

AI助教在教学中的角色谱系研究

——以《数学分析》课程为例

周灵燕, 孙庆有*

杭州师范大学数学学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2026年8月5日; 录用日期: 2026年9月4日; 发布日期: 2026年9月10日

摘 要

生成式人工智能推动高校混合式教学改革,《数学分析》课程存在学情诊断粗放、个性化辅导不足、AI助教工具化碎片化应用等痛点,现有研究缺少针对专业课程的系统化角色设计。本文依托角色理论与支架式教学理论,厘清AI助教“功能”与“角色”的核心差异,遵循学科适配、全流程覆盖、知识图谱锚定、人机协同互补四项原则,构建“2个全程核心角色 + 5个分阶段专项角色”的角色谱系。以函数极限 ε - δ 定义教学为例展示多角色协同流程,搭建“数据层-角色层-知识层”三级框架阐释体系闭环运行逻辑。研究指出,AI助教教学效能取决于角色体系完整性、协同有序度与学科适配深度,而非单一技术功能强弱。本研究可为数学专业课程人机协同教学、智能助教体系搭建提供理论支撑与实践参照。

关键词

AI助教, 角色谱系, 数学分析, 混合式教学, 人机协同

Research on the Role Spectrum of AI Teaching Assistants in Teaching

—Taking the Course of Mathematical Analysis as an Example

Lingyan Zhou, Qingyou Sun*

School of Mathematics, Hangzhou Normal University, Hangzhou Zhejiang

Received: August 5, 2026; accepted: September 4, 2026; published: September 10, 2026

Abstract

Generative artificial intelligence advances the reform of blended teaching in universities. The course

*通讯作者。

文章引用: 周灵燕, 孙庆有. AI 助教在教学中的角色谱系研究[J]. 教育进展, 2026, 16(9): 824-832.

DOI: 10.12677/ae.2026.1691967

Mathematical Analysis is plagued by rough learning diagnosis, inadequate personalized tutoring and tool-oriented and fragmented application of AI teaching assistants, while existing studies lack systematic role design for specialized courses. Based on role theory and scaffolding instruction theory, this paper distinguishes AI teaching assistants' "functions" and "roles". Following four principles of discipline adaptability, full-process coverage, knowledge graph anchoring and human-AI coordination, it constructs a role spectrum of "two whole-process core roles + five stage-specific special roles". Taking the ε - δ definition of function limits as a teaching case, this paper demonstrates the multi-role collaborative process and interprets the closed-loop operation logic via a three-level framework of "data layer-role layer-knowledge layer". The research reveals that the effectiveness of AI teaching assistants relies on the completeness of the role system, the orderliness of collaboration and the depth of discipline adaptability, rather than the strength of a single technical function. It provides theoretical support and practical reference for human-AI collaborative teaching in mathematics major courses and the construction of an intelligent teaching assistant system.

Keywords

AI Teaching Assistant, Role Spectrum, Mathematical Analysis, Blended Teaching, Human-AI Collaboration

Copyright © 2026 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

当前,生成式人工智能与教育数字化深度融合,为推动高等教育高质量发展、培育创新型人才,高校混合式教学改革已成大势所趋[1]。《数学分析》是数学类专业核心基础课程,特征鲜明:核心概念高度抽象、逻辑推演严谨缜密,各知识点层层递进、环环相扣,前后内容关联性极强。因此,学生若在基础知识产生理解偏差,极易引发连锁式学习障碍。例如,未能吃透极限 ε - δ 语言含义、无法厘清连续与一致连续的核心差异、各类级数收敛判别法掌握不牢固等,这些看似零散的基础漏洞,会持续放大学习困难,致使学生后续学习导数、积分等内容时出现显著理解障碍。

为破解数学类课程教学难点,国外学界围绕智能教学系统辅助教学开展大量研究,并诞生 ALEKS、MATHia 等多款成熟的自适应数学教学平台,但此类系统存在固有设计局限:其核心逻辑聚焦碎片化知识掌握与解题正确率提升,以结果性评价驱动机械训练,完全适配于通识类基础数学课程,却无法适配《数学分析》重逻辑推演、重概念思辨、重思维层级建构的学科特质,难以针对 ε - δ 定义、一致连续等抽象重难点开展过程性逻辑引导。同时,现有平台均为工具化、单一功能导向的智能辅助系统,各技术模块相互独立,不存在对应完整教学流程的功能角色划分,也未构建适配课前、课中、课后的全链条教学协同机制,人机交互仅为“系统推送-学生接收”的单向模式,无法参与课堂动态教学、适配教师授课逻辑。国内现有研究多借鉴国外自适应学习范式,集中探索 AI 批改、线上题库、学情统计等基础应用场景,虽已证实 AI 助教在高校教学中的应用价值,但多数成果仅停留在普适性教学模式探索,极少结合《数学分析》的课程特性开展定制化、场景化的适配设计。

与此同时,国内高校《数学分析》混合式教学实践普遍停留在浅层融合阶段,线上线下仅实现形式叠加,教学逻辑实则相互割裂,现存问题集中体现为四点:

第一,学情研判依赖教师主观经验。教师主要依靠课堂随机提问、单元测验判断学生掌握程度,缺少覆盖课前、课中、课后全流程的数据化学情诊断手段;

第二, 个性化分层辅导供给不足。线下课后答疑受时间、空间约束, 教师难以兼顾每位学生的个性化疑问[2];

第三, 线上线下教学衔接断层。线上碎片化学习资源推送与线下课堂重难点讲授缺乏联动; 课前线上预习无法形成有效数据反馈, 也难以呼应课堂授课内容, 完整教学闭环难以搭建;

第四, AI 助教应用模式碎片化、工具化。现阶段教学场景中, AI 助教仅被用于作业批改、基础答疑等浅层工作, 各类技术功能简单堆砌, 未形成清晰、精准、适配教学场景的角色定位。

基于《数学分析》课堂教学现存现实困境, 本文严格区分 AI 助教技术功能与教学角色, 搭建覆盖课前、课中、课后全教学链条的角色谱系, 弥补现有研究理论建构薄弱、学科适配性不足的缺陷。

2. 理论基础与核心概念

2.1. 理论支撑

2.1.1. 角色理论

角色理论起源于社会学范畴, “角色”指代个体在社会关系中所处的身份地位, 以及与之配套的行为规范与行为模式[3]。传统角色理论的研究对象仅限于人类行为主体, 伴随智能技术普及、人机协同教学模式常态化, 该理论可拓展应用于人工智能主体研究。人工智能虽不具备人类主观意识与心理认知, 但可依托教学管理制度、线上平台操作权限、标准化教学流程, 被赋予规范化教学身份, 形成结构化智能教学角色。

本研究将 AI 助教零散、独立的技术功能, 依据不同教学场景整合为专属教学角色, 搭建完整、层级清晰的 AI 助教角色体系。同时, 借助角色模糊、角色冲突、角色超载等经典理论, 解读当下 AI 助教工具化使用、人机协同秩序混乱等现实问题, 为本研究搭建完整理论分析框架。

2.1.2. 支架式教学理论

维果茨基提出的最近发展区理论将学生学习水平划分为两个层次: 一是学生独立完成习题、自主推导证明能够达到的现有发展水平; 二是依托他人指导、工具辅助可达成的潜在发展水平, 两层水平之间的区间即为最近发展区[4]。支架式教学脱胎于该理论, 属于建构主义主流教学范式[5], 核心目标是引导学生自主完成知识的有意义建构。其核心逻辑是为学生搭建认知支架, 拆解难度过高、逻辑复杂的学习任务, 引导学生循序渐进完成知识理解与掌握; 支架如同建筑施工支撑框架, 为学生完整学习过程提供引导与辅助[6]。

《数学分析》中 ε - δ 极限证明、级数敛散性判定、一致连续性推导等内容逻辑链条冗长、抽象程度高, 多数学生仅凭自主思考无法跨越自身最近发展区; 而传统课堂统一化讲授模式, 也无法匹配不同基础学生的个性化认知短板。本文构建的多角色 AI 助教体系可提供差异化认知支架, 与教师搭建的教学支架形成互补, 精准适配不同层次学生的最近发展区, 缓解传统教学分层辅导缺失、统一授课难以兼顾全体学生的痛点, 为 AI 助教分层角色谱系设计提供核心理论支撑。

2.2. 核心概念界定

本文严格区分“功能”与“角色”两个核心概念: 功能指 AI 助教本身具备的单项技术操作能力, 例如智能答疑、自动批改、课件生成、学情数据统计等; 角色是依托教学场景、教学目标、交互对象, 对多项功能整合后形成的标准化教学身份。同一技术功能可适配多个教学角色, 例如“智能答疑”功能, 在课中归属于实时答疑辅助者, 在课后则作为作业辅导与诊断者的核心组成部分。二者的清晰划分, 是后文搭建角色谱系的核心逻辑前提。

3. AI 助教在《数学分析》混合式教学中的角色谱系构建

3.1. 构建原则

为让 AI 助教角色体系完全适配《数学分析》课程特征与教学需求, 本次谱系搭建遵循四项核心原则。

3.1.1. 学科适配性原则

整套角色体系设计始终贴合本课程概念抽象、知识逻辑链式递进、侧重定理严谨推演的核心特征, 匹配课程专属学习需求, 涵盖基础概念辨析、逻辑推导分步辅助、完整知识体系梳理等场景。以“函数连续性”抽象知识点为例, 预习引导者优先推送几何动态演示动画, 而非单纯罗列文字定义。

3.1.2. 全流程覆盖原则

各类 AI 角色贯穿课前备课与学生预习、课中线下授课、课后复习巩固完整教学链条, 形成闭环式教学体系。教学全流程各环节均配备对应 AI 角色提供配套支撑, 规避教学环节缺位、学习数据断裂、教学干预滞后等问题。

3.1.3. 知识图谱锚定原则

所有 AI 角色均以《数学分析》精细化知识图谱为底层依托, 全部教学干预行为精准对应知识点层级、知识点内在逻辑关联、学生高频易错节点。以“极限”大模块为例, 可细分出数列极限定义、 ε -N 语言解读、极限唯一性证明、极限四则运算等子知识点; AI 助教答疑、资源推送、分层习题训练均精准定位至具体子节点, 保障教学干预精准落地。

3.1.4. 协同互补原则

各 AI 角色职能边界清晰、无功能重叠, 同时保持联动互通, 构建人机协同、角色联动、教学资源互通的一体化格局。

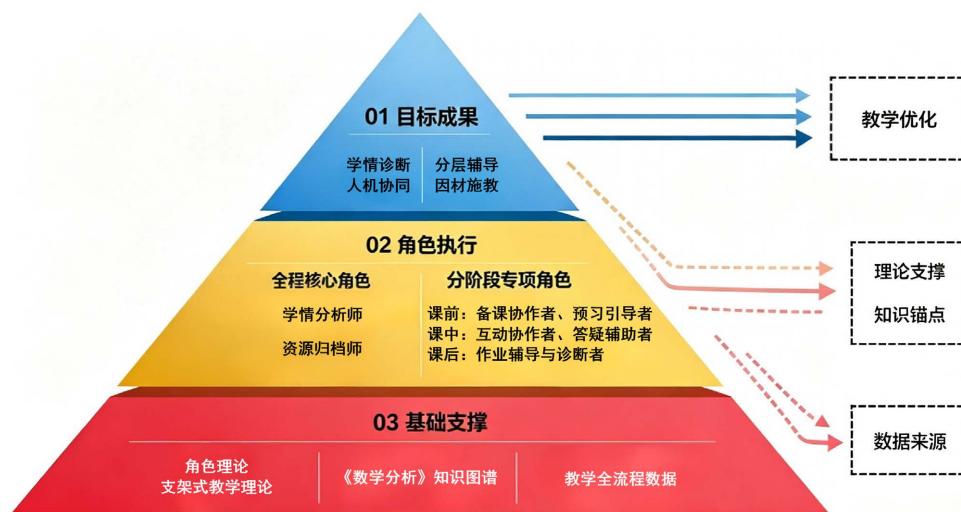


Figure 1. Overall architecture of AI teaching assistant role spectrum for Mathematical Analysis

图 1. 《数学分析》AI 助教角色谱系整体架构

3.2. 角色谱系设计

结合上述四项构建原则、《数学分析》混合式教学完整时序流程与学科特征, 本文搭建“2 个全程贯

穿核心角色 + 5 个分阶段专项角色”的 AI 助教角色谱系(《数学分析》AI 助教角色谱系整体架构见图 1)。整套谱系以课前、课中、课后时序教学任务为脉络, 各角色层级分明、分工清晰、联动有序, 形成适配《数学分析》重逻辑、重推演特性的专业化智能辅助体系。

3.2.1. 全程贯穿核心角色

两类核心角色覆盖教学全流程, 是整套谱系稳定运转的基础支撑。

(1) 学情分析师

学情分析师是统筹全教学环节的核心角色, 也是所有智能化教学干预的数据源头。该角色贯穿课前、课中、课后全部教学环节, 持续采集、汇总、解析学生全维度学习数据。

课前, 收集学生微课观看时长、预习自测正确率、知识点疑问标记等前置学习数据, 输出课前学情报告, 精准标注知识图谱内学生共性薄弱节点;

课中, 实时抓取课堂互动反馈、随堂测验作答结果、线上实时提问等动态数据, 快速识别班级共性学习难点与学生个性化认知误区;

课后, 整合学生作业作答情况、自主复习轨迹、阶段自测成绩等学习行为数据, 为每位学生建立专属个性化学习档案, 输出全流程综合性学情评价报告。

学情分析师主要输出学情热力图、学生个人学习档案、阶段性学情评价报告, 为其余所有 AI 角色开展智能教学干预提供数据支撑, 是整套体系精准运行的核心基础。

(2) 资源归档师

在整套角色体系运行全程, 资源归档师同步完成教学资源归集、分类与整合, 为长期教学优化、课程教研创新提供资源支撑。教学过程中生成的优化教案、课堂高频疑问汇总、各阶段学情报告、持续迭代的课程知识图谱等各类教学材料, 均由该角色自动分类归档; 同时依据知识点、难度层级、适用教学场景自动添加专属标签, 搭建《数学分析》课程专属共建共享资源库, 方便教师迭代优化教学设计、开展专项教学研究。

3.2.2. 课前阶段专项角色

课前阶段设置智能备课协作者、预习引导者两类专项角色, 分别服务教师备课、学生课前预习两大前置教学任务。

(1) 智能备课协作者

智能备课协作者依托课程教学大纲与精细化知识图谱, 可自动生成标准化教案框架、课堂授课流程、课件初稿, 同步整合适配各知识点的微课素材、典型例题与分层配套习题。

该角色严格遵循教师主导原则, AI 仅提供参考模板, 不会擅自修改课程核心定理、调整既定教学目标; 教案打磨、内容优化、教学设计调整的最终决策权完全归属教师, 能够有效简化教师备课流程, 完善课程配套资源体系。

(2) 预习引导者

预习引导者面向学生提供分层、轻量化前置学习支持。依托课程知识图谱拆解单元核心知识点, 结合学生历史学习基础推送个性化预习任务。

针对基础薄弱学生, 优先推送概念动态动画、基础定义填空题、基础性质理解类轻量化资源; 针对学有余力的学生, 推送拓展阅读材料、思辨类探究思考题等提升型内容。预习阶段资源推送以基础概念理解为主, 不涉及复杂定理完整证明, 避免过高预习难度加重学生认知负担。

学生预习阶段标记的疑问、做错的习题会自动同步至学情分析师, 生成班级预习疑问热力图, 帮助教师精准掌握课前学情, 针对性优化课堂授课设计。

3.2.3. 课中阶段专项角色

课中阶段设置课堂互动协作者、实时答疑辅助者两类专项角色, 支撑线下课堂动态授课、即时学情干预工作。

(1) 课堂互动协作者

课堂互动协作者协助教师组织随堂测验、知识点抢答、小组研讨答题等多样化课堂活动, 实时统计学生课堂参与率、答题正确率, 通过可视化数据面板直观呈现班级整体知识点掌握水平。教师可依托实时动态数据灵活调整课堂讲解节奏, 针对共性难点补充讲解, 有效解决传统课堂学情反馈滞后、互动覆盖范围有限、难以兼顾全体学生的痛点。

(2) 实时答疑辅助者

实时答疑辅助者专注处理课堂即时提问, 主要解答学生提出的基础概念辨析、公式内涵解读、基础运算步骤梳理等浅层问题, 结合对应知识节点给出规范、通俗的解析内容。

适配数学学科严谨性要求, 该角色支持识别 LaTeX 数学公式, 针对极限、导数、积分等运算类问题提供分步思路提示, 不直接输出标准答案, 保留学生独立逻辑推演的思考空间。同时该角色具备清晰服务边界: 不回应超纲内容、主观价值类问题; 若学生连续追问深度复杂证明问题, 系统自动转接教师处理, 规避 AI 无法精准评判的复杂逻辑推演问题, 保障课堂答疑的专业性与严谨性。

3.2.4. 课后阶段专项角色

作业辅导与诊断者

课后阶段仅设置作业辅导与诊断者一项核心专项角色, 承担智能批改、错题归因诊断、薄弱知识点补强、动态更新学情数据等核心任务。

该角色可自动完成选择题、填空题、标准化计算题批改, 同步输出规范解题步骤与错误归因, 并精准关联知识图谱薄弱节点, 定向推送配套补强习题与知识点讲解素材。针对主观性强、逻辑链条复杂的证明题, AI 仅核查证明步骤完整性、书写格式规范性, 证明逻辑正误、推演严谨程度的判定交由教师终审, 严守数学证明教学的严谨底线。

作业批改产生的全部数据实时同步至学情分析师, 动态更新每位学生的知识薄弱节点, 自动生成个性化电子错题本, 实现课后精准查漏补缺。

3.3. 典型教学场景示例

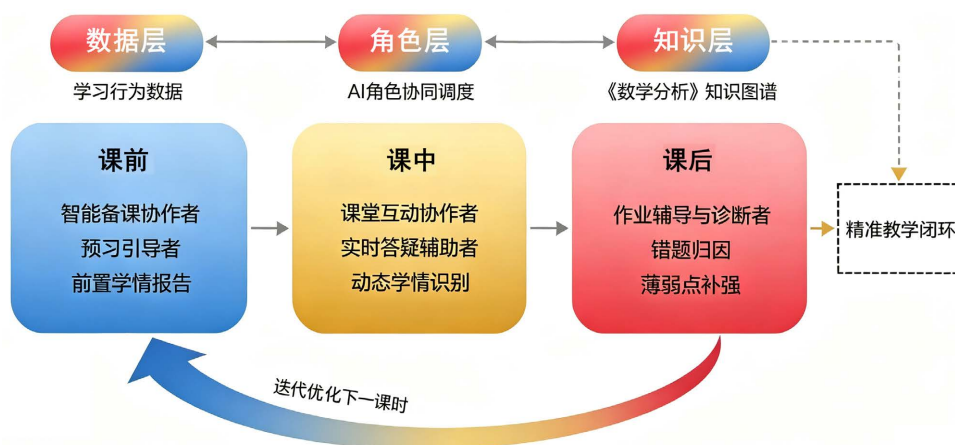


Figure 2. Time sequence linkage of AI teaching assistant roles and three-tier operation framework

图 2. AI 助教角色时序联动与三级运行框架

为直观展示多角色协同运转逻辑, 本文选取《数学分析》核心难点“函数极限 ε - δ 定义”全流程教学为例, 完整呈现各 AI 角色联动机制(AI 助教角色时序联动与三级运行框架见图 2)。

课前预习环节: 预习引导者向学生推送分层个性化预习任务; 学情分析师汇总全班预习自测数据, 依托最近发展区理论开展学情研判, 识别出学生对“ ε 的任意性”核心内涵理解偏差突出, 该知识点错误率居高不下, 系统自动标记为班级共性薄弱节点, 并触发智能备课协作者优化原有教案, 搭建多模态前置教学支架, 补充“误差容忍度与自变量取值区间”生活化类比案例, 搭配基础概念解读、动态演示素材与梯度习题, 降低抽象定义理解门槛。

课堂讲授环节: 针对学生线上集中提出的疑问“ δ 为何依赖于 ε ”, 结合《数学分析》数形结合、逻辑严谨的教学特点, 实时答疑辅助者调取动态几何演示资源, 通过图像直观展示 ε 取值收缩、 δ 对应区间同步变化的动态过程, 帮助学生具象理解二者依存关系, 及时化解课堂即时困惑, 保障授课节奏连贯顺畅; 课堂互动协作者协助教师组织随堂答题活动, 实时统计学生参与率与答题正确率, 以可视化面板呈现班级整体掌握情况。

课后巩固环节: 作业辅导与诊断者批改学生提交的极限证明作业, 筛查出学生普遍存在 δ 构造思路混乱、证明步骤缺失、逻辑跳步等共性错误。结合本课程重视证明严谨性的要求, 系统以证明框架完整性、 δ 反解正确率、取值验证规范性为指标判定课后最近发展区, 确定学生基本掌握表层概念, 但尚未形成完整证明逻辑。系统按照支架渐隐的思路设置阶梯化课后支架: 初期提供证明范式与步骤模板, 随着训练效果提升逐步撤除辅助资源, 引导学生独立推演。

全流程产生的所有学习数据统一由学情分析师采集、解析, 生成阶段性学情报告, 为教师掌握班级学情、筹备下一课时授课内容提供依据; 资源归档师归集教学全过程师生生成的各类素材并分类存档, 为其他任课教师、后续课程迭代优化提供资源支撑。

协同过程中可能出现角色冲突, 不同 AI 角色针对同一教学事件输出相互矛盾的决策建议。例如智能备课协作者依据历史教学大数据, 建议课堂重点讲解“ ε 的任意性”, 但学情分析师基于本班实时预习数据研判得出该知识点学生已基本掌握, 整体正确率达 85%, 两类角色输出的教学建议出现冲突, 容易造成教师教学决策上的困惑。针对该类决策型角色冲突, 系统构建分层递进式处置机制, 以教师指令优先、AI 建议辅助作为底层规则。冲突触发后, 首先启动场景化动态权重仲裁, 根据课前、课中、课后不同教学阶段动态调整各角色输出结果的可信度权重, 在 AI 内部层面自动调和部分分歧; 若仲裁后仍无法达成一致, 则整合各方意见生成多套备选教学方案, 并标注每项建议对应的数据源与研判依据, 以方案集形式推送至教师端供选择。与此同时, 系统完整留存每一次冲突事件与教师最终决策结果, 形成冲突案例日志, 反哺各 AI 角色决策模型迭代优化, 降低同类角色冲突重复发生的概率。

整套教学流程依托多角色有序联动, 搭建起课前预判薄弱点、课中动态干预、课后定向补强的精准教学闭环, 充分体现本角色谱系适配《数学分析》重难点教学的实践价值。

4. AI 助教角色谱系运行逻辑分析

本文构建的角色谱系以课前、课中、课后时序教学流程为主脉络, 形成环环相扣、前后承接的角色联动链条。课前学情分析师输出的前置学情报告, 可直接指导课中教学重点设计, 课堂互动协作者将预习薄弱知识点设为随堂测验核心考察内容, 同时提醒教师放缓对应知识点讲解速度、细化推导过程; 课中捕捉到的学生共性认知难点, 又为课后作业诊断、定向资源推送提供精准依据, 让课后补强训练更具针对性; 课后作业批改、综合学情分析得出的结论, 反过来优化下一轮课前预习任务设计, 形成可持续迭代优化的长效教学闭环。

整套谱系支持多角色同步并行履职, 同一教学场景下不同角色分工协作、同步完成多项细分任务,

显著提升整体教学效率。以学生提交课后作业这一场景为例：作业辅导与诊断者同步完成作业批改、错题解析、推送补强练习；学情分析师实时更新学生个人薄弱知识点，生成阶段性过程性评价报告；资源归档师自动收录典型错题、优秀解题范例等教学素材。三类角色围绕同一教学事件同步工作，实现作业批改、错题诊断、学情评价、资源归档一体化闭环，大幅缩短教学反馈周期。

除此之外，本研究搭建“数据层-角色层-知识层”三级运行框架，保障智能教学干预的精准度与专业性。

- **数据层**：存储教学全流程产生的全部原始数据，包含学生答题记录、教学资源观看时长、课堂提问内容、作业错误分类等，是所有 AI 智能服务运行的数据基础；
- **角色层**：依托数据层反馈的学情信息，精准调度对应 AI 角色，匹配适配的教学服务；
- **知识层**：以精细化《数学分析》课程知识图谱为统一标准，确保所有 AI 教学干预行为精准锚定细分知识点，贴合课程内在知识逻辑。

举例说明：若数据层监测到“函数一致收敛”知识点整体错误率达 45%，角色层将自动生成专项补讲课件与分层训练习题，知识层同步调取该知识点前后关联内容、典型易错逻辑，让补教、补学环节精准高效、有据可依。

5. 总结

本文立足《数学分析》混合式教学现存现实困境，以角色理论、支架式教学理论为理论根基，清晰区分 AI 助教“技术功能”与“教学角色”两个概念，构建包含 2 个全程贯穿核心角色、5 个分阶段专项角色的完整 AI 助教角色谱系。

本研究核心理论结论可概括为：AI 助教在混合式教学场景下的综合应用效能，并不取决于单一技术功能的强弱，而是由角色谱系完整度、多角色协同有序程度、与学科教学逻辑的适配深度共同决定。该结论突破现有研究默认“功能叠加即可提升教学效能”的固有思维，为 AI 助教的开发设计、课堂落地、效果评价提供全新理论参考。

总而言之，AI 助教体系的完善不只是单一技术功能的升级，更是角色定位、协同运行逻辑、人机教学关系的系统性重构。本研究仅在此方向完成初步探索，期待后续研究可依托更多实证数据、深度技术开发成果，推动人工智能与数学教育乃至其他学科教学深度融合，真正落地人机协同、因材施教的教育目标。

基金项目

浙江省高等教育学会 2026 年度“人工智能赋能教育教学应用研究”专项重点课题(课题编号：KT2026473)；2026 年杭州师范大学“大思政课”示范课程建设项目：数学分析 I；2024 年杭州师范大学本科智慧课程建设项目：数学分析 I。

参考文献

- [1] 杨凯凡, 陈涛. 数字时代混合式教学模式的改革与实践——以数学分析课程为例[J]. 高师理科学刊, 2025, 45(12): 84-89.
- [2] 谭雅妃, 俞琳慧. 基于 GAI 的人智协同迭代混合式教学模式的构建与应用研究[J]. 科技视界, 2026, 16(2): 112-115.
- [3] 郭胜男, 吴永和. 社会角色理论视域下的人工智能时代教师: 困厄、归因及澄明[J]. 电化教育研究, 2022, 43(6): 18-24+60.
- [4] 朱先青. 基于最近发展区理论的初中数学支架式教学模式构建策略——以几何证明题教学为例[J]. 数理化解题研究, 2026(8): 58-60.

- [5] 童永健. 支架式教学理论在数学课堂中的应用——以沪教版“作为判别式的二阶行列式”教学设计为例[J]. 中学数学研究(华南师范大学版), 2015(11): 4-6.
- [6] 严云. 基于支架式教学理论的高中数学概念教学策略研究: 以上海市某高中为例[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海师范大学, 2024.