



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

材 料 力 学

第 2 版

范钦珊 主编

章梓茂 殷雅俊 范钦珊 编著



高 等 教 育 出 版 社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

材料力学

第2版

范钦珊 主编
章梓茂 殷雅俊 范钦珊 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

材料力学 / 范钦珊主编. —2 版. —北京: 高等教育出版社, 2005. 7

ISBN 7-04-016933-9

I. 材... II. 范... III. 材料力学-高等学校-教学参考资料 IV. TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 057298 号

策划编辑 黄 毅 责任编辑 张玉海 封面设计 张 楠
责任绘图 朱 静 版式设计 马静如 责任校对 王 雨
责任印制 宋克学

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landracom.com
印 刷	北京中科印刷有限公司		http://www.landracom.cn
开 本	787×960 1/16	版 次	1999 年 8 月第 1 版
印 张	27.25		2005 年 7 月第 2 版
字 数	520 000	印 次	2005 年 7 月第 1 次印刷
插 页	6	定 价	32.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16933-00

内 容 简 介

本书是“高等教育百门精品课程教材建设计划”中的一个立项项目,在面向 21 世纪课程教材——范钦珊主编的《材料力学》的基础上,为了适应新的培养计划要求而修订的。

全书分为基础篇和专题篇,共 14 章。基础篇包括基本概念、杆件的内力与内力图、最简单的材料力学问题、弹性杆件横截面上的正应力分析、弹性杆件横截面上的切应力分析、应力状态分析、一般应力状态下的强度失效分析与设计准则、复杂情形下的强度设计、弹性杆件的位移分析与刚度设计、压杆的弹性稳定性分析与稳定性设计,共 10 章;专题篇包括材料力学中的能量法、动载荷与疲劳强度概述、复合材料的力学性能简介,聚合物的粘弹性行为与伪弹性设计方法,共 4 章。本书更加注重了基本概念,加强了工程概念,并引入了大量的工程实例及与工程有关的例题和习题。

另外,与本书配套的还有:多媒体课堂教学软件、电子书、网络课程、供学生用的学习指导与解题指南,以及供老师用的习题详细解答。

本书适用于机械、土木水利、航空航天、交通、动力工程等专业的材料力学课程教学。基础篇所需教学学时数为 48 ~ 56 学时;专题篇所需教学学时数约为 16 学时。

第 2 版 序

本书第 1 版问世到现在已经 4 年多了,这期间,高等学校的教育教学改革出现了一些新的情况,诸如:由于教学计划的调整,课程的教学时数大幅度减少;扩招后学生入学时的水平发生了变化;一大批青年教师进入教学第一线;教育技术的迅速发展和进步推动着教学方法的改革与更新;等等。面对这些新的情况,教材建设需要新思路。

我们的新思路是:实行课程教学资源的一体化设计,为教学第一线的教师和学生提供高水平、全方位的教学服务,着力提高课程的教学质量。因此,需要对原有关于教材的概念加以扩展,形成“课程教学质量的整体解决方案”。

“课程教学质量的整体解决方案”包括 3 大部分:资源主体(文字教材——主教材、教师用书和学生用书);网络课程与课程教学资源库。

为了实现上述“解决方案”,教材建设的理念、内容及与之相关的教学方法与技术都需要进行相应的调整和变革。

我们进行教材建设的理念之一是:服务于教学第一线的老师和同学,这是教材建设的灵魂。理念之二是:新时期的教材建设要实现立体化——不仅要有主教材,还要有辅助教材——辅助教和辅助学的教材;不仅要有文字教材,还要有电子教材、网络教材。理念之三是:要体现新的教学理念——既要充分发挥教师的主导作用,又要充分尊重学生在教学活动中的主体地位,要有利于启发、引导、师生互动。理念之四是:技术的应用要与课程整合,以利于提高课程的深度;利于学生走向外部世界、开阔眼界、联系实际;利于学生参与;利于教师们二次开发。

本书作为“高等教育百门精品课程教材建设计划”中的一个立项项目,我们努力将上述理念转变为现实。因此,与本书同时问世的还有:电子教材(与文字教材完全相同的 pdf 电子书);供老师们课堂教学使用的教学软件(中、英文版)和全部习题的详细解答;为同学们编写的学习指导(pdf 格式的电子书),分步式解题指南(中、英文版);基于流媒体技术的网络课程。关于课程教学资源库,目前尚未列入计划。

考虑到一般院校的实际情况,本书删去了“开口薄壁杆件的内力与应力分析”一章,将有关“复合材料”及“粘弹性”的内容各合并为一章;降低了有

关“正应力”分析内容的难度。同时,撤去了一个“材料力学问题求解器”的光盘。

此外,从素质教育的理念出发,本书更加注重基本概念,而不追求冗长的理论推导与繁琐的数字运算,与以往的同类教材相比,难度有所下降,工程概念有所加强,引入了很多涉及广泛领域的工程实例及与工程有关的例题和习题。为了让学生更快地掌握最基本的知识,在概念、原理的叙述方面作了一些改进:一方面从提出问题、分析问题和解决问题等方面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,特别是新增加了关于一些重要概念的例题分析。著者相信这将有助于读者加深对于基本内容的了解和掌握。

全书分为基础篇和专题篇,共14章。基础篇包括基本概念、杆件的内力与内力图、最简单的材料力学问题、弹性杆件横截面上的正应力分析、弹性杆件横截面上的切应力分析、应力状态分析、一般应力状态下的强度失效分析与设计准则、复杂情形下的强度设计、弹性杆件的位移分析与刚度设计、压杆的弹性稳定性分析与稳定性设计,共10章;专题篇包括材料力学中的能量法、动载荷与疲劳强度概述、复合材料的力学性能简介。聚合物的粘弹性行为与伪弹性设计方法,共4章。

本书适用于机械、土木水利、航空航天、交通、动力工程等专业的材料力学课程教学。基础篇所需教学时数为48~56学时;专题篇所需教学时数为16学时左右。

本书稿由大连理工大学郑芳怀教授审阅,提出了宝贵意见,在此致以衷心感谢。

著者衷心希望,本书及与其配套的辅助教材和教学软件的出版发行能够改善目前材料力学课程教材与第一线教学要求不够适应的状况。同时,也真诚希望教学第一线的老师和同学们,提出你们的宝贵意见。

著者

2005年1月

于清华大学,北京交通大学

第 1 版 序

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”中“力学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”项目的成果之一,也是作者们多年来从事力学系列课程教学内容与体系改革以及力学科学研究的结晶。

对于高等院校开设力学课程的有关专业,力学课程是指理论力学、材料力学和结构力学;对于力学及相关专业还包括弹性力学以及流体力学。这里所指的力学系列课程是指前面三门联系比较密切的力学课程。

作为力学系列课程改革项目的牵头单位,根据 21 世纪对高层次人才素质的要求,以及学科的发展趋势,我们提出了面向 21 世纪力学系列课程改革的总体目标是:学时要少,内容要新,水平要高,效果要好。在改革进行的过程中,我们进一步认识到改革教学方法和教学手段,对于培养学生的创新精神,提高教育质量的重要性,因而在教学内容和课程体系改革的实践中,重视学生在学习过程中的主体地位,实行启发式教学,同时采用多媒体技术,改革陈旧的教学手段。力求使力学课程做到:内容新,体系新,方法新,手段新。

(一)

材料力学起源于 17 世纪。这一时期的材料力学是以木材、石头等脆性材料为研究主体,因而不可避免地具有很大的局限性。例如,根据伽利略(Galileo)石梁破坏试验结果得出的关于梁横截面上正应力分布的结论,既不完全满足平衡条件,也不满足变形条件。这主要由于脆性材料的变形很小,在当时的条件下是无法观察到的。

19 世纪中叶,材料力学开始形成以钢材为主体的材料力学。钢材的特点,使均匀连续、各向同性等基本假定以及线弹性问题的胡克定律成为当今材料力学的基础。

20 世纪的材料力学,在 19 世纪的基本体系的基础上形成两大流派:一是以美国斯坦福大学教授铁木辛柯(Timoshenko, S. P.)1930 年所著的《材料力学》为代表的欧美材料力学课程体系,全书共分两册,第 I 册是供本科生采用的;第 II 册是供研究生和工程师们采用的,即通常所称的高等材料力学。这一套教材到 1955 年共出版了 3 版,1956—1978 年重印了 13 次。另一派是前苏联工科院校的材料力学课程体系,其代表作是列宁格勒铁道学院教授别辽耶夫(Беляев, н. м.)1932 年所著《材料力学》教材。该书到 1976 年时,出版了 15 版。这两大流派的材料力学,从教学内容上看,没有太大差别,只是前者比较简明,而后者无论在内容的深度和广度方面,还是在推理证明理论方面都显得非常严密和完善,因而教材篇幅很大。

我国在 1952 年院系调整之前主要采用铁木辛柯《材料力学》的中译本;1952 年之后则主要采用别辽耶夫《材料力学》的中译本或在此基础上编写的各类《材料力学》教材。这些教材都各有特色,但是,在内容和体系方面没有太大变动。

(二)

20 世纪 60 年代以来,工业技术高度发展,特别是航空航天工业的崛起;计算机的出现以及迅速地更新换代;各种新型材料不断问世并应用于广泛的工业部门;实验设备日趋完善、实验技术水平不断提高。所有这些进展,使得材料力学所涉及的领域更加宽阔、知识更加丰富多彩。这表明,材料力学仍然处于新的发展之中,特别是面向 21 世纪这样的信息时代,材料力学的改革面临新的问题、新的机遇。归纳起来有以下几个方面:

1. 必须突破以钢铁为主体的材料力学课程内容体系,引入新材料。

20 世纪 50 年代以来,一些具有良好性能的结构材料,例如复合材料、高分子材料、结构陶瓷、耐热合金等,不断从军事工业与高科技领域扩展到许多工业部门。这些材料的使用大大减轻了结构重量,而结构的强度和寿命却几倍以至十几倍增长。据估计,到 2000 年,汽车制造业所采用的非金属材料将占到总重量的 70% 以上。

这些材料的力学性能如何,由这些材料制造的零件和部件应当按怎样的准则进行设计,这是材料力学不能回避的问题。

2. 必须突破均匀连续,各向同性的假定,引入各向异性、缺陷对强度的影响。

很多新材料,例如纤维增强复合材料,已不再是各向同性的,而是各向异性的。不突破各向同性,这些新材料便无法引入。此外,传统材料力学所讨论的失效与设计准则,都是以均匀连续即材料中无缺陷为前提的。这对

于一般碳素钢这样对缺陷不敏感的材料是有意义的,但是对于某些高强度结构钢,由于对缺陷(例如微细裂纹)非常敏感,这些材料制成的结构常常在很低的应力水平下发生脆性断裂。这是传统的强度失效理论所无法解释的。

3. 必须突破与时间无关的线弹性问题,引入与时间有关的线性和非线性粘弹性问题。

经典材料力学主要讨论钢铁一类材料在常温、静载作用下弹性范围的应力变形问题,因而其应力-应变保持线性关系且与时间无关。但是,对于高分子材料、结构陶瓷以及高温条件下工作的耐热合金等,它们的应力-应变关系都与时间有关,当然有些是线性的,有些是非线性的。

4. 必须突破局限于简单验证性实验的实验教学模式,引入与新材料、新结构以及新的测试技术有关的新实验。

传统的材料力学实验已经延续了 30 多年,而且大都比较简单,缺乏思考性与启发性,加上测试技术也比较陈旧,因而学生兴趣不大,收获也不大。改造和更新实验内容,是材料力学课程内容更新的重要组成部分。

5. 必须突破过于陈旧的、仅仅依靠作业的训练方式,引入理解分析讨论式训练和文献报告式训练。

教师为了保证教学质量,给学生布置各种类型的不同习题,这是必要的。但是,作业数量都比较大,学生课后忙于应付作业,很少有时间去深入思考问题,很少有时间去阅读参考书。

这种仅仅依靠作业的训练方式不仅使学生学习负担过重,学习质量不高,而且使教学效率大大降低。这个问题不解决,课程内容更新是很困难的。

应当说,必要的基本训练是很重要的,但是计算工具已从计算尺到计算器到个人电脑,很多复杂问题不必要再用人工的方法去计算和求解。在这种情形下还要不要让学生去做那些繁琐的作业,这个问题值得研究。

我们认为作业是要做的,但应限于那些与基本概念、基本理论、基本方法有关的习题,着重加深学生对概念的理解,培养学生分析问题的能力。在每章或每篇(几章)结束时,可以组织一些报告和讨论,培养学生的综合能力与自己研究问题的能力。

由于所有的材料力学计算问题都可以编制成计算机软件,因此可以这样理解,新时期材料力学中计算能力的培养,除了上述基本训练之外,还要使学生学会将实际问题简化为力学模型,并能正确应用计算机求得问题的解答。

6. 必须突破传统的单一教学模式,在课程中引入分层次教学,为优秀学

生长创造良好条件。

传统的单一教学模式是计划经济体制下的产物。它以中等或中等以下水平学生为依据制定课程教学计划、安排教学内容,这是教学效率低下的又一个因素,这也是课程内容更新的障碍。为了清除这一障碍,必须针对不同层次的学生,安排不同的教学内容,形成课程的模块结构。

(三)

根据以上分析,目前上述力学系列课程形成了 4 种模式:一是贯通式的工程力学,是将原属于理论力学、材料力学课程的内容,加以融合、贯通和相互渗透,形成新的工程力学课程体系;二是理论力学与材料力学仍然独立设课,但同样体现贯通、融合与相互渗透;三是将理论力学、材料力学和结构力学组合成一门贯通式的课程;四是理论力学、材料力学和结构力学依然单独设课。

无论是哪一种模式,其共同目标:都要做到学时少、内容新、水平高、效果好;都要消除课程之间相互重叠的内容;都要注意教学方法的改革和教学手段更新对教材的要求;都要实行启发式教学,为学生的创新思维留出足够的空间,以利于培养创新精神。

本书作为第二种模式,可与本作者主编的《理论力学》配套使用;作为第四种模式,可与本作者主编的《理论力学》和龙驭球、包世华主编的《结构力学教程》或由王焕定、章梓茂、景瑞编著的《结构力学》配套使用。

(四)

对于工科各专业的学生,加强学生的工程概念,对于培养学生的创新精神是非常重要的。因此,我们在教材中特别注意加强工程概念,并且不只是某个专业的工程概念(例如土木或机械工程的概念),而是广义的工程概念。包括与工程力学密切相关的建筑、桥梁、飞机、舰船、运载火箭、航天飞机、空间站;也包括以其他学科为主,但也对工程力学提出大小、各式各样的问题的工程,例如核反应堆容器、舰载飞机、计算机硬盘驱动器;还包括一些非工业工程,例如体育工程,等等。强调广义工程概念,就是强调基础力学教育属于素质教育。这对于拓宽学生的工程知识面、增强学生的适应性也是非常重要的。

面向 21 世纪的课程教材不仅要内容新、体系新,而且方法也要新。所谓方法新,是指采用启发式的方法,对既定的教学内容加以组织和表达。为此,我们首先注意处理好一般与特殊、分解与综合之间的关系,不囿于一个模式。这样做,一方面是为了提高课程教学起点,另一方面是为了给学生的

思维留出一定的空间。

为改变课程内的某些大同小异的罗列现象,我们在教材中采用既有分解又有综合,既有特殊到一般又有一般到特殊的表达和叙述方法。例如,我们没有采用传统的拉、压、剪、扭、弯的罗列叙述,而是根据处理工程问题的要求,加强内力分析、应力分析、应力状态分析、失效分析与静力设计这样的常规工程设计思路。

为了给学生积极思维创造必要的条件,使其有问题可想、有问题可以研究,在很多内容的表达上,不采用面面俱到的办法,而是突出重点,其余则点到为止,让学生去举一反三。比如,过去对拉、压、扭、弯的内力图都要加以详细论述,现在我们在新教材里,用很少的篇幅讲述内力图的共性的内容。例如,正负号规则,平衡微分方程等,重点讲述弯曲内力图。而拉伸内力图只作为一道例题,扭转内力图连例子都没有,只是作为复杂载荷作用下内力图的一部分。

为了加强启发性和研讨性,在新编教材中,我们采用类似于科学研究论文和报告的写法,在每一章的最后都安排一节“结论与讨论”,编写了大量具有思考性和研究性的内容。这些内容中,既有前面没有深入阐述的结论,也有推理过程中没有详细涉及的问题,还有关于已讲授内容的可扩展性与可延伸性。采用这种开放式的表达方法,一方面可以培养学生的综合能力,另一方面也为学生创新思维开辟了较大的空间。

面向21世纪高等教育教学内容和课程体系的改革,关键在于转变教学思想。其中最重要的是,要重视学生在学习活动中的主体地位,不能将学生单纯视为传授知识的对象,更不能将他们视为“灌输的对象”,要尊重学生的自主学习精神。基于此,我们在编写教材的过程中,除注意对教学内容加以精选外,还注意给学生留出一定的思维空间,启发他们去思考,去研究,去寻找结论,包括某些重要的结论。全书除新编了一些基本训练题外,在教材中还为不同层次的学生准备了一些问题,初步形成了“学习研究问题集”,引导学生对所学的知识加以扩展、延伸和综合,学习撰写论文和报告,以利于培养他们的创新能力、联想能力、综合能力和表达能力。

信息技术的高速发展使课程教学改革有可能达到有史以来最新水平。因此,我们今天进行的课程教学改革不能不充分利用信息技术,不能不充分利用计算机。

根据课程的特点,我们在课程中引入计算机分析,将繁琐的数字运算、重复的迭代运算、矩阵运算等内容交给计算机实现。

研制开发计算机辅助分析教学软件“材料力学问题求解器”,制成光盘随本书发行。这一软件系统的开发成功,不仅有利于课程内容更新,删除那

些陈旧过时的内容,大大压缩课程时数,而且可以使学生从繁琐的数学运算中解脱出来,集中精力加强基本概念、基本理论与基本方法;同时大大扩大了解决实际问题的范围。我们的思想是:

将繁琐交给机器,

将时间和精力留给我们自己,

去发挥创造性。

(五)

本书的大部分内容已在清华大学讲授 3 年。部分内容先后由作者在北方交通大学、石家庄铁道学院、北京工业大学、上海大学、上海交通大学、内蒙古工业大学、甘肃工业大学、华南理工大学、西北工业大学、西安公路交通大学、河海大学、东南大学、南京航空航天大学、华东船舶工业学院、四川大学、重庆大学、长沙铁道学院、东北电力学院、沈阳工业学院、沈阳建筑工程学院、大连理工大学、东北大学、郑州工业大学、河北建筑工程学院、天津城建学院、北京建筑工程学院、武汉工业大学、哈尔滨建筑大学等兄弟院校作了示范教学。

本书稿承蒙大连理工大学郑芳怀教授和东南大学胡增强教授审阅,提出宝贵意见。刘卫丹、环翮等同学对书中的习题解答、彩页设计以及初稿审校等方面都付出辛勤劳动。

在本书出版之际,谨向所有关心和支持力学系列课程改革的人们,致以谢忱。

著者

1999 年教师节

于清华大学

主要符号表

A	面积	p	压力
A_{Ω}	弯矩图的面积	P	功率
a	间距	q	分布载荷集度
b	宽度	R	半径
D, d	直径	r	半径, 应力比
E	弹性模量、杨氏模量	S, S_y, S_z	静面矩, 静矩
F	力	t	摄氏温度
F_{Ax}, F_{Ay}	A 铰处约束力	u	水平位移、轴向位移
F_N	轴力	v_d	畸变能密度
F_P	载荷	v_v	体积改变能密度
F_{Per}	临界载荷、分叉载荷	v_e	应变能密度
F_Q	剪力	V_e	应变能
F_R	合力、主矢	W	重量, 弯曲截面系数
F_S	牵引力、拉力	W_p	扭转截面系数
F_T	拉力	w	挠度
F_x, F_y, F_z	力在 x, y, z 方向的分量	α	倾角, 线膨胀系数
$[F]$	许可载荷	β	角, 表面加工质量因数
G	切变模量	θ	梁横截面的转角、单位长度相对扭转角
h	高度	φ	相对扭转角
I_p	极惯性矩	γ	切应变
I, I_y, I_z	惯性矩	Δ	变形、位移
I_{xy}	惯性积	δ	厚度, 延长率
i, i_y, i_z	惯性半径	ε	正应变, 尺寸因数
l	长度、跨度	ε_e	弹性应变
M, M_y, M_z	弯矩	ε_p	塑性应变
$\overline{M}, \overline{M}_y, \overline{M}_z$	单位载荷引起的弯矩	λ	长细比
M_e	外加扭转力偶矩	ω	角速度
M_x	扭矩	μ	长度系数
m	质量	ν	泊松比
N	寿命数	ρ	密度、曲率半径
n	转速, 安全因数	δ	延伸率
$[n]_u$	稳定安全因数		

ψ	截面收缩率	σ_b	强度极限
η	粘度	σ_c	挤压应力
σ	正应力	$[\sigma]$	许用应力
σ^+	拉应力	σ_{cr}	临界应力
σ^-	压应力	σ_e	弹性极限
σ_{max}	最大应力	σ_p	比例极限
σ_{min}	最小应力	$\sigma_{0.2}$	条件屈服应力
σ_s	应力幅值	σ_s	屈服应力
σ_m	平均应力,纵向应力	τ	切应力
σ_t	环向应力	$[\tau]$	许用切应力

说明: 在实施国家标准(GB 3100~3120—93)《量和单位》的过程中,为保证国家标准和现有惯例的衔接,本书作了认真的考虑。例如:

1. 国家标注规范的物理量的名称和符号,按国家标准使用,注重量的物理属性。如各种力,包括载荷、约束力和内力,都用 F 作为主符号,而将其特性以下标(或上标)表示,等等。

2. 书中凡重点内容或第一次出现的名词与术语,均用黑体;要点用楷体;一般用宋体。

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

基 础 篇

第 1 章 基本概念	1
§ 1-1 什么是“材料力学”	1
§ 1-2 材料力学发展简史	5
§ 1-3 变形体及其理想化	7
§ 1-4 各向同性与各向异性弹性体	10
§ 1-5 弹性体受力与变形特征	11
§ 1-6 应力、应变及其相互关系	14
1-6-1 应力——分布内力集度	14
1-6-2 应力与内力分量之间的关系	15
1-6-3 应变——一点变形程度的度量	15
1-6-4 应力与应变之间的物性关系	16
§ 1-7 工程结构与构件	16
1-7-1 弹性体的几何分类	16
1-7-2 工程结构与构件	17
§ 1-8 杆件受力与变形的几种形式	17
1-8-1 轴向拉伸(或压缩)	17
1-8-2 剪切	18
1-8-3 扭转	18
1-8-4 弯曲	18
1-8-5 组合受力与变形	19
§ 1-9 结论与讨论	19
1-9-1 关于刚体与变形体模型	19
1-9-2 刚体静力学概念与原理在材料力学中的可用性与 限制性	20
习题	20
第 2 章 杆件的内力与内力图	23
§ 2-1 内力与内力分量	23
2-1-1 内力主矢与主矩	23

2-1-2	内力分量	23
2-1-3	内力分量的正负号规则	24
§ 2-2	外力与内力之间的相依关系	25
2-2-1	弹性体的平衡原理	25
2-2-2	截面法	25
2-2-3	杆件内力变化的一般规律	26
2-2-4	控制面	26
2-2-5	平衡微分方程	26
§ 2-3	杆件的内力图	28
2-3-1	轴力图	28
2-3-2	扭矩图	29
2-3-3	剪力图与弯矩图	30
§ 2-4	刚架的内力图	36
§ 2-5	结论与讨论	38
2-5-1	关于杆件内力分析的几点结论	38
2-5-2	力系简化在确定控制面上内力时的应用	38
2-5-3	重视对平衡微分方程的理解和应用	40
2-5-4	叠加原理的应用限制	40
习题		41
第 3 章	最简单的材料力学问题	46
§ 3-1	轴向载荷作用下杆件横截面上的应力	46
§ 3-2	最简单的强度问题	50
3-2-1	强度设计准则、安全因数与许用应力	50
3-2-2	三类强度问题	51
3-2-3	强度计算举例	51
§ 3-3	轴向载荷作用下的变形分析与计算	54
3-3-1	绝对变形 弹性模量	54
3-3-2	相对变形 正应变	55
3-3-3	横向变形与泊松比	56
§ 3-4	轴向载荷作用下材料的力学性能	58
3-4-1	轴向拉伸时的应力-应变曲线	58
3-4-2	弹性力学性能	59
3-4-3	极限应力值——强度指标	60
3-4-4	韧性指标	61
3-4-5	轴向压缩时材料的力学性能	63
§ 3-5	结论与讨论	63
3-5-1	轴向拉伸及压缩应力和变形公式的应用条件	63
3-5-2	加力点附近区域的应力分布	64