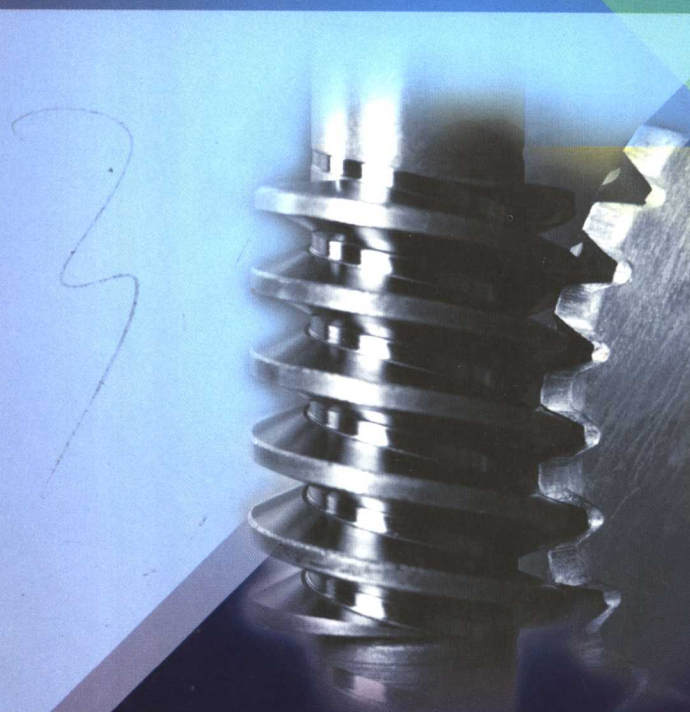


高等院校十五机械类统编教材

# 机械设计

主 编 杨世明

副主编 腾献银 赵镇宏 段 巍



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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



高等院校十一五机械类统编教材

# 机械设计

杨世明 主 编  
腾献银 赵镇宏 段巍 副主编

电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是根据国家教育委员会颁发的“机械设计课程教学基本要求”(1995年修订版),结合作者多年教学经验编写而成的。全书共分5篇:第1篇机械设计总论(第1章~第4章),第2篇联接(第5章~第7章),第3篇机械传动(第8章~第13章),第4篇轴、轴承、联轴器和离合器(第14章~第17章),第5篇弹簧、机架和密封(第18章~第20章)。

本书可作为机械工程类专业“机械设计”课程的教材,也可供工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械设计 / 杨世明主编. —北京:电子工业出版社, 2007.3

高等院校十一五机械类统编教材

ISBN 978-7-121-03707-8

I. 机… II. 杨… 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(2006)第161026号

责任编辑:李洁 特约编辑:孙志明

印刷:北京京科印刷有限公司

装订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开本:787×1092 1/16 印张:24.25 字数:616千字

印次:2007年3月第1次印刷

印数:5000册 定价:29.80元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010)68279077;邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

# 《高等院校十一五机械类统编教材》

## 编委会名单

顾 问：范顺成

主 任：张明路

副主任（按姓氏笔画）：金国光      赵新华      钱东平  
   唐贵基      路春光

委 员（按姓氏笔画）：马跃进      王怀明      尹明富  
   关玉明      刘恩福      范孝良  
   杨传民      段星光      徐安平

# 出版说明

“工欲善其事，必先利其器”。教材建设是高等学校提高教学质量的重要环节，也是一项具有战略性的基本建设。近几年来，我国各高等学校实施了一系列面向 21 世纪教学改革计划，在教学内容和课程体系改革上取得了丰硕的成果，因此，需要适时地将教改成果转化为教材出版，以促进教改成果的实施和推广。

电子工业出版社作为国家级科技与教育出版社，始终关注着我国高等工程教育的改革和发展方向，始终把出版适应我国高等学校发展要求的高质量精品教材放在重要位置。多年来，我社出版了一系列特色鲜明的教材，为我国的高等教育做出了一定的贡献。随着科学技术的发展，学科领域相互渗透、融合，为适应这一特点，我社努力拓展出版领域，并希望通过出版多学科、多领域所需的高质量教材，进一步提升出版质量，更好地为培养高素质人才服务。

迄今为止，高等工程教育已培养了数百万工程专门人才，为社会、经济和科技的发展做出了巨大贡献。但 IMD1998 年的调查显示，我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标世界排名第 36 位，与我国科技人员的总数和制造业地位形成明显反差。这表明适于工程一线的应用型技术人才供给不足。

基于上述考虑，经过一年多的调研，并征求多方意见，根据国内高等院校机电类专业的发展现状，我社组织编写了《高等院校十一五机械类统编教材》，教材定位于地方工科高校，以应用型、研究应用型人才培养为主，以适应经济、社会发展对工程教育的新要求，满足“厚基础、强能力、高素质”的工程应用型本科人才培养的需要。

与以往出版的同类教材相比，这套教材具有以下特点。

(1) 专业特色鲜明：以地方工科院校本科机电类的专业课程教材为主线，兼顾其他相关选修专业课程。

(2) 突出系统性：本套规划教材覆盖了本科机电类专业的基础课、专业方向课及专业选修课，形成了一个完整的教材系列。同时，注意教材之间内容的合理划分与衔接，层次分明，重点突出，各高校可以根据需要组合选用。

(3) 体系、内容新颖：整个知识结构建立在“高”、“新”平台上。基本理论阐述精练，深入浅出，便于自学；注意吸收新理论、新技术成果在人才培养中的作用；加强实践性与应用性，结合实例进行讲解。

(4) 配套教学支持：多数教材配有教学课件（电子教案），部分重要课程配套出版了教学辅导书或实验教材。

为做好本套教材的出版工作，本丛书成立教材编委会，并聘请了多位高等工程教育、学科领域的著名专家、教授作为教材顾问，从根本上保证了本系列教材的高质量。在此，对他们的辛勤工作也表示衷心的感谢。

今后，我社将进一步加强与各高校教师的密切联系和合作，广泛听取一线教师对教材的反馈意见和建议，以便使我们的教材出版工作做得更好。

电子工业出版社  
2006 年 7 月

# 前 言

本书是根据国家教育委员会颁发的“机械设计课程教学基本要求”(1995年修订版)和高等院校机械类本科毕业生应具备的机械设计知识和能力的认识,以及作者的教学经验编写而成的。

教材内容要系统,有一定的裕度,覆盖面要比较宽,这样有利于学生形成较宽的知识面,便于根据教学需要进行取舍和因材施教,也有利于有兴趣的学生自学。所以本教材包含范围较广,但考虑到授课时数和各校教学实际情况,对于难度较大、实际应用较少的内容进行了适当的删减。考虑到机械设计的内涵,将机械设计概论分为两章,即机器设计概论和机械零件设计概论,这样处理可能更便于学生理解机械设计研究的内容。为了提高教材的实用性,机械零件设计内容尽可能与机械设计手册相关内容吻合,使用了一些实物照片,书后附录摘录了本课程作业要用到的一些国家标准等。

本书由杨世明主编,腾献银、赵镇宏和段巍副主编,天津大学陈树昌教授主审。参加本书编写的有腾献银(第5章、第6章和第7章),赵镇宏(第8章、第9章、第10章和第13章),张付英(第12章、第18章和第19章),陈立新(第14章),段巍(第15章和第16章),霍娟(第17章),杨世明(第1章、第2章、第3章、第4章、第11章、第20章及附录)。

由于时间和作者水平的原因,书中难免有不当或错误之处,希望使用本教材的读者提出宝贵意见。

编 者  
2006年8月

# 目 录

## 第 1 篇 机械设计总论

第 1 章 绪论	(2)
1.1 机器的组成	(2)
1.2 本课程的研究内容、性质和任务	(4)
1.3 本课程的特点和学习方法	(5)
1.4 单位	(5)
思考题 1	(6)
第 2 章 机器设计概论	(7)
2.1 设计的概念	(7)
2.2 设计机器的原则	(7)
2.3 机器设计的过程	(9)
2.3.1 概念设计	(9)
2.3.2 机器设计的一般过程	(10)
2.4 技术、经济评价	(10)
2.5 机械设计师的社会责任	(11)
2.6 机械设计的特点	(11)
2.6.1 机械设计是一项不断构思、分析评价、选择、反馈的过程	(11)
2.6.2 与设计制造周期和经济性密切相关	(11)
2.6.3 要考虑机电一体化	(12)
2.6.4 CAD 已渗透到机械设计的许多方面	(13)
2.6.5 多解和优化	(14)
思考题 2	(14)
第 3 章 机械零件设计概论	(15)
3.1 设计机械零件的原则	(15)
3.2 机械零件的载荷与应力	(16)
3.2.1 载荷	(16)
3.2.2 应力	(17)
3.3 机械零件的常见失效和计算准则	(19)
3.3.1 机械零件的常见失效	(19)
3.3.2 机械零件的工作能力和计算准则	(20)
3.4 机械零件常用的材料及其选择原则	(28)

3.4.1	机械零件常用的材料	(28)
3.4.2	机械零件材料的选择原则	(29)
3.5	提高机械零件疲劳强度的措施	(30)
3.6	机械零件的结构工艺性和标准化	(31)
3.6.1	机械零件的结构工艺性	(31)
3.6.2	机械零件的标准化	(35)
3.7	机械设计工具书介绍	(35)
3.8	机械零件设计方法的新发展	(35)
3.8.1	有限元设计	(35)
3.8.2	最优化设计	(37)
3.8.3	摩擦学设计	(38)
3.8.4	机械可靠性设计(机械概率设计)	(38)
	思考题 3	(40)
<b>第 4 章</b>	<b>机械中的摩擦、磨损和润滑概论</b>	<b>(41)</b>
4.1	机械中的摩擦	(41)
4.1.1	摩擦及其分类	(41)
4.1.2	影响摩擦的主要因素	(43)
4.2	磨损	(45)
4.2.1	磨损及其分类	(45)
4.2.2	提高机械零件耐磨性的主要措施	(47)
4.3	润滑和润滑剂	(48)
4.3.1	润滑和润滑剂	(48)
4.3.2	润滑方法及装置	(53)
4.4	流体动力润滑原理介绍	(56)
	思考题 4	(56)

## 第 2 篇 联 接

<b>第 5 章</b>	<b>螺纹联接</b>	<b>(58)</b>
5.1	螺纹及螺纹联接的基本知识	(58)
5.1.1	螺纹的类型	(58)
5.1.2	螺纹的参数	(59)
5.1.3	螺纹联接的类型	(60)
5.1.4	螺纹公差和精度	(61)
5.1.5	螺纹联接件的性能等级和材料	(61)
5.2	螺栓组联接的结构设计	(62)
5.3	螺纹联接的预紧和防松	(63)
5.3.1	螺纹联接的预紧和预紧力	(63)



5.3.2	拧紧力矩	(63)
5.3.3	螺纹连接的防松	(64)
5.4	单个螺栓连接的强度计算	(66)
5.4.1	受拉螺栓连接	(66)
5.4.2	受剪螺栓连接	(70)
5.4.3	许用应力	(71)
5.5	螺栓组连接的受力分析	(72)
5.5.1	受横向力 $F_R$ 的螺栓组连接	(72)
5.5.2	受轴向力 $F_Q$ 的螺栓组连接	(73)
5.5.3	受翻转力矩 $M$ 的螺栓组连接	(73)
5.5.4	受旋转力矩 $T$ 的螺栓组连接	(74)
5.5.5	受复合载荷的螺栓组连接	(75)
5.6	提高螺栓连接强度的措施	(75)
5.6.1	减小附加应力	(75)
5.6.2	改善螺纹牙受力	(76)
5.6.3	降低应力幅	(77)
5.6.4	减轻应力集中	(78)
	思考题 5	(81)
<b>第 6 章</b>	<b>键、花键、销联接和无键联接</b>	<b>(83)</b>
6.1	键联接	(83)
6.1.1	平键联接	(83)
6.1.2	半圆键联接	(84)
6.1.3	楔键联接	(85)
6.1.4	切向键联接	(85)
6.1.5	键的选择和强度计算	(86)
6.2	花键联接	(88)
6.2.1	花键联接特点、类型和应用	(88)
6.2.2	花键联接的设计计算	(89)
6.3	无键联接	(90)
6.3.1	型面联接	(91)
6.3.2	胀紧联接	(91)
6.4	销联接	(92)
6.5	过盈联接	(93)
6.5.1	过盈联接的特点及应用	(93)
6.5.2	过盈联接的工作原理与装配方法	(93)
6.5.3	圆柱面过盈联接设计简介	(93)
	思考题 6	(94)

<b>第 7 章 焊接、胶接和铆接</b> .....	(96)
7.1 焊接 .....	(96)
7.1.1 电弧焊缝 .....	(96)
7.1.2 焊缝的强度计算 .....	(98)
7.1.3 焊接件的工艺及设计注意要点 .....	(100)
7.2 胶结 .....	(101)
7.2.1 胶结的特点及其应用 .....	(101)
7.2.2 胶结的基本工艺 .....	(101)
7.2.3 胶结剂 .....	(101)
7.3 铆接 .....	(102)
思考题 7 .....	(103)

## 第 3 篇 机械传动

<b>第 8 章 带传动</b> .....	(106)
8.1 引言 .....	(106)
8.1.1 带传动的特点 .....	(106)
8.1.2 带传动的类型 .....	(107)
8.1.3 带传动的应用 .....	(108)
8.2 常用 V 带的类型、特点和带轮 .....	(108)
8.2.1 普通 V 带和窄 V 带 .....	(108)
8.2.2 V 带轮 .....	(110)
8.3 带传动的理论分析 .....	(113)
8.3.1 带传动的受力分析 .....	(113)
8.3.2 带的应力分析 .....	(116)
8.3.3 带传动的弹性滑动和打滑 .....	(117)
8.4 带传动的失效和单根 V 带基本额定功率 .....	(119)
8.4.1 带传动的失效和设计准则 .....	(119)
8.4.2 单根 V 带基本额定功率 .....	(119)
8.5 V 带传动的设计计算 .....	(123)
8.6 带传动的张紧和张紧装置 .....	(130)
8.7 同步带传动简介 .....	(131)
思考题 8 .....	(132)
<b>第 9 章 链传动</b> .....	(134)
9.1 引言 .....	(134)
9.2 传动链和链轮 .....	(134)
9.2.1 传动链 .....	(134)
9.2.2 滚子链链轮 .....	(137)

9.3	链传动的多边形效应（链传动的运动分析）	(139)
9.3.1	链传动的运动不均匀性	(139)
9.3.2	链传动的动载荷	(141)
9.3.3	链传动的受力分析	(142)
9.4	链传动失效形式、设计准则和参数设计	(143)
9.4.1	链传动的失效和设计准则	(143)
9.4.2	滚子链传动的一般设计计算内容和应注意的问题	(146)
9.4.3	利用机械设计手册进行链传动参数设计简介	(147)
9.5	链传动的布置、张紧和润滑	(147)
9.5.1	链传动的合理布置	(147)
9.5.2	链传动的张紧	(148)
9.5.3	链传动的润滑	(148)
	思考题 9	(149)
<b>第 10 章</b>	<b>齿轮传动</b>	<b>(151)</b>
10.1	引言	(151)
10.2	齿轮传动的失效和设计准则	(151)
10.2.1	齿轮传动的失效和原因	(151)
10.2.2	设计准则	(154)
10.3	齿轮的材料和热处理	(155)
10.3.1	齿轮的材料	(155)
10.3.2	齿轮热处理	(157)
10.3.3	许用应力	(157)
10.4	齿轮传动的受力分析和载荷计算	(163)
10.4.1	直齿圆柱齿轮传动的受力分析	(163)
10.4.2	斜齿圆柱齿轮传动的受力分析	(164)
10.4.3	直齿圆锥齿轮传动的受力分析	(165)
10.4.4	载荷计算	(167)
10.5	直齿圆柱齿轮传动的参数设计和强度计算	(173)
10.5.1	齿面接触疲劳强度计算	(173)
10.5.2	直齿圆柱齿轮的弯曲疲劳强度计算	(177)
10.6	斜齿圆柱齿轮传动的参数设计和强度计算	(183)
10.6.1	齿面接触疲劳强度计算	(183)
10.6.2	齿根弯曲疲劳强度计算	(184)
10.7	直齿圆锥齿轮传动的参数设计和强度计算	(188)
10.7.1	齿面接触疲劳强度计算	(188)
10.7.2	齿根弯曲疲劳强度计算	(189)
10.8	齿轮的结构	(189)

10.9	齿轮传动的润滑和效率	(192)
10.9.1	齿轮传动的效率	(192)
10.9.2	齿轮传动的润滑方式	(193)
10.9.3	润滑剂的选择	(194)
10.10	圆弧齿轮传动简介	(194)
	思考题 10	(195)
<b>第 11 章</b>	<b>蜗杆传动</b>	<b>(198)</b>
11.1	引言	(198)
11.1.1	蜗杆传动的特点	(198)
11.1.2	蜗杆传动的应用	(199)
11.1.3	蜗杆传动的类型	(199)
11.2	普通圆柱蜗杆传动的主要参数及几何尺寸	(201)
11.2.1	普通圆柱蜗杆传动的主要参数	(201)
11.2.2	普通圆柱蜗杆传动的几何尺寸计算	(205)
11.3	蜗杆传动的失效和材料的选择	(206)
11.3.1	失效形式	(206)
11.3.2	材料选择	(206)
11.3.3	计算准则	(207)
11.4	普通圆柱蜗杆传动的设计计算	(207)
11.4.1	蜗杆传动的受力分析	(207)
11.4.2	普通圆柱蜗杆传动的强度计算	(208)
11.4.3	蜗杆、蜗轮和蜗杆传动的精度	(210)
11.5	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(211)
11.5.1	蜗杆传动的齿面滑动速度 $v_s$	(211)
11.5.2	蜗杆传动的效率	(212)
11.5.3	蜗杆传动的润滑	(213)
11.5.4	蜗杆传动的热平衡计算	(214)
11.6	蜗杆、蜗轮的结构	(215)
	思考题 11	(222)
<b>第 12 章</b>	<b>减速器和变速器</b>	<b>(223)</b>
12.1	减速器	(223)
12.2	变速器	(225)
<b>第 13 章</b>	<b>螺旋传动</b>	<b>(228)</b>
13.1	引言	(228)
13.2	滑动螺旋传动	(229)
13.2.1	滑动螺旋的结构	(229)

13.2.2	滑动螺旋传动的失效形式和常用材料	(230)
13.2.3	滑动螺旋传动的设计计算	(231)
13.3	滚动螺旋传动	(234)
13.3.1	工作原理	(234)
13.3.2	结构类型及特点	(234)
13.3.3	滚动螺旋副的选用	(235)
13.4	静压螺旋传动简介	(235)
	思考题 13	(236)

## 第 4 篇 轴、轴承、联轴器和离合器等

第 14 章	轴	(238)
14.1	引言	(238)
14.1.1	轴的分类	(238)
14.1.2	轴的设计要求	(240)
14.1.3	轴的一般设计步骤	(240)
14.2	轴的材料和热处理	(240)
14.3	轴的结构设计	(242)
14.3.1	轴系装配方案的制订	(242)
14.3.2	轴上零件的轴向定位	(243)
14.3.3	轴上零件周向定位	(245)
14.3.4	轴的结构工艺性	(245)
14.3.5	提高轴的强度和刚度的措施	(246)
14.4	轴的工作能力计算	(247)
14.4.1	轴的强度计算	(247)
14.4.2	轴的刚度计算	(252)
14.4.3	轴的共振和避免共振的措施	(253)
	思考题 14	(254)
第 15 章	滚动轴承	(258)
15.1	引言	(258)
15.1.1	滚动轴承的结构	(258)
15.1.2	滚动轴承的分类	(259)
15.1.3	滚动轴承的材料及特点	(261)
15.2	滚动轴承的代号及类型选择	(262)
15.2.1	滚动轴承的代号	(262)
15.2.2	滚动轴承的类型选择	(264)
15.3	滚动轴承的受载情况和失效	(264)
15.3.1	滚动轴承中的载荷分布	(264)

15.3.2	滚动轴承零件的应力情况	(266)
15.3.3	滚动轴承的失效和计算准则	(266)
15.4	滚动轴承的寿命计算	(267)
15.4.1	基本额定寿命和基本额定动载荷	(267)
15.4.2	当量动载荷	(268)
15.4.3	寿命计算	(270)
15.4.4	修正额定寿命计算	(271)
15.4.5	角接触轴承的轴向力	(272)
15.5	滚动轴承的静强度计算	(278)
15.5.1	基本额定静载荷	(278)
15.5.2	当量静载荷	(278)
15.5.3	滚动轴承静强度公式	(279)
15.6	滚动轴承轴系的组合设计	(279)
15.6.1	滚动轴承轴系的轴向位置固定	(279)
15.6.2	滚动轴承的轴向定位	(281)
15.6.3	轴承间隙及轴系的轴向位置调整	(282)
15.6.4	滚动轴承的配合	(284)
15.6.5	滚动轴承的拆装	(284)
15.6.6	滚动轴承的润滑	(286)
15.6.7	滚动轴承的密封装置	(286)
15.7	直线运动轴承简介	(288)
	思考题 15	(288)
<b>第 16 章</b>	<b>滑动轴承</b>	<b>(290)</b>
16.1	引言	(290)
16.2	滑动轴承的结构	(290)
16.2.1	径向滑动轴承的结构	(290)
16.2.2	止推滑动轴承的结构	(292)
16.3	轴瓦材料和结构	(293)
16.3.1	轴瓦材料	(293)
16.3.2	轴瓦的结构	(295)
16.4	非液体摩擦滑动轴承的设计	(297)
16.4.1	失效和设计准则	(297)
16.4.2	设计步骤	(298)
16.5	液体摩擦动压径向滑动轴承的设计	(300)
16.5.1	形成动压油膜的条件和雷诺方程	(301)
16.5.2	液体摩擦动压径向滑动轴承的工作过程	(303)
16.5.3	径向滑动轴承的承载能力及最小油膜厚度	(303)

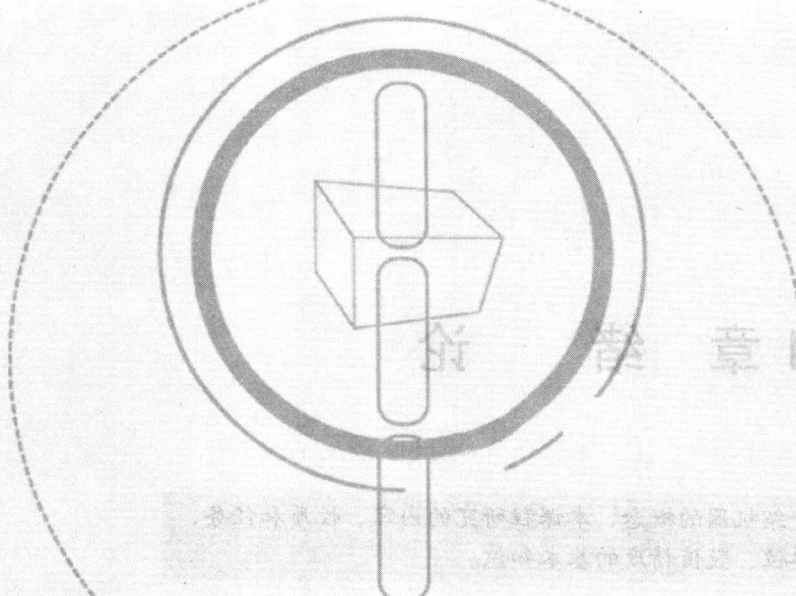
16.5.4	滑动轴承的热平衡计算	(306)
16.5.5	滑动轴承主要参数及其选择	(308)
16.5.6	静压滑动轴承简介	(311)
思考题 16		(312)
<b>第 17 章</b>	<b>联轴器、离合器和制动器</b>	(313)
17.1	引言	(313)
17.2	联轴器	(313)
17.2.1	联轴器的分类	(313)
17.2.2	联轴器的标记	(321)
17.2.3	联轴器的选择	(322)
17.3	离合器	(323)
17.3.1	离合器的分类	(324)
17.3.2	离合器的选用	(327)
17.4	制动器	(328)
17.4.1	制动器的组成及其分类	(328)
17.4.2	常用制动器的特点及其应用	(328)
思考题 17		(330)

## 第 5 篇 弹簧、机架和密封

<b>第 18 章</b>	<b>弹簧</b>	(332)
18.1	弹簧的应用与分类	(332)
18.2	弹簧的材料、许用应力及制造	(334)
18.2.1	弹簧的材料及许用应力	(334)
18.2.2	弹簧的结构形式	(336)
18.2.3	弹簧的制造	(337)
18.3	圆柱形压缩(拉伸)螺旋弹簧的设计计算	(338)
18.3.1	弹簧的几何参数计算	(338)
18.3.2	弹簧的特性线	(340)
18.3.3	圆截面圆柱螺旋弹簧的计算	(341)
18.3.4	圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计	(345)
思考题 18		(347)
<b>第 19 章</b>	<b>机架</b>	(348)
19.1	引言	(348)
19.1.1	机架的分类	(348)
19.1.2	机架的设计原则	(349)
19.2	截面形状、壁厚和强度、刚度及稳定性计算	(350)
19.2.1	截面形状的合理选择	(350)

19.2.2 壁厚的选择 .....	(350)
19.2.3 强度、刚度和稳定性计算 .....	(351)
19.3 典型机架结构 .....	(351)
19.3.1 铸造箱壳式机架 .....	(352)
19.3.2 焊接箱壳式机架 .....	(352)
<b>第 20 章 密封简介 .....</b>	<b>(353)</b>
20.1 引言 .....	(353)
20.2 静密封 .....	(353)
20.3 动密封 .....	(353)
思考题 20 .....	(356)
<b>附录 .....</b>	<b>(357)</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>(368)</b>





第 1 章

# 第 1 篇

## 机械设计总论

本篇论述机器和机械零件设计的基础性问题。

本书是机械工业出版社出版的一本关于机械设计的教材。本书共分两篇，第一篇为总论，第二篇为零件设计。本篇主要介绍机械设计的一般原则、方法和步骤，以及机械零件设计的基本要求。本书可作为高等院校机械类专业及相关专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献和资料，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校机械类专业及相关专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书共分两篇，第一篇为总论，第二篇为零件设计。本篇主要介绍机械设计的一般原则、方法和步骤，以及机械零件设计的基本要求。本书可作为高等院校机械类专业及相关专业的教材，也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

机械工业出版社 1.1

机械工业出版社 (北京) 机械工业出版社 (北京) 机械工业出版社 (北京) 机械工业出版社 (北京)