

以“金课”标准优化高等工程数学课程 内容体系及教学实践

郑洲顺^a, 张鸿雁^a, 任叶庆^a, 刘源远^a, 刘光连^b

(中南大学 a. 数学与统计学院; b. 研究生院, 湖南 长沙 410083)

摘要: 基于我校体现课程的高阶性、突出课程的创新性、增加课程挑战度的“金课”标准, 介绍了对高等工程数学课程教学内容的精简重组和教学内容体系优化的思想方法; 以及秉持以学生为中心, 对于非数学专业学生, 突出数学的应用, 把“数学作为技术”传授给学生的理念; 将数学建模思想贯穿课程教学全过程, 发挥研究生自主学习能力在课程教学中的作用, 让学生自己体验知识发现过程的教学改革实践情况。

关键词: 高等工程数学; 教学改革; 金课; 内容体系优化; 知识发现

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

文章编号: 1674-5884(2021)06-0023-05

教育教学改革是永恒的话题, 也是影响人才培养质量的根本性问题。随着科学技术的发展, 数学的科学地位、数学本身的面貌及数学的应用范围都发生了巨大的变化。新的数学分支层出不穷, 且相互交叉, 相互渗透; 大量新兴的数学方法正在有效地应用于人们社会生活的各个领域^[1,2]。在2018年6月份召开的“新时代全国高等学校本科教育工作会议”上, 时任教育部部长陈宝生第一次提出了“金课”概念, 随后“金课”被写入教育部文件。在第十一届“中国大学教学论坛”上, 教育部高等教育司司长吴岩作了题为“建设中国金课”的报告, 吴岩司长提出了“两性一度”的金课标准, “两性一度”即高阶性、创新性、挑战度。“高阶性”就是知识能力素质的有机融合, 是要培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维; “创新性”是指课程内容反映前沿性和时代性, 教学形式呈现先进性和互动性, 学习结果具有探究性和个性化; “挑战度”是指课程有一定难度, 需要跳一跳才能够得着, 对老师备课和学生课

下有较高要求。

如何转变教育观念, 培养适应社会发展需要的创新型高级人才, 是广大高等教育工作者和数学教育工作者面临的重大课题与难题^[3]。在国外, 数学课程改革已于20世纪60年代蓬勃发展, 且还在继续。例如, 美国为实现课程整体化而制定的“2061”教学改革计划^[4,5]中, 一个重要的方面就是数学教学改革。目前, 我国高等教育正进行着重要的改革, 教育规模逐步扩大, 高校综合性增强。在教育部支持下, 面向21世纪教学内容和课程体系的教学改革已取得一些具有时代特色的成果^[6]。但之前的数学类课程教学改革还存在诸多问题, 例如, 大多重理论、轻实践, 重教材体系改革、轻课堂教学过程设计与实践; 许多教改项目研究起于立项止于项目结题, 缺乏课堂教学实际应用的示范与推广, 研究成果很少真正体现在课堂教学过程中^[7,8]。

针对我国理工科研究生数学类课程教学过程中共同存在的问题, 中南大学高等工程数学课程

收稿日期: 2021-03-23

基金项目: 湖南省学位与研究生教育改革研究项目“博士研究生教育综合改革研究”; 湖南省普通高等学校教学改革研究项目(2019jy019); 湖南省研究生优质课程建设项目(数值分析)(湘教通[2019]370号, 序号35)

作者简介: 郑洲顺(1964-), 男, 云南文山山人, 教授, 博士, 主要从事微分方程数值解研究。

教学团队在校研究生院的支持和多个省校级教改项目的资助下,对高等工程数学课程的教学内容、教学方法与教学手段等进行了一系列的教学改革:采用边研究边实践、边实践边总结,理论与实践相结合的方法,经过近20年的教学改革与教学实践,形成了将数学建模思想贯穿课程教学全过程、以课程内容的认知逻辑线索为主线的高等工程数学课程教学内容体系,体现课程的高阶性、突出课程的创新性、增加课程的挑战度^[9-11]。本文主要介绍面向我校工程硕士、专业硕士的高等工程数学课程教学内容的精简重组和教学内容体系的优化的思想方法,以及教学改革实践情况。

1 转变教育思想,更新教育观念,提高课程教学目标的达成度

理工科研究生数学类课程,在课程教材编写和课程教学过程中,习惯于以课程知识体系的逻辑线索代替知识内容的发现和认知线索,课堂教学主要是“以教为中心、满堂灌、填鸭式”的教学模式,没有利用和发挥研究生的自主学习、自主获取知识能力的作用,用老师的讲代替学生的学;课堂教学中过于重视细节与技巧,而忽略整体与原理以及很少引导学生领会核心思想;囿于教材,只讲教材呈现的内容而忽略课程内容的来源与出处的讲解;重知识和演算技巧传授,轻素质和能力的培养。

根据中南大学研究生人才培养目标和高等工程数学课程教学目标的要求,在高等工程数学课程教学内容体系优化和教学过程中,我们秉持以学生为中心,对于非数学专业学生,数学教育过程应突出数学的应用,把“数学作为一门关键、普遍、可应用的技术”来传授给学生的理念^[12,13]。利用“问题驱动”促使学生课前做中学、课内学中问、课后继续做中学,让学生在“做、学、问”的循环推进中自觉主动学习,充分发挥研究生自主学习、自主获取知识的能力的作用,把“以教为中心”转变为“以学为中心”,坚持“教师主导课堂教学过程、学生主演教学活动”的课堂教学双主体观念,转变教育思想和更新教育观念,对中南大学高等工程数学课程教学内容体系进行优化;实现将数学建模思想贯穿高等工程数学课程的教学全过程,全面训练运用数学工具建立数学模型、应用数学技术解决实际问题的技能技巧,提高学生的数学应用能力和从事科学研究的素质,全面提高

学生的综合素质,提高课程教学目标的达成度。

2 基于“将数学作为技术传授给非数学专业学生”的理念重塑课程教学内容,注重学生解决复杂问题综合能力的培养

高等工程数学课程是面向中南大学理工医类专业学位研究生和工程硕士研究生开设的一门必修数学课程。基于中南大学研究生数学类课程体系,以及高等工程数学课程教学目标和教学大纲的要求,我们依据支持研究生后续课程学习和科学研究基本够用的原则,选取数学建模与科学计算、最优化方法、应用统计的基本知识和方法构成中南大学高等工程数学课程的主要教学内容。

研究生数学类课程教材内容经典多现代少、重理论轻应用,重分析推导和计算技巧、轻数值计算和建模分析;教材章节分解太细,强调数学内容完整性与独立性,与现代工程实际应用联系较少;不利于非数学专业学生学习和阅读,不能激发非数学专业学生学习数学知识方法的积极性;教材例题和练习题以模仿为目标、以消化内容为主,不利于学生综合应用能力的培养。基于对上述问题的理解与分析,我们秉持对于非数学专业学生,数学教育过程应突出数学的应用,应把数学作为一门关键、普遍、可应用的技术来传授给学生的理念,提出:将现代科学技术和工程领域中数学方法应用案例融入课堂教学和课程教材,每章教学内容都用工程实际问题来驱动,通过探讨工程实际问题建模和求解方法导入课程教学内容,实现将数学建模思想贯穿高等数学教学过程。让学生在探讨工程实际问题求解方案的需求中进入数学知识方法的学习,在突出数学知识方法应用的同时,加强了课程内容与现代工程实际应用的联系,激发学生学习课程的兴趣。

在讲解和介绍数学知识方法时,强调数学内容独立性、完整性与系统性的同时,改变章节分解太细和课程内容繁、难、偏、旧的现状,以及偏重数学知识传授的定义、定理、证明、推论、例题的叙述方式,用数学建模的方法重构课程教学内容,突出数学知识的应用价值和知识发展的逻辑关系,弱化分析推导和计算技巧,定理的证明只作为感兴趣的学生进一步探究的素材,以学懂会用数学知识方法为基本要求,将非数学专业的学生从学不懂数学的分析推导、计算技巧、定理证明的困惑中

解脱出来。高等工程数学课程的目标是“将数学作为技术传授给非数学专业的学生”,全面训练学生运用数学工具建立数学模型、应用数学技术解决实际问题的技能技巧,提高学生的数学应用能力和从事科学研究的素质;体现前沿性与时代性要求,注重学生解决复杂问题综合能力的培养;彻底改变非数学专业学生畏惧数学、不愿学数学,却又不得不学数学的现状,让非数学专业学生学好数学、喜欢数学、用好数学,掌握好相应学科专业的核心理论和核心技术,担当祖国发展强大和民族全面复兴的重任。

3 贯穿数学建模思想,让学生体验知识发现过程,体现课程的高阶性、突出课程的创新性、增加课程的挑战度

高等工程数学课程的教学内容包括数学建模与科学计算、最优化方法、应用统计三个相对独立的数学知识模块。基于“将数学作为技术传授给非数学专业的学生”的基本理念,根据课程每章的教学内容,我们精选相应数学方法在工程实际中的应用案例,构建了用于驱动每章教学内容的工程实际建模问题,然后给出针对工程实际问题建立数学模型的步骤,利用寻求工程实际问题数学模型的求解方法引入该章的数学教学内容。例如,用铁轨既有线路恢复问题导入函数的插值和拟合算法、用湘江流量估计模型导入数值积分方法、用养老保险费率计算问题导入非线性方程的数值解法、用小行星轨道方程计算问题导入线性方程组的直接解法、用弹簧系统的受力问题导入线性方程组的迭代解法、用传染病模型导入微分方程数值解法、用生产计划安排问题导入最优化理论与方法等。

在教学过程中,将数学建模思想贯穿课程教学全过程,让学生自己体验知识发现过程。第一章,通过分析人们在生活中或工作中不用数学的原因,说明快速准确的计算和建立实际问题的数学模型是应用数学知识方法解决实际问题的关键,而且随着数学以空前的广度和深度向一切领域渗透以及计算机的出现和飞速发展,计算技术和数学建模技术已成为科技人才必需的数学素质和技能,从而激发学生学习探讨科学计算与数学建模基本知识和方法的兴趣。第二章,针对铁轨既有线路恢复问题,首先用数学建模方法建立铁轨既

有线路恢复问题的数学模型,用该模型的求解引入函数的插值与拟合算法。然后,提出如求插值多项式的问题让学生思考分析、与学生一起探讨插值多项式存在唯一的条件及解线性方程组求插值多项式的方法;通过从简单到复杂的实际算例,让学生自己去体验用解线性方程组的方法求插值多项式的过程,让学生去发现当数据量很大时用解线性方程组的方法求插值多项式是不适用的,而实际问题数据量往往很大,引导学生发现问题,培养学生的批判性思维。进而,利用数据量很大时的插值多项式求解问题,启发、引导学生自己发现更好更适用的插值方法(Lagrange 插值),再让学生分析找出 Lagrange 插值法的不足是计算不具继承性,再启发、引导学生自己发现改进的方法(Newton 插值法),……。这样针对问题探讨解决方案,再发现问题、不断改进完善解决方案的过程就是数学建模思想,就是发现知识和创造知识的过程。其他各章节也一样,我们启发、引导学生用数学建模思想方法去探索一个个实际问题 and 数学问题的解决方案;基于工程实际问题、数学知识的逻辑结构和数学知识的发现过程,以启发式、探索式、讨论式的教学方法启发、引导学生思考,让学生探讨、研究、提出解决问题的方案,并进行修改完善;让学生去发现知识、去探索和体验知识发现的过程,去找出知识的结构和逻辑关系,培养学生发现新知识和创造新知识的能力。这样,既突出了教学内容的应用价值和重要性,也实现了增加体现多学科思维融合、跨专业能力融合、学科理论与实际应用融合的教学内容,提升课程的高阶性、突出课程的创新性、增加课程的挑战度。

4 突出“知识发现的逻辑线”,优化课程教学内容体系,培养学生发现新知识和创造新知识的能力

为了让学生在高等工程数学课程学习中自己去发现知识、去探索和体验知识发现的过程,去找出知识的结构和逻辑关系,培养学生发现新知识和创造新知识的能力,我们分析了作为高等工程数学课程主要教学内容的数学建模方法、数值分析、最优化方法、应用统计的相关教材,发现大多数教材的内容过于注重知识传授,教材只按知识体系的逻辑线路呈现的课程内容而忽略课程内容的来源与出处的介绍,教学内容设置注重理论基

础而缺乏数学方法拓展,知识体系的叙述过于重视细节与技巧而忽略整体与原理,强调数学教学内容的系统完整性和独立性而忽略与其他课程内容的衔接。这样的传统数学教材,数学建模方法、数值分析、最优化方法、应用统计各自都是一门完整的课程,每门课程都需要讲授48课时以上。而我们需要将这四门课程的教学内容融合形成一门高等工程数学课程,面向中南大学理工医科专业学位研究生和工程硕士研究生开设,课程讲授学时仅为64课时。

将数学建模方法与误差分析融合成第一章,用工程实际问题的数学建模与求解来导入数学知识方法的讲解,加强课程内容与现代工程实际应用的联系,把数学建模思想贯穿数值分析、最优化方法、应用统计部分的教学过程。充分发挥研究生自主学习和获取知识的能力,注重整体与原理,把定理证明、推导细节与技巧留给学生自主学习。用课程知识内容的认知逻辑线索代替课程内容的逻辑线索,精简和重组数值分析、最优化方法、应用统计三个部分内容上的相互联系、相互渗透以及与其他课程的衔接,坚持知识、能力、素质有机融合原则,优化高等工程数学课程的教学内容体系。编著了《高等工程数学》校内讲义,经20多年的教学实践、修改完善,于2019年由机械工业出版社正式出版《高等工程数学》教材。新编的《高等工程数学》教材对于非数学专业学生更具可读性,我们基于新编的《高等工程数学》教材以及网络优质教学资源 and 现代教育技术,构建“互联网+课程教学”模式,真正让学生忙起来,完成了面向中南大学理工医科专业学位研究生和工程硕士研究生开设这门高等工程数学课程的教学任务。将数学建模思想贯穿高等工程数学课程教学全过程,以数学知识的认知逻辑线索为主线,让学生体验知识发现过程,全面训练和培养学生运用数学工具建立数学模型,应用科学计算方法、最优化方法、应用统计基本方法解决实际问题的技能技巧,激发学生的原创性,唤醒学生进行批判性学习和创造性工作的意识,培养学生发现新知识和创造新知识的能力。

5 结语

本文主要介绍了以体现课程的高阶性、突出

课程的创新性、增加课程的挑战度的“金课”标准,对高等工程数学课程教学内容的精简重组和教学内容体系的优化的思想方法,以及教学改革实践情况。

秉持以学生为中心,对于非数学专业学生,数学教育教学过程应突出数学的应用,把“数学作为一门关键、普遍、可应用的技术”来传授给学生的理念,提出利用“问题驱动”促使学生课前做中学、课内学中问、课后继续做中学,让学生在“做、学、问”的循环推进中自觉主动学习,充分发挥研究生的自主学习、自主获取知识能力的作用,把“以教为中心”转变为“以学为中心”,坚持“教师主导课堂教学过程、学生主演教学活动”的课堂教学双主体观念。

用工程实际问题的数学建模与求解来导入数学知识方法的讲解,将数学建模思想贯穿课程教学全过程,让学生自己体验知识发现过程;充分发挥研究生自主学习和获取知识的能力,注重整体与原理,把定理证明、推导细节与技巧留给学生自主学习,让学生真正忙起来;将现代科学技术和工程领域中的应用案例融入课程,重塑课程教学内容,以实现体现课程的高阶性、突出课程的创新性、增加课程的挑战度的“金课”标准,提高课程教学目标的达成度。

参考文献:

- [1] 黄骏.因材施教分流培养[J].工科数学,2001(6): 58-60.
- [2] 陈晓敏.浅谈高校开设数学实验课的必要性[J].成都工业学院学报,2000(2):13-15.
- [3] 张清年,叶晓枫.大学数学教育在创新人才培养中的地位 and 作用[J].华北水利水电学院学报(社科版),2011(4):150-152.
- [4] 魏国栋.美国“2061”教育改革计划进展情况[J].课程·教材·教法,1991(11):56.
- [5] 张颖.美国“2061计划”教材评价工具简介[J].课程·教材·教法,2009(3):82-85.
- [6] 林文.我国高等教育面向21世纪教学改革的成功成果——“面向21世纪教学内容和课程体系改革计划系列研究报告”简介[J].中国大学教学,2002(6):37.
- [7] 贾佳丽.关于高校教育教学改革研究项目成果推广应用的几点思考[J].科学时代,2015(3):152.
- [8] 李松林.实行深度教学推动大学课堂教学改革[J].中国高等教育,2012(22):36-38.

- [9] 吴岩.建设中国金课[EB/OL].(2018-12-24)[2019-02-19]. <https://lkyjw.lnlist.edu.cn/fujian/2018/2018122406.pdf>.
- [10] 白琳,陈俊,袁海霞.基于大规模在线开放课程(MOOCs)的线上“金课”建设探索——以《商务沟通》课程为例[J].内蒙古农业大学学报(社会科学版),2019(4):30-33.
- [11] 贺玉海,毛小兵,王勤鹏.问题式教学法在高校翻转课堂中的创新与实践——以“内燃机学”课程为例[J].航海教育研究,2020(1):40-48.
- [12] 丛杰.对加强中学数学思想方法教学的思考与实践[J].特立学刊,1997(3):52-55.
- [13] 丘成桐.数学,一门美丽的科学[J].教书育人,2009(1):72.

Optimizing the Content System and Teaching Practice of “Advanced Engineering Mathematics” Based on the “Golden Course” Standard

ZHENG Zhoushun^a, ZHANG Hongyan^a, REN Yeqing^a, LIU Yuanyuan^a, LIU Guanglian^b

(a. School of Mathematics and Statistics; b. Graduate School, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Based on the “Golden Course” standard, which reflects the advanced nature of the course, highlights the innovation of the course and increases the challenge of the course, the paper puts forward the ideas and methods of streamlining and reorganizing the teaching content of “Advanced Engineering Mathematics” and optimizing the teaching content system, as well as the idea of taking students as the center, emphasizing the application of mathematics and imparting “mathematics as technology” to students of non-mathematics majors. The idea of mathematical modeling is integrated into the whole course teaching process, and the role of graduate students’ independent learning ability in course teaching is brought into play, so that students can experience the teaching reform and practice of knowledge discovery process by themselves.

Keywords: Advanced Engineering Mathematics; teaching reform; golden course; content system optimization; knowledge discovery

(责任校对 莫秀珍)