

普通高等学校规划教材·力学系列

材料力学

(少学时)

张新占 ■ 主编

Mechanics of
Materials



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

普通高等学校规划教材·力学系列

材 料 力 学

(少学时)

张新占 主 编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书是作者根据教育部高等学校工科力学课程教学指导委员会对力学系列课程的要求,结合多年的力学教学实践,按土建、机械两类专业的少学时要求编写的。

本书基本内容包括:绪论、轴向拉伸与压缩、截面几何性质、扭转、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、应力分析与强度理论、组合变形、压杆稳定和动荷载等。各章后备有相应的习题,并附有参考答案。

本书可作为高等院校土建、机械类专业的材料力学教材,也可供高等专科学校、高等职业、成人教育等工科各专业教学使用,亦可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学:少学时/张新占主编. — 北京:人民
交通出版社股份有限公司, 2016.8

ISBN 978-7-114-13047-2

I. ①材… II. ①张… III. ①材料力学—高等学校—
教材 IV. ①TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 120972 号

普通高等学校规划教材·力学系列

书 名:材料力学(少学时)

著 作 者:张新占

责任编辑:郑蕉林 王景景

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:19.5

字 数:453 千

版 次:2016 年 8 月 第 1 版

印 次:2016 年 8 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-13047-2

定 价:36.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

本书是根据教育部高等学校工科材料力学课程中少学时课程要求和教育部工科力学课程教学指导委员会面向 21 世纪工程力学课程教学改革的要求编写的。

本书编者根据多年在材料力学教学中积累的经验,综合考虑与先修课程的衔接和向后续专业课的过渡,通过优化教材内容和叙述方法,使读者使用本书时更加容易、方便。本书特点如下:

(1) 安排内容时注重系统性、完整性,重点放在介绍材料力学的基本概念、基本理论、基本计算方法,学完本书就可掌握材料力学的基本内容。

(2) 在叙述方法上循序渐进,将“截面几何性质”编入第三章,以方便后面内容的学习和理解;在动荷载一章中去掉“冲击韧性”,增加“疲劳”一节,引入新知识。

(3) 为方便读者自学和课前预习,每章内容前编写了导读,导读主要介绍本章的基本内容、重点、难点及要注意的问题,章后有“本章复习要点”和习题,书后有习题参考答案。

(4) 为帮助读者提高分析问题、解决问题的能力,在典型例题后编写了“评注”。“评注”根据题目的不同,其形式和内容也不同,有的介绍分析问题、解决问题的思路和方法,有的是进一步透视题目所涉及理论的实质和处理问题的方法。

(5) 注重理论联系实际,例题和习题的题材选用尽量与工程实际相结合,以增加读者的学习兴趣和积极性。

(6) 本书可作为高等学校工科工程力学第二分册(材料力学)和材料力学(少学时)的教材使用。

本书共 11 章。第一、二、三、四、十章由张新占编写,第五、六、七章由石晶编

写,第八、九、十一章由靳玉佳编写。张新占担任主编,负责全书统稿、修改和定稿工作。

本书编写过程中,长安大学工程力学系的老师给予了大力支持和帮助,并提出许多宝贵意见,同时,编者还参考了同行部分优秀教材,并选用了其中部分例题和习题。在出版过程中,人民交通出版社的同志付出了辛勤的劳动,谨此一并致谢。

本书出版获得长安大学与人民交通出版社精品教材建设及专著出版基金资助。

由于编者的水平有限,难免有不妥之处,竭诚欢迎献计读者批评指正。

编 者

2016 年 3 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 材料力学的任务	1
第二节 变形固体的基本假设	2
第三节 外力和内力	3
第四节 应力和应变	5
第五节 杆件变形的基本形式	6
第二章 轴向拉伸与压缩	8
第一节 轴向拉伸与压缩的概念及实例	8
第二节 轴向拉(压)杆横截面上的内力和应力	9
第三节 轴向拉(压)杆斜截面上的应力	13
第四节 材料在拉(压)时的力学性能	14
第五节 轴向拉(压)杆的强度计算	19
第六节 轴向拉(压)杆的变形	22
第七节 轴向拉(压)杆的应变能	26
第八节 拉(压)杆超静定问题	29
第九节 应力集中概念	36
第十节 连接件的强度计算	37
本章复习要点	41
习题	42
第三章 截面几何性质	50
第一节 静矩和形心	50
第二节 惯性矩和惯性积	53
第三节 平行移轴公式	56
第四节 转轴公式	58
本章复习要点	61
习题	63
第四章 扭转	66
第一节 概述	66
第二节 扭矩和扭矩图	67
第三节 薄壁圆筒的扭转	69
第四节 圆轴扭转的强度计算	71

第五节 圆轴扭转的变形计算	76
第六节 等直圆轴扭转时的应变能	79
第七节 非圆截面轴扭转	80
本章复习要点	83
习题	84
第五章 弯曲内力	88
第一节 概述	88
第二节 梁的剪力和弯矩	93
第三节 剪力图和弯矩图	97
第四节 荷载、剪力和弯矩间的关系	104
第五节 用叠加法作梁的弯矩图	109
本章复习要点	110
习题	112
第六章 弯曲应力	118
第一节 弯曲正应力	118
第二节 弯曲正应力强度计算	126
第三节 弯曲切应力及其强度计算	134
第四节 提高弯曲强度的措施	144
本章复习要点	148
习题	150
第七章 弯曲变形	155
第一节 梁的弯曲变形与位移	155
第二节 梁的挠曲线近似微分方程	156
第三节 用积分法求梁的位移	157
第四节 用叠加法求梁的位移	162
第五节 梁的刚度条件及提高弯曲刚度的措施	167
第六节 简单超静定梁的解法	170
第七节 弯曲应变能	175
本章复习要点	176
习题	178
第八章 应力分析与强度理论	183
第一节 一点处应力状态概念	183
第二节 二向应力状态分析	186
第三节 三向应力状态简介	196
第四节 各向同性材料的应力-应变关系	198
第五节 三向应力状态下的应变能	202

第六节 强度理论与应用	204
本章复习要点	211
习题	212
第九章 组合变形	216
第一节 组合变形概念	216
第二节 拉伸或压缩与弯曲的组合	217
第三节 偏心压缩与截面核心	220
第四节 弯曲与扭转的组合	223
本章复习要点	226
习题	227
第十章 压杆稳定	231
第一节 压杆稳定的概念	231
第二节 细长压杆的临界荷载	232
第三节 压杆的临界应力	237
第四节 压杆的稳定计算	241
第五节 提高压杆承载能力的措施	249
本章复习要点	250
习题	251
第十一章 动荷载	256
第一节 动荷载的概念	256
第二节 惯性力问题	256
第三节 构件受冲击荷载作用时的应力和变形计算	259
第四节 疲劳	266
本章复习要点	274
习题	275
附录 A 常用截面的几何性质	277
附录 B 热轧型钢(GB/T 706—2008)	279
习题参考答案	292
参考文献	302

第一章 绪 论

第一节 材料力学的任务

工程中常使用各式各样的结构和机械,这些结构和机械一般都是由许多部件或零件按一定的规律组合而成,我们把这些部件或零件统称为**构件**,如桥梁结构中的梁板、墩柱,房屋结构中的楼板、纵横梁、屋顶,起重机的横梁、吊钩、钢丝绳等都是构件。当结构或机械工作时,构件将受到其他构件传递的力的作用,这种力称为**荷载**。构件在荷载作用下,形状及尺寸将发生变化,这种变化称为**变形**。构件的变形分为两类;一类是当外力解除后可消失的变形,称为**弹性变形**;另一类是当外力解除后不能消失的变形,称为**塑性变形**或**残余变形**。

为了保证结构或机械的正常工作,各构件都必须能够正常工作。为此,首先要求构件在受到荷载作用时不发生破坏或不产生显著的塑性变形。其次,对于许多构件,工作时产生过大变形一般也是不容许的,例如,机床主轴或机身在工作时如果变形过大,将影响加工精度;桥梁结构在荷载作用下如果变形过大,将影响车辆的行走,等等。此外,有些构件在某种荷载作用下,将发生不能保持其原有平衡形式的现象,如桥梁中的墩柱,如果是细长的,当传递的压力超过一定限度后,将有可能显著地变弯,导致桥梁倒塌。构件在一定荷载作用下突然发生不能保持其原有平衡形式的现象,称为**失稳**。由以上分析可知,构件要正常工作需满足以下三点:

(1)具有足够的**强度**。构件的强度是指构件在荷载作用下,抵抗破坏或过量塑性变形的能力,例如房屋中的横梁不应断裂,楼板不能有过的变形等。

(2)具有足够的**刚度**。构件的刚度是指构件在荷载作用下,抵抗弹性变形的能力,如机床主轴变形不应过大,否则将影响加工精度。

(3)具有足够的**稳定性**。构件的稳定性是指构件在压力荷载作用下,保持其原有平衡状态的能力,例如千斤顶的螺杆,桥梁结构中的墩柱等。

构件的强度、刚度和稳定性统称为构件的**承载力**,在设计构件时,首先承载力要满足要求,同时还必须尽可能地合理选用材料和节省材料,以降低成本并减轻构件的重量。前者是为了安全可靠,可通过选用优质材料与较大的截面尺寸实现,但这样一来,可能造成材料浪费与结构笨重;后者是为了少用材料,减少费用。可见,两者之间存在着矛盾。材料力学的

任务就是研究构件在荷载作用下的变形、受力与破坏的规律,为设计既经济又安全的构件,提供强度、刚度和稳定性分析的基本理论和计算方法。构件的承载力是材料力学所要研究的主要内容。

研究构件的承载力时,离不开材料在荷载作用下表现出的变形和破坏等方面的性能,即**材料的力学性能**。材料的力学性能只能通过试验来测定。此外,经过简化得出的理论是否反映实际情况,也要借助于试验来验证。所以,试验分析和理论研究同是材料力学解决问题的方法。

第二节 变形固体的基本假设

组成实际构件的材料是多种多样的,但它们具有一个共同的特点,即都是固体。在荷载作用下,一切固体都将发生变形,故称为**变形固体**。由于变形固体的性质是多方面的,而且很复杂,为了便于进行强度、刚度和稳定性的理论分析,通常省略一些对分析计算影响小的次要因素,将它们抽象为理想化的材料,然后进行分析计算。通常对变形固体常做以下四个基本假设。

(1)**连续性假设**。认为在整个物体体积内毫无空隙地充满着物质,即认为结构是密实的。根据这一假设,构件内的一些力学量既可用坐标的连续函数表示,也可采用无限小的数学分析方法。同时,这种连续性不仅存在于构件变形前,也存在于变形后,即构件在变形后不会出现空隙或孔洞,也不会出现重叠现象。

(2)**均匀性假设**。认为物体内的任何部分,其力学性能相同。根据这一假设,从构件内部任何一点所取的微小体积单元,其力学性质与其他部分相同,可以代表整个构件的力学性质。

实际的材料,其组成部分的力学性能往往存在不同程度的差异,例如水泥混凝土材料,是由砂、石、水、水泥等材料经水化反应后形成,对每个组成材料而言,其力学性质存在差别,但由于构件或构件的任一部分包含了数量极大的组成材料,而且无规则地排列,构件的力学性能是这些组成材料力学性能的统计平均值,能保持一个恒定的量,所以可认为各部分的力学性能是均匀的。

(3)**各向同性假设**。认为在材料内沿各个不同方向的力学性能相同。对金属材料的单一晶粒而言,沿不同方向,其力学性能是有差异的。但构件中包含大量的晶粒,且杂乱无章地排列,这样,从宏观来看,沿各个方向的力学性能就接近相同了。铸钢、铸铜、玻璃等也属这类材料。我们把具有这种性质的材料称为**各向同性材料**;沿不同方向力学性能不同的材料,称为**各向异性材料**,如木材、胶合板和一些复合材料等。

(4)**小变形假设**。认为构件在荷载作用下产生的变形与构件的原始尺寸比较很微小。根据这一假设,由于构件的变形很小,在研究构件的平衡和运动以及内部受力和变形等问题时,均按构件的原始尺寸和形状进行计算,在各种计算中出现的变形数值的高次方项可忽略不计。在工程实际中,也会遇到一些柔性构件,在荷载作用下其变形常常很大,这时必须按

变形后的形状计算,对于大变形问题的研究,已超出了课程涉及的范围。

第三节 外力和内力

一、外力

对于材料力学的研究对象——构件而言,其他构件和物体作用于其上的力均是外力,包括外加荷载和约束反力。我们把外力按下列方式分类。

1. 按外力的作用方式分类

(1) 体积力,就是连续分布于构件内部各点上的力。如构件的自重和惯性力。

(2) 表面力,就是作用于构件表面上的外力,按其在表面的分布情况又可分为分布力和集中力。

分布力是连续作用于构件表面或某一范围的力,如作用于船体上的水压力,作用于挡土墙上的土压力,作用于高压容器内壁的气体或液体压力等。

如果分布力的作用面积远小于构件的表面积或沿杆件轴线的分布范围远小于杆件长度,则可将分布力简化为作用于一点的力,称为**集中力**,如车轮对桥面的压力、火车轮对钢轨的压力等。

2. 按荷载随时间变化的情况分类

(1) **静荷载**。荷载大小缓慢地由零增加到某一定值后,不再随时间变化,保持不变或变动很不显著,称为静荷载。如建成的桥梁,上部结构自重对墩柱的作用力;构件的自重等。

(2) **动荷载**。随时间显著变化或使构件各质点产生明显的加速度的荷载。称为动荷载。动荷载又可分为交变荷载和冲击荷载。

交变荷载是指随时间作周期性变化的荷载。如当齿轮转动时,作用于每一个齿上的荷载;车辆行走时,作用于轴上某点的荷载等。

冲击荷载是指物体的运动在瞬时内发生突然变化所引起的荷载,如紧急制动时飞轮的轮轴、锻造时汽锤的锤杆等都受到冲击荷载的作用。

二、内力与截面法

1. 内力

构件在外力作用下发生变形,其内部相邻部分之间的距离发生改变,从而引起相邻部分之间的相互作用力发生改变,改变部分称为**内力**。事实上,即使无外力作用,构件内各质点之间依然存在着相互作用的力,由于这种作用力的存在,使构件以固体的形式存在。材料力学中的内力,是指外力作用下引起的质点相互作用力的变化量,因此也称“附加内力”。

构件在荷载作用下内力的大小及分布规律,直接与构件的强度、刚度和稳定性密切相关,因此,内力分析在材料力学中占有重要地位。

2. 截面法

为了显示内力并确定其大小,假想沿欲求内力的截面将构件切开,用内力表示其相互作用,使欲求内力得以显露,如图 1-1 所示。由连续性假设可知,内力在切开截面上是连续分布的,因此,有时也称“分布内力”。

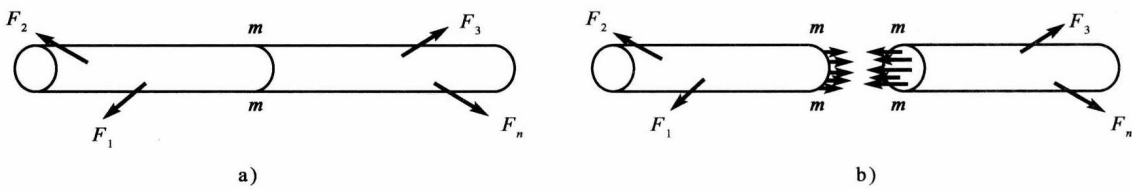


图 1-1

按照力系简化理论,将上述分布内力进行简化,结果为一主矢 F_R 和一主矩 M (图 1-2)。建立坐标系,沿截面轴线建立 x 轴, y 轴和 z 轴在切开截面内,将主矢 F_R 和主矩 M 分别向 x 轴、 y 轴和 z 轴分解,得内力分量 F_x 、 F_y 和 F_z 以及内力偶矩分量 M_x 、 M_y 和 M_z 。我们把沿轴线的内力分量 F_x 称为轴力,通常用 F_N 表示;作用线位于所切截面的内力分量 F_y 和 F_z 称为剪力;矢量沿轴线的内力偶矩 M_x 称为扭矩,通常用 T 表示;矢量位于所切截面的内力偶矩 M_y 和 M_z 称为弯矩。为叙述方便,将内力分量和内力偶矩分量统称为内力分量。由于原构件在外力作用下保持平衡,因此所截部分在外力和内力分量共同作用下保持平衡。根据平衡方程

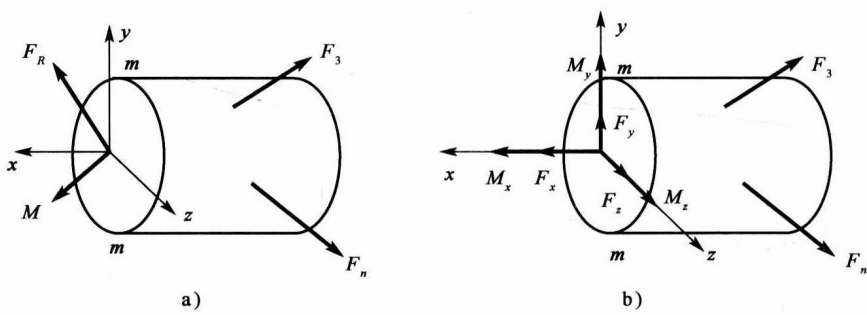


图 1-2

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum F_z = 0 \quad \sum M_x = 0, \sum M_y = 0, \sum M_z = 0$$

即可建立内力与外力间的关系并由外力确定内力。

上述将构件假想地切开以显示内力,由平衡条件建立内力与外力间的关系并由外力确定内力的方法,称为截面法。截面法是材料力学中研究内力的基本方法,可将其归纳为以下三个步骤。

- (1) 截开。在欲求内力的截面处,假想用一平面将截面分成两部分,任意保留一部分,弃去另一部分。
- (2) 代替。用作用于截面上的内力代替弃去部分对留下部分的作用。
- (3) 平衡。对留下部分建立平衡方程,确定内力分量。

第四节 应力和应变

一、应力

确定了构件截面上的内力后,还不能直接用内力判断该截面上的强度是否足够,为此,引入内力分布集度的概念。如图 1-3 所示,围绕任一点 K 取微小面积 ΔA , ΔA 上分布内力的合力为 ΔF , ΔF 与 ΔA 的比值,用 p_m 表示,即

$$p_m = \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

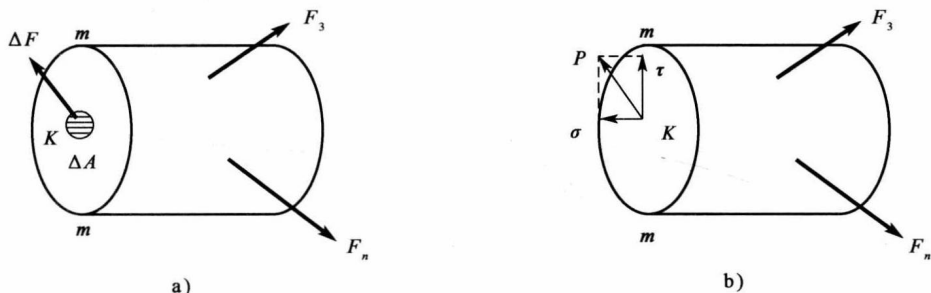


图 1-3

p_m 是一个矢量,代表在 ΔA 范围内,单位面积上的内力的平均集度,称为平均应力。当 ΔA 趋于零时, p_m 的大小和方向都将趋于一定极限,于是有

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} p_m = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} = \frac{dF}{dA} \quad (1-1)$$

式中, p 称为 K 点处的应力。由式(1-1)知,应力可理解为单位面积上的内力,表示截面上某点当 $\Delta A \rightarrow 0$ 时内力的密集程度。通常把应力 p 分解成垂直于截面的分量 σ 和位于截面的分量 τ , σ 称为正应力, τ 称为切应力。显然有

$$p^2 = \sigma^2 + \tau^2 \quad (1-2)$$

应力的单位为 N/m^2 , 且 $1\text{N/m}^2 = 1\text{Pa}$ (帕), $1\text{GPa} = 10^9\text{Pa}$, $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$ 。

二、应变

构件在荷载作用下,其形状和尺寸都将发生改变,即产生变形。构件发生变形时,内部任意一点将产生移动,这种移动称为**线位移**。同时,构件上的线段(或平面)将发生转动,这种转动称为**角位移**。由于构件的刚体运动也可产生线位移和角位移,因此,构件的变形要用线段长度的改变和角度的改变来描述。线段长度的改变称为**线变形**,角度的改变称为**角变形**,线变形和角变形分别用**线应变**和**角应变**来度量。

图 1-4a) 所示为在构件中取出的一微小六面体,现取其中一棱边研究。设棱边 AB 原长为 Δx , 构件在荷载作用下发生变形, A 点沿 x 轴方向的位移为 u , B 点沿 x 轴方向的位移为 $u + \Delta u$, 则棱边沿 x 轴方向的改变为 $[(\Delta x + u + \Delta u) - u] - \Delta x = \Delta u$, 则棱边 AB 的平均应变为

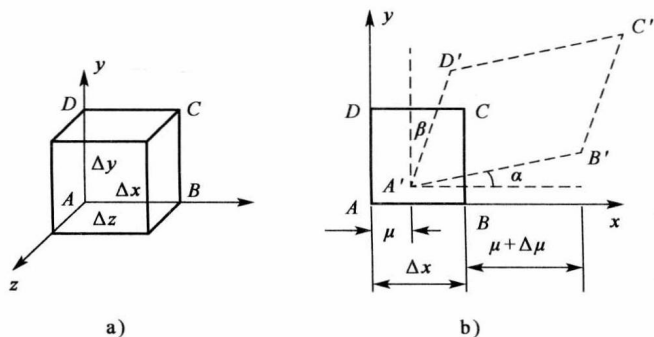


图 1-4

$$\varepsilon_m = \frac{\Delta u}{\Delta x}$$

若 AB 上各点的变形程度不同,则

$$\varepsilon = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta x} = \frac{du}{dx} \quad (1-3)$$

称为点 A 沿 x 轴方向的**线应变**,或简称为**应变**。

线应变的物理意义是构件上一点沿某一方向变形量的大小。线应变无量纲,无单位。

棱边长度发生改变时,相邻棱边之夹角一般也发生改变。如图 1-4b) 所示,两棱边所夹直角改变了 $\alpha + \beta$,这种直角的改变量称为**切应变**,用 γ 表示。切应变无量纲,单位为弧度。

第五节 杆件变形的基本形式

实际中的构件有各种不同的形状,可简单分为块体(长、宽、高三向尺寸接近)、板壳(长、宽方向尺寸远大于厚度方向尺寸)和杆件(纵向尺寸远大于横向尺寸)。材料力学研究的对象为**杆件**,简称**杆**。

杆件的形状和尺寸由两个几何参数确定——**横截面**和**轴线**(图 1-5)。横截面是指与轴线垂直的截面;轴线是横截面形心的连线。

杆件按横截面沿轴线的变化情况可分为等截面杆和变截面杆。按轴线的形状可分为直杆、曲杆和折杆。

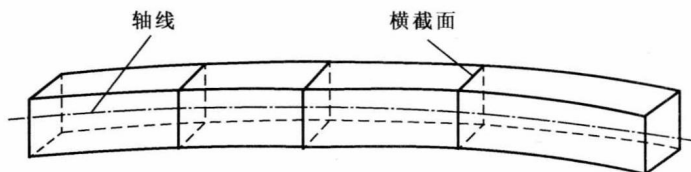


图 1-5

杆件所受的荷载多种多样,产生的变形也有各种形式。在工程结构中,杆件的基本变形只有以下四种:

(1) **轴向拉伸与压缩**。杆的变形是由大小相等、方向相反、作用线与杆件轴线重合的一对外力引起,表现为杆件的长度发生伸长或缩短[图 1-6a)、b)]。

(2) **剪切**。杆的变形是由大小相等、方向相反、相互平行且作用线相距很近的一对力引起,表现为受剪杆件的两部分沿外力作用方向发生相对错动[图 1-6c)]。

(3) **扭转**。杆的变形是由大小相等、转向相反、作用面都垂直于杆件轴的两个力偶引起,表现为杆件的任意两个横截面发生绕轴线的相对转动[图 1-6d)]。

(4) **弯曲**。杆的变形是由垂直于杆件轴线的横向力,或由作用于包含杆轴线的纵向平面内的力偶引起,表现为杆件轴线由直线变为曲线[图 1-6e)]。

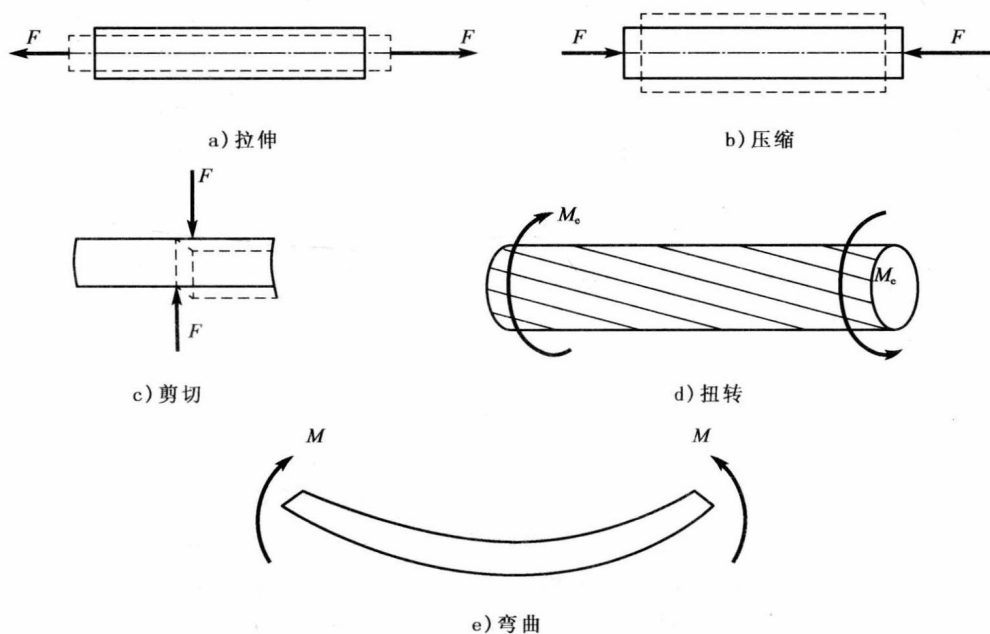


图 1-6

在工程实际中,构件在荷载作用下的变形,单独属于某种基本变形的情况较少,常为上述几种基本变形的组合。处理这类问题时,若构件以某一种基本变形形式为主,其他变形为次时,则按这种基本变形计算;若几种基本变形同等重要,则按组合变形计算。本书在分析讨论每一种基本变形的基础上,再分析组合变形。

第二章 轴向拉伸与压缩

本章主要介绍了轴向拉伸和压缩杆的内力、应力、变形、应变能和简单超静定问题的计算,以及材料在拉压时的力学性质和连接件的强度计算。轴向拉伸和压缩虽然是基本变形中较简单的一种,但所涉及的内力的确定,应力、变形的计算,应变能的分析,材料拉压时的力学性能和强度条件的应用,超静定问题的解法和连接件的强度计算等基本概念和处理问题的方法及步骤都具有代表性,掌握这些内容对后续章节的学习将有很大的帮助。

第一节 轴向拉伸与压缩的概念及实例

轴向拉伸与压缩的杆件在实际中经常遇到,如图 2-1 所示塔吊中的拉索、摇臂和塔身中连杆,如图 2-2 所示桁架桥中的弦杆,都是轴向拉伸与压缩杆的实例。虽然杆件的外形各有差异,加载方式也不同,但通过对其形状和受力情况进行简化,可得图 2-3 所示计算简图。轴向拉伸是在轴向力作用下,杆件产生伸长变形,简称为**拉伸**;轴向压缩是在轴向力作用下,杆件产生缩短变形,简称为**压缩**。

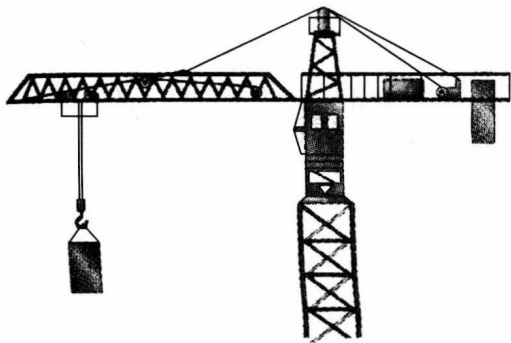


图 2-1



图 2-2

通过上述实例得知,轴向拉伸与压缩具有以下特点:

- (1) 受力特点:作用于杆件两端的外力大小相等,方向相反,与杆件轴线重合。
- (2) 变形特点:杆件变形是沿轴线的方向伸长或缩短。

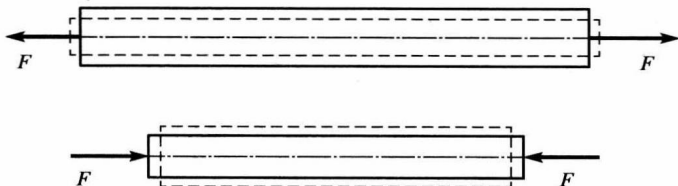


图 2-3

第二节 轴向拉(压)杆横截面上的内力和应力

一、内力

1. 轴力

图 2-4a) 所示为一轴向拉杆, 为了显示杆横截面上的内力, 沿杆件上任一横截面 $m-m$ 假想地被截开, 取左段部分 [图 2-4b)], 并以分布内力的合力 F_N 代替右段对左段的作用, 根据所截部分的平衡可知, 横截面上的内力分量只有 F_N 。由平衡条件 $\sum F_x = 0$, 得

$$F_N - F = 0$$

$$F_N = F$$

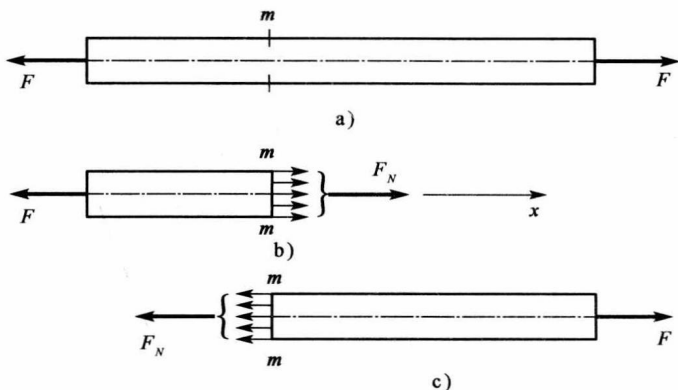


图 2-4

由于外力沿着杆件的轴线作用, 根据二力平衡原理, 横截面上分布内力的合力 F_N 也必然与轴线重合, 故将 F_N 称为轴力。

若取右段部分 [图 2-4c)], 则由作用力与反作用力原理知, 右段部分在截开面的轴力与前述左段部分的轴力数值相等, 而指向相反。

为了使由左段和右段所得同一截面 $m-m$ 上的轴力不但数值相等, 而且具有相同的正、负号, 参照杆件的变形情况, 对轴力 F_N 的正负号作如下规定: 杆件的变形为轴向伸长时, 轴力 F_N 为正, 称为拉力; 杆件的变形为轴向压缩时, 轴力 F_N 为负, 称为压力。

上述方法即为截面法。在应用截面法时需要注意以下几点:

(1) 外荷载不能沿其作用线移动。因为材料力学中研究的对象是可变形体, 不是刚体,