



1 平面机构结构分析

1-1 机构结构分析的内容

1-2 运动副分类及表示

1-3 机构运动简图及其画法

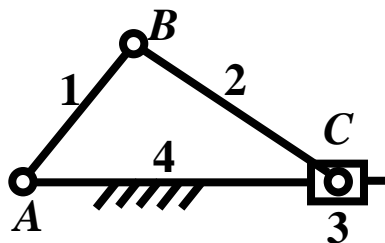
1-4 平面机构自由度计算

1-5 平面机构的组成原理

1 平面机构结构分析

思考题:

- 如何描述刚体的平面运动和空间运动?
- 什么是速度瞬心? 有加速度瞬心吗?
- 什么是牵连点? 什么是科氏加速度?
- 如图所示曲柄滑块机构, 若各构件长度已知且主动曲柄角速度已知, 滑块速度怎样求?





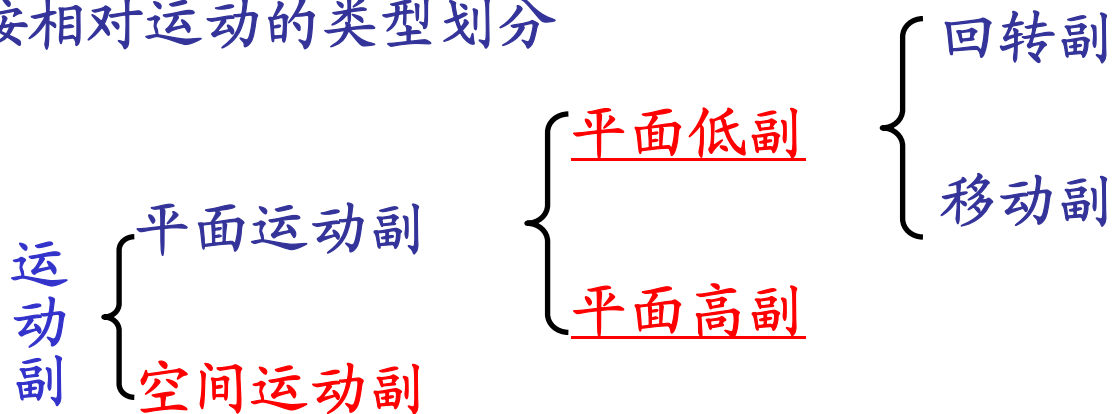
1-1 机构结构分析的内容

- 机构的表示：机构运动简图的画法。
- 机构的可动性：自由度及其计算。
- 机构具有确定运动的条件。
- 机构的组成原理及分类。

1-2 运动副分类及表示

- 按引入约束的数目划分: I、II、III、IV、V五种

- 按相对运动的类型划分



- 运动副的接触特征及符号表示方法
- 平面低副的约束特征: 约束个数=2、自由度=1
- 平面高副的约束特征: 约束个数=1、自由度=2

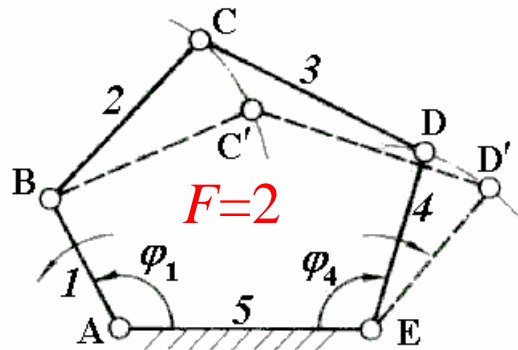
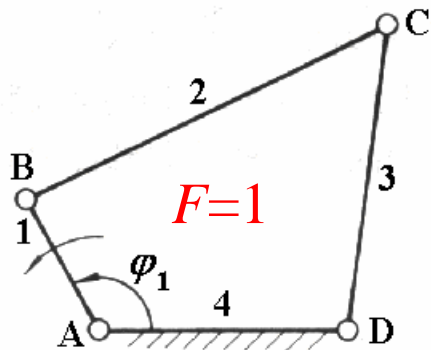


1-3 机构运动简图及其画法

- **机构运动简图的定义：**
简单线条和规定符号，按比例，构件，运动副的相对位置。（机构示意图）
- **用途：**
表达机构的结构、组成，便于进行自由度计算、运动分析和力分析。
- **画法及举例：**
偏心泵
颚式破碎机
内燃机

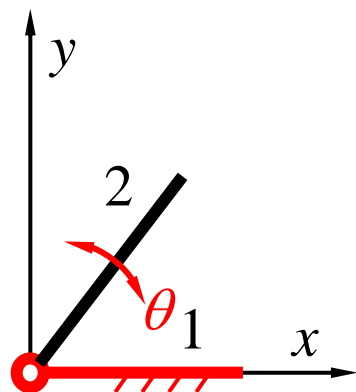
1-4 平面机构自由度计算

- 机构自由度定义为：
确定各构件**相对位置**所需的**独立参数数目**。

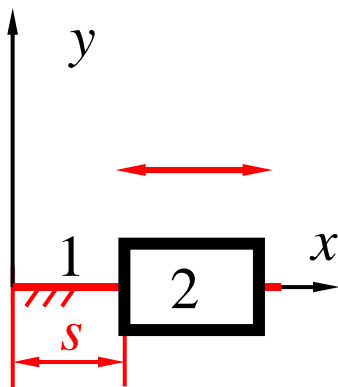


- 机构具有**确定相对运动**的条件：
主动件数目 = 自由度数目 > 0

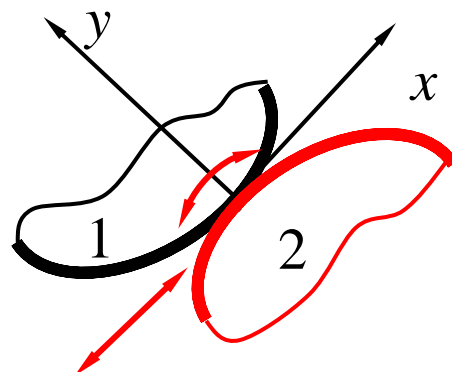
1-4 平面机构自由度计算



$R=2, F=1$



$R=2, F=1$



$R=1, F=2$

- 平面机构的自由度计算公式:

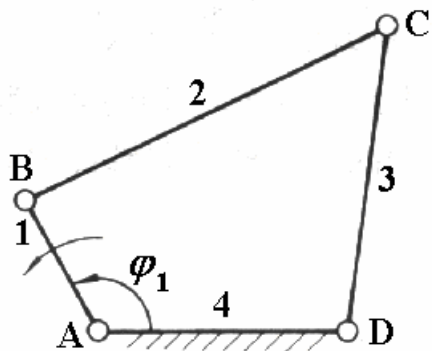
$$F = 3n - 2P_L - P_H$$

- 空间机构的自由度计算公式:

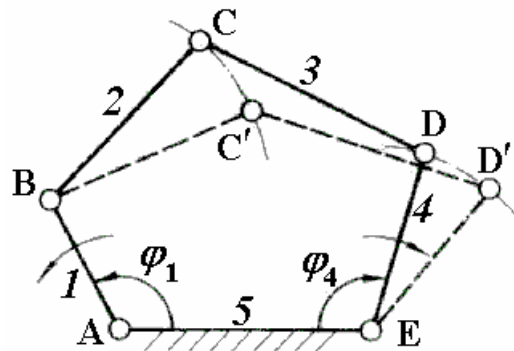
$$F = 6n - 5P_V - 4P_{IV} - 3P_{III} - 2P_{II} - P_I$$

1-4 平面机构自由度计算

■ 验证:



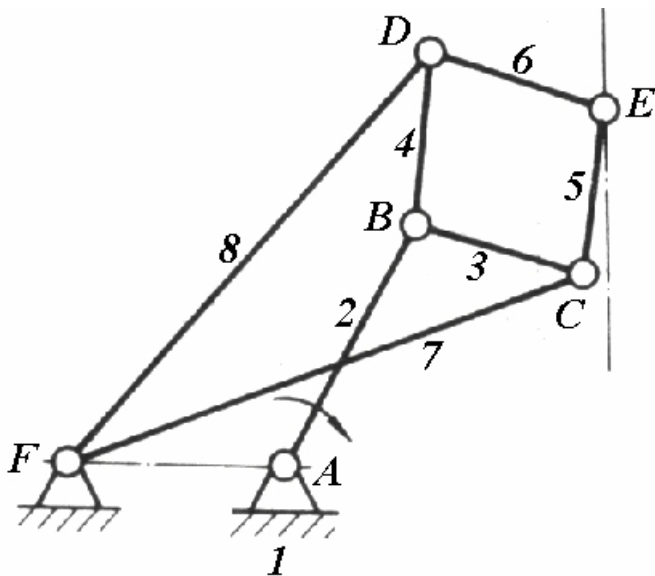
$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 \\ &= 1 \end{aligned}$$



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

1-4 平面机构自由度计算

- 使用公式时需要注意的问题1: 复合铰链



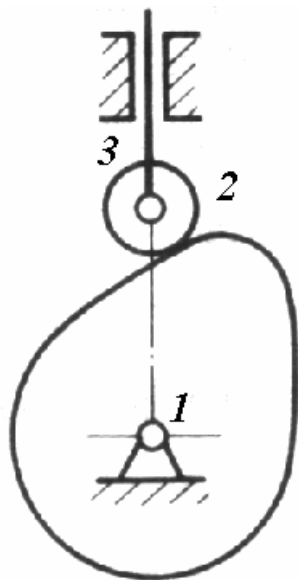
$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 7 - 2 \times 6 - 0 \\ &= 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 7 - 2 \times 10 - 0 \\ &= 1 \end{aligned}$$

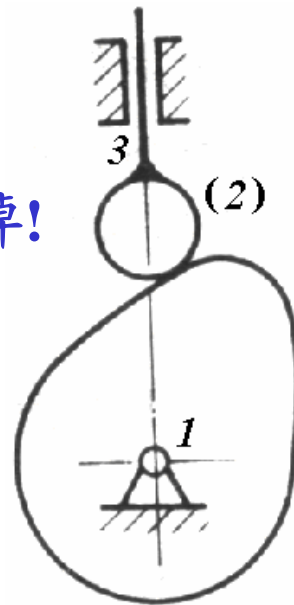
- 回转副数=构件数-1

1-4 平面机构自由度计算

- 使用公式时需要注意的问题2: 局部自由度



局部自由度：算前去掉！

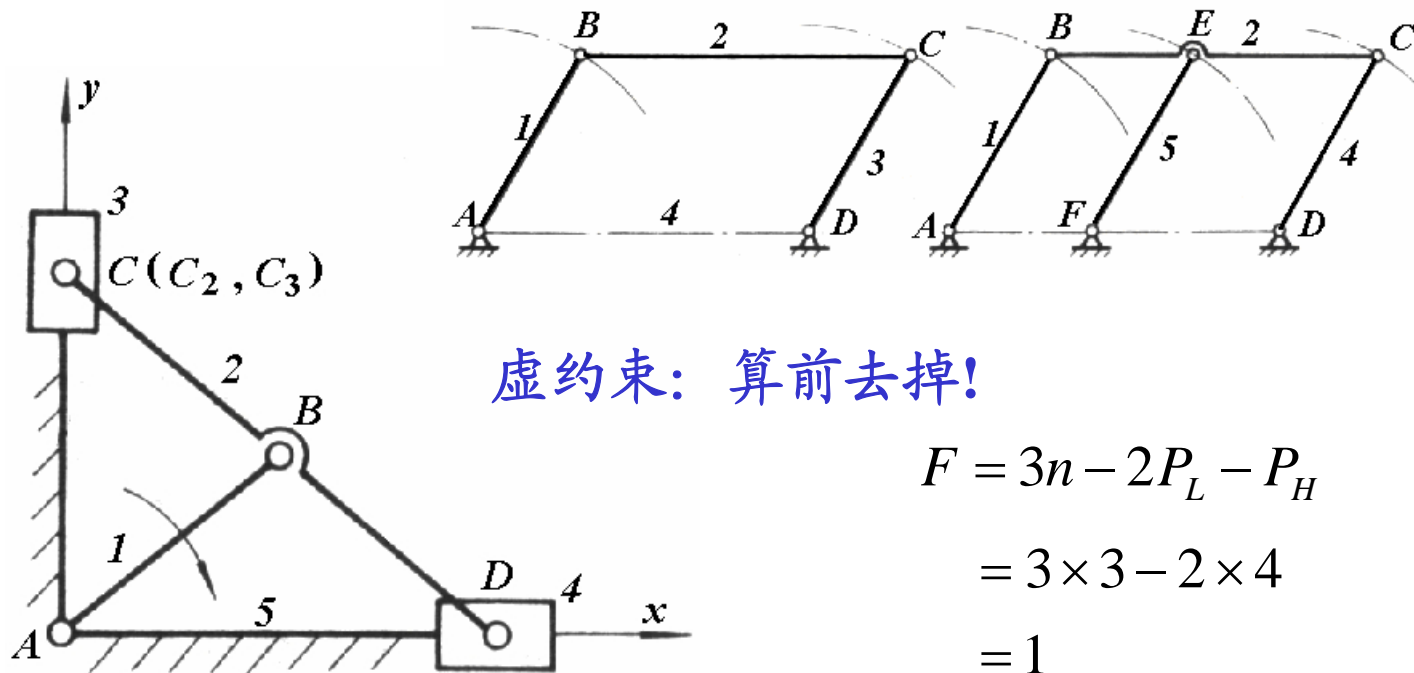


$$\begin{aligned} F' &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 3 - 1 \\ &= 2 \end{aligned}$$

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

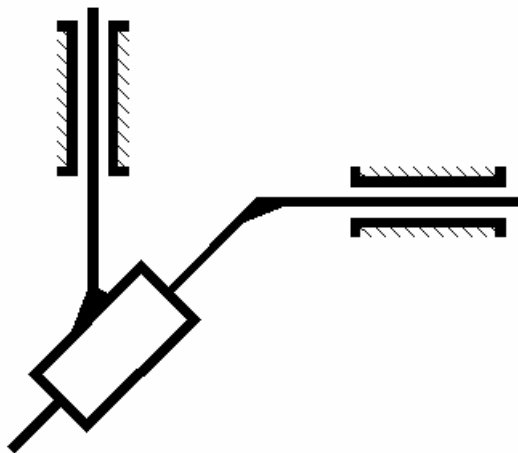
1-4 平面机构自由度计算

■ 使用公式时需要注意的问题3: 虚约束



1-4 平面机构自由度计算

- 使用公式时需要注意的问题4: 公共约束



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

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

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

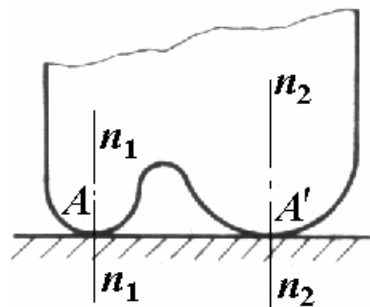
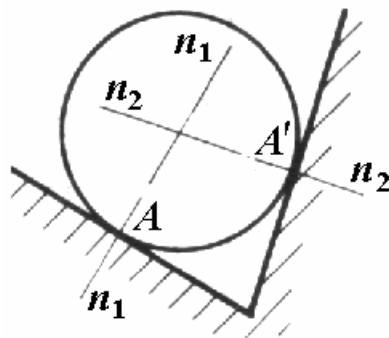
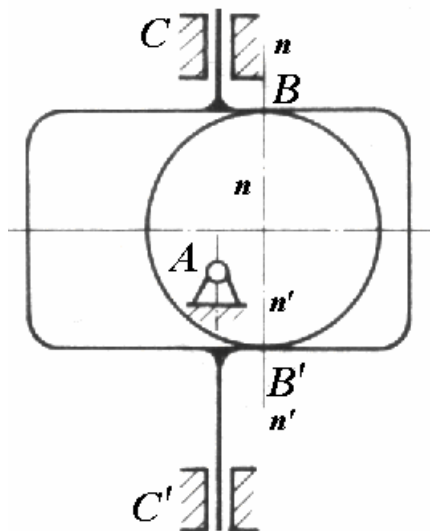
$$= 2 \times 2 - 1 \times 3$$

$$= 1$$

- 虚约束: 修正公式!
- 平面自由度公式, 可看成是空间自由度公式具有3个公共约束的情形:

$$F = (6-3)n - (5-3)P_V - (4-3)P_{IV} - 3P_{III} - 2P_{II} - P_I$$
$$= 3n - 2P_L - P_H$$

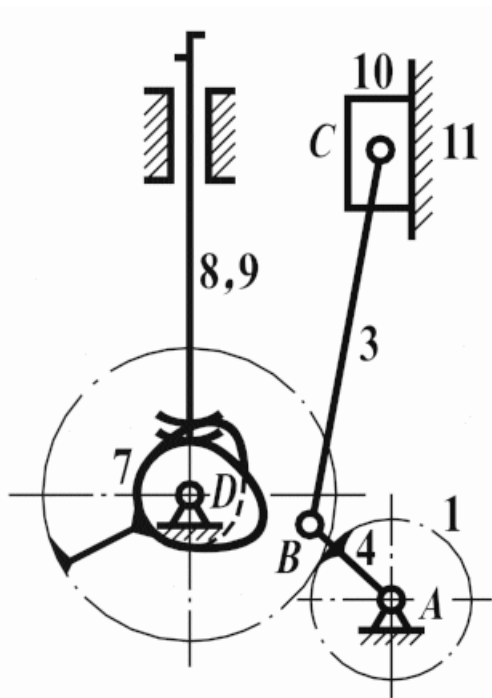
■ 使用公式时需要注意的问题5: 易错情形



■ 根据相对运动形式判断。

1-4 平面机构自由度计算

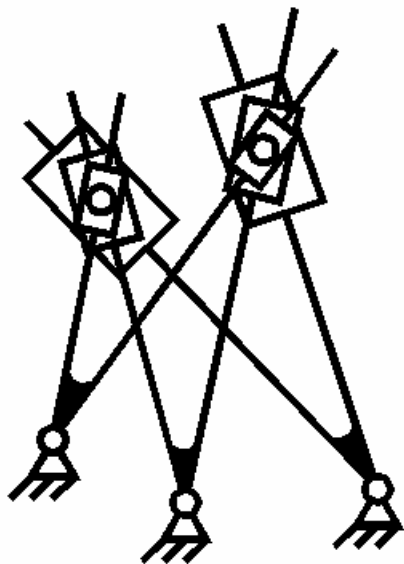
■ 再举两例:



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 6 - 2 \times 7 - 3 \\ &= 1 \end{aligned}$$

1-4 平面机构自由度计算

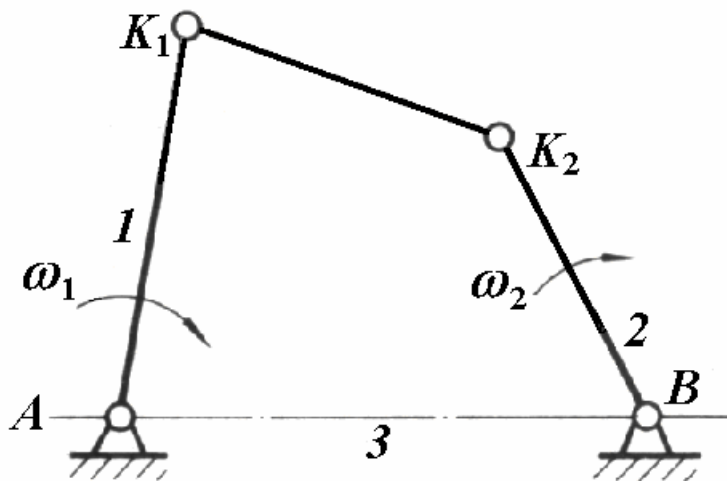
■ 再举一例：



$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 9 - 2 \times 13 - 0 \\ &= 1 \end{aligned}$$

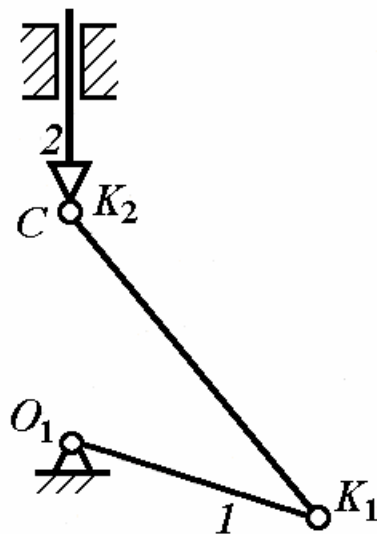
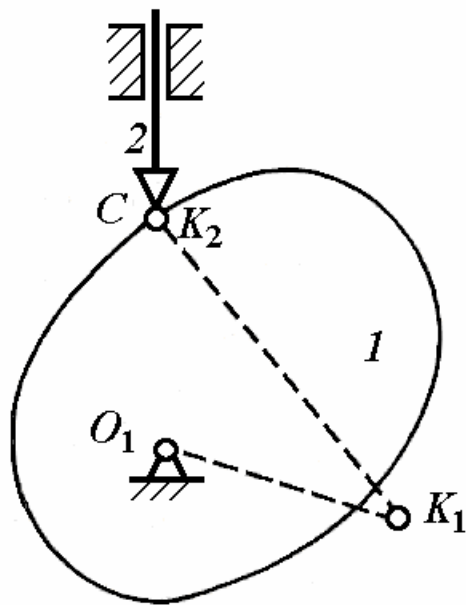
1-5 平面机构的组成原理

■ 平面机构中的高副低代



1-5 平面机构的组成原理

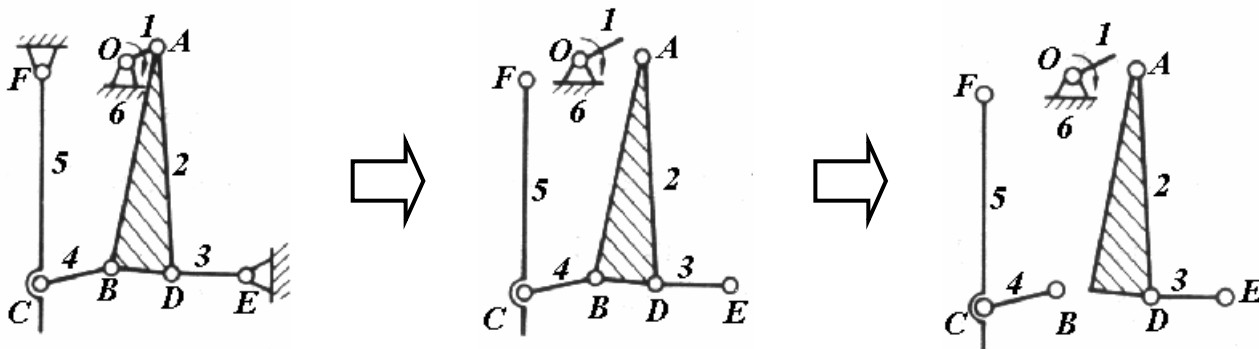
■ 平面机构中的高副低代



原则：1) 自由度不变。2) 0、1、2阶运动特性不变。

1-5 平面机构的组成原理

- 平面机构杆组及其拆分
- 机构=机架+若干主动件+从动件系统 ($F=0$)
- 从动件系统可拆成若干 $F=0$ 的最简构件组：基本杆组。

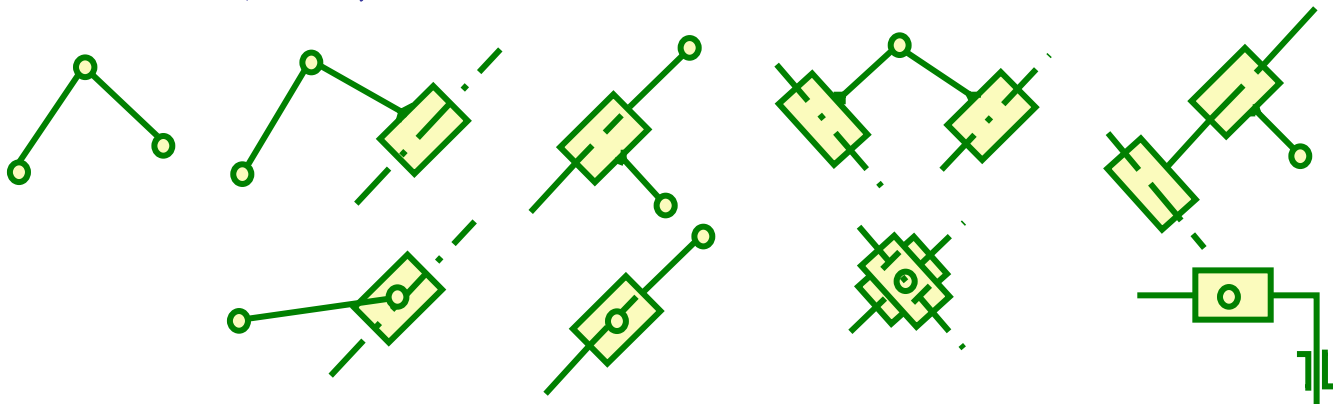


$$3n - 2P_L = 0 \quad P_L = \frac{3}{2}n$$

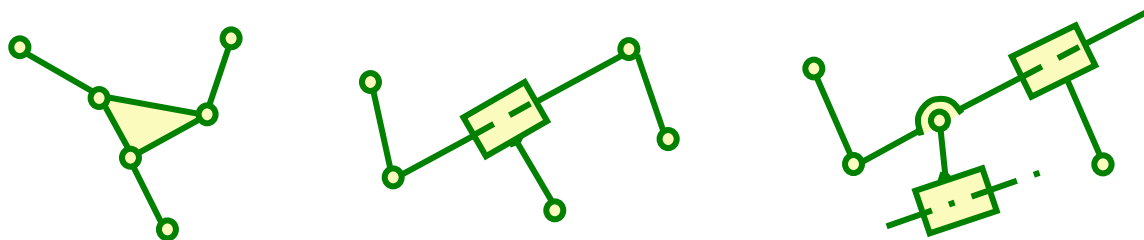
用途：用于机构运动与力分析

1-5 平面机构的组成原理

- $n = 2$ 的杆组有五种:



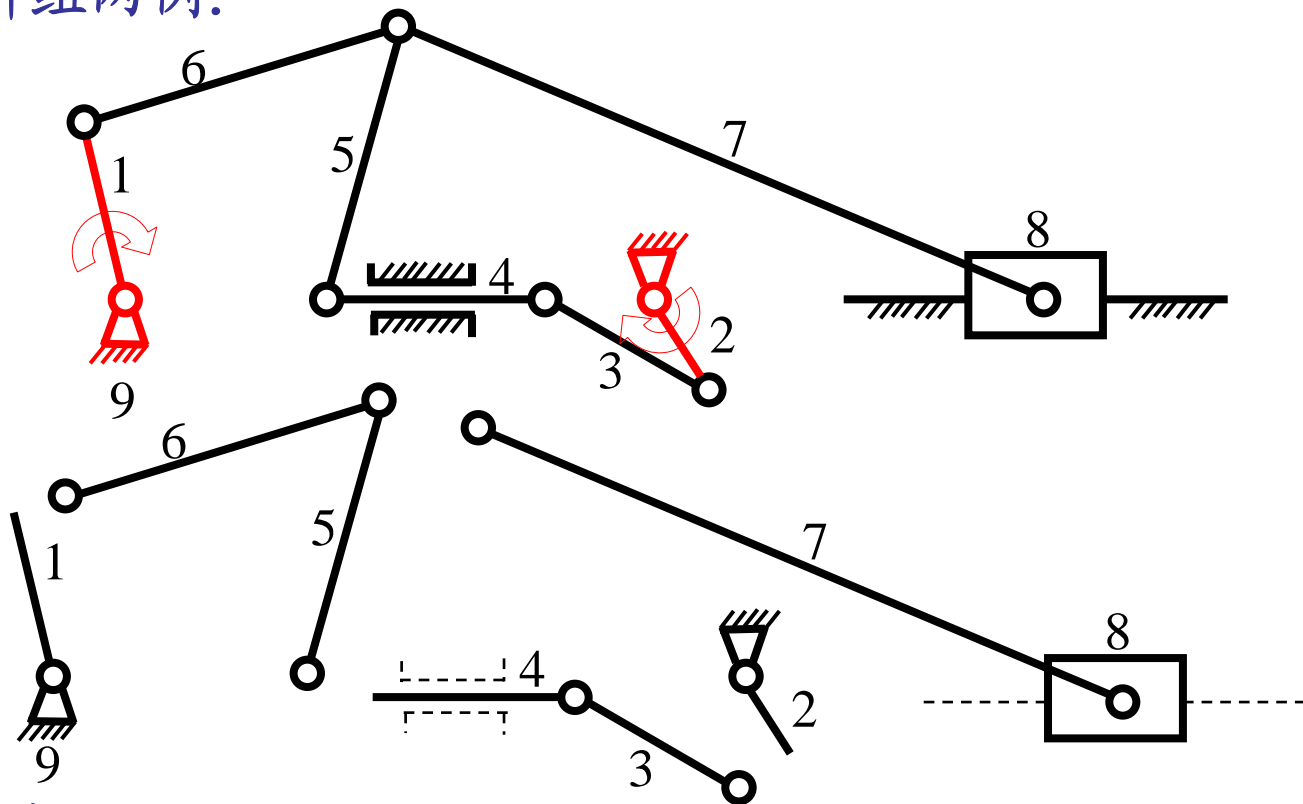
- $n = 4$ 的杆组有多种, 举例如下:



- 封闭多边形最大边数 = 杆组级别 = 机构级别

1-5 平面机构的组成原理

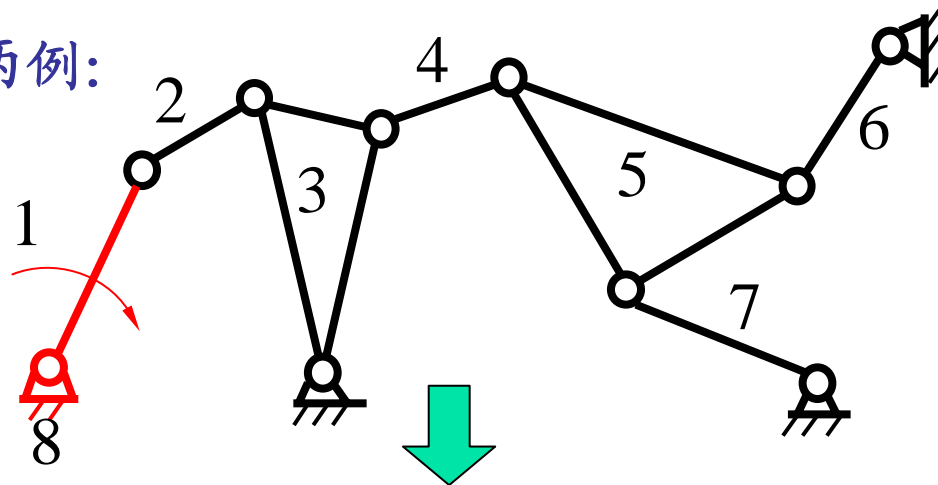
■ 拆杆组两例：



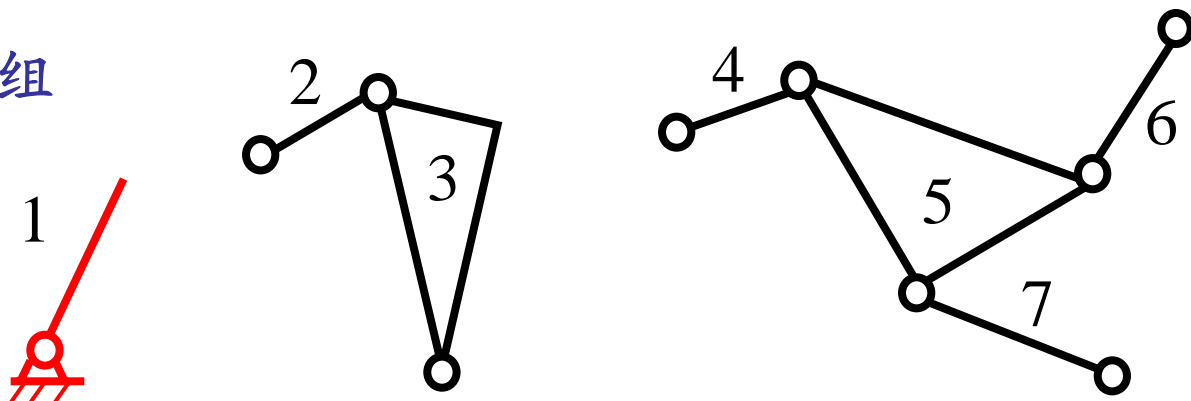
■ II级杆组

1-5 平面机构的组成原理

■ 拆杆组两例：

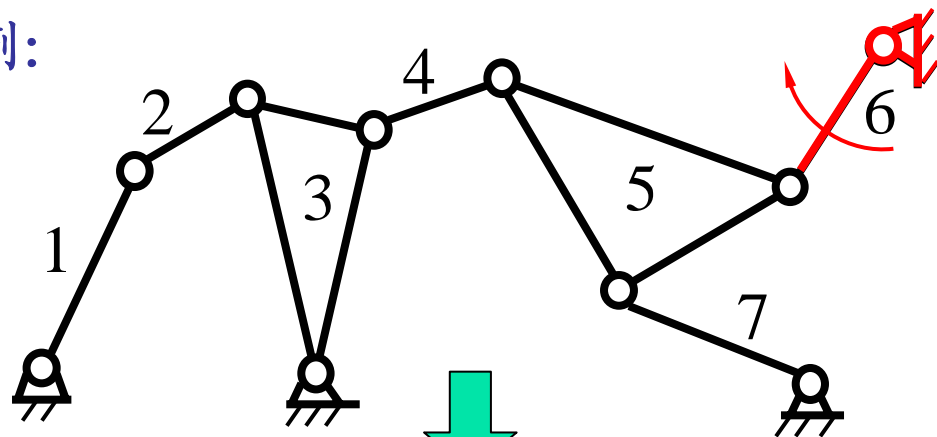


■ III级杆组

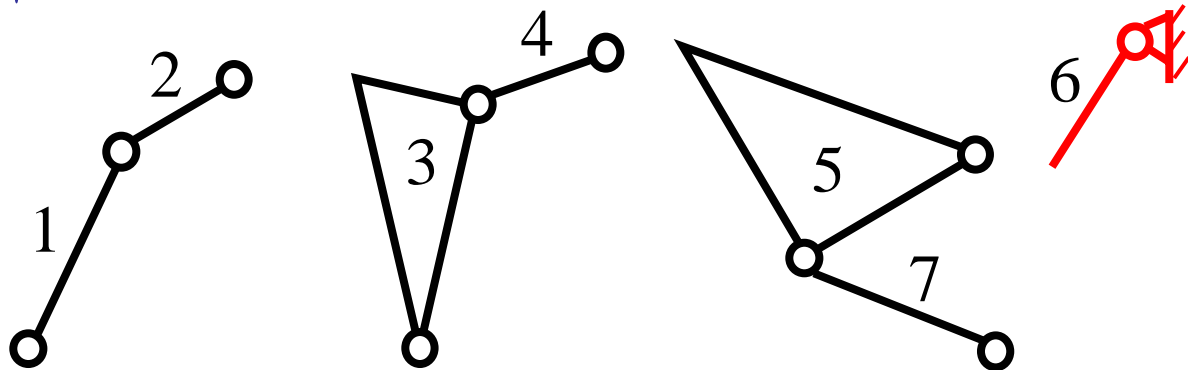


1-5 平面机构的组成原理

■ 拆杆组两例：



■ II级杆组

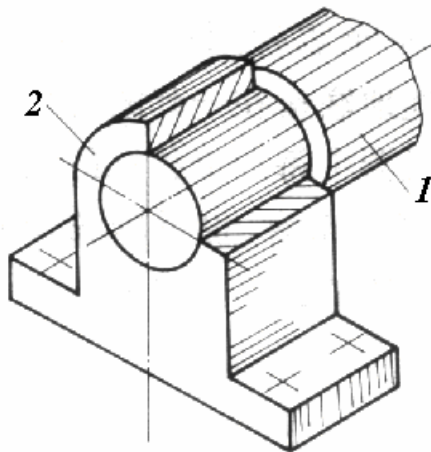


1-2 运动副分类及表示

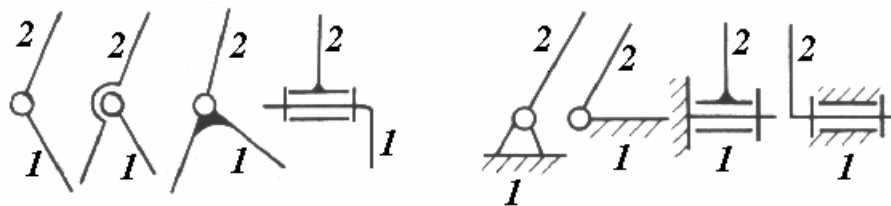
运动副元素：

圆孔面

圆柱面



符号表示为：

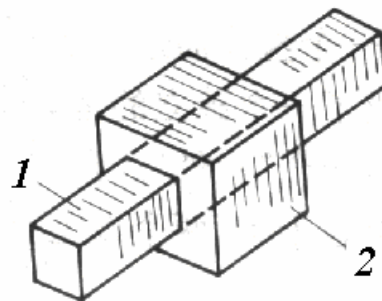


1-2 运动副分类及表示

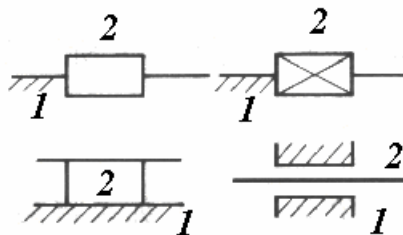
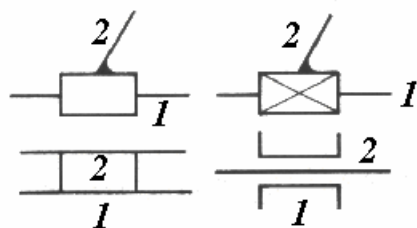
运动副元素:

棱孔面

棱柱面



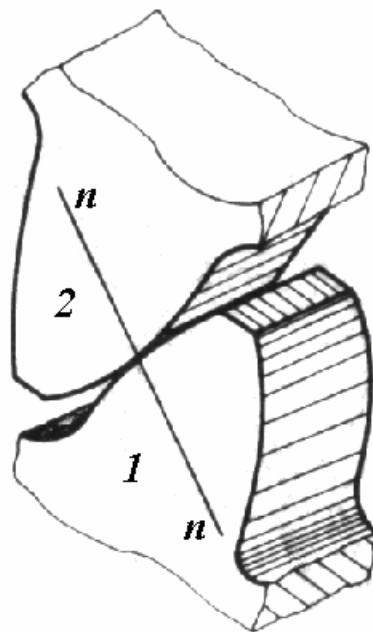
符号表示为:



1-2 运动副分类及表示

运动副元素：
齿廓曲面

符号表示为：

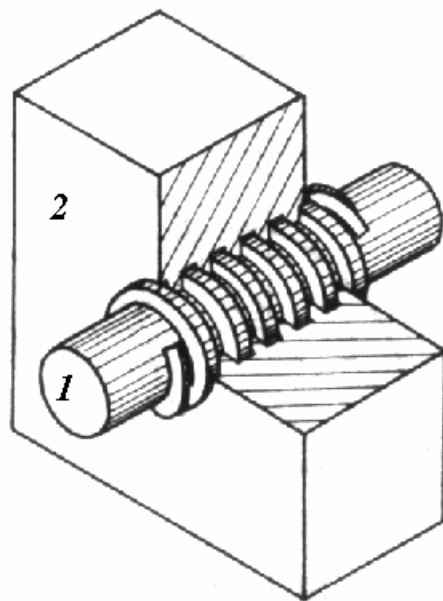
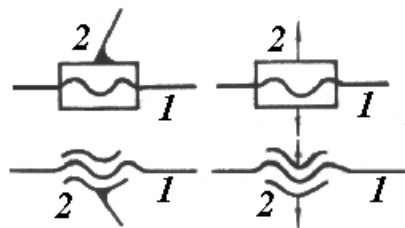


1-2 运动副分类及表示

运动副元素为:

螺旋曲面

符号表示为:



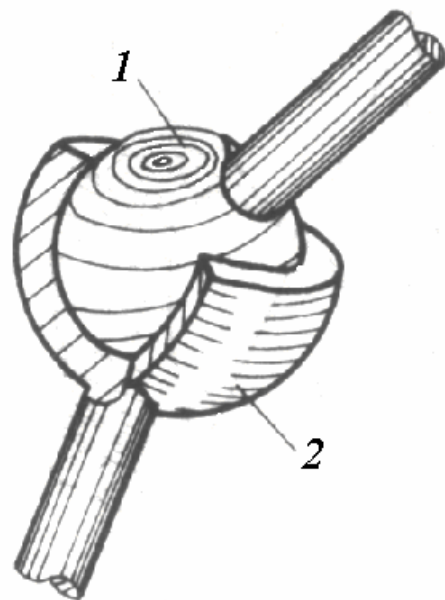
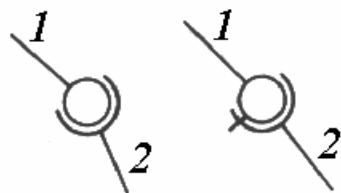
两构件相对运动是螺旋运动

1-2 运动副分类及表示

运动副元素为:

球面


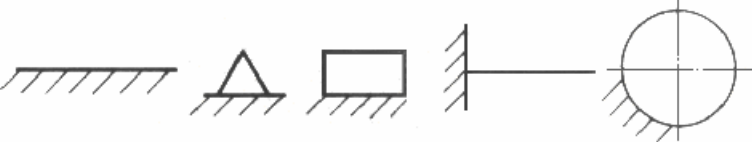
符号表示为:



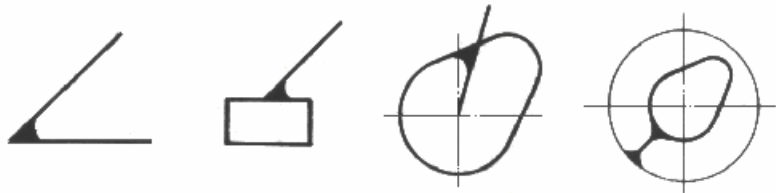
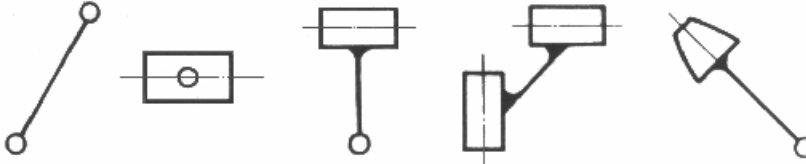
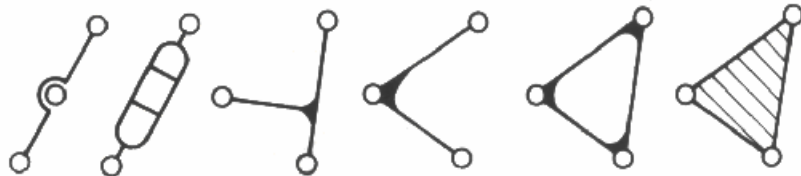
两构件相对运动是球面运动

1-2 运动副分类及表示

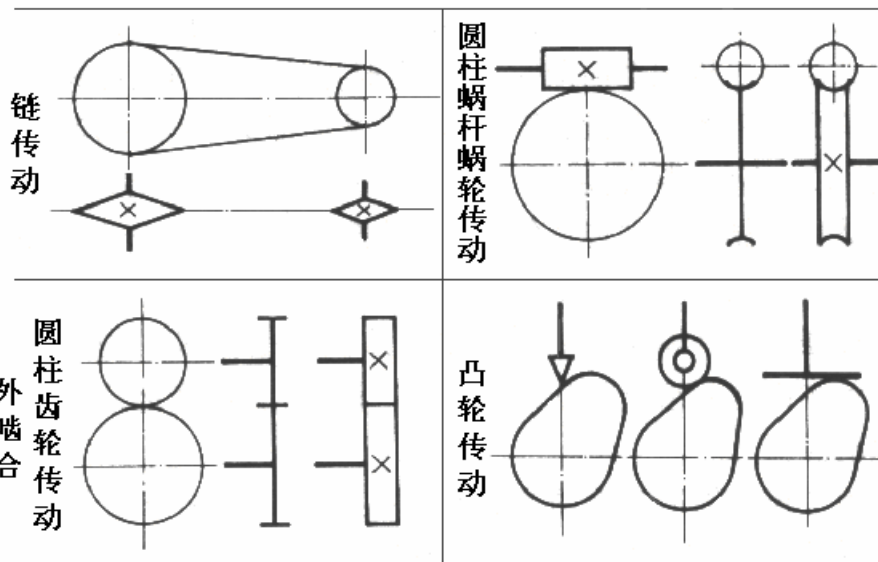
一般构件的表示方法

杆、轴类 构件	
固定构件	

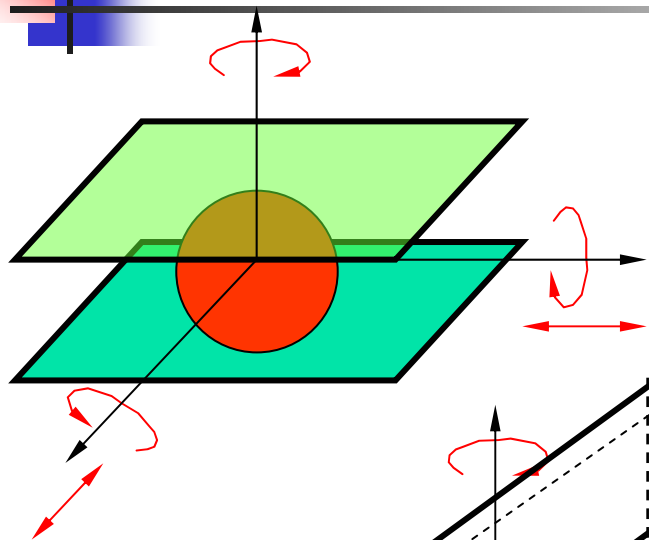
1-2 运动副分类及表示

同一构件	
两副构件	
三副构件	

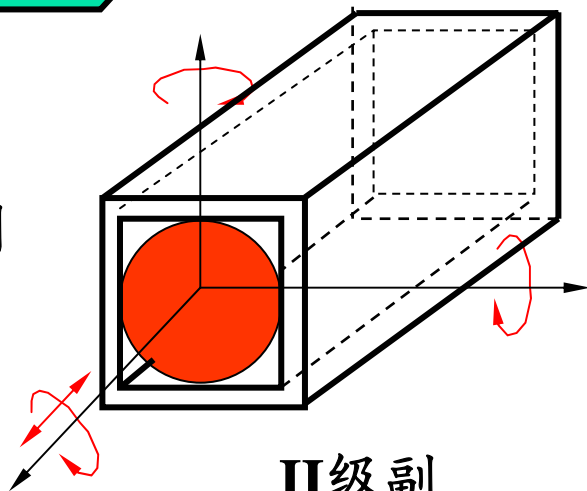
1-2 运动副分类及表示



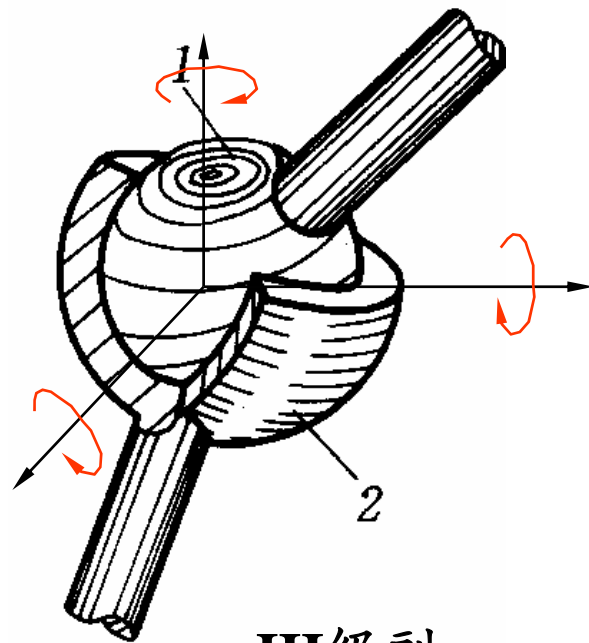
1-2 运动副分类及表示



I级副

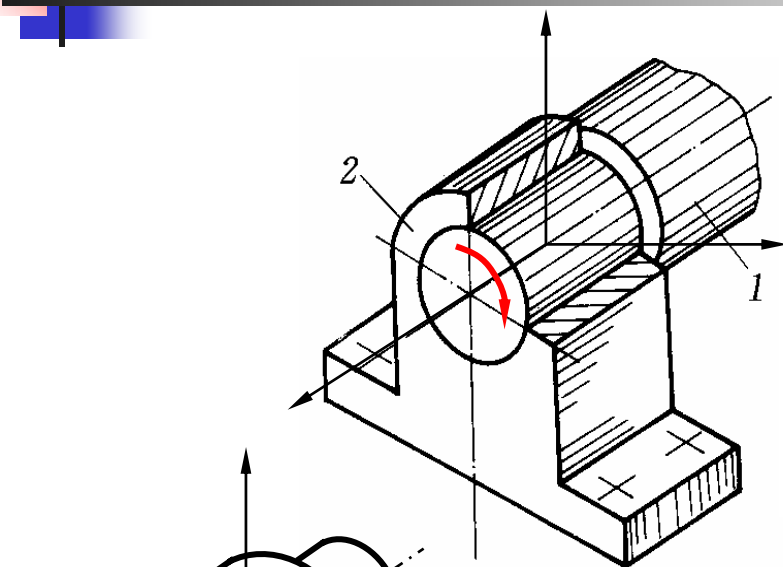


II级副

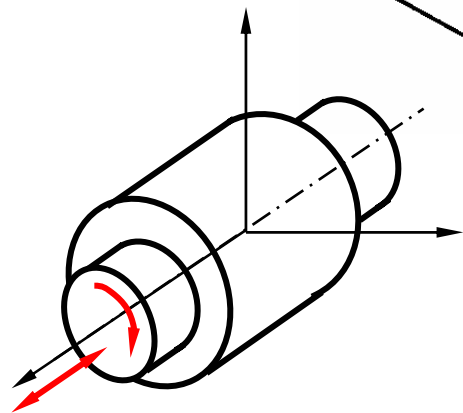


III级副

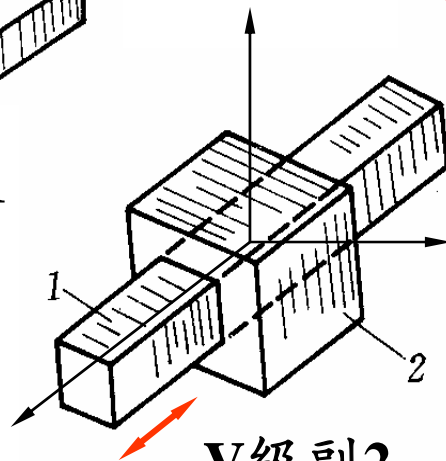
1-2 运动副分类及表示



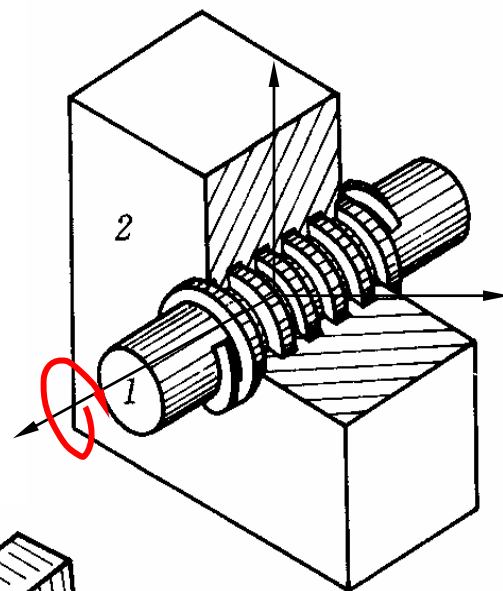
V级副1



IV级副



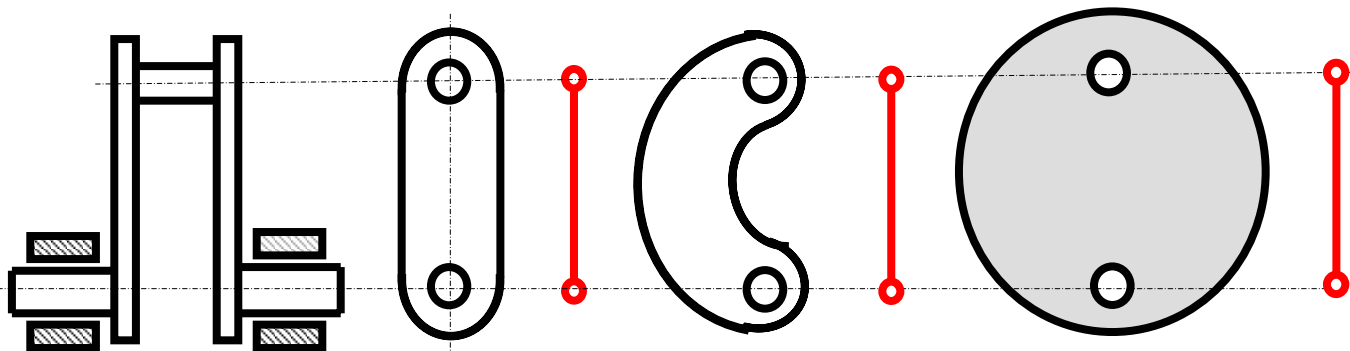
V级副2



V级副3

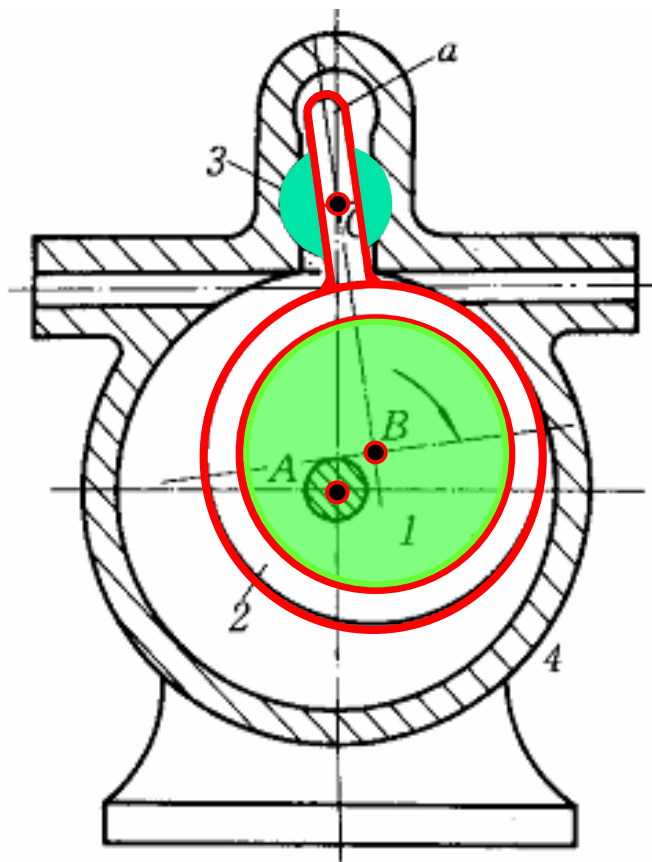
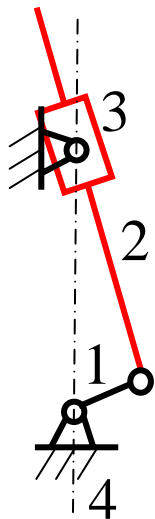
1-3 机构运动简图及其画法

- 平面机构运动简图的画法：
- 找出运动平面；识别所有运动单元即构件；辨明所有直接接触的构件之间的相对运动，据此确定运动副；测量同一构件上不同回转副之间的距离以及移动副的导轨方向角；选择适当比例在运动平面上投影绘制完成。有高副时要画出接触区域的曲线轮廓。
- 画构件时应撇开构件外形，而只考虑运动副的性质。



1-3 机构运动简图及其画法

- 绘制偏心泵机构运动简图:



偏心泵

