



现代 机械设计手册

第2卷

秦大同 谢里阳 主编

MODERN

HAN
OF
DESIGN



化学工业出版社



现代 机械设计手册

第2卷

秦大同 谢里阳 主编

MODERN

HAND
OF
FD



化学工业出版社

·北京·

《现代机械设计手册》从新时期机械设计人员的实际需要出发,追求现代感,兼顾实用性、通用性、准确性,在广泛吸纳国内工具书优点的基础上,涵盖了各种常规和通用的机械设计技术资料,贯彻了最新的国家和行业标准,推荐了国内外先进、节能、通用的产品,体现了便查易用的编写风格。

《现代机械设计手册》共6卷,其中第1卷包括机械设计基础资料,零件结构设计,机械制图和几何精度设计,机械工程材料,连接件与紧固件;第2卷包括轴和联轴器,滚动轴承,滑动轴承,机架、箱体及导轨,弹簧,机构,机械零部件设计禁忌;第3卷包括带、链传动,齿轮传动,减速器、变速器,离合器、制动器,润滑,密封;第4卷包括液力传动,液压传动与控制,气压传动与控制;第5卷包括光机电一体化系统设计,传感器,控制元器件和控制单元,电动机;第6卷包括机械振动与噪声,疲劳强度设计,可靠性设计,优化设计,反求设计,数字化设计,人机工程与产品造型设计,创新设计。

《现代机械设计手册》可作为机械设计人员和有关工程技术人员工具书,也可供高等院校有关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代机械设计手册.第2卷/秦大同,谢里阳主编.
北京:化学工业出版社,2011.1
ISBN 978-7-122-08711-9

I. 现… II. ①秦…②谢… III. 机械设计-手册
IV. TH122-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第203216号

责任编辑:张兴辉 王 烨 贾 娜
责任校对:陈 静

文字编辑:张绪瑞 陈 喆
装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张101 字数3172千字 2011年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:160.00元

版权所有 违者必究

撰稿和审稿人员

手册主编 秦大同 (重庆大学) 谢里阳 (东北大学)

卷	篇	篇主编	撰 稿	审 稿
第1卷	第1篇	化学工业出版社组织编写	张红燕 刘 梅 李 翔 董 敏	王建军
	第2篇	翟文杰 (哈尔滨工业大学)	翟文杰	王连明
	第3篇	韩宝玲 (北京理工大学)	韩宝玲 佟献英 罗庆生 樊红亮 周年发 杨 威 罗 霄	刘巽尔 董国耀
	第4篇	方昆凡 (东北大学)	崔虹雯 单宝峰 赵新颖 方昆凡 周文娟 吴文虎 张茵麦 程 铭	魏小鹏
	第5篇	王三民 (西北工业大学)	王三民 袁 茹 谷文韬 李洲洋 宁方立	沈允文
第2卷	第6篇	吴立言 (西北工业大学)	刘 岚 李洲洋 吴立言	陈作模
	第7篇	郭宝霞 (洛阳轴承研究所 有限公司)	郭宝霞 周 宇 勇泰芳 张小玲 张 松 蒋明夫	杨晓蔚
	第8篇	徐 华 (西安交通大学)	徐 华 诸文俊 谢振宇 郭宝霞	朱 均
	第9篇	翟文杰 (哈尔滨工业大学) 王 瑜 (哈尔滨工业大学)	翟文杰 王 瑜 郭宝霞	王连明
	第10篇	姜洪源 (哈尔滨工业大学) 敖宏瑞 (哈尔滨工业大学)	姜洪源 敖宏瑞 李胜波	陈照波
	第11篇	李瑰贤 (哈尔滨工业大学)	李瑰贤 赵永强 陈照波 刘文涛 唐德威 于红英 胡 明 韩继光 闫 辉 林 琳 丁 刚 张一同	李瑰贤 陈 明
	第12篇	向敬忠 (哈尔滨理工大学)	向敬忠 潘承怡 宋 欣	于惠力
第3卷	第13篇	姜洪源 (哈尔滨工业大学) 闫 辉 (哈尔滨工业大学)	姜洪源 闫辉 王世刚	曲建俊 郭建华
	第14篇	秦大同 (重庆大学) 陈兵奎 (重庆大学)	张光辉 郭晓东 林腾蛟 林 超 秦大同 陈兵奎 石万凯 邓效忠 罗文军 廖映华 张卫青 欧阳志喜	李钊刚
	第15篇	秦大同 (重庆大学)	孙冬野 刘振军 秦大同 廖映华	吴晓铃
	第16篇	刘光磊 (西北工业大学)	刘光磊 朱春梅	孔庆堂
	第17篇	吴晓铃 (郑州大学)	吴晓铃 袁丽娟 郭宝霞	陈大融
	第18篇	郝木明 (中国石油大学) 吴晓铃 (郑州大学)	郝木明 王淮维 孙鑫晖	陈大融

卷	篇	篇主编	撰 稿				审稿
---	---	-----	-----	--	--	--	----

第4卷

第19篇	马文星 (吉林大学) 杨乃乔 (北京起重运输机械 设计研究院)	马文星 邓洪超 徐 辉 仵晓强 王 涛 卢秀泉 李雪松	杨乃乔 曹晓宁 宋 斌 吴根生 何延东 范丽丹	邓 菲 王宏卫 刘春宝 才 委 柴博森 侯继海	邹铁汉 潘志勇 郑广强 熊以恒 姜丽英 张 浦	方佳雨 刘春朝 刘伟辉
第20篇	吴晓明 (燕山大学)	刘 涛 赵静一	吴晓明 高殿荣	张 伟	张齐生	姚晓先 吴晓明
第21篇	包 钢 (哈尔滨工业大学) 杨庆俊 (哈尔滨工业大学)	包 钢 王 涛	杨庆俊 陈金兵	向 东 王雄耀	张百海	熊 伟

第5卷

第22篇	郝长中 (沈阳理工大学)	郝长中 高启扬	王铁军	吴东生	杨 青	于国安
第23篇	张洪亭 (东北大学)	张洪亭	王明赞	李 佳	孙红春	贾民平 王明赞
第24篇	王 洁 (沈阳工业大学)	王 洁 孙洪林	王野牧 张 靖	谷艳玲	杨国哲	徐 方 刘 洲 褚明杰 曲业闯 郑春辉 赵 强
第25篇	时献江 (哈尔滨理工大学)	时献江	杜海艳	王 昕	柴林杰	邵俊鹏
第26篇	孟 光 (上海交通大学) 吴天行 (上海交通大学)	孟 光 李增光 张志谊 塔 娜 李富才 万 泉	吴天行 龙新华 饶柱石 刘树英 张海滨 杨斌堂	雷 敏 华宏星 荆建平 静 波 蒋伟康 焦素娟	张瑞华 李 俊 张文明 韩雪华 严 莉 谌 勇	胡宗武

第6卷

第27篇	谢里阳 (东北大学)	谢里阳	王 雷			赵少汴
第28篇	谢里阳 (东北大学)	谢里阳	钱文学	吴宁祥		孙志礼
第29篇	何雪滋 (东北大学)	何雪滋	张 翔	张瑞金		颜云辉
第30篇	隋天中 (东北大学)	隋天中				郝永平
第31篇	李卫民 (辽宁工业大学)	李卫民 于晓丹	刘淑芬 邢 颖	仪登丽	潘 静	刘永贤
第32篇	曾 红 (辽宁工业大学)	曾 红	陈 明			刘永贤
第33篇	赵新军 (东北大学)	赵新军	钟 莹	孙晓枫		李赤泉



FORWORD 前言

振兴装备制造业是中国由机械制造大国走向机械制造强国的必由之路。近年来,在国家大力发展装备制造业的政策号召和驱使下,我国的机械工业获得了巨大的发展,自主创新的能力不断加强,一批高技术、高性能、高精尖的现代化装备不断涌现,各种新材料、新工艺、新结构、新产品、新方法、新技术不断产生、发展并投入实际应用,大大提升了我国机械设计与制造的技术水平和国际竞争力。

但是,总体来看,我国的装备制造业仍处于较低的水平,距离世界发达国家还有很大的差距。机械设计是装备制造的龙头,是装备制造过程中的核心环节,因此全面提升我国机械设计人员的设计能力和技术水平非常关键。近年来,各种先进技术在机械行业的应用和发展,正在使机械设计的传统内涵发生巨大变化,这就给广大机械设计人员提出了更高的要求:一方面,当前先进的、现代化的机械装备都是机、电、液、光等技术的有机结合体,尤其是控制技术、信息技术、网络技术的发展和运用,使得设备越来越智能化、现代化,这已经成为现代机械设计的发展方向 and 趋势,如何实现这些技术的有机融合将至关重要;另一方面,各种现代的机械设计方法,已经突破前些年的理论研究阶段,正逐步应用于设计、生产实际,越来越发挥其重要的作用;还有,随着计算机硬件性能和软件水平的持续提高,计算机技术已全面深入地渗透到机械领域,各种设计技术、计算技术、设计工具在机械设计与制造中的广泛应用,使得设计人员的创造性思维得到前所未有的解放,设计手段极大丰富。

伴随着这些变化,传统的机械设计资料、机械设计工具书已逐渐呈现出诸多不足,不能完全满足新时期机械设计人员的实际工作需要。针对这种情况,化学工业出版社顺应时代发展的要求,在对高等院校、科研院所、制造企业的科研工作者和机械设计人员进行广泛调研的基础上,邀请众多国内机械设计界的知名专家合力编写了一套全新的、符合现代机械设计潮流的大型工具书——《现代机械设计手册》,这是一项与时俱进、有重大意义的创新工程,对推动我国机械设计技术的发展将发挥重要的作用。因其在机械设计领域重要的科学价值、实用价值和现实意义,《现代机械设计手册》荣获 2009 年国家出版基金资助。

化学工业出版社在机械设计大型工具书的出版方面历史悠久、经验丰富,深得广大机械设计人员和工程技术人员信赖。为了扎实、高效地进行《现代机械设计手册》编写和出版工作,化学工业出版社组织召开了多次编写和审稿工作会议,充分考虑读者在手册使用上的特点和需求,确定了手册的整体构架、篇目设置、编写原则和风格,针对编写大纲进行了充分细致的研讨,对书稿内容的编、审工作进行了细致周密的安排,确保了整部手册的内容质量和工作进度。

《现代机械设计手册》的定位不同于一般技术手册,更不同于一般学习型的技术图书,



它是一部合理收集取舍、科学编排通用机械设计常用资料，符合现代机械设计潮流的综合性手册。具体来说，有以下六大特色。

1. 权威性 ★★★★★

《现代机械设计手册》阵容强大，编、审人员大都来自于设计、生产、教学和科研第一线，具有深厚的理论功底、丰富的设计实践经验。他们中很多人都是所属领域的知名专家，在业内有广泛的影响力和知名度，获得过多项科技进步奖、发明奖和技术专利，承担了许多机械领域国家重要的科研和攻关项目。这支专业、权威的编审队伍确保了手册准确、实用的内容质量。

2. 现代感 ★★★★★

追求现代感，体现现代机械设计气氛，满足时代的要求，是《现代机械设计手册》的基本宗旨。“现代”二字主要体现在：新标准、新技术、新结构、新工艺、新产品、现代的设计理念、现代的设计方法和现代的设计手段等几个方面。在体现现代元素的同时，也不是一味求新，而是收录目前已经普遍得到大家公认的、成熟的、实用的技术、方法、结构和产品。《现代机械设计手册》注意传统设计与现代设计的融合，注重机、电设计的有机结合，注重实用性的同时兼顾最新的研究应用成果。

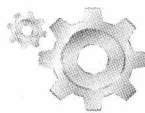
在新技术方面，许多零部件的设计内容都兼顾了当前高新技术装备的设计，例如第13篇“带、链传动”介绍了金属带等新型的传动方式，第14篇“齿轮传动”收录了新型锥齿轮、塑料齿轮的设计和应用，第8篇“滑动轴承”收录了气体润滑轴承、箔片轴承、电磁轴承等新型轴承的设计和应用，第4篇“机械工程材料”收录了复合材料等目前已广泛应用的一些新型工程材料。

在现代设计手段的应用方面，例如机械零部件设计部分，注重现代设计方法（例如有限元分析、可靠性设计等）在机械零部件设计中的应用，并给出了相应的设计实例；第11篇“机构”篇中，平面机构的运动分析通过计算机编程来实现，并提供了相应的程序代码，大大提高了分析的准确性和设计效率；在产品的设计和选择方面，推荐了应用广泛的、节能的、可靠的产品。

在贯彻新标准方面，收录并合理编排了目前最新颁布的国家和行业标准。

3. 实用性 ★★★★★

即选编机械设计人员实际需要的内容。手册内容的选定、深度的把握、资料的取舍和章节的编排，都坚持从设计和生产的实际需要出发。例如第5卷机电控制设计中，完全站在机械设计人员的角度来写——注重产品如何选用，摒弃了控制的基本原理，突出机电系



统设计,控制元器件、传感器、电动机部分注重介绍主流产品的技术参数、性能、应用场合、选用原则,并给出了相应的设计选用实例;第6卷现代机械设计中摒弃或简化了繁琐的数学推导,突出了最终的计算结果,结合具体的算例将设计方法通俗地呈现出来,便于读者理解和掌握。

为方便广大读者的使用和查阅,手册在具体内容的表述上,采用以图表为主的编写风格。这样既增加了手册的信息容量,更重要的是方便了读者的使用和查阅,有利于提高设计人员的工作效率 and 设计速度。

4. 通用性 ★★★★★

本手册以通用的机械零部件和控制元器件设计、选用内容为主,不包括具体的专业机械设计的内容。主要包括机械设计基础资料、机械通用零部件设计、机械传动系统设计、液力液压和气压传动系统设计与控制、机构设计、机架设计、机械振动设计、光机电一体化系统设计以及控制设计等,能够满足各类机械设计人员的工作需求。

5. 准确性 ★★★★★

本手册尽量采用原始资料,公式、图表、数据准确,方法、工艺、技术成熟。所有产品、材料和工艺方面的标准均采用最新公布的标准资料,对于标准规范的编写,手册没有简单地照抄照搬,而是采取选用、摘录、合理编排的方式,强调其科学性和准确性,尽量避免差错和谬误。所有设计方法、计算公式、参数选用均经过长期检验,设计实例、各种算例均来自工程实际。手册中收录通用性强的、标准化程度高的产品,供设计人员在了解企业实际生产品种、规格尺寸、技术参数,以及产品质量和用户的实际反映后选用。

6. 全面性 ★★★★★

本手册一方面根据机械设计人员的需要,按照“基本、常用、重要、发展”的原则选取内容;另一方面兼顾了制造企业和大型设计院两大群体的设计特点,即制造企业侧重基础性的设计内容,而大型的设计院、工程公司侧重于产品的选用。本手册强调产品设计与工艺技术的紧密结合,倡导结构设计与造型设计的有机统一,重视工艺技术与选用材料的合理搭配,使产品设计更加全面和可行。

三年多来,经过广大编审人员和出版社的不懈努力,《现代机械设计手册》将以崭新的风貌和鲜明的时代气息展现在广大机械设计工作者面前。值此出版之际,谨向所有给过我们大力支持的单位和各界朋友们表示衷心的感谢!

主编



CONTENTS 目录

第 6 篇 轴和联轴器

第 1 章 轴

1.1 轴的分类、材料和设计方法	6-3
1.1.1 轴的分类	6-3
1.1.2 轴的常用材料	6-3
1.1.3 轴的设计方法概述	6-5
1.2 轴的结构设计	6-5
1.2.1 零件在轴上的定位与固定	6-6
1.2.2 轴的结构与工艺性	6-8
1.2.3 轴伸的结构尺寸	6-8
1.2.4 提高轴疲劳强度的结构措施	6-13
1.2.5 轴的结构示例	6-14
1.3 轴的强度校核计算	6-15
1.3.1 仅受扭转的强度校核计算	6-15
1.3.2 受弯扭联合作用的强度校核计算	6-16
1.3.3 考虑应力集中的强度校核计算	6-17
1.4 轴的刚度校核计算	6-21
1.4.1 轴的扭转刚度校核计算	6-21
1.4.2 轴的弯曲刚度校核计算	6-21
1.5 轴的临界转速校核计算	6-22
1.5.1 不带圆盘均质轴的临界转速	6-23
1.5.2 带圆盘的轴的临界转速	6-23
1.6 设计计算举例及轴的工作图	6-24
1.7 轴的可靠度计算	6-27
1.7.1 轴可靠度计算的基本方法	6-27
1.7.2 轴可靠度计算举例	6-28
1.8 轴的计算机辅助设计与分析	6-28
1.8.1 轴的计算机辅助设计	6-28
1.8.2 轴的强度校核的有限元计算	6-30
1.8.3 轴的刚度校核的有限元计算	6-33
1.8.4 轴临界转速的有限元计算	6-34

第 2 章 软 轴

2.1 软轴的结构组成和规格	6-35
----------------	------

2.1.1 软轴	6-35
2.1.2 软管	6-37
2.1.3 软轴接头	6-37
2.1.4 软管接头	6-38
2.2 常用软轴的典型结构	6-38
2.3 防逆转装置	6-39
2.4 软轴的选择与使用	6-40
2.4.1 软轴的选择	6-40
2.4.2 软轴使用时注意事项	6-41

第 3 章 联 轴 器

3.1 联轴器的分类、特点及应用	6-42
3.2 联轴器的选用 (JB/T 7511—1994)	6-42
3.2.1 联轴器的转矩	6-42
3.2.2 挠性或弹性联轴器计算	6-44
3.2.3 选用联轴器有关的系数	6-45
3.2.4 联轴器选用示例	6-47
3.3 联轴器的性能、参数及尺寸	6-48
3.3.1 联轴器轴孔和连接型式及尺寸 (GB/T 3852—2008)	6-49
3.3.2 凸缘联轴器 (GB/T 5843—2003)	6-54
3.3.3 弹性柱销联轴器 (GB/T 5014—2003)	6-57
3.3.4 弹性套柱销联轴器 (GB/T 4323—2002)	6-64
3.3.5 弹性柱销齿式联轴器 (GB/T 5015—2003)	6-68
3.3.6 弹性块联轴器 (JB/T 9148—1999)	6-85
3.3.7 弹性环联轴器 (GB/T 2496—2008)	6-89
3.3.8 梅花形弹性联轴器 (GB/T 5272—2002)	6-92

3.3.9 膜片联轴器 (JB/T 9147—1999)	6-100	(GB/T 6069—2002)	6-157
3.3.10 蛇形弹簧联轴器 (JB/T 8869—2000)	6-110	3.3.14 十字轴式万向联轴器	6-159
3.3.11 弹性阻尼簧片联轴器 (GB/T 12922—2008)	6-127	3.3.15 钢球式节能安全联轴器 (JB/T 5987—1992)	6-181
3.3.12 鼓形齿式联轴器 (JB/T 8854.1~3—2001)	6-141	3.3.16 蛇形弹簧安全联轴器 (JB/T 7682—1995)	6-190
3.3.13 滚子链联轴器		3.3.17 联轴器标准一览表	6-193
		参考文献	6-196



第 7 篇 滚动轴承

第 1 章 滚动轴承的分类、结构型式及代号

1.1 滚动轴承的分类	7-3
1.2 滚动轴承其他分类	7-5
1.3 带座外球面球轴承分类	7-5
1.4 滚动轴承的代号	7-6
1.4.1 基本代号	7-7
1.4.2 常用滚动轴承的基本结构型式和代号 构成	7-8
1.4.3 滚针轴承的基本结构型式和代号 构成	7-15
1.4.4 前置代号	7-18
1.4.5 后置代号	7-18
1.4.6 代号编制规则	7-23
1.4.7 带附件轴承代号	7-24
1.4.8 非标准轴承代号	7-24
1.4.9 代号示例	7-24
1.5 带座外球面球轴承代号	7-25
1.5.1 带座轴承代号的构成及排列	7-25
1.5.2 带座轴承基本结构及代号构成	7-25
1.5.3 带附件的带座轴承代号	7-28
1.6 专用轴承的分类和代号	7-28

第 2 章 滚动轴承的特点与选用

2.1 滚动轴承结构类型的特点及适用范围	7-30
2.2 滚动轴承的选用	7-32
2.2.1 轴承的类型选用	7-32
2.2.2 滚动轴承的尺寸选择	7-34
2.2.3 滚动轴承的游隙选择	7-38
2.2.4 滚动轴承公差等级的选用	7-44
2.2.5 滚动轴承公差	7-45
2.2.5.1 向心轴承公差 (圆锥滚子轴承	

除外)	7-45
2.2.5.2 圆锥滚子轴承公差	7-51
2.2.5.3 向心轴承外圈凸缘公差	7-56
2.2.5.4 圆锥孔公差	7-57
2.2.5.5 推力轴承公差	7-58

第 3 章 滚动轴承的计算

3.1 滚动轴承寿命计算	7-62
3.1.1 基本概念和术语	7-62
3.1.2 符号	7-62
3.1.3 基本额定寿命的计算	7-63
3.1.4 修正额定寿命的计算	7-63
3.1.5 系统方法的寿命修正系数 a_{ISO}	7-63
3.1.6 疲劳载荷极限 C_u	7-64
3.1.7 寿命修正系数 a_{ISO} 的简化方法	7-65
3.1.8 污染系数 e_c	7-66
3.1.9 黏度比 κ 的计算	7-72
3.2 基本额定动载荷的计算	7-73
3.2.1 轴承的基本额定动载荷 C	7-73
3.2.2 双列或多列推力轴承轴向基本额 定动载荷 C_a	7-75
3.3 基本额定静载荷的计算	7-75
3.4 当量载荷的计算	7-76
3.5 轴承组的基本额定载荷和当量载荷	7-79
3.6 变化工作条件下的平均载荷	7-79
3.7 变化工作条件下的寿命计算	7-80
3.8 轴承极限转速的确定方法	7-80
3.9 额定热转速	7-81
3.9.1 定义及符号	7-82
3.9.2 额定热转速的计算	7-82
3.10 滚动轴承的摩擦计算	7-85
3.10.1 轴承的摩擦力矩	7-85
3.10.2 轴承的摩擦因数	7-86

3.11 圆柱滚子轴承的轴向承载能力	7-86
3.12 轴承需要的最小轴向载荷的计算	7-86

第 4 章 滚动轴承的应用设计

4.1 滚动轴承的配合	7-88
4.1.1 滚动轴承配合的特点	7-88
4.1.2 轴承 (0、6 级) 与轴和外壳配合的 常用公差带	7-88
4.1.3 轴承配合的选择	7-88
4.1.4 轴承与轴和外壳孔的配合公差带 选择	7-89
4.1.5 配合表面的形位公差与表面粗糙度	7-91
4.1.6 轴承与空心轴、铸铁和轻金属轴承座 配合的选择	7-92
4.1.7 轴承与实心轴配合过盈量的估算	7-92
4.2 滚动轴承的轴向紧固	7-93
4.2.1 轴向定位	7-93
4.2.2 轴向固定	7-94
4.2.3 轴向紧固装置	7-94
4.3 滚动轴承的预紧	7-95
4.3.1 预紧方式	7-95
4.3.2 定位预紧	7-95
4.3.3 定压预紧	7-95
4.3.4 卸紧载荷	7-95
4.3.5 最小轴向预紧载荷	7-95
4.3.6 径向预紧	7-95
4.4 滚动轴承的密封	7-97
4.4.1 选择轴承密封形式应考虑的因素	7-97
4.4.2 轴承的主要密封形式	7-97
4.4.3 轴承的自身密封	7-97
4.4.4 轴承的支承密封	7-97
4.5 滚动轴承的安装与拆卸	7-100
4.5.1 圆柱孔轴承的安装	7-100
4.5.2 圆锥孔轴承的安装	7-100
4.5.3 角接触轴承的安装	7-100
4.5.4 推力轴承的安装	7-100
4.5.5 滚动轴承的拆卸	7-100
4.6 游隙的调整方法	7-101

4.7 轴承的组合设计	7-102
4.7.1 轴承的配置	7-102
4.7.2 常见的支承结构示意图	7-104
4.7.3 滚动轴承组合设计的典型结构	7-106

第 5 章 常用滚动轴承的基本尺寸及性能参数

5.1 深沟球轴承	7-108
5.2 调心球轴承	7-127
5.3 角接触球轴承	7-139
5.4 圆柱滚子轴承	7-153
5.5 调心滚子轴承	7-178
5.6 滚针轴承	7-201
5.7 圆锥滚子轴承	7-216
5.8 推力球轴承	7-236
5.9 推力角接触球轴承	7-249
5.10 推力调心滚子轴承	7-251
5.11 推力圆柱滚子轴承	7-254
5.12 推力圆锥滚子轴承	7-254
5.13 推力滚针轴承	7-255
5.14 带座外球面球轴承	7-256
5.15 组合轴承	7-285
5.16 锥形衬套	7-294
5.17 轴承座	7-310
5.17.1 二螺栓立式轴承座	7-310
5.17.2 四螺栓立式轴承座	7-314
5.18 止推环	7-315

附 录

附录一 滚动轴承现行标准目录	7-317
附录二 轴承工业现行国际标准目录	7-322
附录三 滚动轴承新旧标准代号对照	7-325
附录四 国外著名轴承公司通用轴承代号	7-332
附录五 国内外轴承公差等级对照	7-337
附录六 国内外轴承游隙对照	7-337
参考文献	7-339



第 8 篇 滑动轴承

第 1 章 滑动轴承分类、特点与应用及选择

1.1 各类滑动轴承的特点与应用	8-3
------------------------	-----

1.2 滑动轴承类型的选择	8-4
1.2.1 滑动轴承性能比较	8-4
1.2.2 选择轴承类型的特性曲线	8-6
1.3 滑动轴承设计资料	8-7

第 2 章 滑动轴承材料

- 2.1 对轴承材料的性能要求 8-9
- 2.2 滑动轴承材料及其性能 8-9

第 3 章 不完全流体润滑轴承

- 3.1 径向滑动轴承的选用与验算 8-18
- 3.2 推力滑动轴承的选用与验算 8-18
- 3.3 滑动轴承的常见型式 8-19
 - 3.3.1 整体滑动轴承 8-19
 - 3.3.2 对开式滑动轴承 8-20
 - 3.3.3 法兰滑动轴承 8-23
- 3.4 轴套与轴瓦 8-25
 - 3.4.1 轴套 8-25
 - 3.4.2 轴套的固定 (JB/ZQ 4616—2006) ... 8-30
 - 3.4.3 轴瓦 8-31
- 3.5 滑动轴承的结构要素 8-36
 - 3.5.1 润滑槽 8-36
 - 3.5.2 轴承合金浇铸槽 8-36
- 3.6 滑动轴承间隙与配合的选择 8-37
- 3.7 滑动轴承润滑 8-40
- 3.8 滑动轴承座技术条件
(JB/T 2564—2007) 8-42
- 3.9 关节轴承 8-43
 - 3.9.1 关节轴承的分类、结构型式与
代号 8-43
 - 3.9.1.1 关节轴承分类 8-43
 - 3.9.1.2 关节轴承代号方法 8-43
 - 3.9.1.3 关节轴承主要类型的结构
特点 8-45
 - 3.9.2 关节轴承寿命及载荷的计算 8-50
 - 3.9.2.1 定义 8-50
 - 3.9.2.2 符号 8-50
 - 3.9.2.3 额定载荷 8-51
 - 3.9.2.4 关节轴承寿命 8-52
 - 3.9.2.5 关节轴承的摩擦因数 8-53
 - 3.9.3 关节轴承的应用设计 8-54
 - 3.9.3.1 关节轴承的配合 8-54
 - 3.9.3.2 关节轴承的游隙 8-56
 - 3.9.3.3 关节轴承的公差 8-58
 - 3.9.4 关节轴承的基本尺寸和性能参数 8-61
 - 3.9.4.1 向心关节轴承
(GB/T 9163—2001) 8-61
 - 3.9.4.2 角接触关节轴承

- (GB/T 9164—2001) 8-67
- 3.9.4.3 推力关节轴承
(GB/T 9162—2001) 8-70
- 3.9.4.4 杆端关节轴承
(GB/T 9161—2001) 8-72
- 3.9.4.5 自润滑球头螺栓杆端关节轴承
(JB/T 5306—2007) 8-75
- 3.9.4.6 关节轴承安装尺寸 8-77
- 3.10 自润滑轴承 8-82
 - 3.10.1 自润滑镶嵌轴承 8-82
 - 3.10.2 粉末冶金轴承 (含油轴承)
(GB/T 2688—1981、
GB/T 18323—2001) 8-86
 - 3.10.3 自润滑复合材料卷制轴套 8-91
- 3.11 双金属减摩卷制轴套 8-97
- 3.12 塑料轴承 8-99
- 3.13 水润滑热固性塑料轴承
(JB/T 5985—1992) 8-100
- 3.14 橡胶轴承 8-103

第 4 章 液体动压润滑轴承

- 4.1 液体动力润滑轴承分类 8-106
- 4.2 基本原理 8-107
 - 4.2.1 基本方程 8-107
 - 4.2.2 静特性计算 8-108
 - 4.2.3 动特性计算 8-109
 - 4.2.4 稳定性计算 8-110
- 4.3 典型轴承的性能曲线及计算示例 8-110
- 4.4 轴承材料 8-131
- 4.5 轴承主要参数的选择 8-133
- 4.6 液体动压推力轴承 8-135
 - 4.6.1 参数选择 8-135
 - 4.6.2 斜-平面推力轴承 8-135
 - 4.6.3 可倾瓦推力轴承 8-136
- 4.7 计算程序简介 8-140

第 5 章 液体静压轴承

- 5.1 概述 8-142
- 5.2 液体静压轴承的分类 8-143
- 5.3 液体静压轴承的原理 8-143
- 5.4 液体静压轴承的结构设计 8-145
 - 5.4.1 径向液体静压轴承结构、特点与
应用 8-145
 - 5.4.2 径向液体静压轴承的结构尺寸及

主要技术数据	8-147
5.4.3 径向液体静压轴承的系列结构	
尺寸	8-148
5.4.4 推力液体静压轴承结构、特点与应用	8-152
5.4.5 推力液体静压轴承的结构尺寸及主要技术数据	8-154
5.4.6 推力液体静压轴承的系列结构	
尺寸	8-154
5.4.7 液体静压轴承材料	8-155
5.4.8 节流器的结构、特点与应用	8-156
5.4.9 节流器的结构尺寸及主要技术数据	8-158
5.5 液体静压轴承计算的基本公式	8-158
5.5.1 油垫流量系数 C_d 、有效承载面积系数 $\bar{A}_e$ 、周向流量系数 γ 和腔内孔流量系数 ω	8-160
5.5.2 刚度系数 $\bar{C}_0$	8-161
5.5.3 承载系数 $\bar{F}_n$ 或偏心率 ϵ	8-163
5.5.4 功率消耗计算	8-164
5.6 供油系统设计及元件与润滑油的选择	8-164
5.6.1 供油方式、特点与应用	8-164
5.6.2 供油系统、特点与应用	8-165
5.6.3 元件的选择	8-165
5.6.4 润滑油的选择	8-165
5.7 液体静压轴承设计计算的一般步骤及举例	8-166
5.7.1 液体静压轴承系统设计计算的一般步骤	8-166
5.7.2 毛细管节流径向液体静压轴承设计举例	8-166
5.7.3 毛细管节流推力液体静压轴承设计举例	8-169
5.7.4 小孔节流径向液体静压轴承设计举例	8-171
5.7.5 薄膜反馈节流径向液体静压轴承设计举例	8-174
5.8 静压轴承的故障及消除的方法	8-177

第 6 章 气体润滑轴承

6.1 特点、分类与应用	8-178
6.2 气体动压轴承	8-182
6.2.1 气体动压径向轴承	8-182
6.2.2 气体动压推力轴承	8-183
6.2.3 气体动压组合型轴承	8-184

6.3 气体静压轴承	8-186
6.3.1 气体静压径向轴承	8-187
6.3.2 气体静压推力轴承	8-189
6.3.3 气体静压球面轴承	8-190
6.3.4 气源	8-191

第 7 章 箔片气体轴承

7.1 结构几何关系及其工作原理	8-195
7.2 薄片变形分析	8-196
7.3 边界条件及数值解法	8-197

第 8 章 流体动静压润滑轴承

8.1 工作原理及特性	8-200
8.2 动静压轴承的结构型式	8-200
8.3 动静压轴承设计的基本理论与数值方法	8-202
8.3.1 基本公式	8-202
8.3.2 雷诺方程	8-202
8.3.3 紊流模型	8-203
8.3.4 能量方程	8-204
8.3.5 边界条件处理	8-204
8.3.6 环面节流器边界条件	8-204
8.3.7 能量方程油腔边缘边界条件	8-205
8.3.8 其他边界条件	8-205
8.4 动静压轴承性能计算	8-205
8.4.1 静特性计算	8-205
8.4.2 动特性计算	8-207
8.4.3 动静压轴承性能计算程序	8-207
8.4.4 程序框图	8-207
8.5 动静压轴承设计实例	8-207
8.6 动静压轴承主要参数选择与确定	8-210
8.6.1 结构参数中的主要参数选择	8-210
8.6.2 运行参数中的主要参数选择	8-210

第 9 章 电磁轴承

9.1 静电轴承	8-214
9.1.1 静电轴承的基本原理	8-214
9.1.2 静电轴承的分类	8-214
9.1.3 静电轴承的常用材料与结构参数	8-214
9.1.4 静电轴承的设计与计算	8-215
9.1.5 应用举例——静电轴承陀螺仪	8-215
9.2 磁力轴承	8-216
9.2.1 磁力轴承的分类与应用	8-217

9.2.2 磁力轴承的性能计算	8-220
9.2.3 磁力轴承的材料	8-222

参考文献	8-223
------------	-------



第⑨篇 机架、箱体及导轨

第 1 章 机架结构设计基础

1.1 机架设计的一般要求	9-3
1.1.1 定义及分类	9-3
1.1.2 机架设计的一般要求和步骤	9-3
1.1.2.1 机架设计的准则和要求	9-3
1.1.2.2 机架设计的步骤	9-4
1.2 机架的常用材料及热处理	9-4
1.2.1 机架常用材料	9-4
1.2.2 机架的热处理	9-6
1.3 机架的截面形状、肋的布置及壁板上的孔	9-8
1.3.1 机架的截面形状	9-8
1.3.2 肋的布置	9-10
1.3.3 机架壁板上的孔	9-16
1.4 铸造金属机架的结构设计	9-20
1.4.1 铸造机架的壁厚及肋	9-20
1.4.1.1 最小壁厚	9-20
1.4.1.2 凸台及加强肋的尺寸	9-21
1.4.1.3 铸件壁的连接形式及尺寸	9-21
1.4.2 机架的连接结构设计	9-21
1.4.3 铸造机架结构设计的工艺性	9-23
1.4.3.1 铸件一般工艺性注意事项	9-23
1.4.3.2 铸造机架结构设计应注意的问题	9-24
1.4.4 铸造机架结构设计示例	9-26
1.4.4.1 机床大件结构设计	9-26
1.4.4.2 精密仪器机架结构设计	9-31
1.5 焊接机架	9-31
1.5.1 焊接机架的结构及其工艺性	9-31
1.5.1.1 典型机床的焊接床身结构及特点	9-32
1.5.1.2 焊接横梁结构	9-33
1.5.1.3 焊接机架的结构工艺性	9-33
1.5.2 机床焊接机架的壁厚及布肋	9-36
1.5.2.1 焊接机架壁厚的确定	9-36
1.5.2.2 焊接机架的布肋	9-36
1.5.3 改善机床结构阻尼比的措施	9-38
1.5.4 焊接机架结构示例	9-39
1.5.4.1 大型加工中心机床	9-39

1.5.4.2 刨、镗、铣床立柱结构	9-40
1.5.4.3 压力机焊接机架结构	9-41
1.6 非金属机架设计	9-44
1.6.1 钢筋混凝土机架	9-44
1.6.2 预应力钢筋混凝土机架	9-45
1.6.3 塑料壳体设计	9-47
1.6.3.1 塑料特性及选择	9-47
1.6.3.2 塑料壳体的结构设计	9-48
1.6.3.3 塑料制品的尺寸公差	9-51

第 2 章 机架的设计与计算

2.1 框架式及梁柱式机架的设计与常规计算	9-54
2.1.1 轧钢机机架的结构设计与常规计算	9-54
2.1.1.1 轧钢机机架的结构设计	9-54
2.1.1.2 轧钢机机架强度和刚度计算	9-57
2.1.2 液压机架的结构与设计计算	9-70
2.1.2.1 液压机架的结构设计	9-70
2.1.2.2 液压机架的计算	9-70
2.1.3 曲柄压力机机架的设计与常规计算	9-75
2.1.3.1 曲柄压力机闭式机架的常规计算	9-75
2.1.3.2 开式曲柄压力机机身的设计与计算	9-78
2.1.4 机床大件的设计与计算	9-81
2.1.4.1 机床大件刚度设计指标	9-81
2.1.4.2 普通车床床身的受力分析	9-84
2.1.4.3 卧式镗床立柱及床身受力分析	9-84
2.1.4.4 龙门式机床受力和变形分析	9-88
2.1.4.5 立式钻床、卧式铣床床身(立柱)受力及变形分析	9-90
2.1.4.6 机床热变形的形成及热变形计算	9-91
2.1.4.7 带有肋板框架的刚度计算	9-94
2.1.5 十字肋的刚度计算	9-96
2.2 稳定性计算	9-96
2.2.1 不作稳定性计算的条件	9-96
2.2.2 轴心受压构件的稳定性验算公式	9-96

2.2.3 结构件长细比的计算	9-97
2.2.4 结构件的计算长度	9-98
2.2.4.1 等截面柱	9-98
2.2.4.2 变截面受压构件	9-98
2.2.4.3 桁架构件的计算长度	9-100
2.2.4.4 特殊情况	9-101
2.2.5 偏心受压构件	9-102
2.2.6 板的局部稳定性计算	9-102
2.2.7 圆柱壳的局部稳定性计算	9-105
2.2.8 梁的局部稳定性	9-105

第 3 章 齿轮传动箱体的设计与计算

3.1 箱体结构设计概述	9-108
3.1.1 齿轮箱体结构的确定	9-108
3.1.2 齿轮箱体焊接结构	9-109
3.1.3 压力铸造传动箱体的结构设计	9-112
3.1.3.1 肋的设计	9-112
3.1.3.2 箱体上的通孔及紧固孔的设计	9-115
3.2 按刚度设计圆柱齿轮减速器箱座	9-116
3.2.1 剖分式齿轮减速器箱座的设计计算方法及步骤	9-117
3.2.2 齿轮箱体计算实例	9-119
3.3 机床主轴箱的刚度计算	9-123
3.3.1 箱体的刚度计算	9-123
3.3.2 车床主轴箱刚度计算示例	9-123
3.4 变速箱体上轴孔坐标计算	9-126
3.5 变速箱体的技术要求	9-128
3.5.1 各加工面的形状精度及表面结构中的粗糙度	9-128
3.5.2 各加工面的相互位置精度	9-128
3.5.3 有关铸造、焊接、热处理的要求	9-128
3.5.4 变速箱体零件工作图实例	9-129

第 4 章 机架与箱体的现代设计方法

4.1 机架的有限元分析	9-131
4.1.1 轧钢机机架的有限元分析	9-131
4.1.2 液压机横梁的有限元分析示例	9-132
4.1.3 开式机架的有限元分析	9-133
4.1.4 整体闭式机架有限元分析	9-134
4.2 机架与箱体的优化设计	9-137
4.2.1 优化设计数学模型的建立	9-137
4.2.2 热压机机架结构的优化设计	9-139
4.2.3 基于 ANSYS 的优化设计	9-141

4.2.3.1 ANSYS 优化设计的基本过程	9-141
4.2.3.2 基于 ANSYS 的减速器箱体的优化设计示例	9-142
4.2.4 机架的模糊优化方法	9-144
4.2.4.1 模糊有限元分析方法	9-144
4.2.4.2 三轴仿真转台框架结构的模糊有限元优化	9-145

第 5 章 导 轨

5.1 概述	9-148
5.1.1 导轨的类型及其特点	9-148
5.1.2 导轨的设计要求	9-148
5.1.3 导轨的设计程序及内容	9-148
5.1.4 精密导轨的设计原则	9-149
5.2 普通滑动导轨的结构设计	9-149
5.2.1 整体式滑动导轨	9-149
5.2.1.1 滑动导轨的截面形状	9-149
5.2.1.2 滑动导轨尺寸	9-151
5.2.1.3 导轨间隙调整装置	9-153
5.2.1.4 滑动导轨的卸荷装置	9-157
5.2.1.5 滑动导轨压强的计算	9-159
5.2.1.6 导轨材料与热处理	9-161
5.2.1.7 导轨的技术要求	9-162
5.2.2 塑料(贴塑式)导轨	9-164
5.2.2.1 塑料导轨的特点	9-164
5.2.2.2 塑料导轨的材料	9-164
5.2.2.3 填充气塑软带导轨典型制造工艺	9-166
5.2.2.4 软带导轨技术条件 (JB/T 7899—1999)	9-166
5.2.2.5 环氧涂层材料技术通则 (JB/T 3578—2007)	9-167
5.2.2.6 环氧涂层导轨通用技术条件 (JB/T 3579—2007)	9-168
5.2.2.7 通用塑料导轨材料的粘接	9-169
5.2.2.8 耐磨涂层的配方	9-169
5.3 流体静压导轨	9-169
5.3.1 液体静压导轨	9-169
5.3.1.1 液体静压导轨的类型和特点	9-169
5.3.1.2 液体静压导轨的基本结构形式	9-170
5.3.1.3 静压导轨的油腔结构	9-171
5.3.1.4 导轨的技术要求和材料	9-172
5.3.1.5 液体静压导轨的节流器、润滑油	

及供油装置	9-173	5.4.2.5 滚动直线导轨套副	9-207
5.3.1.6 静压导轨的加工和调整	9-173	5.4.2.6 滚动花键导轨副	9-214
5.3.1.7 液体静压导轨的计算	9-174	5.4.2.7 滚动轴承导轨	9-219
5.3.1.8 毛细管节流开式静压导轨的 计算	9-178	5.5 导轨设计实例	9-221
5.3.2 气体静压导轨	9-180	5.5.1 压力机导轨的形式和特点	9-221
5.3.2.1 气体静压导轨的类型与特点	9-180	5.5.2 导轨的尺寸和验算	9-222
5.3.2.2 气体静压导轨的结构设计	9-181	5.5.2.1 导轨长度	9-222
5.3.2.3 气体静压导轨的设计计算	9-182	5.5.2.2 导轨工作面宽度及其验算	9-222
5.4 滚动导轨	9-183	5.5.3 导轨材料的选择	9-222
5.4.1 滚动导轨的类型、特点及应用	9-183	5.5.4 导轨间隙的调整	9-223
5.4.2 滚动导轨的计算、结构与尺寸 系列	9-183	5.6 导轨的防护	9-223
5.4.2.1 滚动直线导轨的计算	9-183	5.6.1 导轨防护装置的类型及特点	9-223
5.4.2.2 滚动直线导轨副	9-188	5.6.2 导轨刮屑板	9-223
5.4.2.3 滚柱交叉导轨副	9-201	5.6.3 刚性伸缩式导轨防护罩	9-223
5.4.2.4 滚柱(滚针)导轨块	9-203	5.6.4 柔性伸缩式导轨防护罩	9-224
		参考文献	9-225



第10篇 弹 簧

第1章 弹簧的基本性能、类型及应用

1.1 弹簧的基本性能	10-3
1.2 弹簧的类型	10-3
1.3 弹簧的应用和标准化	10-10
1.3.1 弹簧的应用	10-10
1.3.2 弹簧的标准化	10-10

第2章 圆柱螺旋弹簧

2.1 圆柱螺旋弹簧的型式、代号及应用	10-15
2.2 弹簧的材料及许用应力	10-17
2.3 圆柱螺旋压缩弹簧	10-21
2.3.1 圆柱螺旋压缩弹簧基本计算公式	10-21
2.3.2 圆柱螺旋弹簧参数选择	10-22
2.3.3 圆柱螺旋压缩弹簧计算表	10-23
2.3.4 压缩弹簧端部型式与高度、总圈 数等的公式	10-31
2.3.5 螺旋弹簧的疲劳强度、稳定性及 共振	10-32
2.3.6 圆柱螺旋压缩弹簧设计计算示例	10-33
2.3.7 圆柱螺旋压缩弹簧的压力调整 结构	10-36
2.3.8 组合弹簧的设计计算	10-36
2.3.9 圆柱螺旋压缩弹簧的应用示例	10-38

2.4 圆柱螺旋拉伸弹簧	10-39
2.4.1 圆柱螺旋拉伸弹簧的设计计算	10-39
2.4.2 圆柱螺旋拉伸弹簧的设计示例	10-41
2.4.3 圆柱螺旋拉伸弹簧的端部结构	10-43
2.4.4 圆柱螺旋拉伸弹簧的尺寸和参数	10-45
2.4.5 圆柱螺旋拉伸弹簧的拉力调整 结构	10-47
2.5 圆柱螺旋扭转弹簧	10-48
2.5.1 圆柱螺旋扭转弹簧的基本几何 参数和特性	10-48
2.5.2 圆柱螺旋扭转弹簧的结构型式	10-48
2.5.3 圆柱螺旋扭转弹簧的设计计算	10-48
2.5.4 圆柱螺旋扭转弹簧的计算示例	10-49
2.5.5 圆柱螺旋扭转弹簧的结构及安装 示例	10-50
2.6 圆柱螺旋弹簧的技术要求	10-51
2.6.1 弹簧特性和尺寸的极限偏差	10-51
2.6.2 其他技术要求	10-54
2.7 矩形截面螺旋压缩弹簧	10-54

第3章 非线性特性线螺旋弹簧

3.1 截锥螺旋压缩弹簧	10-58
3.1.1 截锥螺旋压缩弹簧的结构特性及 分类	10-58
3.1.2 截锥螺旋压缩弹簧的计算	10-58

3.1.3	截锥螺旋弹簧的计算示例	10-60
3.1.4	截锥螺旋压缩弹簧的应用示例	10-61
3.2	蜗卷螺旋弹簧	10-61
3.2.1	蜗卷螺旋弹簧的特性曲线	10-61
3.2.2	蜗卷螺旋弹簧的材料及许用应力	10-62
3.2.3	蜗卷螺旋弹簧的计算	10-62
3.2.4	蜗卷螺旋弹簧的计算示例	10-63

第 4 章 多股螺旋弹簧

4.1	多股螺旋弹簧的结构、特性及用途	10-67
4.2	多股螺旋弹簧的材料及许用应力	10-68
4.3	多股螺旋弹簧的参数选择	10-68
4.4	多股螺旋弹簧的设计计算	10-69
4.5	多股螺旋弹簧的几何尺寸计算	10-70

第 5 章 碟形弹簧

5.1	碟形弹簧的类型、结构及特点	10-72
5.2	碟形弹簧的计算	10-75
5.2.1	单片碟形弹簧的特性曲线	10-75
5.2.2	单片碟形弹簧的计算公式	10-75
5.2.3	组合碟形弹簧的计算公式	10-76
5.3	碟形弹簧的应力计算	10-77
5.4	其他类型碟形弹簧	10-80
5.5	碟形弹簧应用示例	10-82
5.6	膜片碟簧	10-82

第 6 章 环形弹簧

6.1	环形弹簧的结构和特性	10-85
6.2	环形弹簧的材料及许用应力	10-86
6.3	环形弹簧的设计计算	10-86
6.4	环形弹簧应用示例	10-89

第 7 章 片弹簧及线弹簧

7.1	片弹簧	10-90
7.1.1	片弹簧的结构及用途	10-90
7.1.2	片弹簧的材料及其许用应力	10-90
7.1.3	片弹簧的设计计算	10-91
7.1.4	片弹簧的技术要求	10-93
7.1.5	片弹簧的应用示例	10-93
7.2	线弹簧	10-94
7.3	设计计算示例	10-95

第 8 章 板 弹 簧

8.1	板弹簧的类型和用途	10-97
8.2	板弹簧的结构	10-98
8.2.1	弹簧钢板的截面形状	10-98
8.2.2	主板的端部结构	10-98
8.2.3	副板的端部结构	10-99
8.2.4	板弹簧的固定结构	10-99
8.3	板弹簧的材料及许用应力	10-101
8.4	板弹簧设计与计算	10-102
8.4.1	单板弹簧的计算	10-102
8.4.2	多板弹簧的计算	10-102
8.4.3	变刚度和变截面板弹簧的计算	10-105
8.5	板弹簧的技术要求	10-106
8.6	疲劳试验	10-106
8.7	板弹簧的计算及应用示例	10-107

第 9 章 发条弹簧

9.1	发条弹簧的类型、结构及应用	10-114
9.2	螺旋形发条弹簧	10-115
9.2.1	发条弹簧的工作特性	10-115
9.2.2	发条弹簧的计算公式	10-116
9.2.3	发条弹簧的材料	10-117
9.2.4	发条弹簧设计参数的选取	10-117
9.2.5	螺旋形发条弹簧的计算示例	10-118
9.2.6	带盒螺旋形发条弹簧典型结构及应用	10-119
9.3	S形发条弹簧	10-119

第 10 章 扭杆弹簧

10.1	扭杆弹簧的结构、类型及应用	10-122
10.2	扭杆弹簧的材料和许用应力	10-122
10.3	扭杆弹簧的计算公式	10-123
10.4	扭杆弹簧的端部结构和有效工作长度	10-125
10.5	扭杆弹簧的技术要求	10-126
10.6	扭杆弹簧的计算示例	10-126
10.7	扭杆弹簧的应用示例	10-126

第 11 章 弹簧的热处理、强化处理和表面处理

11.1	弹簧的热处理	10-128
11.1.1	弹簧热处理的目的、方法和要求	10-128