

---

---

全国高等教育自学考试教材

# 材料力学

( 土 建 类 专 业 )

秦惠民 主编

武汉大学出版社

---

---

全国高等教育自学考试教材

# 材 料 力 学 (

(土建类专业)

秦惠民 主编

武 汉 大 学 出 版 社

1991 年 · 武汉

(鄂)新登字 03 号

图书在版编目(CIP)数据

材料力学/秦惠民主编;张如三编  
武汉:武汉大学出版社,1991.2  
全国高等教育自学考试教材  
土建类专业用

ISBN 7-307-00931-5

I. 材…

I. ①秦… ②张…

Ⅱ. 材料力学—教材

N. TB301 TU501

武汉大学出版社出版发行

(430072 武昌 珞珈山)

湖北华昌印刷总厂印刷

1991年2月第1版 1995年10月第7次印刷

开本:787×1092 1/16 印张 24.25

字数:533千字 印数:60401—70400

ISBN 7-307-00931-5/TB·1 定价:21.80元

## 出版前言

高等教育自学考试教材是高等教育自学考试工作的一项基本建设。经国家教育委员会同意,我们拟有计划、有步骤地组织编写一些高等教育自学考试教材,以满足社会自学和适应考试的需要。《材料力学》是为高等教育自学考试土建类专业组编的一套教材中的一种。这本教材根据专业考试计划,从造就和选拔人才的需要出发,按照全国颁布的《材料力学自学考试大纲》的要求,结合自学考试的特点,组织高等院校一些专家学者集体编写而成的。

土建类专业《材料力学》自学考试教材,是供个人自学、社会助学和国家考试使用的。无疑也适用于其他相同专业方面的学习需要。现经审定同意予以出版发行。我们相信,随着高等教育自学考试教材的陆续出版,必将对我国高等教育事业的发展,保证自学考试的质量起到积极的促进作用。

编写高等教育自学考试教材是一种新的尝试,希望得到社会各方面的关怀和支持,使它在使用中不断提高和日臻完善。

全国高等教育自学考试指导委员会

一九八九年七月

# 目 录

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 绪 论                         | (1)   |
| § 0-1 材料力学的任务               | (1)   |
| § 0-2 变形固体及其基本假设            | (2)   |
| § 0-3 杆件变形的基本形式             | (4)   |
| § 0-4 如何学习材料力学              | (5)   |
| 第一章 轴向拉伸和压缩                 | (8)   |
| § 1-1 拉伸和压缩的概念              | (8)   |
| § 1-2 拉压杆的内力·截面法            | (9)   |
| § 1-3 轴力图                   | (14)  |
| § 1-4 拉压杆横截面上的正应力           | (17)  |
| § 1-5 应力分布的实验验证及应力集中的概念     | (21)  |
| § 1-6 拉压杆的强度计算              | (23)  |
| § 1-7 拉压杆斜截面上的应力            | (31)  |
| § 1-8 拉压杆的变形计算              | (33)  |
| § 1-9 材料在拉伸与压缩时的力学性质        | (41)  |
| § 1-10 拉压杆的轴向变形能            | (49)  |
| § 1-11 拉伸和压缩的超静定问题          | (50)  |
| 学习指导                        | (60)  |
| 复习思考题                       | (62)  |
| 习题                          | (63)  |
| 第二章 剪切与扭转                   | (69)  |
| § 2-1 剪切的概念·剪切的实用计算         | (69)  |
| § 2-2 纯剪切的概念                | (79)  |
| § 2-3 扭转的概念·受扭杆件的内力——扭矩与扭矩图 | (82)  |
| § 2-4 圆轴扭转时的应力              | (86)  |
| § 2-5 圆轴扭转时的变形计算            | (91)  |
| § 2-6 圆轴扭转时的强度计算与刚度计算       | (93)  |
| § 2-7 圆轴扭转时的弹性变形能           | (98)  |
| § 2-8 矩形截面杆的扭转              | (98)  |
| 学习指导                        | (101) |

|                                          |       |
|------------------------------------------|-------|
| 复习思考题                                    | (104) |
| 习题                                       | (105) |
| <b>第三章 梁的内力</b>                          | (108) |
| § 3-1 梁的平面弯曲·梁的计算简图                      | (108) |
| § 3-2 梁的支座反力的计算                          | (111) |
| § 3-3 梁的内力——剪力与弯矩                        | (113) |
| § 3-4 剪力方程和弯矩方程·剪力图和弯矩图                  | (119) |
| § 3-5 弯矩 $M$ 、剪力 $Q$ 和分布荷载集度 $q$ 之间的微分关系 | (129) |
| § 3-6 利用 $M$ 、 $Q$ 与 $q$ 的微分关系画剪力图与弯矩图   | (135) |
| 学习指导                                     | (145) |
| 复习思考题                                    | (147) |
| 习题                                       | (148) |
| <b>第四章 截面的几何性质</b>                       | (151) |
| § 4-1 截面的静矩与形心                           | (151) |
| § 4-2 惯性矩·惯性积·极惯性矩                       | (157) |
| § 4-3 惯性矩的平行移轴公式                         | (162) |
| § 4-4 组合截面的惯性矩计算                         | (164) |
| § 4-5 主轴与主惯性矩·形心主轴与形心主惯性矩                | (168) |
| 学习指导                                     | (170) |
| 复习思考题                                    | (172) |
| 习题                                       | (172) |
| <b>第五章 梁的应力及强度计算</b>                     | (174) |
| § 5-1 梁的正应力                              | (174) |
| § 5-2 梁的正应力强度计算                          | (182) |
| § 5-3 梁的合理截面形状                           | (186) |
| § 5-4 矩形截面梁的剪应力                          | (188) |
| § 5-5 工字形截面及其它形状截面的剪应力                   | (192) |
| § 5-6 梁的剪应力强度条件                          | (197) |
| § 5-7 弯曲中心的概念                            | (199) |
| 学习指导                                     | (202) |
| 复习思考题                                    | (204) |
| 习题                                       | (204) |
| <b>第六章 梁的变形</b>                          | (207) |
| § 6-1 挠度与转角                              | (207) |

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| § 6-2 挠曲线的近似微分方程           | (208) |
| § 6-3 积分法计算梁的位移            | (210) |
| § 6-4 叠加法计算梁的位移            | (219) |
| § 6-5 梁的刚度校核               | (225) |
| § 6-6 用变形比较法解简单超静定梁        | (227) |
| § 6-7 梁弯曲时的弹性变形能           | (232) |
| 学习指导                       | (234) |
| 复习思考题                      | (236) |
| 习题                         | (236) |
| <b>第七章 应力状态和强度理论</b>       | (239) |
| § 7-1 应力状态的概念              | (239) |
| § 7-2 平面应力状态下任意斜截面上的应力     | (241) |
| § 7-3 主应力和最大剪应力            | (245) |
| § 7-4 平面应力状态的几种特殊情况        | (249) |
| § 7-5 应力圆                  | (257) |
| § 7-6 主应力迹线的概念             | (262) |
| § 7-7 空间应力状态下任一点的主应力和最大剪应力 | (264) |
| § 7-8 广义虎克定律               | (267) |
| § 7-9 强度理论                 | (273) |
| 学习指导                       | (281) |
| 复习思考题                      | (283) |
| 习题                         | (284) |
| <b>第八章 组合变形</b>            | (286) |
| § 8-1 组合变形的概念              | (286) |
| § 8-2 斜弯曲                  | (287) |
| § 8-3 拉伸(压缩)与弯曲的组合变形       | (293) |
| § 8-4 偏心拉伸(压缩)             | (297) |
| § 8-5 截面核心的概念              | (302) |
| § 8-6 弯曲与扭转的组合变形           | (304) |
| 学习指导                       | (307) |
| 复习思考题                      | (309) |
| 习题                         | (309) |
| <b>第九章 压杆稳定</b>            | (311) |
| § 9-1 压杆稳定的概念              | (311) |

|                                      |              |
|--------------------------------------|--------------|
| § 9-2 两端铰支细长压杆的临界力·····              | (312)        |
| § 9-3 杆端约束对临界力的影响·····               | (315)        |
| § 9-4 临界应力·欧拉公式的适用范围·····            | (317)        |
| § 9-5 超过比例极限时压杆的临界应力和临界力·临界应力总图····· | (323)        |
| § 9-6 压杆稳定的实用计算·····                 | (324)        |
| § 9-7 提高压杆稳定性的措施·····                | (330)        |
| § 9-8 其它弹性稳定问题简介·····                | (332)        |
| 学习指导·····                            | (333)        |
| 复习思考题·····                           | (334)        |
| 习题·····                              | (335)        |
| <b>第十章 动应力计算</b> ·····               | <b>(337)</b> |
| § 10-1 概述·····                       | (337)        |
| § 10-2 杆件作匀加速直线运动时的应力计算·····         | (337)        |
| § 10-3 构件作匀速转动时的应力计算·····            | (341)        |
| § 10-4 杆件受冲击荷载作用时的应力计算·····          | (343)        |
| § 10-5 交变应力与疲劳破坏的概念·····             | (350)        |
| 学习指导·····                            | (351)        |
| 复习思考题·····                           | (351)        |
| 综合测验题·····                           | (353)        |
| 附录 型钢表·····                          | (364)        |
| 后记·····                              | (378)        |

# 绪 论

## § 0—1 材料力学的任务

任何结构物或机械都是由许多构件（或零件）组成的。

结构物或机械在正常工作的情况下，组成它们的各个构件一般都要承受一定的力，例如，房屋建筑中的梁要承受楼板及其上面所有人和物的重量。这些重量称为作用在构件上的荷载。

要想使结构物或机械正常地工作，就必须保证组成他们的每个构件在荷载作用下能安全正常地工作。因此，在工程设计中，对所设计的构件，有一定的力学上的要求，这些要求是：

### 一、强度要求

任何构件都不允许在正常工作情况下破坏，这就要求构件必须具有足够的强度。构件的强度，是指构件抵抗破坏的能力，如果构件的强度不足，它在一定的荷载作用下就要破坏。例如，房屋中的楼板梁，当其强度不足时，在荷载作用下就可能折断，显然，这是工程上绝对不允许的。

### 二、刚度要求

任何构件在荷载作用下，都要或大或小地产生变形。在工程中，构件的变形是不允许过大的，因为，变形过大时，也会影响正常使用。例如，楼板梁在荷载作用下产生的变形过大时，下面房间天花板上的抹灰层就会开裂、脱落；屋面上的檩条变形过大时，可能使得屋面漏水；机床上的轴变形过大时，会影响机床的加工精度等等。因此，在工程中，根据不同的工程用途，对某些构件的变形给以一定的限制，使构件在荷载作用下产生的变形不能超过一定的范围。这就要求构件具有足够的刚度。

构件的刚度，是指构件抵抗变形的能力。我们说某个构件的刚度大，是指这个构件在荷载作用下不易变形，即抵抗变形的能力强；说某个构件的刚度小，则是指这个构件在荷载作用下，较易于变形，即抵抗变形的能力弱。例如，材料、长度及约束情况均相同而粗细不同的两根杆，在相同荷载作用下，细杆较粗杆容易变形，即表明细杆的刚度比粗杆的刚度小。

### 三、稳定性要求

有些构件在荷载增大到某一限度时，其原有的平衡形式可能突然发生改变。例如，

中心受压的细长直杆（图1），当压力 $P$ 不太大时，杆可以保持直线形式的平衡；当压力增加到超过一定限度时，杆就不能继续保持直线形状，而会突然从原来的直线形状变成弯曲形状，我们把这种现象称为杆丧失稳定或简称失稳。对构件的稳定性要求就是要求构件在工作时不能丧失稳定。

由于构件的失稳现象常常是突然发生的，所以其后果往往是很严重的。例如，房屋中承重的柱子如果过细、过高，就可能由于柱子的失稳而导致整个房屋的倒塌。因此，细长的受压构件，必须注意保证其具有足够的稳定性。

一般说来，构件如能满足上述三方面的要求，就能保证其安全、正常地工作。因此，研究构件的强度、刚度和稳定性是材料力学的主要内容。

构件的强度、刚度和稳定性都与所用的材料有关。例如，尺寸、荷载及约束情况均相同的木杆与钢杆相比，木杆就比钢杆容易变形，也容易破坏。因此，材料力学还要研究材料在荷载作用下表现的力学性质。

材料的力学性质需要通过试验来测定。工程中还有些单靠现有理论分析解决不了的问题，也需借助实验来解决。因而，在材料力学中，实验研究与理论分析同等重要，都是完成材料力学任务所必不可少的手段。

对工程技术人员来说，设计构件时，除了保证构件能安全、正常地工作以外，还应注意减少材料的消耗，尽量使之经济。因此，工程技术人员必须掌握一定的材料力学知识，在设计时，运用这些知识去合理地选用适当的材料、合理的形状和尺寸，使设计的构件既安全可靠又经济合理。

综上所述，材料力学研究的对象是构件（主要是杆件），研究的主要内容是构件的强度、刚度和稳定性以及材料的力学性质；在材料力学的研究中，既要重视对理论的研究，也要重视对实验的研究。只有学习和掌握了材料力学的基本概念、基本原理、计算方法和实验技术，才能初步地为结构物或机器设计安全可靠和经济合理的构件。

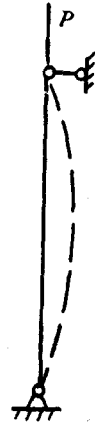


图 1

## § 0-2 变形固体及其基本假设

### 一、变形固体的概念

在理论力学的静力学中，讨论力系作用下的固体（物体）平衡时，是把固体看成刚体，即不考虑固体形状和尺寸的改变。实际上，自然界中的任何固体在外力作用下，都要或大或小地产生变形，也就是它的形状和尺寸受力后总会有些改变。这些改变，有些可直接观察到，有些则需要通过仪器才能测出。

由于固体具有可变形的性质，所以又称为变形固体。严格地讲，自然界中的一切固体都是变形固体。

材料力学是研究构件的强度、刚度、稳定性等方面问题的学科，这些问题的研究，

都需与构件在荷载作用下产生的变形相联系，因此，固体的可变形性质就成为其重要的基本性质之一而不容忽略。也就是说，在材料力学中，不能再把所研究的物体看成是刚体，而必须看成为可变形的固体。

变形固体在外力作用下产生的变形，就其性质可分为弹性变形与塑性变形。

弹性是指变形固体在外力作用下会发生变形，而当外力去掉后又能恢复原来形状和尺寸的性质。例如，一个弹簧在拉力作用下要发生伸长变形，在拉力不太大的情况下，去掉外力后，它仍能恢复原状，这表明弹簧具有弹性。弹性变形是指作用在变形体上的外力去掉后就可以完全消失的变形。如果去掉外力后，变形不能全部消失而留有残余变形，此残余变形部分就称为塑性变形（或残余变形）。

去掉外力后能完全恢复原状的物体称为理想弹性体。

实际上，自然界中并不存在理想弹性体，但由实验得知，常用的工程材料如金属、木材等当外力不超过某限度时，很接近于理想弹性体，在这种情况下，可将他们看成为理想弹性体。

本书中所讨论的问题，都将是局限于弹性阶段以内的问题，即把研究对象——构件看成为理想弹性体。

工程中大多数的构件，在荷载作用下，其几何尺寸的改变量与构件本身的尺寸相比，常是很微小的，我们称这类变形为“小变形”。与此相反，有些构件在荷载作用下其几何尺寸的改变量可能比较大，这类变形称为“大变形”。本书研究的内容将限于小变形范围。由于变形很微小，我们在研究构件或其一部分的平衡、运动等问题时，就可采用构件变形前的原始尺寸进行计算。

## 二、对变形固体采用的基本假设

自然界中物体的性质是多种多样十分复杂的。一门学科只能从某一角度涉及物体性质的某一方面或某几方面。在研究中，常需把对所研究问题影响不大的一些次要因素加以忽略，而只保留其主要性质，这样就有必要将复杂的真实物体看成为只具有某些主要性质的理想物体。经过这样的抽象简化，将使研究工作大为简便。在材料力学的研究中，对变形固体所作的基本假设主要有以下两个：

### （一）连续、均匀性假设

连续是指材料内部没有空隙，均匀是指材料的力学性质各处都一样。连续、均匀性假设即认为物体在其整个体积内毫无空隙地充满了物质，且物体的力学性质各处都一样。

由于采用了连续、均匀性假设，我们就可以从物质中截取任意微小的部分来进行研究，并将其结果推广到整个物体；同时，也可以将那些用大尺寸试件在实验中获得的材料性质，用到任何微小的部分上去。

### （二）各向同性假设

即认为材料沿不同的方向具有相同的力学性质。常用的工程材料如钢、塑料、玻璃以及浇注得很好的混凝土等，都可以认为是各向同性材料。如果材料沿不同的方向具有

不同的力学性质, 则称其为各向异性材料。本书所研究的, 将限于各向同性材料。

连续、均匀和各向同性假设是对实际构件的一种科学抽象。实践证明, 在此前提下建立的有关理论和由他们得到的计算结果, 是能令人满意的。

综上所述, 在材料力学中, 是把研究的对象(构件)视为连续、均匀、各向同性的可变形固体, 而且我们所研究的范围, 主要局限于材料处于弹性阶段, 且构件的变形是微小的场合。

### § 0-3 杆件变形的的基本形式

工程中构件的种类很多, 有杆、板、壳、块体等之分(图 2), 材料力学所研究的主要是其中的杆件(简称为杆)。所谓杆件, 是指其长度相对于其横向尺寸大得多的构件(图 2a)。一般说来, 建筑工程中的梁、柱子以及机器上的轴等都属于杆件。

垂直于杆件长度方向的截面称为横截面, 横截面几何中心(称为形心)的连线称为杆的轴线。如果杆的轴线为直线, 此杆称为直杆; 轴线为曲线时, 则称为曲杆(图 2a)。各横截面尺寸相同的杆称为等截面杆; 横截面尺寸不同的杆, 称为变截面杆。在本书中主要讨论等截面的直杆(简称为等直杆)。

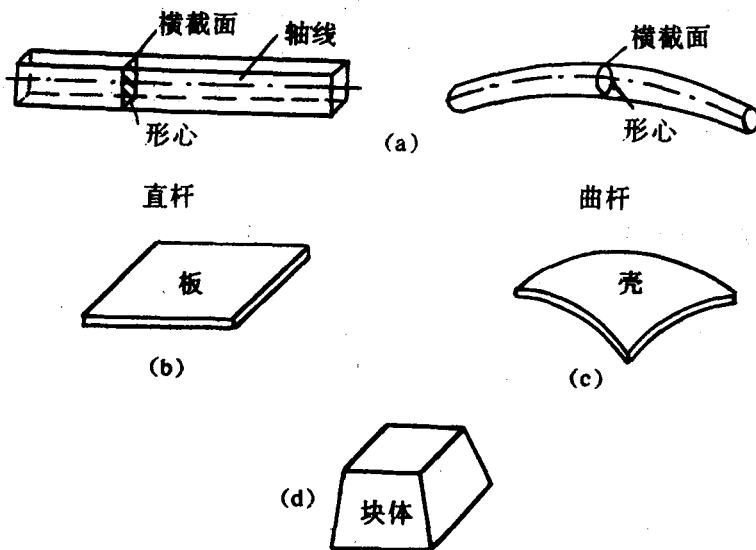


图 2

在不同的外力作用下, 杆件产生的变形形式也各不相同, 但杆件变形的形式总不外下列几类:

1. 轴向拉伸或压缩(图 3a、b)。即在一对大小相等、方向相反、作用线与杆轴线重合的外力作用下, 杆件的长度将发生改变, 即发生伸长或缩短变形。

2. 剪切(图 3c)。即在一对相距很近、方向相反的横向外力作用下, 杆件的横截面

将沿外力的方向发生错动。

3. 扭转 (图 3d)。即在一对大小相等、转向相反、位于垂直杆轴线的两平面内的力偶作用下, 杆的任意二横截面将发生绕轴线的相对转动。

4. 弯曲 (图 3e)。即在一对大小相等、转向相反、位于杆的纵向平面内的力偶作用下, 杆件的任意二横截面将发生相对转动, 此时杆件的轴线也将由直线变为曲线。

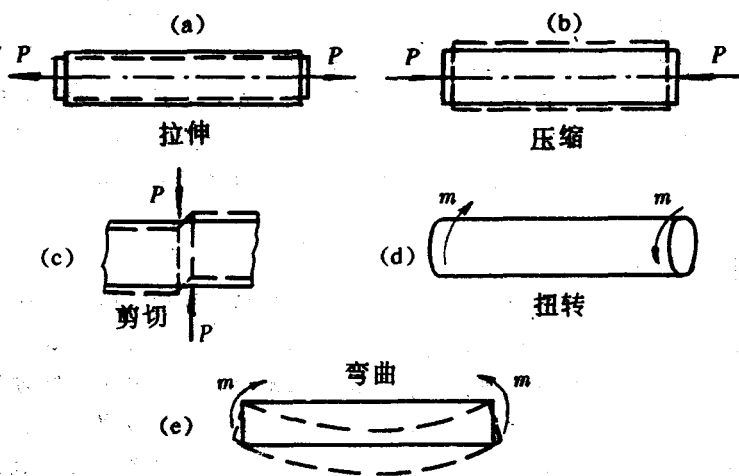


图 3

工程实际中的杆件可能同时承受不同形式的外力, 因此, 其变形情况可能比较复杂, 但它们总可由上述的基本变形所组成。

以后各章将对杆件的上述各种基本变形形式以及杆件同时发生两种以上基本变形的组合变形情况, 分别加以讨论。

## § 0-4 如何学习材料力学

### 一、材料力学与其它课程的关系

对于工程技术人员特别是土建类各专业的技术人员来说, 材料力学知识是必不可少的, 因此, 对于工科院校, 除极少数专业外, 在专业教学计划中, 都安排有材料力学课程。材料力学属于技术基础课, 它是介于基础课与专业课之间的课程。在土建类许多专业的教学计划中, 材料力学占有重要地位, 是一门重要的主干课程。

材料力学课的学习是安排在高等数学、物理和理论力学之后, 也就是说, 学习材料力学时, 需用到高等数学、物理和理论力学等方面的知识。同时, 材料力学又是一系列后继课程的基础, 在土建类的有关专业中, 与材料力学有密切关系的后继课程有: 结构力学、土力学、钢结构、钢筋混凝土结构等。

## 二、怎样学习材料力学

由于在许多专业的教学计划中材料力学是一门重要的主干课程，所以学好该门课程至关重要，这里就如何学习这门课程提几点意见，供自学者参考。

### （一）着重于理解

材料力学是一门理论性和实践性都比较强的课程，为了更好的掌握本门课程的理论知识和正确地运用这些知识去解决实际问题，学习本门课程时应首先着重于理解。一定要把每一个概念都搞清楚，把理论、定理、定律等都弄明白，并应立足于“懂”，而不能立足于“背”。另外，由于材料力学所研究的理论和方法，多具有普遍性和概括性，因而在运用时也往往具有较大的灵活性。所以对理论性和概念性强的内容，必须立足于理解，只有真正理解了，才可以一通百通，才可能正确、灵活地运用。学习时切忌不求甚解和死记硬背。

### （二）掌握研究方法

每个学科都有自己的一些研究方法，而研究方法是与所研究的内容相联系的，要掌握内容，就必须理解和掌握所用的研究方法，材料力学也是如此。例如，我们将要看到推导应力的计算公式时，都是在观察实验现象的基础上，综合几何、物理和静力学三方面的知识来进行研究。在学习这部分内容时，就应理解和掌握这种研究方法。掌握了研究方法，不仅可以加深对研究问题的理解，而且对学习后继课程以及提高自己的分析和研究能力都是非常有益的。

### （三）进行归纳、小结

在学习每一章、每一节时，除要把内容搞懂外，还应对该章、节的内容，包括概念、理论、方法等进行归纳、小结。小结时，应注意各节之间以及各章之间的内在联系，分清主次，从而掌握内容的核心实质。只有经过归纳、小结，才可使学过的知识系统化，才能更容易地掌握它，才能抓住它的实质。任何问题都可能包括比较复杂、比较难的部分，当我们抓住实质后，就会感到它并不“难”。人们常说善读书的人能将一本书越读越“薄”，意思就是说把一本书的内容先弄懂后，再经过归纳、小结，使所含的知识系统化，这样就能掌握它们的核心实质和规律，就会感到真正的核心内容并不是太多，书自然也就“薄”了。

### （四）高质量地完成习题

在材料力学问题中，一般都包括着许多计算，作习题是材料力学学习过程中的重要一环。应当明确，作题并不是目的，而是通过作题来进一步理解和掌握有关的理论、概念和方法。因此在作题前，应先把理论弄懂，把有关的公式搞清楚，包括公式中每项符号的含义，正负号规则以及公式的适用条件和范围等。作完习题后，应返回来再联系理论加以小结。

### （五）熟记有关定义、定理、定律、公式和重要结论

对各章中的定义、定理、定律、公式和重要结论，应该在理解的前提下加以熟记。要明确，记忆是整个学习过程中不可缺少的一个环节，只有把最基本的内容记住了，才可

能举一反三。认为什么内容都不需要记忆的看法是错误的。这与前面强调理解，反对死记硬背并不矛盾，我们反对的只是不求甚解的死记硬背的学习方法。

#### (六) 注意能力的培养与提高

高等学校学生在学校学习具有双重任务：一是掌握各门课程的具体知识；二是通过对各门课程的学习，能够培养和提高其分析问题和解决问题的能力以及独立地进行工作的能力。对自学者来说，自学过程也就是能力的培养与提高过程。通过自学，从不懂到懂，从学习局部内容到掌握系统化的知识的过程，都是能力的培养与提高过程。在材料力学的自学过程中有意识地注意能力方面的提高，不仅有助于对后继课程的学习，对未来的工作也是十分有益的。

# 第一章 轴向拉伸和压缩

轴向拉伸和压缩是杆件最简单最基本的一种变形形式。本章研究的主要内容是：直杆受轴向拉伸和压缩时的强度计算；变形计算与虎克定律；材料在拉伸和压缩时的力学性质；简单的拉压超静定问题。

本章所涉及的一些基本概念和基本方法虽然较为简单，但在材料力学中却具有普遍意义。通过本章的学习，应该对确定内力的基本方法、应力与应变的概念、强度计算与变形计算的步骤以及解超静定问题的基本方法等，有一个较全面的了解。

## § 1-1 拉伸和压缩的概念

杆件两端沿轴线作用一对大小相等、方向相反的力  $P$  (图 1-1)，如力  $P$  为拉力，杆件将产生伸长变形，称为轴向拉伸 (图 1-1a)，简称拉伸；如力  $P$  为压力，杆件将产生缩短变形，称为轴向压缩 (图 1-1b)，简称压缩。

我们常把在外力作用下产生拉伸变形和压缩变形的杆件称为拉压杆。

拉压杆的受力特征是外力的合力作用线与杆件的轴线重合；其变形特征是轴向伸长或缩短。

工程结构中的拉压杆是很常见的。如图 1-2 所示的三角支架的  $AC$  杆受轴向拉伸，是拉杆；而  $BC$  杆受轴向压缩，是压杆。其它如起重机的吊索、房屋中的某些柱子、桁架中的一些杆件等也都是拉压杆。

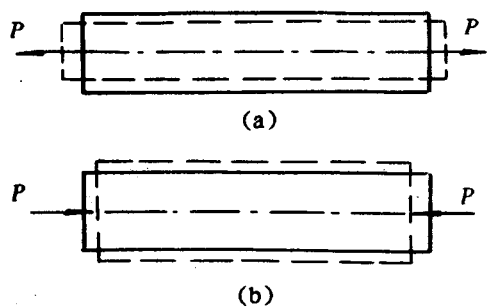


图 1-1

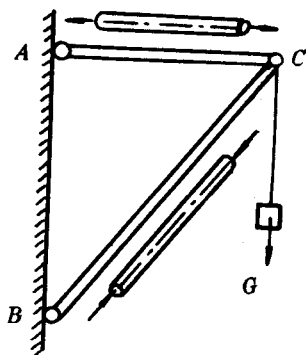


图 1-2

## § 1-2 拉压杆的内力·截面法

### 一、内力的概念

一根拉长的橡皮筋从中间剪断时，断开的两段就会各自弹缩回去，为了不使其弹缩回去就必须在断口处分别施以拉力，使之对接到原拉长状态。作用于橡皮筋两端的拉力是外力，而存在于断口处的拉力是受拉橡皮筋的内力，它是由于橡皮筋在外力作用下产生拉伸变形而引起的。于是内力的概念可以概括为：当杆件受到外力作用而发生变形时，杆件的任一部分与另一部分之间同时发生的相互作用的力称为内力。内力将随着外力的增加而增大，与此同时，杆件的变形也将随着增大。当内力增大到一定限度时，杆件将发生破坏。这表明，内力与杆件的强度与刚度都有密切的关系。因此，研究杆件的内力就成为材料力学的主要内容之一。

### 二、轴力及其求法——截面法

图 1-3 所示的拉杆受轴向外力  $P$  作用。要求该杆某一横截面上的内力，就可用一个假想平面将杆件沿该截面切分为左、右两段（图 1-3b 和 c），使内力暴露出来（设内力  $N$  为拉力）。根据“力的作用与反作用原理”，可知在左右两段上的内力  $N$  大小相等，而方向相反。由于拉杆原来处于平衡状态，切断后的各段在外力和内力的共同作用下也应保持平衡状态。因此，可以在左右两段中任取一段为脱离体，利用平衡方程求解内力。如取左段为脱离体（图 1-3b），则由

$$\sum X=0; N-P=0$$

可得

$$N=P \text{ (拉)}$$

同理，如取右段为脱离体

（图 1-3c），则由

$$\sum X=0;$$

$$-N+P=0$$

也可得到

$$N=P \text{ (拉)}$$

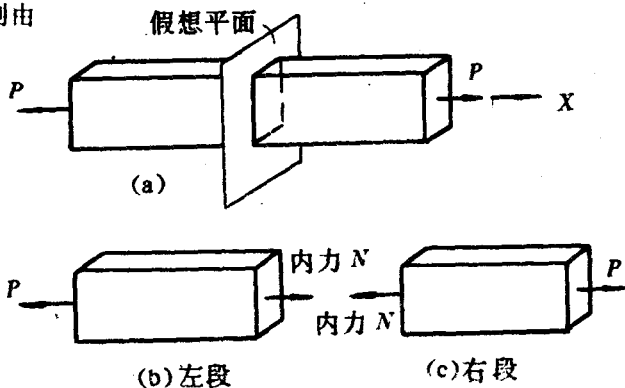


图 1-3

可见，取左段或右段为脱离体所求得的内力是一样的。

由“二力平衡必共线”可知，内力  $N$  与外力  $P$  一样，其作用线也是和杆件轴线重合的，所以我们称内力  $N$  为轴力。

若将图 1-3a 所示的拉杆换成压杆，即外力  $P$  为压力时，其轴力  $N$  也为压力。

为了区别拉伸与压缩时的轴力，对轴力的正负号规定为：拉力为正，压力为负。轴力的量纲是〔力〕，其国际单位制单位是“牛顿”，简称“牛”，符号为“N”。 $1 \text{ 牛} = \frac{1}{9.81} \text{ 公斤}$ （ $\approx 0.1 \text{ 公斤}$ ）。牛顿的一千倍为“千牛”，其符号为“kN”；千牛的一千倍为“兆