

# 人工智能赋能药学本科生创新能力培养

车金鑫<sup>1\*</sup>, 武明飞<sup>2</sup>, 刘滔<sup>1</sup>, 董晓武<sup>1#</sup>

<sup>1</sup>浙江大学药学院药物发现与设计研究所, 浙江 杭州

<sup>2</sup>杭州医学院药学院、食品科学与工程学院化学教研室, 浙江 杭州

收稿日期: 2026年5月22日; 录用日期: 2026年6月23日; 发布日期: 2026年6月30日

## 摘要

围绕药学本科教育中创新能力培养不足、实践资源受限与个性化指导薄弱等问题, 本文在建构主义、情境学习理论和认知负荷理论的支撑下, 构建人工智能赋能的药学本科生创新能力培养体系, 并进一步聚焦基于氛围编程的分子设计实训核心模块进行剖析。该体系以AI支持的知识图谱、虚拟仿真平台与大语言模型辅助编程环境为基础, 将个性化学习、真实任务建构、模型训练与科研表达贯通起来。重点模块以药物性质预测-候选分子筛选-结构活性关系解释为任务链, 整合RDKit、DeepChem、Jupyter Notebook和LLM交互助手, 引导学生经历数据清洗、分子特征提取、算法建模、结果可视化和迭代优化等环节。教学实践表明, 该模式有助于降低药学本科生进入AI药物设计实践的技术门槛, 增强其问题建构、数据思维、科研表达与跨学科协作能力, 可为药学专业本科教育的智能化转型和创新人才培养提供可操作的路径参考。

## 关键词

人工智能, 药学教育, 创新能力培养, 氛围编程, 分子设计实训, 建构主义

# Enhancing Innovation Capabilities of Pharmacy Undergraduates through Artificial Intelligence

Jinxin Che<sup>1\*</sup>, Mingfei Wu<sup>2</sup>, Tao Liu<sup>1</sup>, Xiaowu Dong<sup>1#</sup>

<sup>1</sup>Institute of Drug Discovery and Design, College of Pharmaceutical Sciences, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang

<sup>2</sup>Department of Chemistry, School of Pharmacy and School of Food Science and Engineering, Hangzhou Medical College, Hangzhou Zhejiang

Received: May 22, 2026; accepted: June 23, 2026; published: June 30, 2026

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 车金鑫, 武明飞, 刘滔, 董晓武. 人工智能赋能药学本科生创新能力培养[J]. 教育进展, 2026, 16(6): 1705-1712. DOI: 10.12677/ae.2026.1661311

## Abstract

To address the insufficient cultivation of innovation capability, limited practical resources and weak personalized guidance in undergraduate pharmacy education, this paper constructs an artificial intelligence-empowered cultivation system supported by constructivism, situated learning theory and cognitive load theory, and further provides an in-depth analysis of the core module of ambient-coding-based molecular design training. The system connects personalized learning, authentic task construction, model training and research communication through AI-supported knowledge graphs, virtual simulation platforms and large language model-assisted programming environments. The core module follows the task chain of drug property prediction, candidate molecule screening and structure-activity relationship interpretation, integrating RDKit, DeepChem, Jupyter Notebook and LLM-based interactive assistance to guide students through data cleaning, molecular feature extraction, algorithmic modeling, result visualization and iterative optimization. Teaching practice indicates that this model can lower the technical threshold for pharmacy undergraduates to engage in AI-assisted drug design, while strengthening problem construction, data thinking, scientific communication and interdisciplinary collaboration. It provides an operable reference for the intelligent transformation of undergraduate pharmacy education and innovation-oriented talent cultivation.

## Keywords

Artificial Intelligence, Pharmacy Education, Innovation Capability Cultivation, Ambient Coding, Molecular Design Training, Constructivism

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

随着人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术的快速发展, 高等教育领域正迎来前所未有的变革。人工智能正在深刻影响教育的各个环节, 从教学模式到课程设计, 再到学生培养与评估体系, 推动高校向智能化、数字化方向转型。在这样的背景下, 如何充分利用人工智能赋能教学, 已成为高等教育改革的重要课题[1][2]。对于药学专业而言, 作为一门高度交叉、实践性强的学科, 人工智能不仅为专业教育注入了新的活力, 也为学生创新能力的培养提供了丰富的资源与平台[3]。通过大语言模型智能辅助教学、虚拟仿真实验、数据驱动研究等新兴手段, 药学专业的本科生能够在更广阔的空间中探索问题、实践创新, 从而更好地适应未来医药产业和科研发展的需要[4]。然而, 当前药学本科教育的教学实践在理念与方法层面仍存在一定滞后, 尤其在创新能力培养方面表现出明显不足, 亟待系统性改革与技术赋能支持。

当前, 药学专业本科生的培养在教学实践中仍以传统模式为主, 存在一定的局限性。首先, 传统教学往往过于侧重知识点的记忆与理论的掌握, 强调对教材内容的系统记忆, 却在实际应用和综合创新能力的培养上有所欠缺, 导致学生容易陷入被动学习, 缺乏独立思考与创新实践的机会。其次, 药学作为一门高度应用型的学科, 对学生的实践动手能力、问题分析能力以及跨学科综合创新能力要求较高, 而现有培养体系在这些方面投入的资源和设计不足, 导致学生整体创新能力培养效果不理想。面对这一现状, 人工智能技术的介入为破解上述痛点提供了新的可能。AI工具能够通过智能推荐学习内容、搭建虚拟仿真实验平台、实现个性化辅导与评估等方式, 极大地丰富教学手段与实践环节, 有助于激发学生的

创新思维和自主学习能力[5]。因此，将人工智能技术有机融入药学专业本科生培养体系，具有重要的可行性与应用潜力。

基于此，本文将 AI 赋能药学创新能力培养界定为理论框架 - 智能平台 - 任务场景 - 评价反馈联动的教学改革问题：一方面，以建构主义强调的主动知识建构、情境学习理论强调的真实任务参与、认知负荷理论强调的学习支持与复杂任务分解为学理依据；另一方面，选取基于氛围编程的分子设计实训作为核心实践模块，具体呈现 AI 如何进入药学生本科生的科研训练过程。这样既避免将 AI 应用停留在工具罗列层面，也有助于从可实施的教学单元中检验体系设计的有效性。

## 2. 传统药学专业本科生培养教学中的现状与痛点

### 2.1. 传统药学教育的局限：理论驱动、脱离应用

药学专业作为高度实践导向的交叉学科，其人才培养目标不仅包括掌握药物相关的系统理论知识，更强调在新药开发、临床药学服务与药事管理等环节的综合能力与创新意识。然而，当前药学专业本科生培养依然以传统的课堂讲授和教材知识传授为主，教学内容高度理论化，知识体系以药理学、药剂学、药物分析和药物化学等学科知识为核心，强调系统记忆和掌握。但在教学过程中，学生更多被要求对既有知识进行重复记忆和机械式训练，缺乏对知识的灵活应用与实际情境中的综合运用。尤其在实验教学中，学生往往按部就班完成规定实验，难以建立“从药物结构到疗效机制再到临床策略”的整体认知。这种重知识轻能力的培养模式，已难以满足药学人才向“创新型、交叉型、应用型”转型的迫切需求。

### 2.2. 教学改革的症结所在：资源匮乏、机制滞后

药专业学生在未来职业发展中面临着新药创制、智能药物递送、个体化治疗等新兴需求，对科研思维和创新能力的要求往往更高。然而，当前的本科教学体系尚未建立系统的创新能力培养机制。由于实践教学资源有限，跨学科研究平台不足，学生难以在校期间独立开展真实科研项目，缺少系统训练提出问题、制定方案、验证结果的能力路径。同时，传统考核机制以标准答案为导向，忽视了对开放性思维、批判性思考与多元解决策略的引导，难以激发学生的探索欲望和实践热情。这种创新能力培养的“空心化”问题，使得学生毕业后在科研、产业或监管岗位上难以独立胜任复杂药学任务，也不利于国家和社会医药产业的创新驱动发展。

### 2.3. 人工智能的变革契机：因材施教、学研融合

AI 工具能够基于学生个体学习数据，进行精准的学习路径推荐、动态知识追踪和实时学习反馈，从而打破传统教学中“一刀切”的模式，实现个性化、智能化教学。在药学教育中，人工智能可以辅助药物设计仿真、药理数据分析、虚拟临床试验等多种实践教学，极大地丰富学生的学习体验。同时，AI 还可以为教师提供教学数据分析支持，帮助优化课程内容与教学策略，提高教学效率与质量。基于人工智能的智慧教育平台，还可以通过建构创新项目孵化体系，激励学生在学习过程中自主提出问题、探索解决方案，从而为药学专业本科生创新能力培养提供强有力的支撑[6]。因此，将 AI 技术系统引入药学专业教学不仅具有高度的可行性，而且能够为解决传统培养中的痛点问题提供新的突破口。

## 3. AI 赋能药学教育的理念重构与路径构想

### 3.1. 理论框架支撑：建构主义、情境学习与认知负荷的整合

AI 赋能药学教育的合理性首先需要建立在明确的学习理论之上。建构主义认为学习者应在问题解决中主动建构知识，情境学习理论强调知识要在真实共同体和任务情境中获得意义，认知负荷理论则提示

复杂知识教学需要通过脚手架和任务分解降低无关负荷。据此，本文将 AI 功能定位为学习支架、情境生成器与过程诊断工具，而非简单的自动答题或内容生成工具。

在药学课程中，知识图谱和个性化推荐服务于建构主义的概念联结，使学生围绕药物结构、靶点、机制和临床应用主动建立知识网络；虚拟仿真和分子设计任务服务于情境学习的真实参与，让学生在接近科研实践的任务中完成方案设计与结果解释；LLM 辅助编程、分步提示和即时反馈服务于认知负荷调控，将数据处理、模型训练和结果可视化拆解为可逐步掌握的学习单元。由此，AI 的教育价值从提高效率进一步转化为促进高阶思维形成[7]。

### 3.2. 教育理念的转型：从知识灌输到能力导向

在上述理论框架下，药学本科教育的改革重点应由单向知识传授转向复杂问题解决能力的培养。人工智能技术的快速发展为这一转型提供了条件，使以学生为中心、以能力为导向的理念能够落实到学习路径生成、任务情境创设和过程性评价之中。通过系统引入 AI 工具，教师不再只是知识讲授者，也成为学习任务设计者、数据解释者和科研训练引导者；学生则由接受既有结论转向主动提出问题、选择工具、验证假设和表达证据，从而推动药学教育从教会学生知识转向培养学生解决复杂药学问题的能力[8]。

### 3.3. 个性化学习系统构建：AI 支持的因材施教

人工智能的引入使因材施教的理念得以真正落地。AI 技术可通过学习行为日志、测验结果和知识图谱节点掌握度建立学生画像，识别其在药物结构识别、药效团理解、药代动力学关联等方面的薄弱环节，并据此推荐差异化学习资源。以集成 18 种化学工具的 ChemCrow 平台、AI 自适应题库和结构式识别系统为例，学生在交互式学习中可以获得即时纠错和路径提示；教师则可根据班级知识图谱热区调整课堂任务。该过程体现了建构主义所强调的主动建构，也通过分层任务降低了初学者在复杂药学知识整合中的认知负荷。

### 3.4. 实践教学的智能化升级：虚拟仿真与智能科研训练

创新能力的形成依赖于真实情境下的问题解决与多维度实践训练。AI 技术为药学实践教学提供了可模拟、可反馈、可迭代的学习环境，使学生能够在接近科研现场的情境中完成假设提出、方案设计和结果解释。通过药物对接模拟平台(如 DockThor 等)，学生可以在虚拟环境中完成药物与靶点的分子对接实验，理解药效机制和相互作用原理；在科研训练方面，引入药物研发智能助手(如 BenevolentAI 等)以及 AI 文献分析工具(如 Elicit 等)后，学生可在系统指导下完成从数据挖掘到靶点预测、从问题提出到方案优化的全过程任务。这一设计使虚拟仿真不再只是实验替代方案，而成为支持情境学习和创新探究的核心载体。

### 3.5. 校企协同育人机制：AI 与产业深度融合

药学教育的发展不能脱离产业需求，推动“AI+ 药学”与产业实践的深度融合，有助于构建产教协同的人才培养生态。高校可与制药企业、医疗机构联合建设“智慧药学实践基地”，通过共享真实数据资源(如临床用药记录、药品不良反应数据库)与 AI 分析平台(如自然语言处理工具提取用药关系)，设计基于现实问题的课程项目。以“智能处方审查助手”为例，学生可参与模型训练，理解 AI 在临床路径中判断处方合理性的机制。这不仅有助于提升学生的系统思维与实战能力，还能加深其对药学职业伦理、患者安全和社会责任的认识，实现课堂学习与行业需求的无缝对接[9]。

### 3.6. 科技伦理与价值引导：构建责任驱动的创新文化

在 AI 赋能教学不断深入的过程中，科技伦理教育的重要性日益凸显。学生在使用 AI 技术从事药学

研究与实践时，需具备正确的价值判断和责任意识。当前 AI 在药学领域的广泛应用已引发诸如算法偏见、数据隐私、责任边界等伦理争议。高校应通过开设“AI 药学伦理与未来”类通识课程，引导学生思考技术应用背后的社会影响，探讨人工智能如何在尊重生命、保障安全的前提下助力药学发展。通过案例分析、情景模拟等教学手段，使学生在掌握技术的同时，具备批判性思维与人文关怀，构建科技向善的价值导向，推动创新思维的健康发展[10]。

#### 4. 课程 - 实训 - 创赛三位一体育人体系的构建与应用

为有效提升 AI 与药学融合背景下本科生的综合素养与创新能力，教学团队构建了“课程教学 - 实践实训 - 创新竞赛”三位一体的教学体系，形成从知识掌握、技能培养到科研创新的全链条育人机制(图 1)。

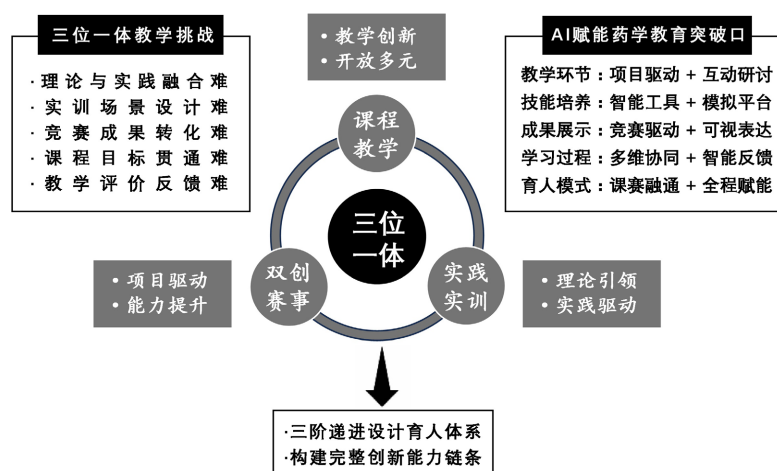


Figure 1. Conceptual diagram of the trinitarian education system

图 1. 三位一体式育人体系概念图

首先，在课程教学环节，围绕药学专业核心课程进行 AI 相关知识的有机融合。例如，在药物化学课程中引入分子生成与虚拟筛选模型，帮助学生理解 AI 在药物发现过程中的具体应用。课程设计强调理论与案例结合，通过项目化教学激发学生主动探索的兴趣。

其次，在实践实训环节，依托校内药物 AI 平台与教学实验室，设立“药物智能设计实训”与“AI 模型搭建训练营”等模块，让学生在真实数据与工具中掌握数据处理、模型训练、药物打分等关键技能，进一步提升其项目落地能力。

最后，在创新竞赛环节，通过遴选优秀实训项目，鼓励学生参加“互联网+”、挑战杯等创新创业赛事，实现以赛促学、以赛促教，初步实现从课程育人到科研育人的跃迁。

通过三位一体的系统设计，形成“课内学习 - 课外拓展 - 科研创新”一体化的人才培养路径，不仅提升了学生的专业能力，也增强了其解决复杂药学问题的跨界思维与实践能力。

##### 4.1. AI 驱动的教学资源体系与课堂形态革新

依托云端平台、药物化学知识图谱与 AI 辅助教学工具，教学团队构建了多维融合的数字化课堂生态。在课前环节，通过智能任务推送系统为学生精准分发预习内容，如“卡片化药物简介”、结构识记练习与课程思政引导问题。学生利用文献分析工具协作撰写药物调研报告，掌握资料检索、观点整合等关键技能。在课堂教学中，基于知识图谱为主架构的 AI 智能分组与任务匹配系统，教师组织学生围绕热点药物开展协作式问题研讨，实现“教 - 学 - 评”的实时闭环，有效提升了学习效率与互动频率。

### ① AI 嵌入式的“三互三动一体化”混合教学模式

在“传统课堂 + 翻转课堂”的协同模式下，教学团队以 AI 技术为支撑，构建“互动 - 互助 - 互评”与“动脑 - 动手 - 动情”的一体化学习体验。传统课堂中，AI 平台辅助教师实时识别学生知识薄弱点，优化案例点评内容与讲授逻辑；翻转课堂则引入 AI 问答助教与对话机器人，配合小组开展“头脑风暴”论坛、“生讲生评”课堂演练与“虚拟药学实践”模拟活动，实现学生角色扮演与知识迁移能力的融合训练。AI 技术的深度介入有效促进了学生由被动学习者向主动探索者的身份转变。

### ② 知识图谱驱动的教学智能化应用

依托药物化学知识图谱的构建与应用，教学团队打造了具备结构性、可视化与智能化特征的知识支撑体系，推动教学内容组织、教学任务设计及学习路径规划的全流程革新。知识图谱以药物分子结构为核心节点，融合作用机制、靶点蛋白、适应症、合成路线、药代性质等多维信息，实现了教学内容的语义关联与结构映射。在课前阶段，知识图谱支持 AI 自动推送个性化学习资源，如根据学习进度动态推荐相关药物概念、结构识记图谱等，引导学生建立系统性认知框架。在课堂实施中，教师借助知识图谱驱动的全局层 - 概念层 - 方法层教学，动态组合学生开展问题 - 路径 - 药物三维分析任务，实现协同研讨与知识迁移的精准对接。以热点药物为切口，学生可顺藤摸瓜式探索其靶点、机制与临床意义，培养从结构出发整合跨学科信息的能力。

### ③ AI 赋能科研能力培养与第二课堂建设

在第二课堂实践中，学生使用 ChemOffice、Discovery Studio 等 AI 工具进行药物构效关系分析，结合 Scifinder、DrugBank 等数据库开展数据挖掘与文献追踪，逐步掌握科研训练的基本方法。AI 平台在研究辅助、写作规范与可视化呈现等方面发挥重要作用，提升了学生在科研项目中的表达、整合与技术转化能力。

## 4.2. 基于氛围编程的分子设计实训：核心模块的深化设计

围绕分子设计与药物性质预测主题，教学团队将基于氛围编程的分子设计实训确定为 AI 赋能创新能力培养体系中的核心模块。该模块面向药学本科生，以真实药物研发问题为牵引，将大语言模型交互、Jupyter Notebook 编程、药学数据库检索和机器学习建模整合为连续学习任务，目标不是让学生简单调用 AI 工具，而是引导其理解“数据 - 特征 - 模型 - 解释 - 优化”的药物设计逻辑<sup>[11]</sup>。

在技术架构上，该模块由四个层级构成。第一是数据层，学生从 PubChem、ChEMBL 或教师提供的教学数据集中获取候选分子的 SMILES、活性值和理化性质，并完成去重、缺失值处理和标签定义。第二是特征层，借助 RDKit 生成分子描述符、ECFP 或 MACCS 分子指纹，将抽象分子结构转化为可计算特征。第三是模型层，在 DeepChem 环境中完成随机森林、支持向量机或图卷积模型等算法训练，并通过训练集、验证集和测试集划分控制过拟合。第四是交互与展示层，学生在 Jupyter Notebook 中利用 LLM 生成或修正代码，使用 Plotly 和 RDKit 可视化结构 - 活性关系、模型评估曲线和关键特征贡献。

在算法原理教学上，模块采取可解释基线模型先行、复杂模型逐步引入的策略。学生先比较 Logistic 回归、随机森林等传统机器学习方法，理解分子指纹、特征重要性、ROC-AUC、RMSE 和交叉验证等基本概念，再进一步接触图神经网络对原子与化学键拓扑关系的建模方式。教师重点引导学生判断模型输出是否具有药学意义，例如高活性预测是否能与药效团、氢键供受体、疏水片段或空间位阻等药物化学知识相互印证，从而避免把 AI 结果误解为无需解释的“黑箱结论”。

在教学设计上，实训采用“课前脚手架 - 课中任务驱动 - 课后迭代展示”的流程。课前阶段，学生通过图文化手册和微视频掌握 SMILES 表示、分子指纹、物化性质和 Notebook 基本操作；课中阶段，小组围绕教师提供的靶点或疾病场景提出分子筛选问题，通过自然语言提示让 LLM 辅助生成数据处理

和建模代码，并在教师指导下完成错误诊断、参数调整和结果解释；课后阶段，学生提交 Notebook、可视化图谱和简短研究报告，说明其候选分子选择依据、模型局限和下一步优化方案。该流程把 LLM 定位为认知支架，使学生在降低编程门槛的同时保持对药学问题本身的判断权。

在评价方式上，模块构建以过程证据为核心的量规，包括问题定义、数据规范、特征选择、模型评价、药学解释、创新迭代和团队协作七个维度。教师不仅评价预测结果的准确性，也评价学生是否能够解释数据来源、说明算法选择理由、识别模型偏差并提出后续实验验证思路。通过这种评价设计，AI 工具的使用被纳入科研能力培养过程，而不是停留在完成作业的技术辅助层面。

从已完成的课堂实践看，该模块形成了较清晰的学习产出：学生能够以小组为单位完成数据集说明、Notebook 代码、模型评估图、结构-活性关系解释和候选分子优化建议。与传统验证性实验相比，学生在失败调试、参数比较和结果解释中经历了更完整的科研问题解决过程，问题建构意识、数据思维和跨学科表达能力得到明显强化。考虑到目前仍缺少大样本、长期追踪的量化证据，后续教学研究将进一步引入前后测、作品量规和访谈资料，对该模块的学习成效进行持续验证。

### 4.3. AI 赋能下的创新创业赛事教学实践探索

#### ① 以赛促学：构建融合 AI 与药学的项目式育人平台

为充分激发药学专业本科生的科研创新潜力，我院以创新创业赛事为切入点，积极探索“人工智能+药学”交叉融合的能力培养路径。教学团队结合药学专业发展需求与 AI 技术应用前沿，遴选“大数据与 AI 赋能的偶联药物发现平台”作为项目主题，采用项目驱动的小组合作形式，引导学生围绕先导化合物筛选、活性预测与偶联结构优化等环节，开展跨学科课题研究与技术攻坚。

#### ② 以技促能：融合 AI 技术提升学生科研实践能力

项目实施过程中，学生通过构建结构化药物数据库，利用分子生成模型与机器学习算法开展候选分子筛选与评价，逐步掌握从数据清洗、模型训练到结果解释的系统性科研流程。教师同步引导学生开展 AI 辅助药物设计的伦理思辨与规范学习，强化其科学精神、法治意识与社会责任感，实现 AI 技术工具在药学教学中的价值外延。

#### ③ 以成促评：赛事成果驱动人才培养质量提升

在 AI 赋能背景下，部分医药类创新项目成果已在校内外多个创新实践平台上完成展示与应用，获得了良好反响，体现出药学专业本科生在跨学科融合、项目策划与技术实现等方面的综合能力与科研潜力。此类 AI+ 药学项目的持续推进，不仅带动了课程内容与教学方式的协同升级，也为探索“产学研赛”一体化的人才培养路径积累了可借鉴的经验范式。

## 5. 未来展望

随着人工智能技术的持续发展，其在药学教育中的应用将更加深入和具体。本文立足药学本科生创新能力培养的现实需求，在建构主义、情境学习理论和认知负荷理论的支撑下，提出“课程-实训-竞赛”三位一体的 AI 赋能育人体系，并重点围绕基于氛围编程的分子设计实训展开核心模块设计。该模块通过知识图谱、虚拟仿真、LLM 辅助编程和机器学习建模的融合，将药物设计问题转化为本科生可参与、可表达、可评价的科研训练任务，从而为 AI 进入药学实践教学提供了更具体的实施路径。

面向未来，药学专业本科生培养应进一步从工具使用走向证据驱动的教学改进。一方面，高校应持续完善 AI 素养、药学数据规范和科技伦理课程，将算法偏见、数据隐私、模型可解释性和药学责任纳入专业教学；另一方面，应建立以学习数据、作品档案、科研报告和竞赛项目为基础的长期评价机制，检验 AI 实训对创新思维、科研素养和跨学科协作能力的真实影响。借助理论框架、核心模块和评价证据的

协同推进, AI 赋能药学教育才能从经验性探索走向可复制、可验证和可推广的教学改革方案。

## 基金项目

“十四五”第二批本科和研究生省级教学改革项目(JGGC2024004)。

## 参考文献

- [1] 孟亮. 教学智能化技术在高等教育新课程建设中的应用研究[J]. 新课程研究, 2024(21): 52-54.
- [2] Cole, J.D., Ruble, M.J., Astle, K., Tabulov, C.E., Singleton, J. and Sunjic, K.M. (2024) Integration of Artificial Intelligence (AI) in Skills-Based Pharmacy Courses. *American Journal of Pharmaceutical Education*, **88**, Article 101016. <https://doi.org/10.1016/j.ajpe.2024.101016>
- [3] Tillman, J. (2025) Prescriptions for Progress: How Pharmacy Education Is Using AI. *American Journal of Health-System Pharmacy*, **82**, e409-e411. <https://doi.org/10.1093/ajhp/zxaf068>
- [4] 李靖阳, 于慧敏, 肖坚. 人工智能工具 ChatGPT 在临床药学教育中的应用[J]. 药学教育, 2024, 40(2): 40-43.
- [5] Sharma, M. (2024) Medicinal Chemistry Education: Teaching an Old Dog with New Tricks. *Journal of Medicinal Chemistry*, **67**, 17940-17942. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.4c02244>
- [6] 崔立有. 人工智能背景下临床药学教育改革策略[J]. 药学教育, 2025, 41(2): 48-52.
- [7] 楚生辉, 刘敏, 郭一涵, 等. 基于知识图谱和 AI 赋能的中药鉴定学课程建设研究与实践[J]. 中关村, 2026(3): 176-178.
- [8] Lindsley, C.W. (2024) Medicinal Chemistry Education and Training. *Journal of Medicinal Chemistry*, **67**, 18640-18641. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.4c02619>
- [9] Zhang, X., Tsang, C.C.S., Ford, D.D. and Wang, J. (2024) Student Pharmacists' Perceptions of Artificial Intelligence and Machine Learning in Pharmacy Practice and Pharmacy Education. *American Journal of Pharmaceutical Education*, **88**, Article 101309. <https://doi.org/10.1016/j.ajpe.2024.101309>
- [10] 陶丽, 李梢. AI 智能教育协同药学导论课程思政路径探索[J]. 药学教育, 2025, 41(1): 68-72.
- [11] 王安涛. 氛围编程在高职 Web 后端开发教学的实践与探索[J]. 计算机时代, 2026(2): 104-108.