

基于知识图谱的《化工原理》课程思政建设与实践

张伟*, 张雅茹, 王坤, 岳莉, 吴鲲魁, 钟声

辽宁科技大学化学工程学院, 辽宁 鞍山

收稿日期: 2026年9月3日; 录用日期: 2026年10月6日; 发布日期: 2026年10月12日

摘要

以国家级一流本科课程《化工原理》为研究对象,为解决该课程思政元素融入碎片化、教学目标与思政目标协同性不足的问题。通过梳理课程核心知识点,构建包含“传递理论-单元操作-工程应用”三大模块的知识图谱,形成“知识节点-思政元素-教学案例”的三维资源体系并应用于教学实践。实践表明,基于知识图谱的课程思政教学模式可显著提升学生的工程素养和价值认同,学生对课程的满意度达92.3%,专业核心能力考核通过率提升15.6%。融入了知识图谱和课程思政的化工原理AI智能体建设提供了教学内容滞后于技术发展的解决方案。教学研究为工科专业课程思政的系统化建设提供了可借鉴的实践方案。

关键词

化工原理, 知识图谱, 课程思政, 教学方法改革

Construction and Practice of Ideological and Political Education in the Course of “Principles of Chemical Engineering” Based on Knowledge Graph

Wei Zhang*, Yaru Zhang, Kun Wang, Li Yue, Kunkui Wu, Sheng Zhong

School of Chemical Engineering, University of Science and Technology Liaoning, Anshan Liaoning

Received: September 3, 2026; accepted: October 6, 2026; published: October 12, 2026

*通讯作者。

文章引用: 张伟, 张雅茹, 王坤, 岳莉, 吴鲲魁, 钟声. 基于知识图谱的《化工原理》课程思政建设与实践[J]. 教育进展, 2026, 16(10): 240-246. DOI: 10.12677/ae.2026.16102104

Abstract

This paper takes the national first-class course “Principles of Chemical Engineering” as the research object, in order to solve the problems of fragmented integration of ideological and political elements in the course and insufficient coordination between teaching objectives and ideological and political objectives. By sorting out the core knowledge points of the course, a knowledge graph consisting of three modules, “transmission theory - unit operation - engineering application” is constructed, forming a three-dimensional resource system of “knowledge nodes - ideological and political elements - teaching cases” and applying it to teaching practice. Practice has shown that the curriculum ideological and political teaching model based on knowledge graph can significantly improve students’ engineering literacy and value recognition. Students’ satisfaction with the curriculum reaches 92.3%, and the pass rate of professional core competency assessment increases by 15.6%. The construction of an AI intelligent agent for Principles of Chemical Engineering, which integrates knowledge graphs and ideological and political education into the curriculum, provides a solution to the problem of teaching content lagging behind technological development. Teaching research provides practical solutions for the systematic construction of ideological and political education courses in engineering majors.

Keywords

Principles of Chemical Engineering, Knowledge Graph, Ideological and Political Education, Teaching Method Reform

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

《化工原理》作为普通高等学校化工类专业的核心基础课程，承前启后衔接高等数学、物理化学等基础学科与化工分离工程、反应工程等专业课程，具有理论性强、工程实践导向鲜明的特点[1][2]。该课程不仅承担着传授化工单元操作原理、设备设计方法等专业知识的任务，更蕴含着培养学生科学思维、工程伦理和责任担当的重要价值。2020 年教育部印发《高等学校课程思政建设指导纲要》，明确要求工学类专业课程，要注重强化学生工程伦理教育，培养学生精益求精的大国工匠精神，激发学生科技报国的家国情怀和使命担当[3]。

辽宁科技大学的《化工原理》课程作为教育部国家级一流本科课程，前期进行了课程思政资源建设的探索和实践并取得了良好的教学效果[4]。但目前，融合了课程思政的课程教学仍存在诸多痛点：一是思政元素融入缺乏系统性，更多依赖教师个人经验零散插入，与课程知识点关联深度不足；二是专业知识与思政目标衔接不畅，学生难以将工程原理与价值认知有机结合；三是教学资源碎片化，缺乏支撑思政教学的系统化素材库，导致教学效果参差不齐[5]。知识图谱作为一种可视化的知识组织工具，能够清晰地体现知识点间的关联关系，为思政元素的精准融入提供结构化支撑[6]。本文立足于学校人才培养目标并以《化工原理》课程为载体，构建融合课程思政的知识图谱，并结合人工智能技术系统开发课程资源并应用于教学实践，以期能为工科课程思政的规范化开展提供借鉴。

2. 基于课程思政的《化工原理》知识图谱构建

结合《化工原理》课程特点和课程思政建设要求，该课程知识图谱构建始终遵循以下原则。一是知识性与价值性统一，以化工单元操作原理为核心，同步嵌入思政元素，确保专业知识与价值引领协同传递；二是关联性与层次性清晰，区分核心知识点、拓展知识点及对应思政元素，形成层级分明的知识脉络；三是实用性与可扩展性兼顾，满足课堂教学、实践环节等不同场景需求，预留知识点拓展空间[7]。

解析《化工原理》核心模块(流体力学、传热、精馏等)与 AI 技术结合点，绘制“单元操作-AI 技术”映射矩阵。例如，将传热过程与神经网络预测模型结合，设备设计与生成式 AI 结合，故障诊断与深度学习算法结合。同时知识图谱融合智能案例库资源建设，例如采集相关化工类的设备运行数据、工艺参数，开发基于真实生产场景的 AI 教学案例。将鞍钢化学科技的焦炉煤气净化工艺转化为 AI 教学实训项目；将设备故障预警数据转化为动态分析任务等。

2.1. 核心知识模块梳理

依据《化工原理》课程教学大纲，结合化工行业发展需求，将课程内容拆解为传递理论基础、化工单元操作、工程案例应用三大核心模块，包含 12 个二级知识点和 65 个三级知识点，如表 1 所示。

Table 1. Core knowledge modules of “principles of chemical engineering”

表 1. 《化工原理》核心知识模块梳理

一级模块	二级知识点	三级知识点(部分)
传递理论基础	动量传递	牛顿黏性定律；管路阻力计算；伯努利方程及应用
	热量传递	傅里叶定律；对流传热系数；传热速率方程；换热器计算
	质量传递	费克定律；传质速率方程；相平衡关系
化工单元操作	流体输送	离心泵结构与工作原理；流量调节；设备选型与操作
	蒸馏	双组分精馏原理；精馏塔计算；操作线方程
	吸收	吸收机理；填料塔结构；吸收塔计算
	干燥	湿空气性质；干燥速率；干燥器计算
工程案例应用	流体输送案例	阀门调节对输运系统流量、压强、阻力等影响；故障判断
	换热器应用	换热方案的确定；换热效果分析与评价
	气体吸收案例	条件改变对吸收效果的影响分析；吸收塔评价
	液体蒸馏案例	条件改变对精馏效果的影响分析；精馏塔评价
	固体干燥案例	干燥方案的确定；干燥效果评价

2.2. 课程思政元素挖掘与映射

课程思政建设贯彻“全过程育人”理念，按照课程项目教学的实施过程，遵循教育教学和学生的成长规律，以学生产出为导向，不同的教学阶段思政点侧重有所不同，并将育人贯穿课堂教学的“课堂、课后和实践环节”全过程(如图 1)。同时课程思政建设从新工科背景下对优质工程类人才的需求出发，通过促进工科学生的思维变革、丰富工科学生内心的文化认知和提高学生的专业素养三个角度，实现对传统工科教育模式的突破与创新。课程思政资源建设的总体是将化工行业的中国现状与专业理论知识体系有机融合，让学生主动发现“中国故事”，通过与“国外同行”的对比引导学生正确认识世界与中国的

发展，辩证认识我国化工行业的发展水平与竞争力，增强民族自豪感，增强制度自信、文化自信，培育和践行社会主义核心价值观。

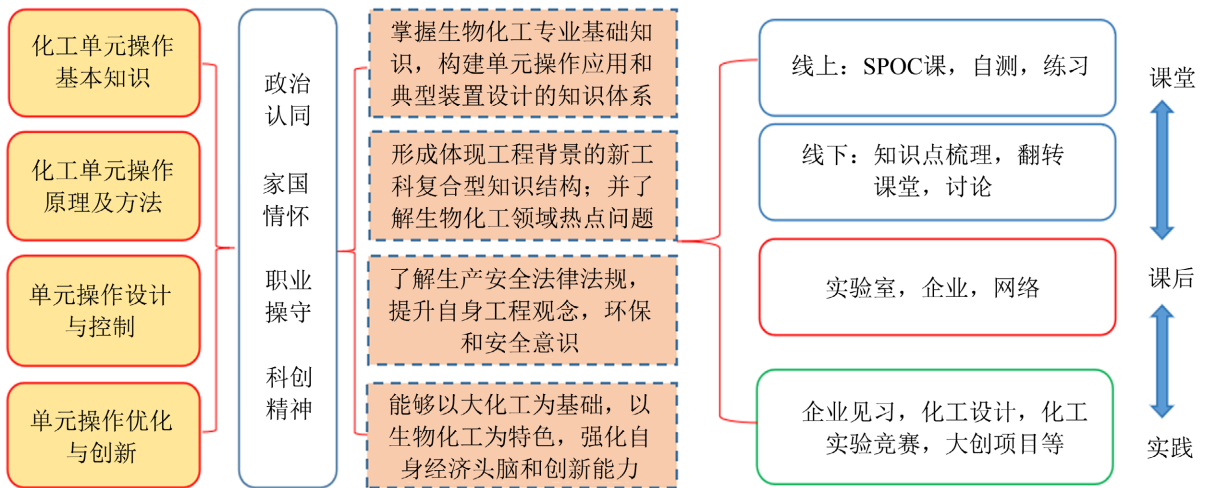


Figure 1. Approach to ideological and political education in courses
图 1. 课程思政建设思路

课程思政建设过程采用知识点溯源 - 行业应用 - 价值元素凝练的三步法，系统挖掘各知识节点蕴含的思政元素，形成专业知识 - 思政主题 - 典型案例的映射关系。本课程思政元素归纳为科学精神(包括严谨求实、创新思维、批判精神)，工程伦理(涵盖安全责任、环保意识、质量意识)，家国情怀(包含行业担当、民族自信、科技报国)以及职业素养(涉及团队协作、精益求精、爱岗敬业)[8]。映射案例如表 2 所示。

Table 2. Cases of mapping between core knowledge points and ideological and political elements
表 2. 核心知识点与思政元素映射案例

核心知识点	思政主题	典型案例
伯努利方程及应用	严谨求实的科学精神	介绍伯努利通过十年实验修正方程的历程，强调化工计算中的重要性
离心泵选型与操作	安全第一的工程伦理	分析某化工厂因离心泵气蚀导致的爆炸事故，强化设备巡检和规范操作意识
精馏塔设计与优化	科技报国的家国情怀	讲述我国自主研发的大型乙烯精馏塔打破国外技术垄断，助力石化产业升级的事迹
填料塔吸收过程	绿色发展的环保意识	鞍钢中集焦炉煤气制 LNG 联产氢气项目，聚焦国家双碳战略
换热器设计与应用	精益求精的职业素养	分享我校研发团队针对鞍钢焦化废水处理设备的防腐优化方案

2.3. 知识图谱可视化构建

课程依托学习通在线教学平台构建知识图谱，以知识点 - 思政元素 - 教学案例 - 考核要点为核心实体，形成可视化知识网络。知识图谱构建遵循“本体设计 - 数据获取 - 信息抽取 - 知识融合”的通用流程，采用自顶向下与自底向上相结合的策略。本体设计是构建的第一步，由化工原理教研室成员结合课程知识点与知识图谱平台技术人员协作完成，梳理领域知识、术语词典与技术经验，定义实体类别、类别间关系及属性体系，形成图谱的模式层约束。信息抽取是核心技术环节：针对非结构化文本，采用混合策略进行命名实体识别与关系抽取。采取的构建路线包括两类方法：一是基于规则与大语言模型结合

的零样本/少样本提示方式,通过设计提示词驱动模型输出结构化三元组;二是基于深度学习模型的监督学习方式,对专业语料进行标注训练。本课程知识图谱构建依托超星学习通的知识图谱底层架构知识图谱平台等图形化工具进行建设。目前已建设含课程思政元素的知识图谱共包含实体 128 个,关系 186 条,其中核心知识节点 65 个,思政元素节点 32 个,教学案例节点 38 个,考核要点节点 13 个。以“蒸馏”单元为例,其知识图谱局部结构(如图 2 所示)为:蒸馏(核心知识点)-包含-双组分精馏原理(子知识点);蒸馏-映射-科技报国(思政元素);双组分精馏原理-支撑-乙烯精馏塔案例(教学案例);乙烯精馏塔案例-对应-工程设计能力(考核要点)。该知识图谱可通过 Web 界面展示,支持知识点查询、思政元素追溯和案例检索,为教学实践提供直观支撑。

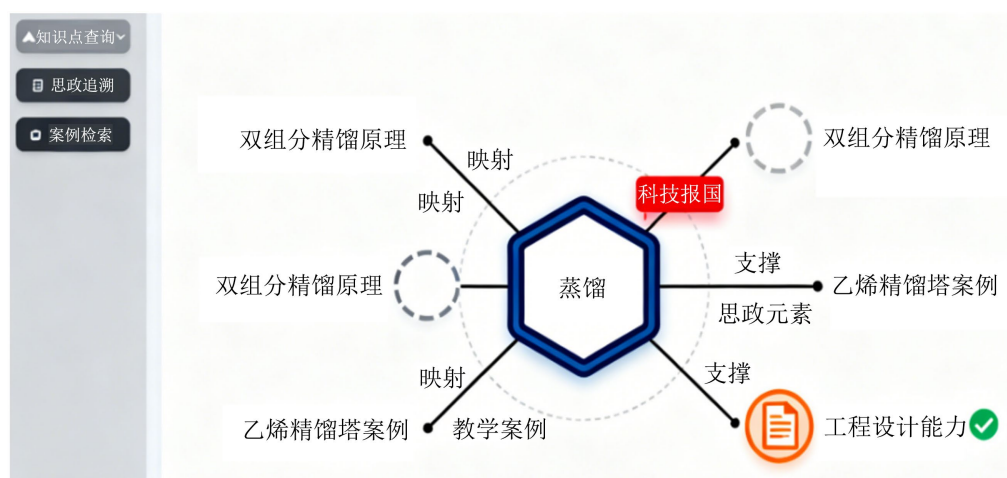


Figure 2. Local structure diagram of distillation unit knowledge graph
图 2. 蒸馏单元知识图谱局部结构图

2.4. AI 智能体的建设

《化工原理》课程的 AI 智能体建设是以超星学习通平台提供的 AI 智能体为基础,结合化工原理专业教学资源进行开发构建的。该智能体以“知识图谱 + AI 助教”双引擎为技术底座,将课程知识体系与人工智能深度融合,形成“教师-学生-智能体”三元协同的智慧教学新模式。系统架构方面,以国产大模型为技术底座训练化工领域垂直智能体,内置知识图谱引擎、AI 工作台和个性化学习引擎。前端通过学习通 APP 或 Web 端触达师生,后端挂接课程专属知识库(涵盖教材、虚拟仿真项目、工程案例)。中间层则部署 24 h 智能学伴与 AI 助教,形成“课程知识-智能体-学习行为数据”的闭环过程。

智能体核心功能围绕教与学全流程展开:一是课程图谱导航,以可视化知识网络呈现“三传”与单元操作之间的逻辑关系,明确知识点前序后继与认知维度;二是个性化伴学,AI 助教 7×24 小时回答提问、推送学习路径、提供错因分析与解题提示;三是智能测评与预警,自动生成习题并组卷,通过分析学生行为数据预测学习难点和易错点,生成学情画像供教师精准干预;四是虚拟协作教学,定制化场景下的智能体与虚拟角色对话,实现虚实结合的工程情境训练。

应用实例方面,例如在精馏单元操作模拟实训教学中,AI 智能体可实时采集温度、压力、流量等关键参数,基于工艺机理模型秒级分析,在参数偏离正常趋势时提前预警,辅助教师预判液泛、冲塔等安全隐患。同时,学生在实训关键节点可接收 AI 推送的操作提示与防错指导,实现从“不敢动”到“大胆练”的转变。课后,AI 助教还可以根据学生测验表现推送针对性补充资源,形成预习-训练-反馈的闭环学习过程。

3. 融合课程思政的课程资源建设

以知识图谱为核心框架,构建“三位一体”的课程资源体系,即“理论教学资源-工程案例教学资源-评价考核资源”,实现课程思政与课程教学的全流程融合。资源建设目标首先是形成覆盖课程全知识点的思政教学素材库,解决融入碎片化问题;其次开发兼具专业性和思想性的工程案例,强化学生工程素养;三是建立多元化评价资源,实现知识考核与价值评价的统一。

理论教学资源开发方面,主要是开发三类理论教学资源。一是融入课程思政的教学课件,将思政案例、行业事迹嵌入PPT中,如在“流体流动”章节课件中插入我国深海一号大气田水下输气管道的工程案例,讲解管路阻力计算的同时,传递我国海洋工程技术突破的民族自信;二是微课视频,录制64学时的MOOC视频,穿插思政教学。如“伯努利方程的前世今生”微课,从方程的发现历程讲到现代化工应用,体现科学研究的严谨性和传承性;三是拓展阅读材料,整理化工专家传记、行业发展报告和典型工程案例,供学生课后拓展学习。目前理论教学资源共开发课件42讲,慕课视频64个,拓展材料35篇,均标注对应的知识图谱节点,实现精准调用。同时在教学方法上采用四阶段教学法,在部分理论与实验教学中创建“情境感知(真实案例导入)-算法解析(模型原理探究)-虚实验证(仿真平台训练)-产业应用(企业问题求解)”的闭环教学过程。将企业真实生产问题带入课堂,突破化工原理与人工智能应用的衔接难点。

工程案例教学资源建设方面,主要结合我校焦炉煤气净化和催化裂化虚拟仿真实训基地和校企合作基地资源,开发“思政导向型”的工程案例资源。工程实训项目,改造传统实验内容,融入环保、安全等思政元素,如将“气体吸收”调整为“焦炉煤气吸收及能耗优化”,要求学生在完成分离任务的同时,计算能源消耗,培养绿色化工意识。企业应用案例教学中,以实际工程问题为导向,如鞍山钢铁公司焦化废水处理用吸收塔,焦炉煤气净化工艺案例,让学生了解化工生产中的安全规范和环保要求,结合本地企业需求,强化学生服务地方产业的责任担当。依托化工原理课程的辽宁科技大学教学改革建设项目“化工原理信息化教学资源建设项目”构建了“理论-虚拟仿真-工业案例”三维教学体系,开发了涵盖精馏、传热等6个单元操作的虚拟仿真实验模块。目前已建设企业工程案例12个,形成“课堂-企业-社会”的综合实践资源库。

考核评价方面,建立知识-能力-价值的综合评价体系。在传统单纯理论知识评价试题的基础上,设计包含思政元素的试题,通过侯氏制碱法引申考查学生对精馏、吸收等知识点的掌握,同时又评价学生的价值认知。部分试题通过对工程案例中复杂科学问题的分析和计算,评价操作规范性和经济效益分析等指标。课程结束后设计包含知识掌握、价值认同、教学满意度等维度的教学问卷,用于教学效果评估。目前已建设含思政元素的试题60道,反馈问卷3套,实现评价内容的全面性和针对性。建立动态跟踪机制,依托学银在线的化工原理智慧课程平台,通过学习行为数据分析、学生教学反馈收集,持续优化教学效果。

4. 教学实践效果分析

经过2轮的融合课程思政的知识图谱构建后的课堂教学实践,并通过2种方式收集实践数据并开展教学效果分析。一是成绩分析,对比实验班与对照班的平时成绩、期末成绩及核心能力考核通过率;二是问卷调查,采用李克特5点量表设计问卷,从知识掌握、能力提升、价值认同三个维度调查实验班学生的学习效果;采用SPSS软件对成绩数据和问卷数据进行统计分析。

实验班与对照班的成绩对比结果如表3所示。由表可知,实验班的平时成绩、期末成绩及核心能力考核通过率均显著高于对照班($P < 0.05$),其中平时成绩平均分高出8.2分,期末成绩平均分高出6.5分,

核心能力考核通过率提升 15.6 个百分点。这表明基于知识图谱的课程思政教学模式能够有效提升学生的专业知识掌握程度，尤其是在工程设计、问题解决等核心能力方面效果显著。

Table 3. Comparison of grades of experimental class and control class
表 3. 实验班与对照班成绩对比

评价指标	实验班(n = 40)	对照班(n = 39)	P 值
平时成绩(平均分)	85.3 ± 4.2	77.1 ± 5.6	<0.05
期末成绩(平均分)	82.6 ± 5.1	76.1 ± 6.3	<0.05
核心能力考核通过率(%)	94.2	78.6	<0.05

知识掌握维度方面，92.0%的学生认为结合知识图谱的《化工原理》课程内容系统性增强，知识点关联更加清晰；88.0%的学生对教学内容增加工程案例表示满意；学生对课程的整体满意度达 92.3%，其中课程思政元素融入对学习效果提升的满意度为 89.1%，显著高于传统教学模式的平均水平。此外，结合了人工智能的化工原理智慧课程在辅助教学实施，开展课程思政融合，综合评价分析教学效果方面体现了显著优势。

5. 结论

课题以教育部国一流课程《化工原理》为教学研究载体，构建了融合课程思政的知识图谱，开发了三位一体的课程资源体系，并应用于教学实践。实践结果证明知识图谱能够有效解决课程思政融入碎片化问题，实现专业知识与思政元素的精准关联。基于知识图谱的课程资源体系提升了教学内容的系统性，学生的专业核心能力和价值认同显著增强。课程的评价体系实现了知识传授与价值塑造的统一。化工原理 AI 智能体建设推动了该课程供给侧改革，针对辽宁省化工产业智能化转型需求，开发融合 AI 技术的化工原理课程教学资源库，探索解决教学内容滞后于技术发展问题的解决方案。研究成果为工科专业课程思政的系统化建设提供了理论参考和实践范例。

基金项目

辽宁科技大学本科教学改革研究项目(XJGTP202402)，辽宁科技大学教育科学研究项目(GJ25YB05)。

参考文献

[1] 刘晨宇, 郑育英, 张山青, 等. 面向拔尖创新人才培养的化工原理课程教学改革[J]. 当代化工研究, 2024(6): 126-128.

[2] 李燕, 李翔. 以培养创新人才为目标的化工原理课程教学改革[J]. 广州化工, 2022, 50(16): 244-245+255.

[3] 教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/06/content_5517606.htm, 2020-05-28.

[4] 张伟, 李芊, 张丽, 等. 《化工原理》线上线下混合式教学模式的探索及实践[J]. 广州化工, 2022, 50(21): 240-242.

[5] 马建辉. “三全育人”视域下课程思政体系的理论构建与实践——以华中科技大学课程思政建设为中心[J]. 课程思政教学研究, 2024, 7(2): 3-13.

[6] 刘新亮, 徐雨时, 李杜白, 等. 基于知识图谱的问答方法综述[J]. 计算机应用, 2024, 46(8): 2394-2410.

[7] 刘睿, 朱森强, 丁洁琼. 知识图谱在有机化学智慧课程中的应用[J]. 化学教育(中英文), 2025, 46(22): 18-25.

[8] 张伟, 张丽, 李芊, 等. 《化工原理》课程思政教学设计及实践[J]. 广州化工, 2022, 50(17): 232-234.