



4 平面连杆机构

4-1 连杆机构的特点及设计问题

4-2 平面四杆机构的型式及演化

4-3 平面四杆机构的运动特性

4-4 平面四杆机构的设计



4-1 连杆机构的特点及设计问题

■ 定义：低副机构。

- 特点：面接触。运动副所受单位压力小、耐磨、便于制造、精度高、几何锁合。从动件运动规律很有限。低速。

■ 设计问题两方面：

- 选型与运动尺寸设计两个方面。

■ 设计问题三大类

- 实现构件的几个位置（刚体导引）。
- 实现给定运动规律。
- 实现给定轨迹。

4-2 平面四杆机构的型式及演化

■ 铰链四杆机构:

- 曲柄摇杆、双曲柄、双摇杆机构

■ 含一个移动副的四杆机构:

- 曲柄滑块、转动导杆、曲柄摇块、
■ 移动导杆机构。

■ 含二个移动副的四杆机构:

- 正弦、双转块、曲柄移动导杆、双滑块、
■ 正切、滑块摇杆、摇杆导杆、滑块摇块机构

■ 偏心轮机构:

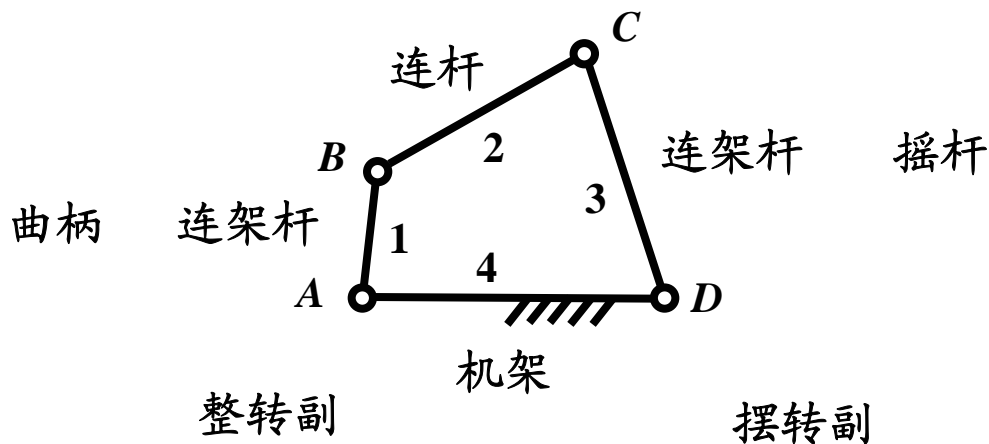
- 单偏心轮、双偏心轮机构



机构的倒置

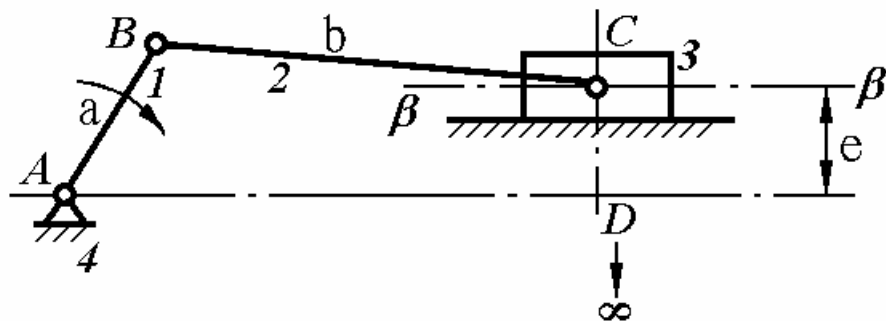
4-2 平面四杆机构的型式及演化

铰链四杆机构：

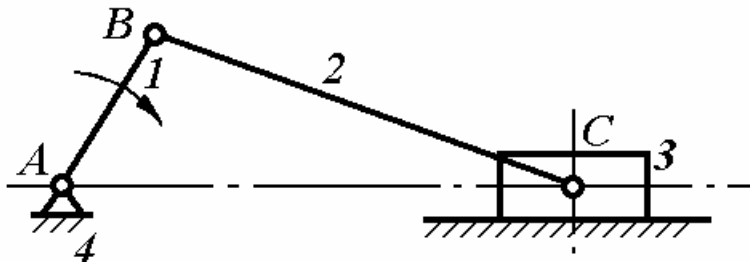


4-2 平面四杆机构的型式及演化

将一个摆转副转变成移动副：



偏距 e 等于零 \Rightarrow 对心曲柄滑块机构



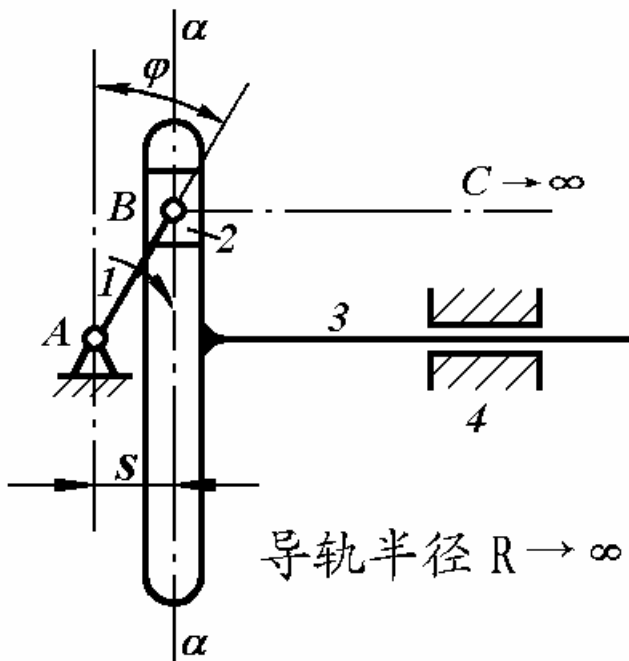
4-2 平面四杆机构的型式及演化

将第二个摆转副转变成移动副：

正弦机构

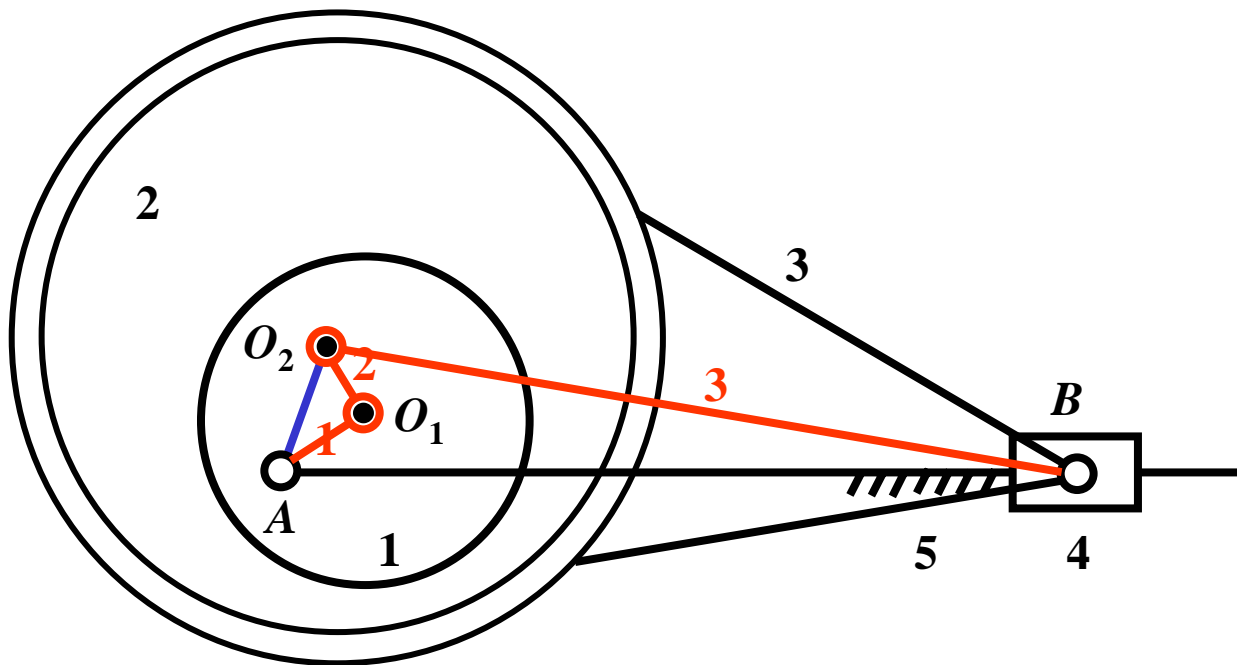
$$s = a \sin \varphi$$

a : 曲柄长度



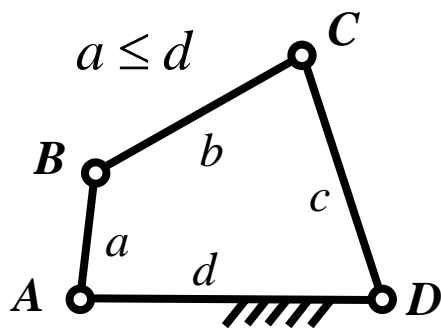
4-2 平面四杆机构的型式及演化

双偏心盘机构及其机构运动简图：



4-3 平面四杆机构的运动特性

■ 铰链四杆机构中整转副的充要条件:

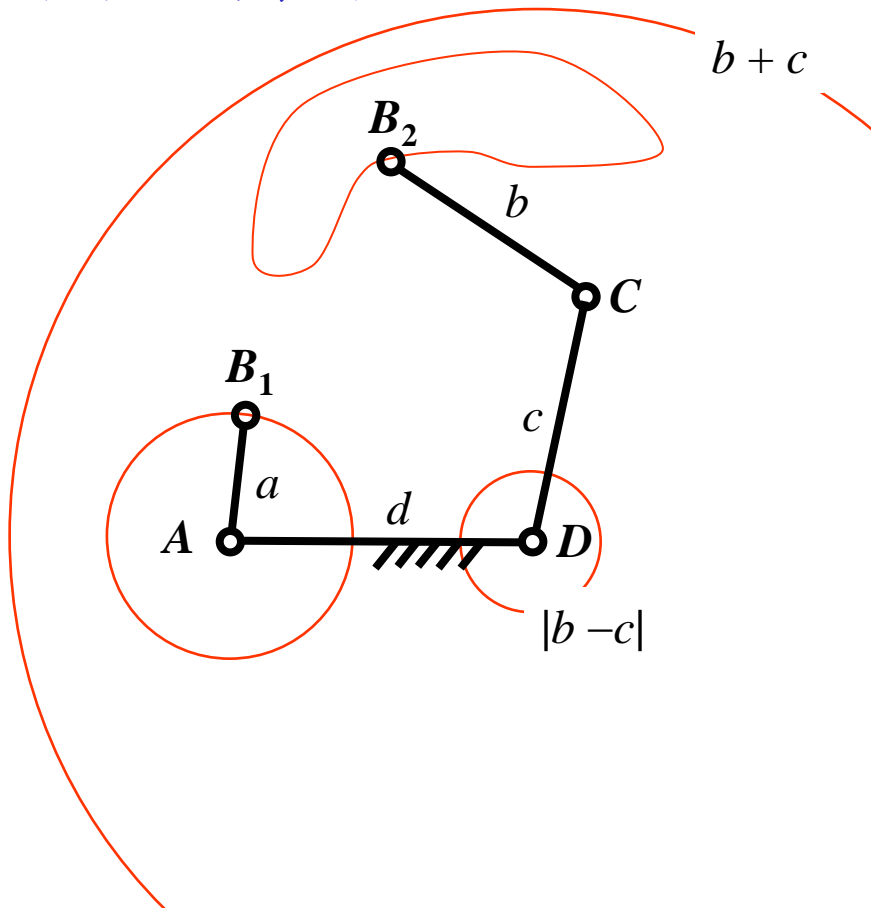


$$\begin{cases} a + d \leq b + c \\ d - a \geq |b - c| \end{cases}$$

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

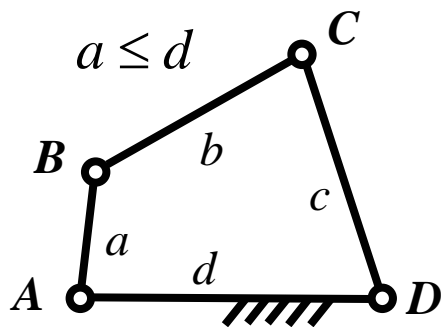
$$a + c \leq b + d$$

$$a \leq b, \quad a \leq c, \quad a \leq d$$



4-3 平面四杆机构的运动特性

■ 铰链四杆机构中整转副的充要条件:



$$\begin{cases} a + d \leq b + c \\ d - a \geq |b - c| \end{cases}$$

构成此回转副的两边中有一边是最短边（之一），且最短边与最长边长度之和不大于另外两边的长度之和。称为**杆长条件**。是铰链四杆机构存在整转副的必要条件。

铰链四杆机构中某回转副成为整转副的充要条件是:

- 1) 各杆长度满足杆长条件。
- 2) 构成此回转副的两构件中有一个为最短构件。



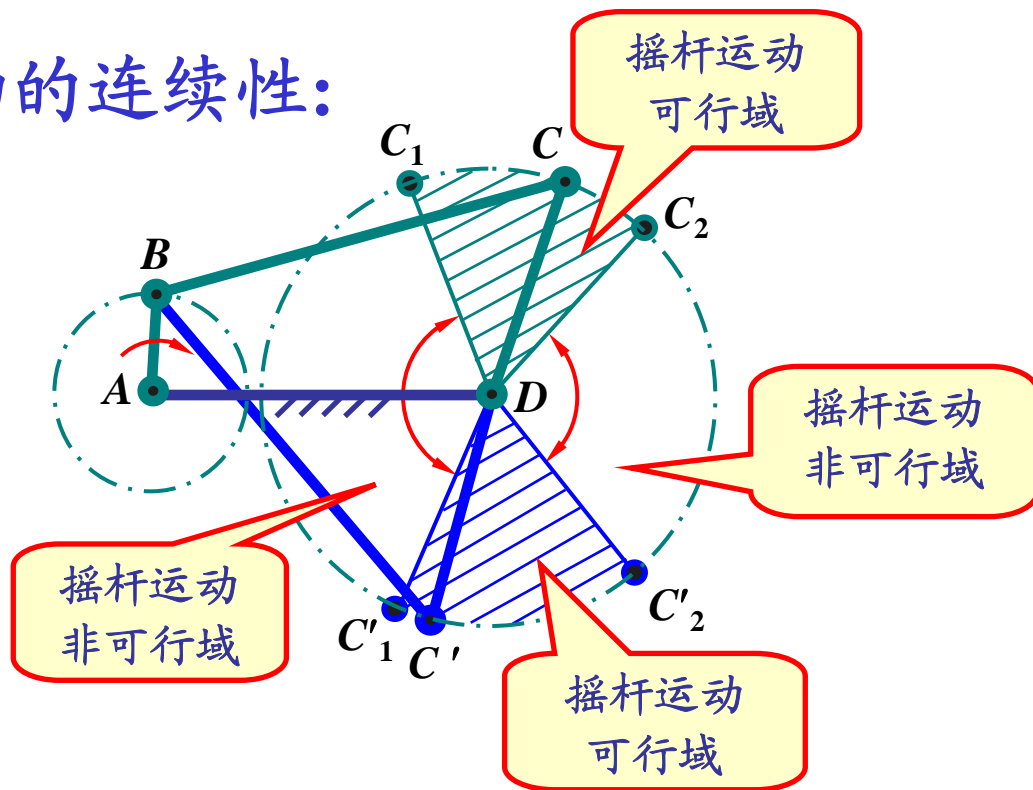
4-3 平面四杆机构的运动特性

■ 铰链四杆机构分类：

- 若杆长条件不满足，则无整转副，必为双摇杆机构。
- 若杆长条件满足，且只有一杆最短，则可以是三种机构中的任一种，取决于机架的选择。
- 若杆长条件满足，且有两杆最短，则当此两杆相邻时有三个整转副，当此两杆相对时有四个整转副。（此时另外两杆长度必相等。）
- 若四杆长度相等，则均为最短杆，必为双曲柄。

4-3 平面四杆机构的运动特性

运动的连续性:



摇杆在哪个可行域内运动，取决于机构的初始位置。

4-3 平面四杆机构的运动特性

■ 急回特性与行程速比系数 K :

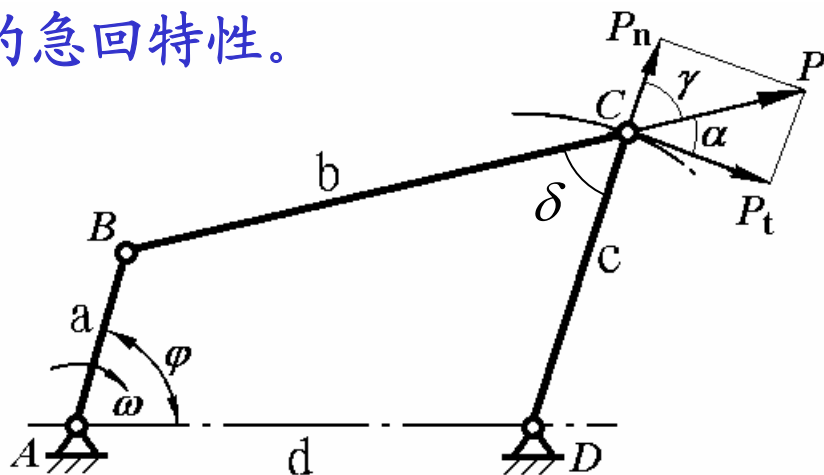
$$K = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta} \quad \theta = \frac{K-1}{K+1} 180^\circ$$

- 摆动导杆机构的急回特性。
- 偏置曲柄滑块机构的急回特性。

■ 压力角与传动角

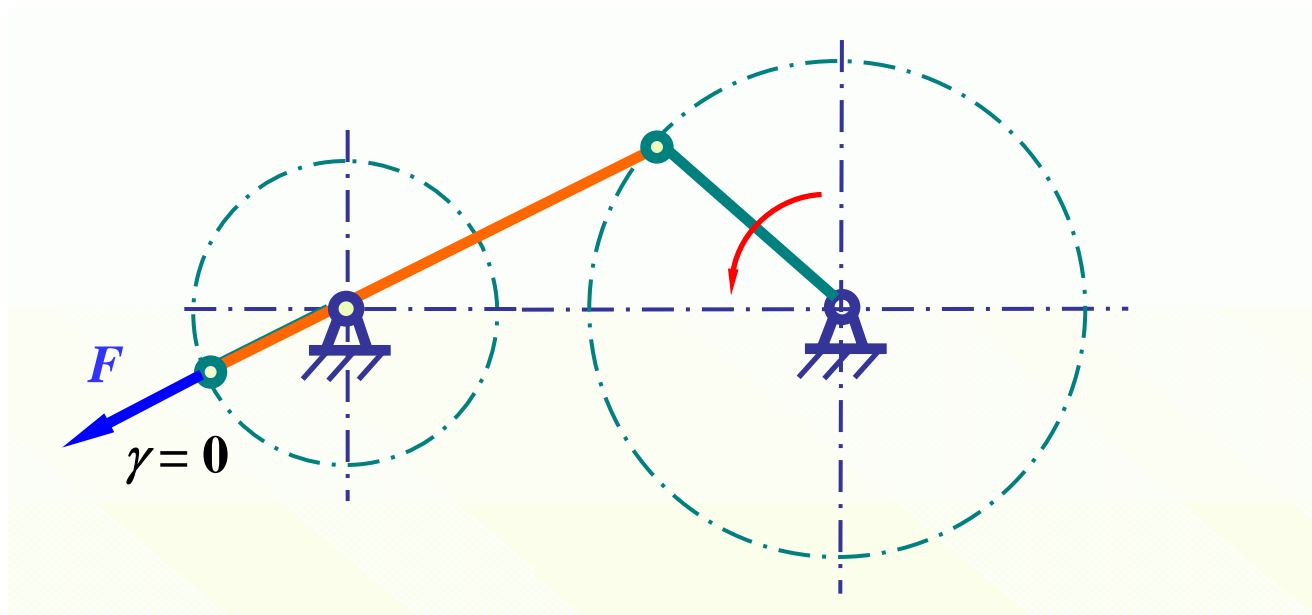
$$\alpha + \gamma = 90^\circ$$

$$\begin{cases} \gamma = \delta & (\delta \leq 90^\circ) \\ \gamma = 180^\circ - \delta & (\delta > 90^\circ) \end{cases}$$



4-3 平面四杆机构的运动特性

■ 死点位置



■ 夹紧机构与飞机着陆架

缝纫机踏板



4-4 平面四杆机构的设计

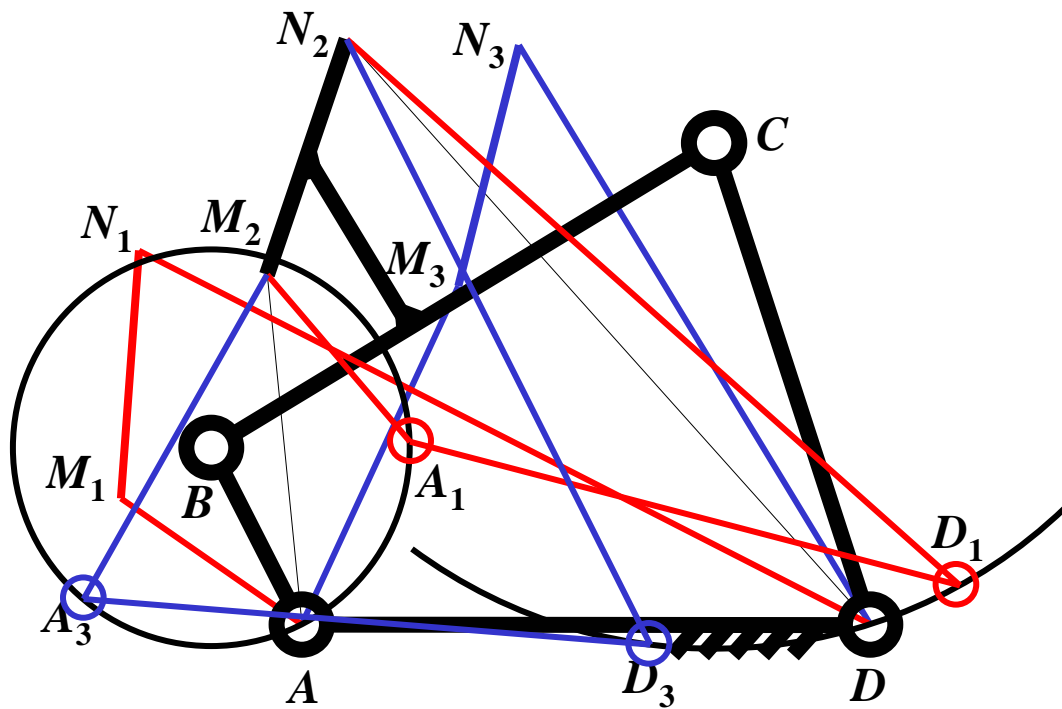
- 实现连杆给定位置
 - 连杆长度已知，机架长度待求。
 - 两位置问题设计。
 - 三位置问题设计。
 - 连杆长度待求，但机架长度已知。
 - 转换机架法（倒置机构法）。
 - 作法：找出机架相对于连杆的位置序列。



4-4 平面四杆机构的设计

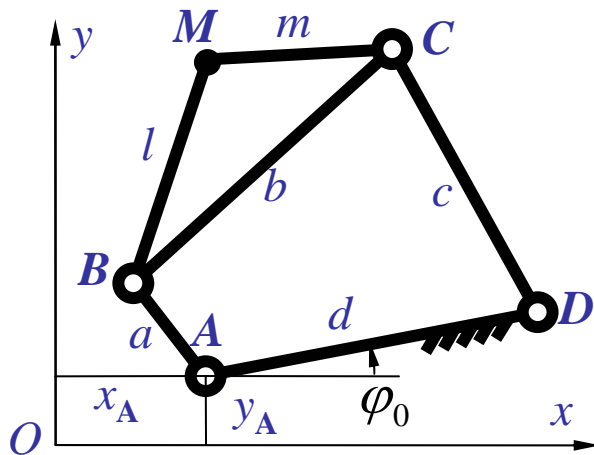
- 实现给定运动规律
 - 两连架杆的对应角位移已知, 旋转法。
 - 两组对应角位移。
 - 三组对应角位移。(点位缩并法)
 - 实现给定的行程速比系数。
- 实现给定轨迹
 - 九自由度、六次代数连杆曲线。
 - 罗培兹定理。

转换机架法:



4-4 平面四杆机构的设计

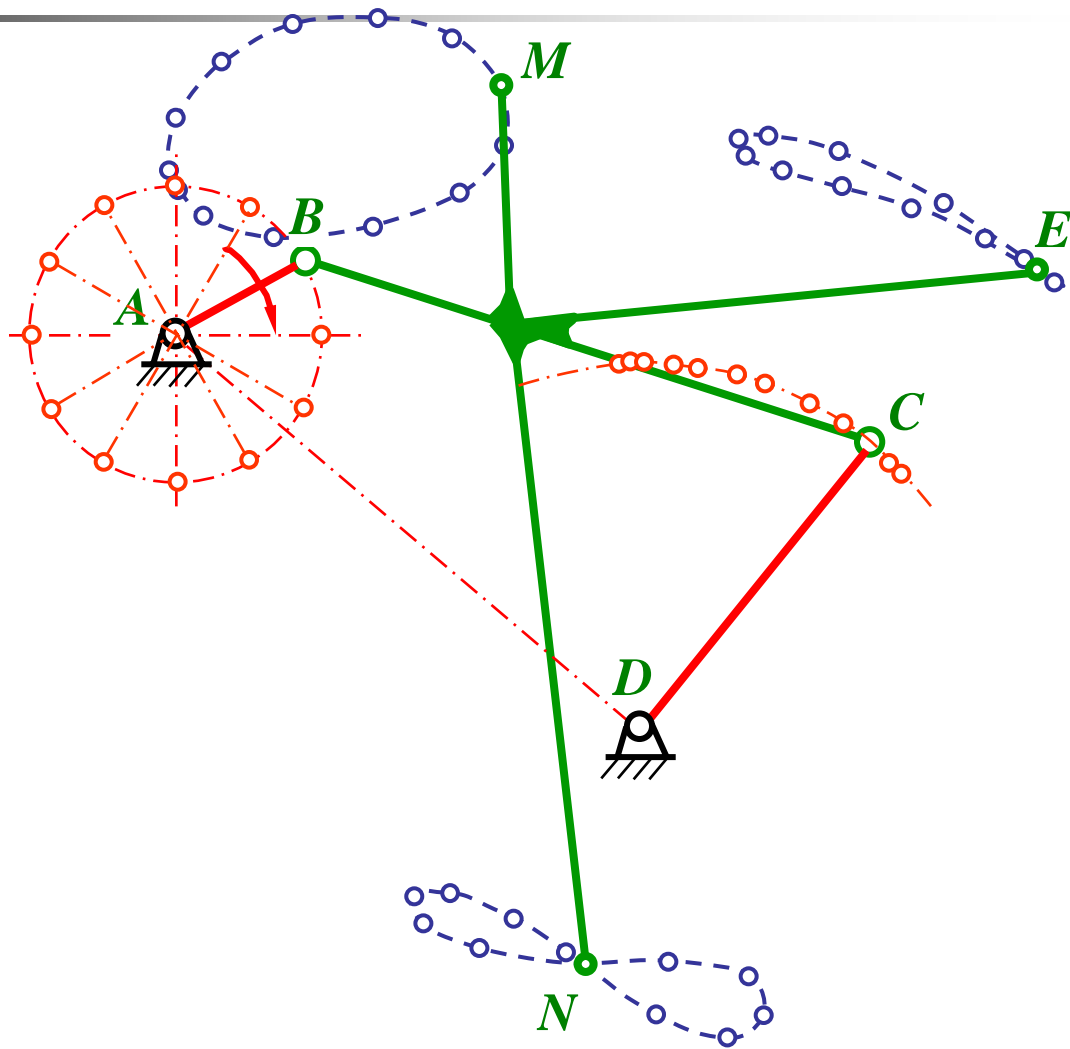
连杆曲线:



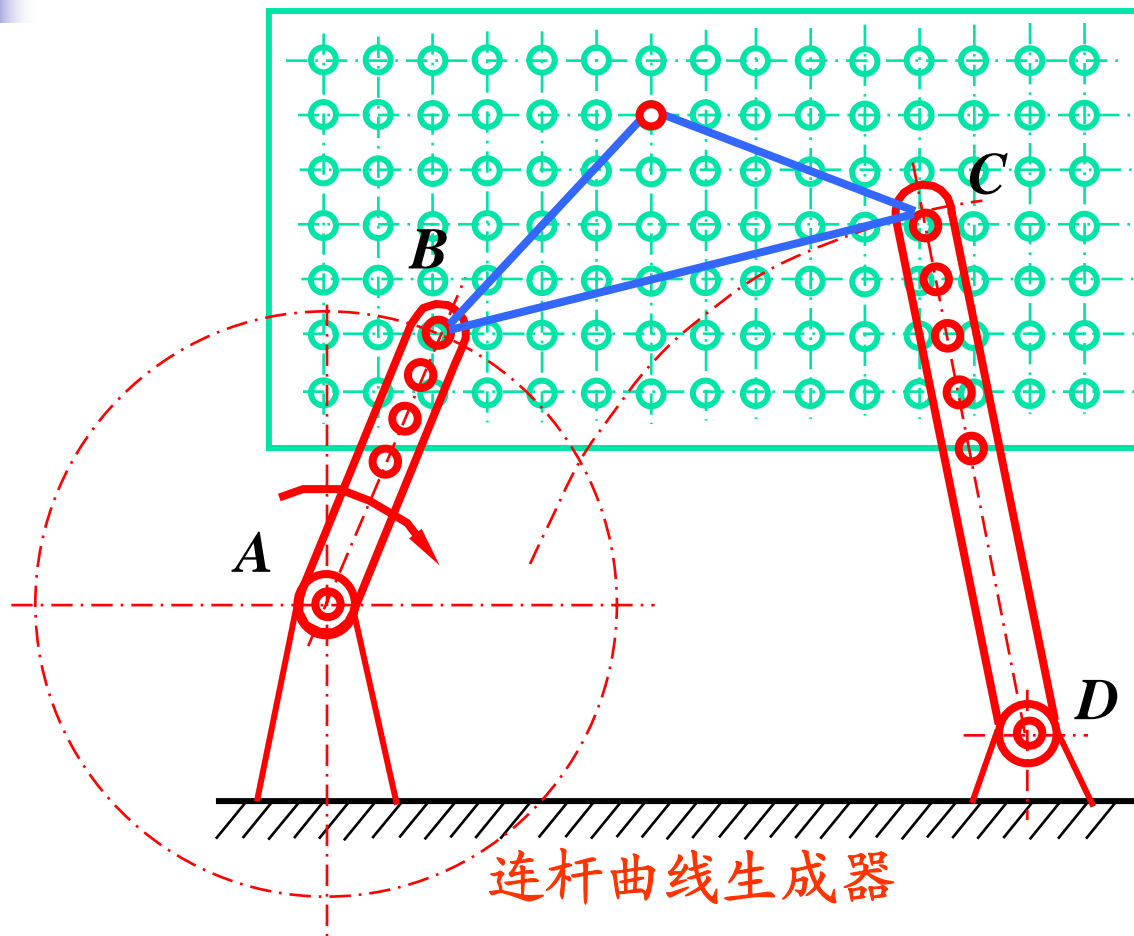
$$f(x, y, x_A, y_A, \varphi_0, a, b, c, d, l, m) = 0$$

4-4 平面四杆机构的设计

连杆曲线:

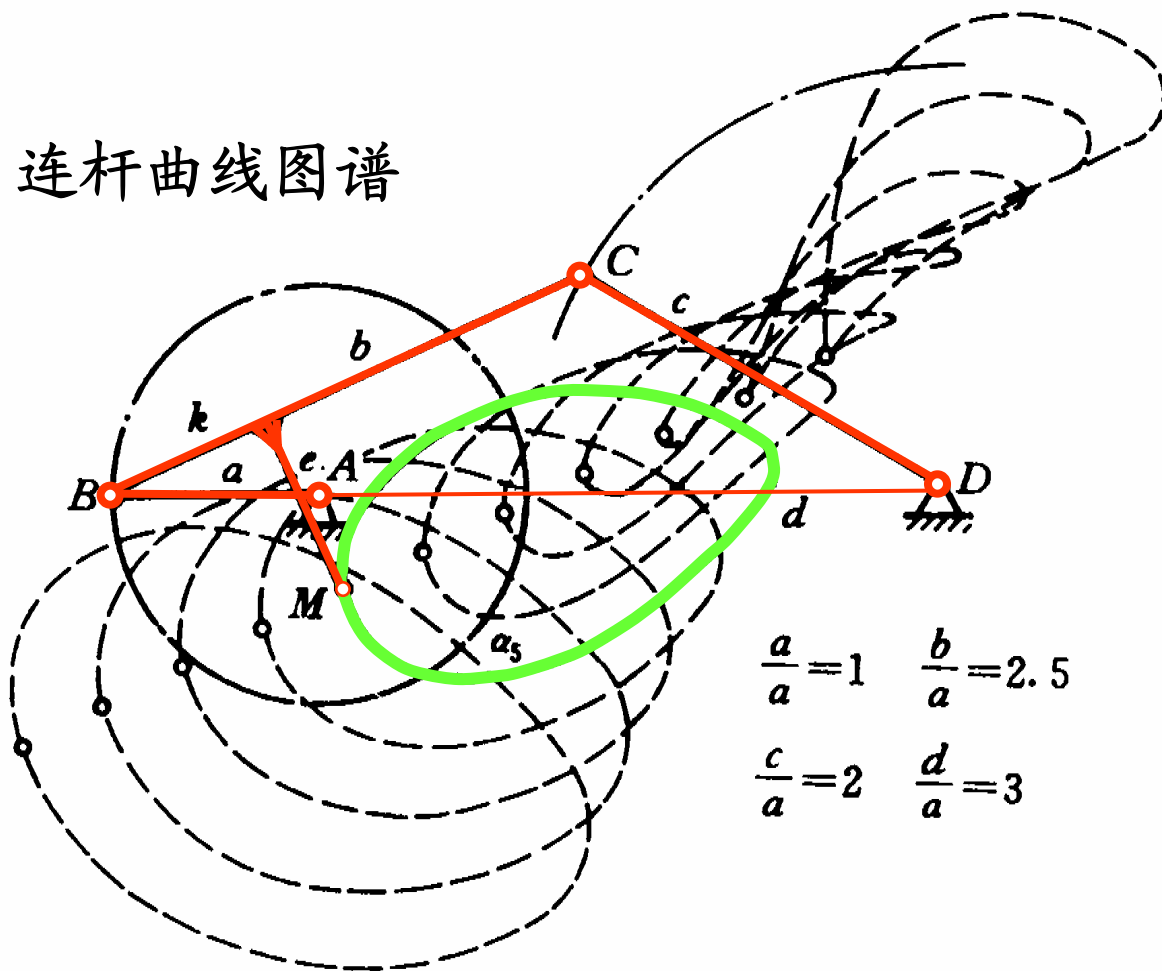


4-4 平面四杆机构的设计



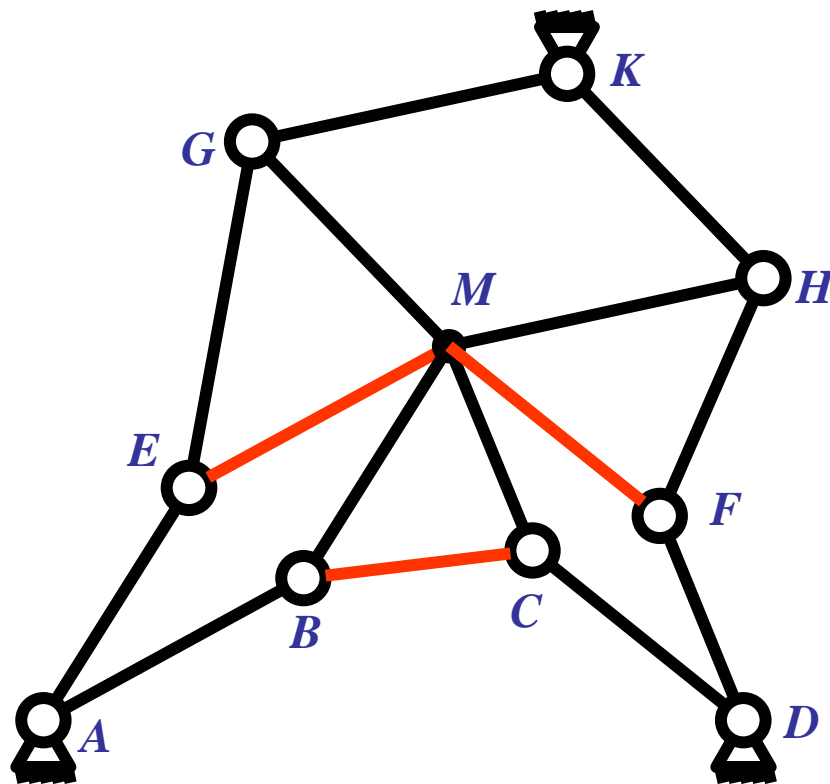
4-4 平面四杆机构的设计

连杆曲线图谱



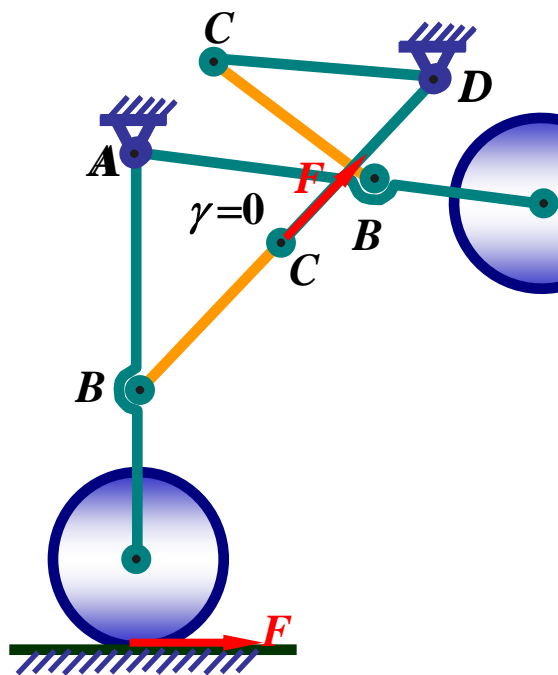
4-4 平面四杆机构的设计

罗培兹定理:

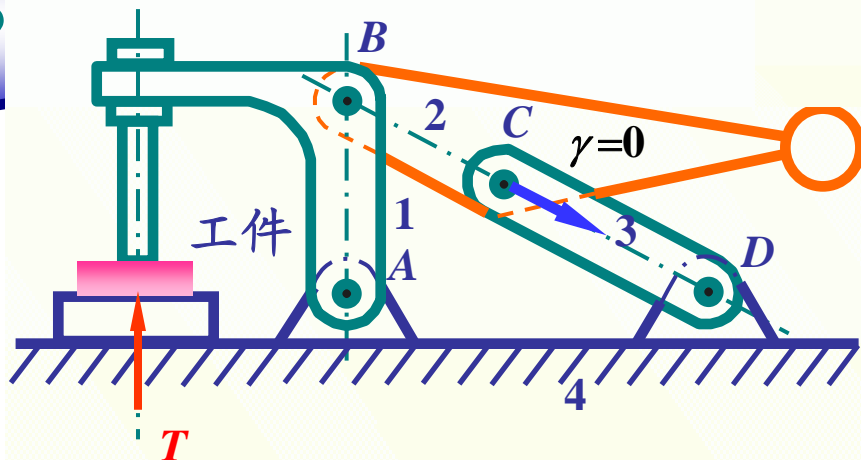


4-3 平面四杆机构的运动特性

飞机起落架

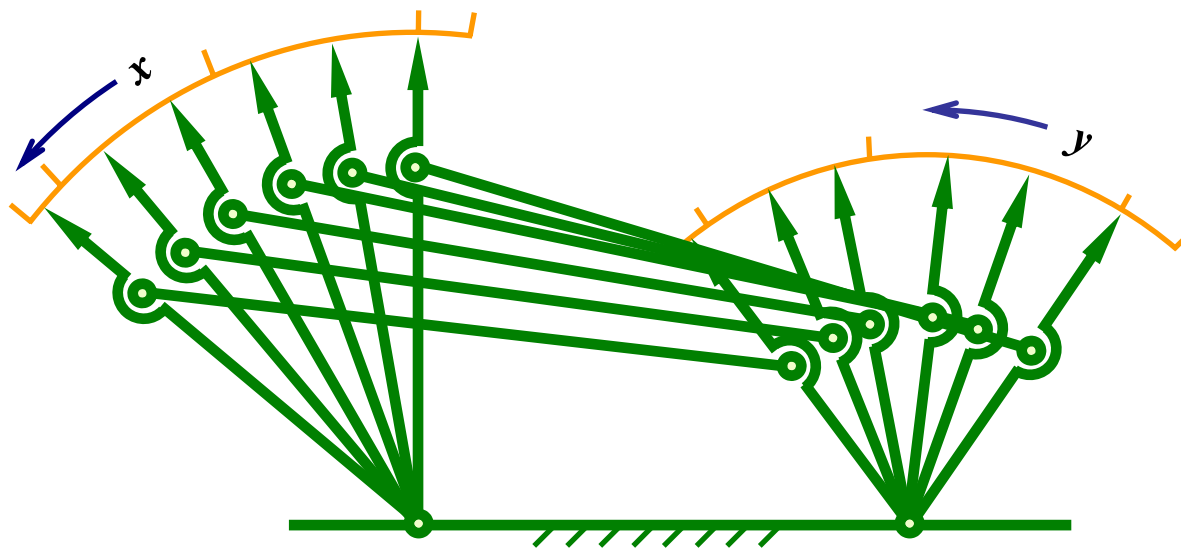


钻孔夹具



4-4 平面四杆机构的设计

近似再现函数 $y = \lg x$ 的平面四杆机构



通过两连架杆的角位移关系再现给定函数