



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

工程力学

(静力学和材料力学)

第3版

唐静静 范钦珊 编著

非
外
借

高等教育出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



面向 2 1 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

工程力学

(静力学和材料力学)

第 3 版

唐静静 范钦珊 编著



高等教育出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

工程力学. 静力学和材料力学/唐静静, 范钦珊编著. --3版. --北京: 高等教育出版社, 2017. 6
ISBN 978-7-04-047339-1

I. ①工… II. ①唐…②范… III. ①工程力学-高等学校-教材②静力学-高等学校-教材③材料力学-高等学校-教材 IV. ①TB12②O312③TB301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 020997 号

策划编辑 黄强 责任编辑 黄强 封面设计 张楠 版式设计 马敬茹
插图绘制 杜晓丹 责任校对 殷然 责任印制 刘思涵

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
印刷 肥城新华印刷有限公司
开本 787mm×960mm 1/16
印张 26.75
字数 480千字
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>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 1988年12月第1版
2017年6月第3版
印 次 2017年12月第3次印刷
定 价 48.00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 47339-00



面向21世纪课程教材



“十二五”普通高等教育
本科国家级规划教材



普通高等教育“十一五”
国家级规划教材

内容简介

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,是在第2版的基础上,根据我国高等教育和教学改革的发展趋势,以及素质教育与创新精神培养的要求,力求在原有的基础上,充分反映近年来工程力学(静力学和材料力学)教学第一线的新成果、新经验。

根据教育部高等学校力学教学指导委员会力学基础课程教学指导分委员会2012年制订的《高等学校理工科非力学专业力学基础课程教学基本要求》之“理论力学课程教学基本要求”、“材料力学课程教学基本要求”,以及广大读者的意见,这一版在内容与体系方面做了一些调整,丰富了习题的类型,更新了部分习题及最新的反映工程实际的图片。全书进行了新形态教材一体化设计,以二维码的形式引入了与教学内容相关的工程成果与灾难性工程事故分析的视频20余个,以帮助读者深化对教学内容的理解。读者可扫描教材上的二维码链接直接观看,亦可登录书后网站观看,同时配有教学课件、习题解答等教学资源。

本书分静力学和材料力学两篇。静力学篇包括静力学基础、力系的简化、静力学平衡问题;材料力学篇包括材料力学的基本概念、轴向拉伸与压缩、圆轴扭转、梁的弯曲(1)——弯曲内力、梁的弯曲(2)——与应力分析相关的截面几何性质、梁的弯曲(3)——弯曲应力与弯曲强度设计、弯曲刚度、应力状态与强度理论、组合受力与变形杆件的强度计算、压杆的稳定性问题、动载荷与疲劳强度简述。

本书可作为高等学校工科本科非机类各专业工程力学课程的教材,也可供高职高专师生及有关工程技术人员参考。

与本书配套的数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站,请登录网站后开始课程学习。

一、注册/登录

访问 <http://abook.hep.com.cn/1245951>, 点击“注册”, 在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”页面。

二、课程绑定

点击“我的课程”页面右上方“绑定课程”, 正确输入教材封底防伪标签上的20位密码, 点击“确定”完成课程绑定。

三、访问课程

在“正在学习”列表中选择已绑定的课程, 点击“进入课程”即可浏览或下载与本书配套的课程资源。刚绑定的课程请在“申请学习”列表中选择相应课程并点击“进入课程”。

如有账号问题, 请发邮件至: abook@hep.com.cn。

账号自登录之日起一年内有效, 过期作废。

第3版序

本书作为教育部“面向21世纪课程教材”、“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”和“‘十二五’普通高等教育本科国家级规划教材”，已经走过了20年的历程。现在提供给大家的第3版是根据我国高等教育和教学改革的发展趋势，以及素质教育与创新精神培养的要求，力求在原有的基础上，充分反映近年来工程力学（静力学和材料力学）教学第一线的新成果、新经验。

根据教育部高等学校力学教学指导委员会力学基础课程教学指导分委员会2012年制订的《高等学校理工科非力学专业力学基础课程教学基本要求》之“理论力学课程教学基本要求”、“材料力学课程教学基本要求”，以及广大读者的意见，这一版在内容与体系方面作了如下调整：

1. 根据教学一线老师的意见，考虑到原来的第7章——弯曲强度篇幅偏大，不易进行教学安排，故将这一章改为3章，分别为：第7章 梁的弯曲(1)——弯曲内力；第8章 梁的弯曲(2)——与应力分析相关的截面几何性质；第9章 梁的弯曲(3)——弯曲应力与弯曲强度计算。对于不讲授截面几何性质的院校，可以跳过第8章。这样，既可以保证内容体系的完整性又便于教学安排。

2. 将各章的“结论与讨论”一节都改为“小结与讨论”。

3. 在第3章空间力系的简化问题中补充了力螺旋的简单概念，对刚体系统静定与静不定做了更全面的定义。

4. 在“圆轴扭转”一章的“小结与讨论”中增加了一小节——圆轴扭转静不定问题概述。

5. 作为“新形态教材”的尝试，采用二维码技术，引入与教学内容相关的工程成果与灾难性工程事故分析的视频20余个，以帮助读者深化对教学内容的理解。本书另配有教学课件、习题解答等教学资源。

6. 更换了一批图形和图片，同时新增了一些反映工程实际的图片和照片。

7. 为与国际上同类图书的图形表达方式接轨，新版更新了全部支座的表达形式。

8. 对原有习题的类型加以改革，改变单一计算题的模式，新增了一批填空题和选择题。

随着课程教学改革的深入和发展，工程力学（静力学和材料力学）的课程教

学以及教材建设还会遇到一些新问题,我们将一如既往地坚持“在教学中研究,在研究中教学”,以不断提高人才培养质量为己任,在教学实践的基础上,不断提高工程力学(静力学和材料力学)教材的质量,希望为提高我国基础力学教学质量做出更大的贡献。

为了教材建设的可持续发展,不断反映课程教学第一线的教学成果,不断提高教材的学术水平与教学水平,经与高等教育出版社协商并获得认可,自第3版起,以后各版的署名顺序由原来的“范钦珊、唐静静编著”变更为“唐静静、范钦珊编著”。署名变更后,相关教材的所有出版事宜均由唐静静负责全权处理,相关成果归属于唐静静所在的南京航空航天大学。在健康状况许可的情形下,范钦珊仍将参与新版教材的改版思路与改版方案的讨论。

本书第2版自2007年出版以来已经历了近10个年头,其间共印刷20次,发行约14.5万册,承蒙全国100多所院校采用。编著者藉本书再版之际,感谢教学第一线的老师和同学们以及业余读者对本书的关爱和支持。

范钦珊 唐静静
2016年12月20日于南京

第2版序

本书(第2版)作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是根据我国高等教育和教学改革的发展趋势,以及素质教育与创新精神培养的要求,在国家面向21世纪课程教学改革项目的基础上,充分反映近年来基础力学教学第一线的新成果、新经验而编写的。

著者最近两年在东北(哈尔滨工业大学等)、西北(西北工业大学等)、华北(北京交通大学等)、中南(华中科技大学等)、西南(重庆大学等)、华南(华南理工大学等)、华东(南京航空航天大学等)讲学的同时,对我国高等学校“材料力学”和“工程力学”的教学状况以及对“工程力学”和“材料力学”教材的需求进行了大量调研,与全国500多名基础力学老师及近2000名同学交换关于“工程力学”和“材料力学”教材使用和修改的意见。在此基础上,形成了本书编写的基本思路。

全国普通高等学校新一轮培养计划中,课程的教学总学时数大幅度减少。工程力学课程的教学学时数也要相应压缩。怎样在有限的教学时数内,使学生既能掌握工程力学的基本知识,又能了解一些工程力学的最新进展;既能培养学生的工程力学素质,又能加强工程概念?这是很多力学教育工作者关心的事情。

1996年以来,基础力学课程在教学内容、课程体系、教学方法以及教学手段等方面,进行了一系列改革,取得了一些很有意义的成果,并在教学实践中取得了明显的效果。受到高等教育界和力学界诸多学者的支持和肯定。

本书作为面向21世纪力学系列课程教学内容与体系改革的一部分,对原有工程力学课程的教学内容、课程体系加以进一步分析和研究,在确保基本要求的前提下,删去了一些偏难的内容。目的是为了满足那些对工程力学的难度要求不高,但对工程力学的基础知识有一定了解的专业要求,作为这些专业的素质教育的一部分。希望这本教材具有较大的适用面,能够被更多的院校、更多的专业所采用。

从力学素质教育的要求出发,本书更注重基本概念,而不追求繁琐的理论推导与繁琐的数字运算。

工程力学与很多领域的工程密切相关。工程力学教育不仅可以培养学生的力学素质,而且可以加强学生的工程概念。这对于他们向其他学科或其他工程

领域扩展是很有利的。基于此,本书与以往的同类教材相比,难度有所下降,工程概念有所加强,引入了大量涉及广泛领域的工程实例以及与工程有关的例题和习题。

为了让学生更快地掌握最基本的知识,在概念、原理的叙述方面作了一些改进。一方面从提出问题、分析问题和解决问题等方面作了比较详尽的论述与讨论;另一方面通过较多的例题分析,加深学生对于基本内容的了解和掌握。

根据最新的课程教学基本要求,以及教学第一线很多老师的意见,第2版的体系基本与1988年第1版相同,但在内容上作了一些调整,删去了能量法一章,将绪论改为工程力学课程概论,同时改写各章的部分内容,按照国家标准,将名词术语、符号、单位规范化。

本书由静力学篇和材料力学篇组成。其中静力学篇包括:静力学基础、力系的简化和静力学平衡问题等3章;材料力学篇包括:材料力学的基本概念、轴向拉伸与压缩、圆轴扭转、弯曲强度、弯曲刚度、应力状态与强度理论、组合受力与变形杆件的强度计算、压杆的稳定性问题、动载荷与疲劳强度简述等9章。

本书由南京航空航天大学钱伟长讲座教授范钦珊、力学中心唐静静编著。唐静静是2006年全国青年力学教师讲课竞赛特等奖获得者,这样的组合不仅使教材能够反映教学第一线的要求与教学改革成果,而且对于保持教材建设的连续性也是有益的。

为了便于教学第一线老师的教学,我们编写了书中全部习题的详细解答,研制了多媒体“工程力学课堂教学软件”,免费提供给使用本教材的教师。

承蒙大连理工大学郑芳怀教授对本书初稿进行了认真、详细的审阅,提出了一些很好的修改意见,谨致诚挚谢意!

范钦珊 唐静静

2006年2月初稿于北京

2006年11月完稿于南京航空航天大学

2007年2月定稿于南京航空航天大学

第1版序

“工程力学”(静力学和材料力学)是高等工业院校工艺类专业开设的技术基础课程。本书是应高等教育出版社之约,为了满足各校“工程力学”课程的教学需要而编写的。这项工作被列入国家教委“1986~1990年工科力学教材建设规划”。

为了使本书具有较强的通用性,我们在编写之前,先将编写提纲寄送全国70多所院校征求意见。根据这些意见,写出初稿后,又请部分院校的同行审查,提出进一步的修改意见。因此,可以说这本书是全国很多高等院校同行共同劳动的结晶。

在保证现行教学体系相对稳定的前提下,编写时,力求做到:基本概念、基本理论论述严谨;专业覆盖面宽;静力学和材料力学两部分内容尽量相互渗透、协调;文字通顺、简明,保证一定的信息量。

考虑到全国各院校不同专业对工程力学的要求差异较大,教学时数不尽一致,本书正文内容分为三个层次:基本要求部分;不同专业选用部分;进一步要求部分。第一部分用一般字体排印;第二部分为一般字体带“*”号;第三部分用小字排印。后两部分内容是很少的。经国家教委材料力学课程教学指导小组审定,本书可适用于课程时数为60~80的本科或专科各专业,课程时数少于60的专业也可以选用。

本书在编写过程中,得到清华大学材料力学教研室吴明德、王瑞五、陈季筠、蔡乾煌等老师的支持和帮助。国家教委工科力学课程教学指导委员会委员于光瑜教授、北京轻工业学院洪敏谦教授详细审阅了本书的初稿,并代表材料力学课程教学指导小组主持了本书的审稿会,对本书的进一步修改提出了一些宝贵意见。参加审稿会的有:沈阳化工学院董秀石、大连轻工业学院孔庆宽、青岛化工学院孟庆东、北京工业大学薛宗蕙、上海第二工业大学郁鸿义、高等教育出版社吴向等同志。在本书出版之际,编者谨向他们表示诚挚的谢意。

本书由施燮琴编写绪论、第5至10章、附录;孙汝劼编写第1至4章;范钦珊编写第11至14章。全书由范钦珊统稿。

读者在使用本书时若发现缺点和问题,恳请批评指正。

范钦珊 施燮琴 孙汝劼

于清华大学

1988.12.

工程力学课程概论	1
§ 1 工程力学与工程密切相关	1
§ 2 工程力学的主要内容与分析模型	6
2-1 工程力学的主要内容	6
2-2 工程力学的两种分析模型	8
§ 3 工程力学的分析方法	9
3-1 工程力学的理论分析方法	9
3-2 工程力学的实验分析方法	10
3-3 工程力学的计算机分析方法	10

第一篇 静 力 学

第 1 章 静力学基础	12
§ 1-1 力和力矩	12
1-1-1 力的概念	12
1-1-2 作用在刚体上的力的运动效应与力的可传性	13
1-1-3 力对点之矩	15
1-1-4 力系的概念	17
1-1-5 合力矩定理	17
§ 1-2 力偶及其性质	18
1-2-1 力偶	18
1-2-2 力偶的性质	19
1-2-3 力偶系及其合成	20
§ 1-3 约束与约束力	21
1-3-1 约束与约束力的概念	21
1-3-2 柔性约束	21
1-3-3 光滑面约束	22
1-3-4 光滑铰链约束	23

1-3-5	滚珠轴承与止推轴承	25
§ 1-4	平衡的概念	26
1-4-1	二力平衡与二力构件	26
1-4-2	不平行的三力平衡条件	28
1-4-3	加减平衡力系原理	28
§ 1-5	受力分析方法与过程	29
1-5-1	受力分析概述	29
1-5-2	受力图绘制方法应用举例	30
§ 1-6	小结与讨论	32
1-6-1	关于约束与约束力	32
1-6-2	关于受力分析	32
1-6-3	关于二力构件	33
1-6-4	关于静力学中某些原理的适用性	33
习题	34
第 2 章	力系的简化	38
§ 2-1	力系等效与简化的概念	38
2-1-1	力系的主矢与主矩	38
2-1-2	等效的概念	39
2-1-3	简化的概念	39
§ 2-2	力系简化的基础——力向一点平移定理	39
§ 2-3	平面力系的简化	40
2-3-1	平面汇交力系与平面力偶系的合成结果	40
2-3-2	平面一般力系向一点简化	41
2-3-3	平面力系的简化结果	41
§ 2-4	固定端约束的约束力	43
§ 2-5	小结与讨论	45
2-5-1	关于力的矢量性质的讨论	45
2-5-2	关于平面力系简化结果的讨论	45
2-5-3	关于实际约束的讨论	45
习题	46
第 3 章	静力学平衡问题	50
§ 3-1	平面力系的平衡条件与平衡方程	50
3-1-1	平面一般力系的平衡条件与平衡方程	50
3-1-2	平面一般力系平衡方程的其他形式	55

3-1-3	平面汇交力系与平面力偶系的平衡方程	57
§ 3-2	简单的空间力系平衡问题	57
3-2-1	力对轴之矩	58
3-2-2	空间力系的简化	60
3-2-3	空间力系的平衡条件	61
§ 3-3	简单的刚体系统平衡问题	63
3-3-1	刚体系统静定与静不定的概念	63
3-3-2	刚体系统的平衡问题的特点与解法	64
§ 3-4	考虑摩擦时的平衡问题	69
3-4-1	滑动摩擦定律	69
3-4-2	考虑摩擦时的平衡问题	70
§ 3-5	小结与讨论	72
3-5-1	关于坐标系和力矩中心的选择	72
3-5-2	关于受力分析的重要性	73
3-5-3	关于求解刚体系统平衡问题时应注意的几个方面	74
3-5-4	摩擦角与自锁的概念	75
习题		77

第二篇 材料力学

第 4 章	材料力学的基本概念	89
§ 4-1	关于材料的基本假定	90
4-1-1	均匀连续性假定	90
4-1-2	各向同性假定	90
4-1-3	小变形假定	90
§ 4-2	弹性杆件的外力与内力	91
4-2-1	外力	91
4-2-2	内力与内力分量	91
4-2-3	截面法	91
§ 4-3	弹性体受力与变形特点	94
§ 4-4	杆件横截面上的应力	95
4-4-1	正应力与剪应力定义	95
4-4-2	应力与内力分量之间的关系	96
§ 4-5	正应变与剪应变	97

§ 4-6	线弹性材料的应力-应变关系	98
§ 4-7	杆件受力与变形的基本形式	98
4-7-1	拉伸或压缩	98
4-7-2	剪切	99
4-7-3	扭转	99
4-7-4	平面弯曲	100
4-7-5	组合受力与变形	100
§ 4-8	小结与讨论	101
4-8-1	关于静力学模型与材料力学模型	101
4-8-2	关于静力学概念与原理在材料力学中的可用性 与限制性	101
	习题	101
第 5 章	轴向拉伸与压缩	104
§ 5-1	工程中承受拉伸与压缩的杆件	104
§ 5-2	轴力与轴力图	106
§ 5-3	拉压杆件的应力与变形	108
5-3-1	应力计算	108
5-3-2	变形计算	108
§ 5-4	拉压杆件的强度计算	114
5-4-1	强度条件、安全因数与许用应力	114
5-4-2	三类强度计算问题	114
5-4-3	强度计算举例	115
§ 5-5	拉伸与压缩时材料的力学性能	118
5-5-1	材料拉伸时的应力-应变曲线	118
5-5-2	韧性材料拉伸时的力学性能	119
5-5-3	脆性材料拉伸时的力学性能	120
5-5-4	强度失效概念与极限应力	121
5-5-5	压缩时材料的力学性能	122
§ 5-6	小结与讨论	123
5-6-1	本章的主要结论	123
5-6-2	关于应力和变形公式的应用条件	124
*5-6-3	加力点附近区域的应力分布	125
*5-6-4	应力集中的概念	126
*5-6-5	拉伸和压缩静不定问题概述	127

习题	129
第 6 章 圆轴扭转	134
§ 6-1 工程上传递功率的圆轴及其扭转变形	134
§ 6-2 扭矩与扭矩图	137
6-2-1 外加扭转力偶矩与功率、转速之间的关系	137
6-2-2 截面法确定圆轴横截面上的扭矩	137
6-2-3 扭矩的正负号规则	138
6-2-4 扭矩图	138
§ 6-3 剪应力互等定理	139
§ 6-4 圆轴扭转时的剪应力分析	140
6-4-1 平面假定	140
6-4-2 变形协调方程	141
6-4-3 弹性范围内的剪应力-剪应变关系	142
6-4-4 静力学方程	142
6-4-5 圆轴扭转时横截面上的剪应力表达式	143
§ 6-5 圆轴扭转时的强度与刚度计算	146
6-5-1 圆轴扭转实验与破坏现象	146
6-5-2 圆轴扭转强度计算	147
6-5-3 圆轴扭转刚度计算	149
§ 6-6 小结与讨论	150
6-6-1 圆轴扭转强度与刚度计算及其他	150
6-6-2 矩形截面杆扭转时的剪应力	151
6-6-3 扭转静不定问题概述	153
习题	154
第 7 章 梁的弯曲(1)——弯曲内力	158
§ 7-1 工程中的弯曲构件	158
§ 7-2 剪力方程与弯矩方程	160
7-2-1 弯曲时梁横截面上的剪力与弯矩	160
7-2-2 剪力与弯矩的正负号规则	160
7-2-3 截面法确定指定截面上剪力和弯矩	161
7-2-4 剪力方程和弯矩方程	163
§ 7-3 剪力图和弯矩图	166
§ 7-4 小结与讨论	170
7-4-1 弯矩、剪力与载荷集度之间的微分关系	170

7-4-2 绘制弯矩图和剪力图时要注意的几个问题	175
习题	176
第 8 章 梁的弯曲(2)——与应力分析相关的截面几何性质	179
§ 8-1 为什么要研究截面图形的几何性质	179
§ 8-2 静矩、形心及其相互关系	180
§ 8-3 惯性矩、极惯性矩、惯性积、惯性半径	182
§ 8-4 惯性矩与惯性积的移轴定理	184
§ 8-5 惯性矩与惯性积的转轴定理	185
§ 8-6 主轴与形心主轴、主惯性矩与形心主惯性矩	185
§ 8-7 小结与讨论	187
习题	188
第 9 章 梁的弯曲(3)——弯曲应力与弯曲强度计算	191
§ 9-1 平面弯曲与纯弯曲的概念	191
§ 9-2 纯弯曲时梁横截面上的正应力分析	192
§ 9-3 梁的弯曲正应力公式的应用与推广	197
9-3-1 计算梁的弯曲正应力需要注意的几个问题	197
9-3-2 纯弯曲正应力可以推广到横向弯曲	198
§ 9-4 平面弯曲正应力公式应用举例	198
§ 9-5 基于弯曲正应力的梁的强度计算	201
9-5-1 梁的失效判据	201
9-5-2 梁的弯曲强度条件	201
9-5-3 梁的弯曲强度计算步骤	201
§ 9-6 小结与讨论	206
9-6-1 弯曲正应力公式的应用条件	206
9-6-2 弯曲剪应力的概念	207
9-6-3 剪切与挤压假定计算	208
9-6-4 提高梁强度的措施	211
习题	214
第 10 章 弯曲刚度	221
§ 10-1 弯曲变形与位移的基本概念	221
10-1-1 梁弯曲后的挠度曲线	221
10-1-2 梁的挠度与转角	222
10-1-3 梁的位移与约束密切相关	223
10-1-4 梁的位移分析的工程意义	223