

# 人机协同视域下的 STEAM 教学模式研究——以桥见智慧 3D 打印课程为例

## Research on STEAM Teaching Model from the Perspective of Human-AI Collaboration

### ——Bridge of Wisdom 3D Printing

黄慧鹏<sup>1</sup>, 杨海亮<sup>2</sup>, 吴永和<sup>3\*</sup>

<sup>123</sup> 华东师范大学教育信息技术学系

\*yhwu@deit.ecnu.edu.cn

**【摘要】** 基于传统STEAM教育中认知门槛高实践深度低的问题。本研究基于分布式认知与最近发展区理论,引入多智能体系统,构建了人机协同视域下的STEAM教学模式。以中学生桥见智慧3D打印课程为例,设计教师、学生、AI Agent三元协作的教学框架,开发角色化的AI Agent提供个性化脚手架支持,引导学生从方案构思到实体成果产出。模拟测试表明该教学模式能具备良好的可行性,期为智能时代STEAM教育课程的设计与实施提供新的范式参考。

**【关键词】** 人机协同; STEAM教育; AI Agent; 3D打印

**Abstract:** Addressing the high cognitive threshold and low practical depth in traditional STEAM education, this study constructs a human-computer collaborative teaching model based on Distributed Cognition and the Zone of Proximal Development. By introducing a multi-agent system, a "Teacher-Student-Agent" triad ecosystem is established. Using the "Bridge of Wisdom" 3D printing course as an example, role-based Agents are developed to provide personalized scaffolding, guiding students through a closed-loop project process from ideation to physical output. Simulation tests demonstrate the model's feasibility, providing a new paradigm for designing and implementing STEAM curricula in the intelligent era.

**Keywords:** Human-AI Collaboration, STEAM Education, AI Agent, 3D Printing

## 1. 引言

近年来,随着人工智能技术的发展,培养具有创新实践能力人才已成为智能时代教育改革的共识。STEAM教育强调跨学科知识的融合与复杂问题解决,但由于复杂的工程原理超出了中学生的认知范围,学生往往面临着认知门槛高与实践参与低的困境(袁磊等人,2022)。大语言模型则提供了新的契机,但学生极易过度依赖AI,将原有的思考过程变为机械式的问答过程(伍顺比和杨文正,2025)。

为了规避这种认知外包等风险,需要从单一的工具应用转向为系统化的人机协同模式。基于教学目标的开发的教育智能体能够通过角色扮演与提示词工程,构建阶梯式的引导机制,通过苏格拉底式提问、元认知提示等策略激发学习者的自主思考与问题探究的内在动力(Xi, L. et al., 2025)。因此,本研究通过引入多智能体系统,构建人机协同视域下的STEAM教学模式,并以中学生桥见智慧3D打印课程为例进行验证,为智能时代的STEAM教育的开展推广提供理论指引与实践参考。

## 2. 理论基础

2.1. 分布式认知

分布式认知理论阐述了认知活动的分布式特性，认知过程并非仅仅发生在认知个体的大脑内部，也不局限于认知个体内部的思维。认知是分布在伙伴协作、外部环境交互以及认知工具等要素之间（Hollan, J. et al, 2000）。

在传统的教育模式中，认知负荷主要由学习者个人或者小组协作者承担。在本教学模式中，通过引入多智能体系统，构建教师、学生、Agent 三元协作框架。在该三元协作框架中，Agent 也可以作为学生的协作伙伴参与到问题解决的全过程之中，通过承担其所擅长的信息检索、方案列举、数据运算等角色。学习者则可以专注于进行创意构思、批判反思与价值决策等关键性活动。

2.2. 最近发展区

最近发展区理论认为学习者存在两种发展水平，一种是现有的已达到的水平，另外一种是在潜在的即将达到的水平（Vygotsky, L. S., 1978）。有效的教学应当发生在这两种水平之间，通过一定的引导将潜在的水平转化为现有的水平。

在 STEAM 项目中，当学生面临复杂的工程性任务时，往往会由于缺乏相关知识的储备与实践操作的指引而难以完成项目，而这其中缺乏的相关知识与技能便是学生的最近发展区。在本教学模式中，多智能体系统可以充当个性化的脚手架，不同角色的 Agent 能够在不同的任务情境中，根据学生面临的具体问题及时提供个性化的支持。

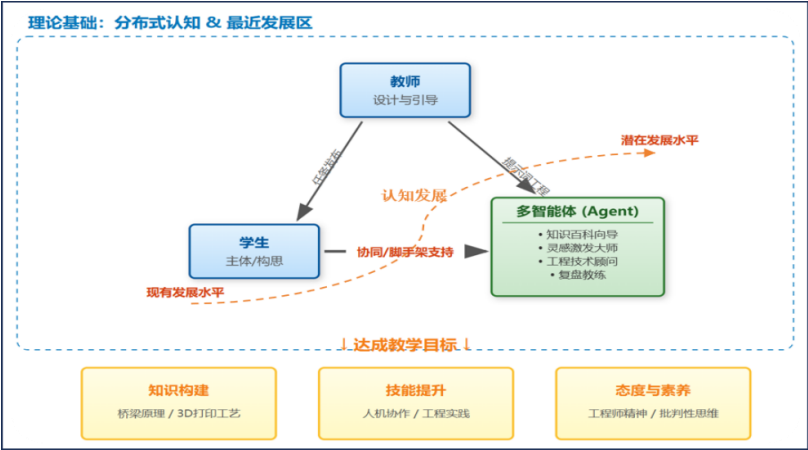


图 1 人机协同视域下的 STEAM 教学模式理论框架

3.基于 AI Agent 的教学设计与案例呈现

基于传统 STEAM 教育的局限性，本研究构建了人机协同视域下的 STEAM 教学模式，使其与 Agent 深度融合，同时结合 3D 打印技术进行教学设计。

3.1. 课程定位

本课程是一门以桥梁设计与制作为项目任务载体的 STEAM 课程，将 AI 协作、3D 打印技术以及能力培养有机结合，打造教师主导、学生主体、AI Agent 协作的三元协作教学模式，具有跨学科融合的深度性、人机协同的创新性、实践导向的全程性三大核心特征。

课程实施周期为四周八课时，每课时 45 分钟。教学对象为初中七至九年的学生，该群体在学习需求方面对前沿科技、工程实践创新具有极高的兴趣，本课程能够精准匹配需求并满足其探索与实践欲。在认知发展方面，初中生处于认知发展的形式运算阶段，能够理解基础的抽象知识，但仍需通过具身的实践活动进行认知内化（Piaget, J., 2013）。在能力基础方面，初中生已具备基本的计算机操作能力、AI 协作基础，能够快速学习 3D one 等工具的使用。

3.2. 教学目标

课程以知识构建、技能提升、素养培养为核心逻辑，构建“知识—技能—态度与素养”三维目标体系。

在知识层面，学生要能够掌握桥梁的核心分类与典型特征、理解桥梁的基本受力原理，理解3D 打印工艺的基础原理及参数对物理结构强度的影响，明确人机协同的边界，理解大模型的基本逻辑与局限性。技能层面，学生要能够熟练运用提示词工程与 Agent 进行高质量协作，掌握 AI 协作技能，完成从数字模型到实体打印的全流程操作，掌握 3D 打印操作技能，需要能够在小组分工中承担任务，协调意见分歧，掌握团队协作与沟通能力。态度与素养层面，培养学生主动探究、坚持挑战的工程师精神，对 AI 生成内容持审视态度的批判性思维。

3.3. AI Agent 角色定义

为了实现对学生学习进程的个性化脚手架支持，本研究设计了主智能体加多个子智能体的层次化多智能体系统，并命名为桥见智慧大师。

表 1 桥见智慧大师多智能体系统架构

| 层级架构 | 智能体角色  | 核心功能                                                               |
|------|--------|--------------------------------------------------------------------|
| 主智能体 | 总助教    | 协调分工。对学生的提问进行意图识别，并根据问题类型进行动态调用子智能体。                               |
|      | 知识百科向导 | 概念解释与原理科普。要求使用中学生能够理解的语言阐述复杂的工程学或其它学科知识，严禁一味堆砌专业术语，并结合具体的案例场景进行解释。 |
|      | 灵感激发大师 | 创意发散与方案构思。通过提出开放性问题和展示创新案例等方式激发学生的创造力，鼓励学生从多种角度辩证看待问题，形成个性化的设计方案。  |
|      | 工程技术顾问 | 技术支持与故障诊断。为学生提供技术指导，能够快速识别学生在 3D 建模与打印过程中遇到的常见故障，并给出解决建议。          |
| 子智能体 | 复盘教练   | 数据分析与反思引导。协助学生整理项目全流程数据，包括实验结果记录、故障原因分析，完成知识图谱的构建与反思日志。            |

3.4. 教学内容与实施过程

基于循序渐进的教学原则，将教学内容划分为四个层层递进的阶段，引导学生完成从知识构建到实体产出的项目闭环，并在此过程中实现教学目标的内化。

3.4.1. 第一周：认知构建与方案构思

该教学阶段的核心任务是进行桥梁认知与力学原理启蒙，并确定设计主题，产出桥梁设计方案。在此过程中，学生通过与“知识百科向导”AI Agent 进行对话，了解赵州桥等历史名桥的设计智慧；利用“灵感激发大师”AI Agent 进行头脑风暴，确定设计主题并生成初步草案，学生经整理后提交阶段性成果。

3.4.2. 第二周：建模实现与结构诊断

该教学阶段的核心任务是将第一周产出的桥梁设计方案转化为 3D 数字模型，并进行结构诊断与迭代优化。在此过程中，先由教师向学生演示常见的 3D 建模软件（如面向中小学生的 3D one）的核心建模操作；学生经训练后便开始建立自己所设计好的桥梁模型，并在“工程技术顾问”AI Agent 的帮助下进行结构诊断；“工程技术顾问”AI Agent 会针对模型中可能存在的悬空结构或壁厚进行分析预警，学生据此进行模型参数的调整，并将优化后的桥梁数字模型提交作为第二周的阶段性成果。

### 3.4.3. 第三周：打印实践与故障排除

该教学阶段的核心任务是将第二周产出的桥梁数字模型进行实体打印，并针对可能出现的拉丝、翘边等故障进行技术迭代。在此过程中，先由教师讲解 3D 打印原理、演示 3D 打印设备安全操作，并补充常见的打印故障案例；学生经基本培训后开始进行 3D 打印，当打印失败或者出现故障时，教师不直接介入，而是引导学生观察打印现象并拍摄故障照片；学生向“工程技术顾问”AI Agent 发送照片，描述故障现象；AI Agent 向学生解释故障类别与故障出现原因，同时给出调整建议，学生调整后进行二次打印，并将最终打印成果的桥梁实体提交作为第三周的阶段性成果。

### 3.4.4. 第四周：承重测试与反思汇报

该教学阶段的核心任务是对打印好的桥梁实体进行承重测试、并进行反思与汇报展示。在此过程中，教师需要提前准备砝码等测试工具与数据记录表、引导学生按顺序进行成果展示并进行自评与互评；学生进行桥梁承重测试，并记录最大承重数据，讲解桥梁设计理念与过程，完成评价；最后，学生利用“复盘教练”AI Agent 整理全过程数据，完成知识图谱的构建与反思日志的记录，完成知识的内化。

### 3.5. 模拟测试验证

本研究采用模拟测试的方法验证该教学模式的可行性，研究者以专家用户的身份模型初中生视角进行课程设计的全流程体验。结果表明该多智能体系统具备良好的知识解释与技术支持功能，最终产出的桥梁 3D 模型与打印的桥梁实体如图所示。



图 2 桥梁 3D 数字模型与实体模型图

## 4. 总结与展望

本研究立足于当前 STEAM 教育实践中的困境，尝试将多智能体系统引入教学实践，探索人机协同背景下的新型教学路径。以桥梁设计与建造为具体项目载体，融合 3D 打印等现代技术手段，设计包含四个递进环节的课程体系。这一教学设计已在模拟环境中完成了初步验证。在师资力量有限、个性化指导难以落实的环境中，具备较强的实践意义和推广潜力。当然，本研究仍有不足之处。目前的教学模式尚未经过真实中学课堂的检验，缺乏来自一线教学实践的数据支撑。后续将推进该模式在实际教学环境中的准实验研究，评估其对学生多维素养的实际影响，以期为 STEAM 教育的本土化实践提供更具操作性的参考方案。

### 资助

本研究由 2021 年国家社会科学基金重大项目支持（项目编号：21&ZD238）

### 参考文献

- 袁磊,郑开玲 & 张志.(2020).STEAM教育:问题与思考.开放教育研究,26(03),51-57.  
伍顺比 & 杨文正.(2025).教育场域中AI认知依赖形成机制与缓释路径——认知生态学的审思.电化教育研究,46(12),63-70.

- Hollan, J., Hutchins, E., & Kirsh, D. (2000). Distributed cognition: Toward a new foundation for human-computer interaction research. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 7(2), 174–196.
- Piaget, J. (2013). *The moral judgment of the child*. Routledge. (Original work published 1932)
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Xi, L., Zhang, Y., & Wang, Q. (2025). Investigating the effects of an LLM-based Socratic conversational agent on students' academic performance and reflective thinking in higher education. *Computers & Education*, 105494.