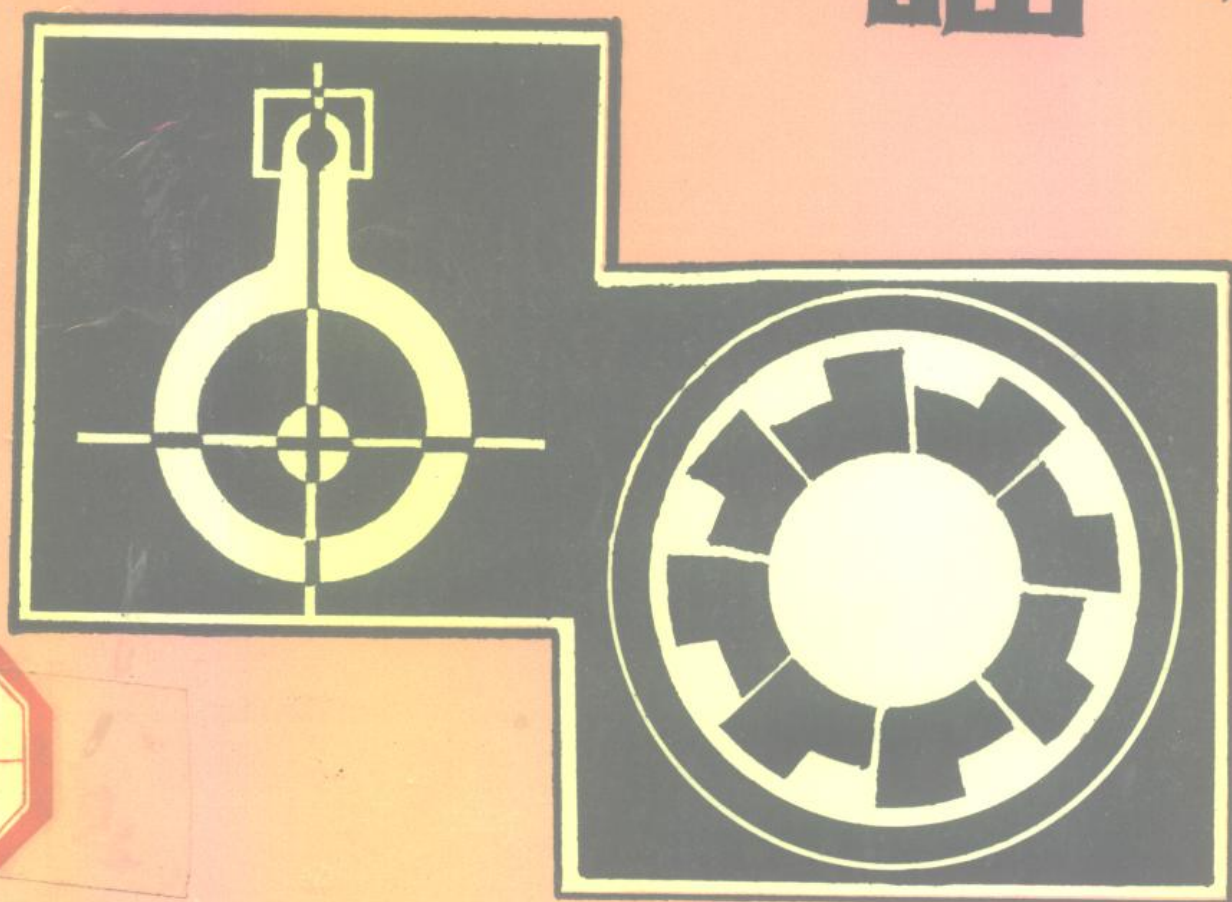


周立新·唐炜柏主编

机械设计基础



重庆大学出版社

机 械 设 计 基 础

重庆大学机械原理、机械设计教研室 合编

周立新 唐炜柏 主编

重 庆 大 学 出 版 社

内 容 简 介

本书共分二十章。前八章主要讨论机械原理的一些基本内容,包括有机构
的结构、运动及动力分析的基础知识以及几种常用机构的介绍。后十二章叙述
通用零部件的工作能力、结构和设计计算等有关机械零件的基本内容。每章均
附有习题及结合实际算例。

本书可作为高等工业学校 90~120 学时的机械设计基础课程的教材,或略
去带 * 号的内容,作为 60 学时的课程教材,也可供有关工程技术人员参考。

编 者 重庆大学机械原理、机械设计教研室 合编

主 编 周立新 唐炜柏
责任编辑 周 任

机械设计基础

重庆大学机械原理、机械设计教研室 合编

周立新 唐炜柏 主编

责任编辑 周 任

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆印制一厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 18.5 字数: 462 千

1992年6月第1版 1982年6月第1次印刷

印数: 1-6000

ISBN 7-5624-0454-2

标准书号: ————— 定价: 5.18元

TH·23

(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课程教学基本要求》(110~130学时),在总结编者多年来教学实践经验的基础上,结合近机类各专业的发展情况,及近年来国内外同类教材的一些长处,并本着加强基本理论、基本知识和基本技能的训练,注意适当拓宽知识面,培养创造思维能力以及有利于教学的精神编写而成的。

本书在内容的取舍上力求少而精,在编排次序上则力求符合初学者对机械的认识规律和循序渐近的原则。全书从机构和机器的结构、组成总体出发,由典型设计实例入手,将各章内容有机的连贯起来,增加了课程的整体性,系统性和逻辑性。

本书在阐述基本理论时,力求深入浅出、重点突出、概念准确。并加强了对例题的分析讨论,力图通过例题,培养学生正确使用设计公式、图表、标准规范以及合理选取参数的能力。

本书采用了近年来颁布的最新国家标准。在有关章节(如带传动,齿轮传动,蜗杆传动,滚动轴承和链传动等)中,对设计计算方法和设计资料进行了更新,并采用了国家法定计量单位。

本书的带*章节为选学内容,带**号章节都用小字排版,为多学时课程的选学内容,在教学时可根据不同专业的需要及教学课时的多少而酌情取舍。

参加书本编写的有重庆大学唐炜柏(引言,第一章,第二章§2-1)林,松(第二章§2-2,第三、六章),秦伟(第四、五章),吕仲文(第七、八章),周立新(第九、十、十一章),卫兴民(第十二、二十章),冯端清(第十三,十五章),严锋(第十四章),贝梅芬(第十六章),郑立淑(第十七、十九章),孙玉智(第十八章)。全书机械设计部分由周立新担任主编,机械原理部分由唐炜柏担任主编。

本书由成都科技大学黄贵根教授,重庆大学朱友民、黄茂林教授主审,并对全书提出了很多宝贵意见和建议,在此一并表示谢意。

由于编者水平所限,错误和欠妥之处在所难免,殷切希望使用本书的教师和读者批评指正。

编 者

1991年6月

引 言

本课程的名称为“机械设计基础”，顾名思义，研究的对象是“机械”，而研究的内容则是有关机械的一些基础知识。那么，什么是“机械”呢？“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。因此，为了回答何谓“机械”还需对“机器”和“机构”加以说明。

在日常生活和生产中，人们都接触过许多机器，只要留心观察它们，通过分析就可发现，各种机器都有下述的三个主要特征：

(1) 任何机器都是由若干个人为的运动单元体组合而成的。这些运动的单元体通常称为构件。

(2) 组成机器的各构件间都具有确定的相对运动。这种相对运动的规律往往是周期性的重复变换，每一个变换周期就称为机器的一个运动循环。

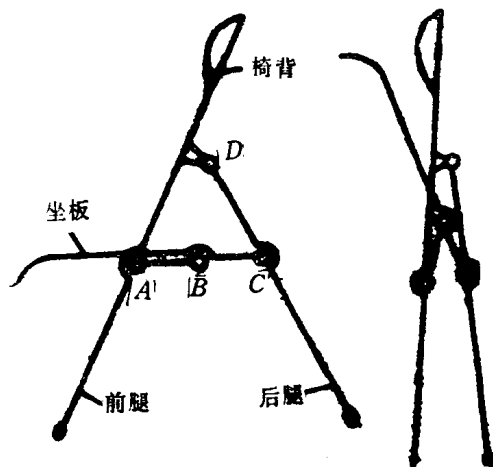
(3) 机器是用来替代人的体力或脑力劳动，使某种过程（如机械能的转换过程、生产过程、脑力劳动过程等）机械化的技术设备。按机械化过程的类型可以把机器分为：力能机器，工艺机器，运输机器，控制机器，操纵机器，以及逻辑机器等。

力能机器是指那些使机械能的转换过程机械化的技术装备。这种机器还可分为两类：把不同类型的能（如热能、电能等）转换成机械能的机器（如电动机）或使某种介质（如水、空气等）的机械能变换成实际运用的机械能的机器（如风车）称为动力机器（原动机）；而把机械能转化为其它型式能的机器（如发电机）则称为转换机器。工艺机器则是指那些能在生产过程中完成有用的机械功（改变工作物的外形、空间位置及性质）的机器。

至于“机构”，人们通常认为它是一种仅具有机器的前两个特征的技术装置。机构是用来实现必要的运动和传送力的。例如，一把折叠椅（见图0-1），它是四个构件的人为组合体，构件间具有确定的相对运动，但这种装置不能自动完成折叠、打开的过程，所以它是一个机构。

由上可见，机器和机构都有一个共同的主要特征——能传送和转换机械运动和力。从结构和运动的观点来看，一部机器就是一种机构或若干种机构的组合系统。机构是机器实现必要运动的基础。

另外，机构这个概念与其组成的某个技术装置的具体使用情况没有紧密的联系。同一种机构可以用于很多不同种类的技术装置中。而在多种多样的机器中，常用的机构又往往只有少数几种（如齿轮机构，凸轮机构，连杆机构等）。因此，在深入研究各类机器之前应先从



A、B、C、D为四个转动铰链
图 0-1

研究机构的基本原理入手。本课程就是一门以机构以及构成机构的构件和通用零件作为主要研究对象的技术基础课程。

各个生产部门实现机械化、自动化是促进社会生产力发展的重要手段。机械装备在各个技术领域里几乎都是必不可少的。因此，作为一个工程技术人员，尽管你并不直接从事机械制造和设计工作，但也有必要掌握有关机械设计的一些基础知识。这些基础知识主要包括：机构分析的基本方法；各种常用机构的特性及综合方法；机械零部件的工作原理、设计理论和计算方法等。

目 录

引言	
第一章 平面机构的结构分析	1
§ 1-1 空间和平面机构[18]	1
§ 1-2 机构的组成	2
§ 1-3 机构的运动简图	6
* § 1-4 平面机构的结构分析	9
*第二章 机构的运动分析及力分析基础	14
§ 2-1 平面机构的运动分析	14
** § 2-2 平面机构的受力分析	18
第三章 平面连杆机构的分析与设计	26
§ 3-1 平面连杆机构的应用	26
§ 3-2 平面四杆机构的结构分析及其基本型式	27
§ 3-3 平面四杆机构的运动特性	30
§ 3-4 平面四杆机构的动力特性	33
* § 3-5 平面四杆机构的综合	35
第四章 凸轮机构	41
§ 4-1 凸轮机构的结构特点和分类	41
§ 4-2 凸轮机构的运动分析	42
§ 4-3 凸轮轮廓的绘制	44
§ 4-4 从动件运动规律的选择	46
§ 4-5 凸轮机构设计中应注意的几个问题	50
第五章 齿轮机构	54
§ 5-1 齿轮机构的类型	54
§ 5-2 齿轮机构的运动分析	55
§ 5-3 渐开线齿廓	56
§ 5-4 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	57
§ 5-5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	60
§ 5-6 渐开线齿轮切齿的原理	64
§ 5-7 根切现象、最少齿数及变位齿轮	65
§ 5-8 斜齿圆柱齿轮机构	68
§ 5-9 直齿圆锥齿轮机构	72
第六章 轮系	77
§ 6-1 轮系的组成型式	77
§ 6-2 轮系的传动比	78
第七章 机构的其它常用类型及机构的组合和变异	83

§ 7-1 其它几种常用机构简介	83
§ 7-2 机构的组合	89
§ 7-3 机构的变异	90
*第八章 机械动力学的一些基础知识	94
§ 8-1 机械的平衡	94
§ 8-2 机械速度波动的调节	98
第九章 机械零件设计概述	104
§ 9-1 机械设计的基本要求	104
§ 9-2 机械设计的主要内容	104
§ 9-3 机械零件设计的基本要求和一般步骤	105
§ 9-4 机械零件的失效和工作能力计算准则	106
§ 9-5 机械零件的体积强度	108
§ 9-6 机械零件的接触强度	112
§ 9-7 机械中常用材料及其选择	113
§ 9-8 机械零件结构的工艺性及标准化	115
§ 9-9 机械设计分析实例	116
第十章 螺纹联接及螺旋传动	119
§ 10-1 螺纹及螺纹参数	119
§ 10-2 螺旋副的受力分析、效率和自锁	120
§ 10-3 机械设备中常用的螺纹	123
§ 10-4 螺纹联接的基本类型	124
§ 10-5 螺纹联接的预紧和防松	124
§ 10-6 螺纹联接的失效形式和计算准则	127
§ 10-7 螺栓联接的强度计算	127
§ 10-8 螺纹联接的材料和许用应力	131
* § 10-9 螺旋传动	134
第十一章 焊接和粘接	139
§ 11-1 焊接	139
§ 11-2 粘接	143
第十二章 带传动	146
§ 12-1 概述	146
§ 12-2 带传动的工作情况分析 & 计算准则	148
§ 12-3 V带传动的设计计算	152
§ 12-4 V带轮设计和张紧装置	157
* § 12-5 其它带传动简介	159
第十三章 链传动	163
§ 13-1 概述	163
§ 13-2 链传动的运动特性	166
§ 13-3 滚子链传动的设计	167

§ 13-4 链传动的布置和张紧	172
第十四章 齿轮传动	175
§ 14-1 轮齿的失效形式	175
§ 14-2 齿轮常用材料及热处理	177
§ 14-3 齿轮传动的精度	178
§ 14-4 直齿圆柱齿轮传动的作用力及计算载荷	179
§ 14-5 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	180
§ 14-6 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	187
§ 14-7 直齿圆锥齿轮传动的强度计算	191
§ 14-8 齿轮的结构设计	193
§ 14-9 齿轮传动的润滑和效率	195
* § 14-10 圆弧齿轮传动简介	196
第十五章 蜗杆传动	199
§ 15-1 概述	199
§ 15-2 蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择	201
§ 15-3 阿基米德蜗杆传动的设计计算	202
第十六章 轴及轴毂联接	212
§ 16-1 概述	212
§ 16-2 轴的材料	213
§ 16-3 轴的结构设计	214
§ 16-4 轴的强度计算	217
§ 16-5 轴的刚度计算	219
§ 16-6 轴的振动计算概念	220
§ 16-7 轴毂联接	220
第十七章 滚动轴承	229
§ 17-1 概述	229
§ 17-2 滚动轴承的类型和代号	229
§ 17-3 滚动轴承类型的选择	233
§ 17-4 滚动轴承尺寸选择计算	233
§ 17-5 滚动轴承的组合设计	240
第十八章 滑动轴承	247
§ 18-1 概述	247
§ 18-2 向心滑动轴承的结构型式	248
§ 18-3 轴瓦材料	250
§ 18-4 润滑剂和润滑装置	251
§ 18-5 非液体摩擦向心滑动轴承的设计计算	256
§ 18-6 推力滑动轴承	257
* § 18-7 液体动压向心滑动轴承	258
* § 18-8 其它滑动轴承简介	261

第十九章 联轴器和离合器	264
§ 19-1 概述.....	264
§ 19-2 联轴器.....	264
§ 19-3 离合器.....	269
第二十章 弹簧	273
§ 20-1 概述.....	273
§ 20-2 弹簧的材料和制造.....	273
§ 20-3 圆柱形螺旋压缩（拉伸）弹簧的设计计算.....	278
参考文献	286

第一章 平面机构的结构分析

§ 1-1 空间和平面机构^[18]

在实际应用中,机构的形式是很多的,但我们可以根据机构中各构件上不同点的运动范围而将机构分为两大类——空间机构和平面机构。

在一机构中,若各运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是相互平行的,则这种机构称为平面机构。反之则为空间机构。例如,图1-1所示构械手的手指及腕部机构即为一空间机构,而图1-2所示的发动机则为一平面机构。

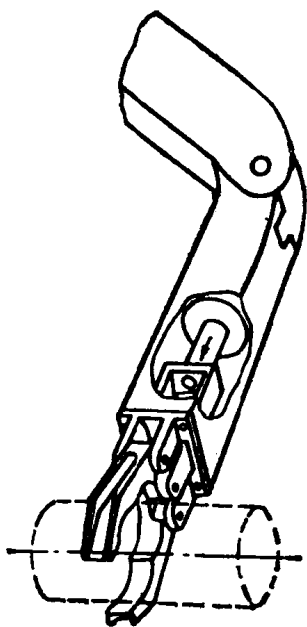


图 1-1

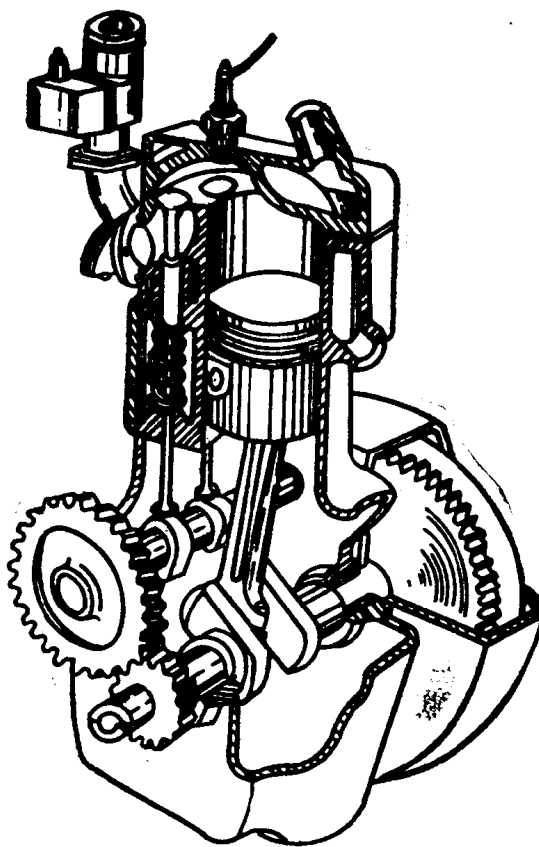


图 1-2

空间机构和平面机构还可按机构中各回转轴线的相对位置特征加以区分:若各回转轴线都是相互平行的,则定是平面机构(如图1-3a);若回转轴线有空间交叉(如图1-3b),则为空间机构;若所有回转轴线汇交于一点(如图1-3c),则成为空间机构中的一种特殊类型,称为球面机构。

由于平面机构运用得非常广泛,且对其进行分析和综合比空间机构要容易一些,故在本

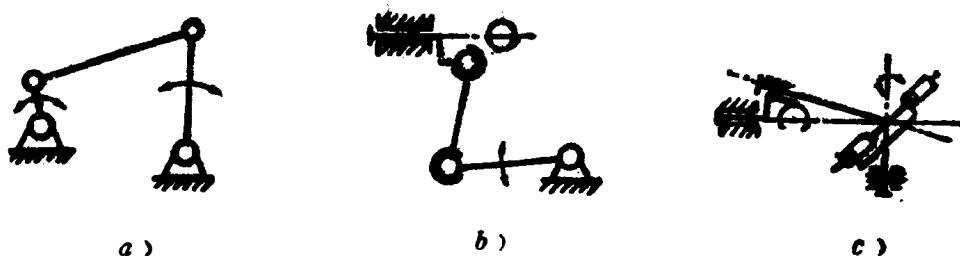


图 1-3

课程中主要研究平面机构。

§ 1-2 机构的组成

一、构件与零件

由前述可知，构件是组成机构的最基本的运动单元体。但由于结构、工艺等方面的需要，有些构件还可以拆分为更小的单元体。机构被拆分得不能再分的基本单元体就称为零件。在制造机构时，通常就是先按设计图纸造出一个个的零件，然后装配成机构，所以，零件可认为是机械的制造单元体。构件可能就是一个零件，也可能是由若干个零件刚性地联接在一起而组成的。例如图1-2中的连杆构件，为了便于安装、维修等原因，而作成图1-4a所示的结构形式，即由多个零件组成。而与其配合的构件——曲轴则往往做成一个整体（如图1-4b）。

二、运动副及约束

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，可以看到，这种“构件的组合”实际上就是将一定数量的构件按一定的方式两两联接在一起。为了使构件间能具有“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。而把两构件能够参加接触构成运动副的部分称为运动副元素。例如，轴颈与轴承之间的配合；齿轮与齿轮间的啮合；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。

由运动副联接的两构件间的接触有点、线、面三种。通常我们称面接触的运动副为低副，而点、线接触的运动副为高副。

运动副是组成机构的要素之一，可以说机构的所有主要属性都与机构的各运动副有关。运动副的主要功用有二：一是约束两联接构件间的相对运动；二是传递力。下面将对此加以说明。

如图1-5所示，设有任意两个作平面运动的构件，当构件1尚未与构件2构成运动副之前，构件1、2间的相对运动可分解为三个独立的运动： A 点沿 x 、 y 轴方向的相对移动和绕过 A 点垂直于 xoy 平面的轴作相对转动，也即是说，构件1、2间有3个相对运动自由度。当二构件构成运动副以后，则两者间的相对运动便受到一定的约束。每加上一个约束，构件间便失去一个相对运动的自由度。由于现在所讨论的只是作平面运动的二构件间所形成的运动副，故称为平面运动副。显然，平面运动副最多只能引入两个约束，而最大的剩余自由度也只能为2。

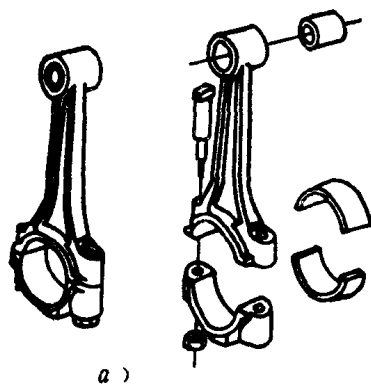


图 1-4

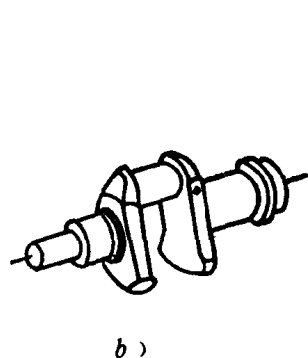


图 1-5

平面运动副可由引入约束的多少而分为如表1-1所示的三类：转动副或回转副引入了两个约束，保留了一个转动自由度，并且有可能沿被约束的运动方向传递两个力；直移副或移动副约束了一个相对移动和绕与运动平面垂直轴的相对转动，保留了一个相对直移的自由度，并且有可能沿受约束的移动和转动方向传递一个力和一个力矩；平面高副是一种具两个自由度的运动副。如表1-1所示，构件2相对于构件1可沿接触点的切线 $t-t$ 方向自由滑移和绕 A 点独立转动，但沿公法线 $n-n$ 方向受到约束，也正因如此，二构件有可能通过接触点在 $n-n$ 方向传递一个力。

表1-1

名称	草图	运动简图符号	自由度	约束数
转动副			1	2
移动副			1	2
平面高副			2	1

三、运动链和机构

将两个以上的构件两两间用一个运动副相联而构成的系统称为运动链。用不同数量的构件及不同类型的运动副可构成数量巨大的各种型的运动链。

在运动链中，若某一构件与其它构件构成的运动副数为 α ，则 $\alpha=1$ 的构件称为单副杆，而 $\alpha=2$ 的构件称为双副杆， $\alpha>2$ 的构件称为三副、四副杆等。这些杆件的简图表示方法如图1-6。应用这些杆件表示法和前述运动副的符号就可方便的绘出如图1-7所示的运动链简图。

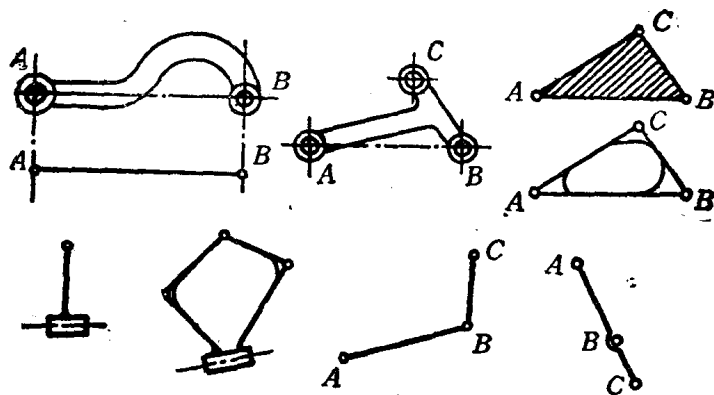


图 1-6

这种简图仅表现了构件和运动副的数量和类型，以及它们在结构上的关系。在运动链中，若各构件的 $\alpha \geq 2$ ，则此种链称为闭链（如图1-7a, b），若含有 $\alpha = 1$ 的构件则必为开链（如图1-7c）。在现今的各种机械中，构件所形成的运动链大多数为闭链。

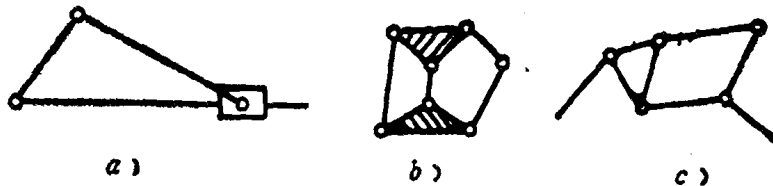


图 1-7

由以上讨论可见，运动链已是一种与机构很相近的构件组合体。若运动链各构件间能具有确定的相对运动，则此运动链就成为了机构。那么，一个运动链在什么条件下，各构件间才能产生确定的相对运动呢？通常我们采用如下计算运动链自由度的方法来判定。

设某一平面运动链共包含 N 个构件、 p_L 个低副和 p_H 个高副。在这 N 个构件中选择一个构件作为机架（即设其为相对固定不动的构件）。而其余的 $n = N - 1$ 个构件则称为活动构件。这 n 个活动构件在未用运动副联接之前共有 $3n$ 个自由度。当用运动副联接成运动链之后便受到 $2p_L + p_H$ 个约束，因此，整个运动链相对机架的自由度总数为

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

此总数 F 即称为运动链自由度。式(1-1)即是计算运动链自由度的公式。由式(1-1)可见，在一个运动链中，不论选哪个构件做机架，其自由度都是不变的，因此，运动链的自由度表示了运动链自身的一种结构特性。例如图1-8所示的运动链，选构件5为机架，按公式(1-1)计算得

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

这说明运动链各构件间不能相对运动。实际上此运动链为一桁架。在实际运动链中，计算出的 F 还可能小于0，显然，这种链也是不能动的。因此，可用 F 是否小于或等于零来判定运动链运动的可能性。

又例如在图1-9a所示的平面四杆运动链中，选构件4为机架，计算运动链的自由度

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

若在此运动链中，给定一个独立的运动参量，例如，令构件3按给定的位移规律 $s_3 = s_3(t)$ 相

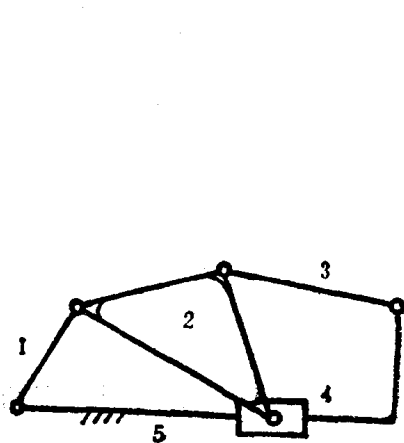


图 1-8

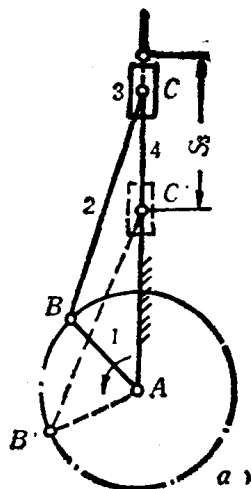
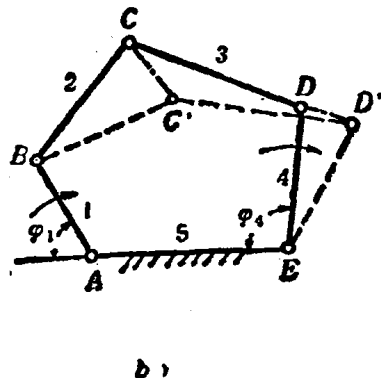


图 1-9



对于构件4运动，则不难看出其余各构件的运动便完全确定了。

再例如图1-9b所示是由五个构件和五个转动副组成的运动链。以构件5为机架，计算运动链自由度得

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

现若在运动链中给定一个独立的运动参数，例如给定构件1相对于机架的角位移规律 $\varphi = \varphi_1(t)$ ，则在此条件下构件2、3、4的运动并不能确定，因为当1杆处于 φ_1 位置时(见图1-9b)，2、3、4杆既可处于实线位置，亦可占居虚线位置。但是，若再给定另一个独立的运动参数，例如，构件4相对于机架的角位移规律 $\varphi_4 = \varphi_4(t)$ ，即同时给定与运动链自由度数目相等的独立运动参数，则运动链各构件间的相对运动便完全确定了。

以上二例说明了运动链自由度所表明的有关机构组成的一个重要规律；运动链自由度表明了为使运动链各构件间具有确定的相对运动所必须引入运动链的独立运动参数的数目。

为了在运动链中引入独立的运动参数，通常是使与机架相联的构件(联架杆)按给定的运动规律独立的运动。这种联架杆称为原动件。而原动件一般都是用低副与机架相联，通过这样的原动件一般只能引入一个独立的运动参数。所以，在一般情况下，为使运动链各构件间具有确定的相对运动，运动链的自由度数应等于原动件数。这也是运动链能成为机构的一个必要条件。

综上所述，即可得到组成机构的基本方法：

(1) 将各构件用选定的运动副两两相联构成所需型式的运动链。

(2) 选定一个构件作机架。在此要特别指出：同一型的运动链，若所选机架不同就可能成为不同类型的机构。例如图1-9a所示的四构件运动链，若以构件1为机架，2为原动件则为导杆机构(见图1-10a)；若以构件2为机架，1为原动件则为摇块机构(图1-10b)；若以3为机架，1为原动件则为定块机构(图1-10c)。这些不同类型的机构都源于图1-10d所示运动链。因此，我们把构成机构的运动链称为机构的“型”。

(3) 计算运动链(即机构的“型”)自由度，并选定与自由度数相等的联架杆作为原动件。

按上述方法所组成的构件系统即为机构。通常我们把机构“型”的自由度也称为机构自由

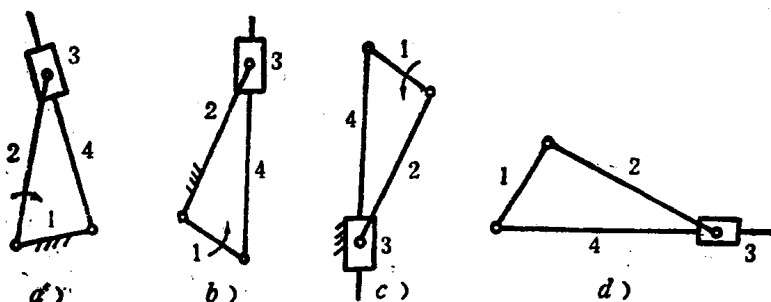


图 1-10

度。自由度的计算公式为式1-1(计算的注意事项详见 §1-4中结构分析的步骤2)。大多数的机构自由度为1，故多数机构只有一个原动件。

§ 1-3 机构的运动简图

为了继续深入地研究机构，在此有必要首先学会一种用简单的线条和符号简明地表示各种机构的组成状态、传动原理的简单图形的绘制方法。这种简图既是一种实用简练的工程语言，又是对机构进行结构、运动、受力分析的基础。我们把这种简图称为机构运动简图。

绘制机构运动简图的原则是：只表现机构中与运动有关的部分。具体的说即是要在简图中简明的表示出影响机构各部分运动的以下三个主要因素：(1)机构原动件的运动规律；(2)机构中各运动副的类型；(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1-11a所示的四构件机构，构件间全部用转动副相连。当曲柄2转动时，连杆上一定点

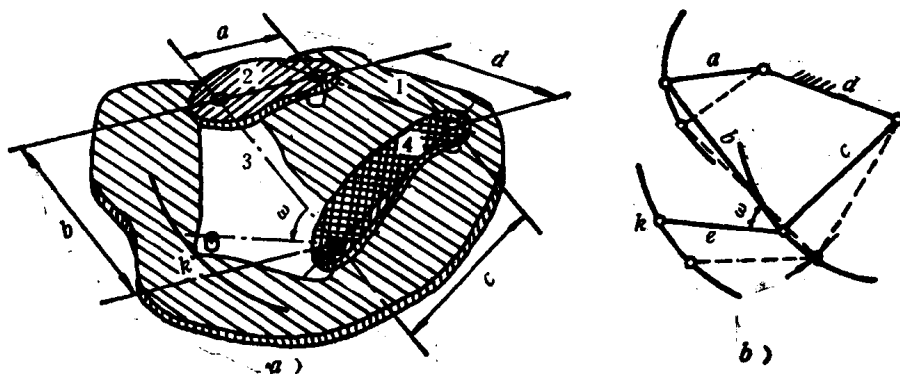


图 1-11

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，而完全决定于各构件上转动副中心的距离 a 、 b 、 c 和 d 。当变动其中的任一尺寸， k 点的运动必将发生变化。因此，为了表现机构的组成情况和研究构件上任一点或整个机构的运动，只需按一定的比例尺 μ_L 画出如图1-11b所示的运动简图就够了。例如，为了画出 k 点的轨迹就只需将曲柄 a 在图中转到不同的位置，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 是确定 k 点在连杆上位置的参量)，即可准确地描绘出 k 点的轨迹。同时，若原动件为 a ，则在已知原动件运动规律的条件下，根据此运动简图还可进一步分析出 k 点的速度和加速度，以及整个机构的运动状态。

在绘制机构运动简图时,先要确定机架和原动件;然后再分析原动件的运动是怎样经过传动部分传递给工作部分的;整个机构有多少构件和各构件间用何种运动副联接。接着就要选定投影面,选定比例尺 μ_L 。对于平面机构,投影面当然也就是机构各点运动平面的平行面。若机构是由多个在相互不平行的运动平面上运动的机构组成,则需选择多个相应的投影面,画好各面的简图后再展到同一图面上去。总之,绘制机构运动简图要以正确、简练、清晰为目的。

为绘制机构运动简图所必需的几何尺寸参数称为机构运动简图参数,机构运动设计的主要任务之一就是确定机构的各运动简图参数。

平面运动副的规定符号在表1-1中已列出,表1-2是在绘制机构简图时较常用的一些其它的联接、传动机构和构件的代表符号。

表1-2 部分常用机构运动简图符号 (摘自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		在支架上 的电机	
压缩弹簧		蜗杆蜗 轮传动	
拉伸弹簧			

平面机构运动简图中,活动构件的表示法如图1-6。但在表示机架时,一般不需将机架与其它构件构成的运动副都用线条连接起来。参看图1-12、1-13 (其中带斜线的符号即表示