

“阀体内腔表面微缺陷 AI 检测系统关键技术研发与产业化” 成果登记公示信息

成果名称:	阀体内腔表面微缺陷 AI 检测系统关键技术研发与产业化
完成单位:	深圳杰泰科技有限公司,华南理工大学,广东杰泰光电技术有限公司
完成人员:	黎文富,蒙均,刘桂雄,闫奕樸,张广平,邢星奥,邓威,王良锋,邹佳明,叶佳,白建强,和子博,李培焯,刘兆江,高荣
研究起止日期:	2020-06-01 至 2022-05-31
主要应用行业:	制造业
高新技术领域:	先进制造
评价单位:	广东省测量控制技术与装备应用促进会/广州市仪器仪表学会
评价日期:	2025-09-27
成果简介:	<p>鉴于当前工业阀体内腔在极端工况下服役条件愈发严苛,而传统的无损检测技术难以满足现代制造业对工业阀体内腔表面高精度、自动化检测的需求,且存在检测效率低、依赖人工判读等问题。杰泰联合多家科研机构及高校,启动了“阀体内腔表面微缺陷 AI 检测系统关键技术研发与产业化”项目,提高工业阀体内腔表面微缺陷检测的准确性和效率,降低维护成本和安全风险。本项目旨在通过集成先进的传感器技术、图像处理算法、大数据分析等现代科技手段,开发一套智能化、自动化的工业阀体内腔表面微缺陷 AI 检测系统,以显著提升工业阀体内腔表面微缺陷的检测效率与准确性,同时推动相关技术成果的产业化应用。</p> <p>该项目的核心是阀体内腔表面微缺陷 AI 检测系统关键技术研发与产业化。项目重点研究:①内腔表面微缺陷图像预处理机制,包图像采集与缺陷标注、数据增强技术以及 CutPaste+Poisson</p>

校正技术；②内腔表面微缺陷 AI 检测系统，包括微缺陷图像特征提取、微缺陷图文相似度计算以及微缺陷属性量化分析；③微缺陷 AI 检测系统关键技术集成方法，包括内窥镜硬件集成、人机交互界面设计以及缺陷数据库构建；④产品测试与推广，包括性能测试与验证和案例示范效应。

本目前研究成果具有较高性能，成果的先进性和创造性体现在：

①内腔表面微缺陷图像预处理机制：对内腔表面微缺陷图像样本数量不足、缺陷类型复杂多样的问题，提出了一种从数据构建到检测优化的全流程创新图像预处理机制。首先，通过耐高温工业内窥镜对内腔表面进行图像采集，并采用 YOLO 格式进行精细化标注，建立了覆盖凹坑、孔洞等多种典型缺陷的高质量图像数据集。随后，运用旋转、缩放、仿射变换、亮度调节等多种几何与光学方法对图像进行增强处理；最后，采用 Cut-paste+Poisson Editing 方法对增强后图像进行随机裁剪、拼接，在保持缺陷特征的前提下显著扩充了样本数量，提高了模型训练鲁棒性和泛化能力。

②内腔表面微缺陷 AI 检测方法：针对内腔表面微缺陷检测过程中存在的精度低、属性信息描述困难等问题，提出了一种内腔表面微缺陷 AI 检测系统化解决方案。在检测模型设计方面，以 CNN 为基础网络，创新性地引入动态稀疏注意力机制 BiFormer 和最小点距离交并比 MPDIoU，强化了模型对不同尺度、复杂背景下缺陷特征的提取和识别能力，从而大幅提升了缺陷检测的准确率和适应性；随后，针对不同类型缺陷，构建缺陷描述语料库，

通过图像与文本相似度计算异常得分，输出检测结果；最后，通过微缺陷属性量化分析提取其面积、长度、深度等几何参数，结合视觉语言模型实现缺陷属性信息自动输出。该方法不仅显著提高了评估的准确性和客观性，还增强了缺陷信息的可视化表达和后续维护决策的智能化支持能力；

③内腔表面微缺陷 AI 检测系统关键技术集成方法：围绕内腔表面微缺陷检测在复杂环境下图像质量差、依赖人工经验及缺乏系统支撑等问题，研发了一套高度集成的智能检测评估系统。系统硬件部分配备了高分辨率、耐高温的工业内窥镜，通过定制化光学镜头和环形光源优化成像质量，即使在检测目标内腔狭小、高温区域内也能稳定获取清晰图像；软件部分开发了模块化云端人机交互界面，操作流程清晰直观，支持一键拍摄、标注与分析，大幅降低了对操作人员技能的依赖，减少人为误差；数据管理部分构建了涵盖缺陷图像、检测参数与维修记录的结构化数据库，支持数据的统一存储、检索与追溯，并引入大数据分析手段对历史缺陷模式进行学习，持续优化检测算法。该系统实现了从图像采集、特征识别到智能分析与评估的全流程自动化，显著提升了检测效率、稳定性和决策支持能力，为内腔表面微缺陷的智能检测提供了可靠技术支撑；

该内腔表面微缺陷智能检测系统具备检测精度高、自动化程度高、运维成本低等突出优势，显著拓展了系统在复杂工况下的适用范围。相比传统依赖人工的检测方式，该系统实现了缺陷识别、定量评估与信息管理的智能化和精细化，大幅提升了检测效率和可靠性，同时推动了零件内腔表面维护流程的全面自动化升

级。

通过结合项目成果，在工业自动化与智能制造、能源电力企业等典型应用场景进行示范运行，可验证内壁表面微缺陷 AI 检测系统在实际应用中的检测精度、评估可靠性及产业化潜力。截至 2024 年 12 月，本项目研发的内壁表面微缺陷 AI 检测系统已在多家智能制造企业和能源电力单位成功应用，累计检测内腔表面微缺陷达 5 万次，缺陷识别准确率达 95%以上，显著提升了行业检测效率和评估可靠性。这些成功示范案例不仅验证了技术的先进性和实用性，也为后续大规模产业化应用奠定了坚实基础，推动了内壁表面微缺陷 AI 检测技术的普及与发展。

目前项目已达到预期效果，公司已成功研制并实现了一套集图像采集、缺陷检测与智能管理于一体的阀体内腔表面微缺陷 AI 检测系统。相关技术申请发明专利 7 件(授权 5 件),获软件著作权登记 2 项，拥有自主知识产权。项目成果具有创新性，整体技术达到国际先进水平，在 MiniGPT-4 人机交互与缺陷属性分析应用方面国际领先。