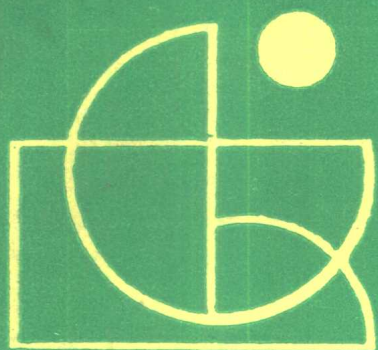




材料力学

CAI LIAO LI XUE

宋寿南 冯 恕 编

湖南大学出版社

材 料 力 学

宋寿南 冯恕 编

湖南大学出版社

内 容 提 要

本书是参照一九八一年十二月教育部召开的高等工业学校函授教学工作会议审订的土建类专业试用的《材料力学函授教学大纲》(草案)的要求编写的,主要用作高等工业学校工业与民用建筑专业的函授大学、电视大学、职工大学等的材料力学课程(90学时)的教材,也可供有关工程技术人员和自学者参考。

本书内容包括:绪论,轴向拉伸与压缩,扭转,梁的内力,平面图形的几何性质,梁的应力,梁的变形,应力状态分析和强度理论,杆件在组合变形时的强度计算,压杆稳定,动荷应力等十一章。附录中附有:常用几何量和物理量的单位换算表和型钢表。

材 料 力 学

宋 寿 南 编
冯 恕



湖南大学出版社出版发行

(长沙岳麓山)

湖南省新华书店经销 江西修水县印刷厂印刷



787×1092 16开 19.5印张 438千字

1988年9月第1版 1988年9月第1次印刷

印数: 0001—5000册

ISBN 7-314-00238-X/O·11

定价: 3.85元

序 言

本书是参照一九八一年十二月教育部召开的高等工业学校函授教学工作会议审订的土建类专业试用的《材料力学函授教学大纲》(草案)的要求,在编者多年来讲授土建类材料力学课程的讲稿的基础上修改、整理而成的。

为了便于读者自学,本书在叙述上力求内容深入浅出,通俗易懂。同时,为使读者能较好地掌握基础理论和得到良好的解题方法的训练,除第一章只附复习思考题外,其余各章都选用了适量的例题、复习思考题、习题(附答案),以及自学指导等内容,便于读者自行检查和复习。

讲授本教材的内容约需90学时(不含实验)。

本书由江西工业大学土建系宋寿南(第一、三、八、十、十一章),冯恕(第二、四、五、六、七、九和附录)参加编写工作。徐远安同志参加了全书图稿的描图工作。

本书初稿由湖南大学熊祝华教授审阅,提出了不少宝贵意见,对本书定稿工作起了很大作用,在此,表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中缺点和不妥之处在所难免,恳请使用本书的广大教师和读者批评指正。

编 者

1987年3月

目 录

序 言

第一章 绪论	1
§ 1—1 材料力学的任务	1
§ 1—2 变形固体的性质及其基本假设	2
§ 1—3 材料力学的研究对象	3
§ 1—4 杆件变形的基本形式	4
复习思考题	5
第二章 轴向拉伸与压缩	6
§ 2—1 概述	6
§ 2—2 轴向受拉(压)杆的内力·截面法·轴力及轴力图	6
§ 2—3 横截面及斜截面上的应力	10
§ 2—4 轴向拉(压)杆的变形·虎克定律	13
§ 2—5 材料在轴向拉伸和压缩时的力学性质	18
§ 2—6 轴向拉(压)杆的强度计算	26
§ 2—7 应力集中的概念	30
§ 2—8 拉(压)超静定问题	31
§ 2—9 变形能的概念	38
§ 2—10 拉(压)杆连接件的剪切和挤压的实用计算	40
自学指导	47
复习思考题	48
习题	49
答案	52
第三章 扭转	53
§ 3—1 概述	53
§ 3—2 外力偶矩和扭矩的计算	54
§ 3—3 薄壁圆筒的扭转	59
§ 3—4 圆轴扭转时的应力和强度条件	62

§ 3—5 圆轴扭转时的变形和刚度条件·····	70
§ 3—6 圆轴扭转时的超静定问题·····	74
§ 3—7 矩形截面杆自由扭转的概念·····	75
§ 3—8 圆轴扭转时的变形能计算·····	77
自学指导·····	80
复习思考题·····	81
习题·····	82
习题答案·····	84
第四章 梁的内力·····	86
§ 4—1 平面弯曲的概念和梁的计算简图·····	86
§ 4—2 梁的内力——剪力和弯矩·····	92
§ 4—3 剪力方程和弯矩方程·剪力图和弯矩图·····	97
§ 4—4 分布载荷集度、剪力和弯矩间的微分关系·····	102
§ 4—5 叠加法作剪力图和弯矩图·····	106
自学指导·····	108
复习思考题·····	109
习题·····	110
习题答案·····	113
第五章 平面图形的几何性质·····	115
§ 5—1 截面的面积矩和形心位置·····	115
§ 5—2 惯性矩和惯性积·····	117
§ 5—3 平行移轴公式及其应用·····	119
§ 5—4 转轴公式·主惯性轴和主惯性矩·····	123
自学指导·····	127
复习思考题·····	128
习题·····	129
习题答案·····	132
第六章 梁的应力·····	133
§ 6—1 梁的正应力·····	133
§ 6—2 梁的正应力强度计算·····	138
§ 6—3 弯曲剪应力及其强度计算·····	142
§ 6—4 提高梁的弯曲强度的措施·····	150
自学指导·····	152
复习思考题·····	153

习题.....	155
习题答案.....	157
第七章 梁的变形.....	158
§ 7—1 概述.....	158
§ 7—2 梁的挠曲线近似微分方程.....	158
§ 7—3 用积分法求梁的变形.....	160
§ 7—4 用叠加法求梁的变形.....	165
§ 7—5 梁的刚度计算.....	168
§ 7—6 梁的弯曲变形能计算.....	171
§ 7—7 简单超静定梁的分析.....	173
自学指导.....	175
复习思考题.....	176
习题.....	177
习题答案.....	179
第八章 应力状态分析和强度理论.....	180
§ 8—1 应力状态的概念.....	180
§ 8—2 平面应力状态分析——解析法.....	184
§ 8—3 平面应力状态分析——图解法.....	189
§ 8—4 平面应力状态的主应力和主平面.....	194
§ 8—5 梁内主应力和主应力迹线.....	200
§ 8—6 三向应力状态下一点的最大应力.....	202
§ 8—7 广义虎克定律.....	203
§ 8—8 三向应力状态下的变形比能.....	207
§ 8—9 强度理论简介.....	209
自学指导.....	213
复习思考题.....	215
习题.....	216
习题答案.....	218
第九章 杆件在组合变形时强度计算.....	220
§ 9—1 概述.....	220
§ 9—2 斜弯曲.....	221
§ 9—3 拉伸(压缩)与弯曲的组合.....	226
§ 9—4 扭转与弯曲的组合.....	233
自学指导.....	236

复习思考题.....	236
习题.....	238
习题答案.....	240
第十章 压杆稳定.....	241
§ 10—1 压杆稳定的概念.....	241
§ 10—2 两端铰支细长压杆的临界力.....	242
§ 10—3 其它约束条件下细长压杆的临界力.....	244
§ 10—4 临界应力总图.....	250
§ 10—5 压杆稳定计算.....	257
§ 10—6 提高压杆稳定性的措施.....	263
自学指导.....	265
复习思考题.....	266
习题.....	266
习题答案.....	269
第十一章 动荷应力.....	270
§ 11—1 概述.....	270
§ 11—2 杆件作匀速直线运动时的应力计算.....	270
§ 11—3 构件作匀速转动时的应力计算.....	273
§ 11—4 杆件受简单冲击时的应力计算.....	276
自学指导.....	285
复习思考题.....	286
习题.....	287
习题答案.....	289
附 录 I	290
附 录 II	292

第一章 绪 论

§ 1—1 材料力学的任务

(一) 材料力学的任务

在工程实际中,组成任何工程结构或机械的每一部件或另件统称为构件。例如工程结构中的梁、柱和楼板,机械中的传动轴,千斤顶的螺杆等,都是构件的例子。当工程结构或机械在工作时,任一构件都将受到载荷的作用。为了使工程结构或机械能正常工作,就必须保证组成它们的每一构件都具有足够的能力担得起所应承受的载荷,构件的这种承载能力具体体现在以下三个主要方面:

1. 强度

所谓强度,是指构件在载荷作用下,抵抗破坏的能力。任何构件都不允许在正常工作情况下破坏。例如,工厂中的吊车梁,在吊车起吊重量时,它是绝不允许断裂的,这就要求构件必须具有足够的强度。

2. 刚度

所谓刚度,是指构件在载荷作用下,抵抗变形的能力。在载荷作用下,构件的形状和尺寸必将发生变化,这就是我们所说的变形。在实际工作中某些构件的变形是不能超过某种允许范围的。否则会影响其正常使用。例如屋架上的檩条,即使有足够的强度,变形太大时,就会引起屋面塌凹而漏水;又如机床的主轴的变形过大,将会影响机床的加工精度。因此,要使构件在载荷的作用下产生的变形不超过允许的限度,这就要求构件必须具有足够的刚度。

3. 稳定性

所谓稳定性,是指构件保持其原有平衡状态的能力。例如细长直杆在压力作用下,便有丧失其原有直线形状下平衡的可能,或简称为失稳的可能。构件失稳的后果往往是严重的。如工厂厂房的某一柱子一旦失稳,就会引起厂房的倒塌。因此,为了使构件能正常工作,就必须使原有的平衡状态保持不变。

另外,生产实践经验告诉我们,上面所提及的强度、刚度和稳定性与构件所用材料的力学性质有关。例如,尺寸和载荷均相同的木质杆与钢杆相比较,木质杆就容易变形,且也容易断裂(至于材料的力学性质,则需要通过试验来测定的,这将在后面第二章里进行讨论)。

因此,在设计构件时,不但要满足上述的强度、刚度和稳定性这三方面的要求。同时还必须尽可能地合理选用材料、选择合理的截面形状和尺寸,以尽可能地降低材料的消耗量,达到节约资金或减轻构件自重的目的,前者往往要求多用材料(一般说,选用较好的材料和较大的几何尺寸总是可以满足强度、刚度和稳定性三方面的要求),而后者,则要少用材料,选用较次的材料,这两者是存在着矛盾。而材料力学正是解决这种矛盾的学科。为了能既安全又经济地设计构件,除了要有合理的理论和计算方法外,还

须掌握材料力学的试验技术。通过对材料的试验，可以测定各种材料的力学性质，对于工程中一些单靠理论分析解决不了的问题，有时也需要用试验来解决。试验在材料力学中与理论分析占有同等重要的地位。

综上所述，材料力学的任务可以归纳为如下两点：

- (1) 研究构件的强度、刚度和稳定性方面的基本理论、计算方法和试验技术；
- (2) 在满足强度、刚度和稳定性的要求下，以最经济的代价，为构件确定合理的形状和尺寸，选择适宜的材料。

(二) 材料力学与其它课程的关系

在高等工业院校里，材料力学是一门技术基础课，是基础课和专业课之间的桥梁。一方面它是以物理学、数学和理论力学等课程为基础。在材料力学中将要用到物理学中的许多概念；数学中的三角函数、解析几何、微分、积分和微分方程等基本知识；同时还要广泛地用到理论力学中关于力的平衡条件以及其它一些公理、定律、原理和计算方法等等。

另一方面，材料力学又是某些后续课程的基础。为进一步学习后续课程，如结构力学、弹性力学、钢筋混凝土、钢木结构等等课程提供必要的基础知识和计算方法。因此，材料力学在许多工程专业（如土建工程结构方面的专业和机械方面的专业）中，占有很重要的地位。

§ 1—2 变形固体的性质及其基本假设

(一) 变形固体的概念

在理论力学中，曾把固体抽象为绝对刚体，即假定固体在外力作用下，其形状和尺寸都绝对不变。实际上，所谓绝对刚体在自然界中并不存在。由实验得知，任何固体在外力作用下都会发生变形，即它的形状和尺寸大小总会有改变的，甚至当外力增大到一定的限度时，它会发生破坏。由于固体具有可变的性质，所以又把它称为变形固体。其实，在自然界中的一切固体均属于变形固体。那么，为什么在理论力学中，我们把固体当作绝对刚体呢？这是因为真实固体的性质非常复杂，又因理论力学是研究固体在外力作用下的平衡和运动的问题。固体的微小变形对理论力学中所研究的问题影响不大，成为次要因素而被忽略掉，故将固体看作为绝对刚体。

至于材料力学，它所研究的主要问题是构件在外力作用下的强度、刚度和稳定性问题，而这些问题都与构件的变形有关，因此，固体的变形就成为它的主要因素，而必须加以重视。为此，在材料力学中，我们必须把由固体材料制成的构件作为变形固体。

绝大多数变形固体具有在载荷作用下发生变形，但在载荷卸去后又能立即恢复其原有形状和尺寸大小的本领，我们把变形固体的这种性质称为弹性。把具有这种弹性性质的变形固体称为完全弹性体（或理想弹性体）。在弹性体变形过程中，若力与变形间服从线性关系，称为线弹性体。若固体材料在载荷卸去后，仅能恢复其变形的一部分，这样的材料称为部分弹性的。部分弹性材料的变形可分为两部分：一部分是卸去载荷后自行消失的变形，称为弹性变形；另一部分是卸去载荷后不能消失的变形，称为塑性变形（也称为残余变形或永久变形）。固体材料具有产生塑性变形的这一性质称为

塑性。

多数构件在正常工作条件下，均要求其材料只产生弹性变形。所以，在材料力学中所研究的大部分问题属于弹性变形的范围。

(二) 变形固体的几个基本假设

在自然界中，固体材料的物质结构和性质是非常复杂的。为了便于进行理论分析，常常把对所研究的问题影响不大的一些次要性质忽略掉，而只保留其主要性质。然后根据其主要性质作出假设，将真实固体材料加以适当的理想化，为此，下面我们提出有关变形固体共同性的几个基本假设。

1. 连续、均匀假设

连续是指变形体材料内部没有空隙；均匀是指材料的性质在各处都均匀一致。连续、均匀假设即认为固体材料在整个体积内毫无空隙地充满物质，且它的性质在各处都均匀一致。

实践证明，在工程中将构件抽象为连续、均匀的变形固体，所得到的计算结果是令人满意的。

由于采用了这一假设，我们就可以从变形固体中截取任意微小部分进行研究，并将其结果推广到整个变形体中，同时也可以将那些具有有限尺寸的试件在实验中得到的材料性质，应用于物体的任何微小部分。

2. 各向同性的假设

认为变形体材料沿各方向具有相同的力学性能，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。

有了材料各向同性的假设，我们就可在变形体内的同一点处沿任意方向截取微小部分来研究。

如果变形体材料沿不同方向具有不同的力学性能，则称为各向异性材料。在材料力学中所研究的问题将局限于各向同性的变形体材料。

3. 小变形假设

假设变形体的几何形状及尺寸的改变与其原来的尺寸相比是很微小的。由于变形体的变形很小，因而在建立静力平衡方程和需要用到变形体的原始尺寸的其它计算问题时，均可以采用变形前的尺寸，忽略变形的影响。这将使其分析和计算大为简化，而且由此引起的误差往往是很小的。

除上述三个基本假设外，在后面的章节中还将介绍一些简化内力、变形计算的有关假设，如平面假设等。

§ 1—3 材料力学的研究对象

在工程实际中，构件的种类很多，如杆件、板、薄壳等，而其中杆件是最常用、最基本的一种构件。所谓杆件，是指纵向（长度方向）尺寸远远大于横向（垂直于长度方向）尺寸的构件，如图1-1，a所示，当其长度 l 远远大于横方向尺寸 d （ $l \gg d$ ）时，则称为杆件。如工程结构中的梁、柱和机械中的传动轴等都属于杆件的例子。

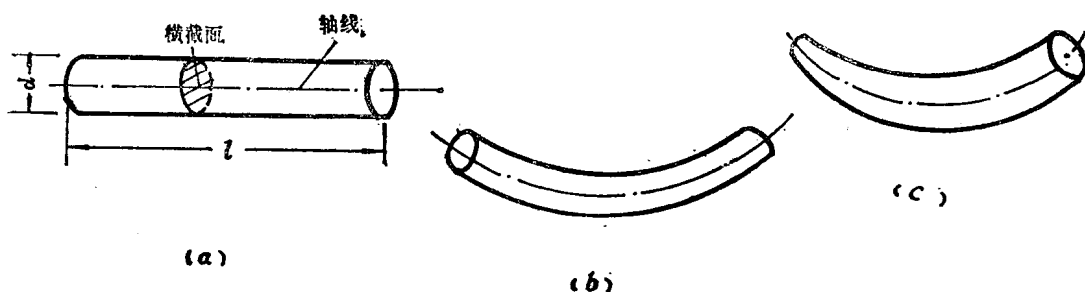


图 1—1

杆件的主要几何特征有两个，即横截面和轴线。横截面是指与杆长度方向垂直的截面，而轴线则为所有横截面形心的连线。故横截面必与轴线垂直。按杆件轴线的形状是直线还是曲线，而有直杆和曲杆之分（图1-1，a和b）。根据各横截面形状及大小沿杆长是否变化，又可分为等截面杆和变截面杆（图1-1，b和c）。轴线为直线、且各横截面的形状和尺寸又完全相同的杆，称为等直杆（图1-1，a）。由于等直杆在工程实际中应用最广泛，所以，它是材料力学的主要研究对象。但在某些章节里，也适当地研究一些变截面杆。

§ 1—4 杆件变形的形式

在工程实际中，杆可能受到各种各样的外力作用，故杆的变形也可能是各种各样的。但归结起来，杆的变形不外乎以下四种基本变形中的一种，或是其中几种的组合。

（一）拉伸与压缩

如图1-2，a、b所示的这类杆件的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，表现为杆件的长度发生伸长或缩短。图1-2，a所示的变形形式称为伸长，而图1-2，b所示的变形形式则称为缩短。桁架中的杆件，起重吊物的钢索，千斤顶的螺杆等的变形都属于拉伸或压缩变形。

（二）剪切

如图1-2，c所示的这类杆件的变形形式是由大小相等、方向相反、作用线通过并垂直于轴线，且距离很近的一对力引起的，表现为受力杆件在两力间的各横截面产生相对错动。这种变形形式称为剪切。机械中常用的联接件，如铆钉、螺栓、销钉、键等都要产生剪切变形。

（三）扭转

如图1-2，d所示的这类杆件的变形形式由大小相等、方向相反、作用面都垂直于轴线的两个力偶矩引起的，表现为杆件的任意两个横截面将发生绕轴线的相对转动。这种变形形式称为扭转变形。机械中的传动轴，水轮机和电机的主轴等，都是受扭杆件。

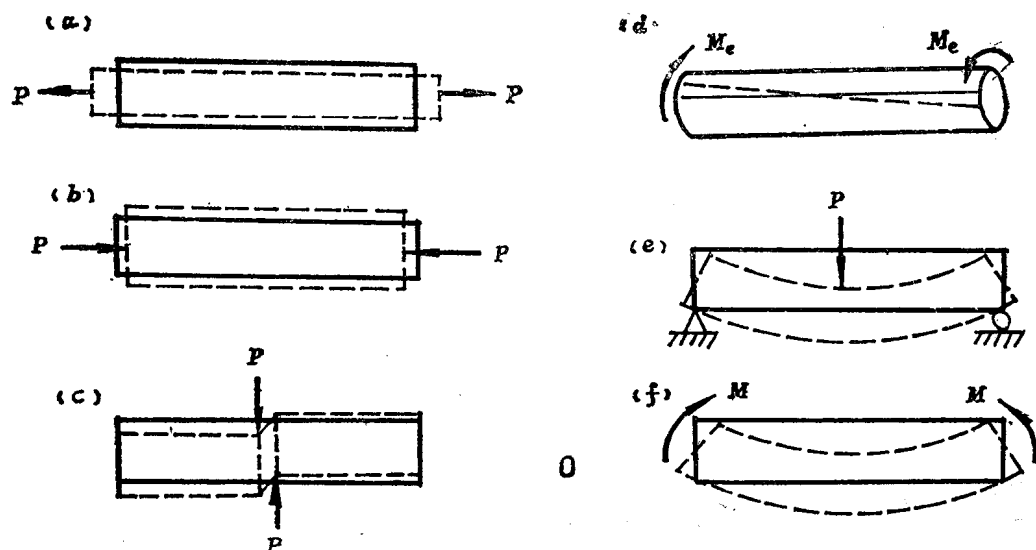


图 1—2

(四) 弯曲

如图1-2, e、f 所示的这类杆件的变形形式是由垂直于杆轴线的横向力, 或由作用于包含杆轴线的纵向平面内的一对大小相等、方向相反的力偶矩引起的, 表现为杆件轴线由直线变为曲线。这样变形形式称为**弯曲**。在工程中, 受弯曲的杆件是最常见的。桥式起重机的大梁, 房屋建筑中的梁等的变形都属于弯曲变形。

工程实际中的杆件, 可能同时承受不同形式的外力, 由这些外力所引起的变形中常常包含两种或两种以上的基本变形。这类变形形式称为**组合变形**。在本书中, 首先将依次讨论上述四种基本变形的强度及刚度计算, 然后再讨论它们的组合问题。

复习思考题

- 1 - 1 材料力学的任务是什么?
- 1 - 2 材料力学中有哪些基本假设? 有何用处?
- 1 - 3 材料力学的主要研究对象是什么?
- 1 - 4 杆件的轴线与横截面有什么关系?
- 1 - 5 杆件有几种基本变形? 试各举一实例。
- 1 - 6 构件和杆件是如何区分的?

第二章 轴向拉伸与压缩

§ 2—1 概 述

轴向拉伸与压缩是受力构件中最基本的变形形式。工程结构中,我们经常遇到承受轴向拉伸载荷或压缩载荷的构件。例如:起重机用以起吊重物的钢索(图2-1, a)和桁架的下弦杆及某些竖杆等都是拉伸的实例;桥墩、结构支柱和桁架的上弦杆(如图2-1. b)等都是压缩的实例。

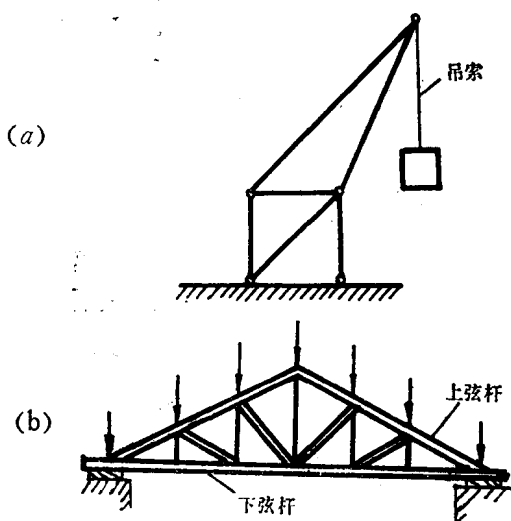


图 2-1

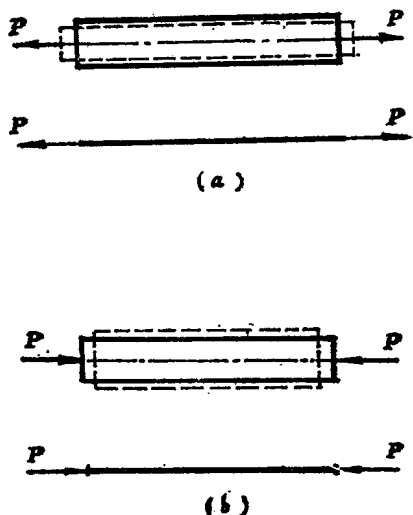


图 2-2

若将上述这些受拉及受压杆件用其轴线来表示,可得计算简图如图2-2a, b所示,杆件在其两端受到一对沿着杆件轴线,大小相等,方向相反的外力作用。当两力相互背离杆件时(图2-2, a),杆件因受拉而伸长,我们称这类杆为轴向受拉杆;当两力相互指向杆件时(图2-2, b),杆件因受压而缩短,我们称这类杆为轴向受压杆。

本章主要讨论拉(压)杆的强度和变形计算问题。对连接件的强度问题仅作简单介绍,本章所涉及的概念和方法,在材料力学中具有普遍意义。

§ 2—2 轴向受拉(压)杆的内力·截面法·轴力及轴力图

(一) 内力的概念

材料力学研究的主要对象是构件。其它物体对构件的作用力,就是该构件所承受的外力。当没有外力作用时,固体内部存在着固有的内力——分子力,它使各质点之间保持一定的相对位置,从而使固体能维持一定的形状。当固体受到外力而产生变形时,其内部各质点间的相对位置发生改变,与此同时,固体的内力将在原有的基础上,增加一个

改变量——附加内力。材料力学研究的对象是附加内力，通常简称为内力。内力的分析和计算是研究构件强度、刚度、稳定性等问题的基础，因此，我们必须予以重视。

(二) 截面法、轴力

内力是固体内部相互作用的力，下面我们介绍材料力学中求内力的基本方法——截面法。

设等直杆AB的两端，作用着一对轴向拉力P(图2-3, a)，为了求得某一截面处的

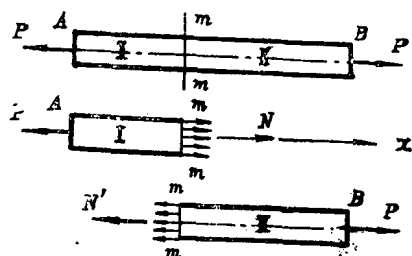


图 2-3

的内力,可以假想在该截面处,用平面m-m将杆截分为两部分 I 和 II(图2-3, a)。若弃去 II 部分,而保留 I 部分作为脱离体,则弃去部分 II 对保留部分 I 的作用,以截面m-m上的内力来代替(图2-3, b)。由于假设固体是均匀连续的,所以截面上的内力也是连续分布的,通常用N来表示分布内力的合力。对于留下部分 I 来讲,截面m-m上被显露出来的内力N可视为外力。

由于直杆 AB 是处于平衡状态,故截开后的两部分,各自也应保持平衡。对保留部分 I 建立静力平衡方程,则

$$\sum X = 0, \quad N - P = 0$$

可得

$$N = P$$

这种假想地用一截面将杆件截开,从而揭示和确定内力的方法,称为截面法。其方法和步骤归纳如下:

- (1) 截开: 在要求内力的截面处,假想用一平面将杆件截开成两部分;
- (2) 代替: 保留一部分,弃去另一部分,并以内力代替弃去部分对保留部分的作用;
- (3) 平衡: 对保留部分建立静力平衡方程式从而确定内力的大小和方向。

截面法是材料力学中常用的基本方法,因此必须熟练地掌握。

同理,若取 II 部分作为脱离体,弃去部分 I 对保留部分 II 的作用,以截面m-m上的内力来代替。根据作用与反作用原理可知, II 部分在截开面上的内力,必然与 I 部分上的内力数值相等,而指向相反(图2-3, c)。当然,也可以由 II 部分的外力,建立静力平衡方程来确定此内力N'。即

$$\sum X = 0, \quad P - N' = 0$$

得

$$N' = P$$

由此可见,用截面法确定杆件任意横截面的内力,不论选择截面以左部分或以右部分作为脱离体,所求得横截面上的内力的结果是相同的。内力N的作用线与轴向外力P的作用线共线,且垂直于横截面并通过其形心,因而,它与杆件轴线重合,我们称它为轴力,用N表示。

为了区别拉伸和压缩,可以联系其变形的情况来规定轴力的正、负号:使杆产生纵向伸长变形的轴力(拉力)为正,其方向是背离截面的(见图2-4, a);使杆产生纵向

缩短变形的轴力（压力）为负，其方向是指向截面的。轴力的量纲为〔力〕，在国际单位制中常用单位是牛顿（N）或千牛顿（KN）；在工程单位制中，常用的单位是公斤（Kg）或吨（T）。

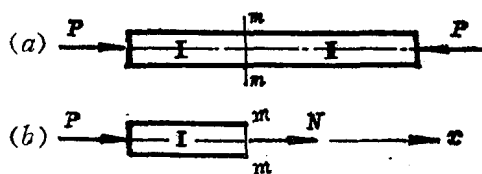


图 2-4

下面提出几个应注意的问题：

1、建议在计算未知内力时，将未知内力一律假设为拉力。如图2-4，b，这样算得轴力结果的正、负号，就表明截面内力的性质（正值为拉，负值为压）。如图2-4，b，求m-m截面上的轴力N。由

$$\sum X = 0, \quad N + P = 0$$

得

$$N = -P$$

负号表示轴力方向与原假设的方向相反，是压力。

2. 在采用截面法之前，不允许用“力的可移性原理”。因为我们研究的是可变形固体，如果将力移动了，变形情况就改变了，内力也随之改变。如图2-5，a，P力作用在B端，任一截面的轴力 $N = P$ ；如果将P力从B端沿作用线移到A端（图2-5，b），则任一截面上的轴力 $N = 0$ 。但在采用截面法后，建立静力平衡方程时，仍然可用力的可移性原理。

3. 在采用截面法之前，不允许将杆上载荷用与之相当的等效力系来代替。因为这样也会改变杆的变形情况，内力也将随之改变，（读者可从图2-6，a和b的例子中，自行理解）。

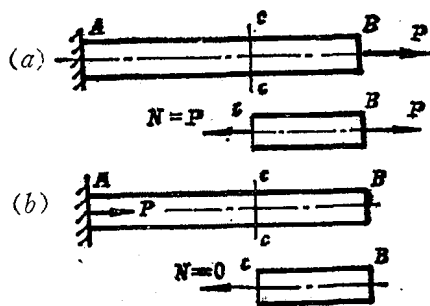


图 2-5

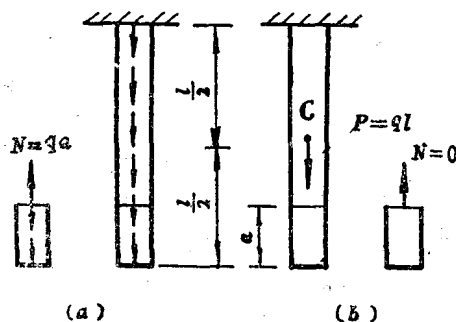


图 2-6

（三）轴力图

当杆受到多个轴向外力时，杆内不同部分的轴力也不同。对于等直杆的强度计算，要以杆的最大轴力作为依据。为了表明杆内轴力随截面位置而变化的规律，我们通过用截面法，计算出杆在各段的轴力大小，用轴力图来表示。即用平行于杆件轴线的坐标x表示横截面位置，用垂直于杆轴的坐标N表示轴力，并按比例画出各横截面的轴力数值，习惯上正值轴力画在x轴上方。

例题2-1 等直杆AD，其受力情况如图2-7、a所示，试绘出轴力图。

解：（1）由全杆AD的平衡来求出支座反力 X_A （图b）。

$$\sum X = 0, \quad -X_A + 6 - 10 + 8 = 0$$

$$X_A = 4 \text{ KN}$$

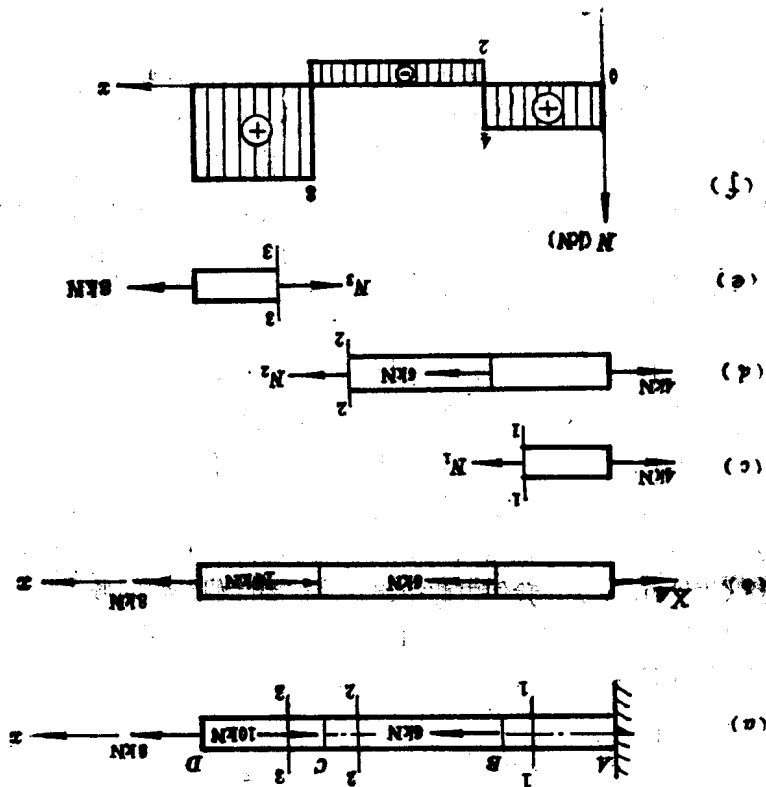


图 2-7

(2) 求AB段内的轴力时, 先用截面1-1将杆截开, 研究左段, 假设截面1-1上的轴力 N_1 为拉力 (图C) 由静力平衡条件

$$\sum X = 0, \quad N_1 - 4 = 0$$

$$N_1 = 4 \text{ KN}$$

这说明AB段内任一截面的轴力都是拉力, 且都等于4 KN。

同理, 可求得BC段内任一横截面上的轴力 (图d) 为

$$\sum X = 0, \quad N_2 + 6 - 4 = 0$$

得

$$N_2 = -2 \text{ KN}$$

N_2 是负号, 说明原假设的轴向拉力是不对的, 实际上BC段的轴力为压力 (但图中 N_2 的指向毋需修改)。

当求CD段内任一横截面上的轴力时, 建议选择外力较少的右段为研究对象 (图e)。这样能较简捷地求得

$$N_3 = 8 \text{ KN}$$

最后, 按前述作轴力图的规则, 按一定比例绘出全杆的轴力图 (图f)。从轴力图上, 可以知道 $N_{\max} = 8 \text{ KN}$, 发生在CD段内。

从上面计算中, 我们可以看到, 截面上的轴力 N , 数值上等于截面任意一侧杆件实际承受各轴向外力的代数和, 即 $N = \sum P$