工科“计算方法”课程面临的困境及应对措施

冯国虎，李兴玮
（国防科技大学 智能科学学院，湖南 长沙 410073）

摘 要：工科“计算方法”课程面临如下困境，一是教学与专业联系不紧密，二是学生学以致用能力不足。我们从以应用为导向和工程计算思想培养两方面提出了应对措施。

关键词：工科；计算方法；以应用为导向；工程计算思想

中图分类号：G642 **文献标识码：**A **文章编号：**1672 -8874（2018）02 -0099 -05

The Predicament of the Engineering Course Computational Method and Its Countermeasures

FENG Guo-hu，LI Xing-wei
（*College of Artificial Intelligence*，*National University of Defense Technology*，*Changsha* 410073，*China*）

Abstract：The engineering course Computational Method is now facing two problems. One is that teaching contents are not closely related to students' majors and the other is that students are unable to put what they learn into practice. Encouraging application and cultivating engineering computational thought are two countermeasures put forward in this paper.

Key words：engineering；computational method；application-oriented；engineering computational thought

一、工科“计算方法”课程教学面临的困境

“计算方法”课程也称“数值计算方法”或“数值分析”，是一门研究用计算机求解数学问题的数值近似解的本科生专业基础课。作为一门数学课程，“计算方法”不仅研究自身的理论，而且更多地与实际问题相结合，提供具有应用价值的理论成果。因此，不仅理科专业开设“计算方法”课程，而且很多工科专业也开设该课程。以我校自动化专业为例，上世纪八九十年代就开设了“计算方法”课程。当时计算机软件水平不高，开设该课程的目的是辅助计算机编程，因此，课程教学侧重于算法的具体实现。算法的详细步骤和实现细节是教学重点。随着计算机软件水平的提高，“计算方法”课程中经典、常用的数值计算算法 Matlab 软件都已经封装成函数，弄清楚函数参数的具体含义，直接调用即可。对于工科专业，花费大量课时在算法的公式推导、理论证明的传统模式已不适应时代发展需要。

新形势下工科专业“计算方法”课程面临的困境，存在的共性问题[1-3]有：

1．*重理论，轻实践*。教师教学时强调理论的完整性，对实践性重视不足，缺少应用问题的兴趣激发和算法设计的训练，造成学生解决实际问题的能力较弱。

2．*直观性差*。课程教学中数值计算公式大多冗长繁琐，直接推导费时费力，且学生也很难长久记忆，容易产生烦躁和厌学的情绪，教学效果

收稿日期：2017 -12 -07
作者简介：冯国虎（1981 -），男，湖南长沙人。国防科技大学智能科学学院讲师，博士，主要从事导航、制导与控制研究。

不理想。

3. 学时少，内容多。教学存在点到即止，蜻蜓点水现象。不少教师采用“填鸭式”和“一言堂”的教授模式，学生上课疲于听讲，容易产生抵触情绪。

除了上述共性问题外，我校自动化专业教学过程中还存在如下个性问题：

1. 教学与专业联系不紧密。“计算方法”课程的传统教学模式侧重于数值计算方法的详细步骤和具体实现，随着科学研究的不断发展，一些新的算法没有得到介绍和补充，而一些复杂的方法在讲解时间上也没有相应的减少。传统教学模式花费过多课时在繁琐的公式推导和复杂的理论证明上，原理抽象，内容繁琐，难以激发工科学生学习的主动性和兴趣。“计算方法”课程作为专业基础课，重点应该是为后续专业课数值问题求解提供计算工具的。而传统教学模式对根据实际情况如何选择算法以及改善算法性能等实际运用重视不够，专业领域的数值计算问题在教学中也没有得到体现，学生不知道如何运用数值计算方法去解决专业以及工程中实际计算问题。

2. 学生学以致用能力不足。根据“计算方法”课程的培养目标，学生应达到：（1）会构造算法；（2）会利用计算机编程运算求出数值解；（3）会对结果进行算法分析。在教学过程中发现，学生对于数值计算算法的构造原理，如用有限近似无限，将非线性问题线性化等，接受得很快。但是对于构造算法和对结果进行算法分析，尤其是后者比较欠缺。面对实际问题时，学生通常只会直接套用公式，缺乏融合贯通。当计算结果不满足实际需求时，不知道如何根据计算结果的误差分析选择其他算法或改善原算法性能。在后续专业课学习以及开展本科毕业设计时，问题尤为明显。对于基本知识和基本技能，学生需要动手练，才能扎实掌握各种数值计算方法的实际运用。学生动手练得少，一方面是由于学时少、内容多，教师采用“满堂灌”，学生没有时间和兴趣去动手练；另一方面是前序课程“高等数学”、“线性代数”等课程教完比较久了，许多知识点已经遗忘，具体计算不会算，学生不愿意动手练。

二、工科“计算方法”课程改革措施

针对“计算方法”课程面临的困境，笔者结合近年来针对我校智能科学学院自动化、导航工程专业技术类本科生“计算方法”课程教学经验，提出以下改革措施。

（一）以应用为导向

1. 案例教学。案例教学打破了以教材为中心的传统教学模式。通过以典型案例为中心，把学生的学习重点迁移到对案例分析和求解的讲述上，将要学习的数值计算方法融入到具体的案例中进行讲解，使学生在应用中学习，从而避免了枯燥、繁杂的理论说教。这样，不仅增加了学生学习的积极性，而且对提高学生的综合分析和解决实际问题的能力也有很大的帮助。从工程实际问题引出算法。伴随问题的分析和逐步展开，讲述相应数值计算方法的来源（出发点）、基本思想和基本流程，为增加直观性，每个算法都介绍流程图，侧重在实际中如何使用算法解决问题。教材中复杂、繁琐的理论证明和公式推导，不是教学重点，不必花费过多的时间和精力。教学以应用为导向。相对一个案例对应一次课/一个章节的常见模式，国外教材以蹦极这个大家都感兴趣的运动计算引出算法，随着问题研究的不同层次讲述相应数值计算方法，用一个案例贯穿了整门课程[4]，使得课程整体感强，学生印象深刻。美中不足的是，蹦极这个案例虽通俗易懂，但针对性不强，与后续专业联系不紧密。

“计算方法”作为专业基础课，为了更好为后续专业课学习打好基础，应充分结合本专业实际，从工程背景出发，选择专业中的典型案例，通过提炼和适度简化，设计一个能够贯穿课程主要知识点的案例，通过案例问题分析、解决的不同环节对应课程各章节。采用专业案例教学，可以激发学生兴趣，从根本上回答“学习这门课对后续专业学习有什么用”的问题。案例应当尽可能来自教师自身的科研工作或工程项目，例如“视觉里程计/惯性组合导航”项目中的惯性导航方程建立及简化涉及复杂表达式近似，视觉里程计计算

涉及等式求解，导航解算过程可以分解出随机数产生和 kalman 滤波等问题。通过图像和视频方式，增加相关科研与工程背景介绍，引导学生以工程师角色进入教学过程。计算结果可视化处理，通过图形和动画将复杂抽象的定理和方法准确直观地演示，让学生从结果的感性认识上升到方法和理论的理性认识。

为了配合案例教学，用一个典型案例贯穿整个课程。针对课时少，内容多的不足，对教学内容进行深入研究，为保证知识的完整性和理论的系统性，对课程教学主要内容重新进行模块化设计。如图 1 所示，以我校智能科学学院自动化、导航工程专业为例。根据课程标准，结合专业实际，梳理、整合教学内容，加强主干，弱化枝叶。将教学内容划分为三个模块：数值逼近模块讲述复杂表达式用简单表达式近似，数值代数模块讲述等式求解，数值滤波模块讲述考虑随机误差的统计最优估计。传统教学中微分方程数值求解模块，由于在另一门专业基础课“控制系统仿真”中专门讲述，该模块不讲。针对自动化、导航专业对 kalman 滤波应用的需求，增加数值滤波模块，直接为专业服务。数值逼近、数值代数、数值滤波三个模型循序渐进，随着案例分析的不同层次，依次展开三个模块教学，应用相应的数值计算方法解决实际问题。

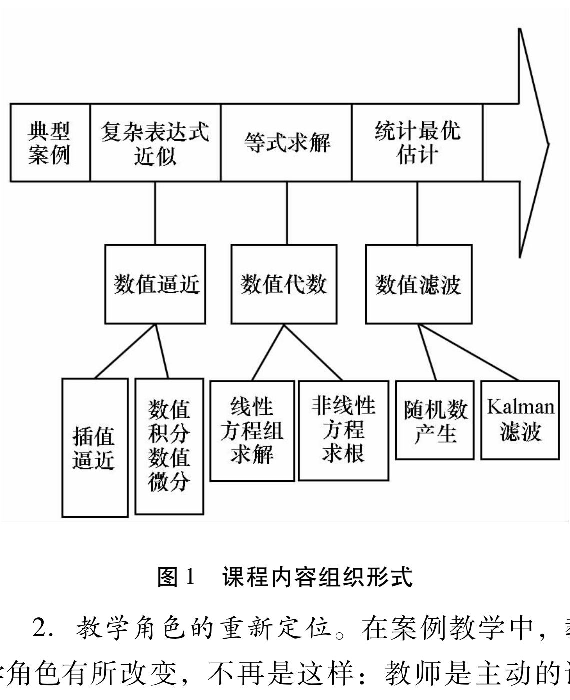

图 1　课程内容组织形式

2. 教学角色的重新定位。在案例教学中，教学角色有所改变，不再是这样：教师是主动的讲授者，学生是被动的聆听者。而是教师成为引导者，学生成为实践者。在教学过程中尽可能地激发学生兴趣，变被动灌输为主动思考。学生学习的最大动力是兴趣。在课堂教学中，只有激发学生学习的兴趣，才能充分发挥学生的主体作用[5]。如图 2 所示，在教学过程中，实际问题的需求分析、算法选择、算法实现、结果分析，直至结果输出都由学生完成。在教学过程中，教师提出问题，引导学生进行需求分析，介绍相应算法，为算法实现提供工具，在算法实现过程中答疑，对结果进行评估，最后讲评。课堂教学由单向传递变为双向频繁交互，满堂灌变成学生主动学、教师引导。表面上看教师课堂上讲的部分减少了，但是对教师的要求却提高了，需要从整体上把握课程的基本内容和基本技能。为达到预期教学效果，需要设计互动环节，充分考虑各种可能性，做好各种预案。同时，还要增强对课堂节奏和走向的把控能力。教师在讨论过程中要善于引导学生抓住问题的本质，讨论的目的是帮助学生更好地理解算法和定理，考虑到学时有限，课堂讨论千万要控制好节奏，可预先布置讨论点，如解决问题的算法思想、涉及到哪些已学的知识、算法效率怎样等，切忌让学生天马行空地乱发议论，学生在讨论中往往会有一些好的想法，有可能表述不清楚，教师要善于发掘闪光点，帮助学生找到改进方法。学生以工程师的视角来面对实际的数值计算问题，化被动学习为主动学习，投入的主动性越多，学习效果越强。

为贴合时代发展对人才培养的需求，既然绝大部分数值计算方法已经封装成函数，教学中增添常见算法对应的 Matlab 函数及其调用参数的介绍说明，让学生把主要精力放在算法的选择、构造上，引导学生根据实际需求，如精度要求、效率和计算机硬件能力，如何选取符合实际需求的算法。算法实现后，通过对计算结果的评估，让学生直观感受算法求解精度是否满足需求，计算效率/运算量是否可以接受，计算机硬件是否支持算法实现等。当计算结果不满足实际需求时，引导学生根据计算结果的误差分析重新选择或改进原算法性能，直至计算结果满足实际需求。通过迭代反复的过程，学生掌握了计算方法的基本方法和基本技能，增强了使用计算机工具解决本专

业实际问题的能力。

（二）注重工程计算思想的培养

1．*把握计算方法的核心思想*。计算方法的理论基础是严密的数学定理，而实际问题比较复杂，往往无法直接套用理论，因此从严密的理论到实际应用需要“妥协”。计算方法的核心思想：（1）逼近，具体体现在函数逼近，即用有限维的代数多项式对任意连续函数作任意精度的逼近。逼近可以避免复杂函数计算，且保证计算精度满足要求。（2）迭代，具体体现在非线性方程求根和线性方程组求解，其基本思想是逐次逼近，采用递推的方式，计算量和存储量小，便于提高计算效率，实现实时计算。对于理论上不可解的问题，迭代可以获得满足精度要求的数值近似解。无论是逼近还是迭代，都是一种近似的过程，因此误差思想必须始终贯穿。

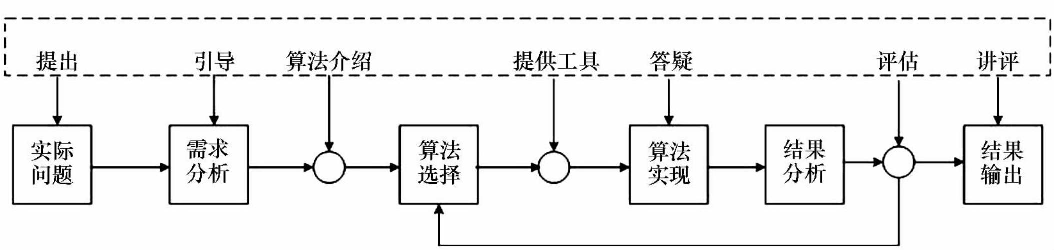

图 2 教师、学生在教学过程中的角色定位

对于“计算方法”课程，数学思维，尤其是工程计算思想的培养是重点。将“计算方法”课程简单地看作是在做数学练习题的想法是很片面的。“计算方法”课程的理论与方法有广泛的工程背景，每一种方法都直接或间接与应用相关，这些方法所涉及的数学问题大多数是从工程应用中提出的。在航空航天、地质勘探、汽车制造、桥梁设计、天气预报等方面都可以找到计算方法的应用案例。以导航工程专业为例，实验数据的处理涉及插值和拟合，连续系统仿真涉及数值积分，导航方程求解涉及非线性方程求根和 kalman 滤波等。教学过程应凸显数值计算方法构造的思维过程，各种算法的构造过程都体现了如何从实际问题的数学模型出发，用化繁为简、以直代曲、化连续为离散、迭代、逼近等来解决具体问题的思维过程，这些都是培养学生的数学思维、工程计算思想的范例[6]。让学生了解计算方法的实际应用，体会理论与实践之间是紧密联系的，理论服务于实践以及理论到实践的回归过程。

2．*误差的概念贯穿课程教学全程*。数值计算和理论计算最明显、直观的区别是误差。在数值计算过程中，误差是不可避免的。在教学全程应时刻强调对误差的重视。从需求分析开始首先分析误差的来源，其次考察不同算法的截断误差，根据实际选择满足精度要求的算法。然后在算法实现过程中关注误差的传播和控制，考虑计算机硬件能力及舍入误差因素，最后结果分析时运用误差评估方法，做到算法选择、实现、结果分析全程对误差实施监控，而不是简单对计算结果误差分析评估。引导学生在实际需求、算法性能和计算机硬件能力三者之间的矛盾中进行权衡，体会根据计算结果误差分析，构造和改进数值计算方法的过程，培养学以致用的能力，让学生明白实践的重要性。不断实践，才能将学得的知识用来解决实际问题。

以应用为导向和注重工程数学思想培养两项措施，已应用于我校智能科学学院自动化、导航工程专业本科生“计算方法”课程教学中。实施以来，学生学习兴趣高涨，课堂气氛活跃，实验课上积极尝试运用不同算法解决问题。提高了学生的数学素养、数学建模能力和解决实际问题能力。学生参加了科研项目的讨论，既了解了应用领域的相关背景，又体会到数值计算方法的广泛用途，大大提高了他们的计算机应用水平和科研能力。学生参加数学建模竞赛获奖人数增多了，获奖级别提高了，已有多人次取得了国际比赛二等奖的好成绩，表明课程教学改革取得了成效。

三、结束语

对于工科专业本科生“计算方法”课程，随

着时代发展，应该改革传统教学模式，把教学重点放在数值计算方法的运用上，侧重于培养学生运用算法解决实际问题的能力。针对“计算方法”课程在新技术形势下的困境，对我校自动化、导航工程专业实施了以应用为导向和注重工程计算思想培养两项改革措施，提高了学生运用数值计算工具解决实际问题的能力。课程改革下一步的重点是，根据“计算方法”在课程体系中的定位和本专业特色，不断完善案例建设，将课程基本技能培养和案例有机结合。同时，从更好反映学生学习效果的角度，对课程考核方式进行新的尝试，以期提高“计算方法”课程的教学质量。

参考文献：

[1] 陈瑞林,徐定华.计算科学与工程学科视角下的计算方法课程教学改革[J].浙江理工大学学报,2012(6):933－937.

[2] 金元峰,尹哲.“计算方法”课程教学改革研究[J].高教研究与实践,2012(2):50－53.

[3] 聂存云,颜卫人,杨继明.“计算方法”课程教学改革初探[J].湖南工程学院学报,2009(4):108－110.

[4] Chapra S C.工程与科学数值方法的 MATLAB 实现[M].4 版.林赐,译.北京:清华大学出版社,2018:3－10.

[5] 王丽英,范瑞琴.工科计算方法课程教学改革探讨[J].中国科技信息,2007(22):261－263.

[6] 聂德明,李文军.关于计算方法课程教学改革的思考[J].黑龙江教育:高教研究与评估,2013(10):59－60.

（责任编辑：赵惠君）