



普通高等院校基础力学系列教材

材料力学（土木类）

范钦珊 蔡 新 主编

清华大学出版社

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

普通高等院校基础力学系列教材

材料力学

(土木类)

范钦珊 蔡 新 主编

范钦珊 祝 瑛 梁小燕 蔡 新 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是适用于土木工程和水利工程专业以及其他相关专业的材料力学教材。全书分为基础篇和专题篇,共14章。基础篇(第1~10章)包括反映材料力学基本要求的材料力学概论、拉伸与压缩杆件的应力变形分析与强度计算、连接件强度的工程假定计算、圆轴扭转时的强度与刚度计算、梁的弯曲问题(包括:剪力图和弯矩图、截面的几何性质、应力分析与强度计算、位移分析与刚度计算)、应力状态与强度理论及其工程应用、压杆的稳定问题等教学内容;专题篇(第11~14章)包括材料力学中的能量法、简单的静不定系统以及动荷载与疲劳强度、新材料的材料力学等概述性的内容,供不同院校选用。本书注重基本概念,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,引入了大量涉及广泛领域的工程实例以及与工程有关的例题和习题。根据不同院校的实际情况,基础篇所需教学时数约为48学时左右(不含实验教学时数);专题篇所需教学时数约为16~24学时。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

材料力学(土木类)/范钦珊,蔡新主编. —北京:清华大学出版社,2006.8

(普通高等院校基础力学系列教材)

ISBN 7-302-13269-0

I. 材… II. ①范… ②蔡… III. 材料力学—高等学校—教材 IV. TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 070712 号

出 版 者:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

客户服务:010-62776969

责任编辑:杨 倩

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:170×230 印张:27.25 字数:498千字

版 次:2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-13269-0/O·555

印 数:1~2000

定 价:35.00元

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 殷雅俊

PREFACE

普通高等院校基础力学系列教材

序

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力学学习的能力,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,而不追求冗长的理论推导与繁琐的数字运算。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。

此外,为了帮助学生学习和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

2004年7月于清华大学

FOREWORD

前言

“普通高等院校基础力学系列教材”自 2004 年出版以来受到很多教学第一线的教师和学生以及业余读者的厚爱,其中《材料力学》一书在 1 年的时间内连续印刷了 5 次。同时,广大读者也提出了一些宝贵的修改要求和具体意见。

著者最近两年在全国 7 个大区(东北:哈尔滨工业大学;西北:西北工业大学;华北:北京交通大学;中南:华中科技大学;西南:重庆大学;华南:华南理工大学;华东:南京航空航天大学)讲学的同时,对我国高等学校“材料力学”的教学状况和对“材料力学”教材的需求进行了大量调研,与全国 500 多名基础力学教师以及近 2000 名同学交换了关于“材料力学”教材使用和修改的意见。

通过上述调研,我们进一步认识到,当初我们编写“普通高等院校基础力学系列教材”的理念基本上是正确的,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教师和学生提供高水平、全方位的服务。

调研过程中,广大教学第一线的教师和学生普遍反映,根据新的培养计划,很需要一部土木和水利工程类专业的“材料力学”教材,以适应课程学时大幅度减少的要求。大家普遍认为现行的土木和水利工程类专业的“材料力学”教材大都是上、下两册,篇幅过大。有的教师反映:上册的内容讲不完,下册的内容又要讲一点,不仅造成资源浪费,而且也造成学生不必要的经济负担。还有的教师认为,现行的土木和水利工程类专业的“材料力学”教材,成书时间已经很久,没有反映最近 10 年来材料力学课程教学改革成果,大多数作者长期不在教学第一线从事教学工作,因而缺乏教学第一线的新鲜经验。

本书是在上述调研的基础上,根据新的培养计划和教学基本要求,从一般院校的实际情况出发,删去大部分院校不需要的教学内容。在面向 21 世纪课

程教学内容与体系改革的基础上,对于传统内容进一步加以精选,大大压缩教材篇幅,以满足 60~80 学时左右“材料力学”课程教学要求。

在教学体系上,我们根据土木和水利工程等专业的特点,同时贯穿两条主要线索:一条是用杆、轴、梁、柱以及连接件等基本构件贯穿的线索;另一条是以构件的拉、压、剪、扭、弯等基本受力与变形形式的线索。这样的体系不仅保持了“材料力学”理论体系的完整性,而且具有很强的工程应用意义。

在内容的处理上,我们将梁的弯曲问题作为重点,分成 4 章,内容包括:剪力图与弯矩图;截面的几何性质;应力分析与强度计算;位移分析与刚度计算。这一部分应该说是课程的重点,同时也是课程的精华所在。

为了压缩教材的篇幅,适应学时数减少的要求,一般“材料力学”中常见的“组合受力与变形”的内容没有单独成章。“斜弯曲”的内容放在弯曲问题中是很自然的事情;“偏心荷载”的内容,对于土木和水利工程专业而言,除了应力计算外,还有“截面核心”这样的特殊问题,而“截面核心”的计算与中性轴有关,所以将这部分内容放在“弯曲问题”中作为梁的弯曲问题的延伸,不仅可以使读者通过中性轴的概念比较好地掌握与“截面核心”有关的内容,而且还将使读者加深对“中性轴”这个基本概念的认识。关于“弯曲与扭转组合受力与变形”则作为“应力状态与强度理论”的工程应用放在第 9 章中,凸现了应力状态与强度理论的工程应用价值。

此外,关于“梁强度的全面校核”以及“圆柱形薄壁容器的应力状态与强度计算”部分放在第 9 章中,也是基于同样的考虑。

“材料力学”与很多领域的工程密切相关。材料力学教学不仅可以培养学生的力学素质,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,引入了大量涉及广泛领域的工程实例以及¹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。基础篇共 10 章,包括反映材料力学基本要求的材料力学概论、拉伸与压缩杆件的应力变形分析与强度计算、连接件强度的工程假定计算、圆轴扭转时的强度与刚度计算、梁的弯曲问题(共 4 章)、应力状态与强度理论及其工程应用、压杆的稳定问题等教学内容;专题篇包括材料力学中的能量法、简单的静不定系统、动荷载与疲劳强度概述、新材

料的材料力学概述共4章,供不同院校选用。书中带*号的内容及习题供各院校选用。根据不同院校的实际情况,基础篇所需教学时数约为48学时左右;专题篇所需教学时数约为16~24学时。

本书由范钦珊、蔡新主编,范钦珊、祝瑛、梁小燕、蔡新编著。

本书于2005年10月在南京完成初稿,2006年1月在美国加州定稿。定稿期间,得到清华大学校友吴擎虹、范心洋的大力支持和协助,在本书出版之际,著者谨表诚挚谢意。

承蒙河海大学吴胜兴教授、北京交通大学黄海明教授对本书稿进行了详细的审阅,提出了宝贵的修改意见,谨致谢忱。

书中的缺点和错误,恳请读者批评指正。

范钦珊

2005年10月初稿于南京

2006年1月定稿于美国加州

主要符号表

符号	量的含义
A	横截面面积
a	间距
b	宽度
d	直径、距离、力偶臂
D	直径
e	偏心距
E	弹性模量、杨氏模量
f_s	静摩擦因数
F	力
F_{Ax}, F_{Ay}	A 处铰约束力
F_N	法向约束力、轴力
F_P	荷载
F_{Pcr}	临界荷载、分叉荷载
F_Q	剪力
F_R	合力、主矢
F_S	牵引力、拉力
F_T	拉力
F_x, F_y, F_z	力在 x, y, z 轴上的分量
G	切变模量、剪切弹性模量
h	高度
I	惯性矩
I_p	极惯性矩
I_{yz}	惯性积
k	弹簧刚度系数
l	长度、跨度

M, M_y, M_z	弯矩
M_e	外力偶的力偶矩
M_x	扭矩
m	质量
M	力偶矩
n	转速
$[n]_{st}$	稳定安全因数
p	内压力
P	功率
q	均布荷载集度
R, r	半径
s	路程、弧长
u	水平位移、轴向位移
$[u]$	许用轴向位移
v_d	畸变能密度
v_V	体积改变能密度
v_ϵ	应变能密度
V_ϵ	应变能
W	功、重量、弯曲截面模量
W_p	扭转截面模量
α	倾角、线膨胀系数
β	角、表面加工质量系数
θ	梁横截面的转角、单位长度相对扭转角
φ	相对扭转角
γ	剪应变
Δ	变形、位移
δ	厚度、单位力引起的位移
ϵ	线应变, 尺寸系数
ϵ_e	弹性应变
ϵ_p	塑性应变
ϵ_V	体积应变
λ	长细比
μ	长度系数

ν	泊松比
ρ	密度、曲率半径
σ	正应力
σ^+	拉应力
σ^-	压应力
$\bar{\sigma}$	平均应力
σ^0	极限应力, 危险应力
σ_b	强度极限
σ_c	挤压应力
$[\sigma]$	许用应力
$[\sigma]^+$	许用拉应力
$[\sigma]^-$	许用压应力
σ_{cr}	临界应力
σ_e	弹性极限
σ_p	比例极限
$\sigma_{0.2}$	条件屈服应力
σ_s	屈服应力
τ	剪应力
$[\tau]$	许用剪应力
w	挠度
σ_f	纤维中的实际应力、轴向应力、纵向应力
σ_m	基体中的实际应力
σ_{-1}	对称循环时的疲劳极限
$\dot{\epsilon}$	应变速率
η	粘度
K_t	有效应力集中系数
K_i	理论应力集中系数

CONTENTS

目录

基 础 篇

第 1 章 概论	3
1.1 “材料力学”的研究内容	3
1.2 杆件的受力与变形形式	4
1.3 工程构件静力学设计的主要内容	5
1.4 关于材料的基本假定	7
1.5 弹性体受力与变形特征	7
1.6 材料力学的分析方法	9
1.7 应力、应变及其相互关系	10
1.8 结论与讨论	12
习题	13
第 2 章 拉伸与压缩杆件的应力变形分析与强度计算	17
2.1 轴力与轴力图	17
2.2 拉伸与压缩杆件横截面上的应力	19
2.3 最简单的强度问题	22
2.4 拉伸与压缩杆件的变形分析	30
2.5 材料的力学性能	35
2.6 结论与讨论	40
习题	44
第 3 章 连接件强度的工程假定计算	49
3.1 铆接件的强度失效形式及相应的强度计算方法	49
3.2 焊缝强度的剪切假定计算	53
3.3 结论与讨论	57

习题	57
第 4 章 圆轴扭转时的强度与刚度计算	61
4.1 外加扭力矩、扭矩与扭矩图	61
4.2 剪应力互等定理 剪切胡克定律	63
4.3 圆轴扭转时横截面上的剪应力分析与强度计算	64
4.4 圆轴扭转时的变形分析及刚度条件	72
4.5 结论与讨论	75
习题	79
第 5 章 梁的弯曲问题(1)——剪力图与弯矩图	83
5.1 工程中的弯曲构件	83
5.2 梁的内力及其与外力的相互关系	84
5.3 剪力方程与弯矩方程	87
5.4 剪力图与弯矩图	90
5.5 荷载集度、剪力、弯矩之间的微分关系及其应用	93
5.6 刚架的内力与内力图	99
5.7 结论与讨论	104
习题	106
第 6 章 梁的弯曲问题(2)——截面的几何性质	111
6.1 为什么要研究截面的几何性质	111
6.2 静矩、形心及其相互关系	112
6.3 惯性矩、惯性积、惯性半径	114
6.4 惯性矩与惯性积的移轴定理	116
6.5 惯性矩与惯性积的转轴定理	118
6.6 主轴与形心主轴、主惯性矩与形心主惯性矩的概念	119
6.7 组合图形的形心主轴与形心主惯性矩	121
6.8 结论与讨论	123
习题	124
第 7 章 梁的弯曲问题(3)——应力分析与强度计算	127
7.1 平面弯曲时梁横截面上的正应力	127
7.2 斜弯曲的应力计算	137
7.3 弯矩与轴力同时作用时横截面上的正应力	140
7.4 弯曲剪应力分析	143
7.5 弯曲强度计算	151



7.6 结论与讨论	164
习题	174
第 8 章 梁的弯曲问题(4)——位移分析与刚度计算	185
8.1 梁的变形与梁的位移	185
8.2 梁的小挠度微分方程及其积分	187
8.3 叠加法确定梁的挠度与转角	192
8.4 梁的刚度计算	200
8.5 简单的静不定梁	204
8.6 结论与讨论	208
习题	213
第 9 章 应力状态与强度理论及其工程应用	217
9.1 应力状态的基本概念	217
9.2 平面应力状态任意方向面上的应力	219
9.3 应力状态中的主应力与最大剪应力	222
9.4 应力圆及其应用	226
9.5 广义胡克定律	230
9.6 应变能与应变能密度	231
9.7 强度理论概述	233
9.8 关于脆性断裂的强度理论	233
9.9 关于屈服的强度理论	235
9.10 工程应用之一——组合截面梁的强度全面校核	238
9.11 工程应用之二——圆轴承受弯曲与扭转共同作用时的 强度计算	241
9.12 工程应用之三——圆柱形薄壁容器的应力状态与强度 计算	246
9.13 结论与讨论	248
习题	252
第 10 章 压杆的稳定问题	257
10.1 压杆稳定的基本概念	257
10.2 两端铰支压杆的临界荷载 欧拉公式	259
10.3 不同刚性支承对压杆临界荷载的影响	261
10.4 临界应力与临界应力总图	262
10.5 压杆稳定性设计	268

10.6 其他形式的屈曲问题	275
10.7 结论与讨论	276
习题	280

专 题 篇

第 11 章 材料力学中的能量法	289
11.1 基本概念	289
11.2 互等定理	292
11.3 应用于弹性杆件的虚位移原理	296
11.4 计算位移的莫尔积分	298
11.5 计算莫尔积分的图乘法	301
11.6 卡氏定理	305
11.7 结论与讨论	309
习题	310
第 12 章 简单的静不定系统	315
12.1 静不定系统的几个基本概念	315
12.2 力法与正则方程	317
12.3 对称性与反对称性在求解静不定问题中的应用	319
12.4 空间静不定结构的特殊情形	322
12.5 能量法在求解静不定问题中的应用	323
12.6 结论与讨论	332
习题	333
第 13 章 动荷载与疲劳强度概述	337
13.1 等加速度直线运动时构件上的惯性力与动应力	337
13.2 旋转构件的受力分析与动应力计算	339
13.3 构件上的冲击荷载与冲击应力计算	342
13.4 疲劳强度概述	346
13.5 疲劳极限与应力-寿命曲线	351
13.6 影响疲劳寿命的因素	352
13.7 基于无限寿命设计方法的疲劳强度	354
13.8 结论与讨论	356
习题	358

第 14 章 新材料的材料力学概述	361
14.1 复合材料概述.....	361
14.2 单层纤维复合材料的弹性模量.....	363
14.3 纤维增强效应.....	366
14.4 高分子材料概述.....	368
14.5 聚合物的粘弹性行为.....	369
14.6 非线性粘弹性构件设计的工程方法.....	374
14.7 结论与讨论.....	376
习题.....	378
附录.....	381
附录 A 型钢规格表	383
附录 B 习题答案	397
附录 C 索引	407
参考文献.....	415