

机 械 原 理

杨玉泉 张同庄 张浴天 编
丁洪生 钱耀东

北京理工大学出版社

(京)新登字 149 号

内 容 简 介

本书是根据 1987 年国家教委批准的《高等工业学校机械原理课程教学基本要求》编写,并依照 1993 年 8 月国家教委机械原理课程指导组新订基本要求(报批稿)修订的。

全书除绪论外共十二章,包括平面机构的结构分析、平面机构的运动分析、机构的力分析、平面连杆机构、凸轮机构、平面齿轮机构、空间齿轮机构、轮系、其它常用机构、机构的选型与组合、机构的平衡、机器系统的运转等。各章末均配有思考题及习题;正文中穿插若干“思考与讨论”或“思考与练习”。书末附有习题答案、汉英对照机械原理词汇等。

本书文图内容及讲述方法,不失传统又具新意,特别有许多齿廓图是依电算图形绘制,形象准确。

本书可作为高等工业学校机械类各专业的教材及相近专业的参考书,也可供有关教师和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理/杨玉泉主编. —北京:北京理工大学出版社, 1995. 2

ISBN 7-81013-970-3

I. 机…

II. 杨…

III. 机构学-高等学校-教材

IV. TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 15625 号

北京理工大学出版社出版发行

各地新华书店经售

北京地质印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 18.5 印张 452 千字

1995 年 2 月第一版 1995 年 2 月第一次印刷

印数:1-6500 册 定价:13.55 元

前 言

本书是在我校 1991 年内部教材《机械原理》的基础上,经过三年试用,反复修改后而付诸正式出版的。原校内教材是根据国家教委 1987 年批准的《高等工业学校机械原理课程教学基本要求》,吸收多年的教学经验编写而成。对原校内教材的修改是以国家教委机械原理课程指导组 1993 年《高等工业学校机械原理课程教学基本要求(报批稿)》为指针,反复征求了校内同行的意见,总结归纳三年试用的情况,力求使本书具有鲜明的特色。相信本书的面世能对机械原理课程的教学改革起到一定的积极作用。

本书可作为机械类、近机类各专业机械原理课程的教材。

参加本书编写的有杨玉泉(绪论、第六章、第七章)、张同庄(第一章、第五章)、张浴天(第二章、第三章)、丁洪生(第四章、第十二章)、钱耀东(第八章、第九章、第十章、第十一章)。全书由杨玉泉担任主编。

承蒙北京科技大学沈蕴方教授审阅并提出许多宝贵意见,特此表示衷心的感谢;同时也感谢本校教材科、出版社的领导及工作人员对本书的出版所给予的大力支持;另外还要感谢本校同行及同学在本书修编过程中所提出的宝贵意见和建议。

虽然编者作了极大努力,但书中难免存在缺点甚至错误,恳切希望使用本书的教师、学生及广大读者批评指正。

北京理工大学机械设计教研室

1994 年 2 月

目 录

绪论	(1)
第一章 平面机构的结构分析	(4)
第一节 基本概念	(4)
一、构件 二、运动副 三、自由度、约束 四、运动副类型 五、运动链 六、机构	
第二节 机构运动简图	(8)
第三节 机构具有确定运动的条件	(10)
第四节 平面机构自由度计算	(11)
一、局部自由度 二、复合铰链 三、虚约束	
第五节 机构组成原理	(11)
一、杆组分析 二、组成原理 三、结构分类 四、高副低代	
思考题及习题	(17)
第二章 平面机构的运动分析	(21)
第一节 用图解复数法作机构的运动分析	(21)
一、矢量方程图解法 二、图解复数法	
第二节 用速度瞬心法作机构的速度分析	(42)
一、速度瞬心概念 二、平面机构瞬心的数目 三、瞬心位置的确定 四、瞬心的应用	
思考题及习题	(46)
第三章 机构的力分析	(50)
第一节 机械效率与机械自锁	(50)
一、机械效率 二、机械自锁	
第二节 移动副中的摩擦	(52)
一、法向反力、摩擦力、全反力 二、摩擦系数与当量摩擦系数	
* 第三节 螺旋副中的摩擦	(55)
一、方螺纹 二、三角螺纹	
第四节 转动副中的摩擦	(57)
一、轴颈摩擦 * 二、轴踵摩擦	
* 第五节 机构动力分析	(61)
思考题及习题	(65)
第四章 平面连杆机构	(68)
第一节 平面四杆机构的类型及其应用	(68)
一、全转动副的四杆机构 二、含有一个移动副的四杆机构 三、含有两个移动副的四杆机构	
第二节 平面连杆机构的一些基本性质	(75)
一、四杆机构有曲柄的条件 二、四杆机构的急回运动及行程速比 三、四杆机构的压力角、传动角和死点位置 四、四杆机构的结构形式演变	
第三节 平面连杆机构设计	(82)
一、按给定的位置要求或者运动规律要求设计四杆机构 二、按给定的轨迹要求设计四杆机构	
思考题及习题	(93)
第五章 凸轮机构	(97)
第一节 凸轮机构的类型及特点	(97)

一、凸轮机构的基本构成	二、凸轮机构的类型	三、凸轮机构的特点	
第二节	凸轮廓线设计		(99)
一、基本概念	二、凸轮廓线解析设计		
第三节	推杆运动规律		(105)
一、常用的基本运动规律	二、改进型运动规律		
第四节	凸轮机构基本尺寸的确定		(111)
一、凸轮机构的压力角	二、压力角与凸轮基圆半径的关系	三、按许用压力角确定最小基圆半径	四、运动失真及滚子半径的确定
五、平底长度的确定			
* 第五节	圆柱凸轮设计		(115)
一、直动推杆圆柱凸轮	二、摆动推杆圆柱凸轮		
思考题及习题			(116)
第六章	平面齿轮机构		(119)
第一节	齿廓啮合的基本规律		(119)
一、平面齿廓啮合基本定律	二、共轭齿廓及其形成	三、直线辅助齿廓范成渐开线齿廓	
第二节	渐开线的方程及性质		(125)
一、渐开线方程及渐开线函数	二、渐开线的性质		
第三节	渐开线直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸		(129)
一、渐开线圆柱齿轮的基本齿廓及其参数	二、由基本齿廓范成齿轮齿廓	三、直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	四、任意圆齿厚
* 五、公法线长度	六、最少齿数与最小变位系数		
第四节	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动		(143)
一、渐开线齿廓啮合的特点	二、配对条件	三、中心距 节圆 啮合角	四、连续啮合传动条件
五、重合度	* 六、齿廓共轭段及齿廓滑动	七、无侧隙啮合几何计算	八、传动类型
* 九、变位齿轮传动的应用	* 十、过渡曲线干涉		
第五节	齿轮齿条啮合及内啮合		(162)
一、齿轮齿条啮合	* 二、内啮合		
第六节	斜齿圆柱齿轮机构		(165)
一、齿面的形成	二、斜齿轮基本参数	三、几何尺寸	* 四、根切界限
五、平行轴斜齿轮的啮合	* 六、当量齿数	七、优缺点	
思考题及习题			(174)
第七章	空间齿轮机构		(177)
第一节	直齿圆锥齿轮机构		(177)
一、传动比与分锥角	* 二、齿面形成原理	* 三、齿廓曲线	四、背锥 当量平面齿轮
五、基本参数和几何尺寸	六、当量齿数	七、圆锥齿轮的啮合	
第二节	相错轴间的啮合传动		(182)
* 一、相错轴两构件的相对运动	二、相错轴间的啮合传动机构		
第三节	蜗杆蜗轮机构		(184)
一、齿面的形成	二、主平面 中间平面	三、基本参数和几何尺寸	四、齿线滑动 传动比 回转方向
* 第四节	相错轴斜齿轮机构		(190)
一、假想公共齿条	二、中心距 轴角	三、传动比	四、特点
思考题及习题			(193)
第八章	轮系		(195)
第一节	轮系分类		(195)
一、定轴轮系	二、周转轮系	三、复合轮系	

第二节	定轴轮系的传动比	(197)
	一、传动比大小的计算 二、首、末轮转向关系的确定	
第三节	周转轮系的传动比	(198)
第四节	复合轮系的传动比	(201)
第五节	周转轮系的应用	(203)
	一、用于减速(增速)传动 二、用于差速 三、利用行星轮的运动	
第六节	行星轮系的效率	(206)
第七节	行星轮系各轮齿数的确定	(208)
* 第八节	其它行星传动简介	(209)
	一、渐开线少齿差行星传动 二、摆线针轮行星传动 三、谐波齿轮传动	
	思考题及习题	(212)
第九章	其它常用机构	(215)
第一节	万向联轴节	(215)
	一、单万向联轴节 二、双万向联轴节	
第二节	棘轮机构	(217)
	一、棘轮机构的工作原理与分类 二、棘轮机构的特点和应用 * 三、轮齿式棘轮机构的几何参数及尺寸计算	
第三节	槽轮机构	(221)
	一、槽轮机构的工作原理和类型 二、槽轮机构的运动分析 三、槽轮机构的设计	
* 第四节	不完全齿轮机构	(223)
	一、不完全齿轮机构的工作原理 二、不完全齿轮机构的啮合过程 三、具有瞬心线附加板的不完全齿轮机构 四、不完全齿轮机构的特点和应用	
* 第五节	非圆齿轮机构	(225)
	一、椭圆齿轮机构 二、非圆齿轮机构的应用	
	思考题及习题	(227)
第十章	机构的选型与组合	(228)
第一节	机构的选型	(228)
第二节	机构的组合方式	(229)
	一、单枝组合 二、多枝组合	
第三节	运动循环图	(232)
	思考题及习题	(233)
第十一章	机构的平衡	(235)
第一节	机构平衡的目的和分类	(235)
	一、平衡的目的 二、平衡的分类	
第二节	转子的平衡计算	(236)
	一、静平衡计算 二、动平衡计算	
第三节	转子的平衡试验	(241)
	一、静平衡试验 二、动平衡试验	
* 第四节	转子的许用不平衡量	(242)
第五节	平面连杆机构的平衡	(244)
	一、利用平衡质量平衡 二、利用对称机构平衡	
	思考题及习题	(246)
第十二章	机器系统的运转	(248)
第一节	机器系统的运转阶段及作用力类型	(248)

第二节	机器系统的动力学等效模型及运动方式	(250)
	一、机器系统运动方程的一般表达式 二、机器系统的动力学等效模型 三、动力学等效模型的等效条件 四、动力学等效模型的运动方程式	
第三节	机器系统的真实运动	(255)
	一、等效力矩和等效转动惯量均为位置的函数时的求解 * 二、等效力矩是速度的函数,等效转动惯量是常数时的求解 * 三、等效力矩是位置和速度的函数,等效转动惯量是位置函数时的求解	
第四节	机器系统周期性速度波动及其调节	(257)
	一、平均角速度和运转速度不均匀系数 二、周期性速度波动调节的原理 三、飞轮转动惯量的简化计算	
第五节	机器系统非周期性速度波动及其调节的简介	(261)
	思考题及习题	(262)
附录一	机构和机构理论的概况	(265)
附录二	汉英对照机械原理词汇	(269)
附录三	部分习题答案	(282)
主要参考书目	(285)

(书中各处带 * 号内容,少学时课适当删减)

绪 论

本课程的研究对象

人类在社会实践活动中,不断创造出以物质生产为主要目的的各种手段,其中包括各种各样的机械。如果说历史上最早出现的石器、青铜器等还只能称为工具的话,那么其后出现的斜面、杠杆、滑轮、差动辘轳等就已经是具有一定机械利益的简单机械了。以后逐步出现了风车、水磨、纺车、织机以及指南车、记里鼓车、地动仪等用途广泛的较为完善的机械。蒸汽机的发明促成了产业革命,出现了近代纺织厂、机械工场,于是机械被大量采用,机械技术科学也迅速发展。直到现代的各种机械,如金属切削机床、内燃机车辆、飞机、航天器以及在不同场合中应用的机器人,无不是机械学与其它学科共同取得的成果。同时,人们在实践中也不断遇到和提出新的问题,有待机械学等学科去解决。

机械的种类极其繁多,它们的构造、性能和用途各不相同,工作原理、设计方法和制造技术也各具特殊性。但是,从机械原理学科暨本课程的角度来看,各种机械都具有某些共同的属性。这些共性主要可归纳为以下三点:

首先,由于对机械各组成部分局部品质要求的不同以及为了便于制造,所有的机械都是设计成一个个零件经加工、装配而成的。可以说零件是机械的制造单元。而若干个零件刚性地固结在一起彼此不能相对运动,作为一个整体在机械中运动或静止,则成为机械的运动单元。这种运动单元在本课中称为构件。构件通常是若干零件的固连组合体;构件也可以只包含一个零件。机械中的机架是作为其它构件运动参照物的相对静止构件。可见,各种机械的共同属性之一是:任何机械都是由若干个构件组成的。

其次,使用机械的主要目的是减轻劳动强度、提高生产率以及完成仅靠人力所不能负担的工作,而所有这些工作都需要以一定的动作来实现,各种动作须由若干构件的有规律的运动来完成,这就要求机械中的各个运动构件必须具有确定的运动。因此,各种机械的又一共同属性是:组成机械的各个构件之间具有确定的相对运动。

第三,各种机械在其运动过程中都存在机械能的传递或转变,其中包括机械能与其它形式的能如热能、电能的转变,也包括由机械能完成有用功以及摩擦生热的损耗。所以,各种机械的共同属性之三是:机械在运转中实现机械能与其它形式的能的转变或作有用功。

总之,机械是若干构件的组合,能实现有规律的运动,并在运动中完成机械能与其它能的转变或作有用功。

机械是机器与机构的总称。当全面考虑上述三个共性时,常用机器这个词语;当撇开能量的转变问题而主要着眼于运动时,则常用机构一词。例如,汽轮发电机、电动机、离心水泵、排风扇等,全面地看它们都是机器;当把它们看成是由一个固定构件和一个转动构件组成,其中作用着力矩,而并不考虑力矩是如何产生的有关热力学、电工学、流体力学问题时,它们同一把手钳并无多大差别,都是由相互转动的两个构件所组成的一种最简单的机构。

一部机器中可以包括不同种类的许多机构。例如,通常的活塞式发动机中有连杆机构、齿轮机构、凸轮机构等。同一种机构可以出现在不同的机器中。例如活塞式发动机、冲压机床、往复泵、缝纫机等,都采用同一种连杆机构以实现连续转动与往复移动的相互转换。

本课程的研究对象是机械,但不限于某种特定机械,而是所有的机械。或者说,本课主要讨论的是所有各种机械中已经广泛应用并在新设计机械中都可能采用的典型的基本机构。

本课程的内容

如上所述,本课程的研究对象是所有的机械。但是,本课程并不能包罗与机械相关的所有问题,既不涉及机械能与其它形式能的转变(见热工学、电工学等),也不讨论材料、强度、构造、工艺等问题(见工艺学、材料力学、机械零件设计等)。本课主要包括以下几方面内容:

机构的结构分析 主要是研究机构由多少个构件组成,怎样组成,怎样才有确定的运动以及机构的分类等问题。这部分内容大体集中在本书第一章中论述。

机构的运动分析及力分析 这是机械设计工作全过程的必要步骤,也是认识已有的机械以发挥其性能的重要手段。本课将在理论力学基本原理的基础上更具体地分析机构中的位移、速度、加速度等问题。力分析的重点放在机构的摩擦、效率和自锁问题;机构的动力分析也将加以讨论。这些主要在第二、第三章中论述。

各种常用机构的工作原理与设计 着重研究最常用的机构,包括连杆机构、凸轮机构、齿轮机构,此外也讨论几种其它常用机构。对于每种机构,一方面研究其工作原理、运动特性,另一方面研究如何按照给定的运动要求来进行运动尺寸设计;这两个方面可分别称为机构分析与机构综合。第四至九章分别讨论不同类型的常用机构,第十章介绍机构选型和组合应用的基本知识。

机械的平衡与运转 这是本书第十一章与第十二章所讨论的内容。机械的平衡是指等速旋转体惯性力系的平衡以及机构各运动构件惯性力系的平衡。机械的运转讨论机械在已知力作用下的运动及其运转速度波动的调节。

以上所述的结构分析、运动分析、常用机构的原理与设计等部分可认为是属于机构学的内容;而力分析、平衡与运转可认为是属于机械动力学的内容。

配合课堂理论教学,本课程将适时进行三、四个实验;理论教学阶段结束后,还将进行另一实践性教学环节,即机械原理课程设计(详见配套教材:《机械原理实验指导书》、《机械原理课程设计指导书》)。

本课程的性质、任务和地位

《机械原理》课程是机械类各专业学生必修的研究机械共性问题的一门主干技术基础课。

本课程的任务是使学生掌握机构学和机械动力学的基本理论、基本知识和基本技能,并初步具有拟定机械运动方案、分析和设计机构的能力。本课程在培养高级工程技术人才的全局中,具有增强学生对机械技术工作的适应能力和开发创造能力的作用。

本课程与各门前修课中的《理论力学》关系最为密切,许多问题都是在《理论力学》基础上更具体地结合机械实际进行研究和应用。《机械原理》是具有独立系统的课程,同时,其中一些

内容也是后续课程的预备知识。例如,机械零件设计课、几何量公差与测量课都要用到本课中有关齿轮的啮合原理和几何计算;高年级选修课以及研究生课,如平面机构综合、空间机构学、高等机械原理等,都与本课程有密切联系。

如何学好本课

在本课的学习过程中,要用到数学、物理、理论力学、机械制图以及金属工艺学等课程的知识,其中与本课联系得最密切的是理论力学。因此,要适时回顾先修课中的有关内容(如刚体的平面运动、点的复合运动、力系的特征量、力系的简化与平衡、动能定理、达朗伯原理等),避免由于基本概念和基础理论的生疏而影响学习的深入。但同时应注意,本课程在应用先修课基本理论研究机构的实际问题时也形成了自己的体系和方法。因此,要注意掌握本课程中不同于先修课的一些方法,即使是各种物理量的代表字符,也要努力适应本课程的惯例。

本课程无论在课堂上还是在教材中,机构大都用简图来表示,初学者若缺乏对实际机械的感性认识,可能会觉得抽象。所以同学们应该利用一切机会注意观察机械实物,以弥补感性知识的不足。这样做将对学好本课程有很大作用。

机构和运动这两个概念总是联系在一起的。面对一幅机构简图,如果只看成是几段静止不动的线条就不能学好本课程。学习本课程除了要运用抽象思维,更应注意形象思维。一般来说,看到机构简图时就要想它的各个构件是怎样“动”的,要练习运用形象思维能力把静止画面中的机构看得“动”起来,在脑中现出动的表象。

随手勾画与机构有关的图形并力求大体成比例,这对于学好本课也是很有用的。对于一些关系式,如果是死记硬背而不能由图形推出或用图形表达,就不能说是学到了手。能够相当准确地徒手画出表达设计意图的图形,是工程师必须具备的能力。

本学科有许多很好的教材和参考书,但对初学者来说,宜以一种教材为主来钻研,系统掌握其基本思路后,再借助其它书籍的对照和补充使学业得以拓宽和提高。不然,很可能会感到思路繁多,徒增学习难度。

希望各位同学根据不同条件运用以上提供参考的学习方法,以饱满的热情和充沛的精力学好本课程,同时学好其它有关课程,为发展自己在机械学方面的创造性能力而下一翻苦功,以便能很好地为祖国现代化事业多做贡献。

(关于机械原理学科的发展,可在修毕本课或学习各章后,参阅附录一)

第一章 平面机构的结构分析

第一节 基本概念

一、构件

任何用来传递运动或传递动力的机械都必然包含有相对于机座可运动的系统。一般来说,这种可动系统是由一系列运动单元体组合而成的,这种运动单元体称为**构件**。构件可能是由一个零件构成,但通常是由若干个零件刚性装配而成。零件是加工制造的最小单元,构件是运动的最小单元。当可以不考虑构件自身变形时,则称为刚性构件,本书在不作特殊说明时提及的构件,均指刚性构件。

二、运动副

若将两构件按照一定方式联接起来,且使相互联接的两构件仍能产生某种形式的相对运动,则把这种可动联接称为**运动副**,并把两构件上参与接触而构成运动副的部分称为**运动副元素**。如图 1-1 所示,轴颈 1 与轴承 2 的配合、滑块 3 与导轨 4 的接触、齿轮 5 的齿面与齿轮 6 齿面的啮合,都构成了运动副,其中运动副元素分别为内外圆柱面及平面、内外棱柱面、两轮轮齿齿曲面。

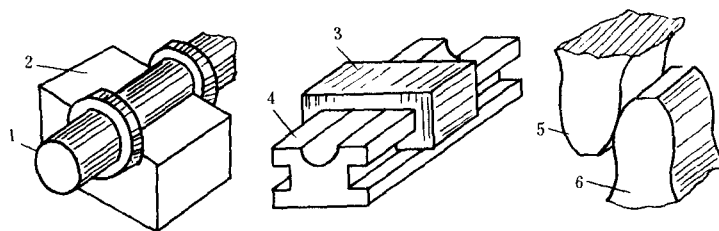


图 1-1 运动副、运动副元素

1——轴颈 2——轴承 3——滑块 4——导轨 5——轮齿 6——轮齿

三、自由度、约束

两构件间所容许的独立相对运动的个数称为**自由度**。在平面内作自由运动的两构件间具有 3 个独立的相对运动;在三维空间作自由运动的两构件间具有 6 个独立的相对运动。当两构件可动联接构成运动副后,两构件间的某些相对运动便受到限制,使某些相对运动成为不可能。运动副对构件间相对运动的限制作用称为**约束**。对构件施加的约束个数等于其自由度减少的个数。运动副的自由度 f 与运动副的类型有关,最少为 1,最多为 5,即 $1 \leq f \leq 5$ 。

思考与讨论: 图 1-1 所示的运动副中,哪些相对运动受到了限制?

四、运动副类型

最常用的运动副有移动副(图 1-2)、转动副(图 1-3)、平面高副(图 1-4),另外,常用的还有螺旋副(图 1-5)、圆柱副(图 1-6)、球面副(图 1-7)、球销副(图 1-8),等等。通常,把由面接触而构成的运动副统称为低副;把由点、线接触而构成的运动副称为高副。移动副、转动副都是低副,其自由度 $f=1$;平面高副、圆柱副、球销副,其自由度 $f=2$;球面副的自由度 $f=3$;值得注意的是,螺旋副的自由度 $f=1$,而不是 2。

思考与讨论:构成螺旋副的两构件之间,作相对转动的同时还作相对移动,为什么说螺旋副只有 1 个自由度?

为便于工程上的交流,对运动副规定了简单的表示符号。图 1-2~图 1-8 各图右部为运动副简图,左部为结构示例。当运动副中的某个构件被视为机架固定不动时,其表示方法是在该构件上标出斜线。

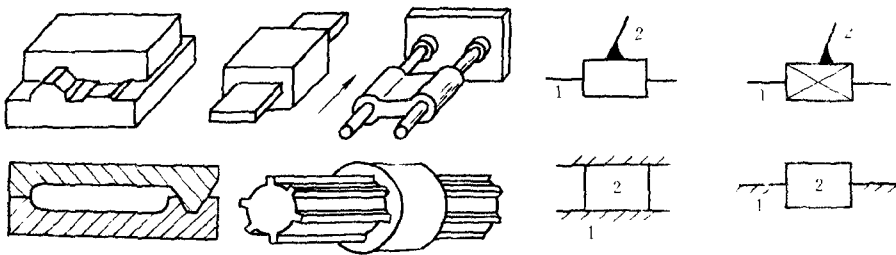


图 1-2 移动副 ($f=1$)

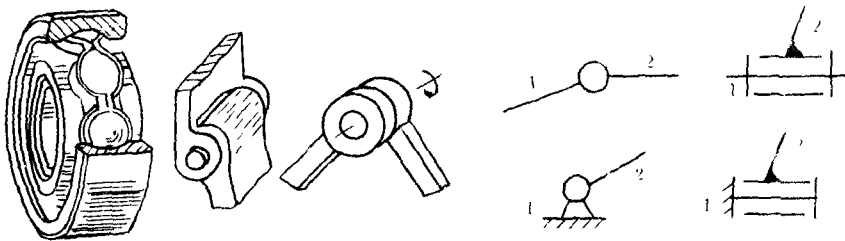


图 1-3 转动副 ($f=1$)

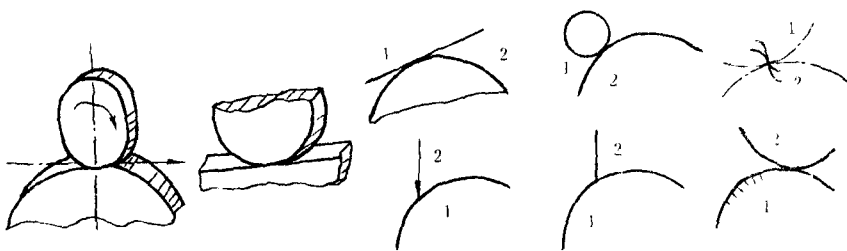


图 1-4 平面高副 ($f=2$)

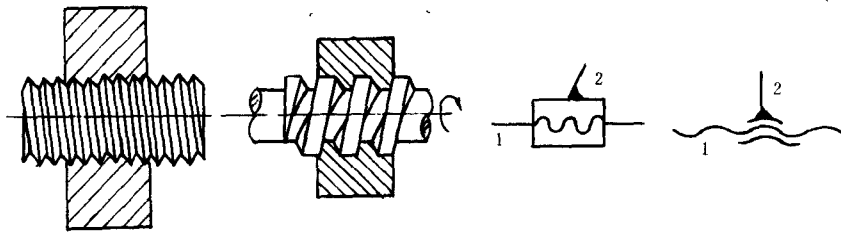


图 1-5 螺旋副 ($f=1$)

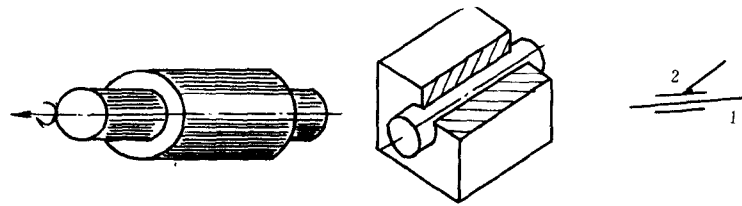


图 1-6 圆柱副 ($f=2$)

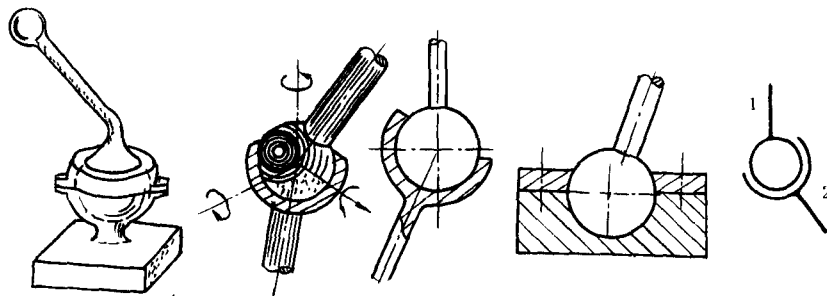


图 1-7 球面副 ($f=3$)

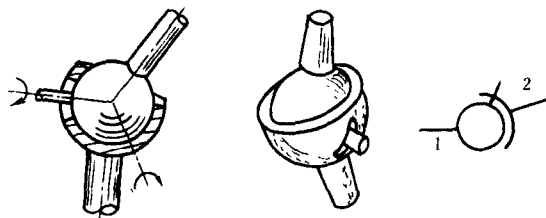


图 1-8 球销副 ($f=2$)

五、运动链

把由若干个构件通过运动副联接而成的相互间可作相对运动的系统称为运动链。若运动

链的各构件构成了首尾封闭的系统,如图 1-9(a)、(b)、(d)所示,则称为闭式运动链,简称闭链;反之,若未构成首尾封闭的系统,如图(c)、(e)、(f)所示,则称为开式运动链,简称开链。对于闭链而言,各构件上至少有两个运动副元素;对于开链而言,至少存在一个只有一个运动副元素的构件。图 1-9 中(a)、(b)、(c)所示为平面运动链;图(d)、(e)、(f)所示为空间运动链。

应当注意,图 1-10 所示的系统虽然也是由构件和运动副组成的,但各构件间均不能作相对运动,因此,不是运动链而是桁架,该系统在运动上只相当于一个构件。关于运动链的定义,各书不尽一致。本书的定义将桁架排除在运动链之外,意在强调运动链的运动属性。

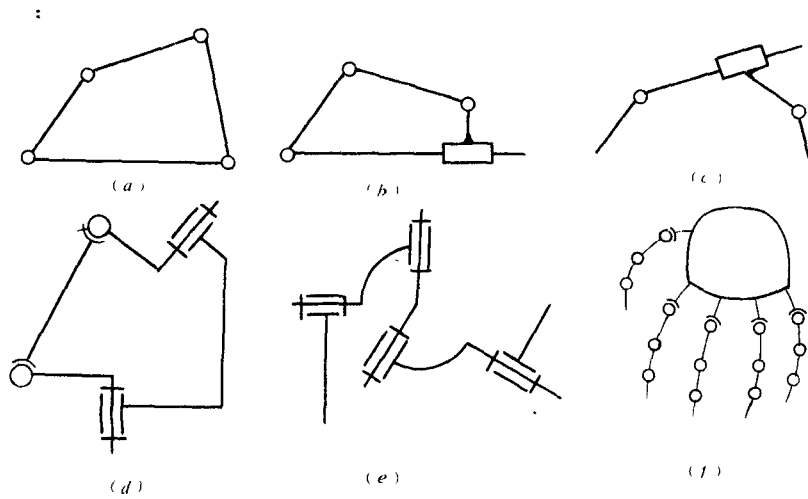


图 1-9 运动链
(a) (b)——平面闭链 (c)——平面开链 (d)——空间闭链 (e)、(f)——空间开链

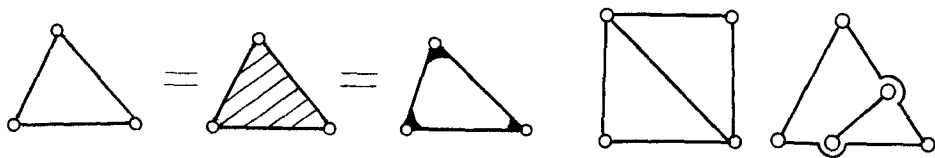


图 1-10 桁架

六、机构

在运动链中,若选定某构件为机架,且各构件具有确定的运动,则称该运动链为机构。

机架是固定不动的构件。安装在诸如车辆、船舶、飞机等运动物体上的机构,则机架相对于该运动物体是固定不动的。

机构中各构件的运动平面若互相平行,则称为平面机构,例如图 1-11 所示;若机构中至少有一构件不在相互平行的平面上运动,或至少有一构件能在三维空间中运动,则称为空间机构,例如图 1-12 所示。

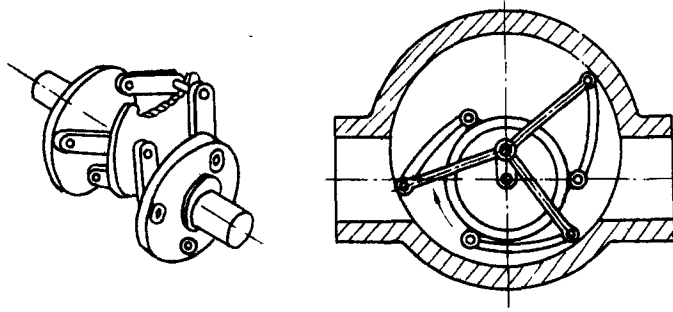


图 1-11 平面机构示例

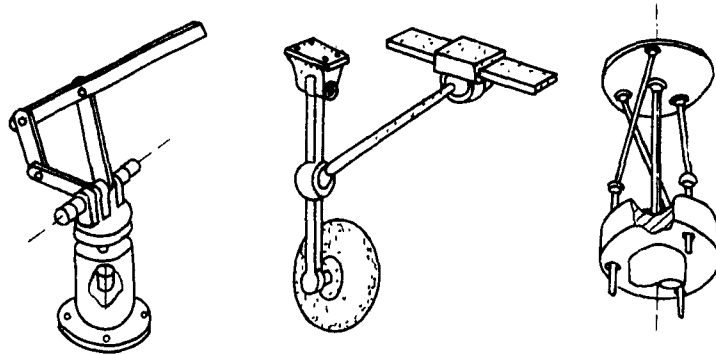


图 1-12 空间机构示例

第二节 机构运动简图

机构运动简图是用运动副代表符号和简单线条来反映机构运动关系的简图。与零件图和装配图不同,机构运动简图所反映的主要信息是:机构中构件的数目、运动副的类型和数目、各构件运动副元素的相对位置即运动尺寸、机架及主动件。而对于构件的外形、断面尺寸、组成构件的零件数目及固联方式,在画机构运动简图时均不予考虑。

机构运动简图应与原机械具有相同的运动特性,因此须按一定的比例尺来画。在机械原理学科中,长度比例尺通常采用如下定义形式

$$\mu_l = \frac{\text{运动尺寸的实际长度(米或毫米数)}}{\text{图上所画的长度(毫米数)}} \quad \frac{\text{m}}{\text{mm}} \text{ 或 } \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$$

严格按照比例尺正确画出的机构运动简图,可作为图解运动分析的依据。有时只是为了表明机构的构成情况或说明其动作原理,则可以不严格地按比例绘制,这样的机构简图只是一种示意图。

正确绘制机构运动简图,是工程技术人员的一种基本技能。将配合本节内容进行一次机构运动简图测绘实验。作为资料与参考,将一部分机构简图的常用画法列于表 1-1 中。

表 1-1 部分机构简图常用画法

名称	简图	名称	简图
杆		链传动	
轴			
固定支座		外啮合圆柱 齿轮机构	
两副杆块		内啮合圆柱 齿轮机构	
弹性联轴节		齿轮齿条传动	
万向联轴节			
啮合式联轴器		蜗杆蜗轮传动	
摩擦式联轴器			
压缩弹簧		圆锥齿轮传动	
拉伸弹簧			
在支架上的电机		凸轮机构	
带传动		棘轮机构	

例 1-1 画出图 1-13(a)所示机构的运动简图。

解 仔细考察图(a)简易冲床机构各构件间的运动关系,特别应注意偏心轮所反映的运动关系,运动简图如图(b)所示。

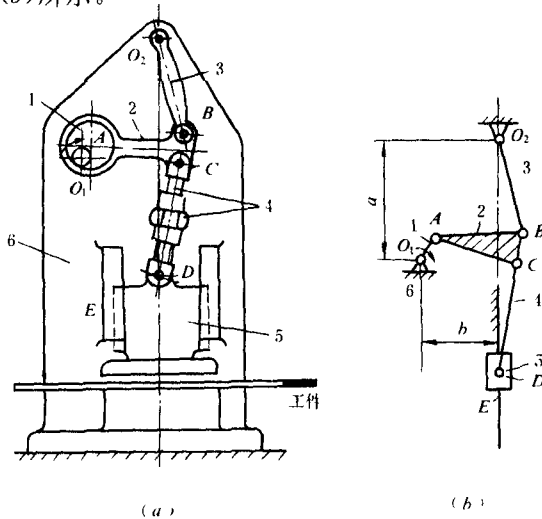


图 1-13 (例 1-1 附图)

1——偏心轮(主动件、原动件) 2——连杆 3——摇杆 4——长度可调连杆
5——滑块(装有冲头) 6——机架

第三节 机构具有确定运动的条件

机构具有确定的运动是指,当机构的原动件按给定的运动规律运动时,该机构中的其余运动构件也都随之作相应的运动。为按一定的要求进行运动的传递及变换,必须使机构具有确定的运动。

判别一个机构是否具有确定的运动,与机构的自由度及给定的原动件数目有关。所谓机构的自由度,通常定义为机构具有确定运动时所必须给定的独立运动参数的数目。

不难看出,图 1-14(a)中的四杆机构,只要给定 1 个运动参数(即给定 1 个原动件),如给定构件 1 的角位移 φ_1 ,则其余构件的位置便都是完全确定的。该机构具有 1 个自由度。

图(b)中的五杆机构,若也只给定 1 个原动件,如构件 1 的角位移 φ_1 ,其余构件的位置并不能确定。很明显,当构件 1 占有位置 AB 时,构件 2、3、4 既可分别占有位置 BC、CD、DE,也可

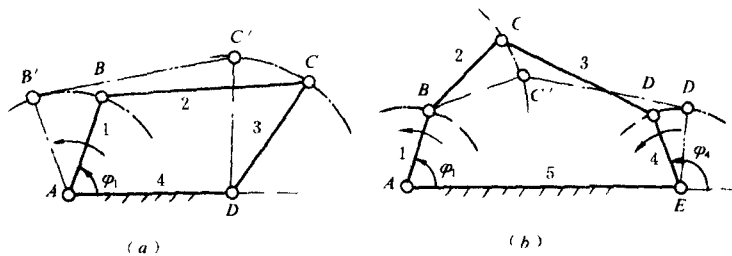


图 1-14 机构的运动确定性

(a)——须给定 1 个独立的运动参数如 φ_1 (须有 1 个原动件如 1)

(b)——须给定 2 个独立的运动参数如 φ_1, φ_4 (须有 2 个原动件如 1、4)