

普通高等教育精品教材

材料力学

主编 金艳 齐威

CAILIAO LIXUE



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

普通高等教育精品教材

材料力学

主编 金 艳 齐 威



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

《材料力学》主要介绍材料在各种外力作用下产生的应变、应力、强度、刚度、稳定和导致各种材料破坏的极限等,全书共分为15章,具体内容包括材料力学的基本概念、拉伸与压缩、剪切与挤压、扭转、弯曲内力与强度计算、弯曲变形与刚度计算、应力状态与强度理论、组合变形、压杆的稳定、能量法、超静定系统、平面曲杆、动载荷、疲劳以及材料力学的进一步问题。

本书内容实用,时代性强,语言精练,模块丰富,可作为高等院校机械专业、土木工程建筑类各专业及其他相关专业的教材,也可供机械、土建类行业从业人员学习参考。

学式料材

图书在版编目(CIP)数据

材料力学 / 金艳, 齐威主编. — 上海: 上海交通大学出版社, 2018
ISBN 978-7-313-19321-6

I. ①材… II. ①金… ②齐… 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(2018)第091572号

材料力学

主 编: 金 艳 齐 威

出版发行: 上海交通大学出版社

地 址: 上海市番禺路951号

邮政编码: 200030

电 话: 021-64071208

出 版 人: 谈 毅

印 制: 三河市祥达印刷包装有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 22.25 字 数: 452千字

版 次: 2018年5月第1版

印 次: 2018年5月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-313-19321-6/TB

定 价: 58.00元

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与发行部联系

联系电话: 010-62137141



前言QIANYAN

为了更好地适应高等工业院校机械、土建类专业材料力学课程的教学需要，我们依据教育部力学基础课程教学指导委员会最新制定的《材料力学课程教学基本要求》，汲取了不同教材的精华，在总结多年来教学经验的基础上编写了这本书。

本书的编写具有以下几方面特色：

- 联系实际，内容实用。本书的讲解顺序、内容安排以及例题的选取，均注重理论联系实际，着力做到符合学生的认知特点和教学规律，同时也能达到基本教学的深度，实用性强。
- 论述严谨，紧跟时代。本书在基本概念和理论的论述上准确严谨，逻辑清晰，并力求做到反映科学技术的最新发展。同时书中使用的力学术语、物理量名称等均符合最新发布的国家标准。例如，附录 A 中的热轧型钢表就采用了最新的 GB/T 706—2016 版本，可以帮助学生了解并使用最新的国家标准，紧跟时代。
- 图片精美，模块丰富。本书中所配的教学相关图片均为精心绘制，力求做到严谨、精美，旨在帮助学生更好地理解并掌握所学内容。同时书中配有大量“注意”“提示”“读一读”等模块。这些模块可以帮助学生加深对知识点的印象，同时增加教材的可读性。例如，在第二章第二节中的“读一读”模块中，我们对圣维南原理做了简介，让学生在学习理论知识的同时，能够了解一些相关的背景知识，同时为学习过程增添一些趣味。
- 精编习题，答案辅助。本书的习题部分紧密结合各部分所讲内容，均是依据不同阶段的知识点精心设计的。大部分章节的习题设有选择题和应用题两个部分，选择题重在考查学生对理论知识的掌握程度，应用题重在考查学生对所学知识的运用能力，理论与应用相结合，能够帮助学生巩固所学内容。同时书中还为习题配有参考答案，既方便教学，也有利于自学者参考。

本书由大连工业大学金艳、齐威担任主编，贺向东、靳永强担任副主编。

在编写过程中，我们参考了大量有关材料力学的文献，在此向这些作者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中不完善之处，敬请广大读者批评指正，以便今后的修订和完善，真诚地期待广大读者和同行提出宝贵意见。

另外，本书配有丰富的教学资源包，读者可到北京金企鹅联合出版中心网站（www.bjjqe.com）下载。

编者

2018年4月

目录MULU

第一章 材料力学的基本概念	1
第一节 材料力学的任务	1
第二节 变形固体及其基本假设	3
第三节 内力、截面法、应力、应变	5
第四节 杆件变形的基本形式	8
习题	9
第二章 拉伸与压缩	10
第一节 轴向拉伸与压缩的概念与实例	10
第二节 轴向拉伸与压缩时杆件的内力与应力	11
第三节 轴向拉伸与压缩时杆件的变形计算	14
第四节 材料受拉伸与压缩时的力学性能	16
第五节 许用应力、强度条件	22
第六节 简单拉伸与压缩的超静定问题	24
第七节 应力集中的概念	28
习题	29
第三章 剪切与挤压	34
第一节 剪切的概念及其实用计算	34
第二节 挤压的概念及其实用计算	37
习题	41
第四章 扭转	43
第一节 扭转的概念与实例	43
第二节 外力偶矩与扭矩图	44
第三节 纯剪切与剪切胡克定律	46
第四节 圆轴扭转时的应力与变形	49
第五节 圆轴扭转时的强度与刚度条件	54
第六节 矩形截面杆扭转	58
第七节 扭转超静定问题	61
习题	61
第五章 弯曲内力与强度计算	66
第一节 平面弯曲的概念与实例	66

第二节	梁的内力——剪力与弯矩	67
第三节	剪力图与弯矩图	70
第四节	载荷集度、剪力与弯矩间的关系	73
第五节	纯弯曲时梁横截面上的正应力	76
第六节	梁的弯曲正应力强度条件及其应用	82
第七节	弯曲切应力	89
第八节	提高梁的弯曲强度的措施	92
习题		98
第六章	弯曲变形与刚度计算	106
第一节	梁的挠度与转角	106
第二节	挠曲线的微分方程	107
第三节	用积分法求梁的变形	108
第四节	用叠加法求梁的变形	113
第五节	梁的刚度校核及提高梁的刚度的主要措施	114
第六节	简单超静定梁的解法	116
习题		118
第七章	应力状态与强度理论	122
第一节	概述	122
第二节	平面应力状态分析——解析法	123
第三节	平面应力状态分析的图解法——应力圆	128
第四节	三向应力状态简介	130
第五节	广义胡克定律	132
第六节	强度理论	134
习题		138
第八章	组合变形	142
第一节	组合变形的概念与实例	142
第二节	弯曲与拉伸(压缩)的组合	143
第三节	弯曲与扭转的组合	148
习题		152
第九章	压杆的稳定	156
第一节	概述	156
第二节	两端铰支细长压杆的临界载荷	157
第三节	不同约束条件下压杆的临界载荷	158
第四节	临界应力、柔度、临界应力总图	159
第五节	压杆的稳定性计算	163
第六节	提高压杆稳定性的措施	166

习题	167
第十章 能量法	170
第一节 引言	170
第二节 变形能的计算	170
第三节 莫尔定理	177
第四节 计算莫尔积分的图形互乘法	185
第五节 卡氏定理	192
第六节 功的互等定理和位移互等定理	199
习题	201
第十一章 超静定系统	207
第一节 超静定系统的概念	207
第二节 弯曲超静定问题	209
第三节 力法解超静定系统	214
第四节 对称及反对称性质的应用	223
第五节 连续梁及三弯矩方程	227
习题	231
第十二章 平面曲杆	236
第一节 工程中的实例	236
第二节 曲杆纯弯曲时的正应力	237
第三节 常用截面中性层曲率半径 r 的确定	241
第四节 曲杆的强度计算	246
习题	248
第十三章 动载荷	250
第一节 概述	250
第二节 构件做匀加速直线运动或匀速转动时的应力计算	250
第三节 构件受冲击时的应力和变形	256
第四节 冲击韧性	265
第五节 构件在强迫振动时的应力计算	267
习题	271
第十四章 疲劳	275
第一节 概述	275
第二节 $S-N$ 曲线与疲劳强度	278
第三节 影响构件持久极限的因素	282
第四节 持久极限线图	286
第五节 对称循环构件的疲劳强度校核	289

第六节	非对称循环构件的疲劳强度校核	290
第七节	提高构件疲劳强度的措施	293
习题		293
第十五章	材料力学的进一步问题	295
第一节	低周疲劳	295
第二节	工程断裂问题	297
第三节	极限设计	303
第四节	新材料的材料力学概述	307
附录		314
附录 A	热轧型钢表 (GB/T 706—2016)	314
附录 B	简单截面图形的几何性质表	326
附录 C	简单载荷作用下梁的变形表	327
附录 D	主要材料的力学性能表	329
附录 E	新、旧标准名词和符号对照表	330
附录 F	部分习题答案	330
参考文献		345

第一章 材料力学的基本概念

第一节 材料力学的任务

在工业生产和工程中,有大量的结构物、设备和机器。它们都是由各式各样的零件或部件组成的。这些零、部件的形状经适当简化后,可统称为构件。构件是用以组成结构物、设备和机器的元件。按其几何形状可将构件划分为杆、板、壳、块等四类,如图 1-1 所示。

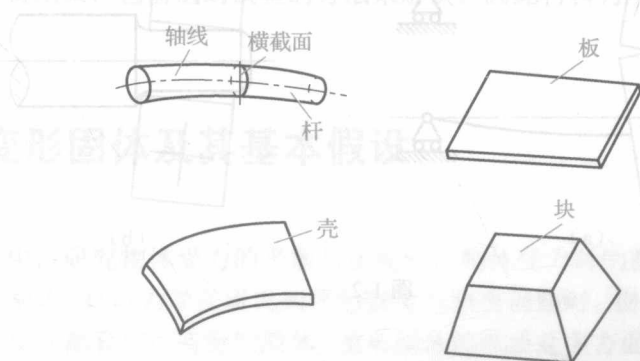


图 1-1

材料力学研究的主要对象是杆件。杆的几何形状特征是,轴线(横截面形心的连线)的长度远大于横截面(与轴线垂直的截面)的尺寸(如高、宽、直径等)。轴线为直线的杆称为直杆。轴线为曲线的杆称为曲杆。

结构物、设备和机器工作时,构件将受到一定的载荷作用。尽管构件的材料是各式各样的,但都为固体。任何固体在载荷作用下所产生的形状和尺寸的改变,称为变形。实验表明,当外力不超过某一限度时,外力撤去后将遗留一部分不能消失的变形,这部分变形称为塑性变形,也称残余变形或永久变形。如果外力继续增大到某一限度时,构件将发生断裂破坏。某些构件当外力达到一定程度时,虽然不呈现明显的塑性变形,但也可能产生断裂破坏。为了保证结构物、设备和机器的正常工作,要求每一个构件都应有足够的承受载荷作用的能力,简称承载能力。构件的承载能力,通常由以下三个方面来衡量。

一、构件应具有足够的强度

构件的强度应能保证构件工作时不会产生断裂破坏或明显的塑性变形。例如，储气罐或氧气瓶，在规定压力下不应爆破。所谓强度是指构件在载荷作用下抵抗破坏的能力。

二、构件应具有足够的刚度

构件的刚度应保证其变形不能超过正常工作允许的限度。如果构件变形过大，会影响其正常工作。例如，机床主轴变形过大时，将影响工件的加工精度。又如图 1-2 所示，齿轮轴的变形过大时，将使轴上的一对齿轮啮合情况恶化，并引起轴承的不均匀磨损。因而，所谓刚度是指构件在载荷作用下抵抗变形的能力。

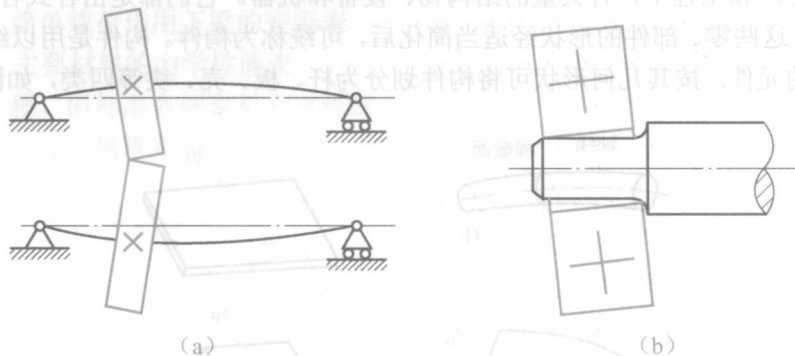


图 1-2

三、构件应具有足够的稳定性

工程上有些细长的直杆，如图 1-3 所示的千斤顶的螺杆、液压装置的活塞杆等，在轴向压力作用下，有可能被压弯而丧失工作能力。为了保证其正常工作，要求这类杆件始终保持直线形式，即要求原有的直线平衡形态保持不变。所谓稳定性是指构件保持其原有平衡形态的能力。

为了保证构件具有足够的强度、刚度和稳定性，在设计构件时必须选用适宜的材料、合理的截面形状和尺寸。否则会造成结构笨重，浪费材料，或者满足不了强度、刚度和稳定性的要求。因此，在材料力学中，要研究构件在外力作用下变形和破坏的规律，在满足强度、刚度和稳定性的要求下，以最经济的代价，为构件确定合理的形状和尺寸，选择适宜的材料，为构件设计提供必要的理论基础和计算方法。这就是材料力学的基本任务。

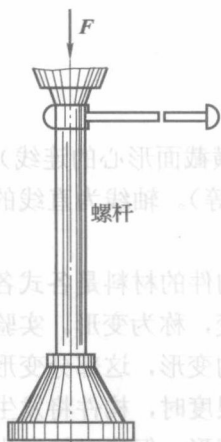


图 1-3



注意

实际工程问题中,一般来说,构件都应有足够的强度、刚度和稳定性。但就一个具体构件而言,对上述三项要求往往有所侧重,有些构件只需满足其中一项或两项,有些构件则需满足三项要求。

例如,氧气瓶以强度要求为主,车床主轴以刚度要求为主,而千斤顶中的螺杆以稳定性要求为主。此外,对某些特殊构件,往往还有相反的要求。例如,为了保证机器不致因超载而造成重大事故,当载荷到达某一限度时,要求安全销应立即破坏。又如,车辆中缓冲弹簧,在保证强度要求的情况下,又力求有较大的变形,以发挥其缓冲作用。

构件的强度、刚度和稳定性与材料的力学性能(材料在外力作用下表现出的变形和破坏等方面的特性)有关。材料的力学性能需通过试验来测定。材料力学中的一些理论分析方法,大多是在某些假设条件下得到的,是否可靠,还要由试验进行验证。此外,还有些问题尚无理论分析结果,也需借助试验的方法来解决。因此材料力学是一门理论与试验相结合的学科。

第二节 变形固体及其基本假设

在理论力学中,研究物体受力的平衡与运动时,物体受力时的微小变形是次要因素,可以把物体当做刚体。材料力学在研究构件的强度与刚度问题时,物体的变形是主要因素,因此必须把一切构件都看作可变形的固体。变形固体的性质是多方面的,研究构件的强度、刚度和稳定性时,为简化计算,会略去材料的一些次要性质,并根据与问题有关的主要因素,对变形固体做出一些假设,将其抽象成理想模型。材料力学中对变形固体采用下列假设。

一、连续性假设

认为构件的整个体积内,均毫无空隙地充满了物质。实际上,从物质结构来说,组成固体的粒子之间并不连续。但它们之间的空隙与构件的尺寸相比是极其微小的,可以忽略不计。基于这种连续性假设,就可以对连续介质采用无穷小量的分析方法。

二、均匀性假设

认为在构件的体积内,各处的力学性能完全相同。实际上,就工程上使用最多的金属来说,其各个晶粒的力学性能,并不完全相同。但因固体构件的尺寸远远大于晶粒尺寸,它所包含的晶粒为数极多,而且是无规则地排列着,其力学性能是所有各晶粒力学性能的

统计平均值。可以认为构件内各部分的性能是均匀的。

三、各向同性假设

认为固体在各个方向上的力学性能完全相同。具备这种属性的材料称为各向同性材料。工程中常用的金属材料,就其单个晶粒来说,在不同方向上,其力学性能并不一样。但由于构件中所含晶粒数目极多,而且它们又是杂乱无章地排列着,这样就使各个方向上的力学性能的统计平均值接近相同了。因此,仍可将金属看成是各向同性材料。铸钢、铸铜和玻璃等都可认为是各向同性材料。此外,还有一些材料,它们的力学性能有明显的方向性,如胶合板和木材等。

四、小变形假设

固体在外力作用下产生变形,按其变形的大小可划分为大变形和小变形两类问题。但材料力学所研究的问题,限于变形的大小远小于构件原始尺寸的情况,这类问题称为小变形问题。这样,在研究构件的平衡和运动时,可以不计其变形,而按变形前的原始尺寸进行分析计算。

例如,图 1-4 (a) 所示的三角形支架,在节点 A 受力 F 作用。 AB 和 AC 杆因受力而发生变形,使支架的几何形状和外力位置均发生变化,节点 A 移至 A' ,两杆夹角 α 变为 α' 。但是,由于 A 点的位置变化量 δ_1 和 δ_2 都远小于杆的长度,所以在计算各杆受力时,仍按支架变形前的几何形状和尺寸进行计算。即在对节点 A 列静力平衡方程时,仍用 α 角,而不用 α' ,如图 1-4 (b) 所示。

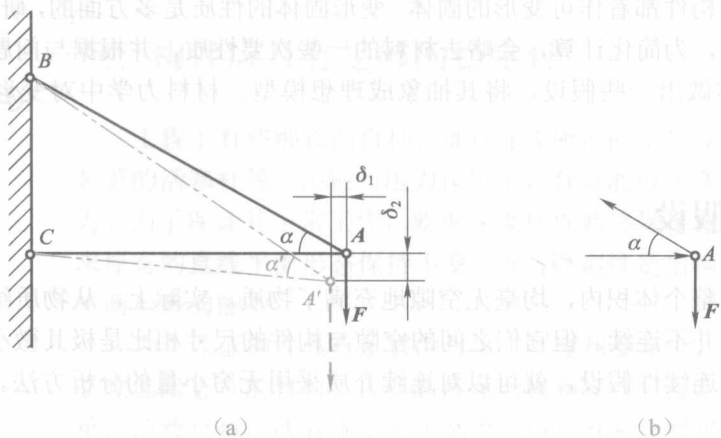


图 1-4

今后将经常使用小变形的概念以简化分析计算。如果构件变形过大,超出小变形条件,一般不在材料力学中讨论。在材料力学中,主要研究材料在弹性范围内的受力性质。

第三节 内力、截面法、应力、应变

在静力学中,对构件进行受力分析时,曾根据已知的载荷,应用静力平衡方程求出构件上所有的支座约束力。这些载荷和支座约束力,都是整个构件以外其他物体对构件的作用力,统称为外力。

但在材料力学中讨论构件的强度和刚度等问题时,要判断构件是否安全或决定构件的尺寸和选择材料,仅知道构件上的外力是不够的,还必须研究其内力。

一、内力

内力是指构件内部各部分之间的相互作用力。构件在受外力之前,内部各相邻质点之间,已存在着相互间的作用力。材料力学中所指的内力,则是指构件在外力作用下引起的内部相互作用力的变化量,称为附加内力。这种附加内力随着外力的增加而增大,到达某一限度时就会引起构件的破坏,因而它与构件的强度是密切相关的。

二、截面法

为了显示和确定内力,可应用截面法。现以两端受轴向拉力 F 作用的直杆为例,说明求内力的方法。欲求任一横截面 $m-m$ 上的内力,可用一个假想的截面将杆件在 $m-m$ 处截分为 I、II 两段,如图 1-5 (a) 所示,留下其中一部分 I,弃去另一部分 II,弃去部分对保留部分的作用,用内力来代替,如图 1-5 (b) 所示。根据连续性假设,部分 II 作用于部分 I 的内力,沿横截面连续分布,图 1-5 (b) 中的力 F_N 就是分布内力系的合力。由于整个杆件处于平衡状态,因此,被截开的任一部分也必然处于平衡状态。根据保留部分的平衡方程有

$$\sum F_x = 0, \quad \sum F_N - F = 0$$

得

$$F_N = F$$

沿杆轴线作用的分布内力的合力 F_N , 称为轴力。

由作用与反作用定律可知, I 段杆对 II 段杆作用的内力 F'_N , 必然与力 F_N 大小相等、方向相反,如图 1-5 (c) 所示。这一结论也可从 II 段杆的平衡方程得到。

上述求内力系合力的方法,称为截面法。它是材料力学中应用很广泛的基本方法,可将其归纳为以下三个步骤。

(1) 截开: 在要求内力的截面处,假想地将杆截分为两部分。

(2) 代替: 将两部分中的任一部分留下,并把弃去部分对保留部分的作用以杆在截开面上的内力(力或力偶)代替。

(3) 平衡: 建立保留部分的平衡方程, 根据其上的已知外力计算杆在截开面上的未知内力系的合力。

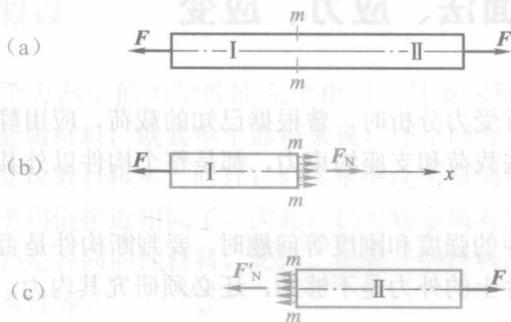


图 1-5

例 1-1 图 1-6 (a) 所示为一台钻床。钻孔时, 钻头受到 $F=15\text{ kN}$ 的压力, F 力作用线到立柱轴的距离 $a=0.4\text{ m}$ 。试求钻床立柱横截面 $m-m$ 上的内力。

解 沿 $m-m$ 截面假想地将钻床分成两部分。取 $m-m$ 截面以上部分 I 进行研究, 如图 1-6 (b) 所示, 并以截面的形心 O 为原点, 选取坐标系。外力 F 将使部分 I 沿 y 轴方向位移, 并绕 O 点转动, $m-m$ 截面以下部分 II 必然以内力 F_N 及 M 作用于截面上, 以保持上部的平衡。这里 F_N 为通过 O 点的力, M 为对 O 点的力矩。

由平衡方程:

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

由此求得内力 F_N 和 M 为

$$F_N = F = 15\text{ kN}$$

$$M = Fa = 15 \times 0.4\text{ kN} \cdot \text{m} = 6\text{ kN} \cdot \text{m}$$

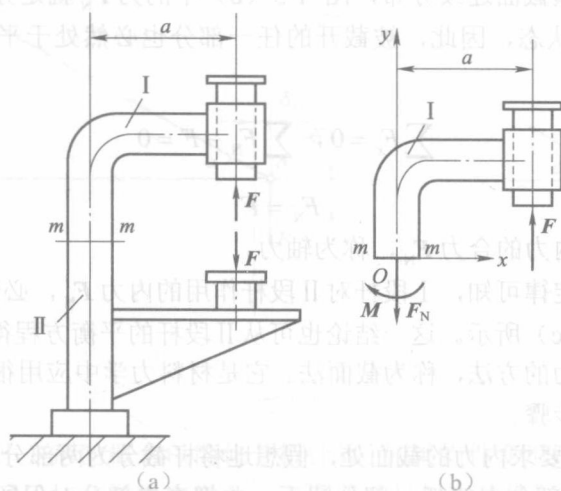


图 1-6

必须指出,在采用截面法之前不允许对外力任意使用力的可传性原理,也不能随意移动力偶。这是因为将外力移动后,内力及变形也会随之改变。

三、应力

在确定了杆件内力的大小和方向后,还不能立即解决杆件的强度问题。根据实践经验,材料相同、横截面面积不等的两根直杆,在相同的轴向拉力作用下,随着拉力的增加,细杆必然先被拉断,尽管两杆轴力相同。这说明杆件的强度,不仅与轴力大小有关,还与杆件的横截面面积有关。

在例 1-1 中,内力 F_N 和 M 是 $m-m$ 截面上分布内力系向 O 点简化后的结果。用它们可以说明 $m-m$ 截面以上部分的内力和外力的平衡关系,但不能说明分布内力系在截面内某一点处的强弱程度。为此,我们引入内力集度的概念。

设在图 1-7 所示受力构件的 $m-m$ 截面上,围绕 C 点取微小面积 ΔA , ΔA 上的内力的合力为 ΔF , 则在 ΔA 上的内力平均集度为

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

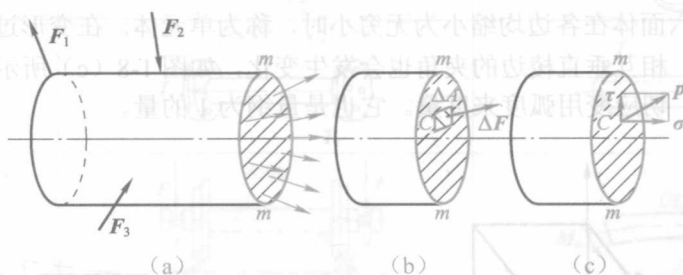


图 1-7

称 p_m 为 ΔA 上的平均应力。一般来说, $m-m$ 截面的内力并不是均匀分布的,如果所取微面积 ΔA 越小,则 p_m 就越能准确表示 C 点所受内力的密集程度。当 ΔA 趋于零时,其极限值定义为 C 点的全应力,即

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

p 是一个矢量,一般情况下,它既不与截面垂直,也不与截面相切。通常可将 p 分解成与截面垂直、相切的两个分量 σ 和 τ , 如图 1-7(c) 所示。称垂直截面的分量 σ 为正应力,称与截面相切的应力分量 τ 为切应力。

在我国法定计量单位中,应力的单位是 Pa, 称为帕斯卡或简称为帕。工程中常用单位为 kPa, MPa, GPa, 它们的关系如下:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2, \quad 1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}, \quad 1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ Pa}$$

四、线应变与切应变

为了研究构件截面上内力分布规律,必须对构件内一点处的变形做深入研究。

设想将构件分割成无数个微小正六面体,在外力作用下这些微小正六面体的边长必将发生变化。例如,图 1-8 (a) 所示为从受力构件的某一点 C 的周围取出的一个正六面体,其与 x 轴平行的棱边 ab 的原长为 Δx 。变形后 ab 边的长度变为 $(\Delta x + \Delta u)$, Δu 称为 ab 的绝对变形,如图 1-8 (b) 所示。为度量一点处变形强弱的程度,现引入应变的概念。若 ab 长度内各点处的变形程度相同,则比值

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

表示 ab 长度内每单位长的伸长或缩短,称 ε 为线应变。若在 ab 长度内各点处的变形程度并不相同,为了确定 C 点的线应变,使微小正六面体的边长无限缩小, C 点的线应变定义为当 Δx 趋近于零时的极限值,即

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

线应变 ε 是量纲为 1 的量。

上述微小正六面体在各边均缩小为无穷小时,称为单元体。在变形过程中,单元体除棱边长度变化外,相互垂直棱边的夹角也会发生变化,如图 1-8 (c) 所示。其夹角的变化量 γ 称为切应变。切应变用弧度来度量。它也是量纲为 1 的量。

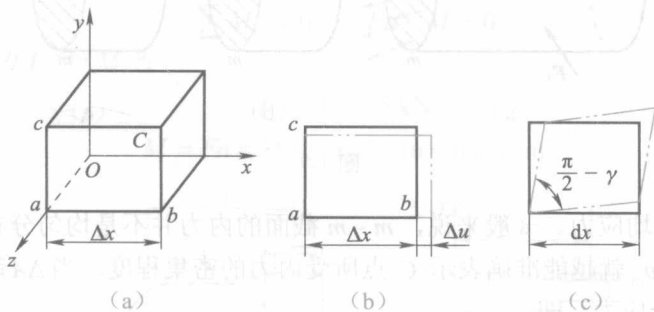


图 1-8

综上所述,线应变 ε 和切应变 γ 是度量构件内一点处变形程度的两个基本物理量。线应变与正应力,切应变与切应力是密切相关的。它们是材料力学中最基本最重要的概念。

第四节 杆件变形的基本形式

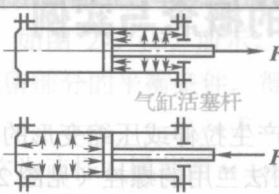
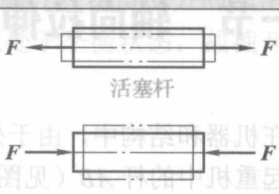
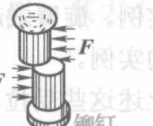
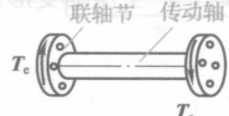
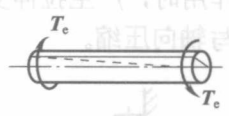
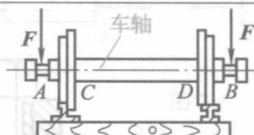
工程中有很多构件都可简化为杆件,如发动机的连杆、传动轴、立柱、丝杆、吊钩等。杆件在不同形式的外力作用下,其变形形式也各不相同。但归纳起来不外乎有四种基

本变形。这四种基本变形形式如下。

- (1) 轴向拉伸或轴向压缩。
- (2) 剪切。
- (3) 扭转。
- (4) 弯曲。

它们的实例、受力和变形简图分别列于表 1-1。

表 1-1

基本变形	工程实例	受力和变形简图
轴向拉伸和轴向压缩	 气缸活塞杆	 活塞杆
剪 切	 铆钉	 铆钉
扭 转	 联轴节 传动轴	
弯 曲	 车轴	 CD段

习 题

1. 材料力学的任务是什么？何谓强度、刚度和稳定性？
2. 在材料力学中，对变形固体做了哪些基本假设？
3. 变形固体的均匀性假设和各向同性假设有什么区别？
4. 什么是截面法？应用截面法能否求出截面上内力的分布状况？为什么？
5. 内力与应力两者有何联系？有何区别？为什么研究构件的强度必须引入应力的概念？
6. 弹性变形与塑性变形有什么区别？
7. 何谓正应力？何谓切应力？
8. 试说明什么是线应变与切应变？
9. 杆件的基本变形形式有几种？它们各有何特点？试举例说明。
10. 在材料力学中，为什么静力等效力系在应用上要受到限制？试举一实例来说明。