



普通高等教育“十二五”机电类规划教材

精品推荐



材料力学

李文星 冯锡兰 主 编
吴 冰 聂永芳 副主编
陈小霞 徐文秀 参 编

- 精品课程配套教材
- 采用国家最新标准
- 配套习题、答案、课件等教学资源
- 教学资源请登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 免费获取



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

材 料 力 学

主 编 李文星 冯锡兰

副主编 吴 冰 聂永芳

参 编 陈小霞 徐文秀

電 子 工 業 出 版 社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书根据材料力学课程教学的基本要求编写,在妥善处理传统经典内容的继承,知识的传授,能力、素质的培养,重视基础与工程应用等方面进行了积极的探索,是一部理论论述严谨、逻辑清晰且宜于教学的教材。

本书共 11 章,主要内容包括:绪论,轴向拉伸和压缩,剪切,扭转,弯曲内力,梁的应力,弯曲变形,应力状态和强度理论,组合变形,压杆稳定,动载荷。每章后均附有思考题和习题。

本书可作为高等院校工科本科相关专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学/李文星,冯锡兰主编.—北京:电子工业出版社,2011.2
普通高等教育“十二五”机电类规划教材
ISBN 978-7-121-12886-8

I. ①材… II. ①李… ②冯… 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(2011)第 016561 号

策划编辑:李 洁(lijie@phei.com.cn)

责任编辑:韩玲玲

印 刷:北京季峰印刷有限公司

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18.25 字数:467 千字

印 次:2011 年 2 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

本书是根据教育部最新颁布的力学类课程教学的基本要求，结合编者多年来的教学经验，并参考该学科发展的最新相关文献撰写而成的。

全书共计 11 章，主要包括材料力学的基本概念，构件在拉伸与压缩、剪切、扭转、弯曲四种基本变形形式下的强度计算和刚度计算，应力状态与强度理论，组合变形构件的强度计算，压杆的稳定性计算，交变应力和动载荷。全书每章后均附有思考题和习题。

本书在编写时充分吸取了各高校近年来“材料力学”课程教学改革的经验，并针对目前课程理论教学时数逐渐减少的实际情况，在内容的选择上以必需和够用为原则，注重概念的更新与拓宽，以及教学内容的精选与体系的重组；在内容的编排上由浅入深，循序渐进，便于学生自学；在妥善处理传统内容的继承与现代科技成果的引进，以及知识的传授与能力、素质的培养方面进行了积极的探索，力求使本教材具有新的内容、新的体系；重视学生能力的培养，便于教师选用。

本书由李文星、冯锡兰、吴冰、聂永芳等编写。其中李文星编写了第 10~11 章，冯锡兰编写了第 1 章，吴冰编写了第 8~9 章，聂永芳编写了第 6~7 章，陈小霞编写了第 4~5 章，徐文秀编写了第 2~3 章。

全书由李文星、冯锡兰统编定稿，吴冰、聂永芳对全书进行了详细审阅。

由于编者水平有限，书中的缺点和不足之处敬请广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 材料力学的任务	(1)
1.2 变形固体的基本假设	(3)
1.3 外力及其分类	(5)
1.4 内力、截面法和应力的概念	(5)
1.5 杆件的基本变形形式	(7)
思考题	(8)
习题	(9)
第 2 章 轴向拉伸和压缩	(10)
2.1 轴向拉伸与压缩的概念和实例	(10)
2.2 轴向拉伸或压缩时横截面上的内力和应力	(11)
2.3 轴向拉伸或压缩时斜截面上的应力	(15)
2.4 轴向拉伸或压缩时的变形	(16)
2.5 材料拉伸时的力学性能	(19)
2.6 材料压缩时的力学性能	(23)
2.7 轴向拉伸或压缩时的强度计算	(24)
2.8 应力集中的概念	(28)
2.9 拉伸与压缩的静不定问题	(29)
2.10 轴向拉伸或压缩的变形能	(34)
思考题	(37)
习题	(38)
第 3 章 剪切	(43)
3.1 剪切的概念和实例	(43)
3.2 剪切的实用计算	(44)
3.2.1 剪力与切应力	(44)
3.2.2 剪切强度条件	(45)
3.3 挤压的实用计算	(47)
思考题	(51)
习题	(51)
第 4 章 扭转	(54)
4.1 扭转的概念和实例	(54)
4.2 扭转时的内力	(55)
4.3 薄壁圆筒的扭矩	(58)
4.4 圆轴扭转时的应力	(60)
4.5 圆轴扭转时的变形	(64)
4.6 圆轴扭转时的强度和刚度计算	(65)

4.7 圆截面杆件扭转时的变形能	(71)
4.8 非圆截面杆扭转的概念	(72)
思考题	(75)
习题	(75)
第5章 弯曲内力	(80)
5.1 弯曲的概念和实例	(80)
5.2 受弯曲杆件的简化	(81)
5.3 梁的内力	(83)
5.4 剪力方程和弯矩方程、剪力图和弯矩图	(86)
5.5 剪力、弯矩和载荷集度间的关系	(93)
5.6 平面曲杆的弯曲内力	(95)
思考题	(96)
习题	(97)
第6章 梁的应力	(101)
6.1 梁的正应力	(101)
6.1.1 纯弯曲时梁的正应力	(102)
6.1.2 横力弯曲时梁的正应力	(107)
6.2 梁的正应力强度条件	(107)
6.3 梁的剪应力	(111)
6.3.1 矩形截面梁	(111)
6.3.2 工字形截面梁	(114)
6.3.3 圆形截面梁	(115)
6.3.4 圆环形截面梁	(116)
6.4 梁的弯曲剪应力强度条件	(116)
6.5 提高弯曲强度的措施	(118)
6.5.1 选择合理的截面	(118)
6.5.2 选用合理的结构	(121)
6.5.3 合理布置载荷及支座	(121)
思考题	(122)
习题	(123)
第7章 弯曲变形	(128)
7.1 挠度和转角	(128)
7.2 挠曲线的近似微分方程	(130)
7.3 积分法计算梁的变形	(132)
7.4 叠加法计算梁的变形	(135)
7.5 梁的刚度条件	(139)
7.6 超静定梁	(142)
7.7 梁弯曲时的变形能	(143)
7.8 提高弯曲刚度的措施	(144)
思考题	(146)

习题	(146)
第 8 章 应力状态和强度理论	(152)
8.1 应力状态的概念	(152)
8.1.1 研究一点处应力状态的目的	(152)
8.1.2 研究一点处应力状态的方法	(153)
8.1.3 应力状态的分类	(153)
8.2 二向应力状态分析——解析法	(154)
8.2.1 平面应力状态的一般分析	(154)
8.2.2 极限应力与主应力	(155)
8.3 二向应力状态分析——图解法	(157)
8.3.1 应力圆	(157)
8.3.2 主平面与主应力	(159)
8.3.3 极值切应力及其所在截面	(160)
8.4 三向应力状态	(163)
8.5 广义胡克定律	(165)
8.5.1 各向同性材料的广义胡克定律	(166)
8.5.2 各向异性材料的广义胡克定律	(168)
8.5.3 各向同性材料的体应变	(169)
8.6 空间应力状态下的应变能密度	(171)
8.7 强度理论及其相当应力	(172)
8.7.1 第一类强度理论	(173)
8.7.2 第二类强度理论	(174)
8.8 各种强度理论的应用	(176)
思考题	(180)
习题	(182)
第 9 章 组合变形	(188)
9.1 概述	(188)
9.2 两相互垂直平面内的弯曲	(189)
9.3 拉伸(压缩)与弯曲	(192)
9.3.1 横向力与轴向力共同作用	(192)
9.3.2 偏心拉伸(压缩)	(194)
9.4 扭转与弯曲	(198)
思考题	(201)
习题	(202)
第 10 章 压杆稳定	(205)
10.1 压杆稳定性的概念	(205)
10.2 细长中心受压直杆临界力的欧拉公式	(206)
10.3 不同杆端约束下细长压杆临界压力的欧拉公式·压杆的长度因数	(208)
10.4 欧拉公式的应用范围·临界应力总图	(211)
10.4.1 欧拉公式的应用范围	(211)

10.4.2 折减弹性模量理论	(212)
10.4.3 压杆的临界应力总图	(214)
10.5 实际压杆的稳定因数	(214)
10.6 压杆的稳定计算·压杆的合理截面	(218)
思考题	(223)
习题	(223)
第 11 章 动载荷	(228)
11.1 概述	(228)
11.2 构件做等加速直线运动或等加速转动时的动应力计算	(228)
11.3 构件受冲击载荷作用时的动应力计算	(233)
11.4 交变应力下材料的疲劳破坏·疲劳极限	(240)
11.4.1 金属材料的疲劳破坏	(240)
11.4.2 交变应力的基本参量·疲劳极限	(241)
11.5 钢结构构件及其连接的疲劳计算	(243)
思考题	(250)
习题	(251)
附录 A 主要符号	(256)
附录 B 型钢表	(257)
附录 C 习题答案	(273)
参考文献	(281)

第 1 章

绪 论

本章介绍材料力学的任务、研究对象，变形固体的基本假设，杆件的基本变形形式，材料力学的基本概念，使读者对本课程有一个概括的认识。

1.1 材料力学的任务

工程结构或机械的各组成部分，如建筑物的梁和柱、机床的轴等，统称为构件。在静力学中，根据力的平衡关系已经解决了构件的外力计算问题，然而在外力作用下如何保证构件正常的工作，还是一个有待于进一步解决的问题。

1. 构件正常工作应满足的条件

为保证工程结构或机械的正常工作，组成结构或机械的每一个构件都应有足够的能力担负起应当承受的载荷。因此，它应满足以下要求。

(1) 构件应具备足够的强度（即抵抗破坏的能力），以保证在规定的使用条件下，不发生意外的破坏。

例如，建筑工程中使用的吊车如图 1-1 所示，吊车在吊起重物时绳索不能断裂，否则会造成灾难性事故。



图 1-1 吊车起吊重物示意图

(2) 构件应具备足够的刚度（即抵抗变形的能力），以保证在规定的使用条件下，不产生过大的变形。

图 1-2 所示的车床主轴 AB ，受力后若变形过大，就会影响工件的加工精度，破坏齿轮的正常啮合，同时引起轴承的不均匀磨损，从而造成车床不能正常工作。

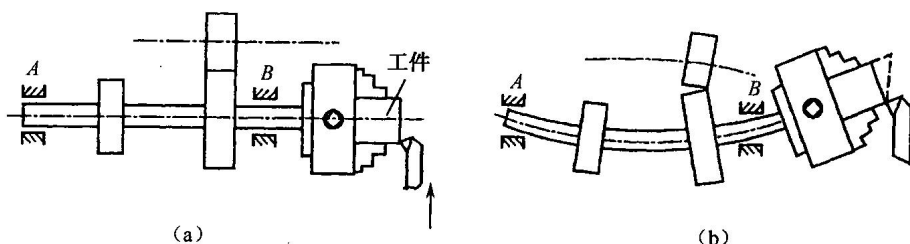


图 1-2 车床主轴变形示意图

(3) 构件应具备足够的稳定性（即保持其原有平衡状态的能力），以保证在规定的使用条件下不产生失稳现象。

如图 1-3 所示，顶起汽车的千斤顶螺杆，若突然变弯、丧失工作能力将会造成严重的事故。



图 1-3 千斤顶顶起汽车示意图

以上三项是确保构件正常工作的基本条件。

2. 材料力学的任务

在工程问题中, 构件除了应满足正常工作条件外, 还应考虑其经济方面的要求。为了安全可靠, 往往希望选用优质材料和较大的截面尺寸; 但是, 由此又可能造成材料浪费与结构笨重。可见, 安全与经济、安全与质量之间存在矛盾。因此, 如何合理地选用材料, 如何恰当地确定构件的截面形状和尺寸, 便成为构件设计中十分重要的问题。

材料力学的任务就是在满足强度、刚度和稳定性条件的前提下, 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。

事物总是一分为二的, 有时对某些构件也会提出相反的要求。例如, 为保护主要部件而设置的安全装置在超载时应首先破坏, 从而避免主要部件受到损坏。又如, 为减轻冲击作用而安装的缓冲弹簧, 则要求有较大的变形。这类问题, 也需要用材料力学提供的理论基础来计算。

3. 材料力学的研究对象

工程实际中的构件, 形状多种多样, 按照其几何特征, 主要分为杆件和板件。

一个方向的尺寸远大于其他两个方向尺寸的构件称为杆件, 简称为杆。杆件是工程中最常见、最基本的构件。根据轴线和横截面的特征, 杆件可分为直杆与曲杆、等截面杆与变截面杆, 如图 1-4 所示。

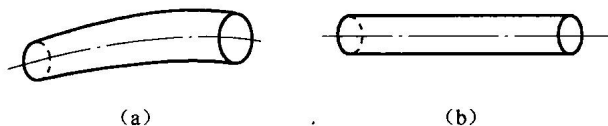


图 1-4 变截面曲杆和等截面直杆

一个方向的尺寸远小于其他两个方向尺寸的构件称为板件。平分板件厚度的几何面称为中面, 中面为平面的板件称为板, 中面为曲面的板件称为壳, 如图 1-5 所示。

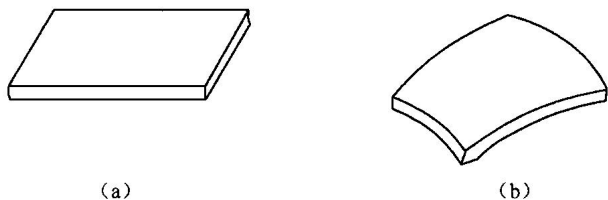


图 1-5 板和壳

材料力学的主要研究对象是杆, 以及由若干杆组成的简单杆系; 同时也研究一些形状与受力均比较简单的板和壳。至于较复杂的杆系与板壳问题, 则属于结构力学与弹性力学的研究范畴。

1.2 变形固体的基本假设

固体因外力作用而变形, 称为变形固体或可变形固体。固体有多方面的属性, 研究的角度不同, 侧重面各不一样。研究构件的强度、刚度和稳定性时, 为抽象出力学模型, 掌握与问题有关的主要属性, 略去一些次要属性, 对变形固体做下列假设。

1. 连续性假设

认为组成固体的物质不留空隙地充满了固体的体积。实际上,组成固体的粒子之间存在着空隙,并不连续,但空隙的大小与构件的尺寸相比极其微小,可以不计。于是就认为固体在其整个体积内是连续的。这样,当把某些力学量看做固体的点的坐标的函数时,对这些量就可以进行坐标增量为无限小的极限分析。

2. 均匀性假设

认为在固体内到处有相同的力学性能。就拿使用最多的金属来说,组成金属的各晶粒的力学性能并不完全相同。但因构件或构件的任一部分中都包含着数量极多的晶粒,而且无规则地排列,固体的力学性能是各晶粒力学性能的统计平均值,所以可以认为其各部分的力学性能是均匀的。这样,如从固体中取出一部分,不论大小,也不论从何处取出,力学性能总是相同的。

材料力学研究构件受力后的强度、刚度和稳定性,把它抽象为均匀连续的模型,可以得出满足工程要求的理论。对发生于晶粒那样大小范围内的现象,就不宜再用均匀连续性假设。

3. 各向同性假设

认为无论沿任何方向,固体的力学性能都是相同的。就金属的单一晶粒来说,沿不同的方向,力学性能不一样。但金属构件包含数量极多的晶粒,且又杂乱无章地排列,这样,沿各个方向的力学性能就接近相同了。具有这种属性的材料称为各向同性材料,如钢、铜、玻璃等。

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、胶合板和某些人工合成材料等。

变形固体因外力作用而引起的变形,按不同情况可能很小也可能相当大。但材料力学所研究的问题,限于变形的尺寸远小于构件原始尺寸的情况,这种情况称为小变形。这样,在研究构件的平衡时,就可以略去构件的变形,而按变形前的原始尺寸进行分析计算。

例如,图 1-6 中,简易吊车的各杆因受力而变形,引起支架几何形状和外力位置的变化。但由于 δ_1 和 δ_2 都远小于吊车的其他尺寸,所以,在计算各杆的受力时,仍然可用变形前的几何形状和尺寸。今后将经常使用小变形的概念以简化分析计算。至于构件变形过大而超出小变形条件的,一般不在材料力学中讨论。

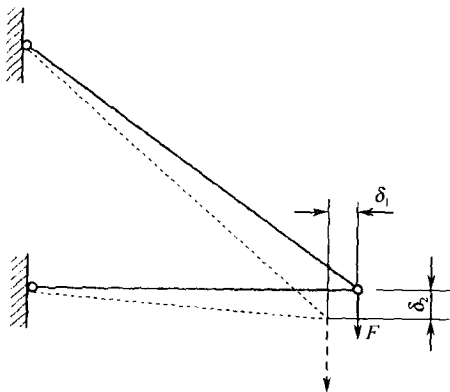


图 1-6 简易吊车支架变形示意图

1.3 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的物体中单独取出,并用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。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。分布力是连续作用在物体表面的力,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,就可看做是作用于一点的集中力,如火车轮对钢轨的压力、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,如物体的自重和惯性力等。

载荷按随时间变化的情况,又可分成静载荷和动载荷。若载荷缓慢地由零增加到某一定值,以后即保持不变,或变动很不显著,即为静载荷。例如,把机器缓慢地放置在基础上时,机器的重量对基础的作用便是静载荷。若载荷随时间而变化,则称为动载荷。按其随时间变化的方式,动载荷又可分为交变载荷和冲击载荷。交变载荷是随时间做周期性变化的载荷,例如当齿轮转动时,作用于每一个齿上的力都是随时间做周期性变化的。冲击载荷则是物体的运动在瞬时内发生突然变化所引起的载荷,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。

材料在静载荷下和在动载荷下的性能颇不相同,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。

1.4 内力、截面法和应力的概念

1. 内力与截面法

物体因受外力作用而变形,其内部各部分之间因相对位置改变而引起的相互作用就是内力。我们知道,即使不受外力作用,物体的各质点之间依然存在着相互作用的力。材料力学中的内力,是指外力作用下,上述相互作用力的变化量,所以内力是物体内部各部分之间因外力作用而引起的附加相互作用力,即“附加内力”。这样的内力随外力的增大而加大,达到某一限度时就会引起构件破坏,因而它与构件的强度是密切相关的。

为了显示出构件在外力作用下 $m-m$ 截面上的内力,用平面假想地把构件分成 I、II 两部分,如图 1-7 (a) 所示。任取其中一部分,如 II 作为研究对象。在部分 II 上作用的外力有 F_3 和 F_4 ,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 1-7 (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 和 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。今后把这个分布内力系向截面上某一点简化后得到的主矢和主矩,称为截面上的内力。

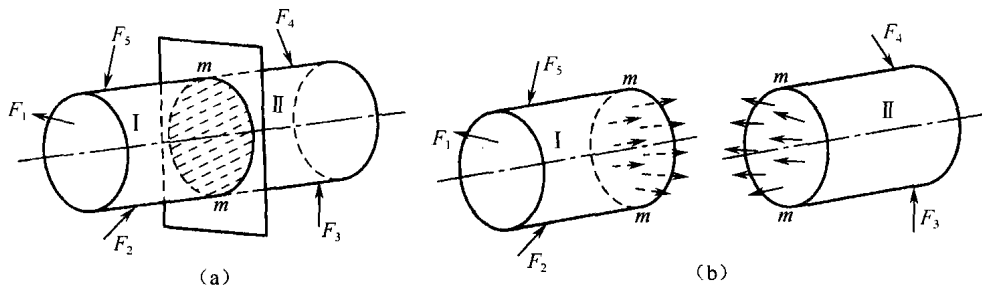


图 1-7 杆件内力分析图

对所研究的部分来说,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,任意留下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留下部分的作用。

(3) 建立留下部分的平衡方程,确定未知的内力。

2. 应力

通过截面法,可以求出构件的内力,但是仅仅求出内力还不能解决构件的强度问题,因为同样的内力作用在大小不同的截面上,却会产生不同的结果。这说明构件的危险程度取决于分布内力的聚集程度。

为此,引入一个新的物理量——应力来度量截面上分布内力的集中程度。内力的分布集度称为应力,以单位面积上的内力来衡量。

图 1-8 所示为从图 1-7 所示的受力构件中取出的分离体。现分析内力在 C 点的集中程度。围绕 C 点取微小面积 ΔA , 如图 1-8 (a) 所示, ΔA 上分布内力的合力为 ΔF 。 ΔF 的大小和方向与 C 点的位置、 ΔA 的大小有关。 ΔF 与 ΔA 的比值为

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

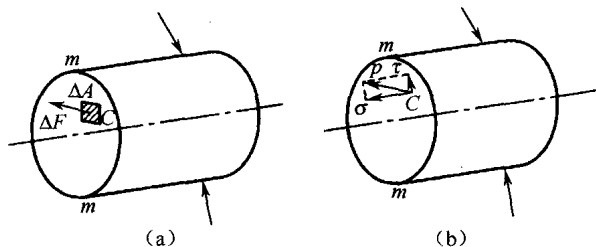


图 1-8 杆件应力分析图

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

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} p_m = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

p 称为 C 点的应力。它是分布内力系在 C 点的集度,反映内力系在 C 点的强弱程度。 p 是

一个矢量, 一般来说既不与截面垂直, 也不与截面相切。通常把应力 p 分解成垂直于截面的分量 σ 和切于截面的分量 τ [见图 1-8 (b)]。 σ 称为正应力, τ 称为切应力。

在我国法定计量单位中, 应力的单位是 Pa (帕), $1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$ 。由于这个单位太小, 使用不便, 所以通常使用 MPa, 其值为 $1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$ 。

1.5 杆件的基本变形形式

构件在工作时的受力情况各不相同, 受力后所产生的变形也随之而异。对于杆件来说, 其受力后所产生的变形有四种基本形式。

1. 拉伸或压缩

图 1-9 (a) 表示一简易吊车, 在载荷 F 作用下, AC 杆受到拉伸 [见图 1-9 (b)], 而 BC 杆受到压缩 [见图 1-9 (c)]。这类变形形式是由大小相等、方向相反、作用线与杆件轴线重合的一对力引起的, 表现为杆件的长度伸长或缩短。起吊重物的钢索、桁架的杆件、液压油缸的活塞杆等构件的变形, 都属于拉伸或压缩变形。

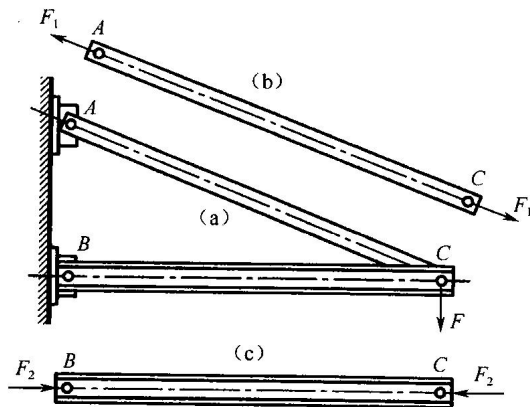


图 1-9 简易吊车示意图

2. 剪切

图 1-10 (a) 表示一铆钉连接, 在力 F 作用下, 铆钉即受到剪切。这类变形形式是由大小相等、方向相反、相互平行的力引起的, 表现为受剪杆件的两部分沿外力作用方向发生相对错动 [见图 1-10 (b)]。机械中常用的连接件, 如键、销钉、螺栓等都产生剪切变形。

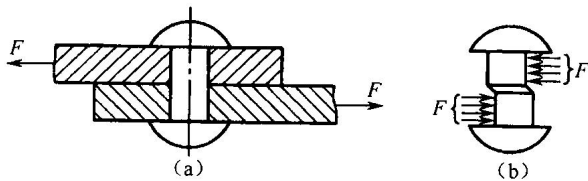


图 1-10 铆钉连接示意图

3. 扭转

图 1-11 (a) 所示为汽车转向轴 AB ，在工作时发生扭转变形。这类变形形式是由大小相等、转向相反、作用面都垂直于杆轴的两个力偶引起的 [见图 1-11 (b)]，表现为杆件的任意两个横截面发生绕轴线的相对转动。汽车的传动轴、电动机和水轮机的主轴等，都是受扭杆件。

4. 弯曲

图 1-12 (a) 所示的火车轮轴的变形，即为弯曲变形。这类变形形式是由垂直于杆件轴线的横向力，或由作用于包含杆轴的纵向平面内的一对大小相等、方向相反的力偶引起的，表现为杆件轴线由直线变成曲线 [见图 1-12 (b)]。在工程中，受弯杆件是最常遇到的情况之一。桥式起重机的大梁、各种心轴及车刀等构件的变形，都属于弯曲变形。

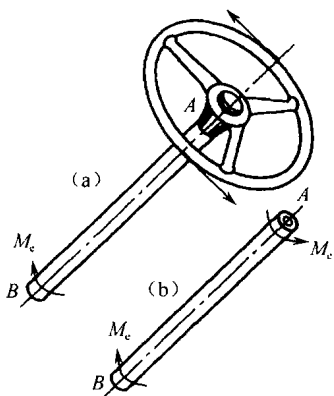


图 1-11 汽车转向轴示意图

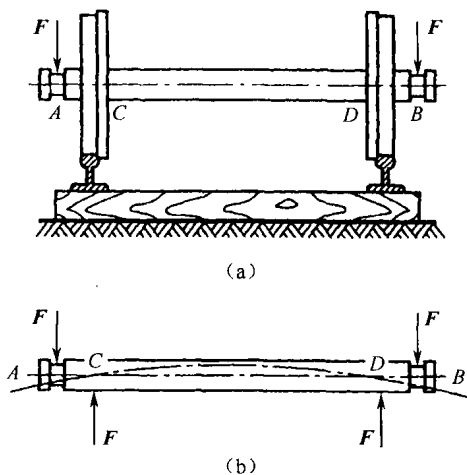


图 1-12 火车轮轴示意图

还有一些杆件同时发生几种基本变形，例如，车床主轴工作时发生弯曲、扭转和压缩三种基本变形；钻床立柱同时发生拉伸和弯曲两种基本变形，这种情况称为组合变形。在本书中，首先依次讨论三种基本变形的强度及刚度计算，然后再讨论组合变形。

思考题

- 1-1 什么叫强度、刚度和稳定性？
- 1-2 材料力学主要研究什么问题？
- 1-3 变形固体的基本假设是什么？均匀性假设与各向同性假设有何区别？
- 1-4 材料力学中的内力与静力学中的内力一样吗？
- 1-5 截面法分为哪几步？
- 1-6 什么叫应力？应力的单位是什么？
- 1-7 杆件变形的形式有哪些？

习 题

1-1 图 1-13 所示圆截面杆，两端承受一对方向相反、力偶矩矢量沿轴线且大小均为 M_e 的力偶作用。试问在杆件的任一横截面 $m-m$ 上存在何种内力，并确定其大小。

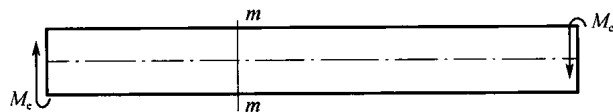


图 1-13 圆截面杆

1-2 试求图 1-14 所示结构件的 $m-m$ 和 $n-n$ 两截面上的内力，并指出 AB 和 BC 两杆的变形属于何类基本变形。

1-3 在图 1-15 所示简易吊车的横梁上，力 F 可以左右移动。试求截面 1-1 和 2-2 上的内力及其最大值。

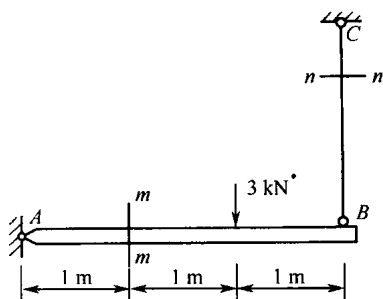


图 1-14 结构件

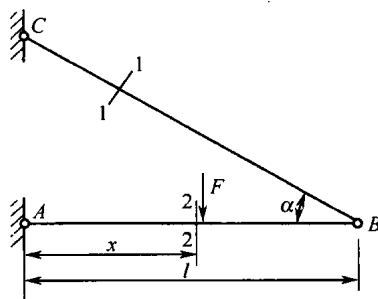


图 1-15 简易吊车的横梁

1-4 图 1-16 所示矩形截面杆，横截面上的正应力沿截面高度线性分布，截面顶边各点处的正应力均为 $\sigma_{\max}=100\text{MPa}$ ，底边各处的正应力均为零。试问杆件横截面上存在何种内力分量，并确定其大小。图中的 C 点为截面形心。

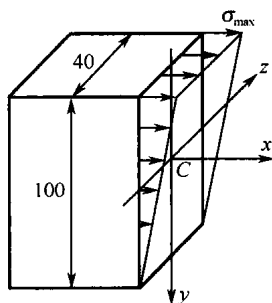


图 1-16 矩形截面杆