

基于 AI 知识图谱的高等数学教学改革研究与探索

苑孟理想, 赵娜娜^{*}, 吴嘉润, 王雅洁, 时雨宣, 付也源

北京石油化工学院, 北京 102617

DOI:10.61369/ASDS.2026050007

摘 要 : 为破解传统高等数学教学中知识碎片化、学情诊断模糊等痛点, 本研究以 100 名理工科学生为对象, 利用知识图谱构建与 AI 诊断并行的教学模式, 采用自身前后对照实验 (期中传统教学、期末 AI 知识图谱教学) 开展实证研究。结果显示: 期末平均成绩从 56.98 分提升至 77.78 分, 及格率从 52.0% 提升至 87.0%, 优秀率从 4.0% 提升至 26.0%, 配对 t 检验表明成绩提升具有极显著统计学意义 ($t=10.8169$, $p<0.001$)。该模式通过结构化知识呈现与精准化教学干预, 有效提升了教学成效, 为高等数学数字化教改提供了可复制的实践范式。

关 键 词 : AI 知识图谱; 高等数学; 教学改革; 实证研究; 精准教学

Research and Exploration on the Reform of Advanced Mathematics Education Based on AI Knowledge Graphs

Yuan Menglixiang, Zhao Nana^{*}, Wu Jiarun, Wang Yajie, Shi Yuxuan, Fu Yeyuan

Beijing Institute of Petrochemical Technology, Beijing 102617

Abstract : To address pain points in traditional higher mathematics instruction, such as fragmented knowledge and unclear assessment of student learning, this study recruited 100 science and engineering students to develop a teaching model that integrates knowledge graph construction with AI-based assessment. An internal pre-post test design (traditional instruction during the midterm and AI-knowledge-graph-based instruction during the final exam) was employed to conduct the empirical research. The results show that the average final grade increased from 56.98 to 77.78, the pass rate rose from 52.0% to 87.0%, and the rate of students achieving an “A” grade climbed from 4.0% to 26.0%. A paired t-test indicated that the improvement in grades was highly statistically significant ($t=10.8169$, $p<0.001$). Through structured knowledge presentation and targeted instructional interventions, this model effectively enhanced teaching outcomes, providing a replicable practical paradigm for digital teaching reform in higher mathematics.

Keywords : AI knowledge graphs; advanced mathematics; educational reform; empirical research; precision teaching

引言

高等数学作为高等院校理工科各专业的核心公共基础课程, 是学生构建工程思维、掌握科学研究方法的重要基石, 其教学质量直接影响后续专业课程的学习效果, 更承担着培养学生逻辑思维、科学素养与创新能力的立德树人使命^[1]。

在教育数字化转型的时代背景下, 教育部先后出台多项政策推动人工智能与教育教学的深度融合, 提出要构建智慧教育环境, 实现从“以教为中心”向“以学为中心”的转变, 而 AI 知识图谱作为智慧教育的核心技术载体, 凭借其对知识体系的结构化重构、对

学习轨迹的智能化分析、对个性化需求的精准化匹配能力, 为破解传统高等数学教学的痛点提供了全新技术路径^[2]。

传统高等数学教学模式受限于教学理念与技术手段, 长期存在诸多亟待解决的现实问题: 其一, 知识体系呈现线性讲授的碎片化特征, 高等数学中极限、导数、积分等核心知识点存在强逻辑依赖关系, 但传统教学难以让学生建立起系统化的知识网络, 易形成认知断层^[3]; 其二, 学情诊断缺乏精准性与时效性, 依赖期中、期末等单次考试的评价方式, 仅能判断学生知识掌握的结果, 无法定位

基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划 (2026J00115); 北京市大学生创新创业训练计划 (2026J00091); 北京市教委科研计划一般项目 (KM202410017004); 北京市高等教育学会课题 (MS2025130)。

作者简介:

苑孟理想, 本科生, 研究方向: 人工智能与智能数据分析;

吴嘉润, 本科生, 研究方向: 数据挖掘与个性化推荐算法;

王雅洁, 本科生, 研究方向: 数理统计与数据建模;

时雨宣, 本科生, 研究方向: 机器学习与数据处理;

付也源, 本科生, 研究方向: 用户行为数据分析与系统优化。

通讯作者: 赵娜娜, 讲师, 博士, 研究方向: 概率论与数理统计。

“为何不会”的根源性知识缺口，个性化教学落地困难^[4]；其三，教学评价体系单一化，重结果轻过程的导向忽视了学生学习行为的动态变化^[5]。此外，部分高校还存在数字化资源建设滞后、教师技术应用能力不足等问题，进一步制约了教学质量的提升^[6]。

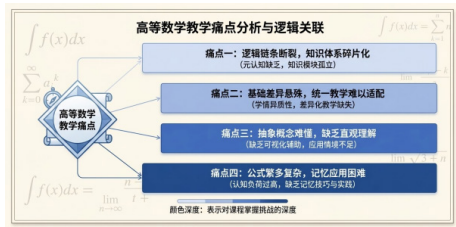


图1：教学痛点分析与逻辑关联图

Figure 1: Analysis of Teaching Challenges and Logical Relationships

近年来，国内外学者围绕 AI 技术、知识图谱在教育领域的应用及高等数学教学改革展开了大量研究^[7]。已有研究实现了线性代数、微积分等课程的静态知识图谱开发，验证了其对于知识体系建构的助力作用，但对 AI 推理、动态更新与教学环节的融合探索不足，且缺乏大样本、系统性的前后测对照数据支撑^[8、9]。基于此，本研究以100名学生为对象，通过 AI 知识图谱教学模式的构建与实践，验证其教学成效，为高等数学教改提供实证参考。

一、AI 知识图谱教学模式设计

（一）模式核心框架

本模式以结构化知识呈现与智能化学情匹配为核心，聚焦高等数学核心知识（极限、导数、积分、微分方程等），构建知识图谱：以导数定义、定积分计算、微分方程求解等为核心实体（共28个），以基础依赖、题型关联、易错关联为核心关系（如二重积分依赖定积分、换元法），标注知识点难度系数、考核频次及思政融入点（如秦九韶算法关联家国情怀、编程训练关联工匠精神），形成可视化知识网络，帮助学生建立知识逻辑关联^[10]。

AI 诊断功能依托图谱实现两大核心能力：一是“错题溯源”，学生提交作业或测试后，AI 自动匹配图谱中对应知识点（如错分部积分则溯源至导数公式、积分基本定理等前置缺口）；二是“学情画像”，基于期中成绩及小题数据，生成个人知识掌握报告，以红（未掌握）、黄（待巩固）、绿（已掌握）三色标注图谱节点，为教学干预提供精准依据。

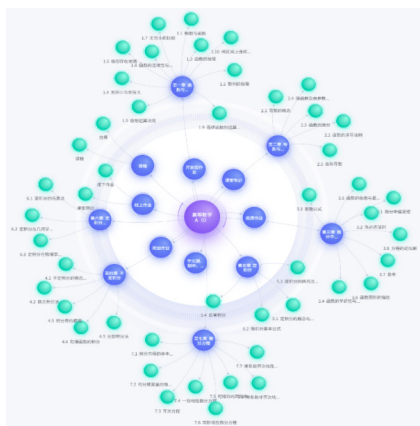


图2：高等数学 AI 知识图谱可视化图

Figure 2: Visualization of the AI Knowledge Graph for Advanced Mathematics

（二）教学实施步骤

教学实施步骤分为以下三步：

课前诊断：每章节前推送10道基础测试题（覆盖核心知识点），AI 结合图谱生成班级学情报告（如 75% 学生未掌握复合函数求导链式法则、60% 学生在定积分换元处出错），教师据此调整教学重点；学生查看个人图谱报告，明确预习方向，聚焦薄弱环节开展针对性预习。

课中互动：教师借助图谱可视化界面讲解知识关联（如讲授微积分基本定理时，点击节点展示），实时调取 AI 统计的高频错误点（如期中小题数据中选择题1-3题错误率达42%），通过 Matlab 可视化演示、小组讨论等方式针对性拆解；课堂练习后，AI 即时反馈学生个人知识点掌握变化，动态更新图谱节点颜色，强化即时理解。

课后补救：AI 根据学生期末小题答题数据，生成匹配包（如错题填空题2-4题则推送图谱关联的偏导数计算微课和3道同类题），学生完成练习后可查看图谱中对应节点颜色更新（如从红色转为黄色）；同时融入思政元素，通过中国古代数学算法案例（如秦九韶算法）培养家国情怀，借助编程调试训练工匠精神。

二、实证分析

（一）研究对象与数据

本研究选取某高校理工科100名学生为研究对象，实施自身前后对照实验：期中采用传统教学模式（板书+PPT 讲授），期末采用上述 AI 知识图谱教学模式，干预周期为12周。

数据来源包括：

- 量化数据：100名学生期中、期末总分及小题成绩（选择题、填空题、大题）；
- 过程数据：AI 知识图谱平台使用行为（节点访问频次、资源点击量）；
- 质性数据：学生课后反馈问卷（有效回收率92%）。

（二）分析结果

1. 整体成绩提升分析

期末成绩较期中呈现显著提升，核心指标对比如下表所示：

表1：期中期末前后成绩对比表

Table 1: Comparison of Grades Before and After the Midterm and Final Exams

指标	期中 (传统教学)	期末 (AI 知识图谱教学)	提升幅度
平均分	56.98 分	77.78 分	+20.80 分
及格率	52.0%	87.0%	+35.0
优秀率	4.0%	26.0%	+22.0
标准差	22.21	15.55	-6.66

对成绩前后对比进行回归分析与可视化如下图所示：

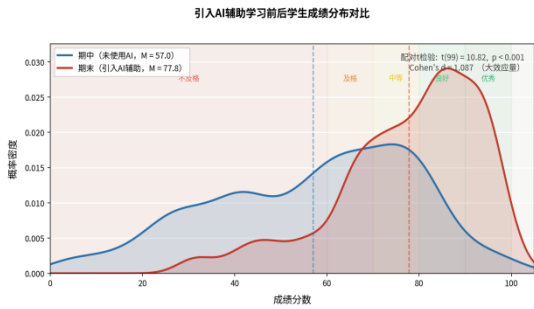


图3：引入智慧课堂前后学生成绩对比图

Figure 3: Comparison of Student Grades Before and After the Introduction of Smart Classrooms

图注：图3为成绩分布直方图（蓝色为期中，红色为期末），直观呈现期末成绩整体右移、高分段占比显著提升的特征；图中标注配对 t 检验结果 ($t=10.82$ $p<0.001$ ，验证成绩提升的极显著性)。

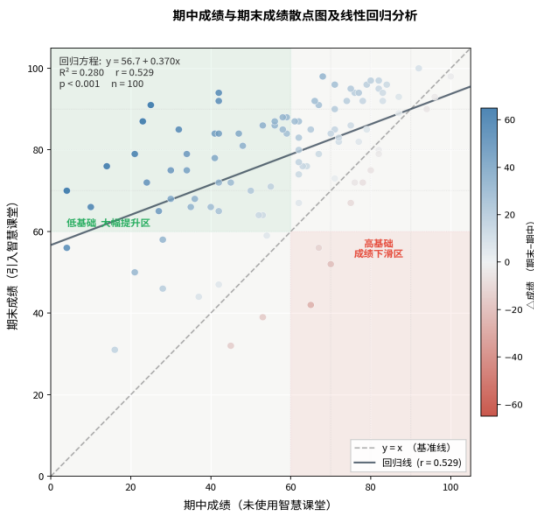


图4：成绩前后散点图及线性回归分析图

Figure 4: Scatter plot of pre- and post-test scores and linear regression analysis

图注：散点图展示学生个体成绩变化，对角线上方为成绩提升区域，下方为下降区域；

回归方程 $y = 56.7 + 0.370x$ ($R^2 = 0.280$) 显示低基础学生成绩提升幅度更大，印证模式对薄弱学生的帮扶效果。

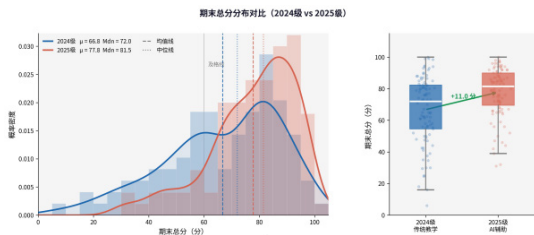


图5：期末总分分布对比图

Figure 5: Comparison of Final Total Score Distributions

图注：箱线图对比传统教学与 AI 辅助教学的期末成绩分布，显示 AI 辅助组中位数提升 11 分，进一步验证模式的长期有效性。

2. 知识点模块提升分析

基于期中、期末小题数据，按选择题、填空题、大题分类分析，结果显示三大模块均有显著提升，其中大题（综合应用类）提升最为明显，印证了知识图谱对逻辑关联能力的培养成效：

表2：期末期中成绩题型指标对比表

Table 2: Comparison of Question Types and Scoring Criteria for Final and Midterm Exams

题型	期中平均分	期末平均分	提升幅度
选择题（10分）	7.2分	8.9分	+1.7分
填空题（10分）	6.8分	8.5分	+1.7分
大题（80分）	42.98分	60.38分	+17.4分

接下来对各题型学生掌握情况前后进行对比，并对各知识点得分率散点回归分析，结果如下：

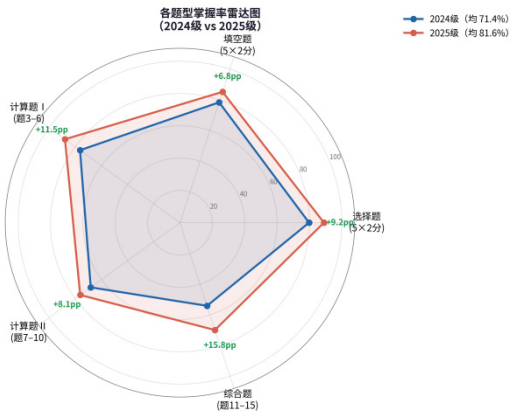


图6：各题型掌握率雷达图

Figure 6: Radar Chart of Proficiency Rates by Question Type

图注：雷达图对比两级学生各题型掌握率，显示综合题提升幅度最大 (+15.8pp)，验证知识图谱对逻辑应用能力的强化作用。

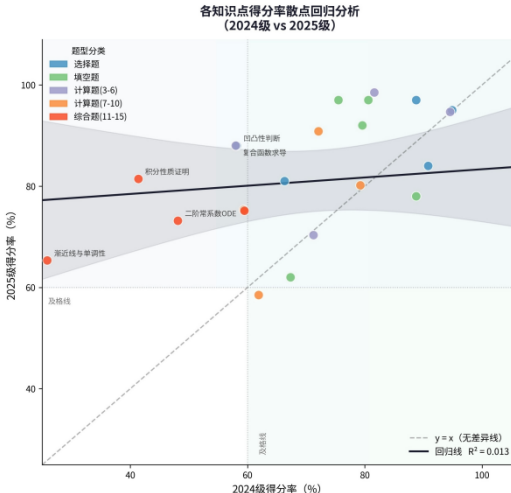


图7：各知识点得分率散点回归分析图

Figure 7: Scatter plot of regression analysis for the response rates of each knowledge point

图注：散点图展示各知识点得分率变化，多数点位于对角线上方，表明 AI 知识图谱模式下各知识点掌握率均有提升，尤其对低得分率知识点的帮扶效果更显著。

3. 统计显著性检验

对期中、期末总分进行配对 t 检验，结果显示： $t=10.8169$, $df=99$, $p<0.001$ ，表明 AI 知识图谱教学模式下的成绩提升具有极显著统计学意义，排除了随机因素干扰。

相关性分析显示，AI 知识图谱平台周访问频次 ≥ 5 次的学生，成绩平均提升 28.3 分；访问频次 < 5 次的学生，成绩平均提升 12.1 分，说明平台使用行为与学习成效呈正相关。

4. 质性反馈结果

学生问卷反馈显示：

89% 的学生认为知识图谱帮助理清了知识点关联，不再觉得高数碎片化；

82% 的学生表示错题溯源推荐的资源针对性强，减少了盲目刷题；

76% 的学生认可思政案例让高数学习更有温度，印证了模式的实用性与接受度。

实验，验证了 AI 知识图谱驱动的高等数学教学模式的实践成效。结果表明，该模式通过结构化知识图谱重构高数知识体系、AI 诊断功能实现精准教学干预，有效破解了传统教学中知识碎片化、学情诊断模糊等核心痛点，不仅显著提升了学生的学业成绩与知识应用能力，更实现了思政元素与专业教学的有机融合。

未来可进一步扩大研究样本、拓展图谱应用范围，结合大语言模型等技术持续优化教学模式，为高等数学数字化教学改革提供更多可复制的实践参考。

三、结束语

本研究以100名理工科学生为研究对象，通过自身前后对照

参考文献

[1] 陈钱,王召巴,董兵,等. 贯穿式全整合体系化——项目式教学新模式探索 [J]. 高等工程教育研究, 2025,(06):19-25.

[2] 廖鹏泰,郭丽峰. 数字化教学环境下高等数学教学模式创新发展研究 [J]. 知识文库, 2026,42(01):37-40.

[3] 赵俊锋,聂玉峰,李伟. 《数值分析》中插值法的教学研究 [J]. 教育现代化, 2015,(15):118-119.DOI:10.16541/j.cnki.2095-8420.2015.15.040.

[4] 陈婷. 基于学情数据的个性化诊断分析与应用研究 [D]. 海南师范大学, 2023.DOI:10.27719/d.cnki.ghnsf.2023.000519.

[5] 孙佳瑜. 基于 OBE 理论的《高等数学》模块化教学研究 [C]// 山西省中大教育研究院. 第九届创新教育学术会议论文集——课程建设篇. 哈尔滨理工大学荣成学院;,2023:5-7. DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.063359.

[6] 王洁. 数字化资源支持下的高等数学混合式教学研究 [J]. 中国新通信, 2025,27(21):182-184.

[7] 叶小青. 计算思维与 AI 技术双元驱动的高等数学教学改革 [J]. 西部素质教育, 2026,12(06):114-117.DOI:10.16681/j.cnki.wcqe.202606026.

[8] 李一鸣,许毅,龙海波. 新文科背景下数智赋能财经类高校线性代数课程教学的研究 [J]. 西部素质教育, 2026,12(03):142-145.DOI:10.16681/j.cnki.wcqe.202603031.

[9] 张应腾,王志华. 人工智能背景下线性代数课程数字化转型的探索与实践 [J]. 科教文汇, 2026,(01):116-120.DOI:10.16871/j.cnki.kjwh.2026.01.026.

[10] 尤游,张林静,史娟荣. 新工科背景下基于 OBE 理念的高等数学课程教学改革研究 [J]. 科学咨询, 2026,(05):110-114.