

分析化学智慧课程建设与精准教学探索

吴硕^{1,*}, 杨成¹, 董校², 郭慧敏¹, 宋波¹, 丁保君¹, 王秀云¹, 潘玉珍¹

¹大连理工大学化学学院, 辽宁 大连 116024

²大连理工大学计算机学院, 辽宁 大连 116024

摘要: 针对分析化学课程授课过程中存在的学生基础差异大、学科发展快, 课程知识点杂、多、散、难度大, 学生不易掌握等问题, 课程系统建设了“应用化学专业谱图”、“分析化学智慧课程”和“智能学伴”三大平台, 并依托平台, 立足化学基础学科拔尖创新人才培养目标, 面向应用化学强基班和拔尖班学生尝试了品德为先、能力为要、数据驱动的精准教学探索实践, 对教学模式、教学内容、教学流程和考核模式进行了全流程、全要素改革, 取得了初步成效。

关键词: 分析化学课程; 精准教学; 智慧课程; 知识谱图

中图分类号: G64; O6

Precise Teaching Based on Analytical Chemistry Artificial Intelligent Course

Shuo Wu^{1,*}, Cheng Yang¹, Xiao Dong², Huimin Guo¹, Bo Song¹, Baojun Ding¹, Xiuyun Wang¹, Yuzhen Pan¹

¹ School of Chemistry, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning Province, China.

² School of Computer Science, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning Province, China.

Abstract: To address the challenges of large differences in student backgrounds, the rapid development of disciplines, scattered and diverse knowledge points, and the difficulty students face in mastering the knowledge, artificial intelligence techniques have been integrated into the Analytical Chemistry course. Building on this platform, we have explored precise teaching methods for students majoring in applied chemistry, focusing on data-driven, morality-oriented, and ability-oriented approaches. To cultivate top-notch innovative talents, the teaching mode, content, process, and assessment methods have all been reformed throughout the entire course.

Key Words: Analytical chemistry course; Precise teaching; AI-driven course; Mapping knowledge

党的十八大以来, 以习近平同志为核心的党中央把发展人工智能提升到战略高度。2024年1月29日至31日世界数字教育大会在上海召开, 教育部部长怀进鹏提出将实施人工智能赋能行动, 为学习型社会、智能教育和数字技术发展提供有效的行动支撑。3月28日教育部举办数字教育集成化、智能化、国际化专项行动暨“扩优提质年”启动仪式, 当日启动人工智能赋能教育行动, 旨在用人工智能推动教与学融合应用, 全面提高人才培养水平。人工智能技术的快速发展为教与学带来了极大便

收稿: 2025-02-17; 录用: 2025-03-19; 网络发表: 2025-04-01

*通讯作者, Email: wushuo@dlut.edu.cn

基金资助: 大连理工大学教育教学改革重点项目(ZD2024015), 工科《分析化学》知识图谱构建及其在精准教学中的应用探索; 国家本科教学工程入库项目: 仪器分析一流课程建设、“3I”背景下的《分析化学》智慧课程建设

利,同时也对人才培养提出了新的挑战^[1-3]。如何依托人工智能技术提高教与学的效率,实现规模化教育下拔尖创新人才的个性化培养成为摆在高等教育从业者面前的现实课题。在这一时代背景下,大连理工大学化学学院启动了人工智能赋能专业和课程建设行动,全面数智化升级无机化学、分析化学、有机化学、物理化学、基础化学实验等系列化学核心课程,并基于OBE理念实施成果导向的人才培养模式改革。作为化学和近化学专业的核心课程,分析化学课程率先完成了智慧课程升级,并在精准教学方面进行了一些探索与实践。

1 课程介绍

分析化学课程是高等学校化学类、化工类专业和大部分近化学化工类专业的基础课程,由化学分析和仪器分析两大模块组成。围绕物质的定性、定量和结构解析,分析化学课程系统阐述获得物质化学信息及其空间分布的方法和相关理论,在化学、化工、环境监测、材料科学、生命科学及能源等多个领域均有重要价值,并展现出多学科交叉、综合性强、发展快速等显著特点。

在大连理工大学,化学学院、化工学院、环境学院、生物工程学院和未来技术学院等多个学院的多个专业都将分析化学设为专业核心课程,年选课人数600+,开课学期为大一下或大二上。根据培养目标的不同,各专业设置的分析化学课程内容也略有不同。例如,面向应用化学(理)专业的学生开设的分析化学共96学时。其中,化学分析部分32学时,主要介绍误差与数据处理、复杂样品预处理、容量分析和分光光度法部分的内容;仪器分析部分64学时,除传统的光化学分析法、电化学分析法、色谱分析法、质谱分析法外,还包括X-Ray分析、微流控分析等先进的分析技术。面向环境科学和高分子化学专业开设的分析化学课程共32学时,该部分将化学分析部分压缩到了8学时,主要介绍容量分析方法,而将仪器分析部分压缩至20学时,重点介绍电位分析法、气相色谱分析法、原子吸收光谱法、紫外可见吸收光谱和波谱解析部分的经典内容。面向化学工程等专业开设的分析化学为24学时,课程进一步对内容进行了精简,去除了有机波谱和原子光谱部分的内容。

2 课程数智化升级必要性

在授课过程中,分析化学课程主要面临三方面的挑战。

首先,是来自学生基础和需求差异方面的挑战。一方面,作为国家首批“双一流”建设高校,大连理工大学面向全国除港、澳、台以外的所有省份招生,各省考生在基础存在较大差异。以我校化工与制药大类的招生信息看,同样使用全国二卷的考生,2023年辽宁的录取线较新疆和吉林分别高出近70和50分。而且,随着新高考改革的推进,2023年全国已有29个省份开始实行新高考改革,即考生总成绩中学业水平考试科目由考生根据报考高校要求和自身特长,在政治、历史、地理、物理、化学、生物等科目中自主选择组合。化学作为学业水平考试科目,学生在是否选学方面拥有自主权。而即使同样选择化学作为选考科目,也面临各省份选学模块不同、选用教材不同等方面的差异^[4]。以上因素导致学生对于授课内容的接受程度不一致。另一方面,各专业培养目标不同。如应用化学(理)专业定位于培养基础学科拔尖创新人才,而化学工程专业则定位于培养高素质工程人才,两个专业对分析化学课程的需求自然不同。因此,作为直接面向大一、大二低年级开设的基础课程,如何调动基础不同学生最大的能动性,实现规模化教育下的因材施教和个性发展是摆在课程面前的首要课题。

其次,是分析学科的快速发展和知识迅速增长与学时不断压缩,而培养要求却不断提高之间的矛盾。学科的发展程度可以一定程度上在教材中得以体现^[5]。以分析化学领域的代表性教材,武汉大学主编的《分析化学》教材为例。该教材目前已再版6次,每次再版都纳入当时得到快速发展和广泛关注的分析方法。该教材首版内容主要以化学分析为主,总章节不到10章。而目前第6版,仅下册仪器部分的内容就已扩充至35章,近76万字^[6]。而随着高等学校人才培养要求由知识传输向能力培养转变,各学院普遍对培养方案的学分进行了压缩,以给学生充足的时间利用课外展开社会实践和

学术创新。为适应这一变化，我校化学工程与工艺、精细化工等多个专业将分析化学课程的学分进一步由2学分压缩至1.5学分。因此，如何在有限学时内，即帮助学生完成分析化学知识体系的构建，又能够实现对创新能力培养，是分析化学课程要解决的第二个重要问题。

再次，是分析化学内容抽象、学科交叉性强、学生学习难度大方面的挑战。分析化学课程体系涉及大量光、电、磁、热等物理现象和分子、原子间相互作用等微观信息，学生理解原理方面存在一定困难。而仪器分析方面涉及到的核磁、质谱等大型仪器普遍成本很高，学生实操的机会不多，对于深入理解仪器构造和工作原理等方面也存在较大障碍。

综上，对教学资源、教学手段、教学过程、考核方式等进行全流程“数智化”升级，推动智慧课程建设，通过教学内容更新、教学方法革新、教育评价创新，以促进人工智能在教和学、管和治、评和研之间的深度融合，实现规模化教育下的个性化培养已成为课程建设和改革的必由之路。

3 智慧课程建设和精准教学探索

3.1 专业图谱建设

以应用化学(理)专业为例，根据专业培养化学基础学科拔尖创新人才的培养定位，从知识、能力、素质3个层面梳理出4个专业培养目标和价值观、职业规范、问题分析、科学研究、使用现代工具、个人和团队、沟通表达共7个毕业要求。在专业图谱构建过程中，注重明确系列专业核心课程的课程目标和对毕业要求的支撑关系，设置达成度评价规则(图1)。同时，对系列核心课程内容进行梳理和优化，注重理清课程边界、去除交叉重复、突出课程特色。比如，化学平衡部分在无机化学和分析化学中都有涉及，但无机化学侧重讲解平衡的基本原理，而化学分析侧重平衡在方法学上的应用。因此，在梳理知识点时，分析化学课程部分学时缩减，仅对化学平衡的原理做概况性总结，而将重点放在方法建立和具体应用上。值得一提的是，鉴于专业基础学科拔尖创新人才的培养定位，在专业图谱的构建过程中，侧重强化了对学生基础知识、问题分析、科学研究等几方面毕业要求指标点的考查。而分析化学作为一门以交叉性强、学科发展快的基础课程，在学生创新思维启发和科学精神的培养方面都很有优势。因此，课程建立了与专业毕业要求中有关问题分析、科学研究等指标点的对映关系，并通过问题图谱进行关联。

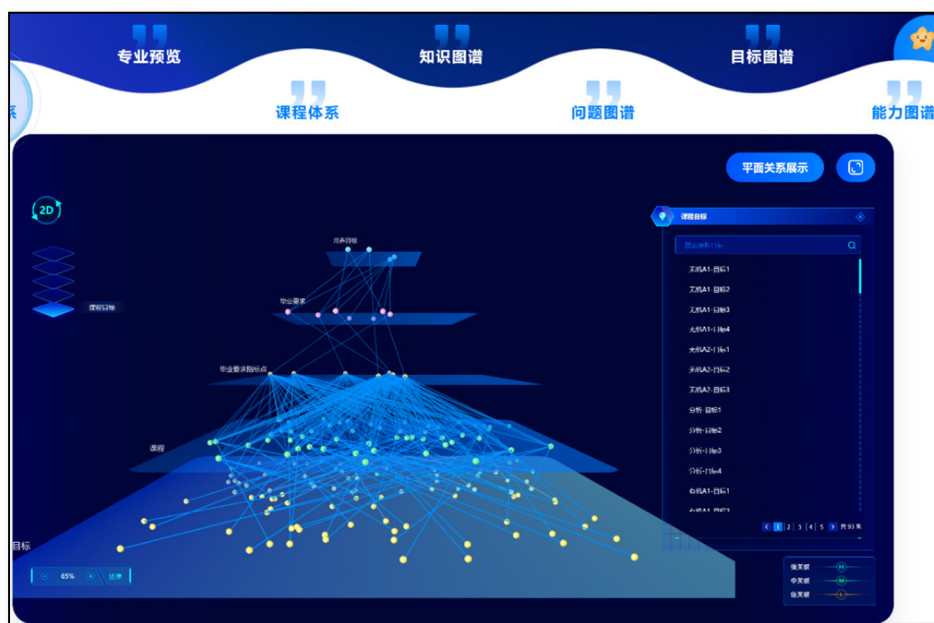


图1 专业图谱建设情况

3.2 知识图谱建设

对标专业培养目标和毕业要求,明确分析化学课程的知识目标、能力目标和素质目标,梳理每个课程目标对应的问题清单和知识点组合,建立知识谱图和问题图谱(图2),并将知识点讲解视频、重难点解析视频、课件、习题、思政案例、课外阅读资料、挑战性问题、虚拟仿真实验等资源与知识点一一对应。进一步梳理知识点先修后续关系,注重内涵和外延,构建知识点关联网络,完成知识图谱建设。比如,电位分析法作为分析化学的核心方法之一,其理论基础能斯特方程已在无机化学做过重点讲授;分析化学课程的重点在于如何利用晶体、配合物、生物酶等能具有特异性识别能力的材料提高电位分析法的选择性,而电位分析法选择性识别的相关原理所涉及化学平衡、晶体结构、酶催化等无机化学、结构化学和生物化学领域的基础知识和核心概念;同时,对电位这一概念的深入理解是进一步学习电解分析法和伏安分析法的基础。将这些逻辑关系系统梳理,构建分析化学课程知识脉络,以及分析化学课程知识点与其他课程知识点之间的关联,完成分析化学课程知识图谱建设。



图2 知识图谱示例

以面向应用化学(理)开设的分析化学为例,课程共完成包括270个视频、153个文档、848个课程资料、1305道习题和11个虚拟仿真实验在内的数字资源建设,并将其中各类资源依据先修后续关系彼此关联。同时,为了匹配应用化学(理)专业基础学科拔尖创新人才的培养目标,课程注重及时补充最新的科研进展,依托课程团队参与教育部“分析化学101计划”课程建设的成果^[7],使用数字人将超高效液相色谱、毛细管电泳、微流控分析等方面的新进展录成速课,及时补充进课程。

3.3 智能学伴训练

依托超星平台的AI助教功能,利用超星汇雅大模型对分析化学AI学伴进行训练(图3)。训练资料包括课程团队主编和参编的系列分析化学和仪器分析教材(4部)、习题集(1部)、教案(1套)、案例(50余个)、问答对(800余个)和通过超星数据库收录的相关图书和文献资料。

支持学生通过AI助教平台提问,鼓励他们积极参与学习互动。课程团队教师关注学生与大模型之间的知识交流过程,通过分析AI输出的回答结果不断优化大模型的性能参数;同时对AI生成的内容进行质量把关,包括数据清洗、参数调优等校核工作,确保教学内容的准确性和权威性。

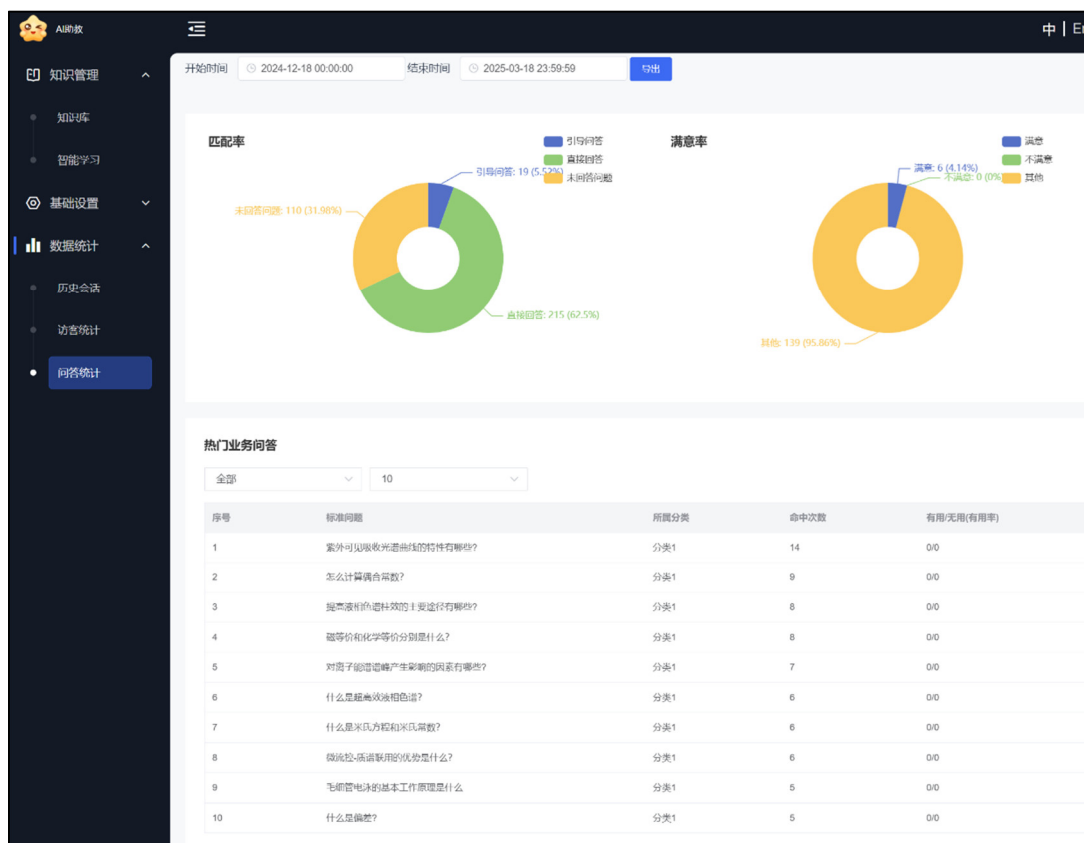


图3 智能学伴

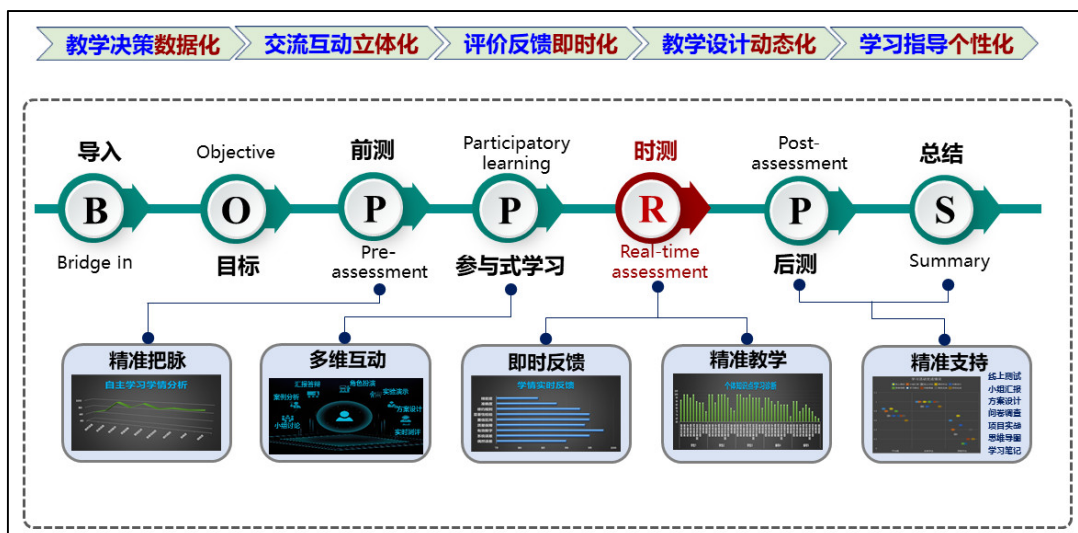


图4 AI辅助的教学设计

3.4 AI辅助的教学设计

依托智慧课程的资源和AI技术, 分析化学课程从2024年开始探索实施数据驱动的精准确教学改革(图4)。课前, 通过超星“一平三端”平台向学生发布本节课需要达成的课程目标和学习任务, 引导学生通过智慧课程自学、完成线上测试、并结合学习过程中遇到的问题向AI学伴提问。后台同步监

测学生学习时间、测试完成度和准确度、AI学伴提问高频词等线上数据，通过AI工作台“智能学情分析指令”和学生向AI助教的高频词分析学生自学情况，查找自学过程中依然存在的问题。课中，对于学生普遍掌握好的知识点不讲或略讲，对大部分学生存疑的重点难点精讲细讲、结合科研案例拓展讲。例如，在电分析一节中，通过对线上数据的分析发现学生对电位、双电层这一核心概念的理解存在困难，课上针对这一知识点精讲细讲。讲解过程中，一方面引入了华人年轻科学家近3年在*Nature*和*Science*上发表的关于全集成固态电位传感器的研究论文作为案例，激发学生兴趣；另一方面，追溯电位分析法的建立和发展历程，启发学生创新思维；同时，引入动画模拟双电层微观结构和液接电位形成过程，深化学生对基本概念的理解^[8]。课后，针对固态电化学传感器目前在单细胞、可穿戴设备和临床医学检验过程中依然存在的电位漂移、非特异性吸附、膜材料选择等问题，引导学生进一步查阅文献寻找解决方案，并在实验室进行实践探索。同时，结合全流程线上数据评估学生学习情况、评价课程目标完成度，并依托平台“个性化学习路径规划”功能分层次推送课后学习资料。例如对于知识点掌握不牢的学生，定点推送巩固学习资料，而对学有余力的同学则进一步推送进阶学习材料。通过AI辅助教学，探索实现规模化教育下的个性化教学。

4 初步成效

应用化学专业谱图和分析化学智慧课程、AI学伴功能目前已在两届学生中完成初步试用，对教师的教和学生的学都产生了积极的促进作用。

教师借助智慧课程的AI辅助工作台功能，不仅可以节省客观题等作业的批改时间，而且可以更容易实现对班级学情的精准把握、对课堂教学的精准设计、对教学资源的精准推送和对学生的精准个性化培养。通过学生签到、线上自学时间、线上测试正确率、讨论参与度、资料查阅进展等数据，AI工作台可以快速帮助教师精准分析班级学情，查摆出学生学习过程中普遍存在的问题知识点，便于教师开展有针对性地精准教学设计。此外，AI工作台还可以帮助教师找出学有余力的学生和学习有困难的学生，帮助教师更好地因材施教。例如，在2022级学生中，AI工作台就帮助教师快速锁定了几位因为转专业而学习困难的学生，这几位学生普遍线上投入学习时长较长，但随堂测试准确率低。教师结合线上数据，一方面利用个性化路径规划帮助学生及时查缺补漏，另一方面对学生进行鼓励和帮扶，实现精准的教学资源推送和学习路径规划。在期末考试中，这几位同学都取得了让自己满意的成绩，顺利完成了转专业的过渡。同时，AI平台也帮助教师锁定住了几位学有余力的同学，这几位同学普遍表现为线上投入时间短，但作业、随堂测试和进阶研究性报告的完成质量高。针对这几位同学，教师鼓励学生早进实验室从事科研工作，同时积极参加学科竞赛锻炼能力。2024年，班级有7位同学在全国性学科竞赛中取得了优异的成绩。

对学生而言，智慧课程提供了不受时空限制的学习空间和平台、24/7的随时在线答疑服务和课程目标完成情况的及时评价。绝大部分学生在课程反馈中对智慧课程持积极态度。学生表示，知识图谱功能为他们的学习提供了便利。通过图形化的方式，知识图谱清晰地展示了分析化学的各个知识点及其之间的联系，帮助他们构建了系统化的学习路径。学生可以根据图谱的指引，有针对性地选择学习内容，从而提高学习效率。此外，知识图谱的智能推荐功能还能根据学生的学习进度和理解程度，为他们提供个性化的学习建议，进一步增强了学习的针对性和有效性。而AI助教在分析化学课程中同样扮演了重要角色。学生普遍反映，AI助教能够及时解答他们在学习过程中遇到的问题，为他们提供即时的学习支持。这种即时反馈机制不仅解决了学生的学习困惑，还激发了他们的学习兴趣和动力。

5 结语

通过教学资源、教学过程、教学管理和考核的全过程数智化升级，分析化学智慧课程可以及时补充最新的学科知识，并将抽象难懂的学科知识转化为生动的动画和虚拟实验等数字资源，同时通

过知识图谱为每位学生打造个性化的学习路径,有效解决了学科快速发展、知识抽象与学时不断压缩之间的矛盾和因学生基础差异大对教学所带来的困扰,对于提升教学效果起到了积极的促进作用。然而,智慧课程的建设 and 应用还处于初级阶段,有很多问题还需要进一步梳理和解决。比如,知识图谱功能可以为学生提供清晰的学习路径,帮助他们系统地掌握知识点,有助于学生构建完整的知识体系。然而,对知识图谱的过度依赖也可能导致学生的学习思维过于线性化,忽视了知识点之间的复杂性和多样性。此外,知识图谱的智能推荐功能虽然能为学生提供个性化的学习建议,但也可能限制了学生的自主探索空间,使他们过于依赖系统的推荐。而AI助教可为学生提供即时的学习支持和反馈,有助于解决他们的学习困惑,但要确保回答的准确性和专业性,需要教师投入大量的精力进行数据清洗和校正,一些回答误区依然存在。一些功能的缺失也一定程度上限制了AI助教发挥更大的功能。比如,目前分析化学的AI助教还无法识别化学分子的结构式。此外,过于依赖AI助教,也可能导致教师和学生之间的情感交流和人文关怀的削弱。但我们也相信,随着技术的进步,以及法律法规的进一步规范,智慧课程必然会发挥越来越重要的作用。

参 考 文 献

- [1] 高毅哲. 中国教育技术装备, **2024**, *10* (19), 171.
- [2] 王志军. 西北工业大学学报(社会科学版), **2025**, 1. 25.
- [3] 王泉, 秦波涛, 宋军波, 续芹, 王青. 中国现代教育装备, **2025**, No. 1, 1.
- [4] 方依婷, 邵冰香, 王芷晴, 吴金丽, 王雪梅. 科教文汇, **2025**, No. 3, 44.
- [5] 张新荣. 大学化学, **2009**, *24* (6), 12.
- [6] 武汉大学主编, 分析化学. 第6版. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [7] 宦双燕, 蒋健晖, 李攻科, 张文清, 李娜, 杨屹, 胡斌, 田阳, 吴硕, 张四纯, 岳永海, 等. 大学化学, **2024**, *39* (10), 22.
- [8] 吴硕, 郭慧敏, 董校, 宋波, 潘玉珍, 杨成. 大学化学, **2023**, *38* (2), 65.