

# 面向国际化人才培养的弹性力学课程建设

糜长稳, 郭力

(东南大学 土木工程学院, 江苏 南京 210096)

[摘要]弹性力学课程在工程力学、土木工程、机械工程和材料科学与工程等众多工科专业的课程设置中具有极端重要性,为更好地适应高等教育人才培养的“卓越化、国际化、研究型”要求,在新的时代背景下有必要对该课程的现行教学模式做出一些改善,如引入张量表述,适当减少经典解析解的篇幅并将重点放在解的来源和应用介绍上,适当增加泛函极值问题和变分理论的介绍,为后续的计算力学课程打好理论基础;视师生素质引入双语和全英文教学模式等。弹性力学课程国际化建设的主要元素包括:建设目标、教学内容的确立、教材选用、课件编制、习题选编、网络教学平台的建设和教学语言的确定,基于教学实践的实施效果也应得到合理评价。该课程已经取得的国际化建设经验同样适用于类似的其它力学课程。

[关键词]弹性力学;课程建设;国际化;双语教学

[中图分类号]G642.3 [文献标识码]A [文章编号]1671-511X(2014)S2-0163-03

弹性力学是可变形固体力学的重要分支,致力于寻求构件和结构在弹性变形阶段的位移、应变和应力分布,是“材料力学”中杆件基本变形和受力分析理论的推广及一般化,研究对象也由“材料力学”中单一的杆件扩展到了杆件、板壳和实体,与“材料力学”的最重要区别在于摒弃了变形(平面)假设。同时,弹性力学又是塑性力学、断裂力学、损伤力学、连续介质力学和粘弹性力学等后续力学课程的重要基础。因此,学好弹性力学对于加强学生的数理基础和专业素养的提高具有举足轻重的意义,并为今后解决工程实际问题或从事科研活动打下扎实的基础。

随着现代工业文明的不断进步,尤其是在21世纪的今天,弹性力学理论对工程经济各行业的影响越来越深远,在东南大学,弹性力学课程已经成为工程力学、材料工程、土木工程和交通工程专业本科生的必修课程,同时也是机械、土木和交通专业研究生的选修课程,因此,弹性力学课程的教学必须与时俱进,不断改革完善,充分吸取国际上工程教育发达国家的经验,才能拓宽学生的国际化视野,适应当前我国工程教育的“卓越化、国际化、研究型”要求,使学生牢固掌握课程知识并加以灵活运用,从而更好地应用于工程实践和科学研究活动中。

## 一、弹性力学课程国际化建设的必要性

在我国,弹性力学教育源于20世纪早期,当时采用的教材均为外文的,教学内容和体系基本照搬外文教材,教师由外籍学者和留学归国的中国学者担任。建国以来,为了适应弹性力学的教学需要,以中文编写的弹性力学教材得以陆续出版。当前,我国高等工科院校的主流弹性力学教材是徐芝纶教授编著的《弹性力学》和《弹性力学简明教程》<sup>[1-2]</sup>,以此为基础的弹性力学教学内容和组织体系主要包括弹性力学的基本概念和基本假设、平面问题的基本理论、直角坐标解法和极坐标解

法、空间问题的基本理论和解答、薄板弯曲问题以及差分法、变分法和有限元法介绍等,这个体系在早期的弹性力学教育中是很适应的,为我国的工业和国防建设各行业以及高等院校培养了一大批力学专业人才。

进入新世纪以来,我国的高等教育改革持续深化,教育部明确提出了高等教育的“卓越化、国际化、研究型”要求,基于弹性力学课程的教学研究和教学实践,我们发现我国的高等教育环境和师生素质的国际化程度已经达到了较高水准,因此,我们认为可以适当借鉴国内高等理科院校和国际著名大学的弹性力学教学模式,对这一体系做出一些调整,使得弹性力学这门课程能够在新的时代背景下更好地为培养具有国际水准的工程力学专门人才服务。

首先,可以引入张量表述,并进行相应的数学基础介绍。张量形式表述紧凑,十分有利于以最简洁的形式提出基本控制方程,要比分量形式更易从总体上把握弹性力学的理论框架,相对于材料力学课程的由杆件具体变形形式的介绍到一般共性的归纳式教学体系,弹性力学课程是典型的先确定一般理论框架再去解决各种具体问题的演绎式教学,因此对于课程总体框架的把握至关重要,张量的使用可以更好地实现这一目标。诚然,在解决各种具体问题时还是要落实到分量形式的微分方程上来的,再辅之以矩阵形式的方程,效果更佳。此外,当前几乎全部的专业学术文章在涉及力学方程时均尽可能地以张量形式表述,引入张量可以为学生从事科学研究创造条件,为培养国际化的力学专门人才做好铺垫;其次,可以适当减少经典弹性力学问题解析解的介绍篇幅,这些解析解大多采用逆解法或半逆解法求得,其中应力或位移函数的选取往往比较抽象,技巧性强。因此,教学重点可以放在各类解析解的来源和应用上,并适当补充直观的直接解法,尽量消除神秘感;再次,可以适当增加对泛函极值问题和变分原理的介绍,它们是强大的现代数值计算方法如有限元、边界元

[收稿日期]2014-11-12

[项目基金]东南大学教改项目“弹性力学课程的国际化建设研究与实践”、江苏省教育厅教改专项“基础力学研究性教学模式的探索与实践(2011JSJG115)”和东南大学2014年虚拟仿真实验教学项目“材料力学虚拟实验平台的设计与开发(201426)”成果之一。

[作者简介]糜长稳(1974-),男,博士,东南大学土木工程学院副教授,研究方向:弹塑性力学及其教学与研究。

和近似法(如伽辽金法和里兹法)等的理论基础,弹性力学课程的教学应该为学生日后利用这些现代计算力学工具做好理论准备,使得学生深刻理解这些计算力学工具背后的理论根基,以更好地掌握数值计算软件,并开展后续的研究工作;最后,对于国际化人才的培养,双语或全英文的教学模式是一个必然选择,当前主流的力学专业期刊和信息交流平台大部分以英文出版,因此有必要在人才培养的环节早日做好这一准备工作。

弹性力学理论诞生和发展于欧洲,成熟于美国,最经典教材均为外文<sup>[3-4]</sup>,随着我国高等教育师生素质的国际化,该课程的国际化条件已趋于成熟,这样的国际化必然能够有效推动我国本科教学的卓越化、国际化和研究型。

## 二、弹性力学课程国际化建设的思路与实践

### (一)改革的目标

借助于弹性力学课程的国际化建设,主要目标在于开拓学生的国际化视野,使得学生能够理解和掌握弹性力学的基本理论;进一步加深对“材料力学”和“结构力学”的理解,明晰三者之间的区别和联系,并为可变形固体力学的后续课程打下坚实的数理基础;能够阅读和初步应用弹性力学领域的英文教材、期刊论文和其它学术著作;能够应用弹性力学近似解法(变分法、差分法和有限元法等)解决工程实际问题。

### (二)教学内容的确定

教学内容的制定是弹性力学课程国际化建设的首要核心环节,在结合国内外主流弹性力学教材和国内外主流工科院校的弹性力学课程大纲基础上,同时针对东南大学师生的具体素质综合考虑,确定了该课程的教学内容:弹性力学绪论、数学基础、位移与应变、应力与平衡、应力应变本构关系、弹性力学公式体系和基本求解策略、平面问题的公式体系和求解、平面问题直角坐标系求解、平面问题的极坐标系求解、空间问题求解理论与经典案例、直杆拉伸扭转和弯曲、薄板弯曲、变温应力、能量方法与变分原理、数值方法简介等。这一基本教学体系充分突出了弹性力学课程的国际化元素,首先,重点强调了张量代数和张量微分这一弹性理论的最重要数学基础,掌握了张量代数和张量微分便使得从战略整体上来把握弹性理论成为可能,能够明晰几组控制方程的来龙去脉;其次,着重于阐释二维和三维弹性理论的公式体系和解的策略,阐明从直接解法到逆解法再到半逆解法这样一种无奈的选择,对于后两种解法,不纠缠于众多经典问题解析解的简单罗列和堆砌,而是选择几个极具代表性的两维(三维)问题,重点讲解应力函数(位移势函数)的选取是如何从控制微分方程的通解一步一步简化到正确解的必然性,并提供其余的经典问题供学生课后揣摩领会;最后,针对当今计算力学领域广为流行的有限元和边界元软件,重点介绍它们的理论基础,即变分原理和能量方法,使得学生弄懂这些计算力学软件背后的理论基础,彻底消灭对这些软件的恐惧感和神秘感。

### (三)教材的选用

不同历史时期的弹性力学教材都是当时学术思潮的一种反映,伴随着弹性力学理论的产生、发展和成熟,弹性力学教材经历了几个重要阶段,从 19 世纪末期 A.E.H Love 的“A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity”<sup>[5]</sup>,到 20 世纪中期 N.I. Muskhelishvili 的“Some Basic Problems of the Mathematical Theory of Elasticity”<sup>[6]</sup>,都是最经典的“百科全书”式的弹性力

学教材,既包括学科基础知识也有专门知识。1934 年,S. Timoshenko 首次编写出版了适用于大学教育的“Theory of Elasticity”<sup>[7]</sup>,这本书至今仍被部分教学采用,当今国内外高校的许多中英文教材也都是以此为蓝本的翻版。为在东南大学开展弹性力学课程的国际化建设,在透彻研究这些经典教材后,并结合我国和东南大学师生的国际化素质,经比对研究,选定了 Martin H. Sadd 主编的“Elasticity: Theory, Applications, and Numerics”<sup>[8]</sup>,该书是 S. Timoshenko 经典弹性力学教材的现代版,条理清晰、图表例题丰富、但解答略有跳跃以供学生补充完成,尤其适用于初学者,是现今美国高校中使用最为广泛的弹性力学教材之一,也是我国高校双语教学中选用最多的几本弹性力学教材之一,具有“精炼化、现代化、通俗化”的显著特色<sup>[9]</sup>。

### (四)教学课件的制作

教学课件的制作:课件是教学大纲、原版外文教材、和我校已有的多年弹性力学教学实践的生动结合,是整个课程国际化建设的最重要载体。目前弹性力学的任课教师都有长期从事该课程的中文教学经验,积累了丰富的中文课件资料,但由于国际化建设采用教材和教学内容的相应调整,还需要能够做出一些调整,制作并完善与新教学内容体系配套的多媒体电子教案,紧贴大纲和教材,界面更友好,更符合我校师生的国际化素质和教学规律,从而更能激发学生的学习兴趣,实现弹性力学课程教学的“卓越化、国际化、研究型”。这里希望强调的一点是,英文教材固然有其特出的优点,但由于国内外弹性力学课程教学内容的差异,并不能生搬硬套,不加鉴别的全部采用,而应结合我国和我校的多年弹性力学教学体系加以甄别,这一基本原则首先要反映在的课件上。

### (五)施教语言的选择

一门课程的国际化建设,不仅仅体现在内容上,形式上同样重要,纵观弹性力学的发展史,突破性的进展均在西欧和北美取得,中国力学家在中华人民共和国成立后才有所参与,即便如此,在当今世界,在国内外出版的与弹性力学相关的重要学术文献与教材几乎全部以英文记载,因此,英语形式在该课程的国际化建设中举足轻重,我们认为,采用英文大纲、英文教材、英文课件、英文习题和考核,但采用双语(主要为中文)讲解是当前时代背景下较为合适的语言组织形式,今后,随着我国和我校大学生英语素质的进一步加强,再择机向全英文方式过渡。

## 三、弹性力学课程国际化建设的实施效果

近年来,通过弹性力学课程的国际化建设与教学实践,我们在东南大学持续、深入地开展了面向卓越化、国际化和研究型人才培养的课程建设,引进了原版经典教材,制作了整套全英文课件、20 套全英文习题和专门的课程网站,并借鉴国外高校弹性力学课程的教学元素,实现了弹性力学课程的国际化接轨,取得的主要成效包括下列几方面:

### (一)教学体系

在比对国内外弹性力学教材、比对国内外弹性力学课程教学体系,并考虑我校各专业学生的国际化素质的基础上,确定了如前所述的弹性力学课程的英文教材和基本教学内容。

### (二)课程网站

建立了弹性力学课程的专用英文网站(<http://elas.yolosite.com/>)<sup>[9]</sup>,集中存放课件、习题和参考书目等课程资源,并使之

成为师生资源共享和交流的平台,网站主要包括课程描述、教学大纲、任课教师简介、教学课件、作业、补充材料、参考文献、网络互动平台等模块,教学实践中,所有教学材料均通过该网站发布,成为名符其实的第二课堂,学生的任何疑问均可通过网站填写表格,实时推送到任课教师的个人邮箱。

#### (三) 师资培养

借助弹性力学课程的国际化建设,培育了多名弹性力学课程的双语和英文教学师资,为东南大学,特别是工程力学专业本科教学的“卓越化、国际化、研究型”积蓄了师资力量;

#### (四) 学生评价

在极为重要的学生评教方面,东南大学教务系统开设有统一的学生评教系统,供学生对自己选修的每一门课程进行评价,评价指标共有以下几个方面:教材选用、课件质量、讲解质量、理论联系实际程度、介绍学科最新发展、运用现代化教学手段效果、启发和引导学生、提问和讨论环节、辅导和答疑、课后与同学的交流程度(含QQ、Email、课程网站等方式)、作业和批改质量、考核方式和考核环节、从老师和课程得到的总体收获。近3年,本课程的学生评教平均得分为94.76,作为参照,东南大学土木工程学院的学生评教平均得分为90.16,东南大学全校平均得分为89.36,从这组数据可以看出,东南大学土木工程学院开设课程的学生满意度高于全校,而弹性力学课程的学生满意度更是远高于学院和全校得分,部分选修学生评价弹性力学课程实现了真正的与国际接轨,是一门世界级的弹性力学课程,深入浅出,获益匪浅。本文的第一作者也因此连续两届当选东南大学吾爱吾师我最喜爱的十大老师称号。在此值得一提的是,作为当今世界工程教育的领先者,美国工程教育中衡量一门课程讲授质量的唯一评判标准便是学生评教。

## 四、结 语

目前,我国高校特别是工科院校中的弹性力学课程教学大多沿袭了材料力学的教法,即归纳法教学,与发达国家该课程的教学模式有很大差距,以至于很多学生学完整门课程都弄不清几个应力分量之间存在什么样的关系。本文通过对比分析,介绍了在东南大学开展的弹性力学课程国际化建设研究与教学实践成果,有效推进了我校力学专业系列课程的国际化教学改革,为我国工程建设和学术研究培养高质量的力学人才做出了贡献。

#### [参 考 文 献]

- [1] 徐芝纶. 弹性力学(第3版)[M].北京:高等教育出版社,1990.
- [2] 徐芝纶. 弹性力学简明教程(第4版)[M].北京:高等教育出版社,2013.
- [3] TIMOSHENKO S P. A History of Strength of Materials [M]. New York: McGraw-Hill, 1953.
- [4] 武际可. 力学史[M].上海:上海辞书出版社,2010.
- [5] LOVE A E H. A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity [M]. Cambridge: Dover Publications, 1944.
- [6] MUSKHELISHVILI N I. Some Basic Problems of the Mathematical Theory of Elasticity [M]. New York: Springer, 1977.
- [7] TIMOSHENKO S P, GOODIER J N. Theory of Elasticity, 3rd ed. Toronto: McGraw-Hill, 1970.
- [8] SADD M H. Elasticity: Theory, Applications, and Numerics [M]. London: Elsevier, 2005.
- [9] MI C. <http://elas.yolasite.com> [EB/OL].2011.