

# 材料力学

(第3版)

孙训方 方孝淑 陆耀洪 编

戴振羽 史 智 修订

# 材 料 力 学

CAILIAO LIXUE

第3版

孙训方 方孝淑 陆耀洪 编  
戴振羽 史 智 修订



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容提要

本教材是在孙训方、方孝淑、陆耀洪编《材料力学》(第2版,1991年出版)的基础上,保持原版本概念确切、内容丰富的特色,按照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最近编制的“材料力学课程教学基本要求(B类)”修订而成的。全书分十四章,内容包括绪论、轴向拉伸和压缩、剪切、扭转、截面的几何性质、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、简单超静定问题、应力状态和强度理论、组合变形、压杆稳定、能量方法、动荷载·交变应力。

本教材适用于高等学校建筑学、交通、材料、环境、工业设计、测控、精密仪器、电气等专业的中、少学时材料力学课程教学,亦可供相关工程技术人员参考和学生自学。

## 图书在版编目(CIP)数据

材料力学 / 孙训方,方孝淑,陆耀洪编. —3版.

—北京:高等教育出版社,2012.7

ISBN 978-7-04-034817-0

I. ①材… II. ①孙… ②方… ③陆… 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(2012)第108458号

策划编辑 单 蕾  
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 单 蕾  
责任校对 陈旭颖

封面设计 王 晔  
责任印制 尤 静

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印 刷 北京宏信印刷厂  
开 本 787 mm × 960 mm 1/16  
印 张 18.25  
字 数 320千字  
购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
版 次 1964年7月第1版  
2012年7月第3版  
印 次 2012年7月第1次印刷  
定 价 25.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物 料 号 34817-00

## 第3版前言

孙训方、方孝淑、陆耀洪编《材料力学》一书,1964年初版,1991年再版,以其内容精练、阐述严谨和文字准确的特色,受到国内广大师生的欢迎和赞赏。为适应当前国内各高校材料力学课程教学改革的需要和教学时数减少的现状,我们在第2版的基础上对原书进行了修订,对原书内容作了进一步精简和适当调整,并对少数文字作了修改,以满足中、少学时各专业教学需要并符合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最近编制的“材料力学课程教学基本要求(B类)”的规定。此次修订主要做了如下工作:

1. 轴向拉伸和压缩与材料在拉伸与压缩时的力学性能合并为一章。
2. 将拉压、扭转、弯曲的超静定问题合并为一章,以节省篇幅并对超静定问题有统一的认识。
3. 应力状态和强度理论合并为一章。
4. 动应力的计算与交变应力也合并为一章。
5. 删除了共轭梁法、考虑材料塑性的极限分析、弯曲的几个特殊问题(包括曲梁、非对称弯曲、弯曲中心等内容)、受迫振动及原教材中与结构力学相近的超静定系统等内容。
6. 各章对原有例题和习题进行了一些增删,对文字叙述进行了适当精简,着重中、少学时课程教学的基本内容。
7. 书中名词术语、量和单位的名称、符号及书写规则等,均按国家标准作了全面修订。

本教材适用于高等学校建筑学、交通、材料、环境、工业设计、测控、精密仪器、电气等专业的中、少学时材料力学课程教学。教材中基本部分(第一至八章、第十至十二章)学时约40学时;专题部分(第九、十三、十四章)学时约20学时,其中标有\*号的内容为选修内容,可供不同专业从中选择。本教材也可供相关工程技术人员参考和学生自学。

大连理工大学的郑芳怀教授对本书稿进行了审阅,提出了很多宝贵意见,对提高书稿的质量作出了很大贡献,特此致谢。

本教材体现了西南交通大学材料力学国家精品课程的教学实践。但限于修订者水平,教材必有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

修订者  
2012年3月

## 第 2 版前言

这一套《材料力学》(上、下册)是 60 年代贯彻“少而精”教学原则由材料力学教材编审委员会组织编写的。原书例题较少,由于当时另有习题集与之配合使用,因而,书中未附进习题。

80 年代以来很多学校在采用此教材时感到内容精练,文字都是经严格推敲过的,很适合于学时日益压缩的材料力学课程教学使用。但教师和学生普遍反映例题太少,又没有附进习题,因此,在教学中使用起来颇感不便,希望能在再版时弥补这一不足之处。

经高等教育出版社委托原编者之一孙训方负责对此书进行修订,其主要任务是适当增加例题并附进一定数量的习题,使此书能作为独立的教材使用而不必另采用习题集,以方便教学。

参加修订此书工作的还有西南交通大学材料力学教研室的金心全副教授。全部新增例题和习题的选配及附图底图的绘制、习题的答案都是由他负责完成的,并经孙训方进行了全面的审核。为保持原书的风格,原书内容除对个别修辞及错误之处作了必要的修订外,没有进行更动。

本书的下标统一作了改动,从原书采用的汉语拼音改为国际通用型下标。

原书编者之一 孙训方

1990. 8. 10

# 第 1 版序

本书是根据 1962 年 5 月审订的高等工业学校本科五年制机械制造、土木建筑工程类专业 150 学时类型的材料力学教学大纲(试行草案)编写的。

本书内容的取舍主要是根据该教学大纲基本部分的要求。但考虑到今后在教学中进一步贯彻“少而精”原则时,还可能压缩一些内容,因此,对于某些在大纲基本部分中的枝节性内容,例如计算不规则图形惯性矩的图解法、计算梁变形的初参数法、莫尔强度理论、接触应力等等,在了解到大多数学校均不讲授或认为可不必讲授后,也予以删去。但对于基本变形形式下的内力分析、应力计算公式的推导及其适用的条件性、变形计算中的边界条件等,则予以加强;因为这正是材料力学这门工程专业的技术基础课的重要基础内容。编者认为只有坚决压缩不重要的枝节内容和某些次要的方法性内容,教师才有可能集中精力把基本概念、基本理论和基本方法作透彻的阐述,学生也才有可能在规定时间内做足足够数量的习题,从而为学生将这些基本内容切实学到手创造条件。

在编写本书时,为了能符合循序渐进的原则,编者曾作了一些尝试,例如应力状态理论和强度理论两章虽移至基本变形形式的各章之后,但应力状态的概念则在基本变形形式的各章中就逐步加以介绍;对叠加原理的应用是结合梁的内力和变形计算以及组合变形问题等逐步引出的;在例题中有意识地安排了一些应用基本理论和方法的题目,以避免引导学生过早地使用最后形式的公式等等。在本书中也注意到加强与工程实际的联系,例如介绍了许用弯曲应力与许用拉、压应力不同这一概念,以及对梁的挠曲线图解法应用了连续作图的方法等等。对于带有手册性质的图表,在内容上都作了压缩,因为作为一本教科书,这些资料的用途只不过是给初学者一个轮廓的概念而已。本书的字符下标部分改用了汉语拼音文字的字首,一些通用的字符下标则用国际通用的符号或国家标准所规定的字符。

本书的内容对于 150 学时的材料力学课程来讲已足够多了,建议教师在使用时根据“少而精”的原则,并按照专业的特点,对一些次要的内容作进一步的压缩,以便集中精力讲透基本内容。本书的例题都是最基本的,教师还可以根据学生的水平,讲述一些联系实际的例题。本书中除例题外的一些用小字排印的内容,大体上可分为两类,即适用于不同专业的内容和某些枝节性的内容,前者可根据专业的特点选用,后者则可由教师根据学生的实际情况决定取舍。

在本书编写过程中,唐山铁道学院、大连工学院和南京工学院三校的领导同志给予了大力的支持;高等工业学校材料力学课程教材编审小组的委员们以及二十多所兄弟院校材料力学教研室的同志们对本书的初稿提供了宝贵的意见,对本书的定稿起了很大的作用。但限于编者的水平和对“少而精”原则的体会不够深刻,本书必定还会有很多缺点和不妥之处,相信经过一个时期的使用和广大教师与读者积极提供意见后,将可使本书得到不断的改进和提高,使之成为一本更符合我国实际需要的教本。

本书全部插图的描图工作是由唐山铁道学院绘图组朱美育同志担任的。

编 者

一九六四年一月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120



# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
§ 1-1 材料力学的任务 .....	1
§ 1-2 可变形固体的性质及其基本假设 .....	2
§ 1-3 材料力学所研究的主要构件的几何特征 .....	3
§ 1-4 外力及其分类 .....	3
§ 1-5 内力·截面法 .....	5
§ 1-6 应力 .....	6
§ 1-7 应变 .....	7
§ 1-8 杆变形的度量及其基本变形形式 .....	8
习题 .....	10
<b>第二章 轴向拉伸和压缩</b> .....	12
§ 2-1 概述 .....	12
§ 2-2 轴力计算及轴力图 .....	12
§ 2-3 横截面和斜截面上的应力 .....	15
§ 2-4 拉(压)杆的变形·胡克定律·横向变形因数 .....	17
§ 2-5 杆内的应变能 .....	21
§ 2-6 许用应力·强度条件 .....	23
§ 2-7 材料在拉伸和压缩时的力学性能 .....	26
§ 2-8 安全因数·许用应力 .....	36
§ 2-9 应力集中的概念 .....	38
习题 .....	38
<b>第三章 剪切</b> .....	44
§ 3-1 剪切的实用计算 .....	44
§ 3-2 纯剪切应力状态的研究 .....	49
习题 .....	52
<b>第四章 扭转</b> .....	55
§ 4-1 概述 .....	55
§ 4-2 外力偶矩和扭矩的计算·扭矩图 .....	56

§ 4-3 等直圆杆在扭转时的应力 .....	59
§ 4-4 等直圆杆在扭转时的变形和杆内的应变能 .....	64
§ 4-5 强度条件·刚度条件 .....	65
§ 4-6 非圆截面等直杆纯扭转理论的主要结果 .....	68
习题 .....	70
<b>第五章 截面的几何性质 .....</b>	<b>74</b>
§ 5-1 引言 .....	74
§ 5-2 截面的静矩和形心位置 .....	74
§ 5-3 惯性矩和惯性积 .....	77
§ 5-4 惯性矩和惯性积的平行移轴公式及转轴公式 .....	79
§ 5-5 截面的形心主惯性轴和形心主惯性矩 .....	81
§ 5-6 组合截面形心主惯性矩的计算 .....	82
习题 .....	84
<b>第六章 弯曲内力 .....</b>	<b>87</b>
§ 6-1 概述 .....	87
§ 6-2 梁上的荷载·梁的支座及支反力的计算 .....	88
§ 6-3 剪力与弯矩 .....	90
§ 6-4 剪力方程和弯矩方程·剪力图和弯矩图 .....	94
§ 6-5 剪力、弯矩与分布荷载集度间的关系 .....	98
习题 .....	101
<b>第七章 弯曲应力 .....</b>	<b>105</b>
§ 7-1 引言 .....	105
§ 7-2 纯弯曲时梁的正应力 .....	105
§ 7-3 纯弯曲时正应力公式的推广·正应力的强度条件 .....	110
§ 7-4 梁的合理截面 .....	112
§ 7-5 梁的切应力 .....	113
§ 7-6 梁的切应力强度校核 .....	118
习题 .....	120
<b>第八章 弯曲变形 .....</b>	<b>125</b>
§ 8-1 梁的挠曲线近似微分方程 .....	125
§ 8-2 挠曲线近似微分方程的积分 .....	127
§ 8-3 按叠加原理计算梁的变形 .....	132
§ 8-4 梁的刚度校核 .....	134

§ 8-5 梁内的弯曲应变能 .....	135
习题 .....	136
<b>第九章 简单超静定问题 .....</b>	<b>139</b>
§ 9-1 超静定问题及其解法 .....	139
§ 9-2 拉压超静定问题 .....	140
§ 9-3 扭转超静定问题 .....	145
§ 9-4 简单超静定梁 .....	146
习题 .....	148
<b>第十章 应力状态和强度理论 .....</b>	<b>152</b>
§ 10-1 应力状态的概念 .....	152
§ 10-2 二向应力状态的研究 .....	153
§ 10-3 三向应力状态下一点处的最大应力 .....	161
§ 10-4 三向应力状态下一点处的主应变·广义胡克定律 .....	162
§ 10-5 三向应力状态下一点处的应变能密度 .....	164
§ 10-6 强度理论及其相当应力表达式 .....	165
§ 10-7 强度理论的应用 .....	170
习题 .....	174
<b>第十一章 组合变形 .....</b>	<b>178</b>
§ 11-1 概述 .....	178
§ 11-2 斜弯曲 .....	178
§ 11-3 弯曲与拉伸(压缩) .....	183
§ 11-4 偏心拉伸(压缩) .....	185
§ 11-5 弯曲与扭转 .....	189
习题 .....	193
<b>第十二章 压杆稳定 .....</b>	<b>198</b>
§ 12-1 关于压杆稳定性的概念 .....	198
§ 12-2 两端铰支细长压杆的临界力 .....	199
§ 12-3 杆端为其他约束的细长压杆的临界力 .....	201
§ 12-4 欧拉公式的应用范围·超过比例极限时压杆的临界应力 .....	203
§ 12-5 压杆的稳定计算 .....	206
习题 .....	210
<b>第十三章 能量方法 .....</b>	<b>213</b>
§ 13-1 概述 .....	213

§ 13 -2 杆内应变能的计算 .....	213
§ 13 -3 卡氏第二定理 .....	215
§ 13 -4 单位力法 .....	220
习题 .....	224
<b>第十四章 动荷载·交变应力</b> .....	<b>226</b>
§ 14 -1 引言 .....	226
§ 14 -2 构件作匀加速直线运动或匀速转动时的应力计算 .....	226
§ 14 -3 构件受冲击时应力和变形的计算 .....	229
§ 14 -4 疲劳破坏概述 .....	232
§ 14 -5 交变应力及其循环特征 .....	233
§ 14 -6 材料的疲劳极限 .....	235
习题 .....	237
<b>附录</b> .....	<b>239</b>
附表 1 常用截面的几何性质计算公式 .....	239
附表 2 简单荷载作用下梁的挠度和转角 .....	241
附表 3 型钢规格表 (GB/T 706—2008) .....	246
<b>参考文献</b> .....	<b>266</b>
<b>习题答案</b> .....	<b>267</b>
<b>作者简介</b> .....	<b>277</b>

# 第一章 绪 论

## § 1 - 1 材料力学的任务

结构物或机械都是由构件组成的。当它们承受荷载或传递运动时,各个构件都必须能够正常地工作,这样才能保证整个结构物或机械的正常工作。为此,首先要求构件在受荷载作用时不破坏,如电动机的轴若因所受的荷载过大而断裂,则它所带动的机器将停止运转。但仅仅是发生破坏,并不一定就能保证构件或整个物体的正常工作,如机床的轴若在工作中受荷载时发生过大的变形,则将影响机床的工作精密程度。此外,有一些构件受到某种荷载作用时,其原有形状下的平衡可能变成不稳定的平衡。例如,受压的细长直杆,当压力增大到一定程度时将在外界干扰力下突然变弯,如果静定桁架中的受压杆件发生这种现象,就可能使桁架变成几何可变的机构而损坏。类似上述压杆所发生的现象,通常称为构件在其原有形状下的平衡丧失了稳定性。针对上述三种情况,对构件正常工作的要求可以归纳为如下三点:

1. 在荷载作用下构件应不至于破坏,即应具有足够的强度。
2. 在荷载作用下构件所产生的变形应在工程上允许的范围以内,也就是要具有足够的刚度。
3. 在荷载作用下构件在其原有形状下的平衡应保持为稳定的平衡,也就是要满足稳定性的要求。

设计构件时,不但要满足上述强度、刚度和稳定性这三点要求,还必须尽可能地选用合适的材料和降低材料的消耗量,以节约资金或减轻构件的自身重量。前者往往要求多用材料,而后者则要求少用材料,两者之间是存在着矛盾的。材料力学的任务就在于力求合理地解决这种安全性与经济性之间的矛盾,而矛盾的解决过程也就进一步促进了材料力学的发展。

构件的强度、刚度和稳定性问题均与其所用材料的力学性能有关,即与材料在外力作用下,其变形与所受外力间的关系,以及材料自身抵抗破坏和变形的能力有关,而这些力学性能均须通过试验来测定。此外,也有些单靠现有理论解决不了的问题,需要借助于实验来解决。因此,实验研究和理论分析同样重要,都是完成材料力学的任务所必需的手段。

## § 1-2 可变形固体的性质及其基本假设

制造结构物或机械的构件所用的材料,虽然其物质结构和性质是多种多样的,但却都是固体,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。

对用这样的材料做成的构件进行强度、刚度或稳定性计算时,为了使计算简化,通常会略去材料的次要性质,并根据其主要性质作出假设,将它们抽象为一种理想模型,然后进行理论分析。下面是材料力学对所研究的可变形固体所作的基本假设。

1. 连续性假设 即认为物体在其整个体积内都毫无空隙地充满了物质,其结构是密实的。实际的可变形固体,从其物质结构上来说,虽然均具有不同程度的空隙并可能存在气孔、杂质等缺陷,然而,这些空隙的大小和构件的尺寸相比均极为微小,因而可将它们略去不计,而认为物体的结构是密实的。

2. 均匀性假设 即认为从物体内取出的任一部分、不论其体积大小如何,其力学性能都是完全一致的。实际的可变形固体,其基本组成部分(如金属的晶粒)的性质是有不同程度的差异的。但由于基本组成部分的大小和构件的尺寸相比极为微小,且其在构件中的排列是不规则的,所以,物体的力学性能并不反映其中一个组成部分的性质,而是反映所有组成部分性质的统计平均量。因而可认为物体的力学性能是均匀的。

3. 各向同性假设 实践证明,在工程计算所要求的精确度范围内,将实际材料抽象为均匀和连续的可变形固体,所得到的计算结果是能令人满意的。除了上述两个基本假设外,对材料力学中所涉及的材料性能还可认为材料沿各方向的力学性能均相同。实际上有些材料沿各方向的力学性能显然是不同的。但另外一些材料,如玻璃等,沿其各方向的性能则完全相同。后一种材料即称为各向同性的材料。至于工程上常用的金属,就其每一个晶粒来讲,其力学性能是具有方向性的,但由于构件中所包含的晶粒数量极多,而且晶粒的排列也完全没有规则,所以按统计学的观点也可以将金属假设为各向同性的可变形固体。将这样得到的结论用于某些具有方向性的材料,有时也可以得到较满意的近似解答。

4. 小变形假设 材料力学中所研究的构件在承受荷载作用时,其变形与构件的原始尺寸相比通常甚小,所以在研究构件的平衡和运动及其内部受力和变形问题时,均可按构件的原始尺寸进行计算而忽略不计其变形。这种变形微小及按原始尺寸进行计算的概念,在材料力学中将经常用到。与此相反,有些构件在受力后也可能发生很大的变形,在大变形情况下就不能再按原始尺寸进行计

算,对这种问题的讨论已超出了材料力学所研究的问题的范围。

5. 弹性假设 工程上所用的材料,在荷载作用下均将发生变形。当荷载不超过一定的范围时,绝大多数的材料在撤去荷载后均可恢复原状。但当荷载过大时,则在荷载撤去后只能部分地复原而残留下一部分不能消失的变形。在撤去荷载后能完全消失的那一部分变形称为弹性变形,不能消失而残留下来的那一部分变形则称为塑性变形。例如,取一段直的钢丝,用手将它弯成一个圆弧,若圆弧的曲率不大,则放松后,钢丝又会变直,这种变形就是弹性变形;若弯成的圆弧曲率过大,在放松后,弧形钢丝的曲率虽然会减少些,但却不能再变直了,残留下来的那一部分变形就是塑性变形。对每一种材料来讲,在一定的受力范围内,其变形完全是弹性的。多数构件在正常工作条件下均要求其材料只发生弹性变形。因此,在材料力学中大部分问题只限于对弹性变形的研究。

概括起来讲,在材料力学中是把实际材料看作均匀、连续、各向同性的可变形固体,且在绝大多数场合下只限于研究变形微小和弹性变形的情况。

### § 1-3 材料力学所研究的主要构件的几何特征

材料力学所研究的主要构件多属于杆,而且大多数属于直杆。直杆是纵向(长度方向)尺寸远比横向(垂直于长度方向)尺寸大得多的物体。梁、柱和传动轴等均属于直杆。

直杆有两个主要的几何因素,即横截面和轴线;前者指的是直杆沿垂直于其长度方向的截面,后者则为所有横截面形心的连线(图 1-1a)。在材料力学中所研究的直杆多数是等截面的,通常称为等直杆(图 1-1a)。

至于弯曲的杆则称为曲杆,其轴线与横截面也是相互垂直的(图 1-1b)。横截面大小不同的杆则称为变截面杆(如螺栓)。等直杆的计算原理一般也可用于曲率很小的曲杆和横截面逐渐变化的变截面杆。

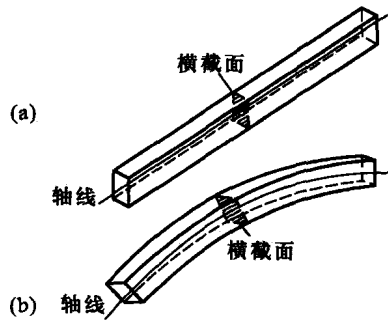


图 1-1

### § 1-4 外力及其分类

结构物或机械中的构件,一般均用来承受荷载或传递运动,因此均受有外力(包括荷载和支反力)的作用。

外力按其作用的方式可分为**体积力(场力)**和**表面力(接触力)**两种。前者包括物体的自重和惯性力,后者则包括直接作用在物体上或经由其他物体传递来的外力。体积力是连续分布在物体内部各点处的力,通常用其集度来度量其大小;在均匀分布(如均质物体的自重)的情况下,体积分布力集度就是每单位体积内的力。在国际单位制中,体积分布力集度的单位是  $\text{kN}/\text{m}^3$  (千牛/米<sup>3</sup>) 或  $\text{N}/\text{m}^3$  (牛/米<sup>3</sup>)。表面力通常是在接触面上连续分布的力,也用其集度来度量其大小;若为均匀分布的力(如屋面上的雪荷载),则表面分布力集度也就是每单位面积上的力。在国际单位制中,其单位是  $\text{kN}/\text{m}^2$  (千牛/米<sup>2</sup>) 或  $\text{N}/\text{m}^2$  (牛/米<sup>2</sup>)。

但由于在材料力学中所研究的主要对象是杆,其横向尺寸远较长度为小,所以对杆而言,度量其体积力和表面力大小所用的是**线分布力集度**  $q$ 。若是均匀分布的力,  $q$  也就是沿杆轴线每单位长度上的力;若是非均匀分布的力,在杆轴线上某一点处的线分布力集度  $q$  则定义为

$$q = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta l}$$

式中,  $\Delta l$  为轴线上在该点处附近的很小的一段长度,  $\Delta F$  为作用在该段上分布外力的合力。在国际单位制中,  $q$  的单位用  $\text{kN}/\text{m}$  (千牛/米) 或  $\text{N}/\text{m}$  (牛/米) 表示。线分布力按其沿杆长的分布情况,可分为均匀分布、线性变化和任意变化三类,最常见到的是前两种。例如,等直杆的自重即属于均匀分布的力(图 1-2a),而简便挡土墙中的圆木桩上受到的土压力则为线性变化的力(图 1-2b)。

有些表面力是由两个直接接触的物体在很小的接触表面上互相作用的分布力,钢轨在与车轮接触处受到由车轮传递来的荷载即属于这种情况。此时接触表面与整根钢轨的尺寸相比甚小,因此在对整根钢轨进行计算时,就可以将这种力看作是作用在一点处的**集中力**。集中力的单位是  $\text{kN}$  (千牛) 或  $\text{N}$  (牛)。

荷载按随时间改变的情况,又可分为**静荷载**和**动荷载**。静荷载指的是慢慢地由零增加到某一最高数值,以后即保持不变或变动得不显著的荷载,如结构物所承受的雪荷载,挡土墙所承受的土压力等。动荷载则指的是随时间改变的荷载。按其随时间变化的方式主要又可分为**交变荷载**和**冲击荷载**。

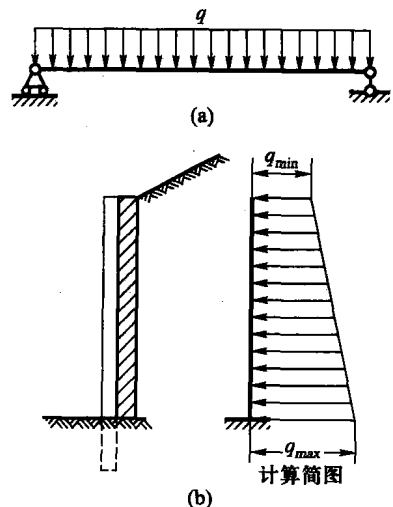


图 1-2



前者是随时间作周期性变化的荷载,如作用在内燃机连杆上的荷载,其大小及方向均随时间作周期性改变;后者是两物体在碰撞的瞬间所引起的荷载,如气锤的锤杆在锻造锻件时所受的荷载。由于荷载随时间变化的方式不同,它对材料的力学性能将有不同的影响。因此,在计算构件时,不但要知道荷载的具体数值,同时也应知道它随时间改变的情况。

## §1-5 内力·截面法

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。在材料力学中所研究的内力就是这种力的改变量。严格地讲,它是由于外力的作用而引起的“附加内力”,但通常即简称为内力。

为了显示内力,可以假想地用一个截面(通常都用横截面)将物体截分为两部分  $A$  和  $B$ (图 1-3a),弃去一部分,如  $B$ ,并将  $B$  对  $A$  的作用以截开面上的内力代替(图 1-3b)。由于假设了物体是均匀连续的可变形固体,所以内力在截开面上是连续分布的。今后把这种在截开面上连续分布的内力称为分布内力,而将内力这一名词用来代表分布内力的合力(力或力偶)。

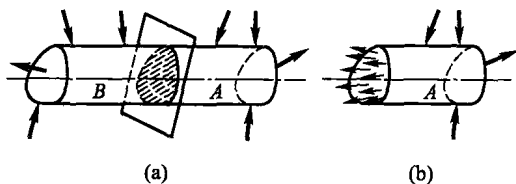


图 1-3

由于对留下部分  $A$  来讲,截开面上的内力就成为外力(因为这是弃去部分对留下部分的作用),故可以通过对留下部分  $A$  建立平衡方程,并根据作用在此部分上的已知荷载及支反力来计算截开面上的内力。若取  $B$  为留下部分,则由作用与反作用定律,可知  $B$  部分在截开面上的内力与前述  $A$  部分上的内力等值而反向。当然也可从  $B$  部分上的荷载及支反力,通过平衡方程来确定此内力。

这种假想地用一个截面将物体截分为二,并对截开后的两部分之一建立平衡方程以确定截面上的内力的方法称为截面法,其全部过程可归纳为下列三个步骤:

1. 假想地用一横截面将物体截分为两部分,并弃去其中一部分。
2. 将弃去部分对留下部分的作用以内力来代替。