

机械设计基础 (I)

# 机械原理

唐炜柏 秦伟 吕仲文 编著



重庆大学出版社

TH122  
282-2

390191

机械设计基础(I)

# 机械原理

唐炜柏 秦伟 吕仲文 编

重庆大学出版社

## 内容简介

本书包括引论、机构分析、低副机构、高副机构、机械动力学的一些基础知识以及机械系统设计共六章。第一章引论,阐述了研究机械所必备的一些基本概念和知识;第二至第五章,讨论了机构分析和设计的基本理论和一些实用的方法;第六章概括性地介绍了机械系统设计的有关理论和方法。在各章后均附有相当数量的习题,以引导学习者将所学理论与工程实际相结合。

本书可作为高等工业学校各近机类专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

## 机械设计基础(I)

### 机械原理

唐炜柏 秦 伟 吕仲文 编

责任编辑 梁 涛

\*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆电力印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:9.5 字数:237千

1996年3月第1版 1996年3月第1次印刷

印数:1—8000

ISBN 7-5624-1162-X/TH·55 定价:9.00元

(川)新登字 020 号

## 前 言

本书是根据1987年国家教委颁发的《高等工业学校机械设计基础(原机械原理及机械零件)课程教学基本要求》,结合近机类各专业的发展情况及课程改革所提出的一些新的要求,吸收近年来国内外同类教材的一些长处,并在总结编者多年来教学实践经验的基础上编写而成的。

本书本着“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的精神,着重基本理论、基本知识的阐述,注意适当拓宽知识面,加强理论联系实际和基本技能的训练,并始终着眼于培养分析问题、解决问题和创造思维的能力。本书在编写时力求做到文字简明,内容精炼,图文并茂,具有启发性。

本书与重庆大学出版社出版的《机械设计基础(Ⅱ)——机械设计》一书为姊妹篇。两书可合起来使用,也可分开独立使用,以适应不同专业的教学需求。

本书中带\*号的章节为选学内容,教学时可根据不同专业,不同课时数而酌情取舍。

本书由重庆大学机械原理教研室主持编写。由唐炜柏担任主编。编者分工如下:

唐炜柏编写第一章、第二章、第三章。

秦伟编写第四章。

吕仲文编写第五章、第六章。

本书由重庆大学朱友民、黄茂林教授主审,并得到重庆大学机械原理教研室全体老师的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

限于编者水平,容有错失之处,恳请读者批评指正。

编者

1995年10月

# 目 录

<b>第一章 引论</b> .....	1
§ 1-1 本课程的研究对象 .....	1
§ 1-2 进行机构研究的一些基本知识 .....	3
一、构件 .....	3
二、运动副 .....	3
三、机构的主要类型 .....	7
四、平面机构的运动简图 .....	8
* 五、机构的分析与综合 .....	14
习题 .....	14
<b>第二章 平面机构分析</b> .....	16
§ 2-1 平面机构的结构分析 .....	16
一、运动链和机构 .....	16
二、平面机构的结构分析 .....	21
* § 2-2 平面机构运动分析概述 .....	25
一、平面机构运动分析的解析法 .....	25
二、机构运动线图 .....	27
* § 2-3 平面机构受力分析概述 .....	27
一、作用在机构上的力 .....	28
二、机构力分析的任务 .....	28
三、机构受力分析时静定构件组的选定 .....	29
习题 .....	29
<b>第三章 低副机构</b> .....	32
§ 3-1 直接传动低副机构 .....	32
一、斜面机构 .....	32
二、螺旋机构 .....	33
§ 3-2 连杆机构 .....	34
一、平面四杆机构的结构特征及其各种类型的运动和受力分析 .....	35
二、平面四杆机构的运动设计 .....	48
习题 .....	52
<b>第四章 高副机构</b> .....	55
§ 4-1 平面高副机构概述 .....	55
一、高副机构的基本结构及传动比 .....	55
* 二、瞬心线机构及其应用 .....	56
* 三、共轭曲线机构及其应用 .....	57
§ 4-2 凸轮机构 .....	58
一、凸轮机构的应用与分类 .....	58
二、凸轮机构的运动分析及其基本运动参数 .....	62
三、凸轮廓线的绘制 .....	63
四、从动件运动规律的选择 .....	66
五、凸轮机构设计中应注意的几个问题 .....	70

§ 4-3 齿轮机构 .....	73
一、齿轮机构的应用及分类 .....	73
二、齿轮机构的运动分析 .....	73
三、渐开线齿廓 .....	76
四、渐开线标准直齿圆柱齿轮的轮齿形状、基本参数及几何尺寸 .....	78
五、渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动 .....	80
六、渐开线齿轮的切齿原理 .....	85
七、根切现象、最少齿数及变位齿轮 .....	87
八、斜齿圆柱齿轮机构 .....	89
九、直齿圆锥齿轮机构 .....	94
§ 4-4 轮系 .....	97
一、轮系的分类 .....	97
二、轮系的传动比 .....	99
三、轮系的功能 .....	104
四、几种特殊的行星传动 .....	106
* § 4-5 其它常用高副机构简介 .....	109
习题 .....	112
<b>第五章 机械动力学的一些基础知识</b> .....	116
§ 5-1 机械的平衡 .....	116
一、刚性转子的静平衡 .....	116
二、刚性转子的动平衡 .....	119
§ 5-2 机械速度波动的调节 .....	120
一、非周期性速度波动的调节 .....	120
二、周期性速度波动的调节 .....	121
三、周期性速度波动的计算及许用值 .....	122
习题 .....	123
<b>第六章 机械传动系统设计基础</b> .....	124
§ 6-1 机械传动系统总体方案的拟定 .....	126
一、按功能要求确定系统的组成方案 .....	126
二、选择各功能组合部分的机构类型、确定各传动链的组合方案、拟定整个系统的组合方案并绘 出传动系统示意简图 .....	128
三、机械传动系统中各执行机构的协调设计 .....	128
§ 6-2 机构的选型设计基础 .....	130
一、基本机构 .....	131
二、机构的变异 .....	133
三、组合机构 .....	135
四、机构的选型设计 .....	136
§ 6-3 原动机类型与性能参数的选择 .....	140
§ 6-4 传动链系统的选择与设计 .....	141
习题 .....	143
<b>主要参考文献</b> .....	145

# 第一章 引 论

## § 1-1 本课程的研究对象

“机械设计基础”是研究与“机械”有关的基本理论的一门学科。“机械”作为工程技术中的一个名词,现在一般把它当作“机器”和“机构”的总称。机器和机构都是一种作机械运动的技术装置,但是,这两个词在本课程中却具有不同的含义。

机器 人们在日常生活和生产中都接触过许多机器,只要留心观察它们,通过分析就可发现,各种机器都有下述 3 个共同的特征:

- 1) 机器是由各种材料制成的单个物体(刚体和可变形的物体)经装配而成的组合系统。
- 2) 从运动的观点来分析,机器可划分成一个个的运动单元。当其中一个或一个以上运动单元的运动被确定时,整个系统就能实现预期的机械运动。
- 3) 从功能的观点来分析,机器可用来转换能量、传递变换信息或完成有用的机械功(如改变加工对象的外形或搬运重物等),以代替或减轻人的体力劳动或脑力劳动。

根据主要用途和功能的差异,机器可分为动力机器、加工机器、运输机器和信息机器。动力机器的用途是把某种能量变换成机械能(或相反)。例如,电动机、发电机、内燃机等都属于动力机器类。加工机器的功用就是改变加工对象的尺寸、形状、状态或性质。例如,金属加工机床、轧钢机、织布机、包装机、制冰机等(加工对象的形式可以是固体,也可以是液体或气体)。运输机器则是用于搬运工作对象的机器。例如,汽车、火车、飞机、电梯、起重机、输送机等,用来传递和变换信息的机器称为信息机器。例如,各种计数机、自动记帐机等。

众所周知,机器都是可以拆卸的。机器中那些不能再分拆的单个物体,就是通常所称的零件,而机器中的各运动单元则称为构件。构件可以是单一的零件,也可以是几个零件的刚性组合体(各零件在机器运转过程中不产生相对运动)。例如,汽车车轮由轮圈、轮套、端盖、若干个螺栓和螺母等零件所组成,但整组零件在装配好后,在汽车的运动过程中,各零件间的相互位置保持不变。构件和零件是两个不同的概念,构件是运动单元,而零件是制造单元。由于本书将主要从运动的观点去研究机械,因而,将把构件当作组成机械的基本单元。

根据以上分析,对现代机器,可给予如下定义:机器是一种能实现预期运动的构件组合系统,用以代替人工完成能量、信息的转换或传递或作出有

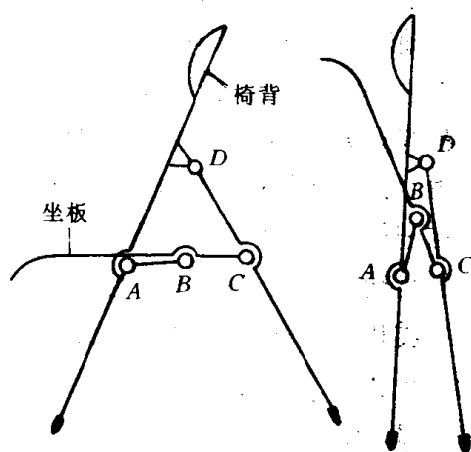


图 1-1

A、B、C、D—为 4 个转动铰链

用的机械功。

**机构** 通常人们把具有机器前两个共同特征的技术装置称为机构。确切地说,机构乃是用来把一个或几个构件的已知运动转换成其它构件所需运动的构件组合体。例如,一把折叠椅(见图 1-1),它是 4 个构件的组合系统,只要把相邻两构件相对转动起来,其它构件就将按预期的规律运动,使椅子撑开或收折,但这种装置不能自动完成开、折过程,所以它仅是一个机构。

由上可见,“机器”和“机构”是两个不同的概念,但是,机器和机构都具有一个共同的特征——作机械运动和传递动力,而且机器中进行运动和力的传递和转换的基础部分就是由机构组成的。在机器中,这种由一个或若干个机构组成的,用以实现预期运动要求和传递动力的系统被称为**机械传动系统**。例如,在如图 1-2 所示的单缸四冲程内燃机中,为了使活塞 2 的往复运动转换成曲轴 6 的转动,内燃机采用了由气缸体 1、活塞 2、连杆 5 和曲轴 6 四个构件组成的曲柄滑块机构;为了连续、定时的

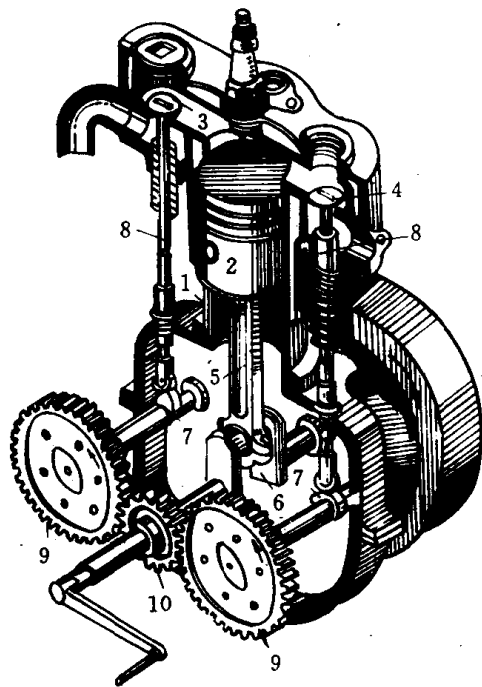


图 1-2

吸进燃气和排出废气,内燃机采用了由气缸体 1、凸轮 7、推杆 8 和进气阀 3 及排气阀 4 组成的两个凸轮机构;而由气缸体 1 和齿轮 9、10 组成的齿轮机构则是用于使曲轴的转动按 2:1 的速比转换成凸轮的转动。由上述 3 种机构组成了内燃机的基本传动系统。当然,为了使上述的机构组合系统成为机器,则还需设置各种辅助传动系统和装置,如点火的传动系统、控制和操纵传动系统以及油路及气化装置等。机械传动系统是机器的基本组成部分,可以认为,一部机器的机械传动系统就是由各种机构适当地搭配、组合而形成的。把正确地选择、组合机构,使之成为运动和动力传动系统的过程称为**机械传动系统设计**。这种设计是机械设计中最重要的基本环节之一,机械传动系统设计的好坏,将直接影响机械的性能和质量,对降低成本和运行费用等都有重要的影响。这也是本书将讨论的主要内容之一。

由以上讨论可见,机构是组成机器的基本组合体,是机械设计的基础。另外,若对各种机器的结构进行剖析,还不难发现,各种机器中最常用的**基础机构**却只有少数几种,例如,上述内燃机中的齿轮机构、凸轮机构、连杆机构(曲柄滑块机构属连杆机构中的一种)等。因此,在学习、研究各类机器之前,先从学习机构的基本原理、基础机构的性能及设计方法等方面入手,是一种既便于教学又符合科学规律的学习方法。所以,在本书中,大多数篇幅都以**机构作为讨论的主要对象**。至于各类机器通常都具有专门的功能,其设计、应用都与某些技术专业密切相关,因此,对各类机器的讨论则多放到相应专业课程中去进行。



## § 1-2 进行机构研究的一些基本知识

### 一、构件

如前所述,构件是组成机构的基本单元。构件可以是一个零件,也可以是由若干零件组成的刚性系统。在本课程中将根据机械中各构件的功能、运动状态等的不同,而将各构件冠以不同的名称。例如,机构中被当作不运动的构件(此构件可是绝对静止的,也可是相对不动的)称为固定构件或机架,其余的构件则统称为活动构件。机构中按给定的已知运动规律独立运动的活动构件称为原动件,其余的活动构件则可称为从动件。如果某一从动件所作的运动就是要求通过机构来实现的运动,则该构件就称为输出构件或执行构件。凡与机架相连接的活动构件可统称为联架杆,而不与机架相连接的构件则通常称为连杆。能相对机架作整周转动的联架杆又可称为曲柄,而仅能摆动的联架杆则常称为摇杆。为了研究的需要或为了叙述方便,对不同功用的构件还会冠以其它名称,这些名称将在后述各章节中陆续介绍。

### 二、运动副

当用构件组成机构时,需要以一定的方式把各个构件彼此连接起来,而且每个构件必须至少与另一构件彼此连接。很显然,这种连接不能是刚性的,被连接的构件间必须仍能产生某些相对运动。把由两个构件组成的能实现一定相对运动的连接称为运动副。由于机构中的各构件都是用运动副连接在一起的,机构的主要属性必然与组成机构的各运动副有关,要了解一个机构就需要细致地分析组成该机构的各运动副,因此,在此需对运动副作较深入地讨论。

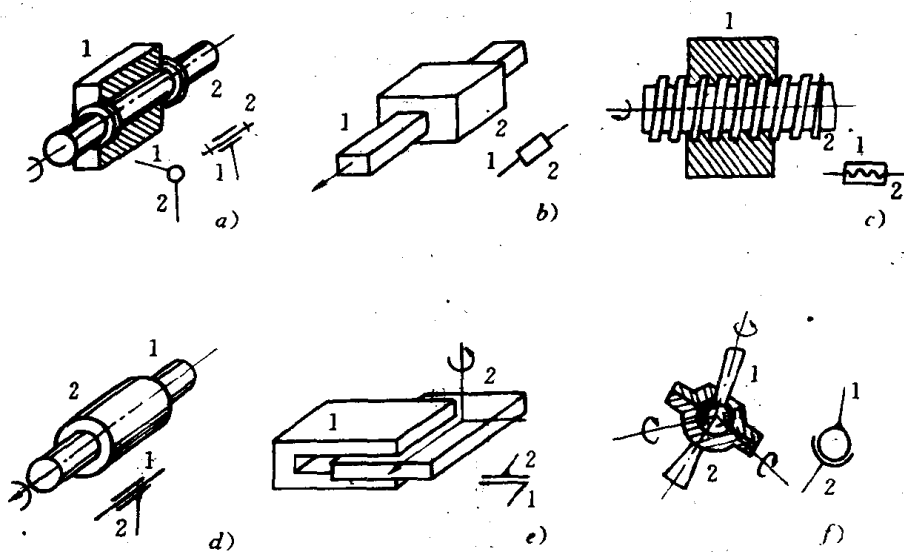


图 1-3

a) 转动副或铰链 b) 移动副或直移副 c) 螺旋副 d) 圆柱副 e) 平面副 f) 球面副或球铰

(1) 运动副元素、高副、低副 通常可以认为,运动副是由两个构件直接接触而构成的。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。一对运动副元素若始终保持面接触,则这类运动副统称为低副。图 1-3 所示为常见的 6 种低副。它们被分别称为:转动副或铰链(图 a)、移动副或直移副(图 b)、螺旋副(图 c)、圆柱副(图 d)、平面副(图 e)、球面副或球铰(图 f)。它们的运动副元素和接触面分别为圆柱面、平面、螺旋面和球面。运动副都可用简单的符号在平面图中表示出来,图 1-3 和图 1-4 中各图右下角的图形即为各运动副的规定符。

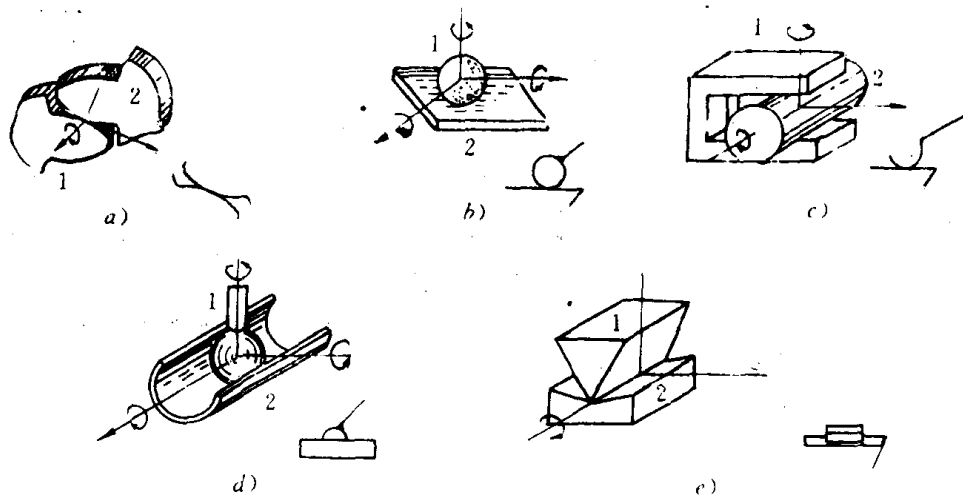


图 1-4

若一对运动副元素间始终保持点、线接触,则这类运动副统称为高副。高副可使两相连接的构件间形成极其多样的相对运动,但由于高副内通常会有相当高的接触应力,故其工作表面(即运动副元素部分)须作精细加工和热处理。图 1-4 列出了几种常见的高副。它们被分别称为:齿轮啮合副(图 a)、球-平面副(图 b)、圆柱-平面副(图 c)、球-槽副(图 d)、刀棱副(图 f)。

(2) 运动副的封闭 两构件要构成运动副还需具备一个重要条件——运动副元素间应始终保持有效的接触,彼此不会分离。这一条件在本课程中称之为运动副的封闭。运动副的封闭形式主要有两种:即几何封闭和力封闭。几何封闭是由运动副元素自身的几何特性而形成的,例如,图 1-3 中的各运动副以及图 1-4c)、d)所示运动副就表明了几何封闭的一些结构形式。而图 1-4b)、e)所示运动副则应用重力、弹簧的压力等实现力的封闭。在本书后面的讨论中通常都不指出运动副的封闭形式,而认为所讨论的运动副都是封闭的。

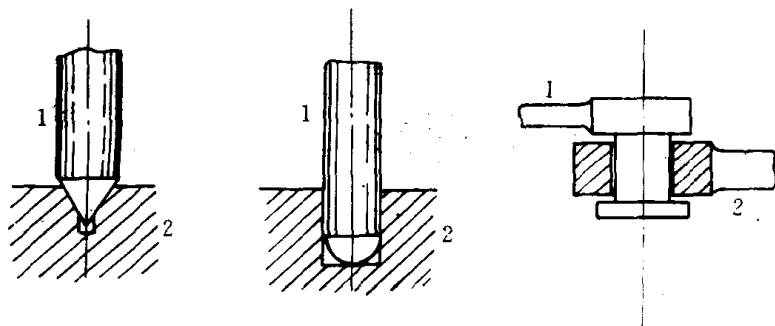


图 1-5

(3) 运动副的功用和分类 两个构件可以构成多种多样的运动副,而每一种运动副都将限

制所连接的两构件间的某些相对运动而保留一定的相对运动。运动副的这一主要特性可作为归纳和区分各种运动副的依据。例如，转动副能使构成它的两构件仅产生围绕一公共轴线的相对转动，因此，图 1-5 所示的 3 种不同结构的运动副都应属于转动副。

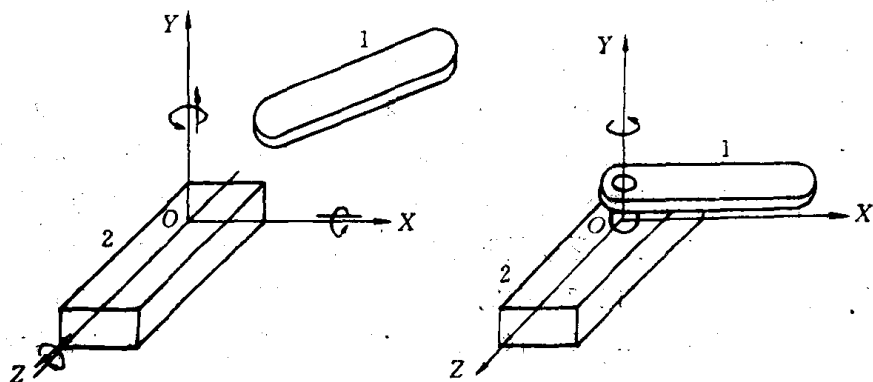


图 1-6

由理论力学可知，任意两个构件 1 和 2 (见图 1-6a) 在没有形成运动副之前，构件 1 相对于构件 2 (设坐标系  $OXYZ$  固定于构件 2 上) 的运动可分解为 6 个独立的运动，即沿  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  轴的 3 个移动和绕三轴的 3 个转动。这种构件间独立的相对运动数称为自由度。两个不受任何相互约束的构件间，自由度为 6。现若将两构件以某种方式相互连接而构成运动副，则两构件间的相对运动就会受到一定的约束，从而使构件间的自由度减少。例如，将图 1-6a) 的 1、2 构件用转动副连接起来，尽管两构件构成转动副的结构形式可能有多种，但只要构成了转动副，其自由度就仅为 1 (即绕  $Y$  轴的转动)，也即是说，转动副引入了 5 个约束。根据运动副引入约束的数目，可将各种运动副分为 5 类 (因为运动副能引入的约束数目最多为 5)：引入 1 个约束的运动副称为 I 级副，引入 2 个约束的称为 II 级副，其余类推。在图 1-3 和图 1-4 所示的各种运动副中，铰链 (图 1-3a)、移动副 (图 1-3b) 和螺旋副 (图 1-3c) 都是 V 级运动副。初看起来，螺旋副似乎有两个自由度，但螺旋 2 相对于螺母 1 的移距  $z$  和转角  $\varphi$  间存在如下关系

$$z/\varphi = h/2\pi$$

式中  $h$  为螺距，即二构件间的相对转动和移动是非独立的运动，所以，螺旋副的自由度为 1，约束数为 5。如图 1-3d) 所示为圆柱副，因具有两个自由度，故为 IV 级副。如图 1-3e)、f) 所示的平面和球面副则都是 III 级副。图 1-4 中各运动副的自由度如箭头所示，所以，图 b) 是 I 级副，图 c) 和 d) 是 II 级副，图 e) 是 IV 级副。在如图 1-4a) 所示的啮合副中，通常要求构成运动副的二构件，在相互平行的平面内运动，使得轮齿齿面间保持直线接触。在此情况下，啮合副成为平面高副。平面高副是最常见的一种高副，若此种高副的运动副元素间仅作无滑动的滚动接触，则运动副只有 1 个自由度，也即为 V 级副，若运动副元素间是滚、滑接触，则此种平面高副是 IV 级副。在各类运动副中能使被连接二构件作平面相对运动的，除平面高副外，还有转动副和移动副，其余的各种运动副所连接的二构件都将产生空间相对运动。所以，又常将转动副、移动副和平面高副统称为平面运动副，而其余的各种运动副则统称为空间运动副。

运动副除能连接二构件，约束二构件的相对运动外，还有一个很重要的功能——在被连接的两构件间传递力或力矩。在运动副中每一个由约束限制的直移都对应着一个约束反力，而每一个被约束的转动则对应一个绕相应坐标轴的约束反力矩。因此，运动副所引入的每一个约束

都可能传递一个力或一个力矩。例如,球面副就可能沿  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  3 坐标轴传递力;转动副则有可能传递 3 个力和 2 个力矩。

(4)运动副的中间元件 在前面对运动副的讨论中曾设定:构成运动副的二构件都是直接接触的。但在工程实际中却广泛地应用着各种带中间元件的运动副。如图 1-7a)所示,1、2 构件间装有一径向球轴承  $S$ (中间元件),使 1、2 构件不直接接触。但是,从运动的角度来看,1、2 构件的此种连接方式与 1、2 构件直接接触构成的转动副是完全等效的(1、2 构件直接接触构成的等效运动副绘于各图的右下侧),它们都应属于  $V$  级运动副。这种带中间元件的转动副,将无中间元件转动副中的滑动摩擦变为了滚动摩擦,从而提高了转动副的机械效率和寿命。如图 1-7b)所示为用一中间元件(销轴  $S$ )将 3 个构件连接在一起而形成的多重铰链。这种多重铰链相当于由构件 1 分别与构件 2、3 形成的两个转动副,而增加此一中间元件则往往出于满足装配和制造工艺方面的要求,如图 1-7c)中的中间元件为一滚子。此种带中间元件的高副将减少运动副的摩擦,显著地提高了运动副的效率。如图 1-7d)所示为一种特殊的螺旋副,其中间元件为一串滚珠,这些滚珠能减少螺旋副中相当大的摩擦和提高运动副的传动精度。图 1-7e)、f)所示为两种带中间元件的  $I$  级副,借助中间元件使高副中的点接触变成了面接触,也即使高副变成了低副,从而减少了运动副中的磨损,但被连接的两构件间的相对运动并没有变化。

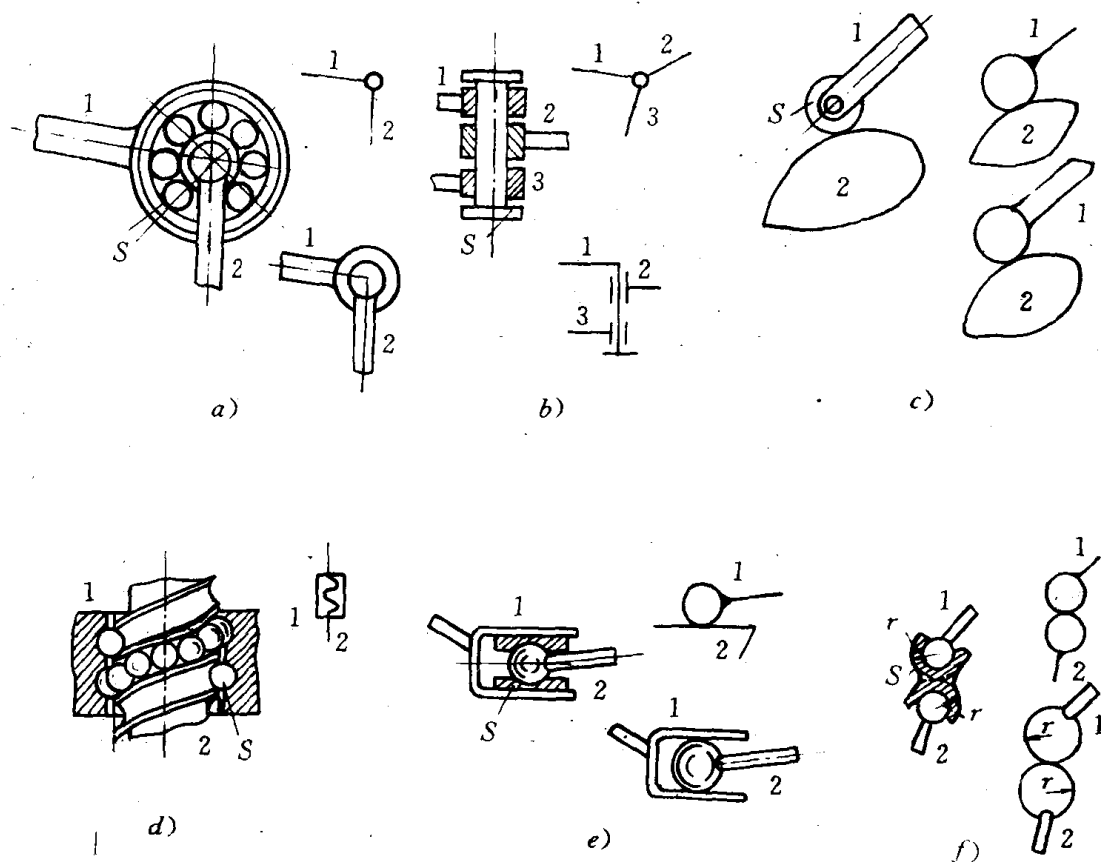


图 1-7

由以上各例不难看出,运动副的具体结构形式是极其多种多样的,带中间元件的运动副也是常用的结构形式之一。由于在本书的后续讨论中,将着重从运动的角度去研究机构,因此,在讨论中通常都将忽略各种运动副的具体结构形式,而认为它们都是由两构件直接接触构成的,

并且在本书最常用的“机构运动简图”中,各类运动副都将用统一的规定符号来表示(图1-7所示各例的规定符号绘于各图的右上侧)。

### 三、机构的主要类型

由前面的讨论已知,机构是用运动副连接起来的构件系统,若在这种系统中使某一构件为机架,并令其中的一个或几个活动构件按给定的运动规律运动时,其余从动件即随之作确定运动,那么,这种构件组合系统便成了机构。现代机构的种类和形式极其多样,按照不同的观点可以将它们划分成多种类型。在本书中为了叙述方便,采用了以下归纳和划分各类机构的方法。

(1)平面和空间机构 按照机构中各不同运动点的运动范围的特征,可将机构划分为两大类——空间机构和平面机构。

在一机构中,若各活动构件上任一点相对于机架的运动轨迹都处在平面上,且各点的运动平面又相互平行,则这种机构称为平面机构;反之,则为空间机构。例如,在图1-8所示的机械手中,机械手指1相对于大臂3、小臂2相对于大臂3的运动平面显然是不平行的,所以,此机构为一空间机构。而图1-2所示的内燃机,尽管结构较复杂,但其上各动点的运动轨迹都处在相互平行的平面上,故可以确定它是一平面机构的组合系统。

在平面机构中,被运动副连接的两构件间的相对运动只能是平面运动,因此,平面机构中的运动副也都只限于平面运动副,即只采用转动副、移动副和平面高副,并且各运动副还需特殊配置,即机构中各转动副的回转轴线相互平行,各高副及各移动副所连接各构件的运动平面垂直于转动副的回转轴线。

平面机构是一类应用得十分广泛的机构,在工业生产和人们生活中所遇见的大多数机构都是平面机构,故在本书中将着重讨论与平面机构有关的问题。

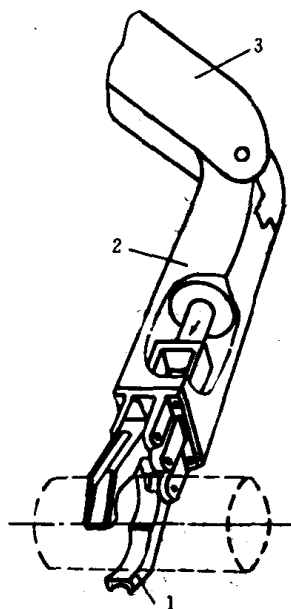


图1-8

(2)低副与高副机构 按照机构的组成结构和运动传递方式的不同特征,本书将仅由刚体组成的机构划分成低副机构和高副机构两大类。

所有构件全部用低副连接而构成的机构称为低副机构。低副机构应用十分广泛,本书将在第三章中,对几种最常用的低副机构进行讨论。

在本书中所讨论的高副机构是指那些通过原动件与从动件构成的高副直接传递、转换运动的机构。例如,如图1-9所示的凸轮机构即为一高副机构。1为原动件,其高副元素为变曲率的曲面;2为从动件,其高副元素为圆柱面。此种机构利用高副元素的接触直接将凸轮1的转动转换成从动件2所需求规律的往复直移。高副机构也是一种应用十分广泛的机构,本书的第四章将较详细地讨论几种最常用的高副机构。

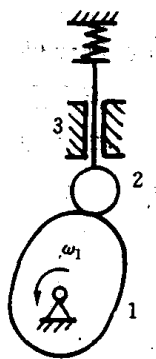


图1-9

(3)按照组成机构的某些具有特殊形式的构件来划分机构 在各种机构中往往包含着一些特殊构件,这些构件在结构上具有显著的特征,并且在运动的传递和转换中起着主导作用。因此,人们常以这些构件的名称来命名机构,从而将各种机构划分为不同类型。例如,常见的螺旋机构、齿轮机构、凸轮机构、摩擦轮机构等。在本书的后续讨论中,为了叙述方

便,将利用此种分类方法,对低副和高副机构进行更细致的分类。

另外,根据此种分类方法,还可在各种机构中划分出以下两类不完全由刚性构件组成的机构。由于此二种机构在结构和运动传输等方面的特殊性,将由其它专著进行讨论。在此仅作简单介绍。

1)具有挠性构件的机构 挠性构件通常是指带、绳、链、线。它们常用来包绕在两个或两个以上的构件上,使这些构件间建立起一定的传动关系。图 1-10 表示最简单的具有挠性构件的机构简图。此种机构能在中心距 $o_1, o_2$ 相当大的条件下传递两构件间的回转运动。

根据挠性构件的不同形式,这种机构可分为带传动、绳传动和链传动。这类机构将在“机械设计基础(I)——机械设计”一书中作较详细的讨论。

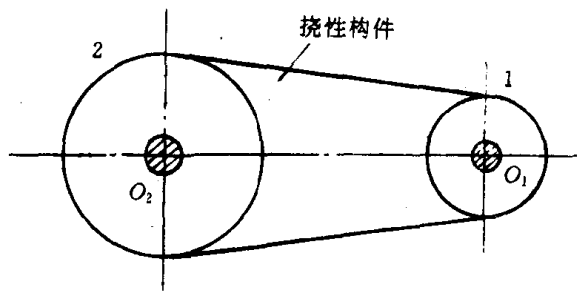


图 1-10

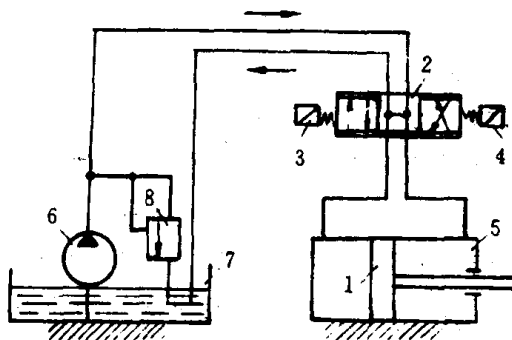


图 1-11

2)以流体为中间传动介质的机构 以空气、水、油等流体为中间传动介质的传动机构,现在已日益广泛地被应用。采用这类机构,不仅可以简化机器的结构,使传动平稳,操作简便,而且可任意调速,便于实现自动化。当前在机械传动中采用的流体介质,主要是液压油和压缩空气,所以,此类机构也常称为液压传动机构和气动机构。

如图 1-11 所示为用规定符号画成的,用于使活塞 1 自动实现往返移动的一种液压传动机构的原理简图。活塞 1 往右或往左运动,取决于换向阀 2 的阀芯位置,该阀芯由电磁铁 3 和 4 轮流推动。如果两个电磁铁都断电,则换向阀的阀芯将处在简图所示的中心位置,这时,让液体流入液压缸 5 的两条管路被相互连通,故活塞 1 原位不动。当电磁铁 3 通电时,阀芯将被推向右边,这时可想象将位于换向阀左侧的方块图移到中间位置上,使液压缸 5 的右腔与液压泵 6 连通,而左腔与油池连通,故活塞在液体压力推动下向左移动。当电磁铁 4 通电时,则换向阀芯往左移动,而活塞 1 向右移动。溢流阀 8 的作用是在压力升高时把油溢回油池。气动机构的原理简图形式也与此相类似。

#### 四、平面机构的运动简图

为了便于深入地研究平面机构,在本课程之始,首先需要学会一种用简单线条和规定符号来表示机构组成状态、传动原理的简单图形的绘制方法。这种简图称为机构运动简图。

绘制机构运动简图的原则是:忽略机构中与运动无关的部分,只表现与运动有关的因素。根据分析与归纳,影响机构运动的主要因素有以下 3 个:①组成机构的各运动副的类型(与运动副的实际结构形式无关);②同一构件上所有运动副元素间的相对位置尺寸(与构件的实际

结构形状无关)；③机构原动件的运动规律。例如，图 1-12a)所示的四构件机构，设构件间全部用转动副相连。当原动件 2 等速转动时，其它各构件都将按一定的规律运动。现以构件 3 上的一定点  $k$  为对象来分析一下与其运动有关的因素。很显然， $k$  点的运动与各转动副的具体结构形式是无关系的，但若将机构中的任一转动副改为移动副则  $k$  点的轨迹和整个机构的运动特性都将发生变化， $k$  点的运动与各构件的结构、外形及断面尺寸等也是完全无关的，但却与各构件上各转动副中心的相对位置尺寸紧密相关，设若变动转动副中心距  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  中的任一尺寸，则  $k$  点的运动轨迹、速度、加速度等运动参量必将发生变化。另外，原动件的运动规律也必将影响  $k$  点的运动规律。因此，为了研究  $k$  点或整个机构的运动，只需画出如图 1-12b)所示的简单图形就够了。例如，为了绘出  $k$  点的轨迹，就只需依次在图中画出原动件 2 的若干转动位置，再按已知尺寸  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  以及  $\omega$  和  $e$  ( $\omega$  和  $e$  是确定  $k$  点在 2 构件上位置的参量)，用简单的几何作图(如图 1-12b 所示)，即可准确地描绘出  $k$  点的轨迹。若已知原动件的规律，则依据此运动简图还可进一步分析出  $k$  点的速度、加速度以及整个机构的运动状态。

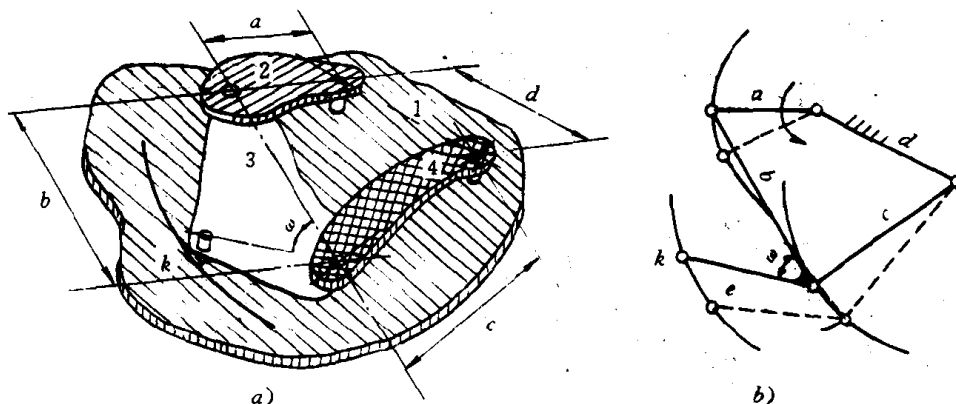


图 1-12

由于上面所讨论的这种机构简图忽略了机构中与运动无关的部分，而又用简单的线条和规定符号表明了确定机构运动的主要因素以及机构组成的结构状况(如组成机构的构件数目、运动副的类型及数量等)，因此，此种简图具有广泛的用途。机构运动简图既是一种实用、简练的工程语言，也是对机构进行结构分析、运动和受力分析的基础。下面将较详细地讨论机构运动简图的具体画法。

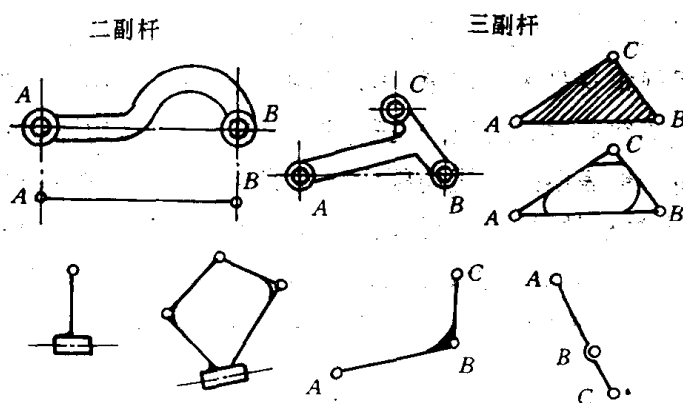


图 1-13

在绘制机构运动简图时,平面运动副应按表 1-1 所示的规定符号来表示。

表 1-1 平面运动副简图符号

名称	立体图	运动简图符号
转动副		
直移副		
平面高副		

规定符号中,画上斜线的构件代表机架,小圆圈代表转动副,在绘机构简图时,小圆的圆心应与转动副所在实际位置的转动轴心相重合。在移动副的规定符号中,常将长方形所代表的构件称为滑块,将直线所表示的构件称为导杆,直线所示方向即是移动副中滑块与导杆间相对滑移的方向。在绘制平面高副时,规定需将二高副元素的轮廓按比例准确地画出。

在机构简图中,各构件的画法如图 1-13 所示。图中所列二副杆是指仅具有 2 个运动副元素的构件(即此构件与另外两个构件分别连接,构成运动副);三副杆则是具有 3 个运动副的构件,其余类推。每一构件的具体画法是:将同一构件与其它构件构成的所有运动副,按它们在此构件上的实际位置,用规定符号表示出来,再用简单线条将它们连成一体。因此,在机构运动简图中,构件被简化成一些线段(如二副杆)、三角形(三副杆)或多边形(多副杆)。在三副杆和多副杆的画法中,为了清楚地表明那些运动副元素是属于同一构件的,还经常在三角形或多边形的两边线的相交处画上焊缝符号,或在形成的三角形或多边形中画上斜线。图 1-13 中还列出了 3 个转动副的中心处于一条直线上时的三副杆的画法。除了上述构件的画法外,在表 1-2 中还列出了较常用的一些其它连接、传动机构和构件的规定符号。



表 1-2 部分常用机构运动简图符号(GB4460—84)

名称	代表符号	名称	代表符号
凸轮机构		链传动	
零件与轴的 固定连接		外啮合圆柱 齿轮机构	
弹性联轴器		内啮合圆柱 齿轮机构	
万向联轴器		齿轮齿 条传动	
啮合式离合器		圆锥齿 轮机构	
摩擦式离合器		蜗杆蜗 轮传动	
压缩弹簧			
拉伸弹簧			
在支架上 的电机			

应用上述的各种规定符号及构件画法,通常可按以下步骤来绘制机构运动简图。

(1)观察、分析机构的运动情况,确定原动件、从动件和运动副的数目,并根据各构件间相对运动关系,确定各运动副的类型。

(2)测定机构运动简图参数。所谓机构运动简图参数就是指绘制运动简图所必须的各种几何尺寸。其实,机构运动简图参数也就是机构所含各构件上所有运动副间的相对位置尺寸。在测定机构运动简图参数时,通常可按以下步骤和方法进行:

1)在机架上建立一直角坐标系,确定各联接杆与机架所构成的运动副的位置坐标。在确定这些机架上的运动副的位置时,对于转动副需两个参数,即转动副轴心位置的  $x$  和  $y$  坐标。对