

基于课程知识图谱的大学化学课程改革实践

李红霞*, 李瑜, 辛颀, 王轩

海军工程大学基础部, 武汉 430033

摘要: 随着教育信息化的深入发展, 传统化学教学模式面临知识碎片化、学习路径不清晰、学为中心不突出等问题, 亟需通过知识图谱技术实现知识系统化整合、自适应学习与个性化教学支持。本文重点研究了大学化学课程知识图谱的构建以及课程改革的实施。基于课程知识图谱的数据分析、智能推荐、路径规划等功能, 开展“预-测-学-练-导”五阶递进的课程教学模式, 实现“课前预摹画像、精准施策, 课中聚焦能力、多样教学, 课后个性练评、智慧辅导”个性化教学。相关研究为大学化学课程改革提供了新的视角和实践路径, 可为学生自适应学习模式及教师个性化教学策略提供理论指导, 推动课程向智能化、数字化发展。

关键词: 课程知识图谱; 大学化学; 课程改革; 教学模式; 教学策略

中图分类号: G64; O6

Practice of College Chemistry Curriculum Reform Based on Course Knowledge Graph

Hongxia Li*, Yu Li, Jie Xin, Xuan Wang

Department of Basic Courses, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China.

Abstract: With the advancement of educational informatization, traditional chemistry teaching models are increasingly challenged by issues such as knowledge fragmentation, ambiguous learning pathways, and insufficient focus on student-centered learning. Addressing these challenges necessitates the application of knowledge graph technology to facilitate systematic knowledge integration, adaptive learning, and personalized teaching support. This study focuses on two key aspects: the development of a course knowledge graph for university chemistry and the implementation of curriculum reform. Leveraging the capabilities of the knowledge graph in data analysis, intelligent recommendation, and pathway planning, a five-stage progressive teaching model—“predict, test, learn, practice, guide”—has been established. This model enables personalized teaching through “pre-class profiling and precise strategy formulation, in-class focus on diverse teaching methods to enhance competencies, and post-class personalized practice evaluation and intelligent tutoring”. The findings offer novel insights and practical approaches for university chemistry curriculum reform, providing theoretical guidance for adaptive learning models for students and personalized teaching strategies for educators, thereby driving the evolution of courses towards greater intelligence and digitalization.

Key Words: Course knowledge graph; University chemistry; Curriculum reform; Teaching model; Teaching strategy

党的二十大报告明确要求“推进教育数字化, 建设全民终身学习的学习型社会、学习型大国”。教育数字化战略行动实施以来, 我国基本建成世界第一大教育教学资源库, 探索了以服务引领和支

收稿: 2025-04-10; 录用: 2025-05-27; 网络发表: 2025-07-29

*通讯作者, Email: 0907042005@nue.edu.cn

基金资助: 2025年海军工程大学教学科研项目(NUE2025ER05); 2023年海军工程大学精品课程建设项目; 2024年海军级精品课程立项建设项目

撑学生全面发展、教师能力提升的新路径,取得了一系列的积极成效^[1-6]。

我校“大学化学”课程是面向大一、大二学生众多专业的必修课程,也是培养高素质、专业化新型军事人才的重要基础课程,可为学习者学习后续专业课程及从事专业实践奠定坚实的基础。在数字化转型背景下,课程教学主要面临三个方面的问题:① 课程知识点多,概念抽象,知识碎片化,难度大,亟需借助现代技术手段实现知识的系统化整合,提高学习成效。② 课程目前主要还是采用传统教学方法,没有转变为学生学习的引导者和促进者,学生自学的学习路径不清晰,亟需引入先进教学手段与传统教学方法深度融合,突出学生的主体地位,以学为中心提升教学质量。③ 传统教学过程中教学数据难以有效收集、整理与分析,亟需引入智能的数据分析手段完善学情反馈机制,提高教学模式迭代水平。

知识图谱是一种结构化、规范化表达与承载教师经验或学科知识的技术手段^[7]。它可以将大量的知识点和它们之间的关联以图的形式展现,方便学生系统地学习和理解;也可以利用语义搜索、个性化推荐、用户画像、智能问答、学习规划等一系列智能服务助力教师实现个性化教学;还能通过建立碎片化教学数据之间的关联,完善学情分析机制,为教学模式提供优化策略与实施路径^[8-13]。因此,针对上述大学化学课程面临的问题,在教育数字化转型的背景下,本文以大学化学课程为研究对象,引入知识图谱技术,探索新的学习模式与教学策略,开展大学化学课程改革实践,整体思路如图1所示。既可提高学生的主体性和参与性,又可助力教师提升数字化教学能力和数字素养。

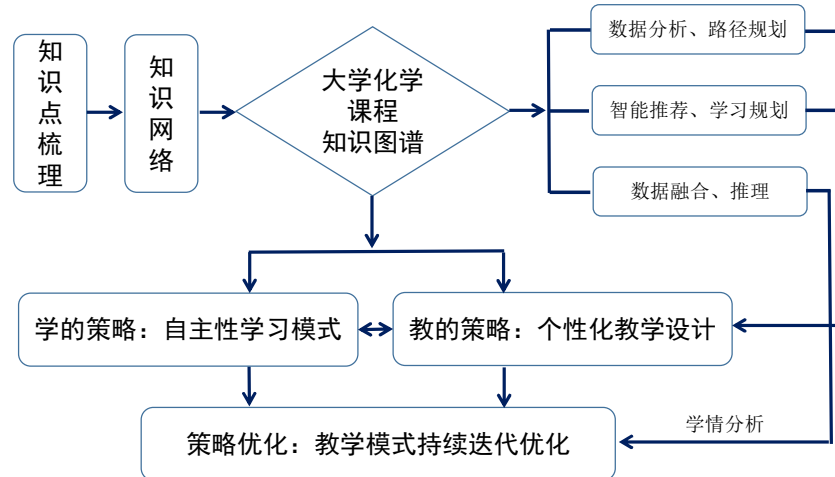


图1 思路框架图

1 课程知识图谱构建

“大学化学”课程教学内容包括化学反应基本规律、电化学基础、物质结构与性质、化学与应用等。为丰富课程内容体系,课程团队建设了立体化教学资源,内容覆盖全部知识模块。教学资源主要包含教材、慕课、微课、电子教案、试卷库、思政资源库和数字化教材等共293个结构化教学资源。这些结构化的教学资源是围绕课程110个知识点进行建设的,每个知识点均有对应的视频与文本资源。

在课程资源建设的基础上,结合学校人才培养方案、课程教学计划、大学化学课程教材及课程教学资源,构建包括知识体系层、问题体系层和能力体系层的课程知识图谱(如图2)。知识体系层的构建主要根据大学化学课程教学内容(包括化学反应基本规律、电化学基础、物质结构与性质、化学与应用等),梳理课程知识点及知识点之间的逻辑关系;通过知识点识别、关系抽取与推理等技术,将课程知识体系中的知识点、问题、教学目标等及其相互关系进行抽取和表示,形成结构化的知识网络,包括课程110个知识点、知识点之间的关联关系和知识点的属性,形成以知识框架为体系的课

程知识图谱, 实现将课程知识内容系统化、可视化, 如图3化学反应基本规律知识结构网络)。问题体系层的构建以化学研究的中心课题——化学反应为主线, 围绕“元素怎样形成物质、化学反应如何发生、物质间的化学反应规律、化学的军事应用”四个核心问题层层递进。包括全局层问题、概念层问题、方法层问题共81个, 形成以问题为导向的课程学习框架体系。能力体系层以“以战领教、厚实基础、宽延发展”的人才培养目标为导向, 围绕知识目标、能力目标和素养目标, 聚焦学生分析问题、解决问题能力形成, 将知识融于能力培养的课程学习框架体系。



图2 课程知识图谱

2 课程改革实践

基于“知识体系、问题体系、能力体系”三个维度的课程知识图谱, 形成了集“备课资源精准推送、学情动态智能诊断、学习效果跟踪分析、学习资料推荐辅导、课程管理与评价”为一体的AI课程教学平台(如图4)。借助基于课程知识图谱的AI教学平台, 开展“预-测-学-练-导”五阶递进的课程教学模式。课前教师通过AI教学平台发布预习任务, 学生完成预习内容, 并进行相关知识点测试, 形成个人学习画像, 教学平台系统根据学生预习情况智能推送学习资源, 为学生的个性化学习提供指导。课中教师根据教学目标, 结合学生学情, 思政引领, 采用多样化教学方法, 促进学生能力生成。课后教师通过AI教学平台发布知识点测评作业, 教学平台根据学生测评情况推送相关资源, 并根据学生与平台机器人对话进行智能辅导。实现“课前预摹画像、精准施策, 课中聚焦能力、多样教学, 课后个性练评、智慧辅导”个性化教学(如图5)。

课程知识图谱从学生学的方面, 有利于学生自主性、探究性、自适应学习模式的形成, 从教师教的方面, 有利于教师开展个性化、多样性教学策略的形成。同时课程知识图谱具有数据融合与推理功能, 可实时进行学情分析, 及时进行学情反馈, 有利于加强教师与学生之间的交互性, 促进教学模式的持续优化迭代。

2.1 学生个性化自适应学习

知识图谱为自主学习领域的知识建模提供了新的技术手段^[13]。个性化自适应学习是知识图谱在教育中的一个重要优势, 这有助于学生有针对性地深入理解和巩固学习内容, 提升学习效果^[14]。学生通过课程知识图谱可以了解课程知识点脉络、知识结构图等, 做到课程知识点心中有数。学生课前根据教师发布的预习任务知识点测评, 同时根据课程知识图谱数据融合与推理功能, 可了解自己的知识点掌握情况(图6)。课后完成教师发布的知识点测评, 评估自己的学习效果, 对于不懂的问题

可通过咨询教学平台上的机器人进行查漏补缺，同时课程知识图谱能够基于学生的学习情况，为每个学生提供定个性化的学习路径和资源(图7)。因此，学生通过知识图谱的知识体系可视化、智能推荐和个性化学习规划等功能，形成知识底数补强机制、学情即时反馈机制和个性学习辅助机制“三位一体”的个性化自适应学习模式。

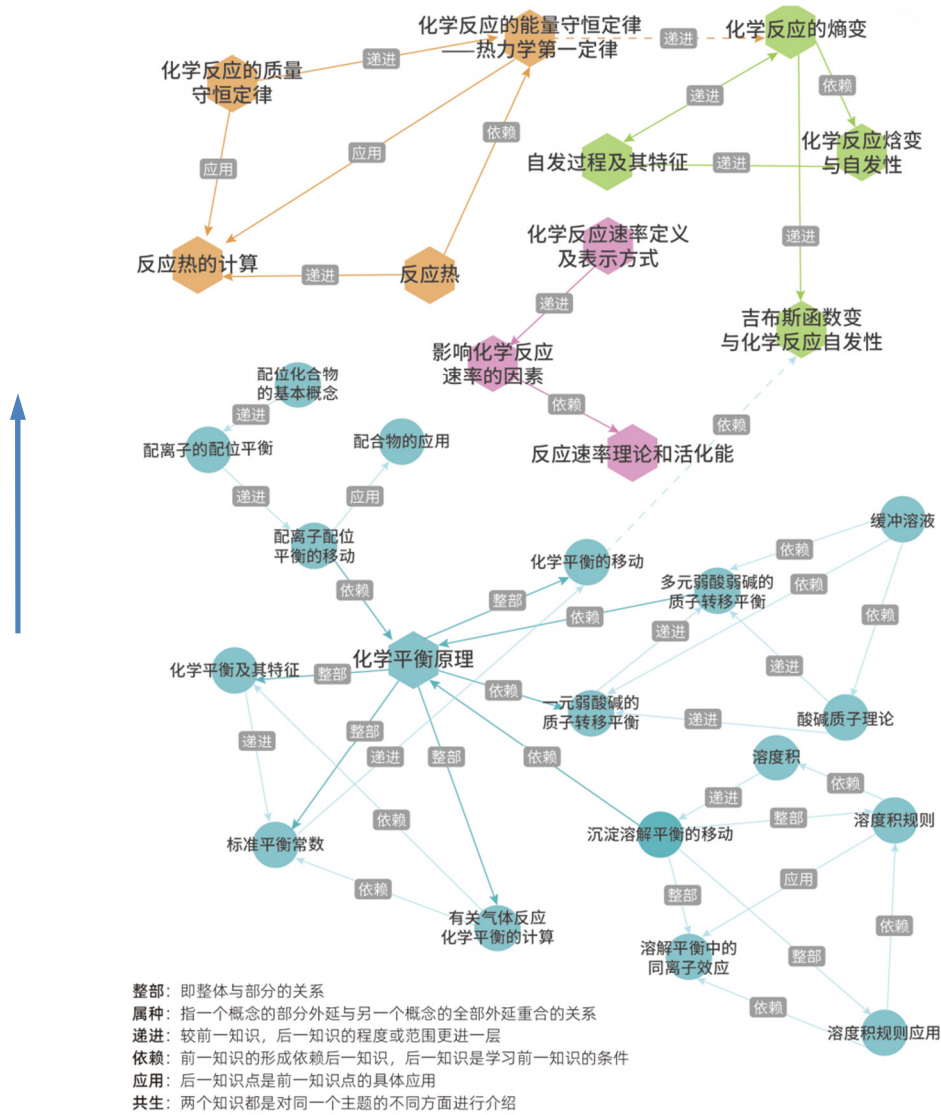


图3 化学反应基本规律知识结构网络



图4 基于课程知识图谱的教学平台功能

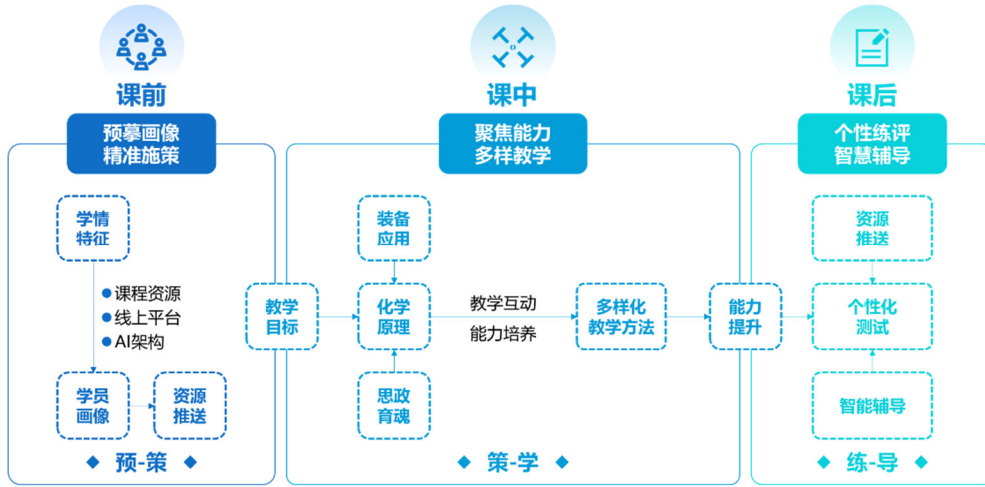


图5 课程教学模式

化学反应基本规律

一共46个知识点 17个掌握较好 4个掌握一般 6个掌握较差 19个未练习



图6 学生知识点掌握情况



图7 学习路径与学习资源推送

2.2 教师个性化教学策略

针对大学化学课程的教学方法、教学设计和教学模式,不少学者做了一定的尝试^[15-18],但基于课程知识图谱的教学改革较少。课程知识图谱通过数据分析和可视化技术,为教学评价提供科学依据,帮助教师精准评估学生的学习效果,同时优化教学设计^[19]。课程团队以立德树人、为战育人为主旨,秉持学为中心的教学理念,围绕“以战领教、厚实基础、宽延发展”的人才培养目标达成,聚焦能力生成优化课程教学内容,依据能力形成机理,将知识融于能力培养组织教学活动,依托课程知识图谱,探索基于学生学情的个性化教学策略。

在教学内容上,以思政为引领,围绕课程教学目标,结合课程知识图谱,构建基础理论、实验实践、军事运用三个层级课程内容,形成具有海军鲜明特色的课程教学特点。基础理论包括化学反应基本规律、电化学基础、物质结构基础三个部分,同时将思政元素融入化学基本原理,强化课程的铸魂性;实验实践突出军事应用的特征,设置与海军装备使役密切相关的舰用燃料燃烧值测定、舰用水质综合测定、舰船腐蚀与防护等综合实验,实验实践突出知识应用与实验技能能力目标实现,提升课程的挑战度;军事应用包括舰艇锅炉水质分析与控制、舰用化学电源、作战平台腐蚀与防护等,教学内容贴近舰艇装备,将化学基础理论与军事应用紧密结合,使学生有效掌握化学在海军装备中应用的原理和方法,突出课程的为战性。三个层级教学内容层层递进,环环相扣,在教学中相互融合渗透,对课程知识、能力和素养三个方面的教学目标达成起有效的支撑作用。

在教学设计上根据课程知识图谱,把握课程知识点脉络,形成点面结合、面面结合的教学策略。如讲解化学平衡原理时,内容设计上面面结合,从整体介绍溶液的四大平衡,包括酸碱解离平衡、沉淀溶解平衡、配位解离平衡和氧化还原平衡,介绍各平衡的特点,让学生从整体上把握溶液平衡分类与特点。在具体知识讲解时内容设计上采用点与面相结合,如缓冲溶液将缓冲机制与酸碱解离平衡中平衡的移动结合起来。

在教学方法上,根据课程知识图谱,总结不同知识点的特征,结合不同的知识特点采用不同的教学方法(图8)。在教学过程中突出学生主体地位,针对不同基础的学生分别设计“简单”“一般”“有一定挑战度”三个难度层级的问题,采用问题牵引法、实验探究法、案例法、研讨法等多种教学方法相融合,结合课程知识图谱的学情反馈机制,强化教学互动(图9,以“缓冲溶液”教学为例),提升教学效果。

2.3 教学策略持续优化

实时的学情反馈,有利于加强教师与学生之间的交互性,促进教学策略持续优化迭代。知识图谱的数据融合与推理功能对学情进行实时反馈,如图10为学生知识点掌握基本情况,从图中左侧数据教师可以了解高风险区、中风险区、低风险区学生人数,右侧数据为每个学生对各知识点具体掌握程度,同时可查看每个学生的个人学习报告。根据学生的个人学习报告可具体了解学生对知识点资料学习时长、知识点练习时长、知识点练习次数、知识点掌握度及班级排名等情况(图11)。学生可

| 教学内容 | 教学内容特点 | 教学方法 |
|----------------|--|--|
| 化学反应基本规律与电化学基础 | 理论性强, 系统性高; 实验性突出; 计算性要求高, 实际应用广泛。 | 1. 讲授法、案例分析法相融理解基本原理与实际应用; 2. 实验演示法加深对平衡现象和规律的认识; 3. 以类比法、练习法、研讨法相融合提高计算和应用能力。 |
| 物质结构基础 | 理论性强, 结构严密, 抽象性高。 | 1. 以研讨法和练习法相融合帮助学生理解抽象概念; 2. 以动画模拟法、类比法相结合引导学生直观理解物质结构特点。 |
| 化学与应用 | 系统性与散乱性并存; 理论性与实践性相结合。 | 1. 知识结构分析法厘清知识点的逻辑关系; 2. 研讨法、案例法理解理论与实际应用。 |

图8 教学方法设计

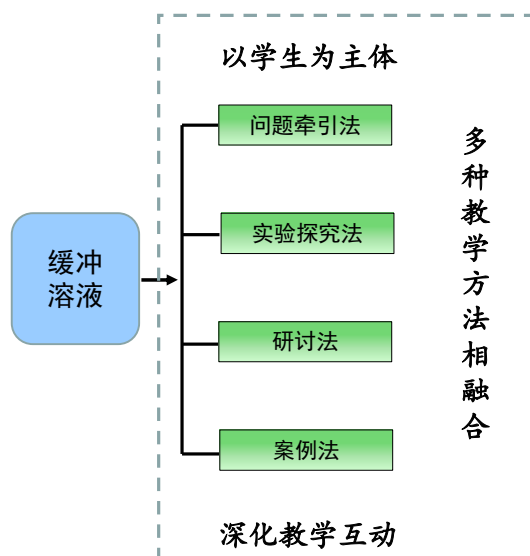


图9 多种教学方法相融合

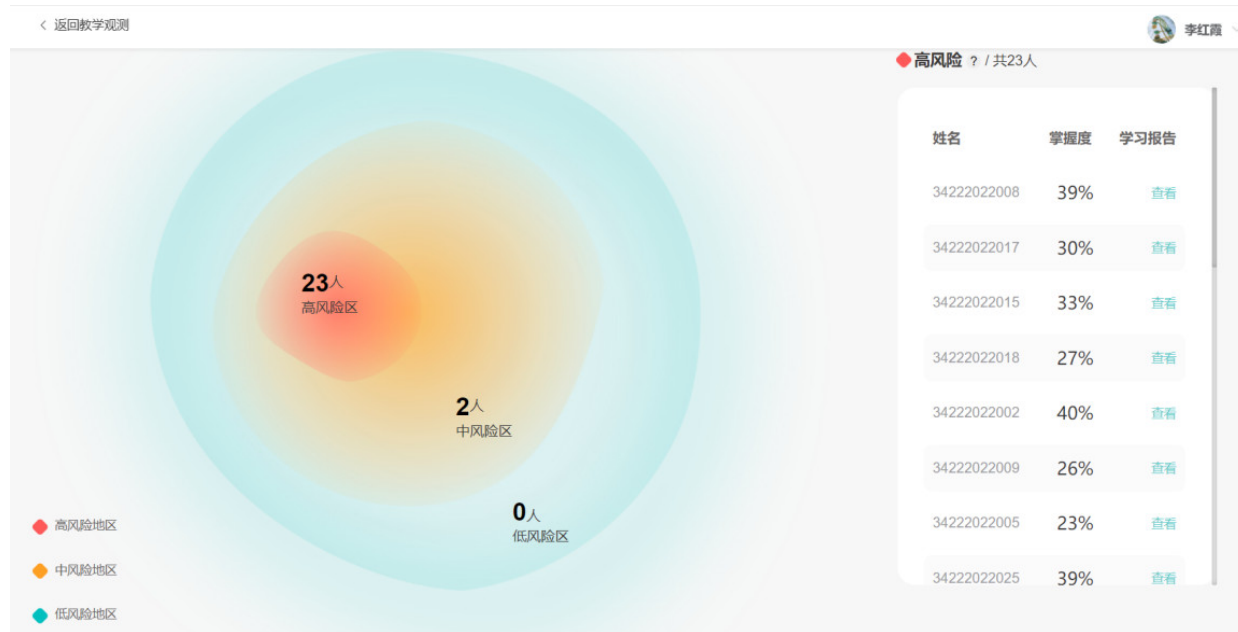


图10 学情基本情况

根据自身学习情况,结合教学平台推送的学习资源,加强重难点知识复习与巩固,提升学习能力。教师可根据学生的学情情况调整教学内容与教学方法,对大部分学生掌握较差的重要知识点增加例题或案例加强练习,对大部分学生疑惑较多或感兴趣的知识点采用研讨或实验探究的形式,对个别基础薄弱的学生加强辅导和督促学习,不断更新、优化教学策略。

在实验教学上,课前教师通过AI教学平台推送实验基本操作视频资源及关联知识点,学生完成预习测评作业;课中教师根据学生预习情况,有针对地对难点内容重点讲解与操作指导,学生动手实践;课后学生在AI教学平台上传实验数据、数据分析、实验感想并完成实验思考题。课程知识图谱的数据融合与推理功能对学生实验教学学情进行实时反馈,教师通过观测学生学情分析数据,能了解学生的实验学习情况,从而实现实验教学内容的收集、整理与分析,进一步促进教学策略持续迭代优化。



图11 学生学习报告

3 结语

在当前教育数字化转型背景下,在国家教育数字化战略行动指引下,本研究聚焦大学化学课程的知识图谱的构建及其在教学改革中的应用。利用课程知识图谱的数据分析、智能推荐、路径规划等功能,开展“预-测-学-练-导”五阶递进的课程教学模式,实现“课前预摹画像、精准施策;课中聚焦能力、多样教学;课后个性练评、智慧辅导”个性化教学。通过知识图谱学情即时反馈机制持续优化教学策略,可提高学生的自适应学习能力,同时可提升教师的数字化教学能力。相关研究为大学化学课程改革提供了新的视角和实践路径,可为学生自适应学习模式及教师个性化教学策略提供理论指导,推动课程向智能化、数字化发展。

参 考 文 献

- [1] 艾兴, 陈永堂. 杭州师范大学学报(社会科学版), **2023**, No. 3, 74.
- [2] 陈冬梅. 教育理论与实践, **2024**, 254 (1), 133.
- [3] 尚俊杰, 李秀晗. 华东师范大学学报(教育科学版), **2023**, No. 3, 169.
- [4] 杨小堂, 芮文璐. 外国教育研究, **2023**, 423 (12), 26.
- [5] 陈文智, 张紫微, 云霞, 赵亚萍, 张彧. 中国教育信息化, **2022**, 5028 (5), 3.
- [6] 李春艳, 王傲君. 湖北经济学院学报(人文社会科学版), **2023**, 20 (1), 137.
- [7] 徐晔. 中国职业技术教育, **2024**, No. 20, 22.
- [8] Anzovino, M. E.; Bretz, S. L. *Chem. Educ. Res. Pract.* **2016**, *17* (4), 1019.
- [9] Ghani, I. B. A.; Ibrahim, N. H.; Yahaya, N.; Surif, J. *Chem. Educ. Res. Pract.* **2017**, *18* (10), 849.
- [10] 徐星, 鄢睿丞, 柳懿. 教育教学论坛, **2023**, 38 (9), 71.
- [11] 冯焕华, 任博. 中国教育信息化, **2017**, No. 3, 4.
- [12] 赵俊坤. 科教导刊, **2021**, No. 32, 78.
- [13] 王冬霞, 杨耿焯, 赵金涛, 边焱, 何禹奇. 大学教育, **2024**, No. 12, 66.

- [14] 赵万祥, 李滔, 刘强, 王玉枝. 化学教育, **2019**, 45 (4), 113.
- [15] 程承, 魏成振, 杜卫民, 赵国燕. 化工教学, **2016**, 42 (12), 92.
- [16] 肖秀婵, 秦淼, 李强林, 周箐, 赵二劳. 云南化工, **2020**, 47 (4), 194.
- [17] 曹慧群, 曹博, 张平玉, 辛红. 广州化工, **2021**, 49 (1), 109.
- [18] 冷曼希, 冯文荣, 周培山, 随明明. 教育教学论坛, **2020**, 33 (8), 196.
- [19] 谢幼如, 陆怡, 彭志扬, 邱艺, 李成军. 中国电化教育, **2024**, No. 12, 1.