

154

TB30/
Y276

普通高等教育规划教材

材料力学 (I)

主 编 杨伯源
副主编 李和平 刘一华
参 编 王炯华 白嘉楠 巫绪涛
主 审 徐道远



A0966181



机械工业出版社

本教材是安徽省教委教学改革项目“面向 21 世纪工科基础力学课程内容和体系改革的研究与实践”的研究成果。其特点是：在保留原材料力学教材体系的基础上，对经典内容进行了创新处理，减少了教学学时；在考虑拓宽学生知识面需要的基础上，增加了反映力学学科进展的新的教学内容，扩大了信息量；在教学内容的安排上，强调讲清基本概念、基本理论和基本分析方法；精选了例题和习题；注重启发式教学，给学生留有充足的思维空间。

全书共十九章，分为两部分。材料力学（I）是基础部分，内容包括：绪论，轴向拉伸与压缩，材料的力学性质及拉压杆的强度计算，扭转，梁的基础问题，梁的复杂问题，应力与应变分析，失效分析与强度准则，组合变形时的强度计算，能量法和压杆稳定共十一章。材料力学（II）是提高部分，内容包括：压杆稳定的进一步研究，动荷应力，材料的疲劳与断裂，厚壁圆筒与旋转圆盘，金属材料的塑性行为，聚合物的粘弹性变形，金属材料的蠕变分析和复合材料的力学性能共八章。

本教材可作为高等院校工科各专业的教科书，也可供其它专业选用和工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

材料力学（I）/杨伯源主编. —北京：机械工业出版社，2002.1

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-09701-7

I. 材… II. 杨… III. 材料力学—高等学校—教材 IV. TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 092502 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：季顺利 版式设计：霍永明 责任校对：张 佳

封面设计：陈 沛 责任印制：付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 12 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·9.25 印张·358 千字

0 001—8 000 册

定价：19.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68993821、68326677—2527

主要符号表

A	截面面积, 弯曲中心	I_{xy}	惯性积
a	加速度	J	转动惯量
$a、b、c$	厚壁圆筒或圆盘的半径	$J(t)$	蠕变柔量
b	截面宽度	k	玻耳兹曼常数
C	截面形心, 等效刚度	k_d	动荷系数
$d、D$	直径	$k_\sigma、k_\tau$	有效应力集中系数
e	偏心距	K	体积模量, 弹簧刚度, 应力集中系数, 应力强度因子, 流体的粘度
E	弹性模量 (杨氏模量)	K_{IC}	断裂韧性
E_k	动能	l	长度, 跨度
$E_r(t)$	松弛模量	m	质量
E_r	活化能	M	弯矩
f	摩擦系数, 形状系数	$\bar{M}$	单位载荷引起的弯矩
F	集中力	M_e	外力偶矩
$F_{Ax}、F_{Ay}、F_{Az}$	A 处的约束力分量	M_s	屈服弯矩
F_{bs}	挤压力	M_u	极限弯矩
F_{cr}	临界力	n	安全因数, 转速 (r/min), 阻尼系数
F_N	轴力	n_{st}	稳定安全因数
$\bar{F}_N$	单位载荷引起的轴力	N	应力循环次数, 疲劳寿命
F_Q	剪力	p	压力 (压强), 全应力
F_R	约束力	P	功率, 重力
F_S	拉力, 索引力	q	分布载荷集度
F_u	极限载荷	Q	蠕变激活能
$F_x、F_y、F_z$	力在 $x、y、z$ 方向上的分量	r	半径, 循环特征
$[F]$	许用载荷	R	半径, 摩尔气体常数
g	重力加速度	s	弧长
G	切变模量, 重力	S	静矩
GI_t	非圆截面杆的抗扭刚度	t	时间, 厚度
h	截面高度	T	扭矩, 温度
i	惯性半径	$\bar{T}$	单位载荷引起的扭矩
I	惯性矩	T_g	玻璃化转变温度
I_p	极惯性矩		

IV

精简与补充，材料力学（Ⅱ）中的有关章节也可通过专题讲座的形式进行传授。

参加本教材编写工作的有：杨伯源（主编；第一章，第十五章～第十八章）；李和平（副主编；第五章，第六章）；刘一华（副主编；第十章，第十三章，第十九章）；王炯华（第二章～第四章）；白嘉楠（第十一章，第十二章，第十四章）；巫绪涛（第七章～第九章，附录 A）。全书底稿的文字、图表的电脑录排由巫绪涛承担。

本教材由河海大学徐道远教授主审。

在本教材编写出版的过程中，得到了合肥工业大学教材科和材料力学教研室许多同志的支持和帮助，谨此致谢。

教材中不足之处，敬请同行及读者指正。

编 者

2001 年 11 月于合肥

主要符号表

A	截面面积, 弯曲中心	I_{xy}	惯性积
a	加速度	J	转动惯量
$a、b、c$	厚壁圆筒或圆盘的半径	$J(t)$	蠕变柔量
b	截面宽度	k	玻耳兹曼常数
C	截面形心, 等效刚度	k_d	动荷系数
$d、D$	直径	$k_\sigma、k_\tau$	有效应力集中系数
e	偏心距	K	体积模量, 弹簧刚度, 应力集中系数, 应力强度因子, 流体的粘度
E	弹性模量 (杨氏模量)	K_{IC}	断裂韧性
E_k	动能	l	长度, 跨度
$E_r(t)$	松弛模量	m	质量
E_r	活化能	M	弯矩
f	摩擦系数, 形状系数	$\bar{M}$	单位载荷引起的弯矩
F	集中力	M_e	外力偶矩
$F_{Ax}、F_{Ay}、F_{Az}$	A 处的约束力分量	M_s	屈服弯矩
F_{bs}	挤压力	M_u	极限弯矩
F_{cr}	临界力	n	安全因数, 转速 (r/min), 阻尼系数
F_N	轴力	n_{st}	稳定安全因数
$\bar{F}_N$	单位载荷引起的轴力	N	应力循环次数, 疲劳寿命
F_Q	剪力	p	压力 (压强), 全应力
F_R	约束力	P	功率, 重力
F_S	拉力, 索引力	q	分布载荷集度
F_u	极限载荷	Q	蠕变激活能
$F_x、F_y、F_z$	力在 $x、y、z$ 方向上的分量	r	半径, 循环特征
$[F]$	许用载荷	R	半径, 摩尔气体常数
g	重力加速度	s	弧长
G	切变模量, 重力	S	静矩
GI_t	非圆截面杆的抗扭刚度	t	时间, 厚度
h	截面高度	T	扭矩, 温度
i	惯性半径	$\bar{T}$	单位载荷引起的扭矩
I	惯性矩	T_g	玻璃化转变温度
I_p	极惯性矩		

T_s	屈服扭矩	θ	体积应变, 单位长度扭转角, 梁的弯曲转角
T_u	极限扭矩	$[\theta]$	许用转角, 许用单位长度扭转角
u	比能 (应变比能), 位移	κ	曲杆的截面系数
u^*	余比能	λ	压杆的柔度 (长细比), 拉梅常数
u_f	形状改变比能	$[\lambda]$	坐标转换矩阵
u_v	体积改变比能	μ	压杆的长度系数, 牛顿粘度
U	应变能 (变形能)	ν	泊松比
U^*	余能	ρ	曲率半径, 密度
v	速度, 位移	σ	正应力
V	体积, 势能	$\bar{\sigma}$	等效应力
W	功, 抗弯截面系数	$\sigma_{0.2}$	条件屈服强度
δW_e	外力虚功	σ_a	应力幅
δW_i	内力虚功	σ_b	抗拉强度 (强度极限)
W_p	抗扭截面系数	σ_{bc}	抗压强度
F'	正则方程广义约束力	σ_{bs}	挤压应力
y	挠度	σ_c	压应力
$[y]$	许用挠度	σ_{cr}	临界应力
α	线膨胀系数, 倾角	σ_d	动应力
a_K	冲击韧度	σ_e	弹性极限
β	表面加工系数	σ_m	平均应力
γ	切应变, 重度, 表面能	σ_p	比例极限
$\dot{\gamma}$	剪切速率	σ_r	相当应力, 径向应力
δ	伸长率, 广义位移, 过盈量, 厚度	σ_r	循环特征为 r 的疲劳极限
δ_d	动变形	σ_s	屈服点 (屈服应力)
δ_{st}	静变形	σ_{st}	静应力
ϵ	线应变, 角加速度	σ_t	拉应力
$\dot{\epsilon}$	应变速率	σ_u	极限正应力
$\bar{\epsilon}$	等效应变	σ_θ	环向应力
$d\bar{\epsilon}$	等效应变增量	$[\sigma]$	许用正应力
ϵ_e	弹性应变	$[\sigma_{bs}]$	许用挤压应力
ϵ_p	塑性应变	$[\sigma_c]$	许用压应力
ϵ_u	极限线应变	$[\sigma_{st}]$	稳定许用应力
$\epsilon_\sigma, \epsilon_\tau$	尺寸系数	$[\sigma_t]$	许用拉应力
η	动力粘度	τ	切应力
η_a	非牛顿流表观粘度		

τ_b 、 τ_0	抗切强度	i	内
τ_s	剪切屈服点	m	平均
τ_u	极限切应力	max	最大
$[\tau]$	许用切应力	min	最小
φ	相对扭转角, 倾角, 折减系数	p	塑性
ψ	断面收缩率	r	相当, 径向
ψ_σ 、 ψ_τ	不对称循环的敏感系数	s	屈服
ω	载荷弯矩图面积, 角速度, 频率	st	稳定, 静
	常用角标	t	拉伸
bs	挤压	u	极限
c	压缩	θ	环向
cr	临界	σ	弯曲
d	动	τ	扭转
e	外, 弹性		

目 录

前言

主要符号表

第一章 绪论	1
第一节 材料力学的任务	1
第二节 变形固体的基本假设	2
第三节 杆件变形的形式	3
第四节 材料力学与生产实践的关系	4
复习思考题	5
第二章 轴向拉伸与压缩	6
第一节 轴向拉压杆的内力与应力	6
第二节 轴向拉压杆的变形与应变	9
第三节 应力与应变的关系	11
复习思考题	12
习题	12
第三章 材料的力学性质 拉压杆的强度计算	14
第一节 应力—应变曲线	14
第二节 高温下材料的性质	17
第三节 加载速率对材料力学性质的影响	19
第四节 材料的疲劳强度	20
第五节 许用应力和安全因数	22
第六节 轴向拉压杆的强度及变形计算	22
第七节 简单拉压超静定问题	26
第八节 剪切和挤压的实用计算	29
复习思考题	32
习题	33
第四章 扭转	36
第一节 概述	36
第二节 等直圆杆扭转时的应力和变形	36

第三节	等直圆杆扭转时的强度和刚度计算	40
第四节	非圆截面杆的扭转	43
第五节	密圈螺旋弹簧的计算	46
复习思考题		48
习题		49
第五章	梁的基础问题	51
第一节	平面弯曲的概念	51
第二节	梁的载荷及计算简图	51
第三节	剪力与弯矩	53
第四节	剪力图与弯矩图 (F_Q 、 M 图)	55
第五节	剪力、弯矩和分布载荷集度间的微分关系	58
第六节	纯弯曲梁的正应力	61
第七节	梁的切应力	64
第八节	梁弯曲时的强度计算	67
第九节	梁的变形	71
第十节	叠加法求梁的变形	77
第十一节	提高梁强度的措施	80
第十二节	梁的刚度条件与梁的合理设计	84
第十三节	简单超静定梁的解法	85
复习思考题		87
习题		88
第六章	梁的复杂问题	94
第一节	其它平面弯曲构件的内力与变形	94
第二节	平面曲杆中的应力	98
第三节	非对称弯曲与斜弯曲	102
第四节	开口薄壁杆的弯曲切应力与弯曲中心	105
* 第五节	连续梁	109
第六节	组合梁	111
习题		115
第七章	应力与应变分析	119
第一节	一点的应力状态	119
第二节	平面应力状态分析	122
第三节	三向应力状态下的最大应力	130
第四节	任意点的应变及应变分量的坐标转换	134
第五节	平面应变状态分析	136

第六节 广义胡克定律	138
第七节 复杂应力状态下的应变比能	142
复习思考题	144
习题	144
第八章 失效分析与强度准则	149
第一节 概述	149
第二节 断裂准则	150
第三节 屈服准则	151
第四节 莫尔准则	152
* 第五节 屈服准则的比较	154
第六节 应用举例	156
复习思考题	161
习题	161
第九章 组合变形时的强度计算	163
第一节 组合变形与叠加原理	163
第二节 拉伸(压缩)与弯曲的组合	163
第三节 偏心压缩与截面核心	165
第四节 扭转与弯曲的组合	168
复习思考题	175
习题	176
第十章 能量法	180
第一节 概述	180
第二节 弹性应变能的计算	180
第三节 互等定理	184
第四节 卡氏第二定理	186
* 第五节 虚功原理	191
第六节 单位载荷法	195
第七节 图乘法(维利沙金法)	200
* 第八节 瑞利—李兹法	202
第九节 超静定结构的基本解法	205
* 第十节 力法 正则方程	208
复习思考题	213
习题	214
第十一章 压杆稳定	222

第一节 压杆稳定的概念	222
第二节 中心受压细长直杆临界力的欧拉公式	223
第三节 欧拉公式的使用范围 临界应力总图	228
第四节 压杆的稳定条件及设计准则	230
第五节 提高压杆稳定性的措施	234
复习思考题	235
习题	236
附录 A 平面图形的几何性质	240
第一节 形心和静矩	240
第二节 惯性矩 惯性积 惯性半径	243
第三节 平行轴定理	245
第四节 转轴公式 主惯性矩	248
复习思考题	252
习题	252
附录 B 型钢表	255
习题答案	267
中英文材料力学词汇对照	277
参考文献	283

第一章 绪 论

第一节 材料力学的任务

机械及工程结构中的每一个基本组成部分，统称为**构件**。一切构件都是由固体形态的材料制成的。在载荷作用下，构件的形状或尺寸将发生改变，称为**变形**。同时，在构件内部将产生一定的**内力**。随着载荷的增加，构件的变形程度与内力也逐渐增大，最后将导致构件的过度变形或破坏。为了保证机械或结构的正常工作，要求任何一个构件都要有足够的承受载荷作用的能力，简称为**承载能力**。构件的承载能力通常由以下几个方面来衡量：

1. 强度 强度表示构件抵抗破坏的能力。构件具有足够的强度是保证其正常工作最基本的要求。

2. 刚度 刚度表示构件抵抗变形的能力。在某些情况下，构件承受一定载荷后，虽不会破坏，但变形过大，也会导致构件不能正常工作。例如机床主轴在工+作时因承受载荷而产生弯曲变形，如图 1-1 所示，若变形过大，将影响机床对工件的加工精度，并造成主轴轴承和齿轮的不均匀磨损。因此，对于有些构件，要求有足够的抵抗变形的能力，即应有足够的刚度。

3. 稳定性 稳定性表示构件维持原有平衡状态的能力。工程上有些构件，例如两端受压力作用的细长杆，当压力增大到某一数值时，杆件便不能够保持其原有的直线平衡状态，致使杆件或整个结构失去正常工作的能力，称为**丧失稳定性**，简称**失稳**。桁架、桥梁结构中的上弦杆及图 1-2 所示的内燃机配气结构的挺杆都会发生这类问题。

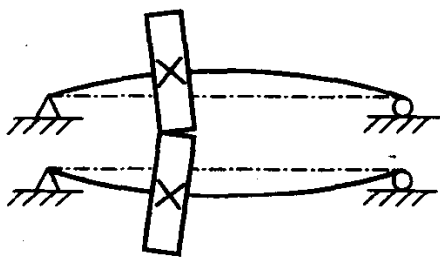


图 1-1 机床主轴的变形

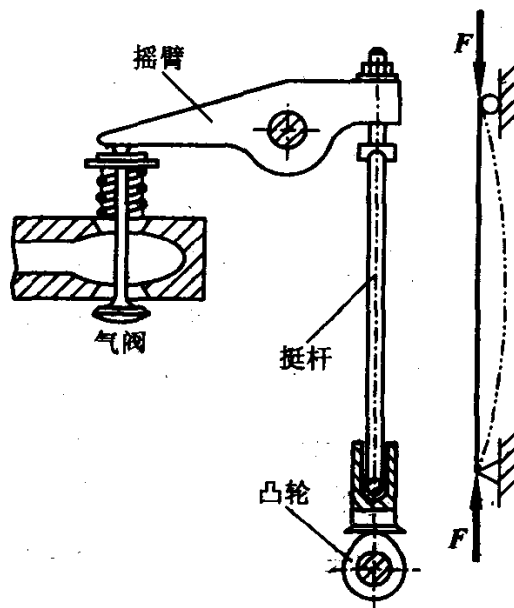


图 1-2 内燃机配气结构中挺杆的失稳

工程中所用的构件，通常要求它具有足够的强度、刚度和稳定性。这是保证构件能安全工作的三个基本要求。

在对构件进行设计时，除要求构件能安全地工作外，同时也必须考虑到经济性。安全和经济往往是矛盾的。材料力学的主要任务就是在保证构件安全工作的前提下，为合理地设计构件提供必要的基本理论和基本方法。

构件的强度、刚度和稳定性与材料的力学性能有关，而材料的力学性能必须通过材料试验来测定。此外，材料力学中的许多理论分析结果，是建立在某些假设条件的基础上，这些结果的正确与否需要试验的验证；对于更多的现有理论尚无法解决的某些问题，也必须借助试验来解决。因此，实验分析、理论分析以及一些与强度和变形有关的数值分析方法，都是材料力学解决问题的手段。

第二节 变形固体的基本假设

在理论力学中，为了简化问题的研究，将物体抽象为不变形的刚体。这是因为物体的微小变形对其平衡和运动状态的影响极小。材料力学是研究构件的强度、刚度和稳定性问题，物体的变形是一个主要因素。因此，刚体的概念在这里不再适用，必须把一切构件都看作可变形固体。变形固体的性质是多方面的，为了简化研究，对变形固体作如下假设：

1. 均质连续性假设 认为变形固体内到处都具有相同的力学性能，而且构成变形固体的物质毫无间隙地均匀分布在它的整个几何空间内。这样，在研究问题时，可以从物体中取出任何微小部分进行分析，然后把分析结果应用于整个物体。物体内的一些物理量可以用坐标的连续函数表示。

2. 各向同性假设 认为变形固体在各个方向上具有相同的力学性能。具有这种属性的材料称为各向同性材料。

就工程上使用最多的金属材料来说，组成金属的晶体之间有的是不连续的。从金属晶体的微观结构来看，每个单晶体的性质也具有明显的方向性。然而，材料力学研究的并非是某个单晶体的力学性能，而是构件受力后所表现出来的宏观总体性能，即研究的是为数众多、随机排列的晶体群所表现出来的统计学上的平均性能。因此，可以认为物体的性质是均质连续和各向同性的。

3. 微小位移、微小变形假设 材料在外力作用下产生变形。试验指出：当外力小于一定数值时，绝大多数材料在除去外力后能恢复原有的形状和尺寸，这种性质称为弹性。上述变形称为弹性变形。但当外力过大时，在卸载后变形只能部分地恢复，材料内仍残留了一部分变形，这部分变形称为塑性变形。材料的这

种性质称为塑性或延性。材料力学主要研究材料的弹性变形。由于这种变形与构件的原始尺寸相比甚为微小，因此在研究构件的平衡和运动时，可以仍按变形前的原始尺寸考虑，从而使计算大大简化。例如图 1-3 所示的托架，在 F 力作用下，结点 A 移动到 A' ，角 α 变成 α' 。此时 AB 和 AC 杆的受力因 α' 未知而无法求解。当考虑结点 A 的位移远小于杆的原始尺寸而可以忽略时，便可用原来的夹角 α 代替 α' ，于是可用结点平衡的方法求出 AB 和 AC 杆的受力，从而简化了计算。

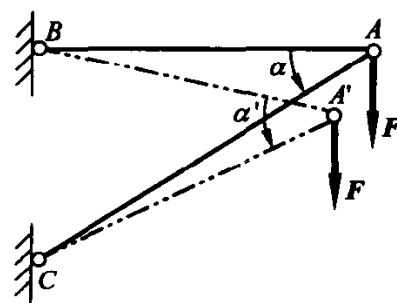


图 1-3 托架的变形

第三节 杆件变形的的基本形式

工程实际中的构件形状多种多样，按照几何特征大致可分为杆件、板（壳）和块体。所谓杆件是指一个方向尺寸远大于其它两个方向尺寸的构件。杆件的形状与尺寸由其轴线与横截面确定。轴线通过各横截面的形心，横截面与轴线正交，如图 1-4 所示。根据轴线与横截面的特征，杆件可分为直杆与曲杆；等截面杆与变截面杆。杆件是工程中最常见、最基本的构件，也是材料力学的主要研究对象。

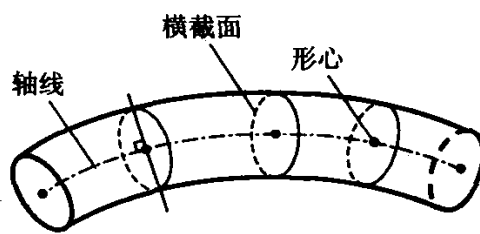


图 1-4 杆件的横截面与轴线

杆件在载荷作用下产生的变形可归结为以下四种基本变形形式：

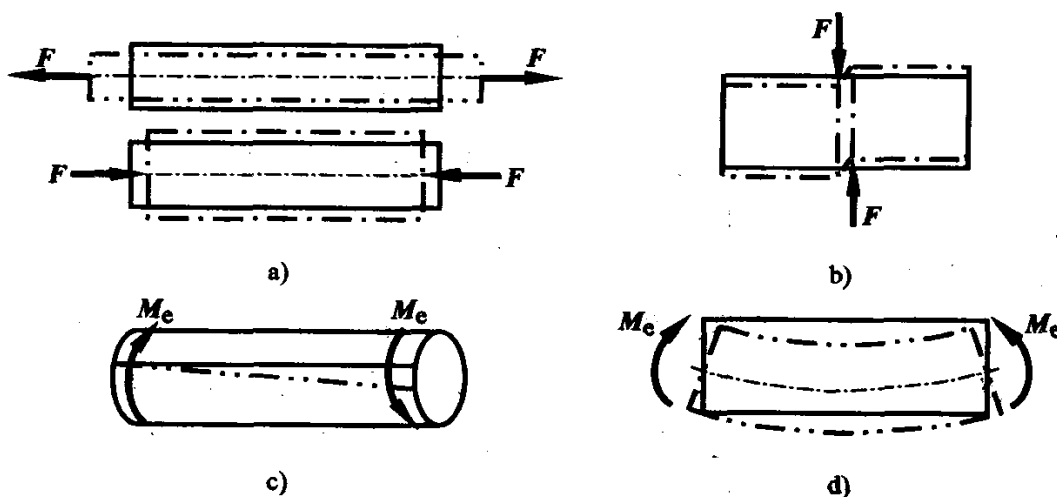


图 1-5 杆件的四种基本变形

- (1) 轴向拉伸或轴向压缩，如图 1-5a 所示。
- (2) 剪切，如图 1-5b 所示。

(3) 扭转, 如图 1-5c 所示。

(4) 弯曲, 如图 1-5d 所示。

杆件的变形不外乎是上述四种基本变形形式之一, 或者是某几种基本变形形式的组合, 称为组合变形。

第四节 材料力学与生产实践的关系

“科学的发生与发展, 一开始就是由生产决定的”^①。材料力学的发展正如其它科学一样, 也是由生产发展所推动的, 同时它又反过来对生产实践起着重要的指导作用。

在 17 世纪以前, 建筑物多以石料、木材以及冶炼粗糙的铸铁和铸铜等为主要建筑材料。同时, 这些建筑物的工作条件也较为简单, 在设计中大多凭经验或采用模仿的方法。但在古代建筑中也已体现出当时的劳动者在生产实践中所积累起来的经验, 对构件受力特点及材料的力学性质有了初步认识, 并能结合构件受力特点正确的使用材料。例如, 我国古代就已将一些砖石结构做成拱形, 以充分发挥砖石的抗压强度; 用竹索做成悬索桥, 以充分利用竹材的抗拉强度。此外, 在木结构中也积累了不少制造梁、柱的经验, 如对于用圆木制作矩形截面梁, 采用的截面高宽比为 3:2, 这是符合材料力学基本原理的。

材料力学成为一门比较系统的科学, 是在 17 世纪以后随着资本主义大工业生产发展起来的。通常认为, 意大利科学家伽利略 (Galileo) 《关于两种新科学的叙述及其证明》一书的发表 (1638 年), 是材料力学开始形成一门学科的标志。为了解决造船和建闸所需梁的尺寸问题, 伽利略进行了一些试验, 并在 1638 年首先提出了计算梁强度的公式。虽然由于他用了刚体力学的方法而未考虑梁受力后变形这一重要因素, 致使结论不正确, 但他开辟了用试验和按理论方法计算构件的新途径, 对材料力学的发展仍然是有贡献的。1678 年, 长期担任实验室管理员的英国科学家罗伯特·胡克 (Robert. Hooke) 利用弹簧作试验, 得到了变形与外力成正比的结论, 在这个基础上发展成胡克定律。从此, 材料力学在过去生产实践中所积累的丰富经验的基础上, 开始有了新的发展。

随着生产的发展, 以及铁路、车辆、船舶、飞机、新型建筑物和动力机械的发明和使用, 钢和铝合金的出现, 人们才广泛使用有较高强度的金属。同时使弯曲、扭转理论进一步完善。测定材料力学性质的专门实验室也建立起来了。在这个基础上, 符合一定强度要求的构件截面尺寸大大减小, 自重和材料消耗得以降低。可是, 由于杆件细长了, 它的变形问题显得突出了, 这就促进了对构件刚度

^① 见恩格斯《自然辩证法》。

的研究。应特别指出，著名数学家欧拉 (Eular) 早在 1744 年就提出了压杆的临界载荷计算公式，但是只在发生多起由于压杆失稳而引起的严重事故之后，稳定理论才在欧拉公式的基础上发展起来。这既说明正确理论迟早要在生产上应用，更说明生产实践才是科学发展的强大动力。

最近几十年，生产和科学相互促进、密切结合的过程大大加快，它们的发展速度也加快了。过去材料力学的多数是金属材料，主要研究其在常温、静载下的力学性能。但随着工业生产中新材料的应用和工作环境的变化，新的科学研究方向和新的学科不断涌现。例如，很多构件处在随时间交替变化的载荷下，或者长期处在高温、高压等条件下工作，因而在计算构件的强度、刚度和稳定性时，需要考虑这些复杂因素的影响。由于采用优质高强度钢制造的大型压力容器、桥梁和船舶，在使用中连续发生低应力脆断现象，促使人们进行这方面的研究，因而形成了断裂力学；高分子聚合物材料和复合材料的广泛使用，促进了非线性粘弹性力学和复合材料力学的发展；大型复杂工程结构的使用和电子计算机的使用，促进了计算力学的发展。各门学科的相互交融，出现了许多边缘学科和跨专业的新学科，如生物力学就是医学和力学相结合的产物。为了适应这一发展趋势，材料力学必须不断扩充自己的研究范围。

复习思考题

- 1-1 何谓构件？何谓杆件？
- 1-2 何谓变形？何谓弹性和塑性？弹性变形和塑性变形有何区别？
- 1-3 小变形假设在材料力学的研究中有何重要意义？
- 1-4 由一般力系的合成与分解，阐明杆件只可能有图 1-5 所示的四种基本变形。

第二章 轴向拉伸与压缩

第一节 轴向拉压杆的内力与应力

图 2-1a 所示为用金属材料制成的拉伸试样，若两端作用着拉伸载荷 F ，且载荷 F 的作用线与杆的轴线重合，则此杆沿轴线方向产生伸长变形。这种变形形式称为**轴向拉伸**。反之，若与轴线重合的是一对压缩载荷，则此杆沿轴线方向产生缩短变形，这种变形形式称为**轴向压缩**。组成桁架的杆件、起吊重物的钢丝绳等工程构件在承载时都会发生这样的变形。

现在分析作用在与轴线垂直的某一横截面上的内力。在两端作用拉力 F 时，假设沿某个横截面截开，则两部分将上下分离。试样在切开前受拉时之所以不分离，是因为有与拉力 F 平衡的力作用在该截面上，如图 2-1b 所示。这是试样在该截面处的相互作用力，是一种内力。表示轴向拉压杆横截面上内力的方法通常是用截面上的合力表示，由于该合力

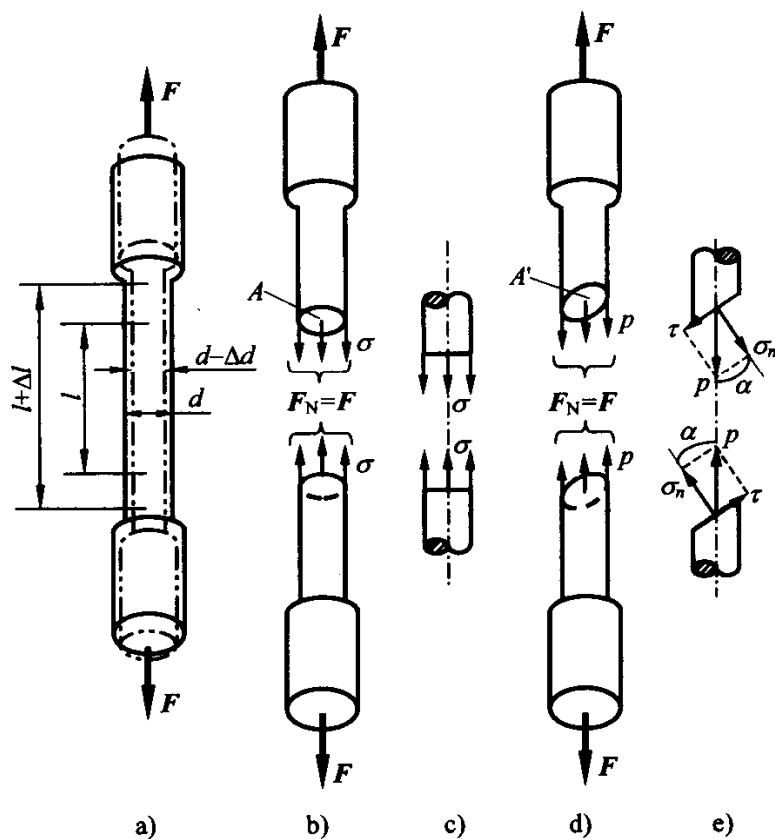


图 2-1 轴向拉伸杆的内力

沿轴线作用，故称为**轴力**，用符号 F_N 表示，规定产生轴向拉伸的轴力为正，轴向压缩的轴力为负。为形象地表示横截面上的轴力沿轴线的变化规律，常取平行于轴线的坐标表示横截面的位置，与轴线垂直的坐标表示对应横截面上的轴力，作出**轴力图**。求轴力及作轴力图的方法参看例 2-1。

截面上内力的集度称为**应力**。现在，分析轴向拉压杆件横截面上的应力。根据轴向拉伸或轴向压缩试验作出假设：**变形前为平面的横截面，在变形后仍保持为平面，且仍垂直于轴线**，这就是轴向拉压杆件的**平面假设**。由平面假设和均匀