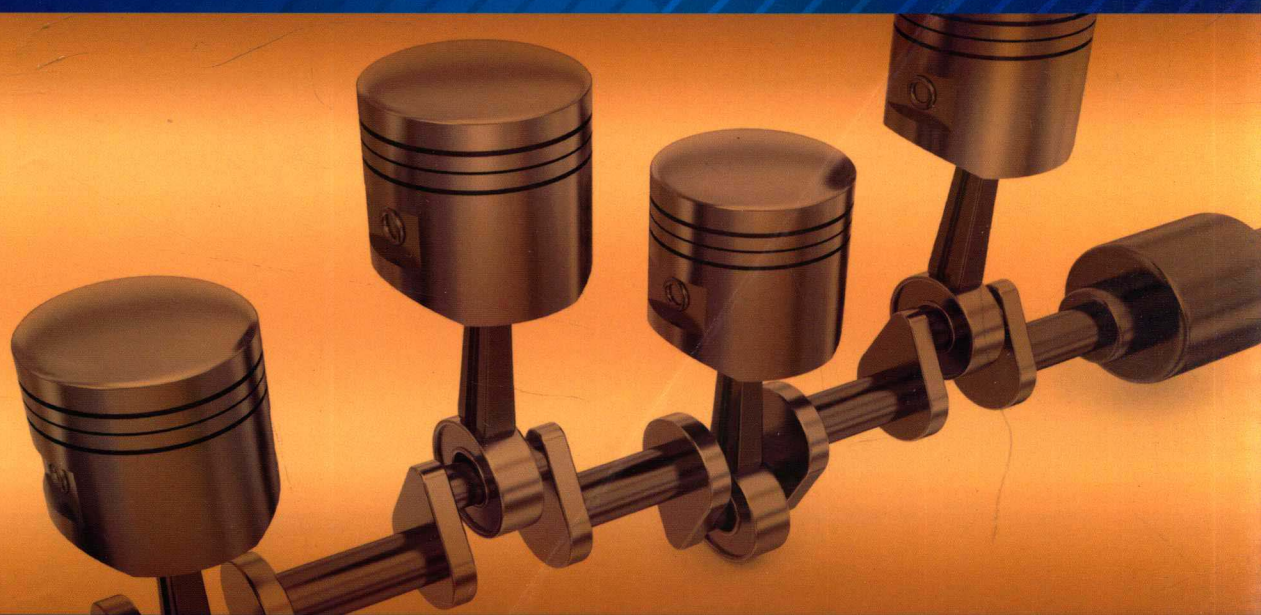


普通高等教育“十二五”规划教材

材料力学

CAILIAO LIXUE



主 编 余 斌
副 主 编 高 慧 孔海陵 陈 涛

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

材料力学

主 编 余 斌

副主编 高 慧 孔海陵 陈 涛

参 编 王路珍 马 剑 李连波

主 审 李世荣



机械工业出版社

本书是根据教育部高等学校力学教学指导委员会力学基础课程教学指导分委员会编制的《理工科非力学专业力学基础课程教学基本要求（试行）》（2008年版）中“材料力学课程教学基本要求（A类）”编写的。

全书共12章，包括：绪论、轴向拉伸与压缩、剪切与挤压、扭转、弯曲应力、弯曲变形、应力状态和强度理论、组合变形、压杆的稳定、动载荷和交变应力、能量法和简单静不定问题等。为了方便读者理解基本概念，每节之后都安排了少量的自测题。书后附有自测题参考答案。

本书内容精练，讲解详细，以适用、够用为度，适用于应用型本科机械类各专业材料力学课程的教学，也可供成人教育学院、民办学院和独立学院学生、自学者以及工程技术人员参考。

主 编 余 斌
副 主 编 高 慧
参 考 王 毅
审 主 李 荣

图书在版编目（CIP）数据

材料力学/余斌主编. —北京：机械工业出版社，2014. 11

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-48397-7

I. ①材… II. ①余… 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249205号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：李永联 责任编辑：李永联 任正一

版式设计：赵颖喆 责任校对：张 薇

封面设计：马精明 责任印制：李 洋

高教社（天津）印务有限公司印刷

2015年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·20印张·484千字

0001—3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-48397-7

定价：37.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

本书是根据教育部高等学校力学教学指导委员会力学基础课程教学指导分委员会编制的《理工科非力学专业力学基础课程教学基本要求（试行）》（2008年版）中“材料力学课程教学基本要求（A类）”中的基本部分编写的。

本书由绪论、轴向拉伸与压缩、剪切与挤压、扭转、弯曲应力、弯曲变形、应力状态和强度理论、组合变形、压杆稳定、动载荷和交变应力、能量法和简单静不定问题等共12章组成。为了方便读者理解基本概念，每节之后安排了少量的自测题，章后附有习题。书后附有自测题参考答案和习题参考答案。为了方便考研学生使用本书，书中编入了少量考研真题作为例题或习题。

本书内容精练，讲解详细，以适用、够用为度，适用于应用型本科机械、汽车、装备等专业中等学时的材料力学课程的教学。

本书的编写和出版得到了盐城工学院教材出版基金的资助，机械工业出版社给予了大力支持，在此表示诚挚的谢意。在编写过程中，编者查阅和参考了大量文献，谨向这些文献的作者表示衷心的感谢。

本书由余斌担任主编，具体编写分工如下：余斌编写第1章、第7章、第8章和第10章，高慧、马剑编写第2章、第3章和第4章，孔海陵编写第11章和第12章，陈涛编写第5章和第6章，王路珍编写第9章，李连波承担了部分章节的资料收集和整理工作。全书由余斌统稿，主审李世荣教授认真审阅了全部书稿，提出了许多宝贵的意见。

由于编者水平有限，书中难免出现错误和不妥之处，欢迎读者批评指正。

编者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 材料力学研究的内容和任务	1
自测题1	1
1.2 变形固体的基本假设	1
自测题2	2
1.3 杆件变形的基本形式	3
自测题3	3
1.4 材料力学的学习方法	3
自测题4	4
第2章 轴向拉伸与轴向压缩	5
2.1 轴向拉伸与轴向压缩的概念与实例	5
自测题5	6
2.2 轴向拉(压)杆横截面上的内力	6
自测题6	8
2.3 轴向拉(压)杆横截面上的应力	9
自测题7	11
2.4 轴向拉(压)杆斜截面上的应力	12
自测题8	13
2.5 轴向拉(压)杆的变形与胡克定律	13
自测题9	16
2.6 材料在拉伸和压缩时的力学性能	16
自测题10	23
2.7 轴向拉(压)杆件的强度计算	23
自测题11	30
习题	30
第3章 剪切与挤压	34
3.1 剪切与挤压的概念与实例	34
自测题12	35
3.2 剪切与挤压的实用计算	35
自测题13	38
习题	39
第4章 扭转	41
4.1 扭转的概念及实例	41

自测题 14	41
4.2 外力偶矩的计算 扭矩和扭矩图	42
自测题 15	44
4.3 切应力互等定理与剪切胡克定律	44
自测题 16	47
4.4 圆轴扭转时横截面上的应力及强度计算	47
自测题 17	52
4.5 圆轴扭转变形与刚度计算	52
自测题 18	56
4.6 圆轴受扭破坏分析	57
自测题 19	58
4.7 非圆截面杆扭转的概念	58
习题	60
第 5 章 弯曲应力	63
5.1 梁弯曲的概念与简化	63
自测题 20	65
5.2 梁的内力与内力图	66
自测题 21	77
5.3 截面的几何性质	78
自测题 22	83
5.4 梁平面弯曲时横截面上的正应力、正应力强度计算	85
自测题 23	93
5.5 梁平面弯曲时横截面上的切应力、切应力强度计算	94
自测题 24	99
5.6 提高梁强度的措施	100
自测题 25	104
习题	105
第 6 章 弯曲变形	112
6.1 梁的变形与位移的概念	112
自测题 26	112
6.2 挠曲线的近似微分方程	113
自测题 27	114
6.3 计算梁位移的积分法	114
自测题 28	120
6.4 计算梁位移的叠加法	122
自测题 29	126
6.5 梁的刚度计算	127
自测题 30	128
6.6 提高梁刚度的措施	128
自测题 31	129
习题	129

第7章 应力状态和强度理论	132
7.1 应力状态的概念	132
自测题 32	134
7.2 平面应力状态分析——解析法	135
自测题 33	139
7.3 平面应力状态分析——图解法	140
自测题 34	145
7.4 三向应力状态简介	145
自测题 35	147
7.5 广义胡克定律	147
自测题 36	152
7.6 复杂应力状态下的应变比能	153
自测题 37	154
7.7 强度理论和相当应力	154
自测题 38	159
7.8 平面应变状态分析	159
7.9 电测法简介	162
习题	165
第8章 组合变形	170
8.1 组合变形的概念与实例	170
自测题 39	171
8.2 斜弯曲	171
自测题 40	177
8.3 杆件承受拉(压)与弯曲的组合变形	178
自测题 41	182
8.4 圆轴承受弯扭组合变形时的强度计算	182
自测题 42	187
习题	187
第9章 压杆稳定	192
9.1 压杆稳定的概念	192
自测题 43	193
9.2 两端铰支细长压杆的临界载荷	193
自测题 44	194
9.3 其他支承细长压杆的临界载荷	195
自测题 45	196
9.4 欧拉公式的适用范围 中、小柔度杆的临界应力	196
自测题 46	200
9.5 压杆的稳定计算	201
自测题 47	202
9.6 提高压杆稳定性的措施	202
自测题 48	203

习题	203
第 10 章 动载荷和交变应力	205
10.1 概述	205
自测题 49	205
10.2 构件作匀加速直线运动时的应力计算	205
自测题 50	207
10.3 构件作匀速转动时的应力计算	207
自测题 51	210
10.4 冲击应力计算	210
自测题 52	217
10.5 交变应力 疲劳失效	217
自测题 53	218
10.6 交变应力的循环特征 持久极限	219
自测题 54	220
10.7 影响构件持久极限的因素	220
自测题 55	222
习题	222
第 11 章 能量法	226
11.1 概述	226
自测题 56	226
11.2 杆件应变能的计算	226
自测题 57	231
11.3 互等定理	231
自测题 58	233
11.4 卡氏定理	233
自测题 59	237
11.5 单位载荷法及莫尔定理	237
自测题 60	239
11.6 图乘法	239
自测题 61	242
习题	242
第 12 章 简单静不定问题	245
12.1 静不定结构的概念	245
自测题 62	247
12.2 拉压静不定问题	247
自测题 63	256
12.3 扭转静不定问题	256
自测题 64	257
12.4 静不定梁	258
自测题 65	260
12.5 用力法解静不定结构	260

自测题 66	263
12.6 对称性的利用	263
自测题 67	268
习题	268
附录	274
附录 A 热轧型钢规格表 (GB/T 706—2008)	274
附录 B 自测题参考答案	290
附录 C 习题参考答案	300
参考文献	310

第 1 章 绪 论

1.1 材料力学研究的内容和任务

材料力学是一门研究构件的抗力性能的学科。构件是组成机械或结构物的部件。在使用时,每个构件都要受到从其他构件传递来的外力(即载荷)的作用。要保证机械或结构物的安全,就要使所有构件都安全。构件安全必须具备下列三方面的要求:

(1) 强度要求 强度是指构件抵抗破坏的能力。例如,冲床的曲轴在工作冲压力作用下不应折断;储气罐或氧气瓶在规定内部压力下不应爆裂等。

(2) 刚度要求 刚度是指构件抵抗变形的能力。以机床的主轴为例,即使它有足够的强度,若变形过大,也会使轴上的齿轮啮合不良,并引起轴承的不均匀磨损。

(3) 稳定性要求 稳定性是指构件保持原平衡状态的能力。有些细长杆,如内燃机中的挺杆、千斤顶中的螺杆等,在压力作用下有被压弯的可能。为了保证其正常工作,要求这类杆件始终保持直线形式,亦即要求原有的直线平衡形态保持不变。

若构件的截面尺寸过小,或截面形状不合理,或材料选用不当,在外力作用下都将不能满足上述要求,从而影响机械或结构物的正常工作。反之,若构件尺寸过大,材料质量太好,虽满足了上述要求,但构件的承载能力难以充分发挥。这样,既浪费了材料,又增加了成本。可见,安全与经济常常是相互矛盾的。

材料力学的任务就是在满足强度、刚度和稳定性的要求下,为设计既安全又经济的构件提供必要的理论基础和计算方法。

构件的强度、刚度和稳定性问题都与所用材料的力学性能(材料在外力作用下表现出来的变形和破坏等方面的特性)有关。材料的力学性能需要通过实验来测定。材料力学中的一些理论分析方法大多是在某些假设条件下得到的,其是否正确、可靠,还需要通过实验来检验。此外,有些问题尚无理论分析结果,也需借助实验的方法来解决。因此,材料力学是一门理论与实验相结合的学科。

自 测 题 1

自测题 1-1 构件抵抗破坏的能力称为_____,构件抵抗变形的能力称为_____。

自测题 1-2 为保证机械或工程结构的正常工作,其中各构件一般应满足_____、_____和_____三方面的要求。

1.2 变形固体的基本假设

组成构件的材料为可变形固体。为了研究方便,通常做如下的基本假设。

(1) 连续性假设 认为组成固体的物质不留空隙地充满了整个固体的体积。实际上,

组成固体的微粒之间总是存在着空隙,并不连续。但这种空隙与构件的尺寸相比极其微小,在研究固体的宏观性能时可以忽略不计,而认为固体材料在整个体积内连续分布。根据这个假设,某些力学量(如应力、应变和变形等)可看做是固体内点的坐标的连续函数,从而可以用高等数学的工具(如微分、积分等)对其进行分析计算。

(2) 均匀性假设 认为在固体内各点处具有相同的力学性能。就使用最多的金属材料来说,组成金属材料各晶格的力学性能并不完全相同,从宏观角度看,组成构件的金属材料的任一部分都包含大量晶粒,且无序地排列在整个体积之内,而固体的力学性能是各晶粒力学性能的统计平均值,所以可以认为固体内各点处具有相同的力学性能。根据这个假设,可以从构件中取出任意一个无限小的部分进行研究,然后将研究结果应用于整个构件;也可将由小尺寸试件测得的材料力学性能应用于尺寸不同的构件或无限小的部分。

(3) 各向同性假设 认为固体材料在各个不同方向的力学性能相同。各种金属、塑料以及搅拌得很好的混凝土,一般都可以认为是各向同性的材料。木材顺着纹理比横跨纹理容易被劈开,所以木材的抗力性能在各个方向是不同的,它属于各向异性材料。对各向异性材料进行理论及实验的研究较复杂,但在工程实际上,大多数的材料可以当做各向同性看待。

(4) 小变形假设 认为固体受力后的变形比固体的原始尺寸小得多。本书所讨论的材料力学问题,局限于变形的大小远远小于构件原始尺寸的情况,即小变形情况。因此,在研究构件的平衡时,就可忽略构件的变形,仍按变形前的原始尺寸进行分析计算。

试验结果表明,如外力不超过一定限度,绝大多数材料在外力作用下发生的变形,在外力解除后又可恢复原状,这种变形称为弹性变形。但如外力过大,超过一定限度,则外力解除后只能部分复原,而遗留下一部分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。一般情况下,要求构件只发生弹性变形,而不允许发生塑性变形。

自 测 题 2

自测题 2-1 在材料力学中,根据材料的主要性能作三个假设,即_____假设、_____假设和_____假设。

自测题 2-2 认为固体在其整个几何空间毫无空隙地充满了物质,这样的假设称为_____假设。根据这一假设,构件的_____就可利用坐标的连续函数表示。

自测题 2-3 根据均匀性假设,可认为构件的力学性能在各点处都相同。这个说法_____。

(A) 正确 (B) 错误

自测题 2-4 根据各向同性假设可认为,材料的力学性能在各方向都相同。这个说法_____。

(A) 正确 (B) 错误

自测题 2-5 固体材料在各个方向具有相同力学性能的假设,称为各向同性假设。所有工程材料都可应用这一假设。这个说法_____。

(A) 正确 (B) 错误

自测题 2-6 在小变形条件下研究构件的应力和变形时,可用构件的原始尺寸代替其变形后的尺寸。这个说法_____。

(A) 正确 (B) 错误

自测题 2-7 受外力作用而发生变形的构件,在外力解除后具有消除变形的性质称为_____;而外力解除后具有保留变形的性质为_____。

1.3 杆件变形的的基本形式

材料力学所研究的主要构件为杆件，且大多数杆件为直杆。

杆件是纵向（长度方向）尺寸远大于横向（垂直于长度方向）尺寸的构件。

杆件的两个主要的几何特征是横截面和轴线。横截面是指垂直于直杆长度方向的截面，轴线是所有横截面形心的连线，横截面和轴线总是相互垂直的。轴线为直线的杆件称为直杆。在材料力学中研究的大多是等截面的直杆，简称等直杆。

杆件变形的的基本形式有四种，分别为：

(1) 轴向拉伸与压缩 如吊索、桁架的杆件、拉杆、柱等。

(2) 剪切 如螺栓、铆钉等。

(3) 扭转 如传动轴、扭杆、驾驶盘轴、钻头等。

(4) 弯曲 弯曲变形的构件在机械和建筑物中用得最多，一般称为梁。

本书将按照上列顺序先分别研究杆件的各种基本变形，再研究它们的组合情形。

自测题 3

自测题 3-1 杆件变形的的基本形式有四种，分别为轴向拉伸与压缩、_____、_____和_____。

1.4 材料力学的学习方法

材料力学是一门专业基础课程。它所介绍的力学基本概念、基本理论和基本方法，既可以用于解决工程实际问题，又是学习后续课程的重要基础。因此，学好材料力学课程非常重要。

材料力学是研究工程问题的，其研究对象和任务都与具体的工程结构相关，它的理论、方法和各种结论都是围绕工程问题形成的。可以说，离开工程结构问题，就没有材料力学。多数学生开始学习材料力学课程时，比较习惯抽象思维，对各种具体工程结构及其基本设计要求了解得很少。因此，要学好材料力学，首先要建立工程概念，注意用工程的方法解决问题。例如，解题时应画好结构图，用简单的近似计算方法代替复杂的精确计算方法，用有理数计算而不是用无理数计算等。对工程概念和工程方法持忽视、漠视乃至抵触的态度，极易产生浮躁情绪，如不看清楚问题就解题，解题不画图，误以为知道公式就能解题，抄作业，实验课应付差事等，对学习都是极为不利的。

材料力学是解决具体问题的，因此需要画工程结构图，这些图并不是详图，而是力学简图。材料力学一般需要进行受力分析，以搞清全部外力，因此需要画受力图，即分离体图。材料力学一般要进行内力分析，以确定危险截面，因此需要画内力图。材料力学通常要进行变形分析，也是通过图形表现的。图形是材料力学分析表达问题的重要手段之一，因此画好各种图形是学习的基本要求。

材料力学课程的目标要求分两类，一类是知识性要求，另一类是能力性要求。知识性要求可通过阅读和传授解决，而能力性要求则主要靠训练来达到。受力分析、内力分析、变形

分析、危险状态判断、危险点判断等都属能力性要求,没有足够的训练是很难达到要求的。训练有时是很枯燥的事情,需要耐心,需要百折不挠的精神。应抓住一切机会进行训练,不要轻易放弃一个机会。做作业是训练,实验是训练,快速阅读是训练,理解是训练,综合应用是训练,记忆也是训练。学生们入学时水平差不多,毕业时差距却很大,其中一个重要原因是训练火候和质量不同,所以不要轻视训练。

学习材料力学课程,不要也不应把自己的思想局限在材料力学范围以内。有的学生学材料力学看不懂曲率公式,不清楚一个受力体最多可列出几个平衡方程,不能简单地认为这是把学过的数学、理论力学知识忘了,实际这是思想的局限性造成的。材料力学既是一种工具,也是一种思想。因此,解决材料力学问题的方法不是唯一的,它必然会和其他学科发生联系。因此,开放性思维有利于学好材料力学。

学习材料力学要着重掌握其科学的思维方法,培养发现问题、分析问题和解决问题的综合能力。在学习过程中,既要注意每部分在研究对象、内容和方法上的区别,又要注意后面部分对前面部分理论和方法的应用,还要尽可能地联系工程和生活实际,在实际中发现力学问题、细心体会力学原理。

自 测 题 4

自测题 4-1 材料力学是一门 () 课程。

(A) 公共

(B) 基础

(C) 专业基础

(D) 专业

第2章 轴向拉伸与轴向压缩

2.1 轴向拉伸与轴向压缩的概念与实例

图 2-1 所示旋臂式吊车中的 AB 杆、图 2-2 中所所示紧固螺栓等，都是受拉伸的杆件，而图 2-3 所示液压机传动机构中的连杆、千斤顶的螺杆等，则是受压缩的杆件。

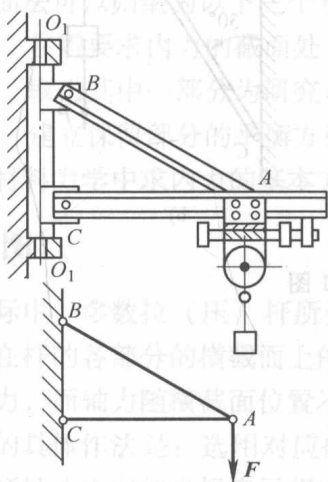


图 2-1 旋臂式吊车

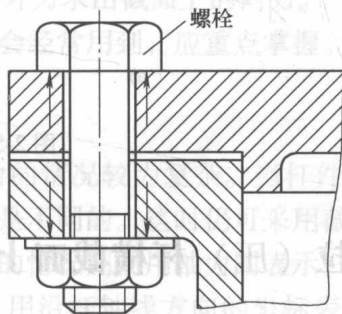


图 2-2 紧固螺栓

轴向拉伸与轴向压缩的受力特征是作用于杆上的外力或其合力的作用线沿着杆件的轴线。其变形特征是杆件沿轴线方向伸长或者缩短。

杆件主要产生轴向伸长（或缩短），这种变形形式称为轴向拉伸（或轴向压缩），这类杆件称为拉压杆。轴向拉伸与轴向压缩的受力如图 2-4 所示。

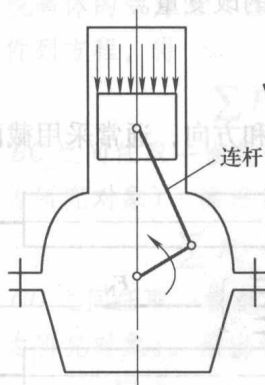


图 2-3 液压机传动机构

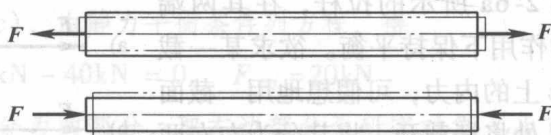


图 2-4 轴向拉伸和轴向压缩

自测题 5

自测题 5-1 图 2-5a 中所示发生轴向拉伸变形的杆为 (), 发生轴向压缩变形的杆为 ()。图 2-5b 中所示发生轴向拉伸变形的杆为 (), 发生轴向压缩变形的杆为 ()。

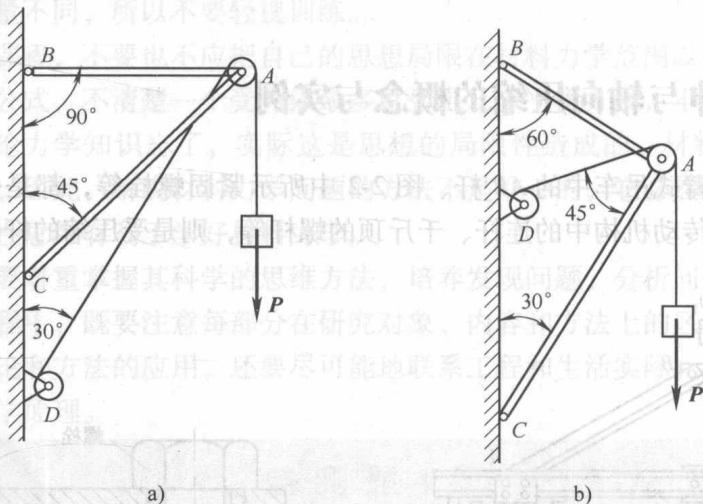


图 2-5 自测题 5-1 图

2.2 轴向拉（压）杆横截面上的内力

2.2.1 内力的概念

当杆件受外力作用而变形时，其内部各部分之间的相互作用力发生了改变。这种由于外力作用而引起的杆件内部各部分之间相互作用力的改变量，称为“附加内力”，简称为内力。内力的大小及其在杆件内的分布方式与杆件的强度、刚度、稳定性等密切相关，因此，内力分析是解决杆件强度、刚度和稳定性问题的基础。

需要指出，理论力学中曾经介绍的内力与这里所讲的“附加内力”是不同的。材料力学中的内力是指构件在外力作用下，其内部各质点间相互作用力的改变量。

2.2.2 截面法、轴力

为了揭示构件在外力作用下所产生的内力，确定内力的大小和方向，通常采用截面法。

图 2-6a 所示的拉杆，在其两端拉力的作用下保持平衡。欲求某一截面 $m-m$ 上的内力，可假想地用一截面在 $m-m$ 处将杆截开，将其分为左右两段。任取一段，例如取左段为研究对象，弃去右段，而将右段对左段的作用以内力来代替。根据连续性假设可

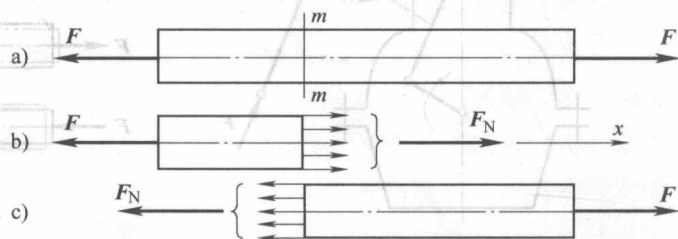


图 2-6 截面法求拉杆轴力

知,内力是作用在横截面上的连续分布力(见图2-6b)。设该连续分布内力的合力为 F_N ,则由左段杆的平衡条件可知,合力 F_N 的作用线必沿杆的轴线,其数值等于 F 。若取右段杆为研究对象,如图2-6c所示,可以得到相同的结果。

拉(压)杆的内力 F_N 的作用线与杆轴线重合,故称为轴向内力,简称轴力。轴力的正负号由杆的变形情况确定。当轴力使杆件受拉伸长时, F_N 为正值;反之,当杆件受压缩短时, F_N 为负值。一般先假设 F_N 为拉力。

必须指出,在理论力学中,列平衡方程是根据力在坐标中的方向来规定力的正负的;而在材料力学中,则是根据杆件的变形来规定内力的正负的。这是材料力学与理论力学在方法上的一个区别,在今后的计算中应加以注意。

综上所述,假想地用一个截面将杆件截开,从而揭示内力并确定内力,这种方法称为截面法。采用截面法可以归纳为以下三个步骤。

(1) 截开 在需要求内力的截面处,假想地用某一截面将杆截分为两部分。

(2) 代替 取出其中一部分为研究对象,将弃去部分对保留部分的作用以内力代替。

(3) 平衡 建立保留部分的平衡方程,由已知外力求出截面上的内力。

截面法是材料力学中求内力的基本方法,今后会经常用到,应重点掌握。

2.2.3 轴力图

在工程实际中,多数拉(压)杆所受轴向外力的情况较为复杂。当杆件受到多个轴向外力作用时,在杆的各部分的横截面上的轴力往往是不同的。这时仍可采用截面法来求得各横截面上的轴力,而轴力随横截面位置不同而变化的情况则要用轴力图表示。

作轴力图的具体作法是:选用对应的比例尺,用沿杆轴线方向的坐标表示横截面的位置,以垂直于杆轴线方向的坐标表示相应横截面上轴力的大小。这样作出的轴力与横截面位置关系的图线称为轴力图。

例2-1 一等直杆的受力情况如图2-7所示,试作其轴力图。

解: 由该杆的受力特点可知它是轴向拉压杆,其内力是轴力 F_N 。下面用截面法求内力。

如图2-8a所示,在AB之间任取一横截面1-1,将杆件分为两部分,取左边部分为研究对象(也可取右边部分为研究对象),画出该脱离体的受力图(图2-8b),由静力平衡条件列方程,得

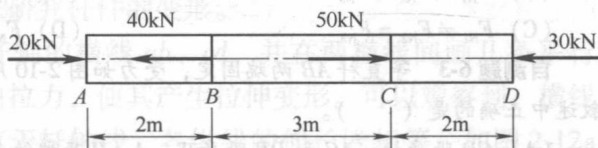


图2-7 例2-1图

$$\sum F_x = 0, \quad F_{N1} + 20\text{kN} = 0, \quad F_{N1} = -20\text{kN}$$

在BC之间任取一横截面2-2,将杆件分为两部分,取左边部分为研究对象(也可取右边部分为研究对象),画出受力图(图2-8c),由静力平衡条件列方程,得

$$\sum F_x = 0, \quad F_{N2} + 20\text{kN} - 40\text{kN} = 0, \quad F_{N2} = 20\text{kN}$$

在CD之间任取一横截面3-3,将杆件分为两部分,取左边部分为研究对象(也可取右边部分为研究对象),画出受力图(图2-8d),由静力平衡条件列方程,得

$$\sum F_x = 0, \quad F_{N3} + 20\text{kN} - 40\text{kN} + 50\text{kN} = 0, \quad F_{N3} = -30\text{kN}$$

根据以上对AB、BC、CD段内轴力的大小和正负的分析,画出轴力图,如图2-8e所示。

注意,画轴力图时一般应与原图平行对齐,当杆件水平放置或倾斜放置时,正值应画在与杆件轴线平行的横坐标 x 轴的上方或斜上方,而负值则画在下方或斜下方,并且标出正负号。当杆件竖直放置时,正负值可分别画在不同侧并标出正负号;轴力图上可以适当地画一些纵标线,纵标线必须垂直于坐标轴;旁边应标上内力图的名称。

必须指出:在运用截面法求内力之前,是不允许使用力的可传性原理的,也不允许预先将杆上载荷用一个与之等效的力系来代替。因为这样的处理将改变杆件的变形性质,其内力也会随之改变。这是材料力学与刚体静力学的研究对象不同的缘故。所以,在运用静力学的原理时一定要注意其适用条件。同样地,在实际工作中或后续课程的学习中运用材料力学的结论时,也要注意使用的条件。

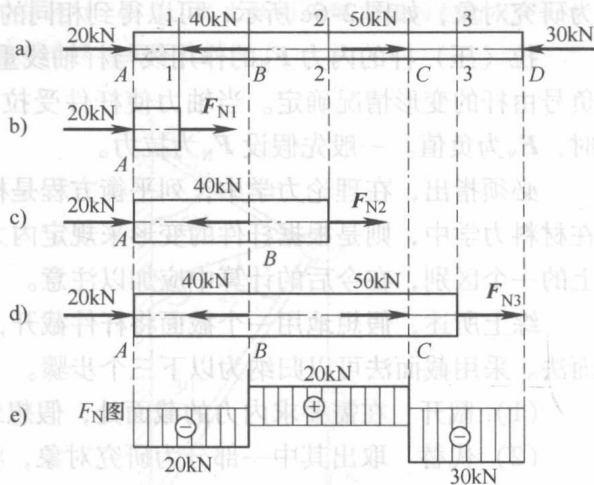


图 2-8 例 2-1 的内力计算

自测题 6

自测题 6-1 关于确定截面内力的截面法的适用范围,下列四种说法中正确的是()。

- (A) 仅适用于等截面直杆
- (B) 仅适用于直杆且承受基本变形
- (C) 适用于不论是基本变形还是组合变形,但仅限于直杆的横截面
- (D) 适用于等截面或变截面、直杆或曲杆、基本变形或组合变形、横截面或任意截面的普遍情况

自测题 6-2 变截面杆受集中力 F 作用,如图 2-9 所示。设 F_{N1} 、 F_{N2} 和 F_{N3} 分别表示杆中截面 1-1、2-2 和 3-3 上沿轴线方向的内力值,则下列结论中正确的是()。

- (A) $F_{N1} = F_{N2} = F_{N3}$
- (B) $F_{N1} = F_{N2} \neq F_{N3}$
- (C) $F_{N1} \neq F_{N2} = F_{N3}$
- (D) $F_{N1} \neq F_{N2} \neq F_{N3}$

自测题 6-3 等直杆 AB 两端固定,受力如图 2-10 所示。在下面关于杆内轴力与杆端约束力的四种情况叙述中正确的是()。

- (A) CD 段受拉, AC 和 DB 段受压, A、B 两端约束力等值反向
- (B) CD 段受拉,轴力为 F ; AC 段和 DB 段受压,轴力均为 $-F$
- (C) CD 段受拉,轴力为 F ; A、B 两端不受力
- (D) AC 段和 DB 段受压,轴力均为 $-F$; CD 段不受力

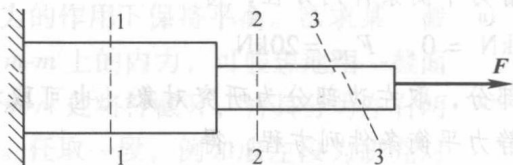


图 2-9 自测题 6-2 图

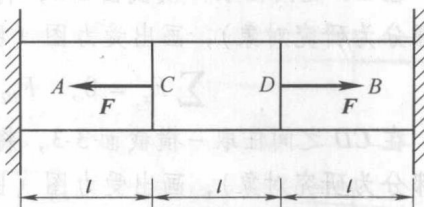


图 2-10 自测题 6-3 图