

机械设计原理

邹慧君 主编

上海交通大学出版社

机 械 设 计 原 理

华东地区机械原理教学研究会

邹慧君 主编

上海交通大学出版社

(沪)新登字 205 号

内 容 简 介

为了适应课程改革的需要,加强机械原理课程的设计性和系统化,本书将“机械原理”改名为“机械设计原理”。本书共分十二章,包括绪论、机构组成原理与类型、平面机构的运动分析、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、轮系及其设计、间歇运动机构、其他机构、机械运转及其速度波动调节、机械的平衡以及机械运动简图设计等。

本书可作为高等工业学校机械类各专业机械原理课程的教材,也可供有关教师及科技人员参考。

机 械 设 计 原 理

出版:上海交通大学出版社

(上海市华山路 1954 号 邮政编码: 200030)

发行:新华书店上海发行所

印刷:常熟文化印刷厂

开本: 787×1092 (毫米) 1/16

印张: 20 字数: 491000

版次: 1995 年 7 月 第 1 版

印次: 1995 年 8 月 第 1 次

印数: 1—7500

ISBN 7-313-01501-1/TH·058

定价: 19.80 元

序

本书将“机械原理”改名为“机械设计原理”，目的是增强本课程的设计性、系统化，并使课程名称更加符合它在专业教学中的地位、任务和作用。

众所周知，机械产品在设计和制造过程中要求人们掌握机械的工作原理、机械的设计原理和机械的制造原理。机械产品要开发新品种、提高产品质量、改善机械性能，机械设计必须先期。机械原理设计是机械设计的首要步骤，同时它又是“机械设计理论和方法”学科的重要组成部分。机械设计原理的重要任务应是进行机械运动方案构思和设计，进行机械运动简图的设计。随着改革开放的不断发展，要求我们不断探索机械原理课程体系和内容的改革，为培养学生的创新设计能力发挥更加显著的作用。要实现这一目标，就必须加强机械原理课程的设计性和系统化。设计性就是要根据实用的要求来增强机构的设计内容和设计方法，更新课程内容；系统化就是要结合简单的机械系统进行机构选型和机械运动方案的设计，使机构不再是孤立的、抽象的机构，而是有机地联系在一起，完成某一工艺动作过程的活生生的机构系统——机械运动方案。在机械原理课程中应该运用一些设计方法学的思想，为培养学生创新能力提供必要的基础。总之，设计性和系统化为机械运动简图的设计奠定了理论基础；设计性和系统化为我们着手课程体系和内容的改革开辟了一条发展途径。因此，我们决定将“机械原理”改名为“机械设计原理”就是上述用意的一种体现。

近二三十年来，机械原理学科有很大发展。机械设计中机电一体化技术也得到愈来愈广泛的应用。这就要求我们对机械设计原理课程要有所更新与充实，在各个章节中就应有相应的变化。譬如：增强解析法、减少图解法；增加设计内容、减少分析内容；增强机构选型和机械运动方案设计；增加某些机电液传动的阐述等，以适应现代机械设计和创新的需要。

由于教学改革的需要，机械原理课程的时数比以前规定的90学时已大为减少，但是不少教材的字数却有增无减；同时，长期来我们在教学方法上还习惯于“注入式”，要求教材能讲深讲透，促使教材字数大为膨胀。为了促进学生能力的培养，加强“启发式”教学。我们认为教材应努力贯彻“少而精”的原则，应该简明扼要。

总之，本书在体系、内容上都有一定新意，力图在原有基础上跨出一步，同时本书在篇幅上力求紧缩，更利于教与学。

为了便于读者更好地掌握各章的重点内容，我们在每章前加了提示。为了便于学生复习掌握每章的基本知识、基本理论、基本方法，培养他们的分析问题、解决问题的能力，我们在每章末尾加了思考题。

参加本书编写的同志有：上海交通大学邹慧君（第1、4章），上海交通大学沈乃勋（第2、3章），浙江大学石永刚（第5章），同济大学张振龙（第6章），福州大学吴淦淦（第7、8章），上海交通大学曾志奎（第9、12章），南昌大学唐振华（第10、11章），并由邹慧君担任主编。

本书是由华东地区机械原理教学研究分会负责组织有关学校共同编写的，编写中汇集了各校的教学改革经验，并得到上海交通大学、东南大学、浙江大学、合肥工业大学、福州大学、南昌大学、同济大学等校机械原理课程老师的大力支持和帮助，在此一并表示深切的谢意。

由于我们水平有限,漏误及不当之处在所难免,敬希各位机械原理课程的老师 and 广大读者不吝指正。

编 者

1995年2月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 机械设计原理研究对象及基本概念	1
§ 1-2 机械设计及机械运动简图设计概述	2
§ 1-3 机械设计原理课程的内容和作用	3
§ 1-4 机械设计原理学科的发展动向	4
第二章 机构的组成原理与机构的类型	8
§ 2-1 机构的组成及运动简图	8
§ 2-2 平面机构的自由度计算及机构具有确定运动的条件	13
§ 2-3 平面机构的高副低代法	19
§ 2-4 平面机构的分类、结构分析与组成原理	20
§ 2-5 机构的结构综合与创新设计简介	34
习题	39
思考题	44
第三章 平面机构的运动分析	46
§ 3-1 机构运动分析的目的和方法	46
§ 3-2 速度瞬心法及其在速度分析中的应用	47
§ 3-3 用相对运动图解法求机构的速度和加速度	51
§ 3-4 解析法求机构的速度和加速度	60
习题	79
思考题	85
第四章 平面连杆机构及其设计	86
§ 4-1 平面四杆机构的特点和基本型式	86
§ 4-2 平面四杆机构设计中的一些共性问题	89
§ 4-3 平面连杆机构设计的基本问题及应用	95
§ 4-4 导引机构的设计	98
§ 4-5 函数机构的设计	105
§ 4-6 轨迹机构的设计	116
习题	123
思考题	126
第五章 凸轮机构及其设计	127
§ 5-1 概述	127
§ 5-2 从动件运动规律	132
§ 5-3 凸轮机构的压力角	141
§ 5-4 凸轮轮廓曲线的设计计算	144

§ 5-5 凸轮机构的基本尺寸设计	157
§ 5-6 锁合弹簧的刚度设计	162
§ 5-7 高速凸轮机构概述	164
习题	166
思考题	166
第六章 齿轮机构及其设计	168
§ 6-1 概述	168
§ 6-2 齿廓啮合基本定律及渐开线齿形	169
§ 6-3 渐开线标准齿轮	173
§ 6-4 渐开线直齿圆柱齿轮机构的啮合传动	177
§ 6-5 渐开线齿轮的切削加工、根切及最少齿数	182
§ 6-6 变位齿轮传动	187
§ 6-7 斜齿圆柱齿轮机构	193
§ 6-8 蜗轮蜗杆机构	199
§ 6-9 圆锥齿轮机构	202
§ 6-10 非圆齿轮机构	206
习题	208
思考题	209
第七章 轮系及其设计	210
§ 7-1 定轴轮系传动比计算	210
§ 7-2 周转轮系及其传动比计算	211
§ 7-3 复合轮系传动比计算	216
§ 7-4 2K-H 型行星轮系各轮齿数的确定及效率估算	219
§ 7-5 摆线针轮行星减速器和谐波齿轮传动简介	222
习题	226
思考题	228
第八章 间歇运动机构	229
§ 8-1 棘轮机构	229
§ 8-2 槽轮机构	231
§ 8-3 不完全齿轮机构	233
§ 8-4 凸轮式间歇运动机构	234
§ 8-5 星轮机构	236
§ 8-6 机—电—液间歇运动系统简介	237
习题	240
思考题	240
第九章 其他机构	241
§ 9-1 万向联轴节	241
§ 9-2 螺旋机构	242
§ 9-3 机构的组合	243

§ 9-4 组合机构	246
习题	249
思考题	249
第十章 机械运转及其速度波动调节	251
§ 10-1 概述	251
§ 10-2 机械系统动力学模型	252
§ 10-3 机械运动方程式及其求解	259
§ 10-4 机械系统周期性速度波动及其调节	267
§ 10-5 非周期性速度波动调节的基本概念	273
习题	275
思考题	276
第十一章 机械的平衡	278
§ 11-1 机械平衡的目的与内容	278
§ 11-2 转子的静平衡和动平衡	279
§ 11-3 平面机构的平衡	287
习题	292
思考题	293
第十二章 机械运动简图设计	294
§ 12-1 概述	294
§ 12-2 机构选型	296
§ 12-3 机械执行机构的协调设计和运动循环图	300
§ 12-4 机械运动方案拟定与运动简图设计	302
习题	307
思考题	307
主要参考文献	308

第一章 绪 论

提示 要求明确本课程的研究对象和教学内容,掌握机构、机器、机械的基本概念和机械运动简图设计的基本要求。

§ 1-1 机械设计原理研究对象及基本概念

机械设计原理课程以前均称为机械原理,也有将它称为机构学与机械动力学。

机械设计原理是研究机构和机器的运动及动力特性,以及机械运动简图设计的一门基础技术学科。它是机械设计理论和方法中的重要分支。机械设计原理的研究对象是机械,而机械是机构与机器的总称。

机器的种类繁多,如内燃机、拖拉机、起重机、机床、纺织机、缝纫机、包装机等等。根据它们的组成、运动和功用的特点,进行概括和抽象,对机器可定义如下:机器是一种由人为物体组成的具有确定机械运动的装置,它用来完成有用的机械功或变换机械能,以代替人类的劳动。根据机器用途的不同,一般还可以分为动力机器和工作机器两类。

动力机器的用途是把任何一种能量变换成机械能,或者把机械能变换成其他形式的能量。例如,内燃机、压气机、涡轮机、电动机、发电机等等都属于动力机器。

工作机器的用途是完成有用的机械功或搬运物品。例如,金属切削机床、轧钢机、织布机、包装机、汽车、机车、飞机、起重机、输送机等等都属于工作机器。

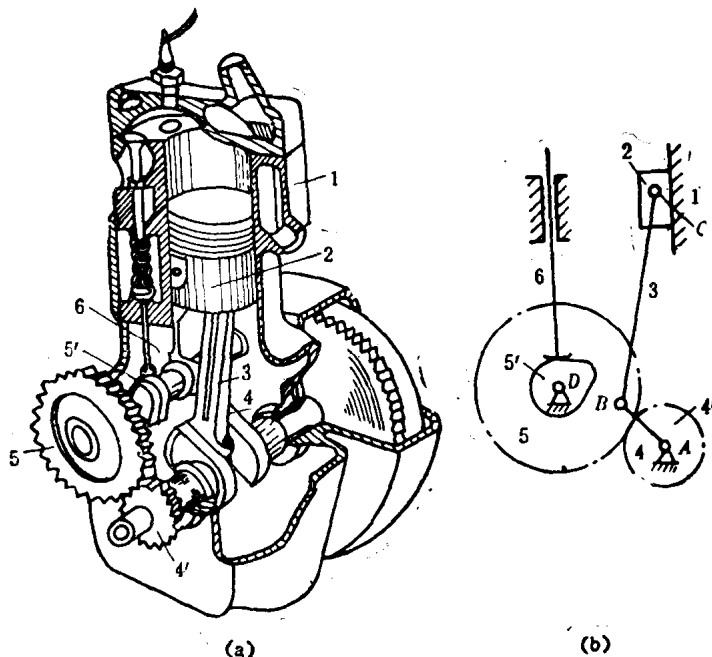


图1-1 内燃机的机构系统

必须强调的是, 机器与其他装置的主要不同点是作机械运动, 并且完成有用的机械功和变换机械能。

一般情况下, 机构是机器的组成部分, 机器中各个机构通过运动和动力传递来最终实现功能变换。机器中运动单元体称为构件。因此, 机构可以定义为: 用作把一个或几个构件的运动, 变换成其他构件所需的具有确定运动的构件系统。

机器的类型虽然很多, 但组成各种机器的基本机构的种类却是不多的。最常用的机构有: 连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构等。如图1-1所示, 内燃机是由曲柄滑块机构1-2-3-4、齿轮机构1-4'-5及凸轮机构1-5'-6组成的。如图1-2所示的冷霜灌装机, 主要由1-2-3-4曲柄滑块机构、1-5-6凸轮机构、1-7-8凸轮机构、1-9-10凸轮机构以及1-11-12槽轮机构等组成。

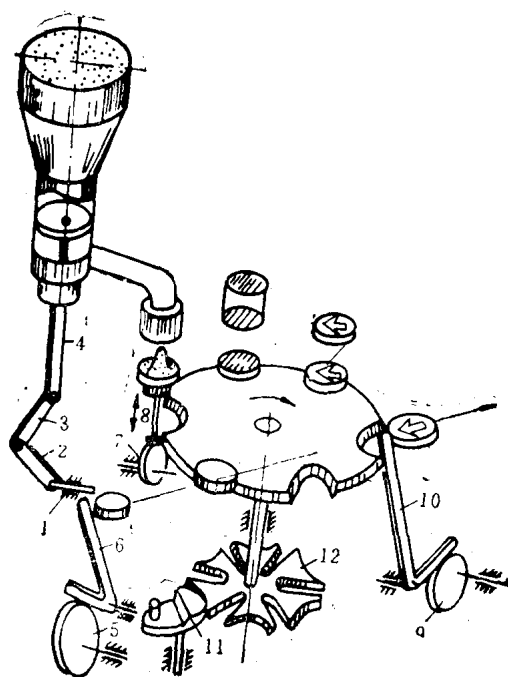


图1-2 冷霜灌装机的机构系统

§ 1-2 机械设计及机械运动简图设计概述

一、机械设计的一般进程

机械设计过程并没有一个通用的固定顺序, 而必须按具体情况确定。机械设计的一般进程可分为以下4个阶段:

(1) 产品规划阶段。其中心任务是进行需求分析、市场预测、可行性分析, 确定设计参数及约束条件, 最后给出详细的设计任务书(或要求表), 作为设计、评价和决策的依据。

(2) 方案设计阶段。需求是以机械的功能来体现的。方案设计阶段要完成产品功能分析、功能原理求解和评价决策得到最佳功能原理方案, 并要求最后完成机械运动简图的设计。

并。

(3) 详细设计阶段。这是将机械运动简图具体化为机器及零部件的合理结构。本阶段设计就是要完成产品的总体设计、部件和零件的设计,完成全部生产图纸并编制设计说明书等有关技术文件。

(4) 改进设计阶段。主要任务是根据试验、使用、鉴定中所暴露的问题,进一步作出相应的技术完善工作,以确保产品的设计质量。这一阶段是改进完善的阶段。

二、机械运动简图设计的主要内容

在机械设计过程中根据产品功能要求、工作性质和动作过程等基本要求进行新机械的方案设计,在方案设计中最后应该完成机械运动简图的设计。

机械运动简图的设计包括两部分:一是“型综合”,即按工艺动作要求选择机构型式(或创造一些新机构)和将几个机构组合成一个机构系统。这一部分又可称为机械运动方案设计。二是“尺度综合”,即按初步确定的机械运动方案,根据各执行构件运动规律要求和动作相互配合要求进行各机构的运动尺度的设计计算和各机构间的协调设计。这一部分又可称为机械运动简图的尺度设计。这两部分设计往往需要反复进行,使机构系统的类型和运动尺度都能较好地满足设计要求。

由此看出,机械运动简图设计是机械产品设计的十分重要的内容,是决定机械产品质量、水平、性能和经济效益的关键性的一步。

§ 1-3 机械设计原理课程的内容和作用

机械设计原理是研究机构及机械运动简图设计的一门重要技术基础课。它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,培养学生初步拟定机械运动方案、分析和设计基本机构的能力。设计和制造一种工作性能优良的新机器,需要掌握机器的工作原理、设计原理和制造原理,需要综合应用多门学科的知识,而机械设计原理是其中一门重要的学科。它在培养各种机械设计与制造专业的高级工程技术人才中,具有增强对机械技术工作的适应性,培养其开拓创新能力的作用。即使对于应用机械为主的工程技术人员,也应熟悉各种机构的工作原理及其在机器中的作用。掌握了机械设计原理,有利于发挥机器的工作性能,维护保养好机器。

机械设计原理的主要内容有以下几个方面。

一、各种机构的结构分析和运动分析

机构分析是为了研究机构运动的可能性及确定性,也为了便于系统地建立机构运动分析方法 and 创新机械的途径。运动分析是在原动件运动已知条件下确定机构各点的轨迹、位移、速度和加速度,以便全面掌握机构的运动特性。

二、常用机构的设计

机器虽然种类繁多,然而构成各种机器的机构的类型却是有限的,它们是齿轮机构、凸轮机构、连杆机构、间歇运动机构等一些常用机构。本课程介绍满足预期运动和工作要求的各种

机构的设计理论和方法。

三、机械动力学

主要研究三个问题:一是在已知力作用下机械的真实运动规律;二是减小机器速度波动的调速问题;三是机械中惯性力系的平衡问题。

四、机械运动简图设计的有关问题

包括机器运动循环图、机构选型和创新设计、机械运动方案的设计等等。

为了学好机械设计原理课程,读者应注意以下几点:

(一)熟悉和掌握各种典型机构的结构和运动特点,深入理解机构分析和设计的实际问题。

(二)熟悉和掌握机构运动简图的画法,要习惯于采用机构运动简图来认识机构,想象机构的运动情况。

(三)对于课程中的基本概念要深刻地理解,才能更好地掌握课程内容,起到事半功倍的效果。

(四)深入理解和全面掌握本课程的基本研究方法。这些基本研究方法有:杆组法、转换机架法、机构演化法、等效法等。这些方法能使我们对各种机构的分析和设计易于解决。

(五)注意在学习中前后联系、融会贯通。如利用瞬心的概念对凸轮机构、齿轮机构进行分析等等。

(六)求解习题前应先重点复习有关例题,归纳总结解题思路,从中得到启示,以达到举一反三的效果。

§ 1-4 机械设计原理学科的发展动向

机械设计原理课程内容虽然还是较为基础的、经典的,但是由于20多年来电子计算机的广泛应用和各种数学方法的引用,使机构学和机械动力学的学科日益向纵深方向发展,达到了新的高度,促进了机械工业新产品的不断涌现。机械设计原理学科的现代成就,可以概括为下列8个方面。

一、机构的结构理论

由于机器人、步行机、人工假肢和新型机器的发展需要,以及机器的动力源广泛采用液压与气动,因此近年来对于多自由度、多闭环的多杆平面连杆机构以及开式运动链的结构理论有了较多的研究。同时,对于空间连杆机构的公共约束和过约束等问题也作了很多的研究。在机构的结构理论研究中,近年来采用图论、网络分析、线性几何学、螺旋坐标等各种工程数学方法,并且利用电子计算机来系统地讨论机构的结构类型及运动自由度问题。

为了创造和设计出更多更好的机构,对于机构选型进行研究,并借助电子计算机进行机构选型。对于包括液压、气动、电磁、电子、光电等等非机械传动元件的组合机构的研究,也日益受到重视。

二、平面与空间连杆机构

在进行平面连杆机构的分析和综合时,已经广泛采用电子计算机进行复杂的运算;同时还利用电子计算机来编制表示机构主要参数与运动特性、动力特性之间关系的曲线图谱。电子计算机的广泛应用也推动了平面连杆机构的最优化综合。对于用多自由度、多闭环、多杆的平面连杆机构的连杆曲线来再现各种工作机械中工艺要求的轨迹已引起注意并加以研究。另外,近年来还开展了具有可变长结构、可变运动学和动力学参数的机构的研究。

空间连杆机构的分析与综合,计算公式和运算过程都比较繁复,常常采用矢量、张量、矩阵、对偶数、四元数、旋量计算等数学工具进行研究。对于单自由度闭环的空间四杆机构和空间五杆机构研究得比较透彻,对于单自由度闭环的空间六杆与七杆机构的研究也取得了不少成果。对于空间连杆机构的最优化设计问题也开始进行研究。由于机器人技术的需要,多自由度空间多杆机构与开式空间运动链的运动分析和综合以及它们的动力学已作了不少研究。

三、凸轮机构

为了改善凸轮机构的动力性能,凸轮曲线由等加一等减速运动规律、正弦加速度运动规律、余弦加速度运动规律改用改进正弦加速度运动规律、改进梯形加速度运动规律和代数多项式运动规律。寻找高速运转时具有良好动力性的凸轮曲线是一个重要的研究内容。按动力学要求设计凸轮廓线除了采用动力多项式凸轮曲线外,现在较多采用某些符合动力特性要求的凸轮曲线,这种曲线使凸轮从动件系统的残留振动的振幅在全部工作速度范围内不超过某一极限值。

在凸轮—从动件系统动力学问题的研究中,对于凸轮—从动件系统动力学模型的建立,动力学模型的运动微分方程式及其求解方法,系统动力响应的分析,凸轮机构设计参数的选择及其最优化,凸轮廓线的动力综合等等都得到很大的重视,取得了重要的研究成果。

为了建立更符合实际情况的动力学模型和更精确的分析和设计方法,考虑质量分布、弹性变形、间隙、阻尼、外界干扰的频率、不平衡力、表面润滑等多方面因素的动力学问题正得到重视和加以研究。

四、间歇运动机构

槽轮机构是一种常用的间歇运动机构。为了提高机器运行速度,改善动力性能,近几年来提出了改直线槽为曲线槽,使用串联式槽轮机构,导杆机构与槽轮机构组合使用,采用链条式槽轮机构,以及使用行星链轮式槽轮机构等等。

凸轮间歇分度机构,由于分度凸轮的加速度变化规律可以自由选择,使冲击与振动现象大大减轻,工作平稳性和送料精度较大提高。目前最高使用速度已达每分钟2000次的分度。对于凸轮间歇分度机构的设计方法和制造技术均有较多研究。

五、组合机构

组合机构由于结构简化而又能实现单一基本机构无法实现的运动规律和运动轨迹,如近似或精确地实现预期的轨迹,或输入—输出运动规律,常可用作实现直线、圆弧或平行导向,能实现有停歇期或步进运动等特殊工作要求,因此近年来在农业机械、纺织机械、印刷机械、包装

机械、冶金机械中应用日益广泛。常用的有齿轮—连杆机构、凸轮—连杆机构和齿轮—凸轮机构。对于组合机构的组成原理、基本类型、功能等方面均还需要作深入、系统的研究,其应用领域还需要进一步扩展。英美各国对组合机构的分析和综合是以复数矢量法等解析法为主,德国则多采用简化计算和图表等实用方法进行计算。对于各种组合机构的最优化设计的研究也日益加强。此外,机械与液压、气动、电磁等传动的组合,以及微处理器控制的智能型组合机构,还需要作进一步开发。

六、机械动力学

随着机械装置向高速、精密和重载方向发展,对于机械的精度和可靠性要求也日益提高,按动力性能要求进行机构的分析与综合愈来愈得到重视。

对于刚性构件组成的机构的动力学有了进一步深入研究。例如,用能量分配法进行空间机构的动力分析,用线性相关法分析在弹簧载荷作用下加速起动的运动过程以及对运动副具有间隙的机械系统的动力学模型和动力响应的研究。

机构的平衡问题也日益受到重视。对平面机构惯性力完全平衡的研究比较充分,采用方法也很多,如有主矢量法、线性无关矢量法、附加机构法等。平面机构惯性力矩平衡问题也有不少研究成果,如利用惯性配重和物理摆杆的方法。对于空间连杆机构的平衡问题已作了不少研究。另外,对于平面连杆机构和空间连杆机构惯性力和惯性力矩的综合优化平衡的研究也日益受到重视。

机构运转速度提高后,在惯性力的作用下,构件将产生复杂的横向振动与纵向振动。其振幅大小不仅影响机构综合的精度,而且这些振动在一定条件下还会造成失稳的状态,带来严重的危害。因此,研究这个动力学问题显得十分重要。另外,变质量构件的机构动力分析,在机械设计中日益受到重视。

机构的运动弹性动力学已经发展成为机构学与机械动力学的一个重要分支。机构在高速运转时,考虑构件惯性力所引起的弹性变形对机构运动所产生的附加影响是提高机构综合精度的有效途径。目前常采用有限元的结构动力学分析方法来进行研究。对于运动弹性动力综合的研究,目前还局限于用最优化理论在机构重量最轻的条件下,确定构件的截面积,并保证弹性应力和变形在允许的范围内。

近年来还研究了在刚性构件机构中加弹簧来改善机构高速运动时的动力响应,用弹性件来调节机构的运转速度以及构件连接处为弹簧及阻尼装置时的多自由度机构动力学等。

七、机构的最优化设计

近20年来,机构最优化设计的研究得到了迅速的发展,机构最优化设计已成为机构综合中普遍适用的方法和主要发展方向。机构优化设计大致包括:根据设计要求确定设计准则和设计变量;给出数学模型,确定设计约束,建立目标函数;探索最优化途径,优选设计变量;最优化方案的确定。最优化方法很多,对于机械优化设计问题大多属于非线性规划问题,一般可以分为无约束最优化方法和约束最优化方法两类。在机械设计中,无约束最优化方法主要有坐标轮换法、鲍威尔方法、共轭梯度法、变尺度法等。约束最优化方法主要有惩罚函数、随机方向搜索法、复合形法、可行方向法等。

机构最优化设计应用十分广泛。对于平面连杆机构和凸轮机构的运动综合和动力综合,

组合机构中再现函数与轨迹的设计以及如何使齿轮减速器体积最小等,均采用了最优化设计方法,得到了显著效果。另外,对于机构的优化平衡、机构运动弹性动力综合以及空间连杆机构的最优化问题也有不少研究。

八、仿生机构学

10多年来,仿生机械的研究受到很大的重视,不少国家积极开展对人的手指、手腕和手臂的结构、动作原理和运动范围的分析研究,研制出各种多自由度的生物电或声控的机械假手。同时在深入研究人体步态和大小腿的结构、动作原理和可动范围之后,已研制出各种类型的两足步行机。另外,还研制了蛇行和鱼游机构。随着对仿生机械的不断深入研究,人们将会创造出各种新颖的、具有特殊功能的新机构来。

第二章 机构的组成原理与机构的类型

提示 要求掌握：机构的组成和机构运动简图的绘制方法、步骤；平面机构自由度计算的结构公式和判断机构具有确定相对运动的条件；机构的分类方法、各类机构的特点及其应用；并了解机构的结构综合和机构的创新设计。

§ 2-1 机构的组成及运动简图

一、机构的组成

在绪论中已经提到机器是由一个或若干个机构组成的，而机构则由构件和运动副组成。

(一) 构件

任何机械都是由许多零件组成的。零件是加工制造的基本单元。为了结构和工艺的需要，往往把几个零件刚性地联接在一起作为一个整体来运动的连杆，如图2-1所示。它由左连杆头1、轴套2、左调节螺母3（左旋螺纹）、连杆体4、右调节螺母5（右旋螺纹）、右连杆头6等零件组成。这些零件分别加工制造，但是当它们装配成连杆后是作为一个整体来运动，相互之间不产生相对运动。这种由若干个相互之间没有相对运动的零件刚性地联接在一起的运动整体称为构件。它是机械中运动的基本单元。因此，一个构件可以是一个作独立运动的零件；也可以是若干个刚性联接在一起的零件组成的一个运动整体。

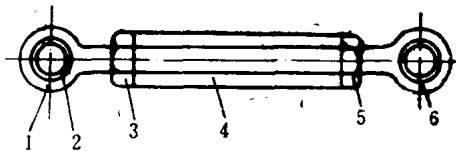


图2-1 连杆

(二) 运动副

机构中各个构件之间必须有确定的相对运动，因此，构件间的联接既要使两构件直接接触，又能产生一定的相对运动，这种直接接触的活动联接称为运动副。构件之间的接触可以是圆柱面或平面接触，如图2-2(a)、(b)所示；也可以是点或线接触，如图2-3(a)、(b)所示。这种

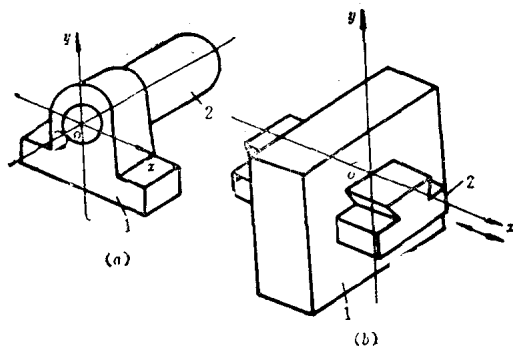


图2-2 低副：转动副与移动副

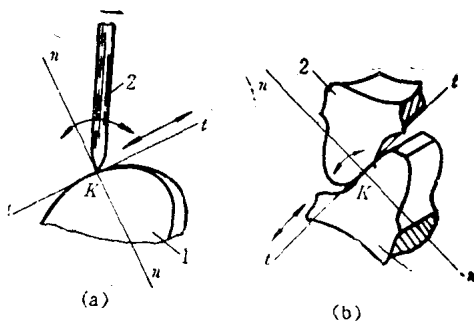


图2-3 高副

两构件上直接参加接触而构成运动副的部分——点、线或面称为运动副元素。运动副元素是圆柱面或平面的运动副称为低副。根据组成低副两构件之间的相对运动性质，又可把它分为转动副和移动副。如图2-2(a)中轴颈与轴套之间以圆柱面相接触，它们之间只能作相对转动称转动副；图2-2(b)滑块与导路之间以平面相接触，它们之间只能作相对移动称移动副。运动副元素是点或线的运动副称为高副，如图2-3(a)中尖端从动件端部与凸轮轮廓之间的点接触，以及图2-3(b)中一对轮齿齿廓之间的线接触。这时组成高副的两构件之间既能作相对滑动，又能作相对滚动。

(三) 运动链

用运动副把若干个构件联接起来的系统称为运动链。运动链又可分为闭式运动链（简称闭式链或闭链）和开式运动链（简称开式链或开链）两种。所谓闭式运动链就是组成运动链的每个构件至少包含两个运动副，这样才能组成一个首末封闭的系统，如图2-4所示。目前广泛

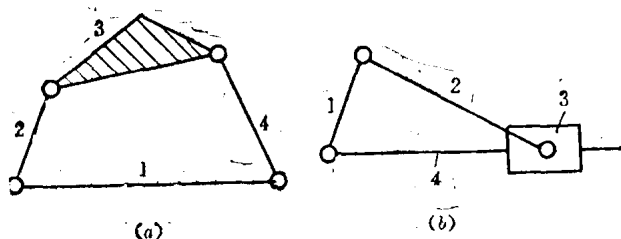


图2-4 闭式运动链

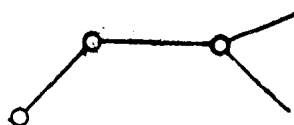


图2-5 开式运动链

使用的机械中一般都采用闭式链。所谓开式链就是组成运动链的构件中有的只包含一个运动副，它们不能组成一个封闭系统，如图2-5所示的机械手装置。

(四) 机构

若把运动链中某一个构件固定，则这个固定构件称为机架。通常机械是安装在地面上，那么机架相对于地面固定不动；如果机械被安装在飞机、汽车、轮船等运动物体上，那么机架相对于这些运动物体固定不动。除了机架外，如果给运动链中一个或若干个构件以确定的运动规律运动时，其余的构件都能得到确定的相对运动，那么前者称为主动件，后者称为从动件。通常主动件往往也是驱动力所作用的构件即原动件，此时的运动链则成了机构。综上所述，机构是由构件通过运动副联接而成的系统，而且组成系统的各构件之间具有完全确定的相对运动。

二、机构运动简图

(一) 机构运动简图的定义

为了便于对机构进行分析，我们可以用简单线条和规定的符号来代表构件和运动副（见表2-1），而那些与运动无关的构件和运动副的具体结构形状、构件的断面尺寸等等均可以不予考虑。然后按一定比例画出运动副之间相对位置，并使其能准确地表达机构运动特性的简单图形，称为机构运动简图。如果仅仅以构件和运动副组成的符号表示机构，其图形不按精确的比例绘制，目的是为了进行初步的结构分析，看懂其动作原理等等，这种简图称为机构示意图。如果以这种方式绘制整个机械系统的简图（包括驱动机构、传动机构、执行机构等）称为机械运动简图，如图2-6所示。利用机械运动简图可以对机构进行结构、轨迹、位移、速度、加速度