



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



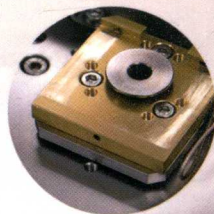
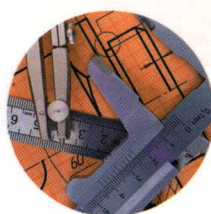
“十二五”江苏省高等学校重点教材

机械原理与设计 (上册)

Theory and Design of Machines and Mechanisms

第2版

马履中 谢俊 尹小琴 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
“十二五”江苏省高等学校重点教材

机械原理与设计

(上册)

第2版

主 编	马履中	谢 俊	尹小琴	
副主编	鲍培德	朱长顺	杨启志	
参 编	陈瑞芳	杨德勇	陈修祥	吴伟光
	孙建荣	杜艳平	杨建伟	
主 审	杨廷力	沈守范		



机械工业出版社

本教材在教学改革的基础上按照教育部制订的教学基本要求编写,既考虑了传统经典内容,又考虑到近年来的教学改革成果及学科发展的新动向,适当地扩充了内容。各章除有基本教学内容外,还包含知识拓展、文献阅读指南、学习指导、思考题、习题及习题参考答案。适合于高等学校机械类专业本科机械原理和机械设计两门课程的教学。

本教材分上、下两册,共三篇,各篇独立成章。

上册由第一篇构成,为机械原理课程的主要内容,包括机构分析与运动设计、机械动力设计两部分。其中带*号的部分引入了我国学者在拓扑结构设计中的一些新成果。下册由第二、三篇构成。第二篇为机械设计课程的主要内容,分联接、传动、轴系零部件和其他零部件等,主要介绍通用零部件的工作能力设计和结构设计;第三篇为机械产品的方案设计与分析,可结合课程设计来讲授,使学生对产品设计有一个全面的了解,也有助于课程设计、课外创新设计及教学改革。

本教材也可供机械工程领域的科研、设计人员及研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理与设计.上册/马履中,谢俊,尹小琴主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2015.6

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 “十二五”江苏省高等学校重点教材

ISBN 978-7-111-50188-6

I. ①机… II. ①马…②谢…③尹… III. ①机构学—高等学校—教材
②机械设计—高等学校—教材 IV. ①TH111②TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第094849号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:刘小慧 责任编辑:刘小慧 安桂芳

版式设计:霍永明 责任校对:张征

封面设计:张静 责任印制:刘岚

北京玥实印刷有限公司印刷

2015年6月第2版第1次印刷

184mm×260mm·20.25印张·501千字

标准书号:ISBN 978-7-111-50188-6

定价:39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

第2版序言

本教材自2009年1月第1版第1次印刷以来,以其鲜明的特色得到同行及专家们的关注,先后被列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材和“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。第1版教材在2009—2013年期间连续印刷了4次,被众多高等学校选作教学用书,受到广大师生的一致好评,并于2013年列为“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号2013-1-088)。

本教材第2版是在第1版的基础上修订而成的。修订时,以教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会最新制定的《机械原理及机械设计课程教学基本要求》为依据,参考了课程教学指导分委员会提出的课程教学改革建议,并吸取了近几年来教学改革的经验,根据学科发展的新动向及同行专家和读者的意见,以激发学生自觉的学习兴趣、培养学生自主获取知识的能力和正确的思维方法作为教学理念,适用于普通高等学校机械类(含非机械类)专业本科的机械原理和机械设计两门技术基础必修课的教学。教材中的相关内容也可作为机械类专业课、机械设计创新设计选修课、毕业设计等教学环节的参考资料。

第2版在保持第1版基本框架不变的前提下,主要作了以下修订:

1) 各章在原有学习指导、思考题和习题的基础上,增加了知识拓展、文献阅读指南及习题参考答案等内容。“知识拓展”重点在于拓宽学生的知识面,介绍教学基本要求中没有涉及的内容,诸如相关内容的研究历史,近年来的研究现状及其未来的发展趋势,常用机构的特殊工程应用等。“文献阅读指南”是为有兴趣的读者或学有余力的学生进行深入学习指明方向,便于读者自学提高。“习题参考答案”有助于学生正确运用所学知识,自我检查对基本内容的掌握程度,并及时发现学习中存在的问题,便于进一步学习研究。

2) 更正或改进了第1版文字、插图与计算中的一些疏漏和错误。

由于有关编者的工作调动等原因,经编者同意,对有关章节的编者作了局部调整。参加第2版修订工作的有:马履中(绪论,第一篇前言、第一章、第三章、第八章),尹小琴(第一篇第二章、第四章,第三篇前言、第一章、第二章和第五章部分内容),杨启志(第一篇第五章、第九章、第十章),陈瑞芳(第一篇第六章),杨德勇(第一篇第七章),谢俊(第二篇前言、第一章、第八章、第十二章、第四章部分内容和第五章部分内容,第三篇第五章部分内容),陈修祥(第二篇第二章、第四章部分内容和第五章部分内容),鲍培德(第二篇第三章、第十章、第十一章、第四章部分内容和第五章部分内容),朱长顺(第二篇第六章、第七章、第九章、第四章部分内容和第五章部分内容),吴伟光(第二篇第十三章),孙建荣(第二篇第十四章),北京印刷学院杜艳平(第二篇第四章部分内容和第五章部分内容,第三篇第三章、第四章部分内容),北京建筑大学杨建伟(第三篇第四章部分内容)。

本教材第2版由马履中、谢俊和尹小琴任主编,鲍培德、朱长顺和杨启志任副主编,由金陵石化公司、东南大学兼职教授、博士生导师杨廷力教授和南京理工大学沈守范教授担任主审,他们对教材修订提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

限于时间与水平,本教材难免存在欠妥之处,敬请各位学者、老师和广大读者批评指正。

编者
于江苏大学

第 1 版序言

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，也是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，适用于普通高等学校机械类（含非机类）专业本科的机械原理和机械设计两门技术基础必修课的教学。教材中的相关内容也可作为机械类专业课、机械设计创新设计选修课、毕业设计等教学环节的参考资料。

本教材以教育部制订的机械原理和机械设计两门课程的“教学基本要求”为依据编写，同时，也吸收了近几年来教学改革成果及学科发展的新动向，适当地扩充了相关内容。

江苏大学在近几年教学实践中对机械类专业的“机械原理”及“机械设计”两门课程的设计进行了改革，以一门课程的形式分两个学期进行讲授。第一学期讲授本教材上册内容，称为“机械原理与设计Ⅰ”，主要以机械原理课程为主；第二学期讲授本教材下册内容，称为“机械原理与设计Ⅱ”，主要以机械设计课程为主。将两门课程的课程设计统一放在第二学期进行，以便于学生在课程设计时能综合运用两门课程所学内容，如综合运用机构学及带传动、链传动等内容进行方案设计，对其进行运动及动力性能分析，并对传动部件强度及具体结构进行设计。本教材在编写过程中充分考虑了这一情况，特别是第三篇，以产品实现全过程作为主线，使学生对产品的设计有一个较全面的了解。对于该内容，教师可结合课程设计进行讲解或学生在课程设计前有选择性地自学。它将有利的巩固课程设计的改革成果，为学生下一步专业课学习及今后毕业设计打下较好的基础。

本教材分为上、下两册，共三篇，各篇独立设章。第一篇包含 10 章，第二篇包含 14 章，第三篇包含 5 章。每章末都有各章的主要内容与学习指导，思考题与习题。全书以产品实现全过程（市场调研—任务提出—方案设计—创新思想引入—运动学、动力学性能分析—考虑强度、环保等工作能力设计—结构设计—产品投放市场—用户—产品报废、回收）为依据来考虑教材内容的取舍。

上册由第一篇构成，以机械原理课程为主要内容，包括平面机构组成原理及其自由度分析，平面机构的运动分析，平面连杆机构运动学分析与设计，凸轮机构及其设计，齿轮机构及其设计，轮系及其传动比计算，其他常用机构及组合机构，机器人机构，机械的摩擦与自锁，机械动力学与机械平衡。考虑到现代机构学发展的重要方向之一是以机器人机构为背景的可控、多输入机构，对它进行研究，促进了发明新机构的理论与方法的发展。因此，本篇在内容中扩充了与发明新机构有关的拓扑结构学的基本理论。该篇第一、二章引入了我国学者杨廷力教授在拓扑结构设计中的新成果（教材中以标“*”号的小节出现），主要以平面机构作为研究对象，阐述与分析其理论，使学生对该理论的实质有所了解，为平面机构的性能分析和机构创新、发明提供理论基础。同时，也有利于读者进一步学习空间串联和并联机器人机构创新设计的有关理论。第三章在平面连杆机构中引入了二自由度的平面五连杆机构，它是最基本的多自由度机构之一。对它进行分析研究，可为其他多自由度机构的学习打下基础。

下册由第二篇和第三篇构成。第二篇以机械设计课程为主要内容，包括机械设计概论，

机械零件的强度,摩擦、磨损及润滑概述,螺纹联接和螺旋传动,键、花键联接及其他联接,带传动,链传动,齿轮传动,蜗杆传动,轴,滚动轴承,滑动轴承,联轴器和离合器,弹簧。在该篇第一章的零部件设计准则中,除了要考虑常规的强度准则外,还应注意产品使用过程中的环保,即必须考虑产品的生命全过程,引入绿色设计,以及现代化设计,如有限元、优化、可靠性设计等内容。下册第三篇以机械产品的方案设计与分析为主要内容,该篇共有5章,结合全书前两篇的内容,以产品实现过程为主线,阐述从产品构思到产品实现全过程的相关设计方法,并举例加以说明。内容包括:机械产品设计过程简介、机械产品的运动方案设计与分析、机械传动系统与控制系统设计简介、机械创新设计、机械产品设计实例。考虑到近年来各高校的课外机械创新设计大赛,该篇还引入了机械创新设计及有关设计方面的应用举例。这些内容符合“创新设计”的要求,可作为学生自由阅读的材料。

本教材内容适用于高校“机械原理”与“机械设计”两门课分离或合并的不同情况,具有下述几方面特色:

1) 整本教材以“机械产品实现过程”(PRP)作为编写的主导思想,并贯穿于教材的始终。从绪论开始直到第三篇都围绕该思想组织教材内容。比如“绪论”中除了讲述本课程的研究对象、内容方法、研究目的、地位、作用、发展动向外,还提到机械产品设计全过程概述,以及初期产品规划、总体方案设计、结构设计、产品施工设计等内容。

第一篇机械原理。该篇基于“机械产品实现过程”,从机械产品初期规划设计入手,介绍了市场调研、销售预测、技术调研、同行调研、国内外现状调研、专利情况调研、可行性论证,直到设计任务确定。在按设计任务进行机械的机构运动学拓扑结构设计时,力求在机构拓扑结构上有所创新。这是高层次的创新,属源头创新。由此拟订方案,再对方案进行评价。机构学的任务即在于机构拓扑结构的创新,并进一步进行机构尺度创新,然后引入各种常用连杆、凸轮、齿轮、轮系、其他常用机构及组合机构,从运动学、动力学角度进行分析与设计,最终进行方案决策。

该篇对某些章节内容作了调整,如在连杆机构中引入了多自由度五连杆机构设计等内容。此外,还简要介绍了一部分串联机器人及并联机器人有关最新科研成果的新内容。

第二篇不仅从强度及结构入手,介绍机器人和机械常用零件设计时应满足的基本要求和一般程序,以及机械零件的主要失效形式和设计准则,还将可靠性设计、绿色设计、虚拟设计等现代设计方法引入到机械设计课程中,使产品设计综合考虑产品的可靠性、可拆卸性等因素,以适应产品的全寿命设计。

该篇引入了常用现代设计方法,如计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、反求设计、绿色设计、虚拟设计等,以求学生能了解现代设计方法的概要,并能对产品全过程实现原则有所了解,以期能较全面地、完整地了解或掌握产品设计应考虑的原则。

第三篇介绍从产品构思到产品实现全过程的设计方法,并举例说明其应用的方法。

2) 教材附有主要符号表及重要名词术语的中英文对照。各章有学习指导,介绍本章主要内容及学习要求,便于学生进行复习及自学。相关章节将介绍学生自己动手制作的简单机构模型,如连杆机构、凸轮机构等,以增加学生的感性认识及对教材内容的深入理解,同时培养学生的动手能力及创新能力。

3) 配合课程教材内容改革,还对课程设计进行系统改革,将机构方案设计及多自由度机电控制一体化思想、可靠性设计及绿色设计思想贯穿到课程设计中,以增强学生的实践知

识,提高学生的基本素质和创新能力。

教材中标有“*”的章节为选学内容。

本教材编写人员及分工是:马履中编写了绪论及第一篇的第一章、第三章、第八章,尹建军和尹小琴合编了第二章,尹小琴编写了第四章,胡建平编写了第五章,陈瑞芳编写了第六章,刘继展编写了第七章,杨启志编写了第九章、第十章。第二篇由谢俊编写了第一章、第八章和第十二章,陈修祥编写了第二章,鲍培德编写了第三章、第十章和第十一章,杨超君编写了第四章和第五章,朱长顺编写了第六章、第七章和第九章,杨德勇和吴伟光合编了第十三章,孙建荣编写了第十四章。第三篇由尹小琴编写了第一章和第二章,北京印刷学院的杜艳平编写了第三章,杜艳平和北京建筑大学的杨建伟编写了第四章,尹小琴和谢俊合编了第五章。本教材由马履中任主编,谢俊和尹小琴任副主编,马履中、谢俊、尹小琴、鲍培德、杨启志、朱长顺、陈修祥和吴伟光参加了内部审稿工作。

本教材在编写过程中得到了金陵石化公司、东南大学兼职教授、博士生导师杨廷力教授的大力支持与指导,特别对第一章、第二章有关内容提供了详细资料,并和南京理工大学的沈守范教授仔细审阅了全书,提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。江苏大学博士生王劲松,硕士生仲栋华、郁玉峰、刘剑敏、郭洪毓等参加了本书部分绘图和修改等工作,对他们的辛勤劳动,在此一并深表谢意。

限于时间与水平,本教材难免存在错误和欠妥之处,敬请各位学者、老师和广大读者批评指正。

主 编 马履中

副主编 谢俊 尹小琴

于江苏大学

目 录

上 册

第2版序言	
第1版序言	
绪论	1
思考题	5

第一篇 机械原理

前言	
第一篇主要符号表	8
第一章 平面机构组成原理及其自由度分析	9
第一节 机构的组成及运动简图	9
第二节 平面机构自由度分析及应用举例	15
第三节 平面机构组成原理	21
第四节 平面机构的拓扑结构理论*	30
知识拓展	50
文献阅读指南	50
学习指导	51
思考题	52
习题	53
习题参考答案	55
第二章 平面机构的运动分析	56
第一节 机构运动分析的目的和方法	56
第二节 速度瞬心法及其应用	57
第三节 用矢量方程解析法作平面机构的运动分析	59
第四节 复杂平面机构的运动分析*	66
知识拓展	75
文献阅读指南	76
学习指导	77
思考题	78
习题	78
习题参考答案	79
第三章 平面连杆机构运动学分析与设计	80
第一节 平面连杆机构的特点及应用	80

第二节 平面四连杆机构基本类型及应用	82
第三节 平面四杆机构的曲柄存在条件	88
第四节 平面四杆机构的一些基本特性	90
第五节 平面四杆机构的设计	94
第六节 平面五连杆机构	106
知识拓展	112
文献阅读指南	112
学习指导	113
思考题	115
习题	115
习题参考答案	117
第四章 凸轮机构及其设计	118
第一节 凸轮机构应用及分类	118
第二节 从动件常用运动规律	120
第三节 图解法设计平面凸轮廓廓曲线	125
第四节 解析法设计平面凸轮廓廓曲线	130
第五节 凸轮机构基本尺寸确定	131
第六节 圆柱凸轮机构	137
知识拓展	139
文献阅读指南	140
学习指导	140
思考题	141
习题	141
习题参考答案	144
第五章 齿轮机构及其设计	145
第一节 齿轮机构的应用和分类	145
第二节 齿廓啮合基本定律	147
第三节 渐开线齿廓的啮合传动	148
第四节 渐开线齿轮各部分名称及几何尺寸计算	151
第五节 渐开线直齿圆柱齿轮传动的正确啮合条件	155
第六节 渐开线齿轮传动无侧隙啮合条件	156
第七节 渐开线齿轮传动的重合度	160
第八节 渐开线齿廓切削加工原理	164

第九节 渐开线齿轮的根切和变位	167	学习指导	234
第十节 变位齿轮传动概述	169	思考题	234
第十一节 斜齿圆柱齿轮机构	175	第八章 机器人机构	236
第十二节 蜗杆蜗轮机构	183	第一节 机器人机构的特点	236
第十三节 锥齿轮机构	185	第二节 串联式机器人	237
第十四节 其他齿轮机构	189	第三节 并联式机器人	255
知识拓展	190	知识拓展	262
文献阅读指南	191	文献阅读指南	262
学习指导	191	学习指导	263
思考题	192	思考题	264
习题	193	习题	264
习题参考答案	195	习题参考答案	264
第六章 轮系及其传动比计算	196	第九章 机械的摩擦与自锁	265
第一节 轮系的分类	196	第一节 机械中的摩擦	265
第二节 定轴轮系的传动比	198	第二节 机械中的自锁	267
第三节 定轴轮系的应用及设计	201	知识拓展	268
第四节 周转轮系的传动比	203	文献阅读指南	268
第五节 周转轮系的应用及设计	205	学习指导	268
第六节 混合轮系传动比计算	209	思考题	269
第七节 其他行星传动简介	211	第十章 机械动力学与机械平衡	270
知识拓展	212	第一节 机械动力学	270
文献阅读指南	212	第二节 机械平衡	278
学习指导	213	知识拓展	283
思考题	213	文献阅读指南	284
习题	213	学习指导	284
习题参考答案	215	思考题	285
第七章 其他常用机构及组合机构	216	习题	285
第一节 其他常用机构	216	习题参考答案	288
第二节 组合机构	230	附录 重要名词术语中英文对照表	289
知识拓展	233	参考文献	314
文献阅读指南	233		

绪 论

本章介绍本课程的研究对象、研究内容、研究方法、研究目的及发展动向；介绍机构、机器、机械的基本概念；介绍机械产品设计过程及本课程在产品设计中的地位 and 作用。

一、本课程研究的对象、内容、性质和方法

(一) 本课程研究的对象

机械原理及设计课程研究的对象是机械。机械是人类进行劳动生产的主要工具。人们在长期的劳动生产实践中不断地总结经验，在此基础上提出了一系列用于代替人们劳动的各种需求，并找到了解决这些需求的各种方法，在这些方法中，“机械”往往是作为首选的装置而被采用。

机械是机构和机器的总称。作为机器，它具有如下特征：①它是由构件及运动副组成的人为的实物组合体；②各运动单元之间具有确定的相对运动；③能完成有用的机械功或转换机械能。机构只具有前面两个特征。现代机器的定义是：机器是执行机械运动的装置，它用来变换或传递能量、物料与信息。上述物料是指被加工的对象、被搬运的重物。按此定义，可将机器分为动力机器、工作机器和信息机器。动力机器是能量变换装置，如内燃发动机、电动机、涡轮机、压气机、发电机等。它们用于将某种形式的能量转换为机械能，或将机械能转换成其他形式的能量。工作机器是完成有用的机械功的装置，如金属切削机床、轧钢机、插秧机、联合收割机、缝纫机、拖拉机、汽车、飞机、起重机、输送装置等。信息机器是用来获得和变换信息的机器，如机械式计算机、打印机、打字机、绘图仪等。机器与其他设备或装置的主要区别是：机器必须能作机械运动，并由机械运动来实现能量、物料或信息的变换。

在常用的各式机器中，作为一部完整的机器，按其功能来区分，它应该由动力系统、主体执行机构系统、传动系统、机架、操纵控制系统及其他辅助系统等组成。本教材第三篇将介绍操纵控制系统及其他辅助系统。第一、二篇只介绍各系统中的机构及通用零部件。

(二) 本课程研究的内容

本教材的特点是基于“将产品实现过程汇集到本科教程中去”的这一思想，结合我国国情组织教学内容。课程内容体现了产品实现过程 (Product Realization Process, PRP)，即从新产品构思，拓扑结构设计，运动学设计，动力学设计，零件结构设计，零件强度设计，优化设计，可靠性设计，计算机辅助设计 (CAD)，机械零部件图样绘制，工艺路线制订，产品生产制造，到进入市场，用户使用、维修，直至报废、回收等的全部过程 (图 0-1)。它包括：确定用户需要和产品性能要求；在现行设计基础上进行产品改进设计或创新设计；并行工程；全面考虑整个产品生命周期需要的产品设计和制造过程 (包括产品供应，打开市场，用户使用保障，维修、回收处理等)，创新意识和创业精神的培养等。这些措施是改进机械工程设计、制造、测控、机电一体化以及提高产品竞争力的重要手段，也是工科机械类专业系列课程深入教改的依据。

由于本课程的教学课时所限,也由于本课程在教学环节中所处的地位及所起的作用的限制,本教材的内容应是“产品实现过程”中的初级阶段所需的基本知识。本教材的主要内容将分三篇予以介绍。第一篇以“机械原理”为主要内容,包括机械产品的初期规划设计,方案设计,研究机构的组成原理,研究机构的运动学、动力学特性及其分析方法、设计方法与评判方法。该篇主要研究对象为“机构”。第二篇主要介绍“机械设计”内容。研究螺纹联接、轴毂联接、螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轴、轴承、联轴器、离合器、弹簧等通用零部件的基本设计理论和设计方法;研究机械中的结构、密封与润滑等。该篇主要研究对象是机械中的通用零、部件。第三篇介绍机械产品设计的全过程,即从产品构思到产品实现全过程的设计方法。

机器所作的机械运动,是由机器中的机构运动来实现的。不同的机器有不同的构造与用途,但它们都是由一些机构所组成。如图0-2所示,单缸四冲程内燃机是由一系列机构组成的,它包括:气缸体1、活塞2、连杆3和曲轴4组成的连杆机构;气缸体1、凸轮7和气阀杆8组成的凸轮机构;气缸体1、齿轮5、6组成的齿轮机构。有些机器中还可能用到其他类型的机构,如间歇运动机构、万向联轴器、螺旋机构,以及各种形式的组合机构等。

机械中的零件可分为两类。一类称为通用零件,在各种机械中能经常碰见,如轴、轴承、齿轮、螺钉、键、花键、弹簧等;另一类为专用零件,只出现在一些专用机械中,如汽轮机叶片、内燃机活塞、农机犁铧等。机械类型很多,用途不同,各有特色,需按其特殊要求进行设计。对专用机械中的专用零件的设计方法,将由专业课讲述,不在本课程中讨论。

(三) 本课程的性质、地位、作用

本课程是研究机械中常用机构的性能、组成原理、运动特性、动力特性及机构设计的基本理论和方法,研究常用尺寸和参数下的通用零部件的工作原理、类型、结构特点、应用场合、基本设计理论和设计方法,研究产品从任务提出到产品生产、实现的全过程常用方法的一门技术基础课程。在学习本课程之前,应已掌握工程力学、机械制图、公差、工程材料及热处理等的基本知识。通过本课程的学习,使学生能够掌握常用的主要机构的一些运动特

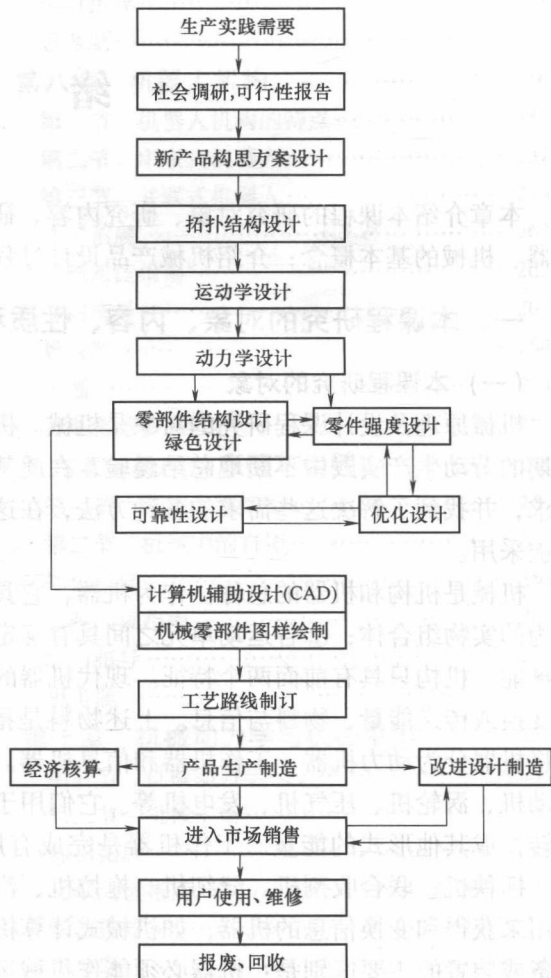


图0-1 产品实现过程 (PRP) 全过程框图

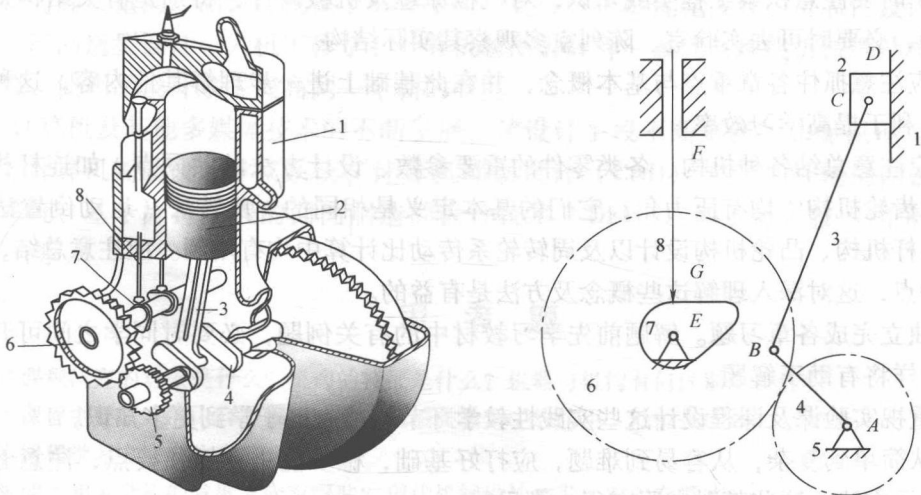


图 0-2 单缸四冲程内燃机

1—气缸体 2—活塞 3—连杆 4—曲轴 5、6—齿轮 7—凸轮 8—气阀杆

性，对其结构和动力学特性具有初步知识；掌握简单机构的设计方法；掌握通用零部件的设计方法；培养学生查阅有关标准、手册、图册、规范及网络资料的能力；初步掌握机械实验的技能；初步具备设计简单机械的能力，为专业课程学习打下坚实基础。因此，本课程是一门在基础课与专业课之间起承上启下作用的课程。

在工程实践中，按任务要求，创新设计、制造一部性能优秀的新机械，必须掌握机器的工作原理、设计思想、设计原理及设计方法，并且了解其制造过程及工艺路线。这需要全方位综合运用多学科知识。本课程是其中一门最基本的技术基础课，对培养机械设计及机械制造领域的工程技术人才将起到重要作用。掌握了本课程内容，还可增强今后对各种机械设计的适应性，对培养学生创新设计的意识与能力、增强其素质方面，具有重要的作用。

(四) 本课程的学习方法

本课程是实践性很强的课程，要学好本课程，既要有一定的理论分析知识，又要有一定的实践知识，特别需要有一定的与机械有关的感性知识。因此，必须注意掌握好学习方法，以提高学习效率。

1) 应注意回顾已学过的有关课程。第一篇机械原理与理论力学关系最密切，如点的复合运动和刚体平面平行运动，相对运动原理，速度瞬心，力的分解、合成、平衡，示力图分析、惯性力、惯性力矩，动能计算、动静法、虚位移原理，点的微分运动等。第二篇与材料力学关系十分密切，如强度分析计算等。此外还与公差、配合及所学数学内容有关，如三角、代数、几何、微积分、复数、矢量、矩阵、坐标变换等。

2) 机构分析设计时，图解法与解析法各有优缺点，两者是相辅相成的，学习时应尽量从其相互联系、相互借鉴的角度去理解，才能更深入透彻地理解其内在关系。如凸轮一章图解法与解析法的设计方法就是明显一例。

3) 对有关公式，应尽量从其工程意义上来记忆，有时记住图形就能帮助记住有关公式，这一点也十分重要。如齿轮一章即如此。

4) 平时要注意积累工程实践知识,对机械原理及机械设计,特别是有关结构知识是十分有用的,必要时可去实验室、陈列室多观察其实际结构。

5) 应注意抓住各章重点与基本概念,并在此基础上进一步理解其他内容,这种学习方法,将有利于提高学习效率。

6) 应注意总结各种机构、各类零件的重要参数、设计方法的共同点。如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构中均有压力角,它们的基本定义是相同的。反转法(运动倒置法)设计思想在连杆机构、凸轮机构设计以及周转轮系传动比计算中均有用到。应注意总结,并比较各自的特点,这对深入理解这些概念及方法是有益的。

7) 独立完成各章习题。解题前先学习教材中的有关例题,必要时同学之间可开展相互讨论,这样将有助于解题。

8) 重视实验课及课程设计这些实践性教学环节,将有助于学到更多知识。

9) 从简单到复杂,从容易到难题,应打好基础,稳步前进,抓住要点,注意有关常用代号及表示方法,这些都对学习有很大帮助。

二、本课程相关学科的发展动向

(一) 传统机械的设计方法

传统的机械设计方法是运用力学、数学、实验等知识加上经验,运用机械原理及机械设计的公式、图表或者通过类比等方法进行设计,所设计产品经过用户长期使用,不断发现问题,改进设计,不断完善。这种设计方法存在很多局限性,表现在:①从任务提出到产品定型,设计周期长,很难适应市场快速多变的节奏;②设计产品性能好坏,主要取决于设计者的经验,很难实现优化设计;③以手工设计为主,很难与现代加工设备(如数控机床)、柔性制造系统相适应、相匹配。

(二) 现代机械设计方法

随着科学技术的进步,特别是计算机、网络、信息技术的飞速发展,给现代机械设计提供了强有力的手段,同时也对机械产品设计、制造提出了更高的要求。由于市场经济的需要,希望产品设计周期短,并希望产品后期所能预计的问题尽量在产品设计初期得到解决,使产品从设计到制造一次性完成,实现无返工的产品设计要求。所设计的产品,不仅要满足所需要的功能及强度、刚度要求,还要考虑产品生产的全过程,包括使用、维修、产品报废及回收等环节,提出节能型、环保型的绿色设计等要求。现代机械设计将综合运用机械、计算机、信息、传感、电气、液压、气动等自然科学以及美学等学科知识,形成一些新的学科分支并将其应用到机械设计中。

(1) 从源头上给予创新 现代机械设计十分强调创新的产品,即具有自主知识产权设计的产品,具有自主品牌的产品。在创新的产品中,从设计源头开始创新是最基本的创新。机械原理的结构分析、机构组成等内容的学习最终是要求学生具有机构拓扑结构创新的思想及能力。源头创新是现代机械设计的重要内容,也是现代设计方法的核心内容,要求学生自觉地向这一方向努力。

(2) 现代机械设计的理论和方法 现代机械设计的理论和方法正从硬件及软件两方面予以不断更新。

1) 现代机械设计方法中有限元法、模态分析、专家系统有关理论及相应的优秀软件不

断出现,为高质量的产品设计提供了必要手段。此外,机械优化设计、可靠性设计、绿色产品设计、产品造型设计、人机工程学、计算机辅助设计等一系列与现代机械设计相关的理论不断发展,使产品设计水平提高到一个新的高度。

2) 计算机及其他多媒体技术的不断发展,使设计手段不断更新。如虚拟现实的虚拟方法、智能计算机辅助设计专家系统、计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)的集成系统、基于并行工程的面向制造的设计技术(DFM)、基于信息技术的分布式网络CAD系统等。

思考题

- 1) 本课程研究的对象是什么?机构的特征是什么?机器与机构有何区别及联系?
- 2) 本课程主要研究的内容有哪些?它在机械类教学中的作用、地位是什么?
- 3) 本课程学习方法应注意哪些?
- 4) 本课程相关学科的发展方向有哪些?现代机械设计的发展方向有哪些?

个过程，开始阶段，主要求的简单、不复杂，随着条件的变化，开始求的复杂程度，逐步提高。设计过程中，往往会出现一些意想不到的问题，这就需要设计者具备较强的应变能力。在设计过程中，往往会出现一些意想不到的问题，这就需要设计者具备较强的应变能力。

设计过程中，往往会出现一些意想不到的问题，这就需要设计者具备较强的应变能力。在设计过程中，往往会出现一些意想不到的问题，这就需要设计者具备较强的应变能力。

设计过程中，往往会出现一些意想不到的问题，这就需要设计者具备较强的应变能力。在设计过程中，往往会出现一些意想不到的问题，这就需要设计者具备较强的应变能力。

第 一 篇

机械原理

设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。

设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。

设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。

设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。

设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。

设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。

设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。

设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。

设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。

设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。设计的过程，就是根据设计任务书的要求，对机械系统进行分析和设计的过程。

前 言

机械产品实现过程是一个十分复杂的过程，对此本教材绪论中已有了一个比较全面的描述。在机械产品实现过程中，机械产品设计又是该过程中极其重要的一个环节。机械产品设计又分为初期规划设计、机构拓扑设计、总体方案设计、机构尺度设计、结构技术设计、生产施工设计等阶段。其设计过程大致可分为下述四个环节：

1) 在产品初期规划设计阶段需要进行产品市场调研，产品销售预测，产品技术可行性调研，同类型同行产品在技术水平上的分析及预测，国内外现状水平调研，专利情况调研。在此基础上作出产品可行性论证与分析，明确产品设计任务、设计目的、目标，并提出合理的所需要实现的功能与性能指标，最终提出合理的设计任务书。

2) 当初期规划设计任务明确后，将进入机构拓扑设计阶段及总体方案设计阶段。这一阶段是机械设计十分重要的环节，也是极具创造性的环节，更是决定着产品经济效益的关键一步。在此基础上还需对产品的机构尺度进行设计计算，从运动学、动力学角度对产品中各有关机构或机器进行分析比较，优化确定其总体方案，绘制系统运动简图，编写总体方案设计计算说明书。

3) 在结构技术设计阶段，将完成每个零件的具体结构、外形尺寸、材料选择及强度设计，最终完成全套工程施工图及设计计算说明书。到此产品设计告一段落。

4) 进入生产工艺、工装、施工设计阶段，完成工艺流程设计、工装设计、装配设计；完成有关技术文件、生产加工、使用说明书。这一阶段已属于产品加工制造阶段，本教材不作介绍。

上述第一个环节是十分重要的，它决定了企业是否具有生命力、能否盈利。

本教材第一篇主要是解决上述第二个环节。第二篇主要是研究第三个环节。第三篇内容是教材全过程内容的一个总结及应用举例。

本篇是依据产品设计任务书完成设计任务的一个首要环节。它包括机构拓扑设计、总体方案设计及机构尺度设计，由机构结构分析综合、机构运动学分析及设计、机构动力学分析及设计等组成。

第一篇主要符号表

F ——平面机构的自由度	d ——分度圆直径
P_L ——机构中的低副（转动副、移动副）数	r' ——节圆半径
P_H ——机构中的高副数	d_a ——齿顶圆直径
ν ——机构的独立回路数	d_f ——齿根圆直径
BKC——基本运动链	h_a ——齿顶高
SOC——单开链	h_f ——齿根高
K ——行程速比系数	d_b ——基圆直径
θ ——极位夹角	p ——齿距
α ——压力角	p_n ——法向齿距
γ ——传动角	s ——齿厚
Φ ——推程运动角	e ——齿槽宽
Φ' ——回程运动角	ε_a ——齿轮传动重合度
Φ_s ——远休止角	x ——齿轮径向变位系数
Φ'_s ——近休止角	β ——斜齿轮分度圆柱面上的螺旋角
e ——偏距	z_v ——当量齿数
r_b ——基圆半径	δ ——锥齿轮分度圆锥角或速度不均匀系数
r_T ——滚子半径	R ——锥距
a' ——实际中心距	θ_a ——齿顶角
a ——标准中心距	θ_f ——齿根角
α' ——啮合角	δ_a ——顶锥角
m ——齿轮模数	δ_f ——根锥角
z ——齿轮齿数	J_F ——飞轮转动惯量
h_a^* ——齿顶高系数	$[W]$ ——最大盈亏功
c^* ——顶隙系数	