

ACFM交流电磁场测量法

在油气，核电及铁路等关键结构疲劳裂纹
测试应用中的巨大潜力



tsc

OVERVIEW / 概观

Introduction to TSC NDT TSC NDT 简介

自1984年以来，TSC是ACFM®的开发商和唯一供应商。
自2012年以来，该战略重点是扩展新的ACFM®应用和服务。

通过市场驱动的产品和应用程序组合进行持续的研发开发，以推进ACFM®及其现场应用。

在全球主要石油和天然气项目的远程海底和水上焊缝检测方面建立了良好的记录和声誉。

新的海底，陆上和管状ACFM®应用与当前的行业驱动因素完美契合，可实现经济高效的整体管理。

在2017年，它Eddyfi Technologies的一部分，是先进和有特殊要求的无损检测解决方案领导者。

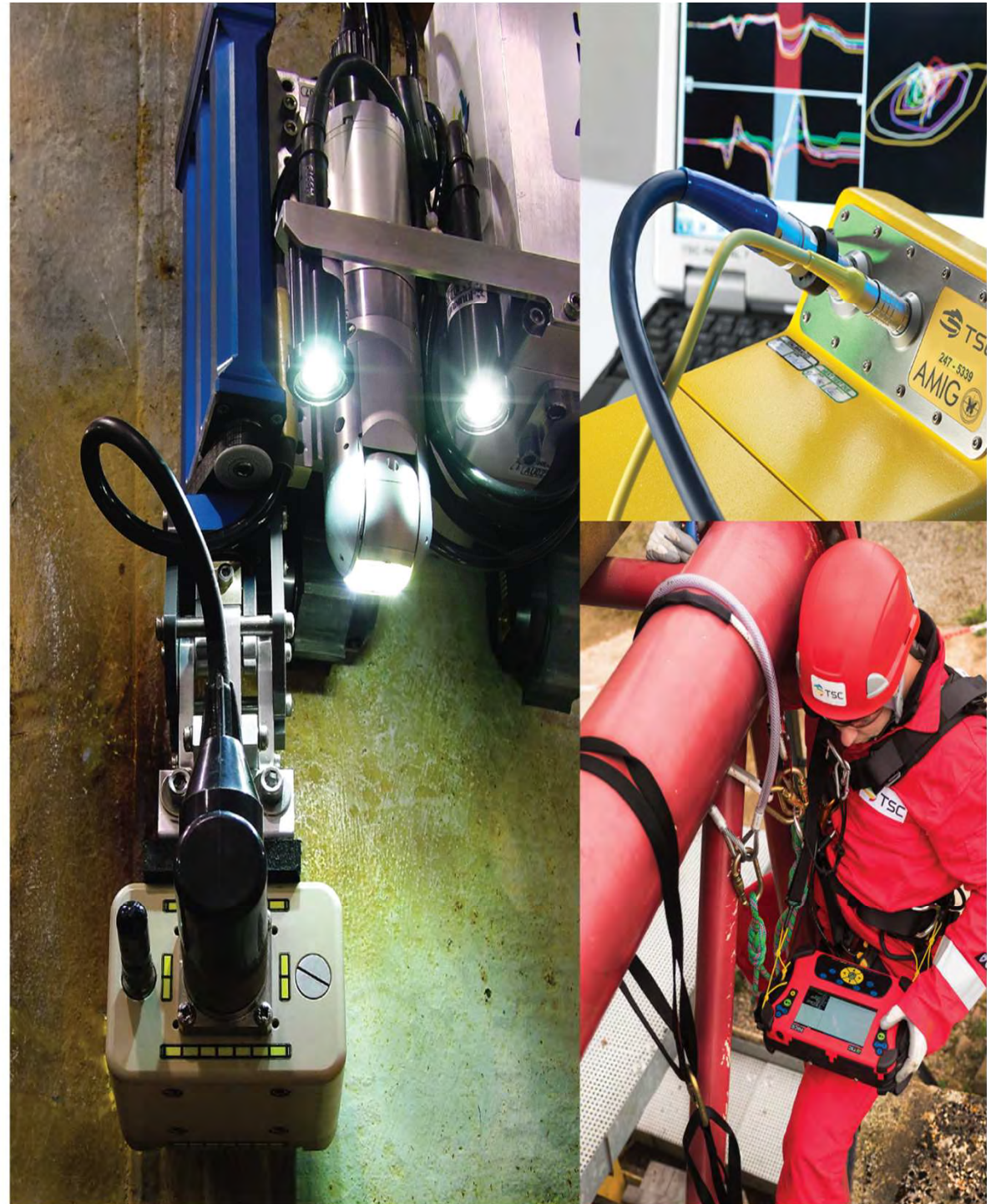
OVERVIEW/概观

交流电场测量（ACFM®）是经过现场验证的先进电磁检测技术。

在检测和测量焊缝和金属部件中的破表缺陷方面提供最高水平的信心。

与BP，壳牌，BG和康菲石油公司共同开发，以提高水下检测的可靠性，减少操作员的依赖性并提供可审计的检查记录。

无需去除保护涂层即可进行检查，与其他NDT方法相比，可节省大量成本和时间。



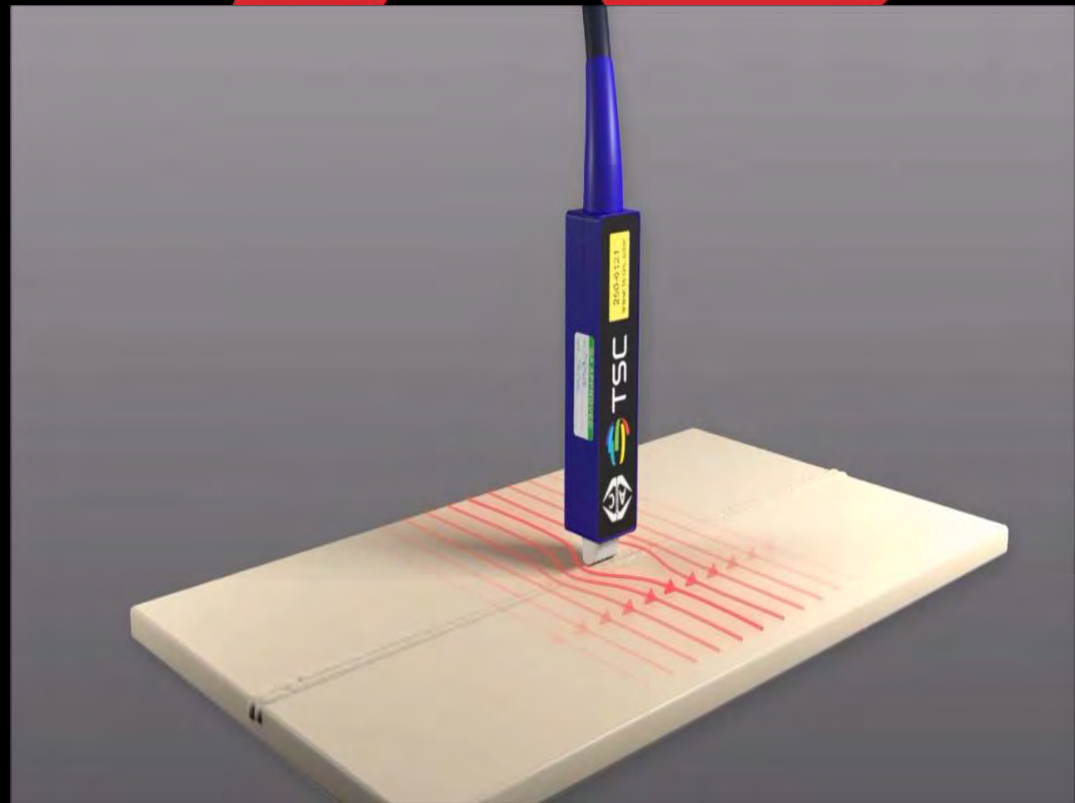
ACFM[®] OVERVIEW / ACFM[®] 概观

探头使用交流电诱导均匀的电磁场进入表面

电磁场受到破表缺陷的干扰

传感器测量这种干扰并找出缺陷

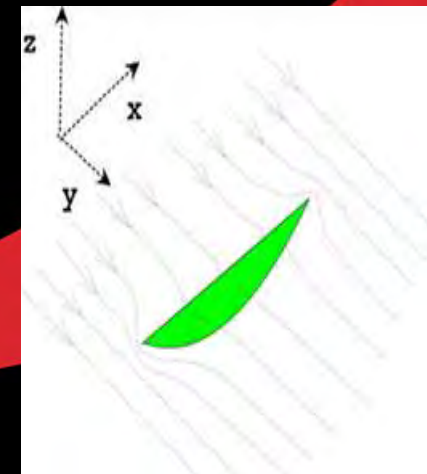
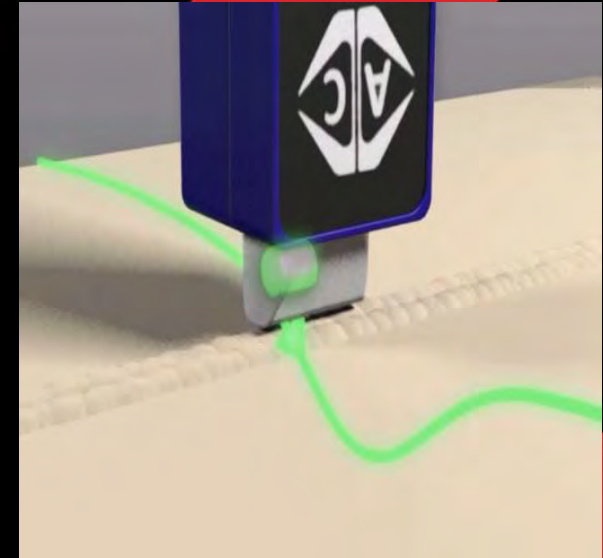
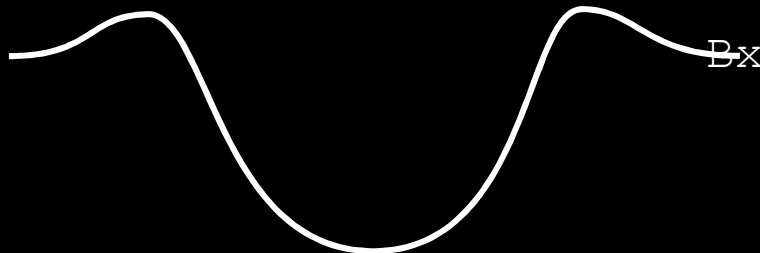
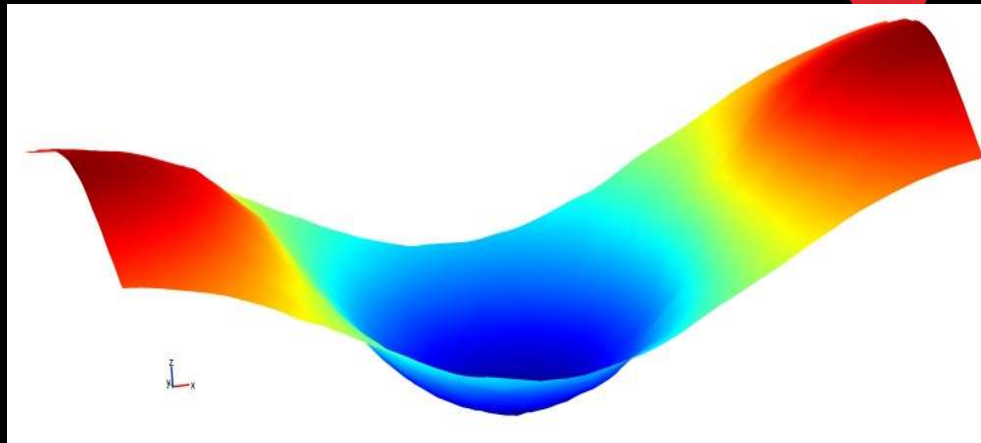
这允许在不需现场校准的情况下确定深度和长度的尺寸



CURRENT FLOW - B_x RELATIONSHIP / 电流流动 - B_x 关系

水平磁场 (B_x) 在下面的3D图中示出。

曲线中的蓝色下沉度与缺陷的深度有关。这就产生
' B_x ' 曲线。

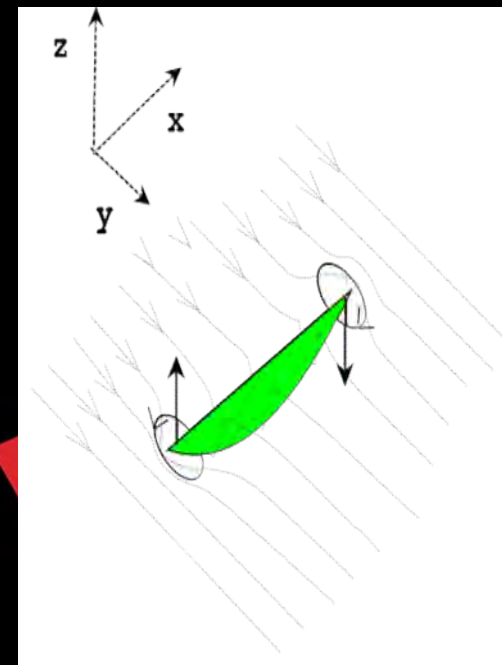
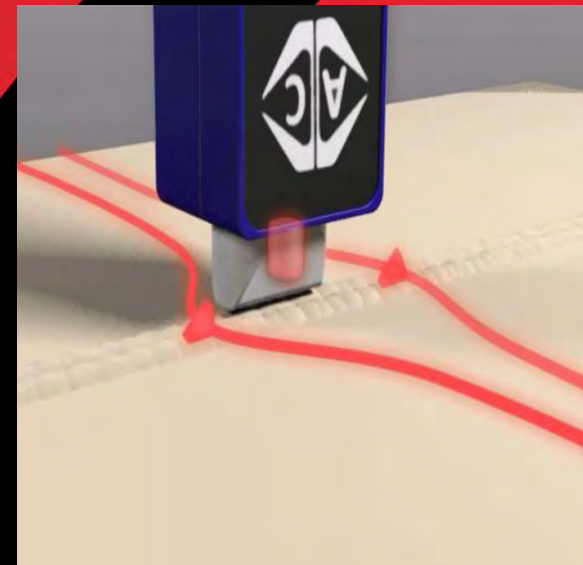
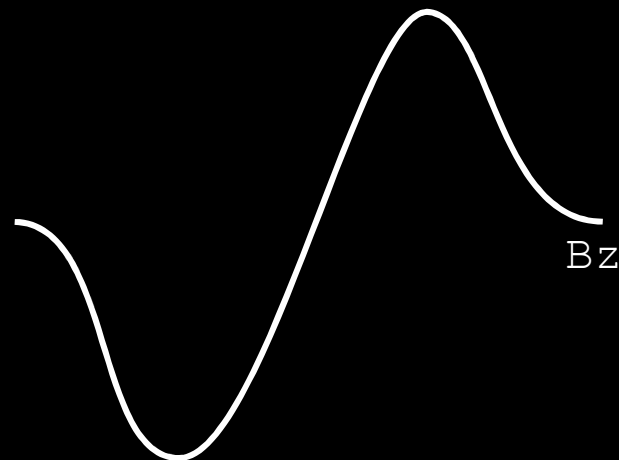
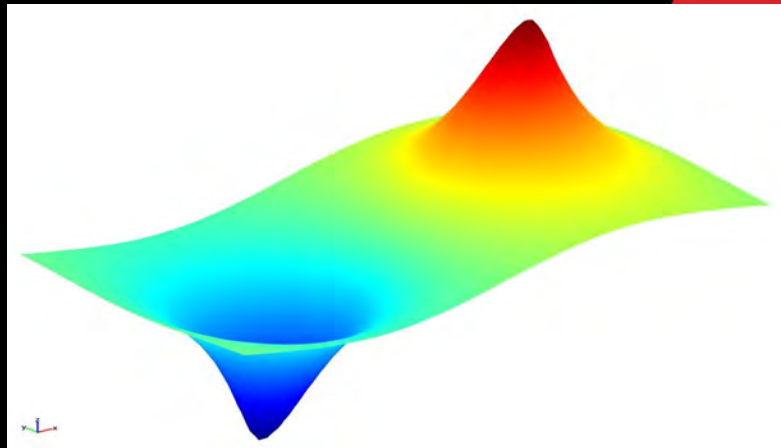


CURRENT FLOW - B_z RELATIONSHIP /

电流流动 - B_z 关系

水平磁场 (B_z) 在下面的3D图中示出。

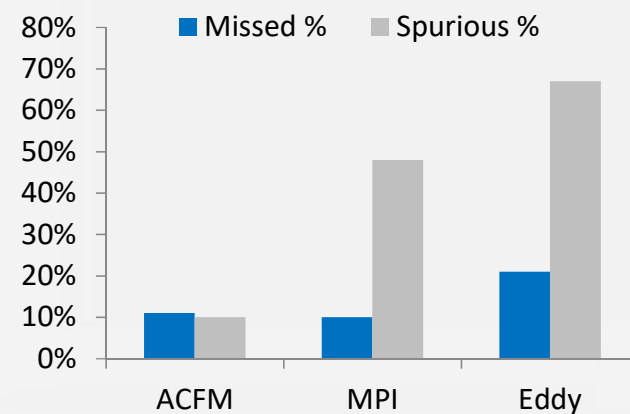
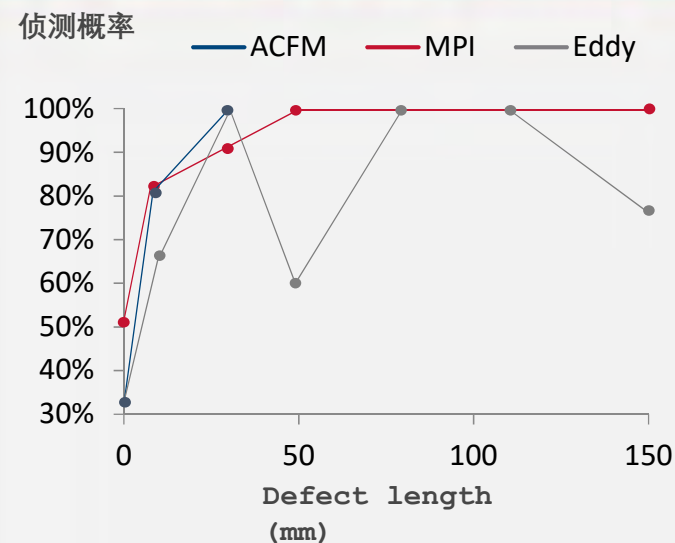
高峰和低谷标志着缺陷的开始和结束。这产生了' B_z 曲线



Features 特征	ACFM	MPI	ECT*
减少对操作员的依赖性 - 更好的检测可靠性和可重复性 - 更大的数据完整性信心	✓	✗	✗
通过涂层检测 避免成本和涂层去除	✓	✗	✓
在环境光下检测。 没有污染物。	✓	✗	✓
检测双相和其他非磁性材料	✓	✗	✓
远程部署 - 实现深水部署（低至2000米） - 进入潜水员安全受关注的地方 - 降低DSV，潜水系统和扩散的成本	✓	✗	✗
提供准确且可审核的检查记录 - 实现有效的完整性和风险管理 - 支持监管机构验证和审核	✓	✗	✗
无需校准即可确定裂缝长度和深度	✓	✗	✗
高检测概率（PoD）和低误报率 避免不必要的维修，返工和成本	✓	✗	✗
坚固化技术 - 对温度不敏感	✓	✗	✗

ACFM®的比较

Detection Metrics (Subsea)



*传统的涡流

KEY ATTRIBUTES

关键属性

具成本效益

节省时间

久经考验的可靠性

灵活部署

使用方便

可审计的数据记录

多个监管机构批准



ACFM® Independent Approvals / ACFM®的独立审批



Non-Destructive Testing of Hull Welds,
February 2014. Section 6, ACFM Technique.



Classification Note No. 7, March
2012. Section 2.1, Detection of
Surface-Breaking Cracks.



Accepted for in-service examination
of structural welds. TSC is also an
LR-certified ACFM Inspection
Services Provider.



Approved technique for surface-
breaking crack detection



Standard Practice for Examination of
Welds using the ACFM Technique
(E2261-03), latest revision E2261-12

Standard Practice for Examination of
Drill String Threads using the ACFM
Technique (E2928-13)



ASME V Article 15: ACFM
Technique, 2006



BS EN ISO 19902: Petroleum and
natural gas industries. Fixed steel
offshore structures.



North Sea standards (NS-2), 2012
revision: Accepted alternative to
MPI for drill string thread
inspection

Improved data collection using PACE™ and AMIGO2™

/ 使用PACE™和AMIGO2™ 改进数据收集

MODERN INSTRUMENTATION

现代仪器



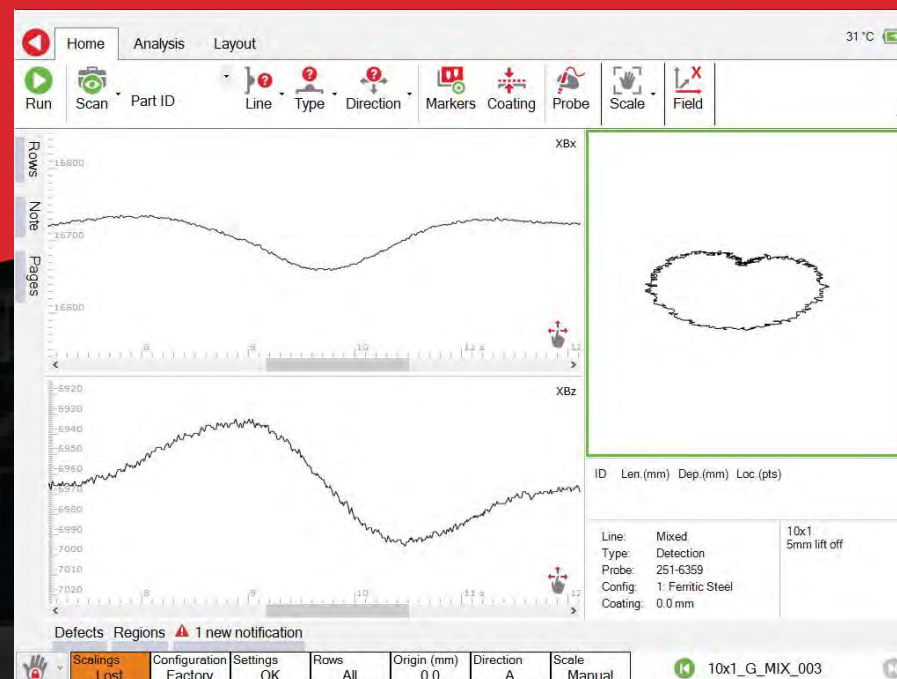
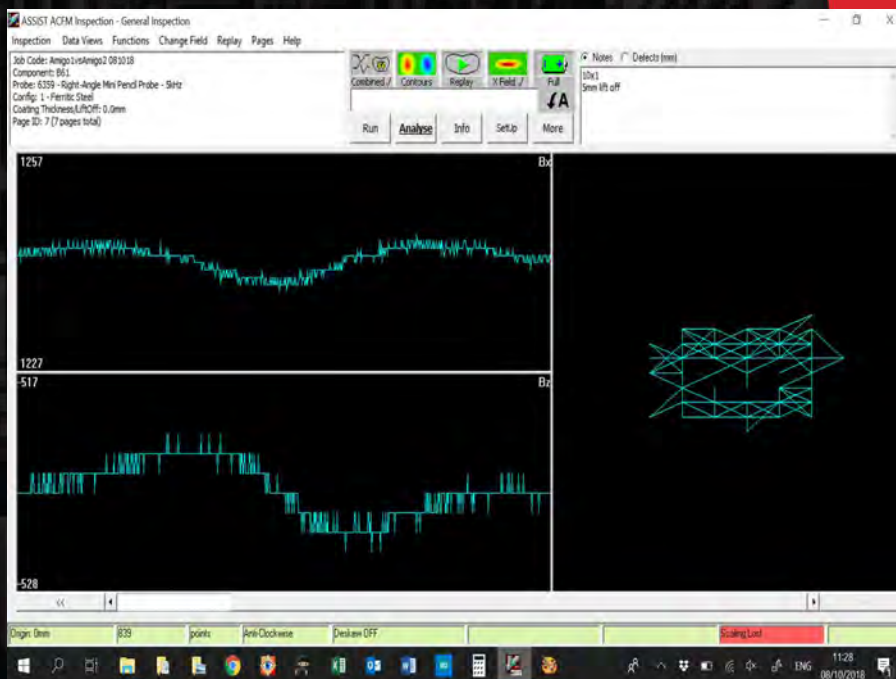
PACE™



AMIGO2™

使用现代设备改进数据收集

更清晰的分辨率 -> 改善了结果



使用Amigo1 - 12bits (左) 和Amigo2 - 16bits (右) 通过5mm (0.2 in.) 涂层测量10mm x 1mm (0.4 in.x 0.04 in.) 缺陷的信号

ACFM 应用 - 陆上

目标应用

- 单人操作。
- 绳索进入检查。
- 陆上离岸/在岸结构。
- 受限空间检查。
- 炼油厂管道和压力容器。
- 储油罐。
- 起重机和塔。
- 管道焊缝。
- 涂漆/涂层结构。
- 高产出率。

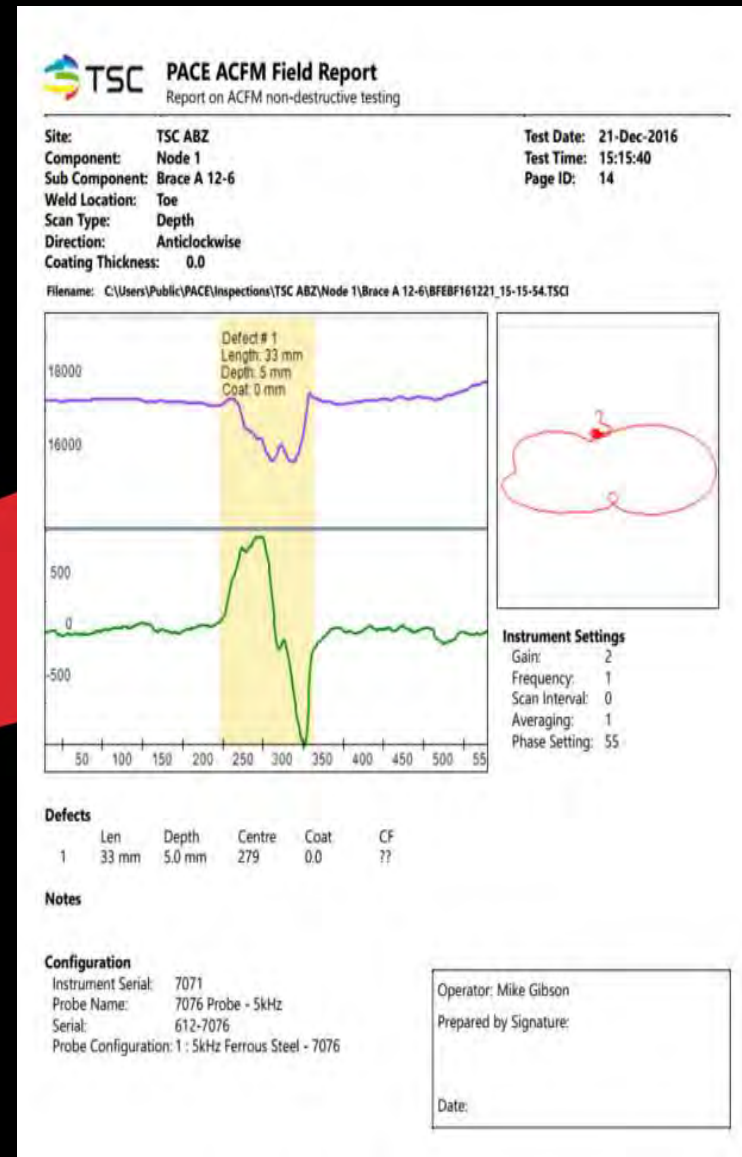


特点与优势

- 使用ACFM®进行可靠，可重复的裂缝检测
- 精确的长度和深度缺陷尺寸。
- 通过涂层检查，无需清洁。
- No in-site calibration. - 不需现场校准。
- 快速数据处理，提供即时扫描结果。
- 集成，高度便携和坚固的单元（IP65）。
- 扫描和数据的完整记录可供审计目的使用。
- 易于现场生成发现的缺陷报告。
- 内置摄像头，用于现场图像— PACE™
- 长寿命电池（8 +小时），带台式和车载充电器。
- 4角安全线束点（符合IRATA标准）— PACE™

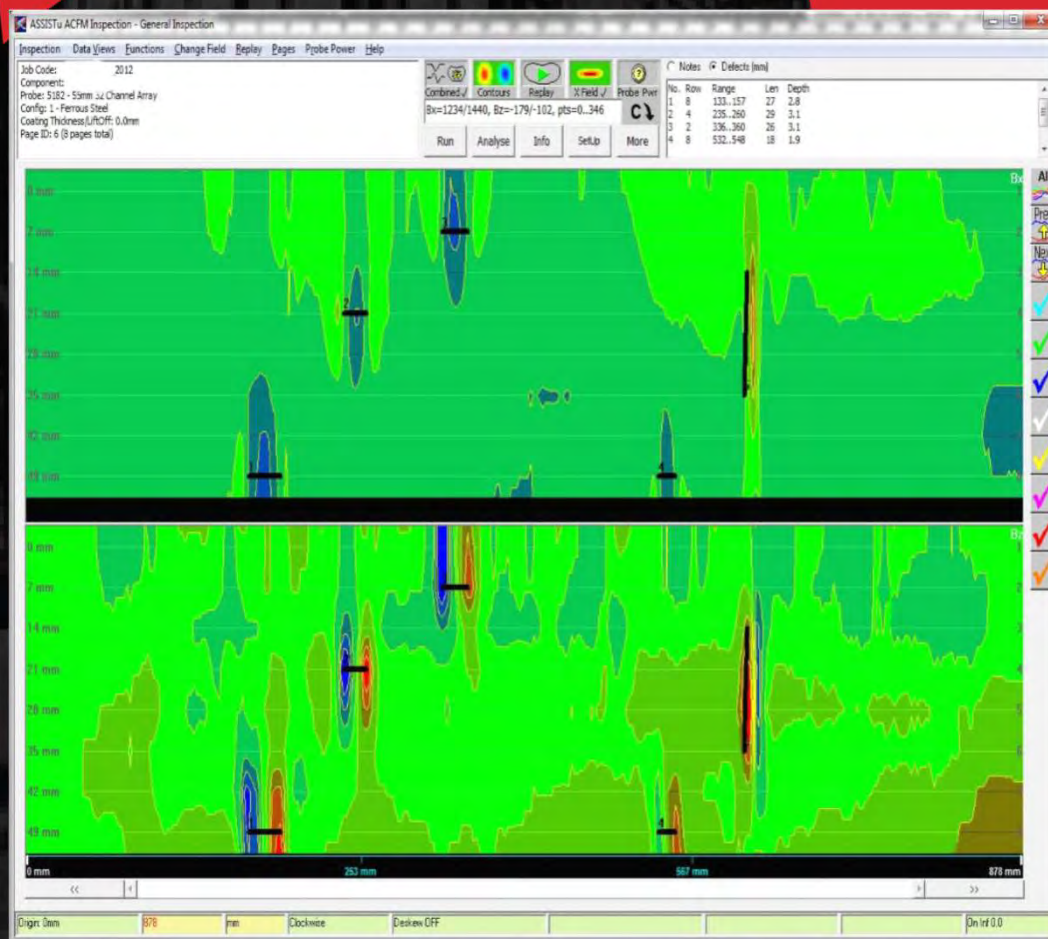
INSTANT REPORT GENERATION 即时报告生成

测试报告示例



ACFM[®] ARRAY DATA – ALTERNATIVE CONTOUR PLOT

ACFM[®] 阵列数据 – 交替轮廓图



ACFM® Applications / ACFM 应用

ACFM® 储存罐检查

LPG球形储存罐：内部/外部

大直径储存罐

结构焊接和内部管道

阵列探头用于快速扫描



ACFM® Applications / ACFM 应用

离岸平台检查

ACFM® 检查疲劳损伤

结构焊缝检查

通过涂层检查

可部署绳索进入

快速可靠



PROCESS PLANT & REFINERY INSPECTION

加工车间和炼油厂检验



HIGH TEMPERATURE ACFM® / 高温 ACFM®

热焊丝焊接检查。

280°C (540°F) 的管道工程

完成高达400°C的试验

检查焊趾和焊帽缺陷，最小阈值：5毫米长x 1毫米深（0.2英寸长x 0.04英寸深）。

冷却在高温热塑性塑料中产生的螺旋气流。

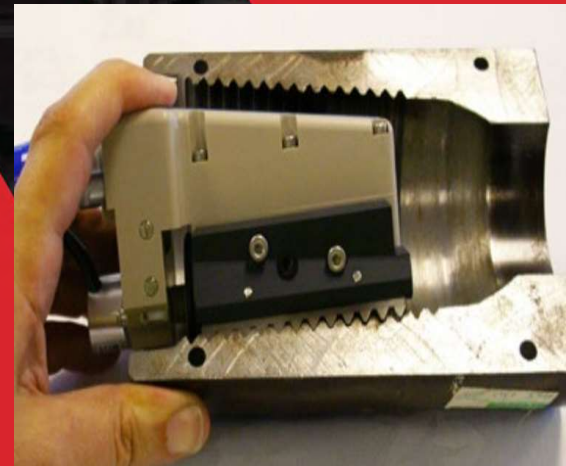
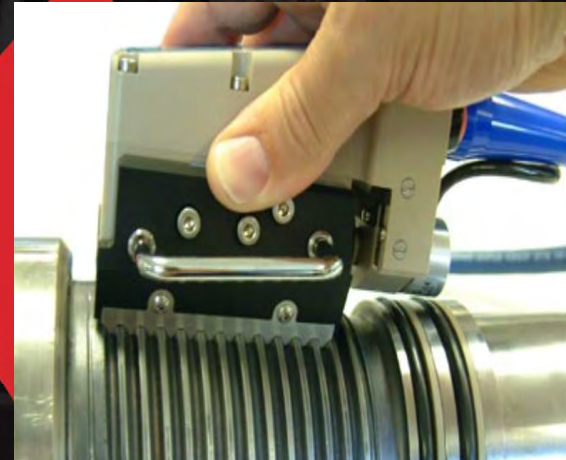
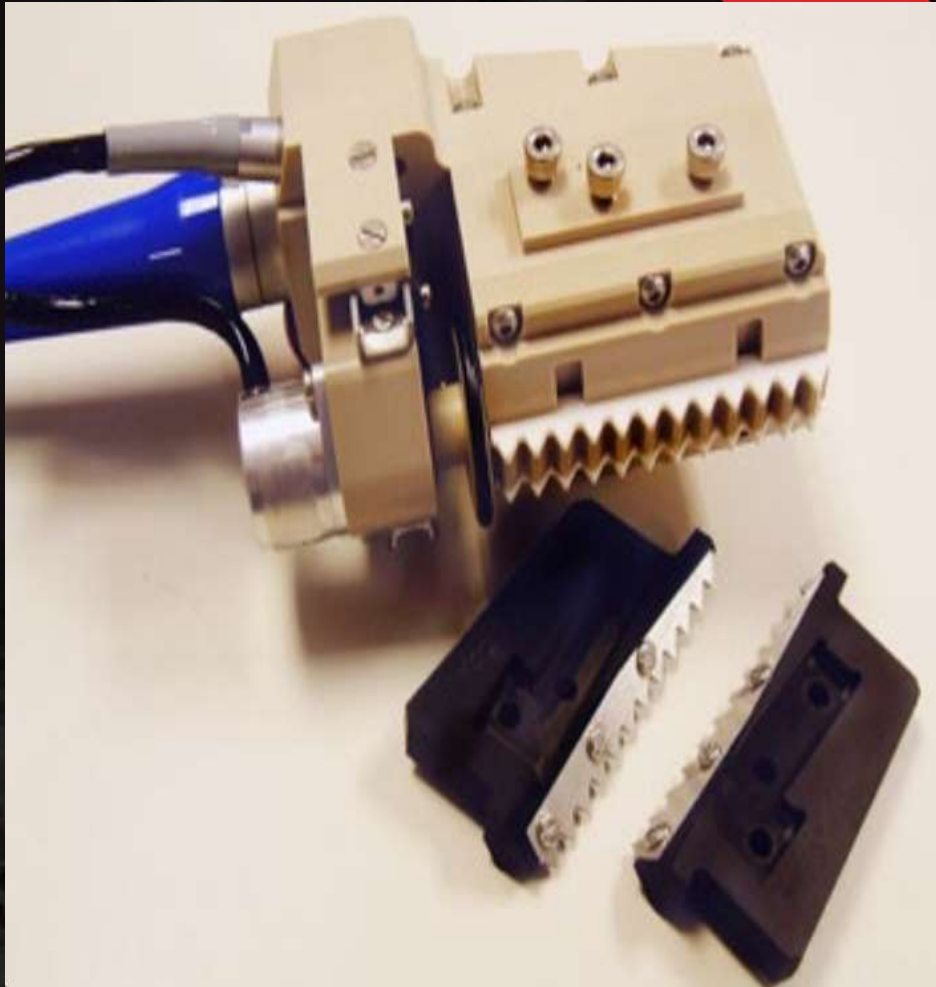
检测到5mm长x 0.8mm深（0.2“长x 0.03”深）的表面缺陷，证明测试成功。

适用于在役高温工厂检查。



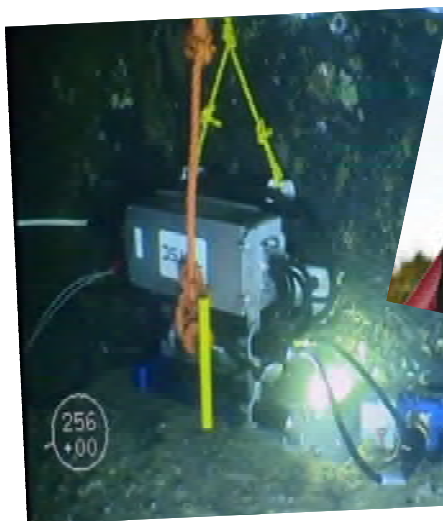
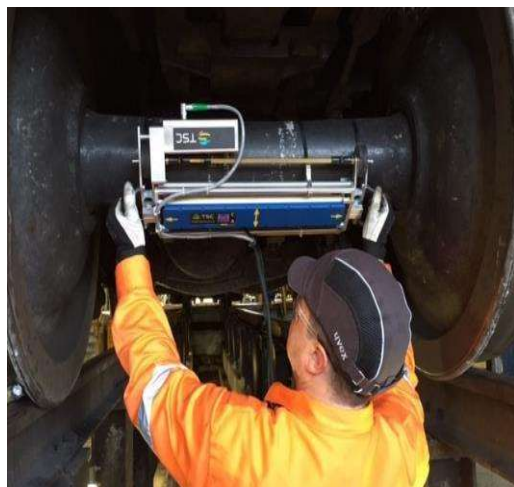
ATI – ARRAY THREAD INSPECTION

ATI – 阵列螺线检查



ACFM® in a Variety of Industries

ACFM® 适用于各种工业



ACFM现已开发并用于 铁路行业检查。 包括：

轴检查
转向架
车轮
轨道



车轴监测

轨道车轴的独立盲试（2000）确定ACFM®具有最低的POD 缺陷误报

Bombardier Transportation VAB（庞巴迪交通VBA）批准在英国的车轴和轮对上使用。

检测概率（PoD）

Experimental PoD	Potential PoD	Axles Failed
• MPI: 44%	59%	5
• EC: 80%	85%	11
• ACFM®: 84%	95%	15

AXIS

ACFM车轴检查解决方案

在大修车间车库中进行更频繁的检查

车轴仍然在车架上

最少的清洁，不需去除油漆

不需专业人员，普通技工可顺利使用

使用接受/拒绝结果进行简单操作

用于审计的数据存储

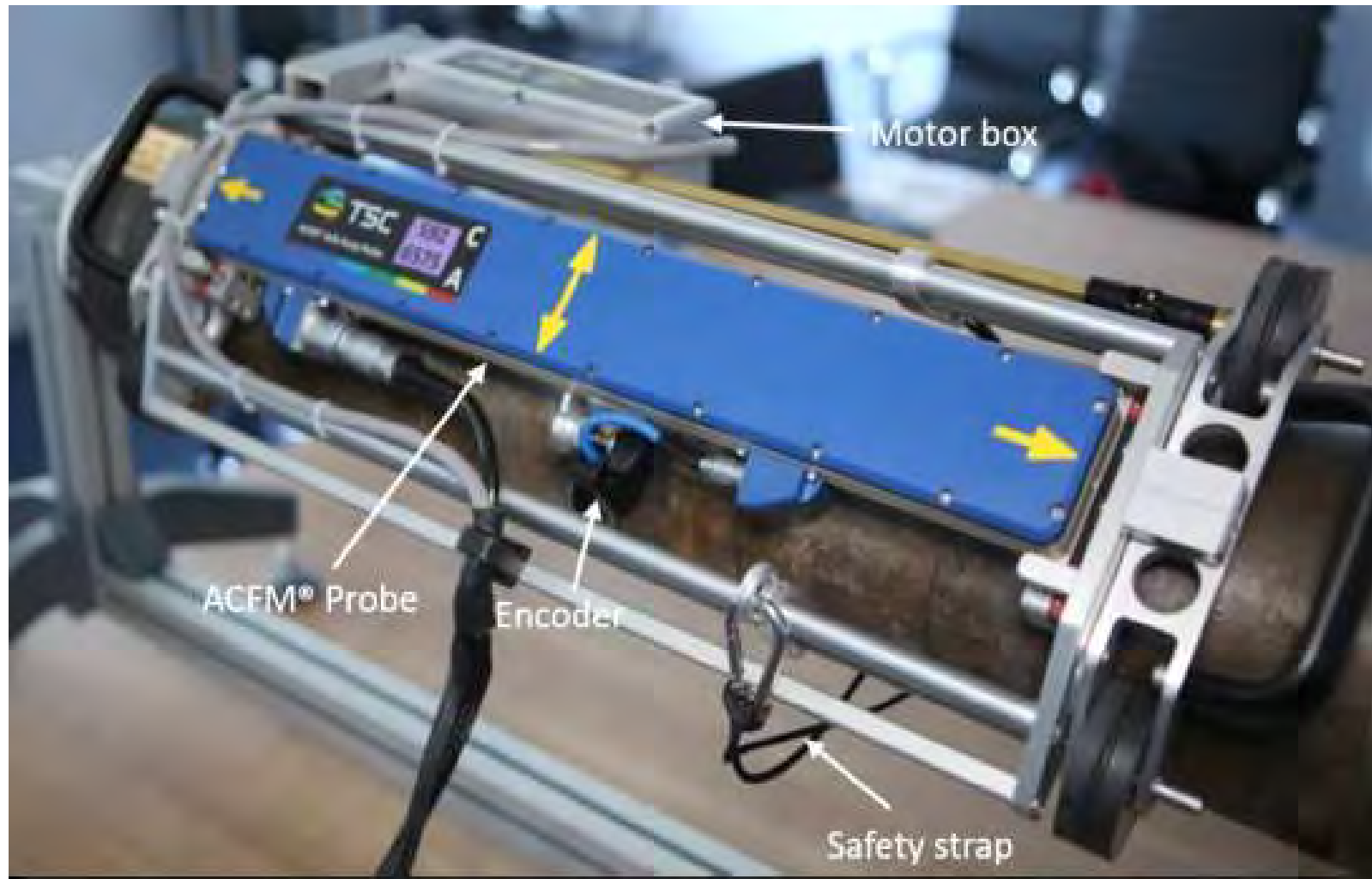
最小检测能力 - 10毫米长x 2毫米深的圆周表面破裂裂纹

10分钟以内完成检查



AXIS ACFM SCANNER

AXIS ACFM 扫描器



AXIS CONTROLLER & SOFTWARE



ACFM® Axle Inspection

Select your Name:

Select Depot:



Axle Inspection V1.1.11

Function Check 

Axle Inspection 

Final Check 

1 Perform initial Function Check using the test axle sample to confirm correct system operation.

1 Perform Axle Inspection.

1 Complete the Final Function Check after the axle inspection.

Help

Backup Data

Motor Control

Advanced

BOGIE（转向架）检查

通过油漆检查



车轮检查



一系列围绕车轮的20 x 2 mm EDM槽口，纵向和横向



ACFM WALKING STICK

ACFM 步行棒



典型的RCF头部损坏



路轨头部截面，一旦裂缝深度超过约5毫米，分支可能会发展；通常与平面成 55° - 65° 的角度。

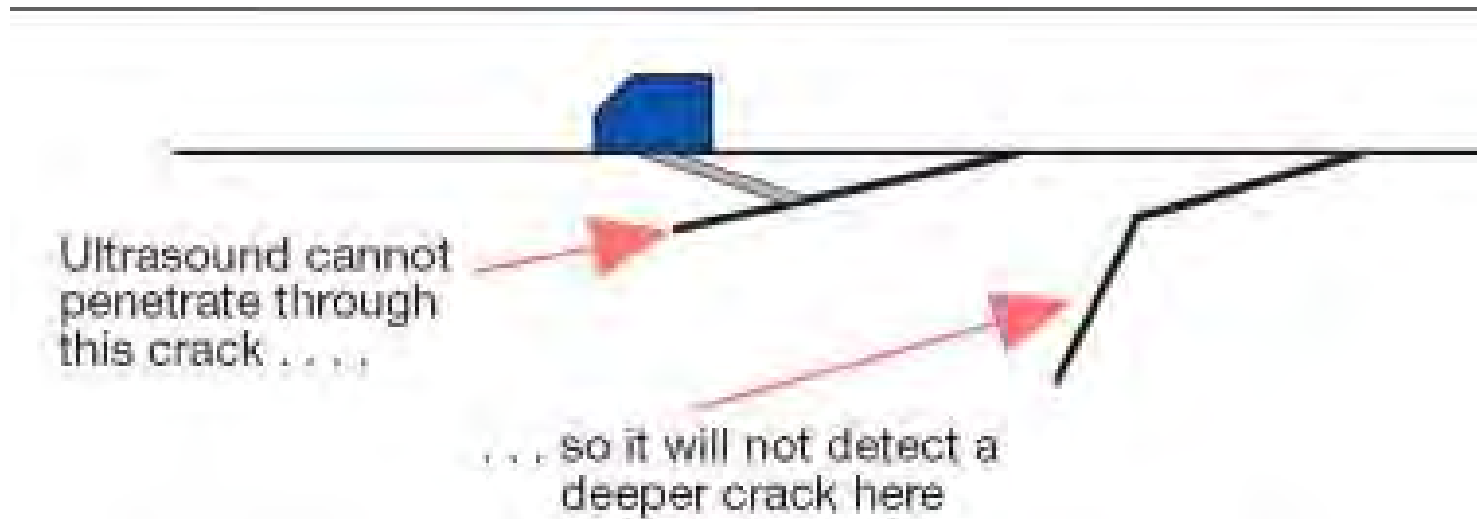


超声波遇到的困难：

滚动接触疲劳导致表面开裂。

形态复杂和高度斜倾的裂缝

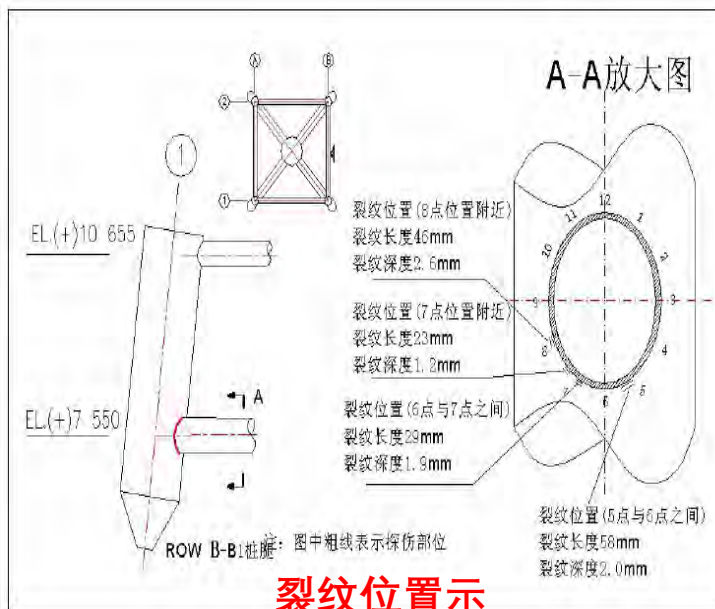
使用传统的超声波，很难或不可能检查



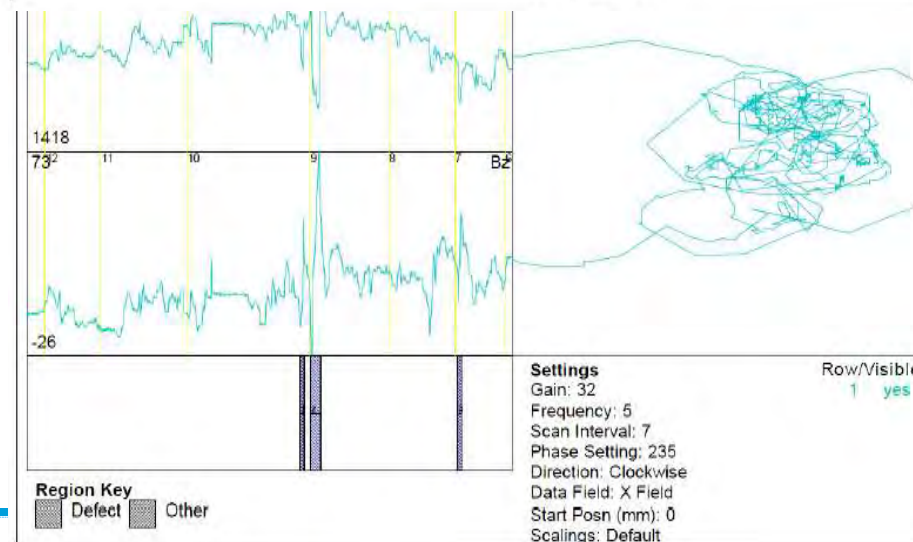
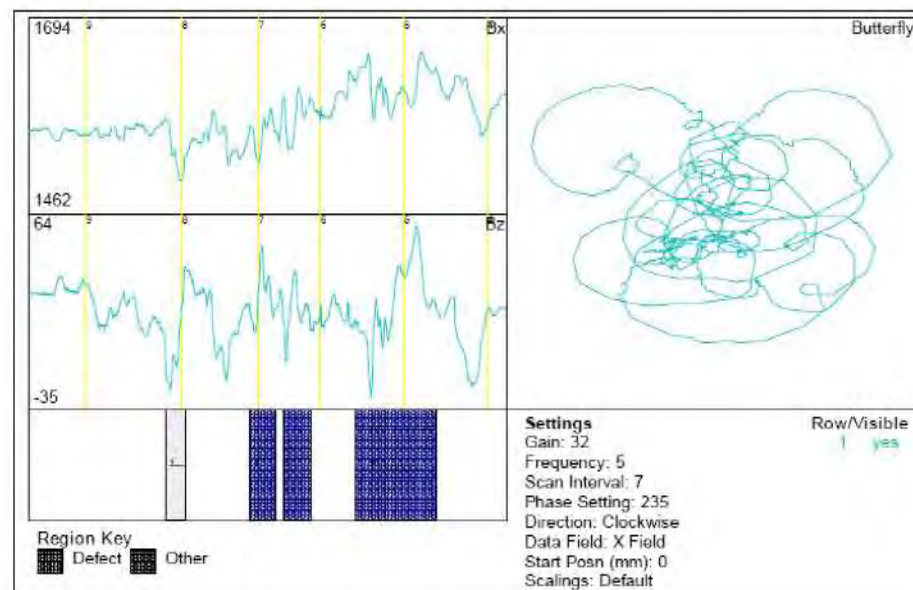
ACFM检测案例

水上结构物ACFM检测

- 2014年6月-8月;
- 渤海油田某设施, 进行平台结构物水上检测, 通过ACFM发现多处焊缝裂纹;
- 水上结构物中, 发现4处裂纹缺陷;



裂纹位置示意图

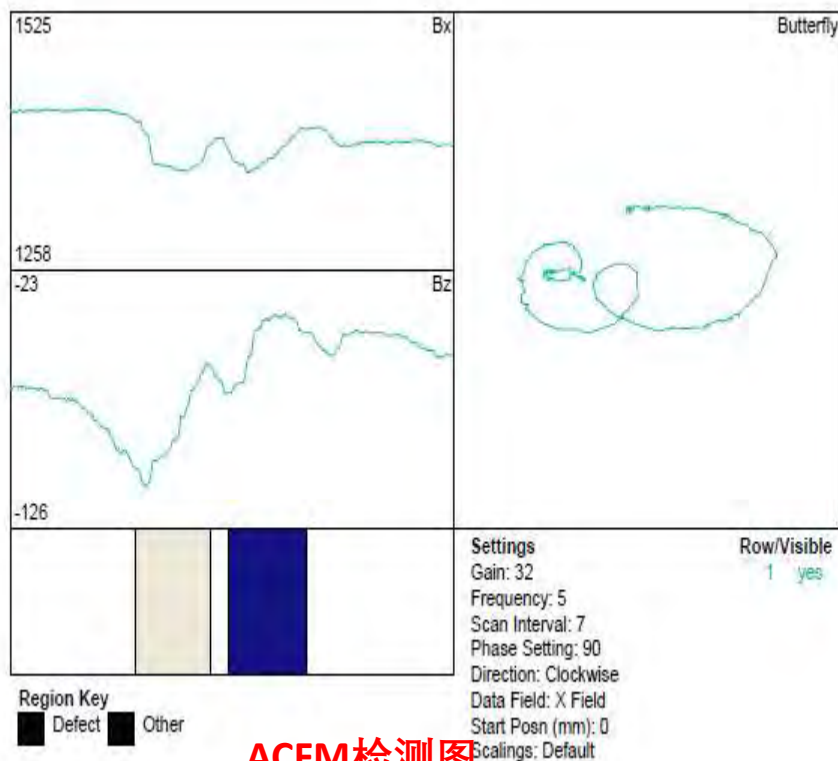


ACFM检测图谱

ACFM检测案例

水上结构物ACFM检测

- ❑ 2015年2月；
- ❑ 南海某船舶，进行吊机钩头水上检测，通过ACFM发现2处裂纹；



ACFM检测图
谱



船舶及钩头



ACFM检测案例

水下结构物ACFM检测

- 2015年6月-7月；
- 渤海油田某设施，进行平台结构物水下检测，通过ACFM发现1处焊缝裂纹；

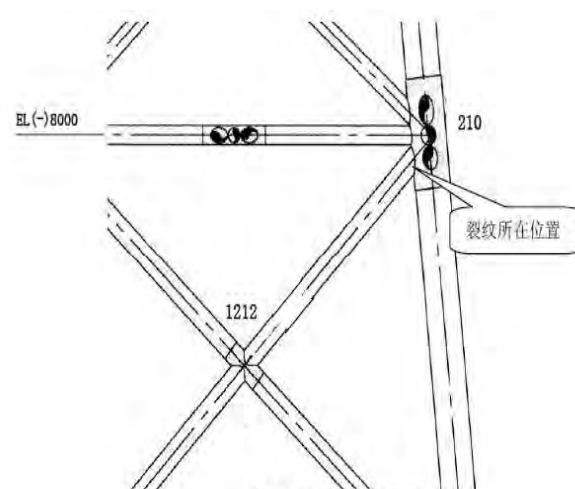
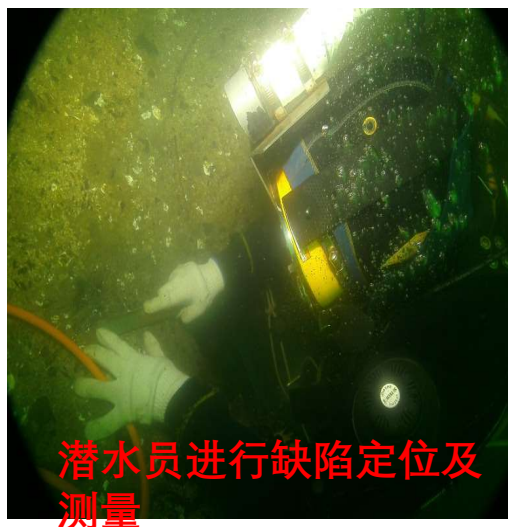
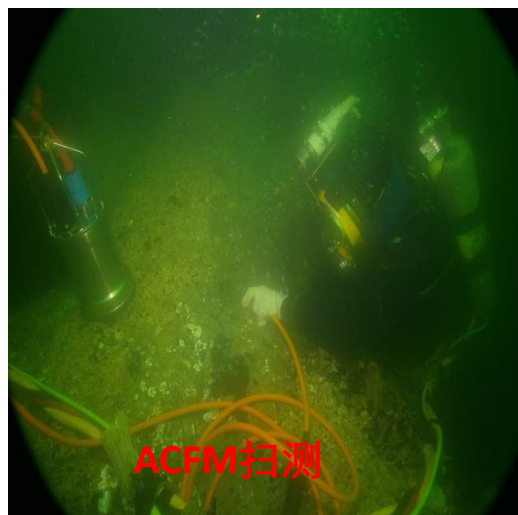
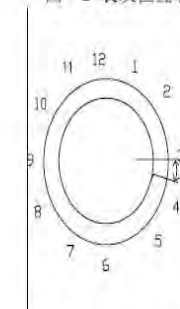


图 7-2 裂纹位置示意图

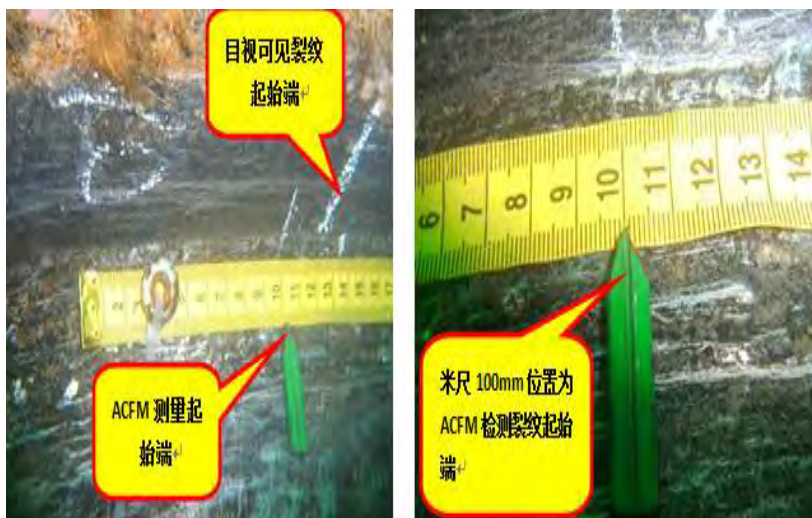


裂纹位置示意图

ACFM检测案例

水下结构物ACFM检测

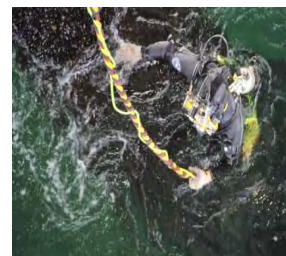
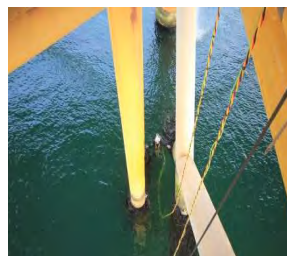
- 2017年5月-6月；
- 渤海油田某设施，进行平台结构物水下检测，通过ACFM发现9处焊缝裂纹；



ACFM检测确认缺陷位置及尺寸测量

ACFM裂纹信息统计表

序号	节点	所在杆件	位置	杆件尺寸 (mm)	缺陷位置	缺陷测量长度 mm	缺陷 ACFM 测量长度 mm	缺陷 ACFM 测量深度 mm
1				0.914X19.05	210/210-1211 焊缝的斜拉筋侧 2-3 点钟之间	21	24	2.2
2				0.914X19.05	220/220-1211 焊缝的斜拉筋侧 3-2 点钟之间	29	33	2.5
3				0.914X44.45	220/220-260 焊缝的桩腿侧 10-13 点钟之间			
4				0.914X44.45	220/220-260 焊缝的桩腿侧 7-6 点钟之间	24	28	5.1
5				0.914X19.05	220/220-210 焊缝的桩腿侧 11-12 点之间	69	76	6.6
6				0.914X19.05	220/220-210 焊缝的桩腿侧 11-12 点之间	22	25	1.9
7				0.914X31.75 0.914X44.45	214/214-224 焊缝的 214-220 杆件侧 10-13 点之间			
8				0.914X31.75	1220/1220-260 焊缝下侧 6-7 点之间	28	32	4.8
9				0.762X19.05	230/230-240 焊缝桩腿侧 5-6 点之间	42	48	3.3



水下作业及ACFM检测

ACFM[®] TRAINING / ACFM[®] 培训

▲
Operator Certification is
available through SNT-TC-1A,
PCN, and CSWIP Schemes

可通过SNT-TC-1A, PCN和CSWIP方案获得操作员认证

SNT-TC-1A through TSC (TSC
Offices or on customer's site)
SNT-TC-1A, 通过TSC (TSC办事处或客户现场)

PCN through Lavenders
International (UK, Houston, and
others)

PCN通过Lavenders International (英国, 休斯顿和其他国家)

CSWIP through TWI (UK and others)

³⁶CSWIP通过TWI (英国和其他国家)



RECENT ADVANCES IN ACFM® FOR SURFACE
CRACK INSPECTION

ACFM®在表面裂纹检测方面的最新进展

ANY QUESTIONS?
任何问题?

谢谢 !