

AI赋能“三层次·双融合”的有机化学教学新模式探索

柴晓云, 张培超, 许冰, 盖聪昊, 张文文, 邹燕, 赵庆杰*

海军军医大学药理学系, 上海

收稿日期: 2026年7月16日; 录用日期: 2026年8月18日; 发布日期: 2026年8月25日

摘 要

针对医药院校有机化学教学存在的分子结构抽象、反应机理晦涩、学用脱节、个性化教学缺失等问题, 本文依托人工智能技术, 结合认知负荷理论、建构主义学习理论, 构建AI赋能“三层次·双融合”教学新模式。该模式搭建“基础认知-深度探究-实践应用”螺旋递进教学体系, 实现AI技术与教学过程、有机化学与药学场景的深度融合。实践表明, 该模式可有效降低学员认知负荷, 助力学生主动建构知识体系, 摒弃机械记忆模式, 激发自主学习动力与创新实践能力, 为医药类专业有机化学教学改革提供可推广的实践范式。

关键词

AI赋能, 有机化学, 三层次教学, 双融合教学, 教学模式改革, 新医科

Exploration on the New Teaching Model of AI-Enabled “Three-Level and Dual-Integration” Organic Chemistry Teaching

Xiaoyun Chai, Peichao Zhang, Bing Xu, Conghao Gai, Wenwen Zhang, Yan Zou, Qingjie Zhao*

School of Pharmacy, Naval Medical University, Shanghai

Received: July 16, 2026; accepted: August 18, 2026; published: August 25, 2026

*通讯作者。

文章引用: 柴晓云, 张培超, 许冰, 盖聪昊, 张文文, 邹燕, 赵庆杰. AI 赋能“三层次·双融合”的有机化学教学新模式探索[J]. 教育进展, 2026, 16(8): 1364-1370. DOI: 10.12677/ae.2026.1681766

Abstract

Aiming at the common problems in organic chemistry teaching, including abstract molecular structures, obscure reaction mechanisms, disconnection between theoretical learning and professional application, and the lack of personalized teaching, this study constructs an AI-enabled “three-level and dual-integration” new teaching model based on artificial intelligence technology, cognitive load theory, and constructivist learning theory. The model establishes a spiral progressive teaching system of “structural cognition-mechanism exploration-practical application” and realizes the in-depth integration of AI technology and the whole teaching process, as well as organic chemistry curriculum and pharmaceutical professional scenarios. Teaching practice shows that the proposed model can effectively reduce students’ cognitive load, facilitate their active construction of knowledge systems, eliminate rote learning, stimulate students’ independent learning motivation and practical innovation ability, and provide a promotable practical paradigm for the teaching reform of organic chemistry in medical and pharmaceutical majors.

Keywords

AI Empowerment, Organic Chemistry, Three-Level Teaching, Dual-Integration Teaching, Teaching Model Reform, New Medical Science

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

随着新医科建设的持续推进，医药类人才培养模式从传统的知识灌输型向能力塑造、创新赋能型全面转型，这就对药专业学员的化学基础应用能力、药物研发思维、实践创新素养提出了更高标准的要求。有机化学作为药专业的核心基础课，是学习医药专业课程的关键基础，课程教学效果直接决定学员后续专业课程的学习质量，也深刻影响学员药物合成、药物分子设计、药理学、药物分析等核心专业能力的形成[1][2]。

当前，有机化学智能化教学改革是国内外高等化学与医药教育的重点研究方向，传统板书与二维静态图示教学易加重学生认知负荷，阻碍微观反应机理理解，灌输式教学模式也违背建构主义学习理念，极易导致学生机械记忆、学用脱节。而分层次、情境化、智能化教学可适配有机化学认知规律、提升学习效能，但现有成果多针对通用化学教学，缺乏适配医药研发人才培养的专业化 AI 教学体系[3]。国内教改多局限于教学方法优化，对于 AI 智能化教学普遍存在理论支撑薄弱、体系设计不完善、专业融合度不足等问题，未能从认知科学维度破解有机化学教学的深层难题[4]。

从有机化学的课程定位出发，其核心教学目标不仅是让学员掌握有机分子结构、官能团性质、化学反应机理等基础理论知识，更要引导学员构建“结构决定性质、性质决定应用”的核心思维，能够运用有机化学原理解决简单的药物合成、分子优化等专业实际问题。但在当前药专业有机化学教学实践中，课时压缩、教学手段单一、课程体系脱节等课程问题仍是亟待解决的现实问题[5]-[7]。从教育学视角剖析，上述问题本质是认知负荷失衡与知识建构缺失：有机化学海量细碎的关联知识点易超出学生有限的工作记忆容量，造成内在认知负荷过载；而传统被动式教学模式，阻断了学生主动同化、顺应知识的建构过

程。基于此,本文以认知负荷理论、建构主义学习理论为核心支撑,依托人工智能新技术重构教学体系、优化教学流程、衔接专业应用,成为有机化学课程教学改革的重要方向。

2. 药学专业有机化学教学现存困境

结合多年一线教学实践发现,当前药学专业有机化学教学的核心矛盾集中在课时、认知、应用、分层四个维度,各类问题相互交织,导致教学效果不佳、学员学习积极性弱、学用脱节等诸多问题,具体表现如下:

第一,课程内容繁杂与教学课时有限的矛盾突出。有机化学知识体系覆盖面广,涵盖立体化学、分子结构、电子效应、各类有机反应、反应机理、合成设计等多个模块,知识点细碎、关联性强、体系庞大。而药学课程体系的有机化学教学课时被大幅压缩,教员为完成教学大纲任务,普遍采用“赶进度、重灌输、轻解读”的教学模式,仅能讲解基础知识点,无法深入阐释反应原理,也没有充足时间对接医药专业应用场景,导致学员知识掌握碎片化,难以形成完整的知识体系[8][9]。

第二,微观知识抽象性与学员认知规律不匹配。有机化学的核心重难点均为肉眼不可见的微观过程,包括有机分子三维立体构象、电子云分布与偏移、化学键的断裂与生成、反应中间体/过渡态演变、化学反应能量变化等[10]。传统教学主要依靠课本二维图片、静态模型、板书手绘示意图开展教学,对于空间想象力薄弱的学员而言,难以直观理解微观反应过程,只能依靠死记硬背反应方程式和结论,无法实现深度理解,极易出现“知其然不知其所以然”的问题,为后续专业学习埋下隐患[11]。

第三,学科理论与专业应用严重脱节,学员学习内驱力不足。多数学员在学习过程中存在明显的认知困惑,无法将有机化学基础知识点与未来药学专业学习、药物研发工作建立关联。学员普遍认为有机化学知识点枯燥、实用性不强,不清楚各核心反应在药物合成、分子修饰中的具体应用[12]。这种“一知半解”的认知,导致学员学习目标模糊、主动性薄弱,被动接受知识,难以主动开展探究式学习,更无法实现知识的应用。

第四,统一化教学与学员个体差异不适配。药学专业生源基础参差不齐,部分学员高中化学基础薄弱,空间想象能力、逻辑推理能力存在明显差距。传统的统一授课模式采用“一刀切”的教学节奏,无法兼顾不同层次学员的学习需求。基础薄弱学员跟不上教学进度,存在大量知识漏洞;能力较强学员“吃不饱”,得不到拓展提升,学习积极性被削弱,个性化教学、分层教学难以在课堂开展实施。

综上,目前有机化学教学存在的问题,不只是教学方法老旧,核心问题在于课程内容编排逻辑、知识点讲解方式,和药学专业的人才培养目标不匹配。如果只是简单优化传统教学模式、增加上课时长、补充教学案例,是没办法彻底解决有机化学教学难题的。针对这些问题,本文从重构课程体系、深度融合智能技术、贴合专业培养需求三个方向,探索了适配药学专业、由人工智能赋能的“三层次·双融合”全新教学模式,实现智能技术、课堂教学、药学专业培养的深度结合、协同赋能。

3. AI 赋能“三层次·双融合”教学模式核心架构与理论契合性

新构建的教学模式,结合学员的学习认知规律、有机化学的学科特点,以及药学专业的人才培养目标,以认知负荷理论和建构主义学习理论为双重理论支撑,搭建“分层教学+双向融合+智能赋能”的一体化教学体系。模式核心由“三层次”教学内容体系和“双融合”教学实施流程两部分构成,层次递进、路径清晰、可操作性强,适配日常课堂教学与应用。

3.1. 核心支撑教育学理论

认知负荷理论是一种基于人类认知结构的教学设计理论,其核心是基于学习的本质设计教学活动,

促进有效学习的发生[13]。澳大利亚教育心理学家 Sweller 指出,该理论以“学习的本质”为驱动,提出应基于人类的认知结构进行教学设计。认知负荷理论已成为教育心理学中最具影响力的学习理论之一[14]。有机化学微观、动态、关联性强的知识特征,极易引发认知过载,这也是实施分层教学、可视化赋能的核心理论依据。瑞士心理学家让·皮亚杰的建构主义学习理论的基本观点是人的知识既不是客观的东西,也不是主观的东西,而是个体与环境交互作用的过程中逐渐建构的结果。也就是说知识并非被动接收,而是学习者依托真实情境、借助辅助支架,通过主动探究、同化顺应、协作反思逐步建构而成[15]。教学的核心并非灌输知识,而是搭建适配的学习场景与探究路径,引导学生自主完成知识内化与能力生成,为本模式的情境融合、PBL 探究、全过程建构教学提供核心理论支撑。

3.2. “三层次”——螺旋递进的分层教学体系

“三层次”是基于教学目标、知识难度、认知规律把有机化学这门课实施分层教学体系,按照“基础认知-深度探究-实践应用”的逻辑层层递进,形成螺旋上升的认知阶梯,覆盖有机化学全部核心教学内容,精准对接药学专业人才培养梯度需求。

第一层为分子结构认知基础层,是课程学习的根基,核心目标是帮助学员突破空间认知障碍,牢固树立“结构决定性质”的学习基本观念。教学内容聚焦有机分子三维构型、官能团结构、电子效应、空间效应等基础知识点,要求学员摆脱平面化思维,准确识别常见药物分子的结构特征。传统教学受限于静态图示,学员对立体结构感知不足,而借助 AI 三维可视化技术,可将微观分子结构予以直观呈现,从而夯实基础认知,为后续机理理解和合成应用提供坚实支撑。

第二层为反应机理深度探究层,是课程的重难点所在。教学目标在于引导学员深入理解有机反应的本质,避免机械记忆。教学内容涵盖亲电加成、亲核取代、氧化还原等药学常用核心反应,重点解析反应中的电子流动、化学键变化、中间体/过渡态生成及能量演变等关键环节。本层是区分浅层记忆与深度理解的关键分水岭。借助 AI 动态模拟技术,可将瞬时发生的微观反应过程放慢、拆解、分步展示,帮助学员理清反应逻辑,真正理解“反应为何发生、反应如何进行”,突破课程认知瓶颈。

第三层为药物合成专业应用层,是课程教学的最终落脚点,强调基础理论与专业实践的有效衔接。教学内容以阿司匹林、肉桂酸等经典药物及活性化合物为载体,开展合成路线分析、方案设计及分子修饰等实践训练。要求学员将前两阶段所学的结构知识与反应机理迁移运用于药物合成实务,初步形成药物研发的基本思维,切实解决“学用脱节”问题,使有机化学学习真正服务于专业能力的全面提升。

3.3. “双融合”——落地可行的教学实施路径

为保障三层次教学体系的顺利实施,本教学模式搭建了两条深度融合路径,力求让技术真正赋能教学、让教学切实对接专业,避免改革流于表面。

第一条路径为 AI 技术与教学过程的全方位融合。在本模式中, AI 不仅是课堂辅助工具,更是支撑各层次教学的“认知放大器”,其应用贯穿课前预习、课中授课与课后巩固全过程。具体而言:针对结构认知难点,借助 AI 三维可视化技术,将抽象的分子结构转化为可观察、可操作的立体模型;针对机理理解难点,利用 AI 动态模拟技术,将瞬间完成的微观反应放慢、分解,便于学员逐段观察反应进程;针对学员个体差异,借助 AI 大数据的学情分析功能,实施分层教学与精准指导,从而整体提升教学效果与学习体验。

第二条路径为有机化学与药学专业场景深度融合。打破基础课程与专业课程之间的壁垒,重构课程案例、教学项目、实践主题。围绕药学应用重构课程案例、教学项目与实践主题。所有教学案例均选自医药领域的经典分子与常用合成反应,所有实践项目均聚焦药物合成与分子修饰等真实任务,力求让每

一知识点都能对应明确的应用情境。这样设计,有助于消除学员“学而无用”的困惑,使他们清晰认识到有机化学在药物研发、生产和分子设计中的实际价值,真正实现基础教学与专业培养的有效衔接。

4. AI 赋能教学模式的实施流程

本模式依托自主搭建的 AI 智能助教学习系统,构建“课前自主预习-课中交互探究-课后巩固提升”的全流程教学链条,配套分层教学活动与智能学习功能,操作便捷,具有良好的可推广性。

4.1. AI 智能助教系统的核心功能

配套研发的 AI 助教模块包含 AI 学、AI 问、AI 练三大核心功能,三大功能数据互通、协同运作,构成完整的智能学习闭环。AI 学模块基于有机化学知识图谱,将碎片化的微课视频、三维结构演示、医药案例资源进行系统整合,并根据教学进度向学员推送预习和复习资源,帮助学员在课前建立对分子结构的直观认知,在课后系统梳理知识框架。AI 问模块提供 24 小时智能问答服务,学员可随时就机理理解、习题解答、合成设计等问题进行提问,打破课堂教学的时空限制,及时消除学习障碍。AI 练模块以前沿临床用药案例为载体,将有机化学知识点嵌入真实的药物研发与临床应用场景中,开展情境化、案例化的智能练习。该模块突破了传统习题“为练而练”的局限,让学员在做题过程中同步接触最新临床药物信息,理解有机化学知识在药物发现与优化中的实际价值。

4.2. “三层次”课堂教学的具体实施

第一,分子结构认知教学。本环节以教员课堂讲授与演示为主导,依托 AI 三维可视化资源,将课本中静态的二维结构图转化为可观察、可旋转、可拆解的三维动态模型。教员通过同步讲解与模型联动操作,引导学员逐步建立“从平面到立体”的认知转变,将抽象的结构理论具象化、可视化,帮助学员形成清晰的空间构型认知框架。

第二,反应机理探究教学。本环节以课堂演示与分步讲解为主导,教员通过操作 AI 动态模拟软件,将亲电加成、亲核取代、氧化还原等核心反应进行分步展示与操控,放慢或反复演示反应进程,引导学员观察电子云流方向、化学键的断裂与生成、过渡态及中间体的动态演变等关键信息。在教学组织上,课堂采用“分步演示-设问引导-归纳总结”的讲授式流程。通过教员的系统性演示与层层设问,突破学员认知盲区,将微观机理认知与宏观结构分析有机贯通。

第三,药物合成应用教学。采用 PBL 教学法,选取 4~6 个涵盖解热镇痛、抗菌等常见药物类型的经典合成案例作为学期项目课题。学员以小组为单位,自主设计药物合成路线,并进行实践实施,对比不同合成方案的优缺点,优化合成路径、规避反应缺陷。最终通过小组汇报、成果展示的形式,阐述合成设计思路与优化逻辑,由教员进行综合评议,全面提升学员的实践应用与创新设计能力。

4.3. 多元化全过程教学评价体系

突破传统单一终结性考试评价模式,构建“过程表现+实践成果+终结测试”三位一体的多元化评价体系,全面客观评价学员的学习过程与综合能力。过程表现主要采集学员线上学习时长、AI 工具使用频次、课堂研讨参与度、问答互动质量和平时作业完成等过程性数据,全面考察学员学习态度与参与度;实践成果维度综合评价学员的文献检索、合成方案设计、团队协作、动手操作、成果表达与创新优化等多维度能力。终结测试在总成绩中的占比为 60%,这一比例既保留了终结性测试对知识掌握情况的校验功能,又避免了单一考试定成绩的弊端,它不是对过程性评价的否定或替代,而是多元化评价闭环中的关键节点-“学习-反馈-优化-提升”循环中不可或缺的校验环节。

5. 教学模式实施挑战与优化策略

经过阶段性教学实践，AI 赋能教学模式有效改善了有机化学课堂教学现状，提升了教学质量，但该模式落地过程中仍存在诸多现实困境。此类问题并非通用型技术推广层面的共性难题，而是由有机化学独特的知识体系与固有教学范式内生衍生而来，亟需构建贴合本学科特点的针对性解决方案。

5.1. AI 反应机理模拟存在局限性

常规 AI 模拟多为理想化简化演示，无法还原有机反应立体选择性、多路径竞争、溶剂调控等复杂特征，易让学生形成片面认知。对此可分级使用 AI 模拟，基础教学采用简化演示，高阶教学结合专业计算模型展示真实反应数据，进一步培养学员的科学思维。

5.2. PBL 教学难以平衡学生自主探索与教师指导

有机化学知识体系复杂，教师过度放手易导致基础薄弱学生频繁出错、丧失信心，过度干预则会限制学生创新能力。因此我们采用分阶段梯度指导模式，划定探索范围，依托 AI 提供启发式指导，教师仅纠正原则性错误，给到学员更大的探索创新空间。

5.3. 学员创新能力难以精准评估

学员可依托 AI 快速优化合成方案，传统评价方式无法区分学生自主思考成果与 AI 辅助成果，评估结果容易失真。对此可建立过程化评价机制，要求学生记录 AI 使用过程并批判性优化 AI 方案，提高自主改进的评分权重；增设无 AI 限时测试，检验学生独立设计能力，并建立个人学情档案，纵向追踪学生创新能力成长。

6. 总结

针对医科院校药学专业有机化学教学中长期存在的课程抽象难懂、学用脱节、个性化不足等问题，本文构建的 AI 赋能“三层次·双融合”教学模式，立足学员认知规律与专业培养目标，通过分层重构教学内容、双向融合教学路径、智能技术全程赋能，将微观化学知识具象化、碎片知识体系化、理论内容专业化，有效降低了学习难度，激发了学员自主学习动力，提升了实践与创新能力，且教学流程清晰易操作，具有良好的课堂适应性与推广价值。未来研究将重点扩充医药类智能教学资源库，优化 AI 学情分析算法，强化与药物化学、药剂学等后续课程的衔接，并将该模式拓展至医学、中药学等相关基础课程，为新医科背景下基础课程的智能化改革提供可借鉴的实践路径。

基金项目

2024 年度海军军医大学教育教学改革与研究重点项目(JYG2024A19)；2025 年度海军军医大学精品课程(医用有机化学 II)。

参考文献

- [1] 卜明, 王佳鸣, 刘磊, 于洋, 王海君. 高等医药院校有机化学教学改革探索[J]. 药学教育, 2025, 41(1): 73-76.
- [2] 李文博, 于永信, 李佳颖, 成江林, 王新芳, 魏婷. 新理科背景下的 AI 赋能的有机化学教学改革研究[J]. 教育进展, 2025, 15(12): 1155-1163.
- [3] 陈元晖, 洪波, 赵淑杰. AI 赋能高校基础课程教学的关键瓶颈与突破路径——以有机化学为例[J]. 科教导刊, 2026(15): 38-40.
- [4] 吴峥, 谢集照, 徐佳佳, 魏红玉. AI 视域下基于 BOPPPS 教学模式的药学专业有机化学课程混合式教学设计与

- 实践[J]. 西部素质教育, 2026, 12(4): 1-5.
- [5] 赵国栋, 李依濛, 苏进, 杨淑珍, 王鹏龙, 徐冰, 梁淼, 孙志青, 伊冰清, 雷海民. 具有中医药特色的有机化学教学改革初探[J]. 药学教育, 2025, 41(2): 105-109.
- [6] 张敏, 袁先友. 基础有机化学教学改革的探索与实践[J]. 大学化学, 2005, 20(1): 18-20.
- [7] 汪小钢, 龚伟, 曹宝月. “科教 + 产教”双融合下《有机化学》教学改革与实践探索——以地方性应用本科院校为例[J]. 教育进展, 2026, 16(1): 488-494.
- [8] 谢斐, 郝雨濛, 柴晓云, 汪亭, 俞世冲, 金永生, 张大志. 药学专业有机化学实验课程思政教学探索与研究[J]. 广州化工, 2020, 48(20): 154-155.
- [9] 林琦, 刘坚华, 姚莉韵, 杨秀岩, 何伟娜, 杨若林. 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.
- [10] 何炜, 王海波, 李明华, 秦向阳, 张俊娜, 冀楠. 基于“虚实结合”的教学模式在医用有机化学教学中的应用研究[J]. 中国医药科学, 2023, 13(16): 60-63, 77.
- [11] 梁咏倩, 谢蓉蓉, 关丽. 医用有机化学教学存在的问题及解决措施研究[J]. 当代化工研究, 2024(1): 137-139.
- [12] 柴晓云, 邹燕, 盖聪昊, 苏娟, 张培超, 赵庆杰. 基于经典药物合成案例的有机化学 CBL-PBL-Seminar 教学模式探讨[J]. 现代医药卫生, 2024, 40(12): 2141-2144.
- [13] Sweller, J. (1988) Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, **12**, 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- [14] Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G. and Paas, F. (2019) Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, **31**, 261-292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- [15] Tsou, J.Y. (2006) Genetic Epistemology and Piaget's Philosophy of Science: Piaget vs. Kuhn on Scientific Progress. *Theory & Psychology*, **16**, 203-224. <https://doi.org/10.1177/0959354306062536>