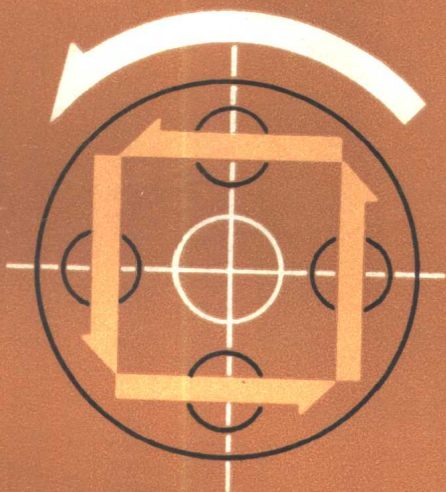


材料力学

赖云桃译



CAILIAO LIXUE

浙江科学技术出版社

材 料 力 学

第 二 版

Youngstown 大学

土木工程系教授和主任

采尔尼卡 (John N. Cernica) 著

赖云桃 译

浙江科学技术出版社

封面设计：潘孝忠

材 料 力 学

〔美〕采尔尼卡著

赖云桃 译

*

浙江科学技术出版社出版

浙江新华印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

开本：787×1092 1/32 印张17 字数383,000

1984年8月第 一 版

1984年8月第一次印刷

印数：1—6,330

统一书号：7221·47

定 价：1.84 元

内 容 提 要

本书内容着重介绍有关材料力学的基本原理、设计、应用和方法。借以引导学者循序渐进向有关专业的顶峰探索与研究。

全书分编为八章：第一章 力和变形；第二章 扭转；第三章 梁中应力；第四章 梁的变位；第五章 超静定梁；第六章 能量原理；第七章 柱；第八章 铆钉接头和焊接头。附录内容包括：A、材料的机械性质；B、常用截面的几何性质；C、偶数习题的答案；D、基本国际单位；导出国际单位；英美制单位对国际单位的换算。

本书可作为大专院校、业余大学、职工大学和中专的补充教材，也可供有关工程技术人员、科研、设计人员学习、参考。

再 版 序 言

在这一版中，严格保持了第一版中具有显著特点的基本格式。由于国际单位制 (*SI units*) 的普遍采用，在这方面作了必要的补充。

大多数例题，同时采用两种单位制（英美制和公制）。有些例题用英美制单位计算，但重要数值也给出相应的公制单位，有些例题则完全用公制单位计算。附录C中偶数习题的答案，也是用两种单位制计算的。

这次再版中约增加了140个新习题和例题，因此使习题和例题的总数差不多有800个。这使许多章节中的课题，有可能广泛地选择。

对第一版中出现的一些错误，尽力做到了改正。对此，非常感谢向作者提出意见的人们，也感谢今后能继续提出意见的人们。

作者十分感谢美国海岸防护学院博格斯 (*R.G. Boggs*) 博士，他曾对本书作了详尽、周密的评价，这些意见是十分宝贵的。还要十分感谢下列各位提过建设性审阅意见和建议的人们：佐治亚 (*Georgia*) 工学院的内尼卡 (*W. J. Lnenicka*) 博士；密苏里—罗拉 (*Missouri-Rolla*) 大学的米尔鲍 (*K. Muhlbauer*) 博士；锡拉五兹 (*Syracuse*) 大学的安东尼 (*C.M. Antony*) 教授；图尔诺 (*Le Tourneau*) 学院的克里斯门 (*W.C. Crisman*) 博士；国立扬斯敦 (*Youngstown*) 大学的苏乔拉 (*D.*

H. Suchora) 博士; 密歇根 (Michigan) 工艺大学的 达尔林普尔 (J.M. Dalrymple) 博士; 国立扬斯敦 (Youngstown) 大学的毕业生道格拉斯·卡恩斯 (Douglas Kearns) 先生; 感谢玛丽·安·斯塔夏克 (Mary Ann Stasiak) 小姐和卡伦·范德比尔特 (Karen Vanderbilt) 夫人对于原稿的打字。

采尔尼卡 (J.N. Cernica)

俄亥俄州, 扬斯敦 (Youngstown, Ohio)

1976年6月

俄亥俄州扬斯敦国立工艺大学 (Youngstown State University) 图书馆 (Library)

初 版 序 言

学习材料力学或许是学者最初将微积分学、物理学和工程力学的一些基本原理应用于建筑方法。在此以前，学者不能使这些基本原理与结构分析和结构设计相配合，即学者不能恰当地选择材料和拟订尺寸及解决其他最重要的问题，以满足某些特殊需要。材料力学系统地以基本的方式研究出施加外力与内部效应之间的基本关系。因此，为理论转变为应用建立基础。此外，在某些情况下可能使学者采取不用理论，而提出其拟定合理判断（称为工程判断）的方法，以及理论应用于实际的方法。

希望本书的内容和介绍这些内容所用的方式能成为学者跨越到广阔设计领域的桥梁。更明确地说，本书的内容还含有下列的意义：

1. 给学者以基本原理。一旦掌握了这些原理，可以为他提供向科学高峰攀登的阶梯。

2. 强调解题要有一个顺序和系统的格式。

3. 强调在解释习题和作解题所需要的假设时，选择材料和考虑结构组成部件（机械零件，桥梁或其他项目）时，必须有良好的判断。

为了达到第一个目的，作者注意到阐明所涉及的基本原理，并且对于虽经严格推导制定的公式，要使学者能容易理解和应用，充分认识公式的物理意义及推导所根据的假设和限

制。第一章包括应力和应变的广义概要。然而简明扼要地描述所需基本原理的各个方面。本书其余部分，使这些原理转为应用，常从基本原理推导出理论公式。

为了达到第二个目的，作者给出许多例题，其组成形式为：已知、求、解。这些组成区分为明确的形式，随着系统的解题顺序，得出答案。构成高效率的和容易理解的解题方式。一旦习惯于使用这样的解题方法，对学者较为有益。这不仅可减少设计错误，而且对于其他在工作中需要检验、证明和查阅的人，提供所需要的格式。

本书最后一个目的，是强调常识，而不是一般的公式、方法或规范的应用。

在介绍这些资料时，作者曾吸收其他许多作家和许多出版物所提供的各种资料，以及作者自己多年来讲授这门课时所积累的笔记。作者要感谢富兰克·迪依萨 (Frank D. Isa) 博士和罗伯特·索罗卡奇 (Robert Sorokach) 教授的积极评论，以及加里·斯法拉 (Gerri Sfara) 和帕特里西娅·M·奥利尼克 (Patricia M. Olinik) 夫人对于原稿的打字。

采尔尼卡 (J.N.Cernica)

俄亥俄州，扬斯敦 (Youngstown, Ohio)

1966年1月

第 4 页 共 12 页 文件名称: 应力与应变的广义概要 .indd 4

kip 千磅
 ksi 千磅每平方吋, 千磅/吋²
 l 或 L 长度
 lb 磅
 M 弯矩
 max 最大
 min 最小
 N 法向力, 正交力; 牛顿
 n 周, 周期; 数
 P 力; 集中荷载
 Pa 帕
 p 单位面积的压强
 psf 磅每平方呎, 磅/呎²
 psi 磅每平方吋, 磅/吋²
 Q 力; 面积的静矩
 q 单位长度的荷载; 剪变, 剪移
 R 反力; 半径; 合力
 r 半径; 回转半径
 rad 弧度
 rpm 每分钟转数
 rps 每秒钟转数
 s 弧长; 距离
 T 扭矩, 转矩; 温度
 t 厚度
 U 应变能
 u 单位体积的应变能
 V 剪力; 体积
 v 速度
 W 重量; 总荷载

w 单位长度荷载; 单位体积重量
 x, y, z 坐标
 Z 断面模量, 截面模量
 α 温度膨胀系数; 角度
 β 角度
 δ 挠度, 变位, 总伸长
 γ 剪应变
 ϵ 拉应变或压应变
 θ 弹性曲线转角; 单位长度扭转角
 μ 泊松比
 ρ 曲率半径
 σ 正应力
 τ 剪应力
 ϕ 扭转角; 角坐标
 ω 角速度
 ϱ 比重

目 录

再版序言

初版序言

符号和缩写

第一章 力和变形	1
1—1 绪论	1
1—2 荷载与反力	2
1—3 应力	15
1—4 应变	26
1—5 弹性变形和虎克定律	33
1—6 塑性变形	47
1—7 应力-应变图	48
1—8 泊松比	51
1—9 超静定轴向受力构件	56
1—10 热应力	69
1—11 斜面上的应力	77
1—12 摩尔应力圆	91
1—13 薄壁压力容器	96
1—14 应力集中	105
1—15 平面应变分析	107
1—16 摩尔平面应变圆	111
1—17 应变测量和三向应变仪	115
1—18 E 、 G 和 μ 之间的关系	120

第二章 扭 转	122
2—1 圆轴的扭转	122
2—2 密绕螺旋弹簧	135
2—3 超静定构件的扭转	144
2—4 薄壁管的扭转	151
2—5 非圆形截面的扭转	160
第三章 梁中应力	162
3—1 剪力和弯矩	162
3—2 荷载、剪力与弯矩之间的关系	173
3—3 剪力和弯矩图	175
3—4 直梁中的弯曲应力	187
3—5 梁中的剪应力	202
3—6 剪力中心	217
3—7 梁的非弹性弯曲	224
3—8 二种材料的梁	231
3—9 钢筋混凝土梁	238
3—10 曲构件中弯曲应力	247
3—11 梁中主应力	253
3—12 弯曲和扭转引起的应力	259
3—13 非对称截面的弹性弯曲	266
第四章 梁的变位	269
4—1 绪论	269
4—2 弹性曲线微分方程式	270
4—3 积分法	275
4—4 弯矩面积法	292
4—5 用迭加法求挠度	306
4—6 剪应力引起的挠度	318
第五章 超静定梁	330
5—1 绪论	330

5—2	积分法	330
5—3	迭加法	342
5—4	弯矩面积法	357
5—5	三力矩定理	366
5—6	塑性分析	380
第六章 能量原理		388
6—1	绪论	388
6—2	正应力引起的应变能	389
6—3	扭转引起的应变能	395
6—4	弯曲引起的应变能	401
6—5	剪切引起的应变能	407
6—6	虚功原理	409
6—7	卡氏定理	429
第七章 柱		443
7—1	绪论	443
7—2	偏心荷载的短柱	444
7—3	欧拉公式——长柱	447
7—4	正割公式	456
7—5	柱的经验公式	462
7—6	柱的非弹性作用	465
第八章 铆钉接头和焊接头		469
8—1	绪论	469
8—2	铆钉接头的分析	471
8—3	铆钉接头上偏心荷载	480
8—4	焊接头	488
附录		493
A 材料的机械性质		493
表A—1 几种通用金属的一般物理性质		493

表A—2 几种通用木材的一般物理性质	495
B 常用截面的几何性质	496
常用截面几何性质计算公式	496
C 偶数习题的答案	507
D 基本国际单位	522
导出国际单位	523
英美制单位对国际单位的换算	523

符号和缩写

<i>A</i>	面积
<i>c</i>	从中和轴到最外纤维的距离
<i>d</i>	直径
<i>E</i>	弹性模量
<i>e</i>	偏心距
<i>F</i>	力
<i>ft</i>	呎
<i>ft-lb</i>	呎-磅
<i>G</i>	剪切模量或刚性模量
<i>g</i>	重力加速度
<i>h</i>	高度、梁的高度
<i>hp</i>	马力
<i>I</i>	面积惯性矩
<i>i</i>	回转半径
<i>in</i>	吋
<i>in-lb</i>	吋-磅
<i>J</i>	面积的极惯性矩
<i>K</i>	应力集中系数
<i>k</i>	p/EI 的符号; 弹簧常数; 系数
<i>kN</i>	千牛顿

第一章 力和变形

1—1 绪 论

安全与经济是结构设计的最重要方面。设计者必须选择材料的尺寸和型式，强度足够支承所受的力，刚度足够不致过度变形，但规定所选用的材料要十分经济和安全。有时为了美观、耐用和维护费用少而增加了造价——但必须确保安全。

材料强度分析系统地研究施加外力与产生内部效应间的关系，荷载与受力物体发生变形间的关系。这是理解设计问题及基本解决方法的基础。也是安全和经济设计工作的基础。学者一旦掌握了这一基本原理，就能发展；不懂这些基本原理，往往很难发展。

例如，木工从经验知道，地板搁栅较宽边放在支座上是不适宜的；这样使搁栅挠度过大，可能发生弯曲破坏。他引用别人的经验及自己的观察，并用这见识解决搁栅以较宽边竖直放置的问题。这搁栅尺寸需要跨越一定的距离，这些搁栅的跨距又是难以完善解决的问题。他没有系统解决这问题的方法。他不能架设任何型式的结构，因为他缺乏基本知识。他只限于他所看到的，或前人传给他的知识，因此他的发展是有限的。

本书所遇到的问题一般属于设计或分析范畴。如果问题是选择材料和尺寸来制造机器或结构，满足已知或假定条件下的某种功能，这是设计问题。如果研究已建成结构能支承多少荷

载，这是分析问题。

然而分析或设计问题并非分得很清楚，其解法依情况变化而定。在尝试系统解题之前，往往需要作合理的和基本的假设，利用实际条件及已有经验和理论知识。例如，假定分析支承地板的搁栅的挠度，木材的荷载、跨距、尺寸和强度是解题的重要因素。虽然尺寸是可以量的，而强度性质则要从实验室的试验或接受他人的标准试验结果得出。又如胶合板片钉在搁栅的顶上，设想这板片对于减少挠度是有效应的。效应有多少？只有少数的钉，胶合板的效应是微小的；很多的钉，效应就很大。又荷载是否均匀分布在跨距上，跨距是否与搁栅的长度一样，或恰好为两墙内面间的距离，或在其中某一处，都要按不同情况来考虑。

同样地，在设计中，对于假定荷载条件，有许多尺寸可适合某种限制，如挠度或强度，但如全面考虑所有的限制，可能要排除许多选择。这样获得满意设计的选择和排除过程就是分析过程。荷载条件和作用功能，以及适当构件的实际选择，在规划方面必须是理想的，并证明是可靠的，有合理根据，保证满意结果。

在改进和完善计算方法，解决许多问题方面还有大量工作要做。但是已做了许多，由于理解这些技能而收获已很大。本书的任务是提出这些概念并理解其基本原理。

1—2 荷载与反力

作用于构件上的力称为荷载。抵抗这荷载作用的力称为反力。荷载和反力一般分为外力或内力、静力或动力。这些力可进一步对受力面积来说明。现在规定各种定义。消除以后的混

滑是很重要的。

静力是逐渐缓慢施加，并且不多次重复的力。

持续荷载是长期作用的力。结构的自重是这种荷载的例子。有些材料，在某种温度和荷载情况下，这力对于结构有明显的影响，例如梁的永久挠曲或柱的永久缩短。

重复荷载是施加几千次或几百万次的力，例如，运转机器各部分的力。

冲击荷载是很短时间施加的力，例如锤击钉或重物落地。这种荷载有时被称作动力荷载。

轴荷载是力作用于截面上，其合力通过截面形心的力或力系。

集中荷载是作用于一点上的力。

分布荷载是均匀或不均匀分布于全面积上的力或力系。

外力是作用于平衡状态结构外部的力。在图 1—1 中的荷载 P 及反力 R 和 H 是这种荷载的例子。

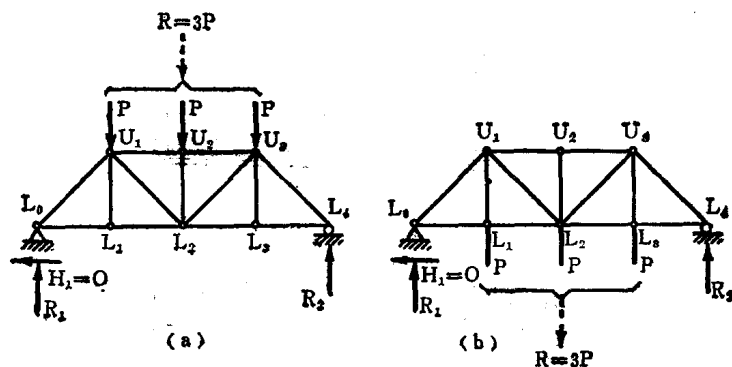


图 1—1 对称施加三个相等荷载的桁架

内力是在平衡状态结构全体或任何部分内引起的力。在图 1—1 中 U_1L_1 、 U_2L_2 、 U_3L_3 构件内的力是这种荷载的例子。