



北京市高等教育精品教材立项项目

机械设计基础系列课程教材

机械设计教程

Mechanical Design

● 刘向锋 主编

Liu Xiangfeng

清华大学出版社



清华大学出版社

清华大学机械工业出版社

机械设计教程

第 2 版

清华大学出版社



北京市高等教育精品教材立项项目

机械设计基础系列课程教材

机械设计教程

Mechanical Design

- 刘向锋 主编
- Liu Xiangfeng
- 刘莹 高志 肖丽英 参编
- Liu Ying Gao Zhi Xiao Liying

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是根据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“机械设计课程教学基本要求”的精神,结合近年来教学改革实践的经验编写而成的,适用于高等学校机械类各专业本科的机械设计课程教学。

全书除绪论外,分上、下篇。上篇为机械系统零部件的工作能力设计,主要介绍机械系统零部件工作能力的设计理论和设计方法,包括机械零部件设计概述、机械系统传动零部件的设计、机械系统支承零部件设计、机械系统连接零部件的设计、弹簧;下篇为机械系统的结构设计,主要介绍机械系统设计的基本问题和一般规律,包括机械系统设计的基本知识、机械系统的装配结构设计、机械系统的功能结构设计、机械系统设计方案的创新设计、机械系统设计实例。

本书也可供机械工程领域的研究生和有关科研、工程设计人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械设计教程 / 刘向锋主编. —北京:清华大学出版社, 2008.9

(机械设计基础系列课程教材)

ISBN 978-7-302-17936-8

I. 机… II. 刘… 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(2008)第092454号

责任编辑:张秋玲

责任校对:刘玉霞

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230

印 张:20.75

字 数:451千字

版 次:2008年9月第1版

印 次:2008年9月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:34.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:009409-01

前言



本书是根据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“机械设计课程教学基本要求”的精神,结合近年来教学改革实践的经验编写而成的,适用于高等学校机械类各专业本科的机械设计课程教学。

为了适应 21 世纪社会对科技人才的需求,教育部组织实施了“面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”,其中,机械设计系列课程是改革计划的重要组成部分,其改革的总体目标是培养学生的综合设计能力。机械设计课程作为高等学校机械类专业的一门主干技术基础课,在培养学生综合设计能力的全局中,承担着学生机械系统结构设计能力的培养任务,在机械设计系列课程体系中占有十分重要的地位。随着机械产品的设计逐渐向高速化、高效化、精密化和智能化方向发展,从系列课程体系和内容改革的总体目标出发,许多现有的机械设计教材的结构体系和内容已越来越不能适应科技的发展和人才培养的需求。21 世纪是一个以世界性的激烈的经济竞争为特色的世纪,有人说“21 世纪将是设计的世纪”,正是指的这样的时代特点。为了使学生在未来的工作中能够设计出性能优良、在国际市场上具有竞争力的产品,必须从机械设计系列课程体系和内容改革的总体目标出发,改革现有教材的体系和内容。本书就是为了适应这一需要而编写的。

本书是在总结清华大学多年来机械设计课程教学改革、教学研究和教学实践成果的基础上编写而成的。其主要特点如下:

(1) 从机械设计课程在机械设计系列课程总体框架中所处的地位出发,以培养学生具有初步的机械系统结构设计能力为目标,舍弃了传统的以机械零部件工作能力设计为主线的课程体系,建立了“以设计为主线,分析为设计服务,落脚点是机械系统结构设计”的新体系。根据这一新体系,对现有教材内容进行了结构性调整、重组和更新。重组后的教材内容除绪论外,分上、下篇。上篇为机械系统零部件的工作能力设计,主要介绍机械系统零部件工作能力的设计理论和设计方法,按照机械系统传动零部件设计、机械系统支承零部件设计和机械系统连接零部件设计的体系进行编写;下篇为机械系统的结构设计,主要介绍机械系

统结构设计的基本问题和一般规律,按照机械系统的装配结构设计和机械系统的功能结构设计的体系编写。通过这一新体系,力求达到使学生初步具有机械系统结构设计能力的教学目标。

(2) 为了加强学生理论联系实际的能力,教材中及时总结科研成果,引入了若干科研和工程设计案例,使课程内容跟上现代科技发展的步伐。

(3) 在下篇“机械系统的结构设计”中,增加了“机械系统结构方案的创新设计”和“机械系统设计实例”两章,内容上的更新,有利于培养学生的综合设计能力和创新设计能力,提高学生解决工程实际问题的能力。

参加本书编写的有:刘向锋(绪论、第4章、第6章、第7章),刘莹(第1章部分、第2章),高志(第1章部分、第5章、第9章、第10章),肖丽英(第3章、第8章)。全书由刘向锋担任主编,负责全书的统稿、修改和定稿。

衷心感谢清华大学精密仪器与机械学系学术委员会和本书的责任编辑。他们以全力支持教学改革为己任,在机械设计课程的改革和本教材的编写过程中,给予了热情的关注和大力支持。

作为清华大学机械设计系列课程负责人,申永胜教授也在本书的编写过程中给予了热情的关注和指导,在此表示诚挚的谢意。

限于编者的水平和时间仓促,误漏欠妥之处在所难免,敬请广大学界同仁和读者批评指正。

主编 刘向锋

2008年8月于清华园

目录



0 绪论	1
0.1 机械设计的任务、要求和一般程序	1
0.2 机械设计课程的性质和任务	2
0.3 机械设计课程的内容	3
0.4 学习机械设计课程的方法	4

上篇 机械系统零部件的工作能力设计

1 机械零部件设计概述	7
1.1 机械零部件设计应满足的要求	7
1.1.1 工作能力要求	7
1.1.2 工艺性要求	8
1.1.3 经济性要求	8
1.2 工作能力设计的基本方法	9
1.3 机械零件的强度设计	10
1.3.1 机械零件的静强度设计	10
1.3.2 机械零件的疲劳强度设计	10
1.3.3 机械零件的接触疲劳强度	18
1.4 机械零部件的材料选择	19
1.4.1 机械零件的常用材料	20
1.4.2 机械零件材料的选择原则	20
1.5 机械零部件的标准化	21
附录	23
习题	26

2	机械系统传动零部件的设计	29
2.1	传动总论及机械传动方案的设计	29
2.1.1	传动系统的功用及主要类型	29
2.1.2	机械传动设计的一般原则	29
2.1.3	机械传动系统的运动和动力学计算	33
2.2	V带传动设计	36
2.2.1	V带传动的主要几何尺寸及相关国家标准	36
2.2.2	V带传动的工作原理	38
2.2.3	单根V带传动的额定功率	40
2.2.4	V带传动设计举例	42
2.2.5	带传动的张紧装置	46
2.3	链传动设计	47
2.3.1	传动链与链轮	47
2.3.2	链传动的运动特性及其影响	48
2.3.3	链传动的设计	50
2.3.4	滚子链传动设计举例	54
2.3.5	链传动的张紧	56
2.4	齿轮传动设计	56
2.4.1	齿轮传动的受力分析	57
2.4.2	齿轮传动的失效方式及设计准则、常用材料及热处理	61
2.4.3	齿轮常用材料及热处理	64
2.4.4	齿轮传动的精度	66
2.4.5	齿轮传动的疲劳强度设计	66
2.4.6	齿轮传动的主要参数选择与设计举例	76
2.5	蜗杆传动设计	80
2.5.1	蜗杆传动与齿轮传动工作能力设计的主要区别	80
2.5.2	蜗杆传动的受力分析	82
2.5.3	蜗杆传动的失效形式及常用材料	84
2.5.4	蜗杆传动的工作能力设计	85
2.5.5	蜗杆传动主要参数的选择与设计举例	91
2.6	螺旋传动设计	96
2.6.1	螺纹的主要参数	96
2.6.2	滑动螺旋副的受力、失效分析及常用材料	98
2.6.3	滑动螺旋传动的工作能力设计	98

2.6.4 滑动螺旋传动设计计算的一般步骤	102
习题	102
3 机械系统支承零部件设计	109
3.1 轴	109
3.1.1 轴的分类与材料	109
3.1.2 轴的工作能力设计	111
3.1.3 提高轴的强度的措施	117
3.2 滚动轴承	121
3.2.1 滚动轴承的结构和国家标准	122
3.2.2 滚动轴承的类型选择	126
3.2.3 滚动轴承的受力和失效分析	127
3.2.4 滚动轴承的寿命计算	128
3.2.5 滚动轴承的静态承载能力计算	134
3.3 滑动轴承	137
3.3.1 滑动轴承的典型结构	137
3.3.2 滑动轴承的轴瓦结构和材料	139
3.3.3 非流体润滑滑动轴承的承载能力设计	143
3.3.4 流体动压滑动轴承的承载能力设计	145
3.3.5 滑动轴承与滚动轴承的性能比较	155
习题	157
4 机械系统连接零部件的设计	162
4.1 螺纹连接	162
4.1.1 螺纹连接的类型	162
4.1.2 单个螺栓连接的强度计算	166
4.1.3 螺纹连接件的材料与许用应力	171
4.1.4 螺栓组连接的受力分析与计算	173
4.1.5 提高螺纹连接强度的措施	177
4.2 轴毂连接	181
4.2.1 轴毂连接的主要类型	182
4.2.2 键连接的设计	186
4.2.3 花键连接的设计	189
4.3 联轴器和离合器	190
4.3.1 联轴器	190

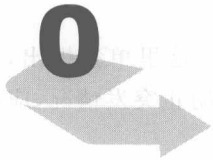
4.3.2 离合器	197
习题	200
5 弹簧	203
5.1 概述	203
5.1.1 弹簧的用途	203
5.1.2 弹簧的类型	203
5.2 弹簧的材料和制造方法	204
5.2.1 弹簧的常用材料	204
5.2.2 弹簧的制造方法	208
5.3 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计	208
5.3.1 圆柱螺旋弹簧的基本尺寸	208
5.3.2 弹簧的强度	209
5.3.3 弹簧的刚度	210
5.3.4 弹簧的特性曲线	210
5.3.5 弹簧的结构	211
5.3.6 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计计算	212
5.4 圆柱螺旋扭转弹簧的设计	218
5.4.1 圆柱螺旋扭转弹簧的强度和刚度	218
5.4.2 圆柱螺旋扭转弹簧的结构	218
5.4.3 圆柱螺旋扭转弹簧的设计计算	219
5.5 其他弹簧简介	220
5.5.1 碟形弹簧	220
5.5.2 平面涡卷弹簧	220
5.5.3 橡胶弹簧	221
5.5.4 空气弹簧	222
习题	223

下篇 机械系统的结构设计

6 机械系统结构设计的基本知识	227
6.1 概述	227
6.2 制造工艺性	229
6.2.1 毛坯的成形方法	229
6.2.2 零件的成形方法	229

6.2.3	工艺流程	229
6.3	装配工艺性	233
	习题	236
7	机械系统的装配结构设计	237
7.1	轴系结构设计	237
7.1.1	轴的结构设计	237
7.1.2	轮体的结构设计	243
7.1.3	轴系的结构设计	247
7.2	螺纹连接的组合设计	257
7.2.1	螺纹连接件的布局	257
7.2.2	结构空间的合理性	258
7.2.3	螺纹连接的防松和装配要求	260
7.3	机械系统的精度设计	262
	习题	264
8	机械系统的功能结构设计	268
8.1	润滑系统设计	268
8.1.1	常用润滑剂	268
8.1.2	常用润滑方式和润滑装置介绍	271
8.1.3	典型零件的润滑方式选择	273
8.2	密封结构设计	277
8.2.1	静密封结构	277
8.2.2	动密封结构	278
	习题	280
9	机械系统结构方案的创新设计	281
9.1	机械系统结构方案的变异设计	281
9.1.1	工作表面的变异	281
9.1.2	连接的变异	283
9.1.3	支承的变异	286
9.1.4	材料的变异	288
9.2	提高机械系统性能的结构设计	289
9.2.1	有利于提高强度的结构设计	290
9.2.2	有利于提高刚度的结构设计	292

9.2.3 有利于提高精度的结构设计·····	294
9.2.4 有利于提高工艺性的结构设计·····	297
9.3 机械系统的宜人化设计·····	300
9.3.1 适合人的生理特征的结构设计·····	300
9.3.2 适合人的心理特征的结构设计·····	302
9.4 新型机械结构设计·····	305
9.4.1 柔性(弹性)结构设计·····	305
9.4.2 快速连接结构设计·····	307
9.4.3 组合结构设计·····	308
习题·····	310
10 机械系统设计实例·····	313
10.1 高杆灯提升装置设计·····	313
10.2 硬币自动计数、包卷机设计·····	317
参考文献·····	320



绪 论

机械存在于人类活动的各个领域。虽然机械学科是一门古老的学科,但至今仍然是创造人类文明的重要组成部分,它的发展程度标志着一个国家的整体科学技术水平,也是当今科学技术高速发展的基础。

0.1 机械设计的任务、要求和一般程序

1. 机械设计的任务

机械设计是一门应用技术科学,它是使用图纸、技术文件和计算机软件等相关技术手段描述机械产品的形状、尺寸、性能等参数,以满足功能、制造、使用、维护和销售等要求的一种实践活动。

随着科学技术的不断发展,机械制造业的面貌也在不断地发生变化,新工艺和新材料的出现对机械制造的发展起着巨大的推动作用,因此,机械设计的任务是运用最新的科技成果设计新产品和改造老产品,以满足市场的需求和推动社会的进步。

作为机械设计人员,应具备如下能力:

(1) 基本技能,如计算、绘图、结构设计、实验以及使用基本工具(计算机、基本测量仪器等)的能力。

(2) 创新能力,即善于寻求解决问题的新途径、新方法,善于发现社会的需求,具备勤奋学习、把握最新技术动态和对技术精益求精的品质。

(3) 决策能力,指对不同的设计方案,能通过调查研究进行独立分析和决策,选取最佳的设计方案。

(4) 团队合作精神。现代社会的各种工程实践都是集体行为,谦虚与合作态度是发挥个人和他人智慧,进行创造性实践的必备条件。

2. 机械设计的要求

机械设计是机械产品开发和技术改造的关键性环节,直接关系到社会和经济效益。据

分析,产品成本的70%~80%决定于设计阶段。在设计中应考虑以下因素:

(1) 满足功能要求、性能好。实现预定的功能是设计的根本目标,性能好则是设计过程中追求的主要目标。功能是指某一特定的运行要求,性能是指运行质量。

(2) 工作可靠、安全程度高。可靠和安全是性能好的重要标志之一,这里单独提出,表明它的突出意义。在产品的整个生命周期内,必须保持正常工作。为了防止突发情况,应有必要的安全保障措施。

(3) 制造、安装工艺好。制造和安装是实现功能、保证设计预定目标的关键步骤,采用合理的工艺方法是确保制造和安装质量的前提,为此,设计人员必须具有丰富的制造、安装工艺知识。

(4) 操作简便、维护工作少。一切为了用户是产品生产的宗旨,操作简便、省力、安全、易于维护且省时是设计人员追求的重要目标。

(5) 造形美观、轮廓尺寸小。造形美观会给工作和生活环境带来快感,对于提高人们的工作效率和质量均有着积极的影响。体积小不但可以节省材料,还可以减少所占用的空间,有利于运输、起重和工作场所的布置。

(6) 价格低廉、经济效益高。降低成本是价廉的基础,在市场竞争中具有重要的意义。优良的性能价格比是占有市场的条件,也是取得高的社会效益和经济效益的保证。

3. 机械设计的一般程序

机械设计与其它设计一样,是一项创造性的工作,设计人员除了需要掌握先进的科技知识和具有丰富的实践经验外,还必须深入实际进行调查研究,以便提出创造性的设计方案和新颖的结构。机械设计的一般程序见图0-1。

0.2 机械设计课程的性质和任务

机械设计课程是一门介绍机械设计基本知识、基本理论和基本方法的技术基础课,其主要任务是通过理论学习和设计实践,培养学生的综合设计能力,具体表现为以下几个方面:

(1) 掌握机械系统中通用零部件的设计原理、设计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零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) 提高计算机技术的应用能力,具有运用标准、规范、手册、图册和查阅相关技术资料的能力;

(4) 初步建立正确的设计思维方式和工作方法,知道应该有意识地关注国家相关的技术经济政策和国内外的情况;

(5) 了解实验与机械设计的关系和其重要性,主动学习一些机械设计的实验方法;

(6) 对机械设计的最新发展有所了解。

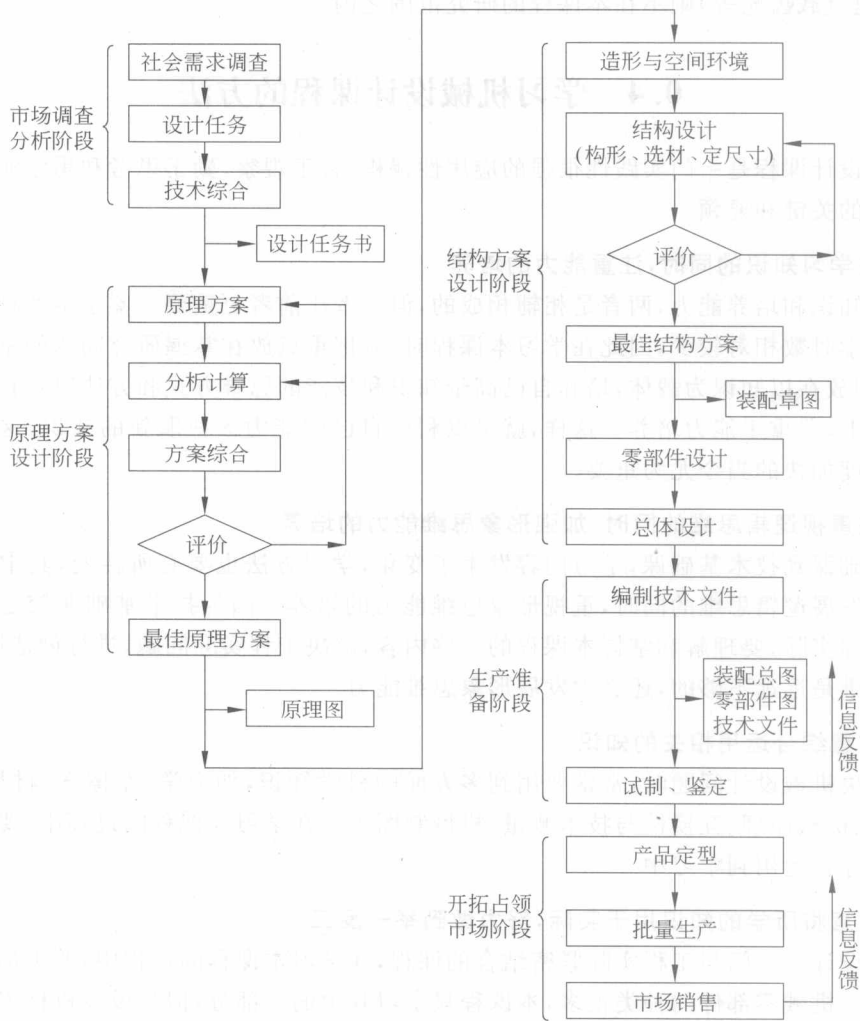


图 0-1 机械设计的一般程序

0.3 机械设计课程的内容

在机器中，一般可将机械零部件分为两大类：一类是在各种机器中经常都能用到的机械零部件，叫做通用零部件，如螺钉、齿轮、滚动轴承等；另一类则是在特定类型的机器中才会用到的零部件，叫做专用零部件，如汽车发动机中的曲轴、飞机上的螺旋桨等。机械设计课程主要介绍通用机械零部件的常用设计理论和设计方法。同时，对于通用机械零部件重点介绍常用参数范围的一般设计方法。至于一些在特殊工况条件下的机械零部件（如高速

轴承、低速重载齿轮等)则不在本课程的研究范围之内。

0.4 学习机械设计课程的方法

机械设计课程是一门实践性很强的应用性课程,善于观察、勤于思考和勇于实践是学好本课程的关键和要领。

1. 在学习知识的同时,注重能力的培养

学习知识和培养能力,两者是相辅相成的,但后者比前者更重要。鉴于本课程的教学内容较多而学时数相对较少,因此在学习本课程时,应把重点放在掌握研究问题的基本思路和方法上,即放在以知识为载体,培养自己高于知识和技能的思维方式和方法以及自主获取知识的能力上,着重于能力的培养。这样,就可以利用自己的能力去获取新的知识,这一点在知识更新速度加快的当今尤为重要。

2. 在重视逻辑思维的同时,加强形象思维能力的培养

从基础课到技术基础课,学习内容发生了变化,学习方法也要有所转变,其中重要的一点是要在发展逻辑思维的同时,重视形象思维能力的培养。因为技术基础课较之基础课更加接近工程实际,要理解和掌握本课程的一些内容,解决工程实际问题,进行创造性设计,单靠逻辑思维是远远不够的,还必须发展形象思维能力。

3. 注意综合运用相关的知识

在解决机械设计问题时,常常要用到多方面的科学知识,如力学、摩擦学、材料学、机械制造技术、机械原理、互换性与技术测量、机械制图等。在学习本课程的过程中,要注意把相关的知识综合运用到学习中。

4. 注意将所学的知识用于实际,努力做到举一反三

机械设计是一门与工程实际紧密结合的课程,在学习本课程的过程中,要更加注重理论联系实际。机械零部件的种类很多,本课程只学习其中的一部分,但是设计机械零部件的方法和思路是通用的,掌握本课程的基本内容之后,对于其他机械零部件设计的问题就有了一定的基础,并对机械设计有了一定的了解。在学习过程中要认真总结、体会,努力做到举一反三。

上 篇

机械系统零部件的工作能力设计