



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



中国机械工程学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械类专业教学指导委员会规划教材

机械设计基础

——理论、方法与标准 (第2版)

黄平 徐晓 朱文坚 主编

教育部高等学校机械类专业教学指导委员会
中国机械工程学会

中国机械工程学科教程研究组 编

China Mechanical Engineering Curricula
中国机械工程学科教程
(2017年)

CMEC

清华大学出版社

清华大学出版社

非外借



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



CMEC

中国机械工程学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械类专业教学指导委员会规划教材

机械设计基础

——理论、方法与标准（第2版）

黄平 徐晓 朱文坚 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是根据机械设计基础课程教学基本要求和“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系教学改革计划”文件有关精神,为适应教学改革而编写的。分为两篇内容。第 1 篇基础理论篇(第 1~16 章),包括:绪论、平面机构运动简图及机构自由度的计算、平面连杆机构、凸轮机构与其他常用机构、机械调速与平衡、齿轮传动与蜗杆传动、轮系、带传动、链传动、螺纹连接与螺旋传动、键连接、销连接及其他常用连接、滑动轴承、滚动轴承、联轴器与离合器、轴、弹簧,各章附有一定数量的习题、课程设计题以及系列题。第 2 篇设计方法篇(第 17~19 章),包括:减速器设计、结构设计、课程设计例题与图例。本书还包括了机械设计常用国家标准和设计规范共 10 个附录。

本书可以作为高等学校近机械类专业机械设计基础与课程设计教材,也可作为有关工程技术人员的参考书籍。

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

机械设计基础:理论、方法与标准/黄平,徐晓,朱文坚主编.—2 版.—北京:清华大学出版社,2018
(中国机械工程学科教程配套系列教材 教育部高等学校机械类专业教学指导委员会规划教材)
ISBN 978-7-302-48981-8

I. ①机… II. ①黄… ②徐… ③朱… III. ①机械设计—高等学校—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 293294 号

责任编辑:赵 斌 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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 装 者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:21 字 数:507 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版 2018 年 2 月第 2 版 印 次:2018 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:58.00 元

产品编号:077153-01

中国机械工程学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械类专业教学指导委员会规划教材

编 委 会

顾 问
李培根院士

主任委员
陈关龙 吴昌林

副主任委员
许明恒 于晓红 李郝林 李 旦 郭钟宁

编 委(按姓氏首字母排列)
韩建海 李理光 李尚平 潘柏松 芮执元
许映秋 袁军堂 张 慧 张有忱 左健民

秘 书
庄红权

丛书序言

PREFACE

我曾提出过高等工程教育边界再设计的想法,这个想法源于社会的反应。常听到工业界人士提出这样的话题:大学能否为他们进行人才的订单式培养。这种要求看似简单、直白,却反映了当前学校人才培养工作的一种尴尬:大学培养的人才还不是很适应企业的需求,或者说毕业生的知识结构还难以很快适应企业的工作。

当今世界,科技发展日新月异,业界需求千变万化。为了适应工业界和人才市场的这种需求,也即是适应科技发展的需求,工程教学应该适时地进行某些调整或变化。一个专业的知识体系、一门课程的教学内容都需要不断变化,此乃客观规律。我所主张的边界再设计即是这种调整或变化的体现。边界再设计的内涵之一即是课程体系及课程内容边界的再设计。

技术的快速进步,使得企业的工作内容有了很大变化。如从20世纪90年代以来,信息技术相继成为很多企业进一步发展的瓶颈,因此不少企业纷纷把信息化作为一项具有战略意义的工作。但是业界人士很快发现,在毕业生中很难找到这样的专门人才。计算机专业的学生并不熟悉企业信息化的内容、流程等,管理专业的学生不熟悉信息技术,工程专业的学生可能既不熟悉管理,也不熟悉信息技术。我们不难发现,制造业信息化其实就处在某些专业的边缘地带。那么对那些专业而言,其课程体系的边界是否要变?某些课程内容的边界是否有可能变?目前不少课程的内容不仅未跟上科学研究的发展,也未跟上技术的实际应用。极端情况甚至存在有些地方个别课程还在讲授已多年弃之不用的技术。若课程内容滞后于新技术的实际应用好多年,则是高等工程教育的落后甚至是悲哀。

课程体系的边界在哪里?某一门课程内容的边界又在哪里?这些实际上是业界或人才市场对高等工程教育提出的我们必须面对的问题。因此可以说,真正驱动工程教育边界再设计的是业界或人才市场,当然更重要的是大学如何主动响应业界的驱动。

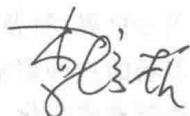
当然,教育理想和社会需求是有矛盾的,对通才和专才的需求是有矛盾的。高等学校既不能丧失教育理想、丧失自己应有的价值观,又不能无视社会需求。明智的学校或教师都应该而且能够通过合适的边界再设计找到适合自己的平衡点。

我认为,长期以来,我们的高等教育其实是“以教师为中心”的。几乎所有的教育活动都是由教师设计或制定的。然而,更好的教育应该是“以学生

为中心”的,即充分挖掘、启发学生的潜能。尽管教材的编写完全是由教师完成的,但是真正好的教材需要教师在编写时常怀“以学生为中心”的教育理念。如此,方得以产生真正的“精品教材”。

教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会、中国机械工程学会与清华大学出版社合作编写、出版了《中国机械工程学科教程》,规划机械专业乃至相关课程的内容。但是“教程”绝不应该成为教师们编写教材的束缚。从适应科技和教育发展的需求而言,这项工作应该不是一时的,而是长期的,不是静止的,而是动态的。《中国机械工程学科教程》只是提供一个平台。我很高兴地看到,已经有多位教授努力地进行了探索,推出了新的、有创新思维的教材。希望有志于此的人们更多地利用这个平台,持续、有效地展开专业的、课程的边界再设计,使得我们的教学内容总能跟上技术的发展,使得我们培养的人才更能为社会所认可,为业界所欢迎。

是以为序。



2009年7月

第 2 版前言

FOREWORD

教师和学生多年在教学实践过程中,对本书第 1 版提出了很多修改建议,在此基础上,本版对第 1 版进行了较大幅度的改版和修订。主要修改的内容如下:

(1) 本版保留了前版的基本构架,将原书的理论、方法与标准三篇中的前两篇保留在纸版图书中,而把原版附录的国家标准列表放入二维码中,从而通过二维码扫描查询,以精简全书的篇幅。

(2) 增加了理论教学部分的全部章节的慕课视频二维码和部分教学内容的动画二维码,以方便学生学习时对所学内容更深入理解和课后复习时参考使用。

(3) 调整了本书的部分章节和内容的顺序,如将原第 5 章的轮系调整到原第 7 章齿轮传动与蜗杆传动的后面,以便在讲解完齿轮后,读者具有一定齿轮知识之后再介绍轮系的传动比计算。同时,对相应的必做题的顺序也做了调整。

(4) 实践中,我们感觉到系列类的题目具有较好的连贯性和系统性,因此本版在原来只有一组减速器设计系列题的基础上,增加了一组关于内燃机设计的系列题。其内容包含机构简图绘制、机构运动分析和平面连杆机构设计等内容,这些内容分别安排在第 2、3 章和第 6 章中。

(5) 对原版的错误进行较为详细的勘正。

参加本版编写工作的有徐晓(第 1、13、15、16 章),李旻(1.5 节、18.4 节),李琳(第 2、3 章),翟敬梅(第 4、5 章),刘小康(第 6、14 章),胡广华(第 7~9 章),陈扬枝(第 10、11 章),黄平(第 12、18、19 章、附录 G~J),孙建芳(第 17 章、附录 A~F)。黄平、徐晓和朱文坚担任本版的主编。

由于编者的水平和时间有限,在本教材编写中一定会有不足之处,望读者予以指正,并提出宝贵建议。

作 者

2017 年 12 月

第 1 版前言

FOREWORD

本书是根据“机械设计基础课程教学基本要求”等文件精神,充分吸取了高校近年来的教学改革经验,并结合多年教学经验而编写的。根据国内大部分本科院校的机械设计基础课程教学实际,我们进行了较显著的教材改革尝试。

目前国内的《机械设计基础》和《机械设计基础课程设计》本科教学安排多是分别独立进行的,一般是在完成 56~72 学时的理论和实验教学后,再进行 2~3 周的课程设计,将理论教学中所讲授的内容,以一个机械装置(常为减速箱)为题目进行全面的设计和训练。由于这两个阶段是分开进行的,因此采用的教材也是分开编写的。为有利于培养学生的工程实践能力和理论学习与设计实践互相结合,编者尝试将《机械设计基础》和《机械设计基础课程设计》两本教材进行合并编写,以方便教师和学生使用。同时,考虑到计算机已经广泛使用,我们采用附录的形式将课程设计所需要的表格编入书中,解决了目前教科书无法涵盖所有需要使用的数据和图书馆手册不足的问题。另外,在附录 M 中,还提供一份机械设计基础试题样题与参考答案,供学生备考使用。

另外,教材还进行了新的尝试,即在相应的各章以同一设计实例的不同零件作为例题,并且在对应章的最后,布置了类似例题的课程设计系列题(必做题)。这一做法的目的是:通过将完整的设计问题转变成系列例题和习题,从而把课程设计的任务分解到理论教学的习题计算中,学生只要将前期理论教学得到的系列计算结果加以综合,再加入箱体、附件等设计,就可完成课程设计需要计算的内容。这样,不仅有利于减轻课程设计阶段的计算工作量,也可使学生对所学理论教学内容有更深入的理解。

本教材分 3 部分内容,共 19 章 13 个附录,由黄平和朱文坚主编。具体参加编写工作的有:朱文坚(第 1、11、12 章),李旻(1.4 节、5.3 节、18.4 节),李琳(第 2、3 章),翟敬梅(第 4、6 章),胡广华(第 5、8、9 章),刘小康(第 7、16 章和附录 N),徐晓(第 10、15 章),陈扬枝(第 13、14 章),孙建芳

(第17章和附录A~G)、黄平(第18、19章和附录H~L)。

书中加黑点的文字为本课程中相对重要的知识点,所以特意标注。

作为教学改革的一项尝试,在本教材编写中一定会有不足之处,加上编者的水平和时间有限,错误之处在所难免,希望读者予以批评指正。

作 者

2011年11月

目 录

CONTENTS

第 1 篇 基础理论篇

第 1 章 绪论	3
1.1 机械的组成	3
1.2 机械零件常用材料及其选用	4
1.3 机械零件的失效形式及设计准则	7
1.4 机械设计的基本要求及程序	8
1.5 机械传动系统的传动方案设计	10
习题	18
课程设计题	19
第 2 章 平面机构运动简图及机构自由度的计算	21
2.1 运动副	21
2.2 机构运动简图	22
2.3 机构自由度的计算	25
习题	29
系列题	30
第 3 章 平面连杆机构	31
3.1 平面四杆机构的基本形式和特性	31
3.2 平面四杆机构的演化	36
3.3 平面四杆机构的设计	41
习题	45
系列题	46
第 4 章 凸轮机构与其他常用机构	48
4.1 凸轮机构的应用与分类	48
4.2 从动件的运动规律	50
4.3 盘形凸轮轮廓设计	55

4.4	凸轮机构基本尺寸的确定	58
4.5	其他常用机构	60
	习题	62
第5章	机械调速与平衡	64
5.1	机械速度波动与调节	64
5.2	回转件的平衡	67
	习题	71
第6章	齿轮传动与蜗杆传动	73
6.1	齿轮传动的特点及类型	73
6.2	齿廓啮合基本定律	74
6.3	渐开线齿廓及其啮合特点	75
6.4	渐开线标准齿轮的基本参数和几何尺寸	77
6.5	渐开线直齿圆柱齿轮传动分析	80
6.6	渐开线直齿圆柱齿轮的加工	82
6.7	直齿圆柱齿轮强度设计	85
6.8	斜齿圆柱齿轮传动	94
6.9	直齿圆锥齿轮传动	101
6.10	齿轮的结构设计	105
6.11	齿轮传动的润滑	107
6.12	蜗杆传动	108
	习题	115
	课程设计题	117
第7章	轮系	118
7.1	轮系及其分类	118
7.2	轮系的传动比计算	121
	习题	125
第8章	带传动	127
8.1	概述	127
8.2	带传动的工作情况分析	131
8.3	V带传动的设计	134
8.4	V带轮的结构设计	139
8.5	V带传动的张紧装置及维护	141
8.6	同步带传动简介	142
	习题	146
	课程设计题	146

第 9 章 链传动	147
9.1 概述	147
9.2 链传动的工作情况分析	150
9.3 滚子链传动的设计	152
9.4 滚子链轮的结构设计	158
9.5 链传动的布置、张紧和润滑	159
习题	160
第 10 章 螺纹连接与螺旋传动	162
10.1 螺纹形成原理、类型及其主要参数	162
10.2 螺旋副的受力分析、效率和自锁	164
10.3 螺纹连接的类型与标准连接件	166
10.4 螺纹连接的预紧和防松	171
10.5 螺栓连接的强度计算	173
10.6 螺旋传动	180
习题	183
第 11 章 键连接、销连接及其他常用连接	185
11.1 键连接	185
11.2 销连接及其他常用连接	189
习题	193
第 12 章 滑动轴承	194
12.1 滑动轴承的类型与结构	194
12.2 滑动轴承材料及润滑	198
12.3 非液体摩擦滑动轴承的计算	203
12.4 液体摩擦滑动轴承简介	205
习题	207
第 13 章 滚动轴承	209
13.1 滚动轴承的结构、类型及代号	209
13.2 滚动轴承的失效形式及寿命计算	215
13.3 滚动轴承的组合设计	221
习题	227
第 14 章 联轴器与离合器	230
14.1 联轴器	230
14.2 离合器	237

习题	239
第 15 章 轴	241
15.1 轴的类型与材料	241
15.2 轴的结构设计	243
15.3 轴的强度计算	248
15.4 轴的刚度计算	255
习题	255
课程设计题	256
*第 16 章 弹簧	258
16.1 概述	258
16.2 圆柱螺旋弹簧	259
16.3 弹簧常用材料	261
习题	262
第 2 篇 设计方法篇	
第 17 章 减速器设计	265
17.1 减速器拆装实验	265
17.2 装配图	267
17.3 零件图	277
17.4 设计计算说明书	286
第 18 章 结构设计	288
18.1 机架类零件的结构设计	288
18.2 减速器的结构设计	291
18.3 减速器箱体和附件设计的错误示例	302
18.4 轴系结构设计错误示例	304
第 19 章 课程设计例题与图例	306
19.1 课程设计算例	306
19.2 课程设计参考图例	311
参考文献	317

附 录

附录 A 机械制图标准	319
--------------------------	------------

附录 B 公差和表面粗糙度	319
附录 C 螺纹与螺纹零件	319
附录 D 键和销	319
附录 E 紧固件	319
附录 F 齿轮的精度	319
附录 G 联轴器	319
附录 H 滚动轴承	319
附录 I 润滑剂与密封件	319
附录 J 电动机	319

第1篇 基础理论篇



机械设计基础是工科大学的一门重要的技术基础课。本篇在简要介绍关于整台机器设计的基本知识的基础上,重点介绍常用机构(连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等)、机械传动(齿轮传动、蜗杆传动、带传动、链传动、螺旋传动等)、连接(螺纹连接、键连接、花键连接、销连接等)、轴系零部件(滑动轴承、滚动轴承、轴、联轴器和离合器等)的工作原理、结构特点、基本设计理论和计算方法,以及有关技术资料的应用。

本篇内容可为学生学习机械专业课程提供必要的理论基础,通过本篇内容的学习,学生可以具有一定的机械设计能力,具体包括以下几个方面:

- (1) 使学生掌握常用机构和通用零件的工作原理和结构特点,使其具有设计机械传动装置和简单机械的能力;
- (2) 具有运用标准、手册、规范、图册和查阅有关技术资料的能力;
- (3) 了解典型机械的实验方法,受到实验技术的基本训练。

学习这些内容需要综合应用很多先修课程的知识,如工程制图、金属工艺学、工程力学等,而且本课程涉及很多工程应用,因此,在学习时应重视理论联系实际,注意学习分析和解决问题的方法,能灵活运用本课程所学的知识解决一些简单机械和机构的设计问题。

绪 论

1.1 机械的组成

机械是机器和机构的总称。对机器来说,我们主要研究机器做功或能量转换及其运转的过程;当利用机构来做功或转化能量时,机构也就成了机器。

人类为了满足生产和生活的需要,设计和制造了类型繁多、功能各异的机器。机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料、信息,实现功能转换,如内燃机、电动机、洗衣机、机床、汽车、起重机等。各种机器的用途、性能、构造、工作原理都不尽相同,但是,一台完整的机器通常由以下三个基本部分组成。



MOOC

(1) 原动部分:是驱动整部机器完成预定功能的动力源,其功能是将其他形式的能量变换为机械能(如内燃机和电动机分别将热能和电能变换为机械能)。

(2) 工作部分(也称执行部分):是用来完成机器预定功能的组成部分,其功能是利用机械能去变换或传递能量、物料、信息,如发电机把机械能变换成电能,轧钢机变换物料的外形等。

(3) 传动部分:介于原动部分和工作部分之间,其功能是把原动机的运动形式、运动和动力参数转变为工作部分所需的运动形式、运动和动力参数,如把旋转运动变为直线运动,高转速变为低转速等。

为了使机器以上三个基本部分协调工作,并准确、可靠地完成整体功能,还会不同程度地增加其他部分,如控制部分和辅助部分。

机器的传动部分大多数使用机械传动系统,也可使用液压或电力传动系统。

机器的基本组成要素就是机械零件。机械零件可分为两大类:一类是在各种机器中经常能用到的零件,称为通用零件,如齿轮、带轮、链轮、螺栓、螺母等;另一类则是在特定类型的机器中才能用到的零件,称为专用零件,如曲轴、叶片、枪栓等。另外,还把由一组实现同一功能的零件组合体称为部件,如滚动轴承、联轴器、离合器等。

任何机器都是由许多零件组合而成,在这些零件中,有的零件是作为一个独立的运动单元体而运动的;有的则根据结构和工艺上的要求,把一些零件刚性地连接在一起作为一个整体而运动,例如图 1.1 所示的内燃机的连杆由连杆体、螺栓、螺母和连杆盖 4 个零件刚性地连接在一起作为一个整体而运动,成为机器中独立运动的单元,通常称为构件。构件与零件的区别在于:构件是运动单元,而零件是制造单元。