

WILL-PAUT-3Dultra型相控阵全聚焦实时3D超声 成像系统产品说明书



目 录

| | |
|---------------------|---|
| 1. 产品概况 | 2 |
| 2. 配置说明 | 5 |
| 3. 系统概述 | 6 |
| 4. 设备运维 | 7 |
| 4.1 软件巡检 | 7 |
| 4.2 硬件巡检 | 7 |
| 5. 问题处理 | 8 |
| 5.1 设备人为操作类问题 | 8 |
| 5.2 设备软硬件类问题 | 8 |
| 6. 保养 | 9 |
| 6.1 日常保养 | 9 |
| 6.2 定期保养 | 9 |

1. 产品概况

风机中最主要的固定连接方式就是螺栓连接，螺栓的质量将直接影响风机运行安全。由于风电螺栓规格种类多，数量庞大。因此，选择一种快速有效的在役螺栓检测方法是保障风机安全运行的重要手段。针对螺栓的无损检测，传统方法主要为磁粉、渗透及涡流检测等，但该方式需要拆卸螺栓，实施难度大。传统方法已无法完全满足当下行业的需求，对风电在役螺栓无损检测只有超声检测技术可胜任，同时超声检测技术可适用于风机大部件，如变桨轴承、塔筒焊缝，风机主轴承等。近年来，超声检测技术发展较快，目前主要有常规超声检测（UT）、2D全聚焦超声相控阵成像检测（2D-TFM）和3D全聚焦超声相控阵成像检测（3D-TFM），其中，3D-TFM是能满足风电螺栓全场景检测需求的最先进技术。

WILL-PAUT-3D ultra型相控阵全聚焦实时3D超声成像系统，是针对风电整机各部件超声无损检测打造的小型化检测产品，重量更轻，体积更小，更便于携带。仪器集成了相控阵PAUT和业界最前沿的实时3D全聚焦TFM、多模态全聚焦TFM等高端成像技术，TFM图像实时帧率高达100fps，聚焦点数高达100万点，支持A、B、C、D、3D和4D多种显示方式。并针对风电高强紧固螺栓、塔筒焊缝、主轴检测等定制开发了专用检测模块提供完整解决方案。



图 1 WILL-PAUT-3D ultra 型相控阵全聚焦实时 3D 超声成像系统产品图片

WILL-PAUT-3D ultra型相控阵全聚焦实时3D超声成像系统主要的功能模块如下：



图 2 3D 相控阵超声探伤在风电机组应用场景

➤ **专用风电功能模块：**

针对风电高强紧固螺栓（含内、外六角螺栓）、塔筒焊缝等定制开发了专用检测模块提供完整解决方案。

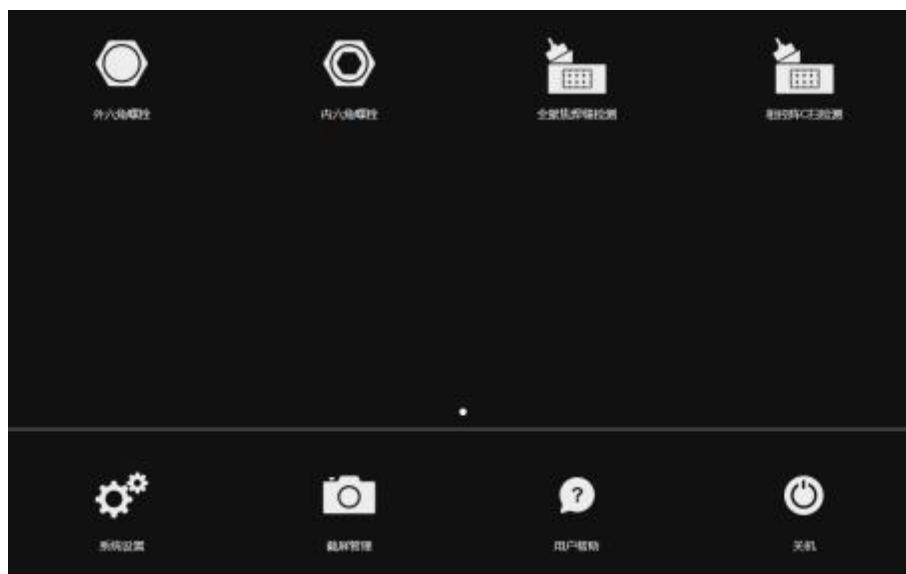
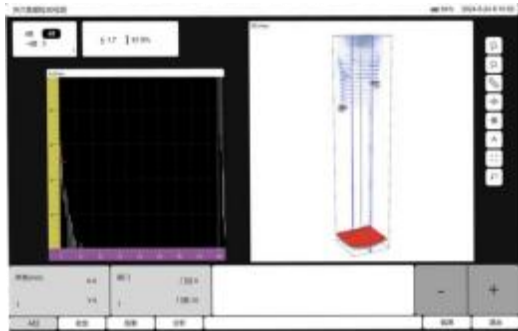


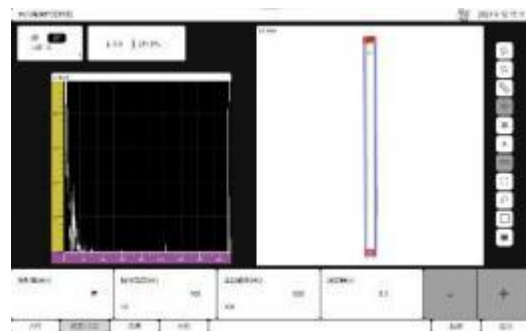
图 3 软件主界面

风电紧固螺栓检测：针对外六角及内六角等各类型螺栓，设计专用面阵及菊花阵相控阵探头，可实现基于面阵、菊花阵相控阵探头的实时三维全聚焦TFM

成像检测，及三维PCI成像检测的一键切换；支持三维成像结果的切片分析。可覆盖M20-M56,长度1米以内规格螺栓的一次性三维全聚焦成像。



外六角螺栓检测结果图



内六角螺栓检测结果图

图 4 螺栓检测结果图

风电塔筒焊缝检测：支持基于线阵及面阵相控阵探头的塔筒焊缝的实时 3D 全聚焦成像检测并结合编码器连续扫查，实现焊缝的连续 4D 成像结果图；

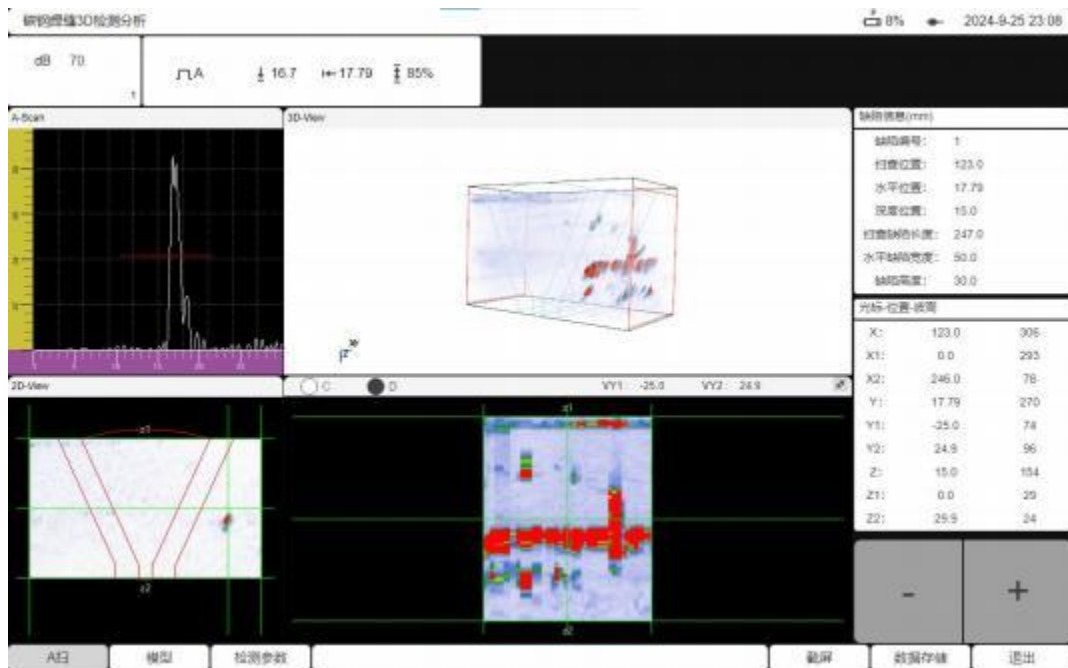


图 5 塔筒焊缝检测结果图

➤ **多组多模态检测**

仪器内置了多种模态的全聚焦重构算法模型，支持 4 组多模态 2D 实时全聚焦超声同时成像，能够支持编码器连续扫查，对被检材料形成完整的3D TFM 检测结果图像，实时重构被检测材料内部各种异型缺陷真实形状。

➤ **场测量校准补偿**

设备支持基于超声场测量的校准补偿功能，校准过程简单高效，校准结果准确有效，克服了传统相控阵 TCG/ACG 校准补偿操作过程复杂，解决难以有效实

施的问题。

➤ **原始数据存储**







设备具备原始全矩阵数据采集存储功能，为各种新型材料和特殊工件的数据仿真分析、全聚焦 TFM 算法模型构建验证以及三维时空运动监测 3D 重构等研究提供了强大的数据平台。

➤ **轻量便携设计**

设备体积小巧，重量轻便，采用分体式设计，搭配高性能平板，实现平板于主机之间的有线及无线连接，并配备专用主机背袋，便于携带到上风机或其他各种复杂环境的检测需求和应用场景。

2. 配置说明

表 1 设备配置清单

| 序号 | 部件名称 | 数量 | 检测用途 | 图片 |
|----|----------------------------------|----|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 3D全聚焦相控阵检测 WILL-PAUT-3D ultra | 1台 | 主机 |  |
| 2 | 工业级IPAD | 1台 | 检测显示终端 |  |
| 3 | 相控阵探头WILL-MZ-C03 | 1只 | 检测螺栓类型：主要用于平头双头螺柱及外六角螺栓检测及部分结构空间受限区域探头 |  |
| 4 | 相控阵探头WILL-JH-DA1 | 1只 | 检测螺栓类型：主要用于带内六角孔双头螺柱、平头双头螺柱及外六角螺栓检测 |  |
| 5 | 相控阵探头2.5L64 | 1只 | 检测类型：主要应用风机主轴检测 |  |
| 6 | 相控阵探头5L64（选配） | 1只 | 检测类型：主要应用对接焊缝检测 |  |

| | | | | |
|----|-----------------|----|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | 相控阵探头5L64-C108 | 1只 | 检测类型：主要应用于变桨轴承齿圈检测 |  |
| 8 | 软保护膜RMZ-D01 | 2片 | 匹配WILL-JH-DA1 | |
| 9 | 软保护膜RMZ-C03 | 2片 | 匹配WILL-MZ-C03 | |
| 10 | 楔块SC7-N55S（选配） | 1只 | 匹配相控阵探头5L64 | |
| 11 | 楔块SC13-N45S（选配） | 1只 | 匹配相控阵探头2.5L64 | |
| 12 | 编码器SCQpa-LX | 1只 | 匹配主轴与塔筒焊缝探伤连续扫查功能 | |

3.系统概述

WILL-PAUT-3D ultra 型相控阵全聚焦实时 3D 超声成像系统，是相控阵全聚焦实时3D 超声成像检测仪，硬件集成了精密模拟电路、高速数字电路、相控阵信号处理、软件系统、网络等多项先进技术,针对风电螺栓、焊缝、主轴及叶片定制开发专业检测模块和完整解决方案，集成了相控阵 PAUT 和业界最前沿的实时 3D 全聚焦 TFM、多模态全聚焦 TFM 等高端成像技术，TFM 图像实时帧率高达 100fps，可作为自动化检测系统集成配套的专用相控阵模块，满足多种自动化探伤应用需求。功能特点如下：

a) WILL - PAUT-3D ultra 型相控阵全聚焦实时 3D 超声成像系统提供了原始全矩阵（FMC）数据的采集、存储功能，支持高校、研究所等相关机构的研究人员针对各种异型缺陷开发和仿真相应的全聚焦重构算法模型；

b) WILL - PAUT-3D ultra 型相控阵全聚焦实时 3D 超声成像系统内置了多种模态的全聚焦重构算法模型，支持多组多模态 2D 实时全聚焦超声成像，能够支持编码器连续扫查，对被检材料形成完整的3D TFM 检测结果图像，实时重构被检测材料内部各种异型缺陷真实形状；

c) 系统内置了实时希尔伯特滤波器，消除图像中相位信息仅保留幅度信息，消除了全聚焦检测图像结果中由于回波多周期震荡效应带来的缺陷图像分瓣问题，缺陷成像效果更加平滑、饱满，更接近实际情况；

d) 硬件实时聚焦运算，图像刷新率高达 100fps，数据实时处理能力约 2.5G Byte/s；聚焦点数高达 100 万点，具有优良的噪声处理技术，带宽滤波范围 0.5MHz~20MHz，多个频带可选，脉冲宽度支持优化匹配不同频率探头；

e) 检测模块提供超声场测量的场校准补偿功能支持，克服了传统相控阵TCG/ACG校准补偿操作过程复杂，难以有效实施的问题；

f) 轻量便携设计，设备体积小巧，搭配高性能平板电脑，便于携带到任何位置进行现场检测，满足各种复杂环境的检测需求和应用场景。

4.设备运维

4.1 软件巡检

- 将设备开机并听到“滴”的一声后就可以开始操作。
- 查看是否正常开机，显示是否正常，内存是否足够，画面是否卡顿，屏幕是否触摸正常。
- 检查探伤软件与分析软件是否能够正常打开，打开螺栓探伤可以先在螺栓试块或金属构件上使用大面阵探头或者菊花阵探头进行测试，看是否有反馈回波，如有，保存数据并且用分析软件打开，看反馈回波的位置与实际位置是否一致，然后开始检测。

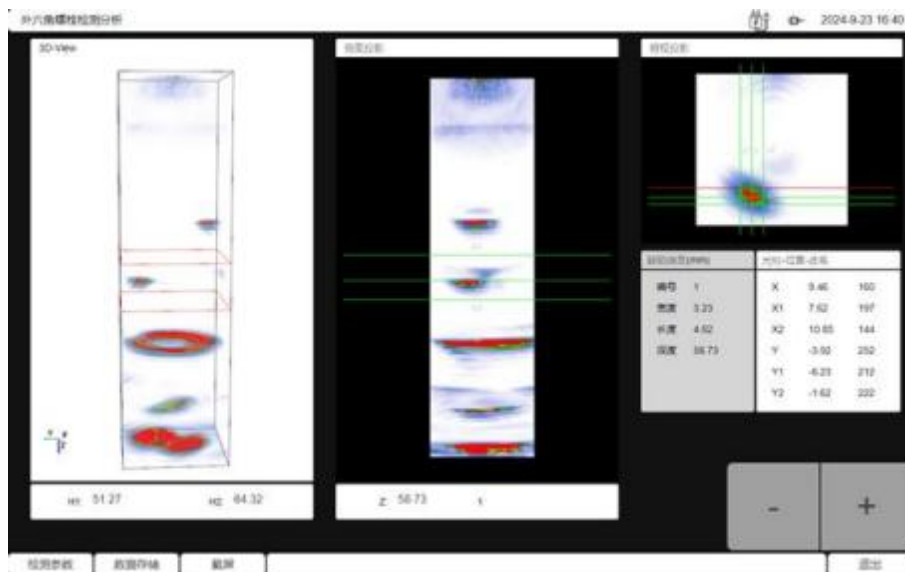


图 6 探伤效果

- 将探头放置于要检测的金属构件上时，检查反馈回波是否有延迟。

4.2 硬件巡检

- 3D 相控阵设备外观巡检：检查外观正常无磕碰，检查探头接口、检查编码器接口、检查电源适配器接口。

- 探头线缆外观巡检：检查探头外观正常及线缆正常，检查编码器外观及拉伸正常及线缆正常，使用时应避免线缆曲折。
- 设备与探头应放置于通风、干燥、阴凉的地方，防止设备内部受潮与线缆保护层加速风化。
- 检查焊缝探头与主轴探头中间耦合剂是否需要重新加耦合剂、重新校准。
- 焊缝楔块与主轴楔块巡检：楔块在使用时磨损程度不应过大。

5. 问题处理

5.1 设备人为操作类问题

设备无法进入 3D 相控阵探伤软件：“显示为设备连接失败，请检查网络”，出现此故障原因是设备未开机，应长按下侧电源键听到一声“滴”后松手，然后再听到一声“滴”后，再点击软件，就可以正常操作。

点开软件后出现设置出错：出现此弹窗原因是探头未插紧或未接探头，接探头时注意针对针孔、槽对槽孔，插不上不可硬插。

5.2 设备软硬件类问题

3D 相控阵设备由于经常在特种环境下进行作业，造成的故障因素也较为繁多，下侧是一些常见的故障及应对办法：

- 设备画面卡顿或者卡着不动：原因可能是设备处于一个极端温度条件下，设备自我保护机制开启，此时应长按后侧电源键强制关机，等待 3 分钟后再进行开机使用，或者是设备内存不够造成的原因。
- 设备进水无法开机：此时切记不要连接电源，也不要再次开机，应立即联系厂家进行返厂维修。
- 设备受到磕碰无法开机或探伤软件无法使用：可能是设备内部电子元器件受损，切记不要私自打开设备查看，应联系厂家进行远程技术指导，或进行返厂维修。
- 探头线缆受损：出现探头受损，探头线缆保护层破损应联系厂家进行维修。
- 楔块受损较大：应联系厂家进行换新。

6. 保养

6.1 日常保养

- 用柔软的无尘布擦拭探头、屏幕和外壳，避免酒精或化学溶剂。
- 每次使用后清理探头表面残留的耦合剂，防止干结。
- 定期用气吹或软毛刷清理散热孔，确保通风良好。
- 检查探头线缆、电源线有无磨损或弯折，插拔时轻拿轻放。
- 使用后整理线缆，避免缠绕或过度弯曲（最小弯曲半径 $>5\text{cm}$ ）。
- 长期不用时，保持电池电量在 30%~50%。
- 每月至少充电一次，避免完全放电。

6.2 定期保养

- 探头测试：用标准试块（如IIW）检测灵敏度，确保声束聚焦正常。
- 软件更新：检查并安装我公司发布的固件/软件升级包。
- 使用校准试块（如 DAC 试块）对设备全通道进行灵敏度校准。
- 验证声速、延迟和角度参数准确性，调整至出厂标准。
- 年度深度保养

联系厂家或授权服务商进行：

内部电路除尘与老化元件更换；

探头发射/接收电路性能检测；

机械部件精度校正（如编码器、电机）。

联系方式：18153452285