

智能化技术驱动的制药工程专业 课程体系重构与教学改革 探索

李先, 梁旭华, 张亦琳, 贾朝, 吴永玲, 程敏

商洛学院生物医药与食品工程学院, 陕西 商洛

收稿日期: 2026年2月27日; 录用日期: 2026年3月27日; 发布日期: 2026年4月7日

摘要

在人工智能、大数据、物联网等技术迅猛发展的推动下,我国制药产业正加速迈向数字化、智能化转型,传统以化学工程和工艺为核心的制药工程人才培养模式已难以满足产业发展的实际需求。本文立足于国家战略与产业升级的需求,深入剖析了当前制药工程专业在课程体系、教材内容及师资队伍建设等方面与智能化制药发展要求之间的现实差距。在此基础上,探索性地提出了以“智能化+制药工程”深度融合为目标的课程体系改革方案。同时,探讨了教材的动态迭代机制以及教师能力重塑的有效路径,并构建了与之相匹配的教学实施与多元化评价体系。本文旨在为培养具备智能化素养、交叉学科知识与创新思维的复合型制药工程人才提供可操作的理论参考与实践路径。

关键词

制药工程, 智能化, 课程体系, 教学改革

Exploration of Curriculum Restructuring and Teaching Reform in Pharmaceutical Engineering Driven by Intelligent Technology

Xian Li, Xuhua Liang, Yilin Zhang, Zhao Jia, Yongling Wu, Min Cheng

College of Biology Pharmacy and Food Engineering, Shangluo University, Shangluo Shaanxi

Received: February 27, 2026; accepted: March 27, 2026; published: April 7, 2026

文章引用: 李先, 梁旭华, 张亦琳, 贾朝, 吴永玲, 程敏. 智能化技术驱动的制药工程专业课程体系重构与教学改革探索[J]. 教育进展, 2026, 16(4): 426-433. DOI: 10.12677/ae.2026.164670

Abstract

Driven by rapid advances in artificial intelligence, big data, and the Internet of Things, China's pharmaceutical industry is accelerating its digital and intelligent transformation. The traditional pharmaceutical engineering education model, rooted in chemical and process engineering, no longer meets the practical needs of an intelligence-enabled industry. In line with national strategies and industrial upgrading, this paper examines gaps between current pharmaceutical engineering programs—specifically in curricular structures, textbook content, and faculty development—and the requirements of intelligent pharmaceutical production. It proposes an exploratory curriculum reform framework that integrates digital intelligence with pharmaceutical engineering, outlines a mechanism for continuously updating textbooks, and identifies effective pathways for strengthening faculty competencies. We also present an implementation framework and a diversified evaluation system. The goal is to provide actionable theoretical and practical guidance for cultivating interdisciplinary pharmaceutical engineers with AI literacy, cross-disciplinary knowledge, and innovative thinking.

Keywords

Pharmaceutical Engineering, Intelligentization, Curriculum System, Teaching Reform

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

制药工程作为一门融合化学、药学、化学工程与生物学等多学科知识的工科专业，其核心目标是培育能够胜任药物生产管理、质量控制等工作的高素质工程技术人才[1]。然而，随着新一轮科技革命的推进，尤其是“工业 4.0”概念的提出，全球制造业正从传统自动化向数智化转型。“制药 4.0”作为“工业 4.0”在医药领域的延伸，强调运用人工智能、智能制造、连续制造、数字孪生等先进技术，重塑药品研发、生产、流通的全生命周期[2][3]。面对这一深刻的产业变革，传统的以化学工程与工艺为核心的制药工程人才培养模式，已难以适应产业智能化升级发展的需求。在此形势下，国家层面出台了一系列政策框架，为医药工业的智能化发展提供指引。2022 年，工信部等九部门联合印发《“十四五”医药工业发展规划》，明确提出“深入实施智能制造，推动医药工业智能化发展”[4]。2025 年，工信部等七部门进一步印发《医药工业数智化转型实施方案(2025~2030 年)》，制定了到 2027 年取得重要进展、到 2030 年全行业基本实现数智化转型的目标[5]。这些政策文件的出台，不仅预示着产业技术将发生深刻变革，更对支撑产业发展的人才培养体系提出了迫切要求。

与此同时，中国作为全球第二大医药市场，制药产业近年来发展势头迅猛，对高素质专业人才的需求也日益旺盛。然而，智能化制药人才的短缺，已成为掣肘我国制药工业高质量发展的关键因素[6]。这一问题的根源在于传统人才培养模式与制药智能化转型需求之间的差距。当前的课程体系聚焦传统化学制药工程内容，未能及时纳入人工智能、智能制造等前沿技术，导致学生的数智化能力不足，难以满足企业的实际用人需求。综上，无论是国家战略的宏观导向、产业升级的迫切需要，还是企业发展的现实困境，都凸显了制药工程专业人才培养模式改革的必要性和紧迫性。

目前,在国际工程教育改革领域,CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate)工程教育模式以“构思-设计-实现-运作”为核心能力培养框架,积累了较为成熟的实践经验,为我国制药工程专业的智能化转型提供了重要参照。CDIO 模式强调“做中学”和项目导向,注重工程实践能力与综合素养的系统培养。然而,该模式侧重于通用工程能力的培养,未能将智能化技术作为核心变量嵌入制药工程的专业情境,难以直接适配制药行业智能化的需求。在国内,围绕新工科背景下制药工程专业的教学改革已积累丰富研究成果。贾朝等[7]从智能制造视角出发,分析了传统制药工程课程体系面临的“三重滞后”问题,提出了以“交叉融合、数据驱动、虚实结合”为核心的课程改革路径,为智能化课程体系建设提供了理论依据。然而,该研究主要聚焦于课程内容的更新,对支撑课程落地的教材迭代机制涉及有限。在产教融合领域,国内学者围绕协同育人机制、实践基地建设、校企课程共建等方向开展了系统研究。王海霞等[8]聚焦产教融合的实践路径优化与育人模式创新,探讨了制药工程专业产教融合过程中校企协同机制的构建、实践教学资源的整合路径及人才培养质量的提升策略,但其研究重心在于实践平台的共建,对如何将产业前沿知识动态转化为教学内容的知识转化机制关注有限。上述研究从不同侧面触及制药智能化转型的关键议题,但尚未形成一个能够统筹课程、教材、师资三要素为一体的改革框架。

基于此,本文以“智能化+制药工程”为改革主线,借鉴CDIO工程教育模式核心理念,整合国内产教融合研究成果,以“智能化技术与制药工程教育深度融合”为改革思路,系统性构建改革框架,旨在填补智能化技术与制药工程教育系统性融合的理论空白,为新工科背景下制药工程专业的人才培养提供理论参考。

2. 制药工程专业教学改革面临的问题

智能化技术的快速发展为制药工程专业带来了前所未有的机遇,但也使现有教学体系在课程设置、教材建设与师资结构等方面的积弊日益凸显。具体表现在以下几个方面。

2.1. 课程体系中智能化融合不足与学科知识结构割裂

2.1.1. 智能化技术融入不足

当前,连续制造、过程分析技术、人工智能辅助药物发现等创新技术已开始制药企业中得到实际应用[3]。然而,多数高校的制药工程课程体系仍以传统化学制药工程为核心,药物化学、制药工艺学、制药设备与车间设计等课程占据主导地位,对智能化技术的引入尚处于零散、浅层的阶段。这一结构性缺陷导致学生知识体系出现明显短板:一方面,学生难以理解和应用智能化研发与生产工具;另一方面,即使开设了智能化相关课程,也往往脱离制药工程的具体应用场景,造成学生“懂制药原理不懂智能技术,懂技术概念不懂应用场景”的困境。反观国内部分顶尖药科院校,如中国药科大学、沈阳药科大学等,已开始将“人工智能辅助药物设计”列为重点方向,着力构建“智能技术+制药工程”深度融合的课程体系,为行业转型提前布局。

2.1.2. 各课程之间缺乏交叉融合

制药工程专业本身具有多学科交叉属性,涉及化学、化工、生物、药学等多个领域。然而,在现行课程设置中,这些学科知识往往以“孤岛”形式存在,缺乏有机联系与深度融合。例如,药物制剂课程侧重于制剂工艺本身;质量控制课程聚焦于分析方法和药典标准;而信息技术与智能制造类课程则独立存在于其他专业领域,缺乏针对制药行业的应用背景。这种割裂的课程设置,使学生难以形成“智能制药”的系统思维,无法从全局视角把握制药过程中的智能化需求。

2.2. 教材内容滞后于行业发展

制药工程领域技术迭代迅速,新药研发技术、生产工艺、质量控制方法层出不穷。例如,部分头部

制药企业已在一定程度上实现智能化转型[9]。然而,受制于教材编写、审核、出版的固有周期,高校使用的教材内容普遍存在明显滞后性。更深层的问题在于,现行教材编写机制与产业技术的快速更新节奏之间存在结构性错位,产教之间缺乏有效的知识转化通道,导致企业一线的智能化工实践成果难以及时进入教学体系。因此,多数教材仍以相对成熟的传统技术为主线,对新兴智能化技术、新法规要求、新生产模式的介绍或缺失,或仅蜻蜓点水,教学内容与行业需求严重脱节。

2.3. 教师智能化教学经验不足,教学方法和教学模式相对落后

高水平的师资队伍是保障人才培养质量的核心。目前,高校制药工程专业教师多具有化学、化工或药学背景,其知识结构莫基于自身的研究方向,对工业互联网、人工智能、大数据分析等新兴技术普遍缺乏系统学习与深入理解。同时,由于高校人才引进多以学术论文发表为主要评价导向,具有制药企业一线工作经历、特别是熟悉智能化生产流程的教师极为稀缺。这种知识结构与实践经验的局限,导致教师在教学中难以将理论知识与智能化应用场景有效结合,也限制了其指导学生开展跨学科创新实践的能力。此外,在教学方法上,仍以传统课堂讲授为主,案例教学、项目式教学等更能激发学生主动性与创新思维的模式应用不足,难以有效培养学生的智能化实践能力。

3. 智能化驱动的制药工程专业教学改革实践路径

针对上述制药工程专业教学中存在的课程体系、教材建设、师资队伍三大核心问题,本文从“课程-教材-师资”三个维度,构建智能化技术驱动的系统性教学改革路径,具体如下。

3.1. 重构智能化课程体系,强化学科交叉融合

科学的课程体系设计是人才培养模式改革的基石,其本质是将产业需求转化为教育目标,其核心在于打破传统学科壁垒,实现制药工程核心知识与智能化技术的深度融合。

3.1.1. 明确人才培养目标与课程架构

课程的改革是对“培养什么样的人”这一根本问题的回应。在智能化背景下,对制药工程人才的要求已从单纯地掌握制药工艺拓展至对制药数据处理、智能生产系统等的应用。因此,课程体系的设计需遵循能力本位教育理念,即从产业终端的人才能力需求反向推导前端的课程设置。改革的首要环节是开展多维度、系统化的需求调研。对内,全面梳理现有课程体系,识别智能化技术在现有课程中的融入现状与空白点;对外,深入调研国内外一流大学的先进课程设置,并通过实地走访、问卷调查等形式,走访不同类型制药企业,明确其对智能化制药人才在知识结构、能力素养等方面的核心诉求。在充分调研的基础上,严格遵循《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》对制药工程专业的要求,确立“夯实制药基础,强化智能素养,突出交叉融合”的培养理念来进行课程体系设计。由专业负责人、骨干教师和企业专家共同组成课程委员会,研讨并确定“智能技术+制药工程”课程体系的整体架构,明确通识教育、学科基础、专业核心、专业拓展和实践教学等各模块的构成、逻辑关系与学分比例,以保证课程体系的系统性与科学性。

3.1.2. 交叉融合,打造“智能制药”核心课程群

课程体系改革的核心,在于围绕药物研发、生产及管理的智能化主线,系统构建一批体现“智能技术+制药工程”深度融合的核心课程与专业选修课程群。其目标不是简单增设几门智能化工具类课程,而是打破传统学科的知识壁垒,将智能技术的原理与方法有机嵌入制药工程专业教学模块,形成逻辑连贯、层级递进的课程体系。由于学生的专业能力并非由孤立的知识点拼凑而成,而是取决于能否将不同领域的知识进行整合以解决复杂问题;若将智能化内容作为孤立模块简单叠加,不仅无法实现能力迁移,

反而会增加学生的认知负荷,导致“学用脱节”。因此,这些课程在设计时,应充分采用案例教学和项目驱动,例如,以某药物的具体生产过程为案例,引导学生设计其智能控制方案,从而实现智能技术与制药核心内容的自然融合,培养学生系统性、工程化的思维方式。

3.2. 加强教材动态迭代,深化教育教学改革

针对教材内容滞后于行业发展的突出问题,需建立快速响应产业需求的教材建设与更新机制,以确保教材紧跟行业前沿,为学生提供最具时效性和实用性的知识。

3.2.1. 校企协同,建立教材内容动态更新机制

教材内容滞后,本质上是生产与应用两个场域的脱节。为此,需要建立一种产教协同的知识转化机制。通过将高校教师与企业工程师纳入同一个“知识更新网络”,实现企业家的实践经验与理论的相互转化。具体路径上,首先,开展系统化的行业需求调研。通过问卷调查、专家访谈等多种方式,全面梳理当前制药工程专业教材与行业智能化发展之间的差距,明确亟需更新的知识领域与技术模块。同时,组织教师团队深入企业一线调研、参与行业峰会、与行业协会建立常态化合作,持续收集智能制药领域的最新技术动态与应用案例,明确哪些最新的产业实践亟需转化为教学内容。在此基础上,组建由校内学术带头人与企业技术专家共同构成的“二元”编写团队。校内教师负责知识体系的系统性梳理、理论深度的挖掘以及教学适应性的整体设计;企业专家则负责提供一线生产中的智能化技术改造案例、典型问题解决方案等,并将其转化为适于教学的知识模块。双方通过定期研讨,将这些碎片化的企业实践“编码”为结构化的教学模块,从而从源头上保证教材内容与产业实践的同频。

3.2.2. 构建“纸质教材 + 数字资源 + 动态简报”三位一体的新型教材体系

为突破传统教材更新周期长的局限、内容滞后的结构性缺陷,可探索构建“纸质教材 + 数字资源 + 动态简报”三位一体的新型教材体系,实现教材内容的动态更新。专业知识可区分为变化缓慢的“核心原理”与快速迭代的“应用型知识”,不同性质的知识需要适配不同的传播载体。因此,纸质教材作为知识体系的骨架,保持核心理论、原理与方法的相对稳定性。在编写方式上,可引入“活页式”或“模块化”设计,将新技术应用、典型案例等内容分解为独立模块,便于后续根据行业发展单独更新替换,避免频繁重版全书。数字资源依托与纸质教材配套的云端平台(如课程网站、在线案例库),实现校企共建共享,持续收录行业内技术白皮书、仿真软件操作指南等内容,使教材内容始终与产业实践保持同步。动态简报由教师团队定期编写政策解读与技术综述,作为教材的补充材料发布给学生。简报内容可涵盖最新政策解读、前沿技术综述、企业实践动态等,既弥补纸质教材的时效性不足,也培养学生持续关注行业发展的专业习惯。通过上述“内容更新 + 形态创新”的双重改革,构建起能够快速响应产业智能化发展的教材建设长效机制,为复合型制药工程人才培养提供兼具稳定性与前沿性的教学资源保障。

3.3. 智能化教学背景下教师教学能力重塑

教师是教学改革落地的关键执行者,直接决定着改革成效。当前,制药工程专业教师普遍存在对新兴智能化技术原理掌握不足等短板,需从能力培养与教学改革两个维度系统推进教师队伍的转型升级。

3.3.1. 多维并举,构建教师能力培养体系

当前师资的困境,表面上是缺乏对智能化技术的了解,本质上是在单一学科背景下形成的认知惯性与能力结构,难以适应跨学科教学的需求。教师能力的提升并非简单的知识堆砌,而是一个在实践情境中反思、建构与应用的过程。针对教师智能化素养不足的现状,需构建“走出去、请进来、系统训”三位一体的培养体系。“走出去”是基于情境学习理论,要求教师带着教学问题进入企业,在真实的工程情

境中重构自身的实践性知识,实现从“旁观者”到“参与者”的认知转变,如制度化安排教师,特别是青年教师,定期深入智能化标杆企业进行挂职锻炼或短期实践。要求教师带着教学问题进入生产一线,在真实场景中积累实践经验,理解企业用人需求与技术痛点,将实践收获反哺课堂教学,从源头上避免教学与实际脱节。“请进来”是基于资源互补理论,通过引入企业导师丰富校内教学团队的单一知识结构,如设立“产业教授”或“企业导师”岗位,邀请具有深厚行业背景和智能化实践经验的技术专家走进课堂,承担部分课程讲授、开设专题讲座或联合指导学生毕业设计。借助企业专家实践经验丰富、了解技术前沿的优势,有效弥补校内师资在工程应用能力上的不足。“系统训”是基于知识更新理论,通过结构化的专题培训,帮助教师建立系统的智能化知识框架,完成对自身知识体系的迭代升级,如与国内知名高校、企业或培训机构建立长效合作机制,定期组织教师参加智能化技术的专题培训,如“机器学习在制药中的应用”“工业大数据分析”等,系统更新教师的知识结构,使其能够紧跟技术发展前沿。

3.3.2. 理念更新,深化教学方法改革

在提升教师智能化素养的基础上,需进一步深化教学方法改革,推动教学理念与模式的转型,实现教师能力与教学实践的协同提升。深化教学方法改革的核心,是在人工智能与互联网技术的支撑下,推动教学从“知识传递型”向“能力建构型”的转型,其关键在于理念与实践两个层面的协同推进。工程能力无法通过单向的知识灌输来获得,只能在真实的实践情境中,由学习者在与问题的持续互动中主动建构生成。基于此,在理念更新层面,须推动教师实现两个根本性转变:一是从单纯的知识传授向解决问题能力培养转变,二是从单一学科思维向交叉融合教学思维转变,使其在智能化、数据驱动、跨学科融合的新型教学环境中,真正成为学生创新能力的引导者与培养者。在教学实践层面,引入基于企业真实需求的项目式教学是落实这一理念的有效路径。通过让学生直面企业抛出的真实技术难题,并引导其综合运用制药知识与数据分析工具寻找解决方案,教学过程本身就成为了一次模拟的工程实践;同时开发典型案例库,通过正反两方面经验的深度剖析,将行业的隐性知识转化为学生可内化的能力,促进学生从知识掌握向问题解决能力的实质性跃升。

4. 改革路径的配套实施与持续改进机制

前文从课程体系、教材、师资三个维度提出了改革的核心路径。这些路径的有效落地,需要配套的実施策略、评价机制与反馈体系作为保障。

4.1. 教学实施 - 试点先行,逐步推广

为确保教学改革稳步推进,采取“试点先行、逐步推广”的實施策略。首先,选择 1~2 门具有代表性的核心课程,如“制药过程智能控制”或“人工智能辅助药物设计”,作为改革试点。组建由多学科背景教师(制药工程、自动化、计算机)与企业专家共同构成的教学团队,采用新编智能化特色教材及配套数字资源,在小范围内,如一个教学班,开展教学实践。同步依托校企合作平台,共建“智能制药”教学案例库,为课程教学提供丰富的实践素材。在试点过程中,密切跟踪教学效果,系统收集学生反馈,总结成功经验与存在问题。待试点成熟、方案优化后,逐步将改革举措推广至专业所有核心课程及教学环节,最终实现课程体系改革的全面覆盖。

4.2. 改革考核方式,引入多元评价

改革传统考核方式,提高过程性考核(如小组项目报告、案例分析)权重。考核内容设计上,减少对知识点死记硬背的考查,侧重学生综合能力的考查。期末考试可设置开放性、综合性题目,要求学生在具体情境中运用所学知识分析问题并提出解决方案,重点考查其解决复杂工程问题的能力。在评价主

体方面,除任课教师外,积极引入第三方评价力量。在学生项目汇报、课程设计答辩及毕业设计答辩等环节,邀请合作企业的技术专家或“企业导师”参与评审,从产业应用的实际角度给出专业反馈与评价。

4.3. 建立反馈机制,实现教学持续改进

构建覆盖教学全过程、多主体的信息反馈与持续改进机制。在教学中,通过课堂反馈、学生座谈、教学督导及企业实习评价等多种渠道,动态收集教学效果信息;在阶段培养结束后,定期开展在校学生学习体验调查和用人单位满意度调研,全面了解学生的知识掌握、能力发展及行业适应性情况。对收集到的信息进行系统分析与周期性总结,形成教学评价报告,将其作为修订人才培养目标、优化课程体系、更新教学内容、改进教学方法的核心依据,实现人才培养质量的持续提升和闭环改进。

5. 结语

制药工程专业的教学改革,是回应国家战略号召、对接产业智能化升级的必然选择。面对“制药4.0”时代的深刻变革,将智能化技术与专业教育深度融合,已成为当下的紧迫任务。本文在剖析当前教学困境的基础上,提出了以课程体系重构为核心、以教材动态迭代和师资能力重塑为支撑、以多元化评价体系为保障的教学改革框架,为制药工程专业的智能化转型提供理论参考。同时,研究也存在一定局限性:首先,本文提出的课程体系、教材机制、教师培养路径均为理论构建与初步探索,尚未在高校进行全面落地试点,改革举措的有效性仍需在后继教学实践中进一步验证;其次,不同层次、不同类型高校在办学定位、生源质量、师资结构、校企资源等方面存在显著差异,本研究提出的改革框架的普适性有待在更广泛的院校样本中验证;最后,本文聚焦于宏观改革框架的构建,对部分关键细节的探讨不够深入,仍需后续开展专项研究,形成更具操作性的实施方案。改革的落地生根,有赖于教育者育人理念的主动更新、产业界资源的深度参与以及政策制定者的长效支持。只有坚持在理论中探索、在实践中检验、在迭代中完善,才能培养出既立足当下又面向未来的高素质人才,实现高等工程教育与产业发展的协同发展。

基金项目

本研究的完成得到了陕西省教育科学“十四五”规划课题(SGH25Y3099),陕西省研究生教育综合改革研究与实践项目(YJSZG2025178;陕西省教师教育改革与教师发展研究项目(SJS2025YB043),陕西本科和高等继续教育教学改革研究项目(25BY199),商洛学院课程思政示范项目(25JXYJ02),商洛学院教育教学改革研究项目(24jyjx126)资助。

参考文献

- [1] 汪艺宁,孙国香,张辉云.“新工科”背景下制药工程专业课程质量提升路径的思考与探索[J].化工时刊,2024,38(6):80-82.
- [2] 周建桂,汪红.基于工业4.0的智能制造生产线实训平台建设探索[J].南方农机,2021,52(5):91-93.
- [3] 周中流,黄丽平,吴寿远,林三清.中药制药工艺学实验课程思政教学探索实践[J].教育进展,2026,16(3):131-137.
- [4] 国家九部门联合发布“十四五”医药工业发展规划[J].化工时刊,2022,36(2):29.
- [5] 李娜.《医药工业数智化转型实施方案(2025-2030年)》印发[J].中医药管理杂志,2025,33(8):27.
- [6] 陈震,王超,董建.新工科背景下制药工程专业人才培养模式的构建与探索[J].化工时刊,2024,38(1):56-60.
- [7] 贾朝,李筱玲,潘婷婷,魏景,李先,梁旭华.制药数字化与智能化背景下制药工程课程改革的探索与实践[J].

教育进展, 2025, 15(11): 738-749.

- [8] 王海霞, 何永志, 李正. 面向产教融合的制药工程技术课程设计与实践研究[J]. 药学教育, 2022, 38(6): 54-57+82.
- [9] 万宇, 郑维恒, 蒋阅, 等. 人工智能在制药行业的应用进展[J]. 药学进展, 2023, 47(10): 741-750.