

# 新工科和数字化教育背景下计算方法课程教学改革与实践

白羽<sup>1,2</sup>, 侍爱玲<sup>1</sup>, 王乔<sup>1</sup>, 王丽萍<sup>1</sup>, 白会娟<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>北京建筑大学理学院, 北京

<sup>2</sup>北京建筑大学理学院课程思政教学研究中心, 北京

收稿日期: 2023年8月3日; 录用日期: 2023年9月4日; 发布日期: 2023年9月11日

## 摘要

在新工科建设背景下, 针对计算方法课程教学过程中存在的课时少、讲授多、算例旧、考核简等问题, 首先, 教学团队充分利用数字化教育, 在学生线上自学、教师线下讲授、随时随地答疑等环节充分体现“以学生为中心”; 然后, 通过引入专业教学案例、鼓励学生参加数学建模竞赛、推进课程思政育人等措施突出“以学生成果为导向”; 最后, 利用过程化评价、电子阅卷成绩分析、学生问卷调查反馈等手段抓好“以持续改进为重点”, 对课程进行了教学改革与实践, 获得了师生的一致认可。

## 关键词

新工科, 数字化教育, 计算方法, 改革, 实践

# Teaching Reform and Practice of Computing Methods in the Context of New Engineering and Digital Education

Yu Bai<sup>1,2</sup>, Ailing Shi<sup>1</sup>, Qiao Wang<sup>1</sup>, Liping Wang<sup>1</sup>, Huijuan Bai<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>School of Science, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing

<sup>2</sup>Teaching Research Centre for Ideological and Political Education in School of Science, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing

Received: Aug. 3<sup>rd</sup>, 2023; accepted: Sep. 4<sup>th</sup>, 2023; published: Sep. 11<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

During the teaching process of Computing Methods, there are some problems, such as limited class

文章引用: 白羽, 侍爱玲, 王乔, 王丽萍, 白会娟. 新工科和数字化教育背景下计算方法课程教学改革与实践[J]. 教育进展, 2023, 13(9): 6625-6631. DOI: 10.12677/ae.2023.1391031

hours, excessive teaching, outdated calculation examples, and simplified examine. In response to these problems, considering the construction of new engineering and digital education fully utilized, the teaching reform and practice have been carried out: firstly, fully reflecting the “student centered” by online self-learning for students, offline teaching for teachers, and anytime and anywhere Q&A etc.; secondly, highlighting “student achievement oriented” by introducing professional teaching cases, encouraging students to participate in mathematical modeling competitions, and promoting ideological and political education in the curriculum etc.; lastly, focusing on “continuous improvement” by evaluation based process, score analysis using electronic scoring, and student questionnaire feedback etc. These have been unanimously recognized by teachers and students.

## Keywords

New Engineering, Digital Education, Computing Methods, Reform, Practice

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

“复旦共识”、“天大行动”和“北京指南”三部曲的奏响正式揭开了我国高等教育新工科建设的序幕[1]。新工科的研究内容主要体现为新理念、新结构、新模式、新质量、新体系,体现在“继承 + 创新”、“交叉 + 融合”、“协调 + 共享”等多个方面。新工科指出,工程教育要不断更新教学内容和课程体系来适应和技术的发展,要改革教学方法和考核方式,形成以学习者为中心的工程教育模式,最终目标是培养能适应新一轮科技革命与产业变革的、掌握新技术和具备创新能力的高层次人才,即科学基础厚、工程能力强、综合素质高的人才。《中国教育现代化 2035》要求“发展中国特色、世界先进水平的优质教育,开创教育对外开放新格局,提升一流人才培养与创新能力”,并且强调利用现代技术加快推动人才培养模式改革,推动高校教育教学创新和内涵式发展,实现规模化教育与个性化培养的有机结合[2]。党的二十大报告中首次将“推进教育数字化”写入“办好人民满意的教育”部分,教育数字化是教育教学活动与数字技术融合发展的产物,也是进一步推动教育改革发展的的重要动力。

作为一门专业基础课程,计算方法主要介绍用计算机解决数学问题的数值方法及其理论。它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,是一门与计算机使用密切结合的实用性很强的数学课程。由于该课程在大多数工科专业中开设,任课教师对其进行持续不断的教学改革。比如,任泽民等[3]结合新工科建设对人才的需求,提出了以工程为驱动,借助计算机解决实际问题的定位,对计算方法课程在培养学生创新性和实践性中的作用进行了探索。王莉等[4]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,激发了学生学习的兴趣,培养了学生的计算思维。唐艳玲等[5]将新工科理念融入研究生课程高等数值分析的课程教学中,提出了重塑课程能力培养目标,结合实践案例重组教学内容,创新以探究式为主、其他教学方法为辅的教学模式,综合运用形成性考核与终结性考核,将课程思政融入专业课教学等有效的课程改革措施。张建华等[6]从理工科研究生创新能力培养角度,构建了以计算思维和工程思维为核心要素的计算方法课程教学改革方法。

这些改革举措在理论上进行了很好的总结,在教学实践中也取得了很好的结果。但是,随着新工科建设和数字化教育的推进,基于我校计算方法课程的教学现状,促使了对该课程进行进一步的教学改革

与实践研究，以期对教学理念、教学方式、考核方法等等进行更新，从而适应学校高质量发展的需求，达成学校培养具有社会责任感、实践能力、创新精神和国际视野的建设领域高级专业骨干和领军人才的目标。

## 2. 教学过程中存在的问题

我校主要是土木与交通工程学院的培养方案中设置了计算方法课程，学时为 24，为必修课或选修课。与新工科背景下强调“以学生为中心、以学生成果为导向、以持续改进为重点”的课程建设相比较，计算方法课程的教学过程中存在如下问题。

一是以讲授为主的教学模式难以调动学生的学习积极性和主动性。因计算方法课程属于数学类课程，教师在课堂中一般采用传统的“填鸭式”教学，过多的数学公式推导使学生缺乏兴趣，处于被动接受状态，课堂参与度低。这种单向的知识传输方式不利于启发学生的科学思维，难以培养学生的科学计算能力。

二是因课时少而无法进行上机实践。课程中介绍的数值求解算法在实际中的应用必须借助于计算机编程来实现，但是由于学时不足，上机实践只能靠学生自行完成。而学生在课外投入的时间和精力难以保证，导致课堂上学生虽然学到了算法的数学原理和公式，却难以做到对实践动手能力的培养和锻炼。

三是教学算例比较陈旧，缺少工程应用背景。在教学过程中的算例往往是为了练习相应的算法公式而构造的，而不是来自于实际应用，应试的味道较重，无法适应新工科人才培养的需求，不能有效激发学生的学习兴趣，也不能提升学生解决实际问题的能力。

四是考核方式比较单一。计算方法课程的总评成绩以一纸开卷的期末考试为主，占比 70%，考试的内容和难易程度与平时的课后作业相差无几；考勤、作业和课堂表现等为辅，占比 30%。学生往往通过期末突击来应对考试，虽然成绩较高，但是可能只会纸上谈兵，在遇到实际工程问题时并不能熟练地加以运用。

## 3. 教学改革与实践

在新工科建设背景下，针对计算方法课程教学过程中存在的问题，教学团队充分利用现代化教育技术，在学生线上自学、教师线下讲授、随时随地答疑等环节充分体现“以学生为中心”，通过引入专业教学案例、鼓励学生参加数学建模竞赛、推进课程思政育人等措施突出“以学生成果为导向”，利用过程化评价、电子阅卷成绩分析、学生问卷调查反馈等手段抓好“以持续改进为重点”，对课程进行了教学改革与实践，具体思路如图 1 所示。



Figure 1. Ideas of teaching reform  
图 1. 教学改革思路

### 3.1. 线上线下融合，提升教学质量

依托教学团队在“学堂在线”平台上线的研究生数值分析慕课，构建了“MOOC + SPOC + 雨课堂 +

线下授课”四位一体的线上线下混合式教学模式。通过“课前预习(线上)→课上检测(线下)→课上讲授(线上+线下)→课后复习(线上)→课后测试(线上)”，将线上自主学习和线下多种形式授课有机结合。线上慕课资源十分丰富，既可以满足“吃不饱”的学生，也可以照顾到“吃不了”的学生，其中涵盖了大量的理论分析的讲解，学生通过线上学习，就可以理解结论的由来，有利于掌握并应用结论来求解问题。比如，求解线性方程组的迭代法的收敛条件，这一部分即是重点又是难点，课上时间毕竟有限，可以在课后多次浏览，直到全部理解并掌握。同时，合理运用“雨课堂”，使学生主动地去完成线上预习、小组讨论、成果展示、网上答疑、线上章节测验等，引导学生改进学习方法，提高教学实效。线上线下混合式教学模式使原本有些枯燥的课程活跃起来，能够实现不受时空限制的答疑，也使得教师更容易掌握每位学生的学习情况，便于对个别学得好的学生进行鼓励，进一步提升，也便于对个别学得不好的学生进行辅导，使其不掉队。

### 3.2. 挖掘思政元素，推进课程育人

在课程思政建设中以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，以“围绕基础知识-关注传统数学文化-结合社会热点”为标准深入挖掘课程中蕴含的思想政治教育资源，精心设计了10余个课程思政教学案例，由中国古代算术引入了各种数值计算公式的由来，培养学生探索未知、追求真理、勇攀科学高峰的责任感和使命感。同时，分析每个课程思政元素的特点，创建了“讲授式+研讨式+提问式+作业式”的课程思政教学模式，使其与理论知识自然有机地融合，做到“润物细无声”。比如，讲到线性方程组的直接解法——高斯消去法，按照时间顺序讲授了从《九章算术》的方程术发展到高斯消去法，引导学生坚定文化自信。又比如，在非线性方程的数值解法的引言中会涉及“五次及五次以上代数方程有根式解吗？”这一案例，以作业形式要求学生查阅中国数学家华罗庚的资料，了解他对一元五次方程的根式解的研究，使学生了解追求真理之路的坎坷。

### 3.3. 坚持目标导向，重构教学内容

计算方法在工程中的应用随着计算机软硬件的飞速发展和大数据时代的到来而越来越广泛，因此教学内容以“基本知识-算法-编程-实际问题”层层递进、由浅入深，以“学习+应用”改善教学效果，培养学生的应用能力，更好地满足新工科建设的需要。首先，通过工程应用实例引入算法公式。比如，有限元方法对构件的连接节点在往复荷载下的力学性能进行分析，得到刚度矩阵后就涉及线性方程组的数值求解问题；在设计高架悬索桥梁时需要计算各个支撑部件所承受的张力，悬索的垂度是影响悬索端点的张力重要因素，而要得到垂度的值就需要求解一个非线性方程等等。这些案例都源于土木工程专业的实际应用。其次，课堂教学中贯穿建模思想，鼓励学生积极参加数学建模竞赛。数学建模竞赛本身就是来解决实际问题的，建模之后的求解就是使用各种各样的计算方法。比如，2011年全国大学生数学建模竞赛A题——城市表层土壤重金属污染分析可以使用插值或拟合的方法进行分析；2018年全国大学生数学建模竞赛A题——高温作业专用服装设计，就会用到微分方程数值求解方法等等。再次，在线下授课中介绍一些算法前沿。比如，在插值法这一章，由于课时限制，只能介绍拉格朗日插值法和牛顿插值法。但是针对一个温度插值的实例，借助于数值计算软件，将样条插值的结果呈现给学生，激发学生的学习兴趣，使其从“要我学”向“我要学”转变。

### 3.4. 更新教学模式，激发学习兴趣

充分利用“雨课堂”辅助教学。它实现了一键发送融入电子课件的习题，可限时可续时，随时讲，随时测，这样就可以让学生在课堂上紧跟着教师的教学走，而且现在学生的手机已经是不离手，应该发



挥手机的正向作用。弹幕、投稿、随机选人等创新的师生互动,使得大班教学也能人人都发言,而且充分活跃了课堂气氛。比如在课堂练习环节,由于课程是数学类课程,需要大量的计算,所以仅仅发布客观题是不够的,还需要在课堂发布一些主观题目进行随堂练习,要求学生拍照上传自己的答案,要写上班级姓名学号,学生必须亲自去完成。教师可以了解学生的掌握情况,还可以直接投屏展示,节约了“爬黑板”的时间。而且雨课堂可以为教师提供全周期的教学数据分析,课前-课堂-课后,每一步,都看得见。由于课程选课人数一般都有 100 多人,传统教学中不能关注到每一位同学,通过“雨课堂”辅助教学可以随时了解每一位学生的学习状况,对全班的知识掌握情况也了如指掌,便于根据实情进行重点分析和讲解。比如,在非线性方程的数值解法这一章,采用了翻转课堂形式的教学模式。提前将学生分为四组,分别为“一组:二分法组”、“二组:简单迭代法组”、“三组:牛顿法组”和“四组:弦截法组”,要求各组利用线上慕课资源对所在组的方法进行课前预习。在线下课堂上由每组学生对分配的方法进行讲授和分析,互相之间进行优缺点的对比,每组学生要作为该方法的代言人进行角色代入。这节课受到了绝大多数学生的欢迎,从同学们的参与程度和讨论气氛中可以感受到这一点。

### 3.5. 改革考核机制,注重过程考核

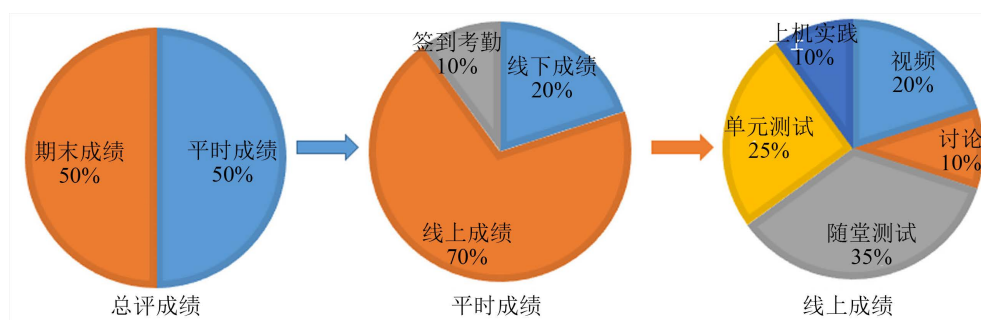


Figure 2. Composition of evaluation based process  
图 2. 过程化评价

新工科背景下的课程考核不应局限于解题能力的考察,而数字化教育的推进使得过程化考核更容易实现。总评成绩改为平时成绩和期末一纸开卷考试成绩各占 50%,如图 2 所示。平时成绩由线上成绩(70%)、签到考勤(10%)和线下作业(20%)组成。线上成绩则需通过观看视频、参与讨论、进行随堂测试和单元测试,以及上机实践获取。观看视频一方面是由于布置课前任务,以了解基础知识、简单思路等为主。比如,插值法和数值积分的基本概念,学生在课前预习后完全可以掌握,教师在课中进行测试就可以了。另一方面是了解课内没有时间来讲解的数学原理和公式推导,以便更好地应用。比如,直接三角分解法的推导、Romberg 求积公式等等。讨论有的是在课上发布的,进行现场研讨,有的是作为课后作业发布的,要求学生在查阅资料的基础上去回答。这些讨论的目的是锻炼学生的科学思维,改变传统的被动接受,主动地去思考问题。随堂测试和单元测试可以使学生方便地完成自我检测,了解是否已经掌握所学知识,及时地进行查缺补漏。前面已讲,在课堂内是无法安排上机实践的。所以在线上资源里上传了学生自学上机的学习材料,同时布置了综合设计任务,鼓励学生在课外进行上机实践,利用所学算法解决实际问题。由于学生的差异性,没有强制要求。这样有能力的学生就会尝试着去完成,有问题也可以和教师讨论,在一定程度上体现了因材施教。

### 3.6. 抓实多方评价,坚持持续改进

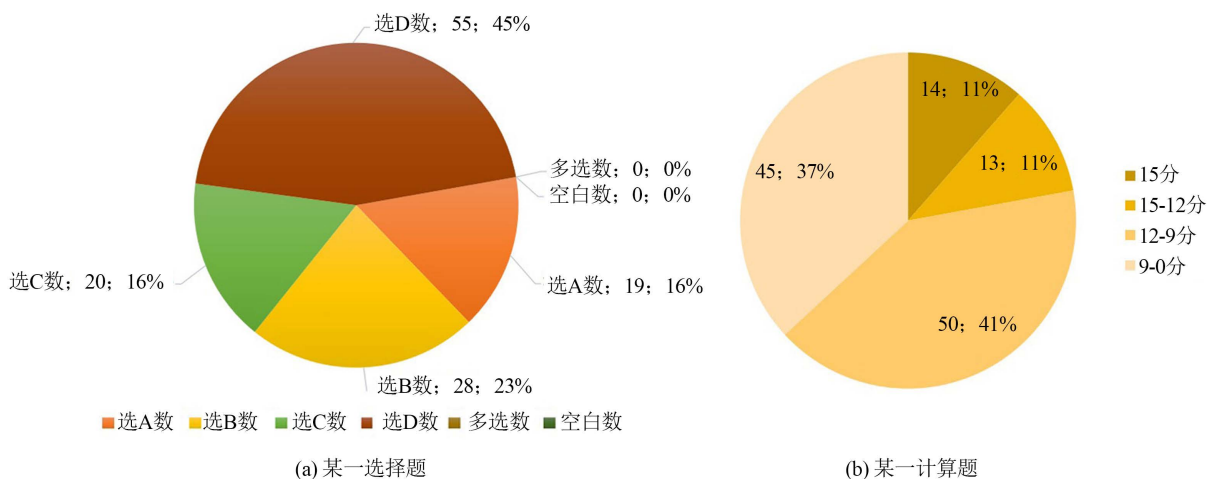
持续改进的前提是全面掌握课程的教学效果,因而除学校设置的结课后的学生评教外,教学团队自

行开展了多方评价。一是在授课过程中设置的随堂测试，在讲解完相关知识后立即发布。根据学生的回答情况，教师可以立即了解学生对该知识点的掌握情况，以便随时调整授课时间分配。基于雨课堂形成的过程性评价，及时查阅雨课堂中对学生学习的统计结果，有重点的准备授课内容，掌握学生个性化学习的成效。二是对学生进行问卷调查，如表 1 所示，为某学期结束后的问卷调查结果，参与率超过了 90%。从结果中不难发现，个别同学对线下课堂教学的体验不是太好，线上线下混合和课程思政育人的教学效果在非常满意方面还有一定的进步空间，授课过程中可以进一步地采用启发式教学模式等等。

**Table 1.** Survey of students  
**表 1.** 学生问卷调查

问题答案	线下课堂教学效果	问题答案	线上线下混合教学满意度	问题答案	课程思政育人效果	问题答案	启发式教学模式
非常好	82.4%	非常满意	71.3%	非常好	75.9%	经常	82.4%
较好	12.1%	比较满意	17.6%	较好	16.7%	较多	14.8%
一般	3.7%	一般	8.3%	一般	6.5%	一般	0.9%
较差	0.9%	不太满意	1.9%	较差	0	较少	1.9%
非常差	0.9%	不满意	0.9%	非常差	0.9%	从不	0

三是在期末考试中启用了电子阅卷系统。众所周知，数学类课程的期末考试中主观题占了多数，再加上每学期学生人数超过 100 人，很难对试卷的每道题目进行详细的分析。电子阅卷系统的使用解决了这一难题，教师不仅可以很方便地进行网上流水阅卷，而且可以掌握每一道题目的得分情况，如图 3 所示。图 3(a)是某一选择题选择每个选项的学生所占比例，题目正确答案为选项 D。45% 的学生作答正确，选项 B 占 23%，选项 A 和选项 C 各占 16%。这道题目考查的知识点是数值微分的三点公式，可见学生对于三点公式还是有点混淆，另外计算准确度上还是有待提升。图 3(b)是一道满分为 15 分的关于数值积分的计算题的得分情况。这道题目共有三个小问，知识点为辛普生公式、复合梯形公式和事前误差估计，由易到难，每问 5 分。其中满分学生占比 11%，得到 12~15 分的学生占比也是 11%。而分数在 9~12 分的学生占比最多，为 41%。还有 37% 的学生成绩低于 9 分。这就说明大部分同学可以熟练掌握辛普生公式和复合梯形公式，但是对于事前误差估计这一难点，只有少部分同学掌握了。



**Figure 3.** Analysis of score  
**图 3.** 题目得分分析

## 4. 结束语

新工科建设对人才培养提出了高要求，数字化教育对教学创新提出了高标准，这就使得高等院校的课程教学改革势在必行。课程教学团队针对计算方法课程教学过程中存在的问题，从教学理念、教学模式、考核方法等方面对线上线下混合教学、课程思政建设、过程化考核、教学评价等进行了改革探索与实践，获得了广大师生的一致认可。在接下来的教学过程中，要通过构建师生学习共同体来赋能新工科课程教育教学，构建课程知识图谱来推进数字化教学改革，从而进一步激发学生学习的主动性，培养学生的科学计算思维和工程实践应用能力，满足服务国家战略发展的具有创新性和实践性的工程科技人才的培养需求。

## 基金项目

北京建筑大学教育科学研究项目(Y2205)，北京建筑大学研究生教育教学质量提升项目(J2022021)，北京高等教育本科教学改革创新项目(202310016002)。

## 参考文献

- [1] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 1-6.
- [2] 鲁巧巧. 高校数字化教育教学高质量发展的逻辑、内涵与实践路径[J]. 高教探索, 2022(4): 61-66.
- [3] 任泽民, 李庆玉, 黎彬. 新工科背景下数值分析课程改革的几点思考[J]. 教育教学论坛, 2020(18): 284-285.
- [4] 王莉, 彭卓华, 王桃, 黄燕平. 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[J]. 当代教育理论与实践, 2021(2): 45-48.
- [5] 唐玲艳, 文军. 新工科背景下高等数值分析课程教学改革的思考[J]. 高教学刊, 2022, 8(24): 144-147.
- [6] 张建华, 赵静. 新工科背景下研究生数值分析课程教学改革探索[J]. 高教学刊, 2023, 9(18): 146-149.