

专业课强化精讲课程

第1讲

第一章 绪论

第二章 机械设计概述

第一章 绪论

1. 机械的组成

机械： 机器和机构的总称

机器（三个特征）：

- ①人为的实物组合（不是天然形成的）；
- ②各运动单元具有确定的相对运动；
- ③能用来代替人们的劳动去实现机械能与其他形式能之间的转换或做有用的机械功。

机构： 有①②两特征。

机器和机构最明显的区别是：

机器能作有用功，而机构不能，机构仅能实现预期的机械运动。

两者之间也有联系，机器是由几个机构组成的系统，最简单的机器只有一个机构。

2. 机械的组成：

- 1) 原动机：机械动力的来源
- 2) 工作机：能完成机械预期的动作
- 3) 传动部分：把原动机的运动和功率传递给工作机的中间环节
- 4) 自动控制部分

第二章 机械设计概述

一、机械零件的主要失效形式和设计计算准则

机械零件的失效形式

失效——零件丧失正常工作能力或达不到设计要求性能

失效形式：强度失效、刚度失效、磨损失效、振动、

噪声失效、精度失效、可靠性失效

机械零件的计算准则

工作能力——零件不发生失效时的安全工作限度

计算准则——以防止产生各种可能失效为目的而拟定的零件

工作能力计算依据的基本原则

1、强度准则

零件在载荷作用下抵抗破坏的能力

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\lim}}{S_{\sigma}} \quad \sigma_{\lim} (\tau_{\lim}) \begin{cases} \sigma_B (\tau_B) - \text{脆性材料} \\ \sigma_S (\tau_S) - \text{塑性材料} \\ \sigma_Y (\tau_Y) - \text{疲劳极限} \end{cases}$$
$$\tau \leq [\tau] = \frac{\tau_{\lim}}{S_{\tau}}$$

2、刚度准则

零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力

$$y \leq [y]$$

y ——可以是挠度、偏转角或扭转角

3、耐磨性准则

作相对运动的零件其工作表面抵抗磨损的能力

$$p \leq [p] \quad pv \leq [pv]$$

4、振动和噪声准则

$$f_p < 0.85f, \quad f_p > 1.15f$$

5、热平衡准则

$$\Delta t \leq [\Delta t]$$

6、可靠性准则 系统、机器或零件在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。

二、 机械设计中的常用设计方法

机械设计类型

1. 开发性设计：没有样机可供参考的情况下，对新型机械产品进行的全新设计。
2. 适应性设计：主要功能实现原理和功能载体结构不变情况下，只对局部进行改动。比如在单缸洗衣机基础上设计双缸洗衣机。
3. 变形设计：功能原理和总体结构保持不变，仅改变产品的部分结构尺寸或一些技术性能参数。

机械设计方法

1、传统设计方法

(1) 经验设计：根据过去的设计、生产和使用经验以及由此总结出来的经验公式或经验数据而进行的设计。

(2) 类比设计：与同类型的机器在功能和性能等方面对比，参考同类机器来进行设计。

(3) 半经验设计：人们在长期的设计、生产和使用实践中总结出来一些设计理论和经验公式并获得了一些实验数据，据此而进行的设计。又称理论设计。

设计手段上：利用最新计算机技术

2、现代设计方法

现代广义设计和分析科学方法的统称

设计思想上：强调创新设计、动态设计

设计方法上：采用更加科学、理性和系统的设计方法

专业课强化精讲课程

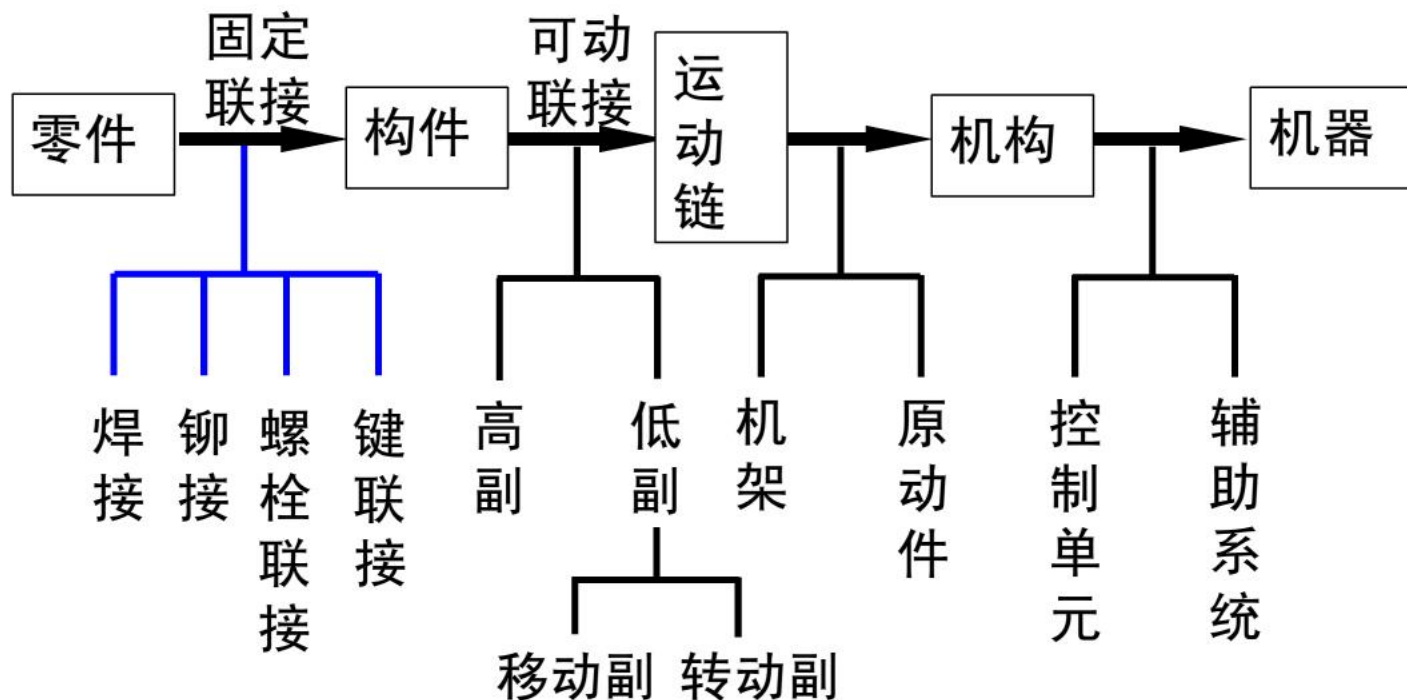
第1讲

第三章 机械运动设计与分析基础知识（一）

第三章 机械运动设计与分析基础知识

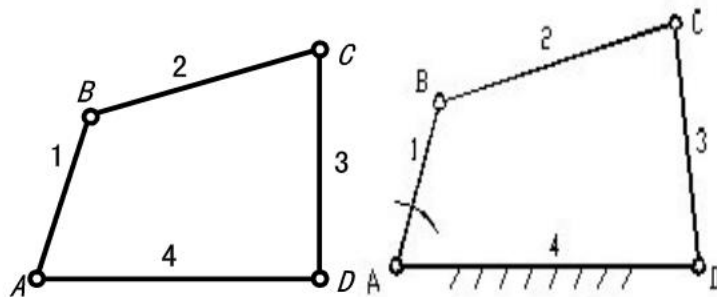
一、机构的组成及组成要素

机构的组成要素就是构件和运动副



运动链成为机构的条件

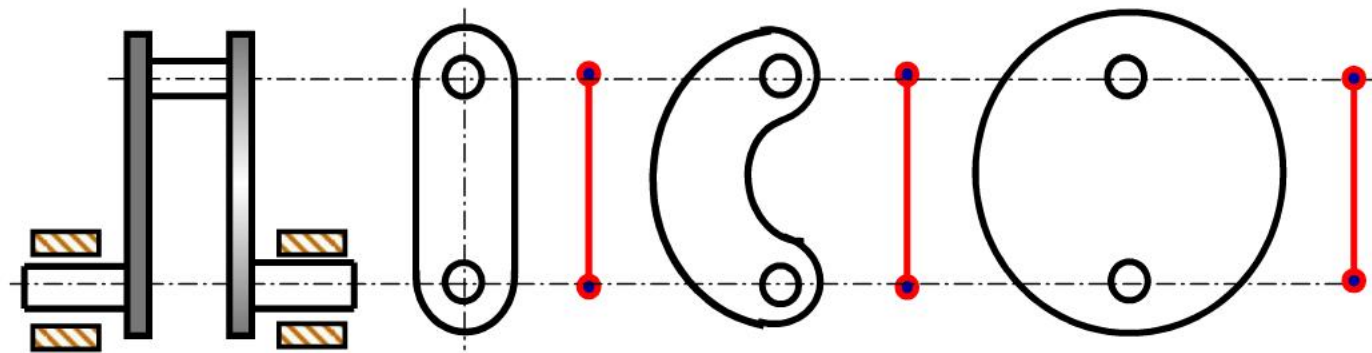
- (1) 将运动链中的一个构件固定为机架；
- (2) 必须有原动件。



二、机构运动简图

机构运动简图是研究运动的模型

机构的真实运动仅与机构中的运动副的组成情况（转动副、移动副及高副等）和机构的运动尺寸（由各运动副的相对位置确定的尺寸）有关，而与机构的外形尺寸等因素无关。



机构运动简图和机构示意图的区别：

机构运动简图：指根据机构的运动尺寸，按一定的比例尺定出各运动副的位置，并用国标规定的简单线条和符号代表构件和运动副，绘制出表示机构运动关系的简明图形。

➤ 机构运动简图应满足的条件：

构件数目与实际相同

运动副的性质、数目与实际相符

运动副之间的相对位置以及构件尺寸与实际机构成比例。

机构的示意图：指为了表明机构结构状况，不要求严格地按比例而绘制的简图。

➤ 机构运动简图的绘制步骤

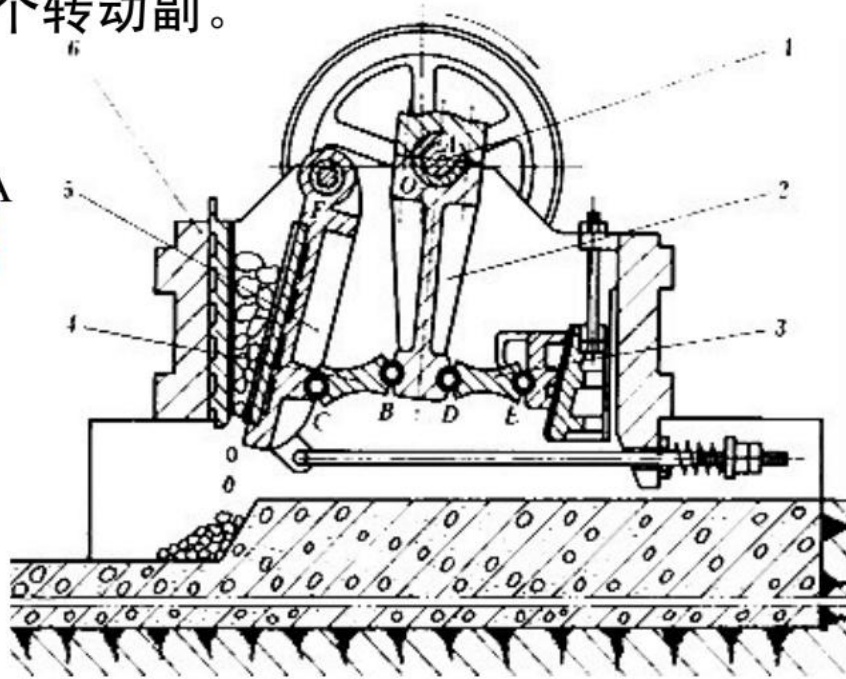
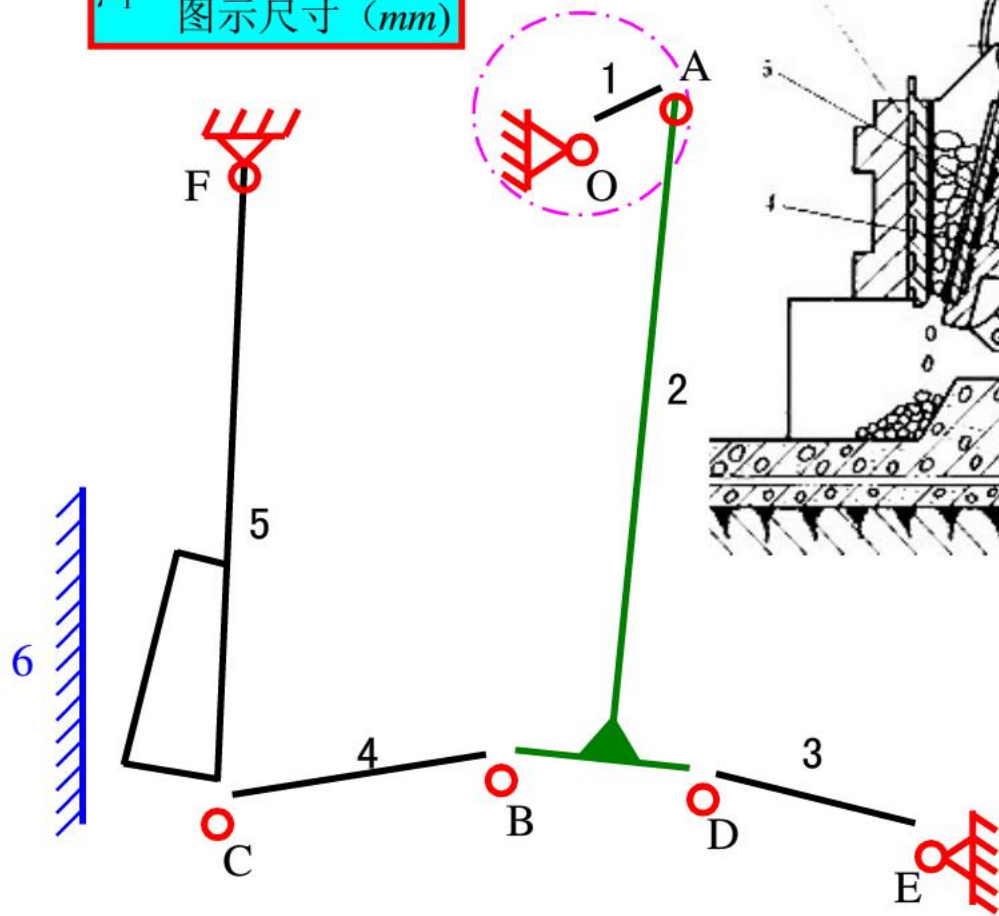
$$\mu_1 = \frac{\text{实际尺寸 (m)}}{\text{图示尺寸 (mm)}}$$

- 1) 分清构件。分析机构的组成和运动，首先分清机架和主动件，然后寻传动路线逐个分清各从动件，并依次将个构件标上数字编号；
- 2) 判定各运动副类型；
- 3) 选择合理的视图平面和主动件位置，测量机构的运动尺寸；
- 4) 绘制机构运动简图。

现以颚式破碎机为例，具体说明机构运动简图的绘制步骤。

分析：该机构有6个构件和7个转动副。

$$\mu_1 = \frac{\text{实际尺寸 (m)}}{\text{图示尺寸 (mm)}}$$



三、平面机构自由度的计算

机构的自由度——机构具有确定运动所必须给定的独立运动的数目。

平面自由构件：3个自由度

平面低副：引入2个约束

平面高副：引入1个约束

假设平面机构有 n 个 活动构件：
 $3n$ 个自由度

有 P_l 个低副和 P_h 个高副：

引入 $(2P_l + P_h)$ 约束

平面机构的自由度

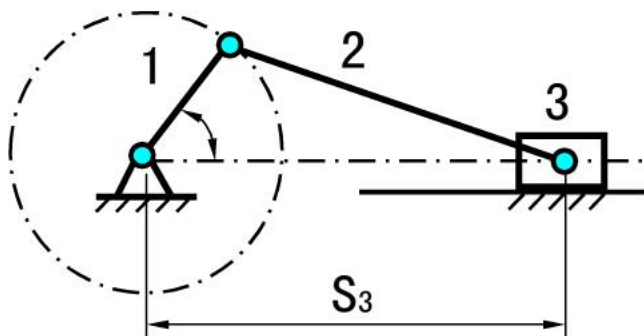
$$\begin{array}{ccccccc} \text{机构自由度数} & = & \text{构件总自由度} & - & \text{低副约束数} & - & \text{高副约束数} \\ F & = & 3 \times n & - & 2 \times P_l & - & 1 \times P_h \end{array}$$

例题 计算曲柄滑块机构的自由度。

解：活动构件数 $n = 3$

低副数 $P_L = 4$

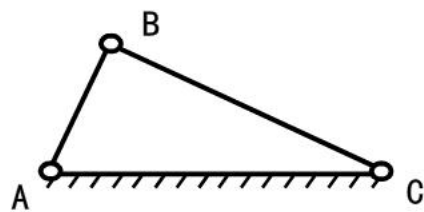
高副数 $P_H = 0$



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 4 \\ &= 1 \end{aligned}$$

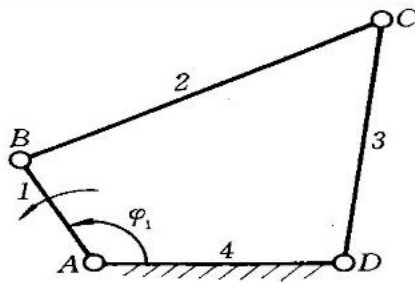
$$F = 3n - (2P_L + P_H) = 3n - 2P_L - P_H \left\{ \begin{array}{l} > 0 \text{ 可以运动, 可能成为机构。} \\ = 0 \text{ 不能运动, 为桁架结构。} \\ < 0 \text{ 不能运动, 为超静定结构。} \end{array} \right.$$

问题：当运动链满足什么条件才能具有确定运动而成为机构？



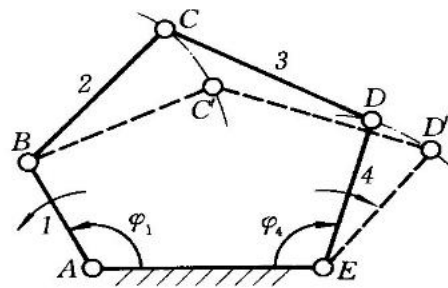
$$F = 3n - 2P_l - P_h$$

$$= 3 \times 2 - 2 \times 3 - 0 = 0$$



$$F = 3n - 2P_l - P_h$$

$$= 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$



$$F = 3n - 2P_l - P_h$$

$$= 3 \times 4 - 2 \times 5 - 0 = 2$$

给定一个独立运动参数，其余构件有确定运动。

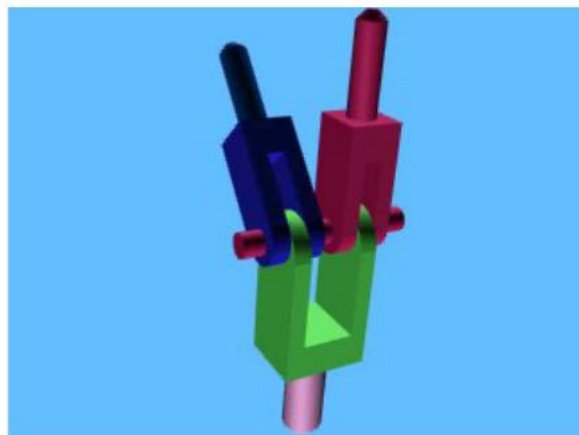
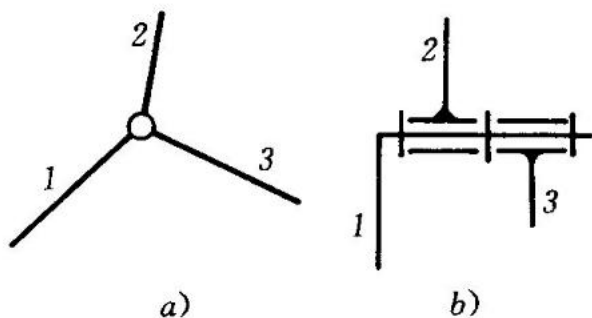
2) 运动链具有确定运动而成为机构的条件

- 1) 运动链有机架；
- 2) 运动链自由度数应大于零 ($F > 0$)
- 3) 原动件数应等于运动链的自由度数 (自由度 = 原动件数)。

计算机构自由度应注意的事项

1) 复合铰链

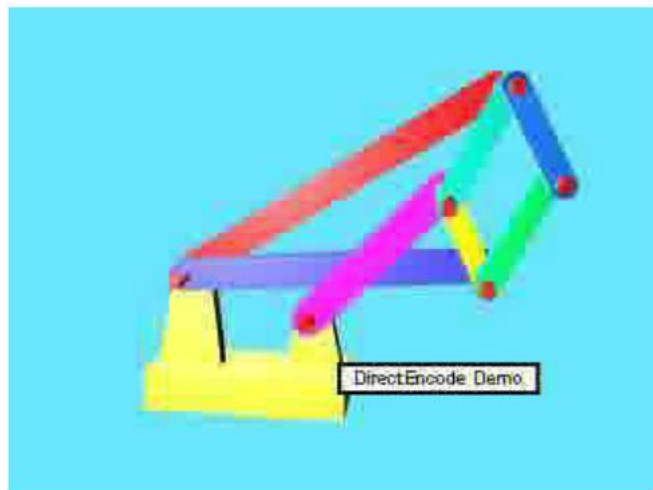
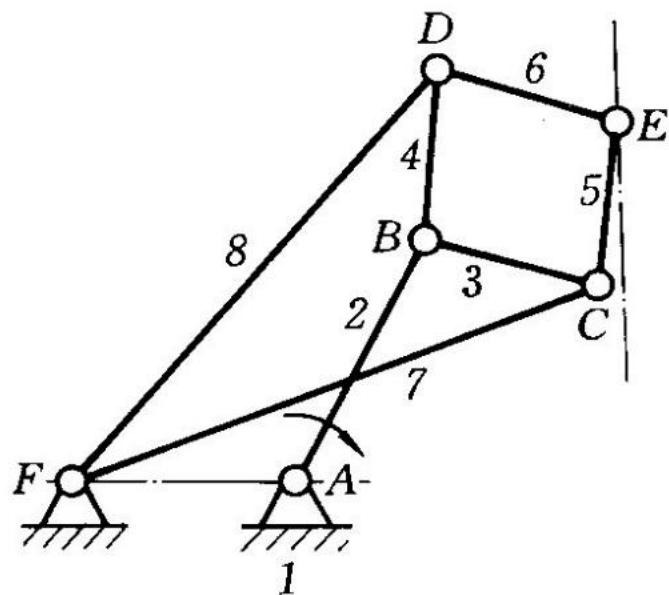
——两个以上构件同在一处以转动副相联接。



m 个构件以复合铰链联接所构成的转动副数为 $(m-1)$ 个。

注意：复合铰链只存在于转动副中。

例 试计算图示圆盘锯机构的自由度。



$$n = 7$$

$$P_l = 10$$

$$P_h = 0$$



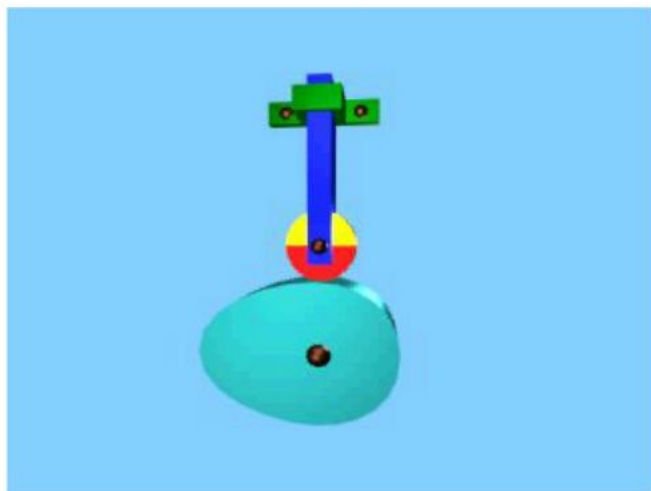
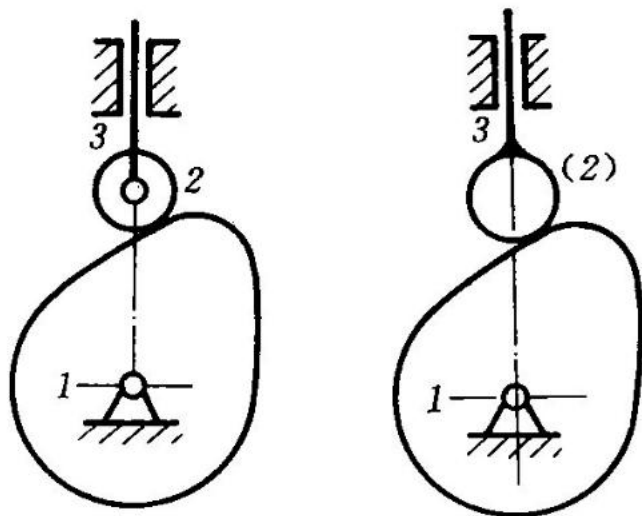
$$F = 3n - 2P_l - P_h$$

$$= 3 \times 7 - 2 \times 10 - 0$$

$$= 1$$

2) 局部自由度 F'

——构件所具有的与其他构件运动无关的局部运动。



$$n = 3, P_l = 3, P_h = 1$$

$$F = 3n - 2P_l - P_h$$

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

$$= 2$$

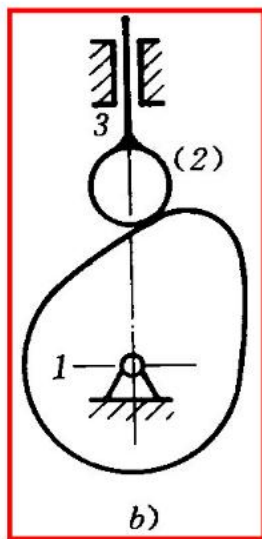
局部自由度一般存在于高副中。

注意：计算机构自由度时，应将局部自由度除去不计。

去除局部自由度应采取的措施：

(1) 设想将滚子与安装滚子的构件焊成一体，预先排除局部自由度，再计算机构自由度——刚化法。

(2) 直接从机构自由度计算公式中减去局部自由度的数目 F' 。



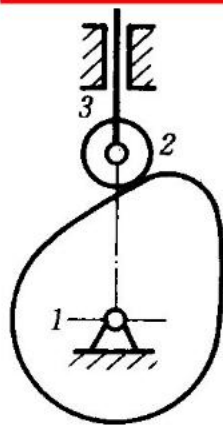
$$n = 2, P_l = 2, P_h = 1$$

$$F = 3n - 2P_l - P_h$$

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

$$= 1$$

$$n = 3, P_l = 3, P_h = 1, F' = 1$$



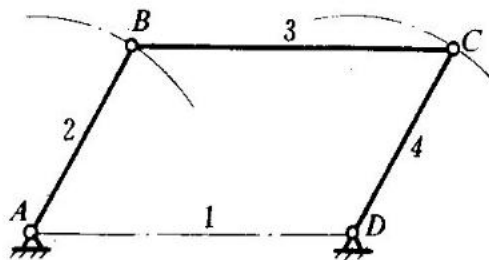
$$F = 3n - 2P_l - P_h - F'$$

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

$$= 1$$

虚约束P'

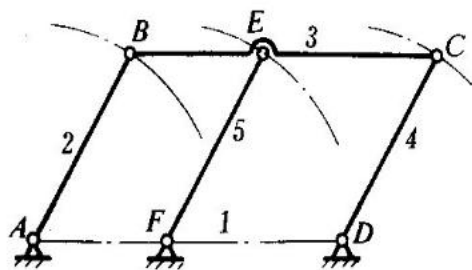
——为改善构件的受力状态、刚度、强度等所引入的约束，不起独立的约束作用。



$$F = 3n - 2p_l - p_h$$

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

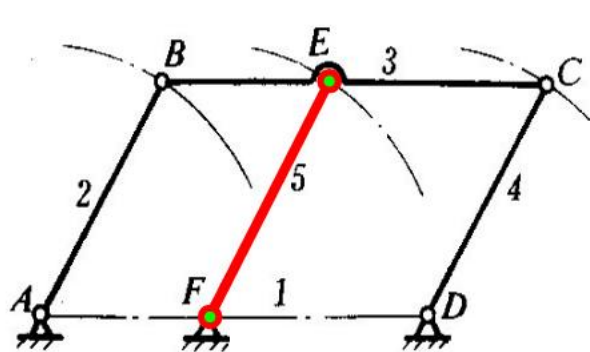
$$0 = 1$$



~~$$F = 3n - 2p_l - p_h$$~~

~~$$= 3 \times 4 - 2 \times 6 -$$~~

~~$$0 = 0$$~~



分析：E₃和E₅点的轨迹重合，引入一个虚约束

正确计算：

$$F = 3n - 2P_l - P_h + P'$$

$$= 3 \times 4 - 2 \times 6 - 0 + 1 = 1$$

注意：计算机构自由度时，应将虚约束除去不计。

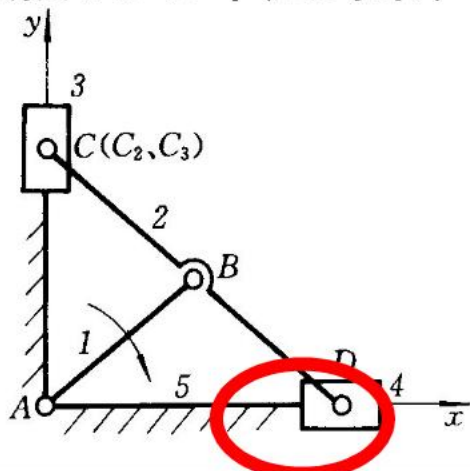
去除虚约束应采取的措施：

(1) 不预先排除虚约束，将因虚约束而减少的自由度 P' 再加上。即： $F = 3n - 2P_l - P_h + P'$

(2) 预先排除虚约束，即将引起虚约束的附加构件和与此构件相关的运动副去除。自由度计算公式仍为 $F = 3n - 2P_l - P_h$

虚约束常出现的情况：

(1) 如果转动副联接的是两构件上运动轨迹相重合的点，则该联接引入1个虚约束；



正确计算：

➤ 将因虚约束而减少的自由度再加上。

$$F = 3n - 2P_l - P_h + P'$$

$$= 3 \times 4 - 2 \times 6 - 0 + 1 = 1$$

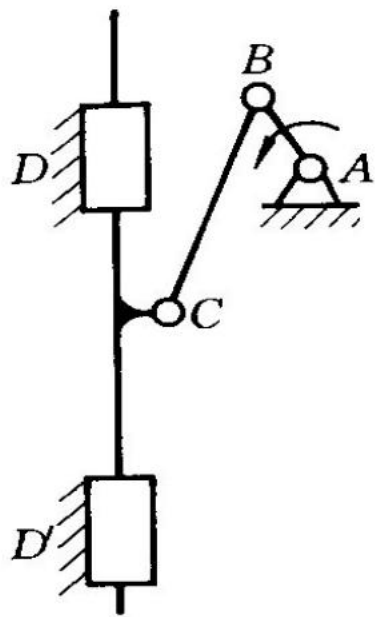
➤ 不计引起虚约束的附加构件和运动副数。

$$F = 3n - 2P_l - P_h$$

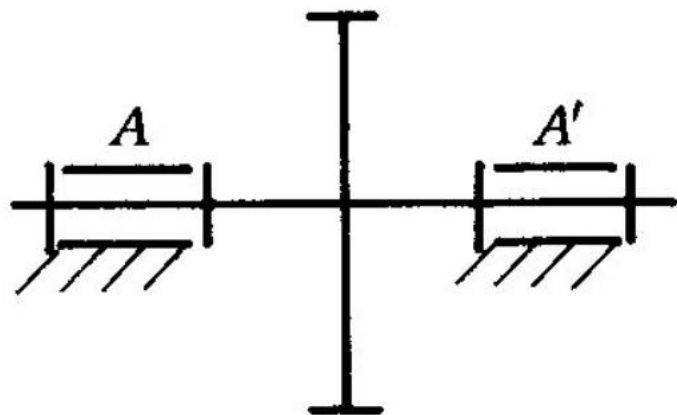
$$= 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$



(2) 两构件在几处接触而构成运动副



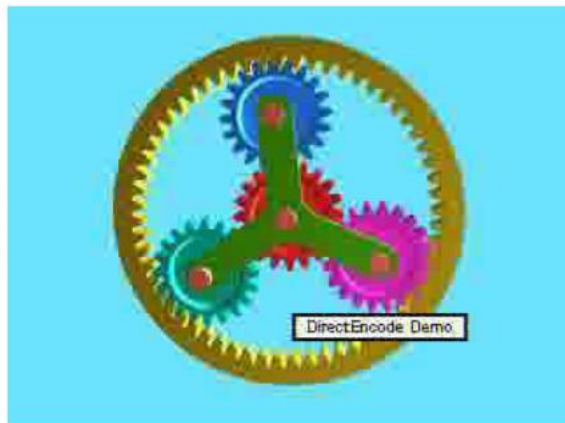
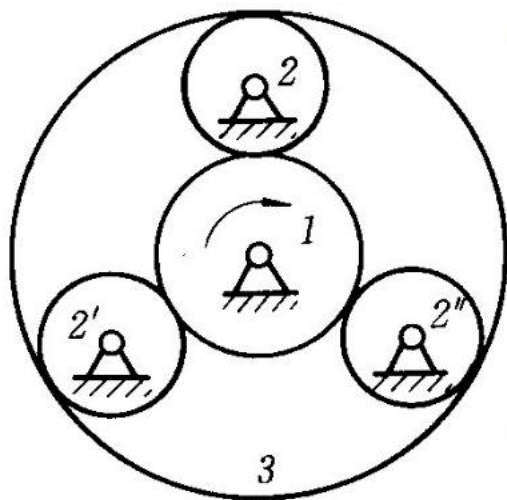
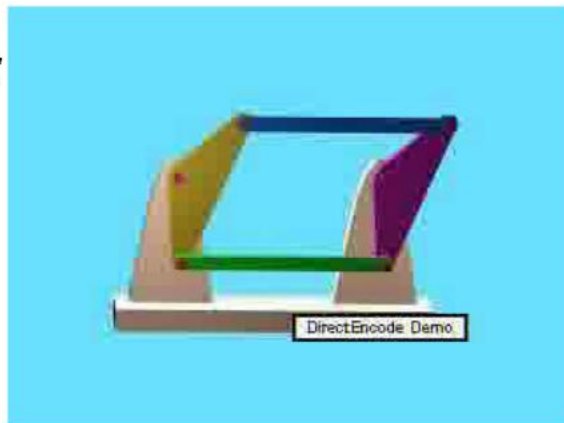
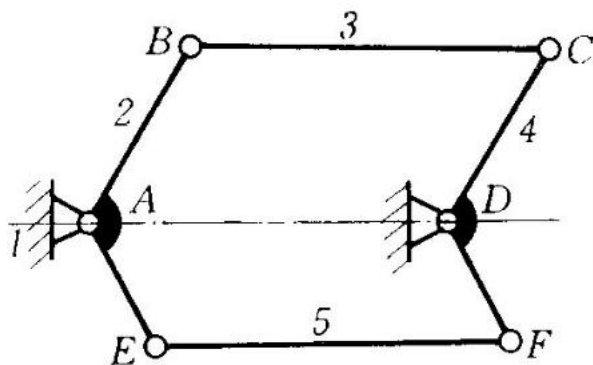
▲两个构件组成在几处构成转动副且各转动副的轴线是重合的。



▲两构件在几处接触而构成移动副且导路互相平行或重合。

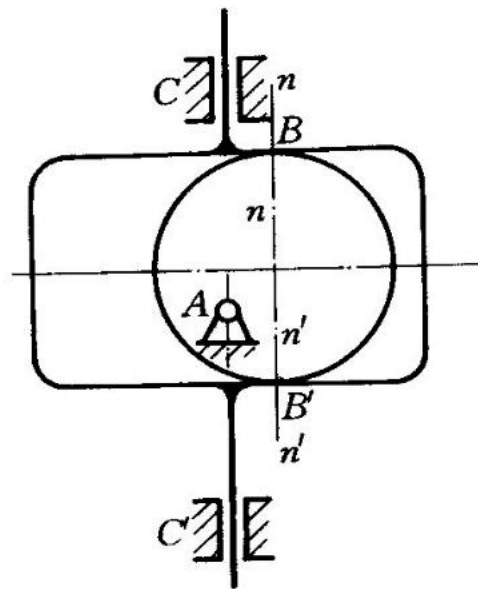
只有一个运动副起约束作用，其它各处均为虚约束。

3. 若两构件上某两点的距离始终保持不变, 也将带入1个虚约束。

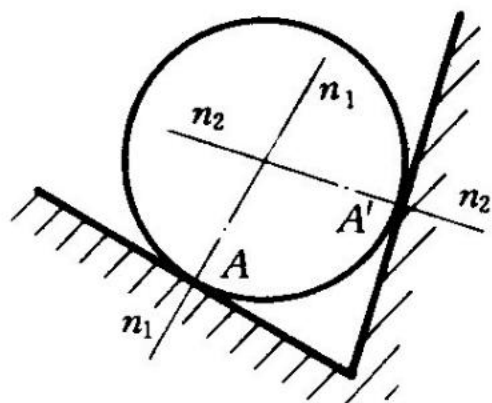


4. 某些不影响机构运动的对称部分或重复部分所带入的约束为虚约束。

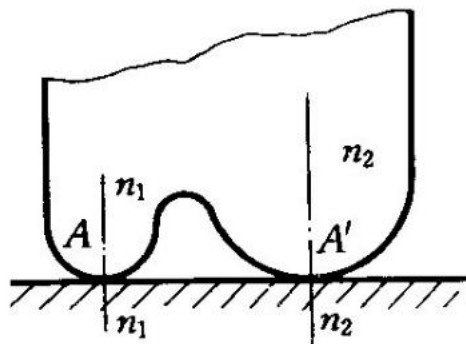
5. 若两构件在多处相接触构成平面高副，且各接触点处的公法线重合，则只能算一个平面高副。若公法线方向不重合，将提供各2个约束。



有一处为虚约束



此两种情况没有虚约束



公共约束

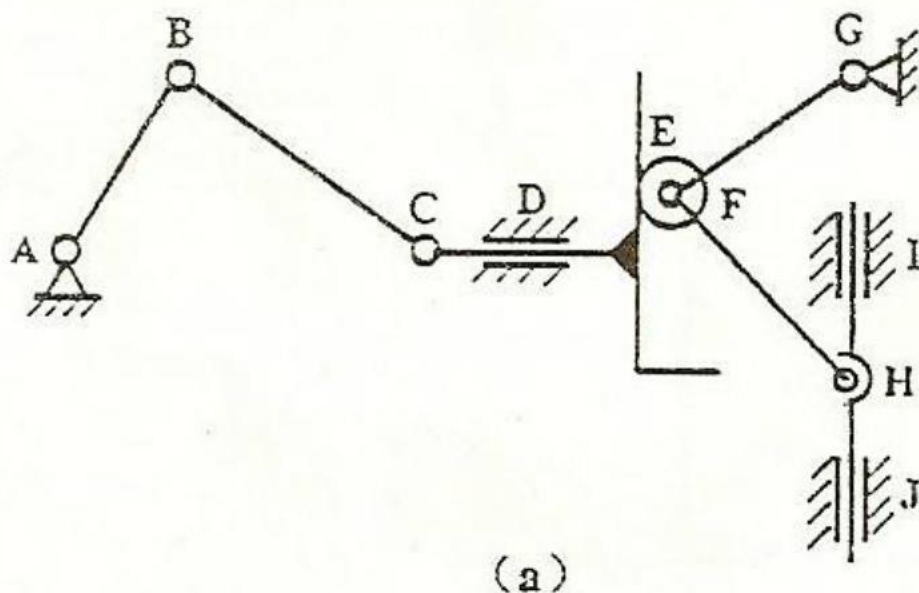
楔块机构：

连接各构件的都是移动副，在这样的特殊组合下，所有的构件都失去了转动的可能性，也就是对每个构件都施加了一个公共约束，所以此机构中每个自由构件所具有的自由度数不再是3，二是2. 同理，原来组成移动副所引入的两个约束中，有一个（转动约束）与公共约束相重复而不应予以考虑，因此，此机构中的每个移动副只引入一个约束。

$$F = (3-1)n - (2-1)P$$

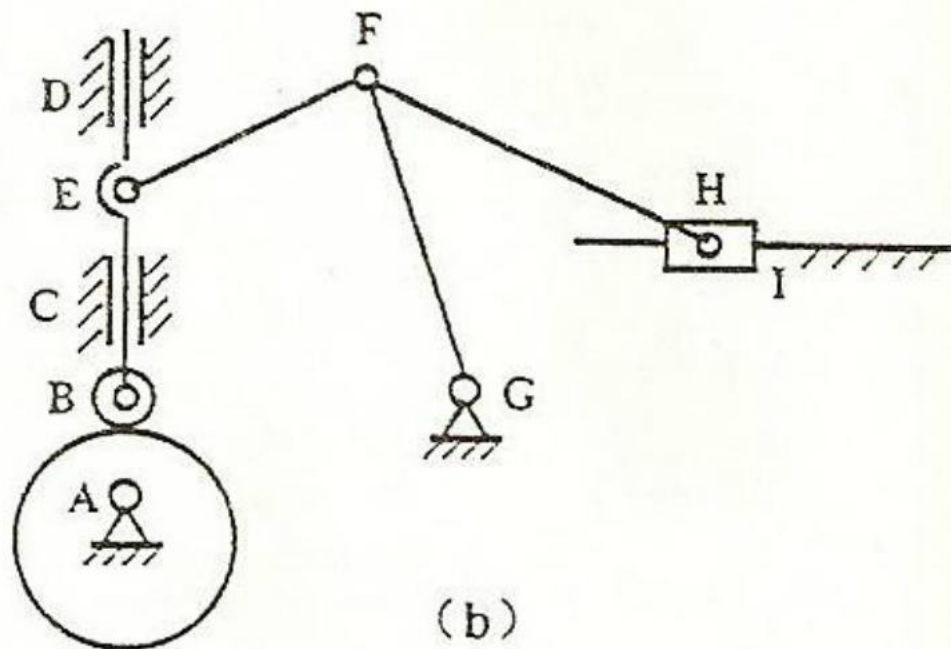
其中n是活动构件数，P为移动副个数

习题：计算图示机构的自由度。若有复合铰链、局部自由度和虚约束，应加以说明。



解：I和J处有虚约束，滚轮处有局部自由度。F处有复合铰链。

$$F = 3n - 2P_l - P_h = 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$



解：C和D处有虚约束，滚轮处有局部自由度。F处有复合铰链。

$$F = 3n - 2P_l - P_h = 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$