

# AI赋能产教融合：化工安全教改探索

杨亚林, 陆伟

安徽理工大学安全科学与工程学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2026年5月22日; 录用日期: 2026年6月23日; 发布日期: 2026年6月30日

## 摘要

在新工科建设与化工行业数字化转型的背景下, 智慧化工对具备安全工程与数字化能力的复合型人才提出了更高要求。针对《化工安全》课程教学中存在的课堂参与度低、知识更新滞后、实践与现场脱节等问题, 本文旨在探索课程教学改革路径, 提升人才培养质量。基于产教融合与AI赋能的双重驱动机制, 重构教学内容与教学模式: 一是构建互动式课堂, 增强学生参与感与学习主动性; 二是引入AI辅助教学模块, 涵盖智能风险识别、数据驱动的安全分析等工具; 三是推行校企联合实践教学, 将真实工业场景与课程任务深度融合。教学实践表明, 改革后学生的学习动力明显增强, 工程实践能力与数字化素养显著提升, 课堂互动频率与任务完成质量均优于传统教学模式。该教学模式能有效适应智慧化工对安全人才的复合型能力要求, 为培养具备智能安全管控能力的高素质应用型人才提供了可行路径。

## 关键词

化工安全, AI+ 安全, 产教融合, 智慧化工, 复合型人才培养

# Teaching Reform of Chemical Safety Course Based on Industry-Education Integration and AI Empowerment

Yalin Yang, Wei Lu

School of Safety Science and Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: May 22, 2026; accepted: June 23, 2026; published: June 30, 2026

## Abstract

Under the dual drivers of the emerging engineering education (New Engineering) initiative and the digital transformation of the chemical industry, smart chemical engineering poses unprecedented demands for compound talents who possess both safety engineering expertise and digital competencies.

**Traditional Chemical Safety courses face prominent challenges, including low classroom participation, outdated knowledge delivery, and a significant disconnect between theoretical instruction and industrial practice. These shortcomings make it difficult to meet the evolving requirements of intelligent safety management in modern chemical enterprises. Therefore, this study aims to explore a pedagogical reform pathway to enhance the quality of talent cultivation. Drawing upon the dual mechanisms of industry-education integration and AI empowerment, the course design and instructional strategies are systematically restructured. Specifically, three main interventions are implemented: (1) An interactive classroom is established to enhance student participation and learning autonomy; (2) AI-assisted teaching modules are introduced, encompassing intelligent risk identification, data-driven safety analytics, and other relevant tools; (3) University-enterprise collaborative practical teaching is implemented, which deeply integrates real-world industrial scenarios with course tasks. Pedagogical practice demonstrates that the reformed teaching approach significantly enhances students' learning motivation, markedly improves their engineering practice competence and digital literacy, and yields higher levels of classroom interaction frequency and task completion quality compared to traditional instructional models. This pedagogical framework effectively accommodates the multifaceted competency requirements for safety professionals in the context of intelligent chemical engineering, thereby offering a viable pathway for cultivating high-caliber application-oriented talents equipped with intelligent safety management and control capabilities.**

## Keywords

**Chemical Safety, AI-Enabled Safety, Industry-Education Integration, Smart Chemical Industry, Compound Talent Cultivation**

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. 化工行业发展现状

化工行业作为支撑我国经济发展的重要支柱产业, 生产过程中具有明显的高风险、高隐患、高管控难度等属性, 并且化工生产的全流程几乎都涉及到易燃易爆、有毒有害及强酸强碱等强腐蚀性化学试剂, 核心工艺装置长期处于高温、高压、连续密闭化运行工况, 不仅风险点位分布零散、隐患隐蔽性较强。一旦发生泄漏、爆炸、火灾等突发事件, 往往会造成严重的人员伤亡、重大的经济损失和严重的生态破坏[1]-[3]。因此, 这也对专业安全人才的风险识别和防控能力也提出了更加严格的行业要求。在我国实体经济快速发展的时代背景下, 化工行业加速迈向数字化、智能化、绿色化转型阶段, 智慧化工园区、无人化智能管控平台、全流程风险智能监测预警系统等新型生产与管控模式全面落地, 推动行业安全管控模式跳出传统人工巡检、事后被动处置的局限, 转向事前精准预警、全过程主动防控、全链条数字化闭环管理[4], 这一变革彻底突破了传统化工安全人才仅需掌握基础安全理论、常规现场管控流程的单一能力知识, 这使得高校化工安全领域人才培养体系需要进行系统的迭代和优化[5]-[7]。

相较于传统化工安全人才偏单一的专业能力要求, 新时期化工行业亟需的是兼具扎实安全专业功底、智能控制技术素养与实战应急处置能力的复合型工程人才。这类人才首先要筑牢专业知识核心基础, 精通化工工艺安全分析、重大危险源辨识、风险分级管控及行业安全标准规范, 具备过硬的日常隐患排查、基础风险防控能力[8]; 与此同时, 必须熟练掌握工业智能控制、安全大数据分析、物联网在线监测、人工智能风险预警等数字化技术实操方法, 能够适配智慧化工厂智能设备运维、安全数据判别、全流程智能化管控的岗位需求; 此外还要具备实战化应急处置能力, 可依托智能管控平台快速完成突发风险研判、

应急方案制定与现场应急处置, 实现安全专业素养、数字技术应用能力与实战应急水平的深度融合, 真正契合行业智能化转型的人才刚需[8][9]。

《化工安全》作为化工类、安全工程类专业的核心必修课, 是衔接高校理论育人与行业岗位需求、筑牢工程人才安全意识、培养专业安全技能的关键载体, 在整个专业人才培养体系中占据不可替代的核心地位, 直接决定人才培养质量与行业发展适配度。但当前传统课程教学模式普遍存在课堂教学以单向理论知识灌输为主, 学生参与度不足、课堂活力欠缺; 教学内容更新滞后, 未能及时融入行业智能化转型前沿技术与管控经验; 实践教学环节多局限于校内模拟, 与化工企业真实生产场景、一线安全管控需求脱节严重, 数字化技术与课程教学的融合程度偏低。这种偏重传统安全理论传授、忽视智能控制与实战应急能力培育的培养模式, 早已无法满足现代智慧化工厂对复合型、应用型安全人才的培养要求, 课程教学体系的全方位改革已刻不容缓。从教育理论视角审视, 上述困境的本质在于教学设计背离了建构主义学习理论的核心主张, 知识应由学习者在真实或接近真实的情境中, 通过主动建构与社会化互动来获取, 而非被动接收。同时, 传统教学也忽视了情境学习理论强调的“合法的边缘性参与”, 学生难以进入工程实践共同体。因此, 本次改革以建构主义与情境学习理论为双重指引, 旨在通过产教融合创设真实工程情境, 借助 AI 赋能提供认知工具, 引导学生从知识的“旁观者”转变为工程实践的“参与者”。

## 2. “化工安全”课程教学现状审视：现实困境与归因分析

### 2.1. 教学互动维度：课堂管理机制单一，学生内驱力不足

传统《化工安全》课堂多采用教师单向讲授、案例罗列的模式, 教师全程主导教学流程, 承担知识输出的单一角色, 加之课程缺乏完善的过程性考核机制, 课堂管理偏宽松, 缺少有效的实时引导与过程约束, 学生长期处于被动接收知识的状态, 难以开展深层次思考与自主探索, 更无法主动建构风险辨识、应急思维等核心专业能力, 课堂互动效果较差。加之课程涵盖大量安全规范、技术标准和事故案例, 知识点零散、理论性较强, 缺乏互动设计的灌输式教学, 容易让课堂氛围沉闷, 进一步降低学生的学习主动性。

从实际教学情况来看, 部分教师的课堂管理较为宽松, 往往以完成既定教学内容为目标, 对学生的课堂状态、知识吸收程度和学习投入度缺乏实时关注, 也很难开展针对性引导。课堂提问多停留在概念记忆、知识点复述的基础层面, 很少结合企业真实生产场景, 设计风险推演、方案优化等锻炼高阶思维的问题。现有课程考核多采用期末笔试加平时作业和课堂出勤的简单形式, 重理论记忆、轻过程培养, 重结果评价、轻能力培育, 导致学生普遍存在考前突击、考后遗忘的问题, 很难将零散的安全知识转化为系统的工程安全素养, 学习效果缺乏长效性。

### 2.2. 教学内容维度：知识体系迭代滞后，前沿技术融入缺失

传统《化工安全》课程教学内容存在明显的时间滞后性的缺点, 核心知识点大部分局限于指定教材中的经典安全理论、老旧行业规范与常规管控方法, 内容更新周期长、迭代速度慢, 没能紧跟化工行业数字化、智能化转型步伐, 及时吸纳前沿技术成果与行业实践经验。课程体系很少涉及人工智能、数字孪生、大数据等新一代信息技术, 更缺少相关技术在化工安全领域的实际应用案例, HAZOP 智能分析、故障预测与健康管理(PHM)、智能风险预警等前沿场景, 均未纳入日常教学内容。

这种重传统理论、轻前沿技术的内容设置, 导致学生所学知识结构固化, 接触不到行业最新的智慧安全管控技术, 所学内容与企业实际岗位需求存在明显差距。学生进入职场后, 往往需要重新学习智能化实操技能才能适配岗位, 课程育人与行业需求衔接不畅, 无法满足新质生产力背景下复合型安全人才的培养要求。

### 2.3. 实践教学维度：产教融合流于形式，工程实践情境缺位

目前《化工安全》实践教学环节，产教融合大多流于形式，缺少真实工程场景支撑。缺少重大危险源现场辨识、特殊作业管理、实战应急演练等贴合岗位实际的实训内容。没能和化工企业一线生产场景深度对接，尤其缺少重大危险源现场辨识、特殊作业管理、突发事故实战演练这类贴合岗位实际的实训内容。

学生长期脱离化工装置实际运行场景，对企业现场安全管理的实操流程缺乏直观接触，相关认知多停留于书本理论层面，难以建立具象化的工程实践思维。此外，现有实践教学多侧重虚拟模拟与标准化流程演练，对工程伦理素养、现场应急处置能力的培育力度不足，重仿真、轻实战，重流程、轻应变，导致学生步入岗位后，面对真实安全隐患与突发事故，难以快速完成合规、高效的处置，实践能力与行业岗位需求存在明显脱节。

整体而言，传统《化工安全》课程在课堂互动、内容更新、实践教学三个核心环节均存在突出短板。单向讲授的模式难以调动学生自主学习动力，教学内容迭代滞后于行业转型步伐，实践环节形式化问题突出，无法有效培育学生实战能力。多重问题叠加，致使课程难以达成预设育人目标，更无法满足行业对复合型安全人才的核心需求，开展全方位、系统性的教学改革已迫在眉睫。

## 3. “化工安全”课堂教学改革路径：多维协同与模式重构

### 3.1. 改革教学模式：构建“以生为本”的互动课堂

突破传统课堂单向灌输的固有模式，以 OBE 成果导向教育为核心思路，构建以学生为主体的多元互动课堂，充分调动学生学习的主动性。课程引入 BOPPPS 教学模型见图 1，将教学全过程拆解为导入、教学目标、前测、参与式学习、后测、总结六大模块，分环节把控教学质量与落地效果；同时搭配对分课堂、案例研讨等教学方法，优化课堂师生互动模式，扭转学生被动接受知识的传统格式。

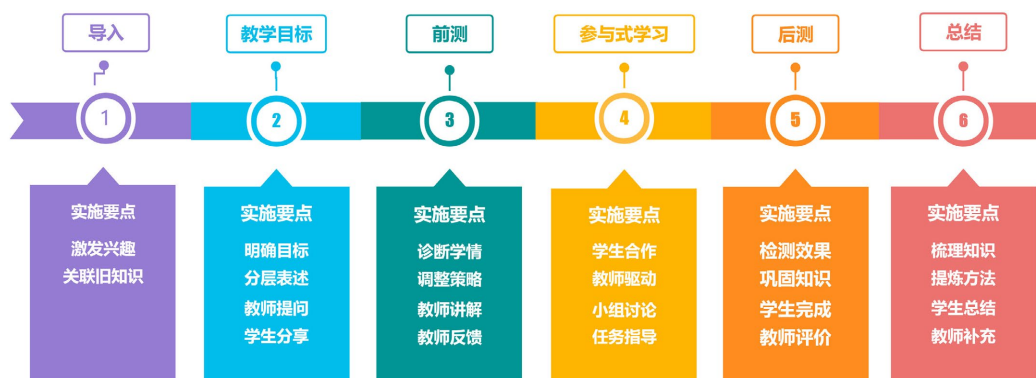


Figure 1. Flowchart of the BOPPPS effective teaching structure application

图 1. BOPPPS 有效教学结构应用流程图

借助翻转课堂优化教学实施流程，把危化品泄漏、火灾爆炸等行业典型事故案例转化为实操任务，提前布置给学生分组完成 HAZOP 分析、风险溯源及防控方案制定，课堂上以小组汇报、交叉互评、集体研讨的形式推进教学。通过这种模式，学生从被动听课的“听众”，转变为主动探究、自主讲解、互相评议的“主讲者”与“评委”，真正实现从“要我学”到“我要学”的转变，同时同步强化学生的风险辨识、团队协作与高阶工程思辨能力。通过这种模式，学生从被动听课的“听众”，转变为主动探究、自主讲解、互相评议的“主讲者”与“评委”，真正实现从“要我学”到“我要学”的转变，同时同步强化学

生的风险辨识、团队协作与高阶工程思辨能力。

### 3.2. 革新教学内容：深化“AI+安全”的智慧融合应用

针对《化工安全》课程内容更新滞后、前沿技术融入薄弱的现实问题，教学团队结合化工行业智能化转型发展的新需求，打破原有教材内容框架，对课程核心模块开展系统性重构。在夯实传统化工安全基础理论、保留核心教学内容的前提下，增设化工智慧安全专题教学模块，着力补齐数字化技术与课程教学融合不足的短板，推动课程内容向“传统安全理论+智能前沿技术”双向融合的方向进行优化升级。

在实际教学过程中，摒弃单纯的技术原理灌输式讲解，选取化工安全领域AI技术落地应用的真实案例展开教学，围绕机器学习事故风险预判、机器视觉现场违章识别、知识图谱应急辅助决策等行业实操场景见图2，结合安庆化工一线生产数据与实际管控流程开展剖析讲解，助力学生直观掌握智能技术在化工安全管控中的应用逻辑。依托贴合行业实际的内容设计，逐步培育学生数字化应用素养，拓宽专业认知视野，实现课程教学内容与智慧化工岗位核心需求的精准对接，有效缩小课堂教学与行业实际应用的差距。

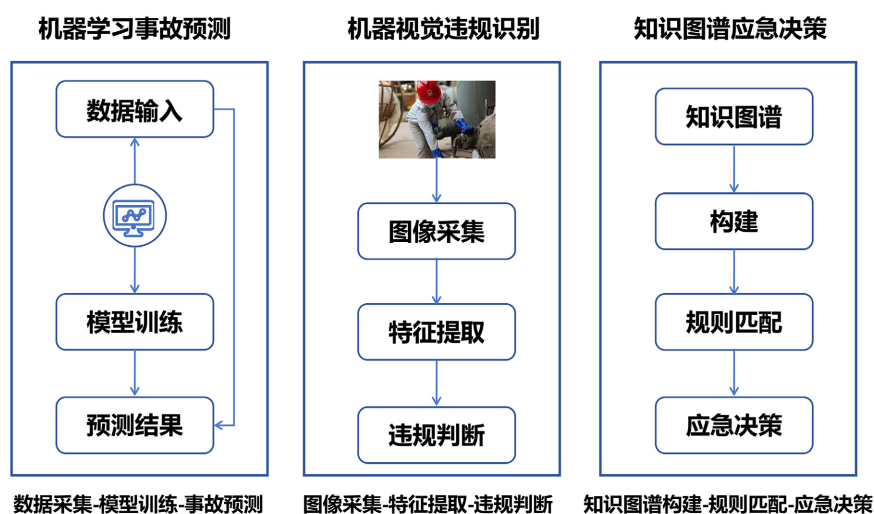


Figure 2. Schematic diagram of typical application scenarios of AI technology in the chemical safety field  
图2. AI技术在化工安全领域典型应用场景示意图

### 3.3. 拓展教学场域：推动“课堂-工厂”双场景联动育人教学

打破高校校园与化工企业之间的物理壁垒，突破传统校内仿真实验在真实工况还原度上的局限，搭建理论讲授与现场观摩实操学习双向贯通的立体化教学场景，完善沉浸式、岗位化实践育人链条。课程实施过程中推行校内专任教师与企业一线安全专家协同授课的双导师机制，统筹整合课堂理论资源与现场实战经验，促进基础安全原理、标准规范与工艺现场管控要点、实操技能之间的有效衔接与深度融合。

依托智慧化工园区及行业标杆企业建立校外实践基地，定期组织学生深入生产现场开展实地教学。在安庆化工认识实习中，教学团队带领学生进入安庆化工园区重点企业，先后走访炼油二部、腈纶部等生产单元，现场观摩催化柴油加氢转化装置、减压蒸馏装置、丙烯腈装置等关键工艺装置。企业安全总监与技术骨干结合真实装置与运行流程，围绕现场风险辨识、特殊作业管理、装置开停车安全控制等内容进行讲解，让学生直观感受真实生产环境下的安全管控逻辑。与此同时，将毕业设计、课程设计与企业实际技改项目挂钩，选取如反应釜安全仪表系统(SIS)设计等真实课题，引导学生“真题真做”。通过

解决实际问题, 强化学生的工程实践能力、岗位适应能力与应急处置能力, 使人才培养更贴近行业实际需求。

## 4. “AI+ 安全” 教学模块的教学实践

### 4.1. 模块设计思路

传统“AI+ 化工安全”教学多以理论讲授、案例演示为主, 学生缺乏实操体验, 难以建立人工智能技术与化工安全工程场景的适配认知。为此, 本文依托专题理论内容, 设计 4 学时的实操实验模块, 聚焦真实化工工况数据, 引导学生完整完成故障预测全流程实践, 补齐理论教学的实操短板。

本模块不以算法开发编程能力培养为目标, 核心在于塑造学生的工程应用思维。通过全程实操训练, 使学生明晰机器学习在化工故障诊断中的应用逻辑与适配场景, 掌握数据驱动故障预测的基础流程, 梳理工程应用中的常见问题, 厘清智能模型在化工安全决策中的辅助价值, 实现 AI 技术理论与化工安全工程实践的有效衔接。

### 4.2. 一次故障预测实验课的具体安排

#### (1) 用什么工具和数据

本实验基于 Python 3.9 编程语言, 依托 Scikit-learn 算法库、Jupyter Notebook 平台完成数据分析与模型搭建。所用工具均为开源免费工具, 门槛低、可复现, 便于学生课后自主开展拓展实验, 实现课堂教学与课后自主学习的联动。实验数据集采用化工故障诊断领域经典的田纳西-伊斯曼过程(TEP)公开数据集。该数据集基于真实化工工艺仿真构建, 涵盖正常生产工况与冷却水异常、进料组分波动等 18 类典型故障工况数据, 包含温度、压力、流量等 30 多项核心工艺变量, 能够真实反映化工生产运行特征。为提升课堂教学效率, 课前完成数据集预处理, 对原始数据进行标准化处理, 并按 7:3 比例划分为训练集与测试集。同时配套编制数据说明文件, 明确各工艺变量参数含义、各类故障的工况特征与产生机理, 为学生实验开展提供基础支撑。

#### (2) 四个学时的具体安排

本实验共设置 4 个学时, 采用由浅入深的分段式教学模式, 依次完成数据认知、特征降维、模型训练、工程思辨四个核心环节, 完整覆盖数据驱动故障预测的核心流程, 具体教学安排如下:

第一学时: 问题界定与数据认知。以离心压缩机喘振典型化工故障为案例, 围绕“基于传感器工况数据实现设备故障预判”的核心问题导入教学, 引出数据驱动故障预测的基本原理。采用 2~3 人小组协作模式, 指导学生基于 Pandas 工具开展数据探索, 通过统计数据特征、绘制变量相关性热力图等方式, 掌握数据集分布规律与变量关联特征, 建立基础数据认知。

第二学时: 数据降维与工况可视化。讲解主成分分析(PCA)的工程应用原理, 阐释高维工艺数据降维的核心逻辑, 解决高维数据分析与可视化难题。学生依托 Scikit-learn 工具, 将 52 维原始工艺数据降至前 3 个主成分, 通过三维可视化图像区分正常工况与各类故障工况, 直观判别不同故障的可分性与混淆特征, 深化对特征工程与数据工况关联性的认知。

第三学时: 模型构建与对比分析。以随机森林算法为教学载体, 简述集成学习核心思想, 弱化复杂数学推导, 聚焦工程应用场景。学生完成三项核心任务: 构建含 60 棵决策树的随机森林故障分类模型并完成训练; 基于测试集计算查准率、查全率、F1 分数, 量化评估模型性能; 搭建逻辑回归模型作为对照。结合实验结果开展小组研讨, 对比两类模型的性能差异, 重点分析化工故障预警场景中模型漏报、误报的工程风险差异。

第四学时: 结果分析与工程反思。各小组选取典型故障类型进行成果汇报, 结合化工工艺原理, 分

析模型最优识别故障、易混淆故障组合的产生原因,厘清不同故障工况的变量变化特征差异。围绕模型工程落地开展开放性研讨,分析智能预警模型误报警、漏报警对化工生产的安全与经济影响,探究人机协同安全决策的合理模式。本环节侧重培养学生的工程思维,明确智能算法仅为辅助工具,化工安全决策需结合工艺机理与工程经验综合判定。

### 4.3. 课程考核评价体系

为规避传统实验教学“唯模型精度”的单一评价弊端,本模块构建过程性与思辨性相结合的多元考核体系,弱化模型准确率的量化对比,重点考核学生实操能力、数据分析能力与工程应用思辨能力,具体考核指标及权重设置如下:

(1) 实验过程与代码规范(30%):考核实验完成度、代码可运行性、逻辑完整性及注释规范性,评价学生实操的严谨性与标准化科研习惯;

(2) 数据分析与问题解答(30%):考核学生数据处理、PCA 结果分析、特征解读及混淆矩阵研判的综合分析能力;

(3) 小组汇报与工程思辨(40%):作为核心考核指标,重点评价学生实验结果与工艺原理的结合能力,以及对模型风险、化工安全人机协同决策的分析深度与认知水平。

## 5. 教学反思与结语

经过阶段性课程改革实践,育人成效初步显现。从课堂表现来看,学生参与度和自主学习积极性明显改善,以往课堂沉闷、被动听讲的状况有了一定改观。从能力培养来看,学生在风险辨识、智能安全技术应用、应急处置等方面的综合能力有所增强,在化工安全类学科竞赛和创新实践项目中表现较为突出。从就业衔接来看,学生专业知识体系与行业需求的契合度有所提高,考研复试中的专业适配度、就业岗位竞争力均得到增强。部分毕业生进入化工企业后,能够较快适应智慧安全管控相关岗位的工作要求,反映出人才培养与行业需求之间的对接正在逐步深化。

在新质生产力发展背景下,化工行业的智能化、绿色化转型持续推进,这对化工安全教育提出了更高要求。课程建设需继续坚持 OBE 成果导向理念,直面改革过程中面临的师资队伍建设和教学资源开发、实践环节落地等现实问题,持续优化教学方式、更新教学内容、深化产教融合。未来课程将持续锚定“懂工艺、精安全、会智能”的高素质应用型化工安全人才培养目标,持续推进 AI 与化工安全课程的深度融合改革。通过不断完善理论与实操一体化教学体系,补齐智能化安全教学短板,进一步打通高校人才培养与行业智慧安全发展的衔接通道,为化工行业高质量发展输送复合型、创新型、应用型专业人才。

## 基金项目

安徽理工大学高层次引进人才科研启动基金(2024yjrc145)。

## 参考文献

- [1] 蔡明九. 探讨化工安全设计在防止化工事故中的重要性[J]. 中国轮胎资源综合利用, 2026(2): 172-174.
- [2] 张军, 吴小燕. 浅谈化工安全技术与安全控制[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2026, 46(2): 93-95.
- [3] 陈月婷, 南磊. 化工安全生产问题及事故防范措施分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(22): 18-20.
- [4] 张超. 基于人工智能的化工安全监测与预警系统研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(19): 55-57.
- [5] 韩朋飞. 智能监测重塑化工安全防护体系[J]. 中国石油和化工, 2026(1): 54-56.
- [6] 郭娜. AI 技术赋能化工安全技术课程教学模式研究[J]. 化纤与纺织技术, 2025, 54(12): 222-224.

- [7] 臧运鹏, 于付锋, 邢霜. 基于感知技术的智能设备在化工危险源识别中的应用研究[J]. 化工管理, 2025(35): 71-74.
- [8] 郝朋, 王家盛, 丛广佩, 等. 化工安全复合型人才知识体系和能力结构调查[J]. 中国安全科学学报, 2025, 35(S1): 1-8.
- [9] 刘博, 肖鹏, 王涛, 等. 基于人才成长规律的化工安全拔尖创新人才甄选模式探索[J]. 教育教学论坛, 2025(46): 97-100.