

# AI 教学代理支持的新工科跨学科 PBL 环境构建

叶蓓\*, 李一波

广东培正学院数据与计算机学院, 广东广州, 中国

\*通讯作者

**【摘要】**新工科建设推动本科教学向复杂问题解决能力培养转型, 但跨学科项目式学习 (PBL) 在实施中面临情境失真、教师支持稀缺、评价虚化与系统生态断裂等困境。本研究采用理论建构与系统设计相结合的方法, 剖析 AI 教学代理嵌入新工科跨学科 PBL 的功能定位与构建路径。研究提出以“智能认知支架”与“动态过程调节者”为核心角色, 构建“情境层—过程层—评价层”三位一体的环境框架: 多代理角色仿真破解情境简化, 全周期智能脚手架扩展教师指导边界, 多模态数据图谱实现能力发展的可循证评价。研究认为, AI 教学代理的深度融入有赖于人机协同中教师主导权的坚守, 技术应从“辅助工具”升维为“结构性要素”, 为新工科人才培养提供可持续的数字化解决方案。

**【关键词】**AI 教学代理; 新工科; 跨学科 PBL; 环境构建; 人机协同

## 1. 引言

在全球科技革命与产业变革深度融合的背景下, 新工科建设正推动本科教学从“标准化知识传授”向“复杂问题解决能力培养”转型。跨学科项目式学习 (PBL) 因其真实情境、多学科整合与高阶能力培养特征, 成为新工科改革的关键路径[1]。然而, 传统 PBL 实施面临三重现实困境: 一是问题情境失真, 真实、动态的跨学科工程问题难以在有限课堂时空内低成本构建, 学生缺乏与多元利益相关者的深度交互机会, 导致问题理解表面化、学习动机不足[2]; 二是过程支持缺位, 单一教师难以精通多学科领域, 无法为各小组提供及时精准的认知支持与过程反馈, 学生常因“学科节点卡壳”而陷入停滞[3]; 三是评价反思虚化, 过程性数据缺失使评价依赖最终成果, 难以引导基于证据的元认知反思与能力迭代[4]。

与此同时, AI 教学代理在个性化辅导、动态内容生成等方面展现出潜力, 现有研究已证实其在单一学科答疑、路径推荐中的效果[5,6]。但当前实践大多将 AI 教学代理定位为“辅导工具”, 其与新工科跨学科 PBL 这种高度复杂、动态协作的学习生态深度融合方面, 尚存在理论设计与实践验证的双重空白[7]。如何超越辅助性定位, 将 AI 教学代理系统性地嵌入 PBL 核心流程, 以智能体协同方式动态构建问题情境、提供跨领域支持并记录学习过程数据, 成为亟待探索的课题。基于此, 本研究聚焦新工科本科教学场景, 探

索 AI 教学代理支持的跨学科 PBL 环境构建路径, 以期技术赋能复杂工程能力培养提供实践参照。

## 2. 新工科本科跨学科 PBL 的现实困境

项目式学习 (PBL) 作为培养本科生创新、协作与复杂问题解决能力的理想路径, 已成为新工科改革的关键举措[1]。然而, 当其从理想蓝图走向教学实践时, 却遭遇了一系列根深蒂固的现实困境。

### 2.1 情境创设之困: 从“真实复杂”到“简化模拟”的落差

跨学科 PBL 的核心魅力在于“真实性”, 但本科课堂的有限时空与资源约束使高质量情境构建极为困难。许多所谓跨学科项目实质仍是单一学科问题的简单延伸或拼盘式组合, 问题被过度简化, 剥离了现实世界固有的不确定性、模糊性和动态性, 沦为拥有明确单一答案的“伪项目”[8]。学生无法体验从模糊需求到明确定义问题、再到综合权衡解决方案的真实工程流程, 培养的仍是“解题”能力而非“解难题”能力。此外, 真实跨学科问题解决必然涉及与多元利益相关者的持续沟通与博弈, 但课堂中这些角色通常由教师一人扮演或完全缺席, 学生难以练习在多元观点冲突中推进工作的关键能力, 对技术方案的社会接受度与伦理影响理解肤浅[9]。

### 2.2 过程支持之困: 教师“全能导师”假设与指导资源的稀缺

跨学科 PBL 对教师角色提出了近乎苛刻的要求, 但“全能导师”假设在实践中面临严

峻挑战。没有任何一位教师能精通项目所涉全部学科领域，当学生在交叉点上遇到认知障碍时，教师往往只能提供方向性建议，难以给予及时、精准的学科知识脚手架支持，导致学生长期“卡壳”、项目推进缓慢[3]。更关键的是，面对规模化教学与个性化需求的矛盾，教师的时间和精力被极度稀释，反馈变得稀疏、笼统且严重滞后，常错过最佳干预时机[10]。同时，本科学子普遍缺乏复杂项目管理与高效协作的经验，而教师因关注学术成果或缺乏系统培训，往往无力对小组过程管理提供深入辅导，协作学习目标落空，甚至因团队内部矛盾导致项目失败。

### 2.3 能力评价之困：从“结果评判”到“过程洞察”的鸿沟

受传统考试文化影响，评价往往过度聚焦最终的项目报告或产品，而更为宝贵的问题重构能力、迭代优化思维、跨学科知识整合策略等过程性素养，因难以被直接观测和量化而被严重忽略[11]。这无形中引导学生只关心最终成果的“包装”，而非过程中思维的锤炼。此外，评价量表常流于宽泛，缺乏具体行为证据的支持，学生究竟如何进行跨学科知识迁移、在团队争论中扮演何种角色、经历怎样的试错与调整等关键过程数据普遍缺失，使评价带有主观性和模糊性[12]。评价通常由授课教师独立完成，缺乏项目所模拟的真实客户、用户等外部视角验证，容易陷入学术自洽的循环[11]。

### 2.4 系统生态之困：孤立实践与可持续支撑的断裂

跨学科 PBL 的有效实施需要教学管理系统的协同支持，但传统学期制、固定课时、学分分配与 PBL 所需的弹性化、长周期投入存在根本矛盾，项目进度常被硬性教学节点切割[8]。学分认定往往只归属某一主持院系，难以合理体现跨院系师生的贡献，打击了协同教学积极性[13]。同时，教师考核、职称晋升均以院系和学科为单位，参与跨学科教学缺乏制度性激励，使得跨学科教研共同体“组建难、维持更难”。在高等教育资源普遍紧张背景下，高质量 PBL 需要持续经费投入与高昂师生时间成本，若无明确证据表明其在培养学生核心竞争力上显著优于传统教学，便很难获得持续资源倾斜，陷入“因资源不足而效果不佳，因效果不佳而更无资源”的恶性循环[13]。

## 3. AI 教学代理的支架功能定位

在本科跨学科 PBL 中，AI 教学代理的核心角色并非替代教师的专业判断或学生的自主探究，而是作为“智能认知支架”与“动态过程调节者”深度嵌入学习全周期。这一角色定位的理论基础源于建构主义学习理论中的“最近发展区”概念，以及智能教育领域中“支架式教学”与“元认知支持”的研究[1]。其根本目的在于，将传统 PBL 中依赖教师个人经验的、隐性的、难以规模化的指导策略，转化为由智能代理支持的、显性的、可数据驱动的系统性支持，从而扩展教师的指导能力边界，并为学生提供持续、个性化、低门槛的认知脚手架。

如表 1 所示，基于 PBL 全周期，AI 教学代理的支架功能可具体定位为：

表 1. AI 教学代理的支架功能定位

PBL 阶段	代理功能定位	具体支架行为
问题澄清	情境化与问题化支架	推送多维度真实案例库，引导思维导图进行问题分解，通过追问协助需求分析
方案设计	资源整合与思维拓展支架	智能推荐跨学科知识图谱，推荐研究方法工具，对方案进行逻辑自洽性预判
协作探究	过程监控与协作催化支架	追踪小组任务进度，检测停滞或冲突时推送提示性问题，提供协作角色优化建议
成果整合	元认知与反思升华支架	生成个人/小组学习画像，可视化知识掌握轨迹，通过结构化提问触发深度反思

在问题澄清阶段，代理可充当虚拟“领域专家”或“用户代表”，提供持续的情境信息输入，帮助学生完成从“模糊兴趣”到“可探究问题”的转化，破解“概念抽象”与“学科孤岛”困境[8]。在方案设计阶段，代理作为“资源动态生成者”，根据学习需求实时生成多样化资源并动态调整供给方向，弥补学生跨学科知识储备不足和教师单一学科视野的局限[1]。在协作探究阶段，代理使隐性的团队过程“可视化”，在小组停滞或消极沉默时进行干预，重新激活思考[14]。在成果整合阶段，代理构建“知识状态—行为过程—任务表现”的因果解释链，为反思提供结构化证据，支持学生元认知能力发展[12]。

通过上述四阶支架功能，代理能够将教师从繁重的过程监控和基础答疑中解放出来，使其专注于教学目标设定、高阶思维点拨等核心工作；同时为学生提供始终在线、

智能适配的"学习伙伴",保障其在复杂跨学科探索中不迷失方向。

#### 4.跨学科 PBL 环境构建路径

为系统性地破解新工科本科跨学科 PBL 的现实困境,本研究提出一个以"AI 教学代理"为核心驱动力、以"情境-过程-评价"一体化重构为目标的跨学科 PBL 环境构建路径。该路径旨在将智能技术从辅助工具升维为学习生态的"结构性要素",通过构建一个由智能代理协同驱动的动态、可循证的学习环境,实现 PBL 从"简化模拟"到"深度沉浸"、从"粗放管理"到"精准支持"的范式跃迁。具体构建路径围绕以下三个核心层面展开。

##### 4.1 情境层:构建"多代理角色仿真"的动态问题场域

传统 PBL 情境的"失真"与"静态"问题,根源在于缺乏能与学生持续交互的多元智能体。本路径的首要任务是构建一个由多个专业化 AI 教学代理共同构成的动态问题场域,以模拟真实工程实践中的复杂社会环境。

设计多元角色代理集群:依据项目主题,预先设计并部署一组具有不同职能与知识背景的虚拟角色代理。例如,在一个"智慧城市低碳交通系统"设计中,可设置:(1)市民代理,代表不同出行需求的群体,持续提供感性反馈与个性化诉求;(2)政府规划师代理,提供政策法规约束、预算限制与公共利益权衡视角;(3)环境专家代理,内置领域知识图谱,可回答技术可行性、碳排放测算等专业问题;(4)企业经理代理,关注技术成本、商业模式与供应链韧性。这些代理共同构成一个动态的"社会仿真系统"。

实现基于规则的动态情境演化:代理的行为并非预设脚本,而是基于规则引擎和轻量级模拟模型。学生的设计方案(如提议新建地铁线路)将作为输入,触发不同代理的连锁反应:市民代理可能生成满意度调查数据,政府代理可能调整财政预算模型,环境代理则更新碳排放预估。这种动态响应机制使学习情境从"静态布景"变为"活生生的实验场",迫使学生在不确定性中迭代方案,深刻体验工程决策的复杂性与权衡艺术[8]。

提供沉浸式情境入口:通过大屏或混合现实设备呈现代理互动与数据沙盘,增强学生的社会临场感与情境卷入度,有效激发内在学习动机与责任感。

##### 4.2 过程层:部署"全周期智能脚手架"的认知支持网络

针对教师支持不足与学生过程迷茫的困境,本路径将 AI 教学代理定位为贯穿 PBL 全周期的"智能脚手架",形成一张覆盖从元认知到具体技能的认知支持网络。

问题定义阶段的"思维结构化"支持:在学生面对模糊问题时,问题澄清代理通过交互式对话,引导学生运用计算思维进行问题分解。例如,它会追问:"你所说的'交通拥堵'具体指哪个时段、哪个路段?"改善的目标是提高通行效率,还是提升居民幸福感?"同时,它可推送类似案例的历史数据与解决方案,帮助学生锚定问题边界,完成从"现象"到"可解工程问题"的关键转换。代理在推送案例前,强制要求学生先提交初步思路,防止认知外包。

方案探究阶段的"跨学科知识"按需推送:当学生在设计中遇到陌生领域的知识瓶颈时,资源导航代理发挥作用。它并非直接给出答案,而是基于对学生当前任务和对话上下文的理解,从集成的跨学科知识图谱中,精准推荐核心概念解释、关键学术文献、相关技术标准或开源工具教程。例如,当学生考虑电池技术时,代理会同时推送电化学原理、成本曲线分析及回收政策,实现"在需要时提供恰到好处的知识"。

团队协作阶段的"过程性调节"与预警:协作协调代理实时监控小组的在线协作空间,运用自然语言处理技术识别潜在的协作风险点。当检测到任务进度严重滞后、讨论陷入循环或成员贡献严重不均时,代理会主动介入,以中立第三方的身份发出结构化提示,如:"关于'技术选型'的讨论已持续三天但仍未决议,是否需要我协助梳理一份决策矩阵?" "数据显示 A 同学承担了 80% 的文档工作,是否需要重新评估任务分配?"。这为团队自我调节提供了客观依据。

##### 4.3 过程层:部署"全周期智能脚手架"的认知支持网络

为克服结果导向评价的弊端,本路径的核心是利用 AI 代理全流程伴随产生的多模态数据,构建聚焦能力发展的形成性评价体系。

全流程多模态数据自动采集:系统自动采集学生在与环境交互过程中产生的结构化数据(如与各代理的对话日志、调用的知识资源、方案迭代版本)、协作行为数据(如任务完成时序、沟通频次与内容)以及成果物数据(如设计文档、模型、代码)。这些

数据共同构成了学生能力发展的数字足迹。

基于证据的能力维度动态刻画：通过数据分析模型，将上述原始数据映射到跨学科PBL的核心能力维度上。例如：

复杂问题解决能力：通过分析问题定义的迭代次数、方案修改所回应的约束类型数量来刻画。

跨学科整合能力：通过统计其在方案中援引的不同学科知识点的数量与深度来评估。

协作领导力：通过分析其在团队沟通中的倡议、调解、总结等言语行为比例来衡量。

最终生成可视化的"个人/团队能力发展图谱"，动态展示各项能力在整个项目周期中的演进轨迹。

促进元认知的结构化反思引导：在项目关键节点或结束时，反思引导代理基于能力发展图谱，向学生和教师推送定制化的反思问题。例如，针对在"权衡决策"维度表现波动较大的学生，代理会提问："回顾第三周，你在成本与性能的权衡上改变了三次主意，主要影响因素是什么？"这引导学生将隐性的决策过程显性化，进行深度元认知。同时，图谱也为教师提供了超越最终报告的过程性评价依据，使评分更能反映真实的学习付出与成长。

## 5. 结语

AI 教学代理支持的跨学科 PBL 环境构建，本质上是技术逻辑与新工科教育逻辑的深层结合过程。本文从情境创设、过程支持、能力评价与系统生态四个维度，剖析了新工科本科跨学科 PBL 的现实困境，并据此提出"情境层—过程层—评价层"三位一体的环境构建路径：以多代理角色仿真破解情境失真，以全周期智能脚手架扩展教师指导边界，以多模态数据图谱实现能力发展的可循证评价。

需要强调的是，技术赋能的终极指向并非以 AI 替代教师，而是通过"人机协同"释放教师创造力，使其更专注于高阶思维点拨、价值引领与情感互动等不可替代的教育使命。AI 教学代理的角色应始终锚定为"认知支架"与"过程调节者"，而非"问题解答者"或"方案决策者"。同时，任何环境构建都必须以循证研究为基座，警惕在证据匮乏条件下盲目规模化推广。

作为教育技术领域的实践者，我们既需

保持对智能技术前沿的敏锐洞察，更需坚守工程教育的本质立场。未来研究可进一步聚焦特定新工科专业集群，开展设计型研究，在迭代中优化代理的支架精度与协同效能；亦可探索师生与代理长期互动的适应性演化机制，推动技术从"环境构件"成长为"教育生态"的有机组成，为新工科创新人才培养提供可持续的数字化解决方案。

## 参考文献

- [1] 谷飞.从知识传递到认知共生：AI 时代教与学关系的重构逻辑[J].安康学院学报, 2026, 38 (02): 96-104.
- [2] 任芷乐.初中人工智能通识教育三轮迭代 PBL 模式探索——以“汉服智能识别系统”项目为例[J].中国信息技术教育 2026, (07): 48-51.
- [3] 王成蓉, 陈娟, 陈虹君.基于 Coze 平台的 AI Agent 设计与教学效能提升研究[C]//中国智慧工程研究会.2025 教育教学创新发展经验交流会论文集(上册).成都锦城学院电子信息学院;2025: 129-131.
- [4] 邹沁, 马晓焉, 孙丽超, 等.融合人工智能与成果导向教育理念的“基因工程”智慧课程构建与教学实践[J].生物工程学报, 2026, 42 (03): 1413-1423.
- [5] 苏俊, 凌明胜.生成式人工智能赋能的混合教学辅助平台在高校课堂中的应用研究[J].中国信息化, 2026, (01): 112-113.
- [6] 徐丹, 史金龙, 钱强, 等.大模型与智能体赋能的教学会话辅导系统实践探究[J].实验室研究与探索, 2026, 45 (01): 161-167.
- [7] 陈默, 杨玉辉, 杨清元, 等.智能体赋能高等教育变革：基于 DeepSeek-R1 的范式重构与“浙大先生”实践探索[J].现代教育技术, 2025, 35 (05): 111-118.
- [8] 任芷乐.初中人工智能通识教育三轮迭代 PBL 模式探索——以“汉服智能识别系统”项目为例[J].中国信息技术教育, 2026, (07): 48-51.
- [9] 谢鑫, 陈沅涛, 罗莉霞, 等.基于智能体编程的智创编程教学模式探索[J].软件导刊, 2026, 25 (03): 47-56.
- [10] 朱琼瑶, 李辉东.多智能体协同的个性化教学设计与实践[J].办公自动化, 2026, 31 (05): 35-37.
- [11] 邹沁, 马晓焉, 孙丽超, 等.融合人工智

能与成果导向教育理念的“基因工程”智慧课程构建与教学实践[J].生物工程学报, 2026, 42(03): 1413-1423.

[12]孙新杰, 刘淇, 张凯, 等.2T-Agent: 生成式智能体驱动的教师思维认知诊断框架[J].计算机学报, 2026, 49(03): 574-590.

[13]熊先兰, 甘宇欣, 黄颖, 等.数智赋能高

校智慧教学生态系统的构建与应用研究——以“组织设计与工作分析”课程为例[J].当代教育理论与实践, 2024, 16(05): 31-39.

[14]洪朝宗.基于信息科技新课标的人工智能体教学支架应用实践研究[J].信息与电脑, 2026, 38(06): 192-195.