

一流学校 一流老师 一流资源



三一丛书

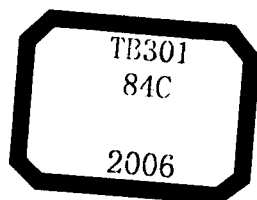
材料力学

要点与解题

闵行 武广号 刘书静



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS



西安交大教学资源文库 三一丛书

材料力学

要点与解题

闵行 武广号 刘书静

西安交通大学出版社

内容简介

本书是学习材料力学课程的辅助教材。全书简要地阐明材料力学课程的基本概念,指出其重点及难点,着重讲解材料力学解题思路、方法与技巧。

本书共分 16 章,覆盖材料力学教学大纲中的全部内容。每一章包括基本知识点、重点与难点、典型题解析及自我检测题等。附录给出两套模拟试卷。

本书可作为普通高校工科各专业学生学习材料力学课程的辅助教材,是报考硕士研究生的考前复习资料,并可作为教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学要点与解题/闵行等编. —西安:西安交通大学出版社,2006.8

(西安交大教学资源文库. 三一丛书)

ISBN 7-5605-2253-X

I. 材... II. 闵... 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(2006)第 076858 号

书 名	材料力学要点与解题
编 著	闵行 武广号 刘书静
出版发行	西安交通大学出版社
地 址	西安市兴庆南路 25 号(邮编:710049)
电 话	(029)82668315 82669096 (总编办) (029)82668357 82667874 (发行部)
印 刷	陕西丰源印务有限公司
印 字 数	350 千字
开 本	880mm×1230mm 1/32
印 张	9.5
版 次	2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 7-5605-2253-X/O·246
定 价	14.50 元

版权所有 侵权必究

丛书总序

为了使普通高等学校理工类专业的大学生更好地学习、掌握基础课和专业基础课知识,我们组织出版了这套“三一”丛书,目的就是提供一流的学习资源,使大家共享一流教师的教学经验和教学成果,为今后的学习打下良好的基础。

西安交通大学是国内仅有的几所具有百年历史的高等学府,是首批进入国家“211 工程”建设的七所大学之一,1999 年被国家确定为我国中西部地区惟一所以建设世界知名高水平大学为目标的学校。西安交大历来重视本科生教学,1996 年成为全国首家本科教学评估为优秀的大学。学校拥有国家级、省部级、校级教学名师数十名,具有丰富的、一流的教学资源。本丛书均由西安交通大学长期在教学一线主讲的教授、副教授主编,他们具有丰富的基础课、专业基础课教学和辅导经验。丛书作者们在长期的教学实践中,深深了解学生在学习基础课、专业基础课时的难点和困惑点之所在,对如何使学生更有效地学习、掌握课程的基本知识和解题技巧进行了深入的探索和研究,并将成果体现于书中。

本丛书针对中少学时课程的特点和教学要求,以普通高等学校的学生为主要对象,不拘泥于某一本教材,而是将有特色和使用量较大的各种版本的教材加以归纳总结,取其精华,自成一体。书中对课程的基本内容、研究对象、教学要求、学习方法、解题思路进行了全面、系统的总结和提炼,按基本知识点、重点与难点、典型题解析、自我检测题等环

节进行编排。本丛书既可单独使用,也可与其他教材配合使用。

我们衷心希望本丛书成为您大学基础课和专业基础课学习阶段的良师益友,帮助您克服困难,进入大学学习的自由王国,并祝您早日成为国家的栋梁之材!

在学习使用过程中,您如果发现书中有不妥之处或有好的建议,敬请批评指正并反馈给我们,我们会进一步改进自己的工作,力争使您满意。

真诚感谢您使用西安交大版图书。

西安交大出版社网址:<http://press.xjtu.edu.cn>

<http://www.xjtupress.com>

理工医事业部信箱: jdlgy31@126.com

西安交通大学出版社

2006年6月

前 言

材料力学是工科各专业的一门重要技术基础课,是学习后续专业课的基础,材料力学课程研究问题和解决问题的方法有着独有的特点。本书简要地阐明材料力学课程的基本概念,指出其重点及难点,并针对学生学习时常遇到的一些问题,着重讲解材料力学解题思路、方法和技巧。对于准备考研的读者,无疑是一本较好的复习资料。

本书共分 16 章,覆盖材料力学教学大纲中的全部内容,每一章都包括基本知识、例题及自我检测题三个部分。基本知识部分归纳了材料力学各章节的基本知识点,并指出该章节的难点和重点、解题的方法和技巧;例题部分每章都精选了各类典型题,对于每一个例题给出详细解答,同一题给出不同的解法,指出容易混淆的概念和常犯的错误,使读者能够正确地举一反三;自我检测题部分包括是非判断题、填空题、选择题及计算题四种类型,精选了一些典型概念题和计算题,读者可通过这些自我检测题来检测自己对基本概念和计算方法掌握的程度。在附录中,给出两套模拟试卷。为了读者方便,各章自我检测题均在章末附有答案。

本书在编写时参考了近年来国内外一些著名的材料力学教材和西安交通大学材料力学教研室历年编写的材料力学教材,同时参考了国内一些院校的材料力学习题和试题。

本书是普通高校工科各专学生习材料力学的参考书,报考硕士研究生的考前复习教材,也可作为教师的教学参考书。

本书由闵行、武广号和刘书静编写。在编写过程中得到西安交通大学材料力学教研室各位老师的大力支持,责任编辑吴杰和郑丽芬为本书的出版做了非常细致的工作。在此一并致以衷心的感谢。

限于编者水平所限,书中难免疏误和不妥之处,敬望读者提出批评和指正。

编 者

2006.5

目 录

丛书总序

前言

第1章 绪论

1.1 基本知识点	(1)
1.2 重点与难点	(2)
1.3 自我检测题	(3)
自我检测题答案	(4)

第2章 轴向拉伸与压缩

2.1 基本知识点	(5)
2.2 重点与难点	(8)
2.3 典型题解析	(9)
2.4 自我检测题	(24)
自我检测题答案	(28)

第3章 扭转

3.1 基本知识点	(30)
3.2 重点与难点	(33)
3.3 典型题解析	(34)
3.4 自我检测题	(43)
自我检测题答案	(48)

第4章 截面图形的几何性质

4.1 基本知识点	(50)
4.2 重点与难点	(52)
4.3 典型题解析	(53)
4.4 自我检测题	(59)
自我检测题答案	(63)

第 5 章 弯曲内力	
5.1 基本知识点	(65)
5.2 重点与难点	(66)
5.3 典型题解析	(68)
5.4 自我检测题	(81)
自我检测题答案	(86)
第 6 章 弯曲应力	
6.1 基本知识点	(88)
6.2 重点与难点	(90)
6.3 典型题解析	(91)
6.4 自我检测题	(103)
自我检测题答案	(110)
第 7 章 弯曲变形	
7.1 基本知识点	(112)
7.2 重点与难点	(113)
7.3 典型题解析	(114)
7.4 自我检测题	(124)
自我检测题答案	(130)
第 8 章 应力状态理论	
8.1 基本知识点	(132)
8.2 重点与难点	(136)
8.3 典型题解析	(137)
8.4 自我检测题	(146)
自我检测题答案	(150)
第 9 章 强度理论	
9.1 基本知识点	(152)
9.2 重点与难点	(153)
9.3 典型题解析	(154)
9.4 自我检测题	(161)
自我检测题答案	(164)

第 10 章 组合变形的静强度

10.1	基本知识点	(165)
10.2	重点与难点	(167)
10.3	典型题解析	(167)
10.4	自我检测题	(182)
	自我检测题答案	(189)

第 11 章 能量法

11.1	基本知识点	(191)
11.2	重点与难点	(193)
11.3	典型题解析	(194)
11.4	自我检测题	(203)
	自我检测题答案	(209)

第 12 章 超静定问题

12.1	基本知识点	(211)
12.2	重点与难点	(212)
12.3	典型题解析	(213)
12.4	自我检测题	(225)
	自我检测题答案	(231)

第 13 章 动载荷

13.1	基本知识点	(233)
13.2	重点与难点	(234)
13.3	典型题解析	(235)
13.4	自我检测题	(242)
	自我检测题答案	(246)

第 14 章 疲劳强度

14.1	基本知识点	(248)
14.2	重点与难点	(250)
14.3	自我检测题	(250)
	自我检测题答案	(254)

第 15 章 压杆的稳定性

15.1 基本知识点	(255)
15.2 重点与难点	(257)
15.3 典型题解析	(258)
15.4 自我检测题	(268)
自我检测题答案	(274)

第 16 章 联接件的强度

16.1 基本知识点	(275)
16.2 重点与难点	(276)
16.3 典型题解析	(276)
16.4 自我检测题	(280)
自我检测题答案	(283)

附录 模拟试卷

试卷一	(284)
试卷二	(287)
模拟试卷答案	(292)

参考文献	(294)
------------	-------

第 1 章 绪论

1.1 基本知识点

1.1.1 材料力学的任务

1. 组成机械和结构物的零部件称为构件,构件必须有足够的承受载荷能力(简称承载能力)。材料力学就是研究构件承载能力的一门科学。

2. 构件承载能力分为三方面:

(1)强度:构件抵抗破坏的能力。

(2)刚度:构件抵抗变形的能力。

(3)稳定性:构件保持原有平衡形式的能力。

3. 材料力学的主要任务是在保证构件既安全适用又尽可能经济的前提下,为构件选择适当的材料、合适的截面形状和尺寸;为合理设计构件提供必要的理论基础和计算方法。

1.1.2 变形固体及其基本假设

1. 材料力学研究的构件都是变形固体。

2. 变形固体两个基本假设:均匀连续假设和各向同性假设。

3. 弹性与塑性:

(1)当外力不超过一定值时,去除外力后能恢复原有形状和尺寸,材料的这种性质称为弹性,去除外力后能消失的变形称为弹性变形。

(2)当外力过大时,外力去除后,变形只能部分恢复而残留下一部分不能消失的变形,材料的这种性质称为塑性,不能恢复而残留下来的变形称为塑性变形(或称残余变形)。

4. 材料力学主要研究弹性范围内的小变形。

1.1.3 内力、截面法及应力

1. 材料力学研究的内力是因外力引起构件各部分之间相互作用力的变化。

2. 截面法是用来显示内力与确定内力的方法。

3. 截面内某点的内力集度称为该点的应力。应力是一个矢量,垂直于截面的分量称为正应力,用 σ 表示;切于截面的分量称为切应力(剪应力),用 τ 表示。应力单位是 N/m^2 (或 MN/m^2),记为Pa(或MPa)。

1.1.4 位移、变形及应变

1. 材料力学研究由于变形所引起的位移。构件内一点的原来位置到新位置所连的直线段,称为该点的线位移。构件内某一线段(或平面)所旋转的角度,称为该线段(或面)的角位移。

2. 应变用来度量构件内一点处变形程度。应变分为线应变和切应变,都是无量纲量。

(1)变形前,构件内一点某一方向的微线段,在变形后该微线段长度的改变量和原来长度之比,称为线应变,用 ϵ 表示。

(2)变形前,过构件内一点取两个相互垂直的微线段,在变形后两个微线段夹角的改变量称为切应变(或角应变),用 γ 表示。

3. 为了研究整个构件的变形,设想把构件分为无数极其微小的正六面体,称为单元体。整个构件变形可以看成是所有单元体变形的组合。

1.1.5 杆件变形的基本形式

1. 材料力学主要研究杆件一类的构件,其几何特征是纵向(长度)尺寸远比横向(垂直于长度方向)尺寸大得多。

2. 在外力作用下,杆件的基本变形有拉伸与压缩、剪切、扭转及弯曲四种形式,杆件其它复杂的变形都可看成上列几种基本变形的组合。

1.2 重点与难点

1.2.1 变形固体

材料力学研究的对象是变形固体,而理论力学研究的对象是刚体,因此在引用理论力学中的一些基本原理(如力的可传性等)时,要特别慎重。

1.2.2 小变形

材料力学把实际构件看作均匀连续和各向同性的变形固体,并主要研究弹性范围内的小变形情况。由于构件的变形和构件的原始尺寸相比非常微小,通常在

研究构件的平衡时,仍按构件的原始尺寸进行计算。

1.2.3 外力

外力包括作用在构件上的载荷和支反力。

1.2.4 内力与应力

1. 材料力学研究的是外力引起的内力,内力与构件的强度、刚度密切相关。

2. 截面法是材料力学的最基本的方法。

3. 应力反映内力的分布集度。在研究平衡时,不能把应力直接代入平衡方程中,需把应力乘以其作用面的面积后,才能代入。

1.2.5 位移与应变

1. 材料力学研究的是变形引起的位移,不计构件刚体运动产生的位移。

2. 应变反映一点附近的变形情况。线应变和切应变是度量一点处变形程度的两个基本量。

1.3 自我检测题

1.3.1 是非判断题

1-1 材料力学是研究构件承载能力的一门学科。()

1-2 材料力学的任务是尽可能使构件安全地工作。()

1-3 材料力学主要研究弹性范围内的小变形情况。()

1-4 因为构件是变形固体,在研究构件的平衡时,应按变形后的尺寸进行计算。()

1-5 外力就是构件所承受的载荷。()

1-6 材料力学研究的内力是构件各部分间的相互作用力。()

1-7 用截面法求内力时,可以保留截开后构件的任一部分进行平衡计算。
()

1-8 压强是构件表面的正应力。()

1-9 应力是横截面上的平均内力。()

1-10 材料力学只研究因构件变形引起的位移。()

1-11 线应变是构件中单位长度的变形量。()

1-12 构件内一点处各方向线应变均相等。()

- 1-13 切应变是变形后构件中任意两根微线段夹角角度的变化量。()
- 1-14 材料力学只限于研究等截面直杆。()
- 1-15 杆件的基本变形只是拉(压)、剪、扭和弯四种,如果还有另一种变形,必定是这四种变形的某种组合。()

自我检测题答案

- 1-1 ✓
- 1-2 ×
- 1-3 ✓
- 1-4 ×
- 1-5 ×
- 1-6 ×
- 1-7 ✓
- 1-8 ×
- 1-9 ×
- 1-10 ✓
- 1-11 ×
- 1-12 ×
- 1-13 ×
- 1-14 ×
- 1-15 ✓

第 2 章 轴向拉伸与压缩

2.1 基本知识点

2.1.1 轴向拉伸与压缩

承受拉伸或压缩杆件的外力(或外力的合力)作用线与杆轴线重合,杆件沿杆轴线方向伸长或缩短,这种变形形式称为轴向拉伸或轴向压缩。

2.1.2 直杆横截面上的应力

1. 横截面上的内力:横截面上内力的合力作用线与杆轴线重合,轴向内力 N 称为轴力。轴力的符号规则:拉力为正,压力为负。工程上常以轴力图表示杆件轴力沿杆长的变化。

2. 横截面上的应力:根据圣文南(Saint-Venant)原理,在离杆端一定距离之外,横截面上各点的变形是均匀的,各点的应力也应是均匀的,并垂直于横截面,即为正应力,设杆的横截面积为 A ,则有

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

正应力的符号规则:拉应力为正,压应力为负。

2.1.3 强度条件

1. 工程中为各种材料规定了设计构件时工作应力的最高限度,称为许用应力,用 $[\sigma]$ 表示。

2. 轴向拉伸(压缩)强度条件

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$$

3. 用强度条件可解决工程中三个方面的强度计算问题,即强度校核、设计截面及确定许可载荷。

2.1.4 斜截面上的应力

与横截面成 α 角的任一斜截面上,通常有正应力和切应力存在,它们与横截

面正应力 σ 的关系为:

$$\begin{cases} \sigma_{\alpha} = \frac{\sigma}{2}(1 + \cos 2\alpha) \\ \tau_{\alpha} = \frac{\sigma}{2}\sin 2\alpha \end{cases}$$

α 角的符号规则: 杆轴线 x 轴逆时针转到 α 截面的外法线时, α 为正值; 反之则为负值。

切应力的符号规则: 截面外法线顺时针转 90° 后, 其方向和切应力相同时, 该切应力为正值; 反之则为负值。

当 $\alpha = 0^\circ$ 时, 正应力最大, 即横截面上的正应力是所有截面上正应力中的最大值。当 $\alpha = \pm 45^\circ$ 时, 切应力达到极值。

2.1.5 轴向拉伸与压缩时的变形计算与胡克(Hooke)定律

1. 等直杆受轴向拉力 F 作用, 杆的原长为 l , 横截面面积为 A , 变形后杆长由 l 变为 $l + \Delta l$, 则杆的轴向伸长为

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA}$$

用内力表示为

$$\Delta l = \frac{Nl}{EA}$$

上式为杆件拉伸(压缩)时的胡克定律。式中的 E 称为材料的拉伸(压缩)弹性模量, EA 称为杆截面的抗拉(压)刚度。

用应力与应变表示的胡克定律为 $\sigma = E\epsilon$

2. 在弹性范围内, 杆件的横向应变 ϵ' 和轴向应变 ϵ 有如下的关系:

$$\epsilon' = -\mu\epsilon$$

式中的 μ 称为泊松(Poisson)比(横向变形系数)。

2.1.6 简单拉压超静定问题

1. 结构的约束反力或构件的内力等未知力只用静力平衡方程就能确定的问题称为静定问题。当结构的未知力的个数多于静力平衡方程的个数时, 只用静力平衡条件将不能求解全部未知力, 这类问题称为超静定问题, 未知力个数和静力平衡方程个数之差称为超静定次数(或阶数)。

2. 解决超静定问题, 除列出静力平衡方程外, 还需找出足够数目的补充方程, 这些补充方程可由结构各部分弹性变形之间的几何关系以及变形和力之间的物理关系求得, 将补充方程与静力平衡方程联立求解, 即可得出全部未知力。