



# 第02章

# 平面连杆机构

# 习题课

宋超阳

南方科技大学

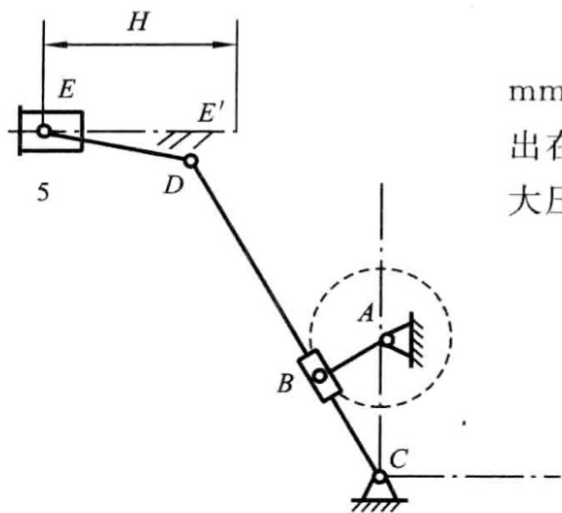


图 2-25 物流输送的主传动机构

例 2-1 图 2-25 所示为一物流输送的主传动机构, 已知  $l_{AB} = 75 \text{ mm}$ ,  $l_{DE} = 100 \text{ mm}$ , 行程速比系数  $K = 2$ , 滑块 5 的行程  $H = 300 \text{ mm}$ , 试计算机构导杆的摆角, 并指出在设计该机构时, 须使滑块导轨线位于何位置, 才能使滑块在整个行程中机构的最大压力角最小。

解 由已知行程速度变化系数  $K = 2$ , 得极位夹角  $\theta$  为

$$\theta = 180^\circ \frac{K-1}{K+1} = 60^\circ = \psi \text{——导杆摆角}$$

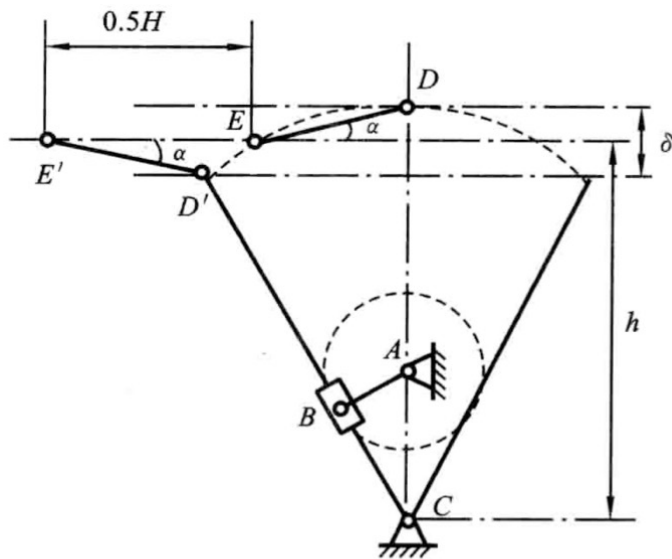


图 2-26 物流输送的主传动机构

已知  $l_{AB} = 75 \text{ mm}$ , 则

$$l_{AC} = l_{AB} / \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = 150 \text{ mm}$$

如图 2-26 所示, 要使压力角最小, 须使滑块导轨线位于  $D$  和  $D'$  两位置高度中点处, 此时在滑块的整个行程中机构的最大压力角最小。此时, 压力角

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{\delta}{2} / l_{DE}\right)。$$

例 2-2 试问：图 2-27 所示的六杆机构有何特点？是否存在急回特性？在何条件下该图示机构存在死点？

- 解 (1) 有扩大行程和实现运动平稳等优点。  
(2) 存在急回特性。  
(3) 滑块为主动件时机构会出现死点。

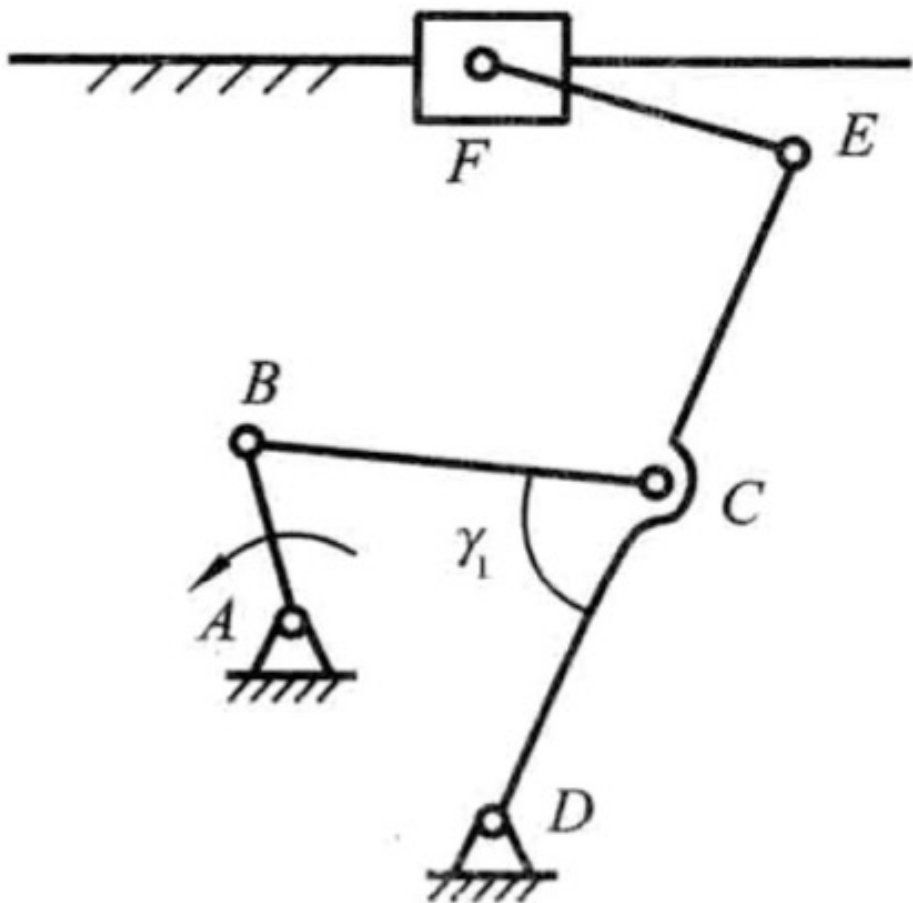


图 2-27 六杆机构

例 2-3 设计一曲柄滑块机构,已知滑块的行程速度变化系数  $k=1.5$ ,滑块的行程  $l_{C_1C_2}=50\text{ mm}$ ,导路的偏距  $e=20\text{ mm}$ ,如图 2-42 所示。

- (1) 求出曲柄长度  $l_{AB}$  和连杆长度  $l_{BC}$ ;
- (2) 若从动件向左为工作行程,试确定曲柄的合理转向;
- (3) 求出机构的最小传动角  $\gamma_{\min}$ 。

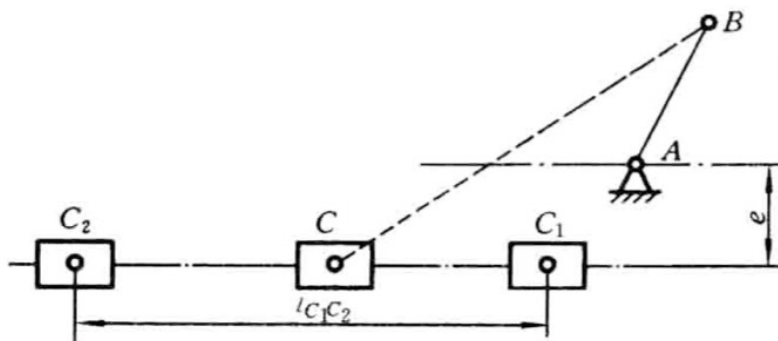
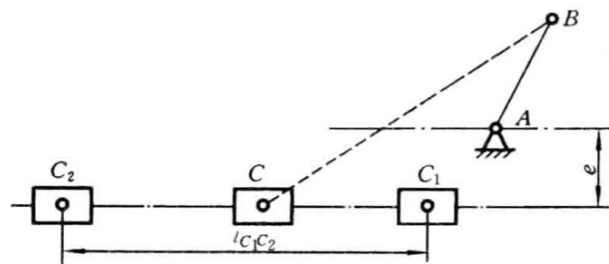


图 2-42 例 2-3 图

**例 2-3** 设计一曲柄滑块机构, 已知滑块的行程速度变化系数  $k=1.5$ , 滑块的行程  $l_{C_1C_2}=50\text{ mm}$ , 导路的偏距  $e=20\text{ mm}$ , 如图 2-42 所示。

(1) 求出曲柄长度  $l_{AB}$  和连杆长度  $l_{BC}$ ;



**解** (1) 求杆长(用几何法)。极位夹角  $\theta=180^\circ \frac{k-1}{k+1}=36^\circ$ , 按滑块的行程作线段  $C_1C_2$ 。过点  $C_1$  作  $\angle OC_1C_2=90^\circ-\theta=54^\circ$ , 过点  $C_2$  作  $\angle OC_2C_1=90^\circ-\theta=54^\circ$ , 则得  $OC_1$  与  $OC_2$  的交点  $O$ 。以点  $O$  为圆心、 $\overline{OC_1}$  或  $\overline{OC_2}$  为半径作圆弧, 它与直线  $\overline{C_1C_2}$  的平行线(距离为  $e=20\text{ mm}$ )相交于点  $A$ (应该有两个交点, 现只取一个), 即为固定铰链中心  $A$ (见图 2-43)。

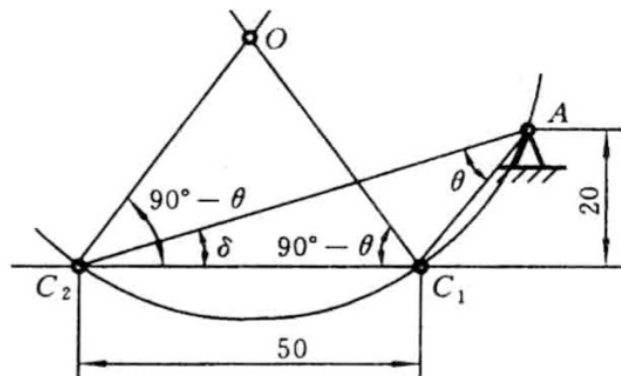


图 2-43 作图求固定铰链中心

根据图示几何关系并从图上量得

$$l_{AC_2} = l_{BC} + l_{AB} = 68\text{ mm}$$

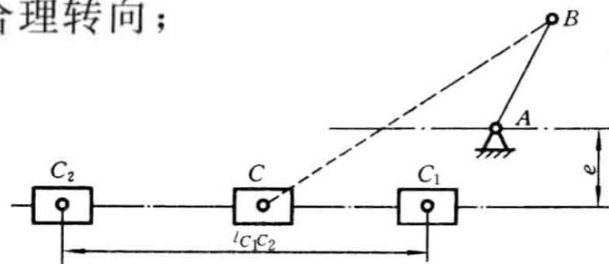
$$l_{AC_1} = l_{BC} - l_{AB} = 25\text{ mm}$$

联解上式可得

$$l_{BC} = 46.5\text{ mm}, \quad l_{AB} = 21.5\text{ mm}$$

例 2-3 设计一曲柄滑块机构, 已知滑块的行程速度变化系数  $k=1.5$ , 滑块的行程  $l_{C_1C_2}=50\text{ mm}$ , 导路的偏距  $e=20\text{ mm}$ , 如图 2-42 所示。

- (2) 若从动件向左为工作行程, 试确定曲柄的合理转向;
- (3) 求出机构的最小传动角  $\gamma_{\min}$ 。



(2) 根据急回特性及最小传动角出现在回程的要求, 判断出曲柄应顺时针转动。

(3) 求最小传动角。如图 2-44 所示, 可求得最小传动角。

因为

$$\cos\gamma_{\min} = \frac{e + l_{AB}}{l_{BC}} = \frac{21.5 + 20}{46.5} = 0.89$$

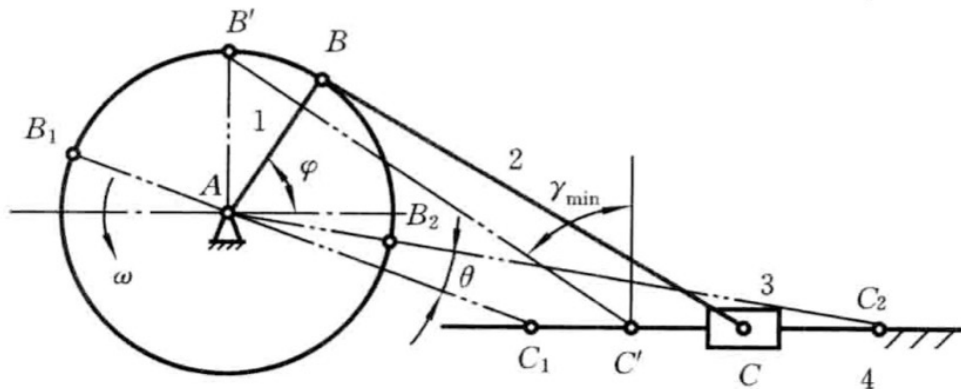


图 2-44 求最小传动角

所以

$$\gamma_{\min} = 26.8^\circ$$



**例 2-6** 设计一铰链四杆机构,使能近似实现给定的函数  $y = \lg x (1 \leq x \leq 2)$ , 主、从动连架杆的最大摆角分别为  $60^\circ$  和  $90^\circ$ , 试按取三个精确点综合此机构。

**解** 具体的综合步骤如下。

(1) 计算角位移。按三个精确点计算连架杆的对应角位移  $\varphi_i, \psi_i (i=1, 2, 3)$ 。

① 由  $x_0 = 1, x_n = 2$ , 得  $F(x_0) = \lg x_0 = 0$  和  $F(x_n) = \lg x_n = 0.301$ 。

② 由式(2-27)计算比例因子,  $k_\varphi = 60^\circ, k_\psi = 299^\circ$ 。

③ 由式(2-26)算得  $x_1 = 1.067, x_2 = 1.5, x_3 = 1.933$ 。

④ 计算对应角位移。由式(2-28)并取  $\varphi_0 = 86^\circ, \psi_0 = 23.5^\circ$  得

$$\varphi_1 = 90^\circ 12', \quad \psi_1 = 31^\circ 55' 8''$$

$$\varphi_2 = 116^\circ, \quad \psi_2 = 76^\circ 9'$$

$$\varphi_3 = 141^\circ 58' 8'', \quad \psi_3 = 109^\circ 4' 2''$$

故

$$\varphi_{12} = \varphi_2 - \varphi_1 = 25^\circ 58' 8'', \quad \psi_{12} = \psi_2 - \psi_1 = 44^\circ 13' 2''$$

$$\varphi_{13} = \varphi_3 - \varphi_1 = 51^\circ 57' 6'', \quad \psi_{13} = \psi_3 - \psi_1 = 77^\circ 8' 4''$$

**例 2-6** 设计一铰链四杆机构,使能近似实现给定的函数  $y = \lg x (1 \leq x \leq 2)$ , 主、从动连架杆的最大摆角分别为  $60^\circ$  和  $90^\circ$ , 试按取三个精确点综合此机构。

(2) 坐标变换及建立设计方程。由三个精确点可建立两个方程, 可求解两个机构参数。设函数发生机构构型如图 2-53 所示, 取铰点  $A(0, 0)$ 、 $D(1, 0)$ 、 $C_1(1.348, 0.217)$ , 而铰点  $B_1$  的坐标  $x_{B_1}$ 、 $y_{B_1}$  待求。

① 计算连架杆  $AB$ 、 $CD$  的刚体位移矩阵, 并进行坐标变换。由式(2-29)得

$$D_{12}^{AB} = \begin{bmatrix} \cos\varphi_{12} & -\sin\varphi_{12} & 0 \\ \sin\varphi_{12} & \cos\varphi_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad D_{13}^{AB} = \begin{bmatrix} \cos\varphi_{13} & -\sin\varphi_{13} & 0 \\ \sin\varphi_{13} & \cos\varphi_{13} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$D_{12}^{DC} = \begin{bmatrix} \cos\psi_{12} & -\sin\psi_{12} & 1 - \cos\psi_{12} \\ \sin\psi_{12} & \cos\psi_{12} & -\sin\psi_{12} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad D_{13}^{DC} = \begin{bmatrix} \cos\psi_{13} & -\sin\psi_{13} & 1 - \cos\psi_{13} \\ \sin\psi_{13} & \cos\psi_{13} & -\sin\psi_{13} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

将已知数据代入, 则求得

则有

$$\begin{bmatrix} x_{B_2} \\ y_{B_2} \\ 1 \end{bmatrix} = D_{12}^{AB} \begin{bmatrix} x_{B_1} \\ y_{B_1} \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} x_{B_3} \\ y_{B_3} \\ 1 \end{bmatrix} = D_{13}^{AB} \begin{bmatrix} x_{B_1} \\ y_{B_1} \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_{C_2} \\ y_{C_2} \\ 1 \end{bmatrix} = D_{12}^{DC} \begin{bmatrix} x_{C_1} \\ y_{C_1} \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} x_{C_3} \\ y_{C_3} \\ 1 \end{bmatrix} = D_{13}^{DC} \begin{bmatrix} x_{C_1} \\ y_{C_1} \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_{B_2} \\ y_{B_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 25.98^\circ x_{B_1} - \sin 25.98^\circ y_{B_1} \\ \sin 25.98^\circ x_{B_1} + \cos 25.98^\circ y_{B_1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_{B_3} \\ y_{B_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 51.96^\circ x_{B_1} - \sin 51.96^\circ y_{B_1} \\ \sin 25.98^\circ x_{B_1} + \cos 51.96^\circ y_{B_1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_{C_2} \\ y_{C_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.098 \\ 0.698 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} x_{C_3} \\ y_{C_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.866 \\ 0.388 \end{bmatrix}$$



例 2-6 设计一铰链四杆机构,使能近似实现给定的函数  $y = \lg x (1 \leq x \leq 2)$ , 主、从动连架杆的最大摆角分别为  $60^\circ$  和  $90^\circ$ , 试按取三个精确点综合此机构。

② 由连杆  $BC$  长度不变建立设计方程。

$$\left. \begin{aligned} (x_{B_2} - x_{C_2})^2 + (y_{B_2} - y_{C_2})^2 &= (x_{B_1} - x_{C_1})^2 + (y_{B_1} - y_{C_1})^2 \\ (x_{B_3} - x_{C_3})^2 + (y_{B_3} - y_{C_3})^2 &= (x_{B_1} - x_{C_1})^2 + (y_{B_1} - y_{C_1})^2 \end{aligned} \right\}$$

将由坐标变换得到的  $B_2, B_3, C_2, C_3$  的坐标表达式代入以上方程, 并整理得

$$\left. \begin{aligned} 1.018x_{B_1} + 1.32y_{B_1} &= 0.963 \\ 0.373x_{B_1} + 0.68y_{B_1} &= 0.873 \end{aligned} \right\}$$

$$x_{B_1} = -2.490, \quad y_{B_1} = 2.649$$

解得

③ 计算各杆相对机架杆  $AD$  的长度。

$$l_{AD} = 1$$

$$l_{AB} = \sqrt{x_{B_1}^2 + y_{B_1}^2} = 3.635$$

$$l_{BC} = \sqrt{(x_{B_1} - x_{C_1})^2 + (y_{B_1} - y_{C_1})^2} = 4.543$$

$$l_{DC} = \sqrt{(x_{C_1} - x_D)^2 + (y_{C_1} - y_D)^2} = 0.410$$

例 2-6 设计一铰链四杆机构,使能近似实现给定的函数  $y = \lg x (1 \leq x \leq 2)$ , 主、从动连架杆的最大摆角分别为  $60^\circ$  和  $90^\circ$ , 试按取三个精确点综合此机构。

所得机构如图 2-56 所示。

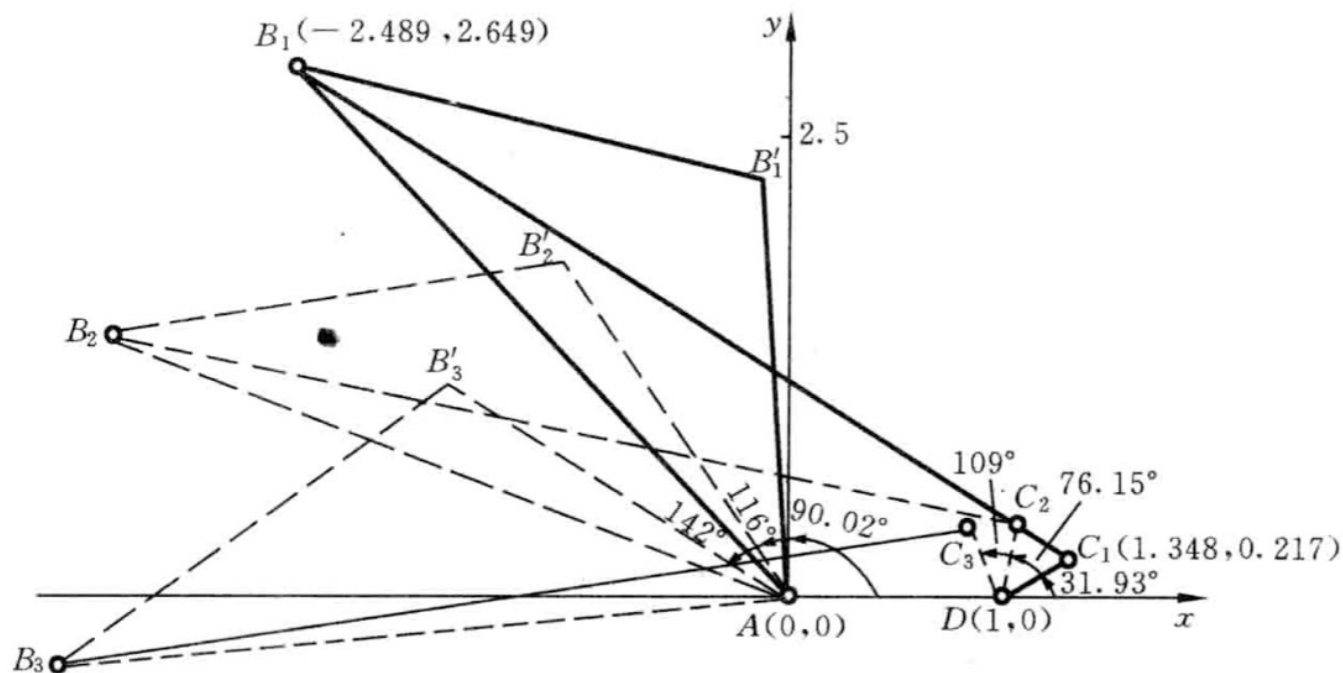


图 2-56 对数函数再现机构



# ME303: 机械设计

## 2022年秋季

谢谢~

宋超阳  
南方科技大学