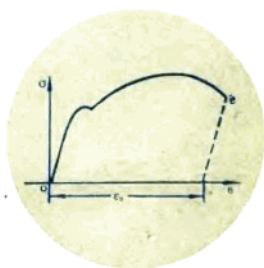




高等教育基础课教材

材料力学习题集

姜平宜 吴惠兰 编



北京工业学院出版社

内 容 简 介

本书是根据高等工业院校机械类专业材料力学函授教学大纲的要求编写的,与北京工业学院出版社1986年出版的刘济庆等编的《自学函授材料力学》配套。本书可作为函授生及自学者学习用书,也可作为工科院校《材料力学》教学人员及学生的参考用书。

本书共编入习题404题。内容包括:拉压、剪切、扭转、弯曲等基本变形及组合变形的强度、刚度的计算,能量法,超静定系统,动荷应力,交变应力,压杆稳定,曲杆等。每部分内容的习题都包括基本题和提高题,每题都有解题过程,一些习题还有几种解法。

材 料 力 学 习 题 集

姜平宜 吴惠兰 编

★

北京工业学院出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

河北省三河县中赵甫印刷厂印刷

★

787×1092毫米 32开本 17.875印张 399千字

1988年6月第一版 1988年6月第一次印刷

ISBN7-81013-023-4/TH.6

印数:1—10,000册 定价:2.95元

前 言

函授生和自学者的最大困难是缺少面授条件，很难得到教师的当面辅导和批改作业。因此有必要为他们编写一本附有解题思路、方法和过程的习题集，这样有助于纠正他们的解题错误，加深基本概念和提高解决实际问题的能力。

本书可以与北京工业学院出版社1986年出版的刘济庆等编的《自学函授材料力学》一书配合使用。鉴于该教材中已有详尽的自学指导，所以本习题集不再重复编写各章的要点。

本书中的习题大部分选自国内、外材料力学教材中的习题，有一定的广度和深度。所选的习题分为两部分，一部分为基本题，保证了教学大纲的基本要求；一部分为提高题，可以引导学生向深度及灵活性发展。通过阅读本习题解答可以开阔思路，提高阅读者的解题技能。

本书第一、二、五、六、七、八、九章由姜平宜编写，第三、四、十、十一、十二、十三、十四、十五章由吴惠兰编写。在编写过程中得到刘济庆、臧修亮、赵学仁等老师的帮助和指导，他们详细地审阅了原稿，提出了许多宝贵意见，并帮助绘制了部分插图，在此表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中仍会有不少错误和不妥之处，欢迎批评指正。

编者

1985.7

目 录

第一章	拉伸与压缩	(1)
第二章	剪切与挤压	(35)
第三章	截面图形的几何性质	(42)
第四章	扭转	(60)
第五章	弯曲内力	(90)
第六章	弯曲应力	(114)
第七章	弯曲变形	(147)
第八章	应力状态与强度理论	(192)
第九章	组合变形	(237)
第十章	平面曲杆	(273)
第十一章	能量法	(285)
第十二章	超静定问题	(354)
第十三章	压杆稳定	(432)
第十四章	交变应力	(489)
第十五章	动载荷	(514)

第一章 拉伸与压缩

1.1 试述图示各构件哪些部位可以按轴向拉压问题处理。

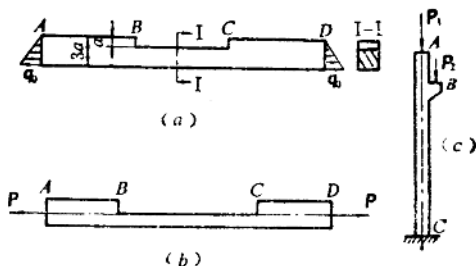


图 1.1

(a) 解 BC段可以按轴向拉压问题处理。

(b) 解 AB、CD段可以按轴向拉压问题处理。

(c) 解 AB段可以按轴向拉压问题处理。

1.2 如图示圆截面和正方形截面拉杆各一根，设两杆的材料、横截面面积以及所受外力均相同，而杆长不同。试比较它们横截面上的正应力、轴向应变和沿 ab 方向的横向变形。

解 正应力相同；轴向应变相同；横向变形不同。

1.3 a 、 b 、 c 三种材料的应力应变曲线如图所示，其中①强度最好的材料是____，②弹性模量 E 最小的材料是____，③塑性最好的材料是____。

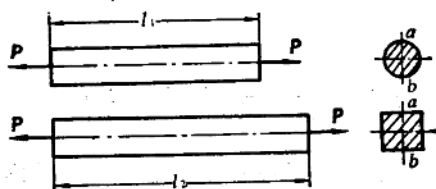


图 1.2

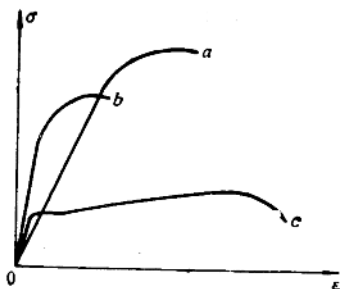


图 1.3

解 ① a ; ② a ; ③ c 。

1.4 图示 (a)、(b) 两小单元体，虚线表示其受力后的变形情况。①单元体 (a) 的剪应变 $\gamma = \underline{\hspace{1cm}}$ ，②单元体 (b) 的剪应变 $\gamma = \underline{\hspace{1cm}}$ 。

解 ① 0 ; ② 2α 。

1.5 一托架如图示，若 AB 杆的材料选用铸铁， AC 杆的材料选用低碳钢，从材料力学的观点看是否合理？简述理由。

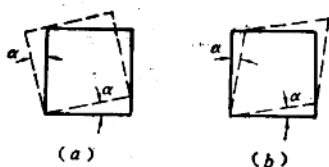


图 1.4

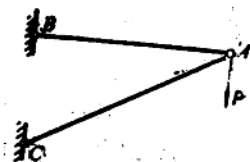


图 1.5

解 不合理。因为 AB 杆受拉， AC 杆受压，而铸铁的抗压能力要比抗拉能力大得多，所以 AB 杆应选用低碳钢材料，而 AC 杆则应选用铸铁材料。

1.6 拔河比赛时每队四名队员，这八名队员加给绳子的力分别为： $P_1 = 0.4\text{kN}$ ， $P_2 = 0.3\text{kN}$ ， $P_3 = 0.2\text{kN}$ ， $P_4 = 0.35\text{kN}$ ， $P_5 = 0.30\text{kN}$ ， $P_6 = 0.30\text{kN}$ ， $P_7 = 0.20\text{kN}$ ， $P_8 = 0.45\text{kN}$ ，试画出绳子的轴力图。

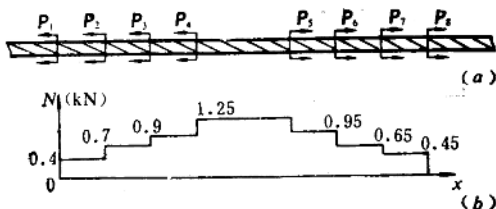


图 1.6

解 利用截面法，可求出绳子各截面上的轴力，轴力图如图1.6 (b) 所示。

1.7 试求图示各杆在截面1-1、2-2、3-3上的轴力，并作出轴力图。

(a) 解 $N_{3-3} = -20\text{kN}$ $N_{2-2} = 10\text{kN}$

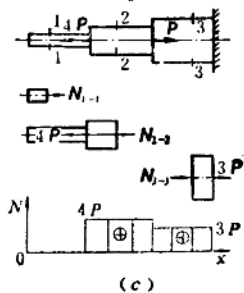
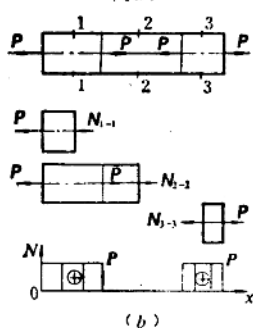
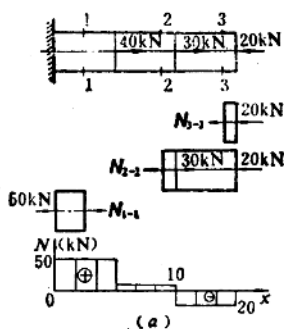


图 1.7

$$N_{1-1} = 50 \text{ kN}$$

(b) 解 $N_H = P$

$$N_{2-2} = 0$$

$$N_{3-3} = P$$

(c) 解 $N_H = 0$

$$N_{2-2} = 4P$$

$$N_{3-3} = 3P$$

1.8 试求图示结构中杆 AB 和 BC 的轴力。

(a) 解 根据节点 B 的平衡条件得

$$\sum X = 0, \text{ 即 } N_{BC} + P \cos 30^\circ = 0$$

$$\sum Y = 0, \text{ 即 } N_{AB} - P \sin 30^\circ = 0$$

解得 $N_{AB} = \frac{P}{2}$

$$N_{BC} = -\frac{\sqrt{3}}{2}P$$

(b) 解 根据节点 A 的平衡得

$$\sum Y = 0, \text{ 即 } N_{AB} \cos 45^\circ = P$$

解得 $N_{AB} = \sqrt{2}P$

根据节点 D 的平衡得

$$N_{BD} = 0$$

根据节点 B 的平衡得

$$\sum Y = 0, \text{ 即 } N_{BC} \cos 45^\circ = N_{AB}$$

$$\text{解得 } N_{BC} = 2P$$

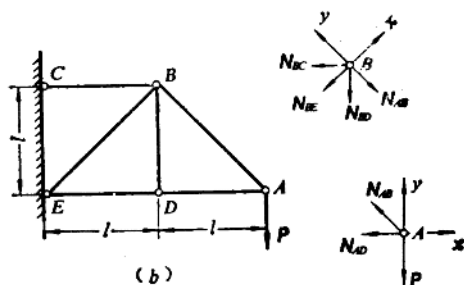
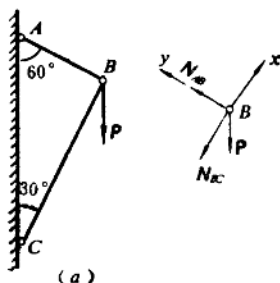


图 1.8

1.9 试求图示结构中BD杆和CE杆的轴力，并作出轴力图。

解 结构受力分析如图1.9 (b)所示。由平衡条件得

$$N_1 a + N_2 (2a) = 0$$

$$N_1 (2a) + N_3 a = 0$$

$$N_1 - P - N_3 = 0$$

$$\text{联立求解得 } N_1 = \frac{2}{3}P \quad N_2 = -\frac{P}{3} \quad N_3 = -\frac{4}{3}P$$

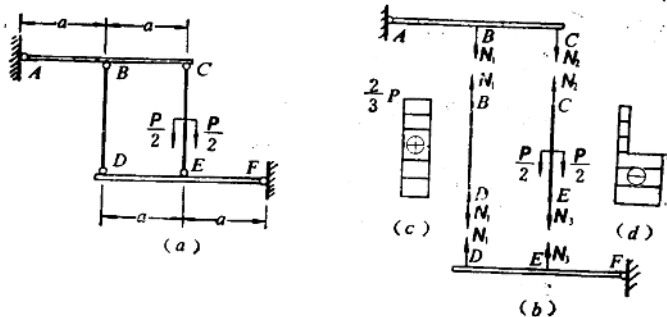


图 1.9

画轴力图，如图 (c)、(d) 所示。

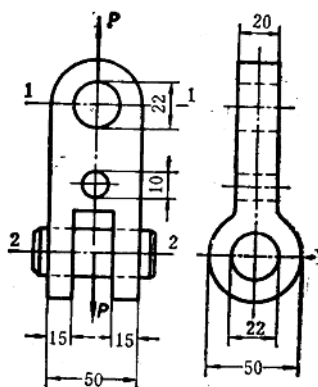


图 1.10

1.10 作用于图示构件上的拉力 $P = 38 \text{ kN}$ ，试问构件内最大拉应力发生在哪个截面上？并求其值。

解 由于两个 P 力之间各截面上的轴力均为 $N = P$ ，而截面 1-1 的横截面积 $A_1 = (50 - 20) \times 20 = 560 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ ；截面 2-2 的横截面积 $A_2 = 2 \times 15 \times (50 - 22) = 840 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ ，故最大拉应力发生在 1-1 截面上，

$$\text{其值为 } \sigma_{\max} = \frac{N}{A_2} = \frac{38 \times 10^3}{560 \times 10^{-6}} = 67.9 \times 10^6 \text{ Pa} = 67.9 \text{ MPa}.$$

1.11 桁架的受力及各部分尺寸如图 1.11 示。若 $P = 900$

kN, 各杆的横截面面积 $A = 60\text{cm}^2$, 求 AB 杆横截面上的应力。

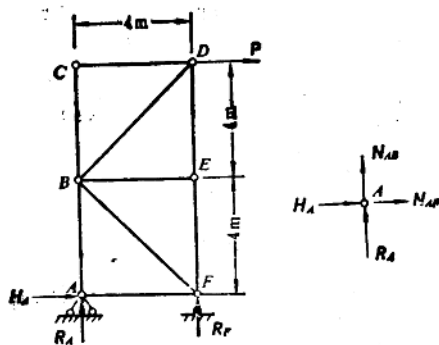


图 1.11

解 一、 AB 杆的内力

1、 A 支座约束反力

根据整体平衡条件得 $H_A = -P$ $R_A = -2P$

2、 AB 杆的内力

根据 A 节点的平衡得 $N_{AB} = -R_A = 2P$

二、 AB 杆应力

$$\sigma = \frac{N_{AB}}{A} = \frac{2 \times 900 \times 10^3}{60 \times 10^{-4}} = 300\text{MPa}$$

1.12 图1.12所示结构中, 两杆材料相同, 横截面面积之比 $\frac{A_1}{A_2} = \frac{2}{3}$, B 铰处作用铅垂向下的载荷 P , 试求当两杆内的应力相等时夹角 α 的数值。

解 一、两杆的轴力

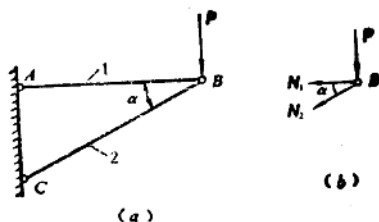


图 1.12

考虑节点B的平衡条件 (图b) 得

$$N_2 \sin \alpha + P = 0 \quad N_2 = -\frac{P}{\sin \alpha} \text{ (压)}$$

$$N_2 \cos \alpha + N_1 = 0 \quad N_1 = -N_2 \cos \alpha = P \cot \alpha \text{ (拉)}$$

二、夹角 α

$$\text{欲使 } \sigma_1 = \sigma_2 \quad \text{即 } \frac{N_1}{A_1} = \frac{N_2}{A_2}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{2}{3} \quad \frac{P \cot \alpha}{\frac{P}{\sin \alpha}} = \frac{\alpha}{3}$$

$$\alpha = 48^\circ 11'$$

1.13 横截面面积 $A = 100 \text{ mm}^2$ 的等直杆, 承受轴向拉力 $P = 10 \text{ kN}$, 若以 α 表示斜截面与横截面间的夹角, 试求:

① $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, -60^\circ, 90^\circ$ 时, 各截面上的正应力及剪应



图 1.13

力，并作图表示其方向；② 拉杆的最大正应力和最大剪应力。

解 一、各截面上的应力

$$\text{因 } \sigma_{\alpha} = \sigma \cos^2 \alpha \quad \tau_{\alpha} = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha, \quad [1]$$

$$\alpha = 0^\circ \text{ 时, } \sigma_{0^\circ} = \sigma = \frac{P}{A} = \frac{10 \times 10^3}{100 \times 10^{-6}} = 100 \text{ MPa}$$

$$\tau_{0^\circ} = 0$$

$$\alpha = 45^\circ \text{ 时, } \sigma_{45^\circ} = 100 \cos^2 45^\circ = 50 \text{ MPa}$$

$$\tau_{45^\circ} = \frac{100}{2} \sin 2 \times 45^\circ = 50 \text{ MPa}$$

$$\alpha = -60^\circ \text{ 时, } \sigma_{-60^\circ} = 100 \cos^2 (-60^\circ) = 25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{-60^\circ} = \frac{100}{2} \sin [2 \times (-60^\circ)] = -43.3 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 90^\circ \text{ 时, } \sigma_{90^\circ} = 100 \cos^2 90^\circ = 0$$

$$\tau_{90^\circ} = \frac{100}{2} \sin (2 \times 90^\circ) = 0$$

二、最大应力

最大应力发生在横截面 ($\alpha = 0^\circ$) 上

$$\sigma_{\max} = \sigma_0 = 100 \text{ MPa}$$

最大剪应力发生在 $\alpha = \pm 45^\circ$ 的截面上

$$|\tau|_{\max} = \frac{\sigma_0}{2} 50 \text{ MPa}$$

1.14 某铣床工作台进给油缸如图1.14示，油缸内工作压力 $p = 2 \text{ MN/m}^2$ ，油缸内径 $D = 75 \text{ mm}$ ，活塞杆直径 $d = 18 \text{ mm}$ 。已知活塞杆材料的许用应力 $[\sigma] = 50 \text{ MPa}$ ，试校核活塞杆的强度。

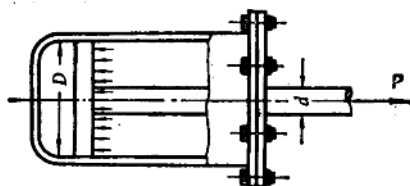


图 1.14

解 一、活塞杆所受的拉力

$$N = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p = \frac{\pi}{4} (75^2 - 18^2) \times 10^{-6} \times 2 \times 10^6$$

$$= 8.33 \times 10^3 \text{ N} = 8.33 \text{ kN}$$

二、强度校核

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{8.33 \times 10^3}{\frac{\pi}{4} \times 18^2} = 32.7 \text{ MPa} < [\sigma]$$

满足强度要求。

1.15 图1.15所示结构，杆AB为5号槽钢，许用应力 $[\sigma]_1 = 160 \text{ MPa}$ ，杆BC为 $h/b = 2$ 的矩形截面长杆，其截面尺寸为 $b = 5 \text{ cm}$ ， $h = 10 \text{ cm}$ ，许用应力 $[\sigma]_2 = 8 \text{ MPa}$ ，承受载荷 $P = 128 \text{ kN}$ ，试：① 校核结构的强度；② 若要求两杆的应力都达到各自的许用应力，两杆的截面尺寸应取多大？

解 一、两杆的轴力

根据节点B的平衡得

$$N_1 \cos 60^\circ + N_2 \cos 30^\circ = 0$$

$$N_1 \sin 60^\circ - N_2 \sin 30^\circ - P = 0$$

$$\text{联立求解得 } N_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} P = 110.9 \text{ kN} \quad N_2 = -\frac{P}{2} = -64 \text{ kN}$$

二、校核强度

5号槽钢的截面面积为 6.93cm^2 (查型钢表)。

杆AB

$$\begin{aligned}\sigma_{AB} &= \frac{N_1}{A_1} \\ &= \frac{110.9 \times 10^3}{6.93 \times 10^{-2}} \\ &= 160\text{MPa} = [\sigma]_1\end{aligned}$$

杆BC

$$\begin{aligned}\sigma_{BC} &= \frac{N_2}{A_2} \\ &= \frac{64 \times 10^3}{5 \times 10 \times 10^{-2}} \\ &= 12.8\text{MPa} \\ &> [\sigma]_2\end{aligned}$$

结构不安全。

三、截面尺寸

槽钢AB的截面尺寸正好使其应力达到许用应力，故只需设计长杆BC的截面尺寸。对于BC杆仍按 $h:b=2$ 设计。根据强度条件

$$A_2 = \frac{N_2}{\sigma_2} \quad \text{即} \quad hb = \frac{N_2}{[\sigma]_2} = \frac{64 \times 10^3}{8 \times 10^6} = 8 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

$$b = \sqrt{\frac{8}{2} \times 10^{-3}} = 6.32 \times 10^{-2} \text{m} = 63.2 \text{mm}$$

$$h = 2 \times 63.2 = 126.4 \text{mm}$$

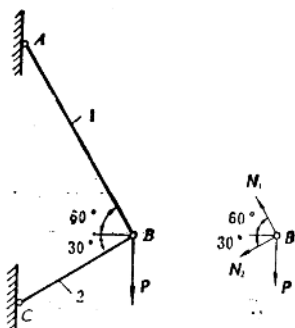


图 1.15

1.16 起重机如图1.16示, 钢丝绳AB的横截面积为 $A = 500\text{mm}^2$, 材料许用应力 $[\sigma] = 40\text{MPa}$, 试根据钢丝绳的强度求起重机允许起吊的最大重量 $[P]$ 。

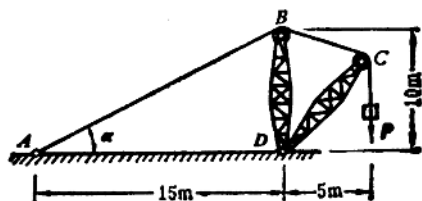


图 1.16

解 一、钢丝绳的最大内力 N_{AB}

$$N_{AB} = [\sigma]A = 40 \times 10^6 \times 500 \times 10^{-6} = 20\text{kN}$$

二、求允许起吊的最大重量 $[P]$

由 $\sum M_C = 0$ 得 $N_{AB}AD\sin\alpha = P \times 5$, 则

$$P = \frac{20 \times 10^3 \times 15}{5} = \frac{10}{\sqrt{10^2 + 15^2}} = 33.3\text{kN}$$

所以 $[P] = 33.3\text{kN}$

1.17 图1.17示结构中AC、BC均为直径 $d = 20\text{mm}$ 的圆截面直杆, 两杆材料均为A₃钢, 许用应力 $[\sigma] = 160\text{MPa}$, 求此结构的许可载荷。

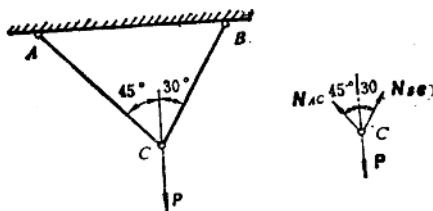


图 1.17

解 一、AC、BC杆的内力

根据节点C的平衡得

$$N_{AC}\cos 45^{\circ} - N_{BC}\sin 30^{\circ} = 0$$

$$N_{AC}\cos 45^{\circ} + N_{BC}\cos 30^{\circ} = P$$

联立求解得 $N_{AC} = 0.518P$ $N_{BC} = 0.732P$

二、许可载荷

分析上述结果，显然BC杆较AC杆危险，故以BC杆作为强度计算的依据，则

$$\sigma = \frac{N_{BC}}{A} \leq [\sigma] \quad \text{即} \quad \frac{0.732P}{\frac{\pi}{4} \times 20^2 \times 10^{-6}} \leq 160 \times 10^6$$

$$P \leq \frac{160 \times 10^6 \times \pi \times 20^2 \times 10^{-6}}{4 \times 0.732} = 68.7 \text{ kN}$$

1.18 在图1.18所示简易吊车中，AB为木杆，其横截面积 $A_1 = 100 \text{ cm}^2$ ，许用应力 $[\sigma]_{\text{木}} = 7 \text{ MPa}$ ，BC为钢杆，其横截面积 $A_2 = 6 \text{ cm}^2$ ，许用应力 $[\sigma]_{\text{钢}} = 160 \text{ MPa}$ ，试求许可吊重P。

解 一、AB、BC杆的内力

根据节点B的平衡可知

$$N_{BC}\sin 30^{\circ} - P = 0$$

$$N_{BC} = 2P$$

$$N_{BC}\cos 30^{\circ} + N_{AB} = 0$$

$$N_{AB} = -\sqrt{3}P$$

二、许可吊重[P]

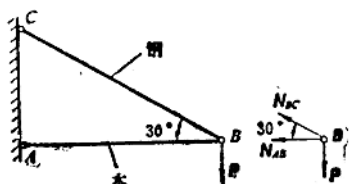


图 1.18