



北京市高等教育精品教材立项项目



普通高等院校基础力学系列教材

# 工程力学 (第2版)

范钦珊 主编

唐静静 刘荣梅 范钦珊 编著

清华大学出版社

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



北京市高等教育精品教材立项项目



普通高等院校基础力学系列教材

# 工程力学

(第2版)

范钦珊 主编  
唐静静 刘荣梅 范钦珊 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

根据教育部高等学校力学基础课程教学指导委员会 2009 年制订的“理论力学课程教学基本要求”和“材料力学课程教学基本要求”以及广大读者的意见,本书第 2 版在内容与体系方面作了如下调整:

(1) 引入大量工程实例,突出从“工程构件与结构”到“力学模型”的理论分析的基础;以及从“力学模型”与理论分析成果到解决“工程实际问题”的基本思路。(2) 新增“简单的静不定问题”一章,将原来分散在各章的静不定问题都归纳到这一章里。(3) 更新了部分例题和习题。(4) 彩色版全部采用彩色图形和图片,同时出黑白版。

全书除课程概论外,分为 3 篇,共 13 章。第一篇为静力学,包括:静力学的基本概念与物体受力分析、力系的等效与简化、力系的平衡条件与平衡方程共 3 章。第二篇为材料力学,包括:材料力学概述、杆件的内力分析与内力图、拉压杆件的应力变形分析与强度设计、圆轴扭转时的应力变形分析以及强度和刚度设计、弯曲强度问题、弯曲刚度问题、应力状态与强度理论及其工程应用、压杆的稳定性分析与稳定性设计共 8 章。第三篇为专题概述,包括:简单的静不定问题、动载荷与疲劳强度概述共 2 章。所需学时约为 66~76。

与本书配套的立体化教材有学生用的学习指导用书,教师用的电子助教。全套教材可供高等院校理工科各专业工程力学课程使用。

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

工程力学/范钦珊主编. --2 版. --北京:清华大学出版社,2012.9

(普通高等院校基础力学系列教材)

ISBN 978-7-302-30013-7

I. ①工… II. ①范… III. ①工程力学 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 211243 号

责任编辑:佟丽霞

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:何 芊

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:21.25 字 数:505 千字

版 次:2005 年 8 月第 1 版 2012 年 9 月第 2 版 印 次:2012 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~6000

定 价:32.00 元

产品编号:047988-01

普通高等院校基础力学系列教材

## 编委会名单

主 任：范钦珊

编 委：王焕定      王 琪      刘 燕

祁 皓      殷雅俊

本书自2005年出版以来已经经历了6个年头,这期间很多高校都选用它作为“工程力学”课程教材。著者藉本书再版之际感谢教学第一线的老师和同学以及业余读者对本书的厚爱。

最近几年,著者一方面在教学第一线从事本科生教学工作;另一方面,藉到全国各地讲学之机,对我国高等学校“工程力学”的教学状况和对“工程力学”教材的需求进行了大量调研,征求了全国很多高校从事基础力学教学工作的老师,和学习“工程力学”课程的同学,关于“工程力学”教材使用和修改的意见。

大家一致认为,我们编写新时期“工程力学”教材的指导思想是正确的,这就是:在面向21世纪课程教学内容与体系改革的基础上,进一步对教学内容加以精选,下大力气压缩教材篇幅,同时进行包括主教材、教学参考书——教师用书和学生用书、电子教材——电子教案与电子书等在内的教学资源一体化的设计,努力为教学第一线的老师和同学提供高水平、全方位的服务。

新世纪中新事物层出不穷,没有也不应该有一成不变的教材,我们将努力跟上时代的步伐,以不断提高“工程力学”课程教学质量为己任,不断地从理念、内容、方法与技术等方面对“工程力学”教材加以修订,使之日臻完善。

根据教育部高等学校力学基础课程教学指导委员会2009年制订的“理论力学课程教学基本要求”和“材料力学课程教学基本要求”,以及广大读者的意见,本书第2版在内容与体系方面作了如下调整:

(1) 引入大量工程实例,突出从“工程构件与结构”到“力学模型”和相应的力学分析;以及从“力学模型”与理论分析成果到解决“工程实际问题”的基本思路。力图在提高读者学习“工程力学”的兴趣的同时,提高读者的工程意识与解决实际问题的能力。

(2) 新增“简单的静不定问题”一章,将原来分散在各章的静不定问题都归纳到这一章里。

(3) 更新了部分例题和习题。

第2版除课程概论外,分为三篇,共3章。第一篇为静力学,包括:静力学的基本概念与物体受力分析、力系的等效与简化、力系的平衡条件与平衡方程共3章。第二篇为材料力学,包括:材料力学概述、杆件的内力分析与内力图、拉压杆件的应力变形分析与强度设计、圆轴扭转时的应力变形分析以及强度和刚度设计、弯曲强度问题、弯曲刚度问题、应力状态与强度理论及其工程应用、压杆的稳定性分析与稳定性设计共8章。第三篇为专题概述,包

括:简单的静不定问题、动载荷与疲劳强度概述共2章。所需学时约为66~76。本书由范钦珊主编,唐静静、刘荣梅、范钦珊编著,唐静静和刘荣梅分别是2006年和2004年全国青年力学教师讲课竞赛特等奖获得者,两位年轻老师的加盟,一方面有利于在新版教材中反映教学第一线的要求与教学改革成果;另一方面也有利于保持教材建设的连续性。

本书初稿是著者2010年6—8月间在加拿大多伦多休假期间完成的。衷心感谢旅居加拿大的赵渊先生和范心明女士为著者提供的良好的工作环境与生活条件。

衷心希望关爱本书的广大读者继续对本书的不足之处提出宝贵意见。

范钦珊

2011年1月11日 于南京

普通高等院校基础力学系列教材包括“理论力学”、“材料力学”、“结构力学”、“工程力学(静力学+材料力学)”。这套教材是根据我国高等教育改革的形势和教学第一线的实际需求,由清华大学出版社组织编写的。

从2002年秋季学期开始,全国普通高等学校新一轮培养计划进入实施阶段。新一轮培养计划的特点是:加强素质教育、培养创新精神。根据新一轮培养计划,课程的教学总学时数大幅度减少,学生自主学习空间将进一步增大。相应地,课程的教学时数都要压缩,基础力学课程也不例外。

怎样在有限的教学时数内,使学生既能掌握力学的基本知识,又能了解一些力学的最新进展;既能培养和提高学生学习力学的能力,又能加强学生的工程概念?这是很多力学教育工作者所共同关心的问题。

现有的基础力学教材大部分都是根据在比较多的学时内进行教学而编写的,因而篇幅都比较大。教学第一线迫切需要适用于学时压缩后教学要求的小篇幅的教材。

根据“有所为、有所不为”的原则,这套教材更注重基本概念,尽量避免冗长的理论推导与繁琐的数学运算。这样做不仅可以满足一些专业对于力学基础知识的要求,而且可以切实保证教育部颁布的基础力学课程教学基本要求的教学质量。

为了让学生更快地掌握最基本的知识,本套教材一方面在叙述概念、原理时提出问题、分析问题和解决问题的角度作了比较详尽的论述与讨论;另一方面通过较多的例题分析,特别是新增加的关于一些重要概念的例题分析帮助读者加深对基本内容的了解和掌握。

此外,为了帮助学生学习 and 加深理解以及方便教师备课和授课,与每门课程主教材配套出版了学习指导、教师用书(习题详细解答)和供课堂教学使用的电子教案。

本套教材内容的选取以教育部颁布的相关课程的“教学基本要求”为依据,同时根据各院校的具体情况,作了灵活的安排,绝大部分为必修内容,少部分为选修内容。

范钦珊

2005年7月于清华大学

## 第1版前言

本书是为满足教学第一线的需要而编写的,其内容涵盖了“理论力学”中的“静力学”和“材料力学”中的大部分内容,适用于高等院校中少学时工程力学课程教学。

在面向 21 世纪基础力学课程教学内容与课程体系改革成果的基础上,笔者进一步对工程力学课程的教学内容、课程体系加以分析和研究,力图在新编的工程力学教材中,做到用有限的学时使学生既掌握最基本的经典内容,又能了解基础力学的工程应用以及最新进展;同时还希望这本新编的工程力学具有较大的适用范围,能够为广大院校所采用。

工程力学与很多领域的工程密切相关。通过工程力学课程的教学,不仅可以培养学生学习力学的能力,而且可以加强学生的工程概念。这对于他们向其他学科或其他工程领域扩展是很有利的。基于此,本书与以往的同类教材相比,难度有所下降,工程概念有所加强,引入了涉及广泛领域的大量工程实例,以及与工程有关的例题和习题。

本书从力学素质教育的要求出发,更注重基本概念,而不追求冗长的理论推导与繁琐的数学运算。

本书内容的选取以教育部颁布的“工程力学教学基本要求”为依据,同时考虑到 20 世纪 60 年代以来材料科学的发展和各种新材料不断涌现并且应用于广泛的工程实际的情况,特别增加了第 13 章“新材料的材料力学概述”,以开阔学生视野,增强适应性。

全书除绪论外,分为 3 篇,共 13 章。第 1 篇为静力学,共 3 章;第 2 篇为材料力学,共 8 章;第 3 篇为专题概述,共 2 章。各部分所需学时建议如下:绪论约 2 学时;静力学约 12~16 学时;材料力学约 46~50 学时;专题概述约 6~8 学时。书中带“\*”号的内容和习题,可根据学时情况选用。

为了满足教学第一线的需要,我们还编写了《工程力学教师用书》、研制开发了《工程力学电子教案》,方便教师备课和授课;同时编写了《工程力学学习指导》,以帮助学生学习和加深对课程内容的理解。

热诚希望广大教师与学生提出宝贵的意见与建议。

作 者

2005 年 5 月于北京

|                    |   |
|--------------------|---|
| 课程概论               | 1 |
| 0.1 工程力学与工程密切相关    | 1 |
| 0.2 工程力学的主要内容与分析模型 | 5 |
| 0.2.1 工程力学的主要内容    | 5 |
| 0.2.2 工程力学的两种分析模型  | 6 |
| 0.3 工程力学的分析方法      | 7 |
| 0.3.1 两种不同的理论分析方法  | 7 |
| 0.3.2 工程力学的实验分析方法  | 8 |
| 0.3.3 工程力学的计算机分析方法 | 8 |

## 第一篇 静 力 学

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第1章 静力学的基本概念与物体受力分析 | 13 |
| 1.1 静力学模型           | 13 |
| 1.1.1 物体的抽象与简化——刚体  | 13 |
| 1.1.2 集中力和分布力       | 13 |
| 1.2 力与力系的基本概念       | 14 |
| 1.2.1 力与力系          | 14 |
| 1.2.2 静力学基本原理       | 14 |
| 1.3 工程中的约束与约束力      | 17 |
| 1.3.1 约束与约束力的概念     | 17 |
| 1.3.2 绳索约束与带约束      | 17 |
| 1.3.3 刚性光滑面约束       | 17 |
| 1.3.4 刚性光滑铰链约束      | 18 |
| 1.4 力对点之矩与力对轴之矩     | 20 |
| 1.4.1 力对点之矩         | 20 |
| 1.4.2 力对轴之矩         | 21 |
| 1.4.3 合力矩定理         | 22 |
| 1.5 受力分析方法与过程       | 23 |
| 1.6 结论与讨论           | 26 |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| 1.6.1 关于约束与约束力 .....          | 26        |
| 1.6.2 关于受力分析 .....            | 27        |
| 1.6.3 关于二力构件 .....            | 27        |
| 1.6.4 关于静力学中某些原理的适用性 .....    | 28        |
| 习题 .....                      | 28        |
| <b>第2章 力系的等效与简化 .....</b>     | <b>31</b> |
| 2.1 力系等效与简化的概念 .....          | 31        |
| 2.1.1 力系的主矢与主矩 .....          | 31        |
| 2.1.2 力系等效的概念 .....           | 31        |
| 2.1.3 力系简化的概念 .....           | 32        |
| 2.2 力偶及其性质 .....              | 32        |
| 2.2.1 力偶——最简单、最基本的力系 .....    | 32        |
| 2.2.2 力偶的性质 .....             | 33        |
| 2.2.3 力偶系及其合成 .....           | 34        |
| 2.3 力系简化的基础——力向一点平移定理 .....   | 34        |
| 2.4 平面力系的简化 .....             | 35        |
| 2.4.1 平面汇交力系与平面力偶系的合成结果 ..... | 35        |
| 2.4.2 平面一般力系的简化方法与过程 .....    | 35        |
| 2.4.3 平面一般力系的简化结果 .....       | 36        |
| 2.5 固定端约束的约束力 .....           | 38        |
| 2.6 结论与讨论 .....               | 39        |
| 2.6.1 几个不同力学矢量的性质 .....       | 39        |
| 2.6.2 平面一般力系简化的几种最后结果 .....   | 39        |
| 2.6.3 关于实际约束的讨论 .....         | 40        |
| 2.6.4 关于力偶性质推论的应用限制 .....     | 40        |
| 习题 .....                      | 40        |
| <b>第3章 力系的平衡条件与平衡方程 .....</b> | <b>43</b> |
| 3.1 平面力系的平衡条件与平衡方程 .....      | 43        |
| 3.1.1 平面一般力系的平衡条件与平衡方程 .....  | 43        |
| 3.1.2 平面一般力系平衡方程的其他形式 .....   | 48        |
| 3.2 简单的刚体系统平衡问题 .....         | 52        |
| 3.2.1 刚体系统静定与静不定的概念 .....     | 52        |
| 3.2.2 刚体系统平衡问题的特点与解法 .....    | 53        |
| 3.3 考虑摩擦时的平衡问题 .....          | 56        |
| 3.3.1 滑动摩擦定律 .....            | 57        |
| 3.3.2 考虑摩擦时构件的平衡问题 .....      | 58        |
| 3.4 结论与讨论 .....               | 60        |
| 3.4.1 关于坐标系和力矩中心的选择 .....     | 60        |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 3.4.2 关于受力分析的重要性 .....            | 60 |
| 3.4.3 关于求解刚体系统平衡问题时要注意的几个方面 ..... | 61 |
| 3.4.4 摩擦角与自锁的概念 .....             | 62 |
| 3.4.5 空间力系特殊情形下的平衡方程 .....        | 64 |
| 习题 .....                          | 65 |

## 第二篇 材料力学

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 第4章 材料力学概述 .....                | 71 |
| 4.1 材料力学的研究内容 .....             | 71 |
| 4.2 工程构件设计中的材料力学问题 .....        | 71 |
| 4.3 杆件的受力与变形形式 .....            | 72 |
| 4.4 关于材料的基本假定 .....             | 74 |
| 4.4.1 各向同性假定 .....              | 74 |
| 4.4.2 均匀连续性假定 .....             | 74 |
| 4.4.3 小变形假定 .....               | 75 |
| 4.5 弹性体受力与变形特征 .....            | 75 |
| 4.6 材料力学的分析方法 .....             | 77 |
| 4.7 杆件横截面上的内力与内力分量 .....        | 77 |
| 4.7.1 内力主矢、主矩与内力分量 .....        | 77 |
| 4.7.2 确定内力分量的截面法 .....          | 78 |
| 4.8 应力、应变及其相互关系 .....           | 78 |
| 4.8.1 应力 .....                  | 78 |
| 4.8.2 应力与内力分量之间的关系 .....        | 79 |
| 4.8.3 应变 .....                  | 80 |
| 4.8.4 应力与应变之间的物性关系 .....        | 81 |
| 4.9 结论与讨论 .....                 | 81 |
| 4.9.1 刚体模型与弹性体模型 .....          | 81 |
| 4.9.2 弹性体受力与变形特点 .....          | 81 |
| 4.9.3 刚体静力学概念与原理在材料力学中的应用 ..... | 81 |
| 习题 .....                        | 82 |
| 第5章 杆件的内力分析与内力图 .....           | 84 |
| 5.1 基本概念 .....                  | 84 |
| 5.1.1 整体平衡与局部平衡的概念 .....        | 84 |
| 5.1.2 杆件横截面上的内力与外力的相依关系 .....   | 85 |
| 5.1.3 控制面 .....                 | 85 |
| 5.2 轴力图与扭矩图 .....               | 86 |
| 5.2.1 轴力图 .....                 | 86 |
| 5.2.2 扭矩图 .....                 | 87 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 5.3 剪力图与弯矩图                      | 89  |
| 5.3.1 剪力和弯矩的正负号规则                | 89  |
| 5.3.2 截面法确定梁指定横截面上的剪力和弯矩         | 90  |
| 5.3.3 剪力方程与弯矩方程                  | 92  |
| 5.3.4 载荷集度、剪力、弯矩之间的微分关系          | 94  |
| 5.3.5 剪力图与弯矩图                    | 96  |
| 5.4 结论与讨论                        | 99  |
| 5.4.1 关于内力分析的几点重要结论              | 99  |
| 5.4.2 正确应用力系简化方法确定控制面上的内力分量      | 99  |
| * 5.4.3 剪力、弯矩与载荷集度之间的微分关系的证明     | 100 |
| 习题                               | 101 |
| <b>第6章 拉压杆件的应力变形分析与强度设计</b>      | 104 |
| 6.1 工程中承受拉伸与压缩的杆件                | 104 |
| 6.2 拉伸与压缩时杆件的应力与变形分析             | 105 |
| 6.2.1 应力计算                       | 105 |
| 6.2.2 变形计算                       | 105 |
| 6.3 拉伸与压缩杆件的强度设计                 | 109 |
| 6.3.1 强度条件、安全因数与许用应力             | 110 |
| 6.3.2 三类强度计算问题                   | 110 |
| 6.3.3 强度条件应用举例                   | 111 |
| 6.4 拉伸与压缩时材料的力学性能                | 113 |
| 6.4.1 材料拉伸时的应力-应变曲线              | 113 |
| 6.4.2 韧性材料拉伸时的力学性能               | 114 |
| 6.4.3 脆性材料拉伸时的力学性能               | 114 |
| 6.4.4 强度失效概念与失效力                 | 115 |
| 6.4.5 压缩时材料的力学性能                 | 115 |
| 6.5 结论与讨论                        | 116 |
| 6.5.1 本章的主要结论                    | 116 |
| 6.5.2 关于应力和变形公式的应用条件             | 117 |
| * 6.5.3 关于加力点附近区域的应力分布           | 118 |
| * 6.5.4 关于应力集中的概念                | 118 |
| 6.5.5 拉伸与压缩杆件斜截面上的应力             | 119 |
| * 6.5.6 卸载、再加载时材料的力学行为           | 120 |
| * 6.5.7 连接件强度的工程假定计算             | 121 |
| 习题                               | 123 |
| <b>第7章 圆轴扭转时的应力变形分析以及强度和刚度设计</b> | 127 |
| 7.1 圆轴在工程中的应用                    | 127 |
| 7.2 受扭圆轴的扭转变形                    | 128 |

|       |                        |     |
|-------|------------------------|-----|
| 7.3   | 剪应力互等定理 .....          | 129 |
| 7.4   | 圆轴扭转时横截面上的剪应力分析 .....  | 129 |
| 7.4.1 | 变形协调方程 .....           | 130 |
| 7.4.2 | 弹性范围内的剪应力-剪应变关系 .....  | 130 |
| 7.4.3 | 静力学方程 .....            | 131 |
| 7.4.4 | 圆轴扭转时横截面上的剪应力表达式 ..... | 132 |
| 7.5   | 圆轴扭转时的强度与刚度设计 .....    | 134 |
| 7.5.1 | 扭转实验与扭转破坏现象 .....      | 134 |
| 7.5.2 | 圆轴扭转强度设计 .....         | 135 |
| 7.5.3 | 圆轴扭转刚度设计 .....         | 137 |
| 7.6   | 结论与讨论 .....            | 138 |
| 7.6.1 | 关于圆轴强度与刚度设计 .....      | 138 |
| 7.6.2 | 矩形截面杆扭转时的剪应力 .....     | 138 |
|       | 习题 .....               | 140 |

## 第8章 弯曲强度问题 .....

|       |                           |     |
|-------|---------------------------|-----|
| 8.1   | 承弯构件的力学模型与工程中的承弯构件 .....  | 142 |
| 8.2   | 与应力分析相关的截面图形的几何性质 .....   | 145 |
| 8.2.1 | 静矩、形心及其相互关系 .....         | 146 |
| 8.2.2 | 惯性矩、极惯性矩、惯性积、惯性半径 .....   | 147 |
| 8.2.3 | 惯性矩与惯性积的移轴定理 .....        | 148 |
| 8.2.4 | 惯性矩与惯性积的转轴定理 .....        | 149 |
| 8.2.5 | 主轴与形心主轴、主惯性矩与形心主惯性矩 ..... | 150 |
| 8.3   | 平面弯曲时梁横截面上的正应力 .....      | 152 |
| 8.3.1 | 基本概念 .....                | 152 |
| 8.3.2 | 纯弯曲时梁横截面上的正应力分析 .....     | 153 |
| 8.3.3 | 梁的弯曲正应力公式的应用与推广 .....     | 156 |
| 8.4   | 平面弯曲正应力公式应用举例 .....       | 158 |
| 8.5   | 梁的强度计算 .....              | 161 |
| 8.5.1 | 基于最大正应力点的强度条件 .....       | 161 |
| 8.5.2 | 梁的弯曲强度计算步骤 .....          | 161 |
| 8.6   | 斜弯曲 .....                 | 165 |
| 8.7   | 弯矩与轴力同时作用时横截面上的正应力 .....  | 168 |
| 8.8   | 结论与讨论 .....               | 170 |
| 8.8.1 | 关于弯曲正应力公式的应用条件 .....      | 170 |
| 8.8.2 | 弯曲剪应力的概念 .....            | 170 |
| 8.8.3 | 关于截面的惯性矩 .....            | 171 |
| 8.8.4 | 关于中性轴的讨论 .....            | 171 |
| 8.8.5 | 提高梁强度的措施 .....            | 172 |
|       | 习题 .....                  | 176 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第9章 弯曲刚度问题</b>            | 182 |
| 9.1 基本概念                     | 182 |
| 9.1.1 梁弯曲后的挠度曲线              | 182 |
| 9.1.2 梁的挠度与转角                | 183 |
| 9.1.3 梁的位移与约束密切相关            | 183 |
| 9.1.4 梁的位移分析的工程意义            | 184 |
| 9.2 小挠度微分方程及其积分              | 185 |
| 9.2.1 小挠度曲线微分方程              | 185 |
| 9.2.2 积分常数的确定 约束条件与连续条件      | 186 |
| 9.3 工程中的叠加法                  | 188 |
| 9.3.1 叠加法应用于多个载荷作用的情形        | 188 |
| 9.3.2 叠加法应用于间断性分布载荷作用的情形     | 192 |
| 9.4 梁的刚度设计                   | 194 |
| 9.4.1 梁的刚度条件                 | 194 |
| 9.4.2 刚度设计举例                 | 194 |
| 9.5 结论与讨论                    | 196 |
| 9.5.1 关于变形和位移的相依关系           | 196 |
| 9.5.2 关于梁的连续光滑曲线             | 197 |
| 9.5.3 基于逐段刚化的叠加法             | 197 |
| 9.5.4 提高弯曲刚度的途径              | 199 |
| 习题                           | 200 |
| <b>第10章 应力状态与强度理论及其工程应用</b>  | 203 |
| 10.1 应力状态与强度理论的基本概念与分析方法     | 203 |
| 10.1.1 应力状态的基本概念             | 203 |
| 10.1.2 应力状态分析的基本方法           | 204 |
| 10.1.3 建立复杂受力时失效判据的思路与方法     | 205 |
| 10.2 平面应力状态分析——任意方向面上应力的确定   | 205 |
| 10.2.1 方向角与应力分量的正负号约定        | 205 |
| 10.2.2 微元的局部平衡方程             | 206 |
| 10.2.3 平面应力状态中任意方向面上的正应力与剪应力 | 206 |
| 10.3 应力状态中的主应力与最大剪应力         | 207 |
| 10.3.1 主平面、主应力与主方向           | 207 |
| 10.3.2 平面应力状态的三个主应力          | 208 |
| 10.3.3 面内最大剪应力与一点的最大剪应力      | 208 |
| 10.4 分析应力状态的应力圆方法            | 211 |
| 10.4.1 应力圆方程                 | 211 |
| 10.4.2 应力圆的画法                | 212 |
| 10.4.3 应力圆的应用                | 213 |

|         |                             |     |
|---------|-----------------------------|-----|
| 10.5    | 三向应力状态的特例分析 .....           | 215 |
| 10.5.1  | 三组特殊的方向面 .....              | 215 |
| 10.5.2  | 三向应力状态的应力圆 .....            | 216 |
| 10.6    | 复杂应力状态下的应力-应变关系 应变能密度 ..... | 217 |
| 10.6.1  | 广义胡克定律 .....                | 217 |
| 10.6.2  | 各向同性材料各弹性常数之间的关系 .....      | 219 |
| 10.6.3  | 总应变能密度 .....                | 220 |
| 10.6.4  | 体积改变能密度与畸变能密度 .....         | 221 |
| 10.7    | 工程设计中常用的强度理论 .....          | 221 |
| 10.7.1  | 第一强度理论 .....                | 221 |
| 10.7.2  | 第二强度理论 .....                | 222 |
| 10.7.3  | 第三强度理论 .....                | 223 |
| 10.7.4  | 第四强度理论 .....                | 224 |
| 10.8    | 圆轴承受弯曲与扭转共同作用时的强度计算 .....   | 226 |
| 10.8.1  | 计算简图 .....                  | 226 |
| 10.8.2  | 危险点及其应力状态 .....             | 227 |
| 10.8.3  | 强度设计准则与设计公式 .....           | 227 |
| 10.9    | 薄壁容器强度设计简述 .....            | 230 |
| 10.9.1  | 薄壁容器承受内压时的环向应力与纵向应力 .....   | 230 |
| 10.9.2  | 承受内压薄壁容器的强度设计简述 .....       | 231 |
| 10.10   | 结论与讨论 .....                 | 232 |
| 10.10.1 | 关于应力状态的几点重要结论 .....         | 232 |
| 10.10.2 | 平衡方法是分析应力状态最重要、最基本的方法 ..... | 232 |
| 10.10.3 | 关于应力状态的不同的表示方法 .....        | 233 |
| 10.10.4 | 正确应用广义胡克定律 .....            | 233 |
| 10.10.5 | 应用强度理论需要注意的几个问题 .....       | 234 |
| 习题      | .....                       | 235 |
| 第 11 章  | 压杆的稳定性分析与稳定性设计 .....        | 238 |
| 11.1    | 工程结构中的压杆 .....              | 238 |
| 11.2    | 基本概念 .....                  | 239 |
| 11.2.1  | 刚体平衡稳定性的概念 .....            | 239 |
| 11.2.2  | 压杆的平衡构形、平衡路径及其分叉 .....      | 240 |
| 11.2.3  | 判别弹性平衡稳定性的静力学准则 .....       | 241 |
| 11.2.4  | 细长压杆临界点平衡的稳定性 .....         | 241 |
| 11.3    | 两端铰支压杆的临界载荷 欧拉公式 .....      | 242 |
| 11.4    | 不同刚性支承对压杆临界载荷的影响 .....      | 244 |
| 11.5    | 临界应力与临界应力总图 .....           | 245 |
| 11.5.1  | 临界应力与长细比的概念 .....           | 245 |
| 11.5.2  | 三类不同压杆的不同失效形式 .....         | 245 |

|        |                                        |     |
|--------|----------------------------------------|-----|
| 11.5.3 | 三类压杆的临界应力公式                            | 246 |
| 11.5.4 | 临界应力总图与 $\lambda_p$ 、 $\lambda_s$ 值的确定 | 246 |
| 11.6   | 压杆稳定性设计的安全因数法                          | 249 |
| 11.6.1 | 稳定性设计内容                                | 249 |
| 11.6.2 | 安全因数法与稳定性安全条件                          | 249 |
| 11.6.3 | 稳定性设计过程                                | 250 |
| 11.7   | 结论与讨论                                  | 251 |
| 11.7.1 | 稳定性设计的重要性                              | 251 |
| 11.7.2 | 影响压杆承载能力的因素                            | 252 |
| 11.7.3 | 提高压杆承载能力的主要途径                          | 253 |
| 11.7.4 | 稳定性设计中需要注意的几个重要问题                      | 253 |
| 习题     |                                        | 255 |

### 第三篇 专题概述

|        |                      |     |
|--------|----------------------|-----|
| 第12章   | 简单的静不定问题             | 261 |
| 12.1   | 静不定问题的概念与方法          | 261 |
| 12.1.1 | 静定与静不定的概念            | 261 |
| 12.1.2 | 多余约束的概念与静不定次数        | 261 |
| 12.1.3 | 求解静不定问题的基本方法         | 262 |
| 12.2   | 简单的静不定问题             | 263 |
| 12.2.1 | 拉压静不定问题              | 263 |
| 12.2.2 | 扭转静不定问题              | 264 |
| 12.2.3 | 简单的静不定梁              | 265 |
| 12.3   | 结论与讨论                | 269 |
| 12.3.1 | 关于静不定结构性质的讨论         | 269 |
| 12.3.2 | 对称性在分析与求解静不定问题中的应用   | 270 |
| 习题     |                      | 271 |
| 第13章   | 动载荷与疲劳强度概述           | 275 |
| 13.1   | 达朗贝尔原理(动静法)          | 275 |
| 13.2   | 等加速度直线运动时构件上的惯性力与动应力 | 276 |
| 13.3   | 旋转构件的受力分析与动应力计算      | 277 |
| 13.4   | 构件上的冲击载荷与冲击应力计算      | 280 |
| 13.4.1 | 计算冲击载荷所用的基本假定        | 280 |
| 13.4.2 | 机械能守恒定律的应用           | 281 |
| 13.4.3 | 冲击时的动荷系数             | 282 |
| 13.5   | 疲劳强度概述               | 284 |
| 13.5.1 | 交变应力的名词和术语           | 284 |
| 13.5.2 | 疲劳失效特征               | 287 |

|        |                             |     |
|--------|-----------------------------|-----|
| 13.6   | 疲劳极限与应力-寿命曲线 .....          | 289 |
| 13.7   | 影响疲劳寿命的因素 .....             | 290 |
| 13.7.1 | 应力集中的影响——有效应力集中因数 .....     | 290 |
| 13.7.2 | 零件尺寸的影响——尺寸因数 .....         | 290 |
| 13.7.3 | 表面加工质量的影响——表面质量因数 .....     | 291 |
| 13.8   | 基于无限寿命设计方法的疲劳强度 .....       | 291 |
| 13.8.1 | 构件寿命的概念 .....               | 291 |
| 13.8.2 | 无限寿命设计方法——安全因数法 .....       | 292 |
| 13.8.3 | 等幅对称应力循环下的工作安全因数 .....      | 292 |
| 13.8.4 | 等幅交变应力作用下的疲劳寿命估算 .....      | 293 |
| 13.9   | 结论与讨论 .....                 | 294 |
| 13.9.1 | 不同情形下动荷系数具有不同的形式 .....      | 294 |
| 13.9.2 | 运动物体突然制动或突然刹车的动载荷与动应力 ..... | 294 |
| 13.9.3 | 提高构件疲劳强度的途径 .....           | 294 |
|        | 习题 .....                    | 295 |
| 附录 A   | 型钢规格表 .....                 | 298 |
| 附录 B   | 习题答案 .....                  | 309 |
| 附录 C   | 索引 .....                    | 315 |
|        | 主要参考书目 .....                | 320 |