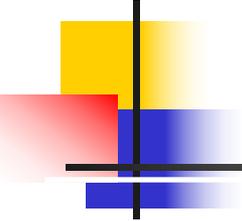


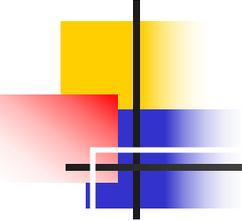
学习情境 一

平面机构运动简图绘制及自由度分析



能力目标

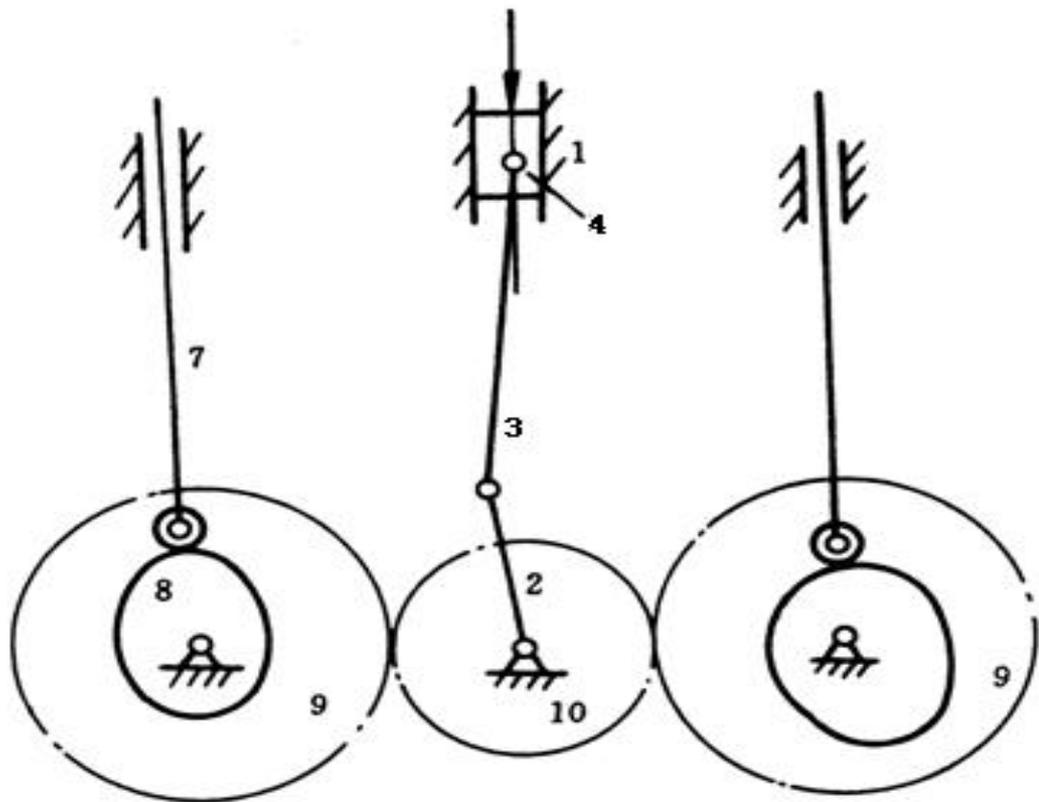
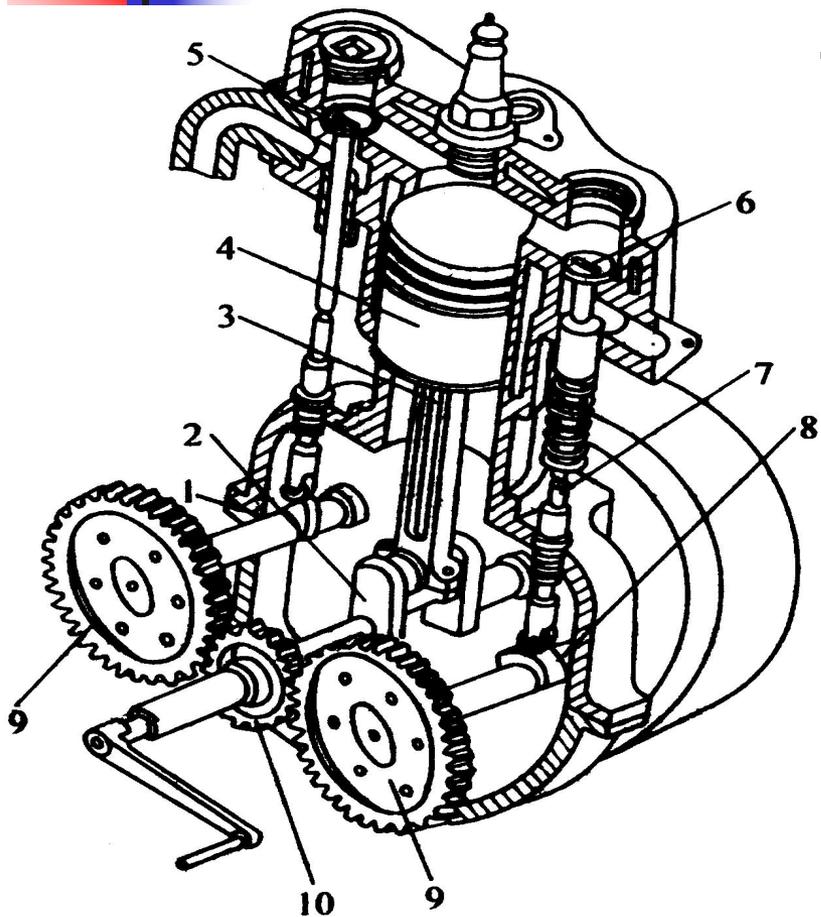
- 能够判断运动副的种类及表示各类运动副。
- 能够绘制平面机构运动简图。
- 能够计算平面机构自由度，并判断机构是否具有确定的运动。



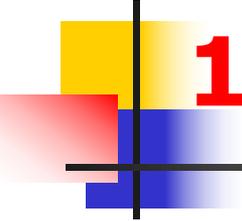
学习内容

- ◆ 1.1 运动副及其分类
- ◆ 1.2 平面机构运动简图的绘制
- ◆ 1.3 平面机构的自由度分析与计算

案例导入



内燃机



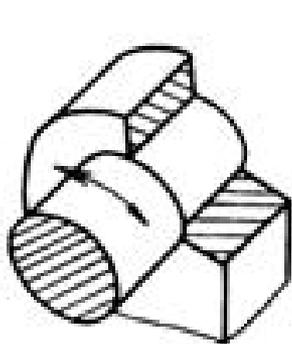
1.1 运动副及其分类

一、运动副的概念

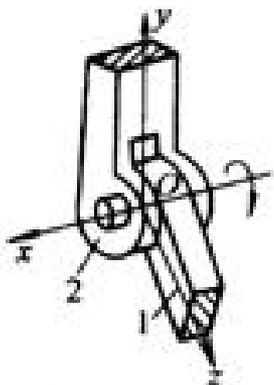
两构件通过直接接触，既保持联系又能相对运动的联接，称为**运动副**。

即：运动副就是两构件间的可动联接。

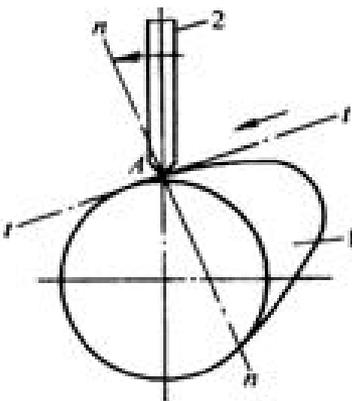
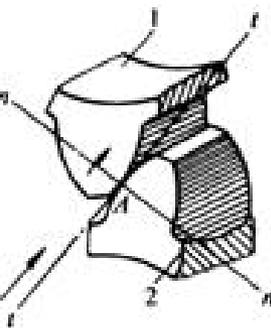
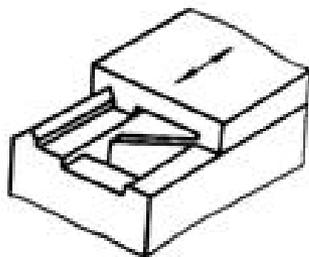
常见运动副



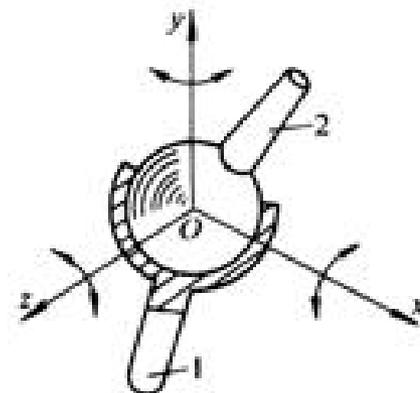
a) 转动副



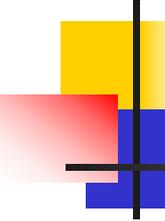
b) 移动副



e) 螺旋副



f) 球面副



二、运动副的分类

平面运动副、空间运动副

两个构件组成的运动副，通常用三种接触形式联接起来：点接触、线接触和面接触。

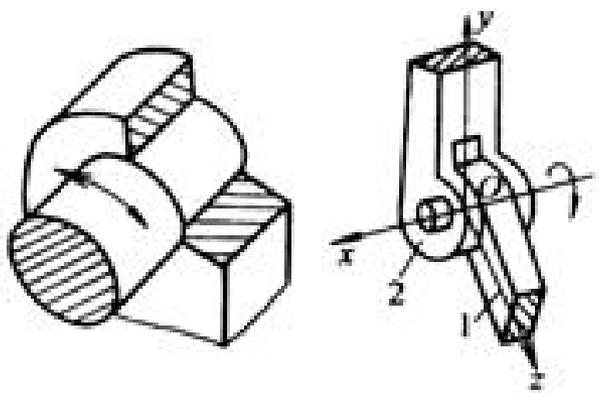
根据两构件接触情况，将平面运动副分为低副和高副两大类。

➤ **低副**：两构件通过面接触组成的运动副。

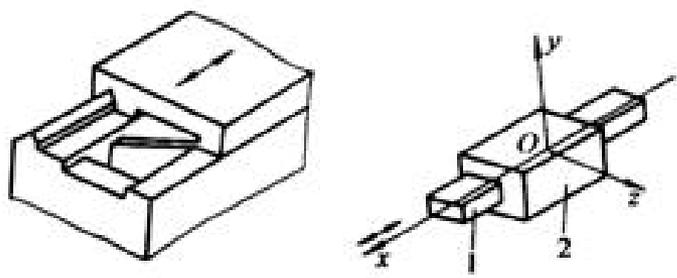
分为转动副和移动副。

(1) **转动副** 两构件组成只能作相对转动的运动副。

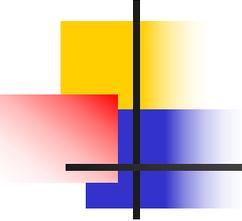
(2) **移动副** 两构件组成只能沿某一轴线作相对移动的运动副。



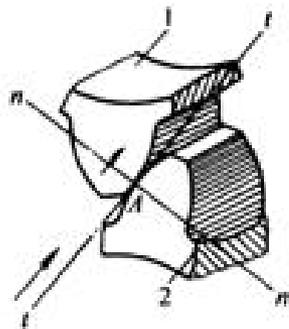
a) 转动副



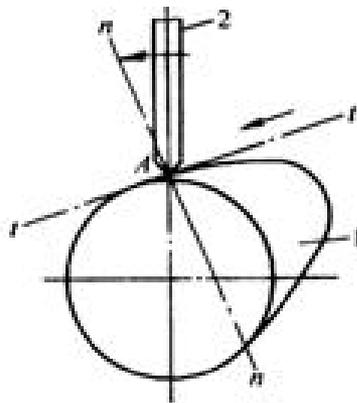
b) 移动副



➤ **高副：** 两构件以点、线的形式相接触而组成的运动副。
齿轮副、凸轮副。



c) 齿轮副



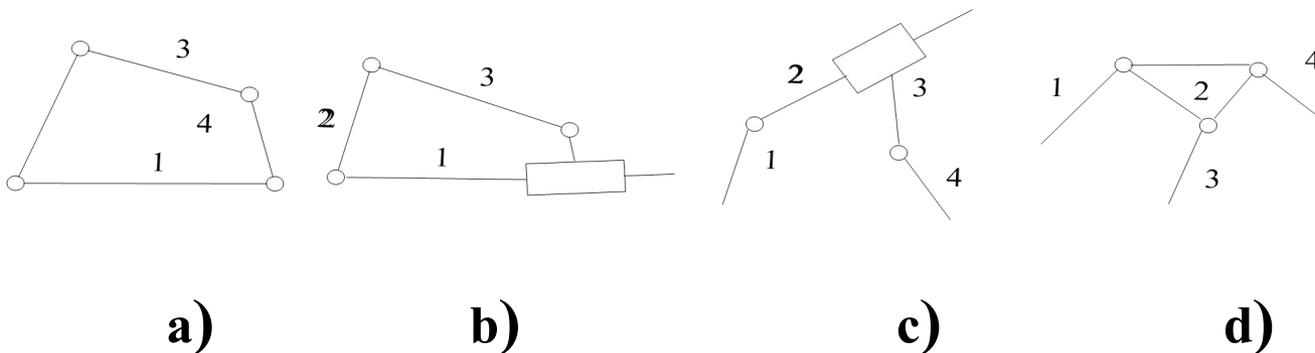
d) 凸轮副

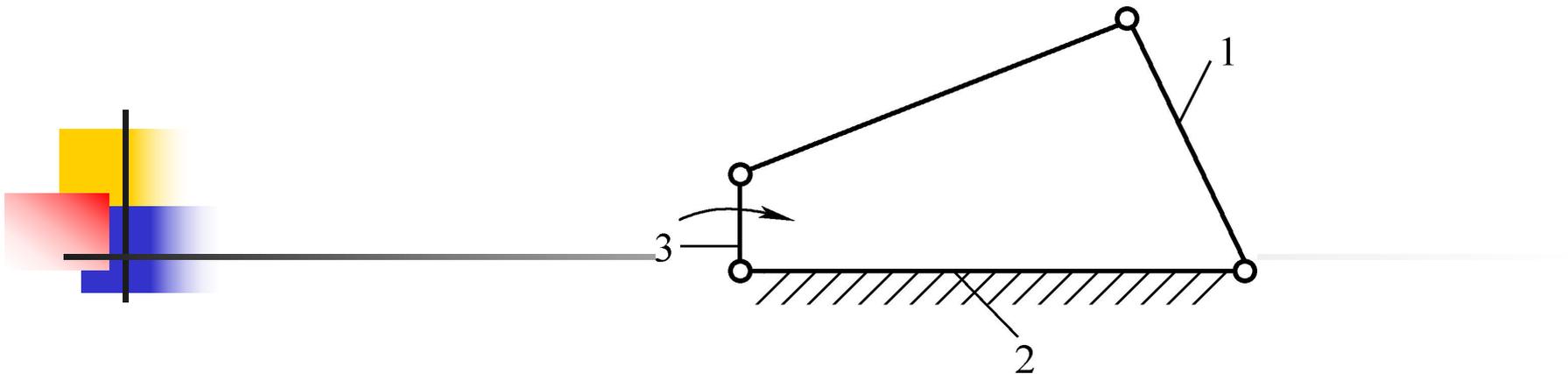
三、运动链与机构

运动链:若干个构件通过运动副所构成的相对运动的构件系统。

如果运动链构成首末封闭的系统，称其为**闭式运动链**；

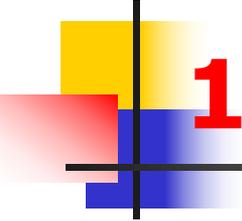
如果运动链未构成首末封闭的系统，则称其为**开式运动链**。
在各种机械中，一般都采用闭式运动链。





机构的组成

- 将运动链中的一个构件固定，并且它的一个或几个运动构件作给定的独立运动，其余构件随之作确定的运动，这样运动链就成为**机构**。
- 其中固定的构件称为**机架**。
- 作独立运动的构件称为**原动件或主动件**（原动件上应标出运动箭头）。
- 而其余的活动构件则称为**从动件**。



1.2 平面机构运动简图的绘制

一、机构运动简图的概念

用简单的线条和规定的符号来代表构件和运动副，并按一定比例表示构件间相对运动关系的简单图形，称为机构运动简图。

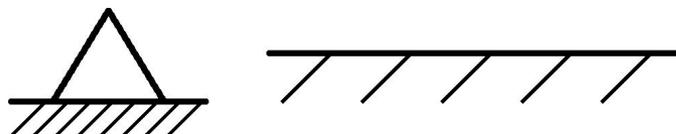
如果只是为了表示机构的结构组成及运动原理而不严格按比例绘制的机构运动简图，称为机构示意图。

二、机构运动简图符号

轴、杆：



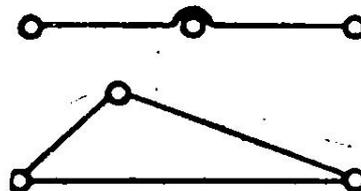
固定构件（机架）：



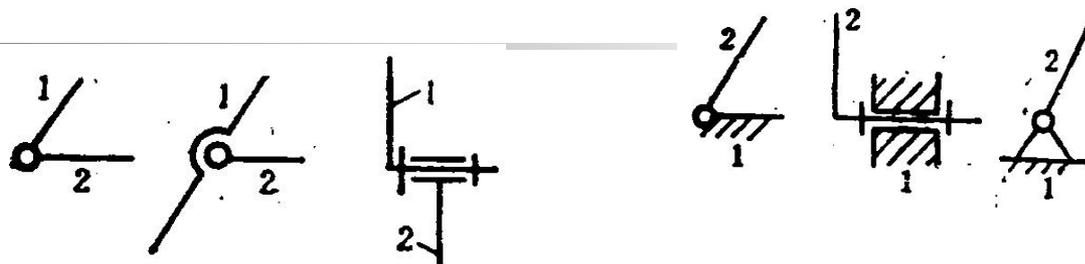
两副元素构件：



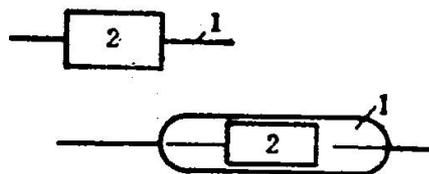
三副元素构件：



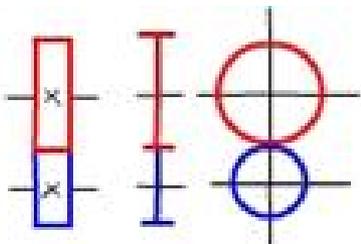
转动副:



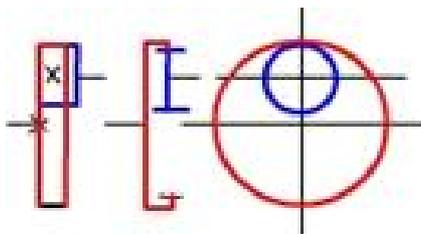
移动副:



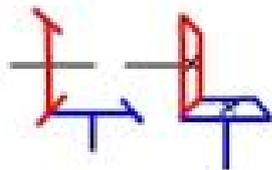
齿轮外啮合:



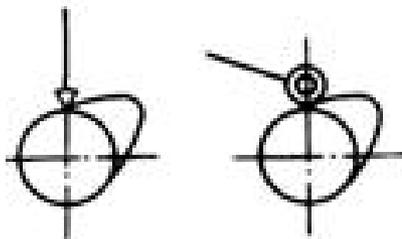
齿轮内啮合:



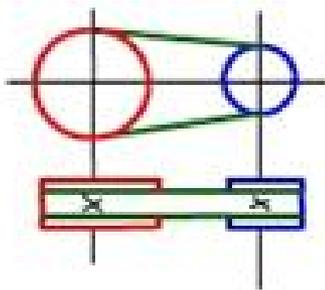
圆锥齿轮啮合:

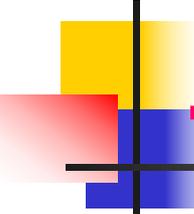


凸轮机构:



带传动:



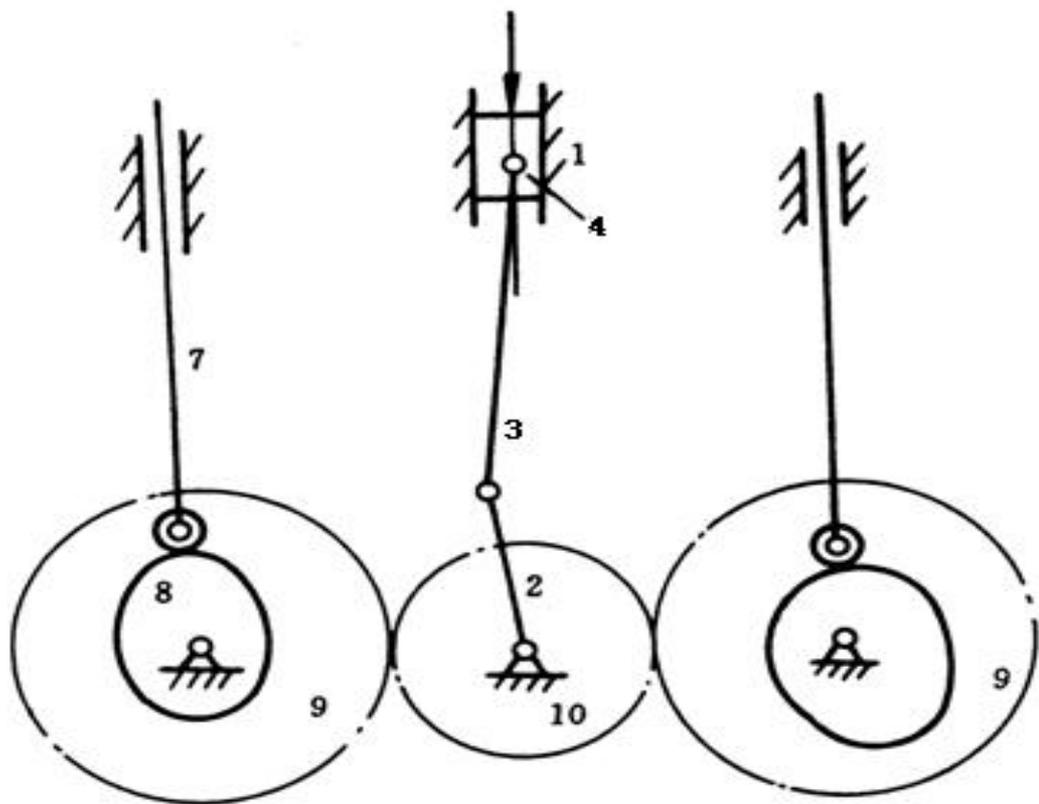
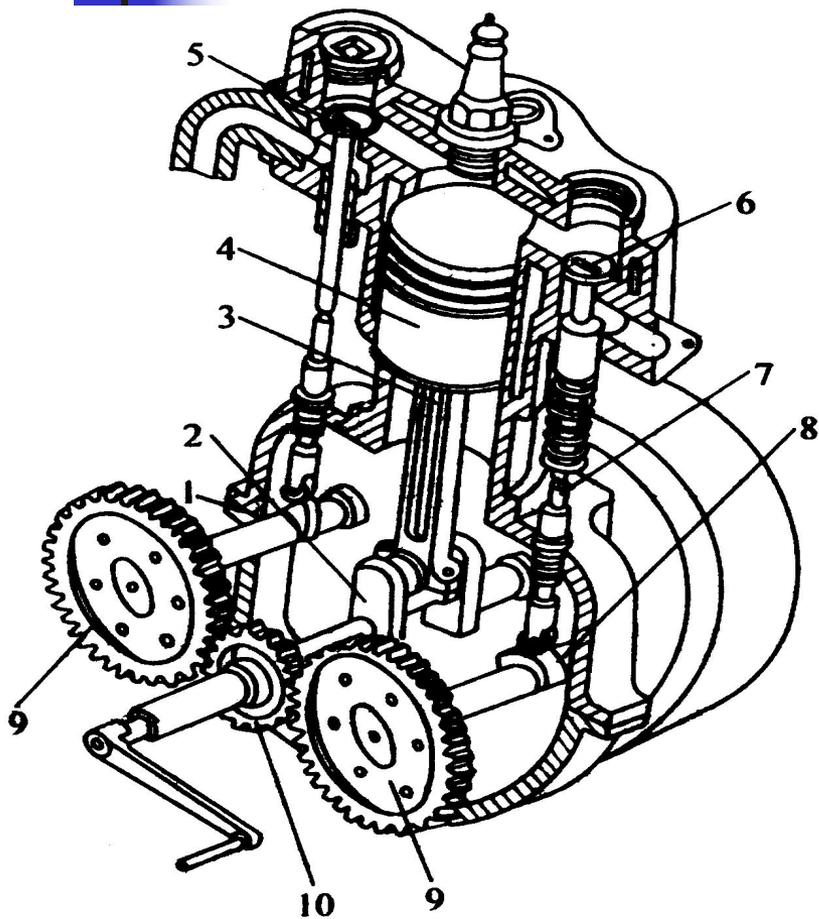


三、平面机构运动简图的绘制

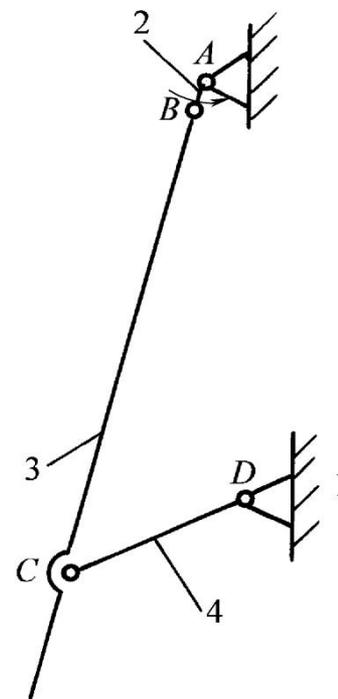
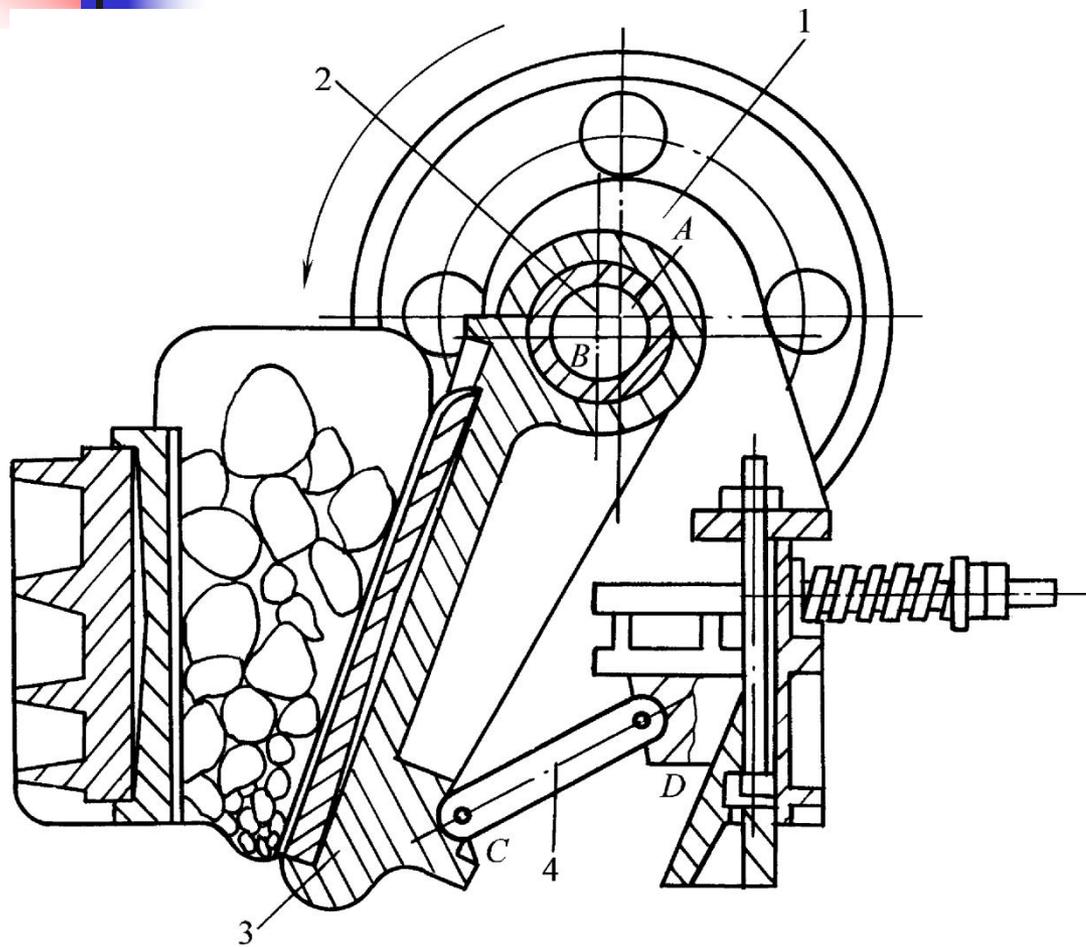
步骤：

- (1)** 分析机构→找出主动件、从动件和机架，确定运动关系。
- (2)** 确定机构中构件的数目和运动副的类型及数目。
- (3)** 选择适当的视图平面。
- (4)** 确定适当长度比例尺，以规定的符号和线条将各运动副连起来，即为所要绘制的机构运动简图。

【例1-1】 绘制如图所示内燃机的机构运动简图。



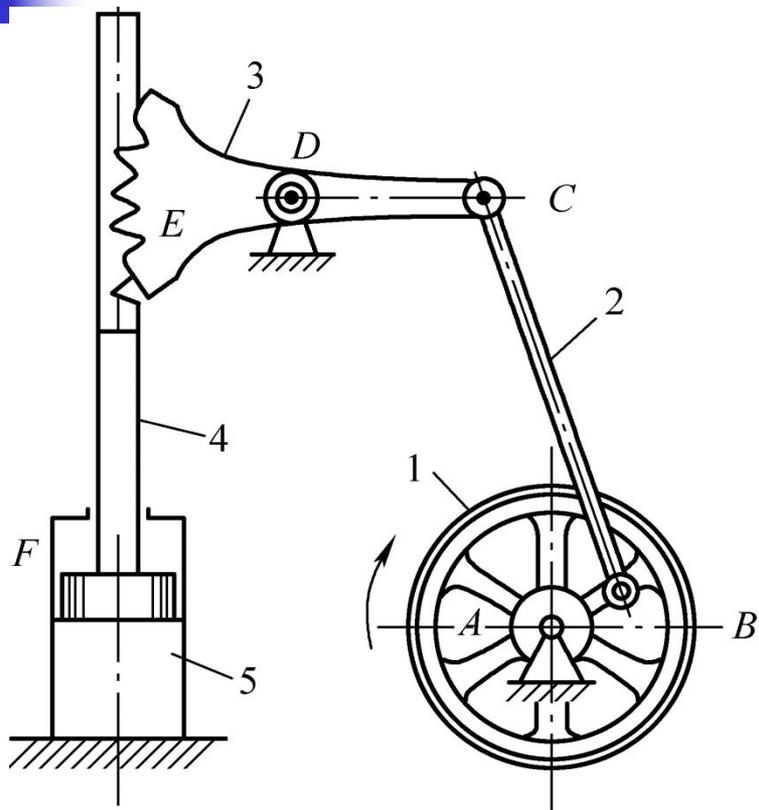
【例1-2】 绘制如图所示颚式破碎机的机构运动简图



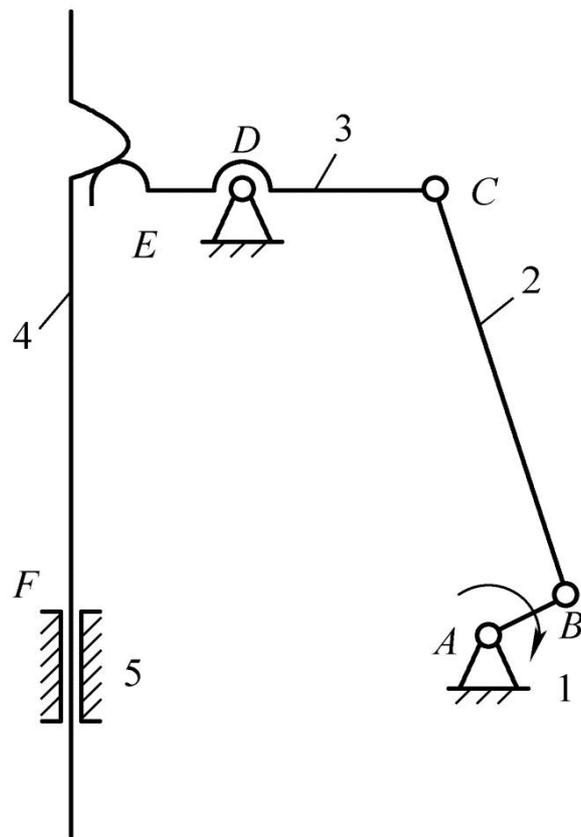
a)

b)

【例1-3】 绘制如图所示活塞泵机构的运动简图。

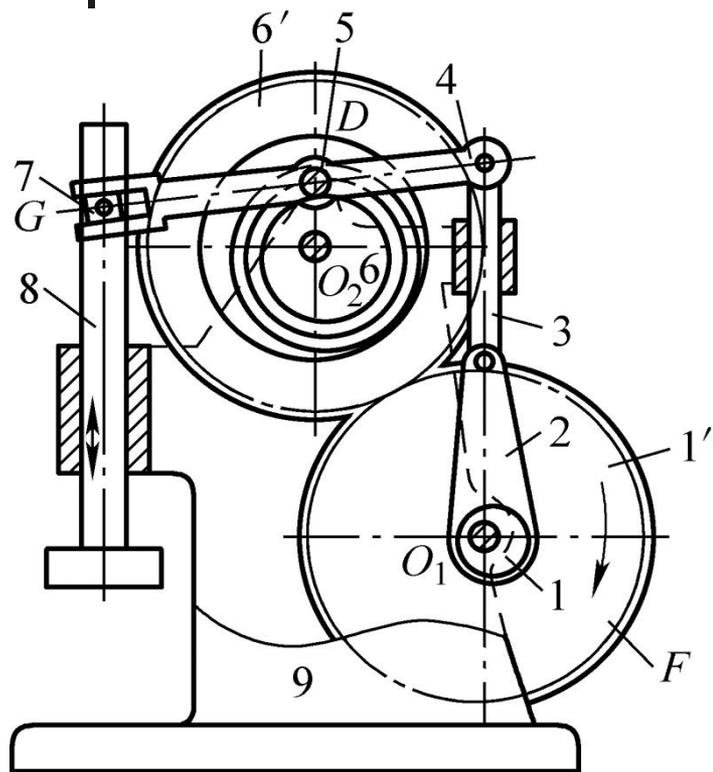


a)

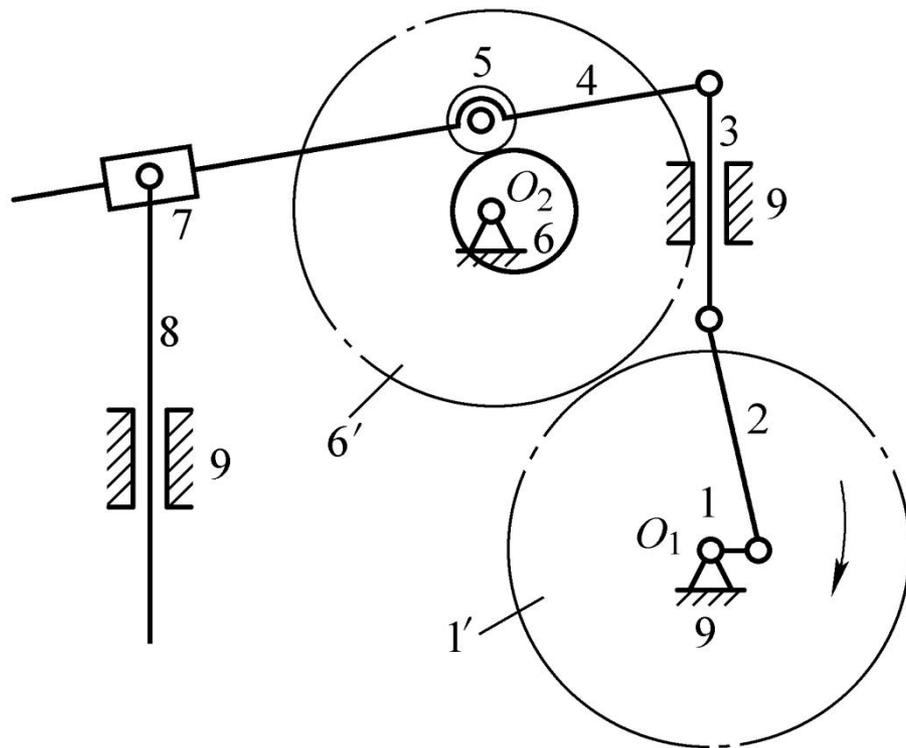


b)

【例1-4】 绘制如图所示压力机机构的运动简图。



a)



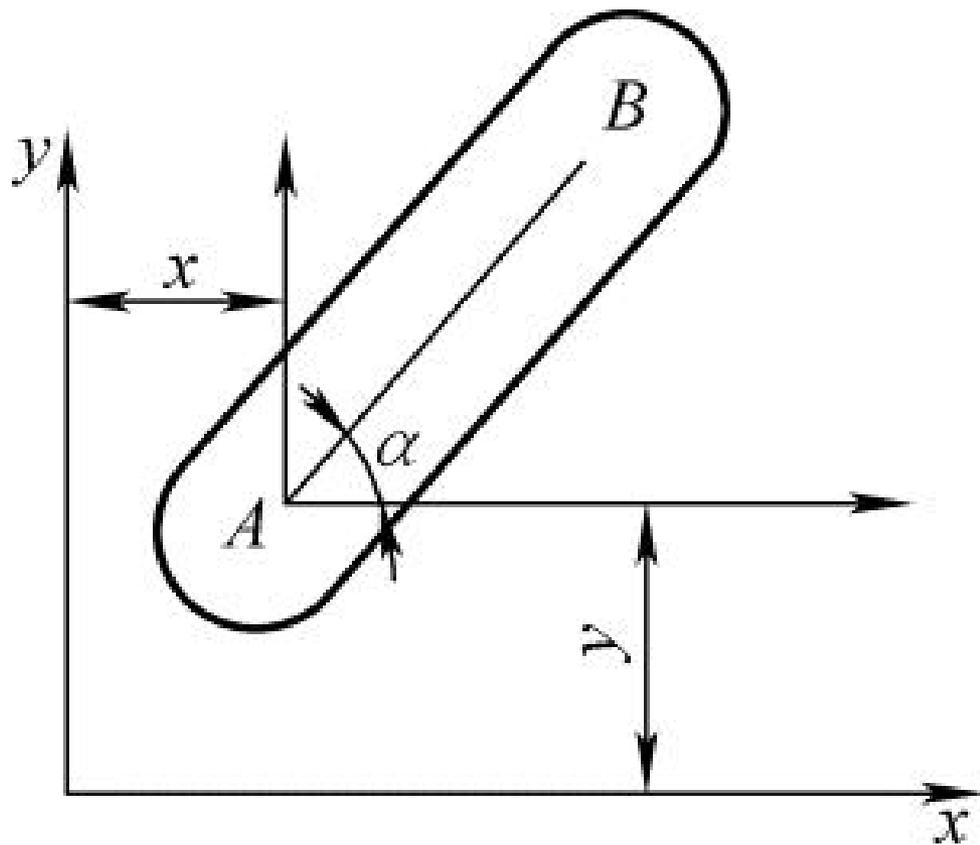
b)

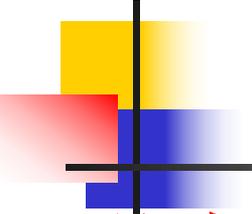
1.3 平面机构的自由度分析与计算

一、自由度与约束

构件的这种独立运动称为自由度。

作平面运动的自由构件具有三个自由度。

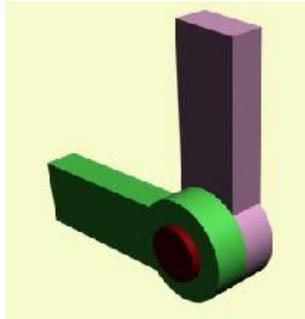




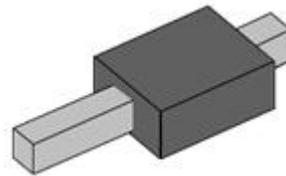
约束：对构件独立运动所加的限制称为约束。

(1) 低副限制自由度数

面接触的运动副，如转动副、移动副。



转动副

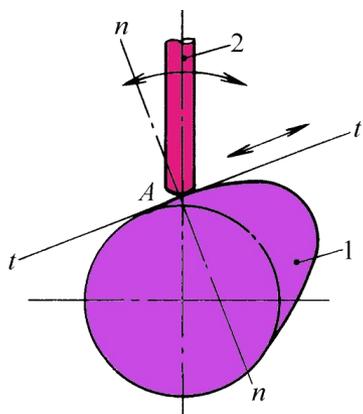


移动副

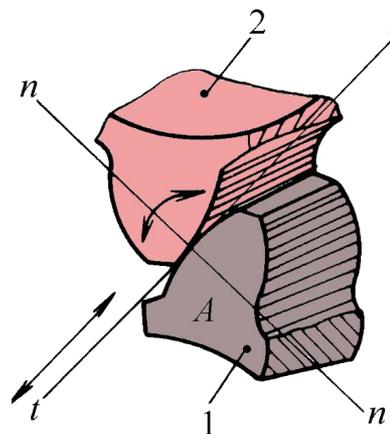
限制自由度数：2个

(2) 高副 限制的自由度数

点、线接触的运动副，如凸轮副、齿轮副。

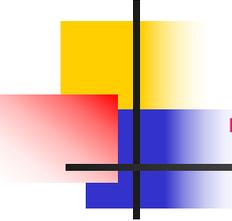


凸轮副



齿轮副

限制自由度数：1个



二 平面机构自由度的计算

1. 平面机构自由度的计算公式

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

F ——机构的自由度；

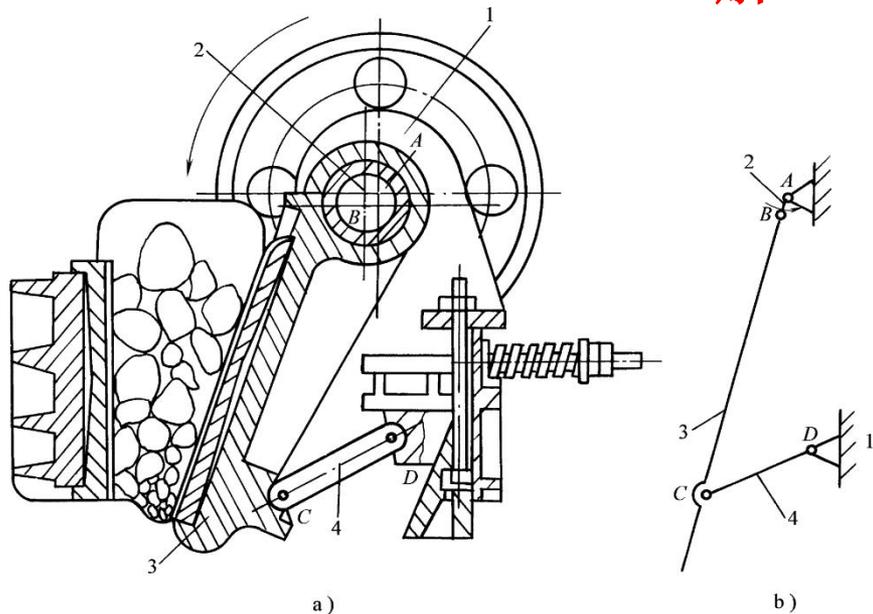
n ——活动构件数目；

P_L ——机构中低副数；

P_H ——机构中高副数；

【例1-5】 计算如图所示颚式破碎机主体机构的自由度。

解：



有三个活动构件， $n=3$ ；

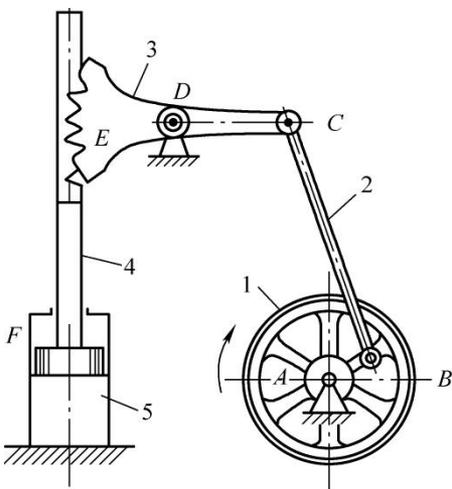
包含四个转动副， $P_L=4$ ；

没有高副， $P_H=0$ 。

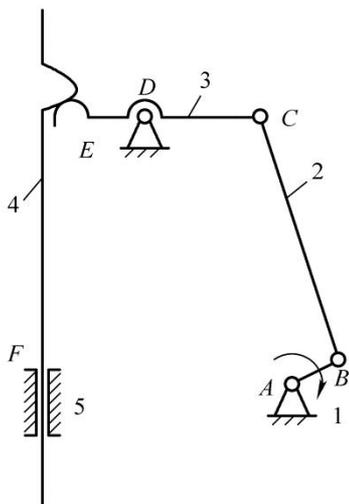
所以机构自由度

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

【例1-6】 计算如图所示活塞泵的机构自由度。



a)



b)

有四个活动构件， $n=4$ ；

包含五个转动副， $P_L=5$ ；

包含一个高副， $P_H=1$ 。

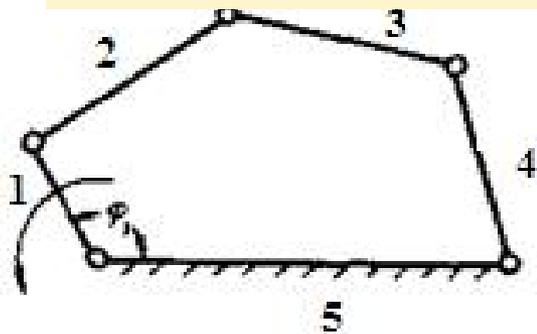
所以机构自由度

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

2. 机构具有确定运动的条件

机构具有确定运动的条件是：

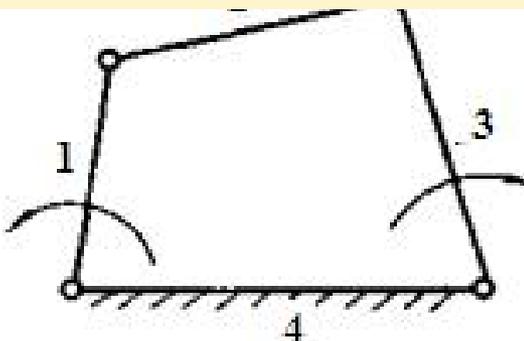
自由度大于0且机构的原动件数 W 等于自由度数 F ，即 $F=W>0$ 。



自由度：

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

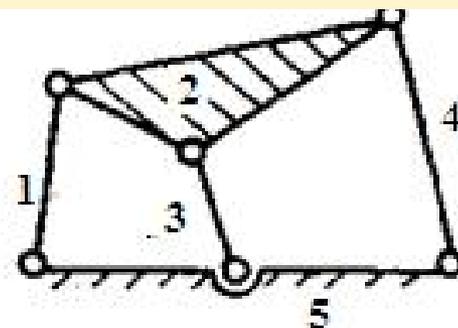
原动件数 $< F$



自由度：

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

原动件数 $> F$



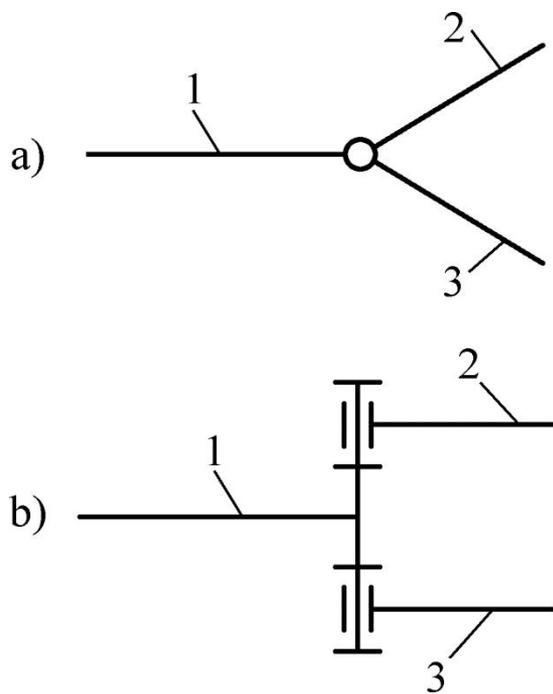
自由度：

$$F=3 \times 4 - 2 \times 6 = 0$$

$F=0$ 的构件组合

3. 计算平面机构自由度的注意事项

(1) 复合铰链



K 个构件汇交而成的复合铰链应具有 $(K-1)$ 个转动副

【例1-7】 计算图示圆盘锯主体机构的自由度。

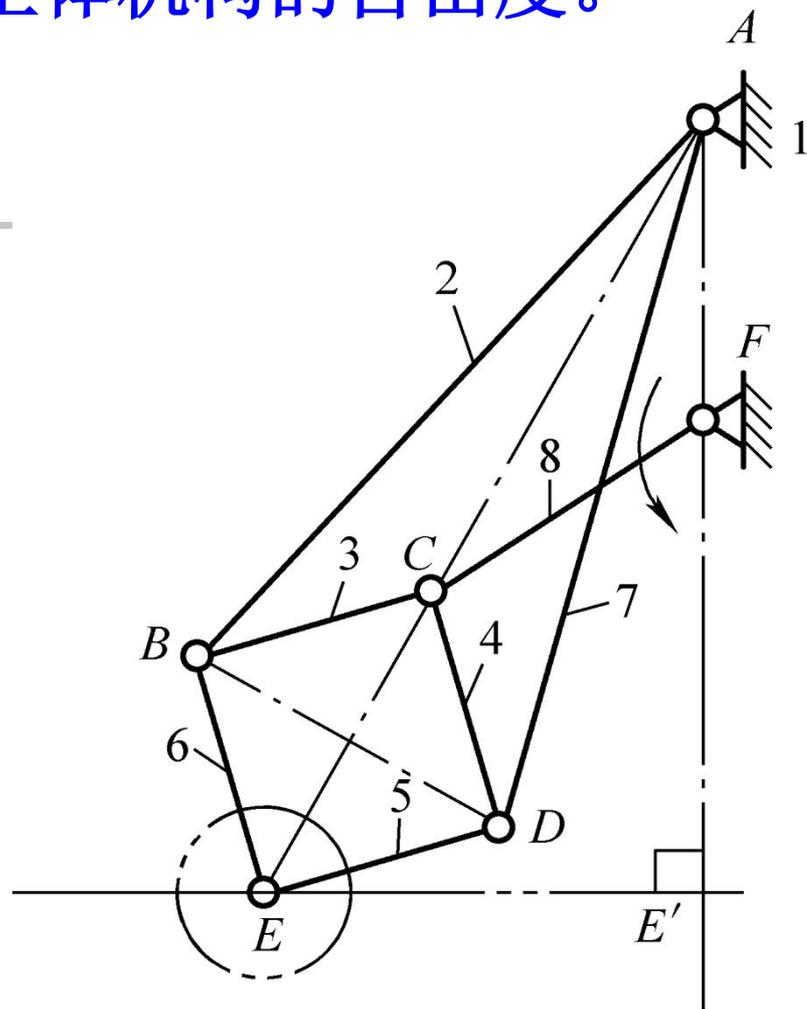
解：

$$n=7;$$

$$P_L=10;$$

$$P_H=0;$$

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



(2) 局部自由度

与输出构件运动无关的自由度称为局部自由度。

计算机构自由度时，应将局部自由度除去不计。

【例1-8】 计算所示滚子从动件凸轮机构的自由度

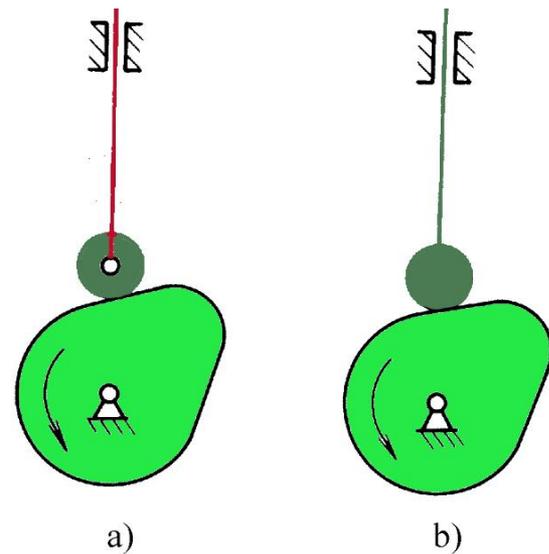
解： 有局部自由度，应去除不计。

$$n=2,$$

$$P_L=2,$$

$$P_H=1,$$

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

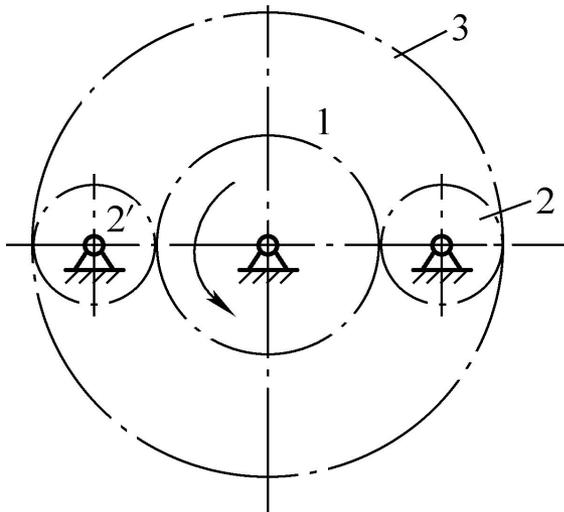


(3)、虚约束

对机构的运动起重复约束作用的约束，称为虚约束。
计算机构自由度时，应除去不计。

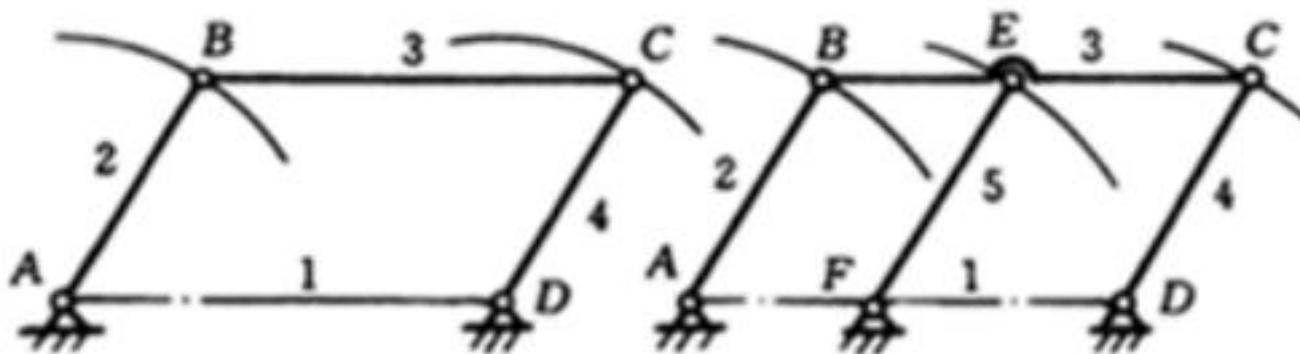
常见虚约束：

1) 机构中对传递运动不起独立作用的对称部分

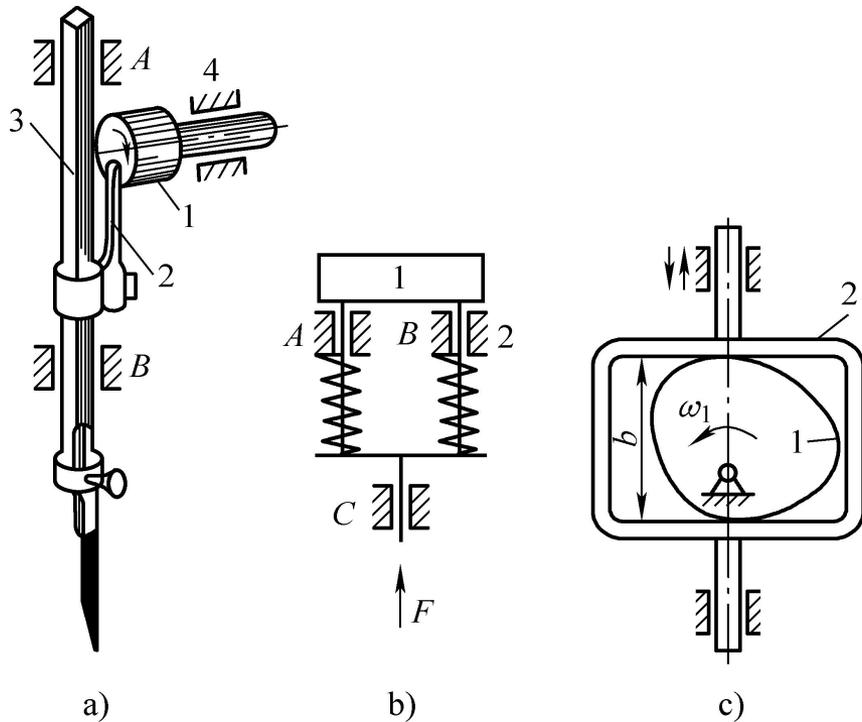


两个小齿轮中，有一个为虚约束。

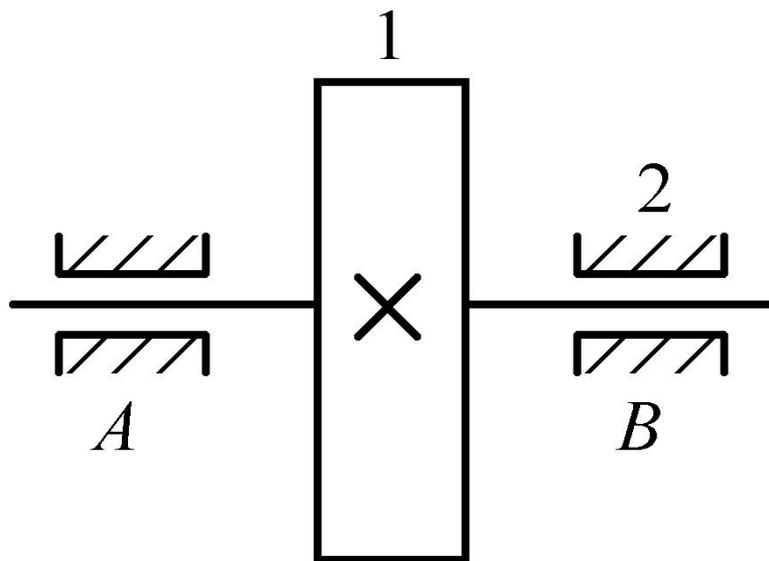
2) 两构件在联接点上运动轨迹重合。

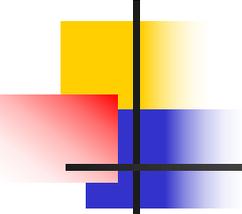


3) 两个构件之间组成多个导路平行的移动副时，只有一个移动副起作用，其余都是虚约束。



4) 两个构件之间组成多个轴线重合的转动副时，只有一个转动副起作用，其余都是虚约束。



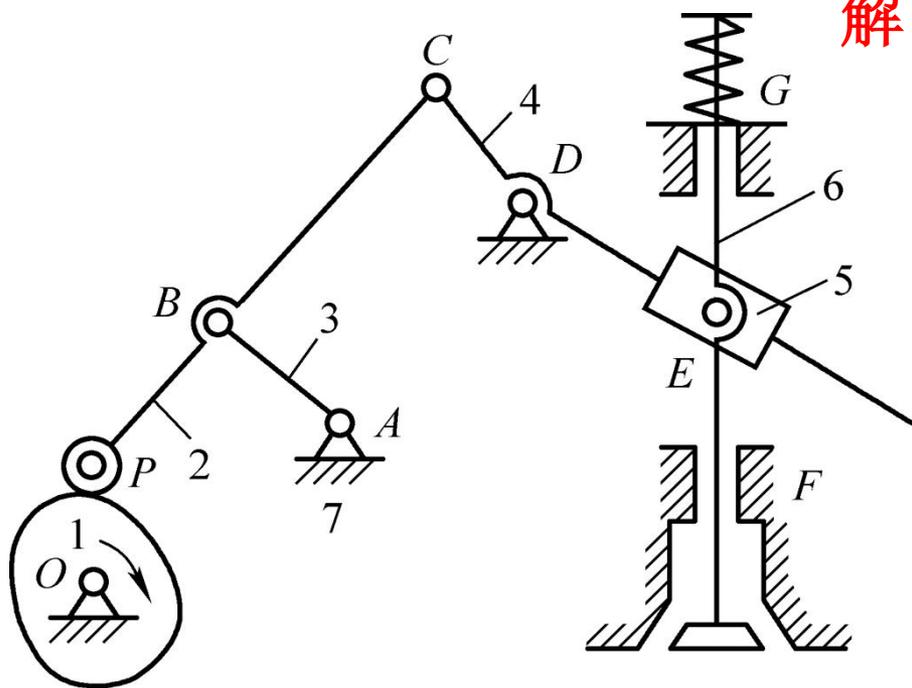


要特别指出：

机构中的虚约束都是在特定几何条件下出现的，如果这些几何条件不能满足，则虚约束就会成为实际有效的约束，从而使机构卡住不能运动。

在计算平面机构自由度时，必须考虑是否存在复合铰链，并将局部自由度和虚约束除去不计，才能得到正确的结果。

【例1-9】 试计算图中发动机配气机构的自由度。



解：

$$n=6,$$

$$P_L=8,$$

$$P_H=1,$$

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

【例1-10】 试计算如图所示大筛机构的自由度，并判断它是否有确定的运动。

解：

$$n=7;$$

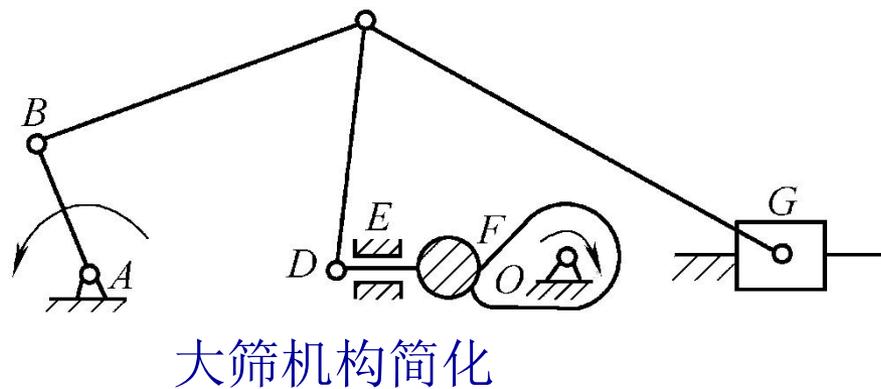
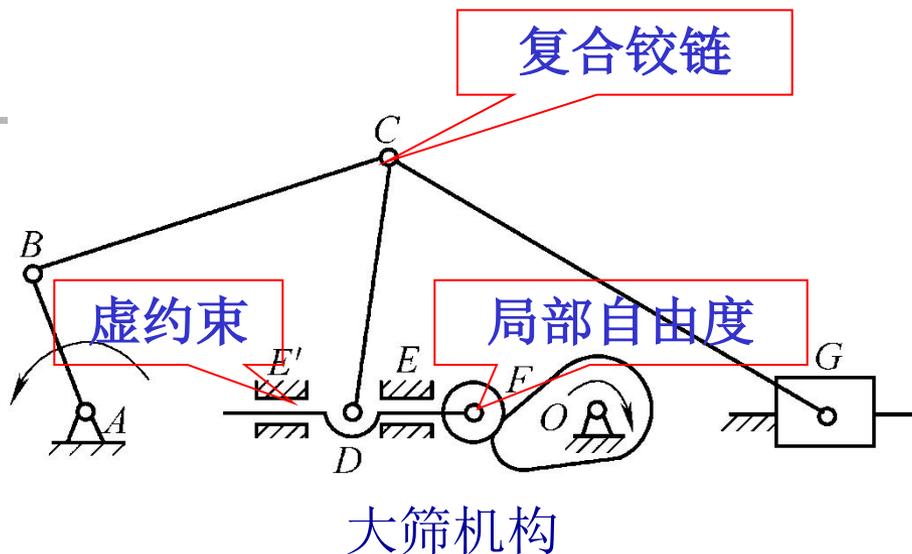
$$P_L=9;$$

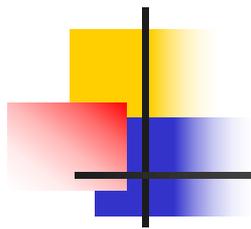
$$P_H=1;$$

$$F=3 \times 7 - 2 \times 9 - 1$$

$$=2$$

原动件数 = $F > 0$
机构有确定运动





END