

**国家计量技术规范**  
**合成孔径声呐**  
**（征求意见稿）**  
**试验报告**

**规范起草组**

**2025 年 5 月**

# 目 录

一、概述 .....	1
二、测试项目 .....	1
三、试验方法 .....	2

## 一、概述

根据国家市场监督管理总局《市场监管总局办公厅关于征集 2024 年国家计量技术规范制修订和宣贯计划项目的通知》，由交通运输部天津水运工程科学研究所联合交通运输部东海航海保障中心、上海迈波科技有限公司、自然资源部第二海洋研究所等单位组织成立了《合成孔径声呐校准规范》国家计量校准规范起草小组，共同承担校准规范的起草工作。

本校准规范主要依据国家计量技术规范《国家计量校准规范编写规则》(JJF 1071-2010) 进行制定，包含了计量特性、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果的表达式等内容。并且使用上海迈波科技有限公司生产的 DASAS-1 型合成孔径声呐作为样机对校准项目进行了试验。试验对象具有一定的代表性和可操作性。

起草组提供以下论据（包括试验、比对数据等）证明编写的指标、参数、技术要求、试验方法等内容满足校准规范的要求，具有一定的科学性、合理性和可行性。

## 二、测试项目

### (一) 工作频率误差

最大允许误差为 $\pm 1\%F$ ， $F$ 为实际工作频率。

### (二) 方位向分辨率示值误差

最大允许误差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

### (三) 距离向分辨率示值误差

最大允许误差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

### (四) 声源级误差

最大允许误差为 $\pm 10\%SL$ ， $SL$ 为实际声源级。

### (五) 垂直波束宽度误差

最大允许误差为 $\pm 10\%B$ ， $B$ 为实际波束宽度。

### (六) 高程示值误差

最大允许误差为 $\pm 1\%D$ ， $D$ 为实际高程。

### 三、试验方法

#### (一) 试验对象

选取市场占有率较高且最具代表性的合成孔径声呐进行试验，如图 1 所示。

生产厂家：上海迈波科技有限公司，型号/规格：DASAS-1。

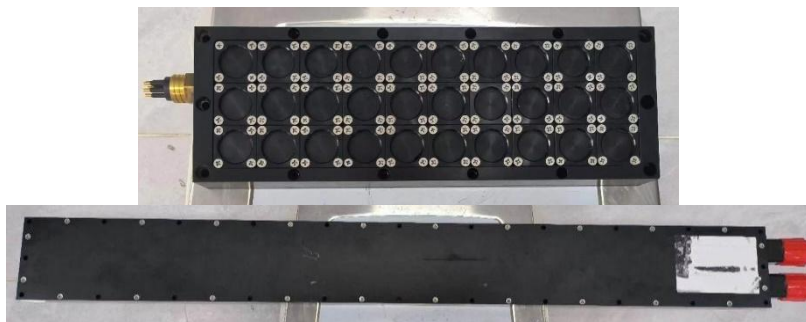


图 1 试验样机

#### (二) 试验设施及设备

本次试验选用的标准器及其性能如下：

##### 1. 钢卷尺

测量范围（0~15）m，准确度等级为I级，生产单位：长城精工（图 2）。



图 2 钢卷尺

##### 2. 声速剖面仪

最大允许误差 $\pm 0.2$  m/s；生产单位：加拿大 AML（图 3）。



图 3 声速剖面仪

### 3.标准水听器:

测量范围 (0.1~2.5) MHz, 自由场灵敏度级测量不确定度  $U=0.9\text{ dB}$  ( $k=2$ ),  
生产单位: TELEDYNE (图 4)。



图 4 标准水听器

### 4.信号采集器

最高采样频率为 10 MHz, 电压测量扩展不确定度  $U=2\text{ mV}(k=2)$ 。生产单位:  
NATIONAL INSTRUMENTS (图 5)。



图 5 信号采集器

## 5.六面消声水池

长度为 30m，宽度为 12m，深度为 8m，水池配备有试验行车（图 6）。



图 6 六面消声水池

## (三) 试验步骤

### 1.工作频率误差

- a) 将合成孔径声呐安装在试验车，调节回转装置使发射扇面垂直于水面，调节升降装置使发射扇面入水深度为 2 m；

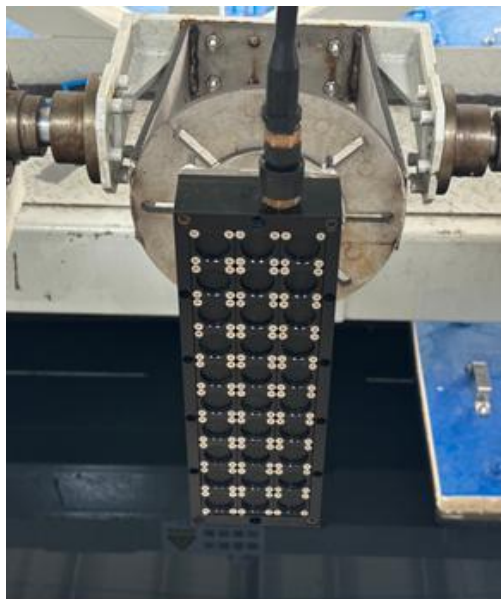


图 7 合成孔径声呐发射基阵安装

b) 将标准水听器安装在试验车，调节升降装置使标准水听器与发射扇面中心在同一深度上，距离需满足自由场、远场条件；



图 8 标准水听器安装

c) 将标准水听器连接到信号采集器，调节合成孔径声呐发射参数使其正常工作，信号采集器记录水听器端采集的直达波信号；

d) 采集的时域信号通过傅里叶变换转换为频域信号，读取直达波信号频率作为标准值，与合成孔径声呐标称工作频率作差，计算工作频率误差。





图9 采集时域信号

## 2.分辨率示值误差

a) 水池底部中间位置沿平行/垂直航迹线方向铺设标准目标块套组，根据合成孔径声呐方位向分辨率的设计指标设置相邻目标块间距；



图10 标准目标物

b) 将声速剖面仪安装在试验车，调节升降装置使合声速剖面仪入水深度为2m，获取声速值并输入到合成孔径声呐信号处理单元；

c) 将合成孔径声呐安装在试验车，调节升降装置使合成孔径声呐入水深度为2m；





图 11 合成孔径声呐入水

d) 控制试验车以合成孔径声呐指标速度航行，使发射阵完整扫过标准目标块套组。判读声图像上平行/垂直航迹线方向的目标物，量取目标块之间的距离 3 次取平均值作为合成孔径声呐方位向/距离向分辨率示值，与目标块之间标准值作差，计算分辨率示值误差。



图 12 试验车航行

### 3. 声源级误差

a) 安装合成孔径声呐与标准水听器至试验车，调节升降装置使发射扇面和标准水听器位于消声水池同一深度；

b) 通过回转装置找到垂直波束中心位置，调节升降装置找到水平波束中心位置；

c) 使用钢卷尺测量合成孔径声呐至标准水听器之间水平距离  $r$ ；

d) 打开合成孔径声呐发射机，脉冲宽度调整至 $<10\text{ms}$ ；

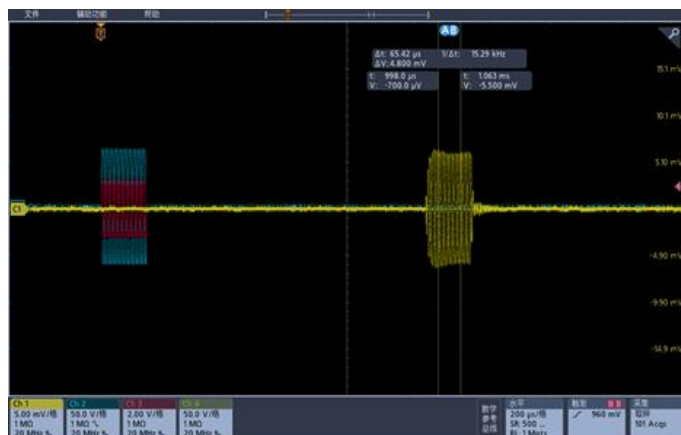


图 13 脉冲信号采集

e) 通过示波器读取标准水听器采集的开路电压  $U_{oc}$ ；

f) 按公式（1）计算发射声源级，与标称声源级作差计算误差。

$$SL = 20\lg U_{oc} + 20\lg r - M \quad (1)$$

式中：

$SL$ ——合成孔径声呐实际发射声源级，dB；

$U_{oc}$ ——标准水听器输出的开路电压，V；

$r$ ——合成孔径声呐至标准水听器的距离，m；

$M$ ——标准水听器灵敏度级，dB（基准值为  $1\text{ V}/\mu\text{Pa}$ ）。

#### 4.垂直波束宽度误差

a) 按照声源级测试步骤 a) ~b) 安装合成孔径声呐与标准水听器；



图 14 标准水听器安装

b) 以步进间隔  $0.2^\circ$  旋转回转装置，标准水听器采集水声信号的开路电压；按照 GB/T 7965-2002 中 14.2 规定的方法计算垂直波束宽度，标称垂直波束宽度作差计算误差。

#### (四) 试验结果分析

##### 1. 工作频率误差

被测设备标称低频工作频率为 24kHz，高频工作频率为 150.0kHz。

绘制低频发射电压响应级曲线图，由图可知从最大响应下降 3dB 时， $f_1$  为 17.7kHz， $f_2$  为 30.8kHz，则低频发射基阵的中心频率为 24.2kHz，满足指标要求。

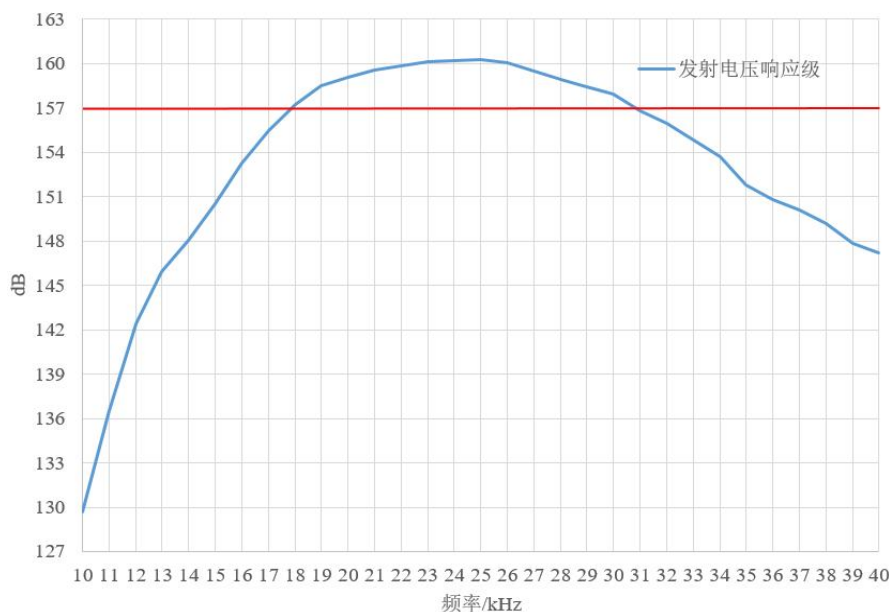


图 15 低频发射基阵发射电压响应级曲线

绘制高频发射电压响应级曲线图，由图可知从最大响应下降 3dB 时， $f_1$  为 135.2kHz， $f_2$  为 165.5kHz，则高频发射基阵的中心频率为 150.4kHz，满足指标要求。

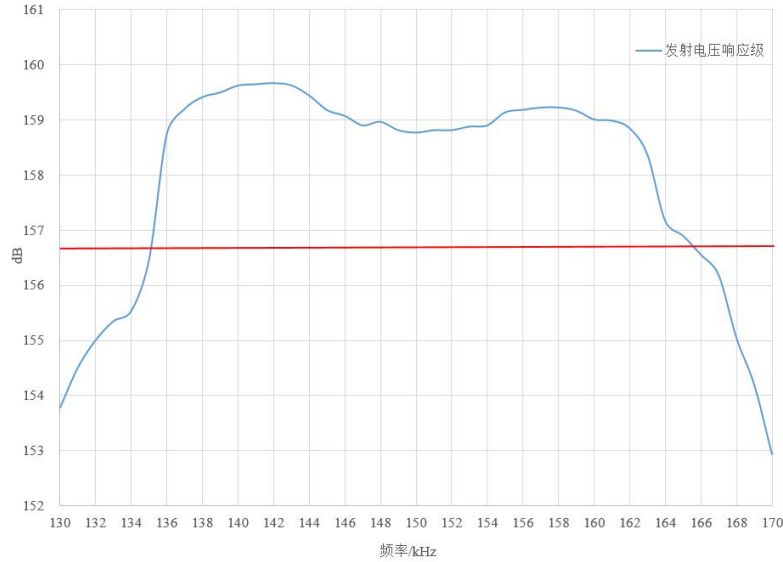


图 16 高频发射基阵发射电压响应级曲线

## 2.分辨率示值误差

图 17 和图 18 分别为两小球距离 3cm 时在软件端的成像效果，使用软件标尺测量两目标物间距，方位向分辨率为 3.2cm，距离向分辨率为 3.0cm，计算示值误差得。方位向分辨率示值误差为 2mm，距离向分辨率示值误差为 0.0cm。满足指标要求。

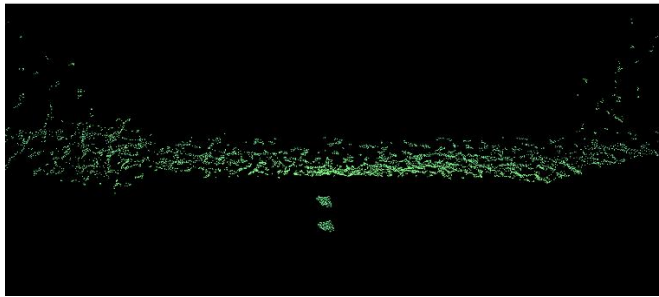


图 17 方位向分辨率成像效果图



图 18 距离向分辨率成像效果图

### 3.声源级误差

被测设备标称低频声源级为 225dB，高频声源级为 210dB。实测结果如表 1 所示。经计算得低频声源级误差为 10dB，高频声源级误差为 8dB。满足指标要求。

表 1 高频、低频发射子系统声源级

频率 kHz	电压峰峰值 V	发射阵与水听器距离 m	水听器灵敏度级 dB	声源级 dB
24	1.50	3.25	-208.5	215
150	1.07	3.25	-207.1	202

### 4.波束宽度误差

绘制低频波束宽度指向性图，如图 19 所示，从主轴的最大响应下降 3dB 时，左右两个方向间的夹角为 40.5°，即被测设备低频波束宽度为 40.5°，与标称值 40°作差，计算波束宽度误差为 0.5°，满足指标要求。

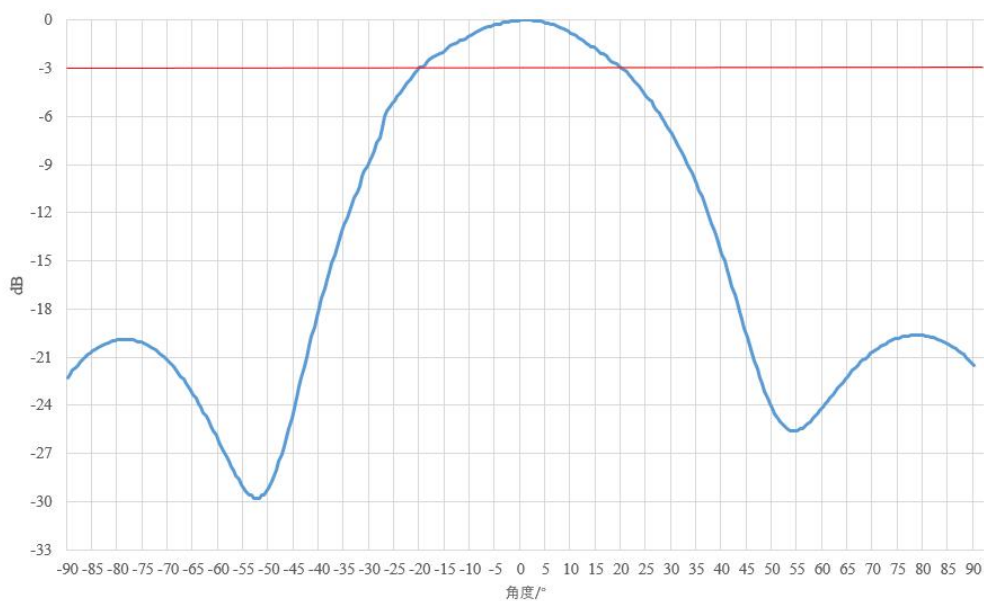


图 19 低频波束宽度

绘制高频波束宽度指向性图，如图 20 所示，从主轴的最大响应下降 3dB 时，左右两个方向间的夹角为 40.1°，即被测设备高频波束宽度为 40.1°，与标称值 40°作差，计算波束宽度得 0.1°，满足指标要求。

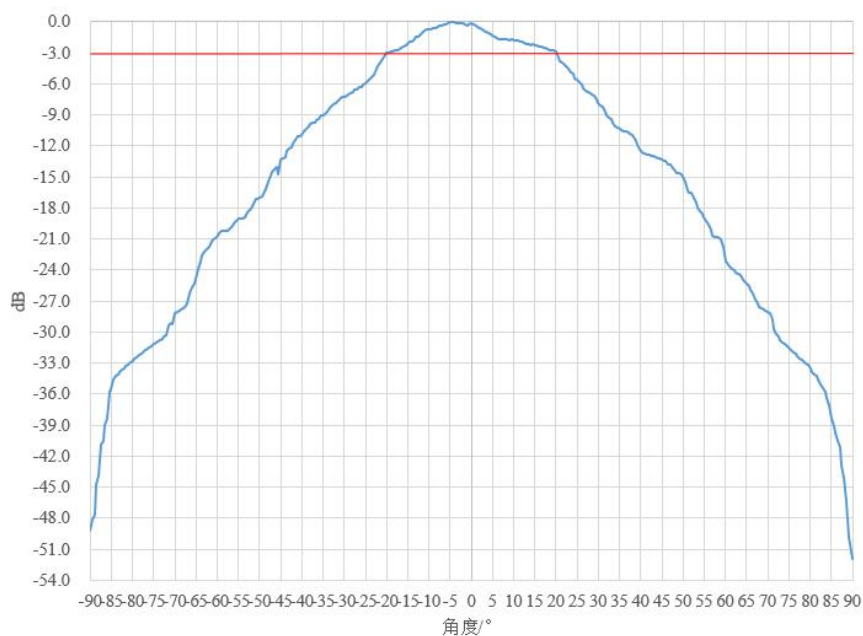


图 20 高频波束宽度

## (五) 试验结论

本试验选用的试验样机符合规范中各项指标精度要求。本规范给出的试验

方法广泛综合了当前行业内合成孔径声呐的使用类型、通用检测方法 with 主要检测指标。经验证，本规范规定的计量特性、校准条件及校准方法等能够满足合成孔径声呐的校准，所以本规范具有一定的科学性、合理性及可行性。