

# 构建土木工程专业自主型计算机教学体系

李永梅, 孙国富

(北京工业大学 建筑工程学院; 工程抗震与结构诊治北京市重点实验室, 北京 100124)

**摘要:**以“提高学生工程素质, 激发学生创新意识, 培养学生自学能力, 服务学生就业市场”作为土木工程专业课程建设和教学改革的主线, 构建具有验证、综合、创新三大功能的自主型计算机教学体系, 从课堂教学、实践教学和氛围教学方面, 分层面加强计算机教学, 提出具体实施步骤, 以提高学生的计算机实际应用能力, 培养学生工程素质和创新能力。

**关键词:**土木工程; 计算机教学; 分层教学; 工程素质

**中图分类号:** G642      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-2909(2011)06-0085-04

## 一、计算机教学体系建立的必要性

工程素质是构成工程技术人才的基础, 也是工科生从业所必备的基本素质。计算机科学的飞速发展, 以及计算机在各个领域应用的普及, 对各行各业产生着巨大的影响。无论国内外, 土木工程专业已广泛应用计算机辅助设计技术, 面对越来越复杂的工程, 应用计算机的能力已成为土木工程师必备的条件。对于土木工程专业专业的学生来说, 当今社会不仅要求其掌握好所学的专业知识, 还要求熟练应用计算机技术, 并且能够善于借助计算机去解决本领域中的各种问题。因此, 面对计算机软硬件技术迅速发展和工程设计日益计算机化的大趋势, 高校土木工程专业必须顺应这一变化, 把“提高学生工程素质, 激发学生创新意识, 培养学生自学能力, 服务学生就业市场”作为课程建设和教学改革的着眼点, 加强计算机教育, 强化计算机的教学与应用, 提高学生的计算机实际应用能力, 重视综合应用能力、工程素质和创新能力培养。而实现这一目标最重要的途径就是构建良好的大学四年“不断线”计算机教育体系。

## 二、构建土木工程专业自主型计算机教学体系

构建土木工程专业自主型计算机教学体系, 是指从现代工程教育的三个组成方面<sup>[1]</sup>, 即课堂教学、实践教学和氛围教学, 对土木工程专业计算机教学体系进行总体优化设计, 把培养学生能力结构的总体目标分解到不同阶段。此教学体系采用“任务驱动法”, 由教师提出训练目标, 由学院提供场地(机房)、计算机、正版程序和软件等条件, 在教师的指导或引导下, 以学生为主体, 由学生自主

收稿日期: 2011-09-02

基金项目: 北京工业大学教育教学研究项目(ER2009-B-42)

作者简介: 李永梅(1971-), 女, 北京工业大学建筑工程学院副教授, 博士, 国家一级注册结构工程师, 主要从事结构工程研究, (E-mail) liym@bjut.edu.cn。

独立完成目标全过程,教师则在此过程中发挥组织、讲授、提示、诱导、启发、答疑等作用。教学中,结合土木工程专业的特点,构建多层次系列训练方案,将自主型计算机教学分解为三个层面,即基础性验证—设计性综合—研究性创新,形成由单一到综合,由局部到整体,由相对独立到科学融合,与理论和实践教学相辅相成的知识和能力并重的计算机教学体系,切实保障四年计算机教育“不断线”的实现,切实培养学生工程实践能力和创新能力。

### (一)基础性验证

第一层面的计算机教学是对刚进入专业基础课程学习的中年级学生,针对某一专业基础课程的内容,进行基本技能的训练。

学生进入专业基础课程学习之前,在大学低年级已学习过计算机基本原理和程序设计语言,虽然对 WINDOWS XP, WINDOWS 7 等操作系统和 FORTRAN, QBASIC, C, VC++ 等程序有一定的了解,但基本上未和自己学习的专业相联系。而工程计算方法的训练和计算机编程水平的提高,是工科学生强化工程计算能力以及将来成为工程师必不可少的条件。如果在学生进入专业基础课程学习时,按部就班,不涉及计算机应用,势必造成计算机知识和专业知识相脱节的现象。反之,在教学中适时增加计算机教学环节,让学生运用所学的程序语言来自编程序,并且上机调试所求解问题的计算程序,学以致用,实现大学四年计算机教育不间断。为检验自编程序的正确性,应让学生养成自觉利用正确的计算结果(可来源于书上例题等)与所编程序计算的结果相比较并进行验证的习惯,即要求学生必须采用手算,将程序计算与手算两种结果进行相互校核、比较和分析。

通过亲自编程和验证的自主型计算机教学,一方面,让学生掌握专业基础课程的基本理论,深入理解课程涉及到的结构构件设计原理和设计方法;另一方面,可以提高学生计算机应用能力和构件的设计表达能力。

以土木工程专业重要的专业基础核心课程混凝土结构原理为例,为了使學生深入理解和掌握混凝土结构课程中的知识,在该课程的教学,增添了钢筋混凝土梁和柱构件承载力计算类、裂缝宽度和挠度验算类的计算机能力培养环节。除了课堂上讲授混凝土受弯构件正截面承载力计算、斜截面承载力

计算、矩形截面受压、受拉构件承载力计算、校核等之外,还应给学生补充讲解、梳理某一类混凝土构件问题,如双筋矩形截面和 T 形截面梁的设计计算流程,课后要求学生自主进行各种混凝土构件设计的编程、调试和验证,提供程序设计的源代码、使用说明及所用的验证算例。并且,为了便于几何参数、材料参数、内力数值的输入,鼓励一些学有余力的学生,通过查阅资料,学习相关程序的界面设计,编写有特色的人机对话界面,实现“人机”交互,并能反映计算的过程,计算结果的表达既有数据又有图示,便于进行判断和修改。由此,学生一方面通过计算机程序设计语言学以致用,获得成就感,具备了一定的程序设计与阅读能力;另一方面深入理解混凝土构件设计原理和设计方法,从而使学生的计算机应用能力和专业知识水平普遍提高。

### (二)设计性综合

第二层面是针对土木工程专业不同方向的课堂教学和实践环节教学,开展专项能力训练,如结构建模、结构(包括构件)分析设计、结构施工图绘制等,以提高学生的工程素质和专业技术应用能力,提高学生分析问题和解决工程实际问题的能力。

鉴于现代结构工程趋向大型化、复杂化,结构分析很难靠手算来完成,有些情况下几乎是不可能的。理论分析较难或无法解决的问题,采用计算机分析,则有可能提出供选择的方案,有时甚至是唯一的方案。目前,设计单位在进行结构设计时,普遍利用结构软件来完成其结构计算和施工图,最后经过手工复算来调整完善施工图。计算机辅助设计已经在工程设计中得到广泛应用,熟练使用土木工程设计应用软件是土木工程专业学生应具备的基本能力。为使学生具备此项能力,采用“任务驱动法”,循序渐进,先将其落实到课堂教学中,然后应用到课程设计、毕业设计的实践环节中。下面以土木工程专业建筑结构方向为例。

#### 1. 课堂教学环节

在混凝土结构原理、钢结构原理以及基础工程等核心课程的教学,随着授课进度,引入 PKPM 系列的结构基本构件辅助设计(GJ)、PKPM 系列的钢结构计算机辅助设计(工具箱)以及探索者(TSSD)和理正结构工具箱等常用构件软件,结合教学内容和规范,适时讲解软件主要技术条件,通过对学生基本操作训练、分析能力训练,采用“任务驱动法”布置

钢筋混凝土梁、钢筋混凝土板(分单向板、双向板)、钢筋混凝土柱的承载力计算作业,布置裂缝宽度以及挠度验算的手算与电算对比作业,钢梁、钢柱以及独立柱基设计的手算与电算对比作业,即让学生先手算完成教材上的习题,然后利用一种或多种软件进行电算,最后通过对比,进行分析总结。这种手算和电算相结合的“任务驱动法”,学生普遍兴趣很高,大大激发了学生做作业的热情,能够自主学习,效果明显。

## 2. 课程设计环节

在构件设计电算的基础上,实践环节的课程设计改变原有传统“纯手算”教学模式,创建“对比复核式”的课程设计新模式。首先,由教师精炼出课程设计的题目,选题应以基本训练为主,采用手算复核。为了加强对学生基本技能的培养,在课程学习任务书中,应明确要求有手算的结构计算书、部分结构施工图应采用手工制图。

首先,手算阶段,教师应该培养学生综合运用所学专业知识和查阅专业资料的能力,指导学生利用基本的理论知识,对已知结构选取合理的计算模型,确定恰当的计算简图,在受力分析、组合最不利内力后,进行截面配筋设计和细部构造处理。

“电算”阶段,合理地分层次引入应用广泛的PKPM系列设计结构软件的CAI教学,让学生了解专业软件的一般性能,接触、熟悉软件应用和技巧,从而使学生基本掌握结构设计的完整步骤和相关内容。譬如在做钢筋混凝土楼盖课程设计中,引入结构平面计算机辅助设计软件PMCAD的辅助教学,使学生熟悉各级菜单命令及其操作方法,循序渐进地掌握PMCAD结构建模的主要步骤、荷载的输入、计算数据文件形成,最后绘制结构平面施工图。又如在钢筋混凝土单层工业厂房课程设计中,引入框排架计算机辅助设计PK和JCCAD的辅助教学,对其中一榀排架可以用PK软件,计算出内力和配筋等。

最后,强调“手算”和“电算”的计算结果应进行复核、比较,分析两者结果差异的原因,并把这一部分作为结构计算书不可缺少的内容。对结构施工图,要求结构平面布置图和基础平面布置图可以分别用PMCAD软件和JCCAD软件绘制;而板、梁、柱的配筋详图,则应该要求用手工制图,主要目的是对学生绘图基本功的锻炼、结构构造要求的掌握以及对结构设计规范的学习。这样,既可以大大提高学

生应用以前所学知识解决实际问题的能力,又可以增强对新学软件课程知识的掌握。通过课程设计环节,了解实际工程结构设计的基本程序和掌握结构设计的方法,真正达到基本训练的目的,为毕业设计的广度、深度以及创新打下坚实的基础。

## 3. 毕业设计环节

工程教育回归工程实践,是将计算机辅助设计运用到土木工程专业毕业设计中,培养学生对各种错综复杂因素的综合分析能力和解决工程实际问题的能力,进行工程师基本技能的训练,对学生实现零距离就业有不可替代的作用。在毕业设计中,除指导学生运用PKPM系列软件外,鉴于PKPM软件目前还不能处理板上布置砖墙线荷载、局部面荷载或集中荷载的问题,且无法分析诸如央视新塔、鸟巢、国家大剧院、北京天文馆新馆等型体复杂的结构,所以学生应对国内外通用的有限元计算分析软件如ANSYS或SAP2000有所了解。采用分层法或弯矩二次分配法计算多层或多跨(不等跨)不均匀竖向荷载时,手算工作量大且容易出错,教师应指导学生采用ANSYS软件进行内力计算。对繁琐的内力组合工作,让学生应用EXCEL制表功能,既快又准。

通过第二层面的计算机教学,使学生能更好地理解结构设计原理、方法、步骤,训练学生的计算机建模能力、编程能力和计算能力,为学生将来走上工作岗位提供“实践经验”上的准备。一方面,学生的学习比较接近实际工程,学会观察、分析、解决一些实际工程中的基本问题,具有初步的综合创新能力;另一方面,使学生的计算机知识得以运用,能力得以提高,启发学生积极思维、勇于创新,为今后的工作打下坚实基础。

### (三) 研究性创新

创新教育是教学改革的主题之一。第三层面的计算机教学面向学有余力的高年级学生,针对土木工程某一专业研究领域开展工程应用能力的全面综合能力训练和研究性创新训练,使学生运用所学知识独立分析、解决工程实际问题,具有全面的综合创新能力。

众所周知,结构试验在工程结构理论的诞生和发展过程中起着不可估量的作用,世界各国的混凝土结构设计规范都是以大量的试验数据为基础建立起来的,但结构试验尤其是大型的结构试验往往需要耗费大量的人力和财力,同样的试验很难重复做

多次,且缩尺模型试验具有“失真”效应。另外,综合素质和创新能力的提高不仅依赖课堂教学、实践教学等教学环节,同时需要增加实践操作和反复训练的机会。

借助计算机仿真分析模拟结构试验,一方面可以突破场地和设备的限制,在某种程度实现结构的“足尺试验”,可方便地修改参数、重复训练;另一方面有些结构难于进行直接或大量试验(如建筑物倒塌分析等),用计算机模拟仿真就能体现出其优越性。学生经过专业课的学习,结合土木工程学科的一些前沿科研项目,在教师的引导下,由学生自主选择或提出研究性创新实验课题,或申请参与教师的科研课题,自己完成计算机仿真试验过程、进行数据分析和处理,从而加强对学生创新意识和能力的培养。

本层面的计算机教学将占用大量学生的课外时间。为鼓励学生的积极性,一方面,积极组织、鼓励学生参加各种形式的计算机与土木工程类专业结合的讲座与竞赛等,以此促进、提高学生运用知识的水平和能力。另一方面,对学生独立开展的科学研究,如混凝土构件受力分析有限元模型,钢筋混凝土深梁拉-压杆模型等,经指导教师考核,申请第二课堂

学分或创新学分等。这对于激发学生自主学习的兴趣、增强学生的自信心和成就感,提高整个教学质量以及检验学生学习效果具有重要作用。

### 三、结语

教学实践表明,通过从课堂教学、实践教学和氛围教学方面,分层面构建的四年不断线的自主型计算机教学体系,具有验证、综合、创新三大功能。此教学方法不仅加强了学生计算机基础知识、计算机应用等的教学与训练力度,培养了学生工程素质、工程实践能力和创新能力,而且使学生的主观能动性得到充分发挥,自主学习兴趣得以激发,增强了学生就业竞争力。

### 参考文献:

- [1]李富民,耿欧. 基于创造性工程人才培养的课堂教学实践[J]. 高等建筑教育, 2005, 14(4): 1-4.
- [2]李永梅. 结构电算在土木工程专业课程设计教学中的应用[J]. 高等建筑教育, 2009, 18(5): 112-115.
- [3]李永梅. 土木工程专业毕业设计应加强结构电算的应用[C]. 第一届中国高校土木工程实践教学研讨会论文集, 2009: 297-300.

## Independent computer teaching system for civil engineering specialty

LI Yong-mei, SUN Guo-fu

(Beijing Key Laboratory of Earthquake Engineering and Structural Retrofit; College of Civil Engineering and Architecture, Beijing University of Technology, Beijing 100124, P. R. China)

**Abstract:** With enhancing engineering quality, inspiring innovative consciousness, cultivating the students' self-study ability and serving for employment market in curriculum construction and teaching reform of civil engineering specialty, independent computer education system has been constructed with the function of verification, integration and innovation. From the aspect of classroom teaching, practice teaching and atmosphere teaching to strengthen computer teaching, the paper put forward specific measures to improve the student's practice ability and train their engineering quality and innovation ability.

**Keywords:** civil engineering; computer education; gradation teaching; engineering quality

(编辑 周沫)