

普通高等教育“十三五”规划教材

机械基础设计实践

(第2版)

Course Project in Mechanical Design
(2nd Edition)

孔凌嘉 王文中 荣 辉 ◎ 主编
毛谦德 ◎ 主审

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

机械基础设计实践

(第2版)

主编 孔凌嘉 王文中 荣 辉
主审 毛谦德

内 容 简 介

本书是配合机械基础系列课程的课程设计——设计实践环节而编写的。

全书共分三篇：第一篇为设计方法与内容，包括绪论、机械运动与机构选型、机构系统及其运动方案的设计、机械结构设计、传动装置设计、计算机在机械设计中的应用、编写设计说明书和准备答辩、设计题目等八章；第二篇为机械设计常用标准和规范，包括常用数据资料和一般标准规范，工程材料，极限与配合、几何公差和表面结构，齿轮及蜗杆传动精度，螺纹和紧固件，键连接及销连接，滚动轴承，联轴器，润滑与密封，电动机等十章；第三篇为参考图例。

本书适用于高等工科大学机械类和近机械类专业，还可作为毕业设计和有关工程技术人员参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

机械基础设计实践 / 孔凌嘉, 王文中, 荣辉主编. —2 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 4

ISBN 978 - 7 - 5682 - 3892 - 2

I. ①机… II. ①孔…②王…③荣… 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 072499 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 24.5

字 数 / 569 千字

版 次 / 2017 年 4 月第 2 版 2017 年 4 月第 1 次印刷

定 价 / 56.00 元

责任编辑 / 莫 莉

文案编辑 / 多海鹏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言

本版是在第 1 版的基础上结合教材的使用情况全面修订而成的。

此次修订仍然保持了教材的原有体系。在第一篇中增加了计算机在机械设计中的应用一章；更新了第二篇所引用的各项标准；更正了原书文字、插图及计算中的疏漏。

参加本次修订的人员有王文中（第一章、第二章、第三章、第六章、第十六章、第十八章）、孔凌嘉（第四章、第五章、第九章、第十一章、第十二章、第十五章、第十九章）、荣辉（第七章、第八章、第十章、第十三章、第十四章、第十七章）。张海波在第六章的 CAD 绘图及程序编制方面做了工作。全书由孔凌嘉负责统稿，由孔凌嘉、王文中、荣辉担任主编。由于编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

第1版前言

在高等学校工科教育中,一些具有设计性的课程在理论教学完成后,需要开设实践性、训练性的课程设计,加强与巩固课堂所学理论知识,培养和提高学生的实际设计能力。

随着科学技术的飞速发展和教学改革的不深入,以及21世纪的知识经济对科技人员的需求,原来单独进行的课程设计已不再适合现代机械学科人才的培养目标。因此,我们把课程设计的改革纳入机械设计系列课程建设与改革的整体规划中,重新定位课程设计的内容。经过多年的教学改革与探索,我们把机械原理课程的课程设计和机械设计课程的课程设计合并起来,结合机械制图、几何精度设计与检测、制造工艺基础等课程的基本知识,进行了机械基础系列课程的综合课程设计,经过连续多年的探索,不断总结经验,最后决定将机械基础系列课程的课程设计命名为“机械基础设计实践”。

机械基础设计实践的目的:不但能巩固学生所学机械基础系列课程的基本理论、基本知识和基本技能,提高设计能力,而且通过对简单机械系统的设计,培养学生综合运用机械基础系列课程中机械制图、机械制造基础、机械原理、几何精度设计与检测、机械设计、机械创新设计等课程的基本理论和基本知识的能力;通过进行机械系统运动方案设计的基本训练,加强创新设计能力的培养;学会把机构系统设计成机械实体装置,完成从方案拟订到机械结构设计的全过程训练;通过查阅和使用各种设计资料,运用CAD技术或其他工程设计软件完成机构设计与分析、机械零部件设计,绘制装配图、零件图及编制设计说明书等基本技能的训练;从而达到培养学生分析和解决工程实际问题的能力及其创新思维能力、创新设计能力的目的。通过完整的机械系统设计过程,使学生的设计能力,特别是创新能力得到提高。

机械基础设计实践的主要设计内容如下:

- (1) 根据设计要求确定待设计产品的机械系统运动方案并进行优选。
- (2) 对该方案中的主体机构进行尺度综合。
- (3) 对主体机构进行运动分析和受力分析。
- (4) 绘制机构系统的运动简图。
- (5) 进行机构系统的运动协调设计。

- (6) 机械系统传动方案设计。
- (7) 机械系统传动装置的设计与装配图绘制。
- (8) 典型零件的设计与绘图。

为保证设计实践的顺利进行,本书包括机械设计过程中的机构选型设计、机械系统运动方案的设计、机构设计与分析、机械系统的结构设计、工程材料、机械零件强度的设计、机械设计实例分析、公差与配合的基本知识、机械设计常用标准与规范以及一些设计参考图例,为设计实践提供了基本理论知识、设计常识、设计经验和设计参考资料,为设计实践奠定了理论基础和技术基础。

本书的主要特色如下:

(1) 从机构选型设计、机构设计、机构分析、机构演化与变异,到机构组合设计、机构运动系统的方案设计,完成了完整的机构系统设计和机械创新设计的基本训练。

(2) 通过运动副和构件的结构设计,实现了从机构到机械结构设计的基本训练,使学生完成了机构简图到机械装配图设计的基本训练。

(3) 通过典型装置的设计,使学生在常用机械零件的强度设计、润滑与密封设计、总体设计等方面受到训练。

(4) 设计内容和设计过程使用 CAD 技术,使学生在掌握工程设计软件方面得到基本训练。

(5) 通过查阅本书提供的设计标准、规范、图表,使学生受到查阅文献资料的基本训练。

(6) 本书提供了一些典型设计题目,为学生选题提供了帮助。

参加本书编写的有张春林(第一章、第二章、第三章、第十五章、第十七章)、孔凌嘉(第四章、第五章、第八章、第十章、第十一章、第十四章、第十六章)、荣辉(第六章、第七章、第九章、第十二章、第十三章、第十八章)。孔凌嘉负责统稿,毛谦德担任主审。

由于作者水平有限,本书还会存在一些误漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录
CONTENTS

第一篇 设计方法与内容

第一章 绪论	003
第一节 机械基础设计实践概述	003
一、机械基础设计实践	003
二、机械基础设计实践的目的	003
第二节 机械设计方法综述	004
一、常规设计方法	004
二、现代设计方法	004
三、创新设计方法	004
四、三种设计方法的异同点分析	005
第三节 机械基础设计实践的地位和作用	005
第四节 机械基础设计实践的内容与要求	006
一、机械基础设计实践的内容	006
二、机械基础设计实践的要求	007
第二章 机械运动与机构选型	008
第一节 概述	008
第二节 基本机构及其运动形态	009
一、基本机构与其运动变换	009
二、基本机构的特点分析	015
第三节 机械运动与机构选型	016
一、机构选型的基本原则	016
二、典型机构分析	018
三、机构选型设计实例	021
第三章 机构系统及其运动方案的设计	024
第一节 机械系统的组成	024

一、原动机·····	024
二、机械运动系统·····	025
三、机械的控制系统·····	025
第二节 机构系统设计的构思·····	027
一、机构与机构系统·····	027
二、传动机构系统的组成·····	027
三、工作执行机构的组成·····	029
第三节 机构系统的设计方法·····	031
一、机构的串联组合·····	031
二、机构的并联组合·····	032
三、机构的混合连接组合·····	033
四、机构的封闭式连接组合·····	034
五、机构叠加组合原理·····	036
第四节 机构系统的运动协调设计·····	039
一、机构系统的运动协调·····	039
二、运动循环图的设计·····	039
三、运动循环图的设计实例——粉料成型压片机的设计·····	040
第五节 机械系统运动方案的设计·····	042
一、机械设计的一般步骤·····	042
二、机械系统运动方案设计的内容·····	043
第六节 机械系统运动方案的评估·····	044
一、机械系统运动方案的评价指标·····	044
二、机械系统运动方案的评价方法·····	044
第四章 机械结构设计·····	047
第一节 运动副的结构设计·····	047
一、转动副的结构设计·····	047
二、移动副的结构设计·····	048
三、平面高副的结构设计·····	049
四、虚约束在结构设计中的应用·····	049
五、运动副的润滑与密封·····	049
第二节 活动构件的结构设计·····	050
一、杆类构件·····	050
二、盘类构件·····	051
三、轴类构件·····	052
四、其他活动构件·····	054
五、执行机构的执行构件·····	054
第三节 机架的结构设计·····	059
一、机架的分类和基本要求·····	059
二、保证机架功能的结构措施·····	060

第四节 机构系统向结构实体转化的设计实例	063
第五章 传动装置设计	065
第一节 传动装置总体设计	065
一、确定传动方案	066
二、选择电动机	069
三、传动装置总传动比的确定及各级传动比的分配	070
四、传动装置运动和动力参数的计算	072
第二节 传动零件的设计计算及联轴器的选择	073
一、减速器外传动零件的设计	074
二、减速器内传动零件的设计要点	074
三、联轴器的选择	075
第三节 减速器的构造	075
一、轴系部件	080
二、箱体	080
三、附件	081
第四节 减速器装配草图设计	082
一、减速器装配草图设计准备	082
二、初绘减速器装配草图及验算轴系中的有关零件	082
三、完成减速器装配草图设计	090
第五节 减速器装配图的设计与绘制	099
一、装配草图的审查与修改	099
二、装配工作图的设计与绘制	100
第六节 零件工作图的设计与绘制	102
一、视图	103
二、标注尺寸、公差和表面结构	103
三、啮合特性表	108
四、技术要求	109
五、标题栏	109
第六章 计算机在机械设计中的应用	110
第一节 CAD 系统简介	110
一、CAD 的基本任务	110
二、常用的 CAD 软件	111
第二节 Inventor 设计模块介绍	113
一、三维造型	114
二、资源中心和设计加速器	114
三、运动仿真	115
四、应力分析	117
五、由三维模型生成工程图	117
六、爆炸视图和 Inventor Studio	121

第三节 基于 Matlab 的四杆机构运动分析	121
一、有关参数定义和公式及求解方法	122
二、用 Matlab 编程	122
三、算例	124
第七章 编写设计说明书和准备答辩	126
第一节 编写设计说明书	126
一、目的与要求	126
二、内容	126
第二节 设计答辩	127
一、目的	127
二、准备	127
三、答辩	128
第八章 设计题目	129
一、粉料压片机	129
二、游梁式抽油机	130
三、简易空气压缩机	131
四、圆罐翻转器	132
五、“天线”摆动装置	133
六、电动锯棒机	134
七、切板机	135
八、输送机减速器	135
九、搅拌机减速器	138
十、球磨机减速器	139

第二篇 机械设计常用标准和规范

第九章 常用数据资料和一般标准规范	143
第一节 常用数据	143
一、常用材料的弹性模量及泊松比	143
二、金属材料熔点、热导率及比热容	144
三、材料线 [膨] 胀系数	144
四、常用材料的密度	145
五、常用材料疲劳极限的近似关系	145
六、钢铁 (黑色金属) 硬度及强度换算	146
七、摩擦系数	147
八、机械传动和摩擦副效率	148
第二节 机械制图部分标准	149
一、图纸幅面和图框格式	149
二、图样比例	149
三、标题栏及明细栏	150

四、剖面符号	150
五、常用零件在图样中的表示法	151
六、机构运动简图用图形符号	155
第三节 机械设计一般标准规范	161
一、标准尺寸	161
二、锥度、锥角及角度、斜度	162
三、中心孔	164
四、零件的倒圆、倒角及几何尺寸	166
五、越程槽、退刀槽	167
六、铸件设计规范	169
第十章 工程材料	173
第一节 黑色金属材料	173
一、钢的常用热处理方法及应用	173
二、钢的化学热处理方法及应用	174
三、普通碳素结构钢	174
四、优质碳素结构钢	175
五、合金结构钢	178
六、一般工程用铸造碳钢	181
七、灰铸铁	181
八、球墨铸铁	183
第二节 型钢	184
一、冷轧钢板和钢带	184
二、热轧钢板	184
三、热轧圆钢和方钢	184
四、热轧工字钢	185
五、热轧槽钢	186
六、热轧等边角钢	187
第三节 有色金属材料	190
一、铸造铜及铜合金	190
二、铸造铝合金	191
三、铸造轴承合金	191
第四节 工程塑料	192
第十一章 极限与配合、几何公差和表面结构	194
第一节 极限与配合	194
一、尺寸公差和基本偏差系列	194
二、标准公差数值	195
三、轴、孔的基本偏差数值	196
四、未注公差的线性尺寸公差	198
五、优先、常用配合	198

六、极限与配合的应用	199
第二节 几何公差	202
一、几何公差符号	202
二、几何公差值及应用举例	204
第三节 表面结构	208
一、表面结构的评定参数	208
二、评定表面结构的表面粗糙度参数规定数值	208
三、表面粗糙度参数的选用	209
四、表面结构符号及其参数值的标注方法	211
第十二章 齿轮及蜗杆传动精度	217
第一节 圆柱齿轮精度	217
一、精度等级和齿轮的检验与公差	217
二、齿轮副的侧隙	220
三、齿坯检验与公差	223
四、图样标注	224
第二节 锥齿轮精度	224
一、精度等级和齿轮的检验与公差	224
二、齿轮副的侧隙	226
三、齿坯检验与公差	229
四、图样标注	230
第三节 蜗杆、蜗轮精度	230
一、精度等级和蜗杆、蜗轮的检验与公差	230
二、蜗杆传动的侧隙	232
三、齿坯检验与公差	234
四、图样标注	235
第十三章 螺纹和紧固件	236
第一节 螺纹	236
一、普通螺纹	236
二、梯形螺纹	238
第二节 螺栓与螺柱	239
一、六角头螺栓、六角头螺栓—全螺纹	239
二、六角头加强杆螺栓	240
三、双头螺柱	241
四、地脚螺栓	243
第三节 螺钉	243
一、内六角圆柱头螺钉	243
二、十字槽盘头螺钉、十字槽沉头螺钉	244
三、开槽盘头螺钉、开槽沉头螺钉	246
四、紧定螺钉	247

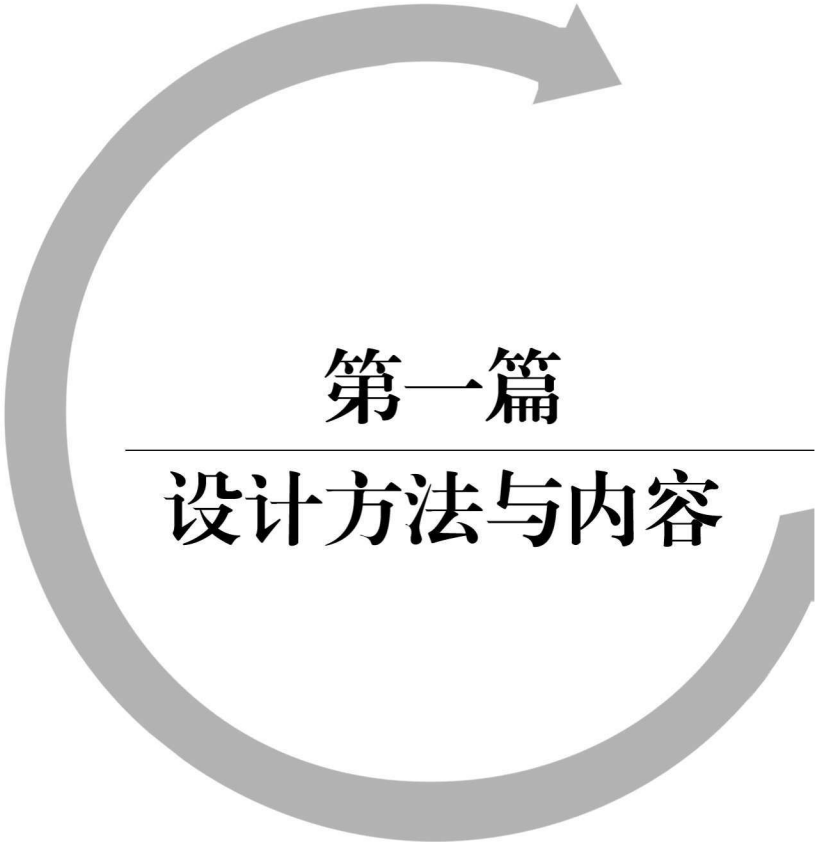
五、吊环螺钉·····	248
第四节 螺母·····	250
一、1 型六角螺母、六角薄螺母·····	250
二、圆螺母·····	250
第五节 垫圈、挡圈·····	252
一、小垫圈、平垫圈·····	252
二、弹簧垫圈·····	252
三、圆螺母用止动垫圈·····	253
四、孔用弹性挡圈—A 型·····	254
五、轴用弹性挡圈—A 型·····	255
六、轴端挡圈·····	256
第六节 螺纹连接的结构要素·····	257
一、螺纹的收尾、肩距、退刀槽、倒角·····	257
二、螺栓和螺钉通孔及沉孔尺寸·····	259
三、普通粗牙螺纹的余留长度、钻孔余留深度·····	260
四、粗牙螺栓、螺钉拧入深度和螺纹孔尺寸·····	260
五、扳手空间·····	261
第十四章 键连接及销连接·····	262
第一节 键连接·····	262
一、平键·····	262
二、矩形花键·····	264
第二节 销连接·····	266
一、圆柱销、圆锥销·····	266
二、内螺纹圆柱销、内螺纹圆锥销·····	267
三、开口销·····	268
第十五章 滚动轴承·····	269
第一节 常用滚动轴承尺寸及性能·····	269
一、深沟球轴承·····	269
二、角接触球轴承·····	272
三、圆锥滚子轴承·····	279
四、圆柱滚子轴承·····	284
五、推力球轴承·····	289
第二节 滚动轴承的配合与游隙·····	292
一、向心轴承和轴的配合·····	292
二、向心轴承和轴承座孔的配合·····	293
三、推力轴承和轴的配合·····	293
四、推力轴承和轴承座孔的配合·····	294
五、轴和轴承座孔的几何公差·····	294
六、配合表面及端面的表面粗糙度·····	295

七、角接触向心轴承和推力轴承的轴向游隙·····	295
第十六章 联轴器 ·····	297
第一节 联轴器轴孔和连接形式与尺寸·····	297
第二节 常用联轴器·····	298
一、凸缘联轴器·····	298
二、GICL 型鼓形齿式联轴器·····	300
三、滚子链联轴器·····	301
四、弹性套柱销联轴器·····	304
五、弹性柱销联轴器·····	305
六、梅花弹性联轴器·····	307
第十七章 润滑与密封 ·····	309
第一节 润滑剂·····	309
一、常用润滑油的主要性质和用途·····	309
二、常用润滑脂的主要性质和用途·····	311
第二节 油杯、油标、油塞·····	312
一、直通式压注油杯·····	312
二、接头式压注油杯·····	312
三、压配式压注油杯·····	313
四、旋盖式油杯·····	313
五、压配式圆形油标·····	314
六、长形油标·····	314
七、管状油标·····	315
八、杆式油标·····	315
九、油塞及封油垫圈·····	316
第三节 密封件·····	316
一、毡圈油封·····	316
二、液压气动用 O 形橡胶密封圈·····	317
三、密封元件为弹性体材料的旋转轴唇形密封圈·····	318
四、油沟式密封槽·····	319
五、迷宫密封槽·····	319
第四节 通气器·····	320
一、简易式通气器·····	320
二、有过滤网式通气器·····	320
第五节 轴承盖、套杯·····	321
一、凸缘式轴承盖·····	321
二、嵌入式轴承盖·····	321
三、套杯·····	322
第十八章 电动机 ·····	323
一、Y 系列 (IP44) 三相异步电动机技术参数·····	323

二、Y 系列电动机的安装及外形尺寸	324
-------------------------	-----

第三篇 参考图例

第十九章 参考图例	330
第一节 机械系统图例	330
一、带式输送机	330
二、工件运输机	330
三、铸造筛沙机	330
第二节 减速器结构图例	330
一、一级圆柱齿轮减速器	330
二、展开式二级圆柱齿轮减速器	330
三、分流式二级圆柱齿轮减速器	330
四、同轴式二级圆柱齿轮减速器	330
五、一级锥齿轮减速器	330
六、锥-圆柱齿轮减速器	330
七、蜗杆减速器 (蜗杆下置)	330
八、蜗杆减速器 (蜗杆上置)	330
九、立式蜗杆减速器 (蜗杆侧置)	330
十、齿轮-蜗杆减速器	331
十一、蜗杆-齿轮减速器	331
十二、一级行星齿轮减速器	331
十三、二级行星齿轮减速器	331
第三节 零件工作图图例	331
一、轴	331
二、圆柱齿轮轴	331
三、圆柱齿轮	331
四、锥齿轮轴	331
五、锥齿轮	331
六、蜗杆	331
七、蜗轮	331
八、蜗轮轮缘	331
九、蜗轮轮芯	331
十、箱盖	331
十一、箱座	331
参考文献	374



第一篇

设计方法与内容

