

中等专业学校教材

材 料 力 学

西安电力学校主编

电力工业出版社

中等专业学校教材



材 料 力 学

西安电力学校主编

电力工业出版社

中等专业学校教材
材 料 力 学
西安电力学校主编

*

电力工业出版社出版
(北京德胜门外六铺炕)
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售
水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 10印张 218千字
1980年3月第一版 1980年3月北京第一次印刷
印数 00001—49150 册 每册 0.85 元
书号 15036·4025

内 容 提 要

本书是为电力类中等专业学校编写的一本通用教材。全书分为拉伸和压缩、剪切和挤压、圆轴的扭转、截面的几何性质、直梁的弯曲、应力状态和强度理论、组合变形时构件的强度、压杆的稳定性、交变应力下构件的强度等共九章。

本书适用于电力类各专业，及其它接近机械类的专业，并可供水电技术人员工作中参考。

每章均附有思考题及习题。

前 言

本书系根据原水利电力部制订的中等专业学校教材编审规划组织编写的。为贯彻党的教育方针，努力提高教学质量，总结了正反两方面的经验。在编写时，力求作到：既要加强基础理论，又要理论联系实际；既要坚持“少而精”的原则，又要适当反映力学发展的新成就；既要加强基本概念和基本方法的阐述，又要注意基本技能和分析问题能力的培养。

本书为电力类各专业通用教材，带有“*”号的章节和习题，是专为热动专业编写的。

本书由我校苏逸同志编写。在编写过程中，曾参考和吸收了湖北省电力学校郑金坤同志原计划为发电专业编写的材料力学教材初稿的部分内容。书稿写成后，先后又请郑金坤及重庆电力学校刘文定、张国华三位同志进行复审。

本书的主审单位为重庆电力学校和长春电力学校，参加审稿的有湖北省电力学校、沈阳电力学校、南京电力学校、湖南省电力学校、山东省电力学校和淮南电力学校。

请广大师生及读者对书中的缺点和错误提出批评和指正。

西安电力学校

1979. 8

主要符号表

符 号	符 号 意 义	常用单位	符 号	符 号 意 义	常用单位
P, Q	集中力	kg, t	σ_r, τ_r	材料的疲劳极限	kg/cm^2
q	分布载荷	$kg/cm, t/m$	σ_{-1}, τ_{-1}	对称循环疲劳极限	kg/cm^2
p	压 强	kg/cm^2	σ_0, τ_0	脉动循环疲劳极限	kg/cm^2
P_{ll}	临界力	kg, t	$[\sigma], [\tau]$	许用应力	kg/cm^2
W, G	重 力	kg, t	$[\sigma_{ly}]$	许用挤压应力	kg/cm^2
N	轴力(轴向力)	kg, t	$[\sigma_w]$	稳定许用应力	kg/cm^2
Q	剪 力	kg, t	Δl	绝对伸长(缩短)	cm, mm
M, M^0	力矩、转矩、集中力偶矩	$kg \cdot cm, kg \cdot m$	ε	线 应 变	无
M	弯 矩	$kg \cdot m, kg \cdot cm$	γ	剪 应 变	无
M_n	扭 矩	$kg \cdot cm, kg \cdot m$	E	弹性模量	kg/cm^2
F	截面面积	cm^2, mm^2	G	剪切弹性模量	kg/cm^2
S, S_y, S_z	静 矩	cm^3	μ	1. 横向变形系数(泊桑比)	无
J, J_y, J_z	惯 性 矩	cm^4		2. 压杆长度折算系数	无
J_n	极惯性矩	cm^4	δ	延伸率(伸长率)	%
i, i_y, i_z	惯性半径	cm	ψ	截面收缩率	%
W, W_y, W_z	抗弯截面模量	cm^3	φ	1. 扭转角	1. rad ,
W_n	抗扭截面模量	cm^3		2. 折减系数	2. 无
σ	正 应 力	kg/cm^2	θ	梁的转角	rad
τ	剪 应 力	kg/cm^2	y	梁的挠度	cm, mm
$\sigma_{max}, \sigma_{min}$	最大正应力, 最小正应力	kg/cm^2	n, n_s, n_b	安全系数	无
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	主 应 力	kg/cm^2	n_w	稳定安全系数	无
σ_p, τ_p	比例极限	kg/cm^2	n_o, n_r	交变应力下的安全系数	无
σ_s, τ_s	屈服极限	kg/cm^2	α_K	理论应力集中系数	无
σ_b, τ_b	强度极限	kg/cm^2	K_o, K_r	有效应力集中系数	无
σ_l	拉 应 力	kg/cm^2	λ	压杆的柔度(细长比)	无
σ_y	压 应 力	kg/cm^2	$\varepsilon_o, \varepsilon_r$	尺寸系数	无
σ^0	危险应力(极限应力)	kg/cm^2	ψ_o, ψ_r	应力循环不对称性的敏性系数	无
σ_{ly}	挤压应力	kg/cm^2			
σ_{il}	临界应力	kg/cm^2			
σ_m, τ_m	平均应力	kg/cm^2			
σ_a, τ_a	应力幅度	kg/cm^2			

常用单位代号: m ——米, cm ——厘米, mm ——毫米, t ——吨, kg ——公斤, $^\circ$ ——度, $^\circ/m$ ——度/米, rad ——弧度, r/min ——转/分, hp ——马力, kW ——千瓦。

目 录

前 言

主要符号表

绪 论	1
第一章 拉伸和压缩	4
第一节 内力 截面法	4
第二节 横截面上的应力	6
第三节 拉(压)杆的变形 虎克定律	8
*第四节 拉(压)时杆斜截面上的应力	10
第五节 应力集中的概念	13
*第六节 静荷拉伸实验	14
第七节 拉压时材料的机械性能	16
*第八节 温度和时间对材料机械性能的影响	21
第九节 许用应力和安全系数	22
第十节 拉伸和压缩的强度计算	23
第十一节 柔索	26
第十二节 圆筒形薄壁容器的应力	28
*第十三节 拉伸和压缩的超静定问题	30
*第十四节 装配应力和变温应力	32
复习思考题	34
习题	35
第二章 剪切和挤压	39
第一节 剪切的的概念	39
第二节 剪切时的应力 剪切虎克定律	40
第三节 挤压	41
第四节 剪切和挤压的强度计算	42
复习思考题	45
习题	46
第三章 圆轴的扭转	48
第一节 扭矩和扭矩图	48
第二节 圆轴扭转时的应力	50
第三节 圆轴扭转时的强度计算	53
第四节 圆轴扭转时的变形和刚度计算	55
复习思考题	56
习题	57

第四章 截面的几何性质	59
第一节 截面的静矩和形心	59
第二节 惯性矩和极惯性矩	60
第三节 简单截面的惯性矩	61
第四节 惯性矩的平行移轴公式	63
第五节 组合截面的惯性矩	63
复习思考题	65
习题	65
第五章 直梁的弯曲	67
第一节 弯曲的概念	67
第二节 梁的内力——剪力和弯矩	68
第三节 弯矩图	70
第四节 梁纯弯曲时的正应力	75
第五节 梁的强度计算	79
第六节 梁截面的合理形状 等强度梁的概念	82
*第七节 梁的剪应力及其强度校核	84
第八节 梁的弹性曲线 挠度和转角	87
第九节 弹性曲线的微分方程及其积分	88
第十节 求梁变形的迭加法	90
第十一节 梁的刚度校核	92
*第十二节 超静定梁	94
复习思考题	96
习题	97
第六章 应力状态和强度理论	102
第一节 点的应力状态	102
第二节 二向应力状态下的应力分析	103
第三节 强度理论	108
复习思考题	110
习题	111
第七章 组合变形时构件的强度	112
第一节 弯曲与拉伸(或压缩)的组合作用	112
第二节 弯曲与扭转的组合作用	117
复习思考题	122
习题	123
第八章 压杆的稳定性	125
第一节 压杆稳定的概念	125
第二节 确定临界力的欧拉公式	126
第三节 欧拉公式的适用范围 临界应力的经验公式	127
第四节 压杆的稳定计算	129
第五节 提高压杆稳定性的措施	132

复习思考题	133
习题	134
第九章 交变应力下构件的强度	136
第一节 交变应力及其循环特征	136
第二节 疲劳破坏	139
第三节 材料的疲劳极限	139
第四节 影响疲劳极限的因素	140
第五节 交变应力下构件的强度校核	143
复习思考题	144
习题	144
附录 I 型钢表	145
附录 II 工程单位制和国际单位制对照表	150

绪 论

一、材料力学的任务

在工农业生产中,广泛地运用着各种机械和工程结构。组成机械和结构的每一元件,统称为**构件**。对于任何机械和结构,必须保证它们在传递运动或承受外力时能够正常工作,这就要求组成机械和结构的每一构件也能正常工作。

例如要保证发电机能正常运转发电,它的转轴既不允许折断,也不允许产生过度的变形。又例如高压输电铁塔,要能正常工作,铁塔及组成铁塔的细长构件在受到较大的压力时,必须保持原有直线形式的平衡状态,而不允许突然弯曲。这些问题,用工程术语来说,称为**强度、刚度和稳定性**。

强度 构件承受外力时抵抗破坏的能力。

刚度 构件承受外力时抵抗变形的能力。

稳定性 构件承受外力时能在原有的几何形状下保持平衡状态的能力。

对一个构件来说,满足了强度、刚度和稳定性的要求才算安全可靠地工作。如仅从安全的角度考虑,可以选用优质材料或加大构件截面尺寸,但是这样会造成浪费,并使结构笨重。由此可知,安全与经济这两方面是有矛盾的。材料力学的任务,就是研究构件的强度、刚度和稳定性的计算原理,为构件选择适当的材料、合理的截面形状和尺寸提供必要的理论基础与计算方法,从而力求合理地解决安全与经济之间的矛盾。正是这一矛盾,促使材料力学不断地向前发展。

材料力学是一门技术基础课,它是以数学、物理、理论力学为基础,又为后继的专业课程学习提供必需的基础知识和计算方法。

也和其他科学一样,材料力学的研究方法包括有实验、假设、理论分析及验证等过程。在建立理论时,常采用一些使问题得到简化的假设,这些假设是在观察和实验的基础上概括和抽象出来的,它们反映了问题的主要方面。最后将理论应用于实际,用实践或实验来验证理论是否正确。

由上可知,材料力学的内容有实验和理论两部分。实验给建立理论提供必需的感性知识、物理条件,并验证理论;而理论反过来给实验指出目的和方向。所以这两部分内容是紧密结合而不可分割的。

二、变形固体及其基本假设

理论力学是研究力对物体作用的外效应,即研究物体在外力作用下的运动规律。至于物体在外力作用下几何形状和尺寸的微小改变,对于物体的运动规律来讲是一个次要因素,可以不加考虑,因此采用“刚体”这个概念,使问题的研究得到简化。材料力学是在理论力学的基础上,深入到物体内部,研究力的内效应,即研究物体的强度、刚度和稳定性的计算原理,显然它的变形是一个主要因素,必须加以考虑。因此,在材料力学中认为

一切固体都是变形固体。

固体在外力作用下发生**变形**——包括尺寸的改变和形状的改变。当外力卸去后，固体能消除变形而恢复原状，这一性质称为**弹性**。这种能完全消失的变形称为**弹性变形**。当外力卸去后，固体能保留部分变形而不恢复原状，这一性质称为**塑性**。这种不能消失而残留下来的变形，称为**塑性变形**或**残余变形**。实验表明，象金属、木材等材料在一定的受力范围内，其变形完全是弹性变形。同时，工程上对多数构件在正常工作条件下只允许发生弹性变形。因此，在材料力学中，将变形固体看成是**弹性体**。

变形固体的性质是很复杂的，为了使问题的研究得以简化，在材料力学中常采用如下的基本假设，作为理论分析的基础。

(1) **均匀连续假设** 假设变形固体的性质在各处都是均匀一样的，而且物质是毫无空隙地充满了固体的整个几何容积。

事实上，从微观方面看，固体是由许多粒子或晶粒组成的，它们之间并不连续，而且固体的性质也不均匀。但是我们从宏观角度研究问题的，而材料力学中的构件比起组成它的粒子或晶粒要大得很多，因此，就整个固体来讲，可以认为是均匀连续的。这个假设，对于钢、铜等金属材料相当符合；对于砖、石、木材等材料近似符合。

根据这个假设，可以从固体中取出微小的一部分来研究受力状态，也可以将由较大尺寸试件在试验中所获得的材料性质应用到微小部分上去。由于将变形固体看作连续介质，因此可运用数学的方法处理各种问题。

(2) **各向同性假设** 假设变形固体在各个方向都具有相同的机械性能。

本来组成固体的晶粒的性质是有方向性的，但因材料力学中研究的构件的尺寸远大于晶粒，而且晶粒又是错综交迭地排列着，使得材料的性质在各个方向趋于一致。铸钢、铸铜和浇注得很好的混凝土等，可认为是各向同性的材料。不具备各向同性的材料称为各向异性材料，例如木材、辗钢等。

根据这个假设，在研究了材料任一方向的机械性能后，就可认为其结论适用于其他方向。

(3) **小变形假设** 假设变形固体在外力作用下所产生的变形与固体本身尺寸比较起来是很微小的。

根据这个假设，我们在列静力平衡方程式时，可以不考虑外力作用点在物体变形时的位置改变，对于各种计算中变形数值的高次方项也可以忽略不计，因而使得计算简化，但引起的误差却非常微小。

三、外力及其分类

某物体受到其他物体作用的力，称为**外力**，它包括载荷和约束反力。按照不同特征，外力可分类如下：

1. 按外力在物体上的分布情况，可分为

(1) **体积力** 分布作用在物体整个体积内，即物体内部所有各个质点都受到它的作用。例如物体自身的重量、运动物体中的惯性力等都是体积力。它的计算单位可用 kg/cm^3 或 t/m^3 等表示。

(2) 表面力 分布作用在物体表面上。它又可分为分布力和集中力。

分布力 连续作用在物体表面某一面积上。例如屋顶上的积雪, 锅炉汽包所受的蒸汽压力。分布力又可分为均匀分布和非均匀分布两种。计算单位可用 kg/cm^2 或 t/m^2 等。有时取一条受力面积来研究, 这时分布力的单位可用 kg/cm 或 t/m 等。

集中力 若外力分布的面积远小于物体尺寸时, 就可以看成力作用于一点, 称为集中力。例如火车车轮作用于钢轨上的压力, 天平刀口的支承反力等。集中力的计算单位用 kg 或 t 。实际上, 经由一点来传递作用力是不可能的, 集中力这一概念只是为了简化计算而提出的近似说法。

2. 按载荷作用的性质可分为

(1) 静载荷 即慢慢地加到物体上的载荷, 它的数值从零逐渐地增加到某一定值后就不再发生改变或改变不显著。静载荷不会使物体产生显著的加速度, 可以认为物体的各部分处于静止平衡状态中。例如把机器慢慢地安装到基础上时, 机器的重量对基础的作用便是静载荷。

(2) 动载荷 凡使物体发生显著的加速度或随时间改变的载荷, 称为动载荷。例如起重机的某一加速度起吊重物时, 吊索所受的载荷即为动载荷。动载荷又可分为冲击载荷和交变载荷等。

由于静载荷的问题比较简单, 而且它的理论和分析方法可以作为解决动载荷问题的基础, 所以在材料力学中, 首先研究静载荷对构件的作用。

四、杆件变形的形式

材料力学所研究的主要构件多属于杆件。所谓杆件是纵向(长度方向)尺寸远比横向(垂直于长度方向)尺寸大得多的构件。传动轴、梁和柱等均属杆件。

杆件有两个主要的几何因素, 即横截面和轴线。前者指的是杆件沿垂直于长度方向的截面, 后者则为所有横截面形心的连线(图0-1)。在材料力学中所研究的杆件多数是等截面直杆, 简称等直杆。

作用在杆上的外力是多种多样的, 因此, 杆的变形也是各种各样的。但是这些变形不外乎是图0-2中所示几种基本变形形式之一, 或者是它们的组合。

在以后各章中, 首先分别讨论基本变形形式, 然后再讨论组合变形的问题。

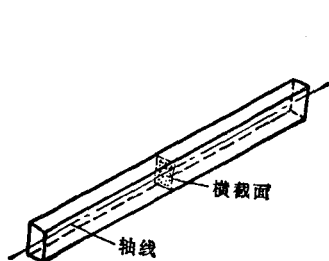


图 0-1

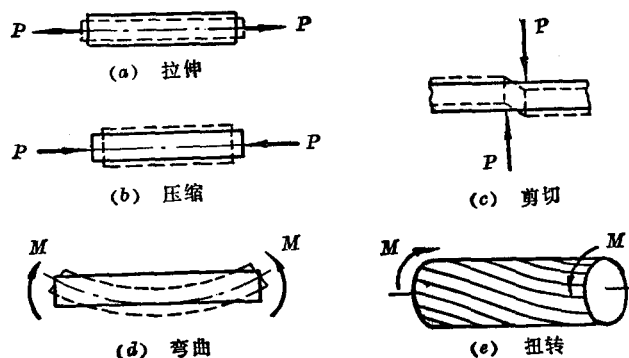


图 0-2

第一章 拉伸和压缩

工程上有许多受拉伸或压缩的构件。例如，汽机盖的紧固螺栓（图 1-1）是受拉伸的构件，空中管道支柱（图 1-2）是受压缩的构件。这些构件一般可简化为等直杆，它们的受力特点是：在杆的两端，沿着杆的轴线方向，受到大小相等、方向相反的两个外力，如图 1-3 所示。这样的受力情况，称为**轴向拉伸**（简称**拉伸**）或**轴向压缩**（简称**压缩**）。

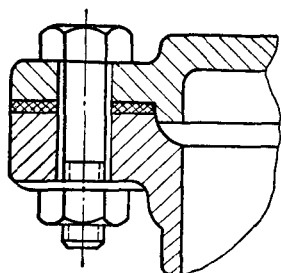


图 1-1

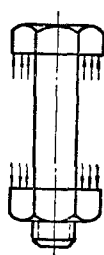


图 1-2

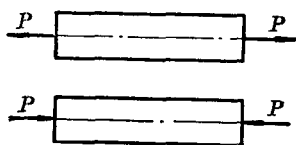
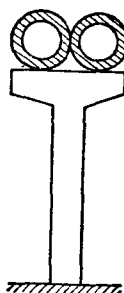


图 1-3

第一节 内力 截面法

一、内力的概念

物体在外力作用下将发生变形，即外力迫使物体各质点间的相对位置发生改变。伴随着变形，物体各质点间将产生抵抗变形、力图恢复原状的互相作用力。这种由于外力作用而引起的“附加内力”，通常称为**内力**。因此，外力消失，则内力也消失，外力增大，则内力也增大。但是对一定材料而言，内力的增加只能在这种材料所特有的限度之内，超过了这个限度，物体就会破坏。所以内力是与强度密切相关的。为了揭示物体变形和破坏的规律，就必须首先研究内力。

二、截面法

用截面法求内力是材料力学中一个最基本的方法。例如要求图 1-4 (a) 所示受拉直杆 mn 横截面上的内力，可以假想地用一截面将直杆沿 mn 切开，分成 A、B 两部分。由于杆件原来在外力作用下处于平衡状态，因此，切开后的任一部分也应该处于平衡状态。现取 A 部分进行分析（图 1-4, b），它的左端受到力 P 作用，要使这部分保持平衡，截面 mn 上必然存

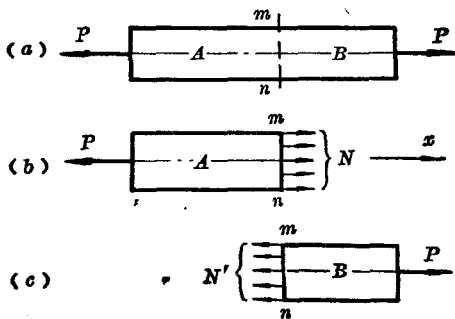


图 1-4

在B部分对A部分的作用力——内力，内力的总和用 N 表示，其值可根据静力平衡条件

$$\Sigma P_x = 0 \quad N - P = 0$$

得

$$N = P$$

同理，若取B部分为研究对象进行分析（图1-4，c），可得内力 $N' = P$ 。实际上， N 与 N' 是作用与反作用的关系。因此，用截面法求内力时，可以取截面两侧的任一 部分来研究。

由以上分析可知，截面法的本质是将隐藏在杆件内的内力，暴露为作用于杆件某一部分的外力，运用静力平衡条件即可求得指定截面上的内力。其全部过程可归纳如下：

- 1) 沿所求截面将杆件假想地切成两部分；
- 2) 选取其中任一部分作为研究对象；
- 3) 用内力代替弃去部分对选取部分的作用；
- 4) 对选取部分列出静力平衡方程，求出内力。

三、拉(压)时杆横截面上的内力

前面，以等直杆受轴向拉伸为例，应用截面法求得指定截面 $m-n$ 上的内力。由于材料的连续性，这些内力在截面上也是连续分布的，它们的合力 N ，通过截面形心，沿轴线方向，通常称这样的内力为轴力。拉伸时，轴力的指向离开截面，压缩时，轴力的指向朝着截面。

由于所取的截面 $m-n$ 为杆内任一截面，所以在两端受力的杆件中，任一横截面上的轴力均应相等。但是，在实际问题中，常有一些杆件所受轴向外力较为复杂，例如图1-5(a)所示情况。杆件不仅两端受力作用，中间部分也受外力作用，这时杆件各段截面上的轴力就可能不相同了。欲求各段内横截面上的轴力时，应分段采用截面法。例如，求1—1横截面上的内力：

- 1) 假想沿1—1横截面切开；
- 2) 选取1—1截面以左部分来研究；
- 3) 在选取部分的1—1截面上，加上弃去部分对它的作用力 N_1 ，并设其指向是离开截面的（图1-5，b）；

- 4) 对选取部分列出静力平衡方程

$$\Sigma P_x = 0 \quad N_1 - 2P = 0$$

得

$$N_1 = 2P \text{ (拉力)}$$

同理，可求2—2横截面上的轴力（图1-5，c）

$$\Sigma P_x = 0 \quad N_2 + 3P - 2P = 0$$

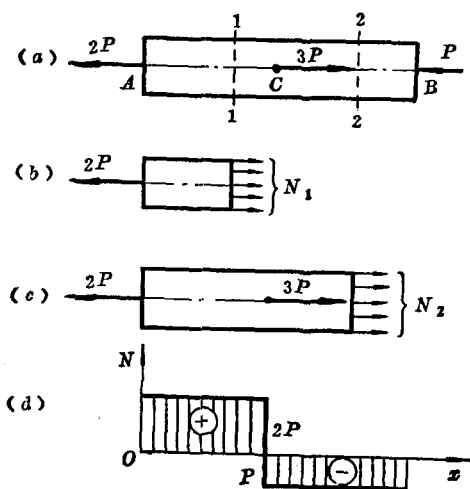


图 1-5

得

$$N_2 = 2P - 3P = -P \text{ (压力)}$$

所得结果为负值,说明2—2截面上轴力的指向与假设相反,应该指向截面,即为压力。

如果选取截面以右部分来进行计算,所得结果应与上述相同。读者可自己证明。

综合以上所述可知,在拉伸或压缩情况下,杆内任一横截面上的轴力,数值上等于截面任一侧杆上外力的代数和。

四、轴力图(N图)

当杆件所受的拉力或压力较为复杂时,为了形象地表示轴力沿杆轴的变化规律,找出轴力最大的截面及其数值,常需作出杆的轴力图。即以平行于杆轴线的坐标表示各横截面的位置,以垂直于杆轴的坐标表示轴力的数值。以拉力为正,压力为负。按比例绘出相应截面上的轴力。图1-5(d)即为该杆的轴力图。最大轴力 $N_{max} = 2P$,

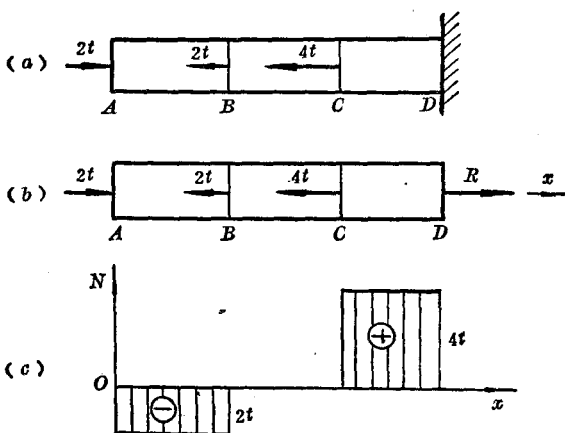


图 1-6

AB段横截面上的内力

$$N_1 = -2t$$

BC段横截面上的内力

$$N_2 = -2 + 2 = 0$$

CD段横截面上的内力

$$N_3 = R = 4t$$

其轴力图如图1-6(c)所示。从图可看出,杆件内的最大轴力在CD杆段各横截面上,其值为 $N_{max} = 4t$ 。

的位置,以垂直于杆轴的坐标表示轴力的数值。以拉力为正,压力为负。按比例绘出相应截面上的轴力。图1-5(d)即为该杆的轴力图。最大轴力 $N_{max} = 2P$,发生在AC杆段内各横截面上。

例 1-1 试作图1-6(a)所示杆件的轴力图。

解: 求出D端的反力 $R = 4t$ 后,杆件的受力如图1-6(b)所示。

第二节 横截面上的应力

一、应力的概念

只知道内力大小,能不能判断杆件是否会破坏呢?在一般情况下还不能判断。根据实践经验,材料相同,截面面积不等的两根直杆,在受相等的轴向拉力时,随着拉力的逐渐增加,截面面积小的直杆必定首先被拉断。这说明拉压杆的强度不仅与内力大小有关,还与杆件受力的截面面积有关。因此,研究杆件的强度问题,还必须进一步分析内力在截面上的分布情况。所以工程上采用单位面积上的内力,称为**应力**,来分析构件的强度。应力表达了杆件截面上内力分布的密集程度。它的计算单位常用 kg/cm^2 或 kg/mm^2 等。

二、拉(压)杆横截面上的应力

应用截面法只能求得截面上内力的合力,要想进一步确定截面上任意一点的应力,必

须了解内力在该截面上的分布情况。而内力在杆件内部,不能直接得到。但是,事物之间是互相联系和具有内部规律的。杆件受到外力后产生变形,同时在截面上又产生内力。变形是力的表现,在一定范围内,力可以通过变形来量度。现在先通过实验来观察杆件受拉后的变形情况。

取一等直杆,拉伸前,在杆的侧面距两端较远处画两条垂直于杆轴的周线 ab 、 cd 和平行于杆轴的纵向线 ef 、 gh (图1-7, a),然后沿杆轴施加拉力 P 。这时,可以观察到:

杆件沿轴线方向伸长而横向收缩;周线 ab 、 cd 分别平移到 $a'b'$ 、 $c'd'$,仍保持为垂直于杆轴的直线;纵向线 ef 、 gh 平移到 $e'f'$ 、 $g'h'$,产生了相同的伸长。

根据上述表面变形现象,可以对杆件内部变形作出一重要假设,即杆件变形前的平面横截面,在杆件变形后,仍保持为平面截面。这个假设称为平面截面假设。

设想直杆是由许多纵向纤维组成的,根据平面截面假设,可以推断,自杆内至表面,任意两横截面间的所有纵向纤维,都伸长了相同的长度,因而可以肯定拉伸时横截面上的内力是均匀分布的。也就是横截面上各点的应力相等。既然轴力 N 垂直于横截面,则应力也垂直于横截面(图1-7, b)。这种垂直于截面的应力称为正应力。若杆件横截面面积为 F ,则正应力计算式为

$$\sigma = \frac{N}{F} \quad \text{或} \quad \sigma = \frac{P}{F} \quad (1-1)$$

杆件受拉时, N 为正, σ 也为正,是拉伸正应力(简称拉应力),可用 σ_t 表示;杆件受压时, N 为负, σ 也为负,是压缩正应力(简称压应力),可用 σ_y 表示。

例 1-2 图1-8(a)为一钢质等直杆的受力情况,其横截面面积为 5cm^2 ,试绘出轴力图并计算最大应力值。

解: 1.分段计算轴力(图1-8, b)

AC段

$$N_1 = 6t$$

CD段

$$N_2 = 6 - 8 = -2t$$

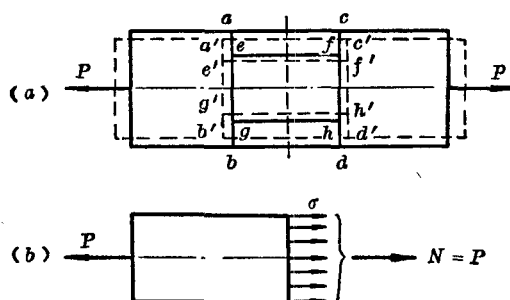


图 1-7

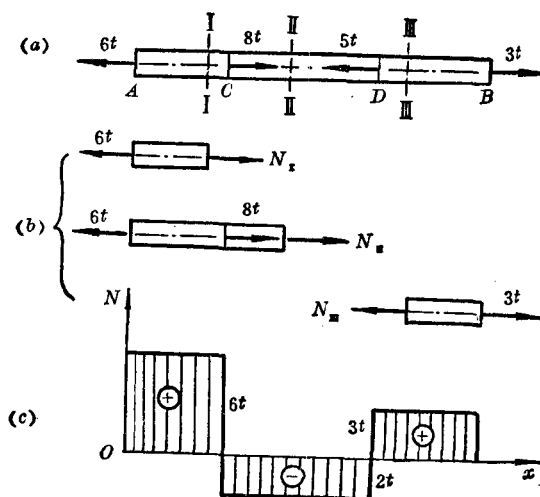


图 1-8

BD段

$$N_{\text{B}} = 3t$$

2. 绘出轴力图 (图1-8, c)

3. 计算最大应力 从轴力图可知, AC段内轴力最大, 故最大拉应力

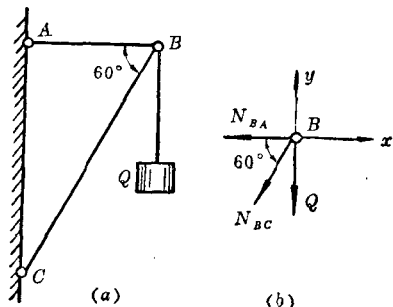


图 1-9

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{F} = \frac{6000}{5} = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

例 1-3 图 1-9 (a) 为起重机机架, 承受载荷 $Q=2t$, 若 BA 杆和 BC 杆的横截面面积分别为 $F_{BA}=1\text{cm}^2$, $F_{BC}=4\text{cm}^2$. 试求此两杆横截面上的应力。

解: 1. 求杆的内力

以结点 B 为研究对象, 画受力图 (图 1-9, b)。根据平衡条件

$$\sum P_x = 0$$

$$-N_{BA} - N_{BC} \cos 60^\circ = 0$$

$$\sum P_y = 0$$

$$-Q - N_{BC} \sin 60^\circ = 0$$

$$N_{BC} = -\frac{Q}{\sin 60^\circ} = \frac{2000}{0.866} = -2310 \text{ kg (压力)}$$

$$N_{BA} = -N_{BC} \cos 60^\circ = 2310 \times 0.5 = 1155 \text{ kg (拉力)}$$

2. 求杆横截面上的应力

$$\sigma_{BA} = \frac{N_{BA}}{F_{BA}} = \frac{1155}{1} = 1155 \text{ kg/cm}^2 \text{ (拉应力)}$$

$$\sigma_{BC} = \frac{N_{BC}}{F_{BC}} = \frac{-2310}{4} = -578 \text{ kg/cm}^2 \text{ (压应力)}$$

第三节 拉(压)杆的变形 虎克定律

一、变形

由实验已知, 杆件受到拉(压)时, 其纵向和横向尺寸都要发生改变。一般将线段长度的改变称为线变形。

设杆件原长为 l 、宽为 b 。受到拉伸后, 长变为 l_1 , 宽变为 b_1 (图1-10)。则绝对线变形

纵向

$$\Delta l = l_1 - l$$

横向

$$\Delta b = b_1 - b$$

杆件受拉时, Δl 为正, Δb 为负; 杆件受压时, Δl 为负, Δb 为正。绝对变形的单位为长度的一次方, 可用 cm 或 mm 表示。

因为绝对变形的大小与杆件原来的尺寸有关, 为了比较变形的程度, 常用单位长度上的变形

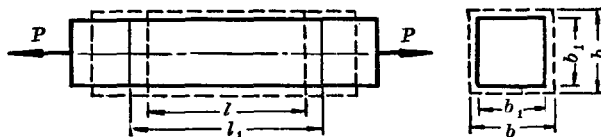


图 1-10