

# “面向工程结构全域感知的智能检测关键技术及应用”成果登记公示信息

成果名称:	面向工程结构全域感知的智能检测关键技术及应用
完成单位:	中冶建筑研究总院（深圳）有限公司,中冶建筑研究总院有限公司,上海市建筑科学研究院有限公司,北京航空航天大学,中冶检测认证有限公司,中冶检测认证（上海）有限公司,深圳市城图科技有限公司,天津大学
完成人员:	姚志东,卢佳祁,郝彬,王静远,逯鹏,李禹濛,闫贵海,王超,陈雪萍,郭刘潞,郝晓丽,雷聪,黄新宇,李艳娜,贺盼博
研究起止日期:	2017-12-04 至 2023-11-30
主要应用行业:	建筑业
高新技术领域:	电子信息
评价单位:	中国冶金科工集团有限公司
评价日期:	2025-06-25
成果简介:	<p>①课题来源与背景:</p> <p>课题来源:</p> <p>国家投入和省级投入来自于国家重点研发计划项目 科学技术部高技术研究中心《跨海集群设施服役状态评估及智能维护技术与装备》2019YFB1600702,</p> <p>地级投入有 深圳市技术攻关面上项目 深圳市科技创新委员会《沿海大型钢结构服役性能智能诊断系统研发》JSGG20201102173802006,</p> <p>自有资金投入除上述两个课题外还包括中国五矿集团科技专项《基于无人机搭载多传感设备的建筑与基础设施智能检测技术》（2019ZXA11）、中冶建筑研究总院重大课题《大面积填海区域变形及建筑外围护系统监测检测关键技术》（YJA2018Kj01）。</p> <p>课题背景:</p>

工程结构是现代建筑体系核心，钢结构、混凝土结构及组合结构广泛应用于工业厂房、交通枢纽、跨海大桥等重大项目。建筑工程服役中，受施工误差、环境侵蚀、荷载变化影响，易出现构件损伤、材料劣化等隐患，沿海地区更面临盐雾侵蚀、台风冲击等多重考验，安全运维挑战突出。传统检测方法已难满足需求：人工检查存在空间受限、周期长、主观性强等问题；接触式传感技术则面临成本高、数据易受环境干扰的局限。近年来，非接触式传感与深度学习融合的检测方法，凭借无损、低成本、便捷的优势，大幅提升检测效率。我国建筑基础设施存量、类型多，沿海复杂环境下的工程安全诊断，亟需构建高效经济的智能技术体系。

②技术原理及性能指标；

(1)高鲁棒性控制的工程结构全域感知数据采集装备与优化算法：研发集成磁吸附模块、具壁面飞行能力的多旋翼无人机实现近距离采集，抗风能力优于 12m/s；创新激光定位 + 复拍的巡检路径规划方法，定位复拍偏差 < 5%；构建无人车 - 无人机地空协同采集模式，多场景空间覆盖率超 95%；开发可解释性检测并恢复神经网络对抗样本的方法，误检率降至 1%。

(2)基于特定级联的主体结构典型损伤智能巡检技术：采用多模态渐进式联邦学习实现焊缝表面缺陷图像识别，缺陷分割 IoU 优于 90%；研发零缺陷样本的螺栓巡检系统，螺栓丢失漏检率 1%，2.5° 松动识别准确率 99.7%；通过高光谱技术实现材料劣化时谱识别，预测准确率 95.8%；结合机器视觉与全站仪监测结构竖向变形，精度达亚毫米级。

(3)适应复杂场景的围护结构关键损伤智能检测技术：基于多维技术检测建筑幕墙显著缺陷，不同光照下可定位缺陷且检测时间 $<2s$ ；采用视觉识别实现围护结构损伤目标检测，分类准确率 90%；通过无人机正射图像 + 计算机视觉识别表面损伤，效率提升 10 倍以上、漏检率 $<5\%$ ；基于 HSV 多特征检测附属构件锈蚀，识别准确率与普查全率均优于 95%。

③技术的创造性与先进性：

本研究的工程结构损伤检测技术先进性突出，核心体现在四方面：一是融合无人采集装备，实现高效无死角监测，提升数据采集精准度与效率，降低人工成本及风险；二是创新巡检检测方法，结合工程结构特点优化，保障检测精确性、效率与灵活性；三是采用集成深度学习、图像处理的智能算法，可自动分析数据并快速精准识别损伤类型与程度，技术壁垒高、竞争力强；四是已在多项目成功应用并获广泛认可，兼具实用性与推广支撑。综上所述，本项研究形成的关键技术在工程结构损伤识别领域具有显著的先进性，是行业内的一次重要突破。

④技术的成熟程度，适用范围和安全性：

本技术历经长期研发验证，已在涵盖桥梁、复杂建筑等不同类型工程的多个项目中广泛应用，且均取得良好识别效果，实践基础支撑起技术成熟性；无人采集装备、巡检检测方法、智能算法等核心技术均通过严格测试验证，在实际应用中展现出高度稳定性，能在各类环境下精准识别结构损伤；本技术拥有精心设计优化的系统架构与操作流程，从数据采集、处理到损伤识别环节简便快捷，同时具备强大的数据处理与分析能力，保障识别

结果准确可靠;本技术 在多个项目中以出色性能赢得用户高度赞誉与信任,市场和用户的广泛认可进一步印证了技术的成熟性与可靠性,可稳定为用户提供准确、高效的损伤识别服务。本技术具有一定的成熟性和良好的安全性。可广泛的应用于在建筑、基础设施和重工业等领域,特别是那些对工程结构安全性和耐久性有高度要求的行业。

⑤应用情况及存在的问题;

该研究成果率先在以深圳为代表的粤港澳大湾区取得应用,核心成果还推广应用于北京、上海和沈阳等多个城市,为建筑与基础设施的建造和服役提供了技术保障,推动了行业的发展与进步,社会经济效益显著。近三年主要完成单位依托本项目成果进行市场拓展的总收入超过 2.5 亿元,经济效益显著。所形成的关键技术可以在全国范围内推广应用,有着积极的示范效应。

存在问题:本技术应用于普通民用建筑,技术成本相对较高,可能限制了在一些小型项目中的普及。

⑥历年获奖情况;

2022 年《海洋气候下钢结构建筑及围护系统防腐关键技术及应用》获得 2022 年度中国钢结构协会科学技术奖一等奖

2023 年《滨海城市典型建筑全寿期安全控制关键技术及应用》获得 2023 年度中国五矿集团科技进步奖一等奖

2024 年《沿海地区典型钢结构工程安全诊治关键技术及应用》获得 2024 年度广东省钢结构协会科学技术奖一等奖