

计算结构力学课程教学改革与实践

张运涛¹, 干洪², 苏少卿¹, 吴约¹, 沈小璞¹

(1. 安徽建筑工业学院 土木工程学院, 安徽 合肥 230022; 2. 安徽工程大学, 安徽 芜湖 241000)

摘要:根据经济、科技和社会发展对土木工程专业人才培养要求, 创新确立了计算结构力学的教学内容与课程体系。针对计算结构力学课程的特点, 教学过程中应用 MathCAD 软件弥补传统多媒体教学软件的不足。课程内容的不断完善与提高, 促进教学与科研的共同发展, 为学生的个性发展提供了空间。

关键词:计算结构力学; 教学改革; 多媒体教学; MathCAD

中图分类号: G642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2909(2010)04-0078-03

随着计算机技术的飞速发展和计算机应用的迅速普及, 计算结构力学作为现代结构力学的重要组成部分, 已成为高等院校工程结构类专业的重要必修课程。安徽建筑工业学院是国内较早开设计算结构力学课程的院校之一, 经过课程组长期的艰苦努力, 计算结构力学课程建设取得了长足进展, 学生在结构分析的计算机应用能力方面得到了大幅度提高。

一、课程内容与教学体系的改革

计算结构力学的教学体系是建立在结构力学、计算数学、计算机应用这三个二级学科的基础上, 属于交叉学科的课程^[1]。经典结构力学主要传授基础理论, 而计算结构力学则是基础理论的深化与延伸, 并加强了学生的编程能力、计算能力和分析解决实际问题的能力^[2]。考虑到土木工程专业的特点, 从人才培养的多层次性和工程应用性出发, 学校在课程改革中突出工程特色, 注重市场需求和技术水平领先, 以培养现代工程师为主要目的, 进一步加强工程实践的训练, 突出创新能力的培养。从调整课程内容与教学体系出发, 侧重课程内容在工程应用性与实用性方面的改革和计算机应用方面的充实, 侧重基本技能训练, 着重培养学生的计算机应用能力和实践能力。

以面向 21 世纪的人才培养作为战略目标, 根据经济、科技和社会发展对土木工程专业人才培养要求, 创新确立了新的教学内容与课程体系, 主要内容与特色为: 根据计算结构力学课程开设目的, 结合结构力学、计算数学、计算机应用这三个二级学科在本课程的交汇情况, 彻底改革过去以结构类型和单元分析为主线的教学过程, 创新形成以结构分析计算机程序设计为主线的课程教学体系^[3] (图 1)。学生在本课程开设前学习计算机基础和程序设计语言, 为计算结构力学课程的开设奠定基础。在结构分析的各个环节均设置程序设计大作业:

收稿日期: 2010-05-16

作者简介: 张运涛 (1972-), 男, 安徽建筑工业学院土木工程学院讲师, 博士, 主要从事土木工程研究, (E-mail) jqxyzt@sina.com。

形成结构单元定位向量程序设计;形成结构单元刚度矩阵程序设计;组集结构刚度矩阵程序设计;形成荷载向量程序设计;线性代数方程组求解程序设计;求解结构内力和反力程序设计,最终完整的结构分

析程序可经各环节“滚雪球”而成,程序设计部分可直接用于工程实际,学生做完所有大作业后即可利用自编程序对各种类型的杆系结构进行计算分析。

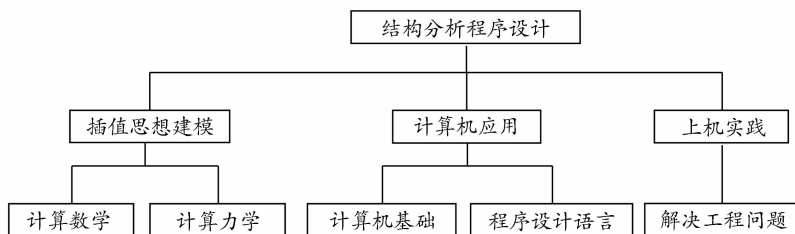


图1 课程体系框图

在结构力学课程学习时,学生已掌握了结构力学求解器 SMCAI 的使用,可进行结构的力学分析。当时学生只是把它当成一个黑匣子在使用,不知道其计算原理和方法。另外,学生在学习 PKPM 等工程设计软件时,只掌握了软件的应用,感觉软件功能强大,却也不知软件的计算原理和方法。在计算结构力学的学习过程中,要让学生明白其计算原理和方法,并自己动手编制相应的结构分析程序,从而极大地提高了学生的学习兴趣,充分调动了学生的学习积极性,有效地提高教学效率,并为正确和高效地使用工程设计软件奠定了理论基础。在毕业设计中,要求用自编程序对手算结果进行校核,加强学生的计算机工程应用能力。

二、多媒体教学手段的应用

计算结构力学课程内容多,而课时有限,为解决这一矛盾,学校采用了以多媒体为主的教学手段,提高了教学效率。多媒体教学以其形象直观、生动有趣、信息量大、交互性强的优势为广大师生所喜爱和接受。按照课程教学大纲规定的教学目标和要求,精心制作了计算结构力学课程的多媒体教学课件。

计算结构力学以矩阵表达的公式多,矩阵计算多,传统教学中,教师的板书要占去相当多的时间。采用多媒体后,大大减少了教师黑板板书的时间,可以把精力投入到基本原理的讲解和实际应用上,收到了事半功倍的效果。传统的课件制作软件如 PowerPoint 所给出的矩阵计算都是“死”的,计算结果不能随初始矩阵的变化而改变。在课件制作过程中,引入 MathCAD 软件可以使得矩阵的计算“活”起来——随输入的改变给出新的计算结果。如梁单元的单元刚度矩阵如下式:

$$K = \begin{bmatrix} 12 \frac{E \cdot I}{L^3} & 6 \frac{E \cdot I}{L^2} & -\left(12 \frac{E \cdot I}{L^3}\right) & 6 \frac{E \cdot I}{L^2} \\ 6 \frac{E \cdot I}{L^2} & 4 \frac{E \cdot I}{L} & -\left(6 \frac{E \cdot I}{L^3}\right) & 2 \frac{E \cdot I}{L} \\ -\left(12 \frac{E \cdot I}{L^3}\right) & -\left(6 \frac{E \cdot I}{L^2}\right) & \left(12 \frac{E \cdot I}{L^3}\right) & \left(6 \frac{E \cdot I}{L^2}\right) \\ 6 \frac{E \cdot I}{L^2} & 2 \frac{E \cdot I}{L} & -\left(6 \frac{E \cdot I}{L^2}\right) & 4 \frac{E \cdot I}{L} \end{bmatrix},$$

当给定, $E = 3000, I = 20, L = 8$ 时, MathCAD 给出刚度矩阵表达如下,

$$K = \begin{pmatrix} 1.406 \times 10^3 & 5.625 \times 10^3 & -1406 \times 10^3 & 5.625 \times 10^3 \\ 5.625 \times 10^3 & 3 \times 10^4 & -5.625 \times 10^3 & 1.5 \times 10^4 \\ -1.406 \times 10^3 & -5.625 \times 10^3 & 1.406 \times 10^3 & -5.625 \times 10^3 \\ 5.625 \times 10^3 & 1.5 \times 10^4 & -5.625 \times 10^3 & 3 \times 10^4 \end{pmatrix},$$

当改变 $L = 10$ 时, MathCAD 自动计算出新的刚度矩阵如下,

$$K = \begin{pmatrix} 720 & 3.6 \times 10^3 & -720 & 3.6 \times 10^3 \\ 3.6 \times 10^3 & 2.4 \times 10^4 & -3.6 \times 10^3 & 1.2 \times 10^4 \\ -720 & -3.6 \times 10^3 & 720 & -3.6 \times 10^3 \\ 3.6 \times 10^3 & 1.2 \times 10^4 & -3.6 \times 10^3 & 2.4 \times 10^4 \end{pmatrix}.$$

MathCAD 是美国 Mathsoft 公司推出的一个交互式的数学软件,具备强大的数学计算功能。MathCAD 可将公式计算、文档和图形很好地结合在一起,用户可以随意放置。另外, MathCAD 还具有超链接的功能,并可与 Office 软件进行无缝对接。在矩阵的表达和计算中, MathCAD 采用了与数学自然语言相同的符号表达形式,容易为学生理解和接受,而其他软件却没有这种演算纸式的数学表达。这些优点决定了 MathCAD 是计算结构力学多媒体课件的理想制作软件。

三、课程内容的完善与提高

根据经济、科技和社会发展对人才多样性的需要和学校学科专业的特点,把计算结构力学分成两个层次进行教学,普通层次只学习静力学部分的内

容,提高层次还要学习动力分析和稳定分析的内容,积极推进多规格、多类型、个性化的人才培养模式,把因材施教落在实处。

教学与科研是一种互动关系,钱伟长院士曾说过,“教学没有科研作底蕴,就是一种没有观点的教育,没有灵魂的教育。”高等学校的教学必须有科研作为支撑,如果教师不搞科研,知识更新慢,就无法达到理想的教学水平;如果教师不坚持不断地探索问题,不能站在学科前沿,就培养不出好的学生^[4]。反过来,教学对科研也是非常有益的。教学的过程,其实也是再学习和对内容再消化、再思考的过程。为此,努力把最新的科研成果融入本科教学,把学科前沿的知识传递给学生^[5],激发了学生的学习热情和积极性,使科研为教学注入活力。为提高程序的可视化,利用 DXF 文件把结构分析结果显示在通用绘图软件 AutoCAD 中^[6],增强了程序数据交换的功能。另外,把以前基于 DOS 平台的 Fortran77 程序移植到基于 Windows 平台的 Fortran90 中,使得结构分析程序与计算机发展方向相协调。

四、结语

通过近 20 年的课程改革和教学实践,我们对计算结构力学教学规律有了一定的认识,课程改革效果明显:改革前,土木工程等专业的毕业生基本不具

备独立上机操作的能力,更谈不上编制和调试专业程序;改革后,学生已完全能独立上机并完成简单结构计算程序的编制和调试,解决工程实际问题。2000 年以来,土木工程毕业设计已全面采用自编程序进行结构分析或校核,学生的计算机应用能力得到明显提高。通过多年的努力,2004 年,课题组主持人干洪教授主编的计算结构力学被列为安徽省高等学校省级规划教材,同年计算结构力学被评为安徽省省级精品课程。“计算结构力学课程的教学创新与实践”也于 2005 年获安徽省省级教学成果一等奖。

参考文献:

- [1]干洪. 计算结构力学课程的改革与学科发展[J]. 合肥工业大学学报(社会科学版),2003, 17(2):32-34.
- [2]方祥位,申春妮,刘兴华. 结构力学课程教学改革探索与实践[J]. 高等建筑教育,2003, 12(4):42-44.
- [3]干洪. 计算结构力学[M]. 合肥:合肥工业大学出版社,2004.
- [4]刘鸣,王新华,贾红英. 从土木工程专业培养目标看结构力学课程建设[J]. 高等建筑教育,2006, 15(3):67-70.
- [5]干洪,张伟林,张运涛. 框架结构抗震计算有限元过程的重要改进[J]. 安徽建筑工业学院学报,1997,5(3):1-5.
- [6]干洪,韦璐,苏少卿. DXF 在计算结构力学中的应用[J]. 安徽建筑工业学院学报,2006, 14(6):11-13.

Reform and practice on the teaching of computational structural mechanics

ZHANG Yun-tao¹, GAN Hong², SU Shao-qing¹, WU Yue¹, SHEN Xiao-pu¹

(1. Anhui Institute of Architecture and Industry, Hefei 230022, P. R. China;

2. Anhui University of Technology and Science, Wuhu 241000, P. R. China)

Abstract: According to the requirements of the economy, science and technology, and the social development for talent training of civil engineering, the teaching content and curriculum system of computational structural mechanics were innovated. In view of the course characteristics, the software MathCAD was used in the course teaching, which can remedy defects of traditional multimedia software. The course content is improved constantly, which promote the common development of teaching and scientific research, and also provides spaces for the development of the student individuality.

Keywords: computational structural mechanics; teaching reform; multimedia teaching; MathCAD

(编辑 梁远华)