

“数智赋能、竞赛驱动、思政润心”——新工科背景下 化工专业核心课程群教学创新与实践

王欢 赵永华 冯效迁 孟庆润 刘彦琳

辽宁工业大学化学与环境工程学院, 中国·辽宁 锦州 121001

摘要: 在新一轮科技革命与产业变革背景下, 化工行业向绿色化、智能化、高端化转型, 新工科建设对化工专业人才培养提出全新要求。针对传统化工专业教育教学与实践脱节、创新能力培养不足、价值引领表层化等核心问题, 本研究以化学工程与工艺专业核心课程群为载体, 开展为期五年的系统性教学改革与实践, 构建并实践“数智赋能、竞赛驱动、思政润心”三位一体的教学创新体系。通过构建“三位一体、育人为核”的人才培养新范式、创建“四阶递进、项目贯通”的课程群教学新体系、形成“课赛深度融合、虚实闭环互补、思政情境浸润”的教学新方法, 实现价值、能力、知识的深度融合。实践结果表明, 该体系显著提升了课程建设水平与师资能力, 学生的工程实践能力、创新思维与职业素养大幅提高, 就业竞争力持续增强, 毕业生获用人单位广泛认可。

关键词: 新工科; 化工专业; 核心课程群; 教学创新; 数智赋能; 竞赛驱动; 思政润心

Digital-Intellectual Empowerment, Competition-Driven Learning & Ideological-Political Cultivation: Teaching Innovation of Chemical Engineering Core Curriculum Group in Emerging Engineering

Wang Huan, Zhao Yonghua, Feng Xiaoqian, Meng Qingrun, Liu Yanlin

School of Chemistry & Environmental Engineering, Liaoning University of Technology, China Liaoning Jinzhou 121001

Abstract: Against the backdrop of the new round of scientific and technological revolution and industrial transformation, the chemical engineering industry is advancing toward greenization, intellectualization and high-end development, and the development of emerging engineering education has put forward brand-new requirements for the cultivation of chemical engineering professionals. Aiming at the core problems in traditional chemical engineering education, such as the disconnection between teaching and practice, insufficient cultivation of innovative abilities, and superficial value guidance, this study took the core curriculum group of the Chemical Engineering and Technology major as the carrier to carry out a five-year systematic teaching reform and practice, and constructed and implemented a trinity teaching innovation system featuring "digital and intellectual empowerment, competition-driven learning, and ideological and political education for moral cultivation". By establishing a new talent cultivation paradigm of "trinity with education at its core", creating a new progressive curriculum group teaching system of "four stages with project integration throughout", and forming new teaching methods of "in-depth integration of courses and competitions, complementary virtual and real closed loops, and immersive ideological and political education in situational contexts", the study realized the in-depth integration of value shaping, ability cultivation and knowledge acquisition. Practical results show that this system has significantly improved the level of curriculum construction and teachers' professional capabilities, greatly enhanced students' engineering practical abilities, innovative thinking and professional literacy, and continuously strengthened their employment competitiveness, winning wide recognition for graduates from employers.

Keywords: Emerging engineering education; Chemical engineering major; Core curriculum group; Teaching innovation; Digital and intellectual empowerment; Competition-driven learning; Ideological and political education for moral cultivation

0 引言

新一轮科技革命与产业变革深入发展, 大数据、人工

智能与实体经济深度融合, 化工行业正加速向绿色化、智能化、高端化转型^[1]。这对化工专业人才的培养提出了全

新挑战：不仅需要扎实的理论基础，更需具备运用数字化工具解决复杂工程问题的能力、跨学科创新思维以及高度的社会责任感与工程伦理素养^[2]。

面对新工科建设与国家产业升级对化工类人才培养提出的新要求，本研究针对传统化工专业教育中普遍存在的教学与实践脱节、创新能力培养不足、价值引领表层化等核心问题，开展了为期五年的系统性教学改革与实践。本研究以化学工程与工艺专业核心课程群（涵盖《化工原理》《化工热力学》《化学反应工程》《化工设计》《化工分离过程》等）为载体，创造性构建并实践了“数智赋能、竞赛驱动、思政润心”三位一体的教学创新体系。成果以“思政润心”铸魂，将价值塑造有机融入专业基因；以“数智赋能”强基，深度融合虚拟仿真、流程模拟等现代技术，重塑教学内容与方法；以“竞赛驱动”聚力，将高水平学科竞赛与项目实践融合，重构教学组织模式。三者协同联动，形成了“价值-能力-知识”深度融合的育人新范式。

通过系统重构课程群结构、打造“虚-实-竞-思”递进教学模式、创新“课赛融合”机制，有效提升了学生的工程实践能力、创新思维与职业素养。建设期间，建成一批优质教学资源，学生在全国高水平学科竞赛中多次获奖，毕业生质量获用人单位广泛好评。现对成果总结如下：

1 构建“三位一体、育人为核”的化工专业人才培养新范式

传统化工专业教育长期存在“三重三轻”的结构性矛盾^[3]：教学聚焦于专业理论的系统性传授，但对工程伦理、社会责任、工匠精神等价值引领的融入往往流于形式^[4]，表现为“贴标签”“两张皮”，难以真正内化为学生的职业素养和行为准则；课程设置以学科知识逻辑为主导，各门课程相对独立，缺乏有效的贯通机制，学生虽能掌握单门课程知识，但难以综合运用以解决涉及多门课程的复杂工程问题，知识迁移和系统集成能力不足；教学、实践、思政、竞赛等环节通常由不同主体分头管理，缺乏顶层设计和有效协同，育人合力未能形成。例如，竞赛往往成为少数学生的“课外活动”，未能有效反哺和驱动面向全体学生的课堂教学改革。这些问题导致人才培养与产业需求脱节，毕业生可能具备扎实的理论基础，但在数字化工具应用、工程系统思维、创新实践能力和职业价值认同等方面存在明显短板^[5]。

针对传统化工专业教育中存在的“价值、能力、知识”培养相互割裂、教学环节协同不足、人才培养与产业

需求脱节等深层次问题，本项目提出了“数智赋能、竞赛驱动、思政润心”三位一体、协同育人的核心理念，并将其作为统领课程群教学改革的顶层设计。其核心思路体现为三个层次的系统性变革：首先，在理念层面，强调系统性融合，将价值塑造、能力培养与知识传授视为有机整体，以“思政润心”铸就育人灵魂，以“数智赋能”锻造核心能力，以“竞赛驱动”激活实践场景，使三者相辅相成、融为一体。其次，在实践层面，推行一体化设计，以此理念为指导，对培养目标、课程体系、教学内容、教学方法及评价机制进行全链条重构，打破原有教学壁垒，实现育人环节的协同与目标贯融。最终，在范式层面，推动根本性转变，引领人才培养模式从“以知识为中心”的传统范式，转向“以学生发展为中心、以综合能力产出为导向”的育人新生态，从而构建起目标聚焦、路径清晰、协同高效的新型人才培养体系。

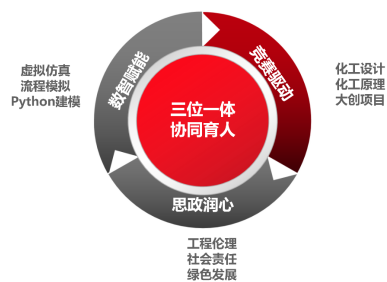


图1 三位一体协同育人理念示意图

为确保“三位一体”育人理念切实贯穿于人才培养全过程，本项目从制度、课程、机制与师资四个维度实施了系统化落地策略。首先，在制度层面重塑培养目标，将“数智赋能”“竞赛驱动”“思政润心”的具体要求明确写入专业培养方案，并分解为可衡量、可评价的毕业要求指标点，逐项落实到各门核心课程的教学大纲之中。在此基础上，全面重构课程教学大纲，在教学目标中融合知识、能力与素质要求，在教学内容中系统设计“数智融合点”“竞赛关联点”与“思政融入点”，并在考核方式中强化对应能力的评价权重。为保障跨课程、跨环节的协同实施，建立了跨部门育人机制，组建由专业负责人、骨干教师、竞赛导师及辅导员构成的工作组，定期统筹教学、竞赛、思政与资源导入。从而构建起从目标到课堂、从制度到实施、从教师到学生的全方位育人支撑体系。

2 创建“四阶递进、项目贯通”的课程群教学新体系

传统化工核心课程群教学体系长期面临结构性困境^[6]，主要体现在三个相互关联的层面：其一，课程间呈现“孤

岛化”，各门课程依循自身学科逻辑独立施教，导致教学内容衔接松散、甚至存在断层与重复，例如“精馏”知识在《化工原理》《分离工程》《化工设计》中分别侧重基础、理论与设计，却缺乏有效联动，使学生难以形成从原理到应用的完整认知链条；其二，由此导致知识与能力培养的“碎片化”，学生所学呈点状分布，缺乏能够贯穿多门课程、驱动知识整合与综合应用的挑战性载体，制约其系统性思维与复杂工程问题解决能力的形成；其三，更深层的问题是教学内容的“静态化”，课程更新滞后于产业技术变革（如智能化、碳中和趋势）与新兴工程工具（如Python、AI辅助建模）的发展，教学内容与工程实践之间出现显著“代差”。这三重问题共同削弱了人才培养与行业需求的适配性。

针对传统课程体系的结构性困境，本项目以“复杂工程问题”为牵引，以“学生能力发展”为主线，打破原有课程并列结构，创新性地构建了“基础认知→虚拟仿真→工程模拟→创新实践”四阶递进、并以“竞赛/项目”贯通始终的课程群教学新体系。其核心建设思路体现为“纵向递进、横向贯通、动态更新”三位一体的系统设计：在纵向维度，遵循认知规律，规划了从基础认知到创新实践的四个螺旋上升能力阶梯，明确各阶梯的教学重点、方法与课程支撑，实现能力的阶梯式进阶；在横向维度，以全国大学生化工设计竞赛等综合性项目为主线，串联各核心课程，使各门课程围绕统一项目承担特定教学与训练任务，驱动知识整合与能力贯通；在发展维度，建立产教融合的动态更新机制，将产业前沿技术、工程实际难题及竞赛新要求持续转化为教学内容与案例，确保教学体系与行业发展同频共振，形成既稳定有序又开放创新的育人结构。

基于“四阶递进、项目贯通”的新体系，本项目对课程群实施了精细化的教学设计与动态化管理，明确各阶层的教学目标与课程分工：基础认知层依托《化工原理》与《化工热力学》，重在夯实原理与经典计算，并引入Python/MATLAB以培育计算思维；虚拟仿真层利用自主开发的虚拟仿真教学资源与VR资源，聚焦高危过程的沉浸式认知与安全规范训练；工程模拟层则在《化工设计》《反应工程》等课程中，系统融入Aspen Plus、Python等工具，培养学生进行流程模拟、设备设计与过程优化的能力；创新实践层则以化工设计竞赛、大创项目与毕业设计为载体，推动全流程、跨学科的创新实践与团队协作。为实现各阶层的横向贯通，本项目以“全国大学生化工设计竞赛”任务书为蓝本，将“工艺流程设计”“设备选

型”“经济环保评价”等模块分解后精准对接到相应课程的教学与考核中，形成“主线项目”驱动的教学闭环。为保障体系的持续活力，建立常态化动态更新机制，依据产业新技术、竞赛新趋势与企业真实案例，持续迭代教学案例库、项目库与习题资源，确保教学内容始终与工程前沿同步演进。



图2 四阶递进课程体系

3 形成“课赛深度融合、虚实闭环互补、思政情境浸润”的教学新方法

先进理念与优化体系需依托有效的实施路径方能落地。传统教学方法在支撑新体系时主要面临三重挑战[7]：其一，“学”与“用”之间存在脱节，课堂教学偏重知识传授，习题与实验多为验证性质，缺乏能够驱动学生主动整合与应用知识的综合性、挑战性真实工程场景，致使学科竞赛等实践活动常被边缘化为课外延伸，未能与课程教学深度融合以支撑核心教学目标；其二，“虚”与“实”呈现割裂，虚拟仿真、软件模拟等现代教学手段与传统实体实验、工厂实习之间未能有机衔接、形成合力，导致学生或仅擅长软件操作却缺乏工程实感，或只接触实体装置而疏于运用数字化工具进行设计与优化；其三，“教”与“育”相互分离，专业课程中的思政教育容易流于生硬说教或机械嫁接，难以与专业知识学习及工程实践训练自然融合，无法有效唤起学生的价值认同与情感共鸣，限制了育人成效。

为突破理念落地、体系运行的“最后一公里”实施瓶颈，本项目系统构建了三条相互支撑、协同增效的实践路径。第一条是“课赛深度融合”路径，其核心在于将全国大学生化工设计竞赛等高水平学科竞赛深度、全面地融入课程教学全过程，推动其从“课外活动”升级为“核心教学环节”，从而实现以赛促学、以赛促教、以赛促改的良性循环。第二条是“虚实闭环互补”路径，聚焦于同一知识或能力模块，系统设计“虚拟仿真（安全认知）→软件模拟（设计优化）→实体/半实体验证（综合集成）”的递进式、闭环式训练链条，促使虚拟手段与实体实践优势互补、能力叠加。第三条是“思政情境浸润”路径，着力

挖掘专业课程与工程实践中蕴含的思政要素,将价值引领有机嵌入具体的专业知识探究、技术难题解决与工程决策情境,实现“如盐化水、润物无声”的育人效果。三条路径相互关联、协同作用,共同构成了支撑“三位一体”育人理念有效落地的坚实方法网络。

3.1 课赛深度融合,实现“以赛促学、以赛促教、以赛促改”

将全国大学生化工设计竞赛等高水平学科竞赛深度、全面融入课程教学全过程,推动其从“课外活动”升级为“核心教学环节”。一是建立“任务分解-课程映射”机制,以年度全国大学生化工设计竞赛为蓝本,将竞赛任务系统分解后精准对接《化工设计》《化工原理》《化工安全与环保》等课程的教学与考核,实现竞赛任务与课程内容同构;二是建立“课程导师+竞赛教练”双师协同指导机制,课程导师侧重专业知识讲解与基础训练,竞赛教练侧重项目攻关与实践指导;三是推动竞赛成果反哺教学,将往届优秀作品、技术难题及解决方案转化为教学案例,丰富课堂教学内容。

3.2 虚实闭环互补,实现虚拟教学与实体实践能力叠加

聚焦同一知识或能力模块,系统设计“虚拟仿真(安全认知)→软件模拟(设计优化)→实体/半实体验证(综合集成)”的递进式、闭环式训练链条,促使虚拟教学手段与实体实践优势互补。以“精馏”单元为例构建递进闭环训练链:首先通过虚拟仿真开展安全认知与操作规范训练,让学生建立工程直观认知;其次利用 Aspen Plus、Python 等工具进行流程模拟、参数优化与算法求解,形成虚拟模拟方案;最后在竞赛项目或桌面工厂搭建中实现全流程集成与设计结果验证,并基于实体结果迭代优化虚拟方案,完成从虚拟到实体的能力闭环。

3.3 思政情境浸润,实现价值引领“如盐化水、润物无声”

深入挖掘专业课程与工程实践中蕴含的思政要素,将价值引领有机嵌入具体的专业知识探究、技术难题解决与工程决策情境。课程群教学团队通过集体备课,系统开发“专业-思政”情境案例库,将价值引领嵌入三类典型教学场景:在虚拟仿真中创设“安全事故事件”,引导学生分析原因、学习法规,树立“生命至上、严守规程”的工程伦理;在 Aspen 模拟中开展多方案能耗与排放对比,融入“双碳”战略要求,强化学生绿色可持续发展观;在竞赛团队协作中适时介入引导,帮助学生化解分歧、凝聚共识,

培养系统思维、有效沟通与团队责任意识,让思政教育自然融入专业学习与实践全过程。

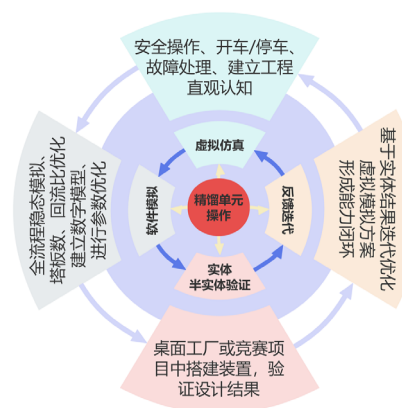


图3 以精馏单元为例的“虚实闭环”互补训练路径

4 实践成效

本成果于 2021 年开始实施,历经 5 年研究探索、实践检验,取得了良好的人才培养效果。

4.1 课程建设水平不断提升,教学成果显著

获批省级一流本科课程 4 门、省级高校课程思政精品课程 1 门、省级高校创新创业教育特色课程 1 门、省教改课题 5 项、校教改课题 3 项、校级创新创业教育示范专业、校级课程思政示范课 4 门、校级课程思政精品示范课 2 门、校级创新创业教育示范课程 1 门;培养辽宁省教学名师 1 名、校级优秀本科教学团队 1 个、校级课程思政教学名师 1 人、校级课程思政优秀教学团队 1 个;辽宁省本科大学生化工设计创业竞赛优秀指导教师 5 人。

4.2 学生综合能力与创新成果突出

学生运用 Aspen、Python 等工具解决复杂工程问题的能力显著增强。本专业学生积极参与各类创新教育活动,如大学生创新创业计划训练项目、大学生化工技能竞赛、大学生化工设计竞赛、“挑战杯”辽宁省大学生课外学术科技作品竞赛等。自 2021 年以来获全国大学生化工设计竞赛二等奖 5 项、三等奖 3 项;辽宁省普通高等学校本科大学生化工设计创业竞赛一等奖 3 项、二等奖 3 项、三等奖 1 项;全国大学生化工实验大赛东北赛区竞赛一等奖 1 项、二等奖 2 项、三等奖 3 项;辽宁省普通高等学校本科大学生化工原理大赛一等奖 4 项、二等奖 4 项;大学生创新训练计划项目校级 85 项、省级 22 项、国家级 4 项,“创青春”创业计划大赛省一等奖 1 项、三等奖 4 项,“挑战杯”辽宁省大学生课外学术科技作品竞赛省特等奖 1 项、一等奖 1 项、二等奖 4 项、一等奖 6 项,辽宁省大学生化学实验竞赛二等奖 1 项、三等奖 1 项。

4.3 学生工程实践能力提升, 就业竞争力增强

通过课程群的建设与创新, 本专业毕业生具有扎实的专业基础与较强的实践创新能力和工程素质, 到企业后工作上手快、实践能力强, 发展潜力大, 能很快成长为企业的技术骨干, 因此受到企业的欢迎, 近5年的就业率均维持在90%以上。80%以上的毕业生进入企业从事与本专业相关的技术工作。10%以上的学生进入中石油、中石化、中航油以及恒力石化等大中型石油化工企业。

5 结语

本次化工专业核心课程群教学改革虽构建起“数智赋能、竞赛驱动、思政润心”三位一体的教学创新体系, 取得了课程建设、人才培养与就业质量的多重成效, 但仍存在产教融合深度不足、数智化教学个性化设计欠缺等问题。未来将针对性深化改革, 强化与化工龙头企业的协同育人, 把前沿技术与工程难题转化为教学资源; 完善数智化个性化教学模块; 通过教改交流扩大成果辐射面, 持续优化育人体系, 为化工行业转型升级培育更多高素质复合型工程技术人才。

参考文献:

[1] 胡文伟, 余媛媛, 刘绚艳等. 新质生产力驱动下化工行业转型升级的路径与策略研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2025, 15(07):46-49.

[2] 胡涛, 李先锋, 陶胜洋等. 人工智能革命——重

塑化学化工前沿研究与教育的新范式[J]. 大学化学, 2025, 40(12):112-118.

[3] 李广利, 李青, 晋媛等. 地方高校“四维一体”卓越拔尖化学化工人才培养模式探索与实践[J]. 河南化工, 2026, 43(02):67-70.

[4] 高艺霞, 吕高月, 辛忠. 新时代化工类专业课程思政建设的价值意蕴、现实困境及实践路径[J]. 化工高等教育, 2025, 42(03): 113-119.

[5] 陈雪琴. 工程教育认证下的化工专业人才培养模式优化研究—基于在闽四所高校实证分析[D]. 厦门: 厦门大学, 2019.

[6] 侯秋飞, 王聪, 赵智雯等. 新工科与专业认证背景下化工一流专业建设的探索与实践[J]. 化工管理, 2025(03): 35-38.

[7] 吴真, 李梅生, 刘晓燕等. 新质应用型化工人才培养模式创新与实践[J]. 化工高等教育, 2025, 42(06): 14-19.

基金项目: 2022年辽宁工业大学新工科背景下化工专业人才培养模式的构建与探索(xjg2022021); 2025年度辽宁省普通高等教育本科教学改革研究项目(2025YBXM0402)。

作者简介: 王欢(1982-), 女, 辽宁锦州人, 工学博士, 辽宁工业大学化学与环境工程学院副院长, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 主要从事多相催化相关的研究工作。