

“3D 视觉引导免示教智能焊接机器人系统关键技术及应用” 成果登记公示信息

成果名称:	3D 视觉引导免示教智能焊接机器人系统关键技术及应用
完成单位:	深圳前海瑞集科技有限公司
完成人员:	许曦,李俊渊,张弓,万永波,高建文,张兆彪,邱文钦,廖伟东,王世荣,陈聚运,官文浩,吴月玉
研究起止日期:	2020-01-07 至 2021-09-30
主要应用行业:	制造业
高新技术领域:	先进制造
评价单位:	广东省机械工程学会
评价日期:	2024-06-22
成果简介:	<p>1、课题来源:</p> <p>公司战略规划立项项目</p> <p>2、技术原理:</p> <p>(1) 采用基于结构光 MEMS 的 3D 视觉传感器和线激光传感器的多模态点云焊缝识别技术,通过实时采集并处理多模态点云数据,实现焊缝的三维重建和自动识别,进而规划焊接机器人的运动路径和焊接参数,同时实时监控和反馈焊接过程,以提高焊接质量和效率,解决传统焊接方法中的定位精度低、效率低和识别范围小等问题。</p> <p>(2) 通过高精度 3D 视觉传感器与成像技术,结合数据增强、神经网络模型优化和轻量化部署,实现了焊缝的精确识别、定位与跟踪。采用点云配准算法强化数据基础,设计专属神经网络结构提高识别与定位准确性,并通过轻量化策略优化算法,降低计算和数据存储成本,提升系统效率,实现智能焊接机器人的</p>

灵活部署和应用。

(3) 首先通过 3D 视觉算法或基于深度学习的算法对多模态点云进行焊缝识别和定位, 获取焊缝信息。随后, 对焊缝点云数据进行高斯滤波, 并采用特征点检测导数算法寻找摆动路径规划参考点, 以获取机器人可执行的轨迹。通过调整参考点使得线与线平行, 并使用最小二乘法调整参考点以获得中心线始终垂直于目标焊接表面。最后, 通过线性插值计算焊接路径, 并考虑焊枪末端的弧形移动, 计算并绘制实际所需的焊枪末端位置, 完成机器人的轨迹规划。

(4) 通过模块化管理焊接特征, 结合数据驱动的优化策略, 系统能够为用户提供高效、通用的焊接工艺推荐。利用机器学习算法和马尔科夫链, 建立焊接输入参数与预测参数之间的定量预测模型, 解决焊接特征参数定量预测难题。

(5) 该项目研发了一套支持多品牌机器人的智能焊接系统, 通过自主研发先进的运动控制算法、避碰算法和仿真技术, 实现了对国产及进口机器人的兼容与高效控制。运动控制算法能够平滑机器人的运动轨迹, 提高运动精度和稳定性; 避碰算法能够实时监测机器人状态, 预测碰撞风险并采取避碰策略, 提升作业安全性; 仿真技术则实现了对机器人运动的低延迟仿真和实时监测, 降低了调试时间和人工操作成本。

3、性能指标:

(1) 机器人重复定位精度 $\leq 0.4\text{mm}$

(2) 焊接良率 $> 98\%$

(3) 焊接尺寸误差 $\leq \pm 0.05\text{mm}$

(4) 控制轴数 ≥ 24

4、技术的创造性与先进性:

(1) 基于深度学习与 3D 视觉融合的多模态点云焊缝识别系统

项目通过采用自研 3D 视觉传感器与线激光传感器, 多模态采集焊缝点云数据, 多角度拍摄后融合为完整点云。提出基于深度学习的“测试-改进-测试”焊缝识别方案, 构建面向钢构加工环境的工件数据集。将深度学习技术应用于目标工件检测、特征识别、语义分割和路径规划。可成功分类和标注多样化的焊缝特征, 解决了焊接中识别精度、运算效率和焊缝特征分类等难题, 提高了焊缝特征识别的准确率。结合嵌入式点云解析算法, 能够实现快速识别 95%以上的搭接与对接等复杂三维焊缝。

(2) 创新的机器人轨迹规划与避障方法

项目基于焊缝特征点检测的轨迹规划方法, 在获得焊缝特征点云后进行多次多项式拟合以获得平滑的轨迹, 基于多次求导求出参考点, 然后根据插值连起来的轨迹规划出焊枪姿态, 以及加入摆动角等, 从而获得了焊缝的特征点、焊枪姿态以及插补的焊接参考点, 可快速创建焊接程序, 适应多品种、小批量工件的柔性焊接。依据三维引擎, 可导入 STP、IGS、STL 等格式, 可视化地操作复杂构件的焊接任务, 同时具备多装置下的焊接碰撞检测规避功能。

项目创新地封装众多焊接工艺师的先验性工艺经验与焊接工艺参数, 通过焊接专家系统自动识别各种工件特征, 从而快速套用焊接轨迹和工艺参数, 极大地降低了焊接工人的操作难度。

基于人工神经网络的“云-边-端”系统可更新与丰富焊接工艺库，能适应于更多的焊接场景。

5、技术的成熟程度、使用范围和安全性:

该技术已完成技术验证，并批量生产，可应用在桥梁、建筑、汽车、船舶等领域的钢结构自动化焊接，得到业内龙头企业认可。

6、应用情况及存在的问题:

本项目针对泛钢结构智能化、自动化、机器人焊接关键技术展开面向应用的深入研究，采用自研 3D 视觉传感器、面阵激光测量技术，实现高效的焊缝识别功能，采用深度学习技术，实现了自动识别焊缝，保证了焊接质量和效率；设计研发焊接工艺库，实现焊接过程的最大限度简化；自主研发机器人控制系统，提高对各个场景和使用需求的适配性。总体技术达到国际先进水平。应用该技术研制了一系列智能焊接机器人设备，成功应用于汽车制造领域、船舶制造领域、建筑和桥梁工程领域等泛钢结构工件的焊接加工上，具备“边缘系统可离线编程、参数化编程；三维传感器引导补偿，自动获取焊缝信息；丰富的专家模型工艺库；面向泛钢结构领域的多类型产品，多品种，少批量的快速换产”的最优性能指标。

7、历年获奖情况:

无