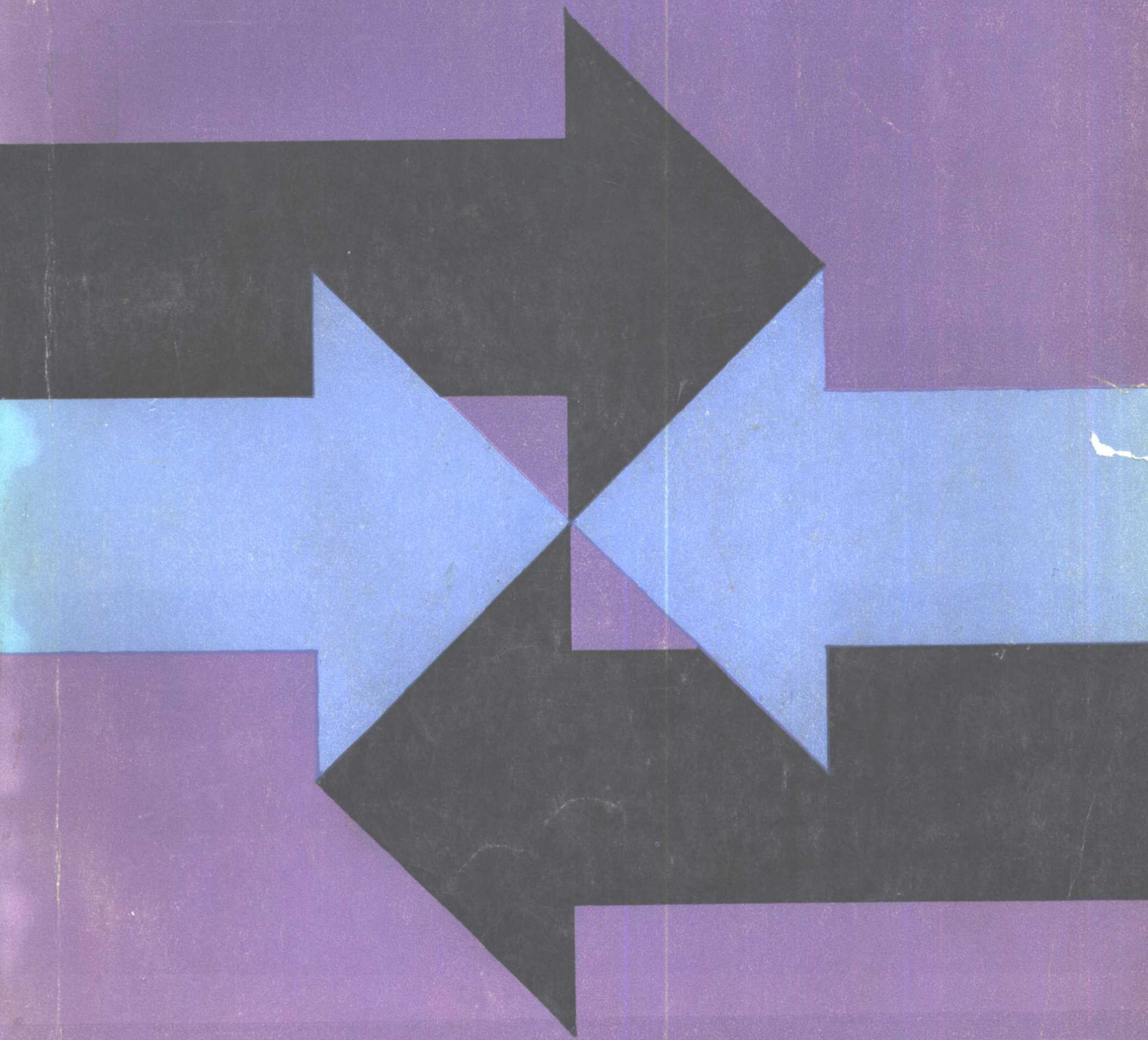


固体力学引论

〔美〕E. P. 波波夫 著 王士耕 韩二丽 译



固 体 力 学 引 论

[美] E. P. 波波夫 著

王士耕 韩二丽 译

人 民 邮 电 出 版 社

EGOR P. POPOV
Introduction to mechanics of solids
PRENTICE-HALL, INC., Englewood cliffs, N. J.
1968

内 容 提 要

本书较详细地介绍了固体力学方面的基本概念、基本原理和分析方法。较之一般的材料力学增加了许多固体力学的内容,但仍注意理论联系实际。论述严谨、逻辑严密。各章均有大量的例题和习题。

本书内容包括:用奇异函数表达的梁内剪力与弯矩、应力与应变转换、柱的屈曲等。对本构关系有足够的重视,并详细描绘了线弹性、非线性弹性、塑性、粘弹性材料构件在载荷之下的表现,以及多轴应力状态下的屈服与断裂准则。对静不定问题也给予了充分的论述。对梁的变形也用奇异函数这种方法处理,比较新颖。对能量法、包括卡氏定理和虚功原理均作了较详细的推导。

本书可作为高等工业院校的教学参考书,也可供研究生和有关的科技人员参考。

固 体 力 学 引 论

〔美〕E. P. 波波夫著

王士耕 韩二丽 译

责任编辑:刘建章 董献忱

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/16 1985年12月第一版

印张: 26 12/16 页数: 214 1985年12月北京第一次印刷

字数: 669 千字 印数: 1—3,500 册

统一书号: 15045·总3096—教711

定价: 5.70 元

作者原序(摘译)

本书原来打算作为作者 1952 年的材料力学一书的修订版。可是不久, 由于很多工科院校对本课程态度的不断变化以及某些新的发展, 就很明显地要有更为严格的本课程的处理法以满足当前的要求。结果本书的大部分章节就成为全新的了, 而剩下的也彻底改编了。

假定读者均读过大学一、二年级的数学以及静力学。而这些课程中特别重要的命题在它们用到的地方一般要复习一下。

总的精神上, 本书是为所有工科学子写的一本大学程度的基本教科书。可是其内容是如此地基础, 故某些研究生拿它来复习也是好的, 特别是某些内容也并不都是初等的。贯穿全书, 有意识地争取同时展开本学科的物理和数学的两个方面。有大量的从各门工程领域来的习题供学生练习。

在书的写作中始终记住学生的观点。这说明了, 例如, 为什么这么选用梁内剪力与弯矩的符号。这种符号习惯与学生以前在数学与静力学中已经熟悉的是一致的。而这又是他将来在弹性力学与连续介质力学中遇到的。同样的符号习惯一直保留到应力转换方程式的推导中, 并应用于摩尔圆。这种用法就避免了不少混乱, 并且使得在这课程的处理上有了一致性。

其次, 为使学生能有时间吸收新知识并在解某几种较简单的应力分析问题中赢得信心, 所以应力与应变转换这一章就放在书的中间了。如果这课程只是简单地当作应用数学的一个分支来处理时, 那么这一论题的, 另一种安排法就显得更合乎逻辑了。

对本构关系有足够的重视, 并详细描绘了线性弹性材料、非线性弹性、塑性、粘弹性固体做成的构件在载荷之下的表现。对多轴应力状态下的屈服与断裂准则也给出了一合理地完整地处理。

很早即介绍了静不定问题这种情况, 但直到学生具备了计算变形的熟练能力以后才仔细深入讲解。

能量法, 包括卡氏定理和虚功原理均仔细地推导, 并以例题说明用法。柱稳定问题是从大变形观点来讲解的, 并且也包括了梁柱的解释。

本书包含有比一学期的课多得多的内容。因为材料足以用于一年的教学, 所以本书可以在这工科的关键领域里作一中等水平的开展。书的大的篇幅也为适应各种具体要求而设计特别的课程提供了相当的灵活性。这还有二个附加的好处, 首先, 读者可以不自觉地获得一个本学科内容上均衡的概念。其次, 本书完成作为引论性教材的任务之后, 还能作为参考书用。

大部分章节中, 较专门与复杂的问题可以在不破坏书的连续性的情况下删去, 使得有可能在一具体论题上在某所要的水平上中止研究。目录中带 * 号的章节可以现成地删去。

对于第一次上的基本固体力学教程, 必须十分小心, 要把内容保持为最小。这么强调是怎么也不会过分。例如, 奇异函数的讨论肯定属于这学科的完整的内容, 而在一基础课程中学这一内容是可疑的。学生利用这种技巧工作时产生的疑惑以及掌握它所需的时间也许可以更好地用来掌握任何一个基本的力学概念。一完整的引论性的课程可以包括第 3、4、8 与 9 章加上第 2、5、6、7 章的最小数量的支持性内容。这样一课程可以强调应力, 应变及其转

换的概念, 以及本构关系的讨论。简单研究一下 11 章中静定梁和静不定梁的挠度问题, 再加上 14 章中屈曲现象的介绍就可以结束这一课程。

虽然从书中可以有多种挑选法来构成一固体力学的基础课程, 但下面仍给出 28 次讲课的可能的顺序, 每次讲一个半小时, 并要求 2—3 小时的予复习。

- (1) 从 1-1 节到 2-6 节; (2) 从 2-7 节到 2-12 节;
 - (3) 从 2-13 节到 2-15 节; (4) 从 3-1 节到 3-7 节;
 - (5) 3-8 节与 3-9 节; (6) 从 4-1 节到 4-8 节;
 - (7) 从 4-9 节到 4-16 节; (8) 4-17 节与 4-18 节;
 - (9) 从 5-1 节到 5-6 节; (10) 5-7, 5-8, 与 5-9 节;
 - (11) 从 6-1 节到 6-6 节; (12) 6-7, 6-8, 与 6-9 节;
 - (13) 7-1, 7-2, 与 7-3 节; (14) 7-4 节与 7-5 节;
 - (15) 8-1, 8-2, 与 8-3 节; (16) 8-4 节与 8-5 节;
 - (17) 从 9-1 节到 9-6 节; (18) 9-7 节, 9-9 到 9-11 节;
 - (19) 9-16, 9-17, (9-18), 9-19 节; (20) 9-20 节;
 - (21) 10-1, 10-2, 10-5, 10-6 节; (22) 11-1, 11-2, 11-3, 11-5, 11-6 节;
 - (23) 11-8 节与 11-9 节; (24) 12-1 节与 12-2 节;
 - (25) 12-3 节与 12-4 节; (26) 13-1, 13-2 与 13-3 节;
 - (27) 从 14-1 节到 14-5 节; (28) 从 14-6 节到 14-8 节;
- 每次讲课学生应完成 2-3 个习题。

译 序

作者原书最初出版于 1952 年, 书名为材料力学。1968 年本来打算修订的, 但却完全改写成另一本书, 书名亦更改为现名。这一段过程在原序中有所介绍。

本书处理法与一般材料力学书籍确有较大区别。按作者自己的说法, 这本书是固体力学的技术理论。总的讲, 在数学上比较严格一些。它在书的前面就介绍了应力与应变张量的概念, 也合理地详细介绍了各种本构关系。并提出了平衡微分方程与协调方程。这些都与固体力学无大的差别。而与数学固体力学的主要差别是不按偏微分方程及边界条件来求解, 而采用平面假设法。这就又退回到了熟知的材料力学的方法。材力的各种结论应有尽有, 但是又用固体力学的概念及方式来理解。

随着科技的进步, 工科教学的内容一直在改变, 在进步。对于过去难于求解, 也就难于应用的固体力学的概念及理论, 由于电子计算机的发展而有了完全不同的认识。工科院校中也就越来越多地有了高等材料力学、弹性力学、有限元法、断裂力学这些课程或内容。如何使这些内容与初等材料力学衔接, 使之有一个统一的观点, 说法以及符号习惯就成了各院校(无论国内外)所共同面临的问题。

作者认为从一开始就要在大学教材中加进过去认为较难的内容, 使学生能深入浅出地掌握它, 这对将来进一步学习将会大有裨益。一本能完成这一目的的教材是很重要的, 或者说关键的。E. P. 波波夫的书在这方面有它成功的一面。这就是为什么这本书能得到广泛接受的原因。即使作者本人已经又有了 76 年新版的材料力学, 而 1968 年的固体力学引论, 现在还在流行, 理由即在于此。

因为原书当前在美国较有影响且内容基本上符合我国工科院校课程的教学要求, 所以译者特将原书译出, 供国内参考。

原书使用的单位为英制, 不合我国情况, 甚至也不合美国目前的情况, 这是一大缺点。书末有英制国际制转换表, 略作补救。

韩二丽同志译出第十三, 十四章并校阅全文其余均由王士耕翻译。

译者 1983.7.1

简写及符号表*

简写号

allow	许用的
av	平均
cr	临界
ft	英尺
hp	马力
I	工字梁
in	英寸
k	千磅
kip	千磅
ksi	每平方英寸千磅
lb	磅
max	最大
min	最小
NA	中性轴
psi	每平方英寸磅
rpm	每分钟转数
ult	极限
WF	宽翼缘梁
yp	屈服点

希腊字母符号

α	(alpha)	热膨胀系数, 角
β	(beta)	角, 常数
γ	(gamma)	剪应变, 单位体积重量。
δ	(delta)	挠度, 函数的变化。
ϵ, ϵ	(epsilon)	线应变, 正的小数。
η	(eta)	粘滞系数
θ	(theta)	弹性曲线的角度, 单位长度的扭转角
κ	(kappa)	曲率
λ	(lambda)	柱屈曲问题中的本征值,
ν	(nu)	波桑比
Π, π	(pi)	总的势, 圆周率
ρ	(rho)	半径, 曲率半径
σ	(sigma)	正应力
τ	(tau)	剪应力
Φ, φ, ϕ	(phi)	M/(EI)图的面积, 总的扭转角, 角度

* 除个别的以外, 简写与字母符号均与美国标准协会所批准的相符。

Ω, ω (omega) 势能, 角速度。

罗马字母符号

A	面积, 横截面面积, 常数
A_{fgh}	梁横截面的部份面积
B	常数。
b	宽度。
C	常数。
c	从中性轴或扭转中心到最外层纤维的距离
d	直径, 距离, 高度。
E	拉伸与压缩中的弹性模量。
F	力
f	柔度系数, 内虚力
G	剪切弹性模量。
g	重力加速度
h	高度, 梁的高度
I	横截面的惯性矩
J	横截面的极惯性矩
K	应力集中系数, 有效长度系数
J_c	蠕变柔量
k	弹簧常数, 常数, 体积模量
L	长度, 跨度
M	力矩, 弯矩
m	质量, 由单位虚载荷引起的弯矩
N	每分钟转数,
n	数, 弹性模量之比例。
P	力, 集中载荷
p	每单位长度的分布载荷, 压力的密集度
Q	面积 A_{fgh} 绕中性轴的第一或静矩。
q	剪力流
R	反力, 半径
r	半径, 迴转半径
S	弹性截面模数 ($S = I/c$)
s	沿一直线或曲线的距离
T	扭矩, 温度
t	厚度, 宽度, 切向偏离。
t_s	单位长度的扭矩。
U	应变能
V	剪力, 容积
W	功, 总重量
u, v, w	位移分量。
X, Y	体积力, 未知数。
Z	塑性截面模量
x, y, z	一质点的坐标。

目 录

第一章 引 论

1-1 目的与概况	1
1-2 截面法	2
1-3 基本方法	3

第二章 轴力、剪力与弯矩

2-1 引论	5
2-2 一般性说明	5
部分 A 反作用力之计算	7
2-3 支座的示意图习惯	7
2-4 载荷的示意图习惯	8
2-5 梁的分类	10
2-6 计算梁的反作用力	11
部分 B 轴力, 剪力与弯矩图: 直接法	14
2-7 截面法的应用	14
2-8 梁内剪力	15
2-9 梁内轴力	16
2-10 梁内弯矩	16
2-11 剪力, 轴力与弯矩图	17
2-12 逐步方法	22
部分 C 剪力与弯矩图: 求和法	22
2-13 平衡的微分方程	22
2-14 用求和法作剪力图	24
2-15 用求和法作弯矩图	25
* 2-16 作剪力与弯矩图的进一步说明	29
* 2-17 弯矩图与弹性曲线	32
部分 D 奇异函数*	33
2-18 奇异函数的符号及其积分	33
习题	38

第三章 应力与轴向载荷

3-1 引论	45
部分 A 应力	45
3-2 应力的定义	45
3-3 应力张量	46
3-4 平衡微分方程式	48

部分 B 轴向受载构件中的应力	49
3-5 轴向载荷; 法向应力	49
3-6 轴向载荷; 挤压应力	51
3-7 平均剪应力	52
3-8 许用应力; 安全系数	58
3-9 轴向受载构件与销钉的设计	61
习题	63

第四章 应变, 本构定律, 轴向变形

4-1 引论	68
部分 A 应变	68
4-2 应变的物理意义	68
4-3 应变的数学定义	69
4-4 应变张量	70
部分 B 线性应力—应变定律和应变能*	72
4-5 各向异性材料的虎克定律	72
4-6 各向同性材料的虎克定律	73
4-7 波桑比	74
4-8 热应变	75
4-9 单轴向应力的弹性应变能	76
4-10 剪应力的弹性应变能	78
* 4-11 多轴应力状态的应变能	78
部分 C 单轴向应力的本构关系	79
4-12 应力—应变图	79
4-13 关于应力—应变图的进一步说明	80
4-14 卸载时的应力—应变图与载荷循环	81
4-15 理想化了的应力—应变图	82
4-16 线性粘弹性材料	84
部分 D 轴向承载构件的变形	89
4-17 轴向承载构件的变形	89
4-18 应力集中	94
习题	97

第五章 扭 转

5-1 引论	104
5-2 截面法的应用	104
5-3 基本假设	105
5-4 扭转公式	106
5-5 关于扭转公式的说明	107
5-6 受扭圆形构件的设计	109

5-7 圆形构件的扭转角	111
5-8 圆轴在非弹性范围内的剪应力和变形	114
* 5-9 应力集中	117
* 5-10 粘弹性圆杆的扭转	118
* 5-11 实心非圆构件	120
* 5-12 薄壁空心构件	122
习题	124

第六章 梁内弯曲应力

6-1 引论	128
6-2 理论的几个重要限制	128
6-3 基本运动学假设	128
6-4 弹性弯曲公式	130
* 6-5 不对称截面的梁的纯弯曲	133
6-6 惯性矩的计算	133
* 6-7 关于弯曲公式的说明	135
6-8 梁的非弹性弯曲	138
* 6-9 应力集中	143
* 6-10 二种材料的梁	144
* 6-11 曲梁	149
习题	152

第七章 梁内剪应力

7-1 引论	158
7-2 预备知识	158
7-3 剪力流	160
7-4 梁的剪应力公式	165
* 7-5 剪应力公式的限制	171
* 7-6 关于剪应力分布的进一步说明	172
* 7-7 剪切中心	174
习题	177

第八章 复合应力

8-1 引论	182
8-2 迭加法及其限制	182
8-3 斜弯曲	188
8-4 偏心受载构件	191
8-5 剪应力的迭加	195
* 8-6 密圈螺旋弹簧中的应力	197
* 8-7 密圈螺旋弹簧的变形	198

习题	199
----------	-----

第九章 应力与应变转换；屈服与断裂准则

9-1 引论	205
部分 A 应力的转换	206
9-2 基本问题	206
9-3 平面应力转换的方程式	208
9-4 主应力	209
9-5 最大剪应力	209
9-6 一种重要的应力转换	212
9-7 应力摩尔圆	213
* 9-8 应力摩尔圆的作法	214
* 9-9 一般应力状态下的应力摩尔圆	218
部分 B 应变的转换	219
9-10 一般说明	219
9-11 平面应变转换的方程式	220
9-12 式(9-13)的另一种推导	221
* 9-13 应变摩尔圆	222
* 9-14 应变的测量；玫瑰*	224
* 9-15 应力与应变之间与 E 、 G 、 ν 之间的附加关系式	225
部分 C 屈服与断裂准则	227
9-16 预备性说明	227
9-17 最大剪应力理论	228
* 9-18 最大形状改变能量理论	230
* 9-19 最大正应力理论	233
9-20 各理论的比较；其他理论	233
习题	235

第十章 应力分析问题

10-1 引论	240
部分 A 应力分析	240
10-2 一点处应力的研究	240
* 10-3 二向应力状态下的构件	245
* 10-4 应力分析的光弹性方法	245
10-5 迴转薄壳	248
10-6 迴转薄壳的平衡方程式	249
* 10-7 关于薄壁压力容器的说明	253
部分 B 满足强度要求的构件设计	254
* 10-8 一般说明	254
* 10-9 轴向受载构件的设计	254

* 10-10 受扭构件的设计	254
* 10-11 等截面梁的设计准则	255
* 10-12 等截面梁的设计	256
* 10-13 不等截面梁的设计	260
* 10-14 复杂构件的设计	261
习题	264

第十一章 梁 的 挠 度

11-1 引论	274
11-2 应变曲率与弯矩曲率关系	274
11-3 弹性梁挠度的支配微分方程式	276
* 11-4 式(11-10)的另一种推导	278
11-5 弹性梁的另一种微分方程式	278
11-6 边界条件	279
* 11-7 粘弹性梁的变形	280
部分 A 直接积分法	282
11-8 用直接积分法解梁的挠度问题	282
11-9 静不定弹性梁问题	289
* 11-10 另外二种奇异函数	292
* 11-11 关于梁的弹性变形的说明	293
* 11-12 斜弯曲下梁的弹性挠度	294
* 11-13 梁的非弹性挠度	295
部分 B 面积矩法	297
* 11-14 面积矩法的介绍	297
* 11-15 面矩定理的推导	298
习题	306

第十二章 静 不 定 问 题

12-1 引论	313
部分 A 借助于位移关系进行分析	313
12-2 一般方法	313
12-3 温度引起的应力	319
部分 B 用迭加法分析	321
12-4 分析的方法	321
* 12-5 解静不定梁的面积矩法	325
* 12-6 三弯矩方程式	331
* 12-7 特殊情况	332
部分 C 梁的极限分析	335
* 12-8 梁的弹塑性弯曲	335
* 12-9 结论性说明	339

习题	339
----------	-----

第十三章 能 量 法

13-1 引论	349
13-2 弹性应变能	349
13-3 用能量法求位移	351
13-4 卡斯提梁诺挠度定理	353
* 13-5 对等定理	358
* 13-6 卡斯提梁诺定理之推广	358
* 13-7 虚功方法求挠度	359
* 13-8 弹性系统的虚功方程式	361
* 13-9 静不定问题	365
习题	367

第十四章 柱 的 屈 曲

14-1 引论	375
14-2 梁柱问题的本质	376
* 14-3 梁柱的微分方程式	379
14-4 平衡的稳定性	381
14-5 两端铰支柱的欧拉屈曲载荷	382
14-6 不同端点约束的柱的弹性屈曲	384
14-7 弹性屈曲公式的限制	385
14-8 广义的欧拉屈曲载荷公式	386
* 14-9 受偏心载荷之柱	387
* 14-10 柱的设计	388
* 14-11 同心载荷下的柱公式	390
* 14-12 关于确定屈曲载荷的能量法	393
习题	394

附录各表	402
------------	-----

英制、公制、国际制单位换算表	413
----------------------	-----

第一章 引 论

1-1 目的与概况

在工程构造中,所有的结构构件要求标以确定之大小。这样的构件必须比例适当,而能承受可能施加或实际施加于它的力。这就是说,压力容器之壁必须有足够的力量以承受内压;建筑物的地板对其预期的设计目标而言必须足够坚固;机器的轴则一定要有充分之尺寸方能支持所要求的扭力矩;飞机机翼必须能支持其在飞行或着陆时加在翼上的空气动力学载荷。同样地,复合结构中的零件也必须足够刚硬,当在所施载荷下工作时不致于过分地变形或“下垂”。建筑物的地板可能有充分强度但是变形太大,这在某些情形下可能会引起生产设备对不齐中心或在其他情形下会造成在地板下面的天花板浆料开裂。最后,构件也可能太薄或太细,以致承受压力载荷时,它会因失稳而塌下来;也即构件的原始形状可能会变得不稳定。确定一根细长的柱在失稳发生之前能够承受的最大载荷的能力,或者确定一个容器所能保持真空的安全程度都是有重要实际意义的。

在工程实践中,就必须消耗最少的某种给定材料来满足所有上述要求。除了价钱的问题而外,有时候——例如卫星的设计——任务的可行性与成功可能取决于这一套东西的重量。

过去,处理上述各问题的教科书称为材料强度或材料力学。为了反映近代的用途以及这题目的更严谨的处理法,本书挑了一个新的名字叫“固体力学引论”。或者,这题目也可以叫做变形固体力学。但是,必须指出,在本教科书上所讲述的大多数材料是变形体的技术理论而与数学弹性理论或完全塑性固体理论不同。这儿,用引进简化假设以求得基本问题的一个合理解答,而不是每一步都要按严谨的数学观点来建立。很有意思的是,重要的板壳理论就是本书中讨论的技术理论的一个主要扩展。不管这题目的细节或者严格性如何,这门课包含对各种承载构件确定其强度,刚度和稳定性的解析方法。

固体力学是一门相当老的学科,一般可追溯到十七世纪上半世纪时伽利略的工作。在对受载固体的表现进行研究之前,建筑师们用经验法则或者说追随先例进行设计。伽利略是试图在理性基础上来解释某些受载构件的表现的第一个人。他研究了受拉压的构件,以及特别是为意大利海军造船中所用船壳的梁。当然,从那时起已经有了很大进步,但是,必须指出的是在发展中,本学科的很多进展要归功于法国研究者,其中最出众的一批人为库伦,波桑,纳维埃,圣维南和哥西,他们在十九世纪初的工作在本学科中留下了不可磨灭的业迹。但是,这门学科远没有结束。空间时代不断地带来更精密和更宽广的要求。固体力学与所有各工程专业均相关,而具有特别多的应用。它的方法被潜艇设计者所需;被土木工程师用于桥梁及建筑物设计中;被工程师用于空间飞船设计中;被采矿工程师和建筑工程师所需,他们每一个人均对结构物有兴趣;被机械与化工工程师所需,他们依靠这门学科的方法来设计机构及压力容器;被金属学家所需,他们要用本学科的基本概念去弄懂如何进一步改进现存材料;而最后被电机工程师所需,他们需要这学科的方法是由于电气装备中很多部分的机械工程方

面的重要性。技术固体力学有它固有的特征性的方法。它是一门确定了学科；是工科教学大纲中最基本的学科之一，而与其他基础课如流体力学，热力学，及电工原理等等并列。

受力构件的表现不仅取决于支配力的平衡的牛顿力学的基本定律，而且也取决于制造构件的材料的机械特性。关于后者的必要的信息来自于实验室；在那儿材料将受到精确的已知力的作用，并以特别的关心来观察试件的表现，诸如出现断裂、变形等之类的现象。确定这类现象是本学科的一个关键部分，但是学科的这一分支将留给别的书*。在这儿仅对这些研究的最终结果感兴趣，而这门课只是这学科的分析与数学部分；不同于实验部分。依上述理由可以看出，固体力学是实验与分析力学的牛顿规律的混合科学。从后者借来的这一科学的分支称为静力学，本书假定读者已经熟悉，而这本书的内容基本上就要靠它。

由于这本教科书是一本导论性的书，所以将仅限于较简单的论题。不过，不管这里所用方法的相对简单性，其求得结果的技巧却是不同寻常地有用，因为他们的确适用于大量技术上重要的问题。

这门课实质上是一门习题性的课程，即课程内容只有通过演算大量的习题才能掌握。书中用来对结构和机械零件进行常规分析和设计的公式数目是不多的。但是贯穿于整个学习过程中，学生必须提高观察手边的问题及正在计算的量的性质的能力。对所要解的问题，仔细画一张完整的概略的草图，在较快的和对学科的更完全的掌握方面将要付出巨大的劳动。

1-2 截面法

固体力学的主要问题是研究固体受载以后的内部抵抗力和变形。这就需要研究在物体内部为平衡外力而建立起来的内力的本性。为此目的，就用一种统一的近似方法。准备一幅所要研究的物体的全图，在它上面，在各自的作用点上画上所有作用于物体上的外力。这样的一张草图叫做自由体图。所有作用于物体的力，包括各支座所产生的反作用力以及物体自身的重量**均视为外力。更进一步，既然一个稳定不动的物体必处于平衡，故作用于其上的力满足静力学平衡方程式。这样，假如如图 1-1(a)所示那样地作用在一物体上的力满足平衡条件，并均被画成作用于其上，这张草图即代表一张自由体图。其次，既然求由外力引起的内力是本学科的主要内容，故穿过物体作一任意的截面，可把它完全分为两部分。这一过程的结果可以从图 1-1(b)、(c)中看到，其中一任意平面 ABCD 把一原来实心的物体分为两个分开的部分。这样一个过程就称之为截面法。然后，如果物体作为一个整体处于平衡，则其任一部分也必须处于平衡。对于物体的这样的一部分，就必须在切面上有某些力的作用方能平衡。这些考虑就会导致下列基本结论：一任意切面的一边所作用的外力必须靠在切面上所产生出的内力来平衡。或者，简而言之，外力必须与内力相平衡。以后即可看到，这些切面将朝向某些特殊的方向以适应特殊的要求。可是，上述概念是在所有求内力的问题中均适用的。

* H.E. 戴维斯，G.E. 特洛西尔与 C.T. 韦格西尔，工程材料的试验与检查。（第二版）（纽约 McGrawHill 公司）以及 C.W. 理查兹，工程材料科学（贝尔蒙，加洲，瓦茨瓦斯出版公司，1961）

** 严格地讲，物体的重量，或者更一般地，由加速度所致的惯性力是在物体全部体积上伴随着体积而来的体积力。在大多数场合，这些体积力可以视为外载荷。

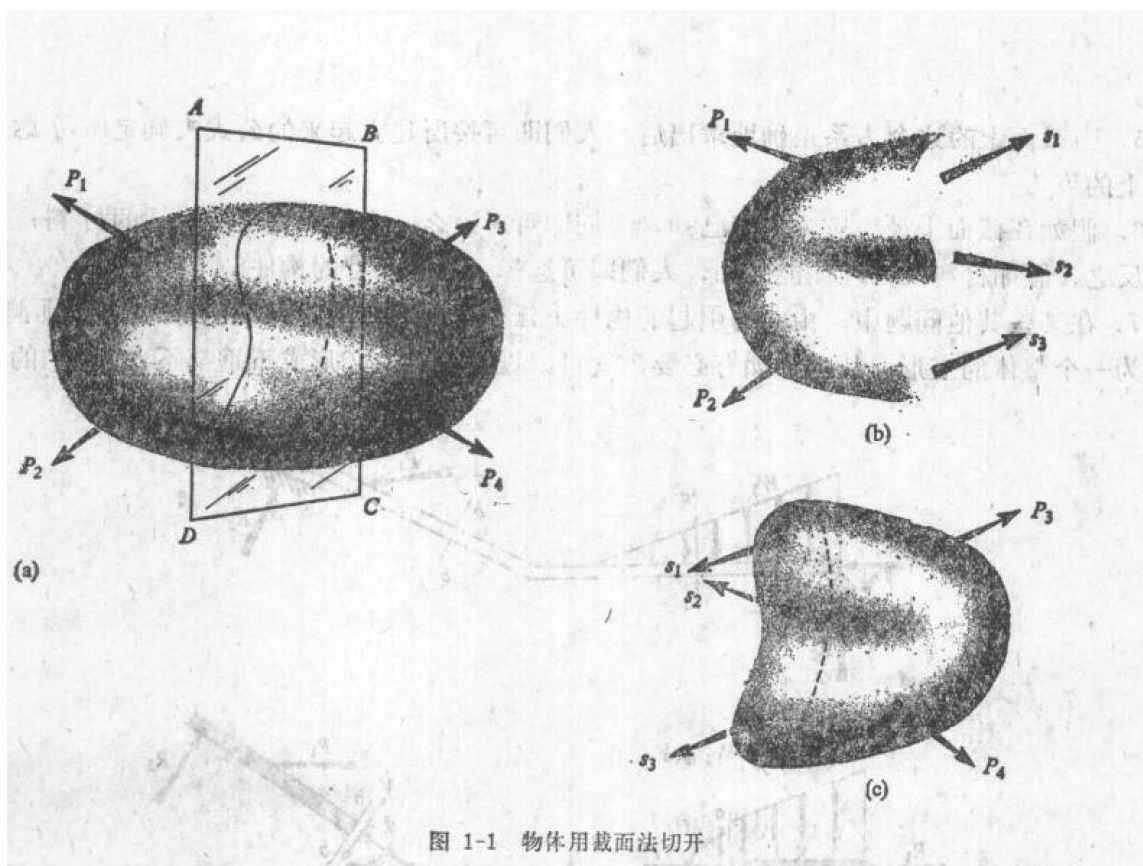


图 1-1 物体用截面法切开

讨论截面法中指出这点是有意义的，即某些物体，虽然不处于静力平衡，但可能处于动力平衡。这种问题可以简化为静力平衡问题。首先对问题中的零件计算加速度，然后乘以物体的质量，即给出力。这样算出来的力，假如使它作用于质心而方向位于加速度的反向，就把动力学问题简化为静力学问题，这就是达伦贝尔原理。用这种观点，所有的物体均可视为瞬时地处于某静力平衡状态。因此，对于任何物体，不论处于静平衡还是动平衡，总可以画一张自由体图，在它上面可以画出所有使这物体维持平衡所必需的力。从这以后的问题就和前面讨论过的一样了。

1-3 基本方法

本书中解题入手方法明显地遵循着一条一致的路线。有时候，过程可能会被中间步骤弄模糊，可是在最终分析时它还是被用到的。为给出这门课的一个总的面貌，以下列出这典型过程的纲要。当这门课往下展开时，就会对所列各项有一更完全的体会。在读后面各章时，建议学生不时地复习这一段。

1. 从一具体的结构中或者机械零件组合中，隔离出一个构件。在这一构件上画上所有的作用力及反作用力。这就是构件整体的自由体图。

2. 反作用力由静力学方程式确定，或者用恰当的微分方程式的边界条件来确定。在静不定问题中，静力学由运动学考虑补充之。

3. 在要求应力大小之点处，作一垂直于物体之轴的截面，并且移走截面任意一边的部分。

4. 在所研究的截面上，求出为使隔离出来的那一部分平衡所必须的内力系。一般讲，这力系包括一个轴力，一剪力，一弯矩，一扭矩。把构件的一部分当作自由体就可以求出这