高 分 子 通 报
POLYMER BULLETIN

教育与教学 / Education DOI: 10.11687/j.issn1003-3726.2026.26299

AI辅助“橡胶工艺”课程的增智赋能教学重构与实证

王延敏* 刘 蕾 孙何靖 刘 欣 赵丽芬 尹训茜 于 青

(山东科技大学材料科学与工程学院 高分子与材料化学系 青岛 266590)

摘 要 针对橡胶工业智能化转型对工程人才培养的新要求，以及“橡胶工艺”课程长期存在的理论抽象、实践受限、评价单一等结构性困境，提出并实践了“贯穿—渗透—增智赋能”的教学改革理念。研究以数字化资源为基座、智慧教学平台为枢纽，系统构建了覆盖课前—课中—课后—课外全链条的AI (artificial intelligence)融合教学模式，将AI助教、虚拟仿真、智能伴学与学情分析深度嵌入配方设计、工艺优化等专业能力培养环节，并建立了过程性、终结性与AI学情数据多维融合的评价体系。两轮准实验对照教学实证表明，实验组学生在学习兴趣(t=7.69, p<0.001, Cohen’s d=1.09) (其中t是均值差的检验统计量，p是原假设条件下的概率，Cohen’s d 是标准化效应量)和工程实践能力(配方逻辑完整性评分t=11.04, p<0.001, d=1.56)上均显著优于对照组，有效提升了学生解决复杂工程问题的综合素养。该改革为工科课程数智化转型提供了可操作的实践范式，对高分子材料及同类工程教育具有参考价值。

关键词 人工智能；橡胶工艺；教学改革；学情分析；增智赋能

Intelligence Empowerment Teaching Reconstruction and Empirical Summary of AI Assisted “Rubber Technology”

Yan-min Wang*, Lei Liu, He-jing Sun, Xin Liu, Li-fen Zhao, Xun-qian Yin, Qing Yu

(*Department of Polymer and Materials Chemistry, College of Materials Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590*)

Abstract In view of the new requirements of the intelligent transformation of the rubber industry for the training of engineering talents, as well as the long-standing theoretical abstraction, limited practice, single evaluation and other structural dilemmas of the “Rubber Technology” course, this study proposes and practices the teaching reform concept of “permeation-infiltration-intelligence enhancement and empowerment”. Taking digital resources as the base and intelligent teaching platform as the hub, this study systematically constructs an AI (artificial intelligence) integrated teaching mode covering the whole chain of pre-class, in-class, after-class and after-class, deeply embeds AI teaching assistant, virtual simulation, intelligent companionship and learning situation analysis into professional ability training links such as formula design and process optimization, and establishes an evaluation system of multi-dimensional integration of process, termination and AI learning situation data. The empirical results of two rounds of quasi-experimental control teaching show that the students in the experimental group are significantly better than the control group in learning interest (t = 7.69, p<0.001, Cohen’s d = 1.09) (where t is the test statistic for the difference in means, p is the probability under the null hypothesis, and Cohen’s d is the standardized effect size) and engineering practice ability (formula logical integrity score t = 11.04, p<0.001, d = 1.56), which effectively improves the students’ comprehensive quality of solving complex engineering problems. This reform provides an operable practical paradigm for the digital intelligence transformation of engineering courses, and has reference value for polymer materials and similar engineering education.

2026-06-19 收稿, 2026-07-30 录用

基金项目: 中国高等教育学会重点项目(项目号 25XX0202)

* 通信联系人: 王延敏, E-mail: yanmin_w@163.com

Keywords Artificial intelligence; Rubber process; Teaching reform; Analysis of learning situation; Intelligence empowerment

引用: 王延敏, 刘蕾, 孙何靖, 刘欣, 赵丽芬, 尹训茜, 于青. AI辅助“橡胶工艺”课程的增智赋能教学重构与实证. 高分子通报, doi: 10.11687/j.issn1003-3726.2026.26299

Citation: Wang, Y. M.; Lei, L.; Sun, H. J.; Liu, X.; Zhao, L. F.; Yin, X. Q.; Yu, Q. Intelligence empowerment teaching reconstruction and empirical summary of AI assisted “rubber technology”. *Polymer Bulletin* (in Chinese), doi: 10.11687/j.issn1003-3726.2026.26299

在“中国制造2025”与“人工智能+高等教育”战略的双重驱动下，橡胶工业正向智能制造与绿色制造加速跃迁，这对从业者的知识结构、工程实践能力与创新素养提出了全新要求。作为高分子材料科学与工程专业的核心拓展课程，“橡胶工艺”承担着将高分子化学、高分子物理等基础理论转化为配方设计、加工改性等综合应用能力的关键任务，其教学效果直接决定了学生能否胜任橡胶类企业的研发与工艺岗位。然而，传统教学模式存在着三重突出的结构性矛盾：其一，教学资源静态且陈旧，教材案例与产业前沿脱节，难以支撑学生基于最新文献进行方案寻优与迭代；其二，生胶微观结构、硫化反应动力学等核心理论高度抽象，教学过程以单向讲授为主导，缺乏基于真实工程情境的沉浸式问题探究与即时反馈，严重制约了学生设计配合体系、调控工艺参数等高阶思维的发展；其三，学情数据稀疏，评价手段单一，过度依赖终结性考试，无法捕捉学生在配方创新、工程伦理判断等高阶思维上的成长轨迹，亦难以有效衡量其在社会、健康、安全、法律等非技术维度上的综合素养，从而难以系统支撑工程教育认证中的毕业要求指标。这些结构性矛盾表明，课程教学亟待从“经验驱动”转向以数据与智能为支撑的新范式。

近年来，人工智能与教育深度融合的研究蓬勃兴起[1~3]。以大语言模型为核心的生成式人工智能正以前所未有的速度形塑高等教育生态，教师已将其广泛应用于教学设计、试题生成、案例库构建等环节，显著提升了工作效率[4~6]。余胜泉等指出，AI能够凭借学习分析、知识图谱和自适应引擎，推动教学从“经验驱动”向“数据驱动”转型[7]。祝智庭等则强调，智能技术应作为一种认知工具深度渗透到具体学科的问题解决过程之中[8]。然而，在高分子材料等工科课程中，现有探索多停留于资源数字化或孤立的虚拟仿真，缺乏将AI贯穿教学全过程、精准支撑专业能力培养的系统化设计。由此观之，将AI工具与智能平台深度嵌入“橡胶工艺”课程的全教学链路，不仅是技术上的武装，更是教育理念从“经验驱动”向“数据智能驱动”转轨的必然选择，其核心价值在于通过智能化的资源供给、交互建构与评价反馈，切实提升课程对工程人才培养的支撑效度。

有鉴于此，本研究提出“贯穿整个教学过程、渗透每个教学环节、增智赋能提效”的改革理念，意在使AI技术如同增强纤维般嵌入课程体系的每一道工序，从资源准备、平台搭建、过程组织到评价反馈，构建起闭环式的智能教学生态。借助这一生态，学生不仅能掌握生胶与配合剂的静态知识，更能在虚实融合的情境中反复锤炼配方设计、工艺优化和负责任创新等动态能力，最终实现知识、能力、素质三重目标的深度统合。这一生态的构建，与数智技术催生的“大规模个性化教学”理想高度契合，其本质是从“群体同步”到“个体自适应”的系统性重构。智能增强型教学利用AI助教、自适应学习等技术实现精准适配，AI能够识别学生的“认知最近发展区”并实时调整学习路径；与此同时，“AI+HI (human intelligence)”双师课堂通过人机角色的科学分工与协作，构建起“产业问题进课堂—教学成果进产业”的双向赋能机制。进一步地，数智化教学评价正在从单一的“末端裁判”转向多模态、全过程、发展性的全景评估，依托多源数据融合与智能分析，实现从“回顾性总结”到“预见性赋能”的质变[9]。上述变革取向共同为“橡胶工艺”课程破解传统教学的结构性矛盾提供了理论前提与实践路径，亦为探索人工智能与工程教育深度融合提供了可资参照的系统方案。

1 “贯穿—渗透—增智赋能提效”核心理念

“贯穿整个教学过程、渗透每个教学环节、增智赋能提效”是统摄本课程改革的核心方法论。它不仅是技术应用的策略凝练，更构成了课程数智化转型的认识论根基。以下从理念内涵与理论基础2个维度进行阐释(如图1所示)。

1.1 理念内涵

该理念以“贯穿—渗透—增智赋能提效”为链条，呈现由时空维度到功能价值的递进逻辑。“贯穿”

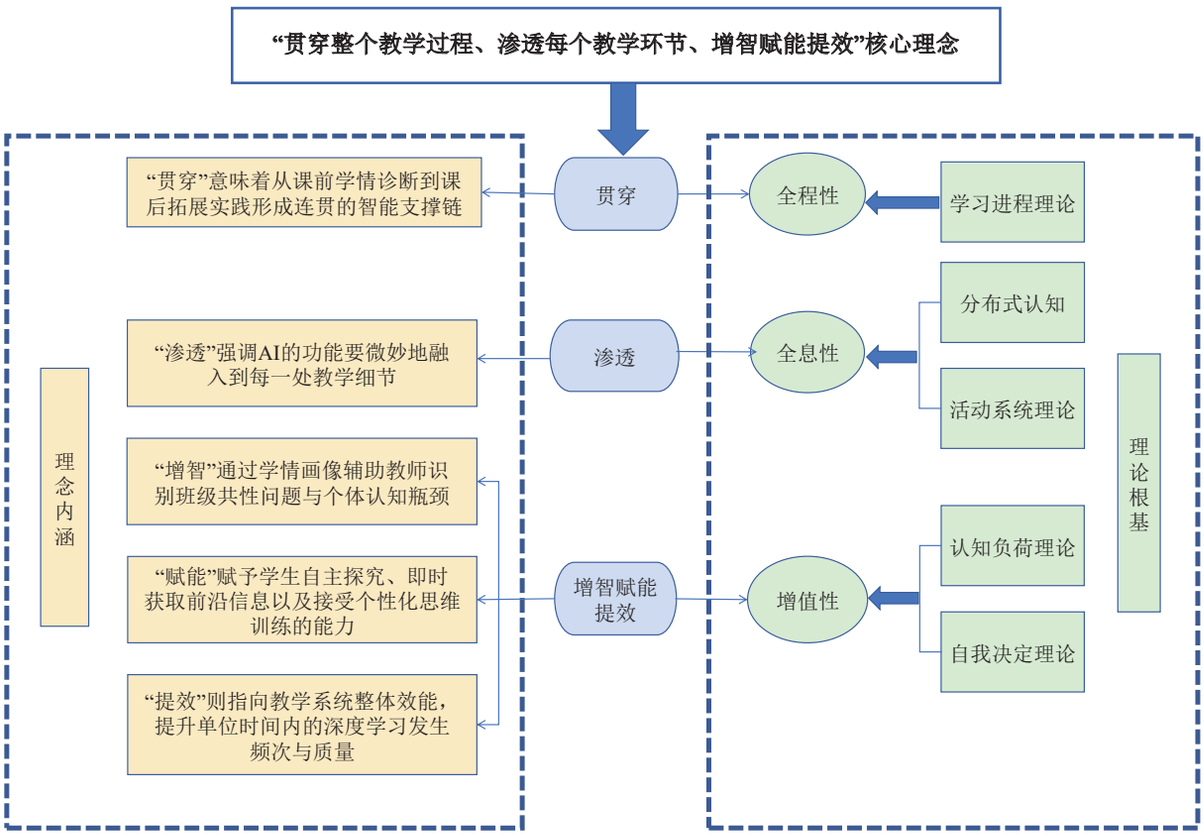


图 1 “贯穿整个教学过程、渗透每个教学环节、增智赋能提效”核心理念的理念内涵与理论基础

Fig. 1 The concept connotation and theoretical basis of the core concept of “throughout the whole teaching process, infiltrating each teaching link, increasing intelligence, empowering and improving efficiency”

意味着AI不再局限于某一孤立的环节，而是作为一种基础性的认知环境，从课前学情诊断到课后拓展实践形成连贯的智能支撑链。“渗透”强调AI的功能要微妙地融入每一处教学细节——签到不仅是考勤，而是生成学习状态的初始标签；随堂练习不仅是知识检测，更是即时调整讲授节奏的依据；讨论帖不仅是观点表达，更是暴露思维偏差、触发深度互动的契机。“增智”侧重于教师端的精准决策，通过学情画像辅助教师识别班级共性问题与个体认知瓶颈；“赋能”则指向学生端，赋予其自主探究、即时获取前沿信息以及接受个性化思维训练的能力；“提效”则指向教学系统整体效能，通过精准化资源推送、自动化部分评价与及时化互动反馈，提升单位时间内的深度学习发生频次与质量。三者互为条件：增智是赋能的内在前提，赋能是提效的持续动力，提效又进一步验证增智的科学性，形成价值闭环。

1.2 理论根基

该理念的提出，为工科课程的数智化改革提供了具有迁移价值的理论参照，其深层结构可归结为全程性、全息性与增值性。

“贯穿”所体现的全程性，根植于学习进程理论——学习并非知识的瞬时获得，而是概念理解沿时间轴连续发展、修正与深化的过程。AI在此充当“持续性认知支架”，借助智能诊断、伴随式数据采集和自适应推送，使教学干预沿学习者的最近发展区动态推进，实现教学时序上的完整覆盖与理性编排。“贯穿整个教学过程”强调人工智能并非教学流程的局部点缀或一次性工具，而是系统嵌入课前预备、课中实施、课后拓展与课外实践的完整时间序列，形成对学习进程的无缝支持。

“渗透”所体现的全息性，深植于分布式认知与活动系统理论。分布式认知指出，认知分布于个体、工具、共同体与人工制品之中，AI作为认知伙伴参与知识建构；活动理论则强调，工具中介改变主体与客体的互动方式，进而重塑整个学习活动系统。因此，“渗透”不是技术功能的简单叠加，而是将AI分析、生成、仿真与交互能力有机融入“教学环节”这一活动结构，促发师生角色、资源形态与互动模式的结构性嬗变，使课程从“预设流程”转变为“涌现性认知生态”。“渗透每个教学环节”进一步将空间与活动维度纳入变革范畴，要求AI技术不局限于某一独立模块，而是弥散于课程的目标设定、内容呈现、互动设计、

实验仿真、思政融入、评价反馈等所有教学要素之中。

“增智赋能提效”所体现的增值性，呼应了认知负荷理论与自我决定理论。“增智赋能提效”是对技术价值取向的明确限定，构成理念的目的维度。增智通过思维导图生成、参数趋势可视化、文献知识库即时检索等手段，降低无关认知负荷，释放高阶思维空间；“赋能”聚焦主体层面，核心是赋予学生更强的工程问题解决自主权与教师更精准的教学决策权——学生借助虚拟仿真反复试错、借助智能伴学规划学习路径而减少依赖，教师凭借学情热力图和智能分层从经验判断走向证据驱动，这与自我决定理论中的胜任感、自主感激发一致。“提效”则指向教学系统整体效能，通过精准化资源推送、自动化部分评价与及时化互动反馈，提升单位时间内的深度学习发生频次与质量。

综上，该理念以“全过程贯穿”搭建时间框架，以“全环节渗透”构建空间与功能网络，以“增智赋能提效”确立技术干预的理性方向，三者构成“时空交织、价值内嵌”的立体化课程改革哲学。

“贯穿整个教学过程、渗透每个教学环节、增智赋能提效”不单是技术应用路线的概括，更是对智能时代工科课程本质属性的一种学理回应。它将课程重建为以学习进程为经、以认知渗透为纬、以人的发展为旨的智慧生态，对同类工程教育改革具有明确的示范与引导价值。本研究围绕“贯穿—渗透—增智赋能”进行了AI辅助“橡胶工艺”课程的教学重构与实证(图2)。

2 数字化教学资源的体系化准备

智能化教学绝非技术的空中楼阁，必须以结构化、高关联性的数字化资源为基座。依据“渗透每个教学环节”的导向，团队从文献数据、行业案例、AI工具和教学素材四个维度开展了系统建设。

2.1 文献与数据资源库

整合超星数字图书馆、中国知网、Web of Science等平台的橡胶工艺相关文献、专利与行业报告，建立动态更新的数据库，让学生了解行业前沿技术与研究热点。依托这些平台，紧扣课程知识目标中“通过查阅最新文献提出解决方案”的能力要求，构建了“天然橡胶改性”“绿色轮胎配方”“自修复弹性体”等12个专题文献簇。同时，将生胶门尼黏度、炭黑比表面积、硫化仪扭矩等多年实验数据脱敏后结构化存储，形成可供AI调用的参数数据库，为后续的工艺参数优化模块奠定数据基础。

2.2 行业典型工程案例库

梳理橡胶行业典型工程技术问题，如轮胎配方优化、橡胶制品硫化缺陷分析、绿色橡胶材料开发等真实案例，形成包含问题描述、工艺参数、解决方案的案例库，为项目式教学提供素材。围绕课程目标2所关注的“配方设计”“配合体系开发”，联合两家大型橡胶制品企业，提炼了“全钢子午线轮胎胎面胶耐磨性提升”“耐高温氟橡胶密封件配方迁移”等8个典型复杂工程问题。每个案例均包含原始工艺条件、失效现象、改进方案对比及成本核算要素，预设了多个方案入口与伦理审视窗口，为AI驱动的案例教学与项目式学习提供鲜活载体。

2.3 AI辅助工具矩阵

引入元宇宙虚拟实验平台、DeepSeek大语言模型、豆包智能体等工具，分别对应虚拟仿真、知识问答与协作学习等场景。特别搭建了“橡胶工艺”专属知识库，将教材、配方手册、国标行标等语料训练为领域问答模型，确保AI助教的回答兼具专业深度与规范性。

2.4 教学素材库

改革围绕“知识—问题—价值”三维框架，对教学资源进行了系统梳理与数字化整合。在学科核心资源层面，将散落的知识点系统编纂为工程技术问题库、试题库(含客观题、工艺设计题)、微观形貌动画(如炭黑网络在橡胶基体中的逾渗过程)、启发性案例库以及思政元素库(如橡胶行业“大国工匠”事迹、国产轮胎技术突破故事)。基于此，本研究构建了4类互嵌式的课程图谱，即知识图谱、问题图谱、思政图谱和特色图谱。

3 核心改革路径

在数字化教学资源体系完备的基础上，团队以智慧教学平台为核心枢纽，构建“线上教学平台+AI技术赋能平台”双引擎驱动的教学模式，将“增智赋能”系统性转化为可操作的教学交互与组织形态。

3.1 线上教学平台

教学平台以其课程建设、课堂互动、学情管理与资源整合的一体化优势[10,11]，为“橡胶工艺”课程提供了高度集成的线上教学环境。依据教学进程的功能需求，团队深度开发了3类相互嵌套的模块。

资源模块：依托平台的课程门户与章节编辑功能，将电子教案、微课视频、橡胶配合剂技术标准、行业设备图谱等异构资源进行系统化编排，构建了“目录树—知识点—资源包”3级索引架构。具体而言，每一章节下设若干个核心知识点，每个知识点关联分

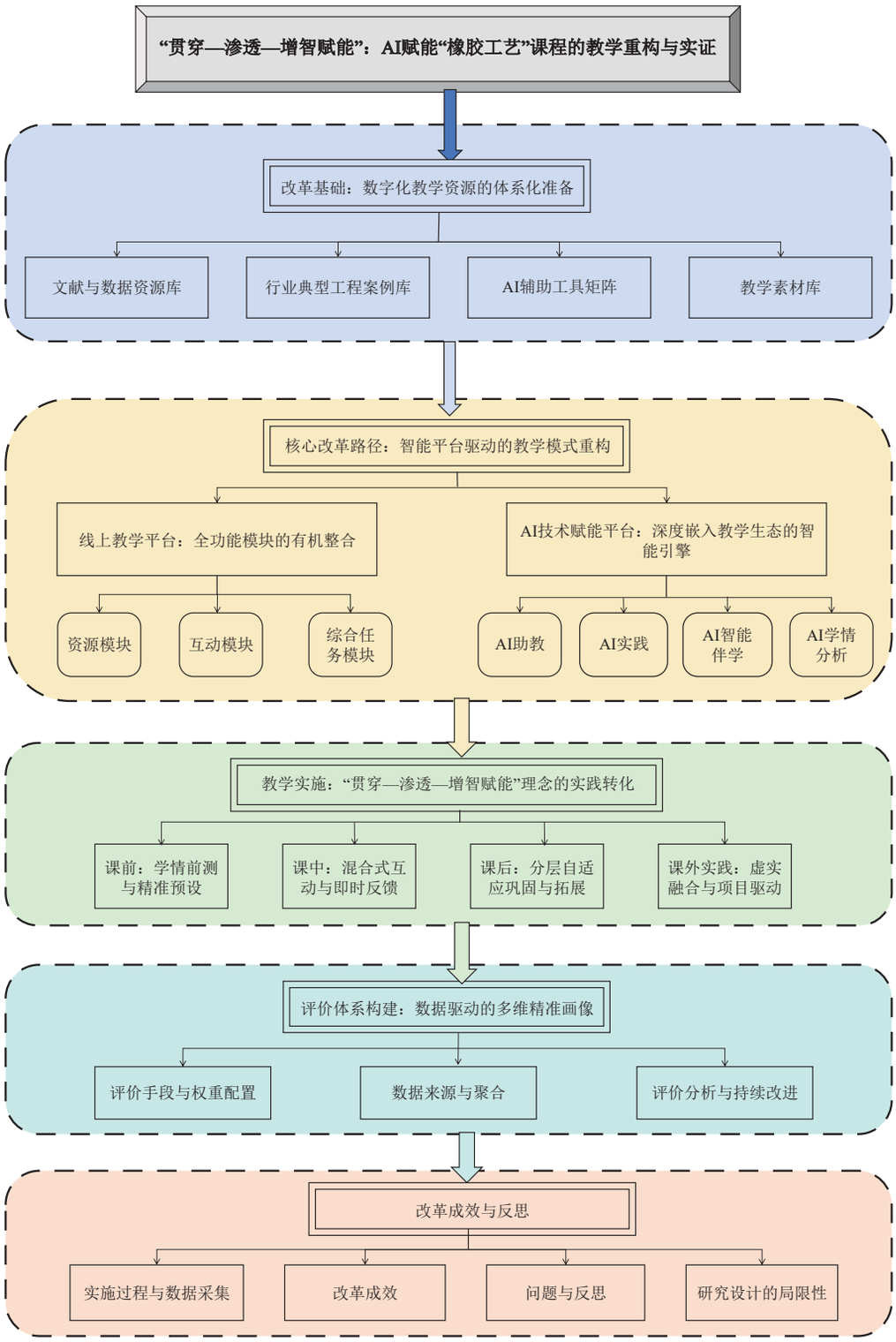


图 2 “贯穿—渗透—增智赋能”：AI辅助“橡胶工艺”课程的教学重构与实证示意图

Fig. 2 “Penetration-infiltration-intelligent empowerment”: teaching reconstruction and empirical schematic diagram of AI assisted “Rubber Technology” course

层级的学习资源：基础层包含教学课件与原理动画，拓展层接入对应的中英文文献摘要与行业案例卡片，挑战层则链接AI虚拟仿真任务与创新设计命题。平台内置的标签系统支持对每一份资源标注“课程目标指标点”与“认知层级”，为后续的智能推荐与自适应学习路径生成提供元数据支撑。

互动模块：教学平台与移动端的深度融合，为课堂互动提供了跨终端的实时通道。团队系统运用了平台的6类互动工具，分别指向不同的认知加工层次：快速出勤核验功能解决了大班授课的考勤效率问

题；限时随堂练习与自动批阅功能，可在讲解基本知识和理论后即时推送选择题，全班作答正确率分布以柱状图实时投射于屏幕，教师据此精准定位理解盲区；随机选人与抢答功能，打破课堂沉默，激发个体参与压力与动力；主题讨论与词频分析功能，则服务于开放性工程问题的研讨。上述互动数据被平台全程记录，形成每位学生课堂认知参与度的时序曲线，为过程性评价提供连续证据。

综合任务模块：平台的分组任务PBL (problem-based learning)模块为融合式教学任务提供了理想载体。团队在设计综合任务时，确立了“知识锚点+思政触点+行业接口”的三维建构原则。该模块同时承载了课程能力目标的分析设计能力训练与课程素质目标的社会制约意识养成，使高阶素养培养具象化于具体任务流程之中。

3.2 AI技术赋能平台

教学平台自身的开放性使其能够与AI技术工具形成生态级协同[12]。团队在主平台的基础上，构建了AI助教、AI实践、AI智能伴学与AI学情分析4类功能模块，使智能技术“渗透每个教学环节”的理念获得落地的技术架构。

3.2.1 AI助教

嵌入学习场景的认知伙伴。基于平台的知识库接口，团队训练了橡胶工艺领域专属的AI问答模型，并将其嵌入课程门户与章节学习页面。在课前阶段、课中阶段和课后复习阶段，AI助教向学生推送预习问题链；学生可自由发起情景对话，训练AI的专业沟通与需求转化能力。AI助教还支持24 h答疑，对教材范围内的概念性问题即时响应，对复杂工程问题则给出文献索引与思考路径提示，既保障了即时性，又避免了直接给出答案导致的思维惰化。

3.2.2 AI实践

虚拟仿真与参数优化的双通道实验空间。针对橡胶工艺中密炼、开炼、硫化等工序的高成本与安全风险，团队在平台外挂了虚拟仿真实验入口。更进一步，AI参数优化模块嵌入了遗传算法引擎，学生设定目标性能后，系统自动迭代搜索最优工艺参数组合，并将其与理论推荐值进行对比解释。这一过程使学生从“照单操作”跃升为“策略优化”，直接指向课程能力目标中的能力要求，同时也使学生在无设备损耗、无人身风险的环境中反复试错，积累工程直觉。

3.2.3 AI智能伴学

学习路径规划与薄弱点精准推送。AI智能伴学模块利用知识图谱技术，将“橡胶工艺”课程的知识点构建为概念网络，标注各节点的先修关系与认知依赖。平台根据学生在测验、作业、仿真任务中的时序数据，生成个人学习画像。伴学系统还支持学习路径的可视化推荐，为学生呈现“已掌握—待强化—尚未解锁”的三色知识地图，增强学习的目标感与自我调节能力。这种自适应推送机制呼应了“贯穿整个教学过程”的理念，使个性化支持从课中延伸至课后，从统一课时走向差异化的学习节奏。

3.2.4 AI学情分析

多模态数据的深度挖掘与教学决策支持。教学平台本身具备基础的学情统计功能，如任务点完成率、视频反刍比、成绩分布等。AI学情分析模块在此基础上进一步升级，接入自然语言处理与聚类分析算法，对讨论区文本、PBL任务协作记录、作业提交时间等非结构化数据进行深度挖掘。基于上述分析，系统将全班学生自动聚类为了解、理解、应用、创新4个认知层级，教师可在后台查看每一层级的学生名单及其典型特征，为分组教学、精准干预与个性化辅导提供决策依据。该功能同时为第七部分的评价体系提供了连续、多元、可追溯的过程性证据链。

综上，教学平台以其功能完备性与生态开放性，为AI辅助橡胶工艺教学提供了稳固的集成框架。“资源—互动—任务”3类模块重塑了线上教学的流程与体验，“AI助教—AI实践—AI伴学—AI分析”四柱引擎则使智能技术渗透至教学的每一个环节，二者协同构成了“增智赋能提效”的技术实现路径，为后续的教学过程设计与评价体系构建奠定了平台基础。

4 教学实施

在“贯穿整个教学过程、渗透每个教学环节、增智赋能提效”理念的统摄下，本研究将抽象的教改理念系统转化为可操作的教学实践，形成了覆盖教学全链条的智能化实施体系。

4.1 课前

课前阶段的教学实施以“以学定教”为基本遵循。教师于教学周前通过平台发布预习任务单，内容涵盖标注难度系数的微课视频、文献节选与预习自测题。学生完成预习后，AI智能伴学模块自动汇总测验数据，生成班级前概念分布热力图，以红黄绿三色标注各知识点掌握状态。教师据此精准调整课堂设计的重心与节奏。这一“学情前测—数据诊断—教学调适”的闭环，使教学设计从经验驱动转向数据驱动，实现了教学干预的前置化与精准化。

4.2 课中

课堂教学采用“精讲—探究—协作—升华”4段

结构，每一环节均嵌入差异化的AI功能模块。精讲阶段，教师投屏讲授核心原理，适时发起限时练习。探究阶段，教师发布基于行业真实情境的开放问题，AI助教同步生成不同方案选择的雷达对比图(如成本、性能、环保性三维度)，为学生提供多维决策参照。协作阶段，分组任务模块记录各组的协作轨迹，教师通过词云实时监测讨论焦点，对偏离方向的小组予以引导。升华阶段，教师结合行业规范、安全法规与可持续发展要求进行提炼总结，将知识传授与价值引领统一于教学过程之中。

上述课中实施过程体现了“渗透”理念的精髓，正是‘渗透’理念在课堂层面的具象化——将签到、随堂练习、讨论等常规活动转化为学情诊断、动态调节与深度互动的触发器，使AI工具自然融入而非外挂。

4.3 课后

课后阶段的核心机制在于AI智能伴学模块的分层推送。系统依据课堂互动数据、随堂练习成绩与前测结果，将学生自动划分为基础巩固层、应用提升层与创新拓展层。基础层学生接收生胶分类匹配练习等巩固任务，平台自动批阅并即时解析；应用层学生完成工艺参数影响趋势分析，AI助教进行初评与思路提示；创新层学生挑战开放式设计任务(如“给定服役条件下的氟橡胶配方初设”)，AI助教提供专利索引与可行性评估反馈。同时，平台为全体学生推送下一课时的预习资料，形成“课后巩固—课前预备”的衔接闭环。这一机制呼应了“贯穿”理念对教学时序完整覆盖的要求，使个性化支持从课中延伸至课后，从统一课时走向差异化的学习节奏。

4.4 课外实践

课外实践环节整合线下企业参观与线上虚拟仿真，构建“观察—复现—优化—创造”的递进式实践链条。学生首先赴合作企业实地参观密炼、压延、硫化生产线，建立感性经验；返校后登录AI虚拟仿真模块重现产线流程并进行参数调试，将现场观察与虚拟参数变化建立映射。随后以小组为单位在PBL模块中认领“指定性能橡胶制品配方开发”项目，AI助教作为项目管家，按里程碑节点自动推送进度提醒、相似案例与文献参考，并支持阶段性成果的在线互评与教师点评。这一设计使学生在虚实融合的工程情境中反复锤炼配方设计、工艺优化等动态能力，实现了情境学习理论在数智环境下的具象化落地。

5 评价体系构建

改革以教学平台的过程性数据全量采集能力为基础，构建“过程性评价+终结性评价+AI学情评价”三维融合的考核架构，确保评价覆盖知识掌握、能力达成与素养发展的全部课程目标指标点。

评价手段与权重配置。过程性评价(占40%)依托平台自动记录的签到率、视频学习完成度、随堂练习正确率、主题讨论参与深度、PBL任务协作贡献度等数据，采用平台自动计分与教师人工评定相结合的方式进行，重点考查学习投入的持续性、知识应用的及时性与协作沟通的有效性。终结性评价(占30%)包含配方设计中期报告与期末闭卷测试，中期报告由学生在平台提交，经AI初评(查重、格式规范、配方逻辑完整性)与教师终审双环节评分；期末测试侧重知识体系的系统性掌握与复杂问题的综合解决能力。AI学情评价(占30%)来自AI学情分析模块对讨论文本、项目报告、仿真实验日志等非结构化数据的语义挖掘，生成认知投入度、创新倾向度与素养发展度等维度指标，重点映射课程目标3中社会、安全、法律等制约因素的内化程度。

数据来源与聚合。教学平台天然具备多源数据汇聚优势，签到记录、任务点完成情况、作业提交时间与批阅结果、讨论帖与回复、PBL协作日志、虚拟仿真实验报告等数据，均被平台以结构化形式持续存储。所有涉及学生个人身份的数据在进入分析系统前均经过脱敏处理，仅保留匿名化编码；教师在教学首周即向全体学生明确告知数据采集范围、用途及隐私保护措施，并取得知情同意。AI学情分析模块进一步将上述结构化数据与非结构化文本数据整合，通过数据清洗、指标计算与层级聚类，生成每位学生与各课程目标指标点对应的达成度证据链，实现全维度、全程匿名化的学习画像构建。

评价分析与持续改进。每轮教学结束后，平台自动汇总3个评价维度的数据，以仪表盘形式呈现班级整体与个体在各毕业要求指标点上的达标状况。通过纵向对比(同一指标点在不同教学轮次间的变化趋势)与横向对比(同届不同学生群体间的差异分析)，系统可识别教学薄弱环节并提出改进建议.例如，若“配方经济性与环保性的平衡论证”指标得分连续两轮低于预期，平台自动提示教师在下一轮教学中增设相关案例辩论或参数优化任务。教师据此调整教学设计，形成“评价—诊断—改进—再评价”的质量持续提升闭环，体现“提效”理念在评价领域的完整落地。

6 改革成效与反思

6.1 实施过程与数据采集

本研究采用实验组与对照组前后测的准实验设

计，以本学院高分子材料科学与工程专业2023级(实验组，n=101)与2022级(对照组，n=98)本科生为研究对象。实验组实施本改革方案，对照组采用传统教学模式。2轮教学实践分别于2025~2026学年和2024~2025学年春季学期完成。数据来源包括：自编《橡胶工艺课程学习体验问卷》(Cronbach's d=0.87，基于ARCS (Attention、Relevance、Confidence、Satisfaction动机模型编制)、平台全过程行为数据、学生项目报告与仿真实验日志，以及半结构化访谈记录。定量数据采用独立样本t检验和效应量(Cohen's d)进行统计分析。

6.2 改革成效

经过2轮完整的教学循环实证，改革取得了预期成效。

在学习兴趣维度，实验组后测兴趣自评得分(M=4.32, SD=0.67) (其中M是均值，SD 是表示离散程度的标准差)显著高于对照组(M=3.51, SD = 0.81)，t=7.69, p<0.001, Cohen's d=1.09，属于大效应；课程综合满意度达92.3% (图3)。这一结果说明，AI赋能的智能化教学环境通过即时反馈、情境化探究与个性化路径规划，有效激发了学生的内在学习动机，与自我决定理论中“胜任感—自主感—归属感”的动机生成机制形成经验层面的呼应。

在工程实践能力方面，实验组期末项目式作业的“配方逻辑完整性”评分(M=85.6, SD=7.3)显著高于对照组(M=72.1, SD=9.8)，t=11.04, p<0.001, d=1.56；学生在配方设计中的文献引用数量均值由对照组的3.2篇提升至5.7篇(图4)。值得关注的是，某实验组学生团队在“耐油密封圈配方开发”项目中，最初提交的方案虽语言流畅，但经教师引导的“辩伪环节”——要求学生手绘硫化返原过程的温度–时间–交联密度关系图并标注各阶段分子链变化——学生发现，AI生成方案中将过氧化物硫化体系的活化能参数与氟橡胶实际热分解温度区间错误匹配，由此深刻认识到AI仅是思维辅助工具而非替代品，最终经过3轮迭代完成了独立设计的配方方案。这一“人机博弈”过程恰是能力成长的关键节点。

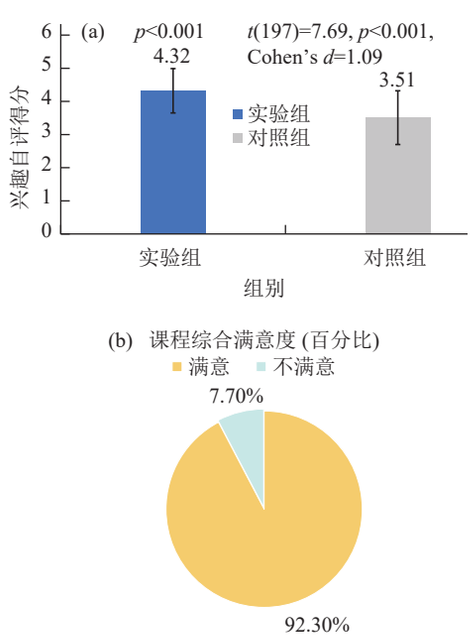
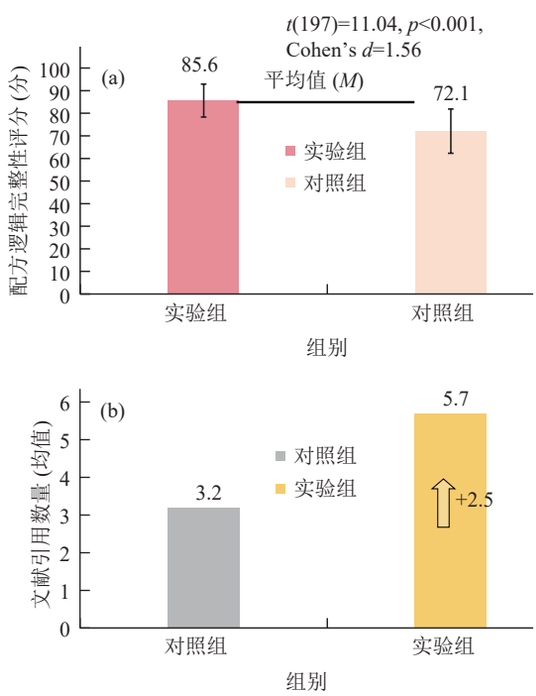


图 3 (a)实施改革方案后实验组和对照组兴趣自评得分对比；(b)实验组课程综合满意度

Fig. 3 (a) Comparison of self-reported interest scores between the experimental and control groups after implementation of the reform plan; (b) Comprehensive satisfaction of the experimental group



注：此图仅显示文献引用数量均值，数据未提供标准差，故未添加误差线

图 4 实施本改革方案后实验组和对照组比较：(a)期末项目式作业的配方逻辑完整性评分；(b)学生在配方设计中的文献引用数量

Fig. 4 Comparison between the experimental group and the control group after the implementation of the reform program: (a) Formula logical integrity score of the final project assignment; (b) Number of references cited by students in the formula design

AI学情分析模块对讨论文本、项目报告、仿真实验日志等非结构化数据的语义挖掘显示，实验组学生在认知投入度(讨论文本术语密度、论证逻辑链长度)、协作贡献度(小组任务中的发言频次与观点采纳次数)及素养发展度(工程伦理与社会责任维度的论述深度)等维度均呈现显著提升。过程性评价、终结

性评价与AI学情评价三维融合的考核架构，使得素养目标的达成度得以显性化呈现，形成了可追溯、可验证的持续改进证据链。

综上，“贯穿—渗透—增智赋能”理念指导下的教学实施，以数字化资源为基座、智慧教学平台为枢纽，将AI助教、虚拟仿真、智能伴学与学情分析深度嵌入课前—课中—课后—课外全链条。两轮准实验对照教学的实证结果表明，该模式在激发学习兴趣、增强工程实践能力、促进高阶思维发展等方面均取得了显著成效。这一改革实践为工科课程数智化转型提供了具有迁移价值的操作范式，其核心启示在于：技术嵌入教学的关键不在于工具的新颖性，而在于是否实现了对学科教学法的“基因式”内嵌。

6.3 研究设计的局限性

本研究采用准实验设计，以不同年级学生分别作为实验组与对照组，虽在自然教学环境下具有操作可行性，但无法完全排除因年级差异带来的选择偏差。尽管我们对2组学生的先修核心课程(高分子物理、高分子化学)成绩进行了事后检验，确认其基线水平无显著差异(p>0.05)，且观察到的效应量(Cohen’s d>1.0)远大于常规年级波动范围，但非随机化设计仍可能引入生源素质、学习习惯或前期课程背景等未观测变量的潜在干扰。未来研究将争取在平行班中开展随机对照实验，或采用交叉设计以进一步增强因果推论的内部效度。

7 结论与展望

将AI技术系统性地融入“橡胶工艺”课程的教学改革，形成了“资源—平台—过程—评价”四位一体、全环节渗透的智能教学生态。两轮教学实践与对照实验表明，“贯穿整个教学过程、渗透每个教学环节、增智赋能提效”的理念能够有效化解传统教学中理论与实践脱节、能力培养虚化等顽疾，使学生的工程知识、实践能力和责任意识得到整体性提升。该模式对于高分子材料、化工工艺等工程类课程同样具有迁移价值。

展望未来，随着橡胶行业数字孪生工厂和大语言模型持续进化，课程将探索构建“AI+数字孪生全流程实训平台”，让学生能够远程参与实际产线的虚拟调控，并与企业工程师、AI智能体形成三螺旋式协同创新。在此基础上，产教融合将超越简单的人力供需关系，发展为基于知识共创与数据共享的新型教育生态，为橡胶工业的智能化未来培育更多兼具专业深度与伦理自觉的高素质人才。

参 考 文 献

1 忽俊聪. 人工智能背景下多模态教学模式在大学英语听力教学中的应用研究. 海外英语, **2026**, (4), 144−146.

2 黄盈盈, 梁珊珊, 张孟. 结合化工特色的人工智能辅助大学物理实验教学设计: 以密立根油滴实验为例. 化工高等教育, **2026**, 43(2), 101−104.

3 李贺轩, 郭今心. 生成式人工智能解决大学化学教学问题的能力与局限: 基于学生小组实践的研究报告. 化学教育(中英文), **2026**, 47(8), 116−122.

4 刘彩虹, 吕成瑶, 严瑾. 人工智能时代的大学英语教学与教师专业发展: 挑战与路径. 中国高校科技, **2026**, (5), 27−31.

5 赵阳, 刘涵, 戴涛, 孙玉玺, 周宇. 以人工智能通识与应用能力培养为导向的大学计算机教学改革实践. 计算机教育, **2026**(6), 90−95.

6 李德强, 蒋凌云. 人工智能与高等教育联袂下理工科高等教育反思: 认知的确定性与不确定性. 大学教育, **2025**, (7), 20−26.

7 余胜泉, 王琦. “AI+教师”的协作路径发展分析. 电化教育研究, **2019**, 40(4), 14−22.

8 祝智庭, 贺斌. 智慧教育: 教育信息化的新境界. 电化教育研究, **2012**, 33(12), 5−13.

9 周进, 杜娟. 数智赋能本科高质量教学的非线性发生机制: 教育部“人工智能+高等教育”应用典型案例启示. 高等工程教育研究, **2026**(1), 110−115.

10 王玉琴. 基于“学习通+BOPPPS模式”的混合式教学实践研究: 以野病原生物学与免疫学冶课程为例. 大学, **2026**, (11), 160−163.

11 仇志浪, 朱贵明, 彭建. 基于学习通平台的“生物制药原理与技术”混合式教学模式探索. 教育教学论坛, **2026**, (7), 113−116.

12 宋丹萍, 王宁, 郑俏, 裘慧奇. 技术驱动教学模式改革: 智慧教学平台的建设实践. 大学教育, **2026**, (2), 19−25.