

机 械 原 理

习 题 及 解 答

上海工业大学

机械原理及零件教研组编

一九八三年七月

目 录

机械原理习题

第一章	机构的结构分析	1
第二章	平面机构的运动分析	4
第三章	平面连杆机构及其设计	13
第四章	凸轮机构及其设计	16
第五章	齿轮机构及其设计	17
第六章	轮系及其设计	22
第七章	其它常用机构	26
第八章	平面机构的动态静力分析	29
第九章	摩擦与效率	35
第十章	机械的平衡	40
第十一章	机器的运转及其速度的调节	47

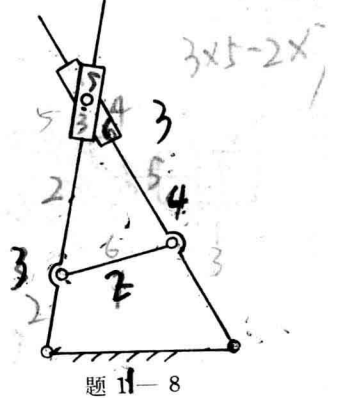
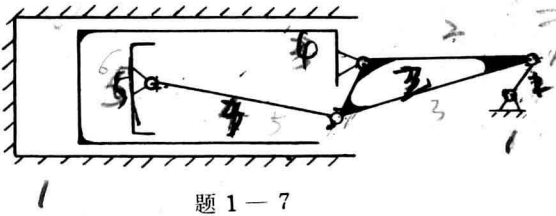
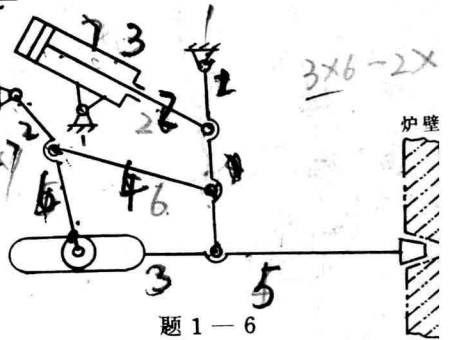
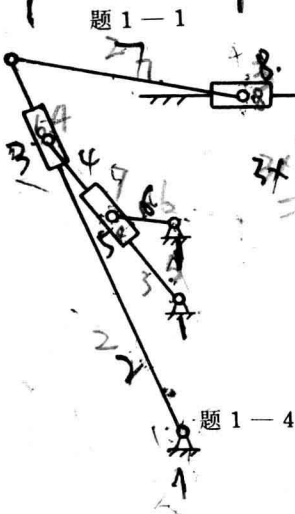
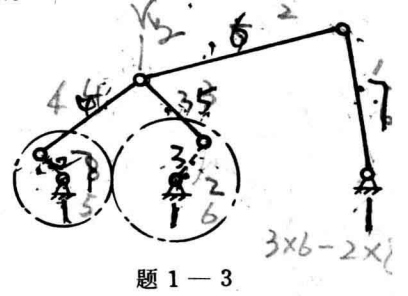
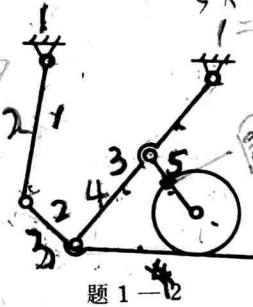
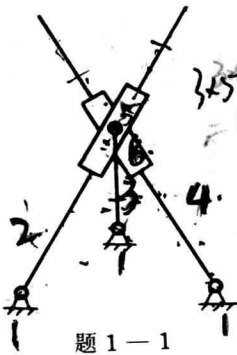
机械原理习题解答

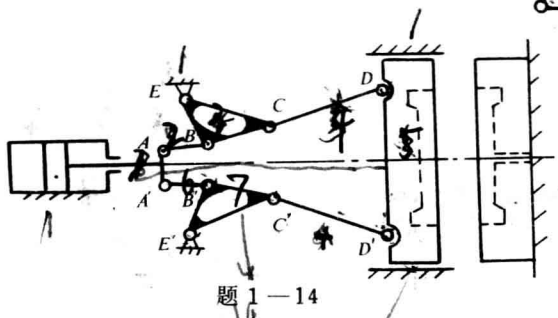
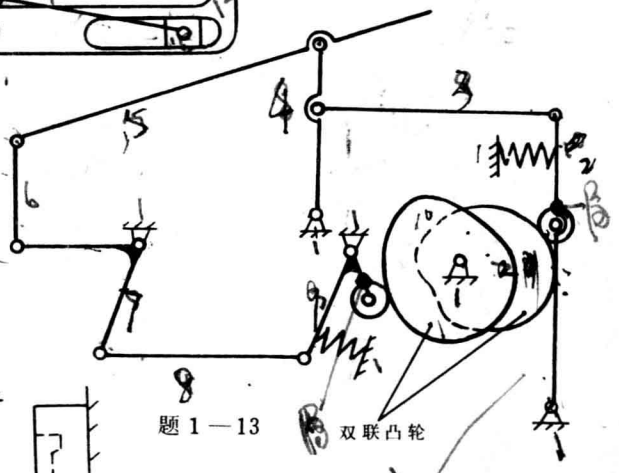
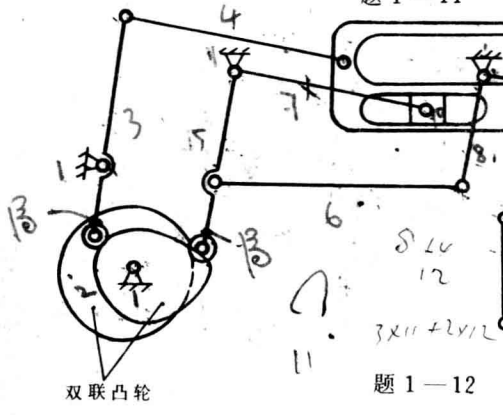
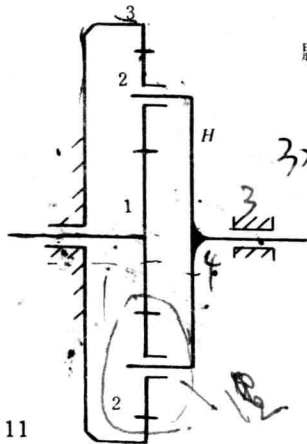
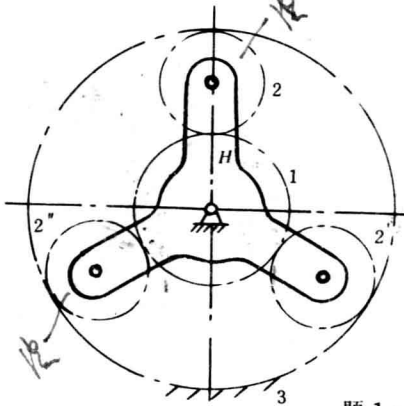
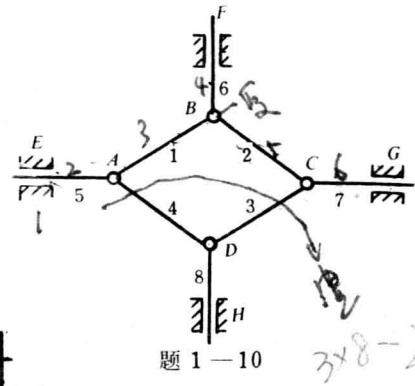
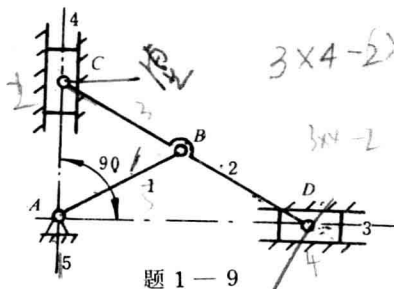
第一章	机构的结构分析	50
第二章	平面机构的运动分析	58
第三章	平面连杆机构及其设计	107
第四章	凸轮机构及其设计	116
第五章	齿轮机构及其设计	131
第六章	轮系及其设计	147
第七章	其它常用机构	158
第八章	平面机构的动态静力分析	162
第九章	摩擦与效率	186
第十章	机械的平衡	198
第十一章	机器的运转及其速度的调节	213

习题集

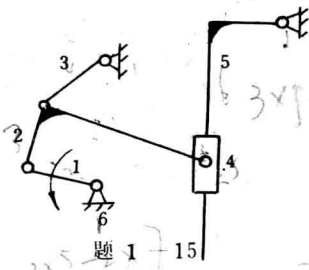
第一章 机构的结构分析

1-1 至 1-14 计算图示机构的自由度

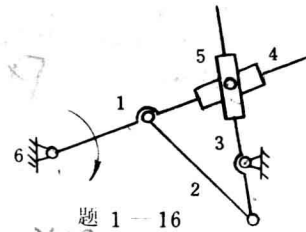




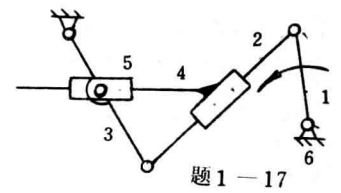
1—15至1—25 计算图示机构的自由度，用低副代替高副，并确定机构所含杆组的数目和级别以及机构的级别(图中原动件用箭头表示)



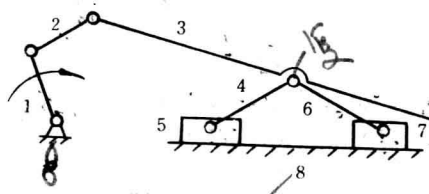
题 1-15



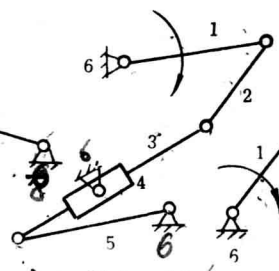
题 1-16



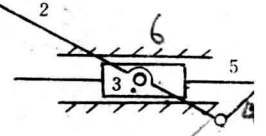
题 1-17



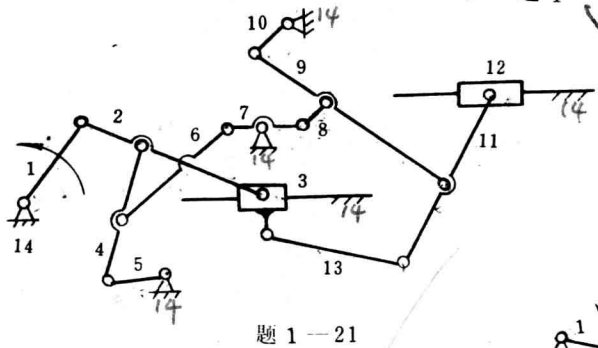
题 1-18



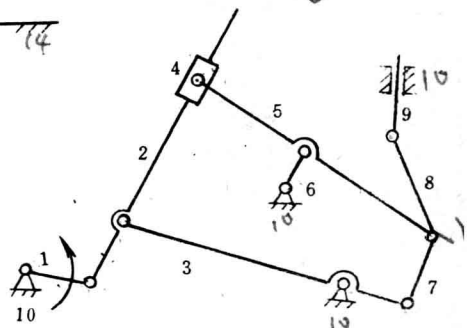
题 1-19



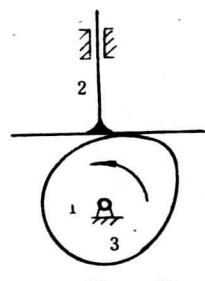
题 1-20



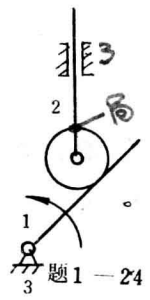
题 1-21



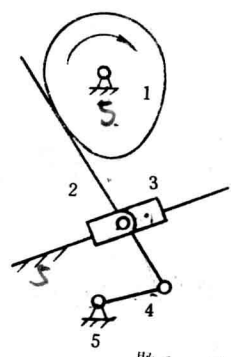
题 1-22



题 1-23

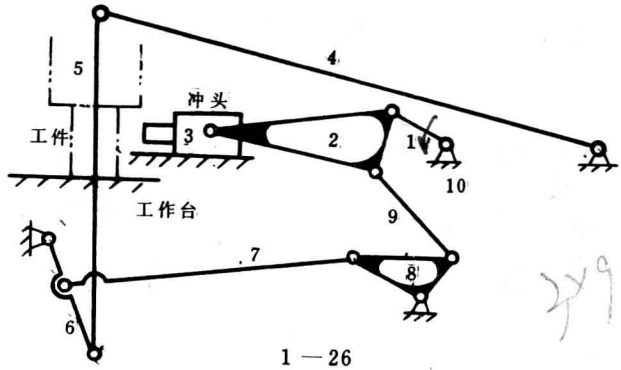


题 1-24



题 1-25

1—26 计算图示机构的自由度并确定当(1)取构件1为原动件(2)取构件6为原动件时,机构所含杆组的数目和级别以及机构的级别



1—26

1—27至1—28 试绘下列机构的运动简图

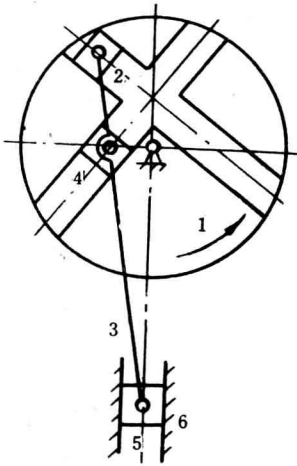


图 1—27

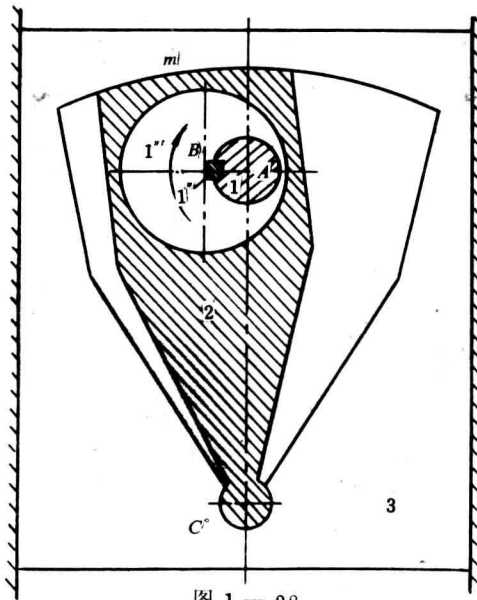


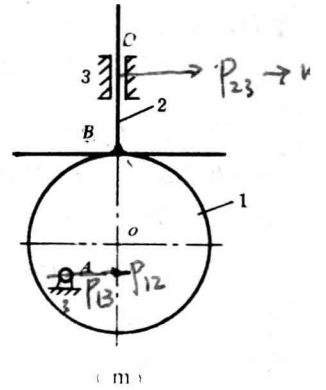
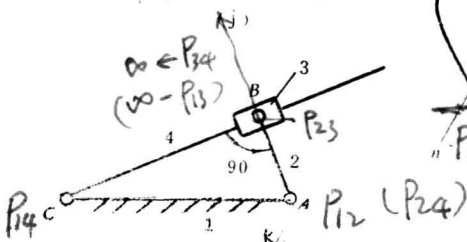
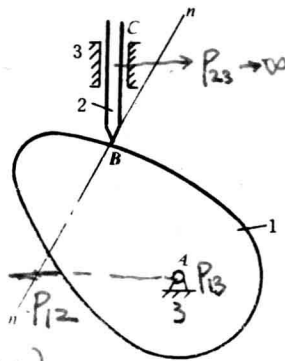
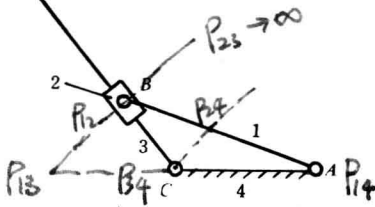
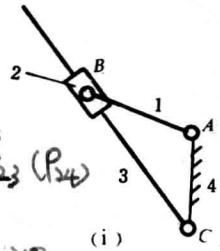
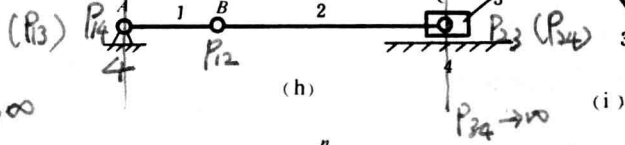
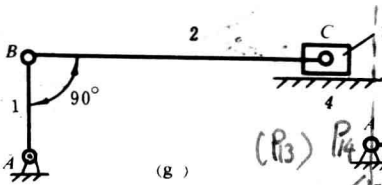
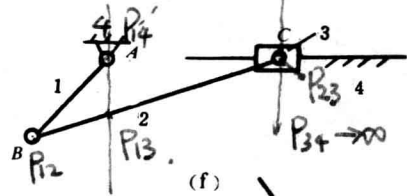
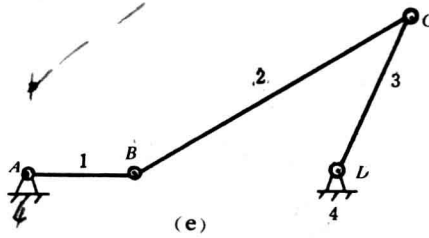
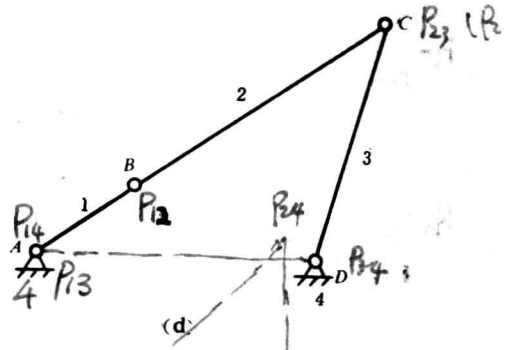
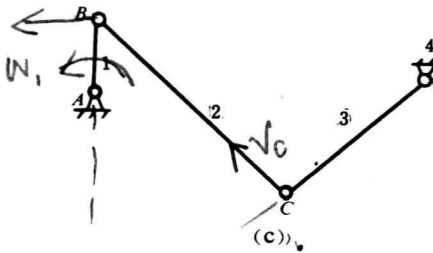
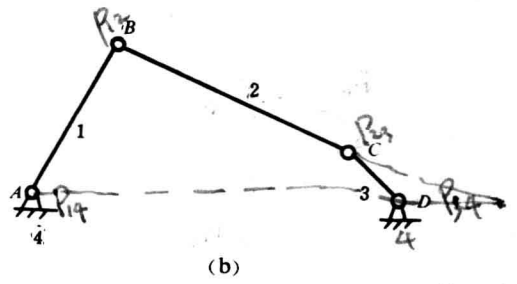
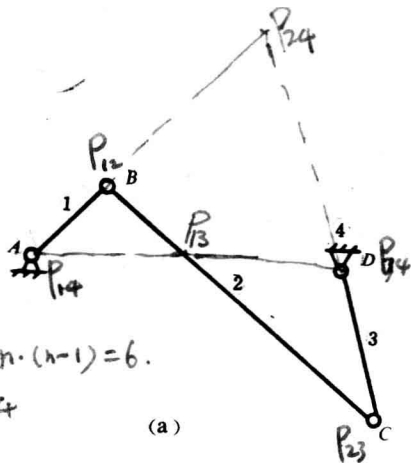
图 1—28

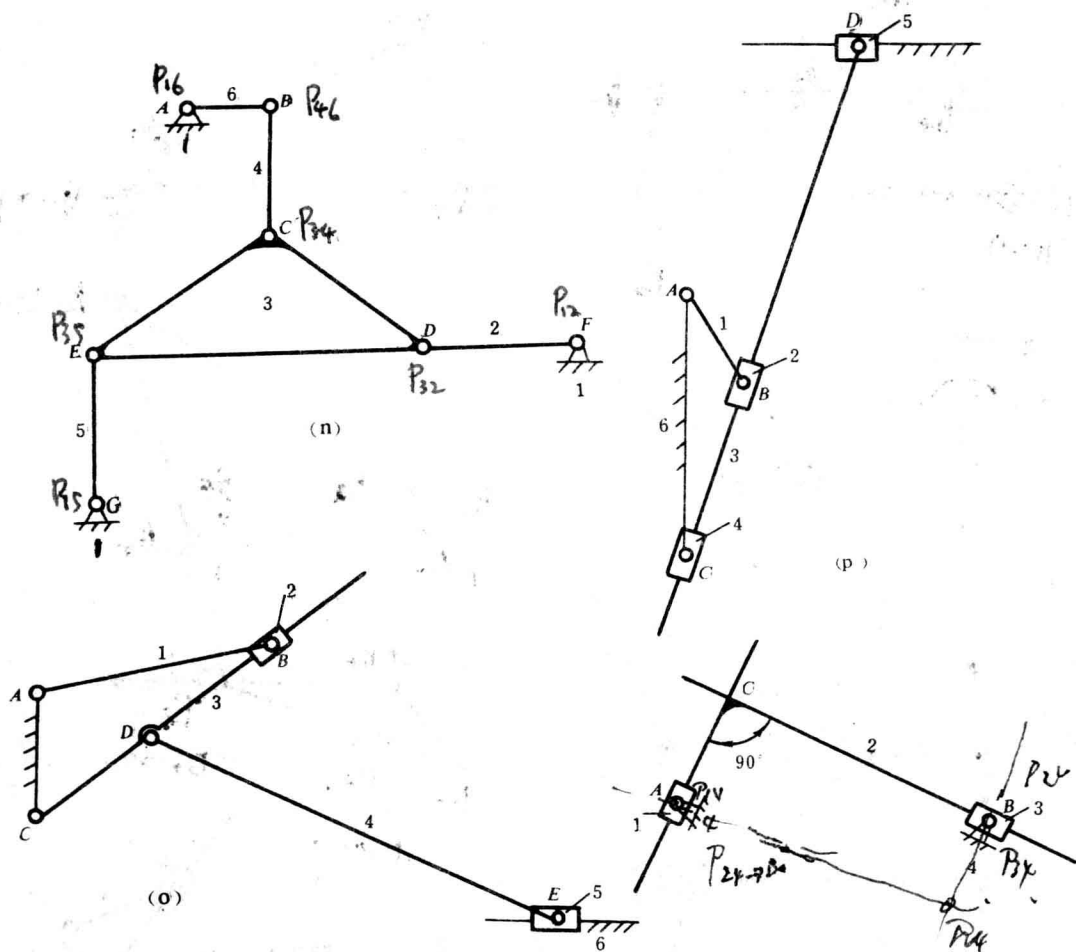
第二章 平面机构的运动分析

2—1 画出下列各图所示机构的瞬心。

$$N = \frac{1}{2}n \cdot (n-1) = 6.$$

$$n = 4$$

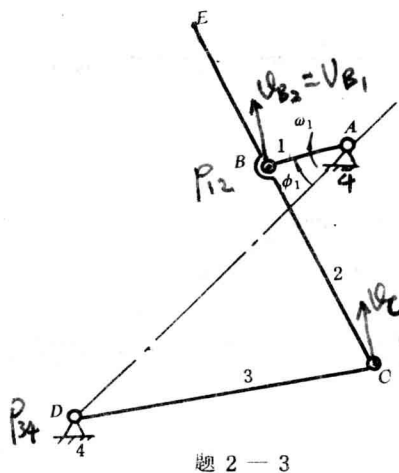




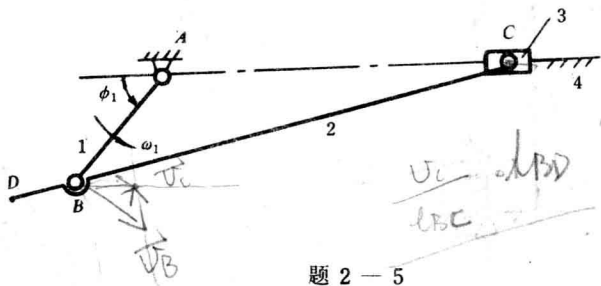
2-2 试以图解法分析题 2-1 (c) 所示机构的运动。设已知 $l_{AB}=15$ 毫米, $l_{BC}=65$ 毫米, $l_{CD}=40$ 毫米, $l_{AD}=80$ 毫米。在图示位置时, $AB \perp AD$ 。构件 AB 逆时针方向等速转动, 角速度为 $\omega_1=25$ 1/秒。求 C 点的速度 \vec{v}_c 和加速度 \vec{a}_c 、杆 2 的角速度 ω_2 和角加速度 ε_2 以及杆 3 的角速度 ω_3 和角加速度 ε_3 。

2-3 在图示梳毛机机构中, 已知 $l_{AB}=125$ 毫米, $l_{BC}=375$ 毫米, $l_{CD}=525$ 毫米, $l_{AD}=650$ 毫米, $l_{CE}=675$ 毫米。在图示位置时 $\phi_1=0^\circ$ 。 AB 杆等速转动, 转速为 $n_1=120$ 转/分(顺时针方向)。求杆 2 的角速度 ω_2 和角加速度 ε_2 以及 E 点的速度 \vec{v}_E 和加速度 \vec{a}_E 。

2-4 试以图解法分析题 2-1 (d) 所示机构的运动。设已知 $l_{AB}=16$ 毫米, $l_{BC}=40$ 毫米, $l_{CD}=35$ 毫米, $l_{AD}=40$ 毫米。在图示位置时 AB 和 BC 成一直线。构件 AB 顺时针方向等速转动, 角速度为 $\omega_1=40$ 1/秒。求 \vec{v}_c , \vec{a}_c , ω_2 , ε_2 , ω_3 , ε_3 。



题 2-3



题 2-5

2-5 在图示曲柄滑块机构中, 已知 $l_{AB}=20$ 毫米, $l_{BC}=60$ 毫米, $l_{BD}=10$ 毫米, $\phi_1=45^\circ$. 构件 AB 逆时针方向等速转动, 角速度为 $\omega_1=50$ 1/秒。

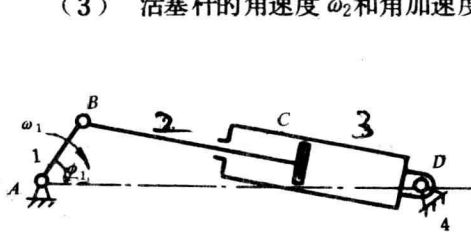
- (1) 求 $\vec{v}_C, \vec{a}_C, \vec{v}_D, \vec{a}_D$;
- (2) 求 $\phi_1=180^\circ$ 时的上述各参数的值。

$$v_B = l_{AB} \cdot \omega_1 = 0.02 \times 50 = 1 \text{ m/s}$$

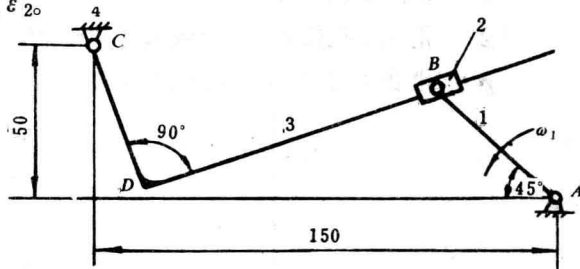
2-6 在题 2-1 (g) 所示的机构中, 设各构件的长度均为已知, 且构件 1 逆时针方向等速转动。试以任意比例尺画出该机构的速度图解和加速度图解。

2-7 在图示摆缸机构中, 已知 $l_{AB}=50$ 毫米, $l_{BC}=150$ 毫米, $l_{AD}=250$ 毫米。在图示位置时 $\phi_1=60^\circ$ 。 AB 杆顺时针方向等速转动, 转速 $n_1=300$ 转/分。试求

- (1) 活塞 C 相对汽缸壁的速度;
- (2) 活塞 C 相对机架的速度;
- (3) 活塞杆的角速度 ω_2 和角加速度 ε_{20} 。



题 2-7



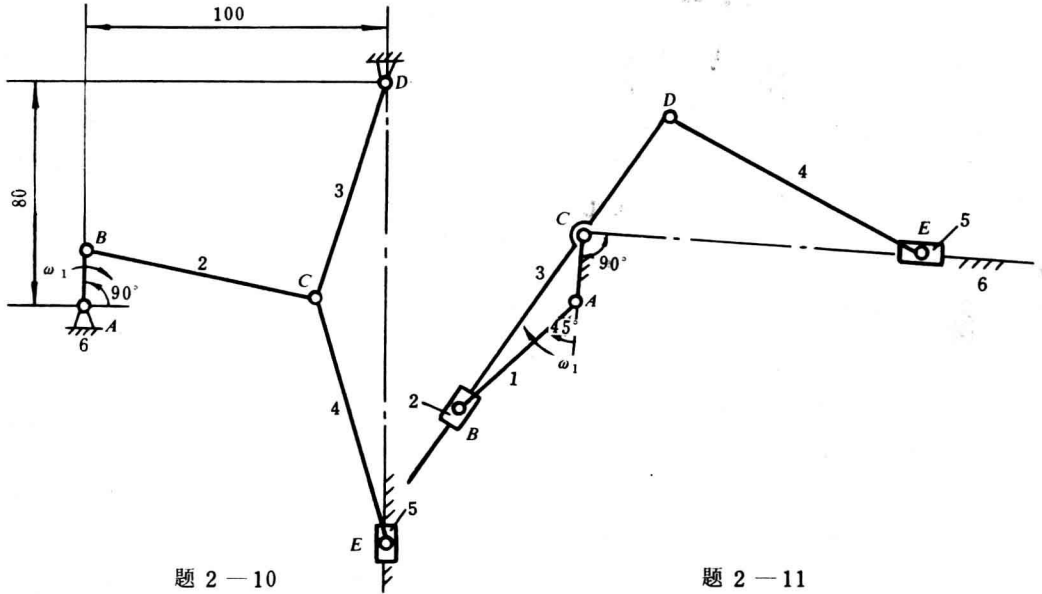
题 2-8

2-8 在图示导杆机构中, 已知 $l_{AB}=50$ 毫米, $l_{CD}=50$ 毫米, 其余尺寸均如图所示。构件 AB 逆时针方向等速转动, 角速度为 $\omega_1=20$ 1/秒。求 $\omega_3, \varepsilon_3, \vec{v}_D, \vec{a}_D$ 。

2-9 试以图解法分析题 2-1 (q) 所示机构的运动。设已知 $l_{AB}=10$ 毫米, $\angle CAB=60^\circ$, 构件 AB 逆时针方向等速转动, 角速度为 $\omega_1=150$ 1/秒。求 $\vec{v}_C, \vec{a}_C, \omega_3, \varepsilon_3$ 。

2-10 在图示肘杆机构中, 已知 $l_{AB}=20$ 毫米, $l_{BC}=l_{CD}=l_{CE}=80$ 毫米, 其余尺寸均

如图所示。构件 AB 顺时针方向等速转动。角速度为 $\omega_1 = 10 \text{ 1/秒}$ 。试以图解法求 \vec{v}_E , \vec{a}_E 。



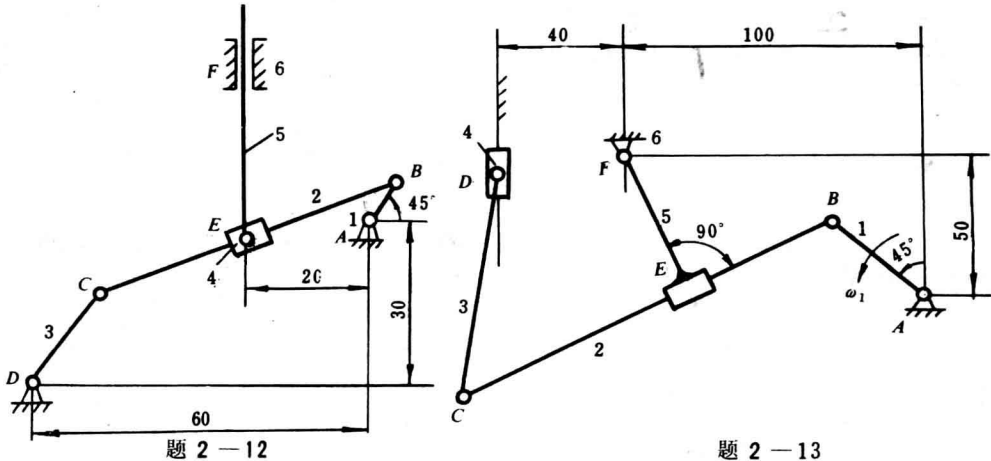
题 2-10

题 2-11

2-11 在图示急回机构中, $l_{AC} = 20$ 毫米, $l_{AB} = 40$ 毫米, $l_{CD} = 40$ 毫米, $l_{DE} = 80$ 毫米。构件 AB 顺时针方向等速转动, 角速度为 $\omega_1 = 15 \text{ 1/秒}$ 。试以图解法求滑块 5 的速度 \vec{v}_E 和加速度 \vec{a}_E 。

2-12 在图示机构中, $l_{AB} = 10$ 毫米, $l_{BC} = 60$ 毫米, $l_{CD} = 20$ 毫米, 其余尺寸均如图所示。构件 AB 顺时针方向等速旋转。转速 $n_1 = 50$ 转/分, 试以图解法求

- (1) E_4 点的速度和加速度;
- (2) 滑块 4 在杆 2 上滑动的速度和加速度;
- (3) 滑块 4 的角速度 ω_4 和角加速度 ε_4 。



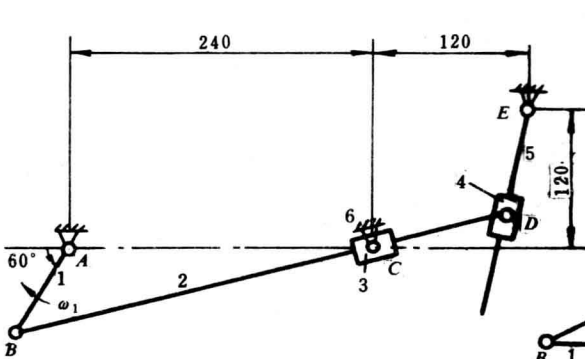
题 2-12

题 2-13

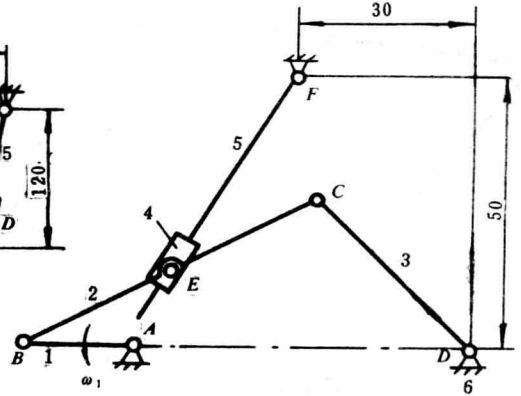
2-13 在图示机构中, $l_{AB} = 40$ 毫米, $l_{BC} = 140$ 毫米, $l_{CD} = 80$ 毫米, $l_{EF} = 50$ 毫米, 其

余尺寸均如图所示。构件 AB 逆时针方向等速转动，角速度为 $\omega_1 = 50$ 1/秒。试以图解法求滑块 4 的速度 \vec{v}_D 和加速度 \vec{a}_D 以及构件 EF 的角速度 ω_5 和角加速度 ε_5 。

2-14 在图示机构中， $l_{AB} = 90$ 毫米， $l_{BD} = 400$ 毫米，其余尺寸均如图所示。构件 AB 顺时针方向等速转动。角速度为 $\omega_1 = 10$ 1/秒。试以图解法求构件 DE 的角速度 ω_5 和角加速度 ε_5 。



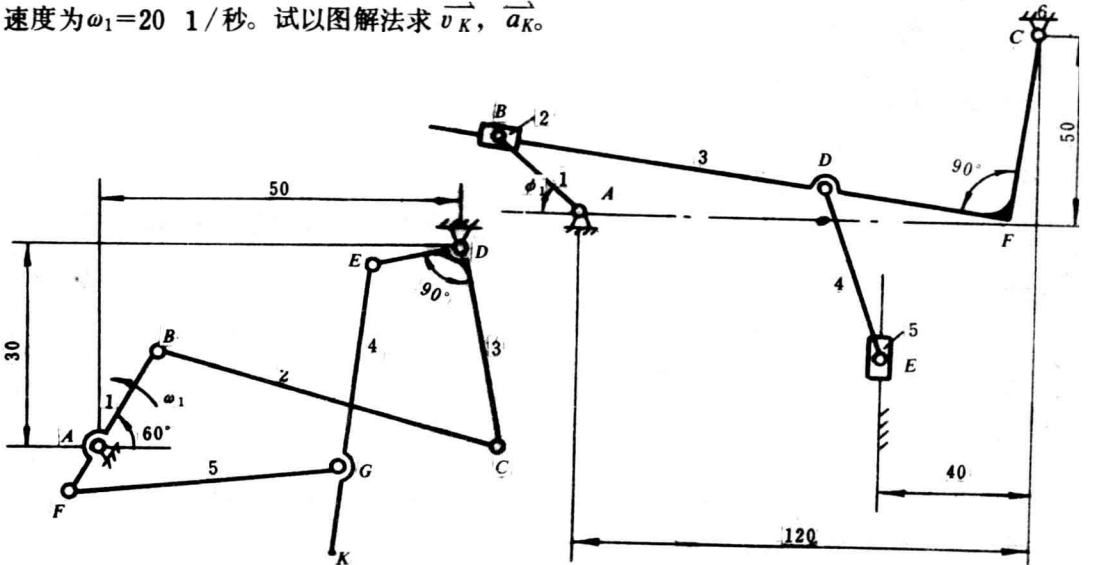
题 2-14



题 2-15

2-15 在图示机构中， $l_{AB} = 20$ 毫米， $l_{BC} = 60$ 毫米， $l_{CD} = 40$ 毫米， $l_{AD} = 60$ 毫米， $l_{FE} = 30$ 毫米，其余尺寸均如图所示。构件 AB 逆时针方向等速转动，角速度为 $\omega_1 = 15$ 1/秒。试以图解法求构件 EF 的角速度 ω_5 和角加速度 ε_5 。

2-16 在图示机构中，已知 $l_{AB} = 16$ 毫米， $l_{BC} = 50$ 毫米， $l_{CD} = 30$ 毫米， $l_{DE} = 12$ 毫米， $l_{AF} = 6$ 毫米， $l_{FG} = 35$ 毫米， $l_{EG} = 30$ 毫米， $l_{EK} = 40$ 毫米。构件 1 逆时针方向等速转动，角速度为 $\omega_1 = 20$ 1/秒。试以图解法求 \vec{v}_K ， \vec{a}_K 。



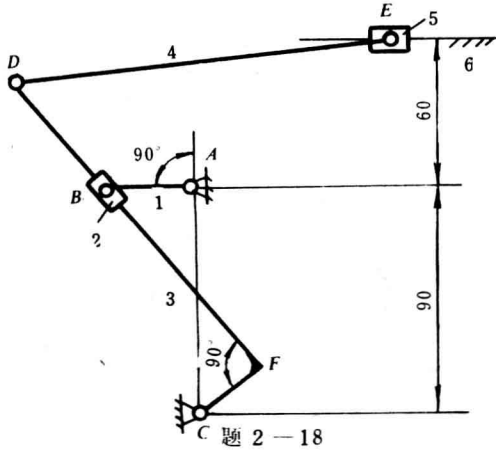
题 2-16

题 2-17

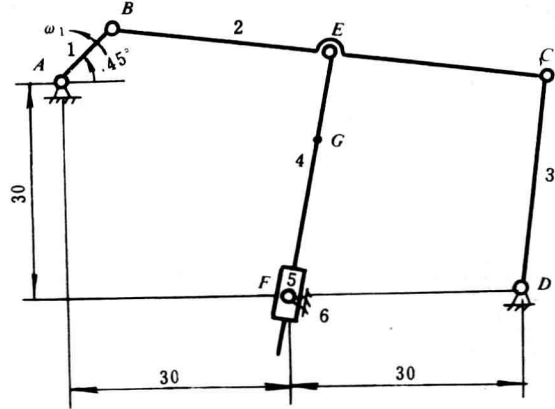
2-17 在图示机构中， $l_{AB} = 30$ 毫米， $l_{CF} = l_{DF} = 50$ 毫米， $l_{DE} = 60$ 毫米， $\phi_1 = 0^\circ$ ，其

余尺寸均如图所示。构件 AB 逆时针方向等速转动，角速度为 $\omega_1 = 10 \text{ 1/秒}$ 。试以图解法求滑块 5 的速度 v_E 和加速度 a_E 。

2—18 在图示机构中， $l_{AB} = 40$ 毫米， $l_{CF} = 30$ 毫米， $l_{DF} = l_{DE} = 150$ 毫米。构件 AB 逆时针方向等速转动，角速度为 $\omega_1 = 10 \text{ 1/秒}$ ，试以图解法求滑块 5 的速度 \vec{v}_E 和加速度 \vec{a}_E 。



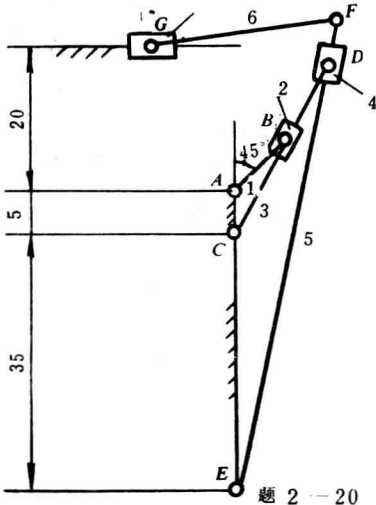
题 2—18



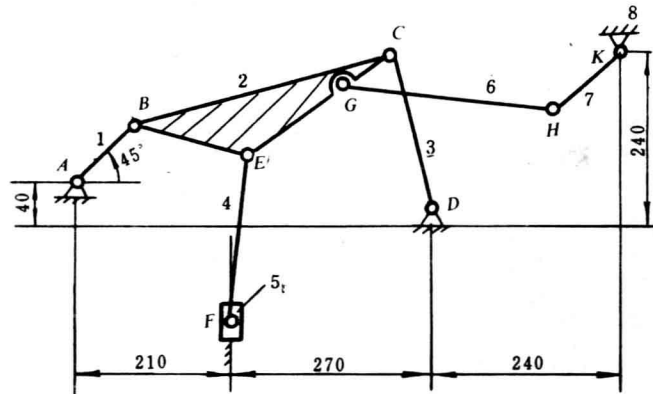
题 2—19

2—19 在图示机构中， $l_{AB} = 10$ 毫米， $l_{BC} = 60$ 毫米， $l_{CD} = 30$ 毫米， $l_{BE} = l_{EC} = 30$ 毫米， $l_{EG} = 15$ 毫米。其余尺寸均如图所示，构件 AB 逆时针方向等速转动，角速度为 $\omega_1 = 5 \text{ 1/秒}$ 。试以图解法求构件 4 上 G 点的速度 \vec{v}_G 和加速度 \vec{a}_G 。

2—20 在图示机构中， $l_{AB} = 10$ 毫米， $l_{CD} = 25$ 毫米， $l_{EF} = 65$ 毫米， $l_{GF} = 25$ 毫米，其余尺寸均如图所示。构件 AB 顺时针方向等速转动，转速为 $n_1 = 10 \text{ 转/分}$ 。试以图解法求滑块 7 上 G 点的速度和加速度。



题 2—20



题 2—21

2—21 在图示机构中， $l_{AB} = 120$ 毫米， $l_{BC} = 360$ 毫米， $l_{CD} = 240$ 毫米， $l_{BE} = 150$ 毫米， $l_{EC} = 240$ 毫米， $l_{CG} = 80$ 毫米， $l_{EF} = 240$ 毫米， $l_{GH} = 280$ 毫米， $l_{HK} = 120$ 毫米。其余尺寸均

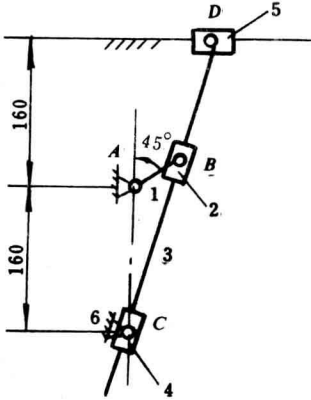
如图所示。构件1逆时针方向等速转动，角速度为 $\omega_1=10$ 1/秒。试以图解法求：

- (1) 滑块5的速度 \vec{v}_F 和加速度 \vec{a}_F ；
- (2) 构件HK的角速度 ω_7 和角加速度 ε_7 。

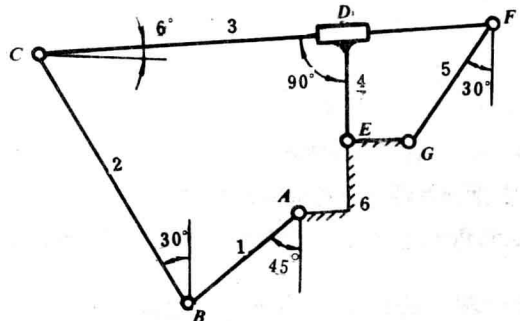
2—22 在图示机构中，已知 $l_{AB}=50$ 毫米，其余尺寸均如图所示。构件AB顺时针方向等速转动，转速为 $n_1=25$ 转/分。试以图解法求滑块5上D点的速度 \vec{v}_D 和加速度 \vec{a}_D 。

2—23 在图示机构中， $l_{AB}=20$ 毫米， $l_{BC}=40$ 毫米， $l_{CF}=60$ 毫米， $l_{FG}=20$ 毫米。在图示位置时 $l_{CD}=40$ 毫米。各构件的倾斜角均如图所示。构件AB顺时针方向等速转动，角速度为 $\omega_1=20$ 1/秒。试以图解法求构件4和5的角速度 ω_4 、 ω_5 ，和角加速度 ε_4 、 ε_5 。

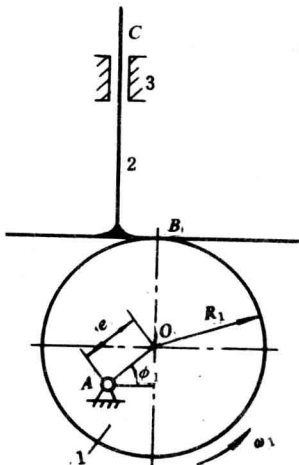
2—24 在图示偏心圆盘凸轮机构中。已知圆盘的半径 $R_1=30$ 毫米，圆盘中心O至A点的距离 $e=15$ 毫米。在图示位置时 $\phi_1=45^\circ$ 。凸轮逆时针方向等速转动，角速度为 $\omega_1=20$ 1/秒。试以图解法求从动杆2的速度 \vec{v}_2 和加速度 \vec{a}_2 。



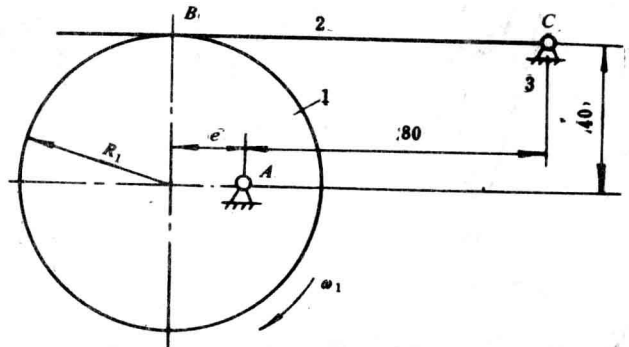
题 2—22



题 2—23



题 2—24

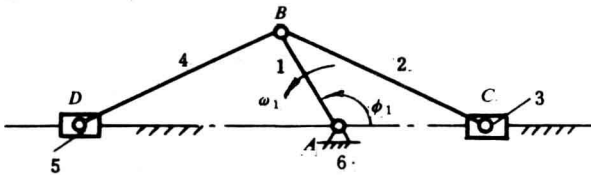


题 2—25

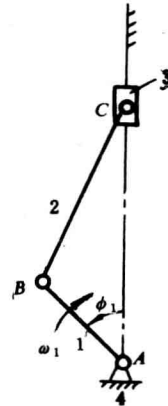
2—25 在图示摆动从动杆偏心圆盘凸轮机构中，已知圆盘半径 $R_1=40$ 毫米，圆盘中心

心 O 至 A 点的距离 $e=20$ 毫米, 其余尺寸如图所示。凸轮顺时针方向等速转动, 角速度为 $\omega_1=50$ 1/秒。试以图解法求从动杆 2 摆动的角速度 ω_2 和角加速度 ε_2 。

2-26 在图示曲柄滑块机构中, 已知 $l_{AB}=100$ 毫米, $l_{BC}=l_{BD}=200$ 毫米。在图示位置时 $\phi_1=120^\circ$ 。曲柄 AB 逆时针方向等速转动, 角速度为 $\omega_1=10$ 1/秒。试以解析法分析该机构的运动。



题 2-26

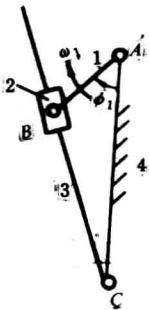


题 2-27

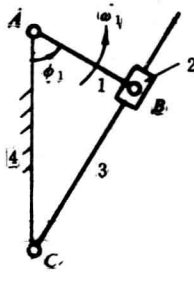
2-27 在图示曲柄滑块机构中, 已知 $l_{AB}=50$ 毫米, $l_{BC}=90$ 毫米, 在图示位置时 $\phi_1=45^\circ$, 曲柄 AB 顺时针方向等速转动, 角速度为 $\omega_1=-20$ 1/秒。试以解析法求连杆 2 的角速度 ω_2 和角加速度 ε_2 以及滑块 3 的速度 \vec{v}_C 和加速度 \vec{a}_C 。

2-28 在图示导杆机构中, 已知 $l_{AB}=100$ 毫米, $l_{AC}=250$ 毫米, 在图示位置时 $\phi_1=45^\circ$ 。构件 AB 顺时针方向等速转动, 角速度为 $\omega_1=-50$ 1/秒。试以解析法求

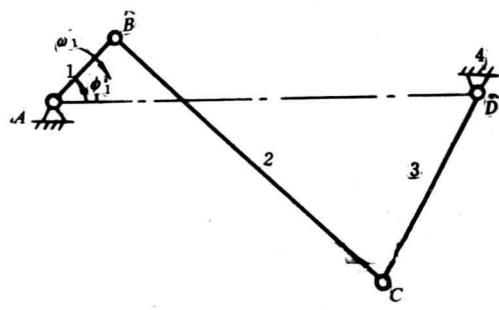
- (1) 导杆 3 的角速度 ω_3 和角加速度 ε_3 ;
- (2) 滑块 2 相对导杆 3 的相对滑动速度和相对滑动加速度。



题 2-28



题 2-29



题 2-30

2-29 在图示导杆机构中, 已知 $l_{AB}=50$ 毫米, $l_{AC}=100$ 毫米, 在图示位置时 $\phi_1=60^\circ$ 。构件 AB 逆时针方向等速转动, 角速度为 $\omega_1=20$ 1/秒。试以解析法求

- (1) ω_2, ε_2 ;

(2) $\vec{v}_{B_2 B_3}$, $\vec{a}_{B_2 B_3}$ 。

2-30 在图示铰链四杆机构中, 已知 $l_{AB}=30$ 毫米, $l_{BC}=120$ 毫米。 $l_{CD}=70$ 毫米, $l_{AD}=140$ 毫米。在图示位置时 $\phi_1=45^\circ$ 。构件 AB 顺时针方向等速转动, 角速度为 $\omega_1=-10$ 1/秒。试以解析法求 CD 杆的角速度 ω_3 和角加速度 ε_3 。

第三章 平面连杆机构及其设计

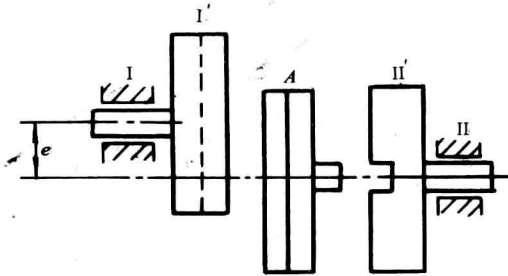
3-1 说明图示的十字沟槽联轴节属于何种机构? 它是如何演化而来的?

3-2 在图示的导杆机构中, 已知 $L_{AB}=40$ 毫米。问

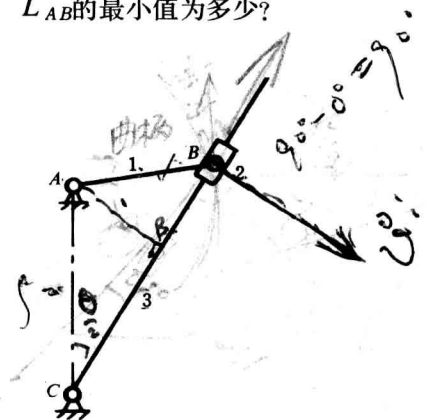
(1) 若机构成为摆动的导杆时, L_{AC} 的最小值为多少?

(2) AB 为原动件时, 机构的传动角为多大? ϕ_1

(3) 若 $L_{AC}=50$ 毫米, 且此机构成为转动导杆时, L_{AB} 的最小值为多少?



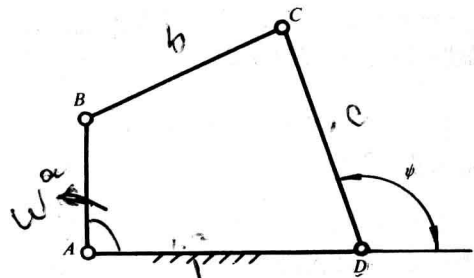
题 3-1



题 3-2

3-3 设计一个曲柄摇杆机构, 使得曲柄等速转动时, 摇杆的摆角 ψ 在 $70^\circ \sim 100^\circ$ 之间变化。设摇杆长为 1, 机架长为 1.2, 以解析法求曲柄 AB 和连杆 BC 的长度。

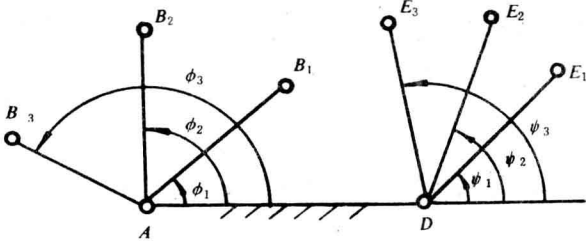
3-4 设计一铰链四杆机构。设给定机架的长度为 $L_{AD}=50$ 毫米, 连架杆长为 $L_{AB}=25$ 毫米, 并要求两连架杆的对应转角位置关系为: $\phi_1=40^\circ$, $\psi_1=45^\circ$; $\phi_2=90^\circ$, $\psi_2=70^\circ$; $\phi_3=150^\circ$, $\psi_3=100^\circ$ 。



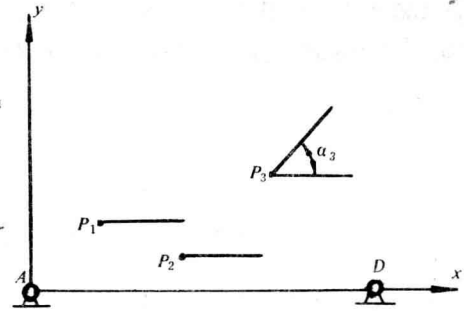
题 3-3

3-5 已知一铰链四杆机构中连杆上一点 P 的三个位置及连杆的方位角为: $P_1(1, 1)$,

$\alpha_1 = 0^\circ$; $P_2(2, 0.5)$; $\alpha_2 = 0^\circ$; $P_3(3, 1.5)$; $\alpha_3 = 45^\circ$ 。设固定铰链中心为: $A(0, 0)$, $D(5, 0)$, 试设计此机构。

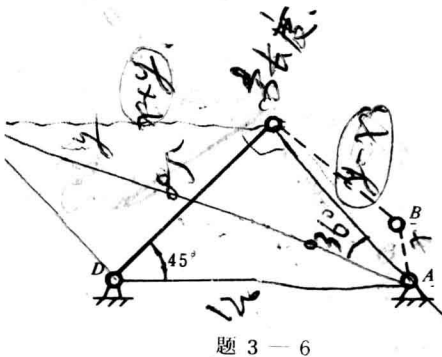


题 3-4

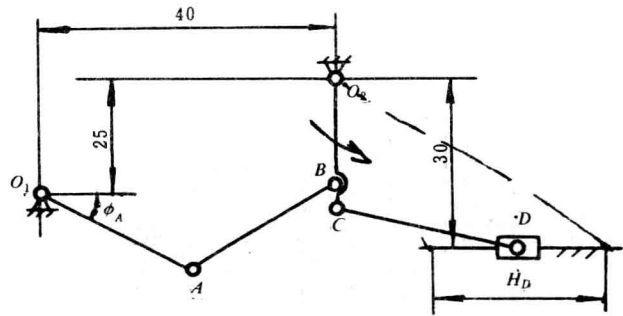


题 3-5

3-6 设计一铰链四杆机构, 已知其摇杆 CD 的行程速比系数 $K=1.5$, 机架的长度 $L_{AD}=120$ 毫米, 摇杆的长度 $L_{CD}=85$ 毫米, 摇杆的一个极限位置与机架之间的夹角 $\psi_1=45^\circ$ 。求曲柄长度 L_{AB} 和连杆长度 L_{BC} 。



题 3-6

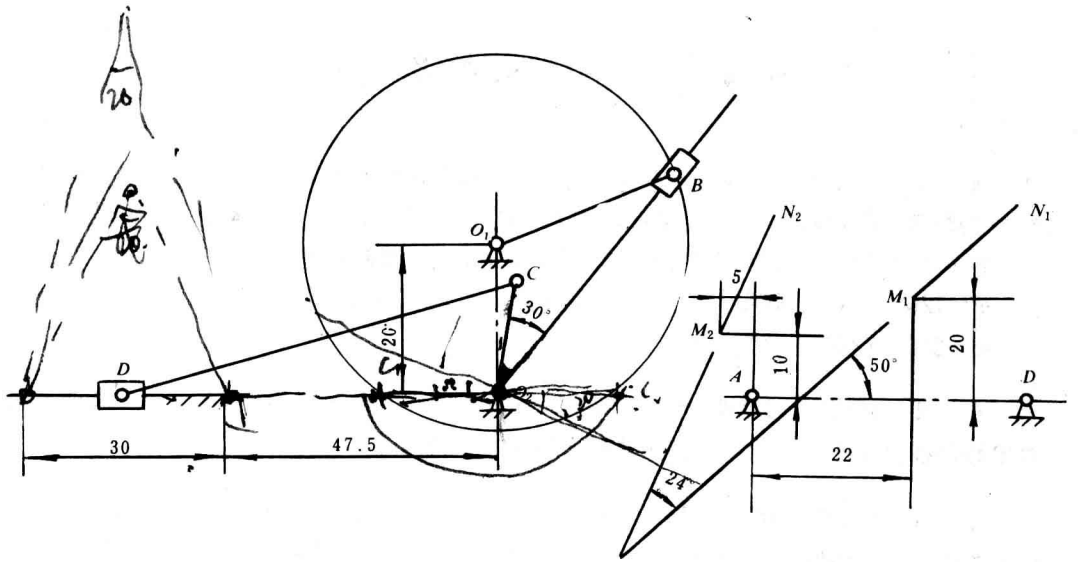


题 3-7

3-7 已知一六杆机构中, O_2C 为曲柄, 两个输出构件分别为滑块 D 和摇杆 O_1A 。滑块 D 的行程速比系数 $K=1.4$, 各杆长度比为 $L_{O_2C}:L_{O_2B}=1.2$, $L_{CD}:L_{O_2C}=2.85$, $L_{O_1A}=2L_{O_2B}$, 摇杆 O_1A 的摆角为 $0^\circ \sim 55^\circ$, 滑块 D 的行程 $H_D=50$ 毫米。其余尺寸如图所示。试设计此机构, 并计算摇杆的行程速比系数。

3-8 试设计一铰链六杆机构。已知滑块的行程为 30 毫米, 其行程速比系数 $K=3$, 其余尺寸如图所示。

3-9 已知线段 MN 与连杆连成一体, 长度为 26 毫米, 机架 $L_{AD}=35$ 毫米。固定铰链中心 A, D 和线段 M_1N_1, M_2N_2 的位置如图所示。当连杆从第一个位置转到第二个位置时, 原动件 AB 转过 $\phi_{12}=115^\circ$, 从动件 CD 转过 $\psi_{12}=60^\circ$ 。试设计此机构。若 ϕ_{12} 和 ψ_{12} 不加限定, 则设计结果如何?



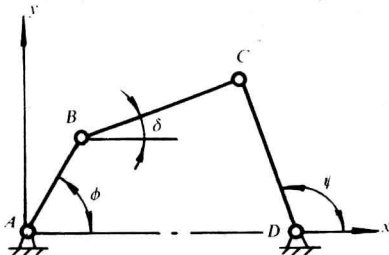
3 8

题 3 9

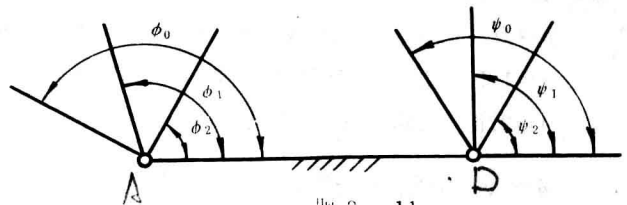
3-10 已知铰链四杆机构中, $L_{AD}=100$ 毫米, 试用解析法求出满足下列转角关系的 L_{AB} 、 L_{BC} 和 L_{CD} 的大小:

$$\phi_1=45^\circ, \psi_1=335^\circ; \phi_2=105^\circ, \psi_2=65^\circ; \phi_3=135^\circ, \psi_3=95^\circ$$

3-11 已知铰链四杆机构中, 机架长为 $L_{AD}=1$, 曲柄的起始位置 $\phi_0=150^\circ$, 摇杆的起始位置 $\psi_0=120^\circ$ 。试用解析法设计此机构。使得曲柄自起始位置顺时针转至 105° 和 60° 位置时, 摇杆顺时针转至 90° 和 60° 的位置。

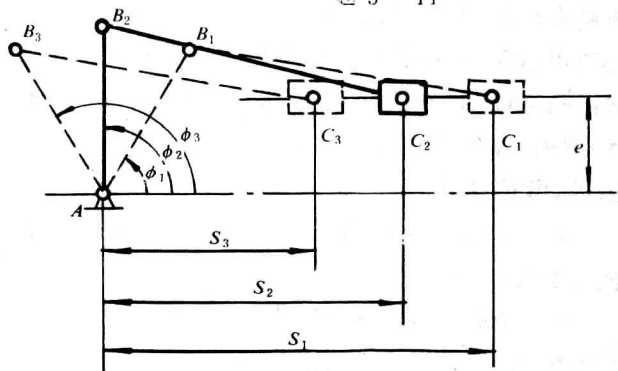


题 3 10



题 3 11

3-12 图示为一采用摇杆滑块机构的控制装置, 若已知滑块和摇杆的对应位置为: $S_1=40$ 毫米, $\phi_1=60^\circ$; $S_2=30$ 毫米, $\phi_2=90^\circ$; $S_3=20$ 毫米, $\phi_3=120^\circ$ 。试用解析法确定各构件的长度及偏心距 e 。



题 3 12