Advances in Education 教育进展, 2026, 16(11), 37-43
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ae
https://doi.org/10.12677/ae.2026.16112354

Hans汉斯

人工智能赋能《分析化学》智慧课程建设实践与范式启示

穆瑞花[1*]，任　燕[2]，安凤秋[1]，杜燕萍[1]，董祥芝[1]，惠昱辰[1]，蒲思川[1]

[1]西安工程大学环境与化学工程学院，陕西　西安
[2]西安工程大学教务处，陕西　西安

收稿日期：2026年9月30日；录用日期：2026年10月25日；发布日期：2026年11月2日

摘　要

在教育数字化转型与人工智能深度融入高等教育的背景下，《分析化学》AI智慧课程以“能力－问题－知识”三层知识图谱为骨架，以课程智能体与AI工具箱为引擎，以全过程学情数据为脉络，探索了一条“图谱驱动、智能协同、数据评价、混合育人”的课程建设路径。文章从顶层设计、五大应用场景、试运行成效、特色成果与范式启示五个维度，系统梳理该课程在资源建设、智慧助教、智慧助学、虚拟学习社区、智能管评等方面的实践进程，分析其“课前图谱预习－课中灵动互动－课后项目实践”的混合式教学闭环，并对AI智慧课程的可持续建设提出思考。

关键词

AI智慧课程，知识图谱，课程智能体，混合式教学，过程性评价

Practice and Paradigm Implications of AI-Empowered Smart Course Construction in *Analytical Chemistry*

Ruihua Mu[1*], Yan Ren[2], Fengqiu An[1], Yanping Du[1], Xiangzhi Dong[1], Yuchen Hui[1], Sichuan Pu[1]

[1]School of Environmental and Chemical Engineering, Xi’an Polytechnic University, Xi’an Shaanxi
[2]Academic Affairs Office, Xi’an Polytechnic University, Xi’an Shaanxi

Received: September 30, 2026; accepted: October 25, 2026; published: November 2, 2026

[*]通讯作者。

文章引用: 穆瑞花, 任燕, 安凤秋, 杜燕萍, 董祥芝, 惠昱辰, 蒲思川. 人工智能赋能《分析化学》智慧课程建设实践与范式启示[J]. 教育进展, 2026, 16(11): 37-43. DOI: 10.12677/ae.2026.16112354

Abstract

In the context of the digital transformation of education and the deep integration of artificial intelligence into higher education, the AI-empowered smart course of *Analytical Chemistry* takes a three-tier knowledge graph of "competency - problem - knowledge" as its backbone, course agents and an AI toolbox as its engines, and full-process learning data as its thread. It explores a course-construction pathway characterized by "graph-driven design, intelligent collaboration, data-based evaluation, and blended education". From five dimensions—top-level design, five application scenarios, trial-run outcomes, distinctive achievements, and paradigmatic implications—this study systematically reviews the course's implementation process in resource development, intelligent teaching assistance, intelligent learning assistance, virtual learning communities, and intelligent management and evaluation. It further analyzes the blended teaching loop of "pre-class knowledge-graph preview - in-class dynamic interaction - post-class project practice", and offers reflections on the sustainable development of AI-empowered smart courses.

Keywords

AI-Empowered Smart Course, Knowledge Graph, AI Course Agent, Blended Teaching, Process-Based Evaluation

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

《分析化学》是西安工程大学环境与化学工程学院面向化学工程与工艺专业开设的公共基础课，为一流本科课程，并已建有线上慕课，并依托智慧树平台启动 AI 智慧课程建设。传统《分析化学》教学存在知识体系庞杂、公式推导多、实验操作要求高、学生个体差异大等问题，教师重复性答疑与学情统计负担较重。AI 智慧课程建设并非简单“上线资源”，而是要以人工智能重构“教、学、评、管”全流程。该课程实践教学表明：知识图谱是课程的结构智慧，智能体是课程的人机协同接口，数据是课程迭代的反馈燃料，过程性评价则是课程质量的关键标尺[1]-[5]。

2. 以“能力－问题－知识”三层图谱重构课程结构

课程建设紧扣专业培养目标与毕业要求，构建了能力图谱、问题图谱、知识图谱与知识点学习空间三层耦合架构(图 1)。能力图谱包含 3 个主能力、9 个子能力，覆盖“分析化学理论体系与数据逻辑”、“分析方法设计与工程转化”、“创新思维与工程伦理”等核心目标；问题图谱包含 186 个课程问题，分为全局层问题、概念层问题、方法层问题等类型；知识图谱(图 2)完成 176 个知识点梳理，形成树图、环图、网图、个性化图谱 4 种可视化结构，并标注 141 个基础类知识点、115 个核心概念类知识点、99 个自学知识点、19 个思政类知识点、16 个易混淆知识点。

这一设计的价值在于：第一，将教材章节的线性逻辑转化为可关联、可追溯、可推荐的知识网络；第二，将“教师讲什么”转化为“学生需要解决什么问题”；第三，将能力目标分解到知识点与问题链，使课程目标不再悬空。知识点学习空间可基于学习画像动态推送适配学习材料，实现“千人千面”的资源组织方式[6] [7]。



Figure 1. “Capability - Problem - Knowledge” three-layer graph architecture
图 1. “能力－问题－知识”三层图谱架构

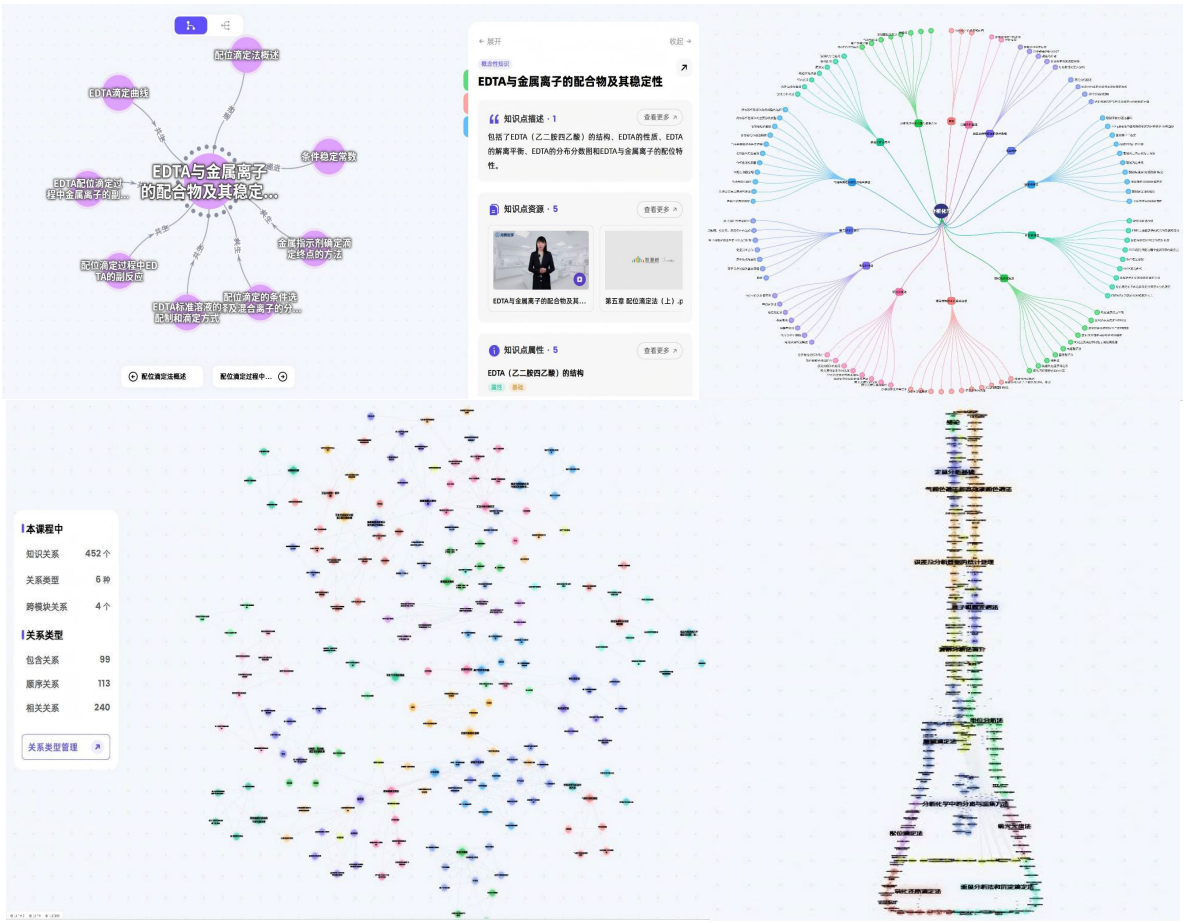


Figure 2. Knowledge graph of *Analytical Chemistry* course
图 2. 《分析化学》课程知识图谱

3. 五大应用场景：从资源上线走向教学全流程智能化

3.1. 多元化教学资源建设：从“有资源”到“有结构”

课程依托智慧树平台建设线上智慧课程，整体分为 14 个知识模块，每个模块下配备子章节、子知识

节点，并挂载相应学习资源。资源体系不仅包括视频、教材、PPT、习题，还包括案例拓展、外部引用资源、翻转课资源等。资源建设并非简单堆砌，而是与知识图谱中的知识点、问题图谱中的课程问题、能力图谱中的能力目标相互关联[8]-[10]。由此，学生在学习某个知识点时，可以同时看到相关视频、习题、案例、思政元素与能力指向，形成“点－线－面－体”的学习支持。

3.2. 智慧助教：AI 助教与课程智能体协同减负

课程搭建专属 AI 助教，实现 7 × 24 小时答疑，承担基础答疑、学情分析任务，减轻教师重复性答疑工作。同时落地 6 款课程定制智能体：智慧测评专家、课程思政设计助手、个性化学习规划师、答题辅导助教、苏格拉底、分析化学场景化教学助手。智能体可实现学情诊断、课程思政教学设计、个性化学习路径生成、习题答疑、苏格拉底式启发提问，支撑教师备课、学情研判、教学设计等人机协同教学工作[11] [12]。教师端实现“研－备－授－评－改”数据驱动教学闭环，依托 AI 开展班级学情、知识点掌握度分析、风险预警。

AI 工具箱全部部署，覆盖 AI 备课辅助、出题与评估、资源与科研等大类，包含 AI 生成教案、AI 出题、AI 批阅、AI 创作 PPT、AI 课程建设助手、AI 知识库、AI 文档问答等工具，完成部署并可直接用于教学。

3.3. 智慧助学：面向学生端的个性化学习闭环

面向学生端，课程围绕“知、学、练、测、拓”打造个性化学习闭环。第一，AI 助教提供 7 × 24 小时伴学答疑；第二，苏格拉底智能体(图 3)开展启发式提问，训练高阶思维；第三，个性化学习规划师根据学生能力生成定制个人学习计划；第四，知识点学习空间根据学生学习画像动态组装推送学习资源；第五，学生个性化画像直观展示学习进度、知识点掌握程度，帮助学生自主定位薄弱知识点，实现从被动接受到主动建构知识。

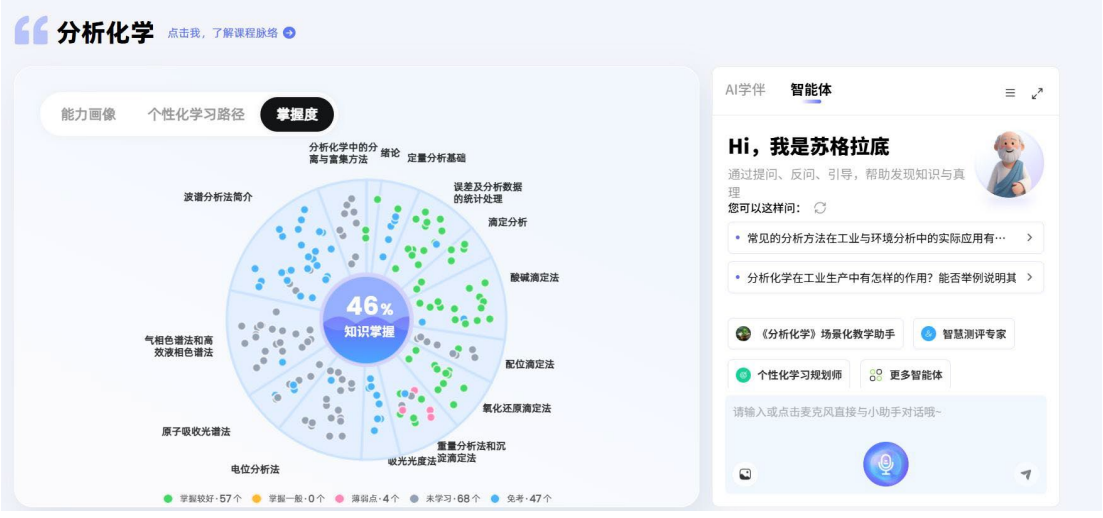


Figure 3. Socratic intelligent agent online Q&A
图 3. 苏格拉底智能体在线答疑

这一场景的核心在于“以学生为中心”。AI 不是替代教师，而是将教师从重复性劳动中解放出来，把学生从统一进度中解放出来。学生可以按需学习、按弱补强、按趣拓展，教师则聚焦重难点讲解、项目指导与价值引领[13] [14]。

3.4. 虚拟学习社区与在线协同学习：人机协同思辨

课程设置 AI 互动室，依托智慧树线上平台提供线上“师－生－机”讨论交互环境。AI 互动提供人机协同思辨交互，基于教师发布的讨论话题，AI 助教 24 小时回复，引导学生围绕课程疑难、综合问题开展探究，搭建线上问题驱动学习的交互环境，实现线上协同思考学习。问题图谱中的 186 个课程问题支撑 AI 互动室在线讨论、探究式学习，问题－知识点关联全部打通。该场景落地“课程线上讨论、AI 互动室”2 个子场景，学生社区交互内容平台完整留存。

3.5. 智能管评：从经验评价转向数据驱动全过程评价

课程实现全过程智能化管理与评价。第一，知识点观测：收集学生每个知识点的平均学习进度、平均掌握度，并形成知识点学习报告；第二，学生观测：知识点掌握度预警、班级学情分析、学生个性化画像，识别高风险学习学生(图 4)；第三，AI 学伴互动数据：AI 学伴互动总次数、AI 智能体互动总次数、AI 学伴课程月度统计、学生使用排名等；第四，依托能力图谱，实现能力达成情况观测，打通知识点掌握度、课程问题完成情况、能力达成的评价链路，实现从经验评价转向数据驱动全过程考核评价。教师端开展班级整体、知识点维度学情研判，支持教学迭代优化[15]。



Figure 4. Early warning of students’ mastery of knowledge points
图 4. 学生知识点掌握度预警

4. 试运行应用：课前、课中、课后的全环节嵌入

《分析化学》依托智慧树 AI 智慧教学平台完成校内运行版本发布、班级组建与学生入班，开展线上线下混合式课堂试运行，将智能助教、智能答疑、学情监测、学习预警嵌入课前、课中、课后全教学环节，以“能力－问题－知识”三层知识图谱为底层支撑开展教学实践。学生通过网页、知到 APP、小程序多端参与学习，完整运行教师“研－备－授－评－改”、学生“知－学－练－测－拓”教学闭环。

课前，教师借助 AI 助教、各类课程智能体完成备课、习题生成，在平台发布知识点、资源预习任务，调取历史学情数据预判学生薄弱点，提前配置课堂活动包。学生接收预习任务，浏览知识图谱，遇到疑问可 7 × 24 小时调用智能助教答疑，交互数据同步留存平台。

课中，教师使用灵动课堂开展授课，调用知识图谱可视化开展教学，一键发布随堂测试、课堂讨论。学生移动端完成答题互动，可随时向智能助教提问、开展启发式思辨学习。平台实时采集课堂行为数据，

动态反馈班级知识点掌握情况，辅助教师即时调整授课节奏，自动生成课堂报告。

课后，学生完成作业，依靠智能助教获得错题思路解析，开展拓展探究学习，学生 AI 交互记录可供教师查阅。平台汇聚视频学习、答题、任务完成等全量过程数据，从知识点、学生个体、能力达成多维度开展学情监测，对学习滞后、知识点掌握不达标学生触发学习预警。教师依据预警名单开展提醒和分层辅导，结合 AI 批阅完成形成性考核，利用课程运行报告反向优化知识图谱、教学任务与智能体配置，实现教学闭环迭代。

试运行班级学生 61 人全部完成账号认证并入驻，并在网页、知到 APP、小程序多终端学习并完成相应任务。平台完整采集视频学习、习题作答、话题讨论、AI 智能体交互等全量行为数据，可统计各知识点访问、习题完成、AI 问答热点；生成班级知识点掌握度、能力达成报告及学生个人画像，自动留存学习预警、作业提交、课堂互动等过程数据，实现学习过程可量化追溯。课前预习、课中随堂测试、课后作业测验整体参与情况较好，90%以上学生都参与了发布的任务。多数学生会使用 AI 助教解决学习疑问，部分学生利用智能体开展拓展探究。

5. 特色亮点与成果

第一，AI 全链条赋能教学，搭建三层知识图谱驱动教学模式。构建能力－问题－知识三层耦合知识图谱，配置课程专属 6 个定制智能体，实现 AI 辅助备课出题、习题思路答疑、个性化学习路径规划、学情诊断和学习预警。课堂引入知识图谱可视化，打破教材章节线性逻辑；AI 助教覆盖课前课中课后，承担重复性答疑、学情统计工作，教师重点开展重难点讲解、项目指导，实现人机协同教学。

第二，深化混合式教学改革，落地数据驱动的过程化考核。重构“课前图谱资源预习－课中灵动课堂互动 + 案例研讨－课后项目化实践巩固”混合教学流程。线上完成理论自学、AI 答疑、基础习题训练；线下课堂聚焦项目研讨。将视频学习、随堂互动、作业、深度学习项目全部纳入过程性评价，依托平台学情观测数据开展多维度考核，改变重期末、轻过程的评价方式。

第三，产教融合，对接产业工程实践要求。对接化工、环境等行业分析检测与质量控制岗位需求，将典型分析任务转化为课程问题与探究任务。依托三层知识图谱，设置“分析方法设计与工程转化”能力模块，融入样品前处理、标准溶液配制、数据处理等实践能力。利用 AI 生成案例、出题、批阅等工具，形成“产业案例导入－问题驱动－AI 伴学－实践训练－过程评价”教学链路，并融入工程伦理、安全环保等思政元素，提升学生工程实践与职业胜任力。

第四，推进跨学科融合，有机融入课程思政。《分析化学》课程打破学科壁垒，融合化学、数学、计算机、环境、材料等多学科内容。知识图谱中标注 19 个思政类知识点，利用课程思政设计助手智能体，将科技自立自强、科学精神、绿色环保、工程伦理等思政元素精准映射至分析化学知识点。教学中引入数据处理与统计分析、AI 智能体辅助学习、环境样品分析、材料表征等跨学科案例，借助 AI 工具实现多学科资源整合与个性化推送，培养学生综合运用多学科知识解决复杂分析问题的能力，实现价值引领、知识传授与能力培养的有机统一。

课程已经建设形成《分析化学》知识图谱建设案例、AI 智能体课堂应用案例、混合式项目化教学实施案例；建成完整线上课程资源包，包含理论视频、习题集，完成能力－问题－知识全套图谱，配套课程定制 AI 智能体，已投入校内试运行；试运行验证了“图谱 + AI 助教”教学模式可行性，实现学情可监测、风险可预警、能力可观测，为专业 AI 类智慧课程建设提供可借鉴实践样本。

6. 结论与范式启示

从《分析化学》建设实践看，AI 智慧课程建设带来以下四点启示：

其一，图谱是“骨”。没有知识图谱，AI 资源容易碎片化；没有能力图谱，课程目标容易虚化；没有问题图谱，学习容易停留于记忆。三层图谱使课程从“章节体系”走向“能力体系”。

其二，智能是“魂”。AI 助教、课程智能体、AI 工具箱不是装饰，而是嵌入“研－备－授－评－改”与“知－学－练－测－拓”闭环的协同者。它们承担重复性劳动，释放教师创造性，支持学生个性化学习。

其三，数据是“脉”。全过程数据使学情可观测、风险可预警、能力可评价，推动课程从经验驱动走向数据驱动。

其四，评价是“尺”。过程性考核与能力达成分析，使课程评价从“期末一张卷”转向“全过程、多维度、可追溯”。

同时，实践教学也暴露出资源智能推送精度、AI 实操类答疑深度、学生拓展功能使用率、团队协同机制等问题。课程将持续优化智能体配置与资源推送，强化小组协同探究，完善线上问卷与学情反馈机制。

基金项目

本文受西安工程大学质量工程建设2025年西安工程大学AI智慧课程“分析化学”(编号：25AIZH015)、西安工程大学质量工程建设2026年度校级数字教材建设项目“分析化学：仪器分析”(编号：26SZJC010)、西安工程大学质量工程建设2025年西安工程大学AI智慧课程“化工原理(A) I”(编号：25AIZH014)、教育部产学合作协同育人项目：问题导向、AI赋能——《AI + 化工原理(A) I》智慧课程的共建与实践(编号：251106655071906)资助。

参考文献

[1] 龙双双, 刘婧靖, 王晓娟. 生成式AI在分析化学教学中的应用探索[J]. 大学化学, 2025, 40(9): 25-33.

[2] 朱培培, 王丽, 陈莉莉, 等. 基于知识图谱的分析化学智慧教学探索[J]. 大学化学, 2025, 40(10): 23-32.

[3] 王振达. 智能化教育创新: 基于多维知识图谱的区域教学新生态构建[M]. 北京: 电子工业出版社, 2025.

[4] 李建伟, 姬艳丽, 文福安. 智能教育技术与应用[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2024: 69-98.

[5] 吴硕, 杨成, 董校, 等. 分析化学智慧课程建设与精准教学探索[J]. 大学化学, 2025, 40(11): 76-82.

[6] 李玲, 王国成. 知识图谱与 AI 助教在无机化学混合式教学中的初步探索——以“沉淀溶解平衡”的教学为例[J]. 大学化学, 2025, 40(6): 1-8.

[7] 黄子俊, 吴峰, 皮少锋, 等. 基于知识图谱的无机化学实验 AI 课程建设及教学新范式探索[J]. 大学化学, 2025, 40(9): 228-237.

[8] 吴丹. 武汉大学数智教育支撑体系建设指南[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2024.

[9] 米芳, 张芙蓉, 徐作涛, 等. 分析化学教学模式研究动态演进与发展趋势的可视化分析[J]. 大学化学, 2025, 40(9): 318-325.

[10] 郭英姝, 吴谛. 基于应用型人才培养的分析化学课程思政探索[J]. 高教学刊, 2025, 11(8): 168-171.

[11] 袁亚利, 聂瑾芳, 李建平, 等. 具有鲜明地方和专业特色的分析化学课程思政体系构建[J]. 大学化学, 2025, 40(8): 18-24.

[12] 龙旭, 张栓, 孟庆华, 等. 新医科视域下分析化学课程思政教学实践——氧化还原滴定法[J]. 大学化学, 2025, 40(11): 108-114.

[13] 程君青, 邵立东, 杨爱喜. AIGC + 智慧教育: Web 3.0时代的教育变革与转型[M]. 北京: 化学工业出版社, 2024.

[14] Zhang, L., Yao, Z. and Hadizadeh Moghaddam, A. (2025) Designing GenAI Tools for Personalized Learning Implementation: Theoretical Analysis and Prototype of a Multi-Agent System. *Journal of Teacher Education*, **76**, 280-293. https://doi.org/10.1177/00224871251325109

[15] Hao, J., Cao, J., Li, R., Yu, J., Liu, Z. and Zhang, Y. (2026) Mapping Student-AI Interaction Dynamics in Multi-Agent Learning Environments: Supporting Personalized Learning and Reducing Performance Gaps. *Computers & Education*, **241**, Article 105472. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105472