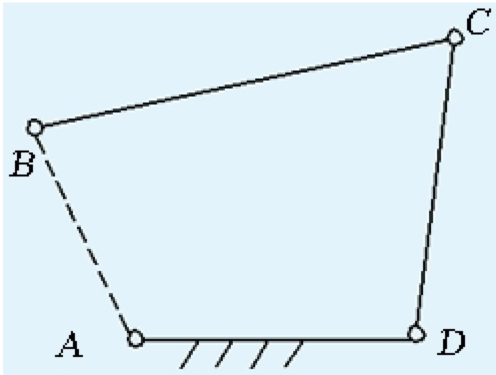
2-2

答案

在图中已知 l_{BC} =50mm, l_{CD} =35mm, l_{AD} =30mm, *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

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

代入各杆长度值，得

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

（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 $l_{AB} \leqslant 100$mm，则

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

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

所以 45mm$\leqslant l_{AB} \leqslant$50mm

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

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

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

所以 50mm$\leqslant l_{AB} \leqslant$55mm

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

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

(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} <30mm，*AB* 为最短杆，*BC* 为最长杆

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

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

即 15mm< l_{AB} < 30mm

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

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

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

即 30mm ≤ l_{AB} <45mm

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

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

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

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

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

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

则 55 mm < l_{AB} <115 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 0～220mm 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 $l_{AB}+l_{AD}\leqslant l_{BC}+l_{CD}$，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。

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

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

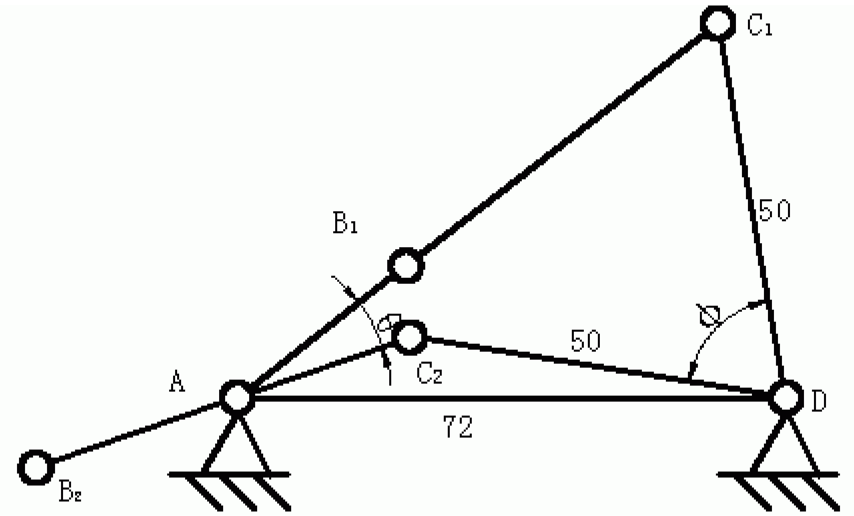
极位夹角θ：

$\theta=\angle C2AD-\angle C1AD$

$=\cos^{-1}[(AC_2^2+AD^2-C_2D^2)/2AC_2*AD]-\cos^{-1}[(AC_1^2+AD^2-C_1D^2)/2AC_1\times AD]$

$=\cos^{-1}[(24^2+72^2-50^2)/2\times24\times72]-\cos^{-1}[(80^2+72^2-50^2)/2\times80\times72]$

$\approx18.56°$



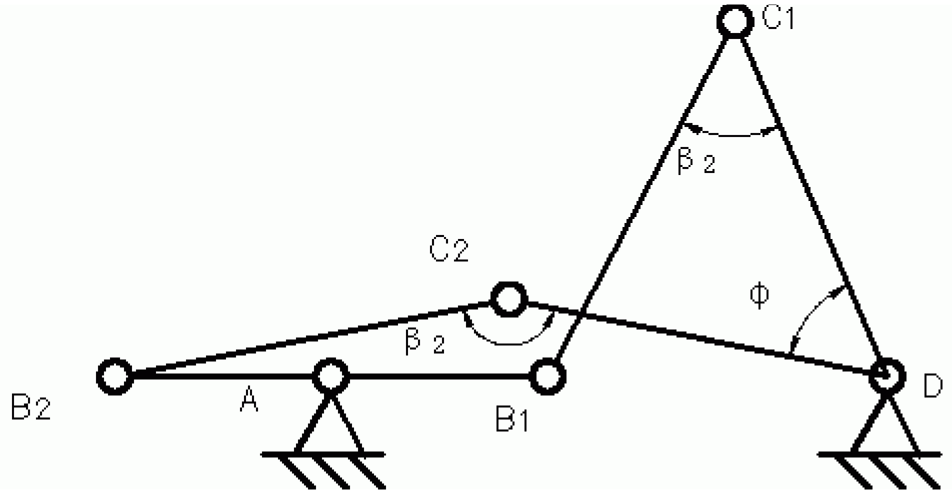
行程速比系数$K=(180^0+\theta)/(180^0-\theta)\approx1.23$

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。

$\beta_1=\cos^{-1}[CD^2+BC^2-(CD-AB)^2]/2\times CD\times BC\approx51.06^o$

$\beta_2=\cos^{-1}[CD^2+BC^2-(AD+AB)^2]/2\times CD\times BC\approx157.26^o$



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$\gamma_2 = 180^0 - \beta_2$.

现比较的γ_1、γ_2大小，最小传动角取γ_1、γ_2中最小者.

∴$\gamma_{min} = 22.74^o$

求φ：摇杆的最大摆角φ：

$\phi = \angle B_1DC_1 - \angle B_2DC_2$

$= COS^{-1}[(B_1D^2+C_1D^2-B_1C_1^2)/2\times B_1D\times C_1D] - COS^{-1}[(B_2D^2+C_1D^2-B_1C_1^2)/2\times B_2D\times C_2D]$

$= COS^{-1}[(44^2+50^2-52^2)/2\times 44\times 50] - COS^{-1}[(100^2+50^2-52^2)/2\times 100\times 50]$

$= 70.55^o$

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：

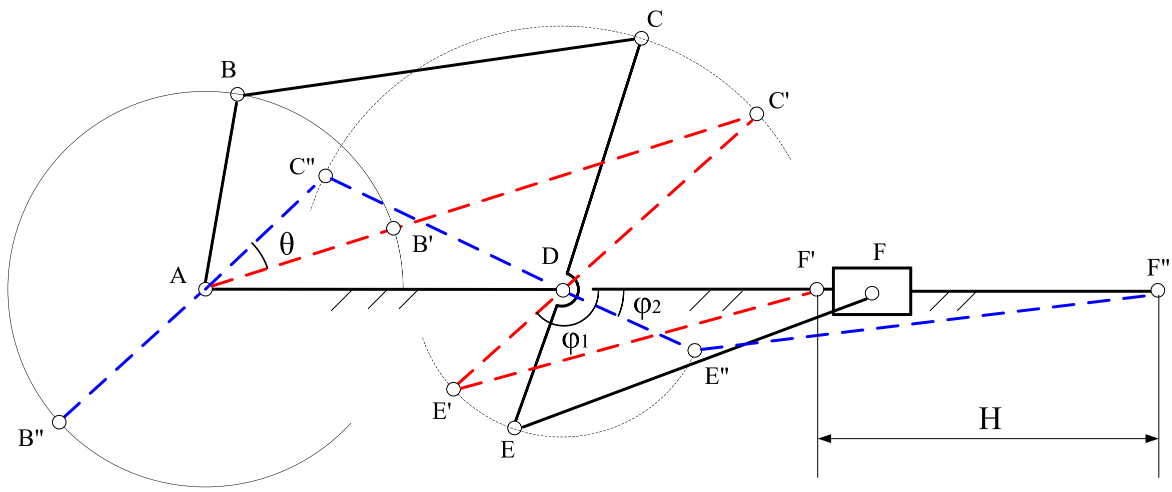
$l_{AB} = 30mm, l_{BC} = 55mm, l_{AD} = 50mm, l_{CD} = 40mm, l_{DE} = 20mm, l_{EF} = 60mm$，

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。



解：（1）四杆机构 ABCD 为曲柄摇杆机构。

（2）机构 K 也即是四杆机构 ABCD 的 K.

极位夹角 $\theta = \angle DAC'' - \angle DAC' = 35.3^\circ$， $K = \dfrac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta} = 1.49$

（3）在 $\Delta AC'D$ 和 $\Delta AC''D$ 中，利用余弦定理得：

$$\cos\varphi_1 = \frac{l_{AD}{}^2 + l_{CD}{}^2 - (l_{AB} + l_{BC})^2}{2 \times l_{AD} \times l_{CD}} = -0.78125$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{l_{AD}{}^2 + l_{CD}{}^2 - (l_{BC} + l_{AB})^2}{2 \times l_{AD} \times l_{CD}} = 0.86875$$

同样在 $\Delta DE'F'$ 和 $\Delta DE''F''$ 中用余弦定理可以得到：

$DF' = 43mm$， $DF'' = 77mm$， 故行程 $H = DF'' - DF' = 34mm$

（4）最小传动角出现在 DE 垂直于 DF 时， $\gamma_{\min} = \arccos\dfrac{DE}{EF} = 70.5^\circ$

由于 CD 不能和 DF 重合，所以最大传动角出现在机构运动的极限位置，

在 E' 点时， $\gamma = \arccos\dfrac{DE' \cdot \sin(180^\circ - \phi_1)}{E'F'} = 78.0^\circ$

在 E'' 点时， $\gamma = \arccos\dfrac{DE'' \cdot \sin\phi_2}{E''F''} = 80.5^\circ$，　　所以 $\gamma_{\max} = 80.5^\circ$

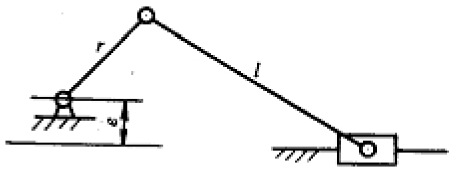
（5）传动角与压力角互为余角，所以导轨 DF 在 DF'' 时滑块在运动中的压力角最小。

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，连杆长为 l，偏距为 e，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 对传动角的影响；

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。



题图 2-6

2-7 题图 2-7 所示为小型插床常用的转动导杆机构，已知 $l_{AB}=50\text{mm}$，$l_{AD}=40\text{mm}$，行程时间比系数 $K=2.27$，求曲柄 BC 的长度 l_{BC} 及插刀 P 的行程 H。

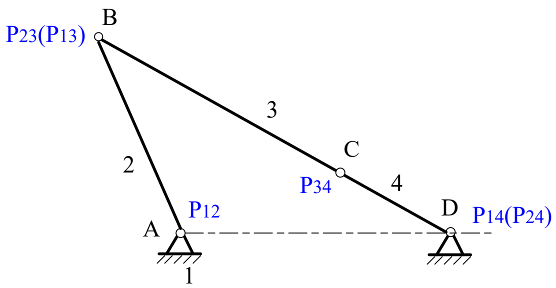
解：设传动角为γ，曲柄与水平线的夹角为θ。

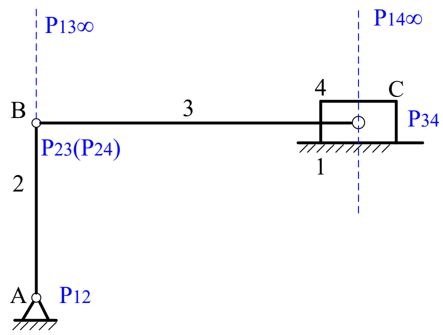
（1） $\text{Cos}\,\gamma=\dfrac{r\sin\theta+e}{l}$。当 e 与 r 增大时，传动角变小，当 l 增大时，传动角变大。

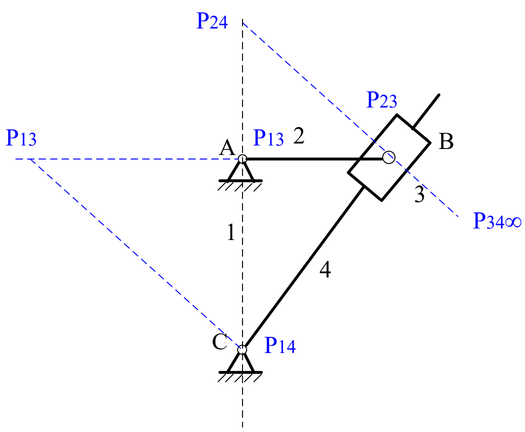
（2） 最小传动角出现时，θ 应为最大。即曲柄与导路垂直时出现最小传动角。

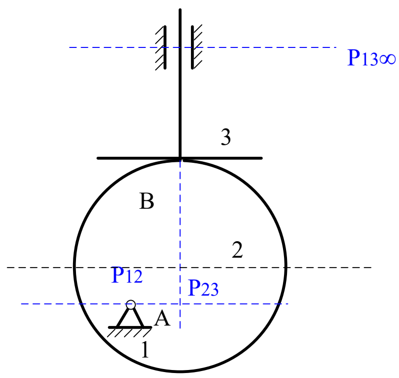
（3） $\gamma_{\max}$ 在曲柄与导路重合时取得，$\gamma_{\min}$ 出现在曲柄与导路垂直时。

2-8、各机构在图示位置时全部瞬心的位置。

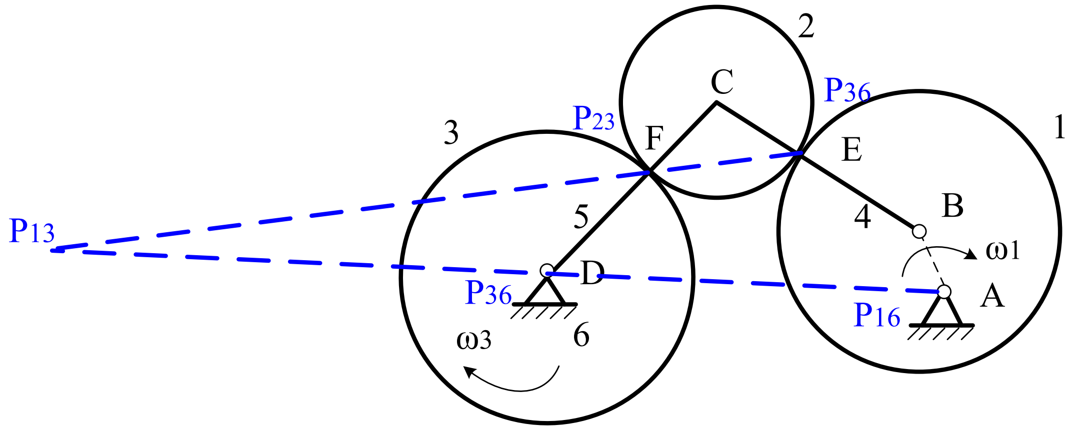






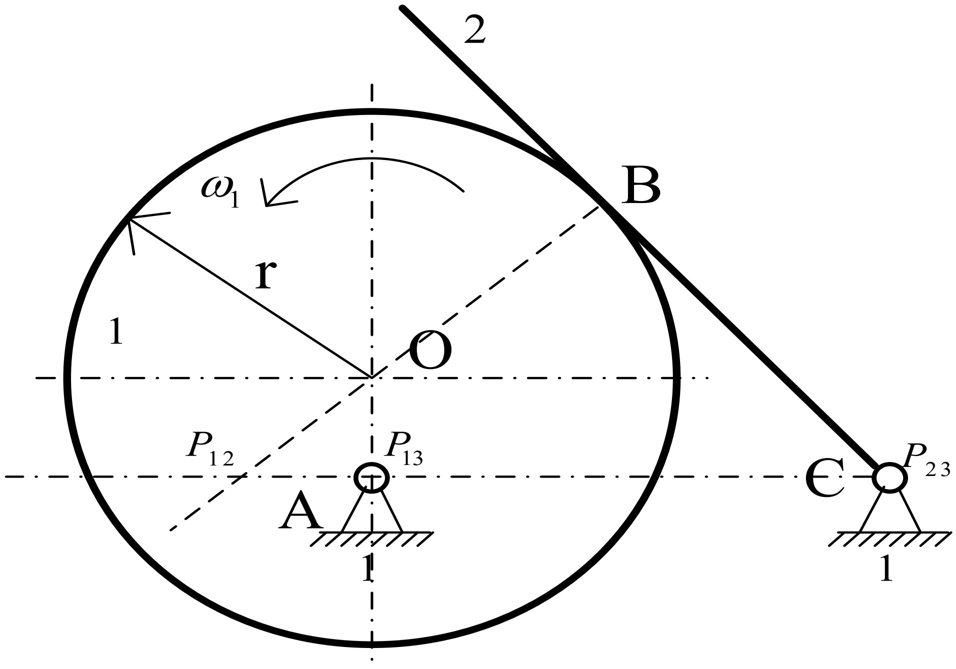


2-9、如图所示，三个轮子互相作纯滚动运动，试用相对瞬心 P_{13} 来求轮 1 和轮 3 的速度比。



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

2-10　在题图 2-10 所示凸轮机构中，已知 $r=50$mm，$l_{OA}=22$mm，$l_{AC}=80$mm，$\varphi_1=90°$，凸轮 I 以角速度 $\omega_1=10$rad/s 逆时针方向转动。试用瞬心法求从动件 2 的角速度 ω_2。



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

设 $l_{AP_{12}}$ 为 x ，则 $\dfrac{x}{50+\sqrt{22^2+x^2}} = \dfrac{\sqrt{22^2+x^2}}{80+x}$　可得 x=28.6。$\therefore$　$\omega_1 \bullet l_{AP_{12}} = \omega_2 \bullet l_{CP_{12}}$ ，

$\therefore$　ω_2 =2.63 rad/s。