

《数值方法》课程理论与实践教学方法探析

张雨浓¹, 岳 帅², 杨逸文²

(1. 中山大学 信息科学与技术学院, 广东 广州 510275; 2. 中山大学 软件学院, 广东 广州 510275)

摘要:《数值方法》是一门介绍数值分析的基础课程, 适用于数学、计算机、物理及各工程专业本科生. 理论教学中可以采用开放式教学、双语式教学和 MATLAB 辅助教学. 实践教学可以分为项目主导、背景强化、面向程序和研究主导4个环节. 理论与实践相结合的教育思想应贯穿于整个课程的教学过程之中.

关键词:数值方法; 教学设计; 理论与实践结合

中图分类号:G420 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-9894(2009)05-0091-03

《数值方法》是为了解决数学应用学科中的实际问题和加强理工科学生数值计算能力而开设的一门计算数学课程. 它实践性较强, 应用的领域也非常广泛, 遍及了计算机、数理统计、结构力学、流体力学、电磁场学等诸多学科. 接触《数值方法》课程使学生的数学思维模式发生了变化. 在这里, 纯数学所恪守的严谨被淡化了, “精确”受到了冲击, “连续”遇到了挑战, 分别被“近似”和“离散”所取代. 计算的理论貌似简单, 但算法设计的细节相对冗繁, 计算量相对增大^[1]. 该课程具有的这些特点, 要求我们更加关注和着眼于数值方法这门基础课的工程性及与其它课程的关联性, 让学生不仅学会书本中的方法, 而且要懂得如何去运用这些方法去解决实际的工程问题. 随着社会的发展, 教育改革的不 断推进, 理论与实践相结合的教学思想的重要性日益凸现了, 这也体现于我们对《数值方法》这门课程的教学过程中.

1 理论教学

由于《数值方法》的理论性很强, 所以如何设计理论教学模式在整个教学过程中显得尤为重要. 我们尝试将开放式的的教学引入课堂, 同时, 为了配合实践教学, 我们在理论教学中亦将 MATLAB 作为辅助工具, 要求学生掌握如何使用其设计、仿真和验证相关算法理论. 这种理论与实践相结合的教学模式的创新或具有一定的积极意义.

1.1 开放式教学

现代学习理论告诉我们: “鉴于数学的对象主要是抽象的形式化的思想材料, 数学活动也主要是思辨性的活动. 因此, 数学新知识的学习是典型的建构的学习过程.”^[2]这种教学观认为, 数学学习应该是学生的主动建构活动过程, 而不是对教师所授予知识的被动接受过程. 《数值方法》作为一门为本科低年级学生开设的数学课程, 其目的是让学生可以迅速了解数值方法的理论, 并将其应用到实际计算当中. 因此, 为了让学生成为学习过程的主体, 教师应该着重思考如何扮演引路人的角色.

开放式教学模式不同于传统意义上教师讲解、学生听课的单向传播. 对于一些新概念, 教师可以不直接讲解, 而是通过提出问题, 引导学生主动思考并提出自己的见解甚或猜

想. 然后通过组织课堂讨论, 让同学们就不同的观点进行辩论, 最终靠近概念的原始定义和问题的最优答案. 在开放式课堂上, 教师与学生的交流可以非常密切, 学生可以随时打断教师的讲解提出自己的疑问. 对于非常具有价值的疑问和思考, 教师甚至可以暂时放下已计划的教学内容, 立即启发学生开始相关内容的讨论. 在轻松融洽的学习氛围中, 推动学生不断的质疑和思考, 他/她们的批判性思维也将因此得到培养, 主动探寻真理和学习的热情也会调动起来. 这或许是让学生成为《数值方法》课程学习主体的关键因素之一.

1.2 双语式教学

为了与国际接轨, 我们的《数值方法》课程选用了国外计算机科学经典英文原版教材 *Numerical Methods Using MATLAB*^[3]和相关英文课件. 课堂上, 则采用了以中文为主的双语讲解和教学模式.

双语教学的最终目标是使学习者能同时使用母语和英语进行思维, 并在这两种语言之间根据使用对象和工作环境的需要进行自由的切换. 首先, 在教学过程中用简单的英语有利于调节课堂气氛, 激发学生的学习兴趣(包括对英语的学习兴趣). 其次, 用中英文双语教学有助于加强学生对数学概念、符号的记忆和正确使用. 在教学过程中我们常常会有这样的体会: 学生总是困惑为什么某一数学量用一个特定的英文字母表示, 例如为什么函数总是设为 $f(x)$, x 对时间的导数通常表示为 dx/dt , 希腊字母 η 如何发音等. 使用双语教学的直接好处是可以及时解决此类问题. 更重要的是, 学生可以通过阅读英文教材掌握大量的专业术语词汇, 为今后的自主学习及研究深造打下了良好的基础.

在我们的《数值方法》课堂上, 经常会请一些同学来翻译课本或课件中的一些语句, 这种貌似英文课上才会出现的教学方式其实非常有利于强化学生对于一些定理概念的理解和记忆, 因为翻译的过程实际上是一个尝试自己定义概念的过程, 这样的学习比直接给出中文定义或许更为有效.

1.3 MATLAB 辅助教学

在《数值方法》的教学中, 将一些仿真软件作为辅助工具往往是必不可少的, 它们可以减少许多繁琐的手工计算. MATLAB 仿真环境是《数值方法》课程近年来才引进

收稿日期: 2009-03-07

基金项目: 国家自然科学基金项目——冗余机器人实时运动规划的统一理论(60775050); 中山大学科研启动费、后备重点课题资助项目

作者简介: 张雨浓(1973—), 男, 河南信阳人, 教授, 博士生导师, 主要从事神经网络、机器人、科学计算与优化研究.

的一个行之有效的技术平台, 它的出现使数值的提取、仿真和验证变得简单易行. 如介绍二分法、牛顿-拉夫森法和割线法时, 往往需要大量的重复计算才能得出结论. 而使用计算器一步步地进行这些重复计算, 将会非常繁琐和乏味, 甚至浪费课时. 利用 MATLAB 编程, 这些重复计算问题(也即公式的迭代)将会变得非常简单. 换言之, 只需在 MATLAB 中定义循环语句、3 种类型的迭代语句(分别对应于二分法、牛顿-拉夫森法和割线法的公式)以及程序中中止与输出语句, 就能够得到相应的算法结果. 更值得指出的是, 这样仿真出来的图像通常能够显示出一定的规律性和多样性, 从而使学生对相应的问题及其解法均有深刻的理解.

2 实践教学

《数值方法》是为了解决应用学科中的实际问题和加强工科学生数值计算能力而开设的一门课程. 所以, 我们需将培养学生实践能力视为该课程教学的重要目标之一^[4]. 实践教学大致可以分为项目主导、背景强化、面向程序和研究主导 4 个环节.

2.1 项目主导的实践环节

在教学改革如火如荼的今天, 以往仅仅用笔试、考勤和作业来简单评价一个学生在某一课程中的学习表现似乎已经不合时宜了. 因此我们需要提出一些更新颖的方案, 让学生更多地去参与实践和思考, 而不是单纯的教与学. 需要让学生认识到, 他们所学的东西是能够“用”的(甚至是大有可为的), 这样才会增加他们的学习动力和热情^[5].

为了达到这个目的, 我们尝试布置过一个团队项目作业(Project), 规定 3~4 位同学一组, 每个小组选一个题目. 这些题目都是以《数值方法》课程内容为基础的, 但不能单靠教科书的内容去完成, 需要学生自己积极去网上、图书馆查找相关的资料, 还需要自学一些 MATLAB 的编程语言. 由于靠单枪匹马在规定的时间内完成该任务比较困难, 所以这时就需要学生发挥团队精神, 分配各自的作业任务, 互相沟通合作, 最后进行汇总整合. 作业完成以后, 学生既学到了更多的《数值方法》课程的延展知识, 也逐渐培养了良好的团队精神、自我收集资料和自主学习的能力与习惯, 这些收获或将有利于他们今后的学习、深造和职业发展.

对于这小小的 Project, 学生反应异常积极, 大多数的小组在预定的时间内完成了作业, 有些学生还对个别题目产生浓厚的兴趣. 例如有几位同学从《数值方法》书本中学到了用牛顿-拉夫森法可以解非线性方程 $f(x) = x^2 - \sin x = 0$, 而随着 Project 的展开, 他们了解到用神经网络的方法也能够求解这个方程, 并且还能够求解时变的情况, 于是产生了浓厚的兴趣, 很想了解这个新接触的方法, 于是努力查找相关资料. 最后他们不但用神经网络方法解决了该非线性方程问题, 还扩展了自己的思维, 将定长情况在教师的指导下推广到了时变情况; 即, 把 $f(x, t) = x^2 - t \sin x = 0$ 也求解出来了.

2.2 背景有关的实践环节

在某种程度和一定意义上, 我们的“世界”是建立在数学基础之上的, 数学不可避免地融入到我们的文化之中. 我

们不仅要看到数学作为一种自然科学的属性, 同时也不应忽视其作为一种文化载体的强大功能^[6]. 《数值方法》中涉及了众多数学先哲的理论研究成果. 仅以一个简单的非线性方程 $f(x) = 0$ 求解为例, 不同时期的数学大师就给出了许多不同的解法. 在介绍每一种算法的同时, 教师可适当给同学们讲述一些关于该数学家的名人轶事, 或者让学生在课前自己查阅相关资料, 在课堂上讲述给其他同学听. 这样一来, 原本较为枯燥的课程内容也会因此变得生动有趣, 同学们会明白伟大的数学家之所以伟大, 不仅因为他们善于寻根究底, 还因为他们深谙站在巨人肩上如何继续前行. 讲授纯科学只能教给学生知识, 而融入历史知识却能教给学生更多智慧. 介绍这些划时代的数学家和数学发现, 往往可以引发学生对于学习意义的深入思考.

2.3 面向程序的实践环节

现代教育理论要求教师在布置作业方面能够突破书后习题范畴. 如何在掌握书本知识的同时又体现趣味性, 如何保证学生真正通过完成作业而得到能力的提升, 或许是我们每位教育工作者应当考虑的两个问题.

众所周知, 现代资讯及互联网的发达使得学生在完成作业时常常放弃独立思考, 直接搜索现成的答案(甚至抄袭同学或网上的答案). 这种现象令许多教育工作者头痛和惋惜. 为了改变这种现象, 教师需要有意识地尝试布置各种类型的开放性课外习题给学生. 完成这些习题的工作量不需很大, 却不是随便照搬一个书上公式就可以解决的. 我们通过对比发现, 一道答案越单一, 或者说有所谓“标准答案”的习题往往会得到许多雷同的解法. 相反的, 那些开放式的、答案无所谓对错的问题往往可以得到许多迥异的解法和有益的思考.

我们曾在课上结合中国传统字谜“金猪贺岁”给学生出了一道数学计算题, 并且声明可以采用任何方法求解, 方法的独创性与成绩挂钩. 结果, 除了最基本的手算之外, 有许多同学运用 C++、Java 甚至 MATLAB 语言编写了计算机程序来求解这道题目. 答案五花八门, 即使是最基本的手算也有许多不同的“答案”. 这样一来, 凡是有认真尝试解题的同学, 都有不小的收获, 同学们也普遍反映要求以后多出类似的题目, 觉得做起来趣味十足.

2.4 研究主导的实践环节

让本科生提前进入教师实验室并参与硕士生甚至博士生的研究似乎是一件过于理想的事情, 但我们对此也进行了积极的尝试并取得了不错的效果.

在学术界, 或许有一种“错误”的观念就是认为: 研究仅仅是研究生以上学历人士做的, 本科生只能停留在理论学习阶段、不具备做研究的能力. 据我们所知, 国内高校中本科生普遍缺乏机会参与课题研究, 更不用说是撰写与发表科研论文了. 在一定程度和意义上, 我们的大学本科教育仍是中学教育的顺延和提升. 相对而言, 算术逻辑思维水平和科学人文知识广博程度胜过美国学生的中国学生, 在进入大学之后, 其科研能力和自主学习能力未必能够强于美国学生^[7]. 造成这种现象的原因或许有很多, 比如培养目标与模式、实验条件、科研经费、师资投入等. 但根本因素之一可

能是教学目的不同;比如,国外一些高校秉承宽进严出、培养精英的思想(未必适合国情),最大程度地发掘学生的潜力而不完全是单纯地增加学生知识量.我们尝试性地选拔了一些成绩较好的本科同学(约二十位)在上完《数值方法》后利用暑假时间参与课题研究,并精心挑选一些难度适中的题目给他们.根据他们的兴趣所至,分为几组,每个组由一个硕士/博士研究生带队负责引导和帮助本科生理解研究课题的方向和内容.在经过一个学期的《数值方法》课程学习以及两年的基础专业课学习之后,这些本科学生们已经基本具备了一定的研究潜力.一些专业的数学概念他们已经耳熟能详.教研课题分为3个大方向:神经网络仿真,机器人运动规划、高斯过程计算与优化.这些课题本科生之前并没有接触过.但是在研究生们的指导下,他们通过学习相关书籍论文较快地掌握了相关概念.由于课题设定难度适中,论文定位为追踪性质,他们很快就完成了相关的数学证明、仿真实验和论文撰写工作.

该批本科学生的科研阅读和论文写作中既有英文也有

中文.得益于计算机学科的专业背景,他/她们也积极学习并快速掌握了专业文字处理软件 Latex 的使用,并首次体会到撰写科研论文的严谨性、真实性和一致性.半年过后,已经有多达5位本科生(25%的成功率)相继向国际会议和国内外期刊投出了科研论文,其中3篇已被国际会议(IEEE)录用,成绩明显.这也证实了我们国内高校的学生和教师通过不断努力也能够达到国外优秀高校的教学和科研水准,甚至更好.

3 结 论

以计算机技术为代表的现代科技的飞速发展,促使我们必须以更新颖的教学观念,更丰富的教学内容,更多元的教学手段对传统的数学课程的教学模式进行不断的改革.我们在《数值方法》这门课的教学改革实践中的探索仅仅是中国高校数学学科课程教学改革的一个有限尝试.我们将在今后的教学实践环节中继续努力,把这一关系到人才培养、关系到科技进步、关系到国家兴衰的教育大事做好做强.

[参 考 文 献]

- [1] 宋裕华,马强.工程专科数值方法课教学改革初探[J].吉林教育科学,1992,(1):80-82.
- [2] 涂荣豹.数学建构主义学习的实质及其主要特征[J].数学教育学报,1999,8(4):16-19.
- [3] John H Mathews, Kurtis D Fink. Numerical Methods Using MATLAB (Fourth Edition) [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005.
- [4] 杜廷松.关于《数值分析》课程教学改革研究的综述和思考[J].大学数学,2007,23(2):8-15.
- [5] 牛军涛.以项目为导向的软件开发课程教学模式研究与实践[J].计算机教育,2007,(16):85-88.
- [6] 纪凤辉,王红梅.高等数学课程改进的几点建议[J].通化师范学院学报,2007,28(8):90-93.
- [7] 刘涵,宋盟.中美教育教学理念与模式的几点比较与反思[J].河北软件职业技术学院学报,2007,9(4):38-41.

Teaching Exploration of Curriculum Theory and Practice on Numerical Methods

ZHANG Yu-nong¹, YUE Shuai², YANG Yi-wen²

(1. School of Information Science and Technology, Guangdong Guangzhou 510275, China;

2. School of Software, Sun Yat-Sen University, Guangdong Guangzhou 510275, China)

Abstract: "Numerical methods" was a fundamental course introducing numerical analysis, computation and program-design, which was suitable for almost all undergraduates with mathematics, computer science, physics and engineering majors. This paper focuses on how to propose, design and develop new methods of teaching by comparison with former and/or other ones. The thought of connecting theories to practice should be conducted throughout the whole teaching process of such a course.

Key words: numerical methods; teaching design; connecting theories to practice

[责任编辑:周学智]