

高等学校规划教材

材料力学

主编 张淑芬 徐红玉 梁 斌

中国建筑工业出版社



014035397

TB301-43
99

高等学校规划教材

材 料 力 学

主 编 张淑芬 徐红玉 梁 斌
副主编 张彦斌 梅 群



中国建筑工程工业出版社



北航

C1715315

TP 301-43

99

Y88280210

图书在版编目(CIP)数据

材料力学/张淑芬等主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 3

高等学校规划教材

ISBN 978-7-112-16314-4

I. ①材… II. ①张… 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(2014)第 012965 号

本书是根据教育部对材料力学课程的教学基本要求编写而成的。全书共有 13 章, 包括绪论、轴向拉伸与压缩、剪切与挤压、扭转、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、应力状态分析和强度理论、组合变形、压杆的稳定性、动载荷与交变应力、能量法、静不定结构、简单弹塑性问题、附录 A: 平面图形的几何性质、附录 B: 型钢表。本书所有例题均经过精心挑选, 注意理论与实际问题的结合, 每章均安排有本章知识点、重点、难点、小结与学习指导, 配有思考题和习题, 书后附有习题答案。

本书基本概念、基本理论和基本方法论述简洁、清晰、准确。注重培养学生针对实际工程问题建立力学模型的能力和解决问题的能力。内容安排合理, 专业适用面宽, 适合教师教学和学生自学。

本书可作为普通高等学校和成人高等教育机械工程、土木工程和工程力学等工程类专业的材料力学教材, 也可作为各类自考人员、研究生入学备考人员和工程技术人员的参考书。

责任编辑: 王 跃 吉万旺

责任校对: 张 颖 赵 颖

高等学校规划教材

材料力学

主 编 张淑芬 徐红玉 梁 斌

副主编 张彦斌 梅 群

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 26½ 字数: 380 千字

2014 年 3 月第一版 2014 年 3 月第一次印刷

定价: 49.00 元

ISBN 978-7-112-16314-4

(25053)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前言

材料力学是机械、土木、交通、动力、水利等工科专业的一门重要技术基础课，它与工程实际紧密联系，对学生诸多后续课程的学习以及培养学生的创新思维和解决实际工程问题的能力，都有着极其重要的作用。

本教材具有以下特色：

1. 教材的精炼化。本书充分体现机械、土木等工科专业教育的特点，以应用为目的，基本理论以“必须”、“够用”为度，力求精简，叙述清楚，便于学生阅读。体现工程应用，以满足培养工程应用型人才的要求。

2. 教材内容的现代化。教材的内容在全面覆盖专业规范的知识点、知识体系的基础上，精选、优化课程内容，与理论力学课程贯通、融合、提升，组成既独立又相互支撑的基础力学课程的体系，便于读者把握所研究问题的内在联系，建立和形成整体的力学概念。

3. 教材重点突出，语言简练，图文并茂。全书贯穿基本概念、基本理论和基本方法的训练；基本要求中的内容讲解透彻，没有过多过繁的理论分析和证明推导，充分体现新时期教育的特点；注重加强学生的基本能力训练，培养学生分析、解决实际问题的能力。

4. 教材的通俗化。教材编写的方式适合现代大学生的特点，每章采用先切入生活、工程背景，再引入概念及相关知识，中间辅以恰当的例题分析和综合工程应用的实例等。

5. 教材的实用化。为了方便教学和自学，每章内容的前面编写了导读，主要介绍本章知识点、重点、难点；每章内容的后面安排有小结与学习指导，配有思考题和习题，并在书后附有习题答案。

本书由张淑芬、徐红玉、梁斌主编，由张彦斌、梅群任副主编。张淑芬负责统稿和修改定稿。徐红玉负责组织、管理。梁斌负责联系、协调。编写人员有：张淑芬（第1、3章，前言和内容提要等）；徐红玉（第1、3、5章，本章知识点、小结及学习指导，附录C等）；张彦斌（第2章，§13-1、§13-2，附录A）；侯中华（第4、6章，*§7-7）；梅群（第7章）；虞跨海（第8章）；王慧萍（第9、11章）；张耀强（第3、10章）；刘宗发（第12章，附录B）；梁斌（第13章）。

本教材由兰州大学高原文教授和河南工业大学原方教授审阅，他们提出了宝贵意见和建议，使本书得以完善和增色。中国建筑工业出版社对该书的出版给予

了积极支持和帮助，特此致谢。

本教材在编写过程中，得到河南科技大学教务处和土木工程学院院长张伟教授及力学系教师的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。本书由河南科技大学教材出版基金资助。编写中参考了国内外一些优秀教材，在此向教材的编著者们一并致谢。

限于编者水平和经验，本书难免有疏漏与不妥之处，恳请同行专家和使用本书的广大读者批评指正。

编者

2014年2月

目 录

第1章 绪论	1
本章知识点	1
§ 1-1 材料力学的任务	1
§ 1-2 材料力学的基本假设	4
§ 1-3 外力、内力和截面法	6
§ 1-4 应力和应变	9
§ 1-5 杆件变形的基本形式	11
小结及学习指导	12
思考题	12
习题	12
第2章 拉伸、压缩与剪切	15
本章知识点	15
§ 2-1 轴向拉伸与压缩的概念及工程实例	15
§ 2-2 轴向拉伸与压缩时横截面上的内力——轴力、轴力图	16
§ 2-3 轴向拉伸与压缩时横截面上的应力和强度条件	17
§ 2-4 轴向拉伸与压缩时斜截面上的应力	21
§ 2-5 轴向拉伸与压缩时的变形 胡克定律	22
§ 2-6 材料拉伸与压缩时的力学性能	25
§ 2-7 简单拉压超静定问题	32
§ 2-8 应力集中的概念	37
§ 2-9 剪切和挤压的实用计算	38
* § 2-10 真应力和真应变	42
小结及学习指导	43
思考题	44
习题	45
第3章 扭转	52
本章知识点	52
§ 3-1 扭转变形的概念与工程实例	52
§ 3-2 外力偶矩计算 扭矩和扭矩图	53
§ 3-3 纯剪切、切应力互等定理、剪切胡克定律	56
§ 3-4 圆轴扭转时的应力及强度条件	58
§ 3-5 圆轴扭转的破坏分析	66

§ 3-6 圆轴扭转时的变形及刚度条件	68
§ 3-7 非圆截面杆自由扭转简介	74
* § 3-8 薄壁杆件的自由扭转	77
小结及学习指导	83
思考题	83
习题	84
第 4 章 梁的弯曲内力	90
本章知识点	90
§ 4-1 弯曲变形的概念和工程实例	90
§ 4-2 梁的计算简图及分类	91
§ 4-3 剪力方程和弯矩方程、剪力图和弯矩图	93
§ 4-4 剪力、弯矩与荷载集度之间的微分关系	101
§ 4-5 按叠加原理作弯矩图	106
* § 4-6 静定平面刚架与曲杆的内力	107
小结及学习指导	109
思考题	110
习题	110
第 5 章 梁的弯曲应力	117
本章知识点	117
§ 5-1 梁的弯曲正应力与强度条件	117
§ 5-2 梁的弯曲切应力与强度条件	133
§ 5-3 提高弯曲强度的措施	141
§ 5-4 弯曲中心和平面弯曲的充要条件	144
小结及学习指导	146
思考题	146
习题	147
第 6 章 梁的弯曲变形	154
本章知识点	154
§ 6-1 梁弯曲变形时的挠度和转角、挠曲线近似微分方程	155
§ 6-2 用积分法求弯曲变形	157
§ 6-3 用叠加法求弯曲变形	163
§ 6-4 简单超静定梁	167
§ 6-5 梁的刚度条件与减少弯曲变形的措施	170
小结及学习指导	172
思考题	172
习题	173
第 7 章 应力状态和强度理论	179
本章知识点	179
§ 7-1 应力状态的概念	179

§ 7-2	平面应力状态分析的解析法	185
§ 7-3	平面应力状态分析的图解法	189
§ 7-4	三向应力状态分析简介	194
§ 7-5	广义胡克定律	196
* § 7-6	由测点处的正应变确定应力状态	201
* § 7-7	应变能密度	202
§ 7-8	强度理论	204
	小结及学习指导	212
	思考题	212
	习题	213
第 8 章	组合变形	220
	本章知识点	220
§ 8-1	组合变形的概念和工程实例	220
§ 8-2	斜弯曲	221
§ 8-3	拉伸(压缩)与弯曲组合变形的强度计算	223
§ 8-4	偏心压缩(拉伸)和截面核心	226
§ 8-5	圆轴扭转与弯曲组合变形的强度条件	230
§ 8-6	薄壁压力容器的组合变形	235
	小结及学习指导	236
	思考题	237
	习题	238
第 9 章	压杆稳定	243
	本章知识点	243
§ 9-1	压杆稳定的概念	243
§ 9-2	两端铰支细长压杆的临界压力	245
§ 9-3	其他支座条件下压杆的临界压力	248
§ 9-4	欧拉公式的适用范围、临界应力	251
§ 9-5	压杆的稳定计算	255
§ 9-6	提高压杆稳定性的措施	258
	小结及学习指导	260
	思考题	260
	习题	261
第 10 章	动荷载和交变应力	264
	本章知识点	264
§ 10-1	构件作匀加速直线运动和匀速转动时的应力计算	264
§ 10-2	冲击荷载	267
§ 10-3	冲击韧性	273
§ 10-4	交变应力与疲劳失效	275
§ 10-5	交变应力的循环特性、平均应力和应力幅	276

§ 10-6	材料的持久极限	277
§ 10-7	影响构件持久极限的主要因素	278
§ 10-8	构件的疲劳强度计算	281
	小结及学习指导	283
	思考题	284
	习题	284
第 11 章	能量法	290
	本章知识点	290
§ 11-1	概述	290
§ 11-2	杆件应变能的计算	290
§ 11-3	应变能的普遍表达式	296
§ 11-4	互等定理	298
§ 11-5	卡氏定理	301
§ 11-6	虚功原理	305
§ 11-7	单位荷载法、莫尔定理	308
§ 11-8	计算莫尔积分的图乘法	314
	小结及学习指导	317
	思考题	317
	习题	318
第 12 章	超静定结构	322
	本章知识点	322
§ 12-1	超静定结构概述	322
§ 12-2	用力法解超静定结构	325
§ 12-3	对称与反对称性质的利用	332
§ 12-4	连续梁及三弯矩方程	338
	小结及学习指导	343
	思考题	344
	习题	345
第 13 章	简单弹塑性问题	349
	本章知识点	349
§ 13-1	材料的弹塑性应力应变关系	349
§ 13-2	简单桁架的弹塑性分析	352
§ 13-3	圆轴的弹塑性扭转	355
§ 13-4	梁的弹塑性弯曲	356
§ 13-5	残余应力的概念	363
	小结及学习指导	364
	思考题	365
	习题	366
附录 A	平面图形的几何性质	370

本章知识点	370
§ A-1 静矩与形心	370
§ A-2 惯性矩、惯性半径和惯性积	372
§ A-3 平行移轴定理	373
§ A-4 转轴公式和主惯性轴	375
小结及学习指导	378
思考题	379
习题	380
附录 B 型钢表 (GB/T 706—2008)	381
附录 C 习题答案	399
主要符号表	412
参考文献	413

第1章 绪 论

本章知识点

【知识点】 材料力学的主要研究对象、内容，材料力学的基本假设，材料力学的研究方法，工程构件的基本变形。

【重点】 基本概念和假设的定义与理解，用截面法求构件截面上内力。

【难点】 材料内一点受力和变形程度的度量方法——应力、应变的定义方法和物理含义。

材料力学是变形体力学的入门课程，是固体力学的基础。与理论力学研究质点系和刚体运动不同，材料力学研究变形固体的力学行为。与刚体相比，变形固体是人类在生产实践中遇到最早、最多的物体。材料力学的基本概念、基本理论和分析方法在宇航工程、机械工程、土木工程以及许多新兴的高科技领域中，如星际开发、海底建设、生命工程、核工程、新型结构、新型材料的研制等方面都得到广泛应用，甚至我们日常生活中遇到的许多现象都可以用材料力学的基本概念和理论来解释。正是由于这些原因，使材料力学成为工程类各专业的技术基础课程，在工程技术人员培养方面起着不可替代的作用。

§ 1-1 材料力学的任务

一、材料力学的研究内容和研究对象

1. 材料力学的研究内容

在工程实际中，各种机械与结构得到广泛应用。组成机械与结构的零件、构件，如机床主轴、齿轮，建筑物中梁和柱等，统称为**构件**。当机械与结构工作时，构件受到外力作用，同时其尺寸与形状也发生改变。构件尺寸与形状的变化称为**变形**。

构件的变形分为两类：一类为外力解除后可消失的变形，称为**弹性变形**；另一类为外力解除后不能消失的变形，称为**塑性变形或残余变形**。

为保证工程机械或结构的正常工作，就必须要求组成机械或结构的各个构件在荷载作用下能够正常工作，即构件应满足强度、刚度与稳定性三个方面的要求。

(1) 强度要求 强度 (strength) 是指构件抵抗破坏的能力。构件破坏的形式主要有两种：塑性屈服破坏和脆性断裂破坏。强度要求就是指构件在规定荷载作用下不发生破坏 (不发生断裂或显著塑性变形)，即具有足够的抵抗破坏的能

力。例如储气罐不应爆炸，冲床曲轴不可折断，房屋的横梁不能断裂等。

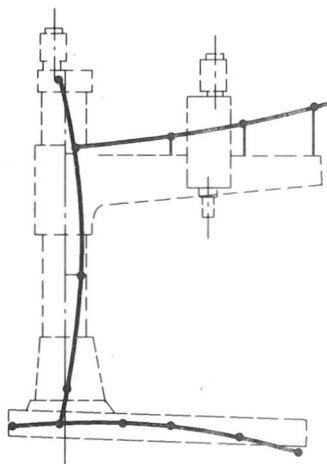


图 1-1

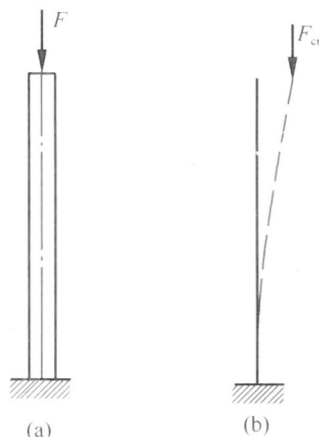


图 1-2

(2) 刚度要求 刚度 (rigidity) 是指构件抵抗变形的能力。构件在外力作用下会产生变形，工程上对构件的变形大小有一定的限制量，超过限制量，构件虽不一定破坏，但会影响正常工作。例如桥梁变形挠曲度过大，车辆行驶中便会引起有害振动。又如图 1-1 虚线所示摇臂钻床，工作中若发生实线所示的大变形，显然钻孔误差便会超量，达不到加工精度要求。刚度要求就是指构件在外力作用下产生的变形不超过正常工作的限制变形量，即具有足够的抵抗变形的能力。

(3) 稳定性要求 稳定性 (stability) 是指构件保持其原有平衡形式的能力。如千斤顶的螺杆、内燃机的挺杆等。又如图 1-2 (a) 所示细长受压立柱，当压力 F 较小时，立柱的直线平衡形式是稳定的 (图 1-2 (b) 中的实线)；但当压力 F 达到某一数值时，立柱会突然弯曲 (图 1-2 (b) 中的虚线)，称为丧失稳定，简称失稳。由于失稳具有突然性，危害特别严重。稳定性要求就是确保构件在工作中保持原有平衡形式。

构件的强度、刚度和稳定性问题是材料力学所要研究的主要内容。

在工程问题中，一般说，构件都应具有足够的强度、刚度和稳定性，但对具体构件又往往有所侧重。例如，储气罐主要是保证强度，车床主轴主要是应具备足够的刚度，而受压的细长杆则应保持稳定性。此外，对某些特殊构件还可能有相反的要求。例如，为防止超载，当荷载超出某一极限时，安全销应立即破坏；为发挥缓冲作用，车辆的缓冲弹簧应有较大的变形等。

2. 材料力学的研究对象

工程实际中的构件，形状多种多样，根据其几何特征，大致可分为杆件、板件与块体。

(1) 杆件：一个方向的尺寸远大于其他两个方向的尺寸的构件 (图 1-3)。

杆件的形状与尺寸由其轴线与横截面确定。轴线是横截面形心的连线，横截面是垂直于轴线的平面，轴线是直线时称为直杆 (图 1-3a)，轴线是曲线时称为曲杆 (图 1-3b)。横截面相同的杆称为等截面杆，横截面大小不等的杆称为变截面杆 (图 1-3c)。

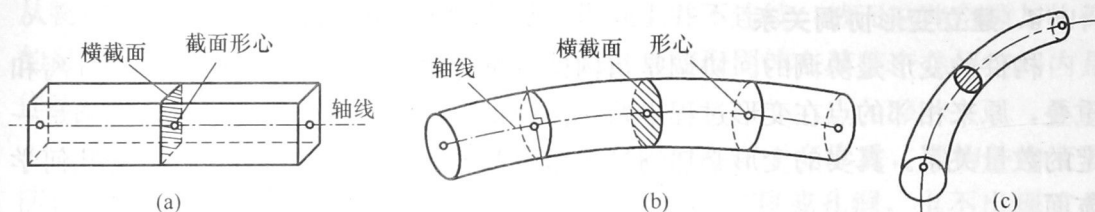


图 1-3

(a) 等截面直杆；(b) 等截面曲杆；(c) 变截面曲杆

(2) 板件：一个方向的尺寸远小于其他两个方向的尺寸的构件（图 1-4）。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（图 1-4a）；中面为曲面的板件称为壳（图 1-4b）。

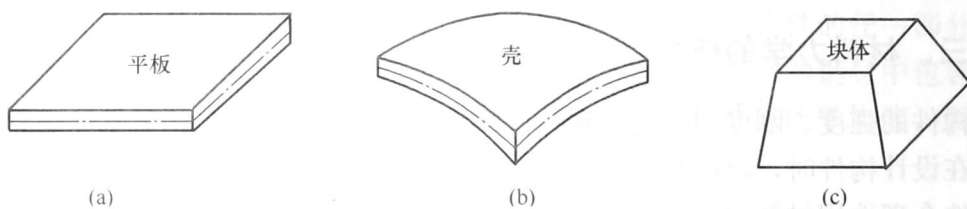


图 1-4

(3) 块体：三个方向的尺寸都比较接近（属于同一量级）的构件（图 1-4c）。

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。而板、壳和块体均属弹性力学等的研究范畴。

二、材料力学的研究方法

材料力学有着与物理学科相类似的研究方法，也需要观察和实验、假设和计算、理论分析和实践检验等。但由于研究内容的不同，研究方法上也有区别。归纳起来有以下方面：

1. 实验观察分析

实验是材料力学的重要组成部分，通过实验才能找出力与变形的关系，才能获得材料的力学性能参数，确定各种材料抵抗破坏和变形的能力；由实验观察分析材料的破坏方式与特点，提出适用不同材料的强度理论。实验也是验证理论和解决难以理论分析的问题的重要手段。

2. 建立力学模型

材料力学是研究变形固体的力学行为。由于材料的多样性和复杂性，需要抓住对研究问题起主要影响作用的因素，略去次要因素。根据工程材料的主要性质，对研究的变形固体提出假设，得到理想的力学模型，以便建立合理、适用的分析理论。

3. 利用静力平衡关系

在外力作用下，处于平衡状态的构件，其整体和任意各部分必然也是平衡的，均可建立静力平衡方程，对构件的外力、内力及应力进行分析。这是材料力学分析的静力学方面。

4. 建立变形协调关系

构件的变形是协调的。协调是指构件上所有的点在变形过程中不发生分离和重叠,原来相邻的点在变形过程中始终保持相邻,而且各点的变形量之间满足一定的数量关系。真实的变形必然满足变形协调关系。这是材料力学分析的几何学方面。

5. 引入物理关系

静力平衡关系和变形协调关系均不涉及构件的材料性质,而构件的强度、刚度与稳定性与构件材料的力学性能密切相关。因此,在分析过程中必须引入材料的物理关系或应力应变关系。

上述几个方面构成材料力学研究问题的重要方法,贯穿于材料力学教材的始终。由此而知,实验研究和理论分析是完成材料力学任务所必需的手段。

三、材料力学的任务

构件的强度、刚度与稳定性和构件的尺寸、形状以及材料的力学性能有关。

在设计构件时,除应满足强度、刚度与稳定性三方面的基本要求外,还应尽可能地合理选用材料与节省材料,从而降低制造成本并减轻构件重量。为了结构的安全可靠,往往希望选用优质材料与较大的截面尺寸,但是,由此又可能造成材料浪费与结构笨重。可见,安全与经济和重量之间存在矛盾。因此,如何合理地选用材料、恰当地确定构件的截面形状与尺寸,便成为构件设计中的一些十分重要的问题。

材料力学的任务就是:研究构件在外力作用下的变形、受力与破坏的规律,为设计既经济又安全的构件,提供强度、刚度和稳定性分析的基本理论和计算方法。

§ 1-2 材料力学的基本假设

科学离不开假设,材料力学也同样如此。科学中的假设不是任意的,而是基于实验观察结果对真实世界的概念性升华和对复杂事物的合理简化,而且这种合理性是经过工程实践检验的。

材料力学是研究构件在外力作用下的变形和破坏规律。构件一般由固体材料制成。不能将制成构件的材料看成既不变形也不产生破坏的刚体,必须如实地把它们看做是**可变形固体**。变形固体的性质是多方面的,研究问题的角度不同,侧重面也不同。为了突出研究问题的主要影响因素,略去次要因素,抽象出理想的力学模型,故对变形固体作如下基本假设:

一、连续性 (continuous) 假设

连续性假设认为在变形固体所占有的空间(整个体积)内均毫无空隙地充满了物质,即认为是密实的。因此,变形固体内的各力学量如各点的应力、应变和位移均是坐标的连续函数,并可采用无限小的数学分析方法。实际的变形固体,

从物质结构来说都具有不同程度的间隙,微观上并不连续。然而这些空隙与构件的尺寸相比极其微小,故可忽略不计。于是认为变形固体在其整个几何空间内是连续的。

应该指出:连续性不仅存在于构件变形前,也存在于变形后,即构件内变形前相邻近的质点变形后仍保持邻近,既不产生新的空隙或孔洞,也不出现重叠现象。

二、均匀性 (homogeneous) 假设

材料在外力作用下所表现的性能,称为材料的力学性能。均匀性假设认为在变形固体的体积内,各点处力学性能完全相同。如从体内截取任意部分,不论其大小及所在部位,其力学性能都是完全一样的。就工程上常用的金属材料而言,组成金属的各个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为数极多的晶粒,且是无规则地错综排列(例如 1mm^3 的钢材中包含了数万甚至数十万个晶粒),其力学性能是所有晶粒力学性能的统计平均值,所以从宏观上可以认为构件各部分的力学性能是均匀的。

三、各向同性 (isotropic) 假设

各向同性假设认为变形固体在各个方向上的力学性能均完全相同。具备这种属性的材料称为各向同性材料。就金属的单一晶粒而言,在不同方向上,其力学性能并不一样。但金属构件包含有数量极多的晶粒,且各晶粒又是无规则地排列,在各个方向上的力学性能就接近相同。如铸钢、铸铜、玻璃等可认为是各向同性材料。

在各个方向上具有不同力学性能的材料称为各向异性 (anisotropic) 材料,如木材、胶合板、复合材料、纤维织品等。

材料力学主要研究的是各向同性材料。

四、小变形条件

构件在弹性范围内,它的变形量远小于原始尺寸。小变形条件是指构件在外力作用下产生的变形与构件的原始尺寸相比很微小。运算时可作为数学上的微量处理。因此,在考虑构件的平衡或运动时,可略去其变形。按它变形前的原始尺寸和形状进行受力分析计算。

例如图 1-5 所示的支架,各杆因受力而变形,引起几何形状和外力作用点 A 位置的变化。但由于 A 点的水平位移 δ_x 和垂直位移 δ_y 均远小于杆件的原始尺寸,所以在计算各杆的受力时,仍可用支架在受力变形前的几何形状和尺寸(即考虑节点在 A 处而不是 A' 处的平

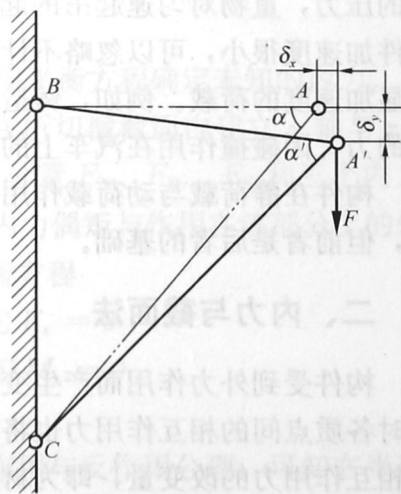


图 1-5

衡, 可视为 $\alpha' = \alpha$)。

今后小变形概念经常要用到, 它使分析计算简化。如果构件变形较大, 接近构件原来尺寸的量级, 则称为有限变形, 其计算相当复杂, 已超出了本书涉及的范围。

综上所述, 在材料力学中, 一般将实际材料看作是连续、均匀、各向同性和小变形的可变形固体。公式中使用的尺寸量是构件变形前的原始尺寸。实践证明, 在此基础上所建立的理论分析与计算结果, 符合工程所要求的精度范围。

§ 1-3 外力、内力和截面法

一、外力

外力主要指作用在杆件上的荷载和约束反力。荷载包括机械荷载如力、力偶矩等, 还包括温度荷载、电磁力等, 材料力学主要考虑机械荷载。

按照外力的作用方式, 可分为表面力与体积力。作用在构件表面一个区域内连续分布的外力称为表面力, 如作用在高压容器内壁的气体或液体压力是表面力, 两物体间的接触压力也是表面力, 作用在建筑物外墙上的风压, 下雪后作用在房顶上的雪的重力等均是表面力。作用在构件各质点上的外力称为体积力, 如构件的重力与惯性力均为体积力。

按照表面力在构件表面的分布情况, 又可分为分布力与集中力。连续分布在构件表面某一范围的力称为分布力。如果分布力的作用面积远小于构件的表面面积, 或沿杆件轴线的分布范围远小于杆件长度, 则可将分布力简化为作用于一点的力, 称为集中力。对于杆件, 通常把表面力与体积力换算为沿杆件轴线分布的力, 用单位长度上分布力的大小——荷载集度 q 来表示, 量度单位为“N/m”或“kN/m”。

按照荷载是否随时间发生显著变化, 可分为静荷载与动荷载。静荷载是指缓慢地由零增加到一定数值后, 保持不变或变动不明显的荷载。如水库中的水对坝体的压力, 重物对匀速起吊的起重机绳索的作用力等。其特征是在加载过程中, 构件加速度很小, 可以忽略不计。动荷载是随时间显著变化或使构件各质点产生明显加速度的荷载。例如, 铸造时汽锤锤杆受到冲击力, 行进中火车作用在车轴上的力, 因碰撞作用在汽车上的力等均为动荷载。

构件在静荷载与动荷载作用下的力学表现或行为不同, 分析方法也不完全相同, 但前者是后者的基础。

二、内力与截面法

构件受到外力作用而产生变形时, 其内部各质点间的相对位置将发生变化, 同时各质点间的相互作用力也将发生改变。这种由外力作用而引起的内部各质点间相互作用力的改变量, 即为材料力学中所研究的内力, 称为附加内力, 简称内力。构件的内力随外力的增加而加大, 达到某一限度时就会引起构件的破坏, 因

此它与构件的变形和破坏是密切相关的。

内力的分析和求解是材料力学的重要内容之一,是解决构件承载力、刚度与稳定性问题的基础。

研究内力的方法称为**截面法**。用截面法计算内力的过程可以归纳为以下三个步骤。

1. 截开: 在需要求内力的截面处,用假想的平面 $m-m$ 将构件截开,分为两个部分,如图 1-6 (a) 所示。

2. 代替: 从截开的两部分中任选一部分作为研究对象,在该部分被截开的 $m-m$ 截面上用内力代替另一部分的作用。若选取左半部分为研究对象,如图 1-6 (b) 所示,则右半部分对左半部分的作用力由连续性假设可知,在 $m-m$ 截面上各处都有内力作用,所以内力是作用在截面上的一个连续分布力系。

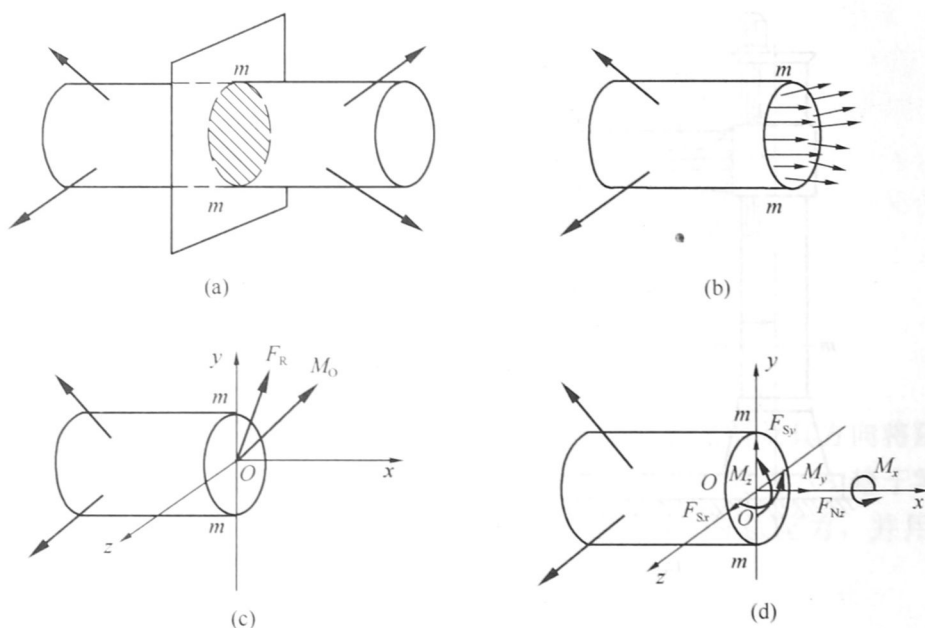


图 1-6

应用力系简化理论,将上述分布内力系向截面的某点 O (例如形心) 简化,得主矢 F_R 与主矩 M_O (图 1-6c)。

3. 平衡: 根据已知的荷载和约束反力,利用平衡方程确定未知的内力。

为分析求解内力,沿截面轴线建立 x 轴,在所切横截面内建立 y 轴与 z 轴,并将主矢 F_R 与主矩 M_O 进行分解,得三个内力分量 F_N 、 F_{Sy} 、 F_{Sz} 和三个内力偶矩分量 M_x 、 M_y 与 M_z (图 1-6d)。上述内力及内力偶矩与作用在该部分上的外力保持平衡,因此,可由空间任意力系的六个平衡方程

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum F_z = 0$$

$$\sum M_x = 0, \sum M_y = 0, \sum M_z = 0$$

求解得到全部内力。

若取截面的右半部分作为研究对象,则由作用与反作用公理,可知右半部分在截面 $m-m$ 上的内力与左半部分上的内力等值而反向,应用静力平衡方程可得