



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

机 械 设 计

清华大学精密仪器与机械学系设计工程研究所 编

吴宗泽 主编

王序云 高 志 副主编



高 等 教 育 出 版 社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

机械设计

清华大学精密仪器与机械学系设计工程研究所 编

吴宗泽 主编

王序云 高 志 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内 容 简 介

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材,也是普通高等教育“九五”国家教委重点教材。

全书除绪论外,分 3 篇共 18 章:第 1 篇机械设计总论,主要介绍机械设计的一些共性知识和理论,并将轴和滑动轴承的设计计算分别地与疲劳强度和摩擦学设计结合起来;第 2 篇常用机械零件的工作能力设计计算;第 3 篇机械零部件结构设计,介绍结构设计的基本概念和轴系零部件设计等,附有 3 个机械设计实例。书末附光盘 1 张,主要用于学生课前预习、课后和考试前复习、完成部分习题和设计性作业。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/吴宗泽主编;清华大学精密仪器与机械学系设计工程研究所编. —北京:高等教育出版社,2001
面向 21 世纪课程教材
ISBN 7-04-009349-9

I. 机… II. ①吴…②清… III. 机械设计-高等学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 07862 号

责任编辑 马盛明 封面设计 张 楠 责任绘图 李维平
版式设计 马静如 责任校对 朱惠芳 责任印制 宋克学

机械设计

清华大学精密仪器与机械学系设计工程研究所 编

出版发行	高等教育出版社		
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	邮政编码	100009
电 话	010-64054588	传 真	010-64014048
网 址	http://www.hep.edu.cn		
	http://www.hep.com.cn		
经 销	新华书店北京发行所		
排 版	高等教育出版社照排中心		
印 刷	中国科学院印刷厂		
开 本	787×960 1/16	版 次	2001 年 7 月第 1 版
印 张	34.75	印 次	2001 年 7 月第 1 次印刷
字 数	640 000	定 价	36.90 元(含光盘一张)

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



面向 21 世纪课程教材



普通高等教育“九五”
国家教委重点教材

前 言

本书是按照教育部组织实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”中“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”和“机械设计课程教学基本要求”(1995 年修订版)编写的。

在 21 世纪到来的时候,由于各方面的迅速发展,对机械设计课程的要求有很大的变化和提。随着市场竞争越来越激烈,要求能设计制造出具有强大市场竞争能力的产品,因此要求设计人员具有很好的创新设计能力。由于机械学、计算机科学、电子学等的发展,许多机械产品采用了最新的研究成果,成为机电液一体化的产品,其复杂程度和技术水平有很大的提高,要求设计人员具有的知识深度和广度也提高了。此外,现在的机械设计中广泛采用了计算机辅助设计(CAD)、优化设计、可靠性设计、并行设计、健壮设计、摩擦学设计、有限元计算等新的理论和方法,要求设计的周期缩短,提高设计的质量和成功率。在机械设计中实验工作的精度和水平也有很大的提高,采用了许多新的仪器设备和数据处理方法。因此,要成为一个高级机械设计师,需要掌握大量的知识,具有很强的设计能力。大学阶段要求学习的内容越来越多,对学生能力的要求越来越高,而本课程的学时不断压缩,许多相关课程合并或取消,这就是我们面临的矛盾。

计算机的广泛使用和计算机网络的开通,许多各有特色的机械设计手册的出版和设计软件的迅速推广,为设计人员提供了非常好的条件。因此,在新教材中我们将尽力引导学习本书的读者提高创新设计能力、自学能力、分析和解决问题的能力、运用资料的能力、在设计工作中使用计算机的能力等。

针对以上情况,我们确定编写本教材的指导思想是:

1. 注意提高学生的设计、分析能力和创新设计能力,以适应市场经济的要求;
2. 进行课程内容的必要更新,引入机械设计的一些新发展,减少过专、过深、使用较少、典型意义不大或在后续课程中可以学到的内容;
3. 积极采用 CAI 软件,提高教学的效果和学生的能力;
4. 加强结构设计内容,单独列为一篇,使其系统化、理论化;
5. 引入几个机械结构设计和计算设计实例;
6. 贯彻“讲一、练二、考三”的精神,安排教学内容和练习作业;
7. 注意继承性,坚持本课程教学基本要求的精神,坚持本课程的基本特色、

基本内容。

本书分为三篇:第1篇机械设计总论,主要介绍机械设计的基本知识和理论,将疲劳强度和摩擦学设计与轴和滑动轴承计算分别有机结合,以加强理论与实际的联系;第2篇机械零件的工作能力设计计算,介绍几种常用的典型机械零件的设计计算方法;第3篇机械零部件结构设计,介绍结构设计的基本概念和轴系零件设计。最后,安排了三个机械设计实例。这样安排的目的是,通过典型零部件设计学习机械设计的基本理论和方法,加强结构设计的构思能力,这是我们多年来在从事机械设计教学、科学研究和实际设计工作经验总结的基础上得到的体会。习题中安排了一些启发思考、灵活运用的题目,如习题3-8、3-12、5-12、6-5、6-15等。对于这些习题,读者阅读、思考一下,即使不作出最后的解答,也是有启发的。还有一些习题前面有“*”号,这些习题属于提高题,对这些习题推荐了参考文献,读者可自学有关文献。参考文献列于本书最后,分为全书的参考文献与各章专用的参考文献。

参加本书编写的有吴宗泽(绪论,第1、12、17章,第18章例题2、3),卢颂峰(第2、4、16章,第18章例题1),刘莹(第3章),肖丽英(第5、7章),庄企华(第6章),王乐煦(第8、11章),王序云(第9、10、14章),高志(第13、15章),由吴宗泽担任主编,王序云、高志担任副主编,并由高志负责与书配套的软件的编制。

本书由教育部高等学校工科机械基础课程教学指导委员会委员、北京科技大学罗圣国教授和天津大学杨景蕙教授审阅,他们对书稿进行了认真仔细的审阅,提出了许多极为宝贵的修改意见,对提高本书质量起了很大作用,对此致以衷心感谢!

由于编写本书尚属尝试,如有误漏欠妥之处,敬请不吝指正。

编 者

2000年12月

机械设计计算机辅助教学软件介绍

本教材附有一套计算机辅助教学软件,主要用于学生课前预习、课后和考试前复习、完成部分习题和设计性作业。

这套计算机辅助教学软件包括两部分内容。第一部分是用于预习、复习部分章节的内容,包括轴毂联接、离合器和联轴器。第二部分是用于完成设计性作业的内容,包括普通V带传动设计计算、校核计算及带轮零件图绘制,圆柱齿轮传动设计计算、校核计算及齿轮工作图绘制,直齿锥齿轮传动设计计算、校核计算及齿轮工作图绘制,普通圆柱蜗杆传动设计计算、校核计算,套筒滚子链传动的设计计算、校核计算,滚动轴承轴系结构设计等内容。最后附有中英文对照。

第一部分内容可直接运行光盘得到,也可以将光盘复制到硬盘上运行。直接运行“轴毂联接.exe”,“离合器和联轴器.exe”文件,然后在系统菜单的引导下选择所需的内容。轴毂联接部分包括键联接、花键联接、销联接、成型联接、过盈联接和弹性环联接。离合器和联轴器部分包括多种刚性及挠性联轴器、牙嵌式及摩擦式离合器。

第二部分内容需要在 AutoCAD R14 环境下运行。如果在光盘上使用该软件,需要调用光盘上 CAD 文件夹中的 CAD.DWT 文件作为原型图(可以在启动 AutoCAD 时通过在“create new drawing”对话框中选择“use a template”选项的方法调用原型图,也可在启动 AutoCAD 后通过“new”命令启动“create new drawing”对话框,并在该对话框中选择“use a template”选项),并通过“menu”命令调用光盘上 CAD 文件夹中的 CAD.MNS 菜单文件,然后便可在“机械设计”下拉菜单中选择相关的菜单项调用相应的程序。如果在硬盘上运行该软件,需要将光盘上 CAD 文件夹中的所用文件复制到硬盘上 AutoCAD R14 所在文件夹下的 Support 文件夹中,并通过“menu”命令调用硬盘上 AutoCAD R14 所在文件夹下的 Support 文件夹中的 CAD.MNS 菜单文件,然后便可在“机械设计”下拉菜单中选择相关的菜单项调用相应的程序。

目 录

前言	1
机械设计计算机辅助教学软件介绍	3
绪论	1

第 1 篇 机械设计总论

第 1 章 机械设计概论	7
1.1 概述	7
1.2 机械零部件设计	9
1.3 机械零件的材料和热处理的选择原则	11
1.4 机械零件的标准化	13
1.5 机械设计技术的新发展	14
习题 1	15
第 2 章 机械零件的疲劳强度及轴的设计计算	17
2.1 概述	17
2.2 疲劳强度的基本理论	20
2.3 影响疲劳强度的主要因素	25
2.4 稳定变应力机械零件的疲劳强度计算	27
2.5 非稳定变应力机械零件的疲劳强度计算	32
2.6 提高疲劳强度的主要措施	36
2.7 机械零件的接触疲劳强度	38
2.8 轴的设计计算	40
附录	51
习题 2	55
第 3 章 摩擦学设计	60
3.1 概述	60
3.2 摩擦学基本理论	61
3.3 滑动轴承的摩擦学设计	74
3.4 运动副摩擦学设计简介	94
习题 3	98

第 2 篇 机械零件的工作能力设计计算

第 4 章 传动总论及机械传动方案的设计	103
4.1 概述	103
4.2 机械传动的运动和动力参数计算	105
4.3 常用机械传动的特点和适用场合	108
4.4 传动系统中的常用部件	110
4.5 机械传动装置方案设计的一般原则	115
4.6 机械传动装置方案设计举例	121
习题 4	125
第 5 章 带传动和链传动	129
5.1 带传动 [®]	129
5.2 链传动	153
习题 5	173
第 6 章 齿轮传动[®]	176
6.1 概述	176
6.2 圆柱齿轮的基本参数、几何计算和精度选择	176
6.3 齿轮传动的失效方式、材料和热处理	179
6.4 圆柱齿轮的计算载荷	185
6.5 直齿圆柱齿轮受力分析和强度计算	190
6.6 直齿圆柱齿轮的参数选择和许用应力	200
6.7 斜齿圆柱齿轮受力分析和强度计算	213
6.8 直齿锥齿轮受力分析和强度计算	220
6.9 齿轮传动的润滑	225
6.10 曲线齿锥齿轮简介	227
6.11 圆弧齿轮传动	229
习题 6	231
第 7 章 蜗杆传动[®]	236
7.1 概述	236
7.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数及几何尺寸	240
7.3 蜗杆传动的失效形式、材料和结构	245
7.4 蜗杆传动的受力分析和效率计算	246
7.5 圆柱蜗杆传动的设计计算	251
7.6 圆弧齿圆柱蜗杆传动简介	258
7.7 蜗杆传动的润滑	259

习题 7	262
第 8 章 螺旋传动	265
8.1 概述	265
8.2 螺纹	267
8.3 滑动螺旋传动的设计计算	271
8.4 其他螺旋传动简介	279
习题 8	282
第 9 章 滚动轴承	285
9.1 概述	285
9.2 滚动轴承的类型和选用	287
9.3 滚动轴承的载荷分析、失效和设计准则	294
9.4 滚动轴承的寿命计算	298
9.5 滚动轴承的静载荷计算	308
9.6 一支承处成对安装角接触轴承的计算特点	310
9.7 滚动轴承的极限转速	311
9.8 滚动轴承的润滑	312
9.9 特殊工作条件下的滚动轴承简介	314
习题 9	316
第 10 章 弹簧	319
10.1 概述	319
10.2 弹簧的材料和制造	325
10.3 普通圆柱螺旋压缩和拉伸弹簧的设计计算	330
10.4 圆柱螺旋扭转弹簧	340
10.5 其他类型弹簧简介	342
习题 10	348
第 11 章 螺纹联接	349
11.1 螺纹联接的主要形式、标准联接零件 [®]	349
11.2 螺纹联接的预紧和防松	352
11.3 螺栓组联接设计计算	355
11.4 单个螺栓的强度计算	365
11.5 螺纹联接件的材料和许用应力	373
11.6 提高螺栓联接强度的措施	375
习题 11	379

第 3 篇 机械零部件结构设计

第 12 章 机械结构设计概论	387
12.1 概述	387
12.2 在结构设计中提高机械结构性能的途径	391
习题 12	400
第 13 章 轮及其与轴的联接[®]	403
13.1 概述	403
13.2 腹板结构设计	404
13.3 轮毂结构设计	408
13.4 键联接	410
13.5 花键联接	415
13.6 其他轴毂联接方式	418
习题 13	428
第 14 章 联轴器、离合器、制动器[®]	430
14.1 概述	430
14.2 联轴器	432
14.3 离合器	445
14.4 制动器	453
习题 14	457
第 15 章 轴系结构设计	459
15.1 概述	459
15.2 滚动轴承轴系结构设计	459
15.3 滑动轴承的结构	471
15.4 提高轴系结构性能的措施	478
习题 15	487
第 16 章 润滑方式和密封装置	489
16.1 润滑方式概述	489
16.2 常用润滑方式及装置 [®]	490
16.3 典型零部件润滑方式的选择	496
16.4 密封装置概述	501
16.5 旋转密封装置	502
16.6 静密封简介	510
习题 16	512

第 17 章 箱体和导轨	515
17.1 箱体的主要功能	515
17.2 箱体结构设计要点	515
17.3 典型箱体结构	518
17.4 导轨设计一般知识	520
17.5 滑动导轨设计	520
17.6 滚动导轨设计简介	523
习题 17	526
第 18 章 机械结构设计及计算实例	529
参考文献	537

绪 论

1. 本课程的性质和任务

机械设计课程是培养学生具有机械设计能力的一门技术基础课程。人们在生产、生活和国防建设中不断提出新的需求,要满足这些需求,常常必须研制、开发新的机械产品。由于最近几十年来科学技术、机械制造工艺和设备的迅速发展,特别是电子技术、信息技术和计算机技术的突飞猛进,以及使用者对机械产品的要求不断提高,机械产品的复杂程度、技术水平都有很大变化。由于采用新的科学技术成果,机械设计技术近年来发展很快,机械设计已大量采用了新的设计理论和方法,如机械设计学、有限元计算、优化设计、可靠性设计、计算机辅助设计等,使设计质量和速度有很大的提高。随着我国与世界其他国家的联系和贸易的发展,要求我国机械产品具有国际市场的竞争能力。在上述情况下,迫切要求我国机械设计水平有大的提高。目前我国急需大量的高级机械设计人才,以创造性地设计出符合市场需要、具有强大竞争能力的新机械产品,使我国机械行业能够摆脱落后状态。本课程是培养机械工程高级人才的重要入门课程,对以机械学为主干学科的专业学生提供机械设计的基本知识、基本理论和基本方法的训练。本课程的主要任务是通过理论学习和课程设计培养学生:

- (1) 掌握通用机械零件的设计原理、方法和机械设计的一般规律,具有机械系统的综合设计能力,能进行一般机械传动部件和简单机械装置的设计;
- (2) 树立创新意识,培养机械设计的创新能力;
- (3) 提高计算机技术应用能力,具有运用标准、规范、手册、图册和查阅有关技术资料的能力;
- (4) 初步建立正确的设计思想方法和工作方法,知道应该有意识地注意了解国家有关技术经济政策和国内外的发展情况;
- (5) 了解实验对机械设计的关系和重要性,学习一些机械设计的实验方法;
- (6) 对机械设计的新发展有所了解。

2. 课程内容和要求

本课程主要介绍通用机械零件的常用设计方法。通用机械零件是指在一般机械中经常用到的机械零件,如齿轮、螺栓、滚动轴承、弹簧等。曲轴、螺旋桨、活塞等在某些机械中专用的零件称为专用机械零件,不属于本书讨论范围。

对于通用机械零件重点介绍常用参数范围的一般设计方法。至于高速齿轮

传动、高速带传动、高速(滚动、滑动)轴承等,设计时需要利用专门的资料,不是本教材所能解决的。因为本课程是机械设计的入门课程,因而对部分在特殊条件下工作的零件,只作了初步的介绍,可供设计者参考。而这些机械零件的设计思路与本书重点讲解的主要零件是完全一致的。

为了帮助读者更好地掌握本课程的内容和进一步深入的学习,在文字教材之外,还研制了 CAI(计算机辅助教学)教材。在文字教材中的相应部位用®符号标出有配合使用的 CAI 教材,以供调用。在教学软件中有一些零件(如齿轮传动、带传动、链传动等)编有计算程序,在这些章的习题中,有一些计算工作量较大的题目,要求计算出较多的方案进行比较,这些题目靠手算是很难完成的,此时可用程序计算。学习 CAI 教材可以更深刻地了解和灵活运用文字教材。为了使本书的使用范围更广,我们在编写时努力做到,文字教材本身可以独立运用,这样使由于条件限制,只能阅读文字教材的读者,也能够达到本课程的基本要求。

除理论教学以外,本课程还有课程设计环节,它是不可分割的重要组成部分。

3. 课程学习方法

本课程与读者在大学生中已学习过的许多课程有显著的不同,因此必须按照本课程的特点学习、理解它,才能取得好的学习效果。在学习本课程时,应注意以下几个特点:

(1) 系统性 在本课程中多数情况是以一种常用机械零件的设计为出发点而展开的,设计该零件即代表一种社会需求,为了满足这一要求,要充分考虑各方面的有关问题。一个好的机械设计必须能够满足使用要求,加工和装配简单,安全可靠,美观,便于修理,技术经济价值合理,便于运输,不污染环境,报废后材料可以回收等。这些要求有些情况下是难以完全满足的,因此,设计者必须全面考虑,综合平衡,这就要求读者具有系统的观点。因此要求设计者能正确确定设计要求,合理选择总体设计方案,掌握每个机械零件的特性,选择材料和热处理,通过计算确定零件的主要参数、各部分结构、尺寸和公差配合,进行润滑、密封、散热等设计计算。本课程常常按照机械设计的工作步骤和内容进行教学,与过去的理论性课程在体系和内容方面有很大的不同。

(2) 综合性 在解决机械设计问题时要用到有关的多方面的科学知识,如力学、摩擦学、材料学、机械制造技术、机械原理、互换性和技术测量、机械制图等,每个机械零件的设计涉及的知识面是很广泛的。

(3) 工程性 本课程具有鲜明的工程性,在设计每个机械零件时要用到大量的数据、表格、标准、资料等,要处理方案选择、零件选型、材料选择、参数选择、结构形式选择等问题,对计算结果要进行分析,有的要圆整、标准化。这些都是

处理工程问题时必须具有的能力。所以本课程的习题、作业和课程设计是非常重要的组成部分,要学习和掌握本课程必须十分认真地完成它们。

(4) 典型性 机械零件的种类很多,本课程只学习其中的一部分,但是设计机械零件的方法和思路是通用的,掌握本课程的基本内容以后,对于其他机械零部件设计问题就有了一定的基础,并对机械设计有初步的了解。在学习一个阶段以后要认真总结、体会,可起到举一反三的作用。

第 1 篇 机械设计总论