

“九五” 中国石油天然气集团公司级重点教材



高等学校教学用书

机械原理

(第二版)

傅则绍 主编



PIP
PETROLEUM
INDUSTRY
PRESS

石油工业出版社

高等学校教学用书

“九五”中国石油天然气集团公司级重点教材

机 械 原 理

(第二版)

傅则绍 主编

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书是根据国家教育委员会颁发的“机械原理课程教学基本要求”(1995修订版),在第一版的基础上修编的。

全书共十三章,包括绪论、平面机构的结构分析、平面机构的运动分析、平面机构的力分析、运动副的摩擦和机械效率、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、其他常用机构、机械运转及其速度波动的调节、机械的平衡及机械传动系统方案的设计。各章的末尾都附有习题。

本书可作为高等院校机械专业的教材,也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理/傅则绍主编.

北京:石油工业出版社,1998.10

高等学校教学用书

ISBN 7-5021-2338-5

I.机…

II.傅…

III.机构学-高等学校-教材

IV.TG111

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第16586号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 19½印张 487千字 印1001—3000

1998年10月北京第2版 2002年11月北京第2次印刷

ISBN 7-5021-2338-5/TE·1951(课)

定价:23.00元

第二版前言

我们受石油高校机械基础学科教学指导委员会的委托,于1992年编写了《机械原理》(第一版),作为石油高校“机械原理”课程的教科书。本书于1995年获“石油高校第三届优秀教材”一等奖,随后又被定为“九五”中国石油天然气总公司级重点教材。1996年石油高校机械基础学科教学指导委员会要求我们,在第一版教材的基础上根据教学改革的需要,对教材进行修订重版。

此次修订,根据国家教育委员会颁发的“机械原理课程教学基本要求”(1995年修订版),从教材的内容和阐述的方法上都作了必要的改进。

在内容方面,我们认为要培养学生具有设计机械传动系统的能力,就必须要求学生在学习《机械原理》的过程中,掌握和了解一定数量的机构类型,并能根据不同的工况,选用最合适的机构组成较完善的机械传动系统。为此,本书在第六章、第十章和第十三章均增编了一些常用的传动机构,特别是一些新型的传动机构。

同时,为了扩大知识面也增加了一些新内容,有些内容是超出了“机械原理课程教学基本要求”的范围,故打上“*”号,只作为选讲或选读的内容。

由于篇幅的限制也删去了一些次要的或陈旧的内容,如仿型法加工齿轮、渐开线齿轮传动的滑动系数等。

在阐述方法上,我们广泛参考了国内外教材,在博采众家之长的同时,也注意反映编者自身的教学经验,在教材内容的编排和讲述方法上都作了适当的调整,使其更能符合学生的认识规律,更富有启发性,即便教,又便于学生自学。

参加本书修编工作的有:西安石油学院傅则绍、王玮和王鸿飞(第一、三、四、五、八章),大庆石油学院栾庆德(第二、六章),石油大学(华东)卢子馨、崔学政(第七、九、十二章),江汉石油学院黄清世(第十、十一、十三章)。由傅则绍统稿并任主编,王鸿飞也参加了统稿工作。

本书承石油高校机械基础学科教学指导委员会主任、西南石油学院教授张本奎审阅,对本书提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心感谢。

由于水平所限,书中漏误在所难免,恳切希望有关教师和广大读者不吝赐教。

修编者

1997年11月

第一版前言

我们受石油高校机械基础学科教学指导委员会的委托，编写这本教材作为石油高等院校“机械原理”课程的教科书。

本书是根据国家教育委员会 1987 年批准的“机械原理课程教学基本要求”编写的。

本书在编写时，首先着重于讲清本课程的基本知识、基本理论和基本方法，并注意结合专业精选内容，使本书既有通用性，又兼顾专业的要求，具有浓郁的石油味。其次在讲授方法和逻辑顺序上也作了一些推敲，充分反映了教师的教学经验，使学生易于接受，并能激发他们学习本课程的兴趣。例如在运动分析、力分析、摩擦、齿轮和机械传动系统设计等章节中，都作了一些新安排。另外，在选材和阐述方法上，也尽力作到简明易懂，使本书具有特色。书中标有“*”的章节属选讲内容，各校可根据学时情况酌情处理。每章末尾均附有习题。

参与本书编写的有：西安石油学院傅则绍、王鸿飞（第一、八章），大庆石油学院栾庆德（第二、六章），西南石油学院王玮（第三、四章），抚顺石油学院景龙骧（第五、十二章），石油大学（华东）石临嵩、张丽妍（第七、九章）和江汉石油学院刘卓钧、黄清世（第十、十一、十三章）等同志，并由傅则绍同志担任主编。

本书承石油高校机械基础学科教学指导委员会主任张本奎教授审阅，对本书提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

为了使全书插图风格相同、线型一致，王鸿飞同志花了大量的时间，用计算机绘制了全部插图，在此表示诚挚的谢意。

由于水平所限，书中漏误在所难免，恳切希望有关教师和广大读者不吝指教。

编 者

1992 年 1 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 基本概念与定义	(1)
第二节 本课程研究的内容和目的	(2)
* 第三节 机械原理学科发展动向简介	(4)
第二章 平面机构的结构分析	(6)
第一节 概述	(6)
第二节 平面机构的组成	(6)
第三节 机构运动简图	(8)
第四节 机构具有确定运动的条件	(10)
第五节 平面机构自由度的计算	(11)
第六节 平面机构的组成原理及结构分类	(15)
* 第七节 平面机构的高副低代	(17)
习题	(18)
第三章 平面机构的运动分析	(21)
第一节 机构运动分析的目的和方法	(21)
第二节 图解法作机构的运动分析	(21)
第三节 解析法作机构的运动分析	(29)
第四节 机构运动线图	(40)
习题	(41)
* 第四章 平面机构的力分析	(44)
第一节 机构力分析的目的和方法	(44)
第二节 机构力分析的矩阵法	(45)
第三节 单元矩阵	(49)
第四节 计算机辅助机构力分析的方法	(51)
习题	(52)
第五章 运动副的摩擦和机械效率	(54)
第一节 机械效率	(54)
第二节 机械自锁	(58)
第三节 运动副中的摩擦	(60)
习题	(69)
第六章 平面连杆机构及其设计	(73)
第一节 平面连杆机构及其传动特点	(73)
第二节 平面四杆机构的基本型式、应用及其演化	(73)
第三节 有关平面四杆机构的基本知识	(83)
第四节 平面四杆机构的设计	(87)

习题	(99)
第七章 凸轮机构及其设计	(102)
第一节 凸轮机构的应用及其分类	(102)
第二节 常用的从动件运动规律	(105)
第三节 用图解法设计凸轮的轮廓曲线	(112)
第四节 用解析法设计凸轮的轮廓曲线	(118)
第五节 凸轮机构基本尺寸的确定	(120)
* 第六节 高速凸轮机构简介	(127)
习题	(129)
第八章 齿轮机构及其设计	(132)
第一节 齿轮机构的应用及其分类	(132)
第二节 齿轮的齿廓曲线	(134)
第三节 渐开线的形成、特性及其方程式	(137)
第四节 渐开线齿廓的啮合传动	(141)
第五节 渐开线标准齿轮各部分的名称、基本参数和尺寸	(142)
第六节 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(146)
第七节 渐开线齿轮传动的连续性——重合度	(150)
第八节 渐开线齿廓的切制	(153)
第九节 渐开线齿廓的根切	(156)
第十节 变位齿轮	(158)
* 第十一节 变位齿轮传动	(162)
* 第十二节 齿轮传动类型及其设计	(164)
第十三节 斜齿圆柱齿轮传动	(168)
第十四节 螺旋齿轮传动	(175)
第十五节 蜗杆蜗轮传动	(177)
第十六节 圆锥齿轮传动	(181)
* 第十七节 其他曲线齿廓的齿轮传动简介	(185)
习题	(189)
第九章 轮系及其设计	(193)
第一节 轮系及其分类	(193)
第二节 定轴轮系的传动比	(194)
第三节 基本周转轮系的传动比	(196)
第四节 混合轮系的传动比	(200)
第五节 轮系的应用	(202)
第六节 轮系设计	(205)
第七节 其他类型的行星传动简介	(211)
习题	(215)
第十章 其他常用机构	(219)
第一节 间歇传动机构	(219)
第二节 万向联轴节	(228)

第三节	螺旋机构·····	(230)
第四节	非圆齿轮机构·····	(231)
第五节	组合机构·····	(233)
习题	·····	(236)
第十一章	机械运转及其速度波动的调节 ·····	(238)
第一节	概述·····	(238)
第二节	机械系统的运动方程式·····	(242)
第三节	机械系统运动方程式的求解·····	(246)
第四节	机械速度波动的调节方法·····	(249)
第五节	飞轮设计·····	(251)
习题	·····	(254)
第十二章	机械的平衡 ·····	(257)
第一节	平衡的目的及其内容·····	(257)
第二节	刚性转子的静平衡·····	(257)
第三节	刚性转子的动平衡·····	(260)
* 第四节	挠性转子的动平衡简介·····	(262)
* 第五节	平面机构的平衡·····	(264)
习题	·····	(269)
第十三章	机械传动系统方案的设计 ·····	(273)
第一节	机械传动系统设计的一般步骤·····	(273)
第二节	常用的基本机构·····	(275)
第三节	机构的创成、变异与组合·····	(279)
第四节	机械传动系统的工作循环图·····	(285)
第五节	拟定机械传动系统方案的基本原则·····	(286)
第六节	机械传动系统方案设计的实例·····	(288)
习题	·····	(290)
附录 I	平面机构运动分析、力分析的子程序 ·····	(292)
附录 II	例 3-6 游梁式抽油机运动分析主程序及计算结果 ·····	(297)
附录 III	例 4-1 三缸泵力分析主程序及计算结果 ·····	(300)
参考文献	·····	(303)

第一章 绪 论

机械原理是机构与机器原理的简称，它的研究对象是机构与机器。

在学习本门课以前，我们对机械、机构、机器、零件等名词是熟悉的。但这些名词在日常口语中的涵义及其在机械原理学科中的涵义是不尽相同的。为了避免混淆，有必要在学习本门课以前，首先弄清这些名词在本课程中的基本概念及定义，然后才能具体地讨论本课程研究的内容。

第一节 基本概念与定义

一、零件

任何机器都是由许多零件组成的，如将一部机器拆卸，当拆到不可再拆的最小单元就是零件。例如，一颗螺钉、一个螺母、一个垫片都是一个零件。所以从制造工艺的角度来看，零件就是制造的最小单元。

二、构件

一个构件可以由许多零件组成，如内燃机中的连杆，它是由连杆体1、连杆头2、轴套3、轴瓦4、5、螺栓6和螺母7等许多零件组成的，见图1-1。将这些零件刚性地连结在一起，使彼此间没有相对运动，也就是说这些零件组成一刚性系统，运动时作为一个整体在运动。所以说构件是由许多零件组成的刚性系统，它是运动的最小单元。

一个构件也可以是一个零件所构成，如图1-2中的曲轴4，它既是一个零件（图1-3），也是运动的最小单元，所以这个曲轴既是一个构件，也是一个零件。

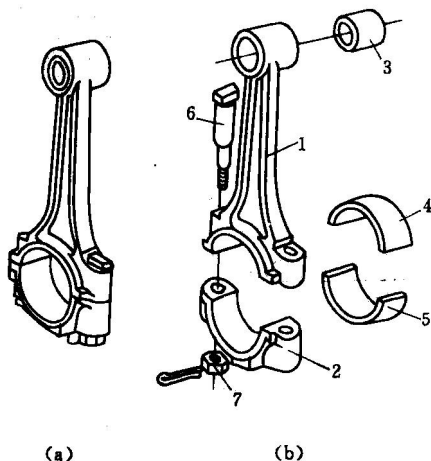


图 1-1

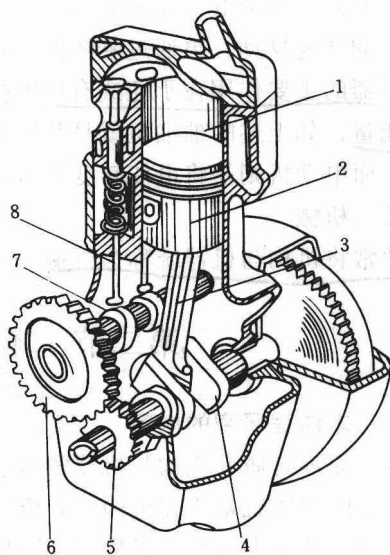


图 1-2

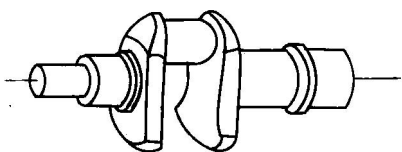


图 1-3

三、机构

机构是由许多构件组成的，各构件之间有一定的相对运动，而且这种相对运动是有规律的，它是一个变量或多个变量的函数。机构的功用在于传递运动或改变运动的形式，如图 1-2 所示的内燃机中，由汽缸 1、活塞 2、连杆 3 和曲柄 4 所组成的连杆机构，它能将活塞的移动变为曲柄的转动；由小齿轮 5 和大齿轮 6 所组成的

的齿轮机构，是用来传递两齿轮轴之间的回转运动；由凸轮轴 7 与阀门推杆 8 所组成的凸轮机构，是用来将凸轮轴的回转运动变为推杆的移动。

四、机器

机器是由许多机构组成的。机器的类型虽然很多，但组成机器的机构其类型却是有限的，如内燃机、抽油机、碎石机、起重机等机器，都是由连杆机构、齿轮机构及凸轮机构等几种常用的机构所组成的。如图 1-1 所示的内燃机是这样；又如图 1-4 所示的抽油机也是这样，它主要是由连杆机构（由曲柄 4、连杆 5 和摇杆 6 所组成）和齿轮机构（齿轮箱 3）等所组成的；电动机 1 的转速经过三角皮带 2 和齿轮箱 3 减速后，带动连杆机构使曲柄 4 的回转运动变为摇杆 6 和

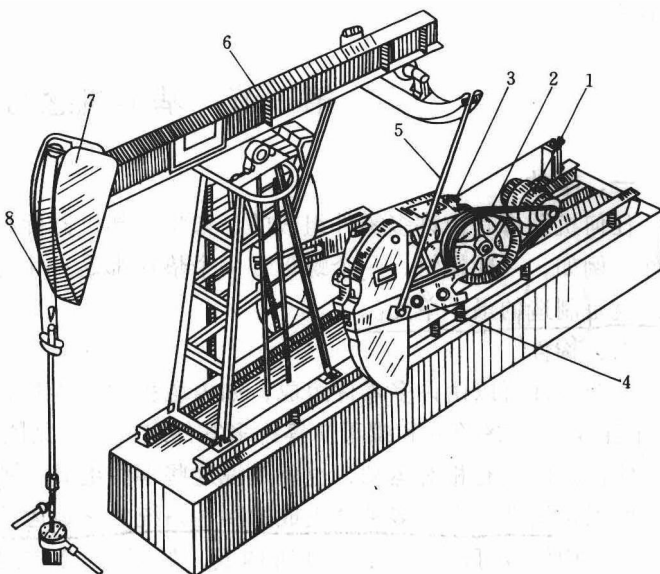


图 1-4

驴头 7 的往复摆动，再通过悬绳器 8 带动抽油杆，使油井中的抽油泵实现抽油运动。

机器的主要作用在于完成有用的机械功（如改变工件的外形或空间的位置等），或用来转变能量，如上述的抽油机就是利用机械能完成有用的机械功。内燃机则是将热能转变为机械能，而电动机则是将电能转变为机械能。

五、机械

通常将机构与机器统称为机械。

第二节 本课程研究的内容和目的

一、本课程研究的内容

机械原理是研究机构与机器的运动、动力特性及机构简图设计的一门学科。在机械原理中最基本的问题就是研究机构的分析与机构的综合。机构分析是根据已有的机构来分析该机构的运动及其动力特性；机构综合则是根据运动和动力特性的要求来设计新机构。机构分析与机构综合是密切相关的，在进行机构综合时，常常要用到机构分析的结果。

具体地说，本课程主要的内容，包括以下几个方面。

1. 机构的结构分析

如上所述机构和机器都是具有一定相对运动的构件组合体。那么这些构件应根据什么原则、如何组合起来才能保证有一定的相对运动？要解决这些问题就需要对机构的结构进行分析，研究机构的组成原理及机构具有确定运动的条件，以便为研究现有机构和创造新机构开辟途径。

2. 机构运动学

在机构中运动规律已知的构件通常称为原动件，其余的构件则称为从动件。如前所述机构中各构件间的相对运动是一定的，显然，各从动件的运动规律是原动件运动规律的函数。机构运动学就是根据原动件的运动规律来确定机构构件上某些点的轨迹、速度和加速度。对机构进行运动分析不仅是设计新机械所必需的，也是合理应用已有机械所需要的。

3. 机械动力学

机械动力学主要是研究两类基本问题：一是研究在机械运转中，作用在构件上力的求法和机械效率的确定；二是研究在已知力的作用下机械真实的运动规律，以及研究作用力、构件质量和构件运动之间的关系，即研究机械的运转与调速以及惯性力的平衡问题。

4. 常用机构的分析与设计

如前所述，机器的类型虽然繁多，但是组成各种机器的机构其类型却是有限的。即使是非常复杂的机器经过剖析即可知道其机械部分主要是由连杆机构、凸轮机构和齿轮机构等常用机构所组成的；虽然机器的种类不同，而它们的组成机构却往往是相同的。所以对这些常用机构进行分析，并研究它们的设计方法是十分必要的。

5. 机械传动系统的设计

前面已经指出机器是许多机构的组合体。在设计一部机器时必须根据机器工作的要求来选择机构的类型，并将其组合成为传动系统，这是机械设计必须考虑的问题。

随着生产技术的高速发展，机械原理作为一门学科来说，它的研究范围和研究方法都相应地有了很大的进展。例如，在近代的机器中不仅采用气动机构、液压机构和光、电机构，而且还采用了光、机、电、液等组合应用的机构，已经冲破了刚性机构的范畴，纠正了“机构是刚性构件组合体”的传统概念。同时由于机械上的载荷和速度不断地增高，就必须考虑构件的弹性、变形及质量变化对机械运动的影响。电子计算机的普遍应用，以及现代数学工具的日臻完善、为研究机械原理提供有力的工具和重要的方法。然而，机械原理作为一门技术基础课来说，它的研究内容还是局限于上述的五个方面。

二、学习本课程的目的

机械原理作为一门课程来说是属技术基础课，它是以高等数学、普通物理、理论力学和机械制图等课程为基础的，同时它又是以后学习机械设计及有关专业课程的基础，在教学计划中它起着承上启下的作用，在培养机械类高级技术人员中担负着重要的任务。

从机械原理研究的内容来看，学生通过这一门课程学习之后，应该具备两方面的能力：一是具备对已有的机械能进行结构、运动和动力分析的能力；二是具备能根据运动和动力性能的要求设计新机械的初步能力。作为一个工程技术人员，在实际的工作中总难免碰到使用机械、设计新机械以及技术改造和技术革新等问题，所以具备这两方面的能力，对于一个工程技术人员来说是非常必要的。

* 第三节 机械原理学科发展动向简介

近年来由于机器人、宇航技术、医疗器械及海洋开发等新兴技术的发展,对机械工业提出了自动化、高精度、重载荷和高效率等要求,为机械原理学科各领域的发展指明了方向;同时,电子计算机的应用,也为机械原理的研究提供了有力的工具。因此,近年来机械原理学科各领域的研究都有新进展,出现了许多新方法、新理论。但由于篇幅的限制,这里只能作些简介,详细的情况请参阅参考文献 [20]。

一、机构的结构理论

近年来应用图论、网络分析、线性几何学和螺旋坐标等数学工具,并利用电子计算机系统地研究了机构的结构问题,探讨了机构结构的类型及其自由度。

对多自由度、多闭环的多杆平面连杆机构的结构理论有较深入的研究,对空间连杆机构的公共约束,过约束和局部自由度等问题也进行探索。

建立了对机构分析与综合具有普遍意义的机构结构原理和机构分类原则。

二、连杆机构

在平面连杆方面,注重于多自由度、多闭环的多杆机构的研究,从而建立了这类连杆机构分析与综合的方法。同时,应用多自由度、多闭环、多杆平面机构的连杆曲线,来实现工艺要求的轨迹,这一方面的研究也得到充分的重视。

对空间连杆机构的分析与综合,由于运算比较复杂,近年来引用了张量、对偶数、四元数等数学工具,为空间连杆机构的研究开拓了较为宽阔的前景。对单自由度、闭环空间四杆、五杆机构的研究渐趋成熟。对于空间多杆机构的过约束问题,仍处于探索之中。由于机器人技术的需要,对空间开式运动链的分析与综合也有不少的研究。

三、凸轮机构

近年来对高速凸轮机构的研究取得较大的进展,一般把整个凸轮机构作为一个弹性系统,研究凸轮机构在外加周期力和激振力作用下的动力响应。为了减小凸轮机构中的振动与冲击,有些学者建议采用多项式的运动规律,一般采用七次或九次多项式的运动规律。

在凸轮机构的分析与综合方面,目前多采用解析法并引入有限元分析和优化技术。在凸轮轮廓设计方面,有采用共轭曲面理论来求解凸轮的曲面方程,解决诱导法曲率和曲率干涉等问题。

此外,还研究了制造误差、弹性变形、间隙、阻尼、外界干扰、频率、润滑等影响,建立更接近真实的动力学模型及更精确的分析与设计方法。

四、齿轮机构

近年来对齿轮的啮合原理有比较深入的研究,这为提高齿轮传动质量和创立新齿型提供了理论依据。因此,适合于高速、重载及高效传动的新齿型不断地出现。

最近有些学者试图将齿轮啮合原理的研究与计算机图形显示结合起来,使复杂的共轭曲面公式能在计算机屏幕上显示出醒目的曲面图形,并能在屏幕上检查共轭曲面的质量、进行干涉检验及其修正。

应用图论、网络分析和计算技术研究轮系的综合与分析,研究在考虑摩擦情况下轮系中功率流的计算方法。不少学者在轮系结构、均载装置、振动、噪音及静不定结构诸方面进行了大量的研究工作,发表了大量的文章。

五、组合机构

近十多年来对组合机构的研究进展迅速，如对齿轮—连杆机构、凸轮—连杆机构、齿轮—凸轮机构等类型的组合机构进行了比较深入的研究，建立一套行之有效的综合方法。

以前的组合机构一般由两种基本机构组合而成，近年来研究了由三种基本机构组合而成的机构，如由凸轮、齿轮及连杆三种基本机构组成的组合机构。

对组合机构分析与综合的研究已向着纵深方向发展，如对停顿性质、多阶停顿条件、运动跃度及动力特性的研究正在逐步深入。

六、其他传动机构

由于工业的发展对传动机构的要求是多种多样的，因而许多新型传动机构应运而生，旧的传动机构也在逐步完善。例如，实现间歇传动的槽轮机构，在 20 世纪 50 年代其几何分析已经比较完整，可是其加速度突变引起的冲击、振动并未妥善解决，近来围绕改善其加速度突变，采用了曲线槽代替直线槽、串联槽轮及与其他机构组合等方式。

又如非圆齿轮机构、凸轮间歇机构、少齿差新型行星传动、谐波传动等新型机构应运而生，也将在使用中日臻完善。

七、机械动力学

现代机械日益向高速、重载和高精度等方面发展，按动力性能的要求，进行机构的分析与综合，这是机械系统设计的必然趋势。在高速、重载的机构中，构件已不再是刚体，因此，弹性构件动力学的研究必成为机械原理学科研究的主题，如对结构系统承受非线性力及阻尼时弹性动力学的研究；当机构受液体中干扰力时，其运动及动力的计算，即所谓粘滞弹性动力学的研究；考虑构件热变形时热弹性动力学的研究，这些都是动力学研究的热点。

近年来在刚体力学的范畴中，着重于研究机构在非稳定状态及瞬变过程的时间、位移、速度及加速度等动力响应的计算。在机构的平衡上主要发展了线性无关矢量法，重新分配质量以保持质心的稳定。还研究了在刚体系统中加弹簧后改善机构高速运动时的动力响应，用弹性件来调节机构运转的速度以及构件连接处为弹簧及阻尼装置时的多自由度动力学问题。对具有变质量构件和在运转过程中结构有变化的机构动力学问题也有所研究。

第二章 平面机构的结构分析

第一节 概 述

机构中若各个构件都在同一平面内，或在相互平行的平面内运动，该机构称为平面机构。否则，称为空间机构。本章只研究平面机构。

机构结构分析主要的内容如下。

一、机构的组成原理

如第一章所述，机构是具有确定运动的构件组合体，如将构件任意地拼凑是不可能成为机构的，因为任意拼凑的构件组合体不一定能运动，即使可以运动也不一定具有确定的运动。机构结构分析的主要内容之一就是机构的组成原理及其具有确定运动的条件。

二、机构运动简图的绘制

机构运动简图就是用简单的图线，将机构的结构和运动传递情况表示出来的图形。第一章中已指出，机械原理主要是研究机构的分析与机构的综合。机构的分析是根据机构运动简图来分析机构的运动特性和动力特性；机构的综合则是根据预期的运动特性和动力特性来设计机构运动简图。所以，不论是作机构分析还是作机构综合，都必须绘制机构运动简图。

三、机构的结构分类

机构的类型很多，机构中各构件之间的结构形式又各不相同。要对类型繁多、结构相异的各种机构进行运动特性及动力特性的分析，将是非常繁琐的。为此，通过结构分析，从结构上将机构加以分类，对同一类的机构采用相类似的方法进行运动分析和动力分析，这将大大地减轻机构分析的工作量。

第二节 平面机构的组成

一、运动副及其分类

如前所述，机构是由若干个构件彼此以某些方式联接起来的，但两构件间的联接必须保证能产生一定的相对运动。这种两构件直接接触并能产生一定相对运动的联接称为运动副。

可见，构件和运动副是组成机构的两要素，机构就是用运动副联接起来的构件系统。

两构件直接接触所构成的运动副的几何元素称为运动副元素。如图 2-1 (a) 所示，构件 1 的圆轴与构件 2 的圆孔构成一运动副，其相互接触的圆柱面与圆孔面即为运动副元素，在图 2-2 中，构件 1、2 在 A 处构成了运动副，其互相接触的点即为运动副元素；又如图 2-3 所示的一对相啮合的轮齿 1、2，其运动副元素为两齿廓在 A 处相接触的线段。

按照构成运动副的两构件接触情况的不同，可将运动副分为低副和高副两类。

1. 低副

两构件通过面接触而构成的运动副称为低副。根据构成低副的两构件间的相对运动不同，低副又可以分为回转副（转动副）和移动副两种。

如果构成低副的两构件只能作相对转动，该运动副称为回转副（或铰链），如图 2-1 (a)

所示。若组成回转副的两构件之一是固定的，则该回转副又称为固定铰链见图 2-1 (c)；否则称为活动铰链，如图 2-1 (b) 所示。图中的小圆圈表示回转副，其圆心即为回转副的回转中心。对于固定的构件，在其上画上一组短斜线以区别于活动构件。

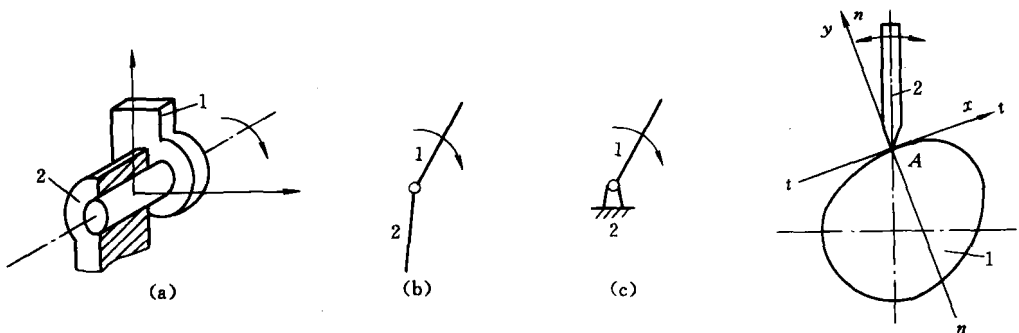


图 2-1

图 2-2

如果构成低副的两构件只能作相对移动，则该运动副称为移动副。如图 2-4 (a) 所示，而图 2-4 (b)、(c)、(d) 分别表示移动副的几种代表符号。

2. 高副

两构件通过点或线接触而构成的运动副称为高副。如图 2-2 所示，凸轮 1 和从动件 2 在点 A 处构成一点接触的高副。又如图 2-3 所示，为一对轮齿在 A 处构成线接触的高副。用简图表示高副时，应该把两构件接触处的几何形状绘出。运动副的代表符号详见国家标准 GB/T 4460—1984。

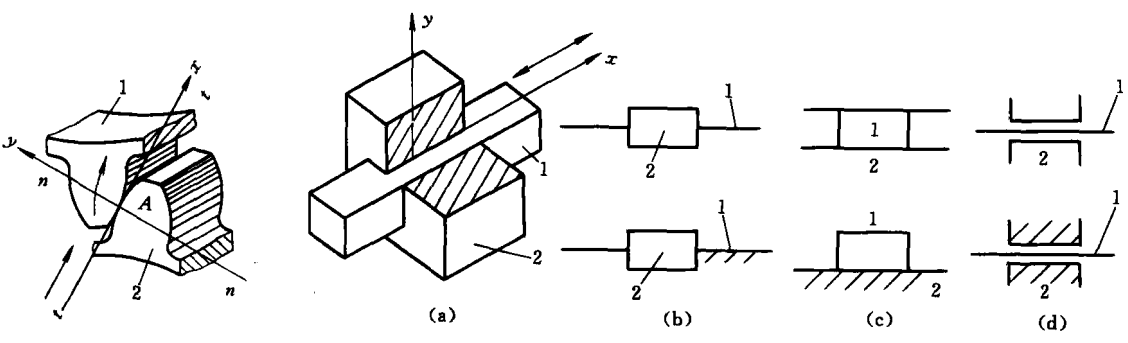


图 2-3

图 2-4

除了上面介绍的几种平面运动副外，还有一种螺旋副，如图 2-5 所示。在这种运动副中，螺杆 1 与螺母 2 的相对运动为沿螺杆轴线的移动和绕螺杆轴线的转动的合成。显然，螺旋副是一种空间运动副，但因其应用广泛，故在这里也作简单的介绍。

二、运动链

两个以上的构件通过运动副联接而构成的系统称为运动链。若运动链中的构件形成首末封闭的系统，这种运动链称为闭链，如图 2-6 (a) 所示。反之，若运动链的各构件未形成首末封闭的系统，这种运动链则称为开链，如图 2-6 (b) 所示。

开链主要应用在机械手及各种装载机械中。闭链在各种机械中有着广泛的应用，大多数机构均采用闭链。

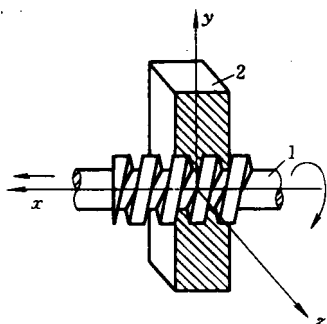


图 2-5

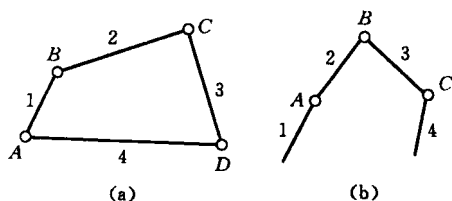


图 2-6

本章只介绍闭链，通常用字母 O 、 A 、 B …来表示运动链上运动副的序号；用数字 1、2、3…来表示运动链上各构件的序号，如图 2-6 所示。

三、机构

如将运动链中某一构件固定作为机架，并使另一构件（或某些构件）按给定的运动规律而运动时，其余的构件都将得到确定的运动，这种运动链便成为机构。

在一般的情况下，机械是安装在地面上，机架相对于地面是固定不动的。如果机械是安装在运动的物体上，如车、船或飞机等上面，则机架相对于该运动物体是固定不动的，而相对于地面却是运动的。

机构中按给定的运动规律独立运动的构件称为原动件；其余的运动构件称为从动件。从动件的运动规律取决于原动件的运动规律和机构的结构。

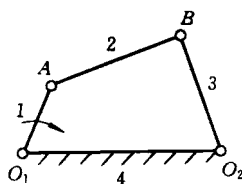


图 2-7

在图 2-7 所示的四杆机构中，构件 1 为原动件，构件 2、3 为从动件，固定的构件 4 则为机架。

第三节 机构运动简图

不论是对现有的机械进行分析还是设计新的机械，都必须绘制出能够表明其运动传递情况的机构运动简图。机构中各构件的运动是取决于：原动件的运动规律，运动副的类型（是高副还是低副，是回转副还是移动副等）和机构的运动尺寸（确定各运动副相对位置的尺寸）。而与构件的外形、断面尺寸、组成构件的零件数目及其固联的方式、运动副的具体结构等无关。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，应用机构运动简图的符号（表 2-1），就能将机构中运动传递的情况表示出来。这种表示机构中运动传递情况的简化图形就称为机构运动简图。

在绘制机构运动简图时，首先要搞清楚机构运动的传递关系以及结构情况。也就是说要弄清机构是由多少个构件组成，找出机架、原动件和从动件；根据两构件间的接触情况及其相对运动来确定运动副类型；进而从原动件开始沿着运动的传递路线确定运动副的数目及其相互位置关系。

表 2-1 机构运动简图常用符号

名 称	符 号	名 称	符 号
轴、杆、 连杆等构件		棘轮机构	
轴、杆的固定 支座（机架）			
一个构件上有 两个转动副			
一个构件上有 三个转动副		链传动	
两个运动构件 用转动副相联		外啮合圆柱 齿轮传动	
一个运动构件 一个固定构件 用转动副相联			
两个运动构件 用移动副相联		内啮合圆柱 齿轮传动	
一个运动构件 一个固定构件 用移动副相联		齿轮齿条传动	
在支架 上的电机			
三角带传动		圆锥齿轮传动	
蜗轮与圆柱 蜗杆传动		凸轮传动	
		弹性联轴器	
		万向联轴器	