

多维融合与智能驱动下有机化学知识图谱的构建与应用

谷 芳 姜黎明 刘楠楠 车春波

哈尔滨商业大学 食品工程学院, 中国·黑龙江 哈尔滨 150000

【摘 要】有机化学知识图谱的构建与应用是有机化学教学模式改革的手段之一,是将繁杂的碎片化知识点进行系统的结构化梳理的有效方式。以课程图谱的基本概念及图谱的构建为切入点,围绕有机化学知识图谱的作用及多元化应用,从知识点关联、个性化教学及教学方法创新三个方面展现知识图谱在有机化学课程中的作用;以综合能力的培养、知识的结构化呈现、学科的交叉融合三个方面体现知识图谱在教学实践过程中的应用。知识图谱能有效提升学生对有机化学知识的系统性认知,增强教师教学的针对性,为有机化学教学改革提供新路径。

【关键词】有机化学; 知识图谱; 教学改革

【基金项目】黑龙江省高等教育教学改革研究一般项目(SJGYB2024433),项目名称:基于知识图谱的有机化学课程建设的研究与实践。

哈尔滨商业大学实验教学一般项目(HSDSY202410),项目名称:数字化背景下有机化学实验教学模式构建。

引言

有机化学作为化学学科的核心分支之一,在食品科学、材料科学、药物研发等领域扮演着举足轻重的角色,为这些学科的发展提供了坚实的理论和技术支撑。随着化学学科的飞速发展,有机化学知识体系的更新,研究成果、反应类型层出不穷,导致课程知识量大幅增加。教师难以在有限学时内全面、深入地讲授所有知识点;从学生的学习体验来看,有机化学知识点多且杂,学生难以将众多碎片化知识点建立起清晰的知识脉络,不仅增加了学习难度,也限制了知识的灵活运用。

知识图谱作为一种新兴的知识管理和表示工具,随着教育理念的更新及信息技术的发展^[1-2],在教学中逐渐得到广泛应用,知识图谱能重构知识呈现逻辑、赋能个性化学习、优化教学闭环,推动教学从“碎片化灌输”向“系统性建构”转型^[3]。以图形化的方式直观地展示知识之间的关联和结构,将分散的知识点有机地连接起来,清晰地揭示有机化学知识之间的内在逻辑,帮助学生构建系统的知识框架^[4-5],厘清知识脉络,从而更好地理解 and 掌握有机化学知识,为有机化学的教学与研究带来了新的契机。

一、知识图谱概述

2012年,谷歌正式推出知识图谱,将其用于搜索引擎结果优化(如显示实体卡片、回答直接问题),标志着知识图谱成为主流技术;2019年至今,知识图谱发展呈现“深度学习+知识图谱”双向融合的趋势。

(一) 知识图谱的基本概念

知识图谱本质上是一种语义网络,它以结构化的方式描述客观世界中的概念、实体及其相互关系^[6-8]。在有机化

学知识图谱中,实体可以是有机化合物、反应类型、化学概念等,关系则包括化合物之间的转化关系、反应类型与化合物的对应关系、概念之间的逻辑关系等。从构成要素来看,知识图谱主要由节点和边组成,节点代表实体,如各种有机化合物(烷烃、烯烃、醇等)、反应类型(取代、加成、消除等)都可作为节点;边则表示实体间的关系,如“属于”“生成”等。除了节点和边,属性也是知识图谱的重要组成部分,它用于标注实体的特征,对于有机化合物而言,属性可以包括分子式、反应条件、毒性数据等。

(二) 知识图谱的学科适配性

有机化学知识点繁多且常以孤立形式存在,学生易陷入“碎片化记忆”,很难进行知识点间的关联学习。有机化学强调“结构决定性质,性质决定应用”的逻辑链,知识图谱的推理功能可助力学生实现知识迁移,通过结构化整合、可视化呈现、逻辑化推理等特性,有效解决有机化学课程的教学痛点,为学生构建“体系化认知-直观化理解-迁移化应用”的学习路径,是提升有机化学教学效果的重要工具。

二、多维融合下有机化学知识图谱的构建

知识图谱的构建是一个系统性工程,涉及数据处理、知识提取、融合与加工等多个环节。有机化学知识体系的解构与层级划分是构建知识图谱的基础工作,通过整理和分析教材、教学大纲以及相关学术文献来获取知识,并利用专业的知识图谱构建工具将其可视化呈现。

(一) 课程内知识点维度融合

课程内知识点维度融合是有机化学知识图谱构建的核

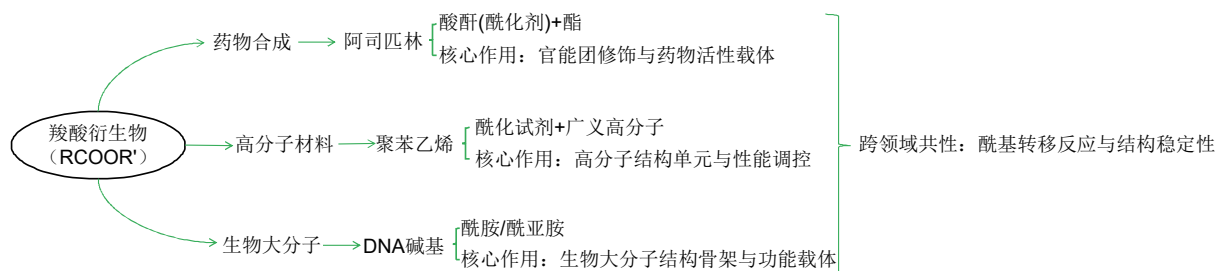


图1 羧酸衍生物知识点的跨学科融合

心环节,影响知识图谱的完整性、准确性和应用价值。通过知识点的融合为学生提供“化合物-结构-反应-合成”的连贯知识链,帮助学生理解知识点间的内在联系。例如,将“乙酸”作为实体,关联其分子结构(属性:分子式 CH_3COOH 、官能团:羧基)、物理性质(属性:熔点 16.6°C 、易溶于水)、化学性质(关系:与 NaOH 中和生成乙酸钠,与醇反应生成酯)、制备方法(关系:甲醇羰基化、乙醛氧化)及应用(关系:食品添加剂、防腐剂、药物合成原料)。

(二) 多学科交叉维度融合

知识图谱能帮助学生直观地发现不同专业领域与有机化学的交叉点,引导学生从有机化学的视角分析和解决其他专业的问题。学会跨学科知识迁移,培养“以有机化学为基础,融合多学科知识”的思维模式。如在面对“羧酸衍生物”这一课题时,以有机化学“结构决定性质,性质决定应用”的核心逻辑为切入点,连接化学、材料、生命科学,开展跨学科教学,图谱设计思路如图1所示。

(三) 教学过程数据融合

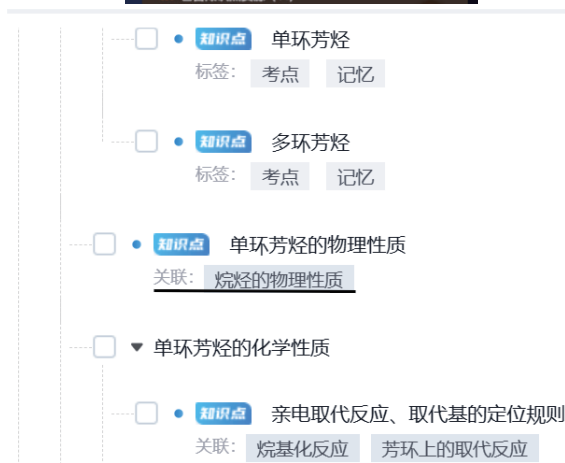
收集学生作业、测验、课堂互动等数据,标注知识点的易错率、关联查询频率等属性,为知识图谱的智能优化及个性化推荐提供数据支撑。例如,若“亲电取代反应与亲电加成反应的区分”知识点易错率达30%,则在图谱中强化两者的对比关系标签。在后续作业及测试中适当加强相关练习。

三、知识图谱在有机化学课程中的作用

知识图谱具有促进知识理解的作用。它将碎片化的知识整合为结构化的网络,学生通过知识图谱可以清晰地看到知识点之间的关联,从而加深对知识的理解和记忆。

(一) 揭示知识内在关联

深入挖掘有机化学知识之间的各种关系,不仅包括常见的反应关系,还包括结构与性质的关系、不同反应机理之间的联系等。通过知识图谱的可视化展示,帮助学生更好地理解有机化学知识的本质,从而能够从整体上把握学科内容,提高知识的理解和记忆效果。如图2所示,学生可以对芳香烃的内容有整体把握,同时清晰知识点之间的关联性。



(二) AI融合实现智能化、个性化教学

随着教育信息化2.0时代的到来,有机化学教学面临着知识体系复杂、学生个体差异大等挑战。将有机化学知识图谱与人工智能(AI)技术融合,能够打破传统教学的局限,实现教学过程的智能化与学习体验的个性化,为有机化学教育注入新的活力。知识图谱与AI技术深度融合,构建智能应用框架,探索智能应用模式。有机化学知识图谱可根据不同专业的教学目标和学生的认知水平进行动态调整,实现个性化教学。同时将有机化学核心概念与相关专业的的基础进行关联,拓展融入复杂的交叉领域前沿知识,逐步引导学生深入探索有机化学与专业知识的融合深度。

(三) 知识整合与教学方法创新

采用先进的知识抽取和融合技术,整合多源异构的有机

化学知识,包括教材、文献、数据库等,确保知识图谱的完整性和准确性。同时,通过创新的可视化技术,将复杂的知识网络以直观、易懂的方式呈现给学生,降低知识理解的门槛,提高学生在学习过程中的体验感,调动学生学习的积极性。

基于知识图谱,引入问题导向式学习,根据知识图谱中的知识关联,提出一系列具有启发性的问题,引导学生主动思考。如在芳香烃性质讲解时,根据知识图谱中芳香烃与亲电取代反应的关系,提出问题:“为什么苯容易发生亲电取代反应,而不容易发生加成反应?”学生通过查阅资料、分析知识图谱中的相关内容,尝试回答问题,从而深入理解芳香烃的结构与性质之间的关系。同时,教师可以利用知识图谱为学生提供探究的线索和资源,帮助学生更好地开展自主学习。

四、智能驱动下有机化学知识图谱的多元应用

(一) 教学目标:从单一目标到综合能力培养

传统有机化学教学以知识传授为主要目标,强调学生对各类有机化合物的结构、性质、反应等基础知识的掌握。然而,现代教育要求培养学生的综合能力,这种单一的教学难以满足要求,也未能充分考虑学生的个体差异和认知规律。基于知识图谱,对教学目标进行调整与优化,使其更具针对性,更好地契合当下学生的学习需求。

知识图谱可以提供清晰的知识框架,精准确定学生需要掌握的核心知识点和关键技能。通过对知识图谱的分析,明确不同有机化合物之间的相互转化关系、各类反应的适用条件和规律等重点内容,实现知识与技能的培养。

(二) 教学内容:从碎片化到结构化的呈现

传统有机化学教材内容往往按照官能团的不同对有机化合物类别进行编排,虽然这种编排方式具有一定系统性,但会导致知识点的分散,学生很难将碎片化的知识点关联起来系统掌握。通过知识图谱,对课程内容进行全面梳理,打破教材原有章节界限,将相关的知识点进行整合和重组,将原本碎片化的知识点以结构化的形式呈现并关联。如学生可以通过知识图谱直观地看到醇类化合物能够参与哪些反应,这些反应的条件和产物是什么,以及如何通过不同的反应来合成醇类化合物。这样,学生不再是死记硬背反应方程式,而是建立起了一种知识关联思维,能够从整体上把握有机化学知识,提高学习效率和知识的理解深度,为后续的学习和研究打下坚实的基础。

(三) 教学效果:从单一的考试形式到智能评估

有机化学教学效果评估长期依赖单一的考试形式,这种模式往往聚焦于知识点的考查,如写出某反应的产物或判断反应类型,无法全面评估学生的知识整合能力、问题解决

决能力及思维迁移能力。而知识图谱可记录学生在学习过程中的多维度数据,包括:知识点的掌握程度、知识点间的关联能力、问题解决路径等。利用知识图谱分析学生知识掌握情况,生成结果分析数据图,例如“学生对羰基加成反应的掌握情况”,为教学评估提供了更精准、全面的依据。教师据此开展针对性辅导。此外,通过对比不同班级的知识图谱学习轨迹,评估教学方法的有效性,为教学策略优化提供依据。

五、结语

知识图谱以其独特的结构化知识表示方式,将有机化学中纷繁复杂的知识元素整合为有序的语义网络。在教育教学领域,符合当代大学生提高综合素养的培养目标;为学生提供了个性化、智能化的学习体验,有效提升了学生的自主学习效率;知识图谱的可视化知识导航功能为学生呈现了有机化学知识的全貌,帮助学生清晰地把握知识点之间的内在联系,实现从碎片化学习向系统性认知建构的转变,提高了学生对复杂知识的理解和掌握能力。知识图谱在有机化学知识点的基础上,结合专业实现跨学科拓展,让学生在学习过程中学会知识迁移,培养多角度解决问题的综合能力。

参考文献:

- [1] 郑永和,刘士玉,王一岩.生成式人工智能赋能教育信息科学与技术研究:新机遇、新趋势、新议题中国远程教育[J]. 2024, 44(6), 46-54.
- [2] 李志民.人工智能如何赋能教育[J]. 中国教育信息化, 2024, 30(09), 3-8.
- [3] 刘睿,朱森强,丁洁琼.知识图谱在有机化学智慧课程中的应用[J]. 化学教育(中英文), 2025, 46(22): 18-25.
- [4] 林王兵.数字化转型背景下中外学校安全教育的比较研究—基于Citespace知识图谱可视化分析[J]. 化学教育(中英文), 2025, 46(8): 110-118.
- [5] 丁国富,王淑营,马术文,等.基于知识图谱的产教融合课程体系建设模式探索[J]. 高等工程教育研究, 2024(2): 79-83, 90.
- [6] 郝兴伟,周元峰,任立英.面向非人工智能专业的人工智能教育探索与实践[J]. 中国大学教学, 2024(9): 38-43
- [7] 刘邦奇.智能技术助力教学减负增效:分析框架与典型场景[J]. 电化教育研究, 2023, 44(8): 71-79.
- [8] 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, 4: 53-55.

作者简介:

谷芳(1978-)女,汉,吉林农安人,博士研究生,副教授,研究方向:有机化学理论及实验教学改革研究。