



普通高等教育“十五”国家级规划教材

机械原理

第二版

哈尔滨工业大学 编
王知行 邓宗全 主编

 高等教育出版社

TH111
39=2



普通高等教育“十五”国家级规划教材

机械原理

第二版

哈尔滨工业大学 编
王知行 邓宗全 主编

高等教育出版社

内容简介

本教材是普通高等教育“十五”国家级规划教材,是在第一版(原面向 21 世纪课程教材)的基础上,总结多年的教学研究和实践经验,并融合机构学方面的科研成果修订而成的立体化的机械原理教材。本教材具有以下特点:强调传授知识与培养能力并重;加强逻辑思维能力与形象思维能力一体化培养;运用可视化技术展示解析法和图解法的各自优势和特点;引入科研成果更新了传统教学内容。文字教材和软件教材的内容力求少而精,并在注意讲清重点和难点的同时,增加了工程技术人员实用的理论、方法、设计软件或设计资料,以促进教学方法、手段的现代化和学生创造能力的培养。

本教材的基本内容有绪论,机构的结构分析和综合,连杆、凸轮、齿轮机构及其设计,轮系及其设计,其他常用机构,机械的运转及其速度波动的调节,机械的平衡,机械的运动方案及机构的创新设计。在重点章节之后附有习题,以利学习。

本教材可作为高等学校工科机械类专业教材,也可供有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理/王知行,邓宗全主编. —2 版. —北京:
高等教育出版社, 2006.5
ISBN 7-04-018711-6

I. 机... II. ①王...②邓... 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 019249 号

策划编辑 宋 晓 责任编辑 贺 玲 封面设计 李卫青
责任绘图 尹 莉 版式设计 张 岚 责任校对 王 雨
责任印制 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	涿州市星河印刷有限公司		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2000 年 2 月第 1 版
印 张	21.75		2006 年 5 月第 2 版
字 数	400 000	印 次	2006 年 5 月第 1 次印刷
		定 价	25.10 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 18711-00

第二版序言

本教材是普通高等教育“十五”国家级规划教材，是在第一版(面向 21 世纪课程教材)的基础上修订而成的。

根据新世纪高等工科教育教学内容与课程体系改革的基本思想和高等学校机械类专业机械原理课程的教学基本要求，在总结我们多年的教学经验，特别是近年来开展计算机辅助教学(CAI)研究与实践经验的基础上，融合了我们在机构学方面的科研成果，编写了这套立体化的机械原理教材(含文字教材、配套的多媒体软件光盘以及课程设计等多种辅助教材)。

为贯彻以“设计为主线”，培养学生创新设计和工程实践能力的指导思想，在本次修订中，对教材内容体系的安排作了一些调整；对“连杆机构分析与设计”中的设计理论与软件的实现方法、“齿轮机构及其设计”中的变位系数选择方法及设计应用、“机械的运转及其速度波动的调节”中的基本理论和计算实例，以及“机械的运动方案及机构的创新设计”中的基本内容等均进行了适当的加强、完善和提高。概括起来说，经过本次修订后本教材具有以下特点：

1. 传授知识与培养能力并重

本教材在阐述课程基本内容的同时，不仅强调传授课程的基本概念、基本理论和基本方法，而且还注意促使学生在掌握和运用基本理论和方法的过程中，能够结合具体工程对象思考和研究问题。在教材的配套软件中让学生自主地改变参数生成各种他们未曾见过的“真实”机构模型，启发他们思考和总结，以探索新的设计方法，提高其创新能力。

2. 逻辑思维能力与形象思维能力一体化培养

机械原理课程的许多基本理论都经过严密的推导和论证，以此来培养学生的逻辑思维能力。本教材在注意发挥本课程的这一特点的过程中，引入了许多栩栩如生的机构运动仿真模型，以开发学生的形象思维能力，让学生把抽象的逻辑推理和形象的机构运动时空关系结合起来处理问题，促使其建立工程实践观念。

3. 用可视化技术展示解析法和图解法的各自优势和特点

机械原理中的许多图解法都具有概念清晰的特点，如凸轮廓线设计和基本尺寸确定的图解法等，而解析法又往往被认为难以给出形象的概念。本教材通过计算机图形功能和可视化技术，把许多解析法、数值法的计算过程和计算结果进行可视化处理，使之超出原来图解法的概念清晰程度，并可以改变参数，

做到举一反三,使学生把机械原理的学习和研究提高到一个新水平。

4. 引入科研成果更新传统教学内容

为适应新世纪的要求,在计算机和计算技术高度发展的今天,把机构的分析与设计结合起来,利用分析的结果去解决设计难题已成为现实,用新的设计思想和新的研究成果去更新传统教材中那些失去实用价值的内容已成为必然。例如,本教材中引入我们在连杆机构方面的研究成果——数值比较法,其目的不只是提供一种连杆机构设计的新的实用方法,更主要的是促进学生去思考和探索用最新科技成果解决那些尚未很好解决的技术问题,以推动机械科学技术的发展。

为适应课程教学改革的新形势,本教材在内容上删减了与前修课程的重复部分或在现代设计条件下不再应用的部分,在内容上力求少而精,注意讲清重点和难点;增加了工程技术人员实用的方法理论、设计软件或设计资料。同时,还利用科技发展的最新成果,把多种传播媒体引入教学过程中,促使教学方法和手段的现代化。本教材及其多媒体软件可以大大节省授课时数,学生还能通过软件自学,进一步提高教学质量。本教材也适用于电视大学的教学与自学。

本书由哈尔滨工业大学王知行、邓宗全主编,参加编写的有王知行(第一、五章,第三章§3-6、§3-7和附录Ⅱ、Ⅲ),邓宗全(第十章),李瑰贤(第三章§3-1~§3-5和附录Ⅰ),钟诗胜(第二章),李建生(第六章),焦映厚(第八章),袁剑雄(第七章),常勇、李延平(第四章)、姚立纲(第九章)。

本书承原国家教委高等学校机械原理课程教学指导小组组长、哈尔滨工业大学李华敏教授和原国家教委高等学校机械原理课程教学指导小组委员、上海交通大学邹慧君教授精心审阅,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于我们的水平所限,遗误与不妥之处,诚望同行教师和广大读者批评指正。

作者

2005年1月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 机械原理课程的研究对象和内容	1
§ 1-2 机械原理课程的学习目的和作用	2
§ 1-3 机械原理多媒体教材的特点与学习方法	5
第二章 机构的结构分析和综合	8
§ 2-1 结构分析和综合的基本内容	8
§ 2-2 机构的组成及其运动简图的绘制	8
§ 2-3 机构自由度的计算	14
§ 2-4 平面机构的组成原理和结构分析	20
§ 2-5 平面机构的结构综合	24
习题	28
第三章 连杆机构分析和设计	30
§ 3-1 概述	30
§ 3-2 平面四杆机构的基本类型及其演化	31
§ 3-3 平面四杆机构有曲柄的条件及几个基本概念	39
§ 3-4 平面连杆机构的运动分析	45
§ 3-5 平面连杆机构的力分析和机械效率	55
§ 3-6 平面四杆机构设计	75
§ 3-7 空间连杆机构与机器人机构	93
习题	105
第四章 凸轮机构及其设计	113
§ 4-1 凸轮机构的应用及分类	113
§ 4-2 从动件运动规律及其选择	116
§ 4-3 按预定运动规律设计盘形凸轮轮廓	122
§ 4-4 盘形凸轮机构基本尺寸的确定	129
§ 4-5 空间凸轮机构简介	135
习题	137
第五章 齿轮机构及其设计	140
§ 5-1 齿轮机构的类型和应用	140
§ 5-2 瞬时传动比与齿廓曲线	142

§ 5-3 渐开线和渐开线齿廓啮合传动的特点	146
§ 5-4 渐开线圆柱齿轮及其基本齿廓	149
§ 5-5 渐开线齿廓的加工原理	153
§ 5-6 渐开线齿轮加工中的几个问题	158
§ 5-7 渐开线齿轮啮合传动计算	162
§ 5-8 渐开线直齿圆柱齿轮传动的设计	170
§ 5-9 斜齿圆柱齿轮传动	178
§ 5-10 交错轴斜齿轮传动	183
§ 5-11 蜗杆蜗轮传动	186
§ 5-12 圆锥齿轮传动	190
习题	194
第六章 轮系及其设计	198
§ 6-1 轮系的类型和应用	198
§ 6-2 轮系的传动比计算	201
§ 6-3 行星轮系的效率	210
§ 6-4 行星轮系的设计	213
§ 6-5 其他行星传动简介	217
习题	221
第七章 其他常用机构	225
§ 7-1 棘轮机构	225
§ 7-2 槽轮机构	231
§ 7-3 不完全齿轮机构	237
§ 7-4 万向联轴器	241
§ 7-5 凸轮式间歇运动机构	244
习题	245
第八章 机械的运转及其速度波动的调节	247
§ 8-1 概述	247
§ 8-2 机械系统的等效动力学模型	250
§ 8-3 在已知力作用下机械的真实运动	253
§ 8-4 机械速度波动及其调节方法	257
习题	267
第九章 机械的平衡	270
§ 9-1 概述	270
§ 9-2 刚性转子的静平衡及动平衡	271
§ 9-3 刚性转子的平衡试验及平衡精度	275

§ 9-4 挠性转子动平衡简介	278
§ 9-5 平面机构平衡简介	279
习题	283
第十章 机械的运动方案及机构的创新设计	286
§ 10-1 概述	286
§ 10-2 机械运动方案设计原则	286
§ 10-3 原动机、传动机构及减速器的选择	289
§ 10-4 机构的运动协调及运动循环图	296
§ 10-5 机械运动方案拟定及评价	299
§ 10-6 机构运动方案设计实例	304
§ 10-7 机构的创新设计	310
习题	318
附录 I 常用 II 级杆组的运动分析与力分析数学模型	319
附录 II 位移矩阵与坐标变换	327
附录 III 渐开线函数表($\text{inv } \alpha = \tan \alpha - \alpha$)	331
参考文献	334

第一章 绪论

§ 1-1 机械原理课程的研究对象和内容

机械原理是研究机械运动学和动力学分析与设计基本理论的技术基础课程，它在基础课与专业课之间起承上启下的作用。

机械是机器与机构的总称。在日常生活和工程中经常见到的缝纫机、洗衣机、复印机、汽车、拖拉机、起重机、各种机床、发电机、电动机、机器人及计算机等，都称为“机器”。各种机器的构造、用途和性能虽然各不相同，但从它们的组成、运动和功能等方面来看，可以对机器作如下定义：机器是一种人为实物组合的具有确定机械运动的装置，用来完成有用功、转换能量或处理信息，以代替或减轻人类的劳动。例如，各种机床用来变换物料的状态做功，汽车、起重机等用来传递物料作有用功，发电机或电动机用来转换能量，计算机用来变换和处理各种信息等。

通常，一台发展完备的现代化机器具有四个组成部分，即原动机、传动机构、执行机构和控制系统。原动机用于提供动力，如电动机等；传动机构将运动和动力传递给执行机构，如齿轮、丝杠等；执行机构用于实现机器的功能，如机床的刀架、机器人的手爪等；控制系统则用于协调机器各组成部分之间的工作，以及与外部其他机器或原动机之间的关系，例如用各种传感器收集机器内、外部的信息，输入计算机进行处理，并向机器各部分发出指令，使之协调地进行工作，达到提高工作质量和生产效率以及降低能耗的目的。正是由于机器具有上述组成部分，所以绝大部分机器都具有机械运动，以完成机械功、转换机械能或进行信息处理。

机器中的机械运动大多是通过各种“机构”来实现的。一部机器通常包含一个或若干个机构，因此机构是机器的重要组成部分。机构可以定义为：机构是一个具有相对机械运动的构件系统，或称它是用来传递与变换运动和动力的可动装置。例如，常见的齿轮机构(图 1-1a)、凸轮机构(图 1-1b)、连杆机构(图 1-1c)、螺旋机构、带传动机构和链传动机构等，它们都是实现某种运动和动力传递的可动装置。机械原理就是研究这些具有确定机械运动装置的运动及动力分析与设计基本理论的课程。

机械原理主要研究内容有以下几个方面：

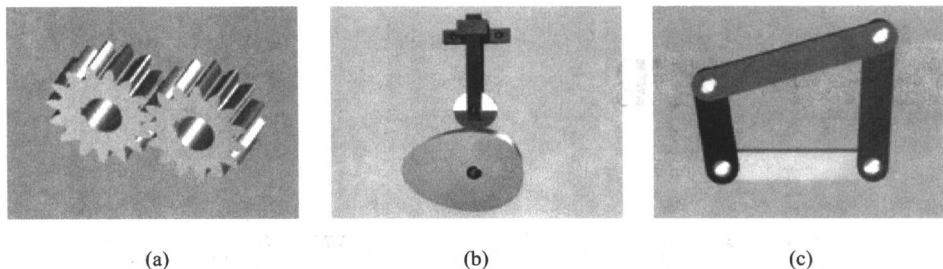


图 1-1

1. 各种机构的分析问题

它包括机构的结构分析,即研究机构的结构组成情况和组成原理、机构运动的可能性及确定性条件以及机构的结构分类等;机构的运动分析,即研究在给定原动件运动的条件下,机构上各点的运动轨迹以及位移、速度和加速度等运动特性;机构的力分析,即研究机器运转过程中各构件的受力情况,以及机构各运动副中力的计算方法、摩擦及机械效率等问题。

2. 常用机构的设计问题

机器的种类虽然极其繁多,但构成各种机器的机构类型却很有限,常用的有齿轮机构、凸轮机构、连杆机构以及各种间歇机构等。本书将用很大篇幅讨论这些机构的结构原理与组成、设计理论和设计方法以及实际应用等问题。

3. 机器动力学问题

它主要研究在已知力作用下机械的真实运动规律、机器运转过程中速度波动的调节问题以及机械运转过程中所产生的惯性力系的平衡问题。

4. 机构的选型及机械系统运动方案设计的基本知识

它主要研究具体机械设计时的机构选型、组合与变异问题,以及机械系统运动方案的设计等问题。

§ 1-2 机械原理课程的学习目的和作用

学习机械原理课程的目的和作用,概括起来有以下几个方面。

一、认识机械,了解机械

机械原理课程中对机械的组成原理、工作原理、运动分析乃至设计理论和方法都作了基本的介绍,这对工科各专业的学生在认识实习、生产实习以及以后的工作中认识机械、了解机械和学会使用机械都会很有帮助。例如,认识并了解铣床工作台进给速度的调整、车削螺纹时不同螺距的形成都是通过齿轮传

动并按一定传动比计算挂轮实现的。又如，牛头刨床加工时进给量大小的调整可以通过连杆机构和棘轮机构实现等。当然，这些有关机械的基本理论与知识还将为以后学习专业课程打下基础。

二、掌握方法，分析机械

机器或机构的一个突出的特点是作机械运动，而运动的相对性和运动几何学的基本概念贯穿于本课程的始终。例如，根据相对运动原理而提出的“反转法”的基本思想，在凸轮轮廓设计和行星轮系传动比计算中得到了应用，在连杆机构设计和机构演化中的“转换机架”等概念也都是基于“反转法”的思想。又如，机械的运动和相互包络的概念，作为凸轮轮廓和齿轮齿廓设计与制造的基本方法而普遍应用着。这些基本概念和方法，经常应用于机构的分析与设计中，掌握和运用这些基本方法去分析现有的机构，从而对机构的认识达到理性认识的高度，是本课程的一个重要的目的。

三、开阔思路，设计与创新机械

机械原理课程所讲授的机构分析与设计的基本理论与基本方法，不仅用于解决本课程所学的机构设计，而且对后续的课程设计、毕业设计以及今后在工作中所遇到的技术问题的解决，都会提供必备的基础知识。如为了实现某种运动要求，在选择合适机构类型，构思并设计基本机构和机械系统方面，机械原理所讲授的基本思想和方法，将起到十分重要的作用。例如，为构思一个实现直线运动的机械系统，当选用回转运动作驱动源时，可以用图 1-1b 所示的凸轮机构，凸轮的回转推动从动件作往复直线移动；可以用图 1-2a 所示的齿轮齿条机构，齿轮回转带动齿条作直线移动；也可以用图 1-2b 所示的曲柄滑块机构，作回转运动的曲柄 1 通过连杆 2 带动滑块 3 作直线往复移动；还可以利用图 1-2c 所示的曲柄摇杆机构，其连杆上的一点 M 可实现直线运动轨迹 $a_1 d_1 b_1$ 。当然，若选用液压或气动作驱动源时，结构简单的油缸或气缸就成为

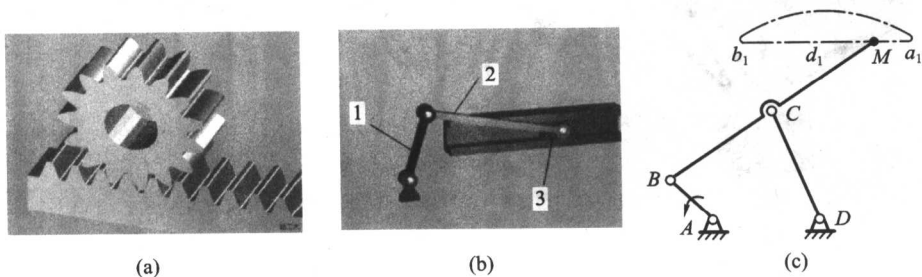


图 1-2

直线运动机构。实际设计中究竟选用何种直线运动机构，必须全面地分析比较各种机构的优缺点，根据现场动力源的实际情况，权衡利弊，选择合适的机构，进而创造新的机械系统。

四、更新观念，发展机械学科

为了实现社会主义现代化的目标，就要在国民经济各部门逐步实现机械化和自动化，以不断提高劳动生产率，降低产品成本，提高产品质量。要实现机械化，就要创造出各种各样新的优质机器。在创新机器过程中，机构的正确运用、机械运动方案的合理选择、各种机构的设计与创新都需要机械原理的知识。尤其是在计算机和计算技术快速发展的 21 世纪，需要把计算机快速计算和强大的图形功能引入机械设计之中，改进和革新机械分析与设计方法，把机械设计的方法与技术推向新阶段。例如本书提出的连杆机构设计的数值法，就是应用计算机的最新技术，把连杆机构分析与设计结合起来，突破原有的连杆机构设计的思维模式，实现了设计过程和设计结果的可视化，为工程实用创造了方便条件。

在学习和研究机构分析与设计基本理论的同时，应注意更新观念，把机、电、液、气的应用技术、计算机与计算技术以及数字控制技术等结合起来，发展和创新机械，推动机械学科的发展。例如，利用六自由度空间并联机构可以实现任意位置和姿态的特点，把它开发成一种新型的数控机床——并联机床，用以加工复杂空间曲面零件，推动机械学科和机床工业生产的发展。

图 1-3a 为并联机床原理仿真图，它是由 6 根变长杆通过球铰与固定平台（上平台）和动平台（下平台）相连接而组成的。当各杆杆长发生变化时，带动动平台的位置和姿态变化，固连在动平台上的铣刀就可以加工出空间任意曲面，图 1-3b 是哈尔滨工业大学研制的并联机床原型样机的三维仿真图，图 1-3c 是哈尔滨工业大学与哈尔滨量具刃具厂合作研制的商品化并联机床样

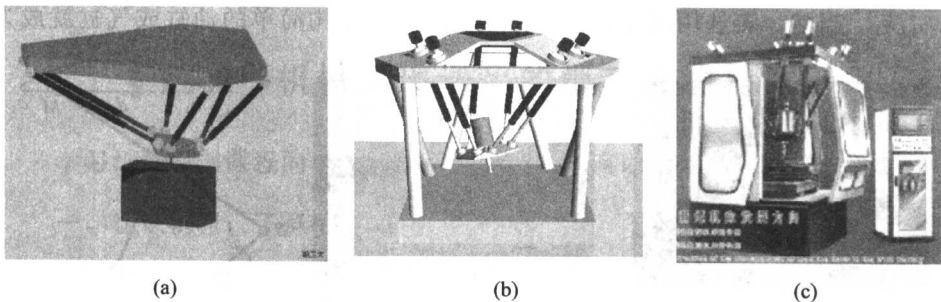


图 1-3

机, 2004年起, 该类机床已做成可以自动换刀的“并联加工中心”在汽轮机叶片加工生产线上正式投入使用。

§ 1-3 机械原理多媒体教材的特点与学习方法

机械原理多媒体教材主要包括文字教材和软件教材(电子教材)两部分。文字教材与一般的文字教材在形式上是一样的, 它主要为满足教师备课和学生自学复习的需要, 在文字上力求简练, 少而精。软件教材除了包含文字教材中的关键性、结论性的内容和必要的文字、公式、图表外, 主要根据机构运动几何学的特点, 把大量的机构运动仿真图形, 特别是三维机构运动仿真图形纳入教材, 以提高学生的形象思维能力, 开发创新意识。同时, 软件教材中还包括必要的讲解配音和现场场景的录像, 实现多种传播媒体的综合运用, 以提高教与学的效率和质量。因此, 使用本套教材应掌握它的以下特点。

一、内容、体系与表达形式上的特点

1) 贯彻以设计为主的思想, 加强了机构综合与设计的内容, 以适应当前机械工业发展的需要。如增加了机构结构综合、连杆机构的实用设计方法(数值法)、齿轮变位系数的选择和综合方案的比较以及机械运动方案设计等内容, 这些将会对新的设计思想和设计方法的学习、研究与推广起到推动作用。

2) 教材中基本删除了图解法, 并减少了机构分析的内容。图解法虽具有概念清晰、使用简便的特点, 但随着计算机的计算和图形功能的提高, 原来的图解法如机构运动分析图解法、凸轮设计图解法等已失去实际应用价值, 教材中基本予以删除。为加强教材的设计内容, 对于机构的运动分析和力分析等内容也并入连杆机构设计一章中, 并减少了相应的内容。

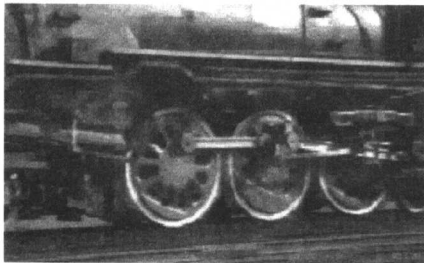
3) 力求把分析方法和设计方法更密切地与当今的计算机技术结合起来, 以鼓励学生更好地探索机构分析与机构综合的新方法。例如, 连杆机构设计的数值法就是从机构的分析出发, 寻求机构的运动特性并进而得到机构设计方法的。

4) 本教材突破了单纯书面文字和书面图形的表达形式, 把多种信息传播媒体结合起来, 形成了两张光盘容量(1.2 GB)的电子教材, 其中包括: 利用多种造型技术制作了三维可动的具有真实感的各种栩栩如生的“真实”机构模型, 以便于建立各种机构的空间概念和运动的时空关系, 促进形象思维能力的发展与提高; 通过改变参数, 实时生成二维或三维机构模型, 以观察并了解这些参数对机构运动性能的影响, 促进对机构结构的可变性和多样性的认识; 通过多种教学媒体的有机结合, 强化教学和自学过程中的视觉与听觉的多重刺激, 促进教学效率和效果的提高。

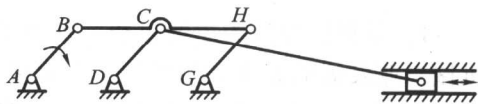
二、学习方法

机械原理是一门技术基础课，它比基础课中的物理、理论力学等课程更加结合工程实际，但又不像专业课程中研究的一些具体机械结构那样的详尽，因此学习本门课程时一定要注意以下几方面的问题：

1) 学习掌握把具体机器抽象形成机构运动简图的方法，以便从本质上搞清机构的运动原理，掌握基本概念。本课程主要研究机构的组成原理和运动学、动力学等问题，而不研究机器的具体结构。例如，为了研究如图 1-4a 所示蒸汽机车的运动问题，并不需要对它的详细结构进行研究，只要研究如图 1-4b 所示运动简图中的机构尺寸与运动关系就足够了。学习运用机构运动简图去理解机构运动过程中的时空关系，认识其运动本质，这也是培养逻辑思维能力 and 机构创新能力的一种有效方法。



(a)



(b)

图 1-4

2) 学习掌握本课程中的一些基本概念和基本方法。例如，为使机构或机器顺利地完传递运动、传递力或做功的任务，当它通过其运动循环中的任一位置时，都必须保证其驱动力的方向与运动速度方向相一致。为此，在齿轮机构、凸轮机构、连杆机构或其他各种机构中经常强调“压力角”或“传动角”这一基本概念。在这些机构的分析与设计中，或在创新某种新机构时，都必须时时注意满足一些基本概念和要求。

3) 学习研究各种机构的设计方法。了解其运动与动力性能时，不仅应掌握每种机构各自的相关内容，更要注意把各种机构的具体的分析与设计内容与一般的原理和方法联系起来，如相对运动、“反转法”与转换机架等概念和方法，已成为多种机构分析、演化和设计方法的基础。只有弄清其本质所在，才易于掌握和运用机构的分析与设计的基本思想去创造新的机械系统。

4) 要充分利用本书电子教材提供的利用多种造型技术制作的具有真实感的可动的二维或三维机构模型，搞清机构运动过程中的时空关系、设计原理与

方法以及机构参数对其运动性能的影响等问题。联系所学的基本概念,综合考虑各方面的影响因素,培养自己运用所学基本理论与方法分析和解决工程实际问题的能力。

为了帮助学生扩大英文词汇,以提高专业外语阅读能力,软件教材中给出了各种机构和主要词汇的英文单词。另一方面为了便于教师备课和学生的深入学习,对一些受篇幅限制、文字教材不宜展开的内容,在软件相应章节的帮助系统中,或给出有关问题的进一步论述,或给出有关参考文献的摘要与全文。

三、使用方法上的特点

1) 本套教材是根据面向 21 世纪的教学内容和课程体系改革的指导思想,贯穿以设计为主线,考虑到教学时数被压缩的情况,在总结多年教学经验的基础上编写的。教材软件将提供单机版和网络版两种光盘,供个人机和局域网使用。具备多媒体教室的学校,教师可以大大节省讲课时数,学生也可以通过网络或个人机经过自学较好地完成任务。

2) 对于那些不具备多媒体教学设备的学校,采用个人机与单机版光盘同样可收到良好的教学效果;无计算机时,文字教材可以像其他机械原理文字教材一样用于教学。

第二章 机构的结构分析和综合

§ 2-1 结构分析和综合的基本内容

机械原理课程对机械的研究一般可以概括为两个方面：一是对已有机械进行分析，包括结构分析、运动分析和动力分析；二是对新机构进行设计，即机构综合，其中包括机构的选型、运动设计及动力设计。本章的任务是研究机构的结构分析与类型综合，主要包括以下几个方面：

1) 研究机构的组成要素及机构运动简图的绘制。要研究机构，首先要了解机构是由哪些要素组成的。为了方便对机构进行运动分析，需要撇开构件、运动副的外形和具体构造，绘制运动简图。

2) 研究机构的自由度及机构具有确定运动的条件。机构是具有相对机械运动的构件组合体，为了判别机构是否具有确定的运动，必须研究机构的自由度及机构具有确定运动的条件。

3) 研究机构的组成原理，并根据结构特点对机构进行分类。机构虽然形式多样，但从结构上讲，它们都遵循同一组成原理。此外，根据结构特点可对机构进行分类，并把机构分解成若干个基本杆组。同一类基本杆组，可应用相同的方法对其进行运动分析和力分析。

4) 研究平面机构的类型综合方法，即研究在满足预期运动及工作条件下，如何综合出机构可能的结构型式。

§ 2-2 机构的组成及其运动简图的绘制

一、机构的组成要素

虽然各种机构的形式、结构各不相同，但通过大量的分析可以看到，机构是具有相对机械运动的构件组合体。这种“构件组合体”是将各构件按一定方式连接而成的。总的说来，机构是由构件和运动副两个要素组成的。

1. 构件

一般来说，构件是指作为一个整体参与机构运动的刚性单元。一个构件，既可以是不能拆开的单一整体，即为一个零件，也可以是由若干个零件装配而

成的刚性体。因此,构件与零件的区别在于:构件是运动的单元,而零件是制造的单元。如图 2-1a、b、c 所示的轴、键和齿轮均为零件,但将它们装配在一起后,就构成了图 2-1d 所示的装配体了,整个装配体是一个运动的单元,因而它是一个构件。本课程将以构件作为研究的基本单元。

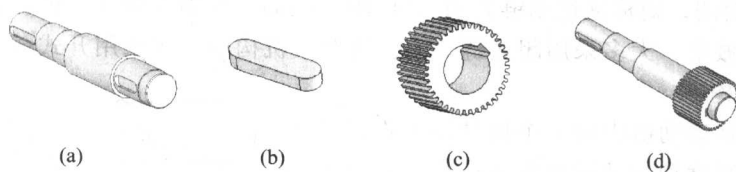


图 2-1

2. 运动副

为传递运动和动力,机构中每个构件都以一定的方式与其他构件保持直接接触,而接触的两构件间又必须能产生一定的相对运动。两构件间的这种直接接触而又能产生一定相对运动的活动连接称为运动副。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 2-2 中的滑块与导路的接触面(或点、线)分别为两运动副元素,它们之间相互接触并能产生相对运动,构成了运动副。

两构件间的运动副所起的作用是限制构件间的某些相对运动,这种相对运动的限制作用称为约束。由于运动副元素不同,相对运动受到约束的情况也不同。相对运动被约束而减少的数目称为约束数目。如图 2-3 所示的球碗限制了球体沿三个坐标轴的移动,球体只能绕三个坐标轴转动。这说明两构件以某种方式相连接而构成运动副,其相对运动便受到某些约束,从而使其相对运动的数目减少,其相对运动减少的数目就等于该运动副所引入的约束数目。

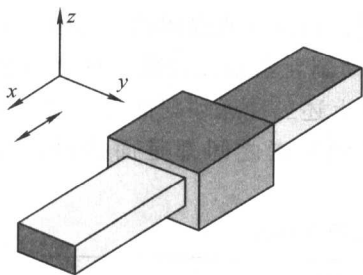


图 2-2

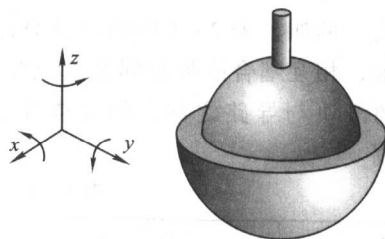


图 2-3

一个构件在三维空间自由运动时,可有 6 个自由度,即沿三个坐标轴的移动和绕三个坐标轴的转动。当两个构件构成运动副后,其有些相对运动自由度