

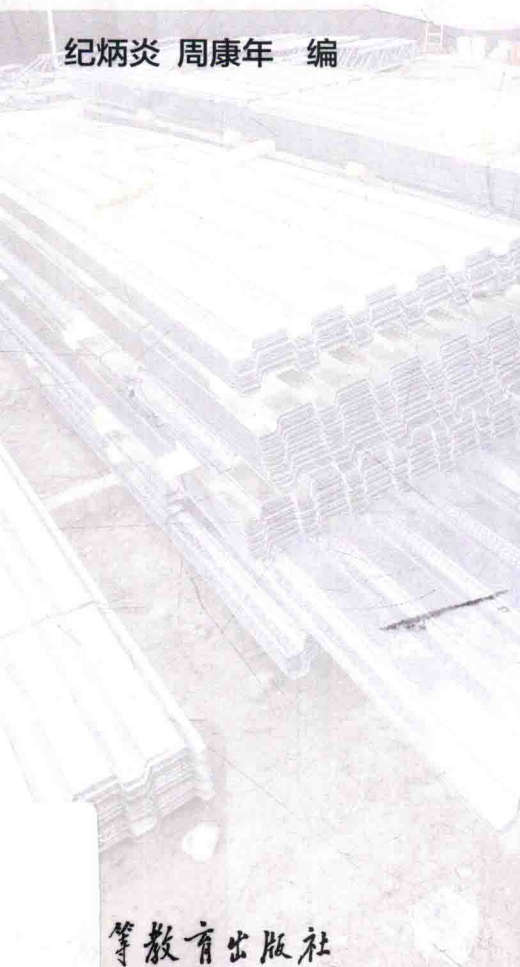


高等学校理工类学习辅导丛书

工程力学 (材料力学) 学习指导及习题全解

配北京科技大学、东北大学编《工程力学》(材料力学)(第4版)

纪炳炎 周康年 编



高等教育出版社



高等学校理工类学习辅导丛书

工程力学 (材料力学) 学习指导及习题全解

配北京科技大学、东北大学编《工程力学》(材料力学)(第4版)

纪炳炎 周康年 编

GONGCHENG LIXUE

XUEXI ZHIDAO JI XITI QUANJIE

高等教育出版社·北京



内容简介

本书是为北京科技大学、东北大学编《工程力学》(材料力学)(第4版)配套编写的学习辅导书。

全书主要内容分为基本概念,基本理论及公式,例题,思考题解答,以及习题解答等。本书章节安排与主教材保持一致,包括轴向拉伸和压缩,剪切,扭转,弯曲内力,弯曲应力,弯曲变形及静不定梁,应力状态和强度理论,组合变形,压杆稳定,以及材料的力学性能等内容。旨在使读者通过对本书的学习,巩固主教材中的内容,帮助读者掌握基本的解题方法和技巧,提高分析问题的能力。

本书可作为高等学校材料、能源动力、地矿等相关专业学生学习工程力学课程的学习辅导书,也可供独立学院、高职高专、成人高校师生及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学(材料力学)学习指导及习题全解:配北京科技大学、东北大学编《工程力学》(材料力学)(第4版)/纪炳炎,周康年编. --北京:高等教育出版社, 2016. 11

(高等学校理工类学习辅导丛书)

ISBN 978-7-04-046161-9

I. ①工… II. ①纪… ②周… III. ①工程力学-高等学校-教学参考资料 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 190114 号

策划编辑 黄强 责任编辑 周冉 封面设计 张楠 版式设计 童丹
插图绘制 杜晓丹 责任校对 张小镝 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	国防工业出版社印刷厂		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×960mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	22	版 次	2016年11月第1版
字 数	400千字	印 次	2016年11月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	34.10元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究
物料号 46161-00

前 言

本套书分静力学,运动学和动力学,以及材料力学三个分册,是为北京科技大学、东北大学编《工程力学》(第4版)(以下称主教材)配套编写的学习辅导书。本套书的主教材侧重基础部分,内容精练,深广度适当,难易适度,可适应多层次教学要求,被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本套书的编者北京科技大学纪炳炎教授,东北大学周康年教授、殷汝珍教授均参与了主教材前4版的编写工作。本套书编写过程中,结合《高等学校理工科非力学专业教学基本要求》(2012),以及近年来的教改趋势,在强化对有关基本理论、概念的研讨与梳理的同时,加强典型例题的剖析和讨论,有针对性地引导学生对重要知识点深入探讨;突出重点,解决好难点和疑点,提高学生运用基本理论、基本概念和基本方法分析问题的能力。

本书是材料力学部分的学习指导及习题详解,由北京科技大学纪炳炎教授、东北大学周康年教授执笔。本书按主教材材料力学分册编章,分为基本概念,基本理论及公式,例题,思考题解答,以及习题解答等。全书章节安排与主教材保持一致,包括轴向拉伸和压缩,剪切,扭转,弯曲内力,弯曲应力,弯曲变形及静不定梁,应力状态和强度理论,组合变形,压杆稳定,以及材料的力学性能等内容。在编写过程中参考了近年来国内外一些著名的工程力学教材,以及国内外重点院校编写的习题集及试题,在此对相关作者一并致谢。

本书可作为高等学校材料、能源动力、地矿等各相关专业学生学习工程力学课程的辅导教材,也可供独立学院、高职高专、成人高校师生及有关工程技术人员参考。

由于编者水平有限,疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2016年5月

目 录

引言	1
一、材料力学的研究对象	1
二、材料力学的任务	1
三、材料力学的基本假设	1
四、杆件变形的基本形式	2
五、思考题解答	3
第一章 轴向拉伸和压缩	5
一、基本概念	5
二、基本理论及公式	8
三、例题	10
四、思考题解答	20
五、习题解答	26
第二章 剪切	48
一、基本概念	48
二、基本理论及公式	48
三、例题	51
四、思考题解答	56
五、习题解答	59
第三章 扭转	69
一、基本概念	69
二、基本理论及公式	71
三、例题	74
四、思考题解答	81
五、习题解答	86
第四章 弯曲内力	100
一、基本概念	100
二、基本理论及公式	101
三、例题	104
四、思考题解答	118
五、习题解答	132

第五章 弯曲应力	160
一、基本概念	160
二、基本理论及公式	161
三、例题	168
四、思考题解答	177
五、习题解答	185
第六章 弯曲变形 静不定梁	203
一、基本概念	203
二、基本理论及公式	204
三、例题	209
四、思考题解答	220
五、习题解答	226
第七章 应力状态和强度理论	257
一、基本概念	257
二、基本理论及公式	257
三、例题	260
四、思考题解答	262
五、习题解答	271
第八章 组合变形	291
一、基本概念	291
二、基本理论及公式	291
三、例题	293
四、思考题解答	297
五、习题解答	306
第九章 压杆稳定	320
一、基本概念	320
二、基本理论及公式	320
三、例题	321
四、思考题解答	324
五、习题解答	328
第十章 材料的力学性能	340
一、基本概念	340
二、几个重要的材料性能指标	340
三、思考题解答	341

引 言

一、材料力学的研究对象

机器或结构物都是由一些构件组成的。在外力作用下,构件发生变形。在材料力学中,将构成构件的材料视为可变形固体。

材料力学研究的主要构件为杆件。杆件的纵向(长度方向)尺寸比横向(垂直长度方向)尺寸大得多,例如柱、轴及梁等。

二、材料力学的任务

材料力学是研究材料的力学性能与构件承载能力的一门科学。

(1) 构件在承受载荷时抵抗破坏的能力称为强度,构件要有足够的强度。

(2) 构件在承受载荷时抵抗变形的能力称为刚度。构件要有足够的刚度。

(3) 构件在原有的几何形状下保持平衡状态的能力称为稳定性,构件要有足够的稳定性。

材料力学的任务就是提供必要的理论知识及计算方法,在满足强度、刚度及稳定性的要求下,为构件选用适当的材料,确定合理的形状和尺寸,以达到既经济又安全的要求。

三、材料力学的基本假设

在材料力学中,将构成构件的材料视为可变形固体,并将其简化成一个理想化模型。

1. 连续性假设

假设在整个固体体积内部毫无空隙地充满着物质。

按此假设,可以将一些力学量看成固体的点的坐标函数,可以用高等数学中连续函数理论来研究它。

2. 均匀性假设

假设物体内任何部分的力学性能都是一样的。

按此假设,通过试样所测得的材料性能,可用于构件内的任何部位。

3. 各向同性假设

假设材料沿各个不同方向的力学性能都相同。

按此假设,可以将构件内任选单元体的研究结论推广到构件的任意方向上去。

以上是对变形固体的三项基本假设。

4. 原始尺寸原理

通常,构件受力后的变形以及由变形引起的位移,相对于构件的原始尺寸小很多,可以略去不计。在研究构件平衡、内力及变形等问题时,按构件的原始尺寸和形状进行计算,称为原始尺寸原理。

它是对构件变形的基本假设。

上述基本假设大大简化了材料力学的理论分析与公式推导,计算结果与工程实际吻合。

四、杆件变形的基本形式

1. 轴向拉伸和轴向压缩

一对大小相等,方向相反,作用线沿杆件轴线的力,使杆件轴向尺寸伸长(或缩短),横向尺寸减小(或增大),如图 0-1 所示。

2. 剪切

一对大小相等,方向相反,作用线垂直于轴线且相距很近的力,使受力处杆的横截面沿横向力方向发生相对错动。如图 0-2 所示。



图 0-1

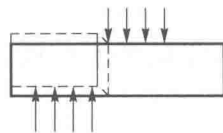


图 0-2

3. 扭转

一对大小相等,转向相反,作用面垂直于杆的轴线的力偶,使杆件的各横截面绕轴线发生相对转动。如图 0-3 所示。

4. 弯曲

杆件所受外力垂直于杆的轴线或所受外力偶位于杆的轴线所在纵向平面内,使杆的轴线变形后成为曲线。如图 0-4 所示。



图 0-3

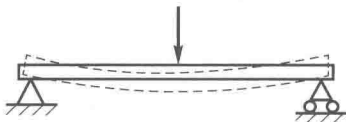


图 0-4

以上四种属于杆件变形的形式。

当构件发生两种或两种以上的基本变形时,称为组合变形。

五、思考题解答

0-1 材料力学研究的主要问题是什么?

解:

材料力学研究的主要问题是保证构件要有足够的强度、刚度及稳定性,使构件能够正常工作,同时还要为构件选用合适的材料、合理形状及尺寸,达到既安全又经济的目的。

0-2 材料力学的强度、刚度、稳定性是如何定义的? 强度与刚度有何区别? 强度、刚度、稳定性在工程实际中有何意义?

解:

构件的强度是指在外力作用下,构件抵抗破坏的能力。

构件的刚度是指在外力作用下,构件抵抗变形的能力。

构件的稳定性是指在外力作用下,构件维持原有变形状态下受力平衡的能力。

三者是截然不同的概念。例如,构件强度够,不会断裂,然而变形较大,刚度不够,不能正常工作。又如,细长杆在较大压力作用下,强度及刚度都够,但是丧失了原有的平衡状态,失去稳定性。

材料力学的研究内容,在科技发展进程及工程实际中,都有着重大意义。

0-3 设计构件时首先应考虑什么问题? 设计过程中存在哪些矛盾?

解:

设计构件时,存在着安全与经济的矛盾。为此,首先要使构件满足强度、刚度和稳定性的要求,保证构件能正常工作,还要为构件选用恰当的材料,设计合理的形状及尺寸,达到既安全又经济的目的。

0-4 在材料力学中有哪些基本假设? 这些基本假设是怎样简化了力学模型?

解:

1. 连续性假设

假设组成固体的物质充满整个固体的几何空间。

连续性假设的意义在于:可以将一些力学量看成固体的点的坐标连续函数,可以用无限小的数学分析方法。

2. 均匀性假设

假设固体内处处具有相同的力学性能。

均匀性假设的意义在于:可对构件内任选单元体的研究结论,推广到整个构件上去。可将宏观实验结果用于某实验材料所制构件单元体上。

3. 各向同性假设

假设材料沿各个不同方向均具有相同的力学性能。

各向同性假设的意义在于:可以将构件内任选单元体的研究结论推广到构件的任意方向上去。

在上述三项关于变形固体的基本假设的基础上,理想化的力学模型体现了变形固体的基本属性。一般情况下其计算结果的精度在工程计算的允许范围内。

4. 原始尺寸原理——小变形假设

假设构件受力后的变形相对于构件的原有尺寸小很多。

小变形假设的意义在于研究构件的平衡、内力及变形等问题时,都可以按变形前尺寸及原有位置进行计算。它是关于构件变形的基本假设,即原始尺寸原理。

上述基本假设大大简化了材料力学的理论分析和计算过程。

0-5 杆件有几种基本变形形式?

解:

杆件有四种基本变形形式,为轴向拉伸和轴向压缩、剪切、扭转及弯曲。

第一章 轴向拉伸和压缩

一、基本概念

1. 轴向拉伸和压缩时的特点

- (1) 受力特点 作用在杆上外力合力的作用线与杆的轴线相重合。
- (2) 变形特点 杆产生沿轴线方向的伸长或缩短。

2. 内力

在外力作用下,构件内部相连各部分之间产生的相互作用力称为内力。

3. 截面法及轴力

(1) 截面法 假想用—个截面将构件截开,将构件分成两部分,揭示出构件的一部分对另一部分的作用力,就是内力。用平衡方程确定内力的大小和方向,称这种方法为截面法。它是材料力学中确定内力的基本方法。

截面法的步骤如下:

- ① 假想地沿需求内力的截面将构件截开,选取其中一部分为研究对象;
- ② 对所选的研究对象,画受力图,画出外力和未知内力;
- ③ 列平衡方程,求出内力的大小和方向。

(2) 轴力 对于轴向拉伸和压缩的杆件,其横截面上的内力方向垂直于横截面,合力通过横截面的形心,称此内力为轴力 F_N 。

材料力学中按照构件的变形来规定内力的正负号。在受力图中一律假设轴力为拉力,背离截面。答案中的正号表示拉力,负号表示压力。

4. 应力

(1) 定义 分布在单位面积上的内力称为应力,它表示截面上任一点内力的密集程度(内力集度)。应力是一个矢量。

(2) 单位 应力单位为 Pa(帕斯卡)。

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2, \quad 1 \text{ MPa} = 1 \times 10^6 \text{ Pa}, \quad 1 \text{ GPa} = 1 \times 10^9 \text{ Pa}$$

(3) 正应力 截面上法线方向应力分量称为正应力,记作 σ 。拉应力为正,压应力为负。

(4) 切应力 截面上切线方向应力分量称为切应力,记作 τ 。以围绕所取分离体顺时针转向力矩的切应力为正,反之则为负。

5. 轴向拉伸和压缩时的变形

(1) 纵向变形及纵向线应变。

① 纵向变形 拉压杆沿轴线方向的伸长或缩短量定义为纵向变形 Δl 。
 $\Delta l = l' - l$, l 为变形前杆的长度, l' 为变形后杆的长度。

② 纵向线应变 单位长度线段的纵向变形称为纵向线应变, $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ 。规定伸长时为正号, 缩短时为负号。

(2) 横向变形及横向线应变。

① 横向变形 设拉杆原有宽度为 b , 厚度为 a , 受轴向拉力后分别缩小至 b' 和 a' 。此时杆在宽度和厚度方向的横向变形分别为

$$\Delta b = b - b', \quad \Delta a = a - a'$$

② 横向线应变

$$\varepsilon' = \frac{\Delta b}{b} = \frac{\Delta a}{a}$$

6. 低碳钢拉伸时的力学性能

低碳钢作为塑性材料的代表, 它表现出的力学性能比较典型。

在常温、静载条件下低碳钢拉伸时, 以应力 $\sigma = \frac{F}{A_0}$ 为纵坐标, 以应变 $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ 为横坐标, 可以得到 σ - ε 曲线。 F 为试样所受拉力, A_0 为试样的原横截面面积, l_0 为试样标距原有长度。 Δl 为试样标距的绝对伸长量。

试样变形分为四个阶段:

(1) 弹性阶段 产生弹性变形, 应力与应变呈线性关系。

(2) 屈服阶段 产生塑性变形, 发生屈服现象, 即应力基本不变, 而应变却不断增加, 产生明显的塑性变形, 材料暂时丧失了抵抗变形的能力。

(3) 强化阶段 经过屈服阶段后, 材料又恢复了抵抗变形的能力, 只有增加应力, 才能继续变形, 称为材料的强化现象。

材料达到强化阶段, 卸载后再重新加载, 会提高其弹性阶段, 降低塑性变形, 称这种现象为冷作硬化或加工硬化。

(4) 局部变形阶段 在前三阶段, 沿试样的长度, 变形是均匀的。随后横截面积出现局部迅速收缩, 产生颈缩现象。材料所需拉力急剧下降, 直至断裂。

7. 材料的强度指标

(1) 比例极限 应力与应变成正比时的最大应力称为比例极限, 记作 σ_p 。

(2) 弹性极限 弹性阶段的最大应力称为弹性极限, 记作 σ_e 。弹性极限 σ_e 非常接近比例极限 σ_p 。

(3) 屈服极限 在屈服阶段中,首次下降所达到的最低值称为下屈服点,即屈服极限,记作 σ_s 。塑性材料拉伸与压缩时的屈服极限基本相同。

有些塑性材料没有明显的屈服阶段,国家标准规定,取对应于试样产生 0.2% 的塑性应变时的应力值为材料的屈服强度,用 $\sigma_{0.2}$ 表示,称为名义屈服极限。

(4) 强度极限 材料断裂前所能承受的最大应力称为强度极限,记作 σ_b 。

灰铸铁等脆性材料没有屈服阶段,不存在屈服点,以抗拉强度 σ_b 作为强度指标。

塑性材料压缩和拉伸时的比例极限、屈服点和弹性模量均相同,它们抵抗拉伸和压缩的能力相同。

脆性材料拉伸与压缩的力学性能有较大差别,抗压强度 σ_c 远高于抗拉强度 σ_b ,脆性材料适用于受压的构件。

8. 材料的弹性常数

(1) 弹性模量 σ - ε 曲线的初始直线段的斜率称为弹性模量,记作 E 。当 $\sigma \leq \sigma_p$ 时, $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ 。

(2) 横向变形系数 在弹性范围内,横向线应变 ε' 与纵向线应变 ε 的绝对值之比为—常数,称为横向变形系数或泊松比,记作 $\mu, \mu = \left| \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right|$ 。

9. 材料的塑性指标

(1) 伸长率 表示材料拉断后塑性变形程度的量称为伸长率,记作 $\delta_n, \delta_n = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$ 。其中 l_0 为试样的原标距长度。 l_1 为拉断后试样标距的长度。

通常 $\delta > 5\%$ 的材料称为塑性材料, $\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料。

(2) 断面收缩率 表示材料塑性的另一指标称为断面收缩率,记作 $\psi, \psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$, 其中 A_0 为试样原横截面面积, A_1 为试样断裂处的横截面面积。

10. 强度概念

(1) 强度条件 保证构件正常工作,不致发生强度失效的条件,同时还要具有一定的强度储备。

(2) 极限应力 材料丧失工作能力时的应力记作 σ_u , 对于塑性材料,极限应力取屈服极限 σ_s 或名义屈服极限 $\sigma_{0.2}$; 对于脆性材料,极限应力应取抗拉强度 σ_b 或抗压强度 σ_c 。

(3) 许用应力与安全因数 构件安全工作时允许承受的最大应力称为材料

的许用应力,记作 $[\sigma]$ 。

工程中规定: $[\sigma] = \frac{\sigma_u}{n}$,其中, n 为大于1的因数,称为安全因数。

从相关的规范或设计手册中,可以查得安全因数 n 和许用应力 $[\sigma]$ 的数值。

11. 应力集中概念

应力集中现象。由于构件截面形状或尺寸突然变化而引起的局部区域应力增大的现象,称为应力集中。

12. 静不定问题

未知力的个数多于独立平衡方程的个数,不能只用静力学平衡方程完全确定全部未知力的问题,称为静不定问题。

13. 应变能

一个弹性体在受力后产生变形的同时,在其内部积蓄了一种能量,使弹性体具有做功的本领。称这种能量为应变能,记作 V_ϵ 。

14. 温度应力和残余应力概念

(1) 温度应力 对于静不定构件,因温度变化而产生的应力,称为温度应力。

(2) 残余应力 当温度应力超过弹性极限而使构件产生塑性变形,构件将产生残余应力。

二、基本理论及公式

1. 拉压杆横截面上的应力

横截面上的应力是均匀分布的,计算公式为

$$\sigma = \frac{F_N}{A}$$

式中: σ 为横截面上的应力; F_N 为轴力; A 为杆件横截面积。

2. 拉压杆斜截面上的应力计算公式

$$\sigma_\alpha = \sigma \cos^2 \alpha$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha$$

式中: σ 为横截面上的应力; α 为斜截面的方位角,定义为斜截面的外法线 n 与杆轴线 x 正向间的夹角,规定以轴线 x 正向为始边,外法线 n 为终边,逆时针转

向的 α 角为正,反之则为负。

3. 拉压杆轴向变形计算公式: 胡克定律

$$\Delta l = \frac{F_N l}{EA}$$

或

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

式中: F_N 为轴力; l 为杆件原始长度; A 为杆件横截面面积; E 为材料弹性模量。

胡克定律的适用范围——轴向拉压及线弹性, 即 $\sigma \leq \sigma_p$ 。

4. 轴向拉压杆的强度条件

$$\sigma_{\max} = \left(\frac{F_N}{A} \right)_{\max} \leq [\sigma]$$

对于等截面拉压杆, 强度条件

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{N, \max}}{A} \leq [\sigma]$$

式中: σ_{\max} 为横截面上最大应力; $F_{N, \max}$ 为横截面上最大轴力; A 为横截面面积; $[\sigma]$ 为材料的许用应力。

轴向拉压杆的强度分析的三个方面:

(1) 强度校核。

已知杆件材料的许用应力 $[\sigma]$ 、横截面面积 A 及横截面上的最大轴力 $F_{N, \max}$, 校核是否满足轴向拉压的强度条件。

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{N, \max}}{A} \leq [\sigma]$$

(2) 截面设计。

根据杆件材料的许用应力 $[\sigma]$ 及横截面上的最大轴力 $F_{N, \max}$, 可按下式计算出横截面面积 A :

$$A \geq \frac{F_{N, \max}}{[\sigma]}$$

从而设计横截面尺寸。

(3) 确定许用载荷。

根据杆件的横截面面积 A 和材料的许用应力 $[\sigma]$, 可按下式计算出杆的最

大轴力 $F_{N,\max}$:

$$F_{N,\max} \leq A[\sigma]$$

从而确定结构物的许可载荷。

5. 轴向拉压杆应变能的计算公式

略去其他能量的微小变化,根据功能原理,积蓄在弹性体内的应变能 V_ε 在数值上等于所做的功 W ,即

$$V_\varepsilon = W = \frac{F_N^2 l}{2EA}$$

式中: F_N 为轴力; l 为杆长; A 为杆件横截面面积; E 为材料的弹性模量。

杆在单位体积内的应变能称为应变能密度,以 v_ε 表示。

$$v_\varepsilon = \frac{1}{2} \sigma \varepsilon$$

或

$$v_\varepsilon = \frac{\sigma^2}{2E}$$

可用应变能计算构件或结构物的变形或位移。

6. 应力集中因数 k

$$k = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_m}$$

式中: σ_{\max} 为应力集中处的最大应力; σ_m 为同一截面上的名义平均应力。

可以通过试验方法测定 k 值,有的可由理论分析得到,在工程手册中可查得。

7. 温度应力的计算公式

$$\sigma = \alpha E \Delta T$$

式中: σ 为温度应力; α 为材料的线膨胀系数; ΔT 为温度升高的数值。

三、例题

例 1-1(题 1-1 图 c) 试用截面法求杆在指定截面的轴力(图 1-1a)。

解:

(1) 问题分析 在材料力学中确定杆件内力的通常方法是截面法。

用截面法确定轴向拉伸和压缩时杆件轴力的步骤如下:

- ① 截开 先在待求轴力的截面处,假想地沿一横截面将杆截成为两部分。
- ② 代替 任选其中一部分为研究对象,将弃去部分对研究对象的作用以轴

力来代替。

③ 平衡 画出研究对象的受力图,由平衡方程确定轴力的大小和方向。

(2) 沿横截面 1-1 将杆截为两段,取左段为研究对象,画受力图。它受在 A 点力 F 及右段对左段的轴力 F_{N1} 的作用,假设 F_{N1} 为拉力,受力图如图 1-1b 所示。由平衡方程:

$$\sum F_x = 0, \quad F_{N1} - F_1 = 0$$

得

$$F_{N1} = F_1 (\text{拉力})$$

沿横截面 2-2 将杆截为两段,取左段为研究对象,画受力图。它受在 A 点力 F 、在 B 点力 F 及右段对左段的轴力 F_{N2} 的作用,假设 F_{N2} 为拉力,受力图如图 1-1c 所示。由平衡方程:

$$\sum F_x = 0, \quad F_{N2} - F - F = 0$$

得

$$F_{N2} = 2F (\text{拉力})$$

沿横截面 3-3 将杆截为两段,取右段为研究对象,画受力图。它受在 D 点力 F 及左段对右段的轴力 F_{N3} 的作用,假设 F_{N3} 为拉力,受力图如图 1-1d 所示。由平衡方程:

$$\sum F_x = 0, \quad -F - F_{N3} = 0$$

得

$$F_{N3} = -F (\text{压力})$$

(3) 讨论。

- ① 计算杆件轴力是本章的基本和重要题型。
- ② 在集中力作用的横截面两侧,轴力发生突变,突变值(绝对值)的大小等于该集中力的大小。在两集中力之间的横截面上,轴力没有变化。
- ③ 切断杆件后,选择受力较简单的一段作为研究对象,如果它受有约束力,应该先求出约束力。

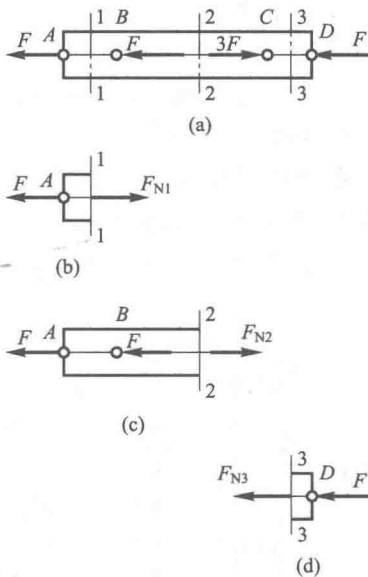


图 1-1