

人工智能赋能高等数学教学的范式转型

陈娟娟

西安理工大学数学学院 陕西 西安 710056

【摘要】：人工智能与教育的深度融合为高等数学教学改革提供了新的可能。针对传统教学模式中教学内容与专业需求脱节、学习支持个性化不足、能力培养环节薄弱等问题，本文基于建构主义学习理论，探讨“四元融通·三阶融合”的人工智能赋能教学模式。该模式以“教师导学—学生主学—领航员辅学—AI助学”四元协同为核心机制，通过“课前诊断—课中深化—课后伴学”三阶教学流程，依托“知识图谱—问题图谱—能力图谱”三维一体的认知框架，实现从“知识传授”向“能力建构”的范式转型。研究采用混合研究方法，通过对300名学生的对比实验，验证了该模式在提升学生学习投入度、概念理解深度和问题解决能力方面的有效性。研究表明，实验班学生在学习行为投入、高阶思维发展和学业成绩等方面均显著优于对照班，为人工智能时代的数学教学改革提供了可复制、可推广的实践范式。

【关键词】：人工智能；高等数学；四元融通；范式转型；能力建构

DOI:10.12417/2705-1358.26.08.022

1 问题的提出

人工智能技术正以前所未有的速度重塑教育生态。2023年，教育部部长怀进鹏在世界数字教育大会上提出“运用海量数据形成学习者画像和教育知识图谱，更好地实现因材施教”^[1]；2024年进一步倡导“以智助学、以智助教、以智助管、以智助研”^[2]。这一政策导向标志着人工智能与教育的融合已从“工具应用”层面迈向“范式变革”层面，为高等教育教学改革指明了方向。

高等数学作为理工科人才培养的基石课程，其教学改革具有特殊的重要性和紧迫性。一方面，人工智能技术的底层逻辑——从机器学习到深度学习——本质上都是数学理论的工程化实现，数学素养已成为人工智能时代人才的核心竞争力；另一方面，传统高等数学教学却深陷多重困境，难以适应新时代人才培养的需求。

通过对本校理工科学生的连续调研发现，当前高等数学教学存在以下突出问题：第一，教学内容与专业需求脱节。课程更多关注知识层面，基本围绕微积分的理论知识，教学内容的深度和广度不够、前沿性和时代性不足，也未充分考虑学生的专业需求。第二，教学模式以教师讲授为主，学生依赖度高。线上资源仅作为补充工具，缺乏系统化学习路径指导，导致学生知识碎片化，知识应用能力、实践创新能力不足。第三，学习支持“一刀切”，难以满足个性化需求。大班授课模式下教师难以充分起到引导、管理、合作、解难的作用，不利于学生的个性化学习与发展。

更为深层的问题在于教学范式的滞后。传统教学遵循“知识传授”范式，将数学知识视为静态的、等待被传递的客体；而在人工智能时代，知识获取的门槛大幅降低，教学的核心使命应转向“能力建构”——培养学生的数学思维、问题解决能力和自主学习能力。这一范式转型要求教学模式进行根本性变革：从“教师中心”转向“学生中心”，从“统一教学”转向“个性支持”，从“课堂边界”转向“泛在学习”。

基于上述背景，本文以西安理工大学高等数学教学改革项目为支撑，依托智慧树教学平台，尝试构建“四元融通·三阶融合”教学模式，为人工智能时代的数学教学改革提供理论框架和实践参考。

2 理论框架与模式构建

2.1 理论基础

建构主义学习理论^[3]认为，知识由认知主体主动建构。这为本研究提供了三点启示：教学应立足学生的前概念与认知起点；学习需借助社会情境中的协作与对话；知识应在真实问题情境中与具体应用相联系。在高等数学教学中，教师应成为学习促进者，通过问题情境、协作探究和脚手架支持，帮助学生建构数学意义。人工智能使个性化脚手架支持成为可能，能够动态调整难度并提供针对性反馈，实现“千人千面”的学习支持。

个性化学习理论强调根据学习者的个体差异提供定制化的学习内容与路径。传统课堂因师资和时间的限制，难以真正

作者简介：陈娟娟（1982—），女，山西临汾人，博士，副教授，从事大学数学教学研究。

基金项目：西安理工大学教学研究项目（xjy2463）。

实现个性化教学；而人工智能技术，特别是学习分析与自适应推荐系统，为大规模个性化学习提供了技术可能。在高等数学教学中，个性化学习面临特殊挑战：数学知识逻辑严密、前后关联性强，前置知识的缺失会严重影响后续学习；同时，学生数学思维水平差异显著，统一的教学进度难以兼顾不同需求。因此，个性化学习系统需深入理解数学知识的内在结构，建立精细的学习者模型，方能实现真正有效的个性化支持。

2.2 “四元融通·三阶融合”模式架构

本研究构建了“四元融通·三阶融合”的人工智能赋能教学模式。“四元融通”指“教师导学—学生主学—领航员辅学—AI 助学”四个主体深度协同，形成有机联动的教学生态。教师的核心作用体现在教学设计（设计学习任务、组织课堂活动）、高阶引导（启发深度思考、培养数学思维）、情感支持（激发学习动机、建立学习信心）；学生从被动接受者转变为主动建构者，通过自主探究和协作学习实现知识的深度理解；高年级领航员（本科三年级或四年级优秀学生）提供朋辈辅导，每班配备 1 名领航员，通过线下个性化指导、学长课堂、朋辈帮扶等形式提升学习效果；AI 承担知识传递和个性支持，提供 24 小时即时答疑、学习资源推荐和学习行为数据分析。

“三阶融合”指“课前诊断—课中深化—课后伴学”三个教学阶段的无缝衔接。课前智能诊断阶段，通过 AI 驱动前测系统诊断学生的知识准备状态和潜在困难点，诊断内容不仅包括高等数学的前置知识，还包括数学思维能力和学习策略，基于诊断结果为每位学生生成个性化的预习方案。课中互动深化阶段，课堂教学采用“问题驱动+协作探究”的模式，教师通过创设真实问题情境激发学习兴趣，学生通过小组协作、讨论交流建构知识意义，AI 助教实时收集学生的问题和反馈，生成实时学情热力图，为教师调整教学策略提供数据支持。课后个性巩固阶段，基于课堂学习数据，AI 系统为每位学生推送个性化的巩固练习和拓展资源，对于掌握较好的学生推送拓展性问题和深度学习材料，对于存在困难的学生推送基础性练习和针对性讲解视频。

2.3 三维图谱的认知支撑

依托智慧教学平台，本研究构建了“知识图谱—问题图谱—能力图谱”三维一体的认知框架，为个性化学习路径规划和智能诊断提供认知基础。该框架不同于简单的知识点罗列，而是包含三个相互关联的子图谱。

知识图谱呈现知识点及其逻辑关系。以高等数学上册为例，共梳理 7 大章节、86 个核心知识点，标注每个知识点的类型（概念、定理、方法）、难度层级（了解、理解、掌握、应用）以及知识点之间的先修、后续、关联关系。问题图谱呈现典型问题及变式，针对每个核心知识点设计 3-5 道代表性题目，

涵盖概念辨析、计算求解、证明推理、综合应用四种题型，并标注每道题对应的认知能力和常见错误类型。能力图谱呈现各知识点对应的能力目标，参照布鲁姆认知目标分类，将能力目标划分为记忆、理解、应用、分析、评价、创造六个层级，为后续的学习评价和能力诊断提供依据。

以“极限”章节为例，知识图谱不仅呈现极限的定义、性质、运算法则等知识点及其先后关系，还通过问题图谱标注典型问题类型（如计算极限、证明极限存在），通过能力图谱明确每个知识点的认知能力要求。这一精细化的知识表征，为后续的个性化学习路径规划和智能诊断提供了认知基础。

2.4 专业融合的教学内容重构

立足学科核心，以科学发展中的真实问题为链，融汇数学史脉络、专业实践与学科前沿，构建结构化、动态化高等数学教学内容体系。依托水利、机械、自动化、计算机信息等理工科专业集群，对接专业毕业能力指标，遴选科学与工程领域的典型应用实例，构建分专业模块化案例体系，以差异化教学设计赋能学生工程创新能力培养。

通过开发可视化思政资源库，打造“第一课堂+第二课堂”联动育人模式。通过沉浸式影音资源强化理论认知的深度，有效实现学科教育与思政元素的同频共振，使学生在掌握数学知识的同时，感受到微积分历史发展过程中数学的传承和延展，激发探索未知、追求真理、勇攀科学高峰的责任感和使命感。

3 实践探索与成效分析

3.1 研究设计

本研究采用混合研究方法，研究对象为西安理工大学 2024 级部分工科专业本科生。实验组（150 人）采用“四元融通·三阶融合”模式，依托智慧树平台开展混合式教学；对照组（150 人）采用传统教学模式。两组学生在入学数学成绩、专业分布等方面无显著差异（ $p>0.05$ ）。研究周期为一个学期。

数据收集包括：课堂参与度、数学概念理解测试（前测、后测）、问题解决能力测试（前测、后测）、智慧教学平台学习行为日志、半结构化访谈（实验组学生 15 人、教师 5 人）等。数据分析采用描述性统计、独立样本 t 检验等方法。

3.2 实践成效

学习投入度显著提升。课前预习完成率方面，实验组达到 86.7%，显著高于对照组的 52.3%（ $p<0.01$ ）；课堂互动参与度方面，实验组达到 92.0%，显著高于对照组的 68.7%（ $p<0.01$ ）。

概念理解深度明显增强。通过概念图测试评估学生对核心概念的理解深度，后测结果显示，实验组学生在极限、导数、积分三大核心概念的概念图完整性、连接准确性和层级合理性

得分均显著高于对照组 ($p < 0.01$)。以“导数”概念为例, 实验组学生平均能准确关联 6.8 个相关概念 (如变化率、切线斜率、瞬时速度、极值、微分等), 而对对照组平均仅关联 4.2 个概念。访谈中, 实验组学生普遍反映: “知识图谱让我看清了整个知识脉络, 不再觉得每个知识点都是孤立的。”

问题解决能力有效提高。期末综合测试中, 实验组平均成绩 82.6 分, 显著高于对照组的 76.3 分 ($p < 0.01$)。分题型分析显示, 实验组在概念理解题 (86.2% vs 79.5%)、计算求解题 (84.7% vs 81.2%)、证明推理题 (79.3% vs 68.4%)、综合应用题 (78.9% vs 66.8%) 四类题型上的得分率均高于对照组, 其中证明推理和综合应用两类高阶能力题型的差异最为显著 ($p < 0.01$)。这表明“四元融通·三阶融合”模式不仅提升了学生的知识掌握水平, 更促进了高阶思维能力的发展。

3.3 问题与反思

实践过程中也暴露出一些问题。首先是 AI 生成内容的可靠性问题。尽管通过提示词工程优化, AI 在复杂推理任务上仍偶有错误, 需要建立教师审核机制。其次是学生的技术依赖风险。约 12% 的学生表现出过度依赖 AI 的倾向, 遇到问题不加思考直接提问, 需要通过教学设计引导学生“先思考后提问”。再次是教师的角色转型挑战。部分教师对 AI 技术存在畏难情

绪, 需要加强培训和激励机制。最后是平台功能的优化需求, 如数学公式输入的便捷性、复杂推理的可解释性等仍有提升空间。

4 结语

本文探讨了人工智能赋能高等数学教学的“四元融通·三阶融合”模式, 主要结论如下:

第一, 人工智能赋能数学教学需要从“工具应用”走向“范式变革”。“四元融通·三阶融合”模式通过对教学流程、师生角色、评价方式的系统性重构, 探索从“知识传授”向“能力建构”的范式转型。

第二, 三维图谱是 AI 赋能数学教学的认知基础。精细化的知识表征为个性化学习路径规划、智能诊断和精准推送提供了可能, 是实现“因材施教”的关键支撑。实践表明, 图谱化的知识组织方式有助于学生建立系统的知识结构, 提升概念理解的整体性和深刻性。

第三, 人机协同是模式有效实施的保障。教师与 AI 各有优势: 教师在高阶引导、情感支持方面不可替代, AI 在知识传递、个性支持方面具有优势, 两者协同才能实现最优教学效果。本研究提出的“教师主导、AI 辅助”的协同模式, 既发挥了技术的效率优势, 又坚守了教育的人文本质。

参考文献:

- [1] 怀进鹏. 数字变革与教育未来——在世界数字教育大会上的主旨演讲[R]. 北京: 教育部, 2023.
- [2] 怀进鹏. 携手推动数字教育应用、共享、创新——在世界数字教育大会上的主旨演讲[R]. 北京: 教育部, 2024.
- [3] 陈琦, 张建伟. 建构主义学习观要义评析[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 1998, (01): 61-68.
- [4] 邵虎, 邵枫, 朱士信. 基于人工智能辅助大学数学公共基础课教学内容改革实践与探索[J]. 大学数学, 2025, 41(3): 26-31.
- [5] 鲁晓磊, 吕学斌. 大数据背景下人工智能发展对大学数学教学的启示[J]. 大学数学, 2020, 36(4): 60-67.
- [6] 邵新慧, 沈海龙, 史大涛, 等. 人工智能赋能大学数学基础课程教学范式改革与实践[J]. 大学数学, 2025, 41(2): 33-37.
- [7] 高彦伟, 王春朋. 大学数学融智课程建设研究[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估), 2026, (02): 50-52.
- [8] 何克抗. 建构主义——革新传统教学的理论基础[J]. 电化教育研究, 1997(3): 3-9.
- [9] 张赛宇, 马志强, 董延庆, 等. 人工智能赋能规模化课堂中的个性化学习何以可能[J]. 开放学习研究, 2023, 28(5): 42-50.