

# Design of an Instructional Model for Cultivating Higher-order Thinking Driven by “AI-learning Companion”—Taking Advanced Mathematics as a case study

Di Yang<sup>1</sup> Lizhen Li<sup>2</sup>

1. Nanning University, Nanning, Guangxi, 530299, China

2. Shiyuan College, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi, 530226, China

## Abstract

With the rapid advancement of artificial intelligence, higher-order thinking has become a critical competency for talents in emerging engineering fields. This paper aims to leverage AI technology to introduce a novel role—termed the “AI Reading Companion”—which differs from existing AI teaching assistants. The AI Reading Companion acts as a “voice proxy” for students, consistently adopting the student’s perspective. Grounded in the scaffolding instruction model and informed by semantic field theory and Socratic questioning techniques, this student-centered approach fosters synergistic interactions among the student, the AI, and the instructor. Through such collaboration, a dynamic “chemistry” emerges, enabling the construction of a higher-order thinking cultivation framework centered on systematic analysis, knowledge transfer, critical thinking, and innovative problem-solving. Furthermore, this study explores training paradigms for cultivating cross-disciplinary integration capability and complex problem modeling skills—essential attributes for future engineering talent—with the goal of forming scalable reform practices for Advanced Mathematics curricula.

## Keywords

“AI-learning Companion”; Higher-Order Thinking; Instructional Scaffolding; Emerging Engineering Disciplines

## “AI伴读”驱动下高阶思维培养教学模式设计——以高等数学课程为例

杨迪<sup>1</sup> 李丽贞<sup>2</sup>

1. 南宁学院, 中国·广西 南宁 530299

2. 南宁师范大学师园学院, 中国·广西 南宁 530226

## 摘要

在人工智能快速发展的背景下,高阶思维是新工科人才必备的关键能力。本文目的就是利用人工智能技术,创造有与现有的AI助教有所不同的角色——“AI伴读”。AI伴读是站在学生的角度,是学生的“嘴替”。在支架式教学模式下,以学生为中心,结合语义场理论和苏格拉底提问等教学技术,在与它协作过程中,达到“学生+AI+教师”的化学反应,构建以“系统性分析、知识迁移、批判性思维、创新性解决问题”为核心的高阶思维培养体系,进而对新工科人才需具备的“跨界整合能力”与“复杂问题建模能力”培养模式进行探索,形成可推广的高等数学课程改革经验。

## 关键词

“AI伴读”; 高阶思维; 支架式教学模式; 新工科

## 1 引言

社会和人工智能的快速发展,对人才的综合要求越来越高。重复、无需创造性的工作在可预见的未来,基本可以被AI取代。新工科建设就更加强调培养学生的创新思维、实践能力和解决复杂问题的能力,其核心在于学生“高阶思维”的培养。而高等数学作为新工科学生的学科基础课程,在培养学生的高阶思维(包括系统性思维、实践思维、批判性思维、创新思维等)方面具有重要作用。AI技术的普及,也为高等数学的教学改革带来了新的机遇和挑战。

【基金项目】AI伴读驱动下新工科学生高阶思维培养模式建构——以高等数学课程为实践载体(项目编号:

2025XJJGB37); 南宁学院首批虚拟教研室建设试点项目(项目编号: 2023XNJYS08)。

【作者简介】杨迪(1987-),女,中国广西桂平人,硕士,讲师,从事优化理论及其应用研究。

要解决新工科学生高阶思维痛点，还是要集中在学生的“学”上。学生是否能够将知识进行“系统性串联”，接着“迁移推广”，然后“批评反思”，进而得以“创造”，必须是他们自己去构建。本文目的就是利用人工智能技术，创造有与现有的 AI 助教有所不同的角色——“AI 伴读”。此伴读是与学生思维差不多的虚拟形象，表面上不参与解题等教师工作，能与教师配合，在支架式教学模式下，以学生为中心，结合语义场理论和苏格拉底提问等教学技术，重点集中在学生的思考过程，构建以“系统性分析、知识迁移、批判性思维、创新性解决问题”为核心的高阶思维培养体系，形成可推广的高等数学课程改革经验。

## 2 研究现状

目前，高等数学教学已经在慢慢摸索 AI 技术在传授知识和管理学生方面进行应用。教学改革方式主要还是体现在“教”和管理上。比如教学模式创新之一就是，引入人工智能技术，提升教学管理的智能化水平<sup>[1]</sup>。教师通过智慧教学平台实时收集学生的学习数据，及时发现学生学习中的难点和薄弱点，有针对性地进行线下课堂教学<sup>[2]</sup>。这样的管理依赖数据的准确性。在高阶思维的培养路径上，依托生成式人工智能工具搭建的智能教学环境，构建教学模式，给出生成式人工智能赋能高阶思维培养提供可实施的教学路径<sup>[1,3]</sup>。

这些文献都提出了 AI 赋能教育的可行策略，但是在高等数学课堂中，专注“伴读”这样与学生共思维，同水平的“学习搭子”，针对数学课程对学生“高阶思维”上的培养研究仍是显不足。

## 3 “AI 伴读”驱动下高阶思维培养的课堂教学设计

### 3.1 理论分析

#### 3.1.1 AI 伴读形象设计

要利用 AI 伴读进行培养学生的思维，先要设计 AI 伴读形象，激活学生的学习兴趣。

根据相关理论<sup>[3-5]</sup>和学生的沟通，在多媒体学习环境中，AI 伴读的情绪表达会降低学习者的感知难度，从而减少了内在认知负荷。“轻度卡通+真人特征”——保留人脸比例、口唇同步与微表情，可在不显著增加认知负荷的前提下，能很好地激活学习者的“与人互动”模式。学生普遍反馈“感觉像真实的人在和我交流”，能提升学习动力和归属感。所以利用 AI 软件，设计了多数学生更喜欢的年轻、活泼的形象，可爱、卡通化的简约数字人，声音是活泼男生（女生），配合柔和的光影与温暖的配色（淡粉、浅蓝、米黄等），带点数学元素，让人感到亲切且不具威慑感。如图 1，可根据不同情境使用不同角色扮演 AI 伴读。



图 1 AI 伴读形象设计参考

#### 3.1.2 教学思想与理念

“新三中心”理论，即以学生发展、学生学习和学习效果为中心。学生是知识建构的主体，教师从“知识传授者”转变为学习的促进者、引导者和合作者。从“以教为中心”转向“以学为中心”。在数学教育中，“语义场模型”聚焦知识构建与意义生产过程。从语义场的角度出发，根据支架式教学模式，通过 AI 技术设计“学伴”，通过各种方式的语言有效表达和沟通，帮助学生理解知识和方法之间的内在联系，更好地将已有的知识联系到新的学习内容中，促进学生迁移学习，能更有效地解读教学过程中学生的理解过程，从而更好地培养学生的高阶思维。

### 3.2 以“可分离变量微分方程”为例的课堂教学案例设计

#### 3.2.1 学习目标设计

知识目标：学生能够准确表述可分离变量方程的标准形式；能熟练应用分离变量法的操作步骤（分离→积分）进行求解，联系旧知，能形成系统性思维。

能力目标：学生能将物理问题等转化为数学问题（微分方程），提高对抽象符号和表达的理解能力和数学知识的跨学科的实践应用能力；通过结合初始条件确定特解，并解释其实际意义，提升用数学方法解决实际问题的能力。

素质目标：学生通过分析相同实例的特征，培养探究精神和批判思维；通过实际数据求解特解的过程，培养严谨思维（避免盲目求解，具体问题具体分析）和精准决策的科学精神；通过实际问题（如问题）感受数学在生活中各方面的实用性，增强数学建模意识和民族自豪感。

#### 3.2.2 “AI 伴读”贯穿支架式教学模式的主要教学环节

##### （1）新课导入

教师活动：阐释有关我国 20 多年以来的“探月工程”成果，并展示某学生根据上一节的知识在学习通完成有关对前测题目（图 2）的建模（不求解）。

“AI 伴读”提出问题：这是什么微分方程？如何算出结果？引导学生思考。

设计意图：教师依据学习目标和学生水平，设计概念和求解过程的框架、示例、问题提示等支撑材料。通过实际案例的分析，结合学生建模，利用 AI 伴读提出思考“这是什么微分方程？如何算出结果？”，以“同伴”的角色引导

学生联系旧知微分方程，引出新知可分离变量方程，让学生明确本节课所学重点，帮助学生建构学科教学支架，促进学生独立探索研究和相互学习，增强学习动机，激发学生探究兴趣，形成系统性学习。

**前测** 2024年6月，嫦娥六号任务成功带回1935.3克月球样品，实现了人类首次月球背面采样返回的创举。

近一年来，我国科学家从嫦娥六号月球样品中获得一系列重要发现。中国自2004年开始进行“探月工程”，逐步揭开月球背面的神秘面纱，为人类探索宇宙作出更多“中国贡献”，其中就有地球上非常罕见的稀缺资源氦-3（它的核心作用在于作为高效的核聚变燃料）的研究。

**前测** 氦-3是月球上的一种重要资源，具有极高的能源价值。在存储过程中可能发生β衰变（虽半衰期极长），需精确控制库存量以满足核聚变需求。已知氦-3的衰变率与当前存量M成正比。设t=0时氦-3的含量为M<sub>0</sub>，求在衰变过程中氦-3含量M(t)随时间t的变化规律。

**解** 根据题意，有 λ前置负号

$$\begin{cases} \frac{dM}{dt} = -\lambda M \quad (\lambda > 0) \longrightarrow \frac{dM}{M} = -\lambda dt \\ M|_{t=0} = M_0 \end{cases}$$

**问题：**这是什么微分方程？如何算出M(t)与t关系？




图 2 前测

### (2) 探究新知 (引导探索)

教师活动：展示可分离变量微分方程的标准形式，详细说明等式左右两边所含元素。

“AI 伴读”提出可分离变量微分方程的特征：“感觉就像是和分离”

教师活动：强调可分离变量方程，不是一开始就是某一边只含只含的函数和，另一边只含的函数和，而是变形后是那样的形式。给出简单例子说明概念，并利用 2 个练习检验学生对概念的辨析情况。

设计意图：运用启发式教学法，通过教师与 AI 伴读“双簧”的支架作用，直指核心概念——可分离变量的微分方程，强调可分离变量方程的准确表述，帮助学生组织信息、形成结构。是在原方程变形后的结构，提供完成任务的参考模型，帮助学生彻底能辨析所学方程的特征，突出重点。

教师顺势提出分离变量后，怎么求解，得到 y 与 x 的关系？

“AI 伴读”假装思考：“嗯……两边都添个积分符号，就变成不定积分了，这样有用吗？”

教师：试试看？

教师根据学生的计算过程总结解法。

设计意图：通过 AI 伴读的“提示”和教师的引导，激发学生思考，启发学生将求解可分离变量方程与不定积分联系在一起，自己“寻找出”求解方法，突出重点，突破难点，培养学生的创造性思维。教师根据学生是计算思路得到解法，让学生克服数学抽象符号的畏难情绪，感到成功喜悦，

增强学习效果。

### (3) 实例分析 (协作学习)

教师活动：通过一般的实例和练习明确解题步骤后，给出特殊的实例加以分析。在得到一般的解后，继续计算，得到解。提示在求解过程中每一步不一定是同解变形，因此出现可能增、减解的情况，并给出解决方法。同时说明此时求的是通解。

“AI 伴读”提出质疑：已经有一个解了，为什么还要往下算？

教师活动：让学生做相似的练习题，并让学生观察这两个方程和它们的解的特征。

“AI 伴读”提出：解里面，次幂好像有什么规律，是什么呢？

教师活动：教师根据学生的分析，补充说明相关结论，说明这是后面章节需要学习的内容，并提出通解中的 C 没确定，C 怎么确定得到特解呢？引出特解的相关内容。结合我国氦气泡开采的实例，展示我国对月球的研究，并结合实际，运用本节所学知识进行分析求解。说明此时求的是特解（唯一性），是针对具体问题给出的具体解答。

**例 3** 中国研究发现，月壤钛铁矿玻璃层中的氦气可通过机械破碎常温提取，开采速率与未开采储量正相关。

设 Q(t) 为 t 时刻累计开采量，Q<sub>max</sub> 为可开采总量（26万吨），求出开采量 Q(t) 与时间 t 的关系。

**解** 由已知条件，可知初始条件 Q(0)=0，建立微分方程

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda(Q_{\max} - Q), \quad (\lambda > 0, \text{ 为开采效率系数})$$

对方程分离变量， $\frac{dQ}{Q_{\max} - Q} = \lambda dt$

**两边积分得**  $-\ln|Q_{\max} - Q| = \lambda t + C$

由 Q(0)=0，得  $Q(t) = Q_{\max}(1 - e^{-\lambda t})$

**通解 (C 没确定)**

**特解 (此题的唯一解)**

设计意图：通过第 2 个实例分析，分步演示，不断强化核心内容，降低学生的学习难度，突出重点，突破难点。并由 AI 伴读作为“嘴替”，提出学生心中的质疑：已经有结果，为什么还要得到其他的表达式？在学生观察有难度时，通过 AI 伴读给予提示，与教师打配合，利用 AI 伴读这一学习同伴的互助，进一步激发学生思考，让学生注意观察其中的相同点，启发引导学生自己得出结论，降低学习门槛，让学生有成就感。结合例 1 的解的结构，为后续“一阶线性微分方程”的求解做铺垫和培养学生的数学审美（简洁美和规律性）。联系新知，培养学生的归纳能力和系统性学习的能力，帮助学生学习学科知识时从表面层次过渡到更高层次，也在无形中培养学生的探究精神和批判思维。

### (4) 练习巩固 (撤除支架与评价)

教师活动：给出前测的实际问题，鼓励学生主动上台展示答案，并邀请其中一位学生代表简单说明解题思路，并对回答进行点评和补充，给出规范解答过程。

“AI 伴读”貌似骄傲提出：我已经能回答前测回答的问题了，你可以吗？

设计意图：呼应开头的引例，逐步削减教师这个外部

帮助,鼓励学生根据本节所学独立完成任务,同时进行学习效果评价并反馈。由AI伴读分享成功的喜悦,“刺激”学生,形成“伴学”效果,增强学生的学习兴趣,让学生体会数学与生活的紧密联系,提高学生建模能力,培养学生解决实际问题的能力。

#### 4 结语

在人工智能快速发展的背景下,高阶思维是高素质人才必备的关键能力。高等数学作为理工科学生的学科基础课,承担着为国家培养具有高阶思维能力接班人的重任。本文在参考相关文献的基础上,重点研究在课堂上,如何利用AI技术赋能数学教育。

AI伴读是站在学生的角度,是学生的“嘴替”。在与它协作过程中,以学习同伴的角度讨论问题、引导探究式学习,增强讲授法、案例教学法、问题驱动教学法等传统教学方法中的应用效果,达到“学生+AI+教师”的化学反应,创设知识迁移的新途径,激发学生将数学知识进行迁移,应

用到实际中去,让学生不再惧怕学习,在不断分析、解决问题的过程中逐步提高高阶思维能力。

#### 参考文献

- [1] 李尤.人工智能赋能高等数学课程教学创新探索[J].科教文汇,2025,(17):121-124..
- [2] 何川美,解楠,姜浩.AI赋能:“高等数学”课程的智能化教学革新探索[J].科技风,2025,(18):130-132.
- [3] 顾亚娣,胡明珠,邓伟,等.生成式人工智能赋能高阶思维培养的教学模式设计——以“三维动画设计与制作”课程为例[J].喀什大学学报,2025,46(03):103-108.
- [4] Liew, T. W., Tan, S., & Kew, S. N.. Can an Angry Pedagogical Agent Enhance Mental Effort and Learning Performance in a Multimedia Learning Environment? *Information and Learning Sciences*, 2022, 123, 555-576.
- [5] 宋迎吉,郑玉玮,李辉.情绪教学代理对多媒体学习的影响:一项元分析研究. *心理学进展*, 2025, 15(5), 78-90.