

基于线上线下融合及翻转课堂的化工原理实验教学改革的探索

邓 兰

湖北工业大学材料与化学工程学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年6月16日; 录用日期: 2025年7月29日; 发布日期: 2025年8月6日

摘 要

文章针对化工原理实验教学传统模式中存在的学生学习兴趣不佳、课前预习不足、设备陈旧及评价体系单一等问题, 探索了线上线下融合与翻转课堂的教学改革路径。以过滤实验为试点, 构建了课前线上学习及仿真训练、课中以学生为主体分组讲解、课后思考总结的教学流程, 有效强化了预习效果, 使学生实现从被动操作到主动讲解的转变。并建立涵盖课前、课中、课后的多元化评价体系, 重点考核学生的操作规范性、问题解决能力及创新思维。该模式有效降低学生操作失误率, 提升学生的主动思考与工程实践能力, 为培养创新型工程人才提供更优化的教学范式。

关键词

化工原理实验, 教学改革, 线上线下, 翻转课堂

Exploration on Teaching Reform of Chemical Engineering Principles Experiment Based on Online-Offline Integration and Flipped Classroom

Lan Deng

School of Materials and Chemical Engineering, Hubei University of Technology, Wuhan Hubei

Received: Jun. 16th, 2025; accepted: Jul. 29th, 2025; published: Aug. 6th, 2025

Abstract

This paper addresses issues in the traditional teaching model for chemical engineering principle

experiments, such as low student engagement, insufficient pre-class preparation, outdated equipment, and a monolithic evaluation system. It explores a reformed teaching path integrating online-offline blended learning with the flipped classroom approach. Using the filtration experiment as a pilot case, a teaching process was constructed featuring pre-class online learning and simulation training, student-centered group presentations during class, and post-class reflection and summarization. This effectively strengthened preparation outcomes and facilitated students' transition from passive operation to active explanation. Furthermore, a diversified assessment system covering pre-class, in-class, and post-class stages was established, focusing on evaluating students' operational compliance, problem-solving skills, and innovative thinking. This model significantly reduced operational errors, enhanced students' proactive thinking and engineering practice capabilities, offering an optimized teaching paradigm for cultivating innovative engineering talent.

Keywords

Chemical Engineering Principles Experiment, Teaching Reform, Online-Offline, Flipped Classroom

Copyright © 2025 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

化工原理实验通过直接验证化工基础理论, 强化学生对单元操作原理的理解, 训练学生操作设备、处理数据、分析现象的核心技能。课程培养学生工程思维, 锻炼解决实际工程问题的能力, 这是培养合格化工人才不可或缺的关键实践环节[1][2]。传统教学采用教师讲解演示、学生按照教师讲解步骤完成实验的填鸭式教学模式, 学生缺乏深度思考过程, 阻碍了创新能力的培养, 与工程教育认证中“解决复杂工程问题”的要求存在显著差距[3]。以过滤实验为例, 该实验设计的阀门开关较多, 操作复杂, 教师需花费大量的课堂时间逐步讲解操作顺序, 但学生在实验过程中仍会频繁失误。究其原因, 是目前的教学模式无法满足复杂实验的教学需求, 教师单向输出的模式无法促进学生的自主思考, 学生不了解其操作步骤的底层原理与前后关联, 从而造成操作频繁失误, 即使机械完成了实验, 也很难将实验结果再复现出来。翻转课堂教学模式强调以学生为中心, 让学生在课前预习, 课中讨论和课后复习的过程中更加主动地学习和思考, 近年来这种教学模式广泛应用于各学科教学[4]。在 2003 年的第七届全球华人计算机应用大会上, 我国学者何克抗首提“混合式教学”概念, 拉开了国内关于混合教学模式大规模研究的序幕。我国学者对于线上线下混合教学模式多从具体学科入手, 线上线下混合式教学可以提高线下教学效率、提高实验课考核的客观性和准确性[5][6]。本文以过滤实验为例, 采用翻转课堂重构方案, 结合线上线下教学模式对化工原理实验教学进行了探索。

2. 化工原理实验教学现状与问题分析

2.1. 单向传递的教学模式

传统教学长期依赖“教师讲解-学生操作”的单向传递模式, 课堂中教师讲解时间占比大, 学生按照教师讲解的实验步骤机械重复。验证性实验的重复性导致学生兴趣缺失。以过滤实验为例, 教师需用 40~60 分钟逐项讲解 10 余项操作要点, 但仍有很多学生在实际操作中出现“加压失败”或“板框及滤布安装错误”等问题, 当过滤实验中出现滤液浑浊等异常时, 大部分学生无法自主分析原因, 只能依赖教师解决, 反映出填鸭式讲解难以让学生理解实验操作逻辑的本质。这种模式下, 学生认知停留在“记忆

步骤”层面，被动学习导致学生对复杂实验的关键环节缺乏深度思考。教学过程过度强调知识灌输，忽视学生的认知建构过程。简单验证性项目，缺乏对复杂工程问题的模拟，学生按固定步骤操作，无需思考实验设计逻辑，导致完成实验后仍不明确操作步骤的实际意义，难以培养创新思维和工程素养。

2.2. 课前预习不足

当前化工原理实验课程中，学生对实验的重视程度普遍偏低，呈现出“重理论、轻实践”的认知倾向，这就导致学生并不重视实验的预习阶段，目前的课前预习只是机械地从教材或实验指导书中抄写实验目的、原理和步骤，很多学生抄写完就忘了，几乎不可能对每一步实验步骤的底层逻辑、实验步骤之间的关联进行进一步思考，到了实际操作环节，几乎完全依赖教师的讲解来完成实验，鲜少能在老师讲解的过程中提出问题。这导致学生在实验过程中频繁遇到问题，尤其是一些操作较为复杂的实验，例如恒压过滤实验，学生在预习时仅简单记录“安装板框过滤装置”“进行加压过滤”等步骤，却不思考各个操作板块、阀门开关之间的逻辑关联。许多学生在加压时忘记关闭原料罐出口阀门或泄压阀开度过大，导致加压失败；还有些学生因未真正理解板框中滤液的流动通路，常将板框安装错误，使滤液浑浊，实验失败。

2.3. 教学设备陈旧与资源不足

我校化工原理实验设备台套数量大多为 6 台。有的班级人数较多，由于设备数量有限，实验小组人数通常为 4~6 人。部分学生在实验过程参与度低，实际操作机会被严重压缩。习惯性将操作责任移交同组活跃者，自己仅完成记录或清洗等辅助工作，导致关键技能训练缺乏。化工原理实验设备更新周期超过 10 年，其技术形态固化在十年前的水平，学生只能接触到已经被工厂淘汰的落后技术路线。学生无法了解当前主流技术，难以培养应对新型设备的能力。以过滤实验为例，使用传统板框设备，手动压力调节误差较大。

2.4. 评价体系单一与能力考核缺失

传统评价中主要分为平时成绩和期末实验操作考试两部分，由于化工原理实验特性，设备多为大型化工设备，受限于场地、设备、学生人数等因素，教师难以对每个学生的操作过程进行评价，所以平时成绩中，主要为实验预习报告和实验报告的评价。多数学生的预习报告仅为把书中的实验目的、原理等抄写一遍，大多数学生的报告雷同。而实验报告内容聚焦原理复述、步骤记录、数据记录与处理等知识性内容，一个小组的同学实验报告通常极为相似，不乏有抄袭现象。这种单一的评价方式缺乏对学生创新思维等能力维度的考核，无法客观地对学生的实际课程学习情况进行评价，这种单一维度的评价模式导致实验教学难以达成“培养工程能力”的核心目标。

3. 教学改革优化方案

3.1. 融入线上预习

课前预习阶段第一部分为线上学习资料的学习。学习资料包括实验操作指导书、实验操作视频等。学生首先完成实验指导书、实操视频的观看学习，了解整个实验的目的、原理、以及操作步骤，然后完成线上答题，只有完成视频及指导书学习任务且答对题目的学生方可进入实验室做实验，增加视频观看步骤可以让学生更直观地了解设备，答题环节可以激发学生的思考，例如过滤实验可以设置“叙述滤板滤框的结构及安装排列方法”、“如何防止压力罐中的碳酸钙悬浮液沉积”、“原料从原料罐引入压力罐失败通常由什么原因导致”等问题。第二部分为线上仿真平台模拟仿真训练。以过滤实验为例，学生进行过滤实验线上仿真训练时，先登录虚拟仿真平台进入 3D 实验场景，交互式拆解压力罐、板框等装置了

解结构。接着在仿真环境中模拟全流程操作，按步骤进行原料配制与搅拌、板框组装、压力罐加压等操作，系统实时提示操作错误，如未将泄压阀开度调小加压时会弹出“压力无法建立”警示并标注原因。然后进入故障模拟模块，处理滤布破损、板框安装错误等预设故障，分析原因并提出解决方案。最后完成仿真操作考核，系统自动记录步骤正确率。线上仿真训练相较于线下实验具有多维度优势。在安全性方面，可模拟压力过载、喷浆等危险场景，避免线下操作失误引发的设备损坏或安全事故，如过滤实验中能无风险演示超压导致的阀门泄漏过程。在成本与效率层面，突破设备台套数限制，学生可同时开展仿真训练，且无耗材损耗，过滤实验中能反复模拟不同滤布材质、不同的过滤压力、不同的原料浓度的过滤效果。在教学深度上，可拆解展示设备内部结构，如流体在设备中的流动路径，动态演示理论难以讲解的过程，如滤饼形成的微观机制，还能实时记录操作错误并即时反馈，强化原理解释。

3.2. 翻转课堂

以过滤实验为例，将学生按异质分组原则划分为 5 个小组，每组通过抽签分别承担过滤实验中装置介绍、板框组装、原料配制、加压操作、数据记录与关机这 5 大板块的讲解任务。每组通过抽签确定 1 名主讲人，以“步骤讲解 + 实操演示 + 风险警示”的三段式结构进行讲解，讲解结束后进入交叉质疑环节，其他组学生可就讲解漏洞提问，形成思维碰撞的讨论氛围。教师在此过程中对讲解组进行评价及打分，对于主动纠错和提问的学生进行加分，并对不完善之处进行补充。方案经集体研讨确认无误后，学生以小组为单位自主开展实验，教师全程跟踪观察，重点关注操作规范性和问题解决过程，当出现滤液浑浊等异常情况时，通过“提问 - 假设 - 验证”的探究式引导帮助学生分析原因，引导学生逐步排查问题。翻转课堂教学模式打破传统教师主讲的单向灌输模式，通过学生主讲、集体讨论、教师引导的闭环，激发学生深度思考，使学生理解各个实验操作步骤的前后关联性，从被动执行转变为主动思考，教师在实验过程中作为引导者真正做到了以学生为中心。

3.3. 多元化评价体系构建

Table 1. Diversified assessment indicators

表 1. 多元化考核评价指标

	评价维度	占比	考核方式
课前	视频及指导书学习	10%	线上学习完成度
	仿真作业完成情况	10%	仿真训练完成度
	问题回答及预习报告	10%	问答正确率及报告完成度
课中	分组讲解情况	15%	讲解逻辑性、互动参与度
	课堂回答情况	10%	问题解决能力、课堂讨论贡献度
	实验操作情况	15%	操作规范性、故障处理能力
课后	实验报告完成情况	30%	数据准确性、分析深度、创新建议

传统课程评价体系存在“重结果、轻过程”的缺陷，平时成绩仅以实验报告作为核心考核依据，很多学生存在报告抄写、数据修正等问题，难以对学生的真实学习成效进行客观的评价。改革后的评价体系分为课前、课中、课后三个部分，见表 1。其中课前预习考核占比 30%，评价包括视频及指导书学习 10%、仿真实验 10%、问题回答及预习报告 10%。课中包含分组讲解 15%、课堂问答 10%、实验实操 15%。课后为实验报告撰写，占比 30%。与之前不同的是，实验报告不仅应注重实验数据的准确性，更应注重评价学生对实验过程的深度分析情况。考核模式改革构建了课前、课中、课后的全过程评价体系，突破

传统单一报告考核的局限。课前通过视频学习、仿真实验和预习测试，强化学生对实验内容的认知，仿真操作考核使关键步骤操作正确率提升。课中进行分组讲解、课堂问答和实操考核，评价学生的知识应用与主动思考能力，促使课堂主动思考参与度提高。课后实验报告不仅关注学生的实验数据，更应关注对实验过程及问题的分析。这种多元化的评价体系能够更全面地对学生学习情况进行评价。

4. 结语

针对化工原理实验教学中预习不足、评价单一、资源不足、无法激发学生主动思考等问题，探索了线上线下混合与翻转课堂的改革路径。以过滤实验为例，通过将复杂项目拆解，分组讲解板块，搭配课前线上预习和多元评价体系，让学生从被动听变为主动讲，从机械操作转为思考探究。这种模式激发学生的主动思考，有效降低学生操作失误率。然而教学改革永不止步，后续可进一步拓展该教学模式在其它化工原理实验项目上的应用，持续完善该教学模式及评价体系，并探索项目式融合实验，为培养创新型工程人才提供更优质的教学模式[7]。

参考文献

- [1] 谭凤玉, 周晓玉, 李松, 等. 基于应用型人才培养的化工原理实验项目化教学模式研究[J]. 山东化工, 2019, 48(12): 149-150.
- [2] 贾广信, 焦纬洲, 李裕. . 基于“新工科 + 工程认证”的化工原理实验金课建设路径探究[J]. 教育理论与实践, 2021, 41(9): 48-52.
- [3] 李菁, 王储炎, 杨柳青, 等. 基于“双创”背景下应用型本科高校实验教学改革初探——以“食品加工工艺学”实验课为例[J]. 食品工业, 2022, 43(12): 217-220.
- [4] 陈效飞, 何星, 任春华. 我国教学模式研究的历史回顾与时代走向[J]. 安庆师范大学学报(社会科学版), 2022, 41(5): 96-101.
- [5] 张少斌. 生物化学实验线上线下混合教学模式探索与实践[J]. 生物学杂志, 2021, 38(6): 123-126.
- [6] 朱忠智, 陈修文, 谢锋. . 新工科背景下“化工原理实验”课程线上线下混合式教学实践与探索[J]. 四川化工, 2025, 28(1): 57-60.
- [7] 张平, 高祥, 裴文霞, 等. “项目式”与“混合式”教学方法相结合在仪器分析实验课的教学改革与实践[J]. 广东化工, 2024, 51(7): 187-189.