

教育研讨

2025年9月第7卷第9期

以提升工程能力为目标的制药工程实训改革

朱鑫庆 付雪 姚波

重庆科技大学化学化工学院, 重庆

摘要 | 本文针对制药工程实训教学中存在的问题开展改革探索。以重庆科技大学制药工程专业为研究对象, 分析现有“对乙酰氨基酚”实训模块存在的模块割裂、创新性不足、与企业生产场景脱节等问题。基于成果导向教育(OBE)理念, 提出问题导向学习(PBL)项目驱动型教学模式改革方案, 将传统验证性实验转变为“优化生产工艺”等真实项目任务, 强化学生工程问题解决能力培养, 有效提升学生的工程实践能力与行业适应性, 为制药工程专业实践教学提供新思路。

关键词 | 制药工程; 实训; PBL教学模式; OBE理念

Copyright © 2025 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

制药工程是连接化学、生物学和工程学的交叉学科, 其核心任务是将实验室研究成果转化为工业化生产的技术和工艺。在《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》这一系统性教育发展框架下, 明确要求实现教育、科技、人才一体化布局。因此, 工程类学科必须构建以实际问题为导向的教学体系, 确保学生在掌握扎实理论知识的同时, 具备较强的工程实践能力。《“十四五”医药工业发展规划》明确提出, 要推动制药工业向智能化、绿色化、国际化方向发展。这对制药工程专业人才培养提出了更高要求: 不仅要掌握传统制药工艺, 还需具备数字化思维、环保意识和国际视野。同时, 人工智能、大数据分析、连续制造等新兴技术在制药领域的广泛应用, 也要求教育体系及时跟进技术发展趋势, 培养适应未来产业需求的复合型人才。重庆科技大学制药工程专业经过近27年的

发展, 制药工程实训已成为制药工程专业的重要实践课程, 目前其教学内容涵盖传统实验教学和基础工艺操作训练。长期以来, 实践课程由教师主导, 教学重点集中在药品生产的基本工艺、设备操作及质量检测等方面, 侧重于培养学生的基础工程操作技能。但面对现代制药行业的复杂性和技术革新需求, 学生往往缺乏足够的创新思维和综合能力^[1-4]。基于此, 制药工程实训课程需整合课程体系、实践环节、师资队伍、评价机制等要素, 构建多层次实践教学体系。国际制药工程教育的发展经验表明, 成功的实训课程应当具备以下特征: 一是与产业实际紧密结合, 能够反映最新的技术发展趋势; 二是注重跨学科融合, 培养学生的系统思维能力; 三是强调创新实践, 鼓励学生在解决实际问题中发挥创造力; 四是建立有效的质量保障机制, 确保教学效果的持续改进。以上经验为我校制药工程实训改革提供了重要参考。

基金项目: 本文系重庆科技大学教学改革研究项目“以工程能力培养为导向的制药工程实训改革”(项目编号: 202385)的研究成果。

通讯作者: 朱鑫庆, 重庆科技大学化学化工学院副教授, 工学博士, 研究方向: 化工与制药领域教学与科研。

文章引用: 朱鑫庆, 付雪, 姚波. 以提升工程能力为目标的制药工程实训改革[J]. 教育研讨, 2025, 7(9): 1002-1007.

<https://doi.org/10.35534/es.0709190>

2 工程能力培养面临的问题

制药工程专业本科生的工程能力培养目标,要求学生毕业后在药品生产过程中,能够将药物化学性质、生产工艺、质量控制等方面的知识有效融合,以确保最终产品质量。但当前培养中,学生的“技术转化能力”和“工程问题解决能力”存在明显短板,需针对性加强。

2.1 理论与实践脱节问题

当前制药工程专业的理论教学与实践教学存在明显的割裂现象。理论课程往往采用传统的讲授模式,重点关注知识的传递,而实践课程则相对独立,缺乏与理论知识的有机结合。这种教学模式导致学生难以建立完整的知识体系,无法有效将理论知识应用于实际工程问题的解决。在教学过程中,教师发现以下三方面问题一直未能有效解决:第一,学生在学习“制药设备及工程设计”“药品生产质量管理工程”等理论课程时,往往停留在概念理解层面,缺乏对其在实际生产中应用场景的深入认识;第二,实践课程中的实验操作多为验证性实验,学生只需按照既定步骤完成操作,缺乏对实验原理和工程背景的深入思考;第三,理论知识与实践技能的考核方式不同,导致学生将两者视为独立的学习任务,未能形成统一的认知框架。

2.2 创新能力培养不足

实训内容方面,传统实验以单一验证性操作为主,缺乏涵盖“小试—中试—生产”的全流程综合训练,导致学生对制药工艺的整体把控能力不足。重庆科技大学制药工程专业经过多年发展,已初步建立起“项目化”实践教学模式,期望通过模拟真实制药生产流程,让学生在团队合作中解决实际工程问题,进而锻炼工程实践能力和团队协作能力。然而,这些“项目化”实践课程在一定程度上仍属于标准化实验类课程,多数内容是重复性经典实验,结果具有可预知性,整个实验过程仅是对往届操作的重复,所得结果也以验证性为主,对培养学生的探索精神和发现意识作用有限。创新能力的培养,需要学生在面对未知问题时,能够运用所学知识进行分析、设计并解决问题。然而,当前的实训模式缺乏开放性和挑战性,学生很少有机会接触到真正的工程难题。在这种情况下培养出的学生,往往具备较强的操作技能,但在面对复杂的工程问题时,缺乏独立思考和创新解决的能力。此外,创新能力的培养还需要跨学科的知识融合。现代制药工程涉及化学、生物学、材料科学、信息技术等多个领域,需要学生具备综合运用多学科知识解决问题的能力。但当前的实训课程多局限于本专业范围内,缺乏与其他学科的交叉融合,限制了学生创新思维的发展。

2.3 基础设施建设滞后

实训场所建设方面,现有校内实训基地建设相对

滞后,实训设备和场地不足,导致学生无法开展充分的实践操作。设备的台套数量和种类,既不能满足扩招后学生的实训需求,也无法适配药物生产的挑战。例如,学生在实训中难以接触复杂的生产工艺放大、过程分析技术、连续制造技术,以及人工智能、数字孪生技术应用,同时对GMP法规指南下的合规要求等内容也缺乏实践机会。

普通理工科大学因缺乏符合GMP标准的校内实训基地,多转向校企合作开展实践教学,但制药企业对实习生的安全和保密要求较高,学生仅能在企业参观中接触非核心生产环节,无法参与全流程操作,实训合作的深度和广度仍需进一步拓展。制药工程实训对基础设施的要求较高,不仅需要先进的设备和仪器,还需要符合GMP标准的生产环境。然而,高校必然在基础设施建设方面普遍面临资金短缺、技术更新滞后等问题,直接导致实训设备老化磨损严重。现有的实训设备多购置于十年前甚至更早,技术相对落后,无法反映当前制药工业的先进技术水平。学生在这样的设备上开展实训,难以掌握现代制药工艺的核心技术。此外,实训设备的维护成本高昂,制药工程实训设备的维护和更新需要大量资金投入,许多高校难以承担这一费用,导致设备长期处于亚健康状态,严重影响实训质量。

2.4 师资队伍建设挑战

教学队伍的结构性短板,已成为制约工程人才培养质量的关键因素。现有教师队伍的学科背景相对单一,多以化学、药学为主,普遍缺乏系统的工程学训练,因此在指导学生开展综合性工程实践时,常感力不从心。此外,许多教师“从校门到校门”,缺少在制药企业的实际工作经历,对产业界的最新技术需求和发展动态认知不足。更为关键的是,面对日新月异的制药工业技术,教师知识体系的更新速度往往滞后于产业发展,难以将前沿工艺与先进理念有效融入教学过程。这些问题相互交织,共同削弱了师资队伍对高质量工程人才培养的支撑能力。针对上述缺失和不足,需通过持续改革制药工程实训的实践教学来解决。具体而言,应依据工程教育认证标准和行业人才培养标准,邀请行业、企业专家参与培养方案修订,完善特色课程体系,引导学生开展自主学习与主动探究。

3 实训改革

重庆科技大学制药工程实训内容包含三个模块,具体如下:模块1是对乙酰氨基酚原料药的合成;模块2是对乙酰氨基酚片剂的制备;模块3是对乙酰氨基酚原料药的杂质检测和分析,以及片剂的质量检测和分析。当前实训设置的三个模块,虽基本覆盖了药物从合成到制剂再到质检的整个流程,但仍存在明显不足,这些问题不仅会影响学生的学习效果,还会对人才培养目标的实现

产生负面影响。

3.1 制药工程实训存在的问题

3.1.1 内容设计缺陷

实训讲义固定了对乙酰氨基酚原料药合成的步骤和制剂处方,强调操作的重现性,却缺乏对工程思维与创新性的培养。这导致现有实训实操仅停留在完成流程实验层面,学生无法获得工艺优化、工程设计及问题解决能力的训练;且实训内容未融入企业实际生产中的各类场景,使得学生难以适应行业对工程化人才的需求。当前制药工程实训教学的内容设计,存在若干亟待改进的突出问题。其一,工艺参数固化。实训指导书通常预设固定的干燥温度、时间、搅拌器转速及切割刀转速等参数,学生仅能按要求进行验证性操作,缺乏对参数优化路径的探索空间。此举虽能保障实验成功率,却严重束缚了学生的工程优化思维。其二,变量分析环节缺失。真实的药品生产过程涉及多变量耦合影响,要求工程师具备识别关键变量、控制工艺波动的能力,而现有实训体系尚未系统引入变量分析训练,导致学生难以建立对工艺动态性的深刻理解。其三,经济性维度忽视。制药工程是技术可行性与经济合理性的统一,但在实训过程中,成本控制、生产效率等关键经济指标常被忽略,不利于学生形成全面的工程价值观与决策能力。上述问题严重制约了实训教学对学生综合工程素养的培养成效,亟待通过教学模式改革予以破解。

3.1.2 技术内容滞后

现有实训体系与制药企业实际生产场景及现行GMP规范存在显著脱节。一方面,对药品生产全流程的模拟仿真、符合GMP规范的批记录管理训练未能系统化开展,药物分析检测模块的内容与行业标准尚有差距;另一方面,受限于硬件条件,实训过程多依赖传统间歇式手工操作,未能涵盖连续制造(CM)、过程分析技术(PAT)等符合制药行业智能化发展趋势的关键技术,亦未融入绿色制药原则或人工智能辅助工艺设计等前沿方法。这种滞后性不仅使得部分高危险度工艺因安全考量无法在实训中再现,更导致学生的实践技能体系难以适应制药工业正在经历的数字化与智能化转型需求。实训课程技术内容滞后于制药工业实际发展的问题,首先是自动化技术应用的缺失。实训环节仍以传统人工操作为主,未能引入现代制药企业已广泛采用的自动化控制系统与设备,导致学生难以适应智能化生产环境的要求;其次是数字化要素融入严重不足,实训课程尚未涵盖实时数据监控、在线质量分析等核心数字化技术,使学生缺乏利用数据优化生产的关键能力;最后是绿色制药理念在实训中也未得到有效贯彻,学生未能系统接触绿色化学原则与清洁生产技术,制约了其绿色工程素养与社会责任意识的培养。这些滞后性问题共同削弱了实训教学与行业前沿发展的契合度。

3.1.3 系统整合不足

实训模块间存在割裂,缺乏全链条整合。三个模块独立进行,未形成“原料药→制剂→质量控制”的全流程协作,学生仅能掌握片段化技能,既缺乏药品全生命周期管理意识,也未通过模拟注册申报或成果转化环节理解药品从研发到生产的完整逻辑。现有实训课程在系统整合方面存在明显缺陷,各教学模块之间缺乏有效的有机衔接。具体而言,课程虽包含若干独立实训单元,但在时间安排与内容设计上相对割裂,学生往往将其视为一系列互不关联的实验任务,难以形成对药品生产全流程的整体认知,这种碎片化的学习模式阻碍了学生系统性工程思维的建立。与此同时,实训内容未能体现真实制药生产中上下游环节的紧密关联,学生无法理解前道工序的质量控制对后续步骤的关键影响,因而缺乏贯穿始终的质量管理意识。此外,现行实训体系完全忽视项目管理能力的培养,未引入项目规划、进度控制及风险管理等现代制药工程必备的教学内容,导致学生难以适应未来跨部门协作的工程实践要求。此外,工程实训还存在评价机制单一、企业参与度低、产教融合不足等问题,对学生的考核主要以实验报告和操作规范性为主,忽视创新能力、团队协作等软技能,也未引入企业真实评价标准^[2, 3, 5]。以上问题导致学生缺乏成本控制、数据可靠性等实操训练,人才培养目标与企业需求错位,就业适配度低,因此针对实训的教学改革势在必行。

3.2 基于OBE理念的PBL实训模式

在重庆科技大学早期的制药工程实训教学模式中,学生多处于被动学习状态,仅能按照指导书操作,缺乏对变量的深入分析,导致知识碎片化,无法形成系统思维,毕业后难以应对工艺参数优化、质量控制等生产现场的复杂工程问题^[6]。针对这一情况,教学团队基于OBE(Outcome-Based Education, 成果导向教育)教学理念,以能力培养为核心,构建适应制药工程“产学研一体、工学结合”要求的实践教学模式^[1, 7-9]。

3.2.1 OBE理念的核心要素

OBE理念强调以学习成果为导向,通过明确的能力目标指导教学活动的设计与实施。在制药工程实训中应用OBE理念,需要重点关注以下核心要素:一是学习成果导向。传统教学模式往往以教学内容为中心,关注“教什么”的问题;而OBE理念则以学习成果为中心,关注“学生能够做什么”的问题。在制药工程实训中,需要明确定义学生完成实训后应具备的知识、技能和素养。二是反向设计原则。基于预期的学习成果,反向设计教学活动、评价方法和资源配置。这种设计方法可确保教学活动与学习目标的一致性,提高教学效率。三是持续改进机制。OBE理念要求建立有效的反馈机制,通过对学习成果的评估,不断改进教学方法和内容,

形成闭环的质量保障体系。为此,教学团队将传统综合训练模式改进为项目驱动型教学模式(Project-Based Learning, PBL)。这是一种以学生为中心、问题导向的教学方法^[4, 10, 11],可将理论知识与实践相结合,通过模拟工业生产环境,帮助学生掌握药品制备的核心技能。

3.2.2 PBL模式的实施策略

PBL模式的成功实施需要依托系统的策略设计,涵盖项目选择、团队组建、过程管理等多个环节:一是项目选择策略。选择适宜的项目是PBL模式成功的关键,项目需具备以下特征:真实性,即项目来源于实际工程问题;挑战性,即项目存在一定难度,需要学生运用多学科知识协同解决;开放性,即项目无固定标准答案,允许多种解决方案并存;协作性,即项目需要通过团队合作方可完成。二是团队组建策略。合理的团队组建能促进学生间的知识互补和技能共享。在制药工程实训中,可以结合学生的专业背景、兴趣特长等因素进行分组,确保每个团队均具备完成项目所需的基础能力。三是过程管理策略。PBL项目通常周期较长,需要通过有效的过程管理保障项目顺利推进,具体包括设置阶段性目标、定期组织项目进展汇报、及时解决项目实施中出现的问题等。综合实训以对乙酰氨基酚片剂生产为核心内容,该内容特别适合通过问题驱动和项目导向,将学生从被动操作者转变为主动探究者,进而显著提升学生的创新能力和行业适应性。PBL模式符合OBE理念,能有效增强学生的问题分析和解决能力:学生可通过项目探究药品生产中的实际挑战,培养批判性思维;模式强调以小组合作模拟企业团队,助力学生提升沟通和创新技能,同时强化对知识的整合应用能力。

3.2.3 技术手段的创新应用

除采用项目式教学外,未来的实训教学可以引入虚拟仿真技术和在线实验平台,打破传统教学设施的局限性。学生通过计算机模拟制药生产的各个环节,能提前熟悉生产过程中的常见问题就应对措施,进而增强操作经验和应变能力。在制药工程实训教学中引入虚拟仿真技术,具有显著优势。该技术能够构建高度仿真的实验环境,使学生可以在绝对安全的前提下操作高危试剂或开展复杂工艺实训,有效规避实际操作中的安全风险。同时,虚拟平台能够模拟多种极端工况与异常场景,为学生提供丰富的实践机会,且系统的一次性投入与可重复使用特性,也使其具备良好的成本效益。此外,虚拟仿真系统灵活性较强,教师可根据教学需求动态调整工艺参数与操作条件,为个性化教学的实施提供支持。为进一步提升实训教学的实践性与前沿性,部分高校已积极推进校企合作,通过安排学生进入制药企业实习,使其接触真实生产流程与先进技术。校企合作的持续深化,需从三方面系统推进:一是完善合作机制,建立长期稳定的协作关系,明确各方权责,保障合作可持续运

行;二是拓展合作内容,突破单一实习安排的局限,逐步开展课程共建、师资交流、技术项目协作等多层次合作;三是强化质量保障,构建有效的监督评估体系,确保合作过程与成果符合人才培养目标。

3.3 实训改革的实施

以工程实训提升本科生的工程实践能力,关键在于让学生在接触并解决实际工程问题的过程中,逐步培养综合运用知识、创新能力及团队协作等核心工程素质。重庆科技大学的制药工程实训课程经过多年发展,已形成以应用广泛的药品“对乙酰氨基酚片剂”生产制备为真实项目的驱动式学习模式。

3.3.1 实施路径设计

制药工程实训改革的落地需要依托系统的路径设计,以确保各项改革措施有效推进:第一阶段是基础建设。硬件建设方面,包括更新实训设备、完善实训场地、搭建虚拟仿真平台等;软件建设方面,包括修订教学大纲、开发新型实训项目、开展师资队伍培训等。第二阶段是试点实施。选取部分班级或项目开展试点,验证新型教学模式的有效性,及时发现问题并调整改进措施。第三阶段是全面推广。在试点成功的基础上,将新型教学模式推广至所有相关课程和班级,形成规模效应。第四阶段是持续改进。建立长效的质量监控和改进机制,结合实施效果和外部环境变化,不断优化教学模式。

实训中,学生不再脱离理论教学内容独立操作,而是围绕对乙酰氨基酚片剂生产中的工艺优化等实际问题开展设计、实施和评价,以此培养综合能力。早期的综合实训,是在教师指导下按指导书完成对乙酰氨基酚原料药合成、片剂制备中的湿法制粒、压片,以及溶出度和崩解度检测等步骤,虽强调重复性和准确性,但缺乏学生主动性和创新空间。而PBL模式可以将训练转化为“项目任务”,如在实训中提出“优化对乙酰氨基酚片剂生产工艺以提高溶出率”的子项目课题,可以有效激发学生的自主学习意识和问题解决能力。

3.3.2 具体实施措施

为确保实训改革有效实施,需要采取以下具体措施:一是项目化改造传统实验。将原有的验证性实验改造为开放性项目,为学生明确目标但不限定具体实现路径。例如,将“对乙酰氨基酚的合成”实验,改造为“对乙酰氨基酚合成工艺的优化项目”,要求学生在确保产品质量的前提下,从成本、效率、环保等角度对工艺进行优化。二是建立跨模块协作机制。打破原有模块间的壁垒,构建三个模块间的协作关系。例如,模块1的合成结果直接用于模块2的制剂制备,模块2的制剂产品用于模块3的质量检测,形成完整的生产链条。同时,各模块的学生团队需要开展信息交流和协调配合,模拟真实的企业协作环境。三是引入真实工程约束。在项目实施

过程中,引入如成本限制、时间约束、质量标准等真实工程的约束条件,让学生在约束范围内寻找最优解决方案。这种做法能有效培养学生的工程优化思维和资源配置能力。四是强化过程管理。建立详细的项目进度管理制度,要求学生定期汇报项目进展,记录项目实施中的问题及解决方案。教师不再是单纯的知识传授者,而是项目的指导者和协调者,协助学生解决项目实施中遇到的困难。

3.3.3 质量保障机制

实训改革的成功需要依托有效的质量保障机制,具体包括以下方面:第一,构建多元化评价体系,涵盖过程评价、结果评价、同伴评价与自我评价。其中,过程评价聚焦学生在项目实施中的表现,包括问题分析能力、方案设计能力、团队合作能力等;结果评价关注项目最终成果的质量;同伴评价通过学生互评,培养学生的批判性思维;自我评价帮助学生反思学习过程,提升自我管理能力。第二,邀请制药企业的技术专家和管理专家参与实训教学,从企业视角对学生的项目成果进行评价。这种做法不仅能确保教学内容与企业需求保持一致,还能让学生提前了解企业的质量标准和工作要求。建立基于数据的持续改进机制,通过收集学生反馈、企业评价、就业情况等数据,分析实训效果,识别改进空间,及时调整教学方法和内容。近期针对药学专业学生的综合实验教学改革研究表明,PBL在药学实践教学中可以显著提升学生的工程实践能力和行业适应性^[12, 13]。

3.4 新兴技术的融入

人工智能(AI)技术在药品生产中的应用已渗透到研发、生产、质量控制、供应链管理等多个环节,显著提升了生产效率和安全性^[14, 15]。因此,制药工程实训不应仅限于传统化学制药工艺,还需扩展至生物制药、纳米药物递送系统等创新领域,培养学生掌握更多跨学科知识和技术。实训中,学生不仅要学习如何操作设备、控制工艺,还将直接参与原料的采购计划、生产调度乃至市场销售等一系列综合性问题的处理。

4 小结

今后的教学模式将更加注重项目驱动和实践导向。未来的制药工程实训课程,将进一步通过实际项目驱动学习:学生将在实际工程项目中,不仅要学习如何操作设备与控制工艺,还将面对从原料采购、生产调度到市场营销等一系列综合性问题。这种实践教学方式,能更有效地培养学生的解决问题能力和创新能力。同时,跨学科的合作也将成为未来制药工程实训的重要方向。药学、机械和自动化等学科的融合,将促使学生更全面地掌握制药过程中的技术与知识。而产学研结合则会成为未来制药工程实训的核心方向:高校将与制药企业建立更紧密的合作关系,通过引入企业项目,为学生提

供更多实践机会和职业发展通道。借助与行业的紧密合作,学生不仅能获取最前沿的技术知识,还能更深入地了解行业动态。

参考文献

- [1] Garnjost P, Lawter L. Undergraduates' Satisfaction and Perceptions of Learning Outcomes across Teacher-and Learner-Focused Pedagogies [J]. *The International Journal of Management Education*, 2019, 17 (2): 267-275.
- [2] 张起辉,季金苟,杨丰庆,等. 制药工程实践教学现状与探索 [J]. *化工管理*, 2019 (35): 14-15.
- [3] 郭玲玲,于燕燕,樊冬丽,等. 高校制药工程实训中心的现代化建设探索 [J]. *广州化工*, 2022, 50 (17): 221-223.
- [4] Liu J, Li R, Yang W, et al. Project - Based Teaching Model in Pharmaceutical Integrated Experiment Course for Undergraduates Implementing the Case Study: Design, Synthesis, and Biological Evaluation of Potential Sirt5 Inhibitors [J]. *Journal of Chemical Education*, 2023, 100 (11): 4414-4422.
- [5] 颜庭轩,王双寿,马亮,等. 药学类专业学生解决复杂工程问题能力培养的探索 [J]. *安徽工业大学学报:社会科学版*, 2021, 38 (6): 78-79, 87.
- [6] 龙奋杰,王建平,邵芳. 新建本科院校推行成果导向工程教育模式的探索与实践 [J]. *高等工程教育研究*, 2017 (6): 76-80.
- [7] 杨慧,闫兆进,慈慧,等. OBE驱动的工程教育课程教学创新设计 [J]. *高等工程教育研究*, 2022 (2): 150-154.
- [8] Zamir M Z, Abid M I, Fazal M R, et al. Switching to Outcome-Based Education (OBE) System, a Paradigm Shift in Engineering Education [J]. *IEEE Transactions on Education*, 2022, 65 (4): 695-702.
- [9] 梅运军,黄岚,胡纯,等. 成果导向教育理念(OBE)下的环境工程微生物学课程教学改革与实践 [J]. *微生物学通报*, 2018, 45 (3): 609-615.
- [10] 王琳,袁东,马文,等. 项目驱动型教学模式在分析检测技术中的应用 [J]. *大学化学*, 2019, 34 (7): 11-15.
- [11] Zha R, Xu X, He L, et al. Project - Driven Teaching Practice and Reform of Chemical Engineering Comprehensive Experiment on Water Gas Shift Reaction [J]. *Journal of Chemical Education*, 2025, 102

- (7) : 2836–2844.
- [12] Wang L, Xu Y, Zhang M, et al. Teaching Innovation in a Pharmacy Course: Integration of “Question–ing–Training of Comprehensive Knowledge Application” and a “Teacher – AI – Student Interaction Model” [J]. *BMC Medical Education*, 2025, 25 (1) : 964.
- [13] Ouyang Q, Dan H, Gao H, et al. A Comprehensive Experiment for Pharmaceutical Students: Understanding Surface Modifications and Its Use in Pharmaceutical Industry [J]. *Journal of Chemical Education*, 2025, 102 (8) : 3583–3591.
- [14] Patil R S, Kulkarni S B, Gaikwad V L. Artificial Intelligence in Pharmaceutical Regulatory Affairs [J]. *Drug Discovery Today*, 2023, 28 (9) : 103700.
- [15] Rathi S, Majumdar A, Chatterjee C. Did the Covid – 19 Pandemic Propel Usage of AI in Pharmaceutical Innovation? New Evidence from Patenting Data [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2024, 198: 122940.

Reforming Pharmaceutical Engineering Practical Training to Enhance Engineering Competency

Zhu Liqing Fu Xue Yao Bo

School of Chemistry and Chemical Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Abstract: This study explores reforms to address the shortcomings in pharmaceutical engineering practical training. Taking the Pharmaceutical Engineering program at Chongqing University of Science and Technology as a case study, it analyzes the problems existing in the current “Paracetamol” practical training module, including fragmented structure, lack of innovation, and disconnection from real industrial production scenarios. Guided by the concept of Outcome-Based Education (OBE), a reform plan for the Problem-Based Learning (PBL) project-driven teaching model is proposed. This plan transforms traditional verification experiments into real project tasks such as “optimizing production processes”, strengthens the cultivation of students’ ability to solve engineering problems, effectively improves their engineering practical skills and industry adaptability, and provides new ideas for the practical teaching of pharmaceutical engineering programs.

Key words: Pharmaceutical engineering; Practical training; Problem-Based Learning; Outcome-Based Education