

# 第二章 机构的构造分析

§2-1 机构构造分析的内容及目的

§ 2-2 机构的构成

§ 2-3 机构运动简图

§ 2-4 机构具有拟定运动的条件

§ 2-5 机构自由度的计算

§ 2-6 计算平面机构自由度时应注意的事项

§ 2-7 虚约束对机构工作性能的影响及机构构造的合理设计

§ 2-8 平面机构的构成原理、构造分类及构造分析

§ 2-9 平面机构中的高副低代



## § 2-1 机构构造分析的内容及目的

### 主要内容及目的是：

- 研究机构的构成及机构运动简图的画法；
- 了解机构具有拟定运动的条件；
- 研究机构的构成原理及构造分类。





## § 2-2 机构的构成

### 1. 构件

任何机器都是由许多零件组合而成的。

**零件**是机器中的一种独立制造单元体；  
**构件**是机器中的一种独立运动单元体。

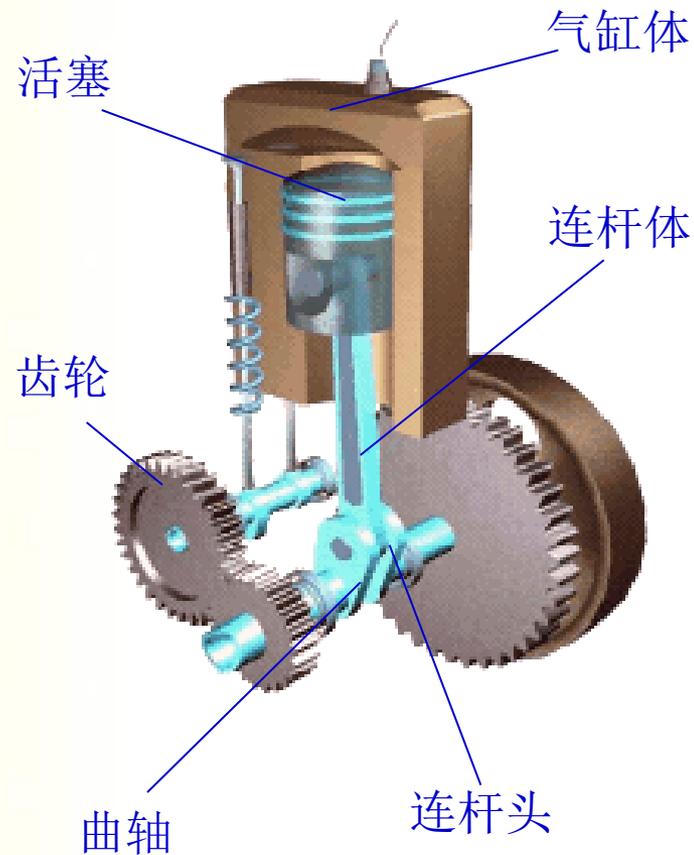
从运动来看，任何机器都是由若干个构件组合而成的。

### 2. 运动副

**运动副**是两构件直接接触而构成的可动连接；

**运动副元素**是两构件参加接触而构成运动副的表面。

例2-1 轴与轴承、滑块与导轨、两轮齿啮合。





## (1) 运动副的分类

1) 按其引入的约束数目分: I 级副、II 级副、..... V 级副。

2) 按其接触形式分 { 高副: 点、线接触的运动副  
低副: 面接触的运动副

3) 按其相对运动形式分 { 转动副 (回转副或铰链)  
移动副  
螺旋副  
球面副

运动副还可分为平面运动副与空间运动副两类。



## (2) 运动副符号

运动副常用要求的简朴符号来体现（GB4460/T—1984）。

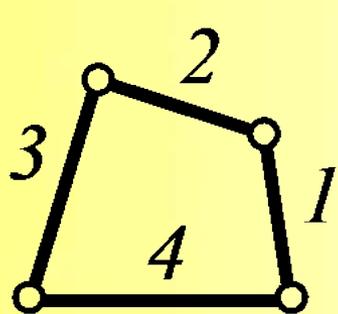
多种常用运动副模型  
常用运动副的符号表

### 3. 运动链

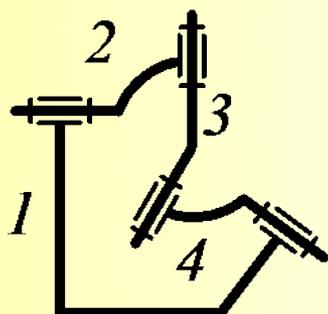
构件经过运动副的连接而构成的相对可动的系统。

闭式运动链（简称闭链）

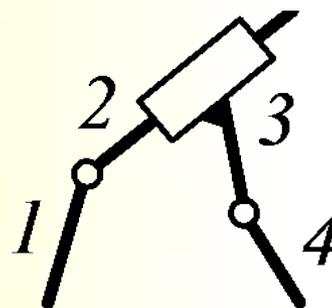
开式运动链（简称开链）



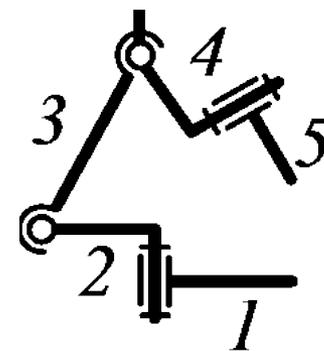
平面闭式运动链



空间闭式运动链



平面开式运动链



空间开式运动链



## 4. 机构

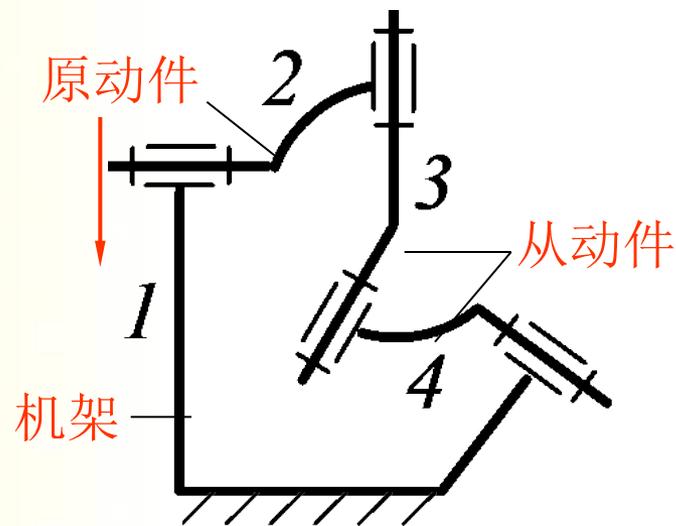
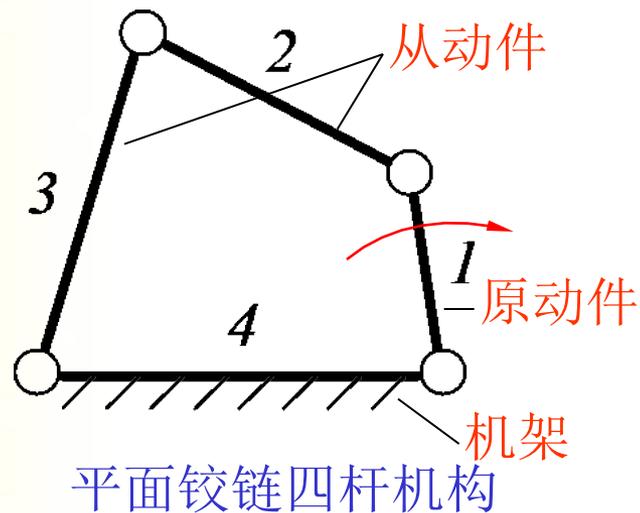
具有固定构件的运动链称为**机构**。

**机架**——机构中的固定构件。  
一般机架相对地面固定不动，但当机构安装在运动的机械上时则是运动的。

**原动件**——按给定已知运动规律独立运动的构件；常以转向箭头表达。

**从动件**——机构中其他活动构件。其运动规律决定于原动件的运动规律和机构的构造及构件的尺寸。

机构常分为**平面机构**和**空间机构**两类，其中平面机构应用最为广泛。





## § 2-3 机构运动简图

在对既有机械进行分析或设计新机器时，都需要绘出其机构运动简图。

### 1. 机构运动简图

#### 例2-2 内燃机机构运动简图。

**机构运动简图** 根据机构的运动尺寸，按一定的百分比尺定出各运动副的位置，采用运动副及常用机构运动简图符号和构件的表达措施，将机构运动传递情况表达出来的简化图形。

**机构示意图** 不严格按百分比绘出的，只表达机械构造情况的简图。





## 2. 机构运动简图的绘制

绘制措施及环节：

(1) 搞清机械的构造及运动情况，沿着运动传递路线，查明构成机构的构件数目、运动副的类别及其位置；

(2) 选定视图平面；

(3) 选合适百分比尺，作出各运动副的相对位置，再画出各运动副和机构的符号，最终用简朴线条连接，即得机构运动简图。

举例：

内燃机机构运动简图绘制

颚式破碎机机构运动简图绘制



## § 2-4 机构具有拟定运动的条件

一种机构在什么条件下才干实现拟定的运动呢？

两个例子

### 例2-3 铰链四杆机构

若给定机构一种独立运动，则机构的运动完全拟定；

若给定机构两个独立运动，则机构的最单薄环节损坏。

### 例2-4 铰链五杆机构

若给定机构一种独立运动，则机构的运动不拟定；

若给定机构两个独立运动，则机构的运动完全拟定。

**机构的自由度** 机构具有拟定运动时所必须给定的独立运动参数的数目，其数目用 $F$ 表达。

**结论** 机构具有拟定运动的条件是：机构的原动件数目应等于机构的自由度数 $F$ 。





**结论：**

机构具有拟定运动的条件是：机构原动件数目应等于机构的自由度的数目 $F$ 。

假如原动件数 $<F$ ，则机构的运动将不拟定；

假如原动件数 $>F$ ，则会造成机构最单薄环节的损坏。



## § 2-5 机构自由度的计算

### 1. 平面机构自由度的计算

#### (1) 计算公式

$$F = 3n - (2p_1 + p_h)$$

式中： $n$ 为机构的活动构件数目；

$p_1$ 为机构的低副数目；

$p_h$ 为机构的高副数目。

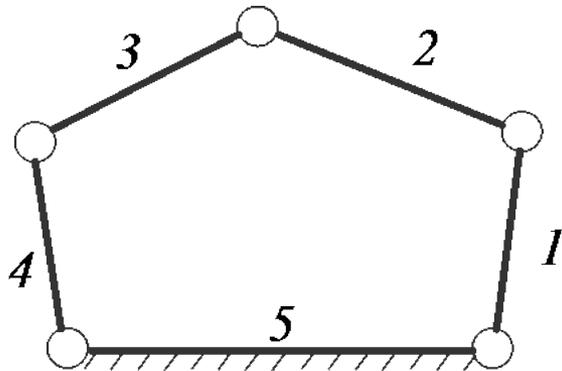
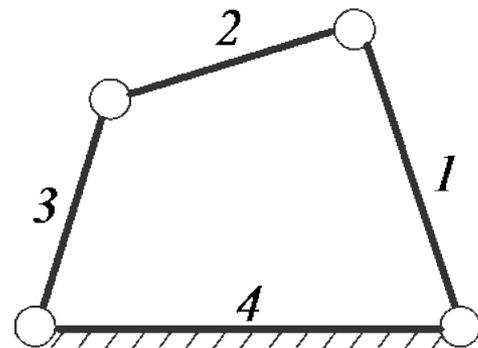
#### (2) 举例

##### 1) 铰链四杆机构

$$\begin{aligned} F &= 3n - (2p_1 + p_h) \\ &= 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1 \end{aligned}$$

##### 2) 铰链五杆机构

$$\begin{aligned} F &= 3n - (2p_1 + p_h) \\ &= 3 \times 4 - 2 \times 5 - 0 = 2 \end{aligned}$$





### 3) 内燃机机构

$$F = 3n - (2p_1 + p_h)$$

$$= 3 \times 6 - 2 \times 7 - 3 = 1$$

## 2. 空间机构自由度的计算

### (1) 一般空间机构自由度的计算

设一空间机构共有  $n$  个活动构件，  
 $p_i$  个  $i$  级运动副，其约束数为  $i$  ( $i=1,2,\dots,5$ ),

$$F = 6n - (5p_5 + 4p_4 + 3p_3 + 2p_2 + p_1)$$

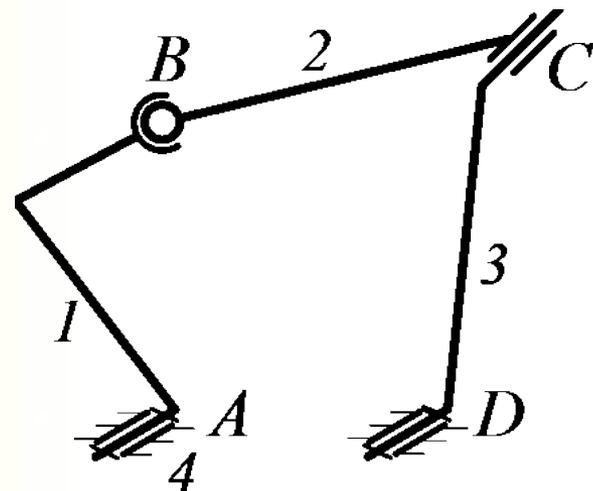
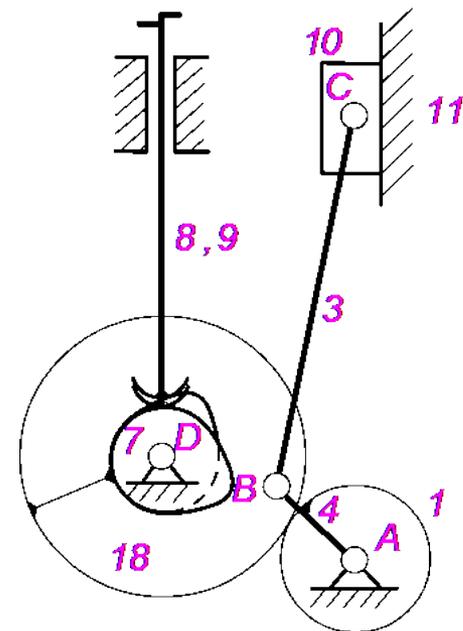
$$= 6n - \sum_{i=1}^5 ip_i$$

### 例2-5 空间四杆机构

解  $F = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3$

$$= 6 \times 3 - 5 \times 3 - 3 \times 1$$

$$= 0$$





## (2) 含公共约束的空间机构自由度的计算

**公共约束**是指机构中全部构件均受到的共同的约束,以 $m$ 表达。

$$F = (6 - m)n - \sum_{i=m+1}^5 (i - m)p_i$$

由上式可知,公共约束  $m=0, 1, 2, 3, 4$ 。故相应的机构分别称为**0族、1族、2族、3族、4族机构** (五类)。

### 例2-6 楔形滑块机构

**解** 所以机构为全移动副平面机构,故  $m=4$ , 则

$$\begin{aligned} F &= (6 - m)n - (5 - m)p_5 \\ &= (6 - 4) \times 2 - (5 - 4) \times 3 \\ &= 1 \end{aligned}$$

图2-12

NWPU





### (3) 空间开链机构的自由度计算

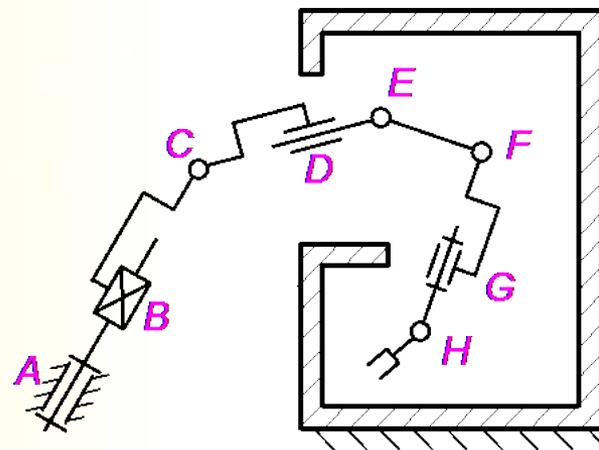
因空间开链机构运动副总数  $p(=\sum_{i=1}^5 p_i)$  等于其活动构件数  $n$ ,  
故

$$F = 6n - \sum_{i=1}^5 ip_i = 6n - \sum_{i=1}^5 (6 - f_i)p_i = \sum_{i=1}^5 f_i p_i$$

式中,  $f_i$  为  $i$  级运动副的自由度,  $f_i = 6 - i$ 。

#### 例2-7 机械手开链机构

$$\begin{aligned} \text{解 } F &= (6-5)p_5 + (6-4)p_4 \\ &= 1 \times 7 + 2 \times 1 \\ &= 9 \end{aligned}$$



因机械手具有9个自由度, 故它运动的灵活性较大, 可绕过障碍进入作业区。

## § 2-6 计算平面机构自由度时应注意的事项



### 1. 要正确计算运动副的数目

(1) **复合铰链** 由 $m$ 个构件构成的复合铰链，共有 $(m-1)$ 个转动副。

(2) **同一运动副** 假如两构件在多处接触而构成运动副，且符合下列情况者，则为同一运动副，即只能算一种运动副。

1) 移动副，且移动方向彼此平行或重叠；

2) 转动副，且转动轴线重叠；

3) 平面高副，且各接触点处的公法线彼此重叠。

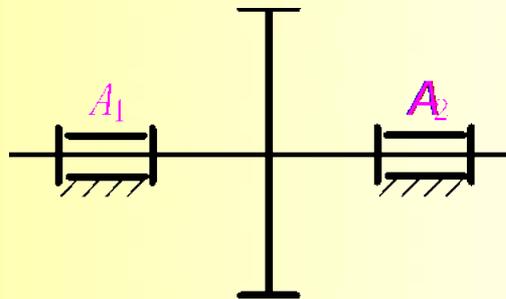


图2-14

NWPU

图2-16

NWPU

图2-18

NWPU





### (3) 复合平面高副

假如两构件在多处接触构成平面高副，但各接触点处的公法线方向并不彼此重叠，则为复合高副，相当于一种低副（移动副或转动副）。

图2-19a

NWPU

图2-19b

NWPU

## 2. 要除去局部自由度

**局部自由度** 是指机构中某些构件所产生的不影响其他构件运动局部运动的自由度，以 $F'$ 表达。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/695103312113011330>