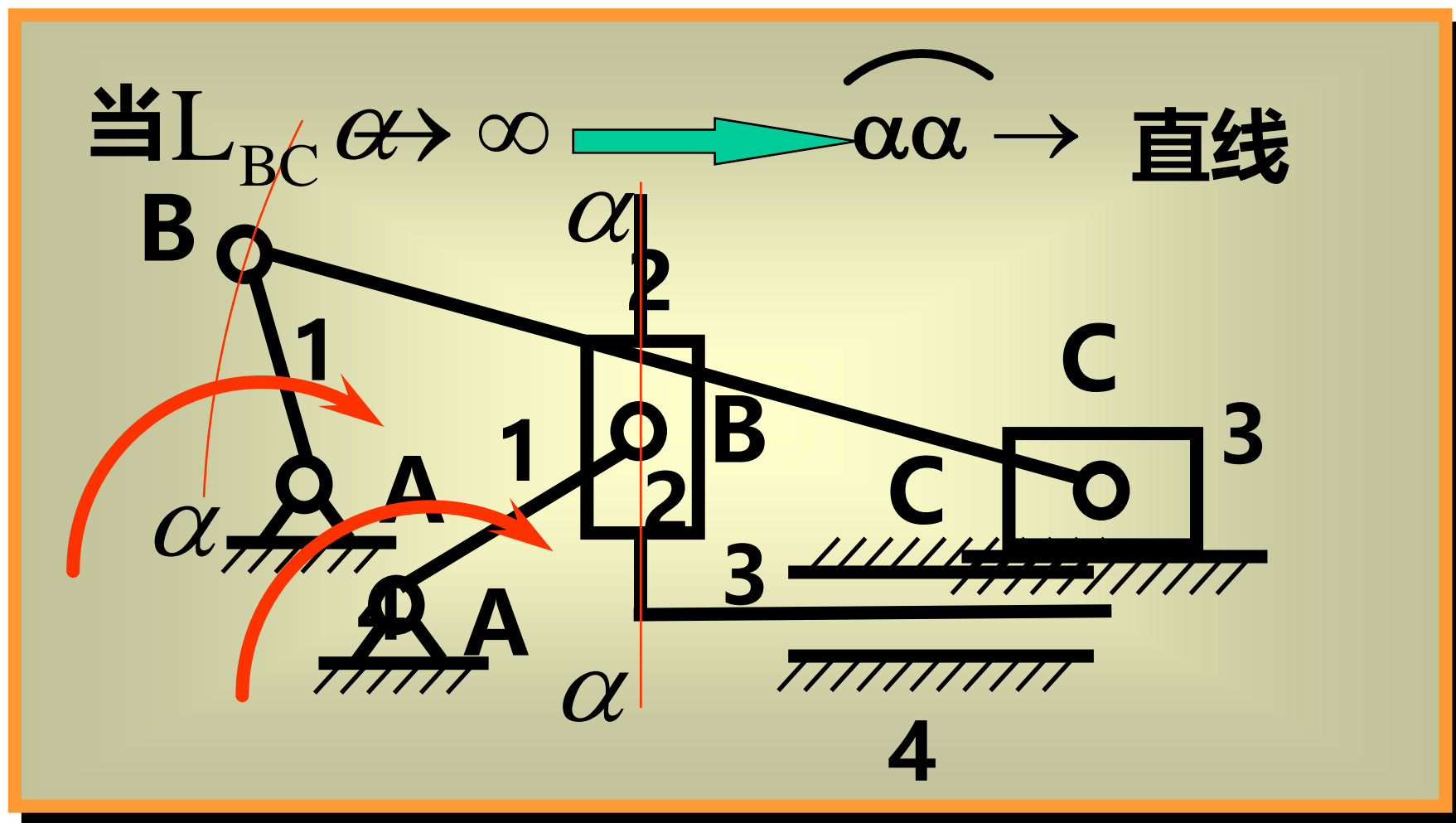


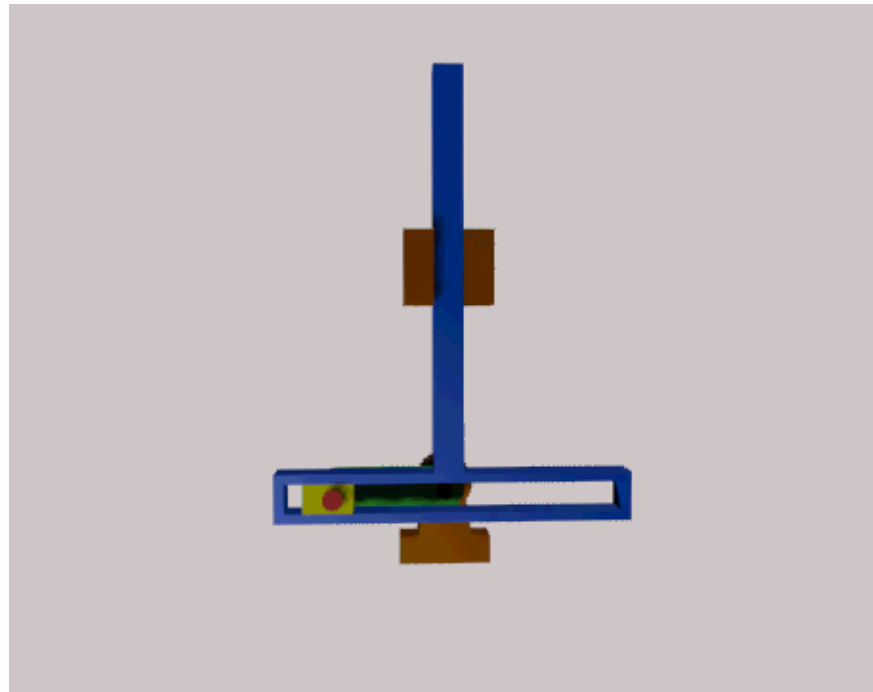
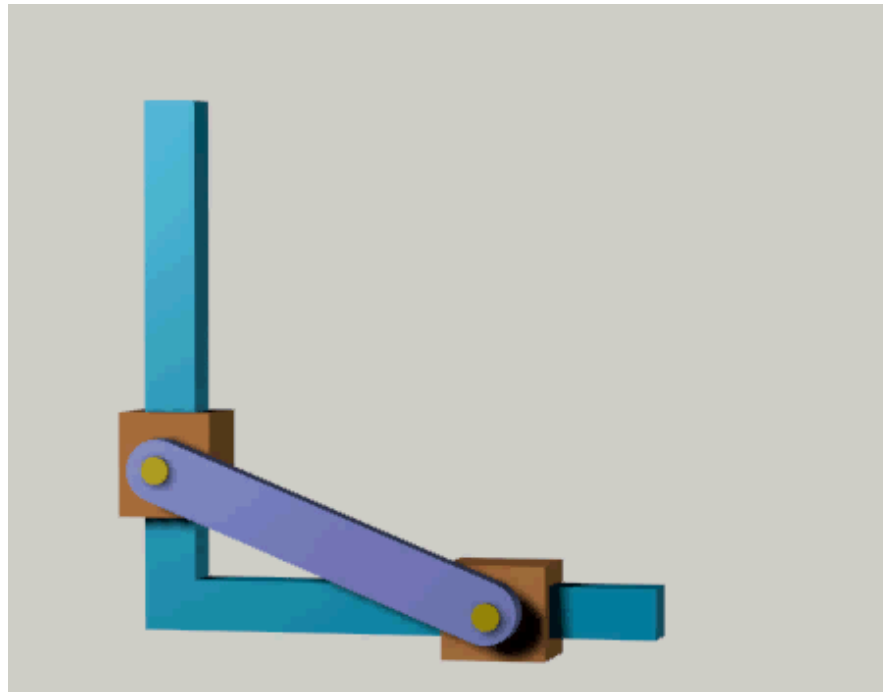
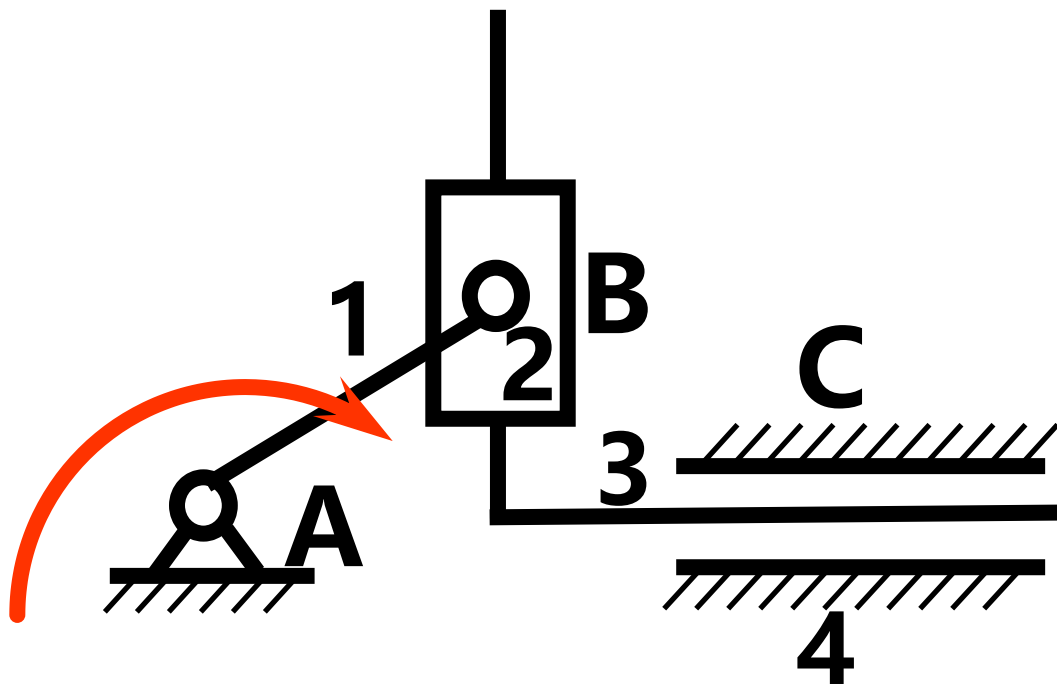
对心曲柄
滑块机构



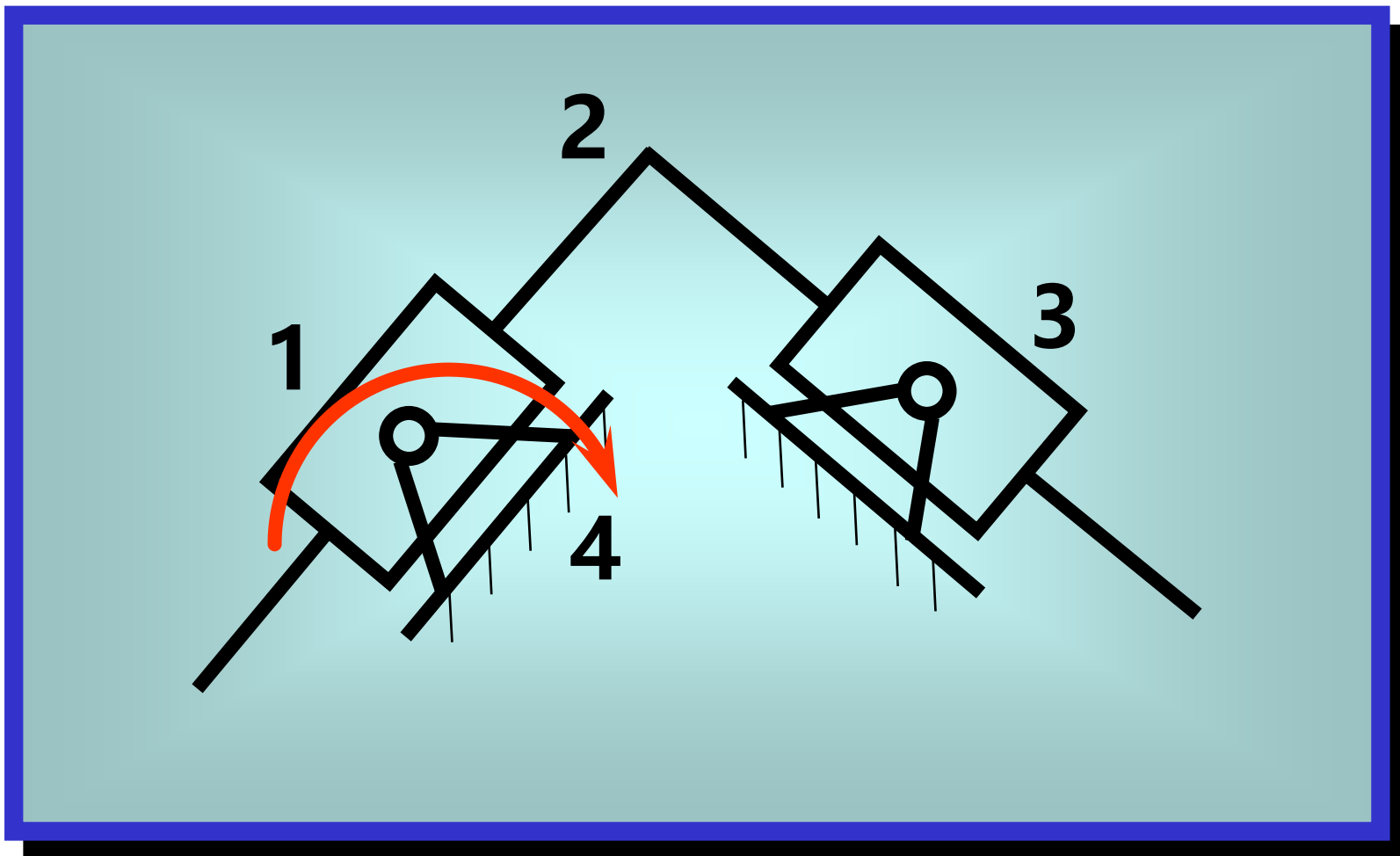
偏心曲柄
滑块机构

2) 双滑块机构

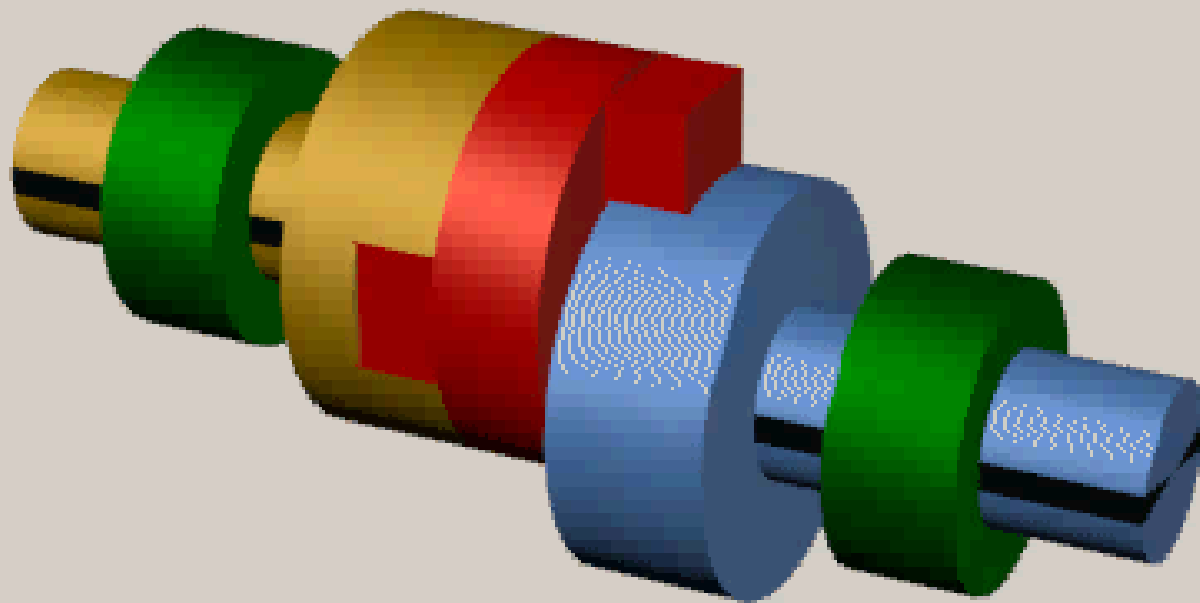




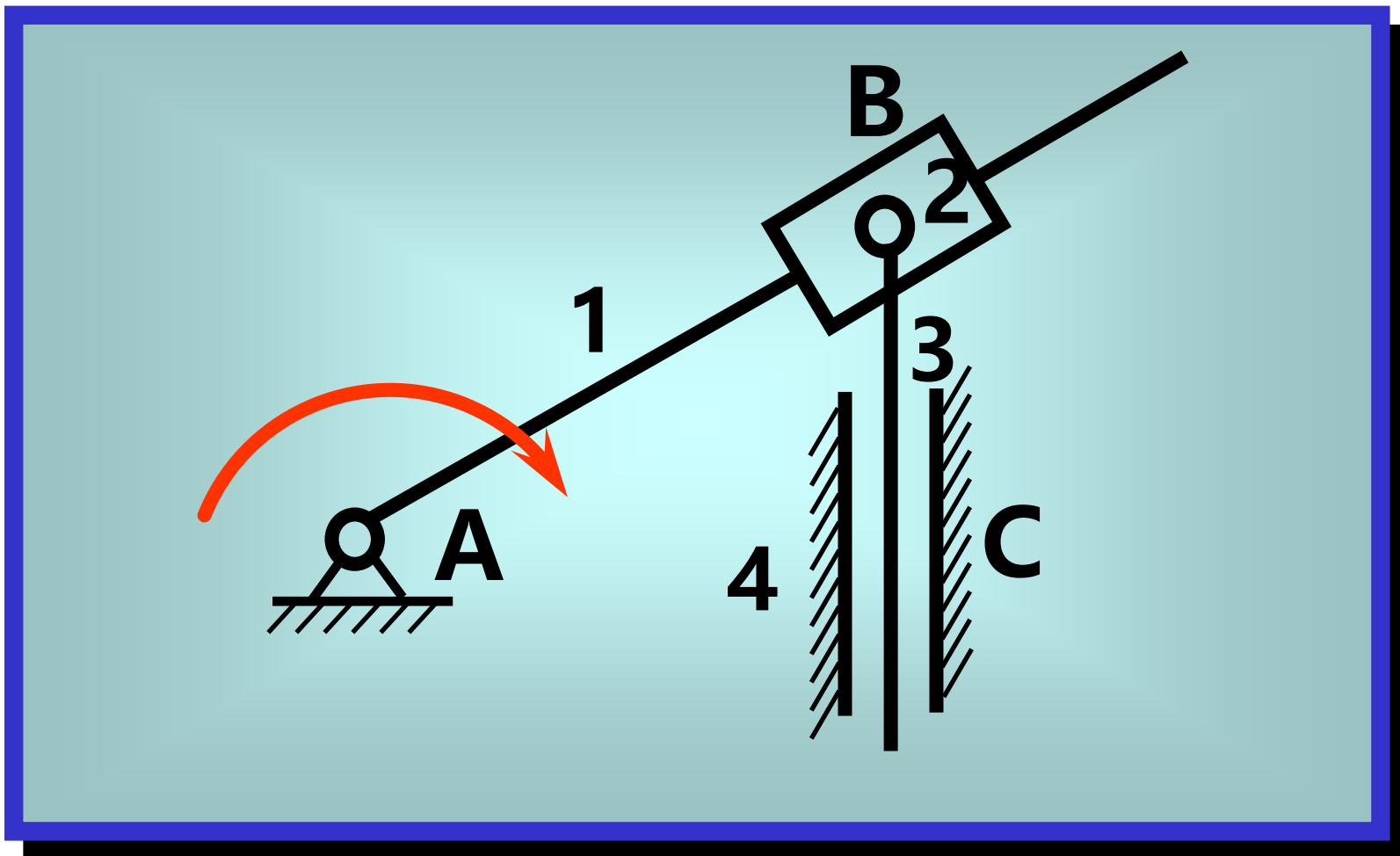
双滑块机构种类：



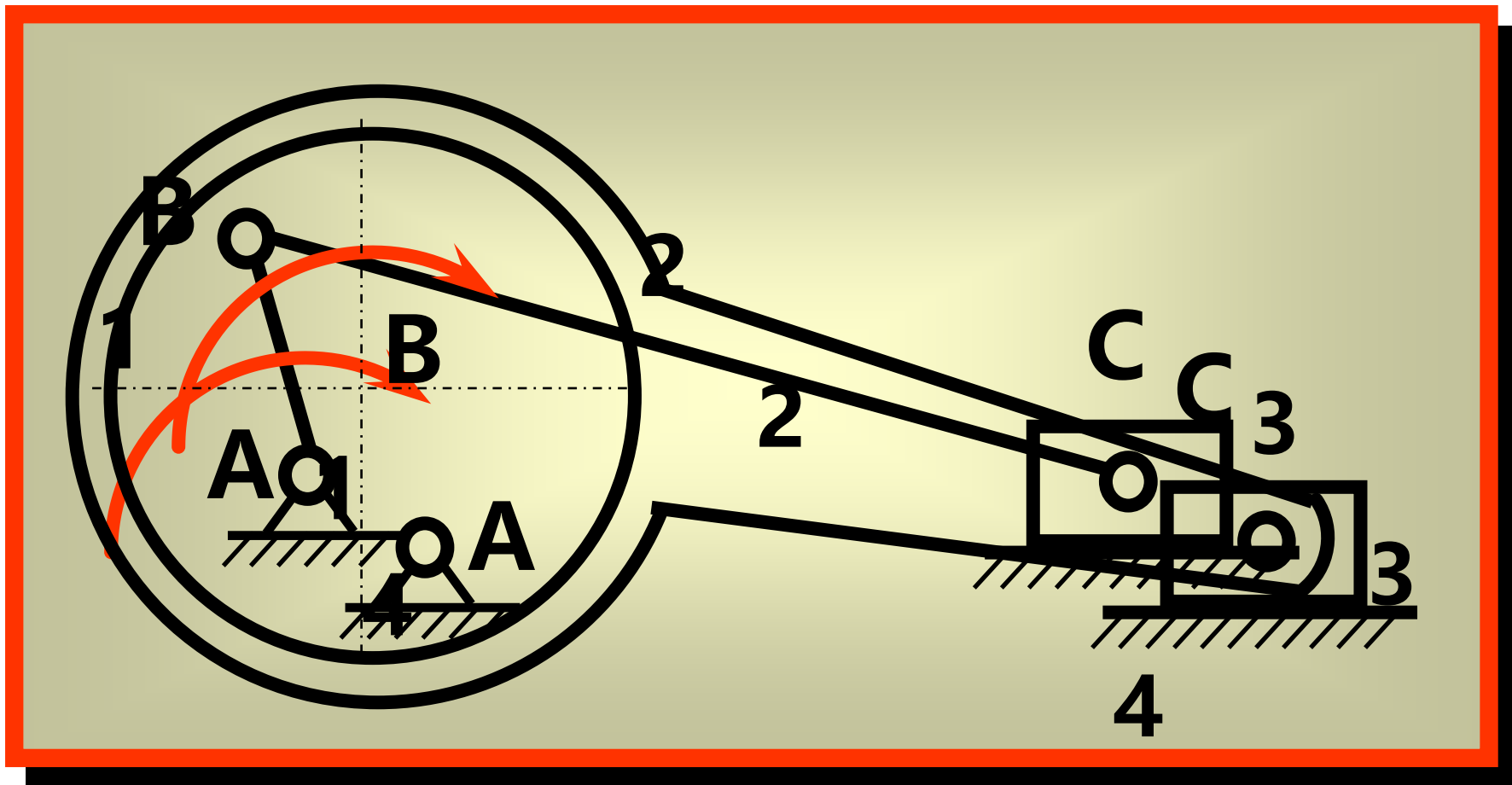
双滑块机构种类：



双滑块机构种类：

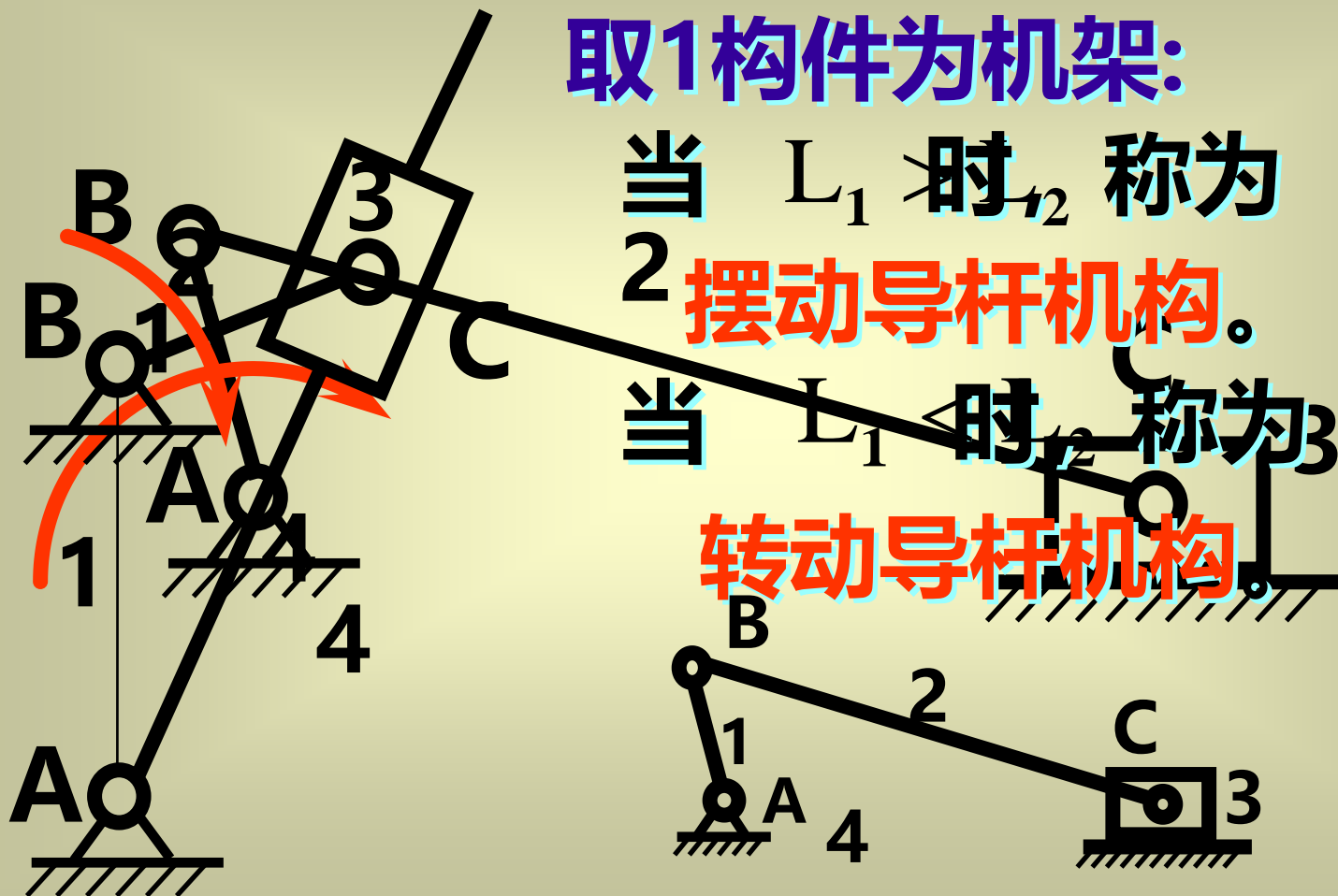


2、偏心轮机构

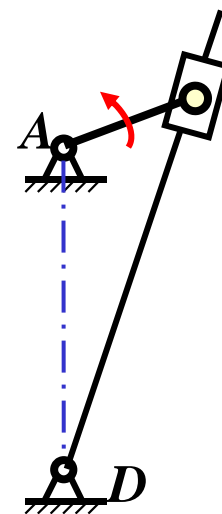


将B点转动副扩大

3、选用不同构件为机架



3、选用不同构件为机架



转动导杆机构

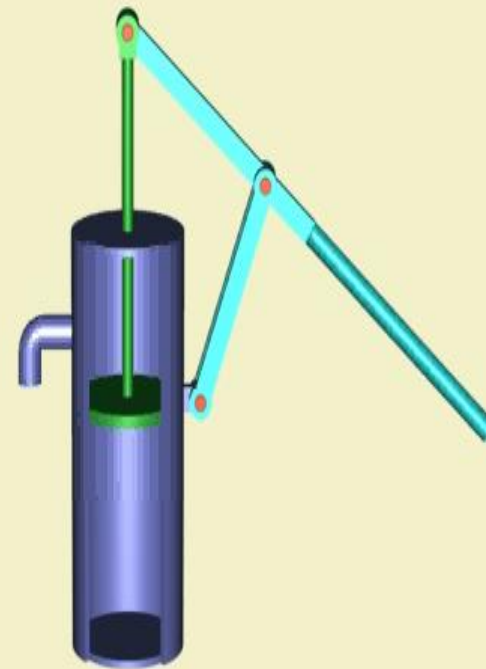
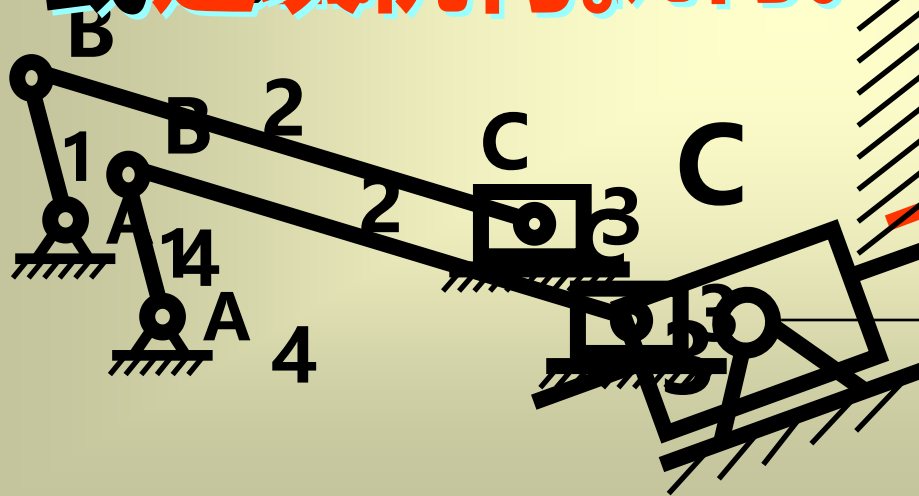


摆动导杆机构



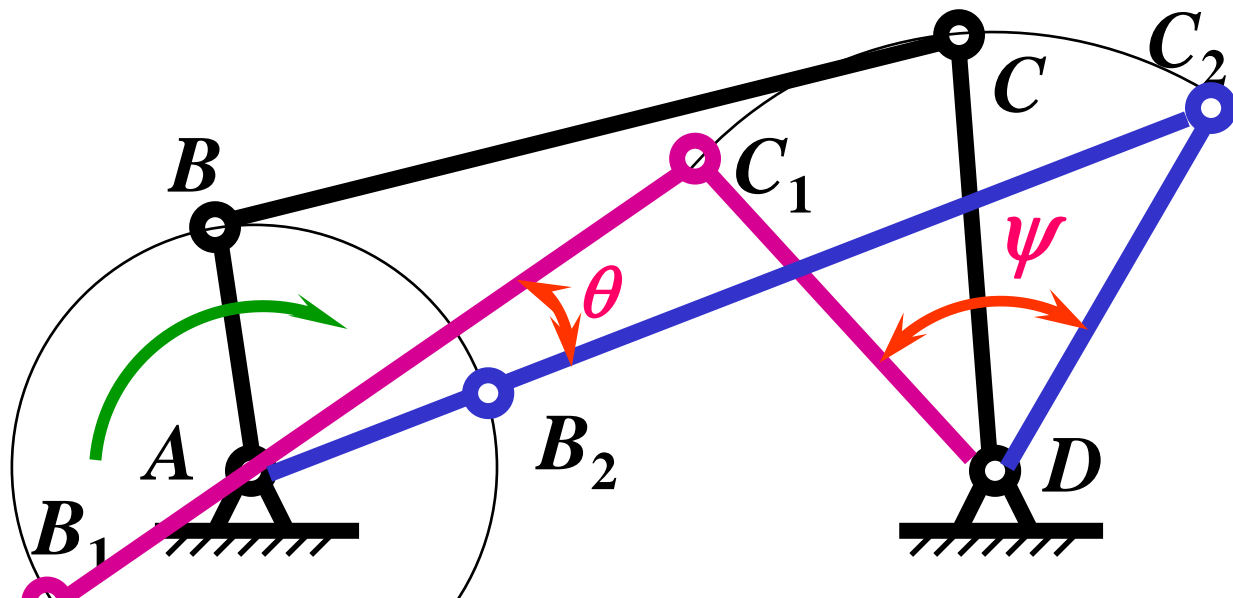
3、选用不同构件为机架

取3构件为机架：
称为**压水排机构**
或**定楔机构**。



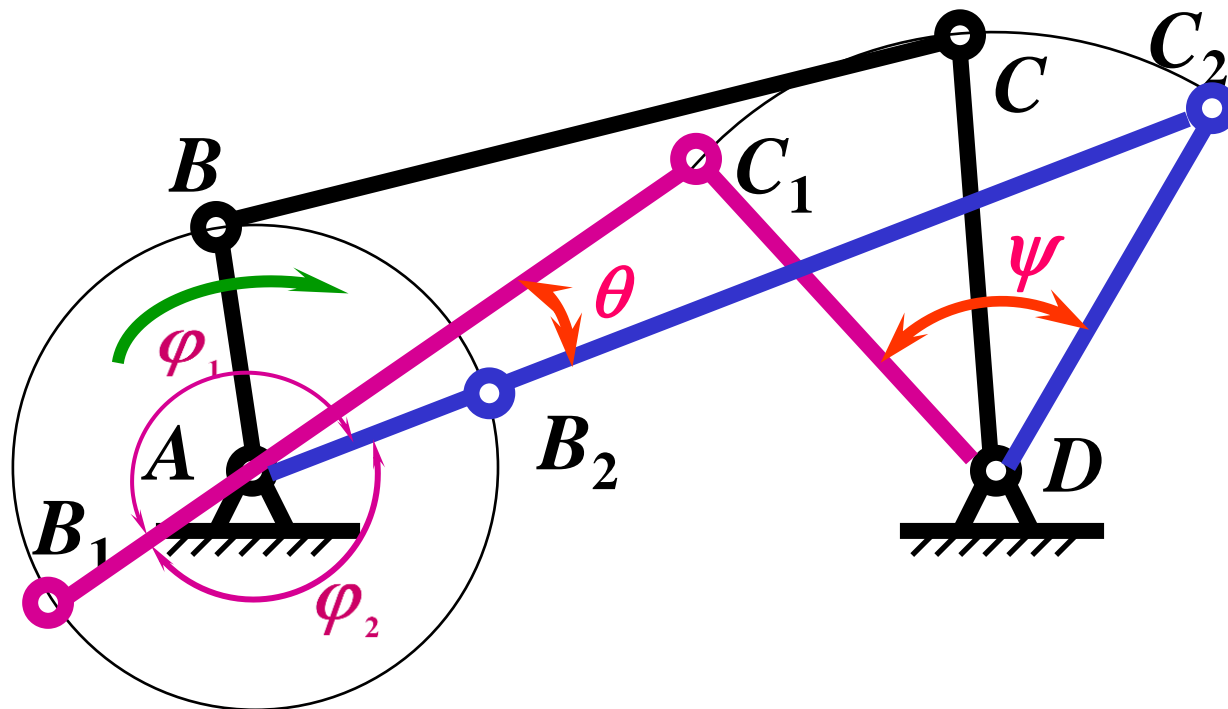
4.2 铰链四杆机构的传动特性

4.2.1 急回特性 原动件为曲柄



极位夹角 θ : 当机构处于极位时对应曲柄两位置之间所夹锐角称为极位夹角，用 θ 表示。—为摇杆在两极限位置的摆角。

行程速度变化系数 K



摇杆:

$$\left. \begin{aligned} C_1D \rightarrow C_2D, \psi, v_1 &= \frac{c_1 c_2}{t_1} \\ C_2D \rightarrow C_1D, \psi, v_2 &= \frac{c_1 c_2}{t_2} \end{aligned} \right\} v_1 < v_2$$

$$\text{令: } K = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\widehat{c_1 c_2 / t_2}}{\widehat{c_1 c_2 / t_1}} = \frac{t_1}{t_2}$$

$$= \frac{\varphi_1 / \omega_1}{\varphi_2 / \omega_1} = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}$$

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

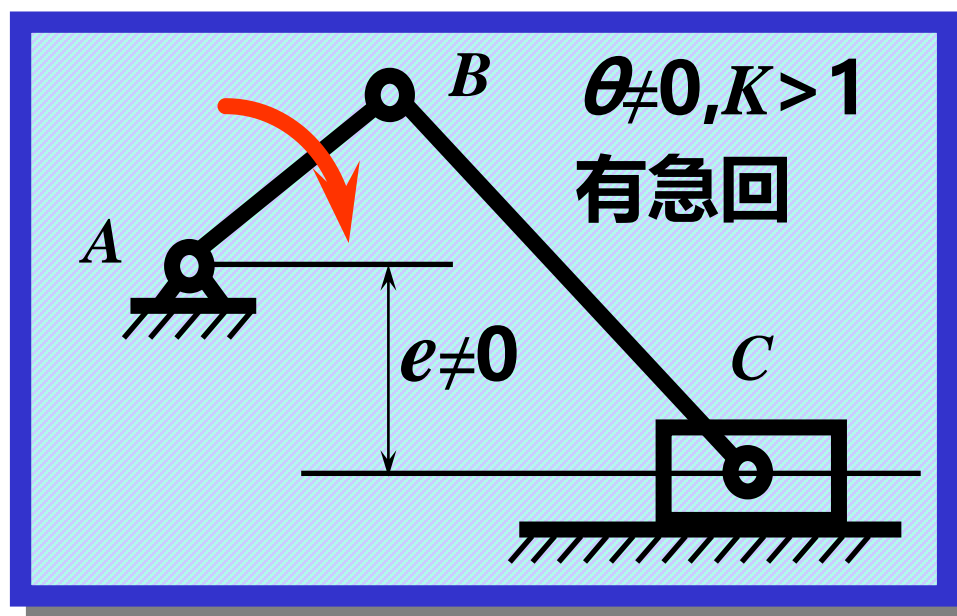
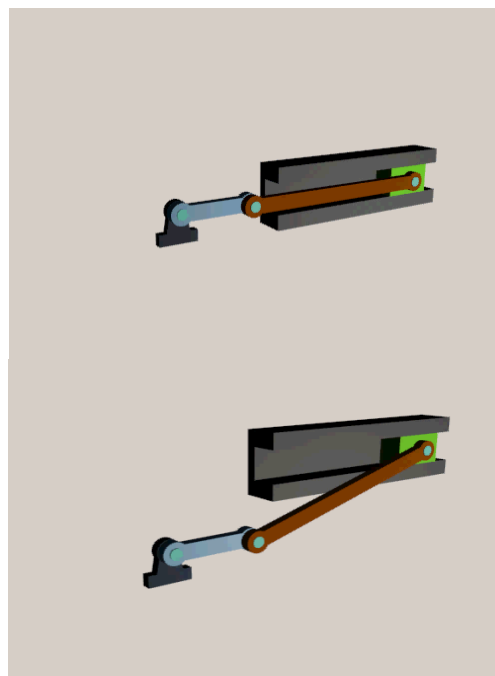
K -----称为行程速度变化系数

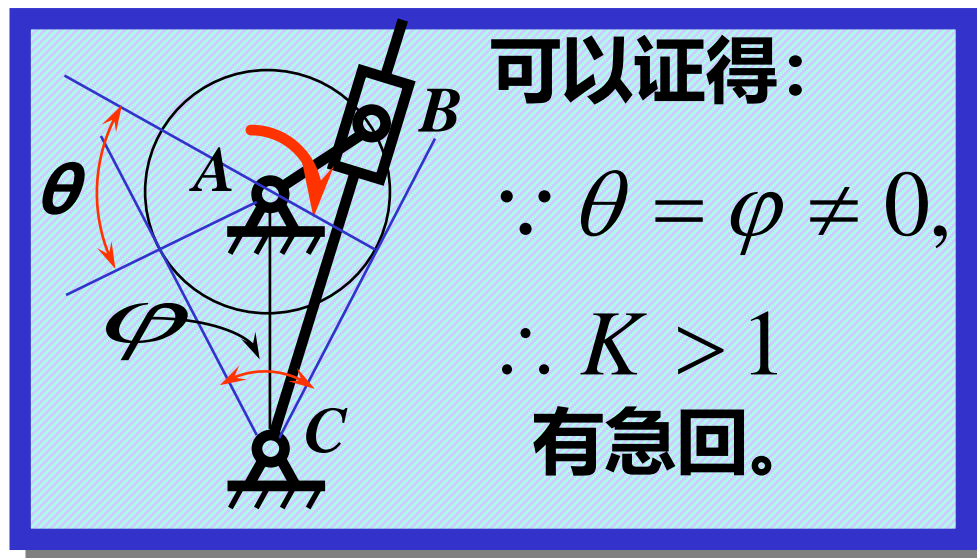
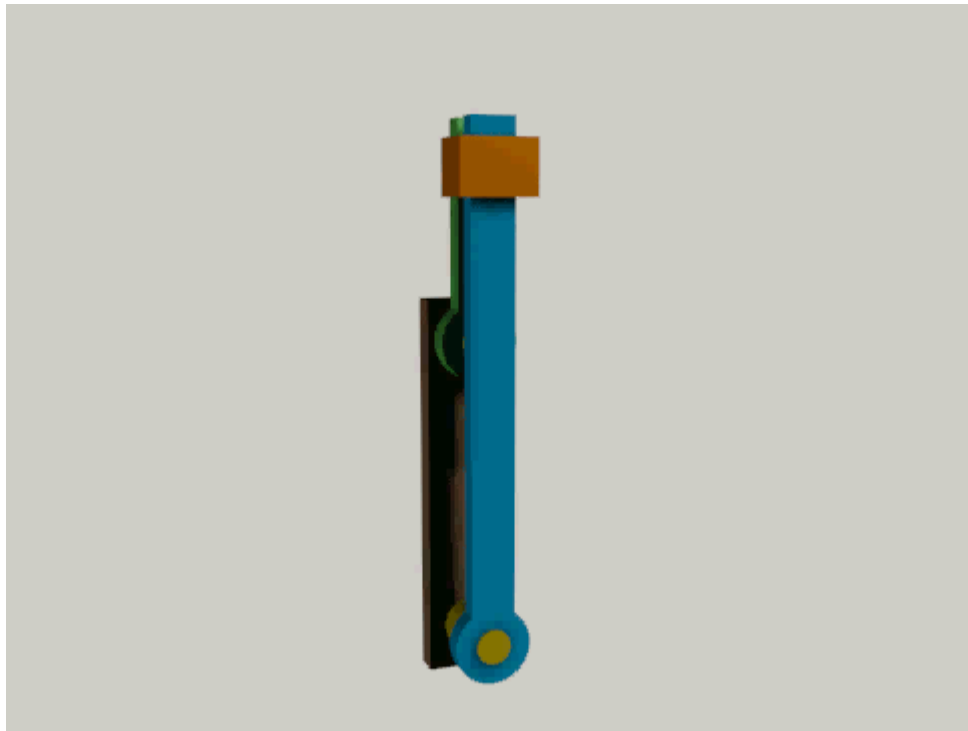
上式可导出:

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

$K > 1$ 有急回运动; $K \uparrow \theta \uparrow$ 急回运动显著

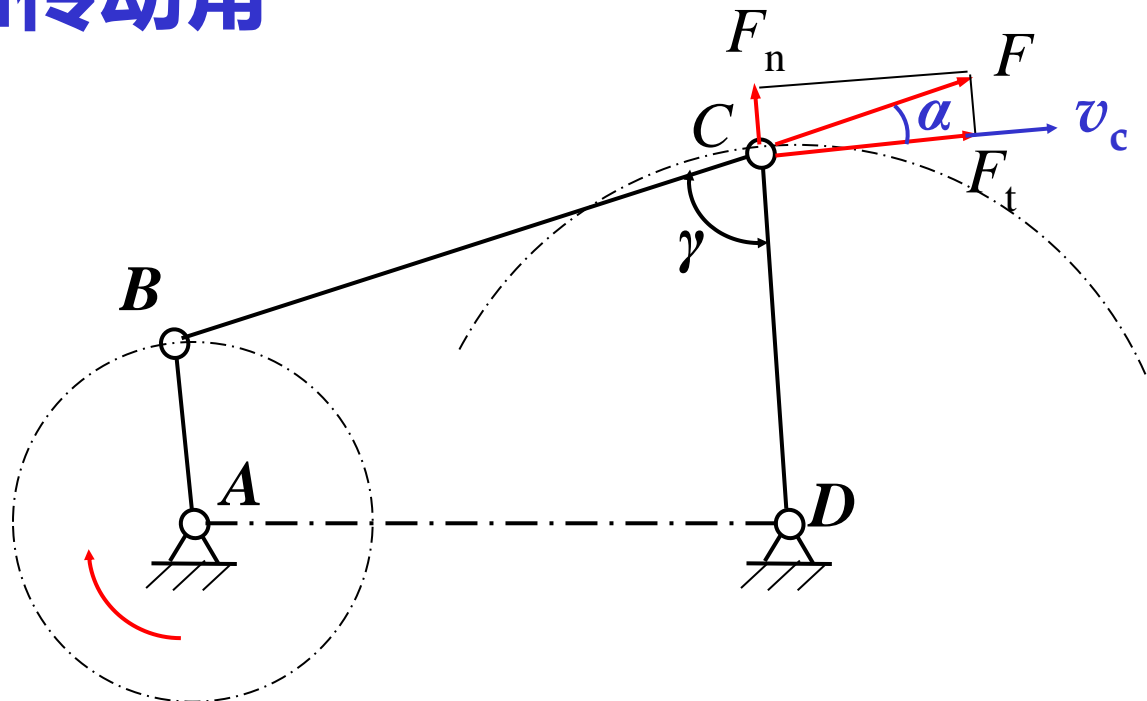
具有急回运动
机构有:





4.2.2 压力角和传动角

从动件C点**受力方向**与该点的**速度方向**所夹的锐角称为压力角 α



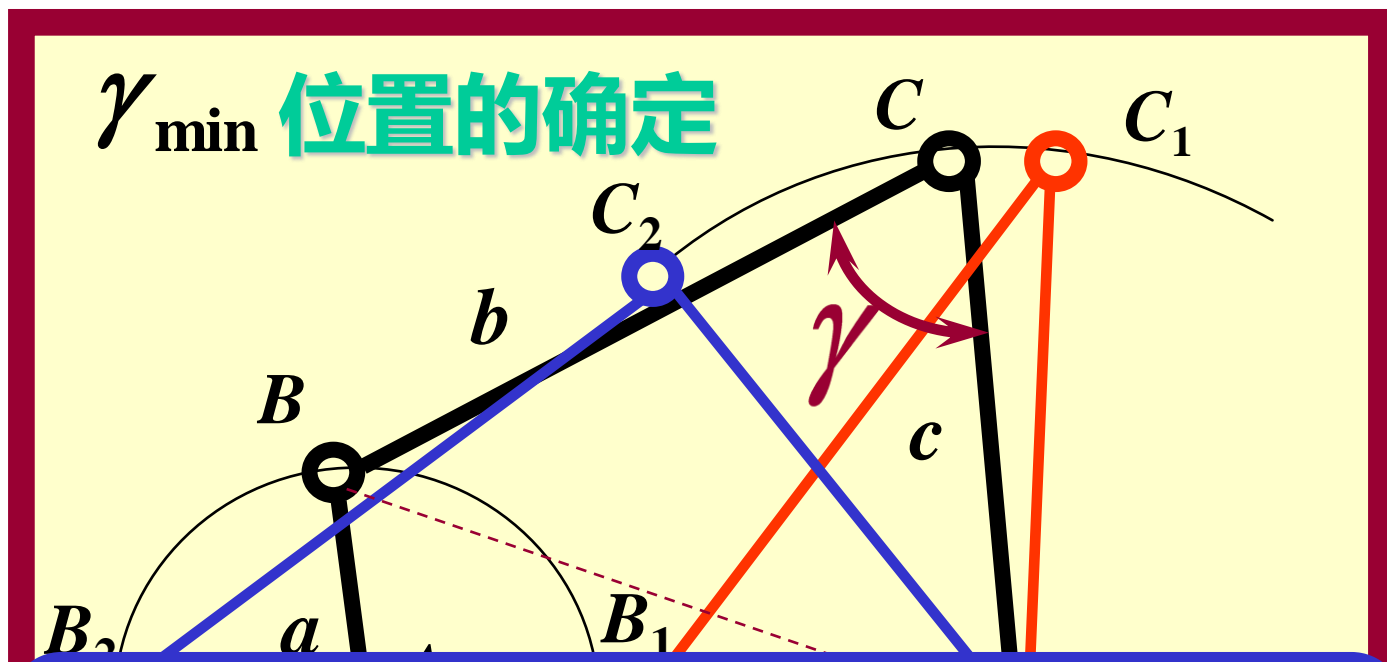
F_t 是推动摇杆运动的有效分力, $F_t = F \cos \alpha$

压力角的余角 γ 称为传动角, $\gamma = 90^\circ - \alpha$ 。

(γ 即连杆与摇杆之间所夹的锐角)

压力角越小或传动角越大, 机构传力性能越好。

应限制传动角的最小值 γ_{\min} ，一般要求 $\gamma_{\min} \geq 40^\circ$

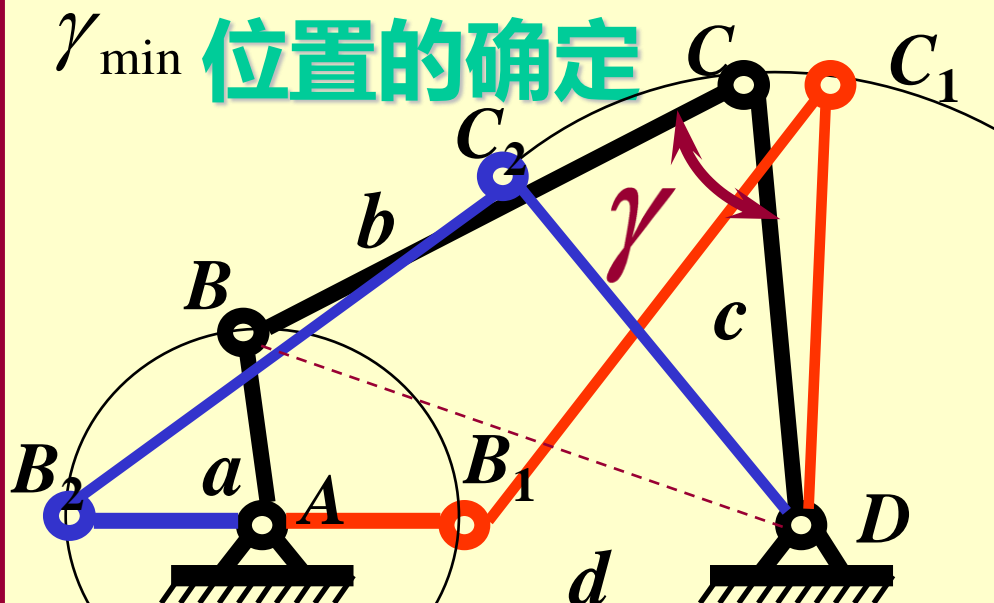


当 $\angle BCD > 90^\circ$ 时, $\gamma = 180^\circ - \angle BCD$

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

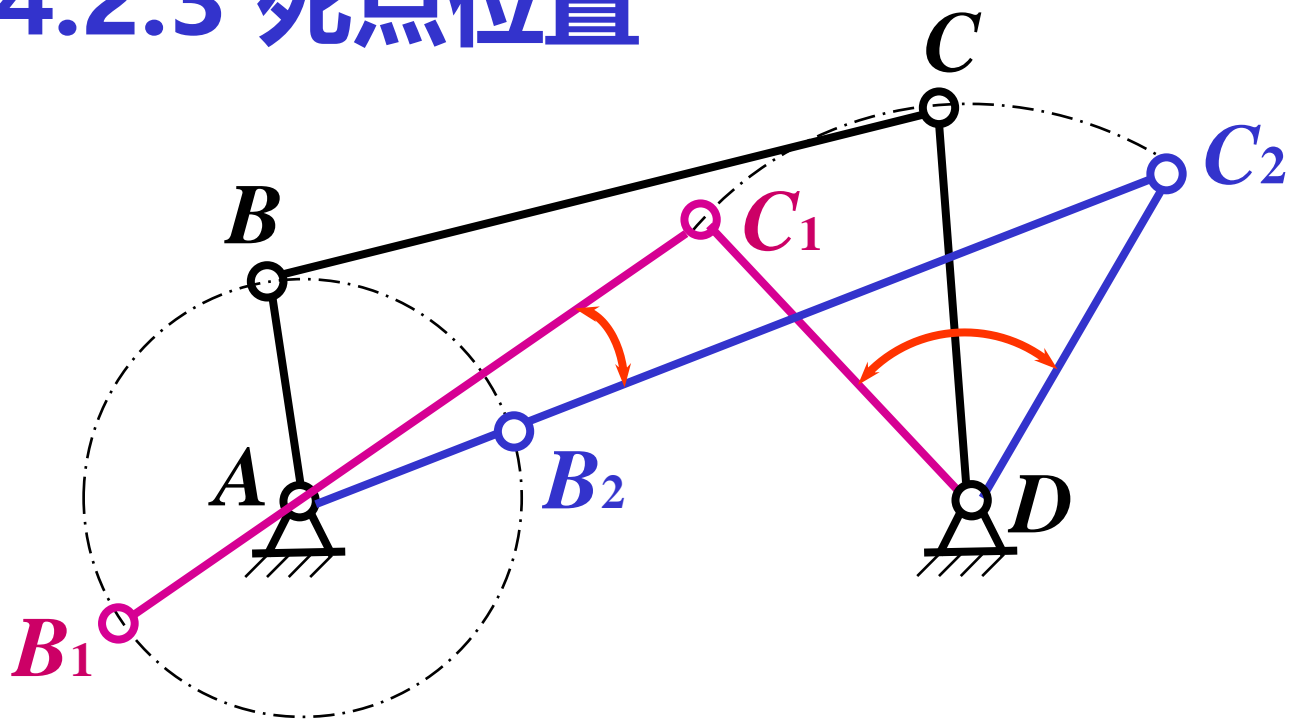
∴ 最小传动角出现在下列位置之一。

γ_{\min} 位置的确定

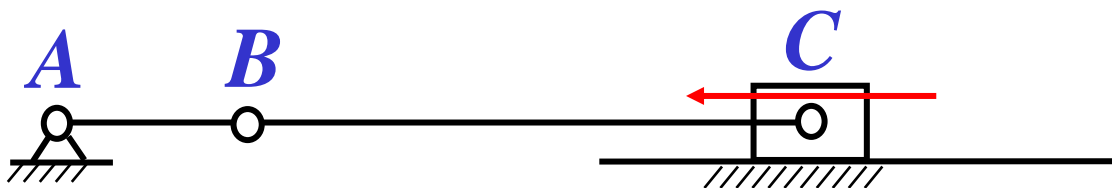


$\therefore \gamma_{\min}$ 出现在曲柄与机架共线的两位置之一。

4.2.3 死点位置



如摇杆是原动件，摇杆摆到两极限位置时，为机构的死点位置。

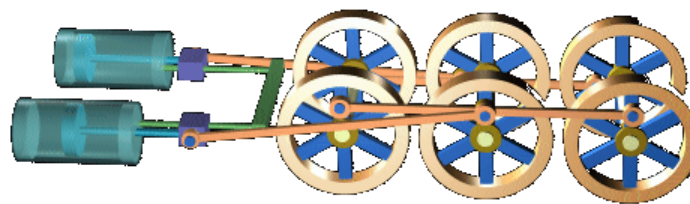


如何使机构顺利通过死点位置？

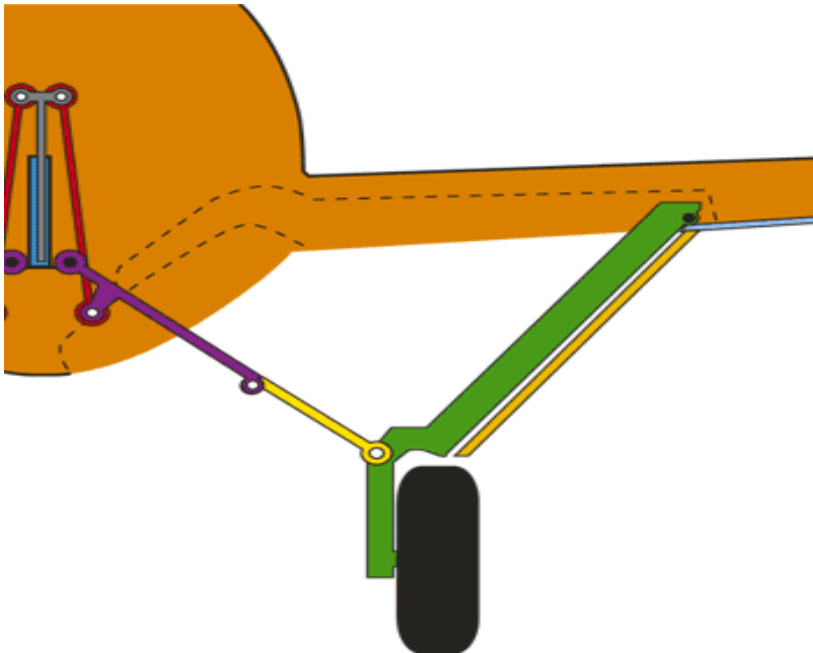
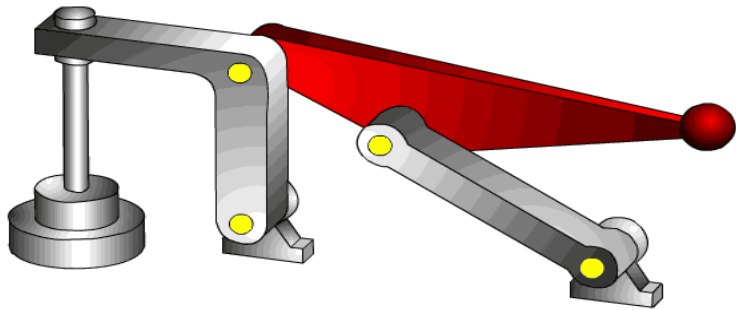
利用飞轮惯性



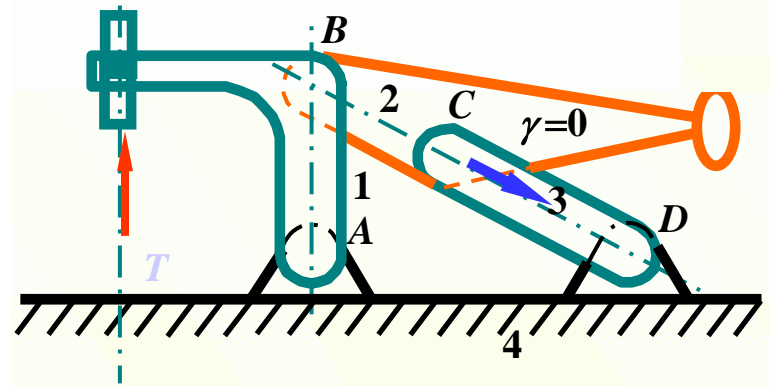
机构错位排列



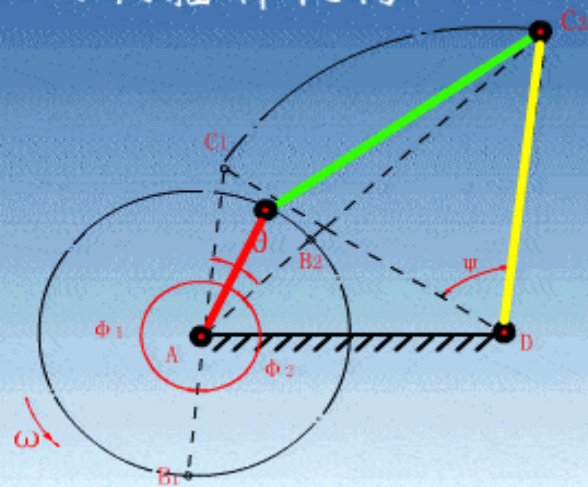
利用死点位置



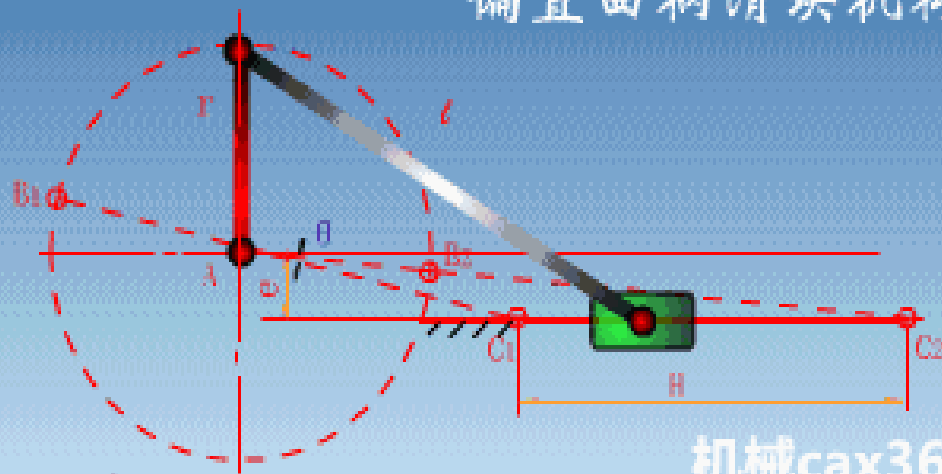
钻孔夹具



曲柄摇杆机构

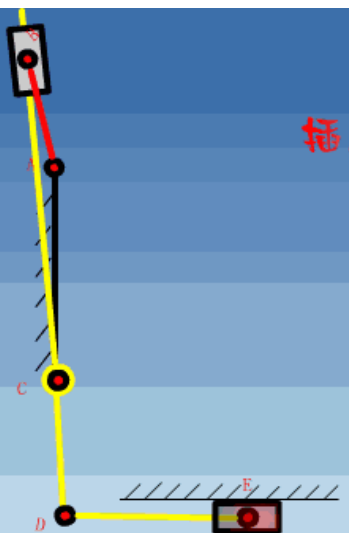


偏置曲柄滑块机构



机械cax360

插床机构



next play stop

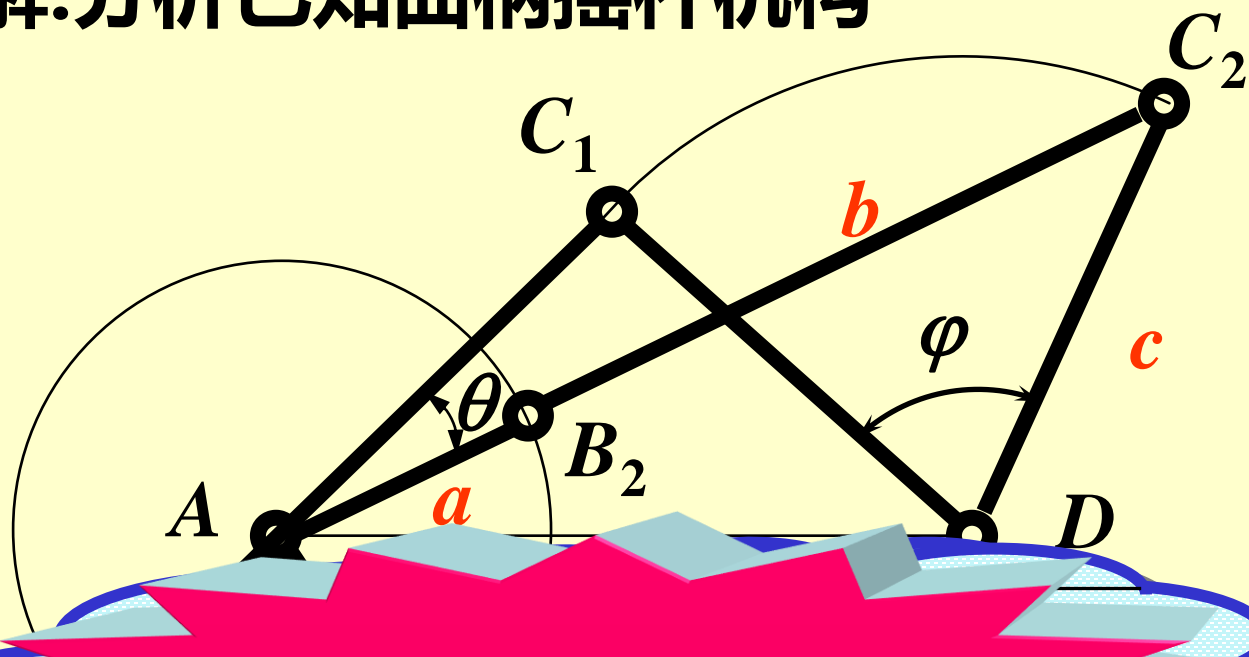


4.3 铰链四杆机构设计

4.3.1 按给定的行程速度变化系数 K 设计四杆机构

已知摇杆长度 l_{CD} 、摆角 ψ 、 K

解:分析已知曲柄摇杆机构



$\because \angle C_1AC_2 = \theta$, 该角始终对应定直线 C_1C_2 ;
 $\therefore A$ 在以 θ 为圆周角的圆上。

4.3 铰链四杆机构设计

4.3.1 按给定的行程速度变化系数 K 设计四杆机构

已知摇杆长度 l_{CD} 、摆角 ψ 、 K ，
设计满足条件的曲柄摇杆机构

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

$$\because AC_2 = l_{BC} + l_{AB}$$

$$AC_1 = l_{BC} - l_{AB}$$

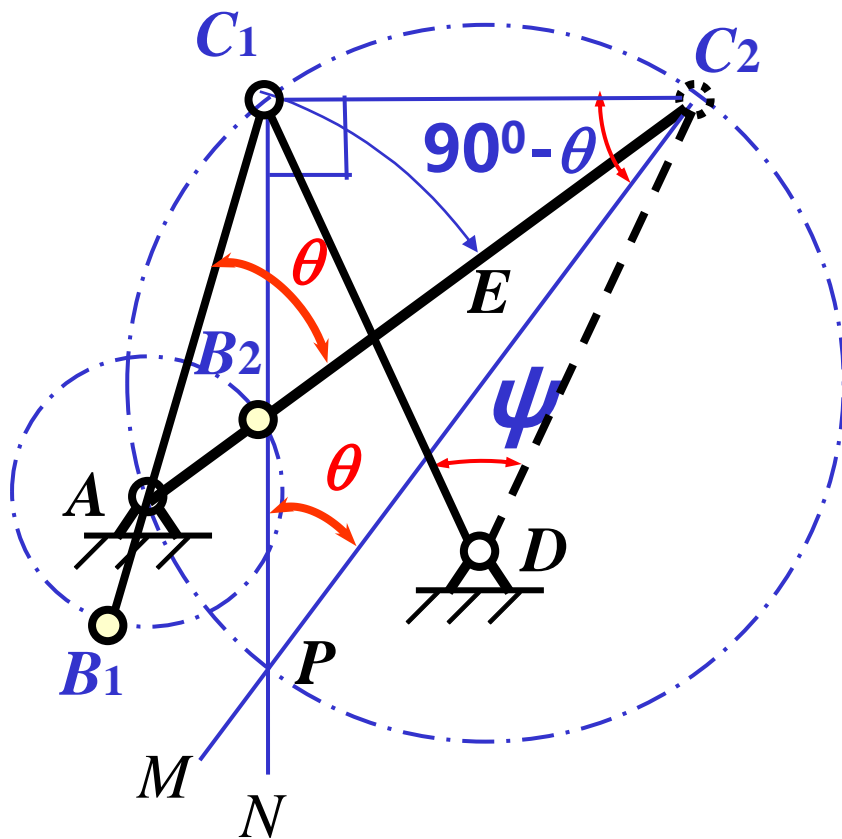
$$\therefore l_{AB} = (AC_2 - AC_1)/2$$

作图得 E 点

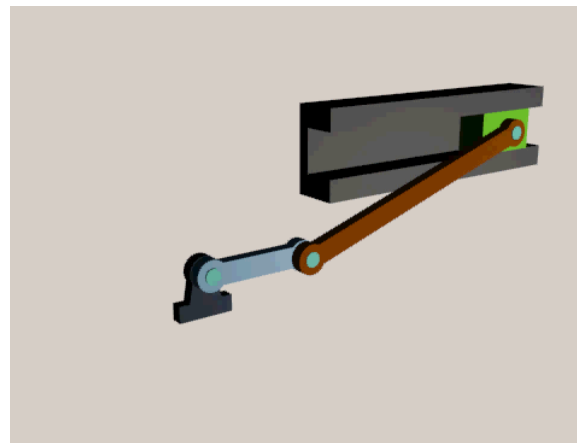
$$\because EC_2 = AC_2 - AC_1 = 2l_{AB}$$

$$\therefore l_{AB} = EC_2/2$$

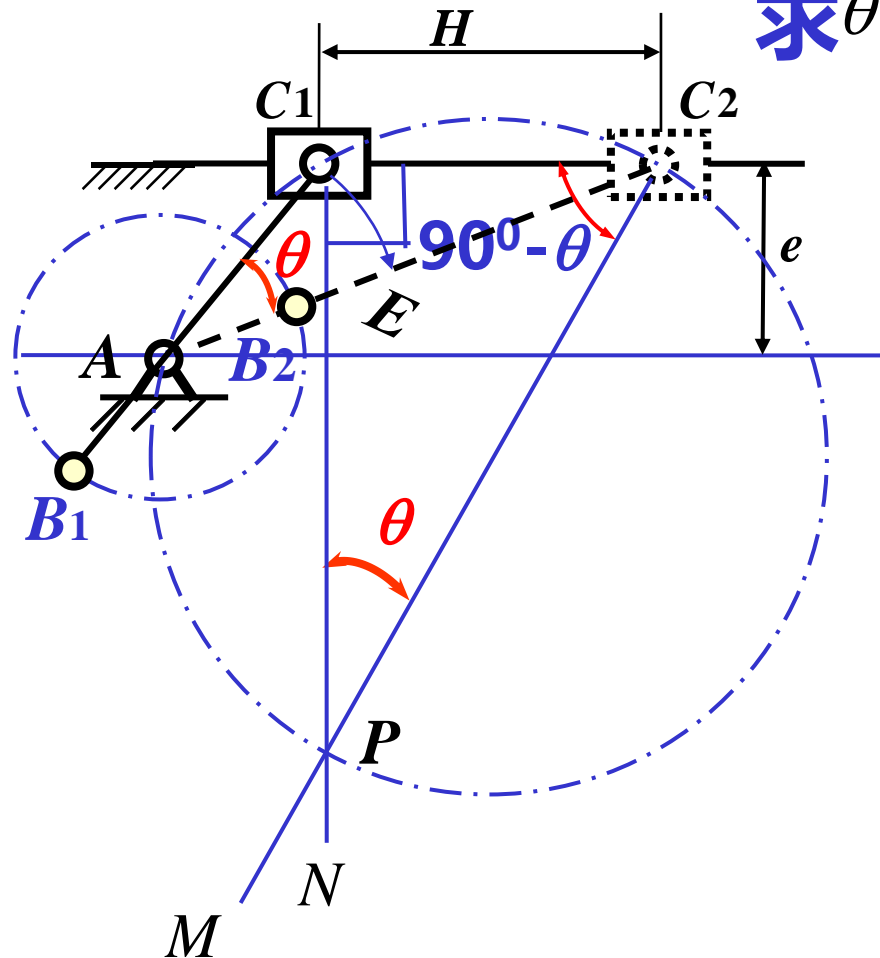
以 A 为中心， $EC_2/2$ 为半径
作圆，定出 B_1 、 B_2 点。



已知滑块行程 H 、偏距 e 、 K ，
设计满足条件的曲柄滑块机构



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



$$\because AC_2 = l_{BC} + l_{AB}$$

$$AC_1 = l_{BC} - l_{AB}$$

$$\therefore l_{AB} = (AC_2 - AC_1) / 2$$

作图得 E 点

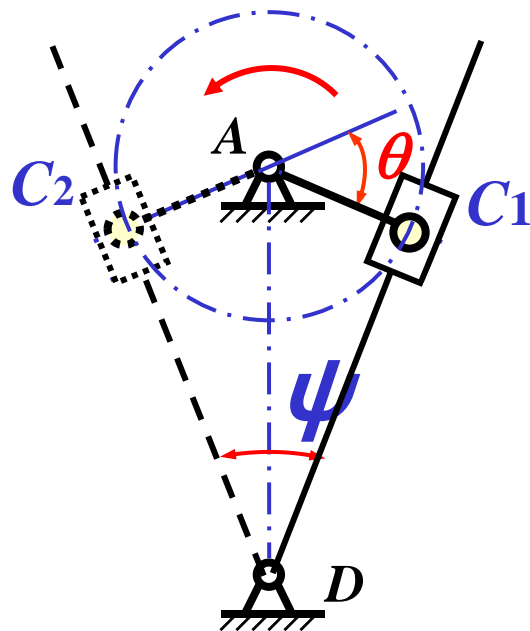
$$\because EC_2 = AC_2 - AC_1 = 2l_{AB}$$

$$\therefore l_{AB} = EC_2 / 2$$

以 A 为中心， $EC_2/2$ 为半径作圆，定出 B_1 、 B_2 点。

已知机架长度 l_{AD} 、 K ，
设计满足条件的导杆机构

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

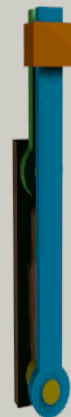


摆动导杆机构摆角 $\psi = \theta$

按 ψ 作摆动导杆两极限位置图
过A点作导杆垂线，定出 C_1 、 C_2 点

曲柄长度 $l_{AC} = AC_1 = l_{AD} \sin(\theta/2)$

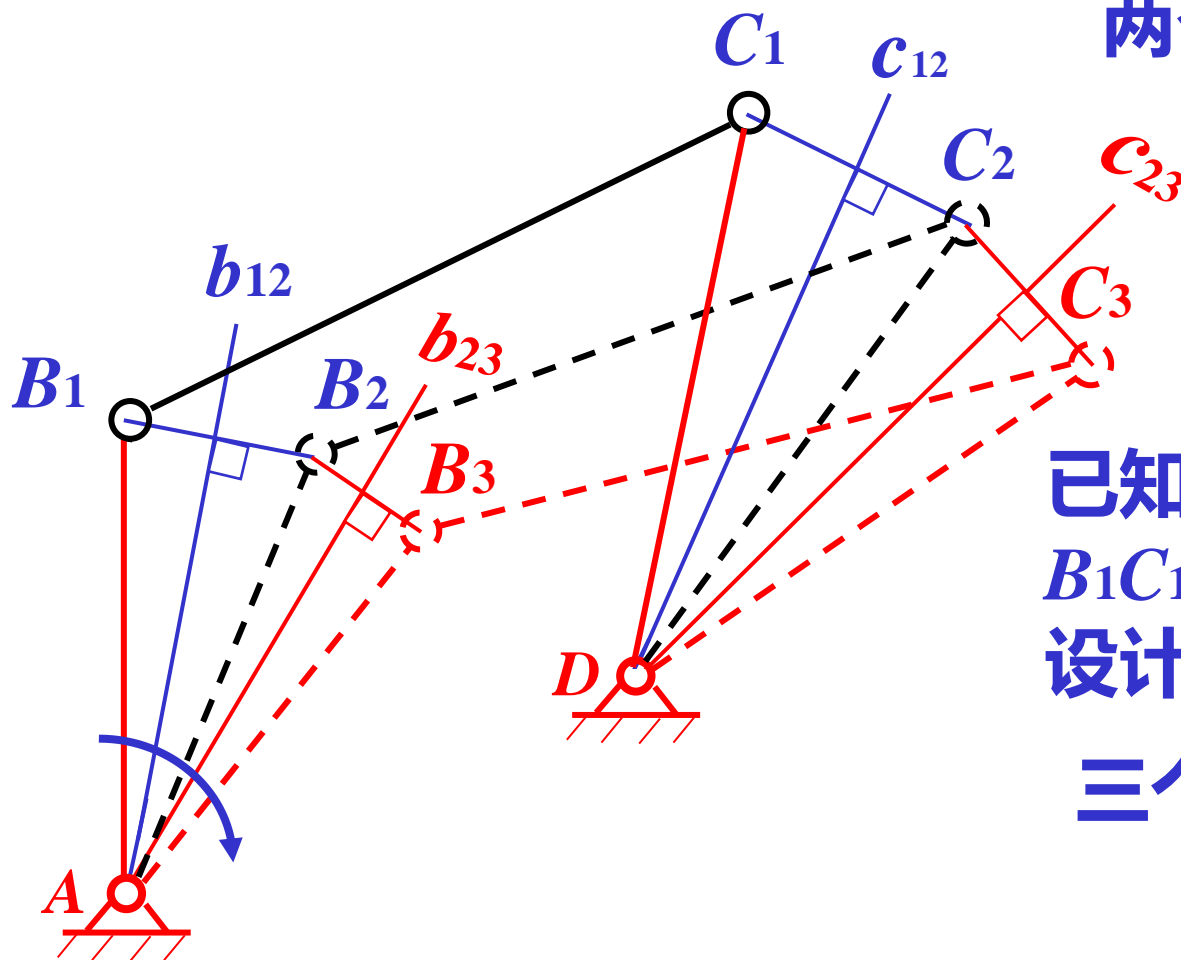
曲柄摇杆机构、偏置曲柄滑块机构、摆动导杆机构
都存在极位夹角 θ ，有急回特性。



4.3.2 按给定的连杆位置设计四杆机构

已知连杆的两个位置 B_1C_1 和 B_2C_2 ，设计四杆机构

两个位置有无穷解



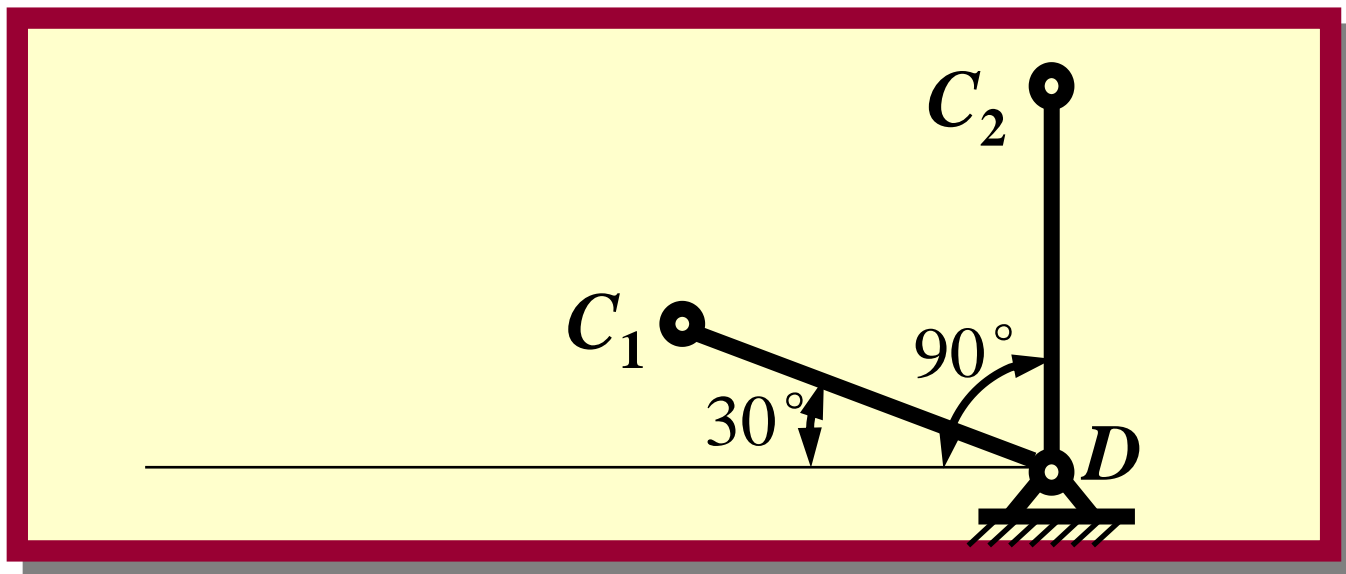
已知连杆的三个位置
 B_1C_1 、 B_2C_2 、 B_3C_3 ，
设计四杆机构

三个位置有唯一解

例. 设计一曲柄摇杆机构

已知: $K=1$, $l_{CD}=75\text{mm}$, 摇杆与机架两极限位置夹角为 $\varphi_1=30^\circ$ 、 $\varphi_2=90^\circ$ 。

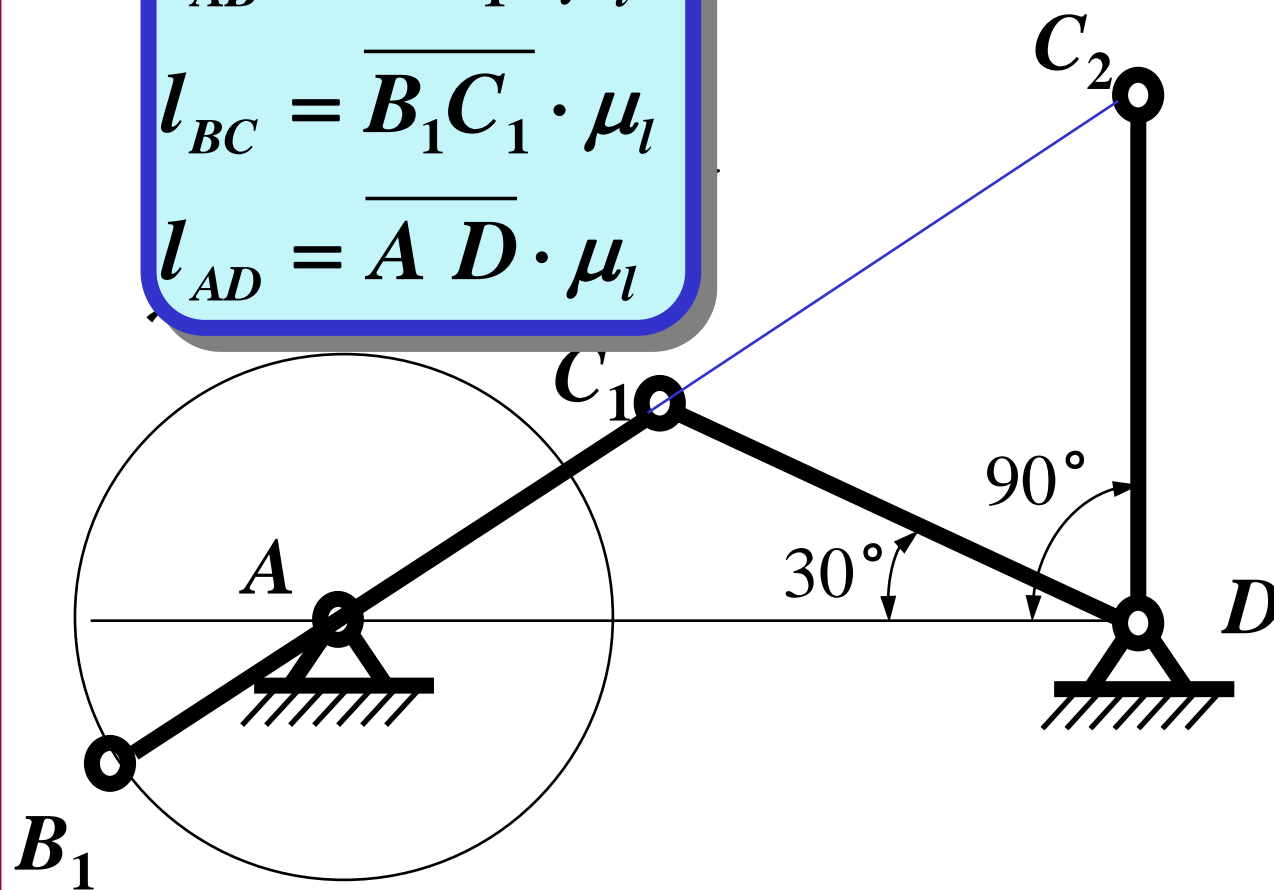
求: 满足条件的 $l_{AB}=?$ $l_{AD}=?$ $l_{BC}=?$



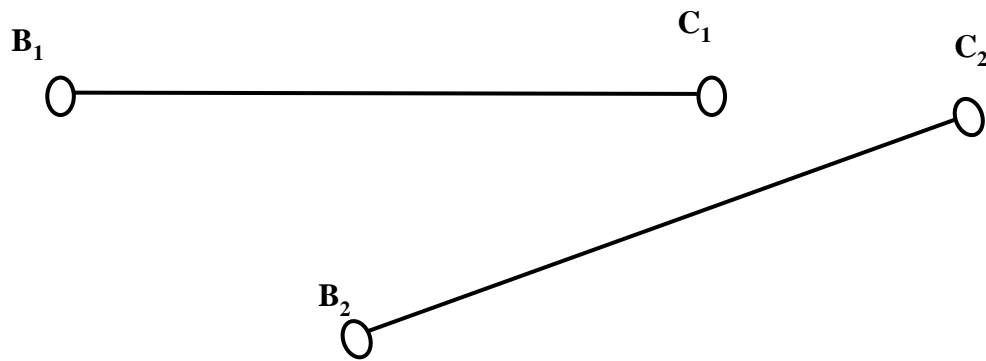
解: $l_{AB} = \overline{AB_1} \cdot \mu_l$

$l_{BC} = \overline{B_1C_1} \cdot \mu_l$

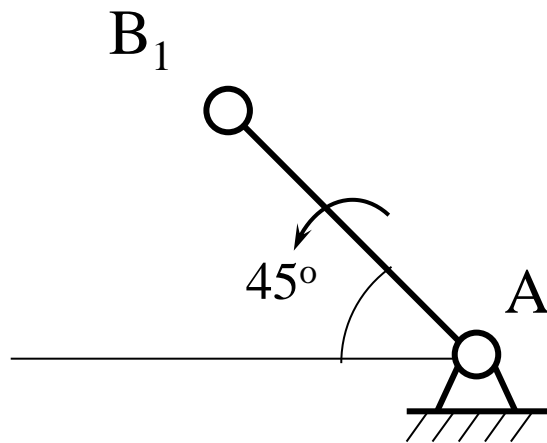
$l_{AD} = \overline{AD} \cdot \mu_l$

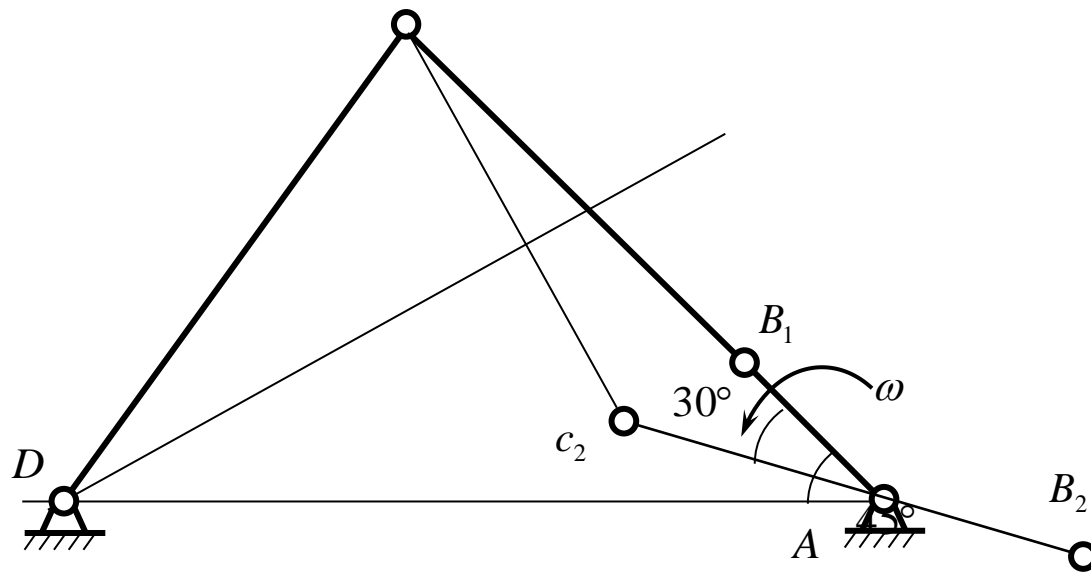


1、设计一夹紧机构（四杆机构）。已知：连杆 l_{BC} 的杆长，它的两个位置如图所示。要求到达夹紧位置 B_2C_2 时，机构处于死点位置，且摇杆 C_1D 垂直于 B_1C_1 。试设计满足上述两位置的四杆机构。



2、设计一铰链四杆机构。已知：机构的行程速比系数 $K=1.4$ ，连杆长 $=70\text{mm}$ ，曲柄 $l_{AB}=28\text{mm}$ ，当摇杆处在左极限位置时，对应曲柄的 AB_1 位置与机架夹角为 45° ，曲柄逆时针转动，机构位置如图所示。试用图解法确定摇杆 $l_{CD}=?$ 机架 $l_{AD}=?$





例：一偏心曲柄滑块机构，已知滑块的行程为60mm，当滑块处于两个极限位置时，机构的压力角分别为 30° 和 60° ，试用图解法求曲柄长度 l_{AB} ，连杆长度 l_{BC} ，导路的偏距 e 和行程速度变化系数 K 。