

# 成果导向与数字化场域驱动：化纤生产实训课程持续改进研究

秦爱文<sup>1,2</sup> 李俊<sup>1</sup> 辛长征<sup>1,2,\*</sup>

1 河南工程学院

2 河南省纤维制备与改性工程技术研究中心

DOI:10.32629/mef.v8i21.18317

**[摘要]** 新工科背景下,高分子材料专业实践教学面临物理边界受限与复杂工程能力供给不足的结构矛盾。针对《化纤生产实训》“宏观流程不可逆、微观机理黑箱化”及“非技术素养评价离散化”痛点,本研究基于成果导向教育(OBE),构建“全真虚拟仿真场域+产教生态耦合”沉浸式教学新范式。该范式通过多物理场耦合仿真实现微观流变可视化,依托真实工业数据流高保真还原高危高能耗工况,建立OBE闭环非技术能力量化评价体系。2021-2022级学生纵向实证表明,课程核心目标达成度稳定超0.65基准线,2022级环境伦理与团队协作评价较前一届分别显著提升8.6%、11.3%。研究证实,该范式有效破解工程人才硬实力与软素养同步提升难题,为工科复杂情境教学改革提供可复制的数字化方案。

**[关键词]** 工程教育; 化纤生产实训; OBE评价闭环; 持续改进; 非技术能力

中图分类号: G4 文献标识码: A

## Outcome-oriented and digital field-driven: continuous improvement of training course of chemical fiber production

Aiwen Qin<sup>1,2</sup> Jun Li<sup>1</sup> Changzheng Xin<sup>1,2,\*</sup>

1 Henan University of Engineering

2 Henan Provincial Engineering Research Center for Fiber Preparation and Modification Technology

**[Abstract]** Under the background of Emerging Engineering Education, practical teaching in Polymer Materials majors faces a structural contradiction between limited physical boundaries and an insufficient provision of complex engineering capabilities. Addressing the pain points in the Chemical Fiber Production Practical Training course—namely irreversible macroscopic processes, “black-box” microscopic mechanisms, and fragmented non-technical assessment—this study constructs an OBE-based immersive teaching paradigm characterized by “authentic virtual simulation coupled with the industry-education ecosystem.” This paradigm visualizes microscopic rheological processes through multi-physics simulation, achieves high-fidelity reproduction of high-risk and high-energy conditions using real industrial data, and establishes a quantitative assessment system for non-technical capabilities based on an OBE closed-loop. Longitudinal empirical data from the 2021 and 2022 cohorts indicate that the attainment of core course objectives stably exceeded the 0.65 baseline. Notably, the 2022 cohort saw significant improvements in environmental ethics and teamwork collaboration, increasing by 8.6% and 11.3%, respectively, compared to the previous cohort. The research confirms that this paradigm effectively resolves the challenge of synchronously enhancing hard skills and soft attributes, providing a replicable digital solution for teaching reform in complex engineering contexts.

**[Key words]** Engineering Education; Chemical Fiber Production Practical Training; OBE Closed-Loop Assessment; Continuous Improvement; Non-technical Capabilities

### 引言

在全球制造业向绿色化、智能化转型背景下,新工科建设步入深水区,工程教育正从“知识灌输”转向“能力产出”范式<sup>[1,2]</sup>。依据《华盛顿协议》认证标准,解决复杂工程问题能力是卓越工

程师培养质量的核心标尺<sup>[3]</sup>。作为高分子材料与工程专业核心实践环节,化纤生产过程集成多学科知识与多物理场耦合,对学生的工程实践能力与综合素养要求极高<sup>[4]</sup>。

长期以来,化纤生产实训受工业属性制约,存在四大结构性

矛盾<sup>[5,6]</sup>：一是物理场域刚性约束，高危不可逆的生产特性使实体实训沦为参观式教学，学生难以实操试错；二是微观过程可视化缺失，核心流变过程密闭不可见，学生难以理解“工艺-结构-性能”关联；三是资源供需错位，设备场地限制导致难以支撑全员深度参与，无法适配规模化与个性化教学；四是非技术能力培养缺失，传统教学侧重技能训练，忽视软素养的培育及科学评价。

现有改革仍存两大“孤岛效应”：技术上，虚拟仿真多停留在浅层场景漫游，缺乏真实产线数据映射与多物理场耦合，难以支撑深度探究<sup>[7]</sup>；评价上，非技术能力考核游离于技术训练之外，缺乏量化抓手<sup>[8]</sup>。核心症结在于未构建可还原复杂工况、全过程记录工程伦理与协作行为的全息教学场域。

为此，本研究依托河南工程学院与行业龙头企业产教融合资源，重构基于“虚拟仿真”的化纤生产虚拟实验平台，通过“双重耦合”实现整合性突破：技术层耦合真实生产数据与微观机理，推动认知从感性到理性跨越；育人层将非技术要素内嵌虚拟操作全流程评价，实现“做中评、评中改”。本文结合两届学生纵向实证数据，解构该范式通过技术与评价协同创新来，破解工程教育“高阶能力难培养、隐性素养难量化”难题的内在逻辑。

### 1 OBE导向下课程目标的重构与测度标准

#### 1.1 课程目标与毕业要求的科学映射

本课程摒弃传统“章节式”教学目标，建立以学生能力产出为核心的课程目标体系，通过“指标点-课程目标-教学环节-评价标准”的四级联动，确保能力培养的靶向性。结合高分子材料与工程专业2022版的人才培养方案，确立四大核心课程目标(见表1)。

表1 化纤生产实训课程对高分子材料与工程专业毕业要求的支撑关系

毕业要求	指标点	课程目标
毕业要求3 设计/开发解决方案	指标点3-3: 能综合考虑经济、环境、法律、安全、健康、伦理等制约因素,设计具有创新性的高分子材料领域复杂工程问题的解决方案。	课程目标1: 能够基于社会、健康、安全、法律、文化、环境等因素设计纺丝流体体系和加工工艺,并结合新材料和新工艺需要,对设计方案进行创新、优化和完善。
毕业要求4 研究	指标点4-3: 能够对实验结果综合性比较、分析和解释,获得合理有效的结论。	课程目标2: 能够基于实验产品结构和性能测试的数据,对实验结果进行对比和分析,并通过分析影响产品性能的因素得到合理有效的结论。
毕业要求7 环境和可持续发展	指标点7-2: 能够从环境保护和可持续发展的角度评价高分子材料生产和应用过程中可能对人类和环境造成的影响。	课程目标3: 能够基于实验原料的物性和方案,从环保和可持续性发展角度评价纤维生产和应用周期中可能对人类和环境造成的损害和隐患。
毕业要求9 个人和团队	指标点9-2: 能够在多学科背景下的工程团队中,合作共事,解决高分子材料领域中的工程问题。	课程目标4: 能够承担团队成员和负责人的角色,合作共事,解决纤维生产实训过程中遇到的问题。

#### 1.2 多元化评价权重与量化标准

为确保课程目标达成情况评价的信度与效度，评价体系构建了“过程性考核(50%)+终结性考核(50%)”的深度耦合机制。过程性考核涵盖线上预习、方案设计、课程讨论及实验表现等节点，重点监控学生在数字化场域内的探究行为与思维路径；终结性考核则以实训报告和现场答辩为主，侧重评估知识的综合迁移能力(见表2)。

表2 课程目标与考核环节权重映射矩阵

考核环节	对应课程目标	权重系数	评价方式与内涵
线上预习	课程目标3	1.0	数字化平台任务点完成度+环保法规测试
方案设计	课程目标1/课程目标4	0.5/0.5	针对特定纤维品种的工艺路线设计+可行性论证
课程讨论	课程目标1	1.0	针对复杂工程问题的研讨发言质量+团队贡献度
实验表现	课程目标4	1.0	现场操作规范性+虚拟仿真中的参数调控精度
实训报告	课程目标2/课程目标3	0.8/0.2	逻辑严密性+数据分析深度+规范性

备注：课程目标达成情况评价价值计算采用加权平均法，基准值为0.65。计算公式：课程目标达成情况评价价值=Σ(各考核环节平均得分×该环节权重)/目标分值

### 2 虚实共生场域的构建与产教融合实务

#### 2.1 数字化虚拟生产线的逻辑架构

针对化纤生产“不可视”“不可逆”核心难题，平台通过虚拟仿真高精度重构真实生产线，实现“三重高保真”创新：一是设备与流程高保真，1:1三维还原PLC控制系统、溶解釜等关键设备及全生产流程，破解实体实训空间与设备不足矛盾；二是数据与工况高保真，内置企业真实生产数据物理模型，支持关键参数宽范围调控，实时呈现参数对纤维性能的非线性影响，突破传统实训“难试错、难观察”局限；三是物理场与微观过程高保真，通过多物理场耦合仿真实现微观流变过程可视化，消除安全隐患，保障学生自主开展极限工况模拟与工艺试错，培育工程直觉与参数敏感度。

#### 2.2 产科教协同育人的深度耦合

构建“科研反哺教学、校企协同育人”长效机制，实现“教学-科研-产业”无缝衔接，破解产教融合浅层化问题：其一，动态案例转化，将与新乡化纤等企业合作的横向科研课题转化为教学案例，缩短产业前沿与教学距离；其二，校企双导师制，企业高级工程师深度参与实训全流程，传递工业实战经验，弥补传统教学“重理论轻实践”短板；其三，就业精准对接，通过实训能力匹配与双向选择，近三年助力30余名毕业生入职行业领军企业，实现“教学-实训-就业”闭环。

### 3 达成度对比实证分析

#### 3.1 核心评价指标的达成分布与演化

表3 2021级与2022级课程目标达成度实证数据对比

课程目标	2021级评价价值	2022级评价价值	演变趋势分析
课程目标1	0.823	0.818	基本持平(波动 $\leq 0.6\%$ ): 虚拟仿真工艺认知体系趋成熟, 学生常规工艺设计与论证基本功扎实, 但创新突破不足, 表明“创新驱动路径依赖”问题未完全解决, 但已奠定稳定工艺设计能力基础。
课程目标2	0.824	0.813	微降1.3%: 核心因2022级新增复杂多因素耦合场景, 学生对数据背后物理机理剖析不足, 结论推导停留在数值表象, 逻辑链条不严密, 印证“数据表征浅层化”需持续破解。
课程目标3	0.753 (原目标4)	0.818 (现目标3)	显著攀升8.6%: 得益于课程思政与绿色制造案例植入, 学生对生产全生命周期环境影响认知从被动接受到主动评价, 环境责任意识增强, 验证教学模式解决“工程伦理意识淡薄”的成效。
课程目标4	0.768 (原目标5)	0.855 (现目标4)	激增11.3%: 虚拟仿真多人协同模块与PBL教学激活团队潜能, 学生分工、沟通及协同解决问题能力提升, 有效破解“多学科协同能力不足”难题。

基于2021级和2022级学生课程目标达成度数据, 对两届学生的实训表现进行纵向剖析与横向对比, 重点验证“数字化场域+产教融合”模式对核心问题的解决成效。连续两轮教学实践中, 四大核心课程目标达成度均稳定超过0.65的基准线, 整体呈现“强项稳固、弱项补强”的良性演化趋势, 充分验证了教学范式对传统实训痛点的破解效果, 具体数据对比如表3所示。

### 3.2 基于数据反馈的痛点诊断

尽管整体达成度良好, 但微观层面仍存在“非技术能力偏差”与“深层逻辑断层”两大核心痛点, 需通过持续改进破解:

数据表征“浅层化”困境: 2022级达成度微降, 反映学生“数据分析-机理阐释”能力断层。实训报告显示, 62%学生可熟练绘制数据图表, 但仅35%能构建“工艺扰动-微观结构-性能响应”因果逻辑, 多停留在现象描述, 根源为传统教学“理论与实践脱节”, 学生未能有效将高分子物理等理论知识有效迁移至实训数据分析中。

创新驱动“路径依赖”问题: 问卷调查显示, 仅38.58%学生能独立完成工艺创新优化, 61.42%依赖既定参数方案, 面对复杂工况缺乏创新自信与方法论, 核心因虚拟仿真场景创新引导不足, 且缺失工艺创新专项训练模块。

### 4 持续改进闭环与课程思政的浸润式设计

针对两轮评价识别出的能力断层与素养短板, 构建“问题诊断-措施制定-教学实施-效果反馈-迭代优化”的闭环改进机制, 核心创新在于将OBE理念贯穿全程, 实现数据驱动精准改进, 替代传统经验式调整。

#### 4.1 逻辑重构: 从“数据采集”到“因果推断”

为解决课程目标2达成度波动问题, 引入“剥茧抽丝”式逻辑训练法破解数据表征浅层化难题: 一是优化实训报告考核, 摒弃单一数据提交模式, 要求构建“工艺扰动-微观结构-宏观性能”三维因果矩阵, 明确数据与结论逻辑关联; 二是增设Origin软件实操高阶专题, 指导关键参数定量表征及机理阐释; 三是开展案例对比教学, 强化科学论证思维; 四是建立“理论-实践”联动模块, 前置理论导学搭建思维桥梁。

#### 4.2 伦理植入: 全生命周期的责任感知

针对2021级学生环境责任达成度偏低问题, 以绿色制造为课程思政主线, 构建“案例驱动+考核内化”浸润式育人路径: 一是引入新乡化纤生态认证标杆案例, 具象化绿色工艺与“三废”处理方案; 二是在方案设计考核中增设环境影响评估专项(权重20%), 要求量化能耗、碳排放并提出优化措施。2022级该维度达成度提升至0.818, 验证了该模式培育全生命周期责任感知的有效性。

### 5 结论

基于河南工程学院高分子材料与工程专业教学改革实践, 本研究验证了OBE导向“数字化虚拟仿真+产教深度融合”教学范式的显著成效。其核心创新为: 虚拟仿真实现多物理场耦合微观可视化, 突破传统实训局限; 校企协同构建“教学-科研-产业”育人链条, 还原真实工程情境; OBE量化评价与闭环改进机制, 破解非技术能力评价难、质量提升乏力痛点。

实证数据显示, 两届学生核心目标达成度均超0.65基准值, 环境伦理与团队协作能力分别提升8.6%、11.3%, 有效解决传统实训“高风险、不可视、难操作、素养弱”四大痛点, 实现工程硬实力与软素养同步提升, 为工科实践教学改革提供可复制范例。

#### [基金项目]

河南工程学院产教融合示范学院项目(2024XSF02)、产教融合品牌项目(2024XPP24)和教育教学改革研究项目(2024JYZDX013); 河南省本科高校教学研究性教学创新实践平台项目。

#### [参考文献]

- [1]李正, 马宏伟, 戴青云, 等. 新工科如何赋能现代化产业体系建设[J]. 高教探索, 2025, (02): 5-16.
- [2]钟磊. 综合性高校新工科建设的现实审视和实践策略[J]. 高等工程教育研究, 2025, (01): 91-95.
- [3]李雪飞, 耿碧云, 李科. 比较与重构: 卓越工程师培养质量标准的再探索[J]. 工业和信息化教育, 2025, (12): 1-8.
- [4]伍建华, 彭晓春. 高分子材料课程教学改革与实践[J]. 化工管理, 2024, (25): 67-72.
- [5]邓吨英, 谢炜, 林美超. 材料科学与工程专业实践教学的探索与实施[J]. 科技风, 2025, (26): 13-15.
- [6]周进康, 牛延慧, 任俊鹏. 针对材料专业实践能力培养的综合实验教学探索[J]. 实验室科学, 2022, 25(05): 130-132.
- [7]李大宇, 许家辉, 高东, 等. 基于虚拟仿真的智能化实践教学探索[J]. 化工高等教育, 2025, 42(01): 114-120.
- [8]周怡然, 王勇, 李广强, 等. 工程教育非技术能力培养体系的改革与实践[J]. 创新创业理论与实践, 2024, 7(11): 72-74.

#### 作者简介:

秦爱文(1986--), 男, 汉族, 河南郑州人, 博士, 副教授, 研究方向: 工程教育, 课程评价, 纤维新材料。

李俊(1988--), 男, 汉族, 河南郑州人, 博士, 副教授, 研究方向: 高分子材料与工程, 课程体系, 人才培养。

辛长征(1969--), 男, 汉族, 河南焦作人, 博士, 教授, 研究方向: 产教融合, 新材料人才培养模式。