

大数据时代下《精细化学品合成》课程教学改革与实践

——基于科研反哺教学的视角

李培礼, 于晓晴, 张 婷, 柯 香, 李子荣*

安徽科技工程大学化学与材料工程学院, 安徽 蚌埠

收稿日期: 2026年6月4日; 录用日期: 2026年7月16日; 发布日期: 2026年7月28日

摘 要

针对新工科背景下《精细化学品合成》传统课程存在教学内容滞后、科研反哺碎片化、学生数据素养培养缺失、产教脱节等教学痛点, 依托大数据信息技术, 以科研反哺教学为核心抓手, 构建“资源重构 - 个性化授课 - 实践平台升级 - 多元评价”四维教改体系。依托2届应用化学专业共计126名学生开展两轮完整教学实践, 从科研成果转化教学资源、AI学生画像分层教学、三级递进实践育人、三元融合过程评价四个维度落地改革。实践表明, 改革显著提升学生数据素养与科创能力, 课程满意度从82%提升至96%, 毕业生产业适配度提升21%, 可为同类化工专业课数字化科教融合改革提供可复制范式。

关键词

大数据, 科研反哺, 课程改革, 精细化工, 新工科育人

Teaching Reform and Practice of *Synthesis of Fine Chemicals* Course in the Big Data Era

—From the Perspective of Research Feeding Teaching

Peili Li, Xiaoqing Yu, Ting Zhang, Xiang Ke, Zirong Li*

School of Chemistry and Material Engineering, Anhui Science and Technology University, Bengbu Anhui

Received: June 4, 2026; accepted: July 16, 2026; published: July 28, 2026

*通讯作者。

文章引用: 李培礼, 于晓晴, 张婷, 柯香, 李子荣. 大数据时代下《精细化学品合成》课程教学改革与实践[J]. 创新教育研究, 2026, 14(7): 518-525. DOI: 10.12677/ces.2026.147544

Abstract

Aiming at the existing teaching pain points of the traditional *Synthesis of Fine Chemicals* course under the background of emerging engineering education, including outdated teaching content, fragmented research-feeding-teaching integration, insufficient cultivation of students' data literacy, and disconnection between industry and education, this study leverages big data information technology and takes research feeding teaching as the core approach to construct a four-dimensional teaching reform system of "resource reconstruction, personalized instruction, practical platform upgrading, and diversified evaluation". Based on two complete rounds of teaching practice involving a total of 126 students from two cohorts majoring in Applied Chemistry, the reform was implemented from four dimensions: transforming scientific research achievements into teaching resources, hierarchical teaching based on AI student portraits, three-level progressive practical education, and three-element integrated process evaluation. The practice shows that the reform has significantly improved students' data literacy and scientific and technological innovation ability. The course satisfaction rate has increased from 82% to 96%, and the industrial adaptability of graduates has increased by 21%. This study can provide a replicable paradigm for the digital integration of science and education reform of similar chemical engineering professional courses.

Keywords

Big Data, Research Feeding Teaching, Curriculum Reform, Fine Chemical Engineering, Emerging Engineering Education

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

随着《教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见》等政策文件的落地,推动信息技术与教育教学深度融合、打造数据驱动的个性化教学环境,已成为高等教育数字化转型的核心方向[1]。精细化工是我国化工产业向“智能化、绿色化、高端化”转型升级的核心赛道,对人才的需求已从传统的“理论 + 操作”型,转向“专业能力 + 数据素养 + 科研思维”的复合型人才。

《精细化学品合成》是应用化学专业的核心必修课,兼具极强的理论性与实践性,其教学质量直接决定了人才培养与产业需求的适配度。当前国内高校已逐步探索大数据与化学类课程的融合路径,但针对《精细化学品合成》课程、结合科研反哺教学的系统性研究仍显不足。国内现有研究仅局部融入科研案例,未形成标准化科教融合课程体系[2][3];国外高校普遍依托科研项目开展科教融合课程建设,但落地适配我国应用型本科课程体系的本土化方案偏少。在教育部本科教育数字化、产教融合育人政策指引下,化工专业课依托科研反哺实现数字化转型成为高校教改热点[5][6]。

现有研究与教学实践普遍存在三大核心短板:一是科研反哺教学的系统性不足,成果转化碎片化,未形成标准化的教学转化流程;二是学习分析技术应用浅层化,仅停留在学习行为统计层面,未实现对教学的深度赋能与个性化培养;三是数据素养培养不成体系,与专业知识点融合度低,难以适配产业数字化转型需求[7][8]。基于此,本研究依托校级质量工程科研反哺教学专项,以《精细化学品合成》课程为载体,探索大数据技术与科教融合深度结合的教学改革路径,以期破解传统教学困境,为应用化学

专业高水平人才培养提供实践支撑。秦颐鸣等[4]将铝合金材料研发科研项目转化为《工程材料》课程教学案例,验证了科研成果模块化融入课堂的有效性,为本研究提供了重要参考。

2. 《精细化学品合成》课程教学的现存核心困境

2.1. 教学内容更新滞后,与科研产业发展脱节

精细化工行业技术迭代迅速,新产品、新工艺、新规范的更新周期短至 1~2 年,但传统课程教学高度依赖固定教材,内容更新周期长达 3~5 年,教材内容更新滞后于行业人才能力需求,难以匹配数字化产业对复合型人才的培养目标。同时,教学内容多聚焦经典合成原理与反应方程式,缺乏对产业真实场景中“成本控制、环保达标、工艺连续化优化”等核心问题的融入,导致学生所学与产业所需存在明显断层。

2.2. 教学模式单一固化,数据素养培养碎片化

传统教学以“教师讲授 + 验证性实验”为核心模式,学生被动接受固定的合成路线与实验步骤,缺乏对“基于数据优化反应条件、基于数据评估工艺可行性”的深度思考。传统课堂缺少系统化数据素养教学设计,学生数字化学习能力培养零散,未将“数据思维”融入合成原理讲解、路线设计、工艺评估等课程全环节,导致学生的数据收集、挖掘与应用能力碎片化,无法适配产业数字化转型的核心需求。

2.3. 科研反哺机制不系统,成果转化存在壁垒

现有科教融合实践多为孤立的科研案例引入,未形成“科研项目 - 数据资源 - 教学模块 - 能力培养”的标准化转化流程。教师的科研成果多停留在论文、专利层面,难以拆解为适配本科教学的阶梯式模块;同时,科研中的原始实验数据、分析方法、参数优化逻辑未能系统转化为可操作的教学资源,导致学生难以理解科研成果的教学价值,科研反哺的实际效果大打折扣。

2.4. 实践与评价体系单一,能力培养导向不足

传统实践教学以验证性实验为主,学生按固定步骤完成操作即可获得学分,未涉及科研场景中“数据收集 - 分析 - 优化 - 验证”的全流程,也未关联产业生产中的真实技术难题。同时,课程评价以“期末笔试 + 实验报告”为主,过度侧重知识点记忆,无法科学评价学生的数据素养、科研创新能力与产业适配能力,难以形成“教学 - 评价 - 优化”的良性闭环。

3. 基于科研反哺与大数据赋能的课程改革路径设计

本研究以“科研反哺教学”为核心,以大数据技术为支撑,构建了“四维一体”的课程改革整体框架(见图 1),系统性破解传统教学的核心困境,实现课程教学从“经验驱动”向“数据驱动”、从“标准化授课”向“个性化培养”的转型。

3.1. 构建“科研数据 - 教学资源 - 产业案例”三位一体的教学资源体系

以团队自主科研项目为核心,以本土精细化工产业需求为导向,建立标准化的科研成果教学化转化流程(见图 2),系统性破解教学内容滞后、科研转化碎片化的问题。

(1) 标准化科研案例库开发。围绕团队“含硼蓝光分子设计合成”“蒜泥碳点的制备及其抗菌性能研究”等在研科研项目,按照“合成原理 - 实验设计 - 数据处理 - 结果优化”的教学逻辑,拆解为适配本科教学的模块化案例。例如将“蒜泥碳点制备”项目拆解为“碳源选择 - 水热反应参数优化 - 抗菌性能测试”3 个阶梯式教学模块,配套原始实验数据手册、数据分析工具操作指南、可视化教学素材,将科研

中的合成工艺、表征数据、优化逻辑完整转化为教学内容，实现科研成果与课程知识点的深度绑定。

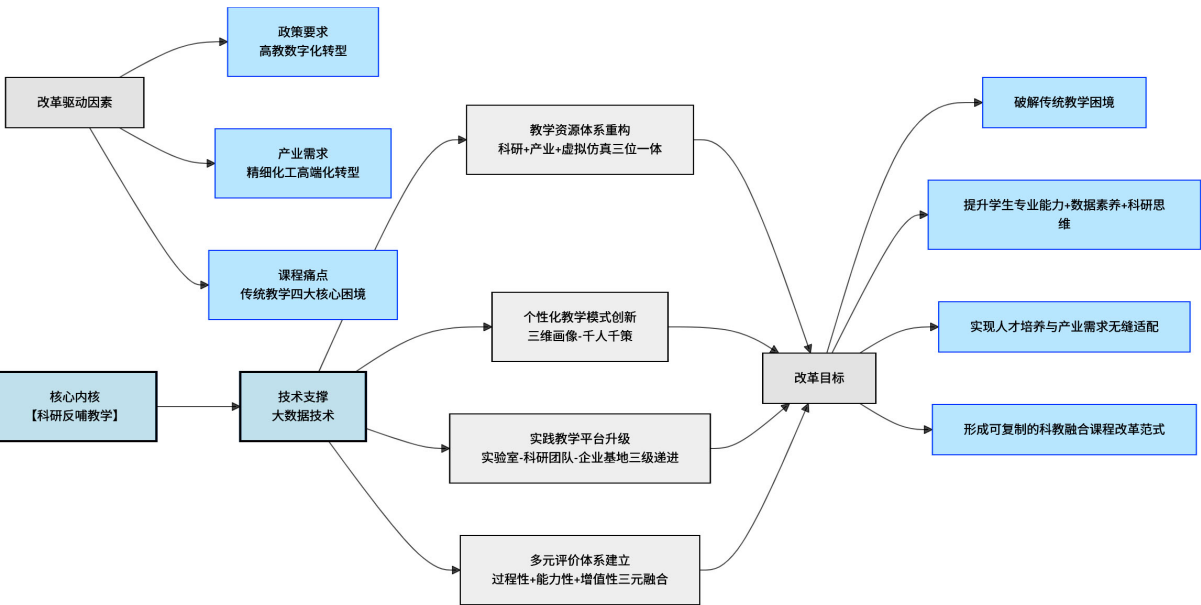


Figure 1. Overall framework diagram of teaching reform for *Synthesis of Fine Chemicals* course in the big data era
图 1. 大数据时代下《精细化学品合成》课程改革整体框架图

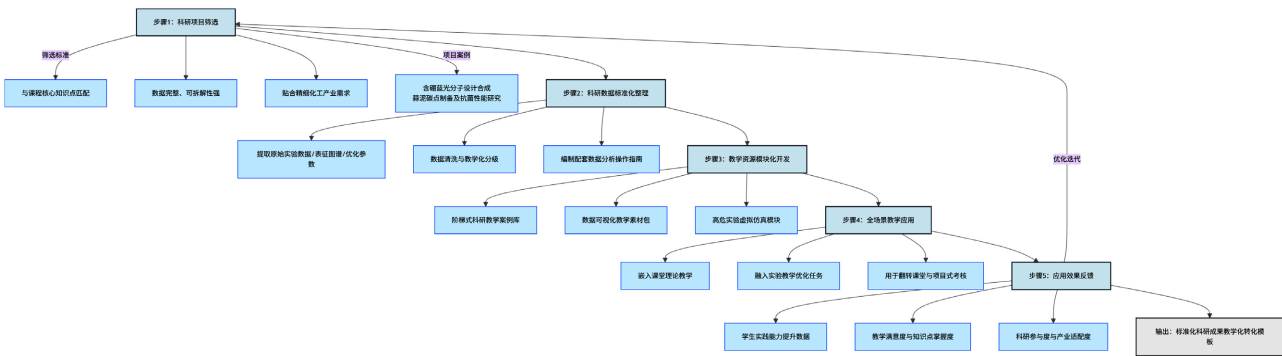


Figure 2. Flowchart of the whole process of transforming scientific research achievements into teaching resources
图 2. 科研成果教学转化全流程图

(2) 教育数据教学资源包系统开发。整合科研实验数据(不同催化剂下的反应产率、产物表征光谱数据等)、合作企业生产数据(精细化学品纯度检测数据、环保指标数据、工艺优化参数等)，开发系列数据可视化教学素材，包括基于 TreeMind 的合成路线数据思维导图、基于 OMNIC8.2 的红外光谱数据分析演示视频、基于 Origin 的反应动力学数据处理模板等，将大数据分析全流程融入课程各知识点。

(3) 定制化虚拟仿真实验模块开发。针对科研与产业中高危、高成本、高污染的精细化学品合成实验(如含硼化合物的高温合成、高压加氢反应等)，基于真实科研数据，利用虚拟仿真技术还原实验场景，嵌入反应温度、压力、催化剂用量等可调节数据变量，允许学生自主调整参数并实时观察数据变化与反应结果，实现“安全化、可重复、数据驱动”的实验训练，弥补传统实验教学的短板。

3.2. 设计大数据驱动的“三维画像 - 千人千策”个性化教学模式

突破传统“一刀切”的教学模式，以大数据技术为支撑，构建“多维度数据采集 - AI 辅助需求分析

- 差异化路径设计 - 动态优化调整”的全流程个性化教学体系(见图 3)。

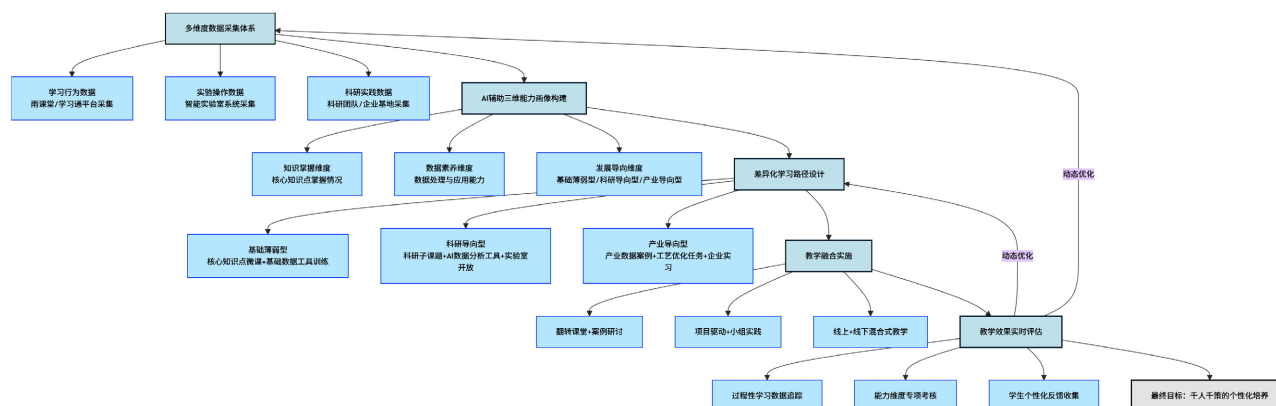


Figure 3. Implementation path diagram of big data-driven personalized instruction

图 3. 大数据驱动的个性化教学实施路径图

(1) 搭建多维度数据采集体系。通过雨课堂、学习通等线上平台，采集学生的学习行为数据(课程观看时长、作业正确率、课堂讨论参与度等)；通过智能实验室系统，采集学生的实验操作数据(反应温度、压力、产物浓度等实时参数、数据处理准确性等)；通过科研团队与企业实习基地，采集学生的科研实践数据(数据报告质量、工艺优化方案合理性等)，实现“学习行为 - 实验操作 - 科研实践”全链条数据的联动采集。

(2) 构建 AI 辅助的学生三维能力画像模型。本研究基于学习分析技术框架，采用 K-means 聚类算法与 CART 决策树算法结合的混合建模方法，构建学生三维能力画像模型，具体技术细节如下所述。首先，特征变量选取，共筛选 3 类 12 项核心特征变量作为模型输入。① 知识掌握维度：核心知识点测试正确率、作业完成质量、课前预习达标率、课堂问答准确率 4 项变量；② 数据素养维度：实验数据处理规范性、数据可视化完成质量、数据分析报告得分、工具软件操作熟练度 4 项变量；③ 发展导向维度：科研活动参与意愿、产业实践参与意愿、自主探究学习时长、职业规划方向 4 项变量。所有变量均通过 min-max 归一化处理消除量纲差异。其次，进行模型构建。先采用 K-means 聚类算法对学生样本进行无监督聚类，基于肘部法则确定最优聚类数为 3，对应基础薄弱型、科研导向型、产业导向型三类学生群体；在此基础上，采用 CART 决策树算法构建分类预测模型，以聚类结果为输出标签，12 项特征变量为输入，训练得到学生类型自动分类模型，模型训练集与测试集按 7:3 比例划分。最后，进行模型验证与优化。采用分类准确率、轮廓系数两项指标验证模型有效性。经测试，学生分类模型预测准确率达 89.2%，聚类轮廓系数为 0.62，达到良好聚类效果；教学实践中每两周更新一次特征数据，对模型进行动态微调，保障画像的时效性。最终生成的学生个性化能力画像可直观呈现各维度能力水平、能力短板与发展潜力，为差异化教学提供数据依据。

(3) 设计差异化学习路径与教学实施。突破传统静态分组的局限，本研究构建“初始分层 - 动态更新 - 自适应推荐”的全周期个性化教学机制，实现真正的“千人千策”：课程开始第 2 周，通过前置测试与基线数据采集生成初始学生画像，完成首次分层并推送对应基础学习资源；教学过程中以每两周为一个数据更新周期，同步采集学习行为、实验操作、阶段测试等多维度数据，动态更新学生能力画像并自动调整学生分层标签，避免“一次分组定全程”的固化问题，例如基础薄弱型学生若连续两个周期知识掌握达标，可自动升级至产业导向或科研导向培养路径；在此基础上基于协同过滤推荐算法，结合学生画像标签、知识点掌握短板与学习进度，自动为学生推送匹配的微课视频、数据案例、实践任务等学习资源，例如针对在“反应动力学数据处理”知识点失分的学生，自动推送 Origin 数据处理专项教程与配

套练习,针对科研导向型学生,自动匹配与其研究方向相关的科研子课题与文献资料。与此同时,课程教学融合翻转课堂与项目驱动教学法,以科研与产业数据案例为核心开展课堂讨论,以小组项目为载体推动课后实践,教师可基于班级画像数据精准定位共性问题与学生个体短板,动态调整课堂教学重点与辅导策略,实现数据驱动的教学决策优化,形成“数据采集-分析决策-教学优化-效果反馈”的完整闭环。

3.3. 搭建“实验室-科研团队-企业基地”三级递进的实践教学平台

以科研反哺为纽带,深化产学研协同,破解实践教学与科研、产业脱节的问题,构建能力递进的实践教学体系。

(1) 升级实验室基础实践模块。在传统验证性实验的基础上,新增“数据驱动的工艺优化”必修任务,要求学生完成基础合成实验后,利用 Excel、Origin 等工具对实验数据(反应时间与产率的关系、催化剂用量与产物纯度的关系等)进行系统分析,提出 1~2 项可落地的工艺改进建议,将数据思维培养融入基础实验全流程。

(2) 拓展科研团队创新实践模块。建立科研实践学分认定机制,吸纳学生参与团队科研项目的数据处理、方案优化等环节,例如让学生协助完成含硼蓝光分子的光学性能数据分析、蒜泥碳点的抑菌性能数据整理等工作,撰写规范的数据报告,参与科研组会讨论,实现“科研数据-学生实践-能力提升”的有效转化,让学生在真实科研场景中提升创新能力。

(3) 强化企业基地产业实践模块。与蚌埠本地精细化工龙头企业深度合作,共建产学研教学基地,将企业生产中的真实数据、工艺优化难题转化为教学案例,组织学生进入企业开展“数据监控与工艺优化”专项实习,要求学生提交产业数据分析与工艺优化报告,并将报告纳入课程实践成绩,实现校园教学与产业需求的无缝对接。

3.4. 建立“过程性+能力性+增值性”三元融合的多元评价体系

突破传统“以考试为核心”的评价模式,构建适配改革目标的多元评价体系,科学评估学生的综合能力与教学改革成效,总成绩占比设置如下:

(1) 过程性评价(40%): 依托学习分析工具实时追踪学生的学习行为数据、实验数据处理质量、课堂讨论参与深度等,每周生成个性化学习效果反馈报告,动态记录学生的学习过程,打破“一考定终身”的评价局限。

(2) 能力性评价(30%): 设置三大能力考核模块,包括数据素养专项测试(科研数据可视化、实验数据优化等)、科研实践考核(科研数据报告质量、实验方案设计能力等)、产业案例分析考核(生产数据解读、工艺优化建议合理性等),全面评估学生的核心能力,替代传统的知识点记忆考核。

(3) 终结性评价(30%): 采用项目式考核方式,要求学生以小组为单位,基于真实科研数据或产业生产数据,完成“某精细化学品的绿色合成路线设计+数据论证报告”,并进行现场答辩,重点考核学生的知识综合应用能力、数据思维与创新能力。

同时,新增增值性评价维度,对比学生课程学习前后的专业能力、数据素养变化,评估教学改革对不同基础学生的提升效果,为教学方案的持续优化提供数据支撑。

4. 改革实践与成效分析

4.1. 实践对象与实施过程

本改革方案依托安徽科技工程大学校级质量工程项目,在应用化学专业 2022 级、2023 级《精细化学

品合成》课程中开展了两轮完整的教学实践，覆盖学生 126 人，其中 2022 级 62 人，2023 级 64 人。实践过程严格遵循行动研究法，按照“方案设计 - 教学实施 - 数据收集 - 反思优化”的流程开展，每轮实践结束后，基于学生反馈与教学数据优化改革方案，实现螺旋式提升。

4.2. 实践成效

4.2.1. 教学资源建设成果显著，形成可复制的科教融合范式

通过两轮实践，完成了 2 项核心科研项目的教学化转化，建成包含 8 个科研教学案例、12 个产业数据案例、3 个虚拟仿真实验模块的《精细化学品合成》课程教学资源库，开发了配套的数据分析工具指南、数据可视化素材与系列微课视频。同时，形成了标准化的“科研成果教学化转化模板”，明确了科研项目筛选标准、数据处理规范、资源开发流程与教学应用场景，为应用化学专业《高分子化学》《有机化学》等其他核心课程的科教融合改革提供了可复制的参考范式。

4.2.2. 学生综合能力显著提升，人才培养与产业需求适配度增强

通过改革，学生的数据素养与科研创新能力得到了系统性提升。实践数据显示，学生数据素养达标率从改革前的 62% 提升至 92% 以上；80% 以上的学生参与了科研团队的子课题研究或企业产业实践，累计完成科研数据报告、产业优化方案 42 份，其中 3 项学生作品在省级大学生化学化工竞赛中获奖。同时，跟踪数据显示，本专业毕业生在精细化工相关岗位的就业适配度较改革前提升了 21%，毕业生的数据分析能力、工艺优化思维获得了用人单位的一致好评。

典型学生案例：2023 级实验班某学生，课程初始画像为基础薄弱型，有机合成核心知识点掌握率仅为 58%，数据处理工具操作能力较弱。基于动态画像的自适应推荐机制，系统为其精准推送了 12 个核心知识点微课与 8 项基础数据处理训练任务，授课教师同步开展针对性一对一辅导。经过 8 周学习，该生知识点掌握率提升至 87%，数据素养达标，最终以产业导向型画像完成课程学习，其提交的企业工艺优化报告获得合作企业工程师的优秀评价，充分体现了改革对不同基础学生的增值培养效果。

4.2.3. 教学质量与学生满意度大幅提高，形成良性教学闭环

课程教学质量得到了显著提升，学生课程整体满意度从改革前的 82% 提升至 96%，其中“科研案例实用性”“数据素养培养效果”“产业实践适配性”等核心维度的满意度均超过 93%。通过大数据驱动的过程性评价与实时反馈，教师能够精准掌握学生的学习情况与能力短板，动态调整教学内容与方法，形成了“数据采集 - 分析 - 教学优化 - 效果反馈”的良性教学闭环，课程教学的针对性与有效性大幅提升。

4.2.4. 教研成果丰硕，形成良好的示范推广效应

围绕本课程改革，团队已在《云南化工》《广东化工》等期刊发表教研论文 2 篇，形成了系统的理论研究成果[7][8]。改革方案与实践经验通过教学工作坊、公开课展示等形式，在学院其他化学类核心课程中进行了推广，带动了学院化学类专业课程的数字化转型与科教融合改革，形成了良好的校内示范效应。

5. 结语

本研究以大数据技术为支撑，以科研反哺教学为核心，针对《精细化学品合成》课程的传统教学困境，构建了系统化的课程改革体系，通过两轮完整的教学实践，验证了改革方案的可行性与有效性。该改革方案有效打通了科研成果向教学资源转化的壁垒，实现了大数据技术与课程教学的深度融合，解决了学生数据素养培养碎片化、实践教学与产业需求脱节等核心问题，显著提升了课程教学质量与学生的

综合能力。未来,完善数字化教学资源与分层育人机制,推进教改成果跨课程推广,持续更新课程教学资源,优化大数据个性化教学算法,完善多元评价体系;同时将改革范式进一步推广至应用化学专业全链条核心课程,为新工科背景下化工类专业的高水平复合型人才培养提供更有力的支撑。

基金项目

安徽省应用化学专业改造提升项目(2023zygzs055),安徽科技学院校级质量工程项目(Xj2025120, Xj2021016, Xj2023150),安徽省应用型高峰培育学科(XK-XJGF005),安徽科技学院石英砂产业学院项目(Xj2023102)。

参考文献

- [1] 教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见[EB/OL]. 2018-10-17.
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2018-12/31/content_5443541.htm, 2026-05-20.
- [2] 陶涛,李俊,陈敏东.大数据时代精细化学品化学课程的教学改革与创新[J].大学化学,2016,31(9):38-42.
- [3] 吴亚丽,任婷,薛飞,等.无机化学及实验改革的初步创新[J].山东化工,2022,51(3):193-195.
- [4] 秦颐鸣,范毅,傅汉华,等.科研反哺教学在《工程材料》课程教学中的实践[J].创新教育研究,2025,13(1):403-408.
- [5] 毛莉,王伟佳,游瑞云,等.新工科背景下探索应用化学人才培养模式[J].云南化工,2024,51(2):190-194.
- [6] 徐一梦,周璇,蒋玲玲.基于科教融合理念下的虚拟仿真对有机化学实验教学的改革与探索[J].广东化工,2024,51(7):190-193.
- [7] 李培礼,张婷,柯香,等.大数据时代下精细化学品合成课程教学改革与创新[J].云南化工,2024,51(10):203-207.
- [8] 李培礼,张婷,柯香,等.人工智能在化学相关专业本科毕业设计中的应用——以“蒜泥碳点的制备及其抗菌性能研究”为例[J].广东化工,2025,52(4):165-168.