

罗跃纲 高凌霞
刘贵立 刘玉彬 韩旭◎编

材料力学

CAILIAO LIXUE



 科学出版社
www.sciencep.com

材 料 力 学

罗跃纲 高凌霞
刘贵立 刘玉彬 韩 旭 编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书重点介绍工程材料的强度、刚度及稳定性分析。本书内容主要包括绪论,轴向拉伸、压缩与剪切,扭转,弯曲内力,弯曲应力,弯曲变形,应力状态与强度理论,组合变形,压杆稳定,能量法,超静定问题,动荷载,交变应力,材料力学性质的进一步研究等。

本书可供高等院校工科类本科生及研究生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学/罗跃纲等编. —北京:科学出版社,2004

ISBN 7-03-013464-8

I. 材… II. 罗… III. 材料力学-高等学校-教材 IV. TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 044676 号

责任编辑:童安齐/责任校对:张 琪

责任印制:吕春珉/封面设计:东方上林工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年7月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2004年7月第一次印刷 印张:24 1/2

印数:1—4 000 字数:490 000

定价:32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

本教材是按照国家教委审定的高等工业院校“材料力学课程教学基本要求”编写的,作为土木工程、机械工程、电气工程等专业的教材,在编写过程中充分考虑了以上各专业的特点和要求,以及研究生、本科生、专科生和各类工程技术人员等不同层次人员学习和参考的需要,同时注意了本课程与后续课程的衔接。

本书重点介绍工程材料的强度、刚度、稳定性分析,为机械和工程设计提供必要的力学理论、计算方法和实验分析方法,力求使学生能够了解和解决工程中的复杂力学问题。本书主要内容包括绪论,轴向拉伸、压缩与剪切,扭转,弯曲内力,弯曲强度,弯曲变形,应力状态与强度理论,组合变形,压杆稳定,能量法,超静定问题,动荷载,交变应力,材料力学性质的进一步研究等。

参加本书编写的有:罗跃纲(第7、8、9、10、11章),高凌霞(第4、5、6章),刘贵立(第1、2、3章),刘玉彬(第12、13章),韩旭(第14章和附录)。

本书编写过程中作者参考了部分有关材料力学和工程力学方面的教材,在此对这些教材的作者表示衷心的感谢。由于水平有限,书中难免存在不妥之处,请读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 材料力学的任务和研究方法	1
1.2 变形固体及其基本假设	2
1.3 杆件变形的基本形式	4
第 2 章 轴向拉伸、压缩与剪切	7
2.1 轴向拉伸与压缩的概念与实例	7
2.2 轴向拉伸与压缩时的内力	8
2.3 轴向拉伸与压缩时横截面的应力	11
2.4 轴向拉伸或压缩时斜截面上的应力	14
2.5 轴向拉伸或压缩时的变形	15
2.6 材料在拉伸和压缩时的力学性能	19
2.7 失效、许用应力与强度条件	26
2.8 应力集中的概念	30
2.9 拉压杆连接部分的剪切和挤压计算	31
习题	37
第 3 章 扭转	43
3.1 扭转的概念和实例	43
3.2 扭转时的内力	44
3.3 薄壁圆筒的扭转	48
3.4 圆轴扭转时的应力与强度条件	50
3.5 圆轴扭转时的变形和刚度计算	54
3.6 非圆截面轴的扭转	56
3.7 薄壁杆的扭转	58
习题	62
第 4 章 弯曲内力	65
4.1 梁的概念和实例	65
4.2 梁的计算简图	66
4.3 梁的内力、剪力和弯矩	67
4.4 剪力方程和弯矩方程 剪力图和弯矩图	70
4.5 内力与分布荷载间的关系及其应用	75

4.6 用区段叠加法作梁的弯矩图	80
习题	82
第5章 弯曲应力	87
5.1 弯曲正应力	87
5.2 弯曲剪应力	92
5.3 梁的强度条件	97
5.4 梁的合理强度设计	101
习题	104
第6章 弯曲变形	109
6.1 概述	109
6.2 梁的挠曲线近似微分方程	110
6.3 用积分法求梁的变形	111
6.4 用叠加法求梁的位移	116
6.5 梁的刚度条件与合理刚度设计	118
习题	121
第7章 应力状态与强度理论	125
7.1 应力状态的概念	125
7.2 平面应力状态下的应力分析	126
7.3 主应力、主平面与最大剪应力	128
7.4 应力状态分析的图解法——应力圆及其应用	130
7.5 复杂应力状态下的应力-应变关系	132
7.6 强度理论概述	139
7.7 四种常用强度理论	141
7.8 莫尔强度理论	144
7.9 强度理论的应用	147
7.10 含裂纹体的脆性断裂概述	150
习题	152
第8章 组合变形	157
8.1 组合变形概述	157
8.2 斜弯曲	157
8.3 拉伸(压缩)与弯曲的组合	162
8.4 弯曲与扭转的组合	166
习题	174
第9章 压杆稳定	179
9.1 压杆稳定的概念	179
9.2 两端铰支细长压杆的临界压力	181

9.3	其他支座条件下细长压杆的临界压力	184
9.4	欧拉公式的适用范围 经验公式	189
9.5	压杆的稳定校核	191
9.6	提高压杆稳定性的措施	193
9.7	纵横弯曲的概念	196
	习题	198
第 10 章	能量法	206
10.1	概述	206
10.2	杆件弹性变形能的计算	206
10.3	卡氏定理	212
10.4	麦克斯韦-莫尔定理	220
10.5	图形相乘法	222
10.6	功的互等定理	226
	习题	228
第 11 章	超静定问题	235
11.1	概述	235
11.2	拉压超静定	236
11.3	扭转超静定	243
11.4	弯曲超静定	244
11.5	力法及正则方程	249
11.6	连续梁及三弯矩方程	259
11.7	超静定桁架	263
	习题	267
第 12 章	动载荷	275
12.1	概述	275
12.2	杆件做变速运动时应力与变形的计算	275
12.3	强迫振动的应力计算	279
12.4	杆件受冲击时的应力和变形	284
12.5	冲击韧性	290
	习题	292
第 13 章	交变应力	300
13.1	交变应力与疲劳失效	300
13.2	交变应力的循环特征、应力幅和平均应力	302
13.3	持久极限	303
13.4	影响持久极限的因素	305
13.5	对称循环下构件的疲劳强度计算	311

13.6	持久极限曲线.....	312
13.7	不对称循环下构件的疲劳强度计算.....	314
13.8	弯扭组合交变应力的强度计算.....	317
13.9	变幅交变应力.....	319
13.10	提高构件疲劳强度的措施	321
	习题.....	322
第 14 章	材料力学性质的进一步研究	327
14.1	温度对材料力学性质的影响.....	327
14.2	时间对材料力学性质的影响.....	329
14.3	变形速度对材料力学性质的影响.....	333
14.4	交变应力和周围介质对材料力学性质的影响.....	335
附录		336
I	梁的挠度与转角	336
II	截面的几何性质	338
III	型钢表	356
	习题部分答案	373
	主要参考文献	384

第1章 绪 论

1.1 材料力学的任务和研究方法

各种机械或建筑物,如机床、起重机和桥梁等,都是由若干构件组成的。为了保证机械或建筑物能够正常地工作,必须要求其每个构件在载荷作用下均能正常地工作。为此,首先要求构件在载荷作用下不发生破坏。例如,起重机在吊运货物时,若吊索发生断裂,则整个起重机就将停止工作。其次,对某些构件,除要求它不发生破坏外,还要求它不发生过度的变形。例如机床主轴,若工作时变形过大,则将影响加工精度。因此,通常要求将某些构件的变形量限制在某一允许范围之内。此外,对某些构件,还要求它在载荷作用下,其原有形状下的平衡不发生突然改变。例如受压的细长直杆,当沿杆轴向作用的压力达到某一限度后,杆会从直线形状突然变弯。通常将类似于细长压杆出现的这种现象称为构件在原有形状下的平衡丧失了稳定性,简称为失稳。构件一旦失稳,也将不能正常地工作。

将上述内容归纳起来,对构件的正常工作应有如下三个方面的要求。

(1) 构件应具有足够的抵抗破坏的能力,使其在载荷作用下不致破坏,即要求它具有足够的强度。

(2) 构件应具有足够的抵抗变形的能力,使其在载荷作用下所产生的变形不超过工程上所允许的范围,即要求它具有足够的刚度。

(3) 构件应具有足够的抵抗失稳的能力,使其在载荷作用下能保持其原有形状下的平衡,即要求它具有足够的稳定性。

由研究获知:构件的强度、刚度和稳定性,与其本身的几何形状、尺寸大小、所用材料、受力情况以及工作环境等等都有密切的关系。

在工程上,为了保证每一机械或结构始终能够正常地工作而不致失效,在使用过程中,不容许有任何一个构件发生破坏或失稳而不安全,也不容许有任何构件由于变形过大(或过小)而不合用。也就是说,各个构件都必须具有足够的强度和稳定性,还要具有恰当的刚度。

工程中所用的任何一个机械或结构,应该是既安全又适用,而且设计时还要使它是最经济的。安全、适用和经济是任何一个机械或工程结构所必须满足的三个基本要求。

此外,在某些情况下,机械或工程结构还须满足一些特殊要求。例如,紧急的工程结构要求施工或制造简便,电讯和输电设备要求绝缘,化工机械和设备要求耐腐

蚀,炼油机械和设备要求耐高温、耐高压等等。当然,在工程设计中,还有好些因素应该考虑,例如化工容器要有可靠的密封,一般机械应该尽量减小噪声等等。

上述这些要求之间,通常是存在着矛盾的。例如,为了提高工程结构安全的程度,常须耗用较好较多的材料,提高加工的精密密度;但是为了使所设计的结构是最经济的,却须选用较廉的材料(往往质量较差),并应尽量减少材料的消耗,降低加工的要求。必须注意的是,在工程设计中,片面地追求经济效果来降低造价而忽视安全性,会带来严重的危险事故;但过分地强调安全而忽视经济性,就会引起浪费而违背节约原则。正确地处理这种矛盾,在工程实际中,是非常重要的课题。

在工程上,除了设计之外,有时须要对现有的构件,校核其尺寸大小是否足够,也有时要对已经制成的构件,估算其承载能力(即所能承受的最大外力)。

既然构件的强度、刚度和稳定性都与所用材料有密切关系,显然,对于设计、校核以及计算承载能力的工作,首先必须了解材料的力学性能。各种材料的力学性能,是可以通过实验研究来测定的,而且是必须通过实验研究才能获得的。

材料力学这门学科的主要任务是,研究各种工程材料和构件在外力作用下所表现的力学性能,为工程设计提供必要的理论基础和计算方法;从而为构件选择适当的材料,确定合理的形状和足够的尺寸,以保证工程结构和机械设备在满足安全、适用的前提下,符合最经济的要求。

材料力学和其他某些学科一样,在某一问题的探索研究中,有实验、假设、理论分析以及验证等过程。

材料力学所研究的是实际问题。实际事物往往是很复杂的。在研究工作中,首先是通过实验来观察具体的现象,以求探索出问题的本质;然后略去那些与本题无关或影响不大的次要性质,保留与本题有密切关系的主要性质,从而做出假设,把问题抽象化,即用理想的情况来代替真实的情况,用理想的力学模型来代替实际物体,作为研究的依据。

实际问题经过抽象化并做出假设之后,就便于进行理论分析了。在材料力学的理论分析中,常以数学和理论力学为工具。

理论分析所得的结论以及由这些结论所导出的计算方法是否正确、是否合用,需要再通过实验来验证,还必须经过生产实践的考验。

在材料力学这门学科的发展过程中,实验、理论分析和生产实践三者是紧密联系而不可分割的。

1.2 变形固体及其基本假设

上面已指出,在科学研究中,常须先由实验来观察现象,以探索事物的本质,然后略去次要性质,保留主要性质,经过抽象化并做出假设,把真实物体简化为理想模型,从而进行理论分析。

每一门学科只是从某一角度来研究具体事物某一方面的问题。真实物体具有多种多样的复杂性质,其中哪些是主要的而必须保留,哪些是次要的而可以略去,必须根据这门学科的研究范围来确定。

前已指明,一切固体在外力作用下都要发生变形。换言之,它们都是变形固体。

在理论力学中,人们所研究的是物体运动和平衡问题的一般规律。对于这种问题,固体的微小变形,影响很小,是一个可以忽略的次要因素。因此,可以认为,在外力作用下,固体的几何形状和尺寸大小都绝对不变。这就是用绝对刚体这个抽象的力学模型代替真实的固体,作为研究对象,来进行理论分析。

在材料力学中,人们所研究的是构件的强度、刚度和稳定性问题。对于这类问题,固体的变形虽然很小,但却是主要因素之一,必须予以考虑而不能忽略。所以在研究构件的强度、刚度或稳定性问题时,必须考虑到:一切构件在外力作用下都是变形固体。

既然在材料力学的研究中,要考虑到一切构件在外力作用下都是变形固体,那么就要进一步明确固体在变形方面有何重要性质。

在外力作用下固体各个质点间的相对位置有所改变,由经验和实验研究获知,一般固体都或多或少地具有抵抗这种改变的能力;在除去外力时,固体本身能消除由外力所引起的变形而趋于恢复原状。这是变形固体的一个基本性质,称为弹性。但是,若固体所受的外力超过了某一限值,则除去外力后,它就不能完全恢复原状。随着除去外力而消失的那一部分变形称为弹性变形,不能消失而遗留下来的那一部分变形称为塑性变形,也称为残余变形或永久变形。

某些固体在外力作用下能产生较大的塑性变形。这种性质称为延性(或称为塑性)。

实验研究指出:由常用的工程材料制成的构件,在常温下,当所受外力未超过某一限值时,可以认为是完全弹性的。这个范围称为弹性范围。若外力超过了这个限值,就要发生显著的塑性变形。

在材料力学中,把固体的弹性范围作为研究的主要范围。

为了简化性质复杂的变形固体,在材料力学中,常用下列几个基本假设,作为对于强度、刚度和稳定性问题进行理论分析的共同基础。

1.2.1 连续性假设

假设构成变形固体的物质完全填满了固体所占的整个几何空间而毫无空隙存在。

实际上,构件的材料是由很多很多微粒或晶体组成的,各微粒或晶体之间是有空隙的。但是,由于这种空隙和材料力学中所研究的构件的尺寸比起来都极为微小,因而,以这个假设为根据来进行理论分析,所得的结论,不致产生显著的误差。

1.2.2 均匀性假设

假设在固体的体积之内,各处的物理性质完全相同。

实际上,组成构件材料的各个微粒或晶体,彼此的性质并不完全相同。但是,由于构件所包含的极为微小的颗粒或晶体的数目极多,而且排列得很不规则,因而,它们的性能的统计平均值就足以反映构件材料的性质。也就是可以认为,材料的物理性质是均匀的。

上面这两个假设,对钢、铜等金属材料相当吻合,对砖、石、木材以及混凝土等材料较差,不过仍可采用。

1.2.3 各向同性假设

假设固体的每一部分沿各个不同方向的物理性质完全相同。

实际上,组成构件材料的各个晶体是各向异性的。不过,这些晶体都远小于构件尺寸而又杂乱地排列着,因而构件材料的统观性质接近于各向同性。铸钢、铸铜和做得很好的混凝土,常被认为是各向同性材料。

钢丝、各种轧制的钢材和纤维整齐的木材等等,只在一定的方向上才具有相同的性质,称为单向同性材料。在材料力学中,对于各向同性材料的研究结果,可以近似地用于一些单向同性材料。

根据上述几个假设,我们可以认为,在固体内各处、沿各方向的变形和位移等物理量是连续的,可以用位置坐标的连续函数来表示。因此,我们可以从固体内任何部分、沿任何方位,假想地取出无限小的单元体(即无限小的微块)来进行分析研究,而且可以把那些由大尺寸试样通过实验研究所获得的材料性质移用到无限小的单元体上去。这就使我们在材料力学的研究中,可以应用无限小的分析方法。

1.2.4 小变形假设

由于各个固体的形状、尺寸及材料性质各有不同,因而在外力作用下,在些固体的变形很不明显,也有些固体的变形很为显著,不过在工程中,一般构件的变形与构件本身的原始尺寸比较起来通常是很微小的,因而在构件各点处与变形相对应的位移也是很微小的。

由于变形微小,所以,研究构件整体或其某一部分的平衡或运动时,可以略去变形和与变形相对应的位移而采用构件的原始尺寸和外力作用点的原始位置。这样做所引起的误差很为微小,可以不考虑,而实际计算却大为简化。

除上述几个基本假设之外,在材料力学中,还常常采用一些简化变形或内力的假设。在本书后面的某些章节中,将分别予以指出。

1.3 杆件变形的基本形式

实际构件的几何形状是多式多样的。在强度、刚度等问题中,对于任意形状的构件,难以进行理论分析;但是对于形状简单的构件,则研究较易。材料力学以杆状

构件为主要研究对象。

杆状构件常简称为杆件或杆,形状细长。沿杆长的方向称为纵向,与纵向垂直的方向称为横向。杆的纵向尺寸远远大于其横向尺寸。

沿着杆的横向所取的截面称为横截面。各横截面形心的连线称为杆的形心轴,有时称为中心线,或简称为轴线。横截面和轴线是杆的重要几何特征。

各处横截面的形状完全相同而且大小完全相等的杆称为等截面杆[图 1.1(b)和(c)];否则就称为变截面杆[图 1.1(a)]。轴线为曲线的杆称为曲杆[图 1.1(a)和(b)];轴线为直线的杆称为直杆[图 1.1(c)和(d)]。等截面直杆有时简称为等直杆[图 1.1(c)];几段的截面彼此不等而各段内为等截面的直杆常称为阶梯杆[图 1.1(d)]。

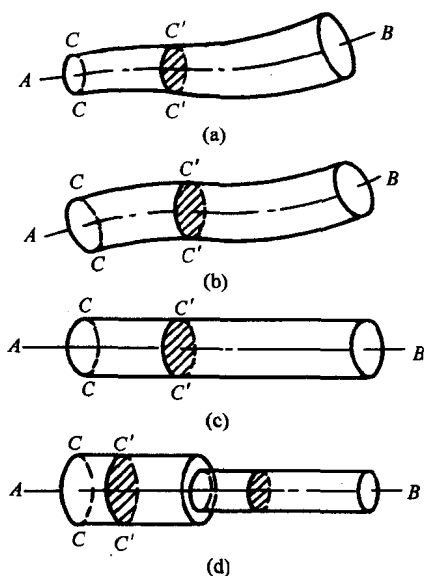


图 1.1

有关等直杆的研究结果和计算方法,有时可近似地推广用于小曲率的曲杆和横截面沿杆轴变化缓和的变截面直杆。

实际构件的形状相当复杂,不过常常有很多构件可以近似地简化为杆件来进行分析研究。例如建筑结构中的梁、柱、烟囱,机械设备中的传动轴、螺栓等等,在材料力学中都可作为直杆来处理;起重吊钩就可作为曲杆来处理。

由于外力作用的方位和指向不同,直杆所产生的变形也将随之而异。直杆变形的基本形式有下列几种,现将其最简单的受力情况和主要变形现象分述如下。

1.3.1 轴向拉伸和轴心压缩

若直杆在两处各受一个集中外力作用,二者大小都等于 P 而指向相反,作用

线都与杆的轴线重合,则杆的主要变形就是杆长的改变。两力向外时,杆受拉而伸长,如图 1.2(a)所示。这种变形形式称为轴向拉伸或简单拉伸。两力向内时,杆受压而缩短,如图 1.2(b)所示。这种变形形式称为轴向压缩或简单压缩。

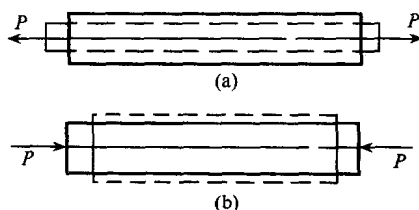


图 1.2

在工程实际中,例如桁架在外力作用下,有些构件的主要变形就是轴向拉伸,而另一些构件的主要变形就是轴向压缩。

1.3.2 扭转

若直杆在两处各受一个外力偶作用,二者矩的大小都等于 M_0 。而转向相反,作用面都垂直于杆的轴线,则在杆的侧面上原来平行于杆轴的诸直线就都变成螺旋线(在小变形下近似于斜直线),如图 1.3 所示。这种变形形式称为扭转。

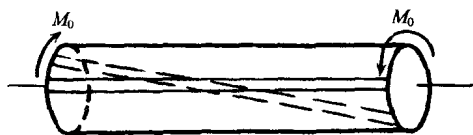


图 1.3

在工程实际中,例如汽车方向盘的轴和某些设备手轮的轴,其主要变形就是扭转。

1.3.3 弯曲

若直杆在两处各受一个外力偶作用,二者矩的大小都等于 M_0 。而转向相反,作用面都与包含杆轴的某一纵平面重合,则直杆就要变弯,如图 1.4 所示。这种变形形式称为弯曲。

在工程实际中,例如吊车梁的主要变形就是弯曲。

在工程中,常常遇到一些构件,它们的变形较为复杂。不过杆件的复杂变形可以看成是由上述几种基本形式的变形组合起来的,杆件的这种变形称为组合变形。

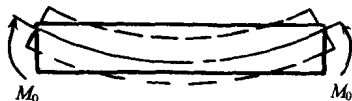


图 1.4

本书在以下几章中,将先分别讨论杆件变形的各种基本形式,然后讨论组合变形。

第2章 轴向拉伸、压缩与剪切

2.1 轴向拉伸与压缩的概念与实例

工程结构和机械设备中,由于外力作用而产生拉伸或压缩变形的构件,是很常见的。例如悬臂吊车的拉杆 AB (图 2.1)、紧固螺栓(图 2.2)、桁架中的拉杆(图 2.3)都是产生轴向拉伸的构件;桥墩、结构支柱、千斤顶的螺杆、桁架中的压杆等,都是产生轴向压缩的构件。

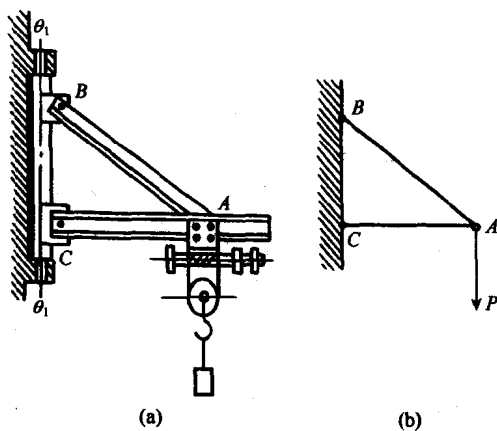


图 2.1

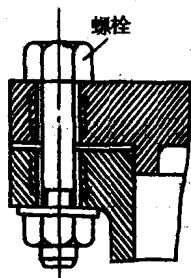


图 2.2

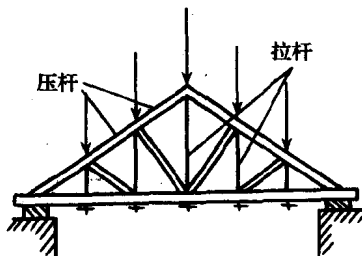


图 2.3

上述构件虽外形不同,加载方式各异,但都可概括为图 2.4 所示的计算简图。构件的几何形状为等直杆,它们受力的共同特点是:作用在杆端上的两力,大小相等,方向相反,作用线与轴线重合。在这样的外力作用下,杆主要的变形特点是:杆产生沿轴线方向的伸长或缩短,这种变形形式,是杆件变形最基本最简单的形式,

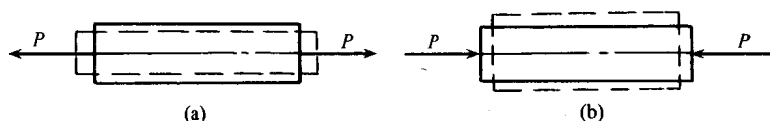


图 2.4

称为轴向拉伸或压缩。当外力为拉力时,为轴向拉伸;当外力为压力时,为轴向压缩。这类变形构件称为拉(压)杆。

本章主要研究拉压杆的应力和变形,材料在拉伸与压缩时的力学性能,以及拉压杆的强度计算,包括拉压杆连接部分的强度计算。

2.2 轴向拉伸与压缩时的内力

2.2.1 内力的概念

物体在受到外力作用而变形时,其内部各质点间的相对位置将有变化。与此同时,各质点间相互作用的力也发生了改变。上述相互作用力由于物体受到外力作用而引起的改变量,就是材料力学中所研究的内力。严格地讲,它是由于外力的作用所引起的“附加内力”,通常简称为内力。其特点是:内力随外力增加而增大,但有一定限度,超过这一限度,杆件就会发生破坏。

2.2.2 截面法 轴力

为了揭示在外力作用下构件所产生的内力,确定内力的大小和方向,通常采用截面法。设有一根如图 2.5(a)所示的拉杆,为求某一横截面 $m-m$ 上的内力,可假想地用一个横截面在 $m-m$ 处把杆截开,分为左右两段,任取其中一段,例如取左段为研究对象,弃去右段。这时,由于左段仍然保持平衡,所以在横截面上必然有一个力 N 作用[图 2.5(b)],它就是右段对左段的作用力,也就是一个内力。这样,就将截面上的内力揭示了出来。由于物体的连续性,内力实际上是分布于整个横截面上

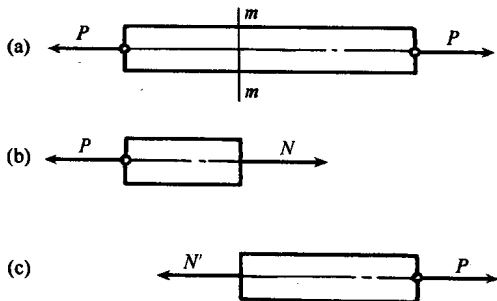


图 2.5

的,这里的内力 N 是指这些分布内力的合力。同样,如果选取右段为研究对象,则左段对右段的作用可以用力 N' 来代替[图 2.5(c)]。 N 与 N' 是左右两部分在横截面上的作用力与反作用力,两者大小相等,方向相反。

截面上内力的大小和方向,可以利用平衡条件来确定。例如在左段杆上,根据二力平衡条件,内力 N 必然与杆的轴线相重合,其方向与外力 P 相反,并由平衡方程 $\sum X = 0$ 得

$$N - P = 0$$

$$N = P$$

如果选取右段为研究对象,采用同一方法也可以得到同样的结果。不难看出,当仅在杆两端作用两轴向外力时,改变横截面 $m-m$ 的位置并不影响上述所得的结果,可见此杆各横截面上的内力都相同。

综上所述,这种假想地用一个截面将构件截开,从而揭示内力并确定内力的方法,称为截面法。可以将这一方法归纳为以下三个步骤:

(1) 假想地用一个截面将构件截开为两部分,取其中一部分为研究对象,弃去另一部分。

(2) 用作用于截面上的内力代替弃去部分对留下部分的作用。

(3) 建立留下部分的平衡方程,确定未知的内力的方向和大小。

由以上的分析结果可知,对于轴向拉伸和压缩的杆件,其横截面上内力的方向皆垂直于截面,且必通过截面的形心,这样的内力称为轴力。习惯上,把拉伸时的轴力规定为正,压缩时的轴力规定为负。

在国际单位制中轴力常用单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。

2.2.3 轴力图

当杆受到多于两个的轴向外力作用时,在杆的不同部分中其横截面上的轴力也不同。对于等直杆作强度计算时,要以杆的最大轴力作为依据,为此就必须知道杆的各个横截面上的轴力,以确定其最大轴力。为了表明各横截面上的轴力随横截面位置而变化的情况,可按选定的比例尺,用平行于杆轴线的坐标表示横截面的位置,并用垂直于杆轴线的坐标表示横截面上轴力的数值,从而绘出表示轴力与截面位置关系的图线,此即所谓轴力图,从该图上即可确定最大轴力的数值及其所在横截面的位置。习惯上将正值的轴力画在上侧,负值的画在下侧。现举例说明轴力图的画法。

【例 2.1】 图 2.6(a)示一等直杆,其受力情况如图所示。试作轴力图。

【解】 (1) 求出支反力 R [图 2.6(b)]。

由整个杆的平衡方程

$$\sum X = 0, \quad -R - P_1 + P_2 - P_3 + P_4 = 0$$

得