

人工智能背景下“制药设备与车间设计”课程的项目式教学改革与实践

李蓉 代祯

1. 成都大学药学院、四川抗菌素工业研究所; 2. 四川省药物制剂及装备工程技术研究中心

摘要: 人工智能正深刻重塑制药工程设计模式,对人才的人机协同决策能力提出更高要求。当前《制药设备与车间设计》课程存在低阶任务过重、系统思维薄弱、考核错位等问题,与产业需求脱节。基于OBE理念,确立“人机协同、素养为先、实践赋能、思政引领”的教改框架,重构三层能力目标体系,构建“初排—质疑—修正”三阶段PBL+AI协作教学流程,并建立多元评价体系。实践表明,学生批判性思维、人机协同能力显著提升,课堂重心转向设计逻辑与决策讨论。同时识别出过度依赖AI、小众设备推荐不可靠等挑战并形成对策。本改革为制药工程课程智能化转型提供可操作的实践路径。

关键词: 人工智能; 制药设备与车间设计; 项目式教学; 课程改革; OBE理念

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2026.01.074

引言

人工智能(AI)正深度渗透制药工程设计全链条,在车间布局优化、设备选型、GMP合规校验等环节形成规模化应用^[1-3],对制药工程人才的人机协同设计决策能力提出刚性需求。现有研究多停留于单一教学方法优化,缺乏覆盖教学目标—内容—方法—评价全链条的系统性教改实证^[4-6]。《制药设备与车间设计》是制药工程核心课程,但传统“参数查表—手工计算—规范绘图”模式存在三大错位:低阶任务过重(超半数课时用于AI可替代的重复计算与绘图)、系统集成薄弱(单机教学导致缺乏全局意识)、考核导向错位(重图纸规范轻设计决策)。前测显示,超75%学生能复述设备原理,但不足30%能识别AI生成布局中的交叉污染等合规问题,与产业需求严重脱节。

面向新质生产力要求,亟须以OBE理念为引领,将AI定位为“设计副驾驶”。本文依托教学实践,确立“人机协同、素养为先、实践赋能、思政引领”的教改框架,构建“初排—质疑—修正”三阶段PBL+AI协作流程及多元评价体系,并通过两轮教学验证成效,为制药工程课程智能化转型提供实证支撑。

一、传统课程在AI时代面临的核心错位

通过对58名制药工程专业本科生的前测、访谈及工业界调研,笔者发现,传统《制药设备与车间设计》课程存在三大显性错位。认知任务上,近半课时与作业用于公式推导、手工计算、参数查表及过度CAD绘图等低阶任务,挤占了设计逻辑与方案优化等高阶思维训练空

间。前测显示,超75%学生能复述设备原理,但不足30%能识别AI生成布局中的人物流交叉等合规问题。思维培养上,课程以单机设备(粉碎—混合—制粒—压片等)为单元逐一讲授,缺乏全流程系统设计项目,导致学生习惯碎片化提问(如“推荐一台湿法制粒机”),难以构建系统级设计需求(如防交叉污染的整体分区与人物流设计),与人机协同产业需求严重脱节。考核导向上,终结性评价占主导,期末大作业(CAD图纸)评分依据图层规范、标注完整等,占总成绩70%以上,学生重绘图精美而轻实际可行性、安全性与风险反思,难以评价高阶决策能力。

二、教改核心理念与能力目标重构

针对传统教学的三大错位,结合智能制药产业需求与OBE教育理念,课程改革确立“人机协同、素养为先、实践赋能、思政引领”的核心理念:明确AI的“设计副驾驶”定位,让AI承担其擅长的计算、检索、初排、规范性检查等低阶任务,将学生的认知负荷从“执行层面”转移到“判断、优化、决策层面”;聚焦学生的人机协同设计决策能力、批判性思维与工程素养培养,同时融入工匠精神、合规意识等思政元素,实现“知识传授、能力培养、价值引领”的有机统一。

基于核心理念,打破传统单一的知识目标体系,重构“基础层—应用层—决策层”三层能力目标,明确各层次目标与AI角色的对应关系,确保能力培养与产业需求精准对接,具体如下表所示。

三层能力目标与AI角色的关系

能力层次	传统目标	改革后目标	AI 的角色	思政融入点
基础层	查收设备参数、理解设备原理、背诵 GMP 条款	理解制药设备核心工作原理、掌握 GMP 核心逻辑与安全规范，建立工程安全意识	无或辅助检索、知识点梳理	合规意识、安全责任意识
应用层	手工完成物料衡算、绘制 CAD 图纸	能精准设计 AI 提示词、调用 AI 生成设计初稿、掌握 AI 输出的验证方法，实现人机高效协作	生成设计初稿、完成计算任务、规范初排布局	严谨细致的工作态度、效率意识
决策层	(缺失)	能发现 AI 设计中的不合理点、对比多方案并优化决策、应对非标工况与设计异常，具备系统集成思维	提供备选方案、辅助分析多方案差异	创新思维、工匠精神、决策担当

注：表中GMP指《药品生产质量管理规范》（2025年版）。

该目标体系的核心是“能力进阶”，基础层聚焦“理解与规范”，是人机协同的前提；应用层聚焦“协作与验证”，是人机协同的核心；决策层聚焦“优化与创新”，是人机协同的高阶能力。三者层层递进，既保留了课程的核心知识体系，又突出了AI时代的能力需求。

三、改革实践方案设计

围绕三层能力目标，从教学内容、方法、工具、考核四个维度进行系统性改革，构建“内容适配、方法创新、工具支撑、评价科学”的教学体系。

（一）教学内容重构

遵循“AI可替代的删减、核心能力相关的保留、时代需求相关的新增”原则。删减方面：仅保留1个典型车间物料衡算案例用于讲解计算逻辑，其余计算由AI完成，学生负责校验；删除陈旧设备型号的背诵，改为讲解选型逻辑与参数对比；删减重复性CAD绘图训练，保留1—2次手工绘图以建立空间感，后续依托AI生成基础布局，学生聚焦优化与修正。保留方面：强化制药设备核心工作原理（如清洁验证、无菌保障）、车间设计核心规范（防交叉污染、洁净区分区、人物流设计）及异常工况处理原则（停电、泄漏应急措施），并融入工匠精神与责任担当教育。新增四个模块：AI提示词设计（精准描述设计需求）、AI输出验证（参数交叉验证、GMP条款校验）、多方案比较与决策（从成本、效率、安全等维度量化打分）、异常修正训练（针对AI典型错误案例修正并说明理由）。

（二）教学方法

以“头孢类口服固体制剂车间设计”为真实项目载体（8学时），构建“初排—质疑—修正”三阶段PBL+AI协作流程。初排阶段（2学时）：小组明确设计需求，撰写精准AI提示词，获取AI生成的布局、设备清单及计

算书，教师提供设计需求模板并指导提示词框架。质疑阶段（3学时）：4人小组互评，结合GMP规范找出AI方案中至少3处不合理点并记录依据，教师组织质疑比赛奖励发现关键问题最多的小组，补充行业实际案例。修正阶段（3学时）：小组针对质疑点通过AI指令或手工修改方案，验证效果后提交修正图纸、设计报告及含500字反思的AI反馈日志，教师重点点评决策逻辑，强化工程思维与合规意识。每个小组需提交完整的人机协作设计报告，作为过程性评价核心依据。

（三）教学工具与环境

搭建“通用AI+专用设计工具+课程平台”三位一体教学环境。通用AI工具：统一提供ChatGPT-4或Claude3公用账号，经济受限学生可使用免费版（如ClaudeInstant、豆包），重点训练提示词设计与输出验证能力，并开设1次AI使用专题培训。专用设计工具：推荐AutoCAD+BIM插件（如Revit制药模块测试版）实现三维可视化布局，无插件条件可用Miro在线白板模拟调整；同时提供制药设备参数数据库、GMP规范数据库等权威资源，用于验证AI输出。课程平台：依托超星学习通或校内LMS，搭建资源库（含AI教程、GMP规范、设计案例、失败案例），供学生提交日志与报告、开展互评，教师可在线点评并跟踪进度，开设讨论区促进经验交流。

（四）考核方式改革

建立“过程性评价（60%）+终结性评价（40%）”体系，避免“唯图纸精美论”。过程性评价包括：AI反馈日志（20%，记录原输出、质疑点、修正动作及理由，重点评价质疑质量与修正逻辑）；课堂质疑贡献（10%，评价小组互评与讨论中有效问题的数量与质量）；小组互评（15%，各小组对其他组修正方案进行合规性、创新性与可行性评分）；教师点评（15%，对最终设计方案与反思报告进行决策逻辑点评）。终结性评价包括：期

末开卷实践（30%，给定未练习过的新剂型，限时与AI协同完成初步设计方案及验证报告，评价提示词设计、输出验证与决策优化能力）；课程反思论文（10%，总结人机协同收获与改进方向）。所有考核均避免AI可秒答的记忆性题目，突出开放性与高阶思维评价。

四、实施效果与反思

该改革方案在制药工程专业58名学生中开展教学实践，通过前测后测对比、问卷调查、访谈及作品分析等方式评估效果。改革成效显著：学生设计方案中主动识别并解决的布局风险点从平均1.2个增至4.6个，其中约40%源于对AI方案的质疑，体现了批判性思维的提升；82%的学生能提出系统级AI设计指令（如“根据头孢类抗生素防交叉污染要求规划整体分区”），而非碎片化提问；课堂主动参与度从62%提升至91%，讨论焦点从绘图操作转向设计逻辑与合规决策；课后调查显示，87%的学生认同“AI需人工审核关键合规性”，较课前提升54个百分点，79%的学生表示掌握了人机协同方法，形成理性的AI使用认知。

同时，实践过程中也暴露出四类典型挑战：部分学生过度依赖AI、直接复制方案；AI对小众剂型（如冷冻干燥、超临界萃取）的设备推荐存在偏差甚至“幻觉”；过程性评价材料（日志、报告、反思论文）批阅工作量过大；学生AI技能因经济或能力差异参差不齐。针对上述问题，课程采取了相应策略：强制每人提交至少3个独立质疑点，并以反思部分为评分重点；教师提前标注AI推荐的“高危区域”，提供权威数据库并增加案例教学；引入助教协助批阅基础材料，设计结构化评分表并利用平台批量点评；学校统一提供AI公用账号，建立帮扶小组，允许使用免费版AI并配套教程与案例库。

此外，改革推动了教师角色的深刻转变：教师从传统的“图纸批改机”“知识传授者”转变为“设计思维教练”和“学习引导者”，课堂时间更多用于组织质疑讨论、点评决策逻辑、分享工业界真实失败案例（如某车间因忽视AI设计中的交叉污染风险导致产品不合格）。为此，建议通过校企合作短期访学、参加AI制药设计研讨会、开展跨校教改交流等途径，持续提升教师的AI素养与工程实践能力，进一步深化产教融合，为课程改革的持续推进提供保障。

结语

针对《制药设备与车间设计》课程在AI时代存在的低阶任务过重、系统集成薄弱、考核导向错位三大问题，本文基于OBE理念构建了以“人机协同设计决策能力”为核心的教改方案：重构三层能力目标，优化教学

内容，实施“初排—质疑—修正”三阶段PBL+AI协作流程，并建立多元过程性评价体系。两轮教学实践表明，学生设计方案中的风险点识别数量从1.2个增至4.6个，系统级设计指令提出比例达82%，课堂主动参与度从62%升至91%，学生对AI的认知趋于理性（87%同意需人工审核关键合规性）。改革有效提升了批判性思维、人机协同能力与工程实践能力，实现了知识、能力与价值的有机统一。

未来研究将聚焦三个方面：一是开发内嵌GMP规则库与制药设备参数库的专用教学型AI助手，减少通用AI的“幻觉”问题；二是开展长周期跟踪研究，考查学生进入毕业设计与职业岗位后能力迁移情况；三是建立跨校教改联盟，共享案例库与质疑题库，降低推广门槛。AI不会替代制药工程师，但会替代不会使用AI的工程师。本课程改革的核心在于帮助学生建立对AI能力边界的清晰认知，在人机协同中完成创造性设计决策，培养面向智能制药时代的高阶复合型人才。

参考文献

- [1] 李声亮, 刘金萍, 罗小荣, et al. 人工智能驱动下制药设备优化调度研究[J]. 今日制造与升级, 2025 (09): 103-105.
- [2] 操秀英. AI制药技术助力我国迈向“制药强国”[N]. 科技日报, 2025-06-20 (005).
- [3] 徐立飞, 龙丹梅, 石正国. 人工智能模式下制药工业的新要求初探[J]. 山东化工, 2024, 53 (01): 124-125.
- [4] 郭燕燕, 方方, 彭成军, et al. 基于AI产业化案例的制药工程自动控制课程教学改革探索[J]. 郑州师范教育, 2025, 14 (04): 53-58.
- [5] 贺敏, 潘浪胜, 张晓文, et al. 人工智能在制药工程专业药物分析课程的教学探索[J]. 广东化工, 2024, 51 (15): 203-205.
- [6] 粟华生, 张学常, 黄卫萍. 基于产教深度融合的智能装备工程虚拟仿真实践与探索——以数字赋能中药制药智能装备工程能力培养高层次人才为例[J]. 装备制造技术, 2023 (08): 124-130.

作者简介：李蓉，女，1991年12月出生，汉族，四川省成都市人，博士，讲师，研究方向为教育数字化、制药工程装备与智能设计；代祯，女，1992年10月出生，汉族，四川省苍溪市人，博士，副教授，研究方向为非可控性炎症疾病靶标的药物发现与设计。

基金项目：本文系成都大学2024-2026年本科教育教学改革研究项目课题“新医科背景下的医药创新复合人才培养的研究与实践——以《药物化学课程为例》”（项目编号：cdjgb2024142）的研究成果。