

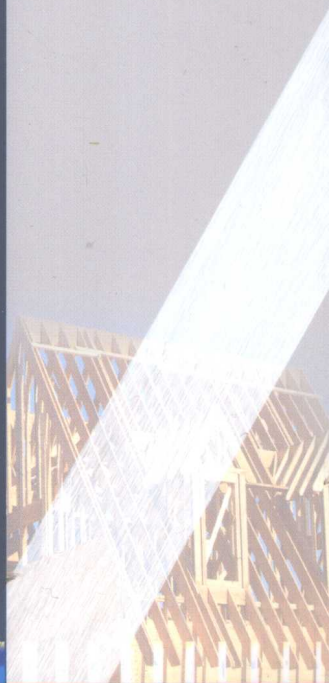


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

材料力学(I)

第5版

孙训方 方孝淑 关来泰 编
胡增强 郭力 江晓禹 修订



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

材料力学(I)

第5版

孙训方 方孝淑 关来泰 编
胡增强 郭力 江晓禹 修订



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,在第四版(普通高等教育“十五”国家级规划教材)的基础上修订而成。本书第5版保留了原版概念确切、说理透彻、内容丰富的特点和相邻两版间的连续性,内容是按照教育部力学基础课程教学指导分委员会最新制订的“材料力学课程基本要求(A类)”修订的,共分I、II两册。《材料力学(I)》包含了材料力学的基本内容,可供50~60学时的材料力学课程选用;《材料力学(II)》包含了材料力学较为深入的内容,补充较多学时材料力学课程教学要求的内容,以及为有潜力的学生留有深入学习的余地。

本书为《材料力学(I)》,共9章,内容包括:绪论及基本概念、轴向拉伸和压缩、扭转、弯曲应力、梁弯曲时的位移、简单的超静定问题、应力状态和强度理论、组合变形及连接部分的计算、压杆稳定。

本书适用于高等学校土建、水利类各专业,也可供其他专业及有关工程技术人员参考。

本书配有《材料力学学习指导》、《材料力学电子教案与习题解答》和《材料力学网上作业与查询系统》,可作为本书的参考资料配合使用。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学. I / 孙训方, 方孝淑, 关来泰编. —5版.
北京: 高等教育出版社, 2009. 7
ISBN 978-7-04-026473-9

I. 材… II. ①孙…②方…③关… III. 材料力学—
高等学校—教材 IV. TB301

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第068010号

策划编辑 黄毅 责任编辑 张玉海 封面设计 王 隼 责任绘图 尹 莉
版式设计 余 杨 责任校对 胡晓琪 责任印制 宋克学

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
总 机 010-58581000

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>

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司

网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

印 刷 高等教育出版社印刷厂

畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×960 1/16
印 张 26
字 数 490 000

版 次 1982年1月第1版
2009年7月第5版
印 次 2009年7月第1次印刷
定 价 30.50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 26473-00

第5版序言

本教材的第四版于2002年8月出版以来,得到广大高等工科院校力学教师的认同而被选用。第5版在保留原教材概念深入浅出,说理透彻,内容丰富、翔实的特色,以及保持教材连续性的基础上进行了修订,同时广泛征求了工科院校材料力学教师的意见。第5版的体系仍保持为相对独立的《材料力学(Ⅰ)》和《材料力学(Ⅱ)》,主要进行了以下几方面的工作:

1. 将《材料力学(Ⅰ)》第一章中的“材料力学与生产实践的关系”改写为“材料力学发展概述”,以便读者对材料力学的建立和发展有个大致的概貌。

2. 在《材料力学(Ⅰ)》第二章“轴向拉伸和压缩”中,编入了可靠性设计的概念,使学生对可靠性原理在结构设计中的应用,能有初步的基本了解。

3. 在《材料力学(Ⅰ)》第五章的“梁挠曲线的初参数方程”中引入了奇异函数,使初参数方程更具有普遍性,从而适用于梁在各种荷载作用下的位移计算。

4. 对于思考题,适当删减类似名词解释的题目,增加一些具有启发、思考性的题目,以深化对基本概念和基本理论的理解。

5. 对于例题和习题,适当减少简单套用公式的“基本题”,增设一些联系工程实际和较为深入的题目,以培养学生分析、解决问题和综合、创新的能力,并在例题中列出了解题步骤,以明确解题思路。对于较为深入(带星号)的习题,给出了“提示”,以期有助于读者分析、思考。

6. 第5版对文字叙述进行了全面修订,力求简练、确切、规范、严谨。

除了以上几方面外,本书第5版根据国家标准的更新,也进行了相应的修订。

参加第5版修订工作的有胡增强、郭力(东南大学)和江晓禹(西南交通大学),并由胡增强主持修订。大连理工大学郑芳怀教授对书稿进行了认真、细致的审阅,并提出了很多建设性的意见,为提高第5版教材的质量作出了贡献,特此致谢。此外,东南大学钱伯勤教授、西南交通大学葛玉梅教授、江苏科技大学景荣春教授及众多兄弟院校的同仁对第5版的修订工作均提供了不少宝贵的意见,谨此一并致谢。

希望采用本教材的广大教师和读者,对使用中发现问题,提出宝贵意见和建议,以利于今后再次修订,使之更臻完善。

修 订 者

2008年10月

第四版序言

本教材的第一版于1979年4月出版,第二版于1987年4月出版,第三版于1994年9月出版。第三版教材于1996年获国家教育委员会第三届全国普通高等学校优秀教材一等奖,并被台湾和香港地区的大学选用,由台湾科技图书股份有限公司出版繁体字版。随着科学技术的发展和教育改革的深入,为更好地适应当前的教学要求,编者在征集高校材料力学教师意见的基础上,于2000年7月开始对第三版进行修订。第四版在保留原版概念深入浅出、内容丰富的特色,以及相邻两版间的连续性的基础上,将原书的上、下册修订为相对独立的《材料力学(Ⅰ)》和《材料力学(Ⅱ)》。《材料力学(Ⅰ)》包含了材料力学的基本内容,以适应50~60学时材料力学课程的教学需要;《材料力学(Ⅱ)》包含了材料力学较为深入的内容,补充较多学时材料力学课程的教学要求的内容,以及为有潜力的学生留有深入学习的余地。第四版主要作了如下工作:

1. 拉压、扭转和弯曲的超静定问题集中成独立的一章,以使对超静定问题的解法有统一的认识。

2. 应力状态和强度理论合并成一章,既使篇幅较为紧凑,也明确了讨论问题的目的性以及两者的内在联系。

3. 组合变形与连接部分的计算合并成一章,除精简篇幅外,使这一章成为在基本变形后,求解工程实际问题的内容。

4. 考虑材料塑性的极限分析集中成章,除极限扭矩和极限弯矩外,增加了拉压杆系极限荷载的内容,并放入《材料力学(Ⅱ)》中,以使对材料的塑性和考虑材料塑性的极限分析有较为全面、完整的认识,且便于教学安排。

5. 应变分析和电阻应变计法基础合并成一章,删去了原来实验应力分析基础中的光弹性法和全息光弹性法的内容,以适应当前的教学实践。

第四版对教材的文字叙述、例题、思考题和习题设置进行了适当精简,着重课程的教学基本要求,有利于培养学生的能力,提高教材的适用面。第四版中的名词术语、量和单位的名称、符号及书写规则等,根据国家标准作了全面修订。

第四版修订的指导思想和修订大纲,由孙训方教授(西南交通大学)确定,具体的修订工作由胡增强教授(东南大学)执笔完成。北京航空航天大学单辉祖教授对书稿进行了审阅,并提出了很多宝贵意见,为提高第四版教材的质量作出了贡献,特此致谢。

希望采用本教材的广大师生和读者,对使用中发现问题,提出宝贵意见和建议,以利于今后再次修订,使之更臻完善。

修 订 者

二〇〇一年十月

第三版序言

这套教材的第一版于1979年4月出版,第二版于1987年4月出版。在第二版中主要删去了断裂力学基础一章,其余仅作了少量的修改和勘误。在本书十多年的使用过程中,国家教委制订了“材料力学课程教学基本要求”,国家颁布了新版的“钢结构设计规范”、“木结构设计规范”等。因此,本书的一些内容已不太适应目前的教学需要。在广泛征求工科院校材料力学教师意见的基础上,编者于1991年6月开始对第二版进行修订。为了维持原书的特色,并避免相邻两版间的突变,第三版主要作了如下工作:

1. 弯曲问题中有些属于进一步研究的内容,集中起来另立一章。这样便于教师根据教学要求选用,可以完全不讲,也可以选讲其中的部分节、段。为此,该章中各节均加上*号。

2. 剪切与连接件的计算独立成章,并安排在拉压、扭转、弯曲变形各章之后,以便讲授受扭和受弯构件连接部分的计算。

3. 在强度理论一章中,编入了我国学者首创的双剪应力强度理论。由于该理论目前正在进一步发展,并尚未纳入有关规范,因而,本书主要介绍该理论的基本原理及依据,并给出相应的强度判据。对其适用范围则未详加讨论。

4. 压杆稳定分成两章。前一章属于基本要求的内容,原书中的压杆稳定系数表及有关曲线,以新版的钢结构和木结构设计规范中的稳定系数表和计算公式代替。当然,在引用有关设计规范时,以有代表性的材料(如Q235钢^①)为限,主要给初学者一个概念。后一章是压杆稳定问题的进一步研究,以及其他弹性稳定问题的简介。这些内容对于理解弹性失稳的物理实质及拓宽知识面是很有好处的,供教师和学生选用。因而,该章的各节均加上*号。

5. 在能量方法一章中,把重点放在应变能概念和卡氏定理及其应用上,而把虚功原理及单位力法放在后面,并加上*号。这主要是考虑与后续的结构力学课程相衔接。对于无结构力学课程的专业,可仍以虚功原理和单位力法为主。

6. 有关动荷载的内容从基本变形的各章中集中起来,并与交变应力合并编为一章,主要是有利于教学安排。对于疲劳破坏与疲劳强度的内容作了较大的改动,并以新版钢结构设计规范中的构件疲劳折减系数表,代替了原来的疲劳折减系数曲线和公式,以加强与钢结构中疲劳计算方法间的联系。

^① Q235 钢是国家标准 GB 700—1988 的钢牌号,相当于旧标准钢牌号的 A3 钢。

7. 实验应力分析与理论分析计算相辅相成,在材料力学课程中均安排了一定的实验课。为了使学生对实验应力分析有较系统的认识,仍保留了实验应力分析基础一章,且对电阻应变计法的原理及应用这一节作了较大的改动,以供学生在实验课中参考,并对全章加上*号。

8. 在材料力学性能的进一步研究一章的低应力脆断·断裂韧度一节中,简单介绍了线弹性断裂力学的一些基本概念,以充实该节的内容。

除了以上几方面的更动外,在第三版中,各章还编写了思考题,适当增加了一些例题和习题。这是为帮助学生理解基本概念和因材施教创造条件。本书第三版采用高等教育出版社根据国家标准的规定和惯用情况整理的名词符号表。

参加第三版修订工作的有孙训方(西南交通大学)、胡增强(东南大学)、金心全(西南交通大学),并由孙训方主持修订。哈尔滨建筑工程学院的干光瑜教授对书稿进行了审阅,并提出了很多宝贵的意见,对提高第三版的质量作出了贡献,特此致谢。希望采用本教材的广大教师和读者,对使用中发现的问题,提出宝贵意见和建议,以利于今后再次修订,使之更臻完善。

编 者

一九九三年八月

第二版序言

这本教材问世以来,经很多学校采用为教科书,出版社曾要求此书的编者,根据当前的教育改革形势,对该书进行一次全面的修订。但修订本要在一两年后才能付印,而原书的纸型已不能再用。为了满足各校对此书的需要,出版社只好将原书重新排版印刷。

根据近年来使用这本教材的师生们反映,原书第十四章,线弹性断裂力学基础,不可能在现行教学计划所规定的学时数内讲授,而作为选修课程的断裂力学基础,近年来已有很多教本可供选用。因此,利用这次重新排版的机会,将原书第十四章及与之有关的附录6“常用应力强度因子表”,一并删去。同时,将低应力脆断·断裂韧度作为材料的力学性能,以§13-10的形式写进第十三章中。此外,还对原书特别是下册中的部分内容作了一些更动;对原书中排版的不当处也尽量作了更正。

希望采用这本教材的广大教师和读者在使用此重排本后能继续给我们提出宝贵意见,在本书修订时加以改进。

编 者

一九八六年七月

第一版序言

本书是根据一九七七年十一月教育部委托召开的高等学校工科基础课力学教材会议上讨论的土建类专业多学时类型的《材料力学》教材编写大纲编写的。同时,在内容上也适当地照顾到其他专业的需要,因此,只需将引例和例题略加增删或改动,并对个别专题的内容加以补充,本书也可用作其他专业多学时类型《材料力学》课程的试用教材。

在本书的基本部分中,较多地引用了一九六四——一九六五年孙训方、方孝淑、陆耀洪编写的《材料力学》一书的有关内容,但按上述编写大纲的要求和一些兄弟院校材料力学教师的意见,作了必要的增删和修改。例如删去了动荷载一章,而将其主要内容作为例题安排在第二、三、五等章中,这样既可使读者从基本变形形式开始就接触到动荷载问题,又能及时将基本变形形式中的能量概念用于计算,以加深对能量方法的理解。此外,在对问题的分析方面还作了必要的充实,并增加了较多的例题。在各章后附上了习题,习题答案在附录中给出。这样的安排都是为使本书更便于自学。

本书除了对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,以及位移计算中的边界条件等特别给以重视外,还对稳定性的概念、临界力公式的推导、能量原理的基本概念和方法等都予以加强。对于单元体和应力状态、变形能、叠加原理等概念和方法则分散在有关各章中逐步引出概念,并通过例题、习题加以应用,以收到反复巩固的功效。编者希望通过这样的处理,使材料力学中的主要内容能使读者切实学到手。断裂力学作为常规强度计算的补充,近年来有了很大的发展。本书用专章着重介绍了线弹性断裂力学的一些基本原理和简单的应用,这些都是断裂力学的重要基础。至于对线弹性断裂力学的进一步研究以及弹塑性断裂力学的内容,就只能由专门的课程来介绍了。

本书对于一些次要内容的处理办法是:在属于次要内容的章节前加上*号或将其安排在例题中,这样做可便于教师的取舍。由于材料力学内容较为丰富,专业要求又不尽相同,建议教师在使用本书时,根据专业的特点选用有关的章节进行教学。对于有些专业,限于学时的安排,也可以把主要精力放在基本部分上,而将专题部分作为选修的内容。

本书的字符和下标尽量保持与我国现行的有关手册和规范中所采用者一致。至于各种量的单位则主要以国际制单位为准,在少数插图中由于原始资料不便改动,仍保留了原有的公制单位。本书还附有一些主要常用量的公制单位

与国际制单位的换算表,以便查用。

在本书编写过程中,西南交通大学、大连工学院和南京工学院三校的领导同志给予了大力支持。担任本教材主审的武汉水利电力学院栗一凡同志以及参加审稿会的武汉水利电力学院、成都科学技术大学、哈尔滨工业大学、华东水利学院、西安冶金建筑学院、江西工学院、重庆建筑工程学院、天津大学、同济大学、北京工业大学、太原工学院、清华大学、北京建筑工程学院和西南交通大学、大连工学院、南京工学院等院校的代表对本书的初稿提供了宝贵的意见。西南交通大学材料力学教研室奚绍中同志等对本书初稿特别是其中的例题及习题进行了校阅和修改,并提出了不少建设性的建议。三院校材料力学教研室的同志对本书的插图和例题、习题解答等方面都做了大量工作。这些对本书的定稿都起了很大的作用,这里一并致谢。

限于编者的水平,本书一定存在不少缺点和不妥之处,希望广大教师和读者在使用本书后给我们提出宝贵的意见,以便今后改进。

编 者

一九七九年二月

材料力学(I)目录

第一章 绪论及基本概念	1
§ 1-1 材料力学的任务	1
§ 1-2 材料力学发展概述	2
§ 1-3 可变形固体的性质及其基本假设	5
§ 1-4 材料力学主要研究对象(杆件)的几何特征	6
§ 1-5 杆件变形的基本形式	7
第二章 轴向拉伸和压缩	9
§ 2-1 轴向拉伸和压缩的概念	9
§ 2-2 内力·截面法·轴力及轴力图	9
§ 2-3 应力·拉(压)杆内的应力	13
§ 2-4 拉(压)杆的变形·胡克定律	19
§ 2-5 拉(压)杆内的应变能	24
§ 2-6 材料在拉伸和压缩时的力学性能	27
§ 2-7 强度条件·安全因数·许用应力	39
§ 2-8 应力集中的概念	45
* § 2-9 静强度可靠性设计概念	46
思考题	50
习题	52
第三章 扭转	58
§ 3-1 概述	58
§ 3-2 薄壁圆筒的扭转	59
§ 3-3 传动轴的外力偶矩·扭矩及扭矩图	61
§ 3-4 等直圆杆扭转时的应力·强度条件	64
§ 3-5 等直圆杆扭转时的变形·刚度条件	73
§ 3-6 等直圆杆扭转时的应变能	76
§ 3-7 等直非圆杆自由扭转时的应力和变形	80
* § 3-8 开口和闭口薄壁截面杆自由扭转时的应力和变形	83
思考题	89
习题	92
第四章 弯曲应力	97
§ 4-1 对称弯曲的概念及梁的计算简图	97
§ 4-2 梁的剪力和弯矩·剪力图和弯矩图	100

§ 4-3 平面刚架和曲杆的内力图	118
§ 4-4 梁横截面上的正应力·梁的正应力强度条件	120
§ 4-5 梁横截面上的切应力·梁的切应力强度条件	130
§ 4-6 梁的合理设计	140
思考题	143
习题	146
第五章 梁弯曲时的位移	157
§ 5-1 梁的位移——挠度及转角	157
§ 5-2 梁的挠曲线近似微分方程及其积分	158
§ 5-3 按叠加原理计算梁的挠度和转角	165
* § 5-4 奇异函数·梁挠曲线的初参数方程	169
§ 5-5 梁的刚度校核·提高梁的刚度的措施	173
§ 5-6 梁内的弯曲应变能	176
思考题	178
习题	180
第六章 简单的超静定问题	184
§ 6-1 超静定问题及其解法	184
§ 6-2 拉压超静定问题	185
§ 6-3 扭转超静定问题	193
§ 6-4 简单超静定梁	195
思考题	203
习题	205
第七章 应力状态和强度理论	211
§ 7-1 概述	211
§ 7-2 平面应力状态的应力分析·主应力	212
§ 7-3 空间应力状态的概念	220
§ 7-4 应力与应变间的关系	225
§ 7-5 空间应力状态下的应变能密度	232
§ 7-6 强度理论及其相当应力	234
* § 7-7 莫尔强度理论及其相当应力	239
§ 7-8 各种强度理论的应用	241
思考题	247
习题	250
第八章 组合变形及连接部分的计算	258
§ 8-1 概述	258
§ 8-2 两相互垂直平面内的弯曲	260
§ 8-3 拉伸(压缩)与弯曲	264
§ 8-4 扭转与弯曲	277

§ 8-5 连接件的实用计算法	281
§ 8-6 铆钉连接的计算	286
* § 8-7 榫齿连接	292
思考题	294
习题	296
第九章 压杆稳定	305
§ 9-1 压杆稳定性的概念	305
§ 9-2 细长中心受压直杆临界力的欧拉公式	306
§ 9-3 不同杆端约束下细长压杆临界力的欧拉公式 · 压杆的长度因数	309
§ 9-4 欧拉公式的应用范围 · 临界应力总图	313
§ 9-5 实际压杆的稳定因数	317
§ 9-6 压杆的稳定计算 · 压杆的合理截面	321
思考题	326
习题	329
附录 I 截面的几何性质	333
§ I-1 截面的静矩和形心位置	333
§ I-2 极惯性矩 · 惯性矩 · 惯性积	335
§ I-3 惯性矩和惯性积的平行移轴公式 · 组合截面的惯性矩和惯性积	338
§ I-4 惯性矩和惯性积的转轴公式 · 截面的主惯性轴和主惯性矩	342
* § I-5 计算惯性矩的近似方法	346
思考题	348
习题	350
附录 II 常用截面的几何性质计算公式	355
附录 III 型钢规格表	357
附录 IV 简单荷载作用下梁的挠度和转角	372
附录 V 力学性能名词及符号的新旧对照表	376
主要参考书	378
习题答案	379
索引	389
Synopsis	394
Contents	395
作者简介	399

第一章 绪论及基本概念

§ 1-1 材料力学的任务

结构物和机械通常都受到各种外力的作用,例如,厂房外墙受到的风压力、吊车梁承受的吊车和起吊物的重力、轧钢机受到钢坯变形时的阻力等,这些力称为**荷载**^①。组成结构物和机械的单个组成部分,统称为**构件**。

当结构或机械承受荷载或传递运动时,为保证整个结构或机械的正常工作,每一构件均应保证其能正常地工作。为此,首先要求构件在荷载作用下不发生破坏。如机床主轴因荷载过大而断裂时,整个机床就无法使用。但仅是不发生破坏,并不一定就能保证构件或整个结构的正常工作。例如,机床主轴若发生过大的变形,则将影响机床的加工精度。此外,有些构件在荷载作用下,可能丧失其原有的平衡形态。例如,房屋中受压的细长柱,当压力超过一定限度后,就有可能显著地变弯,甚至导致房屋倒塌。综上所述,对构件正常工作的要求可归纳为如下三点:

(1) 在荷载作用下,构件应不至于破坏(断裂或失效),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不超过工程上允许的范围,即应具有足够的**刚度**;

(3) 承受荷载作用时,构件在其原有形态下的平衡应保持为稳定的平衡,亦即要满足**稳定性**的要求。

设计构件时,不仅需满足上述强度、刚度和稳定性要求,还应尽可能地合理选用材料和降低材料的消耗量,以节约资金或减轻构件的自重。前者往往要求多用材料,而后者则要求少用材料,两者之间存在着矛盾。材料力学的任务就在于合理地解决这种矛盾。在不断解决新矛盾的同时,也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所用材料的**力学性能**(主要是指在外力作用下材料变形与所受外力之间的关系,以及材料抵抗变形与破坏的能力)有关,这些力学性能均需通过材料试验来测定。此外,有些单靠现有理论难以解

^① 在材料力学中首先研究静荷载问题。静荷载是指荷载本身或构件的质点没有加速度或加速度可以略去不计,因而可以略去由加速度所引起的惯性力等影响的荷载。

决的问题,也需借助于实验来解决。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。

§ 1-2 材料力学发展概述

材料力学的建立和发展经历了漫长的历史时期,限于篇幅,这里仅简略地给出与材料力学的建立和发展相关联的一些概貌,以供读者参考。

材料力学这门学科与社会的生产实践紧密相关,人们利用材料力学相关知识来解决生产实践问题的历史可以追溯到非常久远的年代。从古代人类开始建筑房屋起,就有意识地总结材料强度方面的知识,以寻求确定构件安全尺寸的法则。古埃及人曾依据一些经验性法则建造的金字塔(图 1-1)一直留存至今。古希腊人发展了静力学,如阿基米德(Archimedes,公元前 287—212)给出了杠杆平衡原理及物体重心的求法等,这些奠定了材料力学的基础。古罗马人在材料力学知识的应用方面也卓有成效,他们建造的一些庙宇和桥梁一直保留至今。

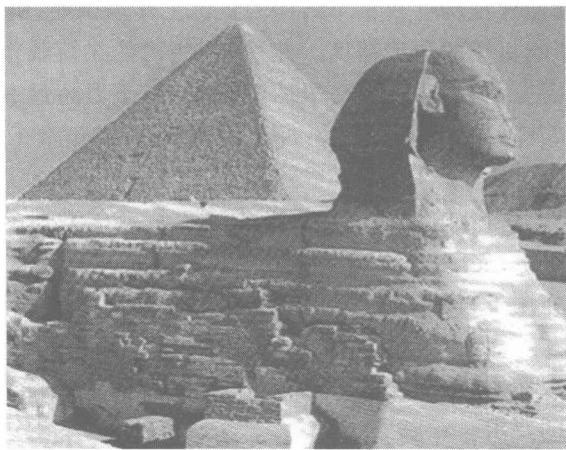


图 1-1 金字塔

中世纪材料力学的发展,以文艺复兴时期最为迅速,著名的艺术家达·芬奇(Leonardo da Vinci, 1452—1519)在其手稿里描述了测定材料强度的实验过程。达·芬奇是最早用实验方法测定材料强度的倡导者,但其同时代的工匠们仍然是凭经验来确定构件的尺寸。首先尝试用解析法求解构件安全尺寸的,是在 17 世纪。伽利略(Galileo, 1564—1642)于 1638 年发表的《关于两门新科学的谈话和数学证明》,通常被认为是材料力学学科的开端。

系统地研究材料力学一般认为是始于 17 世纪的 70 年代。当时的胡克(Hooke, 1635—1703)和马略特(Mariotte, 1620—1684)分别于 1678 年和 1680 年

提出了物体弹性变形与所受外力成正比的规律,即胡克定律。之后,随着微积分的快速发展,为材料力学的研究奠定了重要的数学基础。在这个时期,一些重要的材料力学研究成果不断涌现,如欧拉(Euler, 1707—1783)和丹尼尔·伯努利(Daniel Bernoulli, 1700—1782)所建立的梁的弯曲理论、欧拉提出的压杆稳定理论(即欧拉公式)等,直到今天依然被广泛应用。

直到18世纪末19世纪初,材料力学作为一门学科,才真正形成了比较完整的体系。这一时期为材料力学的发展做出重要贡献的科学家有库仑(Coulomb, 1736—1806)、纳维(Navier, 1785—1838)等。库仑系统地研究了脆性材料(当时主要是石料)的破坏问题,给出了判断材料强度的重要指标。纳维明确提出了应力、应变的概念,给出了各向同性和各向异性弹性体的广义胡克定律,研究了梁的超静定问题及曲梁的弯曲问题。之后,圣维南(Saint Venant, 1797—1886)研究了柱体的扭转和一般梁的弯曲问题,提出了著名的圣维南原理,为材料力学应用于工程实际奠定了重要的基础。

19世纪中期,随着铁道工程的迅猛发展,机车车轴疲劳破坏的问题大量出现,从而促进了对材料疲劳及结构在动荷载下响应的研究。进入20世纪,一些复杂机械的发明和新型建筑物的建设,促进了冶金工业的发展,使得高强度的钢材和铝合金材料逐渐成为主要的工程材料。在高强度钢材的使用过程中,又出现由于构件具有初始微裂纹而发生断裂的事故,为解决这类问题,产生和发展了断裂力学这一分支。总之,材料力学所涉及的问题和研究的范畴随着生产的发展而日益延伸。

我国在材料力学发展的历史中也作出了重要贡献。东汉经学家郑玄(127—200)曾提出:“假令弓力胜三石……每加一石,则张一尺。”被认为是最早有关弹性定律的描述^①。在我国古代就已将一些砖石结构建成拱形,以充分发挥石料的压缩强度。例如,建于隋朝(公元605年前)的河北赵州桥(图1-2),历经一千四百余年,至今昂然挺立,是世界上历史最悠久的石拱桥;用竹索建成悬索桥,以充分利用竹材的拉伸强度,如始建于宋朝(960年)以前,重建于清嘉庆九年(1804年)的四川安澜竹索桥(图1-3),历经2008年的四川8级地震依然完好无损。此外,在木结构中也积累了不少制造梁、柱的经验,如在我国宋朝李诫于1103年发表的《营造法式》中,规定矩形木梁截面的高宽比为3:2,这完全符合材料力学的基本原理,且介于强度最高的 $\sqrt{2}:1$ 与刚度最大的 $\sqrt{3}:1$ 之间,是非常合理的。而建于辽清宁二年(1056年)的山西应州塔(图1-4),是世界上现存最高大的木结构建筑。20世纪尤其是近50年以来,由于航空、航天工业等工业技术的高度发展,我国科学家在新型材料(如超轻多孔金属材料、高性

^① 参见老亮编著的《中国古代材料力学史》,国防科技大学出版社,1991年。