



iCourse · 教材

工程力学

第2版

陈传尧 王元勋 编

高等教育出版社

教材

工程力学

第2版

陈传尧 王元勋 编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书为第2版,是在初版普通高等教育“十一五”国家级规划教材的基础上,配套了名师课堂视频、工程案例等数字化资源修订而成的新形态教材。本书主要阐述了刚体静力学、流体静力学和变形体静力学的基本概念、基本理论、基本方法及其应用,突出了力的平衡、变形的几何协调、力与变形间的物理关系这一研究主线,使学生能对工程力学建立清晰的整体认识。

本书共12章。第1~3章为绪论,刚体静力学基本概念与理论,静力平衡问题,属刚体静力学。第4~6章为变形体静力学基础,材料的力学性能,强度与连接件设计,结合杆的拉压阐述变形体静力学的基本概念与研究方法。第7章为流体力、容器,用刚体静力学方法研究静止流体作用在壁面上的力及容器的强度。第8~11章为圆轴的扭转,梁的平面弯曲,应力状态、强度理论与组合变形,压杆的稳定,利用变形体静力学基本方法研究各种变形体力学问题。第12章为疲劳与断裂,深入浅出地介绍疲劳与断裂失效的基本概念、基本规律及现代设计控制方法,适应时代发展。

全书力求概念准确,叙述简明,主干清晰,启发思维。本书可作为高等学校工科非机类各专业工程力学(48~72学时)课程教材,也可供高职高专及成人教育院校师生选用或参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学 / 陈传尧, 王元勋编. --2版. --北京: 高等教育出版社, 2018.3

ISBN 978-7-04-049244-6

I. ①工… II. ①陈… ②王… III. ①工程力学-高等学校-教材 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 002438 号

策划编辑 黄强 责任编辑 赵向东 封面设计 王鹏 版式设计 马敬茹
插图绘制 杜晓丹 责任校对 李大鹏 责任印制 耿轩

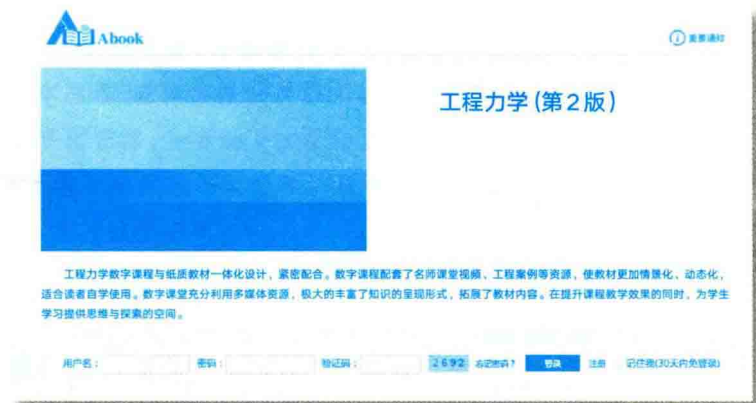
出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	北京市白帆印务有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×960mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	23	版 次	2006年7月第1版
字 数	410千字		2018年3月第2版
购书热线	010-58581118	印 次	2018年3月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	46.80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 49244-00

工程力学

(第2版)

- 1 计算机访问 <http://abook.hep.com.cn/1232385>, 或手机扫描二维码、下载并安装 Abook 应用。
- 2 注册并登录, 进入“我的课程”。
- 3 输入封底数字课程账号(20位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
- 4 单击“进入课程”按钮, 开始本数字课程的学习。



课程绑定后一年为数字课程使用有效期。受硬件限制, 部分内容无法在手机端显示, 请按提示通过计算机访问学习。

如有使用问题, 请发邮件至 abook@hep.com.cn。



扫描二维码
下载 Abook 应用

<http://abook.hep.com.cn/1232385>

第2版前言

本书自2006年出版以来,受到广大教师和学生的欢迎,本次修订听取了兄弟院校教师和读者的意见,从培养学生在工程中认识、提出力学问题并利用力学知识研究、解决问题的素质和能力出发,力求概念准确,叙述简明,主干清晰,启发思维,突出基本概念、基本原理、基本方法及其应用。本次修订,增加了大量紧扣工程力学教材内容的数字化资源,具有以下主要特点:

1. 资源内容丰富,便于学生理解基本概念和扩展学习,资源以二维码链接的形式在书中出现,便于学生及时扫描查阅;
2. 增加了工程案例资源,便于学生理解工程力学概念,了解工程力学知识在工程中的应用;
3. 增加了工程结构视频,便于学生体会理解工程问题力学模型的简化;
4. 增加了国家名师课堂视频,使更广泛的学生接触名师授课的风采。

本书注重学生思维能力的培养,经过多年的使用,取得较好的效果。本书是爱课程网上工程力学国家精品资源共享课和工程力学中国大学MOOC课程配套教材,具体网址分别为:

http://www.icourses.cn/coursestatic/course_2562.html

<http://www.icourse163.org/course/HUST-1001515002>

本书可作为高等学校工科非机类各专业工程力学(48~72学时)课程教材,也可作为高职高专、成人教育相应专业的自学和函授教材,还可供有关工程技术人员参考。

本书修订过程中,华中科技大学工程力学教研室进行了多次交流讨论,教研室罗俊教授、杨新华教授、胡元太教授、胡洪平副教授、安群力讲师、魏俊红讲师、熊启林讲师等对本书的修订提出了许多具体的宝贵意见,一并致谢。武汉理工大学李卓球教授对本书进行了审阅,提出了非常宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

特别感谢为本书的编写、试用、出版提供支持和帮助的所有同志们。

由于水平所限,书中疏漏与不足之处难免,敬请读者批评指正。

陈传尧 王元勋

2017年12月于华中科技大学

第 1 版前言

以适应 21 世纪的社会发展和科技进步为目标,从培养学生在工程中认识、提出力学问题,并利用力学知识研究、解决问题的素质和能力出发,本教材的编写,主要希望能够做到以下几点:

(1) 力求概念准确,叙述简明,主干清晰,启发思维。

(2) 突出基本概念、基本原理、基本方法及其应用。以固体力学的基本研究方法——力的平衡、变形的几何协调(相容)、力与变形间的物理关系的研究,为分析研究工程力学问题的主线,贯穿全书。

(3) 注重归纳思维方法。在讨论不同问题的个性(特点)的时候,突出共性的归纳。如不同基本变形应力分析方法的共性;静定问题与静不定问题的共性;不同材料物理模型下变形体力学分析的共性等。培养综合与扩散、求同与辨异等归纳思维方法。

(4) 加强物理意义、几何意义的讨论与研究。在利用力学知识研究、解决问题的基础上,探讨问题、模型、假设、结论的物理意义、几何意义及其正确性条件等,有利于深化认识,培养研究性思维。

(5) 用刚体静力学方法研究工程流体静力学问题。

(6) 深入浅出地介绍疲劳与断裂失效的基本概念、基本规律及现代设计控制方法,贴近时代,扩大视野。

本书的编写,为教师留有较大的选择、扩充和深入空间,以适应不同的需求。考虑到学习本课程的学生再无后续力学课程,本书第 12 章对疲劳、断裂和疲劳裂纹扩展做了简洁而较系统的介绍,以便对疲劳与断裂失效及其控制方法有必要的了解,适应时代发展。

若安排 6~12 学时的相关实验,则建议课程为 64~72 学时。如果不讲第 7、11 和 12 章,减少实验学时,也可满足一些专业进行 48 学时力学通识教育的需求。

北京航空航天大学单辉祖教授审阅了本书,提出了许多精辟而中肯的意见,笔者在此表示由衷的感谢。由于水平所限,书中疏漏与不足之处难免,敬请读者

批评指正。

衷心感谢为这本教材的编写、试用、出版提供支持和方便的所有同志们。

陈传尧

2005 年 12 月于华中科技大学

目 录

第一章 绪论	1
§ 1.1 什么是力学	1
§ 1.2 力学发展简史	2
§ 1.3 力学与工程	4
§ 1.4 学科分类	7
§ 1.5 基本概念与基本方法	7
1.5.1 力和运动	7
1.5.2 研究方法	8
1.5.3 工程静力学的基本研究内容	9
小 结	10
名师课堂	11
思考题	11
第二章 刚体静力学基本概念与理论	12
§ 2.1 力	13
2.1.1 力的合成(几何法)	13
2.1.2 力的合成(投影解析法)	14
2.1.3 二力平衡公理	17
§ 2.2 力偶	17
§ 2.3 约束与约束力	19
§ 2.4 受力图	23
§ 2.5 平面力系的平衡条件	27
2.5.1 力的平移与力对点之矩	27
2.5.2 平面一般力系的简化	29
2.5.3 平面力系的平衡条件	34
小 结	37

名师课堂	38
思考题	39
习 题	40
第三章 静力平衡问题	44
§ 3.1 平面力系的平衡问题	44
3.1.1 平面力系平衡问题的分析方法	44
3.1.2 静不定问题的概念	48
§ 3.2 含摩擦的平衡问题	49
3.2.1 静滑动摩擦	49
3.2.2 含摩擦的平衡问题的分析方法	51
§ 3.3 平面桁架	57
3.3.1 节点法	58
3.3.2 截面法	60
§ 3.4 空间力系的平衡问题	62
3.4.1 力在空间坐标轴上的投影	62
3.4.2 力对轴之矩	63
3.4.3 空间力系的平衡方程及其求解	65
3.4.4 重心	69
小 结	72
名师课堂	73
思考题	73
习 题	74
第四章 变形体静力学基础	80
§ 4.1 变形体静力学的一般分析方法	80
§ 4.2 基本假设	82
§ 4.3 内力、截面法	83
§ 4.4 杆件的基本变形	89
§ 4.5 杆的轴向拉伸和压缩	90
§ 4.6 一点的应力和应变	94
4.6.1 应力	94
4.6.2 应变	97
§ 4.7 变形体静力学分析	97

§ 4.8 应力集中的概念	102
小 结	104
名师课堂	105
思考题	105
习 题	106
第五章 材料的力学性能	109
§ 5.1 概述	109
§ 5.2 低碳钢拉伸应力-应变曲线	110
§ 5.3 不同材料拉伸压缩时的机械性能	113
§ 5.4 真应力、真应变	115
§ 5.5 应力-应变曲线的理想化模型	117
§ 5.6 不同材料模型下力学问题的分析	119
小 结	123
名师课堂	124
思考题	124
习 题	124
第六章 强度与连接件设计	127
§ 6.1 强度条件和安全因数	127
§ 6.2 拉压杆件的强度设计	129
§ 6.3 剪切及其实用计算	133
§ 6.4 挤压及其实用计算	137
§ 6.5 连接件的强度设计	140
小 结	145
名师课堂	147
思考题	147
习 题	148
第七章 流体力、容器	151
§ 7.1 流体的特征及其主要物理性能	151
7.1.1 流体的特征	151
7.1.2 流体的主要物理性能	151
§ 7.2 静止流体中的压强	154

7.2.1	流体静压强	154
7.2.2	静止流体内任一点的压强	155
§ 7.3	作用在壁面上的流体力	157
7.3.1	静止流体作用于平壁面上的压力	157
7.3.2	静止流体作用于曲壁面上的压力	163
§ 7.4	薄壁容器	167
7.4.1	圆筒形薄壁压力容器的应力	167
7.4.2	球形薄壁压力容器的应力	169
7.4.3	强度条件	170
小 结	.....	170
名师课堂	.....	171
思考题	.....	171
习 题	.....	172
第八章	圆轴的扭转	175
§ 8.1	扭转的概念和实例	175
§ 8.2	扭矩与扭矩图	176
§ 8.3	圆轴扭转时的应力和变形	180
8.3.1	圆轴扭转的应力公式	180
8.3.2	极惯性矩和抗扭截面系数的计算	183
8.3.3	扭转圆轴任一点的应力状态	184
8.3.4	圆轴扭转时的变形	186
§ 8.4	圆轴扭转的强度条件和刚度条件	188
8.4.1	强度条件	188
8.4.2	刚度条件	188
§ 8.5	静不定问题和弹塑性问题	191
小 结	.....	194
名师课堂	.....	195
思考题	.....	195
习 题	.....	196
第九章	梁的平面弯曲	199
§ 9.1	用截面法作梁的内力图	200
§ 9.2	利用平衡微分方程作梁的内力图	208

9.2.1	梁的平衡微分方程	208
9.2.2	梁的剪力图、弯矩图的简捷画法	209
§ 9.3	梁的应力与强度条件	216
9.3.1	变形几何分析	216
9.3.2	材料的物理关系	218
9.3.3	静力平衡条件	218
9.3.4	平面弯曲时的正应力公式及强度条件	221
9.3.5	矩形截面梁横截面上的切应力	225
§ 9.4	梁的变形	229
9.4.1	梁的挠度和转角	229
9.4.2	梁的挠曲线微分方程	229
9.4.3	用积分法求梁的变形	230
§ 9.5	弯曲静不定问题和弹塑性问题简介	237
	小 结	241
	名师课堂	243
	思考题	243
	习 题	243
第十章	应力状态、强度理论与组合变形	248
§ 10.1	应力状态	248
10.1.1	平面应力状态的一般分析	248
10.1.2	极限应力与主应力	249
10.1.3	广义胡克定律与应变能	253
§ 10.2	强度理论简介	255
10.2.1	关于破坏的强度理论	255
10.2.2	关于屈服的强度理论	256
§ 10.3	组合变形	260
10.3.1	拉(压)弯组合变形	260
10.3.2	弯扭组合变形	264
	小 结	268
	名师课堂	269
	思考题	269
	习 题	270

第十一章 压杆的稳定	275
§ 11.1 稳定的概念	275
§ 11.2 两端铰支细长压杆的临界载荷	276
§ 11.3 不同支承条件下压杆的临界载荷	279
§ 11.4 中小柔度杆的临界应力	283
§ 11.5 压杆的稳定计算	287
小 结	291
名师课堂	292
思考题	292
习 题	292
第十二章 疲劳与断裂	295
§ 12.1 疲劳破坏及其断口特征	295
12.1.1 什么是疲劳?	295
12.1.2 疲劳断口特征	298
§ 12.2 $S-N$ 曲线及疲劳裂纹萌生寿命预测	300
12.2.1 基本 $S-N$ 曲线	300
12.2.2 平均应力的影响	301
12.2.3 线性累积损伤理论和变幅载荷谱下的疲劳寿命	304
§ 12.3 断裂失效与断裂控制设计	307
12.3.1 结构中的裂纹	308
12.3.2 断裂控制参量和断裂判据	309
12.3.3 断裂控制设计的基本概念	311
§ 12.4 $\frac{da}{dN}-\Delta K$ 曲线及疲劳裂纹扩展寿命	314
12.4.1 疲劳裂纹扩展速率 $\frac{da}{dN}$	314
12.4.2 疲劳裂纹扩展寿命预测	316
小 结	320
名师课堂	321
思考题	322
习 题	322
附录 型钢表	324

部分习题参考答案	330
索 引	334
主要参考文献	340
Synopsis	341
Contents	342
作者简介	

第一章 绪 论

§ 1.1 什么是力学

力学是研究物质机械运动规律的科学。世界充满着物质,有形的固体、无形的空气,都是力学的研究对象。力学所阐述的物质机械运动的规律,与数学、物理等学科一样,是自然科学中的普遍规律。因此,力学是**基础科学**。同时,力学研究所揭示的物质机械运动规律,在许多工程技术领域中可以直接获得应用,实际面对着工程,服务于工程。所以,力学又是**技术科学**。力学是工程技术学科的重要理论基础之一。工程技术在发展过程中不断提出新的力学问题,力学的发展又不断应用于工程实际并推动其进步,二者有着十分密切的联系。从这个意义上说,力学是沟通自然科学基础理论与工程技术实践的桥梁。

力学是研究力和(机械)运动的科学。从基于实验观察的规律和结果出发,建立假设和模型,由数学逻辑推演可对自然界物质运动的现象做出相当详尽的描述和预测。

力学是最古老的物理科学之一,可以回溯到阿基米德时代。力学探讨的问题十分广泛,研究的内容和应用的范围不断扩展,引起了几乎所有伟大科学家的兴趣。如伽利略、牛顿、达朗贝尔、拉格朗日、拉普拉斯、欧拉、爱因斯坦等。

工程力学(或应用力学)是将力学原理应用于有实际意义的工程系统的科学。其目的是:了解工程系统的性态并为其设计提供合理的规则。机械、机构、结构等如何受力,如何运动,如何变形,如何破坏,都是工程师们需要了解的工程系统的性态;只有认识了这些性态,才能够制定合理的设计规则、规范、手册,使机械、机构、结构等按设计要求实现运动、承受载荷,控制它们不发生影响使用功能的变形,更不能发生破坏。

§ 1.2 力学发展简史

力学发展史,就是人类从自然现象和生产活动中认识和应用物体机械运动规律的历史。“力”是人类对自然的省悟。人类历史有多久,力学的历史就有多久。

中国春秋时期,墨翟及其弟子的著作《墨经》中,就有关于力的概念、杠杆平衡、重心、浮力、强度和刚度的叙述。古希腊哲学家亚里士多德(Aristotle,前384—前322)的著作也有关于杠杆和运动的见解。为静力学(statics)奠定基础的是著名的古希腊科学家阿基米德(Archimedes,前287—前212)。

1687年,牛顿的著作《自然哲学的数学原理》出版,给出了运动三定律。牛顿运动定律的建立,是力学发展过程中的重要里程碑。

牛顿之后力学研究的历史大致可分为四个时期:

(1) 17世纪初—18世纪末,经典力学(研究宏观物体的运动规律)的建立和完善

这一时期,力学在自然科学领域占据中心地位。最伟大的科学家几乎都集中在这一学科,如伽利略、惠更斯、牛顿、胡克、莱布尼兹、伯努利、拉格朗日、欧拉、达朗贝尔等。由于这些杰出科学家的努力,借助于当时已取得的数学进展,使力学取得了十分辉煌的成就,在整个知识领域中起着支配作用。到18世纪末,经典力学的基础(静力学、运动学和动力学)已经建立并得到极大的完善。同时,还开始了材料力学、流体力学及固体和流体的物性研究。

(2) 19世纪,力学各主要分支的建立

19世纪,欧洲各主要国家相继完成了工业革命,大机器工业生产对力学提出了更高的要求。为适应当时土木建筑、机械制造和交通运输的发展,材料力学、结构力学和流体力学得到了发展和完善。建筑、机械中出现的大量强度和刚度问题,由材料力学或结构力学计算;同时,作为探索普遍规律而进行的基础研究,弹性力学也取得了很大的进展。

(3) 1900—1960年,近代力学

这半个多世纪,力学的主要推动力来自以航空为代表的近代工程技术。1903年莱特兄弟飞行成功,飞机很快成为重要的战争和交通工具。1957年,人造地球卫星发射成功,标志着航天事业的开端。力学解决了各种飞行器的空气动力学性能问题、推进器动力学问题、飞行稳定性和操纵性问题及结构和材料的强度等问题。超声速飞行、航天器返回地面等关键问题,都是基于力学研究才得以解决的。由此,人们清楚地看到了力学研究对于工程技术的先导和促进作用。