

普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材

机械设计基础

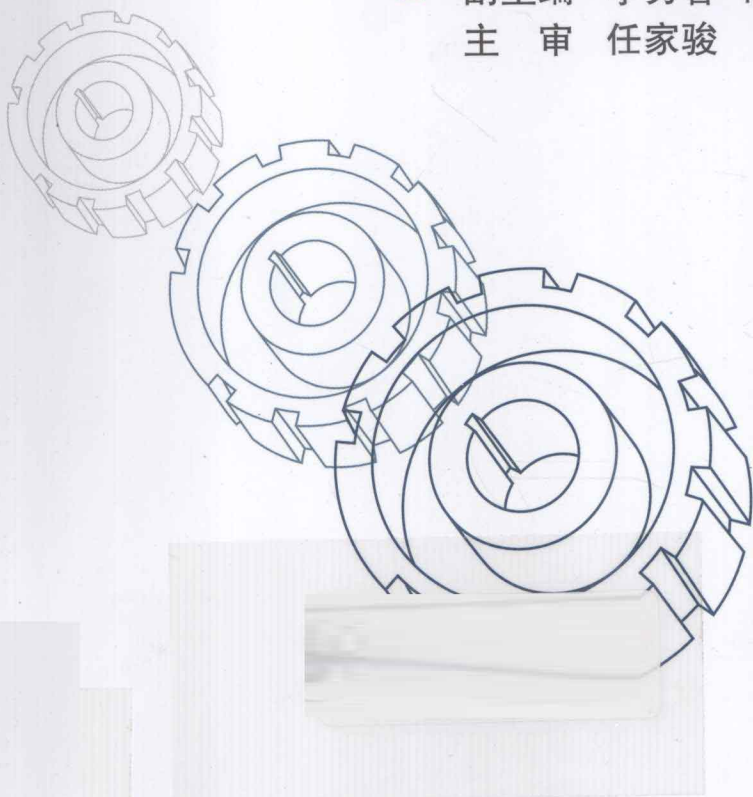
(第2版)

JIXIE SHEJI JICHU

主 编 郑树琴 杜 韧

■ 副主编 李秀春 常艳红 李秀红

主 审 任家骏



国防工业出版社

National Defense Industry Press

机械设计基础

(第2版)

主 编 郑树琴 杜 韧
副主编 李秀春 常艳红 李秀红
参 编 孔虎儿 王 崐 许和变 秦志钰 洪 业
主 审 任家骏



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书系统地介绍了机械设计的基础理论,包括机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和设计方法。

全书共分5篇19章。第1篇总论,第2篇机构与机械传动,第3篇连接,第4篇轴及轴系部件,第5篇机械系统动力学及其他。本书采用最新的国家标准,突出基本知识、基本理论和基本方法以及设计技能的基本训练。每章之前都有知识导读,各章之后都附有适量的复习思考题和习题供读者使用。

本书可作为高等工科院校机类、近机类本科或专科各专业60~80学时“机械设计基础”课程的教材,也适合作为函授大学、电大、夜大及自学考试用教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/郑树琴,杜韧主编,一2版.一北京:
国防工业出版社,2012.1

普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材
ISBN 978-7-118-07921-0

I. ①机… II. ①郑… ②杜… 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(2012)第105362号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本787×1092 1/16 印张20 $\frac{1}{4}$ 字数455千字

2012年1月第2版第1次印刷 印数1—4000册 定价39.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)885407764

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材 编委会名单

名誉主任	艾 兴	山东大学
	王先逵	清华大学
主 任	吕 明	太原理工大学
副 主 任	庞思勤	北京理工大学
	朱喜林	吉林大学
秘 书 长	杨胜强	太原理工大学
委 员	吴宗泽	清华大学
	潘宏侠	中北大学
	轧 刚	太原理工大学
	任家骏	太原理工大学
	陈 明	北华航天工业学院
	谭晓兰	北方工业大学
	李德才	北京交通大学
	杨 康	佳木斯大学
	石望远	北华航天工业学院
	王好臣	山东理工大学
	王卫平	东莞理工学院
	张平宽	太原科技大学
	赵 波	河南理工大学

序

国防工业出版社组织编写的“普通高等院校机械工程学科‘十二五’规划教材”即将出版,欣然为之作“序”。


随着国民经济和社会的发展,我国高等教育已形成大众化教育的大好形势,为适应建设创新型国家的重大需求,迫切要求培养高素质专门人才和创新人才,学校必须在教育观念、教学思想等方面做出迅速的反应,进行深入教学改革,而教学改革的主要内容之一是课程的改革与建设,其中包括教材的改革与建设,课程的改革与建设应体现、固化在教材之中。

教材是教学不可缺少的重要组成部分,教材的水平将直接影响教学质量,特别是对学生创新能力的培养。作为机械工程学科的教材,不能只是传授基本理论知识,更应该是既强调理论,又重在实践,突出的要理论与实践结合,培养学生解决实际问题的能力和创新能力。在新的深入教学改革、新课程体系的建立及课程内容的发展过程中,建设这样一套新型教材的任务已经迫切地摆在我们面前。

国防工业出版社组织有关院校主持编写的这套“普通高等院校机械工程学科‘十二五’规划教材”,可谓正得其时。此套教材的特点是以编写“有利于提高学生创新能力培养和知识水平”为宗旨,选题论证严谨、科学,以体现先进性、创新性、实用性,注重学生能力培养为原则,以编出特色教材、精品教材为指导思想,注意教材的立体化建设,在教材的体系上下功夫。编写过程中,每部教材都经过主编和参编辛勤认真的编写和主审专家的严格把关,使本套教材既继承老教材的特点,又适应新形势下教改的要求,保证了教材的系统性和精品化,体现了创新教育、能力教育、素质教育教学理念,有效激发学生自主学习能力,提高学生的综合素质和创新能力,为培养出符合社会需要的优秀人才服务。丛书的出版对高校的教材建设、特别是精品课程及其教材的建设起到了推动作用。

衷心祝贺国防工业出版社和所有参编人员为我国高等教育提供了这样一套有水平、有特色、高质量的机械工程学科规划教材,并希望编写者和出版者在与使用者的沟通过程中,认真听取他们的宝贵意见,不断提高该套规划教材的水平!

中国工程院院士



2010年6月

第 2 版 前 言

本书在第 1 版的基础上进行了修订。既符合国家教委《高等工业学校机械设计基础课程教学基本要求》和国防工业出版社“高等院校机械工程学科‘十二五’规划教材研讨会”确定的教材编写精神,更能适应当前教学改革的需要。

在本次修订中,重点做了以下几方面的工作:

(1)对教材的整体编排做了些调整,全书共分为 5 篇 19 章。将机械系统动力学和弹簧两章安排在第 5 篇,以满足不同专业的需求。

(2)对教材内容做了适当的修改:

删除了比较陈旧、繁琐的内容,如斜齿轮的当量齿数、圆锥齿轮的当量齿数;螺纹连接中螺旋副的受力分析等内容。

增加了槽轮机构和棘轮机构的设计;螺栓组连接的受力分析;轴的刚度计算;飞轮的设计问题等。

(3)本次修订增加了螺纹标准、普通平键标准、常用滚动轴承的标准、常用零件材料的标准等,更加突出了教材的实用性。

(4)补充和修改了部分插图。

(5)补充了几个例题,如蜗杆传动设计例题等。

(6)根据内容的增删对思考题与习题作了适当的调整。

本次修订还力求基本概念准确、语言精练、重点突出、插图清晰。在编写中,以“打好基础、精选内容、不断更新、利于教学、打造精品”为原则,使教材内容由浅入深、循序渐进,突出了课程的基本理论、基本知识和基本技能,同时也注重学生工程设计能力的培养,采用最新的国家标准和名词术语。通过上述的修改使教材与工程实践联系得更加紧密。

本教材由太原理工大学郑树琴、北华航天工业学院杜韧任主编,太原理工大学李秀春、常艳红、李秀红任副主编。参加编写工作人员的分工如下:郑树琴编写第 16 章;杜韧编写第 14、15、19 章;李秀春编写第 1、4、5、11、18 章;太原理工大学常艳红编写第 17 章;太原理工大学李秀红编写第 12 章;中北大学孙虎儿编写第 7、8、13 章;山西省煤炭规划设计院王岷编写第 6、9 章;太原理工大学许和变编写第 2 章;太原理工大学秦志钰编写第 3 章;太原理工大学洪业编写第 10 章。本教材由太原理工大学任家骏教授主审。

本教材在修订过程中,得到了太原理工大学、北华航天工业学院、中北大学、山西省煤炭规划设计院等院校同行的大力支持和帮助,在此深表感谢。

尽管我们在努力将本教材打造成精品,但由于编者水平有限,教材中不妥之处在所难免,恳请广大读者予以批评指正。对本书的意见和建议请寄太原理工大学机械工程学院(邮编 030024)。

编者

2011 年 10 月

目 录

第 1 篇 总 论

第 1 章 绪论	1
1.1 本课程的研究对象	1
1.2 本课程的内容、性质和任务	4
1.2.1 课程内容	4
1.2.2 课程性质	4
1.2.3 课程任务	4
思考题与习题	5
第 2 章 机械设计概论	6
2.1 概述	6
2.1.1 机械设计应满足的基本要求	6
2.1.2 机械设计的一般程序	7
2.2 机械零件的强度	7
2.2.1 载荷和应力的分类	7
2.2.2 机械零件强度计算的条件	8
2.2.3 静应力下的许用应力	8
2.2.4 变应力下的许用应力	9
2.2.5 提高机械零件强度的措施	10
2.3 机械零件的表面强度	11
2.3.1 表面接触强度	11
2.3.2 表面挤压强度	12
2.3.3 表面磨损强度	12
2.4 机械零件的常用材料	12
2.4.1 机械零件的常用材料	12
2.4.2 材料的选用原则	15
2.5 机械零件的工艺性	16
2.5.1 工艺性的基本要求	16
2.5.2 机械零件的结构工艺性	17
2.6 机械零件的标准化、系列化、通用化	18
2.7 机械设计中的常用设计方法	19

2.7.1 机械零件的常规设计方法	19
2.7.2 机械现代设计方法简介	19
思考题与习题	20

第 2 篇 机构与机械传动

第 3 章 平面机构的运动简图及自由度	21
3.1 运动副、运动链和机构	22
3.1.1 构件与零部件	22
3.1.2 运动副及其分类	22
3.1.3 自由度和约束	23
3.1.4 运动链	24
3.1.5 机构	24
3.2 平面机构运动简图	24
3.2.1 平面机构运动简图的意义	24
3.2.2 平面机构运动简图中的符号	25
3.2.3 平面机构运动简图的绘制方法	28
3.3 平面机构的自由度	29
3.3.1 平面机构自由度的计算公式	29
3.3.2 机构具有确定运动的条件	29
3.3.3 计算机构自由度时应注意的问题	31
思考题与习题	34
第 4 章 平面连杆机构	37
4.1 铰链四杆机构的三种基本型式及应用	37
4.1.1 曲柄摇杆机构	38
4.1.2 双曲柄机构	38
4.1.3 双摇杆机构	40
4.2 铰链四杆机构的演化	41
4.2.1 转动副转化成移动副	41
4.2.2 取不同构件为机架	41
4.2.3 杆块对调	43
4.2.4 扩大转动副的尺寸	44
4.3 铰链四杆机构有曲柄的条件及主要工作特性	44
4.3.1 铰链四杆机构有曲柄的条件	44
4.3.2 行程速度变化系数	46
4.3.3 压力角和传动角	47
4.3.4 死点位置	48
4.4 平面四杆机构的设计	49

4.4.1	按给定的行程速度变化系数设计四杆机构	49
4.4.2	按给定连架杆的对应位置设计四杆机构	51
	思考题与习题	52
第5章	凸轮机构	55
5.1	凸轮机构的应用和分类	55
5.1.1	凸轮机构应用	55
5.1.2	凸轮机构的分类	56
5.2	从动件的常用运动规律	58
5.2.1	等速运动规律	59
5.2.2	等加速等减速运动规律	59
5.2.3	简谐运动规律	60
5.2.4	摆线运动规律	61
5.2.5	从动件运动规律的选择	61
5.3	按给定运动规律设计凸轮轮廓曲线	63
5.3.1	凸轮廓线设计方法的基本原理	63
5.3.2	用作图法设计凸轮轮廓曲线	63
5.3.3	用解析法设计凸轮轮廓曲线	65
5.4	凸轮机构设计中应注意的几个问题	67
5.4.1	凸轮机构压力角	67
5.4.2	滚子从动件滚子半径的选择	68
	思考题与习题	69
第6章	齿轮传动	72
6.1	齿轮传动的特点及类型	72
6.1.1	齿轮传动的特点	72
6.1.2	齿轮传动的类型	73
6.2	齿廓啮合基本定律	74
6.3	渐开线齿廓	75
6.3.1	渐开线的形成	75
6.3.2	渐开线的特性	75
6.3.3	渐开线上某点的压力角	76
6.4	齿轮各部分名称及渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本尺寸	76
6.4.1	渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称及符号	76
6.4.2	渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数及几何尺寸计算	77
6.5	一对渐开线标准齿轮的啮合	79
6.5.1	渐开线齿廓满足齿廓啮合基本定律	79
6.5.2	渐开线齿廓啮合的两个优点	79
6.5.3	正确啮合条件	79
6.5.4	渐开线齿轮连续传动的条件及重合度	80
6.5.5	渐开线齿轮的标准中心距	81

6.6	渐开线齿轮的切齿原理	81
6.6.1	成形法	81
6.6.2	范成法	82
6.7	根切现象及最少齿数	82
6.7.1	根切现象	82
6.7.2	避免根切的最少齿数	83
6.8	变位齿轮传动概述	83
6.8.1	标准齿轮存在的问题	83
6.8.2	变位齿轮	84
6.8.3	变位齿轮传动	84
6.9	齿轮传动的失效形式及计算准则	85
6.9.1	失效形式	85
6.9.2	计算准则	87
6.10	齿轮材料及其热处理	87
6.10.1	齿轮常用材料	87
6.10.2	齿轮常用的热处理方法	88
6.11	齿轮传动的精度及选择	89
6.11.1	齿轮传动的精度等级	89
6.11.2	齿厚的极限偏差及侧隙	90
6.11.3	精度等级的标注	90
6.12	直齿圆柱齿轮传动的受力分析及计算载荷	90
6.12.1	受力分析	90
6.12.2	计算载荷	91
6.13	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	92
6.13.1	齿根弯曲疲劳强度计算	92
6.13.2	齿面接触疲劳强度计算	94
6.14	斜齿圆柱齿轮传动概述	98
6.14.1	斜齿圆柱齿轮的齿廓曲面及啮合特点	98
6.14.2	几何尺寸计算	99
6.14.3	斜齿轮传动的正确啮合条件	101
6.14.4	斜齿轮传动的重合度	101
6.14.5	斜齿轮的优缺点	102
6.14.6	斜齿圆柱齿轮传动的受力分析	102
6.14.7	斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	103
6.15	圆锥齿轮传动概述	105
6.15.1	圆锥齿轮的基本参数	106
6.15.2	直齿圆锥齿轮传动的传动比	107
6.15.3	直齿圆锥齿轮的正确啮合条件	107
6.15.4	直齿圆锥齿轮的几何尺寸计算	107

6.15.5 直齿圆锥齿轮传动的受力分析	108
6.15.6 直齿圆锥齿轮传动的强度计算	109
6.16 齿轮的结构	109
6.17 齿轮传动的效率、润滑与维护	111
6.17.1 齿轮传动的效率	111
6.17.2 齿轮传动的润滑	112
6.17.3 齿轮传动的维护	112
思考题与习题	113
第7章 蜗杆传动	117
7.1 蜗杆传动的类型特点	117
7.1.1 蜗杆传动的类型	117
7.1.2 蜗杆传动的特点	118
7.2 蜗杆传动的啮合特性和运动关系	118
7.2.1 蜗杆传动的正确啮合条件	118
7.2.2 蜗杆传动的运动关系	120
7.3 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	120
7.3.1 蜗杆传动的主要参数	120
7.3.2 蜗杆传动的几何尺寸计算	121
7.4 蜗杆传动的失效形式和设计准则	122
7.4.1 蜗杆传动的失效形式	122
7.4.2 蜗杆传动的设计准则	122
7.5 蜗杆、蜗轮的材料与结构	122
7.5.1 蜗杆的材料与结构	122
7.5.2 蜗轮的材料与结构	123
7.6 蜗杆传动的受力分析	124
7.6.1 计算力的大小	124
7.6.2 确定力的方向	125
7.7 蜗杆传动的强度计算	125
7.8 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	126
7.8.1 蜗杆传动的效率	126
7.8.2 蜗杆传动的润滑	127
7.8.3 蜗杆传动的热平衡计算	127
7.9 蜗杆传动的安装与维护	129
7.9.1 蜗杆传动的安装与调整	129
7.9.2 蜗杆传动的维护	130
思考题与习题	130
第8章 轮系	132
8.1 轮系及其分类	132
8.1.1 定轴轮系	132

8.1.2	周转轮系	133
8.2	定轴轮系的传动比	133
8.2.1	平面定轴轮系	133
8.2.2	空间定轴轮系	134
8.3	周转轮系的组成及传动比	135
8.3.1	周转轮系的组成	135
8.3.2	周转轮系的类型	136
8.3.3	周转轮系传动比的计算	136
8.3.4	应用周转轮系传动比公式须注意的问题	136
8.4	复合轮系传动比	137
8.5	轮系的应用	138
8.5.1	相距较远两轴间的传动	139
8.5.2	实现变速传动	139
8.5.3	获得大的传动比	139
8.5.4	合成运动和分解运动	139
8.5.5	实现分路传动	140
8.5.6	实现换向传动	141
	思考题与习题	141
第9章	带传动和链传动	143
9.1	带传动概述	143
9.1.1	带传动的工作原理	143
9.1.2	带传动的类型	143
9.1.3	带传动的特点	145
9.1.4	V带的结构和类型	145
9.1.5	带传动的张紧装置、安装与维护	146
9.2	带传动的受力分析和应力分析	147
9.2.1	带传动的受力分析	147
9.2.2	带传动的应力分析	148
9.3	带传动的弹性滑动和打滑	149
9.4	带传动的失效形式、设计准则和许用功率	150
9.4.1	带传动的失效形式和设计准则	150
9.4.2	带传动的许用功率	150
9.5	V带传动的设计计算	152
9.6	链传动概述	156
9.6.1	链传动的工作原理	156
9.6.2	链传动的类型	156
9.6.3	链传动的特点	156
9.6.4	传动链的结构	157
9.7	链传动的运动特性和受力分析	159
9.7.1	链传动的运动特性	159

9.7.2 链传动的受力分析	160
9.8 滚子链传动的设计计算	161
9.8.1 链传动的失效形式和设计准则	161
9.8.2 极限功率曲线	161
9.8.3 额定功率曲线	162
9.8.4 静强度校核	163
9.8.5 主要参数的选择	163
9.9 链传动的正确使用和维护	164
9.9.1 链传动的布置	164
9.9.2 链传动的润滑	165
9.9.3 链传动的张紧	166
9.9.4 链传动的维护	166
思考题与习题	167
第10章 其他机构简介	169
10.1 棘轮机构	169
10.1.1 棘轮机构的组成及工作原理	169
10.1.2 棘轮机构的类型	170
10.1.3 棘轮机构的设计	172
10.1.4 棘轮机构的特点及其应用	173
10.2 槽轮机构	174
10.2.1 槽轮机构的组成及工作原理	174
10.2.2 槽轮机构的类型	175
10.2.3 槽轮机构的设计	176
10.2.4 槽轮机构的特点及其应用	178
10.3 不完全齿轮机构	178
10.3.1 不完全齿轮机构的工作原理及其特点	178
10.3.2 不完全齿轮机构的类型及其应用	180
10.4 广义机构	180
10.4.1 液、气动机构简介	181
10.4.2 光电机构简介	182
思考题与习题	183
第11章 组合机构及机械系统方案设计	185
11.1 机构的组合方式	185
11.2 机械系统的方案设计	187
思考题与习题	195

第3篇 连接

第12章 螺纹连接	197
12.1 螺纹	197

12.1.1	螺纹的形成	197
12.1.2	螺纹的主要参数	198
12.1.3	螺旋副的效率和自锁	199
12.1.4	常用螺纹	199
12.2	螺纹连接的基本类型及螺纹紧固件	202
12.2.1	螺纹连接的基本类型	202
12.2.2	螺纹紧固件及性能等级	203
12.3	螺纹连接的预紧和防松	205
12.3.1	螺纹连接预紧	205
12.3.2	螺纹连接防松	205
12.4	单个螺栓连接的强度计算	208
12.4.1	受拉螺栓连接	208
12.4.2	受剪螺栓连接	212
12.5	螺栓组连接的设计	212
12.5.1	螺栓组连接的结构设计	212
12.5.2	简单螺栓组连接的受力分析	214
12.6	螺栓的材料和许用应力	216
12.7	提高螺栓连接强度的措施	217
12.7.1	减小螺栓的应力幅	217
12.7.2	均匀螺纹牙间的载荷分配	218
12.7.3	避免或减小附加的弯曲应力	219
12.7.4	减小应力集中的影响	219
12.8	螺旋传动概述	220
	思考题与习题	220
第 13 章	轴毂连接	223
13.1	键连接	223
13.1.1	键连接的类型和应用	223
13.1.2	平键连接的强度校核	225
13.2	花键连接	227
13.2.1	花键连接的特点	227
13.2.2	花键连接的类型	228
13.3	销连接	228
	思考题与习题	229
第 14 章	轴间连接	230
14.1	概述	230
14.2	联轴器	230
14.2.1	刚性联轴器	230
14.2.2	无弹性元件挠性联轴器	231
14.2.3	有弹性元件挠性联轴器	232

14.2.4 联轴器的选择	234
14.3 离合器	235
14.3.1 嵌合式离合器	235
14.3.2 摩擦式离合器	236
14.3.3 安全离合器	236
14.3.4 超越离合器	236
思考题与习题	237
第15章 其他常用连接	238
15.1 铆接	238
15.2 焊接	239
15.2.1 焊缝形式及焊接特点	239
15.2.2 焊接件的工艺及设计注意要点	240
15.3 粘接	240
15.4 过盈配合连接	241
思考题与习题	242

第4篇 轴及轴系部件

第16章 轴	244
16.1 轴的分类及用途	245
16.1.1 轴的分类	245
16.1.2 轴设计中的主要问题	246
16.2 轴的材料	246
16.3 轴的结构设计	247
16.3.1 拟定轴上零件的装配方案	247
16.3.2 确定轴的基本直径和各段长度	247
16.3.3 轴上零件的固定	248
16.3.4 轴的结构工艺性	249
16.3.5 改善轴的受力状况的措施	249
16.4 轴的强度计算	250
16.4.1 按扭转强度计算	250
16.4.2 按弯扭合成强度计算	251
16.5 轴的刚度计算	255
16.5.1 轴的弯曲刚度计算	256
16.5.2 轴的扭转刚度计算	256
16.6 轴的临界转速的概念	256
思考题与习题	257

第 17 章 轴承	258
17.1 滑动轴承概述	258
17.1.1 滑动轴承的特点与分类	258
17.1.2 滑动轴承的结构形式	259
17.1.3 滑动轴承的轴瓦结构	260
17.1.4 滑动轴承的轴承材料	260
17.1.5 滑动轴承的润滑剂	262
17.1.6 滑动轴承的润滑方法	263
17.2 非液体润滑滑动轴承的计算	263
17.2.1 失效形式和设计准则	263
17.2.2 非液体润滑向心滑动轴承的校核计算	264
17.2.3 非液体润滑推力滑动轴承的校核计算	264
17.3 液体动压润滑滑动轴承的简介	265
17.3.1 动压润滑的形成原理和条件	265
17.3.2 向心滑动轴承形成动压油膜的过程	266
17.4 滚动轴承概述	266
17.4.1 滚动轴承的特点	266
17.4.2 滚动轴承的构造	266
17.4.3 滚动轴承的材料	267
17.4.4 滚动轴承的基本类型和选择	267
17.4.5 滚动轴承的代号	270
17.5 滚动轴承的失效形式和选择计算	271
17.5.1 滚动轴承的失效形式	271
17.5.2 滚动轴承的设计准则	271
17.5.3 滚动轴承的寿命计算	271
17.5.4 滚动轴承的静载荷计算	275
17.6 滚动轴承的组合设计	277
17.6.1 轴系的固定	277
17.6.2 滚动轴承的配合	278
17.6.3 提高轴系刚度的措施	278
17.6.4 滚动轴承的润滑与密封	279
17.6.5 轴承的装拆	281
思考题与习题	281
附录	283

第 5 篇 机械系统动力学及其他

第 18 章 机械系统动力学	284
18.1 机械运转的三个阶段	284

18.2	机械的运转及其速度波动的调节	286
18.2.1	机械速度波动产生的原因和调节目的	286
18.2.2	稳定运转状态下机械的周期性速度波动及其调节	286
18.2.3	机械的非周期性速度波动及其调节	292
18.3	回转件的平衡	293
18.3.1	回转件平衡的目的	293
18.3.2	刚性回转件平衡的计算	294
18.3.3	回转件的平衡试验	296
	思考题与习题	299
第19章	弹簧	302
19.1	弹簧的功用	302
19.2	弹簧的类型	302
19.2.1	按弹簧外形分	302
19.2.2	按弹簧受载情况	303
19.3	弹簧的结构	303
19.3.1	压缩弹簧的结构	303
19.3.2	拉伸弹簧的结构	304
19.4	弹簧的材料	305
19.5	弹簧的制造	305
	思考题与习题	306
参考文献		307