

第2章 平面机构的结构分析

n 平面机构：所有构件均在同一平面或相互平行的平面内运动的机构。

n 空间机构：所有构件不在同一平面或相互平行的平面内运动的机构。

第2章

平面机构的结构分析

§ 2.1 构件和运动副

§ 2.2 平面机构运动简图

§ 2.3 平面机构的自由度

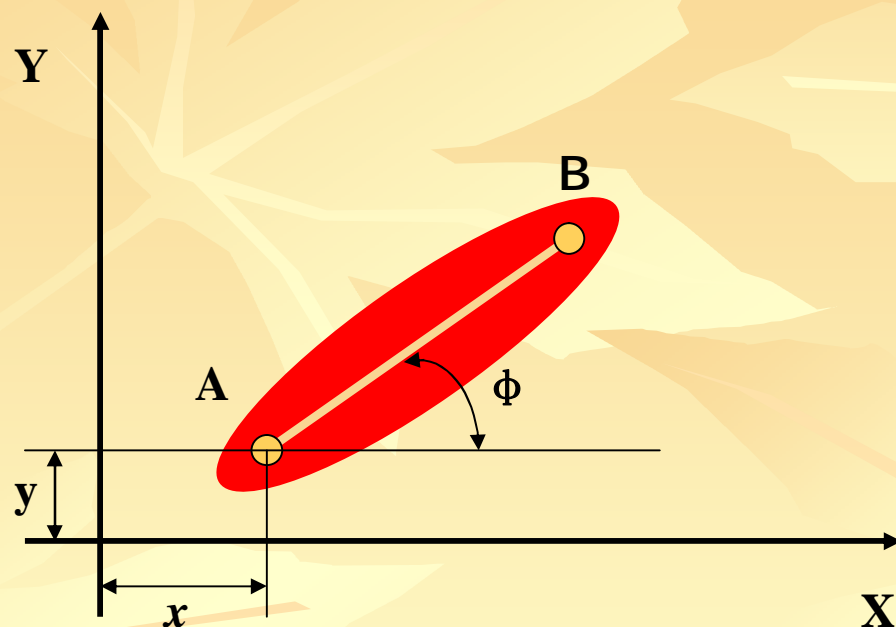
§ 2.1 构件和运动副

一、自由度

二、构件及其分类

三、运动副及其分类

自由度：物体可能的独立运动数。



没有任何约束的物体具有3个自由度。

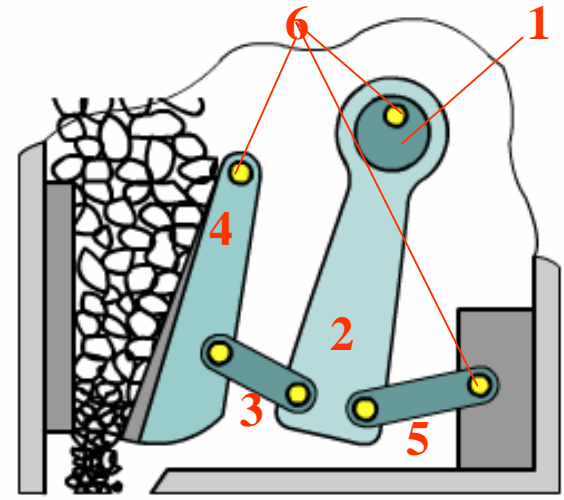
构件及其分类

构件——运动的单元体。

构件分为三类：

- 1、原动件：作用有驱动力或驱动力矩，且运动规律已知的构件。
- 2、从动件：随原动件运动的其它活动构件。
- 3、机架：固定不动的构件，起支承其他构件运动的作用。

注意：机构中必须且只有一个机架。



运动副及其分类

运动副：两构件直接接触，又能产生相对运动的连接。

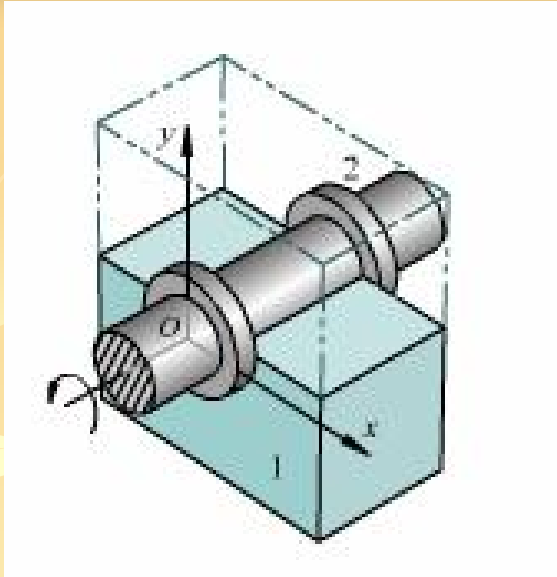
低副：两构件通过面接触构成的运动副。

转动副：构成运动副的两构件只能绕一点相对转动。也称铰链。

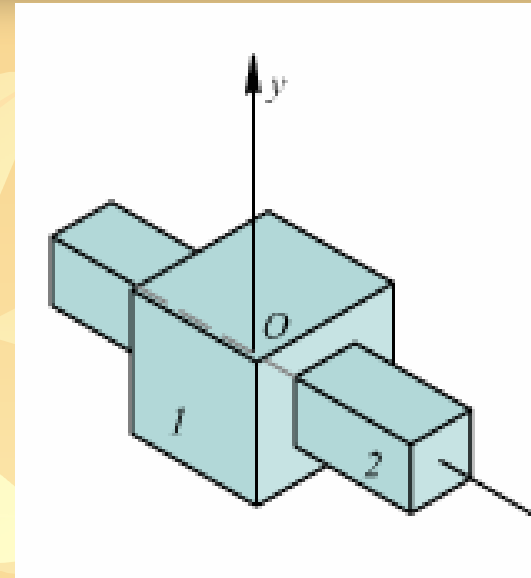
移动副：构成运动副的两构件只能沿一条线相对移动。

高副：两构件通过点、线接触构成的运动副。

转动副



移动副



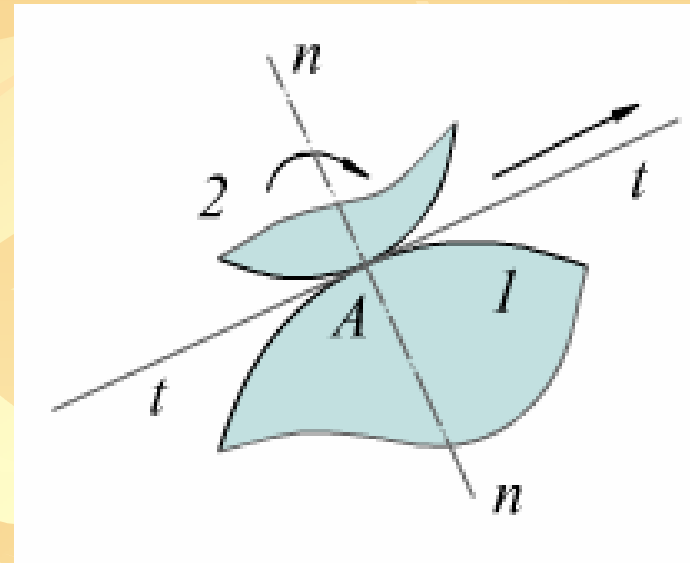
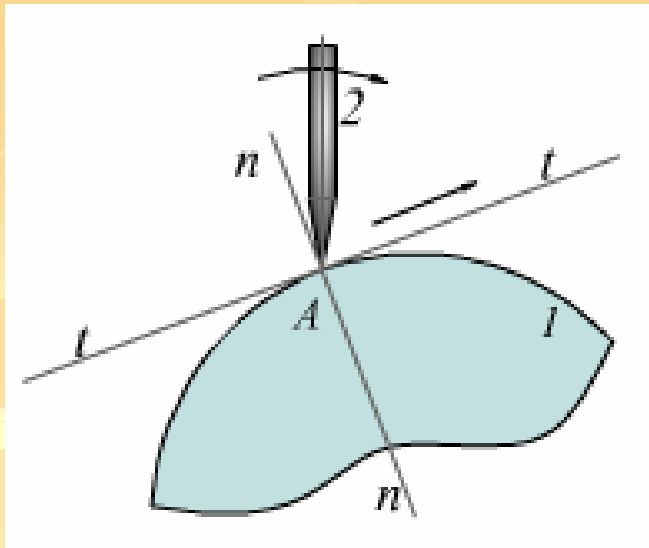
转动副

约束沿x方向的自由度，沿y方向的自由度；
保留绕O点转动的自由度。

移动副

约束沿y方向的自由度，绕O点转动的自由度；
保留沿x方向的自由度。

高副



高副

约束沿法线 $n-n$ 方向的自由度，；
保留沿切线 $t-t$ 方向的自由度，绕 A 点转动的自由度。

§ 2.2 平面机构运动简图

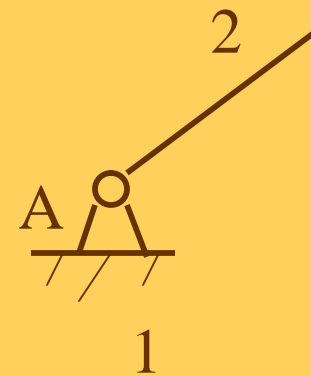
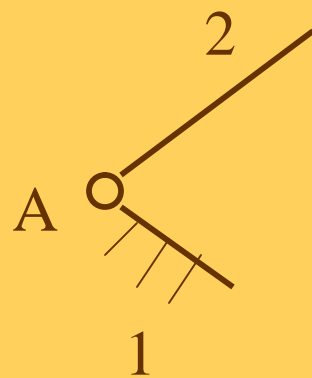
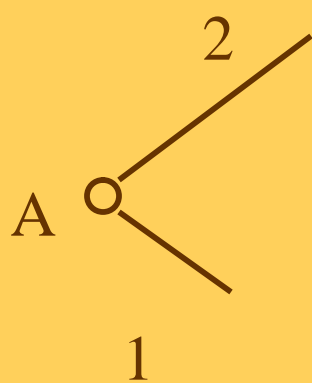
机构运动简图 —— 用国标规定的简单符号和线条代表运动副和构件，并按一定比例尺表示机构的运动尺寸，图形简明且与原机械具有完全相同的运动特性。

一、运动副表示法

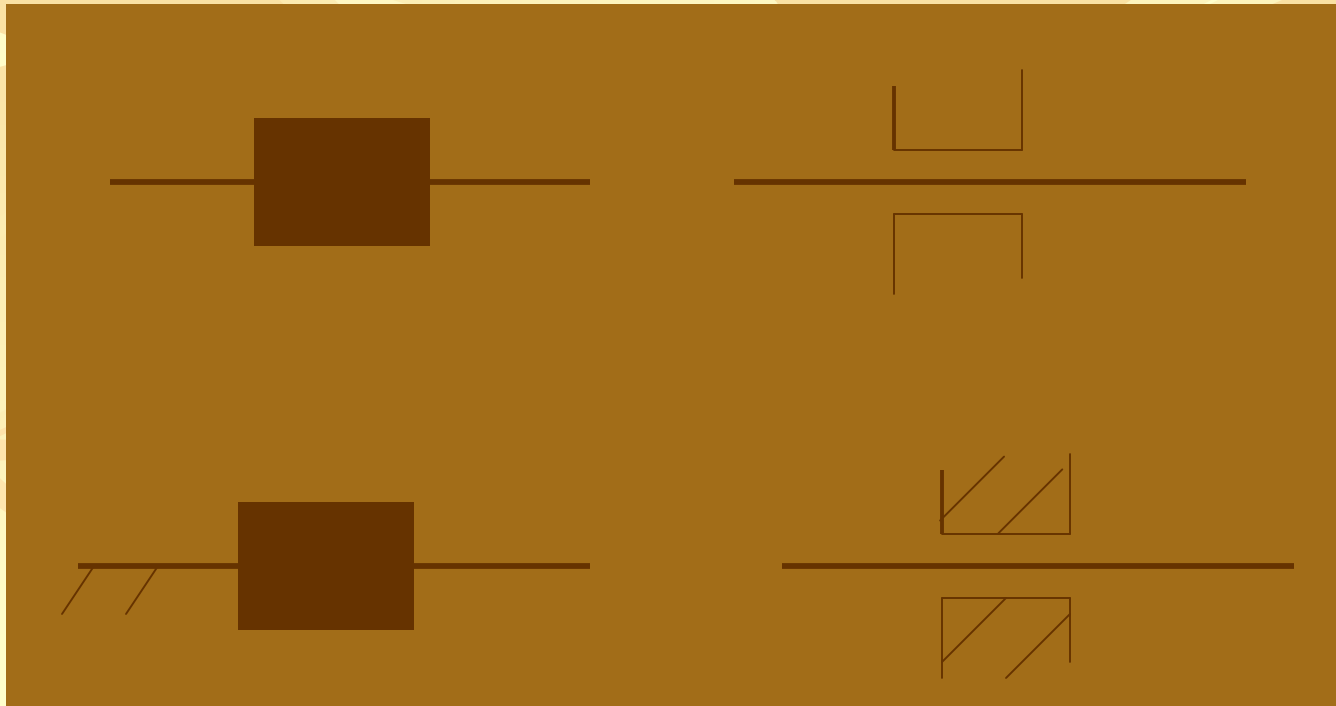
二、构件表示法

三、构件的类型

转动副

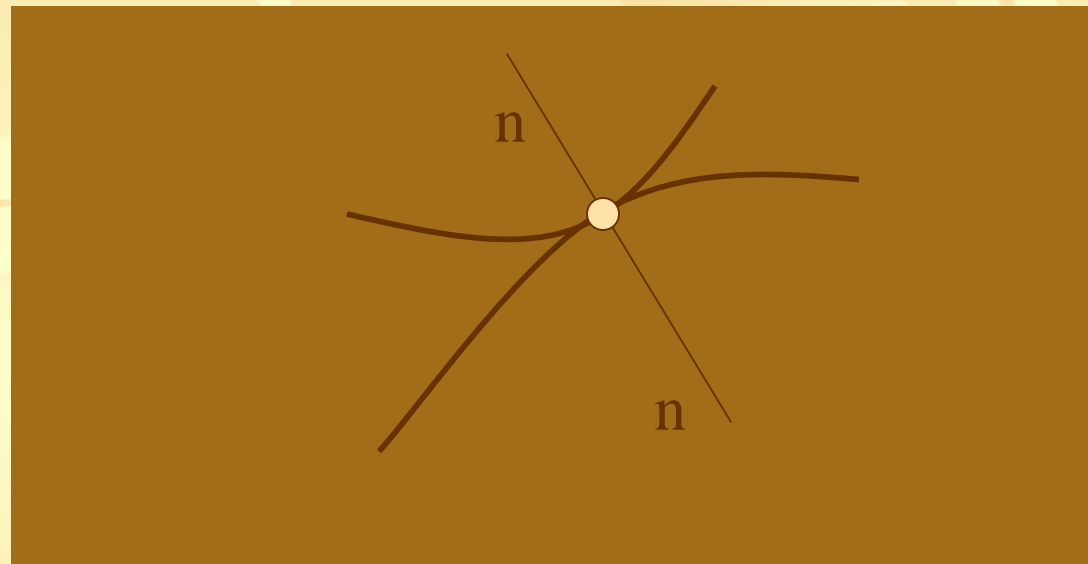


移动副



高副

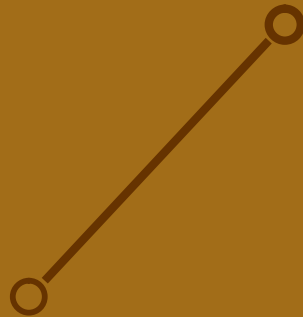
画出接触点表面曲线



构件表示法

参与构成

两个回转副



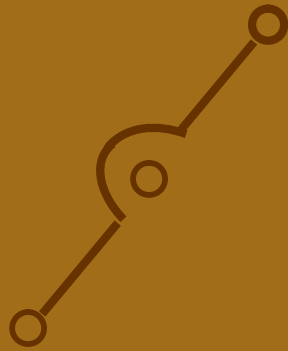
一个转动副
一个移动副



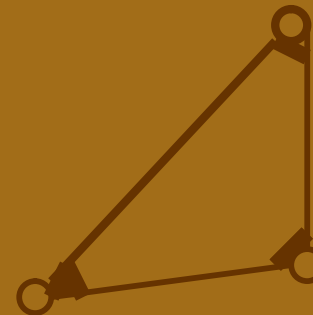
构件表示法

参与构成

三个共线
转动副



三个不共线
转动副



平面机构运动简图注意事项

机构中必有主动件。

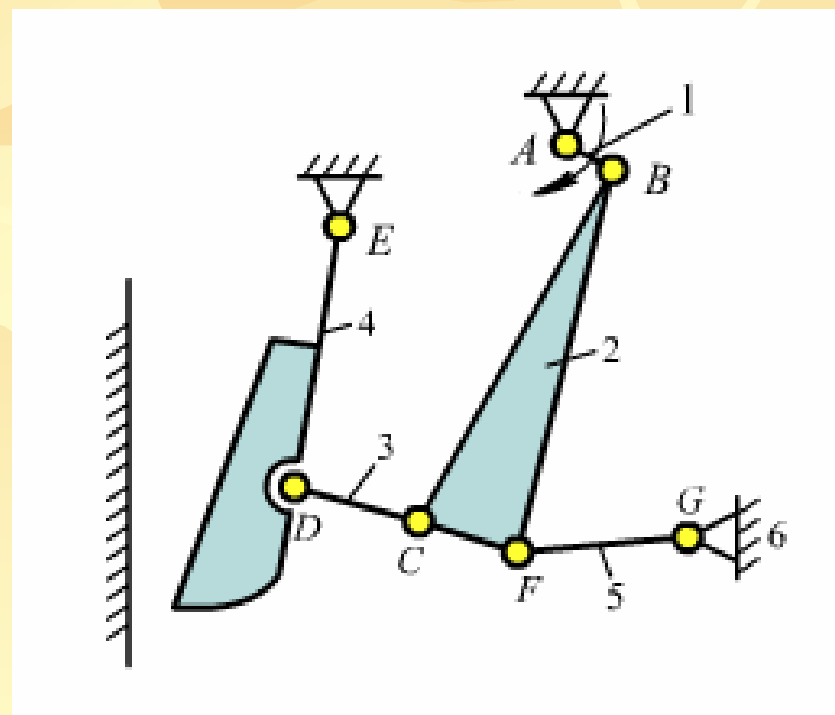
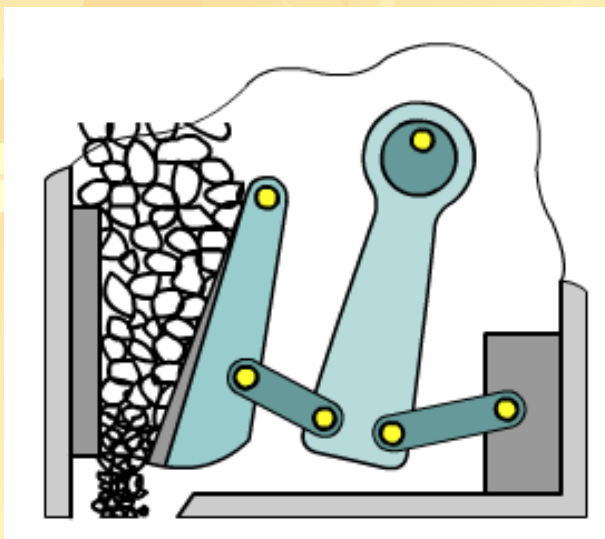
机构中必有且只有一个固定件。

常见机构运动简图符号见表2-1

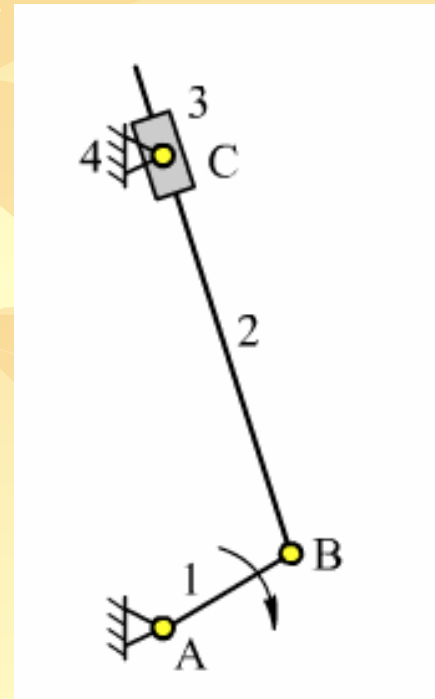
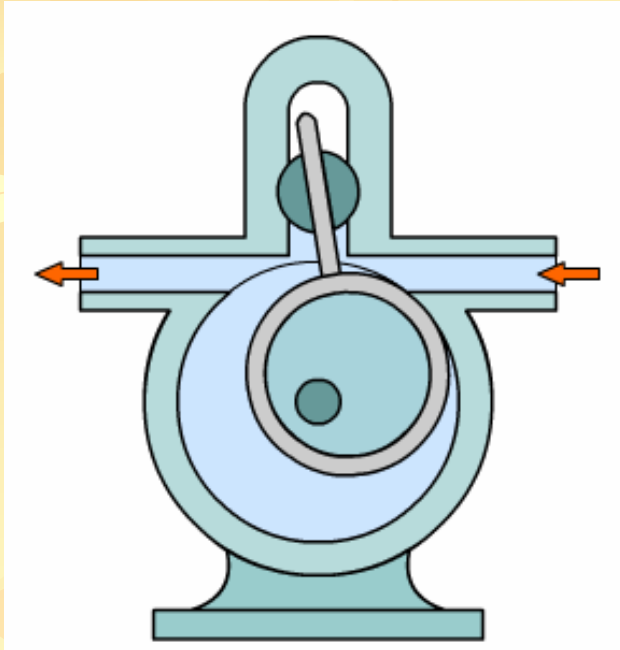
常用构件、运动副代表符号

| | | |
|-----|----------|--|
| 构件 | 双副 | |
| | 三副 | |
| 转动副 | 两构件为活动构件 | |
| | 有一个构件固定 | |
| 移动副 | 两构件为活动构件 | |
| | 有一个构件固定 | |
| 高副 | 齿轮机构 | |
| | 凸轮机构 | |

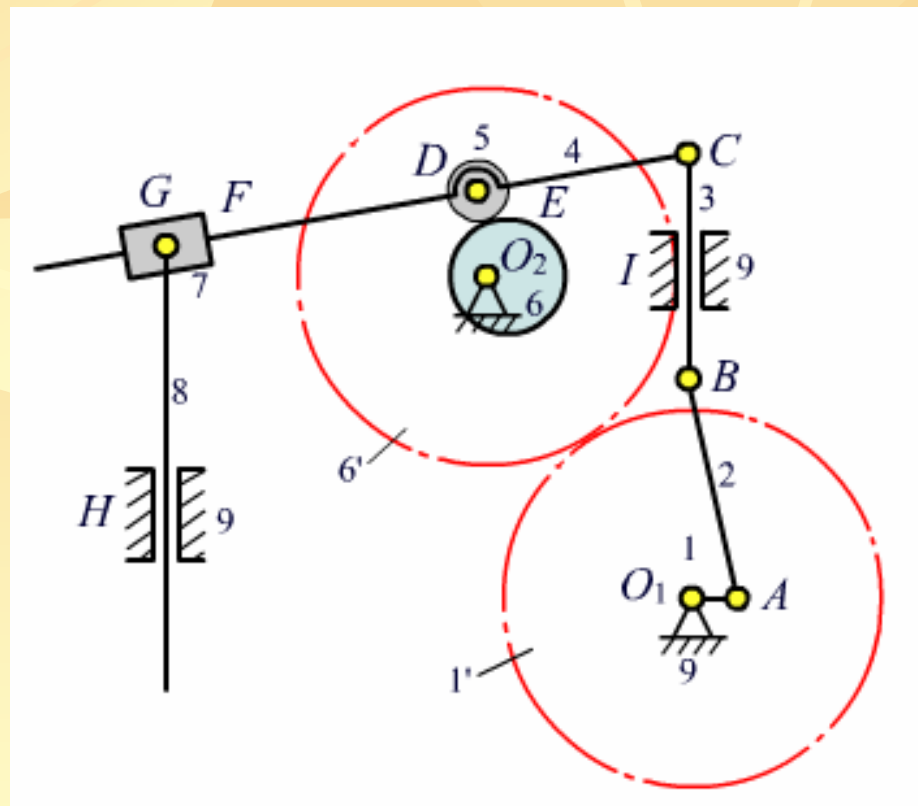
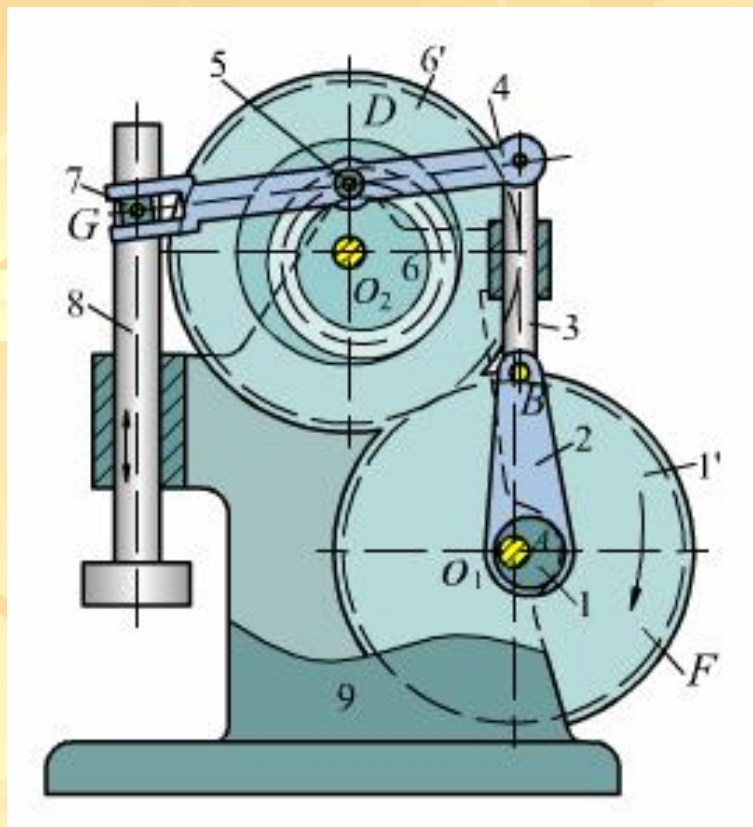
例1：绘制颞式破碎机简图



例2 绘制偏心回转油泵机构的运动简图



例3 绘制压力机运动简图



§ 2.3 平面机构的自由度

一、平面机构自由度计算

二、机构具有确定运动条件

三、计算平面机构自由度的注意事项

平面机构自由度计算

机构自由度数：构成机构的各构件的自由度的总和。

运动副保有自由度数

低副： 保有1个自由度

高副： 保有2个自由度

自由度计算公式

机构自由度 $F=3n-2 P_L-P_H$

其中：

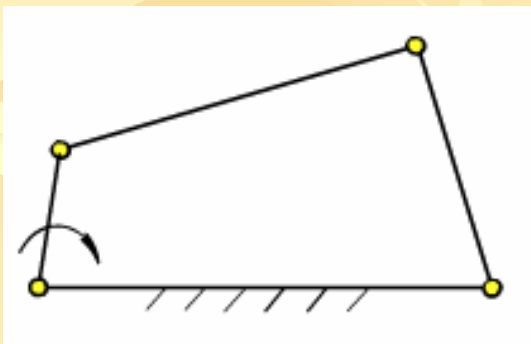
n ——活动构件数， $n=k-1$ ；

k ——机构中构件数（一个机架）；

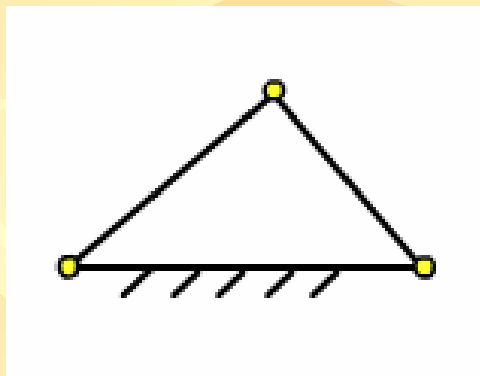
P_L ——低副数；

P_H ——高副数。

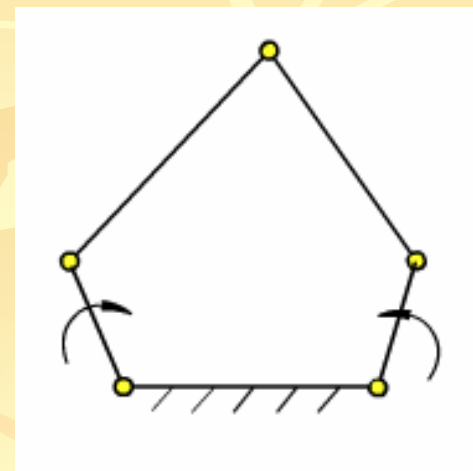
例4



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 \\ &= 1 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 2 - 2 \times 3 - 0 \\ &= 0 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 4 - 2 \times 5 - 0 \\ &= 2 \end{aligned}$$

机构具有确定运动条件

$$F > 0$$

原动件个数应等于自由度数。

计算平面机构自由度的注意事项

1、**复合铰链**

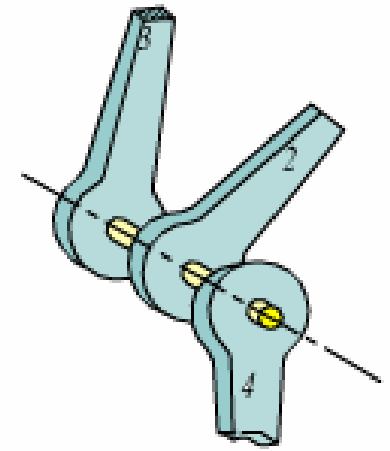
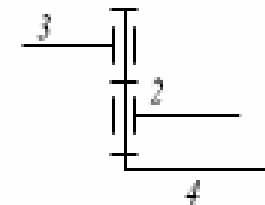
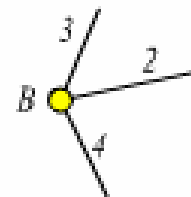
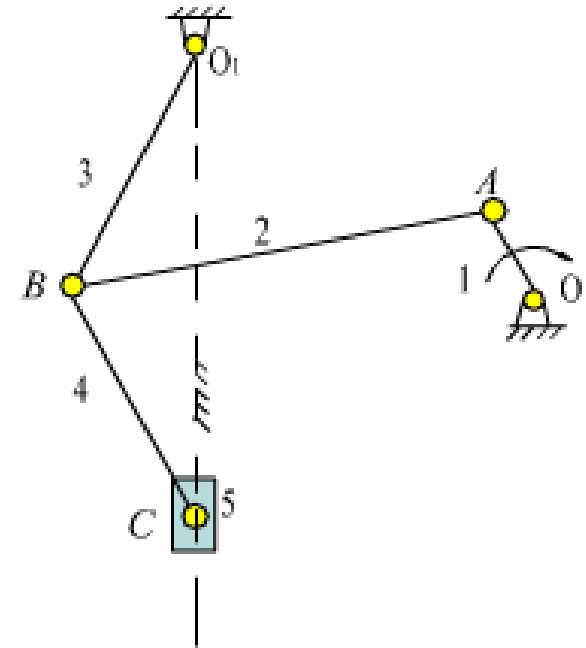
2、**局部自由度（多余自由度）**

3、**虚约束**

复合铰链

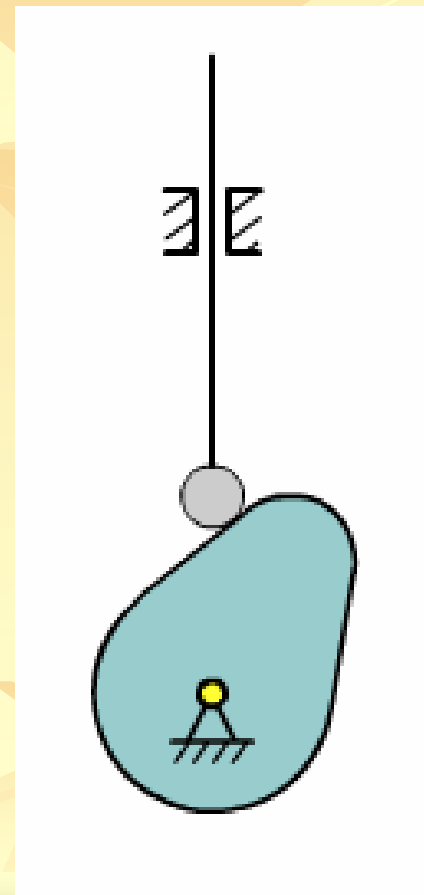
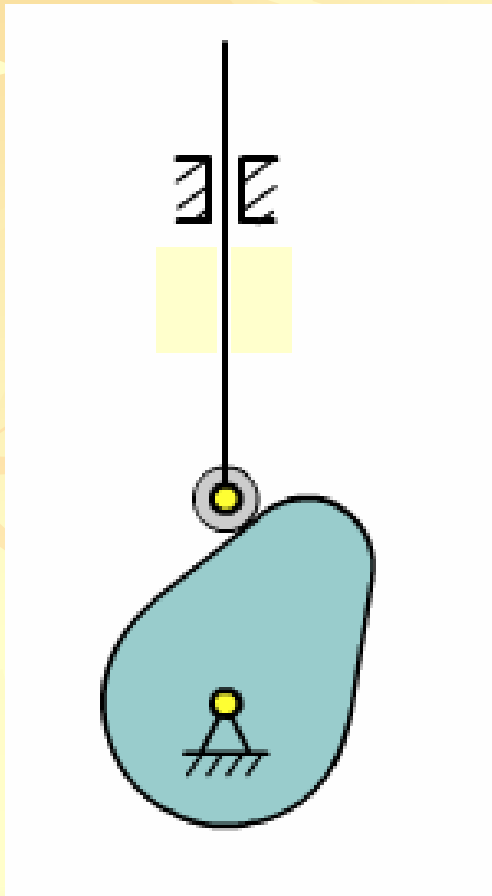
由多个构件构成一个转动副

构件数为 k ,
所构成铰链数为 $k-1$



局部自由度 (多余自由度)

对输出运动没有影响的独立运动

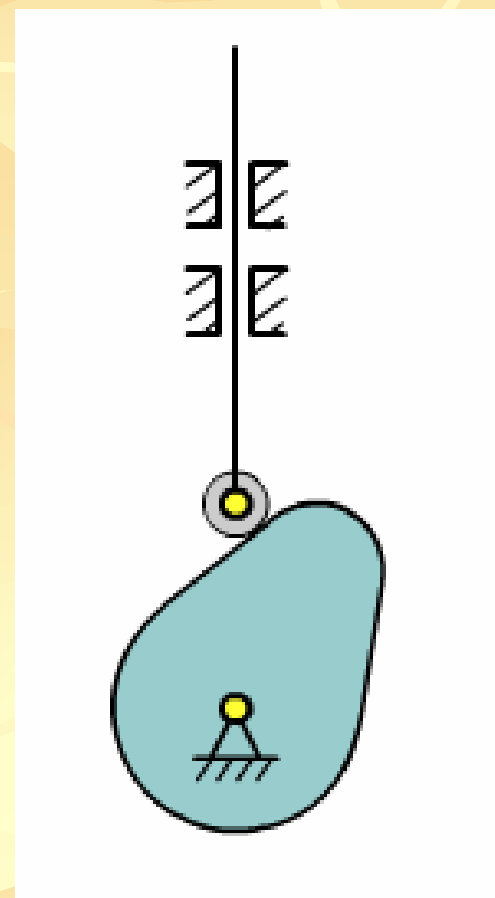
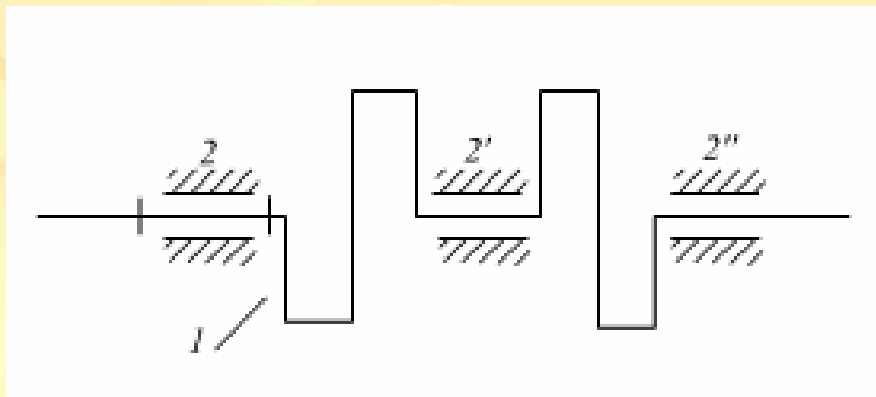


虚约束

在运动副引入的约束中，有些约束对机构自由度的影响是重复的，这些对机构运动不起限制作用的重复约束，称为**虚约束**。

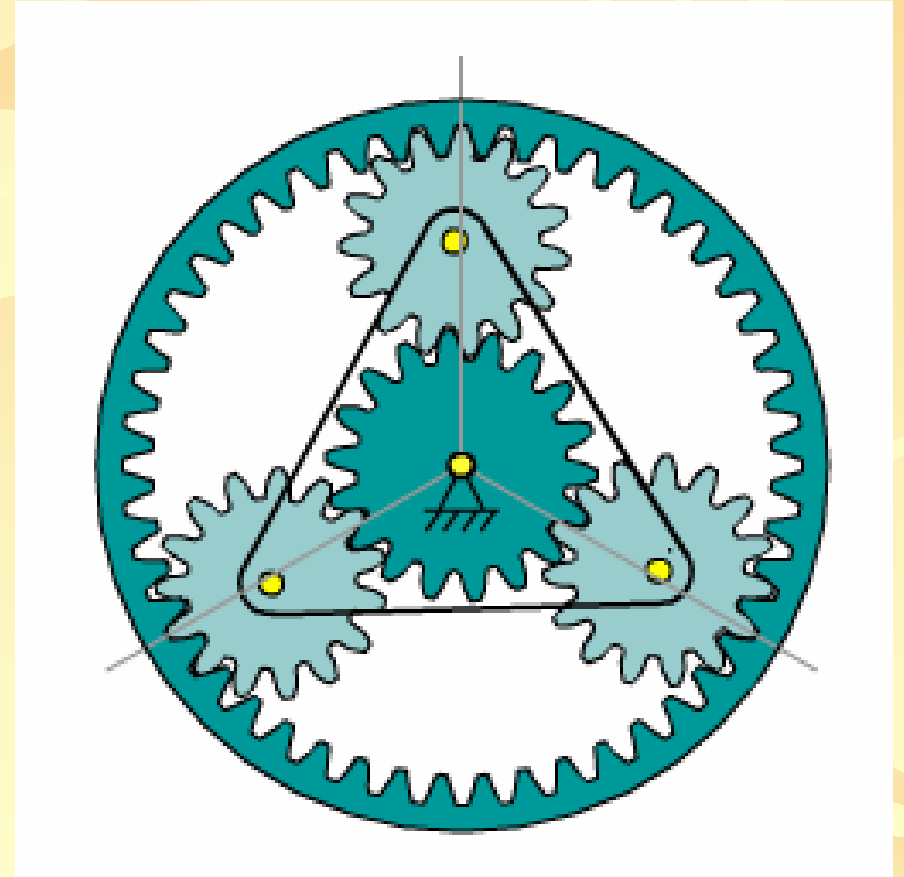
常见虚约束

两构件组成多个导路平行的移动副或多个同轴线的回转副，这时有一个运动副起作用，其余为虚约束。

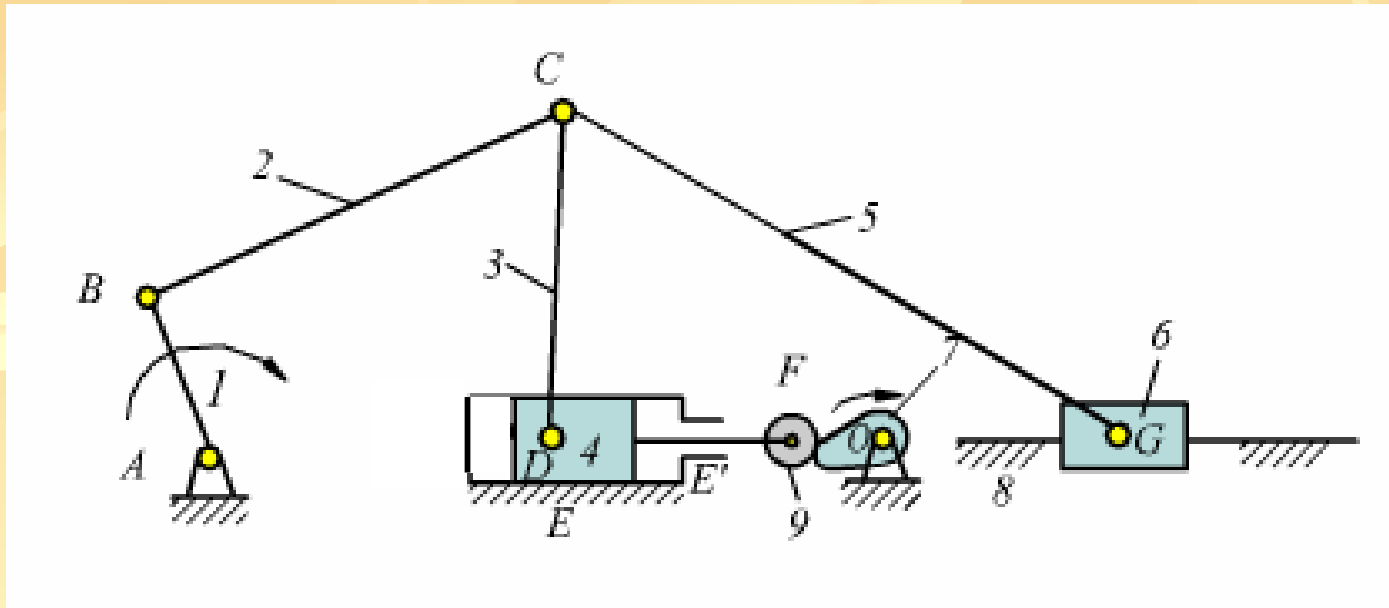


常见虚约束

机构中对传递
运动不起作用的对
称部分。

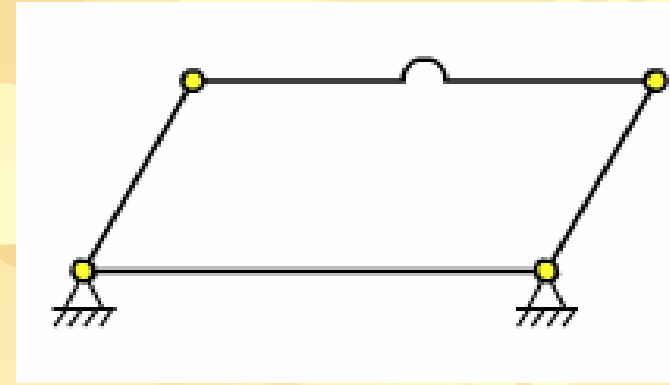
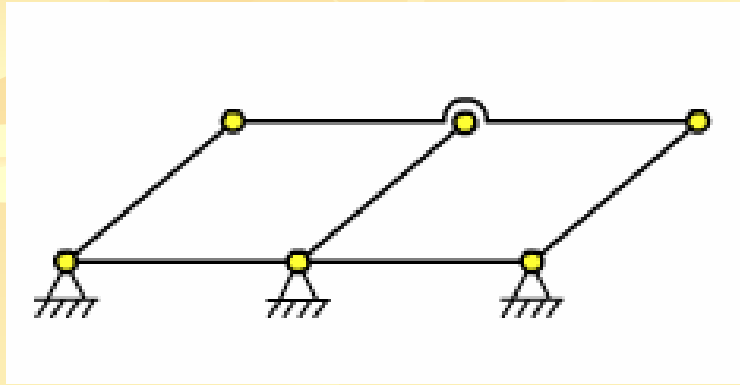


例5 计算下列机构自由度



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 7 - 2 \times 9 - 1 \times 1 \\ &= 2 \end{aligned}$$

例6 计算下列机构自由度



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 \\ &= 1 \end{aligned}$$

本章重点

- 1、什么是运动副，自由度，约束。
- 2、机构具有确定运动条件。
- 3、画简图，计算自由度。——难点

n 作业：P28 题2-1、2-3

第2章 平面机构的结构分析

- n **平面机构**：所有构件均在同一平面或相互平行的平面内运动的机构。
- n **空间机构**：所有构件不在同一平面或相互平行的平面内运动的机构。

第2章

平面机构的结构分析

§ 2.1 构件和运动副

§ 2.2 平面机构运动简图

§ 2.3 平面机构的自由度

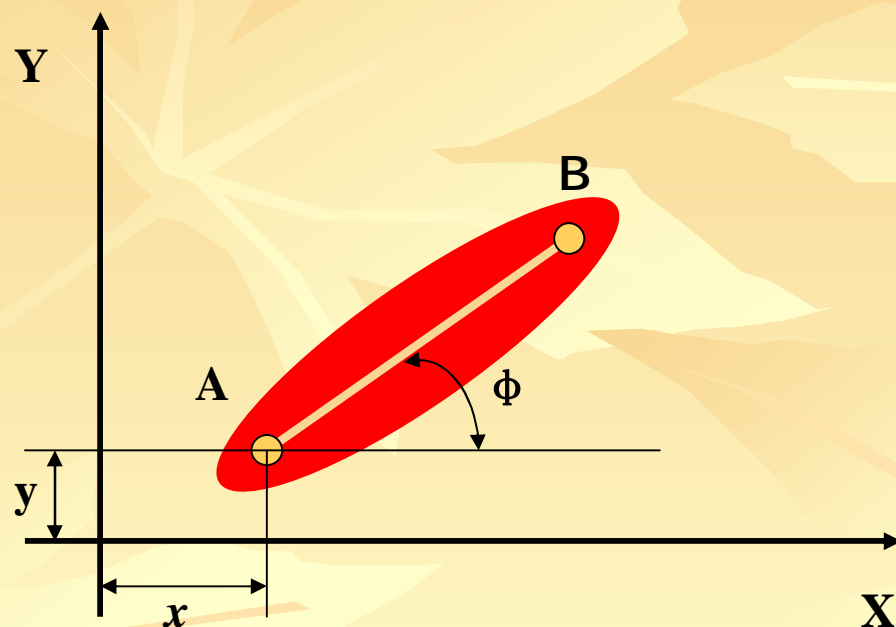
§ 2.1 构件和运动副

一、自由度

二、构件及其分类

三、运动副及其分类

自由度：物体可能的独立运动数。



没有任何约束的物体具有3个自由度。

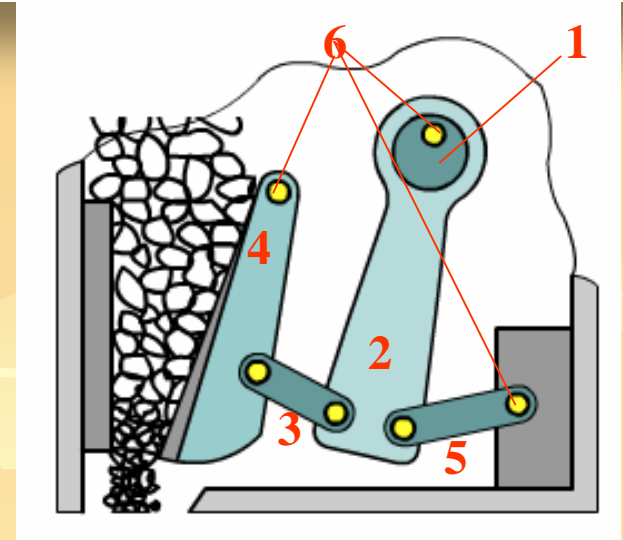
构件及其分类

构件——运动的单元体。

构件分为三类：

- 1、原动件：作用有驱动力或驱动力矩，且运动规律已知的构件。
- 2、从动件：随原动件运动的其它活动构件。
- 3、机架：固定不动的构件，起支承其他构件运动的作用。

注意：机构中必须且只有一个机架。



运动副及其分类

运动副：两构件直接接触，又能产生相对运动的连接。

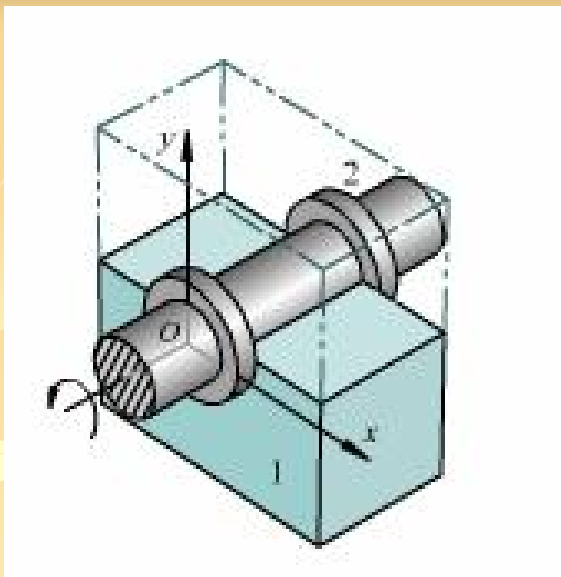
低副：两构件通过面接触构成的运动副。

转动副：构成运动副的两构件只能绕一点相对转动。也称铰链。

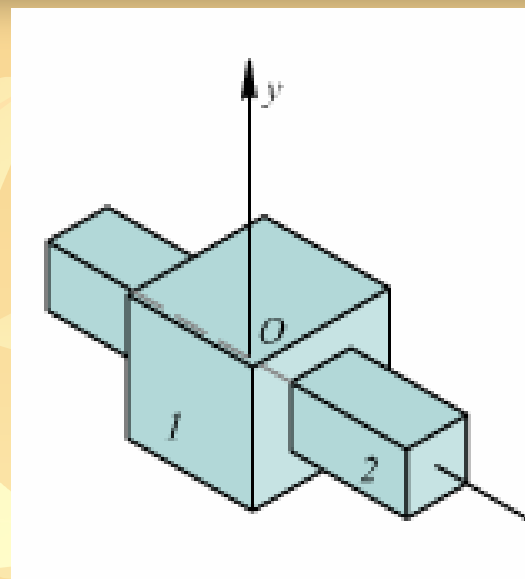
移动副：构成运动副的两构件只能沿一条线相对移动。

高副：两构件通过点、线接触构成的运动副。

转动副



移动副



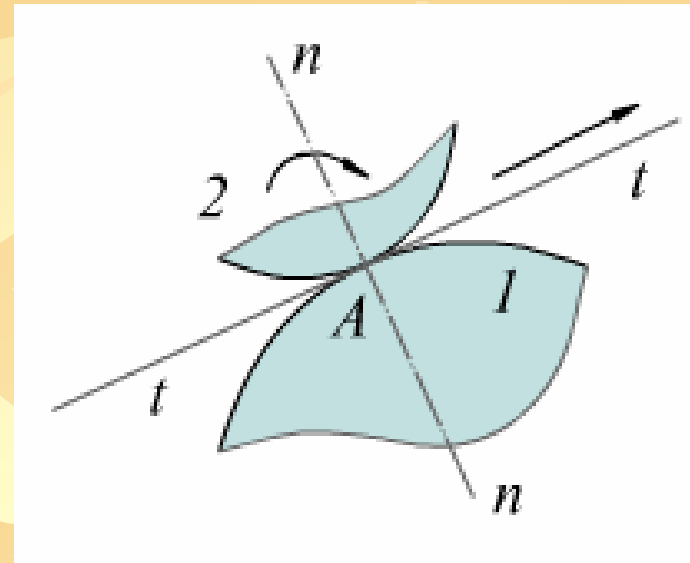
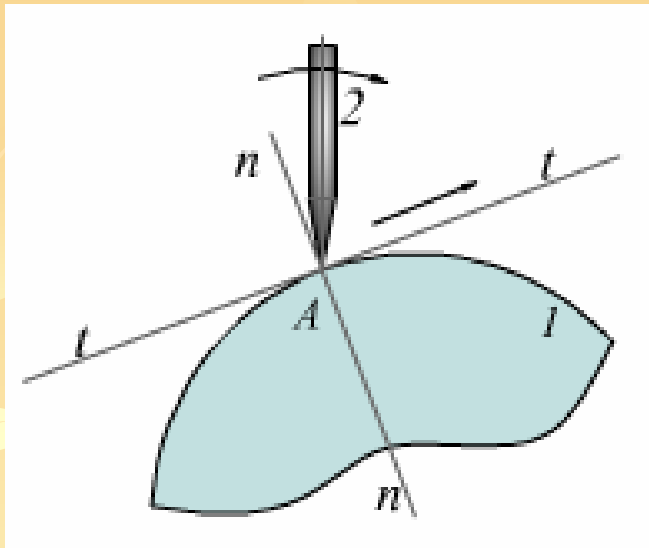
转动副

约束沿x方向的自由度，沿y方向的自由度；
保留绕O点转动的自由度。

移动副

约束沿y方向的自由度，绕O点转动的自由度；
保留沿x方向的自由度。

高副



高副

约束沿法线 $n-n$ 方向的自由度，；
保留沿切线 $t-t$ 方向的自由度，绕 A 点转动的自由度。

§ 2.2 平面机构运动简图

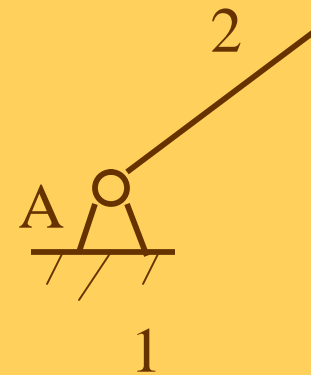
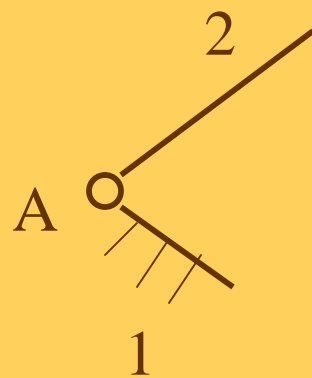
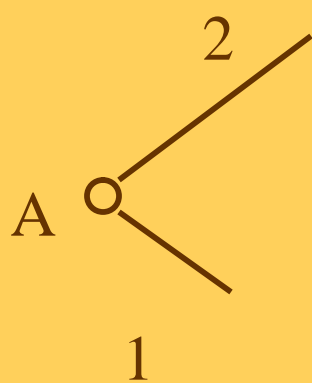
机构运动简图 —— 用国标规定的简单符号和线条代表运动副和构件，并按一定比例尺表示机构的运动尺寸，图形简明且与原机械具有完全相同的运动特性。

一、运动副表示法

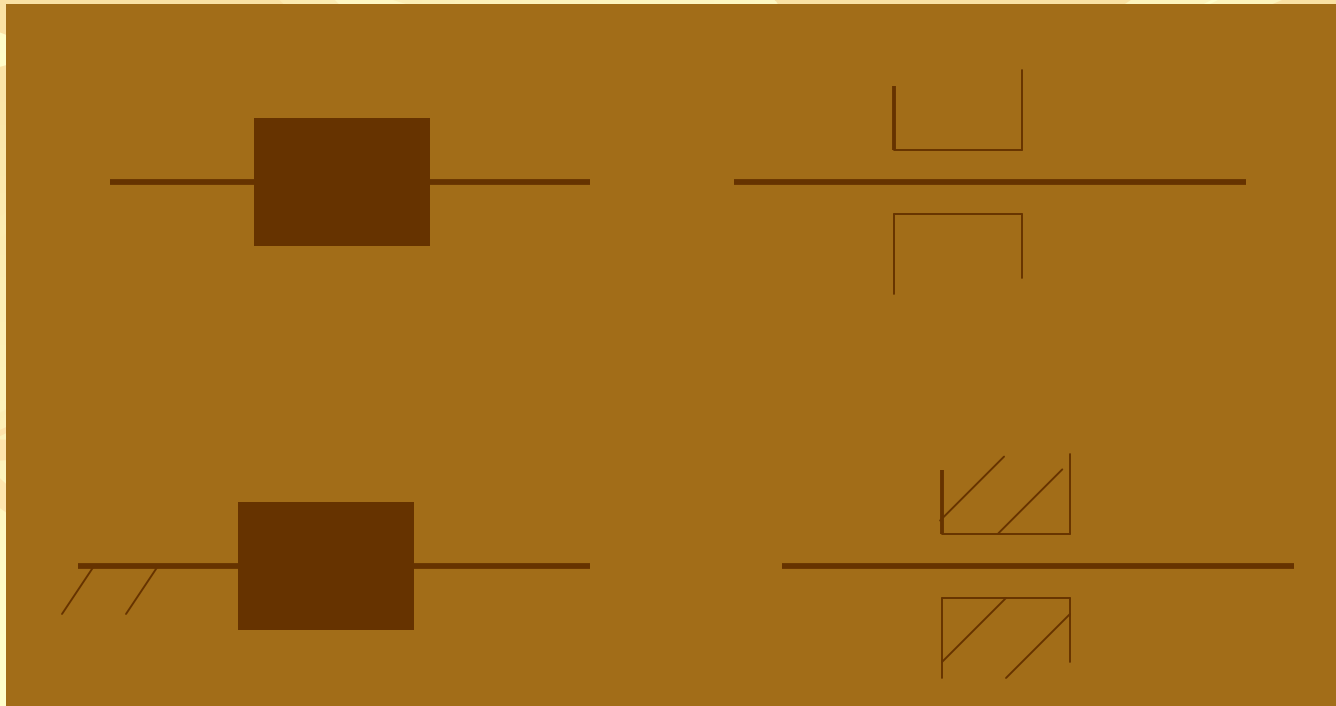
二、构件表示法

三、构件的类型

转动副

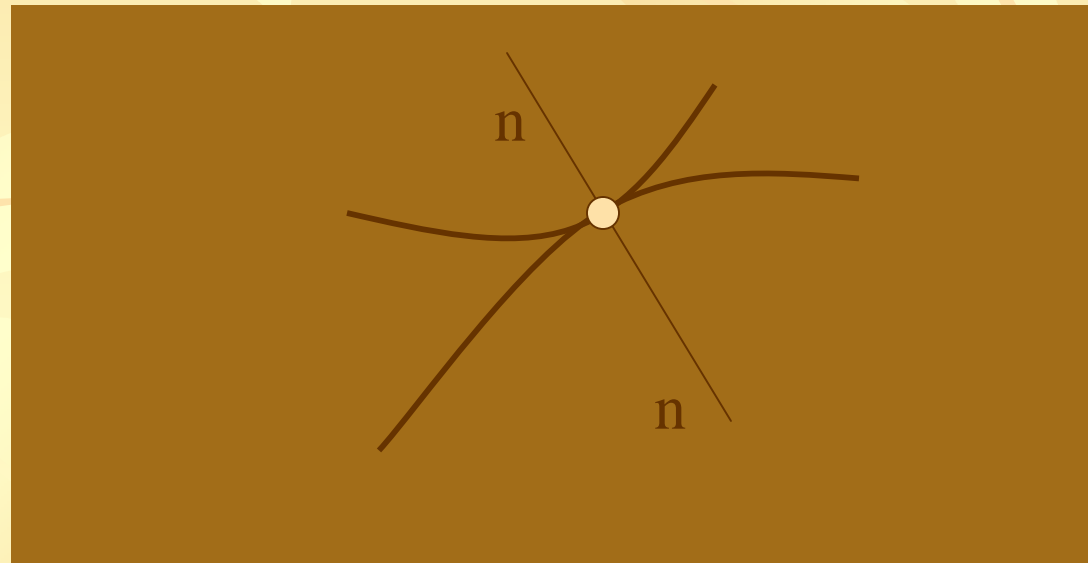


移动副



高副

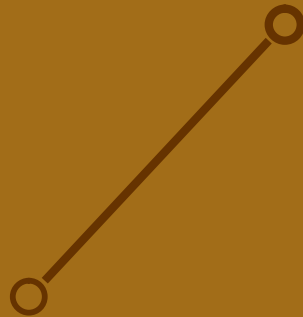
画出接触点表面曲线



构件表示法

参与构成

两个回转副



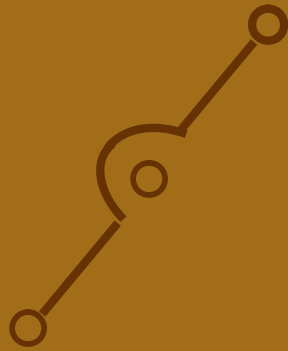
一个转动副
一个移动副



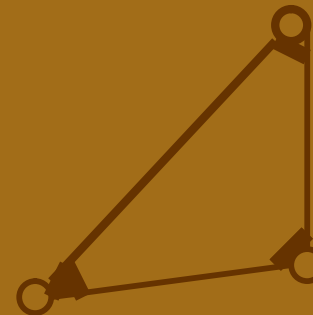
构件表示法

参与构成

三个共线
转动副



三个不共线
转动副



平面机构运动简图注意事项

机构中必有主动件。

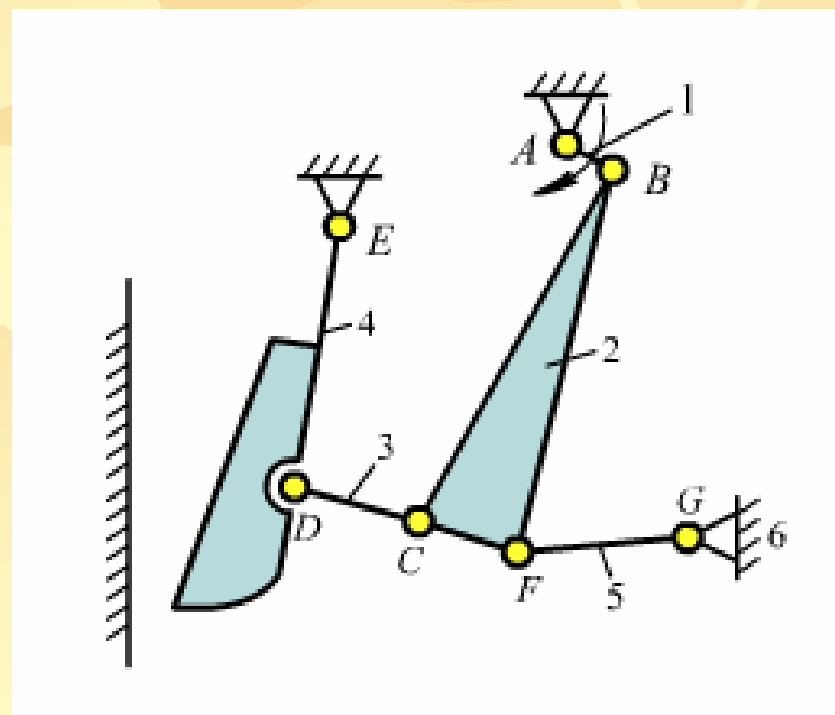
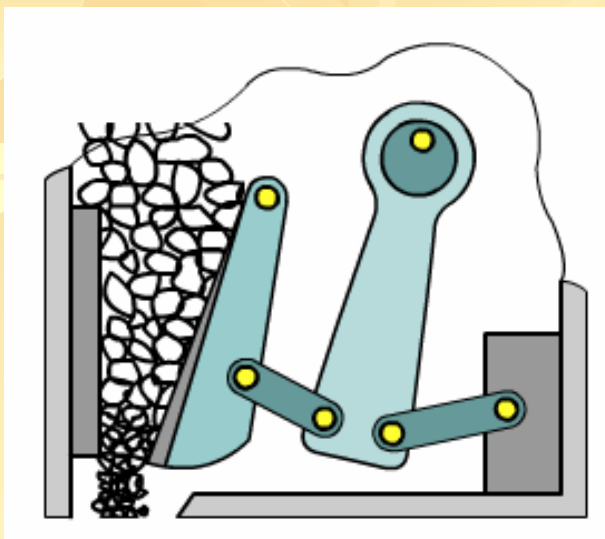
机构中必有且只有一个固定件。

常见机构运动简图符号见表2-1

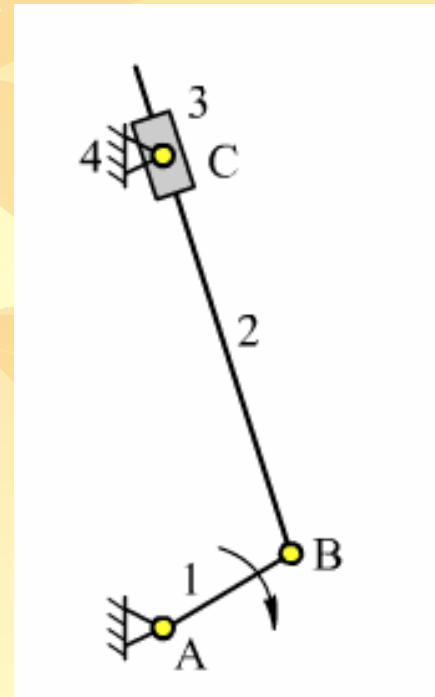
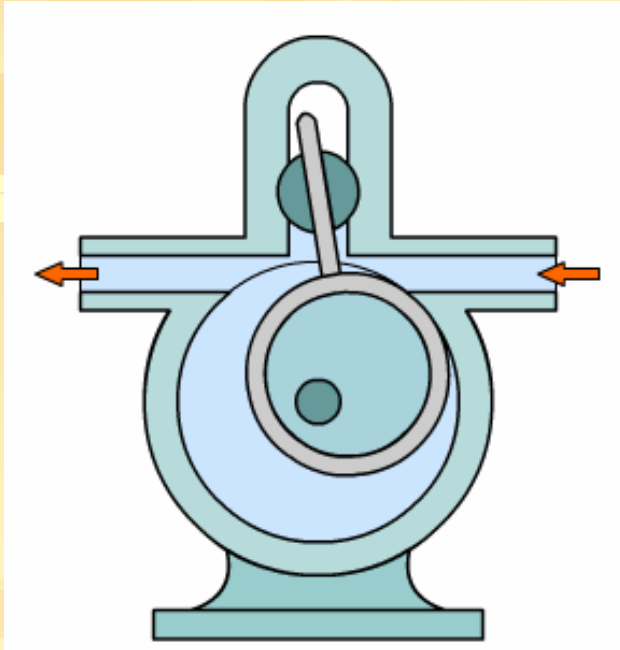
常用构件、运动副代表符号

| | | |
|-----|----------|--|
| 构件 | 双副 | |
| | 三副 | |
| 转动副 | 两构件为活动构件 | |
| | 有一个构件固定 | |
| 移动副 | 两构件为活动构件 | |
| | 有一个构件固定 | |
| 高副 | 齿轮机构 | |
| | 凸轮机构 | |

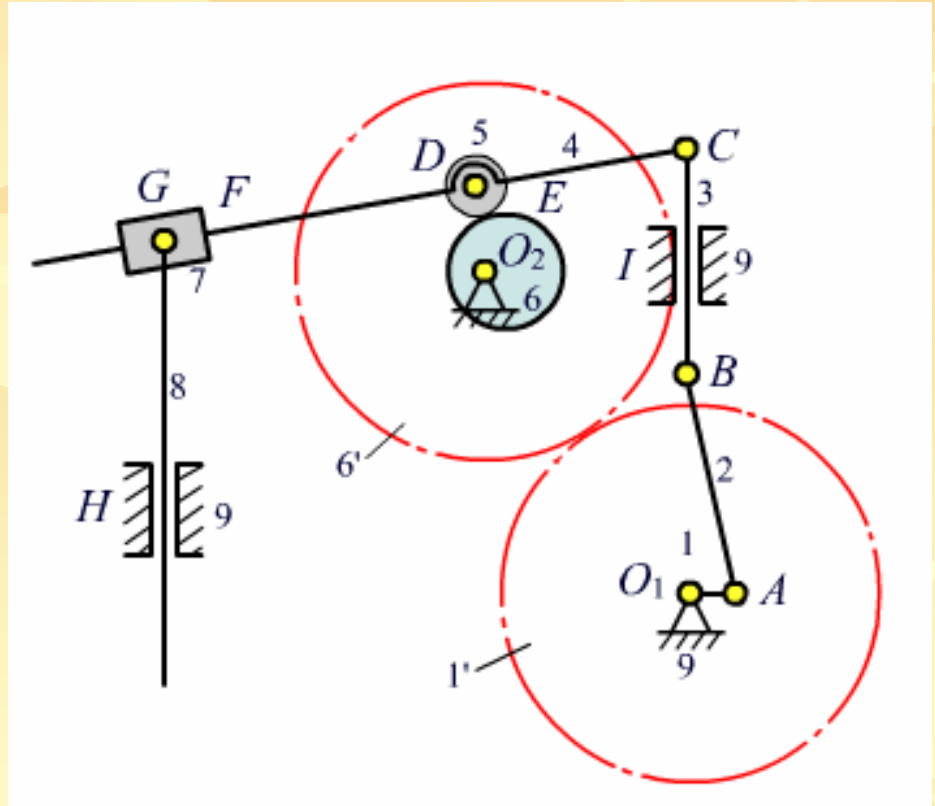
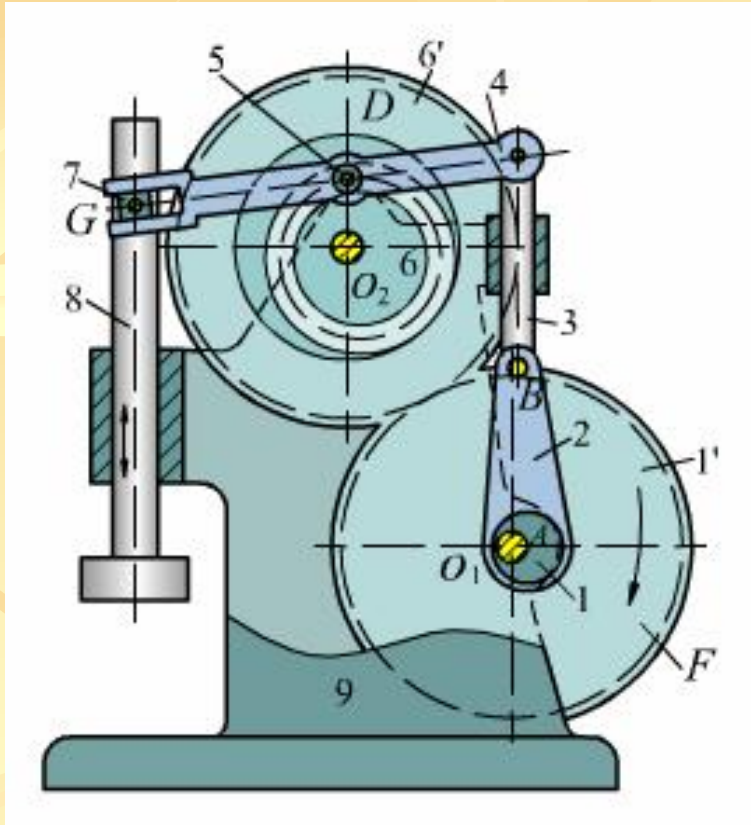
例1：绘制颞式破碎机简图



例2 绘制偏心回转油泵机构的运动简图



例3 绘制压力机运动简图



§ 2.3 平面机构的自由度

一、平面机构自由度计算

二、机构具有确定运动条件

三、计算平面机构自由度的注意事项

平面机构自由度计算

机构自由度数：构成机构的各构件的自由度的总和。

运动副保有自由度数

低副： 保有1个自由度

高副： 保有2个自由度

自由度计算公式

机构自由度 $F=3n-2 P_L-P_H$

其中：

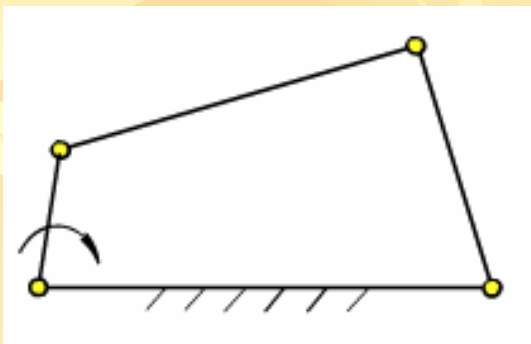
n ——活动构件数， $n=k-1$ ；

k ——机构中构件数（一个机架）；

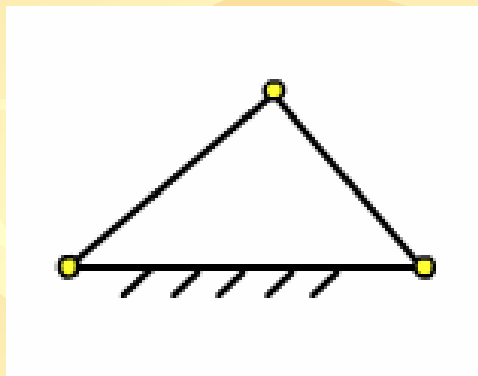
P_L ——低副数；

P_H ——高副数。

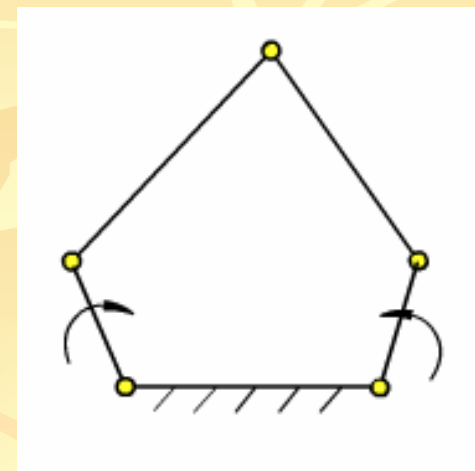
例4



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2 P_L - P_H \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 \\ &= 1 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2 P_L - P_H \\ &= 3 \times 2 - 2 \times 3 - 0 \\ &= 0 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2 P_L - P_H \\ &= 3 \times 4 - 2 \times 5 - 0 \\ &= 2 \end{aligned}$$

机构具有确定运动条件

$$F > 0$$

原动件个数应等于自由度数。

计算平面机构自由度的注意事项

1、**复合铰链**

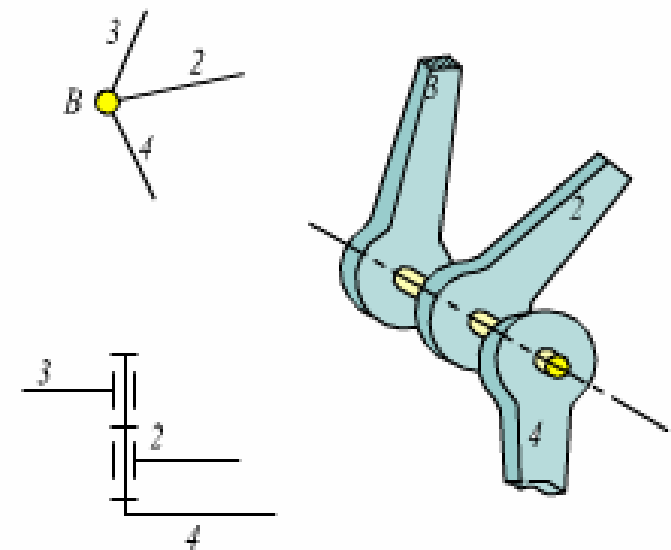
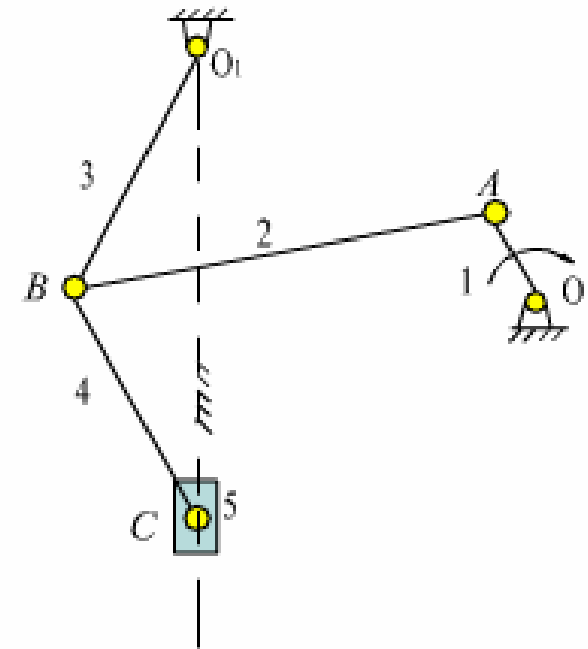
2、**局部自由度（多余自由度）**

3、**虚约束**

复合铰链

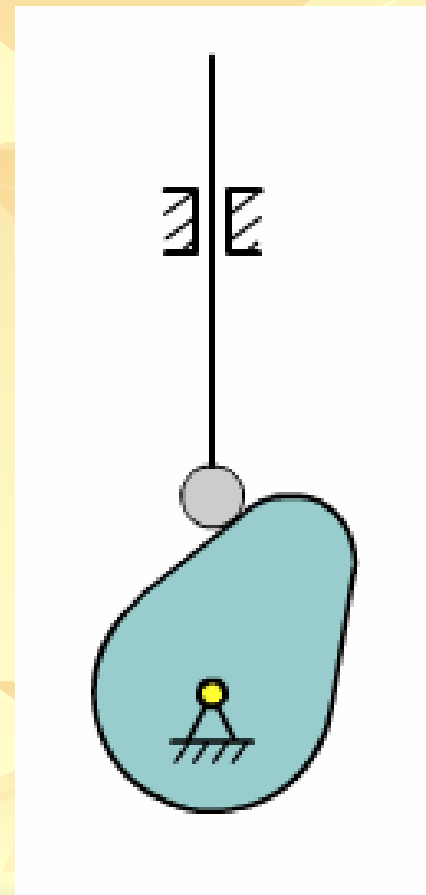
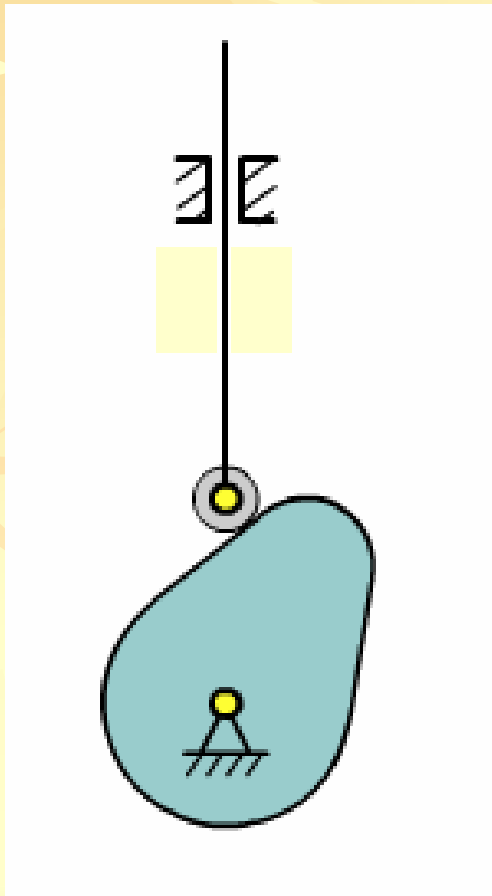
由多个构件构成一个转动副

构件数为 k ,
所构成铰链数为 $k-1$



局部自由度 (多余自由度)

对输出运动没有影响的独立运动

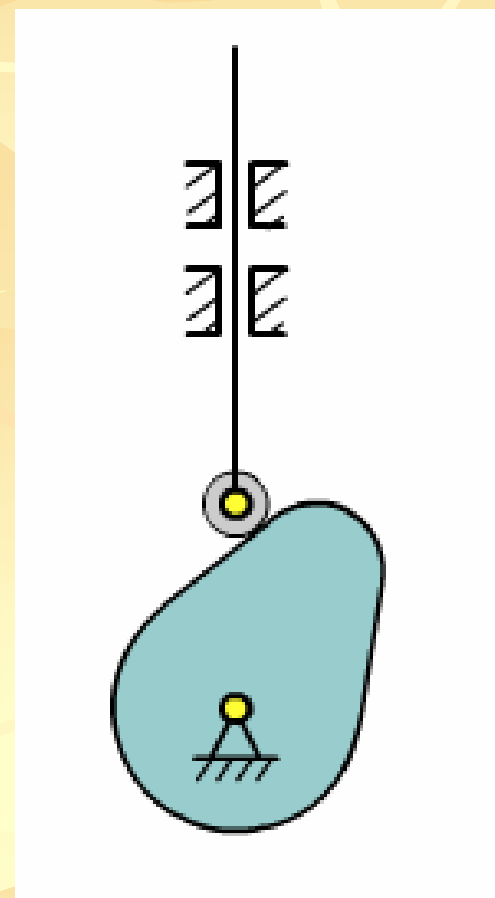
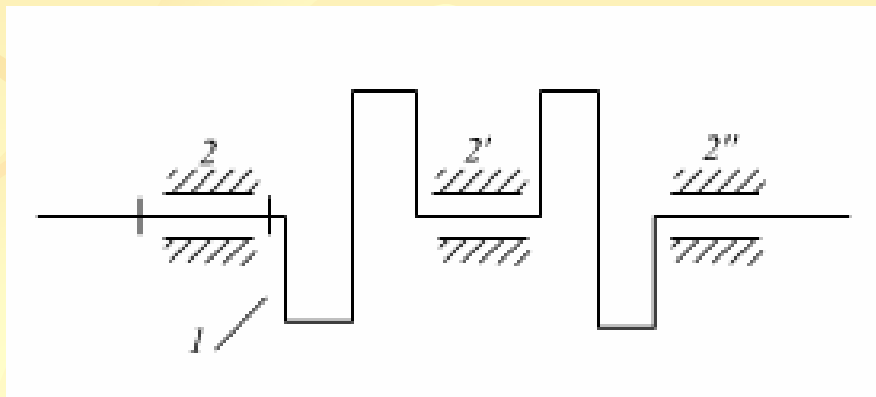


虚约束

在运动副引入的约束中，有些约束对机构自由度的影响是重复的，这些对机构运动不起限制作用的重复约束，称为**虚约束**。

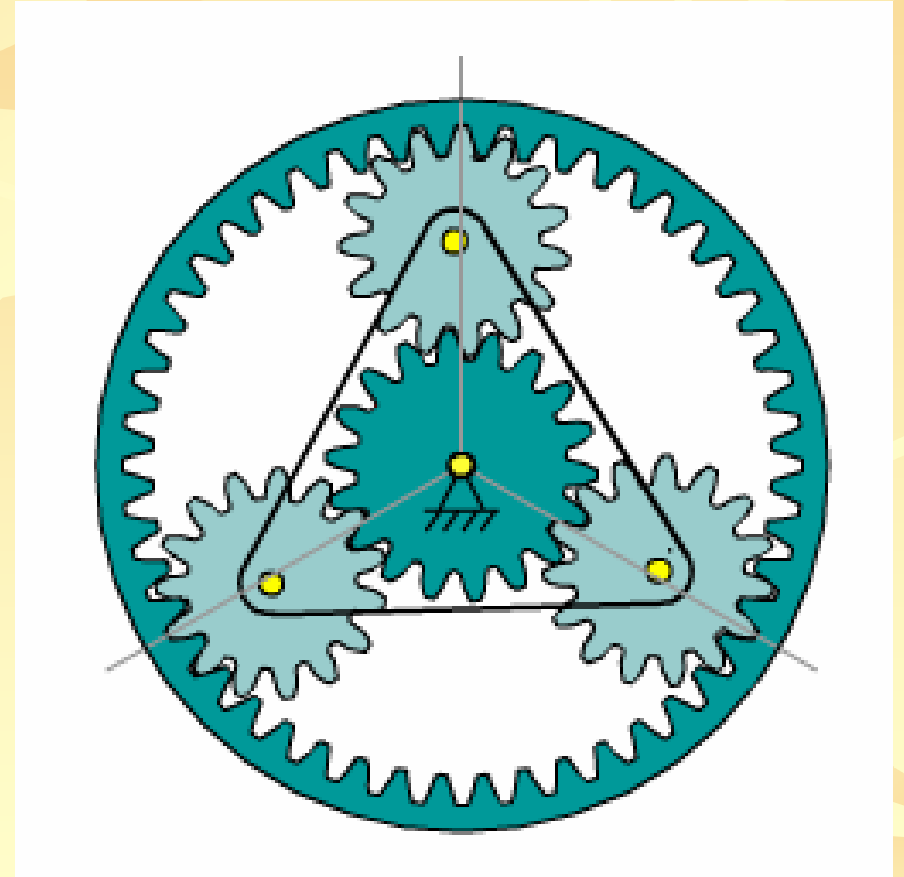
常见虚约束

两构件组成多个导路平行的移动副或多个同轴线的回转副，这时有一个运动副起作用，其余为虚约束。

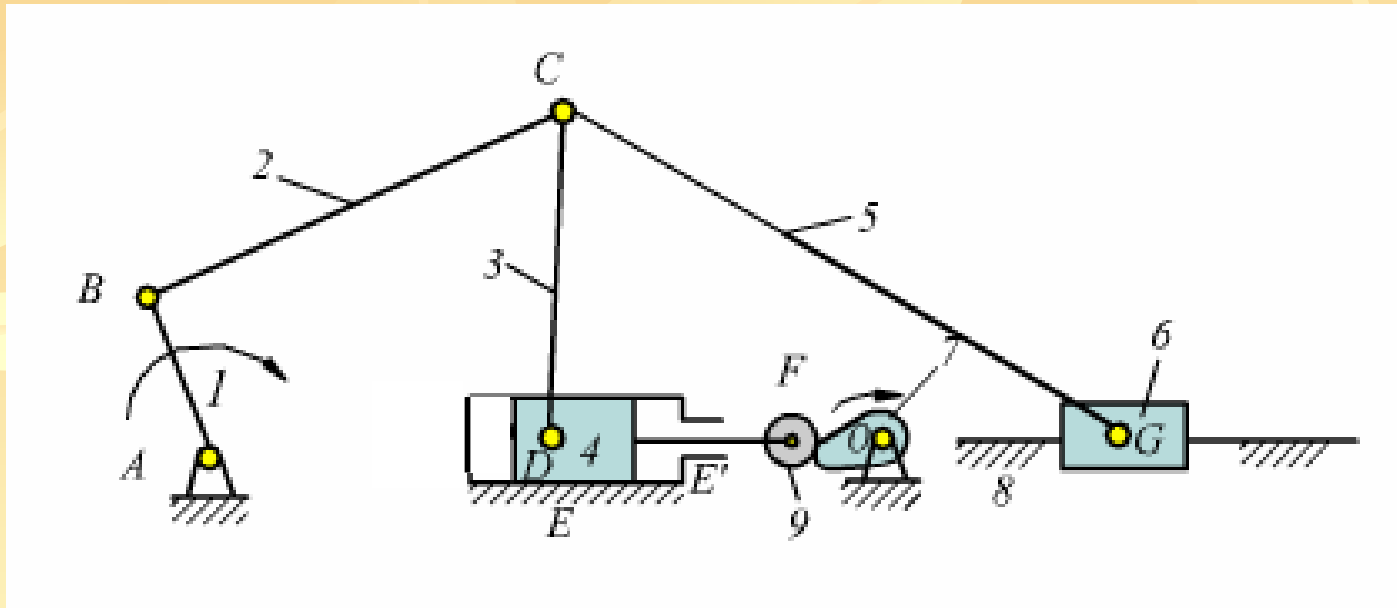


常见虚约束

机构中对传递
运动不起作用的对
称部分。

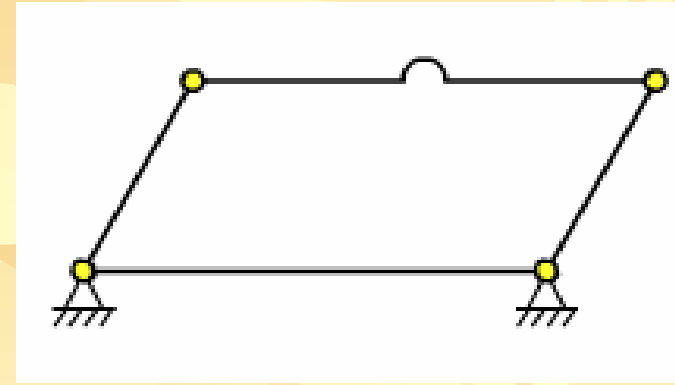
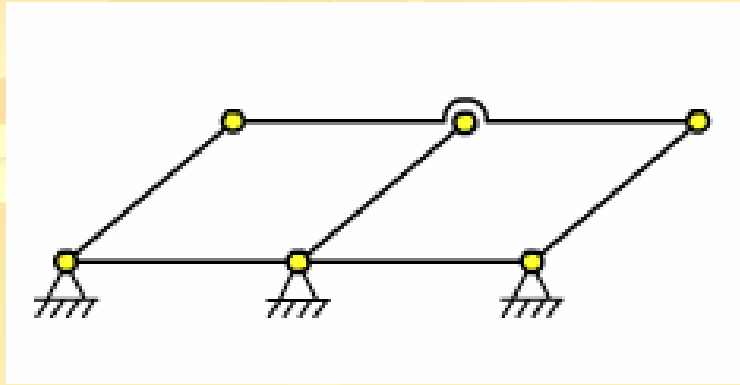


例5 计算下列机构自由度



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 7 - 2 \times 9 - 1 \times 1 \\ &= 2 \end{aligned}$$

例6 计算下列机构自由度



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 \\ &= 1 \end{aligned}$$

本章重点

- 1、什么是运动副，自由度，约束。
- 2、机构具有确定运动条件。
- 3、画简图，计算自由度。——难点

n 作业：P28 题2-1、2-3