

机械原理习题解答

目 录

第1章	绪论·····	1
第2章	平面机构的结构分析·····	3
第3章	平面连杆机构·····	8
第4章	凸轮机构及其设计·····	15
第5章	齿轮机构·····	19
第6章	轮系及其设计·····	26
第8章	机械运动力学方程·····	32
第9章	平面机构的平衡·····	39

第一章 绪 论

一、补充题

1、复习思考题

1)、机器应具有什么特征? 机器通常由哪三部分组成? 各部分的功能是什么?

2)、机器与机构有什么异同点?

3)、什么叫构件? 什么叫零件? 什么叫通用零件和专用零件? 试各举二个实例。

4)、设计机器时应满足哪些基本要求? 试选取一台机器, 分析设计时应满足的基本要求。

2、填空题

1)、机器或机构, 都是由_____组合而成的。

2)、机器或机构的_____之间, 具有确定的相对运动。

3、机器可以用来 代替 人的劳动，完成有用的

~~4~~、组成机构、并且相互间能作 相对运动 的物体，叫做构件。

5)、从运动的 角度 看，机构 的主要功用在于运动或 传递 运动的形式。

~~6~~、构件是机器的 基本 单元。零件是机器的单元。

7、机器的工作部分须完成机器的 预定 动作，且处于整个传动的 终端。

~~8~~、机器的传动部分是把原动部分的运动和功率传递给工作部分的 中间环节。

9、构件之间具有 确定的 相对运动，并能完成的机械功或实现能量转换的 有用 的组合，叫机器。

3、判断题

1)、构件都是可动的。 ()

2)、机器的传动部分都是机构。 ()

3)、互相之间 能作相对运动 的物件是构件。 ()

4)、只从运动方面讲，机构是具有确定相对运动构件的组合。 ()

5)、机构的作用，只是传递或转换运动的形式。 ()

6)、机器是构件之间具有确定的相对运动，并能完成有用的机械功或实现能量转换的构件的组合。

()

7)、机构中的 主动件和被动 件， 都是构件。 ()

2 填空题答案

1)、构件 2)、构件 3)、代替 机械功
4)、相对运动 5)、传递 转换 6)、运动制造
7)、预定 终端 8)、中间环节 9)、确定 有用
构件

3 判断题答案

1)、√ 2)、√ 3)、√ 4)、√ 5)、× 6)、
√ 7)、√

第二章 机构的结构分析

2-7 是试指出图 2-26 中直接接触的构件所构成的运动副的名称。

解：

a)平面高副

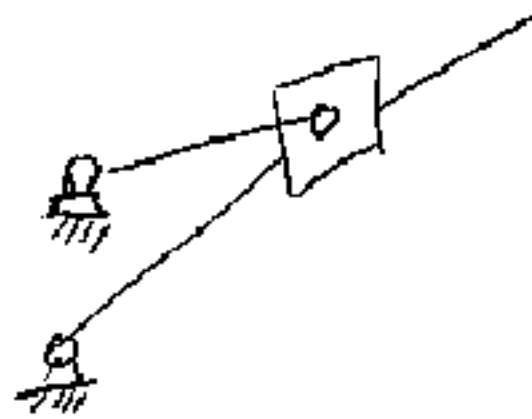
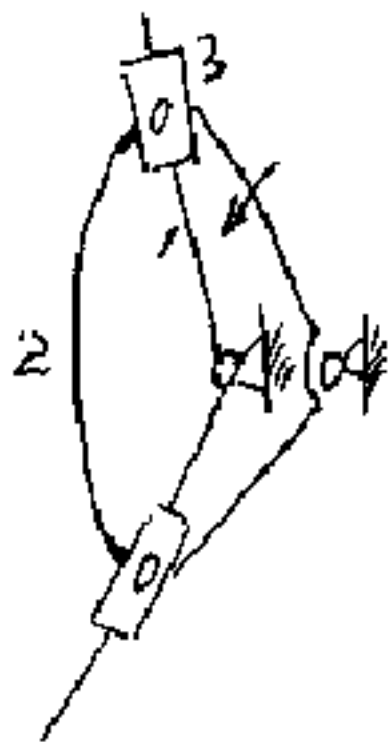
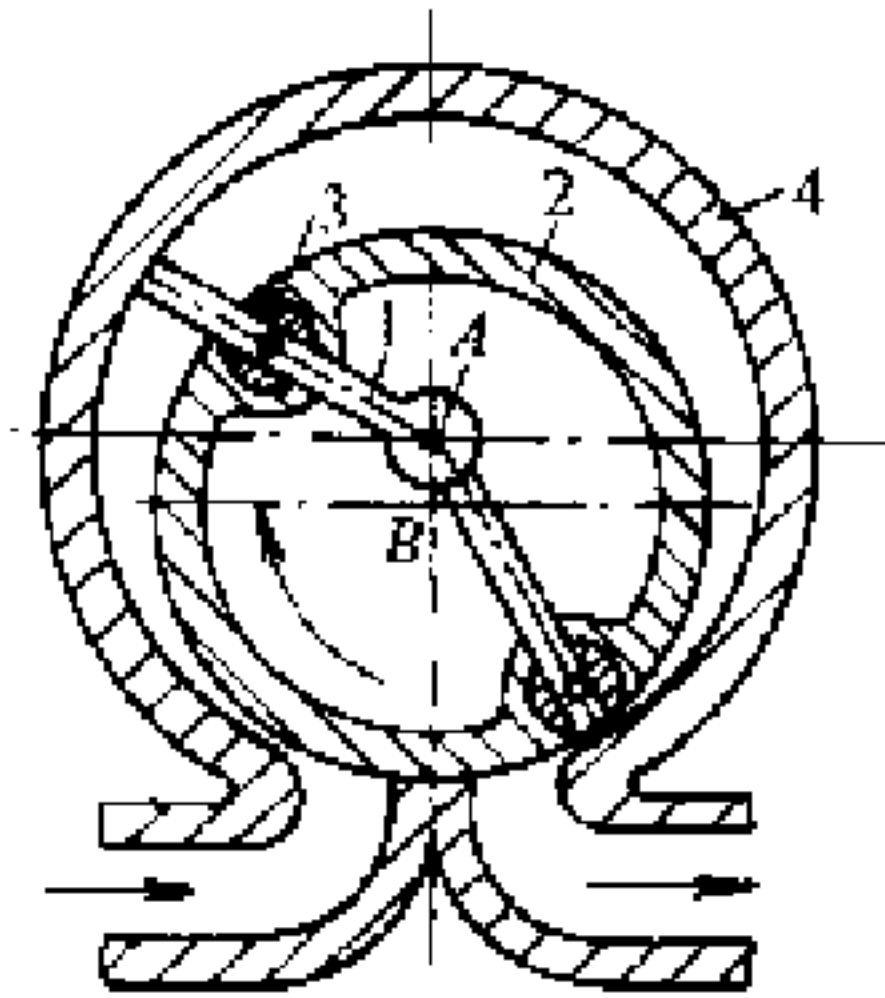
b)空间低副

c)平面高副

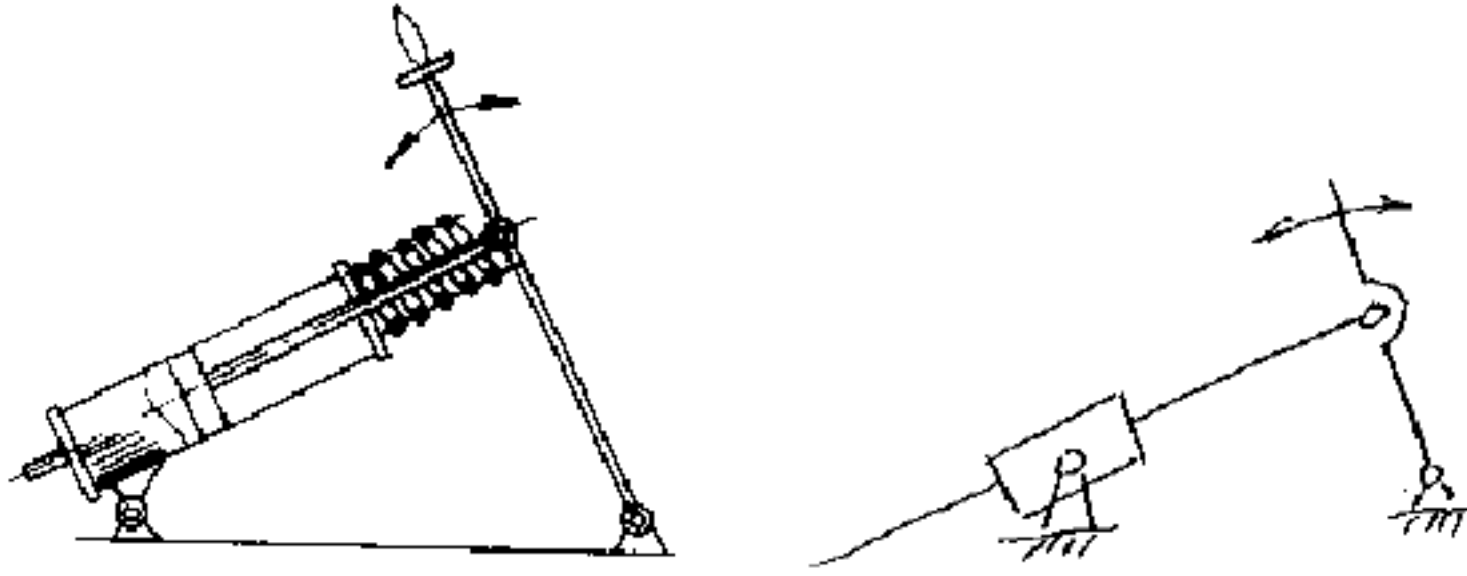
2-8将图 2-27 中机构的结构图绘制成机构运动简图，标出原动件和机架，并计算其自由度。

解：

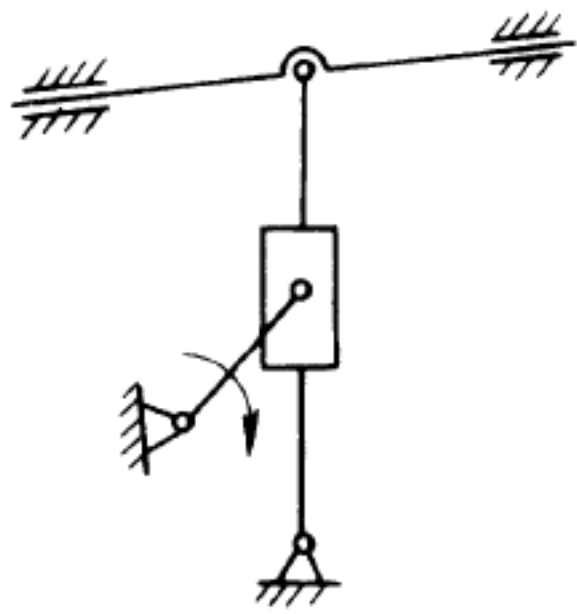
b) $n=3$, $P_L=4$, $P_H=0$, $F=3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$



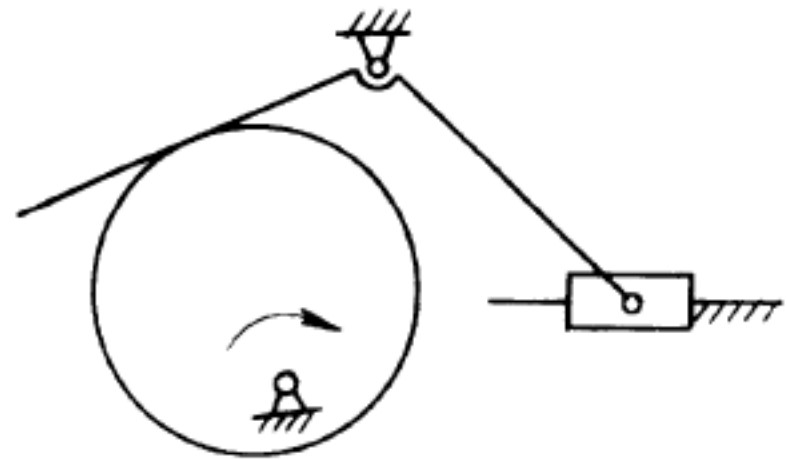
c) $n=3$, $\frac{P}{L}=4$, $PH=0$, $F=3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$



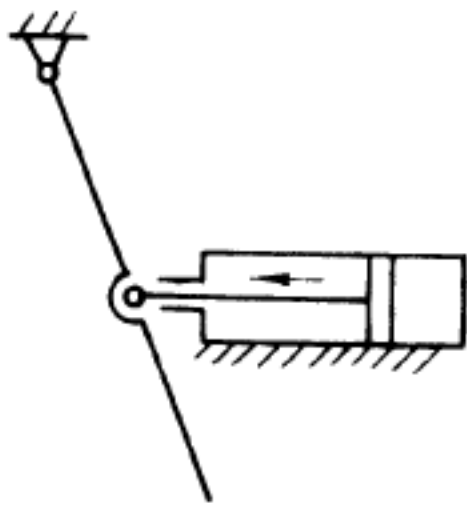
2-9 试判断图 2-28 中所示各“机构”能否成为机构，并说明理由。



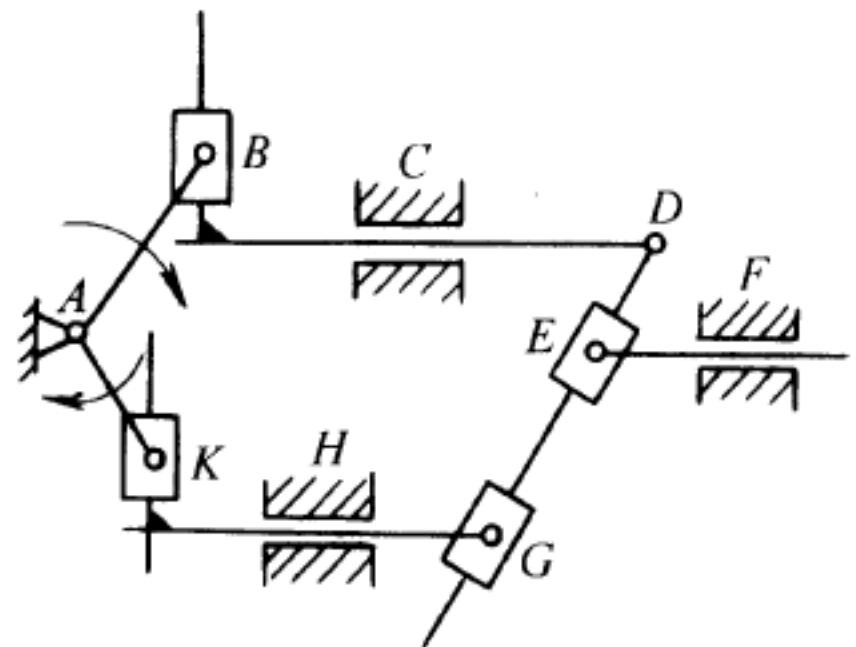
a)



b)



c)



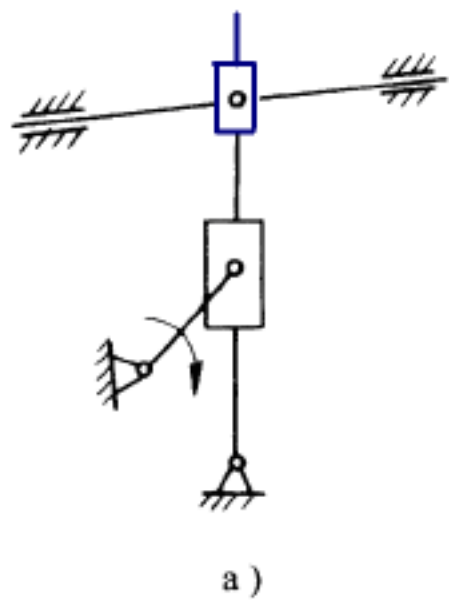
d)

解:

$$a) n = 4 \quad P_L = 6 \quad P_H = 0$$

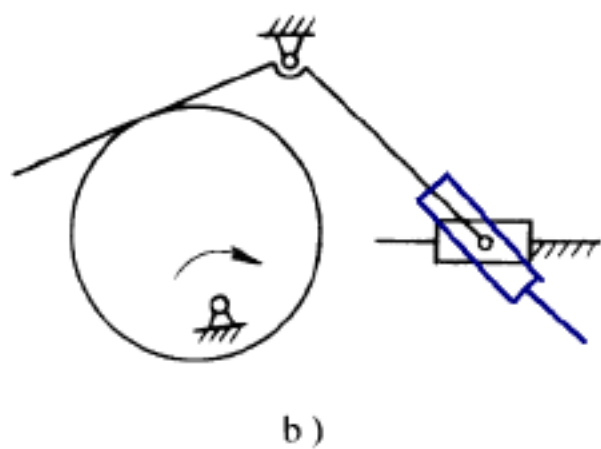
$$F = 3 \times 4 - 2 \times 6 = 0 \quad \text{不是机构}$$

修改后的机构



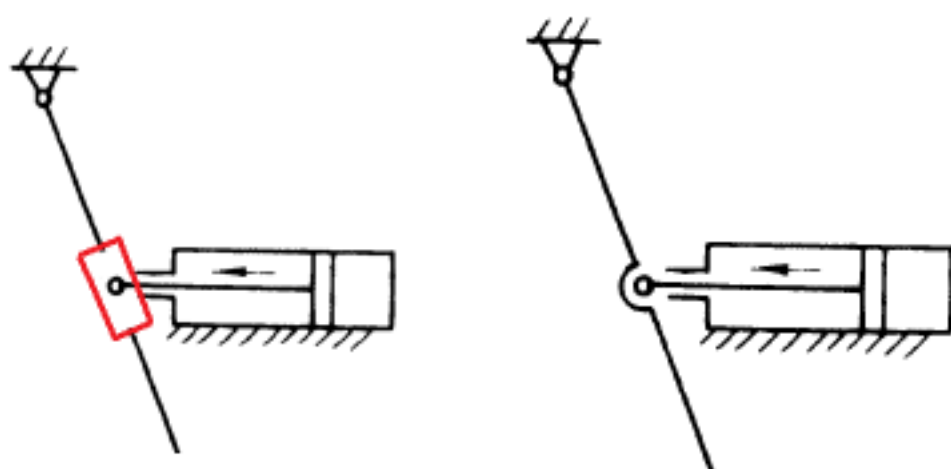
b) $n = 3$ $P_L = 4$ $P_H = 1$
 $F = 3 \times 4 - 2 \times 6 = 0$ 不是机构

修改后的机构



c) $n = 2$ $P_L = 3$ $P_H = 0$
 $F = 3 \times 2 - 2 \times 3 = 0$ 不是机构

修改后的机构



d)

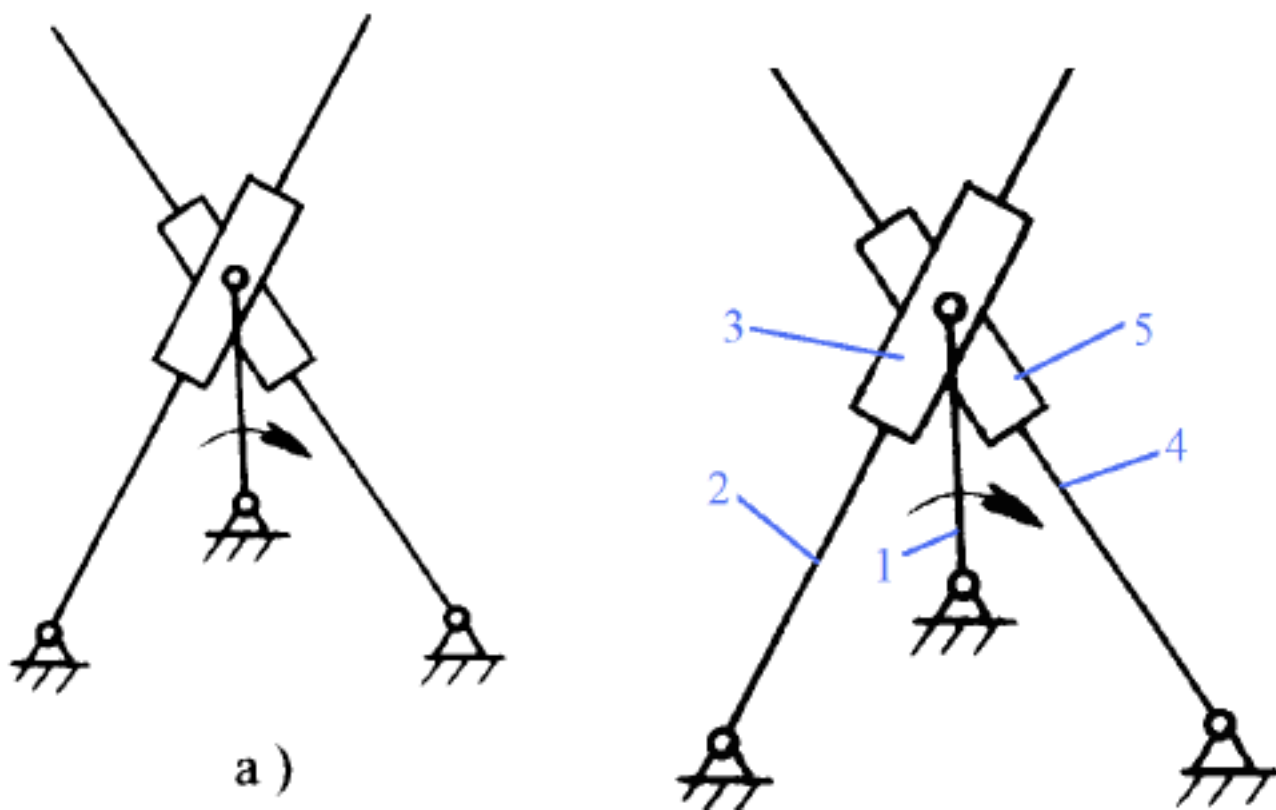
$$n=10 \quad P_L=14 \quad P_H=0$$

$$F=3 \times 10 - 2 \times 14 = 2 \text{ 是机构}$$

2-10 计算图 2-29 中所示各机构的自由度，并指出其中是否含有复合铰链、局部自由度或虚约束，说明计算自由度应作何处理。

解：

a)



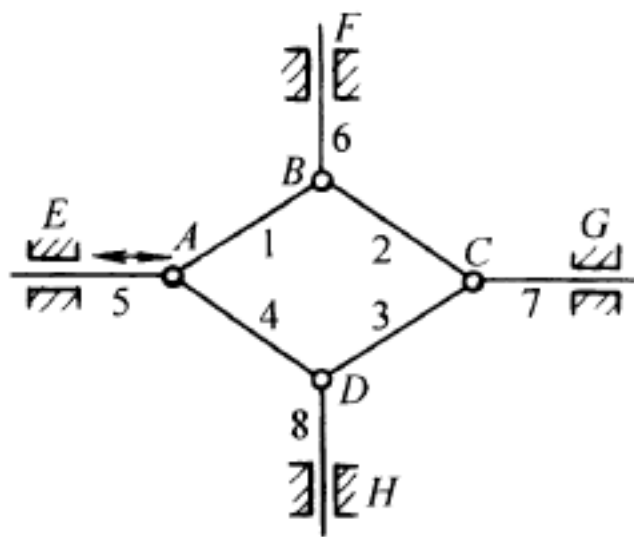
$$n=5 \quad P_L=7,$$

有复合铰链：构件 3 和构件 5；构件 3 和构件 1；

$$F = 3n - 2P_L = 3 \times 5 - 2 \times 7 = 1$$

b) $n=6$, $P_L=8$, $P_H=1$, 有局部自由度, 有虚约束

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$



$$AB = BC = CD = DA$$

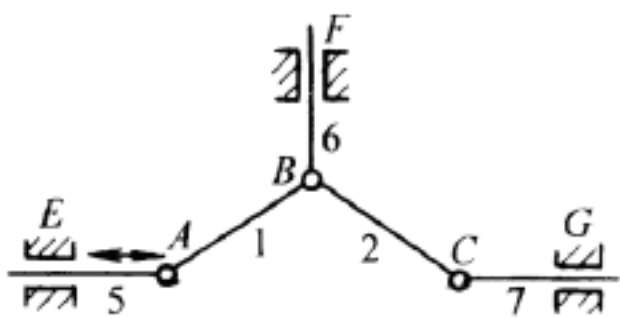
d)

d)

有虚约束, 有

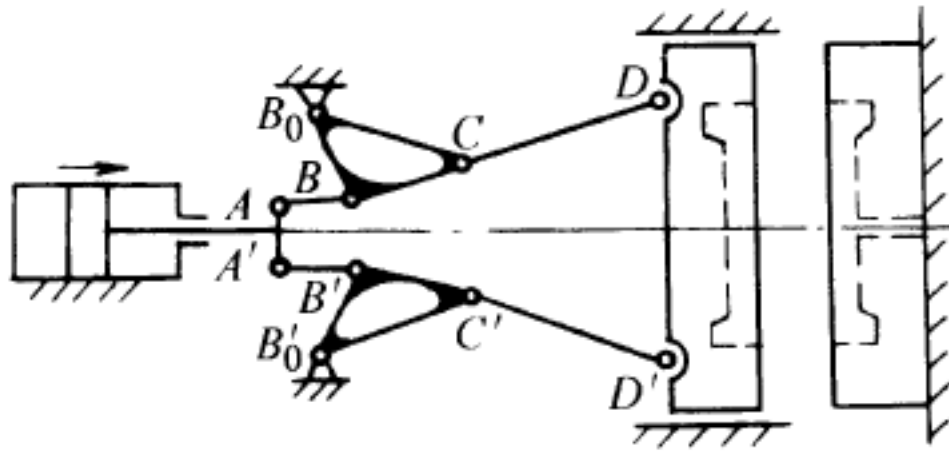
3

复合铰链



$$n=5, P_L=7, P_H=0,$$

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 7 - 0 = 1$$

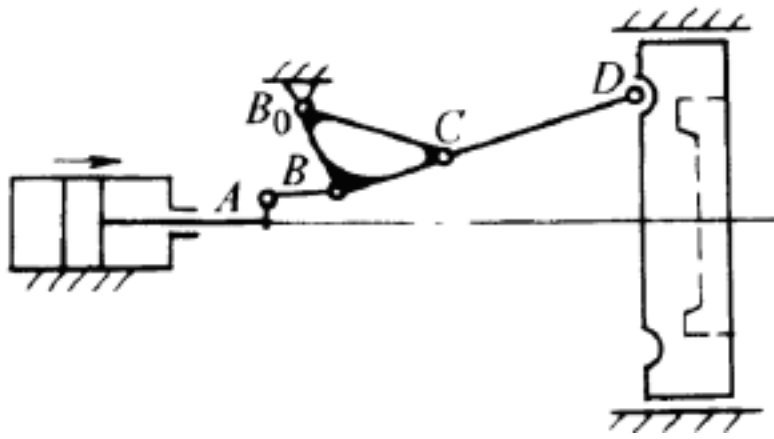


$$AB = A'B', BC = B'C'$$

$$CD = C'D', CB_0 = C'B'_0$$

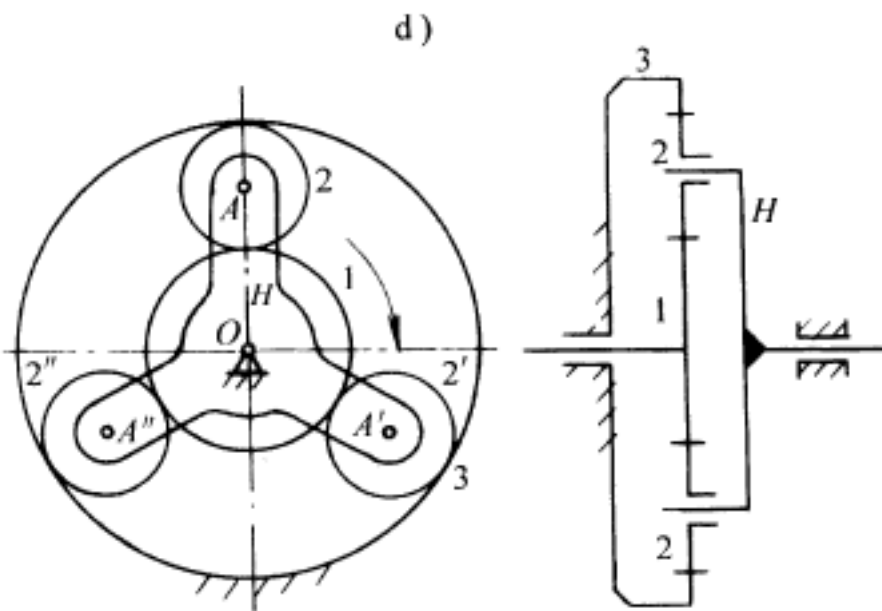
有对称虚约束

e)
束



$$n=5, P_L=7$$

$$F=3n-2P_L=1$$

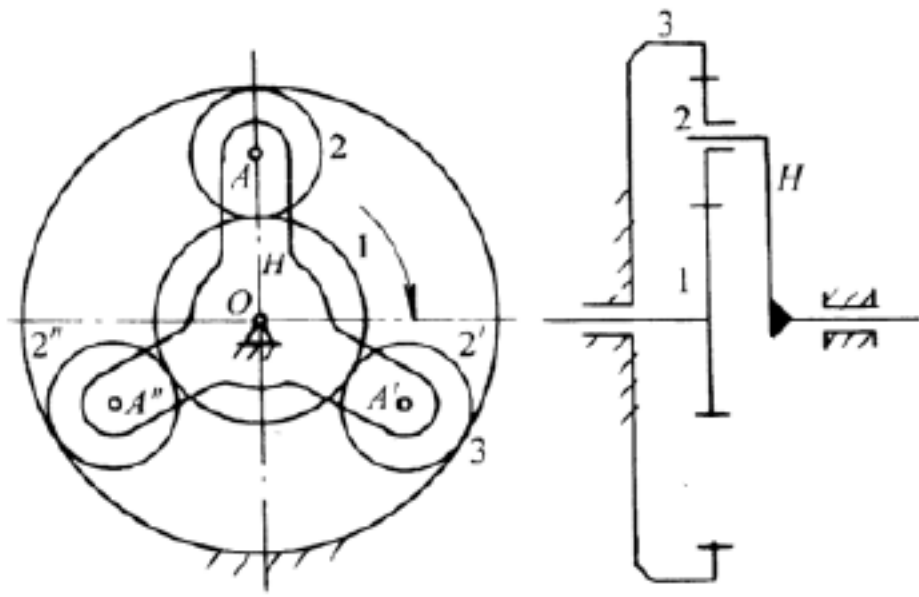


$$OA = OA' = OA'' \quad r_2 = r'_2 = r''_2$$

f)

有对称虚约束

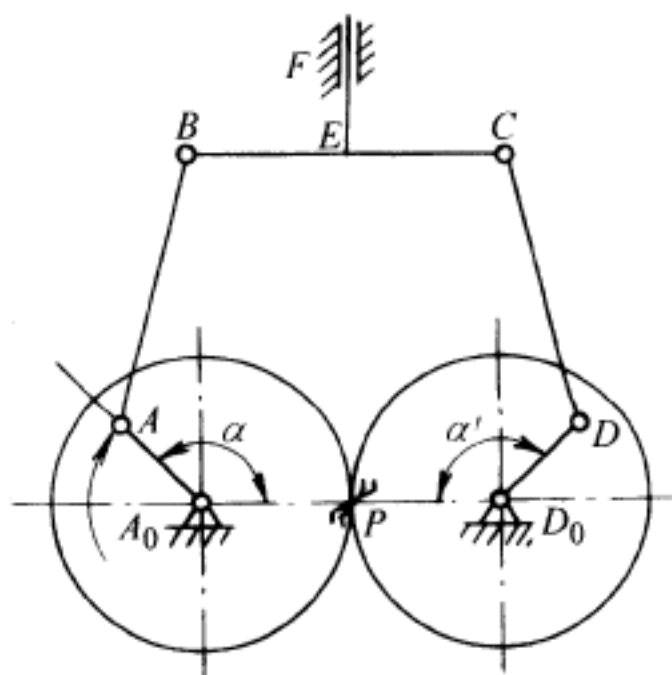
f)



$$n=3, \quad P_L=3, \quad P_H=2$$

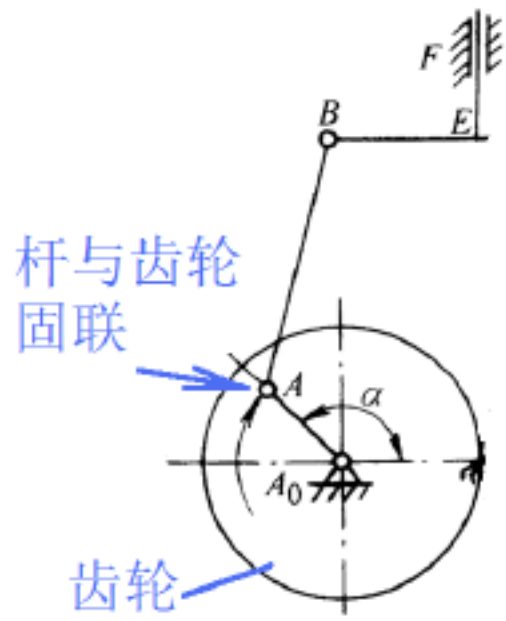
$$F=3n-2P_L-P_H=1$$

g) $n=2, \quad P_L=2, \quad P_H=1, \quad n=3, \quad P_L=4$ 有虚约束
束



h) $A_0A=D_0D, AB=CD, BE=EC, \alpha=\alpha'$

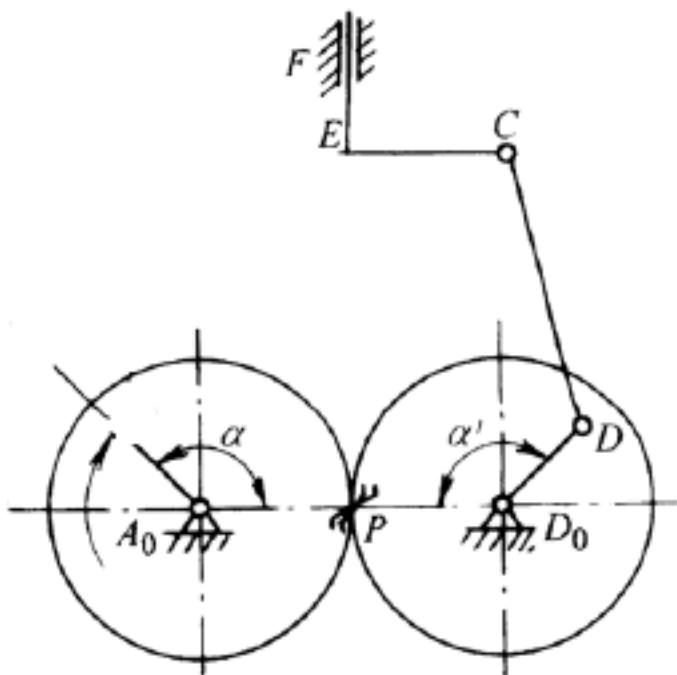
有对称虚约束，



$$n=3, P_L=4$$

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

或者:



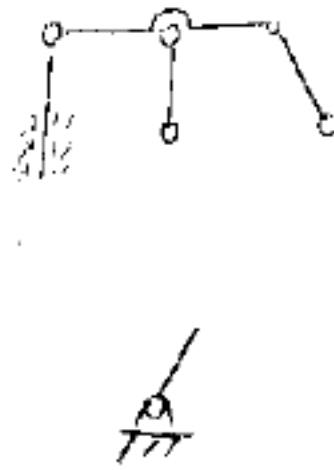
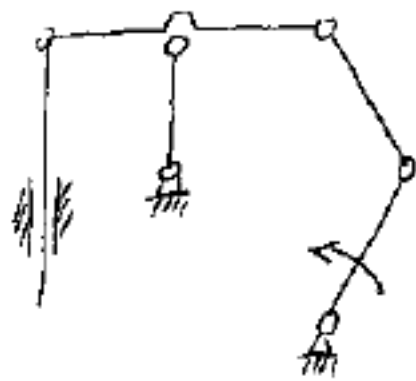
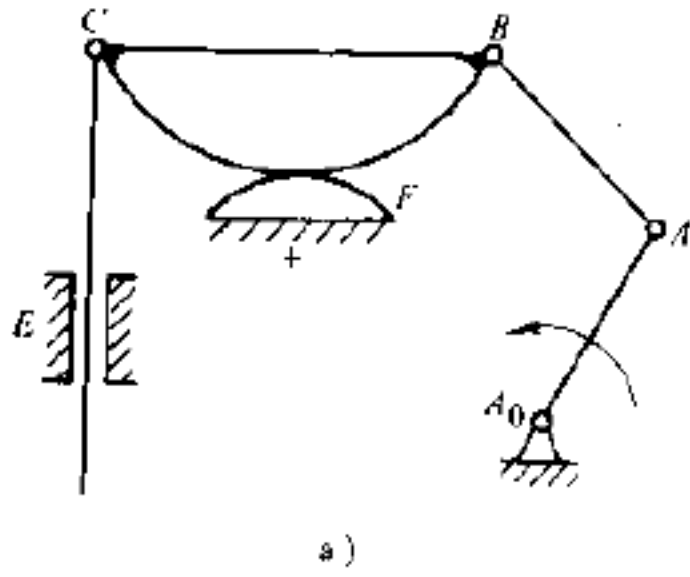
$$n=4, P_L=5, P_H=1,$$

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

2-12 计算图 2-30 所示各机构的自由度, 并在高副低代后, 分析组成这些机构的基本杆组即杆组的级别。

解:

a)

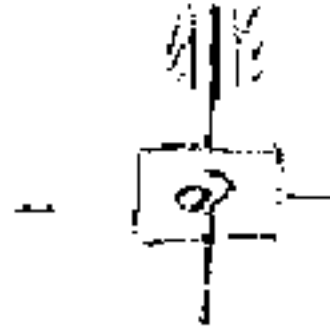
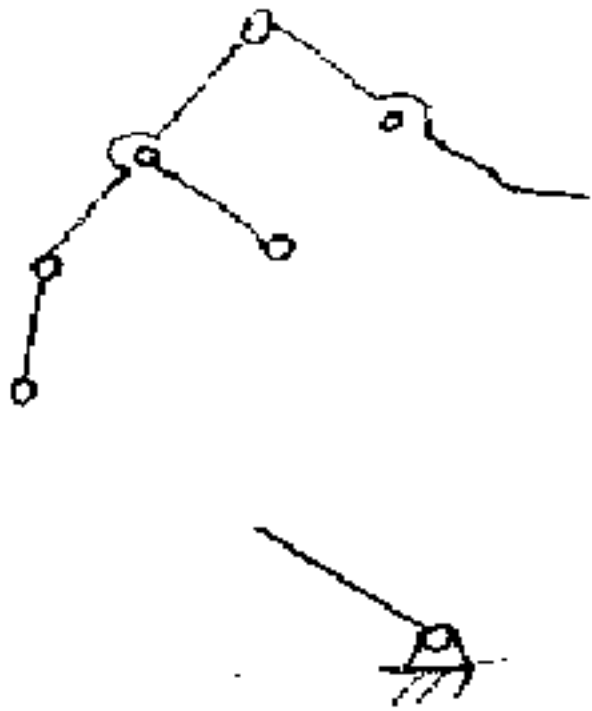


$$n=4, \quad P_L=5, \quad P_H=1$$

$$F=3n-2P_L-P_H=1$$

所以此机构为 III 级机构

b) $n=3, \quad P_L=3, \quad P_H=2$



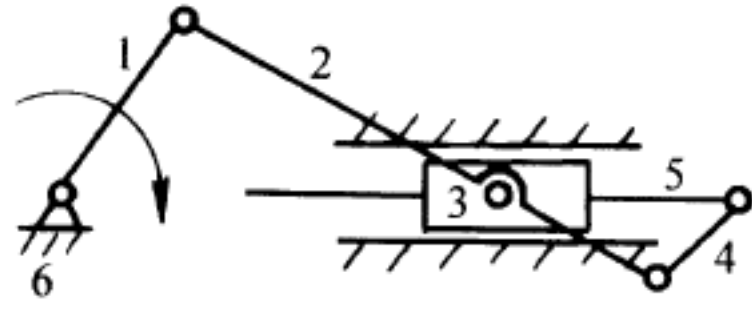
$$n=6, \quad P_L=8, \quad P_H=1$$

$$F=3n-2P_L-P_H=1$$

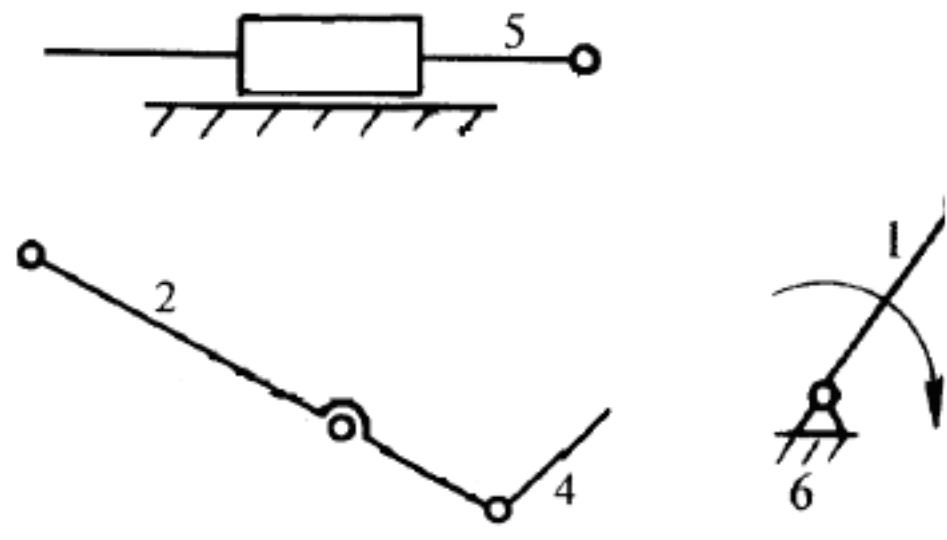
所以此机构为 III 级机构

2-13说明图 2-32 所示的各机构的 **组成原理**，并判别机构的级别和所含杆组的数目。
对于图 2-32f 所示机构，当分别以构件 1、3、7 作为原动件时，机构的级别会有什么变化？

a)

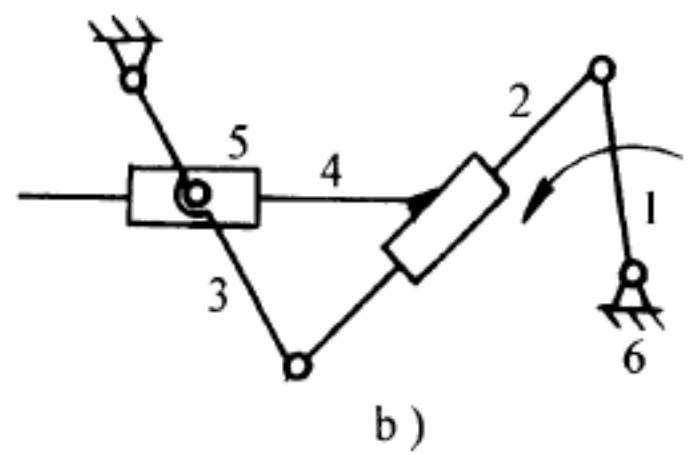


a)

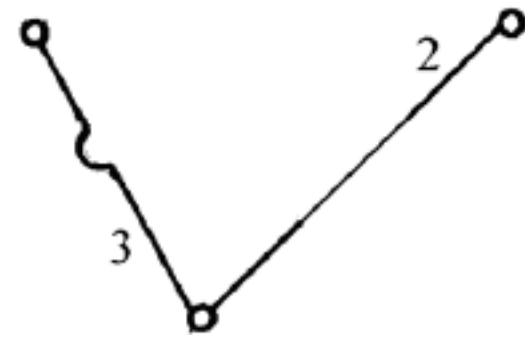
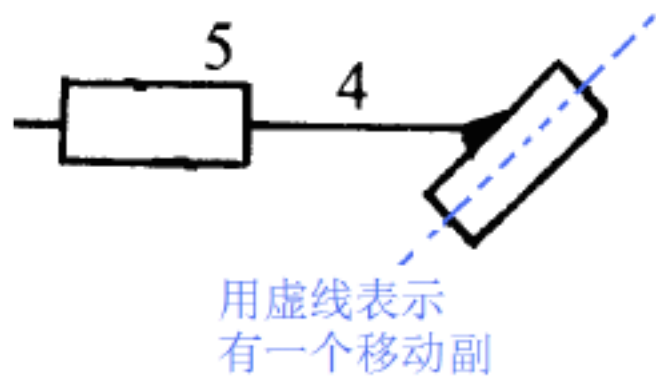


机构的级别:II

b)

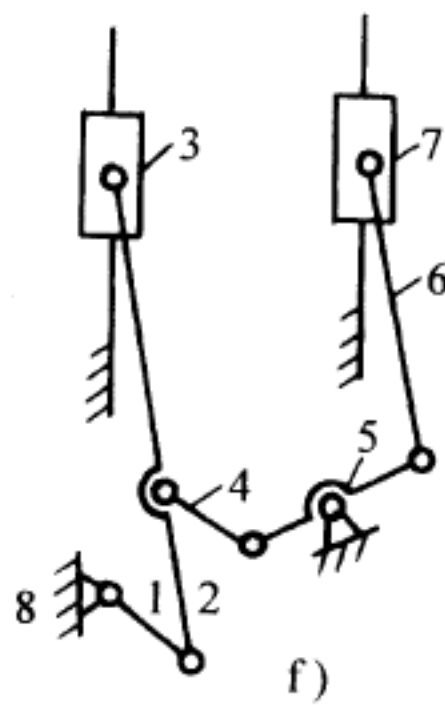


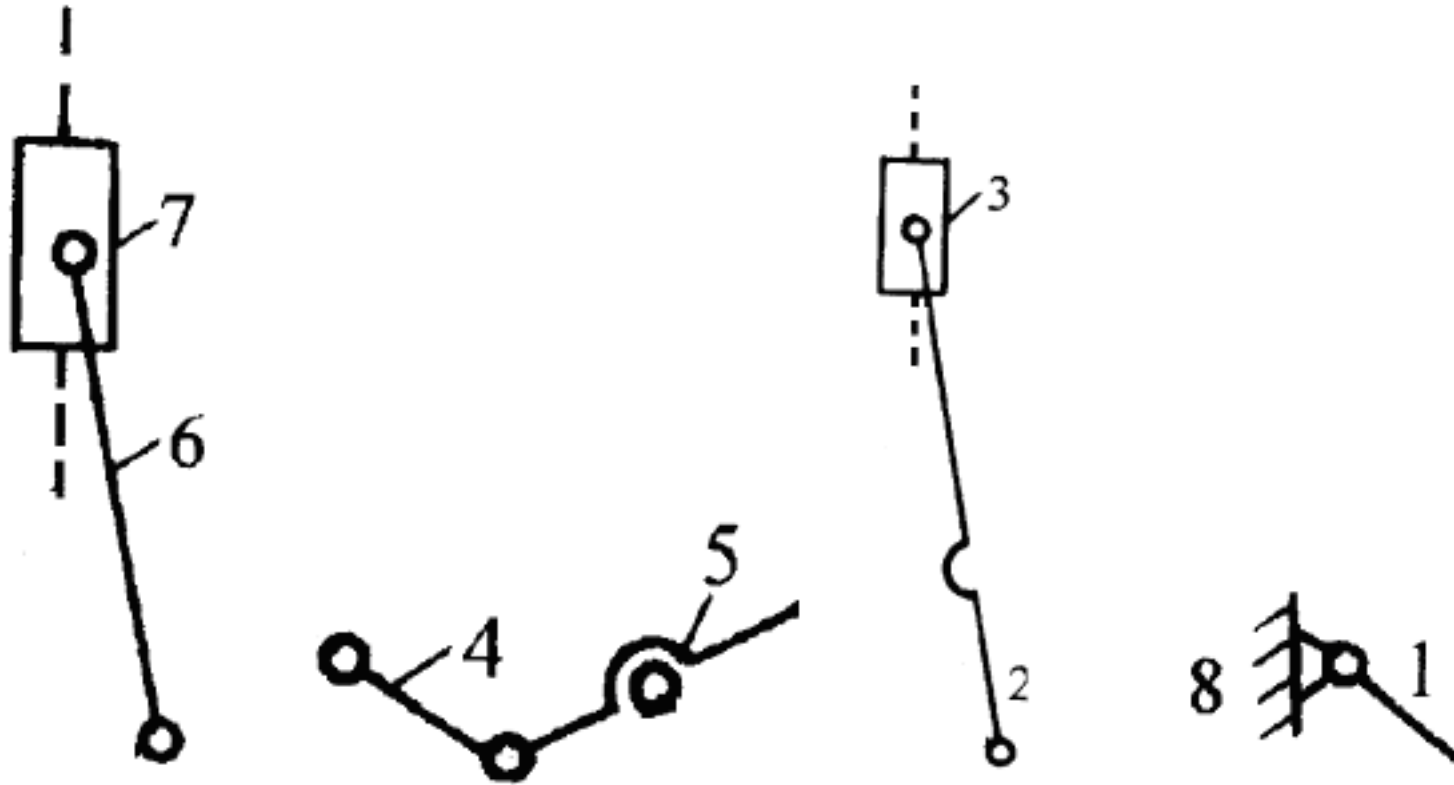
b)



机构的级别:II

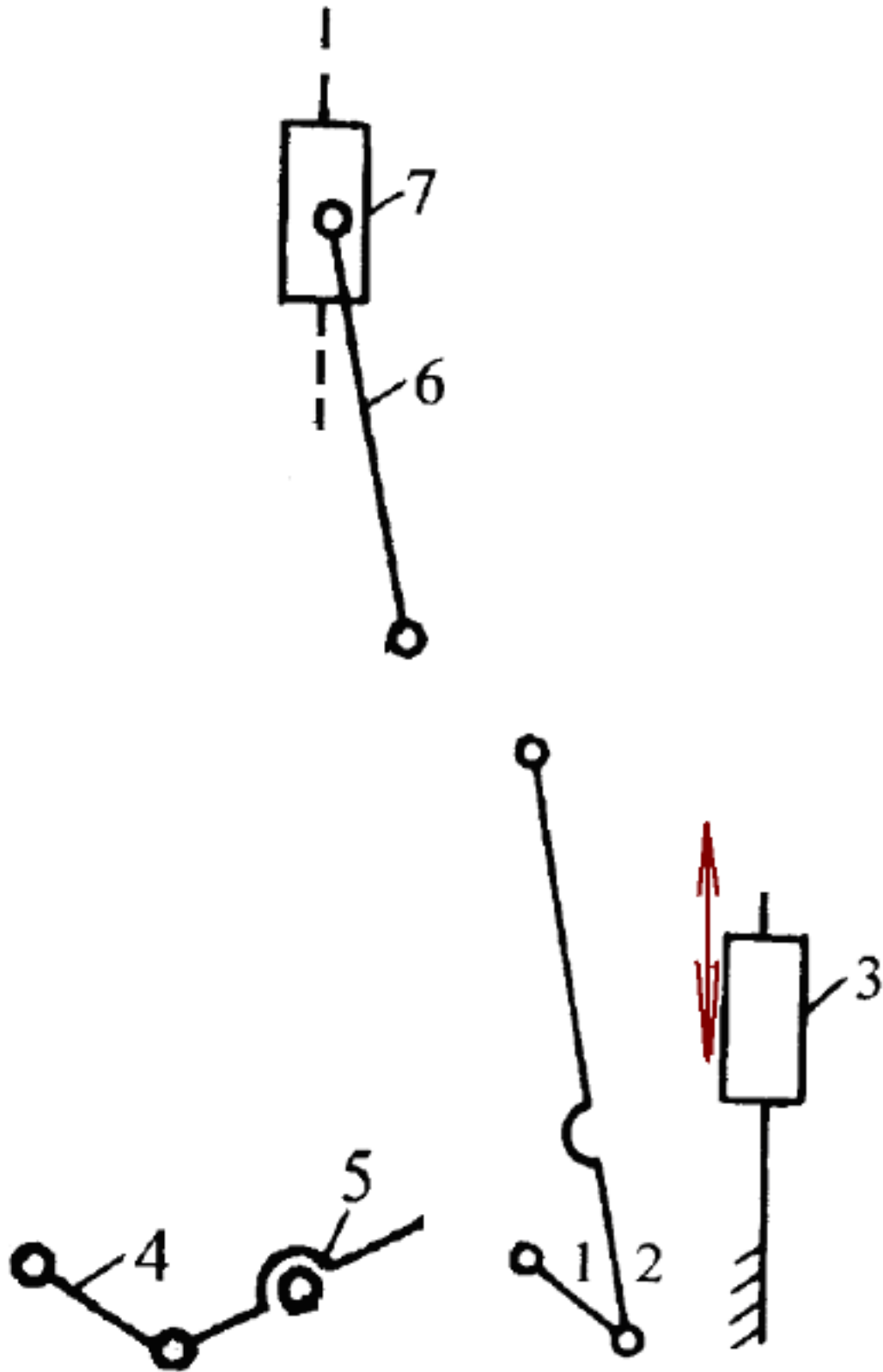
f) 当分别以构件 1、3、7 作为原动件时
以构件 1 作为原动件时，





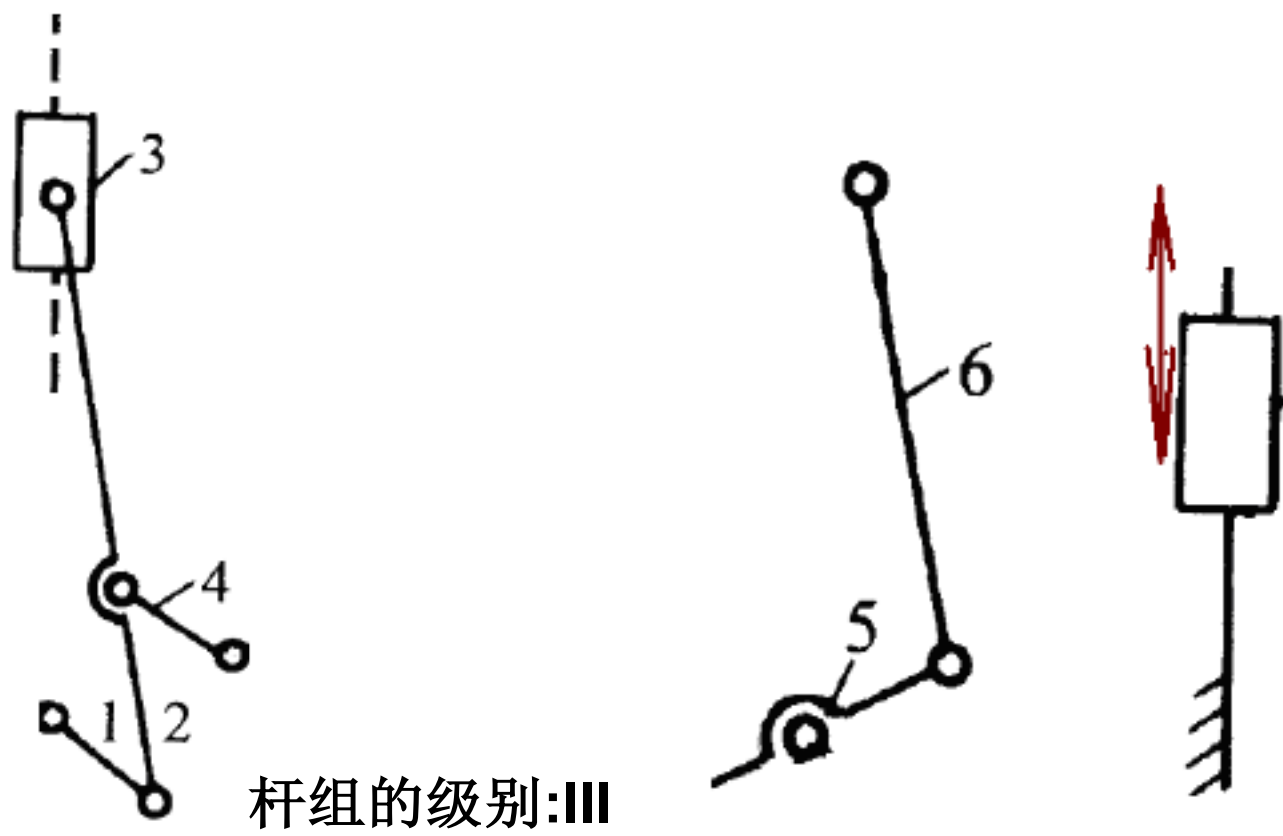
以构件 1 作为原动件时，机构的级别 II

以构件 3 作为原动件时，



以构件 3 作为原动件时，机构的级别:II

以构件 7 作为原动件时，



以构件 7 作为原动件时，机构的级别:III

2-12 绘制图 2-33 所示机构高副低代后的运动简图，计算机构的自由度。并确定机构所含杆组的数目和级别以及机构的级别。

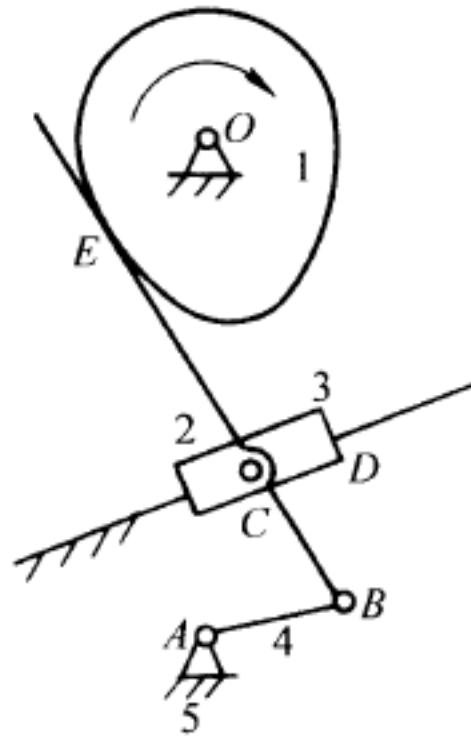
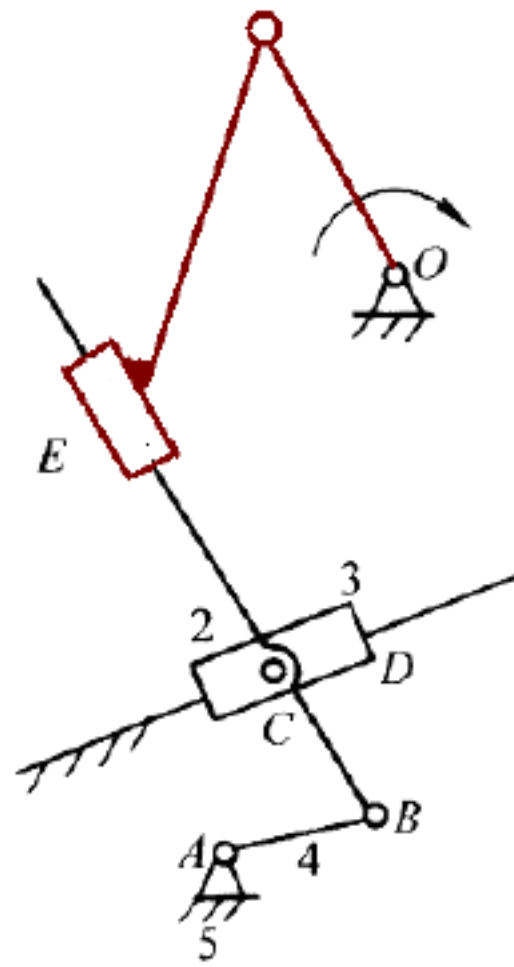
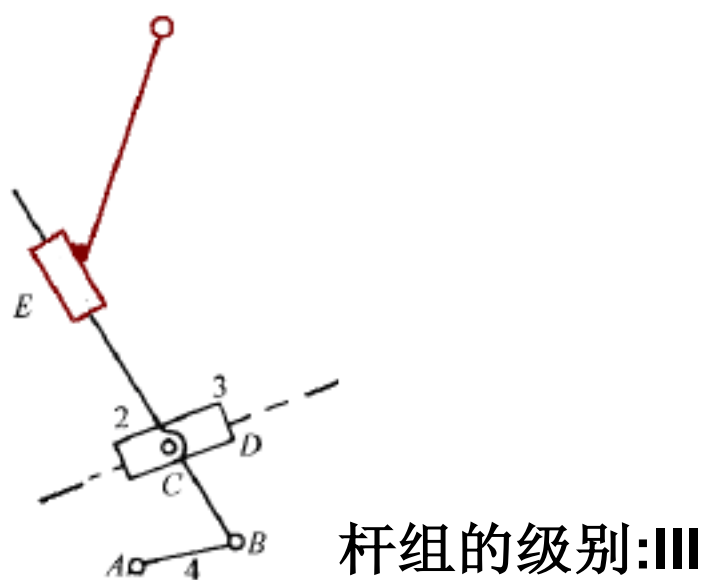


图 2-33 机构示意图



机构高副低代后的运动简图



所以，机构的级别:III

2-14 试分析图 2-35 所示刨床机构的组成，并判别机构的级别。若以构件 4 为原动件，则此机构为几级？

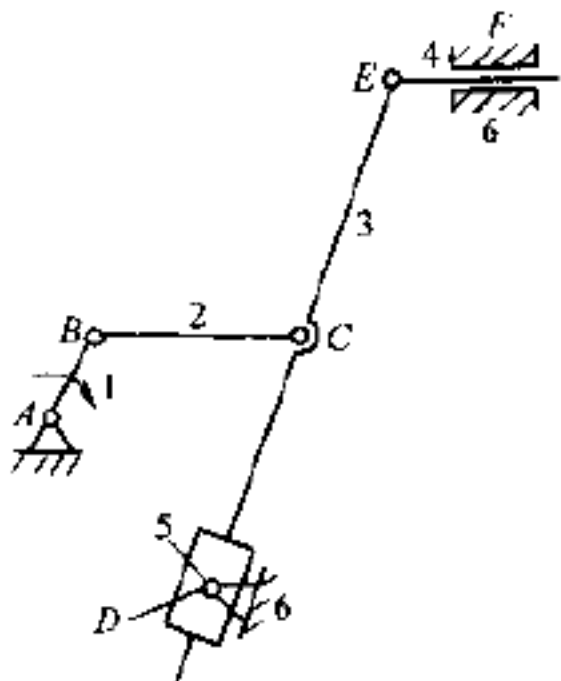
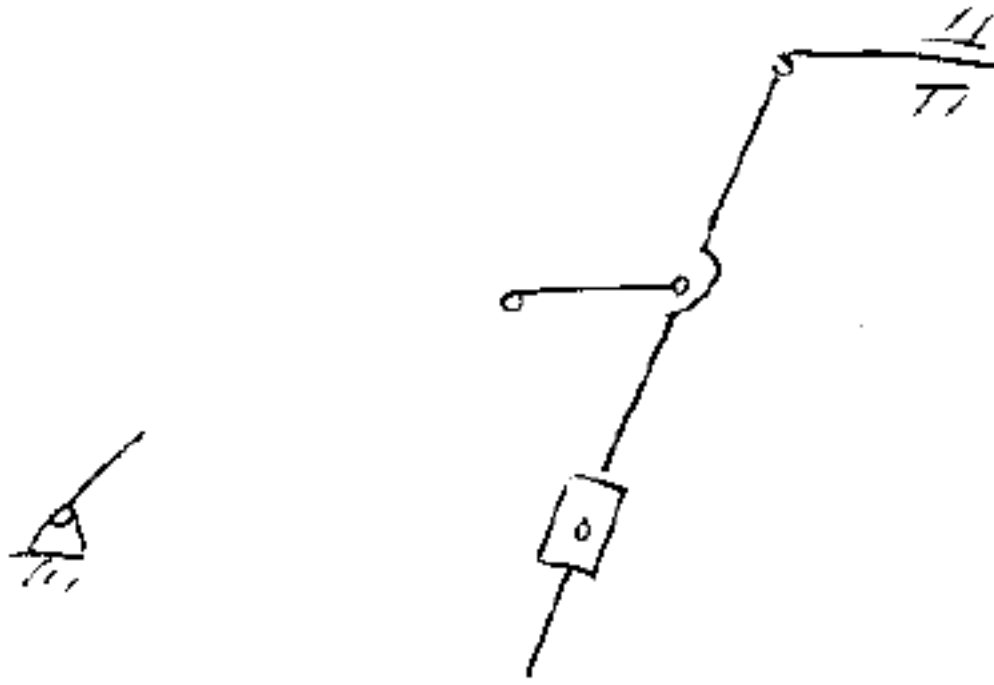


图 2-35 刨床机构示意图

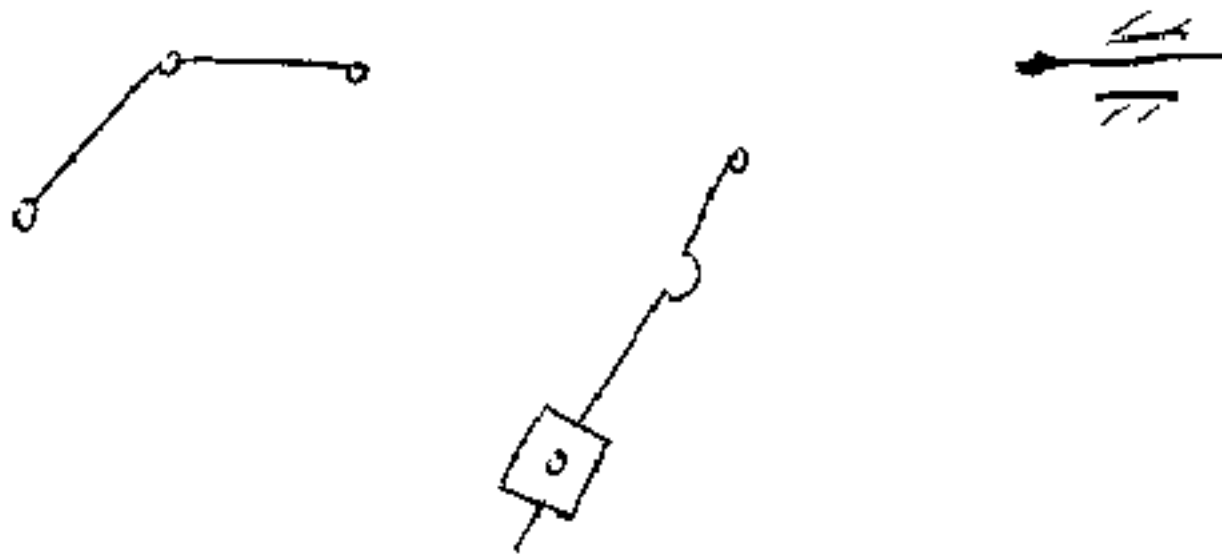
解： $F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 7 = 1$

一、若以构件 1 为原动件，则此机构拆分的杆组是：



所以此机构为 III 级

二、若以构件 4 为原动件，则此机构拆分的杆组是：



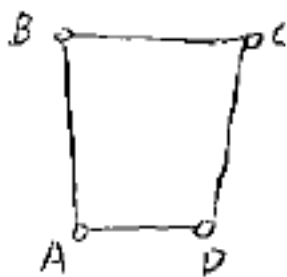
所以此机构为 II 级

第三章 平面连杆机构

3-9 图 3-54 所示平面铰链四杆运动链中，已知各构件长度分别为

$$l_{AB} = 55\text{mm}, \quad l_{BC} = 40\text{mm}, \quad l_{CD} = 50\text{mm}, \quad l_{AD} = 25\text{mm}。$$

- (1) 判断该机构运动链中四个转动副的类型。
- (2) 取哪个构件为机架可得到曲柄摇杆机构。
- (3) 取哪个构件为机架可得到双曲柄机构。
- (4) 取哪个构件为机架可得到双摇杆机构



解：

平面连杆机构

$$L_{AB}=55$$

$$L_{BC}=40$$

$$L_{CD}=50$$

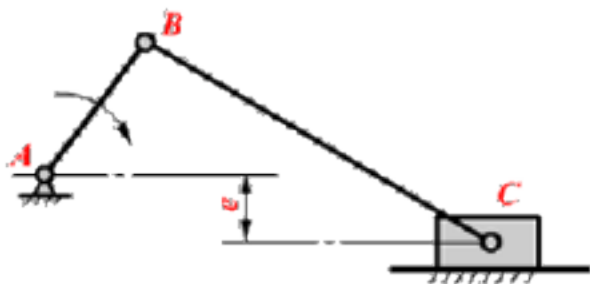
$$L_{AD}=25$$

$$L_{AB} + L_{AD} < L_{BC} + L_{CD}$$

- (1) **A、D 整转副 B、C 摆转副**
- (2) **AB 或 CD 为机架时，为曲柄摇杆机构**
- (3) **AD 为机架时，为双曲柄机构**

(4) **BC** 为机架时，为双摇杆机构

3-10 图 3-57 所示为一偏置曲柄滑块机构，试求杆 **AB** 为曲柄的条件。若偏距 $e=0$ ，则杆 **AB** 为曲柄的条件又如何？



解:主要分析能否通过极限位置,
 $a+e < b$

3-11 在图 3-81 所示的铰链四杆机构中，各杆件长度分别为 $l_{AB} = 25\text{mm}$ ， $l_{BC} = 40\text{mm}$ ， $l_{CD} = 50\text{mm}$ ，

$$l_{AD} = 55\text{mm}$$

(1) 若取 **AD** 为机架，求该机构的极位夹角 θ ，杆 **CD** 的最大摆角 φ 和最小传动角 γ_{\min}

(2) 若取 **AB** 为机架，求该机构将演化为何种类型的机构？为什么？请说明这时 **C**、**D** 两个转动副是周转副还是摆转副。

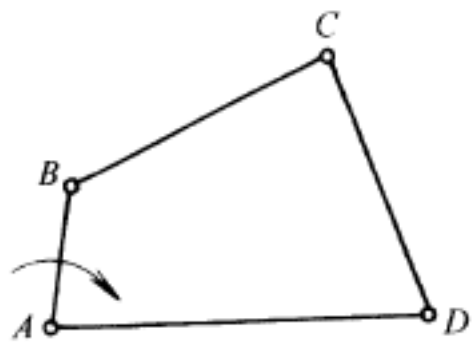


图 3-58 铰链四杆机构

解：

由于 $25 + 55 < 40 + 50$ ，所以 $l_{AB} + l_{AD} \leq l_{BC} + l_{CD}$ ，

且以最短杆 A B 的邻边为机架。故该铰链四杆机构为曲柄摇杆机构。A B 为曲柄。

1) 以曲柄 A B 为主动件，作出摇杆 C D 的极限位置如图所示。

$$\begin{aligned} \therefore AC_1 &= l_{AB} + l_{BC} = 40 + 25 = 65 \\ AC_2 &= l_{BC} - l_{AB} \\ &= 40 - 25 = 15 \end{aligned}$$

(1) 极位夹角 θ ：出现在 AB 与连杆 BC 重合位置

$$\begin{aligned} \theta &= \arccos \frac{AC_1^2 + AD^2 - CD^2}{2 \times AC_1 \times AD} - \arccos \frac{AC_2^2 + AD^2 - CD^2}{2 \times AC_2 \times AD} \\ &= \arccos \frac{65^2 + 55^2 - 50^2}{2 \times 65 \times 55} - \arccos \frac{15^2 + 55^2 - 50^2}{2 \times 15 \times 55} \\ &= 14.6^\circ \end{aligned}$$

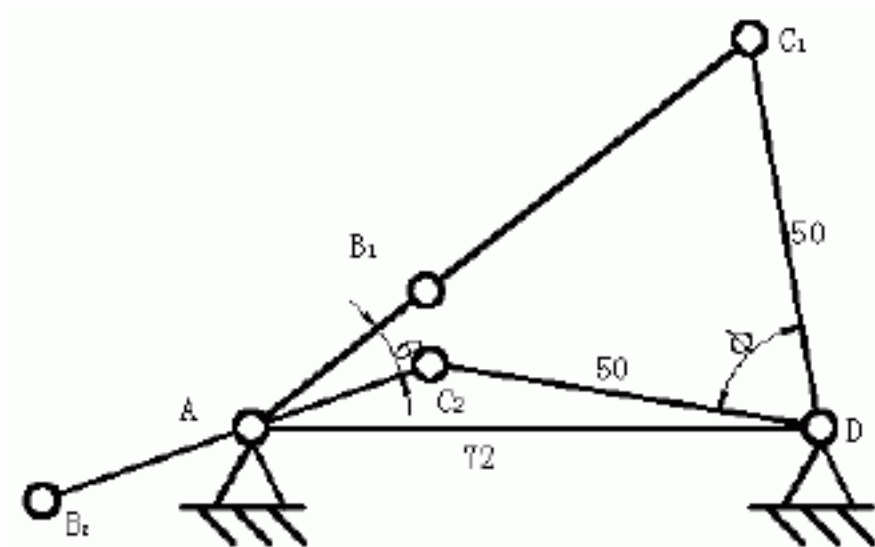


图 1

行程速比系数 $K = (180^\circ + \theta) / (180^\circ - \theta) \approx 1.17$

(2) 求摇杆的最大摆角 ϕ ，从图 1，摇杆的最大摆角 ϕ ：

$$\begin{aligned} \phi &= \angle B_1DC_1 - \angle B_2DC_2 \\ &= \arccos \frac{C_1D^2 + AD^2 - AC_1^2}{2 \times AD \times C_1D} - \arccos \frac{C_2D^2 + AD^2 - AC_2^2}{2 \times AD \times C_2D} \\ &= \frac{50^2 + 55^2 - 65^2}{2 \times 50 \times 55} - \frac{50^2 + 55^2 - 15^2}{2 \times 50 \times 55} \\ &= 60.83^\circ \end{aligned}$$

(3) 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）如图 2。

分别求出 δ_1 、 δ_2 ，再求最小传动角。

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \arccos \frac{BC^2 + CD^2 - (AD - AB)^2}{2 \times BC \times CD} \\ &= \arccos \frac{40^2 + 50^2 - (55 - 25)^2}{2 \times 40 \times 50} \\ &= 36.86^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_2 &= \arccos \frac{BC^2 + CD^2 - (AD + AB)^2}{2 \times BC \times CD} \\ &= \arccos \frac{40^2 + 50^2 - (55 + 25)^2}{2 \times 40 \times 50} \\ &= 125.09^\circ \end{aligned}$$

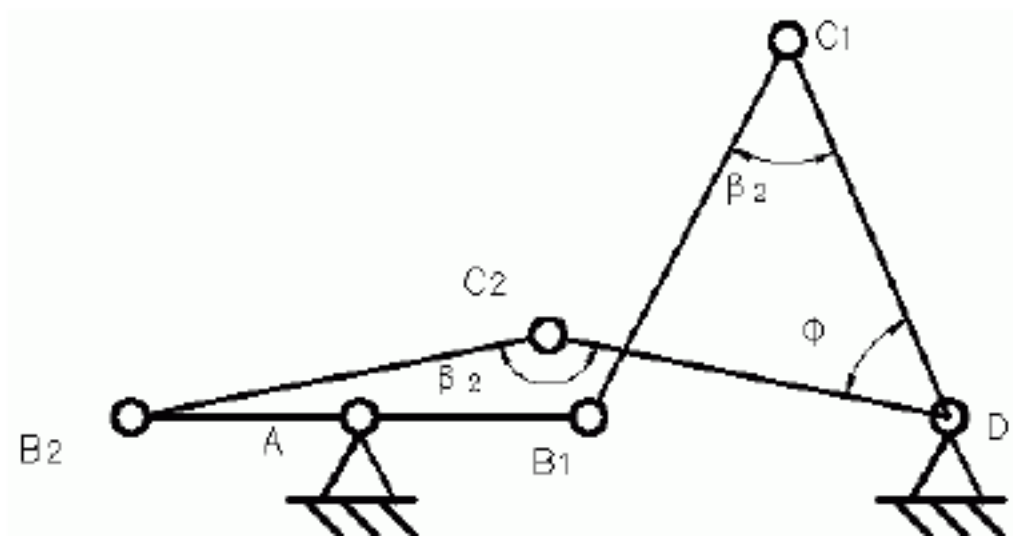


图 2

曲柄处于 $A B_1$ 位置时, 传动角 $\gamma_1 = \delta_1 = 36.86^\circ$.

曲柄处于 $A B_2$ 位置时, 传动角 $\gamma_2 = 180^\circ - \delta_2 = 54.90^\circ$.

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

$\therefore \gamma_{\min} = 36.86^\circ$

2) 取 $A B$ 为机架, 即取最短杆为机架, 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 均为周转副。 C 、 D 两个转动副为摆转副。

3-15 图 3-59 所示为加热炉炉门的启闭状态, 试设计一机构, 使炉门能占有图示的两个位置。

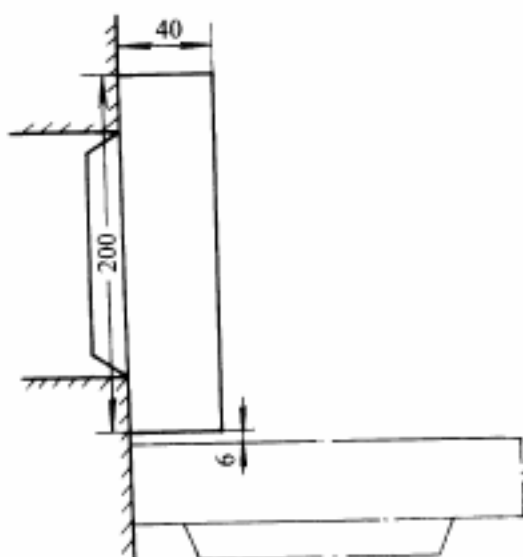


图 3-59 题 3-15 图

提示: 把门看着是在连杆上, 即两个活动铰链中心在门上,

同时把固定铰链中心装在炉子的外壁上。

3-16

试设计一个如图 3-60 所示的平面铰链四杆机构。设已知其摇杆 B_0B 的长度 $l_{B_0B} = 75 \text{ mm}$ ，行程速比系数 $K=1.5$ ，机架 A_0A 的长度 $l_{A_0A} = 100 \text{ mm}$ ，又知摇杆的一个极限位置与机架间的夹角 $\varphi = 45^\circ$ ，试求其曲柄的长度 l_{A_0A} 和连杆的长度 l_{AB} 。

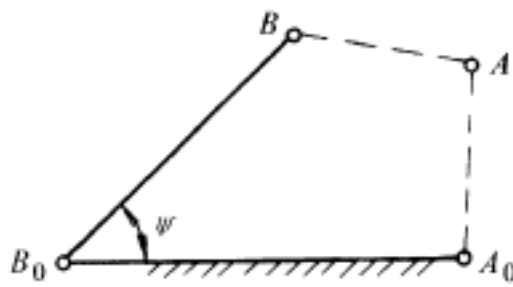


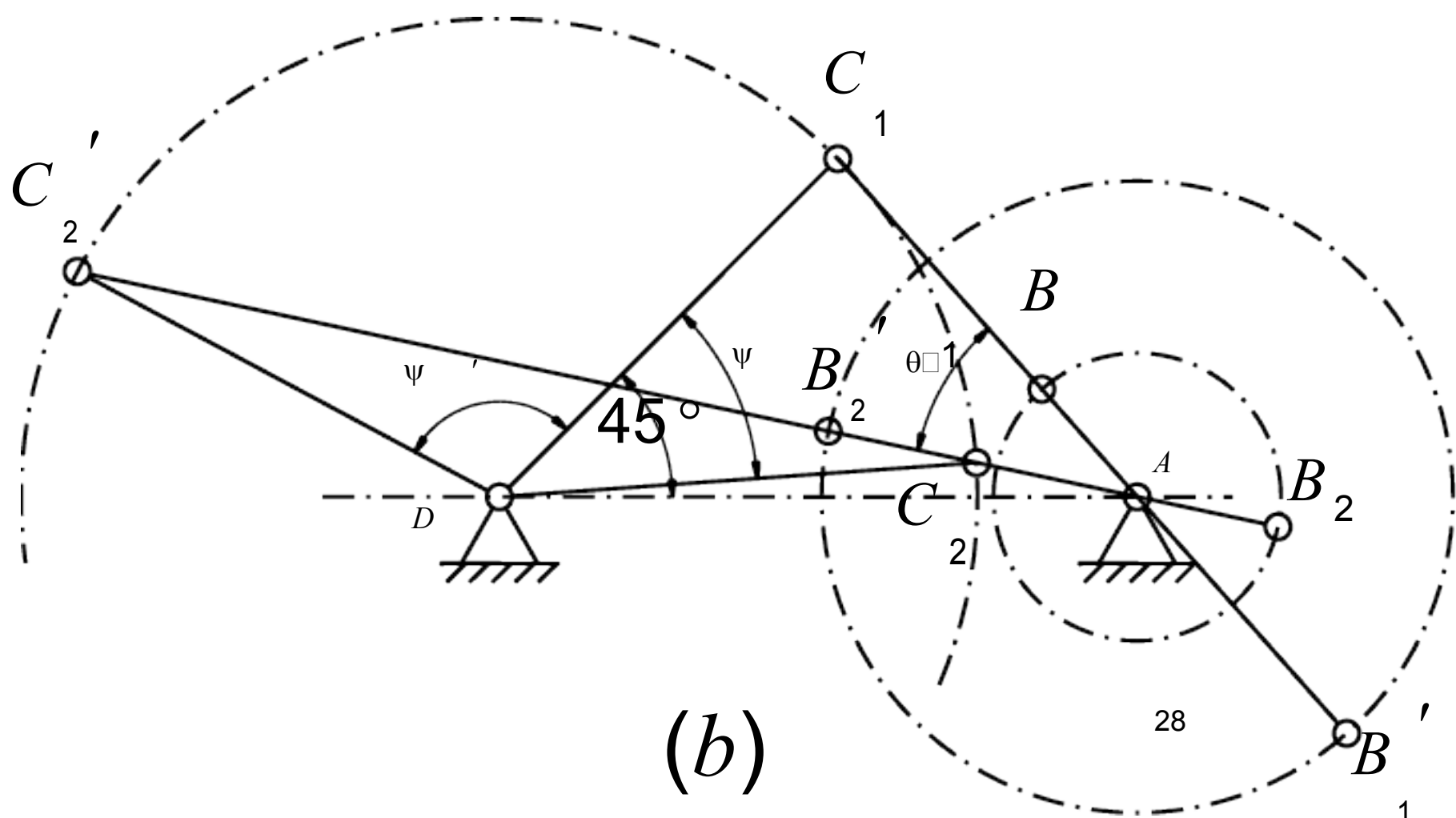
图 3-60 题 3-16 图

解（符号与课本不太一致）

当行程速比系数 $K=1.5$ 时，机构的极位夹角为

$$\theta = 180^\circ \frac{K-1}{K+1} = 180^\circ \frac{1.5-1}{1.5+1} = 36^\circ$$

即机构具有急回特性，过固定铰链点 A 作一条与已知直线 A_0C_1



成 36° 的直线再与活动铰链点C的轨迹圆相交，交点就是活动铰链点C的另一个极限位置。选定比例尺，作图，如下图所示。

由图可知，有两个交点，即有两组解。

直接由图中量取 $\overline{AC}_1 = 70.84$ ， $\overline{AC}_2 = 25.75$ ， $\overline{AC}'_2 = 169.88^\circ$
故有两组解。

解一：

构件 AB 的长为

$$l_{AB} = \frac{\overline{AC}_1 - \overline{AC}_2}{2} = \frac{70.84 - 25.75}{2} = 22.55mm$$

构件 BC 的长为

$$l_{BC} = \frac{\overline{AC}_1 + \overline{AC}_2}{2} = \frac{70.84 + 25.75}{2} = 48.3mm$$

摇杆的摆角

$$\psi = 41^\circ$$

解二：

构件 AB 的长为

$$l_{AB} = \frac{\overline{AC}'_2 - \overline{AC}_1}{2} = \frac{169.88 - 70.84}{2} = 49.52mm$$

构件 BC 的长为

$$l_{BC} = \frac{\overline{AC}'_2 + \overline{AC}_1}{2} = \frac{169.88 + 70.84}{2} = 120.36mm$$

摇杆的摆角

$$\psi' = 107^\circ$$

