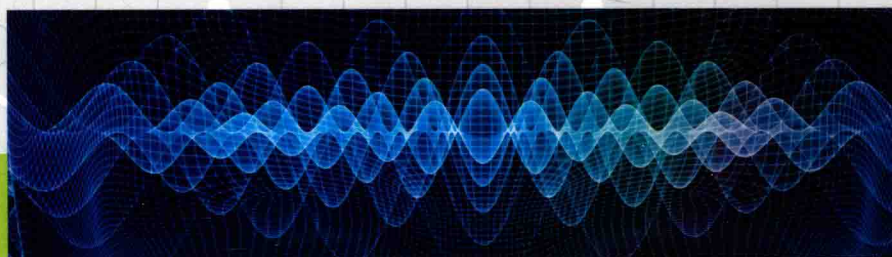


普通高等教育“十三五”规划教材



材料力学



MECHANICS OF MATERIALS

陈章华◎编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

材料力学

陈章华 编著



机械工业出版社

本书是配合教育教学改革课题的研究成果,特点是:根据工程实践提出问题,然后运用科学研究的方法和思维方式形成基本理论,并指导和解决工程中的实际问题;尽可能介绍学科范围的新概念、新理论和新方法;对于某些工程实践中常见但是用传统的材料力学方法无法解决的问题,本书尝试使用数值方法,通过计算机解决;在保障学科体系完整的前提下,本书删繁就简,力求符合教与学的规律,注重启发式教学,如每章均设有思考题,为学生留有充分复习和思维的空间。

本书是传统纸质教材与移动网络教学相结合的多媒体教材,移动网络教学丰富了原纸质教材的内容,包括视频、解题思路、思考题答案和习题答案。使用方法:手机下载 App“书伴”,刮开封底涂层后,打开“书伴”扫描该二维码,注册并进行账户绑定,扫描任意页码上的二维码即可查看资源。

全书共 13 章,包括了材料力学的基础理论和有关的专题部分,各章均附有复习题和习题。

本书可作为普通高等学校和成人高等教育机械、土建和材料类专业的教材,也可作为参加高等教育自学考试的考生和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学/陈章华编著. —北京:机械工业出版社, 2017. 6

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-56815-5

I. ①材… II. ①陈… 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(2017)第 105188 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:姜 凤 责任编辑:姜 凤 李 乐 责任校对:刘 岚

封面设计:鞠 杨 责任印制:李 昂

三河市国英印务有限公司印刷

2017 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.75 印张·462 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-56815-5

定价:39.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

前言

本书在面向 21 世纪课程教学内容与体系改革的基础上,进一步对材料力学的教学内容加以精选,并尽可能介绍工程实践与学科范围的新概念、新理论和新方法。对于某些工程实践中常见但是用传统的材料力学方法无法解决的问题,本书尝试使用数值方法,通过计算机解决。同时本书根据新的培养计划和教学基本要求,从一般院校的实际情况出发,删去传统材料力学上、下两册中大部分院校不需要的教学内容,大大压缩教材篇幅,以灵活满足 60~80 学时材料力学课程的教学要求。

本书增加了弹性力学基础以及位错应力场等内容,以满足材料专业学生了解位错应力场的需要,并充分注意到后续课程以及当代工程设计理念与分析方法的变革趋势,同时适当拓宽基础,强化应力与应变分析的基础知识和能力,在“应力应变分析与强度理论”一章中增加了使用有限元法进行数值模拟的内容与相关习题。

本书是传统纸质教材与移动网络教学相结合的多媒体教材,移动网络教学丰富了原纸质教材的内容,包括视频、解题思路、思考题答案和习题答案。使用方法:手机下载 App“书伴”,刮开封底涂层后,打开“书伴”扫描该二维码,注册并进行账户绑定,扫描任意页码上的二维码即可查看资源。

本书共 13 章。包括:第 1 章绪论,第 2 章轴向拉伸、压缩与剪切,第 3 章扭转,第 4 章弯曲内力,第 5 章弯曲应力,第 6 章弯曲变形,第 7 章应力应变分析与强度理论,第 8 章组合变形,第 9 章压杆稳定,第 10 章能量方法,第 11 章超静定结构,第 12 章动载荷,第 13 章弹性力学基础。其中带*的章节教师可根据情况选用。

本书的编写得到了中国矿业大学(北京)黎立云教授和北京科技大学尚新春教授的指导和认真审阅,他们提出了许多宝贵意见。北京科技大学肖久梅副教授对于成书给予了帮助,袁媛同学帮助绘制部分图表,特表示感谢。本书的编写和出版得到了北京科技大学教材建设专项基金的支持。

衷心希望关心本书的广大读者对本书的缺点和不足之处提出宝贵意见。

编者

目 录

前 言

第 1 章 绪论 1

内容梗概 1

1.1 材料力学的研究对象、内容及任务 1

1.2 变形固体及其基本假设 2

1.3 外力及其分类 3

1.4 内力、截面法和应力的概念 3

1.5 应变的概念 5

1.6 杆件的基本变形形式 7

本章小结 8

思考题 9

习题 9

第 2 章 轴向拉伸、压缩与剪切 11

内容梗概 11

2.1 轴向拉伸与压缩杆件及实例 11

2.2 横截面上的内力和应力 12

2.3 材料拉伸时的力学性能 17

2.4 材料压缩时的力学性能 20

2.5 温度和时间对材料力学性质的影响 22

2.6 许用应力、安全因数、强度条件 23

2.7 轴向拉（压）杆件的变形 26

2.8 拉（压）杆超静定问题 29

2.9 温度应力和装配应力 33

2.10 应力集中的概念 35

2.11 连接件的实用计算 36

本章小结 41

思考题 42

习题 44

第 3 章 扭转 51

内容梗概 51

3.1 扭转及其工程实例 51

3.2 扭矩和扭矩图 51

3.3 薄壁圆筒的扭转 54

3.4 圆轴扭转时的应力和强度条件 55

3.5 圆轴扭转时的变形及刚度条件 58

3.6 圆柱形密圈螺旋弹簧的应力和变形
计算 60

3.7 非圆截面杆的扭转问题 61

3.8 薄壁杆件的自由扭转 63

本章小结 65

思考题 66

习题 67

第 4 章 弯曲内力 69

内容梗概 69

4.1 弯曲及其工程实例 69

4.2 梁的基本形式 70

4.3 梁的内力——剪力和弯矩 70

4.4 剪力图和弯矩图 71

4.5 剪力、弯矩和载荷集度之间的微分
关系 73

4.6 平面刚架和曲杆的内力图 76

本章小结 78

思考题 79

习题 80

第 5 章 弯曲应力 84

内容梗概 84

5.1 纯弯曲正应力 84

5.2 横力弯曲正应力 87

5.3 弯曲正应力强度条件 87

5.4 梁的弯曲切应力及其强度条件 90

5.5 提高弯曲强度的措施 94

本章小结 97

思考题 97

习题 100

第 6 章 弯曲变形 103

内容梗概 103

6.1 梁的挠度和转角 103

6.2 挠曲线的近似微分方程 104

6.3 用积分法求梁的位移	104	稳定性	190
6.4 用叠加法求梁的位移	109	9.5 压杆稳定性设计	192
6.5 简单超静定梁	114	9.6 提高压杆承载能力的措施	195
6.6 梁的刚度条件	115	本章小结	197
6.7 提高梁刚度的措施	116	思考题	198
本章小结	117	习题	199
思考题	118	第 10 章 能量方法	203
习题	119	内容梗概	203
第 7 章 应力应变分析与强度理论	122	10.1 概述	203
内容梗概	122	10.2 杆件应变能的计算	205
7.1 一点应力状态概念	122	10.3 互等定理	211
7.2 平面一般应力状态分析——解析法	123	10.4 单位载荷法 莫尔积分	216
7.3 平面应力状态分析的图解法——应力 圆法	127	10.5 计算莫尔积分的图乘法	219
7.4 平面应力条件下的应变分析	130	本章小结	222
7.5 三向应力状态与最大切应力	133	思考题	223
7.6 广义胡克定律	135	习题	225
7.7 复杂应力状态的应变比能	140	第 11 章 超静定结构	228
7.8 强度理论概述	142	内容梗概	228
7.9 工程中常用的四个强度理论	143	11.1 超静定结构概述	228
7.10 相当应力	146	11.2 用力法解超静定结构	231
7.11 强度理论的应用	146	11.3 对称及反对称性质的应用	234
7.12 采用有限元法进行应力应变分析	148	本章小结	238
本章小结	153	思考题	238
思考题	155	习题	240
习题	158	第 12 章 动载荷	243
第 8 章 组合变形	165	内容梗概	243
内容梗概	165	12.1 动载荷的概念	243
8.1 组合变形的基本概念	165	12.2 构件受冲击载荷作用时的动应力 计算	243
8.2 拉伸或压缩与弯曲组合	166	12.3 采用显式有限元法模拟冲击动 应力*	246
8.3 偏心拉伸或偏心压缩	169	本章小结	247
8.4 扭转与弯曲的组合	172	思考题	248
本章小结	176	习题	248
思考题	177	第 13 章 弹性力学基础	252
习题	178	内容梗概	252
第 9 章 压杆稳定	181	13.1 弹性力学的基本概念	252
内容梗概	181	13.2 主应力	253
9.1 压杆稳定的概念	181	13.3 平衡微分方程	254
9.2 细长压杆的临界压力	182	13.4 边界条件	255
9.3 临界应力、经验公式和临界应力 总图	186	13.5 几何方程	255
9.4 大柔度杆在小偏心距下偏心压缩时的		13.6 相容性条件	257

13.7 物理方程	258
13.8 用位移表达的平衡微分方程	259
13.9 弹性力学问题的一般求解方法	259
13.10 用位移平衡微分方程求解平面 问题	260
13.11 利用相容性条件按应力求解平面 问题	261
13.12 Airy 应力函数	262
13.13 位错的应力场	263
本章小结	266
思考题	266
习题	267

附录	269
附录 A 平面图形的几何性质	269
A.1 静矩和形心	269
A.2 惯性矩和惯性半径	271
A.3 平行移轴公式	272
A.4 转轴公式 主惯性轴	273
本章小结	276
思考题	277
习题	277
附录 B 型钢表 (GB/T 706—2008)	279
参考文献	294

内容梗概：材料力学研究工程构件的强度、刚度和稳定性问题。为了抽象出力学模型，掌握问题的主要属性，材料力学的理论框架建立在连续性假设、均匀性假设、各向同性假设和小变形假设基础之上。内力是指在外力作用下，物体内部各部分之间的相互作用。材料力学求内力的基本方法是截面法。应力是单位面积上的内力，变形是在载荷作用下，构件的形状和尺寸发生的变化，用正应变 ε 和切应变 γ 来度量。材料力学研究对象是杆件，变形形式为轴向拉伸和压缩、剪切和挤压、扭转、弯曲，以及上述变形的组合形式。

1.1 材料力学的研究对象、内容及任务

1. 几个术语

构件与杆件：组成机械的零部件或工程结构中的构件统称为构件。例如：图 1-1 所示桥式起重机的主梁、吊钩、钢丝绳，图 1-2 所示悬臂起重机架的横梁 AB 、斜杆 CD 都是构件。

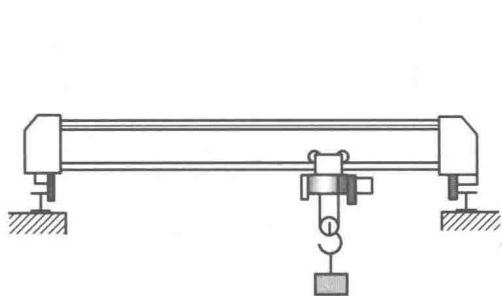


图 1-1 桥式起重机

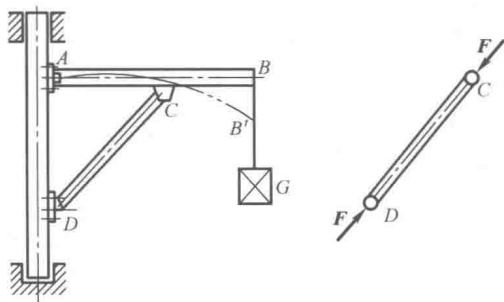


图 1-2 悬臂起重机架

实际构件有各种不同的形状，根据形状的不同可将构件分为：杆件、板和壳、块体。

杆件：长度远大于横向尺寸的构件，其几何要素是横截面和轴线，如图 1-3a 所示，其中横截面是与轴线垂直的截面；轴线是横截面形心的连线。

按横截面和轴线两个因素可将杆件分为：等截面直杆，如图 1-3a、b 所示；变截面直杆，如图 1-3c 所示；等截面曲杆和变截面曲杆，如图 1-3d 所示。

板和壳：构件一个方向的尺寸（厚度）远小于其他两个方向的尺寸，如图 1-4a、b 所示。



块体：三个方向（长、宽、高）的尺寸相差不多的构件，如图 1-4c 所示。由于材料力学的研究对象仅是杆件，本书中所谓构件一般即指杆件。

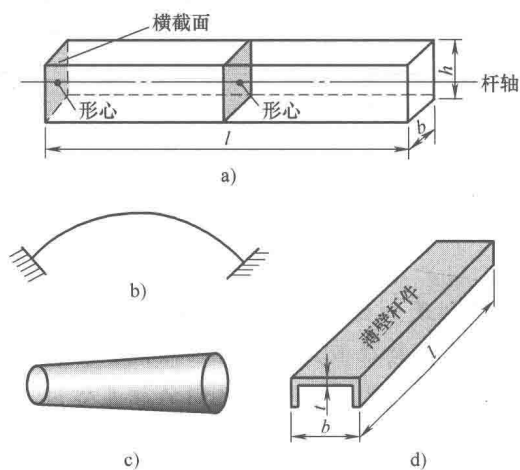


图 1-3 杆件的种类

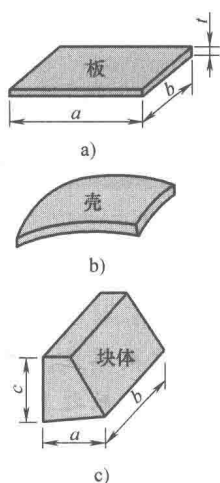


图 1-4 板、壳和块体

变形：在载荷作用下，构件的形状及尺寸发生变化称为变形，如图 1-2 所示悬臂起重机架的横梁 AB ，受力后将由原来的位置弯曲到 AB' 位置，即产生了变形。

2. 材料力学研究的基本内容

(1) 强度 在外载荷作用下，材料抵抗破坏的能力。例如：储气罐爆破，机器中的齿轮轴断裂等。应当注意材料破坏不仅指断裂，塑性材料发生明显塑性变形也是破坏现象之一。

(2) 刚度 在外载荷作用下，构件抵抗弹性变形的能力。例如，机床主轴变形过大时，影响加工精度。应当注意结构刚度既与材料有关，也和结构的几何尺寸及放置方式有关。

(3) 稳定性 细长杆件或薄壁构件在特定压力作用下，保持其原有平衡状态的能力。例如：千斤顶的螺杆、内燃机的挺杆等。

3. 材料力学的任务

- 1) 研究构件的强度、刚度和稳定性。
- 2) 研究材料的力学性能。
- 3) 为合理解决工程构件设计中安全与经济之间的矛盾提供力学方面的依据。

构件的强度、刚度和稳定性问题均与所用材料的力学性能有关，因此试验研究和理论分析是完成材料力学的任务所必需的手段。

1.2 变形固体及其基本假设

在外力作用下，一切固体都将发生变形，故称为变形固体，而构件一般均由固体材料制成，所以构件一般都是变形固体。

由于变形固体种类繁多，工程材料中有金属与合金、工业陶瓷、聚合物等，性质是多方

面的,而且很复杂,因此在材料力学中通常省略一些次要因素,对其做下列假设:

(1) 连续性假设 认为整个物体所占空间内毫无空隙地充满物质。据此,可以将各种力学量表示成为坐标的连续函数。

(2) 均匀性假设 认为物体内的任何部分,其力学性能相同。据此,从母材料上截出制成的小试样,其通过力学试验获得的各种力学性能参数应当与母材料的相同。

(3) 各向同性假设 认为物体内在各个不同方向上的力学性能相同。应注意虽然金属材料具有晶体结构,然而在宏观尺度下大量晶体杂乱排列,从统计的角度观察,金属材料仍然展现出各向同性性质。

(4) 小变形假设 认为构件发生的变形与构件的最小几何尺度相比很小可以忽略。由于绝大多数工程构件的变形比构件的最小几何尺寸要小得多,以至于在分析构件所受外力时,通常不考虑变形的影响,而仍可以用变形前的尺寸,此即所谓“原始尺寸原理”。如图1-1所示桥式起重机主架,变形后发生的最大垂直位移一般仅为跨度 l 的 $1/1500 \sim 1/700$,在求解两端支座的支承约束力时,忽略这些微小变形的影响。

1.3 外力及其分类

外力是外部物体对构件的作用力,包括外加载荷和约束力。

1. 体积力和表面力

(1) 体积力 连续分布于物体内部各点上的力,如物体的自重和惯性力。

(2) 表面力 作用于物体表面上的力,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,如作用于船体上的水压力等;集中力是作用于一点的力,如火车轮对钢轨的压力等。

2. 静载荷和动载荷

(1) 静载荷 载荷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,称为静载荷。

(2) 动载荷 载荷随时间而变化。动载荷可分为构件具有较大加速度、交变载荷和冲击载荷三种情况。

1.4 内力、截面法和应力的概念

1. 内力

由于构件变形,其内部各部分材料之间因相对位置发生改变,从而引起相邻部分材料间因力图恢复原有形状而产生的相互作用力,称为内力。注意:材料力学中的内力,是指外力作用下材料反抗变形而引起的内力的变化量,也就是“附加内力”,它与构件所受外力密切相关。

2. 截面法

假想用截面把构件分成两部分,以显示并确定内力的方法称为截面法。如图1-5所示,①截面的两侧必定出现大小相等、方向相反的内力;②被假想截开的任一部分上的内力必定与外力相平衡。



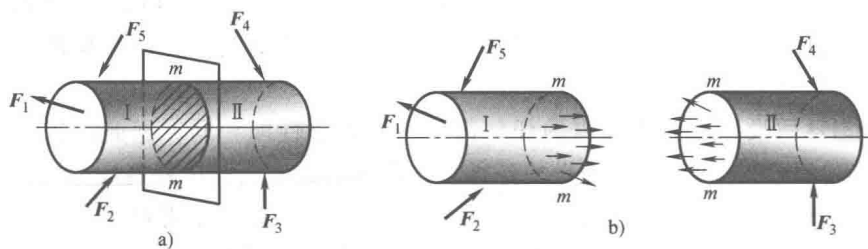


图 1-5 截面法

例 1-1 试求图 1-6 所示杆件中特定截面 I—I 和 II—II 上的内力分量，并指出相应杆件的变形形式。

解：(1) 用 I—I 截取研究对象如图 1-7a 所示，BC 段截面上有轴向内力，先设 F_{N_I} 为拉力，由静力平衡条件得

$$\begin{aligned}\sum F_x = 0, F_{N_I} - F &= 0 \\ F_{N_I} &= F\end{aligned}$$

这就是 BC 段内任一横截面上的内力。

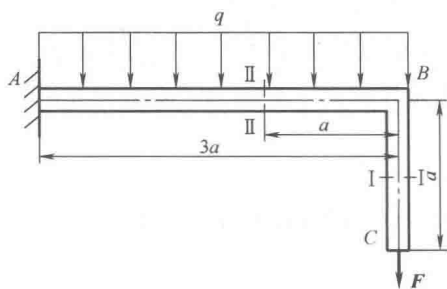


图 1-6 用截面法求杆件内力

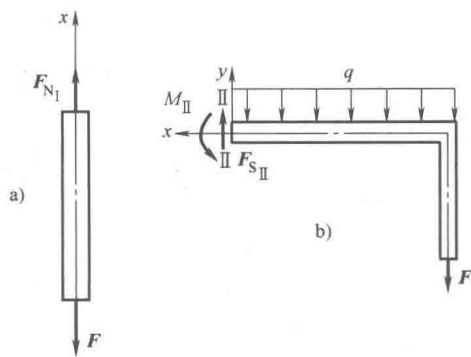


图 1-7 两个截面上杆件的内力

(2) 再在 AB 段内的任意处以横截面 II—II 将杆截开，假定取右段为研究对象。AB 段截面上有剪切内力 $F_{S_{II}}$ 与内力偶 M_{II} ，假设它们的作用方向如图 1-7b 所示。根据静力平衡条件

$$\begin{aligned}\sum F_y = 0, F_{S_{II}} - F - qa &= 0 \\ F_{S_{II}} &= P + qa\end{aligned}$$

求得

对截面 II—II，力矩平衡条件为

$$\sum M = 0, M_{II} - Fa - \frac{qa^2}{2} = 0$$

求得

$$M_{II} = Fa + \frac{qa^2}{2}$$

这就是 AB 段内任一横截面上的内力。

讨论: 1) 用截面求指定截面内力时, 做截面之前外力不得随意做静力等效处理, 如求 II—II 截面内力时, 不能先将均布载荷处理成集中力 $3qa$ (图 1-8)。在做 II—II 截面并选取研究对象后, 可以将选定部分的均布载荷处理成集中力 (如取右段为研究对象, 等效集中力为 qa), 以便表示力矩平衡条件。

2) 用截面法求指定截面内力时, 研究对象可取两部分中任一部分, 如例 1-1 中, 求 II—II 截面上内力可取 II—II 截面左侧, 也可取右侧部分物体, 此时求得的内力应符合大小相等、方向相反的规律, 因此可用于校核, 读者可以试取 II—II 截面左侧部分物体为研究对象进行校核。

3. 应力

参照图 1-9, 围绕 K 点取微小面积 ΔA 。根据均匀连续假设, ΔA 上必存在分布内力, 设它的合力为 ΔF , ΔF 与 ΔA 的比值为

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

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, 得到

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

p 称为 K 点处的 (全) 应力, 它是一个矢量。通常把应力 p 向垂直于截面的

法线方向和平行于截面的切线方向做投影, 分别得到法向投影 σ 和切向投影 τ 。 σ 称为正应力, τ 称为切应力。应力 σ 和 τ 均为标量, 表示单位面积上的内力, 也即表示微分截面积 $\Delta A \rightarrow 0$ 处内力的密集程度。应力的国际单位为 N/m^2 , 且 $1\text{N/m}^2 = 1\text{Pa}$ (帕斯卡)。材料力学中多用 $\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$ 和 $\text{GPa} = 10^9\text{Pa}$ 的单位。在工程上, 也用 kg(f)/cm^2 为应力单位, 它与国际单位的换算关系为 $1\text{kg(f)/cm}^2 = 0.1\text{MPa}$ 。由于材料力学主要研究力、应力、力矩等矢量的大小, 以后如无特别说明, 这些矢量均不使用黑体。

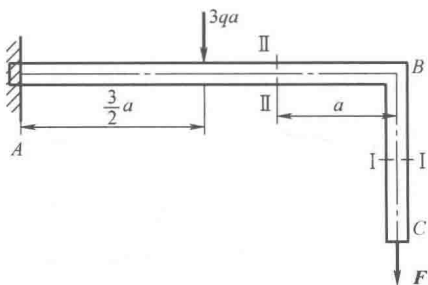


图 1-8 均布载荷不可用等值集中力代替

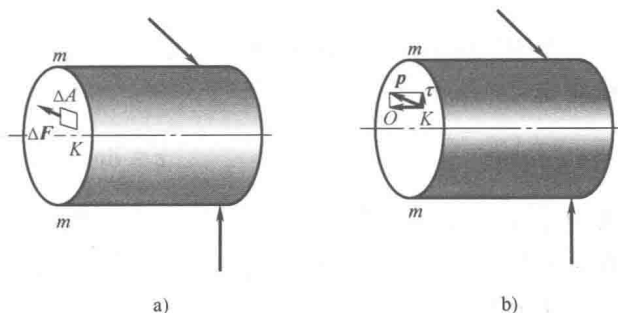


图 1-9 应力的概念

1.5 应变的概念

对于构件上任“一点”材料的变形, 只有线变形和角变形两种基本变形, 它们分别由线应变和角应变来量度。

1. 线应变 ϵ

通常用正微六面体 (下称微单元体) 来代表构件上某“一点”。如图 1-10 所示, 微单元体的棱边边长为 Δx 、 Δy 、 Δz , 变形后其边长和棱边的夹角都发生了变化。变形前平行于 x 轴的线段 MN 原长为 Δx , 变形后 M 和 N 分别移到 M' 和 N' , $M'N'$ 的长度为 $\Delta x + \Delta u$, 这里



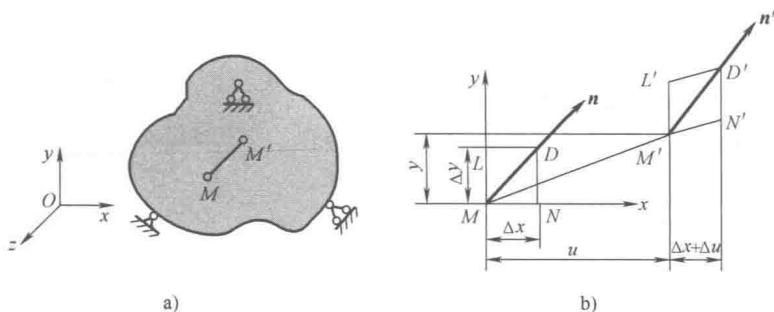


图 1-10 应变的概念

$$\Delta u = \overline{M'N'} - \overline{MN}$$

于是

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

表示线段 MN 每单位长度的平均伸长或缩短, 称为平均线应变, 若使 $\overline{MN}$ 趋近于零, 则有一点线应变

$$\varepsilon = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta x} = \frac{du}{dx}$$

称为 M 点沿 x 方向的线应变或正应变。线应变即为单位长度上的变形量, 为无量纲量, 其物理意义是构件上一点沿某一方向线变形量的大小。

2. 角应变 γ

如图 1-10b 所示, 正交线段 MN 和 ML 经变形后, 分别是 $M'N'$ 和 $M'L'$ 。变形前后其角度的变化是 $(\pi/2 - \angle L'M'N')$, 当 N 和 L 趋近于 M 时, 上述角度变化的极限值是

$$\gamma = \lim_{\substack{\overline{MN} \rightarrow 0 \\ \overline{ML} \rightarrow 0}} \left(\frac{\pi}{2} - \angle L'M'N' \right)$$

称为 M 点在 x - y 平面内的切应变或角应变。切应变表示微立方单元体两棱角直角的改变量, 为无量纲量, 单位为 rad 。

例 1-2 图 1-11 所示为一矩形截面薄板受均布力 q 作用, 已知边长 $l = 400\text{mm}$, 受力后沿 x 方向均匀伸长 $\Delta l = 0.05\text{mm}$ 。试求板中 a 点沿 x 方向的正应变。

解: 由于矩形截面薄板沿 x 方向均匀受力, 可认为板内各点沿 x 方向具有正应力与正应变, 且处处相同, 所以平均应变即 a 点沿 x 方向的正应变。

$$\varepsilon_a = \varepsilon_m = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0.05}{400} = 125 \times 10^{-6}$$

例 1-3 图 1-12 所示为一嵌于四连杆机构内的薄方板, $b = 250\text{mm}$ 。若在力 F 作用下 CD 杆下移 $\Delta b = 0.025$, 试求薄板中 a 点的切应变。

解: 由于薄方板变形受四连杆机构的制约, 可认为板中各点均产生切应变, 且处处



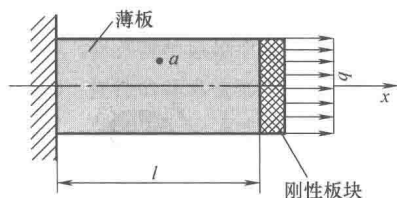


图 1-11 矩形板受均布拉力

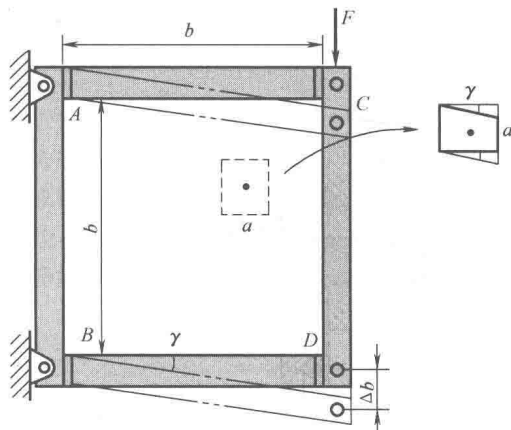


图 1-12 方板发生切应变

相同。

$$\gamma_a = \gamma_m = \frac{\Delta b}{b} = \frac{0.025}{250} = 100 \times 10^{-6}$$

1.6 杆件的基本变形形式

杆件受力有各种情况，相应的变形就有各种形式，在工程结构中，杆件的基本变形只有以下四种：

(1) 轴向拉伸和压缩 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，表现为杆件长度的伸长或缩短。如托架的拉杆和压杆受力后的变形（见图 1-13）。

(2) 剪切 变形形式是由大小相等、方向相反、相互平行的一对力引起的，表现为受剪杆件的两部分沿外力作用方向发生相对错动。如连接件中的螺栓和销钉受力后的变形（见图 1-14）。

(3) 扭转 变形形式是由大小相等、转向相反、作用面都垂直于杆轴的一对力偶引起的，表现为杆件的任意两个横截面发生绕轴线的相对转动。如机器中的传动轴受力后的变形（见图 1-15）。

(4) 弯曲 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为受力平面内的曲线。如单梁起重机的横梁受力后的变形（见图 1-16）。

杆件同时发生几种基本变形，称为组合变形

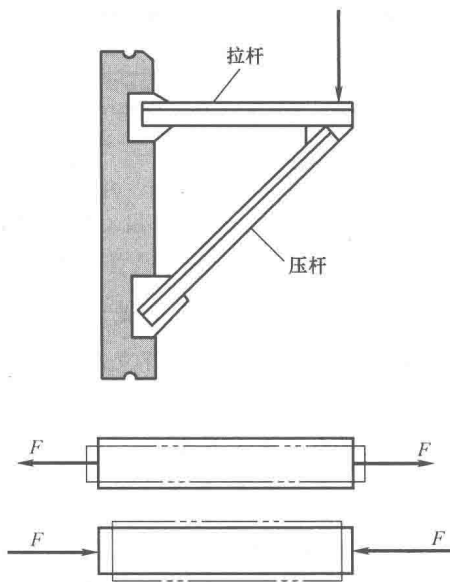


图 1-13 轴向拉伸和压缩



(见图 1-17)。

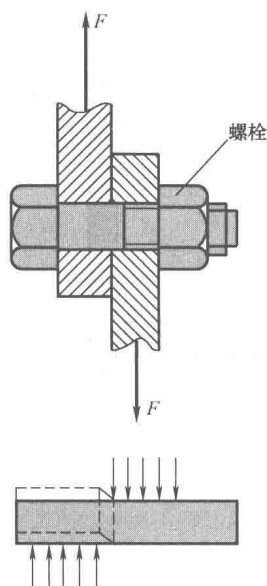


图 1-14 剪切

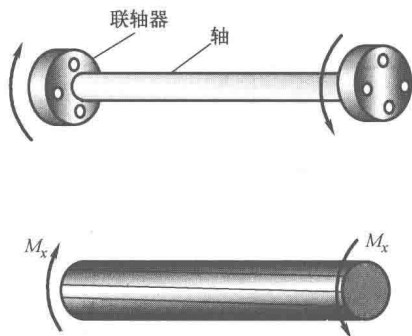


图 1-15 扭转

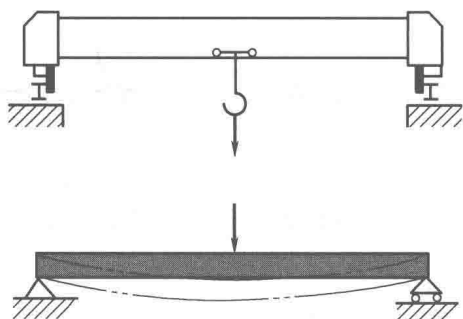


图 1-16 弯曲

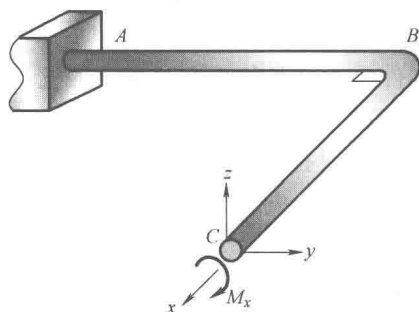


图 1-17 组合变形

本章小结

1. 材料力学研究的问题是构件的强度、刚度和稳定性。
2. 构成构件的材料是可变形固体。
3. 对材料所做的基本假设是：均匀性假设、连续性假设、各向同性假设及小变形假设。
4. 材料力学研究的构件主要是杆件，且是小变形杆件。
5. 内力是指在外力作用下，物体内部各部分之间的相互作用；显示和确定内力可用截面法；应力是单位面积上的内力。点应力可用正应力与切应力表示。
6. 对于构件任一点的变形，只有线变形和角变形两种基本变形。
7. 杆件的四种基本变形形式是：拉伸（或压缩）、剪切、扭转以及弯曲。



思 考 题

- 1-1 构件的内力与应力有何区别与联系？压强与应力有何区别与联系？
- 1-2 材料力学中涉及的内力有哪些？通常求解内力的方法是什么？
- 1-3 试说出构件的强度、刚度与稳定性的定义。工程设计中保证构件安全工作的基本要求是什么？
- 1-4 当构件的尺度为微米时，材料力学的基本假设哪些不成立？
- 1-5 什么叫作原始尺寸原理？在什么情况下可以使用原始尺寸原理？
- 1-6 杆件的基本变形形式有几种？试各举一例。
- 1-7 判断以下论述的正误：
- (1) 材料力学研究的主要问题是微小弹性变形问题，因此研究构件的平衡与运动时，可不计构件的变形。
- (2) 载荷作用下，构件截面上某点处分布内力的集度，称为该点的应力。
- (3) 线应变和角应变均为无量纲量。
- (4) 材料力学的基本假设：均匀性假设、连续性假设、各向同性假设、线弹性假设及小变形假设。

习 题

- 1-1 钻床如图 1-18 所示，在载荷 F 作用下，试确定截面 $m-m$ 和 $n-n$ 上的内力。
- 1-2 试求图 1-19 所示结构 $m-m$ 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。

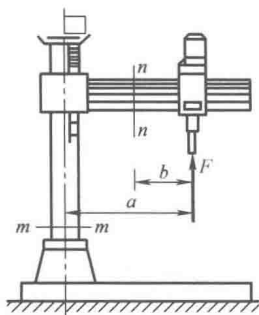


图 1-18 题 1-1 图

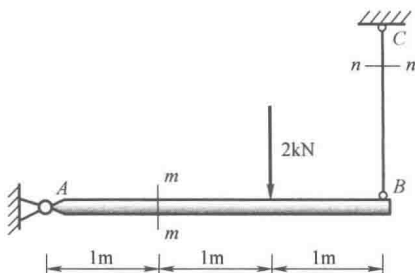


图 1-19 题 1-2 图

- 1-3 拉伸试样上 A 、 B 两点的距离称为 l 标距，如图 1-20 所示。受拉力作用后，用变形仪量出两点距离的增量为 $\Delta l = 5 \times 10^{-2} \text{ mm}$ 。若 l 的原长为 $l = 100 \text{ mm}$ ，试求 A 、 B 两点间的平均应变 ε_m 。

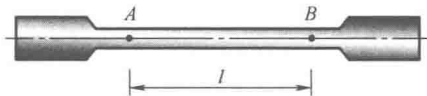


图 1-20 题 1-3 图

- 1-4 轴向拉压杆系结构，杆 AB 为直径 $d = 50 \text{ mm}$ 的圆截面钢杆；杆 AC 由两根 5 号等边角钢构成，如图 1-21 所示。不计杆的自重， $\alpha = 20^\circ$ ， $F = 50 \text{ kN}$ 。力沿杆的轴线。试求各杆横截面上的内力。
- 1-5 图 1-22 所示矩形截面直杆，右端固定，左端在杆的对称平面内作用有逆时针方向的集中力偶 M ，



试根据弹性体的特点分析固定端截面 A—A 上的内力分布特点。

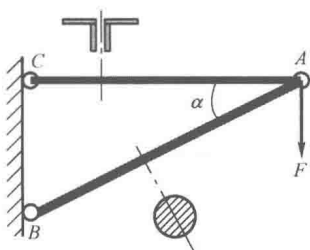


图 1-21 题 1-4 图



图 1-22 题 1-5 图

