



普通高等教育“十二五”规划教材

材料力学

刘杰民 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

材 料 力 学



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。全书共十三章，主要包括：材料力学的基本概念、重要原理和学习方法，杆件拉压、剪切、扭转和弯曲四种基本变形的基本理论，应力应变状态分析的基本理论，材料失效的强度理论和组合变形构件的强度计算，压杆的稳定性计算，能量法和冲击，静不定问题和力法，以及内力和变形分析的计算机方法等。用“*”标记的内容为扩展内容。每章均附有本章要点、思考题和习题，书后有参考答案。

本书在选材上突出重点，精简适当；在体系上层次分明，有所创新；在论述上力求严谨和精练。重视概念的更新和拓宽，适时恰当地指出理论可能的扩展空间。

与本书配套的教学资源还有《材料力学精要和题解》和《材料力学多媒体辅助教学系统》。

本书主要作为高等学校工科本科中长学时（60~90）类材料力学课程的教材，也可供高职高专与成人高校师生及有关工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

材料力学/刘杰民主编. —北京：中国电力出版社，2010.12

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-1195-4

I. ①材… II. ①刘… 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（2010）第 256840 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 2 月第一版 2011 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23.125 印张 559 千字

定价 38.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等本科教学工作的若干意见》，中国电力出版社教育协会制定了普通高等教育“十二五”教材规划。作者按照教育部提倡培养具有扎实基础和创新精神的人才的指导思想，编写了本书。

第一章介绍了材料力学的基本概念，重要的原理和学习的基本方法，是整个材料力学内容的浓缩，后面各章的叙述都是本章的展开和延伸。这种处理方法有助于读者对材料力学的整体把握，可以更有效的学习和掌握材料力学。第二章至第七章是与杆件四种基本变形有关的基本理论。其中第二章介绍轴向载荷作用下构件的应力和变形的计算，同时还介绍了材料的基本力学性质及其测量，材料的基本力学性质是对各种受力杆件进行强度和刚度计算所必须的。第八章是关于应力应变状态分析的基本理论，是对受复杂载荷作用的构件进行强度和刚度计算的基础。第九章是关于材料失效的强度理论和组合变形时的强度计算。第十章是关于压杆的稳定性计算。第十一章是能量法，能量法既是求解构件位移的有效方法，也是对复杂工程问题进行近似计算的理论基础，比如冲击应力问题和考虑剪切变形时的应力和变形计算。第十二章是关于静不定问题的进一步研究，主要介绍求解一般静不定问题的有效方法——力法。第十三章是关于内力和变形分析的计算机方法，既是对材料力学基本内容的深入学习，也是计算机应用的实战训练。每章后均附有“本章要点”、“思考题”和“习题”。习题涉及的章节在题号中标出，没有在题号中标出章节的习题可能是因为涉及的章节较多，较难的题目用“*”标记。

本教材有如下特点：

(1) 重视内容的精选与体系的重组，在传统内容的继承和现代科技成果的引入方面进行了积极的探索，使材料力学体系更符合其内在规律，有利于培养学生分析问题和解决问题的能力，有利于提高已知理论的应用能力。有关内容的重组说明如下。

1) 关于加速运动构件的应力计算。只要对加速运动构件添加惯性力，应用理论力学中的动静法，就把动力学问题转化为静力学问题，并不需要任何新的变形体理论，所以没有把相关的内容单独成节，仅以例题和习题的形式出现。

2) 关于组合变形。在传统的材料力学教材中，组合变形是篇幅较大的一章，其实只要掌握了叠加法，各种组合变形强度计算问题的求解方法是显而易见的，基于着重分析能力培养方面的考虑，没有把相关的内容单独成章，而是分散在第六章（弯曲应力）和第七章（强度理论和组合变形时的强度计算）。

3) 关于冲击应力。能量法是冲击应力计算和考虑剪切变形时的应力和变形计算的理论基础，故把冲击问题和考虑剪切变形时的应力和变形计算的内容置于能量法一章，而没有把有关内容单独成章或成节。

4) 关于应变能相关内容的整合。考虑到应变能密度与应变能密切相关，把应变能密度的有关内容都安排在能量法及其应用一章。

上述重组有效地压缩了教材的篇幅，但并没有减少教学的内容。

本书在第一章引入了由主编提出的等效截面法。在第七章引入了由苑学众和主编共同提出的“虚悬臂梁法”。这两种方法不仅简单，而且所涉及的概念对内力和变形分析及计算机实现有重要意义。第十三章关于内力和变形分析的计算机方法，其理论基础就是等效截面法和虚悬臂梁法。

(2) 突出三个核心概念（内力、应力和应变）及其相互关系，重视材料力学内在的规律和结构，强调问题分析方法，注重解题能力提高。在绪论中给出材料力学学习方法和解题基本步骤，并在后续章节的例题和理论分析中贯彻执行。

(3) 注重概念的更新与拓宽（如等效截面法和虚悬臂梁法），指出理论可能的扩展空间（如应力状态分析和强度理论），注意材料力学概念的统一性（如切应力和切应变的正负约定及其单元体表示方法和弯矩图的画法），在容易混淆的地方均给予特别说明。

第一、四、八、十二、十三章由刘杰民编著，第九、十一章由侯祥林编著，第二、三章由孙雅珍编著，第六、十章由苑学众编著，第五、七章由洪媛编著，全书由刘杰民统稿。

本书是适应创新教育的教材，疏漏甚至错误之处在所难免，恳请使用本教材的教师和读者指正，提出宝贵意见，编者在此特致谢意。

编者

2010年9月

符 号 表

$a, b, c \cdots$	常数, 距离, 点的位置	R	半径
$A, B, C \cdots$	点, 截面的位置	S_y, S_z	静矩 (Static)
A	面积 (Area)	t	厚度 (thickness), 切向 (tangent)
b	截面的宽度	T	扭矩 (Torque)
C	形心 (Centroid)	v_d	畸变能密度 (distorsion)
d_i	内径 (in-diameter)	v_v	体积应变能密度 (volume)
d_o	外径 (out-diameter)	V_ϵ	应变能
D	直径 (Diameter)	w	挠度
e	偏心距 (eccentricity)	W	重量 (Weight)
E	弹性模量 (Elasticity)	W_p	抗扭截面系数
f	频率 (frequency), 函数 (function)	W_z	抗弯截面系数重量
F	集中力 (Force)	W_e	外力虚功 (Work, external force)
F_s	剪力 (Shearing Force)	W_i	内力虚功 (Work, internal force)
F_N	轴力 (Normal Force)	x, y, z	直角坐标
F_b	挤压力 (bearing Force)	x_c, y_c, z_c	形心直角坐标 (centroid)
G	切变模量	α, β, γ	角度
h	高度 (height)	γ	比重, 切应变
i	惯性半径 (inertia)	$\gamma_x, \gamma_y, \gamma_z$	切应变
I	惯性矩 (Inertia)	ρ	密度, 曲率半径
I_y, I_z	惯性矩 (Inertia)	δ, Δ	变形, 位移
I_p	极惯性矩 (polar)	σ	正应力
I_{yz}, I_{zx}	惯性积	σ_s	屈服应力
k	弹簧常数	σ_b	极限强度
K	体积模量	$[\sigma]$	许用正应力
l	长度 (length), 跨度	τ	切应力
m	质量 (mass)	$[\tau]$	许用切应力
M_e	外力偶矩 (external, Moment)	$\epsilon, \epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$	线 (正) 应变
M, M_z	弯矩 (Moment)	θ	单位长度扭转角
n	法线方向 (normal)	φ	扭转角
n, n_{st}	安全因数 (stability)	μ	波松比
p	压力 (pressure)	ω	角速度
P	功率 (Power)		
q	线载荷集度		
r	半径 (radius)		

目 录

前言

符号表

第1章 绪论	1
1.1 材料力学的任务	1
1.2 材料力学的基本假设	3
1.3 外力与内力	4
1.4 应力	10
1.5 应变	11
1.6 应力—应变关系	13
1.7 杆段变形的形式	14
1.8 材料力学的研究方法	15
本章要点	15
思考题	17
习题	17
第2章 轴向拉压与材料的力学性质	21
2.1 引言	21
2.2 拉压杆的内力—轴力与轴力图	21
2.3 拉压杆的应力	23
2.4 材料在拉伸与压缩时的力学性能	26
2.5 许用应力和强度计算	32
2.6 拉压杆的变形	35
2.7 拉压杆的简单静不定问题	41
* 2.8 初应力与温度应力	43
2.9 连接件的剪切和挤压强度计算	46
2.10 应力集中的概念	49
本章要点	51
思考题	52
习题	52
第3章 扭转	58
3.1 引言	58
3.2 扭转内力—扭矩与扭矩图	59
3.3 薄壁圆筒的扭转	61
3.4 圆轴扭转横截面上的切应力与强度条件	63

3.5	圆轴扭转时的变形与刚度条件	67
3.6	非圆截面轴扭转	69
3.7	扭转静不定问题	71
	本章要点	74
	思考题	74
	习题	75
第4章	弯曲内力	79
4.1	引言	79
4.2	力学简图和静定梁的类型	79
4.3	剪力和弯矩	81
4.4	弯矩、剪力和载荷集度之间的微分关系	86
4.5	剪力图和弯矩图	87
4.6	刚架和曲杆的内力	92
	本章要点	94
	思考题	94
	习题	95
第5章	截面几何性质	99
5.1	引言	99
5.2	静矩与形心	99
5.3	惯性矩、极惯性矩和惯性积	101
5.4	平行轴定理	105
5.5	转轴公式 主惯性轴 主惯性矩	107
	本章要点	110
	思考题	112
	习题	112
第6章	弯曲应力	116
6.1	引言	116
6.2	弯曲正应力	117
6.3	弯曲切应力	122
6.4	梁的强度计算与提高梁强度的措施	128
6.5	斜弯曲	134
6.6	弯拉(压)组合变形	136
6.7	关于弯曲变形的进一步分析	141
	本章要点	145
	思考题	146
	习题	147
第7章	弯曲变形	156
7.1	引言	156
7.2	梁的挠曲线近似微分方程	157

7.3	计算梁位移的积分法	158
7.4	计算梁位移的叠加法	163
7.5	计算梁位移的虚悬臂梁法	172
7.6	简单静不定梁	174
7.7	梁的刚度条件与合理刚度设计	179
	本章要点	181
	思考题	183
	习题	183
第8章	应力应变状态分析	190
8.1	引言	190
8.2	平面应力状态应力分析	191
8.3	应力圆	194
8.4	极值应力与主应力	196
8.5	三向应力状态的最大应力	200
* 8.6	平面应变状态分析	202
8.7	广义胡克定律	206
	本章要点	211
	思考题	214
	习题	214
第9章	强度理论和复杂应力状态下的强度计算	218
9.1	引言	218
9.2	关于断裂的经典强度理论	219
9.3	关于屈服的经典强度理论	219
9.4	相当应力和强度条件的统一表达式	221
9.5	弯扭组合和拉(压)弯扭组合变形	223
9.6	薄壁压力容器	226
* 9.7	强度准则的进一步讨论	229
	本章要点	234
	思考题	235
	习题	235
第10章	压杆稳定	241
10.1	引言	241
10.2	细长压杆的临界力	242
10.3	欧拉公式的适用范围	244
10.4	超过比例极限后压杆的临界应力	248
10.5	压杆稳定计算与提高稳定性的措施	250
	本章要点	254
	思考题	255
	习题	255

第 11 章 能量法	261
11.1 引言	261
11.2 外力功和应变能	261
11.3 互等定理	268
11.4 虚功原理和单位载荷法	271
11.5 卡氏定理	277
11.6 冲击问题的能量解法	280
* 11.7 剪力对弯曲位移的影响	284
本章要点	286
思考题	287
习题	287
第 12 章 力法	292
12.1 引言	292
12.2 用力法分析静不定问题	293
12.3 对称性及其在静不定问题中的应用	297
12.4 受面外载荷作用的静不定刚架	301
思考题	303
习题	303
第 13 章 内力和变形的计算机分析	306
13.1 引言	306
13.2 梁的内力可视化	306
13.3 梁的变形可视化	311
本章要点	316
思考题	317
习题	317
附录 I 型钢表	319
附录 II VoB (梁的内力和位移可视化程序)	331
习题参考答案	336
索引 (汉英对照)	350
参考文献	354
作者简介	355

Contents

Preface

List of Symbols

Chapter 1	Introduction	1
1.1	Objectives of Mechanics of Materials	1
1.2	Basic Assumptions of Mechanics of Materials	3
1.3	External and Internal Forces	4
1.4	Stress	10
1.5	Strain	11
1.6	Relation between Stress-Strain	13
1.7	Types of Deformation of Rod Portion	14
1.8	Method of Studying Mechanics of Materials	15
	Highlights of this Chapter	15
	Problems and Exercises	17
Chapter 2	Tension and Compression under Axial Loading	21
2.1	Introduction	21
2.2	Internal Force in Axial Loading—Axial Force and Axial-Force Diagrams	21
2.3	Stress in an Axially Loaded Bars; Saint-Venant's Principle	23
2.4	Mechanical Properties of Materials under Axial Tension and Compression	26
2.5	Allowable Stress and Strength Calculation	32
2.6	Deformation of Axially Loaded Bar	35
2.7	Statically Indeterminate Problems for Axially Loaded Bars	41
* 2.8	Initial Stress and Thermal Stress	43
2.9	Strength Calculation of Shearing and Bearing for Connections	46
2.10	Conception of Stress Concentration	49
	Highlights of this Chapter	51
	Problems and Exercises	52
Chapter 3	Torsion	58
3.1	Introduction	58
3.2	Internal Force-Torque and Torque Diagrams	59
3.3	Torsion of Thin-Walled Circular Cylinder	61
3.4	Shearing Stress on Cross Section of Circular Shaft and Strength Condition	63
3.5	Torsional Deformation of Circular Shaft and Stiffness Condition	67

3.6	Torsion of Noncircular Shafts	69
3.7	Statically Indeterminate Problems in Torsion	71
	Highlights of this Chapter	74
	Problems and Exercises	74
Chapter 4	Internal Forces in Bending	79
4.1	Introduction	79
4.2	Mechanical Sketches and Types of Statically Determinate Beams	79
4.3	Shear Forces and Bending Moments	81
4.4	Relations among Shear Forces, Bending Moments and Loads	86
4.5	Shear-Force and Bending-Moment Diagrams	87
4.6	Internal Forces in Frames and Curved Beams	92
	Highlights of this Chapter	94
	Problems and Exercises	94
Chapter 5	Geometric Properties of Sections	99
5.1	Introduction	99
5.2	Static Moment and Centroid of Area	99
5.3	Moments of Inertia; Polar Moments of Inertia; Product of Inertia	101
5.4	Parallel Axis Theorems	105
5.5	Transformation Equations; Principle Axis of Inertia; Principle Moment of Inertia	107
	Highlights of this Chapter	110
	Problems and Exercises	112
Chapter 6	Bending Stresses	116
6.1	Introduction	116
6.2	Normal Stresses in Beams	117
6.3	Shear Stresses in Beams	122
6.4	Strength Criteria of Beams and Optimum Design of Beams for Strength	128
6.5	Oblique Bending	134
6.6	Combined Deformation with Lateral and Axial loads	136
6.7	Further Analysis of Bending Deformation	141
	Highlights of this Chapter	145
	Problems and Exercises	146
Chapter 7	Deflections of Beams	156
7.1	Introduction	156
7.2	Approximately Differential Equations of Deflection Curve	157
7.3	Using Integration Method to Determine Beam Displacements	158

7.4	Using Superposition Method to Determine Beam Deflections	163
7.5	Using Virtual Cantilever Beam Method to Find Beam Deflections	172
7.6	Statically Indeterminate Beams	174
7.7	Stiffness Condition and Optimum Design of Beams for stiffness	179
	Highlights of this Chapter	181
	Problems and Exercises	183
Chapter 8	Analysis of Stress and Strain	190
8.1	Introduction	190
8.2	Analysis of Plane Stress State	191
8.3	Mohr's Circle	194
8.4	Extreme Value of Stress and Principle Stresses in Plane Stress State	196
8.5	Maximum Stresses in Three-Dimensional Stress State	200
* 8.6	Analysis of Plane Strain State	202
8.7	Generalized Hooke's Law	206
	Highlights of this Chapter	211
	Problems and Exercises	214
Chapter 9	Theories of Strength	218
9.1	Introduction	218
9.2	Strength Theories on Fracture	219
9.3	Strength Theories on Yield	219
9.4	Unified Expression of Equivalent Stress Conditions	221
9.5	Combined Bending and Torsion • Combined Bending and Torsion with Axial Load	223
9.6	Thin-Walled Pressure Circular Cylinders	226
* 9.7	Further Discussion about Strength Criteria	229
	Highlights of this Chapter	234
	Problems and Exercises	235
Chapter 10	Stability of Columns	241
10.1	Introduction	241
10.2	Critical Load for Slender Columns	242
10.3	Application Limit of Euler's Formula	244
10.4	Critical Stress for Columns being of Stress over Proportional Limit	248
10.5	Stability Calculation and Optimum Design of Columns	250
	Highlights of this Chapter	254
	Problems and Exercises	255

Chapter 11	Energy Method	261
11.1	Introduction	261
11.2	Work of External Force and Strain Energy	261
11.3	Reciprocal Theories	268
11.4	Principle of Virtual Work for Unit-Load Method	271
11.5	Castigliano's Theory	277
11.6	Energy Method of Impact Problems	280
* 11.7	Effect of Shearing Force on Bending Deformation	284
	Highlights of this Chapter	286
	Problems and Exercises	287
Chapter 12	Force Method	292
12.1	Introduction	292
12.2	Using Force Method to Analysis of Statically Indeterminate Problems	293
12.3	Symmetry and Application In Statically Indeterminate Problems	297
12.4	Statically Indeterminate Rigid Frames Subjected to Out-Plane Forces	301
	Problems and Exercises	303
Chapter 13	Computer Analysis of Internal Forces And Deformations	306
13.1	Introduction	306
13.2	Visualization of Internal Forces in Beams	306
13.3	Visualization of Deformations of Beams	311
	Highlights of this Chapter	316
	Problems and Exercises	317
Appendix I	Tables of Rolled-Steel Shapes	319
Appendix II	VoB	331
	Answer to Exercises	336
	Index (Chinese-English)	350
	References	354
	About the Author	355

第1章 绪论

1.1 材料力学的任务

1.1.1 构件和构件的变形

各种各样的工程机械或结构都是由构件组成。根据几何形状的特征，构件可分为：

(1) 杆件——一个方向的尺寸远大于其他两个方向尺寸的构件。一根杆件的形状与尺寸由轴线与横截面确定。轴线与杆的长度方向一致，垂直于轴线的截面称为横截面，横截面形心的连线定义为轴线（见图 1.1-1）。

根据轴线与横截面的特征，构件可分为直杆和曲杆，等截面杆和变截面杆（横截面的大小变化或形状发生变化）（见图 1.1-2）。

(2) 板件——一个方向的尺寸远小于其他两个方向尺寸的构件。板件的形状与尺寸由中面来确定。中面即平分板件厚度的几何面。中面为平面的板件称为平板，中面为曲面的板件称为壳（见图 1.1-3）。

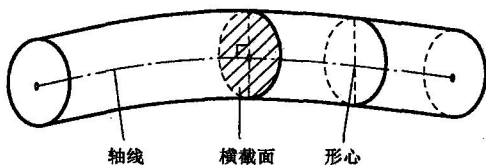


图 1.1-1 杆件的几何描述

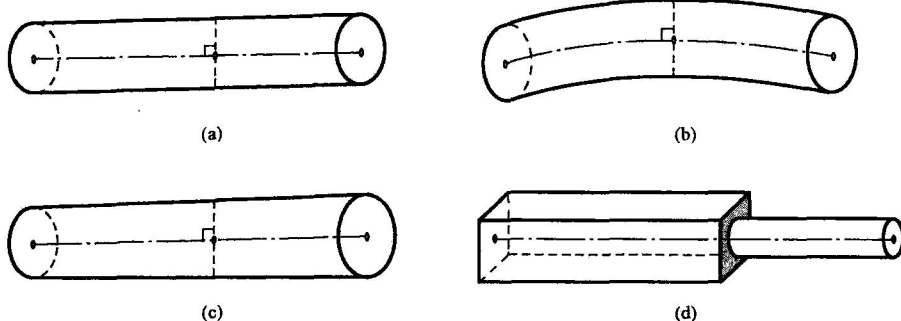


图 1.1-2 杆件的分类

(a) 等截面直杆；(b) 等截面曲杆；(c) 匀变截面直杆；(d) 组合直杆

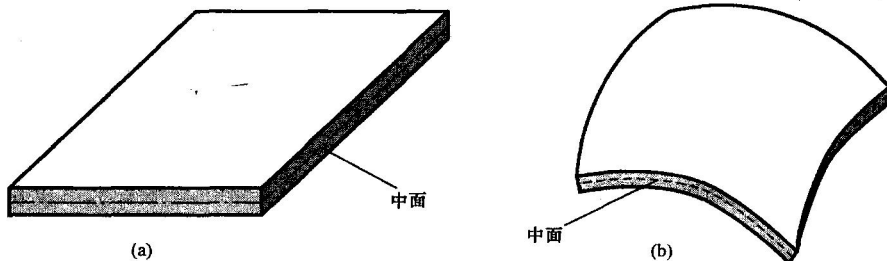


图 1.1-3 板件的几何描述

(a) 平板；(b) 壳

(3) 块体——三个方向的尺寸相当的构件。块体在工程机械和结构中的实例多为连接体或基础，在计算精度要求不高的情况下，块体可近似作为杆件来处理。

材料力学主要研究单根杆件和几根杆件组成的简单杆系。

工作时受到外力作用的构件称为**承力构件**（简称为**构件**），任何承力构件在工作时，其尺寸和形状都会发生改变，构件尺寸与形状的改变称为**变形**。发生变形的构件称为**可变形构件**，或统称为**可变形固体**。忽略变形的构件称为**刚体**。就变形量的大小而言，变形可分为**小变形**和**大变形**。所谓小变形，就是假设可变形构件的约束力和内力可用外力作用在对应的刚体上产生的约束力和内力来代替。在这种情形下，刚体力学的平衡方程可直接用来求内力和约束反力。用这种方法求构件的约束力和内力的方法称为**原始尺寸原理**。而对大变形构件，这种假设不成立。在图 1.1-4 所示的简支梁中，如在集中力 F 作用下梁端点 B 的水平位移 Δ_{Bx} 和 F 作用点的水平位移 Δ_{Cx} ($\neq \Delta_{Bx}$) 可以忽略不计，换言之，轴线上各点只有很小的竖向位移而没有水平位移，则梁的变形认为是小变形，否则为大变形。对于大变形问题，仅凭静力学平衡理论，是无法求出梁的约束反力的。所以，小变形假设使得所研究的问题大为简化。而通常实际承力构件的变形确实是相当微小的。

就构件的变形能否消失而言，变形可分为**弹性变形**和**弹塑性变形**。弹性变形当外力解除

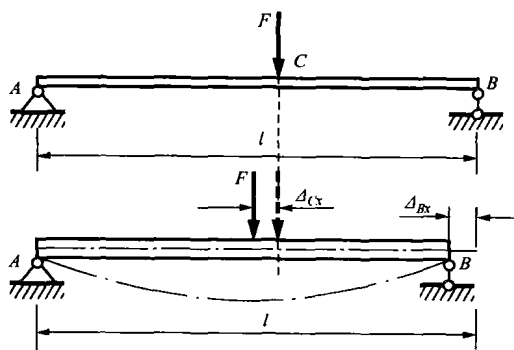


图 1.1-4 构件小变形条件下的原始尺寸原理

后可以完全恢复，而弹塑性变形当外力解除后只能恢复弹性变形部分，仍有部分变形不能消除，这部分残留在构件内的变形称为**塑性变形**或**残余变形**。如果构件中的塑性变形在外力不再增加的情况下依旧在发生、增大，则称为**整体屈服**。通常认为弹塑性变形等于弹性变形与塑性变形之和。当弹性变形与外力成线形关系时，称为**线弹性变形**。实验表明，任何材料在外力不大时，都近似存在线弹性变形状态。本材料力学教程主要在线弹性的范围内研究材料的力学反应。

1.1.2 构件的强度、刚度和稳定性

承力构件要保证正常工作，显然不能发生断裂、显著塑性变形或整体屈服。对于许多构件，工作时变形过大也是不允许的。这就要求构件具有足够的**强度**（即抵抗破坏的能力）和足够的**刚度**（即抵抗变形的能力）。

还有一种现象也十分重要，即受压构件当压力超过某一临界值时，突然从原来的小变形状态转变为大变形弯曲平衡状态，这种现象称为**失稳**。通常失稳会造成较严重的经济损失，所以构件工作时发生失稳也是严格禁止的。因此承力构件还必须具有足够的**稳定性**（即保持原有平衡状态的能力）。

使构件具有足够的强度、刚度和稳定性是保证构件安全工作的基本要求，也是构件设计的基本要求。

另外，在保证构件安全工作的前提下，还应尽可能地节省材料，减轻重量，降低构件的制造成本，提高经济效益。显然，**安全与经济**是一对矛盾，因为为了构件安全，通常要选用优质的材料，增大截面尺寸，这样做的后果可能是浪费了材料，增加了重量，导致制造成本

和耗能的提高。可见, 如何合理地选择材料, 恰当地确定构件形状和尺寸是构件设计的重要问题。

综上所述, 材料力学的主要任务就是研究构件在外力作用下的变形, 受力与失效(即构件强度不足、变形过大或失稳)的规律, 为合理设计构件提供基本理论和分析方法。

1.2 材料力学的基本假设

制作构件的材料各种各样, 随着材料科学的发展, 新材料层出不穷。一种材料通常是由多种化学成分组成的, 有些材料还是由多种组分形成的, 如建筑上广泛使用的混凝土就是由沙、石、水泥加水混合而成的。因此从材料的微观结构出发研究构件的宏观行为, 如强度、刚度和稳定性, 是极其困难的。而从材料的宏观行为出发却能提炼出材料的共性。为了便于对构件的强度、刚度和稳定性进行理论分析, 需要对工程材料的主要宏观力学行为作出假设。材料力学的基本假设如下。

1. 连续性假设

假设在构件的内部毫无空隙地充满了物质。从微观的角度看, 这假设是不真实的, 但从宏观的角度看, 却是十分自然和合理的。基于此假设, 构件中的力学量, 如各质点的位移、应力和应变, 可表达为质点的连续甚至是可微分的函数, 给理论分析带来了极大的方便。

2. 均匀性假设

假设材料在外力作用下的力学性能与其在构件中的位置无关。基于此假设, 由构件中的任何部位切取的微体的力学性质都可以代表构件的力学性质, 显然由试件测得的力学性质同样适用于构件内的任何部位。需要注意的是通过微体测量材料的力学性能时, 微体大小的选择是十分重要的, 比如对于微观上十分均匀的玻璃, 微体可取得很小, 而对于微观上不均匀的混凝土, 微体就要取得相对大, 应不小于组分中最大颗粒骨料(如石块)的最大尺寸的3倍。这样才能保证对微体进行测量的结果具有均匀化的统计意义, 满足工程要求。

3. 各向同性假设

假设构件中的任何质点沿任何方向的力学性质都相同。沿各个方向力学性质相同的材料称为各向同性材料, 沿不同方向具有不同力学性质的材料称为各向异性材料。

玻璃是典型的各向同性体, 金属材料从微观上看属于各向异性体, 因为组成金属的微观结构晶体是各向异性的。但由于金属构件所含晶体极多(一立方毫米的钢材中就包含了数万甚至数十万个的晶体), 而晶体的排列又是随机的, 因此金属材料的宏观表现可以认为是各向同性的(见图1.2-1)。而日益广泛使用的新型材料——纤维增强的复合材料(见图1.2-2), 沿纤维方向的承载能力远大于垂直于纤维方向的承载能力, 这说明纤维增强的复合材料在不同方向表现出显著不同的力学性质, 因此是典型的各向异性材料。木材也是典型的各向异性材料(见图1.2-3)。本材料力学教程主要涉及各向同性材料。对于由各向异性材料制作的构件, 研究方法是相同的, 但超出了本教程的研究范围。

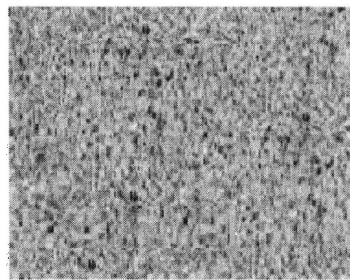


图 1.2-1 金属的微观结构示意图