

AI赋能与项目式学习协同：高中数学教学融合路径研究

——以“校园景观模型优化设计”为例

吴雅婷

苏州大学教育学院，江苏 苏州

收稿日期：2025年11月4日；录用日期：2025年12月5日；发布日期：2025年12月16日

摘 要

在高中数学教学实践中，传统项目式学习(PBL)的育人效能受限于两大核心问题：一是难以针对学生个体差异提供精准化指导，二是缺乏覆盖学习全流程的完善评价体系。而人工智能(AI)技术的崛起为突破这一困境提供了关键支撑，能够有效弥补传统PBL的短板。鉴于此，本文立足高中数学教学实际场景，系统构建项目式学习与人工智能技术深度融合的教学策略，旨在为高中数学教学改革提供可操作的实践方案，推动教学从“知识传授”向“素养培育”转型。

关键词

项目式学习，人工智能，高中数学教学，教学融合

AI Empowerment and Project-Based Learning Collaboration: A Study on the Integration Path in High School Mathematics Teaching

—Taking “Campus Landscape Model Optimization Design” as an Example

Yating Wu

School of Education, Soochow University, Suzhou Jiangsu

Received: November 4, 2025; accepted: December 5, 2025; published: December 16, 2025

文章引用: 吴雅婷. AI 赋能与项目式学习协同：高中数学教学融合路径研究[J]. 教育进展, 2025, 15(12): 868-875.
DOI: 10.12677/ae.2025.15122356

Abstract

In high school mathematics teaching practice, the educational effectiveness of traditional project-based learning (PBL) is limited by two core issues: first, it is difficult to provide precise guidance tailored to individual student differences; second, there is a lack of a comprehensive evaluation system covering the entire learning process. The rise of artificial intelligence (AI) technology provides key support to overcome this dilemma, effectively compensating for the shortcomings of traditional PBL. Based on this, this paper, grounded in the actual scenarios of high school mathematics teaching, systematically constructs teaching strategies that deeply integrate project-based learning with AI technology, aiming to provide practical solutions for high school mathematics teaching reform and promote a shift from 'knowledge transmission' to 'competency cultivation' in education.

Keywords

Project-Based Learning, Artificial Intelligence, High School Mathematics Teaching, Teaching Integration

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

人工智能技术(尤其是生成式人工智能)正成为高中数学教学革新的关键驱动力,为教育转型提供重要支撑。此类技术可模拟人类数学推理过程,实现习题自动生成、解题路径解析及个性化学习路径定制等功能,极大丰富数学教学手段,重塑学生学习体验[1]。在课堂教学环节,人工智能可作为教师的智能助手,依据教学进度灵活生成选择题、填空题、解答题等多样化题型,节省教师编题时间,使其更专注于教学设计与个性化指导;在作业批改环节,人工智能能高效完成客观题评分,并对主观题提供初步评析建议,教师可在此基础上开展精准点评,显著提升批改效率与反馈质量。此外,人工智能技术可深度分析学生作业及考试数据,生成翔实的学习分析报告,辅助教师精准把握班级整体学情与个体差异,优化教学策略[2];其驱动的可视化工具(例如 GeoGebra)可构建动态几何模型,将抽象数学概念具象化,有效激发学生学习兴趣,助力学生深刻理解数学本质,培养数学抽象、逻辑推理与直观想象等核心素养。随着人工智能技术的持续演进及与教育理念的深度融合,其在高中数学教学中的应用前景将更为广阔。未来,人工智能不仅能为传统教学注入创新动能,提供高度个性化与沉浸式的学习体验,更能有效辅助学生掌握数学知识、锤炼数学思维与创新能力,为其长远发展奠定坚实学科基础。本文为教学模式构建与初步应用探索类研究,聚焦 AI 技术与 PBL 在高中数学教学中的深度融合问题。

2. 文献回顾与理论基础

2.1. AI 与数学教育融合的研究现状

近年来, AI 在数学教育领域的应用研究呈现快速增长态势。

国际上, Baker 等人(2019)通过机器学习算法构建学生数学学习行为预测模型,实现了对学习困难的早期干预[3]; Van der Kleij 等人(2020)的元分析研究表明, AI 驱动的即时反馈系统能使学生数学成绩平均提升 15%,尤其在解题步骤指导方面效果显著[4]。

国内研究中,杨萍(2025)探索了生成式 AI 在高中数学 PBL 课程中的应用,发现其在习题生成与思路拓展方面的优势;谭珊珊等人(2022)的混合式教学实践证实, AI 辅助的项目学习能有效提升学生数据处理与问题解决能力。但现有研究仍存在不足:多数聚焦单一 AI 功能的应用,缺乏对 PBL 全流程的系统性支撑设计;对 AI 介入后学生认知过程的深层机制探讨不足,且鲜有研究明确界定所使用的具体 AI 工具及其实践局限[5]。

2.2. PBL 在数学教学中的应用与评价研究

PBL 以真实问题为导向的教学模式,契合数学核心素养培育需求。付钰等人(2023)的初中数学 PBL 设计研究表明,该模式能显著提升学生的统计推理能力[6];欧阳才学(2024)指出,高中数学建模教学中融入 PBL,可促进学生知识迁移与创新思维发展[7]。

但传统 PBL 在高中数学教学中面临瓶颈:一是个性化指导不足,难以适配不同认知水平学生的学习需求;二是过程性评价缺失,无法全面捕捉学生的思维过程与素养发展[8]。已有研究尝试引入技术手段优化评价,如何定彦(2022)将 STEM 理念与 PBL 结合,通过数字化工具收集过程数据,但缺乏 AI 技术对评价数据的深度挖掘与智能反馈[9]。

2.3. 理论支撑

1) 认知负荷理论:该理论认为,学习效率取决于认知资源的合理分配。AI 工具可通过可视化技术(如 GeoGebra 动态建模)将抽象数学概念转化为具象表征,降低外部认知负荷;同时,基于学生认知水平的个性化任务推送(如科大讯飞智学网的分层任务),可使学习任务难度适配学生的认知容量,优化有效认知负荷[10]。

2) 活动理论:该理论将学习视为“主体-工具-客体”的互动过程。在 AI 赋能的 PBL 中, AI 工具作为中介,连接学生(主体)与项目任务(客体):智能协作平台(如腾讯文档协作版)促进主体间的互动与分工,学情分析系统(如极课大数据)帮助主体精准定位问题,从而推动学习活动向高阶认知目标演进[11]。

3. 基于项目式学习的高中数学教学与 AI 技术结合策略

高中数学项目式学习教学中要严格遵守两个原则,分别是拓展性原则和系统性原则。一是拓展性原则,这强调数学学习需突破单一学科界限,契合学生全面发展需求。项目式教学模式不仅关注学生对数学知识的习得程度,更注重其多维关键能力的提升。学生在项目参与中锻炼的创新能力,既能助力数学问题解决,又可向其他学科领域实现正向迁移。由于项目常根植于真实情境,学生需进行多维度思考与分析,而高阶思维能力的锤炼,将对其未来职业发展产生深远影响。二是系统性原则,这要求教师引导学生构建系统化知识网络,教学中需采用科学方法,协助学生对分散知识点进行有效整合与归类。课堂推进应从单一知识点切入,逐步揭示知识内在关联,进而拓展至更广知识范畴;教师需设计具有内在逻辑联系的学习序列或探究任务,使学生在项目实践中自主实现知识的系统化联结,既深化概念理解,又强化知识迁移应用能力。

通过系统性学习,学生可建立融会贯通的知识框架,将数学知识从孤立片段转化为有机整体。教师在教学过程中需密切关注学生进展,及时提供反馈,协助其在归纳总结中发现认知结构薄弱环节;同时,需对教学环节进行科学规划,确保每部分新知都能在学生认知框架中获得合乎逻辑的定位。有效的知识结构化不仅能提升学习效能,还能显著增强学生面对复杂问题时灵活调用与组合知识的能力。

在此基础上,通过利用人工智能技术在教学中的优势,构建高中数学项目式学习教学的“聚焦项目核心-搭建行动框架-完善执行细节-总结学习成果”融合策略(图 1),具体阐述如下。



Figure 1. Pathway of integrated teaching strategies

图 1. 融合教学策略路径

3.1. 聚焦项目核心，锚准学习目标

教师可借助极课大数据学情分析系统，基于学生过往作业、测试数据等多维度信息，精准定位其现有认知水平，进而设计兼具挑战性与关键知识覆盖度的项目任务(如“构建立体几何模型”)，有效激发学生自主学习主动性。该系统的优点是数据处理速度快，能自动识别知识点薄弱环节；局限性在于对非标准化答题数据的分析能力不足，需人工辅助补充。

任务呈现后，组织学生通过字节跳动飞书智能讨论平台展开研讨：平台可实时分析学生分享的观点，识别偏离任务核心的内容，提醒教师适时介入；同时，AI 可根据研讨进展自动生成引导性问题，推动学生深度剖析任务内涵。该平台的优点是支持多模态信息交互，能自动汇总讨论要点；局限性是对数学术语的识别精度有限，复杂逻辑推理的引导效果不佳。

研讨过程中，学生通过分享观点、提出问题、探寻多元解决路径，既能深化数学概念认知，又能锻炼协作沟通能力；AI 可辅助汇总学生观点，帮助不同水平学生参与讨论。教师需结合 AI 反馈，适时点拨思维路径，确保讨论围绕核心目标推进。

研讨尾声，教师可借助 MindMaster AI 版生成可视化核心概念图谱，汇总学生创新构想与关键观点，提炼核心成果，为后续学习指明方向；同时，GeoGebra 动态建模工具可提供针对性数学理论支撑，辅助学生优化模型设计，并给出模型特征呈现的改进要点等具体反馈，保障项目实践中数学知识的有效内化。GeoGebra 的优点是几何建模功能强大，支持实时动态调整；局限性是对复杂组合几何体的体积计算需手动输入参数，自动化程度有待提升。

3.2. 搭建行动框架，细化实施方案

项目目标明确后，学生可借助 Teambition 智能项目管理工具主导制定详尽执行蓝图。工具可根据“构建立体几何模型”等项目目标，自动拆解结构设计、体积/表面积计算、实物制作等任务模块，并推荐在线 3D 建模软件(如 Tinkercad)、数学计算工具(如 GeoGebra 的体积计算功能)等适配资源；同时，基于学生过往项目表现数据，分析其在设计、计算或制作等方面的特长，建议任务责任人分配，避免工作重叠。该工具的优点是任务拆解逻辑清晰，资源推荐精准；局限性是对数学学科的专项适配性不足，时间预估需结合学科特点手动调整。

规划时需兼顾体积公式应用等数学原理的实际落地，MathWorks MATLAB 数据分析工具可辅助评估方案可行性：通过模拟任务流程，预估设计(X 天)、计算(Y 天)、制作(Z 天)、总结汇报(W 天)等各环节时间，提醒学生调整过紧或过松的时限；同时，检查方案中数学知识的应用逻辑，确保方案可行。MATLAB 数据模拟精度高，逻辑校验严谨，但是操作门槛较高，需教师提前进行基础培训。

初步方案成形后，教师可借助科大讯飞智学网评估系统审查方案：系统可自动分析方案与项目目标、课程要求的契合度，评判任务分解完整性、时间安排合理性等。学生依据 AI 反馈与教师指导修订方案，最终确保项目目标可达成。该系统的优点是与学科课程标准契合度高，评价指标明确；局限性是对创新性方案的包容度不足，易陷入标准化评价误区。

3.3. 项目实施推进与执行细节完善

在基于项目式学习的高中数学教学中，结合人工智能技术优化项目实施推进与学习流程，需以学生

特长为基础,通过智能手段实现科学分组、精准分工与高效协作。

教师可借助阿里云教育 AI 分组系统分析学生数学能力、思维风格、协作倾向等数据,快速组建互补性强的学习小组,确保组内优势互补;同时,基于 AI 对学生个体特征的精准画像,为每位成员分配适配角色,实现资源高效配置[5]。该系统分组维度全面,数据支撑充分,不过对学生非量化特质(如团队默契度)的考量不足。

项目实施中,可利用腾讯文档协作版,实时可视化任务进度、动态追踪成员贡献,并通过智能提醒实现跨角色协同。AI 工具可实时分析小组沟通记录,识别协作障碍并向教师推送预警。该平台操作便捷,实时同步性强,AI 预警的误判率较高,需教师结合实际场景验证。

教师基于 AI 提供的实时数据,聚焦观察学生协作互动与问题解决过程:当出现职责分工不合理或协作冲突时,可借助 AI 生成的优化建议,引导学生自主化解障碍。例如,计算员因公式理解偏差导致失误时,教师可通过菁优网 AI 错题解析系统调取的学生学习数据定位薄弱环节,推送公式推导的智能可视化教程,帮助其修正错误。

3.4. 学生学习成果评估与教师教学策略反馈调整

项目完成后,需结合 AI 技术开展多维度效果评估与个性化反馈调整。学生可通过知乎知学堂 AI 反思工具,基于项目过程中的任务完成数据,生成个性化反思报告:审视自身贡献、识别提升空间、凝练经验教训。该工具有助于引导问题设计科学,反思维度全面;不足之处是生成报告的个性化程度有限,需学生手动补充细节。

教师可借助好未来 AI 教学评价系统,整合学生自我评估数据、项目成果数据、协作过程数据,开展综合评价:一方面,审核项目成果是否达成预设目标;另一方面,通过 AI 对协作过程数据的分析,精准考察核心素养发展。该系统的优点是评价数据整合能力强,支持多维度可视化呈现;局限性是对核心素养的评估指标较为模糊,需结合学科特点细化。

基于师生评价结果,AI 系统生成针对性优化策略,教师与学生共同商议调整方案。例如,若计算失误频发,猿辅导 AI 错题诊断系统通过分析计算过程数据,识别是公式记忆偏差还是运算步骤遗漏导致问题,建议强化公式理解的智能训练及运算验证环节。

4. 高中数学项目式学习教学案例:“校园景观模型优化设计”

4.1. 研究背景与参与概况

本案例实施于江苏省某重点高中高二年级(12)班,共 45 名学生,其中男生 23 人,女生 22 人。该班级学生数学基础中等偏上,具备基本的计算机操作能力,但在立体几何知识应用与团队协作方面存在明显差异。参与教师为具有 8 年高中数学教学经验的一级教师,熟悉 PBL 教学模式与 AI 工具应用。

本案例的数据收集方式包括:课堂观察记录(全程录像 + 教师实时笔记)、学生过程性数据(AI 工具生成的任务完成数据、讨论记录、错题数据)、学生成果档案(模型设计图、计算过程、反思报告、汇报 PPT)。

数据分析采用质性与量化结合的方式:量化数据(如错题率、任务完成效率)通过 SPSS 26.0 进行统计分析;质性数据(如访谈记录、讨论内容)采用 Nvivo 12 进行编码分析,提炼核心观点与典型案例。

4.2. 聚焦项目核心:“校园景观模型优化设计”项目启动

在高中数学“立体几何”章节教学中,教师先通过极课大数据学情分析系统,调取学生此前“空间几何体的结构特征”“表面积与体积计算”等知识点的作业正确率、测试错题类型等数据,发现班级 45% 学生对“组合几何体体积拆分”存在困惑,60% 学生在“空间图形直观图绘制”上耗时较长。基于此,教

师确定项目主题为“校园景观模型优化设计”，要求学生以小组为单位，选取校园内一处景观(如凉亭、花坛)，测量实际尺寸，用立体几何知识构建模型，并计算材料用量以优化成本。

任务呈现后，组织学生通过字节跳动飞书智能讨论平台展开研讨：平台可实时分析学生分享的观点，识别偏离任务核心的内容，提醒教师适时介入。学生通过分享观点、提出问题、探寻多元解决路径，既能深化数学概念认知，又能锻炼协作沟通能力；AI 可辅助汇总学生观点，帮助不同水平学生参与讨论[4]。教师需结合 AI 反馈，适时点拨思维路径，确保讨论围绕核心目标推进。

研讨尾声，教师可借助 MindMaster AI 版生成可视化核心概念图谱，汇总学生创新构想与关键观点，提炼核心成果，为后续学习指明方向；同时，GeoGebra 动态建模工具可提供针对性数学理论支撑，辅助学生优化模型设计，并给出模型特征呈现的改进要点等具体反馈，保障项目实践中数学知识的有效内化。

4.3. 搭建行动框架：制定并执行方案

细化实施方案项目目标明确后，学生可借助 Teambition 智能项目管理工具主导制定详尽执行蓝图。工具可根据“构建立体几何模型”等项目目标，自动拆解结构设计、体积/表面积计算、实物制作等任务模块，并推荐在线 3D 建模软件(如 Tinkercad)、数学计算工具(如 GeoGebra 的体积计算功能)等适配资源；同时，基于学生过往项目表现数据，分析其在设计、计算或制作等方面的特长，建议任务责任人分配，避免工作重叠，具体任务模块和时间分配见表 1。

“校园景观模型优化设计”方案拆解以某小组选择的“校园圆形凉亭”景观为例，智能项目管理工具根据学生过往数据，发现学生 A 擅长几何图形绘制，分配其负责“凉亭结构拆解与直观图绘制”；学生 B 计算准确率高，负责“圆柱、圆锥组合体积与表面积计算”；学生 C 动手能力强，负责“实物模型制作”。

Table 1. Tool automatic disassembly task modules and time allocation
表 1. 工具自动拆解任务模块及时间分配

实地测量(2 天)	明确凉亭底座直径、柱高、顶部圆锥母线长等关键数据；
结构设计(3 天)	用 GeoGebra 绘制凉亭立体直观图，拆分出圆柱底座、圆柱支柱、圆锥顶 3 个基本几何体；
计算优化(2 天)	根据测量数据，计算各部分体积及所需材料(如卡纸)面积，对比不同材料厚度的成本差异；
实物制作(3 天)	依据设计图裁剪材料，组装模型并修正误差；
总结汇报(2 天)	整理过程数据，制作 PPT 阐述设计思路与数学方法应用。

规划时需兼顾体积公式应用等数学原理的实际落地，MathWorks MATLAB 数据分析工具可辅助评估方案可行性。初步方案成形成后，教师可借助科大讯飞智学网评估系统审查方案：系统可自动分析方案与项目目标、课程要求的契合度，评判任务分解完整性、时间安排合理性等。学生依据 AI 反馈与教师指导修订方案，最终确保项目目标可达成。

4.4. 完善执行细节：科学分组、精准分工与高效协作

项目实施推进与学习流程优化在基于项目式学习的高中数学教学中，结合人工智能技术优化项目实施推进与学习流程，需以学生特长为基础，通过智能手段实现科学分组、精准分工与高效协作。

“校园景观模型优化设计”实施监控，教师借助阿里云教育 AI 分组系统分析学生数学能力、思维风格、协作倾向等数据，将全班分为 6 个小组，每组 5~6 人，确保每组内既有擅长计算的学生，也有擅长设计和制作的学生，实现优势互补。

项目实施中,小组使用腾讯文档协作版,实时更新任务进度。实际教学中,学生 A 上传凉亭直观图后,GeoGebra 动态建模工具自动检测图形是否符合“斜二测画法”规范,指出“圆锥高标注错误”并提示修正方法。学生 B 输入测量数据计算体积时,菁优网 AI 错题解析系统实时校验公式应用,发现其误将“圆锥体积公式 $1/3\pi r^2 h$ ”写为“ $\pi r^2 h$ ”,立即推送公式推导动画,帮助其理解错误根源。AI 工具实时分析小组沟通记录,当发现某小组因“测量数据精度”产生分歧时,自动向教师推送预警。

教师介入后,结合 AI 提供的“误差允许范围”数学依据,引导学生采用“多次测量取平均值”的方法解决争议。教师基于 AI 提供的实时数据,聚焦观察学生协作互动与问题解决过程:当出现职责分工不合理或协作冲突时,可借助 AI 生成的优化建议,引导学生自主化解障碍。如果学生计算员因公式理解偏差导致失误时,教师可通过 AI 调取的学生学习数据定位薄弱环节,推送公式推导的智能可视化教程,帮助其修正错误。

4.5. 总结学习成果

结合 AI 技术开展多维度效果评估与个性化反馈调整“校园景观模型优化设计”评估反馈各小组完成凉亭模型制作与汇报后,学生通过知乎知学堂 AI 反思工具,基于项目过程中的“任务完成进度”“计算错误次数”“协作贡献度”等数据,生成个性化反思报告。

在实际教学中,学生 B 在报告中提到“因忽略圆锥底面半径与圆柱底座半径的关联,导致前期计算偏差,后续需强化几何体关联关系的分析”。学生 C 则反思“实物制作时未考虑材料延展性,模型组装出现缝隙,需在设计阶段加入实际因素的数学考量”。

教师借助好未来 AI 教学评价系统,整合学生自我评估数据、项目成果数据、协作过程数据,开展综合评价:某小组模型尺寸误差率仅 3%,体积计算完全准确,但协作记录显示学生 D 参与度低,AI 系统标注其“在计算环节未提供有效支持”,教师据此在评语中建议该生加强团队协作中的数学能力输出。基于师生评价结果,AI 系统生成针对性优化策略,教师与学生共同商议调整方案。例如,学生计算失误频发,猿辅导 AI 错题诊断系统通过分析计算过程数据,识别是公式记忆偏差还是运算步骤遗漏导致问题,建议强化公式理解的智能训练及运算验证环节。此外,针对“空间直观图绘制困难”的学生,GeoGebra 动态建模工具推送“立体几何动态建模”专项练习,可帮助其提升空间想象能力。

5. 总结

项目式学习(PBL)与人工智能(AI)技术的深度融合,是推动高中数学教学向“素养导向”转型的关键路径。PBL 模式在创设真实情境、促进深度探究及培养核心素养方面具有显著优势,而 AI 技术能有效弥补其在个性化指导与过程性评价等环节的不足。本文提出的“聚焦项目核心-搭建行动框架-完善执行细节-总结学习成果”融合策略,既保留 PBL 在引导学生知识建构、协作能力与问题解决能力培养中的核心价值,又借助 AI 技术实现对项目全周期(设计、实施、评价)的精准化支撑与优化。

实践表明,该融合策略可显著提升教学针对性与有效性,促进学生数学核心素养的协同发展。

6. 研究局限与展望

6.1. 研究局限

1) 样本规模较小:本案例仅选取 1 个班级 45 名学生作为研究对象,样本代表性有限,研究结果的推广性需进一步验证。

2) AI 工具应用深度不足:部分 AI 工具(如 MATLAB)的高级功能未充分挖掘,且工具间的数据互通性较差,影响了融合效果的最大化。

3) 评价体系不够完善: 对学生数学核心素养的评估仍以量化数据为主, 缺乏对思维过程、创新意识等质性维度的精准衡量。

4) 研究周期较短: 项目实施仅持续 4 周, 未能追踪学生数学能力与素养的长期发展效果。

6.2. 未来展望

1) 扩大研究范围: 后续将选取不同层次学校、不同年级的多个班级开展对比研究, 增强研究结果的普适性。

2) 优化 AI 工具整合: 探索构建一体化的 AI-PBL 教学平台, 实现学情分析、任务管理、协作互动、评价反馈等功能的无缝衔接。

3) 完善素养导向评价: 结合德尔菲法, 构建多维度、多层次的数学核心素养评价指标体系, 提升评价的科学性与精准性。

4) 开展长期追踪研究: 对参与学生进行为期 1~2 年的追踪调查, 探究 AI 赋能 PBL 对学生数学学习长期发展的影响。

5) 关注教师能力发展: 研究 AI 技术赋能下教师角色转型的路径与策略, 构建针对性的教师培训体系, 提升教师的技术应用与教学创新能力。

参考文献

- [1] 杨萍. 高中“人工智能”课程中开展项目式学习的设计探索[J]. 计算机应用文摘, 2025, 41(5): 16-18.
- [2] 谭珊珊, 杨简云, 程庆雷. 融合项目学习的混合式教学实践——以《数据与计算》人工智能专题为例[J]. 中国信息技术教育, 2022(3): 35-38.
- [3] Baker, R.S. and Inventado, P.S. (2019) Educational Data Mining and Learning Analytics: An Updated Survey. *Journal of Educational Data Mining*, **11**, 1-33.
- [4] Van der Kleij, F.M., Heuvel-Panhuizen, M. and Admiraal, W.F. (2020) Effects of Feedback in a Computer-Based Assessment for Learning on Students' Performance: A Meta-Analysis. *Educational Technology Research & Development*, **68**, 1379-1404.
- [5] 李芒, 李子运. 人工智能时代教育技术学的学科定位与发展趋势[J]. 教育研究, 2021, 42(5): 148-160.
- [6] 付钰, 曹辰, 綦春霞. 基于项目式学习的初中数学教学设计——以统计与概率内容为例[J]. 中国数学教育: 初中版, 2023(6): 15-19.
- [7] 欧阳才学. 高中数学建模教学中“项目式学习”的深度融合与实现路径[J]. 高中数理化, 2024(15): 75-78.
- [8] 钟启泉. 核心素养导向的课堂教学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2022.
- [9] 何定彦. 基于 STEM 教育理念的高中数学教学实践探索——以“解三角形”为例[J]. 数学学习与研究, 2022(12): 104-106.
- [10] Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G. and Paas, F. (2019) Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, **31**, 261-292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- [11] Engeström, Y. (2015) Learning by Expanding: An Activity-Theoretical Approach to Developmental Research. *Orienta-Konsultit*. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139814744>