

国家计量技术规范
船载中深水多波束测深系统校准规范
（征求意见稿）
编制说明

规范起草组

2025 年 5 月

目 录

一、任务来源	1
二、制定背景	2
三、编写过程	7
四、编制依据	7
五、主要技术内容	8
六、不确定度评定	15
七、其他说明	15

一、任务来源

根据国家市场监督管理总局《市场监管总局办公厅关于印发 2024 年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划的通知》（市监计量发〔2024〕40 号），由自然资源部第二海洋研究所组织成立了《船载中深水多波束测深系统校准规范》国家校准规范起草小组，承担校准规范编写工作。《船载中深水多波束测深系统校准规范》归口于全国水运专用计量器具计量技术委员会。

本规范主要起草人及其分工见表 1。

表1 规范主要起草人及其主要工作

序号	姓名	单位	职务/职称	主要工作内容
1	苟争慷	自然资源部第二海洋研究所	高级工程师	负责规范编写过程中的人员、部门组织、协调，对规范质量、技术要求总把关，是规范编写的总负责人。
2	张 良	交通运输部东海航海保障中心	高级工程师	确定船载中深水多波束测深系统校准规范的技术参数，论证方法的可行性。
3	刘晓东	中国科学院声学研究所	研究员	提出并论证规范中重要性能指标要求，确定校准方式。
4	柳义成	交通运输部天津水运工程科学研究所	工程师	负责规范内容和编制说明的编制工作。负责规范的形式、内容审核。
5	张济博	自然资源部第二海洋研究所	高级工程师	负责校准方法和校准条件的论证与审核。
6	韩 磊	交通运输部东海航海保障中心	高级工程师	参与规范内容和编制说明的编制工作。
7	苏希华	上海地海科技有限公司	高级工程师	参与中深水多波束测深系统校准方法的论证。

二、制定背景

（一）目的意义

船载中深水多波束测深系统是由水下声呐基阵和辅助传感器组成的复杂探测设备，其最大探测水深可达 11000m，能实现对海底 100% 全覆盖测量，获得高效率、高精度和高分辨率的海底地形数据，在国际海事搜救、全球海洋调查和军事国防等领域应用非常广泛。中深水多波束测深系统工作时，发射阵发射的声波在海底形成垂直航迹方向上的发射波束条带，同时接收阵对回波信号进行接收，形成沿航迹方向的接收波束条带，两者相交得到成百上千的合成波束脚印。对其进行到达时间和到达角度的估计，再结合多个传感器数据进行归位计算，获得波束脚印测深数据。然而，即使已知传播时延和角度，多模块安装方式、风浪造成的姿态变化、声速变化等因素也会导致中深水多波束测深系统测深精度的下降，因此在测深归位过程中必须要考虑基阵安装角度、全球定位系统(GNSS)位置偏差的影响以及海洋动态环境引起的载体姿态、声速剖面、载体吃水等的影响，对原始声学探测数据进行一系列分析处理和修正，才能得到精确的测深结果。

随着“海洋强国”“交通强国”战略的不断深入推进，提升我国在复杂特殊海域，应对国际搜救、维护国家海洋权益方面的综合保障技术能力具有重要意义。面向大型测量船、科考船远岸深水环境下高精度探测的作业需求，海事部门亟待提升深远海水域测绘水平与数据质量。中深水多波束测深系统作为最为关键的水深探测装备，急需保障量值准确可靠。由于大型测量船作业环境复杂，设备不便拆卸检校，目前我国尚未制定船载中深水多波束测深系统的国家校准规范，中深水多波束测绘工作面临综合测深精度指标低、水下声呐探测干扰多、系统误差校准效果差、量值评定溯源过程难等行业问题，为此，突破原位计量关键技术，研发成套检校装备，形成中深水多波束测深系统校准规范，并在国内大型测量船上开展应用示范实属当务之急。

（二）国内外现状

现代多波束测深系统主要包括:多波束声学系统(声呐信号处理系统、

发射/接收换能器、显控系统)、软件系统(数据后处理软件、导航采集软件)、外围辅助传感器(罗经、姿态传感器、声速计、验潮仪、GPS/水下导航系统等)。目前国外深水多波束测深技术比较成熟,已经实现深水多波束测深系统的产品化、产业化、系列化。国际上主要的深水多波束测深系统生产厂商主要有:L3 ELAC Nautik、Teledyne (ATLAS)和 Kongsberg 等几家公司。表 2 给出了典型深水多波束测深系统的对比。

表 2 典型深水多波束测深系统对比

参数	产品		
	L3 ELAC SeaBeam 3012	Teledyne HydroSweep DS	Kongsberg EM122
基本原理	束控法	相干声呐原理	束控法
发射频率/kHz	12	14~16	12
测量水深/m	50~11 000	10~11 000	20~11 000
发射波束宽度	1°,2°	0.5°,1°,2°	0.5°,1°,2°
接收波束宽度	1°,2°	1°,2°	1°,2°,4°
最大条带宽	5.5 倍水深	5.5 倍水深	6 倍水深
最大覆盖宽度/km	31	28	30
每条带波束数	301	320	288
最大 ping 速率/Hz	3	10	5
测深分辨率/cm	12	6	10~40
测深精度	0.2%水深	0.2%水深	0.2%水深
发射波形	CW	CW/LFM/Barker	CW/LFM
波束间隔	等角/等距	等角/等距	等角/距/加密
最大作业航速/节	12	10	16
发射阵长度	约 7.7 m(1°)	约 5.6 m(1°)	约 7.8 m(1°)
接收阵长度	约 7.7 m(1°)	约 5.6 m(1°)	约 7.8 m(1°)

SeaBeam3012 是 ELAC 公司的最新一代深水多波束测深系统,其工作频率为 12kHz,工作水深 50~11000m,波束数 301 个,最小波束宽度 1°×1°,具有等角和等距两种波束间隔,最大覆盖宽度 5.5 倍水深,最大工作速度可达 12 节。SeaBeam3012 采用先进的波束扫描专利技术,可以完全进行艏摇、纵横摇运动补偿。它是世界上唯一能在所有水深下进行实时全姿态运动补偿的全海洋深度多波束测深系统。新的波束扫描技术包括宽覆盖、浅水近场聚焦、多脉冲、线性调频等特性,使其性能远超过其他常规扇区扫描技术。SeaBeam3012 系统能够实时采集测深信息、后向散射数据、水体数据、侧扫声呐图像等,并以良好的视觉形式将测量结果呈现在操作员

面前。在深海海底地形测绘、海底构造研究、海洋资源探测、天然气水合物探测和地球物理探测等领域具有极高的应用价值。SeaBeam3012 多波束测深主系统由水下的发射、接收换能器阵，水面的接收发射单元，数据采集及数据后处理计算机组成。辅助配套设备有表面声速仪、光纤罗经运动传感器、不间断电源、声学同步器、图形显示器和后处理计算机等。

TeledyneHydroSweepDS 属于第三代全海深多波束测深系统，其工作频率为 $14\sim 16\text{kHz}$ ，工作水深 $10\sim 11000\text{m}$ ，波束数 320 个，最小波束宽度 $0.5^\circ\times 1^\circ$ ，具有等角和等距两种波束间隔，最大覆盖宽度 5.5 倍水深，最大工作速度可达 10 节。它可以持续不间断获得较高要求的海底数据，其特点在于水柱、后向散射和沉积物分析。在接收端，每次发射被分解成 320 个接收波束。为了克服传统阵列孔径的限制，HydroSweep DS 采用了一种获得过专利的接收波束形成技术，即高阶波束形成。至于水深数据，它可以实现扫描的角度高达 140° (5.5 倍水深)，分解成 960 个窄波束。声学足迹设为等距或等角度模式，以适应特定的调查需要。它具备多频发射功能，可同时发射和接收多种频率，而传统的测深仪通常只能进行单频循环。多频大幅度提升了调查效率，特别是当在船舶航迹方向提高到 0.5° 波束精度时，为了确保实现 100% 海底无缝覆盖，该船只的速度将被限制为 4 海里/小时或更低。但是，运用多频发射，为了获得较高的波束分辨率，可以保持船只高速航行，或在不需要达到很高精度的情况下，甚至可以提高船速。空间分辨率为各种广泛应用提供了最大的操作和科研价值。图 1 给出了 HydroSweep DS 的系统组成框图。

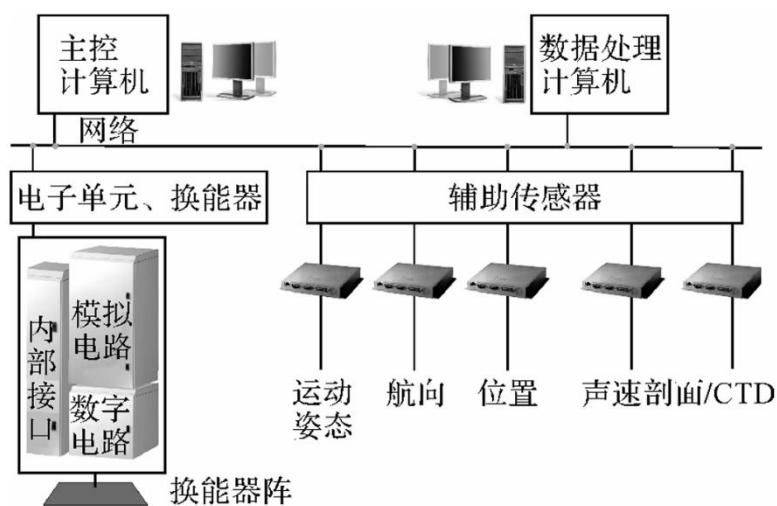


图 1 Teledyne(ATLAS) HydroSweep DS 系统组成框图

EM 122 是 Kongsberg 公司新一代深海多波束测深系统，其工作频率为 12kHz，工作水深 20~11000m，波束数 288 个，最小波束宽度 $0.5^{\circ} \times 1^{\circ}$ ，具有等角、等距和加密 3 种波束间隔，最大覆盖宽度 6 倍水深，最大工作速度可达 16 节。系统采用高效降噪前放、频率编码分组波束、纵横摇和艏摇主动波束转向等技术，保证获得最大的海底覆盖宽度。在提高测量精度和分辨率上，系统采用相位和振幅检测结合技术及声源级多向分别自动控制技术。系统具有覆盖扇面和波束指向角可随水上变化而自动变化、等距波束、集成海底声学图像和声速剖面内插等功能，能在一个航次之内获得最大的测量效益。

中国科学院声学研究所联合国内几家单位共同研制了国内第一套深水多波束测深系统，在西太平洋获得了 6000m 海域海底地形地貌图，并在国家“863”计划重大项目“海底观测网试验系统”进行了实际试验性应用，完成了相应调查工作。该系统拥有波束数 289 个，波束宽度 $1^{\circ} \times 2^{\circ}$ ，最大覆盖宽度 6 倍水深，具备发射三维姿态稳定、接收横摇稳定和边缘波束发射线性调频功能，可满足 20~11000m 全海深海底地形地貌探测的需求。

通过对国内外典型深水多波束测深系统的比较分析，以及参考其他一些系统，可以得出深水多波束测深系统的发展趋势为更高的测深分辨率、更高的测深精度、更大的覆盖范围、更强的水体探测和更便捷的探测成图。

多波束测深分辨率是指多波束测深系统在海底空间三维方向上所能分辨的相邻两个目标点的最小间隔，它决定了水下小目标及复杂地形的精细探测能力。影响多波束测深分辨率的因素主要有脉冲宽度、ping 采样率、波束宽度、航速等。如 HydroSweep DS 可以配备波束宽度为 $0.5^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的发射/接收换能器阵，每次发射可以获得 320 个反馈波束(硬波束)，又通过高阶波束形成技术分解成 960 个水深点；其 2 倍多频发射使得接收波束的数量加倍达到 640 个，水深点加倍到 1920 个，大大提高了测深分辨率。

深海多波束测深系统最重要的用途是深海海底地形测绘，测深精度无疑是衡量其性能的核心指标。国际水道测量组织第 44 号特别出版物第一条对测深的准确性有专门的规定，对测量的水深数据分别进行声速折射补偿、运动姿态补偿和潮位补偿。声速可以通过表面声速计实时获取表面声速，并结合可抛弃式全海深声速计定期获得全海深声速剖面，提供声速折射补偿准确性；运动传感器可以提供发射阵和接收阵的三维偏移参数，其中发射波束将进行纵摇、横摇和艏摇校正，接收波束进行横摇校正；针对深远海缺乏潮位站支持的情况，利用 GPS 载波相位测量技术确定潮位的瞬时变化，对测深数据进行潮位补偿。

多波束测深覆盖范围直接决定了多波束测深系统的测绘效率。它一般用几倍水深覆盖(5~6)或条带扇面角度(140°)来表示，但是在深海情况下，受双程传播衰减的影响，外侧(小掠射角)信号的信噪比很低、波形展宽严重，因此覆盖范围又受最大覆盖宽度(30km)的制约。通过对发射阵和接收阵的阵型进行优化设计，并使用宽带信号可以提高外侧信号的信噪比；使

用宽带信号也能抑制波形展宽的问题；采用新的目标方位估计方法(如多子阵检测方法)则可以提高外侧信号的方位估计精度。

当来自海底地层之下的气体或流体以喷溢或渗漏的形式进入海底附近，形成与周围海水物理性质相异的羽状、柱状、鞭状等各种形状的局部异常海水。羽状流可以作为海底热液、冷泉和天然气水合物探测的重要标志。只有当深水多波束测深系统具备强大的水体探测能力时，才能探测水体里的异常特征体，实现大面积的无缝海底羽状流探测，并对海底以上一定水深范围的海水进行全覆盖三维立体探测。

三、编写过程

在全国水运专用计量器具计量技术委员会的指导下，规范承担单位于2023年12月填报《船载中深水多波束测深系统校准规范》的国家计量技术规范制修订项目申报书、草案及编制说明。

2024年01月~02月，成立规范编写组，细化工作内容，明确工作分工。

2024年03月~05月，调研国内外研究进展及应用情况，制定总体研究方案。

2024年06月~10月，开展量传溯源方法研究，确定计量技术参数及指标，建立量值溯源路线。

2024年11月~2025年5月，在国家水运工程检测设备计量站的消声水池开展实验研究，修改和验证主要计量技术指标，完成规范征求意见稿。

四、编制依据

本规范根据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》进行编制，并在编写中参考了以下有关文件：

JJF 1034-2020 声学计量术语及定义

GB/T 7965-2002 声学 水声换能器测量

GB 12327-2022 海道测量规范

GB/T 42640-2023 多波束水下地形测量技术规范

JJF 1403-2013 全球导航卫星系统（GNSS）接收机（时间测量型）校准规范

GB/T 4300-2007 船舶与海上技术 船用陀螺罗经

GB/T 36896.1-2018 轻型有缆遥控水下机器人第 1 部分：总则

GB/T 3223-1994 声学 水声换能器自由场校准方法

JT/T 790-2010 多波束测深系统测量技术要求

HY/T 0353-2023 无人船（艇）海底地形地貌调查技术要求

JJG（交通）122-2015《水运工程 声速剖面仪》

JJG(交通)170-2020《水运工程 姿态测量仪》

JJG（交通）139-2017《多波束测深仪 浅水》

五、主要技术内容

按照 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》要求，本规范包括 9 个章节和三个附录：1 范围、2 引用文件、3 术语、4 概述、5 计量特性、6 校准条件、7 校准方法、8 校准结果表达、9 复校时间间隔，以及附录 A 船载中深水多波束测深系统校准附录原始记录格式，附录 B 船载中深水多波束测深系统校准证书内页格式，附录 C 船载中深水多波束测深系统校准结果测量不确定度评定示例。

（一）范围

本规范适用于测量范围在（50~11000）m 的船载中深水多波束测深系统的校准。

根据调研与文献查阅，中深水多波束测深系统的水深测量范围为（50~11000）m。例如，ELAC 公司的 SeaBeam 3012、Teledyne 公司的 HydroSweep DS 以及 Kongsberg 公司的 EM122 等典型型号，其水深测量范围均覆盖 50 米至 11000 米，当前主流中深水多波束测深系统普遍具备 50 米至 11000 米的作业能力。因此，本校准规范适用于水深范围为（50~11000）m 的中深水多波束测深系统的校准。

（二）概述

船载中深水多波束测深系统是一种集成高精度声学探测设备与多种辅助传感器的综合测量系统，可用于中深水区域的海底地形探测与水深测量。该系统通常由多波束测深仪、卫星定位仪、姿态传感器、罗经、声速仪以及配套的数据采集与处理软件组成，核心部件为安装于船体底部或拖曳装置上的换能器基阵。各模块之间通过同步时间基准统一协调工作，确保测量数据的一致性与精度。

该系统主要由以下几部分组成：

多波束测深仪：核心设备，包含换能器基阵和接收模块，负责向水下发射声波并接收回波信号；

卫星定位仪（GNSS 接收机）：用于获取船舶高精度的三维空间位置信息；

姿态传感器（动姿系统）：实时监测船体的横摇、纵摇、航向、升沉等运动参数，提供运动补偿数据；

罗经：提供精确的航向信息，保证波束定向的准确性；

声速剖面仪和表层声速仪：获取水柱中的声速剖面数据，供测深数据折算与校正；

数据采集与处理软件系统：集成声信号控制、原始数据采集、处理算法等功能，实现数据分析与成果输出。

多波束测深系统的工作基于水下声波回声测距原理。换能器发射扇形

或条带状的声束向海底扩展，每个波束覆盖不同的水下区域，并接收从海底反射回来的回波信号。系统通过测量声波传播的往返时间，并结合声速信息，即可计算出水深。同时，配合船体姿态修正与实时定位信息，系统能够对探测区域进行连续、宽幅的高分辨率扫描。

多波束系统具备自动波束形成、实时运动补偿、信号增强与滤波、自适应门限等功能，使其能够在复杂海况条件下稳定工作，保持高测量精度和效率。

（三）计量特性

多波束测深仪计量性能的提出主要依据多种国内外现有产品的技术参数（见表 1）、参考标准、征求意见、专家咨询、试验结果，并结合了目前水运工程应用需求和实际测量水平以及国内自主研发产品的技术水平。

表 3 几种常见多波束测深仪的主要性能指标

仪器型号	扇区开角	波束宽度	水深	最大测深
SeaBeam3012	140°	1°×1°、1°×2°	满足 IH0 标准	11000m
KongsbergEM122	150°	1°×1°、1°×2°	满足 IH0 标准	11000m
TeledyneHydroSweepDS	140°	0.5°×1°、1°×1°	满足 IH0 标准	11000m
海洋四号 SeaBeam2112	150°	2°×2°	满足 IH0 标准	11000m
太阳号 EM120	150°	1.5° ×1.5°	满足 IH0 标准	11000m

多波束测深仪的技术指标主要包括几何性能技术指标和声学性能技术指标。多波束测深仪几何指标校准的主要参数为水深和有效条带宽度，水深是衡量多波束声呐性能最为直观的技术指标，有效条带宽度是指在某个工作水深条件下，多波束声呐水深测量结果满足技术规范要求的波束扇面在水底的覆盖范围，是影响测量效率的主要因素，但是仪器的实际指标与厂家标称指标往往存在差异，需要进行科学校验。

多波束换能器的波束宽度是指指向性图的主瓣或主波束两侧的两个方向之间的夹角，此两方向上的声压级相对于轴向声压级下降 3dB 的声级，声源级是在多波束换能器声轴方向上，距发射器等效声学中心 1m 远处的

表观声压对应的平面行波的声强级。发射声源级、扇区开角、波束宽度是换能器的重要声学参数。

因此，本规范对多波束测深仪的水深、发射声源级、扇区开角、波束宽度提出计量要求。

（四）校准条件

1.环境条件

校准环境条件的规定主要考虑温度与湿度环境应能保证多波束测深仪校准过程的正常进行，依据《水文仪器基本环境检定条件及方法》（GB/T9359-2016）起草本部分内容。

2.测量标准及其他设备

校准使用的计量标准器应符合表 4 的规定，或使用更高准确度的标准器。

表4 计量标准项及其性能要求

序号	计量标准项	性能要求	用途
1	船载单波束测深系统	水深测量范围: 5 m-11000 m; 测量不确定度优于 $0.2\text{m}+0.1\%d$, d 为深度, m。	船载单波束测深系统作为标准测量设备, 主要用于提供高精度的基准水深数据。单波束系统获取的水深值被用于提取与多波束系统对应的同名水深点, 进而计算多波束全条带波束的水深示值误差。由于单波束系统测量精度高、误差可控, 适合作为比测校准基准, 可有效支撑多波束系统精度评估与性能验证工作。

序号	计量标准项	性能要求	用途
2	坐底式水声检测系统	频率测量范围: 10kHz-100kHz; 测量不确定度优于 0.9 dB; 最大工作水深: 100 m; 水下定位不确定度: $0.1\text{m}+0.1\%L$, L 为基线长度, m	坐底式水声检测系统是一种部署于水体底部的高精度接收设备, 主要用于多波束测深仪声学性能的溯源验证与不确定度评估。通过接收多波束各发射的波束, 计算波束宽度、扇区开角和声源级等参数, 与标称值进行误差对比。系统还用于分析时间同步、水下定位、设备安装和标准水听器误差等因素对测量结果的影响, 为海床基水声检测系统的测量不确定度评定提供可靠依据。
3	水深测量成果图	测量等级: 一等; 比例尺: 1:2000; 水深范围: 100 m~2500 m; 水域环境: 岩石型底质; 测绘单位: 具有海洋测绘甲级和 CMA 资质; 成果认证: 由国家测绘产品质量检验站出具优级报告; 有效期: 半年。	水深数据作为计量标准值, 与船载多波束测深系统进行比较, 获得多波束测深系统的示值误差。

表5 消声水池及试验装置及其性能要求

序号	实验设备	性能要求	用途
1	消声水池	长度应不小于 30 m, 宽度应不小于 10 m, 深度应不小于 8 m, 水池边壁铺设消声材料。	为被校设备提供自由场、远场校准条件。
2	试验车	位于试验水池之上, 应配有回转/升降装置, 角度控制最大允许误差 $\pm 0.1^\circ$, 位移控制最大允许误差 $\pm 0.5\text{ cm}$, 速度控制最大允许误差 $\pm 0.01\text{ m/s}$ 。	调节声纳设备、及标准水听器等测量设备的位置与姿态。

（五）校准方法

船载中深水多波束测深系统的水深示值误差和波束宽度、扇区开角、声源级误差采用与标称值进行比较的方法进行校准。

水深示值误差：对于多波束测深仪的水深示值误差，规范选择比较测量法进行校准。该方法常应用于中深水测深系统的精度评估，具有成熟性与可操作性。采取这种方法为了科学、准确地评估船载中深水多波束测深系统的测量精度。

波束宽度示值误差：对于多波束测深仪的波束宽度误差，采用坐底式水声检测系统测量法进行校准。通过接收指向图计算多波束接收换能器的波束宽度，与标称波束宽度作差计算示值误差。

扇区开角示值误差：对于多波束测深仪的扇区开角示值误差，采用坐底式水声检测系统测量法进行校准。通过标准水听器获取换能器实际扇区开角，计算与标称扇区开角的误差。

发射声源级示值误差：对于多波束测深仪的发射声源级示值误差，采用坐底式水声检测系统测量法进行校准。通过标准水听器获取换能器实际发射声源级，计算与标称声源级的误差。

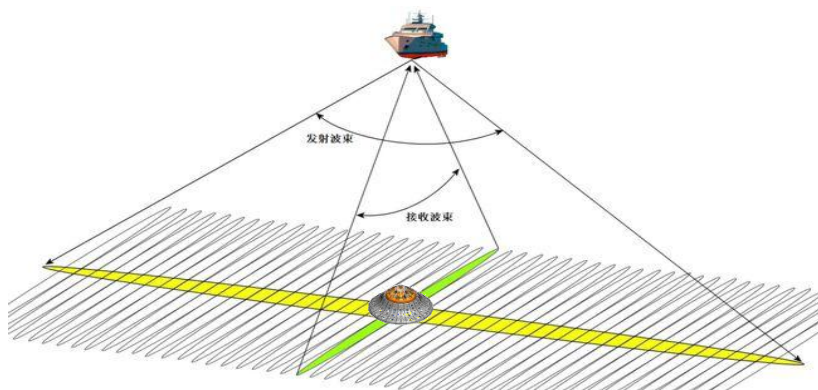


图 2 波束宽度、扇区开角、声源级误差校准方法示意图

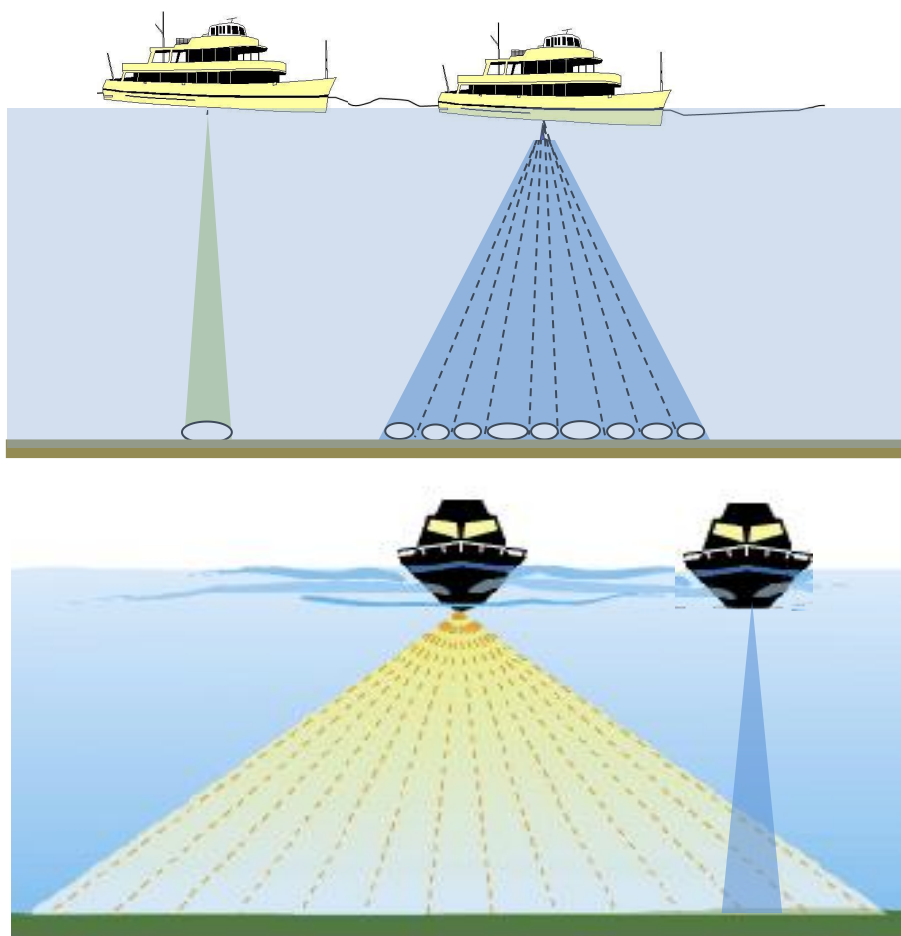


图 3 水深示值误差校准方法示意图

（六）校准结果

依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》要求对校准结果中的校准证书信息进行了规定。依据本规范出具的校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称与地址；

f) 被校对象的描述和明确标识；

g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用性有关，应说明被校对象的接收日期；

h) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；

i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；

j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

k) 校准环境的描述；

l) 校准结果及其测量不确定度的说明；

m) 对校准规范的偏离的说明；

n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务和等效标识；

o) 校准结果仅对被校对象有效的说明；

p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

（七）复校时间间隔

依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》要求对复校时间间隔进行了规定：“复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，船载中深水多波束测深系统复校时间间隔建议为 1 年。”

六、不确定度评定

为了验证校准方法的科学性，对中深水多波束测深系统的校准结果进行了不确定度评定，见测量不确定度评定报告。

七、其他说明

（一）与国际计量规范、国内标准等技术文件的兼容情况

船载中深水多波束测深系统的校准规范在技术框架、精度指标和数据处理流程上与国际计量规范（如 IHO S-44）和国内标准（如 GB 12327、JTS 131）具有较高兼容性。通过等效采用国际标准、细化本土化要求，国内规范已形成覆盖设备校准、数据采集到成果输出的完整技术链。未来需在不确定度评定、认证体系等方面进一步与国际接轨，以提升海洋测绘数据的国际互认水平。实际应用中，建议校准机构结合 GB/T 42640-2023 和 IHO S-44 的双重要求，制定个性化校准方案，确保测量结果同时满足国内工程需求和国际海事标准。

（二）检测方法、检测技术的创新性

本规范为对船载中深水多波束测深系统的声学指标和几何指标进行校准，该校准方法为首次提出，具有创新性。

（三）检测使用计量器具的量值溯源可行性

检测使用的计量标准器均依据相应的计量技术规范或国家标准，具有量值溯源可行性。

（四）对重大分歧意见的处理结果和依据等；

无。