

工科课程提高与应试丛书

- 涵盖课程重点及难点
- 精设典型题详解及评注
- 选配课程考试模拟及全真试卷

苟文选 主编

材料力学

典型题解析及自测试题



西北工业大学出版社

工科课程提高与应试丛书

材料力学典型题解析及自测试题

苟文选 主编

卫 丰 金保森 副主编

编著者(以姓氏笔划为序)

卫 丰 王安强 苟文选 金保森

郑斯滔 耿小亮 高雅丽

西北工业大学出版社

(陕)新登字 009 号

【内容简介】 第一部分按《材料力学》教材的篇章分别给出内容要点、典型例题详解及供读者做的练习题;第二部分给出供读者自测的综合试卷 8 套;第三部分选出周培源大学生力学竞赛试题 3 套,并给出解答;附录部分给出习题及自测试卷的答案。

本书可用作材料力学习题课的教材,亦可作为电大、自学考试学生的辅助教材,也可供报考硕士研究生考前参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学典型题解析及自测试题/苟文选主编. —西安:西北工业大学出版社,2000. 11

(工科课程提高与应试丛书)

ISBN 7-5612-1306-9

I. 材... II. ① 苟... III. 材料力学-解题 IV. TP301-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 75394 号

西北工业大学出版社出版发行

(邮编:710072 西安市友谊西路 127 号 电话:8491147)

全国各地新华书店经销

西安向阳印刷厂印装

*

开本:850 毫米×1168 毫米 1/32 印张:13.875 字数:352 千字

2000 年 12 月第 1 版

2000 年 12 月第 1 次印刷

印数:1—6 000 册 定价:18.00 元

购买本社出版的图书,如有缺页、错页的,本社发行部负责调换。

前 言

为了便于广大读者能更好地掌握工科专业基础课《材料力学》的内容,更好地培养分析问题和解决工程实际问题的能力,按照西北工业大学出版社工科课程提高与应试丛书的安排,组织编写了《材料力学典型题解析及自测试题》。

教材是课程教学内容及体系改革的核心。高等学校的教材,应担当起素质教育的责任。教材不仅要帮助学生学会生存、学会学习和学会创造,而且要寓“思”于教材,寓“观”于教材。努力培养基础扎实、知识面宽、能力强、素质高的具有创新精神的高级人才。1991年张剑英教授等编写了《材料力学》教材。几经试用后,在广泛征求教师和学生意见的基础上,于1994年郑斯滔教授主持对1991年版《材料力学》教材作了重大修改并再版,同时编写了《材料力学解题指导》。1998年根据教育部“面向21世纪力学系列课程教学内容及体系改革的研究与实践”项目及力学基地建设的要求,编写并出版了模块化《材料力学》教材。2000年初,在充分讨论原《材料力学解题指导》的基础上,着手编写本书。

推进教学方法和教学手段的改革,是把教师的主导作用和学生的主体作用有机地结合起来,这是教学过程中处理教与学的基本原则。这一原则要求我们必须积极探索启发式教学、探索充分调动学生积极性和主动性的教学方法。用哲学的视角对科学技术知识中一些重要且基本的科学技术规律、概念、方法等作出某种哲理性的点拨,并在思考题、习题中加以体现,启发和促进学生在学科学技术的知识的同时学会运用科学的思维方法。本书力图在启发学生的主动思维,揭示本课程学习规律上有所创新和突破。本书分为四个部分,即典型题解析、自测试卷、全国周培源大学

生力学竞赛试题及解答、习题及自测试题答案。书中在典型题解析中,对教学基本要求,重点及难点作了精辟论述,典型题多选自工程实例。从实例到力学模型,解题思路,技巧等进行了阐述。每题后都写有“评注”,着重指出一般读者在解题中容易出现的错误和应注意的问题,是教师们多年教学经验的结晶。另外,典型题尽可能实行一题多解,将各种方法展示给读者,以扩大读者的思路。

《材料力学典型题解析及自测试题》第一部分中第一、三、五、六、七、十五及十六章,由苟文选编写。第八~十一章由金保森编写,第十二~十四章由卫丰编写,第二章由高雅丽编写,第四章由苟文选、王安强编写,第二、三部分由苟文选、郑斯滔组题并解答,书中计算机绘制的插图第一部分的八、九、十共三章由耿小亮完成,其余由王安强完成。全书由苟文选统稿并任主编。

本书由西安交通大学教授、博士生导师、原国家教委材料力学课程指导委员会委员俞茂镛先生审稿并提出精辟珍贵的修改意见,西北工业大学教务处将该书列入“九五”出版计划,并给予资助,西北工业大学出版社的领导及编辑给予了许多关怀和帮助,在此一并表示衷心的感谢。本书以高等工业学校《材料力学教学大纲》(多学时)的基本要求为准,考虑到模块化教学的要求,可适当组合,适应各类读者的需要。亦可作为报考硕士研究生的考前参考。书中的例题及习题,部分源自于国内外有关教材,在此亦向原编著者致谢。

由于编写时间仓促及编者水平有限,书中疏漏及不妥之处在所难免,希望广大读者给予指正,使该书以臻完善。

编 者

2000年11月

目 录

第一部分 典型题解析

第一章 绪论	1
一、基本要求	1
二、重点及难点	1
三、典型题解析	10
四、习题	13
第二章 轴向拉伸和压缩	15
一、基本要求	15
二、重点及难点	16
三、典型题解析	24
四、习题	41
第三章 剪切	45
一、基本要求	45
二、重点及难点	45
三、典型题解析	49
四、习题	54
第四章 扭转	57
一、基本要求	57
二、重点及难点	57
三、典型题解析	63
四、习题	76

第五章 弯曲内力	79
一、基本要求	79
二、重点及难点	79
三、典型题解析	85
四、习题	99
第六章 弯曲应力	101
一、基本要求	101
二、重点及难点	101
三、典型题解析	110
四、习题	125
第七章 弯曲变形	129
一、基本要求	129
二、重点及难点	129
三、典型题解析	133
四、习题	154
第八章 应力状态及应变状态分析	158
一、基本要求	158
二、重点及难点	158
三、典型题解析	162
四、习题	176
第九章 强度理论	179
一、基本要求	179
二、重点及难点	179
三、典型题解析	181
四、习题	188
第十章 组合变形时的强度计算	191
一、基本要求	191
二、重点及难点	191
三、典型题解析	194

四、习题	208
第十一章 压杆稳定	212
一、基本要求	212
二、重点及难点	212
三、典型题解析	215
四、习题	228
第十二章 能量法	233
一、基本要求	233
二、重点及难点	233
三、典型题解析	236
四、习题	254
第十三章 能量法在超静定系统中的应用	260
一、基本要求	260
二、重点及难点	260
三、典型题解析	264
四、习题	287
第十四章 动载荷	292
一、基本要求	292
二、重点及难点	292
三、典型题解析	294
四、习题	315
第十五章 疲劳强度	319
一、基本要求	319
二、重点及难点	319
三、典型题解析	323
四、习题	338
第十六章 平面图形几何性质	340
一、基本要求	340
二、重点及难点	340

三、典型题解析	347
四、习题	357

第二部分 自测试卷

自测试卷一 (中学时)	361
自测试卷二 (中学时)	362
自测试卷三 (多学时)	363
自测试卷四 (多学时)	365
自测试卷五 (多学时)	367
自测试卷六 (多学时) (上)	369
自测试卷六 (多学时) (下)	371
自测试卷七 (多学时) (上)	375
自测试卷七 (多学时) (下)	378
自测试卷八 (多学时) (上)	379
自测试卷八 (多学时) (下)	382

第三部分 全国周培源大学生力学 竞赛试题及解答

1992 年全国青年力学竞赛试题及解答	387
第三届全国周培源大学生力学竞赛试题及解答	395
第四届全国周培源大学生力学竞赛试题及解答	409

附录 习题及自测试题答案

附录一、习题答案	417
附录二、自测试题答案	428

参考文献.....	433
后记.....	434

第一部分 典型题解析

第一章 绪 论

一、基本要求

(1) 了解构件强度、刚度和稳定性的概念,明确材料力学课程的主要任务。

(2) 理解变形固体的基本假设、条件及其意义。

(3) 明确内力的概念,初步掌握用截面法计算内力的方法。

(4) 建立正应力、切应力、线应变、角应变及单元体的基本概念。

(5) 了解杆件基本变形的受力和变形特点。

二、重点及难点

1. 材料力学的任务

为保证构件能正常工作,构件一般需要满足强度、刚度和稳定性的要求。即在外力作用下,要求构件不发生破坏,弹性变形应在工程上允许的范围以内,且维持原有的平衡形式。

材料力学的任务就是在满足强度、刚度及稳定性的要求下,以最经济的代价,为构件确定合理的截面形状和尺寸,选择合适的材料,为设计构件提供必要的理论基础和计算方法。

2. 变形固体的基本假设

材料力学是研究在外力作用下构件的变形和破坏规律。构件一般由固体材料制成。一般无特别说明,均假设变形固体具有连续性、均匀性且各向同性。并且一般受线弹性,小变形的限制。

3. 外力及内力的概念

外力是指施加在构件上的外部载荷(包括支座反力)。按其作用方式可分为体积力(场力)和表面力(接触力)。体积力是连续分布在构件内部各点处的力,表面力是直接作用于构件表面的分布力或集中力。在外力作用下,构件内部各质点间相互作用力的改变量即附加相互作用力称为“附加内力”,简称为内力。内力是成对出现的,大小相等,方向相反,分别作用在构件的两部分上,随着外力的施加而产生,随着外力的增加而增加。

4. 应力、正应力和切应力

在外力作用下,根据连续性假设,物体任一截面的内力是连续分布的,截面上任一点内力的密集程度(内力集度),称为该点的应力。

例如,图 1-1(a) 所示, $m-m$ 面上任一点 C 处的应力用 p 表示

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

ΔF 为微面积 ΔA 上的合内力。

一点处的应力可以分解为两个应力分量。垂直于截面的分量称为正应力,用符号 σ 表示,规定和截面外法线方向一致的应力为

正,反之为负;和截面相切的应力称为切应力,用符号 τ 表示,对物体任一点取矩,产生顺时针方向力矩的切应力规定为正,反之为负(图 1-1(b))。应力单位为 N/m^2 ,又称为 Pa(帕斯卡), $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$, $1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ Pa}$ 。应当注意:应力的量纲和压强的量纲相同,但是二者的物理概念是不同的,压强是单位面积上的外力,而应力是单位面积上的内力;两个应力分量分别和材料的两大类断裂现象(拉断和剪切错动)相对应。

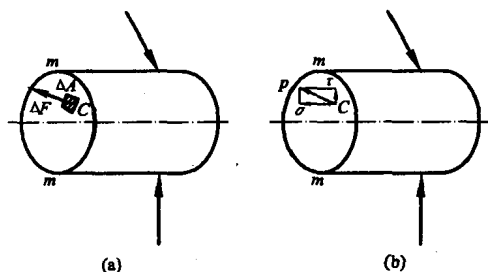


图 1-1

5. 截面法

截面法是研究构件内力的基本方法,它贯穿于“材料力学”课程的始终,利用截面法求内力的步骤为:截、取、代、平。

截:在欲求内力的某点处,假想用一截面把构件截为两部分。

取:取掉一部分,留下一部分作为研究对象。至于取掉哪一部分,视计算的简便与否而定。

代:用内力代替取掉部分对保留部分的作用力。一般地说,在空间问题中,内力有六个分量,合力的作用点为截面形心。如在切开截面建立右手坐标系,以截面形心为原点,则六个内力分量为 F_{Nx} , F_{Ny} , F_{Nz} , M_x , M_y 和 M_z (图 1-2)。

平:原来结构在外力作用下处于平衡,则研究的保留部分也应平衡,故对留下部分建立平衡条件,即可求出各内力分量。

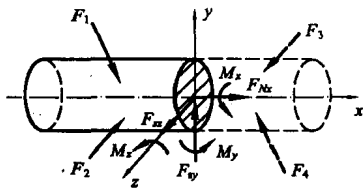


图 1-2

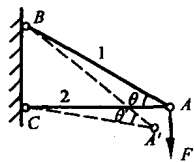


图 1-3

6. 小变形条件在解决“材料力学”问题时的应用

由于大多数工程材料在受力后变形和原始尺寸相比较小,即变形的数量远小于构件的原始尺寸。如图1-3所示简易吊车,受力后节点A的新位置为A', $\overline{AB}$ 杆的长度由 l_1 变为 $l_1 + \Delta l_1$ (伸长), $\overline{AC}$ 杆的长度由 l_2 变为 $l_2 + \Delta l_2$ (缩短), Δl_1 和 Δl_2 都远远小于杆件的原始长度。

在材料力学中,利用小变形的概念,可使问题简化;一些重要的公式,也是在小变形的前提下推导出来的。具体内容包括:

(1) 在研究构件的平衡和运动时,往往忽略构件的变形,根据变形前的原始尺寸进行分析计算,即使用原始尺寸原理。

在分析图1-3简易吊车的受力时,如以新节点A'为研究对象,因AB杆受拉力而伸长,AC杆受压力而缩短,夹角 θ 变为 θ' ,相应的平衡方程变得十分麻烦(图1-4(a))。

考虑到小变形条件,以节点A为研究对象(变形前的平衡位置),其平衡方程(图1-4(b))为

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 & \quad F_{N,AB} - F_{N,AB} \cos \theta = 0 \\ \sum F_y = 0 & \quad F_{N,AB} \sin \theta - F = 0 \end{aligned}$$

由此可以极简便地求得 $F_{N,AB}$ 和 $F_{N,AC}$ 。在小变形条件下,所引

起的计算数值的差别可以忽略不计。

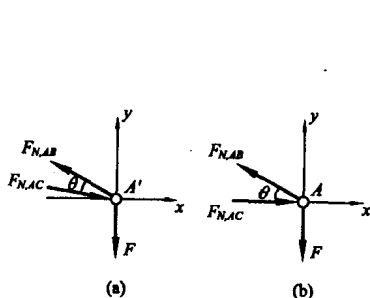


图 1-4

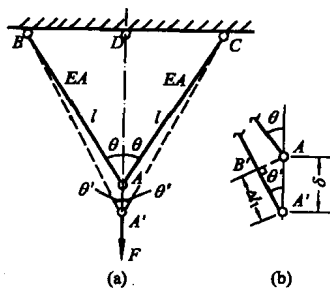


图 1-5

(2) 小变形条件的利用可使构件的变形计算得以简化。图 1-5(a) 所示结构, 现求节点 A 的垂直位移 δ 。构件受力后, 杆 $\overline{AB}$, $\overline{AC}$ 的新位置为 $\overline{A'B}$ 和 $\overline{A'C}$, 两杆都受拉而伸长。由于对称, A 点只有铅垂位移。在小变形条件下, 可认为 $\angle BA'D \approx \angle BAD = \theta$ 。

在求 AB 杆的伸长变形 Δl_1 时, 可由 A 向 $\overline{A'B}$ 作垂线 (图 1-5(b)), 而不是采取以 B 为圆心, 以 $\overline{BA}$ 为半径画圆弧的办法; 因为是小变形, 可以用切线来代替圆弧。关于以切代弧引起误差的讨论将在第二章讨论。

在 $\triangle AA'B'$ 中

$$\overline{A'B'} = \Delta l_1$$

$$\overline{AA'} = \delta = \frac{\Delta l_1}{\cos \theta}$$

应当注意: 小变形的概念是相对的, 应注意应用的条件。下面的计算是错误的。

设 $\overline{AB}$ 和 $\overline{AC}$ 杆原长度为 l

$$\overline{AA'} = (l + \Delta l_1) \cos \theta' - l \cos \theta \approx$$

$$(l + \Delta l_1) \cos \theta - l \cos \theta = \Delta l_1 \cos \theta$$

这样得到了错误的结果。 Δl_1 与 l 不是同一量级的数值, 它和 A

点的垂直位移才是一个量级的数值。在近似计算中,应加以注意。

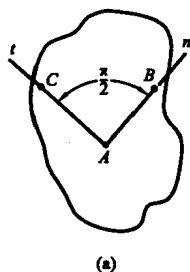
(3) 小变形分析。在研究弹性变形时,假定在物体中产生的变形几乎是无穷小量,即材料中的应变相对于1是非常小的($\epsilon \ll 1$),这种假设通常被称为小应变分析。在此假设下,对于两种应变或位移,当出现幂次大于1的情况时,常常出现一些附加的高次项,使问题非线性化,给求解带来困难;如果用小变形分析,略去高次项,使问题按线性对待,这种处理方法,在材料力学课程中经常遇到,这些近似包括, $\sin \Delta\theta \approx \Delta\theta$, $\cos \Delta\theta \approx 1$, $\tan \Delta\theta \approx \Delta\theta$, $(1 + \Delta)^n \approx 1 + n\Delta$ 等。第六章中挠曲线近似微分方程的推导中即略去了的平方项。

7. 变形、线应变和切应变

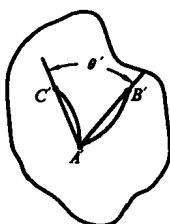
变形是指受力体形状和大小的变化,它可以归结为长度的改变和角度的改变,即有线变形和角变形,单位长度线段的伸长或缩短定义为线应变,而切应变指给定平面内两条正交线段变形后其直角的改变量。

图1-6所示,物体内一点A沿n向长为 Δs 段变形后长为 $\Delta s'$,伸长量 $\Delta u = \Delta s' - \Delta s$ 。故A点沿n向, $\overline{AB}$ 段内的平均线应变为

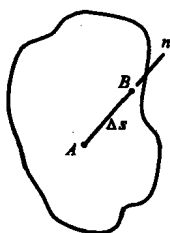
$$\epsilon_m = \frac{\Delta s' - \Delta s}{\Delta s} = \frac{\Delta u}{\Delta s}$$



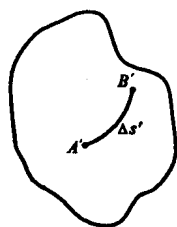
(a)



(b)



(a)



(b)

图 1-6

图 1-7

而 A 点沿 n 向的线应变则为

$$\epsilon = \lim_{\substack{B \rightarrow A \\ \text{沿 } n}} \frac{\Delta s' - \Delta s}{\Delta s} = \frac{du}{dn}$$

图 1-7 所示在 nAt 平面内直角 $\angle BAC$ 变形后为 $\angle B'AC'$, 则 A 点的切应变为 $\gamma_n = \frac{\pi}{2} - \lim_{\substack{B \rightarrow A \\ \text{沿 } n \\ C \rightarrow A \\ \text{沿 } t}} \theta'$, 直角 $\angle BAC$ 的改变量 γ_n 就是

A 点在 nt 平面内的切应变。注意, 切应变和给定点及所定义的坐标轴有关。在小变形问题中, 切应变近似地表示为 $\gamma \approx \tan \gamma$ 。需要强调的是: ① 线应变 ϵ 和切应变 γ 是度量构件变形程度的两个基本量, 不同方向的线应变是不同的, 不同平面的切应变也是不同的, 它们都是坐标的函数。因此, 在描述物体的线应变和切应变时, 应明确发生在那一点, 沿哪一个方向或在哪一个平面; ② 线应变和切应变都没有量纲, 切应变一般用弧度(rad)表示; ③ 两种应变虽随点及方向有关, 但都不是矢量, 不能像位移那样按矢量处理; ④ 根据弹性理论, 在线弹性小变形范围内, 线应变 ϵ 只与正应力 σ 有关, 而与切应力 τ 无关; 而切应变 γ 只与切应力 τ 有关, 与正应力 σ 无关。

8. 杆件的基本变形

凡是在一个方向的尺寸远大于其它两个相互垂直方向尺寸的构件称为杆。材料力学主要研究等截面直杆(等直杆)。杆件在任意受力情况下的变形比较复杂, 仔细分析可视为四种基本变形。表 1-1 中列出四种基本变形及受力特点和变形特点。