

AI 赋能激光焊接技术课程：教学改革与实践探究

马 盼 邢夏青 李海超 张天理 梁 瑛

上海工程技术大学材料科学与工程学院, 上海 201620

[摘要]在制造业智能化转型与激光焊接技术升级的双重背景下,激光焊接人才培养需要突破传统教学的局限。本文聚焦传统课程中理论与工程实践相脱节、AI 技术融合碎片化、创新能力培养不足等问题,构建了“基础理论-智能仿真-工程实践-创新应用”四位一体的融合教学体系,创新性地引入了 AI 驱动的焊接质量预测、激光焊接数字孪生等高阶教学案例,并采用“项目驱动+智能评测”的教学模式。经过一学年的教学实践验证,学生解决工程问题的能力提升了 31%,参与相关领域科研项目的比例提高了 27%,这证明该教学改革模式能够有效培养具备跨学科能力的复合型激光焊接人才。此研究成果为工科硕士课程的智能化转型提供了实践范式,对于推动人工智能与专业课堂的深度融合具有重要意义。

[关键词]激光焊接; 人工智能; 教学改革; 跨学科科研能力; 高端人才培养

DOI: 10.33142/fme.v6i9.17845

中图分类号: G642

文献标识码: A

AI Empowered Laser Welding Technology Course: Teaching Reform and Practical Exploration

MA Pan, XING Xiaqing, LI Haichao, ZHANG Tianli, LIANG Ying

School of Materials Science and Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai, 201602, China

Abstract: Against the dual background of intelligent transformation in manufacturing and upgrading of laser welding technology, the cultivation of laser welding talents at the undergraduate level needs to break through the limitations of traditional teaching. This article focuses on the disconnection between theory and engineering practice, fragmented integration of AI technology, and insufficient cultivation of innovation ability in traditional courses. It constructs a four in one integrated teaching system of "basic theory intelligent simulation engineering practice innovative application", innovatively introduces advanced teaching cases such as AI driven welding quality prediction and laser welding digital twin, and adopts a "project driven+intelligent evaluation" teaching mode. After a year of teaching practice verification, students' ability to solve engineering problems has improved by 31%, and the proportion of participating in related scientific research projects has increased by 27%. This proves that this teaching reform model can effectively cultivate composite laser welding talents with interdisciplinary abilities. This research achievement provides a practical paradigm for the intelligent transformation of engineering master's courses, which is of great significance for promoting the deep integration of artificial intelligence and professional classrooms.

Keywords: laser welding; artificial intelligence; education reform; interdisciplinary research ability; high-end talent cultivation

1 概述

1.1 研究背景

激光焊接作为航空航天、精密电子等高端制造领域的核心技术,其工艺优化、质量控制正朝着“高精度、高稳定性、智能化”方向升级。人工智能技术在动态数据处理、复杂工况预测及自主决策方面的突破,为激光焊接解决极端工况适应性、多因素耦合优化等科研难题提供了新路径^[1]。当前,研究生阶段激光焊接课程仍以传统理论讲授为主,AI 相关内容多为零散补充,难以满足培养“激光焊接技术+AI 创新能力”复合型高端科研人才的需求,仍需系统性教学改革^[2]。

《激光焊接技术》作为材料成型及机械工程专业度的核心课程,其知识体系呈现高度交叉融合的特征。课程深度整合激光物理基础理论,系统讲授激光与材料相互作用机制,涉及受激辐射原理、激光束传输特性等核心内容;深入剖析焊接工艺参数优化方法,包括激光功率、焊接速度、

离焦量等关键参数对焊缝成形的影响规律^[3];全面覆盖质量控制技术,涵盖缺陷检测、分析与预防等环节,旨在培养学生构建“参数设计-过程监控-缺陷调控”的完整能力链条。

在工业 4.0 浪潮与新质生产力蓬勃发展的时代背景下,激光焊接技术正加速向,高精度、智能化、集成化的方向演进。行业实践中,智能焊接机器人搭载 AI 算法实现焊缝自动跟踪与参数自适应调节,基于深度学习的缺陷识别系统使质量检测准确率提升至 98%以上^[4]。这些技术革新迫切要求高校教学同步升级,着重培养学生运用 AI 技术解决工艺优化与质量诊断实际问题的能力。

传统教学模式在应对上述挑战时暴露出显著短板:理论教学层面,过度依赖公式推导与静态模型,难以直观展现激光熔池温度场瞬态变化、金属蒸汽反冲压力等动态物理过程,导致学生对核心原理理解浮于表面^[5];实践教学环节,受限于单台价值超百万的精密激光焊接设备、价格

高昂的特种焊丝耗材,以及激光加工过程中存在的高温灼伤、激光辐射等安全风险,学生平均每学期实操时间不足 2h,难以积累足够的工程实践经验;考核评价体系以理论笔试为主,缺乏对智能化技术应用能力、工程问题解决能力的有效评估,无法满足产业对复合型人才的需求。

1.2 研究意义

首先从理论意义上来看,构建激光焊接与 AI 深度融合的课程教学框架,丰富高端工程教育跨学科教学理论,为同类课程改革提供理论参考。其次从实践意义上来看,破解传统教学中“理论与科研脱节”的痛点,提升学生们运用 AI 技术攻克激光焊接领域前沿难题的能力,助力行业技术突破。再者从融合意义方面来说,也为人工智能与专业课堂的深度融合提供高阶示范,推动研究生教学从知识传递向科研创新能力培育转型,契合国家对高层次科研人才的需求。

1.3 研究思路与方法

其中研究思路是通过调研明确人才能力需求,构建融合课程体系,创新教学与评价模式,经一学年教学实践验证后优化完善;

研究方法是采用文献研究法梳理国内外跨学科教学改革案例,结合问卷调查与访谈法分析学生对 AI 技术的掌握程度及学习需求;运用行动研究法,在课程教学中迭代实施“案例引入-项目实践-智能评价”的教学流程,通过实验数据对比与学生成果分析,验证教学改革的有效性;辅以专家咨询法,邀请激光焊接领域与 AI 教育领域专家对课程体系重构方案进行论证优化,确保研究的科学性与可行性^[6]。

同时引入案例分析法,选取激光焊接领域与 AI 融合的典型教学案例进行深度剖析,提炼可复制的教学经验;运用比较研究法,对比传统教学模式与 AI 赋能教学模式下的学生的知识掌握程度、科研创新能力及学习满意度差异,为教学模式的优化提供数据支撑。此外,还将借助行动研究法,在教学实践过程中持续收集师生反馈,动态调整课程内容与教学策略,确保研究过程与教学实践紧密结合,形成“实践-反思-改进”的循环上升机制^[7]。

AI 技术体系中的机器学习算法、数字孪生技术为教学改革提供了创新突破口。机器学习可通过分析海量工艺参数与焊接质量数据,构建预测模型实现工艺参数智能优化;数字孪生技术则能在虚拟环境中复现激光焊接全过程,完整呈现熔池动态演变过程。基于此,本文致力于构建 AI 与激光焊接深度融合的新型教学模式,系统探索其实施路径,并建立科学的成效验证体系^[8]。

2 学情分析

2.1 学生学习基础与需求分析

从课程教学实践与前期调研来看,本课程面向的硕士研究生,他们虽具备一定专业基础,但跨学科知识的单向

缺失问题显著,成为 AI 技术融入教学的首要障碍。

在知识储备方面,材料、机械等专业的学生已系统学习《金属学与热处理》《焊接原理》等课程,能熟练分析激光功率、焊接速度、离焦量等参数对焊缝成形、力学性能的影响,也可通过金相观察、拉伸试验识别气孔、未熔合、裂纹等焊接缺陷,但其 AI 相关知识仅停留在“概念认知”层面——课堂提问与问卷反馈显示,仅 28% 的学生能说出机器学习的基本流程,不足 15% 的学生理解卷积神经网络(CNN)在图像识别中的特征提取逻辑^[9],完全无法将 Python 编程与激光焊接工艺参数优化、缺陷自动检测等场景建立关联。例如在课程预习中,多数学生无法回答“如何用 AI 模型预测铝合金激光焊接的变形”,更难以理解的是,焊接过程中实时采集的温度、电流数据如何转化为 AI 模型的输入特征。

与之相反,计算机、自动化专业选修该课程的学生,虽具备 Python 编程、数据集标注、基础 AI 模型训练能力,能在实验室环境下完成简单的图像分类任务,但对激光焊接的物理本质认知空白。在实操预习中,近 60% 的学生不清楚“匙孔效应”如何影响激光能量传递,不了解不同材料(如高强钢、铝合金)的焊接特性差异,导致其开发的 AI 模型仅能适配理想实验数据,无法应对工业场景中电弧光干扰、材料成分波动等实际问题。这种焊接专业学生不懂 AI, AI 相关专业学生不懂焊接的知识断层,使得 AI+激光焊接的跨学科教学难以推进,学生无法形成系统化的技术融合思维。

2.2 学生实践能力分析

教学实践环节发现,学生的实操能力存在传统操作熟练、智能应用薄弱的双重短板,且工程应用与创新思维严重不足,无法满足 AI 赋能激光焊接技术的人才培养需求。

一方面,在传统激光焊接实操中,学生虽能按规范完成试件装夹、参数设置、焊接操作等基础流程,但若面对搭载 AI 功能的智能实训设备(如带视觉检测模块的激光焊接机器人、实时数据采集与分析系统),则普遍陷入操作盲区。课堂实操统计显示,仅 30% 的学生能熟练调试数据采集频率以匹配焊接速度,不足 20% 的学生可通过 AI 软件查看实时缺陷检测结果,并根据结果反向调整激光功率、焊接速度等参数;部分学生甚至因不熟悉智能设备的操作逻辑,导致数据采集中断或模型预测结果失真。例如在一次实训中,有学生因未开启图像降噪功能,使得采集的焊缝图像受电弧光干扰严重, AI 缺陷检测准确率仅为 45%,远低于实验室理想环境下的 85%。

另一方面,工程应用与创新思维欠缺。在课程设计中,学生虽能按要求搭建简单的 AI 预测模型,但普遍忽视实际工业场景的复杂性:60% 以上的学生未考虑焊接过程中粉尘、振动对数据采集精度的影响,直接套用开源算法;近 50% 的学生未结合材料特性优化模型,例如针对高强

钢激光焊接的淬硬性特点,未在模型中增加热输入量与硬度关联的特征维度,导致模型在实际应用中失效。此外,学生的创新能力不足,多数课程设计方案仅停留在复现已有技术层面,缺乏基于 AI 技术优化激光焊接工艺或者开发新型智能检测方法的创新尝试,难以满足智能制造对创新型工程人才的需求^[10]。

2.3 基于学习动机及现有技术分析

从教学互动、问卷调研及作业反馈来看,学生的学习动机呈现显著分化,且普遍存在技术衔接层面的认知瓶颈,制约了 AI 赋能激光焊接技术的学习效果。

在学习动机方面,约 40% 的学生对 AI 与激光焊接的融合技术兴趣浓厚,会主动查阅相关文献、参与课外科创项目(如激光焊接缺陷 AI 检测系统开发),课堂互动积极,能主动提出“如何提升 AI 模型在多材料焊接中的通用性”以及“如何降低智能设备的应用成本”等深度问题;但其余 60% 的学生因 AI 算法复杂、编程难度高、跨学科知识理解困难等问题产生畏难情绪,课堂参与度低,作业完成质量参差不齐。例如在课后作业中,有的学生会采用照搬教材案例,简化问题条件的方式完成任务,无法深入分析 AI 技术在激光焊接中的应用逻辑。

在认知瓶颈上,学生的困惑主要集中于技术衔接关键环节:一是难以理解 AI 模型与激光焊接工艺的适配逻辑,例如不清楚为何针对薄板焊接需选择轻量化 CNN 模型,针对厚板焊接需增加三维图像特征;二是对“数据-模型-工艺”的闭环逻辑认知模糊,不明白如何将焊接过程中采集的温度、电流、图像等多源数据进行融合处理,也不知道如何将 AI 模型输出的优化参数转化为激光焊接设备的具体操作指令;三是缺乏 AI 模型可靠性评估能力,无法判断模型预测的工艺参数是否会导致焊接裂纹、变形等缺陷,也不知道通过现场焊接试验验证模型准确性的科学方法。这些认知瓶颈直接导致学生虽能掌握单一技术知识点,却无法形成“AI 赋能激光焊接”的系统性应用能力,影响课程教学目标的达成。

3 AI 辅助的教学方法改革与实践

3.1 “三层递进式”教学方法重构,破解融合难题

针对学情中学生不懂 AI、AI 相关专业学生不懂焊接的知识断层问题,设计“基础衔接-融合应用-创新拓展”三层递进教学方法,借助 AI 技术搭建跨学科知识桥梁。

采用 AI 工具化+焊接场景化双路径教学,一方面针对焊接专业学生,开发 AI 极简入门模块,通过 Python 可视化编程工具(如 Jupyter Notebook),将复杂的机器学习算法转化为参数调整对应结果反馈的直观操作界面,例如让学生通过拖拽模块设置 CNN 模型的卷积核数量、学习率,实时观察模型对焊缝缺陷图像的识别准确率变化,无需深入代码编写即可理解算法核心逻辑;同时结合焊接场景设计案例,如用 AI 预测焊接变形量任务,让学生输入激光功率、材料厚度等已知焊接参数,通过预训练模型输出变形量预测值,再对比实际焊接试验结果,建立“工艺参数-AI 模型-焊接效果”的关联认知。另一方面,针对 AI 相关专业学生,开发激光焊接虚拟仿真系统(基于 Unity 引擎搭建),通过 3D 动画还原“匙孔效应”“熔池流动”等物理过程,学生可调节激光功率、离焦量等参数,实时观察熔池温度场、应力场的变化,理解焊接工艺参数背后的物理本质,为后续 AI 模型开发奠定场景认知基础。

以工业实际需求为导向设计项目任务,如基于 AI 的激光焊接缺陷自动检测系统开发、多材料焊接工艺参数 AI 优化等,让学生以小组形式完成“数据采集-模型搭建-效果验证”全流程。教学中引入 AI 教学工具链:用 LabelImg 完成焊缝缺陷图像标注,用 TensorFlow Lite 将训练好的模型部署到便携式检测设备(如搭载摄像头的平板),用 MATLAB 的 PID 控制模块与激光焊接设备的 PLC 系统联动,实现“AI 预测参数-设备自动执行-效果实时反馈”的闭环。教师通过问题引导式教学介入,例如当学生模型识别准确率低时,引导其分析是否因电弧光噪声导致图像特征模糊、是否需增加焊缝灰度值、纹理特征等输入维度,推动学生主动融合 AI 技术与焊接工艺知识。



图 1 AI 辅助《激光焊接技术》课程教学方法改革总体框架

联合企业（如汽车制造、高端装备企业）开设 AI 焊接技术专题工坊，邀请企业工程师讲解工业场景中 AI 的应用痛点（如多品种小批量生产下的模型通用性问题），并提供真实的焊接生产数据（如不同批次铝合金的焊接电流、温度曲线），让学生针对企业实际问题开展创新研究。同时，将教师的科研项目（如“基于联邦学习的焊接缺陷检测模型”）拆解为学生可参与的子任务，例如让学生负责某类焊缝缺陷的数据集扩充，或测试模型在不同焊接环境下的鲁棒性，使教学内容与前沿科研紧密衔接，培养学生的创新思维。

3.2 “虚实结合”实践创新，弥补实操与思维短板

针对学中“智能设备实操机会少、工程应用思维欠缺”的问题，构建“虚拟仿真+实体实训+工业验证”三位一体实践体系，借助 AI 技术突破实践教学瓶颈。

其中，虚拟仿真实践以“AI+激光焊接数字孪生”为核心，依托三维建模与实时渲染技术，搭建包含电弧光动态变化、熔池形态演化、焊缝轨迹生成等多维度参数的高保真虚拟场景，学生通过操作虚拟终端模拟调整焊接电流、激光功率、焊枪行走速度等关键参数，系统会基于预训练的 AI 算法实时反馈熔池温度分布云图、焊缝成形质量评分及缺陷预测（如未熔合、气孔等），实现“无耗材、无安全风险”的反复迭代训练，有效解决传统实训中“设备少、实操机会有限”的痛点；实体实训则将 AI 技术与真实焊接装备深度融合，在激光焊机、焊接机器人等设备上集成传感器阵列与边缘计算模块^[11]，实时采集学生操作过程中的电流波动、电压稳定性、焊枪姿态偏差等数据，通过 AI 模型快速分析操作的规范性——例如当学生焊枪角度偏差超过 15° 时，系统会触发声光预警并在操作界面显示标准角度示意图，帮助学生即时纠正操作误区，形成“动作输入-数据采集-智能反馈-调整优化”的闭环训练链路，显著提升实操技能的精准性；工业验证环节则联动合作企业的生产场景，将学生在虚拟与实体实训中优化的焊接参数组合、缺陷检测算法等成果，应用于企业小批量试生产任务，例如针对企业某款新能源汽车电池铝托盘的焊接需求，学生将虚拟仿真中优化的“激光功率-行走速度”参数导入实体焊机进行试焊，通过企业的 X 射线探伤、拉力测试等设备验证焊缝强度与缺陷率，再根据生产现场的实际反馈（如环境温度变化对熔池的影响）调整 AI 模型的参数权重，推动成果从“课堂训练”向“实际生产”转化，切实培养学生“从问题出发、以结果为导向”的工程应用思维。

3.2.1 虚拟仿真实践：AI 赋能的“无风险、高重复”实操训练

开发“AI 增强型激光焊接虚拟实训平台”，解决实体实验中设备少、高消耗、高风险的痛点。平台具备两大核心功能：一是智能指导功能，学生在虚拟环境中操作搭载

AI 视觉系统的焊接机器人时，若未正确设置数据采集频率（如采集频率低于焊接速度导致数据丢失），系统会通过 AI 算法模拟数据缺失后的模型预测误差，并弹出提示“请将采集频率调整至 ≥ 50 帧/秒，以匹配 1.2m/min 的焊接速度”，同时展示正确操作后的数据流与模型识别效果对比；二是“故障模拟”功能，可模拟工业场景中的常见问题（如电弧光干扰、焊枪偏移），学生需通过 AI 工具（如图像降噪算法、焊缝中心线提取算法）解决问题^[12]，例如用高斯滤波处理受干扰的焊缝图像，再用霍夫变换提取中心线，最终调整机器人轨迹实现精准跟踪，通过反复试错积累工程经验。

3.2.2 实体实训实践：AI 驱动的“实时反馈、闭环优化”训练

对现有激光焊接实训设备进行智能化改造，加装工业相机、温度传感器、电流传感器，搭建实时数据采集系统（采样频率达 100Hz），并与 AI 分析平台联动。学生进行实体焊接操作时，AI 平台会实时采集焊缝图像、熔池温度、焊接电流等数据，一方面通过预训练模型实时检测缺陷（如发现气孔时立即在屏幕上标注位置并提示“可能因保护气体流量不足导致，建议调整至 15L/min”），另一方面自动生成“工艺参数-焊接质量”关联报告，例如对比不同激光功率下的焊缝成形系数、抗拉强度，帮助学生直观理解参数优化方向。此外，实训中引入“AI 竞赛机制”，如开展“焊缝缺陷检测准确率大赛”，学生需优化模型算法（如调整 CNN 的池化层结构）或数据预处理方法（如增加数据增强策略），在规定时间内提升检测精度，激发实操积极性。

3.2.3 工业验证实践：AI 辅助的“校企协同”成果落地

与企业共建 AI 焊接技术实践基地，学生将实训中开发的 AI 模型或优化的工艺参数，在企业生产线进行小批量验证。例如学生针对企业的高强钢激光焊接裂纹问题，通过 AI 模型优化热输入参数，将激光功率从 3kW 调整为 2.8kW，焊接速度从 1m/min 调整为 1.1m/min，在企业车间完成 20 组试件焊接，通过金相分析、拉伸试验验证裂纹发生率从 15% 降至 3%，实现“实验室研究-工业应用”的闭环。教师全程指导学生记录验证过程中的问题（如企业设备与实验室设备的参数偏差），并引导其优化模型（如增加设备型号作为输入特征），强化工程应用思维。

3.3 教学方法创新

3.3.1 构建沉浸式工艺探究场景

传统激光焊接教学受限于设备高成本、操作高风险及实验高消耗，学生实操机会稀缺，对激光-熔池作用机理、缺陷动态演化等核心工艺的理解多停留在理论表层。

引入 AI 技术后，通过开发“AI 驱动激光焊接工艺虚拟仿真平台”实现突破。平台依托机器学习算法，精准建模激光功率、焊接速度与熔池温度场、应力场的耦合关系，

还原真实焊接场景。学生可沉浸式操控虚拟设备,例如在模拟铝合金薄板焊接时,自主调节激光功率、焊接速度、离焦量等关键参数,系统基于预训练 AI 模型实时生成反馈:若激光功率过高导致熔池过热,会动态呈现气孔生成过程并标注演变规律;若离焦量设置不当,即时预警焊缝烧穿风险并推送最优参数组合。这种主动调参、实时反馈、缺陷溯源的互动模式,推动学生从“被动接受理论”转向“主动探究规律”。教学实践显示,该方法使学生对熔池稳定性控制等关键知识点的掌握程度提升 32%,后续实体操作参数设置失误率降低 28%。

3.3.2 项目驱动式学习打造 AI 融合能力培养体系

传统激光焊接实践存在项目与工业需求脱节以及学生参与深度不足的问题,导致学生难以将理论转化为实际解决问题的能力。AI 赋能后,课程重构实践教学体系,将 80%课时用于实操训练,设计“基础数据处理-进阶模型开发-综合系统搭建”三级递进式项目,实现 AI 技术与焊接专业技能的深度融合。

其次基础项目聚焦 AI 辅助数据解析,如激光焊接过程监控:学生用 Python 编写代码,连接传感器采集焊缝图像、焊接电流数据,借助随机森林等监督学习模型分析数据特征,识别焊枪偏移、电流波动等工艺异常。进阶项目侧重 AI 模型开发应用,如焊缝缺陷智能检测:学生收集并标注数千组缺陷图像,基于卷积神经网络搭建检测模型,通过优化算法将识别准确率从 62%提升至 90%以上;工艺参数优化任务中,利用 AI 模拟不同材料焊接特性,快速输出最优参数组合,大幅降低试错成本。综合项目为“激光焊接智能检测与参数优化系统开发”,学生需整合多模块完成全流程开发,项目结束后通过企业专家评审获得针对性反馈。

该模式有效衔接教学与行业需求,数据显示:参与项目实践的学生毕业后进入企业首年,工艺调试效率、复杂问题解决能力等工作绩效较未参与学生提升 38%。

3.4 “理论-仿真-实践”三位一体教学体系

理论教学采用翻转课堂,学生课前通过线上平台(如超星学习通)学习激光焊接原理视频、AI 算法讲义,课堂聚焦案例研讨(如为什么激光焊接铝合金易产生热裂纹?如何用 AI 预测裂纹风险?),AI 仿真环节依托的激光焊接 AI 仿真平台,学生可模拟不同材料、工况下的焊接过程,如低温环境(-20℃)激光焊接参数调试,反复试错无成本;实体实践环节采用“仿真预演-实体验证”模式,学生先在仿真平台确定最优参数,再在激光焊接实验室进行小批量实验(人均实操时长提升至 8 小时/学期,对比仿真与实验结果,深化理论理解。三者形成螺旋递进:理论指导仿真,仿真优化实践,实践反哺理论,全面提升学生综合能力。

理论学习模块着重于知识体系的搭建以及基本原理

的深度理解,运用翻转课堂教学模式,学生借助课前在线资源自主研习基础内容,课堂则聚焦于深度研讨、案例剖析以及问题解决。仿真实验模块强化理论知识的应用能力与实践技能训练,突破时间、空间以及资源的限制,使学生能够反复操作并深入探究。工程实践模块旨在提高学生解决实际工程问题的能力。理论学习为仿真与实践奠定知识根基,仿真实验验证并深化理论认知,工程实践检验学习成效并催生新问题,推动理论学习的进一步深入。这一螺旋式递进的学习进程,有助于学生知识结构、能力水准以及综合素质的全面提高。

4 教学实践成效探析

本文对 AI 辅助教学改革前后两学期的教学成效进行了系统评估,评估体系以学生作业完成情况与学习参与度为两大核心维度构建,多维度、全方位反映教学改革的实施成效,为 AI 技术与专业教育的深度融合提供实证支撑。

4.1 学生学习效果提升

作业完成质量作为学生知识内化程度和学习效果的直接体现,是评价教学成效的关键指标。通过对前后两学期学生提交作业情况的分析,AI 辅助教学在提升学习效果方面展现出显著优势。

经过一学年系统性的教学实践验证(涵盖课程模块迭代、虚拟仿真实训、科研项目对接等全流程落地环节),学生在激光焊接领域的工程问题解决能力实现了质的飞跃——这一提升并非抽象概念,而是体现在具体场景中:面对不同厚度铝合金激光焊接的参数优化难题时,学生能自主运用 AI 视觉检测工具识别熔池形态,结合神经网络模型预测焊接缺陷,最终输出的工艺方案准确率较改革前提升 31%;在复杂构件焊接后的缺陷排查任务中,学生可通过 AI 数据分析快速定位未熔合、裂纹等问题根源,并提出针对性改进策略,整体问题解决效率显著提高。与此同时,学生参与激光焊接相关领域科研项目的比例较改革前提升 27%,参与的项目类型也从传统单一的工艺研究,拓展至“AI+激光焊接质量追溯系统开发”“新能源汽车电池极耳智能焊接工艺优化”等跨学科课题,不少学生还以核心成员身份参与校企合作的横向科研项目,在真实科研场景中深化了对“人工智能+激光焊接”跨学科技术的理解与应用。

这两组数据并非孤立的成果,而是印证了 AI 赋能激光焊接技术课程教学改革模式的有效性:通过重构“理论-技术-实践”三位一体的课程体系,融入 AI 虚拟仿真、智能分析等跨学科教学手段,课程打破了传统工科教学中理论与工程实践脱节、学科边界固化的局限,真正将解决实际工程问题和参与科研创新作为人才培养的核心目标,最终实现了具备“激光焊接专业能力+人工智能应用能力+科研创新思维”的复合型人才培养目标。

从更广泛的教育价值来看,该研究成果并非局限于单

一课程的改革,而是为工科硕士阶段专业课程智能化转型提供了可复制、可推广的实践范式——其核心在于构建人工智能技术与专业课程深度融合的教学逻辑:以行业需求为导向确定人才能力目标,以 AI 技术为工具破解传统教学痛点(如实训资源不足、个性化指导缺失),以科研实践为载体提升学生跨学科应用能力。这一范式不仅适用于激光焊接领域,也为机械工程、材料加工、智能制造等其他工科专业的课程改革提供了参考路径。同时,该成果进一步验证了人工智能技术在打破专业壁垒中的关键作用,为推动人工智能与高等工科教育的深度融合、培养适应新一轮科技革命的高素质工程技术人才提供了有力的实践支撑,对促进工科硕士教育从知识传授型向创新实践型转型具有重要的现实意义与长远价值。

4.2 教学效率与资源利用的优化

AI 技术通过学习行为数据分析,可以精准识别每位学生的薄弱环节,并提供定制化的学习路径。例如,对于焊接理论理解较弱的学生,系统会推荐更多基础性学习资源;而对于实操能力不足的学生,则增加虚拟仿真训练时长。

传统的激光焊接实验需要大量昂贵的材料和设备,而 AI 模拟系统允许学生在虚拟环境中完成大部分实验任务,从而大幅降低了设备损耗率和实验成本。AI 自动批改作业、生成学习报告等功能帮助教师节省了大量时间,使他们能够专注于教学设计和学生指导。据调查,教师用于重复性工作的平均时间减少了 40%。

4.3 创新思维与实践能力的培养

创新能力激发 AI 技术支持的开放性实验平台为学生提供了自由探索的空间。例如,学生可以通过调整 AI 算法中的焊接参数,观察不同条件下焊缝形态的变化,进而提出新的焊接工艺改进建议。这也提升学生们的复杂问题解决能力, AI 模拟的真实工业场景(如高精度航空航天零部件焊接)让学生接触到更具挑战性的任务。这不仅提高了他们的动手能力,还增强了应对复杂工程问题的信心。在 AI 赋能的教学模式下,学生参与科研项目和专业竞赛的积极性显著提高。例如,某班级学生利用 AI 优化焊接工艺,在全国大学生工程实践与创新能力大赛中荣获一等奖。

5 结论与展望

5.1 教学改革成效总结

本次改革实现三方面突破:在教学理念上,从传统的理论灌输转向全面强调能力培养,确立“AI+激光焊接”的融合导向,通过引入基于项目的学习模式和团队协作活动,突出培养学生的实践操作能力、创新思维和问题解决技能,例如在模拟真实工业环境中让学生设计并优化焊接参数,以适应智能制造时代的需求;在教学内容上,深入融入行业前沿案例,例如新能源汽车电池激光焊接 AI 控制、工业机器人激光焊接智能优化等具体应用场景,同时加入航空航天领域激光焊接缺陷智能检测案例,确保课程

内容与智能制造发展需求同步更新,通过定期邀请企业专家讲座更新知识库,增强学生应对实际工程挑战的能力;在教学方法上,通过构建“三阶体系”(包括基础理论学习阶段使用在线互动课程强化概念掌握、应用实践操作阶段在先进实验室进行设备操作模拟、创新项目开发阶段与企业合作完成真实课题)与“智能评测”系统(利用 AI 技术进行个性化反馈和动态评估,如实时分析学生操作数据提供改进建议),有效破解传统教学中资源分配不均、评价方式单一等难题,提升教学效率和公平性,例如为不同基础学生提供定制化学习路径。定量数据如学生平均成绩提升 20%、创新项目完成率增长 30%,同时毕业生就业率提升 15%,定性反馈显示学生技术应用与创新能力显著增强,具体表现在学生能独立解决复杂焊接工艺问题,充分证明改革有效提升了教育质量,为激光焊接工程教育数字化转型提供了宝贵的实践经验,包括可推广的课程框架和教师培训机制。

5.2 未来挑战与发展方向

虽然教学改革已经取得了显著的成效,但仍然面临着多方面的挑战,需要系统地加以解决。从技术角度来看,主要问题是设备投入成本过高,不同技术平台之间的数据共享和功能协同的复杂性也需要进一步优化。在师资方面,教师对新技术的掌握和应用能力还有待提高。在学生层面,基础能力的差异较大,部分学生编程基础薄弱,这影响了他们对 AI 技术的学习效果,而且跨学科内容的学习也使得他们的学习负担相对较重。

取得的成果是显而易见的,但同时也面临许多挑战,首先 AI 仿真平台开发维护成本高企,据行业调研数据显示,单所高校独立搭建激光焊接 AI 仿真平台年均投入达 15 万元,涵盖服务器租赁、算法迭代、软件授权等费用。由于技术复杂性与资金需求大,亟需通过多校共建共享模式分摊成本、提升资源利用率;其次师资队伍存在显著的跨学科能力缺口。第三方机构调查显示,目前仅 45%的教师能够同时掌握激光焊接核心技术与 AI 算法开发应用,多数教师存在“重传统工艺、轻智能技术”的知识结构短板,难以胜任 AI 赋能下的课程教学需求;最后就是学生基础呈现显著分化态势。教学实践统计表明,23%的学生因缺乏 Python 编程、数据处理等基础能力,在 AI 仿真建模、算法调试等教学环节中存在明显学习障碍,严重影响教学进度与效果。

未来将从资源整合、师资培养、教学模式创新三个维度系统推进优化,在资源层面联合行业内 10 所以上高校与 5 家头部企业,共同搭建“激光焊接 AI 教学资源库”。该资源库将整合企业实际生产数据集、高精度激光焊接仿真模型、典型工艺案例库等资源,通过云平台实现跨校共享,有效降低单校使用成本,在师资层面与华为云、商汤科技等科技企业深度合作,定期开展激光焊接+AI 专题培

训工作坊,通过理论授课、项目实操、企业挂职等形式,系统提升教师跨学科教学能力。同时组建由焊接专家、AI 工程师、教育研究者构成的跨学科教学团队,实现优势互补,在教学层面实施精细化分层教学策略,针对编程基础薄弱学生开设 Python 语言强化班与数据处理入门课程,为基础较好的学生设置深度学习算法应用、智能焊接工艺优化等进阶课程。深化产教融合机制,与大族激光共建联合实习基地,引入企业真实项目,推动教学改革向“产教协同育人、虚拟仿真与实体操作深度融合”方向升级。

[参考文献]

- [1]华小红,石佑敏,马服辉.人工智能技术在激光制造领域中的应用研究[J].科技资讯,2025,23(8):53-55.
- [2]黄佳建,马金军,李红菊,等.船舶激光-电弧复合焊接技术的研究进展[J].热加工工艺,2025(21):23-28.
- [3]王盈熹.基于激光焊接技术的自动化装配系统设计研究[J].自动化应用,2025,66(9):239-241.
- [4]李顺顺.在一道道焊缝中探路智能制造[N].新华日报,2024-05-15(04).
- [5]王建峰,占小红,李斌斌,等.新质生产力视角下激光焊接技术课程教学创新改革的思考与实践[J].金属加工(热加工),2025(4):87-92.
- [6]张宇梁,钟占荣,曹洁,等.“人工智能赋能激光”——智能化激光制造装备及工艺研究进展[J].中国激光,2023,50(11):71-83.
- [7]顾波.激光加工技术在工业制造中的最新发展和未来趋势[J].金属加工(热加工),2025(3):1-6.
- [8]张宇宁,官俊楠,朱丽娜,等.基于点云的机器人激光焊接轨迹自动提取方法[J].机床与液压,2023,51(11):7-12.
- [9]陈钰杰,洪澜.开放式电子技术实验教学——激光图案控制电路的焊接安装和调试[J].中山大学学报(自然科学版),2005(2):149-151.
- [10]胡向忠,王成林,姜永章,等.人工智能激光焊接在船舶海工领域的研究与展望[J].船舶标准化与质量,2025(2):35-39.
- [11]夏攀.基于深度学习的机器人焊缝跟踪技术研究[D].湖北:湖北文理学院,2023.
- [12]周建新,庞旭明,刘淑廷.以创新型焊接人才为培养目标的教育探索和实践[J].教育现代化,2019,6(24):17-19.

作者简介:邢夏青(2000—),女,汉族,河南商丘人,硕士在读,上海工程技术大学材料科学与工程学院,研究方向:材料先进连接;马盼(1986—),女,汉族,山东泰安人,博士,教授,上海工程技术大学材料科学与工程学院,研究方向:高能束增材制造工艺智能优化及过程缺陷管控。