

新工科背景下“计算方法” 课程教学改革与实践初探

——以湖南科技大学为例

王莉¹, 彭卓华¹, 王桃¹, 黄燕平²

(1.湖南科技大学 数学与计算科学学院, 湖南 湘潭 411201; 2.新邵县迎光乡中心小学, 湖南 邵阳 422915)

摘要:“新工科”旨在培养应用型创新人才,而“计算方法”课程对培养学生的计算思维、应用理论知识动手解决实际问题的能力有重要作用。针对当前湖南科技大学“计算方法”课程在工科学生教学中存在的问题,从课程结构、教学模式和考核方式等方面进行改革。从课程考核结果来看,该教学改革取得了较好的教学效果。

关键词:计算方法;计算思维;教学模式;数值实验

中图分类号:G642.1

文献标志码:A

文章编号:1674-5884(2021)02-0045-05

随着经济全球化趋势和新科技革命的加速发展,国家提出了“一带一路”倡议与“中国制造2025”重大计划,新工科建设为这些计划提供了人才保障和智力支持。与此同时,也对工程技术人才提出了新的要求,即他们不仅需要精通某一专业领域,还需要有能与其他交叉学科融合的知识背景;不仅要运用所学知识解决具体问题,还应具备学习新知识、新技术的能力,为将来解决新出现的问题做准备。

在大数据时代,人们对信息技术及数据处理的要求越来越高,通过人工计算解决的问题已经越来越少,未来一定是智能计算的天地^[1]。科学计算与计算机技术关联密切,将成为信息技术中非常重要的支柱,而科学计算的理论基础是计算方法。计算方法,主要是在计算机上运用数值计算方法求得数值解。“计算方法”是很多工科院校大学生的必修课程,它不仅研究如何构造迭代算法,还要研究算法的收敛、稳定等性质。而且,

计算方法更多地来源于实际问题,为具体问题提供有实用价值的理论成果,如它常常用来求解控制工程、机械工程中的数值计算问题。“计算方法”不仅是数学专业的重要专业基础课,而且是物理学、控制工程、计算机应用、计算化学、机械工程、经济管理等专业的必修课,越来越受到更多高校的重视。

“计算方法”课程在理论上有高度的抽象性。将数值问题转化为合适的算法时,需要抽象的数学理论,导致计算方法中算法理论的抽象性。该课程在实验上也有高度的技术性,学生需要利用matlab, excel, spss, sas 等软件来处理和分析数据。因此,学习这门课程既需要扎实的数学理论基础,又需要强大的计算能力,从而导致学生学习起来并不轻松。但由于该课程对后续专业课很重要,且能解决实际问题,学生对它是“爱恨并存”。为了使学生对课程产生学习兴趣并学好,本校任课教师做了大量调查研究。

收稿日期:2020-04-18

基金项目:湖南科技大学教学改革研究一般项目(907-G31815, 907-G31814);湖南省教育厅教改项目(湘教通[2017]452号,序号239)

作者简介:王莉(1982-),女,湖北荆门人,讲师,博士,主要从事矩阵理论、控制理论及其应用研究。

很多教研教改论文对“计算方法”课程教学中存在的问题进行了探讨,理论上有了很好的结论,实际教学中也取得了很好的成果。例如:张国勇、胡金蓉等^[2,3]从计算思维的概念和课程特点出发,从教学的内容、方法、过程等三个方面对“计算方法”课程做了探讨,着重讨论了学生计算思维的培养。顾颖等^[4]针对教学中存在的没有足够重视培养计算能力、评价方式不够科学和客观等问题,从学生的计算能力培养方面研究“计算方法”课程改革。陈延梅等^[1]基于工科大学生教学的特点,借助计算方法的具体实际背景,从构造求近似解的迭代算法、上机实验、培养学生解决实际问题的能力等多个角度,研究了如何引入数值思想,建立有效的教学模式和方法。张韵华等^[5]从教材选定、制订课程目标和作业方式的考核等方面将算法在数值实验课中实现,让学生对数值方法的理解更深刻,同时也提高了学生的上机实践能力。王海英等^[6]以北京地区中国地质大学的硕士研究生为研究对象,根据他们的专业特色和课程内容的特点,将教学与科研相结合,探讨计算方法中的热点和前沿问题,培养硕士生的创新能力和科研能力。王金柱^[7]针对目前计算方法课程中存在的问题,着重强调了如何优化“计算方法”课程的教学内容和提高学生的创新能力。胡双年等^[8]以图像放大为例,将拉格朗日插值函数应用其中,编写了将图像放大的程序,加深了对计算方法理论知识的理解。汪海鹰等^[9]根据软件工程专业的特点,对“计算方法”课程的教学方法、内容进行有针对性的改进,以提升学生的实践能力;并针对专业特点设计了合理的实践教学和考核标准,培养学生将理论知识与专业知识相结合以解决复杂工程问题的能力。刘玉飞等^[10]分析了理工科专业教学过程中的问题,根据成果导向教育的思想,从教学模式的启发性、MATLAB 软件的应用等几个方面探讨了教学改革。

从文献中发现,大量研究结果探讨了课程教学过程中如何加强数值实验和培养学生的实际计算能力。基于我校“计算方法”课程教学现有的问题,同时为了激发学生对计算方法的学习积极性,提高“计算方法”课程的教学效果,使课程更符合新工科背景下高素质专业人才的培养要求,笔者对“计算方法”课程进行了分析和探讨,并将

探讨结果付诸实践,取得了满意的效果。

1 “计算方法”课程教学存在的问题

1.1 教学观念陈旧

以往“计算方法”课程教学,注重严谨的理论和过程推导,不重视实用性;只强调理论上的理解,没有注意培养学生的思维、计算及编程等能力,也没有重视上机实验;在教学过程中,大多采用教师灌输、学生接受的教学方式。在这样的授课方式下,学生易产生畏难、抵触情绪。这样的教学理念离新工科建设下的人才培养目标也相距甚远。

1.2 课时少

“计算方法”课程知识点比较多,例如:非线性方程求解里有根的隔离与二分法、迭代法、劈因子法、牛顿法;解线性方程组里常见的有消去法、矩阵分解法、迭代法;插值法里有 Hermite 插值法、牛顿插值法、拉格朗日插值法等;常微分方程数值解法、数值积分与微分、曲线拟合与函数逼近等中又有一些公式推导和算法。我校“计算方法”课程只有 32 学时,这些内容的理论推导已经很难讲完,更谈不上去上机实现。而且“计算方法”课程的理论学习已有一定难度,加上没有实践课时间,导致学生提不起学习兴趣,课外也不会投入很多时间与精力。

1.3 重理论,轻实验

“计算方法”是一门与实际问题密切相关的课程。通常我们根据实际问题进行分析,建立数学模型,构造算法,将所得到的迭代解运用到具体问题中,从而解决实际问题,具有实用价值。可是相关教材大量的篇幅是理论推导,若教师把重点放在理论推导上,学生会觉得难学且枯燥,那么课程就失去了实用性强的特点。这样的教学理念也很难培养出工程实践能力强的人才。

1.4 学生编程能力差

学生上完“计算方法”课程后不知如何应用,只会应付考试。由于教学计划中没有实践课或者实践课很少,学生真正动手操作的机会就少,编程能力、解决实际问题的能力没有得到锻炼。这样的教学没有达成新工科建设的课程目标,故需通过改进教学方法以改变现状。

1.5 考核内容单一,考核形式简单

目前,笔试仍然是我校“计算方法”课程考核

的主要形式,即学校在学期末安排一次测试,教师根据学生提交的试卷给出期末成绩。我校期末测试题主要考核理论知识,如各种迭代公式的简单应用和计算。但“计算方法”课程教学目标应是学生能针对实际问题设计或选择有效的算法,上机实现,最后解决实际问题。这种只有笔试的考试,不能客观地反映出学生的真实水平。

2 问题的分析及对策

鉴于我校“计算方法”课程教学现状和新工科建设人才的需要,任课教师不仅需要要有较宽的知识面,而且需要具备较强的专业素养、实践能力、科研能力,这样才能上好“计算方法”课程,才能培养出新工科建设下的创新型人才。“计算方法”课程注重培养学生的计算思维、计算能力及通过实践课培养学生解决实际问题的能力。为了提高课程教学效果,本课题组对我校“计算方法”课程教学进行了研究和探讨。

2.1 改变教学观念

以建设新工科人才的培养要求为前提,坚持“理论知识扎实、重视能力培养、理工有机结合、全面提高素质”的学科建设思路。首先,在“计算方法”课程教学中,要让学生整体把握算法思想,从计算思维的角度出发,而不仅仅专注于证明的推导;要强化计算机的应用,即上机编程,以训练学生的计算能力;要将计算的近似解运用于实际问题中,以解决具体问题。其次,应与我校机械工程、控制工程等应用学科合作,有效促进学科相互融合、拓展应用研究方向。最后,还需加强“计算方法”课程师资队伍建设,提高教师的科学计算能力与创新能力。

2.2 优化课程结构

根据专业教学计划,确定适合本校“计算方法”课程的教学内容,使学生懂得算法原理和公式推导,并针对具体问题求数值解,坚持理论与上机编程相结合。据此要求,实践课时约占总课时的40%。实践课时增加,理论课时相应减少,为了在课时少的情况下完成教学任务,授课教师不可能面面俱到详细讲解,可以重点介绍算法的基本思想和原理,让学生课后巩固消化。实践课可让学生亲自动手编程,上机调试,在解决具体问题中运用所学的迭代算法或构造合适的算法;课后布置一些有启发性的题目,以锻炼与提升学生的

思维和计算能力。

2.3 建立有效的教学模式

2.3.1 带着“问题”教学

在卫星、飞行器姿态的优化设计中,需要寻找最优控制器,而最优控制器涉及矩阵方程的解。根据 Newton 迭代算法的理论,构造矩阵方程的迭代算法,求出数值解,确定最优控制器。对于这类具体问题,需先构造数学模型,再选取相应的迭代方法,将得到的迭代解运用到具体问题中,而计算方法是解决这类问题的理论基础。上课时,教师先提出实际问题,学生分析问题的类型,并给出解决问题的数学思想、方法,最后上机编程实现。这个过程不仅可以激发学生的学习欲望,还可以在探索过程中掌握“计算方法”课程的理论知识和解决实际问题的基本过程、思考方式和规律。同时,也体会到计算方法是实际问题产生,落脚于实际问题,体现了“计算方法”课程的意义和价值。

2.3.2 培养计算思维

计算思维具有抽象性,将实际问题转变为科学计算问题时需要具备计算思维。计算科学中的计算比我们平常所说的计算范围广泛,如图像、文字、视频、声音等在计算机中都是用二进制来表示的。另外,计算机只能处理离散问题,故而对于连续型数学问题要先将其离散化,再用计算机进行科学计算。这些都是在将实际问题转变为计算问题的过程中需要考虑的,即需要计算思维。学生把具体问题转化为数学模型,再选取或者构造合适的算法编程计算,不仅培养了计算思维,而且有利于提高计算水平。

2.3.3 加强数值实验教学

为了让学生较好地掌握“计算方法”的本质,数值实验是很有必要的。学生自己编程,上计算机调试程序,分析得到近似数值,进而解决具体问题。这种通过亲自实践解决实际问题的过程,能锻炼学生的思维方式,有助于学生找出解决问题的规律,加深对理论知识的理解。例如,在控制工程的最优控制中,对于一个离散时间的线性系统 $x(k+1) = Ax(k) + Bu(k)$, 为了使二次性能指标最小,需要寻找最优控制器。而最优控制器与代数 Riccati 矩阵方程 $P = A^T P A - A^T P B (G + B^T P B)^{-1} B^T P A + Q$ 中的解 P 密切相关,故要求解 P 。由于方程比较复杂,很难求出解析解,可

以考虑用迭代方法求解。首先,将方程转化为等价的方程 $P = A^T(P^{-1} + R)^{-1}A + Q$, 然后构造迭代格式,取初值 $P_0 = Q$, 可验证此迭代格式满足一定条件时是收敛的,且在该条件下可以根据此迭代格式计算出满足精度要求的迭代解,最后将迭代解带入最优控制器表达式,即可求出最优控制器。这是一个非线性方程用迭代格式求解,那么,是否可用其他方法,如牛顿法、劈因子法等来求解呢?这需要我们进一步研究探讨。课后,教师也可布置一些类似的有启发性的题目,促使学生查阅图书文献、建立数学模型、设计出合适的算法并编程上机实现,对所学知识活学活用,激发学生的学习兴趣,提高计算能力。

2.3.4 教学与科研相结合

学习“计算方法”课程,需要多门课程为基础,理论部分难度较大,学生接受知识较困难,因而教学效果不太理想。工科学生的“计算方法”教学大都是教师“灌输”、学生接受,学生的学习动力不强。若任课教师讲述最新科学前沿知识时,融入最新的知识内容或者请相关专家开展前沿讲座,把科学研究融入课堂教学中,那么既能带动学生的学习积极性,又能让学生尝试探索科学问题。

2.4 优化考核方式

2.4.1 注重过程考核

在加强“计算方法”实践课的前提下,应更加重视过程考核,制定多样化的评价方案。每一次实践课均要给出算法,编程上机调试,分析实验结果,并写好实验报告。如线性方程组用迭代法求解方程:(1)理论课堂上讲解雅可比(Jacobi)迭代法、高斯-赛德尔(Gauss-Seidel)迭代法以及这两类迭代法的收敛条件和误差估计;(2)实践课上根据具体例子设计算法并上机运行出结果,然后分析结果、提交实验报告;(3)课后要求学生自学超松弛(SOR)迭代法,根据实际例子编程运算、分析结果,并提交实验报告。实践课上成绩(60%)和课后实验成绩(40%)的加权成绩为此次实验课的最终实验成绩。

学生在课堂上和课后都进行了数值实验的练习,课余还自学了相关新内容并上机实践,有助于强化学生的实践动手能力,同时也弥补了课时紧张的问题。课程期间,可设计几个专题进行课堂讨论,该讨论和之前的准备工作,如提前收集资料、阅读相关文献等均作为考核内容。平时的上机实践课和课堂讨论占 50%,期末测试占 50%。这种考核方法,既能促进学生平时认真学习,又能客观反映他们的真实水平。

2.4.2 考核题型多样化

实践课中选取实际例子时,教师可选取锻炼学生算法设计的题型。如一个班 30 人,可以选取 6~7 个题目,平均 4~5 人一个题目类型,要求学生独立完成。这样,能有效避免学生相互抄袭。教师检查实验报告时可重点关注学生所构造算法的设计思路,且让学生演示程序的运行过程,检查运行结果。经过扎扎实实的训练,学生的动手能力会得到较好的锻炼。这样的实践课,没有学生会偷懒,也不会有雷同的实验报告。

3 “计算方法”课程改革的效果

以本校信息与电气工程学院 2017 级通信工程专业学生和电子工程专业学生为研究对象。2017 级通信工程专业(简称“通信 17 级”)学生共 3 个班,合班上课,笔者将本项目教改模式运用于该大班。2017 级电子工程专业(简称“电子 17 级”)学生也是 3 个班合班上课,笔者对该大班采用以前的教学模式。

2018—2019 学年第二学期“计算方法”课程的期末考试采用同一份试卷,对期末考试卷面成绩进行分析可知:通信 17 级 90 分以上的人数比例超过电子 17 级 11.1%,通信 17 级不及格的人数比例要低于电子 17 级 4.3%(如表 1 所示)。从分数分布来看,通信 17 级平均分为 84.72,电子 17 级平均分为 75.61,通信 17 级平均分高于电子 17 级平均分 9.11。从以上数据不难发现,通信 17 级学生学习该课程的效果要比电子 17 级好。

表 1 通信 17 级与电子 17 级期末考试卷面分数分析

班级	卷面分数				
	100~90	89~80	79~70	69~60	59~0
通信 17 级(%)	39.8	30.6	19.4	9.2	1.0
电子 17 级(%)	28.7	34.0	25.5	6.5	5.3

4 结语

随着计算科学的不断发展,“计算方法”课程的理论知识也在不断丰富。为了推进新工科的发展,培养学习方法强、综合能力强的“新工科”人才,本校“计算方法”教学小组对“计算方法”课程从教学模式、课程结构、考核方式等方面进行了思考和改革尝试,大部分学生对“问题”教学和数值实验的上机编程实践给予了很好的评价。这些改革措施激发了学生学习“计算方法”课程的兴趣,培养了学生的计算思维,提高了学生解决具体问题的能力。

参考文献:

- [1] 陈延梅,张池平,李道华.大学工科数值计算方法教学之探讨[J].大学数学,2005(2):29-31.
- [2] 张国勇,毛欲民.计算方法课程教学中计算思维培养研究[J].湖北师范大学学报(自然科学版),2018(4):98-102.
- [3] 胡金蓉,吴霞.数值计算方法课程中计算思维能力的培养[J].科教文汇,2015(6,中):45-46.
- [4] 顾颖,陈新.着眼计算能力推进《计算方法》实践课改革[J].科学咨询(教育科研),2019(10):37-38.
- [5] 张韵华,陈效群.数值计算方法课程改革初步[J].大学数学,2003(3):23-26.
- [6] 王海英,李传涛.现代优化计算方法课程的教学改革探索[J].菏泽学院学报,2011(2):109-111.
- [7] 王金柱.《计算方法》课程教学改革的探索与实践[J].陕西教育学院学报,2011(1):81-83.
- [8] 胡双年,马戈.基于程序设计的计算方法课程教学改革与实践[J].赤峰学院学报(自然科学版),2017(12):5-6.
- [9] 汪海鹰,易发胜,张君雁.“数值计算方法”课程教学探索——以软件工程专业为例[J].教育与教学研究,2017(2):111-114.
- [10] 刘玉飞,许德章,梁利东,等.基于 OBE 理念的理工科专业《计算方法》课程教学改革探索与实践[J].教育教学论坛,2018(9):135-137.

Teaching Reform and Practice of Computational Methods Course under Background of “New Engineering”: Taking Hunan University of Science and Technology as an Example

WANG Li^a, PENG Zhuohua^a, WANG Tao^a, HUANG Yanping^b

(a. School of Mathematics and Computational Science, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

b. Central Primary School of Yingguang Township, Shaoyang 422915, China)

Abstract: “New engineering” aims to cultivate application-oriented innovative talents. The course of “Computational Method” plays an important role in training students’ computational thinking and the ability to solve practical problems with theoretical knowledge. In view of the problems existing in the teaching of “Computational Method” course of Hunan University of Science and Technology, the reform is carried out from the aspects of course structures, teaching modes and assessment modes. The results show that the teaching reform proves to be effective.

Keywords: Computational Methods; computational thinking; teaching mode; numerical experiment

(责任校对 游星雅)