

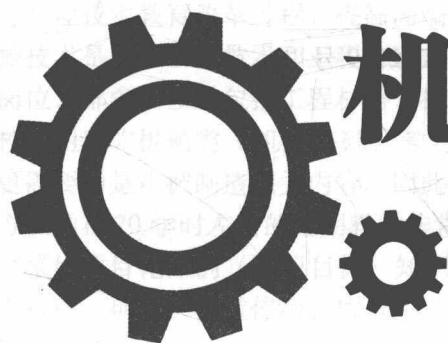


机械技术 基础

主编 郑春禄 耿玉香



电子科技大学出版社



机械技术

基础

JIXIE JISHU
JICHU

主 编 郑春禄 耿玉香
副主编 涂 杰 孙海燕 滕坤利
康海龙 莫云华



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械技术基础 / 郑春禄, 耿玉香主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2016. 1

ISBN 978 - 7 - 5647 - 3459 - 6

I. ①机… II. ①郑… ②耿… III. ①机械学
IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 022579 号

机械技术基础

主 编 郑春禄 耿玉香

副主编 涂 杰 孙海燕 滕坤利 康海龙 莫云华

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编:610051)

策划编辑: 李述娜

责任编辑: 刘 愚 李 倩

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 北京市通县华龙印刷厂

成品尺寸: 185mm × 260mm 印张 18 字数 444 千字

版 次: 2016 年 1 月第一版

印 次: 2016 年 1 月第一次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5647 - 3459 - 6

定 价: 38.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话:028 - 83202463;本社邮购电话:028 - 83201495。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

前 言

本书为适应高等职业技术教育的项目化课程改革而编写,以满足自动化类、汽车类、工程管理类、冶金类专业机械基础课程基于进行工作过程改革的需要。通过项目化教材推进高等职业技术教育改革进程,提高高端技能型人才的培养质量。

机械技术是从事工业技术和工程管理的基础。按照国家职业标准,凡涉及工业技术和管理的岗位,都多少涉及包括工程材料、机械设计和机械制造的相关内容。此前高等职业技术学校适用于非机械类《机械基础》教材中往往只包括机械设计的内容,而作为技能型岗位更需要的是机械制造相关内容。因此,开发一本包括工程材料、机械设计和机械制造的全方位的在 70 学时左右的适用教材非常必要。

本书采用项目化体例(学习目标、知识链接、项目实践、项目拓展),包括绪论、项目一常用机构、项目二机械传动、项目三常用金属材料与非金属材料、项目四常用机械零件、项目五金属成形热加工认知、项目六金属切削加工等七部分。按先机械设计后机械制造的顺序排列,符合机械工程程序,引入工程实例和工艺文件,增强生产情境。涵盖了机械设计、工程材料、机械热加工、机械冷加工等机械技术基本领域。

本教材适用于高职高专自动化类、汽车类、工程管理类、冶金类专业机械基础课程教学,也可作为中等职业学校相关专业的教材或教参。

本书由沧州职业技术学院郑春禄教授、耿玉香教授担任主编,由南京科技职业学院涂杰、河北建材职业技术学院孙海燕、石家庄信息工程职业学院滕坤利、华北制药河北华民药业有限责任公司康海龙以及芜湖商贸工业学校莫云华担任副主编。本书在编审过程中得到沧州职业技术学院各位老师的大力支持,在此表示衷心感谢!由于水平有限,书中难免有缺点和错误,恳请同行批评指正。

编 者

2015 年 12 月

目 录

绪 论	1
项目一 常用机构	6
任务一 平面机构简图绘制与自由度分析	32
任务二 平面四杆机构的设计	33
任务三 盘形凸轮设计	36
任务四 间歇机构间歇量调整	39
项目二 机械传动	43
任务一 普通 V 带传动设计	88
任务二 链传动的布置、张紧及润滑	96
任务三 渐开线圆柱齿轮主要参数的测量和选配	98
任务四 普通圆柱蜗杆传动的安装与维护	100
任务五 汽车循环球式转向器的认知	101
任务六 轮系分析计算	101
项目三 常用金属材料与非金属材料及选用	105
任务一 金属材料拉压试验	137
任务二 45 钢的调质处理	140
任务三 IR 热水泵主要零件选用	142
任务四 轿车车身材料的选用	144
项目四 常用机械零件	148
任务一 减速器拆装及结构分析	182
项目五 金属成形热加工	185
任务一 滑动轴承座铸造工艺设计	221
任务二 齿轮锻坯工艺分析	223
任务三 托板冲压工艺分析	224
任务四 低碳钢板的手工焊接操作	225
任务五 圆管焊接外观缺陷分析	226
项目六 金属切削加工	229
任务一 轴的机械加工工艺实例分析	276
任务二 羊角锤制作	280

绪 论

人类的生活和生产离不开机器。人人都应学会使用和维护机器。任何行业的设备专业技术人员都应掌握机械基本技术，包括机械设计和机械制造两个领域。一台机器的形成需要设计和制造两个阶段。

一、机器与机械

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，常见的机器有自行车、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，但仔细分析，可以发现它们都有共同的特征。

例如图 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。又如图 0-2 所示为单缸内燃机，它由气缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 和 10 等组成。通过燃气在气缸内的进气—压缩—做功—排气过程，使其燃烧的热能转变为曲柄转动的机械能。

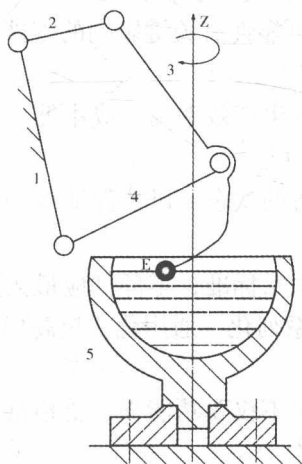


图 0-1 搅面机

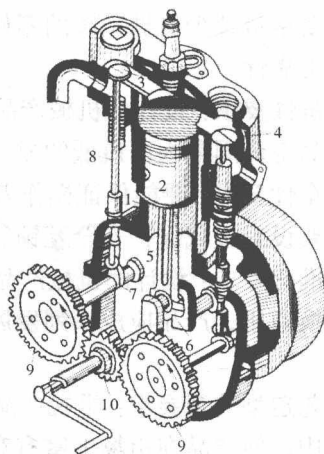


图 0-2 单缸内燃机

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实物的组合；
- (2) 各个实物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）。

机构具有机器的前两个特征，但不具有第三个特征，若不讨论做机械功或转换机械能方面的问题，机器便可看作机构。这时，搅面机称为连杆机构；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的。

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、机械设计

机械设计内容包括机构设计、机械传动设计、机械零件设计等。常用机构有连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等。机械传动包括带传动、摩擦轮传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、螺旋传动等。机械零件包括轴、轴承、联轴器、离合器、制动器、键联接、螺纹联接等。

1. 机械设计的基本要求

(1) 设计机械零件的基本要求

零件工作可靠并且成本低廉是设计机械零件应满足的基本要求。

零件的工作能力是指在一定的工作条件下抵抗可能出现的失效的能力,对载荷而言称为承载能力。成本低廉需要注意合理选择材料,降低材料费用;保证良好的工艺性,减少制造费用;尽量采用标准化、通用化设计,简化设计过程从而降低成本。

(2) 设计机械的基本要求

设计机械包括实现预定功能;满足可靠性要求;满足经济性要求;操作方便、工作安全;造型美观、减少污染等五个方面。

满足可靠性要求:机械产品的可靠性是由组成机械的零、部件的可靠性保证的。只有零、部件的可靠性高,才能使系统的可靠性高。机械系统的零、部件越多,其可靠度越低。为此,要尽量减少机械系统的零件数目,并对系统可靠性有关键影响的零件,必须保证其必要的可靠性。

满足经济性要求:设计的机械产品应先进、功能强、生产效率高、成本低、使用维护方便、在产品寿命周期内用最低的成本实现产品的预定功能。

确保安全性要求:要能保证操作者的安全和机械设备的安全,以及保证设备对周围环境无危害,要设置过载保护安全互锁等装置。

推行标准化要求:设计的机械产品规格、参数符合国家标准,零部件应最大限度地与同类产品互换通用,产品应成系列发展,推行标准化、系列化、通用化,提高标准化程度和水平。

体现工艺造型美观要求:重视产品的工艺造型设计,不仅要功能强、价格低,而且外形美观、实用,使产品在市场上富有竞争力。

2. 机械设计的内容与步骤

机械设计常规方法可分为理论设计、经验设计和模型设计。

机械设计的过程可分为以下几个阶段。

(1) 产品规划

产品规划的主要工作是提出设计任务和明确设计要求,这是机械产品设计首先需要解决的问题。通常是根据生产和市场需求提出的。此时,对所要设计的机械只是个模糊的概念。图0-3是这一阶段的任务。

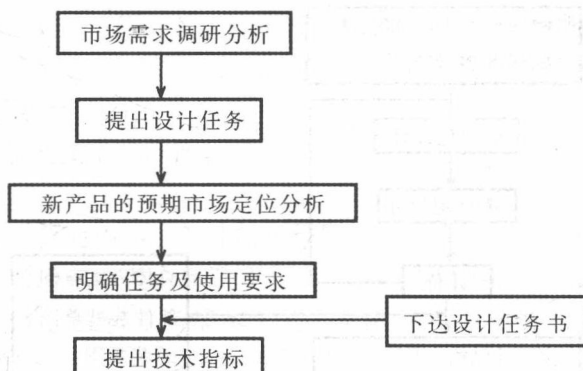


图 0-3 产品规划流程图

(2) 方案设计阶段

方案设计包括机械系统总体方案设计、传动系统方案设计、控制系统方案设计和辅助系统设计。在满足设计任务书中具体要求的前提下，由设计人员构思出多种可行方案并进行分析比较，从中优先选出一种功能预定满足预定要求、工作性能可靠、结构设计可行以及成本低廉的方案。图 0-4 是这一阶段的任务。

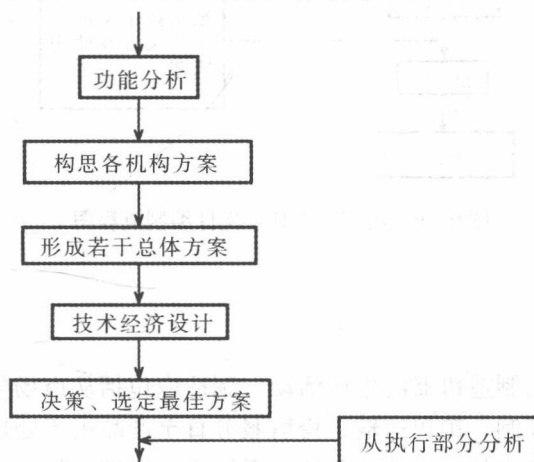


图 0-4 方案设计流程图

(3) 技术设计阶段

机械的结构和技术设计是根据机构运动简图提出合理的结构设计方案，进行产品的总体结构设计、部件和零件设计及绘制全部生产图纸，编制设计计算说明书、机械使用说明书、标准件明细表等技术文件。图 0-5 是这一阶段的任务。

(4) 施工设计、文件编制

在完成产品基本设计的基础上，根据设计任务书，拟订评价标准和指标体系，对设计方案进行评估、审查、决策，以进一步改进和完善设计，提高产品的实用性、可靠性和经济性。图 0-6 是这一阶段的任务。

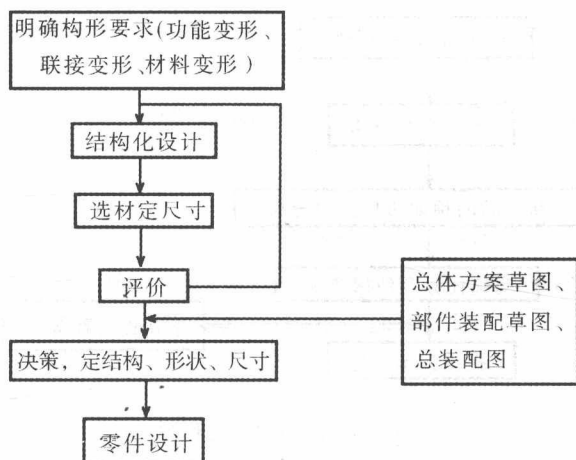


图 0-5 技术设计流程图

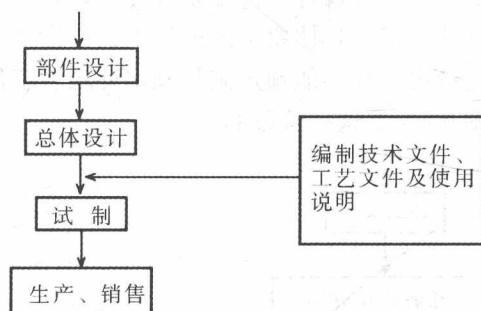


图 0-6 施工、设计、文件编制流程图

三、机械制造

机械制造可以理解为制造机器的生产活动。制造应包括从市场分析、经营决策、工程设计、加工装配、质量控制、销售运输、售后服务直至产品报废处理的全过程。制造也常常被理解为从原材料或半成品，经加工和装配后形成最终产品的具体操作过程，包括毛坯制作、零件加工、检验、装配、包装、运输等，这是一个小制造的概念，是对制造的狭义理解。机械产品的生产过程一般包括：

- (1) 生产与技术的准备，如工艺设计和专用工艺装备的设计和制造、生产计划的编制、生产资料的准备等；
- (2) 毛坯的制造，如铸造、锻造、冲压、热处理等，通常称为热加工；
- (3) 零件的加工，如切削加工（车、铣、刨、磨、镗等）、钳工加工（錾削、锯削、锉削、钻孔、攻螺纹、套螺纹等）等，通常称为冷加工；
- (4) 产品的装配，如部件装配、总装配、调试检验和油漆等；
- (5) 生产的服务，如原材料、外购件和工具的供应、运输、保管等。

四、本课程的内容、性质和任务

本课程研究的对象为机械设计和机械制造的基本内容。机械设计部分学习机械中的常

用机构、传动和通用零部件，研究其工作原理、结构特点、运动和动力性能、基本计算方法以及一些零部件选用和维护。机械制造部分学习零部件选材、热加工、冷加工等基本工艺知识和基本操作技能。

本课程是一门重要的技术基础课。

本课程的任务为：

- (1) 熟悉常用机构及通用零、部件的工作原理、类型、特点及应用等基本知识；
- (2) 了解常用机构的基本理论和设计方法，掌握通用零部件的设计及选用；
- (3) 熟悉机械制造过程和加工基本工艺，掌握材料力学性能测定、热处理、焊接、车削、钳工的基本技能。

总之，本课程是工科类和管理类专业的重要技术基础课程之一，是工程师及工程管理人员的必修课程。

项目一 常用机构

学习目标

1. 掌握平面机构的组成。
2. 掌握运动副的概念、形式和符号。
3. 具有绘制平面机构运动简图的能力。
4. 掌握机构具有确定运动的条件。
5. 了解平面四杆机构的概念。
6. 掌握铰链四杆机构的基本类型和演化机构。
7. 熟悉平面四杆机构的性质。
8. 掌握凸轮机构的组成和分类。
9. 掌握盘型凸轮设计方法和步骤。
10. 掌握棘轮和槽轮机构的原理，正确分析间歇运动过程。

知识链接

一、平面机构

1. 运动副

使两个构件直接接触并能产生一定相对运动的联接称为运动副。例如，轴承中的滚动体与内外圈的滚道、滑块与导槽，如图 1-1 (a)、(b) 所示。它们之间既保持了直接接触，又能产生一定的相对运动，因此都构成了运动副。

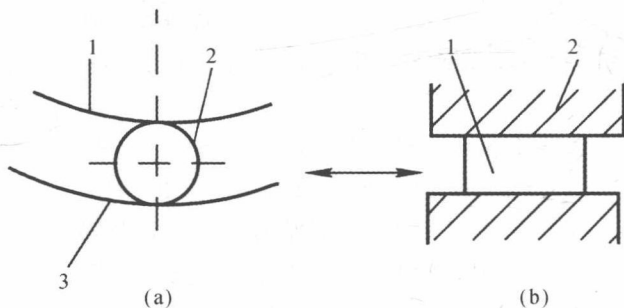


图 1-1 运动副

(1) 低副

两构件通过面接触组成的运动副称为低副。根据低副构件间相对运动的形式不同，又

分为转动副和移动副。

1) 转动副: 若组成运动副的两个构件只能在一个平面内做相对转动, 则称为转动副, 也称铰链。如图 1-2 所示, 构件 1 与构件 2 圆柱面接触, 构件 1 (或 2) 可相对构件 2 (或 1) 转动, 两者组成转动副。两构件中如有一个构件固定不动, 则称为固定铰链, 如图 1-2 (a) 所示; 二者均能转动, 则称为活动铰链, 如图 1-2 (b) 所示。

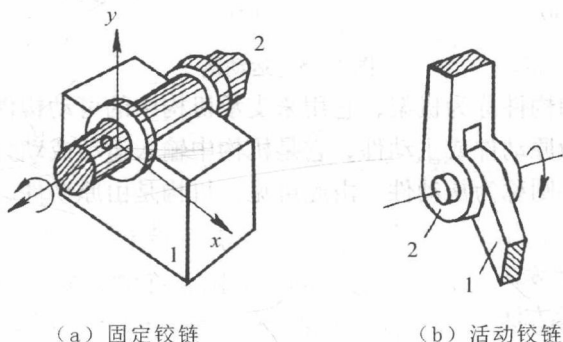


图 1-2 转动副

2) 移动副: 若组成运动副的两个构件只能沿轴线相对移动, 则称为移动副。如图 1-3 所示, 构件 1 和构件 2 以棱柱面接触, 构件 1 可相对构件 2 沿轴线移动, 两者组成移动副。

(2) 高副

两构件通过点、线接触所构成的运动副称为高副。如图 1-4 中的凸轮 1 与顶杆 2, 两构件间的相对运动为接触处切线 $t-t$ 方向的相对移动和在平面内的相对转动。构件 1 与构件 2 在直接接触处组成高副。

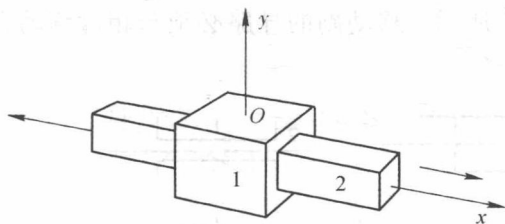


图 1-3 移动副

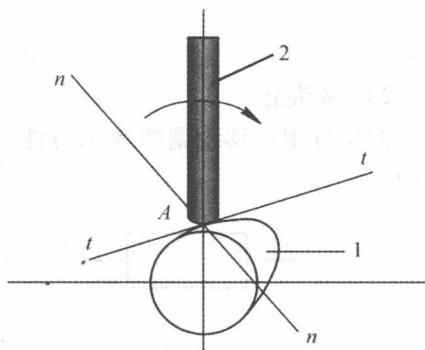


图 1-4 高副

2. 运动链

两个以上构件以运动副联接而成的系统称为运动链。若组成运动链的各构件形成首尾封闭的系统, 则称为封闭运动链, 简称闭链, 如图 1-5 (a)、(b) 所示; 若组成运动链的各构件未形成首尾封闭的系统, 则称为开式运动链, 简称开链, 如图 1-5 (c) 所示。

3. 机构的组成

在运动链中, 若将某一构件加以固定, 且当一个或几个可动构件按照给定的规律独立运动时, 其余构件也随之做一定的运动, 这种运动链称为机构。

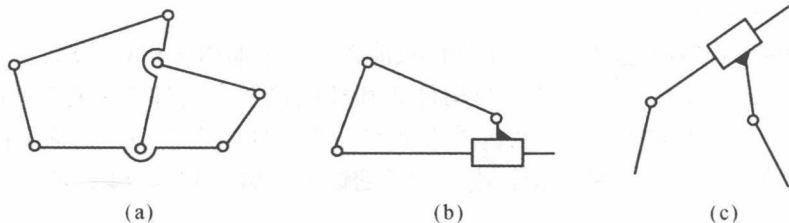


图 1-5 运动链

机构中固定不动的构件称为机架，它用来支承机构中的可动构件；按照给定的运动规律独立运动的构件称为原动件或主动件，它是机构中输入运动或动力的构件，又称为输入构件。其余的可动构件则称为从动件。由此可见，机构是由原动件、从动件和机架三部分组成的。

4. 平面机构的表示方法

(1) 运动副的表示方法

1) 转动副

两构件组成转动副的表示方法如图 1-6 所示。圆圈用来表示转动副，其圆心代表相对转动轴线。若组成转动副的两个构件都是活动件，则用图 1-6 (a) 表示；若其中一个为机架，则在代表机架的构件上加上斜线，如图 1-6 (b)、(c) 所示。

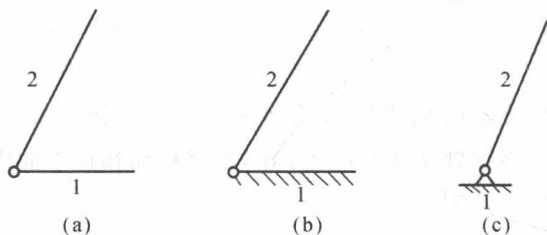


图 1-6 转动副的表示方法

2) 移动副

两构件组成移动副的表示方法如图 1-7 所示。移动副的导路必须与相对移动方向一致。

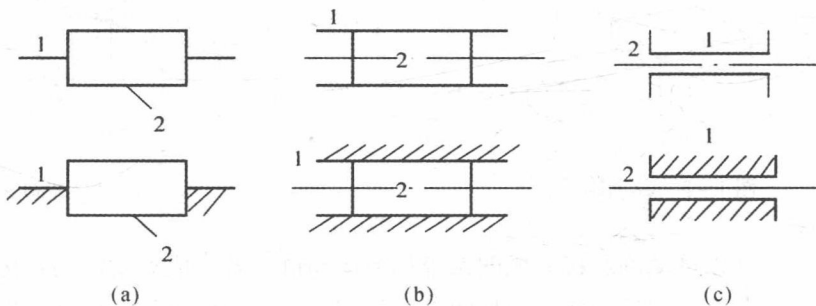


图 1-7 移动副的表示方法

3) 平面高副

两构件组成高副的表示方法如图 1-8 所示。其运动简图中应画出两构件接触处的曲线轮廓。

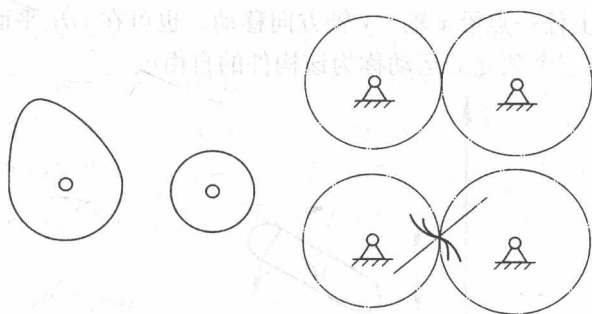


图 1-8 高副的表示方法

(2) 构件的表示方法

构件的表示方法如图 1-9 所示。构件可用直线、三角形或方块等图形表示。其中，图 1-9 (a) 表示参与组成两个转动副的构件；图 1-9 (b) 表示参与组成一个转动副和一个移动副的构件；图 1-9 (c) 表示参与组成三个转动副的构件，它一般用三角形表示，在三角形内加剖面线或在三个内角上涂上焊缝标记，表明三角形为一个构件；若三个转动副在同一直线上，则可用跨越半圆符号来联接直线，如图 1-9 (d) 所示。

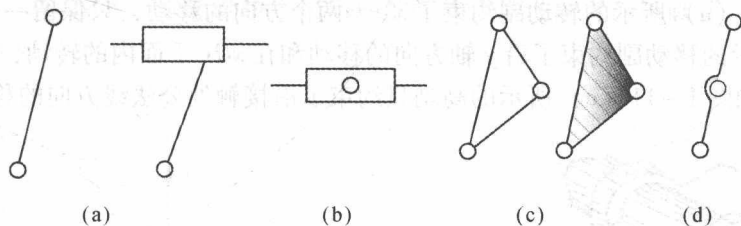


图 1-9 构件的表示法

5. 平面机构运动简图的绘制

(1) 机构运动简图的绘制步骤

1) 分析机械的工作情况

找出机架，确定原动件和从动件（包括执行件和传动件）。

2) 分析机械运动情况

从原动件开始，沿着运动传递路线逐一分析各构件间相对运动的性质，确定构件的数目、运动副的类型和数目。

3) 合理选择视图平面

选择多数构件所在的运动平面或平行于运动平面的平面作为视图平面。

4) 绘制机构运动简图

测量构件尺寸，选择合适的比例尺，定出各运动副的相对位置，用规定的简单符号绘制机构运动简图。在机架上加上阴影线，在原动件上标上箭头，按传动路线给各构件依次标上构件号 1, 2, 3, …，给各运动副标上 A, B, C, …。

$$\text{比例尺 } \mu_l = \frac{\text{构件的实际长度 (m)}}{\text{构件的图示长度 (mm)}}$$

6. 平面机构的自由度

一个做平面运动的自由构件有三个独立运动的可能性。如图 1-10 所示，在 xOy 坐标

系中, 构件 M 可随其上任一点沿 x 轴、 y 轴方向移动, 也可在 xOy 平面 (绕垂直于 xOy 平面的轴线 z) 转动, 这三个独立的运动称为该构件的自由度。

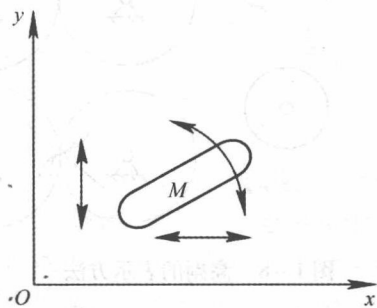


图 1-10 平面运动构件的自由度

平面机构的每个活动构件在未构成运动副之前都是三个自由度。当两个构件直接接触组成运动副之后, 它们的相对运动就受到限制, 自由度随之减少。运动副对构件的独立运动所加的限制称为约束。不同类型的运动副引入的约束数不同。每引入一个约束, 构件就减少一个自由度。

如图 1-11 (a) 所示的转动副约束了 x 、 y 两个方向的移动, 只保留一个转动; 如图 1-11 (b) 所示的移动副约束了沿 y 轴方向的移动和在 xOy 平面内的转动, 只保留沿 x 轴方向的移动; 如图 1-11 (c) 所示的高副只约束了沿接触处公法线方向的移动。

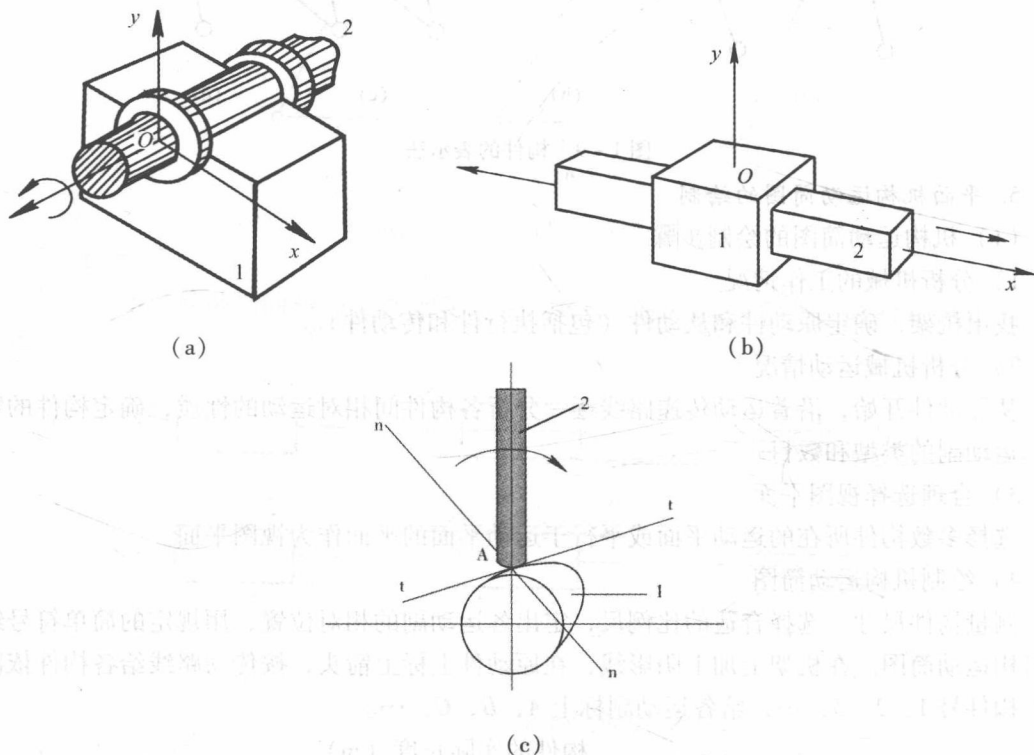


图 1-11 平面运动构件的约束

7. 构件系统自由度的计算

机构的自由度就是机构具有独立运动参数的数目。自由度取决于运动链中构件的数目

及运动副的类型和数目。

设一个平面运动链由 k 个构件组成, 其中一个构件为机架, 则有 $n = k - 1$ 个活动构件。未构成运动副之前, 这些活动构件应有 $3n$ 个自由度。假设构成 P_L 个低副和 P_H 个高副, 而一个低副引入两个约束, 一个高副引入一个约束, 每引入一个约束构件就失去一个自由度, 故整个运动链相对机架的自由度应为活动件自由度的总数与运动副引入约束总数之差。以 F 表示机构的自由度数, 则有平面机构自由度计算公式:

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

8. 构件系统形成机构的条件

前已述及机构中各构件之间必有确定的相对运动。由自由度的计算可知, 构件的组合能否成为机构, 其必要条件为 $F > 0$ 。而构件系统成为机构的充分条件是必须具有确定的相对运动。满足什么条件才具有确定的相对运动呢?

由前述可知, 从动件是不能独立运动的, 只有原动件才能独立运动。通常每个原动件只有一个独立运动。因此, 要使各构件之间具有确定的相对运动, 必须使原动件数等于构件系统的自由度数。现从下面两种情况分析: 当运动链自由度大于 0 时, 如果原动件数少于自由度数, 那么运动链就会出现运动不确定现象, 不能成为机构, 如图 1-12 所示; 如果原动件数大于自由度数, 则运动链中最薄弱的构件或运动副可能被破坏, 也不能成为机构, 如图 1-13 所示。

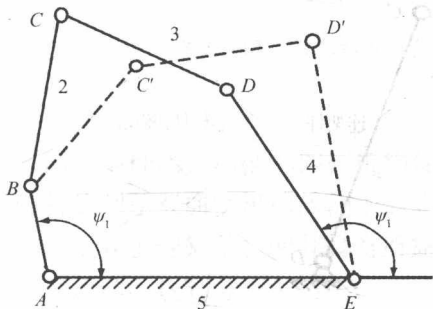


图 1-12 原动件数小于 F

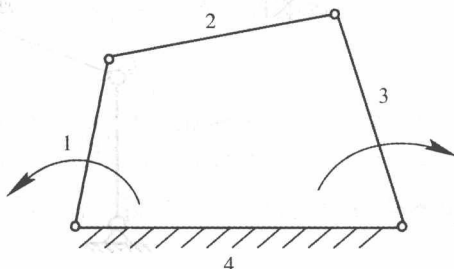


图 1-13 原动件数大于 F

所以, 只有当原动件数等于运动链的自由度数时, 构件之间才能获得确定的相对运动。综上所述, 构件系统成为机构的条件是: 运动链相对于机架的自由度必须大于零, 且原动件数等于运动链的自由度数。满足上述条件的运动链即为机构, 机构的自由度用式 $F = 3n - 2P_L - P_H$ 计算。

二、平面连杆机构

1. 基本概念

平面连杆机构是由若干个构件通过低副联接而成的机构, 又称平面低副机构。由四个构件通过低副联接而成的平面连杆机构称为平面四杆机构。它是平面连杆机构中最常见的形式, 也是组成多杆机构的基础。所有低副均为转动副的平面四杆机构称为铰链四杆机构, 它是平面四杆机构中最基本的形式, 其他形式的四杆机构都是在它的基础上演化而成的。连杆机构中的构件称为杆。

2. 平面连杆机构的优缺点

平面连杆机构的主要优点有：

- (1) 平面连杆机构中的运动副都是低副，构件接触面为平面或圆柱面，因而压强小，便于润滑，磨损较轻，可以承受较大的载荷；
- (2) 构件形状简单，加工方便，构件工作可靠；
- (3) 各构件长度不同时，在原动件等速连续运动的条件下，可以使其从动件得到等速或不等速，连续或不连续的多种运动规律的运动；
- (4) 利用平面连杆机构中的连杆可满足多种运动轨迹的要求，适应性强。

平面连杆机构的主要缺点有：

- (1) 根据从动件所需要的运动规律或轨迹来设计连杆机构比较复杂，且精度不高。
- (2) 连杆机构运动时产生的惯性力难以平衡，不适宜高速的场合。

由于连杆机构具有以上特点，因此它广泛用于各种机械、仪表中。

3. 平面连杆机构的类型及转化

(1) 四杆机构的基本形式

平面四杆机构的基本形式是铰链四杆机构，如图 1-14 所示为铰链四杆机构，其中 AD 杆为机架，与机架相连的 AB 杆和 CD 杆称为连架杆，与机架相对的 BC 杆称为连杆。其中能做整周转运动的连架杆称为曲柄；只能在小于 360° 的范围内摆动的连架杆称为摇杆。

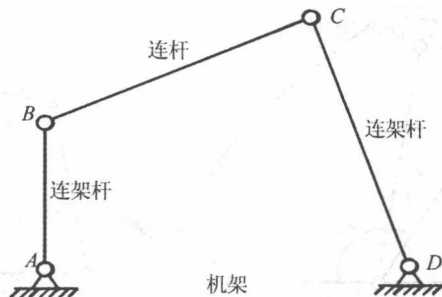


图 1-14 铰链四杆机构

根据铰链四杆机构有无曲柄，可将其分成三种基本形式。

1) 曲柄摇杆机构。

两连架杆中一个为曲柄，另一个为摇杆的四杆机构，称为曲柄摇杆机构，如图 1-15 所示。

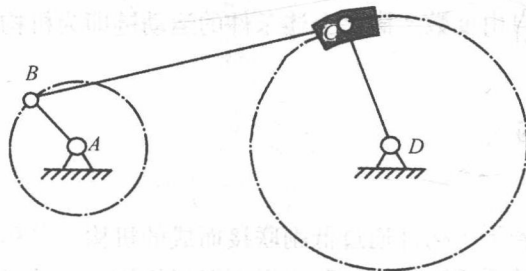


图 1-15 曲柄摇杆机构

曲柄摇杆机构的主要用途是改变运动形式，可将回转运动转变为摇杆的摆动，如图 1-16 所示的雷达天线调整机构，图 1-17 所示的颚式破碎机，图 1-18 所示的汽车前窗