

Teaching Inorganic Chemistry with AI Assistance: Innovation, Practical Challenges, Development Strategies

Weiyan Ma Yulei Tai*

Hangzhou Medical College, Hangzhou, Zhejiang, 311399, China

Abstract

Nowadays, the rapid development in AI technology is still injecting a great force into university education, accelerating deep changes in educational paradigms towards smart, individualized and accurate directions. Inorganic chemistry, as an introductory core curriculum course for majoring students in chemistry and allied disciplines, not only shoulders the systematic impartation of classic theories including not only the content of the element's periodical law, the theory of chemical bonds, and coordination compounds, but it is also the task of training students' scientific thinking ability. Experimental skills, creative literacy. Yet the conventional inorganic chemistry education suffers from conspicuous issues like abstract notions hard to be visualized, limited experimental resources, high risks in high-hazard operations, difficulty in accommodating individual student differences, and single and lagging evaluation methods. Artificial intelligence provides effective paths to solve these problems through means such as image recognition, molecular simulation, virtual experiments, and big data analysis. This article, based on real teaching cases, systematically explores the specific application paths of AI in promoting knowledge visualization presentation, expanding virtual experimental scenarios, realizing personalized learning paths, and constructing intelligent evaluation closed loops. In parallel to this, it thoroughly reviews real-world problems during the implementation phase (e.g., low reusability), lack of teacher's digital competence, the risk of student's dependency on technologies, and the hidden dangers within data ethics and fairness and put forward the corresponding improvement measures like individualized resources construction, stratified teachers training, scientific instructional planning, and end-to-end security protections. The study is aimed at providing a systematic reference for the digitalization and intelligence transformation of inorganic chemistry teaching, and for helping to train composite chemistry talents, those with a strong background in theory as well as in modern technology.

Keywords

Artificial Intelligence(AI); inorganic chemistry teaching; innovation routes; practical problems; talent training

人工智能辅助无机化学教学创新、实践挑战和发展策略的研究

马伟源 邵玉蕾*

杭州医学院, 中国·浙江 杭州 311399

摘要

目前, AI技术发展迅猛, 并在实际中对高校教育产生实质性的推动作用, 促使教学方式向着智能、个性及精准的方向逐步转型。作为化学、材料、药学、医学等专业的必修课, 无机化学既涉及元素周期律、化学键理论以及配位化学等传统知识体系的教学, 同时肩负着培养学生的创新意识、实验能力和科学思维能力的责任。但是传统模式下的无机化学教学面临众多困境: 许多概念过于抽象, 在头脑中的具象化过程十分艰难; 实验条件不足, 危险性高; 学生学习能力参差不齐, 难以做到因材施教; 考核方式较单一, 仅靠期末考试, 缺少过程性反馈。近年来我们在教学实践中发现, 人工智能中的图像识别、分子模拟、虚拟实验、大数据分析等方法可提供解决上述问题的新思路和新方法。在此基础上, 笔者以我们的教学实践为例, 阐述 AI 在知识图谱化呈现、实验模拟延伸、学情个性导航、过程精准反馈等环节中的应用, 并对其中存在的真实困惑进行剖析, 如技术与学科深度融合度不够、教师信息素养亟待提高、学生存在过度依赖倾向等, 并就上述问题提出了一些解决思路: 建设数字化课程资源体系; 分类实施教师信息化培训; 合理规划教学活动过程; 构建系统化的安全保障体系。期望本工作能够对推进无机化学信息化教学提供一定的借鉴作用, 为培养具有较扎实的基础知识及一定的现代化技能的化学人才提供帮助。

关键词

人工智能; 无机化学教学; 创新路径; 实践挑战; 人才培养

1 引言

在新一轮科技革命和新医科建设加快推进的时代背景下, 人工智能早已不再是简单的教学工具, 而是正在成为重

塑大学教育的重要力量。以 ChatGPT、Gemini、Claude 为代表的大规模语言模型以及分子动力学模拟、VR/AR、知识图谱、自适应学习等新技术快速涌现, 正从根本上改变知

识生产的模式以及传播和学习方式。高等医学教育面临严峻挑战的同时,也提供了很好的发展机遇^[1]。

作为化学类、材料类、化工类、环境类、药学类、医学类等专业的公共基础课程之一,无机化学具有十分重要的作用。该课程不仅为学生奠定坚实的无机化学理论体系,包括元素周期表及其规律性、微观结构及成键原理、配合物的基本特性、电化学、溶液中的质子自递与沉淀溶解平衡等基本概念,而且对学生科研思维方法的培养、科学探究精神的建立、定量分析与综合运用能力提升等方面起到重要作用^[2]。这些能力直接影响着学生今后从事新能源材料、催化剂设计、环境治理、药物合成、生物无机等方面的研究及工程实践所必备的基础。但是传统无机化学教学面对当今数字化、智能化时代背景下所暴露出来的弊端日益突出,首先是教学内容过于抽象,远离了学生的认知过程。以往主要以静态板书、二维教材图片及教师口头讲述为主,学生难以形成直观的立体形象和动态过程的印象,因而不易理解和掌握,记忆也不深刻,遗忘较快^[3]。

实验教学环节历来面临设备设施短缺、危险因素、环境污染等问题的困扰。无机化学实验中常常涉及大量的重金属盐(如铅、汞、镉、铬等)、有毒气体(如氯气、氰化氢、硫化氢)、强氧化剂及还原剂、易燃易爆物品等。现实实验受限于实验室空间大小、试剂购买价格、安全管理制度、废物处置标准等诸多条件,很多事是做不了的。特别是那些高危或高耗实验,例如氢气高温还原氧化铜、电解精炼铜、某些配位化合物合成等,通常只能通过教师演示、播放视频或者多媒体课件让学生观看。学生很难真正做到人人动手、反复尝试、经历失败再调整的过程,导致实验技能的培养明显不足^[4]。

传统“一刀切”的教学组织形式,难以解决学生之间的个体差异性。学生的起点不一样:有的学生高中化学功底较好,但也有不少的学生高中阶段电化学、溶液平衡、定量分析等相关知识相对比较薄弱。以前我们用同一个进度、同一份内容进行班上课,容易造成优秀学生“吃不饱”,学困学生“跟不上”的两极分化现象,很难做到真正意义上的一人一策,因材施教。

以上这些问题,在新医科提出的交叉融合、创新驱动、实践导向、产教协同等人才培养要求下,显得更加突出^[5]。所幸的是,人工智能技术已经发展得比较成熟,包括高精度分子可视化建模、沉浸式虚拟仿真实验室、智能学伴、自适

基金项目: 基于药学专业能力导向的 AI 时代大学化学产学研协同教学模式探索(项目编号: JGCG2025369)。

作者简介: 马伟源(1994-),男,中国陕西宝鸡人,博士,讲师,从事新型药物合成方法与设计研究。

通讯作者: 郇玉蕾(1977-),女,中国黑龙江鹤岗人,博士,副教授,从事磁性高分子材料、药物递送载体研究。

应学习系统、计算机视觉行为分析、知识图谱智能问答等工具,为解决这些教学难题提供了切实可行的技术支持。把 AI 真正融入无机化学教学,并不是简单地把一些工具“嫁接”到课堂上,而是要对整个“教—学—评—研”链条进行智能化、数据驱动的系统重构^[6]。

本文结合我们近年的教学实践和改革案例,具体分析了 AI 赋能无机化学教学的创新做法、实际落地中遇到的困难,有望能为无机化学课程的数字化、智能化转型提供一些实用参考,帮助培养既具备扎实理论基础,又适应现代技术需求的高素质复合型化学人才。

2 人工智能融入无机化学教学势在必行

无机化学既有很强的理论抽象性,又高度依赖实验操作。同时,由于安全、成本和场地等限制,很多高危或比较复杂的实验无法让学生亲自操作,导致他们的实践能力培养明显不够。而 AI 在这方面有明显的优势: AI 可以利用精确的三维分子和晶体可视化、实时动画模拟将抽象的概念转化为学生可交互、可视化的学习体验; VR 虚拟实验室可以突破真实实验中的安全性和资源限制,在安全的前提下进行危险操作训练;个性化学习平台还可以针对每位学生的特点,科学设计学习路线图,避免盲目“一刀切”的两极分化。

3 AI 赋能无机化学教学的核心创新路径

3.1 微观抽象概念的可视化破解

无机化学中包含很多微观层面的抽象概念,如原子轨道空间分布、轨道杂化、分子对称性和群论应用等。传统讲授过程中,信息传递形式多以文字描述、数学表达式及二维平面图形为主,并不能直观形象地呈现复杂微观动态过程,给学生的三维空间思维造成较大的困难。

借助精密的分子模拟、AR 和可视化的交互式操作,人工智能让原本抽象的微观过程变得具体而真实,在介绍晶体类型时,学生可以突破二维平面上的局限性,在 AI 的辅助下任意旋转、放大缩小以及穿透 NaCl、萤石 CaF₂ 或闪锌矿 ZnS 晶胞模型,从各个角度观察其构成。上述现象使得 CCP/HCP 的堆积形式、配位几何及间隙点阵位置的空间构型变得直观可视,甚至能够动态观察到空位、Frenkel 缺陷或者位移的运动过程,从根本上消除了由于缺乏空间想象能力而产生的理解困难;对于配合物的学习,基于人工智能技术的 MD 和 QC 模拟也把原本难以理解的能量转移可视化,同学们能够直接观察到 Cl⁻ 的弱场和 CN⁻ 的强场对 d 轨道分裂能的影响,并深入分析受 Jahn-Teller 畸变影响下的几何构型的变化情况;而复杂 d-d 跃迁及分裂能级则能够通过色彩丰富、逼真的图像以及清晰的能量条形图动态地呈现在大家眼前,在操作鼠标的同时也真正理解了这些抽象概念背后的物理意义。

3.2 虚拟实验拓展: 突破时空与安全瓶颈

多年来,受限于诸多现实因素的影响,无机化学实验

教学一直背负着沉重的压力：受限于有限的实验室使用时间，受限于贵重有毒药品的管理规定，受限于越来越严格的安全防护及废物处理规范等等，学生可进行的实验操作十分有限。而基于人工智能技术结合 VR 和 AR 设备搭建起的真实感强、体验度高的虚拟仿真系统可以有效解决这一难题。无机化学实验完全摆脱了时间和安全因素的影响，在虚拟仿真中做到触觉感受及反应原理上的真实，并且具有安全性高、反复操作及可更改性等特点，是学生可以“亲手”操作的真实实验平台，让学生不再只是旁观者，是每个学生都能够进行的探究活动。其拓展性可进一步扩大实践空间，让学习者在反复试错中训练思考能力，并实现由“填鸭式教学”到“自主式发现”的跨越式发展，将新的活力注入传统的无机化课堂教学当中去。

4 AI 赋能无机化学教学的实践挑战

尽管 AI 对于无机化学教学具有极大的推动作用，但是在深入应用的过程中也面临着很多现实的困难和挑战。由于无机化学课程本身的抽象性较高，并且受到化学实验室安全管理规定、课程体系自身的复杂度以及学生及教师信息技术水平及认知层次不一的影响，造成技术和学科深度融合尚处在探索阶段。以上因素极大程度地影响了人工智能产品的使用效率，并最终导致新技术转化为具体教育教学实践应用过程中出现“不适应”，不能充分发挥其对传统课堂教学模式变革的作用。

4.1 技术适配性与专业深度不足

现有的通用人工智能系统以及各类 AI 教学软件，对于一些学科方向性强的专业知识点无法提供合适的解决方案及精准度以满足教学需求。比如针对多中心配位化合物尤其是多金属含氧酸盐 (Polyoxometalates, 简称 POM) 或者金属簇类物质。目前主流的通用图像识别及分子建模程序中使用的底层训练库主要偏向于有机小分子，在面对无机特有的结构时往往显得捉襟见肘；因未能充分考虑桥连配体的配位方式、金属-金属键作用及多中心共轭等因素的影响而造成结构预测结果的失真，难以准确重构出无机化学中纷繁复杂的微观骨架。

4.2 高质量学科数据集匮乏

海量精准的晶格常数、能带、态密度以及热容等基础数据支撑了无机化学课程智慧化发展的根本需求，然而目前数据缺口严重限制着教学改革的步伐。特别是在过渡金属络合物或者高压高温等特殊环境中，“冷门”数据稀缺，正是由于缺乏这样的极限条件下的实验数据作为支撑，使得人工智能技术生成的数据模拟结果存在一定的物理不相容性，在对一些复杂系统做模拟演示时准确性会受到限制；同时已有的数据资源主要集中在简单的有机化合物上，对于新兴的无机功能材料相关数据资源较少，这就意味着从科学研究向教学活动延伸的空间有限，人工智能技术为研究生开展更加

深入的研究提供的可靠参考信息也相应减少。这样的“数据贫矿”，正在严重阻碍无机化学由传统经验范式到数据驱动范式的本质跨越！

4.3 师资数字素养与跨学科融合思维的短板

目前，无机化学教学团队处于信息化改造的“观念碰撞阶段”，很多中青年老师在传统无机理论方面有很高的造诣，但面对人工智能时代引领科学发展的新趋势，在人工智能神经网络模型、机器模拟分子运动方法、大数据虚拟筛选等新技术理解上存在不足；导致当前的教学设计还基本停留在“电子课件+基础在线平台”的低阶信息化水平上，并不能很好地实现对称性破缺、配位场理论及机器学习预测模型的有机整合。

这种对“算法黑箱”的不可见导致教师无法将“算法黑箱”转化为“可视的教学逻辑”，进而难以有效地指导学生分析复杂的无机物体系，在使用 AI 工具进行教学的过程中容易出现工具与知识之间“两张皮”的状况，降低了人工智能辅助教学的有效性和培养学生创新思维及研究型学习能力的支持力度。

4.4 学生认知的“路径依赖”与高阶思维弱化的风险

随着人工智能技术在无机化学课程中的应用，有可能导致学生的主体地位被削弱，“先思考后作答”的学习模式将逐渐变成“先接受后思考”。一是推理能力和基本技能丧失。当遇到一些较难的问题如配位场理论、分子轨道能量顺序等问题时，有的同学会放弃独立思考的过程，而是直接搜索 AI 提供的答案，而非亲身经历严密的机理推导过程或者数理运算过程。“用算法代替思考”，使得学生遇到非稳态体系或反常实验现象时缺少独立判断能力和逻辑纠错能力。虚拟化对实践的认知遮蔽。过于依赖具有智能提示功能的虚拟仿真实验，在“完美实验曲线”里出现认知偏差。如此没有物理层面“噪音”的互动，则淡化了学生对于晶体生长、真空系统运行过程中众多变量的认知，也降低了他们在真正实验室环境中诊断设备问题以及改进工艺条件的能力；另一方面，算法也会带来视野的萎缩。根据个人偏好进行自动推荐的模式，在无机化学与其他学科如材料学、生物学之间形成了一定程度的“回音室”。缺乏多样性知识输入的学生无法获得宽广的知识面，从而影响了他们在多组分配合物构建、特殊环境下的合成等方面的新颖性创意产生。

5 AI 赋能无机化学教学的发展对策

面向人工智能驱动无机化学教学深层矛盾，提出构建“技术生态环境建设、教师信息技术应用能力培育提升、课程教学方式方法改革创新、教学评价机制保障体系”的四维一体解决方案，开展校企产学研协同研发无机化学专用大模型，利用主动学习技术和合成数据弥补晶体力学模拟、超高压高温等实验缺乏的“数据沙漠”。确保教学有真实的底座信息作为支持。第二，在师资培训上做好深入的工作，

着重提升教师的高级知识储备,如配位化学模型建构、算法原理探讨等方面的深度跨学科学习能力,真正意义上避免“术”的层面使用技术的问题出现。

最后,在具体的实施过程中,应该坚持“虚实结合”,既要借助人工智能对分子构型进行模拟预测,也要保留实际实验中出现的排除环节,避免学生思维固化。从整体上确保人工智能与无机化学知识体系有机结合,真正推动化学课堂由经验研究转向大数据背景下的科学研究。

5.1 学科专属 AI 教学资源定制开发

这一思路认为打破学校-企业的界限,联合国内最好的计算化学软件公司与一流的研究型高校合作,研制出涵盖高精度晶格原位呈现、多尺度 MD 模拟、动态实验光谱数据库在内的“无机化学人工智能综合教学系统”,真正打破僵硬课本的陈旧感,建立“科研成果实时转化”的补偿模式。利用算法迅速迭代的方式,将最新对称性破坏、手性组合法则、单原子催化剂等相关最前沿研究成果,以实时更新的课程资源形式呈现出来,在一定程度上丰富了课堂表现手法的同时也保证了课堂教学与科学研究同频共振,让无机化学课堂成为从基本原理到新发现的新思想源泉。

5.2 分层分类师资能力建设

针对无机化学任课老师知识盲区进行能力补充,建立“三级台阶两循环”的能力提升路径图:即规划出“基础软件操作”→“学科内应用”→“学科间延伸”的能力培养路线图,解决诸如配合物晶体场理论图像作图、催化剂反应机制模拟预测等重点难点知识的应用瓶颈问题。第二,利用区域数字经济发展优势,依托校企合作工作坊,引导教师积极参与“AI+无机化学”教学改革项目研究,在解决诸如复杂晶体模型构建等实际科学研究及教学问题过程中做到“教研相长”。

5.3 科学设计“递进式”教学流程,构建技术与能力的动态平衡

为了避免陷入“工具陷阱”,进一步抑制学生的创造性思维,有必要建立以“数学推理优先于人工智能应用,人工智能辅助并补充数学推理,最后回归独立思考和研究能力培养”的递进模式,在涉及如配体场理论及固体能带等内容的学习过程中,要求学生首先经过严格的人脑计算过程,并在此基础上借助人工智能技术实现多维度交叉印证和直观显示,三是嵌入自主开发的复杂系统合成路线图分析过程。这一教学环节保证了学生在充分理解基本化学原理的基础上,能够把人工智能作为探索自然规律的“放大镜”,而不是思考问题的“拐杖”。此外,在重要期末考试以及实验技能测试过程中,应该设置没有计算机参与的考场。最终目的是为了考查学生的真正学识以及思维判断水平。

5.4 构建全链条、多维度的安全与公平保障体系

要想实现 AI 在无机化学课程中顺利实施,需构建“道

德安全机制、公平开放环境以及程序正义原则”三位一体的安全体系:对于整个学生学习过程的数据收集,建立相应的权限管理和信息更新机制,既要关注整体的学习状态分析,又要保护学生的个人隐私。第二,打破“数字壁垒”,高校需采取定向帮扶政策,向贫困生开放大型计算平台使用及云服务资源,让每个求知者在分析多维晶胞构型、探究电子跃迁动态过程中,享受公平的信息化教育环境。其次,在评价环节,应当实行“算力透明化”,主动公示关键性算法并设立校内校外教师及学生组成的申诉委员会,防止因算法歧视挫伤学生的积极性;进一步讲,还应该把人工智能道德准则、证据意识以及立德树人理念结合起来,设置教学伦理监督机构,定期进行算法清查与风险评估。以此自“硬性制度”至“软性价值”的多维联动,引导学生在运用新技术解决无机合成问题的过程中恪守科研伦理与社会责任感,让技术更新与立德树人有机结合。

6 结语

人工智能技术的深入应用给无机化学课程建设带来转机。人工智能技术从知识呈现方式、虚拟仿真实验、智能学习导航以及学习效果评估等方面有效解决了原有教学体系存在的固有问题,赋予这门老课新的活力。当然,在人工智能融入的过程中也出现了一些问题:同时,技术匹配度不高、教师能力不足、学生的被动性过强及技术使用的伦理道德问题和教育公平等问题仍不容忽视。因此,亟待校企教生多方合力共治:企业加强精准化专业类软件开发,高校加强教师培养机制建设,教师持续完善机器辅助下的教学模式构建,学生正确看待人机关系。总之,人工智能的发展应用离不开各方的共同努力,才能最大程度发挥其优势作用,促进无机化学的教学质量提升,助力新阶段下化学人才培养及学科可持续发展。

参考文献

- [1] 林伊贝,陈奕余,施星鸿.人工智能背景下人才培养模式创新探究[J].教学方法创新与实践,2024,7(14):44-46.
- [2] 吴孔林,魏先文,吴芳辉,等.无机化学国家一流课程建设实践探索——以安徽工业大学为例[J].安徽工业大学学报(社会科学版),2024,41(5):59-62.
- [3] 赵海燕,孙华.知识可视化在无机化学教学中的应用研究[J].大学化学,2022,37(1):2104001.
- [4] 张海燕,刘森.材料类工科专业《无机化学》课程教学方法的探索[J].教学方法创新与实践,2021,4(23):99-103.
- [5] 刘金库,孙慧,谢洪珍,等.人工智能赋能项目式教学培养卓越工程人才的探索与实践——无机化学与工程[J].化学教育(中英文),2025,46(22):113-117.
- [6] 蒋银燕,王翠琼,郭丽娟.无机化学线上线下混合式教学模式的构建与实践[J].化工管理,2023,30(29):10-13.