

数值分析“四项融合”教学改革研究与实践

陈丽娟, 李明珠, 马鸿洋
(青岛理工大学 理学院, 青岛 266520)

摘要: 该文通过分析数值分析教学中存在的“痛点”问题, 教学团队遵循持续改进的教育教学理念, 充分利用 MOOC、智慧教室等教学资源, 构建“创新教学内容、混合教学模式、实施思政育人、改进评价体系”的“四项融合”创新举措。通过创新教学实践, 培养学生课前深度预习, 营造自主、合作、探究式的学习环境, 提高科学计算素质, 掌握编程能力, 能够运用所学理论、方法和技能进行工程问题的表达、建模及分析计算能力, 全面提升学生的实践创新能力。

关键词: 数值分析; 混合教学; 教学改革; 四项融合; 实践创新能力

中图分类号: G640

文献标志码: A

文章编号: 2096-000X(2023)24-0133-04

Abstract: Through the analysis of "pain points" in Numerical Analysis, the teaching team follows the continuous improvement of education teaching idea, makes full use of MOOC and wisdom of the classroom teaching resources, builds the "four fusion" initiatives including "innovative teaching content, blended teaching mode, ideological education implementation, improvement of evaluation system". Through innovative teaching practice, we raise the depth of preparation of student, build the independent, cooperative and exploratory learning environment, improve the quality of scientific computing and master the programming ability, use theories, methods and skills for engineering problems of expression, modeling and analysis ability, which can improve the students' practical ability of innovate.

Keywords: Numerical Analysis; blended-teaching; teaching reform; four fusion; practical ability of innovate

数值分析, 又称计算方法, 是一门与计算机使用密切结合的实用性很强的数学课程, 也是科学计算的基础。它以各类数学问题的数值解法作为研究对象, 并结合现代计算机科学与技术为解决科学与工程中遇到的各类数学问题提供基本的算法, 能够把数学的计算思想运用到自己的领域中去。

课程目标如图 1 所示。

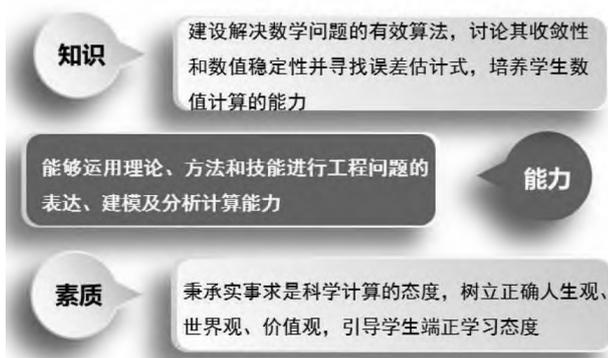


图 1 数值分析课程目标

一 课程存在的主要问题

(一) 课程知识抽象, 较难理解, 理论落地难

数值分析课程既有纯数学高度抽象性与严密科学性的特点, 又有应用的广泛性与实际实验的高度技术性的特点。偏理论分析, 相对枯燥乏味。如何让学生知其然更要知其所以然, 增加学生对数学知识的理解和应用。

(二) 重视数值模拟, 忽略探索研究

由于学生教学软件运用能力的限制和实践性教学内容匮乏, 学生最多利用已有的 Matlab 软件模拟一下数值计算案例, 但学生很少有机会运用数值算法来解决其他的实际问题。

(三) 学生课程参与度不高, “教”所占比例仍较大

传统课堂教学活动以教师为中心, 强调数学公式和定理的推导, 学生学习积极性不足。如何在现有的教学资源下, 以学生为中心, 把传统教学与信息化教学深度融合, 优势互补, “学”所占比例增加。

基金项目: 2019 年山东省研究生教育质量提升计划立项-优质课程“《数值分析》”(SDYKC19095); 2020 年山东省教学改革与研究面上项目“基于数理学科竞赛的理工科创新型人才培养模式的构建与实践”(M2020163); 2020 年山东省教学改革与研究重点项目“地方高校面向新工科专业的创新人才培养体系研究与实践”(Z2020011); 2021 年山东省教学改革与研究面上项目“学科竞赛视域下创新人才“四环五步递推反馈式”培养体系的研究与实践”(M2021331)、“多元目标、技术赋能背景下, 公共基础教学课程群教学改革研究”(M2021087); 青岛理工大学 2022 年课程思政示范课程建设“《数值分析》”(Y042022-001); 青岛理工大学 2022 年专业学位研究生教学案例库建设“基于数学建模及 PBL 问题式学习的《数值分析》课程案例库建设”(Y022022-015)

第一作者简介: 陈丽娟(1981-), 女, 汉族, 山东日照人, 博士, 教授。研究方向为大学数学教育。

(四) 学生个性化学习的需要不能同时满足,挑战度不足

学生整体“吃不饱”和“吃不了”的现象同时存在,课程重结果、轻过程。如何增加过程考核,多元性的评价体系,提升学生实践创新能力,提高课程的高阶性、创新性、挑战度。

针对以上问题,深化数值分析教学改革,实现“课堂活起来,学生忙起来,教学严起来”。

二 课程教学的创新思路及举措

(一) 革新教学理念,创新教学内容,优化教学设计,提升知识理解与应用

1)理论联系生活,让数学贴近生活,开展基于数学建模的PBL教学模式。结合专业目标人才培养需求,构建数值分析课程和数学建模案例教学互融共促的PBL教学模式。把“学科导向”变为“问题导向”,开展“问题驱动-教师授课-自主学习-讨论探究”的课程教学模式,这使得知识的获得成为解决问题过程中的组成部分。

2)坚持问题导向,把抽象的数学问题形象化。已经建成了“数值分析+程序设计”的课程融合教学模式,学生在掌握了基本知识原理的基础上,编程辅助实现计算方法课程中常见算法的应用、经典应用案例的建模求解等。让学生体会到学习数学“有趣、有谱、有用”,实现从“要我学”→“我要学”→“我会学”→“能学好”的转变,从中获取成就感和自我认同。

3)促进文理交融,彰显课程温度。让数值分析课程变得有诗意、有情趣、有故事,兼备文学情怀,让课程变得有温度。团队教师加大教学精力投入,潜心教书育人。

(二) 传统教学与信息技术有机融合,增加学生课堂参与度,实现课程全过程管理

课堂巧用智慧教学工具,让课程“动”起来,选用雨课堂、学习通或智慧树平台,内有弹幕、投票、单选题和主观题等多种形式,及时反馈结果。每个教学设计环节都是以学生为中心,各阶教学内容均配以学生活动,主动学习环节多,学习难度大,师生互动频繁,线上线下教学活动支撑课程目标达成。

大力加强师生互动、生生互动环节。内容高阶,学习难度大,让学生在讨论中学习、在学习中讨论,既提高了学生的学习兴趣,也挑战了学生的学习能力。

(三) 落实立德树人根本任务,深化特色思政建设,解决学生内生动力差问题

秉承“百折不挠、刚毅厚重、勇承重载”精神,深入挖掘课程内容蕴含的思政元素。通过线上资源建设,线下教学活动,思政认知评价,师德师风示范引领各环节,通过案例教学,激发学生奋发学习,解决问题锲而不舍的精神,养成良好的数值计算素质和 Matlab 编程能力。

“显性教育”与“隐性教育”融合贯通。思政教育变为学生自发的认知需求,解决学生内生动力差问题。

同时,基于数值计算能力培养、数学文化自信素养养成分别设立课程设计与实施主线和课程思政教学主线,确定培养学生具有“严谨科学计算能力、正确辩证思维方法、高度数学文化自信”为课程思政目标,以“案例分析、数值分析、误差分析”三大任务为内容重构主线,构建“探索未知、勇攀高峰、爱国情怀、科技报国”为导向的多维度教学方法,将“思政之盐”有机融入“课程之篮”。

(四) 混合式教学模式,布置课后开放性作业,提升学生实践创新能力

经过几年的积累,团队已经建成了全面完整的线上平台资源,不仅探索出了符合青岛理工大学人才培养需要和学生实际水平的BOPPPS混合教学形态,打造线上线下、课内课外一体化的混合式教学模式。设置开放性作业,与专业、竞赛相结合突出学生学习主体地位,注重应用创新能力培养。

(五) 建成多元考核评价体系,强化基于学习过程的过程性考核,根据学习过程数据分析,动态改进教学策略

基于课程教学目标,改进考核方式,包括过程性考核和总结性考核。其中线上部分占20%,包括学习行为分(7%)、章节测试(3%)、线上期末测验(5%)及线上讨论(5%);线下部分占80%,包括课堂互动(10%)、线下作业(20%)、期末考试(50%)。其中,期末考试和线下作业支撑知识目标和能力目标达成,线上成绩及平时互动支撑学生素质目标达成。

三 Newton 迭代法案例分析

(一) 课前线上

课前通过智慧树在线平台自学 Newton 迭代法的公式及收敛性质,内容如下:已知 $f(x)$ 在 (a, b) 内可导,做迭代函数 $\varphi(x) = x - \frac{f(x)}{f'(x)}$, Newton 迭代公式为 $x_{k+1} = x_k -$

$$\frac{f(x_k)}{f'(x_k)}, (k=1, 2, \dots)$$

例题: $f(x) = x^3 - x - 1$ 的 Newton 迭代公式为 $x_{k+1} = x_k - \frac{x_k^3 - x_k - 1}{3x_k^2 - 1}, (k=1, 2, \dots)$, 取 $x_0 = 1.5$, 则迭代公式结果见表1。

表1 迭代数据

k	x_k
0	1.5
1	1.347 826 1
2	1.325 200 4
3	1.324 718 2
4	1.324 718 0
5	1.324 718 0

(二) 课前线下

$f(x)=x^3-x-1$ 的 Newton 迭代公式的 Matlab 程序设计如下。

```
x(1)=1.5;
for k=1:5;
    x(k+1)=x(k)-(x(k)^3-x(k)-1)/(3*x(k)^2-1);
end
```

(三) 翻转课堂形式分组讨论

Newton 迭代公式的优缺点如下。

优点: Newton 迭代公式具有平方收敛的速度,所以在迭代过程中只要迭代 n 次就会得到很精确的解。

缺点: ① Newton 迭代法为局部收敛,选取的初值要接近方程的解,初始迭代点 x_0 的选择很困难; ② 要求 $f'(x^*) \neq 0$,说明 Newton 迭代法只能求单根; ③ Newton 迭代法中每一步需求导数 $f'(x_k)$,计算量比较大。

(四) 引导学生思考

1) 关于初值的问题: 一般来说采用试探法,但对于一些实际问题初值的选择并不困难,它是明确的。

2) 关于重根的问题,我们需要对 Newton 迭代公式进行改进: ① 若重数 m 已知,可设迭代公式为 $x_{n+1}=x_n-m \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$,至少平方收敛; ② 若重数 m 未知,一个实用的方法是令 $\mu(x)=\frac{f(x)}{f'(x)}$,则 $f(x)=0$ 等价于 $\mu(x)=0$,且 x^* 为 $\mu(x)$ 的单重零点。迭代公式 $x_{k+1}=x_k-\frac{\mu(x_k)}{\mu'(x_k)}$, ($k=1,2,\dots$) 至少平方收敛。

(五) 解决方法

针对导数计算麻烦的处理方法如下。

1) 利用 Newton 迭代法先进行几步,比如进行到第 k 步得到近似值 x_k ,接下来采用 $c=\frac{1}{f'(x_k)}$ 。 $x_{k+1}=x_k-cf(x_k)$,此迭代法通常是线性收敛的。

2) 实用方法是由差分代替微分,即 $x_{n+1}=x_n-\frac{x_n-x_{n-1}}{f(x_n)-f(x_{n-1})}f(x_n)$ 。此迭代方法为割线法,它是超线性收敛的(收敛阶为 1.618)。

(六) 比较结果

分别用 Newton 迭代法、改进的 Newton 迭代法,以及它们的离散型迭代法求方程 $f(x)=(x+1)(x-1)^2=0$ 的二重根 $x^*=1$ 。

Newton 迭代法: $x_{n+1}=x_n-f(x_n)/f'(x_n)$;

改进 1: $x_{n+1}=x_n-mf(x_n)/f'(x_n)$;

改进 2: $x_{n+1}=x_n-\mu(x_n)/\mu'(x_n)$, $\mu(x)=f(x)/f'(x)$;

离散: $x_{n+1}=x_n-(x_n-x_{n-1})f(x_n)/(f(x_n)-f(x_{n-1}))$;

离散改进 1: $x_{n+1}=x_n-m(x_n-x_{n-1})f(x_n)/(f(x_n)-f(x_{n-1}))$;

离散改进 2: $x_{n+1}=x_n-(x_n-x_{n-1})\mu(x_n)/(\mu(x_n)-\mu(x_{n-1}))$;

$$\mu(x_n)=(x_n-x_{n-1})f(x_n)/(f(x_n)-f(x_{n-1}))。$$

比较以上迭代方法,迭代结果见表 2。

表 2 迭代法比较结果

方法	迭代次数/次
Newton	26
改进 1	5
改进 2	5
离散	36
离散改进 1	20
离散改进 2	31

(七) 线上作业

结合平台视频证明 Newton 迭代公式在其单根附近具有局部平方收敛性。作业通过智慧树平台提交。

四 数值分析创新课程建设和获奖经历

2018 年度: 案例式、探究式教学方法在大学公共数学课程中的探索与实践获批校级本科教学教改面上项目,数值分析课堂中采用 CBL 数学建模案例式教学方法;新旧动能转换背景下基于数学类竞赛的新工科创新人才培养模式研究获批校级高等教育与发展规划研究项目。数学建模融入课程教学初见成效,同年新工科背景下数学类竞赛融入公共数学课堂教学的研究与实践获批山东省本科教学教改面上项目。搭建大学数学教学平台,“基于数学类竞赛平台建设的大学数学教学内容与教学方法改革的研究”获山东省教学成果二等奖。

2019 年度: 为了更好地开展混合式教学,数值分析线上开放课程上线智慧树; 同年, Matlab 实验研究为校级综合性、设计性、创新性实验教学项目,加强学生实践能力培养。STEM 在数值分析课程改革中的应用获批教育部产学研协同育人项目; 为了更好地开展课程思政建设,课程开始编写课程思政案例库。同时,课程获评山东省研究生教育质量提升计划立项-优质课程。

2020 年度: 基于智慧教学平台的混合式教学在数值分析课程中的改革与实践获批教育部产学研协同育人项目; 基于数理学竞赛的理工科创新型人才培养模式的构建与实践获批山东省本科教学教改面上项目。

2021 年度: 团队获得青岛理工大学教学创新大赛二等奖; 数学实验融入公共数学课程教学体系的研究获批校级本科教学教改面上项目,对课程实验进行整合。

2022 年度: 坚持以培养目标为导向的工程教育认证理念,将数学建模融入数值分析课程改革已见成效,“以赛促学、教赛融合、政产学研用”推进德智相长人才培养获得山东省级教学成果奖二等奖; 获省级教学创

新大赛正高组三等奖。同时课程获批山东省课程思政示范课程、校专业学位优秀案例库建设、校教材立项等。

五 数值分析课程教学创新成果与推广价值

(一) 学生对创新教学满意度评价高

针对 2021—2022 年 1 学期混合式教学模式的满意度评价调查结果,从教学方法、教学启发性、随堂知识掌握程度、知识获得的有效性 & 案例适宜性进行评价,课程总评非常满意 50%,满意 38%。

(二) 学生学业成绩优良

2021—2022 年 1 学期团队教师对学生教学分班,比较两种教学模式下的教学效果。从考试成绩,经过混合式教学创新,学生学习积极性和主动性大大增强,学业成绩优良度提高 13%,学习目标达成度提高。

(三) 教师教研能力提高

教师教学能力显著提升,教师教学竞赛成绩优异,师德师风建设成效显著,课程建设和教学团队建设成果丰硕。如图 2 所示。

获奖项目
2022 年“智慧树杯”课程思政示范案例教学大赛二等奖 2022 年校课程思政教学比赛三等奖 2018 年校级先进工作者 2019 年校第四届师德标兵 2019 年校优秀共产党员 2020 年校三八红旗手 2022 年校先进工作者 2023 年校“五好”女职工
2021 年校教学创新大赛副高组一等奖 2021 年雨课堂智慧教学案例优秀奖(二等奖) 2021 年山东省高校大学数学课程教学创新大赛一等奖 2022 年山东省高等学校教师教学创新大赛正高组三等奖 2023 年山东省高等学校教师教学创新大赛正高组三等奖 2023 年首届“智慧树杯”混合式教学案例创新大赛二等奖
2020 年校信息化教学比赛一等奖 2021 年全国数学建模微课程教学竞赛全国三等奖 2019 年校优秀毕业论文一等奖指导老师 2019 年校中青年教师讲课比赛二等奖 2022 年校中青年教师讲课比赛二等奖 2022 年校第二课堂优秀指导教师

图 2 教师团队教学 2018—2023 年获奖情况

(四) 学生实践创新能力提升

教学团队不仅仅看学生考试的分数,并且根据学生的人文素养、科学素养、实验动手能力的评估,对学生有针对性选拔、指导。创新教学模式提升了参与各种数学类竞赛活动的积极性,学生实践创新取得很好的成绩。2022 年美国大学生数学建模大赛青岛理工大学获 O 奖 1 项,特等奖提名 F 奖 2 项;团队指导学生全国大学生数学建模获国家二等奖 1 项、山东省一等奖 2 项、二等奖 3 项和三等奖 1 项;全国大学生数学竞赛山东省一等奖 3 项,全国大学生数学竞赛全国二等奖(决赛)。指导学生发表论文 2 篇。

六 结束语

本课程经过几年创新的探索和实践实现了从传统课堂向智慧课堂、知识课堂向能力课堂、灌输课堂向实践课堂的转变。在今后的教学过程中,强化教材建设、深

化教学改革,促进学生的全面发展。

参考文献:

- [1] 左军.数值分析课程教学改革的探讨与实践[J].教育教学论坛, 2020(15):187-188.
- [2] 高翠侠.“工程数学”之“数值分析”课堂教学改革的实践与探讨[J].科教导刊,2020(24):149-151.
- [3] 汪达成.“数值分析”课程改革实践与探讨[J].重庆交通大学学报:社会科学版,2013,13(3):111-112.
- [4] 黄政阁,崔静静.计算方法课程教学中融入思政教育的探索与思考[J].科技风,2021(1):44-47.
- [5] 马衍波,瞿丹.基于翻转课堂及建模思想的数值计算方法教学探讨[J].电脑知识与技术:学术版,2018,14(35):171-172.
- [6] 李金权.基于微课视频的《数值计算方法》上机课翻转课堂教学设计——以 Lagrange 插值多项式上机实现为例[J].教育现代化,2017(28):162-164.