



TFM/FMC技术介绍

NDT/ANI | | |





01 什么是FMC？

02 TFM的模式选择

03 AIM (Acoustic Influence Mapping) 声学响应分布图

04 FMC-TFM技术与常规相控阵的比较

05 FMC-TFM技术的优缺点

06 FMC-TFM相关标准



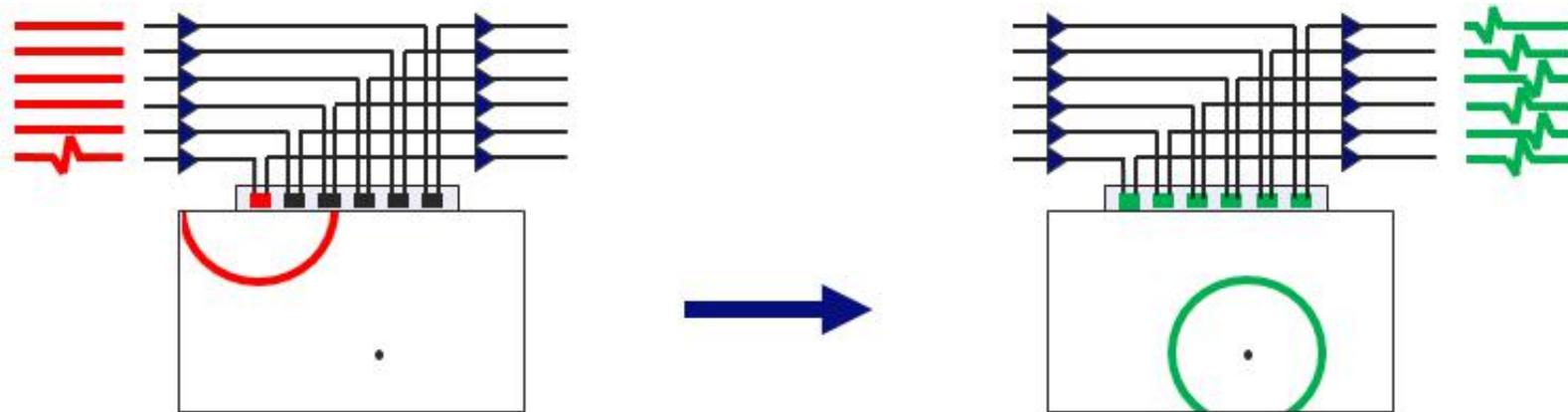
01

什么是FMC？

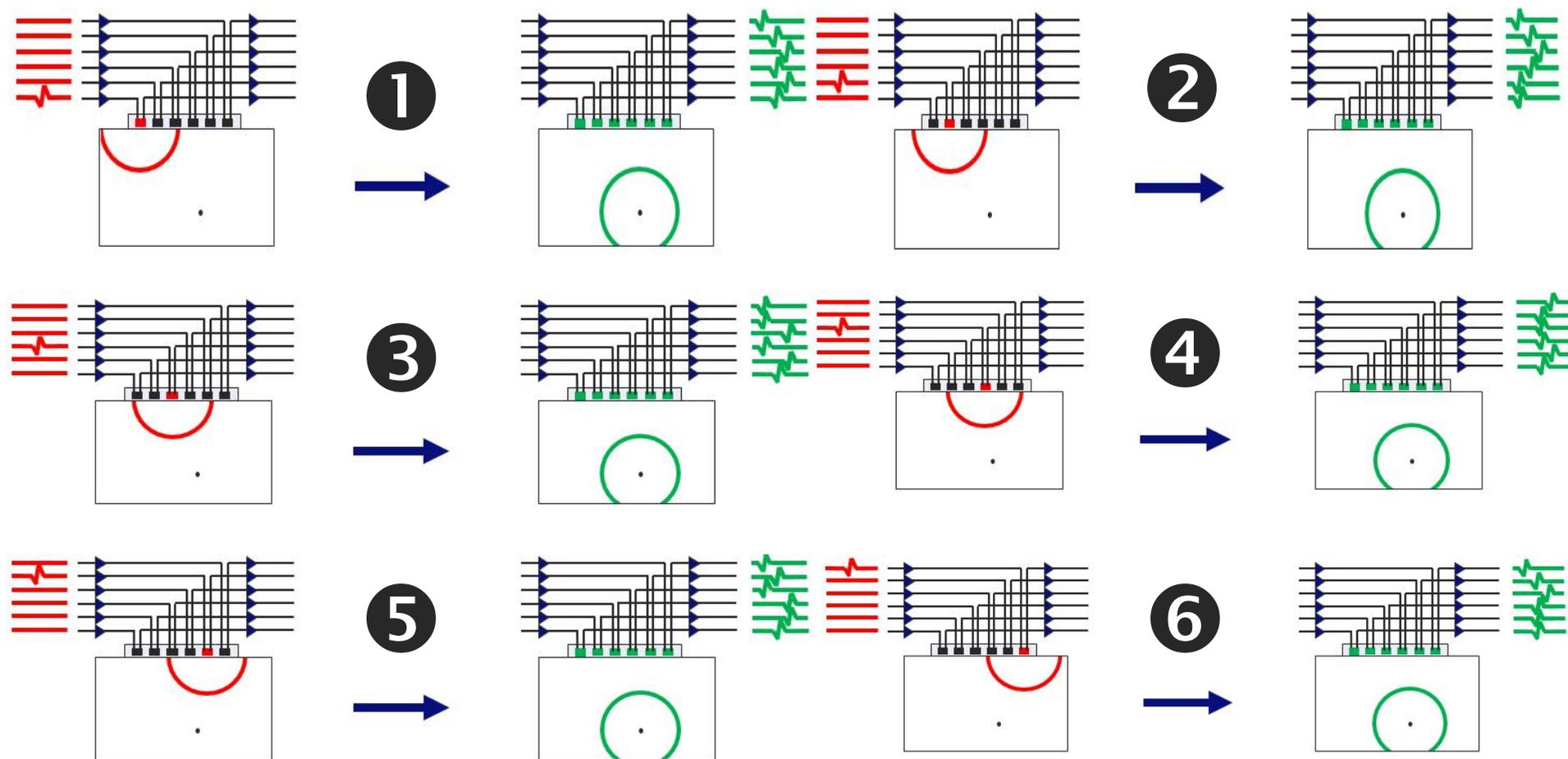
什么是FMC？

FMC是Full Matrix Capture的简称，即全矩阵采集，它是一种数据采集方法。

通过顺序激发相控阵探头中的每一个晶片，并在接收端让所有晶片都接收信号依次激发发射回来的信号。



什么是FMC？

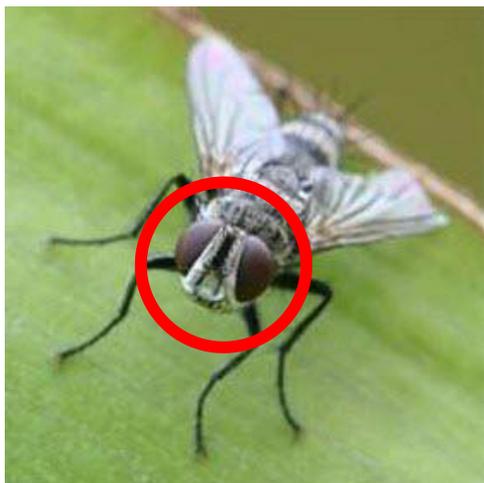


6个晶片的FMC全矩阵采集，会得到 $6 \times 6 = 32$ 个A扫原始信号，因而如果是一个64晶片的FMC全矩阵采集将得到 $64 \times 64 = 4096$ 个A扫信号。

什么是FMC？

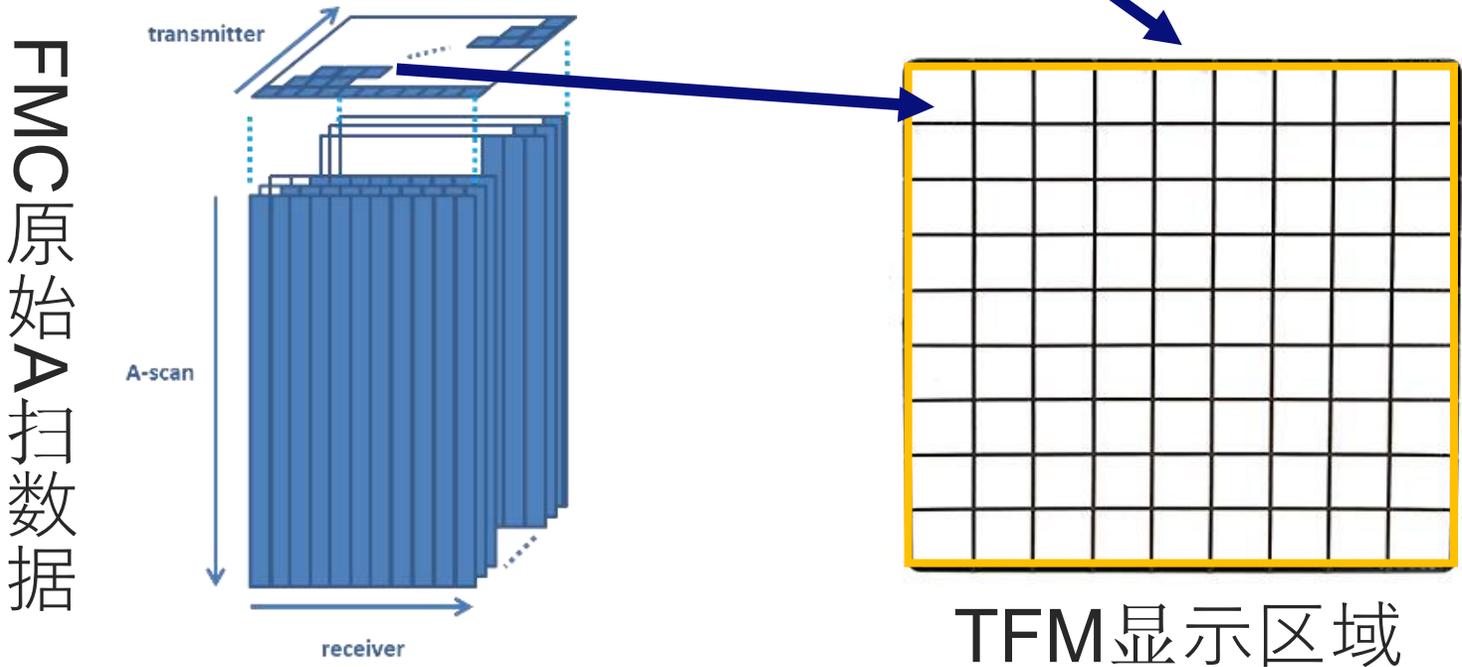
FMC只采集，不对数据进行处理，那如何对FMC采集得来的数据进行处理呢？

可以使用TFM方法，Total Focusing Method的缩写，即全聚焦方法，因而TFM是一种后处理方法。



什么是FMC？

TFM数据处理方法





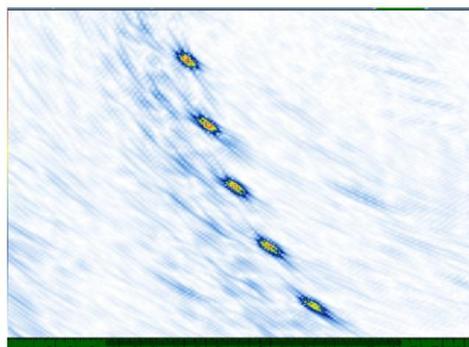
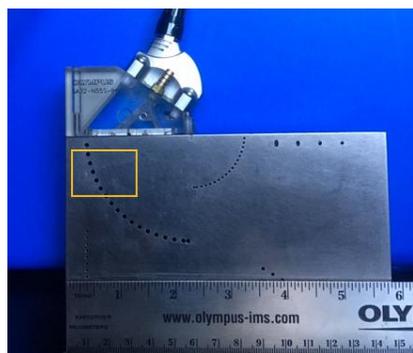
02

TFM的模式选择

TFM的模式选择

在将FMC采集到的数据进行TFM全聚焦方法处理的时候，可以选择多种不同的模式，不同的模式对应的检测结果不同，针对的缺陷类型也不同。

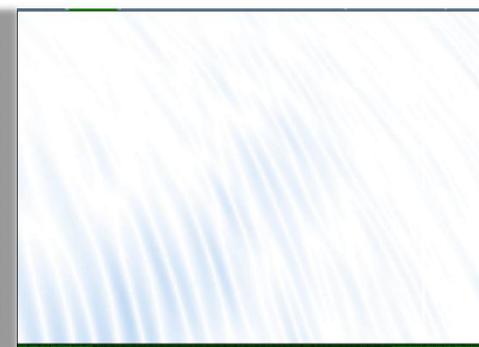
因而模式的选择成为使用TFM技术的关键。



TT



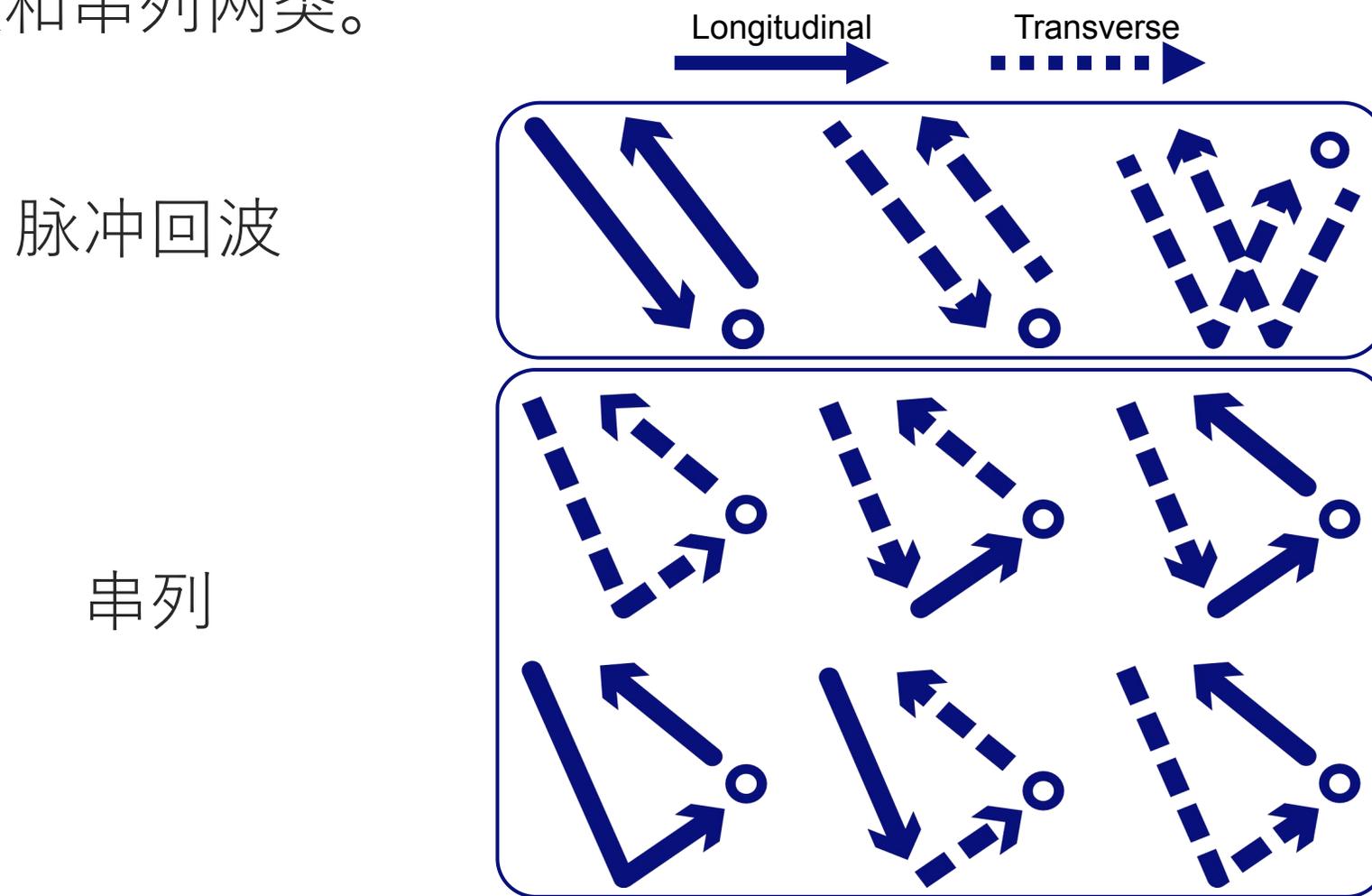
TTT



LLL

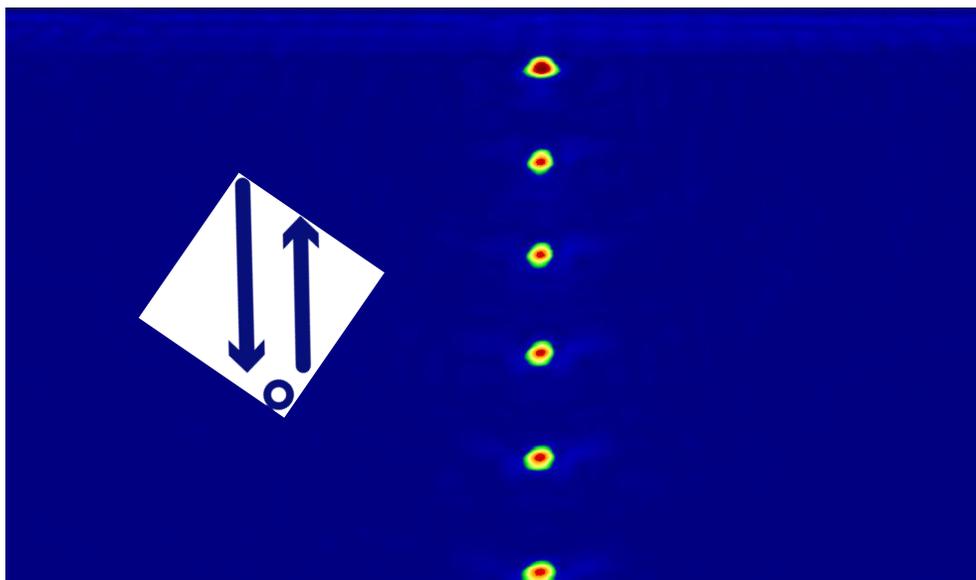
TFM的模式选择

OmniScan X3有9种TFM模式可选，并分为脉冲回波和串列两类。

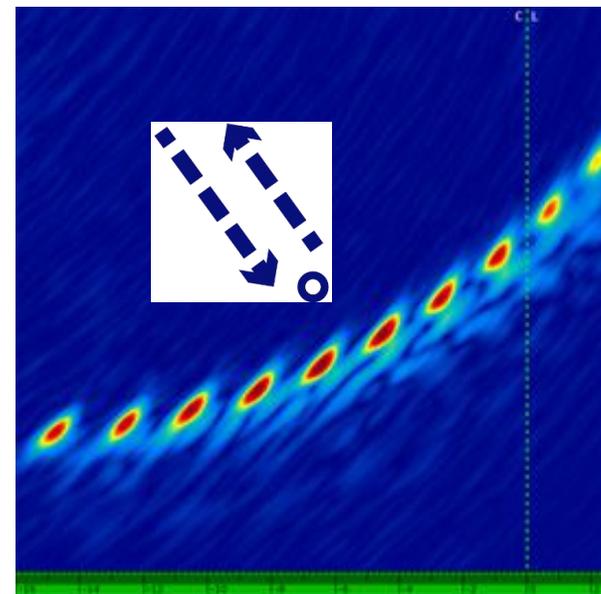


TFM的模式选择

LL模式，用于0° 检测腐蚀等

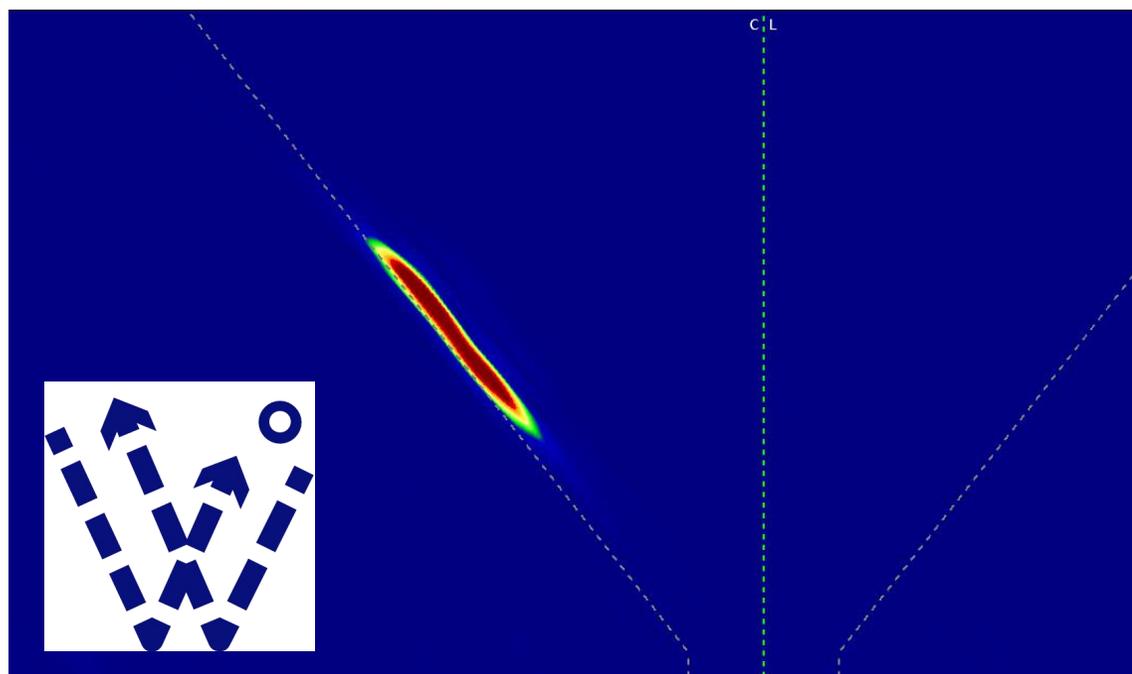


TT模式，用于角度声束焊缝检测

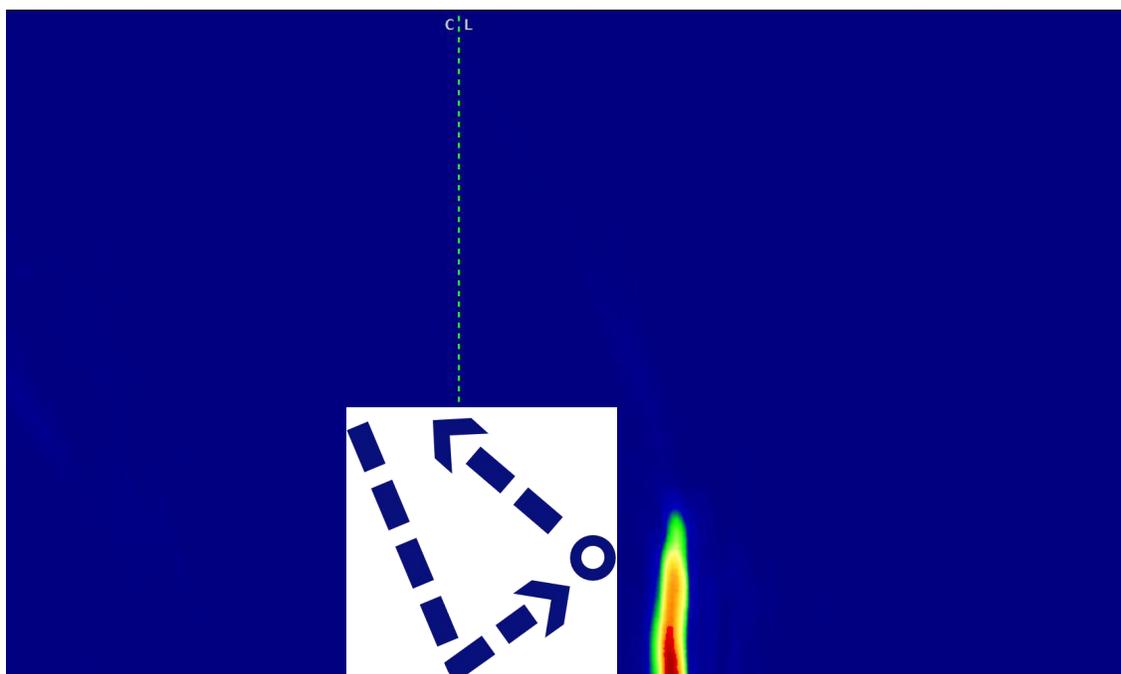


TFM的模式选择

TTTT模式，用于检测焊缝中本侧的侧壁未熔合

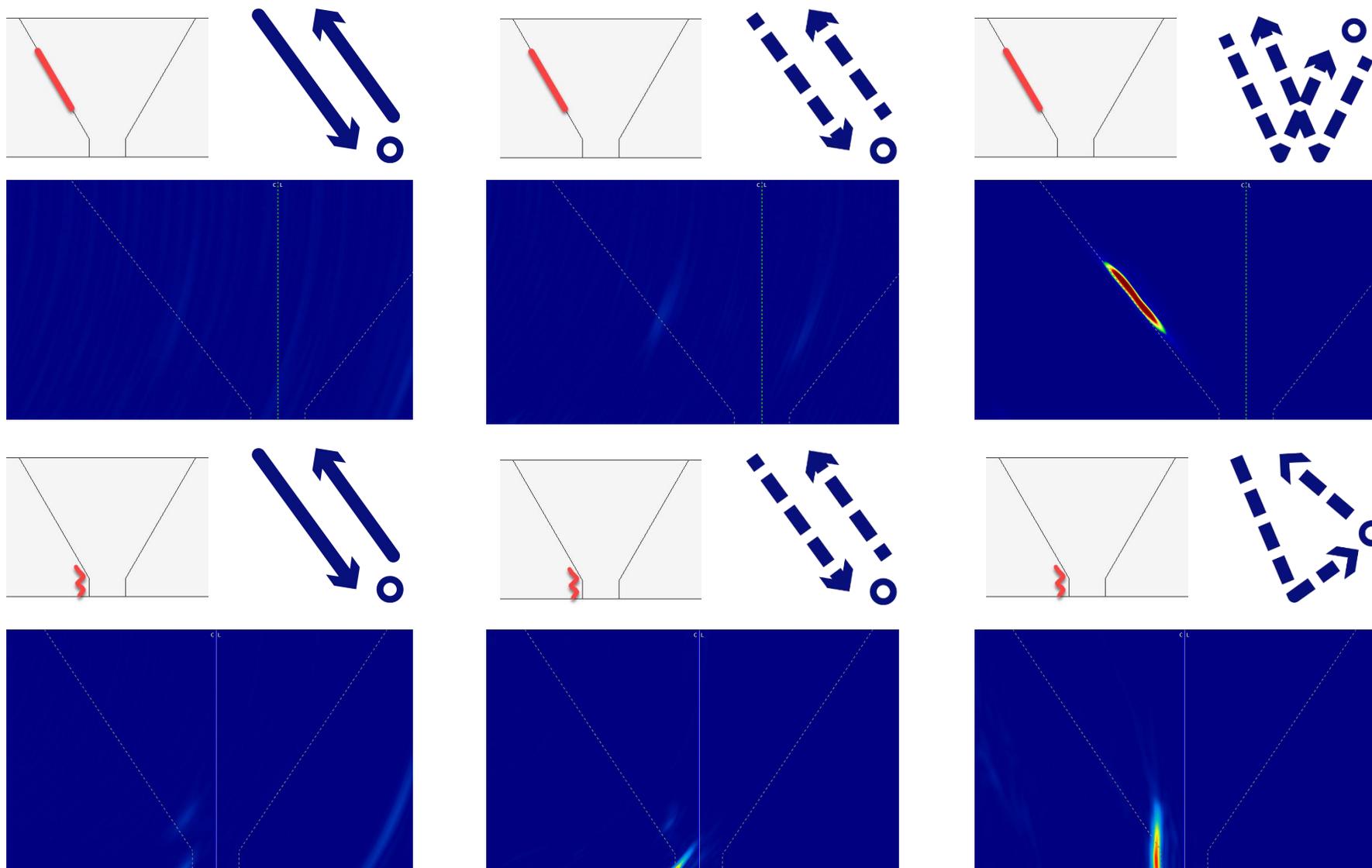


TTT模式，用于检测焊缝中的垂直方向裂纹，比如根部裂纹。



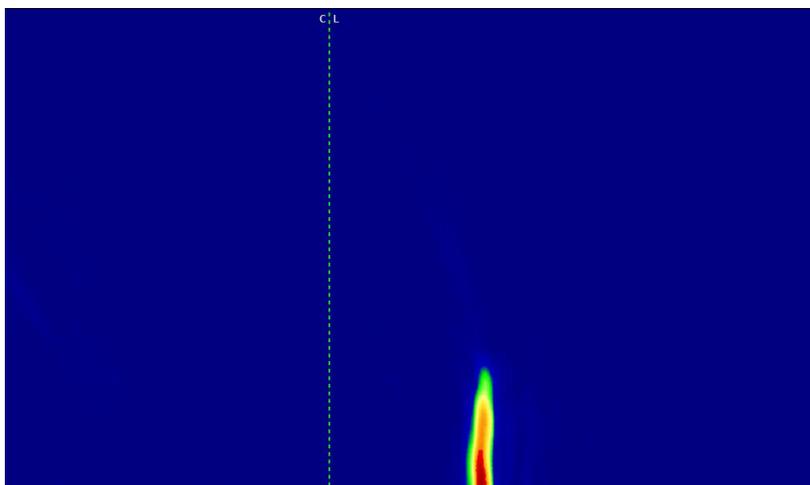
TFM的模式选择

如果模式选错了会怎样？

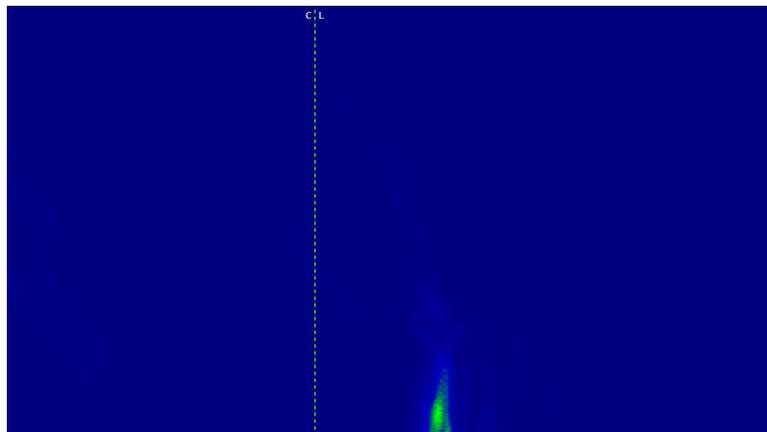


TFM的模式选择

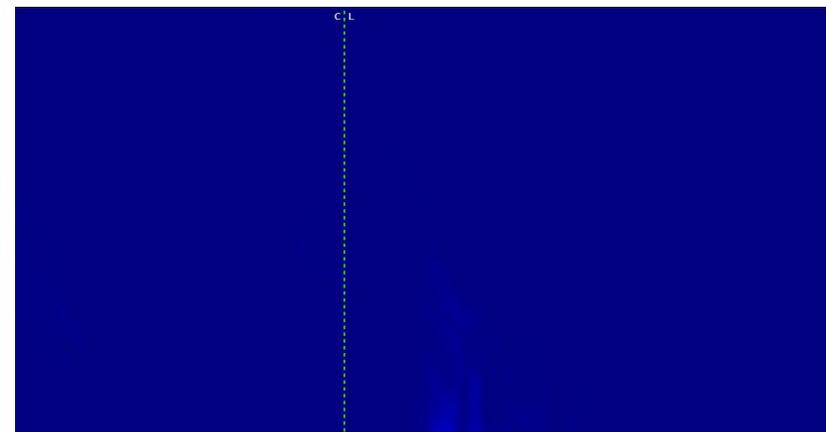
如果声速或者壁厚错了会怎样？（串列模式）



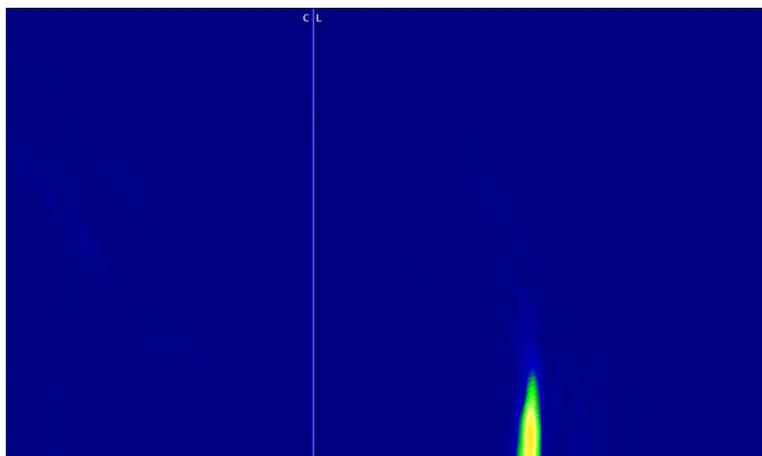
正确的声速和壁厚



2.5% 壁厚错误



5% 壁厚错误



5% 声速错误



03

AIM (Acoustic Influence Mapping)

声学响应分布图

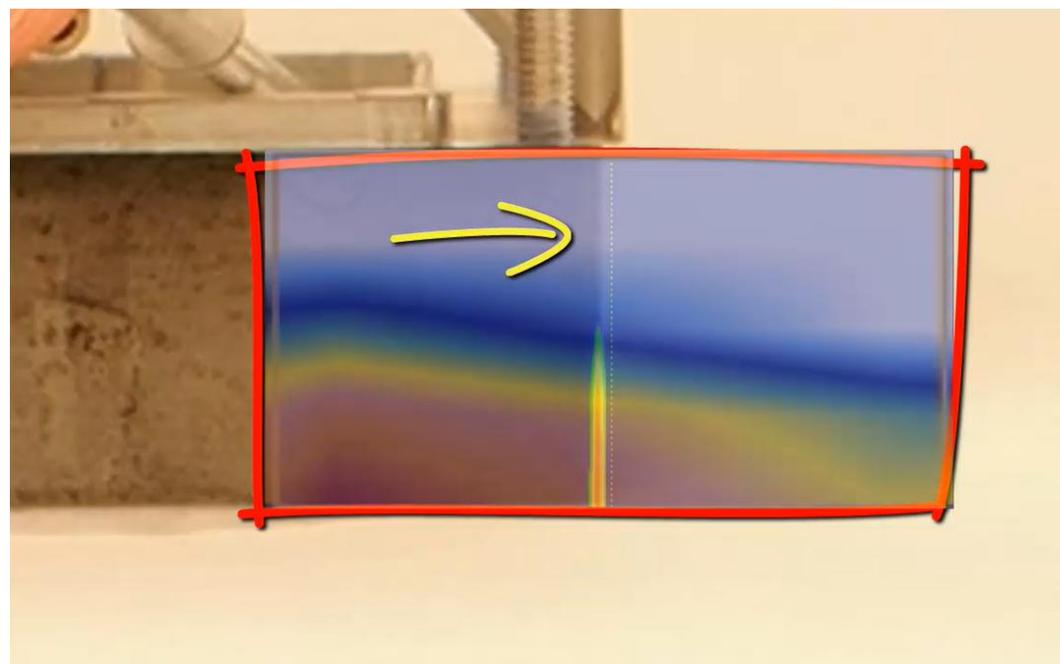
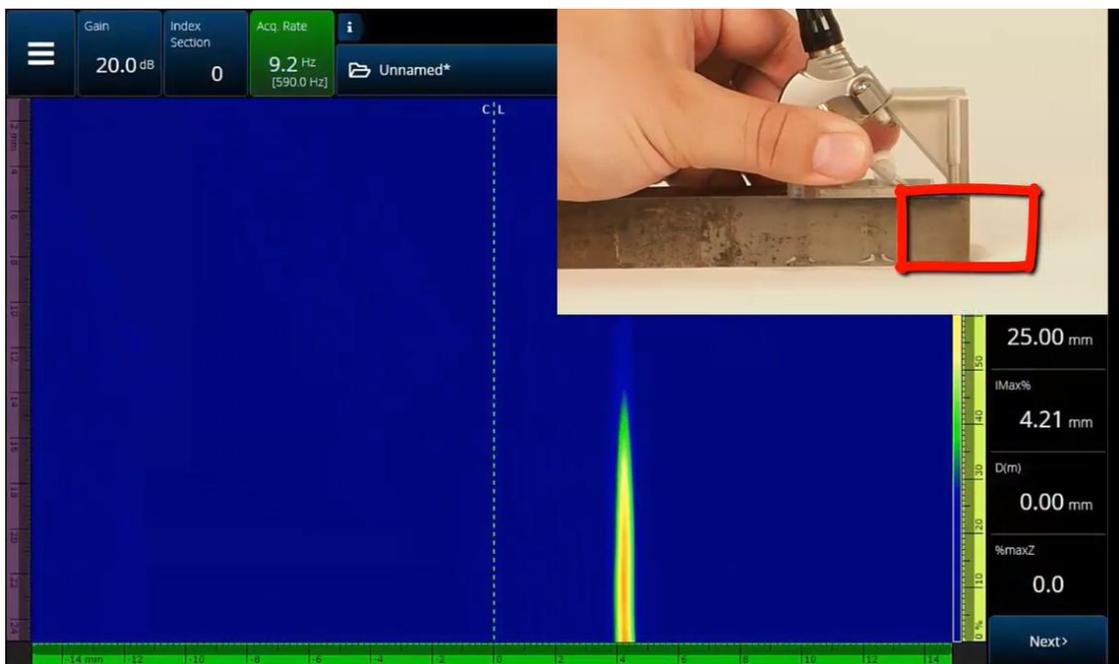
AIM (Acoustic Influence Mapping) 声学响应分布图

TFM/FMC是否真的有魔力？

TFM/FMC是否可以解决所有问题？

TFM/FMC是否可以发现所有缺陷？

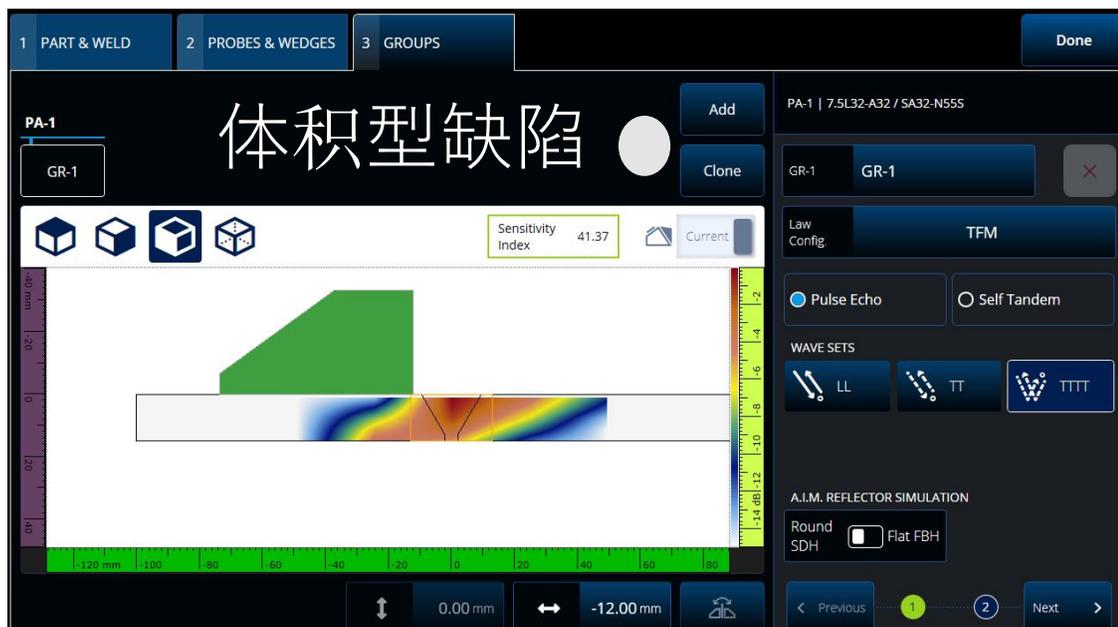
TFM/FMC是否一个设置就够了？



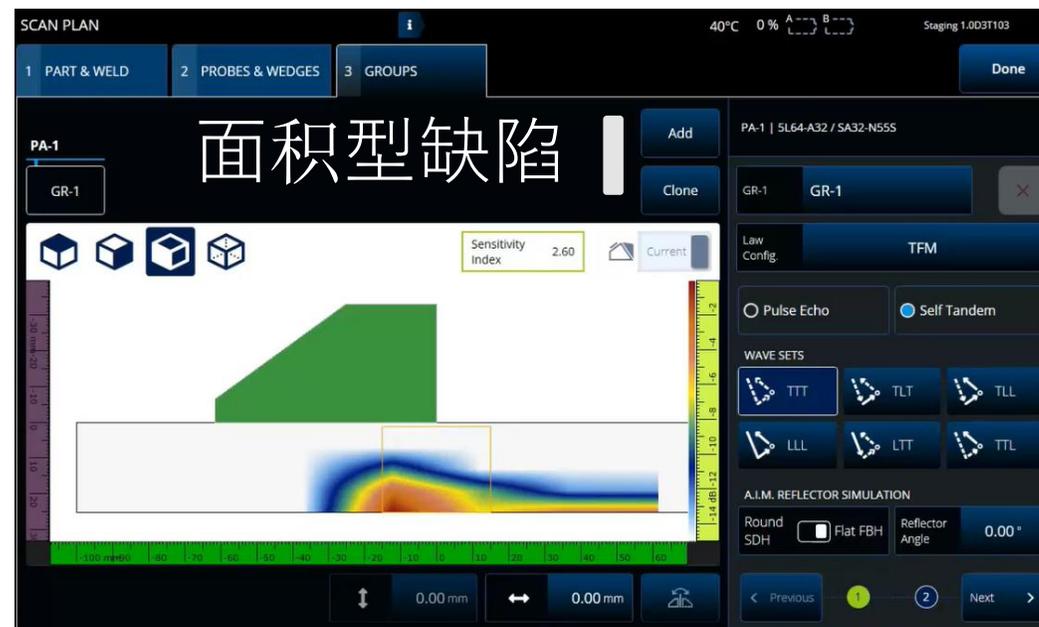
即使在串列的TTT模式下，也无法覆盖整个深度范围

AIM (Acoustic Influence Mapping) 声学响应分布图

AIM (Acoustic Influence Mapping) 声学响应分布图，它可以帮助使用人员提前确认哪种模式对哪种缺陷的响应更加强烈，以及响应区域与焊缝区域是否重叠等问题。

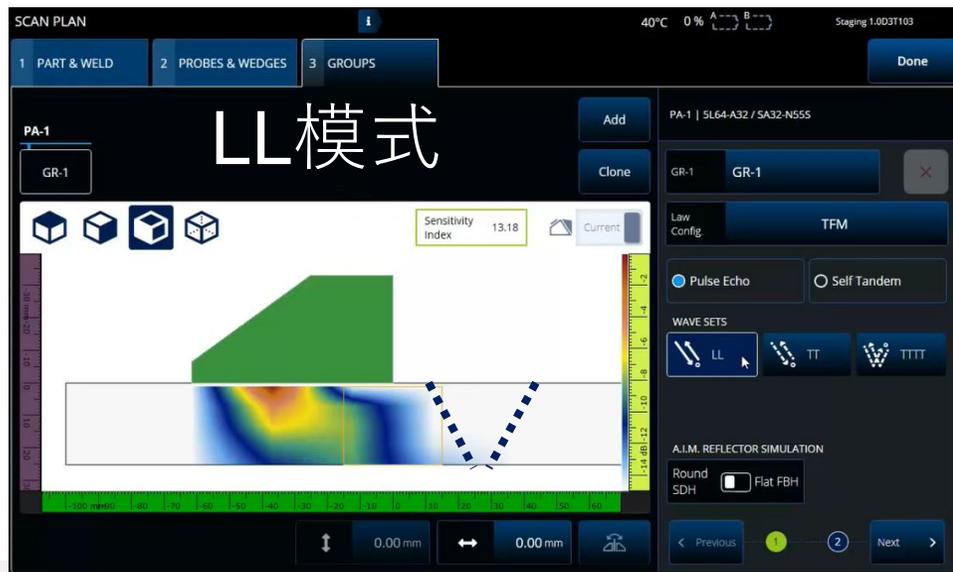
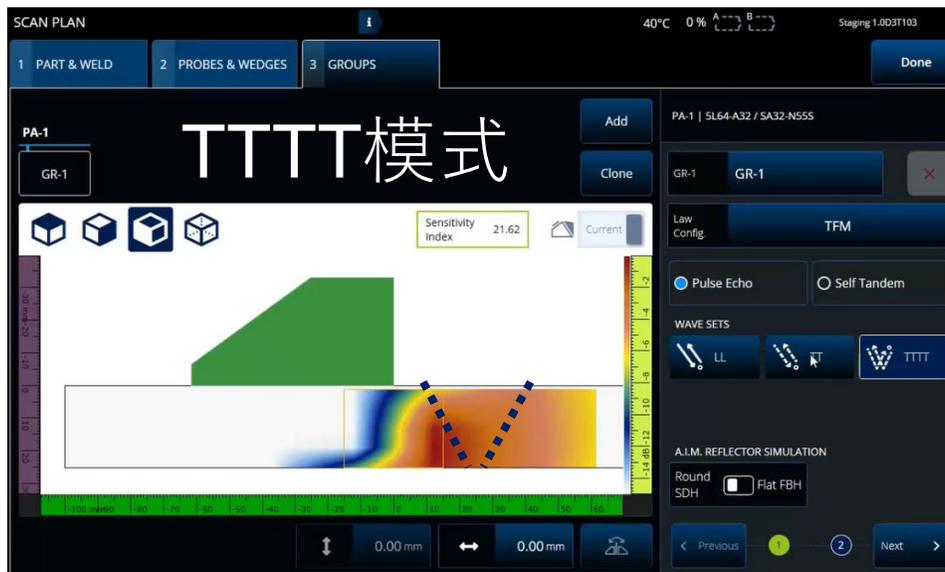
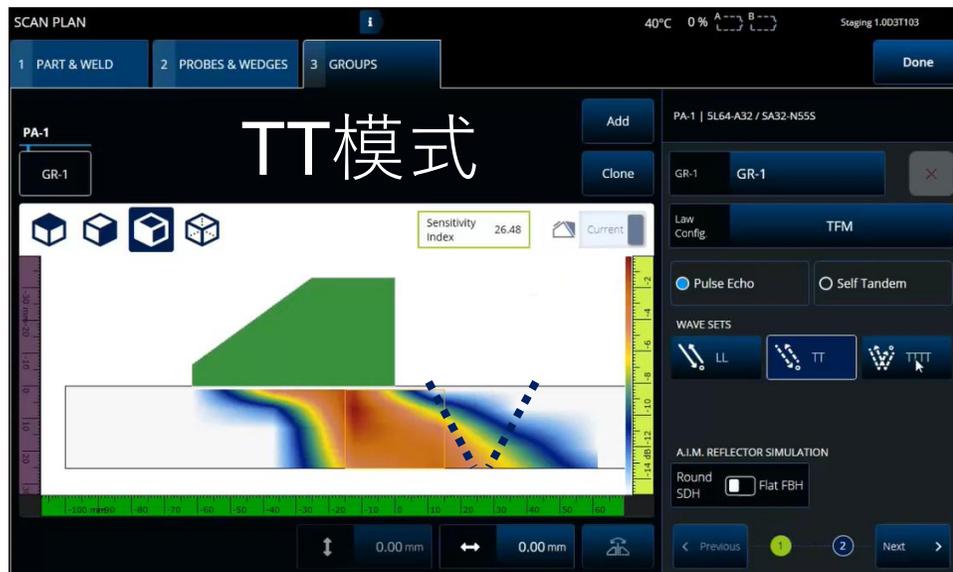


TTTT模式下体积型缺陷响应
(对应气孔、夹杂类缺陷)



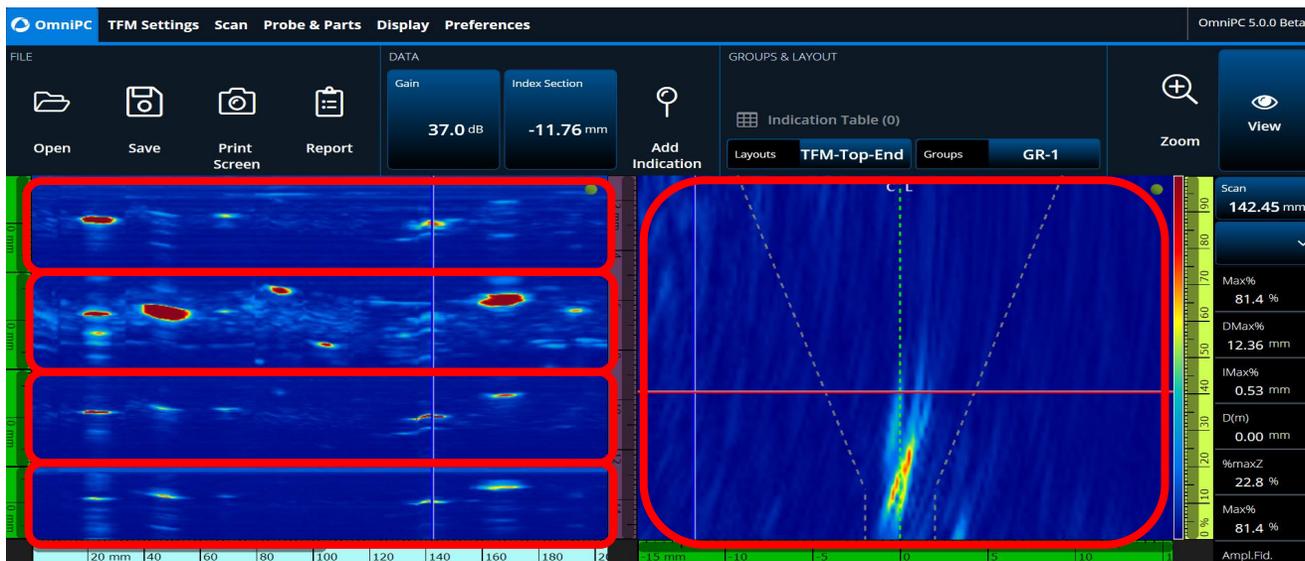
TTT模式下面积型缺陷响应
(对应裂纹类缺陷, 可调角度)

AIM (Acoustic Influence Mapping) 声学响应分布图

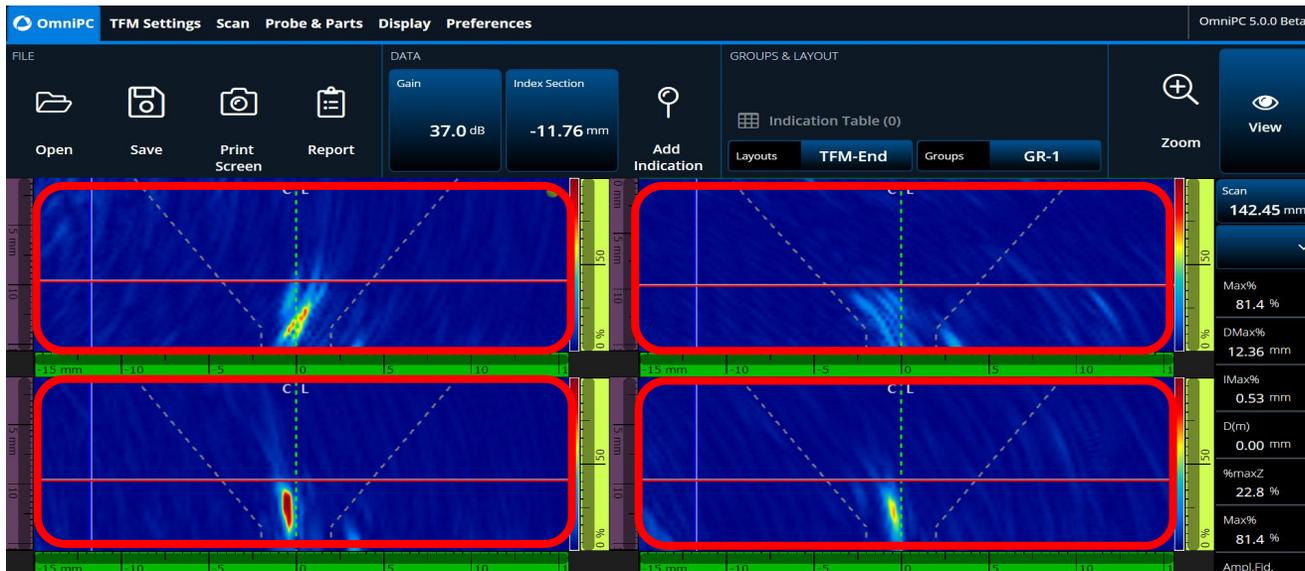


相同检测对象，不同模式的AIM视图对比

AIM (Acoustic Influence Mapping) 声学响应分布图



4 组 C 显示
+ 1 组 TFM
显示



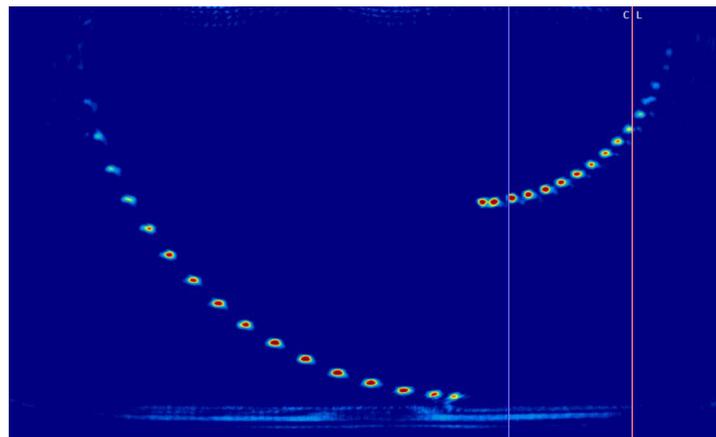
4 组 TFM
显示



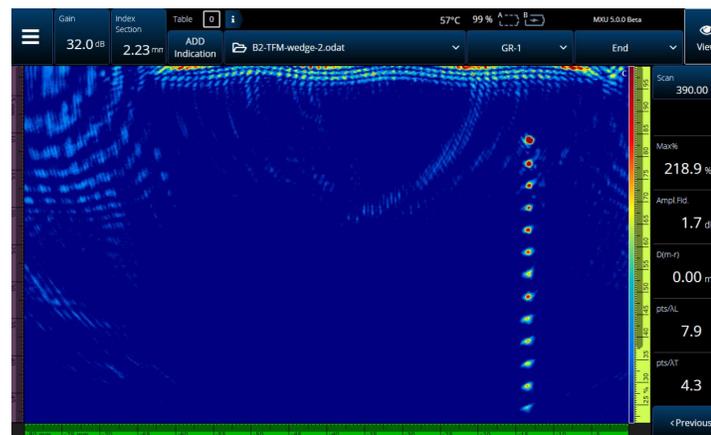
04

FMC-TFM技术与常规相控阵的比较

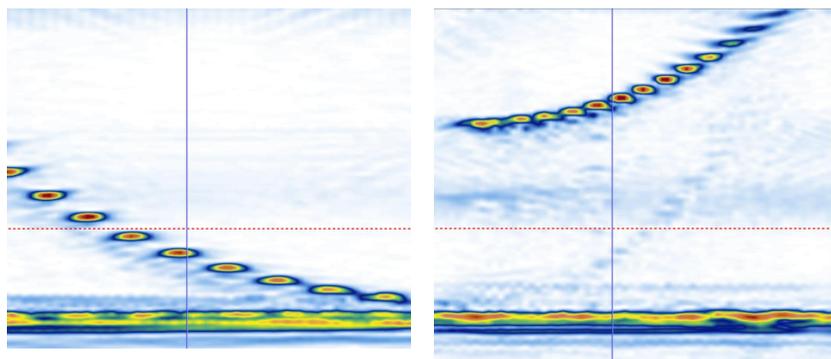
FMC-TFM技术与常规相控阵的比较



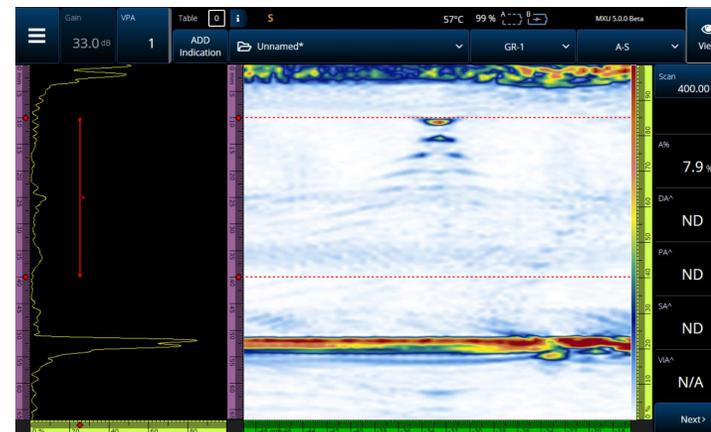
FMC-TFM



FMC-TFM



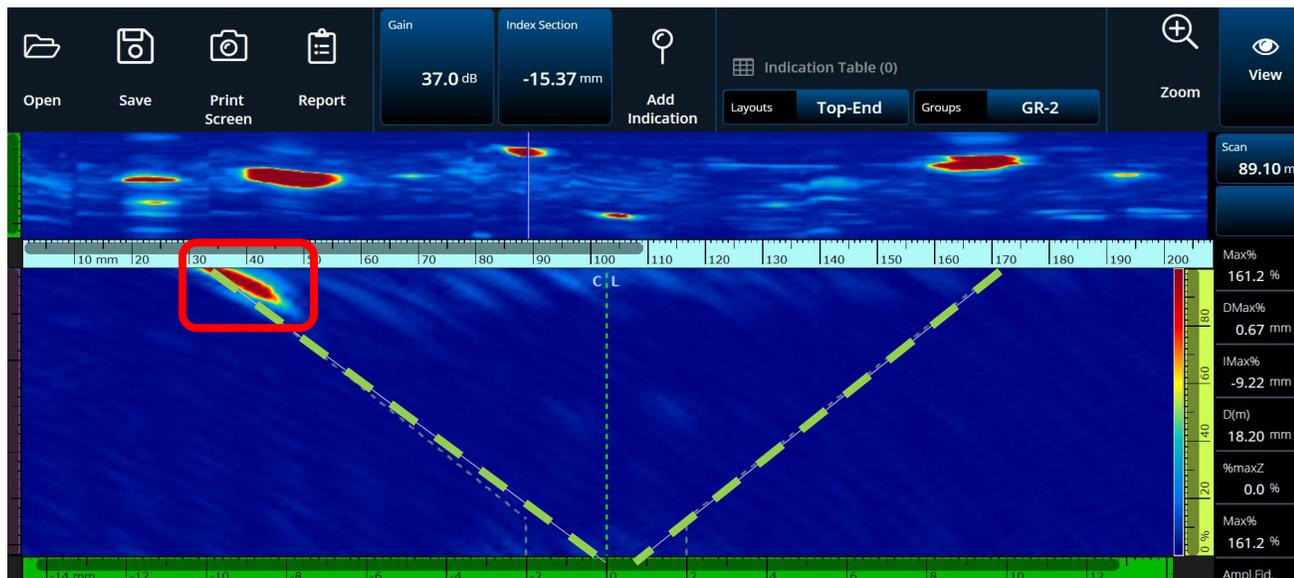
常规相控阵



常规相控阵

FMC-TFM技术与常规相控阵的比较

FMC-TFM
组2 - TTTT

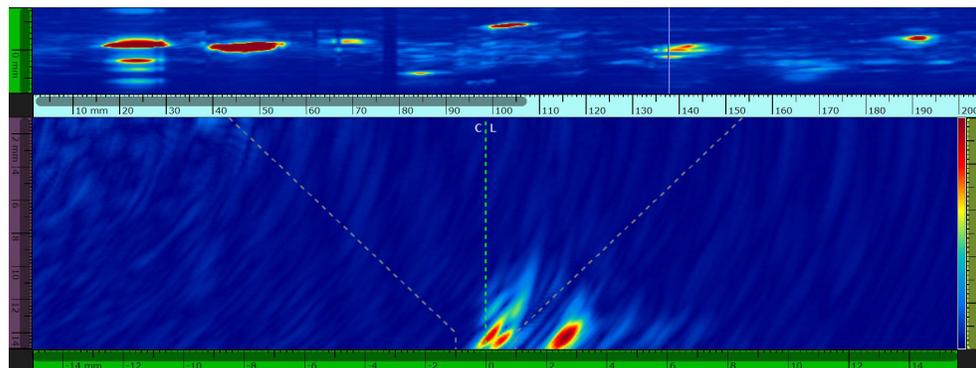


常规相控阵

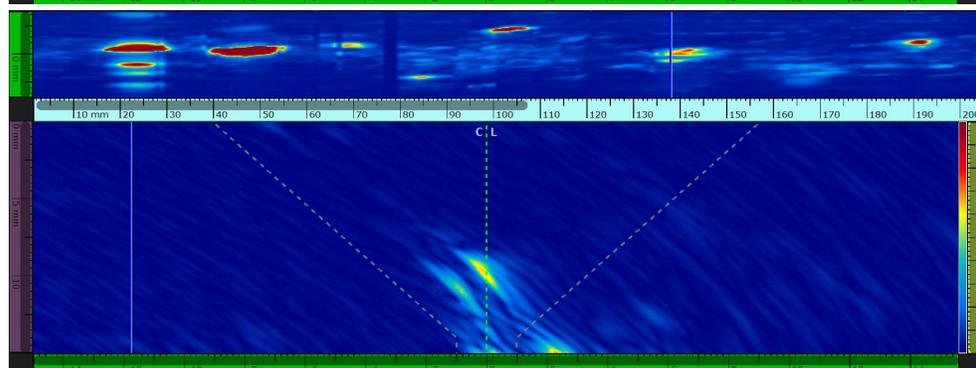


FMC-TFM技术与常规相控阵的比较

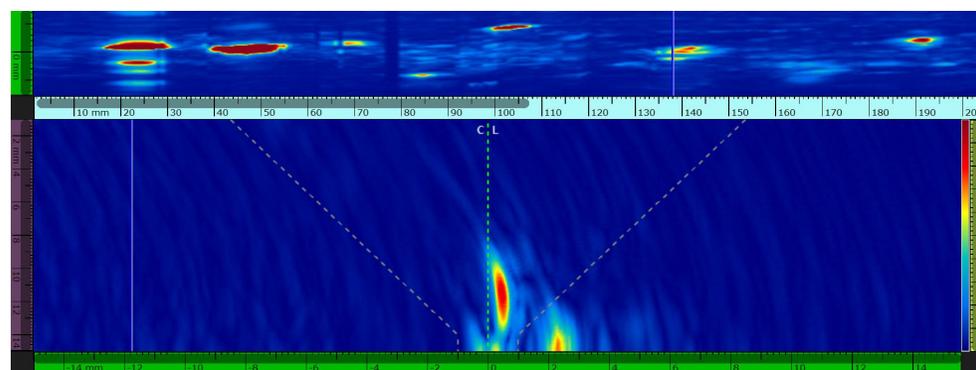
FMC-TFM
组1 - TT



FMC-TFM
组2 - TTTT

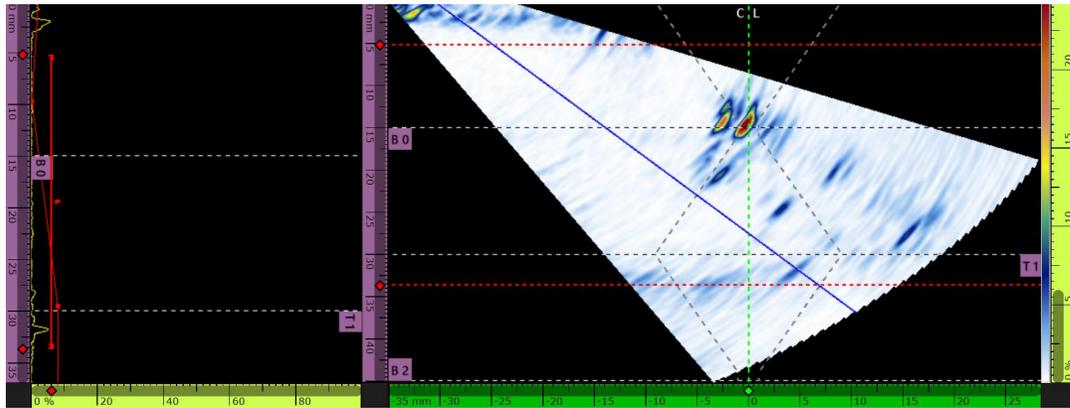


FMC-TFM
组3 - TTT



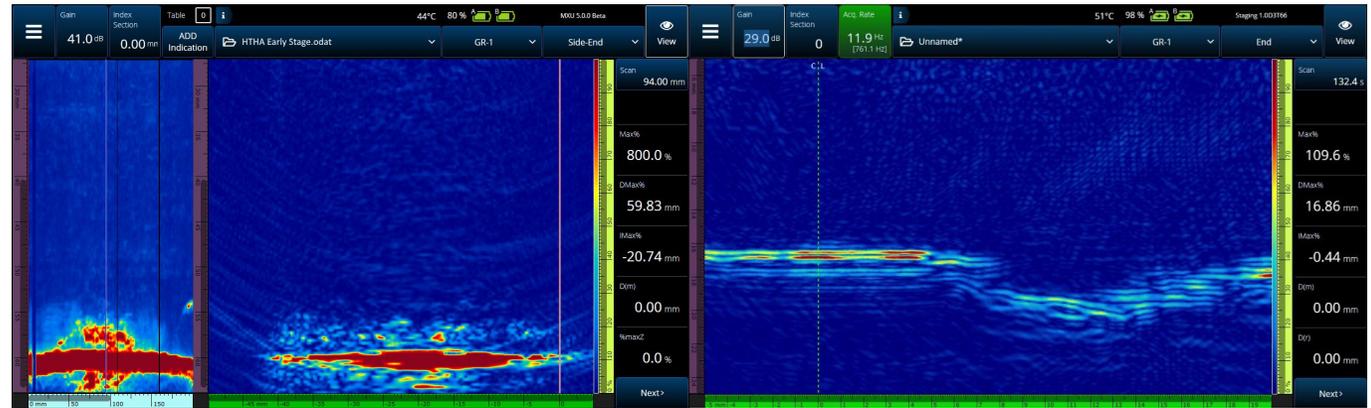
FMC-TFM技术与常规相控阵的比较

FMC-TFM相关应用



常规相控阵检测结果

HHTA (High Temperature Hydrogen Attack 高温氢致损伤) 检测应用



早期HHTA

台阶裂纹连接



05

FMC-TFM技术的优缺点

FMC-TFM技术的优缺点

优点：

- 图像更容易理解
- 不需要输入聚焦位置
- 高度测量能力有所提高
- 更好的几何定位
- 更清晰的缺陷类型表征

缺点：

- 扫查速度慢
- 更大的数据文件尺寸
- 可遵循的标准较少
- 缺陷检出率与检测模式非常相关



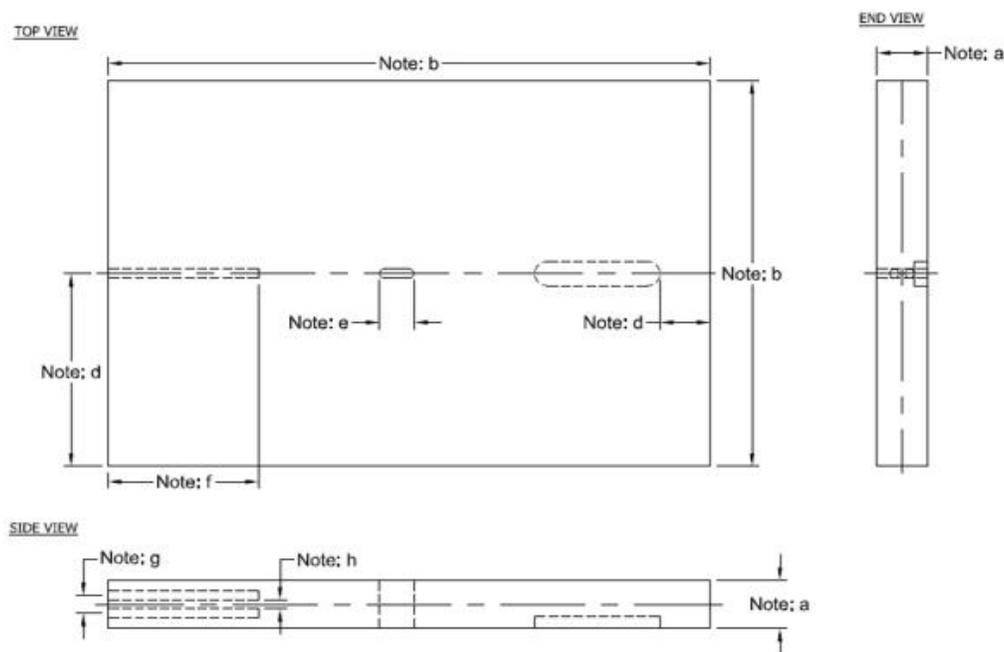
06

FMC-TFM相关标准

FMC-TFM相关标准

ASME BPVC.V-2019 Mandatory Appendix XI Full Matrix Capture (FMC)

Figure XI-434



FMC/TFM强制附件：

SDH – 确认分辨率

通槽 – 确认体积覆盖

≤11%刻槽 – 定量评估

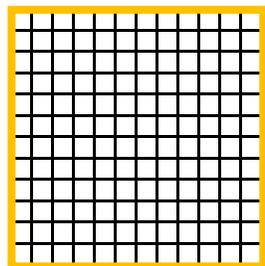
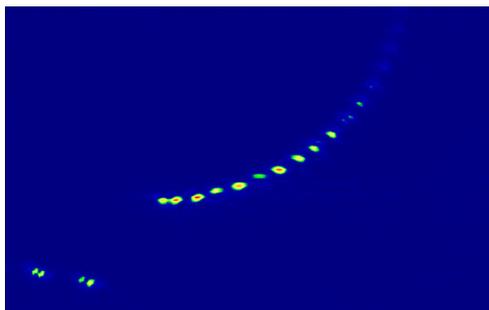
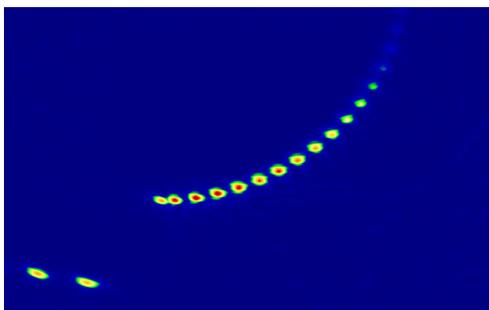
ASME标准还提到了 **Amplitude Fidelity**（振幅准确度）的概念。

Amplitude Fidelity（振幅准确度）：提出该评价参数的目的是控制TFM网格的尺寸在合适的范围内，因为：

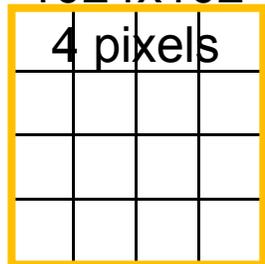
- 网格过于粗大，可能无法检测到缺陷
- 网格过于粗大，可能测量不精确，因为没有找到最大振幅位置。
- 网格过小，检测速度下降，效率较低。

ASME要求相邻两个像素点之间的振幅变化不能超过**2dB**。

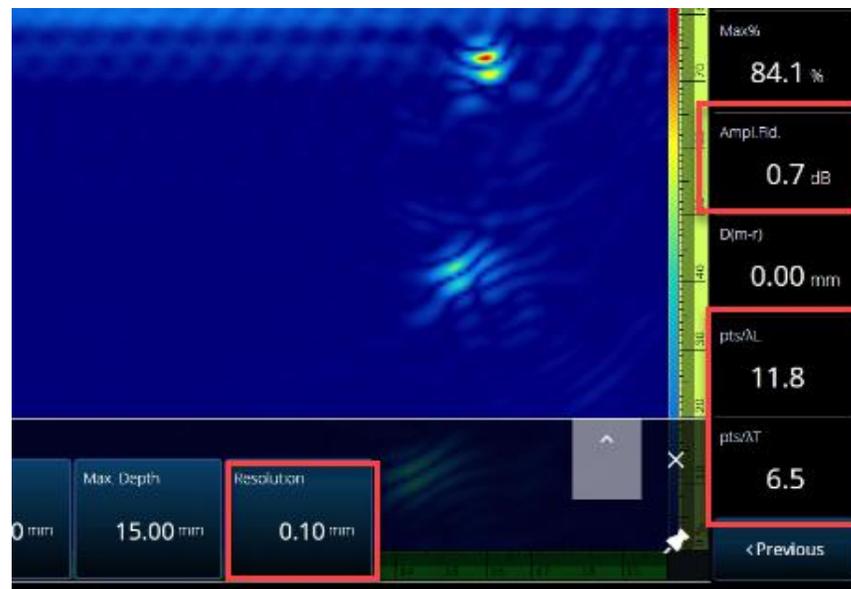
FMC-TFM相关标准



1024x1024



128x128
pixels



自动给出该读数，以确定设置是否满足标准要求



Thank you! Question?