

双图谱驱动的新兴交叉学科概论课定位重构与教学改革

——以智能建造概论课智慧教学为案例

孙 琦

宁波大学土木工程与未来城市学院, 浙江 宁波

收稿日期: 2026年9月6日; 录用日期: 2026年10月7日; 发布日期: 2026年10月14日

摘 要

智能建造等新兴交叉学科概论课承担着帮助学生建立专业认知框架、激发职业兴趣的重要功能,但在实际教学中普遍面临知识边界模糊、学生先修基础差异大、内容更新快、标准化资源适配性差等共性问题。其深层根源在于课程定位不够清晰,导致内容选择随意,同时技术工具与教学设计之间缺乏实质融合。本文以宁波大学《智能建造概论课》为例,依托图谱与人工智能技术的协同,提出双图谱驱动的改革方案。知识图谱以五大技术群系统组织教学内容,回答教什么的问题;能力图谱以四项能力目标和八项子能力对接毕业要求,明确为何教以及教到何种程度。两者共同将课程定位调整为专业认知、技术体验与职业启蒙三位一体,并在此基础上设计五项项目式学习任务,引入专属智能体作为辅助教学工具,配合翻转课堂和行业实践,形成完整的教学闭环。学生在技术认知的系统性和跨学科理解能力方面均有明显提升,为新兴交叉学科概论课从技术嵌入到教学方法重构提供了可参照的实践样本。

关键词

智能建造, 知识图谱, 能力图谱, 智慧课程, 新兴交叉学科, 教学方法

Repositioning and Teaching Reform of an Emerging Interdisciplinary Introduction Course Driven by Dual Knowledge Graphs

—A Case Study of Smart Teaching in the Introduction Course to Intelligent Construction

Qi Sun

School of Civil Engineering and Future Cities, Ningbo University, Ningbo Zhejiang

Abstract

Introductory courses on emerging interdisciplinary fields such as smart construction play a crucial role in helping students establish a professional cognitive framework and spark career interest. However, in actual teaching practice, these courses commonly face shared challenges, including blurred knowledge boundaries, significant variations in students' prior knowledge, rapidly evolving content, and a lack of standardized, suitable resources. The root cause lies in an unclear course positioning, which leads to arbitrary content selection and a lack of substantive integration between technological tools and instructional design. Taking Ningbo University's "Introduction to Smart Construction" course as an example, this paper proposes a reform plan driven by dual knowledge maps, leveraging the synergy between knowledge maps and artificial intelligence technologies. The knowledge map systematically organizes course content into five major technology clusters, addressing the question of "what to teach"; the competency map aligns four competency objectives and eight sub-competencies with graduation requirements, clarifying "why to teach" and "to what extent". Together, these two frameworks realign the course's focus toward a trinity of disciplinary understanding, technical experience, and career orientation. Building on this foundation, five project-based learning tasks are designed, incorporating a dedicated AI agent as a teaching aid. Combined with the flipped classroom model and industry practice, this approach forms a complete teaching cycle. Students demonstrate significant improvements in both the systematic understanding of technology and their interdisciplinary comprehension abilities, providing a practical model for introductory courses in emerging interdisciplinary fields to transition from mere technological integration to a fundamental restructuring of teaching methodologies.

Keywords

Intelligent Construction, Knowledge Graph, Capability Graph, Smart Curriculum, Emerging Interdisciplinary Fields, Teaching Methods

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

教育数字化作为驱动教育体系变革的关键力量，其基础性、全局性地位已形成广泛共识[1]。当前高等教育数字化正从资源建设阶段走向教学形态的系统性重塑[2]。与此同时，新质生产力的发展对复合型创新人才提出了更高要求，智能建造、智能制造等新兴交叉学科领域尤其需要具备跨学科思维和前沿技术应用能力的毕业生[3]。

智能建造专业是教育部于 2018 年批准设立的新工科专业，其概论课在专业培养方案中居于基础性地位，既承担着呈现学科全貌、激发学习动力的任务，也为后续装配式结构智能化设计、智能施工、智能运维等方向课程提供认知铺垫[4]。这门课程的知识体系具有显著的跨学科特征，内容迭代频繁，学生背景差异较大，这些特点与同类新兴交叉学科概论课高度一致，使其具备典型的研究价值。

然而，这类课程在实际运行中暴露出内容广度有余而深度不足、理论讲述与实践体验脱节、前沿技术不易被低年级学生理解、以及与前后续课程的衔接不够清晰等问题[5]。深入分析可以发现，这些现象

的根源在于课程定位本身不够明确，导致内容组织缺乏内在逻辑，同时技术手段的引入多停留在展示层面，未能真正融入教学设计。本文以智能建造概论课的知识图谱与能力图谱建设为依托，探讨双图谱如何驱动课程定位的重构，试图打通技术赋能与教学设计的隔阂，构建一种以图谱为框架、以任务为牵引、以智能体为辅助的智慧课程教学新形态。

2. 新兴交叉学科概论课的定位困境与痛点诊断

从课程定位、知识体系、教学目标、学生特征和资源条件五个维度来看，智能建造概论课所遭遇的困难可以归纳为四个相互关联的痛点。

第一个痛点是内容覆盖面过大导致学习流于表面。该课程通常设置绪论、技术支撑、常用设备、智能规划设计、智能生产施工、智能运维、智慧基础设施、发展展望等八个模块，试图在三十四五学时内将建筑信息模型、数字孪生、物联网、人工智能、建筑机器人等技术一一涉及。结果是每个知识点只能蜻蜓点水，学生结课后对各项技术的印象往往停留在术语层面，难以形成对智能建造整体架构的把握。其本质在于交叉学科的知识边界尚未厘清，内容组织缺少一条贯穿始终的逻辑线索。

第二个痛点是理论教学与实践体验之间存在明显断裂。课程中讲授的智能建造技术，如建筑信息模型软件、物联网实验设备、施工机器人等，因成本高昂或场地限制，多数学生无法在课堂中实际接触和操作，导致技术应用场景与课堂教学情境错位。这种脱节并非单纯的资源匮乏，而是教学目标的设定仍以知识传递为主，没有将技术体验作为能力培养的必要环节纳入设计。

第三个痛点是前沿内容与学生现有认知基础之间的落差。智能建造领域技术更新迅速，教材往往滞后于产业现实，而大一学生普遍缺乏土木工程和编程方面的预备知识。例如，讲授人工智能辅助决策时，学生尚未接触机器学习的基本概念，难以理解深度学习在结构健康监测中的具体作用；讲授智能施工时，学生尚不具备施工工艺的基础，智慧工地的讨论便缺少工程语境支撑。这种矛盾反映出课程缺少根据学生认知水平进行分层递进的策略。

上述痛点带来更深层次的问题是课程定位模糊导致与前后续课程的衔接不畅。概论课与先修课程如土木工程概论在内容上存在重复，与后续的智能施工、智能运维等课程在深度边界上也缺乏明确划分。课程目标偏重知识介绍，缺少对学生能力发展的具体描述，致使教学结束后难以衡量学生在能力层面的实际收获。这个痛点实际上是前三个痛点的共同根源，定位不清晰直接造成内容选择缺乏依据、实践环节可有可无、难度梯度无从设定。四者之间的传导关系如图 1 所示。

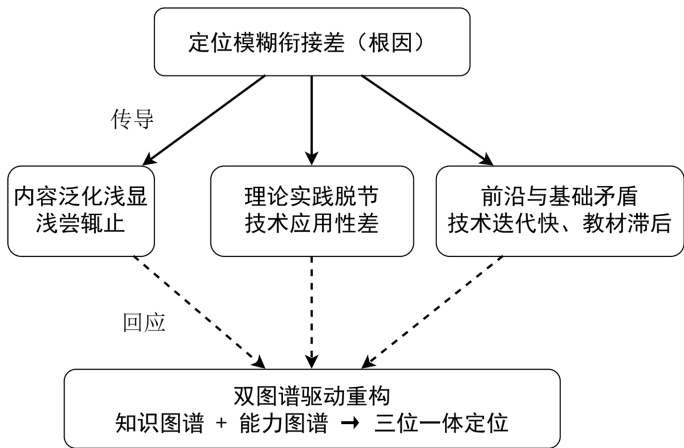


Figure 1. Four major pain points relationship diagram for the introduction to emerging interdisciplinary courses
图 1. 新兴交叉学科概论课的四大大痛点关系图

针对新兴交叉学科概论课的教学改革, 课程设计理论、能力本位教育(CBE)及教育知识图谱提供了重要理论支撑。课程设计中, 泰勒的目标、内容、方法、评价经典框架与威金斯、麦克泰格强调以预期学习成果为导向的逆向设计, 为从能力目标反推教学组织提供了直接启发。CBE 理念将学习成果明确为可观测的能力指标并驱动教学, 这与新工科专业认证的毕业要求契合。教育知识图谱方面, 已有研究多聚焦于知识点的结构化呈现, 鲜有将知识图谱与能力培养目标系统对接并嵌入 AI 辅助教学的实践。基于此, 本研究提出双图谱驱动模型, 在知识图谱的结构化组织基础上引入能力图谱作为评价标尺, 使知识内容与能力发展形成映射, 并借助 AI 智能体实现动态交互。这一模型既是对 CBE 理念的呼应, 也是对教育知识图谱应用边界的拓展, 试图在教什么与学到什么之间建立直接可操作的桥梁。

3. 双图谱驱动的智慧课程定位重构

3.1. 知识图谱构建：结构化知识组织

针对内容泛化、前沿与基础的矛盾等痛点, 本研究依托智慧树平台构建了知识图谱。图谱串联技术基础、系统应用、工程实践, 将课程涉及的交叉学科知识点归纳为五个技术群, 如图 2 所示。第一个是建模与仿真交互技术群, 包括建筑信息模型、地理信息系统、数字孪生和扩展现实等, 对应智能建造实践中的虚拟映射和可视化问题。第二个是泛在感知与物联技术群, 涵盖第五代移动通信、物联网、云计算和区块链等, 对应现场数据采集与传输需求。第三个是人工智能辅助决策技术群, 涉及大数据、人工智能和机器学习等, 负责数据分析和优化决策。第四个是智能建造装备技术群, 包含智能穿戴设备、立体扫描打印设备和建筑机械等, 侧重于物理执行层面。第五个是低碳新材料与智能实验技术群, 结合课程教师的科研方向, 纳入环保材料和土工实验智能分析等内容, 回应绿色建造的时代要求。

在五个技术群的基础上, 知识图谱按照智能建造全生命周期将课程内容组织为八个教学模块, 从绪论的总括出发, 经由技术支撑和常用设备的铺垫, 进入智能规划设计、智能生产施工、智能运维等应用环节, 再延伸到智慧基础设施的领域视野, 最后以发展展望收尾, 形成总 - 分 - 总的闭环。每个模块都能对应到特定的技术群, 每个技术群也能在工程场景中找到应用落点, 从而避免了技术知识点的孤立或堆叠。知识图谱的可视化呈现和个性化学习路径推荐功能, 也为不同基础的学生提供了差异化支持, 在一定程度上缓解了内容迭代快和边界模糊带来的困难。

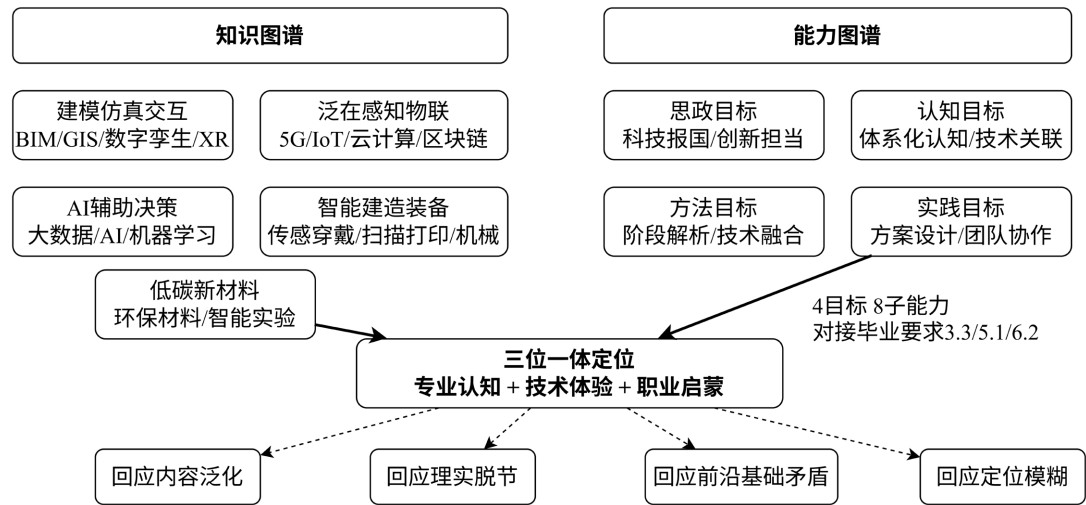


Figure 2. Five major technology groups of knowledge graph and eight-module system diagram for the full lifecycle
图 2. 知识图谱五大技术群与全生命周期八模块体系图

3.2. 能力图谱设计：能力导向的课程定位

针对定位模糊和理论实践脱节的问题，本研究设计了能力图谱，将课程目标从知识传授转向能力培养，并直接对接毕业要求指标点，使课程定位从笼统变得可衡量。能力图谱设定了四项能力目标和八项子能力。思政目标聚焦科技报国使命和工程创新担当，对应毕业要求指标点 6.2；认知目标强调智能建造体系化认知和技术关联分析，对应指标点 3.3；方法目标关注阶段能力解析和共性技术融合应用，对应指标点 5.1；实践目标着重问题解决与方案设计、团队协作与技术沟通，对应指标点 3.3 和 5.1。认知目标由知识图谱提供内容支撑，方法目标与实践目标则通过项目式学习任务加以落实。能力图谱的另一优点在于，当专业培养方案调整时，各项子能力和指标点可以在平台上灵活修订，保持与毕业要求的动态匹配。

3.3. 三位一体定位重构：融通技术赋能与教学设计

知识图谱与能力图谱的协同作用，将课程定位重构为专业认知、技术体验与职业启蒙三个维度的统一。专业认知由知识图谱承载，通过五个技术群和八个模块帮助学生搭建系统化的技术框架，如图 3 所示；技术体验通过项目式学习任务实现，使学生在解决具体问题中感知技术的实际应用；职业启蒙通过产教融合案例完成，通过行业真实情境引导学生建立工程意识和职业方向。三个维度之间相互支撑：知识图谱为技术体验提供概念基础，技术体验为职业启蒙积累感性经验，职业启蒙反之强化认知的动机和意义。双图谱的联合使用，使得技术工具作为组织逻辑和评价依据，融合于课程结构之中，从而有助于破解技术与教学两张皮的问题。

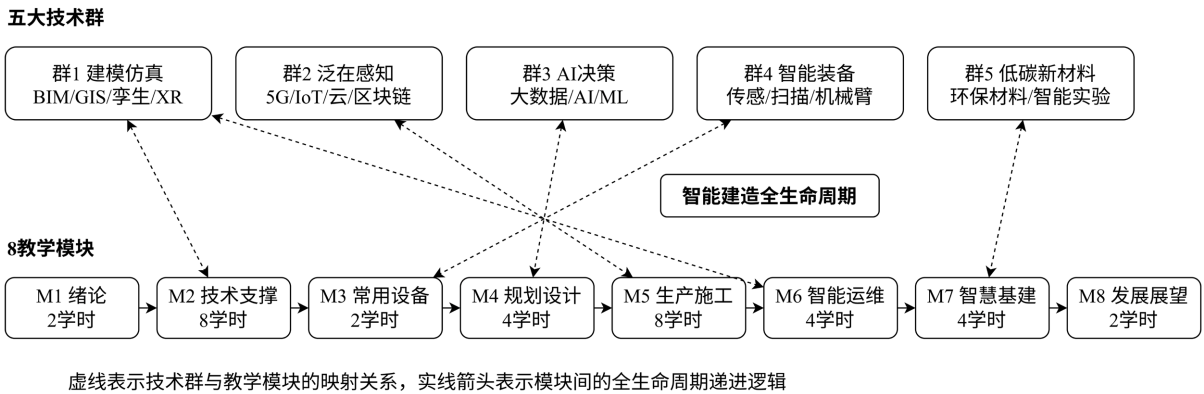


Figure 3. Dual-graph-driven smart course positioning and reconfiguration framework diagram
图 3. 双图谱驱动的智慧课程定位重构框架图

4. 任务驱动与 AI 智能体辅助的智慧教学模式创新

4.1. 五项项目式学习任务设计

基于重构后的课程定位，本研究设计了五个项目式学习任务，分别对应不同的能力目标和知识群。任务一要求学生利用通用大语言模型的长文本处理能力，在课程 AI 助教的帮助下梳理智能建造的发展趋势和核心技术范畴，对应认知目标和建模仿真技术群。任务二围绕智慧教室的物联网三层架构展开，在通用大模型和 AI 智能体辅助下完成方案设计，对应方法目标和泛在感知物联网技术群。任务三结合课程自建的智能体“智能安全帽设计助手”，进行建筑工地智能安全帽的技术调研和推广策略设计，对应实践目标和智能建造装备技术群。任务四为智能规划算法的文献调研与汇报展示，鼓励学生借助大模型和课程智能体“复杂算法问题分析助手”理解技术术语，对应方法目标和 AI 辅助决策技术群。任务五要求综

合运用感知层、网络层和应用层的知识，结合课程智能体“小智建”和“mermaid 图表代码”完成智慧工地的技术架构设计方案，对应实践目标和多个技术群的融合应用。五个任务在难度上呈梯度递进，在内容上覆盖了课程的主要技术板块，同时每个任务都嵌入了一定程度的 AI 辅助环节，旨在降低低年级学生的跨学科门槛，并提高学生的人机协作能力。在教学实施中，应明确要求学生以课程专属智能体及配套垂直智能体为首选辅助工具，而非直接调用通用大模型，以确保技术讨论的学科准确性和与课程目标的匹配度。

4.2. 课程专属智能体：智能引擎嵌入教学全流程

针对学生跨学科技术理解困难的问题，本研究开发了课程专属 AI 智能体“小智建”，将其定位为具有工程师视角和数字建造专长的辅助教学角色。小智建强调工程实践导向，擅长分解流程、绘制结构图和讲解逻辑关系。其功能集中在五个方面：跨学科基础技术的深度解析，能从底层原理上拆解建筑信息模型到结构健康监测的完整技术链；工程场景化解释，能将抽象概念置入真实的工地情境中加以说明；系统结构与流程的可视化拆解，能够生成架构图和数据流图辅助理解；相近概念的对比辨析，例如区分数字孪生与建筑信息模型、物联网与传感网；以及项目式学习任务的辅助，包括分解任务步骤和提示思考方向，但不直接提供答案。与此同时，课程还针对 PBL 项目设计了功能更为聚焦的智能体，如智能安全帽设计助手、待优化的材料智能实验员等。

在技术实现上，“小智建”基于通用大语言模型构建，采用检索增强生成架构，其知识库主要来源为智慧树课程资源库，以使智能体的知识边界与课程内容高度对齐，其回答质量的优劣直接依赖于资源库的完整性与更新频率。在提示词设计上，为“小智建”设置了系统级角色指令及通用回答模式，同时针对五项 PBL 任务分别设计了子提示词模板，引导学生合理且结构化地使用人工智能辅助项目的开展。在实际教学互动中，小智建展现出可辨识的辅助效果，同时也暴露出一些局限，如当学生提问“BIM 和数字孪生有什么区别”时，“小智建”能够从不同角度给出对比，学生在后续报告中对该组概念的区分较为清晰；而当学生追问传感器型号时，模型因知识库未及时更新最新厂商产品信息而给出了略显陈旧的型号，且未提示可查询外部资料，反映出知识库迭代滞后和主动检索能力不足的缺陷，体现出其知识库更新周期难以匹配行业迭代速度的不足。后续可通过部署轻量级专用模型开展本地化运行、将知识库更新缩短并接入行业资讯源等方式进一步优化。

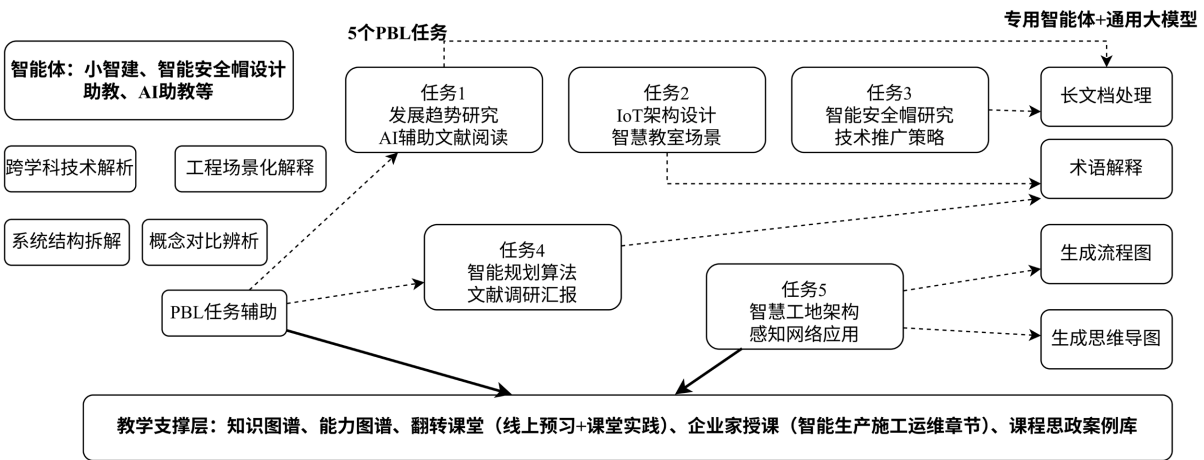


Figure 4. Task-driven and AI-agent-assisted smart teaching model diagram
图 4. 任务驱动与 AI 智能体辅助的智慧教学模式图

此外,“小智建”等课程专属智能体与项目式学习任务的配合方式,体现了技术与教学融合的设计意图。在任务启动阶段,智能体帮助学生理解任务涉及的技术概念和工程背景;在任务执行阶段,它提供原理解释和概念辨析,帮助学生克服跨学科障碍;在任务收尾阶段,它对学生的方案进行技术逻辑审查,指出可能的问题但不直接修改。课程还专门设计了一个“不完美”的智能体,要求学生结合数智时代对实验员的岗位能力需求,由学生结合课程知识和课外调研对其进行优化。此外,通用 AI 工具也被嵌入各任务环节,用于文献处理、术语查询、图表绘制和技术关系梳理等,形成多层次的人机协同学习环境。课程整体教学模式如图 4 所示。

4.3. 翻转课堂与行业授课

在项目式学习和智能体辅助之外,课程还采用了翻转课堂和行业专家授课作为补充。基础性技术章节采用线上预习加课堂讨论的方式,学生在智慧树平台上完成知识点学习,课堂时间用于实践体验和深度交流。应用性较强的章节,如智能生产施工和智能运维,邀请具有智能建造实践经验的行业专家共同授课或组织实地参观,带来真实的工程案例和行业最新动态,缩短课堂教学与产业实践之间的距离。课程同时建设了包含二十个案例的思政资源库,内容涵盖港珠澳大桥、抗洪救援装备等典型工程,覆盖大国工程、绿色发展和工程伦理等主题,在技术教学中自然融入价值引导。

5. 智慧课程建设成效与反思

双图谱驱动改革实施以来,该课程已建成融合知识图谱、能力图谱和 AI 辅助功能的智慧慕课平台,全国范围内选课高校达一百八十所,累计学习超过两万七千人次,在同类型课程中覆盖面较广。

在技术认知系统化方面,学生通过知识图谱的五技术群框架,开始有意识地从技术关联的角度理解智能建造,课堂讨论中能够主动将物联网技术与建筑信息模型联系起来分析,表明结构化组织方式对促进认知框架的形成具有积极作用。在跨学科技术理解方面,小智建的场景化解释和概念辨析功能帮助学生将抽象概念与工程实际挂钩。通过 AI 助教和智能体的辅助,学生的项目报告的完成质量有了明显改善,从泛泛而谈转向包含具体技术选型和架构设计的方案。例如任务五中,多数学生能够准确区分感知层、网络层和应用层的技术要素,并给出合理的选型理由。在课程思政层面,案例库的运用使技术学习兼具价值维度,学生在了解智能建造装备的同时接触到抗洪救援等现实应用场景,一定程度上增强了工程伦理意识和职业使命感。

从教学方法提炼的角度看,双图谱驱动的核心机制可以概括为知识图谱提供内容组织的逻辑框架,能力图谱提供目标导向的评判尺度,AI 智能体充当个性化学习支持工具,项目式学习任务作为实践能力的培养的载体。四个要素相互配合,形成从课程理解、知识组织、教学实施到效果迭代的闭环系统。

当然,本研究也存在明显的局限。目前的成效判断主要基于课堂观察、作业分析和学生反馈等质性材料,尚未进行系统的量化测评。后续研究将设计前后测对照实验,并利用智慧课程平台的全过程学习行为数据,收集更为稳健的实证证据。同时,AI 智能体的技术实现目前主要依赖提示词工程,尚未完成独立部署和性能优化,后续将进一步提升其响应准确性和交互自然度。

6. 结语

新兴交叉学科概论课的诸多教学困境,最终都可以追溯到课程定位本身的模糊性以及技术手段与教学设计之间的割裂。双图谱驱动策略的着眼点是用知识图谱为内容提供结构性逻辑,用能力图谱为目标提供可衡量的依据,使两者相互支撑,共同将课程从零散的知识介绍转变为认知建构、实践体验和职业引导的有机整体。这一转型的关键不在于引入多少技术工具,而在于让技术真正服务于教学目标的实现。智能建造概论课的改革实践表明,双图谱路径在提升学生技术认知的系统性和跨学科理解能力方面具有

实际效果，也为同类课程提供了从技术嵌入到方法更新的可行路线。后续可围绕如下方面展开：设计更加严格的量化评价方案，依托平台数据开展实证检验；持续优化智能体的能力边界和交互方式；推进基于知识图谱的数字教材建设，并探索产教融合的实体化合作机制，以期在更大范围内形成可验证、可推广的价值。

基金项目

宁波市教育科学规划重点课题(2026YZD08)；宁波大学教学研究重点项目(JYXM2026018)；宁波市甬江人才工程教育人才培养项目。

参考文献

- [1] 陈庆林. 新时代教师角色重构的实践路径——基于《中国教育现代化 2035》的文本分析[J]. 四川文理学院学报, 2025, 35(4): 155-160.
- [2] 艾兴, 陈永堂. 教育数字化转型背景下课堂教学形态的重构[J]. 杭州师范大学学报(社会科学版), 2023, 45(3): 74-82+88.
- [3] 于景华, 孙秀良, 高彦静, 等. 基于 InCites 和 ESI 的学科布局及新兴交叉学科领域分析[J]. 江苏科技信息, 2023, 40(13): 37-41.
- [4] 孙志莹, 刘金锋, 卜赫男. 智能制造工程专业学科交叉课程体系建设[J]. 山西青年, 2025(24): 19-21.
- [5] 周智武. 高校概论课教学困境及教学特色尝析[J]. 高教学刊, 2016(24): 88-89.