

# “AI导师+虚拟项目”模式 在生物制药发酵工艺实训中的应用及成效评价

于 丽

黑龙江职业学院 黑龙江哈尔滨 150111

**摘 要:** 生物制药发酵工艺实训是衔接理论知识与生产实践的核心环节, 对培养学生实操能力、工艺优化思维及职业素养具有关键作用。传统实训模式受设备成本、场地限制、安全风险及实训效率等因素制约, 难以满足高质量人才培养需求。本文基于AI技术与虚拟仿真技术的应用优势, 构建“AI导师+虚拟项目”实训教学模式, 阐述该模式在生物制药发酵工艺实训中的应用路径, 从知识掌握、技能提升、素养培育等维度建立成效评价体系, 结合教学实践分析模式应用价值与优化方向, 为摆脱生物制药发酵工艺实训困境、提升实训教学质量、培养符合行业需求的高素质技术技能人才提供参考。

**关键词:** AI导师; 虚拟项目; 生物制药; 发酵工艺; 实训教学; 成效评价

随着AI技术、虚拟仿真技术在教育领域的深度融合, “AI导师+虚拟项目”模式为生物制药发酵工艺实训教学改革提供了新路径。AI导师凭借智能化、个性化、实时化的指导优势, 可精准匹配学生学习需求, 弥补传统实训中教师指导覆盖面不足、针对性不强的问题; 虚拟项目依托虚拟仿真技术构建高度仿真的发酵工艺场景, 可突破物理空间、设备条件及安全风险的限制, 为学生提供沉浸式、可重复的实操体验。在此背景下, 将“AI导师+虚拟项目”模式应用于生物制药发酵工艺实训, 通过技术赋能重构实训教学流程、优化实训资源配置、完善实训评价体系, 能够有效提升实训教学的针对性、实效性与安全性, 帮助学生在虚拟场景中夯实实操技能、培养工艺优化思维, 实现实训教学与行业岗位需求的精准对接。

## 一、“AI导师+虚拟项目”模式的核心内涵与应用优势

### (一) 核心内涵

“AI导师+虚拟项目”模式是将AI技术与虚拟仿真技术深度融合的新型实训教学模式, 以生物制药发酵工艺岗位需求为导向, 以虚拟项目为载体, 以AI导师为核心指导力量, 构建“虚拟场景实操+智能精准指导+全程过程评价”的实训教学闭环。其中, 虚拟项目基于真实发酵工艺生产流程, 通过三维建模、仿真模拟等技术构建高度还原的实训场景, 涵盖菌种活化、发酵罐灭菌、培养基配制、参数调控、产物检测等全流程操作环节,

学生可在虚拟环境中完成从基础操作到复杂工艺优化的全流程实训; AI导师依托大数据、机器学习、自然语言处理等技术, 具备智能答疑、操作纠错、个性化指导、实训数据分析等功能, 能够实时监测学生实训过程, 精准识别操作问题并提供针对性指导。

### (二) 应用优势

相较于传统实训模式, “AI导师+虚拟项目”模式在生物制药发酵工艺实训中具有显著优势。一是突破资源与场地限制, 降低实训成本。虚拟项目无需依赖实体发酵设备与专用场地, 学生可通过终端设备接入虚拟实训平台开展实操, 有效解决院校设备不足、场地受限的问题, 同时避免了设备损耗、试剂消耗及安全事故带来的额外成本, 大幅提升实训资源的利用效率。二是提升实训安全性与可重复性。发酵工艺涉及的微生物菌种、化学试剂及高压设备存在一定安全风险, 虚拟场景可完全规避实操过程中的安全隐患, 让学生在零风险环境中大胆尝试、反复练习, 尤其针对灭菌不彻底、参数调控失误等易错环节, 可通过重复实训强化操作记忆, 直至掌握规范流程。三是实现个性化精准指导。传统实训中, 教师难以同时兼顾所有学生的实操情况, 指导多具有普遍性, 针对性不足。AI导师可实时采集学生实训数据, 通过算法分析学生的操作习惯、易错点及知识薄弱环节, 为不同层次学生提供个性化指导方案, 为能力较强学生设计工艺优化任务, 实现因材施教的实训目标。

## 二、“AI导师+虚拟项目”模式在生物制药发酵工艺实训中的应用路径

### (一) 构建分层递进的虚拟项目体系

虚拟项目是实训教学的核心载体,需结合生物制药发酵工艺的知识体系与岗位能力需求,构建分层递进的项目体系,兼顾基础性、综合性与创新性,满足不同阶段学生的实训需求。基础层虚拟项目聚焦发酵工艺基础操作,涵盖菌种活化、发酵罐清洗与灭菌、培养基配制、pH值与温度调控等核心基础环节,场景设计以规范操作为核心目标,帮助学生熟悉发酵工艺基本流程与操作规范,夯实基础技能。例如,设计“基础微生物发酵罐操作”虚拟项目,模拟发酵罐的开罐、清洗、灭菌、接种等基础操作,AI导师实时提示操作要点,对灭菌温度不足、接种操作不规范等问题及时纠错,引导学生掌握标准流程。进阶虚拟项目侧重综合性工艺操作,整合发酵全流程环节,引入参数优化、异常处理等核心任务,培养学生的综合实操能力与问题解决能力。例如,设计“青霉素发酵工艺优化”虚拟项目,涵盖从菌种扩大培养、发酵过程参数调控(温度、pH、溶解氧)到产物初步分离检测的全流程,设置发酵液污染、参数波动等异常场景,引导学生结合理论知识分析问题、制定解决方案,AI导师针对学生的工艺优化方案提供专业建议,助力学生形成工艺调控思维。创新层虚拟项目聚焦行业前沿与技术创新,结合发酵工艺新技术、新方法,设计具有探究性、创新性的实训任务,培养学生的创新思维与行业适配能力。例如,设计“微生物发酵过程AI参数预测与调控”虚拟项目,引入AI预测模型,引导学生利用虚拟平台的数据资源,探索基于AI技术的发酵参数优化方法,培养学生对接行业新技术的能力。通过分层递进的虚拟项目设计,实现学生技能从基础到综合、从模仿到创新的逐步提升。

### (二) 打造多功能AI导师指导体系

AI导师的指导能力直接决定实训教学效果,需围绕生物制药发酵工艺实训需求,打造集智能答疑、操作纠错、个性化辅导、数据复盘于一体的多功能指导体系。智能答疑模块依托自然语言处理技术,构建发酵工艺专业知识库,涵盖理论知识、操作要点、常见问题等内容,学生可通过文字、语音等方式提问,AI导师实时给出精准解答,同时结合学生提问记录,推送相关知识点与操作案例,强化知识衔接。操作纠错模块通过实时监测学生虚拟实操过程,对比标准操作流程与参数范围,精准

识别操作失误,如灭菌温度未达标、搅拌速度设置错误、接种时机不当等,通过弹窗提示、语音指导等方式及时纠正,同时分析失误原因,推送针对性的纠正训练任务,帮助学生规避同类错误。个性化辅导模块基于学生实训数据,构建学生能力画像,结合学生的基础水平、操作短板及学习目标,制定个性化实训计划。例如,针对操作速度慢、规范度不足的学生,增加基础操作重复训练任务;针对工艺优化能力薄弱的学生,推送工艺调控案例分析与模拟任务,同时AI导师定期跟踪学生实训进度,调整辅导策略,确保实训效果。数据复盘模块通过采集学生实训全过程数据,包括操作步骤完成情况、参数设置准确性、问题解决效率、工艺优化效果等,生成个性化实训报告,明确学生的优势与不足,为学生后续实训提供方向,同时为教师优化虚拟项目设计、调整教学策略提供数据支撑。

### (三) 设计“虚拟+真实”融合的实训流程

为实现虚拟实训与真实岗位需求的精准对接,避免虚拟场景与实际操作脱节,需设计“虚拟铺垫—真实验证—虚拟优化”的融合实训流程,将虚拟项目实训与真实设备实操有机结合。首先,虚拟铺垫阶段,学生在AI导师指导下完成对应虚拟项目的全流程实训,熟练掌握操作规范、参数调控方法及异常处理技巧,AI导师通过实训数据评估学生的虚拟实操能力,只有达到预设标准后,方可进入真实实操环节,确保学生具备开展真实实训的基础能力,降低真实实训中的安全风险与操作失误率。其次,真实验证阶段,学生在实体发酵设备上开展简化版实训任务,重点验证虚拟实训中掌握的核心操作与工艺调控方法,感受真实设备的操作手感、参数变化规律及环境影响因素,教师结合AI导师提供的虚拟实训报告,针对性指导学生解决真实实操中出现的差异问题,实现虚拟技能向真实能力的转化。最后,虚拟优化阶段,学生结合真实实训体验,返回虚拟平台开展工艺优化实训,基于真实实训中发现的问题,利用虚拟平台的参数可调性、场景可重复性,探索更优的发酵工艺方案,AI导师协助学生分析优化数据、验证方案可行性,培养学生的工艺优化思维与创新能力。通过“虚拟—真实—虚拟”的闭环流程,实现虚拟实训与真实实操的互补融合,既发挥虚拟实训的高效、安全优势,又凸显真实实训的实战价值,全面提升学生的岗位适配能力。

### (四) 建立全维度实训管理与保障机制

为确保“AI导师+虚拟项目”模式有序落地,需建

立完善的实训管理与保障机制。在平台保障方面，搭建稳定、高效的虚拟实训平台，优化平台的仿真度、流畅度与兼容性，确保虚拟场景能够精准还原真实发酵工艺细节，支持多终端接入与多人同时实训，同时定期更新虚拟项目库与AI导师知识库，对接行业最新技术与岗位需求，保持实训内容的时效性。在师资保障方面，加强教师队伍建设，开展AI技术、虚拟仿真技术及发酵工艺实训教学融合的专项培训，提升教师的虚拟平台操作能力、AI导师应用能力及实训教学设计能力，同时鼓励教师与企业技术人员合作，共同参与虚拟项目设计与AI导师知识库搭建，确保实训内容与行业实际接轨。在管理制度方面，制定虚拟实训考核标准、平台使用规范、学生实训纪律等规章制度，明确学生与教师的职责与要求，规范实训流程；建立实训质量监控机制，定期对虚拟实训平台运行情况、AI导师指导效果、学生实训成效进行评估，及时发现问题并优化调整，保障实训教学质量。

### 三、“AI导师+虚拟项目”模式的实训成效评价体系构建

采用“AI智能评价+教师评价+学生自评互评”相结合的多元评价方法，确保评价结果客观、全面。AI智能评价依托虚拟实训平台与AI导师，自动采集学生虚拟实训全过程数据，对知识掌握维度的在线测试成绩、实操技能维度的操作规范性与参数准确性、综合能力维度的问题解决效率等可量化指标进行自动评分，生成初步评价结果，同时提供学生实训数据明细与能力短板分析，为教师评价提供数据支撑。教师评价侧重对学生真实实操表现、综合能力与职业素养的定性评价，结合AI智能评价结果、真实实训记录、实训报告、小组项目表现等，对学生的异常处理能力、创新思维、团队协作、职业态度等难以量化的指标进行打分，同时针对学生的薄弱环节给出个性化评价意见。学生自评互评鼓励学生自我反思与相互交流，学生结合自身实训经历，对自己的知识掌握、实操表现、能力提升情况进行自评，明确优势与不足；以小组为单位开展互评，聚焦团队协作、任务完成情况、问题解决贡献等内容，相互打分并提出改进建议，培养学生的自我认知能力与评价能力。

评价实施流程分为三个阶段：实训前准备阶段，明

确评价指标、评价方法与评分标准，向学生全面解读，确保学生清晰评价要求；实训过程阶段，AI导师实时采集虚拟实训数据并进行动态评价，教师跟踪记录学生真实实操表现与综合表现，学生同步开展自我反思与小组交流；实训结束阶段，AI导师生成智能评价报告，教师结合各维度表现给出综合评分与评价意见，组织学生开展自评互评，最终整合各方评价结果，形成学生实训综合成效评价报告，反馈给学生并归档，同时基于评价结果优化后续实训教学设计与虚拟项目体系。

### 结语

生物制药发酵工艺实训的高质量开展，是培养符合行业需求的复合型技术人才的关键。“AI导师+虚拟项目”模式依托AI技术与虚拟仿真技术的优势，有效破解了传统实训模式中设备不足、安全风险高、指导针对性弱、评价体系单一等困境，通过构建分层递进的虚拟项目体系、多功能AI导师指导体系、“虚拟+真实”融合实训流程及全维度成效评价体系，为发酵工艺实训教学注入了新活力。该模式不仅能够提升学生的实操技能、知识应用能力与创新思维，还能培养学生的职业素养，实现实训教学与岗位需求的精准对接，对推动生物制药专业实训教学数字化、智能化转型具有重要意义。

### 参考文献

- [1] 孙思, 曾浩, 赵卓. 人工智能赋能生物制药技术课程教学的创新实践与思考——基于生物技术核心内容的深度融合路径[J]. 科教导刊(电子版), 2025(19): 1-3.
- [2] 倪毅, 王胜伟, 朱丽玮. 大型语言模型及智能体技术在生物制药研发过程中的应用进展[J]. 中国生物制品学杂志, 2025, 38(10): 1241-1246, 1252.
- [3] 刘斯斯, 王凤萍, 路晨轩, 等. 数智化赋能制药工程人才培养体系构建——以计算机辅助药物设计课程改革为例[J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2025, 41(3): 57-62.
- [4] 黄金. 跨学科融合视域下生物基材料工程与人工智能教学体系的构建与探析[J]. 科教导刊(电子版), 2025(12): 7-9.