

知识图谱导航·支架式教学赋能：医学生物化学课程教学创新与实践

林佳, 王莉, 何冰, 王洋, 曹蕾*

华北理工大学生命科学学院, 河北 唐山

收稿日期: 2026年9月9日; 录用日期: 2026年10月11日; 发布日期: 2026年10月20日

摘要

在教育数字化转型与新医科建设的双重驱动下, 医学生物化学课程面临着知识体系融通难、高阶思维建立难、素养深层内化难等教学痛点。本文以《生物化学》课程为实践载体, 提出“知识图谱导航、支架式教学赋能”的教学创新路径。通过构建全能立体化知识图谱, 将课程知识体系进行结构化、可视化呈现, 解决知识碎片化与体系融通问题; 基于知识图谱搭建分层教学支架, 实施“通理-析疾-融创”三阶递进教学, 促进学生从知识习得到能力迁移再到价值内化的螺旋上升。实践表明, 该模式有效提升了学生的知识关联能力、临床思维水平和职业素养内化程度, 为医学基础课程的数字化改革提供了可复制的实践范式。

关键词

知识图谱, 支架式教学, 生物化学, 混合式教学, 医学教育

Knowledge Graph Navigation and Scaffolding Instruction Empowerment: Teaching Innovation and Practice in Medical Biochemistry

Jia Lin, Li Wang, Bing He, Yang Wang, Lei Cao*

College of Life Sciences, North China University of Science and Technology, Tangshan Hebei

Received: September 9, 2026; accepted: October 11, 2026; published: October 20, 2026

*通讯作者。

文章引用: 林佳, 王莉, 何冰, 王洋, 曹蕾. 知识图谱导航·支架式教学赋能: 医学生物化学课程教学创新与实践[J]. 创新教育研究, 2026, 14(10): 368-375. DOI: 10.12677/ces.2026.1410799

Abstract

Under the dual impetus of educational digital transformation and the development of new medical education, the Medical Biochemistry course faces three persistent pedagogical challenges: fragmentation of knowledge integration, difficulty in cultivating higher-order thinking, and inadequate internalization of professional values. Taking the Biochemistry course at North China University of Science and Technology as a practical case, this paper proposes an innovative teaching approach characterized by “knowledge graph navigation and scaffolding instruction empowerment”. A comprehensive three-dimensional knowledge graph is constructed to structure and visualize the course knowledge system, thereby addressing the issues of knowledge fragmentation and systemic integration. On this basis, stratified instructional scaffolds are designed following the “Foundation Building - Disease Exploration - Innovative Transformation” three-stage progressive teaching model, guiding students through a spiral ascent from knowledge acquisition to competency transfer and ultimately to value internalization. Practical results demonstrate that this model effectively enhances students’ ability to establish knowledge associations, strengthens their clinical reasoning capacity, and promotes the deep internalization of professional ethics. This reform offers a replicable paradigm for the digital transformation of foundational medical courses.

Keywords

Knowledge Graph, Scaffolding Instruction, Biochemistry, Blended Teaching, Medical Education

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

教育数字化是当今时代发展的必然趋势，它不仅是教育领域的一场技术革命，更是教育理念、教学模式、教育治理等多方面的深刻变革。2025 年《教育部等九部门关于加快推进教育数字化的意见》¹明确提出要“完善知识图谱，构建能力图谱，深化教育大模型应用，推动课程体系、教材体系、教学体系智能化升级”[1]-[3]。2026 年，《“人工智能 + 教育”行动计划》²进一步强调要“充分发挥人工智能赋能教育变革的引擎作用，推动智能技术与教育全要素融合、全过程贯通、全场景覆盖”。这一系列政策部署为医学教育数字化转型指明了方向[4]-[8]。

生物化学是临床医学专业的核心基础课程，聚焦人体代谢、能量转化与信息调控的动态网络，是贯通基础医学与临床医学的逻辑枢纽[9]。但传统生物化学教学长期面临三重困境：其一，理论知识抽象繁杂，章节之间关联松散，学生难以建立完整的知识体系；其二，基础理论与临床实践脱节，学生大多局限于应试思维，难以实现高阶思维能力的迁移拓展；其三，知识学习与价值认同分离，学生难以将生化理论认知转化为医者的使命担当[10]。这些问题的本质，在于课程教学缺乏有效的知识组织工具和认知引导机制。

近年来，知识图谱作为一种结构化的语义知识库，在语义搜索、智能问答、智慧教育等领域展现出日益突出的应用价值[11]。支架式教学强调教师要基于学生已有知识提供概念框架，帮助学生建构新知识[12]。将知识图谱的结构化优势与支架式教学的渐进引导优势相结合，为破解上述教学困境提供了新的思路。

¹https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202504/content_7019045.htm

²https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202604/content_7065138.htm

本文以华北理工大学《生物化学》课程为实践载体,系统阐述“知识图谱导航、支架式教学赋能”的教学创新路径与实践成效,以期为医学基础课程的数字化转型提供参考。

2. 理论基础

(1) 知识图谱的教育应用

知识图谱是一类结构化的语义知识库,它以节点代表知识单元、知识点,通过关系将各节点相互连接,最终构成网状知识结构[13]。课程知识图谱属于专业领域知识图谱,它依托专业知识体系完成构建,形成涵盖知识领域、知识单元、知识点的层级嵌套网状组织结构,能够为人才培养与教学活动提供全方位支撑[14]。

在医学教育领域,知识图谱的应用正逐步从理论研究转向实践探索。已有研究表明,知识图谱可以更准确清晰地呈现学科知识的内在逻辑结构[15];以网状学科知识图谱为核心构建的在线教学模式,能够突破传统线性教学的局限,以更高效便捷的信息化手段开展个性化教学[16]。具体到生物化学课程,知识图谱的构建对推动课程教学提质增效具有重要价值:通过完成课程知识的融合与关联、课程内容的筛选与加工、知识体系的构建与完善,可以有效解决传统教学中存在的知识碎片化、内容更新不及时等问题。

(2) 支架式教学的理论内涵

支架式教学是指教师基于学生已有的知识基础,为帮助学生理解新知识搭建概念框架的教学模式,其核心逻辑如同搭建阶梯,让学生依托已有认知完成新知识的意义建构。该模式强调发挥学生的学习主动性,一般通过搭建支架、创设情境、独立探索、协作学习和效果评价等环节实现有效教学[17]。

在医学教育领域,支架式教学的应用已经展现出积极成效:教师可针对不同层次学生的学习水平、学习能力与学科兴趣,设计差异化教学策略,为学生提供个性化学习支持,最终实现教学效果的提升[18]。生物化学作为医药院校的核心基础课程,传统课堂多采用填鸭式授课模式,忽略了学生学习的主动性与创造性[9]。引入支架式教学模式,能够有效改变这一现状,提升学生学习的积极性与主动性。

(3) 知识图谱与支架式教学的融合逻辑

知识图谱与支架式教学存在内在互补性:知识图谱解决的是“教什么”以及“知识如何组织”的问题——它以可视化方式呈现知识的结构与关联,为教学提供清晰的认知地图;支架式教学解决的是“如何教”以及“学生如何学”的问题——它通过分层递进的教学支架,引导学生从已知出发探索未知,实现从浅层理解到深度建构的跃升。

二者融合形成“图谱导航 + 支架赋能”的全新教学范式:知识图谱可作为认知支架,帮助学生建立知识之间的结构化关联;教师以知识图谱为导航工具,结合学生学情搭建差异化教学支架;学生则在图谱引导与支架支撑下,完成从知识习得、能力迁移到素养内化的完整学习过程。这一融合逻辑,为破解生物化学课程的教学痛点提供了理论支撑。

与已有研究相比,本文的差异化定位体现在三个方面:其一,多数研究将知识图谱定位为“资源索引工具”,侧重资源的快速检索与推送,本文则进一步将其作为“认知支架”,强调节点间语义关系对学生知识建构的引导作用;其二,已有支架式教学研究多侧重于“教师如何搭建支架”,对“支架如何随学生能力变化而动态调整”关注不足,本文以知识图谱的实时数据为分层依据,使支架的搭建和撤除不再依赖教师的主观判断;其三,已有研究多分别讨论知识图谱或支架式教学,本文尝试将二者整合为统一的“图谱导航 - 支架赋能”教学范式,并在一门完整课程中进行了为期五年的系统实践。

3. 课程教学创新的实践路径

(1) 课程痛点分析

基于华北理工大学临床专业大二年级近五年约 600 名学生的学习追踪数据和 AI 学情分析,教学团队

归纳出本门课程的核心痛点:

课情层面,面对医学模式向精准医学转型、社会健康需求从“治已病”转向“治未病”的时代要求,传统课程内容组织方式难以支撑“疾病病因-机制解析-靶向干预”完整诊疗逻辑的构建,学生仅进行单一章节的学习,难以适配以“多因素叠加、多系统关联”为特征的复杂性疾病诊疗需求。

教情层面,生物化学理论抽象、代谢途径繁多,传统教学多采用知识点线性讲授的模式,学生往往通过死记硬背、刷题巩固知识,陷于应试思维当中,难以实现高阶思维能力的提升与迁移。

学情层面,学生大多只关注知识学习与课程考核,很难将生化理论与国家发展的使命需求建立深度关联,也难以将理论认知转化为自身的医者价值认同。

(2) 知识图谱驱动的课程内容重构

知识图谱的构建依托超星学习通平台的知识图谱模块完成。团队依据教学大纲和执业医师考试大纲,梳理课程全部知识点,确定“知识领域-知识单元-知识点”三级本体结构,共提取知识点 62 个、任务点 407 个,其中基础点 12 个、核心点 28 个、能力点 22 个。节点间定义前驱关系(如“糖酵解”是“三羧酸循环”的前驱节点)、包含关系(如“酶促反应动力学”包含“米氏方程”)、关联关系(如“胰岛素信号通路”与“糖代谢调控”相关联)三类语义关系。在此基础上,将学银在线平台已有的授课视频、重难点解析、典型例题、思政案例等资源与对应知识节点逐一绑定,形成涵盖“基础知识-核心概念-综合应用”三层结构的课程知识网络,并通过平台自带的可视化引擎生成网状知识地图。平台同时记录学生节点的点击流、停留时长、回看次数等行为数据,为后续分层教学和智能评价提供数据基础。

基于这一图谱框架,团队将课程内容重构为“知识通览-机理深析-整合创研”三阶递进模块:知识通览篇依托“人体全域图谱”与“器官漫游图谱”,系统呈现物质代谢与信息传递的生化网络,夯实学生“识正常、辨异常”的认知根基;机理深析篇融合真实病例与 AI 虚拟场景,依托“能量图谱”与“问题图谱”动态解析典型疾病的生化机制;整合创研篇立足复杂疾病诊疗,依托“跨学科图谱”与“思政图谱”设计疾病干预探究任务。

在资源建设方面,实现资源与知识节点的深度融合。团队围绕知识图谱节点,建成课程思政融合案例库 119 个、生化与健康素养案例库 86 个、经典疾病生化机制探究案例库 55 个、前沿交叉拓展资源库 38 个。每个知识节点都绑定了对应的预习指导、授课视频、重难点解析、典型例题等立体化学习资源,学生可按图索骥,完成从单个知识点到完整知识网的系统建构。

(3) 基于知识图谱的分层支架教学设计

针对高阶思维建立难的问题,教学团队创新性地将知识图谱作为分层教学支架的认知基础,构建起“知识图谱驱动、探究活动贯穿、因材施教”的教学机制。

第一,建立动态分层学生档案。依托知识图谱记录的在线学习数据,团队按照“一中心四原则”的指导思想对学生进行分层:“一中心”即以学生发展为中心,“四原则”即知识图谱原则(为学生建立个性化学习档案)、隐性分层原则(学生对分层结果不知情)、鼓励鞭策原则(让不同层次的学生都能获得学习成就感)、实时动态原则(动态调整学生层次与教学设计)。团队结合知识图谱的在线响应数据和课后任务完成情况,将学生分为 A、B、C、D 四个层次——不同层次学生对应不同的学习行为特点,以此为依据开展不同侧重的个性化指导。

第二,搭建分层教学支架体系。采用“线上数据驱动+分层档案依托+教研双创牵引”的教学模式,搭建动态适配的教学支架,将集体授课、分层指导与个别辅导相结合,最大限度调动不同层次学生学习的主动性与积极性。针对评价反馈结果实施个性化支架教学策略,让课堂更具温度与活力。以“糖代谢”章节为例,各层次任务设计如下:A 层任务为“设计针对 2 型糖尿病胰岛素抵抗的膳食干预方案”,要求整合糖代谢、脂代谢、信号转导等多章节知识,查阅前沿文献并撰写探究报告;B 层任务为“分析糖

尿病病例的生化检验报告，推断代谢紊乱环节”，要求运用糖代谢知识解释血糖、糖化血红蛋白等指标变化；C层任务为“绘制糖酵解与糖异生的对比思维导图”，准确标注关键酶、调控位点和能量变化；D层任务为“完成糖代谢核心知识点的填空与选择题练习”，正确率达到80%以上。各层任务均对应知识图谱中的不同节点组合，学生完成后由AI系统自动记录完成度和正确率，教师依据数据动态调整下一阶段的分层方案。

第三，实施“三阶·四导·环链互嵌”智慧教学模式。以“三阶”（通理、析疾、融创）为骨架搭建阶梯式智慧目标：通理阶段，依托特色智慧图谱可视化呈现“人体生化网络”，遵循生化诊疗逻辑构建融通性知识体系；析疾阶段，通过虚拟展厅、AI实践与数字案例开展沉浸式机制探究，赋能高阶思维训练；融创阶段，依托AI分层任务引擎结合学生画像，开展精准化临床转化训练。以“四导”（教师导学、医师导案、导师导研、AI随导）为支撑，精准勾勒学生成长路径。以“环链互嵌”（教师智能教学环IDEA与学生探究实践链5D）为引擎，提升整体教学效能。这一模式帮助学生实现了从知识接收者到高阶思维运用者的转变。

（4）知识图谱支撑的思政育人浸润

针对素养深层内化难的问题，教学团队将知识图谱技术拓展至思政育人领域，实现了知识图谱与价值图谱的融合贯通。

一是构建思政知识图谱。以新时代医学创新人才动态价值成长为核心，锚定科学精神、共情能力、伦理判断、使命担当四大育人维度，依托知识图谱的可视化呈现，将思政元素系统嵌入“通理-析疾-融创”三阶教学全流程。

二是实现思政资源的图谱化组织。围绕数字教材核心知识点建设课程思政融合案例库，向学生云端推送“牛胰岛素合成协作攻坚”等红色案例，引导学生在自主学习中感悟科学精神；同时依托真实临床疾病与AI虚拟情境开展情境思辨，结合学生精准画像实施分层进阶实践。

三是形成从“思政润心”到“价值计算”的育人闭环。以多源数据量化各价值维度的成长过程，生成可视化“个人素养成长雷达图”，教师可依托数据开展精准化动态策略干预，实现思政育人的数据驱动与精准施策。

（5）智能评价体系构建

教学团队构建了“三维循证+全程追踪”双线智能评价体系，以形成性评价（50%）、终结性评价（40%）、增值性评价（10%）为评价主体，以追踪性评价为优化补充。

该评价体系的核心，在于知识图谱数据的全程贯通。在通理阶段，通过知识图谱完成度与逻辑性、自主学习指数、线上互动响应度等指标完成精准诊断；在析疾阶段，通过真实病例解析、小组协作创新、角色扮演表现等数据开展临床思维评估；在融创阶段，通过分层进阶项目设计与社会实践参与完成创新转化评价。终结性评价中的探究报告和期末考试，均引入AI辅助评估逻辑链完整度、创新性与伦理考量深度。增值性评价则通过纵向对比同一学生各阶段的能力发展曲线、横向对比个体进步幅度与班级平均水平，量化个体成长轨迹。

这一评价体系实现了从静态终结评价向动态过程评价、从单一知识考核向多维能力评估的转变，为教学改进提供了精准的数据支撑。具体而言，AI在评价体系中承担三个层面的功能：数据采集与清洗、指标计算与可视化、反馈生成与路径推荐。平台自动抓取学生在知识图谱上的点击流、停留时长、回看次数、答题记录等行为数据，剔除无效记录后，依据预设算法计算知识图谱完成度、逻辑性评分等指标，并以雷达图形式呈现。当学生某项指标低于阈值时，系统自动推送针对性微课或练习题，教师端同步接收预警提示，从而将评价数据直接转化为教学干预的依据。

（6）研究设计与数据来源

本研究采用单组前后测设计,以华北理工大学临床医学专业大二年级《生物化学》课程为实践载体,覆盖 2021 级至 2025 级约 600 名学生。由于教学改革在全年级同步实施,未设置平行对照班,因此成效评价主要基于纵向对比和质性反馈。

数据来源包括:(1) 标准化期末考试试卷,由教研室统一命题、统一阅卷,覆盖知识、能力、价值三个维度;(2) 超星学习通平台知识图谱模块记录的在线学习行为数据(节点完成度、回看次数、互动响应准确率等);(3) 探究报告评分,采用双盲评审,由两名未参与教学的教师依据统一量规独立打分;(4) 课程满意度问卷,于课程结束后向学生发放,近三年回收有效问卷分别为 105 份、93 份和 91 份。

需要说明的是,单组前后测设计虽能反映改革前后的变化趋势,但难以完全排除年级差异、教师水平波动、考试难度变化等混杂因素的影响。后续研究计划在条件允许时增设平行对照班,采用更严格的准实验设计。

4. 实践成效

经过近五年的持续实践,基于知识图谱导航与支架式教学的课程改革取得了积极成效。以下数据来源于实验班纵向对比和质性反馈,虽不能完全排除混杂因素,但连续五年的稳定趋势和多元证据可在一定程度上反映改革的实际效果。

在知识建构层面,学生对知识关联的认知水平显著增强,知识图谱完成度达到 98%以上,案例分析中跨章节知识点的关联应用率明显提升。期末考试数据显示,80%的学生能够运用多学科知识正确解决医学问题。

在能力迁移层面,89%的学生能够系统完成从分子异常到诊疗方案的完整逻辑推演。学生参与学科竞赛与创新实践的比例逐年上升,近五年依托生化课程开展深入研究,学生共获得省级以上奖项 50 余项(含国家一等奖 2 项)、获批大创项目 15 项(含国家级、省级项目 7 项)、参与发表学术论文 30 余篇(其中 SCI 收录论文 4 篇)。

在素养内化层面,学生自发创作生化课程思政微视频 136 个,实习医院评价学生“能自觉运用生化原理解释临床表现”,课程满意度超过 93%。

在课程建设层面,本课程获批国家混合式一流课程、省级课程思政示范课程。课程上线学银在线六年来,共开设 12 期,近三千人选课学习,累计页面浏览量接近九百万次。课程团队受邀在学术会议和网络平台分享改革经验,覆盖辐射 4000 余人次。

5. 研究的局限性与挑战

尽管“知识图谱导航 + 支架式教学”模式在实践中取得了积极成效,但研究设计和实施过程中仍存在若干值得正视的局限。

第一,缺乏严格的对照实验。当前成效数据主要来自实验班的单组前后测和质性反馈,虽能反映改革前后的变化趋势,但难以排除年级差异、教师水平波动、考试难度变化等混杂因素的影响。后续研究应在条件允许时设置平行对照班,采用标准化测试工具,进行严格的准实验设计,并引入协变量分析以控制无关变量。

第二,素养内化的评估证据以量化数据为主。目前对“职业素养内化”的衡量主要依赖问卷调查和雷达图数据,虽然覆盖面广,但深度不足。学生的价值认同是否真正内化于心、外化于行,需要借助深度访谈、课堂观察、反思日志等质性方法进行追踪。

第三,技术平台的稳定性与教师负担问题。知识图谱的维护和 AI 评价系统的运行依赖稳定的网络环境和平台技术支持。在实际教学中,曾出现平台响应延迟、数据同步不及时等技术问题,影响了一部分

学生的学习体验。同时,教师需要投入大量时间进行知识图谱更新、分层任务设计和 AI 反馈复核,工作量显著增加。

第四,学生适应性存在个体差异。部分学生(尤其是 D 层学生)对“自主探究 + 分层任务”的模式表现出初期不适应,习惯于被动听讲和刷题巩固,对知识图谱的自主导航功能使用率偏低。如何帮助这类学生平稳过渡到自主学习模式,需要进一步设计更细致的引导策略。

6. 结语

在教育数字化转型的时代背景下,医学生物化学课程的教学改革既面临挑战,也蕴含发展机遇。本文提出的“知识图谱导航、支架式教学赋能”创新路径,以知识图谱为认知支架解决知识体系融通问题,以分层支架教学破解高阶思维培养难题,依托图谱数据贯通实现精准评价与持续改进。实践表明,这一模式能够有效推动医学人才从“知识型”向“能力型”“价值型”转变。

面向未来,随着人工智能技术的持续演进和“人工智能 + 教育”行动计划的深入推进,知识图谱与支架式教学的融合将朝着更加智能化、个性化的方向发展。教学团队将持续完善知识图谱的动态更新机制,深化 AI 辅助教学支架的智能适配功能,探索知识图谱从“课程级”向“学科级”“专业级”的拓展应用。教学团队计划在下一轮教学中,选取同年级平行班作为对照,开展准实验研究,同时补充学生深度访谈和实习期间行为跟踪等质性数据,以进一步验证该教学模式对高阶能力和职业素养的促进作用。我们期待为医学教育的数智化转型贡献更多实践智慧。

基金项目

基于课程思政“五层四化双新”知识图谱的混合式教学设计与创新实践(2023GJJG215),河北省教育教学改革项目;智能教育生态视角下生物化学课程“SPACE + AI”教学范式创新与实践(2025RGZN006),河北省高校人工智能赋能教改专项课题重点项目;基于全能立体化知识图谱的生物化学支架式教学策略的应用与实践(2023A12),中华医学会医学教育分会、全国医学教育发展中心 2023 年医学教育研究立项课题重点立项项目。

参考文献

- [1] 沈火明, 龚晖, 富海鹰. 智慧课程构建: 从数字赋能到教学模式的创新转型路径[J]. 中国大学教学, 2025(9): 10-17, 2.
- [2] 金牧兰, 钟绍春, 杨澜, 等. 生成式人工智能赋能数字教材建设: 结构框架与实践路径[J]. 电化教育研究, 2025, 46(10): 121-128.
- [3] 晋欣泉, 姜强, 马志强. 数字时代教育变革视域下高校学困生的诱因识别与演化机理研究[J]. 中国高教研究, 2025(1): 48-56.
- [4] 李百艳, 姜美玲. 人工智能赋能区域基础教育变革路径[J]. 开放教育研究, 2025, 31(3): 102-111.
- [5] 沈坤荣, 林剑威. 人工智能赋能产业变革的机制与推进路径[J]. 经济纵横, 2025(1): 55-65, 136.
- [6] 姜帅合, 吴南中, 王娟. 人工智能赋能高质量教师教育体系建设: 内涵、维度及路向[J]. 中国电化教育, 2025(12): 108-114.
- [7] 朱旭东, 刘乔卉, 施懿. 人工智能时代的“立德树人”: 内涵与实践路径[J]. 清华大学教育研究, 2026(1): 103-120.
- [8] 齐艳. 生成式人工智能时代教师专业发展的机遇、挑战与应对[J]. 教学与管理, 2026(3): 42-46.
- [9] 陈盼, 习阳, 金晓锋, 等. “教、学、评、研”四维一体的生成式人工智能辅助生物化学与分子生物学教学的实践探索[J]. 生物化学与生物物理进展, 2026, 53(3): 789-800.
- [10] 涂然, 韦晓兰, 许晗宇, 等. “四化一体”教学模式在生物化学课程中的改革与探索[J]. 中国生物化学与分子生物学报, 2026, 42(5): 886-897.
- [11] 李红艳, 毛运恒, 陈志浩. 基于知识图谱的高校教学方法多元化分析[J]. 社会科学前沿, 2024, 13(7): 744-751.

-
- [12] 王媛, 平立映, 赵金娟. 支架式教学法应用于混合教学模式的创新实践——以高校“环境规划与管理”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2025(29): 133-136.
- [13] 赵莹莹, 朱率率. 知识图谱构建技术研究综述[J]. 计算机工程, 2026, 52(8): 84-100.
- [14] 章献民, 史治国, 回晓楠, 等. 基于知识图谱的专业认知体系构建和课程建设——以“信息与电子工程导论”课程为例[J]. 工业和信息化教育, 2023(7): 28-32, 39.
- [15] 焦晓静, 王兰成. 知识图谱的概念辨析与学科定位研究[J]. 图书情报工作, 2015, 59(15): 5-11.
- [16] 朱莉萍. 大概念视域下的大单元教学: 新意及其教学实现[J]. 教学研究, 2024, 47(6): 59-66.
- [17] 杜军. “支架式”教学应重视“脚手架”的搭建[J]. 教育理论与实践: 学科版, 2005(14): 51-53.
- [18] 张月娟, 周芳亮, 何迎春. 数智赋能图谱导航: 生物化学课程自适应学习形成性评价实证研究[J]. 高教学刊, 2026, 12(5): 20-23, 29.