



高等院校力学教材

Textbook in Mechanics for Higher Education

材料力学

张耀 曹小平 王春芬 张文辰 编著

清华大学出版社



高等院校力学教材
Textbook in Mechanics for Higher Education

材料力学

张耀 曹小平 王春芬 张文辰 编著

清华大学出版社

内 容 简 介

本书是根据高等学校工科专业教学计划及材料力学教学大纲编写而成的。主要内容有:绪论及基本概念、轴向拉伸和压缩、剪切和连接件的实用计算、扭转、平面图形的几何性质、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形及简单超静定梁、应力状态和强度理论、组合变形、压杆稳定、能量法、动载荷和交变应力等。每章配有思考题和习题。

本书基本概念论述简洁、清晰、明确,注重概念和基本分析方法的应用,注重学生针对实际工程问题建立力学模型能力的培养和分析解决问题能力的培养。

本书可作为普通高等学校和成人高等教育工程类学科各专业的材料力学课程的教材,也可作为各类自考人员、研究生入学备考人员和工程技术人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

材料力学/张耀等编著. --北京:清华大学出版社,2015

高等院校力学教材

ISBN 978-7-302-40516-0

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(2015)第 136803 号

责任编辑:秦 娜

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市巾晟雅豪印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:170mm×230mm 印 张:22.75 字 数:406 千字

版 次:2015 年 9 月第 1 版 印 次:2015 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:48.00 元

产品编号:062934-01

前 言

材料力学是高等工科院校开设的专业基础课程,理论性与应用性都较强,既是经典学科,又是一门不断发展的学科。随着教学内容和课程体系改革的深入,为使学生在有限的学时里理解和掌握材料力学的基本原理和基本方法,特编写了此书。希望既能在内容上满足广大师生的要求,又能让学生通过学习本书打下扎实的力学基础。

本书共 13 章,包括绪论、轴向拉伸和压缩、剪切和连接件的实用计算、扭转、平面图形的几何性质、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、应力状态和强度理论、组合变形、压杆稳定、能量法、动载荷以及交变应力。为帮助学生深刻理解概念,各章配有思考题,并精选了习题。

本书由兰州交通大学张耀、曹小平、张文辰和西北民族大学王春芬合作编写,其中第 1~4 章、第 12 章由曹小平编写;第 6、7 章由张耀编写;第 8~11 章由王春芬编写;第 5 章、第 13 章由张文辰编写;附录 I 由张耀编写;附录 II 由张文辰编写。韩冬、王波、刘德邦、江聪聪和刘明等研究生参与了部分绘图工作。

本书在编写过程中参考吸收了许多国内外材料力学教材的思想和内容,非常感谢众多专家学者的成果。

由于编者水平有限,书中难免疏漏与欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

编著者

2015 年 3 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 材料力学的任务	1
1.2 变形固体及其基本假设	3
1.3 外力、内力和截面法	4
1.4 应力和应变的概念	7
1.5 杆件变形的基本形式	9
思考题	11
第 2 章 轴向拉伸和压缩	12
2.1 轴向拉伸和压缩的概念及实例	12
2.2 轴向拉(压)杆的内力	13
2.3 轴向拉(压)杆横截面上的应力	15
2.4 轴向拉(压)杆斜截面上的应力	17
2.5 低碳钢的力学性质	18
2.6 铸铁的力学性质	24
2.7 轴向拉(压)杆的强度计算	25
2.8 圣维南原理和应力集中	27
2.9 轴向拉(压)杆的变形	29
2.10 拉伸和压缩的超静定问题	33
2.11 轴向拉(压)杆的应变能	35
* 2.12 温度应力和装配应力	37
思考题	40
习题	40

第 3 章 剪切和连接件的实用计算	45
3.1 剪切和挤压的概念及实用计算	45
3.2 铆钉连接的计算	49
思考题	53
习题	54
第 4 章 扭转	56
4.1 扭转的概念及外力分析	56
4.2 受扭杆件的内力	57
4.3 薄壁圆筒的扭转 切应力互等定理 剪切胡克定律	59
4.4 圆杆扭转时的应力和变形	62
4.5 圆杆扭转时的强度和刚度计算	69
4.6 圆杆扭转的超静定问题	72
思考题	73
习题	74
第 5 章 平面图形的几何性质	77
5.1 静矩和形心	77
5.2 惯性矩 惯性积 极惯性矩和形心主惯性矩	80
5.3 平行移轴公式	83
习题	85
第 6 章 弯曲内力	87
6.1 工程中的弯曲问题	87
6.2 梁的内力——剪力和弯矩	89
6.3 剪力方程和弯矩方程、剪力图和弯矩图	94
6.4 剪力、弯矩与载荷集度之间的微分关系	98
6.5 静定平面刚架和曲杆的内力图	108
思考题	110
习题	111
第 7 章 弯曲应力	116
7.1 纯弯曲时梁横截面上的正应力	116
7.2 梁横力弯曲时的正应力及其强度条件	122

7.3 梁横截面上的切应力及其强度条件	129
7.4 提高梁弯曲强度的措施	135
思考题	139
习题	141
第 8 章 弯曲变形	148
8.1 梁变形的基本方程	149
8.2 计算梁变形的积分法	152
8.3 计算梁变形的叠加法	156
8.4 简单超静定梁	162
8.5 刚度条件 提高弯曲刚度的措施	167
思考题	169
习题	171
第 9 章 应力状态和强度理论	176
9.1 应力状态的基本概念	176
9.2 二向应力状态分析	181
9.3 三向应力状态分析简介	190
9.4 广义胡克定律	192
9.5 空间应力状态下的应变能	196
9.6 强度理论及其应用	197
思考题	205
习题	207
第 10 章 组合变形	213
10.1 轴向拉(压)与弯曲的组合变形	214
10.2 轴向拉(压)与扭转的组合变形	224
10.3 斜弯曲	226
10.4 扭转与弯曲的组合变形	230
思考题	235
习题	237
第 11 章 压杆稳定	241
11.1 压杆稳定的概念	241
11.2 两端铰支细长压杆的临界载荷	243

11.3	不同杆端约束下细长压杆的临界载荷	246
11.4	欧拉公式的适用范围及临界应力总图	249
11.5	压杆的稳定性校核	254
11.6	提高压杆稳定性的措施	256
	思考题	258
	习题	260
第 12 章	能量法	265
12.1	概述	265
12.2	外力功和应变能的计算	266
12.3	单位载荷法及其应用	276
12.4	莫尔积分的图形互乘法	285
12.5	互等定理	290
12.6	能量法解超静定问题	292
	思考题	296
	习题	297
第 13 章	动载荷 交变应力	301
13.1	概述	301
13.2	构件有加速度时的应力计算	302
13.3	构件受冲击载荷作用时的应力计算	308
13.4	交变应力	315
	思考题	324
	习题	324
附录 I	简单载荷下梁的挠度和转角	329
附录 II	型钢表	331
	思考题与习题答案	344
	参考文献	354

第 1 章

绪 论

1.1 材料力学的任务

在各种机械和工程结构(图 1-1)的组成部分中,如建筑物(构筑物)的梁和柱、各种机械中的梁和轴等最基本的元件是零件或部件,这些零件或部件是构成建筑物(构筑物)和各种机械的骨架部分,统称为**构件**。当建筑物(构筑物)和各种机械处于工作状态时,构件将受到载荷的作用。如房屋的梁和柱受到自重和其他外加载荷的作用,起重机的吊臂受到重物的作用,机械的传动轴受到扭转力矩的作用等。这些构件一般都是由固体制成,固体构件受到外力作用时,将产生形状和尺寸的改变,这种变化称为**变形**。理论力学讨论的对象是刚体模型,而在实际工程中的构件都是可变形的固体,简称为**变形体**。按照产生变形的程度可将其分为两类:一类是可以恢复的变形,称为**弹性变形**,这种变形一般都比较小;另一类是不可恢复的变形,称为**塑性变形**。试验表明,当固体的变形较大时,其变形中常常既包含弹性变形部分又包含塑性变形部分;当固体的变形较小或不超过某一限度时,其变形完全是弹性的或接近于完全弹性的。在绝大多数情况下,材料力学限于研究弹性变形。

固体构件在外力作用下有抵抗变形和破坏的能力,但是这种能力是有限度的。为保证各种建筑物(构筑物)和机械在外力作用下能正常工作,其内部各构件应当有足够的力量来负担这些载荷。因此,构件要满足以下要求。

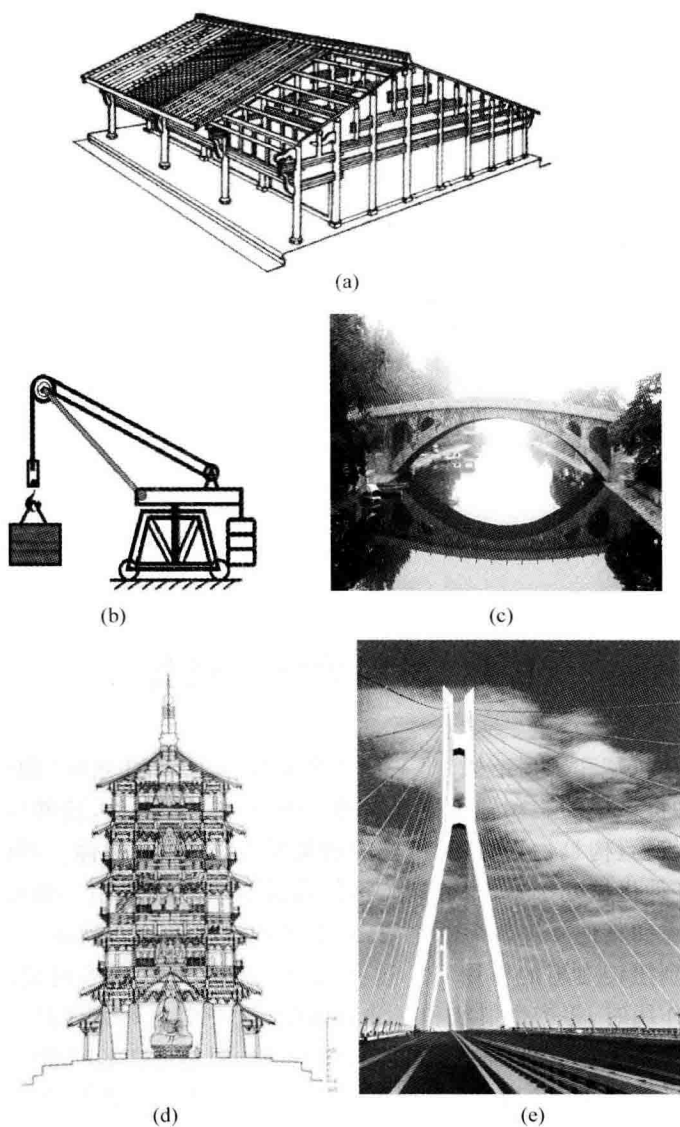


图 1-1 建筑物(构筑物)图片

(a) 传统具有柱、梁、檩、椽的木制房屋结构；(b) 起重机起吊重物；(c) 赵州桥；(d) 山西应县佛宫寺释迦塔(木塔)；(e) 南京长江二桥(斜拉桥, 全长 628m)

(1) **强度要求**：即构件在外力作用下应具有足够的抵抗破坏的能力。在规定的载荷作用下，构件当然不应破坏，包括断裂和发生较大的塑性变形。例如，冲床曲轴不可折断；建筑物的梁和板不应发生较大塑性变形。强

度要求就是指构件在规定的使用条件下不发生意外断裂或塑性变形。

(2) **刚度要求**：即构件在外力作用下应具有足够的抵抗变形的能力。在载荷作用下，构件即使有足够的强度，但若变形过大，仍不能正常工作。例如，机床主轴的变形过大将影响加工精度；齿轮轴变形过大将造成齿轮和轴承的不均匀磨损，引起噪声。刚度要求就是指构件在规定的工作条件下不发生较大的变形。

(3) **稳定性要求**：即构件在外力作用下能保持原有直线平衡状态的能力。承受压力作用的细长杆，如千斤顶的螺杆、内燃机的挺杆等应始终维持原有的直线平衡状态，保证不被压弯。稳定性要求就是指构件在规定的使用条件下不产生丧失稳定性的破坏。

强度、刚度和稳定性是材料力学研究的主要内容。一个合理的构件设计，不但应该满足强度、刚度和稳定性的要求以保证其安全可靠，还应该符合经济原则。若构件的横截面尺寸不足或形状不合理，或材料选用不当，不能满足上述要求，将不能保证工程结构或机械的安全工作。相反，也不应不恰当地加大横截面尺寸或选用高强材料，这虽满足了上述要求，却使用了更多的材料并增加了成本，造成浪费。可见，安全和经济经常是矛盾的，材料力学的任务就是在满足强度、刚度和稳定性的要求下，为设计既经济又安全的构件提供必要的理论基础和计算方法。

研究构件的强度、刚度和稳定性时，应了解材料在外力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，而力学性能要由实验来测定。此外，经过简化得出的理论是否可信也要由实验来验证。所以实验分析和理论研究同是材料力学解决问题的方法。

1.2 变形固体及其基本假设

制造各种构件所采用的材料虽然品种繁多、性质各异，但它们都有一个共同的特性，就是在外力作用下会发生变形。在进行构件的强度、刚度和稳定性计算时，变形是一个不可忽略的因素，因此，在材料力学中将构件看成是可变形的固体。为了使计算简化经常略去材料的次要性质，并根据其主要性质做出假设，将它们抽象为一种理想模型，作为材料力学理论分析的基础。下面是材料力学对变形固体常采用的几个基本假设。

(1) **连续性假设**：认为组成固体的物质不留空隙地充满了整个固体的体积。实际上，组成固体的粒子之间存在空隙，但这种空隙极其微小，可以

忽略不计。于是可认为固体在其整个体积内是连续的。基于连续性假设, 固体内的一些力学量(例如点的位移)可用连续函数表示, 并可采用高等数学有关的分析方法研究。

连续性不仅存在于变形前, 同样适用于变形发生之后, 即构件变形后不出现新的空隙, 也不出现重叠。

(2) **均匀性假设:** 认为在固体内各点处具有相同的力学性能。即从固体内任意取出一部分, 无论从何处取也无论取多少其力学性能总是一样的。

由此假设可以认为, 变形固体由同一均质材料组成, 因而体内各处的力学性质都是相同的, 并认为在其整个体积内毫无空隙地充满了物质。事实上, 从固体的微观结构看, 各种材料都是由无数颗粒(如金属中的晶粒)组成的, 颗粒之间是有一定空隙的, 而且各颗粒的性质也不完全一致。但由于材料力学是从宏观的角度去研究构件的强度、刚度和稳定性问题, 这些空隙远远小于构件的尺寸, 而且各颗粒是错综复杂地排列于整个构件体积内。因此, 由统计平均值观点看, 各颗粒性质的差异和空隙均可忽略不计, 从而认为变形固体是均匀连续的。

(3) **各向同性假设:** 认为固体材料沿各个方向的力学性能是相同的。具有这种属性的材料称为各向同性材料。例如钢、铜、铸铁、玻璃等, 而木材、竹和轧制过的钢材等则为各向异性材料。但是, 有些各向异性材料在某些情况下也可近似地看作是各向同性的。

(4) **小变形假设.** 认为固体受力后的变形比固体的原始尺寸小得多。工程实际中构件受力后的变形一般都很小, 相对于构件的原始尺寸小很多, 因此在分析构件上力的平衡关系时, 变形的影响可忽略不计, 仍按构件的原始尺寸进行计算, 使问题得到简化。如果构件受力后的变形很大, 其影响不可忽略时, 则必须按构件变形后的尺寸进行计算。前者称为小变形问题, 后者称为大变形问题。材料力学一般只研究小变形问题。

1.3 外力、内力和截面法

1.3.1 外力及其分类

当研究某一构件时, 可以设想把这一构件从周围物体中单独取出, 并用外力来代替周围各物体对构件的作用, 这些来自构件外部的力就是外力。对于我们的研究对象, 例如一个物体或物体的一部分来说, 其他物体或物体的

其他部分对于研究对象的作用就是该对象的外力。例如研究屋架,屋面的重量就是屋架的外力,又称载荷;屋架支座的反力也是屋架的外力。若研究屋架中的某一根杆,则屋架的其他部分对该杆的作用就是该杆的外力。在考虑构件的自重时,自重也是该构件的外力。

按照外力的作用方式可分为表面力和体积力。**表面力**是作用于物体表面的力,又可分为分布力和集中力。**分布力**是连续作用于物体表面的力,如作用于油缸内壁上的油压力,作用于船体上的水压力等。有些分布力是沿杆件的轴线作用的,如楼板对屋梁的作用力。若外力分布面积远小于物体的表面尺寸,或沿杆件轴线分布范围远小于轴线长度,就可看作是作用于一点的**集中力**,如列车车轮对钢轨的压力,滚珠轴承对轴的反作用力等。**体积力**是连续分布于物体内部各点的力,例如物体的自重和惯性力等。

按载荷随时间变化的情况又可分为静载荷和动载荷。若载荷缓慢地由零增加到某一定值,以后即保持不变,或变动很不明显,即为**静载荷**。若载荷随时间而变化,则为**动载荷**。随时间作周期性变化的动载荷称为**交变载荷**,例如齿轮转动时,作用于每一齿上的力都是随时间作周期性变化的。**冲击载荷**则是物体的运动在瞬时发生突然变化所引起的动载荷,例如,急刹车时飞轮的轮轴、锻造时气锤的锤杆等都受到冲击载荷的作用。

材料在静载荷作用下和在动载荷作用下的性能颇不相同,分析方法也颇有差异。因为静载荷问题比较简单,所建立的理论和分析方法又可作为解决动载荷问题的基础,所以首先研究静载荷问题。

1.3.2 内力与截面法

构件即使不受外力作用,它的各质点之间本来就有相互作用的**内力**,以保持其一定的形状。材料力学所讨论的**内力**,是指因外力作用使构件发生变形时,构件的各质点间的相对位置改变而引起的“附加内力”,即分子结合力的改变量。这种内力随外力的改变而改变。但是,它的变化是有一定限度的,不能随外力的增加而无限地增加。当内力加大到一定限度时,构件就会破坏,因而内力与构件的强度是密切相关的。因此,为了揭示构件的变形和破坏规律,就必须首先研究内力。

由静力学可知,在分析两物体之间的相互作用力时必须将两物体分开。同理,为了显示构件在外力作用下 $m-m$ 截面上的内力,可用平面假想地把构件分成Ⅰ、Ⅱ两部分,如图 1-2(a)所示。

任取其中一部分,例如Ⅱ,为研究对象。在Ⅱ上作用的外力有 F_3 和 F_4 ,

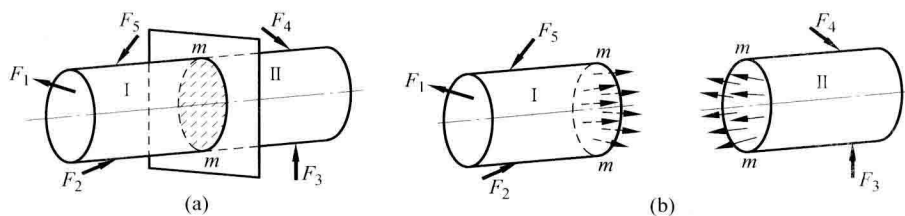


图 1-2

欲使 II 保持平衡,则 I 必然有力作用于 II 的 $m-m$ 截面上,以与 II 所受的外力平衡,如图 1-2(b)所示。根据作用与反作用定律可知,II 必然也以大小相等、方向相反的力作用于 I 上。上述 I 与 II 间相互作用的力就是构件在 $m-m$ 截面上的内力。按照连续性假设,在 $m-m$ 截面上各处都有内力作用,所以内力是分布于截面上的一个分布力系。把这个分布力系向截面形心简化得到主矢和主矩,称为截面上的内力。

对部分 II 来说,外力 F_3 , F_4 和 $m-m$ 截面上的内力保持平衡,根据平衡方程就可以确定 $m-m$ 截面上的内力。

上述用截面假想地把构件分成两部分,以显示并确定内力的方法称为截面法。可将其归纳为以下三个步骤:

- (1) 欲求某一截面上的内力时,就沿该截面假想地把构件分成两部分,任意地取出一部分作为研究对象,并弃去另一部分。
- (2) 用作用于截面上的内力代替弃去部分对取出部分的作用。
- (3) 建立取出部分的平衡方程,确定未知的内力。

【例题 1-1】 钻床如图 1-3(a)所示,在载荷 F 作用下,试确定 $m-m$ 截面上的内力。

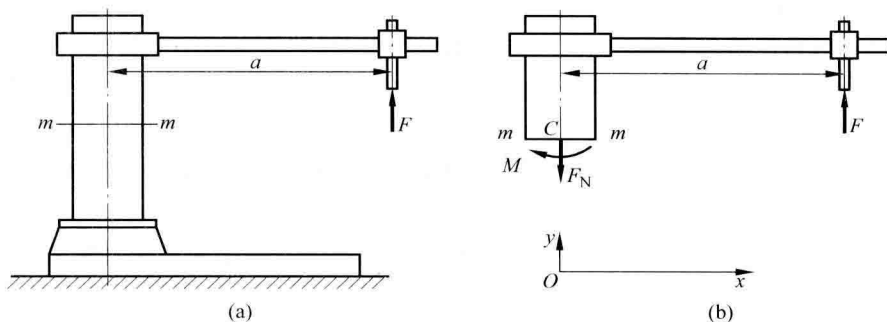


图 1-3

【解】 (1) 沿 $m-m$ 截面假想地将钻床分成两部分。取 $m-m$ 截面上部分为研究对象,并选取坐标系,如图 1-3(b)所示。

(2) 将作用于 $m-m$ 截面上的分布内力系向截面的形心 C 简化,可以得到一个主矢 F_N 和主矩 M ,它们的方向和转向如图 1-3(b)所示。 F_N 和 M 就是弃去的下部分对上部分作用的内力。

(3) 由于整个钻床是平衡的,所以上部分也是平衡的,由平衡条件

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0, & F - F_N &= 0 \\ \sum M_C &= 0, & Fa - M &= 0\end{aligned}$$

求得 $m-m$ 截面上的内力 F_N 和 M 分别为

$$F_N = F, \quad M = Fa$$

1.4 应力和应变的概念

1.4.1 应力的概念

用截面法确定的内力是截面上分布内力系的合成结果,它没有表明该分布力系的分布规律,也不能说明分布内力系在截面内某一点处的强弱程度。例如,两根材料相同、横截面面积不等的直杆,若它们所受的轴向拉力相同,那么横截面上的内力是相同的。但是,从经验知道,当外力增大时,面积小的杆件一定先破坏。这是由于截面面积小,其上内力分布的密集程度大的缘故。因此讨论构件的强度问题时,还必须了解内力在截面上某一点处的聚集程度,这种聚集程度用分布在单位面积上的内力来衡量,称为该点的应力。

在截面 $m-m$ 上,围绕某一点 C 处取一微小面积 ΔA , ΔA 上分布内力的合力为 ΔF ,如图 1-4(a)所示。定义 ΔA 上内力的平均集度为

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

p_m 是一个矢量,代表在 ΔA 范围内单位面积上内力的平均集度,称为平均应力。随着 ΔA 的逐渐缩小, p_m 的大小和方向都将逐渐变化。当 ΔA 趋于零时, p_m 的大小和方向都将趋于一定极限。这样得到

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

p 称为 C 点的应力,式(1-1)即为应力的定义。用文字叙述为:应力是一点

处内力的集度,反映内力系在该点的强弱程度。 p 称为全应力,它是一个矢量,一般来说,它既不与截面垂直,也不与截面相切。因此,通常把全应力 p 分解为垂直于截面的分量 σ 和相切于截面的分量 τ (图 1-4(b))。其中 σ 称为正应力, τ 称为切应力。

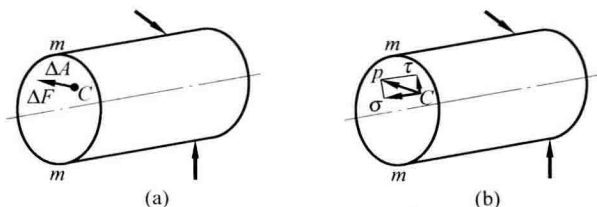


图 1-4

在国际单位制中,应力单位是帕斯卡,简称帕(Pa)。由于这个单位太小,使用不便,通常使用千帕(kPa)、兆帕(MPa)和吉帕(GPa)。其中 $1\text{kPa}=10^3\text{Pa}$ 、 $1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$ 、 $1\text{GPa}=10^9\text{Pa}$ 。

1.4.2 应变的概念

构件受力后会变形,就整个构件看,构件变形后的形状极不相同,也很复杂。但是,若把构件划分成无数个边长为无限小的六面体,称为单元体,则就每个单元体来看,其变形情况就很单纯。研究一点处外力与变形的关系时,要利用单元体的变形。

设想在构件中某点 O 附近取棱边长度分别为 Δx 、 Δy 、 Δz 的单元体。在一个单元体中可能发生的一种变形,就是棱边长度的改变。取单元体如图 1-5(a)所示。以棱边 OA 为例,若变形后边长 Δx 改变了 Δu ,则 Δu 代表棱边 OA 的长度变化(或叫线变形),它是线段 Δx 的绝对变形。由于 Δu 的大小与原长 Δx 的长短有关,所以它不能表示棱边 OA 的变形程度。为了表

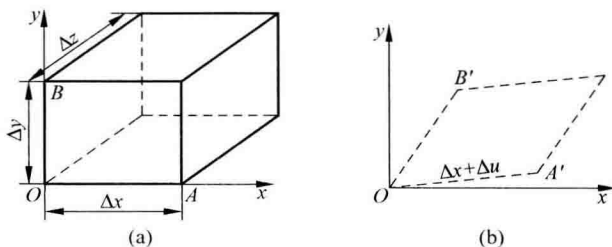


图 1-5

明 OA 线段的变形程度,应取单位长度的线变形作为衡量线变形的基本度量。

Δu 与 Δx 的比值代表棱边 OA 每单位长度的平均线应变,称为平均应变,用 ϵ_m 表示

$$\epsilon_m = \frac{\Delta u}{\Delta x} \quad (1-2)$$

逐渐缩小 Δx 值,使 Δx 趋近于零,则 ϵ_m 的极限值为

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

式中, ϵ 表示 O 点处沿 x 方向变形的程度,称为 O 点处沿该方向的线应变或正应变。

在单元体中,可能发生的另一种变形是互相垂直的两个棱边间的夹角发生变化。如图 1-5(b)所示,变形前,单元体在 xOy 平面内两个棱边 OA 和 OB 互相垂直,夹角为 $\pi/2$;变形后的棱边为 OA' 和 OB' , OA' 和 OB' 的夹角为 $\angle A'OB'$ 。变形前后角度的改变量为 $(\pi/2 - \angle A'OB')$ 。当 A 和 B 趋近于 O 点,即 Δx 、 Δy 趋近于 0 时,角度改变量的极限值为

$$\gamma = \lim_{\substack{\Delta x \rightarrow 0 \\ \Delta y \rightarrow 0}} \left(\frac{\pi}{2} - \angle A'OB' \right) \quad (1-4)$$

γ 称为 O 点在 xOy 平面内的切应变或角应变。因此,切应变 γ 是单元体中直角的改变量。

线应变和切应变具有以下性质。

(1) 线应变是一点处线变形的基本度量;而切应变是一点处角变形的基本度量,它度量的是直角的改变。

(2) 线应变和切应变都是无量纲的量,切应变常用弧度(rad)表示。

1.5 杆件变形的基本形式

在机械或工程结构中,构件的形状是多种多样的。如果构件的纵向(长度方向)尺寸较横向(垂直于长度方向)尺寸大得多,这样的构件称为杆件,或简称杆。杆是工程中最基本的构件,如机器中的传动轴、螺杆、房屋中的梁和柱等均属于杆件。某些构件,如齿轮的轮齿、曲轴的轴颈等,并不是典型的杆件,但在近似计算或定性分析中也简化为杆。

垂直于杆长的截面称为横截面,各横截面形心的连线称为轴线。轴线为直线且各横截面相等的杆件称为等截面直杆,简称等直杆。轴线为曲线的杆称为曲杆。材料力学主要研究等直杆。