



21世纪高等教育规划教材——学习指导与考研系列

材料力学 辅导与习题解

(中、少学时)

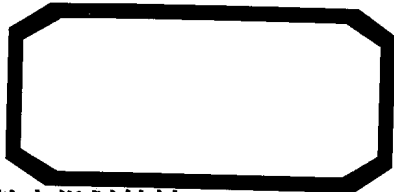
◎ 孟磊松 宋雪静 主编

CAILIAO LIXUE FUDAO YU XITIJIE

- ★ 内容提要
- ★ 基本要求与方法指导
- ★ 典型例题分析
- ★ 习题解答
- ★ 自我测验题
- ★ 试题库



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高等教育规划教材——学习指导与考研系列

材料力学辅导 与习题解

(中、少学时)

主 编	孟磊松	宋雪静	
副主编	刘 会	闫 芳	
参 编	高晓芳	夏培伟	崔保让
主 审	孟庆东		



机械工业出版社

本书是根据国家教育部审定的《材料力学教学基本要求》和《材料力学函授教学大纲》，为配合孟庆东主编的《材料力学简明教程》一书而编写的辅助教材。同时，本书又有其完整性、独立性和通用性，因而也可独立使用或与其他同类型教材配合使用。

本书在编排上按照《材料力学简明教程》的章节顺序，每章包括：(1) 内容提要；(2) 学习基本要求与方法指导·重难点提示；(3) 典型例题分析；(4) 习题解答；(5) 自我测验题。书后附有试题库。

本书可作为高等学校学生的学习参考书，特别适合参加各种成人教育学习的学员（如函授、夜大、自学考试、职大、远程教育等）作为学习材料力学的辅导用书，也可作为考研学生及相关教师的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

材料力学辅导与习题解：中、少学时/孟磊松、宋雪静主编.
—北京：机械工业出版社，2012.8
21 世纪高等教育规划教材·学习指导与考研系列
ISBN 978-7-111-39328-3

I. ①材… II. ①孟… III. ①材料力学-高等学校-
教学参考资料 IV. ①TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 176176 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：张金奎 责任编辑：张金奎 任正一

版式设计：霍永明 责任校对：胡艳萍

封面设计：张 静 责任印制：杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2012 年 9 月第 1 版 · 第 1 次印刷

140mm × 203mm · 8.875 印张 · 332 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-39328-3

定价：18.80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据国家教育部审定的《材料力学教学基本要求》和《材料力学函授教学大纲》，为配合孟庆东主编、由机械工业出版社出版的《材料力学简明教程》（以下简称《教程》）一书而编写的辅助教材。因此，这两本书配套使用更为方便适宜。同时，本书又有其完整性、独立性和通用性，因而也可单独或其他同类型教材配合使用。为便于自学，编写时力求重点突出、条理清楚、通俗易懂、例题解析详细。

材料力学课程的特点是系统性强，章节间一环扣一环，如果前面的内容未能较好地掌握，后面的内容就难于学懂，更谈不上掌握。因此，本书在编排上亦按《教程》的顺序共分12章，每章包括：（1）内容提要；（2）学习基本要求与方法指导·重难点提示；（3）典型例题分析；（4）习题解答；（5）自我测验题。

考虑到节省篇幅、突出重点的原则，对一些较简单的、容易掌握的章节，或大纲上可以选修的章节，本书采用较少篇幅或从略处理的方法；对一些重点章节，或难度较大的内容，则作了比较详细的讨论，并选择了较多的例题。所选的例题中，除一些基本例题外，还特意选择了一些一题多解、概念性较强、解题方法又具有较大灵活性的典型例题，带*的为提高性例题，其目的是使学生进一步掌握学习材料力学的基本方法。

特别值得注意的是，如何独立正确地解题始终是初学材料力学的学员普遍感到困惑的问题。特别是对于参加成人教育学习的学员（如业余、函授、夜大、自学考试、职大、远程）平时与直接授课老师很少有机会接触，不能及时得到辅导与答疑。因此，本书的编写将重点放在典型例题分析（选择了约百个例题）和习题解答（对《教程》中的习题给予了解答或解题思路指导提示）。

为了培养学员独立思考与独立解题的能力，在每章的后面均布置了自我测验题，可供习题课或课堂讨论用，亦是对每章习题的补

充。

为了使学员在本门课结束后更好地复习和应试，本书还以附录的形式编写了“材料力学试题库”。欲考研的学生以及任课教师也可参考使用该题库。

参加本书编写的有：青岛大学的孟磊松、青岛远洋船员职业学院的宋雪静；四川建筑职业学院的刘会；青岛科技大学的闫芳、高晓芳、夏培伟；青岛大学的崔保让。

本书由孟磊松和宋雪静任主编并负责统稿。刘会、闫芳任副主编。

青岛科技大学孟庆东教授对本书的编著形式、风格设计和内容编排等都提出了许多具体宝贵的意见，并担任主审。

青岛科技大学钟云晴教授和四川建筑职业学院的王长连教授亦对本书的编著提出了许多好的建议，并奉献出珍贵的教学资料供编者参考。

本书的出版得到了机械工业出版社和有关院校的大力支持与协助。在编写过程中曾借鉴、引用了许多国内外兄弟院校的有关教材或辅导教材中的资料、图表或题例；参阅了许多专著和文献。谨此一并对上述单位和个人表示衷心感谢。

限于编者的水平，书中难免有缺点、疏漏和错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 绪论	1
一、内容提要	1
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	2
三、典型例题分析	2
四、习题解答	3
五、自我测验题	4
第二章 轴向拉（压）	7
一、内容提要	7
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	9
三、典型例题分析	10
四、习题解答	14
五、自我测验题	38
第三章 剪切	41
一、内容提要	41
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	41
三、典型例题分析	41
四、习题解答	43
五、自我测验题	55
第四章 扭转	57
一、内容提要	57
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	57
三、典型例题分析	58
四、习题解答	60
五、自我测验题	71
第五章 弯曲内力	74
一、内容提要	74
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	75
三、典型例题分析	75

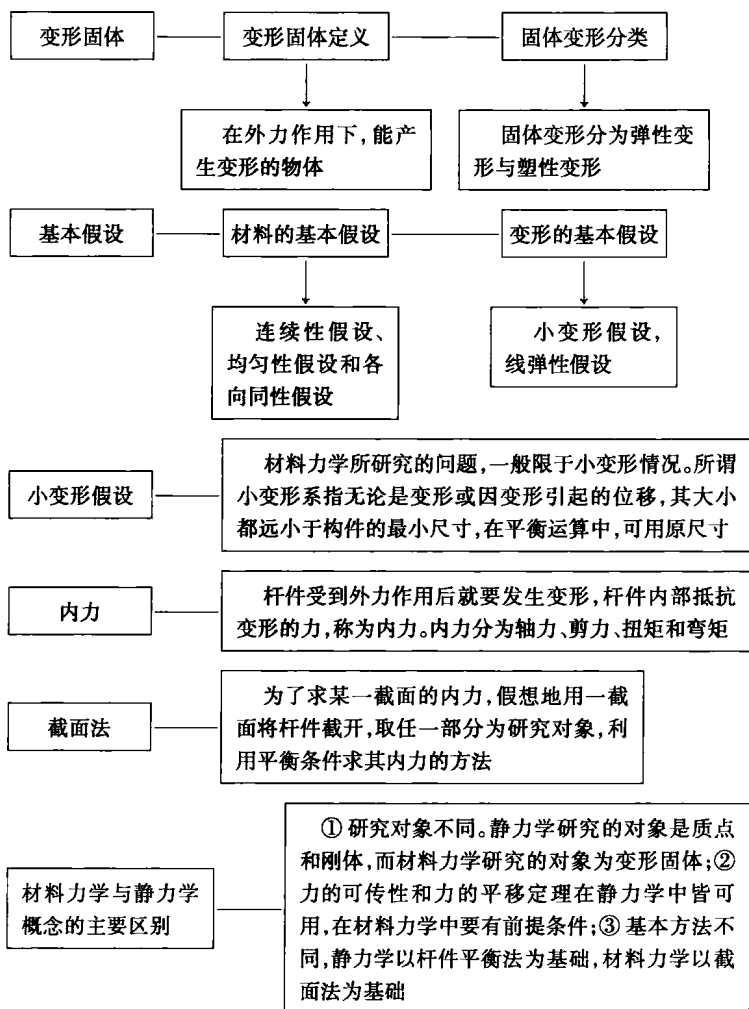
四、习题解答	78
五、自我测验题	88
第六章 弯曲应力	90
一、内容提要	90
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	91
三、典型例题分析	93
四、习题解答	96
五、自我测验题	114
第七章 弯曲变形	117
一、内容提要	117
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	117
三、典型例题分析	118
四、习题解答	120
五、自我测验题	133
阶段总结——材料力学的基本内容	135
第八章 应力状态与强度理论	143
一、内容提要	143
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	144
三、典型例题分析	146
四、习题解答	150
五、自我测验题	165
第九章 组合变形	169
一、内容提要	169
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	169
三、典型例题分析	170
四、习题解答	174
五、自我测验题	188
第十章 压杆稳定	191
一、内容提要	191
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	192
三、典型例题分析	192
四、习题解答	193
五、自我测验题	201
第十一章 交变应力	203

一、内容提要.....	203
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示.....	204
三、自我测验题.....	205
第十二章 能量法	207
一、内容提要.....	207
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示.....	207
三、典型例题分析.....	207
四、习题解答.....	212
五、自我测验题.....	228
附录 材料力学试题库	231
参考文献	274

第一章 绪 论

一、内 容 提 要

绪论介绍了在材料力学中具有普遍意义的一些基本概念、基本理论和基本方法,是本书的基本章节。本章基本内容可归纳为下列知识框图。



二、学习基本要求与方法指导·重难点提示

(注：下画波浪线的是重点或难点，以下同。)

1. 基本要求

- (1) 了解材料力学的基本任务，了解强度、刚度和稳定性的意义。
- (2) 初步了解材料力学对可变形体的基本假设。
- (3) 了解内力的概念。
- (4) 掌握应用截面法计算内力的方法。(难点)
- (5) 初步了解用应力描述构件内部受力的程度的概念。(难点)
- (6) 初步了解用应变描述构件内部变形的程度的概念。
- (7) 了解杆件的4种基本变形 (轴向拉伸或压缩、剪切、扭转和弯曲)。

2. 方法指导

在学习了理论力学之后，初学材料力学者极易把静力学中的概念和处理问题的方法移植过来，但这样做会造成错误。主要容易混淆的概念有：

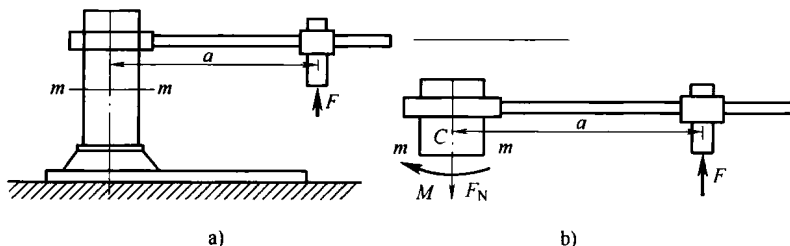
(1) 在以牛顿三大定律为基础的静力学中，把物体抽象为质点或刚体，研究它们的受力、平衡等规律；而材料力学则把所研究的构件看成变形固体，一般在三个假设、两个限制下，研究外力作用下构件的变形及破坏规律。

(2) 力的等效平移应包含力运动的等效和变形等效两个方面，在此前提下方可进行平移，否则，将改变构件的受力效果，因此，力的可传递原理要有一定的前提条件，那就是刚体。

(3) 讨论问题的基本方法，静力学以杆件平衡法为基础，而材料力学则以截面法为基础，直接把所研究杆件的内力暴露出来。

三、典型例题分析

例题 1-1 钻床如例题 1-1 图 a 所示，在载荷 F 作用下，试确定 $m-m$ 截面上的内力。



例题 1-1 图

解 (1) 截开 沿 $m-m$ 截面假想地将钻床分成两个部分, 保留 $m-m$ 截面以上部分为研究对象, 如例题图 1-1b 所示。

(2) 代替 在研究对象的 $m-m$ 截面上作用着分布内力系, 将此内力系向 $m-m$ 截面形心 C 简化, 根据研究对象的平衡条件知, 可以得到一个主力和主矩, 它们的方向和转向如例题 1-1 图 b 所示, 这里的 F_N 和 M 就是弃去的一半部分对保留的上半部分的作用力 (即内力)。

(3) 平衡 由于整个钻床是平衡的, 所以选取的上半部分也应该保持平衡。也就是说, 作用在研究对象上的外力 F 和内力 F_N 应该相互平衡, 据此写出研究对象的平衡方程。于是, 可求得截面 $m-m$ 上的内力 F_N 和 M 为

$$F_N = F, \quad M = Fa$$

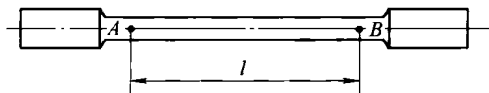
四、习题解答

1-1 如题 1-1 图所示, 拉伸试样上 A 、 B 两点间的距离 l 称为标距。受拉力作用后, 用变形仪量出 l 的增量为 $10 \times 10^{-2} \text{ mm}$ 。若 l 的原长度为 100 mm , 试求 A 、 B 两点间的平均线应变 ε 。

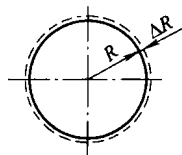
解 所求平均线应变为

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{\Delta l}{l} = \frac{10 \times 10^{-2}}{100} \\ &= 1 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

1-2 如题 1-2 图所示, 圆形薄板的半径为 R , 变形后 R 的增量为 ΔR , 若 $R = 80 \text{ mm}$, $\Delta R = 3 \times 10^{-3} \text{ mm}$, 试求沿半径方向和外圆圆周方向的平均应变。



题 1-1 图



题 1-2 图

解 由平均线应变的定义可知, 沿半径方向的平均应变为

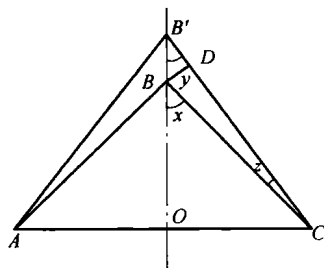
$$\varepsilon_{\text{半径}} = \frac{\Delta R}{R} = \frac{3 \times 10^{-3}}{80} = 3.75 \times 10^{-5}$$

沿圆周方向的平均应变为

$$\varepsilon_{\text{圆周}} = \frac{2\pi(R + \Delta R) - 2\pi R}{2\pi R} = \frac{\Delta R}{R} = \frac{3 \times 10^{-3}}{80} = 3.75 \times 10^{-5}$$

1-3 题 1-3 图所示的三角形薄板, $\alpha = 120^\circ$ mm, 因受外力作用而变形, 角点 B 垂直向上位移为 $\delta = 0.03$ mm, 但 AB 和 BC 仍保持为直线。试求 OB 的平均应变和 AB 与 BC 两边在 B 点的角度改变。

解 (1) 分析 应严格按照线应变和角应变的定义公式求解, 需要注意的问题是: 因为材料力学上对于变形的研究仅限于小变形的情况, 无论是变形或因变形引起的位移, 其大小都远小于构件的最小尺寸。



题 1-3 图

(2) 求沿 OB 的平均应变, 为

$$\varepsilon_{OB} = \frac{l_{BB'}}{l_{OB}} = \frac{0.03}{120} = 2.5 \times 10^{-4}$$

(3) 求 AB 与 BC 两边在 B 点的角度改变, 即为角应变 γ 。

题 1-3 图所示是夸张的画法, 目的是便于分析, x 、 y 、 z 所示角度如图。

由角应变的定义得 $\gamma = 2(x - y)$

$$\text{而} \quad z = \left(\frac{\pi}{2} - y \right) - \left(\frac{\pi}{2} - x \right) = x - y$$

$$\text{故} \quad \gamma = 2z$$

$$\text{由于是小变形, 所以} \quad z \approx \sin z = \frac{l_{BD}}{l_{BC}} = \frac{l_{BB'} \sin \frac{\pi}{4}}{l_{BC}} = 1.25 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\text{可以求得} \quad \gamma = 2z = 2.5 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

五、自我测验题

(一) 填空题

1. 强度是指构件抵抗_____的能力, 刚度是指构件抵抗_____的能力。
2. 在外力作用下产生_____的物体, 称为变形固体。固体变形分_____变形与_____变形两种形式。
3. 研究构件承载能力的目的是, 在保证构件既_____的前提下, 为构件选择_____的材料, 确定_____的截面形状和尺寸, 提供必要的_____和实用的_____。

4. 研究构件的承载能力时, 构件所产生的变形不能忽略, 因此把构件抽象为_____。

5. 变形固体材料的基本假设是 (1) ____ 性假设, (2) ____ 性假设和 (3) ____ 性假设。

6. 求任一截面上的内力应用 ____ 法, 具体步骤是: 在欲求内力的 ____ 上, 假想地用一截面把杆件截分为 ____, 取其中 ____ 为研究对象, 列静力学的 ____, 解出该截面内力的大小和方向。

7. 杆件的基本变形形式是 ____、____、____ 和 ____。

(二) 选择题

1. 构件在外力作用下, 能否安全正常地工作, 取决于构件是否具有足够的 ()。通常把构件抵抗破坏的能力称为 (), 构件抵抗变形的能力称为 ()。受压杆件保持直线平衡状态的能力称为 ()。

A. 强度 B. 刚度 C. 稳定性 D. 承载能力

2. 材料在外力作用下会产生 (), 随外力解除能够消失的变形称为 (); 随外力解除不能消失的变形称为 ()。材料力学研究构件的变形只限定在 () 的范围内。

A. 弹性变形 B. 塑性变形 C. 变形 D. 弹性小变形

3. 构件所用材料的内部实际上都包含有缺陷 (杂质、气孔等), 均匀连续性假设认为材料内部毫无空隙地充满物质, 是因为 ()。

A. 材料内部有缺陷, 影响不大 B. 材料内部缺陷少, 空隙不大
C. 材料内部有缺陷, 无空隙 D. 能使问题得到简化

(三) 判断题

1. 静力学在研究物体平衡规律时, 物体在外力作用下产生的变形可以忽略不计, 把物体抽象为刚体。()

2. 只要构件的强度得到保证, 则该构件就能正常地工作。()

3. 构件内力的大小不但与外力大小有关, 还与材料的截面形状有关。()

4. 变形固体的基本假设是各向异性。()

5. 材料力学研究物体的变形和破坏规律, 由于外力作用下构件产生的变形很小, 可以忽略不计。()

6. 在研究构件的变形和破坏规律时, 构件所用材料本身包含的许多缺陷 (杂质、气孔等) 可以忽略不计。()

7. 设计构件时①应主要考虑保证构件具有足够的承载能力; () ②应主要考虑降低构件的生产成本; () ③既要考虑保证其有足够的承载能力, 又要兼顾降低其生产成本。()

(四) 计算题

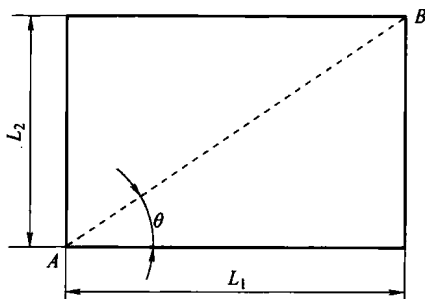
1. 如自测题图 1-1 所示, 矩形薄板变形前长为 L_1 , 宽为 L_2 ; 变形后长、

宽分别增加了 ΔL_1 和 ΔL_2 , 求对角线 AB 的线应变。

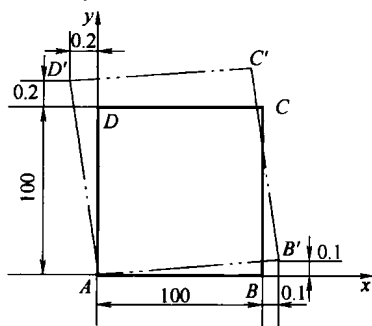
$$\left[\text{答: } \varepsilon_{AB} = \frac{\Delta L_1}{L_1} \cos^2 \theta + \frac{\Delta L_2}{L_2} \sin^2 \theta \right]$$

2. 构件变形后的形状如自测题图 1-2 中点画线所示。试求棱边 AB 与 AD 的平均线应变, 以及 A 点处直角 BAD 的切应变。

$$[\text{答: } \varepsilon_{ABm} = 1.0 \times 10^{-3}, \varepsilon_{CDm} = 2.0 \times 10^{-3}, \gamma_A = 1.0 \times 10^{-3} \text{ rad}]$$



自测题图 1-1



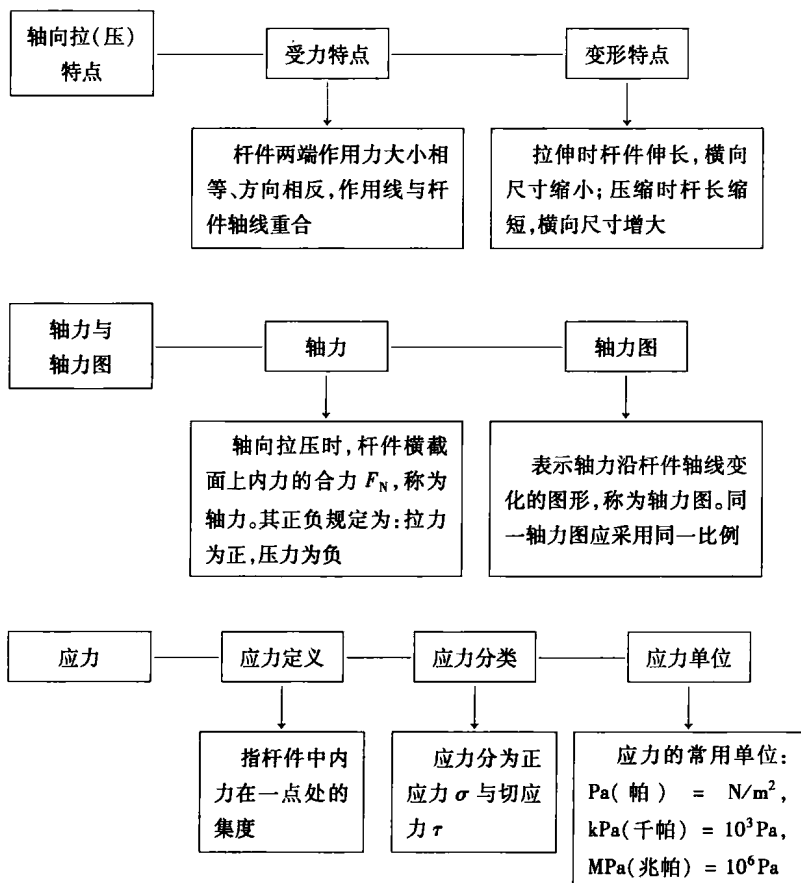
自测题图 1-2

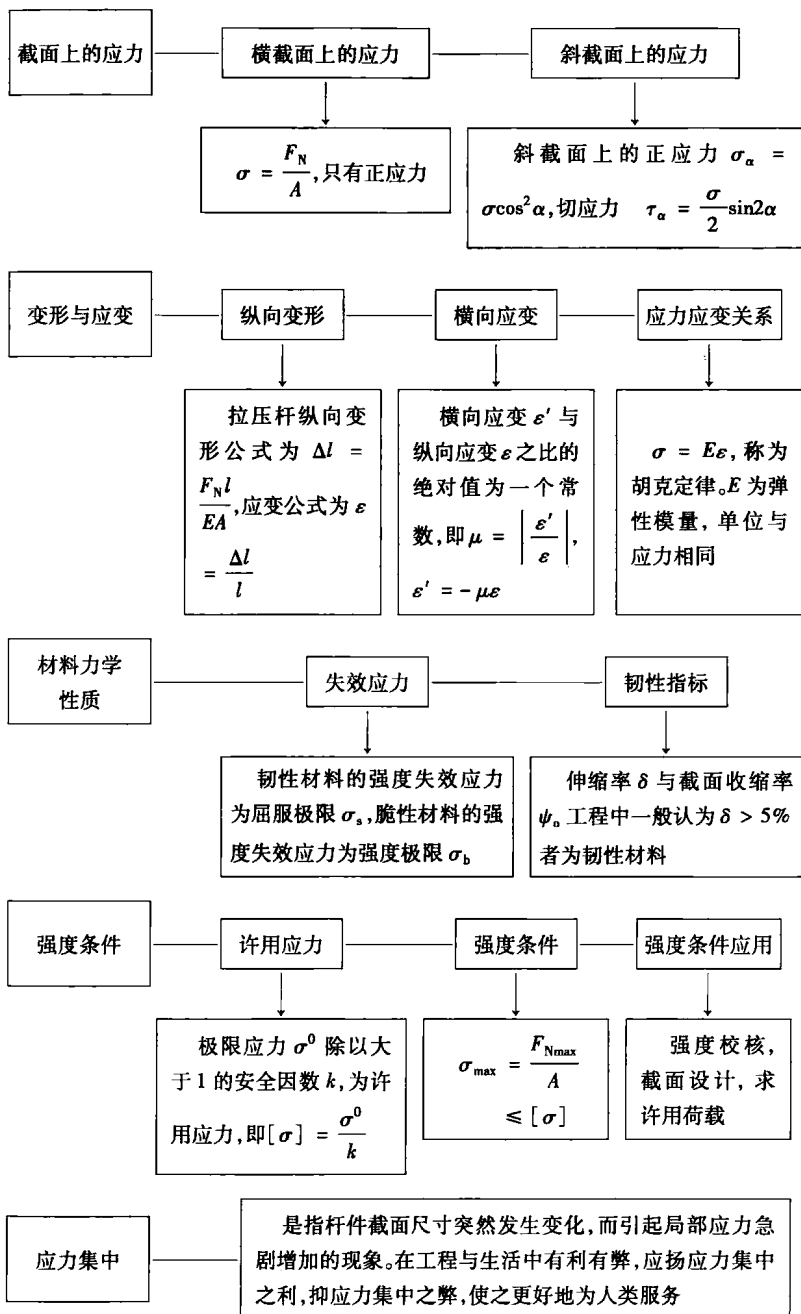
第二章 轴向拉（压）

本章通过讨论轴向拉（压）杆的强度、变形计算；材料在拉、压时的力学性能；简单拉、压超静定问题，介绍了在材料力学中具有普遍意义的一些基本概念、基本理论和基本方法。本章是本书的基本、重点章节。

一、内 容 提 要

本章基本内容可归纳为下列知识框图。





二、学习基本要求与方法指导·重难点提示

1. 基本要求

- (1) 熟练掌握截面法求轴力，绘轴力图。
- (2) 熟练掌握轴向拉、压时的胡克定律及变形、位移计算。
- (3) 掌握材料力学性能的主要指标。
- (4) 塑性、脆性材料的比较。

材料名称 性能	塑性材料	脆性材料
塑性指标	破坏前有明显塑性变形， 塑性好，延伸率 $\delta \geq 5\%$	破坏前无明显塑性 变形，塑性差， $\delta < 5\%$
强度指标	σ_s 、 σ_b	σ_b
极限应力 σ^0	σ_s	σ_b
抗拉压强度	$[\sigma_+] = [\sigma_-]$	$[\sigma_+] < [\sigma_-]$

- (5) 熟练掌握轴向拉、压杆的强度计算。
- (6) 掌握一次超静定杆系的求解（既是重点，又是难点）。

2. 方法指导

(1) 超静定结构的特点是结构内部或外部存在多余约束，未知力的个数比能列出的平衡方程的数目要多，求解时要列出静力平衡方程、变形协调方程和物理方程联立求解。解超静定问题的一般步骤为：

- 1) 确定超静定次数。
- 2) 列出独立的平衡方程。
- 3) 解除多余约束，使结构变为静定结构，根据变形几何关系图列出变形协调方程。
- 4) 将力与变形间的物理关系（胡克定律）代入变形几何方程，便能得到解题所需的补充方程。

5) 将静力平衡方程与补充方程联立，解出全部的约束力及杆件内力。

(2) 在超静定汇交杆系结构中，各杆的内力是受拉还是受压在解题前往往是未知的。为此，在绘受力图时，可假定各杆均受拉力，并以此画受力图、列静力平衡方程；根据杆件变形与内力一致的原则，绘制节点位移图，建立几何关系方程。最后解得的结果若为正，则表示杆件的轴力与假设的一致；若为负，则表示杆件中轴力与假设的相反。

要求牢记和熟练运用的公式（重点）