

中国地质调查局地质调查技术标准

DD2012—01

海洋多波束测量规程

中国地质调查局

2012年4月

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	3
4.1 目的	3
4.2 主要内容	3
4.3 一般要求	3
5 技术设计	4
5.1 设计编审	4
5.2 设计内容	4
6 仪器安装与试验	4
6.1 仪器安装规定	4
6.2 静态试验	4
6.3 海上试验	5
7 海上测量	6
7.1 准备工作	6
7.2 声速测量	7
7.3 换能器吃水深度测量	7
7.4 测线测量	7
7.5 质量监控	8
7.6 班报记录	8
7.7 数据存储	8
7.8 野外技术报告编写	9
7.9 野外资料汇交	9
8 潮位测量	9
9 资料处理	9
9.1 基本流程	9
9.2 定位处理	10
9.3 水深处理	10
9.4 数据滤清	10
9.5 准确度评价	11
9.6 成果输出	11
9.7 处理报告编写	11

10 成果图编制.....	11
10.1 成果图类型与编制原则.....	11
10.2 数据选取的方法与要求.....	11
10.3 历史资料的应用.....	11
10.4 制图.....	12
11 成果资料汇交.....	12
附录 A (资料性附录) 船体姿态角度、波束、条幅关系图.....	13
附录 B (资料性附录) 横摇偏差测试方法与校正.....	14
附录 C (资料性附录) 纵倾偏差测试方法与校正.....	16
附录 D (资料性附录) 定位时间延迟测试方法与校正.....	18
附录 E (资料性附录) 艏向偏差测定方法与校正.....	20
附录 F (资料性附录) 多波束测量班报表.....	22
参考文献.....	23
图 1 水深测量准确度检验测线布设图.....	7
图 2 资料处理基本流程.....	9
图 A.1 船体姿态角度、波束、条幅关系图.....	13
图 B.1 横摇偏差造成多波束系统正反向测量形成地形倾斜假象.....	14
图 B.2 剖面重合法横摇偏差测试示意图.....	15
图 C.1 纵倾偏差在正反方向地形测量中的表现.....	16
图 C.2 剖面重合法纵倾偏差测试示意图.....	17
图 D.1 定位时间延迟产生测量标志物位置的偏移.....	18
图 D.2 剖面重合法定位时间延迟测试示意图.....	19
图 E.1 艏向偏差产生测量标志物位置的偏移.....	20
图 E.2 剖面重合法艏向偏差测试示意图.....	21
表 F.1 多波束测量班报表.....	22

前 言

多波束回声测深是世界上先进的海洋水深探测技术，同时也是一项常用的海洋地质调查技术。迄今为止，我国尚未制定专门的多波束测量技术标准，为适应海洋地质区域调查、海洋矿产资源调查和海洋环境与工程地质勘察的需要，特制定本技术规程。

本标准的附录A、附录B、附录C、附录D、附录E、附录F是资料性附录。

本标准由中国地质调查局提出。

本标准由中国地质调查局归口。

本标准起草单位：广州海洋地质调查局。

本标准主要起草人：杨胜雄、刘方兰、余平、关永贤、肖波、罗伟东、刘胜旋、何水原。

本标准由中国地质调查局负责解释。

海洋多波束测量规程

1 范围

本标准规定了海洋多波束水深测量的总则、技术设计、仪器试验、海上测量、潮位测量、资料后处理、成果图编制及成果资料汇交的要求。

本标准适用于海洋地质与地球物理调查中的海底地形地貌调查，河流、湖泊等水域地形地貌调查也可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 12327-1998 海道测量规范

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 17834-1999 海底地形图编绘规范

3 术语和定义

3.1

波束 beam

具有特定空间指向性的声波，并以此获得采样点水深信息（参见附录A）。

3.2

多波束测深仪 multibeam echo sounder

采用声学波束形成技术，能同时获得呈条带状分布的多个水深值的装置。

同义词：多波束条带测深仪 多波束回波测深仪

3.3

多波束测深系统 multibeam bathymetric system

由多波束测深仪及其相关外部设备（定位仪、数字艏向测量仪、运动传感器、表层声速计、声速剖面仪等）和多波束数据后处理软硬件组成的系统。

同义词：多波束系统

3.4

多波束测量 multibeam survey

利用多波束测深系统进行海洋水深测量的活动。

同义词：多波束水深测量

3.5

纵倾角度 pitch angle

换能器基准面前后倾斜的角度（参见附录A）。

同义词：纵摇 纵摇角度

3.6

纵倾偏差 pitch bias

纵倾角度的测量值与实际值的差。

同义词：纵摇偏差

3.7

横摇角度 roll angle

换能器基准面左右摇摆的角度（参见附录A）。

3.8

横摇偏差 roll bias

横摇角度的测量值与实际值的差。

3.9

艏向偏差 heading offset

船龙骨实际方向与测量值的误差。

同义词：艏摇偏差

3.10

定位时间延迟 time delay

定位数据从定位仪传输至多波束测深仪的时间差。

3.11

声速剖面 sound velocity profile

声波在水域某一点垂直线上不同水层传播速度的数据序列或变化曲线。

3.12

波束接收率 beam receiving rate

多波束测深仪接收波束数与标称波束数的百分比。

3.13

条幅 swath

发射波束与海底反射接收波束相交形成一系列的波束脚印，它们是海底地形的一组采样点，排列形成一个带状区域（参见附录A）。

同义词：条带

3.14

条幅覆盖宽度 swath coverage width

条幅在龙骨垂直方向上的长度。

同义词：覆盖宽度 条幅宽度

3.15

条幅重叠率 swath overlap coverage rate

相邻测线间条幅重叠部分的宽度与测线间距的百分比。

3.16

全覆盖测量 full coverage measure

调查区内测线间条幅重叠率达到特定要求的多波束水深测量。

3.17

运动传感器 motion sensor

获取勘察船（或其他运动体）实时姿态数据（如纵倾角度、横摇角度、起伏高度、艏向等）的仪器。

同义词：姿态传感器

4 总则

4.1 目的

对海底地形地貌进行多波束测量,以获取海底水深数据,为海洋地质勘查与研究提供地形地貌资料,为海洋资源开发研究与应用、海域划界、海洋管理等提供依据和服务。

4.2 主要内容

包括进行仪器的静态试验和动态试验,确定各种基本(初始)参数值以及进行海上水深测量、潮位测量、资料后处理等。

4.3 一般要求

4.3.1 海域划分

4.3.1.1 浅水海域:水深 ≤ 200 m;

4.3.1.2 深水海域:水深 > 200 m。

4.3.2 测量基准

4.3.2.1 平面坐标系、高程基准采用 GB 12327-1998 的 3.3.1 和 3.3.2。

4.3.2.2 深度基准面采用 GB 12327-1998 的 3.3.3。

4.3.3 水深准确度

水深 ≤ 30 m时,多波束测量水深准确度应高于0.3 m;水深 > 30 m时,多波束测量水深准确度应高于水深的1%。

4.3.4 定位系统

4.3.4.1 定位系统采用差分定位接收机。浅水海域定位准确度应优于5 m,深水海域定位准确度应优于10 m。

4.3.4.2 应采用 WGS-84 坐标系统,若项目有特殊需要,可选用其他坐标系统,以满足调查项目的要求。

4.3.4.3 定位天线一般安装在多波束测深系统换能器顶部位置,如无法安装则应精确测量定位天线与换能器的相对偏差,并输入偏差进行校正。相对偏差应 ≤ 0.05 m。

4.3.4.4 出航前应进行至少24 h的稳定性试验,试验结果应符合4.3.4.1的要求。

4.3.4.5 时间基准采用格林威治时间(GMT),若项目有特殊需要,可选用北京时间(GMT+8)。

4.3.5 运动传感器

运动传感器一般应安装在船体重心位置或靠近重心的位置,并应测量其与多波束测深系统换能器的相对位置,相对位置测量误差应 ≤ 0.05 m。

运动传感器测量准确度要求:横摇角度误差 $\leq 0.05^\circ$,纵倾角度误差 $\leq 0.05^\circ$,升沉幅度误差 ≤ 0.1 m。

4.3.6 艏向测量仪

艏向测量一般应采用数字艏向测量仪,采用模拟艏向测量仪或其它艏向测量仪时应通过模数转换器为多波束测深系统提供数字信号。艏向准确度要求高于 0.1° 。

4.3.7 声速测量

声速测量包括表层声速测量和声速剖面测量。声速剖面测量一般采用自容式声速剖面测量仪、CTD测量仪等，表层声速测量还可以采用实时声速计测量。声速测量准确度要求 ≤ 1 m/s。

5 技术设计

5.1 设计编审

应根据任务书和规范要求，编写技术设计，并在海上测量前完成，经任务下达单位审批后实施。

5.2 设计内容

技术设计的内容应包括以下内容：

- a) 调查的目的和任务来源；
- b) 调查区概况，包含地理位置、范围、水文气象、已有的地形资料等；
- c) 调查船及调查设备；
- d) 测线布设原则及工作量；
- e) 野外工作方法和技术要求；
- f) 资料处理与成果图编制要求；
- g) 实施方案与工作部署；
- h) 安全及质量保证措施；
- i) 预期成果；
- j) 经费预算。

6 仪器安装与试验

6.1 仪器安装规定

- 6.1.1 多波束测深系统换能器应固定安装在噪声低且不容易产生气泡位置，并应保证换能器在工作中不露出水面；
- 6.1.2 系统发射接收接线盒尽量靠近换能器，且接线盒位置至少要高于船体吃水线；
- 6.1.3 艏向测量仪应安装在测量船的艏艙（龙骨）线上，参考方向指向船艏；
- 6.1.4 多波束测深系统换能器与运动传感器、定位天线的空间相对关系应符合 4.3.4.3 和 4.3.5；
- 6.1.5 多波束测深系统仪器工作室：工作环境温度 ≤ 25 °C，湿度 40%~70%；主机柜周围至少 100 cm 范围内无障碍；监视、控制操作空间 ≥ 1 m \times 2 m。

6.2 静态试验

6.2.1 艏向测量仪校准与静态测试

固定安装的艏向测量仪应每年校准一次，移动安装的则应在每次安装后校准。艏向测量仪校准方法参见附录E。艏向测量仪校准后应进行超过24h稳定性测试。

6.2.2 运动传感器静态测试与校准

运动传感器的静态测试每年进行一次，每次连续观测24h以上。运动传感器静态测量准确度不符合 4.3.5要求时，应送有资质的专业机构进行校准。

6.2.3 系统联动试验

多波束系统联动试验应经常进行。使用频繁的多波束系统，应在工作前进行系统联动试验；一个月以上不使用多波束系统的情况下，应保证每个月对多波束系统进行一次联动试验。多波束系统联动试验应包括多波束测深仪、运动传感器、艏向测量仪、定位系统等设备和仪器之间联机试验。

6.3 海上试验

6.3.1 海上试验内容

海上试验应包括参数测试和水深测量准确度检验。其中，参数测试是按先后顺序分别为横摇偏差、定位时间延迟、纵倾偏差和艏向偏差参数的测试。参数测试完成后应进行水深测量准确度检验。

多波束测深系统参数至少每半年测定一次，便携式系统应在每次安装后对参数进行测试。当多波束测深系统的外部设备发生改变或安装位置发生变化时，应重新测定；定位系统发生变更时应重新测定定位时间延迟。

6.3.2 横摇偏差测试

横摇偏差测试方法参见附录B。横摇偏差的准确度应高于0.1°。

6.3.3 纵倾偏差测试

纵倾偏差测试方法参见附录C。纵倾偏差的准确度应高于0.1°。

6.3.4 定位时间延迟测试

定位时间延迟测试方法参见附录D。定位时间延迟的准确度应高于0.1 s。

6.3.5 艏向偏差测试

艏向偏差测试方法参见附录E，艏向偏差的准确度应高于0.1°。

6.3.6 水深测量准确度检验

6.3.6.1 水深测量准确度检验的方法

水深测量准确度检验方法有定点准确度检验、平行测线准确度检验、交叉测线准确度检验和综合准确度检验，检测地点应选择平坦海底地形的海域。参数测试完成后，要求进行综合准确度检验。

6.3.6.2 水深测量准确度计算公式

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n h_i^2}{2n}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

σ —— 中误差，单位为米（m）；

h_i —— 不同测线条幅重复测点水深测量值的差值，单位为米（m）；

n ——重复测点组数，两个重复测点为一组。

6.3.6.3 定点准确度检验

在船相对静止不动时，收集足够时间（重复测点个数>100个）内的多波束测量数据，然后计算重复测点水深中误差，计算公式如下：

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- σ —— 中误差，单位为米（m）；
- h_i —— 重复测点水深测量值，单位为米（m）；
- \bar{h} —— 重复测点水深测量值的平均值，单位为米（m）；
- n —— 重复测点个数。

定点准确度检验中重复测点中误差，中误差与重复测点水深测量值的平均值的百分比反映了多波束测深系统相同或相近位置波束重复测量的准确度。

6.3.6.4 平行测线准确度检验

布设两条平行测线，条幅重叠率在10%~20%之间。计算两条测线重复测点水深的均方差值，计算公式见6.3.6.2。平行测线准确度检验是检查测线边缘波束重复测量的准确度。

6.3.6.5 交叉测线准确度检验

布设两条垂直测线，计算重复测点水深的均方差值，计算公式见6.3.6.2。交叉测线准确度检验是检查中间波束与边缘波束重复测量的准确度，也是检查声速剖面合理性的重要依据。

6.3.6.6 综合测量准确度检验

6.3.6.6.1 综合测量准确度检验一般采用“#”型测线布设方法（见图1）。选择多波束系统工作水深范围内的海域，布设四条呈“#”型测线，纵向两条测线（A和B）互相平行，测量方向相反，条幅重叠率在10%~20%之间；横向两条测线（1和2）互相平行，测量方向相同，条幅重叠率50%。

6.3.6.6.2 综合测量准确度计算方法是在“#”型测线测量区内，查找重复测点，并统计重复测点水深均方差值，计算公式见6.3.6.2。

7 海上测量

7.1 准备工作

- 7.1.1 确认调查船是否满足作业航行要求，检查多波束测深系统驾驶台导航监视系统是否正常工作。
- 7.1.2 根据调查区工作量准备足够数量记录表、数据备份设备和存储介质。
- 7.1.3 应分别对定位系统、声速剖面仪（含表层声速计）、艏向测量仪、运动传感器等设备进行检测，确保系统的正常工作。
- 7.1.4 运行多波束测深系统内置测试模块，检查系统各部分测试记录。
- 7.1.5 对多波束测量值班记录人员进行培训。培训内容包括：工作原理、操作方法、工作职责、班报记录、质量监控、注意事项等。

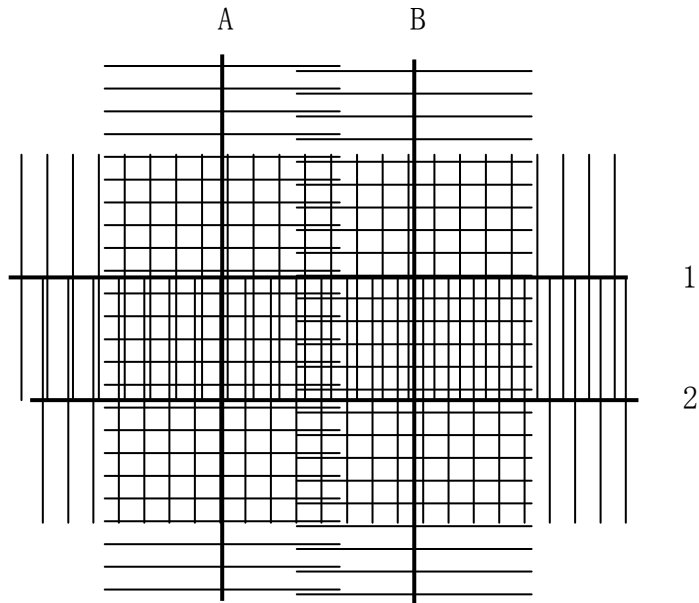


图1 水深测量准确度检验测线布设图

7.2 声速测量

7.2.1 在每次进入调查区后，开展工作前应进行声速剖面测量。

7.2.2 在浅水海域，要求采用实时表层声速数据。

7.2.3 在浅水海域，要求采用全深度声速数据，声速剖面的控制范围应 $<50\text{ km}\times 50\text{ km}$ ，使用时间应 $<10\text{ d}$ 。

7.2.4 在深水海域，要求采用全深度声速数据，水深 $>2000\text{ m}$ 的声速剖面数据可根据实测声速数据进行延伸。声速剖面文件中的最大水深应大于调查区中的最大水深。声速剖面的控制范围应 $<100\text{ km}\times 100\text{ km}$ ，使用时间应 $<30\text{ d}$ 。

7.2.5 当调查区内影响声速的水文条件（温度、盐度、浊度等）变化较大时，应增加声速剖面的测量次数。

7.2.6 测量过程中，当边缘波束出现对称弯曲现象时，应及时更新声速数据或重新进行声速剖面测量。

7.3 换能器吃水深度测量

7.3.1 每次测量开始前、结束后均应测定换能器吃水深度。

7.3.2 调查船吃水深度非均匀改变的事件前后，要求测量吃水深度。

7.3.3 测量吃水深度应选择船体相对平稳状态时进行，两次或两次以上测量互差应 $<10\text{ cm}$ 。

7.4 测线测量

7.4.1 多波束测量要布设主测线和检查测线。主测线一般应采用平行等深线走向布设，检查测线与主测线的夹角（锐角）应 $\geq 70^\circ$ ，且应与区内80%主测线相交。

7.4.2 检查测线总长度应不少于全部测线长度的2%。

7.4.3 全覆盖测量中，测线间条幅重叠率应 $\geq 10\%$ 。条幅重叠率计算公式如下：

$$\gamma = \frac{L}{D} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- γ ——条幅重叠率；
- L ——相邻测线间条幅重叠的宽度，单位为米（m）；
- D ——相邻测线间距，单位为米（m）。

7.4.4 测区之间重复测量的宽度应大于一个条幅的覆盖宽度。

7.4.5 测线作业时，船不得急转弯，修正航向速率不得超过艏向测量仪允许的范围。

7.5 质量监控

现场质量监控的主要内容包括：

- a) 观察系统状态显示和波束信息，监视系统各传感器的工作状况和波束的质量；
- b) 观察条幅剖面显示，监视声呐设置参数、横摇偏差补偿是否正确，条幅波束是否完整和声速剖面是否失效；
- c) 观察航迹显示，监视定位数据是否出现异常；
- d) 观察硬盘和磁带机等数据记录设备的工作是否正常，确保测量数据的完整记录；
- e) 随时查看测线间条幅重叠率是否达到要求，防止出现漏测现象；
- f) 出现以下情况应补测：
 - 1) 条幅重叠率<10%的区块以及出现异常波束的区块面积累计超过测区总面积的1%；
 - 2) 单个空白区块的宽度大于水深的20%。

7.6 班报记录

7.6.1 班报记录内容和格式参见附录F。

7.6.2 测线开始、结束时各记录一次班报，测线工作过程中无异常情况出现时，原则上每30min记录一次。

7.6.3 所有的参数设置及其更改应在班报中记录；遇到系统故障和航向、航速、水深突变等特殊情况，应在班报中记录。

7.6.4 值班人员应对记录质量进行自检，现场记录字迹清楚、整洁、准确，各栏内容应按要求填写；

7.6.5 班组长（专业负责人）要对班报记录进行定期抽查，项目技术负责人要对每个作业周期的班报记录进行检查，并签字确认。

7.7 数据存储

7.7.1 由专人负责测量数据资料的管理。

7.7.2 测量数据包括原始数据文件、声速剖面文件和系统参数文件，应同时保存在不同的存储介质中。

7.7.3 班组长每天检查一次测量数据，确保对原始数据文件质量进行百分之百检查。

7.7.4 外部存储介质的备份（如光盘、硬盘等），应统一标签，标明项目名称、内容、编号、编制人、日期等。

7.8 野外技术报告编写

7.8.1 报告编写要求

野外技术报告应真实地反映野外工作的过程和方法、完成的工作量、获得的资料质量等情况。

7.8.2 报告内容

野外技术报告至少应包括以下部分：

- a) 前言：调查任务的来源和目的、工作量统计和工作完成情况；
- b) 调查区位置及概况：调查海区的范围和地理位置、海区的地质地理概况；
- c) 调查设备、调查船：调查设备的主要技术参数及调查船的情况；
- d) 仪器试验和工作方法；
- e) 测量实施：测线布设，实施进程和完成工作量；
- f) 原始资料的质量情况：原始资料的完整性、测量数据的准确度和质量评估；
- g) 结论和建议；
- h) 附件：GPS 接收机的稳定性试验报告、调查区域航迹图、覆盖程度图、水深草图等。

7.9 野外资料汇交

7.9.1 野外资料汇交的内容

汇交的野外资料至少应包括以下部分：

- a) 作业班报；
- b) 野外技术报告；
- c) 多波束测量原始数据记录光盘，内容包括原始数据、声速剖面文件；
- d) 质量自检表（可附在野外技术报告中），应包括测量准确度、波束接收率、条幅重叠率、换能器与外部设备安装位置图等方面的信息；

7.9.2 汇交的资料应完整，签字手续完备。

7.9.3 野外资料汇交应按任务下达单位要求执行。

8 潮位测量

按GB/T 12763.10-2007执行。

9 资料处理

9.1 基本流程

资料处理基本流程见图2。



图2 资料处理基本流程

在处理过程中，对数据异常现象及其处理方法、主要参数的变化等内容应作记录。

9.2 定位处理

9.2.1 当定位资料持续出现异常时，在航速均匀的情况下允许在删除异常定位点后插值推算，但出现以下两种情况时，该段资料应被视为不合格，删除并重测：

- a) 直线航行时，持续出现异常的距离超过水深的 40%；
- b) 测线弯曲时，持续出现异常的距离超过水深的 20%。

9.2.2 定位资料经过处理后，应对波束的位置重新归算。

9.3 水深处理

9.3.1 换能器吃水深度改正

换能器吃水深度改正按式（4）计算：

$$Z = Z_s + \Delta Z_b \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- Z ——水面至海底的深度，单位为米（m）；
- Z_s ——多波束观测深度，单位为米（m）；
- ΔZ_b ——换能器吃水深度，单位为米（m）。

9.3.2 潮位改正

浅水海域应进行潮位改正。深水海域原则上可不进行潮位改正，但近岸区域或潮位影响超过允许误差时不在此列。潮位改正的准确度高于25 cm。

9.3.3 参数校正

当上述参数与海上作业时预设的发生变化，其中纵倾偏差、横摇偏差和艏向偏差的变化>0.1°，定位延迟变化>0.1 s时，应利用新的参数进行校正。

9.3.4 声速改正

由于声速剖面导致明显水深误差的，应重新进行声速改正。

9.4 数据滤清

9.4.1 自动滤清

根据坡度门限、水深门限、信噪比、标准偏差等，采用统计的方法，由计算机自动进行滤波处理，清除不合格的波束；

根据条幅重叠率的实际情况，清除不能达到准确度要求的边缘波束；

9.4.2 人机交互编辑

9.4.2.1 人机交互编辑应遵循如下原则：

- a) 短时间内水深变化幅度应在一定的区间范围之内；
- b) 地形变化是连续的；
- c) 一般地，中央部分波束水深的准确度较边缘波束高；
- d) 水下若存在人工构建物可不受以上条款限制；
- e) 对大量可疑测深点的删除，应作记录。

9.5 准确度评价

资料经处理后,应对整个区域进行水深测量精确度评估,计算主测线和联络测线的在重复测点上的水深测量值的差值,统计均方差,作为水深测量准确度综合评估的依据。公式参照6.3.6.2。计算均方差时,允许舍去少数特殊重复点,但舍去点数不得超过总点数的5%。水深变化大的区域,可以按水深值分段计算。

9.6 成果输出

后处理成果数据包括以下两类:

- a) 水深离散数据,包含全部有效的波束,以ASCII码形式输出,一个记录代表一个波束,至少应包含下列三个数据项:经度、纬度、水深值,其中经度、纬度单位为度(精确到小数点后6位),水深值单位为米(精确到小数点后1位)。
- b) 成图数据,包含以下两种数据:规则网数据、不规则三角网数据,要求至少有其中的一种作为成图数据存档,数据选取的方法与要求见10.2。

9.7 处理报告编写

资料后处理完成后应编写处理报告,包括如下内容:任务概述、资料处理流程、资料处理参数、准确度评价等。

10 成果图编制

10.1 成果图类型与编制原则

多波束测量成果图为以等深线形式的平面地形图、彩色晕渲地形图、坡度图,采用规则网格数据或不规则三角网数据编制。

10.2 数据选取的方法与要求

10.2.1 数据选取的方法包括规则网格数据选取和不规则三角网数据选取。

10.2.2 规则网格数据选取的规定。

10.2.2.1 网格间距应小于成果图上5mm的实际距离,同时保证每个网格单元不少于4个采样点。

10.2.2.2 10.2.2.2 对于空白的网格点,可利用邻近的有效网格值进行样条插值填充,但填充范围应小于成果图上10mm,否则填充区域应在成果图上标示出来,如等值线用虚线表示。

10.2.3 不规则三角网数据选取的规定。不规则三角网数据选取的过程是对多波束离散数据的稀疏化,原则上,在一定的水深区间内数据分布应相对地均匀,数据间距不得大于成果图上5mm的实际距离;在平坦地区,数据间距可适当放宽;在水深变化较大的地区,数据间距应适当减小。

10.3 历史资料的应用

10.3.1 历史资料是不同时期采集的测深资料,包括单波束测深和多波束测深资料。

10.3.2 历史资料引用前应查明其位置、测量仪器与技术、测量准确度,确定引用价值和引用方式。

10.3.3 定位测量准确度不符合编图比例尺要求的历史资料不能引用。

10.3.4 引用历史资料前,应先计算两者重复测量均方差:

- a) 当重复测量均方差符合4.3.3标准时可直接引用;
- b) 当重复测量均方差不符合4.3.3标准时则应进行系统差调整,调整后的重复测量均方差符合4.3.3标准可以引用,否则不能引用。

10.4 制图

10.4.1 采用计算机制图，制图软件应采用常用的软件，如 ARCinfo、CorelDRAW、MAPGIS、AUTOCAD 等。

10.4.2 制图方法遵照 GB/T 17834—1999。

11 成果资料汇交

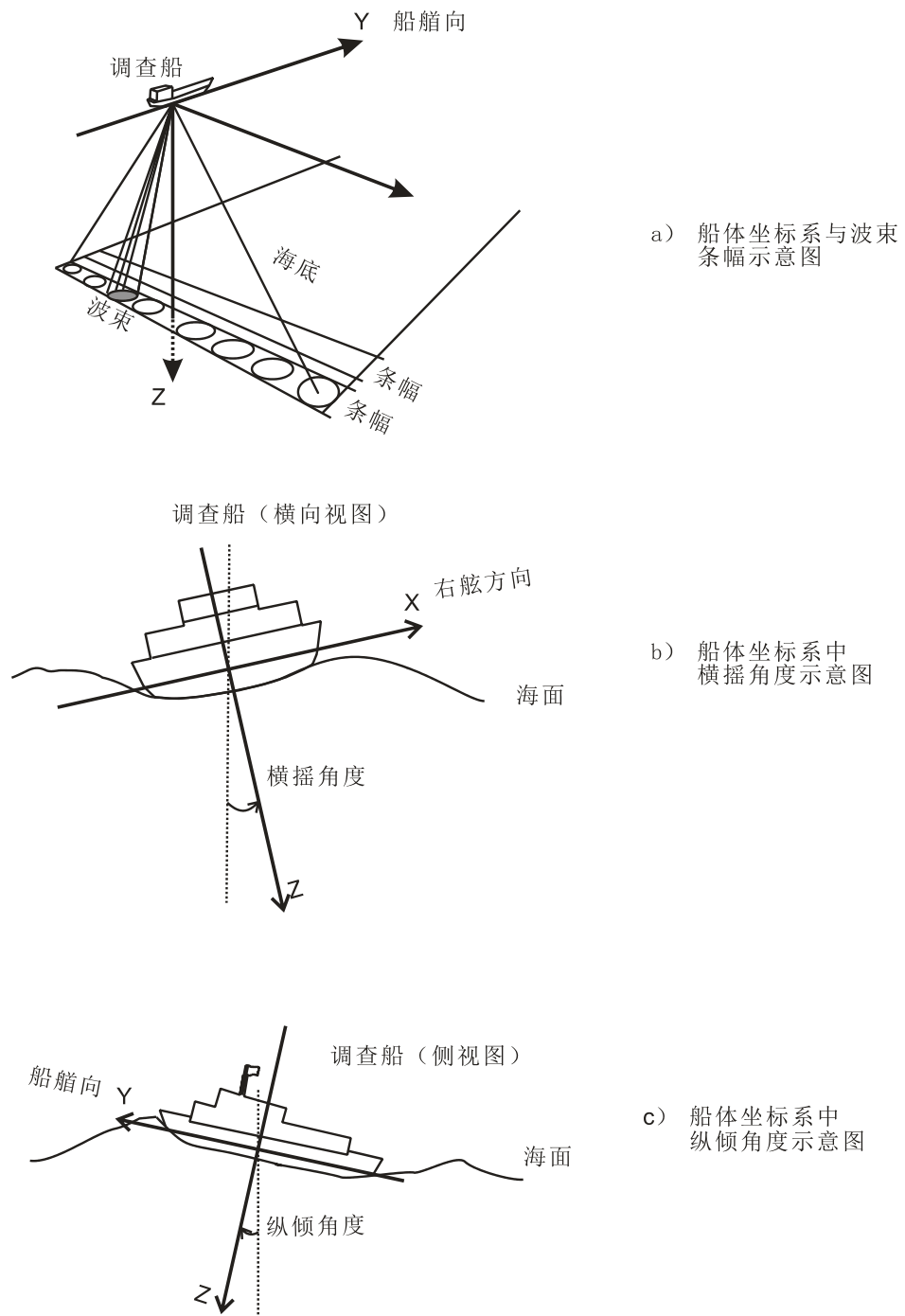
11.1 成果资料应按调查设计要求和规定整理上交资料管理部门。

11.2 成果资料内容包括：

- a) 任务书、合同书以及调查技术设计书；
- b) 多波束测深原始数据；
- c) 资料后处理成果数据；
- d) 声速剖面原始数据及实际应用数据；
- e) 多波束测量记录班报；
- f) 多波束测量成果图；
- g) 多波束测量技术报告；
- h) 多波束测量资料后处理报告。

11.3 成果资料应经项目主管部门验收合格后汇交。

附录 A
(资料性附录)
船体姿态角度、波束、条幅关系图



图A.1 船体姿态角度、波束、条幅关系图

附录 B
(资料性附录)
横摇偏差测试方法与校正

B.1 横摇偏差分析

横摇偏差(α)一般是由多波束测深系统换能器安装偏差、运动传感器安装偏差组成。通常情况下,当多波束换能器和运动传感器固定安装时,这种偏差是一个常量。

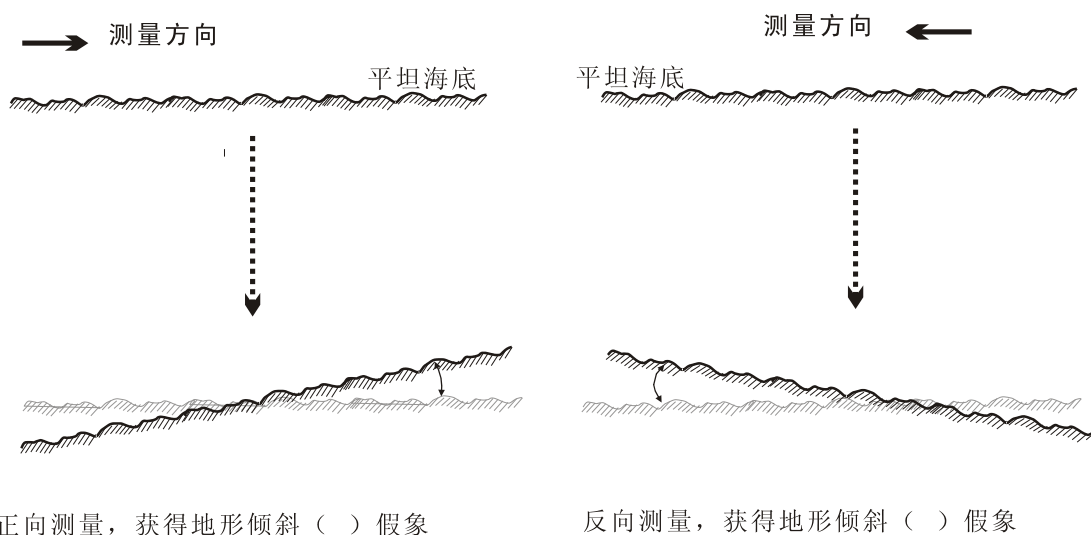
多波束测深系统如果存在横摇偏差,则在平坦海域进行测量时,垂直航迹方向的地形剖面就会发生倾斜。如图B.1所示分别是正向和反向测量时,实际平坦的海底地形经测量后形成向两侧倾斜的地形假象。

为了获取横摇偏差,测量获得的假地形倾斜角度必须与横摇偏角统一正负关系。假如横摇偏角是左下沉为正,则右下沉为负,地形倾斜角度则是向左倾斜为正,向右倾斜为负。由于真实地形坡度是一定的,因此,两个方向的地形剖面倾斜角度的算术平均值也即是横摇偏差,即:

$$\alpha = (\alpha_1 + \alpha_2) / 2 \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- 横摇偏差,单位为度($^{\circ}$);
- 正向测量时假象地形倾斜角度,单位为度($^{\circ}$);
- 反向测量时假象地形倾斜角度,单位为度($^{\circ}$)。



图B.1 横摇偏差造成多波束系统正反向测量形成地形倾斜假象

B.2 测试方法

在平坦海底海域或平直斜坡海域（坡度应 $<2^\circ$ ）布设一测线，进行正反两方向测量。横摇偏差测试计算有两种方法：

a) 坡度计算法

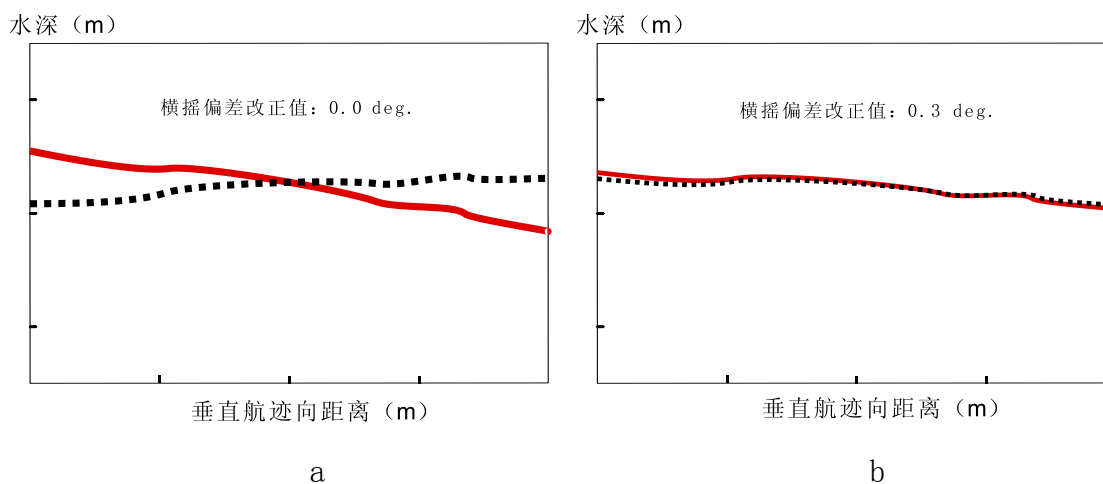
两次测量后，获取同一位置垂直航迹的地形剖面，分别计算它们的地形坡度（分别用 α_1 ， α_2 表示），这样，按照公式B.1即可通过计算获得横摇偏差（ α ）。

b) 剖面重合法

剖面重合法是通过软件实现的。两次测量后，把同一位置垂直航迹的地形剖面显示在同一视窗内，不断调整横摇偏差值，直至两个剖面重合（如图B.2a，图B.2b）。

B.3 横摇偏差校正

测试获得的横摇偏差值应按照多波束系统的要求，在不同的多波束系统输入至规定的位置，而且应注意偏差值的正、负关系。只有当横摇偏差值输入并为系统接受后，才能达到横摇偏差校正的目的。



图B.2 剖面重合法横摇偏差测试示意图

附录 C
(资料性附录)
纵倾偏差测试方法与校正

C.1 纵倾偏差分析

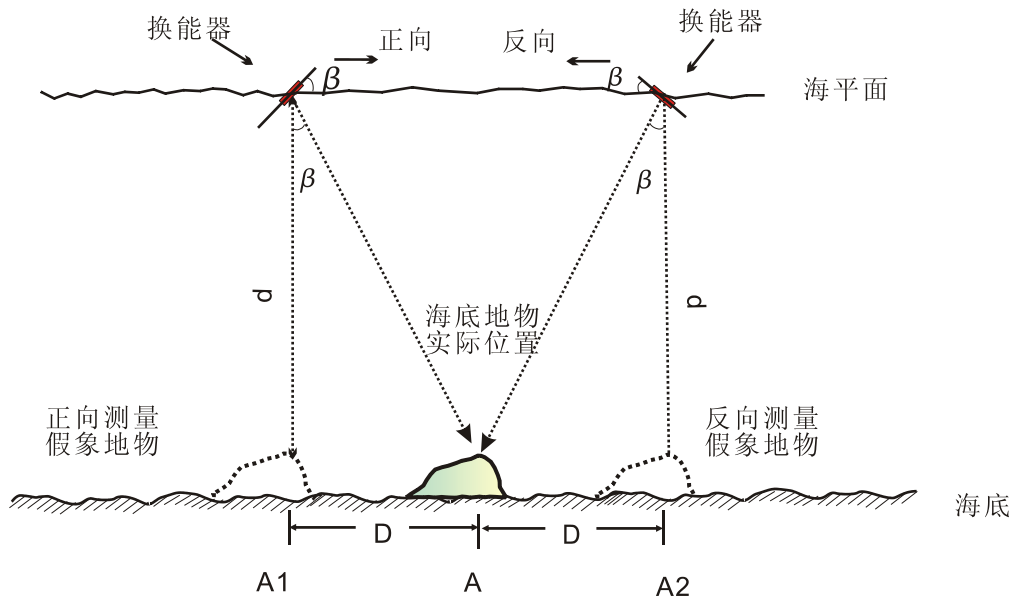
纵倾偏差是由多波束测深系统换能器安装误差、运动传感器安装误差等组成。通常情况下，当多波束换能器和运动传感器固定安装时，这种偏差是一个常量。

多波束测深系统如果存在纵倾偏差，则进行测量时，会产生沿龙骨方向的位置偏差。如图C.1，正向测量时，地物A的位置偏移到了A1，反向相同速度测量时，则偏移至了A2，并且正反向偏移的距离相同。根据纵倾偏差在实际测量中的产生的现象，正反向地物发生偏移后，两者之间的距离（ D ）是实际地物偏移距离的两倍，假设实际水深为 d ，则纵倾偏差（ β ）可以通过公式C.1计算得到。

$$\beta = \arctan(D / d) \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- β ——纵倾偏差，单位为度（°）；
- D ——正反向测量地物偏移的距离，单位为米（m）；
- d ——地物测量水深，单位为米（m）。



图C.1 纵倾偏差在正反方向地形测量中的表现

C.2 测试方法

测试海域海底应存在能被多波束系统勘测出来的标志地物，或者具有 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 的简单斜坡。在所选择的海域，布设一条测线，测线长度应保证覆盖整个标志地物。在测线上，以相同速度，进行正向和反向两次测量。测试方法包括：

a) 等深线法

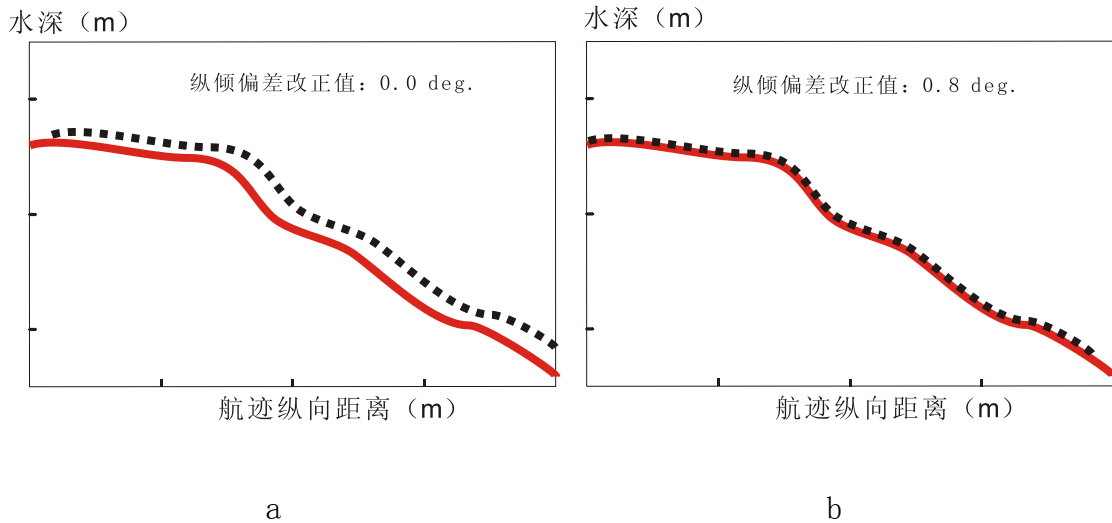
利用正反向两次测量的数据，绘制一定比例尺的等深线图。在地形图中，测量相同水深（ d ）正反向测量获得的等深线的距离（实际距离 D ），利用公式C.1计算纵倾偏差（ β ）。实际等深线在测量等深线之前（按测量方向）时，纵倾偏差值为正；反之，纵倾偏差为负。

b) 剖面重合法

剖面重合法是通过软件实现的。两次测量后，把同一位置沿或平行航迹方向的地形剖面显示在同一视窗内，不断调整纵倾偏差值，直至两个剖面重合（如图C.2a，图C.2b）。

C.3 纵倾偏差校正

测试获得的纵倾偏差值应按照多波束系统的要求，输入多波束系统软件中指定的位置，而且应注意偏差值的正、负。只有当纵倾偏差值输入并为系统接受后，才能达到纵倾偏差校正的目的。



图C.2 剖面重合法纵倾偏差测试示意图

附录 D
(资料性附录)
定位时间延迟测试方法与校正

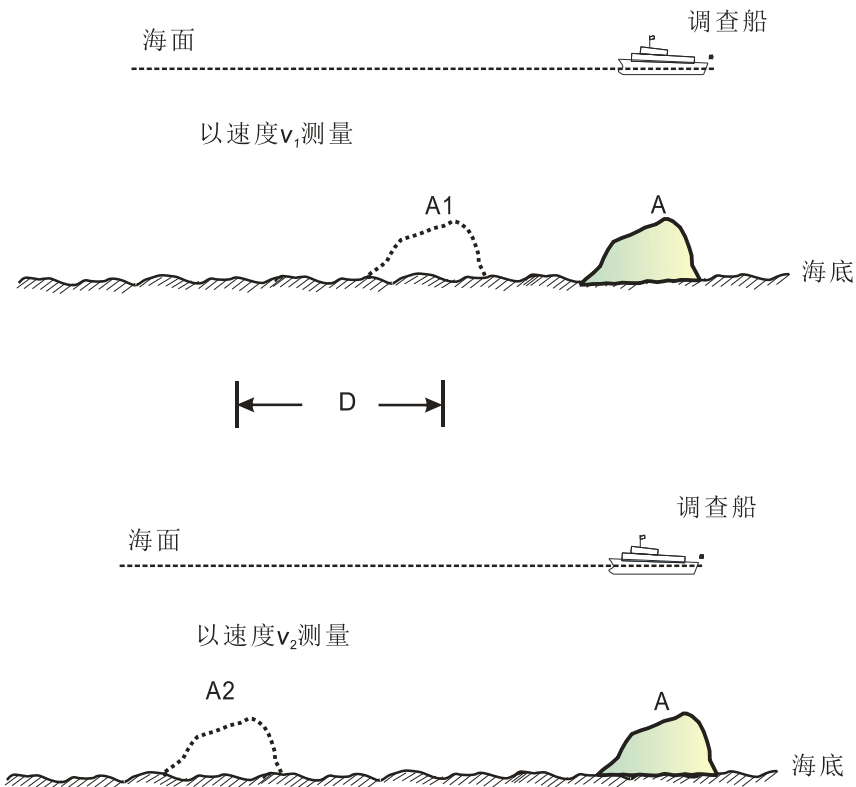
D.1 定位时间延迟分析

若多波束测深系统采用的时间与定位时间不同步,或者多波束测深系统与定位系统在相同时刻的定位信息不相同,则必然产生测量数据的位置误差,即测量位置沿航迹方向发生延迟偏移。如图D.1,多波束测深系统自东向西测量,海底目标物A在第一次测量时,由于定位时间延迟(τ)的存在,位置从实际位置A偏移至位置A1;第二次相同方向不同速度测量时,目标物的位置又偏移至A2。而且,两次测量的速度相差越大,目标物两次测量位置A1与A2相距(D)越大。定位时间延迟(τ)用公式D.1计算。

..... (D.1)

式中:

- τ ——定位时间延迟,单位为秒(s);
- D ——两次测量后,假象地物标志的距离,单位为米(m);
- v_1 ——第1次测量时船速,单位为每秒米(m/s);
- v_2 ——第2次测量时船速,单位为每秒米(m/s)。



图D.1 定位时间延迟产生测量标志物位置的偏移

D.1 测试方法

测试海域海底应存在能被多波束系统勘测出来的标志地物，或者具有 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 的简单斜坡。在所选择的海域，布设一条测线，测线长度应保证覆盖整个标志地物。在测线上，保持匀速测量，而且第1次测量的速度(v_1)与第2次测量的速度(v_2)相差至少1倍以上。

a) 等深线法计算

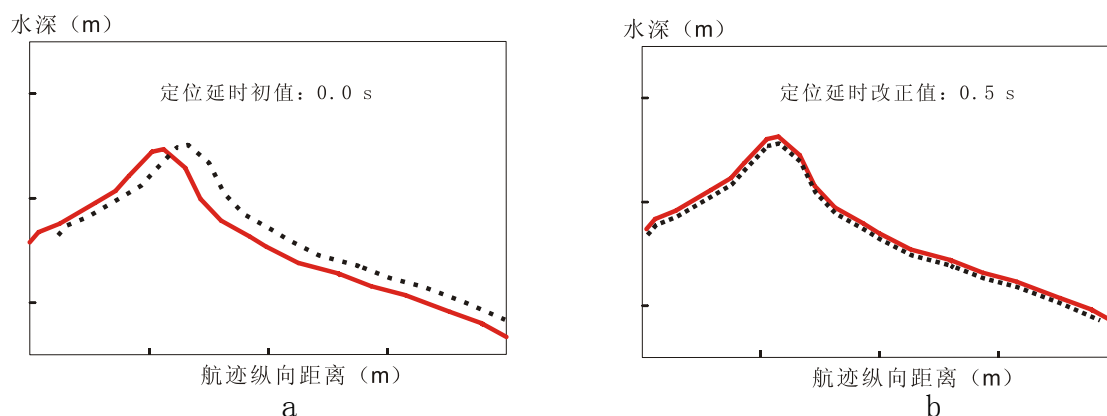
利用两次测量的数据，绘制一定比例尺的等深线图。在地形图中，测量相同位置地物(或相同等深线)在两次测量航迹上的距离偏差(D)，利用公式D.1计算定位时间延迟(τ)。

b) 剖面重合法计算

剖面重合法是通过软件实现的。两次测量后，把在航迹方向上的地形剖面显示在同一视窗内，不断调整定位时间延迟值，直至两个剖面重合(如图D.2a, 2b)。

D.2 定位时间延迟校正

测试获得的定位时间延迟值应按照多波束系统的要求，输入多波束系统软件中指定的位置。只有当定位时间延迟值输入并为系统接受后，才能达到定位时间延迟校正的目的。



图D.2 剖面重合法定位时间延迟测试示意图

附录 E
(资料性附录)
艏向偏差测定方法与校正

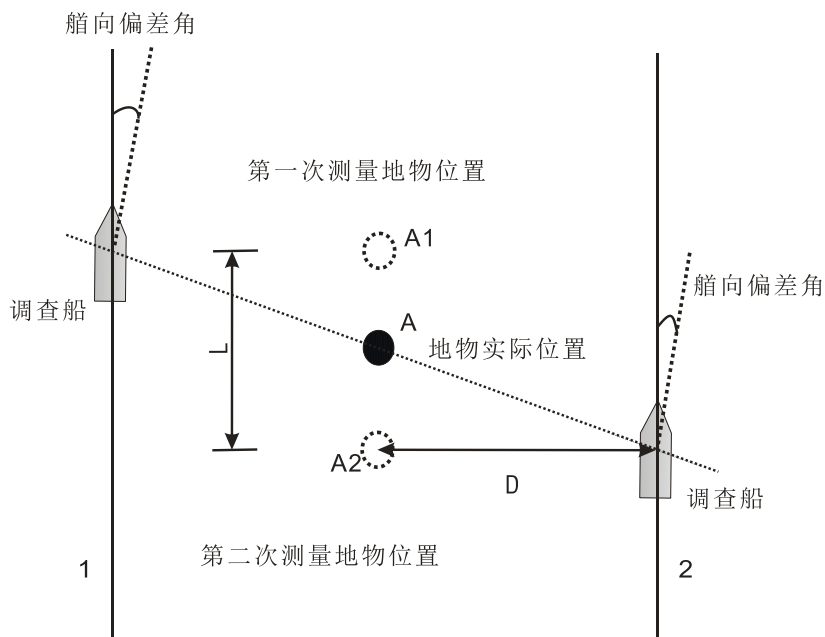
E.1 艏向偏差分析

艏向是通过艏向测量仪（如罗经、SeaPath系统等）获得的，多波束测深仪换能器安装方向的偏差、龙骨方向测量的偏差以及艏向测量仪基准方向的偏差等因素都会产生艏向偏差。多波束测深仪换能器安装方向的偏差，只要是固定安装，该方向偏差是一个常量（艏向偏差 I）；龙骨方向测量的偏差以及艏向测量仪基准方向的偏差，就是艏向测量仪的测量偏差，只要艏向测量仪及其安装位置不改变，其测量偏差是一个常数（艏向偏差 II）。所以，多波束测深系统艏向偏差由艏向偏差 I 和艏向偏差 II 构成。由于多波束测深仪波束形成以及波束数据处理时，是以左右舷垂直船艏线的方向为基准方向的，艏向偏差将产生波束点位置和测量水深值的偏差，位置偏差的影响是以中央波束为中心，越往边沿影响越大。因此，应测定艏向偏差，并把该偏差作为参数对多波束测深系统进行校准。

E.2 艏向偏差 I 的测定方法

调查船固定在泊位，利用高精度GPS、经纬仪、全站仪等测量调查船艏艉线（调查船纵向中心线）的船头方向的真方位角，然后调查船调转180°后再同样测量一次。测量过程中，同步观测艏向测量仪（通常为电罗经）的读数（取相同时间段的平均值）。确定艏向测量仪测量值与通过GPS等的测量值的差值。该差值即为艏向偏差 II (θ_2)。

E.3 艏向偏差 II 的测定方法



图E.1 艏向偏差产生测量标志物位置的偏移

在标志地物两侧布设两条测线，在测线上，保持匀速测量，利用多波束测深系统的边缘波束覆盖标志地物，测线长度应保证覆盖整个标志地物。只要多波束测深系统存在艏向偏差 II (θ_2)，在实际测量中则会发生海底地物的位置偏移。如图E. 1，测线1、测线2分别用边缘波束测量海底地物A，则测线1测量时，位置偏移到了A1，测线2测量时，位置偏移到了A2。由于A与A1、A2的距离相同，因此，测量A1与A2之间的距离 (L) 以及A至航迹线的垂直距离 (D)， 则可根据公式E. 1计算艏向偏差 II (θ_2)。

$$\dots\dots\dots (E. 1)$$

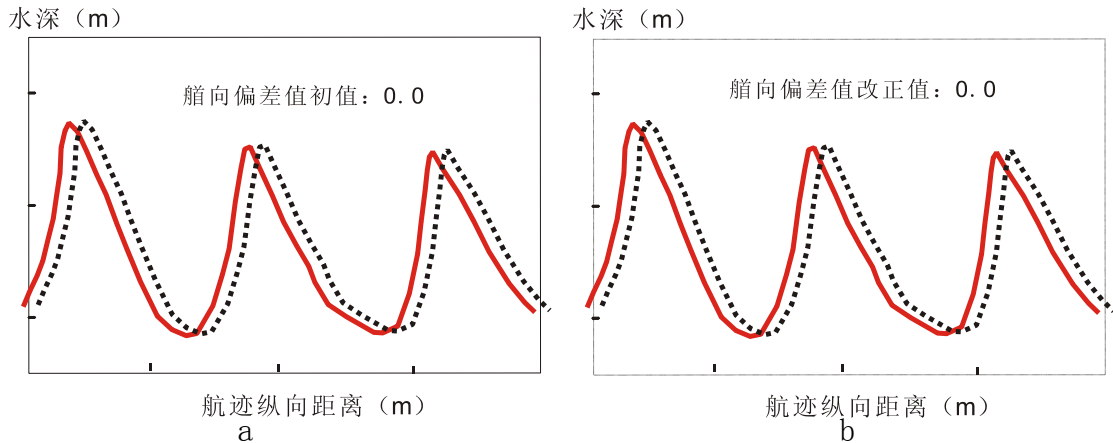
式中：

- θ_2 ——艏向偏差 II，单位为度 ($^\circ$) ；
- L ——两测线测量相同地物发生偏移后的距离，单位为米 (m) ；
- D ——地物至测线的垂直距离，单位为米 (m) 。

利用剖面重合法也可获得艏向偏差 II (θ_2)。剖面重合法是通过软件实现的，两次测量后，把标志地物处沿航迹方向上的地形剖面 (如图E. 2a) 显示在同一视窗内，不断调整艏向偏差值，直至两个剖面重合 (如图E. 2b，图E. 2c)。最终的艏向偏差的大小单位为度， 即为艏向偏差 II (θ_2)。

E. 4 艏向偏差校正

在码头测定获得的艏向偏差 I (θ_1) 应在测定后即按照多波束系统的要求，输入艏向偏差参数校正的位置或者之间输入艏向测量仪中。海上再次测定艏向偏差 II (θ_2) 后，可单独输入多波束系统艏向偏差参数校正位置，或者与原艏向偏差 I (θ_1) 相加，代替原多波束系统中艏向偏差参数。只有当艏向偏差 I 和艏向偏差 II 值正确输入并为系统接受后，才能达到艏向偏差校正的目的。



图E. 2 剖面重合法艏向偏差测试示意图

参 考 文 献

- [1] GB/T 1.1-2009 标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则
 - [2] 白殿一. 标准编写指南-GB/T 1.2-2002和GB/T 1.1-2000的应用. 中国标准出版社. 2002年9月
-