

国家计量技术规范
船载中深水多波束测深系统
（征求意见稿）
试验报告

规范起草组

2025 年 5 月

目 录

一、实验目的	错误！未定义书签。
二、实验设备	错误！未定义书签。
三、试验方法	错误！未定义书签。
四、试验数据	1
五、实验分析	2
六、试验结论	错误！未定义书签。

一、实验目的

本实验旨在对关键性能指标进行实验验证，主要包括波束宽度误差、声源级示值误差等参数，验证所制定的《船载中深水多波束测深系统校准规范》的科学性、合理性和可行性。

水深示值误差

最大允许误差为 $\pm 0.5\%W$ ， W 为实际工作频率。

波束宽度误差

最大允许误差为 $\pm 10\%B$ ， B 为实际波束宽度。

扇区开角误差

最大允许误差为 $\pm 10\%D$ ， D 为实际扇区开角。

声源级示值误差

最大允许误差为 $\pm 10\%S$ ， S 为实际声源级。

二、实验设备

(一) 试验对象

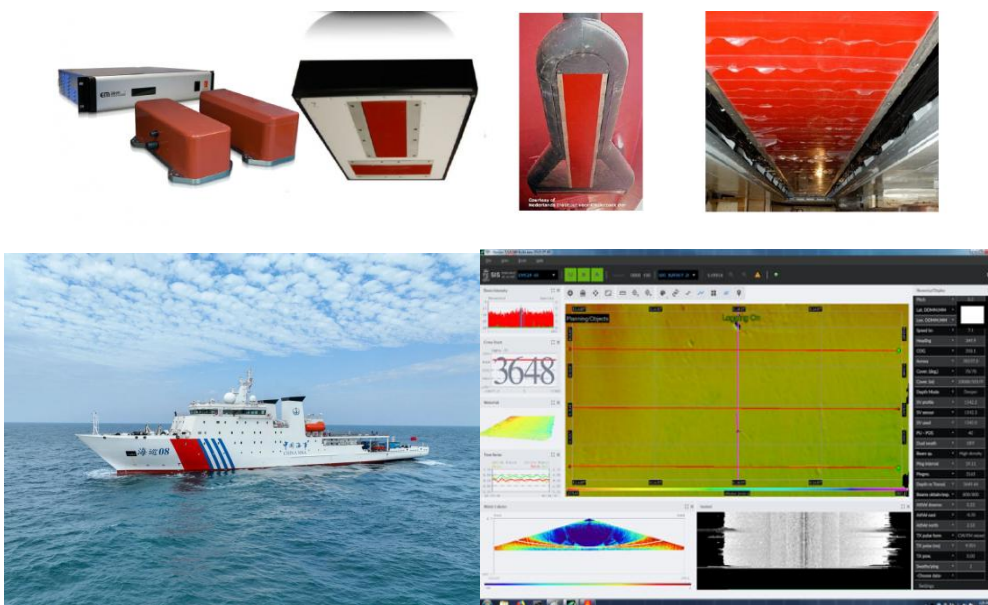
1. Kongsberg EM712 多波束测深仪

工作频率：40 - 100 kHz

扫宽角度：最大 140°

测深范围：3-3600m

更新率：30Hz



2.中科院声学研究所自研中深水多波束换能器模块。设计声源级 215dB，波束宽度 14° 。



图 1 多波束声呐

(二) 试验标准器及配套设施

本次试验选用的标准器及其性能如下：

1.钢卷尺（图 2）：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 钢卷尺

2.声速剖面仪（图 3）：最大允许误差 ± 0.2 m/s；生产单位：加拿大 AML。



图3 声速剖面仪

3.自融水听器（图4）：AD 采集参数 1.5kHz~512kHz，采集卡内存 64G*4，生产单位：中科院声学所。

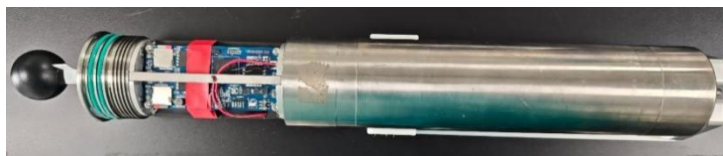


图4 自融水听器

4.六面消声水池（图6）：长度为 30m，宽度为 12m，深度为 8m，水池配备有试验行车。



图5 六面消声水池

三、实验方案

1. 波束宽度误差

a) 将多波束声纳设备安装在试验车的支架底端，设备底端保持水平放置，下水前让设备中心位于消声水池水面上，再让设备按要求下水；



图 6 多波束声纳入水

b) 先设置好自融水听器的参数，包括工作时长，采样周期，以及 AD 采集参数。待水听器开始工作之后，在以相同方式将自融水听器放入消声水池中；

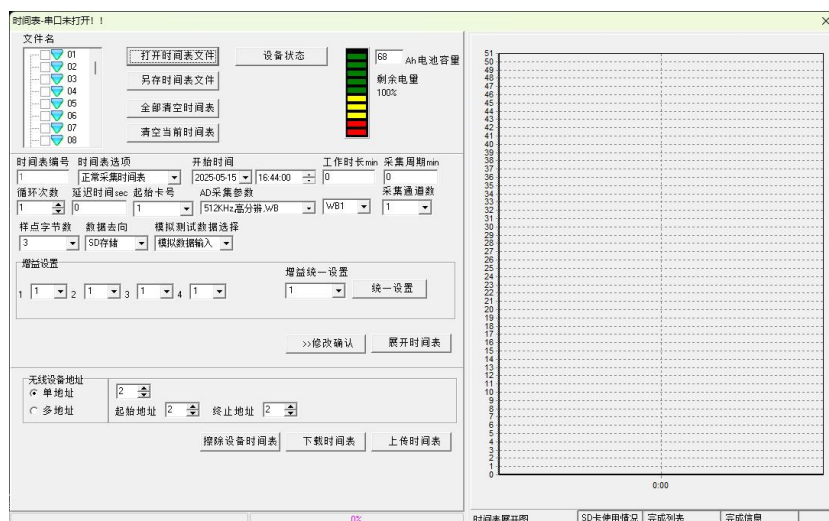


图 7 自融水听器参数设置

c) 调节多波束声纳与自融水听器位于同一水深位置；

d) 控制试验车让多波束声纳从水池边缘 A 均速移动到水池另一边缘 B，使发射阵完整扫过水听器。



图 8 试验车航行

e) 记录下需要的指标参数，行车水平移动距离，接收和发射之间的距离，行车移动速度以及信号频率，为后续计算波束宽度做准备。让行车左右移动各采集一组数据，接着换不同频率以及不同 Ping 率进行采集。左右移动采集完毕，将试验小车上下移动进行相同的步骤进行数据采集。

2. 声源级示值误差

a) 安装多波束声纳与标准水听器至试验车操作平台，调节操作平台的升降机构使换能器基阵和标准水听器位于消声水池同一深度；

b) 使用钢卷尺测量合成孔径声纳至标准水听器之间水平距离 r ；

c) 打开声呐发射机；

d) 通过示波器读取标准水听器采集的开路电压 U_{oc} ；

e) 按公式 (1) 计算发射声源级，与标称声源级作差计算示值误差。

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

式中：

SL ——多波束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；

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

a ——多波束声呐对应的吸收系数；

r ——多波束声呐至标准水听器之间水平距离，m。

四、实验数据

1. 声源级

表 1 声源级

频率 kHz	电压峰值 V	发射阵与水听器距离 m	水听器灵敏度级 dB	声源级 dB
12	0.9	7	-190	206.2

2.波束宽度

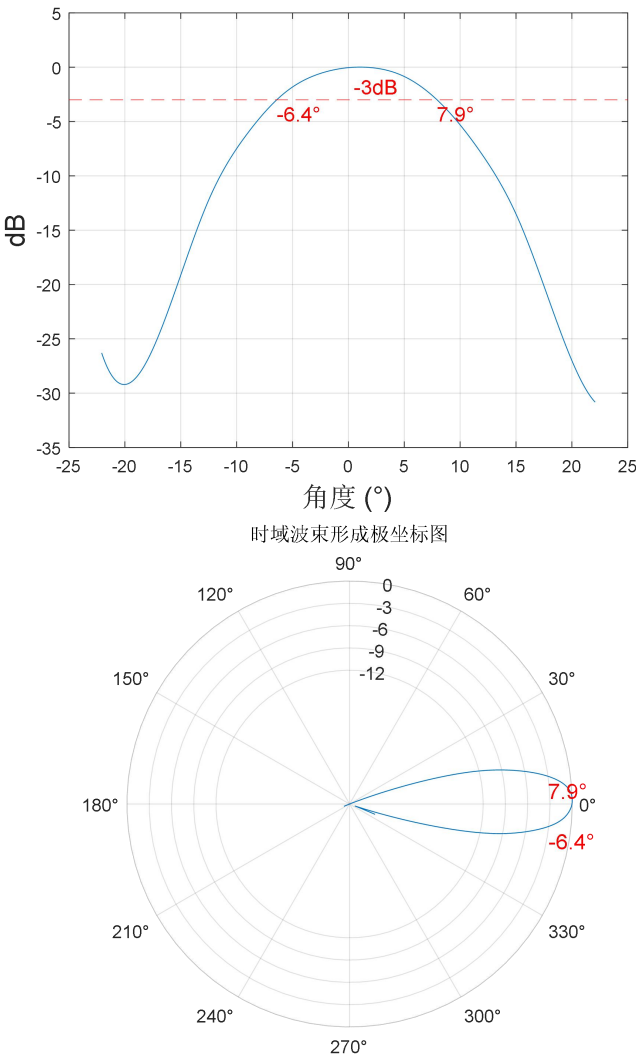
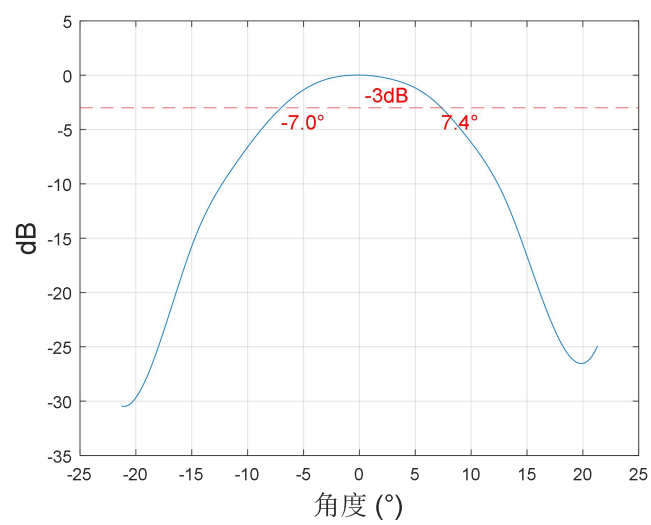


图 9 水平向右移动_12k_20ping 波束宽度



时域波束形成极坐标图

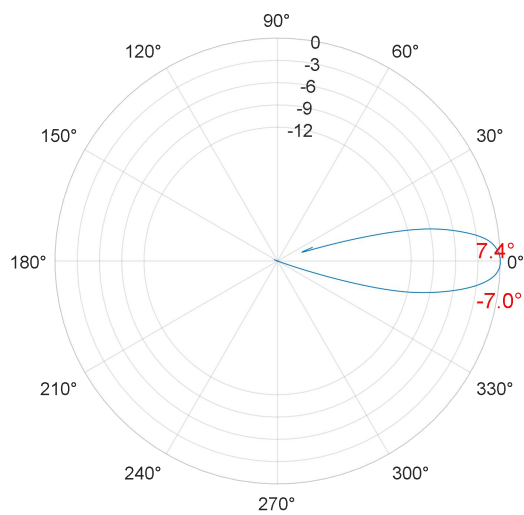
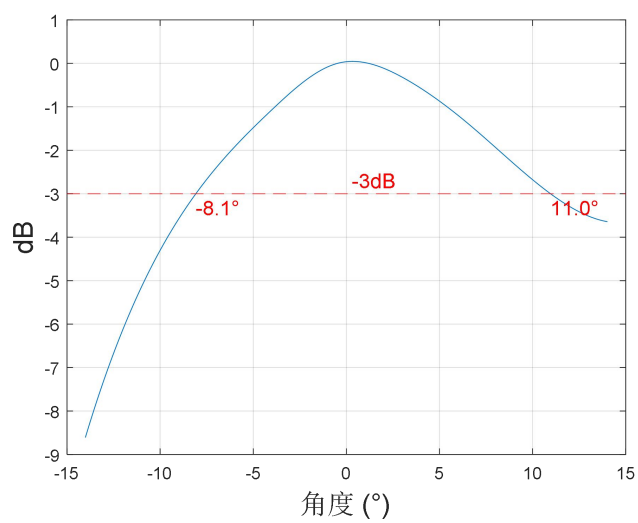


图 10 水平向左移动_12k_20ping



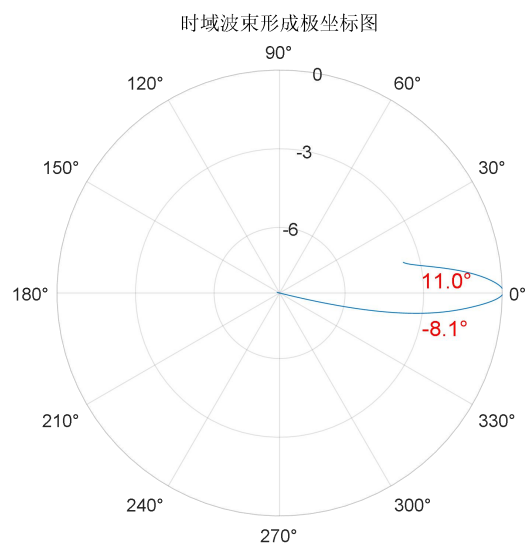


图 11 垂直移动_12k_20ping

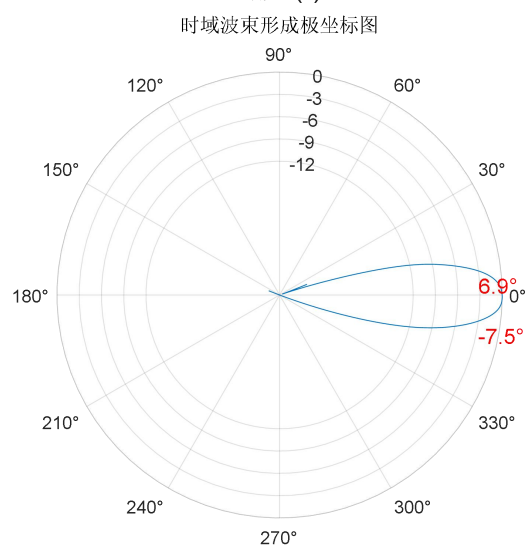
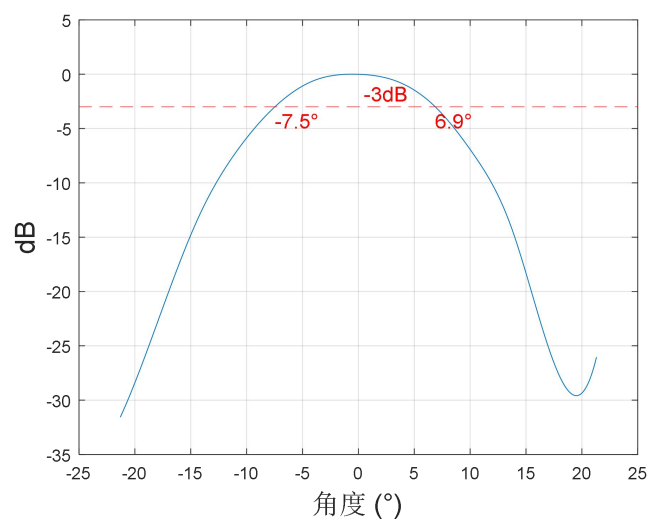
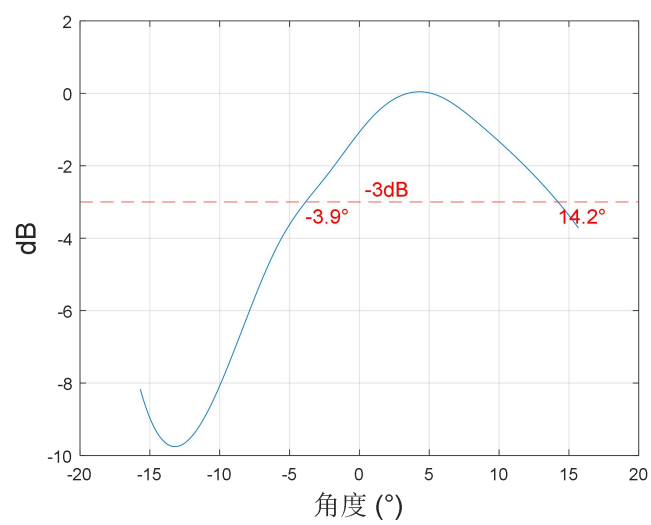


图 12 水平移动_12k_10ping



时域波束形成极坐标图

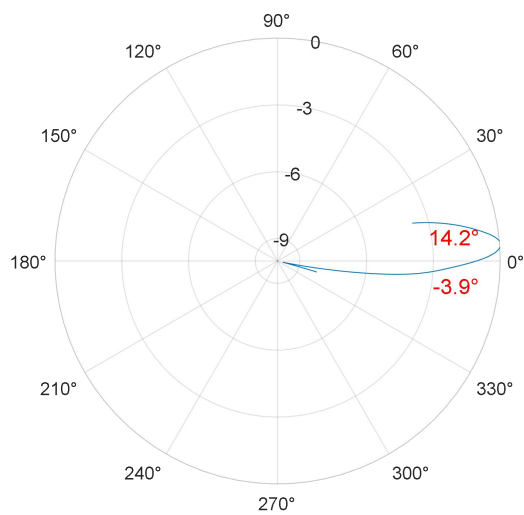
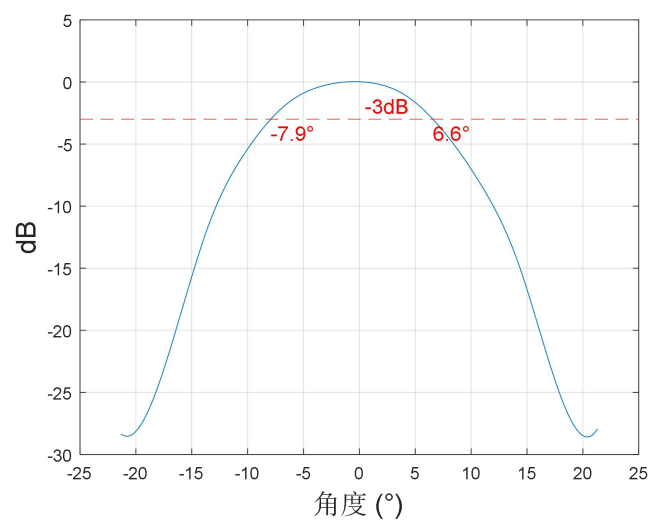


图 13 垂直移动_12k_10ping



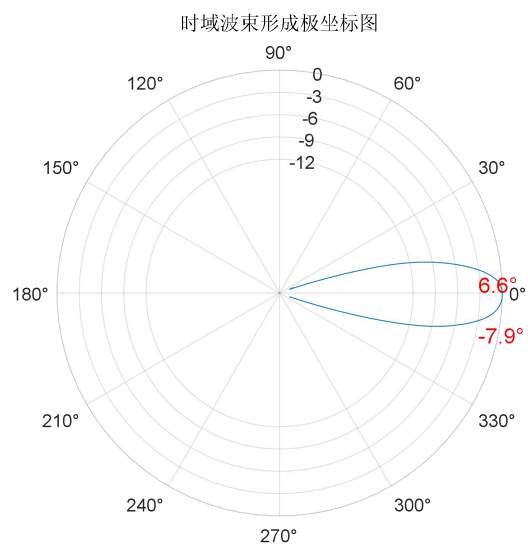


图 14 水平移动_12k_5ping

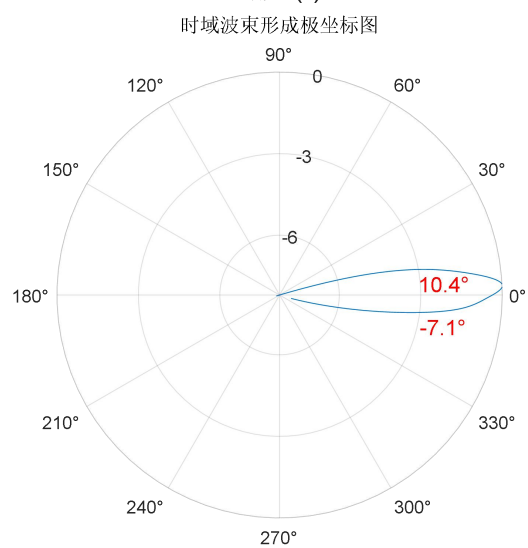
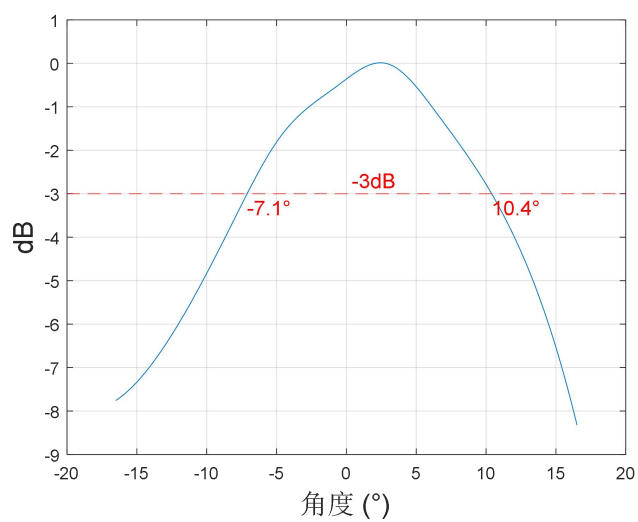


图 15 垂直移动_12k_5ping

五、数据分析

1.声源级示值误差

被测设备标称声源级为 215dB。实测结果如表 1 所示。经计算得声源级示值误差为 8.8dB，满足指标要求。

2.波束宽度示值误差

绘制波束宽度指向性图，即被测设备的波束宽度绘制波束宽度指向性图，如图 9~15 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 14.5° ，即被测设备低频波束宽度为 14.5° ，与标称值 14° 比较，计算示值误差为 0.5° ，满足指标要求。

六、试验结论

本试验选用的试验样机，声源级示值误差与波束宽度示值误差分别 8.8dB， 0.5° ，均为符合规范中各项指标精度要求。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校准，所以本规范具有一定的科学性、合理性及可行性。