

中国潜水打捞行业团体标准

T/CDSA-305.22-2017

水下钢结构交流电磁场裂纹检测规程

Operating procedure for alternating current field measurement(ACFM)
technique for underwater steel structure

2017-3-15 发布

2017-3-15 实施

中国潜水打捞行业协会 发布

目 次

前 言	III
引 言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义及缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	4
4 人员资质	4
5 检验设备	4
5.1 总则	4
5.2 参考试块	5
6 方法概要和基本要求	5
6.1 ACFM 检测指示	5
6.2 ACFM 检测工艺	5
6.3 横向裂纹和与焊缝方向有一定角度的裂纹检测	5
7 检测准备	6
7.1 检测区域	6
7.2 探头选取	6
7.3 扫查面准备	6
7.4 部件的定位标记	6
7.5 目视检验	6
8 检测系统设置和校准	7
8.1 总则	7
8.2 校准	7
8.3 扫描增量设置	7
8.4 复核情况	7
8.5 校准和标定	7
9 检测	7
9.1 OPS 检测	7
9.2 扫描方向设置	8
9.3 焊缝检测	8
10 数据分析和评价	9
10.1 总则	9
10.2 ACFM 图像的质量评估	9

10.3 非相关指示的甄别.....	10
10.4 相关指示的分类.....	11
10.5 定位和定量.....	13
11 检测报告.....	14
附录 A（资料性附录） ACFM 参考试件.....	15
附录 B（资料性附录） 推荐检测表格	16
参考文献	18

前 言

本部分按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由水下应急救援专业委员会提出，由中国潜水打捞行业协会归口管理。

本标准起草单位：海洋石油工程股份有限公司维修公司。

本标准主要起草人：于长生、袁汝华、陈勇、潘东民、张大伟、邓平、薛方。

引 言

ACFM裂纹检测技术是检测水下结构焊缝表面裂纹最为主要的一种手段，检测结果为评估结构物状态提供重要数据，编写《水下钢结构交流电磁场裂纹检测规程》的目是对ACFM裂纹检测人员资格要求、系统设备、校准方法、操作规程等进行统一的要求，针对水下导管架K、T、Y节点焊缝以及水下其他相对规则结构物焊缝检测的图谱分析和裂纹判断给予规范的指导，保证对水下结构焊缝作出正确的检验和评定，确保检测的质量。

水下钢结构交流电磁场裂纹检测规程

1 范围

本规程规定了水下钢结构采用交流电磁场检测（以下简称“ACFM”）的检测方法和程序要求。本指南适用于同时具备下列条件的焊缝检测：

- a) 材料为碳素钢或其他导磁性材料；
- b) 连续焊接结构型式的对接焊缝；
- c) 材料表面非导体涂层厚度 t ： $t \leq 5\text{mm}$ 。

水下钢结构焊缝表面缺陷检测，如水下导管架结构K、T、Y节点焊缝表面由于疲劳破坏、脆性断裂、应力腐蚀开裂等原因造成的表面裂纹、裂缝检验，可参照本规程执行；结构表面由于撞击等原因造成的表面缺陷，可参考本规程使用，但应考虑作业程序的变化。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 26123 空气潜水安全要求

《潜水及水下作业通用规则》——中国潜水打捞行业协会

《水下钢结构检测工作指南》——中国潜水打捞行业协会

《水下结构物检测测点选择推荐作法》——中国潜水打捞行业协会

《Standard Practice for Examination of Welds Using the Alternating Current Field Measurement Technique》，2003, ASTM

《Guide for Nondestructive Inspection of Hull Welds》2002, ABS

《Guidance for Post-hurricane Structural Inspection of Offshore Structures》2009, API

《FIRMS ENGAGED IN NON DESTRUCTIVE TESTING (NDT) ON OFFSHORE PROJECTS AND OFFSHORE UNIT/COMPONENTS》2008, DNV

《Specific Requirements For The Certification of Personnel In Alternating Current Field Measurement (ACFM) Testing of Ferritic Welds》2009, BINDT

《TWI ACFM Course Notes for Use with CSWIP and Lloyds ACFM Level 1 and 2 Training Courses》——2006, TWI

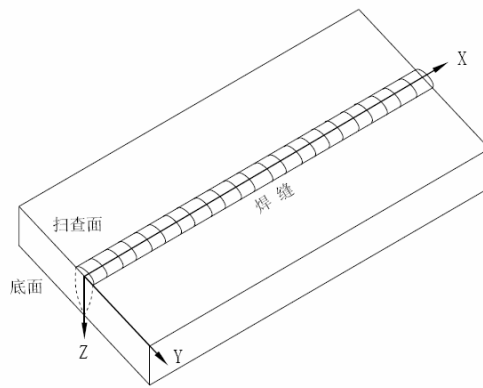
《Requirements for the Certification of Personnel engaged in Non-Destructive Testing in accordance with the requirement of EN 473 and ISO9712》——2005, CSWIP

3 术语、定义及缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1 坐标定义 coordinate definition



X:沿焊缝长度方向; Y 沿焊缝宽度方向; Z: 沿焊缝厚度方向。

图 1 坐标定义

3.1.2 扫查面 scanning surface

放置探头的工件表面，检测时该面生成感应电流

3.1.3 均匀磁场 uniform field

无损检测实施时，被检测构件表面感应电流产生的磁场与激发器产生的磁场耦合后形成的均匀磁场区域。

3.1.4 X-Y 平面图 X-Y plot

以两个相互垂直的磁场分量绘制，X 方向为垂直于被检测构件表面感应电流方向，Y 方向平行于被检测构件表面感应电流方向。

3.1.5 Bx 信号 Bx signals

磁场X方向分量，平行于焊缝长度方向，与工件表面Y方向电流密度成正比。

3.1.6 Bz 信号 Bz signals

垂直于工件表面的磁场分量，与X-Y平面的电流曲率成正比。

3.1.7 实时平面图 time base plots

Bx信号或Bz信号与时间关系形成的平面图谱。

3.1.8 蝴蝶图 butterfly Plot

工件表面存在裂纹缺陷时，Bx信号和Bz信号的X-Y平面图。

3.1.9 缺陷 defect

尺寸、外形、取向、位置或性质对工件的有效使用会造成损害,或不满足规定验收标准要求的连续性。

3.1.10 表面裂纹 surface breaking crack

工件表面由于疲劳破坏、脆性断裂、应力腐蚀开裂等原因造成的裂纹或裂缝缺陷。

3.1.11 裂纹长度 crack length

裂纹在扫查面的投影间的距离，见图2中 l 。

3.1.12 裂纹深度 crack depth

裂纹下端点与扫查面间的距离，见图2中的 d 。

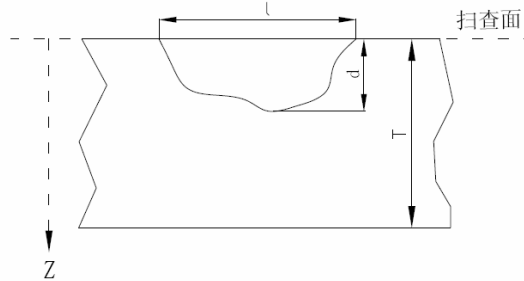


图 2 裂纹长度 l 和裂纹深度 d

3.1.13 参考试块 operational standardization block

试块上有人工植入的标准裂纹，用于ACFM检测系统功能检查及仪器校准。

3.1.14 提起效应 lift-off effect

由于探头操作原因致使磁场信号的减弱。

3.1.15 线性接触 line-contact

在两条裂纹相邻时，裂纹对应的两个蝴蝶图会相互交叠，融为一体或蝴蝶图有部分重叠。

3.1.16 边缘效应 edge effect

探头离开工件边缘位置时，工件表面电流呈现增大趋势， B_x 随之增大；探头靠近工件边缘位置时，工件表面电流呈现减小趋势， B_x 随之减小；

3.1.17 几何形状影响 geometry effect

当检测实施受到其他附近的结构影响时，工件局部表面 Y 方向电流呈现增大趋势， B_x 随之增大。

3.1.18 平行扫描 parallel scan

探头扫查方向与裂纹方向平行但不在同一条直线上的扫查方式。

3.1.19 渗透深度 depth of penetration

激发电流穿透工件表面的深度限制，该深度电流降低为工件表面电流的 $1/e$ 或37% (e 为自然底数约等于2.718)，渗透深度与工件材料的导电率、磁导率及激发电流的频率有关。

3.1.20 退磁 demagnetization

使磁化后的铁磁性材料或工件上的剩磁减弱到可接受的水平。

3.1.21 退磁线圈 demagnetization coil

用来退磁的专用线圈。

3.1.22 指示 indication

在探伤中,需要对其重要性作出解释的响应或形迹。

3.1.23 相关指示 relevant indication

需作评定的不连续性的指示。

3.1.24 非相关指示 non-relevant indication

是一些由无法控制的试验条件所产生的真实指示,但与可能构成为一缺陷的不连续性并无关系。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ACFM: 交流电磁场检测 (Alternating Current Field Measurement)。

NDT: 无损检测 (Nondestructive Testing)

OPS: 操作检查 (Operation Checks)

4 人员资质

检测实施人员包含水下检测人员(潜水员)、水上检测人员,应具备相应的资质能力,具体参照中国潜水打捞行业协会《水下钢结构检测工作指南》中的要求。

5 检验设备

5.1 总则

检测设备包括水上单元、水下单元、探头、安装有检测软件ASSISTu的笔记本电脑、电缆及附件,检测设备必须满足以下要求:

- a) 检测设备各单元应具有产品质量合格证或制造厂家出具的合格文件;
- b) 检测设备应满足水下实施检测作业的要求,具有数据自动采集、记录功能,具有水上指示和分析功能;
- c) 检测系统应能产生适用于所检测构件材质的一个或多个频率激发信号,并能同时测量磁场的Bx和Bz强度,激发信号的频率应能使磁性材料工件表面激发电流的穿透深度小于2.5mm,应根据不同的检测材料对探头进行选择。穿透深度的计算方法如下:

$$\delta = 50 \times \sqrt{\frac{\rho}{f\mu}}$$

其中:

δ 为被检测工件表面激发电流的渗透深度,渗透深度越小,对检测裂纹缺陷的灵敏度越高,单位: mm;

ρ 为被检测工件材料的电阻率,单位 ohm cm;

f 为激发信号的频率,单位: Hz;

μ 为被检测工件材料的相对磁导率,无量纲。

- d) 检测设备应配置有一台支持 ACFM 测量软件并满足所用仪器、探头及检测要求的电脑。
- e) 检测系统应包括可对仪器设置、数据获取、数据指示、数据分析储存的软件,可使用软件离线进行进一步对检测图谱的分析及裂纹定量的计算。
- f) 电脑与仪器间的通信可自动检查,探头的设置数据储存在电脑中,在选择或改变探头时发送到仪器,设备启动后,自动将连接的仪器设置到 ACFM 检测的正确模式。

5.2 参考试块

检测设备应包含参考试块，对参考试块的要求如下：

- a) 参考试块是指用于检测设备功能测试和校准的试块；
- b) 参考试块应采用与被检测结构的磁导性相同或相似的材料制成；
- c) 参考试块中植入裂纹的规格至少应满足附录 A（规范性附录）的规定。检测需要时，可制作其他的形式的试件和植入其他形式或尺寸的裂纹缺陷；
- d) 如参考试块与被检测结构表面涂层厚度不同，参考试块只能用作仪器功能的测试，不能用于裂纹尺寸检测的校准。

6 方法概要和基本要求

6.1 ACFM 检测指示

ACFM检测指示观察时应包括以下内容：

- a) ACFM 检测指示应至少包括 B_x 信号、 B_z 信号和反应 B_x 与 B_z 关系的实时平面图。
- b) 缺陷裂纹的信号指示应有符合特征的蝴蝶图。
- c) ACFM 检测应避免电子原件的饱和和信号失真，当扫描进入转角结构或紧凑区域时，信号幅度会快速放大，可能会使 B_x 信号超出 A/D 转换器的上限范围，在饱和状态下采集的数据不应被接受。
- d) ACFM 检测选定固定的相位磁场测量，相位在探头制造时应经被选定并保存在探头文件中由系统自动配置，检测的实施可不考虑相位角。

6.2 ACFM 检测工艺

6.2.1 总则

检测前，应根据本部分并结合被检工件确定ACFM检测工艺。ACFM检测工艺至少应包括如下内容：

- a) 被检工件情况
- b) 检测设备器材
- c) 检测准备：包括确定检测区域、探头选取、仪器设置、扫查方式的选择、扫查面准备等
- d) 检测系统设置和校准
- e) 检测
- f) 数据分析和解释
- g) 裂纹缺陷的定位和定量

6.2.2 验证试验

应采用模拟试块对检测工艺进行验证试验，试验结果应确保能够清楚的显示和测量模拟试块中的模拟裂纹缺陷，且所测量的模拟裂纹缺陷尺寸应与其实际尺寸基本吻合。

6.3 横向裂纹和与焊缝方向有一定角度的裂纹检测

当沿平行于焊缝方向对工件进行扫查时，ACFM检测可行之有效的检测出横向裂纹和与焊缝方向有一定角度的裂纹，但裂纹信号会有所不同。当对检测出的横向裂纹和与焊缝方向有一定角度的裂纹进行定位和定量时，应采用改变探头方向重复扫查的方式进行裂纹定位和定向，确定位置和方向后采用纵向裂纹定量方法对裂纹进行定量。

7 检测准备

7.1 检测区域

检测区域的确定遵循如下原则：

- a) 检测区域由其宽度表征。
- b) 检测区域为焊缝及两侧实际热影响区。
- c) ACFM 检测单次扫查有效检测范围为宽度 20mm 内，检测应覆盖整个检测区域。
- d) 若对已发现裂纹的部位进行复检或及确定的重点部位，检测区域可缩减至相应部分。

7.2 探头选取

探头选取包括探头形式、参数的选择，探头分类包括标准探头、角式探头和微型探头，微型探头又分直线、直角或横向类型。探头选取需考虑所检测焊缝的长度和宽度、检测区域的几何形状、可能的裂纹尺寸等，选取的原则如下：

- a) 标准探头具有最佳的裂纹测定效果，只要条件允许，应尽可能选用标准探头进行焊缝检测。标准探头体积较大，使用时会产生较大的边缘效应，约为 50mm。不适用于结构密集处的区域及长度较小的焊缝检测。
- b) 角式探头精度略差于标准探头，应用于标准探头难以接近的区域实施检测，如导管架节点结构密集处的焊缝部位检测。角式探头体积略小，使用时会产生较大的边缘效应，约为 50mm。
- c) 微型探头精度差于标准探头和角式探头，应用于结构十分紧密的区域检测，如导管架 K 节点斜角焊缝结构密集处，标准探头和角式探头均无法接近的区域检测。微型探头灵敏度高，边界效应小，但提起效应较大，不适用检测区域较大，工件表面清洁度较差的情况使用。

7.3 扫查面准备

扫查面准备完毕需达到如下要求：

- a) 扫描区域应清理海生物和污垢，清理范围为以焊缝为中心两边各 10cm 宽的区域，清洁程度应能使探头平滑移动。
- b) 当结构表面油漆涂层厚度小于或等于 5mm 时，不需对涂层进行清理；当结构表面油漆涂层厚度大于 5mm 时，需清理油漆涂层。
- c) 应确保被检测构件处于非磁化状态，如果 ACFM 检验实施之前，结构已实施磁粉检测或需对结构磁化的其他检测方法，须首先对被检验构件进行退磁，通常情况下，可以通过自然退磁；需要时应进行专门的退磁处理，对于管状构件，可使用退磁线圈对磁化结构进行退磁作业。

7.4 部件的定位标记

焊缝定位以 NDT 检测标准进行编号，按照如下要求进行：

- a) 管结构 K,T,Y 节点环焊缝基准点设置在焊缝顶部为 0 点，结构环焊缝以主结构北为基准为 0 点，使用钟点位标记；
- b) 管结构水平纵焊缝以左侧焊缝起始处为基准点 0 点，从左到右方向以 50-100mm 为增量使用线标标记。
- c) 管结构竖立纵焊缝以焊缝顶部起始处为基准点 0 点，依照焊缝长度从上到下方向以 50-100mm 为增量使用线标标记。

7.5 目视检验

应首先对水下焊缝进行目视检测，找出可通过肉眼发现的可能影响探头移动或可能影响ACFM信号的不规则部位，在ACFM检验之前全部记录，包括但不限于：焊缝焊接接头、磨光区、焊渣、检测区域内的筋板、螺栓头等刚性构件和其他磁性物体。

8 检测系统设置和校准

8.1 总则

检验前应使用参考试块对系统和所用探头进行功能性检查。

8.2 校准

每次检测作业前应对检测系统进行校准，校准时确定以下内容：

- a) 系统的设置应使检测裂纹缺陷的灵敏度最大且保持可接受的噪声水平；
- b) 参考试块的扫描速度应与检测焊缝的扫描速度相同；
- c) 参考试块形成的检测图谱应为标准的 ACFM 裂纹图谱，包括 B_x、B_z 及蝴蝶图；
- d) 参考试块裂纹的指示图像符合要求，否则需对探头文件数据进行重新设置，参见表 1；

表 1 参考试块裂纹检测图谱要求

检测数据	尺寸	方向	范围
B _x	50%	垂直	700-1500
B _z	175%	水平	-

校准时裂纹深度的计算结果应与实际裂纹的深度相同或十分接近；

如工件表面非导体涂层厚度大于 1mm，需在 ACFM 软件中对裂纹缺陷尺寸进行补偿。

8.3 扫描增量设置

扫描增量是指扫描过程中相邻两个扫描信号间的空间采样间隔，检测应将检测系统设置为根据扫描增量采集信号。扫描增量值设置主要与焊缝长度有关，环焊缝扫描增量按表2的规定进行。

表 2 扫查增量的设置

环焊缝结构直径	扫查时钟位增量最大值 ΔX_{max}
$D \leq 600\text{mm}$	6.0
$D > 600\text{mm}$	3.0

8.4 复核情况

以下情况发生时需对检测系统进行复核：

- a) 检测过程中检测设备开停机或更换部件时；
- b) 检测人员怀疑时。

8.5 校准和标定

每年应至少进行两次对检测系统的校准和标定，校准和标定应有具备ACFM二级检测资质的人员施行，并完成校准报告。

9 检测

9.1 OPS 检测

应首先对检测的起始位置进行OPS检测，检测要求如下：

- a) 在扫描基准点下方 50mm 处，以 T 方向推进探头扫描，观察产生的信号是否有缺陷；
- b) 如无裂纹缺陷，Bx 应有缓慢增大的趋势；如果 Bx 轨迹显著下降，则可能存在裂纹缺陷；
- c) 如有疑似裂纹信号的出现，应采用平行扫描的方式重复这一过程进行确认。

9.2 扫描方向设置

扫描方向的设置遵循如下原则：

- a) 应根据潜水员适宜的操作方向，选择和设置探头的方向，见图 3。

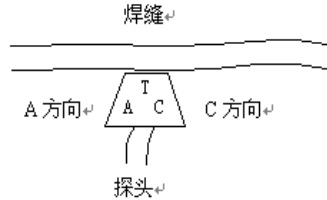


图 3 扫描方向

- b) 以 C 方向扫描裂纹的起始端 Bz 为波谷，裂纹末端 Bz 为波峰；以 A 方向扫描裂纹的起始端 Bz 为波峰，裂纹末端 Bz 为波谷。

9.3 焊缝检测

焊缝检测遵循如下原则：

- a) 探头推进的方向为平行于焊缝的方向，具体要求为：
 - 1) 工件焊缝宽度 $t_1 < 20\text{mm}$ 时，分别沿焊缝两侧焊趾扫查；
 - 2) 工件焊缝宽度 $20\text{mm} \leq t_1 < 40\text{mm}$ 时，分别沿焊缝两侧焊趾扫查，并对焊缝本身进行扫查，应在焊趾和焊缝中间位置添加标识线，探头沿标示线推进；
 - 3) 工件焊缝宽度 $t_1 \geq 40\text{mm}$ ，分别沿焊缝两侧焊趾扫查，并对焊缝本身进行扫查，应在焊趾处及焊缝上每隔 20mm 添加标识线，探头沿标示线推进；
 - 4) 对于不规则焊缝，应在检测区域每隔 20mm 添加标识线，探头沿标示线推进。
- b) 推荐以 1cm/s 的速度对检测区域进行扫描，并保持匀速(经过时钟位时无需停留)，探头中间指示线每过一个时钟位潜水员向 ACFM 检测人员报告，检测人员进行标记。
- c) 若需对焊缝在长度方向进行分段扫查，则各段扫查区应覆叠扫描，根据工件厚度和焊缝大小，覆叠部位尺寸可为 25-50mm，环焊缝扫描覆叠部位应至少为一个时钟位，见图 4 所示。

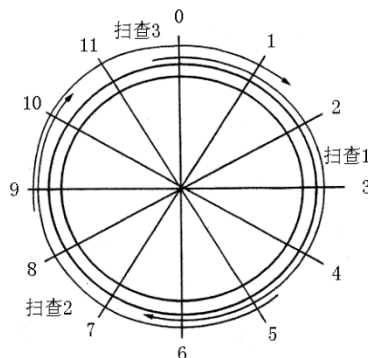


图 4 环焊缝扫描方式

- d) 扫查过程中应密切注意检测信号状况，如有疑似裂纹信号，不应停止，而应继续完成整条焊缝的检测。

- e) 对检测图谱进行分析，对疑似存在裂纹的部位进行重新扫查。
- f) 潜水作业的实施应遵照中国潜水打捞行业协会《潜水及水下作业通用规则》等作业标准实施。

10 数据分析和评价

10.1 总则

由缺陷引起的指示为相关指示，由于工件结构等非缺陷引起的指示为非相关指示。ACFM的图像分析和评价应包括以下：

- a) ACFM 采集图像的质量评估；
- b) 相关指示和非相关指示的辨别；
- c) 相关指示的分类：
 - 1) 表面纵向裂纹
 - 2) 表面横向裂纹
 - 3) 与焊缝有一定角度的裂纹
 - 4) 线性接触点和多个裂纹
 - 5) 裂纹位置和尺寸（长度和深度）的确定

10.2 ACFM 图像的质量评估

ACFM检测完成后需对指示信号进行评估，ACFM图像能够形成裂纹缺陷和其他干扰因素的特征图像，应能从相关干扰信号中辨别出裂纹指示，质量评估流程见图5所示。

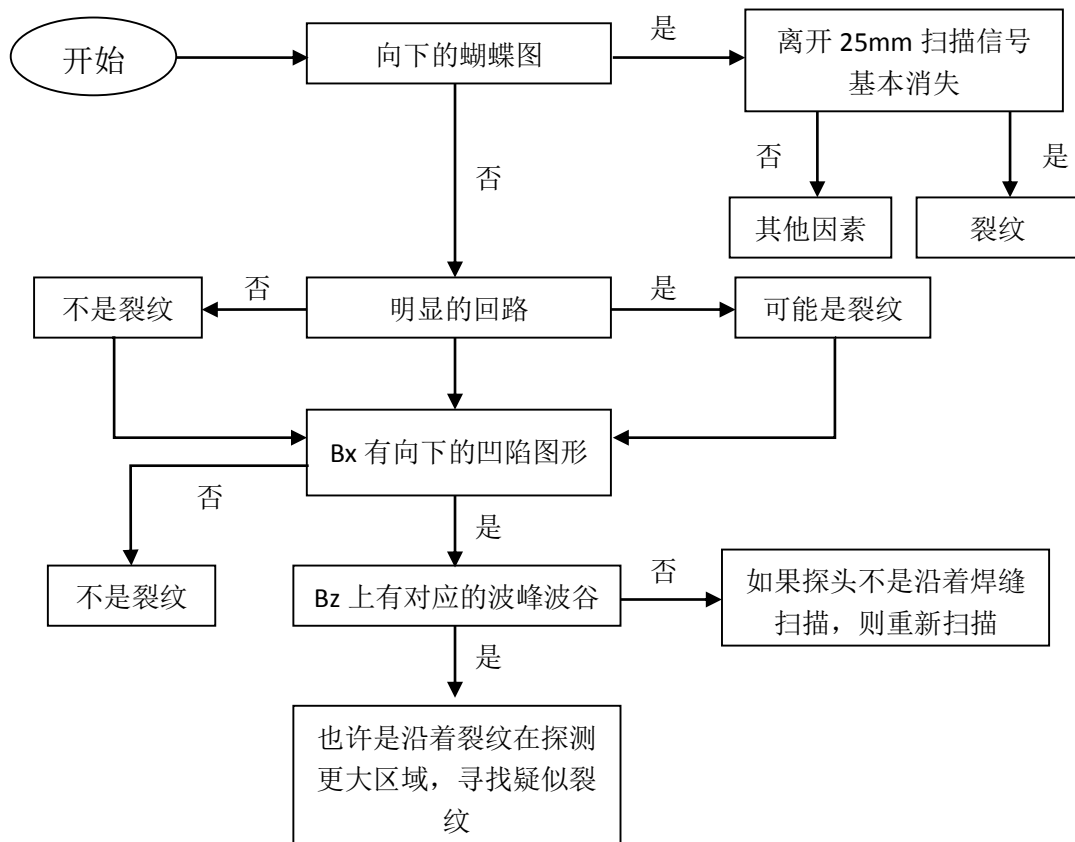


图 5 扫描图形判别流程图

10.3 非相关指示的甄别

10.3.1 受检构件表面状况对信号影响

水下结构物表面覆盖着较多的海生物，即使潜水员清理之后，也会有一些硬质海生物残留，影响表面的平整度。检测图像会受到表面光洁程度的影响，应掌握由表面光洁度引起的图谱非相关指示，利用 B_x 、 B_z 、蝴蝶图数据的相互关系进行甄别。见图 6 为典型导管架节点焊缝检测图像的非相关指示。

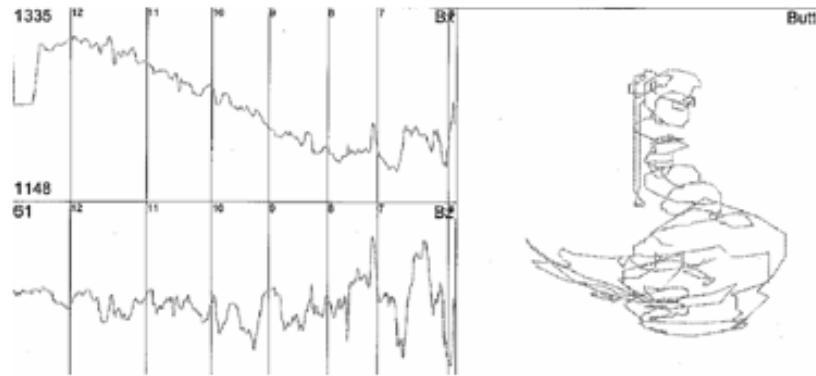


图 6 结构表面清洁度对检测图像的非相关指示

10.3.2 边缘效应的影响

在工件边缘位置垂直于焊缝方向的正表面电流密度会变小，探头离开边缘由于工件表面电流密度增大， B_x 会有增大趋势，C 方向 B_z 有增大趋势；靠近边缘时，垂直焊缝方向的表面电流密度减小， B_x 有减小趋势，C 方向 B_z 会有增大趋势。对于标准探头而言，边缘效应会产生如图 7 非相关指示信号。

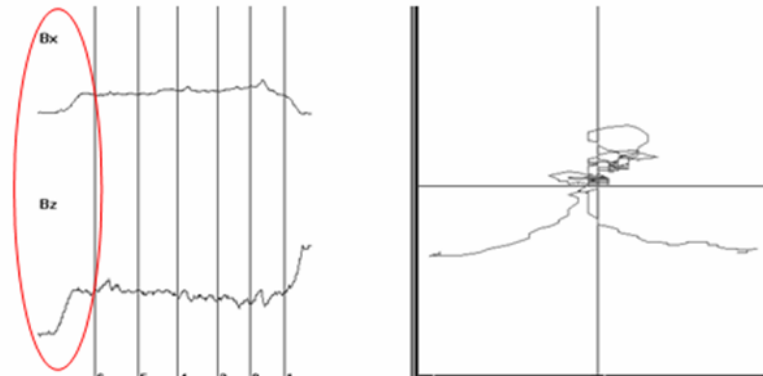


图 7 边缘效应对 ACFM 检测图像的非相关指示

10.3.3 提起效应的影响

探头发生较大的提起动作会减弱检测信号。在 B_x 、 B_z 信号同时出现多个疑似裂纹信号时，可能是探头时断时续的接触到焊缝焊帽造成的提起相应，但也有可能是同时出现了多条复杂裂纹。此时探头操作员应告知检测人员在扫描区域是否存在其他焊缝或工件表面有较大的凹凸现象。检测人员根据扫描区域所发出噪音等级的渐进变化进行判断。

10.3.4 构件几何形状的影响

当探头扫描紧凑型的构件结构时， B_x 信号将呈现持续增长的状态，比如管线接头处或导管架 K 节点。见图 8 所示。

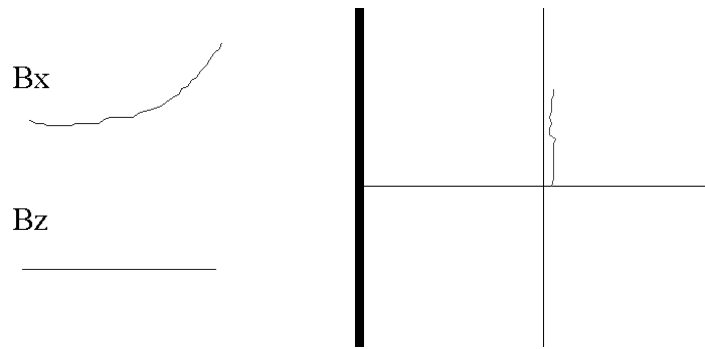


图 8 紧凑型的构件对 ACFM 检测图像的非相关指示

10.3.5 材料磁性的影响

剩磁会影响材料的磁性从而影响到交流电磁场检测图像，对于使用过磁粉检测仪或则其他磁性设备的区域应该首先进行退磁处理，操作方法见 7.3.3.

10.3.6 材质变化的影响

当扫描区域材质发生变化或存在垂直方向的焊缝会产生类似横向裂纹信号，应通过平行扫描的方式进行确认，平行扫描应至少进行 3 次，见图 9 所示

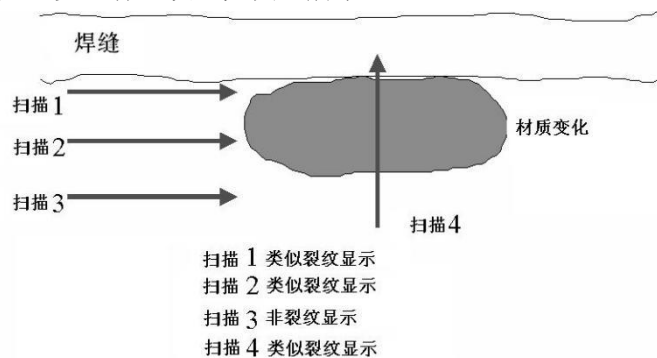


图 9 材质变化的非相关指示排除

10.4 相关指示的分类

10.4.1 总则

相关指示的 B_x , B_z 波幅应包含典型的由裂纹引起的变化信息，并出现蝴蝶图。

10.4.2 平行扫描方向的裂纹相关指示

平行于扫描方向的裂纹产生典型的裂纹图谱指示，C 方向扫描时 B_x 出现谷值、 B_z 出现峰谷值及标准的蝴蝶图。见图 10 所示。

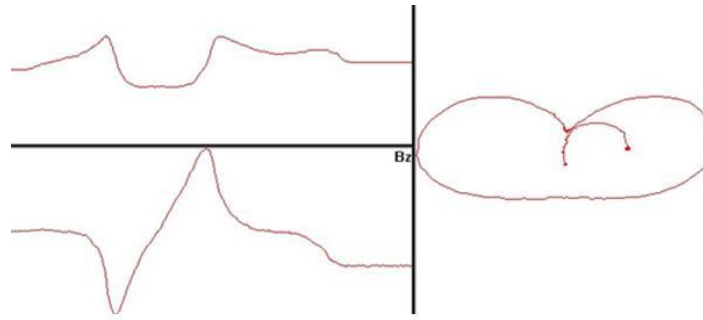


图 10 平行扫面方向的裂纹相关指示

10.4.3 与扫描方向有一定角度的裂纹相关指示

如果裂纹方向与扫描方向成一定角度，距离扫描位置较近的裂纹一端，电流变化与常规裂纹相同，生成一半正常的图谱，距离扫描位置较远的裂纹一端，由于对电流的影响减弱，图谱信号减弱。参照图 11 所示。

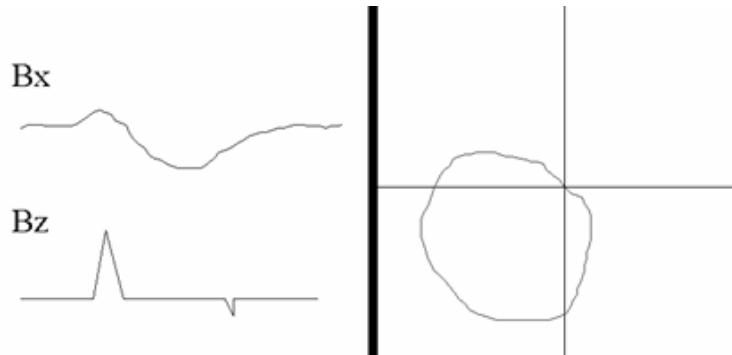


图 11 与扫描方向有一定角度的裂纹相关指示

10.4.4 其他结构影响处的裂纹相关指示

在其他构件影响处的裂纹信号会叠加到结构几何形产生的非相关影响信号中，参见图 12 所示。此时，计算裂纹深度， B_x 应取裂纹两端背景值之间的数值。

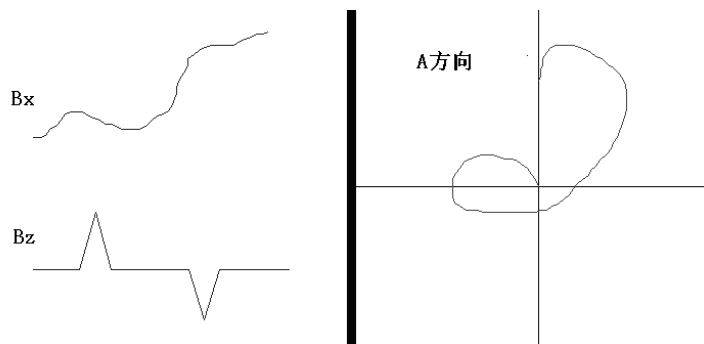


图 12 其他结构影响处的裂纹相关指示

10.4.5 垂直扫描方向的裂纹相关指示

当裂纹垂直于焊缝方向时，会产生垂直于焊缝方向的电流密度集中， B_x 出现波峰，X-Y 面环向电流方向相反，C 方向扫描， B_z 先出现波峰后出现波谷，蝴蝶图为逆时针方向，见图 13 所示。

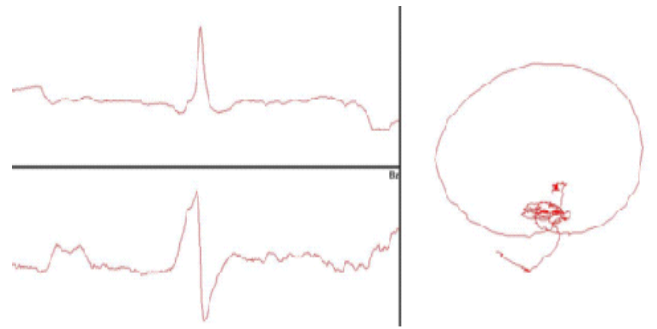


图 13 垂直扫描方向的裂纹相关指示

10.4.6 线性接触和多个裂纹相关指示

扫描区域存在裂纹线性接触和多个裂纹时，蝴蝶图会产生多个环路并相互交叠。见图 14 所示。

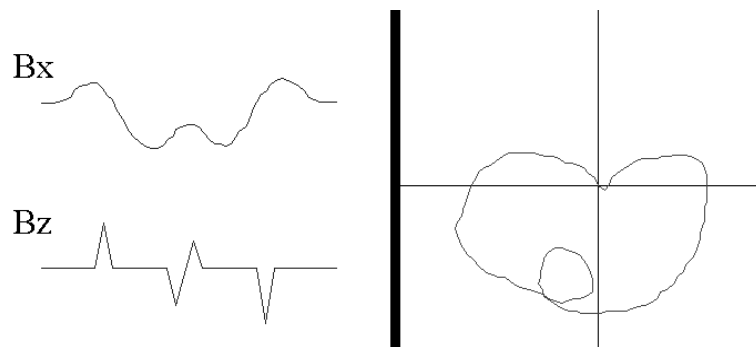


图 14 “线性接触”的裂纹相关指示

10.4.7 扫描区域以外的裂纹相关指示

如果裂纹位置在扫描区域以外，随着扫描位置距离裂纹越来越远，图谱信号逐渐减弱，蝴蝶图逐渐减小，见图15所示。可通过平行扫描的方式对检测中出现的疑似裂纹信号进行验证。

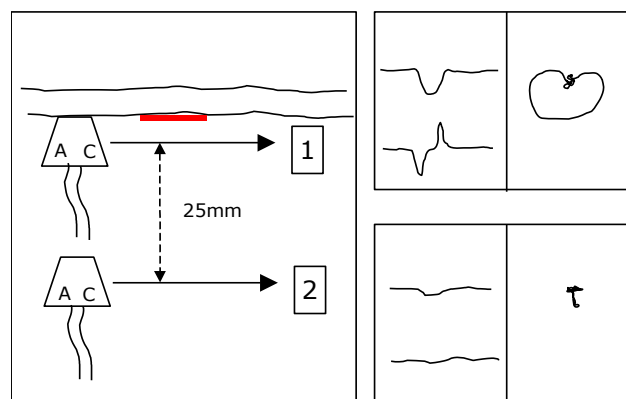


图 15 扫描区域以外的裂纹相关指示

10.5 定位和定量

10.5.1 平行扫描

平行扫描遵循步骤如下：

- a) 当发现裂纹信号后，应首先通过平行扫描的方式进行验证；

b) 不断改变探头与焊缝距离多次反复平行扫描，所形成最大蝴蝶图的位置即为裂纹的所在直线。

10.5.2 定位

将探头放在距离裂纹起始处 50mm 的位置，慢慢扫描裂纹，当蝶形图达到其最大偏移量时停止扫描，在焊缝上标记出此位置即为裂纹起始端。重复此步操作以找到裂纹另一端。

10.5.3 复检扫描

将探头放在距离裂纹起始处 50mm 的位置，慢慢扫描到裂纹起始处和末尾端的标线位置，在软件指示界面上标记，设定的标记对准 Bz 波峰和波谷，否则应重复上述步骤。

10.5.4 定量

裂纹定量过程如下：

- a) 按 ACFM 软件的操作程序对裂纹进行长度和深度测量；
- b) 除了极短的缺陷外，由软件报告的缺陷长度比测量值略大，这是因为 Bz 是由裂缝端部环形电流产生，峰值出现在环形电流的圆心，处于裂纹的内部，系统将通过数学模型补偿得出实际的缺陷长度。

11 检测报告

检测结果的记录应遵循如下原则：

- a) 检测过程中，需根据现场检测实际结果填写 ACFM 检测数据表，记录检测点位置，编号，构件号，探头文件、日期，文件名称等内容。
- b) 表格中需填写探头 A/C 方向，时钟位等信息。如果检测构件存在裂纹，需填写裂纹与参考点距离，缺陷长度（测量和计算），缺陷深度等内容。
- c) 检测数据表应至少包括设备校验表、检测数据表，以及原始图谱，如附录 B（资料性附录）中所示。

附录 A
(资料性附录)
ACFM 参考试件

A.1 参考试件要求

应至少设置 2 个表面裂纹缺陷，可加工于一个或两个试件上。

- a) 裂纹缺陷长度为 X、深度为 H（见表 A.1）、宽度小于 H/5mm；
- b) 裂纹缺陷两端与试件边缘的距离，大于或等于 50mm。

表 A.1 裂纹缺陷的规格

裂纹缺陷	位置	X	H	检验及校准
1	焊趾	50mm	5mm	标准探头和角式探头
2	焊趾	20mm	2mm	微型探头

A.2 参考试件举例

碳素钢试件规格见图A.1

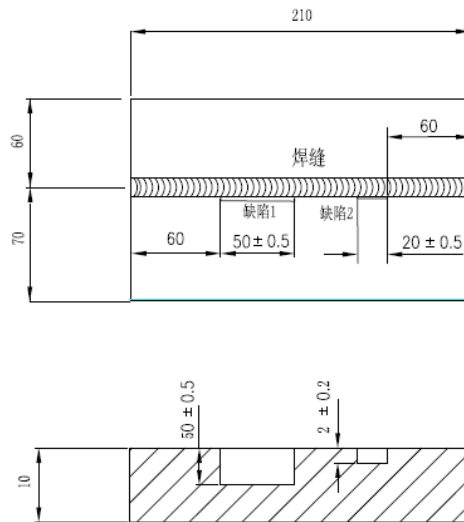


图 A.1 ACFM 参考试件

附录 B
(资料性附录)
推荐检测表格

表 B. 1、图 B. 1 给出了 ACFM 检测应该具备的表格。

图 B. 1 ACFM 检测数据表

ACFM DATA SHEET
ACFM 检测数据表

LOCATION 位置		PAGE 编号	
COMPONENT 构件号		PROBE FILE 探头文件	
DATE 日期		FILE NAME 文件名称	

PAGE NO. 页码号	PROBE NO. 探头号	PROBE DIR. 探头方向		CLOCK POSITION 时钟位		COMMENTS 说明
		A	C	START 开始	END 结束	

PAGE NO. 页码	DATUM 参考点	DISTANCE FROM DATUM 与参考点距离	DEFECT LENGTH (meas.) 缺陷长度 (测量)	DEFECT LENGTH (calc.) 缺陷长度 (计算)	DEFECT DEPTH (calc.) 缺陷深度 (计算)	COMMENTS 说明

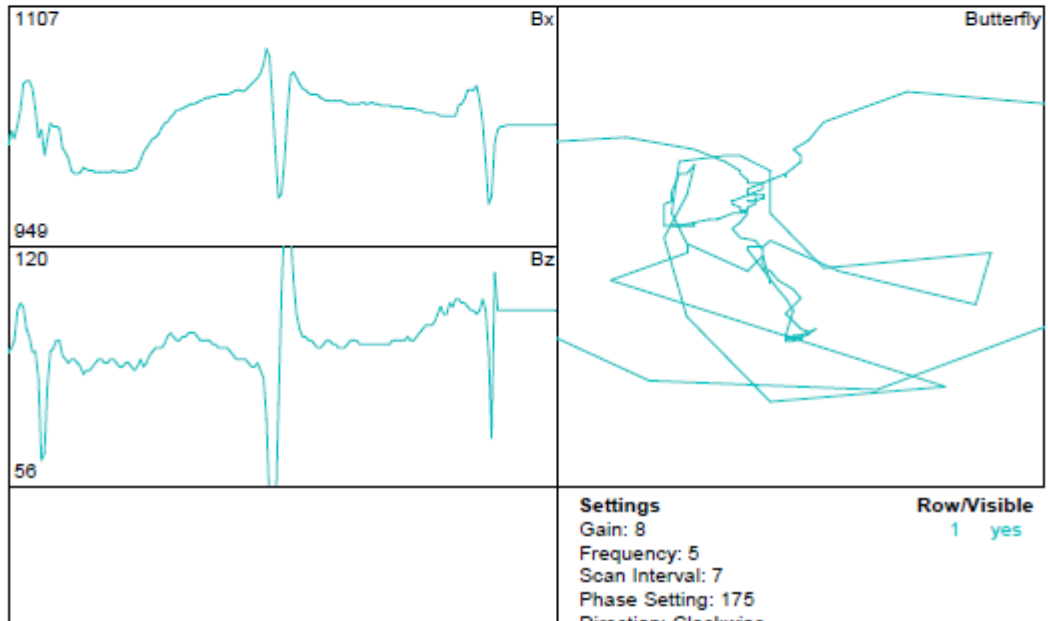
	ACFM OPERATOR ACFM 操作者	PROBE OPERATOR 探头操作员
NAME 姓名		
SIGNATURE 签字		

ASSISTu ACFM Test Report
 Report on ACFM non-destructive testing for:



FUNCTION CHECK PAGE REPORT

Instrument: Probe: Original JobCode:
 Test Date: Test Time:
 Filename: File Page ID: 2 (1 pages total) Page Width: 184 points



Region Key
 ■ Defect ■ Other

Settings **Row/Visible**
 Gain: 8 1 yes
 Frequency: 5
 Scan Interval: 7
 Phase Setting: 175
 Direction: Clockwise
 Data Field: X Field
 Start Posn (mm): 0
 Scalings: Default

Defects

Notes

Probe: Weld Probe - 5kHz - UW
 Serial Number: 3193
 Configuration: Ferritic Steel
 Factory Configured: Yes
 Instrument Serial: 6185
 Deployment: No encoder

Operator:
 Prepared by Signature:
 Date:

图B.1 ACFM检测图谱示例

参 考 文 献

- [1] 《TSC ACFM course notes for use with Level One Training Course To Recommended Practitice SNT-TC-1A(2006)》，Technical Software Consultants Ltd.
 - [2] 《TSC ACFM course notes for use with Level Two Training Course To Recommended Practitice SNT-TC-1A(2006)》，Technical Software Consultants Ltd.
-