

材 料 力 学

林毓锜 陈 瀚 楼志文

西安交通大学出版社

内 容 简 介

全书共十七章，前十六章为本课程的基本内容，最后一章“厚壁圆筒”为专题。

全书的特点是：概念较宽，深浅相济，阐述严谨，文句简明，结构紧凑，篇幅不大；充分注意了学习知识与掌握能力的结合，理论与工程实际的结合，着重保证把基本要求和基本内容学到手；在内容编排和叙述上注意符合学生的学习规律，比较便于自学。此外，本书在编写时还注意适应不同类型学校及专业的要求，并为教师和学习者留下了灵活使用的余地。

本书是高学时材料力学课程的教学用书，删去部分内容即可供中学时使用。本书也可供工程技术人员参考。

材 料 力 学

林毓琦 陈 瀚 楼志文

西安交通大学出版社出版
(西安咸宁路28号)

陕西省红旗水泥制品厂印刷厂印装
陕西省新华书店发行·各地新华书店经售

开本：787×1092 1/16 印张：19.75 字数：472千字

1986年11月第1版 1988年8月第2次印刷

印数：6501—11500

ISBN7-5605-0122-2/O·26 定价：4.25元

前 言

本书是高学时材料力学教学用书。删去部分内容，即可供中学时材料力学教学之用。

我们认为，学生既要学习知识又要发展能力，要在掌握知识的同时培养能力，特别是分析问题的能力、自学能力和创造能力；材料力学作为一门技术基础课，应使学生牢固掌握这门课程的基本知识、基本方法，要能学以致用。在内容选取上，注意反映有关科学技术的新观点，但不宜将一些新兴学科纳入本课程。

编写时，我们力求贯彻教学改革的精神，注意体现以下一些原则：少而精，着重保证基本要求和基本内容；既重视理论的系统性，又重视理论联系实际；培养学生具有科学思维方法、处理工程问题的能力和创新精神；符合学生的学习规律，有利于学到手；比较便于自学等。

考虑到教师教学法方面的不同特点，以及专业要求上的一些差异，编写时已尽可能地留下了可供灵活使用的余地。

本书一至十六章为基本章节，但由于剪切件强度计算实际上是个复杂问题，加之其处理问题的方法与材料力学的基本方法不尽相同，故第十六章取名“联接件的强度”并安排在专题“厚壁圆筒”之前。

本书的第一、二、四、十一、十二、十六、十七章由陈瀚编写，第三、五、六、七、十三、十四章由林毓筠编写，第八、九、十、十五章由楼志文编写。林毓筠还承担了编写组织工作和全书的校阅工作；最后，各章由编者定稿。

本书是在一九八三年编《材料力学》铅印讲义的基础上修订而成的。修订中除对有关章节作了修改补充外，习题也作了增删。邹德成参加了此项修订工作。责任编辑蒋璐对本书的修订提出了不少好的建议。

西安交通大学材料力学教研室的全体教师对本书的编写大力支持，并贡献了很多好的意见；张务清和赵福兴、于书国、张镇生曾分别为本书选辑过习题和绘制底图；部分教师承担了校阅和解题工作；南京工学院陆耀洪同志和西南交通大学奚绍中同志曾对铅印讲义提出过许多宝贵意见和建议。我们在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限，书中不当和疏误之处在所难免，敬希读者提出宝贵意见。

编 者

1986.5

主要符号表

符 号	符 号 意 义	常 用 单 位	
α	平面角	rad, ($^{\circ}$)	
	线膨胀系数	1/ $^{\circ}$ C	
β	理论应力集中系数		
	平面角	rad, ($^{\circ}$)	
γ	表面质量系数(疲劳)		
	重度	N/cm ³ , kN/m ³ ,	
δ	剪应变	($^{\circ}$)	
	延伸率		
δ_{ij}	单位力引起的位移(广义)	mm 或 rad	
	影响系数[j 点(或 j 向)的广义力在 i 点(或 i 向)引起的广义位移]	mm 或 rad	
Δ	间隙	mm	
	位移(广义)	mm 或 rad	
Δ_d	动变形	mm 或 rad	
Δ_j	静变形	mm 或 rad	
Δ_l	轴向伸长(缩短)	mm	
ε	线应变		
	主[线]应变		
$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$	尺寸系数(疲劳)		
$\varepsilon_e, \varepsilon_p$	弹性应变		
ε^e	塑性应变		
$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$	沿 x 、 y 、 z 轴的线应变		
θ	梁截面转角, 平面角	rad, ($^{\circ}$)	
	体积应变		
$[\theta]$	许用转角	rad, ($^{\circ}$)	
λ	弹簧伸缩变形量	mm	
μ	压杆柔度(长细比)		
	泊松比(横向变形系数)		
ρ	压杆支座系数(长度系数)		
	半径, 曲率半径	mm, m	
σ	正应力	MPa(MN/m ²), N/mm ²	
	$[\sigma]$	许用[正]应力	} (单位同上)
	σ^0	破坏[正]应力(极限[正]应力)	

续上表

符 号	符 号 意 义	常 用 单 位
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	主应力	(单位同上)
σ_θ	周向正应力	
σ_b	抗拉强度极限	
σ_d	动[正]应力	
σ_e	弹性极限	
σ_j	静[正]应力	
$\sigma_l, \sigma_{\text{拉}}, \sigma^+$	拉应力	
σ_{lj}	临界应力	
σ_p	比例极限	
σ_s	屈服(流动)强度	
$\sigma_{0.2}$	名义屈服强度($\epsilon_{\text{残余}}=0.2\%$)	
σ_t	切向(周向)正应力	
σ_r	径向正应力	
	持久极限(循环特征为 r)	
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	沿 x, y, z 轴的正应力	
σ_{sd}	相当应力	
$\sigma_y, \sigma_{\text{压}}, \sigma^-$	压应力	
τ	剪应力	
τ^0	破坏[剪]应力(极限[剪]应力)	
$\tau_{xy}(\tau_{yz})$	法线与 x 轴(y 轴)平行的面上其 方向与 y 轴(x 轴)平行的剪应力	
φ	扭转角, 平面角	rad, (°)
Φ	单位长度扭转角	°/m
$[\Phi]$	许用单位长度扭转角	°/m
ψ	断面收缩率	
ψ_σ, ψ_r	材料敏性系数(疲劳)	
ω	角速度	rad/s
	图形面积	cm ²
	弯矩图面积	kN·m ² , N·cm ²
a	加速度	m/s ²
	长度	m, mm, cm
A	截面面积	mm ² , cm ²
c	弹簧指数	
d	直径	mm, cm, m
E	[拉压]弹性模量	GN/m ² (GPa)

续上表

符 号	符 号 意 义	常 用 单 位
f	挠度	mm
$[f]$	许用挠度	mm
G	剪切弹性模量	GN/m ² (GPa)
i	惯性半径(迴转半径)	cm
I	极惯矩	cm ⁴
I_y, I_z	轴惯矩(对 y 轴, 对 z 轴)	cm ⁴
I_y	惯性积(对 $y-z$ 轴)	cm ⁴
k	校正系数(弹簧)	
K	弹簧刚度(弹簧常数)	N/mm
K_s, K_v	体积弹性模量	MN/m ² , N/mm ²
K_d	有效应力集中系数(疲劳)	
l	动荷系数	
l, L	长度, 跨度	m, mm, cm
m	转矩	N·m, kN·m
M	线分布力偶矩集度	N·m/m, kN·m/m
M	弯矩	N·m, kN·m
M^0	单位力弯矩	
$M_i (i=0, 1, 2, \dots)$	杆轴线平面内的外力偶矩	} (单位同上)
M_n	扭矩	
M_n^0	单位力扭矩	
n	安全系数, 弹簧有效圈数	
N	转速	r/min rad/s
N	轴力	N, kN
N^0	千瓦数	
N^0	单位力轴力	N, kN
N_H	马力数	
p	全应力	MPa(MN/m ²), N/mm ²
p	压强, (压力)	MN/m ² (MPa), N/mm ²
P	集中力(载荷), 广义力	N, kN N 或 N·m
$[P]$	许可载荷	N, kN
P^0	单位广义力(载荷)	N 或 N·m
P_{ll}	临界力(压杆)	N, kN

常用单位及单位换算

一九八四年《国务院关于在我国统一实行法定计量单位的命令》中规定：“我国的计量单位一律采用《中华人民共和国法定计量单位》。”

一、常用物理量的单位名称及符号

量的名称	单位名称	单位符号	单位类别
长度	米	m	} 基本单位
质量	千克(公斤)	kg	
时间	秒	s	
平面角	弧度	rad	} 辅助单位
力; 重力	牛[顿]	N	} 导出单位
压力, 压强; 应力	帕[斯卡]	Pa	
摄氏温度	摄氏度	℃	
平面角	度	(°)	} 国家选定的非 国际单位制单位
旋转速度	转每分	r/min	
力矩	牛[顿]米	N·m	} 组合单位
角速度	弧度每秒	rad/s	

二、用于构成十进位数和分数单位的部分词头

所表示的因数	词头名称	词头符号	所表示的因数	词头名称	词头符号
10 ⁹	吉[咖]	G	10 ⁻¹	分	d
10 ⁶	兆	M	10 ⁻²	厘	c
10 ³	千	k	10 ⁻³	毫	m
10 ²	百	h	10 ⁻⁶	微	μ
10 ¹	十	da	10 ⁻⁹	纳[诺]	n

注：一般应使量的数值处于0.1~1000范围内。

三、力、应力单位换算

$$1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$$

$$1\text{MPa}=1\text{N}/\text{mm}^2$$

$$1\text{kgf}=9.80665\text{N}$$

$$1\text{tf}=1000\text{kgf}$$

$$1\text{kgf}/\text{mm}^2=100\text{kgf}/\text{cm}^2=9.8\text{N}/\text{mm}^2=9.8\text{MPa}$$

续上表

符 号	符 号 意 义	常 用 单 位
q	线分布力集度	N/m, kN/m
Q	剪力, 物重	N, kN
r	半径	mm
	循环特征(交变应力)	
R	半径	mm
	支反力	N, kN
S	静矩(面矩)	cm ³
t	温度	°C
	时间	s
	坐标轴(切向)	
T	动能	N·m, kN·m
	转矩	N·m, kN·m
u	比能(弹性)	MN/m ² , N/m ²
	形状改变比能, 体积改变比能	MN/m ² , N/m ²
U	变形能	N·m, kN·m
V	位(势)能	N·m, kN·m
	体积	cm ³ , m ³
W	功	N·m, kN·m
	W_n 抗扭截面模量	cm ³
	W_p 抗扭截面模量(圆截面杆)	cm ³
	W_z 抗弯截面模量(对z轴)	cm ³
x	x, y, z 坐标轴	
X	$X_i (i=1, 2, 3)$ 多余未知力(广义)	N, kN 或 N·m, kN·m

目 录

主要符号表	(VI)
-------------	--------

常用单位及单位换算	(X)
-----------------	-------

- 一、常用物理量的单位名称及符号
- 二、用于构成十进位数和分数单位的部分词头
- 三、力、应力单位换算

第一章 绪论及基本概念

1-1 材料力学及其任务	(1)
1-2 变形固体的概念及基本假设	(2)
1-3 外力及其分类	(3)
1-4 内力、截面法及应力概念	(4)
1-5 位移、应变的概念·简单的应力-应变关系	(6)
1-6 杆件变形的基本形式	(7)

第二章 拉伸与压缩

2-1 概述	(8)
2-2 直杆横截面上的应力与强度条件	(9)
2-3 斜截面上的应力	(12)
2-4 拉(压)杆的变形·虎克定律	(13)
2-5 材料在拉伸时的力学性质	(19)
2-6 材料在压缩时的力学性质	(22)
2-7 许用应力与安全系数	(23)
2-8 应力集中的概念	(24)
2-9 拉压超静定问题	(25)
习 题	(30)

第三章 扭 转

3-1 概述	(37)
3-2 圆杆扭转时的应力和强度条件	(39)
3-3 剪应力互等定理·圆杆扭转时的破坏分析	(44)
3-4 圆杆扭转时的变形和刚度条件	(46)
3-5 圆柱形密圈螺旋弹簧	(47)
3-6 非圆截面杆扭转简介	(49)

3-7	受扭杆件的合理设计	(53)
3-8	扭转超静定问题	(54)
*3-9	圆杆的塑性扭转	(55)
	习 题	(56)

第四章 截面图形的几何性质

4-1	静矩和形心	(59)
4-2	极惯矩、轴惯矩和惯性积	(61)
4-3	平行移轴公式	(63)
*4-4	转轴公式、主惯轴与主惯矩	(66)
	习 题	(68)

第五章 弯曲内力

5-1	概述	(70)
5-2	梁的典型形式及其计算简图	(70)
5-3	梁的内力及其正负号规则	(73)
5-4	剪力方程及弯矩方程·剪力图及弯矩图	(74)
5-5	弯矩、剪力与线分布力集度之间的关系及其应用	(81)
5-6	刚架及曲杆的剪力图、弯矩图	(82)
5-7	用叠加法作内力图	(85)
	习 题	(86)

第六章 弯曲应力

6-1	概述	(90)
6-2	弯曲正应力	(91)
6-3	正应力强度条件·抗弯截面模量	(95)
6-4	梁的剪应力·剪应力强度条件	(97)
*6-5	剪切中心(弯曲中心)的概念	(103)
6-6	提高梁的静强度的途径	(104)
*6-7	塑性弯曲及其残余应力概念	(108)
	习 题	(113)

第七章 弯曲变形

7-1	概述	(116)
7-2	直接积分法	(118)
7-3	运用表格及叠加原理计算变形	(122)
*7-4	虚梁法	(128)
7-5	控制梁刚度的途径	(133)
7-6	变形比较法解梁的简单超静定问题	(134)

习 题	(136)
-----------	---------

第八章 应力状态理论

8-1 概述	(139)
8-2 平面应力状态分析的解析法	(140)
8-3 应力分析的图解法——应力圆法	(143)
8-4 三向应力状态简介	(147)
8-5 广义虎克定律·体积变形	(148)
8-6 单元体的弹性变形能	(149)
8-7 弹性常数 E 、 G 、 μ 关系	(151)
8-8 平面应变分析	(152)
习 题	(155)

第九章 强度理论

9-1 概述	(158)
9-2 四个经典强度理论	(159)
*9-3 莫尔强度理论	(164)
习 题	(166)

第十章 组合变形时的静强度

10-1 概述	(168)
10-2 斜弯曲	(168)
10-3 拉伸(压缩)与弯曲	(171)
10-4 弯曲与扭转	(174)
习 题	(178)

第十一章 能量法

11-1 杆件基本变形的变形能·变形能的特点	(183)
11-2 卡氏定理	(187)
11-3 莫尔积分法	(192)
11-4 图形互乘法	(197)
11-5 功的互等定理·位移互等定理	(201)
习 题	(203)

第十二章 超静定问题

12-1 超静定问题的概念	(207)
12-2 应用卡氏定理求解超静定问题	(209)
12-3 力法及其正则方程式	(214)
12-4 系统的对称性及其利用	(216)

习 题	(220)
-----	---------

第十三章 动载荷

13-1 概述	(224)
13-2 惯性力问题	(224)
13-3 构件受冲击时的应力	(226)
13-4 提高构件承受冲击能力的途径	(233)
习 题	(234)

第十四章 疲劳强度

14-1 概述	(237)
14-2 交变应力及其循环特征	(239)
14-3 材料的持久极限	(240)
14-4 对称循环下构件的持久极限	(241)
14-5 交变应力下构件的强度条件	(245)
14-6 提高构件疲劳强度的途径	(250)
习 题	(251)

第十五章 压杆的稳定性

15-1 弹性平衡稳定性的概念	(253)
15-2 细长压杆的临界力·欧拉公式	(255)
15-3 杆端约束对临界力的影响·支座系数	(256)
15-4 压杆的分类·临界应力总图	(258)
15-5 压杆稳定性的校核	(261)
15-6 提高压杆稳定性的途径	(263)
*15-7 加载偏心的影响	(264)
习 题	(265)

第十六章 联接件的强度

16-1 概述	(268)
16-2 联接件的实用计算法	(268)
习 题	(272)

第十七章 厚壁圆筒

17-1 概述	(275)
17-2 应力与位移计算	(275)
17-3 强度计算及组合筒概念	(279)
习 题	(282)

附 录 型钢表	(283)
---------	---------

习题答案	(292)
------	---------

第一章 绪论及基本概念

1-1 材料力学及其任务

工程中有各种各样的结构物，如机床、内燃机、建筑物等等，但不管结构如何复杂，它们都是由一个个元件(如轴、连杆、螺栓、梁、柱等)组成。组成结构物的元件简称为构件。为保证结构物的正常工作，构件都应该具有足够的承受载荷的能力，简称承载能力。材料力学就是研究构件承载能力的一门科学。

实践告诉人们，构件的承载能力包含三个方面：

1. **强度** 例如起重机的吊索在吊重时不应该被拉断，储气罐或氧气瓶在规定的压力下不允许爆破，等等。因此，构件必须具有足够的抵抗破坏的能力，即具有足够的强度。

2. **刚度** 构件的形状、尺寸将因载荷的作用而发生改变，即变形。但变形不应超过正常工作所允许的限度。例如机床主轴，即使具有足够的强度，但若变形过大，将会影响工件的加工精度，等等。因此，对于有些构件，必须具有足够的抵抗变形的能力，即具有足够的刚度。

3. **稳定性** 受轴向压力的细长直杆(例如如图1-1中的杆 AB)，当压力 P 较小时，杆只发生缩短变形，保持着直线的平衡形式。若压力增至某一数值时，杆就可能从直线的平衡形式突变成弯曲的平衡形式，使结构不能正常工作。这种现象称为丧失稳定。因此，对于这类细长受压杆件，必须具有始终保持初始平衡形式的能力，即具有足够的稳定性。

综上所述，要保证构件安全适用，就必须具有足够的强度，而对于某些构件还必须具有足够的刚度或稳定性。可是，我们又不应该任意加大构件的尺寸来满足上述要求，而必须尽可能地选用合适的材料、截面形状和尺寸，降低材料的消耗，节约资金，减轻自重。因此，材料力学的主要任务就是在保证构件既安全适用又尽可能经济的前提下，为构件选择适当的材料、截面形状和尺寸。

正确解决构件的强度、刚度和稳定性问题，不仅要进行理论分析，而且要进行实验研究。例如，材料的力学性质必需由实验来获得；理论的正确与否也必需由实验来验证；许多较复杂的问题单靠现有理论还难以解决，也须借助于实验研究。因此，实验研究和理论分析，同样都是解决实际问题必不可少的手段，

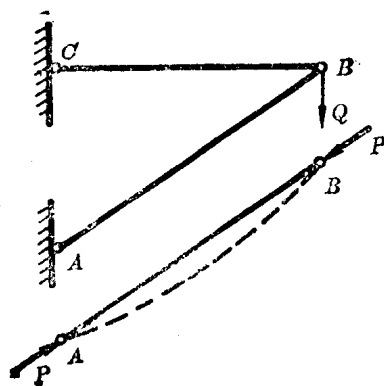


图 1-1

材料力学与生产实践关系密切。生产的发展推动了材料力学的不断发展；反过来，材料力学的理论又对生产实践起着重要的指导作用，为构件的设计计算提供了简便实用的方法。

材料力学成为一门科学，一般认为是从1638年伽利略(G. Galileo)发表《两种新的科学》一书开始的。此后，不少欧洲人在这一领域里作出了很多重要的贡献。不过，大量的历史事实和众多的文献记载表明，在十四世纪以前，力学水平处于世界各国之上的国家却一直是中国。今天仍然令人赞叹的、从月球上能观察到的唯一古代建筑物长城，是纪元前建造的；科学与艺术优美结合的河北赵州石拱桥（图1-2），是581~618年间建造的（这种形式的桥，



图 1-2

到1912年欧洲才出现)；高66米、巧妙设计、巧妙施工的山西应县木塔，是1056年建造的，就是九百多年后的今天来建造这样一座木塔亦非易事。须知，要设计和建造上列种种建筑物是需要具备相当丰富的材料力学等方面的知识和经验的。

几个世纪以前，我国的科学技术和力学水平长期处于领先地位的事实表明，中华民族是勤奋刻苦、聪明智慧和具有力学才能的伟大民族。在获得社会制度优势的今天，我们的科学技术和力学水平，无疑将会得到更大的进展。

1-2 变形固体的概念及基本假设

(一) 构件总是由材料制成的，而材料的组织结构和性质是很复杂的。作为构件的任何固体，在外力作用下都会变形。因此，这些固体统称为变形固体。

变形固体的性质是多方面的。从不同角度研究问题，侧重面也不一样。为了便于研究构件的强度、刚度和稳定性，我们略去一些与问题关系不大的次要因素，将它们抽象为理想模型，然后进行理论分析，以便使计算“精度足够，简便可行”。下面是对变形固体所作的两个基本假设：

1. 均匀连续假设

即认为变形固体的力学性质在体内各处都是一样的；而且构成变形固体的物质毫无空隙地充满了它的整个几何容积。

2. 各向同性假设

即认为变形固体在各个方向具有相同的力学性质。具有这种属性的材料称为各向同性材料。

实践证明，在不少工程计算所要求的精度范围内，以上述两个假设为前提进行理论分析

和计算，可以得到满意的结果。当然，以上假设不是任何情况下都适用的，因为任何假设都是有条件的。

(二) 材料在外力作用下将产生变形。试验指出：对于绝大多数变形固体，当外力不超过各自的一定范围时，在去除外力后，将完全恢复(或者说几乎完全恢复)原有形状和尺寸，这种性质称为弹性。去除外力后能够消失的变形称为弹性变形。但当外力过大时，在外力去除后，变形只能部分地消失而残留一部分不能消失的变形，材料的这种性质称为塑性。去除外力后不能消失而残余下来的变形称为塑性变形(或称残余变形、永久变形)。

为保证结构物能正常工作，通常要求构件只发生弹性变形。对于金属、木材、复合材料、某些塑料等工程上常用的材料制作的构件来说，弹性变形与构件的原始尺寸(变形前尺寸)相比，往往甚为微小。所以，在研究构件的平衡和运动时，仍可按构件的原始尺寸进行计算。

综上所述，在材料力学中，是把实际构件看作均匀连续和各向同性的变形固体，并只限于研究弹性范围内的小变形情况。

(三) 需要指出，由于本课程研究的对象是变形固体而不是刚体，因此，应用力的可传性及等效力系等原理时，要极其慎重，否则将引出错误的结论。例如图 1-3a，杆 AB 为拉伸变形；若应用力的可传性原理，以图(b)受力情况代替图(a)，则杆 AB 变为压缩变形，这就改变了杆的变形情况。

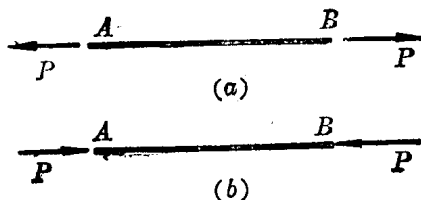


图 1-3

1-3 外力及其分类

(一) 作用于构件上的载荷和支反力，统称为外力。外力按其作用方式可分为分布力及集中力。例如作用于压力容器内壁的压力，水下物体受到的水压力等为面分布力，其强弱程度称面分布力集度，以单位面积上作用多少力来度量。有些分布力是沿构件的长度分布的，

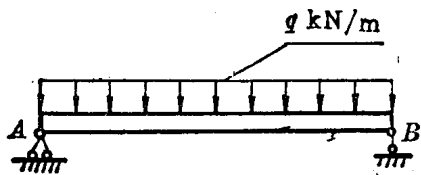


图 1-4

如楼板对屋梁的作用力(图 1-4)，其强弱程度以沿轴线的每单位长度上作用多少力来度量，称线分布力集度。当然，还有体分布力集度，如重力、惯性力等。若外力分布的面积远小于物体的整体尺寸，就可以看作是作用于一点的集中力。例如列车车轮对钢轨的压力、滚珠轴承对轴的支反力等，都可以看作是集中力。

(二) 按载荷作用的性质又可分为静载荷、动载荷与交变载荷。若载荷缓慢地由零增加，构件各质点的加速度小到可以略去不计，且载荷到某一定值后即保持不变，或变动很不显著，即为静载荷。例如房屋对地基的压力便是静载荷。如果引起的加速度比较显著，则作用于构件的载荷即为动载荷。例如制动时飞轮的轮轴、锻造时汽锤的锤杆等受到的载荷都是

动载荷。随时间作周期性变化的载荷，称为交变载荷。例如齿轮啮合时，齿牙所受的力、压缩机活塞杆所受的力等都是随时间作周期性变化的载荷。机械工程中我们遇到的动载荷问题及交变载荷问题，远比静载荷问题为多。

随着载荷性质的不同，构件材料所表现出来的力学性能也有很大的差异，分析方法亦不相同。不过，静载荷问题比较简单，而在静载荷下所建立的关于构件承载能力的理论和分析方法，又是解决动载荷等问题的基础，所以我们将首先研究静载荷问题。

1-4 内力、截面法及应力概念

(一) 物体受外力作用以后，其内部将产生内力，即物体本身不同部分之间由外力引起的相互作用的力。在外力不超过一定限度的条件下，内力将随外力的增加而加大（指绝对值），并与外力相抗衡，故内力是一种抗力；但当外力超过这一限度时，构件就会发生破坏。可见内力与构件的强度是密切相关的。

为了显示内力并确定其大小，可采用截面法。它是材料力学中研究内力的重要方法。

假设图 1-5a 所示的构件，受诸外力作用而处于平衡状态。欲研究 $m-m$ 截面上的内力，就将构件在该截面处假想地切开，构件便截分为 I、II 两部分。任取其中一部分，例如 II 作为研究对象，并画 II 的示力图，如图 (c) 所示。部分 II 本来是处于平衡状态的，今仅受外力 P_3 、 P_4 作用不能使其平衡，可知，II 的 $m-m$ 截面上必有力作用。显然，它是部分 I 通过 $m-m$ 截面作用于部分 II 的。于是证明了 $m-m$ 截面上有内力存在。

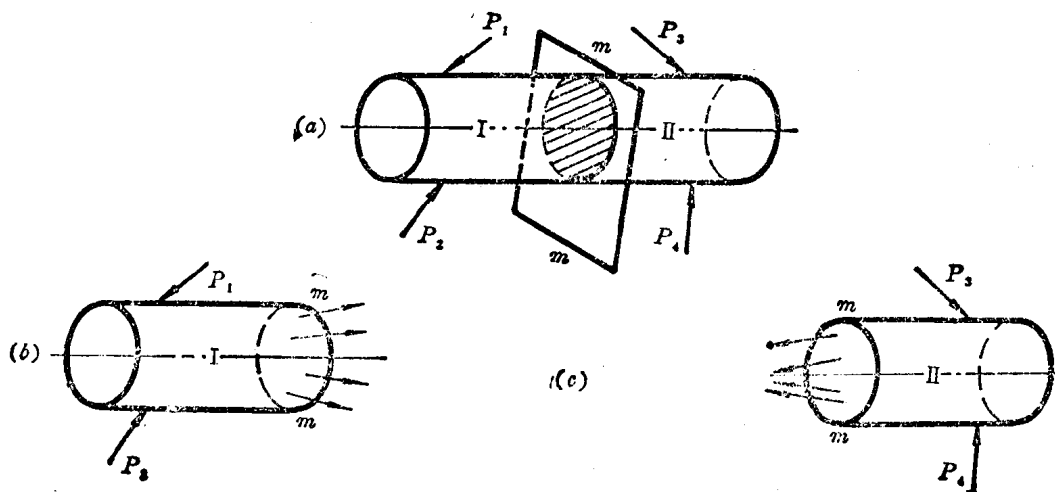


图 1-5

虽然 I、II 之间的作用力是通过 $m-m$ 截面上各质点来传递的，但根据变形固体的连续性假设，可把这种相互作用的力看成是连续地分布在 $m-m$ 截面上的分布力。今后，我们把某截面上的分布内力系的合力（有时是合力偶）简称为该截面的内力。

其次，我们再来研究如何确定内力的大小。对于部分 II 来说， $m-m$ 截面上内力和外力 P_3 、 P_4 保持平衡，故根据平衡条件就可以确定该截面的内力值。

因此，截面法是显示内力和确定内力大小的一个方法：将构件一截为二，截面两侧原来的相互作用以内力代替，再根据内力与外力的平衡，算出内力值。

今以图 1-6a 所示的钻床为例，求载荷 P 作用下 $m-m$ 截面上的内力。

首先，沿 $m-m$ 截面假想地将钻床截分成上、下两部分。取其上部分进行研究(图 b)，并以该截面的形心 O 为坐标原点，选取坐标系如图所示。

其次，外力 P 将使上部分沿 y 轴方向平移，并绕 O 点反时针转动。下部分必然以内力 N 及 M 作用于截面上，以保持上部分的平衡。

最后，由静力平衡条件

$$\Sigma Y=0, \quad P-N=0$$

$$\Sigma M_0=0, \quad Pe-M=0$$

求得 力 $N=P$

力偶矩 $M=Pe$

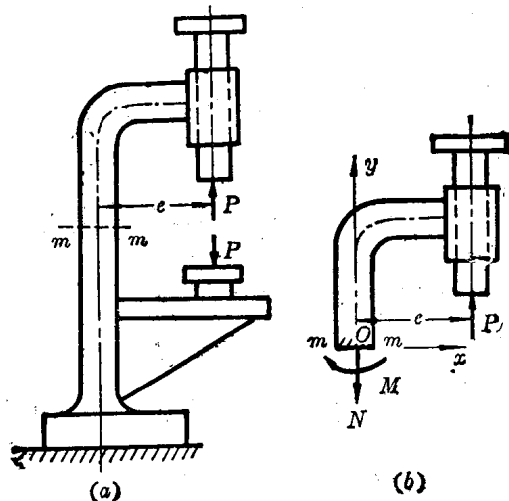


图 1-6

(二) 通过上例显然可见，截面法能确定构件截面上分布内力的合力及合力偶矩。但它不能确定内力在截面上的分布情况，因此，还必须引入内力分布集度的概念。

设在某一受力构件的 $m-m$ 截面上，围绕 K 点取微小面积 ΔA (图 1-7a)，其上内力的合力为 ΔP ，这样，在 ΔA 上内力的平均集度为

$$p_n = \frac{\Delta P}{\Delta A}$$

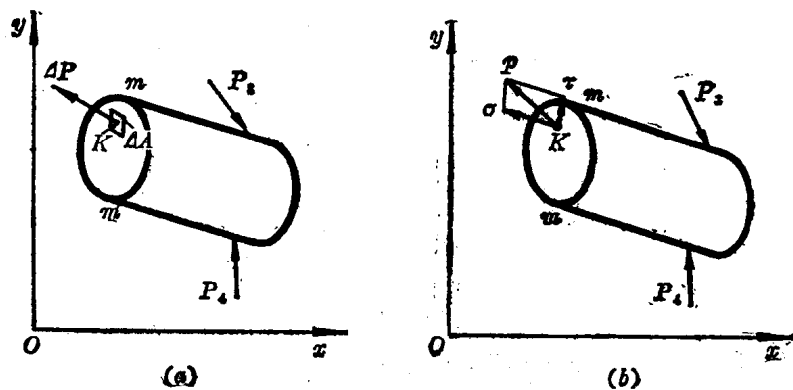


图 1-7

p_n 称为 ΔA 上的平均应力。在一般情况下，内力并非均布的，因此，平均应力 p_n 随所取的 ΔA 大小而异，也就是说，它还不能真实地表明内力在 K 点处的密集程度。使 ΔA 无限减小而趋于 K 点，得极限值(图 1-7b)

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} = \frac{dP}{dA} \quad (1-1)$$

这便是构件在截面 $m-m$ 上 K 点的应力。 p 的方向就是 ΔP 的极限方向。

K 点的应力 p ，通常分解为垂直于截面的分量 σ 和切于截面的分量 τ ，如图 1-7b 所