



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 机械基础

主编 魏 兵 王 为

 高等教育出版社

TH11/50

2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 机械基础

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 主 编 | 魏 兵 | 王 为 |
| 副主编 | 魏春梅 | 邓援超 |
| 参 编 | 王劲青 | 刘小鹏 |
|     | 刘文超 | 易 军 |
| 主 审 | 彭文生 |     |

高等教育出版社

## 内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

全书共分十一章,内容包括总论、工程力学基础、常用机构、极限与配合、工程材料、连接、机械传动、轮系、轴系、机械加工基础、液压与气压传动简介,书后附录介绍了机械的发展简史。

本书偏重于基本概念、基本理论、基本方法的传授,可作为高等学校近机类专业、电类专业、信息类专业、管理类专业的教学用书或参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械基础/魏兵,王为主编. —北京:高等教育出版社, 2008.5

ISBN 978-7-04-023112-0

I. 机… II. ①魏…②王… III. 机械学-高等学校-教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 022191 号

|      |     |      |     |      |     |      |     |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| 策划编辑 | 宋 晓 | 责任编辑 | 杜惠萍 | 封面设计 | 于 涛 | 责任绘图 | 朱 静 |
| 版式设计 | 王艳红 | 责任校对 | 王 超 | 责任印制 | 朱学忠 |      |     |

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 肥城新华印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16  
印 张 13.75  
字 数 330 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 5 月第 1 版  
印 次 2008 年 5 月第 1 次印刷  
定 价 16.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 23112-00

# 前 言

机械基础知识是近机类专业、电类专业、信息类专业、管理类专业学生的必备知识。本教材是为了适应当前教学改革的需要而编写的一本新教材,其主要特点是:

1. 内容涵盖面广,包括了工程力学、极限与配合、工程材料、机械设计基础(常用机构、机械传动、连接、轴系等)、机械加工基础、液压及气压传动等方面的基础知识,适合有关专业的学生花较少的学时学到必备的机械基础知识。

2. 全书各章内容取材难易适度,阐述深入浅出,易于学生理解与掌握必备的机械基础知识。

3. 每一章后面配有精选、适当的思考题与习题,便于教师教学和学生自学。

4. 全书各章均采用最新国家标准和国际通用的符号。

全书内容适用于课堂讲授时数为48~60学时,可供不同情况的相近专业(近机类专业、非机类专业、电类专业、信息类专业、管理类专业)选用。

全书除附录外,共十一章。参加本书编写的有湖北工业大学机械工程学院王为(第一章、第六章)、魏春梅(第二章、第八章、第九章)、魏兵(第三章)、刘文超(第四章)、邓援超(第五章、附录)、易军(第七章第一~五节、第十一章)、王劲青(第七章第六~十节)、刘小鹏(第十章),由魏兵、王为任主编,魏春梅、邓援超任副主编。

本书承全国机械设计教研会名誉理事长、华中科技大学彭文生教授担任主审,他认真地审阅了全书,提出了许多宝贵的修改意见,对此表示衷心的感谢!

在本书的编写过程中参阅了其他版本的同类教材、相关的技术标准和文献资料等,在此对其编著者表示衷心的感谢!

由于作者水平和时间所限,欠妥之处在所难免,恳望广大读者给予批评指正。

编 者

2007年10月于武昌南湖

# 目 录

|                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 第一章 总论..... ( 1 )                     | § 5-6 复合材料..... ( 92 )                |
| § 1-1 机械的组成..... ( 1 )                | § 5-7 钢的热处理..... ( 94 )               |
| § 1-2 运动副及平面机构..... ( 2 )             | 思考与习题..... ( 96 )                     |
| § 1-3 机械设计的基本准则..... ( 9 )            | 第六章 连接..... ( 98 )                    |
| § 1-4 机械制造的基本知识..... ( 10 )           | § 6-1 螺纹的基本知识..... ( 98 )             |
| § 1-5 本课程的性质、任务和学习<br>内容..... ( 12 )  | § 6-2 螺纹连接的类型及应用..... ( 101 )         |
| 思考与习题..... ( 12 )                     | § 6-3 螺纹连接的防松..... ( 105 )            |
| 第二章 工程力学基础..... ( 14 )                | § 6-4 其他连接..... ( 106 )               |
| § 2-1 理论力学的基础知识..... ( 14 )           | 思考与习题..... ( 110 )                    |
| § 2-2 材料力学的基本知识..... ( 18 )           | 第七章 机械传动..... ( 112 )                 |
| § 2-3 机械零件基本变形形式的强度<br>计算..... ( 23 ) | § 7-1 概述..... ( 112 )                 |
| 思考与习题..... ( 35 )                     | § 7-2 带传动..... ( 115 )                |
| 第三章 常用机构..... ( 38 )                  | § 7-3 链传动..... ( 122 )                |
| § 3-1 平面连杆机构..... ( 38 )              | § 7-4 齿轮传动..... ( 125 )               |
| § 3-2 凸轮机构..... ( 47 )                | 思考与习题..... ( 139 )                    |
| § 3-3 间歇运动机构..... ( 52 )              | 第八章 轮系..... ( 140 )                   |
| 思考与习题..... ( 56 )                     | § 8-1 定轴轮系及其传动比..... ( 140 )          |
| 第四章 极限与配合..... ( 57 )                 | § 8-2 周转轮系及其传动比..... ( 143 )          |
| § 4-1 概述..... ( 57 )                  | § 8-3 轮系的功用..... ( 145 )              |
| § 4-2 极限与配合的基本术语及<br>定义..... ( 57 )   | 思考与习题..... ( 148 )                    |
| § 4-3 极限与配合国家标准..... ( 62 )           | 第九章 轴系..... ( 150 )                   |
| § 4-4 形状和位置公差..... ( 64 )             | § 9-1 轴..... ( 150 )                  |
| § 4-5 表面粗糙度..... ( 67 )               | § 9-2 轴承..... ( 156 )                 |
| 思考与习题..... ( 73 )                     | § 9-3 联轴器和离合器..... ( 163 )            |
| 第五章 工程材料..... ( 76 )                  | § 9-4 弹簧..... ( 166 )                 |
| § 5-1 工程材料的分类..... ( 76 )             | 思考与习题..... ( 166 )                    |
| § 5-2 材料的力学性能..... ( 76 )             | 第十章 机械加工基础..... ( 168 )               |
| § 5-3 金属材料..... ( 78 )                | § 10-1 机械制造及其系统..... ( 168 )          |
| § 5-4 有机材料..... ( 87 )                | § 10-2 毛坯的制造工艺..... ( 169 )           |
| § 5-5 陶瓷..... ( 91 )                  | § 10-3 切削加工方法..... ( 172 )            |
|                                       | § 10-4 金属切削机床综述..... ( 178 )          |
|                                       | § 10-5 机床的自动化与柔性制造<br>系统..... ( 182 ) |

|                     |       |                        |       |
|---------------------|-------|------------------------|-------|
| 思考与习题.....          | (191) | § 11-2 液压元件 .....      | (195) |
| <b>第十一章 液压与气压传动</b> |       | § 11-3 气压传动概述 .....    | (200) |
| <b>简介</b> .....     | (192) | 思考与习题.....             | (201) |
| § 11-1 液压传动的原理、组成及  |       | <b>附录 机械发展简史</b> ..... | (202) |
| 特点 .....            | (192) | <b>参考文献</b> .....      | (211) |

# 第一章 总 论

人类通过长期生产实践创造和发明了各种机械,用以减轻人类的体力劳动,提高劳动生产率,完成各种复杂的工作。早在古代,人类就知道利用杠杆、滚子、绞盘等简单机械从事建筑和运输。远在五千年前就使用了简单的纺织机械,在夏朝以前就发明了车子,晋朝的连机碓和水碓就应用了凸轮原理。西汉时的指南车和记里鼓车都应用了轮系。现代机械中应用的青铜轴瓦和金属的人字齿轮,在我国东汉时代的文物中可以找到它们的原始形态。随着生产发展的需要,人们设计制造了汽车、开采机、机床等各种各样的机器,在现代生产活动中发挥着巨大的作用。机器已成为人类不可缺少的生产工具,同时也是社会生产力发展的重要标志。

用机械进行生产实践,可以减轻劳动强度,提高生产效率,保证产品质量。了解机械的组成及其特点,对更好地发挥机械的作用,有着重要的意义。

## § 1-1 机械的组成

机械是什么?机械是机器和机构的总称。

机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料(包括被加工对象、被搬运物体等)和信息。凡将其他形式的能量变换成机械能的机器统称为动力机器,如电动机、内燃机分别将电能和热能变换成机械能。凡利用机械能实现能量、物料、信息的变化或传递的机器统称为工作机,如金属切削机床、运输机、发动机、打字机、包装机、轧钢机、缝纫机、自行车等。

由于机器的种类繁多,其构造、性能和用途也各不相同。但如果从机器的组成部分和运动的确定性以及机器的功能关系来分析,凡是机器都有三个共同特征:

1) 机器是由许多构件组合而成。例如图 1-1 所示的单缸内燃机,它是由气缸 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4 等构件组合而成的。

2) 各构件之间有确定的相对运动。例如图 1-1 所示的活塞相对气缸的往复运动,曲轴相对两端轴承的连续转动。

3) 能代替人的劳动,完成有用的机械功或转换能量。例如:金属切削机床能改变工件的外形尺寸,运输机能改变物体的空间位置,发电机可以把机械能转换为电能。打字机可以变换和传递信息等。

因此,机器就是构件的组合,各构件之间有确定的相

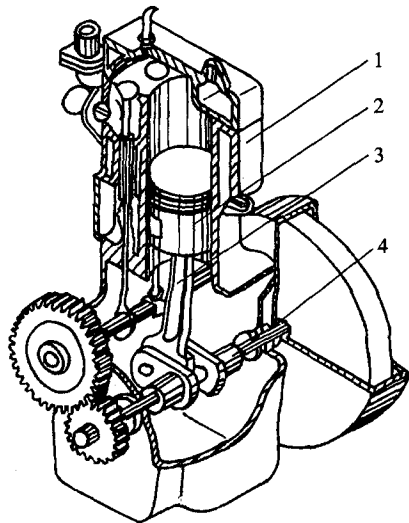


图 1-1 单缸内燃机

1—气缸;2—活塞;3—连杆;4—曲轴

对运动,并能代替人的劳动或实现能量的转换。

机器中的构件,就是指能作相对运动的物体,如图 1-1 中的气缸 1、活塞 2、连杆 3 和曲轴 4 等,都是构件。而组成构件的相互之间没有相对运动的物体称为零件。图 1-1 中的连杆是一个构件,它是由螺栓、连杆盖、螺母和连杆体等零件组成。因此,构件是运动的单元,而零件则是制造的单元。机构是由两个以上的构件通过运动副连接起来的组成体,它具有机器的前两个特征。机构是机器的主要组成部分。

机器与机构的主要区别在于:机器包含机构,机器除传递运动和力外,还能变换或传递能量、物料和信息,而机构只能传递运动和力。

综上所述,机器一般由各种机构组成,并有原动部分、传动部分和工作部分。机构则由构件组成,构件又由零件组成。因此,一般常以机械一词作为机构和机器的通称。

在机器中由一些零件组成的实体,具有特定的功能,称为部件,如轴承、联轴器、离合器等。

除机器外,另有一些静止的实物组合体有贮存或转化能量的作用,则称为装置,例如压力容器等。

各种机械中普遍使用的机构称为常用机构,如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、步进传动机构等。

各种机械中普遍使用的零件称为通用零件,如螺钉、轴、轴承、齿轮、弹簧等。只在某一类型机器中使用的零件称为专用零件,如内燃机的活塞、曲轴、汽轮机的叶片等。

## § 1-2 运动副及平面机构

### 一、运动副

机构由构件组成,而机构最主要的特征是各构件之间具有确定的相对运动。这就要求组成机构的各构件必须以一定的方式进行连接,但这种连接不是刚性的,而是通过连接,各构件之间仍有一定的相对运动。这种使两个构件直接接触并能产生某种相对运动的连接就称为运动副。平面机构中,构成运动副的各构件的运动均为平面运动,故该运动副就称为平面运动副。

#### 1. 运动副的种类

##### (1) 高副

两构件构成点、线接触的运动副称为高副。图 1-2 所示的齿轮轮齿间的啮合为高副。

##### (2) 低副

两构件组成面接触的运动副称为低副。如图 1-3a、b 所示,均为低副。

平面低副按其相对运动形式分为转动副和移动副。

1) 转动副 两构件间只能产生相对转动的运动副称为转动副,如图 1-3a 所示。

2) 移动副 两构件间只能产生相对移动的运动副称为移动副。如图 1-3b 所示的滑块与导向装置的连接。

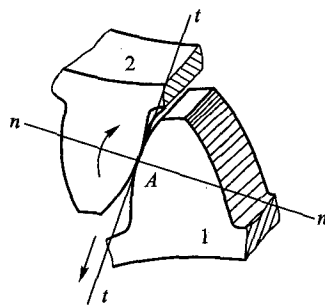


图 1-2 高副

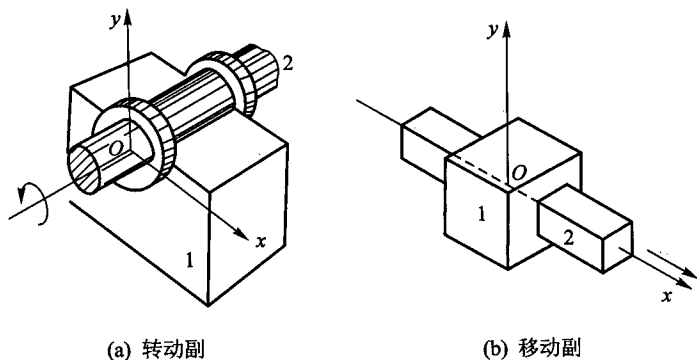


图 1-3 低副

## 2. 运动副的表示方法

1) 转动副的画法如图 1-4 所示。其中带斜线的为固定构件(又称机架)。

2) 移动副的画法如图 1-5 所示。

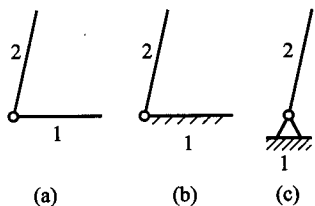


图 1-4 转动副的表示方法

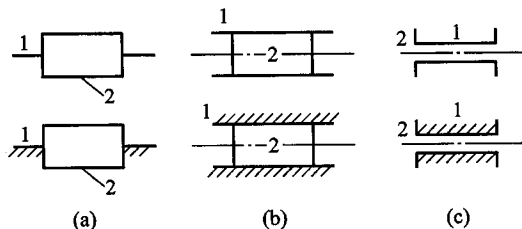


图 1-5 移动副的表示方法

3) 高副的表示方法如图 1-6 所示,即绘出其接触处的轮廓线形状。图 a 为凸轮副,图 b 为齿轮副(也可用一对节圆代替)。

## 3. 构件的表示方法

1) 一个构件上具有两个运动副,其表示方法如图 1-7 所示。图 a 所示为具有两个转动副的构件;图 b 所示为具有两个移动副的构件;图 c 所示为具有一个移动副和一个转动副的构件。

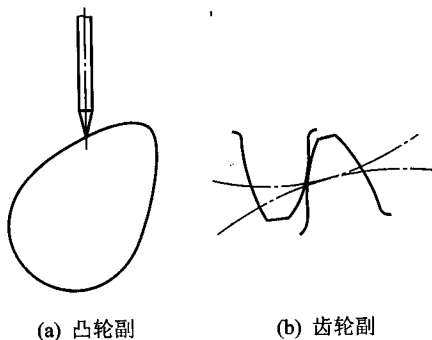


图 1-6 高副的表示方法

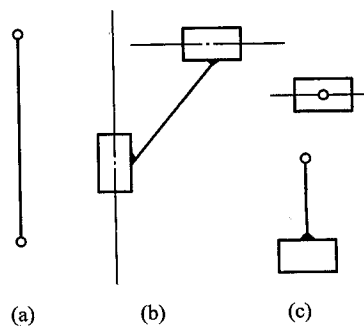


图 1-7 构件的表示方法

2) 一个构件上具有三个运动副,其表示方法如图 1-8 所示。图 a 是用三角形表示。为了表明这是一个单一的构件,故在三角形内角上涂以焊缝符号。图 b 也是用三角形表示,只是将整个三角形画上斜线以表示是一个构件。如果三个运动副共线,可按图 1-8c 所示,用一条直线将其连接,但在中间的转动副处画上半圆的跨越符号,以表示上、下两线段属于同一构件。

其他常用零部件的表示方法可参看 GB/T 4460—1984 《机械制图 机构运动简图符号》。

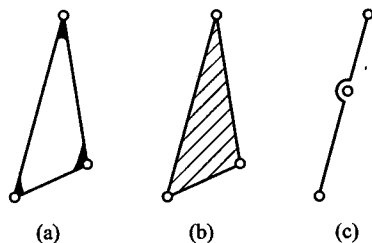


图 1-8 构件的表示方法

## 二、平面机构的组成

机构是由构件组成的,构件可以分为三类。

### 1. 固定件(机架)

用来支承活动构件的构件。例如图 1-1 中的气缸体就是固定件,它用以支承活塞和曲轴等。研究机构中活动构件的运动时,常以固定件作为参考坐标系。

### 2. 原动件

按给定运动规律运动的构件。它的运动是由外界输入的,故又称为输入构件。如图 1-1 中的活塞就是原动件。

### 3. 从动件

机构中随着原动件的运动而运动的其余活动构件。如图 1-1 中的连杆、曲轴等均属于从动件。

任何一个平面机构中,必有一个构件被相对地看作固定件。例如气缸体虽然跟随汽车运动,但在研究发动机的运动时,仍将气缸体当作固定件。在活动构件中必然有一个或几个原动件,其余均为从动件。

## 三、平面机构的自由度

### 1. 构件的自由度

在平面运动中,每一个独立的构件,其运动均可分为三个独立的运动,如图 1-9 所示,即沿  $x$  轴和  $y$  轴的移动及在  $XOY$  平面内的转动。构件的这三种独立的运动称为自由度。构件的位置可以用其上任意一点  $A$  的  $x$  坐标、 $y$  坐标及其上任意直线  $AB$  的倾角  $\alpha$  来决定。 $x$ 、 $y$  及  $\alpha$  为三个独立的参数。由上述可知:构件的自由度数等于构件的独立运动参数。

### 2. 运动副的约束

当两构件通过运动副连接时,构件的运动将受到限制,从而使其自由度减少,这种限制就称为约束。每引入一个约束,构件就减少一个自由度。有运动副就要引入约束,但每个运动副不一定只引入一个约束。运动副的类型不同,引入的约束数目也不同。如图 1-3a 所示,构件 2 沿  $x$  轴和  $y$  轴

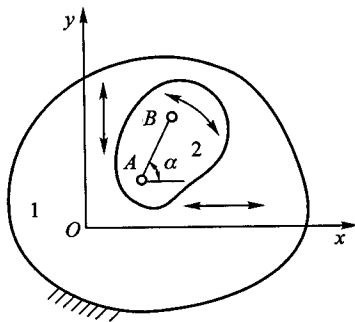


图 1-9 构件的自由度

方向的移动都受到限制,而只能在坐标平面中转动,构件的自由度为1。如图1-3b所示,移动副也有两个约束。平面机构的高副引入一个约束,构件的自由度为2。如图1-2所示,构件2相对于构件1在其接触点法线 $n-n$ 方向受到约束,在切线 $t-t$ 方向可移动,绕垂直于平面的轴可以转动。由上述可知,平面低副具有两个约束,高副具有一个约束。

### 3. 平面机构的自由度

#### (1) 平面机构自由度的计算公式

设一个平面机构由 $N$ 个构件组成,其中必有一个机架,因机架为固定件,其自由度为零,故活动构件数 $n = N - 1$ 。这 $n$ 个活动构件在没有通过运动副连接时,应该共有 $3n$ 个自由度,当用运动副将构件连接起来组成机构之后,则自由度就要减少。当引入一个低副时,自由度就减少两个。当引入一个高副时,自由度就减少一个。如果上述机构中引入了 $P_L$ 个低副, $P_H$ 个高副,则自由度减少的总数就为 $2P_L + P_H$ ,则该机构所剩的自由度数(用 $F$ 表示)为

$$F = 3n - 2P_L - P_H \quad (1-1)$$

式中, $F$ 表示平面机构的自由度。上式可表示为:活动构件的自由度数减去运动副引入的约束总数,即机构中各活动构件相对于机架所具有的独立运动参数的总数就是该机构的自由度数。注意 $n$ 为机构中的活动构件的个数,所以公式中的 $n$ 不包括机架。

**例1-1** 求图1-10所示凸轮机构的自由度。

**解** 该机构的活动构件数 $n=2$ ,低副数 $P_L=2$ ,高副数 $P_H=1$ ,故

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

**例1-2** 求图1-11所示的平面连杆机构的自由度。

**解** 该机构的活动构件数 $n=3$ ,低副数 $P_L=4$ ,高副数 $P_H=0$ ,故

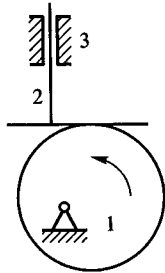
$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$


图1-10 凸轮机构

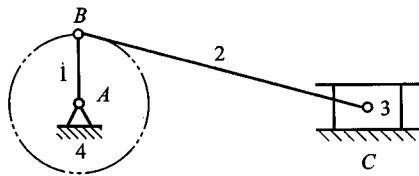


图1-11 平面连杆机构

概括起来,机构的自由度就是机构所具有的独立运动的参数的个数。由前述可知,从动件是靠原动件来带动的,本身是不能独立运动的,只有原动件才能独立运动。通常原动件和机架相连,所以每个原动件只能有一个独立的运动参数,因此机构的自由度必定与原动件数目相等。

如果原动件数少于自由度数,则机构就会出现运动不确定的现象,如图1-12所示。

如果原动件数大于自由度数,则机构中最薄弱的构件或运动副可能被破坏,如图1-13所示。

如果自由度等于零,则这些构件组合在一起形成的是刚性结构,各构件之间没有相对运动,故不能构成机构(图1-14)。

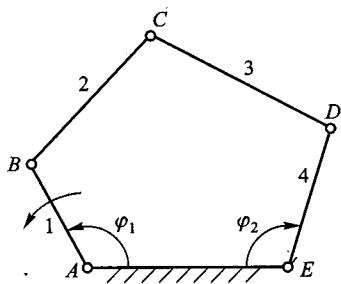


图 1-12 原动件数  $< F$

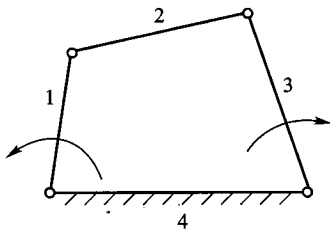


图 1-13 原动件数  $> F$

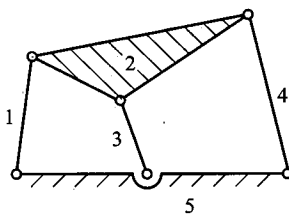


图 1-14  $F=0$  的构件组合

综上所述,机构具有确定运动的条件是: $F$  大于零且  $F$  等于原动件的个数。

## (2) 计算机构的自由度时应注意的问题

在应用机构的自由度计算公式时,对以下几种情况必须加以注意:

1) 复合铰链 两个以上的复合构件同时在一处以转动副相连就构成复合铰链。图 1-15a 所示是三个构件在一处构成复合铰链,从侧视图 1-15b 中可以看出,构件 1 分别与构件 2、构件 3 构成两个转动副。依此类推,如果有  $k$  个构件同时在一处以转动副相连,必然构成  $(k-1)$  个转动副。

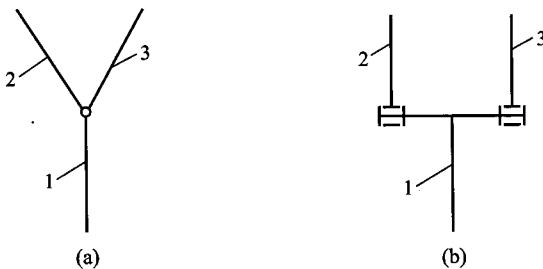


图 1-15 复合铰链

**例 1-3** 计算图 1-16 所示机构的自由度。

**解** 图示机构中其活动构件数  $n=5$ ,  $C$  点为复合铰链,该处有两个转动副,所以低副数  $P_L=7$ ,高副数  $P_H=0$ ,则机构的自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 7 - 0 = 1$$

2) 局部自由度 机构中存在的与输出构件运动无关的自由度称为局部自由度,在计算机构自由度时应予以排除。如图 1-17a 所示的凸轮机构,当主动构件凸轮 1 绕  $O$  点转动时,通过滚子 4 使从动构件 2 沿机架 3 移动,其活动构件数  $n=3$ ,低副数  $P_L=3$ ,高副数  $P_H=1$ ,按式(1-1)得

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

这说明此机构应有两个主动构件。而实际上只有一个主动构件,这是因为此机构中有一个局部自由度——滚子 4 绕  $B$  点的转动,它与从动件 2 的运动无关,只是为了减少从动件与凸轮间的磨损而增加了滚子。由于局部自由度与机构运动无关,故计算机构自由度时应去掉局部自由度。如图 1-17b 所示,假设把滚子与从动杆焊在一起,这时机构的运动并不改变,则图 b 中  $n=2$ ,  $P_L=2$ ,  $P_H=1$ ,由式(1-1)得

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

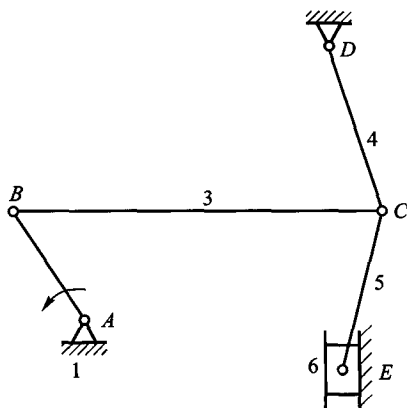


图 1-16 带复合铰链机构

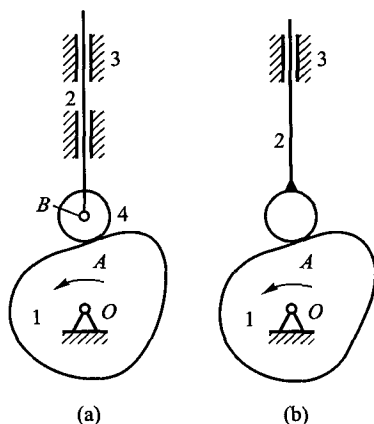


图 1-17 局部自由度

即此机构自由度为 1, 这说明应有一个主动构件, 机构运动就能确定, 这与实际情况完全相符。

3) 虚约束 在机构中, 有些运动副引入的约束与其他运动副引入的约束相重复, 因而这种约束形式上存在, 但实际上对机构的运动并不起独立限制作用, 这种约束称为虚约束。如图 1-18a 所示的机构中,  $AB \parallel CD$ ,  $AB = CD$  称为平行四边形机构。该机构中, 连杆 2 作平动, 其上各点的轨迹均为圆心在  $AD$  线上而半径等于  $AB$  的圆弧, 根据式 (1-1) 得该机构的自由度为

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

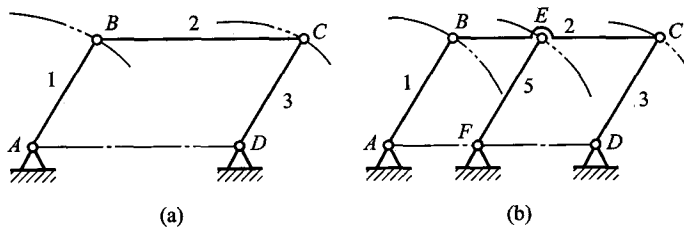


图 1-18 虚约束

现如图 1-18b 所示, 该机构的自由度为

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

即表明此机构是不能动的, 这显然和实际情况不符。这就是由于引入了虚约束的结果。由于构件 1、3、5 相互平行且长度相等, 所以  $B$ 、 $C$ 、 $E$  点轨迹都是等半径的圆周, 如去掉构件 5, 则构件 3 的运动轨迹不变。但加上构件 5 后, 多了三个自由度, 而引入两个转动副  $E$ 、 $F$ , 引入四个约束, 所以结果相当于对机构多引入一个约束。如上所述, 这个约束对机构的运动并没有约束作用, 所以它是一个虚约束。计算自由度时, 应将虚约束除去不计, 故该机构的自由度实际上仍为 1。

虚约束是机构间的几何尺寸满足某些特殊条件的产物。机构中的虚约束常发生在下述

情况。

① 轨迹重合。机构中两构件相连,连接前被连接件上连接点的轨迹和连接件上连接点的轨迹重合,如图 1-18b 所示。

② 两构件同时在几处接触并构成几个移动副,且各移动副的导路互相平行或重合。如图 1-19 所示,只算一个移动副,其余是虚约束。

③ 两构件间在几处构成转动副且各转动副轴线重合时,只能算一个转动副,其余为虚约束,如图 1-20 所示。

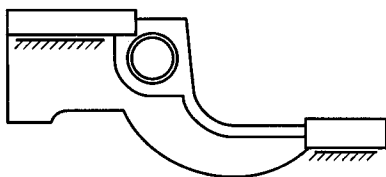


图 1-19 虚约束

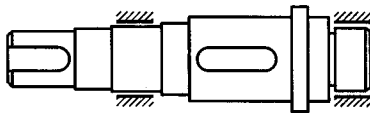


图 1-20 虚约束

④ 机构中对传递运动不起独立作用的对称部分。例如图 1-21 所示轮系,中心轮 1 经过两个对称布置的小齿轮 2 和 2' 驱动内齿轮 3,其中有一个小齿轮对传递运动不起独立作用。这是为了改善受力情况而装设的,实际上只需要一个小轮就能满足运动要求。

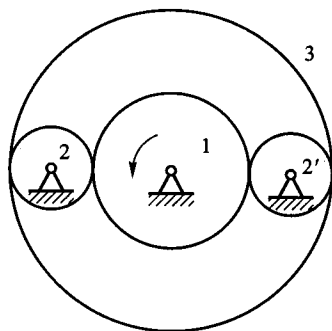


图 1-21 虚约束

各类虚约束在机构的设计中是常见的。因为其可以改善机构的受力情况。在计算机构的自由度时,应先分析一下,如有局部自由度和虚约束,可先除去,然后用式(1-1)计算。

**例 1-4** 计算图 1-22 所示大筛机构的自由度。

**解** 机构中的滚子有一个局部自由度。顶杆与机架在  $E$  和  $E'$  组成两个导路平行的移动副,其中之一为虚约束。 $C$  处是复合铰链。现将滚子与顶杆焊成一体,去掉移动副  $E'$ ,并在  $C$  点注明转动副的个数,如图 1-23 所示。故得  $n=7$ ,  $P_L=9$  (7 个转动副和 2 个移动副),  $P_H=1$ , 故由式(1-1)得

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 7 - 2 \times 9 - 1 = 2$$

此机构的自由度等于 2,有两个原动件。

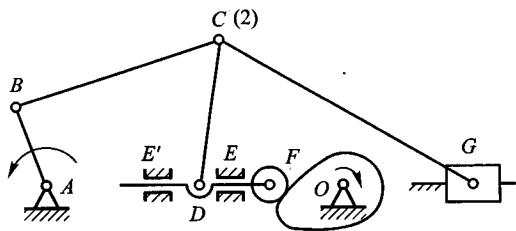


图 1-22 大筛机构

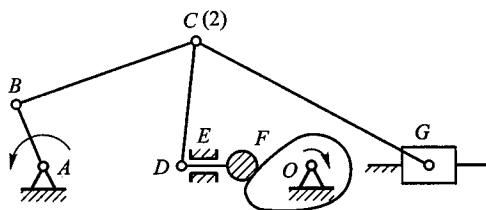


图 1-23 变形后的大筛机构

## § 1-3 机械设计的基本准则

### 一、机械设计的基本要求

设计的机器、机构,虽然各自的工作条件不一,但均应满足以下基本要求。

#### 1. 满足使用要求

所设计的机械要有效地完成人们预期的目的,包括执行职能的可能性和可靠性。例如汽车在规定行驶里程内正常行驶,通风机在工作期限内有效进、排风量。这些要以正确设计和选择机构组合以及机械的零、部件来保证。

#### 2. 满足经济性的要求

机器力求结构简单,具有良好的结构工艺性能,使用中效率高、消耗低。尽量采用标准的零、部件,便于维修。同时在产品设计中自始至终都应把产品设计、销售(市场需要)及制造三方面作为一个整体考虑。只有设计与市场信息密切配合,在市场、设计、生产中寻求最佳关系,才能以最快的速度回收投资,获得满意的经济效益。

#### 3. 满足安全性要求

这一要求包括人身和机器设备两个方面。

#### 4. 满足其他特殊要求

有些机器和机构各自还有一些特殊要求,如高级轿车的变速箱齿轮有低噪声的要求;食品、纺织机械有不得污染产品的要求;经常搬动的机器要便于拆、装和运输;高温下工作的机器要有耐热的性能等。

### 二、机械零件的工作能力和计算准则

零件的工作能力是指在一定的运动、载荷和环境情况下,在预定的使用期限内,不发生失效的安全工作限度。衡量零件工作能力的指标称为零件的工作能力准则,例如,用于传递动力的轴不发生疲劳断裂,高速轴运转时不发生共振等。主要准则有强度、刚度、振动稳定性、寿命等。它们是计算并确定零件基本尺寸的主要依据,故称为计算准则。对于具体的零件,应根据它们的主要失效形式,采用相应的计算准则。

#### 1. 强度

机械零件强度不足而发生破坏,是目前大多数零件的主要失效形式。应保证零件在规定的使用情况下,不致发生断裂和永久变形。

#### 2. 刚度

刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。其弹性变形量超过了许用值,就会因刚度不够而失效。例如,齿轮轴的弯曲挠度过大会破坏齿轮的正确啮合,机床主轴的刚度过小将影响工件的加工质量。

#### 3. 振动稳定性

当作用在零件上的周期性载荷频率等于机械系统或零件的固有频率时,将产生共振,这时零

件的振幅将急剧增大,这种现象称为失去振动稳定性。因此对于高速运转的机械,例如高速风机的主轴应进行稳定性计算,以控制工作转速,确保机械或零件的稳定性。

#### 4. 寿命

有的机械零件在工作初期虽能满足各种要求,但工作一定时间后,由于某种原因而失效。大部分机械零件均在变应力条件下工作,因而疲劳破坏是引起零件失效的主要原因。关于疲劳寿命,通常是求出使用寿命时的疲劳极限来作为计算的依据。

## § 1-4 机械制造的基本知识

### 一、机械制造的一般过程

各种机器制造的步骤由于其用途、性能要求和生产条件的不同,因而不尽一样,但大体说来,它们由设计到生产的一般过程和主要内容基本上是一致的。

#### 1. 机械设计的主要内容

##### (1) 选择机器的工作原理

机器的工作原理是实现预期职能的根本依据。同样的预期职能可以采用不同的工作原理来实现,例如加工齿轮,可采取用刀具将齿轮的齿一个一个地切削出来的工作原理;而在某些情况下,也可以采取用压力加工的办法将齿轮所有的齿一次冲压出来的工作原理。显然,采用的工作原理不同,设计出来的机器也就根本不同。机器的工作原理是随着生产和科学技术的发展而不断发展的。人们不断探讨与创造更先进的工作原理,一台机器是否先进,在很大程度上决定于所采用的工作原理是否先进。选定机器的工作原理,需要广泛的基础知识、专业知识和实践经验。

##### (2) 进行机器的运动设计

机器运动设计的任务是根据选定的工作原理,妥善地选择所需要的机构,拟定机器的机构组合方案,并进行机构的运动设计,把原动机的运动转变为执行部分预期的机械运动。

##### (3) 进行机器的动力设计

机器的运动设计完成后,即可根据其所受载荷、工作速度以及机构运动简图中各构件的运动及动力参数对机器进行动力分析,以便确定出各构件所受的力以及机器所需的驱动功率,作为机器零件进行强度设计和为机器选择合适的原动机的依据。

##### (4) 进行机械零、部件的工作能力设计及结构设计

为了使设计的机器能够实现预期的使用目的,要进行工作能力设计,并且还要根据零件的受力情况、装配关系、工艺要求等确定出各零件的具体结构形状和尺寸。通过机械零部件的工作能力设计及结构设计,将机构运动简图改变为具体的装配图进而设计出全部零件图。

##### (5) 进行工艺设计

机器及零件的结构、装配图纸全部完成后,要根据制造部门的生产条件,设计每个零件的加工工艺路线和总装配工艺。除此之外,还要设计出各加工过程的操作工艺规程(包括通用的和专用的),以及加工所必需的工艺装备,主要为工、量、卡具等。

