



哈爾濱工業大學  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

# 机械原理大作业一

课程名称: 机械原理

设计题目: 连杆机构运动分析

题 号: 24

院 系: 机电工程学院

班 级: \*\*\*\*\*

设计者: \*\*\*\*\*

学 号: \*\*\*\*\*

指导教师: 赵永强 唐德威

设计时间: 6 月

哈尔滨工业大学

## 连杆机构运动分析

题目24、如图1所示机构，已知机构各构件的尺寸为  $AB=280\text{mm}$ ,  $BC=350\text{mm}$ ,  $CD=320\text{mm}$ ,  $AD=160\text{mm}$ ,  $BE=175\text{mm}$ ,  $EF=220\text{mm}$ ,  $x_G=25\text{mm}$ ,  $y_G=80\text{mm}$ , 构件1的角速度为  $\omega_1=10\text{rad/s}$ , 试求构件2上点E、点F的轨迹及构件5的角位移、角速度和角加速度，并对计算成果进行分析。

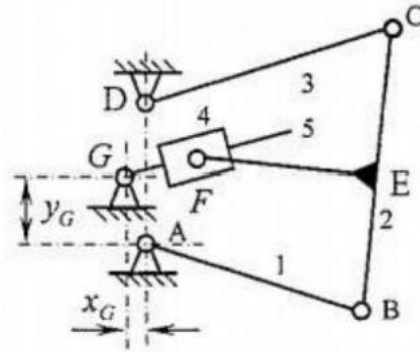


图 1

### 1、建立坐标系

建立以点A为原点的固定平面直角坐标系A-xy, 如图2所示。

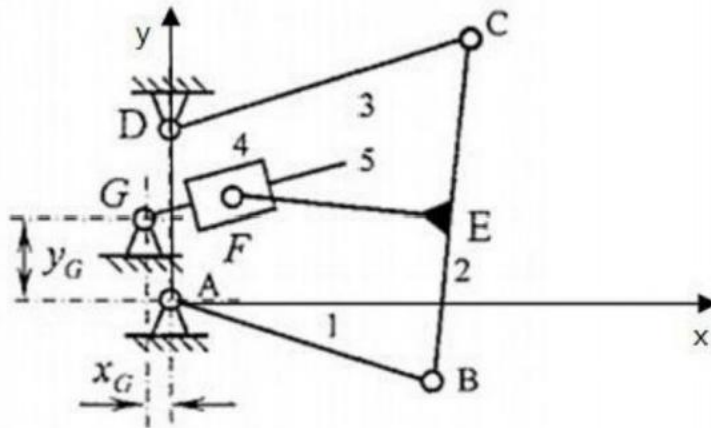


图 2

### 2、对机构进行构造分析

该机构由原动件1(I级机构)、RRR II级杆组(杆2、杆3)和RPR II级杆组(滑块4、杆5)构成。I级机构如图3所示, II级杆组RRR如图4所示, II级杆组RPR如图5所示。

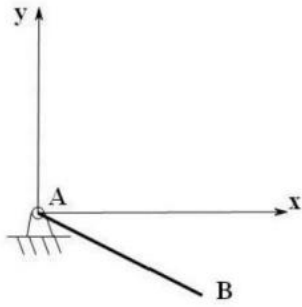


图 3

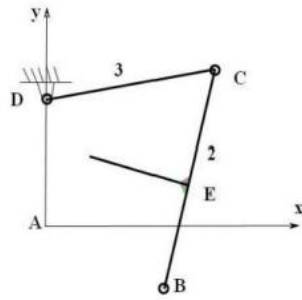


图 4

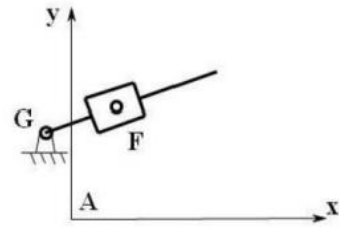


图 5

### 3、各基本杆组运动分析的数学模型

#### (1) 同一构件上点的运动分析

如图6所示的构件AB, , 已知杆AB 的角速度 $\omega=10\text{rad /s}$ , AB 杆长 $l_i=280\text{mm}$ , 可求得B 点的位

置 $x_B$ 、 $y_B$ , 速度 $V_{xB}$ 、 $V_{yB}$ , 加速度 $a_{xB}$ 、 $a_{yB}$ 。

$$x_B = l_i \cos \varphi = 280 \cos \varphi;$$

$$y_B = l_i \sin \varphi = 280 \sin \varphi;$$

$$v_{xB} = \frac{dx_B}{dt} = -\omega l_i \sin \varphi = -\omega y_B;$$

$$v_{yB} = \frac{dy_B}{dt} = \omega l_i \cos \varphi = \omega x_B;$$

$$a_{xB} = \frac{d^2 x_B}{dt^2} = -\omega^2 l_i \cos \varphi = -\omega^2 x_B;$$

$$a_{yB} = \frac{d^2 y_B}{dt^2} = -\omega^2 l_i \sin \varphi = -\omega^2 y_B$$

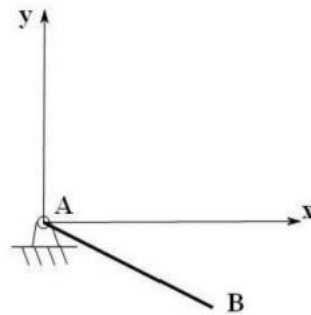


图 6

#### (2) RRR II 级杆组的运动分析

如图7所示是由三个回转副和两个构件构成的 II 级杆组。已知两杆

的杆长 $L_2$ 、 $L_3$ 和两个外运动副B、D的位置( $x_B$ 、 $y_B$ 、 $x_D$ 、 $y_D$ )、

速度 ( $V_B$ 、 $V_{yB}$ 、 $V_D$ 、 $V_{yD}$ ) 和加 速度

( $a_B$ 、 $a_{yB}$ 、 $a_D$ 、 $a_{yD}$ )。 求内运动副C的位置( $x_C$ 、 $y_C$ )、 速

度 ( $V_C$ 、 $V_{yC}$ )、 加速度 ( $a_C$ 、 $a_{yC}$ ) 以及两杆的角位置

( $\phi_2$ 、 $\phi_3$ )、角速度( $\dot{\phi}_2$ 、 $\dot{\phi}_3$ )和角加速度( $\ddot{\phi}_2$ 、 $\ddot{\phi}_3$ )。

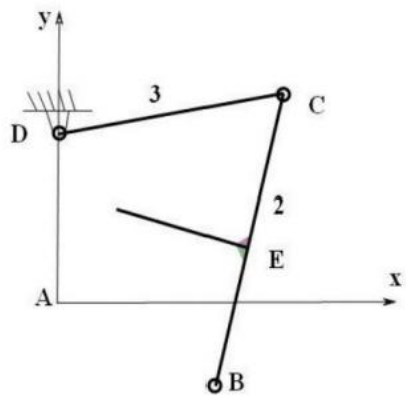


图7

1) 位置方程

$$\left. \begin{aligned} x_C &= x_D + l_3 \cos \varphi_3 = x_B + l_2 \cos \varphi_2 \\ y_C &= y_D + l_3 \sin \varphi_3 = y_B + l_2 \sin \varphi_2 \end{aligned} \right\}$$

为求解上式，应先求出  $\varphi_2$  或  $\varphi_3$ ，将上式移相后分别平方相加，消去  $\varphi_3$  得

$$A_0 \cos \varphi_2 + B_0 \sin \varphi_2 - C_0 = 0$$

式中：  $A_0 = 2l_2(x_D - x_B)$

$B_0 = 2l_2(y_D - y_B)$

$C_0 = l_2^2 + l_3^2 - l_1^2$

其中，  $I_s = \sqrt{(x_D - x_B)^2 + (y_D - y_B)^2}$ 。

为保证机构的装配，必须同步满足

$$l_1 \leq l_2 + l_3 \quad \text{和} \quad l_1 \geq |l_2 - l_3|$$

解三角方程  $A_0 \cos \varphi_2 + B_0 \sin \varphi_2 - C_0 = 0$  可求得

$$\varphi_2 = 2 \arctan \frac{B_0 \pm \sqrt{A_0^2 + B_0^2 - C_0^2}}{A_0 + C_0}$$

上式中，“+”表达B、C、D三个运动副为顺时针排列；“—”表达B、C、D为逆时针排列。

将  $\varphi_2$  代入  $\left. \begin{aligned} x_C &= x_D + l_3 \cos \varphi_3 = x_B + l_2 \cos \varphi_2 \\ y_C &= y_D + l_3 \sin \varphi_3 = y_B + l_2 \sin \varphi_2 \end{aligned} \right\}$  中可求得  $x_C$ 、 $y_C$ ，而后即可求得

$$\varphi_3 = \arctan \frac{y_C - y_D}{x_C - x_D}$$

2) 速度方程

将式  $\left. \begin{aligned} x_C &= x_D + l_3 \cos \varphi_3 = x_B + l_2 \cos \varphi_2 \\ y_C &= y_D + l_3 \sin \varphi_3 = y_B + l_2 \sin \varphi_2 \end{aligned} \right\}$  对时间求导可得两杆的角速度  $\omega_2$ 、 $\omega_3$  为

$$\left. \begin{aligned} \omega_2 &= \left[ C_3 (\dot{x}_B - \dot{x}_D) + S_3 (\dot{y}_D - \dot{y}_B) \right] / G_1 \\ \omega_3 &= \left[ C_2 (\dot{x}_B - \dot{x}_D) + S_2 (\dot{y}_D - \dot{y}_B) \right] / G_1 \end{aligned} \right\}$$

式中：

$$G_1 = C_2 S_3 - C_3 S_2$$

$$C_2 = l_2 \cos \varphi_2, S_2 = l_2 \sin \varphi_2$$

$$C_3 = l_3 \cos \varphi_3, S_3 = l_3 \sin \varphi_3$$

内运动副C点的速度 $V_c$ 、 $V_c$ 为

$$\left. \begin{aligned} v_{Cx} &= \dot{x}_B - \dot{\varphi}_2 l_2 \sin \varphi_2 = \dot{x}_D - \dot{\varphi}_3 l_3 \sin \varphi_3 \\ v_{Cy} &= \dot{y}_B + \dot{\varphi}_2 l_2 \cos \varphi_2 = \dot{y}_D + \dot{\varphi}_3 l_3 \cos \varphi_3 \end{aligned} \right\}$$

3) 加速度方程

两杆的角加速度  $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$  为

$$\left. \begin{aligned} \alpha_2 &= (G_2 C_3 + G_3 S_3) / G_1 \\ \alpha_3 &= (G_2 C_2 + G_3 S_2) / G_1 \end{aligned} \right\}$$

式中:

$$G_2 = x_p - x_g + p^2 C_2 - 93^2 C_3$$

$$G_3 = y_p - y_B + \varnothing^2 S_2 -$$

$$\varnothing^2 S_3$$

内运动副C的加速度  $a_c$

为

$$\left. \begin{aligned} a_{Cx} &= \ddot{x}_B - \ddot{\varphi}_2 l_2 \sin \varphi_2 - \dot{\varphi}_2^2 l_2 \cos \varphi_2 \\ a_{Cy} &= \ddot{y}_B + \ddot{\varphi}_2 l_2 \cos \varphi_2 - \dot{\varphi}_2^2 l_2 \sin \varphi_2 \end{aligned} \right\}$$

### (3) RPRII 级杆组的运动分析

图8是由两个构件与两个外转动副和一种内移动副构成的RPRII级组。已知G点的坐标  $(x_G, y_G)$

以及 F 点的运动参数

$(x_F, y_F, v_{xF}, v_{yF}, a_F, a_{yF})$ , 求杆5的角位移

95、角速度  $\dot{\varphi}_5$ 、角加速度  $\ddot{\varphi}_5$ 。

$$\varphi_5 = \arctan \frac{y_F - y_G}{x_F - x_G}$$

$$\dot{\varphi}_5 = \frac{d\varphi_5}{dt}$$

$$\ddot{\varphi}_5 = \frac{d^2\varphi_5}{dt^2}$$

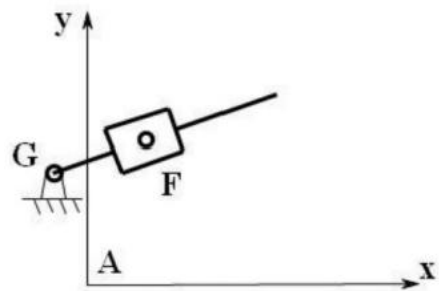


图 8

4、确定已知参数和求解过程

(1) 原动件杆1(I 级机构)

如图3所示, 已知原动件杆1的长度



原动件杆1的转角

$$IAB=280m$$

原动件杆1的角速度

$$\phi=0^{\circ} \sim 360^{\circ} \quad \delta=0^{\circ}$$

$$\omega=10\text{rad/s}$$

原动件杆1的角加速度

运动副A 的位置坐标

$$P=0$$

$$\begin{cases} x_A = 0 \\ y_A = 0 \end{cases}$$

运动副A的速度

$$\begin{cases} \dot{x}_A = 0 \\ \dot{y}_A = 0 \end{cases}$$

运动副A 的加速度

$$\begin{cases} \ddot{x}_A = 0 \\ \ddot{y}_A = 0 \end{cases}$$

求出运动副B 的位置坐标  $(x_B, y_B)$ ，速度  $(X_g, y_g)$ ，加速度  $(\times_g, Y_B)$

(2)RRR II 级杆组 (杆2、杆3)

如图4所示，已求出运动副B 的位置坐标  $(x_B, y_B)$ ，速度  $(X_g, Y_B)$  和加速度  $(X_g, Y_B)$ ，已知运动副D的位置坐标

$$\begin{cases} x_D = 0 \\ y_D = 160\text{mm} \end{cases}$$

运动副D的速度

$$\begin{cases} \dot{x}_D = 0 \\ \dot{y}_D = 0 \end{cases}$$

运动副D的加速度

$$\begin{cases} \ddot{x}_D = 0 \\ \ddot{y}_D = 0 \end{cases}$$

杆长

$$l_{bc}=350$$

$$l_{cp}=320\text{mm}$$

求出构件2的转角 $P_2$ ，角速度 $\Phi_2$ 和角加速度 $P_2$ 。

(3) 构件2上点E 的运动

如图4所示，已求出运动副B 的位置坐标  $(x_B, y_B)$ ，速度  $(X_g, Y_g)$ ，加速度  $(\times_g, Y_g)$ ，已经求出构件2的转角 $\theta_2$ ，角速度 $\Phi_2$ 和角加速度 $P_2$ ，已知杆BE 的长度

$$l_{BE}=175$$

根据I 级机构的运动分析数学模型求出E点的位置坐标 $(x_E, y_E)$ ，速度 $(X_g, Y_E)$ 和加速度 $(X_E, Y_E)$ 。

(4) 构件2上点F 的运动

如图4所示，已求出E 点的位置坐标  $(x_E, y_E)$ ，速度  $(X_g, y_E)$  和加速度  $(X_g, Y_E)$  已经求出构件2的转角 $\theta_2$ ，角速度 $\Phi_2$ 和角加速度 $P_2$

$$\delta = 90^\circ$$

EF的长度

$$l_{EF}=220\text{mm}$$

根据I 级机构的运动分析数学模型求出F点的位置坐标( $x_F, y_F$ ), 速度( $X_p, y_F$ ) 和加速度( $X_p, Y_F$ )。

(5)RPR II 级杆组(滑块4、杆5)

如图5所示, 已求出运动副F 的位置坐标 ( $x_F, y_F$ ), 速度 ( $X_p, y_p$ ) 和加速度 ( $X_F, Y_F$ )  
已知运动副G 的位置坐标

以上内容仅为本文档的试下载部分, 为可阅读页数的一半内容。  
。如要下载或阅读全文, 请访问:

<https://d.book118.com/168025023025007010>