

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T ×××—20××

海底地形地貌调查导航定位技术要求

Technology requirement of navigation and positioning for submarine topography and geomorphology investi-
gation

(报批稿)

20××-××-××发布

20××-××-××实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 调查内容	2
4.1 调查概述	3
4.2 工作内容	3
5 一般要求	3
5.1 平面坐标系	3
5.2 高程基准	3
5.3 深度基准	3
5.4 投影方式	3
5.5 时间系统	3
5.6 水面导航定位系统	3
5.7 水下导航定位系统	4
5.8 质量控制	4
6 调查准备	4
6.1 技术设计	4
6.2 导航设备校验	5
6.3 导航定位联机调试	5
7 调查实施	5
7.1 导航设备安装	6
7.2 作业测试	6
7.3 海上测量实施	6
7.4 现场整理	7
8 调查数据处理	8
9 成果	9
9.1 数据要求	9
9.2 图件要求	9
9.3 报告要求	9
10 调查资料和成果归档	9
10.1 归档要求	9
10.2 归档内容	9
附录 A(资料性) 海底地形地貌调查 GNSS 设备稳定性实验记录表	11
附录 B(资料性) 海底地形地貌调查导航工作日志及班报	12
附录 C(资料性) 水下导航定位记录表	12
附录 D(资料性) 水下导航定位设备校准记录表	13
参考文献	16

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。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会（SAC/TC283）归口。

本文件起草单位：自然资源部第二海洋研究所、哈尔滨工程大学、上海大学、西安测绘研究所、武汉大学、山东科技大学、东华理工大学。

本文件主要起草人：吴白银、罗孝文、孙大军、韩云峰、罗均、谢少荣、彭艳、孙中苗、曾安敏、姚宜斌、阳凡林、郑翠娥、赵荻能、王明伟、周洁琼、尚继宏、李守军、王胜平、朱心科、张居成、崔宏宇、蒲华燕。

引 言

海底地形地貌调查导航定位技术是集现代全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System, GNSS）、电子、水下导航定位、水下平台、水声、计算机和通讯等技术为一体的综合导航定位技术。针对海底地形地貌调查导航的技术特点、应用环境和功能要求等，为满足高精度、大范围、高效、高可靠性以及高更新率等的海底地形地貌调查要求，保证高质量的海底地形地貌调查成果，制定本文件。

海底地形地貌调查导航定位技术要求

1 范围

本文件规定了海底地形地貌调查导航定位的调查内容、一般要求、调查准备、调查实施、调查数据处理、成果、调查资料和成果归档等要求。

本文件适用于研究海洋冲刷、侵蚀和淤积对海岸和 underwater 地形、地貌的影响变化等海底地形地貌调查中的水面船舶和 underwater 平台的导航与定位，其它类型海洋调查的高精度导航定位可参考使用。

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 12763.10—2007 海洋调查规范 第 10 部分：海底地形地貌调查

GB/T 18314—2009 全球定位系统（GPS）测量规范

GJB 427A—2009 舰艇惯性导航系统设计定型试验规程

DZ/T 0360—2020 海洋地质调查导航定位规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

定位系统 positioning system

以确定空间位置为目标而构成的相互关联的一个集合体或装置（部件）。

注：由卫星定位系统 (satellite positioning system)和 underwater 声学定位系统 (underwater acoustic positioning system)两部分所组成。

3.2

海底地形地貌调查 submarine topography and geomorphology survey

以测量海底起伏形态和地物为主的海洋调查工作。

3.3

声学应答器 acoustic transponder/responder

安装在水下探测载体上,用于检测询问声学(或电)信号并应答定位声学信号的装置。

3.4

斜距 slant range

声学基阵原点距声学应答器的直线距离。

3.5

测距仪 distance measuring equipment

测定声学基阵和应答器之间斜距的设备。

3.6

超短基线定位系统 ultra short base line positioning system

基线长度(两个声学换能器之间的直线距离)小于 1 m 的声学定位系统。

注:该系统通过测量声学应答器到超短基线声学基阵原点的斜距和应答器在声学基阵坐标系中的方位来完成对应答器的定位。

3.7

长基线定位系统 long base line positioning system

基线长度大于 100 m 的声学定位系统。

注:该系统通过测量 3 个及以上声学应答器到测距仪的斜距进行交汇解算来完成对测距仪的定位。

3.8

水下信标 underwater beacon

配合长基线或超短基线进行水下定位的声学设备。

3.9

水平转角 horizontal angle

声学基阵原点至目标的方向线在 xy 水平面上投影与声学 x 轴方向的夹角。

注:水平转角在水平面上由 $0\sim 360^\circ$ 的范围内,按顺时针方向量取。

3.10

垂直转角 vertical angle

声学基阵原点至目标的方向线与声学 z 轴方向的夹角。

4 调查内容

4.1 调查概述

采用GNSS、姿态仪、长基线、超短基线等水面及水下导航定位及测姿系统为海底地形地貌的调查提供准确的位置、速度、姿态等信息及服务。

4.2 工作内容

海底地形地貌调查导航定位基本工作内容包括：导航设备安装、调查导航设备参数测定、船载GNSS导航定位、水下超短基线定位、水下超短基线联合长基线定位、数据处理与归档。

5 一般要求

5.1 平面坐标系

采用2000国家大地坐标系（China geodetic coordinate system 2000, CGCS2000）。采用其他坐标系时，应当建立与CGCS2000的转换关系。

5.2 高程基准

采用1985国家高程基准。对于远海及极地，可采用平均海平面作为高程基准。

5.3 深度基准

采用理论最低潮面。采用其他深度基准时，应与理论最低潮面建立转换关系。

5.4 投影方式

主要采用墨卡托或通用横轴墨卡托（Universal Transverse Mercator, UTM）投影，或与测量区域相适应的投影方式。

5.5 时间系统

采用北京时间和世界协调时（Universal Time Coordinated, UTC），当采用其他时间系统时，应建立与北京时间和UTC的换算关系。

5.6 水面导航定位系统

水面导航定位系统利用GNSS及安装在船上的罗经，实现水面导航定位，并符合以下要求：

- a) 应具备独立的卫星定位系统；
- b) 卫星信号（包括校正信号）稳定可靠，并具有不中断作业的能力，定位信号和误差校正信号的作业距离应覆盖整个作业区域；
- c) 卫星差分信号定位精度应优于 1.0 m。

5.7 水下导航定位系统

水下导航定位系统利用船载GNSS系统、船载超短基线及水下长基线阵列，实现水下导航定位，并符合以下要求：

- a) 卫星定位、水下定位等系统数据通信正常；
- b) 定位水平精度优于5.0 m，当使用实时卫星差分时，定位水平精度优于1.0 m；
- c) 超短基线的定位精度优于斜距的0.5%；
- d) 长基线的定位精度优于10.0 m。

5.8 质量控制

质量控制要求如下：

- a) 调查人员经岗前培训，由专业人士对调查人员进行理论培训、设备实操训练、故障应对方法以及维护保养方法，具备本专业调查能力；
- b) 调查仪器设备送检或校准，在有效期内，设备校验有效期限不大于1年；
- c) 调查过程符合综合导航定位实施方案、声学导航定位试验大纲、超短基线定位系统、长基线定位系统等仪器检定/校准报告等本文件的要求；
- d) 按调查要求对调查数据开展精度和质量评估，精度和质量应满足5.6、5.7节要求。

6 调查准备

6.1 技术设计

针对调查区域进行资料收集、明确技术要求、安全风险预判，制订安全应急预案、质量保证措施、进度保证措施，预期提交成果类型，技术设计包括以下内容：

- a) 海底调查对导航定位要求；
- b) 工区概况，包括：自然地理和历史地形地貌等，潮位、助航标志、碍航物等水文或航行相关资料；
- c) 导航定位采用的坐标系、投影及其参数：所有调查测线的经度、纬度和相应的投影坐标数据；
- d) 测量船、导航定位、采集设备以及设备检验项目和技术指标；
- e) 施工方法、作业参数和技术要求；

f) 测量技术选择。

6.2 导航设备校验

6.2.1 一般要求

用于海底地形地貌调查的导航仪器，应进行检定或校准，只有检定或校准合格且在有效期内，方可使用。

6.2.2 GNSS 校准

在作业任务实施前，应按以下步骤进行GNSS校准：

- a) GNSS 接收机以 1s 采样率在 C 级以上 GNSS 参考点上进行校验，静态数据观测时间不少于 24 小时；
- b) 对于有 GNSS 卫星差分信号的测量，水平误差优于 1.0m；
- c) 结束后填写海底地形地貌调查 GNSS 设备稳定性实验记录表(见附录 A 的表 A.1)。

6.2.3 水下导航定位系统校准

在作业任务实施前，应按以下步骤进行水下导航定位系统校准：

- a) 测量 GNSS 位置与基阵位置的 X、Y、Z 三个方向的安装偏差，作为测量初值；
- b) 在海底布放校准信标，母船与信标进行测量；
- c) 母船航行校准航迹，采集校准数据；
- d) 校准完毕后，计算校准结果，并输入到系统中；
- e) 航行精度验证航迹，统计校准后精度，评价校准结果（超短基线的定位精度优于斜距的 0.5%，长基线的定位精度优于 10.0 m）。

6.3 导航定位联机调试

在作业任务实施前，需要按以下步骤进行导航定位联机调试：

- a) 检验设备是否有外观破损、腐蚀、螺丝松动、密封圈失效等情况。
- b) 设备进行通电自检，检查各设备是否工作正常。
- c) 核对对外数据接口以及数据协议，并进行模拟测试。
- d) 水下导航定位设备还要进行吊放测试，包括定位功能、通信功能、触发功能、传感器数据解析功能等。

7 调查实施

7.1 导航设备安装

7.1.1 水面导航设备安装

按照水面导航定位要求进行地形地貌调查导航设备的安装：

- a) 船载 GNSS 设备应安装在无卫星遮挡及无线电、雷达信号干扰的地方；
- b) GNSS 设备和调查船上电源、信号处理单元、接收机、显控单元等的连接正常。

7.1.2 水下导航设备安装

按照水下导航定位要求进行地形地貌调查导航设备的安装：

- a) 声学换能器基阵刚性固定到调查母船的升降装置上，要求艏向朝船头，误差不大于 1.5° ，升降装置保证基阵能伸出船底不小于 1m；
- b) 信号处理机安装到实验室安装柜中，保持设备良好的接地；
- c) 水下声信标刚性固定在待测设备上，保证换能器伸出设备本体四周 $\pm 90^\circ$ 无遮挡。

7.2 作业测试

7.2.1 水面导航定位测试要求

根据安装好的水面导航定位设备进行以下相关测试：

- a) GNSS 采集数据是否正常；
- b) 信号处理单元、接收机和显控单元接收导航定位数据是否正常。

7.2.2 水下导航定位测试要求

根据安装好的水下导航定位设备进行以下相关测试：

- a) 超短基线定位、长基线定位系统测试：开启超短基线、长基线定位系统，对信标进行应答定位测试；
- b) 测试应答信标与同步发射信标是否正常。

7.3 海上测量实施

7.3.1 卫星定位系统

在设备测试正常后，卫星定位系统操作应注意以下几点：

- a) 卫星定位作业执行GB/T 18314—2009和DZ/T 0360—2020中6.3.1相关规定；
- b) 作业期间保证能观测到的GPS卫星数大于等于4颗，卫星高度角大于 10° ；
- c) 卫星位置几何图形强度因子（Position Dilution of Precision, PDOP）值统计小于5；

- d) 填写海底地形地貌调查导航工作日志（见附录B的表B.1），其它设备可以参考此表同步进行记录。

7.3.2 水下导航系统

7.3.2.1 水下超短基线定位

设备测试正常后，超短基线定位实施按如下步骤进行：

- a) 校准信标锚系布放入水；
- b) 开启超短基线定位系统，按规定航线航行，保存数据，利用保存的数据完成超短基线定位系统的校准计算，并导入系统；
- c) 收回锚系信标，完成系统标校；
- d) 作业设备搭载水下声信标入水，超短基线定位系统实时定位跟踪作业设备的位置；
- e) 填写水下导航定位记录表（见附录C的表C.1）及水下导航定位设备校准记录表（见附录B的B.3和附录D的表D.1、表D.2、表D.3），其它设备可以参考此表同步进行记录。

7.3.2.2 水下超短基线和长基线联合定位

设备测试正常后，水下超短基线和长基线定位实施按如下步骤进行：

- a) 逐个完成长基线信标阵的布设；
- b) 开启超短基线定位系统，逐个绕长基线信标规定航线航行，保存数据，利用保存的数据完成水下信标阵绝对位置的计算；
- c) 将水下信标阵绝对位置计算结果输入作业设备长基线定位系统；
- d) 水下作业设备入水，到达长基线信标阵附近按照测线航行，进行长基线定位；水下超短基线同时对水下作业设备的水下活动进行定位跟踪；
- e) 填写水下导航定位记录表（见附录C的表C.1）及水下导航定位设备校准记录表（见附录D的表D.1、表D.2、表D.3），其它设备可以参考此表同步进行记录。

7.4 现场整理

7.4.1 资料整理

根据以下几点进行资料整理，资料齐备即满足要求：

- a) 综合导航定位实施方案；
- b) 超短基线定位系统、长基线定位系统等仪器检定/校准报告；
- c) 声学导航定位试验大纲；
- d) 数据采集记录存储介质；
- e) 调查区基本参数；

- f) 调查航迹图；
- g) 操作和作业记录；
- h) 综合导航定位班报表（见附录B的表B.2）；
- i) 导航定位作业总结报告。

7.4.2 设备整理

根据以下几点进行设备整理，资料齐备即满足要求：

- a) 数据备份与存储；
- b) 资料检查；
- c) 导航设备检查、回收、清洁、保养和装箱；
- d) 编写导航定位工作报告与地形地貌测量工作报告。

8 调查数据处理

数据处理内容包括：

- a) 水下信标绝对位置标定

母船围绕水下声信标航行标校航迹，标校设备与水下声信标进行交互，并记录测距结果和实时GNSS以及姿态信息。融合各测量数据获取水下信标的绝对位置。

- b) 水下信标相对阵型标定

水下长基线信标阵各测元之间分别进行相对距离测量，获得几何阵型的测边结果，结合信标绝对位置标定结果和深度测量结果，进行基阵网整体平差，实现水下信标相对阵型标定。

- c) 超短基线定位系统安装偏差校准

水下布放声信标，母船围绕水下声信标航行校准航迹，航行期间对超短基线定位系统与水下声信标进行实时定位，并记录定位结果和实时GNSS以及姿态信息。融合各测量数据，获取超短基线基阵与GNSS以及姿态传感器的安装偏差，并对安装偏差进行校准。

- d) 水平定位误差统计

水平定位误差统计执行GJB 427A—2009中6.1相关规定。

- e) 格拉布斯准则野值剔除

格拉布斯准则野值剔除执行GJB 427A—2009中“格拉布斯准则剔除可疑数据方法”相关规定。

- f) 非线性内插

针对传感器测量数据缺失点，融合历史测量数据和实际测量情况，对缺失点的数据进行合理估计。

9 成果

9.1 数据要求

成果数据要求如下：

- a) 导航定位数据符合GB/T 18314—2009中第13章和DZ/T 0360—2020中第7章的要求，各类数据如实记录；
- b) 导航定位数据包括：船舶测线名、水下作业平台测线名、UTC时间、定位系统天线位置坐标、超短基线声学基阵位置坐标、长基线信标布阵点坐标、水下作业平台位置坐标。

9.2 图件要求

图件主要为船舶航线和水下作业平台测线航迹图，图件绘制按照GB/T 12763.10的第9章执行。

9.3 报告要求

报告主要为海底地形地貌调查航次概况、设备介绍、数据处理流程及质量评估、存在的问题与建议，报告应包括以下内容：

- a) 航次概况；
- b) 卫星导航定位设备介绍；
- c) 声学导航定位设备介绍；
- d) 卫星导航定位数据处理流程及质量评估；
- e) 声学导航定位数据处理流程及质量评估；
- f) 存在的问题与建议。

10 调查资料和成果归档

10.1 归档要求

调查资料和成果归档与上交的一般要求如下：

- a) 上交的各种资料和成果的内容必须真实、准确，装订整齐有序，标示清晰；
- b) 各级检查应形成相应的质量检查报告，与成果资料一并归档；
- c) 上交的纸质文档、图件应与电子成果一致；
- d) 各类数据应提供格式说明，并提交文本格式的数据文件。

10.2 归档内容

调查资料和成果归档与上交的内容如下：

- a) 技术设计书、实施方案及任务合同书等相关文件；
- b) 超短基线定位系统、长基线定位系统等仪器检定/校准报告（含自校或送检报告）；
- c) 船配置参数文件（含船型、各设备相对位置及校准参数）；
- d) 定位及姿态改正资料；
- e) 声速改正资料（含声速剖面或温度、盐度和深度等调查资料）；
- f) 处理过程数据；
- g) 现场记录班报及航次报告；
- h) 后处理班报及技术总结报告（即资料处理报告）；
- i) 质量评价报告；
- j) 测线航迹图；
- k) 资料清单。

附录 A

(资料性)

海底地形地貌调查 GNSS 设备稳定性实验记录表

海底地形地貌调查 GNSS 设备稳定性实验记录表见表 A.1。

表 A.1 海底地形地貌调查 GNSS 设备稳定性实验记录表

仪器型号_____ 日期_____年____月____日

参数设置	例如，采样间隔、高度角、PDOP 因子等。
检验持续时间 (h)	
点位分布图	
备注（说明观测的卫星类型、点位稳定性评价等）	

填写人_____

审核人_____

附 录 B
(资料性)
海底地形地貌调查导航工作日志及班报

海底地形地貌调查导航工作日志见表 B.1，导航定位班报见表 B.2。水下导航定位信标站位记录见表 B.3。

表 B.1 海底地形地貌调查导航工作日志

任务名称_____ 任务编号_____

调 查 船_____ 仪器型号_____

日 期_____年__月__日 调查海区_____

天气海况	主要记录包括：气温、风速、风向、流速流向、海面状况等
仪器状况	主要记录包括：导航定位设备的工作状况
测线完成	主要记录包括：已完成的测线编号及测线长度
质量评价	导航定位调查设备的数据质量
备注	说明安全生产、特殊情况等

填写人_____ 审核人_____

第_____页 共_____页

表 B.2 综合导航定位班报表

测区_____调查船_____航次_____测线_____日期_____海况_____

时间	测线号	航向 (°)	水下探测器 载体速度 (kn)	纬度 (°′″)	经度 (°′″)	平面位置精 度因子 (HDOP)	测线长度 (km)	文件名	操作者	备注

技术负责_____ 班组长_____

第____页

共____页

表 B.3 水下导航定位信标站位记录表

测区_____调查船_____航次_____日期_____海况_____

时间	信标编号	纬度 (°′″)	经度 (°′″)	深度 (m)	标定精度 (m)	操作者	备注

技术负责_____班组长_____

第____页 共____页

附 录 C
(资料性)
水下导航定位记录表

水下导航定位记录表见表 C.1。

表 C.1 水下导航定位记录表

站位号			
站位任务			
装备使用前状态			
作业起始时间		作业起始经纬度 (°'")	
作业深度 (m)			
测量时间 (h)		测量方式	
作业结束时间		作业结束经纬度 (°'")	
装备使用后状态			
使用情况概述			
数 据 汇 总	声速数据		
	姿态测量数据		
	GNSS 测量数据		
任务完成情况			
记录人		日期	
负责人		日期	

附录 D

(资料性)

水下导航定位设备校准记录表

水下导航定位设备校准记录表（超短基线定位系统）见表 D.1，水下导航定位设备校准记录表（水下声信标）见表 D.2，水下导航定位设备校准记录表（长基线定位系统）见表 D.3。

表 D.1 水下导航定位设备校准记录表（超短基线定位系统）

设备名称		规格型号			
设备编号		校准日期			
校准环境					
外观检查					
分系统组成检查					
校准项目	校准设备	技术要求	实测值	校准结果	
定位功能					
融合外接传感器数据功能					
定位导航显示功能					
数据处理软件功能					
斜距准确度 (m)					
角度准确度 (°)					
斜距重复性					
水平转角重复性					
垂直转角重复性					
电气性能					
抗干扰性能					
备注					
校准		校核		日期	

表 D.2 水下导航定位设备校准记录表（水下声信标）

设备名称		规格型号			
设备编号		校准日期			
校准环境					
外观检查					
分系统组成检查					
校准项目	校准设备	技术要求	实测值	校准结果	
应答功能					
最大静水耐压（Mpa）					
通信指令检测功能					
声源级（dB）					
最小检测声级准确度（dB）					
转发时延准确度（ms）					
最小检测声级重复性					
转发时延重复性					
电气性能					
抗干扰性能					
备注					
校准		校核		日期	

表 D.3 水下导航定位设备校准记录表（长基线定位系统）

设备名称		规格型号			
设备编号		校准日期			
校准环境					
外观检查					
分析系统组成检查					
校准项目	校准设备	技术要求	实测值	校准结果	
长基线定位功能					
融合外接传感器数据功能					
定位导航显示功能					
数据处理软件功能					
斜距准确度（m）					
定位解算准确度（m）					
斜距重复性					
电气性能					
抗干扰性能					
备注					
校准		校核		日期	

参考文献

- [1] GB 12327 海道测量规范
 - [2] GB 17501 海洋工程地形测量规范
 - [3] GB 3100~3102 量和单位
 - [4] GB/T 11634—2000 船用交流低压配电板通用技术条件
 - [5] GB/T 20257 国家基本比例尺地图图式
 - [6] GB/T 24356—2009 测绘成果质量检查与验收
 - [7] GJB 427A—2009 舰艇惯性导航系统设计定型试验
 - [8] CH/T 2008 全球导航卫星系统连续运行基准站网建设规范
 - [9] CH/T 2009 全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范
 - [10] CH/T 7001 1:5000、1:10000、1:25000 海岸带地形图测绘规范
 - [11] HY/T 008—1992 海洋仪器术语
 - [12] HY/T 058 海洋调查观测监测档案业务规范
 - [13] HY/T 253—2018 浅地层剖面调查技术要求
-