

多智能体协同驱动的 STEM 可视化教学平台设计与应用

沈晨凯 韦群锋

浙江工商职业技术学院 浙江 宁波 315100

【摘要】：针对当前主流 AI 教育产品在 STEM 教学中存在的交互模态单一、视觉生成不精确、交互形式单调等问题，设计并实现了一个基于多智能体协同的可视化教学平台。平台采用教学专家与视觉专家双智能体架构，通过结构化代码驱动的方式实现数学公式、函数曲线、流程图等多种类型的精确可视化输出，并引入沉浸式交互白板提供空间化的知识呈现方式。初步应用表明，该平台在可视化内容的准确性和交互体验的沉浸感方面获得了用户较好的评价。

【关键词】：多智能体系统；STEM 教育；可视化教学；生成式人工智能

DOI:10.12417/2705-1358.26.12.046

引言

随着职业教育数字化转型与“新工科”建设的深入，STEM 教育理念正向高等职业教育体系深度渗透^[1]。作为应用型技能人才的初学者，高职学生在“理实一体化”教学中往往面临从“抽象数理逻辑”向“工程实际应用”转化的巨大认知断层。相关可视化学习研究表明，单纯依靠抽象文本解释复杂理科概念极易导致学习者的认知负荷过载，而精确、空间化的视觉呈现能够利用人类视觉认知高通量的特点，有效促进知识的深度理解与意义建构^[2]。尽管学界已围绕生成式 AI 对教育形态的影响^[3]、多智能体教育应用架构^[4]及可视化辅助教学^[5]开展了大量探索，现有产品仍普遍存在交互模态单一、视觉生成不精确、交互形式单调等局限，难以从根本上化解高认知负荷的教学痛点，缺乏对“精确可视化生成”这一 STEM 教学核心需求的系统性解决方案。

基于此，文章响应教育数字化转型要求，设计并实现了一个基于多智能体协同的 STEM 可视化教学平台，提出教学专家与视觉专家的双智能体协同架构，以结构化代码驱动的可视化方案保障数学属性的准确性，并引入沉浸式交互白板提供空间化的知识呈现方式。

1 平台需求分析

当前主流 AI 教育产品普遍存在三方面问题。

(1) 交互模态单一。现有产品主要以文本对话形式呈现教学内容，缺乏数学公式、函数图像、流程图等可视化表达手段，制约了 AI 在理科教学中的应用效果^[3]。

(2) 视觉生成不精确。部分产品引入扩散模型生成教学图像，但该类模型基于概率分布生成，难以保证数学属性的准

确性^[6]，顶点偏移、开口方向错误等问题会直接影响学生对知识点的理解。

(3) 交互形式单调。主流产品采用“一问一答”的聊天列表界面，学习内容以线性方式排列，学生难以建立完整的知识结构^[7]。

针对上述问题，STEM 教学对 AI 平台提出了差异化的可视化需求：一是需要支持多种类型的精确可视化，包括数学公式、函数曲线、几何图形、流程图等；二是需要生成结果可编辑，便于师生根据教学需要进行调整；三是需要提供沉浸式的交互体验，支持知识的空间化呈现和结构化组织，避免线性对话带来的碎片化学习体验。

2 平台设计与实现

针对上述问题，本研究设计了一个基于多智能体协同的 STEM 可视化教学平台。平台采用分层架构，以双智能体协同机制实现精确的可视化内容生成。

2.1 系统总体架构

如图 1 所示，平台采用三层架构设计，自下而上分别为渲染引擎层、智能体协调层和前端交互层。渲染引擎层集成 LaTeX 与 Mermaid 渲染引擎，以代码驱动方式确保数学属性的精确性，避免扩散模型概率生成导致的图形偏差；支持数学公式、函数曲线、流程图等多种教学图形类型的精确输出。智能体协调层负责路由分发教学请求，通过消息传递机制联接教学专家与视觉专家协同完成任务。前端交互层采用沉浸式白板设计，提供二维无限画布与可编辑卡片机制，支持知识内容的空间化组织，营造类似线下课堂板书的教学氛围。

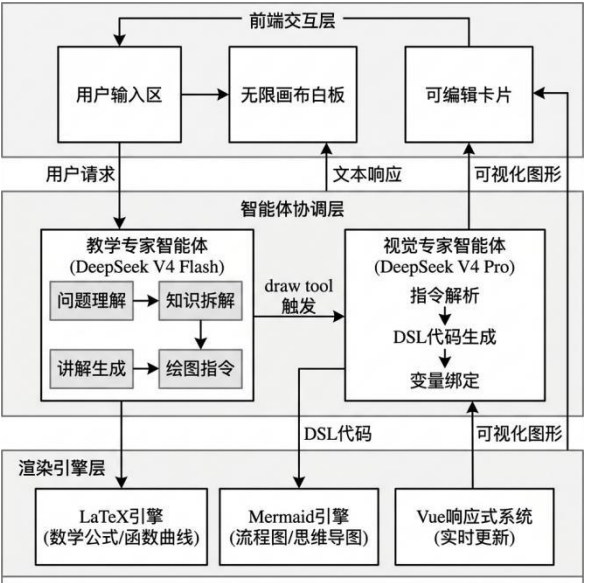


图 1 系统架构图

2.2 双智能体协同机制

单一大语言模型在处理 STEM 教学任务时面临“教学讲解”与“精确绘图”的能力冲突。为此，平台设计了“教学专家”和“视觉专家”双智能体架构（见表 1）。

表 1 双智能体职责对比

智能体	核心职责	输入	输出
教学专家	问题理解、知识拆解、讲解文本生成	用户学习请求	教学内容+绘图指令
视觉专家	结构化可视化代码生成	绘图指令	LaTeX/Mermaid 代码

教学专家专注于教学内容的生成与意图识别。系统内置了意图驱动指令映射机制，教学专家借此识别用户的可视化意图，并将其转化为基于 JSON Schema 的标准化绘图参数（如图形类型、关键节点、坐标范围等），通过严格的系统提示词约束，确保了智能体间指令传递的精确性与结构化。视觉专家在生成 LaTeX 或 Mermaid 代码前，不仅会对数学定义域、值域及关键特征点（如极值点、渐近线）进行隐式的逻辑推演，更会执行多轮自我修正循环。在该闭环中，视觉专家会对初步生成的代码进行语法树完整性核对与坐标系越界检查，并在必要时触发参数重算，从根本上避免了传统扩散模型因概率生成导致的视觉偏差（如顶点偏移、开口方向错误等）。在技术底层，教学专家调用 DeepSeek V4 Flash 模型，利用其高响应速度优势侧重意图识别与文本的实时流式生成；视觉专家则调用开启“深度思考”机制的 DeepSeek V4 Pro 模型，借助其强大的逻辑

思维链侧重复杂数理预计算与严谨代码生成。这种基于工具调用的协同协议，实现了大语言模型灵活讲解与严密绘图能力的无缝衔接。

3 应用案例与效果分析

3.1 典型应用场景

平台作为通用的 STEM 逻辑可视化底座，广泛适用于多学科教学。以物理中简谐运动“机械振动与波”教学为例，初学者输入“请讲解简谐运动的位移随时间变化的规律”。教学专家智能体首先分析提示词语义，识别到需要画坐标轴来讲解知识点，并识别出所需的图形以及波峰位置为(1.57,3)等关键特征，生成通俗易懂的讲解文本，同时将这些参数封装为 JSON 格式的绘图指令传递给视觉专家。视觉专家经预计算后输出精确的函数曲线 DSL 代码，在图上精准标注波峰、平衡位置等关键信息。

除物理领域外，平台在其他工程与技术学科同样展现出优异的适用性。以计算机编程中“排序算法”的教学场景为例，当学生询问“如何理解冒泡排序的双层循环逻辑”时，教学专家能够精准拆解出外层循环的趟数控制与内层循环的相邻元素比较两个核心步骤。视觉专家接收指令后，不仅会生成逻辑清晰的 Mermaid 结构化流程图，还能自动在图中高亮标识出条件判断节点与数据交换路径。无论是物理曲线还是算法图表，整个讲解过程均以可编辑卡片的形式呈现在白板上。学生可自由拖拽调整布局，或直接修改卡片中的算法条件、循环变量等参数，即时观察流程图分支路径的动态变化，实现了从被动接受向“假设-检验”式主动探究的跨越。

3.2 平台界面展示

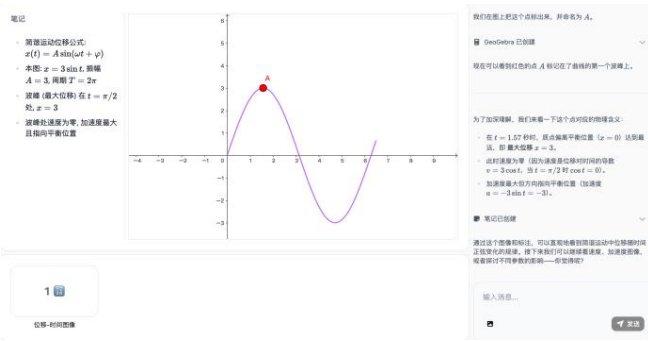


图 2 平台应用界面

如图 2 所示，平台界面采用白板形式呈现，中央为无限画布区域，右侧为对话区。画布上的卡片包含文本讲解和可视化图形，用户可自由拖拽、缩放和编辑。与传统聊天界面相比，白板形式更有利于知识的结构化组织和整体把握。

3.3 用户反馈分析

为评估平台的通用性与核心效能，文章在某应用型院校的数理公共课中进行了初步试用验证，共回收有效问卷 60 份（教师 10 人，学生 50 人），采用 5 级李克特量表收集反馈。

表 2 用户体验评价结果（ $M \pm SD$ ，1-5 分）

评价维度	教师均值	学生均值	总体均值
界面设计友好性	4.40	4.20	4.23
AI 问题理解能力	4.20	4.08	4.10
公式/图形准确性	4.40	4.20	4.23
可视化图形清晰度	4.40	4.24	4.27
交互白板易用性	4.00	4.02	4.02
整体响应速度	3.80	3.84	3.83
总体平均	4.20	4.10	4.11

表 2 结果表明，用户对平台整体体验评价较为积极（ $M=4.11$ ）。Mann-Whitney U 检验显示，师生两组在“可视化图形清晰度”与“公式/图形准确性”上均无显著性差异（ $p>0.05$ ），说明平台精确可视化表现获得了师生的一致认可。

参考文献：

- [1] 李玉顺,韩梦莹.教育强国背景下人工智能赋能教育教学创新:未来图景、实践路径与风险审思[J].中国电化教育,2025,(08):13-21.
- [2] 郑娅峰,赵亚宁,白雪,等.教育大数据可视化研究综述[J].计算机科学与探索,2021,15(03):403-422.
- [3] 杨宗凯,王俊,吴砥,等.ChatGPT/生成式人工智能对教育的影响探析及应对策略[J].华东师范大学学报(教育科学版),2023,41(07):26-35.
- [4] 刘石奇,刘智,段会敏,等.大模型驱动的教育多智能体系统应用研究——技术架构、发展现状、实践路径与未来展望[J].远程教育杂志,2025,43(01):33-45.
- [5] 吴怵,陈思思.智慧教育环境中促进教与学的可视化学习分析[J].广西师范大学学报(哲学社会科学版),2024,60(01):92-103.
- [6] 苗逢春.生成式人工智能技术原理及其教育适用性考证[J].现代教育技术,2023,33(11):5-18.
- [7] 王帅杰,汤倩雯,杨启光.生成式人工智能在教育应用中的国际观察:挑战、应对与镜鉴[J].电化教育研究,2024,45(05):106-112+120.

Pearson 相关性分析显示，“交互白板易用性”与“整体体验评价”呈显著正相关（ $r=0.68, p<0.01$ ），从实证角度印证了空间化的知识组织形式有效降低了认知负荷。除了量化数据，半结构化访谈的质性反馈进一步支持了这一结论：多位受访教师指出，交互白板彻底打破了传统聊天界面的线性局限，使得跨知识点的“横向对比教学”更加直观；部分学生则反映，图形参数的可编辑性极大地激发了他们进行代码微调 and 二次探索的兴趣。响应速度评分相对偏低（ $M=3.83$ ），主要与多智能体协同机制带来的模型计算与进程通信延迟有关。在与传统 AI 工具的对比评价中，78.3%的用户认为平台具备明显优势，后续持续使用意愿达 80.0%。

4 结语

文章设计并实现了一个基于多智能体协同的 STEM 可视化教学平台，通过双智能体分工实现了“灵活讲解”与“精确绘图”的有机统一，通过结构化代码驱动保障了数学属性的准确表达，通过沉浸式交互白板提供了空间化的知识呈现方式。初步应用反馈表明，平台在可视化准确性与降低认知负荷方面效果显著。

当然，当前探索仍存在一定局限：在工程层面，多智能体协同带来的 Token 消耗增加与推理延迟是亟待优化的真实痛点，后续可探索模型量化或本地部署方案；在认知层面，“过度可视化”可能对部分学习者产生干扰，“自适应可视化强度控制”是下一步的重要研究方向。由于 STEM 核心知识具有跨学段的普适性，该平台的架构设计与交互逻辑未来亦可向 K-12 教育场景迁移，为基础教育数字化转型提供技术支撑。