

普通高等教育机电类规划教材

机 械 设 计

第 2 版

主 编 徐锦康
副主编 蔡慧官 蒋同洋
参 编 陈修祥 许承华 白 晶 崔承琦
主 审 卢玉明



机 械 工 业 出 版 社

本书是在江苏省一般地方性院校机械设计制造及其自动化专业系列教材编审委员会统一策划下编写的，是江苏省一般地方性院校机械设计制造及其自动化专业的规划教材。

全书在满足原国家教育委员会颁发的高等学校机械类专业《机械设计课程教学基本要求》的前提下，吸取了江苏省一般地方性院校机械设计制造及其自动化专业近几年教学改革的经验，精心编排。在内容上简化了理论论证与推导，增加了新技术、新结构、新零部件介绍，扩大了知识面，较好地体现了应用性特色。

全书共十七章，包括：绪论，机械设计概论，机械零件的强度，摩擦、磨损及润滑，带传动，链传动，齿轮传动，蜗杆传动，无级变速器，轴和轴毂联接，滚动轴承，滑动轴承，联轴器、离合器、制动器，螺纹联接和螺旋传动，铆接、焊接、粘接，弹簧，其他常用零部件简介。各章备有一定数量的思考题和习题。

本书可作为高等学校机械设计制造及其自动化专业机械设计课程的教材，也可供有关专业师生及工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

机械设计/徐锦康主编.—2版.—北京：机械工业出版社，2001.8
普通高等教育机电类规划教材
ISBN 7-111-05929-8

I. 机... II. 徐... 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 038796 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
责任编辑：王世刚 高文龙 版式设计：冉晓华 责任校对：李汝庚
封面设计：姚毅 责任印制：付方敏
三河市宏达印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行
2002 年 4 月第 2 版·第 2 次印刷
1000mm×1400mm B5·12.125 印张·472 千字
13 001—17 000 册
定价：30.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员：邱坤荣

副主任委员：黄鹤汀

左健民 高文龙

王晓天 蔡慧官

秘 书：周骥平

委 员：(排名不分先后)

沈世德 周骥平

徐文宽 唐国兴

韩雪清 戴国洪

李纪明 吴建华

鲁屏宇 王 钧

赵连生

序

人类满怀激情刚刚跨入充满机遇与挑战的 21 世纪。这个世纪是经济全球化、科技创新国际化的世纪，是新经济占主导地位的世纪，是科学技术突飞猛进、不断取得新突破的世纪。这个世纪对高等教育办学理念、体制、模式、机制和人才培养等各个方面都提出了全新的要求，培养的人才必须具备新思想、新观念，必须具备不断创新、善于经营、有团队精神等优秀素质。

机械高等工程教育是我国高等教育的重要组成部分，21 世纪对它的挑战同样是严峻的。随着现代科学技术的迅猛发展，特别是微电子技术、信息技术的发展，它们与机械技术紧密结合，从而形成传统制造技术、信息技术、自动化技术、现代管理技术等相交融、渗透的先进制造技术，使制造业和制造技术的内涵发生了深刻的变化。面向 21 世纪的机械制造业正从以机器为特征的传统技术时代迈向以信息为特征的系统技术时代。制造技术继续沿着 20 世纪 90 年代展开的道路前进。制造技术和自动化水平的高低已成为一个国家或地区经济发展水平的重要标志。而目前我国的制造技术与国际先进水平还有较大差距，亟需形成我国独立自主的现代制造技术体系。面对这一深刻的变化和严峻的形势，我们必须认真转变教育思想，坚持以邓小平同志提出的“三个面向”和江泽民同志提出的“四个统一”为指导，以持续发展为主题，以结构优化升级为主线，以改革开放为动力，以全面推进素质教育和改革人才培养模式为重点，以构建新的教学内容和课程体系、深化方法和手段改革为核心，努力培养素质高、应用能力与实践能力强、富有创新精神和特色的应用性的复合型人才。

基于上述时代背景和要求，由国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅（原江苏省教委）、江苏省以及部分省外高等工科院校成立了教材编审委员会，并组织编写了机械工程及自动化专业四个系列首批 31 本成套教材，作为向新世纪的献礼。

这套教材力求具有以下特点：

(1) 科学定位。本套教材主要用于应用性本科人才的培养。

(2) 强调实际、实践、实用，体现“浅、宽、精、新、用”。所谓“浅”，就是要深浅适度；所谓“宽”，就是知识面要宽些；所谓“精”，就是要少而精，不繁琐；所谓“新”，就是要跟踪应用学科前沿，跟踪技术前沿，推陈出新，反映时代要求，反映新理论、新思想、新材料、新技术、新工艺；所谓“用”，就是要理论联系实际，学以致用。

(3) 强调特色。要体现一般工科院校的特点、特色，符合一般工科院校的实际教学要求，不盲目追求教材的系统性和完整性。

(4) 以学生为本。本套教材尽量体现以学生为本、以学生为中心的教育思想，不为教而教，而要有利于培养学生自学能力和扩展、发展知识能力，为学生今后持续创造性学习打好基础。

当然，尽管主观上想使本套教材以新思想、新体系、新面孔出现在读者面前，但由于是一种新的探索以及其他可能尚未认识到的因素，难免有这样那样的缺点甚至错误，敬请广大教师和学生以及其他读者不吝赐教，以便再版时修正和完善。

本套教材的编审和出版得到了国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅以及各主审、主编和参编学校的大力支持和配合，在此，一并表示衷心感谢。

普通高等教育机械工程及自动化专业机电类规划教材编审委员会
主任 邱坤荣
2001 年元月于南京

前 言

本书是在江苏省一般地方性院校机械工程及自动化专业系列教材编审委员会统一策划与指导下编写的，是江苏省一般地方性院校机械工程及自动化专业的规划教材。全书是在满足原国家教育委员会颁发的高等学校机械类专业《机械设计课程教学基本要求》的前提下，认真吸取江苏省一般地方性院校机械设计制造及其自动化专业近几年教学改革的经验的基础上编写而成的。

本书可作为高等学校机械设计制造及其自动化专业机械设计课程的教材，也可供有关专业师生及工程技术人员参考。

本书主要特点有：

(1) 本书从一般地方性院校机械设计制造及其自动化专业培养高等应用性技术人才的总目标出发，突出机械零、部件失效形式、设计准则、材料选择、结构设计及工作能力计算等方面的内容，降低对强度设计理论的要求，对基本理论及有关公式予以简化乃至略去繁琐的论证与推导。全书强调“能设计”，努力在应用性和工程化方面有所突破。

(2) 增加新技术、新结构及新颖零、部件等方面内容的介绍。如滚动导轨、新型滚动轴承、滚动螺旋、窄 V 带及其他带传动、其他齿轮传动以及圆弧圆柱蜗杆传动等。

(3) 依据“浅而广”的原则，增加知识点、扩大知识面。如其他带传动简介、其他齿轮传动简介、无级变速器、其他形式滑动轴承简介及其他类型弹簧简介等。

(4) 全书力求概念把握准确，叙述深入浅出，主次分明，详略得当，层次清晰，文句流畅；力求体现较好的“可教性”和“可读性”。

此外，本书尽量引用较新的标准、规范和资料，采用我国国家标准规定的名词术语和符号。

参加本书编写的人员有：蔡慧官（第一、二、三、四、十章），陈修祥（第九、十一、十三、十五章），蒋同洋（第七、十六章），许承华（第六、十四章），白晶（第八、十七章），徐锦康（第十二章），崔承琦（第五章）。全书由徐锦康教授任主编，蔡慧官、蒋同洋任副主编。

本书承东南大学卢玉明教授精心审阅，提出了很多宝贵的意见和建议，编者

谨此表示衷心的感谢。

限于编者水平和时间仓促，书中缺点和错误在所难免，恳请广大读者不吝批评指正。

编 者

2001年4月

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
第一节 本课程的研究对象	1
第二节 本课程的性质、内容和任务	2
第三节 本课程的特点和学习方法	3
思考题	3
第二章 机械设计概论	4
第一节 机器应满足的基本要求	4
第二节 机器设计的主要内容及一般程序	4
第三节 机械零件设计的基本要求及一般步骤	5
第四节 机械零件的主要失效形式及计算准则	7
第五节 机械零件的材料选择	9
第六节 机械零件的工艺性及标准化	10
第七节 机械设计方法及其新发展	12
思考题	14
第三章 机械零件的强度	15
第一节 载荷和应力的分类	15
第二节 静应力下机械零件的整体强度	16
第三节 变应力下机械零件的整体强度	18
第四节 机械零件的表面接触疲劳强度	25
* 第五节 断裂力学在机械设计中的应用	26
思考题	28
第四章 摩擦、磨损及润滑	29
第一节 摩擦	29
第二节 磨损	31
第三节 润滑剂	34
第四节 润滑状态	38

思考题	41
第五章 带传动	43
第一节 概述	43
第二节 V带和V带带轮	44
第三节 带传动的工作情况分析	50
第四节 V带传动的设计计算	55
第五节 带传动的张紧与维护	68
第六节 其他带传动简介	70
思考题	71
习题	71
第六章 链传动	73
第一节 概述	73
第二节 滚子链和链轮	74
第三节 链传动工作情况分析	81
第四节 滚子链传动的设计计算	83
第五节 链传动的布置、张紧和润滑	89
思考题	92
习题	93
第七章 齿轮传动	94
第一节 概述	94
第二节 齿轮传动的失效形式和设计准则	94
第三节 齿轮常用材料和许用应力	97
第四节 齿轮传动的计算载荷和载荷系数	102
第五节 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	106
第六节 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	116
第七节 标准直齿圆锥齿轮传动的强度计算	121
第八节 齿轮的结构	124
第九节 齿轮传动的润滑	128
第十节 其他齿轮传动简介	128
思考题	132
习题	133
第八章 蜗杆传动	135
第一节 概述	135
第二节 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	139

第三节	普通圆柱蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择	143
第四节	普通圆柱蜗杆传动的强度计算	144
第五节	普通圆柱蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	149
第六节	蜗杆和蜗轮的结构	152
第七节	圆弧圆柱蜗杆传动设计计算	158
思考题	.....	164
习题	.....	165
第九章	无级变速器	166
第一节	概述	166
第二节	常用无级变速器	171
思考题	.....	179
第十章	轴和轴毂联接	180
第一节	概述	180
第二节	轴的材料及其选择	181
第三节	初步估算轴的直径	183
第四节	轴的结构设计	184
第五节	轴的强度计算	189
第六节	轴的刚度计算和轴的振动稳定性概念	200
第七节	轴毂联接	202
思考题	.....	211
习题	.....	211
第十一章	滚动轴承	217
第一节	概述	217
第二节	滚动轴承的主要类型、特点和代号	218
第三节	滚动轴承的类型选择	225
第四节	滚动轴承的工作情况分析	226
第五节	滚动轴承的寿命计算	228
第六节	滚动轴承的静强度计算	236
第七节	滚动轴承的组合设计	237
第八节	新型轴承简介	246
思考题	.....	248
习题	.....	249
第十二章	滑动轴承	250
第一节	概述	250

第二节	滑动轴承的典型结构	250
第三节	轴承材料和轴瓦结构	252
第四节	滑动轴承的润滑	259
第五节	不完全油膜滑动轴承的设计计算	262
第六节	液体动压径向滑动轴承的设计计算	265
第七节	其他型式滑动轴承简介	279
思考题	.....	282
习题	.....	283
第十三章	联轴器、离合器、制动器	284
第一节	联轴器	284
第二节	离合器	291
第三节	制动器	296
思考题	.....	299
习题	.....	299
第十四章	螺纹联接和螺旋传动	300
第一节	螺纹联接的主要类型、特点及应用	300
第二节	螺纹联接的预紧和防松	301
第三节	螺栓组联接的设计	304
第四节	螺纹联接的强度计算	312
第五节	提高螺纹联接强度的措施	320
第六节	螺旋传动	326
思考题	.....	332
习题	.....	332
第十五章	铆接、焊接、粘接	335
第一节	铆接	335
第二节	焊接	336
第三节	粘接	338
第十六章	弹簧	340
第一节	概述	340
第二节	圆柱形螺旋弹簧的结构、材料及制造	342
第三节	圆柱形压缩(拉伸)螺旋弹簧的设计计算	345
第四节	其他类型弹簧简介	354
思考题	.....	359
习题	.....	359

第十七章 其他常用零、部件简介	360
第一节 机架	360
第二节 滚动导轨	367
思考题	373
参考文献	374

第一章 绪 论

第一节 本课程的研究对象

本课程的研究对象是机器及组成机器的机械零部件。

机器是人类进行生产以减轻体力劳动和辅助脑力劳动、提高劳动生产率的主要工具。使用机器进行生产的水平，是衡量一个国家的技术水平和现代化程度的重要标志之一。

当注意观察常见的一些机器（如汽车、车床、洗衣机等）时，就会发现：它们都装有一个（或几个）用来接受外界输入能源的原动机（如电动机、内燃机等），并通过机器中的一系列传动，把原动机的动作转变为机器功能的动作（如汽车的前进、倒退，机床主轴的旋转等），用以克服工作阻力，输出机械功。所以，一台完整的机器，总是由原动部分、传动部分和执行部分所组成的。当然，一台现代化的机器，还包含电气、液压、控制等部分，但机器的主体仍然是机械系统。

任何机器又都由一定数量的基本单元组成。此基本单元称为机械零件，简称零件。如螺钉、齿轮、轴等。为了便于机器的设计、制造、安装、维修和运输，通常将整台机器分成若干个相互关联但又相对独立自成系统的装配单元，装配单元称为部件。部件是由协同完成某一功能的若干零件所组成的，如联轴器、减速器、变速箱、连杆、活塞等。

各种机器中普遍使用的零件称为通用零件；只在一定类型的机器中使用的零件称为专用零件。汽轮机中的叶片，纺织机中的织梭、纺锭，往复机械中的曲轴等都是专用零件。

机器的原动部分和工作部分，通常均有专门的学科研究。机械设计课程，主要是从工作能力、结构工艺以及经济性等几个主要方面，来研究具有通用性的机械传动装置及普通条件下工作的一般参数的通用零件（巨型、微型、高温、高压等条件下工作的通用零件不在此列），是一门应用技术科学。

机械设计是指根据对机械产品的使用要求，应用当代先进技术成果，通过设计人员的创造性思维，经过反复调查、分析、论证，作出决策，最终将输入的物料（毛坯及各种物体）、能量（机械能、电能、光能等）或信号（测量值、控制信号等）转化为技术先进、经济合算、造型优美、深受用户欢迎的技术装置或机

械的过程。

机械设计是生产机械产品的第一步，是决定机械产品性能的最主要因素。据统计，机械产品的生产成本，70%由设计阶段决定。因为包括选用零件材料、采用标准通用零部件、进行结构优化、确定工艺流程、估算成本等，都已在设计阶段基本确定。因此，机械工程专业的学生修学机械设计课程，无疑是十分重要的。

一个优秀的设计人员，不仅要充分了解并掌握设计核心部分的内在规律、步骤和方法，了解并掌握外部设计软件和相关知识，而且必须具备正确的设计思想、科学的思维方法、分析与综合各种信息的能力，具备集各种知识、技能于机械产品设计之大成的能力。

第二节 本课程的性质、内容和任务

本课程着重于机械设计基本知识、基本理论和基本方法的阐述，并着重于创造性思维及设计技能的训练与培养。它是一门综合应用各先修课程（如高等数学、机械制图、互换性与技术测量、理论力学、材料力学、金属工艺学和机械原理等）的基础理论知识和生产实践性知识的、设计性的技术基础课程。与此同时，本课程又将对后续各专业课程的学习起先导作用。故在教学计划中，该课程介于基础课程与专业课程之间，起着承上启下的作用。

本课程的具体内容包括三个方面：

(1) 机械设计的一般知识、理论、原则和方法（第一章～第四章）。

(2) 机械零部件的设计与计算（第五章～第十七章）。包括联接件：螺纹联接、键联接等；传动件：带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、螺旋传动等；轴系件：轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器、离合器等；其他：弹簧、机架、滚动导轨等。

(3) 总体设计（结合作业及课程设计进行）。

本课程的主要任务是：

(1) 树立正确的设计思想，运用创造性思维掌握机械设计的一般方法。

(2) 熟练掌握常规通用零部件的设计原理和方法，具有设计通用机械传动装置和较简单机械的能力。

(3) 具有熟悉和熟练应用机械设计手册、图册、标准、规范等有关技术资料的能力，并获得实验技能的基本训练。

(4) 对机械设计的新发展及现代设计方法应有所了解，并在条件允许时尽可能在设计中加以应用。

第三节 本课程的特点和学习方法

机械设计不同于前修课程，它是许多学科的综合运用，因此在学习本门课程时，必须根据本课程的特点，探求相应的学习方法，才能收到较好的效果。现将本课程的特点和学习方法阐述如下：

(1) 本课程是一门实践性很强的课程，学习中一定要抓住设计这一关键，不宜只重理论而轻视设计，特别是结构设计尤为重要。零件设计和整机设计是不可分割的，所以必须从整机设计出发来考虑零件的设计。

(2) 掌握机械零部件的设计规律。本课程是以零部件为研究对象，探讨各类通用零部件的设计计算问题的。不同类别零件的工作原理、材料、载荷、应力等方面有很大差别，因而设计准则、计算公式也会完全不同，从表面看似支离破碎无章可循，但实际上和其他事物一样，机械零部件设计也有它自己的规律，这个规律与设计机械零部件时所考虑的问题是相同的。因此，设计程序也是相同的。一般情况下其分析问题的思路及程序为：

类型应用→工作原理→失效形式→设计准则→计算方法→结构设计。

(3) 在工程实际中，许多现象目前还难以用理论解释清楚，有些数据也很难用纯理论公式计算出来，故必须采用一些基于科研或实验而得出的公式和数据进行估算，或直接选用经验数据。

(4) 逐步学习并掌握初选参数，再进行校核的设计方法。零部件所处的工作条件是多种多样的，有的很复杂，这时需要凭经验或类比，先初定尺寸，然后再进行校核。另外零部件的尺寸参数并不一定都是计算得来的。如由结构设计确定尺寸，然后进行各项必要的校核计算，是常用的方法。

上述特点，使本课程许多问题的解答不是唯一的，可能有多种方案可供选择 and 判断。因此在学习本课程时，要尽快适应这一特点，按解决工程实际问题的实际方法及模式培养提高自己的机械设计能力。

思考题

- 1-1 本课程研究的对象是什么？
- 1-2 机器主要由几大部分组成？
- 1-3 什么叫零件？什么叫部件？
- 1-4 什么叫机械设计？
- 1-5 本课程的性质是什么？
- 1-6 简述本课程的主要内容和主要任务。
- 1-7 本课程的特点是什么？学习时要注意哪些问题？

第二章 机械设计概论

第一节 机器应满足的基本要求

机器的种类虽然很多，但设计时的基本要求往往是共同的。根据对现有机器的分析，现代机器的设计首先应满足下列前三项要求：

一、使用要求

机器应在规定的使用期内有效工作达到预期的使用目的，保证实现规定的功能、规定的运动和规定的生产率。

二、经济性要求

机器的经济性必须体现并贯穿在其设计、制造和使用的全过程中。体现在设计阶段是指应用先进的设计方法，将三种传动（机械、电子、液压）有机地匹配，各得其所。此外尽量采用标准件、通用件和使产品系列化而缩短设计周期；体现在制造过程中是指使用无切削、少切削加工等各种新的制造工艺技术，提高工效、缩短制造周期等；体现在使用方面是指消耗（水、电、油及辅助材料等）少、管理和维修费用低等。

三、社会要求

机器应有好的社会效果，表现为：应满足人机工程学的要求，如操作方便、省力、舒适、劳动强度低、维修简捷等；应符合安全运行要求，如设置可靠的安全防护装置，设置能排除误操作的连锁装置，采用安全联轴器和离合器，配备各类预警信号装置等；应满足工艺美术学要求，如造型精巧、线形流畅、形体简练、色彩明快等；应符合环保要求，如控制噪声、有效地排除废气、废液等，以免造成环境污染。

四、其他专用要求

对不同的机器，还有一些特有的要求。例如：对机床有长期保持精度的要求；对飞机有质量小、飞行阻力小而运载能力大的要求；对大型机器有便于运输的要求；对食品及纺织机械有防污染的要求等。设计机器时，在满足前述共同的基本要求的前提下，还应着重满足这些特殊要求，以提高机器的使用性能。

第二节 机器设计的主要内容及一般程序

图 2-1 所示为机器设计的一般程序，它不应是绝对的顺序，根据所设计产品

的具体情况，可以适当地进行调整。下面对各个阶段的具体内容进行概括地介绍。

(1) 计划阶段 进行市场调查、了解需求情况，确定要设计的新产品的主要性能指标，如速度、载荷性质、寿命和工作条件等，制定设计任务书。然后由任务书给定的工作条件和原始参数，通过计算、实验、调研等必要的初步工作，最后确定设计所需要的重要参数，如功率、转速、应力性质等。

(2) 方案设计阶段 由能实现预期功能的多种方案中，最后确定一种最佳设计方案并绘出此方案的机构运动简图。

(3) 技术设计阶段 由总体设计的运动计算，求出各轴间的速比和各轴的转速；由动力计算求出各轴间的传动效率和各轴的传动功率。设计及绘制总体结构草图，进行技术——经济评价，最后绘制总装配图、部件装配图以及有关的系统图（润滑系统、液压系统、控制系统等）。

(4) 施工设计阶段 对传动件、联接件和轴系等零部件进行强度计算。运用边设计、边计算、边修改、边绘图的方法，完成零件施工图设计，并编制各类技术文件（如计算说明书、工艺文件等）。

(5) 改进设计阶段 提出样机试制、试验报告及申报投产报告。样机经改进设计、鉴定后批量投产。

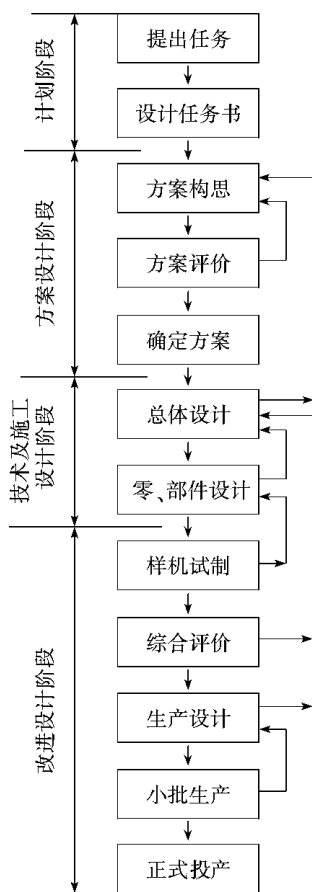


图 2-1 机器设计的一般程序

第三节 机械零件设计的基本要求及一般步骤

一、机械零件设计的基本要求

机械零件是组成机器的单元，所以设计机械零件时应该首先满足由机器整体出发对该零件提出的具体要求，概括地说，有以下几条基本要求：

(1) 工作可靠 即在规定的使用寿命内不发生各种失效。因此在设计零件时，要使零件满足强度、刚度、寿命及稳定性准则等。

(2) 结构工艺性好 即在既定的生产条件下，能方便而经济地生产出满足使用性能要求的零件，并且便于装配成机器。因此零件的结构工艺性应从毛坯制