

AI驱动下的普通化学课程智能教学体系的设计与开发

冯东阳*, 夏 鸣, 孙晓云, 汤简赫

沈阳航空航天大学理学院, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2026年6月22日; 录用日期: 2026年7月20日; 发布日期: 2026年7月27日

摘 要

随着人工智能技术的快速发展, 教育数字化已成为高等教育改革的重要方向。普通化学作为高校工科专业重要的公共基础课, 传统教学模式面临学生基础差异大、个性化指导不足、过程性评价实施难等现实困境。本文以沈阳航空航天大学普通化学课程为研究对象, 针对大班教学中的“知识碎片化”、“规模化教学与个性化需求矛盾”及“评价体系滞后”三大核心问题, 提出并构建了AI驱动下的普通化学智能教学体系。该体系以知识图谱为中枢, 通过“教-学-评”全流程重构, 展现了知识体系的智能化重组、教学资源的自适应供给以及学习评价的数据化驱动的可能性, 为今后相关的教学改革提供了宝贵的经验。

关键词

人工智能, 普通化学, 知识图谱, 智能教学体系, 个性化学习

Design and Development of AI-Driven Intelligent Teaching System for General Chemistry Course

Dongyang Feng*, Ming Xia, Xiaoyun Sun, Jianhe Tang

College of Science, Shenyang Aerospace University, Shenyang Liaoning

Received: June 22, 2026; accepted: July 20, 2026; published: July 27, 2026

Abstract

With the rapid development of artificial intelligence technology, the digitization of education has become a key direction for higher education reform. As an important general education course for

*通讯作者。

文章引用: 冯东阳, 夏鸣, 孙晓云, 汤简赫. AI 驱动下的普通化学课程智能教学体系的设计与开发[J]. 教育进展, 2026, 16(7): 1570-1579. DOI: 10.12677/ae.2026.1671534

engineering majors in universities, General Chemistry faces practical challenges in traditional teaching models, including significant variations in students' foundational knowledge, insufficient personalized guidance, and difficulties in implementing formative assessment. This paper takes the General Chemistry course at Shenyang Aerospace University as its research subject. Addressing three core issues in large-class teaching—namely, fragmented knowledge, the conflict between large-scale instruction and personalized needs, and an outdated evaluation system, it proposes and constructs an AI-driven intelligent teaching system for General Chemistry. With a knowledge graph at its core, this system demonstrates the potential for the intelligent restructuring of the knowledge framework, the adaptive provision of teaching resources and data-driven learning assessment through a comprehensive overhaul of the “teaching-learning-assessment” process, thereby providing valuable insights for future educational reforms.

Keywords

Artificial Intelligence, General Chemistry, Knowledge Graphs, Intelligent Teaching Systems, Personalised Learning

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. 我校普通化学课程的教学现状及存在问题

1.1. 我校普通化学课程的教学特点

普通化学是面向我校飞行器动力工程、机械设计制造及其自动化及复合材料与工程等 15 个工科专业的大一新生所开设的必修公共基础课，课程内容涵盖热化学、化学反应基本原理等 6 大核心模块，配有实验教学环节，旨在培养学生的化学素养和解决工程相关化学问题的能力。

普通化学课程与高中化学课程联系紧密，其概念抽象、公式繁多，更侧重培养学生对化学知识的理解、探究及应用能力。然而，受到全国各省份高考政策不同的影响[1][2]，我校大一新生的化学基础差异较大，统一教学难以满足不同层次学生需求，混合式教学资源使用过于机械化，难以有效实现学生的个性化学习。此外，我校学习普通化学课程的学生人数众多，且课程团队教师人数较少，受这些客观教学因素所限，教学时主要采用大班上课模式，在有限的课堂教学时间内，难以实现教师对学生全过程学习状态的全面掌握，缺乏智能化的学习评价与反馈机制，无法给出较为精准地刻画学生的个人学习画像。

1.2. 传统教学模式的局限性分析

在传统的普通化学教学模式下，教师主要采用“课堂讲授 + 课后作业 + 期末考试”的教学流程。这种模式在大规模教学中具有效率高、易组织等优点，但也存在着诸多难以克服的局限性：

第一，个性化指导严重不足。由于我校普通化学课程采用大班授课模式，平均每个教学班人数超过 100 人，而课程团队仅有 4 名教师。在有限的课堂教学时间内，教师难以关注到每一位学生的学习状态，更无法针对不同学生的学习特点和需求提供个性化的指导。课后答疑时间也十分有限，学生遇到的问题往往不能得到及时解决，导致问题积累，学习效果大打折扣。

第二，混合式教学资源使用机械化。虽然我校普通化学课程早在 2019 年就开始了混合式教学改革，建设了较为丰富的线上教学资源，但这些资源大多以静态的视频、PPT 和习题为主，缺乏智能化的组织

和推送。学生在使用这些资源时,往往需要花费大量时间寻找适合自己的内容,学习效率低下。同时,线上资源与线下教学的融合不够深入,未能形成有效的教学闭环。

第三,过程性评价实施困难。传统的评价方式主要依赖期末考试成绩,重结果、轻过程,无法全面反映学生的学习过程和能力发展。虽然近年来我们引入了平时成绩考核,但平时成绩主要由考勤、作业和单元测试构成,评价维度单一,且存在抄袭、代做等问题,难以保证评价的客观性和准确性。此外,教师无法及时获取学生的学习数据,难以对学生的学习过程进行有效的监控和干预。

1.3. AI 赋能教育教学的研究现状与不足

近年来,人工智能技术在教育领域的应用取得了显著进展[3][4]。在化学教育领域,已有不少学者将 AI 技术应用于无机化学、有机化学、物理化学等专业课程的教学[5]-[9]。例如,程利平等人构建了基于 AI 的无机化学教学模式,通过智能答疑和个性化习题推荐提升了学生的学习效果;梁大鑫等人将 AI 技术融入材料化学专业的人才培养中,建立了“学-知-用”一体化的培养模式;成媛媛等人探索了 AI 赋能雨课堂在物理化学混合式教学中的应用,实现了对学生学习过程的实时监控和反馈。

然而,现有研究仍存在以下不足:首先,研究对象主要集中在化学专业课程,针对面向工科专业的少学时普通化学课程的研究相对较少。普通化学课程与化学专业课程在教学目标、教学内容和教学对象上存在显著差异,专业课程的教学模式难以直接移植到普通化学课程中。其次,现有研究大多停留在 AI 工具的简单应用层面,缺乏对教学体系的系统性重构。多数研究只是将 AI 作为辅助教学的工具,未能从根本上改变传统的教学流程和教学范式。最后,现有研究普遍缺乏与学校特色和专业需求的结合,未能充分发挥基础课程对专业人才培养的支撑作用。

为了解学生对 AI 融合课程教学的接受度和需求,作者于 2025~2026 学年第一学期,从所教授的 350 余名学生中随机抽取了 160 名进行问卷调查。调查结果如图 1 所示,71.87% 的学生对 AI 赋能教学表示“非常期待”,23.75% 的学生表示“比较支持”,4.38% 的学生表示“中立”。在期望 AI 解决的问题方面,75.00% 的学生认为 AI 可以帮助解决“知识点抽象”的问题,29.38% 的学生认为 AI 可以帮助解决“梳理计算题解题思路”的问题,13.13% 的学生希望 AI 能够提供“课后习题即时答疑”,5.13% 的学生希望获得“个性化学习指导”,6.25% 的学生希望 AI 能够引导“预习/复习”。这一调查结果充分表明,学生对 AI 融合课程教学有着强烈的需求和期待,为本研究的开展奠定了坚实的群众基础。

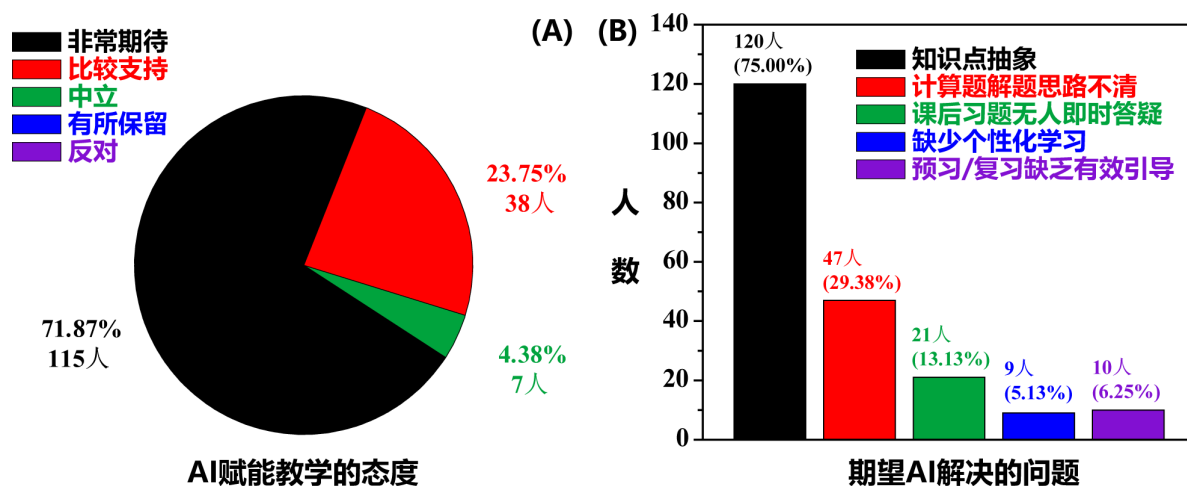


Figure 1. The survey on the 160 students at our school's acceptance of the AI course and the problems it can solve
图 1. 我校 160 名学生对 AI 课程的接受度及其所能解决问题的调研情况

2. AI 驱动普通化学智能教学体系构建

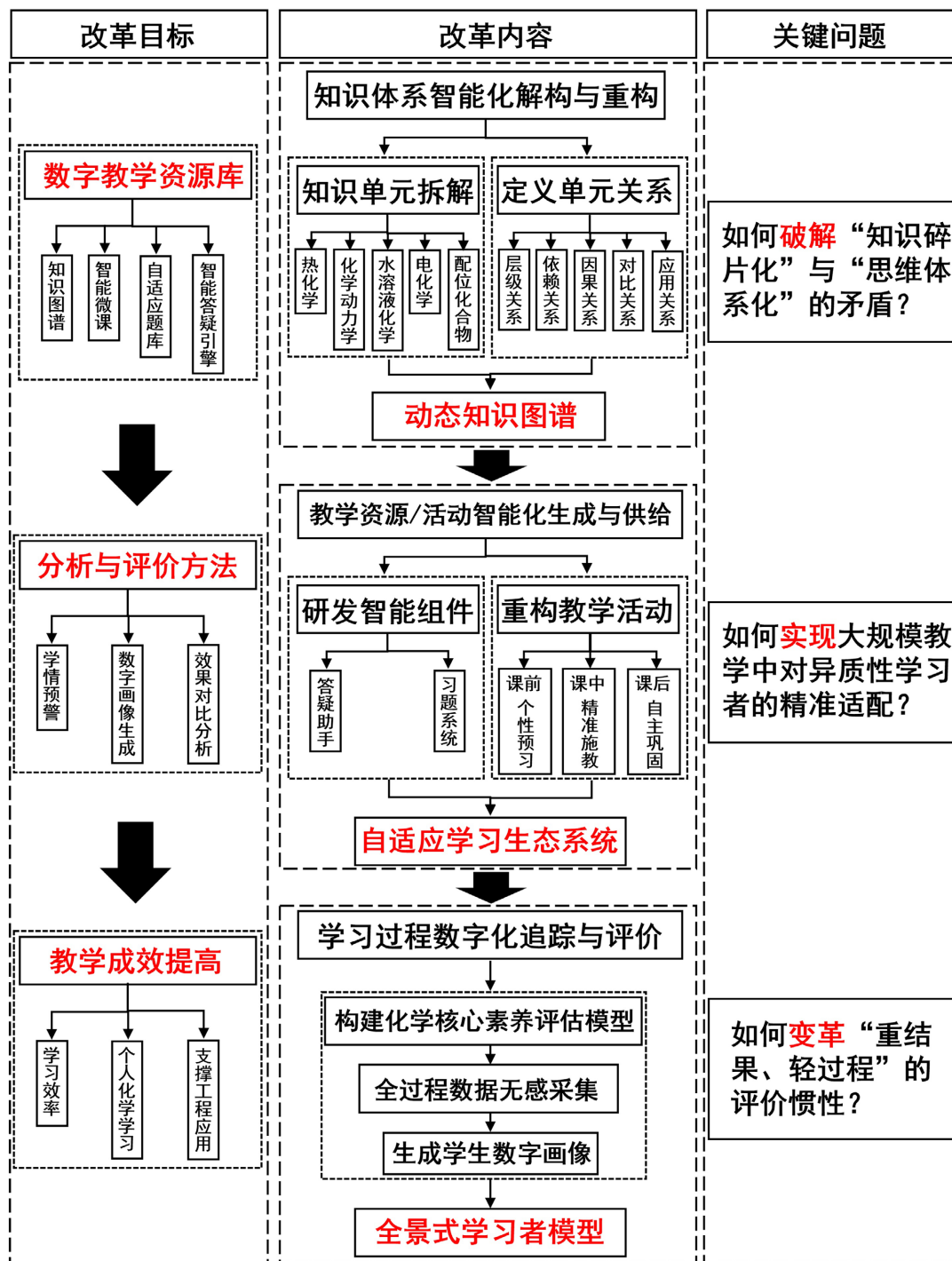


Figure 2. The three-pronged smart teaching system comprising “resources, activities and assessment”

图 2. “资源 - 活动 - 评价”三位一体的智能教学体系

AI 驱动普通化学智能教学体系遵循“以学习者为中心”的设计理念，以“精准化教学、个性化学习、数据化评价”为三大支柱，构建“资源 - 活动 - 评价”三位一体的智能教学体系，整体框架如图 2 所

示,包含三个核心层次:(1) 知识体系层:以课程知识图谱为中心,将普通化学核心内容拆解为最小可教学的知识单元,并建立单元间的语义关联,形成可视化、可计算、可推理的知识网络;(2) 智能服务层:集成“化学大脑”智能答疑助手、个性化习题推荐引擎、学情预警与学习路径规划三大智能组件,为教学全过程提供智能化支撑;(3) 教-学-评融合层:重构“课前-课中-课后”教学活动链,实现学习行为数据全流程采集与学习画像动态生成,服务于教师精准教学决策与学生自主学习管理。

2.1. 基于知识图谱的课程知识体系重构

知识图谱是一种用图模型来描述知识和建模世界万物之间关联关系的技术方法。本研究以知识图谱为中心,对普通化学课程的知识体系进行了智能化解构与重构,旨在解决传统教学中“知识碎片化”与“思维体系化”的矛盾。

2.1.1. 知识单元拆解与关系定义

基于课程大纲,将普通化学课程的六大核心知识模块(热化学、化学反应基本原理、酸碱反应、沉淀溶解平衡、电化学基础及配位化合物)拆解为最小可教学的知识单元。每个知识单元都具有明确的教学目标、教学内容和考核要求,例如,“反应热的测量”、“速率方程”和“缓冲溶液 pH 的计算”等。在此基础上,为不同知识单元间建立丰富的语义关系,包括:(1) 层级关系:表示知识之间的包含与从属关系,如“化学反应基本原理”包含“化学反应方向”、“化学反应限度”及“化学反应速率”;(2) 先后依赖关系:表示知识学习的先后顺序,如学习“吉布斯函数”之前必须先掌握“自发过程与熵”;(3) 对比关系:表示知识之间的异同点,如“原电池”与“电解池”的对比;(4) 应用关系:如“沉淀溶解平衡”在“污水处理”中的应用。

2.1.2. 动态知识图谱的构建

基于上述知识单元和语义关系,构建一个可视化、可计算、可推理的普通化学课程知识图谱,图谱中的每个知识节点都动态关联了微视频、经典例题、思政素材等教学资源。



Figure 3. The knowledge graph in the “thermochemistry” module

图 3. “热化学”模块中的知识图谱

基于上述知识单元和语义关系，构建一个可视化、可计算、可推理的普通化学课程知识图谱，图谱中的每个知识节点都动态关联了微视频、经典例题、思政素材等教学资源。

以“热化学”模块为例(图 3)，该模块的知识图谱包含“系统与环境”、“相”和“化学计量系数”等二十余个知识节点。当学生学习“反应的标准摩尔焓变”时，系统会自动关联并展示其前置知识“系统与环境”及“热力学第一定律”等。通过这种方式，学生不仅能够掌握单个知识点，还能够建立起知识之间的内在联系，形成系统的知识体系。

知识图谱具有动态更新的特性，教师可以根据教学需要随时添加新的知识节点和教学资源，不断丰富和完善知识图谱的内容。同时，系统会根据学生的学习数据，自动调整知识节点之间的关联强度，为学生推荐最适合的学习路径。

2.2. 智能化教学资源与活动体系设计

在知识图谱的基础上，开发两类核心智能组件，并重构“课前 - 课中 - 课后”全流程教学活动链，打造一个自适应学习生态系统。

2.2.1. 普通化学智能答疑助手开发

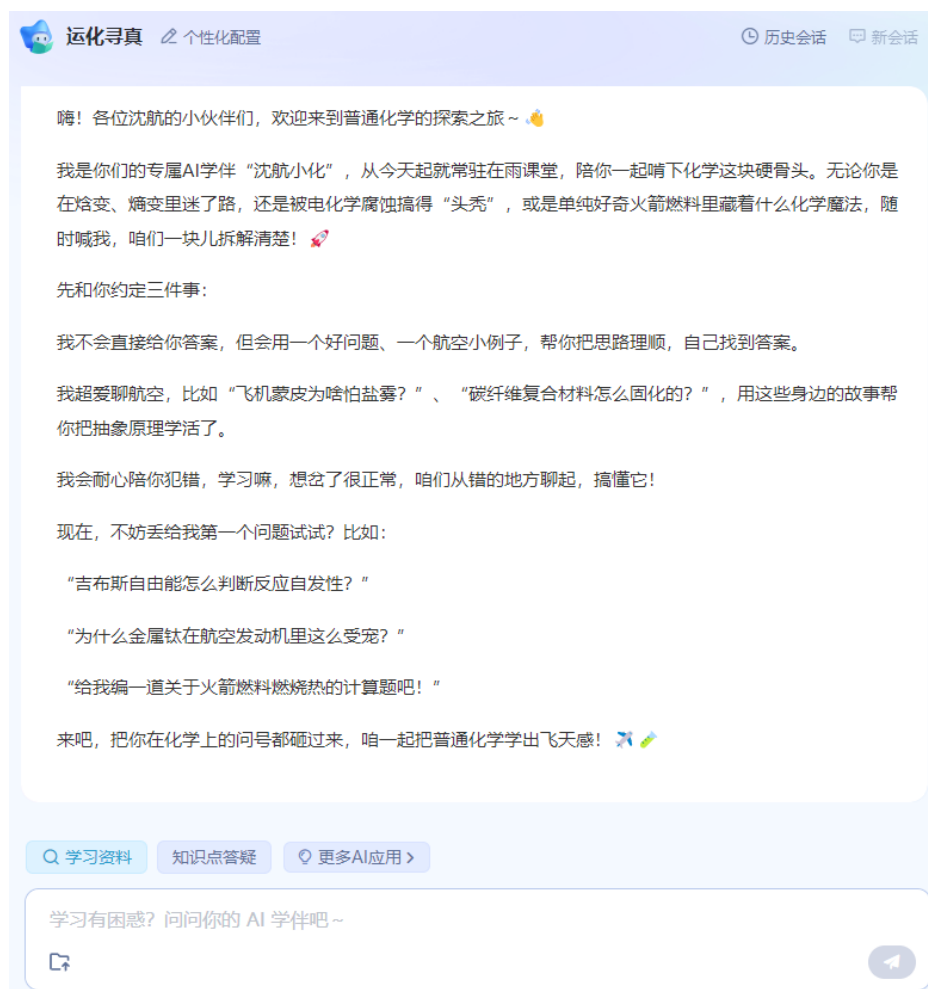


Figure 4. General chemistry AI Q & A assistant

图 4. 普通化学智能答疑助手

普通化学智能答疑助手是基于知识图谱和自然语言处理技术开发的智能教学工具(图 4),旨在为学生提供 7×24 小时的即时答疑服务。该助手具有以下功能: (1) 自然语言理解: 能够理解学生用自然语言提出的问题, 包括概念解释、公式推导、习题解答等; (2) 分步引导解答: 对于复杂的问题, 不是直接给出答案, 而是通过分步引导的方式, 启发学生的思维, 帮助学生自己找到解决问题的方法; (3) 概念错误识别: 能够识别学生在提问中暴露的概念错误, 并进行针对性的纠正和讲解; (4) 关联知识推荐: 根据学生的问题, 自动推荐相关的知识节点和教学资源, 帮助学生查漏补缺。

为了提高答疑的准确性, 基于“雨课堂”平台构建一个普通化学知识库, 涵盖了普通化学课程的所有核心知识点。同时, 系统会不断学习学生的提问和教师的解答, 持续优化问答模型。

2.2.2. 个性化习题生成与推荐系统

基于知识图谱与学习者的历史表现数据(答题正确率、用时、错误类型等), 构建“知识掌握状态-能力水平-学习风格”三维学生模型。推荐引擎依据该模型, 从标签化习题库(初期建设目标为 ≥ 400 道, 每道题标注难度、知识点归属、能力层次、工程关联度、典型错误类型等标签)中动态推荐“下一道最佳习题”。推荐策略包括: 知识查缺型(针对薄弱知识点推送基础题)、能力进阶型(当前知识点掌握后可推送综合应用题)、兴趣拓展型(推送与专业相关的工程案例题)。

2.2.3. “课前-课中-课后”全流程教学活动重构

课前: 个性化预习。系统根据学生的入学诊断测试结果和历史学习数据, 为每个学生推送个性化的预习包。预习包包含与本节课内容相关的前置知识复习、微课视频、预习思考题等。学生的预习情况会实时同步至教师端, 教师可以根据学生的预习情况调整课堂教学内容和重点。

课中: 数据驱动的精准教学。课堂上, 教师不再进行满堂灌式的讲授, 而是根据学生的预习情况, 聚焦于学生普遍存在的问题进行精讲。同时, 利用 AI 辅助分析课堂互动数据, 如学生的答题情况、提问情况等, 及时调整教学节奏和策略。对于学生在课堂上提出的问题, 教师可以引导学生通过智能答疑助手进行自主探究, 培养学生的自主学习能力。

课后: 个性化巩固与拓展。课后, 系统会根据学生的课堂表现和作业完成情况, 生成个性化的巩固路径图, 推送针对性的练习和拓展材料。对于学习有困难的学生, 系统会推送基础练习题和讲解视频; 对于学有余力的学生, 系统会推送拓展性的工程案例和科研前沿知识, 满足不同层次学生的学习需求。

2.3. 全景式学习评价与反馈体系建设

通过构建一个全过程、多模态、服务型的学习分析评价体系, 旨在变革传统“重结果、轻过程”的评价惯性, 使评价成为驱动教学相长的引擎。

2.3.1. 化学核心素养多维评估模型

传统评价以结果为导向, 本体系构建了多维评估模型。评估维度涵盖六个方面: (1) 知识掌握度(基于知识点测验成绩); (2) 概念理解深度(基于开放性问题的语义分析); (3) 计算应用能力(基于解题过程的正确性与规范性); (4) 工程关联能力(基于案例分析报告质量); (5) 学习投入度(基于平台行为数据); (6) 科学态度与素养(基于实验操作规范性与协作表现)。

2.3.2. 全过程学习数据采集

利用学堂在线平台的数据采集功能, 我们实现了对学生全学习过程行为数据的无感、安全采集。采集的数据包括: (1) 学习行为数据: 如视频观看时长、课件浏览次数、习题完成情况、答疑次数等; (2) 学习结果数据: 如单元测试成绩、期中考试成绩、期末考试成绩等; (3) 互动数据: 如课堂提问次数、讨论区发帖数、小组合作情况等。这些数据会被实时存储和分析, 形成细粒度的学习轨迹, 为后续的学习分

析和评价提供数据基础。

2.3.3. 学生数字画像生成与应用

基于多维能力评估模型,学习数据被整合为每位学生的动态“数字画像”,以雷达图等形式实时呈现。该画像既是学生自我诊断、调整学习策略的依据,也是教师实施精准干预、开展个性化辅导的决策支撑。例如,当系统发现某学生在“反应的标准摩尔焓变计算”维度持续低于班级平均水平时,教师可一键调取其关联知识点的学习记录,精准定位困难成因(是概念不清还是计算能力不足),并推送针对性的补救资源。

3. 普通化学智能教学实践方案的设计

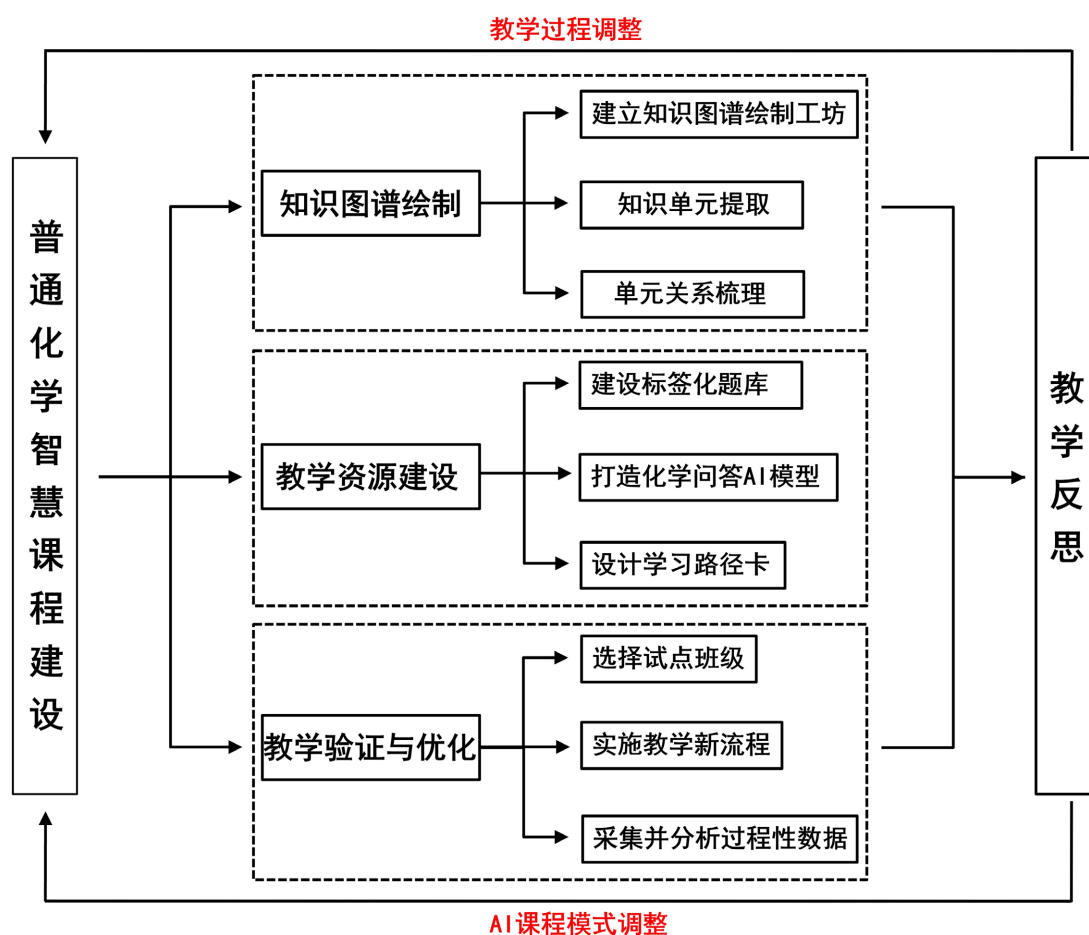


Figure 5. Practical teaching plan for general chemistry using smart technology

图 5. 普通化学智能教学实践方案

如何将普通化学智能教学体系设计为切实可行的实践教学方案,以便检验人工智能技术对课程的影响,是每名一线教学工作者都将面临的重要问题。如图 5 所示,作者认为普通化学智能教学实践方案总体可分为三个阶段:

(1) 奠基阶段(组建团队与绘制图谱)

成立“知识图谱构建工作坊”,通过系列研讨会完成核心知识单元提取与关系梳理,形成手绘或数字化概念关系图,并录入为普通化学知识图谱。

(2) 开发阶段(资源与平台建设)

制作与图谱节点强关联的微课视频；建设“分层-标签化”习题库；构建“问答对”知识库并开发简易检索前端；设计静态“学习路径卡”。最后，在“学堂在线”等线上平台集成上述成果，搭建“智慧化学课程空间”原型。

(3) 试点阶段(教学验证与优化)

选取实验班与对照班。在实验班实施“个性化预习→数据驱动课堂→精准推送练习”新流程，全程采集过程性数据，并组织教师开展基于证据的每周教学反思，持续优化模式。其中，对于实验班，课前：系统依据学生的历史学习数据推送个性化预习包，学生完成预习后系统生成学情报告同步至教师端；课中：教师依据学情报告聚焦讲授班级共性难点，随后开展小组协作学习与深度研讨，其间 AI 助手随时响应学生的即时提问；课后：系统根据课堂表现数据推送个性化巩固练习，学生可在 AI 助手的辅助下完成作业，系统自动批阅并生成错题分析报告。对于对照班，学生课前观看统一指定的微课视频，课堂以教师讲授为主(约 40 分钟)，课后完成统一的纸质作业。

4. 结论与展望

本研究针对普通化学课程面临的核心痛点，构建了一套 AI 驱动下的普通化学课程智能教学体系。该体系以知识图谱为中枢，通过智能化教学资源开发、教学活动重构和学习评价体系改革，实现了从“统一教”到“个性学”的教学范式转变，能够有效提升学生的学习效果和满意度，破解大规模教学中的因材施教难题。然而，在实际智能化教学过程中仍可能面临着诸多挑战。例如，AI 工具的准确性有待提升、知识图谱的动态更新机制尚不完善、学生利用 AI 学习参与度不高等。

因此，未来需要 we 持续不断地对普通化学智能教学体系进行完善。通过设置一定数量的高质量问答，可有效缓解教学过程中的 AI 幻觉；通过大量教学实践中所收集的学生学习数据，可实现对知识图谱的动态更新；将学生 AI 使用情况纳入成绩考核范畴，并辅以教师的 AI 工具使用演示，可提升学生的智能教学参与度。我们相信，AI 与教育教学的深度融合是一个渐进迭代的过程，而本研究所提供的设计框架和初步实践，将为这一进程贡献有价值的探索经验。

基金项目

2026 年沈阳航空航天大学本科教学改革研究项目，项目名称：AI 驱动下的普通化学课程智能教学体系的构建与实践，项目编号：JG261403C2。

参考文献

- [1] 叶晓萍, 童义平. 新高考模式下新兴地方二本院校基础化学教学面临的问题[J]. 广东化工, 2016, 43(20): 216-217.
- [2] 刘波, 任群翔, 栾天, 等. 新高考模式下医科院校大学化学教学的改革与探索[J]. 当代化工研究, 2022(16): 133-135.
- [3] 杨靖霞, 王金果, 范欣, 等. 超星 AI 教学在《大学化学》大班教学中的创新应用[J]. 教育进展, 2025, 16(1): 660-666.
- [4] 尹梓名, 何宏, 任浩冉, 等. 基于大语言模型的医学人工智能类课程 AI 教学助手开发与实践[J]. 创新教育研究, 2025, 13(11): 633-639.
- [5] 程利平, 林琳, 肖秀珍. “AI 赋能”高校教学改革与探索研究——以无机化学课程为例[J]. 大学化学, 2025, 40(9): 264-272.
- [6] 梁大鑫, 李煜东, 杨海月, 等. AI 赋能材料化学专业“学-知-用”培养模式改革与实践[J]. 大学化学, 2025, 40(9): 253-263.
- [7] 成媛媛, 赵娣, 张志成. AI 赋能雨课堂在物理化学混合式教学中的实践探索[J]. 大学化学, 2025, 40(9): 196-205.

- [8] 林琦, 刘坚华, 姚莉韵, 等. 超星 AI 助教在医用有机化学课程中的应用探索[J]. 大学化学, 2025, 40(9): 142-147.
- [9] 武文娜, 张涛, 何涛, 等. AI 助教在普通化学原理混合式教学中的应用——以“原子结构”教学为例[J]. 大学化学, 2025, 40(9): 245-252.