

基于知识图谱的高等数学课程的 数字化建设与改革研究

吕小俊, 谢海平, 饶绍斌

苏州大学应用技术学院, 江苏 苏州

收稿日期: 2025年6月8日; 录用日期: 2025年7月7日; 发布日期: 2025年7月16日

摘要

高等数学是我校工学院学生必修的重要基础理论课程, 也是众多工科专业的基石, 对学生抽象逻辑思维、科研创新以及运用数学知识解决实际问题的能力培养至关重要。然而, 传统教学中存在诸多痛点, 如学生基础薄弱、课程与专业实践脱节、学生学习动力不足等。为解决这些问题, 高等数学课程组秉持“以学生为中心、启发引导、学以致用、三全育人”的教育理念, 引入知识图谱技术, 对高等数学知识点进行结构化梳理, 构建可视化知识网络, 并创建配套的课程题库、作业库和试卷库等教学资源。通过“知识图谱 + 数字资源”的教学模式, 实现了教学的数字化、智能化改革, 显著提升了学生的学习兴趣、参与度和实践创新能力, 为高等数学与专业教育、特色育人、实践创新的紧密融合提供了有力支撑。

关键词

高等数学, 数字资源, 知识图谱, 课程题库, 教学创新

Research on the Digital Construction and Reform of Advanced Mathematics Courses Based on Knowledge Graph

Xiaojun Lyu, Haiping Xie, Shaobin Rao

Applied Technology College of Soochow University, Suzhou Jiangsu

Received: Jun. 8th, 2025; accepted: Jul. 7th, 2025; published: Jul. 16th, 2025

Abstract

Advanced mathematics is an important basic theory course for engineering students in our

文章引用: 吕小俊, 谢海平, 饶绍斌. 基于知识图谱的高等数学课程的数字化建设与改革研究[J]. 教育进展, 2025, 15(7): 391-396. DOI: 10.12677/ae.2025.1571230

university. It is a basic course for many engineering majors, which helps to cultivate students' abstract logical thinking ability, scientific research and innovation ability and the ability to use mathematical knowledge to solve practical problems. However, there are many pain points in traditional teaching, such as students' weak foundation, the disconnection between courses and professional practice, and students' lack of motivation to learn. In view of the "pain point" problem existing in the teaching process of higher mathematics course, the teaching team of higher mathematics course follows the education and teaching concept of "student-centered, inspired and guided, learning in practice, three comprehensive education", and introduces the knowledge map technology to organize the complex knowledge points in higher mathematics, and clearly show the correlation and logical level between each knowledge. Build a visual knowledge network. At the same time, according to the characteristics of the course knowledge graph, the corresponding teaching resources such as subject bank, assignment bank and examination paper bank are organized and created. The integration of the "knowledge graph + digital resources" pedagogical model has facilitated a comprehensive digital and intelligent transformation in teaching methodologies. This approach has significantly enhanced students' learning motivation, engagement, and practical innovation capabilities, thereby providing robust support for the seamless integration of advanced mathematics with professional education, distinctive talent cultivation, and practical innovation initiatives.

Keywords

Higher Mathematics, Digital Resource, Knowledge Graph, Course Item Bank, Teaching Innovation

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

近年来,随着教育数字化战略的深入推进,国家和地方出台了一系列政策文件,强调要完善知识图谱,构建能力图谱,深化教育大模型应用,推动课程体系、教材体系、教学体系智能化升级。教育部《关于加强新时代教育信息化工作的指导意见》明确提出,要利用人工智能、大数据等技术,构建智能化教学环境,推动教育教学模式创新。江苏省《教育信息化“十四五”规划》也指出要积极探索知识图谱在教育教学中的应用,提升课程教学的精准性和个性化水平。在此背景下,我校高等数学课程组秉持“以学生为中心、启发引导、学以致用、三全育人”的教育理念,引入知识图谱技术,系统梳理高等数学知识点[1]及其内在联系,构建可视化知识网络。依据布鲁姆学习理论,利用知识图谱厘清知识点的逻辑关系与先后顺序,帮助学生在过程中更高效地掌握知识,稳步提升学习效果。在此基础上,结合课程题库、作业库和试卷库等丰富教学资源,为学生提供个性化学习路径推荐,助力高效学习。通过“知识图谱+数字资源”的教学模式,实现了教学的数字化、智能化改革,显著提升了学生的学习兴趣、参与度和实践创新能力,为高等数学与专业教育、特色育人、实践创新的紧密融合提供了有力支撑。

高等数学作为我校工学院学生的核心基础理论课程,不仅是学生深入学习后续专业课程的坚实基础,更是培养工程领域专业人才的关键课程。在机械工程领域,微积分和极值等高等数学知识是解决物体受力、运动轨迹以及材料最值问题的关键工具;在电气工程中,高等数学理论为电路暂态与稳态过程的数学建模和求解提供了不可或缺的支撑。自2020年9月起,本课程在学习通平台搭建了完善的在线课程体系及配套资源,并已顺利开展多轮混合式教学实践。

2. 课程教学痛点分析

2.1. 学生薄弱的基础知识与教学内容不匹配

本课程主要面向工科专业大一学生，这些学生大多为高考成绩在二本线左右的理科生，数学基础知识较为薄弱，自主学习能力也相对有限。由于生源来自不同地区，学生在数学认知能力上存在较大差异。部分学生在高中阶段对函数、数列等基础数学知识掌握不够扎实，进入大学后，在学习高等数学的极限、导数、积分等更为抽象和复杂的概念及计算时，面临较大困难，这不仅影响了他们对当前知识的理解 and 应用，还对后续课程的学习造成了阻碍。传统重点院校的高等数学教学内容和模式，明显与应用型本科高校学生的实际认知水平不相匹配，若仍按传统方式教学，将难以满足培养高水平应用型科技人才的需求，也违背了“因材施教”这一基本教学理念。

2.2. 课程教学与专业实践结合困难

学生难以将所学高等数学知识与工科实际应用场景联系起来，不清楚这些数学知识在专业实践中如何发挥作用。另一方面，可供学生运用高等数学知识实际动手操作的平台和项目都比较有限，学生缺少亲身体验数学助力专业实践的机会，从而阻碍了二者在教学中的深度融合。

2.3. 学生学习内在驱动力不足

由于部分学生对自身未来规划不清晰等因素影响，未能意识到学习高等数学的重要性，从而使部分学生缺乏学习高等数学的内在驱动力，觉得这门课程枯燥又难学，只是被动应付考试，而不是主动去深入探究知识、提升能力。

2.4. 课程教学缺乏实践创新设计

课堂教学活动仅仅围绕做题与考试，不能激发学生的学习兴趣，不能发挥高等数学课程的工具作用。如何在现有的线上、线下教学资源下增加实践环节，解决工程问题，关注社会热点现象，服务于实践创新，显得尤为重要。

2.5. 课程教学手段单一多元化不足

传统高等数学课程采取纯板书教学或板书 + 多媒体课件的课堂教学模式，缺乏先进教学手段的应用，没有将数字资源、智能化资源与高等数学教学进行有机融合，无法有效将抽象的数学概念直观化、形象化。同时，数学课程课外第二课堂的建设滞后，只依赖于传统课堂教学无法满足应用型人才培养目标的需求。

3. 课程教学创新思路与实践举措

3.1. 通过知识图谱技术 + 数字资源整合知识体系

针对应用型本科工程类人才培养方案的要求，结合应用型本科高校学生的认知水平和心理规律，以“应用为目的，必需够用为度”的原则，整合高等数学的知识体系显得尤为重要[2]。我们利用知识图谱技术梳理高等数学各章节知识点之间的关联，然后，依据知识图谱[3]中各章节知识点的逻辑关系，并结合学生所学专业特点，组织创建相应的课程题库，在创建课程题库的过程中，习题的分布按照知识点的逻辑顺序进行编排，便于学生循序渐进地学习。同时，把高等数学中抽象的知识，像微分的概念、判定定理等，用知识图谱具象化地展示其与其他概念、定理间的联系，并相应地在课程题库中设置考查这些相关联知识点的习题，以加深对概念和定理的理解。

3.2. 知识图谱和课程题库相结合实现教学互补

依据知识图谱对知识点难易程度的划分,我们对课程题库中的习题进行了精准的难度等级标注。例如,将极限的基本运算题归为“易(基础)”等级,利用洛必达法则求解复杂极限的题目定为“中(中等)”等级,而涉及极限证明复杂定理的习题则划分为“难(提高)”等级。这种分级方式使教师能够根据学生的不同基础,精准布置个性化作业与测试。此外,针对知识图谱中拓展性和研究性较强的知识点路径,我们在题库中专门配置了开放性探索题目,以满足学有余力的学生对高等数学知识的深入探究需求。例如,引导学生自主探究如何运用泰勒公式求解一元函数极限,鼓励他们总结规律,并通过相关习题检验其探究成果。通过学生完成习题的情况,教师可以借助知识图谱直观地分析出学生对各章节知识点的平均掌握率,以及具体到每个学生在各个章节的掌握情况。这些数据能够为教学提供有力反馈,帮助教师进一步改进教学策略,优化教学实践。

3.3. 高效地利用课程题库对学生的学习情况进行实时监测

根据题库中习题的难易程度,将习题标记为易(基础)、中(中等)、难(提高)三个等级。教师在上课过程中,讲解完知识点后,可以根据学生现场的学习状态,利用线上教学平台的“随堂练习”或者“抢答”功能,从题库中选取少量、难易等级合理的习题,通过线上平台发布给学生练习。并依据知识点和习题的难易程度,要求学生在限定时间内完成所有习题。在此期间,教师可以通过后台数据,实时观测学生习题的完成情况,通过查看学生的答题正确率以及学生答题选项的分布比例,精准分析他们对知识点的掌握程度,针对掌握薄弱的知识点,动态改进教学策略,提升教学达成度。

3.4. 课后作业 + 过程性线上测试“智能”反馈学生对内容的掌握情况

教师在布置作业时,会参考知识图谱中学生对各知识点的掌握情况(结合随堂练习数据),从题库中精准挑选学生掌握薄弱的习题,进行针对性巩固训练。同时,鼓励学生自主利用知识图谱查漏补缺,顺着图谱的关联发现知识短板,并从题库中找到对应习题自我检测与提升。此外,引导学生标注解题思路,以便复习时快速回顾每类习题对应的计算方法。在讲解作业时,教师会根据作业完成情况和学生得分,针对得分较低的习题在课堂上进行重点讲解。对于作业总体得分较低的学生,教师将单独分析原因,帮助其深层巩固知识点。此外,每隔 40 天左右,教师会组织一次线上阶段性测试。测试试卷将从课程题库中按照知识点分布随机生成 120 套,并通过系统随机发放,限时 40 分钟完成。通过后台数据分析学生考试成绩,教师将结合学生的作业和阶段性考试情况,制定下一阶段符合学生实际情况的教学计划。

3.5. “高等数学 + 数学实验”融合教学模式

将数学建模思想引入到教学实践中,并利用 MATLAB、LINGO 等数学软件分析解决数学问题,强化课程实践环节,培养学生应用计算机分析和处理数学问题的能力[4]。例如:在第一章第一节函数与极限中,编程辅助实现初等函数图像实验。在第三章第四节函数的凸凹性中,设置正态分布密度函数实验,强化学生对函数凸凹性的认识,同时为后续概率论与数理统计课程的学习做好铺垫。在第五章第一节定积分的概念与性质,引入对曲线分割近似的图像实验,利用 MATLAB 软件绘制曲线分割近似的图像,直观掌握定积分的实际意义等。

3.6. 采取线上、线下教学形成多模态教学范式

教师精心选取工程类数学案例,巧妙创设教学情境,并融合线上线下混合式教学模式,充分激

发学生课堂学习的积极性，让课堂真正聚焦于“以学生为中心”，精准践行“教师为主导、学生为主体”的教学理念。同时，通过组织高等数学竞赛、大学数学竞赛和数学建模竞赛等活动，拓展高等数学课外第二课堂，打造线上线下、课内课外一体化的混合式教学范式，全方位提升学生的数学创新实践能力。

3.7. 多元考核评价体系

依托知识图谱、课程题库以及线上线下课程资源，构建了契合学生认知规律且强化过程性考核的多目标课程评价体系。该体系由三个模块(平时、期中、期末)与七个维度(考勤、随堂练习、作业、线上自主学习、课程积分、阶段性测试、期末考试)组成。在该体系下，线上教学平台依据各评价指标设定相应权重，能够实时动态更新学生的平时表现得分及排名情况，为学生提供清晰的学习反馈，也为教师精准掌握学生学习动态提供了有力支持。

4. 课程教学创新成果的应用成效

本教学创新成果的应用效果主要表现在：学生学习兴趣、参与度和实践创新能力全面提升。

自线上资源上线以来，高等数学(上)课程累计吸引了 4432 名学生选课，浏览量突破 221 万次，学生线上学习热情显著提升。课程题库与作业库等资源广泛应用于线上阶段性测试、作业布置、随堂练习、习题抢答以及知识图谱反馈等环节。此外，线上签到、点名、选人、视频学习、讨论等互动功能也备受学生欢迎。我们通过学习通平台对比了近两年高等数学课程的教学过程数据(见图 1)，不难发现，自 2024 年首次引入知识图谱技术辅助课程数字化教学改革以来，学生参与度大幅提升，学习兴趣显著增强。学生的数学实践创新能力主要体现在江苏省高等数学竞赛和全国大学生数学建模竞赛的获奖数量上，近两年这两类数学竞赛的获奖人数和层次有了大幅提升，2024 年省高等数学竞赛的获奖人数突破 40 人次，全国大学生数学建模竞赛首次获得省一等奖。

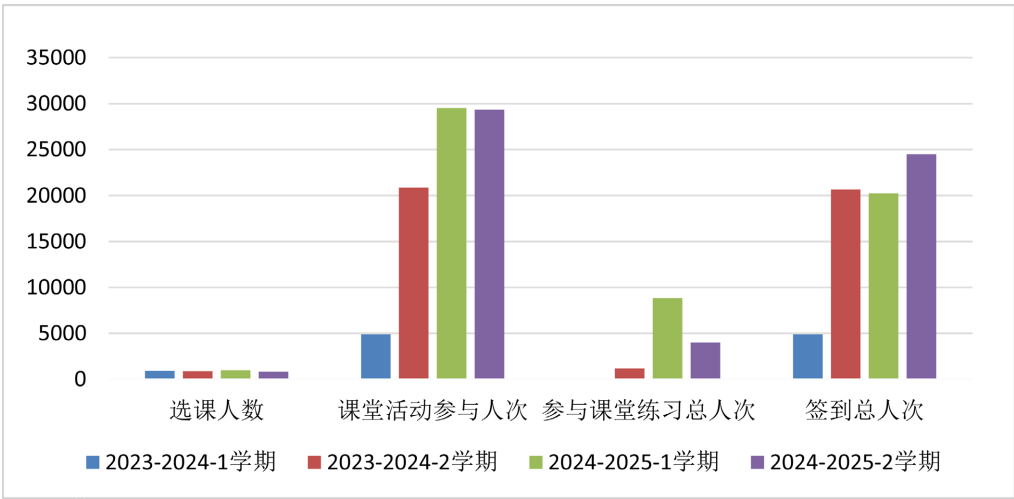


Figure 1. Information on teaching activities of advanced mathematics course
图 1. 高等数学课程教学活动信息

近期，针对我校工学院 353 名学生开展高等数学线上资源使用满意度调研。调研数据见图 2。

从调研的满意度数据不难看出，绝大多数学生对“知识图谱 + 课程题库”的教学模式高度认可，并期待未来继续借助数字化资源开展学习。

5. 结论

历经四年的多维度教学创新探索与实践，本课程已成功实现从传统课堂向线上线下混合式、智能化课堂的转型升级，同时完成了从单一的能力培养、知识输入式课堂向理论与实践深度融合的综合型课堂的华丽转变。在后续教学中，我们将深度整合现代化信息技术、数字工具以及人工智能技术，持续优化

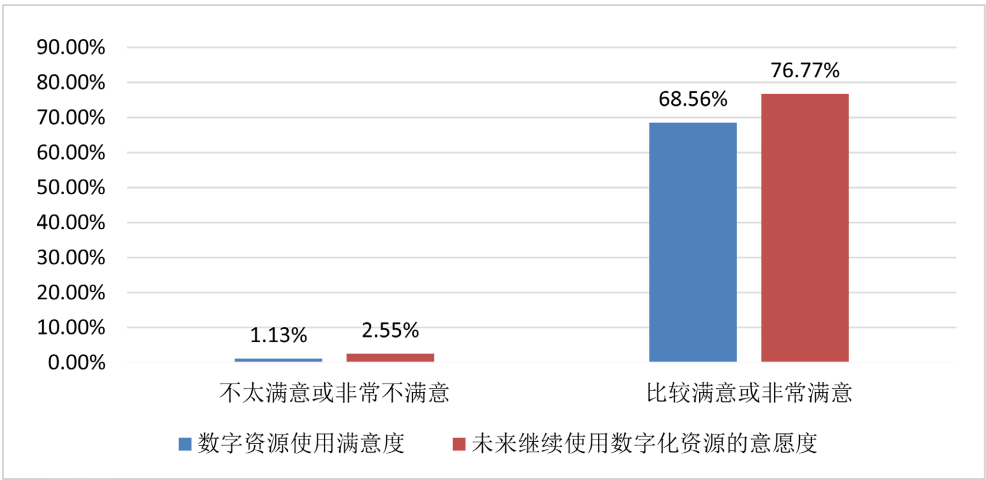


Figure 2. Data regarding the satisfaction with the utilization of digital resources in advanced mathematics courses
图 2. 高等数学课程数字化资源使用满意度数据

课程资源，丰富教学手段，以精准引导那些活跃度较低、参与感较弱的学生，充分调动其自主学习的积极性[5] [6]。在课程建设方面，我们仍将持续发力，深度挖掘课程内涵，精心提炼课程特色，不断提升课程品质，努力将高等数学课程打造成为省级一流课程，为学生提供更优质的教育体验，助力学生成长成才。在数字化课程改革经验推广方面，加强与多所兄弟院校做线上线下、智能化混合式课程[7]的经验交流，为其他应用型本科高等数学课程的教学改革提供了极具价值的实践参考，对推动高校数学类课程数字化、智能化教学发展有着重要意义。

基金项目

2022 年江苏省高校哲学社会科学研究一般项目(编号：2022SJYB1538)：基于 OBE-CDIO 教育理念的新工科大学数学课程体系重构与教学内容改革研究；2024 年江苏省高校“青蓝工程”优秀青年骨干教师培养对象项目。

参考文献

[1] 同济大学数学科学学院. 高等数学[M]. 第 8 版. 北京: 高等教育出版社, 2024.

[2] 吕小俊, 李广玉, 孙唯唯, 吕鹏辉. 高等数学[M]. 第 1 版. 苏州: 苏州大学出版社, 2022.

[3] 王法强, 杨晓枫, 曹斌照. 利用知识图谱实施精准和个性化教学——以高等数学为例[J]. 延边大学学报(自然科学版), 2024, 50(2): 133-138.

[4] 蔡敏. 基于信息技术的高等数学实验教学模式研究[J]. 长春大学学报, 2022, 32(2): 81-84.

[5] 高彦伟, 宋东哲. 新工科背景下工科数学混合式教学的实践与思考[J]. 现代教育科学, 2021(11): 95-101.

[6] 付琦, 闫宝英. 新工科背景下高校数学‘层次+模块’教学改革探索[J]. 山东农业工程学院学报, 2020, 37(11): 189-192.

[7] 李玲. 融合人工智能技术的高等数学课程混合式教学改革与实践[J]. 数字技术与应用, 2024 ,42(1): 134-136.