

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—XXXX

水下探测用三维实时成像声呐

Three-dimensional real-time imaging sonar for underwater detection

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发布

目 次

前 言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 分类和组成 4

5 技术要求 4

6 试验方法 6

7 检验规则 8

8 标志、包装、运输和贮存 9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件首次发布。

水下探测用三维实时成像声呐

1 范围

本文件规定了水下探测用三维实时成像声呐（以下简称“成像声呐”）的分类和组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存等内容。

本文件适用于水下探测用三维实时成像声呐。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.5 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击
- GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 3223 声学 水声换能器自由场校准方法
- GB/T 4128-1995 声学 标准水听器
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 6113.101 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1-1部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备
- GB/T 7965 声学 水声换能器测量
- GB/T 10250 船舶电气与电子设备的电磁兼容性
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 第11部分：对每相输入电流小于或等于16A设备的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验
- HY/T 016.15 海洋仪器基本环境试验方法 试验Q：水静压力试验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

三维实时成像声呐 3D real-time imaging sonar

通过发射声波信号，接收水下目标反射回波，经信号处理实时生成三维点云数据和可视化图像，实现水下目标探测、定位和形态识别的声学设备。

3.2

发送响应级 transmission response level

换能器在规定频率下，输入规定电信号时，在指定方向上产生的声压级，单位为分贝（dB）。

3.3

灵敏度级 sensitivity level

换能器在规定频率和声波入射方向下，输出电压与入射声压的比值对应的级，单位为分贝（dB，基准值：1V/ μ Pa）。

3.4

横向抑制比 lateral rejection ratio

成像声呐主波束对其旁瓣的抑制能力。其值等于主瓣峰值电平与最高旁瓣峰值电平之比，单位为分贝（dB）。

3.5

垂直波束宽度 vertical beamwidth

采用平面阵的成像声呐，在垂直平面内，声压级比主瓣峰值下降3dB点之间的夹角。

4 分类和组成

4.1 分类

4.1.1 成像声呐按工作原理可分为下列类型：

- a) 电子扫描式：采用二维平面换能器阵列，通过波束形成技术实现三维成像；
- b) 机械扫描式：采用一维线阵或扇形波束换能器，通过机械装置旋转或摆动实现三维扫描。

4.1.2 成像声呐按工作频率可分为下列类型：

- c) 低频声呐；
- d) 中频声呐；
- e) 高频声呐。

4.1.3 成像声呐按探测距离可分为下列类型：

- a) 短程（ $<50\text{m}$ ）；
- b) 中程（ $50\text{m}\sim 200\text{m}$ ）；
- c) 长程（ $>200\text{m}$ ）。

4.1.4 成像声呐按安装方式可分为下列类型：

- a) 舷载式；
- b) 拖曳式；
- c) 机器人搭载式（ROV/AUV）。

4.2 组成

成像声呐通常由以下单元组成：

- a) 声呐头：包含换能器阵列、前置放大器、电子罗盘、倾斜传感器等；
- b) 主控单元：包含信号处理器、数据处理器、电源模块、控制接口等；
- c) 缆线：用于连接声呐头和主控单元的供电和通信电缆；
- d) 软件：用于系统控制、数据处理、三维显示和数据分析的上位机软件或嵌入式软件。

5 技术要求

5.1 环境适应性

5.1.1 温度环境

5.1.1.1 工作温度： $-2^{\circ}\text{C}\sim +40^{\circ}\text{C}$ （淡水）， $-2^{\circ}\text{C}\sim +35^{\circ}\text{C}$ （海水）。

5.1.1.2 贮存温度： $-40^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 水静压力和防护等级

成像声呐应能在1.2倍标称最大工作深度下正常工作，其水下防护等级应不低于IP68。

5.1.3 振动

成像声呐需能承受频率范围为10Hz~2000Hz、加速度为10g的振动作用，且在每个轴向需持续振动30min，三个轴向均完成振动测试后，设备的各项性能应保持正常。

5.1.4 冲击

在冲击环境下，成像声呐需能承受半正弦波形式的冲击作用，该冲击的峰值加速度为50g、持续时间为11ms，且需在三个轴向的六个方向上分别进行冲击测试，测试完成后设备应无机械损伤，各项性能也应保持正常。

5.2 外观

成像声呐应结构完整，表面无划痕、锈蚀，涂层平整光亮。水密接插件应连接可靠，无松动。

5.3 功能要求

5.3.1 应具备系统自检功能。

5.3.2 应具备工作参数（如量程、脉冲长度、增益等）可设置功能。

5.3.3 应能实时输出三维点云数据。

5.3.4 应具备数据实时显示、记录与回放功能。

5.3.5 应具备标准数据输出接口（如以太网、RS422/485等）和协议。

5.4 电声性能

5.4.1 工作频率

成像声呐的工作频率应严格符合产品设计文件中的规定，其频率偏差不得超过±5%，而谐振频率的偏差则不得超过±3%，以确保设备的声学性能稳定。

5.4.2 发送响应级

在额定工作频率条件下，成像声呐换能器的发送响应级应不低于180dB。

5.4.3 灵敏度级

在额定工作频率条件下，换能器的灵敏度级应不低于-180dB，且测量不确定度需控制在≤1.5dB的范围内。

5.4.4 电声效率

不同类型换能器的电声效率需满足相应要求，其中圆环型换能器的电声效率应≥20%，球型换能器的电声效率应≥40%，以保障能量转换的有效性。

5.4.5 横向抑制比

成像声呐的横向抑制比应不低于-20dB。

5.4.6 垂直波束宽度与扫描范围

5.4.6.1 对于采用机械扫描方式实现三维成像的声呐，其垂直方向的机械扫描角度范围应不小于30°。

5.4.6.2 对于采用平面阵实现三维成像的声呐，其垂直波束宽度应在产品规格书中明确规定。

5.5 成像性能

5.5.1 空间分辨率

成像声呐的距离分辨率应≤0.1m，横向分辨率应≤0.2m。

5.5.2 实时性

成像声呐的成像延迟时间应 $\leq 100\text{ms}$ ，且在连续工作过程中不得出现图像卡顿、丢帧等影响使用的现象。

5.6 电气性能

5.6.1 电源

成像声呐的工作电压可采用DC 12V、DC 24V或AC 220V $\pm 10\%$ ；在额定工作状态下，设备功耗应 $\leq 500\text{W}$ ，待机状态下功耗应 $\leq 10\text{W}$ 。

5.6.2 绝缘电阻

成像声呐的绝缘电阻应 $\geq 100\text{M}\Omega$ 。

5.6.3 电磁兼容性

成像声呐的辐射限值和最小抗扰度应符合GB/T 10250的规定。

5.7 可靠性

成像声呐的可靠性和维修性应符合下列要求：

- a) 成像声呐的平均无故障工作时间（MTBF）应 $\geq 5000\text{h}$ ，确保设备长期稳定运行；
- b) 连续工作时间应 $\geq 72\text{h}$ ，在此期间设备性能需保持稳定，无参数漂移等现象；
- c) 故障修复时间（MTTR）应 $\leq 2\text{h}$ ，以提高设备的运维效率，减少停机影响。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 环境条件

6.1.1.1 试验室环境：温度 $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $45\%\sim 75\%$ ，大气压力 $86\text{kPa}\sim 106\text{kPa}$ 。

6.1.1.2 水下试验环境：水温 $5^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，水质清澈，背景噪声低于探测系统自噪声 10dB 以上，水深符合试验要求。

6.1.2 试验设备

6.1.2.1 标准水听器：符合GB/T 4128-1995的规定。

6.1.2.2 信号发生器：频率精度 $\pm 0.1\%$ ，输出电压误差 $\pm 1\%$ 。

6.1.2.3 示波器：带宽 ≥ 5 倍额定工作频率，采样率 $\geq 10\text{GS/s}$ 。

6.1.2.4 静水压力试验装置：压力控制精度 $\pm 0.1\text{MPa}$ 。

6.1.2.5 环境试验箱：满足温度、湿度、振动、冲击试验要求。

6.1.2.6 三维坐标测量仪：测量精度 $\leq \pm 0.01\text{m}$ 。

6.1.2.7 PC机：具有串口和以太网接口。

6.2 环境适应性

6.2.1 工作温度和贮存温度

按照GB/T 2423.1和GB/T 2423.2的规定进行测试，结果应符合本文件中5.1.1的规定。

6.2.2 水静压力和防护等级试验

按照HY/T 016.15的规定进行水静压力测试；按照GB/T 4208的规定进行防护等级试验。

6.2.3 振动

按照GB/T 2423.10的规定进行试验。

6.2.4 冲击

按照GB/T 2423.5的规定进行试验。

6.3 外观

用目测和触感检测设备的外观质量，结果应符合本文件中5.2的规定。

6.4 功能

6.4.1 自检

设备上电后设置自检工作方式，设备提供自检结果报告及显示。从显控设备上可以看到自检结果是否正常。也可在配电设备上观测声纳设备用电的电流指示。

6.4.2 接口

采用PC机模拟串口和以太网通信，进行接口检验。

6.5 电声性能

6.5.1 工作频率

用示波器监测发射机输出端电信号的频率，在额定工作电压下连续测量10次，取平均值，其结果应符合本文件中5.4.1的规定。

6.5.2 发送响应级

在消声水池中，按GB/T 3223的规定进行，采用自由场互易法，在额定工作频率下测量换能器指定方向的声压级，计算发送响应级。

6.5.3 灵敏度级

在消声水池中，按GB/T 3223的规定进行，采用自由场互易法，测量换能器的灵敏度级。

6.5.4 电声效率

将功率计串联在换能器的供电回路中，在额定工作频率和额定输入电压下，读取功率计显示的输入电功率值，重复测量3次，取平均值。根据换能器类型采用辐射力法或水听器扫描法，在消声水池中测量换能器辐射的声功率，重复测量3次，取平均值。电声效率按照公式（1）进行计算。

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

η ——电声效率，%；
 P_{out} ——辐射声功率，W；
 P_{in} ——输入功率，W。

6.5.5 横向抑制比

分别沿矢量水听器敏感轴和垂直敏感轴方向发射相同声压的声波，测量输出电压比值，计算横向抑制比。

6.5.6 垂直波束宽度和扫描范围

按照GB/T 7965的规定进行测试，结果应符合本文件中5.4.6的规定。

6.6 电气性能

6.6.1 电源

调整供电电压，使成像声呐在5.6.1规定的最低电压和最高电压供电条件下进行试验，每种供电条件下至少工作15 min，结果应符合5.6.1的要求。在正常工作条件下，用数字电压表测量输入电流，计算成像声呐的耗电量，结果应符合5.6.1的要求。

6.6.2 绝缘电阻

用兆欧表测量声基阵的芯线、屏蔽和外壳之间的绝缘电阻，结果应符合5.6.2的要求。

6.6.3 电磁兼容性

电磁兼容发射限值按GB/T 6113.101的规定进行试验，最小抗扰度按GB/T 17626.4、GB/T 17626.5、GB/T 17626.6、GB/T 17626.11的规定进行试验，结果应符合5.6.3的要求。

6.7 可靠性

可靠性和维修性按以下规定进行检测：

- a) 可靠性检验采取可靠性评估方法进行，结果应符合5.7a)的要求；
- b) 维修性试验采用模块更换的方式进行，结果应符合5.7b)、5.7c)的要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

每台产品出厂前必须进行出厂检验，合格后方可出厂。

7.3 型式检验

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或者产品转产试制、鉴定时；
- b) 正式批量生产后，如结构、材料、工艺有较大的改变，可能影响产品性能时；
- c) 国家质检监督机构提出进行型式检验要求时。

7.4 抽样

从同一批次产品中随机抽取1台。

7.5 检验项目

出厂检验和型式检验的检验项目见表1。

表1 检验项目

| 检验项目 | 出厂检验 | 型式检验 |
|--------|------|------|
| 工作温度 | - | √ |
| 贮存温度 | - | √ |
| 水静压力 | - | √ |
| 防护等级 | - | √ |
| 振动 | - | √ |
| 冲击 | - | √ |
| 外观 | √ | √ |
| 自检 | √ | √ |
| 接口 | √ | √ |
| 工作频率 | √ | √ |
| 发送响应度级 | - | √ |
| 灵敏度级 | - | √ |
| 电声效率 | - | √ |
| 横向抑制比 | - | √ |
| 垂直观测范围 | √ | √ |
| 电源 | √ | √ |
| 绝缘电阻 | √ | √ |
| 电磁兼容性 | - | √ |
| 可靠性 | - | √ |

7.6 合格判据

7.6.1 出厂检验

检验项目全部合格，或不合格项经返修后复检合格，判定为产品合格。

7.6.2 型式检验

所有检验项目均合格，判定为型式检验合格；若出现不合格项，允许对不合格项进行评估、修复，并重新检验，若重新检验合格，判定为型式检验合格，否则为不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标志

产品标志用文字和符号等应符合GB/T 13306的要求。产品标志应至少包括下列内容：

- a) 型号；
- b) 名称；
- c) 出厂编号；
- d) 日期；
- e) 生产单位；
- f) 产品标准号。

8.1.2 包装标志

包装储运图示标志应符合GB/T 191的有关要求。

8.2 包装

产品应采用防潮、防震、防锈的包装结构。产品在包装前应进行清洁处理，零部件齐全，随行文件应包括下列内容：

- a) 产品合格证；
- b) 使用说明书；
- c) 维修手册；
- d) 校准证书；
- e) 装箱单。

8.3 运输

产品运输应符合下列要求：

- a) 可采用公路、铁路、水路、航空等运输方式；
- b) 运输过程中应避免剧烈振动、冲击和碰撞，防止日晒雨淋、受潮生锈；
- c) 运输环境温度： $-40^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 95\%$ 。

8.4 贮存

产品应贮存在 $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 80\%$ 的通风、干燥、清洁库房内。库房内应无腐蚀性气体、无强电磁场干扰，不应堆放易燃易爆物品。
