

机械设计基础

第二章 平面连杆机构

本章主要内容

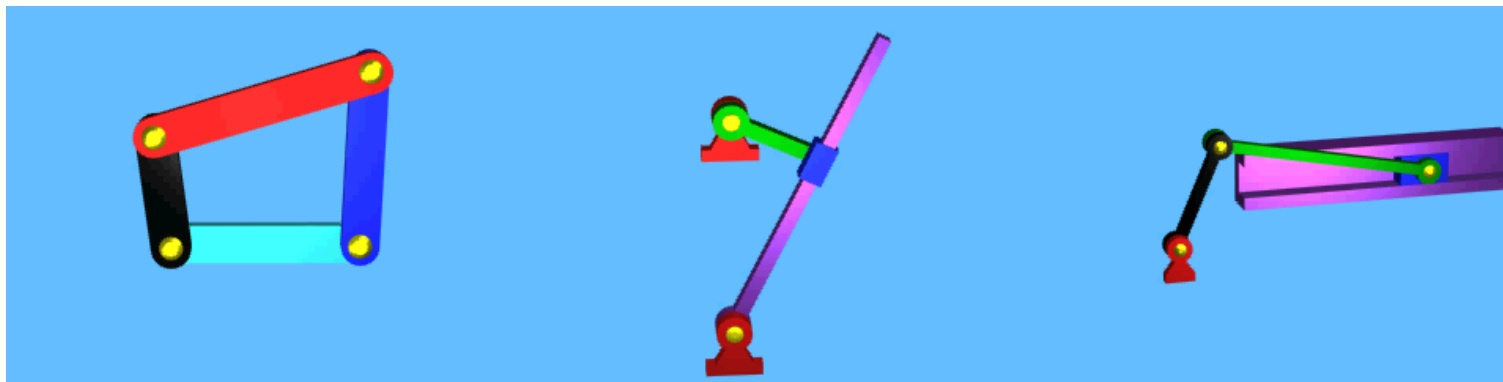
- 铰链四杆机构的基本类型、特性
- 铰链四杆机构有整转副的条件
- 铰链四杆机构的演化
- 平面四杆机构的常用设计方法

重点内容

四杆机构的类型，压力角、传动角的定义
铰链四杆机构有整转副的条件

平面连杆机构的定义

～是由许多构件用低副（转动副、移动副）连接组成的平面机构



平面连杆机构的优点：

耐磨损 --- 面接触

制造简便 --- 接触表面是圆柱面或平面

平面连杆机构的缺点：

运动累计误差较大 --- 低副中存在间歇

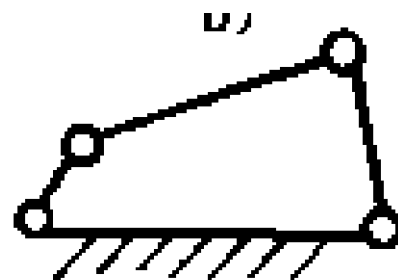
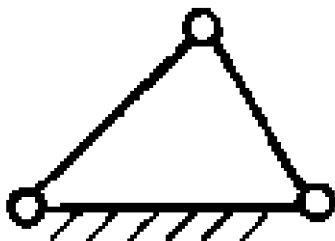
§ 2-1 铰链四杆机构的基本型式和特性

由四个构件组成的平面连杆机构称为平面四杆机构

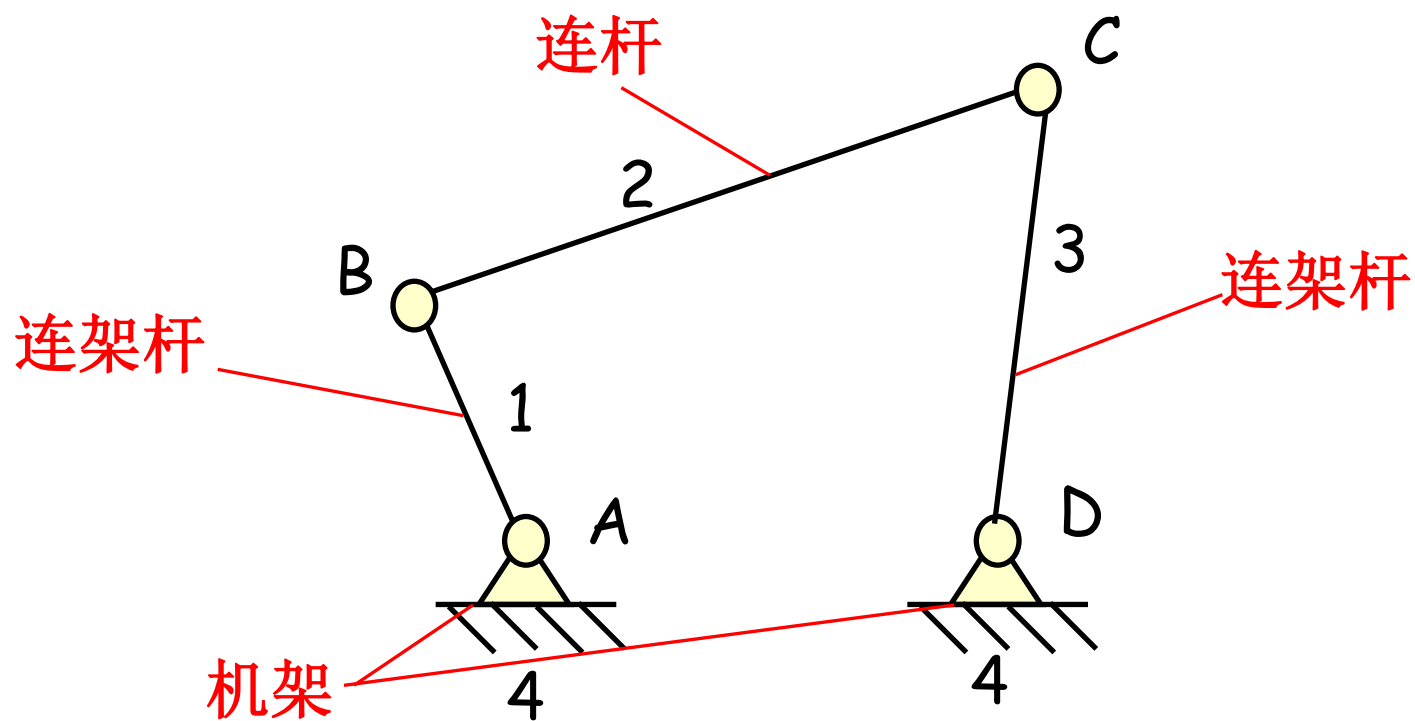
全部用转动副相连的平面四杆机构称为平面铰链四杆机构，简称铰链四杆机构。

思考：

为什么本章重点针对四杆机构？



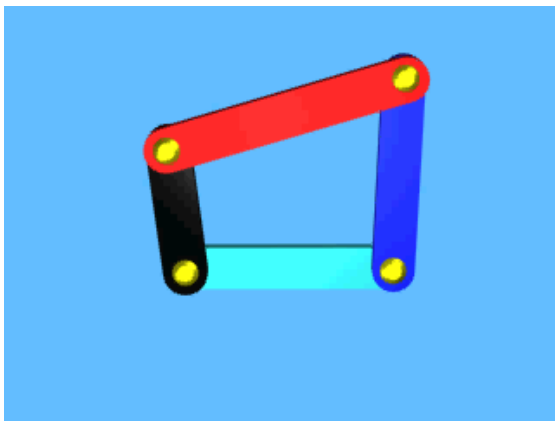
两杆机构起不到转换运动的作用、三杆机构则形成刚体，
四杆机构是具有转换运动功能而构件数量最少的平面连杆机构



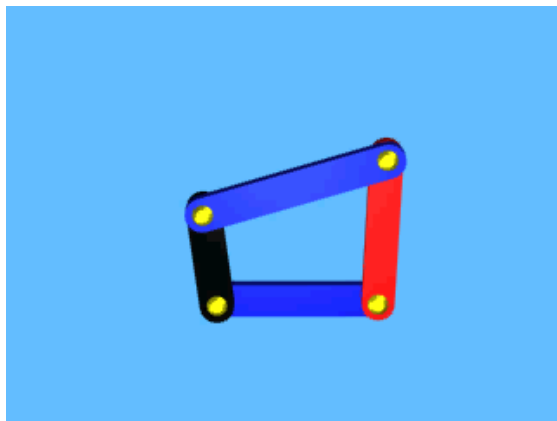
能绕机架上转动副中心A或D作整周转动的连架杆称为曲柄，否则称为摇杆

铰链四杆机构的三种基本型式：

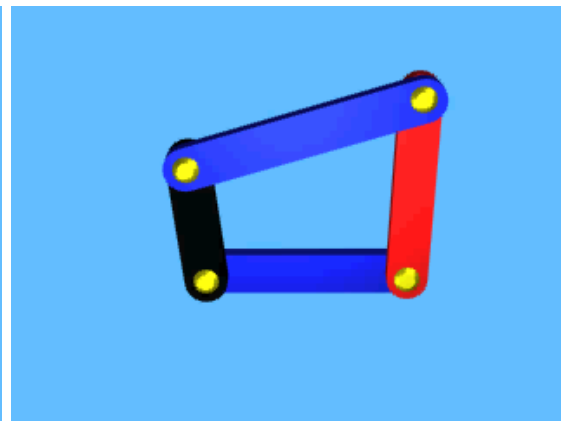
曲柄摇杆机构



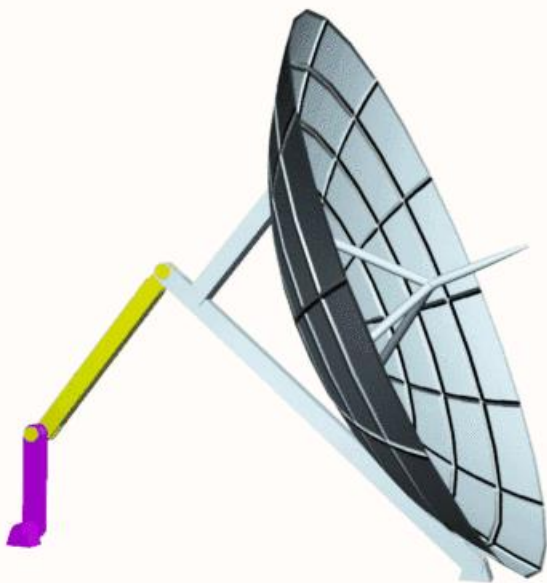
双曲柄机构



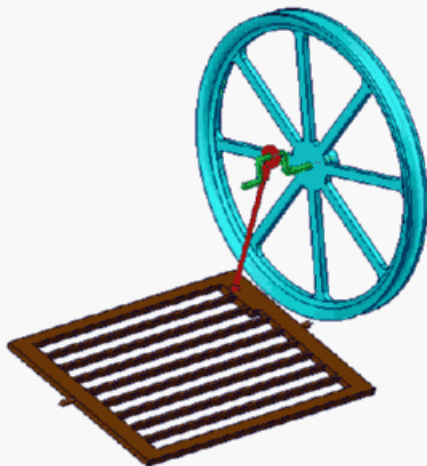
双摇杆机构



一、曲柄摇杆机构



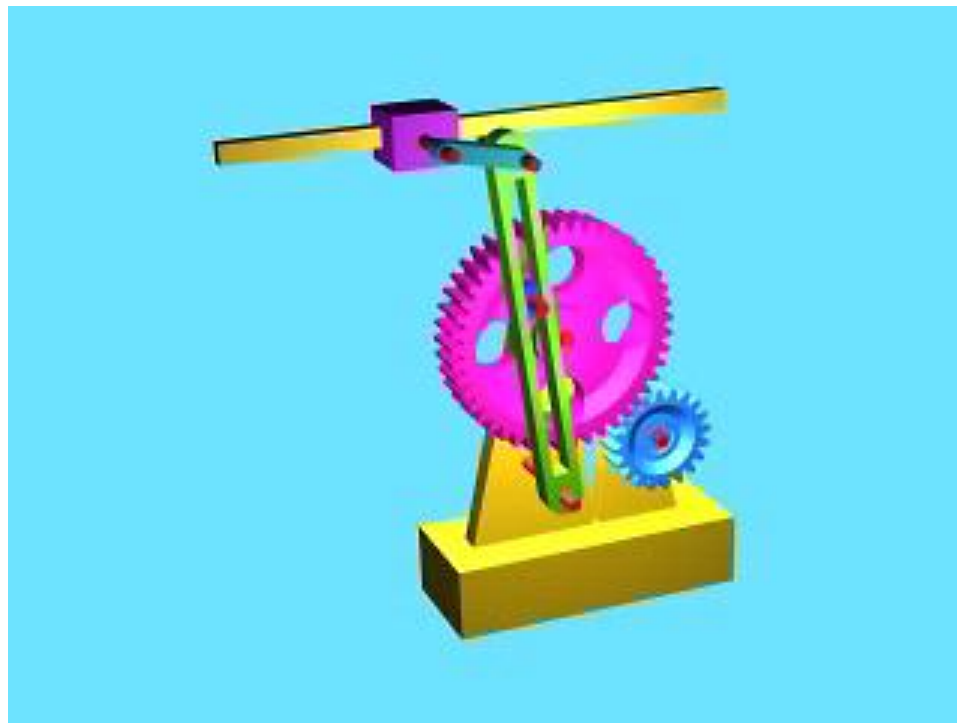
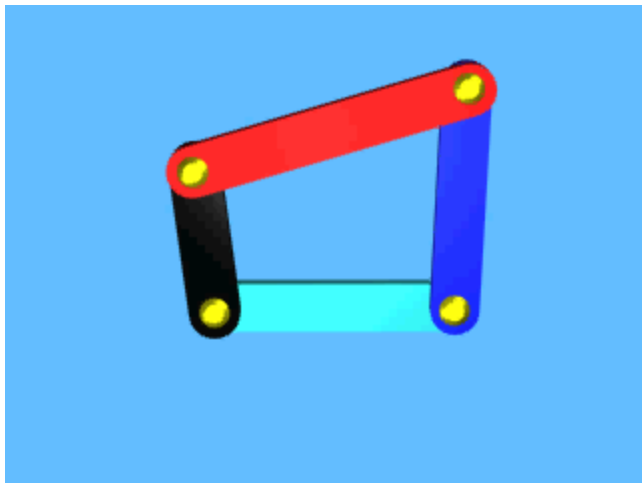
雷达天线俯仰机构



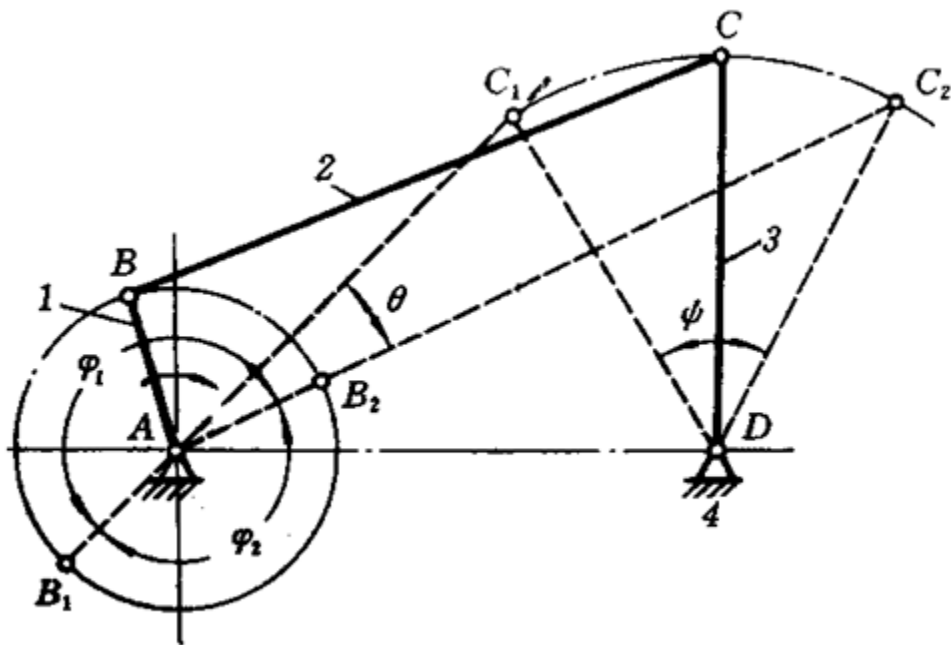
缝纫机踏板机构

曲柄摇杆机构的特性：

1. 急回运动



曲柄为原动件



工作行程:

$C_1D \rightarrow C_2D$ 速度 v_1

空回行程:

$C_2D \rightarrow C_1D$ 速度 v_2

急回特性可用行程速度变化系数（或称行程速比系数） K 表示：

$$K = \frac{v_2}{v_1} = \frac{C_1C_2/t_2}{C_1C_2/t_1} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta} \quad (2-1)$$

θ : 摇杆处于两极限位置时, 对应的曲柄所夹的锐角, 称为极位夹角

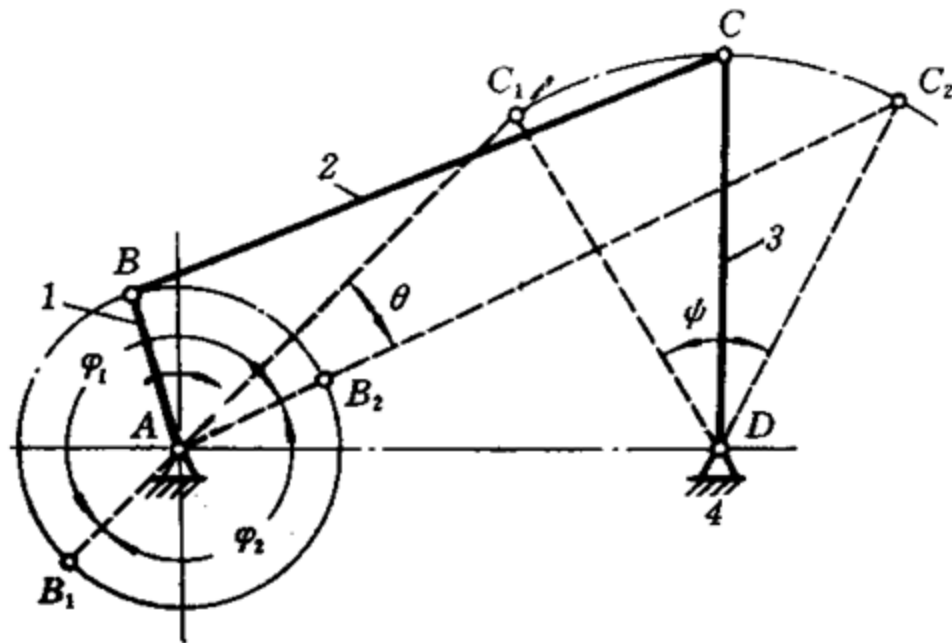
$$\theta = 180^\circ \frac{K-1}{K+1} \quad (2-2)$$

设计新机械时，一般给出急回要求（K），然后确定 θ

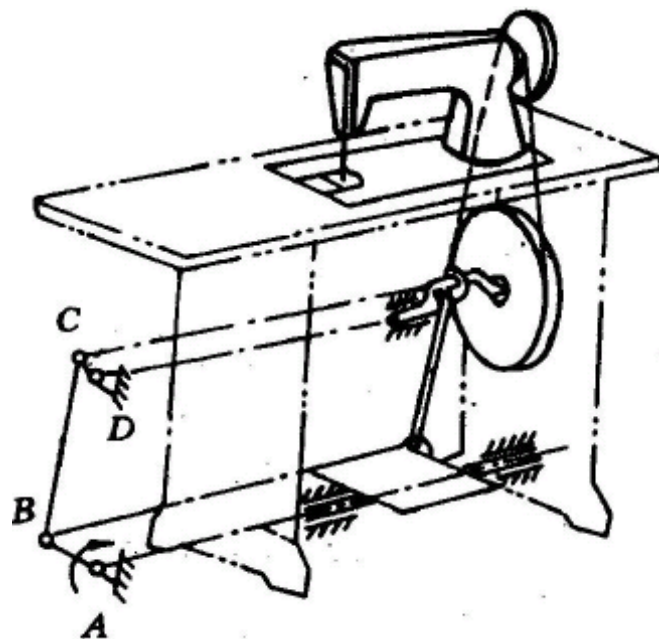
急回特性作用：常用于缩短非生产时间，提高生产效率

2. 死点位置

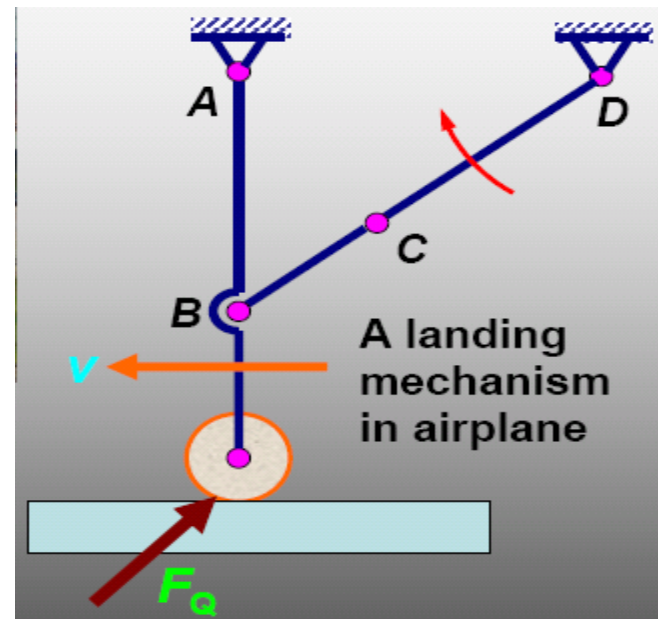
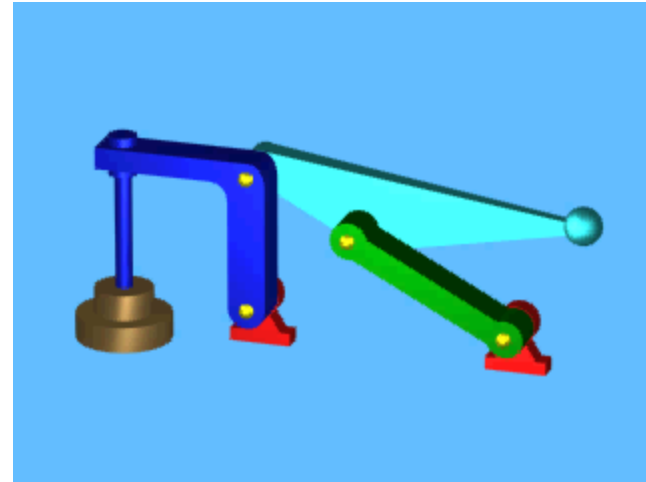
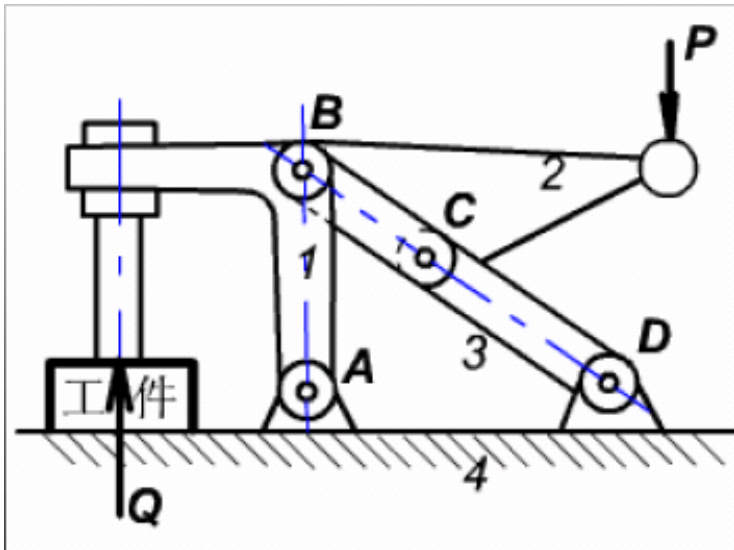
摇杆3为原动件



解决方法：利用飞轮及构件自身的惯性作用，或对曲柄施加外力

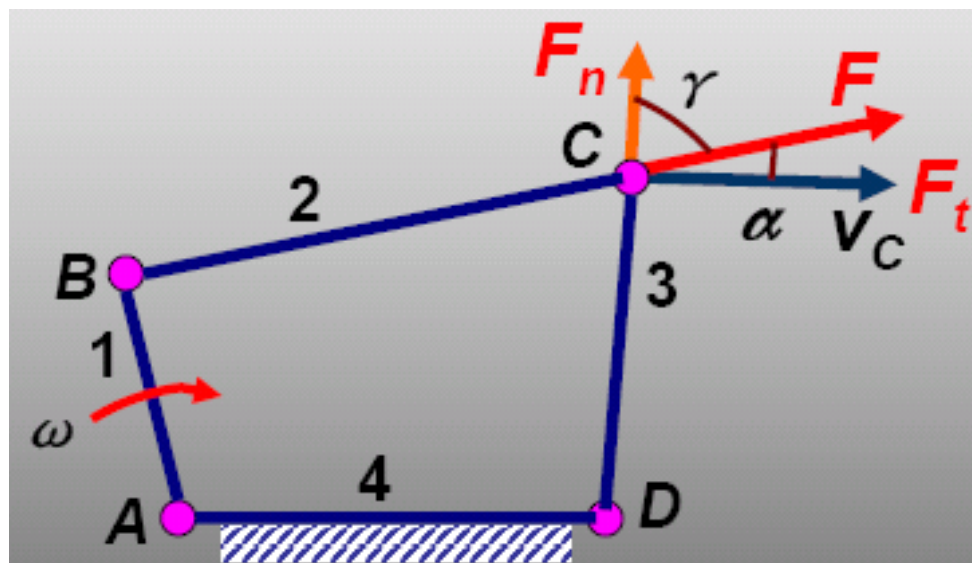


利用死点位置实现一定的工作要求（积极的一面）



http://www.sohu.com/a/165398737_765124

3. 压力角和传动角

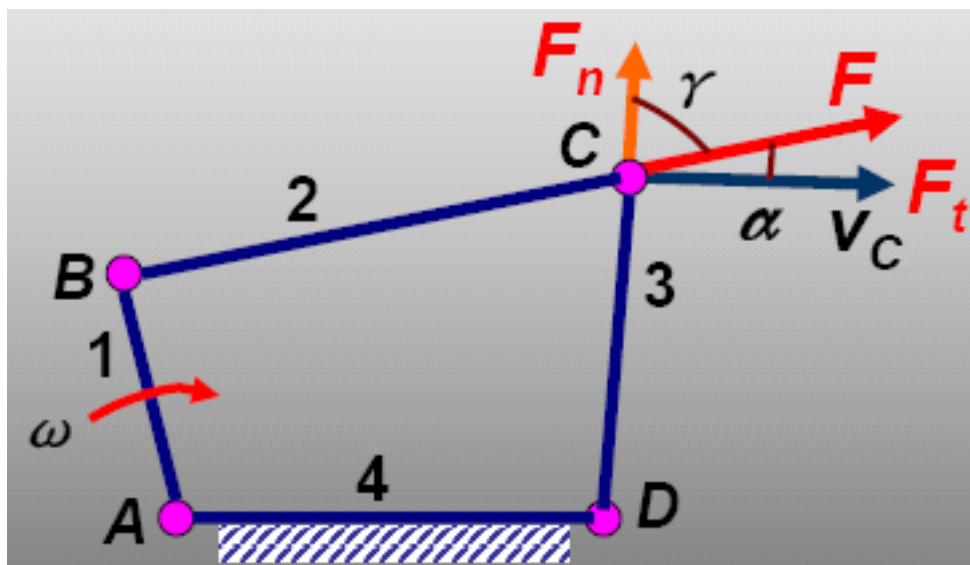


F : 连杆2作用于从动摇杆3上的力

$F_t = F \cos \alpha$ 为驱动从动件运动并做功的**有效分力**， F_n 不做功，仅增加转动副D中的径向力。

定义：作用在从动件上的驱动力 F 与该力作用点绝对速度 V_C 之间所夹的**锐角 α** 称为**压力角**

α 反映力的有效利用程度



γ 越大对机构工作愈有利

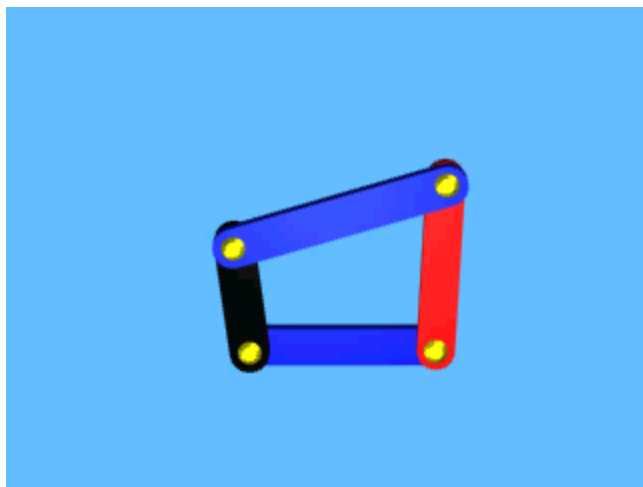
传动角定义： $\gamma = 90^\circ - \alpha$

由于 γ 有时可以从平面连杆机构的运动简图上直接观察其大小，故平面连杆机构设计中常采用 γ 来衡量机构的传动质量

在机构运转时，传动角是变化的，为了保证机构正常工作，设计时通常应使 $\gamma_{\min} \geq [\gamma] = 40^\circ$

对于高速或大功率机械 $\gamma_{\min} \geq 50^\circ$

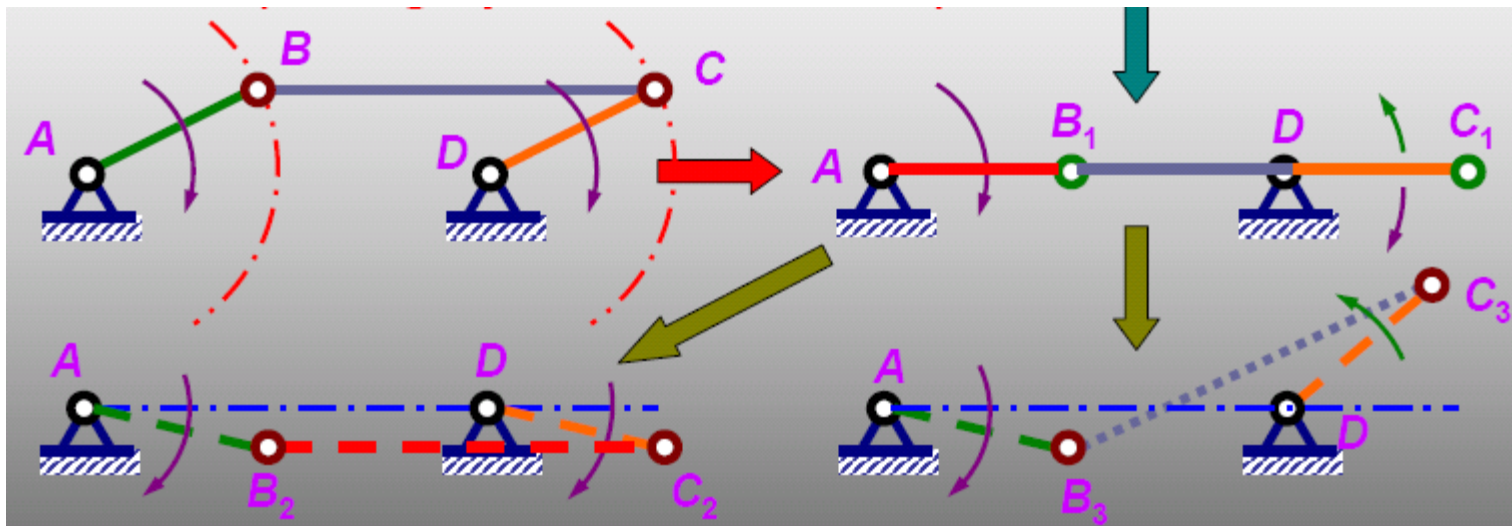
二、双曲柄机构



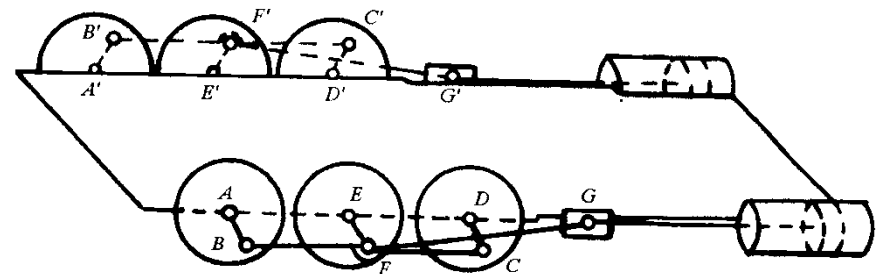
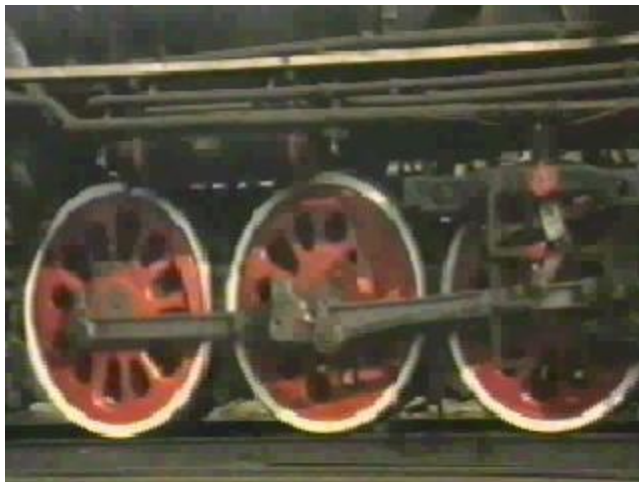
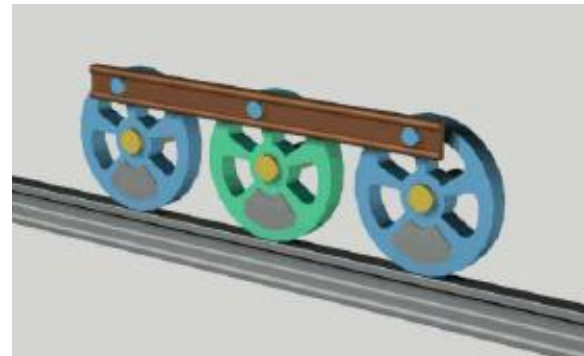
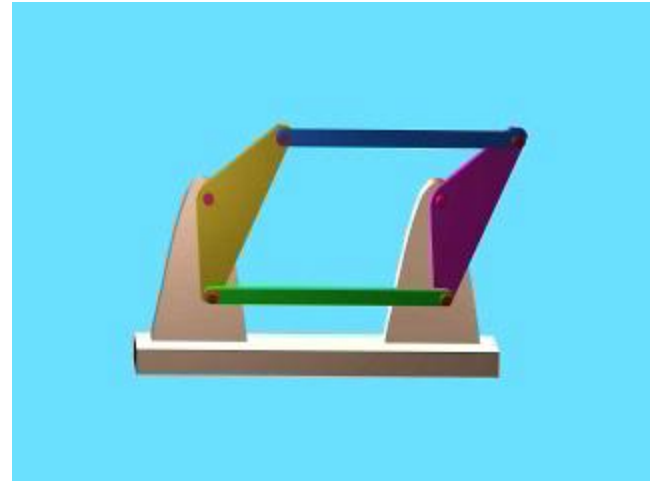
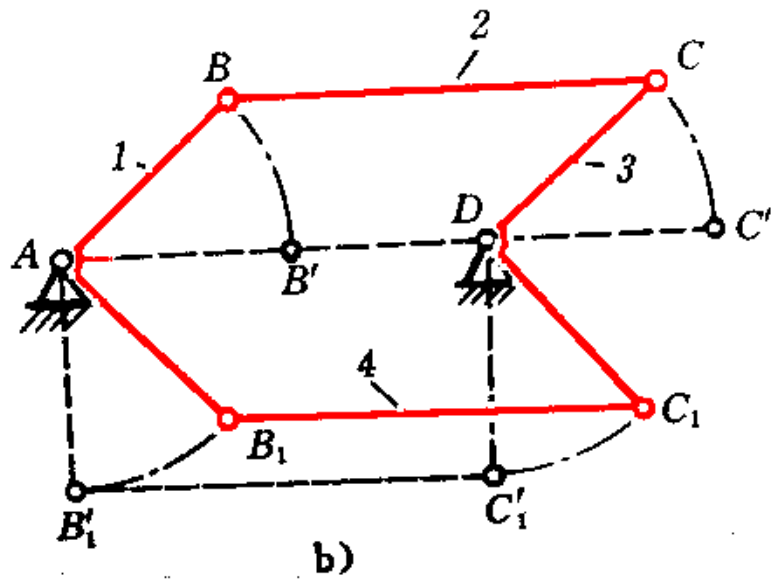
双曲柄机构中，用得最多的是
平行四边形机构，或称平行双
曲柄机构。（对边长度相等）



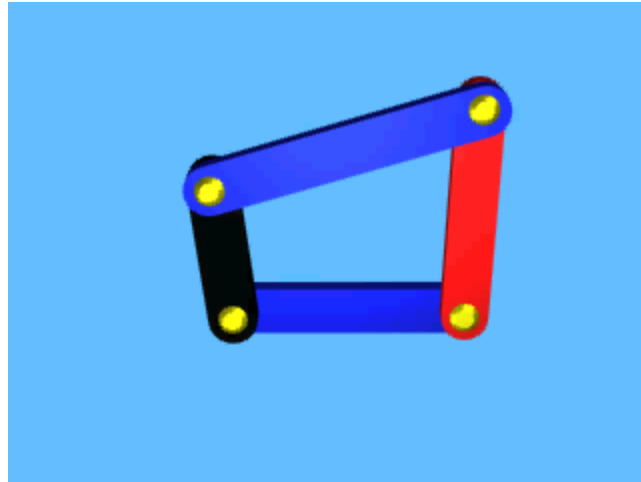
运动不确定位置



运动不确定状态的消除方法：



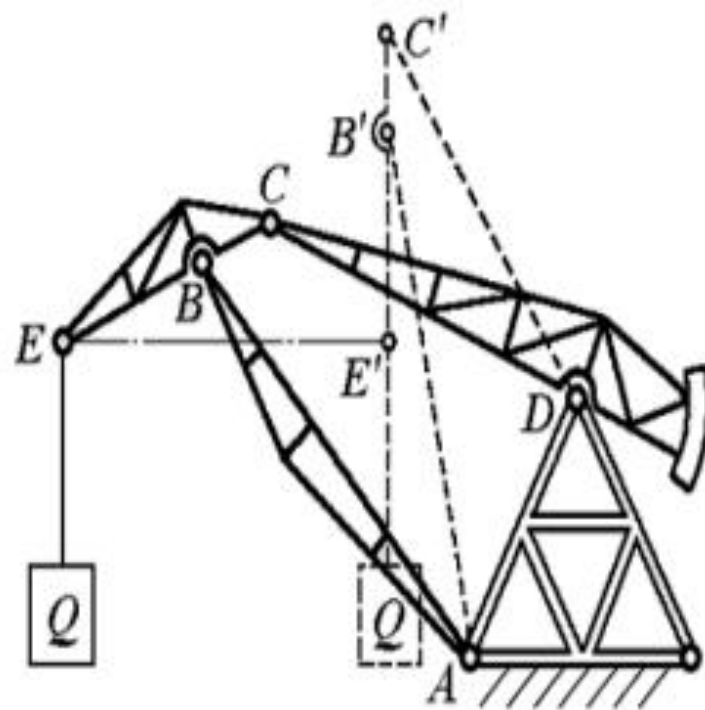
三、双摇杆机构



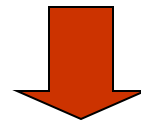
双摇杆机构的应用



鹤式起重机（四连杆门座式起重机）

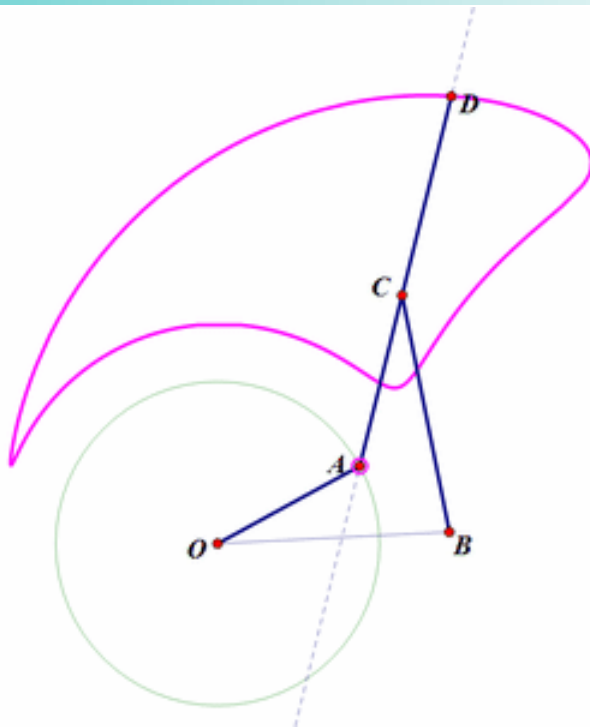


E点近似水平移动



降低能量消耗

四、平面连杆机构的特点



连 杆 曲 线

运动转换：

转动（摆动）转换为复杂的运动轨迹

优点：

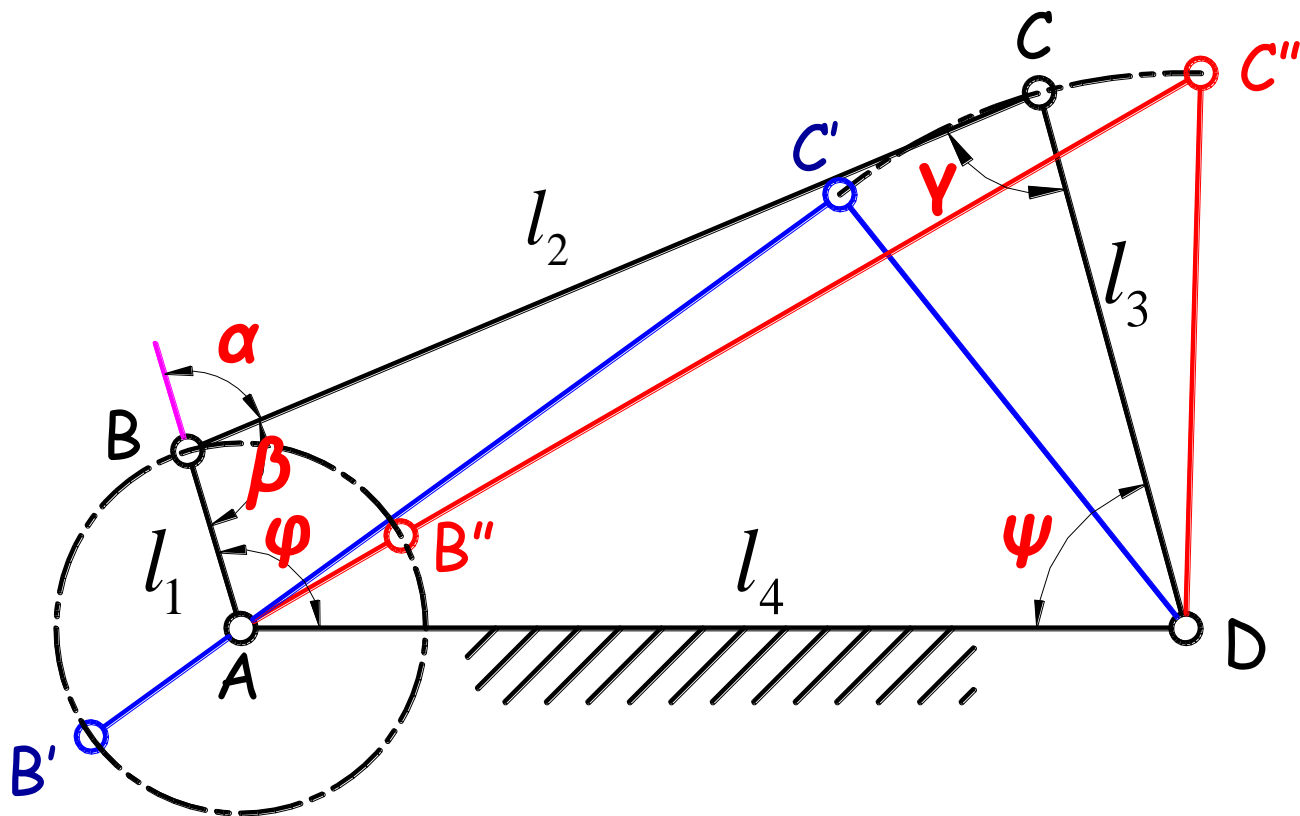
- 1、连杆曲线形式丰富，可满足各种轨迹要求；
- 2、可实现多种运动形式的转换和运动规律；
- 3、接触面比压小，承载能力大，且易润滑，耐磨损；
- 4、运动副元素简单，加工方便，精度高。

缺点：

- 1、低副几何锁合存在间隙，数目较多时累计误差大，机械效率低；
- 2、不易精确地实现给定的运动规律，且设计复杂；
- 3、惯性力难以平衡，多应用于低速场合。

§ 2-2 铰链四杆机构有整转副的条件★

整转副： 两构件能相对转 360° 的转动副



曲柄摇杆机构中A、B是整转副，C、D不是

思考：

讨论铰链四杆机构有整转副的条件的实际意义？

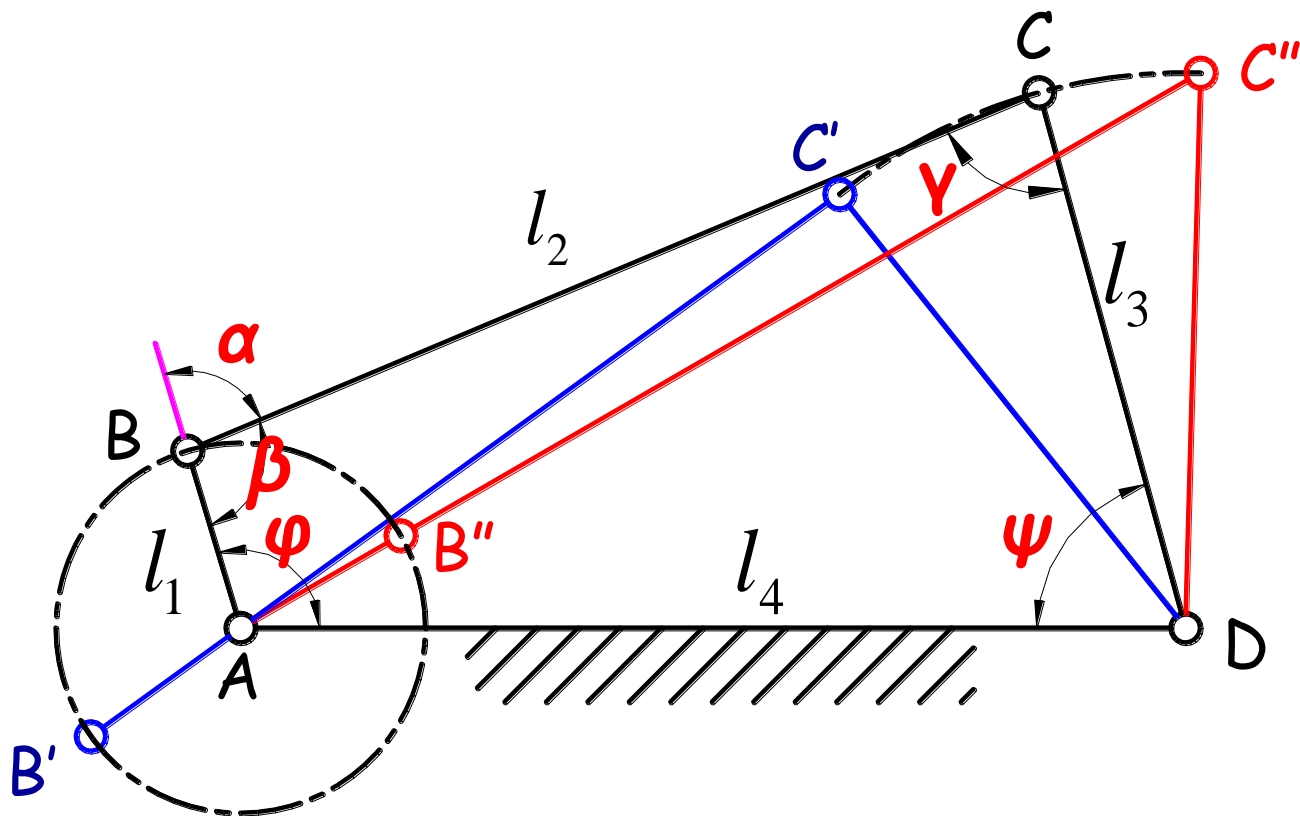
原动机（如电动机、内燃机）都作整周转动



机构的主动件也能整周转动



铰链四杆机构中存在曲柄的必要条件：存在整转副



$$\begin{array}{lcl}
 l_1 + l_4 \leq l_2 + l_3 & \left. \begin{array}{c} + \\ + \\ + \end{array} \right\} & \begin{array}{l} \rightarrow l_1 \leq l_2 \\ \rightarrow l_1 \leq l_3 \\ \rightarrow l_1 \leq l_4 \end{array} \\
 l_1 + l_3 \leq l_2 + l_4 & & \\
 l_1 + l_2 \leq l_3 + l_4 & &
 \end{array}
 \Rightarrow l_1 \text{ 最短}$$

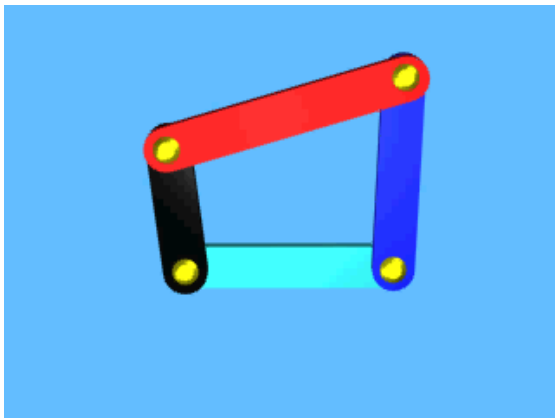
结论：

- ① 铰链四杆机构有整转副的条件是：
最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆之和；
- ② 整转副是由最短杆与其邻边组成的。

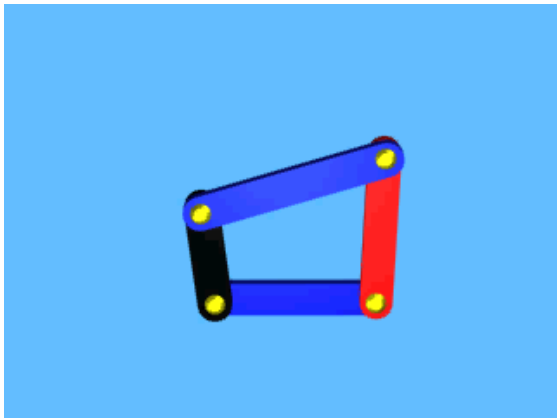
问题：是否存在整转副的铰链四杆机构都存在曲柄？

机架选取的影响：

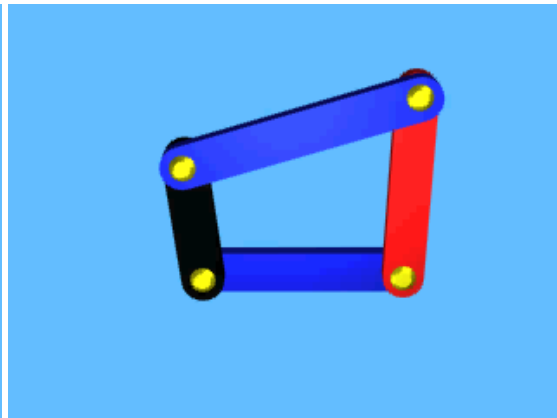
曲柄摇杆机构



双曲柄机构



双摇杆机构



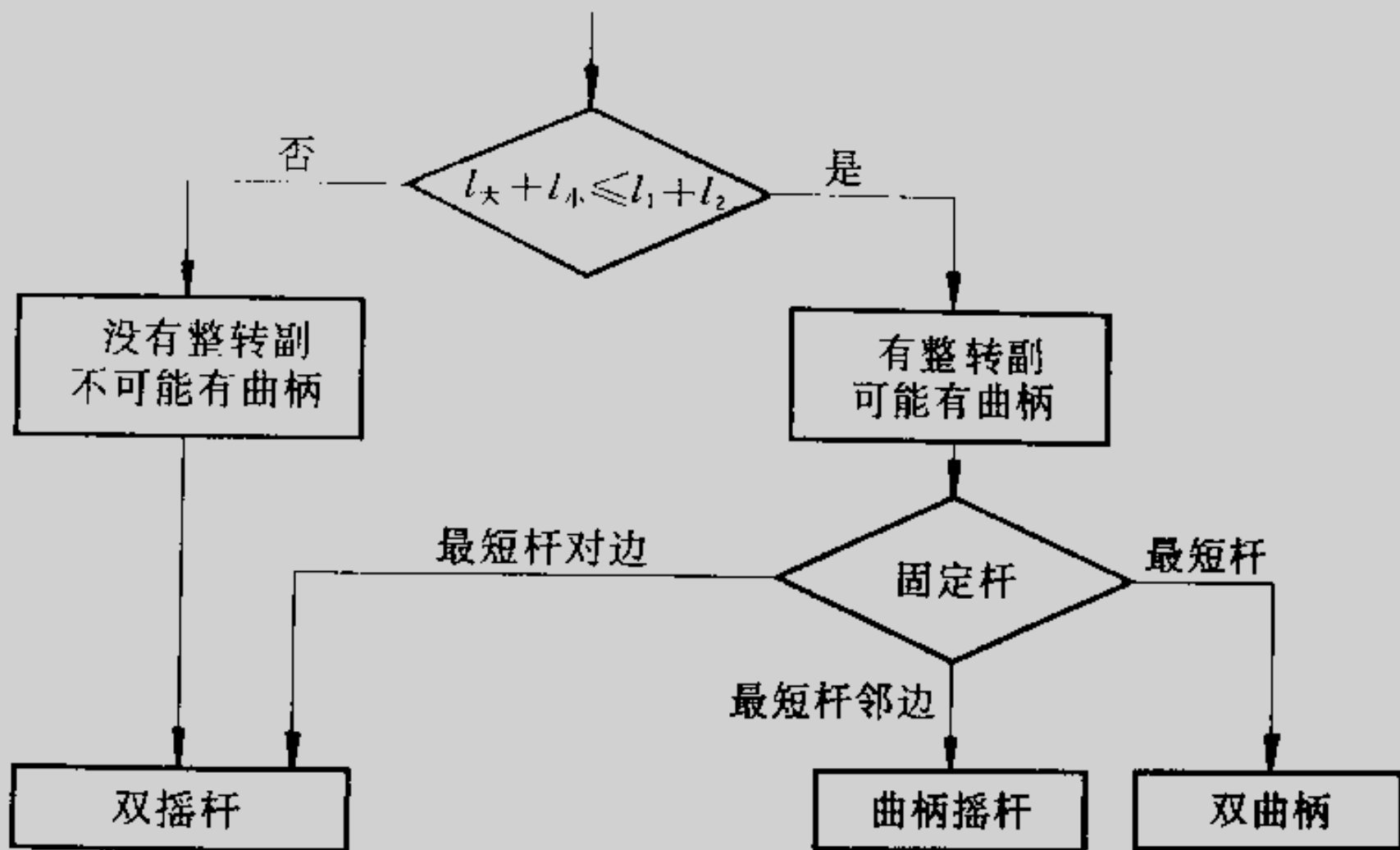
① 取最短杆的邻边为机架时，
机架上只有一个整转副，
故得曲柄摇杆机构



② 取最短杆为机架时，
机架上会有两个整转副，
故得双曲柄机构

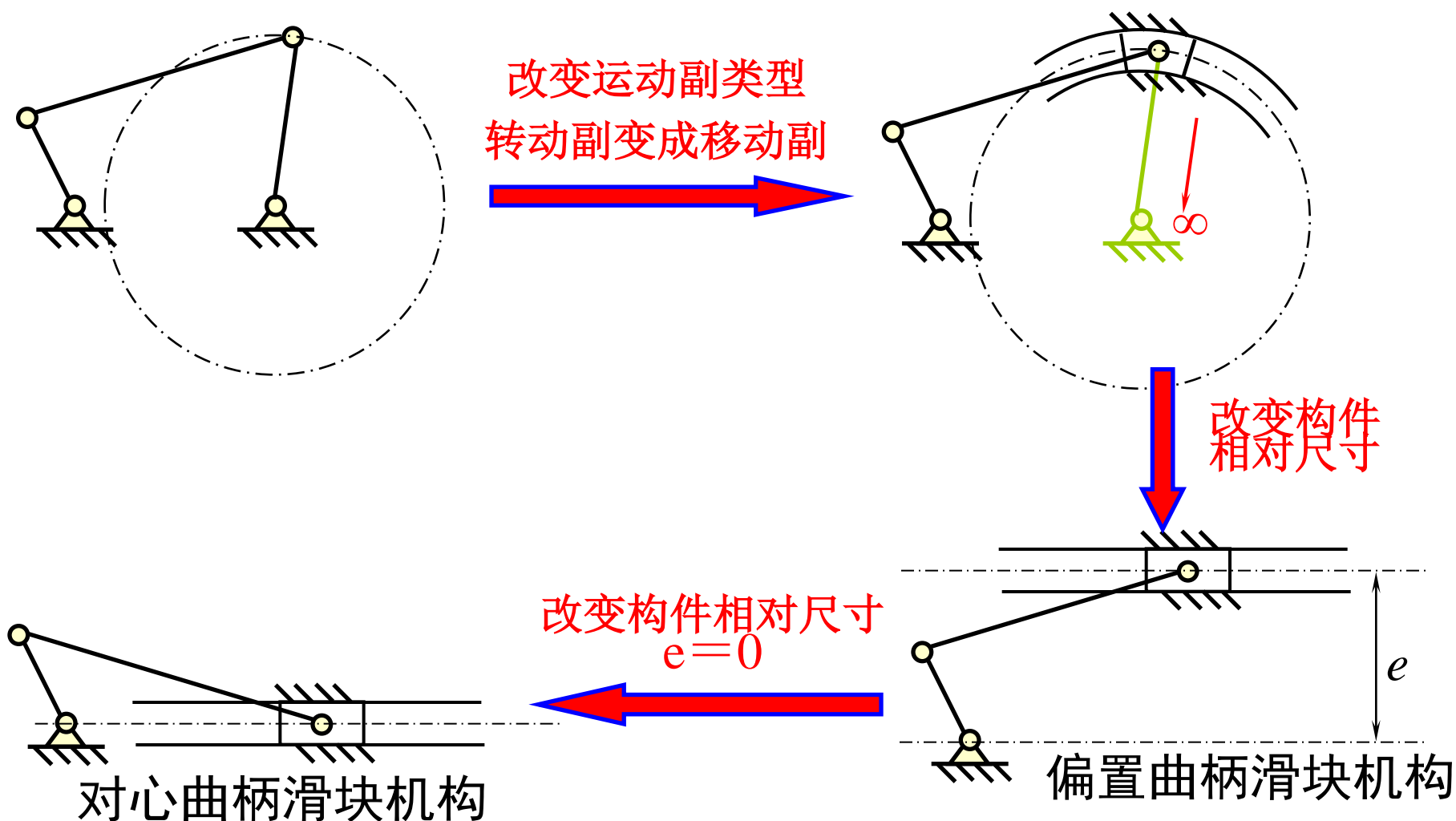


③ 取最短杆的对边为机架时，
机架上没有整转副，
故得双摇杆机构

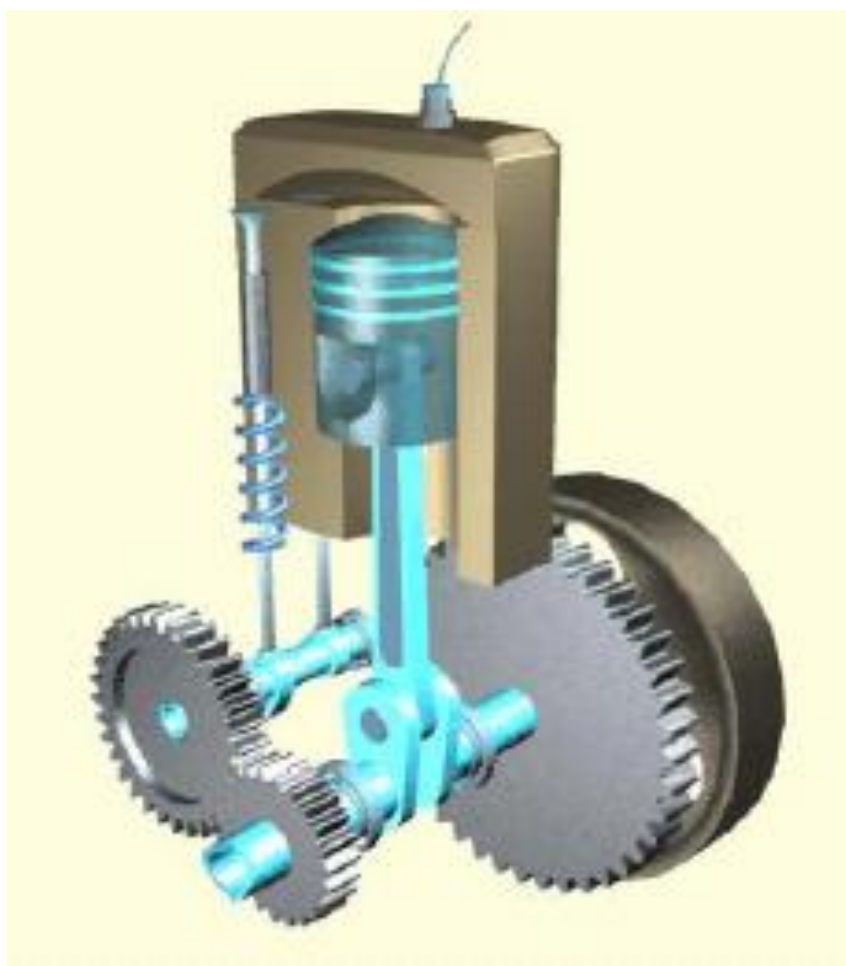


§ 2-3 铰链四杆机构的演化

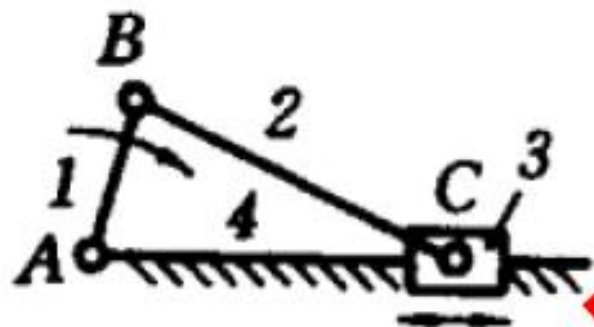
一、曲柄滑块机构



曲柄滑块机构的应用： 活塞式内燃机、空气压缩机、冲床等

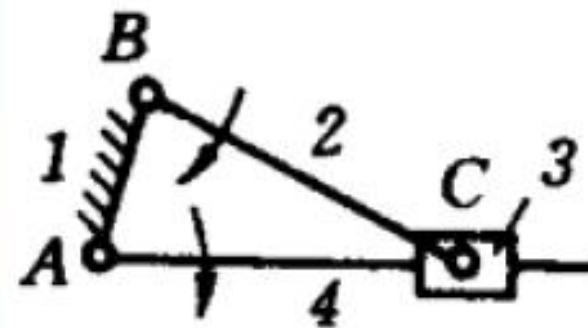


二、导杆机构 三、摇块机构和定块机构



曲柄滑块机构

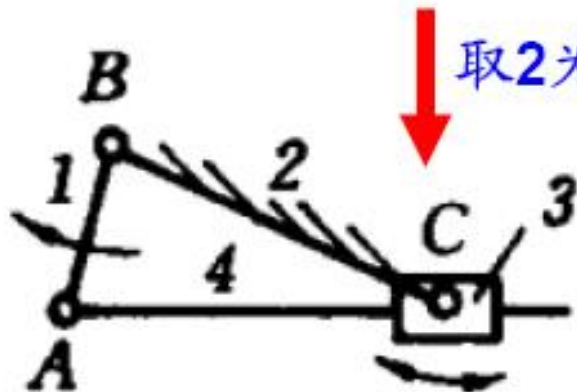
取1为机架



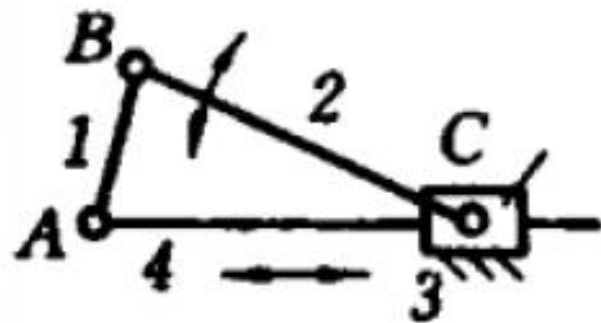
(转动) 导杆机构
传动角始终 = 90°

取3为机架

取2为机架

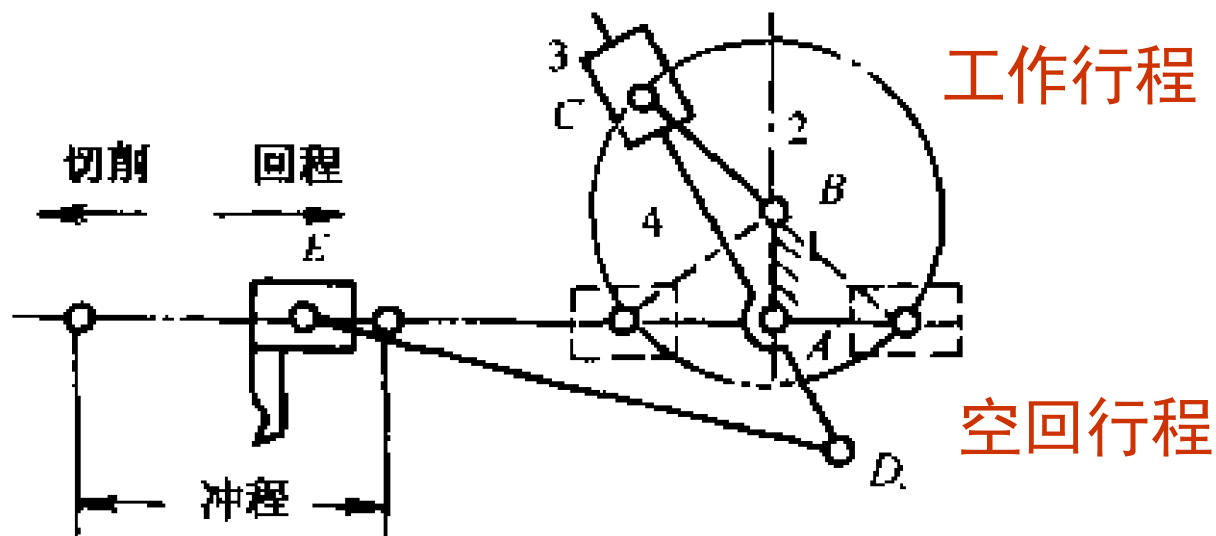


摇块机构

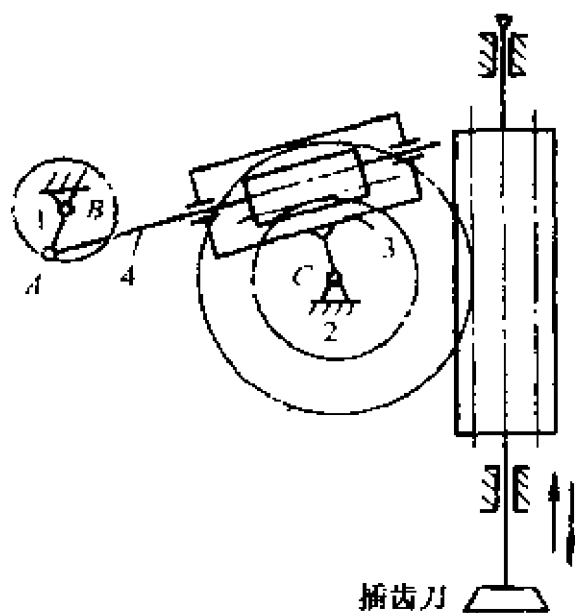


定块机构

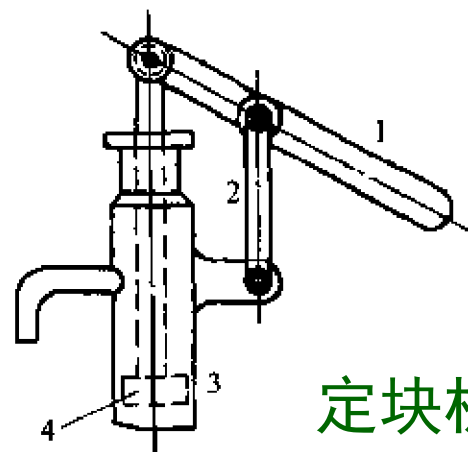
应用：



小型刨床：导杆机构+曲柄滑块机构

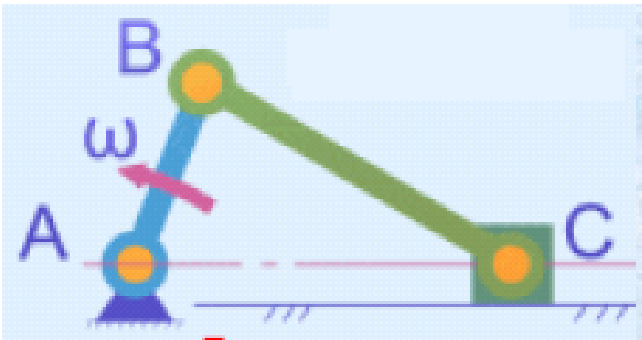


摇块机构在
插齿机上的
应用

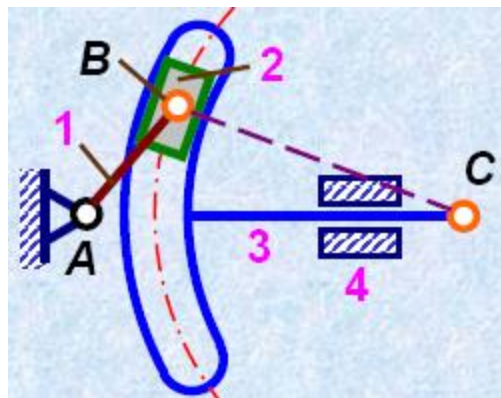
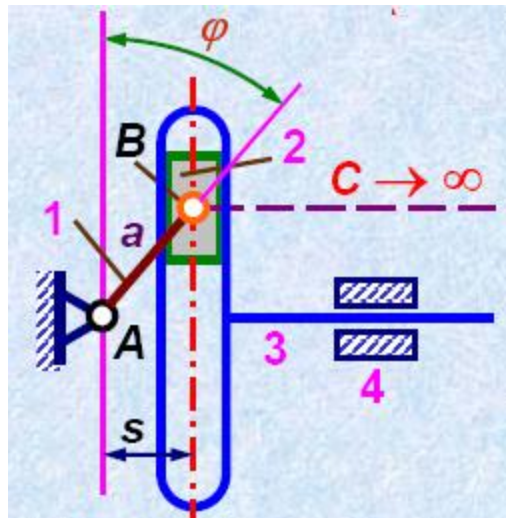
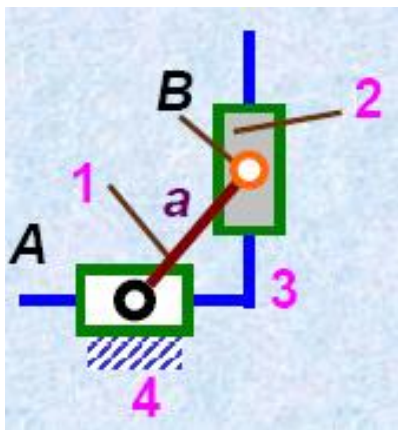


定块机构

四、双滑块机构（具有两个移动副）



将转动副C演化为移动副


$$C \rightarrow \infty$$


$s=a \times \sin \varphi$ 正弦机构

取不同构件为机架，正弦机构的演变

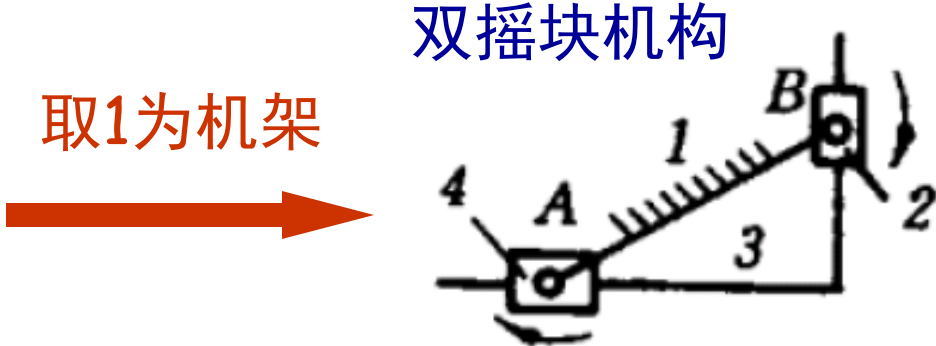
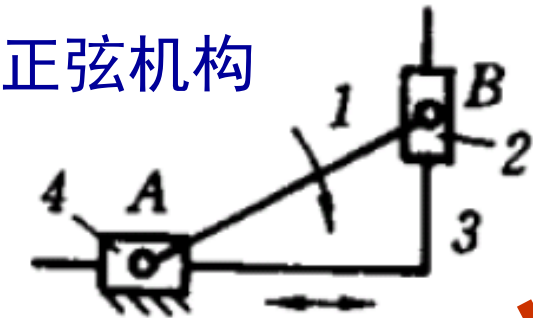


图2-21 滑块联轴器

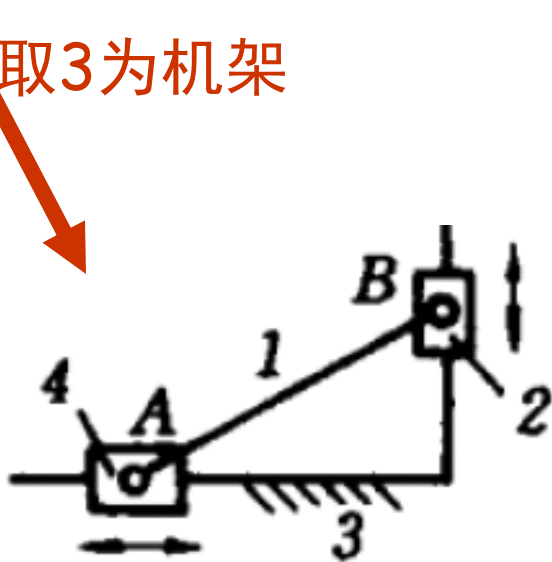
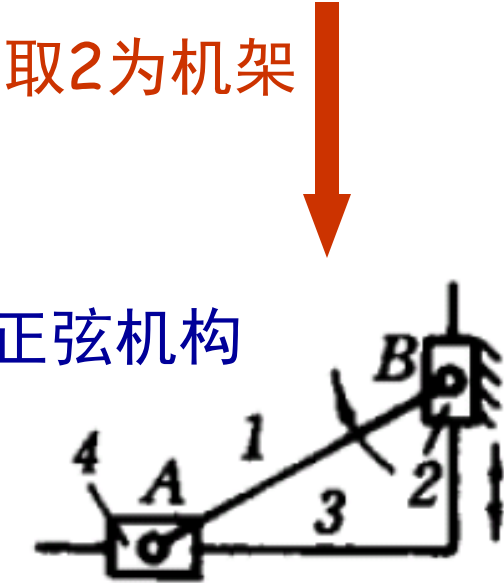
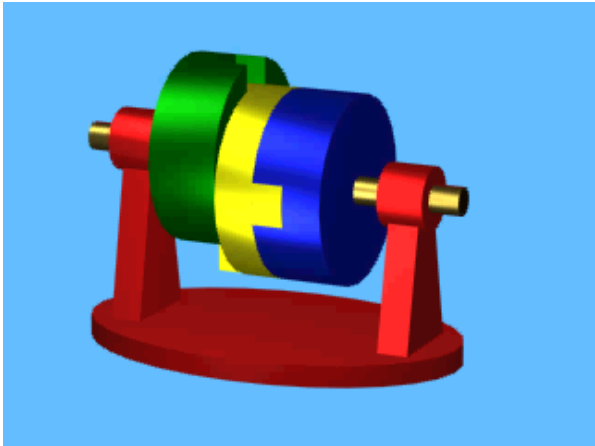
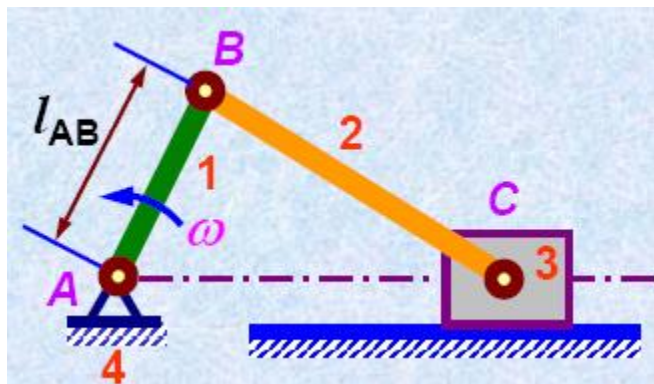


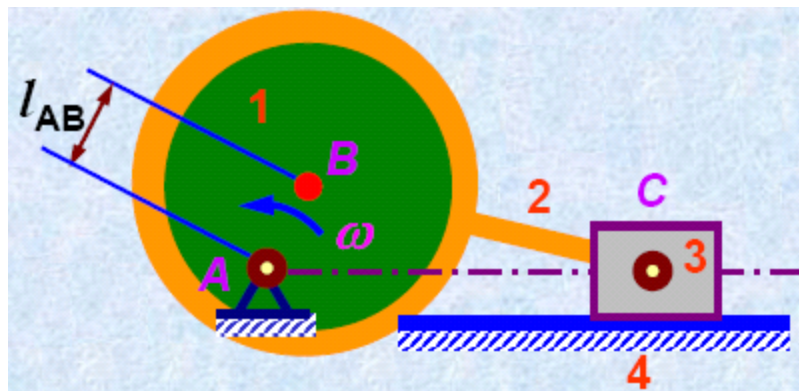
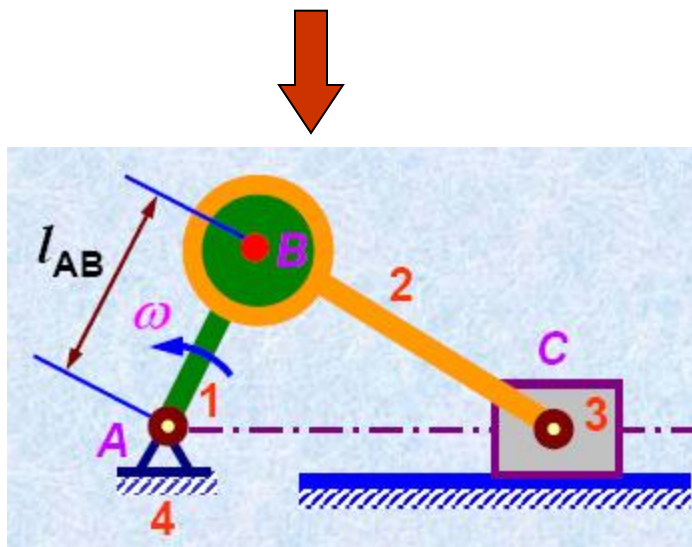
图2-22 椭圆仪



五、偏心轮机构



如果曲柄的长度很短，在曲柄
两端装设两个转动副空间不够，
怎么办？



资料：

http://www.360doc.com/content/17/0413/13/38908322_645279197.shtml

<http://www.cmiw.cn/thread-485270-1-1.html>

§ 2-4 平面四杆机构的设计

平面连杆机构设计的基本任务：

- 1) 满足生产要求的运动规律；
- 2) 满足其他各种附加条件，如曲柄存在条件，传力条件等

设计的一般步骤：一般先按运动规律定出机构各杆的长度，然后检验该机构是否满足所要求的附加条件。

本节介绍按运动规律确定各杆长度的方法。共有如下设计命题：

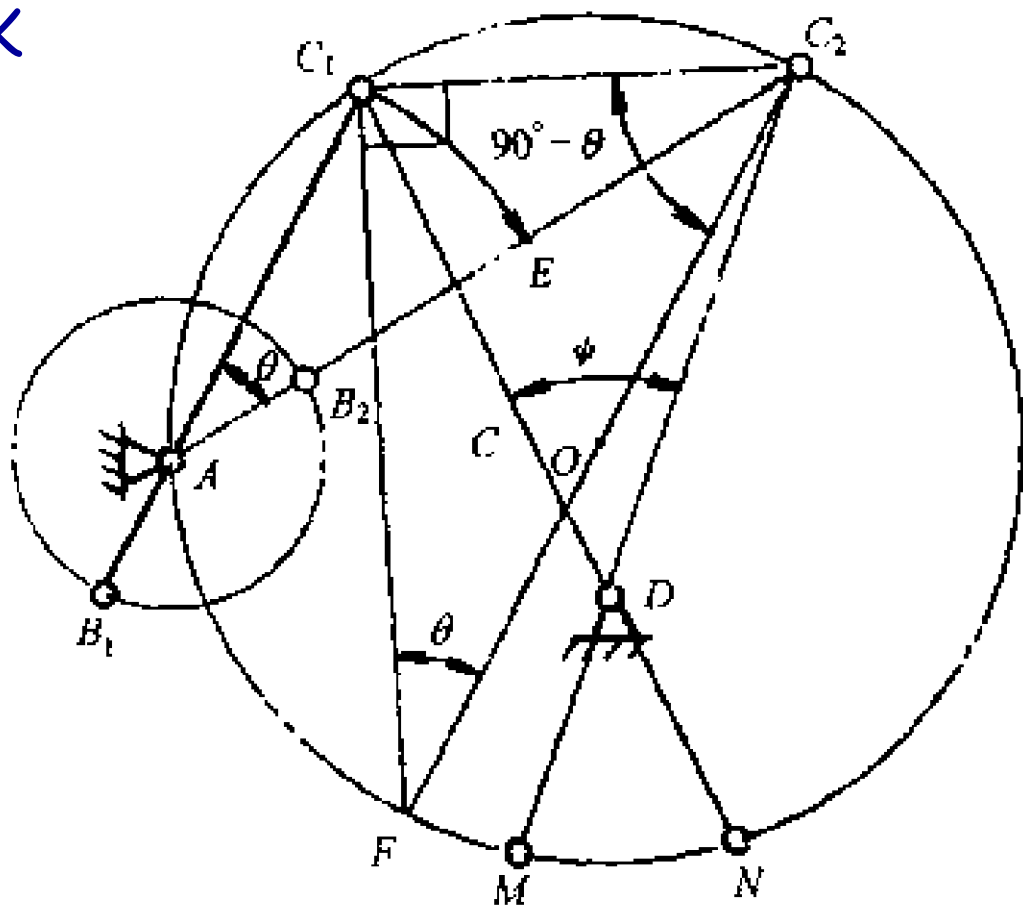
- 一、按照给定的行程速度变化系数设计四杆机构；
- 二、按照给定连杆位置设计四杆机构；
- 三、按照给定两连架杆对应位置设计四杆机构；
- 四、按照给定点的运动轨迹设计四杆机构。

设计方法：

(1) 作图法：直观形象，几何关系清晰；

(2) 解析法：将运动设计问题用数学方程表示，求解数学方程得到有关运动尺寸；

(3) 图谱法或模型实验法：简便



2. 导杆机构

已知条件：机架长度 AC 、 K

