

2-2

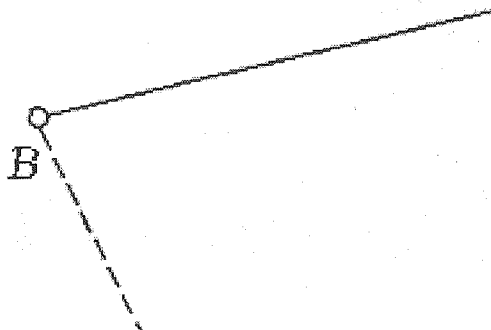
答案

在图中已知 $l_{BC} = 50\text{mm}$, $l_{CD} = 35\text{mm}$, $l_{AD} = 30\text{mm}$, AD 为固定件。

(1) 如果该机构能成为曲柄摇杆机构, 且 AB 为曲柄, 求 l_{AB} 的值;

(2) 如果该机构能成为双曲柄机构, 求 l_{AB} 的值;

(3) 如果该机构能成为双摇杆机构, 求 l_{AB} 的值。



解: 这是一个需要灵活运用格拉霍夫 (Grashoff) 定律的题目。

(1) 如果能成为曲柄摇杆机构, 则机构必须满足“最长杆与最短杆长度之和小于或等于其它两杆长度之和, 且 AB 为最短杆”。则有

$$l_{AB} + l_{BC} \leq l_{CD} + l_{AD}$$

代入各杆长度值, 得

$$l_{AB} \leq 15\text{mm}$$

(2) 如果能成为双曲柄机构, 则应满足“最长杆与最短杆长度之和小于或等于其它两杆长度之和, 且杆 AD 为最短杆”。则

1) 若 BC 为最长杆, 即 $l_{AB} \leq 100\text{mm}$, 则

$$l_{BC} + l_{AD} \leq l_{AB} + l_{CD}$$

$$l_{AB} \geq 45\text{mm}$$

所以 $45\text{mm} \leq l_{AB} \leq 50\text{mm}$

2) 若 AB 为最长杆, 即 $l_{AB} \geq 50\text{mm}$, 则

$$l_{AB} + l_{AD} \leq l_{BC} + l_{CD}$$

$$l_{AB} \leq 55\text{mm}$$

所以 $50\text{mm} \leq l_{AB} \leq 55\text{mm}$

将以上两种情况进行分析综合后, l_{AB} 的值应在以下范围内选取, 即

$$45\text{mm} \leq l_{AB} \leq 55\text{mm}$$

(3) 若能成为双摇杆机构, 则应分两种情况分析。第一种情况: 机构各杆件长度满足“杆长之和条件”, 但以最短杆的对边为机架; 第二种情况: 机构各杆件长度不满足“杆长之和条件”。在本题目中, AD 已选定为固定件, 则第一种情况不存在。下面就第二种情况进行分析。

1) 当 $l_{AB} < 30\text{mm}$, AB 为最短杆, BC 为最长杆

$$l_{AB} + l_{BC} > l_{CD} + l_{AD}$$

$$l_{AB} > 15\text{mm}$$

$$\text{即 } 15\text{mm} < l_{AB} < 30\text{mm}$$

2) 当 l_{AB} 为中长杆时, AD 为最短杆, BC 为最长杆, 则

$$l_{AD} + l_{BC} > l_{AB} + l_{CD}$$

$$l_{AB} < 45\text{mm}$$

$$\text{即 } 30\text{mm} \leq l_{AB} < 45\text{mm}$$

3) 当 $l_{AB} > 100$ 时, AB 为最长杆, AD 为最短杆, 则

$$l_{AB} + l_{AD} > l_{BC} + l_{CD}$$

$$l_{AB} > 55\text{mm}$$

另外, AB 增大时, 还应考虑到, BC 与 CD 成伸直共线时, 需构成三角形的边长关系, 即

$$l_{AB} < (l_{BC} + l_{CD}) + l_{AD}$$

$$l_{AB} < 115\text{mm}$$

$$\text{则 } 55\text{mm} < l_{AB} < 115\text{mm}$$

综合以上情况, 可得 l_{AB} 的取值范围为:

$$15 < l_{AB} < 45, 55 < l_{AB} < 115$$

除以上分析方法外, 机构成为双摇杆机构时, l_{AB} 的取值范围亦可用以下方法得到: 对于以上给定的杆长, 若能构成一个铰链四杆机构, 则它只有三种类型: 曲柄摇杆机构、双曲柄机构、双摇杆机构。故分析出机构为曲柄摇杆机构、双曲

柄机构时 l_{AB} 的取值范围后, 在 $0 \sim 220\text{mm}$ 之内的其余值即为双摇杆机构时 l_{AB} 的取值范围。

2-3 答案: 由于 $l_{AB} + l_{AD} \leq l_{BC} + l_{CD}$, 且以最短杆 AB 的邻边为机架。故该铰链四杆机构为曲柄摇杆机构。 AB 为曲柄。

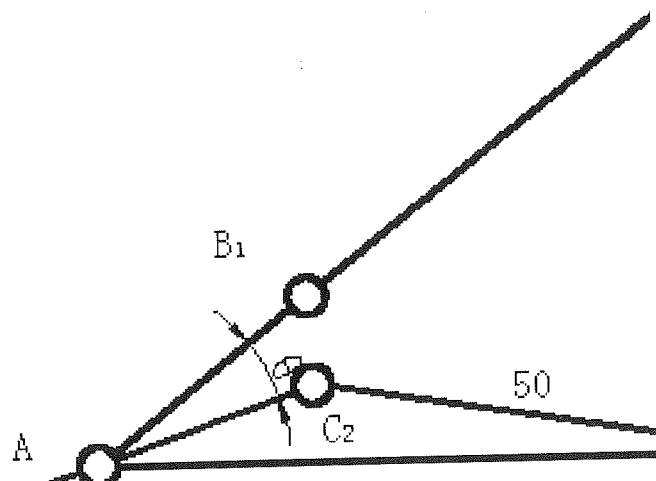
1) 以曲柄 AB 为主动件, 作业摇杆 CD 的极限位置如图所示。

$$\therefore AC_1 = l_{AB} + l_{BC} = 80$$

$$AC_2 = l_{BC} - l_{AB} = 24$$

极位夹角 θ :

$$\begin{aligned} \theta &= \angle C_2AD - \angle C_1AD \\ &= \cos^{-1} [(AC_2^2 + AD^2 - C_2D^2) / 2 AC_2 \times AD] - \cos^{-1} [(AC_1^2 + AD^2 - C_1D^2) / 2 AC_1 \times AD] \\ &= \cos^{-1} [(24^2 + 72^2 - 50^2) / 2 \times 24 \times 72] - \cos^{-1} [(80^2 + 72^2 - 50^2) / 2 \times 80 \times 72] \\ &\approx 18.56^\circ \end{aligned}$$



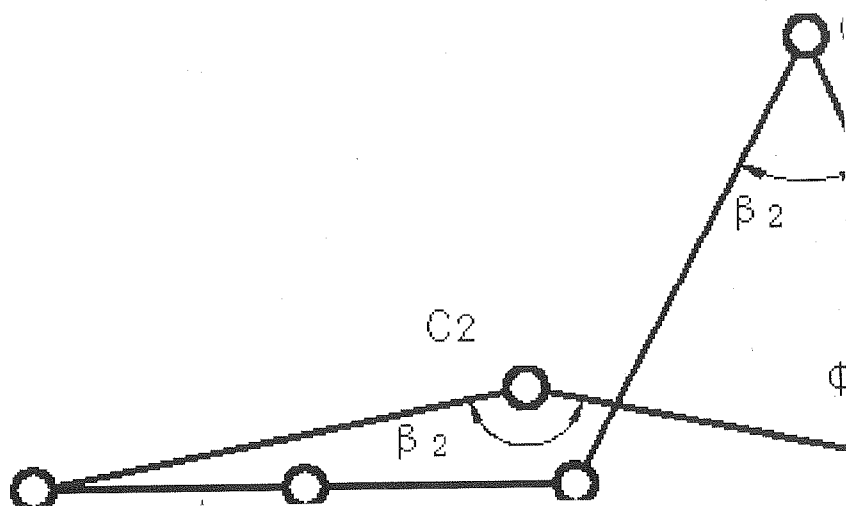
$$\text{行程速比系数 } K = (180^\circ + \theta) / (180^\circ - \theta) \approx 1.23$$

最小传动角 γ_{\min} 出现在 AB 与机架 AD 重合位置 (分正向重合、反向重合) 如下图。

分别求出 β_1 、 β_2 , 再求最小传动角。

$$\beta_1 = \cos^{-1} [CD^2 + BC^2 - (CD - AB)^2] / 2 \times CD \times BC \approx 51.06^\circ$$

$$\beta_2 = \cos^{-1} [CD^2 + BC^2 - (AD + AB)^2] / 2 \times CD \times BC \approx 157.26^\circ$$



曲柄处于 AB_1 位置时, 传动角 $\gamma_1 = \beta_1$.

曲柄处于 AB_2 位置时, 传动角 $\gamma_2 = 180^\circ - \beta_2$.

现比较的 γ_1 、 γ_2 大小, 最小传动角取 γ_1 、 γ_2 中最小者.

$$\therefore \gamma_{\min} = 22.74^\circ$$

求 ϕ : 摇杆的最大摆角 ϕ :

$$\begin{aligned} \phi &= \angle B_1DC_1 - \angle B_2DC_2 \\ &= \cos^{-1} [(B_1D^2 + C_1D^2 - B_1C_1^2) / 2 \times B_1D \times C_1D] - \cos^{-1} [(B_2D^2 + C_1D^2 - B_1C_1^2) / 2 \times B_2D \times C_2D] \\ &= \cos^{-1} [(44^2 + 50^2 - 52^2) / 2 \times 44 \times 50] - \cos^{-1} [(100^2 + 50^2 - 52^2) / 2 \times 100 \times 50] \\ &= 70.55^\circ \end{aligned}$$

2) 2) 取 AB 为机架, 该机构演化为双曲柄机构。因为在曲柄摇杆机构中取最短杆作为机架, 其 2 个连架杆与机架相连的运动副 A 、 B 均为整转副。 C 、 D 两个转动副为摇转副。

2-4、图示六杆机构中, 各构件的尺寸:

$$l_{AB} = 30\text{mm}, l_{BC} = 55\text{mm}, l_{AD} = 50\text{mm}, l_{CD} = 40\text{mm}, l_{DE} = 20\text{mm}, l_{EF} = 60\text{mm},$$

滑块为运动输出构件。

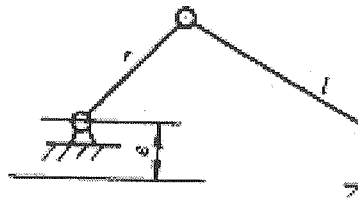
试确定: (1) 四杆机构 $ABCD$ 类型; (2) 求机构行程时间比系数 K ; (3) 滑块 F 的行程 H ;

(4) 机构的最小传动角 γ_{\min} 和最大传动角 γ_{\max} ;

(5) 导轨 DF 在什么位置时滑块在运动中的压力角最小。

2-6 如题图 2-6 所示, 对于一偏置曲柄滑块机构, 已知曲柄长为 r , 连杆求:

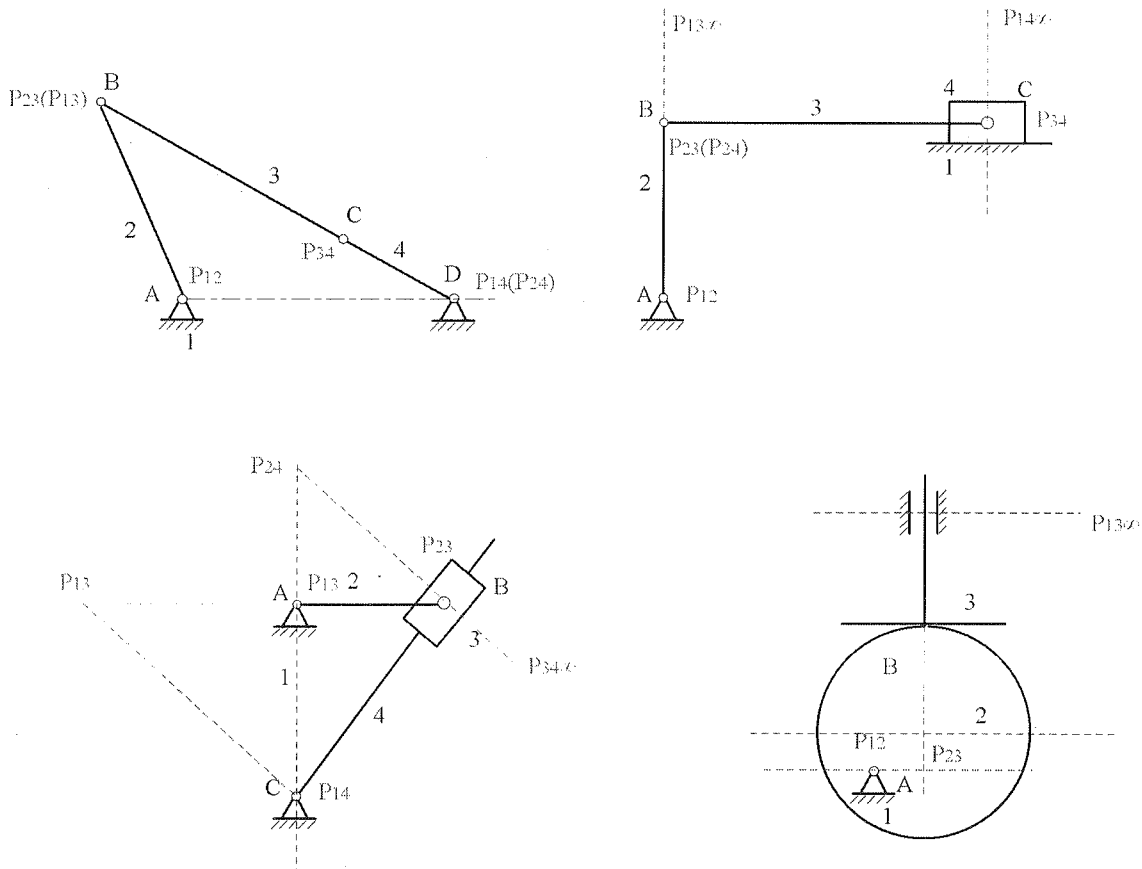
- 1) 当曲柄为原动件机构传动角的表达式; 说明曲柄 r 、连杆 l 和偏距 e
- 2) 说明出现最小传动角时的机构位置;
- 3) 若令 $e=0$ (即对心式曲柄滑块机构), 其传动角在何处最大? 何处最小? 并比较其行程 H 的变化情况。



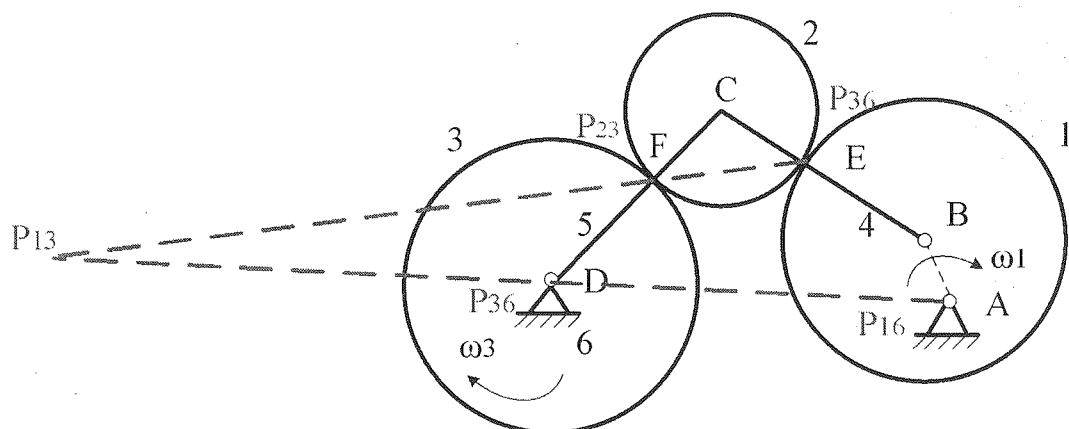
2-7 题图 2-7 所示为小型插床常用的转动导杆机构, 已知 r, l, e , 求: 传动角 γ 的表达式; 说明曲柄 r 、连杆 l 和偏距 e 对传动角的影响。

- 解: 设传动角为 γ , 曲柄与水平线的夹角为 θ 。
- (1) $\cos \gamma = \frac{r \sin \theta + e}{l}$ 。当 e 与 r 增大时, 传动角变小, 当 l 增大时, 传动角变大。
 - (2) 最小传动角出现时, θ 应为最大。即曲柄与导路垂直时出现最小传动角。
 - (3) γ_{\max} 在曲柄与导路重合时取得, γ_{\min} 出现在曲柄与导路垂直时。

2-8、各机构在图示位置时全部瞬心的位置。

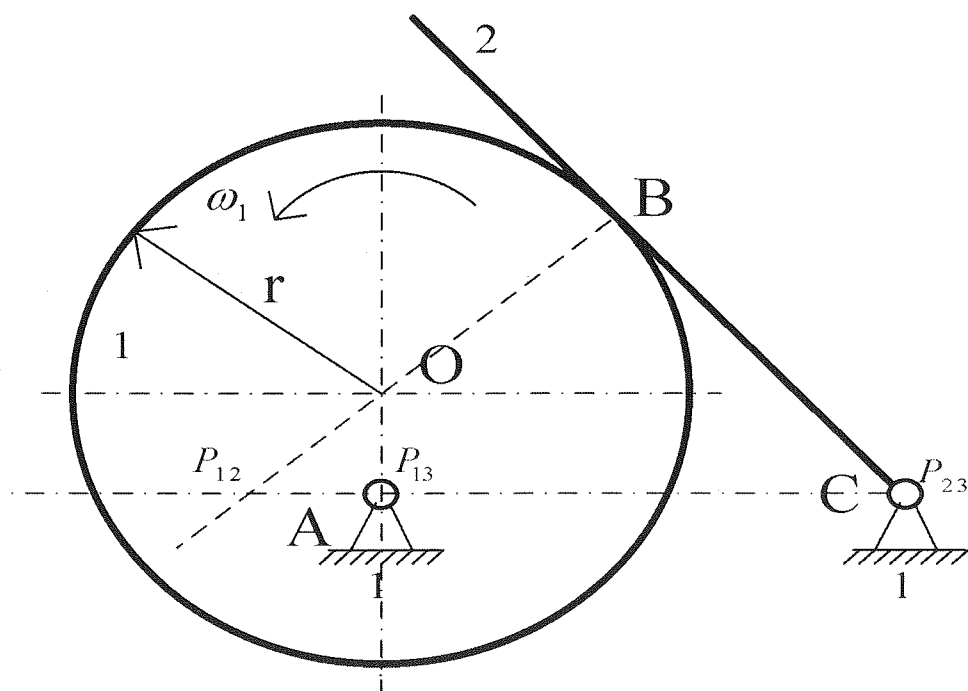


2-9、如图所示，三个轮子互相作纯滚动运动，试用相对瞬心 P_{13} 来求轮 1 和轮 3 的速度比。



$$\omega_1 : \omega_3 = \overline{P_{13}P_{36}} : \overline{P_{13}P_{16}}$$

2-10 在题图 2-10 所示凸轮机构中，已知 $r=50\text{mm}$ ， $l_{OA}=22\text{mm}$ ， $l_{AC}=x$ ，轮 1 以角速度 $\omega_1=10\text{rad/s}$ 沿顺时针方向转动，试用瞬心法求从动件 2 的角速度 ω_2 。



解： $\because \triangle OAP_{12} \sim \triangle CBP_{12}, \therefore \frac{l_{AP_{12}}}{l_{BP_{12}}} = \frac{l_{OP_{12}}}{l_{CP_{12}}}$

设 $l_{AP_{12}}$ 为 x ，则 $\frac{x}{50 + \sqrt{22^2 + x^2}} = \frac{\sqrt{22^2 + x^2}}{80 + x}$ 可得 $x = 28.6$ 。

$\therefore \omega_1 \cdot l_{AP_{12}} = \omega_2 \cdot l_{CP_{12}}, \therefore \omega_2 = 2.63 \text{ rad/s}.$