



普通高等教育“十五”国家级规划教材

机械原理

Theory of Machines and Mechanisms

第七版

西北工业大学机械原理
及机械零件教研室 编

● 主 编 孙 桓 陈作模 葛文杰



高等教育出版社

TH111
25=3

普通高等教育“十五”国家级规划教材

机械原理

(第七版)

西北工业大学机械原理及机械零件教研室 编

主编 孙 桓 陈作模 葛文杰

高等教育出版社

内容提要

本书是在普通高等教育“九五”国家级重点教材孙桓、陈作模主编的《机械原理》(第六版)的基础上,根据高等工科院校机械原理课程最新教学基本要求,并结合多年来的教学实践经验及我国机械工业发展的需要修订而成的。本书保持了原书的一贯特色,系统严密、叙述清晰、概念正确、措辞严谨、图表规范、文笔流畅、可读性好,便于学生学习和其他工程技术人员自学,具有良好的教学适用性。同时,还将某些已较为成熟的新技术、新成果、新观念充实到教材内容中,使教材在内容上保持了先进性。此外,在本版中也更重视了教材内容的工程性、实用性和启发性。例如,为了适应现代机械工程的需要,加强了解析法和机构的动力学;为了联系工程实际,启迪学生思维,增加了较多的工程应用实例等,从而使得教材内容更加丰富。

全书共 14 章,内容包括绪论、机构的结构分析、平面机构的运动分析、平面机构的力分析、机械的效率和自锁、机械的平衡、机械的运转及其速度波动的调节、平面连杆机构及其设计、凸轮机构及其设计、齿轮机构及其设计、齿轮系及其设计、其他常用机构、工业机器人机构及其设计、机械系统的方案设计。章后还附有思考题及练习题和阅读参考资料。

本书可作为高等院校机械类专业的教材,也可供其他相关专业的师生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理/孙桓,陈作模,葛文杰主编;西北工业大学机械原理及机械零件教研室编. —7 版. —北京:高等教育出版社,2006.5

ISBN 7-04-019210-1

I. 机… II. ①孙…②陈…③葛…④西…
III. 机构学-高等学校-教材 IV. TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 032147 号

策划编辑 卢 广 责任编辑 贺 玲 封面设计 张申申 责任绘图 朱 静
版式设计 范晓红 责任校对 王 雨 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京凌奇印刷有限责任公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 19.25
字 数 470 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 1959 年 6 月第 1 版
2006 年 5 月第 7 版
印 次 2006 年 5 月第 1 次印刷
定 价 23.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19210-00

第七版序

本书是在前六版的基础上,根据近几年教学实践的经验和当前教学改革以及我国机械工业发展的需要修订而成的。

为了方便教学,此次修订基本上维持了第六版教材的总的体系,只是在各章的具体内容方面进行了适当的增删与革新。例如,为了适应在现代化自动机械中广泛采用连杆机构的现状,加强了连杆机构一章的内容,而对于类似凸轮机构中现已无太大实用价值的作图法设计等内容,则进行了删除与简化。又如,由于现代机械的高速运转,机构动力学问题乃至减振降噪等问题已普遍受到重视,因而本版在这方面增加了一些基本知识。再如,关于机构的优化设计、机械系统的设计等方面,也作了适当的增加。

本书大致按 70 学时编写,但据了解一般院校的实际学时数均达不到此数,故在使用本书时应根据各院校自身的情况和不同的专业要求,对教材内容进行取舍,书中加 * 号的小字部分即为选讲选学内容。而第 14 章机械系统的方案设计,最好结合机械原理的课程设计一同进行,以期收到较好的教学效果。

此处,还要顺便敬告使用本书的教师与同学,为了与本教材配套使用,我们同时还编辑出版有《机械原理电子教案》(光盘)、《机械原理学习指南》(第五版)、《机械原理辅助学习指导系统》(光盘)、《机械原理作业集》(第三版)及《机械原理课程设计》(光盘)等辅助教材。这些辅助教材与本教材的配套使用,实质上形成了一套传统的教学方式与现代化的教学手段相结合的立体化教材。而这套立体化教材的应用,不论对教师的教学,还是同学们的学习,都将会提供方便,从而提高教学和学习效率,乃至总体的教学质量。

本书由孙桓、陈作模、葛文杰主编。参加本书修订工作的有孙桓、陈作模(第 1、5、11 章)、葛文杰(第 2、3、4、8、13 章)、苏华(第 6、7 章)、张永红(第 9 章)、王三民(第 10 章)、董海军(第 12 章)、李树军(第 14 章)。

本书承张春林教授精心审阅,提供了不少宝贵的意见,特致以衷心感谢。

本书难免仍有漏误及不当之处,敬请各位机械原理教师及广大读者,不吝指正。

西北工业大学
机械原理及机械零件教研室
2005 年 12 月

目 录

第1章 绪论	1	§4-4 不考虑摩擦时机构的力分析	57
§1-1 本课程研究的对象及内容	1	§4-5 考虑摩擦时机构的受力分析	63
§1-2 学习本课程的目的	2	思考题及练习题	63
§1-3 如何进行本课程的学习	3	阅读参考资料	67
§1-4 机械原理学科发展现状简介	3	第5章 机械的效率和自锁	68
第2章 机构的结构分析	5	§5-1 机械的效率	68
§2-1 机构结构分析的内容及目的	5	§5-2 机械的自锁	71
§2-2 机构的组成	5	思考题及练习题	74
§2-3 机构运动简图	9	阅读参考资料	76
§2-4 机构具有确定运动的条件	12	第6章 机械的平衡	77
§2-5 机构自由度的计算	13	§6-1 机械平衡的目的及内容	77
§2-6 计算平面机构自由度时应注意的 事项	15	§6-2 刚性转子的平衡计算	78
§2-7 平面机构的组成原理、结构分类及 结构分析	18	§6-3 刚性转子的平衡实验	80
§2-8 机构结构的型综合及其设计	21	§6-4 转子的许用不平衡量	82
思考题及练习题	24	§6-5 平面机构的平衡	84
阅读参考资料	29	思考题及练习题	87
第3章 平面机构的运动分析	30	阅读参考资料	89
§3-1 机构运动分析的任务、目的和 方法	30	第7章 机械的运转及其速度波动的 调节	90
§3-2 用速度瞬心法作机构的速度 分析	30	§7-1 概述	90
§3-3 用矢量方程图解法作机构的 速度及加速度分析	32	§7-2 机械的运动方程式	92
§3-4 综合运用瞬心法和矢量方程图 解法对复杂机构进行速度分析	36	§7-3 机械运动方程式的求解	96
§3-5 用解析法作机构的运动分析	37	§7-4 稳定运转状态下机械的周期性 速度波动及其调节	99
思考题及练习题	43	§7-5 机械的非周期性速度波动及其 调节	102
阅读参考资料	48	§7-6 考虑构件弹性时的机械动力学 简介	103
第4章 平面机构的力分析	49	思考题及练习题	107
§4-1 机构力分析的任务、目的和 方法	49	阅读参考资料	108
§4-2 构件惯性力的确定	50	第8章 平面连杆机构及其设计	109
§4-3 运动副中摩擦力的确定	52	§8-1 连杆机构及其传动特点	109
		§8-2 平面四杆机构的类型和应用	110
		§8-3 平面四杆机构的基本知识	116
		§8-4 平面四杆机构的设计	125

§ 8-5 多杆机构	139	阅读参考资料	236
思考题及练习题	144	第 12 章 其他常用机构	237
阅读参考资料	150	§ 12-1 棘轮机构	237
第 9 章 凸轮机构及其设计	151	§ 12-2 槽轮机构	240
§ 9-1 凸轮机构的应用和分类	151	§ 12-3 擒纵机构	244
§ 9-2 推杆的运动规律	153	§ 12-4 凸轮式间歇运动机构	245
§ 9-3 凸轮轮廓曲线的设计	160	§ 12-5 不完全齿轮机构	246
§ 9-4 凸轮机构基本尺寸的确定	164	§ 12-6 星轮机构	248
§ 9-5 高速凸轮机构简介	169	§ 12-7 非圆齿轮机构	249
思考题及练习题	171	§ 12-8 螺旋机构	251
阅读参考资料	173	§ 12-9 万向铰链机构	252
第 10 章 齿轮机构及其设计	174	§ 12-10 组合机构	254
§ 10-1 齿轮机构的特点及类型	174	§ 12-11 含有某些特殊元件的广义 机构	258
§ 10-2 齿轮的齿廓曲线	175	思考题及练习题	260
§ 10-3 渐开线齿廓及其啮合特点	177	阅读参考资料	262
§ 10-4 渐开线标准齿轮的基本参数和 几何尺寸	179	* 第 13 章 工业机器人机构及其设计	263
§ 10-5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合 传动	182	§ 13-1 概述	263
§ 10-6 渐开线齿廓的切制原理与根切 现象	186	§ 13-2 工业机器人操作机的分类及主 要技术指标	263
§ 10-7 渐开线变位齿轮简介	189	§ 13-3 机器人操作机的运动分析	267
§ 10-8 斜齿圆柱齿轮传动	193	§ 13-4 机器人操作机的静力和动力 分析	273
§ 10-9 直齿锥齿轮传动	198	§ 13-5 工业机器人操作机机构的设 计	273
§ 10-10 蜗杆传动	201	思考题及练习题	275
§ 10-11 其他齿轮传动简介	203	阅读参考资料	277
§ 10-12 齿轮机构动力学简介	207	第 14 章 机械系统的方案设计	278
思考题及练习题	209	§ 14-1 概述	278
阅读参考资料	213	§ 14-2 机械工作原理的拟定	279
第 11 章 齿轮系及其设计	214	§ 14-3 执行构件的运动设计和原动机 的选择	281
§ 11-1 齿轮系及其分类	214	§ 14-4 机构的选型和变异	284
§ 11-2 定轴轮系的传动比	215	§ 14-5 机构的组合	287
§ 11-3 周转轮系的传动比	216	§ 14-6 机械系统方案的拟定	289
§ 11-4 复合轮系的传动比	219	§ 14-7 机械系统方案拟定举例	292
§ 11-5 轮系的功用	220	§ 14-8 现代机械系统发展情况简介	296
§ 11-6 行星轮系的效率	223	思考题及练习题	296
§ 11-7 行星轮系的类型选择及设计的 基本知识	225	阅读参考资料	297
§ 11-8 其他新型行星齿轮传动简介	229	参考文献	298
思考题及练习题	232		

第1章 绪 论

§ 1-1 本课程研究的对象及内容

本课程名为“机械原理”(theory of machines and mechanisms),其研究的对象是机械,研究的内容则是有关机械的基本理论问题。

机械(machinery)是机器(machine)和机构(mechanism)的总称。我们对机构并不陌生,在理论力学等课程中已对一些机构(如连杆机构、齿轮机构等)的运动学及动力学问题进行过研究。在工程实际中,常见的机构还有带传动机构、链传动机构、凸轮机构、螺旋机构等。各种机构都是用来传递与变换运动和力的可动的装置。至于机器则都是根据某种使用要求而设计的执行机械运动的装置,可用来变换或传递能量、物料和信息。如电动机或发电机用来变换能量、加工机械用来变换物料的状态、起重运输机械用来传递物料、计算机用来变换信息等。

在日常生活和生产中,我们都接触过许多机器。各种不同的机器具有不同的形式、构造和用

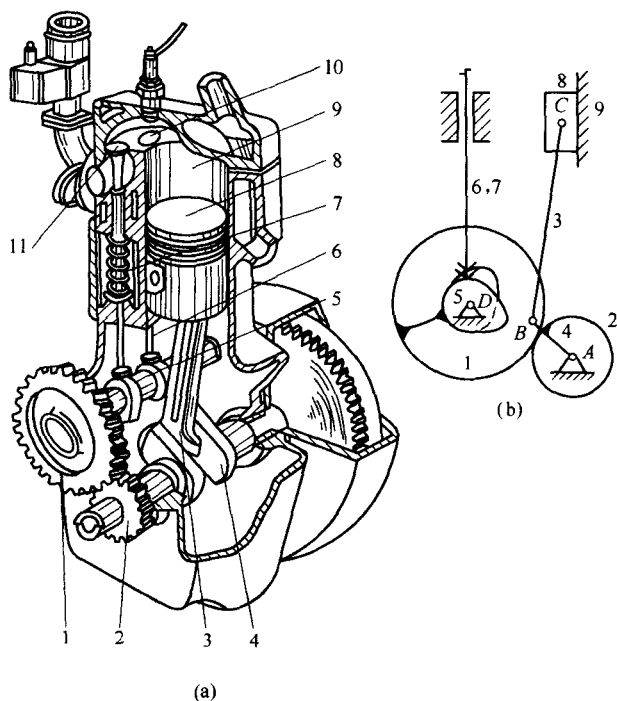


图 1-1

途,但通过分析可以看到,这些不同的机器就其组成来说,却都是由各种机构组合而成的。例如图1-1所示的内燃机就包含着由气缸9、活塞8、连杆3和曲轴4所组成的连杆机构,由齿轮1和2所组成的齿轮机构以及由凸轮轴5和阀门推杆6、7所组成的凸轮机构等。图1-2a所示为工件自动装卸装置,其中包含着带传动机构、蜗杆传动机构、凸轮机构和连杆机构等。由电动机通过各机构的传动而使滑杆向左移运时,滑杆上的动爪和定爪将工件夹住。当滑杆带着工件向右移动(图1-2b)到一定位置时,夹持器的动爪受挡块的压迫将工件松开,于是工件落于工件载送器上,被送到下道工序。

所以可以说,机器是一种可用来变换或传递能量、物料与信息的机构的组合。

本课程研究的内容主要包括以下几个方面:

(1) 机构结构分析的基本知识

首先研究机构是怎样组成的以及机构具有确定运动的条件;其次研究机构的组成原理及机构的结构分类;最后研究如何用简单的图形把机构的结构状况表示出来,即如何绘制机构运动简图的问题。

(2) 机构的运动分析

对机构进行运动分析,是了解现有机件运动性能的必要手段,也是设计新机械的重要步骤。本课程将介绍对机构进行运动分析的基本原理和方法。

(3) 机器动力学

机器动力学研究的内容主要是两类基本问题:其一是分析机器在运转过程中其各构件的受力情况以及这些力的做功情况;其二是研究机器在已知外力作用下的运动、机器速度波动的调节和不平衡惯性力的平衡问题。

(4) 常用机构的分析与设计

对常用机构的运动及工作特性进行分析,并探索其设计方法。另外,对机器人机构也作了简要的介绍。

(5) 机械系统的方案设计

最后,本课程将讨论在进行具体机械设计时机构的选型、组合、变异及机械系统的方案设计等问题,以便对这方面的问题有一个概略的了解,并初步具有拟定机械系统方案的能力。

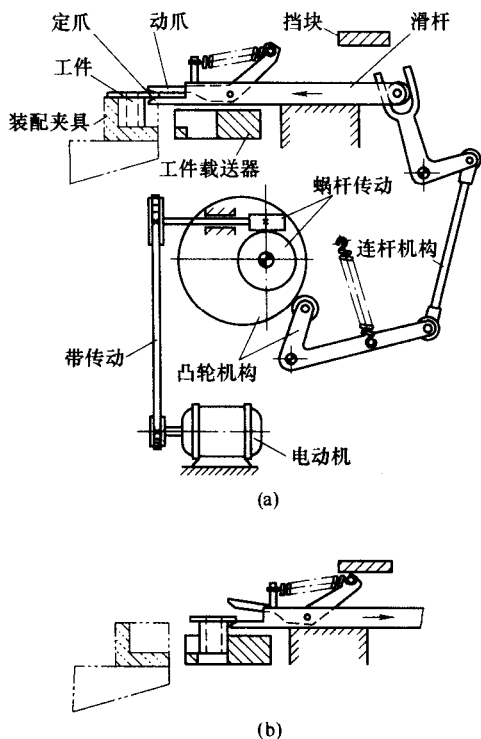


图1-2

§1-2 学习本课程的目的

作为机械类各专业的同学,在今后的学习和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有关机械的基础知识,所以它是机械类各专业必修的一门

重要的技术基础课程。

现代世界各国间的竞争主要表现为综合国力的竞争。要提高我国的综合国力,就要在一切生产部门实现生产的机械化和自动化,这就需要创造出大量的、种类繁多的、新颖优良的机械来装备各行各业,为各行业的高速发展创造有利条件。而任何新技术、新成果的获得,莫不有赖于机械工业的支持。所以,机械工业是国家综合国力发展的基石。

为了满足各行各业和广大人民群众日益增长的新需求,就需要创造出越来越多的新产品,故现代机械工业对创造型人才的渴求与日俱增。机械原理课程在培养机械方面的创造型人才中将起到不可或缺的重要作用。

§ 1-3 如何进行本课程的学习

在进行本课程的学习时,首先应当注意,机械原理课程是一门技术基础课程。一方面它较物理、理论力学等理论课程更加结合工程实际;另一方面,它又与专业机械的课程有所不同,它不具体研究某种机械,而只是对各种机械中的一些共性问题 and 常用的机构进行较为深入的探讨。为了学好本课程,在学习过程中,同学们就要着重注意搞清基本概念,理解基本原理,掌握机构分析和综合^①的基本方法。

其次,本课程中对于机械的研究是通过以下两大内容来进行的:

- 1) 研究各种机构和机器所具有的一般共性问题。如机构的组成理论、机构运动学、机器动力学等。
- 2) 研究各种机器中常用的一些机构的性能及其设计方法,以及机械系统方案设计的问题。

第三,要注意培养自己运用所学的基本理论和方法去发现、分析和解决工程实际问题的能力。解决工程实际问题往往可以采用多种方法,所得结果一般也不是唯一的,这就涉及到分析、对比、判断和决策的问题。对事物的分析、判断、决策的能力是一个工程技术人员所必须具备的基础能力,在学习中必须刻意加以培养。

最后,工程问题都是涉及多方面因素的综合问题,故要养成综合分析、全面考虑问题的习惯。另外,工程问题都要经过实践的严格考验,不允许有半点疏忽大意,故在学习中就要坚持科学严谨的、一丝不苟的工作作风,认真负责的工作态度,讲求实效的工程观点。

§ 1-4 机械原理学科发展现状简介

当今世界正经历着一场新的技术革命,新概念、新理论、新方法、新工艺不断出现,作为向各行各业提供装备的机械工业,也得到了迅猛的发展。

现代机械日益向高速、重载、高精度、高效率、低噪声等方向发展,对机械提出的要求也越来越苛刻。有的需用于宇宙空间,有的要在深海作业,有的小到能沿人体血管爬行,有的又是庞然大物,有的速度数倍于声速,有的又要作亚微米级甚至纳米级的微位移,如此等等。处于机械工

^① 综合与设计具有相似的意义。在机械原理中常把不考虑零件的材料、强度、结构及工艺性的机构运动尺寸的设计称为综合。

业发展前沿的机械原理学科,为了适应这种情况,新的研究课题与日俱增,新的研究方法日新月异。

为适应生产发展的需要,当前在自控机构、机器人机构、仿生机构、柔性及弹性机构和机电光液广义机构等的研制上有很大进展。在机械的分析与综合中,也由只考虑其运动性能过渡到同时考虑其动力性能;考虑到机械在运转时构件的振动和弹性变形,运动副中的间隙和构件的误差对机械运动及动力性能的影响;以及如何对构件和机械进一步作好动力平衡的问题等。

在连杆机构方面,重视了对空间连杆机构、多杆多自由度机构、连杆机构的弹性动力学和连杆机构的动力平衡的研究;在齿轮机构方面,发展了齿轮啮合原理,提出了许多性能优异的新型齿廓曲线和新型传动,加快了对高速齿轮、精密齿轮、微型齿轮的研制;在凸轮机构方面,十分重视对高速凸轮机构的研究,为了获得动力性能好的凸轮机构,在凸轮机构推杆运动规律的开发、选择和组合上作了很多工作。此外,为了适应现代机械高速度、快节拍、优性能的需要,还发展了高速高定位精度的分度机构、具有优良综合性能的组合机构以及各种机构的变异和组合等。

目前,在机械的分析和综合中日益广泛地应用了计算机,发展并推广了计算机辅助设计、优化设计、考虑误差的概率设计,提出了多种便于对机械进行分析和综合的数学工具,编制了许多大型通用或专用的计算程序。此外,随着现代科学技术的发展,测试手段的日臻完善,也加强了对机械的实验研究。

总之,作为机械原理学科,其研究领域十分广阔,内涵非常丰富。在机械原理的各个领域,每年都有大量的内容新颖的文献资料涌现。但是,作为一门技术基础课程,将只研究有关机械的一些最基本的原理和方法。

第2章 机构的结构分析

§ 2-1 机构结构分析的内容及目的

机构结构分析研究的主要内容及目的是:

(1) 研究机构的组成及机构运动简图的画法

即研究机构是怎样组成的,以及为了了解机构,并对机构进行分析与综合,研究如何用简单的图形,即机构运动简图,把机构的结构状况表示出来。

(2) 了解机构具有确定运动的条件

机构要能正常工作,一般必须具有确定的运动,因而必须知道机构具有确定运动的条件。

(3) 研究机构的组成原理及结构分类

研究机构的组成原理,有利于新机构的创造,而根据组成原理,将各种机构进行结构分类,有利于对机构进行运动及动力分析和结构设计。

§ 2-2 机构的组成

1. 构件

任何机器都是由许多零件组合而成的。如图 1-1 所示的内燃机就是由气缸、活塞、连杆体、连杆头、曲柄、齿轮等一系列零件组成的。在这些零件中,有的是作为一个独立的运动单元体而运动的,有的则常常由于结构和工艺上的需要,而与其他零件刚性地连接在一起作为一个整体而运动,例如图中的连杆就是由连杆体、连杆头、螺栓、螺母、垫圈等零件刚性地连接在一起(图 2-1)作为一个整体而运动的。这些刚性地连接在一起的零件共同组成一个独立的运动单元体。机器中每一个独立的运动单元体称为一个构件^①(link)。可见,构件是组成机构的基本要素之一。所以从运动的观点来看,也可以说任何机器都是由若干个(两个以上)构件组合而成的。

2. 运动副

当由构件组成机构时,需要以一定的方式把各个构件彼此连接起来。被连接的两构件间仍

^① 此处所指构件是指刚性构件(rigid link)的简称。机器中除刚性构件外,尚有弹性构件(elastic link),如弹簧;柔性构件(flexible link),如绳、索、带等;气体构件(air link)及液体构件(hydraulic link),如气、液传动中的气体、液压油等。不过,在机械原理课程中着重讨论刚性构件。

能产生某些相对运动,这种连接显然不能是刚性的。这种由两个构件直接接触而组成的可动的连接称为运动副^① (kinematic pair),而把两构件上能够参加接触而构成运动副的表面称为运动副元素 (pairing element)。例如,轴1与轴承2的配合(图2-2)、滑块2与导轨1的接触(图2-3)、两齿轮轮齿的啮合(图2-4)等都构成了运动副。它们的运动副元素分别为圆柱面和圆孔面、棱槽面和棱柱面及两齿廓曲面。可见,运动副也是组成机构的又一基本要素。

两构件在未构成运动副之前,在空间中它们共有6个相对自由度 (degree of freedom)。当两构件构成运动副之后,它们之间的相对运动将受到约束 (constraint of kinematic pair)。运动副的自由度 (以 f 表示) 和约束数 (以 s 表示) 的关系为 $f = 6 - s$ 。

两构件构成运动副后所受到的约束数最少为1,最多为5。运动副常根据其引入约束的数目进行分类,把引入一个约束的运动副称为Ⅰ级副 (class I pairs),引入两个约束的运动副称为Ⅱ级副 (class II pairs),依此类推。

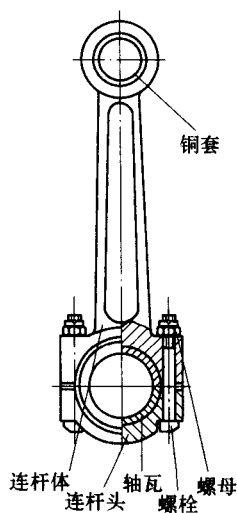


图 2-1

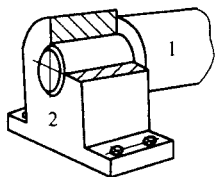


图 2-2

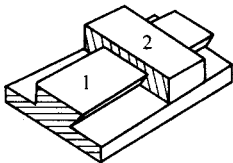


图 2-3

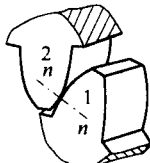


图 2-4

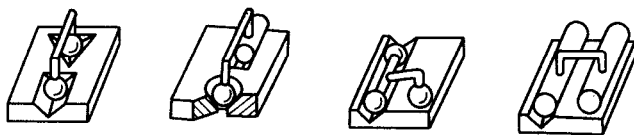
运动副还常根据构成运动副的两构件的接触情况进行分类。凡两构件通过单一点或线接触而构成的运动副统称为高副 (higher pair, 如图2-4所示的运动副)。通过面接触而构成的运动副统称为低副 (lower pair, 如图2-2和图2-3所示的运动副^②)。

为了使运动副元素始终保持接触,运动副必须封闭。凡借助于构件的结构形状所产生的几何约束来封闭的运动副称为几何封闭或形封闭运动副 (form-closed pair, 图2-2、图2-3),借助于重力、弹簧力、气液压力等来封闭的运动副称为力封闭运动副 (force-closed pair, 如图2-4所示运动副)。

① 在现代的许多微型机械和生活用品中,为了达到简化机构的结构等目的,常采用类似右图所示的柔性铰链,它允许构件两部分之间可以产生微小的相对位移,起到了运动副的作用。



② 这两种运动副也均可设计成为点、线接触的复合高副,如图所示(图a相当于回转副,图b相当于移动副)。点接触运动副主要用于精密或测试仪器中,而线、面接触运动副则主要用于一般机械中。



(a)

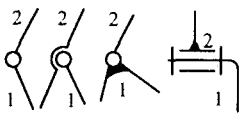
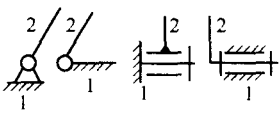
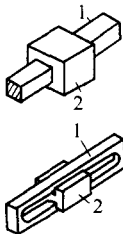
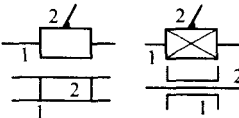
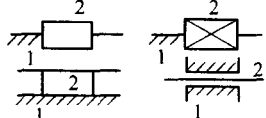
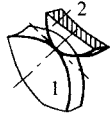
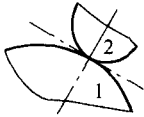
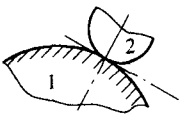
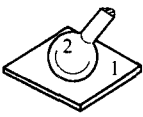
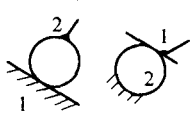
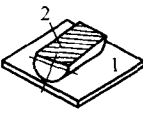
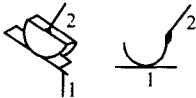
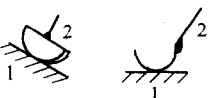
(b)

运动副还可根据构成运动副的两构件之间的相对运动的不同来进行分类。把两构件之间的相对运动为转动的运动副称为转动副或回转副(revolute pair, 图 2-2), 也称铰链(hinge)。相对运动为移动的运动副称为移动副(sliding pair, 图 2-3); 相对运动为螺旋运动的运动副称为螺旋副(helical pair, 如表 2-1 中所示螺杆 1 与螺母 2 所组成的运动副); 相对运动为球面运动的运动副称为球面副(spherical pair, 如表 2-1 中所示球头 1 与球碗 2 所组成的运动副)。

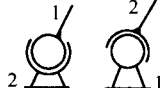
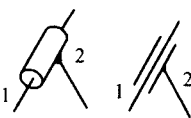
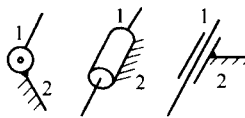
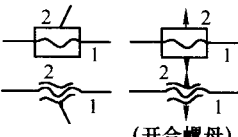
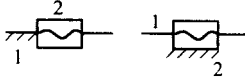
此外, 还可把构成运动副的两构件之间的相对运动为平面运动的运动副统称为平面运动副(planar kinematic pair), 两构件之间的相对运动为空间运动的运动副统称为空间运动副(spatial kinematic pair)。

为了便于表示运动副和绘制机构运动简图, 运动副常常用简单的图形符号来表示(已制定有国家标准, 见 GB 4460/T—1984)。表 2-1 为常用运动副的类型及其代表符号(图中画有阴影线的构件代表固定构件)。

表 2-1 常用运动副的模型及符号

运动副名称及代号	运动副模型	运动副级别及封闭方式	运动副符号	
			两运动构件构成的运动副	两构件之一为固定时的运动副
转动副(R)		V 级副 几何封闭		
平面运动副(P)		V 级副 几何封闭		
平面高副(RP)		V 级副 力封闭		
空间运动副				
点高副		I 级副 力封闭		
线高副		II 级副 力封闭		

续表

运动副名称 及代号	运动副 模型	运动副级别 及封闭方式	运动副符号	
			两运动构件构 成的运动副	两构件之一为 固定时的运动副
空间 运动副	平面副 (F)	Ⅲ级副 力封闭		
	球面副 (S)	Ⅲ级副 几何封闭		
	球销副	Ⅳ级副 几何封闭		
	圆柱副 (C)	Ⅳ级副 几何封闭		
	螺旋副 (H)	Ⅴ级副 几何封闭	 (开合螺母)	

3. 运动链

构件通过运动副的连接而构成的可相对运动的系统称为运动链(kinematic chain)。如果组成运动链的各构件构成了首末封闭的系统。如图 2-5a、b 所示,则称其为闭式运动链,或简称闭链(closed kinematic chain)。如组成运动链的构件未构成首末封闭的系统,如图 2-5c、d 所示,则称其为开链(open kinematic chain)。在机械中一般采用闭链,开链多用在机械手中。

此外,根据运动链中各构件间的相对运动为平面运动还是空间运动,可把运动链分为平面运动链(planar kinematic chain)和空间运动链(spatial kinematic chain)两类,分别如图 2-5a、c 及图 2-5b、d 所示。

4. 机构

在运动链中,如果将其中某一构件加以固定而成为机架(fixed link),则该运动链便成为机构,如图 2-6 所示。一般情况下,机架相对于地面是固定不动的,但若机械是安装在车、船、飞机等

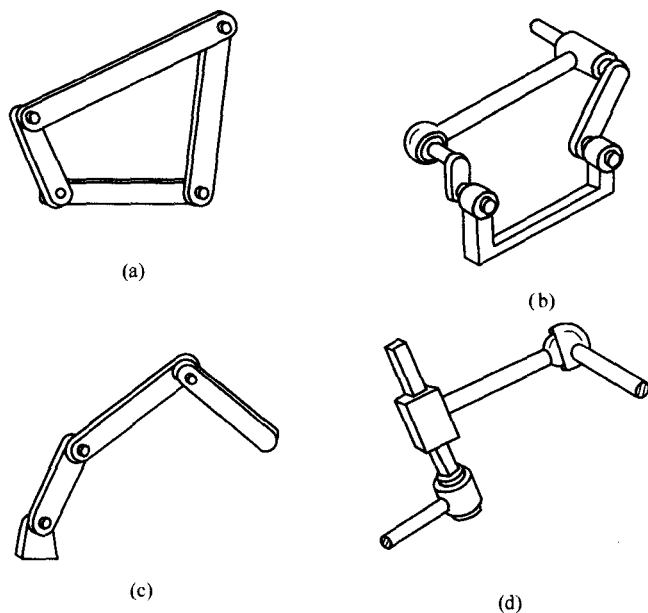


图 2-5

上时,那么机架相对于地面则可能是运动的。机构中按给定的已知运动规律独立运动的构件称为原动件(driving link),常在其上画转向箭头表示。而其余活动构件则称为从动件(drived link),从动件的运动规律决定于原动件的运动规律和机构的结构及构件的尺寸。

机构也可分为平面机构和空间机构两类,其中平面机构应用最为广泛。

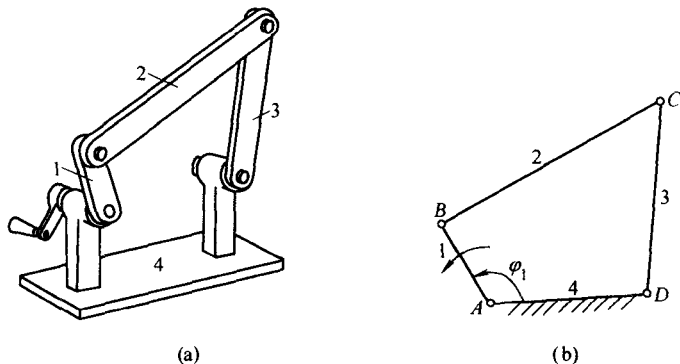


图 2-6

§ 2-3 机构运动简图

在对现有机械进行分析或设计新机械时,都需要绘出其机构运动简图。由于机构各部分的运动是由其原动件的运动规律、该机构中各运动副的类型和机构的运动尺寸(确定各运动副相对位置的尺寸)来决定的,而与构件的外形(高副机构的运动副元素除外)、断面尺寸、组成构件的零

件数目及固连方式等无关,所以只要根据机构的运动尺寸,按一定的比例尺定出各运动副的位置,就可以用运动副及常用机构运动简图的代表符号(表2-2)和一般构件的表示方法(表2-3)将机构的运动传递情况表示出来。这种用以表示机构运动传递情况的简化图形称为机构运动简图(kinematic diagram of mechanism)。图2-6b就是图2-6a所示机构的机构运动简图。根据机构运动简图将使了解机械的组成及对机械进行运动和动力分析变得十分简便。

表2-2 常用机构运动简图符号

在支架上的电动机		齿轮齿条传动	
带传动		圆锥齿轮传动	
链传动		圆柱蜗杆传动	
摩擦轮传动		凸轮传动	
外啮合圆柱齿轮传动		槽轮机构	
内啮合圆柱齿轮传动		棘轮机构	

如果只是为了表明机械的结构状况,也可以不按严格的比例来绘制简图,通常把这样的简图称为机构示意图。

表2-3 一般构件的表示方法

杆、轴类构件	
固定构件	

续表

同一构件	
两副构件	
三副构件	

在绘制机构运动简图时,首先要将该机械的实际构造和运动传递情况搞清楚。为此,需首先定出其原动件和执行构件(execute link or output link,即直接执行生产任务的构件或最后输出运动的构件),然后再循着运动传递的路线搞清楚原动件的运动是怎样经过传动部分传递到执行构件的,从而认清该机械是由多少构件组成的,各构件之间组成了何种运动副以及它们所在的相对位置(如转动副中心的位置、移动副导路的方位和平面高副接触点的位置等),这样才能正确绘出其机构运动简图。

为了将机构运动简图表示清楚,一般选择机械多数构件的运动平面为视图平面,允许把机械不同部分的视图展开到同一视图面上,或为难于表示清楚的部分另外绘制一个局部简图。总之,以能简单清楚地把机械的结构及运动传递情况正确地表示出来为原则。

在选定视图平面和机械原动件的某一适当位置后,便可选择适当的比例尺,根据机械的运动尺寸,定出各运动副之间的相对位置,之后可用运动副的代表符号、常用机构运动简图符号和构件的表示方法将各部分画出,即可得到机构运动简图。

为了具体说明机构运动简图的画法,下面举两个例子。

例 2-1 图 2-7a 所示为一颚式破碎机。当曲柄 1 绕轴心 O 连续回转时,动颚板 5 绕轴心 F 往复摆动,从而将矿石轧碎。试绘制此破碎机的机构运动简图。

解: 由破碎机的工作过程可知,其原动件为曲柄 1,执行构件为动颚板 5。循着运动传递的路线可以看出,此破碎机由曲柄 1,构件 2、3、4 及动颚板 5 和机架 6 等 6 个构件组成。其中,曲柄 1 和机架 6 在 O 点构成转动副,曲柄 1 和构件 2 也构成转动副,其轴心在 A 点。而构件 2 还与构件 3、4 在 D 、 B 两点分别构成转动副。构件 3 还与机架 6 在 E 点构成转动副。动颚板 5 与构件 4 以及机架 6 分别在 C 点和 F 点构成转动副。

将破碎机的组成情况搞清楚后,再选定视图平面和比例尺,并根据该机构的运动尺寸定出各转动副 O 、 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 的位置,画出各转动副和表示各构件的线段,在原动件上标出表示运动方向的箭头,即可得其机构运动简图,如图 2-7b 所示。

例 2-2 试绘制图 1-1a 所示内燃机的机构运动简图。

解: 如前所述,此内燃机的主体机构是由气缸 9、活塞 8、连杆 3 和曲柄 4 所组成的曲柄滑块机构。此外,还