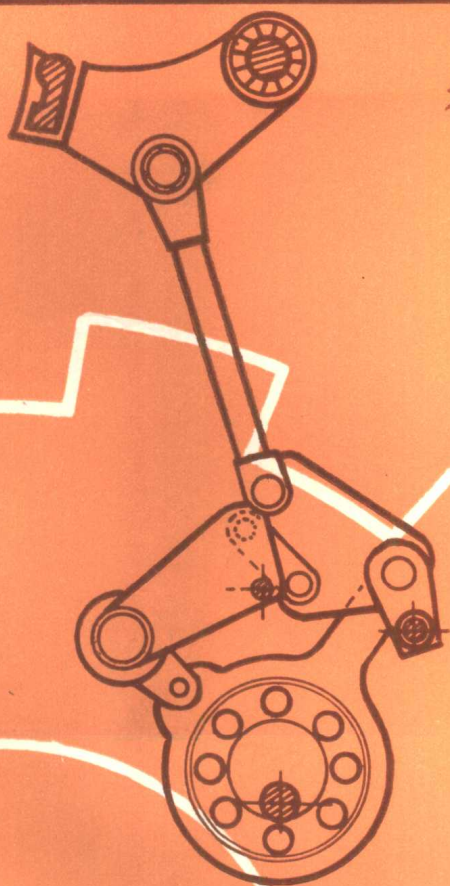


jixieyuanti

机械原理

(上册)

朱友民 江裕金 主编



重庆大学出版社

机 械 原 理

上 册

朱友民 江裕金 主编

重 庆 大 学 出 版 社

机械原理 上册
朱友民 江裕金 主编

重庆大学出版社出版
新华书店重庆发行所发行
重庆印制一厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 18.25 字数: 458 千
1986年 8 月第一版 1986年 8 月第一次印刷
印数: 1—7,300
统一书号: 15408·4 定价: 3.20元

序 言

本书是参照原教育部1980年8月审定的《机械原理教学大纲(草案)》编写的。编写时,我们根据机械原理课程在教学计划中的地位和作用以及我们近几年在教学实践中的体会,力求加强基础理论与反映国内外近年来某些研究成果,以适应本学科的发展和培养人才的需要。本书主要章节以解析法为主,且适于应用电子计算机进行分析设计计算。考虑到图解法比较直观、运动几何形象清晰易懂等特点,本书保留了以往教材的主要部分而仅作适当的精简。在内容安排方面,力求使学生对机构分析与综合方法有一个完整的概念,还考虑到便于教师根据不同专业加以取舍和便于学生自学。为此,除将某些选学内容和某些深广部分排为小字外,对各章基本内容的排列顺序也进行了一些推敲。

为了使学生及有关工程技术人员有效地掌握和使用本书的电算分析设计方法,除有较多的例题之外,还编制了与本书理论内容密切配合的电算子程序及计算实例,列于书末附录中。

参加本书编写的有:朱友民(第四、七、十一章、附录Ⅱ、Ⅳ)、顾仁生(第一、五、十一章)、黄茂林(第六、九章、附录Ⅲ)、唐炜柏(第二、三章、附录Ⅰ)、瞿宁抚(第十四章、附录Ⅵ)、沈治忠(第十二章)、姜嫄(第十章)、梁正名(第八章)、吕仲文(第十三章、附录Ⅴ)等同志。并由朱友民和江裕金两同志负责主编。

本书承北方交通大学张世民教授主审,提出了许多宝贵意见,编者特此表示衷心的感谢。

本书分上、下两册,本册(上册)包括一至七章和附录Ⅰ至附录Ⅳ。下册包括八至十四章和附录Ⅴ至附录Ⅶ。

在编制子程序过程中,蔡学明同志曾提供了一些有益的建议,重庆大学计算中心的许多同志也给予了大力支持和帮助。在此我们表示衷心的感谢。

本书虽然经过全体编写同志反复讨论和互审,但是由于编者水平所限和编写时间匆促,还会有不少缺点和错误,我们恳切地希望各兄弟院校机械原理课程教师和广大读者给予批评指正。

编 者

1985年3月

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1-1 机械原理研究的对象	(1)
§ 1-2 机械原理课程的内容	(2)
§ 1-3 学习本课程的目的	(3)
第二章 平面机构的结构分析	(4)
§ 2-1 机构的组成	(4)
一、运动副及其分类	(4)
二、运动链和机构	(6)
§ 2-2 平面机构的运动简图	(6)
§ 2-3 平面机构自由度的计算	(10)
一、平面机构自由度的计算公式和意义	(10)
二、平面机构自由度的计算	(11)
§ 2-4 平面机构的组成原理, 结构分类和结构分析	(13)
一、平面机构的组成原理及结构分类	(13)
二、平面机构的结构分析	(15)
三、平面机构中的高副低代	(15)
习题	(17)
第三章 平面机构的运动分析	(20)
§ 3-1 机构运动分析的目的和方法	(20)
§ 3-2 平面机构运动分析的解析法	(21)
一、刚体上任一点运动参量的数学解析式	(22)
二、各类 I 级组运动参数的数学解析式	(23)
三、多杆 II 级机构的运动分析步骤及机构的运动线图	(29)
四、III 级组的运动分析	(31)
§ 3-3 平面机构运动分析的图解法	(34)
一、机构运动分析的相对运动图解法	(34)
二、速度瞬心及其在平面机构速度分析中的应用	(39)
习题	(42)
第四章 机械中的摩擦和机械效率	(45)
§ 4-1 研究机械中摩擦的目的与方法	(45)
§ 4-2 机械的效率和自锁	(45)
一、机械的效率	(45)
二、机械的自锁	(48)
§ 4-3 槽面移动副中的摩擦	(49)
§ 4-4 螺旋副中的摩擦	(50)
一、矩形螺纹螺旋副中的摩擦	(50)
二、三角形螺纹螺旋副中的摩擦	(51)
§ 4-5 转动副中的摩擦	(51)
一、径向轴颈的摩擦	(52)

二、止推轴颈的摩擦	(55)
习题	(55)
第五章 平面机构的力分析	(58)
§ 5-1 机构力分析的目的和方法	(58)
一、作用在机械上的力	(58)
二、机构力分析的目的和方法	(58)
§ 5-2 构件组或构件的动态静定条件	(59)
§ 5-3 常用基本杆组的力分析	(60)
一、第一类Ⅰ级组的力分析	(61)
二、第二类Ⅱ级组的力分析	(62)
三、第三类Ⅲ级组的力分析	(65)
四、作用有待求平衡力的构件的力分析	(68)
§ 5-4 构件惯性力的确定	(69)
一、平动构件的惯性力	(69)
二、定轴转动构件的惯性力	(70)
三、平面运动构件的惯性力	(70)
§ 5-5 机构力分析的图解方法	(71)
§ 5-6 速度多边形杠杆法	(73)
习题	(75)
第六章 平面连杆机构及其设计	(77)
§ 6-1 平面四杆机构的基本型式及其演化	(77)
一、铰链四杆机构	(78)
二、含一个移动副的四杆机构	(79)
三、含两个移动副的四杆机构	(82)
§ 6-2 平面四杆机构设计中的一些共同问题	(83)
一、四杆机构有曲柄的条件	(83)
二、平面连杆机构的传动角和死点	(84)
三、四杆机构的行程速比系数	(86)
四、平面连杆机构结构形状的演化	(87)
§ 6-3 平面连杆机构综合的内容及方法	(90)
§ 6-4 平面连杆机构的综合方程	(91)
§ 6-5 平面运动构件上点的位置方程	(93)
一、平行移动构件上的点	(93)
二、定轴转动构件上的点	(94)
三、一般平面运动构件上的点	(95)
§ 6-6 实现刚体给定位置的平面四杆机构综合	(96)
§ 6-7 实现预期轨迹的平面四杆机构综合	(105)
§ 6-8 实现预期运动规律的四杆机构综合	(110)
§ 6-9 平面四杆机构的图解设计	(114)
一、半角转动法	(114)
二、按行程速比系数设计四杆机构	(116)
习题	(118)
第七章 凸轮机构及其设计	(121)

§ 7-1 凸轮机构的应用和分类	(121)
一、凸轮机构的应用	(121)
二、凸轮机构的分类	(121)
§ 7-2 凸轮机构的运动分析及从动杆常用运动规律	(124)
一、凸轮机构的运动分析	(124)
二、从动杆的常用运动规律	(128)
§ 7-3 平面凸轮机构的受力分析及效率	(136)
一、凸轮机构中的作用力与压力角	(136)
二、凸轮机构的效率	(137)
三、许用压力角	(137)
§ 7-4 按给定运动规律设计平面凸轮的轮廓曲线	(137)
一、滚子直动从动杆盘状凸轮	(137)
二、滚子摆动从动杆盘状凸轮	(140)
三、平底直动从动杆盘状凸轮	(142)
四、平底摆动从动杆盘状凸轮	(143)
§ 7-5 凸轮机构压力角的计算及其对凸轮机构尺寸的影响	(145)
一、滚子直动从动杆盘状凸轮机构的压力角	(145)
二、滚子摆动从动杆盘状凸轮机构的压力角	(146)
三、平底从动杆盘状凸轮机构的压力角	(147)
§ 7-6 凸轮轮廓线上任一点的曲率半径	(148)
§ 7-7 盘状凸轮轮廓曲线的绘制	(149)
一、直动从动杆盘状凸轮机构	(149)
二、摆动从动杆盘状凸轮机构	(150)
§ 7-8 圆柱凸轮简介	(152)
一、滚子直动从动杆圆柱凸轮机构	(153)
二、滚子摆动从动杆圆柱凸轮机构	(154)
习题	(155)
附录一: 常用的改进型运动规律	(156)
附录二: 几种凸轮轮廓线上任一点曲率半径计算公式	(164)
附录 I 平面连杆机构运动分析子程序	(166)
附录 II 平面连杆机构力分析子程序	(190)
附录 III 平面连杆机构综合子程序	(221)
附录 IV 凸轮机构运动规律及设计子程序	(249)
主要参考文献	(283)

第一章 绪 论

§ 1-1 机械原理研究的对象

机械原理研究的对象是机械，它是机器与机构的统称。

机器的种类极多，在生产和日常生活中，我们看见过许多机器，例如拖拉机，起重机，内燃机，电动机，各种机床及机械式计算机等。各种不同的机器，具有不同的形式、结构和用途，然而经过归纳分析，它们具有如下的共同特征。

(1) 凡是机器，都是由人为的实物所组成。例如图1-1所示的内燃机，是由人们加工制造出来的曲柄4，连杆3，活塞10，气缸（与机架固连）11，阀门12及17，凸轮7及齿轮1所组成。当燃气由于齿轮，凸轮推动阀门而定时进入气缸点火爆发膨胀时，推动活塞移动，通过连杆使曲柄轴作连续转动，从而将燃气的热能转换为曲柄轴的机械能。又如图1-2所示的圆柱形零件自动检验分类机，主要是由电动机，锥齿轮对9及5，凸轮10，可移动量规11，固定量规13，推杆2，摆杆3，端面凸轮4及分成若干小格的转鼓6所组成。机器在运转过程中将零件12按其尺寸大小逐个落入转鼓的相应小格中，从而提供零件分类的信息。

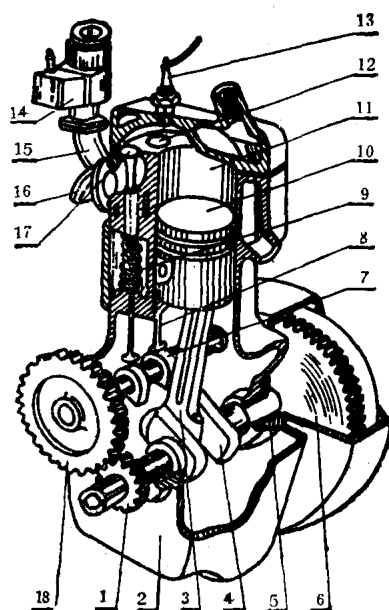


图1-1

(2) 组成机器的各个构件之间具有确定的相对运动

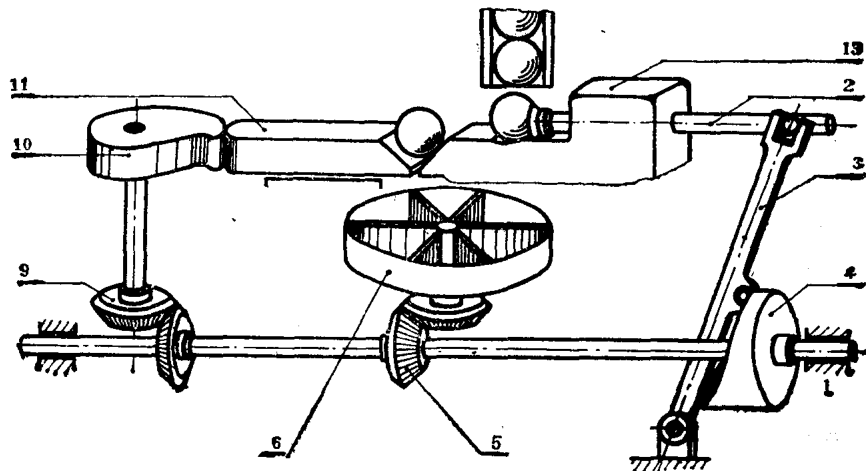


图 1-2

例如内燃机中，相邻两构件如曲轴与轴承（与机架固连）、活塞与气缸之都具有确定的相对运动，非相邻的构件如曲柄与活塞，连杆与箱体之间亦具有确定的相对运动。

机器都是由若干零件组合而成的。这些零件中，有的在运动中是一个单独的整体，例如曲轴。有的则由于结构和工艺上的需要，由两个或几个零件刚性地联接成为一个整体而运

动,例如连杆就是由连杆头,连杆体,螺栓,螺帽等零件刚性联接成一整体,这些零件之间,不容许有任何相对运动而组成一个独立的运动单元。机器中每一个独立的运动单元体,我们称它为构件,所以从运动观点来看,任何机器都是由两个以上有着确定相对运动的构件所组成的。

(3) 凡是机器,必须具有一定的功能,例如转换机械能,提供或转换信息,完成有益的机械功或其它功能。内燃机、涡轮机、电动机等是转换机械能的机器的例子。计数机,机械式计算机,机械积分仪,打印机等能提供或转换信息。各种金属加工机床,纺织机,起重机,汽车,飞机等能完成有益的机械功。

综上所述,机器是一种人为的实物组合体,其各构件之间有确定的相对运动,具有一定的功能,如转换机械能,完成有益的机械功,提供或转换信息或其它功能,以替代或减轻人的体力劳动和脑力劳动。

机构只具备机器的前两个特征,即机构也是人为的实物组合体,其各构件之间具有确定的相对运动。例如图1-1所示的内燃机中,曲轴、连杆、活塞和气缸(即机架)组成一个机构,常称之为曲柄滑块机构,它将活塞的移动转换成曲轴的转动。在此内燃机中,如图所示,还包含有齿轮机构及凸轮机构。由此可见,一台机器可以是一种机构,也可以是若干种机构的组合。不同的机器也可能包含相同的主体机构,例如蒸汽机,内燃机及冲床的主体机构均是曲柄滑块机构。

一提到机器,人们首先联想到的是它的功能,力、力矩、功、功率之类。对机构来说,虽然它也传递力和功率,但设计者所关心的是如何获得一个合乎要求的运动。

如果除了刚性构件外,液体或气体等介质也参与运动的传递或转换,则该机构就相应地被称为液压机构或气动机构。

§ 1-2 机械原理课程的内容

本课程研究的内容主要包括以下几方面:

(1) 机构结构分析的基本知识 分析机构的结构是为了研究机构运动的可能性及确定性。此外,为了便于系统地建立机构运动分析的方法,以及为创造新机构提供指导性理论,还须掌握机构的组成原理及机构的分类知识。

(2) 机构的运动分析 机构各构件之间的相对运动是完全确定的,机构运动分析的任务是按机构中任一其运动规律视为已知的构件的运动来确定机构各点的轨迹,位移,速度和加速度。进行运动分析时不考虑引起机构运动的力的作用,仅从几何观点来进行研究。

(3) 机械动力学 机械动力学主要研究三方面的问题。一是研究机械在运动过程中作用在各构件上的力的求法和确定机械效率的方法。其二是研究在已知外力作用下机械的真实运动规律。三是为了减小有害的速率波动而研究机械的调速问题以及机械中惯性力的平衡问题。机械中各构件上周期性变化的惯性力将引起构件联接处的动压力,从而降低机器的效率和使用寿命,降低机器的工作质量甚至造成破坏事故。

(4) 常用机构的分析与综合 机器的类型虽然多得不可胜数,然而构成各种机器的机构的类型却是有限的,它们是齿轮、凸轮、连杆机构等一些常用机构。本课程将对这些常用机构的运动及工作特性进行分析,并研究满足预期运动和工作要求的这些机构的综合方法。

就上述四个方面内容的性质而论,本课程研究的问题又可概括为两类。一是对已有机械的研究即机构的分析(结构分析,运动分析和动力分析)问题。其二是实现预期运动及工作要求的新机构的设计(机构的选型,运动设计及动力设计)问题。本课程中对机械设计的研究,只限于根据运动及动力要求对机构各构件的尺度进行综合,不涉及各个零件的具体结构形状,强度计算,材料选用及工艺设计等问题,所以在本课程中常用“综合”二字来代替“设计”二字。

分析已有机构及综合新机构,主要有两类方法可供采用:图解法及解析法。解析法可以获得图解法所难以达到的精确结果。随着电子计算机及计算数学的发展,使得应用解析法求解机构分析和综合的一些复杂问题成为实际可行,为机械原理学科的研究开辟了广阔的途径。图解法形象直观,易于理解,有利于建立清晰的基本概念,同时也是校核电算结果的最快的方法。但图解法误差大,往往难以适应现代对机械精度的要求日益提高的形势。

§ 1-3 学习本课程的目的

高等工业院校机械类各专业的同学,在以后的学习或工作中总要遇到许多关于机械的设计和使用方面的问题,而本课程所学的内容乃是研究各种机械的共同性问题。因此,它成为机械类各专业所必修的一门技术基础课程。本课程的先修课程是高等数学、物理学、理论力学、机械制图及算法语言。通过本课程的学习,为以后学习机械零件和有关专业课程以及掌握新的科学技术成就打好工程技术的理论基础,并使學生受到某些必要的严格的基本技能训练。

另一方面,机械原理在发展国民经济方面也具有重要意义。为了实现祖国的四个现代化,需要创造出大量的优质新颖的机械,又要对现有机械设备进行改进和合理使用。机械原理课程既是研究各种机械的共同性问题,则对于完成上述任务,有关机械原理的知识是必不可少的。通过机械的分析,可以提供改进和合理使用机械设备的科学依据,掌握了机构结构分析及综合的方法,就为创造新机构提供了关键性的理论。

第二章 平面机构的结构分析

从第一章对机器的分析中我们已经知道，现有机械的形式，构造和用途是极其多种多样的，但各种机械的主要部分（传动和工作执行部分）通常都是由一些机构所组成。所以，在本课程中将把机构作为我们重点研究的对象。

§ 2-1 机构的组成

一、运动副及其分类

如前所述，机构是具有确定相对运动的构件组合体。在对实际机械的分析中，我们可以看到，这种所谓“构件的组合”实际上就是将各种构件按一定的方式两两联接在一起。为了使构件间具有“确定的相对运动”，构件间的联接显然不应是刚性的。这种联接只是引入了某些约束，而保留了构件间某些相对运动的可能性。我们把这种使两构件直接接触而又能产生一定相对运动的联接称为运动副。而把两构件上能够参加接触而构成运动副的部分称为运动副元素。例如，轴与轴承之间的配合；齿轮与齿轮之间的啮合；滑块与导轨间的联接等都构成了运动副。而它们的运动副元素分别为圆柱面和圆孔面，两齿廓曲面和两个平面，两齿廓曲面和两个平面。

由运动副联接的两构件间的接触不外乎点、线、面三种。例如，球头从动杆与凸轮轮廓之间为点接触；相互啮合的齿轮间为点或线接触，而滑块与导路之间则为面接触。根据运动副之间的接触情况，通常可将运动副分为低副和高副两大类。凡是面接触的运动副称为低副，而点、线接触的运动副则通称为高副。

另外，运动副还可根据它所引入的约束数目来进行分类。下面我们将对此加以说明。

如图 2-1 所示，设有任意两个构件 1 和 2，此二构件在没有形成运动副以前，由理论力学

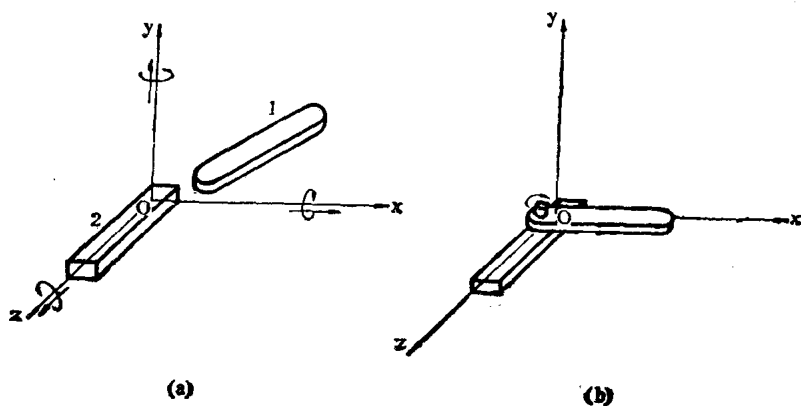


图 2-1

可知，构件 1 相对于构件 2（设坐标系 OXYZ 固定于构件 2 上）能产生 6 个独立的相对运动，即沿 X、Y、Z 轴的三个移动和绕三轴的三个转动，亦即构件 1 相对于构件 2 有 6 个相对运

动自由度。现若将两构件以某种方式相联接而构成运动副，则两构件的相对运动就会受到一定的约束，从而使相对运动的自由度减少，而且自由度的减少量就应该等于该运动副所引入的约束数。例如，将图2-1a中的1,2构件用一圆柱销将它们联接在一起，并设想圆柱销固连于构件2上(图2-1b)，则2构件被运动副联接。此运动副引入了五个约束，所以剩下的自由度仅为一(即绕 y 轴的转动)。根据运动副引入约束的数目，我们可将各种运动副分为五类。把引入一个约束的运动副称为Ⅰ级副，引入两个约束的称为Ⅱ级副，以此类推。而运动副所引入的约束数最多为五，所以运动副的最高级别为Ⅴ级。图2-2所示为常用的各级运动副的一些例子以及在简图中用以表示它们的符号。

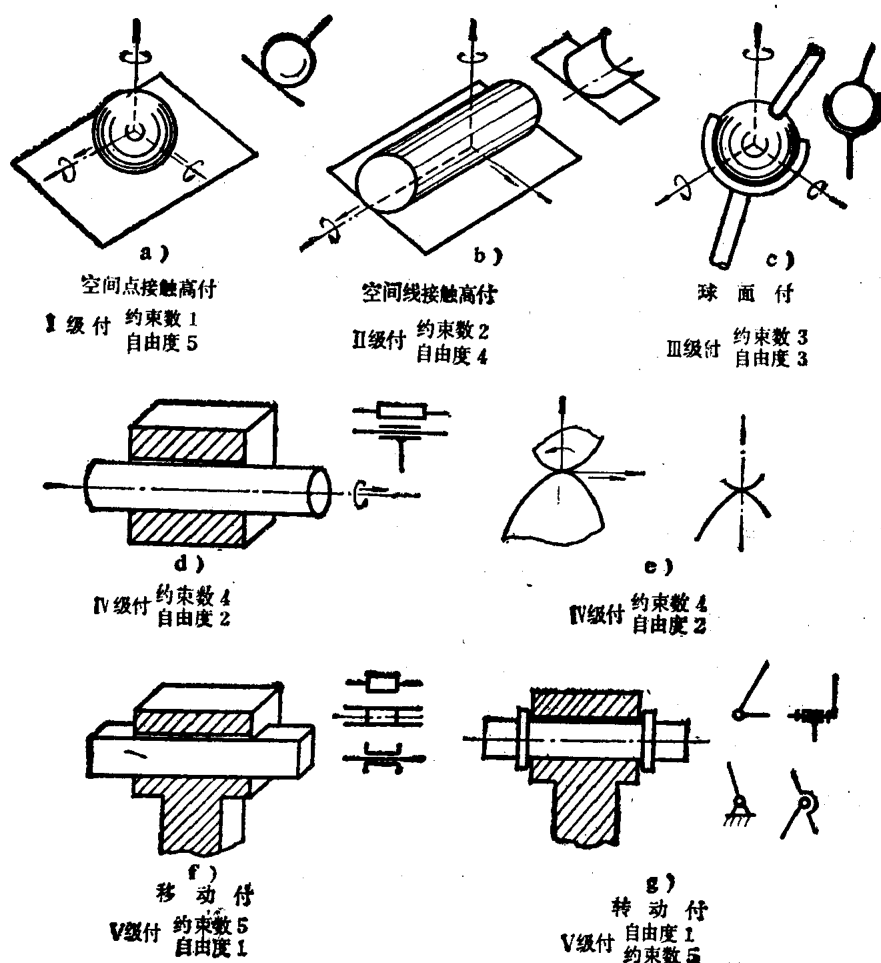


图 2-2

由图2-2可见，由运动副联接的两构件间的相对运动可以是平面运动也可以是空间运动，因此，运动副也可分为平面运动副和空间运动副两类。

在图2-2中，平面运动副列有转动副，移动副和平面高副，实际上平面运动副也只有此三种型式。

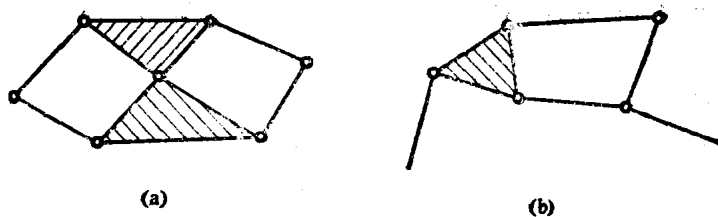


图 2-3

二、运动链和机构

将两个以上的构件用运动副联接而成的系统称为运动链。如果组成运动链的每个构件至少包含有两个运动副的元素, 这种运动链称为闭式链, 如图2-3a所示。如果运动链中有的构件只包含一个运动副元素, 则称为开式链, 如图2-3b所示。在各种机械中一般采用闭式链, 当然也有开式运动链的机械, 如工业机械手等。

将运动链中一个构件固定不动, 且将其中另一构件或几个构件按给定的运动规律相对于固定构件作独立运动时, 若其余构件也均随之作确定的运动(如何能作到这一点, 将在后面的几节里加以介绍), 则这种运动链就成了机构。

机构中设为不动的构件称为机架。例如, 机械安装在地面上, 则通常设与地面固连的构件称为机架。若机械是安装在运动的物体上, 例如装在汽车上, 那么, 我们通常把与汽车相对固定不动的构件作为机架。在机构中与机架相联的构件称为连架杆, 而不与机架相联的构件则称为连杆。另外, 机构中按给定运动规律相对于机架作独立运动的构件称为原动件, 而其余的构件则称为从动件。

机构是多种多样的, 如何将千变万化的机构加以科学的分类, 这是机械原理的重要命题之一, 在本章的§2-4中将较详细地讨论这个问题。根据组成机构各构件之间的相对运动为平面或空间运动, 可将机构分为平面机构和空间机构两大类。图2-4所示为用于飞机起落架中的一种空间连杆机构。推动滑块, 即可使轮子收起和落下。

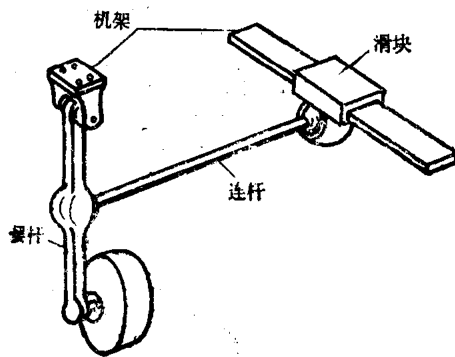


图 2-4

§ 2-2 平面机构的运动简图

由前面的叙述可知, 机构各部分的运动情况主要取决于以下三种因素: 1) 该机构原动件的运动规律; 2) 用以联接各构件的各个运动副的类型。例如, 运动副是转动副, 是移动副或是高副, 至于运动副的具体结构则无关紧要; 3) 确定同一构件上所有运动副元素间相对位置的尺寸。例如, 图2-5a所示为一四构件机构, 构件间全部用转动副相连。当曲柄2转动时, 连杆上一定点k的轨迹为一曲线。若我们仔细分析k点轨迹的形成与各构件运动的关系就不难发现, k点的轨迹并不取决于各构件的具体形状, 而完全决定于确定各构件上转动副中心位置的尺寸a、b、c和d。当变动其中的任一尺寸, 则k点的轨迹必将发生变化。因此, 为

了研究k点或整个机构的运动,我们只须画出如图2-5b所示的简单图形。例如,为了画出k点的轨迹就只需将图中的曲柄转到不同的位置,再利用已知尺寸a、b、c、d以及 ω 和 e (ω 是 e 和b之间的夹角, ω 和 e 为确定k点相对于连杆位置的参量),即可准确地描绘出k点的轨迹。同时,若设原动件为a,则在已知原动件运动规律的前提下,根据这个简单图形还可进一步分析出k点的速度和加速度变化的情况(这将在下一章中讨论)。

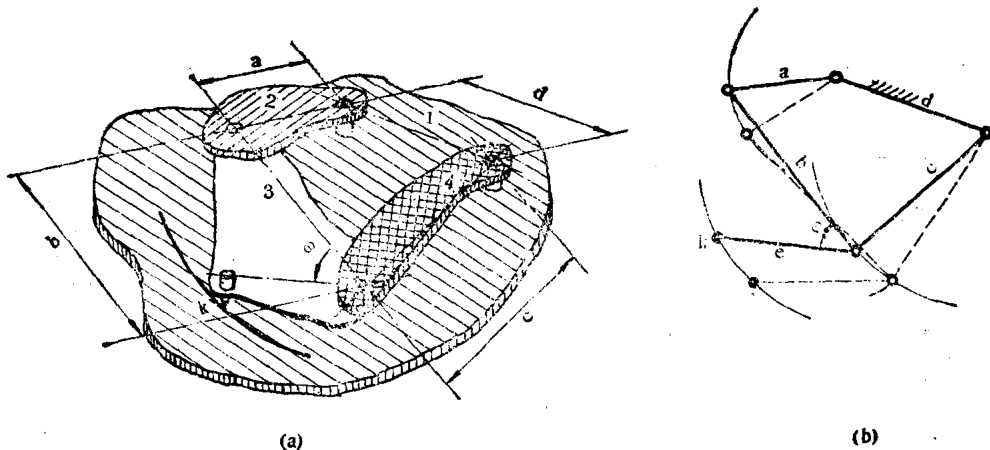


图 2-5

我们将这种忽略了与运动无关的因素(如构件的外形,断面尺寸,具体结构以及运动副的具体构造等),而用简单的线条和符号表明了确定机构运动的主要因素(运动副的类型,确定各构件上所有运动副元素间相对位置的尺寸),因而能准确地说明机构各构件间相对运动关系的简单图形称为机构运动简图。而为绘出机构运动简图所必须的各个几何尺寸参数则统称之为机构运动简图参数。

机构运动简图可以简明地表达一部复杂机器的传动原理,同时,利用机构简图还可用作图的方法求解机构上各点的轨迹,位移,速度和加速度。因此,在对现有机械进行分析或设计新机械时,往往都需要首先画出机构运动简图。

在绘制机构运动简图时,首先须要定出机架和原动构件;然后再搞清楚原动件的运动是怎样经过传动部份传递给工作部份的,各构件之间组成了何种运动副。接着就要选定投影面。一般选择机构中与多数构件的运动平面相平行的面为投影面,必要时也可以就机械的不同部份选择两个或两个以上的投影面,然后展到同一图面上。总之,绘制机构运动简图要以正确、简单、清晰为原则。

在弄清结构,选定投影面之后,便可选择适当的比例尺,在图纸上定出各运动副的位置,然后用规定的符号画出各类运动副,并将同一构件上的运动副符号用简单的线条连接起来,从而绘制出机构运动简图。

运动副的规定符号在图2-2中已列出了一些。表2-1是在绘制机构运动简图时较常用的一些其它的联接,传动和构件的代表符号。

平面机构运动简图中的构件,实际上就是一些简单的几何图形。例如,具有两个运动副元素的构件就可用一根直线连接两个运动副的代表符号来表示,如图2-6所示(其中图d可视为图c的一种特例,即转动副的中心与导路的中心线相重合)。

具有三个运动副元素的构件则可用图2-7所示的图形来表示。

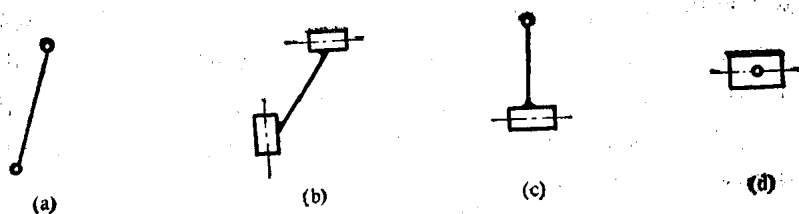


图 2-6

表 2-1

表 2-1 常用机动示意图代表符号 (摘自 GB138-74)

表 2—1 常用机械运动示意图代表符号 (摘自 GB138—74)				
名称 代表符号	轴、杆、连杆等	轴、杆的固定支座	杆的固定联接	零件与轴的联接
名称 代表符号	弹性联轴器 万向联轴器	啮合式联轴器 摩擦式联轴器	压缩弹簧 拉伸弹簧	在支架上的电机
名称 代表符号	三角带传动	外啮合圆柱齿轮机构	内啮合圆柱齿轮机构	齿轮齿条传动
名称 代表符号	圆锥齿轮机构	蜗杆蜗轮传动	凸轮机构	棘轮机构

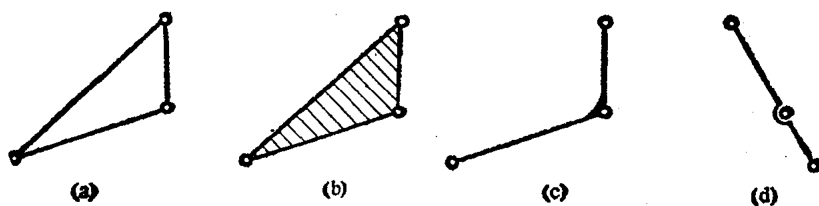


图 2-7

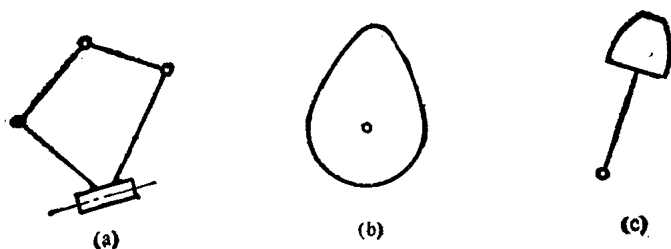


图 2-8

若构件上有四个运动副元素则可用图2-8a所示的四边形来表示,依次类推,若具有 n 个运动副元素的构件则可以用 n 边形来表示。在表示机架时,一般不需将其上的运动副元素都用线条连接起来。参看例[2-1]和[2-2](其中带斜线的符号即表示机架)即可找出规律。至于具有平面高副元素的构件,则须将高副元素的轮廓按比例准确画出,如图2-8b、c所示。

为了准确地反映构件间原有的相对运动,在绘制机构简图时应特别注意:表示转动副的小圆圈其圆心必须与转动副的轴线相重合;表示移动副的滑块,导杆或导槽,其导路必须与相对移动的方向一致;表示平面高副的曲线其曲率中心的位置必须与构件实际轮廓的曲率中心位置相符。

有时,只是为了表明机构的传动原理,则可不要求严格地按比例来绘制简图,这样的简图我们通常称为机构的示意图。下面我们将通过二例来具体说明机构运动简图的画法。

例[2-1] 图2-9a所示为一颚式碎矿机,当曲轴1绕轴心 O 连续回转时,动颚5绕轴心 F 往复摆动,从而将矿石轧碎,试绘制出此碎矿机的机构运动简图。

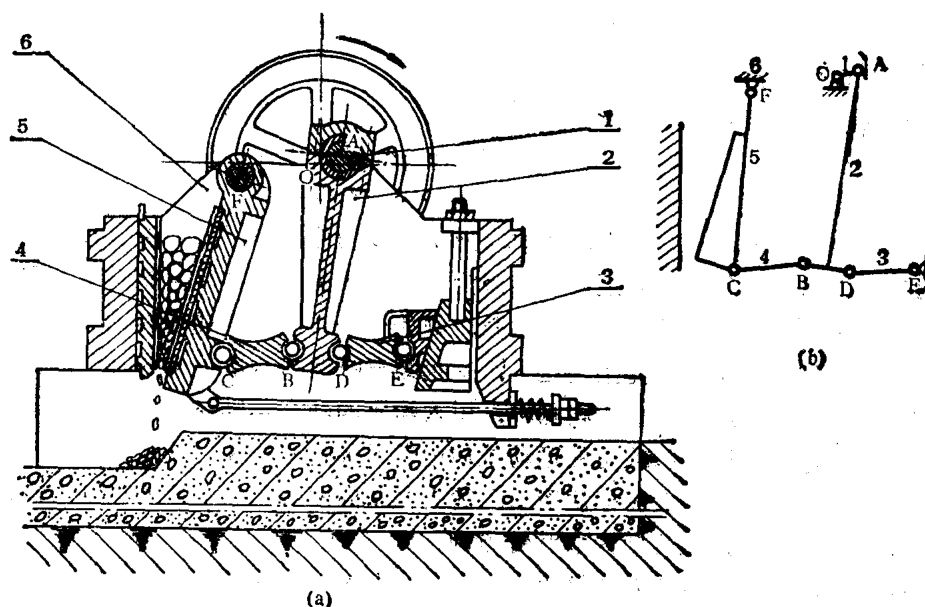


图 2-9

例[2-2] 图2-10a, 是内燃机的配气凸轮机构。试绘制出此机构的运动简图。

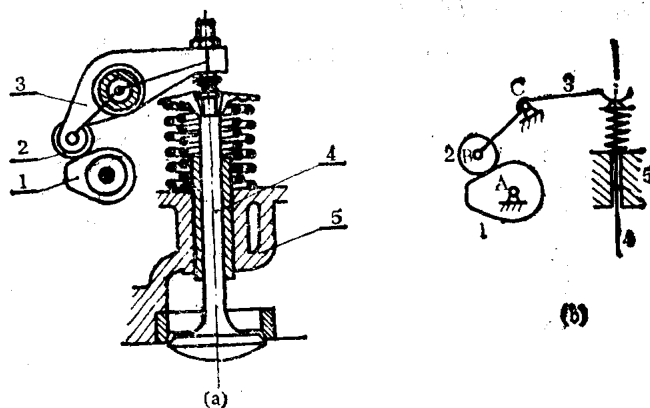


图 2-10

§ 2-3 平面机构自由度的计算

一、平面机构自由度的计算公式和意义

在平面机构中, 各构件只作平面运动。而一个不受任何约束的作平面运动的构件只有三个自由度。所以, 若一具有 n 个活动构件 (机架除外, 因为机架是相对固定不动的) 的平面机构, 当其各活动构件在完全不受约束的情况下, 它们相对于机架共有 $3n$ 个自由度。现若用运动副将各构件联接起来, 则机构总的自由度必将减少。如前所述, 平面机构中的运动副只可能是转动副, 移动副 (低副) 和平面高副。在平面运动中转动副和移动副将引入两个约束, 而平面高副将引入一个约束, 因此, 在平面机构中, 低副又称为 II 级运动副, 高副又称为 I 级运动副。若一具是 n 个活动构件的平面机构中, 联接各构件的低副有 p_l 个, 高副有 p_h 个, 那么机构的自由度 F 显然应为

$$F = 3n - (2p_l + p_h) = 3n - 2p_l - p_h \quad (2-1)$$

这就是计算平面机构自由度的公式。

由前面对构件自由度的叙述, 我们可以认为, 机构自由度也即是机构所具有的独立运动的数目。例如图 2-11 所示的四杆机构, $n=3$, $p_l=4$, $p_h=0$ 所以机构的自由度为

$$F = 3n - 2p_l - p_h = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$$

在此机构中若再引入一个约束, 例如, 把 1 和 2 构件固牢, 即消除了 1, 2 构件间相对转动的自由度, 则机构显然就不能运动了, 因为, 在此状况下机构自由度已变为零; 又若不引入上述约束而引入一个给定的独立运动参数, 例如令杆 1 按等角速度转动, 则不难看出, 此时机构其余构件的运动也都被完全确定了, 这也即意味着机构所具有的唯一自由度被引入的给定的独立运动参数所控制。在机构中, 引入给定的独立运动参数的方式, 通常是使机构中某一连架杆或几个连架杆按给定的运动规律运动, 而这些构件, 就是我们通常所称的原动件。在机构简图中原动件一般应标注箭头, 箭头的指向即表示原动件的运动方向, 如图 2-11 中, 构件 1 即是原动件, 其转向为顺时针方向。

又如图 2-12 所示为一铰链五杆机构, 由于 $n=4$, $p_l=5$, $p_h=0$, 所以 $F=3 \times 4 - 2 \times 5 = 2$ 在此机构中, 若只给定一个独立的运动参数, 例如给定构件 1 的角位移规律为 $\varphi_1 = \varphi_1(t)$, 设构件 1 按此规律运动到图示位置 AB , 构件 2、3、4 的位置并不确定, 它们可以处于 BC , CD , DE 位置, 也可以处于 BC' , $C'D'$, $D'E$ 或者其它位置。所以, 为了使机构各构件间具有确定的相对运动则还需引入一给定的运动参数, 例如, 使 DE 杆按给定的角位移规律 $\varphi_4 =$

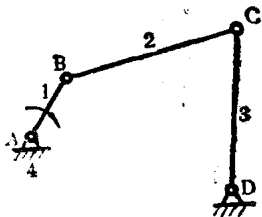


图 2-11

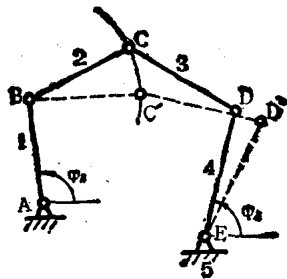


图 2-12