

国际信息技术赋能化学教学的研究热点与未来展望

Research Hotspot and Future Prospect of International Information Technology Enabling Chemistry Teaching

乔玉飞, 柴昭甲*, 洪化清, 柴昭元

上海外国语大学语言科学研究院

* chaizhaojia0905@163.com

【摘要】 随着人工智能的发展, 信息技术在化学教学中的应用与创新逐渐成为研究热点。为聚焦国际信息技术赋能化学教学研究的发展状况, 本文以 CiteSpace 和 Bibliometrix 为工具, 以 Web of Science 核心合集中该领域下 2016-2025 年期间国内外文献为研究对象, 对文献的共被引网络、关键词共现与突发性检测等进行了统计以及聚类, 并对结果做出归纳和分析。基于此, 在沉浸式人机交互、基于互联网的化学教学应用、在线/远程化学教学策略等方面提出研究建议, 以期在国际信息技术赋能化学教学研究与实践提供参考。

【关键词】 信息技术; 化学教学; 研究热点; CiteSpace; 发展趋势

Abstract: With the development of artificial intelligence, the application and innovation of information technology in chemistry teaching have gradually become a research hotspot. To focus on the development of international information technology-enabled chemistry teaching research, this paper uses CiteSpace and Bibliometrix as tools and takes the domestic and foreign literature in this field in the core collection of Web of Science from 2016 to 2025 as the research object. It makes statistics and clustering on the co-citation network, keyword co-occurrence, and sudden detection of literature, and summarizes and analyzes the results. Based on this, research suggestions are put forward in terms of immersive human-computer interaction, internet-based chemistry teaching applications, online/distance chemistry teaching strategies, etc., with a view to providing reference for the research and practice of international information technology-enabled chemistry teaching.

Keywords: information technology, chemistry teaching, research hotspot, CiteSpace, development trend

基金项目: 2024 年江西省基础教育研究课题“‘大思政’视域下以思政工作室为抓手的区域思政教育的实践研究”(编号: XYZH2024-0352); 2025 年四川省社会科学重点研究基地数字文化与传媒研究基地项目“多源数据融合驱动的高校网络舆情智能监测及治理路径研究”(编号: SC25DCM04); 上海外国语大学导师学术引领计划项目“多模态话语分析对智慧教育的影响及优化策略”(编号: 2023DSYL004)。

1. 引言

在教育信息化的发展中, 化学作为一门基础学科, 不仅涉及复杂的数学计算, 还涉及空间元素可视化的概念与在微观层次认识物质, 以符号形式描述物质等内容(高小媛, 2025)。随着《普通高中化学课程标准(2017 年版)》提出示范性地指导运用化学软件处理数据, 培养学生运用软件技术学习化学及处理数据的能力, 化学教学信息化逐渐引起人们的关注, 国内外众多学者对相关的研究进行了深入探索。为了解国内化学教学信息化的发展现状与研究热点, 发现未来信息技术与化学教学的深度融合的研究方向, 本研究借助 Citespace 和 Bibliometrix 可视化分析软件对国际近十年信息技术在化学教学中的研究进行文献计量分析,

通过知识图谱与关键性文献阅读,对化学教学信息化的应用进行分析,结合研究热点提出未来展望,以期为关注信息化的一线教师与研究者提供支持,并对实际的教学实践提供参考。

2. 研究设计

2.1. 数据采集与处理

本研究选取国外具有代表性的 Web of Science 核心合集数据库 (WOSCC) 为数据来源,使用关键词组合进行检索,检索式为“(TS=(Chem*NEAR/5 (teach*OR educa*))) AND TS=(technology)”,文献类型仅限“Article”和“Review”,出版年度选择“2016—2025”,期刊来源选择 WOSCC,共检索到 388 篇相关文献,经过作者与专家共同筛选,剔除重复文献与不符合主题的文献,最终纳入外文文献 173 篇进行最终的数据分析。

2.2. 研究问题

1.2016 至今国内信息技术赋能化学教学应用的相关研究发展概况如何? 2.近十年(2016 至今)国内信息技术赋能化学教学应用研究的热点是什么? 3.未来国内信息技术赋能化学教学应用的研究趋势如何?

3. 研究发展概况

本研究使用 Bibliometrix 对 2016-2025 年 WOSCC 收录的相关主题论文年度发文量进行统计,如图 1 所示。从中可以发现 2016 年国外化学教育研究者对信息技术在化学教学中的应用相关研究数量较少,2017 年的研究热度迎来上升,发文量激增,2017 年后发文量折线图大致呈“V”型,表现出先减后增的发展趋势。2021 年至 2025 年国外研究数量持续上升,在 2025 年达到 33 篇,这表明国际领域的化学教育研究者在不断地关注和探索现代信息技术在化学教学中的应用,信息技术在化学教学中的作用越来越受到重视,技术进步、政策支持和社会需求是其主要驱动力。

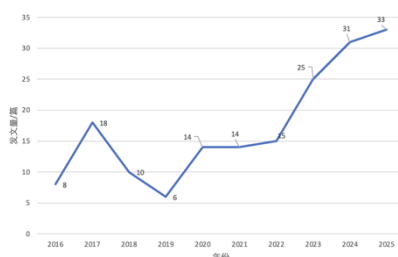


图 1 信息技术赋能化学教学研究的发文趋势图

4. 研究结果分析

4.1. 共被引聚类分析

本研究采用似然比检验 (likelihood ratio test, LLR) 从与文章相关的关键词中提取聚类标签 ($p < 0.001$)。作者对每个聚类都进行了仔细检查,最终的聚类标签根据作者与专家的判断进行了优化最终得到图 2 的结果。通过从文献中提取的名词性术语对聚类进行命名,这代表了信息技术在化学教学中应用研究的前沿领域。图 2 按聚类大小呈现出 7 个不同的聚类,聚类名称的字体大小按编号从最大到最小进行排序,黑色字体指的是引用该集群最多的作者。排名前三的聚类分别是#0“技术增强学习”、#1“人机交互”和#3“在线化学资源”。

4.2. 关键词聚类分析

图 3 展示了 2016 年至 2025 年的关键词聚类分析时间线图。在这个共现网络中，每个节点都是一个高度共现的关键词。共现网络表现出显著的模块性和轮廓性指数，表明了聚类的高度可信性（分别为 $Q=0.6140$ ， $S=0.6271$ ）。关键词共现网络共形成 11 个聚类，前三个聚类分别为#0“移动应用程序”、#1“增强现实应用”与#2“干预前阶段”。表 1 展示了基于 LLR 算法的聚类标签中排名前三的关键词。关键词大多围绕“移动应用程序”、“增强现实”、“基于计算机”、“信息与通讯技术”等核心词汇。此外，我们还根据关键词出现的频次进行了排序。如表 2 所示，排除“化学”、“教育”、“技术”等检索词，我们发现主要的高频关键词是“基于计算机的学习”、“基于互联网/网络的学习”与“虚拟现实”等。

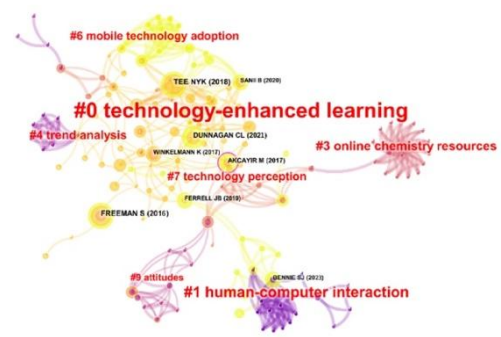


图 2 关键词共现网络时间线图（2016–2025）

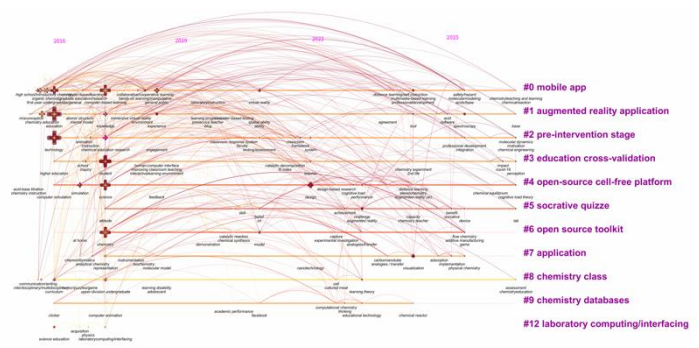


图 3 聚类可视化的文献共被引网络（2016–2025）

表 1 基于 LLR 算法聚类标签下的主要关键词

聚类标签	节点数量	平均年份	LLR 算法下前 3 个主要关键词
#0 mobile app	41	2019	mobile app ; augmented reality ; virtual chemistry laboratories
#1 augmented reality application	37	2019	augmented reality application ; effective remote delivery ; transforming traditional teaching laboratories
#2 pre-intervention stage	30	2020	pre-intervention stage ; computer-based model ; students' conceptions
#3 education cross-validation	28	2020	education cross-validation ; using wireless internet ; influencing students' satisfaction
#4 open-source cell-free platform	25	2020	open-source cell-free platform ; biotechnology education ; genetic code kit
#5 socratic quiz	23	2021	socratic quiz ; chemical engineering subject ; iot
#6 open source toolkit	22	2021	open source toolkit ; extending practical flow chemistry ; portable low-cost 3d
#7 application	18	2020	application ; analytical chemistry ; laboratory equipment ; apparatus
#8 chemistry class	16	2018	chemistry class ; white copolymers ; communication/writing
#9 chemistry databases	11	2020	chemistry databases ; educational technology ; online databases
#12 laboratory computing/interfaces	7	2016	laboratory computing/interfaces ; student perception ; different technological interface

表 2 国外研究中出现频次前 20 的关键词

序号	频次	关键词	中介中心性	11	14	knowledge	0.11
1	35	education	0.09	12	13	design	0.04
2	30	technology	0.10	13	13	chemical education research	0.23
3	27	chemistry	0.20	14	12	general public	0.07
4	26	student	0.06	15	11	internet/web-based learning	0.03
5	26	science	0.06	16	11	simulation	0.08
6	25	computer-based learning	0.06	17	10	virtual reality	0.01
7	23	first-year undergraduate/general	0.08	18	9	upper-division undergraduate	0.01
8	19	chemistry education	0.17	19	9	curriculum	0.12
9	17	organic chemistry	0.07	20	9	laboratory instruction	0.06
10	15	high school/introductory chemistry	0.04				

4.3. 关键词突发性检测分析

突发性检测揭示了特定时期内关键词的突然变化，从而识别出新兴的研究趋势。我们对关键词进行突发性分析，提取了前 20 个被共同引用的关键词，并按突发的起始时间进行排序（表 3）。从中发现，近两年的突发关键词主要有“基于多媒体的学习”、“可视化”、“增强现实”等。

表 3 国外研究中突发性强度最高的 20 个关键词

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2016–2025
science education	2016	2.8722	2016	2016	
misconception	2016	2.1778	2016	2016	
representation	2017	2.1833	2017	2014	
instruction	2017	2.4611	2017	2015	
inquiry	2017	2.2145	2017	2018	
chemistry education	2018	2.0905	2018	2017	
organic chemistry	2018	1.7194	2018	2015	
testing/assessment	2020	2.1189	2020	2018	
chemistry	2021	1.7552	2021	2020	
performance	2022	1.8492	2022	2020	
educational technology	2022	1.8492	2022	2020	
multimedia-based learning	2023	1.7657	2023	2022	
professional development	2023	2.7674	2023	2020	
internet/web-based learning	2023	1.9134	2023	2020	
general public	2023	1.7093	2023	2020	
visualization	2023	1.9224	2023	2022	
distance learning/self instruction	2023	1.685	2023	2020	
design	2024	3.8251	2024	2022	
augmented reality	2024	1.8108	2024	2022	
spectroscopy	2024	1.9909	2024	2022	

5. 研究热点与未来展望

5.1. 信息技术赋能化学教学的热点主题

5.1.1. 基于可视化技术与增强现实的人机教学交互研究

沉浸式交互技术的实践探索以 VR/AR 为核心,通过三维可视化与情境模拟重构实验教学场景。VR 技术通过低成本外设实现沉浸式内容访问,在有机化学实验中,交互式第一人称视角的 VR 体验与传统实验室效果相当,且能增强学生感知兴趣。AR 技术则通过虚拟对象叠加实现"虚实共生"学习,如 AR 比色滴定工具降低实验风险,"NuPOV"工具支持分子概念互动,Elements 4D 软件更获职前教师积极评价(AWJK, et al., 2020)。然而,AR 的可用性挑战显著,学生技术经验不足、界面设计缺陷及硬件依赖等问题需通过适应性培训与硬件优化解决。

5.1.2. 基于 Web 应用程序和移动设备的化学教学应用研究

轻量化教学工具开发聚焦 Web 应用与移动设备,突破传统沉浸式技术的高成本壁垒。基于浏览器的 AR 应用可仅用摄像头实现分子系统交互,如 Abriata (2020) 开发的标记式 AR 构建块。有机合成网络实验则通过 Web 应用实现全球学生远程协作与实验进度追踪,移动设备通过触摸屏技术提升空间认知能力。Fatimah (2020) 的二维—三维分子可视化链接技术更缩小了空间能力差异学生间的表现差距,社交工具的即时互动功能也拓展了教学反馈渠道。

5.1.3. 在线/远程化学教学的策略研究

远程教学策略创新在 COVID-19 期间加速发展,形成标准化在线教学范式。联合国教科文组织推动的远程教育响应机制下,"5E"教学模式与 Google Meet、Quizziz 等工具组合应用,支持参与、探索、解释、阐述和评估的完整教学循环。Dietrich (2020) 提出远程教育需整合定期问答、视频、AR/VR 及 360°实验室访问等多元支持材料,并强调过程性评估的重要性。XIE (2021) 等人对 48 国 K-12 在线学习的研究发现,沟通渠道多样化、技术工具组合应用及社区资源整合是远程教学的三大核心策略,为后疫情时代混合式教学提供方向。

5.2. 信息技术赋能化学教学的未来展望

5.2.1. 智能技术赋能化学教学的应用与发展

在信息化时代,信息素养培育对于化学教学发展具有重要意义,学生适应信息化社会需要智能技术辅助促进信息素养的发展与能力的提升。未来研究可以更多的关注智能技术与教师教学、教学环境、教学策略等的融合,从而进一步提升化学教学的质量和效果,为学生提供更好的学习体验和发展机会。智能技术也将在学生的个性化学习与评估、虚拟实验环境的开发和应用、教学知识推荐和资源整合等方面发挥重要的作用。同时在技术应用的过程中应注意技术使用规范和相关伦理道德要求,如何保护学生隐私安全、提升深度学习效果等都是研究者需要进一步探索的问题。

5.2.2. 规范和创新智能技术与化学学科教学整合的研究方法

教学研究应当从实用的角度出发,在实践的基础上综合运用多种研究方法,坚持一种方法多元论的立场。因此,智能技术与化学学科教学整合研究在符合基础研究规范的基础上,还要参考和学习技术同其它学科整合的逻辑思路与研究方法,综合运用理论研究与实践研究,质化研究与量化研究等多种方式,结合化学教育研究需求和学科特点,不断改进和创新研究方法,提高智能技术与化学学科教学整合研究的科学性。

然而,本研究仍具有一定的局限性。信息技术本身并不能提高教学效率,只有结合学科特点进行科学的教学设计,将技术与各种教学模式有机的结合起来,才能更好的体现其教育价值。在未来,教育信息化将更加深入的融合到一线教学中,这需要广大技术研究者与教育

工作者的共同努力，顺应智慧教育的时代潮流，设计基于信息技术的教学模式与环境，从而使教育信息化真正服务于师生，进而促进教育教学深层次变革。

参考文献

- 高小媛.(2025).教育信息化背景下化学教育智慧课堂构建策略.化纤与纺织技术,54(03),245-247.
- AW J K, BOELLAARD K C, TAN T K, et al. (2020). Interacting with three-dimensional molecular structures using an augmented reality mobile app. 97(10): 3877-3881.
- ABRIATA L A. (2020). Building blocks for commodity augmented reality-based molecular visualization and modeling in web browsers [J]. PeerJ Comput Sci.
- DIETRICH N, KENTHESWARAN K, AHMADI A, et al. (2020). Attempts, Successes, and Failures of Distance Learning in the Time of COVID-19. J Chem Educ, 97(9): 2448-57.
- FATEMAH A, RASOOL S, HABIB U. (2020). Interactive 3D Visualization of Chemical Structure Diagrams Embedded in Text to Aid Spatial Learning Process of Students. J Chem Educ, 97(4): 992-1000.
- XIE J R, GULINNA A, RICE M F, et al. (2021). Instructional designers' shifting thinking about supporting teaching during and post-COVID-19. Distance Education, 42(3): 331-51.