

Construction of a Knowledge Graph for Organic Chemistry Under Professional Assessment Guidance

Xiaoyu Lu Haipin Zhou Yuheng Ma

School of Materials and Chemical Engineering Chuzhou University, Chuzhou, Anhui, 239000, China

Abstract

Against the backdrop of professional evaluations driving continuous improvement in higher education quality, organic chemistry instruction faces challenges such as complex course content and insufficient student engagement. The development of digital knowledge graphs and innovative teaching methodologies have become crucial for overcoming these obstacles and enhancing educational quality. This study systematically constructs a digital knowledge graph for organic chemistry by integrating multi-source data including textbooks and research literature, achieving knowledge visualization and efficient retrieval. In pedagogical practice, personalized learning paths are designed for students, group collaboration is encouraged, cutting-edge research and practical case studies are incorporated, and a diversified evaluation system is established. Practical implementation demonstrates remarkable reform outcomes, with dual improvements in student performance and competencies, and significant enhancements in teaching quality.

Keywords

Organic Chemistry; Knowledge Graph; Professional Assessment; Teaching Evaluation

专业评估导向下有机化学数字化知识图谱构建与教学创新探究

陆晓雨 周海斌 马玉恒

滁州学院材料与化学工程学院, 中国·安徽 滁州 239000

摘要

在专业评估推动高校教学质量不断攀升的大背景下, 有机化学教学遭遇了课程内容繁杂、学生学习兴趣不足等诸多挑战。数字化知识图谱建设与教学方法创新, 成为突破困境、提升教学质量的关键所在。本研究通过整合教材、科研文献等多源数据, 精心构建有机化学数字化知识图谱, 达成知识可视化与高效查询。教学上, 围绕学生定制个性化路径, 鼓励小组协作, 融入前沿科研与实践案例, 并构建多元评价体系。实践表明, 改革成效斐然, 学生成绩与能力双提升, 教学质量显著改善。

关键词

有机化学; 知识图谱; 专业评估; 教学评价

1 引言

信息技术迅猛发展为教学变革带来曙光, 数字化知识图谱构建及教学方法革新成为提升教学质量的新契机。构建有机化学知识图谱, 能整合零散知识点为结构化网络, 实现智能关联、分层展示与个性化路径推荐, 化解学生知识碎片化与检索难题。同时, 创新教学方法激发学生兴趣与主动性, 契合个性化学习诉求, 对提升教学质量意义深远。本论文聚

【基金项目】“基于知识图谱的有机化学专业核心课程体系建设”(项目编号: 2023jyz032); 安徽省制药工程专业改造提升项目(项目编号: 2022zygzt079)

【作者简介】陆晓雨(1990-), 男, 中国安徽滁州人, 副教授, 博士, 从事有机化学教学与科学研究。

焦构建精准系统的有机化学知识图谱, 探索新型教学模式, 契合专业评估需求, 提升教学与学习效果, 为学生发展与专业评估助力, 亦为相关学科改革提供借鉴^{[1][2][3]}。

2 有机化学数字化知识图谱构建

2.1 知识图谱构建的理论基础

技术层面, 图谱构建涉及自然语言处理、机器学习、图数据库等多领域技术协同。借信息抽取技术, 从教材、论文、报告等文本挖掘有机化学实体与关系; 经语义标注与本体构建技术, 规范分类实体关系, 锚定其在知识体系中的层级; 依托图数据库存储管理结构化数据, 达成可视化展示与高效查询^[4]。

于教育领域, 知识图谱优势显著。它将复杂知识体系直观呈现, 助学生洞悉全貌与逻辑, 降低学习难度、提升效率。如学习有机反应时, 学生可借图谱迅速检索反应物、生

成物、条件、机理及合成应用等资讯,实现系统掌握。同时,为教师教学决策提供支撑,助其洞察学生知识短板,精准调整教学内容与策略,践行个性化教学。有机化学知识逻辑紧密,化合物结构决定性质,性质主导反应活性与类型,反应产物又可参与新反应构建合成路径。知识图谱整合教材散点知识,以苯为例,融合其结构(共轭 π 电子云)、性质(芳香性、稳定性、取代活性)、反应(卤化、硝化等亲电取代及加氢、氧化反应)与机理(亲电取代、自由基机理),清晰展现苯及其衍生物在体系中的坐标及转化脉络,助学生建构系统知识框架,深化理解记忆。

2.2 构建过程与方法

2.2.1 数据收集与整理

数据收集是构建有机化学数字化知识图谱的基石,数据源广泛且丰富多样。经典教材如邢其毅《基础有机化学》、高占先《有机化学》等,承载系统理论、典型反应与基础实验,奠定知识框架,是首要数据源泉。学术文献追踪学科前沿,中国知网、Web of Science等数据库汇聚海量研究论文,诸如新型有机催化剂设计合成、有机太阳能电池材料进展等成果,为图谱注入创新活力,使其紧跟时代步伐。专业数据库SciFinder、Reaxys则聚焦有机化合物微观世界,提供理化性质、光谱数据、合成路线与反应活性详情,丰富知识细节,强化关联深度。

多元数据繁杂多样,需经整理预处理确保质量。文本挖掘技术大显身手,关键词提取算法精准定位有机反应类型、化合物名称、反应条件等关键信息,筑牢图谱构建根基。数据清洗不可或缺,剔除重复、纠正错误、补充缺失数据。如遇化合物性质数据分歧,依权威资料或实验数据校准;对缺失数据,广查资料完善,确保图谱完整精准。以芳香烃数据收集为例,先萃取教材基础,再检索文献前沿成果,后提取专业数据库细节,汇总后挖掘反应关系与取代基影响,清洗数据,为苯的图谱构建输送优质素材。

2.2.2 知识图谱架构设计

设计有机化学知识图谱架构时,深入剖析知识体系逻辑,锚定知识节点与关系类型,塑造层次井然、逻辑缜密的知识框架,高效整合资源,为学生指引明晰学习路径与知识导航。

以“醛酮”章节为范例,核心知识节点涵盖结构(羰基碳氧双键、碳 sp^2 杂化)、物理性质(沸点、溶解性与分子间力关联)、化学性质(亲核加成、氧化还原、 α -氢反应)、制备途径(醇氧化、炔烃水合、Friedel-Crafts酰基化)及典型化合物(甲醛、乙醛、丙酮)与应用领域(甲醛化工、丙酮溶剂)。梳理关系类型时,结构与亲核加成果相连,亲核加成与醇制备、醛酮氧化还原与羧酸及醇制备之间反应转化关系,典型化合物与应用领域为应用关联,如甲醛活性与聚合性使其在合成树脂等领域广泛应用,清晰勾勒醛酮知识演进逻辑,帮助学生系统掌握、学以致用,为后续学习打

下基础。

2.2.3 图谱可视化与优化

图谱可视化旨在将有机化学知识图谱复杂数据转化为直观图形,便于用户理解交互,数据库管理与可视化工具是关键助力。构建图谱时,以“化合物”“反应”为节点,赋予名称、化学式、反应类型等属性,“化合物”与“反应”经“参与”关系相连,“化合物”间存在“转化”“衍生物”等纽带。借Cypher查询语句提取子图,依知识类型属性定制节点边样式,可视化展示知识网络。

优化图谱可视化是持续进程,依学生反馈与教学实践迭代改进。学生反馈若提示节点信息冗余或缺失,即刻调整展示方式,凸显关键、简化次要;若图谱布局杂乱,便优化布局算法,使节点边分布合理有序,增强可读性与导航性^[5]。教学实践中,观察学生学习行为,若某反应学习受阻,归因于关联展示欠妥,即细化强化关系,补充解释示例,助力学生领悟反应本质。结合教学大纲目标动态调整图谱内容结构,紧密贴合重难点,服务教学活动,提升教学质量与学习成效。

3. 基于知识图谱的教学方法改革策略

3.1 以学生为中心的教学模式

3.1.1 个性化学习路径规划

如“有机合成”板块教学,依学生职业学术规划精准推荐。就业导向学生聚焦实际生产工艺案例,如药物、精细化工合成流程,锤炼实操与问题解决能力;科研志向学生则推送新型合成方法文献成果,引导设计创新路线,配套实验指导资源,激发科研兴趣与创新思维,全方位满足学生多元学习需求,提升学习效能。

3.1.2 小组协作学习促进

凭借有机化学知识图谱,教师精心设计小组协作任务,全力激发团队协作的巨大能量,促使学生综合能力获得提升。就拿“复杂有机化合物合成路线设计”这一课题来说,教师依据知识图谱对学生进行合理分组,各个小组全力攻克特定目标化合物的合成路径难题。小组成员齐心协力,深入挖掘图谱里的反应、原料以及条件等关键信息,彼此充分交流,将各自的创意巧妙融合,精心雕琢合成方案。在整个协作过程中,学生对知识的理解与应用得以深化,团队精神、沟通技巧和创新思维得到有效培养,成功突破个人思维的狭隘限制。

3.2 融合前沿科研与实践的教学内容优化

在讲授“有机合成化学”章节时,依据知识图谱中“有机合成反应”这一关键节点,引入新型有机催化剂的研发成果,像过渡金属配合物在不对称合成方面的应用便是典型。详细阐释该催化剂的结构特点、反应机理以及相较于传统催化剂的突出优势,从而拓宽学生的学术眼界;同时结合青蒿素全合成的实际案例,从原料的精心挑选、合成步骤的

缜密设计再到工艺的优化改良进行全方位、深层次的剖析,彰显有机合成反应在实际应用中的关键意义,着力培育学生的工程思维和解决实际问题的能力。

“有机材料化学”部分,关联“有机高分子材料”知识点引入有机半导体材料于太阳能电池应用成果,解读光电性能、结构设计与效率提升机制,彰显有机化学能源贡献,激发科研创新热情;同时剖析塑料制品化学成分、工艺及循环化学过程,强化环保与可持续发展意识,培育社会责任感。

3.3 多元化教学评价体系构建

知识图谱详实记录学生学习轨迹,涵盖知识点访问频率、时长、答题表现与学习路径。知识掌握维度,除考试成绩外,设知识点关联测试,以化合物合成问题考查学生知识体系驾驭与综合运用能力,评估知识掌握系统性。能力提升层面,依学习路径与资源推荐观察学生复杂问题解决、批判性思维与创新表现。布置开放性课题,评估学生资料查阅、方案创新、团队协作沟通贡献等能力指标,全面洞察学生能力进阶。学习态度评价聚焦学生图谱参与度、主动性与人际互动,积极参与者彰显良好态度与团队精神,反之则需教师激励引导。

深度剖析多维度评价数据,助教师精准把握学生学习态势,定位教学短板。针对普遍知识漏洞开展集中强化;能力提升乏力则设计探究实验与项目任务;学习态度消极者施予个性化激励,定制学习规划、强化支持反馈,全方位提升教学质量,推动学生全面成长。

4. 实践案例分析

4.1 案例选取与实施背景

随着教育信息化的蓬勃发展,学校积极主动地探寻数字化教学的改进方法,有机化学课程改革也随之拉开帷幕。这门课程面向多个专业的学生开设,其内容包含了有机化合物的各个方面知识以及广泛的应用领域。以往的教学过程中,由于知识点繁杂、深奥且抽象,学生在构建知识体系时困难重重,学习的积极性和主动性严重缺乏,这对后续的专业课程学习产生了极大的阻碍。为了改变这一不利局面,达到专业评估的要求,并提高教学质量,学校全力以赴地开展了有机化学数字化知识图谱构建和教学方法改革项目,旨在整合各类教学资源、创新教学模式、提升学习效果,并为其他学科提供示范和引导。

4.2 教学方法改革成效

教学方法创新成果丰硕。小组协作学习深度激发学生合作潜能,“有机化合物合成路线设计”项目里,学生团队协作规划合成路径,知识运用与团队协作、责任担当能力

显著增强。个性化学习路径精准适配学生需求,依学习进度知识储备推荐专属资源习题,学习针对性与效率大幅提升。

前沿科研实践融合教学点燃学生学习热情与创新火种,药物合成、材料科学、环保等领域应用案例彰显知识实用价值,学生科研参与热情高涨。近两年科研项目参与者翻倍至20人,学术论文发表量质齐升达10篇,不乏高水平期刊佳作。学科竞赛获奖数量从5项攀升至10项,成绩飞跃见证学生创新实践能力蜕变。毕业生跟踪调查显示,用人单位高度赞誉其专业素养与综合能力,快速适应岗位、高效解决问题、创新协作出色,有力印证教学改革职业赋能成效。

5. 结论与展望

5.1 研究成果总结

本研究成功构筑有机化学数字化知识图谱,整合多源数据,借知识抽取、语义标注技术搭建完备架构,赋能可视化查询。基于图谱驱动教学创新,以学生为中心创新模式、前沿实践融合内容、多元体系评价学习,全方位提升教学品质。实践验证改革成效显著,学生成绩、能力、素养显著提升,教师教学质量进阶,为学科教学改革提供范例,有力助推高等教育教学质量攀升^[6]。

5.2 未来发展展望

教学方法改革重点是深化线上线下混合式教学。线上平台资源丰富,打破时空限制助力自主学习;线下强化实践、研讨与交流,培养实操、协作与批判思维。如有机化学实验教学,线上预习模拟结合线下实操指导,提升效果。跨学科融合是趋势,有机化学与多学科交叉成果多,教学融入相关知识,如药物合成结合生物医学等,能拓宽视野,提升素养与能力,为跨学科研究和就业奠基,推动有机化学教育创新发展。

参考文献

- [1] 贺建,张定林,武丽萍,等.知识网络构建策略在有机化学教学中的应用及效果分析[J/OL].大学化学,1-6[2025-08-12].
- [2] 杨宗凯.高等教育数字化转型的路径探析[J].中国高教研究,2023,(03):1-4.
- [3] 田燕,邢殿香,王晓.有机化学教学改革中知识图谱及思维导图的应用[J].科教导刊,2024,(04):53-55.
- [4] 赵万祥,李滔,刘强,等.以活动为导向的有机化学知识图谱构建与实践[J].化学教育(中英文),2024,45(04):113-120.
- [5] 白伟,于丽梅,宋汪泽,等.基于虚拟教研室平台的有机化学课程知识图谱建设探索[J].大学化学,2023,38(10):56-59.
- [6] 李慧敏,鲁静,张文华,等.概念图在化学教学中应用的中外研究对比-基于CiteSpace的知识图谱可视化分析[J].化学教育(中英文),2021,42(05):97-103.