

高精度激光散斑无损检测设备

- 橡胶/复合材料/结构缺陷检测快速解决方案
- 非接触、大范围、高灵敏度、高分辨率、快速原位检测

北京云海纵横科技有限公司

lthndt@163.com



目录

01

激光散斑无损检测背景

02

研制的激光散斑无损检测设备

03

应用领域

04

特色及技术创新

05

应用案例展示

一、激光散斑无损检测背景

1、复合材料的广泛应用是激光散斑无损检测技术发展的基础

复合材料具有高强度、高模量、低比重等优点被广泛应用于航空航天、军工等领域，如：

- 战斗机：占比20%-90%，如我国歼-20占27%；
 - 无人机：我国翼龙1E无人机全复合材料；
 - 大飞机：占比11%-50%，如C919占比11.5%；
 - 直升机：占比40%-80%，如：我国直-9型直升机占比60%；
 - 航空发动机：涡扇发动机压气机叶片、导向叶片及其框架组件、涡扇发动机鼻锥及整流装置等；
 - 其他国防军工行业：多管远程火箭弹、空空导弹结构材料和耐烧蚀隔热材料，固体火箭发动机，舰船夹芯结构复合材料，雷达天线罩等。
- ✓ 航空航天复合材料内部缺陷极大影响设备的运行安全。



一、激光散斑无损检测背景

2、复合材料缺陷在航空航天、军事领域引发的事故



- 2003年2月1日美国东部时间上午9时，美国“哥伦比亚”号航天飞机在德克赛斯州北部上空解体坠毁，7名宇航员全部遇难。

➤ 美国“哥伦比亚”号事故

- 原因：航天飞机外部燃料箱表面**泡沫绝缘板**安装过程中存在的缺陷，导致脱落击中了飞机左翼前缘的隔热板。

- 美联社2003年2月21日：**激光散斑无损检测技术**如果被使用，将可能避免“哥伦比亚”号事故的发生。

F-35的首次坠机事故原因查明，一个重要零件竟在飞行中断裂

播报文章



环球时报

2019-05-12 18:15

《环球时报》官方帐号

关注

据彭博社报道，2018年坠毁的首架F-35隐身战斗机原因查明，原因是联合技术公司 (United Technologies) 一家分包商制造的燃料管制造缺陷造成的。而这个致命缺陷竟在当时全世界40%的F-35战斗机上发现。



HAWAII NEWS

Coating falling off Virginia-class subs

By William Cole Oct. 3, 2010



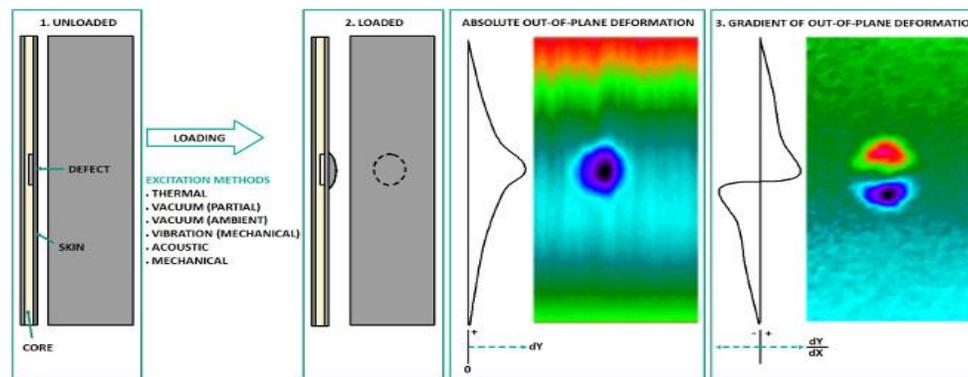
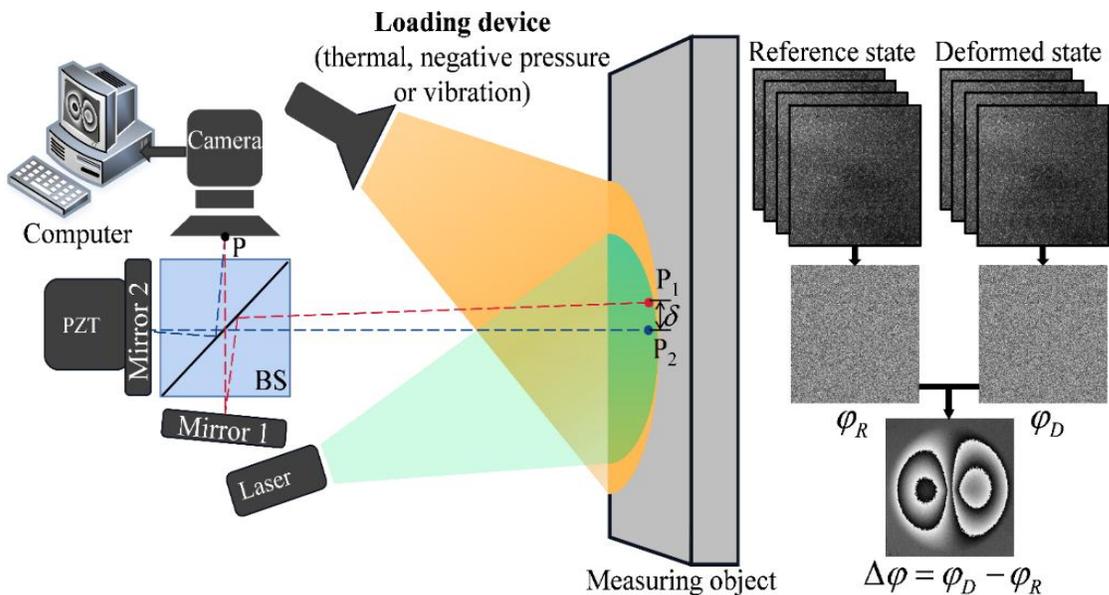
U.S. NAVY PHOTO
The Navy acknowledges that there have been problems with the special coating that helps to make Virginia-class nuclear-powered attack submarines stealthy. Here, the attack submarine USS Virginia leaves the Naval Submarine Base New London in Groton, Conn.

- **核潜艇消声瓦大面积脱落**的事故，预计损失达**7.4亿美元**。

激光散斑技术是航空、航天中复合材料无损检测的最佳选择之一

一、激光散斑无损检测背景

3、检测原理



缺陷物体 加载后 凸起 检测结果

变形前

$$\begin{cases} I_1 = A + B \cos[\varphi] \\ I_2 = A + B \cos[\varphi + \pi/2] \\ I_3 = A(x, y) + B \cos[\varphi + \pi] \\ I_4 = A(x, y) + B \cos[\varphi + 3\pi/2] \end{cases} \rightarrow \varphi_0(x, y) = \arctan \frac{I_2 - I_4}{I_3 - I_1}$$

变形后

$$\varphi_1 = \arctan \frac{J_2 - J_4}{J_3 - J_1}$$

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_0$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\Delta\phi\lambda}{4\pi\delta}$$

- 结合了相位测量与图像处理技术，具有**全场、快速、高精度测量**等优点。
- 通过对被检对象的均匀加载，仪器利用高精度稳定的干涉成像技术检测被检对象中是否存在缺陷或不均匀性，并给出缺陷（气泡、空隙、分层、裂纹、脱粘等）的尺寸、位置、性质和数量等信息。

一、激光散斑无损检测背景

4、复合材料无损检测方法对比

无损检测方法	价格	速度	样品测试范围	特殊的测试要求	存在的一些限制
超声	中等	慢	单侧和两侧	需要耦合剂	介孔材料
空气耦合超声	中等	慢	单侧和两侧	不需要耦合剂	应用领域较窄
激光超声	昂贵	慢	单侧和两侧	耦合剂不产生脉冲回波	昂贵、激光的安全性、材料需要表面处理
X射线	中等	慢	两侧	安全性	无法检测复合材料内部孔隙和常见缺陷
太赫兹	中等	快	单侧和两侧	用于低密度材料的检测	湿度影响、测试材料限制、传导问题
红外热成像	中等	快	单侧和两侧	高热导率	随着检测深度增加，检测灵敏度下降
激光散斑	中等	快	单侧和两侧	反射表面	随着检测深度增加，检测灵敏度下降

激光散斑检测方法具有快速、无需耦合、非接触、检测结果显示直观等优点。

一、激光散斑无损检测背景

5、激光散斑无损检测仪国产化势在必行

- ✓ 传统检测手段普遍存在效率低、对人体有害、受温湿度影响大等问题；
- ✓ 激光散斑技术具有非接触、灵敏度高、检测范围广、快速实时检测等优点。
- ✓ 国内集成化设备尚处于起步阶段，存在较多不足，进口设备被禁运：

- 干涉条纹受环境振动、光线等因素造成成像不稳定；
- 缺陷图像重建需要采集四幅图像，实时性差；
- 干涉条纹掺杂难以接受的噪声，缺陷的辨识度低；
- 被测对象的加载方式和加载强度不明确。



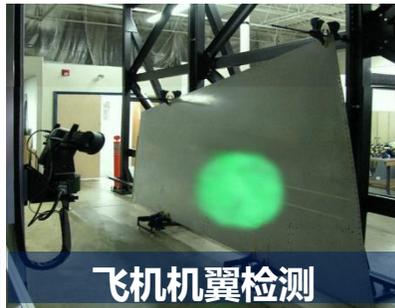
- ✓ 研制新型激光散斑无损检测仪，打破国外技术封锁，替代昂贵的进口设备。



战斗机检测



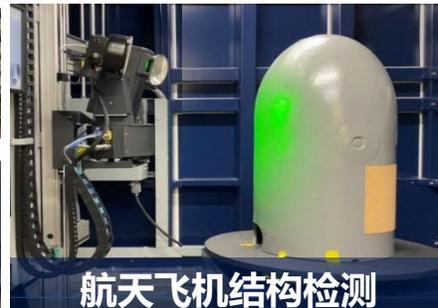
直升机叶片检测



飞机机翼检测



无人侦察机检测



航天飞机结构检测

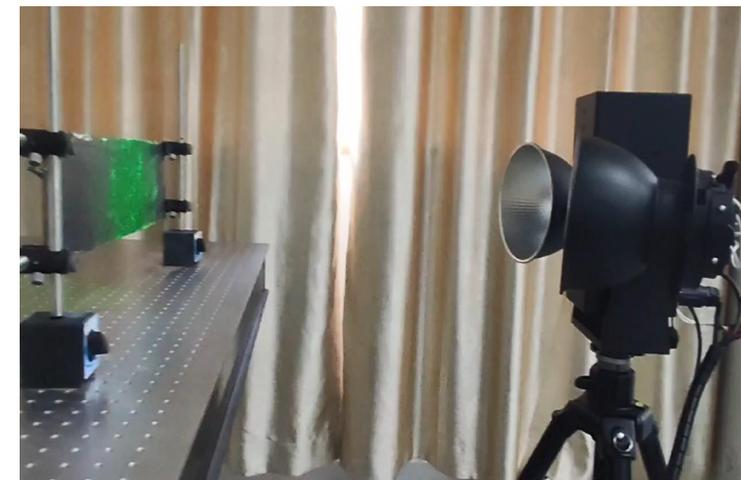
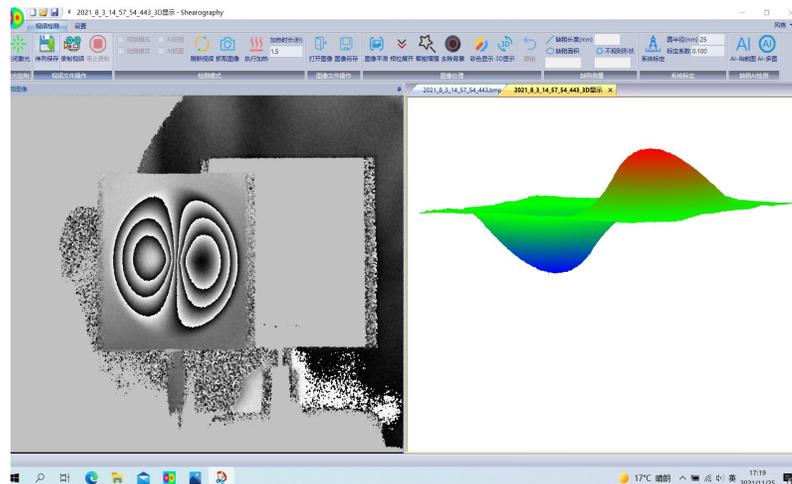
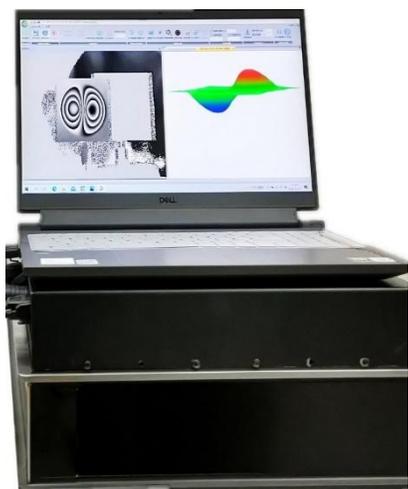


载人飞船检测

二、研制的激光散斑无损检测仪

特 色：高精度、实时的散斑无损检测

- **与国内同类仪器相比，具有高抗振、高信噪比、实时动态成像等优点，达到国际先进水平；**
- **仪器操作方便、缺陷成像清晰直观，并且拥有缺陷智能识别、缺陷尺寸精确自动测量等强大功能；**
- **热加载、负气压、振动等多种加载模式，适应各种复合材料的检测；**
- **自主可控：实现了完全自主化、性价比高。**



三、应用领域

航空领域

- 飞机机翼层压板、蜂窝板结构等；
- 发动机橡胶粘接产品的粘接质量；
- 直升机桨叶的缺陷检测；
- 各种航空零部件、结构件层压板、蜂窝板、胶接结构和泡沫夹心结构的检测。

航天领域

- 卫星舱体的蜂窝结构、层压板等类型材料；
- 固体火箭药柱的气孔、裂纹及包裹层的粘接检测；
- 复合材料气瓶、贮箱的检测；
- 热防护系统的缺陷和粘接性能检测。

电子领域

- 雷达天线等复合材料的缺陷和粘接性能检测；
- 电子元器件（PCB板等）的产品密封性能和粘接性能检测。

船舶领域

- 船体复合材料的缺陷检测；
- 潜艇消声瓦粘接性能检测；
- 超声换能器的缺陷检测。

风电及其他领域

- 风力发电桨叶的缺陷检测和粘接质量检测；
- 生产及翻新轮胎的缺陷检测；
- 列车，汽车、橡胶工业等；
- 列车内部面板损伤检测。

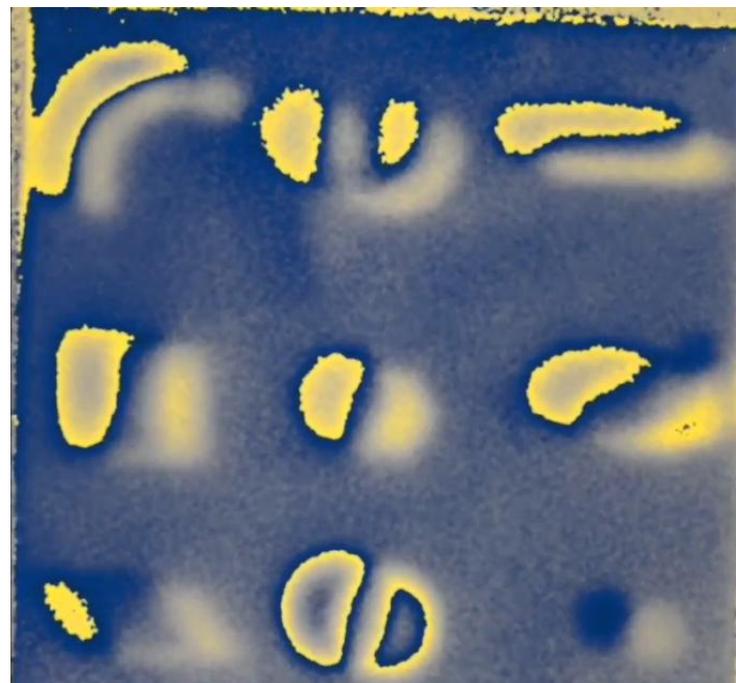
四、特色及技术创新点

□ 高精度相移散斑图生成与采集

- 精密驱动器高精度相移散斑图生成技术；
- 缺陷条纹高信噪比、高抗振。

□ 剪切散斑干涉条纹高质量、实时成像

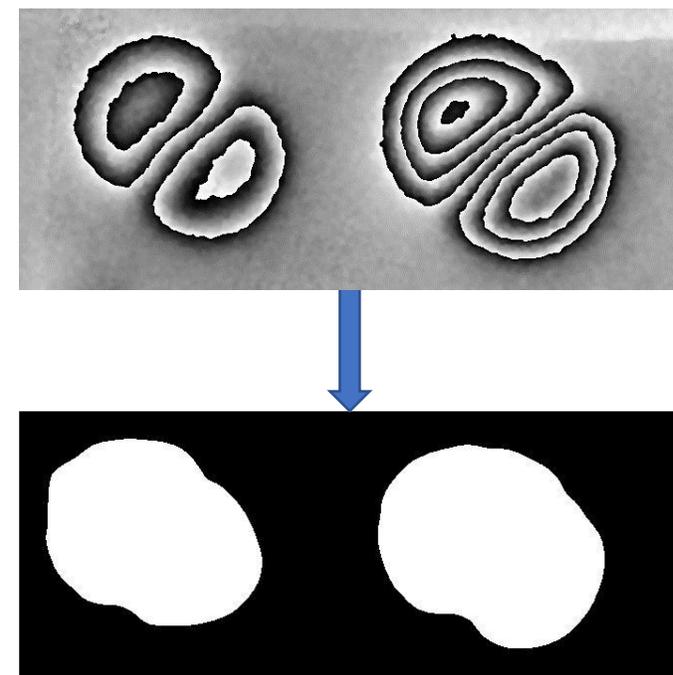
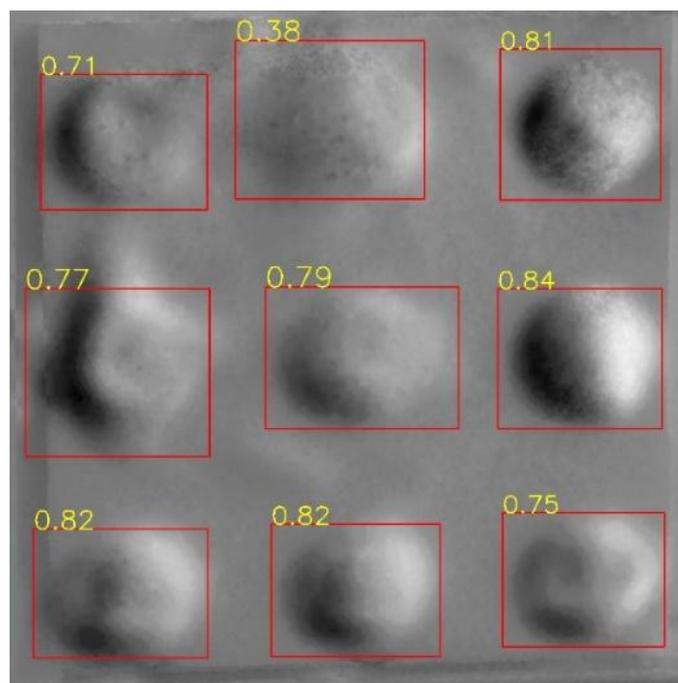
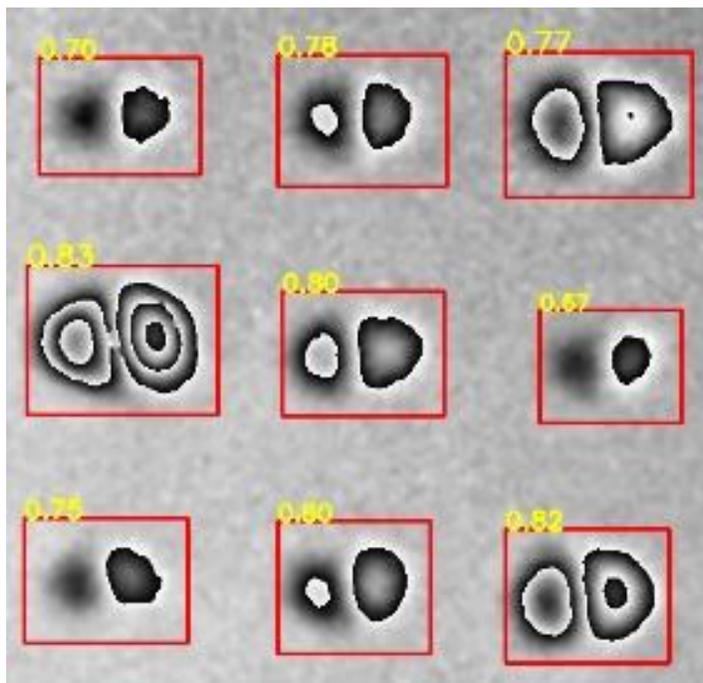
- 单帧相位图高质量实时重建；
- 高效去噪技术，提高缺陷图质量；
- 图像并行处理技术，加速高分辨率相位重建：
实时检测帧率25fps。



四、特色及技术创新点

□ 缺陷智能识别与定量检测

- 基于深度学习的缺陷自动识别，识别率 $\geq 95\%$ ；
- 识别帧率：约25fps。
- 智能定量检测精度：5%



四、特色及技术创新点



- 高抗振技术
- 高信噪比
- 受外界影响低, 可用于室外在线检测
- 灵敏度:0.1mm

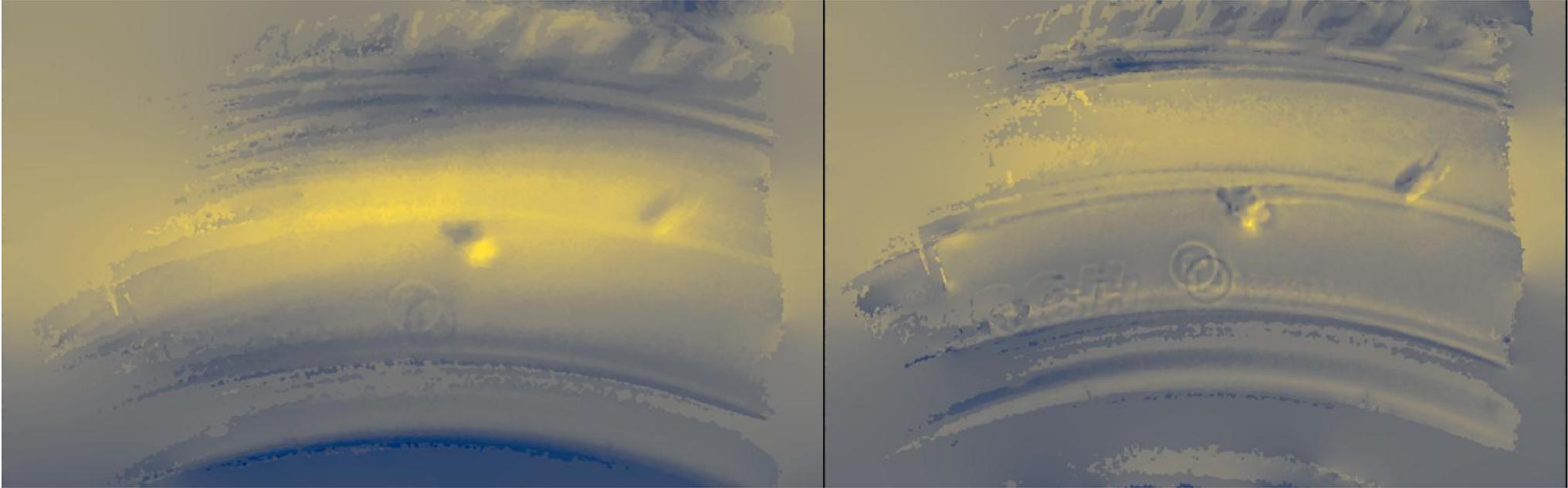
- 动态:25fps
- 全场:60*60cm²
- 单次检测只需10s

- 缺陷自动识别率 ≥95%
- 缺陷检测精度: 0.5mm(可定制更高)
- 缺陷显示直观、精确定位
- 平面、曲面均可
- 操作简单

- 无需耦合剂
- 对人体无害
- 完全自主研发, 可根据用户需求定制
- 拥有多项专利:
202110896224.5,
202111322062.0,
02121822890.9,
202310017492.4等



五、应用案例展示

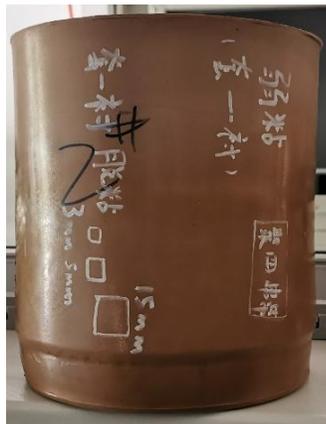


某军工维修基地飞机轮胎检测结果

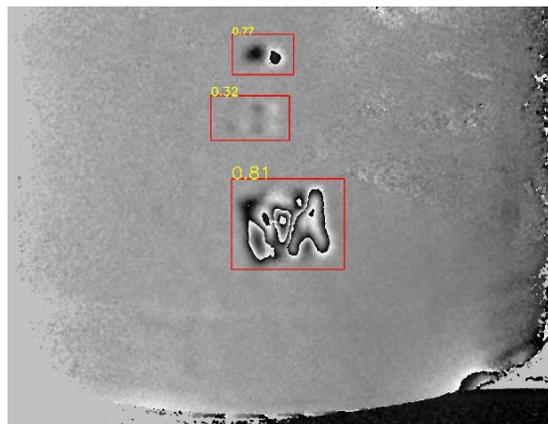
五、应用案例展示



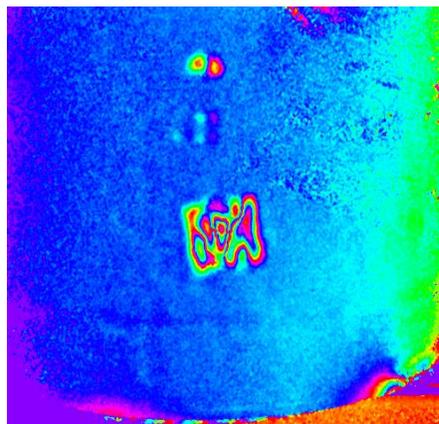
某军工集团固体火箭药柱检测



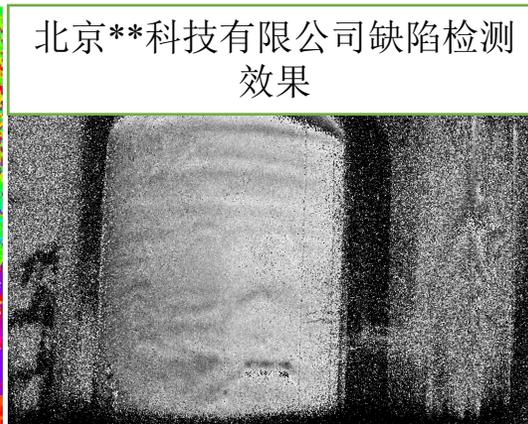
固体火箭药柱



固体火箭药柱缺陷



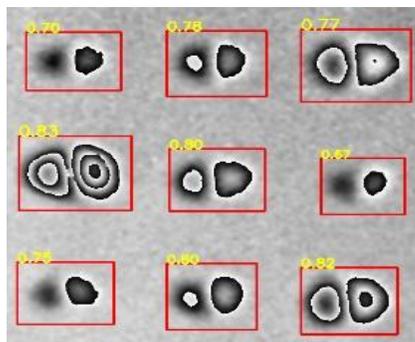
彩色显示



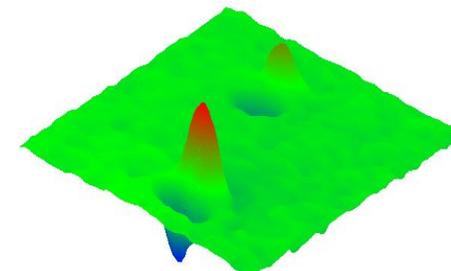
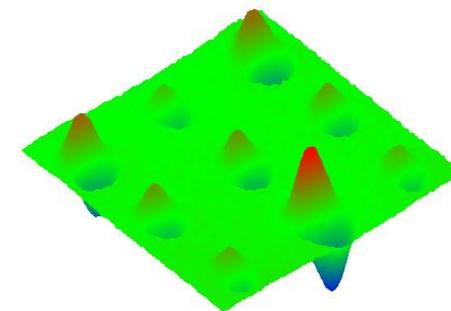
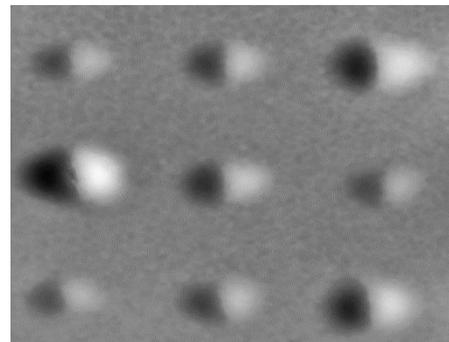
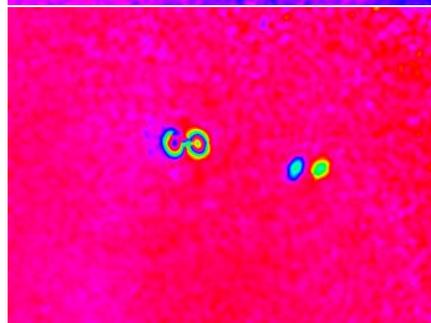
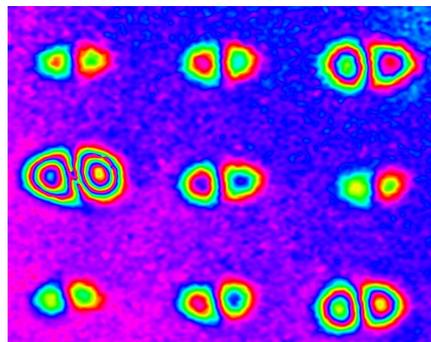
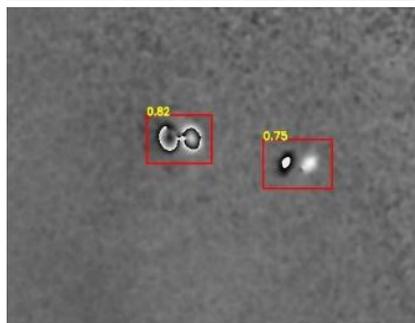
北京**科技有限公司缺陷检测效果

现有国产设备对比

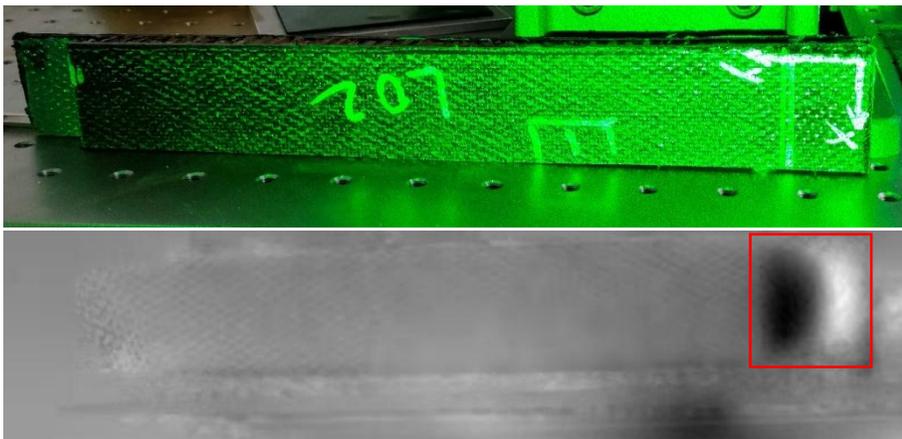
碳纤维层压板



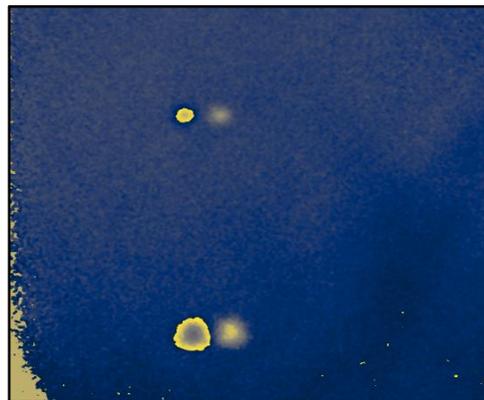
铝蜂窝板



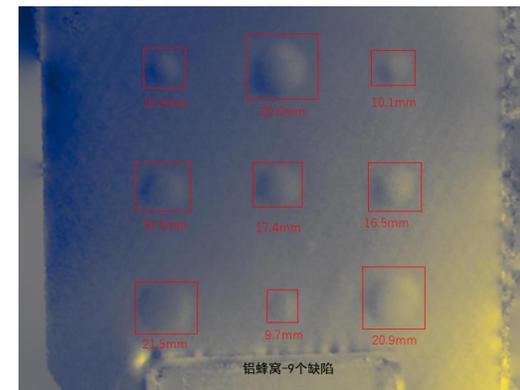
五、应用案例展示



纸蜂窝材料缺陷检测



无人机碳纤维材料缺陷检测

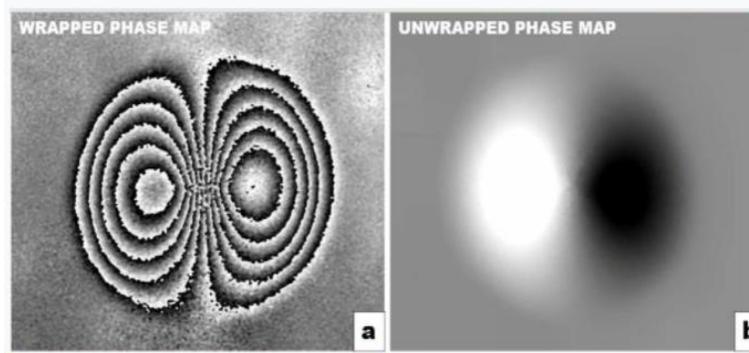


某航天研究所：铝蜂窝铝蒙皮脱粘检测



某型直升机桨叶激光散斑成像图

与国外成像质量的对比



美国LTI

(<https://www.laserndt.com/ndt-products/6200-2/>)

VS

研制的激光散斑无损检测仪

谢 谢!

北京云海纵横科技有限公司

lthndt@163.com