



经典教材辅导用书
力学系列

材料力学 习题同步解答

高教版·《材料力学·第四版》(孙训方等编)

赵诒枢 主编



华中科技大学出版社
<http://press.hust.edu.cn>

经典教材辅导用书·力学系列丛书

材料力学习题同步解答

高教版·《材料力学·第四版》(孙训方等编)

主编 赵诒枢

编者 赵诒枢 尹长城 吴胜军

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

材料力学习题同步解答 / 赵诒枢 主编
武汉:华中科技大学出版社,2005年8月
ISBN 7-5609-3406-4

I. 材…

II. ①赵… ②尹… ③吴…

III. 材料力学-高等学校-教学参考资料

IV. TB301

材料力学习题同步解答

赵诒枢 主编

策划编辑:周芬娜

责任编辑:周芬娜 李伟成

责任校对:刘 飞

封面设计:潘 群

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华大图文设计室

印 刷:通山县九宫印务有限公司

开本:850×1168 1/32

印张:17.875

字数:434 000

版次:2005年8月第1版

印次:2005年8月第1次印刷

定价:24.80元

ISBN 7-5609-3406-4/TB·66

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书对高等教育出版社出版、孙训方教授等编写的《材料力学·第四版》一书的全部习题作了详细解答,并在每章习题解答之前给出该章的知识要点,以便读者自学或复习。全书共16章,计有轴向拉伸和压缩,扭转,弯曲应力,梁弯曲时的位移,简单的超静定问题,应力状态和强度理论,组合变形及连接部分的计算,压杆稳定,截面的几何性质,弯曲问题的进一步研究,考虑材料塑性的极限分析,能量法,压杆稳定问题的进一步研究,应变分析·电阻应变计法基础,动荷载·交变应力,材料力学性能的进一步研究等内容。全书共329题。

本书可供高等工科院校的本科生和专科生学习材料力学时参考,也可供成教、函授、电大及自学考试等学生学习材料力学时参考,还可作为报考相关专业研究生者的复习资料,以及教师的教学参考书。

前 言

孙训方教授等编写的《材料力学》第一版1979年出版,第三版于1996年获国家教育委员会第三届全国普通高等学校优秀教材一等奖,并被台湾和香港地区的大学选用,由台湾科技图书股份有限公司出版繁体字版。该书的特色是概念深入浅出、内容丰富精练。2002年修订出版的第四版,被定为普通高等学校“十五”国家级规划教材,并被推荐为研究生入学考试参考用书。

材料力学是一门与工程实际密切相关的技术基础课,学习材料力学一定要深刻理解和牢固掌握材料力学的基本概念、基本理论和基本方法。做习题是材料力学教学的重要环节,只有通过演算一定数量的习题,才能加深对基本概念的理解和对基本理论和基本方法的掌握。大学生在校学习期间,没有足够多的时间去演算各种类型的习题,阅读本习题解答,有助于复习和巩固已学过的材料力学理论和方法,能拓宽解题思路,掌握解题技巧,从而提高分析问题和解决问题的能力。

本书对孙训方教授等编写的《材料力学·第四版》的全部习题作出了详细解答,并在各章习题解答之前给出知识要点,以便读者复习和解题参考。

本书是与《材料力学·第四版》配套的辅导教材,为了方便读者阅读和自学,书中章、图的编号与原教材完全一致。

本书由赵诒枢(第Ⅰ册第1~4章)、吴胜军(第Ⅰ册第5~8章)、尹长城(第Ⅰ册第9章、附录Ⅰ、第Ⅱ册第1~7章)参加解算,全书由赵诒枢教授审阅、校核、修改后定稿。

由于作者水平有限,书中缺点、错误在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 1 月于武汉

华中科技大学

目 录

第 I 册

第一章 绪论及基本概念.....	(2)
第二章 轴向拉伸和压缩.....	(3)
知识要点.....	(3)
习题详解.....	(6)
第三章 扭转	(45)
知识要点	(45)
习题详解	(48)
第四章 弯曲应力	(73)
知识要点	(73)
习题详解	(77)
第五章 梁弯曲时的位移.....	(212)
知识要点.....	(212)
习题详解.....	(214)
第六章 简单的超静定问题.....	(253)
知识要点.....	(253)
习题详解.....	(254)
第七章 应力状态和强度理论.....	(277)
知识要点.....	(277)
习题详解.....	(281)
第八章 组合变形及连接部分的计算.....	(314)
知识要点.....	(314)
习题详解.....	(317)
第九章 压杆稳定.....	(350)

知识要点	(350)
习题详解	(352)
附录 I 截面的几何性质	(372)
知识要点	(372)
习题详解	(375)

第 II 册

第一章 弯曲问题的进一步研究	(400)
知识要点	(400)
习题详解	(403)
第二章 考虑材料塑性的极限分析	(420)
知识要点	(420)
习题详解	(421)
第三章 能量法	(433)
知识要点	(433)
习题详解	(435)
第四章 压杆稳定问题的进一步研究	(506)
知识要点	(506)
习题详解	(507)
第五章 应变分析·电阻应变计法基础	(524)
知识要点	(524)
习题详解	(526)
第六章 动荷载·交变应力	(537)
知识要点	(537)
习题详解	(541)
第七章 材料力学性能的进一步研究	(561)
知识要点	(561)
习题详解	(562)
参考文献	(564)

第 I 册

第一章 绪论及基本概念

(略)

第二章 轴向拉伸和压缩

知识要点

1. 轴向拉伸(压缩)的力学模型

- ① 构件特征——构件为等截面直杆。
- ② 受力特征——外力或外力的合力作用线与构件的轴线重合。
- ③ 变形特征——杆件轴线在受力后均匀伸长(缩短),即杆件两横截面沿杆轴线方向产生相对的平行移动。

2. 轴向拉伸(压缩)时,横截面上的内力——轴力

(1) 内力的定义

由外力作用引起的构件内部相互之间的作用力。

(2) 截面法

截面法是求内力的一般方法。在需求内力的截面处,用一假想平面,沿该截面将杆件截开,取其一部分,将弃去部分对留下部分的作用,代之以内力,然后考虑留下部分的平衡,由平衡条件求出该截面上的未知力。

(3) 轴力

轴向拉、压时,杆件横截面上的内力,以 F_N 表示,沿杆件轴线方向。

(4) 轴力的正负号规定

以拉力为正,压力为负。

(5) 轴力图

表示各横截面上的轴力沿杆件轴线方向变化规律的图线。

3. 轴向拉伸(压缩)时横截面上的应力

(1) 应力的定义

由外力作用所引起的内力密度。

(2) 应力的特征

- ① 应力被定义在物体的假想平面或边界上的一点处。
- ② 应力的量纲为单位面积上的力,应力的单位为 N/m^2 , 或记做 Pa。
- (3) 轴向拉伸(压缩)时横截面上的应力
- ① 应力分布规律:对于等截面直杆,正应力在整个截面上均匀分布。

② 计算公式: $\sigma = \frac{F_N}{A}$

4. 轴向拉伸(压缩)时,斜截面上的应力

(1) 斜截面上的应力

① 正应力 $\sigma_\alpha = \frac{F_N}{A} \cos^2 \alpha$

② 切应力 $\tau_\alpha = \frac{F_N}{2A} \sin 2\alpha$

(2) 最大、最小应力

$$(\sigma_\alpha)_{\max} = \sigma_{\alpha=0^\circ} = \frac{F_N}{A}, \quad (\sigma_\alpha)_{\min} = \sigma_{\alpha=90^\circ} = 0$$

$$|\tau_\alpha|_{\max} = \tau_{\alpha=\pm 45^\circ} = \frac{F_N}{2A}, \quad |\tau_\alpha|_{\min} = \tau_{\alpha=0^\circ, 90^\circ} = 0$$

5. 轴向拉伸(压缩)时的强度

(1) 低碳钢的静拉伸试验

① 弹性变形与塑性变形

- a. 弹性变形:解除外力后,能完全消失的变形。
- b. 塑性变形:解除外力后,不能消失的永久变形。

② 变形的四个阶段

弹性变形阶段、屈服阶段、强化阶段、局部变形阶段。

③ 力学性能指标

a. 强度指标:

比例极限 σ_p ——应力和应变成正比时的最高应力值。

弹性极限 σ_e ——只产生弹性变形的最高应力值。

屈服极限 σ_s ——应力变化不大,应变显著增加时的最低应力值。

强度极限 σ_b ——材料在断裂前所能承受的最大应力值。

b. 弹性指标: 弹性模量 $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ (N/m^2)

c. 塑性指标: 延伸率 $\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$

$$\text{截面收缩率 } \psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

d. 冷作硬化: 材料经过预拉至强化阶段, 卸载之后, 再受拉力时, 呈现比例极限提高, 塑性降低的现象。

(2) 轴向拉伸(压缩)时的强度条件

构件的最大应力不得超过材料的许用应力

$$\sigma_{\max} = \frac{F_N}{A} \leq [\sigma]$$

许用应力是材料容许承受的最大工作应力

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\lim}}{n} = \frac{\text{极限应力(或破坏应力)}}{\text{安全系数}}$$

(3) 强度计算的三类问题

① 强度校核 $\sigma_{\max} = \frac{F_N}{A} \leq [\sigma]$

② 截面设计 $A \geq \frac{F_N}{[\sigma]}$

③ 许用荷载计算 $F_N \leq [\sigma]A$ (由 F_N 计算 $[F]$)

6. 轴向拉伸(压缩)时的变形与位移

(1) 变形的定义

受力物体形状改变时, 两点之间线距离或两正交直线之间夹角的改变, 前者称为线变形, 后者称为角变形。

(2) 轴向拉(压)时的变形

① 纵向变形 $\Delta L = L_1 - L$

② 纵向应变 $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$

③ 胡克定律 $\Delta L = \frac{F_N L}{EA}$ 或 $\sigma = \epsilon E$

④ 胡克定律的适用条件

a. 应力不超过材料的比例极限, 即材料处于弹性范围;

b. 在计算 ΔL 的长度范围内, F_N 、 E 、 A 均为常数。

⑤ 横向变形 $\Delta d = d_1 - d$ (或 $\Delta a = a_1 - a$)

⑥ 横向应变 $\epsilon' = \frac{\Delta d}{d}$ (或 $\epsilon' = \frac{\Delta a}{a}$)

⑦ 泊松比 $\nu = \left| \frac{\epsilon'}{\epsilon} \right|$, ν 恒为负值

(3) 位移的定义

受力物体形状改变时, 相对于某参考坐标系, 物体上一点位置改变的直线距离, 或一线段方向改变的角度。

(4) 位移的计算

① 选取参考坐标系。

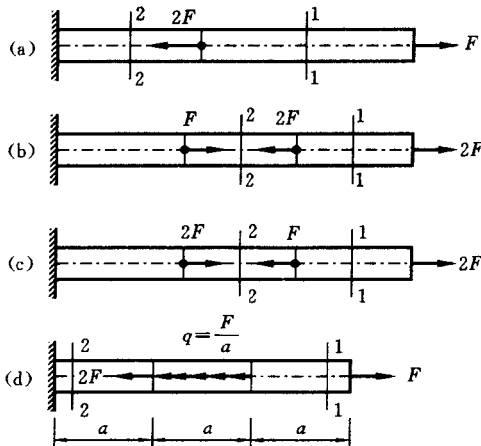
② 计算杆件的变形量。

③ 根据变形的相容性(变形相容条件)作位移图(或结构的变形图), 由位移的几何关系, 计算位移值。

习题详解

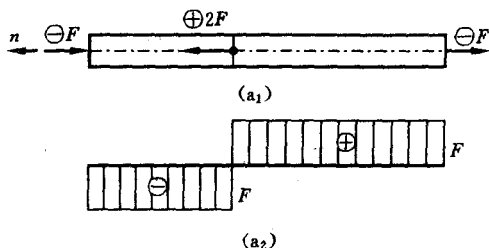
2-1 试求题 2-1 图所示各杆 1-1 和 2-2 横截面上的轴力, 并作轴力图。

解 (a) 如题 2-1 图(a)所示。解除约束, 代之以约束反力, 作受力图, 如题 2-1 图(a₁)所示。利用静力学平衡条件, 确定约束反力的大小和方向, 并标



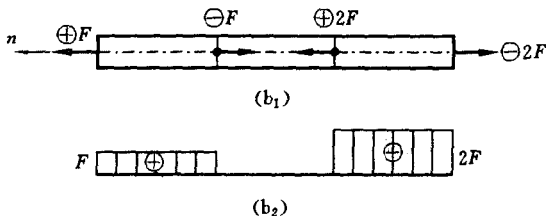
题 2-1 图

示在题2-1图(a₁)中。作杆左端面的外法线 n ，将受力图中各力标以正负号，凡与外法线指向一致的力标以正号，反之标以负号。轴力图是平行于杆轴线的直线。轴力图线在有轴向力作用处，要发生突变，突变量等于该处作用力的数值。对于正的外力，轴力图向上突变，对于负的外力，轴力图向下突变，如题2-1图(a₂)所示。截面1和截面2上的轴力分别为 $F_{N1}=F$ 和 $F_{N2}=-F$ 。



续题2-1图

(b) 解题步骤与题2-1(a)相同，杆的受力图和轴力图如题2-1图(b₁)、(b₂)所示。截面1和截面2上的轴力分别为 $F_{N1}=2F$ ， $F_{N2}=0$ 。

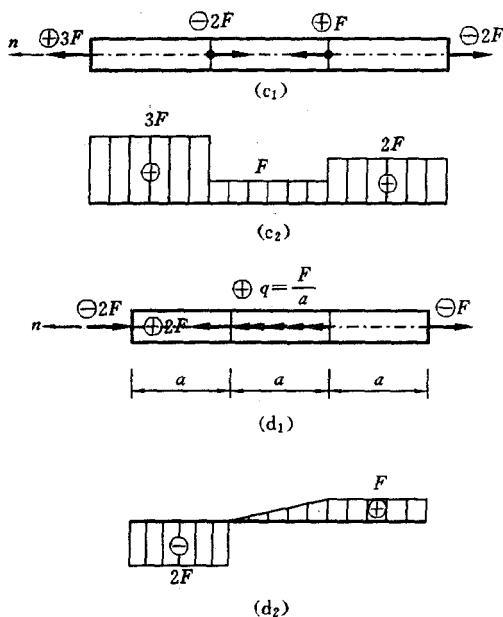


续题2-1图

(c) 解题步骤与题2-1(a)相同，杆的受力图和轴力图如题2-1图(c₁)和(c₂)所示。截面1上的轴力为 $F_{N1}=2F$ ，截面2上的轴力为 $F_{N2}=F$ 。

(d) 解题步骤与题2-1(a)相同，杆的受力图和轴力图如题2-1图(d₁)和(d₂)所示。截面1上的轴力为 $F_{N1}=F$ ，截面2上的轴力为 $F_{N2}=-2F$ 。

2-2 试求题2-2图(a)所示等直杆横截面1-1、2-2和3-3上的轴力，并作轴力图。若横截面面积 $A=400\text{ mm}^2$ ，试求各横截面上的应力。

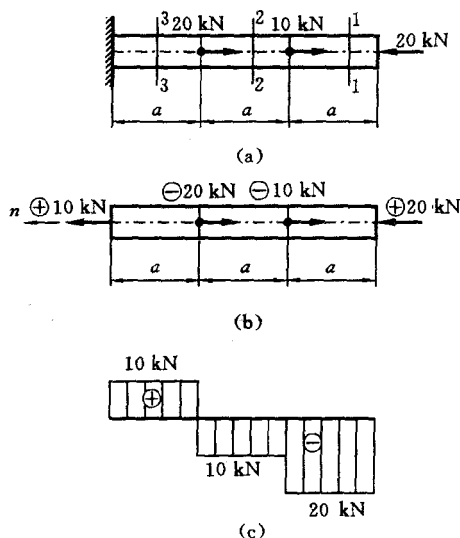


续题 2-1 图

解 如题2-2图(a)所示。首先解除杆的约束,代之以约束反力,利用静力学平衡条件,确定约束反力的大小和方向,作受力图,如题2-2图(b)所示。然后作杆左端面的外法线 n ,将受力图中各外力标以正负号,凡与外法线指向一致的力,标以正号,反之标以负号。最后,自左向右作轴力图。轴力图是平行于杆轴的直线,在有轴向外力作用处,轴力图将发生突变,对应于正的外力,轴力图将向上跳,对应于负的外力,轴力图将下跌,上跳或下跌的量,等于对应的外力数值。轴力图如题2-2图(c)所示。截面1上的轴力 $F_{N1} = -20 \text{ kN}$,截面2上的轴力 $F_{N2} = -10 \text{ kN}$,截面3上的轴力 $F_{N3} = 10 \text{ kN}$ 。

各横截面上的应力分别为

$$\sigma_{1-1} = \frac{F_{N1}}{A} = \frac{-20 \times 10^3}{400 \times 10^{-6}} \text{ Pa} = -50 \text{ MPa}$$



题 2-2 图

$$\sigma_{2-2} = \frac{F_{N2}}{A} = \frac{-10 \times 10^3}{400 \times 10^{-6}} \text{ Pa} = -25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{3-3} = \frac{F_{N3}}{A} = \frac{10 \times 10^3}{400 \times 10^{-6}} \text{ Pa} = 25 \text{ MPa}$$

2-3 试求题 2-3 图(a)所示阶梯状直杆横截面 1-1、2-2 和 3-3 上的轴力，并作轴力图。若横截面面积 $A_1=200 \text{ mm}^2$ 、 $A_2=300 \text{ mm}^2$ 、 $A_3=400 \text{ mm}^2$ ，并求各横截面上的应力。

解 如题 2-3 图(a)所示。首先解除杆的约束，并代之以约束反力，作受力图，如题 2-3 图(b)所示。利用静力学平衡条件，确定约束反力的大小和方向，并标示在受力图中。作杆左端面的外法线 n ，将受力图中各外力标以正负号：凡指向与外法线 n 的正向相同者，标以正号，反之标以负号，如题 2-3 图(b)所示。作轴力图，轴力图是与杆轴平行的直线，在有轴向外力作用处，轴力图要发生突变，突变量等于对应处的外力数值，对应于正的外力，轴力图上跳，对