



21世纪高等院校
土木与建筑专业“十二五”规划教材

材料力学

主编 朱占元
高潮
琚宏昌



中国建材工业出版社



21 世纪高等院校土木与建筑专业“十二五”规划教材

材料力学

主 编 朱占元 高 潮 琚宏昌

副主编 陈 佳 李 静 黄显彬

刘 峰

参 编 栗 霞 刘平伟

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

材料力学 / 朱占元, 高潮, 琚宏昌主编. — 北京 :
中国建材工业出版社, 2012. 8

21 世纪高等院校土木与建筑专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-80227-878-3

I. ①材… II. ①朱… ②高… ③琚… 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(2012)第 187991 号

内 容 提 要

本书涵盖《高等学校土木工程本科指导性专业规范》中“力学原理和方法”知识领域中材料力学部分的全部知识点, 明确地将内容分为基本部分(必修内容)和专题、提升部分(选修内容), 选材适当, 内容精炼, 论述透彻, 注重理论联系实际, 符合认知规律。

本书共 13 章, 内容包括: 绪论、轴向拉伸和压缩、剪切和扭转、截面的几何性质、弯曲内力、弯曲应力、梁的位移、应力状态、强度理论、组合变形、压杆稳定、能量法、动荷载。每章均有基本要求、学习重点、学习难点、本章小结、思考题、习题, 书后附有习题答案。

本书可用作高等学校土木、水利、机械类专业教材, 也可作为成人教育、网络教育、自学考试的教材, 还可供国家注册结构工程师考试人员和有关工程技术人员参考使用。

材料力学

朱占元 高 潮 琚宏昌 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 18

字 数: 426 千字

版 次: 2012 年 8 月第 1 版

印 次: 2012 年 8 月第 1 次

定 价: 38.00 元

本社网址: www.jcbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。电话: (010)88386906

对本书内容有任何疑问及建议, 请与本书责编联系。邮箱: jiaocaidayi51@sina.com

前言 Foreword

本书根据高等学校土木工程学科专业指导委员会最新颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》编写而成。

本书凝聚了编者多年从事材料力学教学的经验与体会,在编写过程中特别注重应用型人才培养的要求,力争符合目前大多数高校土木工程专业不同专业方向的材料力学课程的教学并兼顾社会对人才的需求,能够充分体现《高等学校土木工程本科指导性专业规范》的主要精神,便于学生学习。全书以工程实际为背景,注重物理概念的建立,强化力学建模能力和解决工程实际问题能力的培养,力求做到选材适当、语言精炼、结构清晰、阐述透彻、重点突出、例题典型、符合认知规律。为了课堂教学的需要,书中各章都精选了与教学内容相关的思考题,可作为课堂讨论和课后复习之用。本书除有大量基础的例题和习题之外,还选用了一些难度较大的例题和习题,以供有兴趣或者考研究生的读者参考。

本书由朱占元、高潮、琚宏昌担任主编,四川农业大学、大连海洋大学、广西工学院鹿山学院和昆明学院合作编写。具体编写分工如下:琚宏昌、刘平伟负责编写第1~4章;高潮、刘峰负责编写第5~7章;朱占元、陈佳、李静、黄显彬负责编写第8~11章、附录;栗霞负责编写第12、13章。全书经讨论、修改、互相校核后由朱占元统稿。

四川农业大学臧海楠、钟梅,广西工学院李远心、张贝宜、张凤、陈思远等同学参与了本书的校对与制图工作。本书在编写过程中参阅了多本同类教材,在此一并表示谢意。

限于编者的水平,书中难免存在不足之处,希望读者提出宝贵意见,以便今后改进。

编 者

目录

Contents

第 1 章 绪论 / 1

- 1.1 材料力学的研究对象、内容与任务 / 1
- 1.2 材料力学的基本假设 / 3
- 1.3 杆件的变形 / 4
- 1.4 力学的基本知识 / 5

第 2 章 轴向拉伸和压缩 / 11

- 2.1 轴向拉伸和压缩概述 / 11
- 2.2 轴力与轴力图 / 12
- 2.3 拉(压)杆横截面与斜截面上的应力 / 14
- 2.4 拉(压)杆的变形与胡克定律 / 18
- 2.5 材料在拉伸与压缩时的力学性质 / 21
- 2.6 强度计算 / 26
- 2.7 拉伸和压缩超静定问题 / 28

第 3 章 剪切和扭转 / 35

- 3.1 剪切与连接的实用计算 / 35
- 3.2 扭转的概念与工程实例 / 38
- 3.3 传动轴的外力偶矩与扭矩、扭矩图 / 39
- 3.4 薄壁圆管的扭转 / 41
- 3.5 等直圆杆扭转时的应力 / 43
- 3.6 等直圆杆扭转时的变形与刚度条件 / 48
- 3.7 扭转超静定问题 / 50
- 3.8 非圆截面杆的扭转 / 51

第 4 章 截面的几何性质 / 61

- 4.1 静矩和形心 / 61
- 4.2 惯性矩和惯性积 / 63
- 4.3 惯性矩和惯性积的平行移轴公式与转轴公式 / 65
- 4.4 截面的主惯性轴和主惯性矩 / 67

第 5 章 弯曲内力 / 72

- 5.1 平面弯曲的概念与梁的计算简图 / 72
- 5.2 梁的内力和内力图 / 75
- 5.3 内力与分布荷载间的关系及其应用 / 83
- 5.4 用区段叠加法作梁的弯矩图 / 88
- 5.5 平面刚架和曲杆的内力图 / 89

第 6 章 弯曲应力 / 98

- 6.1 梁横截面上的正应力 / 99
- 6.2 梁横截面上的剪应力 / 107
- 6.3 梁的强度条件 / 112
- 6.4 梁的合理设计 / 117

第 7 章 梁的位移 / 128

- 7.1 梁的位移概述 / 128
- 7.2 梁的挠曲线近似微分方程及其积分 / 129
- 7.3 叠加法计算梁的位移 / 139
- 7.4 梁的刚度校核与提高梁刚度的措施 / 142
- 7.5 超静定梁 / 147

第 8 章 应力状态 / 153

- 8.1 平面应力状态分析 / 153
- 8.2 空间应力状态分析 / 161
- 8.3 应力与应变之间的关系 / 163
- 8.4 平面应力状态下由测点处的线应变求应力 / 167

第 9 章 强度理论 / 175

- 9.1 强度理论概述 / 175
- 9.2 四种基本的强度理论 / 176
- 9.3 各种强度理论的适用范围 / 179

第 10 章 组合变形 / 185

- 10.1 组合变形概述 / 185
- 10.2 斜弯曲 / 186
- 10.3 拉伸(压缩)与弯曲组合变形 / 190
- 10.4 弯曲与扭转组合变形 / 199

第 11 章 压杆稳定 / 207

- 11.1 压杆稳定概述 / 207
- 11.2 细长压杆的临界压力 / 209
- 11.3 欧拉公式的适用范围及临界应力总图 / 214
- 11.4 压杆的稳定计算与提高压杆稳定性的措施 / 216

第 12 章 能量法 / 229

- 12.1 能量法概述 / 229
- 12.2 弹性体应变能与余能计算 / 230
- 12.3 虚功原理 / 237
- 12.4 卡氏定理 / 240
- 12.5 单位力法 / 243

* 第 13 章 动荷载 / 251

- 13.1 构件作匀加速直线运动时的应力和变形 / 251
- 13.2 构件作匀速转动时的应力和变形 / 254
- 13.3 构件受冲击时的应力和变形 / 256

附录 I 型钢规格表 / 265

附录 II 习题参考答案 / 274

参考文献 / 282

第1章 绪论

●基本要求

了解材料力学的研究对象与任务,与其他相关课程之间的关系,掌握可变形固体的基本概念及基本假设,了解杆件变形的四种基本形式。

●学习重点

可变形固体的基本假设。

●学习难点

可变形固体的基本概念及基本假设,杆件变形的四种基本形式。

1.1 材料力学的研究对象、内容与任务

1.1.1 研究对象

理论力学的研究对象主要是质点、质点系以及刚体和刚体系统。理论力学研究的是力对物体作用的外效应即平衡运动,将变形很小的物体简化成刚体,方便了研究,而对研究结果影响甚微。

材料力学的研究对象是可变形的固体,属于变形力学范畴。材料力学研究的是力对物体作用的内效应即变形,并结合材料的力学性质对强度展开分析。在工程领域,变形固体就是构成机械或结构物的零件或元件,统称为构件。

根据空间坐标系中三个方向尺寸的不同,可将构件分为三大类,即杆类、板壳类和块类。

三个方向尺寸比较接近的构件称为块类构件。一个方向的尺寸远小于其他两个方向尺寸的构件称为板壳类构件,较小的尺寸称为厚度,平分厚度的几何面称为中面,板壳类构件可用中面和厚度两个几何特征来表述,中面为平面者称为板,如图 1-1(a)所示;中面为曲面者称为壳,如图 1-1(b)所示。

一个方向的尺寸远大于其他两个方向尺寸的构件称为杆类构件,简称为杆件或杆,如图 1-2所示。垂直于杆长度方向的剖面称为横截面,所有横截面形心的连线称为杆的轴线,杆件的横截面与轴线相互垂直。杆件可用横截面和轴线两个几何特征来表述。轴线为直线的杆称

为直杆,如图 1-2(a)、(c)所示;轴线为曲线的杆称为曲杆,如图 1-2(b)所示。横截面的大小和形状沿轴线有变化的杆件称为变截面杆,如图 1-2(c)所示;等截面直杆简称为等直杆。

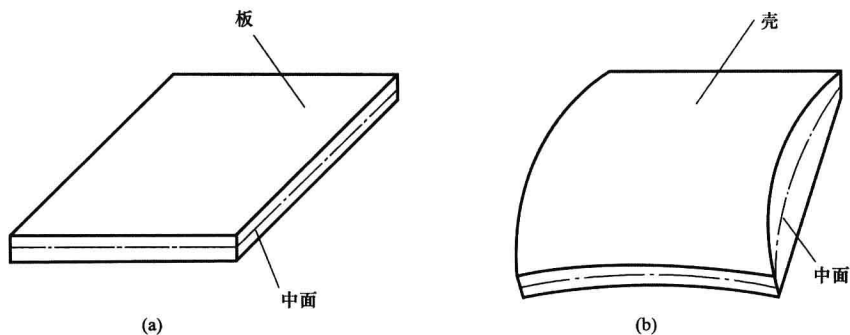


图 1-1

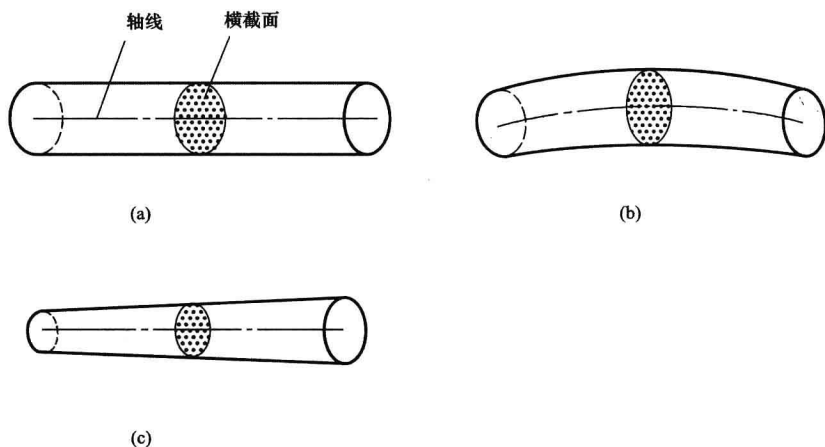


图 1-2

材料力学主要研究杆类构件,最基本的是等直杆。

1.1.2 研究内容与任务

为了保证机械或结构的正常工作,构件必须满足以下要求:

(1)有足够的强度。即在规定的荷载作用下,构件不会发生破坏。例如,车轴不可折断,建筑物不应倒塌。所谓强度,是指构件抵抗破坏的能力。强度破坏包括断裂和发生明显塑性变形,即外力撤除后不能恢复的变形。

(2)有足够的刚度。即在规定的荷载作用下,构件不会产生过大的变形。例如,机床主轴变形过大将影响对工件的加工精度;车间里吊车梁变形过大,将影响桥式起重机的正常行驶。所谓刚度,是指构件抵抗变形的能力,这里所指的变形是弹性变形,即外力撤除后可以恢复的变形。

(3)有足够的稳定性。即在规定的荷载作用下,构件应能保持原有的平衡形态。如钢桁架桥的上弦杆,在压力超出一定限度后,有可能显著变弯,从而导致整座桥垮塌。所谓稳定性,是

指构件在荷载作用下保持原有平衡形态的能力。

一般而言,构件应同时满足以上三项要求,但对于具体构件往往有所侧重。例如,储气罐侧重于强度,机床主轴侧重于刚度,桁架桥的上弦杆则侧重于稳定性。

一个设计合理的构件,不仅要满足以上安全性要求,还应该满足降低材料消耗、减轻自重和节约资金等经济性要求。安全性和经济性是一对矛盾,解决这一矛盾是材料力学的主要任务,就是要研究如何在满足强度、刚度和稳定性的前提下,为设计既安全又经济的构件提供必要的理论基础和计算方法。

1.2 材料力学的基本假设

不同于理论力学视构件为刚体,材料力学将构件视为可变形的固体。为了建立构件的力学模型,对可变形固体作如下假设:

1. 连续性假设

假定组成构件的物质毫无空隙地充满构件的整个几何空间。这意味着构件变形时材料的相邻部分既不互相分离也不互相挤入,一些力学量(如位移、变形)就可以表示为坐标的连续函数。实际上,组成物体的粒子之间存在着空隙,但这种空隙与物体的尺寸相比极其微小,可以忽略。

2. 均匀性假设

假定构件各点处材料的力学性能完全相同。所谓材料的力学性能,就是材料在外力作用下所表现出来的性能。当然,这一假设从微观上讲并不成立。例如,金属由晶粒组成,而各个晶粒的力学性能会有差异,晶粒交界处的力学性能与晶粒内部的力学性能也不同,但从宏观上讲,由于构件尺寸远大于晶粒尺寸,包含了为数甚多的晶粒,利用试样测定的材料力学性能参数是所有晶粒力学性能的统计平均值,所以认为材料是均匀的。

3. 各向同性假设

假设构件的材料沿各个方向的力学性能完全相同。对于结构上常用的金属材料,其各个晶粒并非各向同性,但由于构件中包含的晶粒数量庞大且排列随机,宏观上并不表现出方向性的差异,因此可以认为金属材料构件是各向同性的。对于木材、纤维增强复合材料等,其宏观力学性能具有明显的方向性,应按各向异性材料处理。

4. 小变形假设

材料力学所研究的构件在承受荷载作用时,其变形量总是远小于其他外形尺寸。所以,在研究构件的平衡以及内部受力和变形等问题时,一般可按构件的原始尺寸进行计算。

5. 线弹性假设

工程上所用的材料,在荷载作用下均将发生变形。如果在卸载后变形消失,物体恢复原状,则称这种变形为弹性变形;但当荷载过大时,则发生的变形只有一部分在卸载后能够消失,另一部分变形将不会消失而残留下来,这种残留下来的变形部分称为塑性变形。对每种材料来讲,在一定的受力范围内,其变形完全是弹性的,并且外力与变形之间呈线性关系,本书后面

会讲到,这种关系称为胡克定律。在材料力学中所研究的大部分问题都局限在弹性变形范围内。

综上所述,材料力学是把实际材料看作均匀、连续、各向同性的可变形固体,且在大多数场合下局限在小变形并在弹性变形范围内进行研究。

1.3 杆件的变形

1.3.1 变形的概念

在理论力学的静力学中,讨论力系作用下的固体(物体)平衡时,是把固体看成刚体,即不考虑固体形状和尺寸的改变。实际上,自然界中的任何固体在外力作用下,都要或大或小地产生变形,也就是它的形状和尺寸总会有些改变。这些改变,有些可直接观察到,有些则需要借助测量仪器才能发现。

由于固体具有可变形性质,所以又称为变形固体。严格地讲,自然界中一切固体均属变形固体。

材料力学是研究构件的强度、刚度和稳定性等方面问题的,这些问题的研究,都要与构件在荷载作用下产生的变形相联系,因此,固体的可变形性质就成为重要的基本性质之一而不容忽视。也就是说,在材料力学中,必须把研究对象看成为可变形固体。

变形固体在外力作用下发生的变形,就其变形性质可分为弹性变形与塑性变形。

弹性是指变形固体在外力去掉后能恢复原来形状和尺寸的性质。例如,一个弹簧在拉力作用下要伸长,当拉力不太大时,去掉外力后它仍能恢复原状,这表明弹簧具有弹性。**弹性变形**是指变形体上的外力去掉后可恢复的变形。如果去掉外力后,变形不能全部消失而留有残余,则残余部分就是**塑性变形**,也叫做**残余变形**。

去掉外力后能完全恢复原状的物体称为**理想弹性体**。

实际上,自然界中并不存在理想弹性体,但由试验得知,常用的工程材料如金属、木材等当外力不超过某一限度时(称弹性阶段)很接近于理想弹性体,这时可将它们看成为理想弹性体;如果外力超过了这一限度,就要产生明显的塑性变形(称弹塑性阶段)。

工程中大多数构件在荷载作用下,其几何尺寸的改变量与构件本身的尺寸相比,常是很微小的,我们称这类变形为“小变形”。与此相反,有些构件在荷载作用下其几何尺寸的改变量可能很大,这类变形称为“大变形”。我们研究的内容将限于小变形范围。由于变形很微小,在研究构件的平衡、运动等问题时,就可采用构件变形前的原始尺寸进行计算,在计算中,变形的高次项可忽略不计。

1.3.2 杆件的基本变形

杆件可能受到各种各样的外力作用,其变形也多种多样。但归纳起来,杆件变形的基本形式有以下四种。

1. 轴向拉伸或压缩

当直杆受到与其轴线重合的外力作用时,杆的主要变形为伸长或缩短,如图 1-3(a)、(b)所

示(图中虚线为杆件受力前的状态,下同),这种变形形式称为**轴向拉伸或压缩**。

2. 剪切

当杆件受到一对等值、反向、相距很近的横向外力作用时,其主要变形为杆件的两部分沿着力的方向发生相对错动,如图 1-3(c)所示,这种变形形式称为**剪切**。

3. 扭转

在一对等值、反向、作用面都垂直于杆轴的两个力偶作用下,杆件的任意两个相邻横截面绕轴线发生相对转动变形,而轴线仍维持直线,如图 1-3(d)所示,这种变形形式称为**扭转**。

4. 弯曲

在一对等值、反向、作用在杆件纵向平面内的两个力偶或横向外力作用下,杆件将在纵向平面内发生弯曲变形,变形后的杆轴线将弯成曲线,如图 1-3(e)、(f)所示,这种变形形式称为**弯曲**。

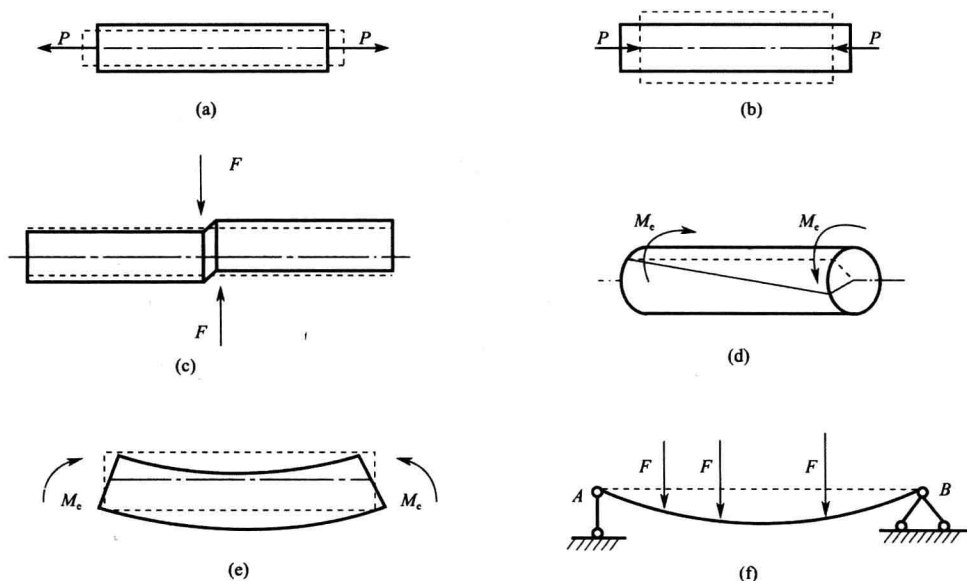


图 1-3

1.4 力学的基本知识

1.4.1 外力

外力是指周围物体对构件的作用力。

按作用方式,外力可分为体积力和面积力。体积力是连续分布于构件体积内每一点的力,例如重力和惯性力。表面力是作用于构件表面上的力,依据其作用的区域形态,表面力又分为面分布力、线分布力和集中力。实际上表面力是分布在有限面积上的面分布力,线分布力和集中力只是其简化的结果。

根据主动性和被动性,外力可分为荷载和约束力。依据随时间的变化情况,荷载可分为静荷载和动荷载。若荷载由零缓慢地增加到一定值后保持不变,或变化缓慢,即为静荷载,如建筑物受到的雪荷载,水坝受到的静水压力等都是静荷载;若随着时间显著变化或使构件各质点产生明显加速度的荷载,称为动荷载,如锻锤杆受到的反冲击力、内燃机汽缸内的气体压力等都是动荷载。

1.4.2 力的平衡

如果构件在外力作用下整体平衡,则该构件的任一部分也必然平衡,即从该构件任意取出一部分,其截面上的内力分量与该部分上的外力构成平衡力系。可以通过如下的平衡方程将内力由外力表示出来:

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 & \sum F_y &= 0 & \sum F_z &= 0 \\ \sum M_x &= 0 & \sum M_y &= 0 & \sum M_z &= 0\end{aligned}$$

1.4.3 内力

构件在没有受到外力作用前,内部质点之间就存在相互作用力,从而使其保持一定的形体。当构件受到外力作用而发生变形时,构件内各质点间的相对位置将发生变化,杆件内任意相邻部分之间的相互作用力也将发生变化,杆件内部的相互作用力所产生的变化量称为杆件的内力。由于假设物体是均匀连续的可变形固体,所以在物体内部相邻部分之间相互作用的内力,实际上是一个连续分布的内力系,分布内力系的合成(力或力偶)简称为内力。

如图 1-4(a)、(b)所示,假设将构件沿某一截面切开,分成两部分,由连续性假设可知,该截面上的内力是连续的分布力系,且两截面上的内力属于作用力和反作用力的关系,为求内力,只需要考虑任一部分,例如图中的 I。

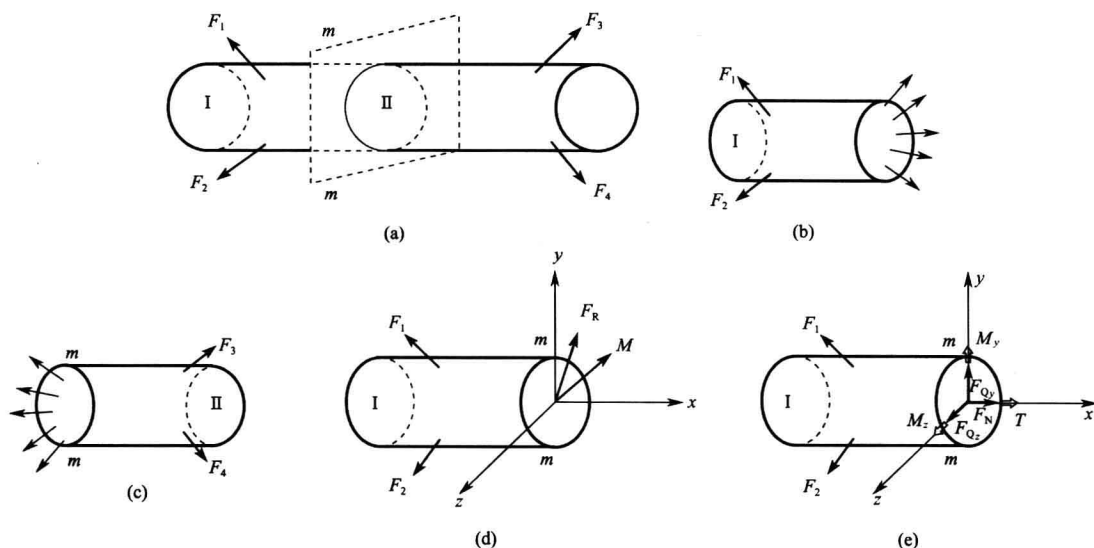


图 1-4

根据力系的简化理论,将界面上的分布内力系向截面形心简化,得一主矢 F_R 与一主矩 M 。两者的方向通常是未知的,为便于分析,建立坐标系,其中, x 轴沿杆的轴线方向(垂直于截面),并将主矢和主矩向三个坐标轴分解,得内力分量 F_N 、 F_{Qy} 与 F_{Qz} ,以及内力偶矩分量 T 、 M_y 与 M_z 。沿轴线方向的内力分量 F_N 称为轴力,与截面相切的内力分量 F_{Qy} 与 F_{Qz} 称为剪力;矢量沿轴线的方向的内力偶矩分量 T 称为扭矩,矢量与截面相切的内力偶矩分量 M_y 与 M_z 称为弯矩。为叙述简便,以后将这六个分量统称为内力分量。

1.4.4 应力的概念

在外力作用下,杆件某一截面上一点处内力的分布集度称为应力。

考虑构件截面 $m-m$ 上任一点 k ,如图 1-5(a)所示,围绕点 k 取微面积 ΔA ,设作用在该面积上的分布内力的合力为 ΔF ,则比值 $\Delta F/\Delta A$ 称为小面积 ΔA 上的平均应力。当微面积 ΔA 趋于无穷小时,该平均应力的极限值为

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

p 称为截面 $m-m$ 上点 k 处的应力或全应力。

为便于分析,将全应力 p 沿截面的法向和切向分解,其法向分量称为正应力,用 σ 表示,切向分量称为切应力,用 τ 表示,如图 1-5(b)所示。

应力的单位为 Pa,即 N/m^2 ,工程中常用 MPa、GPa。换算关系为: $1\text{GPa} = 10^3\text{MPa} = 10^9\text{Pa}$ 。

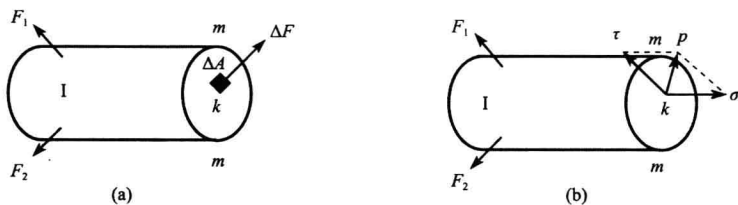


图 1-5

1.4.5 应变的概念

为研究构件的刚度,需要研究构件的变形,表征变形的力学量是应变分量。

考虑构件内任一点 P ,在构件尚未受力时,过点 P ,沿 x 轴方向作长为 Δx 的线段 PA ,沿 y 轴方向作长为 Δy 的线段 PB ,如图 1-6(a)所示。设构件受力变形后,点 P 、 A 、 B 分别移到 P' 、 A' 、 B' ,线段 $\overline{P'A'}$ 比原始长度 $\overline{PA} = \Delta x$ 有一个增量 Δu ,即其长度为 $\Delta x + \Delta u$,如图 1-6(b)所示。

比值 $\epsilon = \frac{\overline{P'A'} - \overline{PA}}{\overline{PA}} = \frac{\Delta u}{\Delta x}$ 表示线段 $\overline{PA}$ 每单位长度的伸长量,称为平均正应变,其极限值为

$$\epsilon = \lim_{\overline{PA} \rightarrow 0} \frac{\overline{P'A'} - \overline{PA}}{\overline{PA}} = \lim_{\overline{PA} \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta x} \quad (1-2)$$

ϵ 称为 P 点处沿 x 方向的正应变,又称线应变。类似地可以定义沿其他任意方向的正应变。

构件的变形不仅表现为线段长度的改变,而且正交线段的夹角也可能发生改变。在图 1-6

中,变形前 P 点处沿 x 轴方向的线段 $\overline{PA}$ 与沿 y 轴方向的线段 $\overline{PB}$ 的夹角为 $\frac{\pi}{2}$, 变形后夹角成为 $\angle B'P'A'$, 角度变化量的极限值为

$$\gamma = \lim_{\substack{\overline{PA} \rightarrow 0 \\ \overline{PB} \rightarrow 0}} \left(\frac{\pi}{2} - \angle B'P'A' \right) \quad (1-3)$$

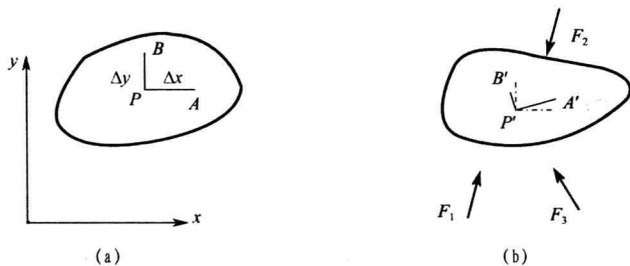


图 1-6

γ 称为 P 点在 x 轴与 y 轴方向的剪应变, 又称为角应变。类似地可以定义其他任意两个正交方向的剪应变。

正应变和剪应变的量纲均为 1 (或称为无量纲), 剪应变的单位为 rad (弧度)。一点处各个方向的正应变和剪应变统称为应变分量, 应变分量表述了一点处的局部变形, 构件的整个变形是各点局部变形累积组合的结果。

1.4.6 截面法

求截面内力的一般方法为截面法, 可归纳为三个步骤:

- (1) 在欲求内力的截面处, 假想将构件切开, 取其中一部分 (含外力) 为研究对象;
- (2) 用作用于截面上的内力分量代替另一部分对取出部分的作用;
- (3) 对取出部分建立平衡方程, 确定未知的内力分量。

在画分离体受力图时, 对于明显为零的内力分量, 无需画出。在很多情况下, 杆件横截面上的内力分量中的大部分为零。

本章小结

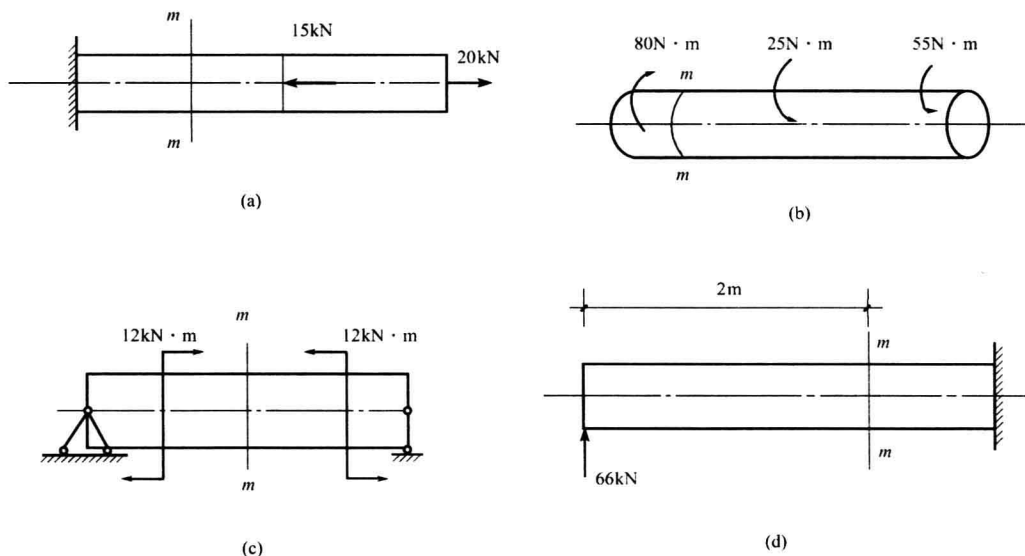
1. 材料力学的研究对象是变形固体, 主要针对其中的杆类构件。
2. 材料力学的主要任务是研究构件的强度、刚度和稳定性问题, 为设计既安全又经济的构件提供必要的理论基础和计算方法。
3. 为便于数学分析, 对构件的材料作出了均匀、连续、各向同性的理想化假设; 为简化计算, 对构件变形作出了小变形假设。
4. 杆件有四种基本变形形式, 其他变形可看作由两种或两种以上基本变形的组合。
5. 在材料力学中, 最基本、最重要的概念是内力、应力和应变的概念。截面法是计算内力、分析应力的基本方法。

思考题

- 1.1 材料力学的研究对象是什么？主要研究哪类构件？
- 1.2 什么是构件的强度、刚度和稳定性？
- 1.3 材料力学的主要任务是什么？
- 1.4 材料力学对变形固体有哪些基本假设？各假设有什么作用？
- 1.5 什么是内力？一般的空间问题，构件横截面上的内力可用几个分量表示？如果是平面问题又如何呢？
- 1.6 用截面法求内力的步骤是什么？
- 1.7 什么是全应力？什么是正应力？什么是切应力？应力的量纲和单位是什么？
- 1.8 什么是正应变？什么是剪应变？应变的量纲和单位是什么？
- 1.9 杆件有几种基本变形形式？

习题

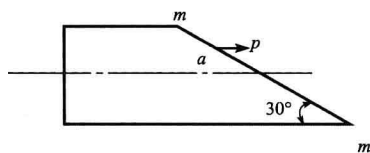
- 1.1 试求习题 1.1 图所示杆件横截面 $m-m$ 上内力分量的大小。



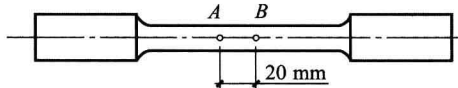
习题 1.1 图

1.2 习题 1.2 图所示杆件斜截面 $m-m$ 上一点处的全应力 $p=40\text{MPa}$ ，其方向和杆轴线平行，试求该点的正应力和切应力。

1.3 习题 1.3 图所示拉伸试样中部 A 、 B 两点之间的距离为 20mm ，受力后，两点间距离的增量为 0.003mm ，试求两点之间的平均正应变。

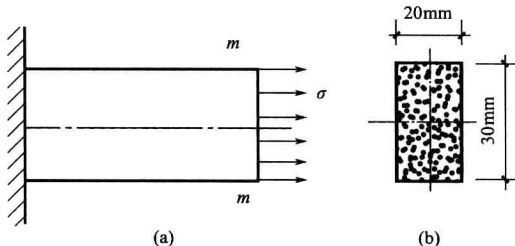


习题 1.2 图



习题 1.3 图

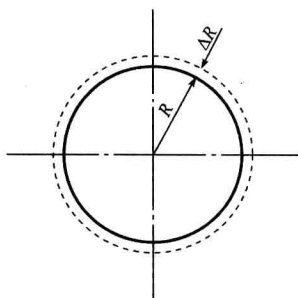
1.4 习题 1.4 图(a)所示矩形截面杆横截面 $m-m$ 上的正应力(即全应力) $\sigma=60\text{MPa}$, 横截面尺寸如习题 1.4 图(b)所示。试问:横截面上存在的分量的量值为多少?



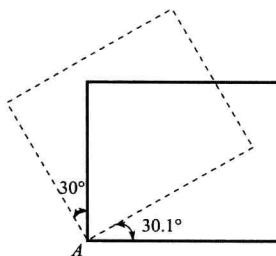
习题 1.4 图

1.5 习题 1.5 图所示薄圆板的半径 $R=100\text{mm}$, 变形后仍为圆形, 半径的增量 $\Delta R=0.005\text{mm}$, 试求沿半径方向和边界圆周方向的平均应变。

1.6 正方形薄板尺寸如习题 1.6 图所示, 受力后变成菱形, 如图中虚线所示。试求点 A 处两垂直方向的剪应变的大小。



习题 1.5 图



习题 1.6 图