



普通高等教育“十二五”规划教材

材料力学

——杆系变形的发现

Mechanics of Materials

隋允康 宇慧平 杜家政 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

材 料 力 学

——杆系变形的发现

隋允康 宇慧平 杜家政 编著



机械工业出版社

本书力图表现材料力学知识的发生过程,共十七章,包括:绪论,轴向拉伸与压缩,连接件体系的强度实用计算,扭转,平面图形的几何性质,弯曲内力,弯曲应力,弯曲变形,应力状态理论,强度理论,组合变形,求变形的能量方法,超静定系统,动载荷,压杆稳定,交变应力,杆件在塑性状态时的强度计算。

本书可作为高等学校工科专业材料力学教学的教材,也可供相关专业技术和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学:杆系变形的发现/隋允康,宇慧平,杜家政编著. —北京:机械工业出版社,2014.2

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-45549-3

I. ①材… II. ①隋…②宇…③杜… III. ①材料力学-高等学校-教材 IV. ①TB301

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第015227号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:姜凤 责任编辑:姜凤 吕芳 杨璇

版式设计:霍永明 责任校对:丁丽丽

封面设计:张静 责任印制:乔宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2014年6月第1版第1次印刷

169mm×239mm·24.25印张·533千字

标准书号:ISBN 978-7-111-45549-3

定价:39.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

为什么这本材料力学教科书如此命名？主标题表明本书涉及的仍然是以往材料力学的知识系统，副标题旨在指出撰写的三个角度：

- 1) 强调主要研究对象是“杆系”，而不是“材料”。
- 2) 强调材料力学系统自发展的内动力是“变形”，而不是单纯靠工程需要的外推力。
- 3) 强调本学科知识的“发现”过程，而不仅是传授知识而已。

第一点与第二点是众所周知的，也是以往材料力学教材注意到的角度，本书只是提请大家应当更加重视而已。特别要指出第三点的意义在于：力图还原材料力学的生动发生历程——一个又一个知识点不断地产生，从而使初学者从中获取浓厚的兴趣，把消极被动的学习转变为积极主动的探索；伴随着杆系变形体力学从无到有的发生，不仅了解到相关的知识，而且观摩演习了研究的方法，在熏陶综合素质当中，培养了创新能力。

要胜任上述具有挑战性的撰写任务，需要作者做好以往的功课，不管老教师还是年轻教师都必须长期站在材料力学的讲台上，与学生们进行面对面的交流，在黑板和屏幕前，表现材料力学的发生过程，要有还原历史场景、带领学生去发现的激情。为此，必须有科学研究经验，从而能够体会前人发现过程中的苦与乐，在课堂上努力地表现创新过程。

三位作者都是从事计算力学特别是探索结构优化理论、方法和程序的研究者，而且在研究中不断地借鉴变形体力学的基本概念和研究方法，再把科研的经验和理性思考融入材料力学的讲授中，激励学生的学习热情。

第一作者隋允康教授曾经担任教育部力学课程教学指导委员会委员，兼任非力学专业基础力学课程教学指导委员会副主任，是北京市教学名师和北京教育创新标兵，现任北京工业大学教学督导组组长。隋允康教授主张教师在课堂上演示知识从无到有的发生过程，并且强调材料力学作为变形杆件和杆系力学的意义。他领导北京工业大学工程力学部创建了国家级基础力学教学团队、国家级工程力学实验教学示范中心和国家级材料力学精品课程，特别主张：教师要热情投入课堂教学，带给学生们一个具有启发创新精神的高水平教学，把灌输知识的单要素变成以知识为载体、培养能力、升华素质的三要素教学。2003年，他与武际可教授组建中国力学学会力学史与方法论专业委员会以来，强调在力学研究和教学中应当运用力学史和方法论。他应机械工业出版社的邀请为

盖尔的《材料力学》中文版写序，在序言中突出若干想法：①材料力学实际不是关于材料的力学，而是杆件和简单杆系的力学；②材料力学是变形体力学的第一门学科；③材料力学作为归纳法为主的学科体系，不宜轻易地改变为演绎法为主的学科等。他带领材料力学教师制作表现发现杆件变形的课件，强调在材料力学课程教学中，一定要重视基本概念、基本方法和基本推导。

第二作者宇慧平博士是副教授。自2005年获得博士学位之后，她留校从事科学研究和材料力学、研究生相关课程的教学工作。她不仅是科研骨干，而且是国家级教学团队、国家级精品课程、国家级实验教学示范中心的骨干成员，曾经获得全国基础力学青年教师讲课比赛二等奖、校优秀教学质量奖二等奖、校青年教师教学基本功比赛二等奖。

第三作者杜家政博士是副教授。自2004年获得博士学位之后，他留校从事科学研究和材料力学、工程力学、研究生相关课程的教学工作。不仅是科研骨干，而且是国家级教学团队、国家级精品课程、国家级实验教学示范中心的骨干成员，曾经获得全国基础力学青年教师讲课比赛一等奖、校优秀教学质量奖二等奖、校青年教师教学基本功比赛一等奖、最佳教案奖、最佳教学演示奖、校优秀青年主讲教师奖、北京高校第八届青年教师教学基本功比赛理工组三等奖、最佳教案奖。他参加了首批北京市属高校教师发展基地研修项目，获得优秀学员称号。

作者在撰写本教材的过程中，不想单纯侧重知识的传授，而是希望聚焦在知识如何从无到有的发生过程，把阐释知识作为手段，充分揭示前人发现、提出、分析和解决问题的生动过程。同时介绍前人的创新案例，采用知识发现法组织内容，克服将知识“大餐”端上来而不讲烹饪方法的弊端，有效地运用历史与逻辑一致性原理，具体地培养学生的创新能力，升华他们的综合素质。并在传授学生“鱼”（知识）的过程中更注重“渔”（发现知识的方法）的点拨和熏陶。

作者希望本书能够成为材料力学初学者喜欢的教材，使他们不再向自己的头脑灌输僵固的知识“化石”，而是理解和掌握灵动的知识“活体”，同时，体会到无形的能力如何引导和带动有形的知识；使他们感受到知识没有能力不灵，能力没有知识不立。作者还希望用“以鱼学渔”论组织本教材，发掘出知识里面潜藏的能力。希望作者的努力能够打动初学者，使他们真正理解爱因斯坦的观点：“发展独立思考和独立判断的一般能力，应当始终放在首位，而不应当把获得专业知识放在首位。”使能力成为他们构筑自己知识体系的导师。

材料力学是变形体力学的重要基础分支之一，是一门为设计工程实际构件提供必要理论基础的重要技术基础课，是一门理论与实验相结合的课程。学习本课程，不仅可以培养构件分析、计算和实验等方面的能力，而且为后续力学

课程和相关工程课程的学习,以及日后的构件设计和科学研究打好扎实的变形体力学的基础。

作者在撰写本书的过程中,不仅梳理总结了以往的教案和幻灯片等,而且又有许多新的思考,还有灵感闪现之后紧接着的研究。本书许多知识点都有独特的表述和推演过程,每章都有作者的独到见解。作者已经体会到,完成这一挑战性的工作有些力不从心,但是作者力图把写书当成升华自我的过程。作者期待教授材料力学同行们的批评指正,以及学习这门课程的广大同学们的反馈建议。

有两点敬告读者:

1) 为了达到撰写“发现法”材料力学的目的,作者在书中不揣冒昧地写了不少体会,没有用简洁的尺子约束篇幅。作者的想法是,作为换一种角度写书的试验,把体会说透,如果有再版,再考虑裁剪和压缩。

2) 例题、思考题、习题等中的不少题目借鉴了诸如郑承沛教授和邱棣华教授分别主编的材料力学教科书,作者在参考文献中将其列出,在此一并向有关作者们致以衷心的感谢!

作为北京工业大学教育教学改革研究立项项目的教材作者,衷心感谢机械工业出版社、北京工业大学教务处和机电学院对于本书写作和出版的鼓励和支持。

隋允康、宇慧平、杜家政

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 材料力学的由来、任务、作用与学习	1
第二节 变形固体的基本假设	6
第三节 材料力学的基本概念	7
第四节 单向应力状态的本构关系	10
第五节 构件变形的基本形式	12
第六节 结语	14
思考题	14
习题	15
第二章 轴向拉伸与压缩	16
第一节 引言	16
第二节 轴力与轴力图	17
第三节 拉压杆应力	20
第四节 材料在拉压时的力学性能	27
第五节 拉压杆的强度条件	33
第六节 拉压杆变形	34
第七节 拉压杆超静定问题	37
第八节 结语	42
思考题	43
习题	44
第三章 连接件体系的强度实用计算	48
第一节 引言	48
第二节 剪切的实用计算	50
第三节 挤压的实用计算	51
第四节 结语	52
思考题	53
习题	53
第四章 扭转	56
第一节 引言	56
第二节 外力偶矩、扭矩及扭矩图	57
第三节 纯剪切、切应力互等定理及剪切郑玄 - 胡克定律	59

第四节 圆轴扭转横截面应力和强度条件	61
*第五节 圆轴扭转斜截面应力	66
第六节 圆轴扭转的变形和刚度条件	68
第七节 扭转轴的简单超静定问题	69
*第八节 矩形截面杆的扭转	71
第九节 结语	72
思考题	73
习题	73
第五章 平面图形的几何性质	76
第一节 引言	76
第二节 静矩与形心	78
第三节 惯性矩与惯性积	80
第四节 平行移轴公式	81
第五节 转轴公式、主惯性轴和主惯性矩	83
第六节 结语	87
习题	87
第六章 弯曲内力	90
第一节 引言	90
第二节 梁的内力——剪力和弯矩	91
第三节 剪力函数、弯矩函数和剪力图、弯矩图	94
第四节 载荷集度、剪力、弯矩间的微分关系	97
第五节 响应函数的横向关系	102
第六节 用叠加原理求弯矩图	105
第七节 平面刚架的内力图	106
第八节 结语	108
思考题	108
习题	110
第七章 弯曲应力	114
第一节 引言	114
第二节 弯曲正应力	115
第三节 弯曲正应力的强度条件	120
第四节 弯曲切应力及其强度条件	124
*第五节 弯曲中心	131
第六节 提高梁强度的措施	132
第七节 结语	136
思考题	137
习题	138

第八章 弯曲变形	142
第一节 引言	143
第二节 梁变形的基本概念	144
第三节 挠曲线的近似微分方程	144
第四节 积分法求梁的变形	147
第五节 叠加法求梁的变形	153
第六节 梁的刚度条件与提高梁刚度的措施	160
第七节 用变形比较法解简单的超静定梁	162
第八节 结语	164
思考题	164
习题	165
第九章 应力状态理论	168
第一节 引言	168
第二节 寻找研究思路和建立相关的概念	169
第三节 平面应力状态的应力分析——解析法	172
第四节 平面应力状态的应力分析——图解法	177
第五节 梁的主应力及其主应力迹线	182
第六节 三向应力状态分析简介	183
第七节 复杂应力状态的变形——广义郑玄-胡克定律	185
第八节 应变能与应变能密度	191
第九节 结语	194
思考题	195
习题	195
第十章 强度理论	201
第一节 引言	201
第二节 寻找研究思路	202
第三节 适用于脆断材料的强度理论	203
第四节 适用于塑性屈服材料的强度理论	205
第五节 强度理论的应用	207
第六节 结语	209
思考题	210
习题	211
第十一章 组合变形	214
第一节 引言	214
第二节 两相互垂直平面内的弯曲——斜弯曲	215
第三节 拉伸（压缩）与弯曲的组合	221
第四节 弯曲与扭转的组合变形	227

第五节 结语	230
思考题	230
习题	231
第十二章 求变形的能量方法	237
第一节 引言	237
第二节 杆件应变能的计算	238
第三节 卡氏定理	246
第四节 莫尔定理	254
第五节 互等定理	259
第六节 虚功原理	260
第七节 结语	261
思考题	261
习题	262
第十三章 超静定系统	266
第一节 引言	266
第二节 力法求解超静定系统	267
第三节 利用对称性简化超静定系统的计算和内力超静定系统	270
第四节 结语	273
思考题	274
习题	274
第十四章 动载荷	278
第一节 引言	278
第二节 构件作匀加速度直线运动或匀角速度转动时的动应力计算	279
第三节 冲击载荷下应力和变形的计算	282
第四节 提高构件抗冲击能力的措施	290
第五节 结语	291
思考题	292
习题	292
第十五章 压杆稳定	295
第一节 引言	295
第二节 两端铰支细长压杆的临界力	297
第三节 两端约束不同的压杆的临界力	303
第四节 临界应力、经验公式和临界应力总图	306
第五节 压杆的稳定校核	309
第六节 提高压杆稳定性的措施	311
第七节 结语	312
思考题	313

习题	313
第十六章 交变应力	316
第一节 引言	316
第二节 交变应力与疲劳失效	317
第三节 材料疲劳极限及其测定	320
第四节 影响构件疲劳极限的主要因素	322
第五节 提高构件疲劳强度的主要措施	326
第六节 结语	327
思考题	328
习题	328
第十七章 杆件在塑性状态时的强度计算	330
第一节 引言	330
第二节 简单桁架的弹塑性分析	331
第三节 圆轴的弹塑性扭转	337
第四节 梁的弹塑性弯曲	339
第五节 结语	344
思考题	344
习题	345
附录	347
附录 A 常见截面的几何性质	347
附录 B 常用材料的性能参数	349
附录 C 型钢表	352
附录 D 部分习题答案	365
参考文献	375
跋	376

第一章 绪 论

赠 言

博学之，审问之，慎思之，明辨之，笃行之。

《中庸》

任何一门课程绪论的目的都在于对该课程有一个概念上、宏观上的简介，使学习者初步了解它，懂得其重要性，引起对它的学习兴趣，了解恰当的学习方法，材料力学的绪论也不例外。

一般的材料力学教材，绪论的第一节是“材料力学的任务”，第二节是“材料力学同其他学科的关系”。在本教材中，这两部分之前还应当有个“由来”，以便于叙述其由无到有发生的来龙去脉，不仅有利于初学者更好地了解材料力学的任务，而且对于发现法教材，更是不可缺少的内容。至于它同其他学科的关系，还应当扩大一下，变成“作用”。这一节的第四部分提出了学习材料力学的要求和对它的学习方法。这四部分内容放在一起，归纳为“材料力学的由来、任务、作用与学习”。

第二节至第五节分别是变形固体的基本假设、材料力学的基本概念、单向应力状态的本构关系和构件变形的基本形式。这四节都是最基本、最必需的内容。

有一点应当注意，从学科发展的角度看材料力学，无论基本假设、基本概念、基本构件变形形式，都不是预先准备好了的，而是随着研究的发展一步一步提了出来，经历了由初步到深入、由近似到精确、由粗糙到严格、由部分到完整的过程。在教科书中，把它们放在前面，并非研究的顺序，而是为了实现方便、系统和快捷的目标，略去了进化过程，一下子端出了最终的结论。

第一节 材料力学的由来、任务、作用与学习

本节把握力学史和方法论的发展观、自然科学技术的价值观，追根溯源，展望未来，力图使读者对材料力学有宏观感觉和总体印象。正如杜甫在关于泰山的一首诗写的：“会当凌绝顶，一览众山小。”

一、从力学学科的发展看材料力学的由来

从学科发展观的角度看，材料力学的出现，是力学学科发展的必然结果。

在大学物理的力学部分和理论力学中，循序渐进地学习了质点力学（运动学、动力学）和刚体力学。

从质点（particle）到刚体（rigid body）是认识上的深入，质点是一个有一定质量而不计大小的点，不考虑体积，对于有体积的刚体，它是一种抽象，一种理想化。然

而,把刚体看成其内部各点相对位置不变的质点系,这也是抽象。说刚体是刚性的,意味着它虽然有体积却没有体积的变化,也是一种理想化。

随着力学的发展,研究对象由质点、刚体拓广到**变形体**(deformable bodies),力学家的认识深入了,向前发展了。材料力学是最早产生的变形体力学,研究最简单的变形体——构件受静力或动力后的变形规律。

由于材料力学是人们从刚体到变形体的最早认识,有许多**最基本的概念、最根本的方法和最典型的结论**,对于一个初学者来说,学好材料力学,对奠定进一步学习其他变形体力学的基础,意义很大。

从认识论上看,由质点力学、刚体力学到变形体力学,反映了人类认识上的深入,也是一种必然的发展。然而,它们研究问题的侧重点不相同。变形体力学主要把关心点集中在变形能否被接受,变形是否引起破坏或失去稳定等,材料力学的命名就反映了材料受力性能这一侧重点。

从应用观上看,何时把研究对象看成质点?何时看成刚体?何时看成变形体?这依赖于一种相对性。当研究对象的尺度相对其运动范围比较小时,可以把运动对象看成质点,如地球在天体运行时。当这一比例不那么小时,运动对象也可以看成刚体,如火车在轨道上跑时。可是,当研究火车的力学安全问题时,就得看成变形体。

质点、刚体和变形体的不同特征还可以从体积的角度加以描述:质点有质量无体积(或体积趋于零);刚体有质量且有不变的体积;变形体有质量且有可变的体积。三者的质量均为不变量。

说到变形,理论力学对此无能为力,材料力学则当仁不让。为什么材料力学能够克服理论力学无法求解杆件受力问题的困难?原因在于:如果只是停留在质点与刚体的范围中,那么当力平衡条件不能提供足够数量的求解方程时,就永远不会找到求解之路。然而,当受力构件在满足“力平衡”效应的同时,由于它不再是刚性点或刚性体,又能够发生“力变形”的第二个效应,于是,构件乃至结构的“变形方程”弥补了“平衡方程”数量的不足,问题就迎刃而解了。

伴随着本书各章的展开,变形体力学的第一只“雏雏”一天一天变成了展翅的“雄鸡”,材料力学将从发现法的角度进行阐述。

了解了材料力学由来,我们会感到它是很自然产生的,从熟悉的质点、刚体到陌生的变形体,会使我们产生去了解它的好奇心,产生学习变形体力学的兴趣。

纵观力学的发展过程,直到形成了变形体的概念,经典力学的研究对象才基本完备了。

二、从工程应用的需要看材料力学的任务

一方面,材料力学是人们对研究对象从质点、刚体到变形体的认识深入,这是科学自身在逻辑上的必然结果;另一方面,从人类生产力发展历史上看,材料力学是满足人类工程需要的必然产物,因此,作为人类文明发展积累的成果,材料力学又是一门技术学科。

人类每时每刻都不得不同受力的构件或结构打交道,从土房、木屋到钢筋混凝土大

厦,从最简单打猎用的棍棒到用蒸汽或电力驱动机器,从人力车到牛车、马车、火车、汽车、轮船、飞机、火箭和一切运载工具,无不涉及受力的问题。

人们睡在床上,并不担心床塌下来;学生坐在教室里,也不担心椅子垮下去,更不用担心楼板会出现破坏等,这一切,不是不存在危险,而是已经有人为我们考虑了这些关于力学的安全问题,不必人人都去操心了。

为什么人们常常担心江河的洪水呢?从材料力学的角度上看,问题就在于我们有时候对于这些江河大堤能否承受洪水引起的外力考虑得不足,考虑不足就要受到惩罚。

材料力学率先回答了安全功能如何得以保证的问题,从这个意义上可以说:它是在解决安全问题中发展起来的,虽然安全保证不是人类追求的第一功能,但是它是人类生存的基本功能。

材料力学是研究构件受力性能的学科。**构件**指的是组成具有某种功能的结构的基本部分。设计构件的目的是为了满足某种功能:床的功能是可以躺人,椅子的功能是可以坐人,轮轴的功能是为了让轮子绕着它转等。如何能满足不同的功能,是各学科的事,可是不管这些构件有什么功能,它们都有一个共同点,就是必须满足承受外力后保持安全的功能。如果说各学科保证的是构件的第一功能,那么材料力学所保证的是第二功能。由于第二功能攸关安全,是生存的基本保障,它的作用从某种意义上讲,更加根本。

在材料力学形成一门学科前,人类已经懂得一些相关知识,为它的形成做了几千年的准备,积累了大量的实践经验。如河北赵州桥(图 1-1),建于 1400 年前的隋朝,跨度 37.02m,桥宽 9m,拱高 7.23m。本书第一作者的老师钱令希院士^[11]用弹塑性理论计算,得到的压力线完全通过拱轴线(图 1-2)。本书第一作者基于自己提出的 ICM (independent, continuous and mapping) 方法指导博士生^[12]进行结构拓扑优化计算,得到的结果与赵州桥的形状非常相似(图 1-3)。两个角度表明赵州桥的结构非常符合现代力学。但在当时,李春并不会用力学知识进行计算,这说明我国古代工匠是非常聪慧的。



图 1-1

人类到了莱奥纳多·达·芬奇 (Leonardo Da Vinci, 1452—1519, 图 1-4a) 和伽利略 (Galileo Galilei, 1564—1642, 图 1-4b) 时代,才开始研究如何计算构件的强度,尽管由于假设不正确,没有得出正确的结果,但是毕竟研究已经开始了。从那时起,关于构件强度的学科开始奠基,经过长期的发展和积累,逐渐完善,形成了材料力学。

从力学上看,构件组合在一起成为结构,工程结构就是承受内、外载荷的构件体系。什么叫载荷?载,即负载,荷,即荷重,载荷就是构件或结构承受的负载或荷重。载荷又分为内载荷与外载荷两种。例如研究楼板时,楼板上的物品和人们的重力,这是外载荷;楼板自身也有重力,这是内载荷。

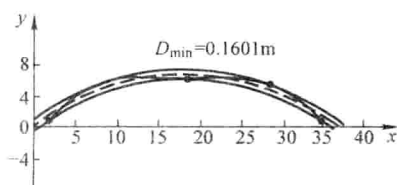


图 1-2

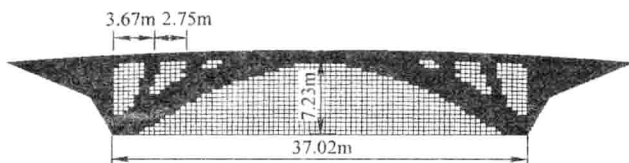


图 1-3

人们有时不太注意区分载荷与力,例如,一会儿称为外载荷,一会儿称为外力。其实二者是有区别的,载荷是外力的具体形态,外力是载荷的抽象表达。虽然实用时可以不严格区别二者,但是在概念上务必明确具体和抽象的差别。

构件或结构在载荷作用下,必须具有哪些受力性能呢?为了构件或结构能完成正常的工作保证性能,必须具有足够的强度、刚度和稳定性等。



a)

b)

图 1-4

1. 强度 (strength)

强度是构件在外载荷作用下,抵抗破坏的能力。要求构件在承受外力的工作中,从受力的角度不至于发生工作失效甚至发生破坏的情况。

2. 刚度 (stiffness)

刚度是构件在外载荷作用下,抵抗变形和恢复原形的能力。虽然不破坏,但变形过大,即“强度有余,刚度不足”,也是不能接受的。刚和强是不同的,文学上似乎区别不大,学过材料力学就明白两者的区别。强,是抵抗破坏的能力;刚,是抵抗变形的能力。太刚,就是不柔,不易变形(刚烈);太强,就是能承受压力,也可以有变形(能屈能伸)。如机床主轴不应变形过大,否则影响加工精度。

3. 稳定性 (stability)

稳定性是构件在某种外载荷作用下,保持其原有平衡状态的能力。有时,一个构件强度和刚度都满足了,可是却有可能由于微小的扰动而失去原有的平衡状态。例如,受

压细长杆在压力增大到一定程度时,会突然变弯,不再单纯地承受压力了。

在材料力学中,除了研究构件的强度、刚度和稳定性,还涉及抗冲击和抗疲劳等力学性能。总之,材料力学的任务是研究构件在外力作用下,产生变形和破坏的规律,为构件的安全设计提供必要的理论、计算方法和试验方法。

三、从后续学科、新兴工业和相应的新兴学科看材料力学的作用

1. 奠定后续力学(其他变形体力学)的基础

学好材料力学,对学习后续其他变形体力学有奠基作用。如实验力学、结构力学、板壳力学、弹性力学、塑性力学、复合材料力学、流体力学、断裂力学、计算力学、结构优化设计、理性力学、细观力学以及损伤力学等,这些课程都要需要材料力学作为基础。

2. 有利于学习后续的专业技术课程

学好材料力学,有利于学习后续的专业技术课程,如机械零件、机械原理、金属加工工艺学、建筑结构、建筑材料、钢结构、木结构、砖石结构、钢筋混凝土结构、游乐设施、土力学、施工力学、岩土力学、地质力学、材料性能、材料科学等。

3. 有助于理解其他工程专业及新兴学科

学好材料力学,有助于理解其他工程专业及新兴学科,如土木、机械、航空、航天、汽车、火车、船舶、交通、材料、医疗技术、仪器仪表、安全工程、海洋工程、生物工程、电子封装工程等。

4. 在今后的工程工作中直接受益

材料力学作为一门工具课,直接用于为相关工程的设计、制造和施工服务。

四、材料力学的学习要求和学习方法

1. 材料力学的学习要求

(1) 记笔记 上课要集中精力,认真听讲,记重点、记体会、记疑点、记思想火花的灵感,注意教师授课内容与书本的不同点,尤其是工程背景、基本概念和基本思想的提出,记笔记还有集中精神的作用。

(2) 做作业 先读书,后做作业,按时交作业。两本作业本,每周交一次。画图要用直尺和圆规,书写工整,步骤清楚,过程完整,计算正确,要注意有效数字。提倡深入思考,一题多解。提醒同学们,抄袭或不交作业的行为等于放弃了自己的学习权力。

(3) 做实验 不仅要认真做实验,培养动手技能,还要按时交实验报告。

(4) 课前要预习 课前预习有利于在课堂上主动听讲。

(5) 上课要带书 边听边翻阅教科书。

2. 材料力学的学习方法

材料力学的概念多、公式多、符号多,针对三多特点,学习中采用四个注意的对策。

(1) 注意加强基本概念的理解 认真思考,观察生活中的实例;适当地看参考书,包括阅读英文原著;认真做好实验。

(2) 注意知识发生过程 深入理解公式推导过程, 包括特别注意基本假设的前提条件, 厘清基本思路和基本要点(平衡、物理、连续), 善于进行推导。

(3) 注意研究式地做作业 理解, 体会, 举一反三, 培养解决问题的能力。

(4) 注意养成写总结和体会的习惯 建议每章结束时, 完成一个小论文式的总结笔记。

(5) 充分利用多媒体和网络学习环境 现代技术的发展为学习者提供了极为方便的学习环境, 把老师讲课时的幻灯片复制回去, 可以反复推敲所学内容, 查阅网络上丰富的教学资料, 可以广泛借鉴相关信息。

第二节 变形固体的基本假设

为了从质点角度去研究刚体, 引入了质点系的概念, 即一个刚体是无穷多个质点的组合, 而且刚体受力时, 其占据空间的形状与大小不变, 从质点系来看, 其内部各点的相对位置不变, 如果所受合力不为零而发生了运动, 只是外部的空间位置发生了变化。我们在理论力学中学到刚体时, 是否想过: 有没有内部相对位置变化的质点系呢?

如果回答“没有想到”, 就实在很遗憾, 因为错过了一个进一步思考的机遇。如果我们想到了这一问题, 在历史上, 就可能成为具有创造性思维的先驱之一, 步入到探索变形体的研究者当中。作为后人, 如果抓住了机遇, 就可以模拟前人去探索, 培养自己独立思考的能力, 以主观创造的姿态代替单纯灌输知识的学习, 培养自己创新的能力。锻炼的机会越多, 将来从事创新开拓的能力就越强。

变形固体是一种内部相对位置会变化的质点系。在外力作用下, 一切固体都将发生变形, 故所有固体都是变形固体, 而构件一般均由固体材料制成, 故构件一般都是变形固体。材料力学从这一点出发, 在研究中归纳出四个基本假设。

一、连续性假设

物质毫无间隙地充满了整个物体的几何容积。为了理解这个假设, 从反面看, 它描述了不间断、无空隙(孔隙), 空间各点都有物质。结论是物体的一些物理量可以用连续函数来表示, 这是数学上的假设。

二、均匀性假设

物体内部各个点的力学性能都相同。为了理解这个假设, 从本质上看, 它描述了空间各点疏密程度一致, 力学性能无差别, 结论是可用微单元体来研究, 这是力学上的假设。

三、各向同性假设

物体中每个点在各个方向上的性质毫无差别。以金属为例, 它由晶粒组成, 微观上本来不连续, 因为单晶的性质有明显的方向性, 但是构件中包含晶体的数量很多, 晶粒与晶界的间隙同构件尺寸相比, 极其微小, 且晶粒排列无规则, 所以从统计平均的意义上看, 每个点在各个方向上的性质毫无差别。为了理解这个假设, 反过来看, 它描述了每个点的性质与方向的无关性, 这是物理上的假设。