

# 教学、科研与实践深度融合：优化计算数学课程教学的策略与实践研究

穆耶赛尔·艾合麦提

新疆大学数学与系统科学学院，新疆 乌鲁木齐

收稿日期：2025年1月11日；录用日期：2025年2月12日；发布日期：2025年2月20日

## 摘要

本文主要以地震波数值模拟为例，通过深入分析教学内容、教学方法以及科研-实践结合方式，针对当前计算数学课程教学中存在的一些问题，如教学内容与科研最新进展脱节、实践教学环节薄弱等，提出优化计算数学课程教学的策略。在教学内容方面，通过将最新的科研成果和最前沿技术引入其中，使学生能够及时掌握最新的科研成果和最前沿的技术发展，为他们的未来学术研究奠定基础。在实践教学方面，我们通过提出一系列改进实践教学方法，如：引进最新科研成果的实验设计、校企深度合作等，强调了实践、教学和科研三者结合的重要作用，使学生能够在实践中发现问题、解决问题，培养科研创新思维能力。本论文旨在为计算数学课程教学提供借鉴参考，推动计算数学教学、科研与实践深度融合，优化课程教学方法，提高课堂教学质量。

## 关键词

科研活动，实践教学，教学质量，创新精神

# Deep Integration of Teaching, Research and Practice: Strategies and Practices for Optimizing Computational Mathematics Teaching

Muyassar Ahmat

College of Mathematics and System Science, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang

Received: Jan. 11<sup>th</sup>, 2025; accepted: Feb. 12<sup>th</sup>, 2025; published: Feb. 20<sup>th</sup>, 2025

文章引用：穆耶赛尔·艾合麦提. 教学、科研与实践深度融合：优化计算数学课程教学的策略与实践研究[J]. 教育进展, 2025, 15(2): 516-524. DOI: 10.12677/ae.2025.152270

## Abstract

This paper takes the numerical simulation of wave equation as an example, aiming at some existing problems in the teaching of computational mathematics, such as the disconnection between the curriculum, the latest advancements in scientific research and the deficiencies in practical teaching, further proposes some optimizing strategies for teaching technique of computational mathematics through in-depth analysis of teaching content, teaching method and the research-practice combination. In terms of teaching content, introducing the latest scientific research results and the most cutting-edge technology enables students to remain informed, and laying the foundation for their future academic research. In terms of practical teaching, the importance of the combination of practice, teaching, and scientific research is emphasized by introducing a series of practical teaching methods, such as introducing the latest scientific research experimental designs and extensive collaboration between educational institutions and enterprises, in order to encourage students to find and solve problems in practice, and cultivate their innovative thinking and scientific research ability. The purpose of this paper is to provide useful reference for the teaching of computational mathematics, promote the deep integration of teaching, scientific research and practice, optimize the teaching methods, and improve the quality of computational mathematics classroom teaching.

## Keywords

Scientific Research Activity, Practical Teaching, Teaching Quality, Creative Spirit

Copyright © 2025 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

计算数学作为连接理论与实践的桥梁，其重要性日益凸显。它不仅为科学研究提供了强大的计算工具，更在工程技术、经济管理等领域发挥着不可或缺的作用[1]。教学、科研和实践作为计算数学课程教学必不可少的三大因素，在计算数学教学中实现它们的深度融合往往面临着诸多挑战。例如，当前教学领域普遍存在着教学、科研与实践三者相互脱节、教学内容未能及时更新、教学方法较为单一等问题。传统的教学中理论知识的灌输占主导，做不到教学、实际应用与科研实践的有机结合，这导致学生难以将所学知识灵活地应用于实际问题解决之中。同时，由于缺乏具体的应用案例和深度分析，传统教学方式往往难以在实际教学工作提供有效的指导和服务。此外，随着科技的飞速发展，计算数学的理论与方法也不断更新，这就要求我们及时更新教学内容和方式，以适应时代的发展需求。这些问题深刻地阻碍了学生的学习热情与教学质量的提升。如何夯实教学基础以支撑科研发展，如何有效推动科研成果转化为教学资源并优化教学过程，如何实现科研与教学的深度融合以协同人才培养，以及如何通过实践活动提升教学和科研水平，这些是目前计算数学教学中亟需持续探索和完善的议题[2]。为了改变现在的局面，我们需要将教学、科研与实践深度融合，探索出新的计算数学课程教学模式。

教学、科研和实践相结合的教育原则是一种综合性的教育模式，能够促进教师和学生的学术发展和创新能力。教学与科研的紧密结合，使得教师能够将最新的科研成果与前沿理论融入教学实践之中，进而提升教学质量。这不仅能够突破传统教学中单纯知识传授的局限，更强调在传授知识的同时，着重培养学生的创新思维和实践能力，助力学生全面发展。教师既要注重传授知识，又要引导学生运用所学知

识进行科学研究和实践探索。科研不再是独立于教学的课外活动，而是成为教学的有机组成部分，为教学提供源源不断的动力和新的教学资源。同时，能让实践在教学中的地位得到显著提升。它不再是教学的附属品，而是能够成为检验教学效果、促进学生综合素质全面提升的关键途径。通过将教学、科研和实践相结合，学生能够更好地理解知识的实际应用和意义，培养解决问题的能力 and 创新思维[3]，从而改进传统灌输式教学的不足，有利于激发学生的积极性、主动性和创新意识[4]。这一教育原则强调将理论知识与实际经验相融合，有助于学生在综合素质、批判性思维能力和竞争力方面得到全面提升。同时，这一模式能够有效激发学生的学习热情，推动他们在学术领域不断探索与成长，为其未来发展奠定坚实的基础[5]。因此，教学、科研与实践三者之间紧密相连，相互促进，共同推动着知识的传承与创新。

计算数学作为数学领域中不可缺少的分支，在科学研究与实际应用中发挥着举足轻重的作用。它不仅为理解复杂物理现象提供了有力工具，更在诸如地震学、流体力学、电磁学及量子力学等领域中发挥着关键作用。国内外众多学者已经对计算数学教学改革和科研实践进行了大量的研究，并取得了一定的成果。例如，学者提出了以问题为导向的教学方法，通过引入实际问题来激发学生的学习兴趣[6]。学者还强调了科研实践在培养学生创新能力方面的重要性，并提出了相应的实施策略[7]。此外，学者以让学生探索如何利用技术解决问题为目的，提出了利用技术工具来激发学生的学习方案[8]。

本文主要以地震波数值模拟为例，通过具体分析如何实现教学、科研与实践的结合，并优化计算数学课程教学的过程，探讨将教学、科研与实践深度融合在计算数学课程教学中的策略与实践，探讨如何将科研成果转化为教学资源的方法，如何设计具有创新性和实践性的教学内容，以及如何建立有效的教学实践平台。我们通过对实践经验的全面总结，据此提出一系列的建议，以此优化计算数学课程教学内容，提高教育质量，从而培养具备创新精神和实践能力的高素质人才，为我国计算数学教育事业的发展提供宝贵的参考借鉴价值。

## 2. 教学、科研和实践相结合的教学模式

教学和实践是教育过程中通过相辅相成来构成一个相互促进、持续优化的良性循环体系的两个方面。教学是以传授知识为主、以锤炼学生技能并培育学生综合素质为目标的过程。而实践则是使学生将所学知识应用到实际，通过亲身操作和深度体验来加深对知识的理解和巩固技能掌握的重要延伸过程。教学为实践提供指导和理论基础，帮助学生以系统性学习的方式掌握知识，从而为后续的实践活动奠定坚实的理论和技能基础。

教学促进实践的深入和提升，而实践则反哺教学，为教学内容和方法改进提供实践基础和反馈。通过将实例引入到计算数学教学中，学生可以更直观地理解抽象的理论知识，激发学习兴趣，提升解决问题的能力[8]。实例的引入不仅能有效锻炼学生的创新思维和实践能力，使他们更加适应科学研究和技术创新的前沿需求。同时，这也是一种培养学生形成正确学习态度和方法的有效途径，有助于他们在团队合作中提升沟通协作能力，为未来在科研和职业生涯中的发展奠定坚实的基础。

计算数学作为数学学科体系中的关键分支，其教学工作一直以来都受到社会各界的广泛关注与重视。然而，传统的计算数学教学往往侧重于理论知识的讲解，缺乏与实际应用的紧密结合，导致学生难以将所学知识应用到实际问题。为了改善这一状况，将教学和实践相结合，将实例引入到教学内容中极为重要。

### 实际问题引入与背景分析

选择具有实际意义的物理、工程或生物等领域的问题。如地球物理、流体力学或量子力学中的实际问题。对问题进行详细的背景介绍，阐述其在实际应用中的重要性以及面临的挑战。

下面我们在地震波数值模拟为例，进行具体的介绍。

地震波与我们的生活息息相关，它对人们的影响是多方面的，直接关系到人们的生命财产安全。地震波，是地球内部在发生地震时所产生的的一种特有的波动现象，是导致地震灾害发生的主要元凶之一。当地震骤然发生时，地壳岩石会发生断裂或错位，进而释放巨大的能量，这种能量会以波动的形式迅速向外扩散，当传播到地表时，便会使地面发生晃动或震动，进而可能会产生建筑物坍塌、道路破坏、桥梁断裂等严重后果。因此，了解地震波的特征以及传播规律，不仅对我们预防地震灾害、制定防灾减灾策略具有十分重要的意义，而且对科学家在地质勘测和资源探测等方面也扮演着十分重要的作用。科学家们通过模拟地震波在地下的正演传播、反演传播来推断出地质体内的物理参数，如密度、硬度、速度等，进而揭示地球内部的层次结构、岩石圈分布、地壳厚度等重要信息，从而确定地质内矿产资源的分布和储量。地震波探测技术已经逐渐成为勘探地质和资源的重要工具之一。因此，深入学习和掌握地震波的相关知识对我们每个人都具有重大的现实意义和实用价值。

此教学环节中，通过与图像、声音、视频等教学媒体结合，给学生演示地震灾难预测、地震波的实际应用和原理等，使他们更加积极主动地投入到学习中去。

### 3. 教学和科研相结合：将教学引入到科学研究中

教学与科研互为支撑，相得益彰。教学旨在传授知识、全面培养学生能力，而科研则致力于深入探索未知领域、不断创造新知识。两者紧密相连，相互激发，共同推动学术进步与人才培养。通过教学，学生接触到各种学科知识，了解科研的重要性和意义，从而激发他们对科学研究的兴趣和热情。教师通过参与科研项目不断更新知识、掌握最新的科研成果，将这些新知识和发现带到教学中，提高教学质量，提升自身的教学水平。教学中的问题和挑战可以激发教师开展科研探索的动力，而科研成果的应用也可以反哺到教学中，不断改进教学方法和内容。因此，教学和科研之间是相辅相成、相互促进的关系，二者共同推动着教育事业的发展。

通过教学 - 实例环节和教学 - 科研环节的设计和 implement，学生可以深入理解实际问题，并用数值方法解决实际问题。这不仅能够有效提升学生的专业知识和数值计算能力，更能有效培养实际操作的能力以及勇于创新的精神。在此教学环节中，可以设计以下步骤来引导学生深入理解。

#### 3.1. 数学建模与偏微分方程建立

- 引导学生根据问题的物理机制或规律，提取关键变量和参数[9]。
- 通过逻辑推理和数学语言描述，建立反映问题本质的数学问题。
- 将实际问题转化为可解决的数学问题，并利用数值方法和工具设计解决方案。

#### 3.2. 数值方法选择与算法设计

- 介绍常用的数值方法，如数值逼近、数值积分、数值微分及数值代数等。
- 根据问题的特性和数值解法的特点，引导学生选择合适的数值方法。
- 设计具体的算法步骤，仔细考虑问题的性质、方法的适用性以及计算效率等因素。

在教授计算数学专业课程时，有必要将近期新理论与方法融入教学之中[10]，借此契机拓宽学生的学术视野，激发他们的学习热情，并锤炼自主学习能力。

在探讨非线性偏微分方程的数值求解时，除了经典的差分、有限元或谱方法等格式外，还可以引入一系列高精度、高分辨率的激波捕捉算法[11]。如：间断有限元(DG)方法、本质无振荡算法(ENO)以及深度学习等，从而拓宽学生的学术视野并提升计算能力，让学生领略数值解法在精度和效率上的新突破。同样地，在介绍传统的迭代方法，如雅克比迭代和高斯 - 赛德尔迭代时，可以进一步拓展内容，引入多

重网格法、移动网格法以及 Krylov 子空间方法等先进的数值技术，以帮助学生更全面地掌握迭代法的应用与发展，使学生领略迭代法在解决实际问题时的灵活性和高效性。

综上所述，在教授计算数学专业课程时，不仅要注重方法的传授，还要注重方法的发展历史、设计思想和理论依据的介绍。教师为学生提供丰富的参考文献资源，以帮助更全面地理解和掌握相关知识。通过这种教学方式，旨在培养学生的创新思维和实践能力，为他们在未来的科研和职业生涯中奠定坚实的基础。

### 3.3. 编程实现与数值模拟

- 指导学生使用编程语言。(如 Fortran、Python、MATLAB 等)实现所设计的算法。
- 对程序进行细致的调试，以确保所采用的数值解法具有高度的正确性和稳定性。
- 进行数值模拟，得到问题的数值解，并通过可视化手段展示结果。

### 3.4. 结果分析与讨论

- 对数值模拟结果进行深入的分析，阐述其所蕴含的物理意义，并探讨这些结果在实际应用中的价值。
- 讨论不同数值方法或参数变化对结果的影响，进行方法评估和选择。
- 总结数值方法在解决实际问题中的重要作用和局限性。

### 3.5. 拓展应用与反思

- 鼓励学生思考如何将课程中所学的知识和技能应用于其他类似的实际问题中，以培养他们的问题解决能力和迁移应用能力。
- 鼓励学生进行创新性拓展，探索新的数学模型和数值解法。
- 对整个教学过程进行深入的反思，总结其中的经验和教训，以便为今后的教学改进提供有价值的参考和借鉴。

下面我们在地震波数值模拟为例，谈论上述环节的可行性。

地震波数值模拟研究融合了数学、物理学、计算机科学等多个学科的知识[12]。在教学与科研结合的原则下，地震波数值模拟研究为学生提供深入理解地震波传播机制的平台，也为他们提供探索地震工程领域的前沿问题的有力工具。在教学层面上，地震波数值模拟研究为学生构建一个直观且生动的学习环境，有助于他们更深入地理解和掌握相关知识。

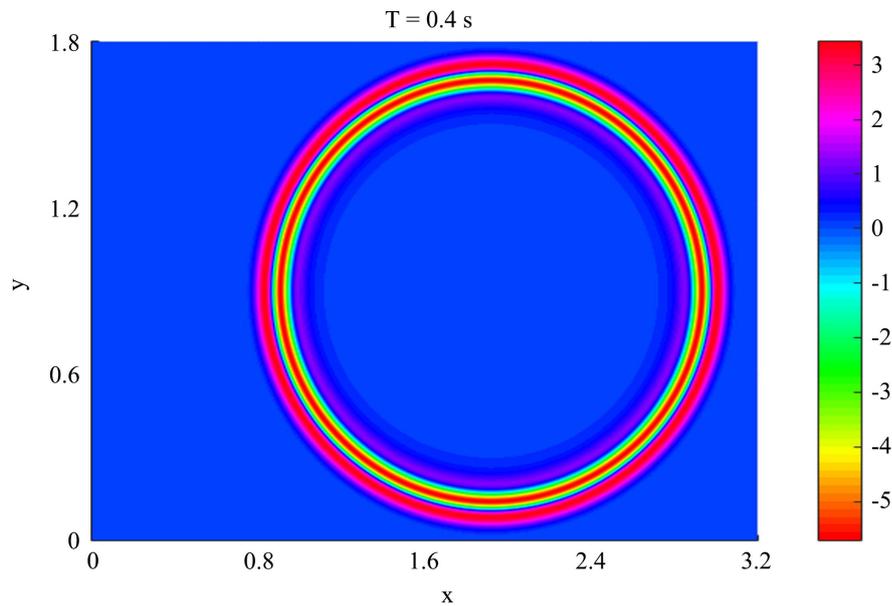
地震波是源于地震震源并向四周广泛传播的振动现象，具体表现为从震源产生并向四周辐射的弹性波。考虑以下 2D 地震波均匀介质模型：

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + f(t) \delta(x - x^*, y - y^*),$$

$$u(x, y, 0) = \begin{cases} f(t) & x = x^*, y = y^* \\ 0 & x, y = \text{其它} \end{cases}$$

$$\frac{du}{dt}(x, y, 0) = \begin{cases} f'(t) & x = x^*, y = y^* \\ 0 & x, y = \text{其它} \end{cases}$$

其中， $u$  是依赖于位置和时间  $t$ ，表示各点相对于平衡位置的偏离距离。震源放在  $x^* = 1.9 \text{ km}$ ， $y^* = 1.2 \text{ km}$  处。人工震源为  $f(t) = -9.6 f_0 (0.6 f_0 t - 1) e^{-8(0.6 f_0 t - 1)^2}$ ，描述震源随时间的变化情况。波速为  $c = 3 \text{ km/s}$ ，频率为  $f_0 = 30 \text{ Hz}$ 。图 1 描述了波动方程在均匀介质中传播的数值结果，其结果由空间方向应用 6 阶精度的 WENO 格式，时间方向用三阶 Runge-Kutta-Nystrom 格式来得到。



**Figure 1.** Numerical simulation of homogeneous medium with  $\Delta x = 0.005$  at  $T = 0.4$  in domain  $(x, y) \in [(0, 3.2) \times (0, 2.4)]$

**图 1.** 在  $(x, y) \in [(0, 3.2) \times (0, 2.4)]$  范围内, 使用  $\Delta x = 0.005$  的空间步长在  $T = 0.4$  时刻对均匀介质进行数值模拟

地震波数值模拟实验不仅能够为学生提供实际操作的机会, 且在这个过程中给他们通过调整参数、改变实验条件等方式观察和分析地震波的传播特性、提高科学实践和数据分析能力的机会。学生通过数值模拟地震波在不同地下介质中的传播, 并进一步分析在不同介质性质(如密度、弹性等)的传播频率、波幅及波速等重要参数变化, 可以间接观察地震波的传播、反射、折射等现象, 从而深度理解地震波在地球内部的传播机制, 为实际生活中的各种应用奠定坚实的理论基础。

学生可以根据对地震波的传播特征了解、实现各个学科之间的关联和相互扶持, 最终达到为人类社会发展的目的。如: 根据地震灾害的影响和建筑物的破损程度, 在设计建筑物结构研究初阶段综合运用多个学科领域的知识和技术, 提出优化和提高其抗震功能的方案。地震波数值模拟同样也可以应用于地震预警系统的开发和改进, 通过对实时地震数据的快速分析处理, 提前预测出地震发生的可能性以及可能发生的范围。课堂教学为地震区划分和灾害区的风险管理提供更加坚实的理论依据。进一步, 根据地震波数值模拟结果, 能够有效地帮助政府和相关部门制定出更具针对性的防灾减灾策略, 为公众和相关机构提出及时的预警信息。

#### 4. 将实践与科研的交融代入教学

在高等教育领域, 将实践与科研的交融带入教学过程, 对于培养学生的综合能力具有举足轻重的意义。这种教学模式在提升学生的实践能力方面发挥着重要作用, 同时还能有效激发他们的创新思维, 深化对理论知识的理解和掌握。此外, 该模式还有助于拓展学生的学术视野, 培养具备跨学科背景的复合型人才, 提升他们的问题解决能力, 并促进产学研的紧密结合。

##### 4.1. 设定实践教学目标

在教学过程中, 确立清晰的实践教学目标至关重要。实践教学并非仅用于验证理论知识, 其核心目

的在于通过一系列实践活动，全面培养学生的实践能力、问题解决能力以及创新意识，从而帮助他们更好地适应未来社会的发展需求。因此，在设定教学目标时，应充分考虑实践教学的特点和要求，确保教学目标与实践内容相契合[13][14]。

#### 4.2. 科研引领课程设计

课程设计是教学的基础，也是实现实践与科研交融的关键。在教学过程中，应充分发挥科研的引领作用，将科研成果、科研方法以及科研思维融入课程设计中。在课堂设计中引入不同的科研案例，以及开展相对应的科研性实验等方法，能够使得学生在学习的过程中接触到较为前沿的科研成果和实践方法，进而培养他们的科研能力和创新精神。

#### 4.3. 融合实验与理论教学

实验是实践教学的重要组成部分，是实现实践与科研相结合的关键环节。融合实验与理论的教学内容，不仅能够加深学生对理论知识的理解和掌握，而且具有科研性的实验设计，能够激发学生的探索精神，引导他们涉足未知的领域，培养他们的实践能力和创新思维。

#### 4.4. 引导学生参与科研

引导学生积极地参与科研活动是实现实践与科研交融的有效途径。在教学的过程中，不仅可以通过引导学生参与课题研究、实验设计等环节激发他们的科研兴趣，培养他们的科研能力，可以组织学生进行科研小组的活动，邀请科研人员或校外专家来校进行交流指导，为学生提供更为广阔的科研视野以及实践机会。

#### 4.5. 实践基地与校企合作

开展校企合作与建立实践基地是推进实践与科研交融的重要策略。校企合作共建实践基地既能为学生打造真实的实践场景，而且能够丰富学生的实践，提高他们的实践能力，使得他们深入理解所学知识，并在实践中加以运用。校企合作模式不仅能够提高学生的专业能力，更能促进科研成果的转化与应用，实现产学研的高度融合，为社会培养更多专业技术人才，推动行业的创新发展。

#### 4.6. 科研成果转化为教学

科研成果转化为教学是实现实践与科研交融的重要途径。在教学过程中，不仅能够通过更新教学内容和教学方法，引入最新的科研成果和技术，使得教学内容更具有前瞻性和实用性，而且还可以组织学生参与科研成果的推广应用，在实践中锻炼他们的能力，提升他们的社会责任感，为社会的发展进步贡献力量。

#### 4.7. 评价与反馈机制完善

评价与反馈机制是实现实践与科研交融的关键环节。在教学过程中，为了能够及时地调整教学策略和教学方法，应当不断地完善评价与反馈机制，使其能够对学生的学习状态和实践能力进行全面的评估。同时，对学生加强自我反思与自我评价教育，从而提高学生的自我发展意识和自主学习能力，使得他们在学习中不断进步、不断成长。

#### 4.8. 持续更新课堂内容

随着社会和科技的不断发展，教学内容和教学方案也需与时俱进，通过不断完善更新满足时代发展

趋势和速度的需求。教学过程应当与学科前沿动态和行业需求变化趋势密切相关,应当及时跟进和优化教学内容、课程结构。教学内容应当通过引入前沿科研成果和技术,实现时代性和实用性,为培养学生的创新和实践能力提供支撑。

综上所述,将实践与科研的交融带入教学是一项系统工程,需要从多个方面入手进行探索和实践。通过设定实践教学目标、科研引领课程设计、融合实验与理论教学、引导学生参与科研、建立实践基地与校企合作、将科研成果转化为教学、完善评价与反馈机制以及持续更新课程内容等措施的实施,可以有效促进实践与科研的深度融合,进一步提升教学质量,从而培养出更多具备创新精神和实践能力的高素质人才,为社会的持续发展注入新的活力。

以上优化方案在地震波数值模拟领域已经取得了显著的成果[10][13][15]。这些研究成果不仅为地震学、地球物理学和地震工程学等领域提供了有力的支持,也为计算数学课程的教学提供了丰富的案例和素材。但方法的执行上存在潜在局限性和挑战,如:因学生个体差异,单一的教学方法可能无法满足所有学生的需求。

此外,过度依赖现代技术手段可能导致学生失去对传统计算方法的掌握和理解。对于这些挑战,可开发个性化的教学策略和方法,以满足不同学生的需求。将现代技术手段与传统教学方法相结合,实现优势互补,提高教学效果。将计算数学与其他学科相结合,如物理、化学等,培养学生的跨学科思维和综合能力。

## 5. 结论

计算数学课程教学、科研与实践的深度结合不仅能够提升教学质量,使教育更加充满活力,而且能够提高学生综合能力。首先,教学为学生提供坚实的理论基础,科研激发他们的创新思维,实践为学生提供实际操作、分析和解决问题的机会。三者的深度融合,能够有效地提升学生的学术素养和实践能力,实现学生的全面发展。其次,教学、科研与实践的有机结合有助于提高教学质量,启发科研思路。教师能够根据所参与的科研项目掌握最新的科研成果,并将其运用到教学过程中,使得教学内容更具有前沿性、实用性。最后,实践活动也为教师提供一个深入了解学生需求和问题的机会,有助于教师更具针对性地调整教学内容和教学方法,进一步提升教学效果。

除此之外,三者的互相交融,有助于推进知识的创新发展。科研为教学和实践提供新知识和理论基础,实践成为验证这些新知识的重要途径,教学则将这些新知识传播给学生,三者形成一个良性的新知识创新循环。最后,教学、科研与实践的深度结合还能培养学生的创新思维能力。学生在参与项目的过程中,不仅能够将所学知识运用于实际生活问题中,而且能够在参与项目的过程中锻炼和提升自身的创新能力和实践能力,为他们未来的学术研究和职业生涯规划打下坚实的基础。

## 基金项目

新疆维吾尔自治区科技厅“天池英才”人才基金项目(No. 5105240152t);偏微分方程数值解创新团队(No. 2023D14014)。

## 参考文献

- [1] 李姝,王红艳,张磊.将科研融入计算数学专业教学中的探讨[J].科教文汇,2015(8):51-52.
- [2] 王英,杨坤涛,骆清铭,等.将学科发展成果转化为实践教学资源的探索[J].实验室研究与探索,2010,29(5):126-129.
- [3] 傅绪成,王小艳,吴菊.科研项目(成果)转化为创新实践教学资源的探索[J].广州化工,2014,42(7):173-175.
- [4] 王晓英,王贞涛,闻建龙.多层次互动教学模式的探索与实践[J].力学与实践,2015,37(4):541-543.

- [5] 郭明辉, 王勇. 基于科研与教学相结合的创新人才培养模式研究[J]. 中国林业教育, 2010(3): 6-9.
- [6] 王振海. 偏微分方程数值解的教学改革与实践[J]. 数学教育学报, 2021, 30(3): 78-85.
- [7] 张伟, 陈小刚. 基于科研实践的偏微分方程数值解教学研究[J]. 高教探索, 2023, 4(2): 102-108.
- [8] Seshaiyer, P. and Solin, P. (2017) Enhancing Student Learning of Differential Equations through Technology. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, **24**, 207-215. [https://doi.org/10.1564/ijtm\\_v24.4.05](https://doi.org/10.1564/ijtm_v24.4.05)
- [9] 吴强, 朱晓临, 王寿城. 浅谈“偏微分方程数值解”教学中的实践性教学环节[J]. 大学数学, 2014, 30(z1): 5-8.
- [10] 王艳萍, 白相东, 袁四化, 等. 地质灾害类专业构造地质学教学思路探讨[J]. 中国科教创新导刊, 2013(13): 179+181.
- [11] 张波, 张军. 偏微分方程数值解教学方法的改革与实践[J]. 数学教育学报, 2019, 28(3): 73-77.
- [12] 王晓春, 陈丽. 基于科研实践的大学生创新能力培养探索——以偏微分方程数值解为例[J]. 高等理科教育, 2020, 39(4): 58-63.
- [13] 李华, 陈晓明. 地震波数值模拟技术的研究进展与应用[J]. 地球物理学进展, 2021, 36(1): 1-12.
- [14] 黄鹏展. 教学与科研相结合原则在偏微分方程数值解教学中的实践[J]. 数学教育学报, 2015, 24(4): 48-50+91.
- [15] 潘阳, 刘少林, 杨顶辉, 徐锡伟, 李小凡, 汪文帅, 李孟洋. 全球非均匀模型中的远震走时层析成像[J]. 地球物理学报, 2024, 67(4): 1426-1438.