

人工智能时代下《无机材料机械与热工设备》课程教学改革研究

阮梦楠¹ 武娟² 周莉¹ 赵妍¹ 刘志锋^{1*}

1. 天津城建大学材料科学与工程学院, 天津 300384

2. 天津城建大学教务处, 天津 300384

摘要:《无机材料机械与热工设备》作为材料科学与工程专业的核心课程, 长期面临着知识体系庞杂、理论与实践脱节、教学内容滞后于产业技术发展等困境。本文在分析课程教学现状与问题的基础上, 基于“专业+AI”融合的改革思路, 提出构建“知识图谱+AI助手”的课程资源新形态、创设“虚拟仿真+智能控制”的实验教学新场景、探索“生成式AI驱动”的课堂教学新模式、建立“人机协同”的过程性评价新机制等四维改革路径, 并探讨了改革实践中需要关注的教师数字素养提升与课程思政融入问题, 以为新工科背景下的课程数字化转型提供参考。

关键词: 人工智能; 无机材料机械与热工设备; 教学改革; 知识图谱; 虚拟仿真

DOI: 10.64649/yh.shygl.issn3105-0085.202603004

1 背景介绍

当今社会, 人工智能技术正在深刻重塑高等教育的教学形态。从知识图谱的构建到生成式AI的课堂应用, 从智能实验系统的开发到个性化学习路径的规划, “AI+教育”的融合创新为破解传统课程困境提供了新的可能^[1]。湖北理工学院在无机非金属材料专业课程中引入生成式AI技术, 构建“三阶教学模式”, 使课堂满意度提升12.6%^[2]; 长安大学材料科学与工程学院以“知识图谱+AI”重构交通功能材料课程, 显著提升了学生的知识整合效率与创新能力^[3]。这些探索为《无机材料机械与热工设备》课程的数字化转型提供了有益借鉴。因此, 在人工智能时代背景下, 探索本课程的教学改革路径, 推动从“装置认知”的传统教学向“智能设计”的能力培养转型, 既是适应新工科人才培养需求的必然选择, 也是回应教育数字化战略的行动自觉。

《无机材料机械与热工设备》是材料科学与工程专业的核心专业课程之一, 旨在培养学生掌握无机材料制备过程中的热工基础理论、窑炉结构与工作原理、机械设备选型与操作等知识与能力。该课程支撑着学生解决复杂工程问题能力的培养, 直接关系到毕业生能否快速适应玻璃、陶瓷、水泥等行业的技术工作岗位。

然而, 当前课程教学面临着多重困境。首先, 课程内容横跨材料工程学、机械设计等多个学科, 学生难以建立系统的认知结构。其次, 传统教学以课堂讲授为主, 学生对窑炉内部结构、工艺流程等难以形成直观理解, “纸上谈兵”式的教学导致理论与实践脱节。再次, 热工设备技术更新迭代速度加快, 而教材内容相对滞后, 学生难以接触行业前沿的智能化、绿色化技术。

本课程通常涵盖隧道窑、玻璃熔窑、回转窑等结构设计和工艺流程。课程教材往往按照“基础理论—设备类型”的线性结构组织, 知识点之间的内在联系呈现不足。学生在学习过程中容易陷入“只见树木不见森林”的困境, 即能够记忆单个设备的结构参数, 却难以理解不同热工过程之间的耦合关系, 更遑论面向特定产品需求进行设备选型与工艺设计。以玻璃熔窑为例, 其温度制度、压力制度、泡界线制度、气氛制度之间存在复杂的交互关系, 传统的章节式编排难以揭示这些要素的动态关联, 学生需要在学习完所有章节后才能形成整体认知, 认知负荷较重^[4]。

受限于学时和实验条件, 课程教学仍以课堂讲授为主。尽管多媒体教学已经普及, 但多数教学停留于PPT的线性展示, 学生被动接受知识, 学习积极性难以调动。更关键的是, 学生无法进入运行状态下的窑炉内部观察火焰空间、料山分布等真实工况, 传统的认识实习也往往只能看到设备外观, 难以触及核心工艺过程^[5]。当前, 无机材料行业正经历深刻的智能化变革。数字孪生、智能控制、在线监测等技术已在玻璃熔窑、陶瓷辊道窑、水泥回转窑中得到广泛应用。然而, 课程教学内容仍以传统设备结构与热工计算为主, 对智能化热工设备、数字孪生系统、AI辅助工艺优化等内容涉及较少。教材更新周期长, 教师对产业前沿的追踪不足, 导致学生所学与企业所用之间存在差距。

课程考核长期以期末闭卷考试为主, 题型多为名词解释、简答、计算等, 侧重考查学生对知识的记忆与复现能力。这种评价方式难以真实反映学生解决复杂工程问题的能力, 甚至可能引导学生采取“考前突击背诵”的学习策略, 与工程教育认证所倡导的“能力导向”理念相悖。

2 问题解决方 法

针对上述问题,人工智能技术可以从知识组织、教学实施、内容更新、评价方式四个维度赋能课程改革。其核心理念是:将AI作为认知工具、设计工具和评价工具,推动课程从知识传授向能力建构转型,从装置认知向智能设计跃升。

2.1 构建知识图谱+AI助手的课程资源新形态

知识图谱技术能够将离散的知识组织为结构化的语义网络,揭示概念之间的内在联系。针对《无机材料机械与热工设备》课程,可构建热工基础→单元过程→设备类型→工艺参数→控制指标五层知识图谱,将气体力学、传热学、燃烧学等基础理论与隧道窑、玻璃熔窑、回转窑等设备知识进行结构化关联。构建“概念—操作—资源”三元组网络。例如,在玻璃熔窑知识单元中,将熔化温度、火焰空间、料山分布、泡界线等概念与温度制度调节、火焰长度控制、配合料加入等操作要点相关联,并链接窑炉结构动画、热工计算案例、生产故障分析等学习资源。学生点击任一知识点,即可呈现与之相关的概念图谱、操作视频和工程案例。

在此基础上,引入AI助教系统,学生可通过自然语言提问的方式与系统交互,如如何调节玻璃熔窑的熔化温度?隧道窑的压力制度对烧成有何影响?系统基于知识图谱进行语义理解,推送个性化学习路径和针对性学习资源。AI助教还可根据学生的学习行为数据,动态诊断知识薄弱点,推荐复习内容与练习题,实现教学评的闭环。

2.2 创设虚拟仿真+智能控制的实验教学新场景

针对热工设备看不见、进不去、动不了的教学痛点,虚拟仿真技术提供了有效的解决方案。可开发覆盖典型热工设备的虚拟仿真实验系统,学生通过鼠标点击即可进入窑炉内部,观察火焰空间的气体流动、物料在窑内的运动轨迹、温度场的分布变化等。

但单纯的虚拟仿真仍停留在观看层面。更具变革性的方向是将人工智能与虚拟仿真深度融合,创设智能控制实验场景。郑州大学化学学院在沉淀法制备二氧化硅实验中引入机器学习与计算机视觉技术,系统通过识别指示剂颜色变化驱动自动加料程序,实现了沉淀过程的智能控制。这一思路可迁移至热工设备实验教学:开发基于机器视觉的玻璃熔窑火焰工况诊断虚拟实验,学生调节燃料量、空气量、配合料加入速度等参数,系统基于计算机视觉算法识别火焰颜色、长度、亮度等特征,实时反馈燃烧状态是否合理;开发水泥回转窑烧成带温度智能控制实验,学生需综合运用热工理论,通过调节喂料量、转速、风量等参数,将烧成

带温度控制在目标范围内,系统内置的AI算法可对学生的控制策略进行评价与建议。

这类实验不仅强化了学生对热工过程机理的理解,更使其初步接触智能控制算法、计算机视觉等技术在热工领域的应用,提升了跨学科素养。

2.3 探索生成式AI驱动的课堂教学新模式

生成式AI技术的兴起为课堂教学模式创新提供了新工具,即通过超星学习通、豆包等工具动态生成课程内容或构建场景、智能诊断学习效果、全方位构建课程评价体系,这一模式可迁移至本课程的教学实践。

课前阶段,教师利用生成式AI辅助备课。例如,输入生成关于玻璃熔窑热工制度的5个思考题,区分难度层次,并提供参考答案或设计一个关于陶瓷隧道窑压力制度调节的教学案例,AI可快速生成初稿,教师在此基础上筛选、修改、完善,提高备课效率。

课中阶段,引入AI辅助互动。在讲解对流换热系数计算时,教师可先通过AI生成一个计算案例,引导学生分组讨论后与AI的解题过程进行对比分析;在讲解窑炉结构时,学生可通过AI助手实时查询特定部件的功能与设计参数。教师还可利用AI生成不同生产情景下的工艺设计任务,如设计一座日熔化量500吨的浮法玻璃熔窑的主要尺寸参数,学生分组完成设计后,与AI生成的设计方案进行对比研讨,深化对设计原则的理解。

课后阶段,AI辅助个性化学习支持。学生遇到疑难问题时,可随时向AI助手提问,获得即时解答与拓展学习建议,教师通过分析学生的提问数据,了解学习难点,调整后续教学重点。

2.4 建立人机协同的过程性评价新机制

课程考核改革的方向是从“结果性评价”走向“过程性评价”,从知识复现走向能力表现。人工智能技术为过程性评价的落地提供了支撑。

在虚拟仿真实验中,系统可自动记录学生的操作路径、参数调节序列、故障诊断过程等行为数据,基于内置的评价模型对学生的问题解决能力、工程决策能力进行评价。在课堂互动中,AI助手可记录学生的提问质量、讨论参与度、小组贡献等。在课程设计中,学生可提交“AI辅助优化”的热工设备设计方案,教师重点评价学生如何提出合理问题、如何筛选与整合AI提供的信息、如何做出独立判断,即人机协同的设计能力。

这种评价机制将AI定位为认知伙伴而非答案生成器,引导学生学会与AI合作解决复杂工程问题,这正是人工智能时代人才需要具备的核心素养。

3 结语

人工智能时代为《无机材料机械与热工设

备》课程教学改革提供了新的机遇。针对该课程长期存在的知识体系庞杂、工程实践缺失、技术内容滞后、考核评价单一等突出困境,本文系统提出以“知识图谱+AI助手”重塑课程资源新形态、以“虚拟仿真+智能控制”拓展实验教学新场景、以“生成式AI驱动”构建课堂教学新模式、以“人机协同”建立过程性评价新机制的系统性改革路径,力图推动课程从传统的“装置认知”向更高阶的“智能设计”转型升级。在资源建设层面,通过构建覆盖核心知识点与工程案例的结构化知识图谱,融合具备智能问答与个性化推荐功能的AI助手,形成可动态更新、可按需学习的智能化课程资源体系,破解知识内容繁杂、学习路径不清的问题。在实验教学层面,将虚拟仿真技术与智能控制理念相结合,搭建虚实互融的沉浸式实验平台,使学生能够在模拟真实工业场景中完成设备操作、参数优化与故障诊断等高阶训练,弥补传统实验教学受限于场地、设备与安全约

束的短板。在课堂教学层面,引入生成式人工智能赋能教学设计,借助AI生成多样化工程案例、即时生成互动问题、辅助课堂研讨与方案迭代,构建“教师引导—人机协同—学生探究”的新型课堂生态,有效应对教学内容滞后于产业发展的难题。在评价机制层面,依托人机协同理念,构建贯穿课前、课中、课后全流程的过程性评价体系,借助智能平台自动记录学习行为、分析能力短板、生成个性化反馈,同时结合教师专业判断,实现对学生知识掌握、工程思维与创新能力的多元综合评价,扭转传统终结性考试单一化评价导向。

上述改革路径的协同推进,不仅能够有效化解《无机材料机械与热工设备》课程长期积累的结构化教学难题,更能够推动课程定位从“认知型”向“设计型”、从“经验型”向“智能型”的深层跃迁,为培养适应人工智能时代需求的无机材料领域卓越工程人才奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 李波,孙旭镏,谭梦茜,马路山,曹晓雨,陈静.智能时代的研究生培养模式改革:AI赋能材料与化工专业硕士教学改革讨论[J].大学化学,2026,41:1-8.
- [2] 杨明,陈凤,李明,李玉花.生成式AI技术在无机非金属材料工程专业课程教学中的应用——以湖北理工学院为例.湖北理工学院学报,2025,41:84-87.
- [3] 王瑞阳,陈华鑫,关博文,盛燕萍,吴永畅,马晓燕.基于AI技术的交通功能材料课程教学视频制作与应用——以长安大学材料科学与工程专业为例.西部素质教育,2025,11:160-163.
- [4] 张戈,高淑新,焦刘阳,郭善友.新质生产力视域下材料成型及控制技术专业产教融合的创新路径与实践探索.模具制造,2025,25:123-125.
- [5] 袁晓晴,肖婕,徐梦漪,侯文峰.新能源材料应用技术专业人才培养实践——以《普通化学》课程为例.广东化工,2025,52:156-159.

作者简介:阮梦楠(1991—),女,汉族,博士研究生,天津宝坻人,副教授,硕士生导师,研究方向:有机光电催化及可穿戴智能材料。

通讯作者:刘志锋(1977—),男,汉族,博士研究生,河北唐山人,教授,硕士生导师,研究方向:建筑低碳功能材料、能源环境催化材料及光电材料与建筑一体化方向。

项目信息:2023年天津市教改项目“产教融合背景下材料科学与工程专业复合应用型人才培养模式探索与实践”(B231079204);2025年校级教改项目“人工智能时代下《无机材料机械与热工设备》课程教学改革研究”(JG-YB-25084)。