

# “航空发动机涡轮叶片缺陷检测评估系统 研发与产业化”成果登记公示信息

成果名称:	航空发动机涡轮叶片缺陷检测评估系统研发与产业化
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,刘桂雄,张广平,邓威,蒙均,徐静,叶铭鑫,闫奕樸,梁天有,魏恒飞,白建强,王良锋,黎文全,邓斌,王静
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:	2025-08-10
成果简介:	<p>鉴于当前航空发动机涡轮叶片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航空发动机对涡轮叶片高精度、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“航空发动机涡轮叶片缺陷检测评估系统研发与产业化”项目,提高涡轮叶片缺陷检测的准确性和效率,降低维护成本和飞行安全风险。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、自动化的涡轮叶片缺陷检测评估系统,以显著提升涡轮叶片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>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:</p> <p>①航空发动机涡轮叶片表面缺陷检测方法:对航空发动机涡轮叶片表面缺陷图像样本数量不足、缺陷类型复杂多样的问题,</p>

提出了一种从数据构建到检测优化的全流程创新检测方法。首先，通过耐高温工业内窥镜对叶片进行图像采集，并采用 YOLO 格式进行精细化标注，建立了覆盖烧伤、凹坑、材料丢失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，在保持缺陷特征的前提下显著扩充了样本数量，提高了模型训练的鲁棒性和泛化能力。在检测模型设计方面，以 YOLOv8 为基础网络，创新性地引入 SAConv 稀疏注意卷积模块和 HS-FPN 高阶特征金字塔结构，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；

②航空发动机涡轮叶片表面缺陷评估方法：针对涡轮叶片表面缺陷评估过程中存在的精度低、难以量化等问题，提出了一种融合图像分割、三维重建与智能评估的系统化解决方案。在缺陷识别阶段，构建了基于 U-Net 结构改进的深度学习模型，引入 ResNet 残差连接以增强特征传递能力，并结合注意力机制精准定位裂纹、烧伤等复杂小尺度缺陷，有效提升分割精度。随后，采用双目摄像头获取多角度图像，结合畸变校正、语义掩膜生成与立体匹配算法，实现缺陷区域的高精度三维建模，准确重现其在空间中的形状、深度与位置关系。最后，针对不同类型缺陷，提取其面积、长度、深度等几何参数，并建立规则判别模型，实现缺陷等级的自动分类和定量评估。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航空发动机涡轮叶片缺陷检测评估系统集成方法：围绕涡

轮叶片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，即使在发动机狭小、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，为航空发动机叶片缺陷的智能诊断提供了可靠技术支撑；项目实施完成后，将极大地提升航空发动机涡轮叶片缺陷检测的智能化水平和评估效率，推动航空维修检测向高精度、高可靠性与自动化方向发展，全面促进我国航空装备运维的智能化转型与技术升级。

项目成果最终应用于深圳杰泰科技有限公司航空发动机涡轮叶片缺陷检测评估系统关键技术开发实验，已做出示范性应用，在顺丰航空有限公司、北京航力安泰科技有限责任公司、美轲(北京)科技有限公司得到充分的实验和验证，满足用户应用要求。

本项目围绕涡轮叶片表面缺陷的高效检测、精准评估与系统集成展开系统研究，具有显著的技术创新性与工程应用价值，其具有重大的经济和社会效益：

社会效益方面,本项目的实施极大地提升我国航空发动机关键部件的质量控制水平,为飞行安全提供坚实保障。通过引入智能化、自动化的检测手段,显著减少了因传统检测方法不精确或效率低下而导致的潜在风险,增强了航空装备的安全性和可靠性。项目成果应用有助于推动国内航空工业向高端制造转型,促进航空产业链上下游企业的协同发展,带动相关领域技术水平的整体提升。本项目还培养了一批高素质的专业技术检测人员,为行业储备宝贵智力资源,促进知识技术传承与发展。

在经济效益方面,本项目的推广有效减少因涡轮叶片故障导致的停机时间,提高航空公司运营、维修效率,降低维修费用。通过提升产品质量,促进国产航空发动机市场占有率的提升,进而带动航空产业链发展,相关的硬件制造、软件开发及技术服务等上下游产业也得到了快速发展,形成新经济增长点。