

# 聚焦重大工程质量控制与安全评价,发展无损检测新技术

## ——走进南昌航空大学无损检测技术教育部重点实验室

Aligning With Quality Control and Safety Evaluation of Major Projects, Developing New Non-Destructive Testing Technology

[编者按] 1982年在钱学森先生关心下,南昌航空大学创办“无损检测”本科专业,开启了我国无损检测高等教育的新纪元,该专业先后获批国家特色专业、教育部卓越工程师教育培养计划专业和国家级一流本科专业。以无损检测专业为基础,综合“电子测量技术与仪器”、“检测技术与仪器仪表”等专业发展起来的“仪器科学与技术”学科是江西省内高校最早设立的仪器科学与技术类重点学科和硕士点,是江西省“九五”至“十二五”重点学科和江西省首批示范性硕士点,“十三五”期间获批江西省一流学科。南昌航空大学无损检测技术教育部重点实验室(下文简称“实验室”)即是在此基础上发展而来,并于2005年12月经教育部批准立项建设,2008年10月通过建设验收,2018年12月通过教育部评估。实验室立足江西、面向国防、服务航空,充分利用学校无损检测技术优势,围绕航空航天和装备制造等产业所急需的关键检测设备,开展传感器、信息获取及智能化等关键技术的研究,在无损检测/监测/探测领域具有核心竞争力,突破关键技术严重依赖国外的瓶颈,建设具有高水平的技术创新和人才培养平台,为国家重大工程的安全运行提供保障。

### 研究方向及人员组成

实验室以国家中长期科技发展战略规划纲要为指导,以无损检测技术为总的研究发展方向,充分发挥南昌航空大学仪器科学与技术学科、光学工程学科和材料科学与工程等学科交叉的优势与特色,重点围绕电磁与声学检测技术、光电检测技术以及无损检测智能化3个主要研究方向,坚持自主创新,着力解决国民经济和国防科技工业领域安全相关的基础理论、前沿高技术、重大关键技术与共性技术问题,一贯注重前沿技术的开拓与创新,为我国无损检测技术的发展提供了科学技术支撑。实验室学术委员会主任为中国科学院院士房建成教授,主任为中国机械

工程学会无损检测分会理事长沈功田研究员,现有固定研究人员56人,流动人员28人,其中教授42人、博士生导师8人、硕士生导师49人,具有博士学位人员58人。研究队伍中享受国务院政府津贴专家6人、国家“万人计划”首批科技创新领军人才1人、科技部重点领域创新团队带头人1人、江西省新世纪百千万工程人才9人、江西省中青年学科带头人10人和江西省高校中青年骨干教师15人。

### 基础设施及科研设备

实验室总面积达5800m<sup>2</sup>,科研仪器设备原值近1亿元,已拥有较齐备的科研平台,如高功率和非线性超声检测系统、空气耦合超声探测系统、阵列涡流成像检测系统、工

业CT检测系统、红外热成像检测系统和超声显微镜测试系统等,此外还配备了计算机测试和分析专用软件。建有电磁检测技术与仪器、声学检测技术与仪器、激光散射与探测技术、光电检测技术、航空构件检测与评价实验室和智能检测与信号处理研究室等多个实验平台。实验室针对工程检测中的“疑难杂症”,自行研制了一大批先进工程检测装备和系统,包括超声特征扫描成像系统、近/远场涡流检测装置、三维结构光高精度测量系统、水下布里渊激光雷达系统和多传感器图像检测与识别系统等。

### 重大研究成果与工程转化

探索了光照变化、大位移与非

刚性形变等复杂场景的光流计算理论,提出了面向复杂场景的非局部TV-L1变分光流计算方法,排名居全球前5%。(1)首次提出了光流计算多滤波协同优化策略,构造了耦合相互结构引导滤波的金字塔分层光流估计模型,解决了复杂场景光流计算的边缘模糊与过度分割难题,完善了变分光流计算的理论体系;(2)建立了发动机机匣用高温合金、涡轮叶片等关键件无损检测与评价相关理论,提出了高温合金组织均匀性超声无损评价方法,在国内率先实现了涡轮叶片热障涂层三维结构分析,突破了TGO超高分辨率(0.5 $\mu\text{m}$ )三维成像,并建立基于真实TGO三维结构的涂层热应力分析模型,率先实现了涡轮叶片数字化射线检测,突破了叶片气膜孔周微裂纹射线检测技术;(3)发展了声场控制理论和控制方法,深入研究恶劣工况下多波超声全域、多维度特征构造技术,突破了材料微缺陷特征信号易混淆、难提取的技术瓶颈;(4)创新性提出了基于多特征智能综合无损评价模型,研发出国内首套智慧云检测系统,实现了航空关键异形结构检测信息的互联互通、智能识别及综合评价的技术革新;(5)探索了布里渊散射激光雷达水下环境参数及目标探测的物理机制,首次将受激布里渊散射技术引入激光雷达,大幅度提高了激光雷达的探测性能;(6)发明了激光雷达双光束泵浦放大、光谱压缩增强等关键技术,研制出了国内首台新型受激布里渊散射激光雷达,解决了水环境参数

及水下(隐身)目标实时探测的“卡脖子”技术难题;(7)发展了复杂关键构件电-磁多场应力耦合、缺陷扰动理论,首次提出多材质构件应力的弱磁测量方法和交流电磁场应力测量方法,突破电磁传感器的高灵敏度新型感知技术,研究复杂工况下的电磁传感器信息传递的稳域智能调控,建立面向高精度与高可靠性的多模态涡流场的缺陷量化评估模型,构建电-磁多模态新型电磁检测系统。

实验室围绕检测技术相关的重大关键技术及共性技术开展工程应用与成果转化,电磁与声学检测技术方向提出了电磁/声学集成-云检测技术,发展了电-磁-声多模态/检测及缺陷反演理论,率先研制多物理场集成检测仪用于新型战机复杂构件的检测难题,研制的智能电磁检测设备居高速动车组车体应用份额首位,获得江西省科技进步奖一等奖和中国产学研合作创新成果奖一等奖各1项。光电检测技术方向研制了国内首套布里渊散射激光雷达系统,水下隐身目标探测精度和距离达到国际领先水平,受到母国光院士的高度评价,获得江西省技术发明一等奖1项;无损检测智能化方向率先提出的基于直线光流三维测量方法技术水平居国内领先,突破了高速高动态范围的三维测量技术瓶颈,光流测量精度位列全球前5%,研制出了国内首台某型武器装备高速目标测试系统,获得中国产学研合作创新成果奖一等奖和航空科技进步奖二等奖各1项。

## 学术交流与产学研合作

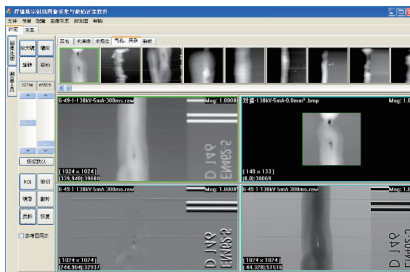
近年来,实验室积极组织和参与学术交流活动,每年有30余人次参加国内外学术会议,与企业和其他高校科研工作者共同交流学习,共有62人次获得学术会议优秀论文和宣读论文,在行业学会学术会议大讲堂上充分展示本专业学生的科研素质和能力,学生学术能力和综合素质得到行业的广泛认可。此外,承办国际性会议3次,全国性会议和交流活动10余次,邀请了包括美国无损检测学会主席L.Terry Clausing等国内外知名学者来校做学术报告,参会人数超3000人(次)。此外,实验室倡议并联合清华大学、华中科技大学等重点高校成立无损检测研究生教育专业联盟,旨在加强协同合作,共同开展我国无损检测专业高级人才的创新培养研究,为提升我国无损检测高端仪器和设备研制的创新能力,以及实现我国国防科技和先进制造提供人才和技术支撑。实验室与美国芝加哥大学、堪萨斯州立大学、英国克莱菲尔德大学、德国德累斯顿工业大学、德国弗劳恩霍夫无损检测技术研究所、法国滨海大学和香港城市大学等多个国家和地区的研究机构建立了较密切的科研合作、学术交流和人员往来;与GE检测与传感科技公司、奥林巴斯NDT公司、广东汕头超声电子股份有限公司超声仪器分公司、声华科技有限公司和广州多浦乐电子科技有限公司等国内外知名无损检测仪器设备企业建立无损检测联合实验室20余个,承担企业横向合作项目300余项,累计经费近2亿元。

展望未来,实验室提出了“面向行业开放、构建多层次多途径的实践创新平台,全面提升行业影响力”的发展思路,旨在推动我国无损检测事业的蓬勃发展,为国家和国防重大工程的顺利实施保驾护航。

(采访 古京)



高精度特征成像系统



射线DR图像采集和图像处理软件