

人工智能智慧课程赋能制药工程人才培养的 教学改革实践

——以《制药设备与车间设计》课程为例

李 丽, 刘 宇*

辽宁大学药学院, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2026年9月10日; 录用日期: 2026年10月14日; 发布日期: 2026年10月23日

摘 要

人工智能与教学的结合, 正在改变课程建设和教学方式。《制药设备与车间设计》是辽宁大学制药工程专业的省级一流本科课程。2025年以来, 课程围绕资源数字化、知识图谱化、教学智能化、评价精准化推进人工智能智慧课程建设: 建立个性化知识库和“知识 - 问题 - 能力 - 素养”多模型图谱, 部署虚拟数字人助教、智能学伴、数字驾驶中心等工具, 搭建线上线下结合的多模态教学环境, 开展PBL项目式深度混合式教学。2026年春季学期首轮试运行覆盖2023级制药工程3个教学班99名学生。运行数据显示, 学生参与度和人工智能使用率明显上升, 教学评价逐步从结果导向转向过程导向, 教学模式从“师 - 生”二元向“师 - 机 - 生”三元协同演进。针对数智融合深度不足、数据精度有待提高、学生过度依赖智能工具等问题, 下一步将深化大模型应用、强化数据治理、提升师生数字素养、扩大成果辐射, 供同类课程参考。

关键词

人工智能智慧课程, 教学改革, 制药工程, 知识图谱

Practice of Teaching Reform in Empowering Pharmaceutical Engineering Talent Cultivation with Artificial Intelligence-Enabled Smart Courses

—A Case Study of “Pharmaceutical Equipment and Workshop Design”

Li Li, Yu Liu*

*通讯作者。

文章引用: 李丽, 刘宇. 人工智能智慧课程赋能制药工程人才培养的教学改革实践[J]. 创新教育研究, 2026, 14(10): 449-458. DOI: 10.12677/ces.2026.1410809

Abstract

Artificial intelligence is changing how university courses are built and taught. This paper reports the construction of an artificial intelligence-enabled smart course for Pharmaceutical Equipment and Workshop Design, a provincial first-class undergraduate course at Liaoning University. The course was rebuilt around four goals: digitized resources, graphed knowledge, intelligent teaching, and precise evaluation. The team built a personalized knowledge base and a set of knowledge, problem, ability, and literacy graphs, deployed tools such as a virtual digital human teaching assistant, an intelligent learning companion, and a digital driving center, combined online and offline learning into a multimodal teaching environment, and ran PBL project-based blended teaching. The first trial in the spring semester of 2026 covered 99 students in three classes of the 2023 cohort. The data show that student participation and artificial intelligence use rose clearly, evaluation moved from result-oriented to process-oriented, and the teaching model shifted from a teacher-student pair to a teacher - artificial intelligence - student triad. Remaining problems include shallow integration of data and intelligence, limited data precision, and students' over-reliance on AI tools. Next steps include deeper use of large language models, stronger data governance, better digital literacy for teachers and students, and wider dissemination of the results.

Keywords

Artificial Intelligence-Enabled Smart Course, Teaching Reform, Pharmaceutical Engineering, Knowledge Graph

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

国家教育数字化战略行动实施以来, 人工智能逐步进入高校课堂, 课程形态与教学方式都在发生变化[1]-[5]。2025年起, 我校启动“人工智能+”试点课程建设, 在专业核心课程中探索人工智能智慧课程。

《制药设备与车间设计》是制药工程专业的核心课程, 已连续运行多期。课程团队围绕资源数字化、知识图谱化、教学智能化、评价精准化推进教学改革, 2026年春季学期完成首轮试运行。本文从教学实践开展情况、主要成效、存在问题、未来展望四个方面, 对这一过程作总结。

从已有研究看, 人工智能赋能教学大致沿三条脉络展开。第一, 人工智能赋能教学的理论与模式研究。联通主义强调学习是节点、网络和连接的动态建构[6], 为“师-机-生”三元协同提供了理论解释; 检索增强生成通过外部知识库增强大模型回答的专业性与可追溯性[7], 为本课程个性化知识库建设提供了技术依据。第二, 知识图谱在教育中的应用研究。已有研究指出, 学科知识图谱能够把碎片化知识组织为可计算、可关联、可推理的结构[8][9], 但面向制药工程这类工科课程的本体构建规则、能力映射方法仍较缺乏。第三, 学习分析与知识追踪研究。深度知识追踪等模型能够基于学习行为序列估计知识掌握状态[10], 但如何将人工智能交互日志、能力评估和课堂教学干预打通, 仍处于探索阶段。认知目标分

类理论为问题图谱和人工智能日志的认知层次编码提供了框架[11]。

本研究的理论定位是：以联通主义和学习分析为宏观理论框架，以认知目标分类和知识追踪为微观建模依据，以检索增强生成和知识图谱为技术实现路径，构建“个性化知识库 + 知识 - 问题 - 能力 - 素养五维模型”的课程体系。

2. 教学实践开展情况

2.1. 立足课程基础，系统制定人工智能智慧课程建设方案

本课程 2022 年获评辽宁省一流本科课程，2022 年至 2025 年连续入选辽宁大学课程思政示范课程，课程资源、教学团队和运行经验相对完整。课程团队长期从事教学改革，主持教育部产学研合作协同育人项目“虚拟仿真技术在师资队伍建设中的实践”，主持部、省、市、校各级教改课题 25 项，获辽宁省教学成果奖 3 项、辽宁大学教学成果奖 10 余项，发表教改论文 20 余篇；课程在雨课堂、学堂云等平台已运行 5 期，覆盖 10 个章节。此前，团队围绕虚拟仿真技术、网络互动教学模式在制药工程实践教学中的应用做了多年探索，已开通人工智能助教和人工智能工作台，在智能答疑、作业批改、智能出题、学习资源推荐等环节小范围试用，并完成知识图谱一期建设。2025 年，课程对照教育部关于人工智能与教育教学融合的要求，梳理教学中的具体问题，与技术团队商定人工智能优化的教学大纲框架，确定“课程内容重塑 - 个性化知识库构建 - 知识图谱建设 - 智能教学工具部署 - 试运行迭代”的推进路径，按“重塑、开发、优化、试用、总结、推广”六个阶段排出建设进度。

2.2. 构建个性化知识库，推动课程资源全量数字化

人工智能智慧课程建设的第一步，是把教材、课件、习题、案例、论文等资源结构化、碎片化后交给大模型学习，以提高回复的准确度和专业度。目前课程内容已全部数字化、结构化，并与教学大纲逐项对应，为人工智能教学应用提供了数据基础。课程人工智能数字资源建设情况见表 1。

Table 1. Overview of the construction of digital resources for the Course “Artificial Intelligence”
表 1. 课程人工智能数字资源建设情况一览表

建设模块	具体内容	数量/规模
个性化知识库	知识切片	2365 个(含图片素材 904 个、结构化表格 11 个)
课程资源库	总资源数	461 个(知识片段 324 个、视频 80 个、习题 57 套)
知识点覆盖	覆盖本课程知识点	341 个
资源地图	文件总数/音视频时长	183 个/9.6 小时
数字化资源	电子教材/讲义课件/习题试卷	11 本/11 个/7 套
知识图谱	知识点/思政关联点/学习模块/配套习题	653 条/30 条/76 个/90 套

2.3. 建设“五维图谱”，重构知识、问题与能力体系

在知识库基础上，课程搭建知识模型、问题模型、能力模型和素养模型，形成以个性化知识库为数据底座的“五维”模型体系[12][13]，如图 1 所示。知识图谱方面，依据教材体系梳理出七层级共 653 条知识点，将 461 个课程资源关联到 324 个知识点，建立 30 条思政关联点，关联 76 个学习内容模块和 90 套配套习题，同步建设 57 个线上习题库，用于组卷发布、作业考试和知识点自测。问题图谱方面，建立“基础 9 问 - 核心 6 问 - 应用 38 点”三级问题进阶体系，问题与知识点双向对应，学生可以按问题线索开展自主评估和深度学习。能力图谱方面，围绕制药设备选型与参数计算、车间工艺流程规划与布局设

计、制药合规设计与质量保障三大核心能力，按“能力达成”反向设计教学环节，做到能力与知识并重。素养图谱方面，把合作、沟通、创新、审辩思维、文化理解与传承五大核心素养落到课程目标中，通过知识内化、实践养成、价值引领，培养专业扎实、素养全面、勇于创新、有社会责任感的复合型制药工程人才。

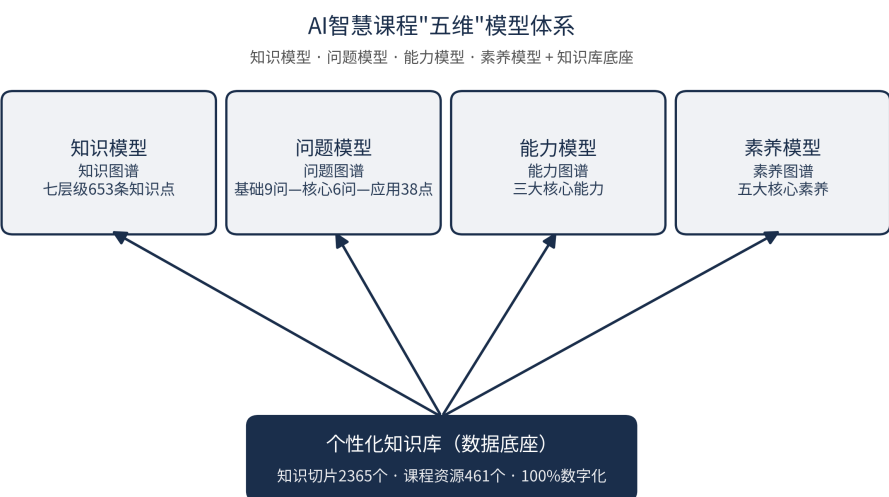


Figure 1. Architecture of the five-dimensional model of the artificial intelligence-enabled smart course
图 1. 人工智能智慧课程“五维”模型体系架构图

2.4. 部署智能教学工具，构建“师－机－生”智慧教学环境

一是建设精品课程视频库，共 80 多个视频、总时长 9.6 小时，覆盖核心知识点和重难点。二是建设虚拟数字人助教，与知识图谱结合，实现拟人化互动，承担课程引导、难点讲解和学习进度追踪。三是上线 24 小时智能学伴，以大语言模型为核心，提供实时答疑、学习引导和启发式辅导，并按学科知识侧重点构建 38 条专属课程指令，降低学生提问门槛。四是建设数字驾驶中心、能力评估引擎和 360 学生全息画像，实时记录教学资源、学习时长和互动数据，形成学习轨迹和能力雷达图，为数据化教学提供依据。此外，课程以研究问题和真实项目为导向，依托知识图谱开展 PBL 项目式深度混合式教学，形成“线上智慧课程、虚拟仿真平台”与“线下智慧教室、智慧研讨室、智慧微格教室”结合的多模态教学环境 [8] [9]。2026 年春季学期，课程完成首轮试运行，覆盖 2023 级制药工程 3 个教学班，选课学生 99 人，人工智能课程的整体运行情况见图 2。



Figure 2. Overview of artificial intelligence-enabled smart course operation
图 2. 人工智能智慧课程运行概览

3. 主要成效

3.1. 教学资源实现全量数字化、结构化, 人工智能教学数据底座初步建成

通过知识库和知识图谱建设, 课程把多年积累的教材、课件、习题、案例等资源转成可检索、可关联、可调用的结构化数字资产, 形成覆盖 341 个知识点、461 个课程资源、2365 个知识切片的知识网络, 思政元素也嵌入知识图谱, 知识传授与价值引领放在同一体系中。这一数据底座支撑了大模型的精准应答, 也为智能推荐、学情分析、能力评估等后续应用打下基础, 课程资源实现 100% 数字化并与教学大纲逐项对应。

3.2. 学生参与度和人工智能接受度明显提升, 实现“全员不掉队”

首轮试运行数据显示, 活跃学生与选课学生均为 99 人, 占比 100%, 所有选课学生都参与学习; 使用人工智能的学生 83 人, 占比 84%, 如图 3 所示。截至 2026 年 7 月 1 日, 学生累计提问 1930 次, 人均 23.3 次, 总使用时长 165 小时 34 分钟, 人均 1.67 小时, 学生使用率 84%; 与 5 月 22 日的 599 次、56 小时 12 分钟相比, 提问次数增长 2.2 倍、使用时长增长 1.9 倍, 说明学生对人工智能工具的使用在持续加深。线上学习方面, 学生人均完成学习活动 49.1 个, 完成率 79%。自 3 月中旬起, 使用人工智能的人数和学习人数都保持在较高水平, 活跃总人数稳定在 90 人以上。学生在智能学伴中的高频问题和高频知识点与学习难点、教学重点基本对应, 为教师改进教学提供了依据, 也说明学生对人工智能辅助学习的接受度在上升。



Figure 3. Course applications and student usage trends

图 3. 课程应用及学生的使用趋势

3.3. 数据驱动精准教学，个性化学习初步显现成效

人工智能课程对学习过程做了全流程数据采集和分析，首轮试运行核心运行数据见表 2。数据显示，人工智能使用次数与学生成绩呈明显正相关，使用越频繁，成绩普遍越好。数字驾驶中心可以实时呈现课程运行状态，供教师做数据化判断；能力评估引擎围绕 3 大能力、3 种评估方式、38 个评估单元生成学生能力雷达图，帮助教师定位薄弱知识点和能力短板；360 学生全息画像把课前预习、课中互动、课后复习串起来，生成个性化学习路径和教学干预方案。教学实施方面，课程共规划 78 个学习单元，已发布 59 个，发布率 75.6%；评估方式为知识学习和教学互动的学习单元完成率为 76%；参与能力评估的习题整体得分率为 30%。以一名典型学生为例(见表 3)，其整体学习表现 4.5/5，处于良好水平，人工智能使用 111 次，完成学习活动 61 个、完成率 98%，习题得分率 84%，一定程度上体现了个性化学习路径的作用。

Table 2. Core operation data of the first trial
表 2. 首轮试运行核心运行数据一览表

指标	数据	说明
覆盖教学班	3 个	2023 级制药工程
选课学生	99 人	——
活跃学生占比	100%	全员参与、无人掉队
使用人工智能学生占比	84% (83 人)	只有 16%尚未使用
累计提问次数	1930 次(人均 23.3 次)	截至 2026 年 7 月 1 日
累计使用时长	165 小时 34 分钟(人均 1.67 小时)	截至 2026 年 7 月 1 日
学习单元发布率	75.6% (59/78 个)	教学进度稳步推进
学习活动完成率	79% (人均 49.1 个)	——
班级整体表现评分	3.9 分(满分 5 分)	处于良好水平

Table 3. Student individual profile
表 3. 学生个人画像

维度	数据	诊断	建议干预
整体学习表现	4.5/5	良好	保持节奏，增加拓展任务
AI 使用次数	111 次	高频使用	引导从答疑转向方案推演
学习活动完成	61 个，完成率 98%	参与度高	给予高阶项目挑战
习题得分率	84%	知识掌握较好	增加案例分析、实操演练
能力雷达图	设备选型 55%，车间设计 74%，合规保障 0%	能力不均衡	补齐合规模块测评
课堂互动	中等	线下互动不足	安排小组答辩与同行评价
素养表现	合作、沟通较好；创新、审辩待提升	素养发展不均衡	增加多方案比较与优化任务

3.4. 教学模式由“师 - 生”二元向“师 - 机 - 生”三元转变

人工智能工具进入课堂后，教学关系发生了变化[3]。机器作为第三方参与教学过程，学习方式从范式化转向个性化：虚拟数字人助教和智能学伴不再受课堂时间限制，可以随时提供辅导；教学评价从结果导向转向过程导向，“课前预习、课中互动、课后复习”形成一体化设计。教学模式不再以知识灌输为主，而是按“能力达成”组织，学习评价体系融入知识图谱的数据反馈，依据学习行为和效果做数据驱

动的评价，帮助学生调整学习策略，也为小班化教学、混合式教学、翻转课堂等改革提供了条件，为校级、省级和教育部教改项目积累了实践基础。

4. 存在问题

4.1. 人工智能工具学生使用分化明显，工具应用潜力未能充分释放

本轮课程试运行覆盖 99 名学生，虽然整体人工智能工具渗透率达到 84%，但学生群体内部人工智能使用频次呈现显著两极分化。从使用分布数据来看，从未使用 16 人、偶尔使用 12 人、经常使用 11 人、重度使用 60 人，重度使用学生占比较高，但仍有 28 名学生停留在从未使用或偶尔使用阶段，未能充分发挥人工智能助学工具的价值。课程配套设计的 38 条课程专属指令，学生仅启用 11 条，累计调用仅 27 次，专属指令的利用率偏低，说明预设指令与学生真实学习场景、提问习惯匹配度不足。部分学生仅把人工智能当作应急答疑工具，没有融入预习、知识点梳理、方案推演、作业复盘等完整学习链路，“偶尔使用”向“经常、重度使用”转化困难，人工智能在教、学、练、评、思全教学流程的渗透还有较大提升空间。

4.2. 核心能力达成不均衡，能力评估模型偏重理论，实践维度缺失

从三大核心能力的动态监测数据可见，学生能力达成呈现明显的不均衡现象。截至 2026 年 7 月，制药车间工艺流程规划与布局设计能力达成率提升至 74%，制药设备选型与参数计算能力达成率 55%，而制药合规设计与质量保障能力达成率为 0%，其主要原因是评估项目未在雨课堂中体现，所以人工智能模型无法进行反映，此处将在后续教学中进行调整改进。

从整体能力发展趋势看，学生能力值自 2026 年 3 月 13 日的 5% 持续上升，至 7 月达到 48%，如图 4 所示。其中 3 月至 5 月为稳步增长期，能力值从 5% 升至 27%；6 月后增速明显加快，6 月 19 日单周提升 8 个百分点；7 月起稳定在 48% 左右，近 7 日能力发展趋于平稳，提示需要采取额外的教学干预措施以推动学生持续进步。

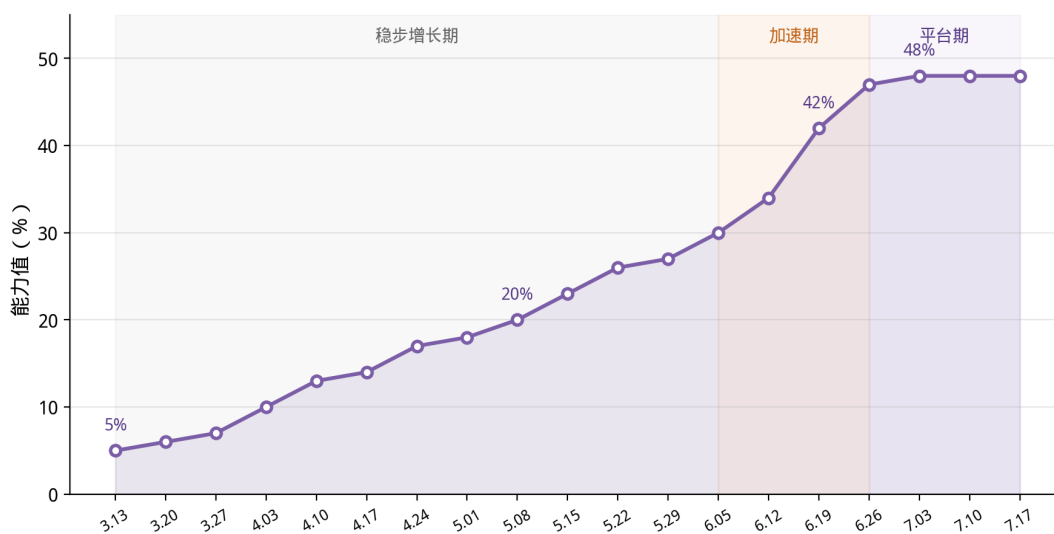


Figure 4. Trend of students' overall competence (Mar-Jul 2026)

图 4. 学生整体能力发展趋势(2026 年 3~7 月)

评估方式方面，能力评估引擎的数据显示，制药车间工艺流程规划与布局设计能力的评估中知识学习占比高达 94%、作业仅占 6%，评估方式明显偏重理论，难以有效衡量学生的实际设计能力；制药设备

选型与参数计算能力的评估中知识学习占 65%、日常小测占 15%、项目设计占 20%，虽然项目设计已有涉及，但知识学习权重仍偏高，建议将知识学习权重降至 40%左右，增加设备选型案例分析和实操的比重。此外，两个能力项的评估模型均缺乏对创新思维、问题解决能力和团队协作能力的评估，建议增加小组项目、答辩环节或同行评价等方式，以全面培养学生的综合能力。

4.3. 学情分层现象突出，课堂过程管理与针对性帮扶有待加强

班级整体学习表现综合评分 3.9 分(满分 5 分)，处于良好水平，但学生学情分层显著。99 名学生中，表现突出 39 人，中等 49 人，需要重点关注 11 人。细分维度统计：学习进度良好学生 39 人，学习互动活跃仅 19 人，出勤良好 32 人，习题得分率较高 35 人。课堂互动活跃度、出勤表现整体表现偏弱，课堂线下互动环节设计不足；部分学生学习进度滞后、课堂参与度低。当前虽然数字驾驶中心可以输出完整学情画像，但基于学情数据落地的分层教学、重点学生精准帮扶机制还不完善，如何针对不同层次学生制定差异化学习任务，对学习薄弱群体开展持续干预，是教学运行中的现实难题。

4.4. 人工智能智慧课程运行保障机制尚不健全，存在重建设轻运行风险

本课程尚处于首轮试运行阶段，知识图谱、评估模型、数字资源体系仍处在迭代完善阶段。知识图谱资源需要持续更新扩充；能力评估单元与课程教学进度匹配度有待校准；人工智能工具、数字人助教、智能学伴和线下课堂教学活动融合模式还在摸索。尽管平台可以采集海量学习行为数据，但基于学情数据自动触发教学提醒、教师干预、个性化任务推送的闭环机制尚未成型。课程建设完成不等于教学落地生效，如果缺少常态化迭代运维流程，容易出现资源建好之后维护更新不足、数据闲置，出现重建设、轻运行的问题，人工智能赋能教学改革的长期成效难以保障。

5. 未来展望

5.1. 分类引导学生用好人工智能助学工具，释放人工智能教学应用潜力

本次调研显示学生人工智能使用两极分化现象突出，针对从未使用、偶尔使用的学生群体，开展入门引导教学，降低人工智能工具使用门槛，设计简单易上手的学习任务，引导学生尝试将人工智能用于知识点梳理、疑问解答；面向经常使用、重度使用的学生，进一步规范人工智能使用方式，引导跳出单纯答疑的浅层用法，把人工智能融入预习推演、方案设计、作业复盘等完整学习链条。同时优化课程专属人工智能指令库，结合学生真实学习习惯重构指令内容，提升指令匹配度与调用频次，打通从“偶尔使用”向“深度有效使用”的转化路径，让人工智能真正服务于不同层次学生的学习需求。

5.2. 优化课程能力达成评价模型，补齐实践考核短板，完善多维度综合评价体系

针对当前课程核心能力达成不均衡、实践考核权重偏低的问题，调整各项能力指标的权重分配，降低知识理论考核占比，提高项目设计、案例分析、实操演练等实践维度评价权重。补齐制药合规设计与质量保障模块对应的教学内容与测评题库，完成全部能力单元的测评校准。在现有三大专业能力基础上，补充创新思维、工程问题解决、团队协作等素养评价维度，构建兼顾专业知识、工程实践、综合素养的完整评估框架。同时持续跟踪学生能力成长曲线，针对学生能力增长进入平台期的问题，设计高阶综合性学习任务，打破能力提升瓶颈，推动学生工程设计综合能力持续进阶。

5.3. 依托平台学情画像数据，落实分层教学，健全重点学生精准帮扶机制

针对学情分层突出的问题，充分发挥数字驾驶舱学情数据优势，对表现突出、中等、待重点关注三类学生实施差异化教学设计。为优秀学生布置拓展提升类项目任务；为中等学生夯实基础，强化练习；

针对重点关注学生建立常态化跟踪帮扶机制。优化线下课堂互动环节设计,提升课堂参与度,改善出勤、学习互动偏弱现状。打通学情数据到教学干预的落地路径,根据学生学习进度、习题得分、课堂表现,推送个性化学习资源,实现数据驱动下的因材施教,缩小学生之间的学习差距。

5.4. 完善人工智能智慧课程长效运行保障机制, 规避重建设轻运行问题, 保障课程可持续迭代

课程试运行阶段知识图谱、评估模型、数字助教等资源仍需持续打磨。后续建立常态化迭代运维流程,动态更新扩充知识图谱资源,持续校准能力评估单元和教学进度的匹配关系,探索人工智能工具、数字人助教与线下课堂深度融合的教学模式。搭建“数据采集-学情分析-自动预警-教师干预-资源推送”的完整教学闭环,盘活平台海量学习行为数据,避免数字资源闲置。坚持建设与运维并重,持续打磨课程资源、教学模式与管理制度,不断优化人工智能赋能制药工程课程改革的实施路径,为同类工科人工智能智慧课程建设提供实践参考。

5.5. 引入准实验设计与质性研究, 增强因果推断和机制解释

后续研究将考虑引入准实验设计。例如,在同一课程中设置实验班和对照班,实验班使用人工智能智慧课程和智慧学伴,对照班采用常规混合式教学;通过前测、后测和延迟后测比较知识掌握、能力达成和学习动机差异,控制入学成绩、先修课程、学习时间等变量。同时结合半结构化访谈和问卷,采用技术接受模型,探究学生使用行为背后的动机、障碍、信任度和过度依赖风险。通过“日志-访谈-问卷-成绩”多源数据三角互证,深入解释人工智能工具如何影响学习过程与能力发展。

6. 结语

《制药设备与车间设计》的人工智能智慧课程建设走出了第一步:课程资源实现数字化,知识体系可以可视化,教学过程和教学评价开始智能化、精准化。下一步,课程团队将坚持问题导向,在运行中持续迭代,把建设成果落实到人才培养质量上。

基金项目

2025年辽宁省教育厅教学教改项目:面向制药产业需求:OBE理念引领的应用型本科人才培养新范式探索与实践(项目号:2025YBXM0013)。

参考文献

- [1] 中共中央 国务院印发《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》[EB/OL]. https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_11846/202502/content_7002799.html, 2025-01-19.
- [2] 教育部等九部门关于加快推进教育数字化的意见[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202504/content_7019045.htm, 2025-04-11.
- [3] 张立群. 人工智能赋能高等教育教学改革的中国范式构建[J]. 中国高等教育, 2024(24): 9-13.
- [4] 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2017-07/20/content_5211996.htm, 2017-07-08.
- [5] 教育部等五部门关于印发《“人工智能+教育”行动计划》的通知[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/202604/t20260410_1433240.html?use_xbridge3=true&loader_name=forest&need_sec_link=1&sec_link_scene=im&theme=light, 2026-04-02.
- [6] Siemens, G. (2005) Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2, 3-10.
- [7] Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., et al. (2020) Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Task.

Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems, Vancouver, 6-12 December 2020, 9459-9474.

- [8] 李艳燕, 张香玲, 李新, 等. 面向智慧教育的学科知识图谱构建与创新应用[J]. 电化教育研究, 2019(8): 60-69.
- [9] 郭宏伟. 基于智能教育的高校在线课程知识图谱构建研究——以中国医学史为例[J]. 中国电化教育, 2021(2): 123-130.
- [10] Piech, C., Bassen, J., Huang, J., *et al.* (2015) Deep Knowledge Tracing. *Proceedings of the 29th International Conference on Neural Information Processing Systems*, Montreal, 7-12 December 2015, 505-513.
- [11] Anderson, L.W. and Krathwohl, D.R. (2001) A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Longman.
- [12] 李恒, 蒋敏, 陆震鸣, 等. 制药工程虚拟仿真实践平台建设及教学应用[J]. 广东化工, 2018, 45(1): 201-202.
- [13] 游瑞云, 林政, 郑永标, 等. 制药工程实验虚拟仿真与 SPOC 教改实践[J]. 实验室科学, 2022, 25(6): 441-446.