



应用型本科规划教材

GUIDANCE TO MATERIAL MECHANICS

材料力学学习指导

◆ 主 编 周赵凤

副主编 张苑竹 许晨光 俞 峰 童鲁海



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

应用型本科规划教材

材料力学学习指导

主 编 周赵凤

副主编 张苑竹 许晨光

俞 峰 童鲁海



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

内 容 简 介

本书根据林贤根主编的《材料力学》内容,对全书 12 章和附录中平面图形的几何性质按章编写了内容提要、基本要求、重点和难点分析、典型例题及习题解答、单元测试 5 部分,书后还附有单元测试答案。本书旨在帮助读者掌握课程重点,学会分析方法,提高解题能力。

本书可供使用林贤根主编的《材料力学》教材的读者和教师参考,亦可作为使用其他教材的读者的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

材料力学学习指导 / 周赵凤主编. —杭州:浙江大学出版社, 2008. 8

ISBN 978-7-308-06075-2

I. 材… II. 周… III. 土木工程—材料力学—高等学校—教材参考资料 IV. TU501

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 095004 号

材料力学学习指导

主 编 周赵凤

-
- | | |
|------|---|
| 丛书策划 | 樊晓燕 |
| 责任编辑 | 王 波 |
| 文字编辑 | 王元新 |
| 封面设计 | 刘依群 |
| 出版发行 | 浙江大学出版社
(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)
(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)
(网址: http://www.zjupress.com
http://www.press.zju.edu.cn)
电话: 0571—88925592, 88273066(传真) |
| 排 版 | 杭州好友排版工作室 |
| 印 刷 | 杭州半山印刷有限公司 |
| 开 本 | 787mm×1092mm 1/16 |
| 印 张 | 13.5 |
| 字 数 | 329 千 |
| 版 次 | 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷 |
| 印 数 | 0001—3000 |
| 书 号 | ISBN 978-7-308-06075-2 |
| 定 价 | 22.00 元 |
-

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88925591

应用型本科院校土木工程专业规划教材

编 委 会

主 任 陈云敏

副主任 王娟娣 许钧陶 魏新江

委 员 (以姓氏笔画为序)

马海龙 王建新 李 强

李立新 李剑敏 李国柱

林贤根 杨云芳 杨迎晓

陈江瑛 周赵凤 郭鼎康

廖 娟

总 序

近年来我国高等教育事业得到了空前的发展,高等院校的招生规模有了很大的扩展,在全国范围内发展了一大批以独立学院为代表的应用型本科院校,这对我国高等教育的持续、健康发展具有重要的意义。

应用型本科院校以培养应用型人才为主要目标,目前,应用型本科院校开设的大多是一些针对性较强、应用特色明确的本科专业,但与此不相适应的是,当前,对于应用型本科院校来说作为知识传承载体的教材建设远远滞后于应用型人才培养的步伐。应用型本科院校所采用的教材大多是直接选用普通高校的那些适用研究型人才培养的教材。这些教材往往过分强调系统性和完整性,偏重基础理论知识,而对应用知识的传授却不足,难以充分体现应用类本科人才的培养特点,无法直接有效地满足应用型本科院校的实际教学需要。对于正在迅速发展的应用型本科院校来说,抓住教材建设这一重要环节,是实现其长期稳步发展的基本保证,也是体现其办学特色的基本措施。

浙江大学出版社认识到,高校教育层次化与多样化的发展趋势对出版社提出了更高的要求,即无论在选题策划,还是在出版模式上都要进一步细化,以满足不同层次的高校的教学需求。应用型本科院校是介于普通本科与高职之间的一个新兴办学群体,它有别于普通的本科教育,但又不能偏离本科生教学的基本要求,因此,教材编写必须围绕本科生所要掌握的基本知识与概念展开。但是,培养应用型与技术型人才又是应用型本科院校的教学宗旨,这就要求教材改革必须淡化学术研究成分,在章节的编排上先易后难,既要低起点,又要有坡度、上水平,更要进一步强化应用能力的培养。

为了满足当今社会对土木工程专业应用型人才的需要,许多应用型本科院校都设置了相关的专业。土木工程专业是以培养注册工程师为目标,国家土木工程专业教育评估委员会对土木工程专业教育有具体的指导意见。针对这些情况,浙江大学出版社组织了十几所应用型本科院校土木工程类专业的教师共同开展了“应用型本科土木工程专业教材建设”项目的研究,探讨如何编写既能满足注册工程师知识结构要求、又能真正做到应用型本科院校“因材施教”、适

合应用型本科层次土木工程类专业人才培养的系列教材。在此基础上,组建了编委会,确定共同编写“应用型本科院校土木工程专业规划教材”系列。

本套规划教材具有以下特色:

在编写的指导思想上,以“应用型本科”学生为主要授课对象,以培养应用型人才为基本目的,以“实用、适用、够用”为基本原则。“实用”是对本课程涉及的基本原理、基本性质、基本方法要讲全、讲透,概念准确清晰。“适用”是适用于授课对象,即应用型本科层次的学生。“够用”就是以注册工程师知识结构为导向,以应用型人才为培养目的,达到理论够用,不追求理论深度和内容的广度。

在教材的编写上重在基本概念、基本方法的表述。编写内容在保证教材结构体系完整的前提下,注重基本概念,追求过程简明、清晰和准确,重在原理。做到重点突出、叙述简洁、易教易学。

在作者的遴选上强调作者应具有应用型本科教学的丰富教学经验,有较高的学术水平并具有教材编写经验。为了既实现“因材施教”的目的,又保证教材的编写质量,我们组织了两支队伍,一支是了解应用型本科层次的教学特点、就业方向的一线教师队伍,由他们通过研讨决定教材的整体框架、内容选取与案例设计,并完成编写;另一支是由本专业的资深教授组成的专家队伍,负责教材的审稿和把关,以确保教材质量。

相信这套精心策划、认真组织、精心编写和出版的系列教材会得到相关院校的认可,对于应用型本科院校土木工程类专业的教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会主任
浙江大学建筑工程学院常务副院长
教育部长江学者特聘教授

陈云敏

2007年1月

前 言

本书根据应用型本科土木工程等土建类专业的教学改革需要而编写。学习材料力学需要搞清基本概念,掌握基本理论和基本方法;更要重视实践,以提高分析问题和解决问题的能力。本书以《材料力学教学大纲》的基本内容为主,分析和解答了林贤根主编的《材料力学》中的部分习题,可供学生学习材料力学时使用。

本书章节次序和习题编号均同林贤根主编的《材料力学》保持一致,并把附录中平面图形的几何性质作为第 13 章编入本书。本书参编单位和人员有浙江大学城市学院张苑竹;浙江大学宁波理工学院许晨光;浙江树人大学周赵凤;浙江理工大学俞峰;杭州职业技术学院童鲁海。编写分工为:张苑竹编写了第 1 章、第 2 章、第 3 章;许晨光编写了第 4 章、第 5 章、第 6 章;童鲁海编写了第 7 章;周赵凤编写了第 8 章、第 9 章;俞峰编写了第 10 章、第 11 章、第 12 章、第 13 章;全书由周赵凤任主编,张苑竹、许晨光、俞峰、童鲁海任副主编。本书在编写过程中得到了林贤根老师的大力支持,在此致以衷心的感谢!

限于编者水平所限,书中难免存在疏误和不妥之处,恳请读者批评和指正。

编 者

2008 年 4 月

目 录

第 1 章 绪论与基本概念	1
1.1 内容提要	1
1.2 基本要求	2
1.3 重点、难点分析	3
1.4 典型例题	3
1.5 单元测试	5
第 2 章 轴向拉伸与压缩	8
2.1 内容提要	8
2.2 基本要求	11
2.3 重点、难点分析	12
2.4 典型例题及习题解答	12
2.5 单元测试	25
第 3 章 剪切与挤压的实用计算	29
3.1 内容提要	29
3.2 基本要求	30
3.3 重点、难点分析	30
3.4 典型例题及习题解答	30
3.5 单元测试	35
第 4 章 扭 转	38
4.1 内容提要	38

4.2	基本要求	42
4.3	重点、难点分析	42
4.4	典型例题及习题解答	44
4.5	单元测试	51
第5章	梁的内力	54
5.1	内容提要	54
5.2	基本要求	56
5.3	重点、难点分析	57
5.4	典型例题及习题解答	58
5.5	单元测试	73
第6章	梁的弯曲应力与强度计算	79
6.1	内容提要	79
6.2	基本要求	84
6.3	重点、难点分析	84
6.4	典型例题及习题解答	86
6.5	单元测试	99
第7章	梁的位移——转角、挠度	104
7.1	内容提要	104
7.2	基本要求	106
7.3	重点、难点分析	106
7.4	典型例题及习题解	107
7.5	单元测试	121
第8章	应力状态分析与强度理论	124
8.1	内容提要	124
8.2	基本要求	130
8.3	重点、难点分析	130
8.4	典型例题及习题解答	131
8.5	单元测试	146

第 9 章 杆件在组合变形时的强度计算	149
9.1 内容提要	149
9.2 基本要求	150
9.3 重点、难点分析	151
9.4 典型例题及习题解答	151
9.5 单元测试	162
第 10 章 压杆稳定	165
10.1 内容提要	165
10.2 基本要求	167
10.3 重点、难点分析	167
10.4 典型例题及习题解答	168
10.5 单元测试	174
第 11 章 能量法	177
11.1 内容提要	177
11.2 基本要求	178
11.3 重点、难点分析	178
11.4 典型例题及习题解答	178
11.5 单元测试	182
第 12 章 有关材料力学性能的其他问题简介	186
12.1 内容提要	186
12.2 基本要求	187
12.3 重点、难点分析	187
12.4 思考题解答	187
第 13 章 截面的几何性质	189
13.1 内容提要	189
13.2 基本要求	190
13.3 重点、难点分析	191
13.4 典型例题及习题解答	191

13.5 单元测试·····	195
参考答案 ·····	199
参考文献 ·····	204

第 1 章 绪论与基本概念

1.1 内容提要

1. 结构与构件

建筑结构和机械中承受荷载起到骨架作用的部分称为结构,组成结构的各个部件(零件)称为构件。构件根据其几何特征可分为杆件、板和壳、块体等。其中杆件是材料力学课程的主要研究对象。

2. 承载能力要求

要保证整个结构物的正常工作,则其组成构件要有足够的承受载荷的能力。在材料力学中,这种构件承载能力分为三个方面:

- (1)强度。即构件抵抗破坏的能力。
- (2)刚度。即构件抵抗变形的能力。
- (3)稳定性。即构件保持原有平衡形式的能力。

3. 材料力学的任务

材料力学的任务就是在满足强度、刚度和稳定性的前提下,为构件提供强度、刚度、稳定性的计算理论和方法,从而选用适宜的材料,选择合理的截面尺寸,确定许用荷载,合理解决工程设计中安全与经济之间的矛盾。而且还在基本概念、理论和方法等方面,为结构力学、弹性力学、钢筋混凝土、钢结构等后续课程提供基础。

4. 刚体和变形固体

- (1)刚体。假定在外力作用下其形状尺寸绝对不变化或变化很小(可忽略不计)的物体。
- (2)变形固体。在外力作用下其形状或尺寸发生改变的物体。
- (3)弹性变形。外力撤除后,能够消失的变形。
- (4)塑性变形。外力撤除后,不能消失的变形,即残留的变形。

5. 变形固体的基本假设

材料力学研究的构件是变形固体,为了简化计算,对变形固体作如下假设:

- (1)连续性假设。即认为物体在其整个体积内毫无空隙地充满了物质。
- (2)均匀性假设。即认为物体在其整个体积内材料的结构和性质相同。
- (3)各向同性假设。即认为物体在各个方向具有相同的性质。
- (4)小变形假设。即认为构件的变形和构件的原始尺寸相比非常微小。

6. 杆件变形的的基本形式

杆件变形的的基本形式有以下几种:

(1)轴向拉伸或压缩。构件受一对大小相等、方向相反、作用线与杆件轴线重合的外力作用,变形表现为杆件长度沿轴线方向的伸长或缩短。

(2)剪切。构件受一对大小相等、方向相反且相距很近的横向力作用,变形表现为两力之间的截面沿外力作用方向发生相对错动。

(3)扭转。构件受一对大小相等、转向相反、作用面垂直于杆件轴线的外力偶作用,变形表现为杆件的横截面绕杆轴线转动。

(4)弯曲。构件受垂直于杆件轴线的横向力或横向力偶作用,变形表现为杆件轴线由直线变为曲线。

7. 变形、位移及应变

(1)构件在外力作用下会发生尺寸和形状的改变,称为变形。

(2)变形后构件上各点、各线和各面的空间位置发生移动,称为位移。构件内某一点从原始位置移动到变形后新位置的距离,称为该点的线位移;构件内某一直线段或某一平面在构件变形后所旋转的角度,称为该线或该面的角位移。

(3)应变反映了构件内一点附近的变形程度,分为线应变和切应变。

线应变是指构件内一点处在某个方向上单位长度的尺寸变化量,为代数量,无量纲。线应变规定伸长为正,缩短为负。线应变又称正应变,用符号 ϵ 表示。

切应变是指构件内一点处在指定平面内两垂直线段的直角改变量,为代数量,无量纲,计算时一般用弧度(rad)表示。切应变规定当直角变形后小于 $\frac{\pi}{2}$ 为正;当直角变形后大于 $\frac{\pi}{2}$ 为负。切应变又称剪应变,用符号 γ 表示。在小应变问题中,切应变可近似表示为 $\gamma \approx \tan \gamma$ 。

8. 内力、截面法和应力

(1)材料力学研究的内力是由外部因素(载荷作用、温度变化和支座沉降等)引起构件不同部分之间相互作用力的改变量。

(2)截面法是材料力学求解内力的基本方法,可以归纳为三个步骤:

①在欲求内力处用一假想截面将构件分成两部分,任取一部分作为研究对象;

②用截面上的内力代替另一部分对所分析部分的作用力;

③建立取出部分的静力平衡方程,求解未知的内力。

(3)应力是构件内一点处内力的分布集度,是矢量。通常把一点处的全应力 p 分解成两个正交的应力分量,垂直于截面的分量称为正应力,用符号 σ 表示;与截面相切的分量称为切应力(或剪应力),用符号 τ 表示。

应力的国际单位为帕斯卡(Pa), $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$, $1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$, $1\text{GPa}=10^9\text{Pa}$;工程单位为 kg/cm^2 , $1\text{kg}/\text{cm}^2=0.1\text{MPa}$ 。

1.2 基本要求

1. 理解构件强度、刚度和稳定性的概念,以及材料力学课程的任务。

2. 理解变形固体的概念和分类。
3. 理解变形固体的基本假设。
4. 深入理解杆件 4 种基本变形的受力和变形特点。
5. 掌握内力、应力和变形、应变的概念及其物理含义。
6. 熟练应用截面法求截面上的内力。

1.3 重点、难点分析

1. 与理论力学的区别

(1) 研究对象不同

理论力学课程把物体抽象为质点或刚体,研究其平衡及运动规律,理论基础是牛顿三大定律。而材料力学课程把所研究的构件看作变形固体,在基本假设下研究构件的变形及破坏规律。因此,理论力学中的原理在材料力学中并不是都适用的,而要加以具体分析,“力的可传性原理”就是一个例子。

(2) 讨论问题的基本方法不同

理论力学以节点法为基础,而材料力学则用截面法。

2. 位移与应变

材料力学研究的是变形固体由于变形引起的位移,应变反映了构件内一点附近的变形情况,包括线应变和切应变两个基本量。应变是坐标的函数,与点的位置和方向有关。线应变和切应变都是标量,不能像位移那样按矢量处理。

3. 内力与应力

(1) 内力是截面上分布内力的合力,应力是内力的分布集度。在建立平衡方程时,不能把应力直接代入平衡方程,而应先求出其合力(即把应力乘以其作用面的面积),再代入平衡方程。

(2) 构件的破坏与正应力和剪应力有关,而与全应力无直接关系,因此在材料力学中只研究正应力和剪应力。

4. 截面法

用假想截面将杆件分为两部分后,应根据具体问题选取较简单部分进行研究,而舍弃较复杂部分。为了求解未知内力而建立的静力平衡方程个数,是由截取部分的力系决定的,在空间问题中,内力有 6 个分量;在平面问题中,内力有 3 个分量。

1.4 典型例题

例 1-1 试求图 1-1(a)所示结构 $m-m$ 和 $n-n$ 两截面的内力,并指出 AB 和 BC 两杆的变形属于何类基本变形。

解 BC 杆为二力杆,取截面 $n-n$ 以下部分为研究对象,其受力图如图 1-1(b)所示。由平衡条件

$$\sum M_A = 0, 3N_{BC} - 6 \times 2 = 0$$

可得

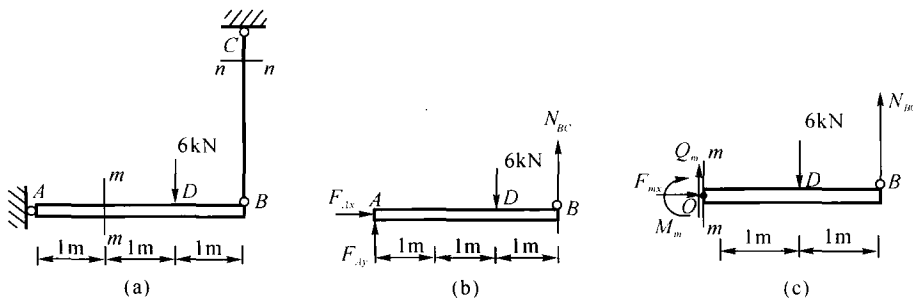


图 1-1

$$N_{BC} = 4 \text{ kN}$$

BC 杆的变形属于轴向拉伸变形。

应用截面法,对图 1-1(b)取截面 $m-m$ 以左及 $n-n$ 以下部分为研究对象,其受力图如图 1-1(c)所示。由平衡方程

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ \sum F_y &= 0, Q_m + N_{BC} - 6 = 0 \\ \sum M_O &= 0, 2N_{BC} - 6 \times 1 - M_m = 0 \end{aligned}$$

可得

$$F_{mx} = 0, Q_m = 2 \text{ kN}, M_m = 2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

AB 杆的变形属于弯曲变形。

例 1-2 如图 1-2(a)所示简易吊车的横梁上,力 F 可以左右移动,试求截面 1-1 和 2-2 上的内力及其最大值。

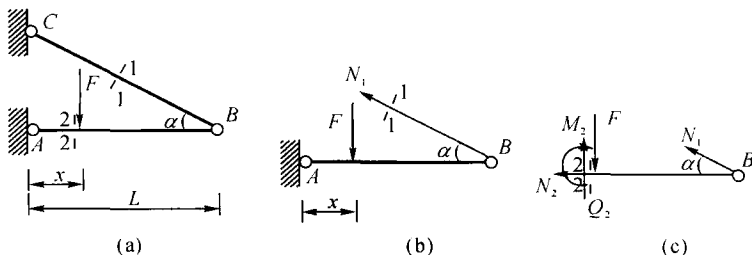


图 1-2

解 BC 杆是二力杆。应用截面法,从截面 1-1 截开,取右边部分作为研究对象,其受力图如图 1-2(b)所示。由平衡条件

$$\sum M_A = 0, N_1 L \sin \alpha - Fx = 0$$

可得

$$N_1 = \frac{Fx}{L \sin \alpha}$$

从 2-2 截面截开,其受力图如图 1-2(c)所示,由平衡方程

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0, N_2 + N_1 \cos \alpha = 0 \\ \sum F_y &= 0, Q_2 - F + N_1 \sin \alpha = 0 \\ \sum M_O &= 0, N_1 \sin \alpha (L - x) - M_2 = 0\end{aligned}$$

可得

$$\begin{aligned}N_2 &= -N_1 \cos \alpha = \frac{Fx}{L} \cot \alpha \\ Q_2 &= F - N_1 \sin \alpha = \frac{F(L-x)}{L} \\ M_2 &= N_1 (L-x) \sin \alpha = \frac{x(L-x)}{L} F\end{aligned}$$

可见,它们的最大值分别为 $N_1 = \frac{F}{\sin \alpha}$, $N_2 = F \cot \alpha$, $Q_2 = F$, $M_2 = 0.25FL$ 。

1.5 单元测试

1. 选择题

(1) 构件的强度是指(), 刚度是指(), 稳定性是指()。

- A. 在外力作用下构件抵抗变形的能力
- B. 在外力作用下构件保持原有平衡形式的能力
- C. 在外力作用下构件抵抗破坏的能力

(2) 各向同性假设认为, 材料内部各点的()是相同的。

- A. 力学性质
- B. 外力
- C. 变形
- D. 位移

(3) 根据小变形条件, 可以认为()。

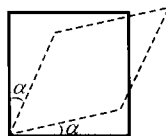
- A. 构件不会变形
- B. 构件仅发生弹性变形
- C. 构件的变形远小于其原始尺寸

(4) 下列结论中正确的是()。

- A. 若物体产生位移, 则必定同时产生变形
- B. 若物体各点均无位移, 则该物体必定无变形
- C. 若物体无变形, 则必定物体内部各点均无位移
- D. 若物体产生变形, 则必定物体内部各点均有位移

(5) 如题(5)图所示, 设虚线表示单元体变形后的形状, 则该单元体的剪应变为()。

- A. α
- B. $\frac{\pi}{2} - \alpha$
- C. 2α
- D. $\frac{\pi}{2} - 2\alpha$



题(5)图

(6) 下列关于应变说法中错误的是()。

- A. 应变是变形的度量
- B. 应变是无量纲

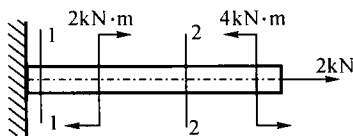
- C. 线应变用符号 ϵ 表示
D. 切应变用符号 τ 表示
- (7) 下列关于内力的说法中正确的是()。
- A. 内力大小与外力有关
B. 内力大小与外力无关
C. 内力的单位是 Pa
D. 内力大小与截面位置无关
- (8) 用截面法只能确定()杆横截面上的内力。
- A. 等直
B. 小变形
C. 各向同性
D. 静定
- (9) 下列有关应力的说法中错误的是()。
- A. 应力是内力的度量
B. 应力的国际单位是 Pa
C. 垂直于截面的应力分量称为切应力, 平行于截面的应力分量称为正应力
D. 正应力的符号为 σ , 切应力的符号为 τ
- (10) 在一截面的任意点处, 正应力 σ 与切应力 τ 之间的夹角 α 为()。
- A. $\alpha = 90^\circ$
B. $\alpha = 45^\circ$
C. $\alpha = 0^\circ$
D. α 为任意角

2. 填空题

- (11) 材料力学和理论力学的研究对象不同, 前者研究的是_____, 而后者研究的是_____。
- (12) 变形固体根据其几何特征可分为_____、_____和_____三类。材料力学主要研究对象是_____。
- (13) 弹性变形时, 构件内一点单位长度上的变形量称为_____, 微单元体两棱角直角的改变量称为_____。
- (14) 截面法的基本步骤可概括为_____、_____、_____。
- (15) 杆件的基本变形有_____、_____、_____和_____四种, 杆件的复杂变形可以看成是几种基本变形的组合, 称为_____。

3. 计算题

- (16) 试求题(16)图所示结构中 1-1 和 2-2 两截面的内力。



题(16)图

- (17) 如题(17)图所示结构, 在刚节点 B 的作用力矩为 M , 试确定 1-1、2-2 和 3-3 截面上的内力。