



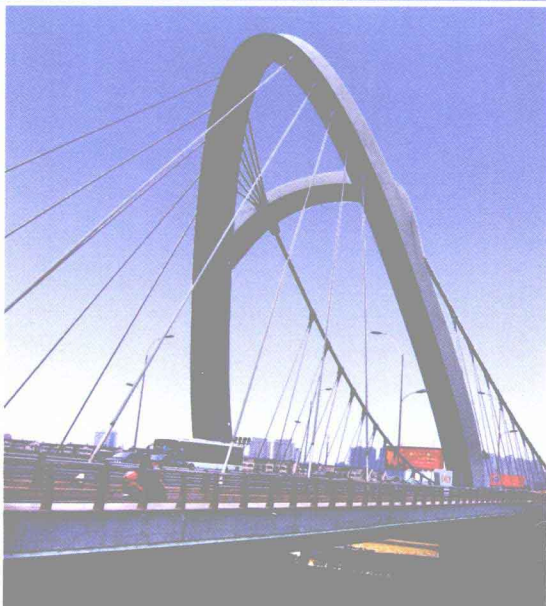
应用型本科院校“十二五”规划教材/土木工程类

主编 杨国义

材料力学

Mechanics of Materials

- 适用面广
- 应用性强
- 促进教学
- 面向就业



哈尔滨工业大学出版社



应用型本科院校“十二五”规划教材/土木工程类

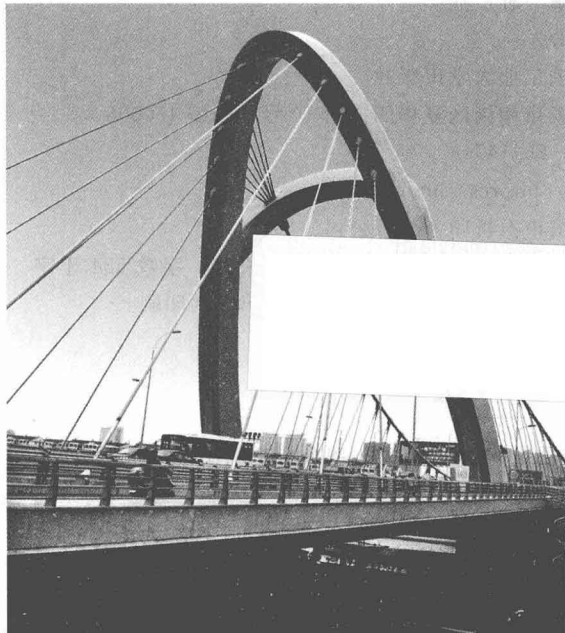
主 编 杨国义

副主编 胡金萍 唐玉玲 闫龙海

材料力学

Mechanics of Materials

哈尔滨工业大学出版社



内 容 简 介

本书是依据教育部《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》和 1998 年国家教育部关于土建类专业多学时“材料力学课程基本要求”,为土木工程专业应用型本科编写的材料力学教材。

全书共 14 章,内容包括轴向拉伸与压缩,剪切和连接的实用计算,扭转,截面的几何性质,弯曲内力,平面弯曲梁的应力和强度计算,梁的变形,简单超静定问题,应力状态和强度理论,组合变形杆体的强度计算,压杆稳定,能量法基础,动荷载·交变应力。

本教材凝聚了作者多年的教学经验,汲取了同类教材的优点,内容精炼,思路清晰,知识点把握准确,阐述简练透彻,理论结合实际,好学易懂,方法灵活简捷,有许多独到之处。适用于土木工程、道路桥梁、水利、矿业等专业教学,也可以作为上述专业考研和工程技术工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学/杨国义主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2012.4

应用型本科院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5603-3484-4

I. ①材… II. ①杨… 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(2012)第 012500 号

策划编辑 赵文斌 杜 燕

责任编辑 范业婷

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 23.25 字数 534 千字

版 次 2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3484-4

定 价 39.80 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

《应用型本科院校“十二五”规划教材》编委会

主 任 修朋月 竺培国

副主任 王玉文 吕其诚 线恒录 李敬来

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁福庆 于长福 马志民 王庄严 王建华

王德章 朱建华 刘金祺 刘宝华 刘通学

刘福荣 关晓冬 李云波 杨玉顺 吴知丰

张幸刚 陈江波 林 艳 林文华 周方圆

姜思政 柴玉华 庾 莉 韩毓洁 藏玉英

序

哈尔滨工业大学出版社策划的《应用型本科院校“十二五”规划教材》即将付梓,诚可贺也。

该系列教材卷帙浩繁,凡百余种,涉及众多学科门类,定位准确,内容新颖,体系完整,实用性强,突出实践能力培养。不仅便于教师教学和学生学学习,而且满足就业市场对应用型人才的迫切需求。

应用型本科院校的人才培养目标是面对现代社会生产、建设、管理、服务等一线岗位,培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。应用型本科与研究型本科和高职高专院校在人才培养上有着明显的区别,其培养的人才特征是:①就业导向与社会需求高度吻合;②扎实的理论基础和过硬的实践能力紧密结合;③具备良好的人文素质和科学技术素质;④富于面对职业应用的创新精神。因此,应用型本科院校只有着力培养“进入角色快、业务水平高、动手能力强、综合素质好”的人才,才能在激烈的就业市场竞争中站稳脚跟。

目前国内应用型本科院校所采用的教材往往只是对理论性较强的本科院校教材的简单删减,针对性、应用性不够突出,因材施教的目的难以达到。因此亟须既有一定的理论深度又注重实践能力培养的系列教材,以满足应用型本科院校教学目标、培养方向和办学特色的需要。

哈尔滨工业大学出版社出版的《应用型本科院校“十二五”规划教材》,在选题设计思路上认真贯彻教育部关于培养适应地方、区域经济和社会发展需要的“本科应用型高级专门人才”精神,根据黑龙江省委书记吉炳轩同志提出的关于加强应用型本科院校建设的意见,在应用型本科试点院校成功经验总结的基础上,特邀请黑龙江省9所知名的应用型本科院校的专家、学者联合编写。

本系列教材突出与办学定位、教学目标的一致性和适应性,既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律,又针对应用型本科人才培养目标

及与之相适应的教学特点,精心设计写作体例,科学安排知识内容,围绕应用讲授理论,做到“基础知识够用、实践技能实用、专业理论管用”。同时注意适当融入新理论、新技术、新工艺、新成果,并且制作了与本书配套的 PPT 多媒体教学课件,形成立体化教材,供教师参考使用。

《应用型本科院校“十二五”规划教材》的编辑出版,是适应“科教兴国”战略对复合型、应用型人才的需求,是推动相对滞后的应用型本科院校教材建设的一种有益尝试,在应用型创新人才培养方面是一件具有开创意义的工作,为应用型人才的培养提供了及时、可靠、坚实的保证。

希望本系列教材在使用过程中,通过编者、作者和读者的共同努力,厚积薄发、推陈出新、细上加细、精益求精,不断丰富、不断完善、不断创新,力争成为同类教材中的精品。

黑龙江省教育厅厅长

前 言

本书是为土木工程类专业应用型本科编写的材料力学教材。从人才的培养方向上来说,应用型本科学生需要有扎实的基础理论和较强的应用能力及实践能力;从人才的社会需求来说,这是厚实而活跃的一个层面。

根据 1998 年国家教育部关于土建类专业多学时“材料力学课程基本要求”,结合应用型人才的培养目标和教学实践,本教材从编写的主导思想上注重如下几个方面:

在内容选编上遵循“够用、适用、管用”的原则,以“要求”的基本内容为主,目标是把基本内容学透、用熟、夯实。基于上述指导思想,本教材以杆件的强度、刚度、稳定性为主线,基本内容涵盖杆件的基本变形、应力状态分析、强度理论和组合变形、压杆的稳定性,并编入本教材的第 2~12 章。考虑到不同学校和专业的教学需要,把“能量法基础”和“动荷载·交变应力”两章作为选学内容,分别编入第 13 章和第 14 章。但是,应变能的概念是从杆件基本变形的研究中就开始建立的。因为应变能的概念不仅用于位移的计算,在建立强度理论时也要用应变能的概念。

编写理念上,把教材的架构与认知规律结合起来。对任何事情,一旦掌握了规律,就可以“举一反三”,“事半功倍”。材料力学对杆件在各种基本变形中强度、刚度的研究,从原理上乃至程序上都是相同的;对组合变形及对压杆稳定性的研究也都有很多内在规律。揭示这些规律,使学生在学习中尽快掌握这些规律,尽快“上手”,也是本教材努力追求的目标之一。为此,本教材在架构上把整个内容划分为几个模块,采用了螺旋发展的模式。通过总结、归纳,在每个模块中凸显研究方法上的共性和思路,及模块之间在前后内容发展上和研究方法上的内在逻辑关系。把认知规律融汇于教材的架构之中,思路顺畅,理念清晰,“温故知新”,让学习过程的每一环节都变成在巩固基础中开发新知,在自然过渡中节节攀升,降低学习难度,提高学习效率和质量。

培养学生对基础理论的应用能力是应用型本科教育的主要目标。深化基本概念、基本理论的理解是达到这一目标的根基。为此,本教材在处理力学概念和数学基础的关系上,更注重物理概念,之后得出数学模型,以更有利于抓住实质,更有利于理解和掌握计算公式;解决问题的方法是知识运用的工具,许多问题因为有了好的方法而变得简单。为加强学生对知识的应用能力,本教材编写中充分吸收同类教材的长处,并将作者在教学实践中积累的一些既容易掌握,又准确、快捷、切实可行的解题方法总结、编入教材之中。此外,还适当增加了学习引导内容。通过典型案例分析做出范本,从理论与实践的结合上加

强对基本理论的理解和运用;通过思考题和习题引导学生对基本知识点的深入思考。对一些综合运用题目,给出必要的提示,引导学生分析和思考的方向。读者在做练习时,最好先做思考题。

本书由杨国义(哈尔滨工程大学教授,黑龙江东方学院兼职教授)主编,写出全部初稿和图稿。参加编写工作的有黑龙江东方学院胡金萍(第5章,第6章,第9章),黑龙江工程学院唐玉玲(第2章,第7章,第8章),黑龙江科技学院阎龙海(第3章,第10章),黑龙江东方学院李军卫(第1章,第13章,第14章),黑龙江工程学院王晓宏(第4章,第11章),黑龙江工程学院贾林立(第12章)。最后由主编定稿。

本书适用于土木工程、道路桥梁、水利、近海海洋工程、矿业等专业,也可作为上述专业研究生考试用书和工程技术工作者的参考书。

对应用型本科教材的编写,我们的工作还属于探讨和摸索,诚请同行专家和广大读者提出改进意见。

编 者

2011年7月

主要符号表

| | |
|--|---------------------------------|
| F, F_P, F_G | 集中力(荷载) |
| F_x, F_y, F_z | x, y, z 方向的轴向分力 |
| F_A, F_B | 支座反力 |
| F_{cr} | 压杆的临界力 |
| F_d | 动荷载 |
| q | 分布荷载集度 |
| q_{st}, q_d | 静荷载集度与动荷载集度 |
| p | 容器内压力(单位为 MPa), 轴向均布荷载集度或一点的全应力 |
| M_e | 外力偶矩 |
| m | 分布外力偶集度 |
| F_N | 轴力 |
| T | 扭矩 |
| M | 弯矩 |
| M_{st}, M_d | 静弯矩与动弯矩 |
| F_s | 剪力 |
| F_{bs} | 挤压力 |
| σ, σ_α | 横截面与斜截面上的正应力 |
| τ, τ_α | 横截面与斜截面上的切应力 |
| σ_{bs} | 挤压应力 |
| σ_u, τ_u | 失效正应力与切应力(极限正应力与极限切应力) |
| $\sigma_p, \sigma_e, \sigma_s, \sigma_b$ | 材料的比例极限、弹性极限、屈服极限、强度极限 |
| $[\sigma], [\tau], [\sigma_{bc}]$ | 许用正应力、许用切应力、许用挤压应力 |
| $[\sigma_t], [\sigma_c]$ | 许用拉应力与许用压应力 |
| $[\sigma_{cr}]$ | 压杆临界应力的许用值(稳定许用应力) |
| $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ | 主应力 |
| σ_m, σ_a | 平均应力与应力幅 |
| n | 安全因数, 转速(单位: r/min) |
| n_{st} | 稳定安全因数 |
| ϵ' | 线应变或轴向拉(压)杆的纵向线应变 |
| ϵ | 轴向拉(压)杆的横向线应变 |
| $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ | 主应变 |
| γ | 切应变 |
| Δl | 轴向拉(压)杆的纵向伸长(缩短) |
| δ | 延伸率 |
| ψ | 截面收缩率 |

| | |
|--------------------------------------|--|
| φ | 单位长度扭转角(单位为 rad/m 或(°)/m), 压杆的稳定安全因数 |
| ϕ | 扭转角 |
| θ | 平面弯曲梁的横截面在挠曲平面内的转角或体应变 |
| y | 挠度 |
| W | 外力功 |
| V_e | 应变能 |
| v_e | 应变能密度 |
| E | 弹性模量 |
| μ | 横向变形因数或泊松比(S. D. Poisson), 压杆的长度因数 |
| G | 切变模量 |
| K_{σ} | 理论应力集中因数 |
| k | 弹簧刚度系数 |
| λ | 压杆的柔度 |
| ρ | 曲率半径(单位为 mm) 或材料密度(单位为 kg/m ³) |
| R, r | 圆的半径 |
| D, d | 圆的直径 |
| A | 横截面积 |
| S_x, S_y | 对 x 轴、 y 轴的静矩或一次矩 |
| \bar{x}, \bar{y} | 形心坐标 |
| I_p | 极惯性矩 |
| I_t | 计算极惯性矩 |
| I_x, I_y | 对 x 轴、 y 轴的惯性矩 |
| I_{xy} | 惯性积 |
| i_x, i_y | 对 x 轴、 y 轴的惯性半径 |
| W_t | 抗扭截面因数 |
| W_y, W_z | 对 y 轴、 z 轴的抗弯截面因数 |
| r | 循环特征或应力比 |
| σ_{-1} | 材料在对称循环下的持久极限 |
| σ_{-1}^0 | 构件在对称循环下的持久极限 |
| K_{σ}, K_{τ} | 弯曲、扭转变形中有效应力集中因数 |
| $\epsilon_{\sigma}, \epsilon_{\tau}$ | 尺寸因数 |
| β | 角度或表面质量因数 |
| n_{σ} | 交变正应力安全因数 |
| K_d | 动荷因数 |
| α | 角加速度 |
| ω | 角速度 |
| a | 加速度 |
| v | 速度 |

目 录

| | |
|-----------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 材料力学的基本任务 | 1 |
| 1.2 变形固体的概念·材料力学的基本假设 | 3 |
| 1.3 内力·截面法·应力 | 5 |
| 1.4 位移和应变的概念 | 8 |
| 1.5 杆件及其变形的基本形式 | 10 |
| 本章小结 | 11 |
| 思考题 | 12 |
| 第 2 章 轴向拉伸与压缩 | 13 |
| 2.1 轴向拉伸与压缩的概念及实例 | 13 |
| 2.2 轴力·轴力图 | 13 |
| 2.3 轴向拉(压)杆中的应力 | 16 |
| 2.4 拉(压)杆的变形 | 20 |
| 2.5 轴向拉(压)杆的应变能 | 25 |
| 2.6 材料拉伸和压缩时的力学性能 | 27 |
| 2.7 许用应力·安全因数·强度条件 | 35 |
| 2.8 应力集中的概念 | 39 |
| 2.9 内压作用下薄壁容器中的应力计算 | 40 |
| 本章小结 | 42 |
| 思考题 | 43 |
| 习 题 | 45 |
| 第 3 章 剪切和连接的实用计算 | 49 |
| 3.1 概述 | 49 |
| 3.2 剪切和挤压的实用计算 | 50 |
| 3.3 铆钉组连接的强度计算 | 56 |
| 本章小结 | 62 |
| 思考题 | 63 |
| 习 题 | 63 |
| 第 4 章 扭转 | 67 |
| 4.1 概述 | 67 |

| | | |
|------------|----------------------|------------|
| 4.2 | 扭转外力及内力 | 68 |
| 4.3 | 薄壁圆筒的扭转 | 71 |
| 4.4 | 圆轴扭转时的应力·强度条件 | 73 |
| 4.5 | 圆轴扭转时的变形·刚度条件 | 81 |
| 4.6 | 圆轴扭转时的应变能 | 85 |
| 4.7 | 矩形截面杆自由扭转时的应力和变形计算 | 86 |
| | 本章小结 | 90 |
| | 思考题 | 90 |
| | 习题 | 91 |
| 第5章 | 截面的几何性质 | 95 |
| 5.1 | 静矩和形心 | 95 |
| 5.2 | 惯性矩·惯性积·极惯性矩 | 98 |
| 5.3 | 惯性矩和惯性积的平移轴公式及转轴公式 | 101 |
| 5.4 | 组合截面的形心主惯性轴和形心主惯性矩 | 105 |
| | 本章小结 | 107 |
| | 思考题 | 108 |
| | 习题 | 109 |
| 第6章 | 弯曲内力 | 112 |
| 6.1 | 概述 | 112 |
| 6.2 | 梁的内力 | 116 |
| 6.3 | 弯矩·剪力·荷载集度间的微(积)分关系 | 123 |
| 6.4 | 叠加法作弯矩图 | 129 |
| | 本章小结 | 132 |
| | 思考题 | 133 |
| | 习题 | 134 |
| 第7章 | 平面弯曲梁的应力和强度计算 | 139 |
| 7.1 | 平面弯曲梁的正应力 | 139 |
| 7.2 | 横力弯曲梁横截面上的切应力 | 147 |
| 7.3 | 平面弯曲梁的强度 | 154 |
| 7.4 | 梁的合理设计 | 159 |
| 7.5 | 弯曲中心的概念 | 163 |
| | 本章小结 | 165 |
| | 思考题 | 166 |
| | 习题 | 167 |
| 第8章 | 梁的变形 | 173 |
| 8.1 | 概述 | 173 |
| 8.2 | 梁的挠曲线近似微分方程 | 174 |

| | | |
|-------------|--------------------|------------|
| 8.3 | 积分法计算梁的位移 | 175 |
| 8.4 | 叠加法计算梁的位移 | 179 |
| 8.5 | 梁的刚度校核 | 185 |
| 8.6 | 平面弯曲梁的应变能 | 186 |
| | 本章小结 | 187 |
| | 思考题 | 188 |
| | 习题 | 189 |
| 第9章 | 简单超静定问题 | 193 |
| 9.1 | 超静定问题的概念 | 193 |
| 9.2 | 拉压超静定问题 | 195 |
| 9.3 | 扭转超静定问题 | 199 |
| 9.4 | 简单超静定梁 | 200 |
| | 本章小结 | 203 |
| | 思考题 | 203 |
| | 习题 | 204 |
| 第10章 | 应力状态和强度理论 | 207 |
| 10.1 | 概述 | 207 |
| 10.2 | 平面应力状态分析 | 210 |
| *10.3 | 主应力迹线的概念及应用 | 219 |
| 10.4 | 空间应力状态 | 220 |
| 10.5 | 复杂应力状态下的应力—应变关系 | 223 |
| 10.6 | 复杂应力状态下的应变能密度 | 227 |
| 10.7 | 常用强度理论 | 228 |
| *10.8 | 莫尔强度理论 | 232 |
| 10.9 | 各种强度理论的应用 | 234 |
| | 本章小结 | 237 |
| | 思考题 | 237 |
| | 习题 | 238 |
| 第11章 | 组合变形杆件的强度计算 | 243 |
| 11.1 | 概述 | 243 |
| 11.2 | 斜弯曲 | 244 |
| 11.3 | 拉伸(压缩)与弯曲 | 249 |
| 11.4 | 截面核心 | 254 |
| 11.5 | 扭转与弯曲 | 257 |
| | 本章小结 | 260 |
| | 思考题 | 261 |
| | 习题 | 262 |

| | |
|--------------------------------|-----|
| 第 12 章 压杆稳定 | 267 |
| 12.1 压杆稳定性的概念 | 267 |
| 12.2 细长中心受压直杆临界力的欧拉公式 | 269 |
| 12.3 临界应力·欧拉公式的适用范围 | 275 |
| 12.4 压杆稳定性条件及实用计算 | 279 |
| 12.5 提高压杆稳定性的措施 | 283 |
| 本章小结 | 285 |
| 思考题 | 285 |
| 习 题 | 286 |
| * 第 13 章 能量法基础 | 290 |
| 13.1 计算位移的莫尔积分法 | 290 |
| 13.2 计算莫尔积分的图乘法 | 296 |
| 13.3 卡氏定理 | 299 |
| 本章小结 | 302 |
| 思考题 | 302 |
| 习 题 | 303 |
| * 第 14 章 动荷载·交变应力 | 307 |
| 14.1 概述 | 307 |
| 14.2 简单惯性力问题 | 307 |
| 14.3 杆件受冲击时的应力和变形计算 | 312 |
| 14.4 交变应力和疲劳破坏的概念 | 319 |
| 14.5 对称循环下材料持久极限的测定 | 323 |
| 14.6 影响构件持久极限的因素 | 324 |
| 本章小结 | 329 |
| 思考题 | 330 |
| 习 题 | 331 |
| 附录 | 335 |
| 附录 1 习题参考答案 | 335 |
| 附录 2 型钢规格表 | 344 |
| 参考文献 | 356 |

1.1 材料力学的基本任务

1.1.1 工程构件正常工作的基本条件

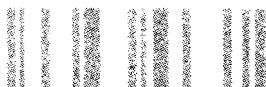
各种机械、建筑和结构物等都由若干单个组件构成,工程中统称这些单个组件为构件。构件在机械或结构中的作用是承受和传递外力,例如,汽车作用于桥梁上的力,吊起重物作用于起重机臂上的力等。这些主动作用于构件上的外力在工程中统称荷载。由于构件受到荷载作用时要产生变形,所以构件的承载能力有限,当荷载超过一定数值时构件就不能再正常工作。例如,房屋中的楼板梁,当受到的荷载过大时就可能断裂,汽车的传动轴荷载过大时有可能产生塑性变形(力取消以后不能再消除的变形),这两种情况统称破坏;再如,机床主轴在荷载作用下即便没有发生断裂或塑性变形,但若弹性变形(力取消以后能够消除的变形)过大,也不能保证加工精度;还有,某些构件,如矿井里的支柱、建筑结构中的立柱等,荷载增加到一定大小时会产生弯曲,不能再保持原有的平衡形式,这种现象称为失稳。无论是破坏、产生过大的弹性变形,还是失稳,构件都不能正常工作,都是工程上所不能允许的。由上述讨论可知,构件若能够正常工作,必须具备以下三个基本条件:

(1)具有足够的抵抗破坏的能力,工程上称为有足够的强度。强度以高低而论。强度高是指能够承受较大的荷载而不易破坏,生活中也称坚固,反之则称强度低。足够的强度,即构件能够安全地承受所要求的荷载,而不致发生断裂或产生塑性变形。

(2)具有足够的抵抗弹性变形的能力,工程上称为有足够的刚度。刚度以大小而论。刚度大是指在荷载作用下不易变形,反之则称刚度小。足够的刚度,即在要求荷载的作用下,构件的最大变形不超过工程容许变形的范围。

(3)具有足够的保持原有平衡形式的能力,工程上称为有足够的稳定性。稳定性以好坏而论。稳定性好是指在保持原有平衡形式不变的条件下能够承受较大的荷载,反之则称稳定性差。足够的稳定性,即在要求的荷载作用下,构件足以保持原有的平衡形式。

足够的强度、足够的刚度、足够的稳定性是工程构件正常工作的三个基本条件,这三



个条件是彼此独立的,相互不能代替,但对结构中不同的构件可以有主次之分。例如,拉杆就不存在稳定性问题,而对细长压杆,稳定性则是其正常工作的最主要条件。

1.1.2 材料力学的任务

如何保证构件具备正常的工作条件,是工程构件设计中必须解决的问题。直观的经验给人的感觉,似乎选用好材料或增加横截面积可以达到目的,但这样做的科学根据并不充分。例如,对用普通碳钢制成的细长压杆,想要通过选用高级钢提高其稳定性,几乎无济于事;再例如,要增加汽车大梁的承载能力,想以截面积较大的实心钢梁代替原来的槽形钢梁,也不一定奏效。第二次世界大战中美国的一些潜艇在大洋中莫名地消失了,后来的调查发现,这些潜艇不是销毁在战火中,而是因为制造时使用的高级钢材对微裂纹敏感而失效。可见经验不是科学,盲目地增加截面面积或选用好材料,不但会使工程造价提高很多,而且造出的东西也不一定适用。科学的作用在于揭示事物的本质和内在规律,使问题得到合理的解决。工程中,“合理”的含义是“既安全可靠,又经济适用”,这是一对矛盾。我们不可能忽视安全,那是不容许的;我们也不可能不考虑经济适用,忽视经济条件和适用性也是不容许的。要正确解决这对矛盾必须研究材料的力学性能、构件的形状尺寸、荷载的性质及作用等因素。

实践中我们会注意到,许多时候并不需要增加构件的横截面积或更换好的材料,就可以使其承载能力大大提高。例如,一块狭长矩形截面板,如果按图 1.1(a) 所示方式平放在支座上,它能承受的荷载 F 并不大。可是,若将其按图 1.1(b) 所示的方式侧放,它的承载能力就可以提高许多。再例如,一块竖立在地面上的平板的稳定性很差,承载能力也很小,但若将其做成圆筒,它的承载能力可以提高很多倍,这就是在高层建筑中常常采用筒式结构的力学道理。还有,铁轨的截面为什么是工字形的,汽车的传动轴为什么是空心的,起重机臂的截面为什么是箱形的? 等等。诸如此类的例子在工程中随处可见,这其中都包含着诸多材料力学的原理和方法。

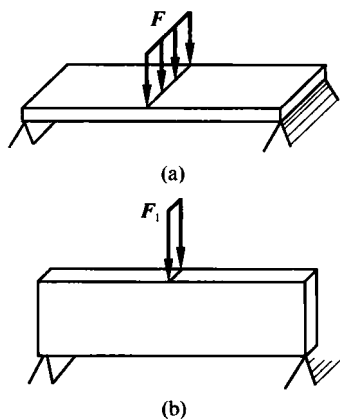


图 1.1

综上所述,材料力学是运用辩证唯物论的观点和多个学科的基础知识(如物理、力学、数学等),在科学研究和生产实践的基础上发展起来的一门研究构件承载能力的科学。它的主要任务就是从保证构件能够正常工作的基本要求出发,研究并提供有关强度、刚度、稳定性方面的理论和计算方法。帮助我们合理地选择构件的材料和形状,确定所需要的尺寸;判断已有构件是否能够正常使用,并考虑如何改进以适应新的要求。

构件的强度、刚度、稳定性主要由材料的力学性能,构件的形状尺寸,荷载的性质、大小及作用方式等决定,学习中对这些要有全面的理解,才能更好地掌握和运用。

还应强调,材料力学不是纯理性的科学,它与工程实际有密切联系,它的研究方法包括实践(验)、理论、再实践再理论的循环发展的全过程。其中,实验研究是材料力学赖以发展的重要方面和分支,有些问题尚无理论解答,有些理论还有待实验验证,有些理论需

要依靠实验去发展。因此,理论研究和实验研究在材料力学的发展中,是相辅相成、同等重要的两个方面,认识这一点无论在学习时、科学研究中、还是工程实践上都将有重要意义。

1.2 变形固体的概念·材料力学的基本假设

1.2.1 变形固体的概念

自然界中的任何固体受力后都会产生或大或小的变形,因此可以说所有的固体都是变形固体。理论力学中,曾经将物体看成刚体,那是一种科学的抽象,是因为当物体的变形很小时,对物体机械运动的影响甚微,因而将其忽略,得出了刚体的概念。材料力学研究的是工程构件的强度、刚度、稳定性,这些都与构件在荷载作用下的变形性质紧密相关,固体的变形性质成为材料力学研究的主要问题,因而不能再忽略,所以材料力学中研究的物体都是变形固体。

固体的变形可分为两种,即弹性变形和塑性变形。弹性变形是指外力消除后能够消失的变形。若构件在荷载作用下的变形是弹性变形,荷载消除后构件会完全恢复原状,不留任何痕迹。例如,弹簧在较小拉(或压)力作用下的变形就是弹性变形。实际上任何构件的弹性变形都与弹簧的弹性变形有同样的特点。由于力消除之后弹性变形可以消失,构件可反复工作,这对机械零件、桥梁和房屋中的大多数构件都有重要意义。如果外力全部卸除后变形不能完全消失,那么遗留下来的部分变形就称为塑性变形,亦称残余变形。构件产生塑性变形后不能再恢复原有形状,这对有些构件是不允许的,但对有些构件则可以允许较小的塑性变形。变形固体能够产生弹性变形的性质称为弹性,能够产生塑性变形的性质称为塑性。一般来说,变形固体既有弹性又有塑性,但当外力在一定范围内时,可以只有弹性,这个范围称为弹性范围。

1.2.2 材料力学的基本假设

材料力学的基本假设包括两个方面:一是关于材料的假设;二是关于杆件变形范围亦即材料力学研究范围的假设。

1. 关于变形固体的基本假设

变形固体的性质很复杂,不同材料的力学性能不同,即使是同一种材料的不同部分,力学性能也存在各种各样的差别。我们不可能逐点逐块地研究材料的力学性能,不仅不可能,而且也没有科学意义和工程价值。为了使我们的研究具有普遍意义,必须进行科学简化,忽略次要因素,保留主要因素,建立起一个既符合实际又便于计算的材料模型,这就是下面的简化假设。

(1) 连续性假设

连续性假设即认为材料内部没有空隙,或者说,物体的整个体积都为组成它的介质所填满。因为材料是连续的,构件在荷载下的变形也是连续变化的。