

机械原理习题解答

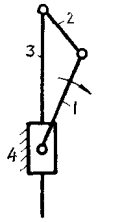
南 京 工 学 院

1981.9.

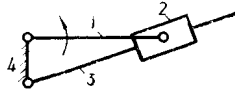
第一章 机构的结构分析

1-1 题至 1-4 题

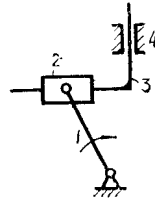
解



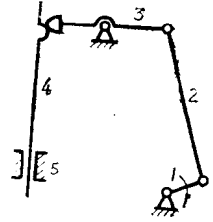
1-1 题



1-2 题



1-3 题



1-4 题

1-1 题 $n=3, P_L=4,$
 $F=3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$

1-2 题 $n=3, P_L=4,$
 $F=3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$

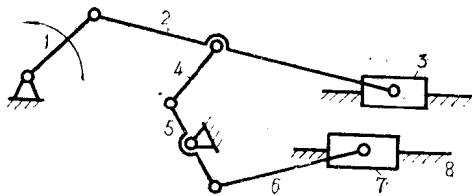
1-3 题 $n=3, P_L=4,$
 $F=3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$

1-4 题 $n=4, P_L=5, P_H=1,$
 $F=3 \times 4 - 2 \times 5 - 1 = 1$

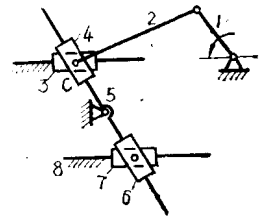
1-5 题

解

$n=7, P_L=10,$
 $F=3 \times 7 - 2 \times 10 = 1$



1-5 题



1-6 题

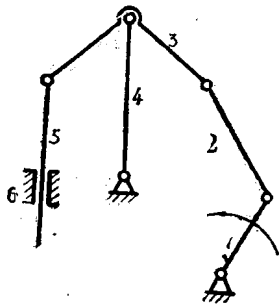
依次拆下 6-7、4-5、2-3 三个 II 级组。故为 II 级机构。

1-6题

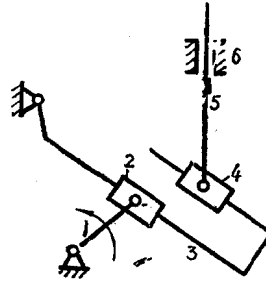
解 $n=7, P_L=10$ (4个移动副、6个转动副, 其中C处为复合铰链)。

$$F=3 \times 7 - 2 \times 10 = 1$$

依次拆下6-7、4-5、2-3三个II级组。故为II级机构。



1-7题



1-8题

1-7题

解 $n=4, P_L=5, P_H=1$

$$F=3 \times 4 - 2 \times 5 - 1 = 1$$

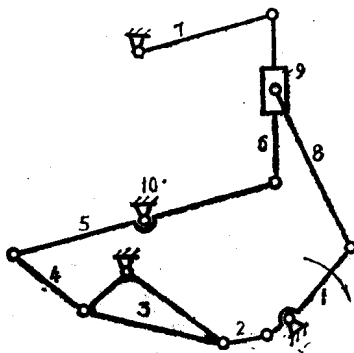
高副低化, 如 1-7 题的图所示。只能拆下一个III级组, 2-3-4-5, 故为III级机构。

1-8题

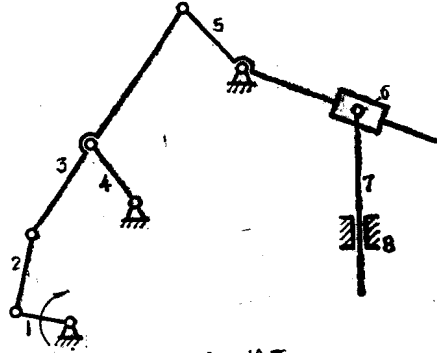
解 $n=3$ (滚子不计), $P_L=3, P_H=2$

$$F=3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 = 1$$

高副低化, 如 1-8 题的图所示, 依次拆下4-5、2-3两个II级组, 故为II级机构。



1-9题



1-10题

1-9题

解 $n=8$ (滚子不计), $P_L=11, P_H=1$

$$F=3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 = 1$$

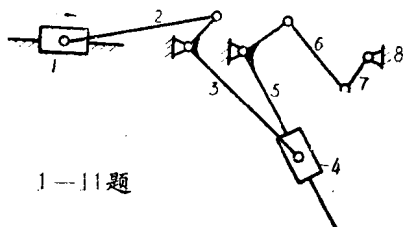
高副低化, 如 1—9 题的图所示。依次拆下 8—9, 6—7, 4—5, 2—3 四个 II 级组。故为 II 级机构。

1—10 题

解 $n=6$ (滚子不计), $P_L=8$ (气阀与机架间的一个移动副为虚约束) $P_H=1$

$$F=3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$

高副低化, 如图 1—10 所示。依次拆下 II 级组 6—7 和 III 级组 2—3—4—5。故为 III 级机构。



1—11 题

1—11 题

解 $n=6$, $P_L=8$, $P_H=1$

$$F=3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$

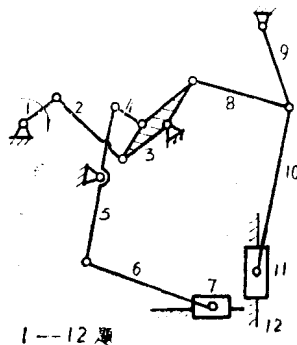
高副低化, 如 1—11 题的图所示。依次拆下 6—7, 4—5, 2—3 三个 II 级组。故为 II 级机构。

1—12 题

解 $n=9$ (不计滚子), $P_L=12$, $P_H=2$

$$F=3 \times 9 - 2 \times 12 - 2 = 1$$

高副低化, 如 1—12 题的图所示。依次拆下 10—11, 8—9, 6—7, 4—5, 2—3 五个 II 级组。故为 II 级机构。



1—12 题

1—13 题

解 $n=9$, $P_L=12$

$$F=3 \times 9 - 2 \times 12 = 3$$

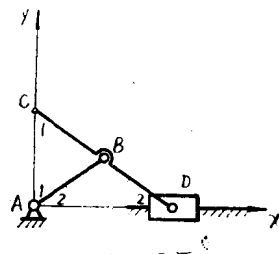
1—14 题

解 $n=4$ (Z' 轮为虚约束, 应除去不计), $P_L=4$, $P_H=2$

$$F=3 \times 4 - 2 \times 4 - 2 = 2$$

1—15 题

解 去掉滑块 C, 如 1—15 题的图所示。联接 CA, 得 $\triangle ACD$ 。因已知 $AB=BC=BD$, 故得



1—15 题

$$\angle CAB = \angle ACB = \angle 1$$

$$\angle BAD = \angle BDA = \angle 2$$

今 $\triangle CAD$ 中三内角之和

$$\angle C + \angle A + \angle D = \angle 1 + (\angle 1 + \angle 2) + \angle 2 = 180^\circ$$

$$\therefore \angle 1 + \angle 2 = \angle A = 90^\circ$$

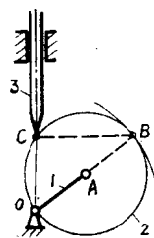
它说明没有滑块 4 时, C 点仍沿 y 轴运动, 故滑块 4 产生虚约束, 应除去不计。

由 1—15 题的图, $n=3$, $P_L=4$

$$F = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$$

1—16 题

解 脱开铰链 C, 观察轮 2 上 C 点的运动。联接 OC 及 CB。因 B 为轮 2 绝对瞬心, 故 $v_C \perp BC$ 。又, 在半圆内, $\angle OCB = 90^\circ$, $OC \perp BC$ 。由此可知 $v_C \parallel OC$, C 点将始终沿 OC 方向作直线运动, 该处用转动副相联将因轨迹重合而产生一个虚约束。为了除去这个虚约束, 可以将 C 点铰链改为高副, 如 1—16 题的图所示。因 $n=3$, $P_L=3$, $P_H=2$ 故



1—16 题

$$F = 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 = 1$$

1—17 题

解 $m=0$, 一般空间机构。 $n=4$, $P_5=4$ (3 个转动副、1 个移动副), $P_3=1$ (球面副)

$$F = 6 \times 4 - 5 \times 4 - 3 \times 1 = 1$$

1—18 题

解 $m=0$, 一般空间机构。 $n=3$, $P_5=2$, $P_3=2$, 故

$$F = 6 \times 3 - 5 \times 2 - 3 \times 2 = 2$$

其中构件 2 绕其轴线可自由转动, 有一局部自由度, 故该机构的真实自由度等于 1。

1—19 题

解 $m=4$, 四族机构。 $n=2$, $P_5=3$, 故

$$F = 2n - P_5 = 2 \times 2 - 3 = 1$$

1—20 题

解 $m=3$, 球面机构 (三族)。 $n=3$, $P_5=4$,

$$F = 3n - 2P_5 = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$$

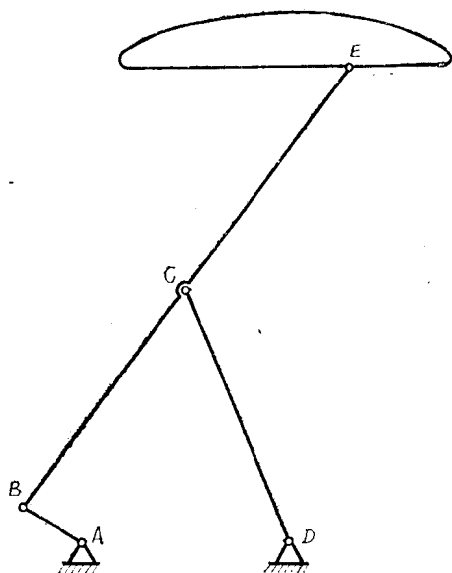
第二章 平面机构的运动分析

2—1题

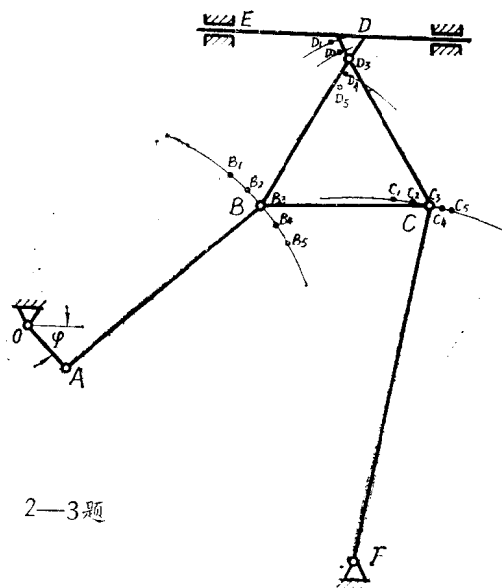
解 从略

2—2题

解 首先根据已知条件作机构图，再画 B 点绕 A 点转动时 B 点的 12 个位置，根据已知 BC 和 CD 的长度求得 C 点的 12 个位置，再在连杆 BC 的 12 个位置的延长线上求得 E 点的 12 个位置。连接此 E 点的 12 个位置即得 E 点的轨迹。



2—2题



2—3题

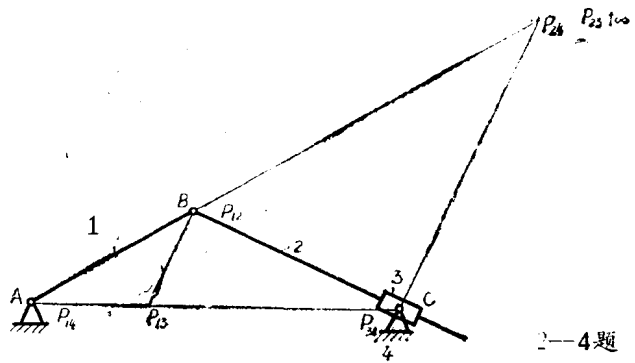
2—3题

解 根据已知条件作出曲柄 OA ，机架 F 点以及 D 点所在的水平线，以 A 为中心 l_{AB} 为半径画弧，在弧上任取 B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 等点，再以 F 为中心 l_{CF} 为半径画弧，然后根据 l_{BC} 的长度以 B 为圆心画弧交得 C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 。 D 点为连杆 BC 上的一点，已知连杆的位置，不难找出 D 点的相应位置，连 D_1, D_2, D_3, D_4, D_5 得一曲线和 D 点所在的水平线相交得交点 D ，再以 D 为圆心， l_{DE} 和 l_{DC} 为半径画弧交得 B 点和 C 点，即可画出机构简图。

2—4题

解 根据三心定理，构件 1、2、4 共有三个瞬心 P_{12} ， P_{14} ， P_{24} ，而构件 2、3、4

也共有三个瞬心 P_{13} 、 P_{23} 、 P_{12} ，其中 P_{12} 、 P_{14} 两个瞬心可从图上看出来， P_{24} 在 $P_{12}P_{14}$ 的连线上，另外 P_{23} 、 P_{34} 两个瞬心可以从图上看出来， P_{24} 在过 C 点所作的 BC 垂线上，所以 $P_{12}P_{14}$ 的连线和过 C 点所作 BC 的垂线相交，所得交点就是 P_{24} ，同理，构件 1、3、2 的三个瞬心 P_{12} 、 P_{23} 、 P_{13} 在一条直线上，构件 1、4、3 的三个瞬心 P_{14} 、 P_{43} 、 P_{13} 在另一条直线上，因此这两条线的交点就是 P_{13} 。



2—4题

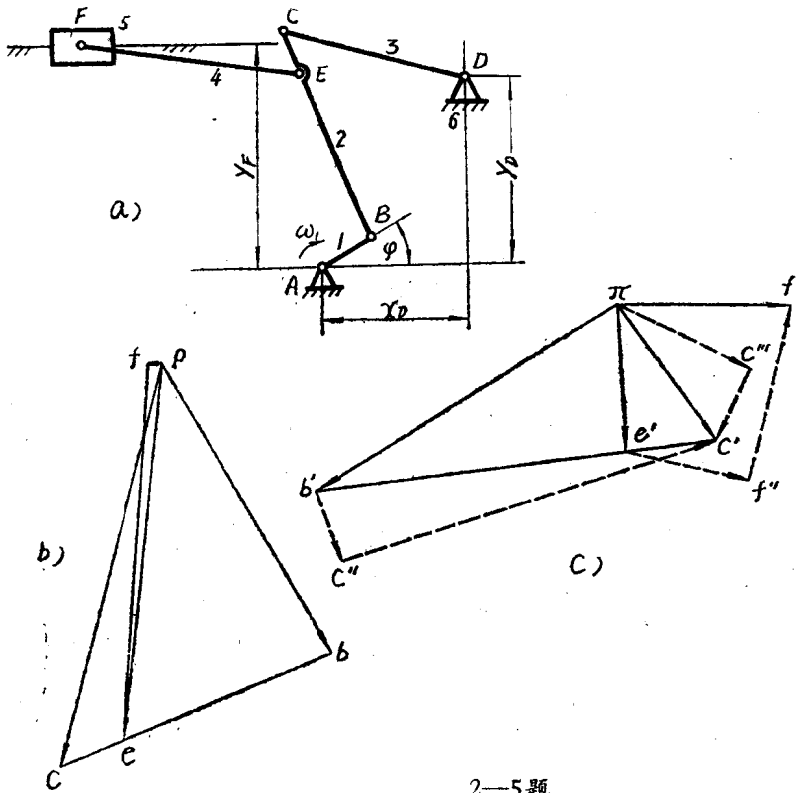
2—5题

解 (1) 选取比例尺 $\mu_l = 0.015$ 米/毫米作机构运动简图，如图 a 所示

(2) 确定解题步骤为： $\vec{v}_B \rightarrow \vec{v}_C \rightarrow \vec{v}_E \rightarrow \vec{v}_F$ 及 $\vec{a}_B \rightarrow \vec{a}_C \rightarrow \vec{a}_E \rightarrow \vec{a}_F$

(3) 求 \vec{v}_F

$$A. \quad v_B = l_{AB} \times \omega_1 = 0.15 \times \frac{\pi \times 50}{30} = 0.785 \text{ 米/秒}$$



2—5题

如图 b 所示作 \overline{pb} (60 毫米) 代表 \overline{v}_B , 其方向垂直于 AB , 指向与 ω_1 一致, 则

$$\mu_v = \frac{v_B}{pb} = \frac{0.785}{60} = 0.013 \frac{\text{米/秒}}{\text{毫米}}$$

B. 求 \overline{v}_C 因 B 、 C 同为构件 2 上的点, 故得

$$\begin{aligned} \overline{v}_C &= \overline{v}_B + \overline{v}_{CB} \\ \perp CD &\perp AB \perp CB \\ pc &pb \quad bc \end{aligned}$$

按上式作速度多边形, 如图 b 所示, 即作 $pc \perp CD$, $bc \perp CB$, 它们相交于 c 点, 于是 \overline{pc} 和 \overline{bc} 便各代表 \overline{v}_C 和 \overline{v}_{CB} 。

C. 应用速度影像法求 \overline{v}_E 。因 E 点在 B 、 C 连线上, 故 E 点的速度影像 e 应在 bc 线上, 且 $BC : CE = bc : ce$, 由此可求得 e 点在 bc 线上的位置, 如图 b 所示, 图中 \overline{pe} 便代表 \overline{v}_E 。

D. 求 \overline{v}_F 因 E 、 F 同为构件 4 上的点, 故得

$$\begin{aligned} \overline{v}_F &= \overline{v}_E + \overline{v}_{FE} \\ // \text{导路} &\perp EF \\ pf &pe \quad ef \end{aligned}$$

如图 b 所示, 作 $pf // \text{导路}$, $ef \perp EF$, 它们相交于 f 点, 因此 \overline{pf} 代表 \overline{v}_F , ef 代表 \overline{v}_{FE} 。

由速度多边形得 $v_F = (pf)\mu_v = 2.4 \times 0.013 = 0.031$ 米/秒指向左。

(4) 求 \overline{a}_F

A. $a_B = a_B^n = l_{AB}\omega_1^2 = 0.15 \left(\frac{\pi \times 50}{30} \right)^2 = 4.11$ 米/秒² 如图 c 所示, 作 $\pi b'$ (=63 毫米)

代表 \overline{a}_B , 其方向与 BA 平行, 并从 B 指向 A , 故

$$\mu_a = \frac{4.11}{63} = 0.065 \frac{\text{米/秒}^2}{\text{毫米}}$$

B. 求 \overline{a}_C 因 C 、 B 同为构件 2 上的点, 故得

$$\begin{aligned} \overline{a}_C &= \overline{a}_C^n + \overline{a}_C^t = \overline{a}_B + \overline{a}_{CB}^n + \overline{a}_{CB}^t \\ C \rightarrow D &\perp CD \quad B \rightarrow A \quad C \rightarrow B \quad \perp CB \\ \pi c'' &c''c' \quad \pi b' \quad b'c'' \quad c''c' \end{aligned}$$

式中

$$a_C^n = \frac{v_C^2}{l_{CD}} = \frac{(pc\mu_v)^2}{l_{CD}} = \frac{(72 \times 0.013)^2}{0.5} = 1.75 \text{ 米/秒}^2$$

$$a_{CB}^n = \frac{v_{CB}^2}{l_{CB}} = \frac{(bc\mu_v)^2}{l_{CB}} = \frac{(55 \times 0.013)^2}{0.6} = 0.85 \text{ 米/秒}^2$$

故 \overline{a}_C^n 的代表线段 $\pi c'' = \frac{1.75}{0.065} = 26.95$ 毫米

\overline{a}_{CB}^n 的代表线段 $b'c'' = \frac{0.85}{0.065} = 13.07$ 毫米

作加速度多边形 $\pi b'c''c''c''$ 如图 c 所示, 于是 $\overline{\pi c'}$ 便代表 \overline{a}_C 。

C. 应用加速度影像法求 \overline{a}_E , E 点的加速度影像 e' 应在 $b'c'$ 线上, 且 $BC : CE = b'c' :$

: $c'e'$, 由此可求出 e' 的位置, 于是 $\pi e'$ 便代表 \bar{a}_E 。

D. 求 \bar{a}_F 因 F 、 E 同为构件 4 上的点, 故得

$$\begin{aligned} \bar{a}_F &= \bar{a}_E + \bar{a}_{FE}'' + \bar{a}_{FE}' \\ \parallel \text{导路} & \quad F \rightarrow E \quad \perp EF \\ \pi f' & \quad \pi e' \quad e' f'' \quad f'' f' \end{aligned}$$

式中 $a_{FE}'' = \frac{v_{FE}^2}{l_{FE}} = \frac{(66 \times 0.013)^2}{0.6} = 1.23 \text{ 米/秒}^2$

于是 a_{FE}'' 的代表线段 $e' f'' = \frac{1.23}{0.065} = 18.92 \text{ 毫米}$,

作加速度多边形 $\pi e' f'' f'$ 如图 c 所示, 由图得 $a_F = (\pi f') \mu_a = 31 \times 0.065 = 2.02 \text{ 米/秒}^2$ 指向右。

2-6 题

解 (1) 选取比例尺 $\mu_l = 0.01 \text{ 米/毫米}$, 用轨迹相交法绘机构图。

(2) 绘速度多边形

$$v_B = l_{AB} \cdot \omega_1 = 0.2 \times 3 = 0.6 \text{ 米/秒}$$

$$\mu_v = \frac{v_B}{pb} = \frac{0.6}{30} = 0.02 \frac{\text{米/秒}}{\text{毫米}}$$

$$\bar{v}_{S_3} = \bar{v}_B + (\bar{v}_{CB} + \bar{v}_{S_3C}) = (\bar{v}_D + \bar{v}_{S_3D})$$

$\perp AB \quad \perp CB \quad \perp DE$

又 $\bar{v}_F = \bar{v}_{S_3} + \bar{v}_{FS_3}$

水平 $\perp FS_3$

作图得 $v_F = 1.1 \text{ 米/秒}$ 向右。

(3) 绘加速度多边形

$$a_B = \omega_1^2 \cdot l_{AB} = 1.8 \text{ 米/秒}^2$$

$$\mu_a = \frac{a_B}{\pi b'} = \frac{1.8}{36} = 0.05 \frac{\text{米/秒}^2}{\text{毫米}}$$

$$\bar{a}_{S_3} = \bar{a}_D'' + \bar{a}_{S_3D}'' + (\bar{a}_B' + \bar{a}_{S_3D}') = \bar{a}_B + \bar{a}_{CB}'' + \bar{a}_{S_3C}'' + (\bar{a}_{CB}' + \bar{a}_{S_3C}')$$

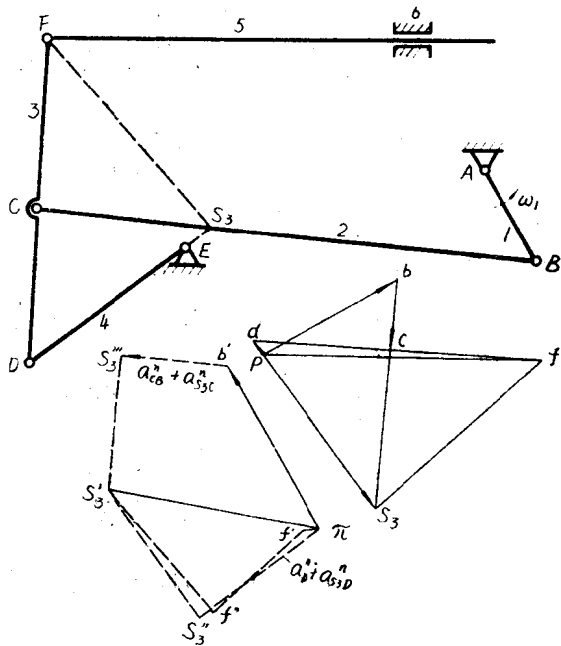
$D \rightarrow E \quad S_3 \rightarrow D \quad \perp DE \quad B \rightarrow A \quad C \rightarrow B \quad S_3 \rightarrow C \quad \perp CB$

式中 $a_D'' = \frac{v_D^2}{l_{DE}} = \frac{0.07^2}{0.37} = 0.013 \text{ 米/秒}^2$

$$a_{S_3D}'' = \frac{v_{S_3D}^2}{l_{S_3D}} = \frac{0.8^2}{0.44} = 1.46 \text{ 米/秒}^2$$

$$a_{CB}'' = \frac{v_{CB}^2}{l_{CB}} = \frac{0.28^2}{0.97} = 0.081 \text{ 米/秒}^2$$

$$a_{S_3C}'' = \frac{v_{S_3C}^2}{l_{S_3C}} = \frac{0.62^2}{0.34} = 1.13 \text{ 米/秒}^2$$



2-6 题

又

$$\underline{\bar{a}}_F = \underline{\bar{a}}_{S_3} + \underline{\bar{a}}_{FS_3}^n + \underline{\bar{a}}_{FS_3}^t$$

水平 $F \rightarrow S_3 \quad \perp FS_3$

式中

$$\underline{\bar{a}}_{FS_3}^n = \frac{v_{FS_3}^2}{l_{FS_3}} = \frac{0.87^2}{0.49} = 1.54 \text{ 米/秒}^2$$

作图得

$$a_F = 0.17 \text{ 米/秒}^2 \text{ 向左。}$$

2-7题

解 (1) 选取比例尺 $\mu_l = \frac{0.06}{30} = 0.002 \text{ 米/毫米}$

(2) 绘速度多边形 求 ω_3

$$v_{B_2} = \omega_1 l_{AB} = 30 \times 0.06 = 1.8 \text{ 米/秒}$$

$$\mu_v = \frac{1.8}{60} = 0.03 \frac{\text{米/秒}}{\text{毫米}}$$

$$\underline{\bar{v}}_{B_3} = \underline{\bar{v}}_{B_2} + \underline{\bar{v}}_{B_3 B_2}$$

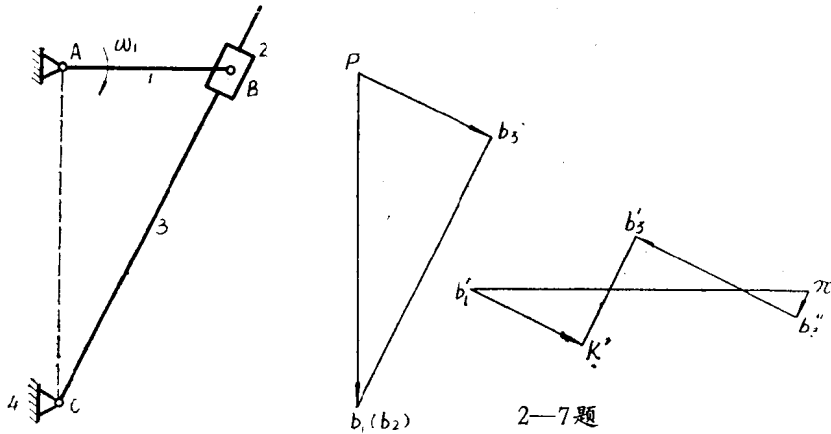
$$\perp BC \quad \perp AB \quad \parallel BC$$

作图得

$$v_{B_3} = (pb_3) \mu_v = 26.6 \times 0.03 = 0.8 \text{ 米/秒}$$

$$v_{B_3 B_2} = (b_2 b_3) \mu_v = 54 \times 0.03 = 1.62 \text{ 米/秒}$$

$$\omega_3 = \frac{v_{B_3}}{l_{BC}} = \frac{0.8}{67 \times 0.002} = \frac{0.8}{0.134} = 6 \frac{\text{弧度}}{\text{秒}} \text{ 方向为顺时针。}$$



2-7题

(3) 绘加速度多边形 求 ϵ_3

$$a_B = a_B^n = l_{AB} \cdot \omega_1^2 = 0.06 \times 30^2 = 54 \text{ 米/秒}^2$$

$$\mu_a = \frac{54}{60} = 0.9 \frac{\text{米/秒}^2}{\text{毫米}}$$

$$\underline{\bar{a}}_{B_3} = \underline{\bar{a}}_B + \underline{\bar{a}}_{B_3 B}^K + \underline{\bar{a}}_{B_3 B}^t$$

$$\underline{\bar{a}}_{B_3} = \underline{\bar{a}}_C + \underline{\bar{a}}_{B_3 C}^n + \underline{\bar{a}}_{B_3 C}^t$$

其中

$$a_{B_3}^n = 2\omega_3 v_{B_3} = 2 \times 6 \times 1.62 = 19.4 \text{ 米/秒}^2$$

$$b'K' = \frac{a_{B_3}^n}{\mu_a} = \frac{19.4}{0.9} = 21.5 \text{ 毫米}$$

$$a_C = 0$$

$$a_{B_3}^n c = l_{BC} \times \omega_3^2 = 0.134 \times 6^2 = 4.825 \text{ 米/秒}^2$$

$$\pi b_3'' = \frac{a_{B_3}^n c}{\mu_a} = \frac{4.825}{0.9} = 5.37 \text{ 毫米}$$

作图得

$$a_{B_3}^t c = (b_3'' b_3') \mu_a = 32 \times 0.9 = 28.8 \text{ 米/秒}^2$$

$$\epsilon_3 = \frac{a_{B_3}^t c}{l_{BC}} = \frac{28.8}{0.134} = 21.5 \frac{\text{弧度}}{\text{秒}^2} \text{ 方向为逆时针。}$$

2—8题

解 (1) 选取 $\mu_l = 0.002$ 米/毫米, 作机构运动简图, 如图 a 所示,

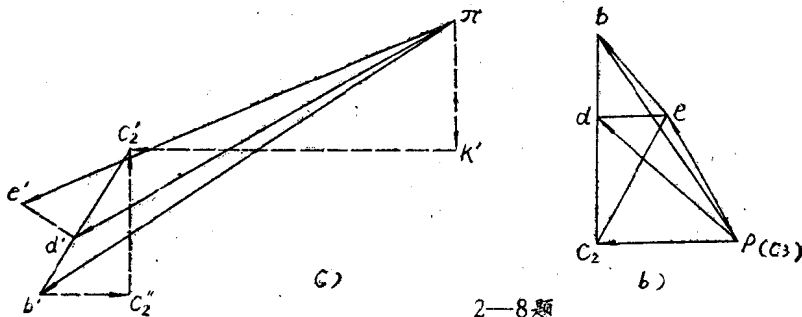
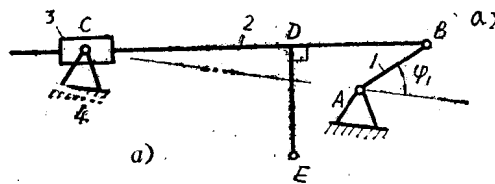
(2) 求 \bar{v}_D 、 \bar{v}_E 、 ω_3

$$v_B = l_{AB} \cdot \omega_1 = 0.03 \times 10 = 0.3 \text{ 米/秒}$$

取 $pb = 45$ 毫米表示 v_B , 则 $\mu_v = \frac{0.3}{45} = 0.0067 \frac{\text{米/秒}}{\text{毫米}}$

$$\bar{v}_{C_2} = \bar{v}_B + \bar{v}_{C_2B} = \bar{v}_{C_3} + \bar{v}_{C_2C_3}$$

$$\begin{array}{ccc} \perp AB & \perp CB & \parallel CB \\ pb & bc_2 & c_3c_2 \end{array}$$



2—8题

式中

$$v_{C_3} = 0$$

如图 b 所示, 作速度多边形 pb_c , 然后按速度影像法作 $\triangle bc_2e \sim \triangle BCE$ 求得 e 点, 再从 e 点作 $ed \perp bc_2$ 得 d 点, 则

$$v_E = (pe)\mu_v = 26 \times 0.0067 = 0.1742 \text{ 米/秒, 指向如图所示}$$

$$v_D = (pd)\mu_v = 34 \times 0.0067 = 0.2278 \text{ 米/秒, 指向如图所示}$$

$$\omega_3 = \omega_2 = \frac{v_{C_2B}}{l_{CB}} = \frac{(bc_2)\mu_v}{l_{CB}} = \frac{37.5 \times 0.0067}{0.124} = 2 \text{ 弧度/秒}$$

方向为逆时针。

(3) 求 \bar{a}_D 、 \bar{a}_E 、 ϵ_3

$$a_B = a_B^n = l_{AB} \cdot \omega_1^2 = 0.03 \times 10^2 = 3 \text{ 米/秒}^2$$

$$\bar{a}_{C_2} = \bar{a}_B + \bar{a}_{C_2B}^n + \bar{a}_{C_2B}^t = \bar{a}_{C_2} + \bar{a}_{C_2C_3}^n + \bar{a}_{C_2C_3}^t$$

$$\begin{array}{ccccccc} B \rightarrow A & C_2 \rightarrow B & \perp CB & & \perp CB & \parallel CB & \\ \pi b' & b' c_2 & c_2 c_3 & & \pi k' & k' c_3' & \end{array}$$

式中

$$a_{C_2} = 0$$

$$a_{C_2B}^n = l_{CB} \cdot \omega_2^2 = 0.124 \times 4 = 0.5 \text{ 米/秒}^2$$

$$a_{C_2C_3}^t = 2\omega_2 v_{C_2C_3} = 2 \times 2 \times 0.1775 = 0.71 \text{ 米/秒}^2$$

选取 $\mu_a = 0.033 \frac{\text{米/秒}^2}{\text{毫米}}$, 则代表 \bar{a}_B 的线段 $\pi b' = 90$ 毫米, 哥氏加速度 $\bar{a}_{C_2C_3}^t$ 方向的确定: 以向量 $\bar{v}_{C_2C_3}$ 沿 ω_3 的方向 (现为逆时针) 回转 90° , 如图 c 所示, 作加速度多边形 $\pi b' c_2' c_3' k'$ 。然后按加速度影像法作 $\triangle b' c_2' c_3' \sim \triangle BCE$ 且字母顺序一致, 得 e' 点, 再从 e' 点作 $e' d' \perp b' c_2'$ 得 d' 点, 于是 $a_E = (\pi e')\mu_a = 85 \times 0.033 = 2.81 \text{ 米/秒}^2$, 指向如图所示。

$$a_D = (\pi d')\mu_a = 79 \times 0.033 = 2.61 \text{ 米/秒}^2, \text{ 指向如图所示。}$$

确定 ϵ_3 , $\epsilon_3 = \frac{a_{C_2B}^t}{l_{C_2B}} = \frac{(c_2 c_3')\mu_a}{l_{C_2B}} = \frac{30 \times 0.033}{0.124} = 8 \text{ 弧度/秒}^2$ 其方向为: 将向量 $a_{C_2B}^t$ 的代表向量 $\bar{c}_2 c_3'$ 平移至 c_2 点, 知 ϵ_3 为顺时针方向。

2-9题

解 由图可知位移 $s = l_{AB} - l_{AB} \cos \varphi_1$

$$v = l_{AB} \omega \sin \varphi_1$$

$$a = l_{AB} \omega^2 \cos \varphi_1$$

已知当 $\varphi_1 = 0^\circ$ 时 $s = 0$

由此可见 $\varphi_1 = 45^\circ$ 时

$$v = l_{AB} \omega \sin \varphi_1 = 0.1 \times 20 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} \text{ 米/秒}$$

$$a = l_{AB} \omega^2 \cos \varphi_1 = 0.1 \times 400 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 20\sqrt{2} \text{ 米/秒}^2$$

2-10题

解 (1) 按已知条件作机构图

(2) 求 \bar{v}_B

$$\bar{v}_B = \bar{v}_A + \bar{v}_{BA}$$

取 $pa = 35$ 毫米 表示 v_A

$$\text{则 } \mu_v = \frac{0.7}{35} = 0.02 \frac{\text{米/秒}}{\text{毫米}}$$

v_B 和 v_{BA} 的方向为已知

如图作速度多边形 pba 得 b 点

$$\bar{v}_B = (pb)\mu_v = 26 \times 0.02 = 0.52$$

米/秒方向如图所示。

(3) 求 \bar{a}_B

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}$$

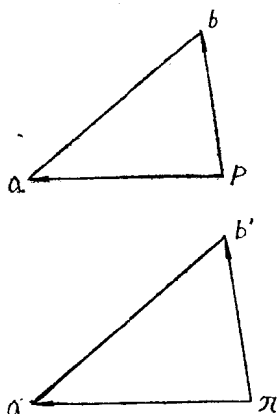
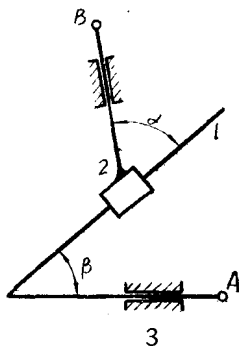
取 $\pi a' = 40$ 毫米 表示 a_A

$$\text{则 } \mu_a = \frac{1}{40} = 0.025 \frac{\text{米/秒}^2}{\text{毫米}}$$

a_B 和 a_{BA} 的方向为已知

如图作加速度多边形 $\pi b' a'$ 得 b' 点

$$a_B = (\pi b')\mu_a = 29.5 \times 0.025 = 0.74 \text{ 米/秒}^2 \text{ 方向如图所示。}$$



2-10题

2-11题

解 (1) 求 ω_1 及 φ_2

$$\omega_1 = \frac{n_1 \pi}{30} = \frac{1500 \cdot \pi}{30} = 50\pi = 157.07 \frac{\text{弧度}}{\text{秒}}$$

$$\sin \varphi_2 = -\frac{l_1}{l_2} \sin \varphi_1 = -\lambda \sin \varphi_1$$

$$\lambda = \frac{l_1}{l_2} = \frac{10}{33} = 0.303$$

$$\sin \varphi_2 = -0.2624 \quad \varphi_2 = -15.214^\circ$$

(2) 求 \bar{v}_C

$$v_C = l_1 \omega_1 \frac{\sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{\cos \varphi_2} = 0.1 \times 50\pi \frac{\sin(60^\circ + 15.214^\circ)}{\cos(-15.214^\circ)} = 15.375 \text{ 米/秒}$$

(3) 求 \bar{a}_C

$$\begin{aligned} a_C &= l_1 \omega_1^2 \left[\frac{\cos 75.214^\circ}{\cos(-15.214^\circ)} + \lambda \frac{\cos \varphi_1^2}{\cos^3 \varphi_2} \right] \\ &= 0.1 \times (50\pi)^2 \left[\frac{0.2552}{0.96495} + 0.303 \frac{0.25}{0.8985} \right] = 860.6 \text{ 米/秒}^2. \end{aligned}$$

2-12题

解 (1) 按已知条件作机构图

(2) 求 φ_1 、 φ_3

自直角三角形 ABC 得 $\cos \angle CAB = \frac{100}{200}$

$$\therefore \angle CAB = 60^\circ$$

$$\text{即 } \angle ACB = 30^\circ$$

$$\text{故 } \varphi_1 = -30^\circ$$

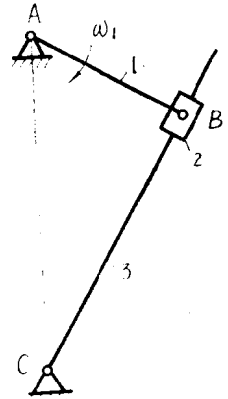
$$\varphi_3 = 60^\circ$$

(3) 求 ε_3

$$\varepsilon_3 = \frac{-2v_{B_3B_2} \omega_3 + l_1 \omega_1^2 \sin(\varphi_1 - \varphi_3)}{l_{BC}}$$

$$\therefore \omega_3 = 0$$

$$\text{故 } \varepsilon_3 = \frac{l_1 \omega_1^2}{l_{BC}} = \omega_1^2 \operatorname{tg} 30^\circ = 20^2 \times 0.577 = 231 \frac{\text{弧度}}{\text{秒}^2}$$



2-12 题

2-13 题

解

如图所示，该机构的封闭向量方程式为

$$\overline{AB} = \overline{AC} + \overline{CB}$$

将上式投影到 x 轴和 y 轴上得

$$AB \cos \varphi_1 = h \quad AB = \frac{h}{\cos \varphi_1}$$

$$AB \sin \varphi_1 = y$$

$$\therefore \frac{h}{\cos \varphi_1} \sin \varphi_1 = y$$

$$y = h \operatorname{tg} \varphi_1$$

$$v_3 = \frac{ds}{dt} = \frac{dy}{dt} = h \frac{1}{\cos^2 \varphi_1} \cdot \frac{d\varphi_1}{dt} = \omega_1 h \frac{1}{\cos^2 \varphi_1}$$

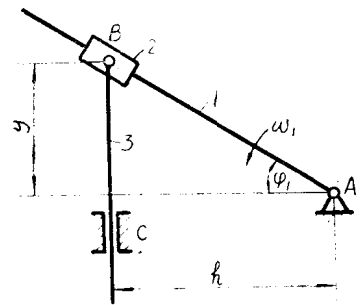
$$a_3 = \frac{dv}{dt} = h \omega_1 \left(-\frac{1}{\cos^3 \varphi_1} \right) 2 \cdot (-\sin \varphi_1) \omega_1$$

$$= h \omega_1^2 \frac{\sin \varphi_1}{\cos^3 \varphi_1} \cdot 2 = 2h \omega_1^2 \frac{\sin \varphi_1}{\cos^3 \varphi_1}$$

当 $\varphi_1 = 30^\circ$

$$v_3 = 0.4 \times 6 \frac{1}{0.866^2} = 3.2 \text{ 米/秒}$$

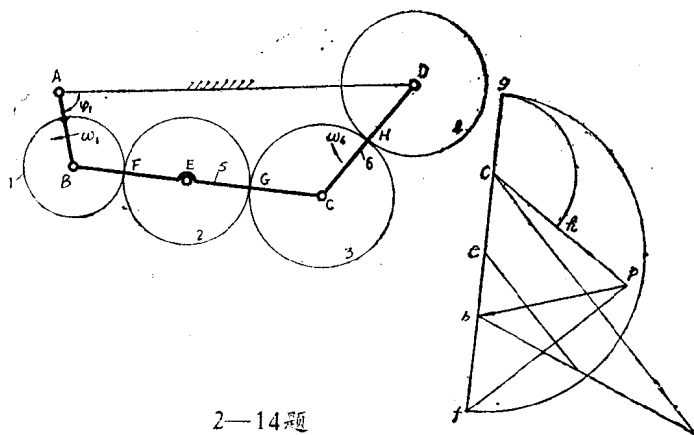
$$a_3 = 2 \times 0.4 \times 36 \frac{0.5}{0.866^3} = 22.1 \text{ 米/秒}^2$$



2-13 题

2-14 题

解 (1) 选取比例尺 $\mu_l = \frac{0.2}{20} = 0.01 \frac{\text{米}}{\text{毫米}}$ 作机构图



2—14题

(2) 求 \bar{v}_C

$$\bar{v}_C = \bar{v}_B + \bar{v}_{CB}$$

$$v_B = \omega_1 l_{AB} = 10 \times 0.2 = 2 \text{ 米/秒}$$

已知 v_C 、 v_{CB} 的方向，分别与构件 DC 和 BC 垂直，故可用图解法求解

选速度比例尺 $\mu_v = \frac{2}{40} = 0.05 \frac{\text{米/秒}}{\text{毫米}}$ 作速度图

得 $v_C = (pc) \mu_v = 44.5 \times 0.05 = 2.22 \text{ 米/秒}$

(3) 求 \bar{v}_H

根据速度影像法已知 v_B 、 v_C 求得 v_E

已知 v_A 、 v_B 求得 v_F

已知 v_E 、 v_F 求得 v_G

已知 v_G 、 v_C 求得 v_H

$$v_H = (ph) \mu_v = 22 \times 0.05 = 1.1 \text{ 米/秒}$$

(4) 求 ω_4 、 ω_6

$$\omega_4 = \frac{v_H}{l_{HD}} = \frac{1.1 \text{ 米/秒}}{0.18 \text{ 米}} = 5.8 \frac{\text{弧度}}{\text{秒}}$$

$$\omega_6 = \frac{v_C}{l_{CD}} = \frac{2.22 \text{ 米/秒}}{0.38 \text{ 米}} = 5.84 \frac{\text{弧度}}{\text{秒}}$$

2—15题

解 (1) 设以构件 1 为机架求 ω_{41} 、 ε_{41} 及 $v_{C_4C_3}$ ，而实际机架为构件 4 时，则 $\omega_1 = -\omega_{41}$ 、 $\varepsilon_1 = -\varepsilon_{41}$ 、 $\bar{v}_C = -\bar{v}_{C_4C_3}$ 。

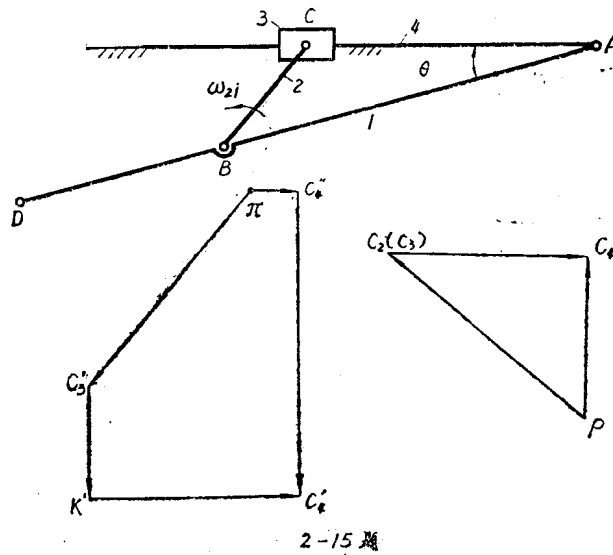
(2) 选取比例尺 $\mu_l = \frac{0.28}{28} = 0.01 \text{ 米/毫米}$ ，作机构图。

(3) 求 \bar{v}_C 、 \bar{v}_D

$$v_{C_{21}} = \omega_{21} \cdot l_{BC} = 1 \times 0.28 = 0.28 \text{ 米/秒}$$

$$\bar{v}_{C_4 1} = \bar{v}_{C_2 1}$$

$$\bar{v}_{C_4 1} = \bar{v}_{C_3 1} + \bar{v}_{C_4 C_3}$$



选取速度比例尺 $\mu_v = \frac{0.28}{56} = 0.005 \frac{\text{米/秒}}{\text{毫米}}$

$v_{C_4 C_3} = \mu_v (c_3 c_4) = 0.005 \times 43.4 = 0.217$ 米/秒, 指向右

$v_C = v_{C_4 C_3} = 0.217$ 米/秒, 指向左

$$\omega_{41} = \frac{v_{C_4 1}}{l_{CA}} = \frac{(pc_4) \cdot \mu_v}{0.635} = \frac{0.005 \times 35.3}{0.635} = 0.278 \frac{\text{弧度}}{\text{秒}}$$

$$\omega_1 = \omega_{41} = 0.278 \frac{\text{弧度}}{\text{秒}} \leftarrow$$

$\bar{v}_D = \omega_1 \cdot l_{AD} = 0.278 \times 0.13 = 0.361$ 米/秒, 指向右下方, 垂直于 AD。

(4) 求 \bar{a}_C 、 \bar{a}_D

$$\bar{a}_{C_4 1} = \bar{a}_{C_4 1}^n + \bar{a}_{C_4 1}^t$$

$$\bar{a}_{C_4 1} = \bar{a}_{C_3 1} + \bar{a}_{C_4 C_3}^k + \bar{a}_{C_4 C_3}^t$$

其中

$$a_{C_4 1}^n = \frac{v_{C_4 1}^2}{l_{AC}} = \frac{(0.005 \times 35.3)^2}{0.635} = 0.049 \text{ 米/秒}^2$$

$$a_{C_3 1} = l_{BC} \cdot \omega_2^2 = 0.28 \times 1^2 = 0.28 \text{ 米/秒}^2$$

$$a_{C_4 C_3}^k = 2\omega_{41} \cdot v_{C_4 C_3} = 2 \times 0.278 \times 0.217 = 0.121 \text{ 米/秒}^2$$

选取加速度比例尺 $\mu_a = \frac{0.28}{56} = 0.005 \frac{\text{米/秒}^2}{\text{毫米}}$, 作加速度多边形得

$$e_{41} = \frac{a_{C_4 1}^t}{l_{CA}} = \frac{(C_4^t C_4^t) \mu_a}{0.635} = \frac{0.005 \times 67.8}{0.635} = 0.534 \frac{\text{弧度}}{\text{秒}^2}$$