

·教育与教学·

AI融合项目式学习模式培养复合型人才 ——以“高分子材料成型加工”课程为例

孙金煜^{1*} 陈滢² 刘玉锦¹ 雷蕾¹ 崇舒涵¹ 郭子轩¹ 侯高国¹

(¹华东理工大学材料科学与工程学院 上海 200237)

(²杭州冰特科技股份有限公司 杭州 311100)

摘要: 在人工智能(AI)快速发展的背景下,“高分子材料成型加工”课程亟需开展创新性教学改革。本研究旨在突破传统的单向理论教学模式,以实际生产中的工艺优化与质量控制等核心问题为导向,深入推进项目化教学改革。通过组织学生组建团队,利用Python框架与企业数据库资源,并应用机器学习算法探究工艺参数与产品性能之间的关联,进而构建预测模型以实现智能工艺参数调节。经过数据采集、模型训练与系统部署等环节,实现了AI技术与课程理论原理的深度融合,有效提升了学生的跨学科问题解决能力,并激发了其学习热情。在项目化学习过程中,学生开发的AI辅助方案显著提高了实验制品的合格率,并在企业小试产线测试中表现出良好效果。通过更新“高分子材料成型加工”课程的教学内容与方法,为培养适应智能制造需求的高分子材料领域复合型人才提供了有效途径,对推动高校高分子材料与工程专业教育的数字化转型具有重要的示范意义。

关键词: 人工智能; 项目化教学; 高分子材料成型加工; 机器学习; 跨学科能力培养

Cultivating Interdisciplinary Talents Through an AI-integrated Project-based Learning Model

—A Case Study on “Polymer Material Forming and Processing”

SUN Jin-yu^{1*}, CHEN Ying², LIU Yu-jin¹, LEI Lei¹, CHONG Shu-han¹, GUO Zi-xuan¹, HOU Gao-guo¹

(¹*School of Materials Science and Engineering, East China University of
Science and Technology, Shanghai 200237*)

(²*Hangzhou Bingte Technology Co., Ltd., Hangzhou 311100*)

Abstract: Amidst the rapid advancement of artificial intelligence (AI), this study presents a significant teaching innovation for the “Polymer Materials and Engineering” curriculum, specifically within the course of “Polymer Material Forming and Processing”. To address the limitations of traditional one-way theoretical instruction, we implemented a project-based learning framework centered on real-world industrial challenges, including process optimization and quality control. Student teams were tasked with leveraging Python frameworks and corporate database resources to implement machine learning algorithms. Their objective was to investigate the correlation between processing parameters and product performance, leading to the construction of predictive models for intelligent parameter adjustments. This methodology, which involves stages of data collection, model training, and deployment, successfully achieved deep integration of AI technology with core course principles. Consequently, students’ interdisciplinary problem-solving capabilities and engagement were markedly enhanced. Furthermore, the AI-assisted solutions developed by students demonstrated a significant improvement in the pass rate of experimental products, with successful validation conducted on enterprise

2025-10-20 收稿, 2025-11-11 录用, 2025-12-26 网络出版

* 通信联系人: 孙金煜, E-mail: sunjinyu@ecust.edu.cn

doi: 10.14028/j.cnki.1003-3726.2025.25.267

pilot production lines. Through the renewal of both content and pedagogy in the “Polymer Material Forming and Processing” course, this initiative establishes an effective pathway for fostering versatile talents prepared for smart manufacturing in the polymer industry. Furthermore, it has substantial significance by driving the digital transformation of “Polymer Materials and Engineering” education in universities.

Keywords: Artificial intelligence; Project-based teaching; Polymer Material Forming and Processing; Machine learning; Interdisciplinary competency development

引用:孙金煜,陈滢,刘玉锦,雷蕾,崇舒涵,郭子轩,候高国. AI融合项目式学习模式培养复合型人才:以“高分子材料成型加工”课程为例. 高分子通报, 2026, 39(2), 306–313.

Citation: Sun, J. Y.; Chen, Y.; Liu, Y. J.; Lei, L.; Chong, S. H.; Guo, Z. X.; Hou, G. G. Cultivating interdisciplinary talents through an AI-integrated project-based learning model—a case study on “polymer material forming and processing”. *Polym. Bull.* (in Chinese), 2026, 39(2), 306–313.

在全球制造业加速迈向智能化转型的时代洪流中,人工智能(AI)技术犹如一股强劲的革新力量,正全方位重塑传统工程领域的格局与生态。高分子材料产业作为国民经济的支柱型基础产业,其成型加工环节具有多变量高度耦合、非线性动态响应显著以及工艺窗口复杂多变等突出特征,长期以来主要依靠经验驱动的试错法来开展参数调优工作,这不仅致使生产效率徘徊于较低水平,还造成了严重的资源损耗^[1]。反观高校现行的传统教学模式,往往侧重于理论知识的单向灌输,学生鲜少有机会将所学知识应用于真实的工业实践场景,因而难以契合智能制造时代对跨学科素养复合型人才的需求^[2]。如何把AI技术有机融入“高分子材料成型加工”课程体系,既是顺应行业发展前沿趋势之举,又是助力学生拓宽视野、启迪创新思维、提升实践能力,实现教学质量的跃升与人才培养质量的优化之措^[3]。

1 “高分子材料成型加工”课程现状痛点分析

1.1 “高分子材料成型加工”理论课程教学痛点

“高分子材料成型加工”作为高分子材料与工程专业的一门专业核心课程,通常安排在大三下学期开设。在此之前,学生已修完大部分专业基础课程,故而该课程对学生的综合应用能力提出了较高要求。但遗憾的是,当前众多高校在该课程的教学实践中,仍沿袭着传统的单向理论灌输模式,课堂教学始终以教师讲授为主导。在这种较为单一的教学模式下,学生大多处于被动听讲的状态,宛如知识的“容器”,只是单纯地记录与背诵教师所传授的内容。尽管通过这种方式,学

生能够较为系统地掌握从材料的微观结构、宏观性能到各类成型工艺原理等多维度的理论知识体系,然而其所学知识往往局限于理论范畴,严重匮乏将理论应用于实际生产场景的实践契机,造成了理论与实践的严重割裂^[4]。例如,学生虽能在课堂上透彻理解成型工艺的原理,清晰阐释各步骤的科学依据,可一旦置身于教材未涵盖的新型高分子材料的生产车间,便难以独立完成参数调试工作;尤其在遭遇加工过程中的突发状况时,运用所学知识解决问题的能力明显欠缺。而高分子材料与工程专业的课程设置,受学时与学分的限制,仅设置了少量计算机基础编程课程,对于自动化控制、计算机算法等关键领域的知识鲜有涉及。这使得学生在学习过程中,难以掌握运用算法优化生产工艺的核心技能。在智能制造蓬勃发展的当下,企业急需兼具材料知识与技术能力的复合型人才,而现行课程体系培养出的学生显然无法满足这一市场需求^[5]。

1.2 “高分子材料成型加工”实验课程教学痛点

目前高校在高分子材料成型加工的配套实验课上,主要安排学生开展基础性、验证性实验,诸如简单的注塑或挤出试验等,其实验流程与预期结果基本固定不变。此类实验虽能助力学生初步认知基础成型工艺,却难以培养学生综合实践能力。它们通常欠缺对真实工业流程全方位、深层次的模拟,无法让学生真切感受到实际生产环节的复杂程度与挑战力度。在这样的实验条件下,学生鲜少有机会接触企业级的高端设备以及丰富多元的生产数据,故而难以透彻领悟复杂工艺链中各环节间紧密的内在联系与动态演变规律。随着科技日新月异的发展,人工智能(AI)、大数据等

新兴前沿技术正以迅猛之势融入各类制造业中。诸多企业紧跟时代步伐,推进生产智能化转型,以实现生产效率与产品质量的双重跃升^[6]。然而,受限于经费预算与场地空间等因素,高校实验设备的更新迭代较为迟缓。现行课程仍侧重于传统加工工艺,对于数字孪生、机器学习优化等彰显行业发展趋势的前沿领域,教材内容鲜有涉及,也未能及时引入课程教学内容中。这种教学与行业发展的脱节,致使高校输出的人才与企业实际用人需求形成了显著的差距^[7]。

1.3 课程校企协同育人机制痛点分析

学生因在校期间匮乏真实工程实践经验,导致步入大型企业后,常需投入大量时间和精力参与培训,方能逐步契合岗位要求。尤其在应对多变量耦合的复杂工艺难题时,更显捉襟见肘。固有的学习模式使其惯于遵循既定流程作业,主动思辨、改良现有技术的意识与能力薄弱,创新潜能难以充分释放。此外,企业在长期运营中积淀的海量真实生产数据及丰富案例库——这些堪称无价之宝的教学素材,很难被系统整合融入日常教学体系,致使学生难以围绕产业实际需求开展靶向性研习,从而进一步凸显并加剧了高校人才培育与企业用人需求间的错位矛盾,如图1所示。

2 AI技术在高分子材料成型加工中的应用潜力

2.1 高分子材料成型加工行业现状痛点

高分子材料的流动性、结晶性等关键特性受

诸多因素交织影响,致使其在成型加工阶段的工艺参数选定极为繁杂,加之不同批次材料间存在性能差异,致使产品质量把控难度颇高、稳定性欠佳。以注塑成型为例,注射速度、压力及温度等参数如果发生细微波动,就会对制品的尺寸精度与外观品质产生显著影响。过往依赖试错法确定工艺参数的方式,不仅耗时耗力,且生产周期冗长^[8]。更为棘手的是,因缺失高效的实时监测与反馈体系,一旦出现质量问题,便需停机进行调整,这无疑进一步拉低了生产效率。生产过程中产生的大量次品与废料,既造成原材料损耗,又浪费能源资源。消费者对产品个性化需求日益攀升,企业为了迅速捕捉市场动态,就需要不断灵活调整生产工艺,实现多样化产品的高效产出^[9]。而传统的生产模式显然难以适配这种瞬息万变的市场需求节奏。

2.2 高分子材料成型加工对AI技术需求

人工智能(AI)具备强大的数据处理与分析能力,能够汇聚海量生产数据并深度挖掘其中规律,精准构建工艺参数与产品质量间的映射模型,进而达成工艺参数的智能化精细调优。例如,运用神经网络算法,可依据历史数据精准预判最优注射参数组合,有效提升注塑制品的品质水准。依托先进的传感器技术与计算机视觉系统,AI得以实时、动态地监测成型加工全流程的各项参数及运行状态,迅速识别异常状况并及时发出预警信号。通过对图像数据的智能解析,还能实现产品缺陷的自动化检测,极大提升质检工作的效率与

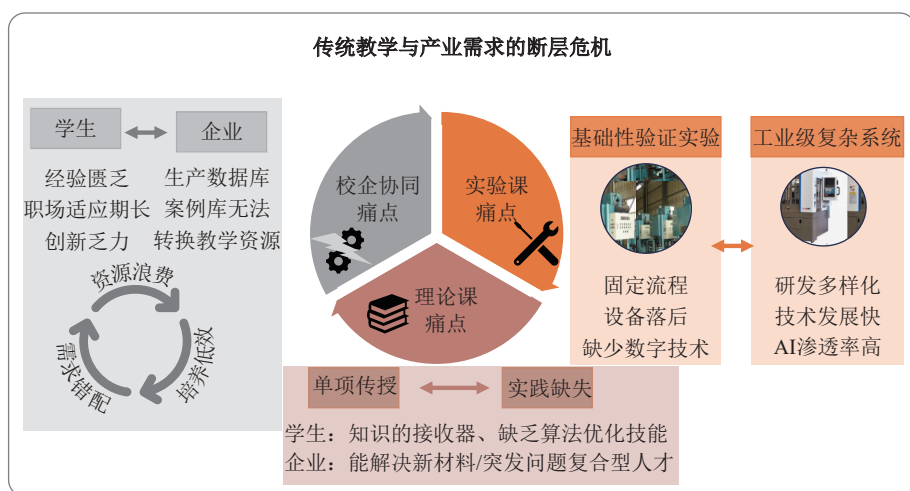


图1 “高分子材料成型加工”课程三大结构性痛点

Figure 1 Three key structural challenges in the “Polymer Material Forming and Processing” course

精准度。借助有限元分析与机器学习算法的强大功能, AI能够在虚拟环境中逼真模拟高分子材料的流动特性及成型过程, 预先研判潜在问题, 并在实际操作前完成优化调整^[10]。此举不仅显著缩短了产品开发周期, 还大幅降低了研发成本。此外, AI系统能够敏锐感知原材料性能波动、环境条件变化等多元因素, 自主动态调整工艺参数, 确保生产过程平稳可控、产品质量均一稳定。这为实现柔性化生产与个性化定制提供了坚实的技术支撑。

3 “高分子材料成型加工”课程融合AI技术项目化学习实施途径

“高分子材料成型加工”课程也应紧扣校企合作动态, 依据双方实时更新的实践案例灵活选定项目主题, 确保每个教学周期均能围绕一项融合人工智能技术的专题, 开展深度的项目化学习实践。接下来, 将以华东理工大学2024~2025学年所开展的《基于机器学习的注塑成型工艺智能优化解决方案研究》项目化学习为例, 详细阐述如何利用项目化学习, 灵活有效地在“高分子材料成型加工”课程中, 有效引入AI技术的教学内容, 同步服务于课程教学和企业实践需求。

3.1 项目化学习选题与目标设定

选取在汽车内饰件制造领域具有广泛应用的注塑成型工艺作为研究载体。此工艺呈现多变量强耦合特性(涵盖熔体温度、注射压力、保压时长等关键参数), 其产品质量对参数波动极为敏感, 故而成为应用人工智能技术的理想切入点。该案例与“高分子材料成型加工”课程的核心教学板块高度契合, 深度融入了流动充模理论、冷却定型机理等重要知识模块; 同时, 学生已具备基础热力学分析素养, 为向智能化方向拓展奠定了扎实的知识根基。值得一提的是, 该案例原型源自合作企业项目经理反馈的实际痛点——现行生产工艺过度依赖资深师傅的经验调参, 致使新入职员工上手周期长、产品良品率波动大, 企业对数字化智能解决方案有着迫切需求。

借助此项目化学习实践, 学生有望构建起注射参数(涵盖速度、压力及温度)同制品收缩率、表面粗糙度之间的精准量化模型; 达成关键参数的动态优化与智能推荐功能, 有效缩减缩痕类缺陷的出现概率; 深入领会具备监控效能的简易控

制系统之运行原理及架构组成; 自主开发专用于工艺优化的程序代码包, 并对现有工艺参数实施精细化调优。

3.2 沉浸式项目化学习角色需求

华东理工大学材料学院典型教学班规模通常维持在50~60人之间, 该规模教学班采用团队协作模式开展教学活动, 则每组由5~6名学生构成。在角色分配上, 设置了项目总监、数据采集与分析工程师、算法优化工程师、测试与分析工程师以及项目测评与汇报专员等多元化岗位。教师依据学生前2年的学业综合表现, 遴选出10名学习能力突出的学生担任项目总监一职; 随后, 由这些项目总监通过5~6轮循环选人的方式完成组队工作, 此举旨在有效平衡各小组间的综合实力, 避免出现部分小组完成过于轻松, 而另一些小组难以推进项目的极端情况。各项目组总监需充分考量组内成员的特长, 合理进行任务分工与项目统筹, 以确保项目有序推进; 与此同时, 各小组成员在保障个人工作进度的基础上, 深度沉浸于实践过程, 全方位体验如何将所学知识融会贯通, 用以解决项目中涌现的各类复杂工程难题, 在此过程中实现自我价值并收获学习成就感。

在项目化教学进程中, 高校教师扮演着关键的引导者角色。如图2所示, 线上环节, 企业导师精心录制的案例视频生动呈现了企业生产场景中的实际问题; 线下课堂, 教师则着重引导学生剖析问题的关联参数, 并借助学习通等在线平台分享企业生产数据, 指导学生如何对这些数据进行分析、筛选与清洗, 为后续的AI优化工作筑牢基础。鉴于学生编程基础相对薄弱的现状, 教师预先提供了多种经典AI模型的Python代码示例(包括回归模型、分类模型及结构化模型等), 学生可依托超星学习通平台的“编程训练场——Jupyter Notebook”便捷地进行代码运行、调试与修改操作。教师通过详尽的代码注释和直观的视频演示范例, 以个性化辅导的形式助力不同水平的学生理解并运用这些代码。若学生在代码修改过程中遭遇语法或逻辑错误, 还可借助学习通平台上的AI助教及时修正, 从而确保代码能够顺利执行。

3.3 沉浸式项目化学习步骤

“高分子材料成型加工”课程的项目化学习, 遵循循序渐进的原则, 大致划分为5个阶段有序开展: 在初始阶段(第1~4周), 借助企业经典案例

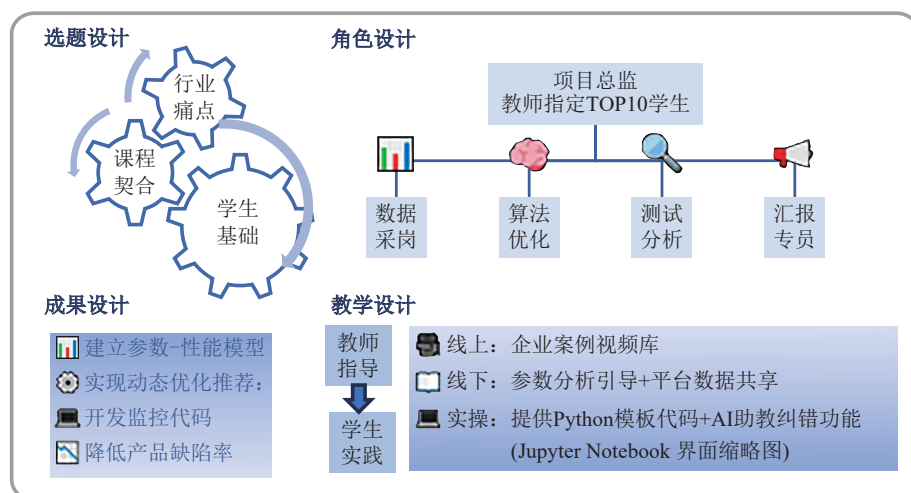


图2 “高分子材料成型加工”课程项目化学习设计

Figure 2 Project-based learning design for the “Polymer Material Forming and Processing” course

的直观展示、前沿文献的充分调研以及Moldflow软件的强大仿真功能,着力夯实学生的理论基础,同时依托AI知识图谱助力学生完成跨学科的知识储备;进入中期阶段(第5~6周),教学重点转向数据的采集与预处理工作,精准筛选出关键的工艺参数,并对数据格式进行规范化清洗与转换;核心建模阶段(第7~12周)则聚焦于特征工程的实施,深度提取影响因子,综合运用多种先进算法对模型进行训练与优化;成果固化阶段(第13~14周)系统组织总结汇报活动,并从多个维度对学生的学习成果进行全面评价;最终的实践检验阶段(第15~16周),将教学成果接入企业实际生产线进行实战验证,成功构建起从课堂教学到产业应用的完整转化闭环。

3.3.1 知识储备与文献调研

课程复习及知识拓展:教师邀请企业资深工程师,线上呈现汽车饰件典型的翘曲变形实例,引导学生运用Moldflow软件开展不同保压曲线下的应力分布模拟实验。同时,依托AI知识图谱,将“高分子材料成型加工”课程的核心知识点(涵盖各类成型工艺的原理、特性、工艺参数设置及其影响因素等)与AI基础理论微课(涉及机器学习的基本理念、主流算法,诸如线性回归、决策树、神经网络等)进行有机映射,支持学生按需自主学习,为后续项目实施筑牢认知根基。

文献研读与调研:教师悉心指导学生广泛涉猎国内外前沿文献资料,全面掌握AI技术在高分

子材料成型加工领域的应用动态与最新研究成果。要求学生精准提炼与本项目紧密相关的学术成果,撰写小型文献综述报告,为最终项目报告中“研究背景”部分的撰写提供坚实支撑。

3.3.2 数据采集与预处理

实验方案设计:根据项目选题和目标,选择合适的生产数据库,作为研究基础,设计合理AI模型优化方案,确定需要采集的数据类型(如工艺参数、产品质量指标等)。

选择合适的特征数据:从螺杆转速、料筒各区温度、模腔压力波形、表面光泽度评分等数据中进行筛选,以保证后续分析和建模的准确性。

数据预处理:对选取的数据进行清洗、整理和归一化处理。去除无效数据和异常值,填补缺失值,将不同类型的数据转换为统一的格式。可以修改教师提供的Python脚本进行数据处理,并将处理后的数据保存为合适的文件格式(如CSV文件),以便后续分析和建模使用。

3.3.3 模型构建与训练

特征工程:从预处理后的数据中提取有用的特征变量,筛选出对扁平度影响权重最高的3个因子——保压阶段入口流速、模具型腔排气间隙、冷却水道流量占比。

模型选择与训练:根据项目目标和数据特点,选择合适的AI算法构建预测模型。可以利用教师提供的线性回归、支持向量机、随机森林、神经网络等典型算法进行模型训练,并将训练结果和

生产参数进行对比。

模型评估与优化: 用均方误差(MSE)、决定系数(R^2)评估结果,分析模型的优点和不足之处,尝试不同的算法或调整模型参数进行优化。重复上述步骤,直到得到满意的模型为止。

3.3.4 项目总结与汇报

项目总结: 各项目小组对整个项目的实施过程进行总结,包括项目背景、目标、实施步骤、遇到的问题及解决方法、取得的成果等。撰写详细的项目研究报告,要求报告内容完整、条理清晰、图文并茂。

成果展示与汇报: 每个项目小组制作PPT进行5~10 min项目成果展示,向全班同学和老师汇报项目的实施情况和取得的成果。汇报内容包括项目简介、技术路线、模型性能等。其他小组的同学可以进行提问、交流、分享和评价。

评价与反馈: 教师根据项目报告、成果展示和平时的表现对每个项目小组进行评价,给予成绩和反馈意见。评价内容包括项目的完成情况、技术创新性、团队协作能力、报告质量等方面。同时,收集学生对项目的反馈意见,了解他们在项目中的收获和不足之处,为今后的教学改进提供参考。

3.3.5 校企联动

根据汇报情况,选择最优的3组数据,借助企

业实验产线,在实际的成型加工设备上对优化参数进行调试。获得废品测试数据,根据测试结果,优质结果进行放量测试,并在教学中向学生反馈测试结果。学生在这一过程中体验如何帮助企业解决复杂实际问题,获得学习成就感。

3.4 项目化学习的测评

秉持全面且客观的原则,对学生在融合人工智能(AI)技术的“高分子材料成型加工”课程项目化学习进程中的综合表现予以精准评估。评估维度广泛涉及知识的理解与掌握深度、技能的实际运用水准、团队间的协同合作效能、复杂问题的解决能力以及创新思维的活跃程度等关键要素。评价范围贯穿项目实施的全流程与各环节,涵盖从数据采集阶段的严谨性、模型构建环节的科学性,到系统部署阶段的规范性以及实际应用效果的显著性等多个层面,如图3所示。尤为注重对学生学习轨迹的全程跟踪与翔实记录,既着眼于最终呈现的成果质量,更聚焦于学生在项目推进过程中所付出的努力、取得的进步以及实现的成长突破。运用多元化的测评手段,将定量化的精准评分与定性化的细致描述有机结合,全力保障评价结果的真实性与可靠性,最大限度降低主观因素干扰。以促进学生的全面发展为根本导向,深入挖掘学生的独特优势与潜在能力,为其量身

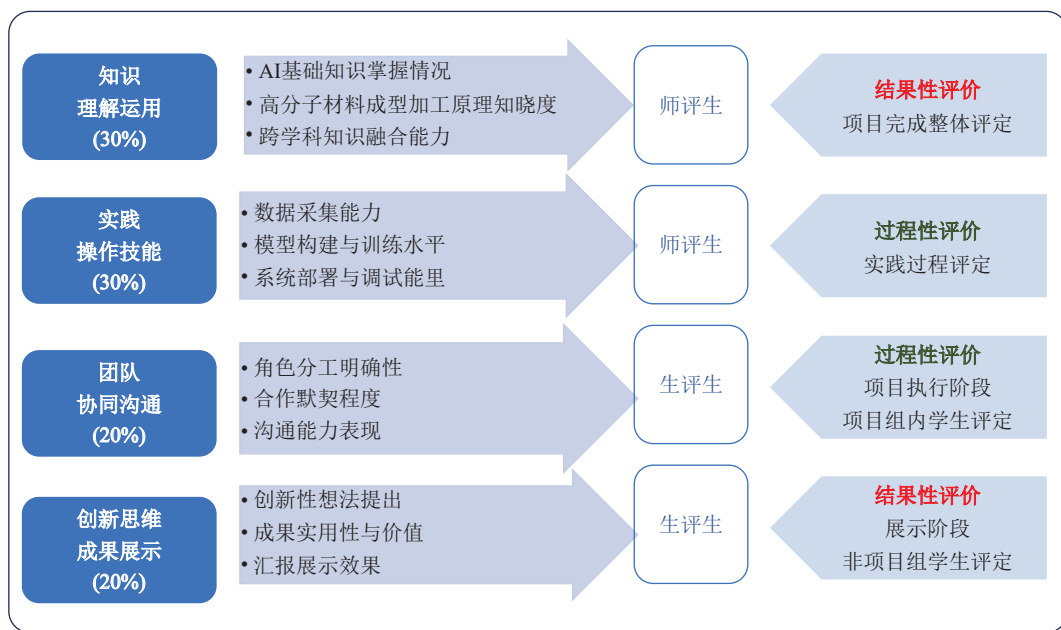


图3 “高分子材料成型加工”课程项目化学习测评体系

Figure 3 Holistic rubric of projectized pedagogical model in “Polymer Material Forming and Processing” course

定制具有针对性的改进建议与专业指导,激励学生持续优化完善个人作品,迈向更高水平的学术探索与实践创新。

4 AI辅助“高分子材料成型加工”项目化教学改革成效

通过参与项目化教学,学生们对“高分子材料成型加工”这门课程展现出了前所未有的浓厚兴趣与高涨的学习热忱。据期末考试成绩对比,相较于3年前采用相同试卷进行的测试,参与项目的学生平均分较3年前未参与者高出4.5分之

多。该课程期末学生评教分数为98.9分,问卷调查显示,学生满意于课程对学生解决复杂问题的能力、创新能力、团队协作能力等多项能力的培养。校教学督导对课程给出了96分的评价,并且给出了“课堂气氛活跃,学生参与度极高、获得感强”的高度评价。据实习企业反馈,本届学生在专业实习表现上与往届形成鲜明对比。他们主动聚焦材料成型加工设备的运行状况,积极开展问题调研工作,并主动与企业工程师深入研讨,全力探寻有效的解决方案,展现出极高的专业素养与实践能力,如图4所示。

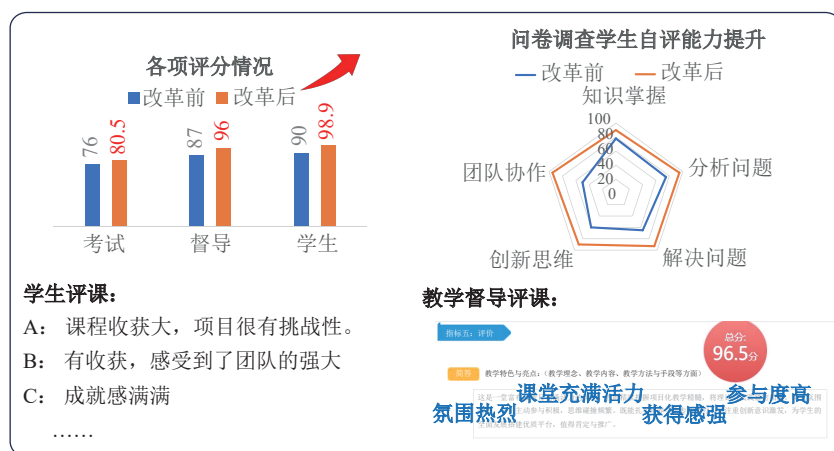


图4 “高分子材料成型加工”课程改革成效

Figure 4 Reform effects of “Polymer Material Forming and Processing” course

在项目实践过程中,学生们成功整合了高分子化学、高分子物理、材料力学、机械原理等多学科知识,沉浸式体验从数据采集、模型训练直至系统开发的完整AI优化流程,从而积累了宝贵的实战经验。他们不仅学会了如何巧妙运用AI技术攻克现实难题,还熟练掌握了一系列专业软件工具及编程技巧。面对项目中涌现的复杂工程挑战,学生们积极提出富有创新性的解决方案,其创新思维与能力均得到显著提升。在团队协作完成项目的过程中,同学们学会了优势互补、协同共进。依托源自企业真实场景的项目课题,他们对高分子材料成型加工行业的运行机制有了更为透彻的认知,清晰洞察到行业现存的问题与发展诉求,进而对未来职业路径有了更加明确的规划,也找准了自身学业深化的方向。众多学生纷纷表态,在未来的学习与工作中,将持续关注AI技术在该领域的前沿动态,不断锤炼自身专业技能,

矢志为行业发展添砖加瓦、贡献智慧力量。

5 结论

在人工智能技术全方位赋能制造业变革的时代浪潮中,本项目创新性地推进AI与“高分子材料成型”加工课程的深度融合,成功打造出集“理论研习、实践锤炼、产业应用”于一体的特色教育范式。以汽车内饰件注塑工艺优化为实战场景,学生历经数据采集与清洗、特征提取与工程化处理、模型构建及训练验证等完整链路,不仅娴熟掌握了机器学习算法原理与Python编程实战技巧,更在躬身实践中深刻洞悉了工艺参数同材料性能之间的内在关联机理。依托校企深度协同机制,经企业生产线实际验证,由AI驱动获得的优化参数显著改善了产品质量,有力印证了AI技术破解企业复杂工程难题的卓越效能。此创新教学模式彻底突破了传统课堂教学的理论局限,引领

学生在跨学科交融协作中淬炼工程思维、激发创新潜能,精准契合了智能制造时代对兼具材料专业知识与AI技术的复合型人才需求,更为高校工科教育的数字化转型树立了可推广、可借鉴的标杆典范,彰显出突出的行业引领效应与人才培养成效。

参考文献

- 1 张泽熙,蔡展翔,张文彬,吕华,陈茂. 机器学习辅助高分子合成研究进展. 科学通报, **2025**, 70(S1), 471–480.
- 2 Oweida, T. J.; Mahmood, A.; Manning, M. D.; Rigin, S.; Yingling, Y. G. Merging materials and data science: opportunities, challenges, and education in materials informatics. *MRS Adv.*, **2020**, 5(7), 329–346.
- 3 Slates, A. M.; McAlexander, S. L.; Nolan, J.; de Pablo, J.; Chen, J. H.; Johnson, H. T.; Brinson, L. C. Partnerships and collaboration drive innovative graduate training in materials informatics. *Sci. Adv.*, **2024**, 10(18), eadp7446.
- 4 余砚,庄启昕,张浩然,左沛元,顾金楼,滕鑫. 数智化时代生成式AI助力材料专业实验课程探索研究. 高分子通报, **2025**, 38(6), 958–966.
- 5 Lafuente, D.; Cohen, B.; Fiorini, G.; García, A. A.; Bringas, M.; Morzan, E.; Onna, D. A gentle introduction to machine learning for chemists: an undergraduate workshop using Python notebooks for visualization, data processing, analysis, and modeling. *J. Chem. Educ.*, **2021**, 98(9), 2892–2898.
- 6 马艺涛,李景,傅南红,焦晓龙,谢鹏程,杨卫民. 高聚物注塑成型工艺过程智能化技术进展. 高分子材料科学与工程, **2023**, 39(11), 165–171.
- 7 St James, A. G.; Hand, L.; Mills, T.; Song, L. W.; Brunt, A. S. J.; Bergstrom Mann, P. E.; Worrall, A. F.; Stewart, M. I.; Vallance, C. Exploring machine learning in chemistry through the classification of spectra: an undergraduate project. *J. Chem. Educ.*, **2023**, 100(3), 1343–1350.
- 8 侯冠一,刘军,张立群. 计算材料学在材料领域的研究进展与发展趋势. 高分子学报, **2023**, 54(2), 166–185.
- 9 都仕,张宋奇,王立权,林嘉平,杜磊. 高分子材料基因组: 高分子研发的新方法. 高分子学报, **2022**, 53(6), 592–607.
- 10 高旺,李昕. “计算材料学”课程教学改革探索. 武汉轻工大学学报, **2024**, 43(4), 102–107.