

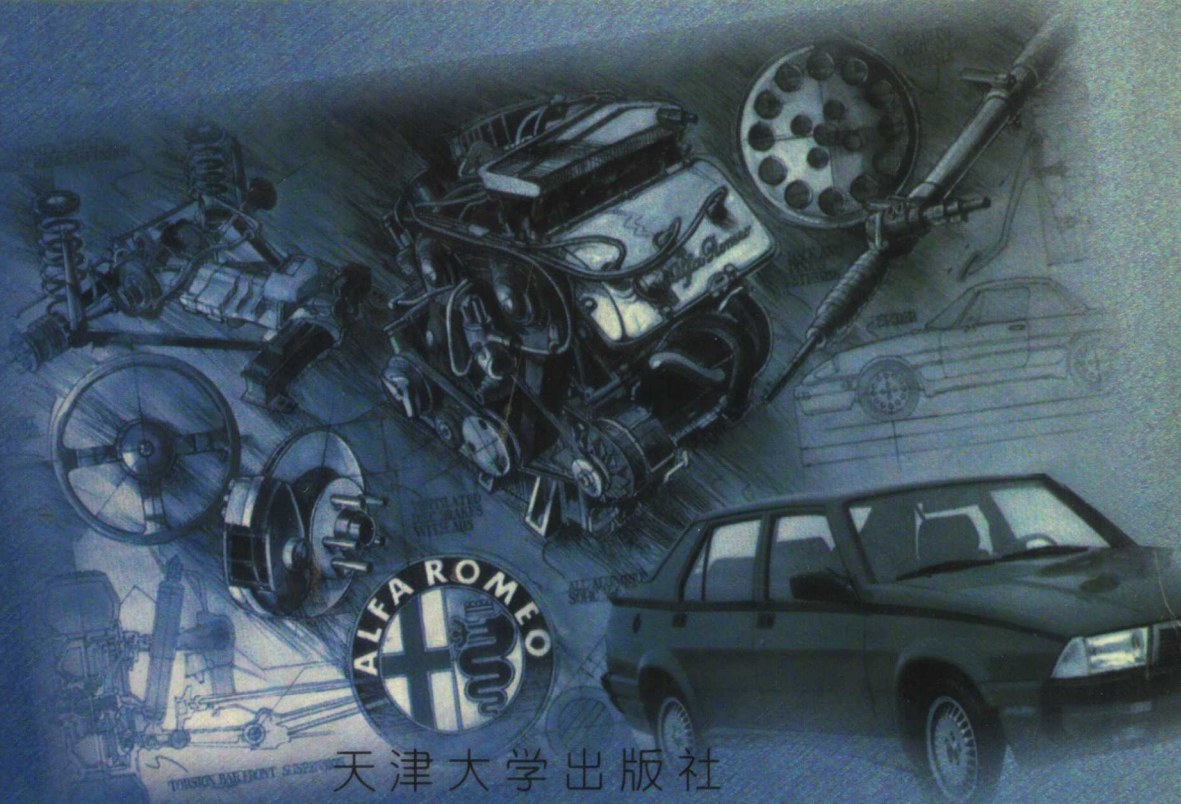


高等职业院校机械类教材

天津市教委机械工程教学研究会 编
机械设计基础学科组

机械设计基础

主 编 吴联兴
副主编 陈兆贤
主 审 李秉寅



天津大学出版社

高等职业技术学院机械类教材

机械设计基础

天津市教委机械工程教学研究会 编
机械设计基础学科组

主 编 吴联兴
副主编 陈兆贤
主 审 李秉寅

天津大学出版社

内 容 简 介

本书为天津市教委机械工程教学研究会机械设计基础学科组全体教师参照教育部最新颁发的教学大纲编写的。

全书共分十五章。包括平面机构概述、联接、带传动与链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、轴承、轴、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、机械润滑和密封、刚性回转件的平衡、联轴器和离合器以及弹簧等内容。

本书作为高等职业技术学院机械类学生教学用书,也可以作为中等专业学校机械类学生选用教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/吴联兴编著. —天津:天津大学出版社,
2001.4 (2001.11重印)
ISBN 7-5618-1417-8

I. 机... II. 吴... III. 机械设计—高等学校:技术学
校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 12063 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨风和
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
印 刷 天津市宝坻县第二印刷厂
经 销 全国各地新华书店
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 18.5
字 数 481 千
版 次 2001 年 4 月第 1 版
印 次 2001 年 11 月第 2 次
印 数 3001—5000
定 价 26.00 元

前 言

本书是根据高等职业技术学院培养生产第一线的直接运作实用人才和管理人才的目标,参照新近颁布的《机械设计基础》课程教学大纲的要求而编写的。适用于90~120学时的学生使用。

本书在编写中,在保证必要的基础知识、基础理论的基础上,省略不必要的公式推导过程,突出设计公式的应用和设计技能的训练。在内容编排上改变传统的习惯,先讲原理后讲零件的模式,克服了原理难学、抽象、不易理解的困难,而是从零件的联接入手,把机械零件的设计、校核与工程力学的强度、刚度计算内容衔接起来,达到先易后难,符合学生的学习认识规律。

本书尽可能采用最新颁布的国家标准、规范和成熟的设计资料。为便于复习,每章后均附有较多的习题和思考题,供学生选用。

参加编写的有罗燕(绪论和第一章),李秉寅(第二章),翟皓颖和王宝成(第三章),徐世军(第四章),陈远华和郭俊英(第五章),王宝成(第六章),章晶(第七、八章),张国全和于岩(第九章),李春民(第十章),陈兆贤(第十一、十二章),隋清伟(第十三章),冯建荣(第十四章),吴惠廉(第十五章)。

本书由吴联兴任主编,陈兆贤任副主编,李秉寅任主审。

限于编者水平,书中有不妥和错误之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2000.8

目 录

绪论	(1)
第一节 机器及其组成	(1)
第二节 本课程的任务、性质和内容	(3)
第一章 平面机构概述	(4)
第一节 平面运动副及其分类	(4)
第二节 平面机构运动简图	(6)
第三节 平面机构自由度计算	(8)
第四节 机械零件的强度、材料、结构工艺性	(10)
第五节 机械的摩擦、磨损和润滑	(14)
思考题	(15)
习 题	(16)
第二章 联接	(19)
第一节 螺纹参数	(19)
第二节 螺旋副的受力分析、效率和自锁	(20)
第三节 螺纹联接和螺纹联接件	(22)
第四节 螺纹联接的预紧与防松	(25)
第五节 螺栓联接的强度计算	(27)
第六节 螺旋传动	(34)
第七节 键联接	(37)
第八节 花键联接、型面联接和销联接	(43)
思考题	(46)
习 题	(46)
第三章 带传动与链传动	(48)
第一节 带传动概述	(48)
第二节 带传动的类型、结构和标准	(49)
第三节 带传动的基本理论	(51)
第四节 V带传动的设计计算	(53)
第五节 V带轮的材料和结构	(58)
第六节 带传动的张紧、安装和维护	(60)
第七节 链传动的应用与结构	(64)
第八节 链传动的运动特性	(68)
第九节 滚子链传动的设计	(69)
第十节 链传动的布置、润滑和张紧	(73)
思考题	(76)
习 题	(77)

第四章 齿轮传动	(78)
第一节 齿廓啮合基本定律.....	(79)
第二节 渐开线齿廓.....	(80)
第三节 渐开线标准齿轮的基本参数、标准和几何尺寸.....	(83)
第四节 渐开线标准齿轮的啮合.....	(86)
第五节 渐开线齿轮的加工方法和根切现象.....	(89)
第六节 渐开线变位齿轮传动简介.....	(92)
第七节 齿轮的失效形式和计算准则.....	(94)
第八节 齿轮的材料.....	(96)
第九节 齿轮传动的精度.....	(98)
第十节 直齿圆柱齿轮传动的疲劳强度计算.....	(99)
第十一节 斜齿圆柱齿轮传动.....	(108)
第十二节 直齿圆锥齿轮传动.....	(114)
第十三节 齿轮的结构.....	(120)
思考题.....	(122)
习 题.....	(124)
第五章 蜗杆传动	(126)
第一节 蜗杆传动的类型和特点.....	(126)
第二节 蜗杆传动的基本参数和几何尺寸.....	(127)
第三节 蜗杆传动的失效形式、设计准则和常用材料.....	(130)
第四节 蜗杆传动的强度计算.....	(132)
第五节 蜗杆传动的热平衡计算.....	(134)
第六节 蜗杆、蜗轮的结构.....	(136)
思考题.....	(141)
习 题.....	(141)
第六章 轮系	(142)
第一节 定轴轮系.....	(142)
第二节 周转轮系.....	(145)
第三节 混合轮系.....	(148)
第四节 轮系的功用.....	(149)
思考题.....	(150)
习 题.....	(151)
第七章 轴承	(154)
第一节 滑动轴承类型、结构及失效形式.....	(154)
第二节 轴瓦的结构和材料.....	(156)
第三节 非液体摩擦滑动轴承的计算.....	(158)
第四节 滚动轴承的结构、主要类型和特性.....	(159)
第五节 滚动轴承代号.....	(163)
第六节 滚动轴承的失效形式和寿命计算.....	(166)

思考题	(176)
习 题	(177)
第八章 轴	(178)
第一节 轴的分类和材料	(178)
第二节 轴径的估算	(180)
第三节 轴的结构设计	(181)
第四节 轴的强度计算	(184)
第五节 轴的刚度计算	(185)
思考题	(187)
习 题	(187)
第九章 平面连杆机构	(188)
第一节 铰链四杆机构	(188)
第二节 四杆机构的基本特性	(192)
第三节 铰链四杆机构的演化和应用	(194)
第四节 四杆机构的设计	(198)
思考题	(202)
习 题	(202)
第十章 凸轮机构	(204)
第一节 凸轮机构的应用和基本类型	(204)
第二节 从动件常用运动规律	(206)
第三节 凸轮轮廓曲线的设计	(209)
第四节 设计凸轮机构应注意的问题	(216)
思考题	(221)
习 题	(221)
第十一章 间歇运动机构	(223)
第一节 棘轮机构	(223)
第二节 槽轮机构	(228)
第三节 各种传动形式的比较	(232)
思考题	(234)
习 题	(234)
第十二章 机械润滑和密封	(235)
第一节 机械的润滑	(235)
第二节 密封装置	(246)
思考题	(248)
第十三章 刚性回转件的平衡	(250)
第一节 回转件平衡的目的及分类	(250)
第二节 刚性回转构件的平衡计算	(251)
第三节 刚性回转构件的平衡试验	(256)
习 题	(258)

第十四章 联轴器和离合器	(260)
第一节 概述.....	(260)
第二节 联轴器.....	(261)
第三节 离合器.....	(270)
思考题.....	(274)
习 题.....	(274)
第十五章 弹簧	(275)
第一节 概述.....	(275)
第二节 圆柱形螺旋拉伸、压缩弹簧的结构、参数、尺寸和特性曲线.....	(278)
第三节 圆柱形螺旋压缩弹簧的计算.....	(280)
思考题.....	(284)
习 题.....	(284)
参考文献	(286)

绪 论

随着生产的不断发展，各种各样的机器越来越多地进入社会的各个领域。这不仅可以大量减轻人们的体力劳动，提高生产率，而且还能完成用人力无法达到的某些生产要求。因此，迅速发展机械工业，以先进可靠的机器装备国民经济的各个部门，广泛地应用现代化的机械进行生产，是一个国家工业发展水平的重要标志。

第一节 机器及其组成

一、机器与机构

人类通过长期的生产实践，创造和发展了机器。在日常生活中，常见的机器有摩托车、工业缝纫机、洗衣机、搅面机等；在生产活动中，常见的机器有汽车、拖拉机、各种机床、内燃机等。

机器的类型很多，用途也各不相同，但它们都有共同的特征，现以内燃机和搅面机为例说明如下。

如图 0-1 所示的搅面机，它是由曲柄 2、搅面棒（连杆）3、摇杆 4 和机架 1 组成的。当曲柄转动时，搅面棒上 E 点处便能模仿人手搅面，同时容器 5 绕 z 轴转动，从而将面粉搅拌均匀。

如图 0-2 所示单缸四冲程内燃机，其中活塞 2、连杆 3、曲轴 4 和缸体（连同机架）1 组成主体部分，缸内燃烧的气体膨胀，推动活塞下行，通过连杆使得曲轴转动；凸轮轴 6、

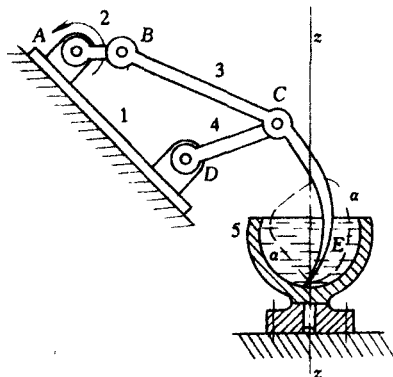


图 0-1 搅面机

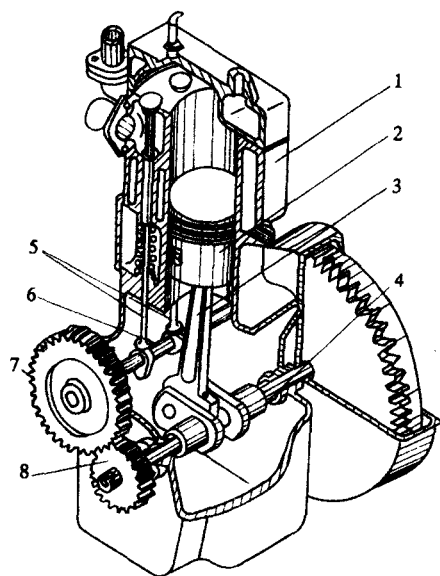


图 0-2 内燃机

进排气阀推杆 5 和机架组成进气排气的控制部分，凸轮轴转动，使得气阀按时启闭，分别控制进气和排气；凸轮轴上的齿轮 7、曲轴上的齿轮 8 和机架组成传动部分，曲轴转动，通过齿轮将运动传给凸轮轴。上述三部分相互配合，共同保证整个内燃机协调地工作。

由以上两个实例可以说明，机器具有三个共同特征：

- (1) 它们都是人为的各个构件的组合；
- (2) 各个构件之间具有确定的相对运动；
- (3) 它们都能代替或减轻人类的劳动，去完成机械功（如搅面机搅面）或转换机械能（如内燃机将热能转换为机械能）。

凡同时具备以上三个特征者称为机器。仅具备前两个特征者称为机构。由此可见，机器与机构的主要区别在于：机器同时产生能量的转换和运动的传递，使之获得有用的机械功；而机构只反映各构件之间的相对运动关系，着重研究运动的传递与转换。通常机器都由若干个机构所组成。如内燃机的主体部分也称为连杆机构，进排气控制部分称为凸轮机构，传动部分称为齿轮机构，整个内燃机就是由这几个基本机构组成。

由于机器和机构在组成和运动方面是相同的，所以习惯上把机器和机构统称为机械。

二、构件与零件

组成机构的各个相对运动的基本单元称为构件。构件可以是单一的整体，如内燃机中的曲轴；也可以是由几个实物组成的彼此间没有相对运动的整体，例如连杆（图 0-3）便是由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 和螺母 3 组成的整体。构件是机构中参加运动的基本单元。连杆可拆成连杆体、连杆盖、螺栓和螺母，是为了便于制造和安装，它们都被称为零件。零件是机械中制造的基本单元。

图 0-4 所示为单级圆柱齿轮减速器。它的作用是降低转速，增大转矩。减速器由传递

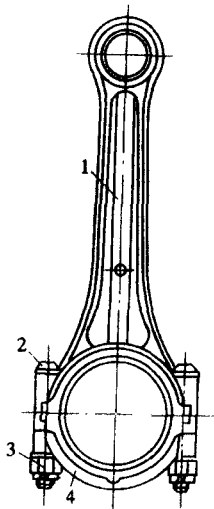


图 0-3 连杆

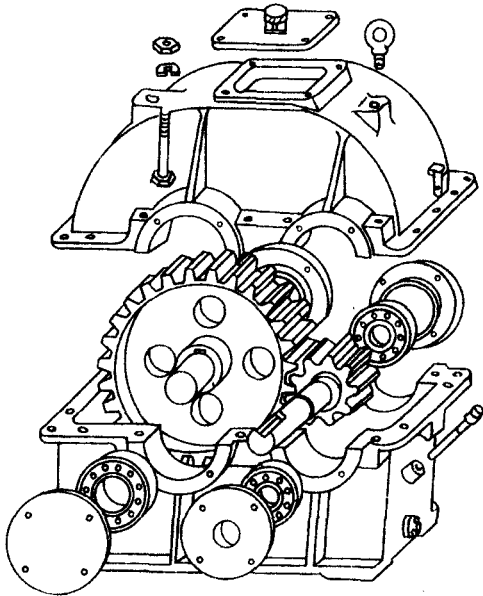


图 0-4 减速器

动力的齿轮（传动零件）、支持齿轮的轴和轴承（轴系零件）、联接箱体箱盖的螺栓、联接齿轮和轴的键（联接零件）等组成。由于这些零件在各种机械设备中都能用到，故称为通用零件。内燃机中的活塞、起重机中的吊钩，只是在某些机械设备中用到，故称为专用零件。

第二节 本课程的任务、性质和内容

本课程主要介绍机械中常用机构和通用零件的工作原理、运动特性、结构特点、基本设计理论和计算方法、使用和维护以及有关国家标准和规范等方面的知识。机械原理部分包括常用机构（如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇运动机构）及回转件的平衡；机械零件部分包括常用的联接（如键、花键和螺纹联接等），主要的机械传动（如带传动、链传动、齿轮传动和蜗杆传动等），轴系零、部件（如轴、轴承和联轴器等）以及有关机械设计方面的基本知识。

本课程是一门专业基础课，属于综合运用一些学科知识的设计性课程，其先修课程有机械制图、金属工艺学和工程力学等。

通过本课程的学习，可使学生掌握机械中常用机构的基本知识以及调整与平衡概念；掌握通用零件的设计知识和初步具备简单传动装置的设计和计算能力，为学习有关专业课程及掌握新的科学技术知识奠定基础。

随着计算机的普及和新技术、新材料、新方法的不断出现，机械设计的方法和加工技术发生了根本性的变化。同时计算精度更高、设计的速度更快、产品的更新换代时间也越来越短。机械设计的发展趋势主要有以下几方面。

（1）计算机的广泛应用和各种不同软件的出现，使机械设计变得越来越快捷。如使用CAD技术，彻底甩掉了图板，画图更加规范、迅速；使用齿轮、轴、轮系、连杆等已有了成套软件，很容易完成设计和图纸绘制，大大地减轻了设计人员的繁重劳动，也极大地提高了工作效率。

（2）数控技术的应用，使机械制造的产品质量得到了很大的提高，它不仅缩短了加工的时间，更有效率高、成本低的优点。同时把机械设计与机械制造即CAD与CAM直接联系在一起，实现了设计与制造一体化。近几年来，我国数控机床的应用得到了迅速的发展，代替了传统的机械加工设备，使得产品具有了较强的市场竞争力。

虽然科学的发展推动了设计和加工技术的发展，改变了传统的生产模式，但是其基本理论并没有变化，设计软件的制作也是依据于基本原理制成的。因此我们必须学好这些最基本的机械设计基础的教学内容，也只有在学好这些基础知识的基础上，才能更好地发展，推陈出新。

思 考 题

- 0-1 用生活中的三个实例说明机构具有的特征。
- 0-2 用生产中的三个实例说明机器具有的特征。
- 0-3 什么叫构件？什么叫零件？举例说明。
- 0-4 本课程学习的内容和任务是什么？

第一章 平面机构概述

机构是具有确定的相对运动构件的组合，而不是无条件的任意组合。所以构件组合后是否成为机构，就要看它是否能实现确定的相对运动。为此，需要讨论机构的自由度和它具有的确定的相对运动条件。

如果组成机构的所有构件都在同一平面或相互平行的平面内运动，这种机构称为平面机构；如果各构件不在同一平面或平行平面内运动，则称为空间机构。本章只讨论平面机构及其运动简图。

第一节 平面运动副及其分类

一、运动副的概念

构件和运动副是机构最基本的组成部分，当这些构件组成机构时，每个构件都以一定的方式与其他构件相互联接。这种联接的特点是允许两构件间存在着一定的相对运动。使两构件直接接触，既保持联系又能作相对运动的联接称为运动副。机构是由运动副联接而成的具有确定相对运动的构件系统。

二、平面运动副及其分类

平面运动副是指平面机构中的运动副。由于运动副是机构的重要组成部分，不同型式的运动副会直接影响机构的运动，因此，必须先研究运动副的类型。

由理论力学可知，一个构件作任意的平面运动时，具有三个独立的运动。如图 1-1 (a) 所示，构件 AB 在 xOy 平面内可以绕任一点 A 转动和沿 x 轴线、 y 轴线方向移动。构件的这种独立的运动称为自由度，因此，作平面运动的构件具有三个自由度。

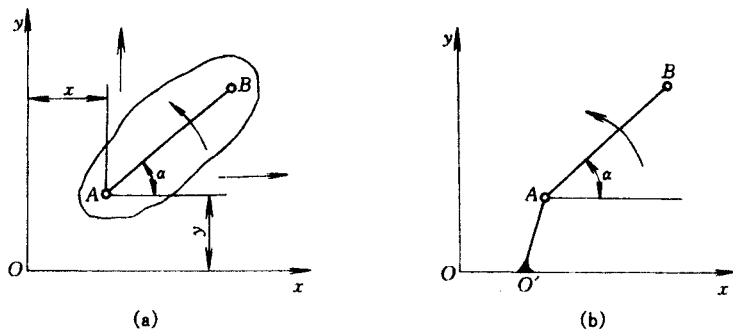


图 1-1 构件的自由度

当两个作平面运动的构件组成运动副后，由于两构件的相互联接，使构件的独立运动受到约束，从而减少了一些自由度。如图 1-1 (b) 所示，构件 AB 与 $O'A$ 在 A 处联接组成运动副后，在 x 方向和 y 方向的运动受到约束，减少了两个自由度，而仅保留了绕 A 轴转动的一个自由度。

平面运动副按两构件接触特点分为低副和高副。

(一) 低副

凡两构件之间以面相接触组成的运动副称为低副。根据它们之间保留的相对运动方式不同，又可分为转动副和移动副。

1. 转动副

两构件组成运动副后，保留的相对运动为转动时称为转动副或铰链。如图 1-2 所示，构件 1 相对于构件 2 沿 x 轴方向和 y 轴方向的移动都受到约束，只能在 xOy 平面内转动，所以它们组成转动副。内燃机中的连杆与曲轴所组成的低副即为转动副。

综上所述，低副具有两个约束而保留一个相对自由度。

2. 移动副

两构件组成运动副后，保留的相对运动为移动时称为移动副。如图 1-3 所示，构件 1 和构件 2 组成运动副后，保留的相对运动是只能沿 x 轴方向移动，而不能沿 y 轴方向移动和绕任何轴方向转动，所以它们组成的是移动副。内燃机中的活塞与汽缸所组成的低副即为移动副。

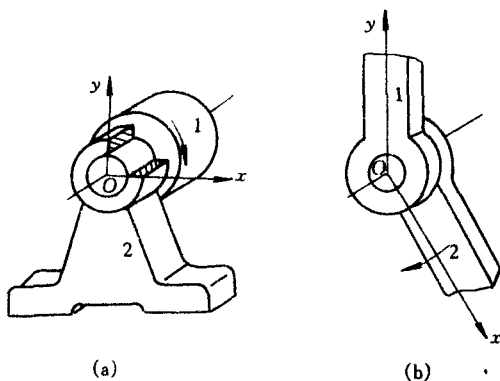


图 1-2 转动副

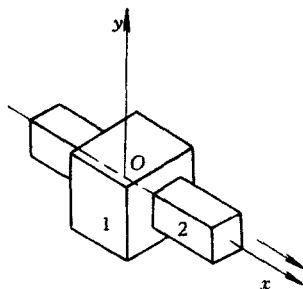


图 1-3 移动副

综上所述，低副都是面接触，压强低，每个低副有两个约束。

(二) 高副

凡两构件之间是以点或线相接触组成的运动副称为高副。如图 1-4 (a)、(b)、(c) 所示，车轮 1 与轨道 2、凸轮 1 与从动件 2、轮齿 1 与轮齿 2 都分别在其接触处 A 点组成高副。

两构件组成高副后，保留的相对运动既有转动又有移动，如图 1-4 (c) 所示轮齿 1 与轮齿 2 组成的高副中，轮齿 1 沿公法线方向 $n-n$ 的移动受到约束，但轮齿 1 相对于轮齿 2 可以沿接触处 A 点的切线 $t-t$ 方向移动，同时绕 A 点转动。因此，高副具有一个约束而保留两个相对自由度，且压强高。

由于两构件之间的相对运动性质仅与其直接接触部分的几何形状有关，而与构件的实际结构无关。因此，常将构件及运动副用简单的符号表示，如图 1-5 所示。

对于常见的运动副，GB4460—84 有规定的符号。

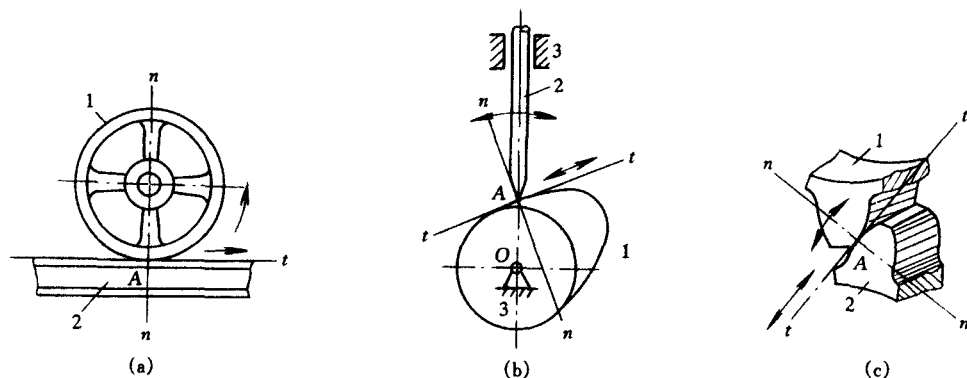


图 1-4 高副

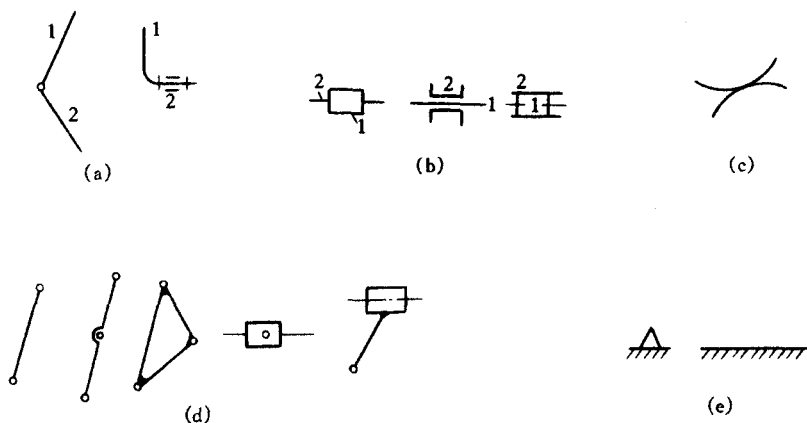


图 1-5 构件和运动副的代表符号

(a) 转动副；(b) 移动副；(c) 高副；(d) 活动构件；(e) 机架或固定构件（阴影线）

三、构件的分类

机构中的构件可以分为三类。

(1) 机架 机架是机构中固定不动的构件，它支承着其他活动构件。

(2) 原动件 原动件是机构中接受外部给定运动规律的活动构件。机构通过原动件从外部输入运动，外加驱动力矩也作用于原动件，所以原动件又称输入构件或驱动件。

(3) 从动件 从动件是机构中随原动件运动的活动构件。当从动件输出运动或实现机构功能时，便称为输出构件或执行件。

第二节 平面机构运动简图

无论对已有的机构进行分析，还是设计新的机构，都要从分析机构运动着手，撇开实际机构中与运动无关的因素（例如构件的形状、组成构件的零件数目和运动副的具体结构等），用简单线条和符号表示构件和运动副，并按一定比例确定各运动副相对位置，表示机构各构件间相对运动关系的简图，称为机构运动简图。

现以图 1-6 所示缝纫机的踏板机构为例, 说明绘制机构运动简图的方法和步骤。

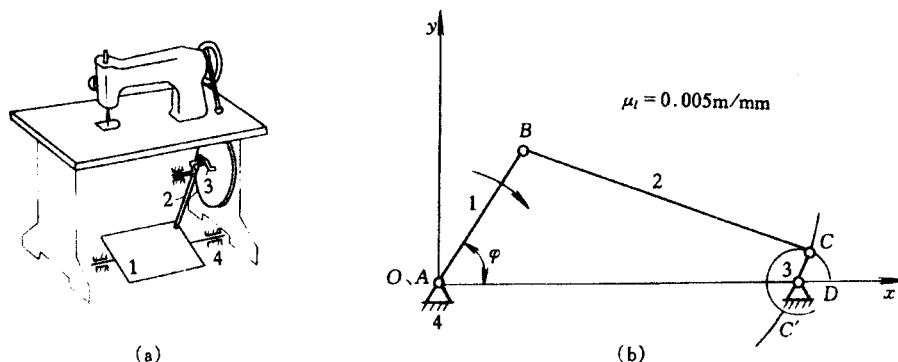


图 1-6 缝纫机踏板机构

(1) 找出各构件和选定视图平面。

拨动原动件踏板 1, 按运动传递顺序找出从动件连杆 2、曲轴 3 等活动构件和机架 4。选取与构件运动平面相平行的平面作为视图平面。

(2) 找出联接构件的各运动副。

由机架的一端开始, 按构件联接的顺序, 找出机架与踏板、踏板与连杆、连杆与曲轴、曲轴与机架的另一端相联的各个运动副, 它们分别为图 (b) 中转动副 A、B、C、D。

(3) 测量各运动副间相对位置。

逐一量出各运动副 (转动副) 中心 A 与 B、B 与 C、C 与 D 和 A 与 D 之间的实际距离 (长度): $l_{AB} = 0.12 \text{ m}$ 、 $l_{BC} = 0.24 \text{ m}$ 、 $l_{CD} = 0.025 \text{ m}$ 、 $l_{AD} = 0.255 \text{ m}$ 。

(4) 绘机构运动简图。

①将视图平面转到主视图的平面上, 过机架 AD 作坐标系 Oxy 。

②选取长度比例尺 μ_l , 其意义为

$$\mu_l = \frac{\text{实际构件长度 (m)}}{\text{图示构件长度 (mm)}} \quad (1-1)$$

本例取 $\mu_l = 0.005 \text{ m/mm} = 5 \text{ mm/mm}$ 。

③按几何关系作图。先作与机架相联的转动副 A、D。在 x 轴上取线段 AD, $AD = l_{AD}/\mu_l = 0.255/0.005 = 51 \text{ mm}$ 。再作原动件, $AB = l_{AB}/\mu_l = 0.12/0.005 = 24 \text{ mm}$, 与 Ox 轴成任意角 φ 。最后作从动件, 以 B 为圆心, $BC (= l_{BC}/\mu_l = 0.24/0.005 = 48 \text{ mm})$ 为半径作弧, 再以 D 为圆心, $CD (= l_{CD}/\mu_l = 0.025/0.005 = 5 \text{ mm})$ 为半径作弧, 两弧交得 C、C' 点, 取 C 点 (也可取 C' 点), 连 BC、DC。

④在 A、B、C、D 处分别画出运动副符号, 并按数字顺序标注构件, 在原动件上画上表示运动方向的箭头, 使得机构运动简图。

若已给出原动件某个位置值, 如 $\varphi = 60^\circ$, 便可按上述方法, 画出机构在原动件位于 60° 时的机构位置图。

没有按一定比例表示出各运动副间准确的相对位置, 只能表示机构组合方式的机构图, 称为机构示意图。

第三节 平面机构自由度的计算

一、平面机构自由度

平面机构自由度即机构相对于机架能够产生独立运动的数目。它与组成机构活动构件的数目、运动副的类型及数目有关。

由前述已知，任何一个作平面运动的自由构件具有三个自由度，当两个构件组成运动副之后，它们之间的相对运动便受到约束，相应的自由度数目随之减少。如组成的运动副为高副时，构件受到一个约束，失去一个自由度，剩下两个自由度。

如果一个平面机构中包含有 n 个活动构件（机架除外）， p_L 个低副和 p_H 个高副，则这 n 个活动构件在未用运动副联接前共有 $3n$ 个自由度，能产生 $3n$ 个独立的运动。当用 p_L 个低副和 p_H 个高副联接成机构后，受到 $2p_L + p_H$ 个约束，整个机构相对机架独立运动的自由度 F 等于活动构件自由度的总数减去运动副引入的约束总数，即

$$F = 3n - 2p_L - p_H \quad (1-2)$$

由式 (1-2) 可知，要使机构能够运动，其自由度必须大于零。

二、平面机构具有确定运动的条件

机构的自由度是机构所具有的独立运动的数目。若机构的自由度等于机构原动件数，则机构的运动完全由原动件输入的规律所控制。因而机构中各从动件的相对运动便被确定，所以它是机构运动确定性的条件。

通常机构原动件的数目是可以由设计人员任意给定的。如果给定的原动件数不等于机构的自由度，则机构不能按已知条件运动。

(1) 如图 1-7 (a) 所示的三构件组合体，其活动构件数 $n = 2$ ，低副数 $p_L = 3$ ，高副数 $p_H = 0$ ，由式 (1-2) 得

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

说明机构不能运动。

(2) 如图 1-6 所示缝纫机踏板机构，其活动构件数 $n = 3$ ，低副数 $p_L = 4$ ，高副数 $p_H = 0$ ，由式 (1-2) 得

$$F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

此机构的自由度为 1，应该有一个原动件。设构件 1 为原动件，当其按给定的运动规律运动时，其他构件均能作确定的运动。

(3) 图 1-7 (b) 所示五杆机构，其自由度为

$$F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 4 - 2 \times 5 - 0 = 2$$

此机构的自由度为 2，应当有两个原动件，如构件 1 和 4 按给定的运动规律运动时，其他构件将有确定的运动。如果仅给定一个原动件，则其他构件将没有确定的运动。

由此可知，要使机构具有确定的相对运动条件是：机构的原动件数目必须等于机构的自

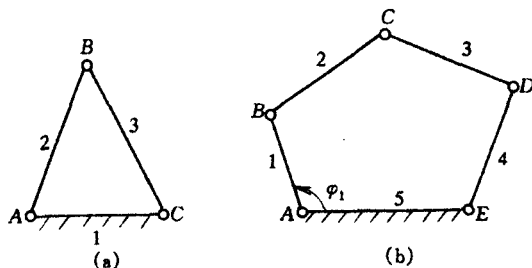


图 1-7 三构件、五构件机构

由度。

三、几种特殊情况的处理

机构中有几种特殊情况，须经处理后才能用式（1-2）计算机构自由度。

（一）复合铰链

两个以上的构件同时用一个转动副相联接，便构成复合铰链。如图 1-8 (a) 所示是三个构件在一起构成复合铰链，由其俯视图可知这三个构件共组成两个转动副。同理，由 m 个构件（包括固定构件）组成的复合铰链应包含 $(m-1)$ 个转动副。如图 1-8 (b) 所示钢板剪切机的机构运动简图中，B 处即是由三个构件组成的复合铰链，其 $m=3$ ，故转动副应为 $(3-1)=2$ ，而不是 1。计算该机构自由度时，取 $n=5$ ， $p_L=7$ ， $p_H=0$ ，得自由度

$$F=3n-2p_L-p_H=3\times 5-2\times 7-0=1$$

此机构需要一个原动件，运动就确定。

（二）局部自由度

在机构中，某些构件具有局部的并不影响其他构件运动的自由度，称为机构的局部自由度，如图 1-9 (a) 所示平面凸轮机构的自由度为

$$F=3n-2p_L-p_H=3\times 3-2\times 3-1=2$$

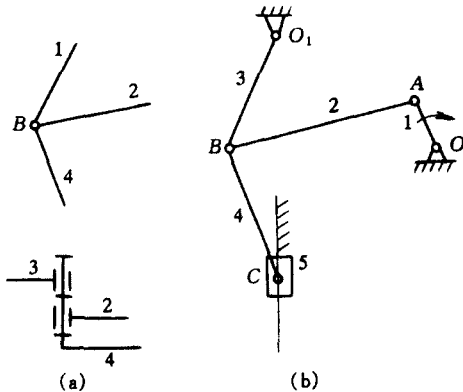


图 1-8 复合铰链

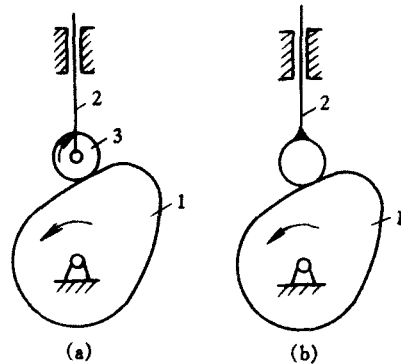


图 1-9 局部约束

此机构中，应有两个原动件，机构运动才能确定。实际上，这个机构只需一个原动件（凸轮），运动就能确定。

在凸轮与从动件之间安装滚子的目的，是将滑动摩擦变为滚动摩擦，以减少功率损耗，降低磨损。因此滚子绕其轴线的自由转动的自由度是多余的，计算机构自由度时应略去不计。或如图 1-9 (b) 所示，可将滚子 3 与从动件 2 固联在一起作为一个构件来考虑，即

$$F=3n-2p_L-p_H=3\times 2-2\times 2-1=1$$

计算结果与实际符合。

（三）虚约束

在机构中，有些运动副对机构运动所起的约束作用是重复的，这种不起独立限制作用的约束，称为虚约束。

如图 1-10 所示的机车车轮联动机构中，无论构件 4 和转动副 E、F 是否存在，对机构的运动都不发生影响，可以说构件 4 和转动副 E、F 所引入的一个约束不起限制作用，称为