

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2015.04.017

土木工程材料力学课程教学的整体理论体系及其内在逻辑关系

李炜明

(武汉轻工大学 土木工程与建筑学院,湖北 武汉 430023)

摘要:文章从整体理论体系、基本理论、具体章节三个层次,将材料力学课程教学大纲知识点进行了系统归纳,分析了其内在逻辑关系,提出了典型的供课堂深入讨论的问题,为学生系统、深入掌握教学内容奠定一定的基础。

关键词:材料力学;本科生教学;理论体系;逻辑关系;课程教学

中图分类号:G642.0;TU501

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2015)04-0067-03

在土木工程学科中,材料力学(Mechanics of Materials)是研究结构材料在荷载作用下产生的应变、应力、强度、刚度和稳定性问题,而后三者又通常被称为构件的正常工作条件。材料力学课程教学一般以高等数学和理论力学为基础,并与理论力学、结构力学并称为土木工程专业本科阶段的三大力学,是混凝土结构设计、钢结构设计等专业课的基础,也是土木工程专业学生的核心必修课程。

材料力学课程本科生教材,国内已有较为成熟的多个版本^[1-4]。对相关教学也有较多经验总结与讨论^[5-9]。不过,对土木工程专业本科生教学内容的理论体系与内在逻辑,暂未见有较为深入的探讨。在材料力学课程教学过程中,学生反映概念较多,部分理论推导较为复杂,较难从总体上把握课程的理论体系与各章的内在逻辑关系,从而导致学生存在不同程度的畏难情绪。此外,材料力学课程知识点的遗忘率也相对较高。部分高年级的学生,或已经工作的毕业生,对材料力学整体的理论体系与内在逻辑已难以把握,只能记忆起零星的概念与某些典型的例题,把大部分教学内容“归还”给了教师。因此,本文针对材料力学课程教学中学生面临的共性问题,基于教学大纲,从理论体系、基本理论与各章节内在逻辑关系三个方面进行了归纳。

一、整体理论体系

经过归纳,本文提炼土木工程材料力学的整体理论体系如图1。从图中可以看出,本文提出的整体理论体系简明直观,内在逻辑条理清晰:由绪论引入四种主要变形—四种主要变形的计算(形成基本理论部分)—基于基本理论部分的四个特殊问题(为平行关系)。

收稿日期:2014-12-17

基金项目:湖北省自然科学基金(2013CFB323);武汉轻工大学引进人才项目(2013RZ10);武汉轻工大学校级教学研究项目(XM2013018)

作者简介:李炜明(1976-),男,武汉轻工大学土木工程与建筑学院副教授,工学博士,主要从事土木工程结构力学分析、监测与优化研究,(E-mail)6218000@qq.com。

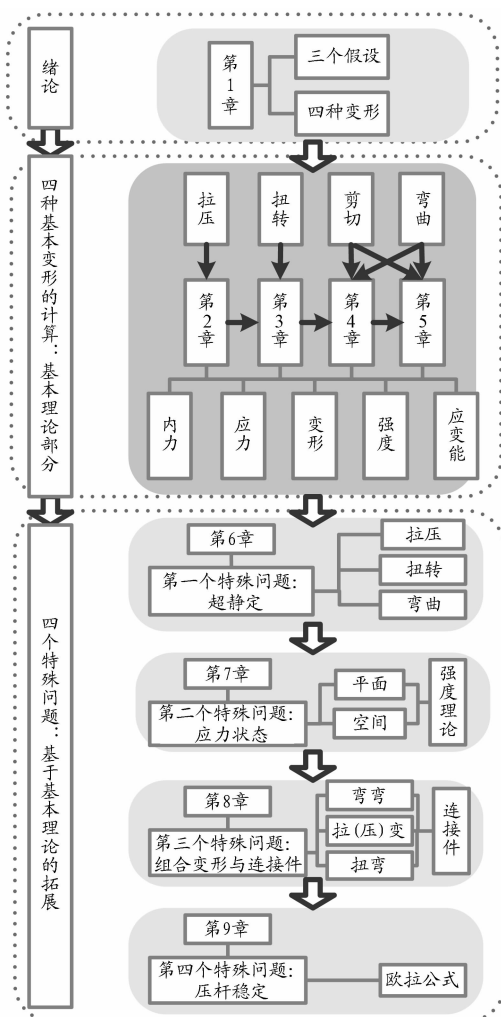


图1 材料力学整体理论体系及其内在逻辑关系

一是,第1章基于3个假设,提出材料力学的主要研究对象:拉压、扭转、剪切与弯曲四种变形。

二是,第2章、第3章分别阐述拉压、扭转时的内力、应力、变形、强度与应变能,因为弯曲时,杆件的应力与位移较为复杂,所以在第4章、第5章分别进行阐述。上述四章形成了整体理论体系中的基本理论部分。

三是,第6章在基本理论的基础上,提出第一个特殊问题:超静定问题。其中第1节阐述概念,第2-4小节分别阐述拉压、扭转、弯曲时的超静定问题。

四是,第7章在基本理论部分的基础上,提出第二个特殊问题:应力状态与材料破坏规律问题。具体而言,基于第2章的单轴应力状态、第3章的纯剪切应力状态,进一步研究第4章引入的平面应力状态,由此拓展研究空间应力状态,并寻求材料破坏的规律,即强度理论。

五是,第8章在基本理论部分的基础上,提出第三个特殊问题:组合变化与连接部分问题。其中第1

节阐述概念,第2-4小节分别阐述弯弯、拉(压)弯与弯弯的组合变形,第5小节和第6小节阐述连接件计算的理论与应用。

六是,第9章在基本理论部分的基础上,提出第四个特殊问题:压杆稳定。其中欧拉公式是全章核心。

可进一步引导学生展开讨论,加深对整体理论体系内在逻辑关系的理解与把握。如:(1)绪论第1-5节中,将杆的变形分为四种;第2章、第3章、第4-5章三部分分别阐述了四种变形中轴向拉压、扭转、弯曲三种变形,而第6章的第2-4节分别阐述了超静定问题中的拉压、扭转、弯曲3种变形,第8章的组合变形分别阐述了弯弯、拉弯、扭弯三类组合变形。请问绪论中的剪切变形书中有否进行阐述?为什么?(2)杆件扭转变形时的切应力与弯曲变形时的切应力产生的原因是否一样?各自对应的内力是什么?(3)请结合生活中的例子区分位移与变形,并分析进行拉压、扭转、弯曲强度校核时,分别是用的哪种刚度条件?为什么?

二、基本理论部分

如上所述,材料力学的整体理论体系可以分为基本理论部分(第2章-第5章)与四个特殊问题(第6章-第9章)笔者将基本理论部分的框架体系与内在逻辑关系归纳为表1。同样,可引导学生展开讨论,加深对各章节内在逻辑关系的理解与把握,如:(1)拉压、扭转、弯曲变形的杆件,有无区别与联系?扭转中的三种杆件(薄壁圆筒、等直圆杆、等直非圆杆)简化与假设条件是否一样?三种杆件的计算有无内在联系?弯曲变形中的三种杆件呢?(2)第2章-第5章的计算有无核心公式?如有,哪几个是核心公式?第2章-5章中是如何由应力计算公式推导的变形公式?第2章-5章中的应力公式与变形公式形式上有无异同?其内在原因是什么?

4个基于基本理论部分的特殊问题也可做类似归纳,在此不再赘述。

三、具体章节内容的内在逻辑

基于上述的介绍,可进一步分析基本理论部分(第2章-第5章)中推导的内在逻辑关系,一般为:三类特征(几何、变形、受力)—内力分布规律—内力计算—应力计算(几何、物理、静力学的分析)—强度条件—变形参数与计算—刚度条件与计算—应变能。对此同样也可引导学生进行课堂讨论。

表1 基本理论部分的理论体系及其内在逻辑关系

	轴向拉压	扭转	弯曲
几何特征	等直杆	薄壁圆筒、等直圆杆、等直非圆杆	梁、平面刚架、曲杆
变形特征	轴向伸长或缩短	相邻横截面绕轴线转动,纵向线变成螺旋线	轴线在纵向平面内弯曲
受力特征	承受一对大小相等、指向相反的集中力	承受作用面垂直于杆件轴线的 外力偶系	承受轴线纵向平面内且垂直于轴线的横向外力作用
内力分量	轴力 F_N	扭矩 T	弯矩 M 、剪力 F_s
应力分布规律	正应力均匀分布	切应力与距圆心距离成正比分布	正应力与中性轴距离成正比,切应力沿截面外力作用
应力计算	$\sigma = \frac{F_N}{A}$	$\tau_p = \frac{T_p}{I_p}$	$\sigma = \frac{M_y}{I_z}, \tau = \frac{F_s S_z}{I_z b}$
应力状态	单轴应力状态	纯剪切应力状态	单轴、纯剪切、平面三种应力状态
强度条件	$\sigma_{\max} \leq [\sigma]$	$\tau_{\max} \leq [\tau]$	$\sigma_{\max} \leq [\sigma], \tau_{\max} \leq [\tau]$
变形参数	轴向线应变	单位长度扭转角	挠曲线曲率
变形公式	$\varepsilon = \frac{F_N}{EA}$	$\varphi' = \frac{T}{GI_p}$	$\frac{1}{\rho} = -\frac{M}{EI_z}$
截面位移	轴向线位移	扭转角	挠度与转角
刚度条件	变形刚度条件	变形刚度条件	位移刚度条件
刚度计算	$\varepsilon_{\max} = [\varepsilon]$	$\varphi'_{\max} \leq [\varphi']$	$\frac{w_{\max}}{L} \leq \left[\frac{w}{L} \right], \theta_{\max} \leq [\theta]$
应变能	$V_z = \frac{F_N^2 L}{2EA}$	$V_z = \frac{T^2 L}{2GI_p}$	$V_z = \int_L \frac{M^2(x) dx}{2EI_z}$

四、结语

材料力学概念较多,体系相对复杂而前后内容联系紧密。本文对土木工程材料力学课程教学大纲的整体理论体系进行了提炼,重点分析了各个章节之间的内在逻辑关系。经过教学实践证明,本文所归纳的理论体系和内在逻辑关系能引导学生较好地掌握课程的核心内容,把握前后章节内容的内在逻辑关系,在理解的基础上深化记忆。

参考文献:

[1] 孙训方,等. 材料力学[M]. 5版. 北京:高等教育出版社, 2009.
 [2] 刘鸿文,等. 材料力学[M]. 5版. 北京:高等教育出版社, 2011.

[3] 单祖辉. 材料力学[M]. 3版. 北京:高等教育出版社, 2012.
 [4] 范钦珊,等. 材料力学[M]. 北京:清华大学出版社, 2008.
 [5] 李颖,冯立富,郭书祥. 《材料力学》教学中的一些生活和工程实例[J]. 力学与实践,2005(2):79-80.
 [6] 李尧臣. 梁的弯曲正应力的材料力学方法修正[J]. 力学与实践,2006(2):73-74.
 [7] 吴新如,王习术. 激发大学生材料力学实验动手与分析的能动性[J]. 力学与实践,2006(6):81-83.
 [8] 韦成龙,李学罡,徐飞鸿. 材料力学教学内容改革的研究与实践[J]. 力学与实践,2002(3):53-54.
 [9] 胡超,程建钢,韩锡斌. 《材料力学》多媒体仿真教学实验系统[J]. 力学与实践,2002(6):68-71.

Theory system and logical relationship of mechanics of materials course teaching in civil engineering

LI Weiming

(School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, P. R. China)

Abstract: The teaching contents of mechanics of materials course were summarized from three aspects, which were the theory system, the basically theory and the general chapter. The logical relationship of the contents was inspected, and the discussion cases in classroom teaching were presented. They are useful for students to grasp the course contents systematically and deeply.

Keywords: mechanics of materials; undergraduate teaching; theory system; logical relationship; course teaching