

AI 赋能《无机材料机械与热工设备》课程教学改革探索

阮梦楠¹ 宁彩珍¹ 刘德娥¹ 武娟² 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: 人工智能技术正深刻重塑建材行业的生产方式与人才需求结构,《无机材料机械与热工设备》课程面临从“知识传授”向“智能赋能”转型的迫切要求。本文在分析课程传统教学困境的基础上,从知识获取方式变革、教学模式重构、工程实践赋能三个维度探讨 AI 对本课程的影响,提出“AI 助学—虚实融合—智能设计”三阶递进的教改路径,旨在为材料科学与工程专业热工类课程的数智化转型提供可操作的实践参考。

关键词: 无机材料热工设备; 人工智能; 教学改革; 虚拟仿真; 工程实践

DOI: 10.64649/yh.shfzykjc.issn3078-8994.202609015

0 引言

《无机材料机械与热工设备》是材料科学与工程专业的核心课程,以水泥回转窑系统、玻璃池窑、隧道窑与辊道窑等主流热工设备的结构原理、操作控制与设计计算为主要教学内容。该课程在专业培养体系中具有承上启下的枢纽作用,向上承接材料科学基础、传递过程原理、热工理论基础等先修知识,向下支撑课程设计、生产实习、毕业设计以及未来从事水泥、玻璃、陶瓷等建材行业的技术工作。然而,该课程长期面临“教学内容庞杂、教学手段老化、学生抬头率偏低”等突出问题。传统教学以教材章节为序、以教师讲授为主,课堂信息密度高,但学生参与度低,知识内化不足。学生在面对分解炉分类、旋风预热器设计计算、玻璃池窑作业制度等抽象内容时,往往陷入“听得懂、算不出、用不上”的困境。具体而言,“听得懂”是学生能够跟随教师理解设备的基本结构和工艺原理;“算不出”是因为设计计算涉及多变量耦合、经验参数选取和迭代校核,单靠手工计算和静态习题难以形成工程直觉;“用不上”则是因为真实生产中的设备运行具有动态性、非线性与多目标约束,课堂知识与现场问题之间存在明显断层。更为深层的问题是,热工设备具有高温、密闭、连续运行等特点,学生难以直接观察内部反应与流动状态,传统教学又缺少可视化、交互性和沉浸式体验,导致学生对设备运行机制的理解停留在平面化和碎片化层面。

与此同时,建材行业正经历以 AI 为核心驱动力的智能化变革。八部门印发的《“人工智能+制造”专项行动实施意见》明确提出推动 AI 在窑炉煅烧控制、水泥熟料强度预测等场景的深度应用。随着智能传感、数字孪生、大数

据分析、机器学习、专家系统和自动控制技术的渗透,水泥回转窑、玻璃池窑等热工设备正从“经验驱动”向“数据驱动、模型驱动、人机协同”转变。行业对人才的能力需求已从“掌握设备原理”转向“驾驭智能系统”,即要求学生既懂热工工艺与设备结构,又能理解数据采集、模型构建、参数优化和智能决策的基本逻辑,能够在复杂工程场景中与 AI 协作完成状态监测、故障诊断、能耗优化和低碳排放控制。课程教学若仍局限于教材的传统知识框架,将难以回应这一根本性转变,也难以满足新工科背景下复合型、创新型工程人才的培养要求。

在此背景下,探索 AI 赋能本课程教学改革的具体路径,既是提升教学效果的务实之举,也是培养适应行业智能化转型的工程人才的必然要求。改革并非要以 AI 取代教学,而是以《无机材料机械与热工设备》课程的知识体系为依托,将 AI 赋能的学习路径、虚拟仿真实践和智能设计训练嵌入教学全过程,使课程从“教会学生认识热工设备”逐步升级为“培养学生驾驭智能热工系统的工程能力”。这需要教学内容、教学方法、评价方式和教师能力的协同变革,在内容上融入智能热工、数据驱动和低碳节能案例;在方法上推进项目式、探究式和混合式教学;在评价上强化过程性、能力性和创新性考核;在教师发展上提升数字素养与跨学科指导能力。唯有如此,才能让学生在走出课堂时,不仅知道设备长什么样、原理是什么,更能够与 AI 协作完成真实工程任务,成为适应建材行业智能化转型的高素质人才。

1 AI 对课程教学内容与知识体系的冲击与重塑

1.1 AI 使部分传统知识点的教学重心发生位移

《无机材料机械与热工设备》课程中大量内容涉及设备结构描述、工艺参数计算和经验公式应用。例如, 悬浮预热器各级换热效率的影响因素分析、回转窑内物料运动与传热过程的简化计算、玻璃池窑作业制度的设计等, 均需学生掌握繁复的公式推导与查表计算。在传统教学中, 这些计算能力构成了课程考核的重要维度。

然而, AI 工具已能在数秒内完成此类计算任务。以水泥预分解窑系统的工艺设计为例, 学生利用 AI 辅助工具输入原料参数、产能要求和热耗指标, 即可获得旋风预热器级数配置、分解炉容积估算和回转窑规格的初步设计方案。这意味着课程的教学重心需要从“会不会算”转向“懂不懂为什么这样算、能不能判断算得对不对”。

1.2 AI 引入新型知识内容的教学需求

AI 在建材行业的应用催生了课程从未涉及的新知识领域。根据行业实践, AI 在水泥生产中的典型应用包括基于时间序列预测模型的熟料强度实时预测、多模态数据融合的回转窑煅烧状态智能识别、基于强化学习的窑炉全局优化控制等。以“窑炉煅烧控制”为例, 课程介绍了传统的 DDZ 系列电动单元组合仪表和集散型计算机控制系统, 这些内容反映了 20 世纪末至 21 世纪初的自动化技术水平。而当前建材行业的实际控制系统中, “数据驱动+机理模型”的智能算法体系已成为主流, 回转窑的智能化控制已从“人工经验+专家系统”演进到“大模型+强化学习”的新阶段。课程需要补充这些新知识, 帮助学生建立从传统控制到智能控制的认知桥梁。

2 AI 赋能课程教学的实践路径

2.1 构建 AI 辅助的个性化知识获取体系

本课程涉及水泥、玻璃、陶瓷三大行业的多种热工设备, 知识体系庞杂且交叉。学生在学习时常面临“知识关联度低、学习路径不清”的问题。有研究表明, 材料类课程传统模式下跨课程知识关联度仅为 31.7%, 理论实践转化率不足 42%。

对此, 可借鉴 AI 赋能材料化学课程的经验, 利用知识图谱技术对教材内容进行结构化重构。具体做法是以“热工过程”为主线, 将气体力学、传热、传质等基础理论层, 悬浮预热、窑外分解、

玻璃熔制等设备原理层, 以及设计计算、操作控制、故障诊断等应用层进行关联建模, 形成可视化的知识网络。学生通过 AI 学习助手进行课程预习或复习时, 系统可根据其提问内容和学习行为, 动态推送关联知识点和针对性练习, 避免传统线性教学中“一章学完不知前后联系”的碎片化问题。

2.2 开发虚实融合的实验教学资源

本课程实验教学长期受限于设备成本高、操作风险大、实验周期长等现实条件。水泥回转窑、玻璃池窑等大型热工设备无法在实验室中完整复现, 学生往往只能通过观看视频或参观实习获得有限的感性认识。AI 增强的虚拟仿真平台为解决这一问题提供了新路径。在电力电子等工科课程中, 已有研究表明 AI 虚拟仿真平台能够实现智能故障注入与诊断、设计参数自动优化、实时操作反馈等功能, 有效弥补物理实验在安全性、成本和可及性方面的局限。将这一思路引入本课程, 可针对教材重点内容开发虚拟仿真模块: 例如, 构建“旋风预热器换热效率影响因素探究”虚拟实验, 学生可自主调节预热器结构参数和操作参数, 观察换热效率的动态变化; 构建“玻璃池窑作业制度调整”仿真场景, 模拟不同温度制度和气氛制度对玻璃熔制质量的影响。

值得注意的是, 虚拟仿真不应简单替代实物实验, 而应作为“认知脚手架”嵌入教学过程。学生在虚拟环境中完成“试错—观察—反思”的循环后, 再进入实验室或实习现场, 其认知准备度和问题意识将显著提升。

2.3 将 AI 融入课程设计与工程实践环节

课程设计是《无机材料机械与热工设备》教学的重要实践环节, 通常要求学生完成某种热工设备的设计计算与方案论证。传统课程设计以“查手册—套公式—绘图纸”为基本流程, 学生往往机械地完成计算任务而缺乏对设计决策的深层理解。

AI 工具可以在此环节发挥“设计伙伴”的作用。参考 AI 辅助项目式学习的实践模式, 首先, 要求学生向 AI 工具描述设计需求 (如“设计一条日产 5000 吨水泥熟料的新型干法生产线, 燃料为煤粉, 要求热耗低于某阈值”), 获取初步方案和参数建议; 然后, 学生需以教材中的理论公式和设计方法为依据, 对 AI 生成的方案进行逐项验证和修正, 识别其中可能存在的错误或简化假设; 最后, 学生完成设计报告, 并附“AI 方案审查记录”, 说明哪些 AI 建议被采纳、哪些被拒绝及原因。

这一过程的价值在于 AI 生成方案为学生提供了“可批判的对象”, 促使他们从被动接受

知识转变为主动审视知识。当学生发现 AI 建议的分解炉容积与教材公式计算结果存在偏差时,他们需要回到传热学和反应工程的基本原理去分析原因——这正是深度学习发生的关键时刻。

3 教学改革中的风险防范与教师角色转型

AI 赋能教学并非削弱教师作用,而是对教师角色提出更高要求。在传统模式下,教师的核心能力是“讲清楚”;在 AI 赋能模式下,教师需要成为“学习体验的设计者”和“深度思考的引导者”。

具体而言,教师需要完成三项能力升级:其一,掌握 AI 工具的教育应用方法,能够判断哪些教学内容适合借助 AI 工具、哪些必须通过教师讲授或学生亲手实践来完成;其二,具备将行业 AI 应用案例转化为教学案例的能力,例如将水泥窑炉智能控制中“机理模型+数据驱动”的融合策略,转化为学生可理解的类比案例;其三,建立 AI 辅助教学的评价体系,能够设计出既考察知识掌握、又评估批判性思维和工程判断力的考核方式。

郭玉香等在“无机非金属材料热工设备”课程思政建设中提出的“线上资源浸润—线下案例思辨—虚拟仿真责任实训”三阶路径,为教师角色转型提供了可借鉴的框架。在此基础上融入 AI 维度,可进一步丰富教学设计的层次。

4 结语

AI 对《无机材料机械与热工设备》课程的

影响是多层面的,它既改变了学生获取知识的方式,使学习从依赖课堂讲授和教材阅读,转向借助智能问答、知识图谱、数据检索和个性化推荐进行自主探究;也改变了行业对人才能力的需求结构,企业更看重学生能否运用智能算法、数字孪生和数据分析手段进行热工设备的设计、优化、诊断与运维;更改变了教学有效性的评价标准,单一试卷成绩难以衡量学生与 AI 协同解决复杂工程问题的综合素养。教学改革不是要抛弃教材的体系价值,而是在教材提供的系统知识框架之上,叠加 AI 赋能的学习路径、虚拟仿真实践和智能设计训练,使课程从“教会学生认识热工设备”升级为“培养学生驾驭智能热工系统的工程能力”。这意味着,教材仍是知识底座,AI 则是连接理论、设备与工程场景的桥梁,学生可借助虚拟仿真观察窑炉、换热器、燃烧器等设备的运行过程,通过智能设计工具完成参数计算、方案比选和能耗优化。这一转型需要教学内容、教学方法、评价方式和教师能力的协同变革,内容上要融入智能热工、数据驱动和低碳节能案例,方法上要推进项目式、探究式和混合式教学,评价上要重视过程性、能力性和创新性表现,教师则需提升数字素养与跨学科指导能力。其最终目标是让学生在走出课堂时,不仅“知道设备长什么样、原理是什么”,更“能够与 AI 协作完成真实的工程任务”,成为既懂无机材料热工原理、又具备智能技术应用能力和工程创新意识的高素质人才。

参考文献:

- [1] 姜洪舟. 无机非金属材料热工设备(第5版)[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2015.
- [2] 赵明宇, 王晴, 金姗, 等. “无机材料热工设备”课程互动式教学创新探索与实践[J]. 中国建设教育, 2024, (1): 50-54.
- [3] 于鹏禄, 曾晓悦, 于运花, 等. 热工基础及设备课程教学的问题及应对策略[J]. 化工高等教育, 2025, 42(2): 68-72.
- [4] 梁大鑫, 李煜东, 杨海月, 等. AI 赋能材料化学专业“学-知-用”培养模式改革与实践[J]. 大学化学, 2025, 40(9): 253-262.
- [5] 周永生, 刘有, 魏开远, 白磊, 江苗苗, 李子荣. 新工科背景下无机非金属材料工程专业课程体系构建研究——以玻璃热工设备为例[J]. 天津化工, 2025, 39(3): 184-186.

作者简介: 阮梦楠(1991—), 女, 汉族, 天津宝坻人, 博士研究生, 副教授, 研究方向: 教育教学。

通讯作者: 刘志锋(1977—), 男, 汉族, 河北唐山人, 博士研究生, 教授, 研究方向: 教育教学。

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); 2025 年天津城建大学校级智慧课程建设项目《无机材料机械与热工设备》; 2025 年天津城建大学校级智慧课程建设项目《无机非金属材料工学》。