

专业课程智能化建设方案探索

——以《能源化工基础》课程为例

胡雨燕

同济大学机械与能源工程学院

DOI:10.12238/mef.v8i11.14758

[摘要] 在教育数字化转型背景下,专业课程智能化建设成为提升教学质量的关键路径。本文以《能源化工基础》课程为例,融合教育信息化理论与OBE理念,通过教师数字素养培养、知识图谱构建、三级数字化资源建设,基于学习行为数据的动态评价框架设计,旨在实现教学过程的精准化、个性化和高效化,提升学生的学习深度与实践能力,为工科专业课程智能化改革提供可复用的实施范式。

[关键词] 专业课程; 智能化建设; 知识图谱; 虚拟仿真

中图分类号: G622.3 文献标识码: A

Exploration of the Smart Construction Plan for Professional Courses —Taking the Course "Fundamentals of Energy Chemical Engineering" as an Example

Yuyan Hu

School of Mechanical Engineering, Tongji University

[Abstract] Under the background of educational digital transformation, the intelligent development of specialized courses has emerged as a critical pathway for enhancing teaching quality. Taking the Fundamentals of Energy Chemical Engineering course as a case study, this paper integrates educational informatization theories with OBE principles. Through initiatives spanning faculty digital literacy training, knowledge graph construction, three-tier digital resource development, and the design of a dynamic evaluation framework based on learning behavioral data, it aims to achieve precision, personalization, and efficiency in the teaching process. This approach deepens students' learning engagement and practical competencies while providing a replicable implementation framework for the intelligent reform of engineering discipline courses.

[Key words] Specialized courses; Intelligent development; Knowledge graph; Virtual simulation

1 建设背景

2024年12月在英国伦敦举办的2024世界慕课与在线教育大会首次提出,全球高等教育进入“智慧教育元年”的概念。紧接着2025年1月中共中央 国务院印发的《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》中明确指出:“实施国家教育数字化战略,促进人工智能助力教育变革”。在这次教育变革过程中,高等教育必须承担引领性角色,必须重构知识生产与传播的途径。

目前高等教育存在如下瓶颈:(1)知识供给与产业需求的动态失衡,课程更新速率显著滞后于产业技术迭代速率,教学内容与前沿实践脱节;(2)规模化教育与个性化培养的二元对立,班级制教学难以适配学生差异化知识能力基础与发展需求;(3)实践资源短缺限制学生复杂工程问题解决能力的培养。为破解现有教育结构性矛盾,推动教学范式的根本性重构,促使教师角

色从知识传授者向学习设计师转型,深化虚实融合的高灵活性教学空间构建,高等教育智能化转型是提升未来人才培养效能的必然选择。课程作为人才培养的单元,其改革质量直接决定高等教育改革的实效,专业课程建设是高等教育改革的核心抓手与微观载体。

《能源化工基础》是同济大学能源与动力工程-应用化学双学士学位项目的专业必修课,涵盖热化学、催化化学、化工单元操作等复杂理论及实践设计内容。传统教学面临内容抽象难懂、实践条件受限、评价方式单一等痛点。为落实《教育强国建设规划纲要》,本文旨在探索《能源化工基础》课程的智能化构建方案,推动人工智能对教学全流程的深度赋能。

2 建设原则

成果导向教育(Outcome-Based Education, OBE)是我国教

育改革的核心理念之一^[1]。专业课程智能化建设必须恪守OBE原则:以学生为中心,以学习成果为导向,反向设计教学目标与评价体系,实施阶段性成果评估,并持续响应内外部需求反馈。同时,建设过程需贯彻重构原则:运用信息技术深度重构教学流程,突破学科壁垒,构建“能源-化工-环境”跨域知识图谱,打造校企协同育人生态,最终实现资源的高效配置与个性化学习支持,完成从知识传授向能力孵化的教育范式跃迁。

3 实施方案

3.1 教师数字素养的培养

人工智能时代数字技术的蓬勃发展为高校的教育教学工作注入创新的动能,要求高校教师应具备一定的数字素养^[2]。我国教育行业标准《教师数字素养(JY/T 0646—2022)》中明确了教师数字素养(digital literacy of teachers)的定义,即教师适当利用数字技术获取、加工、使用、管理和评价数字信息和资源,发现、分析和解决教育教学问题,优化、创新和变革教育教学活动而具有的意识、能力和责任^[3]。教师数字素养的培养,首先需要教师真正具备提升自身数字素养的主体意识,才能提高学习的主动性和有效性;其次,数字素养的培养是一个复杂的系统性工程,学校应当创新高校教师数字素养的培训方式,做到线上与线下相结合,理论与实际相联系,应当注重系统培育,将数字素质培养贯穿教师队伍培养的全过程;教师自身要积极参与数字技术与教学整合的校内外教研活动,有意识地学习数字工具和数字技术,并将所学的数字技能应用到教学工作,最终实现:(1)教学场景创新,从“PPT+板书”到“数字孪生教学系统”;(2)核心角色转变:从“知识传授者”到“人机协同教学设计者”;(3)行业联结深化:从“滞后于产业”到“前置培养未来工程师”。

3.2 构建知识图谱

知识图谱(Knowledge Graph)概念由谷歌公司于2012年5月首次提出,旨在通过语义网络提升搜索引擎性能^[4],其核心是以图结构描述客观世界实体及其关联关系,构建网状知识体系^[5]。针对专业课程知识处理的特殊需求,知识图谱可高效识别知识点间的逻辑关联及知识与实体的映射关系,并将知识点与文本、图像、视频等多媒体资源动态关联,实现知识的可视化呈现与自适应重组。结合生成式人工智能、机器学习及自然语言处理技术,知识图谱能持续迭代优化,将知识要素精准嵌入适配的学习场景,成为破解数字化课程建设现存问题的关键路径^[6]。我国《新一代人工智能发展规划》《高等学校人工智能创新行动计划》《中国教育现代化2035》等政策文件的相继出台,为知识图谱驱动教育智能化转型提供了战略支撑。课程知识图谱构建涵盖三大核心层次:(1)信息提炼层:聚焦知识元要素抽取,通过人工标注、自动化解析及半自动处理技术,对教学资源进行结构化拆解与知识点分级,形成基础语义单元;(2)知识融合层:对离散知识点进行深度整合,构建知识簇、知识树等系统化谱系结构,形成兼具教学资源整合功能的教学模块与学习行为分析功能的学习模块;(3)服务应用层:实现图谱与教学场景的深度适

配。通过嵌入人工智能模型,对学习行为进行标记分析与预测推演,生成个性化学习路径,最终支撑精准化教学决策。

《能源化工基础》课程知识图谱的构建需把握以下关键点:

(1)催化是连接基础学科(物理化学)与核心过程(反应工程)及所有能源资源转化(化石、生物质、电解水、CO₂还原)的核心枢纽;(2)分离工程是贯穿化石能源炼制、化工产品提纯、气体净化、碳捕集、生物燃料精制、氢纯化等几乎所有环节的关键技术;(3)化工热力学和“三传一反”是分析和设计所有单元操作和反应过程的理论基础;(4)过程系统集成与优化是实现资源高效利用、节能减排、降低成本的关键手段;(5)环境与可持续性驱动技术发展(如CCUS、绿氢、生物质能)和行业转型的核心驱动力和约束条件;(6)数字化与智能化是提升整个能源化工系统效率、安全性和灵活性的赋能技术。

3.3 数字化教学资源建设

高质量的数字化教学资源能够支撑课程教学的有效开展,促进教师教学能力提升和学生自主学习。同时整合校企资源,开发符合产业发展需求的数字化教学资源,是提升课程教学质量的关键^[7]。

《能源化工基础》课程数字化教学资源建设分为初级、中级和高级三个层次。(1)初级资源建设主要是动态可视化动画库建设,通过化解抽象概念,建立微观认知,将反应工程(如催化裂化床层流动)、热力学过程(相变传热)等核心知识点拆解为独立模块,联合教师与动画师,编写具象化脚本(如分子键断裂动画配能垒图),使用Blender/Maya构建设备结构(精馏塔内件、燃料电池膜电极),通过Unity引擎实现交互控制(调节反应温度观察速率变化)。典型应用有传质过程气泡运动轨迹模拟,催化剂表面活性位点吸附动态演示,设备爆炸事故链三维还原等。(2)中级资源建设为虚拟仿真实验平台开发,其目标是突破高危操作限制,训练工程决策能力。通过实验体系设计,覆盖能源转化(生物柴油制备)、安全演练(加氢反应器泄漏处置)等典型场景,基于COMSOL多场耦合算法,模拟流体流动/传热异常,设置多层决策树(如误操作触发连锁报警)进行操作逻辑编程,最终实时生成操作报告(转化率曲线、能耗热力图);(3)高级资源建设是教学工厂的数字孪生,实现产教深度融合,培养系统优化思维。通过接入工业数据(炼厂实际运行的PI系统数据流),进行多尺度建模,如设备级(压缩机性能退化模型)、流程级(原油调度优化算法)、系统级(全厂碳足迹追踪),然后嵌入AI模块,如基于LSTM的故障预测模型,强化学习驱动的工艺优化推演等,实现教学场景开发,如响应电网波动的负荷调节沙盘,碳配额约束下的生产方案优化挑战等。该数字化教学资源建设体系通过动态可视化-虚拟实践-工业级推演的三维进阶,破解了能源化工教学中的“高危险见、宏观难懂、系统难控”三大痛点,为“双碳”目标下复合型人才提供技术支撑。

3.4 智能评价与反馈机制框架设计

传统学生能力评价体系往往侧重于知识掌握程度的考核,忽视了对学生实践能力、创新思维及综合素质的全面评估。人

人工智能技术的引入,为构建更加科学、公正、高效的学生能力评价体系提供了可能,有助于促进教育公平,提升人才培养质量^[8]。《能源化工基础》课程的智能评价与反馈机制流程见图1。

通过对学生学习行为数据的采集,如学生作业情况、理论测试成绩、虚拟操作、逻辑推演等,借助数据分析引擎,对采集数据进行清洗、整合与深度挖掘,形成:(1)知识点掌握热力图,通过色彩梯度直观标注知识薄弱区与优势区,基于薄弱点生成靶向训练路径(如定制微课/模拟任务),确定个性化补救方案;(2)能力矩阵雷达图,通过对工程思维、操作规范等核心能力进行评分,量化仿真操作完成度、应急处置评分等实操指标,评估学生的工程实践能力。该机制能对学生的知识掌握情况和能力培养状态即时评价并快速生成全面的评价报告,不仅减轻了教师的工作负担,提高了评价的效率,也确保了评价的客观性和一致性,能够实现对学生的持续监测和及时反馈,教师可以更加精确地了解每个学生的学习进度和理解水平,从而实现对每一名学生的个性化管理,做到“对症下药”。

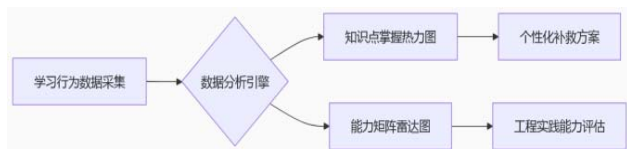


图1 智能评价与反馈流程

4 预期建设成效

《能源化工基础》课程智能化建设将使学生依托动态生成的个性化学习路径,借助AI对复杂工艺原理的智能解析,显著提升概念理解效率。实时数据模拟系统将抽象理论可视化、可操作化,有效降低认知门槛。虚拟仿真工厂提供沉浸式实训环境,支持学生安全操作高危设备,提升实操能力。智能诊断系统即时识别并反馈学习瓶颈,强化自主探究能力。知识图谱动态追踪课程关联性并自动优化教学内容,以适配行业技术迭代;大数据学情分析提升教师资源调配效率,助推教学决策科学化。最终构建“教-学-评-改”闭环生态,大幅提升复合型人才培养质量及其

行业适配度。

5 结语

本方案通过系统整合智能技术与教育理论,构建了《能源化工基础》课程“资源-教学-实践-评价”的全流程智能化体系。在能源化工产业向智能化、低碳化转型的关键期,该建设模式不仅可显著提升学生的工程实践能力与创新素养,也为同类工科专业课程改革提供了可复用的实施框架。未来将进一步探索与工业互联网平台的深度对接,推动产教融合向智能教育生态演进。

【参考文献】

- [1]李志义,解析工程教育专业认证的持续改进理念[J].中国高等教育,2015(23):33-35.
- [2]刘淑嵘,人工智能时代高校教师数字素养培养路径研究[J].广西广播电视大学学报,2023.34(4):16-20.
- [3]JY/T0646—2022,教师数字素养.
- [4]Geller,T.,Talking to machines. Communications of the ACM,2012.44(4):14-16.
- [5]Tian,L.,X.Zhou and W.Y.P.Z.S.,Knowledge Graph and Knowledge Reasoning: A Systematic Review[J]. Journal of electronic science and technology,2022.20(2).
- [6]田卫民,武泽尧与隋普海,知识图谱赋能专业课程深度开发的创新实践[J].中国大学教学,2025(05):16-25(63).
- [7]刘炳旗,智能网联汽车故障诊断课程数字化教学资源建设研究[J].汽车测试报告,2025(01):112-114.
- [8]安阳与钱鑫鑫.人工智能技术在职业院校学生能力评价中的应用[C].2024 数字化教育生态构建与未来学校发展交流论文集,2024.

作者简介:

胡雨燕(1975--),女,汉族,四川武胜人,工学博士,同济大学机械与能源工程学院副教授,研究方向:绿色燃料与低碳技术。