

“理论-仿真-实践-科创”四位一体教学模式的构建与应用——以制药设备与车间设计课程为例

董芹¹, 王超¹, 何宇新^{1*}

(¹ 西华大学 食品与生物工程学院, 四川 成都 610039)

摘要: 伴随我国制药工业的飞速发展与技术迭代, 传统制药设备与车间设计课程面临知识容量激增与教学实效不足的双重挑战。本研究立足于该课程教学现状, 构建并实践了“理论-仿真-实践-科创”四位一体的教学模式, 旨在通过四维联动、融会贯通的教学重构, 有效破解教学痛点, 全面提升学生的工程实践能力与创新思维, 为实现新工科背景下的高素质复合型人才培养目标提供有效路径。

关键词: 制药设备与车间设计; 四位一体; 教学模式; 创新能力

Construction and Application of a "Theory-Simulation-Practice-Innovation" Integrated Teaching Model: A Case Study of the Pharmaceutical Equipment and Workshop Design Course

Dong Qin¹, Wang Chao¹, He Yuxin^{1*}

(¹ Xihua University, School of Food and Biological Engineering, Department of Pharmaceutical Engineering, Chengdu, Sichuan, 610039, China)

Abstract: With the rapid development and technological iteration of our country's pharmaceutical industry, traditional pharmaceutical equipment and workshop design courses are facing the dual challenges of surging knowledge capacity and insufficient teaching effectiveness. Based on the teaching status of this course, this study constructs and practices the four-in-one teaching mode of "Theory-Simulation-Practice-Innovation", aiming to effectively solve the teaching pain points through four-dimensional linkage and integrated teaching reconstruction, comprehensively improve students' engineering practice ability and innovative thinking, and provide an effective path for achieving the goal of cultivating high-quality compound talents in the context of new engineering.

Keywords: Pharmaceutical equipment and workshop design; Four-in-one; Teaching mode; Innovation ability

基金项目: 西华大学双创专项教改项目 (项目编号: xjgg2025146)

作者简介: 董芹 (1990-), 女, 四川成都人, 西华大学食品与生物工程学院, 讲师, 研究方向: 制药工程

王超 (1980-), 男, 四川成都人, 西华大学食品与生物工程学院, 副教授, 研究方向: 制药工程

何宇新 (1976-), 男, 四川成都人, 西华大学食品与生物工程学院, 教授, 研究方向: 制药工程

通讯作者: 何宇新, 通讯邮箱: heyuxin66@126.com

引言

《制药设备与车间设计》是制药工程专业人才培养体系中的核心课程,承担着培养学生胜任复杂制药工程系统设计与优化重任的关键使命。然而,随着人工智能和数字孪生技术在制药领域的广泛应用,传统教学模式正面临严峻挑战^[1]。教师队伍工程背景薄弱导致产教脱节,教学资源滞后限制了学生实践能力的培养,加之知识体系碎片化、教学模式单一,共同导致了学生工程思维欠缺与创新动力不足^[2-1]。为破解这一多维困境,探索一种能够深度融合理论、实践与创新的新型教学模式,已成为课程改革亟待解决的核心议题。

课程组立足于新工科建设与工业 5.0 时代背景,聚焦于制药设备与车间设计课程的教学痛点,系统构建并实践了“理论—仿真—实践—科创”四位一体的教学模式。该模式通过理论重塑夯实知识根基,利用仿真沉浸破解实训瓶颈,依托实践深化淬炼工程能力,最终通过科创引领激发创新潜能,形成了层层递进、闭环融合的教学新范式。

1 制药设备与车间设计课程教学现状

1.1 制药设备与车间设计专任教师教学的核心痛点

制药设备与车间设计是制药工程专业的核心课程,旨在通过综合、分析与重组制药机械设备与工程设计知识,并将《药品生产质量管理规范》(GMP)理念全程贯通,从而培养学生解决复杂工程问题的综合能力。课程本身具有高度的综合性、前沿性与实践性。然而,部分青年教师缺乏制药企业一线的深入历练,致使授课内容与产业实际脱节,“产教融合”未能深入渗透于教学环节,影响了学生工程观念的建立^[2-2];另一方面,在有限学时内,教学重心往往偏向于显性知识与基础理论(低阶知识)的传授,难以腾出足够空间开展以分析、评价、创造为目标的高阶思维训练,学生创新能力培养受限;再者,传统的单向知识灌输模式,压缩了师生、生生之间的互动交流空间^[3]。这不仅降低了课堂活力,更导致学生的学习兴趣随着知识点的单向累积而逐渐消磨,甚至产生厌学情绪^[4]。除此之外,当前,仿真软件与实践基地两大核心资源的配置不足,严重制约学生实践与创新能力的培养^[5]。首先,部分高校虚拟仿真教学平台存在资源陈旧,缺少人机互动体验,剥夺了学生在前沿制药情境中进行预演与试错的机会。这不仅影响了学生对制药设备与车间设计基础理论的系统掌握,更有可能在实际操作前埋下安全隐患。其次,高质量的校外实践基地匮乏,学生缺少在真实生产环境中高阶锤炼工程思维的机会,导致显性知识向可迁移的创新能力的培养受阻,教学与产业需求之间由此筑起了一道无形却坚实的壁垒。

1.2 制药设备与车间设计学生学习的核心痛点

1.2.1 知识体系碎片化,系统构建与深度内化受阻

本课程融合了制药机械、制药工艺、《药品生产质量管理规范》(GMP)等多学科知识,是一门综合性和应用性非常强的学科。学生在有限学时内,难以自发地将零散的制药工程专业术语、抽象的制药设备与车间设计原理与具象的制药工程实体建立内在联系,导致其对设备结构和工作原理死记硬背,对设备工艺参数与车间布局间的内在逻辑难以理解,学生核心理论知识内化受阻,制药工程知识体系的系统构建存在巨大挑战。

1.2.2 实践平台支撑不足,理论与现实应用严重脱节

由于前沿制药设备短缺、仿真软件更新不及时、高质量实践基地资源紧张,学生与制药工程真实情境关联的核心动手能力、工程素养培养严重受限。教学多停留在基础原理讲解与陈旧设备认知层面,未能对接智能制造、AI 赋能的在线控制等工业前沿技术。此种“产教脱节”的模式,使学生无法在真实或高度仿真的制药工程场景中锤炼工程素养,导致其在面对制药设备选型、工艺优化、车间布局、公用工程设计等实际工程问题时,实践能力短板凸显。

1.2.3 学习价值感知薄弱,内在驱动力与目标感缺失

课程内容与快速发展的产业现实存在距离,加之教学方式互动性不足,使得学生难以感知其学习内容的实际价值与未来应用场景,易产生“学而无用”的认知。同时,单一化的考核与薄弱的职业引导,未能有效激发学生的学习兴趣,致使其学习目标模糊,内在驱动力持续衰减,陷入被动应付的消极状态。

1.3 创新教学模式是破解课程困境的必由之路

为有效应对上述教学痛点,教学工作者积极开展教学改革,陆续提出基于 BOPPPS 的教学模式^[6]、“互联网+翻转课堂”的教学模式^[7]、以及“融合 OBE 理念的线上线下混合式”教学模式^[8]等新型教学思路,旨在增强课堂互动、激发学生学习自主性。伴随工业 5.0 时代的到来,制药工程人才培养被赋予更深远的内涵。除扎实的专业基础外,学生还需具备跨学科协作能力、系统思维、创新意识与创业素养。面对新时代对高素质工程人才提出的全新挑战,制药设备与车间设计课程必须加快教学改革步伐,积极构建与时俱进的教学范式,以更好地回应产业变革与教育发展的双重要求。

2 “理论-仿真-实践-科创”四位一体教学模式的系统构建与实践

2.1 理论重塑, 夯实知识根基, 优化内容体系

“理论-仿真-实践-科创”四位一体教学模式的根基是基础理论知识。夯实知识根基能为后续开展仿真演练、工程实践与科创活动提供核心理论支撑。基于制药工程专业人才培养目标,为破解制药设备与车间设计课程知识体系碎片化,学生系统构建与深度内化受阻的学习痛点。课程组教师对制药设备与车间设计教学内容进行系统性的优化与重构,将核心基础知识整合为既相对独立又内在融通的三大模块,并通过数字赋能,构建立体化教学资源库与传统教材形成有效互补。首先,制药设备基础理论模块,针对目前制药工业应用较多的口服固体制剂设备、注射剂设备、间歇反应设备与生物制药发酵设备等设备,广泛收集前沿制药设备视频、动画及图文资料,将原本碎片化的知识点转化为系列化、可视化的数字资源,并搭建可供课前预习,课后复习在线资源学习平台;其次,车间设计基础模块,系统阐述从工艺流程设计、物料衡算、能量衡算到车间布置、管道设计及洁净空调系统等核心内容,培养学生科学、规范的工程规划设计能力;最后,工程案例模块,精选硝苯地平原料药、奥美拉唑无菌冻干粉针、连花清瘟胶囊等典型车间设计案例,引导学生在真实情境中综合运用理论知识,提升其解决复杂工程问题的能力。同时,通过依托在线教学资源,实施数据驱动型教学流程。通过课前在线发布带问题的预习任务,提升激活学生学习兴趣,了解学生学习难点,帮助教师优化教学规划;课中,对核心知识点进行在线问答,实时分析学生薄弱环节,深化讲解教学难点;课后,针对教学难点和重点,发布综合分析题,巩固学习效果,并可通过平台动态追踪学生学习数据,为后续教学优化提供可持续的数据依据。

2.2 仿真沉浸, 虚拟赋能实操, 破解实训瓶颈

“理论-仿真-实践-科创”四位一体教学模式的第二环节是虚拟仿真实验,它作为连接理论教学和实践操作的重要桥梁,被广泛的应用于各类制药工程相关课程的教学。万利等将虚拟仿真技术引入化工原理实验和制药工程实训教学中,解决了实验设备台套数较少的问题,并显著提高学生的工程实践能力^[9]。贾艾玲等将虚拟仿真技术运用到中药药剂学的补充教学中,提升了学生的整体思维能力和岗位胜任能力^[10]。课程团队通过高度逼真的虚拟场景搭建,将制药设备结构拆解、工艺流程模拟及车间布局优化等核心教学内容转化为可交互的数字化实践模块。学生佩戴虚拟仿真设备后,可自由缩放观察设备内部构造,模拟操作氢化反应釜、发酵罐、振动流化床、真空冷冻干燥等复杂装置,并在虚拟环境中反复调试参数、验证方案,无需担心实体设备损耗或安全风险。例如,在发酵车间仿真模块中,学生能通过手势交互调整搅拌桨转速、温度及溶氧量等关键参数,实时观察菌体生长曲线与产物合成速率的变化,在多次试错中掌握最优工艺条件。针对固体制剂车间设计难点,软件内置了从原料处理、制粒、压片到包衣的全流程动态模型,学生可通过拖拽设备模块、调整布局参数,实时生成三维车间效果图与物料流动路径图,直观验证设计方案的合理性与效率。为强化仿真教学的实效性,课程团队开发了动态反馈系统与智能纠错机制。当学生在虚拟操作中出现流程顺序错误或参数设置偏差时,系统会立即触发三维动画提示,结合语音解说指出问题根源,并引导其通过对比正确操作流程完成修正。这种“试错-反馈-改进”的闭环训练模式,使学生能在安全环境中积累经验,显著提升其对复杂设备操作规范与工程逻辑的理解深度。据教学数据显示,经过 VR 仿真训练的学生,在后续实体设备操作考核中的失误率较传统教学组降低 32%,且能更准确地分析设备故障原因并提出解决方案。

2.3 实践深化，联动虚实所学，淬炼工程能力

“理论-仿真-实践-科创”四位一体教学模式的第三环节是培养学生工程素质能力的关键环节。然而，目前实际教学过程中，理论教学、虚拟仿真实验和实践教学三者之前常常存在联系不够紧密，课程设计流于形式，与企业项目真实情境相差甚远^[11]。基于以上教学现状，课程团队，提出基于岗位胜任能力的制药设备与车间设计实践课程深化与改革。首次，搭建制药设备与车间设计专属校内实训平台，课程设计环节强调真实项目驱动，教师选取企业实际改造案例或待建车间项目作为设计主题，明确要求学生在方案中融合理论模块的核心原理与仿真模块的操作经验。例如，在口服固体制剂车间设计项目中，学生需根据产品特性选择制粒机、压片机、包衣机等关键设备，结合 VR 仿真中掌握的参数设置规律，完成从工艺流程设计到车间布局的全流程规划。为提升设计深度，课程引入企业工程师作为联合导师，定期组织线上答疑与方案评审，确保设计成果符合 GMP 规范与产业实际需求。此外，课程组教师与制药企业保持紧密的产学研合作，定期安排学生深入制药企业生产车间，在专业工程师指导下参与设备维护、工艺改进、车间布局优化等实际工作，让学生深入理解前修理论知识和仿真技能在制药企业中的实际应用场景，并让学生深刻体会目前制药产业取得的进步和仍然存在的问题，有效激发学生的学习价值感和历史责任感。得益于“校内基地-企业现场”双场景的协同训练，传统模式下“学用脱节”的困境得以扭转，使学生工程实践能力达标率大幅提升。

2.4 科创引领，激发创新意识，赋能专业创业

为进一步培养学生的创新与创业能力，课程团队在实践深化的基础上，构建了科创引领机制，形成了“理论-仿真-实践-科创”的完整闭环。课程组教师以真实产业问题为导向，鼓励学生结合前序环节积累的知识与技能，开展跨学科项目研究与技术攻关，并积极指导学生参加创新创业竞赛和制药工程设计竞赛。此外，为保证学生深入理解创新创业项目落地的商业逻辑，课程组积极邀请项目相关企业专家作为项目第二指导导师。校内教师与企业专家共同制定研究方案，定期开展项目答辩与技术研讨。例如，针对脂溢性脱发的发病特点和市场需求，学生团队在教师指导下，开发了新型防脱发制剂，并通过校企合作渠道申请专利、参与行业竞赛，将创新成果转化为实际生产力。此外，针对合成车间的实际工程问题，指导学生团队参加全国大学生制药工程设计竞赛，通过竞赛提升学生解决“复杂工程问题”的能力。这一以创新为核、需求驱动的模式，不仅突破了“知识本位”的教学窠臼，更依托真实项目，使学生的系统思维、问题破解与团队协作能力在实战中得到深度锻造，实现从知识接受者到创新实践者的根本转变，以期为制药工程领域输送兼具技术硬实力与创新软能力的复合型人才。

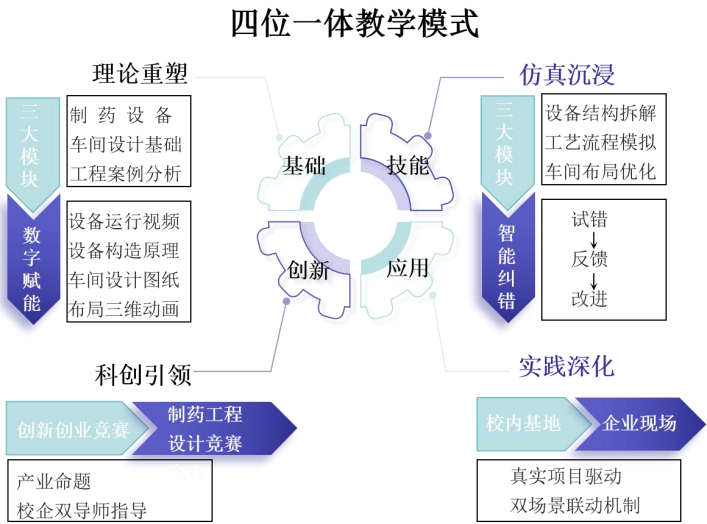


图 1 “理论-仿真-实践-科创”四位一体教学模式设计

3 教学模式的实践成效

在实践应用层面，该教学模式通过“理论-仿真-实践-科创”四位一体的协同推进，实现了教

学全流程的闭环管理。首先,在实施路径上,课程团队制定了分阶段、模块化的推进方案:第一阶段以理论重塑为基础,通过立体化教学资源库和数据驱动型教学流程,完成学生知识体系的系统构建;第二阶段依托虚拟仿真平台,开展高沉浸感的实操训练,破解实训资源短缺瓶颈;第三阶段通过真实项目驱动的实践课程,联动虚实所学,淬炼工程能力;第四阶段以科创引领为导向,鼓励学生开展跨学科项目研究,形成创新成果。为确保各环节的有效衔接,课程团队开发了配套的数字化管理平台,实现教学进度、学生表现、资源使用等数据的实时采集与分析,为动态调整教学策略提供依据。

应用成效方面,制药设备与车间设计教学改革带来了多方面的显著提升。教学数据显示,学生过程考核和期末考核成绩均提升 20% 以上,学生后续实体设备操作考核中的失误率较传统教学组降低 26%;学生工程实践能力达标率从 65% 提升至 82%;学生团队在全国大学生制药工程设计竞赛中获得省级和国家级奖励。创新成果转化方面,已有多个学生参与项目通过校企合作渠道申请专利。教学评价方面,学生对课程满意率也从 82% 提升至 92%。更为重要的是,学生的系统思维、问题解决能力、团队协作精神和创新能力显著优于传统培养模式下的制药工程专业毕业生。

4 结语

综上所述,“理论—仿真—实践—科创”“四位一体”教学模式通过理论重塑、仿真沉浸、实践深化与科创引领的有机融合,系统性破解了制药设备与车间设计课程长期存在的知识碎片化、实训资源短缺、教学模式单一等核心教学痛点,进而实现了学生从知识传授到工程素养塑造、从课堂知识学习到制药工程真实场景应用的全方位跃升。这一模式为制药设备与车间设计课程教学改革提供了有益的经验,但是为了顺应制药工业的不断改革发展需求,课程的建设还需要继续打破学科壁垒,并整合相关产业技术优势不断创新。

参考文献:

- [1] 刘竺云,郭玮璐,薛翔,等. AI 和数字孪生赋能高职药物制剂技术课程改革与探索[J]. 化工管理, 2025, (18): 35-39.
- [2] 刘文波,姜登钊,余群英,等. 《制药设备与车间设计》教学创新与实践[J]. 广州化工, 2023, 51(12): 252-254.
- [3] 陆震鸣,李恒,龚劲松,等. 如何提高制药工程专业学生复杂工程问题的解决能力[J]. 广州化工, 2017, 45(24): 155-157.
- [4] 余敬谋,葛海霞,吴漪,等. 基于 OBE 理念的制药设备与车间设计课程教学改革与探索[J]. 教育观察, 2025, 14(04): 110-113.
- [5] 于秀玲,时鹏飞,王振,等. 基于工程教育认证的制药设备与车间设计课程教学改革模式探索[J]. 生物化工, 2025, 11(01): 177-179+183.
- [6] 杜健,梁井瑞,李伟,等. BOPPPS 教学法在“制药设备与车间设计”课程中的应用[J]. 无线互联科技, 2021, 18(09): 143-146.
- [7] 高丽娜,刘青芝,周长征,等. “互联网+翻转课堂”教学模式探索与实践——以制药机械设备与车间工艺设计课程为例[J]. 高教学刊, 2025, 11(S2): 113-116.
- [8] 韩永萍,刘红梅,李可意. “一体两翼三段驱动”线上线下混合教学模式探索与实践——以“制药设备与车间工艺设计”课程为例[J]. 广东化工, 2024, 51(17): 229-231.
- [9] 万利,彭辉艳,李林玲,等. 虚拟仿真技术在制药工程专业中的探索与实践[J]. 广东化工, 2025, 52(01): 179-180+147.
- [10] 贾艾玲,邱智东,姚帆,等. “理论-仿真-实践-科研”TETS 全链条特色教学模式的研究与应用——以中药药剂学为例[J]. 中药与临床, 2025, 16(04): 68-72.
- [11] 李姗姗,曾锐,张齐雄,等. “新工科”背景下民族高校制药设备与车间设计教学改革探索[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2023, 48(01): 112-116.