

“化工原理”课程教学改革探索与实践

——以辽宁科技大学材料与冶金学院材料化学专业为例

黄莹莹*, 陈书文, 包 硕

辽宁科技大学材料与冶金学院材料科学与工程系, 辽宁 鞍山

收稿日期: 2026年3月7日; 录用日期: 2026年4月8日; 发布日期: 2026年4月16日

摘 要

基于“新工科”建设背景下对材料化学专业人才培养要求, 本文针对《化工原理》课程理论性强、工程实践结合紧密等特点, 探索并构建了“理论夯实-工程模拟-产业实践”三位一体的教学改革模式。通过引入区域冶金与材料产业的典型生产案例(如锂离子电池电极材料处理中的流体输送与干燥过程), 创新应用“案例驱动与任务导向”的教学方法, 将复杂的“三传一反”理论与实际工业问题深度融合。同时, 依托数字化教学平台与虚拟仿真技术, 强化线上线下混合式学习, 并将绿色化工、职业道德及大国工匠精神等思政元素有机融入教学全过程。实践结果表明, 改革后学生解决复杂工程问题的综合能力评价得分提升了24.3%, 课程设计的设计型计算合格率显著提高。对教改前后成绩进行独立样本t检验, 结果显示 $p < 0.05$, 具有显著性差异, 有效实现了从专业知识学习向工程思维培养的转变。该教学模式为地方高校材料类专业基础课的教改提供了实践参考。

关键词

化工原理, 教学改革, 材料化学, 新工科, 工程实践能力, 课程思政

Exploration and Practice of the Teaching Reform of “Principles of Chemical Engineering” Course

—Taking the Material Chemistry Major in the School of Materials and Metallurgy, University of Science and Technology Liaoning as an Example

Yingying Huang*, Shuwen Chen, Shuo Bao

Department of Materials Science and Engineering, School of Materials and Metallurgy, University of Science

*通讯作者。

and Technology Liaoning, Anshan Liaoning

Received: March 7, 2026; accepted: April 8, 2026; published: April 16, 2026

Abstract

Based on the background of “New Engineering Education” construction and the requirements for cultivating engineering capabilities of Material Chemistry majors, this paper explores and constructs a trinity teaching reform mode of “Theoretical Consolidation-Engineering Simulation-Industrial Practice” for the “Principles of Chemical Engineering” course. By introducing typical production cases from the regional metallurgy and materials industry (such as fluid transport and drying processes in the treatment of lithium-ion battery electrode materials), and innovatively applying “Case-Driven and Task-Oriented” teaching methods, complex chemical engineering theories are deeply integrated with practical industrial problems. Meanwhile, relying on digital teaching platforms and virtual simulation technology, online-offline blended learning is strengthened, and ideological elements such as green chemical industry, professional ethics, and craftsmanship spirit are organically integrated into the whole teaching process. Practical results show that after the reform, students’ evaluation scores for solving complex engineering problems increased by 24.3%, and the passing rate of design-oriented calculations in course projects significantly improved. An independent samples t-test was conducted on the scores before and after the teaching reform, and the results showed a significant difference ($p < 0.05$), effectively realizing the transformation from professional knowledge learning to engineering thinking cultivation. This mode provides practical referable experience for the teaching reform of professional foundation courses for material majors in local colleges.

Keywords

Principles of Chemical Engineering, Teaching Reform, Material Chemistry, New Engineering Disciplines, Engineering Practical Ability, Curriculum Ideology and Politics

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

在新工科建设背景下，工程教育面临着从“知识传授”向“能力培养”和“综合素质提升”的深度转型。教育部《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》明确要求材料类专业学生应具备解决复杂工程问题的能力，并能通过数学建模、求解与数据处理来应对实际工程挑战[1][2]。《化工原理》作为材料化学专业的核心专业基础课，涵盖了“三传”基本原理(流体流动、传热、传质)及其在蒸发、精馏、吸收、干燥等单元操作中的应用，是连接专业基础知识与冶金化工生产实际的重要纽带[3]-[5]。

然而，在传统教学实践中，《化工原理》的教学往往面临以下瓶颈问题：

(1) 理论与实践结合不够紧密：课程内容如“三传一反”理论性极强，计算复杂(如雷诺准数、范宁公式等)，学生在面对具体工业问题(如冶金炉传热或流体输送设备选型)时，往往难以灵活运用[6]。

(2) 教学模式相对滞后：传统课堂仍以单向讲授为主，学生课堂参与度有待提高，缺乏主动建构知识体系的过程[7][8]。

(3) 行业动态融入不足: 现有教学案例有时未能紧跟材料产业(如锂电池材料处理、固态电池生产)的前沿发展, 导致学生对解决复杂化工工程问题的信心不足[9] [10]。

为破解上述难题, 辽宁科技大学材料与冶金学院材料化学系自 2022 年起开展了《化工原理》课程教学改革探索。本教改项目依托区域冶金与材料产业优势, 借鉴产出导向法(POA)建构主义学习理论, 构建了以“工程能力培养”为核心的教学体系。在实施过程中, 不仅注重强化学生的设计型计算能力与设备选型能力(如离心泵安装高度计算、精馏塔理论板数确定), 还积极引入课程思政元素, 将大国工匠精神、安全生产意识及绿色化工的可持续发展观(如循环经济、节能减排)有机融入教学全过程。

本文将重点探讨如何通过“典型案例驱动、数字化平台辅助、产教深度融合”等改革举措, 提升学生解决复杂化工问题的专业素养, 为地方高校材料类专业基础课程的教学改革提供参考与实践成果分析。

1.1. 国内外研究评述

近三年, 《化工原理》教改研究呈现出“产教融合”与“数智化”深度结合的趋势。王丽等[4]提出在新工科背景下构建“案例 + 课程思政”创新模式, 强调了思政元素在复杂工程问题中的引导作用; 闫子涵等[5]则探讨了化工原理与过程装备专业课程体系的深度融合路径。此外, 陶海燕等[9]利用线上线下分层教学有效解决了学生个体差异问题。本研究在此基础上, 进一步引入产出导向法(POA), 旨在破解材料化学专业学生在化工工程计算中的“学用脱节”困境。

1.2. 学情分析与基准平衡

本研究以辽宁科技大学材料化学专业 2021 级(对照组, $n = 91$)与 2022 级(实验组, $n = 83$)学生为对象。为证明实验起始阶段的水平均衡性, 课程组对两组学生的核心先修课程《物理化学》的期末成绩进行了统计对比。分析显示, 2021 级平均分(76.4 ± 5.2), 2022 级平均分(75.8 ± 4.9), 经独立样本 t 检验, $t = 0.65$, $p = 0.518 > 0.05$, 表明两组学生在化学理论基础、数学建模能力等先修素养上无显著差异, 具备可比性。

2. 教学改革实施路径

2.1. 教学内容重构: 对接产业需求与工程标准

基于材料化学专业的交叉学科特性, 改革打破了传统的“纯理论”教学框架, 构建了“基础模块、工程模块与前沿模块”三维教学体系。

(1) 基础模块(理论夯实): 深挖流体流动、热量传递与质量传递(三传)的基本原理。通过强化伯努利方程、傅立叶定律等核心规律的数学建模能力, 培养学生运用数学知识进行数据处理的工程思维。

(2) 工程模块(单元操作与设备选型): 将分散的单元操作整合为任务链。重点强化离心泵选型及安装高度计算、换热器工艺设计、精馏塔理论板数确定等“设计型”教学内容, 培养学生设计满足特定工程需求单元的能力。

(3) 前沿模块(产教深度融合): 开发了 7 个对接区域产业升级的典型生产案例。例如, 引入锂离子电池电极材料的干燥与分离过程、冶金炉热平衡分析等案例, 使学生在学干燥速率、非均相分离等知识时, 能紧跟材料行业发展动态。

2.2. 教学方法创新: 案例驱动与数字化赋能

借鉴产出导向法(POA), 构建“案例驱动、任务导向与数字辅助”的多维驱动教学模式。

(1) 案例驱动(Case-Driven): 以“锂电池正极材料专题”为例, 引导学生通过小组协作解析实际生产

中的离心沉降与过滤设备选型, 将抽象的斯托克斯公式(Stokes)与实际粉体处理相结合。

(2) 任务驱动(Task-Oriented): 设计“设计型计算 - 设备汇报 - QA 问答”项目链。学生需完成如“简单管路输送系统设计”的任务, 通过独立计算管路阻力损失与泵的特性曲线, 实现从“学用一体”向“产出导向”的转变。

(3) 数字化平台辅助: 利用“雨课堂”及虚拟仿真技术开展线上线下混合式教学。课前推送流体流动现象、换热器结构等动画资源, 预习完成率达 90% 以上; 课中通过实时测试(如雷诺准数流型判据)强化互动; 课后依托模拟系统进行学术规范训练。

2.3. 深化 POA 理论机制: 以“离心泵安装高度”课时为例

为了使 POA 理论框架落地, 本研究在“流体输送机械”章节详细拆解了“驱动、促成与产出”教学闭环, 并构建了如下“脚手架”(Scaffolding):

(1) 驱动环节(Motivating): 工程问题导入

教师发布生产任务: “如何设计锂离子电池电解液输送管路, 以确保离心泵在高温连续作业下不发生气蚀? ”。通过播放现场气蚀损坏设备的视频, 激发学生解决复杂工业问题的欲望。

(2) 促成环节(Enabling): 脚手架分层搭建

针对学生从理论向计算跨越的难点, 设计三层“脚手架”:

知识脚手架: 利用“雨课堂”推送离心泵吸入过程的压力变化动画, 帮助学生建立物理直观。

模型脚手架: 将柏努利方程演变为安装高度计算式。教师提供“逻辑检查清单”, 引导学生识别计算中的各项能耗(如吸入管路阻力损失 h_f)。

协同脚手架: 开展小组协作。组内学生分别扮演“工艺设计员”(建模)、“数据核算员”(查取饱和蒸汽压 p_s 等物性参数)和“安全监督员”(核校允许汽蚀余量 Δh), 在交互中突破计算难点。

(3) 产出环节(Producing): 模拟工程产出

学生产出《离心泵选型及安装方案报告》, 内容涵盖泵特性曲线分析、抗气蚀设计建议。最终通过 AI 批改系统和课堂专家问答(QA)环节进行即时反馈。

2.4. 课程思政融入: 厚植职业道德与工匠精神

改革将思政元素有机融入教学全过程, 实现专业教育与价值观导向的协同。

科学精神培养: 在绪论中引入中国化工杰出人物时钧先生的生平事迹, 激发学生的爱国情怀与严谨治学的科学精神。

职业道德与社会责任: 在液体输送、蒸发等高能耗单元教学中, 强调安全生产规范与工程伦理, 培养学生的风险意识。

可持续发展观: 在传热与吸收教学中渗透“绿色化工、节能减排、循环经济”理念, 引导学生在解决复杂工程问题时考虑社会、环境与可持续发展因素。

2.5. 评价体系改革: 强化过程性与综合能力导向

在传统的评价体系中, 考核往往过度依赖期末终结性考试, 且题目多局限于基础理论的死记硬背, 难以有效衡量学生解决复杂工程问题的能力。为扭转“重理论、轻实践”的偏差, 本教改项目根据《化工原理》大纲对工程意识与高级思维的要求, 建立了“三位一体”的多元化考核机制。通过增加平时过程性考核比例(40%)及期末设计型应用题权重, 实现了评价重心向工程能力迁移。改革前后的考核体系维度对比详见表 1。

Table 1. Comparison of the assessment systems for “Principles of Chemical Engineering” before and after the reform (%)
表 1. “化工原理”课程改革前后考核体系维度对比(单位: %)

考核维度	考核重点内容	传统模式占比	改革后占比
基础知识	雷诺准数、柏努利方程、传热传质基本定义等公式记忆与简单应用	70%	40%
工程实践能力	离心泵选型设计、换热器工艺计算、精馏塔理论板数确定、干燥速率核算	20%	45%
综合创新与素质	课程思政(工匠精神/绿色化工)、复杂工程问题建模、锂电池等区域材料产业案例分析	10%	15%

建立“平时考核(40%)+ 期末考试(60%)”的多元评价机制,重点考察学生解决复杂化工问题的综合素养。

过程性考核:细化为线上自主学习情况、课堂提问加分制、二次课堂测试(判断、选择及计算作图)。

终结性考核:期末试卷中,涉及原理综合分析应用的主观题占比提升至 60%~70%。引入考研专项能力评估,通过模拟复试场景中的专业问题解析(如用专业语言解释精馏原理),提升学生的学术表达能力。

3. 实践成效分析

通过对辽宁科技大学材料化学专业 2021 级、2022 级学生的教学实践观察与数据对比,本教改方案在提升学生工程素养方面取得了显著成效。

3.1. 复杂工程问题解决能力显著增强

改革后,学生在面对设计型计算(如离心泵安装高度确定、精馏塔理论板数计算)时的建模准确率显著提升。根据跟踪评估,学生解决复杂化工问题的综合评价得分平均提升了 24.3%。特别是在“简单管路设计”任务中,能够独立完成阻力核算并正确进行设备选型的学生比例从改革前的 69.05% 提高到了 24.3%。

为验证“案例驱动 + 任务导向”模式对学生工程素养的提升作用,课程组对 2021 级(传统教学组)与 2022 级(教改实验组)学生的阶段性测试及设计型作业进行了对比分析。表 2 显示了学生在数学建模、设备选型及数据处理等关键维度上的表现差异。

Table 2. Statistical comparison of students' engineering capability (%)
表 2. 学生工程能力的统计对比(%)

考核维度	改革前(2021 级)	改革后(2022 级)	提升幅度	p 值(t 检验)
物理问题数学建模能力	68.5±6.2	85.4±	24.7±	<0.01
离心泵/换热器设计选型	72.1±5.8	89.2±	23.7±	<0.01
复杂系统数据处理与实验设计	65.4±7.1	82.3±	25.8±	<0.05
总平均分	69.05±6.4	85.85±4.5	24.3±24.3	<0.01

3.2. 产教融合激发了专业学习动力

通过引入锂离子电池电极材料干燥、冶金炉传热分析等区域产业典型案例,学生对《化工原理》与材料化学专业的交叉性有了更深理解。调研显示,85.7% 的学生认为案例教学极大地增强了他们利用“三传一反”理论解决实际工业问题的信心,实现了从“枯燥公式记忆”向“工程逻辑建构”的转变。

3.2.1. 产教深度融合的实施路径

为了扭转传统教学中“重理论、轻工程”的倾向,本研究依托辽宁科技大学材料与冶金学院的学科背景,将地方冶金与材料产业的真实工程需求引入课堂。

典型案例开发：课程组开发了 7 个对接区域产业升级的教学案例。例如，在讲授“非均相分离”单元时，不再仅限于教科书上的通用参数，而是引入锂离子电池正极粉体材料的离心过滤与沉降工艺；在“传热”单元中，引入冶金还原炉的热平衡分析。

学用一体化训练：通过“案例驱动 + 任务导向”模式，学生需利用柏努利方程解决电解液的管道输送压降计算，或利用干燥速率曲线优化电池材料前驱体的后处理工艺。这种将抽象公式(如雷诺准数、斯托克斯公式)与工业实务挂钩的做法，使学生直观感受到课程的“工具价值”。

3.2.2. 学生学习动力的质变分析

通过对 22 级材料化学专业 174 名学生的匿名调研显示，产教融合模式极大地提升了学习的针对性和主动性。

从“被动输入”到“主动建构”：传统模式下学生课堂参与度不足 40%。改革后，依托“雨课堂”数字化平台推送的设备结构动画及工业案例预习任务，其预习完成率超过 91.2%。学生在课堂讨论中对离心泵安装高度计算、精馏塔理论板数确定等复杂工程问题的发言意愿显著提高。

职业认同与思政驱动：调研发现，85.7%的学生认为案例化教学增强了其解决复杂工程问题的信心。同时，通过在绪论中引入时钧先生等化工先辈的爱国事迹，以及在传热与蒸发教学中渗透“绿色化工、节能减排”理念，学生开始自发将专业学习与大国工匠精神及可持续发展观相结合，学习目标从单纯的“考证过级”转向“提升工程素养”。

3.2.3. 调研数据展示

表 3 详细记录了学生对教改模式在提升学习动力方面的评价反馈。

Table 3. Survey on student identification with industry-education integration and learning motivation (%)

表 3. 学生对产教融合的认同度与学习动机调查(%)

调研维度	非常认可	认可	一般认可
专业契合度	71.43%	23.5%	5.2%
公式理解力	75.8%	18.4%	5.8%
解决复杂工程问题信心	73.6%	20.7%	5.7%

从表 3 的数据可以看出，学生对“公式理解力”和“专业契合度”的认可度最高(分别达 75.8%和 71.3%)。这证明了通过产教融合将枯燥的流体流动、热量传递规律转化为解决锂电池生产等实际问题的武器，能够有效激发学生的求知欲。同时，学习动力的提升直接反馈在教学产出上，实验组在处理复杂系统数据和工程设计型作业时的逻辑严密性较往届有跨越式提升。

3.3. 课程思政达成“润物细无声”的育人效果

在《化工原理》教学改革过程中，课程组不仅仅局限于专业知识的传授，更注重将思政元素与工程逻辑深度融合，通过“隐形教育”实现专业育人与德育育人的同频共振。通过两年的实践，育人成效在学生价值观念、职业道德及科学素养三个维度得到了显著提升。

3.3.1. 弘扬科学家精神，厚植学术报国情怀

改革在“绪论”及课程各章节中嵌入了行业发展史与人物事迹。

事迹引领：重点引入了中国化工界杰出人物时钧先生的生平。通过讲述他在国家困难时期严谨治学、学术报国的感人故事，激发学生的民族自豪感与爱国情怀。

成效表现：调研显示，91.5%的学生表示通过学习前辈事迹，增强了作为“材冶人”的使命感，学习动力从单纯的“修满学分”转向了“服务国家冶金化工产业转型”的更高目标。

3.3.2. 强化工程伦理教育，树立安全严谨的职业素养

针对《化工原理》工程性极强的特点，课程组在流体输送、非均相分离等单元教学中，刻意强化了职业道德与社会责任感。

伦理融入：在讲授离心泵安装高度计算及操作流程时，不再只追求计算结果，而是结合生产视频，强调安全生产规范、诚实守信、勤勉尽责的职业道德要求。

严谨态度：改革要求学生在实验数据处理和设计型计算(如干燥速率曲线拟合)中必须做到实事求是、求真务实，严禁任何形式的造假。在期末的课程设计作业中，数据的逻辑严密性较往届提升了22.8%。

3.3.3. 践行绿色发展观，培养可持续发展意识

在国家“双碳”目标背景下，课程组将“绿色化工、节能减排、循环经济”理念有机嵌入热量传递与质量传递的教学环节。

设计导向：在“传热与蒸发”章节，引导学生进行多效蒸发流程的设计优化，不仅考核换热面积的准确性，更重点考察学生是否将能效比与废热回收作为方案比选的关键指标。

成效转化：学生在解决复杂工程问题时，已能自觉考虑社会、环境与可持续发展因素。在2022级的课程论文及设计方案中，主动提出“绿色工艺方案”的学生占比达89.2%，充分证明了可持续发展意识已深入人心。

3.3.4. 团队协作与沟通能力的协同提升

在“干燥工艺”与“产教融合案例”的小组讨论中，通过分工协作(如一人建模、一人查图、一人核算)，培养学生的团队协作精神与沟通能力。

学生反思日志显示，通过小组共同解析锂电池电解液输送中的“三传”问题，不仅理解了枯燥公式，更深刻体会到了大国工匠精神中对细节极致追求的重要性。

这种“润物无声”的思政融入模式，改变了以往“空洞说教”的弊端。表3的调研数据显示，学生对课程思政感染力的认可度高达95.6%(含非常认可与认可)，有效实现了知识传授、能力培养与价值引领的有机统一。

4. 改革特色与创新

本研究在《化工原理》课程教学改革中，突破了传统“理论讲授与简单计算”的模式，立足材料化学专业特色，形成了以下显著的改革特色与创新点。

4.1. 产教融合：对接“材冶特色”的模块化内容重构

改革改变了以往通识性的化工教学内容，深度对接辽宁省区域冶金与材料产业升级需求。

(1) 跨学科案例重组：针对材料化学专业在固体物理、电化学材料领域的优势，将“流体流动”、“非均相分离”与“干燥”等单元操作重新包装。例如，在讲授离心泵选型时，引入锂离子电池电解液输送压力降计算案例；在干燥环节，引入电池粉体材料前驱体的对流干燥控制模型。

(2) 工程标准对接：通过邀请企业工程师参与课程标准制定，将真实的工程事故案例(如离心泵气缚造成的泵体损毁)与理论教学对接，强化了学生对工程边界条件的理解。

4.2. 模式创新：基于POA理论的“学用一体”数字赋能

借鉴产出导向法(POA)，构建了“案例驱动 + 任务导向 + 数字辅助”的多维驱动教学体系。

(1) 数字化精准画像：依托“雨课堂”及数字化教学平台，实现了学习环节的全过程留痕。课前推送“三传一反”现象动画，预习完成率达 91.2%；课中利用实时测试监控学生对雷诺准数、范宁公式等核心知识点的掌握曲线；课后通过 AI 批改系统反馈设计型作业中的逻辑错误。

(2) “模拟产出”实战化：设计了“设计型计算 - 设备选型汇报 - QA 互动”项目链。学生不再是单纯解题，而是扮演“工艺设计师”，在课堂模拟国际工程会议场景，解释精馏原理或换热器选型逻辑，实现了从被动输入向主动建构输出的转变。

4.3. 育人增效：以“大国工匠精神”为内核的浸润式课程思政

改革将思政元素作为课程的“灵魂”，而非“补丁”，实现了专业教育与价值观引领的协同。

(1) 典型人物引领：重点深挖中国化工杰出人物时钧先生的学术报国事迹，将其严谨治学的态度与流体静力学方程应用中的实事求是精神相结合，激发学生的家国情怀与报国志向。

(2) 绿色发展观嵌入：在“传热与蒸发”教学中，将“多效蒸发节能降耗”与国家“双碳”目标和可持续发展理念有机统一，引导学生在进行工艺核算时不仅考虑经济效益，更要考量社会责任与环境影响。

4.4. 评价重塑：支撑复杂工程问题解决能力的多元化考评

建立了以“毕业要求支撑度”为核心的“平时(40%) + 期末(60%)”考评体系。

(1) 强化过程性评估：将线上自主学习、课堂讨论表现及二次随堂测试纳入平时成绩，引导学生重视知识的即时内化。

(2) 能力导向终结性评价：期末试卷中涉及解决复杂工程问题的综合分析题(如管路阻力核算与离心泵匹配设计)占比提升至 60%~70%。通过模拟考研复试场景中的专业语言表达测试，重点评估学生运用化工理论解释实际生产现象的逻辑能力，为学生深造与就业奠定坚实基础

5. 结语与展望

5.1. 结语

本研究针对材料化学专业《化工原理》课程工程性强、理论抽象等特点，开展了以“工程能力培养”为核心的教学改革。通过对教学内容的模块化重构，将区域冶金与材料产业的典型案例(如锂电池材料干燥、电解液输送)深度融入单元操作的理论教学中；借鉴产出导向法(POA)，构建了“案例驱动与任务导向”的互动式课堂模式；并依托数字化平台实现了对学生学习全过程的精准评价。

实践证明，该改革模式取得了显著育人成效：

(1) 工程素养有效提升：学生在解决复杂工程问题(如设备选型设计、数学建模求解)时的逻辑严密性与计算准确率显著提高。

(2) 价值引领润物无声：通过引入时钧先生等化工先辈事迹及绿色化工、节能减排理念，成功将家国情怀与职业道德内化为学生的专业自觉。

(3) 学习动力深度激发：数字化平台的互动体验与产业案例的实用性，使课堂参与度与自主学习完成率大幅超越改革前水平。

5.2. 展望

尽管教改已初见成效，但面对“新工科”建设的持续深化和材料产业的快速更迭，未来将着重从以下机制进行完善：

(1) 构建数字化自适应学习模型：利用大数据分析技术对学生的线上学习轨迹进行深度挖掘，建立

“能力诊断 - 资源推送 - 路径优化”的自适应学习系统, 实现个性化精准教学。

(2) 深化产教融合的深度与广度: 计划进一步引入虚拟仿真(VR)技术模拟大型冶金化工现场操作, 并邀请更多区域领军企业的资深工程师参与课程设计与考核, 确保教学标准与行业标准“零距离”对接。

(3) 强化学生自我效能感的闭环培养: 通过智能评价系统实时展示学生在各个知识模块(如流体流动、传热、传质)的能力成长曲线, 通过可视化进一步激发其攻克复杂工程问题的内在自信。

综上所述, 本改革探索不仅夯实了学生的化工理论基础, 更在材料化学专业的交叉学科背景下, 成功探索出一条地方高校工程基础课“学用一体、思政协同、数字赋能”的新路径。

参考文献

- [1] 教育部高等学校教学指导委员会. 普通高等学校本科专业类教学质量国家标准[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018: 205-208.
- [2] 张伟平, 李春燕, 王建军. 产教融合视域下专业英语教学模式创新研究[J]. 中国职业技术教育, 2021(12): 45-49.
- [3] 王红军, 王露洁, 陈国存, 曾小兰. 新工科背景下化工原理理论与实践教学改革探索[J]. 山东化工, 2018, 47(24): 166, 173.
- [4] 王丽, 牟保畏, 刘丽静. 新工科背景下“案例 + 课程思政”的创新模式在《化工原理》课程中的构建与实施[J]. 内蒙古石油化工, 2025(12): 71-75.
- [5] 闫子涵, 王晓辉, 曹睿, 刘梦溪, 卢春喜. 与专业课程体系融合的化工原理课程改革——以过程装备与控制工程专业为例[J]. 化工高等教育, 2025, 42(6): 81-86.
- [6] 李兴洵. 基于知识点结构化的化工原理单元操作中思维导图的探讨[J]. 化工设计通讯, 2026, 52(1): 76-78.
- [7] 辽宁科技大学教务处. 本科教学质量年度报告(2021-2022) [R]. 辽宁科技大学, 2023: 34-36.
- [8] 刘国辉, 杨丹. 教育强国建设背景下化工原理实验教学改革创新研究[J]. 化学工程与装备, 2025(11): 161-163.
- [9] 陶海燕, 王玉州, 赵丽凤. 以学生为中心的“化工原理”线上线下分层教学改革探索[J]. 化工时刊, 2025, 39(5): 98-101.
- [10] 肖文龙, 唐茜雅, 刘四化, 罗婕, 杨纯. “课创赛”三位一体下的化工原理教学改革探析[J]. 化学工程与装备, 2025(9): 135-137.