

CDIO-OBE 融合的数学建模课程体系重构

——新工科背景下的建构主义实践

郑 锦, 张永飞, 季书帆

(北京航空航天大学 计算机学院, 北京 100191)

摘 要: 针对现有数学建模课程教学内容滞后于技术更新、教学模式拘泥于有限的知识结构、教学手段系统性实践不足等问题, 基于建构主义学习理论与 CDIO 工程教育模式, 引入实际案例进行建构主义情境学习, 以创新思维为指导提出与时俱进的课程内容更新, 建立“基础模型→前沿算法→跨界应用”三层次知识链, 完成 CDIO 全周期教学模式重构; 遵循建构主义和 OBE 反向设计原则, 以问题、成果为导向, 规划课前、课中和课后不同层次的教学活动, 采取“项目小组+翻转课堂”的教学模式, 通过“方案答辩—对抗辩论—代码评审”完成模型设计与实现; 开展赛研导向的系统化综合实践, 通过“竞赛—科研”双轨制培养, 量化评估复杂问题建模能力的课程考核指标。两轮次的教学实践初步表明, 上述课程体系从教学内容、教学模式和教学手段等方面进行了建构主义、CDIO 和 OBE 等教学理念的实践, 兼顾了学生知识、能力与综合素养的培养, 提升了学生的创新能力和实践能力, 实现了“认知建构—工程实践—能力认证”的三维协同, 为新工科课程建设提供了参考范式。

关键词: 数学建模; 课程体系; 建构主义-CDIO-OBE; 赛研导向; 实践创新

DOI: 10.11907/rjdx.251043

扫描二维码阅读全文:



中图分类号: G423

文献标识码: A

文章编号: 1672-7800(XXXX)0XX-0001-06

Reconstruction of Mathematical Modeling Curriculum System via CDIO-OBE Integration

——Constructivism Practice for Emerging Engineering Education

ZHENG Jin, ZHANG Yongfei, JI Shufan

(School of Computer Science & Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: In view of the problems that the teaching content of the existing mathematical modeling course lags behind the technology update, the teaching mode is constrained by the limited knowledge structure, and the systematic practice of teaching means is insufficient, based on the constructivist learning theory and CDIO engineering education mode, the actual cases are introduced to carry out constructivist situational learning, and the innovative thinking is taken as the guidance to propose the course content update that keeps pace with the times, establish a three-level knowledge chain of "basic model→cutting-edge algorithm→cross-border application", and complete the reconstruction of CDIO full cycle teaching mode; Follow the principles of constructivism and OBE reverse design, take questions and results as the guidance, plan teaching activities at different levels before, during and after class, adopt the teaching mode of "project team+flipped classroom", and complete the model design and implementation through "scheme defense - confrontation debate - code review"; Carry out systematic and comprehensive practice oriented by competition and research, and quantitatively evaluate the curriculum assessment indicators of complex problem modeling ability through the "competition scientific research" dual track system training. Two rounds of teaching practice preliminarily shows that the above curriculum system construction has carried out constructivism, CDIO, OBE and other teaching concepts from the aspects of teaching content, teaching mode and teaching means, giving consideration to the cultivation of students' knowledge, ability and comprehensive quality, improving students' innovation ability and practical ability, realizing the three-dimensional synergy of "cognitive construction-

收稿日期: 2025-01-16

基金项目: 北京航空航天大学校级教改项目(4006143)

作者简介: 郑锦(1978-), 女, 北京航空航天大学计算机学院副教授、博士生导师, 研究方向为计算机视觉、人工智能; 张永飞(1982-), 男, 北京航空航天大学计算机学院教授、博士生导师, 研究方向为视觉大数据智能处理; 季书帆(1980-), 女, 北京航空航天大学计算机学院副教授, 研究方向为数据挖掘、生物信息学、医疗及交通大数据分析。本文通讯作者: 郑锦。

engineering practice-ability certification", and providing a paradigm reference for the construction of new engineering courses.

Key Words: mathematical modeling; curriculum system; constructivism-CDIO-OBE; oriented by competition & research; practice & innovation

0 引言

新工科建设是在新科技革命和产业变革背景下对工程教育的重大战略选择,强调的是学科的实用性、交叉性与综合性,本质是培养实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高素质复合型新工科人才。数学建模是指分析实际问题并建立数学模型,进而求解模型并解决问题的过程,在创新人才培养中发挥着重要作用^[1-2]。目前,各高校纷纷开设数学建模课程,数学建模竞赛已成为全国高校中规模最大的课外科技活动^[3]。数学建模课程的教学目标与当下新工科建设培养基础理论扎实、创新实践能力强、知识应用熟练人才的目标不谋而合,是使知识和能力落到实处一个有效途径。将该课程作为新工科建设的一个切入点,研究知识到能力的进阶式培养有重要意义。

1 相关研究

1.1 数学建模课程特点

在知识结构层面,数学建模课程促使学生学习交叉学科知识,拓宽了其知识面。例如,现有数学建模参考书籍会从预测问题、规划问题、方程问题、优化问题、分类问题等方面设置专题内容和案例,使学生了解数学分析、数理方法、最优化理论、离散数学,甚至数据挖掘、人工智能等多学科知识,掌握数据处理方法^[4-6]。近年来,数学建模课程中新增设的决策论和博弈论建模、数字图像处理章节更是围绕当前新兴的 AI 技术为学生提供了热点知识。通过数学建模课程的学习,学生实现了从定理证明、推导计算到解决问题的跨越。

数学建模课程对学生能力的培养广泛而全面。首先,数学建模的本质是将现实问题抽象为数学语言,但现实问题往往复杂多变,没有标准答案,这就需要学生具备创造力;其次,学生要解决问题必须深刻了解相关背景,查阅大量资料,甚至实地调查,具备快速、准确获取所需知识的能力;再次,学生需借助计算机和其他实验手段构建并求解数学模型,培养了编程和动手能力;最后,学生需要具备将建模过程和求解结果转换成文字的写作能力,以及参与数学建模竞赛时的团队合作能力。以上要求均响应了新工科人才培养目标。

1.2 数学建模课程在高校中的开展现状

1.2.1 工科院校数学建模课程现状

数学建模课程在工科院校一般作为核心基础课程,与专业课程紧密衔接,如机械设计中的微元法与优化建模、电子信息中的信号处理模型等^[7-8]。当前的一个授课趋势

是强调 CDIO 工程教育模式,从问题构思(Conceive)到模型运行(Operate)进行全流程训练。例如,中国科学技术大学通过暑期课程几何建模与图形计算整合了拓扑优化、3D 打印技术、三维表征与重建、具身智能等工业前沿内容,系统剖析领域数学模型基础理论与最新发展成果之间的联系,初步探索了现实问题的导向作用。此外,全国大学生数学建模竞赛培训在各个高校已经常态化。秉承“以竞促学、以学促用”的教学理念,一些教育工作者提出“课程与竞赛协同联动”的思想,部分高校开展集训,通过模拟实战题目提升学生解决复杂工程问题的能力^[9]。

1.2.2 医科院校数学建模课程现状

医科院校数学建模课程聚焦医学场景,一般采用案例教学法,结合医学实际问题进行教学,如建立疾病传播模型(SARS/禽流感预测)、医疗影像分析微分方程等^[10]。近年来,深度学习技术开始广泛应用于医学数据的数学建模场景中,用于疾病诊断、医学影像分析、医学文本处理等^[11]。陆军军医大学、新疆医科大学等通过选修课、第二课堂、暑期集训等形式开设了相关课程体系,并取得一定教学成果。

1.2.3 职业院校数学建模课程现状

该类高校以职业需求驱动课程改革,强化职业胜任力。例如,深圳职业技术大学构建“专业情境案例库”,设置了高铁瞬时速度计算、自动驾驶安全决策等专业情境,帮助学生培养从建模到应用的能力^[12]。然而,由于面临教材稀缺、数字资源不足等问题,部分课程仍沿用传统理工科教学内容,与职业场景契合度低。

1.3 教学中存在的问题

新工科建设的目标为培养具备创新精神、实践能力和跨学科综合素养的工科人才^[13]。对照这一目标,目前的数学建模课程教学仍存在以下问题。

1.3.1 教学内容滞后

当前,新的科学理论与应用技术不断被提出,知识迭代更新越来越快。例如,2023 年我国科学家提出同调理论分析网络,用于解析复杂疾病成因,指导疾病治疗与药物设计^[14]。在人工智能热潮下,数学建模课程中的机器学习、图像处理等教学内容更是经历着日新月异的变化。因此,现有课程需主动跟踪数学、人工智能等领域的前沿理论与技术发展,挖掘与课程内容适配的知识反哺教学与实践,以培养适应时代发展趋势的前瞻性人才。

1.3.2 教学模式单一

现有教学模式拘泥于课堂这一阵地,封闭了学生的创新思维。经调研,现有数学建模课程教学大纲主要包括线性规划和整数规划模型、凸优化和非线性规划模型、微分方程和差分方程、概率统计模型、机器学习(分类、回归、聚

类)、信号处理等内容。尽管其涵盖了数学建模竞赛的常见知识点,但受授课时长的限制,蜻蜓点水似地授课方式难以启发学生思维。例如,在分类问题中,教师往往以 k-means 为重点介绍聚类方法,在建模练习时学生一遇到聚类问题便采用 k-means 算法,缺乏创新性。现有课程需要充分利用课前、课中和课后时间,发挥学生的主观能动性,多交流、多讨论,避免学生思维局限于固定解题框架之下^[15]。

1.3.3 教学手段不足

现有教学系统性实践训练不足,解决现实问题的导向作用并不明显。数学建模是一架衔接理论知识与实际应用的桥梁,课堂上传授的知识注重理论体系的完整性与基础知识的巩固,而实践环节则需要学生亲身体验^[16]。作为一门涉及运筹学、数理统计、物理、计算机、人工智能等多学科的交叉课程,数学建模需结合新工科背景下的课程建设要求,关注产业发展对人才需求的变化,打造全链条的

个性化培养方案^[17]。因此,教师在带动学生组队参加数模竞赛的同时,需要结合自身科研方向设计实训题目,加强赛研导向的系统化实践,在激发学生兴趣的同时提升其对多学科知识的综合应用能力。

针对以上问题,本文以建构主义、CDIO、OBE 等先进教育理念为指导,从教学内容、教学模式、教学手段等方面提出新工科背景下高校进阶式数学建模课程建设体系,循序渐进地使学生实现从知识到能力的提升。

2 进阶式数学建模课程体系建设

针对数学建模课程重创新、强应用、显成果的特点,以建构主义、CDIO 和 OBE 等先进教育理念为指导进行课程体系建设十分契合。如图 1 所示,本文设计的课程教学体系包含教学内容重构、教学模式探索、系统化综合实践 3 方面内容,目的是实现学生的进阶式能力培养。

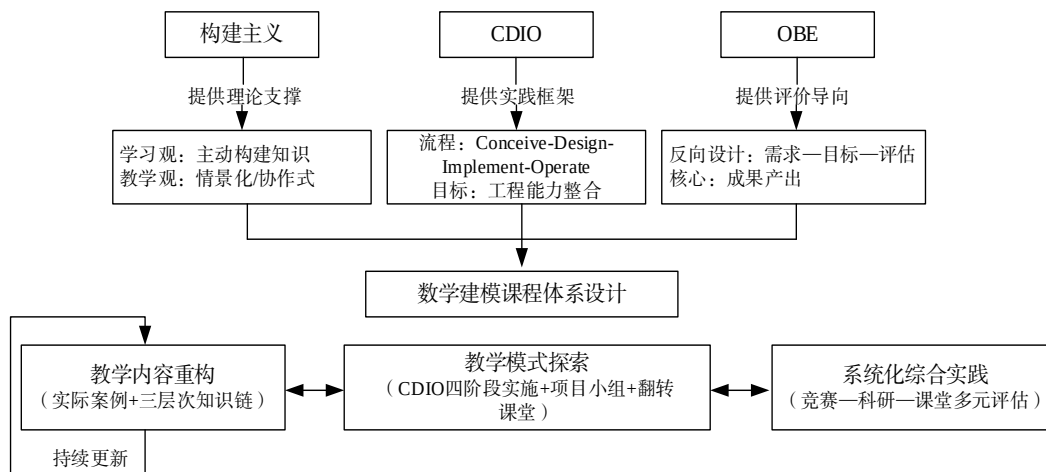


Fig. 1 Curriculum teaching system design

图1 课程教学体系设计

2.1 与时俱进的教学内容更新

高校的数学建模课程一般面向大三、大四本科生开设,这些学生已先修了高等数学、线性代数、概率论与数理统计等课程,具备一定的编程能力,因此数学建模的教学内容一般侧重于讲授模型的建立方法与过程。然而,现代技术发展迅猛,模型建立方法的教学内容更新速度滞后,制约了创新人才的培养。一方面,数学建模课程需要与时俱进地引入新技术、新方法,不断丰富课程内容,实现知识体系增量式迭代更新,尤其是实现与 AI 等新兴技术的深度融合;另一方面,数学建模课程需要以计算机与软件为工具、AI 技术为推手,通过模拟“模型假设—模型构成—模型求解—模型分析—模型检验—模型应用”的全链条知识演化过程来培养学生的思考、创造和动手能力。因此,本文基于建构主义情境学习,引入应用中的热点案例,建立“基础模型→前沿算法→跨界应用”三层次知识链,并遵循 OBE 反向设计原则,以实际需求定义能力目标,与时俱进地设计教学内容。具体见图 2。同时考虑到技术的日新月

异,教学团队会动态调整教学内容,力争每年课程案例更新率达 20%,不仅覆盖预测类、优化类、方程类、统计类和概率类基础模型,而且兼顾图论、机理分析等交叉学科内容,例如利用图论与网络模型中的 PageRank 算法进行社交网络影响力分析,利用路径规划算法进行无人机路径规划和姿态调节等。此外,科学前沿、热点问题更是内容更新的重点,需呼应近期竞赛题目,如人工智能与大数据分析(呼应第十五届亚太地区大学生数学建模竞赛(APMCM 2025)C 题:基于 Quantum Boosting 的二分类模型问题)、气候变化与可持续发展(呼应 2023 年美赛 E 题:光污染与生态系统数据分析)、公共卫生与流行病学(呼应 2020 年多所高校数模竞赛赛题:新冠肺炎疫情防控专题)等。

2.2 “项目小组+翻转课堂”的教学模式探索

现有课程设计往往追求大而全,试图在有限课时内覆盖数学建模所有知识点,这种“百科全书式”的教学虽然涵盖面广,但是每个知识点多是内容的简单介绍,缺乏深度挖掘和实际应用环节^[18]。例如,在讲授优化理论时,现有



Fig. 2 Updated teaching content

图2 教学内容重构

课程可能仅介绍线性规划的基本概念和单纯形法原理,没有时间展示如何将其应用于物流配送、生产调度等真实场景。这种碎片化的知识传授使学生难以建立系统的建模思维框架,亦无法理解不同方法间的内在联系和应用边界,不利于启发学生的创新思维。因此,本文设计了“项目小组+翻转课堂”的教学模式,在分析梳理基础课程中的教学难点、关键点、重要思维过程后,将教学内容设定为若干个项目并设计相应的学习内容与目标。以问题、成果为导向,进行CDIO全周期教学模式重构,规划课前、课中和课后不同层次的教学活动,具体如图3所示。

课前(Conceive阶段),教师确定学习目标、划分合作小

组、分解项目并发布任务,同时将学习资料提前发放给学生。资料中针对每个任务题目,根据数据类型、模型复杂度、不确定性程度、算法可实现度、学科跨度进行区分标识,方便学生在建模前对研究对象有充分了解。学生组队并认领任务,自主查找资料并合作学习,完成需求分析。

课中(Design/Implement阶段)采用翻转课堂+问题导向学习(Problem-Based Learning, PBL)教学模式,以学生为中心,采取参与式、启发式、研讨式教学方法^[19]。具体来说,学生分享展示成果,教师点评打分并重点讲解知识点,再分组讨论,进行自评与小组间互评,通过“方案答辩—对抗辩论—代码评审”完成模型设计与实现。多轮迭代后进

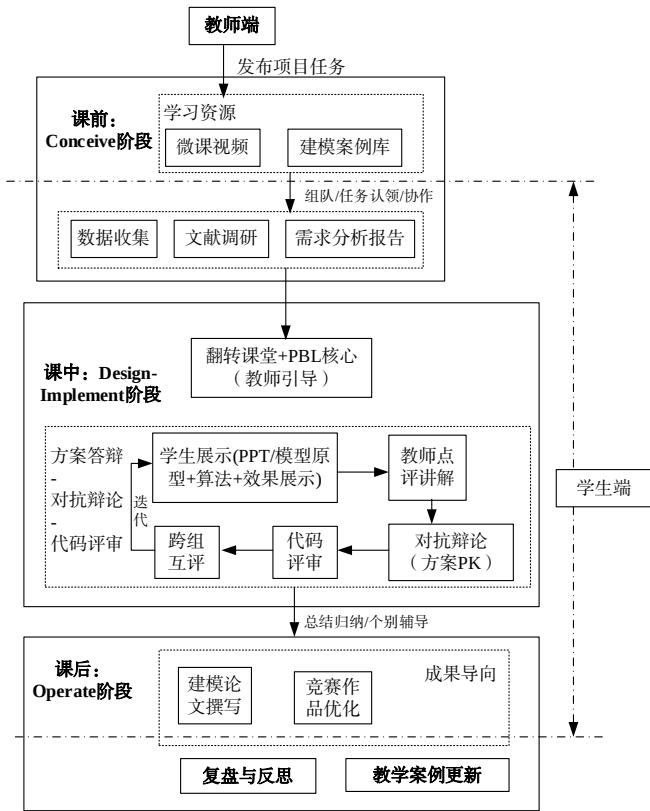


Fig. 3 Teaching mode design
图3 教学模式设计

行总结归纳、个别辅导等环节。

课后 (Operate 阶段), 教师反思教学过程, 总结归纳学生提出的问题, 并对教学方案进行调整优化。学生针对课中点评、打分及讨论结果继续完善项目内容, 进行课后复盘与反思。

这种教学模式以学生为中心, 注重学习过程中批判性思维、沟通协调能力、知识运用能力、协作创新能力的培养。多个小组完成同一题目, 各个小组自由发挥会产生多样化思路, 避免学生思维局限于固定解题框架之下, 通过讨论与点评也让学生明白在建模中用到的知识千变万化, 不能生搬硬套。在讨论中对不同方法的可行性和有效性进行分析, 可实现基础理论—计算方法—系统化实践的进阶式思维能力培养, 在潜移默化中做到因材施教。

2.3 赛研导向的系统化综合实践

赛研导向的系统化综合实践采用“竞赛—科研”双轨制培养, 教师带领学生参加数学建模竞赛, 并依托科研课堂, 指导学生参与相关科研项目, 以赛促学, 以研促学, 教赛研相结合。在这一阶段, 以学生为主体, 在教师指导下建立数学模型, 设计数学实验, 团队合作完成数学建模论文。鼓励学生分工协作、各取所长, 学会沟通交流与总结反思, 提升其科研合作意识, 进而高效完成任务。此外, 作为我国高校中首批执行“卓越工程师硕博”招生培养计划的高校, 北京航空航天大学具有深厚的产学研融合基础。借助这一优势, 数学建模课程授课教师可联合学院其

他教师提供科研平台, 带领学生开展课题实践, 有效引导学生运用所学知识去思考和解决问题。

课程最终成绩通过“课堂表现+课程大作业+竞赛+科研”多维度量化评估, 具体以知识掌握度 (考试成绩、课堂表现、课程大作业)、素质表现度 (竞赛获奖)、能力达成度 (项目完成) 来完成考核。其中, 课堂表现结合课前需求分析报告的完整性和规范性, 课中学生展示、对抗辩论的参与度, 课后建模论文撰写的规范性进行评价; 课堂大作业基于创新思维水平、知识迁移能力和算法实现水平进行评价。

3 建设成效

依托教改项目, 通过半年规划设计以及两轮教学实践、总结与完善, 目前已基本探索出一套兼顾系统知识和实际问题、知识体系增量式迭代更新、强调系统化实践的教学体系。随着对教学内容、模式和手段的不断完善, 选修该门课程的学生人数越来越多, 专业覆盖计算机、人工智能、自动化、材料、通信工程等近, 单次选课人数最多达 140 人, 出勤率常年维持在高位。学生对该门课程的评分在 95 分以上, 半数以上学生参加了美赛、国赛、北师大数学建模竞赛等各类比赛并获奖。

“项目小组+翻转课堂”的教学形式开阔了学生思路。例如, 在讲到 2023 年数学建模国赛 B 题多波束测线问题时, 学生们采用二维平面推导三维立体图形、多约束优化、可视化模拟、物理建模等不同方法; 在讲到电商平台用户行为预测时, 学生们构造的数学模型涉及微分方程、概率统计、预测优化、遗传算法等, 涵盖了数学这门学科的主要知识领域。所有题目完成度达到 100%。依托该门课程建立“课程—竞赛—专利—论文”转化通道, 部分学生进入实验室开启科研之路, 为研究生学习打下基础。建设成效数据如表 1 所示。

Table 1 Construction effectiveness data			
表 1 建设成效数据			(%)
指标	体系重建前	体系重建后	
学习参与度	课堂预习率	15	93
	课堂发言率	10	78
	小组协同参与度	23	100
模型创新性评分	45	78	
跨学科项目完成率	47	68	
学生满意度	62	95	
竞赛参与率	27	58	
科研项目参与度	12	35	

截止目前, 教学团队已建立多专题、多题型、多解法的数学建模题库, 其中可供选择的专题数目 10 余个, 每个专题中各类题型示例有 5 个以上, 每个示例提供 3 种以上解法。这种矩阵式数学建模资源库在纵向维度体现了数学深度, 涵盖了从微积分到拓扑学等不同层次的数学知识; 在横向维度兼顾各种应用领域, 包括工程、生物、金融等;

在动态维度考虑了技术新颖度,不仅有传统方法,而且有 AI 前沿技术,为后续题目发布与讨论奠定了良好基础。

4 结语

数学建模课程教学作为高校基础教学与人才培养过程中的重要环节,其教学模式的革新有助于学生实现从知识到能力的进阶式提升,亦为后续本研一体化以及研究生实践创新人才培养奠定了基础。本文提出的课程体系建设兼顾学生知识、能力与综合素养的培养,提升了其创新和实践能力,实现了“认知建构—工程实践—能力认证”的三维协同,为新工科课程建设提供了参考范式。后续将深入探索并设计更多更优、更新的综合实践案例与展示讨论形式,助力知识面广、能力强、素养高的创新型人才培养。

参考文献:

- [1] DING W J, ZENG C B, LIU S Q, et al. Teaching reform and practice of mathematical modeling course based on the promoting teaching through competition[J]. Studies in College Mathematics, 2023, 26(4): 70-72, 80.
丁为建, 曾才斌, 刘深泉, 等. 以赛促教的数学建模课程的改革与实践[J]. 高等数学研究, 2023, 26(4): 70-72, 80.
- [2] LI D Q. From mathematical modeling to problem-driven applied mathematics[J]. Mathematical Modeling and its Applications, 2014(3): 1-9.
李大潜. 从数学建模到问题驱动的应用数学[J]. 数学建模及其应用, 2014(3): 1-9.
- [3] REN S Q, YANG H. Focusing on the mathematical modeling competition in the division and promoting the teaching reform of engineering mathematics[J]. College Mathematics, 2005, 21(5): 22-24.
任善强, 杨虎. 抓好赛区数学建模竞赛, 促进工科数学教学改革[J]. 大学数学, 2005, 21(5): 22-24.
- [4] SI S K, SUN Z L. Mathematical modeling algorithms and applications (2nd edition)[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2016.
司守奎, 孙兆亮. 数学建模算法与应用(第2版)[M]. 北京: 国防工业出版社, 2016.
- [5] GUIDANO R F, FOX P W, HORTON B S. A first course in mathematical modeling (fifth edition)[M]. Translated by Ye Qixiao, Jiang Qiyuan. Beijing: Mechanical Industry Press, 2016.
GUIDANO R. F., P. WFOX, HORTON B. S. 数学建模(第5版)[M]. 叶其孝, 姜启源, 译. 北京: 机械工业出版社, 2016.
- [6] WANG Z B, ZHOU Y, PENG R Z. Application of data processing methods in mathematical modeling competitions[J]. Software Guide, 2015, 14(1): 200-201.
王增波, 周勇, 彭仁忠. 数据处理方法在数学建模竞赛中的应用[J]. 软件导刊, 2015, 14(1): 200-201.
- [7] LI B, WU Y Z, CUI F L, et al. Mathematical modeling and simulation of tracking model car[J]. Machinery, 2025, 63(5): 29-32, 48.
李斌, 巫莹柱, 崔福来, 等. 循迹模型小车的数学建模与仿真[J]. 机械制造, 2025, 63(5): 29-32, 48.
- [8] YUAN J, LIU R Z, GUO R. Application of UFK in signal processing of TSP[J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2016, 36(1): 59-62.
- [9] SU Q, HUANG Y Q, ZHANG H X, et al. Exploration of the teaching reform of "four elements and two integration" in mathematical experiment course for engineering majors[J]. Software Guide, 2025, 24(11): 97-102.
苏茜, 黄亚群, 张怀雄, 等. 面向工科专业的数学实验课程“四元两融合”教学改革探索[J]. 软件导刊, 2025, 24(11): 97-102.
- [10] WU L. Research on the teaching of advanced mathematics based on mathematical modeling in the context of new medical science[J]. Technology Trend, 2025(15): 28-30.
吴麟. 新医科背景下基于数学建模的“高等数学”教学研究[J]. 科技风, 2025(15): 28-30.
- [11] ZHOU J, ZHANG X S, WU H, et al. A novel approach for intracellular calcium signaling data processing based on deep learning and mathematical modeling[J]. Medical Biomechanics, 2019, 34(S1): 179.
周瑾, 张绪森, 吴桓, 等. 基于深度学习和数学模型的胞内钙信号数据处理新方法[J]. 医用生物力学, 2019, 34(S1): 179.
- [12] ZHANG L. Building the foundation of mathematics and empowering career development [N]. China Education News Network, 2025-07-15(3).
张兰. 筑牢数学根基, 赋能职业发展[N]. 中国教育新闻网, 2025-07-15(3).
- [13] ZHONG D H. Connotations and actions for establishing the emerging engineering education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017(3): 1-6.
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.
- [14] WU S, LIU X, DONG A, et al. The metabolomic physics of complex diseases[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2023, 120(42): e2308496120.
- [15] WU Y W, WANG Y Z, LIN X, et al. Research on the design of innovative education learning community platform[J]. Software Guide (Educational Technology), 2019, 18(2): 12-15.
吴彦文, 汪乐章, 林炯, 等. 创新教育学习共同体平台的设计研究[J]. 软件导刊(教育技术), 2019, 18(2): 12-15.
- [16] WU S, WU X J, LI Y N, et al. Thoughts on mathematical modeling course facing big data era [J]. Computer Education, 2017(12): 119-121.
吴晟, 吴兴蛟, 李英娜, 等. 面向大数据时代的数学建模课程思考[J]. 计算机教育, 2017(12): 119-121.
- [17] CHEN R. Construction of artificial intelligence curriculum system under the background of emerging engineering [J]. Computer Education, 2023(7): 111-114.
陈瑞. 新工科背景下的人工智能课程体系构建[J]. 计算机教育, 2023(7): 111-114.
- [18] LIANG D L. An exploration of discrete mathematics flipped classroom teaching practice on the basis of the fusion of online and offline[J]. College Mathematics, 2019, 35(2): 45-49.
梁道雷. 基于线上+线下融合的离散数学翻转课堂教学实践探究[J]. 大学数学, 2019, 35(2): 45-49.
- [19] GU P H. Practical exploration and new paradigm transformation of emerging engineering education [J]. Research in Higher Education of Engineering, 2020(4): 1-19.
顾佩华. 新工科与新范式: 实践探索和思考[J]. 高等工程教育研究, 2020(4): 1-19.

(责任编辑: 尹晨茹)