

ICS 03.220.40

CCS R55

中国潜水打捞行业团体标准

T/CDSA 600.4-2022

便携式多波束成像声呐 制造与检验验收通用规范

Generic Specification for Manufacturing and Checking of

Portable Multibeam Imaging Sonar

2022-09-15 发布

2023-01-01 实施

中国潜水打捞行业协会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 参数符号及单位	2
5 系统构成及接口配置	3
6 要求	3
7 测试方法	6
8 检验规则	15
9 包装、标志、运输、贮存	17

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由上海瀚界科技发展有限公司标准化办公室提出。

本文件由中国潜水打捞行业协会归口。

本文件起草单位：上海瀚界科技发展有限公司、哈尔滨工程大学、上海声之扬科技有限公司。

本文件主要起草人：归丽华、胡永翔、周天、杜伟东、徐超、陈宝伟、王也、王昕阳、黄晓霜、惠帅军。

本文件于 2022 年 09 月 15 日首次发布。

便携式多波束成像声呐制造与检验验收通用规范

1 范围

本文件规定了便携式多波束成像声呐性能参数、系统构成及接口配置、测试方法、检验规则，包装、标志、运输、贮存等要求。

本文件适用于便携式多波束成像声呐的生产、测试和检验。

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/T2423.1 电工电子产品环境试验 第1部分：试验方法 试验 A：低温

GB/T2423.2 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 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Da：交变湿热（12h+12h 循环）

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/T2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ka：盐雾

GB/T2423.101 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验：倾斜和摇摆

GB/T 3947 声学名词术语

GB/T 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求

GB/T 7965-2002 声学 水声换能器测量

GB/T 8016 船用回声测深设备

GB 11463 电子测量仪器可靠性试验

GJB 23A 声呐换能器通用规范

GJB 6626 轨条砬规范

3 术语和定义

GB/T 3947 声学名词术语中确立的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

便携式多波束成像声呐 portable multibeam imaging sonar

一类由声学换能器基阵、发射脉冲信号产生与功放电路、接收信号调理与采集电路、数字信号处理电路、显控装置等组成，通过发射换能器基阵发送脉冲声波信号，接收换能器基阵同步接收回波并转换为电信号，调理与采集电路对换能器输出的微弱电信号进行放大滤波等处理，并经过 ADC 转换为数字信号，最终经数字信号处理电路运算后得到单帧多波束声呐图像的小型便携式二维成像声呐设备。

3.2

标称工作频率 nominal operating frequency

声学换能器发射脉冲声波信号对应的信号基频频率。

3.3

探测距离 detection range

便携式多波束成像声呐正前方能够探测到的最远直线距离。

3.4

距离分辨力 range resolution ability

便携式多波束成像声呐沿声波传播方向能够区分的相邻目标间的最小距离。

3.5

视角 angular aperture

声呐水平安装时，能够在水平方向或垂直方向上成像的最大角度。

注：包括水平视角和垂直视角。水平方向上能够成像的最大视角为水平视角；垂直方向上能够成像的最大视角为垂直视角。

3.6

波束数目 number of beams

便携式多波束成像声呐工作过程中形成接收波束的数量。

3.7

角度分辨力 angular resolution ability

声呐水平安装时，在水平方向上能够区分的相同距离相邻目标间的最小角度。

3.8

探测频率/帧率 detection rate

便携式多波束成像声呐每秒钟完成完整探测的次数，又称 Ping 率或刷新率。

3.9

耐水压 water-pressure resistance

便携式多波束成像声呐能够承受的最大静水压。

4 参数符号及单位

本文件采用的参数符号及其单位见表 1，表中未含的符号和单位将另作说明。

表 1 参数符号及单位

序号	参数名称	符号	单位名称	单位符号
1	工作频率	f	千赫兹	kHz
2	探测距离	H	米	m
3	距离分辨力	ΔR	毫米	mm
4	视角	$\theta^\circ \times \phi^\circ$	度	°
5	波束数目	N	个	—
6	角度分辨力	$\Delta \theta$	度	°
7	探测频率 (Ping 率)	F	赫兹	Hz
8	耐水压	P	兆帕	MPa
9	平均无故障时间	MTBF	小时	h

5 系统构成及接口配置

5.1 设备构成

便携式多波束成像声呐由声学换能器基阵（湿端）、发射脉冲信号产生与功放电路、接收信号调理与采集电路、数字信号处理电路、显控装置等组成。

5.2 接口配置

5.2.1 必备接口

便携式多波束成像声呐系统应配置有以太网接口与直流电源接口。

5.2.2 选配接口

便携式多波束成像声呐应选择配置姿态、GNSS、声速、压力、温度等传感器接口。

6 要求

6.1 一般要求

6.1.1 整体要求

便携式多波束成像声呐系统应力求体积小、重量轻、功耗低，安装、操作简便，接口标准、易识别。显示控制软件显示数据、结果信息应清晰、直观、易读，操控简单、界面友好。

6.1.2 外观

设备表面应涂层均匀、牢固、无毛刺、无划痕、涂层脱落等缺陷。各种接口标识应清晰、明确。

6.1.3 结构

结构应按照 GB/T 8016—2009 中 4.1.2 条规定执行。

6.1.4 随机资料

设备应配备有产品说明书，内容包括：设备的结构、基本工作原理及主要性能参数，安装和使用方法，配备设备安装、使用所必需的机械结构工程图，软件使用说明等。

6.2 通用质量特性要求

6.2.1 电源

直流供电电压应介于 12~36V。

6.2.2 绝缘

室内环境下机壳与声呐各信号线间阻抗应不低于 $1M\Omega$ 。

6.2.3 适装性

水密电缆与基阵的连接应采用水密连接器，提高安装效率和灵活性。便携式多波束成像声呐舱体应留有足够结构强度的安装孔，便于安装固定，满足单兵、无人船、无人潜航器等多种形式的搭载需求。

6.2.4 环境适应性

设备的环境适应性应符合表 2 的要求。

表 2 环境适应性参数及要求

序号	环境参数名称	极端贮存环境条件	极端工作环境条件	要求（极端环境条件下）
1	低温	-30℃	-5℃	持续 12h 后工作性能符合要求
2	高温	50℃	35℃	持续 12h 后工作性能符合要求
3	湿度	80%	—	持续 12h 后工作性能符合要求
4	盐雾	氯化钠占比 (2±1)%	氯化钠占比 (5±1)%	持续 12 后工作性能符合要求
5	基阵静水压力	常压	1MPa	加压持续 2h 后工作性能符合要求

6.2.5 可靠性

可靠性应满足 GB 11463 中的要求，平均无故障工作时间 MTBF 不低于 500h。

6.2.6 安全性

安全性应满足 GB/T 4793.1 中的安全要求。

6.2.7 材料

所用到的材料均应满足海水中防锈、防腐要求。不锈钢应为 316L 号标准；铝合金应进行表面处理；钛合金、塑料应满足海水中使用要求。所用材料应具有合格证明书，符合设计图样要求，性能参数应符合相关国家标准或行业标准的规定，并经检验合格后方可使用。

6.2.8 空气重量

湿端在空气中净重应满足表 3 要求。

6.2.9 水中重量

湿端淡水中重量应满足表 3 要求。

6.3 装配和生产要求

6.3.1 装配

系统外表面连接部位应有良好的水密性能。外表面无裸露的铆钉、螺栓等易锈蚀的部件。

6.3.2 零部件装配前处理

零部件表面应光滑，棱角要倒钝，不得有影响使用和降低强度的缺陷，如毛刺、锈污、斑点、气孔、裂纹等。直接暴露工作面的零部件，应保持手感光洁，不得有毛刺、尖棱、裂纹等。

6.3.3 表面处理

当采用电镀时，应保证镀层结晶细致、均匀，不应出现镀层粗糙、黑点、烧焦、起泡、脱落和局部无镀层等缺陷。采用其他表面处理方式时，应保证表面光滑、牢固。

6.4 系统指标要求

6.4.1 标称工作频率

便携式多波束成像声呐标称工作频率 200 kHz ~2000kHz；与工作频率相应的有关参数应满足表3要求。

6.4.2 最小探测距离Hmin

针对直径为3cm的实心木棒目标，便携式多波束成像声呐成像最小距离应不大于1m。

6.4.3 最大探测距离Hmax

针对目标强度为-20dB 模拟目标或轨条砦目标，参照 GJB 6626，满足表 3 要求。

6.4.4 测距相对误差

便携式多波束成像声呐距离测量的相对误差极限规定见表4。

6.4.5 波束数目

便携式多波束成像声呐波束数目应不少于256。

6.4.6 接收波束宽度

便携式多波束成像声呐接收波束宽度应不大于2°。

6.4.7 水平观测视角 θ

便携式多波束成像声呐水平观测视角应不小于60°。

6.4.8 垂直观测视角 ϕ

便携式多波束成像声呐垂直观测视角应不大于30°。

6.4.9 最大ping率

便携式多波束成像声呐最大ping率应不小于24Hz。

6.4.10 距离分辨力

便携式多波束成像声呐距离分辨力应满足表3要求。

6.4.11 平均无故障时间

便携式多波束成像声呐平均无故障时间应不低于500h。

表 3 探测性能要求

工作频率范围 (kHz)	最大探测距离 (m)	角度分辨力 (°)	距离分辨力 (mm)	湿端空气重量 (kg)	湿端水中重量 (kg)
200~400	≥150	≤2	≤20	≤10	≤3
400~600	≥100	≤1.5	≤10	≤7.5	≤2
600~1000	≥50	≤1	≤5	≤5	≤1.5
1000~以上	≥30	≤0.5	≤2	≤3	≤1

表4 测距相对极限要求

测量距离范围 Z (米)	极限相对误差 (%)
$0 < Z \leq 2$	$\pm 5\%$
$2 < Z \leq 5$	$\pm 4\%$
$5 < Z \leq 20$	$\pm 3\%$
$Z > 20$	$\pm 2\%$

7 测试方法

7.1 测试条件

7.1.1 大气条件

除高、低温及压力试验外，试验环境温度 $5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $< 80\%$ ，气压 $85\text{kPa} \sim 106\text{kPa}$ 。

7.1.2 测试场所

测试场应满足以下条件：

- a) 具有良好的接地条件和供电条件的室内消声/非消声水池。水池长度不小于 15m 、宽度不小于 10m 、深度不小于 5m ，配有试验行车及带有角度测量功能的旋转支架；
- b) 具有基本试验条件的开放静水水域，水深不小于 2m ，水域长度不小于 500m 、宽度不小于 200m ，配有可适装声呐的试验船、探测目标等。

7.1.3 测试仪器装置

测试仪表和装置主要包括：万用表、游标卡尺、天平、弹簧秤、标准发射换能器、标准水听器、试验行车、采集器、示波器、功率放大器、带通滤波器、前置放大器、激光测距仪、声速仪、实心圆木棒（榉木，直径 3cm ，长度不小于 2m ）等。测试用仪器及装置应通过鉴定、计量合格，并在有效期内。

测试仪器具体要求如下：

- a) 标准发射换能器：频率范围 $200\text{kHz} \sim 2.0\text{MHz}$ ；
- b) 标准水听器：频率范围 $200\text{kHz} \sim 2.0\text{MHz}$ ；
- c) 试验行车：应配有回转/升降装置，可用于安装成像声呐和标准水听器，角度控制最大允许误差 $\pm 0.1^{\circ}$ ，位移控制最大允许误差 $\pm 0.5\text{cm}$ ；
- d) 实心圆木棒：榉木，直径 $3\text{cm} \pm 0.2\text{cm}$ ，长度不小于 2m ；
- e) 游标卡尺：2级；
- f) 激光测距仪：测量范围 $0.1\text{m} \sim 200\text{m}$ ，最大允许误差 $\pm 0.2\text{cm}$ ；
- g) 天平：测量范围 $0.01\text{kg} \sim 15\text{kg}$ ，最大允许误差 $\pm 10\text{g}$ ；
- h) 弹簧秤：测量范围 $0.01\text{kg} \sim 5\text{kg}$ ，最大允许误差 $\pm 10\text{g}$ 。

7.2 测试准备

便携式多波束成像声呐设备应完整，且发射、接收换能器基阵应保持在实际使用状态下进行测试（可

拆卸的发射、接收组合基阵应在组合状态下进行测试),声学基阵的测试应符合 GB/T 7965-2002 中第 6.3 的相关要求,检查测试设备间连接正确。

7.3 一般要求测试

采用目测和手检的方法检查有关 6.1 一般要求规定的设计、外观、结构等是否齐备和满足要求。

7.4 通用质量特性测试

7.4.1 电源测试

将声呐湿端放入水槽或水池,通过可调直流供电电源供电,在 12~36V 范围内,选取声呐支持的最高、最低、中间三档电压供电,测试声呐系统是否可以正常工作,并在中间电压下连续开机 30 分钟以上,调整 ping 率和增益到最大值,通过串联的功率计读出实际功率,最高值为最大功率,数学平均值为平均功率。声呐待机时测得功率为待机功率。

7.4.2 绝缘测试

设备装配后,在开机和潮湿环境下(空气相对湿度不低于 75%),分别用绝缘表对测试机壳与交流电源之间的阻抗,每台设备检测不少于两次,每次检测结果不低于 1 MΩ 判定合格。

7.4.3 适装性测试

观察并尝试对水密插头进行插拔,水密插头应便于插拔、安装灵活、强度足够。

7.4.4 环境适应性

低温:低温试验按 GB/T2423.1 的规定执行,结果应符合表 2 序号 1 中的要求。

高温:高温试验按 GB/T2423.2 的规定执行,结果应符合表 2 序号 2 中的要求。

湿度:湿度试验按 GB/T2423.3 的规定执行,结果应符合表 2 序号 3 中的要求。

盐雾:按 GB/T2423.17 的规定执行,结果应符合表 2 序号 4 中的要求。

基阵静水压力:按 GJB 23A-99 进行,结果应符合表 2 序号 5 中的要求。

7.4.5 可靠性试验

试验方案:采用定时截尾实验方案,可根据用户要求采用其它试验方案。

试验参数:定时截尾方案参数见表 5。

表 5 定时截尾方案参数

序号	特征参数		鉴别比	试验时间	判别准则 (故障次数)
	判断风险标称值				
	α	β	$d = \theta_0 / \theta_1$	θ_1 的倍数	拒收数 $Re (r \geq)$
1	10%	10%	1.5	45.0	37
2	10%	20%	1.5	19.9	26
3	20%	20%	1.5	21.1	18
4	10%	10%	2.0	18.8	14

表 5 定时截尾方案参数 (续)

序号	特征参数		鉴别比	试验时间	判别准则 (故障次数)
	判断风险标称值				
	α	β	$d = \theta_0 / \theta_1$	θ_1 的倍数	拒收数 $Re (r \geq)$
5	10%	20%	2.0	12.4	10
6	20%	20%	2.0	7.8	6
7	10%	10%	3.0	9.3	6
8	10%	20%	3.0	5.4	4
9	20%	20%	3.0	4.3	3
10	30%	30%	1.5	8.1	7
11	30%	30%	2.0	3.7	3
12	30%	30%	3.0	1.1	1

注 1: α 、 β 分别为生产方和使用方风险率; θ_0 、 θ_1 分别为 MTBF 假设值的上限值和下限值; r 为相关失效数。

7.4.6 安全性试验

安全性试验按照 GB/T 4793.1 的要求执行。

7.4.7 材料检查

检查所用到的材料具有对应的供应商合格证明书,符合设计图样要求,并有入库检验合格记录。

7.4.8 空气重量

空气中用精度不低于 10g 的天平测量湿端的重量。

7.4.9 水中重量

在声呐固定孔上安装一个吊环螺栓,选择回潮率低的绳索系在吊环上,绳子另一端系在弹簧秤挂钩上;在室温下,用弹簧秤提着声呐湿端浸入装了淡水的容器中,记录此时弹簧秤的读数 m_1 ,即为声呐与吊环螺丝、绳索的合计水中重量;将吊环螺丝从声呐上取下,再次用弹簧秤提着吊螺丝环在水中浸入同等深度,记录此时弹簧秤的读数 m_2 ,即为吊环螺丝、绳索的水中重量。

则声呐水中重量 m 即为:

$$m = m_1 - m_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

注:如声呐水密插座不防水,下水前需安装堵头,测试时需扣除堵头的水中重量。

7.4.10 装配和生产要求检查

对照标准作业指导文件和作业流程卡,确认装配和生产流程符合要求。查看表面应光滑无毛刺,对接面平整,缝隙均匀,配合部件准确、牢固。

7.5 系统指标测试

7.5.1 标称工作频率

采用示波器观测标准水听器接收的发射脉冲信号的频率，具体测试步骤如下：

- a) 将声呐竖直安装至消声水池试验行车的回转支架底端，保持发射扇面平行于水面，检定试验示意图见图 1；

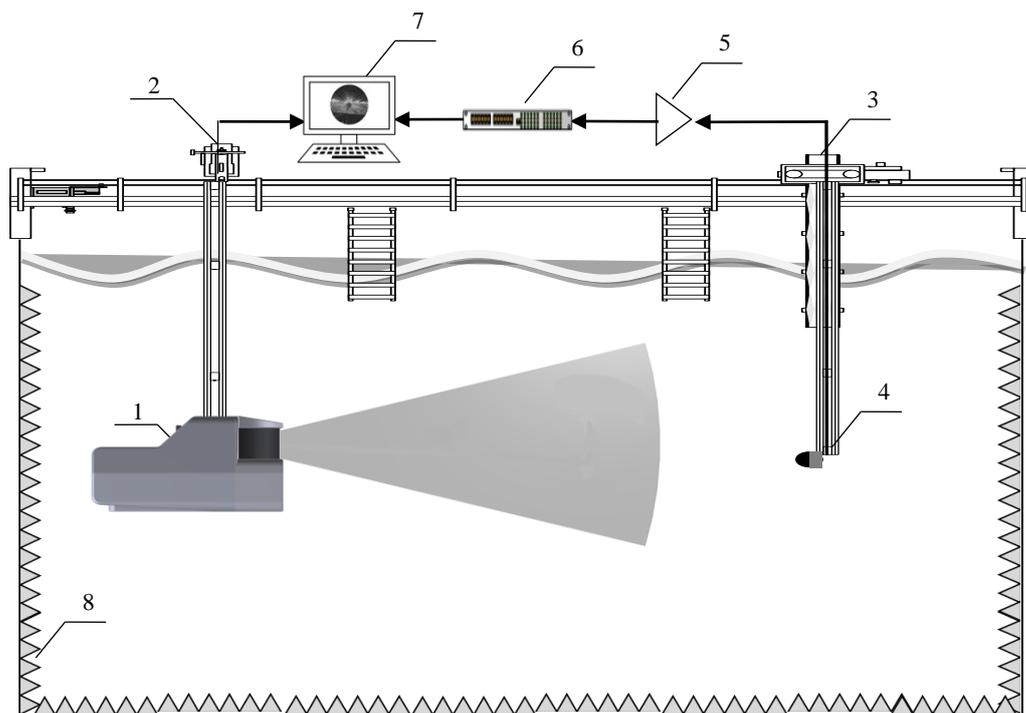


图 1 声呐工作频率测试示意图

标引序号说明：

- | | | | |
|-----------|-----------|----------|-----------|
| 1——声呐； | 2——回转支架； | 3——升降支架； | 4——标准水听器； |
| 5——前置放大器； | 6——信号采集器； | 7——显控电脑； | 8——消声材料。 |

- b) 将标准水听器安装在升降支架底端，使其与声呐发射扇面处于同一平面，且测试距离满足 GB/T 7965-2002 要求的自由场远场条件；
- c) 连接标准水听器与信号采集器，调节声呐发射模式参数，水听器端采集直达脉冲信号并由显控电脑记录保存；
- d) 对脉冲信号进行频谱分析，读取其频率值作为标准值，与扫描声呐设定的工作频率作差，求得示值误差；
- e) 对声呐所有标称工作频率进行测量，取所有示值误差中绝对值最大的误差值作为频偏结果；
- f) 系统在任一工作频点的频偏应小于该工作频率的 5% 。

7.5.2 最小探测距离

选取开阔静水水域，将声呐固定后，将木棒紧靠声呐的正前方缓慢远离，直到在上位机上出现影像数据，用激光测距仪测量木棒和声呐发射换能器前端中心点的直线距离，即为最小探测距离。

7.5.3 最大探测距离

7.5.3.1 基本要求

在目标布设地点附近进行成像声呐采集试验，根据方位、距离不同采集多组数据来计算探测距离，为声呐探测效果提供多种环境下的数据。至少要包括水池、静水、海水三种不同条件，测试数据同时要记录试验当时的气象水文环境，数据以探测距离(m)@目标类别(模拟目标、轨条砦)、水域分类(如：水池、静水、海水)、水深(m)、水温(°C)的格式来记录。

7.5.3.2 试验方法

在目标布设地点附近进行成像声呐采集试验，根据方位、距离不同采集多组数据来计算探测距离，为声呐探测效果对比提供数据支撑，步骤如下：

- a) 将便携式多波束成像声呐安装在船首或者船舷侧面，使声呐换能器声轴与船艏方向一致，入水深度不少于 0.3 米，行船至目标布设地点附近，根据水深设置最佳工作量程、增益，为方便对比，该目标测量期间不再变更参数；
- b) 测量期间，目标探测区段应尽量直线行驶，保持航速为 4~5 节，依次从目标从左侧、右侧、前方、后方 3 米驶过，即在目标周围作“井”字形探测，如图 2 所示；

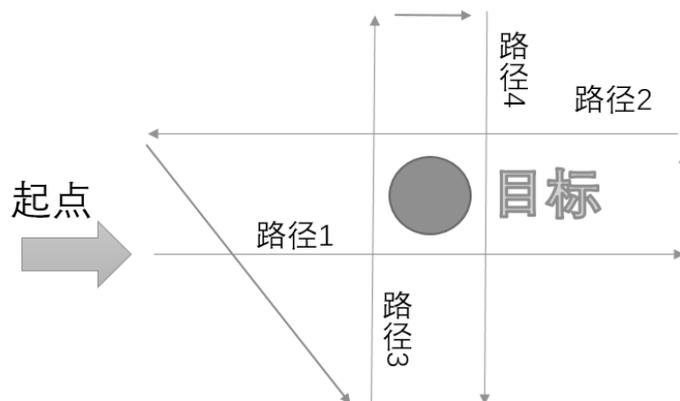


图 2 探测路线

c) 为方便后续目标检索对比，每条探测航线记录数据分别存储。且应保证至少目标出现前 3 秒开始记录数据，目标消失 5 秒之后再调整航线，保证数据完整性；

d) 调整航线，使得航线距目标分别为 1 米、5 米（或结合现场情形调整），重复上述步骤 b)、c)，记录不同视角、距离下的探测效果；

e) 分别用温度计、深度计测量并记录测试当时的水温和声呐所在水域的水深。

7.5.3.3 数据处理方法

对于同一频率下，需采集不少于 3 组数据，做数学平均后得出最终结果。

7.5.4 测距相对误差

在测量水池水平安装便携式多波束成像声呐（换能器声轴在水平方向上），正对距离 d 处的水池一侧池壁或吊装的足够大面积的垂直声轴的钢板（在波束宽度已知的情况下，根据换能器与钢板间的距离确定钢板大小）。距离测量值与设置的距离值之差为距离误差，距离误差与设置的距离值之比为测距相

对误差。在规定的观察扇面内和表 3 中各测量距离范围内随机设置 10 个以上的目标距离，在每个距离上测量不少于 5 次，计算得出每次的测距相对误差值，统计 50 次测距相对误差的均方根值，并确定为当前测量距离范围内的测距相对误差值。

7.5.5 波束数目

由便携式多波束成像声呐显控界面与存储文件判定。

7.5.6 波束宽度

接收波束宽度应按如下方法进行测试：

- 将便携式多波束成像声呐安装至试验车旋转支架上，调节旋转支架使接收换能器进入水中，入水深度 4m，使接收换能器接收扇面与水面平行；
- 将标准发射换能器安装至另一支架并放入水中，使标准发射换能器位于接收换能器声轴线上；
- 按 GB/T 7965-2002 中第 14 章“指向性图案、波束宽度和最大旁瓣级的测定”的规定绘制直角坐标图表示声呐水平波束角的指向性图，从主轴的最大响应下降 3 dB 时的左右两个方向间的角度，作为水平波束角的波束宽度数值。
- 该项指标可在换能器出厂后，由第三方专业机构测量。

7.5.7 水平观测视角

7.5.7.1 设备布放

设备的布置应满足以下要求：

- 将便携式多波束成像声呐安装至水池试验行车旋转支架上，入水深度为水池深度的一半，调整声呐安装支架，使发射换能器声轴方向垂直于水池短边，指向水池短边中间位置。
- 将 1 根木棒布放在水池短边中点的连线上，距池壁距离 1m 以上；木棒（中点）的入水深度与声呐一致；木棒下方坠有重物，使木棒保持在水中竖立。
- 移动行车，使声呐前端面与木棒所在直线的距离为 1m，如图 3 所示：

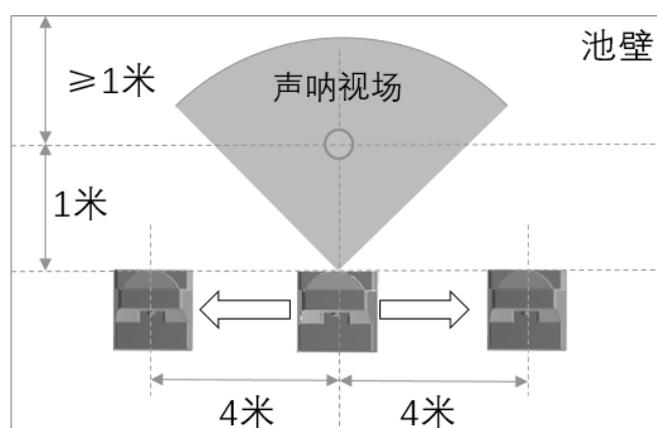


图 3 水平视角测试布放图

7.5.7.2 测试方法

水平观测视角的测试步骤如下：

- 声呐开机，调整显示量程，使得正前方木棒的成像位置是当前量程的 1/2；

- b) 移动行车，使声呐向右平动，显控界面中木棒的成像应向画面左侧移动，直至消失；记录木棒即将消失时行车的坐标 X_R ，如图 4 所示；行车移动时应遵循先快后慢的原则，以便准确记录坐标 X_R ；行车向右移动的最大距离限制为 4 米；

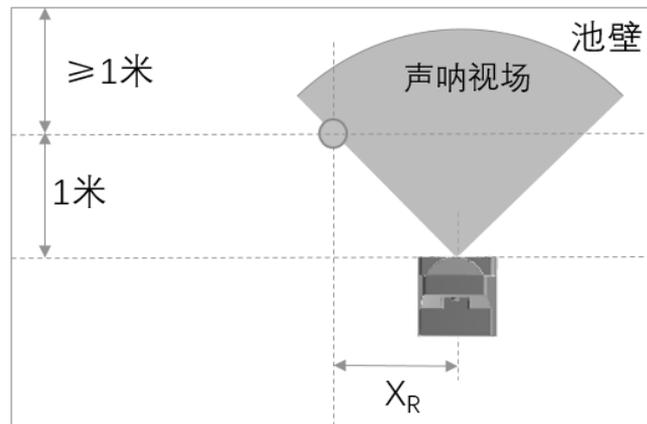


图 4 声呐与目标相对位置关系

- c) 同理，移动行车，使声呐向左平动，记录木棒即将消失时行车的坐标 X_L ；行车由中心向左移动的最大距离同样限制为 4 米；
- d) 重复步骤 b、c 各两次，获得 3 个 X_R 与 X_L ，分别取中间值作为最终测量结果。

7.5.7.3 数据分析

声呐的水平视角 θ 可通过下式求得：

$$\theta = 2 * \arctan[(X_R - X_L)/2] \dots\dots\dots (2)$$

当行车移动到最大限制距离，木棒仍然未从视野中消失时，则可认为

$$\theta > 2 * \arctan(8/2) = 151.9^\circ \dots\dots\dots (3)$$

7.5.8 垂直观测视角

7.5.8.1 设备布放

设备的布置应满足以下要求：

- a) 将便携式多波束成像声呐安装至水池试验行车旋转支架上，入水深度为水池深度的一半，调整声呐安装支架，使发射换能器声轴方向垂直于水池短边，指向水池短边中间位置。
- b) 将 1 根木棒水平布放在水池短边中点的连线上，距池壁距离 1m 以上；木棒的入水深度与声呐一致；木棒下方坠有重物，使木棒保持水平。
- c) 移动行车，使声呐前端面与木棒的直线距离为 1m。

如下图 5 所示：

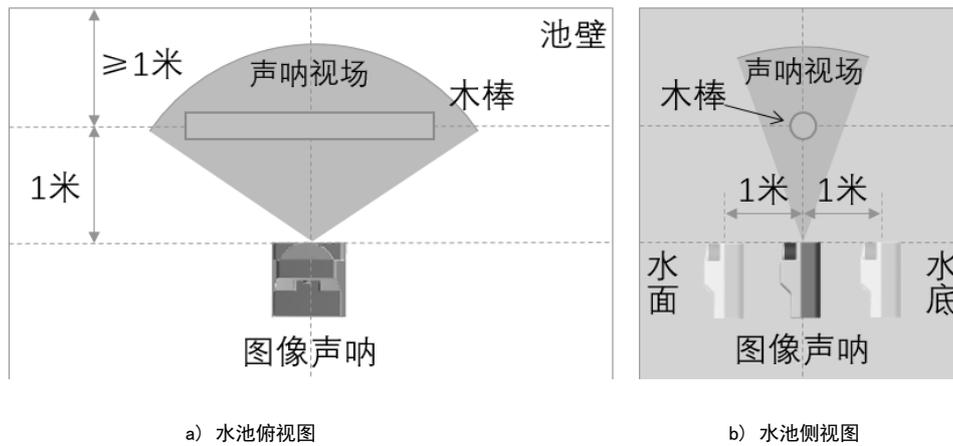


图 5 便携式多波束成像声纳垂直视角测试设备布放图

7.5.8.2 测试方法

测试步骤如下：

- a) 声纳开机，调整显示量程，使得正前方木棒的成像位置是当前量程的 1/2；
- b) 移动行车，使声纳向下平动，显控界面中木棒的成像应向画面上方移动，直至消失；记录木棒即将消失时行车的坐标 H_D ，如图 6 所示；行车移动时应遵循先快后慢的原则，以便准确记录坐标 H_D ；行车向下移动的最大距离限制为 1 米；

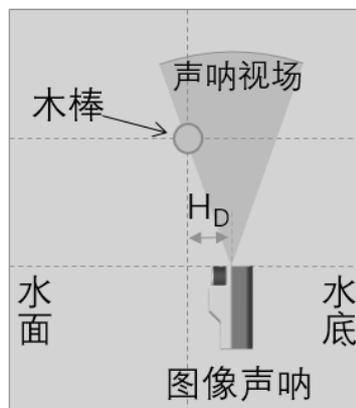


图 6 声纳与目标相对位置关系

- c) 同理，移动行车，使声纳向上平动，记录木棒即将消失时行车的坐标 H_U ；行车向上移动的最大距离同样限制为 1 米；
- d) 重复步骤 b、c 各两次，获得 3 个 H_D 与 H_U ，分别取中间值作为最终测量结果。

7.5.8.3 数据分析

则声纳的垂直视角 ϕ 可通过下式求得：

$$\phi = 2 * \arctan[(H_D - H_U)/2] \dots\dots\dots (4)$$

当行车移动到最大限制距离，木棒仍然未从视野中消失时，则可认为

$$\phi > 2 * \arctan(2/2) = 90^\circ \dots\dots\dots (5)$$

7.5.9 最大 ping 率

Ping 率采用数据回放的方式来确定，统计 10 秒内声呐上传的图像帧数 Num，通过以下运算即可获得：

$$\text{Ping} = \text{Num} / 10 \dots\dots\dots (6)$$

7.5.10 距离分辨力

7.5.10.1 设备布放

设备的布放应满足以下要求：

- a) 将便携式多波束成像声呐安装至水池试验行车旋转支架上，入水深度为水池深度（假设为 Dt）的一半，调整声呐安装支架，使发射换能器声轴方向与水面平行。
- b) 将 2 个细线连接的小球（直径小于便携式多波束成像声呐标称的距离分辨力指标大小）分别布放在声呐前部，并且从俯视角度上来看使发射换能器声中心与两小球（假设球 A 与 B 的直径均为 dr）的几何中心三点共线，在水平方向上，球 A 的几何中心与换能器声中心距离为 1 米 - dr/2，球 B 的几何中心与换能器声中心距离为 1 米 + dr/2；从侧视图方向来看，球 A 几何中心的入水深度为 Dt/2 - dr/2，球 B 几何中心的入水深度为 Dt/2 + dr/2。

如下图 7 所示：

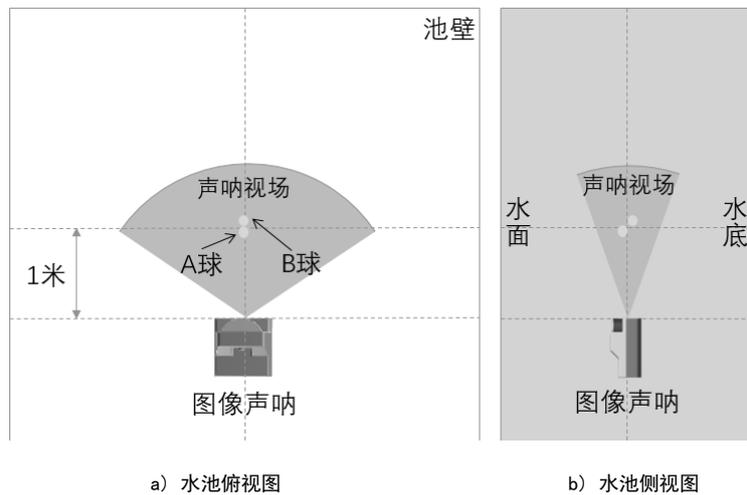


图 7 便携式多波束成像声呐垂直视角测试设备布放图

7.5.10.2 测试方法

测试步骤如下：

- a) 声呐开机，调整显示量程，使得从俯视角度上来看，两球相交点的成像位置是当前量程 D_s 的 1/2，且发射换能器声中心与两小球（假设球 A 与 B 的直径均为 dr）的几何中心仍保持三点共

线；

- b) 使球 B 向声呐远处方向移动（此时记录球 A 和球 B 在水平方向的距离为 D_{ab} ），并观察显控软件中的声图像，如果在该图像中清晰看到斜距 $90\% \times (D_s/2 - dr)$ 至 $110\% \times (D_s/2 + D_{ab} + dr)$ 范围内出现两个峰值量点，则此时的 D_{ab} 记录为距离分辨力极限距离。
- c) 重复步骤 a、b 各两次，获得 3 个 D_{ab} ，取中间值作为最终测量结果。

如下图 8 所示：

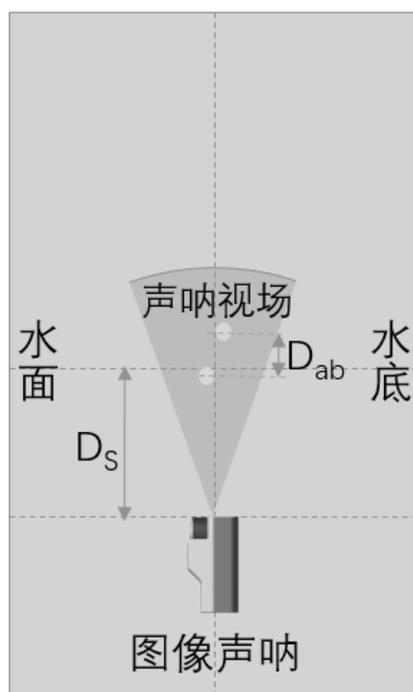


图 8 声呐与目标相对位置关系

7.5.11 平均无故障时间

便携式多波束成像声呐开机，开始工作并计时，任意调整工作参数，声呐应保持稳定工作，测试期间无死机现象。

8 检验规则

8.1 检验类别及检验项目

分为出厂检验、型式检验和抽样检验，相关检验项目见表 6。

表 6 检验项目

序号	检验项目名称	技术要求 章条号	实验方法 章条号	出厂检验	型式检验	抽样检验
1	设计	6.1.1	7.3	—	√	—
2	外观	6.1.2		√	√	—
3	结构	6.1.3		—	√	—
4	随机资料	6.1.4		√	√	—
5	电源	6.2.1	7.4.1	√	√	√
6	绝缘	6.2.2	7.4.2	√	√	√
7	适装性	6.2.3	7.4.3	—	√	—
8	环境适应性	6.2.4	7.4.4	√	√	√
9	可靠性	6.2.5	7.4.5	—	√	√
10	安全性	6.2.6	7.4.6	—	√	√
11	材料	6.2.7	7.4.7	—	√	√
12	空气中重量	6.2.8	7.4.8	√	√	√
13	水中重量	6.2.9	7.4.9	√	√	√
14	装配和生产	6.3	7.4.10	—	√	—
15	标称工作频率	6.4.1	7.5.1	√	√	√
16	最小探测距离	6.4.2	7.5.2	—	√	√
17	最大探测距离	6.4.3	7.5.3	—	√	√
18	测距误差	6.4.4	7.5.4	—	√	√
19	波束数目	6.4.5	7.5.5	√	√	√
20	接收波束宽度	6.4.6	7.5.6	—	√	√
21	水平视角	6.4.7	7.5.7	—	√	√
22	垂直视角	6.4.8	7.5.8	—	√	√
23	最大 ping 率	6.4.9	7.5.9	—	√	√
24	距离分辨力	6.4.10	7.5.10	—	√	√
25	平均无故障时间	6.4.11	7.5.11	—	√	√

8.2 检验条件

除另有规定外，应符合 GB/T242.X 系列标准的要求。

8.3 出厂检验

8.3.1 要求

产品应经相关检验合格后方可出厂，主要包括外观检验和性能指标检验，检验项目及检验顺序按试验大纲规定执行。

8.3.2 合格判据

各检验项目均符合规定的要求判定则检验合格。若有不合格项目，应找出缺陷原因，采取纠正措施

后，可重新提交检验。若重新检验项目均符合规定要求，则判定出厂检验合格；若重新检验仍有某个项目不符合规定的要求，则判定该台产品不合格。

8.4 型式检验

8.4.1 检验时机

新研制的产品或改进研制的产品应进行定型试验。经设计定型后正式投入生产的产品，有下列情况之一时，也应进行型式检验。

- a) 产品转厂生产时；
- b) 产品结构、材料、工艺有较大的改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品停产5年（含5年）后，恢复生产时；
- d) 质量一致性检验结果与上次定型检验有较大差异时。

8.4.2 检验项目及检验顺序

检验项目包括表5中要求内容，检验顺序按照相关实验验收大纲规定执行。

8.4.3 受检样品数量及状态

在产品定型、改型或型式认可时，对1台正样机进行型式检验。若某一项目不符合本文件规定的要求时，应提供双倍数量的产品进行不合格项目的复检。

8.4.4 合格判据

各检验项目经检验均符合要求则鉴定（或定型）检验合格。所有检验项目均符合本文件规定要求时，定型检验合格。若有不合格项目，应找出缺陷原因，经分析采取措施纠正后，重新检验，直至合格为止。

8.5 抽样检验

产品投产后，每两年从产品中随机抽取一台进行检验，检验项目包括表5中标注需要检验的内容。检验项目符合本文件规定要求时检验合格。若某一项目不符合本文件规定的要求，须提供双倍数量的产品进行不合格项目的复检。经复检仍不符合本文件要求，检验不合格，产品停止出厂，在查明问题并采取有效措施后，重新提交抽样检验，直至合格为止。

9 包装、标志、运输、贮存

9.1 包装

9.1.1 包装要求

便携式多波束成像声呐要配备包装箱，且包装箱具有防雨能力并加干燥剂，箱内应有填充的减震材料。

9.1.2 包装箱内附带资料

包装箱内应附带以下资料：

- a) 合格证；
- b) 装箱单；
- c) 配套软件；
- d) 产品说明书，说明书内容包括：设备的结构、基本工作原理及主要性能参数，安装和使用方法，

配备设备安装、使用所必需的机械结构工程图，软件使用说明等。

9.2 标志

9.2.1 标牌

产品标牌应固定在仪器的明显位置，应包括产品型号、产品名称、厂标和出厂编号（制造日期和序号）、最大工作深度等。

9.2.2 接口标志

电源和换能器电缆插口应设有标志，电源插口处应注明交流或直流电压大小，其它数据接口处应标明接口名称或代号。

9.2.3 包装标志

包装标志应包含以下内容：

- a) 制造商厂名；
- b) 产品型号和名称；
- c) 包装日期；
- d) 包装箱外应设有“向上”、“禁止滚翻”、“易碎物品”等标志。

9.3 运输

运输应满足以下要求：

- a) 应严格按照储运图示标志作业，被运输箱体按重箱置下、轻箱置上的要求摆放排列，并加以固定。
- b) 不应与易燃、易爆、易腐蚀物质及强电磁场物体同车（舱）混装运输。
- c) 运输中应防止雨淋、日晒、水浸和扔摔。

除另有规定外，应符合 GB/T 191 的要求。

9.4 贮存

包装好的仪器应贮存在通风、干燥的空间内，摆放时要离地 50cm，离墙 30cm，空气中没有酸、碱等腐蚀性气体。