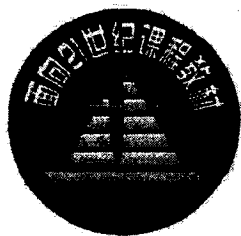


138

T1-1122-43
ZGPa
1



21世纪高等学校机械设计
制造及其自动化专业系列教材

机械设计原理与方法

(上册)

钟毅芳 杨家军 程德云 张卫国 傅祥志 主编



A0964572

华中科技大学出版社
(华中理工大学出版社)

图书在版编目(CIP)数据

机械设计原理与方法(上册)/钟毅芳 等主编

武汉:华中科技大学出版社, 2000年9月

ISBN 7-5609-2558-8

I. 机…

II. ①钟… ②杨… ③程… ④张… ⑤傅…

III. 机械设计-高等学校-教材参考资料

IV. TH12

21 世纪高等学校

机械设计制造及其自动化专业系列教材

机械设计原理与方法(上册)

钟毅芳 等主编

责任编辑:钟小珉 叶翠华

封面设计:潘 群

责任校对:蔡晓璐

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

经 销:新华书店湖北发行所

录 排:华中科技大学出版社照排室

印 刷:华中科技大学出版社印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:27.5

字数:520 000

版次:2001年9月第1版

印次:2001年9月第1次印刷

印数:1—1 500

ISBN 7-5609-2558-8/TH·117

定价:32.80 元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

21 世纪高等学校
机械设计制造及其自动化专业系列教材
编审委员会

顾问： 姚福生 黄文虎 张启先
 (工程院院士) (工程院院士) (工程院院士)

 谢友柏 宋玉泉 艾 兴
 (工程院院士) (科学院院士) (工程院院士)

 熊有伦
 (科学院院士)

主任： 杨叔子 周 济
 (科学院院士) (工程院院士)

委员： (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一	王明智	毛志远	左武炘	卢文祥
朱承高	师汉民	刘太林	李培根	吴昌林
吴宗泽	何玉林	陈康宁	陈心昭	张春林
张福润	张 策	张健民	冷增祥	范华汉
周祖德	洪迈生	姜 楷	黄纯颖	童秉枢
傅水根	傅祥志	廖效果	黎秋萍	戴 同

秘书： 钟小珉 徐正达

内 容 简 介

本教材是为了适应 21 世纪人才培养的需要而编写的,是机械基础课程改革的主要教材之一。本教材以机械类大专业的学生为对象,着重培养学生的创新能力、机械系统总体方案设计能力和结构设计能力;教学内容以机械设计为主线,将传统的《机械原理》、《机械设计》和《互换性与技术测量》三门课程的主要内容有机结合、相互渗透,并注意取材的先进性和实用性及适度拓宽基础。本教材分为 4 篇共 25 章,第一篇机械设计总论(二至五章)主要介绍有关机械设计中的基础知识,如机械系统和机构的组成、机械设计中的强度和刚度问题及有关的精度设计基础等;第二篇机械零部件和机构设计(六至十八章)主要阐述机械零部件和机构的参数设计和运动设计;第三篇机械零部件的结构设计(十九至二十一章)主要阐述机械零部件的结构设计及密封结构;第四篇机械系统设计和系统动力学设计(二十二至二十五章)主要阐述机械系统的方案设计、系统动力学设计和尺寸链等。

本教材可作为高等学校机械类各专业机械设计方面的基础教材,也可供高等学校有关专业的师生和工程技术人员参考。

21 世纪高等学校 机械设计制造及其自动化专业系列教材

总 序

发展是硬道理,而改革是关键。唐代大诗人刘禹锡写得多么好:“请君莫奏前朝曲,听唱新翻《杨柳枝》。”这是这位改革派的伟大心声。

1998 年教育部颁布了新的普通高等学校专业目录。这是一大改革。为满足各高校开办“机械设计制造及其自动化”宽口径新专业教学的需要,华中科技大学出版社在世纪之交,千年之替,顺应时代潮流,努力推出了“机械设计制造及其自动化”专业系列教材。这套系列教材是在众多院士支持与指导下,由全国 20 余所院校数十位长期从事教学和教学改革工作的教师经多年辛勤劳动编写成的,它有特色,能满足机械类专业人才培养要求。

这套系列教材的特色在于,它紧密结合“机械类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”与“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”两个重大教学改革项目,集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校自实施教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”以来,在改革机械类人才培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

这套系列教材,是完全按照两个重大教学改革项目的成果所提出的“机械设计制造及其自动化”宽口径专业培养方案中所设置的课程来编写的。这一培养方案的一个重要特点是:专业基础课按课群方式设置,即由力学系列课程,机械设计基础系列课程,计算机应用基础系列课程,电工、电子技术基础系列课程,机械制造技术基础系列课程,测控系列课程,经营管理系列课程等七大课群组成,有效地拓宽了专业口径和专业基础,体现了机械类专业人才培养模式的改革。

同时专业基础课按课群设置,也有利于加强课群内各门课程在内容上的衔接,有利于课程体系的进一步整合、优化及改革。专业基础课按七大课群设置,这得到了全国高校机械工程类专业教学指导委员会的充分赞同。

21 世纪工程教育的一个基本特征就是“适应性”,就是坚持邓小平同志指出的教育的“三个面向”的战略思想。能适应,才能创业。要能多方适应科学技术的突飞猛进和社会的不断进步,就得进一步明确指导思想,进一步合适地拓宽专业口径与专业基础,构造现代化的人才知识结构、能力结构和素质结构,就得因史制宜、因地制宜、因势制宜,努力实现培养模式的多样化,切忌“千篇一律”、“千人一脸”,万紫千红方能有一个大好的春天。

这是一套具有较大改革力度的系列教材。教材的作者们认真贯彻了中央的教育方针与改革思想,体现出两个重大改革项目成果所提出的“以创新设计为核心,以机械技术与信息技术结合为龙头,以计算机辅助技术为主线,拓宽基础,强化实践”的总体改革思路,并本着整合、拓宽、更新和更加注重应用的原则,对课程的内容、体系进行了诸多重要改革,而且许多课程在开发电子教材方面也取得了长足进展。

按照减少学时、降低重心、拓宽面向、精选内容、更新知识的原则,对原机械专业三门主要专业课(机械制造工艺学、金属切削机床设计、金属切削原理与刀具)实行了整合和改造,编写出了供“机械设计及其自动化”宽口径专业学生学习的《机械制造技术基础》新教材。

改造了原电工技术、电子技术系列课程,将分散在几门课程中的强电知识整合为《机电传动控制》新课程,减少了重复,拓宽了基础,突出了“机电结合、电为机用”的特点。

使用自主版权软件改革传统工程制图内容体系,不仅实现了工程制图和计算机绘图内容的有机融合,也实现了制图课教学手段的现代化。

以设计为主线,重新规划了《机械设计》和《机械原理》课程体系结构,在内容上努力实现由注重学科的系统性向更加注重工程综合性的转化,在教学手段上全面引入多媒体技术,提升了课堂教学的效果和效率。

《金属材料及热处理》更名为《工程材料及应用》,除紧密结合现代科技成就,讲解金属材料的基本理论及应用外,还讲解了其他各类工程材料的有关知识。

《测试技术》更名为《工程测试与信息处理》,加强了与信息获取、传输、存储、处理及应用有关的内容,并率先在国内建成网上测试技术虚拟实验室。

《液压传动》与《气压传动》整合为《液压传动与气压传动》,精简了内容,强化了应用,并制作出了相应的电子教案。

《材料成形工艺基础》在精选传统金属成形工艺内容的基础上,较大幅度地增

加了新材料、新工艺、新技术方面的知识。

编写出版了《现代设计方法》、《机构与机械零部件CAD》、《柔性制造自动化概论》、《机电一体化控制技术与系统》及《机器人技术基础》等教材,反映了现代科技的新发展。

科学与工程既有联系又有区别。科学注重分析,工程注重综合。任何一项工程本身都是多学科的综合体。今天,工程技术专家的基本作用正是一种集成作用,工程技术专家的任务是构建整体。我们必须从我国国情出发,按照现代工程的特点和工程技术专家的基本作用来构建机械工程教育的内容和体系。

华中科技大学出版社依托全国高校机械工程类专业教学指导委员会、全国高校机械基础课程指导委员会,经过多年不懈的努力,使这套系列教材的出版达到了较高的质量水准。例如,目前已有11本被教育部批准为“面向21世纪课程教材”,有5本获得过国家级、省部级各种奖励,全套教材已被全国几十所高校采用,广泛受到教师和学生的欢迎。特别是其中一些教材(如《机械工程控制基础》、《数字控制机床》等),经长期使用,多次修订,已成为同类教材中的精品。

现在这套系列教材已经正式出版20多本,涵盖了“机械设计制造及其自动化”专业的所有主要专业基础课程和部分专业方向选修课程,能够较好地满足教学上的需要。我们深信,这套系列教材的出版发行和广泛使用,将不仅有利于加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作,而且对机械类专业人才培养质量的提高也会起到积极的促进作用。

当然,由于编者学术水平有限,改革探索经验不足,组织工作还有缺陷,何况,形势总在不断发展,现在还远不能说系列教材已经完善,相反,还需要在改革的实践中不断检验,不断修改、锤炼,不断完善,永无休期。“嚶其鸣矣,求其友声。”我们殷切期望同行专家及读者们不吝赐教,多加批评与指正。

江泽民同志在2000年6月我国两院院士大会上号召我们:“创新,创新,再创新!”实践、探索、任重道远,只有努力开拓创新,才可能创造更美好的未来!

全国高校机械工程类专业教学指导委员会主任委员

中国科学院院士

华中科技大学教授

2000年11月2日

杨叔子

前言

本教材是为了适应 21 世纪人才培养的需要而编写的,是 21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材之一。

本教材以机械类大专业的学生为对象,以机械系统的运动设计、参数设计、结构设计、方案设计和几何精度设计为主线,突出机械设计的本质特征(综合性、多解性、再设计、创造性等)和机械设计中的共性内容;从培养学生的创新能力出发,加强机械系统总体方案设计、运动设计、结构设计和几何精度设计方面的内容;强调设计思想、设计方法的培养,对某些经验公式、条件性计算(如对某些系数的选择)等,只要求定性概念的准确,不追求定量的精确;为了适应计算机技术的发展,在机构的分析与设计中,用解析法代替传统的图解法;从机械设计的总体要求和培养学生机械设计基本素质和能力出发,将传统的《机械原理》、《机械设计》和《互换性与技术测量》三门课程的主要内容有机结合,相互渗透,并注意取材的先进性、实用性和适度拓宽基础,对教学内容进行合理的取舍和重新组合,形成了一种全新的体系结构。

整合后,本教材在体系结构、内容的取舍与安排等方面,均形成了自己的特色,主要体现在以下几个方面:

(1) 三位一体,相互融合:将原《机械原理》、《机械设计》、《互换性与技术测量》合而为一,实现了课程内容的相互融合。例如,互换性与标准化的概念,融合于机械设计概述之中,使学生从一开始接触机械设计,就对互换性与标准化的问题给以足够的重视;螺旋机构的设计,在传统的《机械原理》和《机械设计》中,都安排了一定篇幅的内容,有些是明显的重复。在本教材中,将其合而为一,使之相互渗透、相互补充;齿轮传动机构的设计,历来是《机械原理》和《机械设计》的重点内容,由这两门课程分别讲授,不但有些内容重复,而且,从设计的思维过程来看,有些内容本来是紧密联系的(如参数选择的原则和参数选择的限制条件),却被两门课程所分割,这不利于学生系统地掌握齿轮传动机构设计的基本原理和方法,为此,我们将这两部分的相关内容,重新作了合理的安排,使之有机地融合在一起,形成了齿轮传动机构设计的新体系;机械系统方案设计,也是近年来编写的《机械原理》和《机械设计》中都涉及到的内容之一,相互间也有不少重复的内容,在本教材中,将它们统一在一起,形成了一个有机的整体;典型结合件的几何精度设计与零部件和机构的设计有密切的关系,以往都是安排在三门课程中分别讲授,相互脱节,本教材将它们作了统一、合理的安排,使之达到相互联系、互为补充;

(2) 以机械设计为主线:整个内容的安排,以设计思想、设计理论、设计方法和精度设计、运动设计、参数设计、结构设计、方案设计为主线。首先,在“机械设计概述”中,概要地介绍有关设计思想、理论和方法的内容,然后在后续各章中,结合具体零部件

和机构的设计,不断重复和深化这些思想、理论和方法;在教材内容的安排上,按精度设计、运动设计、参数设计、结构设计、方案设计为主线展开,使学生更加便于系统地掌握机械设计的全过程;

(3) 适用面广:以高等学校机械类大专业的学生为对象,面向国内各种类型高校,适用于机械设计与制造自动化及相应专业;注重共性问题的论述,着重培养学生的综合素质和机械设计的能力;

(4) 以传统内容为核心:原三门课程传统的核心内容,如零部件参数设计、机构的运动参数设计、机械零部件的结构设计、几何精度设计等,经精选后,保留其精华内容作为本教材的核心,这样处理,既可以保证教学质量,又可以进一步精简教学内容;

(5) 注意培养学生的创新能力:强调设计过程中创造性思维能力的培养,强调设计的多方案性和优化设计的思想,强调在方案设计、结构设计中创新能力的培养;

(6) 加强机械系统总体方案设计能力的培养:机械系统总体方案设计最具创造性,因此,在本教材中,用较大的篇幅,集中介绍机械系统总体方案设计的基本思想、设计原理和设计方法及机械系统的刚性动力学设计的基本思想、设计原理和设计方法,特别强调总体方案设计中的创新思想;

(7) 加强结构设计能力的培养:将机械设计中有关的结构设计问题集中讲授,提炼出一些共同的特点,讲清结构设计的原则;结合典型的零部件和机构(轮类零件、箱体类零件、连杆机构、轴承部件等),突出重点,通过实例,讲清机械结构设计的基本原理和方法;

(8) 反映机械设计领域的新成果:在本教材中涉及的所有标准,全部采用最新的国家标准;引入新技术(如为了适应计算机技术的发展,在机构的分析和设计中,用分析法代替图解法);增加新内容(为了适应机械类大专业的需要,教材中增加了一些新的内容,如同步齿形带传动、弹性环联接、碟形弹簧、圆弧面蜗杆设计、行星轮机构强度设计等)。

本教材分4篇,共25章。参加本书编写工作的有:钟毅芳(第一章、第二章、第六章、第七章、第十章、第二十一章)、程德云(第三章、第四章、第五章、第十一章、第二十四章和6-1节之四、6-2节之一中的(三)、6-2节之二中的(三)、20-4节之五中的(二))、杨家军、傅祥志、蒙运红(第八章、第十三章、第十八章、第二十二章、第二十三章)、吴丕兰(第九章、第十三章、第二十五章)、姜柳林(第十二章、第十四章、第十七章)、张卫国(第十五章、第十六章、第十九章、第二十章)等。全书由钟毅芳、杨家军、程德云、张卫国、傅祥志担任主编。

作为教学改革尝试,一定会有某些不足之处,编者殷切希望广大读者对书中不妥之处提出批评和改进意见。

编 者

2001年5月于华中科技大学



机械设计原理与方法

(上 册)

第一章 绪 论	(1)
1-1 《机械设计原理与方法》课程的研究对象	(1)
1-2 《机械设计原理与方法》课程的性质、任务与作用	(2)
1-3 《机械设计原理与方法》课程的学习方法	(3)

第一篇 机械设计总论

第二章 机械设计概述	(4)
2-1 机械系统的组成和功能结构	(4)
2-2 机构的组成及运动简图	(14)
2-3 机械设计的概念及其特点	(19)
2-4 机械设计中的互换性和标准化	(27)
2-5 机械设计中的强度问题	(31)
2-6 机械设计中的刚度问题	(39)
2-7 机械设计中的摩擦、磨损和润滑	(40)
习题	(46)
第三章 光滑圆柱体结合的尺寸精度设计	(48)
3-1 《极限与配合》GB/T1800 的基本内容	(48)

3-2 光滑圆柱体结合尺寸精度设计的基本方法.....	(71)
3-3 未注公差尺寸的精度.....	(89)
习题.....	(90)
第四章 形状及位置精度设计基础.....	(92)
4-1 概 述.....	(92)
4-2 基本术语.....	(93)
4-3 形状精度设计基础.....	(95)
4-4 位置精度设计基础.....	(100)
4-5 公差原则.....	(113)
4-6 形状与位置精度设计的基本方法.....	(122)
习题.....	(128)
第五章 机械设计中微观几何形状精度设计基础.....	(131)
5-1 概 述.....	(131)
5-2 表面粗糙度的评定.....	(133)
5-3 对零件表面规定粗糙度要求的基本方式.....	(138)
5-4 表面粗糙度的符号、代号及其注写.....	(144)
习题.....	(148)

第二篇 机械零部件和机构设计

第六章 联接	(149)
6-1 螺纹联接.....	(149)
6-2 键和花键联接.....	(176)
6-3 其他联接简介.....	(187)
习题.....	(192)
第七章 螺旋传动机构	(194)
7-1 螺旋传动机构及其应用.....	(194)
7-2 螺旋传动机构的效率.....	(197)
7-3 螺旋传动机构强度设计要点.....	(201)
7-4 滚动螺旋传动机构概述.....	(203)

习题.....	(204)
第八章 平面连杆机构及其设计.....	(206)
8-1 平面四杆机构的基本形式及其演化.....	(206)
8-2 机构设计中的一些共性问题.....	(210)
8-3 平面连杆机构设计.....	(219)
8-4 空间连杆机构简介.....	(244)
8-5 平面机构的运动分析.....	(246)
8-6 平面机构力分析.....	(261)
习题.....	(273)
第九章 凸轮机构及其设计.....	(281)
9-1 概 述.....	(281)
9-2 从动件运动规律的设计.....	(288)
9-3 盘形凸轮轮廓曲线的设计.....	(296)
9-4 盘形凸轮机构基本尺寸的设计.....	(306)
9-5 空间凸轮机构简介.....	(310)
习题.....	(313)
第十章 齿轮传动机构参数设计.....	(316)
10-1 概述.....	(316)
10-2 齿轮齿廓.....	(318)
10-3 渐开线圆柱齿轮传动机构的啮合特性.....	(321)
10-4 渐开线齿轮传动机构的基本参数和尺寸计算.....	(323)
10-5 齿轮传动机构的失效形式.....	(346)
10-6 齿轮传动机构的受力分析.....	(349)
10-7 齿轮传动机构的强度条件.....	(353)
10-8 齿轮材料和许用应力.....	(364)
10-9 齿轮传动机构强度条件计算实例.....	(369)
10-10 齿轮传动机构的设计.....	(370)
10-11 齿轮传动设计实例.....	(380)
10-12 其他齿轮传动机构简介.....	(384)
习题.....	(389)

第十一章 齿轮传动机构的精度设计	(391)
11-1 概 述	(391)
11-2 齿轮传动机构的使用要求	(392)
11-3 渐开线圆柱齿轮的加工误差	(394)
11-4 渐开线圆柱齿轮精度及侧隙的评定指标	(397)
11-5 渐开线圆柱齿轮传动的精度设计基础	(410)
习题	(425)



绪 论

1-1 《机械设计原理与方法》课程的研究对象

本课程研究的对象是机械，而机械是机构与机器的总称。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。按照这个定义，可将机器分为动力机器、工作机器和信息机器，其主要传递和转换的对象、主要功能和实例如表 1-1 所示。

表 1-1 机器分类

	机 器 分 类		
	动力机器	工作机器	信息机器
主要传递和转换的对象	变换能量	机械功 物品	信息
主要功能	将某种形式的能量转换成机械能，或将机械能转换成其他形式	完成有用机械功或搬运物品	获取和变换信息
实 例	电动机 内燃机 涡轮机 发电机	金属切削机床 包装机 汽车 运输机	打字机 测量仪器

机器所作的机械运动，一般由机器中的机构来完成。不同的机器，其结构和用途不同，但就其组成而言，一般均由不同的机构及其零件组成。例如，在牛头刨床中，就有带传动

机构、齿轮机构、连杆机构、螺旋机构、间歇运动机构(图 2-2~图 2-8)以及组成这些机构的各种零件——带、齿轮、轴承等。本课程的主要研究对象是工作机器的设计,包括工作机器的总体方案设计、各类机构及其零部件的运动设计、参数设计、结构设计、精度设计等。

1-2 《机械设计原理与方法》课程的性质、任务与作用

1. 机械设计人员应具有素质

机械设计是一门综合性很强的工作,机械设计人员为了能很好地适应这一工作,必须具备下列基本素质:

1) 深厚的理论基础和广博的专业知识

机械设计涉及数学、力学、摩擦学、制造工程学、工程图学、工艺学、系统工程学、计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、工业美学、设计方法学等学科,因此,机械设计人员,只有理论扎实、知识广博,才能充分考虑、理解并正确处理机械设计中的各种问题,才能进行创造性的设计工作,才能在工作中获得最佳的设计成果。

2) 丰富的实践经验

有人认为,设计工作就是绘图和编写说明书,这是对设计工作的片面理解。正确的设计概念,应把从市场分析、研究开发、设计制造直到销售服务等视为一个整体,统一考虑,综合平衡。只有这样,才能在设计工作中取得良好的效果。为此,要求设计者应具有丰富的工作和社会实践经验,这对设计人员来说,是一个终身不断积累和学习的过程。

3) 高度的责任感,严谨的工作作风

设计人员应对其承担的设计的技术合理性和设计后果负责。因此,设计时,必须高度负责、一丝不苟地工作,做到所承担的设计工作,原理正确、方案先进与可行;所设计的产品,制造、安装、使用、维修均方便;在思想上,把提高机械产品质量、降低产品成本、合理利用资源和注意保护环境放在设计工作的首位。

4) 创造性的思维能力

设计必须是创造,设计过程是创造性思维的过程,这种创造可能表现为全部创新,也可能是对某一局部进行改进或创新。这就要求设计人员平时应养成勤于观察和思考的习惯,要善于联想,不断进行创造性思维和方法的锻炼,逐步提高设计水平。

5) 虚心学习和不断进取的精神

学无止境,设计人员一定要养成善于学习、积累资料的习惯;更应对所学知识善于运用归纳、推理、分析与综合的方法,从中预测未来,不断开拓新的产品,开创新的局面。