



高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

# 材料力学

CAILIAO LIXUE

主 编 范存新

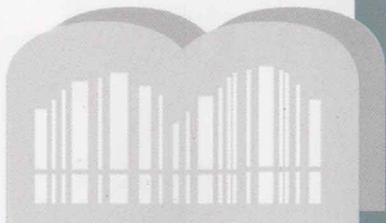
副主编 陈 宁

主 审 刘德华



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>





高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

# 材料力学

CAILIAO LIXUE

主 编 范存新

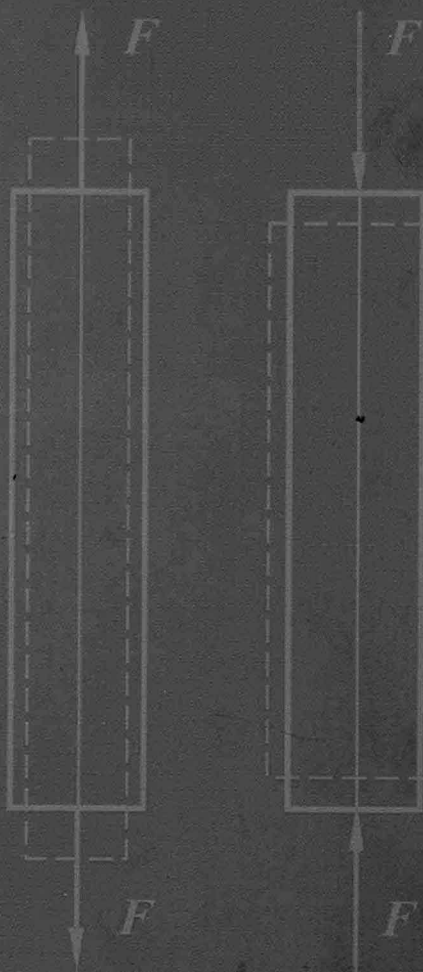
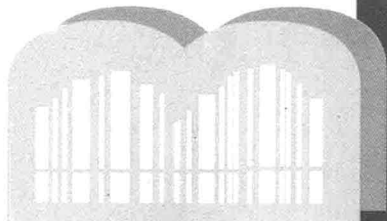
副主编 陈 宁

主 审 刘德华



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>



## 内 容 提 要

本书作为《高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材》之一,按照最新颁布的“高等学校土木工程本科指导性专业规范”进行编写。全书共分11章,内容包括绪论、轴向拉伸和压缩、剪切、扭转、弯曲内力、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、能量法。

本书将理论教学与工程应用相结合,突出工程背景,体现土木工程的专业特点。本书涵盖了“高等学校土木工程本科指导性专业规范”中“力学原理和方法”知识领域中材料力学部分全部的知识点,并补充适当的选修单元,可供土木工程各专业方向作为材料力学课程教材使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

材料力学/范存新主编. —重庆:重庆大学出版社,2011.11

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材  
ISBN 978-7-5624-6144-9

I. ①材… II. ①范… 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(2011)第087060号

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

### 材料力学

主 编 范存新

副主编 陈 宁

主 审 刘德华

责任编辑:范春青 版式设计:莫 西

责任校对:邹 忌 责任印制:赵 晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区虎溪大学城重庆大学(虎溪校区)

邮编:401331

电话:(023) 88617183 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:[fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

重庆现代彩色书报印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:17 字数:424千

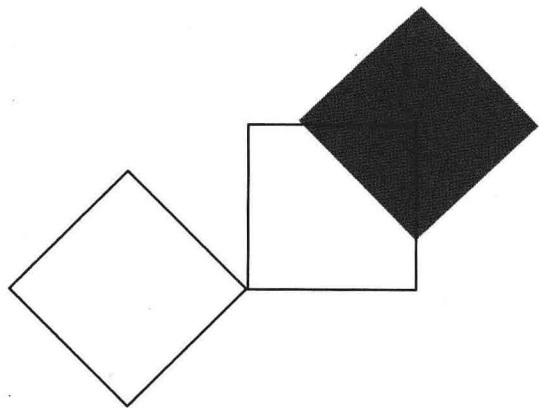
2011年11月第1版 2011年11月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-6144-9 定价:29.00元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究



# 编委会名单

总主编：何若全

副总主编：杜彦良 邹超英 桂国庆 张永兴

编委（按姓氏笔画为序）：

卜建清	王广俊	王连俊	王社良
王建廷	王雪松	王慧东	仇文革
文国治	龙天渝	代国忠	华建民
向中富	刘凡	刘建	刘东燕
刘尧军	刘俊卿	刘新荣	刘曙光
许金良	孙俊	苏小卒	李宇峙
李建林	汪仁和	宋宗宇	张川
张忠苗	范存新	易思蓉	罗强
周志祥	郑廷银	孟丽军	柳炳康
段树金	施惠生	姜玉松	姚刚
袁建新	高亮	黄林青	崔艳梅
梁波	梁兴文	董军	覃辉
樊江	魏庆朝		

# 总 序

进入 21 世纪的第二个十年,土木工程专业教育的背景发生了很大的变化。“国家中长期教育改革发展规划纲要”正式启动,中国工程院和国家教育部倡导的“卓越工程师教育培养计划”开始实施,这些都为高等工程教育的改革指明了方向。截至 2010 年底,我国已有 300 多所大学开设土木工程专业,在校生达 30 多万人,这无疑是世界上该专业在校大学生最多的国家。如何培养面向产业、面向世界、面向未来的合格工程师,是土木工程界一直在思考的问题。

由住房和城乡建设部土建学科教学指导委员会下达的重点课题“高等学校土木工程本科指导性专业规范”的研制,是落实国家工程教育改革战略的一次尝试。“专业规范”为土木工程本科教育提供了一个重要的指导性文件。

由“高等学校土木工程本科指导性专业规范”研制项目负责人何若全教授担任总主编,重庆大学出版社出版的《高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材》力求体现“专业规范”的原则和主要精神,按照土木工程专业本科期间有关知识、能力、素质的要求设计了各教材的内容,同时对大学生增强工程意识、提高实践能力和培养创新精神做了许多有意义的尝试。这套教材的主要特色体现在以下方面:

(1) 系列教材的内容覆盖了“专业规范”要求的所有核心知识点,并且教材之间尽量避免了知识的重复;

(2) 系列教材更加贴近工程实际,满足培养应用型人才对知识和动手能力的要求,符合工程教育改革的方向;

(3) 教材主编们大多具有较为丰富的工程实践能力,他们力图通过教材这个重要手段实现“基于问题、基于项目、基于案例”的研究型学习方式。

据悉,本系列教材编委会的部分成员参加了“专业规范”的研究工作,而大部分成员曾为“专业规范”的研制提供了丰富的背景资料。我相信,这套教材的出版将为“专业规范”的推广实施,为土木工程教育事业的健康发展起到积极的作用!

中国工程院院士 哈尔滨工业大学教授

沈世钊

# 前 言

本书是按照最新颁布的“高等学校土木工程本科指导性专业规范”编写的。土木工程涉及相当广泛的技术领域,建筑工程、交通土建工程、井巷工程、水利水运设施工程、城镇建筑环境设施工程、防灾减灾工程等,都属于广义的土木工程范围。本书在编写过程中特别注重应用型人才培养的要求,力争符合目前大多数高校土木工程专业不同专业方向的材料力学课程的教学和兼顾社会对人才的需求,并能够充分体现“专业规范”的主要精神,便于学生学习。

为了体现应用型人才培养的要求,本书的编写力求将理论教学与工程应用相结合,突出工程背景,体现土木工程的专业特点。本书根据土木工程专业的特点,调整了教学内容结构,涵盖了“专业规范”中“力学原理和方法”知识领域中材料力学部分全部知识点,并补充适当的选修单元(加注\*号),可供各专业方向根据需要选用。同时,为了方便教学,本书提供配套的电子课件及习题参考答案供教师免费下载(重庆大学出版社教育资源网,网址:<http://www.cqup.net/edusrc>)。

本书由苏州科技学院和南京林业大学合作编写,参加编写的人员有:范存新(第1,2,10章,附录Ⅱ),陈宁(第3,11章),蒋明(第5,6,7章,附录Ⅲ),谢小明(第8,9章),王嘉航(第4章,附录Ⅰ)。本书由范存新担任主编,陈宁为副主编。

研究生王彦军、夏瑞光、冷元、曹新风参与了本书的校对等工作。本书在编写过程中,参阅了多本同类教材,在此一并表示谢意。限于编者的水平,教材中可能有不完善的地方,欢迎读者给予批评指正。

编 者

2011年6月

# 目 录

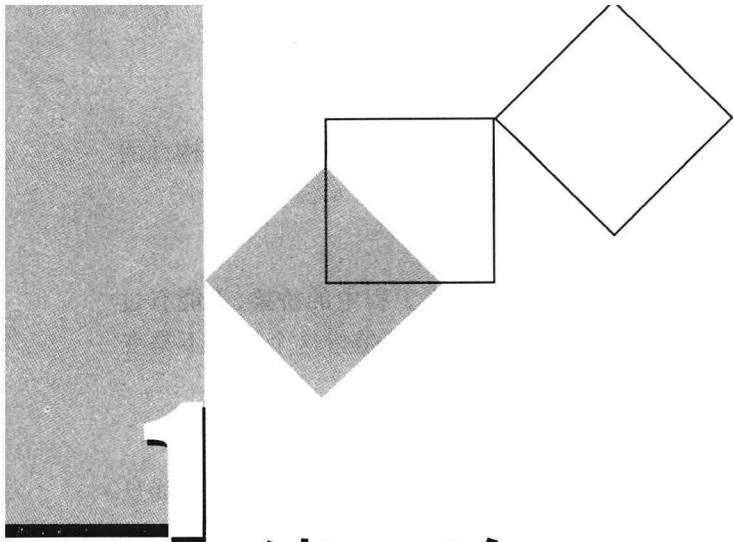
1	绪论	1
1.1	材料力学的任务和研究对象	1
1.2	可变形固体及其基本假设	2
1.3	杆件变形的基本形式	3
2	轴向拉伸和压缩	5
2.1	轴向拉伸和压缩的概念	5
2.2	拉压杆的内力与计算	6
2.3	拉压杆截面上的应力	10
2.4	拉压杆的变形·胡克定律	14
2.5	材料在拉伸与压缩时的力学性能	18
2.6	拉压杆的强度条件	21
2.7	应力集中的概念	26
*2.8	拉(压)杆超静定问题	27
	本章小结	31
	思考题	32
	习题	33
3	剪切	38
3.1	剪切的	38
3.2	剪切的实用计算	39
3.3	挤压的实用计算	40
	本章小结	44
	思考题	44
	习题	45

4	扭转	48
4.1	扭转的概念	48
4.2	圆轴扭转时的内力	49
4.3	薄壁圆筒的扭转	52
4.4	等直圆杆扭转时的应力	54
4.5	圆杆扭转时的变形	60
*4.6	扭转超静定问题	62
*4.7	非圆截面杆的扭转	64
	本章小结	69
	思考题	70
	习题	71
5	弯曲内力	77
5.1	梁的平面弯曲的概念及梁的计算简图	77
5.2	梁的内力及其求法	79
5.3	剪力方程和弯矩方程·剪力图和弯矩图	81
5.4	剪力、弯矩与分布荷载集度的微分关系	84
5.5	用叠加原理作弯矩图	88
	本章小结	89
	思考题	90
	习题	91
6	弯曲应力	95
6.1	梁横截面上的正应力	95
6.2	梁横截面上的切应力	101
6.3	梁的正应力和切应力强度条件	106
6.4	梁的合理设计	110
	本章小结	111
	思考题	112
	习题	112
7	弯曲变形	117
7.1	梁的弯曲变形	117
7.2	梁的挠曲线近似微分方程	118
7.3	积分法求梁的位移	119
7.4	叠加法求梁的变形	124
7.5	梁的刚度条件	125
*7.6	简单超静定梁的解法	127



本章小结	129
思考题	130
习题	131
<b>8 应力状态和强度理论</b>	<b>134</b>
8.1 概述	134
8.2 平面应力状态分析	135
8.3 空间应力状态分析	142
8.4 广义胡克定律	144
8.5 应变能密度	146
8.6 强度理论	148
本章小结	154
思考题	155
习题	156
<b>9 组合变形</b>	<b>160</b>
9.1 概述	160
9.2 斜弯曲	161
9.3 拉伸(压缩)与弯曲	164
9.4 弯曲与扭转	170
本章小结	173
思考题	174
习题	174
<b>10 压杆稳定</b>	<b>180</b>
10.1 压杆稳定的概念	180
10.2 两端铰支细长压杆的临界力	182
10.3 不同约束条件下细长压杆的临界力	184
10.4 欧拉公式的适用范围及临界应力总图	188
10.5 压杆的稳定计算	191
本章小结	200
思考题	201
习题	202
<b>11 能量法</b>	<b>207</b>
11.1 能量法的基本概念	207
11.2 应变能	208
11.3 卡氏定理	215

* 11.4 用能量法解超静定问题 .....	219
本章小结 .....	223
思考题 .....	223
习题 .....	224
<b>附录</b> .....	228
附录 I 截面的几何性质 .....	228
附录 II 型钢规格表 .....	242
附录 III 简单荷载作用下梁的挠度和转角 .....	255
<b>参考文献</b> .....	259



# 绪 论

## 本章导读：

- **基本要求** 了解材料力学的任务和研究对象；掌握可变形固体的概念及其基本假设；了解杆件变形的的基本形式。
- **重点** 可变形固体及其基本假设；杆件变形的的基本形式。
- **难点** 杆件变形的的基本形式。

## 1.1 材料力学的任务和研究对象

由静力学理论可知,物体在受力作用以后,力将使物体运动状态发生变化或使物体产生变形。前者称为力的运动效应,后者称为力的变形效应。在静力学中,采用刚体这种力学模型,则不考虑力的变形效应,但在某些实际问题中,物体的变形是不能忽视的,因而仅用刚体静力学的理论就不能解决全部问题,有必要在考虑变形的条件下进一步研究问题。

在工程实际问题中,各种结构物、机械和设备在使用时,组成它们的每个构件都要承受相邻构件或从其他构件传递过来的外力(即荷载)的作用,如压力、风力、重力等。而这些构件都必须正常工作,发挥作用,因此首先要求各构件具有一定的承受荷载的能力,即构件在荷载的作用下不发生破坏。另外,由于荷载的作用,构件的形状和几何尺寸也要发生一定的变化,即变形。若变形过大,构件也无法正常工作。如机床上的主轴若变形过大,会影响机床的工作精度。此外,还有一些构件在荷载的作用下,其原有的平衡可能丧失。例如细长的杆件,在受到轴向压力超过一定的限度后,会显著地变弯,这类现象称为失稳。这也是工程中不允许的。针对上述3种情况,对构件正常工作的要求可以表达为以下3个方面:

### 1) 强度要求

构件在荷载作用下,应具有足够的抵抗破坏的能力。例如在吊车中的拉索,若因荷载过大

而断裂时,吊车就无法使用。强度有高低之分,在一定的荷载作用下,说某种材料或某个构件的强度高,是指其比较坚固,不易破坏;反之则是指其不够坚固,较易破坏。

## 2) 刚度要求

构件在荷载作用下,应具有足够的抵抗变形的能力。例如在土木工程中的桥梁,不能有太大的变形。刚度有大小之分,在一定荷载作用下,说某个构件的刚度大,是指这个构件不易变形,即抵抗变形的能力强;反之则指其较易变形,即抵抗变形的能力弱。

## 3) 稳定性要求

某些构件在特定荷载,如压力作用下,应具有足够的保持其原有平衡状态的能力。例如悬臂吊车架的支撑杆、千斤顶的螺杆不能变弯等。

实际工程问题中,构件均应具有足够的强度、刚度和稳定性。但对一个具体的构件,这三方面要求往往有所侧重。例如,氧气瓶以强度要求为主,机械加工的车床主轴以刚度要求为主,而土木工程中的某些压杆以稳定性要求为主。此外,对某些特殊的构件往往还有相反的要求。例如为保证机器不致因超载而造成事故,当荷载达到一定限度时,要求安全销应立即破坏。

构件强度、刚度和稳定性都与所用的材料有关,因此材料力学还要研究材料在荷载作用下表现出的力学性能。材料的力学性能需要通过实验来测定,许多理论分析的结果是在某些假设的前提下,经过简化而得到的,是否可靠,也需要实验来验证。工程中还有一些问题单靠现有的理论还解决不了,也需要借助实验来解决。因此,实验研究和理论分析同样重要,材料力学是一门理论与实验相结合的学科。

在设计构件时,不但要满足上述的强度、刚度和稳定性这三个方面的要求,同时还要尽可能地合理选用材料和降低材料的消耗量,以节约资金和降低构件的自重。前者往往要求多用材料,而后者则要求少用材料,两者之间存在着矛盾。材料力学的任务就是研究材料及构件在荷载作用下所表现的力学性能,并在满足强度、刚度和稳定性的要求的前提下,为合理地解决工程中构件的设计提供必要的理论基础知识和计算方法,尽可能合理地解决这一矛盾。

# 1.2 可变形固体及其基本假设

构件在荷载作用下均会产生变形,研究构件的强度、刚度和稳定性问题时就不能将物体视为刚体,应建立新的力学模型。而制造构件所用的材料,虽然其物质材料和性质是多种多样的,但有一个共同的特点,即它们都是固体,而且在荷载作用下会发生变形——包括物体尺寸的改变和形状的改变。因此,这些材料统称为**可变形固体**。

对于由可变形固体材料做成的构件进行强度、刚度和稳定性计算时,为了使问题得到简化,需要抓住材料的主要因素,略去次要因素,将它们抽象为一种理想模型。这一抽象过程就是要对可变形固体做出如下基本假设:

①**连续性假设**:认为整个物体所占空间内毫无空隙地充满物质。事实上,可变形固体材料的微粒或晶体之间并不连续,物质结构虽然有不同程度的孔隙,但这些孔隙的大小和构件尺寸相比极为微小,故可将它们忽略不计,而认为是密实的。

②**均匀性假设**:认为物体内的任何部分,其力学性能均相同。事实上,可变形固体的基本组

成部分(如钢材中的微粒)的性能都有不同程度的差异,但从宏观角度来研究时,整体的力学性能是一样的。

③**各向同性假设**:认为材料沿各方向的力学性能都是相同的。这一假设,对大多数金属材料是完全正确的,但对某些材料如木材等,其整体的力学性能具有明显的方向性,就不能认为是各向同性的,而应该按各向异性来进行计算。

实践表明:在工程计算所要求的精度范围内,将实际材料抽象成连续、均匀和各向同性的可变形固体这种力学模型,所得到的计算结果是能令人满意的。这种理想化了的力学模型代表了各种工程材料的基本属性,使理论计算得到了简化。除了上面三个基本假设以外,材料力学中所研究的构件在承受荷载作用时,其变形远比构件的原始尺寸小,这样在研究构件的平衡和内部受力以及变形等问题时,均可按构件的原始尺寸和形状进行计算。这种因变形微小而按构件的原始尺寸和形状进行计算的方法,在材料力学中将经常用到。但同时需注意,对能够产生大变形的物体(如橡胶、塑料等)以及后面第10章所讨论的压杆的稳定性问题,则不适用。

构件的变形还可分为弹性变形和塑性变形。当构件所受荷载不超过一定限度时,大多数材料在荷载卸除后,变形可以完全消失,恢复原状,这种变形称之为**弹性变形**;但若荷载过大,超过某一限度,则在荷载卸除后,构件的变形只能部分地恢复,并将留下一部分不能消失的变形,这种变形称之为**塑性变形**。大多数构件在正常工作的条件下,均要求其材料只发生弹性变形,若发生了塑性变形,则认为是材料的强度失效。所以材料力学中所研究的大部分问题,一般限于弹性变形的范围内。

综上所述,材料力学中是把实际构件看作均匀、连续、各向同性的可变形固体,且在大多数情况下按构件的原始尺寸和形状,在小变形和弹性变形的范围内来讨论。

### 1.3 杆件变形的基本形式

实际构件有各种不同的形状,而材料力学中所研究的主要构件从几何上多抽象为杆件。所谓杆件,是指纵向尺寸远大于横向尺寸的构件,其几何要素是横截面和轴线,如图1.1(a)所示,其中横截面是垂直于杆件纵向的截面,轴线是横截面形心的连线。按横截面可将杆件分为等截面杆和变截面杆,等截面杆如图1.1(a)、图1.1(d)所示,变截面杆如图1.1(c)所示;按轴线可将杆件分为直杆和曲杆,曲杆如图1.1(b)所示。在本教材中,如未作特别说明,构件即是指杆件。

杆件的变形不但与荷载大小有关,还与荷载的作用方式有关。因为荷载是多种多样的,因此,杆的变形也就有各种各样的形式,但是杆件的基本变形可分为以下4种。

①**轴向拉伸或轴向压缩**:在两个作用线与直杆轴线重合的外力作用下,变形形式表现为杆件长度的伸长或缩短。如图1.2所示托架的拉杆和压杆受力后的变形。

②**剪切**:在相距很近的大小相等、方向相反、相互平行的一对力作用下,直杆的主要变形是横截面沿外力作用方向发生相对错动。如图1.3所示的连接件中的螺栓和销钉受力后的变形。

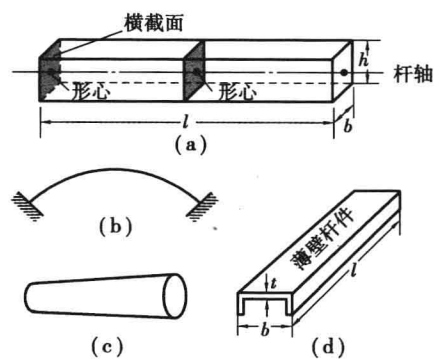


图 1.1

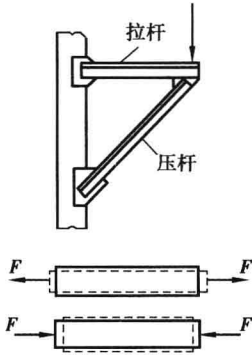


图 1.2

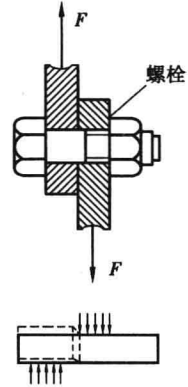


图 1.3

③**扭转**:在一对大小相等、转向相反、作用面都垂直于直杆轴线的一对外力偶作用下,直杆的两个相邻横截面将发生绕轴线的相对转动,杆件表面纵向线将变为螺旋线,而轴线仍保持为直线。如图 1.4 所示的机器中的传动轴受力后的变形。

④**弯曲**:在一对大小相等、方向相反、作用面在杆件的纵向平面内的力偶作用下,直杆的相邻横截面将绕垂直于杆轴线的轴发生相对转动,变形后的杆件轴线将变为曲线,这种变形形式称为**纯弯曲**,如图 1.5 所示。杆件在垂直于杆件轴线的横向力作用下的变形是弯曲与剪切的组合,通常称为**横力弯曲**。如图 1.6 所示的单梁吊车的横梁受力后的变形。

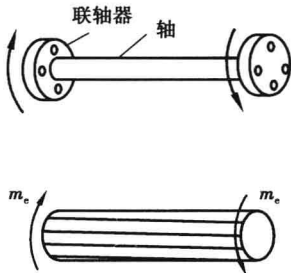


图 1.4



图 1.5

在工程结构中,杆件在荷载作用下的变形大多为上述几种基本变形形式的组合,例如图 1.7 所示的拐轴,在力  $F$  的作用下,  $AB$  杆同时发生扭转变形和弯曲变形。杆件同时发生几种基本变形,称为**组合变形**。但若以某一种基本变形形式为主,其他属于次要变形的,则可以按该基本变形形式计算。

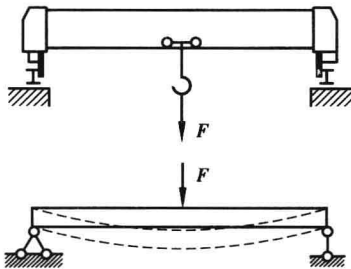


图 1.6

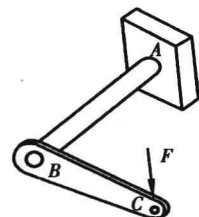


图 1.7

# 2

## 轴向拉伸和压缩

### 本章导读:

• **基本要求** 掌握轴向拉伸和压缩的概念;掌握内力、轴力、应力、正应力等概念;掌握拉压杆的变形计算;掌握材料在拉伸和压缩时的力学性能;掌握拉压杆的强度条件并能运用强度条件解决实际工程中的强度校核、截面设计和确定许用荷载等问题;了解应力集中的概念;掌握拉压杆超静定问题的解法。

• **重点** 拉压杆的强度计算问题;拉压杆的变形计算问题。

• **难点** 拉压杆的变形计算;拉压杆超静定问题的解法。

### 2.1 轴向拉伸和压缩的概念

工程中的许多构件,都可以看成直杆,当作用于杆上的外力合力的作用线与直杆的轴线重合时,杆的主要变形是纵向伸长或缩短,这类构件称为拉杆或压杆。这种变形形式就是我们在上一章所介绍的轴向拉伸或压缩。如图 2.1 所示三角架中的  $AC$  杆为拉杆, $BC$  杆为压杆。图 2.2 所示桁架中的杆也是主要承受拉伸或压缩变形的杆件。

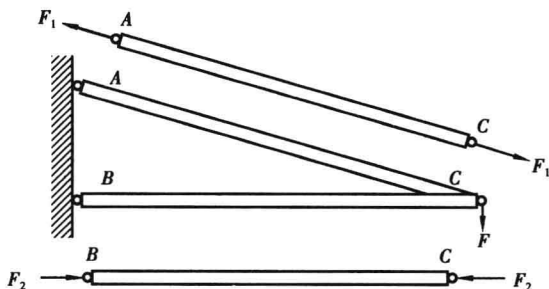


图 2.1

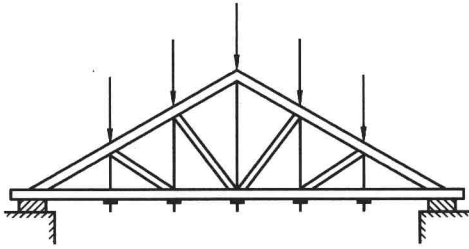


图 2.2

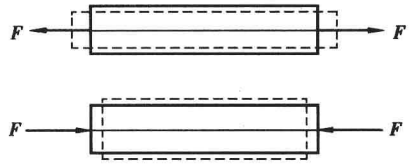


图 2.3

虽然杆件的外形各有差异,加载方式也不同,但一般对于受轴向拉伸与压缩的杆件,其形状和受力情况仍可进行简化。如图 2.3 所示,这是拉(压)杆中最简单的例子,一等截面直杆在两端各受一集中力  $F$  的作用,这两个力大小相等,方向相反,作用线与杆的轴线重合。若两作用力的指向是离开杆端截面的,则在这样的轴向力作用下,杆件产生伸长变形,这时的力称为**轴向拉力**;若两作用力是指向杆端截面的,则在这样的轴向力作用下,杆件产生缩短变形,这时的力称为**轴向压力**。

## 2.2 拉压杆的内力与计算

### 2.2.1 内力的概念

我们以枝头上的苹果为对象进行受力分析,如图 2.4 所示。留在枝头的苹果受到重力的作用没有掉下来而保持平衡,是由于苹果把上“产生了内力”。

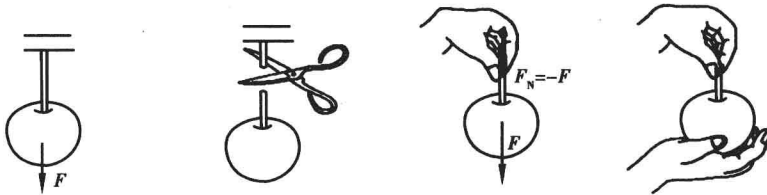


图 2.4

若我们剪断苹果把,苹果当然会下落。为使它不落下,用手指捏住要剪断的苹果把,来模拟苹果把的作用,这时手指会有受力的感觉。再用另一只手托住苹果,则手指感受到的力就会消失。由此可知苹果把中的内力和外力(重力)是有关系的,它随外力作用而产生,是由于外力的作用而引起的“附加内力”,有别于物体中微观粒子间的作用力,这就是材料力学中所谓的**内力**。

构件在荷载(外力)作用下处于平衡,但构件还会发生变形。由于构件假设为均匀连续的可变性固体,因此在构件内部相邻部分之间相互作用的内力,实际上是一个连续分布的内力系,而这里所谓的内力就是这部分分布力系的合成(力或力偶)。也就是说,内力是由外力作用所引起的,物体内部相邻部分之间分布内力系的合成。

杆件中的内力是与自身的变形相联系的,内力总是与变形同时产生的。内力作用的趋势则



是试图使受力杆件恢复原状,内力对变形起抵抗和阻碍作用。

在研究杆件的强度、刚度等问题时,均与内力这个因素有关,经常需要知道构件在已知外力作用下某一截面(通常是横截面)上的内力值。

## 2.2.2 轴力、截面法、轴力图

当直杆轴向拉伸或压缩时,所产生的内力是沿杆件轴线的,故称为**轴力**。由于内力是受力物体内部相邻部分的相互作用力,从杆件的外部,是不能分析的,可用一个假想截面将杆件截开,使内力“暴露”出来,以确定内力的大小和方向,这就是**截面法**。

截面法的基本步骤如下:

### 1) 截开

如图 2.5(a) 所示,用一垂直于杆轴线的平面  $m-m$ ,将杆假想地截断成左右两部分 I 和 II。任取一部分作为研究对象。

### 2) 代替

去掉部分对留下部分的作用,是通过横截面上的内力来体现的,这是一个沿截面分布的力系,我们所谓的内力,就是指这个力系的合成(即对截面形心的简化结果),如图 2.5(b) 所示。这里的内力即为截面  $m-m$  上的轴力。

### 3) 平衡

对留下部分建立平衡方程,由平衡方程可求出内力的大小,即:

$$\sum F_x = F_N - F = 0, F_N = F$$

可以看出截面  $m-m$  上的轴力  $F_N$  其大小等于  $F$ ,方向与  $F$  相反,作用线沿轴线。

应当注意:无论我们取 I 部分或 II 部分研究,所得到的轴力大小是相同的,但方向相反,是一对作用力与反作用力。所以,一般我们只取一部分计算即可,但可从另一部分得到校核。

为了区分轴向受拉与受压,我们对轴力的正负号作如下规定:

拉杆的变形是沿纵向伸长,即杆长增加了,其轴力规定为正,称为拉力;

压杆的变形是沿纵向缩短,即杆长减少了,其轴力规定为负,称为压力。

从截开的横截面上看,拉力的指向是沿外法线方向,而压力的指向则与外法线方向相反。

图 2.5 所示直杆只受到两个平衡外力作用,无论是拉还是压,各横截面的内力的大小(即绝对值)都相同,且都等于杆所受到的外力。然而,当杆受到多于两个轴向外力作用时,其内力沿轴线就会发生变化。为了表示轴力随横截面位置变化而变化的情况,可选取一定的比例,用平行于杆轴线的坐标表示横截面的位置,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,称为**轴力图**。从该图上可以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坐标轴的上侧,负值的轴力画在下侧。

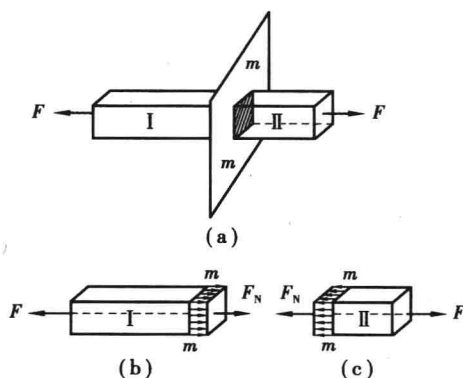


图 2.5