



中华人民共和国国家标准

GB 12327—2022

代替 GB 12327—1998

海道测量规范

Specifications for hydrographic survey

国家标准全文公开系统专用，此文本仅供个人学习、研究之用，
未经授权，禁止复制、发行、汇编、翻译或网络传播等，侵权必究。
全国标准信息公共服务平台：<https://std.samr.gov.cn>

2022-07-13 发布

2023-02-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	V
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 基本内容	3
4.2 坐标系统与基准	3
4.3 投影、分幅要求和标准图幅	3
4.4 测量等级与比例尺	4
4.5 基本技术要求	5
5 技术设计	6
5.1 一般要求	6
5.2 项目设计	6
5.3 专业设计	6
5.4 技术设计书拟定	7
6 平面控制测量	8
6.1 一般要求	8
6.2 选点	10
6.3 埋石	11
6.4 观测	11
6.5 数据处理	14
7 高程控制测量	16
7.1 一般要求	16
7.2 水准测量	17
7.3 三角高程测量	18
7.4 跨海高程传递	20
7.5 资料计算与整饰	20
8 GNSS 控制测量	22
8.1 E 级(含)以上等级的 GNSS 测量	22
8.2 海控点及测图点 GNSS 测量要求	22
9 水位控制	25
9.1 一般要求	25
9.2 验潮站设立	25
9.3 验潮站基准联测与水位观测	26
9.4 水位观测数据处理	27
9.5 基准面确定	28

9.6	水位改正	29
9.7	文档记录	29
10	水深测量	29
10.1	一般要求	29
10.2	图上准备	31
10.3	定位	31
10.4	深度测量	32
10.5	水深数据处理	41
10.6	水深图编绘	44
10.7	水深测量质量检查	47
11	扫海测量	48
11.1	一般要求	48
11.2	侧扫声呐扫海	48
11.3	三维成像声呐扫海	50
11.4	合成孔径声呐扫海	50
11.5	软(硬)式扫海具扫海	51
11.6	海洋磁力仪扫海	52
11.7	多波束测深仪扫海	52
12	水文观测	52
12.1	温盐测定	52
12.2	海流测验	52
13	底质探测	54
13.1	一般要求	54
13.2	表层采样	55
13.3	浅地层剖面测量	55
13.4	测量成果内容	56
14	海岸地形测量	56
14.1	一般要求	56
14.2	仪器的设置及检查	57
14.3	测站点测量	58
14.4	碎部测量	58
14.5	海岸线测定	59
14.6	干出滩测量	60
14.7	海岸地形修测	61
14.8	图边测绘与接边	62
14.9	资料整饰	63
15	技术总结、检查验收及资料上交	64
15.1	技术总结	64
15.2	检查与验收	65
15.3	资料上交	66
附录 A (资料性)	GNSS 观测记录格式	68



附录 B (规范性)	埋石	70
附录 C (规范性)	气象元素的测定	72
附录 D (资料性)	测距改正项的计算	73
附录 E (资料性)	海控级导线和测图点导线验算项目	75
附录 F (资料性)	水准仪系列的分级及基本技术参数	77
附录 G (资料性)	两差改正系数和高差计算	78
附录 H (规范性)	验潮站水尺设置方法	80
附录 I (资料性)	最小二乘潮汐调和分析法	81
附录 J (资料性)	深度基准面确定方法	85
附录 K (资料性)	短期和临时验潮站平均海面确定基本方法	89
附录 L (资料性)	验潮站有效控制范围的确定方法	90
附录 M (资料性)	水位改正基本方法	92
附录 N (资料性)	验潮站经历簿和考证簿格式与填写内容	97
附录 O (资料性)	船舶动态吃水的测定	100
附录 P (资料性)	单波束仪器差测定	102
附录 Q (资料性)	声速及声速改正数计算	103
附录 R (资料性)	航行障碍物探测一览表	106
附录 S (资料性)	测深资料整理	107
附录 T (资料性)	单波束测深仪记录纸的记载及水位曲线绘制	108
附录 U (规范性)	水深图幅整饰格式	111
附录 V (资料性)	扫海趟宽度的计算	112
附录 W (资料性)	磁力仪有效探测宽度计算	114
附录 X (规范性)	底质分类标准表	115
附录 Y (规范性)	地形图幅整饰格式	116
附录 Z (资料性)	野外拼接图边检查	117
参考文献	118

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—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。

本文件代替 GB 12327—1998《海道测量规范》，与 GB 12327—1998 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了本文件的适用范围(见第 1 章,1998 年版的第 1 章)；
- b) 增加了术语和定义一章(见第 3 章)；
- c) 增加了水深测量等级分类,将水深测量划分为一等至五等共五个等级,并规定了相应的海底覆盖要求和探测障碍物尺寸要求(见 4.4.2)；
- d) 删除了三角测量技术要求(见 1998 年版的 5.2.5.4.1)；
- e) 删除了圆——圆定位、双曲线定位等内容[见 1998 年版的 6.2.1.1 c) d)、6.2.4、6.2.5、附录 M]；
- f) 删除了手工作业技术要求(见 1998 年版的 6.9.2、6.9.6)；
- g) 删除了模拟法水位改正和过时的仪器设备等内容(见 1998 年版的 6.9.4.4、5.2.4.1)；
- h) 增加了 GNSS 控制测量技术要求(见第 8 章)；
- i) 更改了水位控制、扫海测量、水文观测、底质探测等内容(见第 9 章、第 11 章、第 12 章、第 13 章,1998 年版的第 6 章)；
- j) 增加了无验潮水深测量技术要求(见 9.3.1、10.1.3、10.4.6.6、10.4.7、10.5.2.2)；
- k) 增加了机载激光测深技术要求(见 10.1.1、10.1.6、10.4.1.3、10.4.2.4、10.4.3.7、10.4.3.8、10.4.6.3、10.5.4)；
- l) 更改了水深测量主检比对超限比例的要求(见 10.1.9,1998 年版的 6.3.6.7)；
- m) 增加了声速剖面测量技术要求(见 10.4.5.2、10.4.5.3、10.4.5.4、10.4.5.5)；
- n) 增加了新的扫海测量技术方法(见 11.3、11.4、11.6、11.7)；
- o) 删除了造标的技术要求(见 1998 年版的附录 A1)；
- p) 更改了水深图幅整饰格式和地形图幅整饰格式(见附录 U、附录 Y,1998 年版的附录 Q、附录 T)；
- q) 增加了附录 I、K、J、M、N、R、W,调整了其他附录的内容。

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。

本文件由中国人民解放军海军参谋部提出并归口。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1990 年首次发布为 GB 12327—1990,1998 年第一次修订；

——本次为第二次修订。

海道测量规范

1 范围

本文件规定了海道测量的基本内容、测量方法、精度指标和技术要求,描述了对应的检查、比对和评估方法。

本文件适用于我国各种比例尺的海道测量活动。

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 12319 中国海图图式

GB/T 12898—2009 国家三、四等水准测量规范

GB/T 17942—2000 国家三角测量规范

GB/T 18314—2009 全球定位系统(GPS)测量规范

GB/T 20257.1—2017 国家基本比例尺地图图式 第1部分:1:500 1:1000 1:2000 地形图图式

GB/T 20257.2—2017 国家基本比例尺地图图式 第2部分:1:5000 1:10000 地形图图式

GB/T 20257.3—2017 国家基本比例尺地图图式 第3部分:1:25000 1:50000 1:100000 地形图图式

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海道测量 hydrographic survey

以保证航海安全为主要目的,为获取海底地形、地貌、底质、助航物和航行障碍物等资料,对海洋(包括内陆水域)和海岸特征进行的测量。主要包括控制测量、水深测量、海岸地形测量等。

[来源:GB/T 39619—2020,2.1,有修改]

3.2

水深测量 sounding

测定水面点至水底的垂直距离和点的平面位置的测量技术和方法。

[来源:GB/T 39619—2020,2.6]

3.3

扫海测量 sweeping survey

对特定海区进行地面状探测,以查明该区域内是否存在航行障碍物或确定通航水深的测量。

[来源:GB/T 39619—2020,2.15,有修改]



3.4

海岸地形测量 coast topographic survey

确定海岸线位置和海岸性质以及对沿海陆地地形、陆地助航物标志等的测量和调查。

[来源:GB/T 39619—2020,5.5]

3.5

海岸线 coastline, shoreline

多年大潮平均高潮位时海陆分界痕迹线。

[来源:GB/T 18190—2017,2.1.1]

3.6

海控点 hydrographic control point

以国家控制网点为基础,布设于沿岸的以海道测量为目的的控制点。

注:按等级分为海控一级点、海控二级点。

[来源:GB/T 39619—2020,3.55,有修改]

3.7

测图点 control point for mapping

在海控二级以上控制点的基础上进一步加密获得、直接供测图用的低等级控制点。

[来源:GB/T 39619—2020,5.41,有修改]

3.8

主要水准点 principal bench mark

埋设有高等级水准点标志,用于长期维持水位记录装置零点变化的水准点。在陆基验潮站,主要水准点的高程通过水准联测与国家高等级水准网相连。

[来源:GB/T 39619—2020,6.60,有修改]

3.9

工作水准点 working bench mark

设于验潮站附近,通过水准测量定期检查水尺沉降的水准点。

注:亦称检核水准点。

3.10

验潮站 tidal gauge

布设于海洋、海岸和感潮河段,用于记录水位变化、分析潮汐特征、确定深度基准面以及用作水位控制基础的观测站。

注:验潮站分为长期验潮站、短期验潮站和临时验潮站。

3.11

深度基准面 chart datum, depth datum

海道测量中水深测量深度成果的起算面。

注:亦称海图深度基准面。中国在海洋、港湾、河口采用理论最低潮面作为深度基准面。在内河及湖泊采用最低水位、平均水位、设计水位或航行基准面作为深度基准面。

3.12

助航标志 aid to navigation

为引导舰船航行、避开危险区或航行障碍物、测定船位和其他航行要素而设立的人工标志。

3.13

水位 water level

海洋、江河、湖泊等水域的表面在某一基准面上的高度。

3.14

全覆盖水深测量 full bathymetric coverage sounding**全覆盖测深**

利用系统的测深方法对测区进行的百分之百平面覆盖的水深测量。垂直于航向的覆盖宽度取决于测深仪器的理论探测面积和测量的方式。

3.15

全覆盖扫海测量 full sea floor search**全覆盖扫测**

利用系统的目标探测方法对某个区域进行的百分之百平面覆盖的扫海测量。垂直于航向的覆盖宽度取决于扫海测量仪器的理论探测面积和探测的方式。

3.16

平均大潮高潮面 mean high water spring

大潮期间高潮的平均值。半日潮海区按朔望日附近连续三天高潮位计算,日潮海区按月赤纬附近连续三天高高潮位计算。

4 总则

4.1 基本内容

海道测量的基本内容包括:

- a) 建立平面和高程控制测量基础;
- b) 进行水位观测,确定平均海面、深度基准面,计算水深测量、岸线测量时刻的水位;
- c) 进行水深测量、扫海测量、水文观测、底质探测、助航标志测量等;
- d) 进行海岸地形测量。

4.2 坐标系统与基准

4.2.1 坐标系统

采用 2000 国家大地坐标系(CGCS2000)。

4.2.2 垂直基准

高程基准采用 1985 国家高程基准。远离大陆的岛、礁,不便于与国家高程基准实施水准联测时,高程基准允许采用当地平均海面。

深度基准面采用理论最低潮面,高度从当地多年平均海面起算,大陆沿岸验潮站的深度基准面应与国家水准网(点)进行联测。深度基准面一经确定且在海道测量中已被采用者,不应擅自变动。

灯塔、灯桩的灯光中心高度,以及明礁的高度、架空管线和桥梁的净空高度从平均大潮高潮面起算。

4.2.3 时间基准

采用北京时间。采用其他时间时应明确标注。

4.3 投影、分幅要求和标准图幅

4.3.1 投影

水深测量、海岸地形测量、扫海测量根据比例尺的不同,投影选择应符合下列最低规定:

- a) 大于 1:5 000 比例尺测图采用 1.5°带高斯-克吕格投影,其中央子午线与 3°带中央子午线或分

带子午线重合；

- b) 小于(含)1:5 000,大于(含)1:10 000 比例尺测图采用 3°带高斯-克吕格投影；
- c) 小于 1:10 000,大于 1:50 000 比例尺测图采用 6°带高斯-克吕格投影；
- d) 小于(含)1:50 000 比例尺测图采用墨卡托投影,并以测区的中央纬度(取至整分或整度)作为基准纬线。

4.3.2 分幅要求

测图分幅应以较少图幅覆盖整个测区为总体要求,同时应兼顾海区的完整性。

4.3.3 标准图幅

4.3.3.1 水深测量的标准图幅尺寸为：

- a) 50 cm×70 cm；
- b) 70 cm×100 cm；
- c) 80 cm×110 cm。

4.3.3.2 海岸地形测量的标准图幅与水深测量成果图的图幅尺寸一致,或采用 50 cm×50 cm 的正方形分幅。

4.4 测量等级与比例尺

4.4.1 测图比例尺与测量等级选取

应根据航海安全需要、测区海底地形地貌复杂程度、采用的测量设备等,选取水深测量等级或测图比例尺。

4.4.2 水深测量等级

水深测量共分为以下五个等级。

- a) 一等测量:全覆盖水深测量海底覆盖率大于或等于 200%,应探测出边长大于 0.5 m 的立方体特征物。适用于水深受限、底质为岩石等硬质、对航行安全至关重要的通航水域测量或航行障碍物探测,典型水域包括泊位、港区、航道等。
- b) 二等测量:全覆盖水深测量海底覆盖率大于或等于 100%,应探测出边长大于 1 m 的立方体特征物。适用于水深对航行安全至关重要、水深小于或等于 40 m 的通航水域测量或航行障碍物探测,典型水域包括泊位、港区、航道等。
- c) 三等测量:全覆盖扫海测量海底覆盖率大于或等于 100%,水深点间距不大于图上 1.2 cm,障碍物全覆盖水深测量海底覆盖率大于或等于 100%,应探测出边长大于 2 m 以上的立方体特征物。典型水域包括锚地、船舶定线区、习惯航路(线)等水域。
- d) 四等测量:水深点间距不大于图上 1.3 cm,对水深浅于 40 m、且为强级的海底目标进行加密探测,适用于对海底进行一般性测量即可满足船舶安全航行、水深小于或等于 200 m 的水域。
- e) 五等测量:水深点间距不大于图上 1.5 cm,适用于水深大于 200 m 的水域。

4.4.3 水深测量测图比例尺

测图比例尺的选取应符合下列规定：

- a) 港池、航道等富余通航水深较小的重要水域,锚地、分道通航区、航路上的航行障碍物区域和浅水区域,实施全覆盖水深测量,不适用比例尺限制；

- b) 港口、锚地、岛礁等具有重要使用价值的海区,测图比例尺不小于 1 : 5 000;
- c) 开阔的海湾、地貌较复杂的沿岸及多岛屿地区,测图比例尺不小于 1 : 25 000;
- d) 地貌较平坦的沿岸开阔海区,测图比例尺不小于 1 : 50 000;
- e) 离岸 200 海里以内海域,以 1 : 100 000 或 1 : 250 000 比例尺施测;
- f) 离岸 200 海里以外海域,一般以 1 : 500 000 比例尺施测;
- g) 为了详细显示海底地形地貌,对个别地段进行放大比例尺测量时,其控制基础按原比例尺要求。

4.4.4 海岸地形测量比例尺

海岸地形测量的测图比例尺应与同区域水深测量测图比例尺或成图比例尺一致。

4.5 基本技术要求

4.5.1 海道测量控制点采用国家等级点、全球导航卫星系统(GNSS)控制点和海控点。控制点的分布应满足水深测量和海岸地形测量需要。

4.5.2 控制测量最低平面控制基础应符合表 1 的规定。

表 1 最低平面控制基础规定

测图比例尺 S	最低平面控制基础的等级
$S > 1 : 5\,000$	国家四等点、GNSS D 级点
$1 : 10\,000 < S \leq 1 : 5\,000$	海控一级点(H_1)、GNSS E 级点
$S \leq 1 : 10\,000$	海控二级点(H_2)
注:海控点分为海控一级点(H_1)、海控二级点(H_2)。	

4.5.3 用于水深测量和海岸地形测量的平面控制点等级应符合表 2 的规定。

表 2 平面控制点等级规定

测图比例尺 S	最低平面控制点等级
$S > 1 : 5\,000$	海控一级点(H_1)、GNSS E 级点
$1 : 10\,000 < S \leq 1 : 5\,000$	海控二级点(H_2)
$S \leq 1 : 10\,000$	测图点(H_c)

4.5.4 水深测量中水深点的平面位置极限误差(置信度 95%)应符合以下规定:

- a) 一等测量或者大于 1 : 2 000 比例尺测图时不大于 1 m;
- b) 二等测量或者小于(含)1 : 2 000 大于 1 : 5 000 比例尺测图时不大于 2 m;
- c) 三等测量或者小于(含)1 : 5 000 大于 1 : 25 000 比例尺测图时不大于 5 m;
- d) 四等测量或者小于(含)1 : 25 000 大于(含)1 : 50 000 比例尺测图时不大于 10 m;
- e) 五等测量或者小于 1 : 50 000 比例尺测图时不大于 20 m。

4.5.5 深度测量极限误差(置信度 95%)应符合表 3 的规定。

表 3 深度测量极限误差规定

单位为米

测深范围 Z	极限误差 2σ (置信度 95%)
$0 < Z \leq 20$	± 0.3
$20 < Z \leq 30$	± 0.4
$30 < Z \leq 50$	± 0.5
$50 < Z \leq 100$	± 1.0
$Z > 100$	$\pm Z \times 2\%$

5 技术设计

5.1 一般要求

技术设计包括项目设计和专业设计。工作量较小或专业独立性较强的项目,根据需要允许将项目设计和专业设计进行合并。项目设计和专业设计应结合踏勘进行修改和完善。

5.2 项目设计

项目设计的主要内容包括:

- a) 确定不同测量要素和测区范围;
- b) 确定测量等级和比例尺,划分图幅;
- c) 确定测量方法和仪器设备;
- d) 明确实施测量工作中的重要技术保证措施;
- e) 编写项目设计书和绘制有关附图。

5.3 专业设计

5.3.1 资料收集和分析

在技术设计之前,应至少收集测区 2 种以上的相关资料,包括但不限于下列内容:

- a) 最新出版的地形图和海图;
- b) 控制测量成果资料;
- c) 水位控制资料;
- d) 助航标志及航行障碍物的情况。

对所收集的资料,应对其可靠性及精度情况进行全面分析,并作出对资料采用与否的结论。

5.3.2 初步设计

5.3.2.1 控制测量

控制测量的初步设计应包括以下内容:

- a) 在适当比例尺的地形图或海图上标出已知网(点)、水准路线及验潮站;
- b) 设计待测网(点)时,充分利用已有控制点,并把测区内的助航标志、显著物标一并列入施测计划,估算新设计网(点)的精度;
- c) 按控制网(点)对高程起算点的密度要求,设计控制点水准联测路线;

- d) 在能够满足布设测图点精度的前提下,利用国家三角点、导线点、GNSS 点等控制点,减少过渡点。

5.3.2.2 水深测量

水深测量的初步设计应包括以下内容:

- a) 确定测线的布设方向、间隔及航行障碍物、底质点的探测方案;
- b) 确定 GNSS 基准站、验潮站、水文点、声速剖面点的位置和水位控制方案,预先估算测区定位中误差;
- c) 确定测区测量等级分区及不同测量等级采用的测量方法;
- d) 确定定位仪器、测深仪器及附属设备的检验方法。

5.3.2.3 海岸地形测量

海岸地形测量的初步设计应包括以下内容:

- a) 根据水深和地形测量范围,按照标准分幅或自由分幅以及分幅最少的要求设计图幅;
- b) 根据作业要求、已有海岸地形测量资料和遥感影像等资料,确定修测和实测的范围;
- c) 提出增设测图点的方案;
- d) 根据测区环境、测量范围等确定测量方法。

5.3.3 实地踏勘

5.3.3.1 设计人员在实地踏勘前,应对初步设计进行充分研究,并拟订踏勘实施计划。

5.3.3.2 实地踏勘应包括以下内容。

- a) 测区自然、社会、交通运输、医疗卫生和船舶避风锚泊等情况。
- b) 已有控制网(点)和水准点位置、标志类型及保存情况。所需增设的控制点(包括显著物标)间的通视情况,确定其位置、觇标类型及标高。测量仪器的工作条件。
- c) 已有验潮站水准标志的保存情况,对潮汐性质复杂且资料不足的海区,设站踏勘。拟新设的站,踏勘站位和设站条件。
- d) 海岸地形变化及新建港口码头。
- e) 测区内各种界线、海洋功能区、助航标志、航行障碍物等变化情况。
- f) GNSS 基准站的位置,了解测区电磁场对 GNSS 接收机等电子仪器的干扰情况。测区内 GNSS 卫星信号遮挡及周边环境情况。

5.3.3.3 及时提交实地踏勘结果书面报告。踏勘报告应对踏勘的内容逐项说明,并对初步设计提出修改意见。

5.4 技术设计书拟定

5.4.1 一般要求

设计人员根据实地踏勘结果,应对初步设计进行修正和完善,编制技术设计书。技术设计书一般由技术说明、控制测量、水深测量和海岸地形测量设计图及有关附图和附表组成。技术设计书应装订成册,由设计人员、主管业务负责人签名。

5.4.2 技术说明内容

技术说明包含以下内容:

- a) 任务的来源、性质、技术要求,测区自然地理特点,技术设计依据及原有测量成果采用情况;

- b) 各施测控制点的等级、标石和觇标类型及造埋数量,验潮站、验流点布置方案;
- c) 水深测量图幅、测量等级分区、测量面积、测线布设,航行障碍物、助航标志测量,海岸地形测量的图幅、面积和岸线长度;
- d) 测量方法和测量所需的各种主要仪器、器材、船只的类型和数量;
- e) 根据测区地理环境和测量方法,制定测量进度,计算各类测量作业的工作量和工作天数;
- f) 根据测区特点和测量方法,制定适当的作业细则和安全保障事项。

5.4.3 控制测量设计图的要求

控制测量设计图应标出已知点和待测点的名称和等级、已知边、待测边、已知方向和待测方向;导线路径、等级、线号、点号;水准路线、等级、线号、点号及路线联测的水准点、三角点或其他固定点。

5.4.4 水深测量设计图的要求

水深测量设计图应标出测区范围、测量等级或测图比例尺、测图分幅编号、验潮站、水文点、航行障碍物、GNSS基准站、测区及附近重要城镇和道路的名称。

5.4.5 海岸地形测量设计图的要求

海岸地形测量设计图应按标准图幅(或自由分幅)布满测区,标出分幅编号、比例尺以及实测、修测范围。

5.4.6 附表

包括水位控制技术设计书、航行障碍物探测统计等。

5.4.7 技术设计书的报批

技术设计书应装订成册,由设计人员签名、主管业务负责人签署意见后报批,经上级业务主管部门或任务下达单位审查批准后方可实施。

6 平面控制测量

6.1 一般要求

6.1.1 海道测量控制点和发展海控点的起算点应为符合 GB/T 17942—2000 和 GB/T 18314—2009 精度要求的三角点、导线点或 GNSS 点等控制点。

6.1.2 海控一、二级点布测主要采用 GNSS 测量和导线测量,测图点布测采用 GNSS 测量、导线测量、交会法等方法测定。

6.1.3 海控点的基本精度指标应符合表 4 的规定。

表 4 海控点基本精度指标

限差项目	H ₁	H ₂
测角中误差/(")	±4.0	±6.0
相对相邻起算点的点位中误差/m	±0.1	±0.2
测距相对中误差	1/50 000	1/25 000

6.1.4 测图点的基本精度指标应符合表 5 的规定。

表 5 测图点基本精度指标

限 差 项 目		H _c
测角中误差/(")		±10.0
相对相邻起算点的点位中误差/m		±0.3
测距相对中误差		1/25 000
交会点最大互差	1 : 2 000 比例尺地形图/m	0.2
	1 : 5 000 比例尺地形图/m	0.5
	1 : 10 000 比例尺地形图/m	1.0
	小于 1 : 10 000 比例尺地形图/m	2.0
注：用导线法测定测图点，由导线一端计算至另一端时，其坐标位移的限差与采用交会法测定测图点时的坐标位移的限差相同。		

6.1.5 布设附和导线时，形状直伸，相邻边长之比应不超过 1 : 3。海控级导线全长和边数应不超过表 6 的规定。受已知高等级控制点位置和地形限制超过表 6 规定时，通过增加结点的方法解决。难以布设附和导线时，海控二级(H₂)导线和测图(H_c)导线允许布设闭合导线，但其导线全长和边数亦应不超过表 6 的规定。在海控二级(H₂)导线点上用支导线测定测图点时，仅限一条边。

表 6 导线全长与边数的规定

导线类型	等级	导线全长 km	边数	导线相对闭合差	方位角闭合差 (")	测角测回数	测角半测回/测回较差 (")
						DJ1, DJ2	
附和导线	H ₁	30	7	1/40 000	$\pm 8\sqrt{n}$	4	10/10
	H ₂	20	20	1/30 000	$\pm 12\sqrt{n}$	2	10/10
	H _c	10	10	1/20 000	$\pm 12\sqrt{n}$	2	10/10
闭合导线	H ₂	10	10	1/30 000	$\pm 12\sqrt{n}$	2	10/10
	H _c	10	10	1/20 000	$\pm 12\sqrt{n}$	2	10/10
结点与高等级控制点、结点与结点之间的导线长度应不大于附和导线规定长度的 0.7 倍。 导线长度短于规定的 1/3 时，其绝对闭合差应不大于 ±0.3 m。							
注：n 为测站数。							

6.1.6 使用不同类型的电磁波测距仪器测量导线边长时，其测距范围应符合出厂时标称值的规定。当测距仪器经检定部门检定合格时，按所提供的检定精度指标执行。

6.1.7 导线边选定应符合下列规定：

- 测线超出地面或障碍物 1.3 m 以上；
- 测线避开大城市、河流、湖泊、水库等上空和烟雾地带；
- 测线避开电力线、雷达和通信天线等，如果与高压输电线平行时，在高压线两侧 5 m 以外通过，且不穿越高压线与地面间的空隙；
- 测线避免跨越锅底形谷地、无植被的坚实平地等对电磁波有强烈反射的地形；

- e) 测线通过的地形适合于测角,没有明显的旁折光影响;
- f) 若测线长度小于 5 km 或测线两端点间的高差满足公式(1)的要求时,用对向观测垂直角的三角高程法测定测线两端点间的高差;否则,其高差采用水准测量方法测定。

$$\left. \begin{aligned} \text{海控一级导线边 } h &\leq 200 \times D \\ \text{海控二级导线边 } h &\leq 400 \times D \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

h ——测线两端点间的高差,单位为米(m);

D ——测线长度,单位为千米(km)。

6.1.8 边长观测的主要技术要求应符合表 7 的规定。

表 7 边长观测的主要技术要求

单位为毫米

等级	仪器类型	测回数	一测回 读数互差	单程测回互差	往返观测互差
H_1	I	1	5	—	$2m_D$
	II	2	10	15	
H_2 、 H_c	II	1	10	—	$2m_D$
<p>注 1: 一测回为观测 3 次。</p> <p>注 2: m_D 为测边中误差。</p>					

6.1.9 导线的线名,应以导线起、止点的点名简称为其线名。导线点以其两端的点名由西向东或由北向南命名,并以 1、2、3、…表示导线点号,将点号书写于线名之后。所有导线点号均应用括弧加注所在地自然地名。

6.1.10 布设一般交会点时,各交会角应不小于 25° 或大于 155° ,困难地区各交会角也应不小于 20° 或大于 160° ;后方交会点不应与交会使用的三个已知点共圆,即后方交会的两个交会角与所对固定角之和不应在 $160^\circ \sim 200^\circ$ 。

6.2 选点

6.2.1 准备工作

实地选点工作开始前,选点人员应根据技术设计书要求,备齐选点所需的文档资料(如:测区地形图、海图、控制网图等)和器材(如:望远镜、罗盘、测旗、手持 GNSS 接收机等)。

6.2.2 实地选点

选点应遵守下列规定:

- a) 检查测区内已知点及其他单位设置的控制点觇标和标石,优先利用保存完好的原有点;
- b) 根据设计点位,实地检查新设点通视等情况,确定点位,进行埋石标记;
- c) 如发现未列入测量计划的助航标志、显著物标时,补入测量计划;
- d) GNSS 点位除具备上述条件外,还应注意点位周围视野开阔,视场内障碍物的高度角不小于 15° ,距点位 200 m 内无大功率无线电发射源,点位附近没有强烈反射卫星信号的物体。

6.2.3 控制点的命名

控制点点名应以该点位所在地命名,无法区分时在点名后加注(一)、(二)或所在地的方向,如“李村

东”“李村北”等。新旧点重合时,应采用旧点名,如原点位所在地名称已变更,应在采用的新点名后以括号注明旧点名。在已破坏的旧点附近重埋标石时,不应采用原点名。

6.2.4 控制点的编号

对控制点编制点号时,应整体考虑,统一编号,点号应唯一。

6.2.5 选点报告书

选点工作结束后,应按下列内容编写报告书。

- a) 绘制选点略图,填写选点一览表,说明已知点的标石、觇标完好或被破坏程度。新点注明点名、标石类型及通视情况。GNSS 点位周围有高于地平仰角 10° 以上的障碍物或大面积水域时,绘制环视图,见附录 A。
- b) 提出所需要的仪器器材数量及运送方案。
- c) 测区内的社情、公共服务设施和交通运输情况。
- d) 旧点利用情况。
- e) 点之记。
- f) 对下一步工作的建议。

6.3 埋石

6.3.1 海控一、二级点及相应等级的 GNSS 点均应埋设中心标石,测图点应作临时标记,标石应符合下列规定:

- a) 山地理设柱石一块;
- b) 平原和丘陵地区埋设柱石和盘石各一块;
- c) 沙地理设钢管标石或混凝土柱标石一块;
- d) 建筑物及岩石上,刻“+”字或灌注标志一个。

各种标石规格及制作按附录 B 要求执行。

6.3.2 应充分利用已有标石,在同一个位置,不应埋设两个控制点。已有标石稳固则不必重埋。如标石部分损坏,盘石完好,重埋柱石时,应使上下标志中心一致,其偏差应不超过 3 mm。使新标志面与原有标志面在同一水平上,并填写“旧点重新埋石记录表”。

6.3.3 埋设两块标石时,应使柱石和盘石中心在同一铅垂线上,其差应小于 3 mm,并用钢卷尺不同尺段两次量取盘石面至柱石面的高度,量至厘米,中数取至厘米,记录在“埋石量高记录表”中。标石面字体应朝北,标志稍高于柱石面顶。埋石量高记录表按附录 B 要求填写。

6.3.4 埋石完毕后,应认真填写点之记。用钢卷尺量取觇标高度两次,量至厘米,两次丈量之差不应大于 2 cm,并取中数记入点之记中。

6.3.5 在一测区埋石结束后,应上交下列资料:

- a) 旧点重新埋石记录表;
- b) 埋石量高记录表;
- c) 点之记。

6.4 观测

6.4.1 水平角观测

6.4.1.1 一般规定如下:

- a) 水平角观测应在成像清晰稳定时进行;

- b) 测前工作应按 GB/T 17942—2000 的要求实施；
- c) 采用全圆方向观测法进行水平角观测时，其测回数及起始零方向度盘位置应符合表 8 的规定。

表 8 测回数及起始零方向度盘位置

仪器类型	等级	测回	度 盘 位 置			
			I	II	III	IV
DJ1	H ₁	4	0°02′	45°14′	90°26′	135°38′
DJ2	H ₂ , H _c	2	0°02′	90°26′	—	—

6.4.1.2 限差规定及超限的处理要求如下：

- a) 水平角观测各项限差应符合表 9 的规定；

表 9 水平角观测限差

单位为秒

限 差	DJ1、DJ2 型	
	等 级	
	H ₁	H ₂ , H _c
2c 绝对值	30	30
一测回内 2c 互差	15	15
半测回归零差	10	10
同一方向各测回互差	10	10
水准气泡偏移中心(格)	1	1
测微器两次重合读数差	3	3
三角形最大闭合差	15	25
导线测站圆周角闭合差	10	20

- b) 水平角观测结果超限，应进行具体分析，重测和取舍按 GB/T 17942—2000 规定执行。

6.4.1.3 归心元素的测定按 GB/T 17942—2000 中三、四等点的规定执行。

6.4.1.4 全圆方向观测法一测回操作要求。

- a) 仪器整平对中后，照准零方向标的，并按表 8 要求对好度盘位置。
- b) 顺时针方向旋转照准部 1 至 2 周后，精确照准零方向标的，进行水平度盘读数。
- c) 顺时针方向旋转照准部精确照准第二方向标的，并按 b) 项方法进行读数。同法观测 3、4、…、n 方向，最后再观测零方向(少于四个方向时，不必归零)，此即上半测回。
- d) 纵转望远镜，逆时针旋转照准部 1 至 2 周后，按 b) 项对零方向照准读数。
- e) 逆时针方向旋转照准部，按上半测回观测的相反次序依次观测，直至闭合至零方向。

以上操作即为一测回。

6.4.1.5 观测过程应遵守下列规定：

- a) 仪器望远镜的焦距在观测开始前调整好，并在一测回内保持不变，操作仪器按本文件规定的方向旋转；
- b) 在一个测回内，不调整仪器，否则该测回作废。

6.4.1.6 在水平角观测手簿及其他资料中，记载点的等级，用 H₁、H₂、H_c 分别表示海控一级点、海控二级点和测图点；H、T 和 D 依次表示回光、圆筒(标心柱)和单柱标；无法用符号表示的要用文字注明。

6.4.1.7 在已知点上设站观测时,联测已知方向应不少于 2 个,已知方向间夹角的观测值与已知值之差应不超过 $\pm 2\sqrt{m_1^2+m_2^2}$ 。式中 m_1 为已知高等点的测角中误差, m_2 为所测等级的测角中误差。

6.4.1.8 当方向数超过 8 个时,应进行分组观测,按观测等级或距离远近分组。分组观测时应采用共同零方向。当不同等级的方向合在一组观测,低等方向测回数为高等方向的一半时,在偶数测回舍弃低等观测方向(H_2 、 H_c)。

6.4.1.9 在一组观测过程中,如遇某方向暂无法观测,暂时舍弃该方向,条件允许再行补测;补测或重测某方向的部分测回时允许测单角。

基本测回中每组观测方向数应不少于 3 个。

导线测量中,当水平角观测只有两个观测方向时,应按左、右角观测(多于两个方向时,仍按方向法观测),在总测回数中应以奇数测回和偶数测回(各为总测回数的一半)分别观测导线前进方向的左角和右角。观测右角时仍以左角起始方向为准变换度盘位置(电子经纬仪不受此项限制),左角和右角分别取中数后按 $[\text{左角}] + [\text{右角}] - 360^\circ = \Delta$, 计算测站圆周角闭合差 Δ 。

6.4.2 距离测量

6.4.2.1 测距仪按 1 km 精度 m_D 分类列于表 10。

表 10 测距仪分类

仪器类型	测距标准偏差
I	$m_D \leq 1 \text{ mm} + 10^{-6} D$
II	$1 \text{ mm} + 10^{-6} D \leq m_D \leq 3 \text{ mm} + 2 \times 10^{-6} D$
注: D 为距离,单位为毫米(mm)。	

6.4.2.2 测距仪器应检定合格后方可投入使用。

6.4.2.3 凡用于距离测量的气象仪器,均应送交检验部门检验,仪器测定值均应不超过检验部门规定的使用年限范围。在每期作业完成后应将检定证书复印件随同测距成果一并上交。

6.4.2.4 距离测量的注意事项:

- 在晴天作业时,应避免阳光直接照射仪器;
- 在测距时,应按仪器性能在规定的测距范围内使用规定的棱镜个数,作业中使用的棱镜应与检验时使用的棱镜一致;
- 距离测量时一般不采取大偏心观测,确需大偏心观测时应按 GB/T 17942—2000 有关规定执行;
- 在测距过程中,如遇大风或大气湍流影响严重时,应停止观测。

6.4.2.5 气象元素的测定按附录 C 的要求执行。

6.4.2.6 根据测距边精度要求和所采用的测距仪器类型进行技术设计。各级测距边对不同等级电磁波测距仪测回数应符合表 11 的规定。

表 11 电磁波测距测回数规定

等级	仪器类型	测回数
H_1	I	1
	II	2
H_2 、 H_c	I	1
	II	1

6.4.2.7 电磁波测距各项限差应符合表 12 的规定。

表 12 电磁波测距限差

单位为毫米

等级	项目	
	一测回读数较差	单程测回间较差
I	5	7
II	10	15

注：一测回的含义是指测距仪照准反射镜一次读数四次。

6.4.2.8 根据测距实施情况,进行下列改正:

- 气象改正;
- 归心改正;
- 波道弯曲改正;
- 频率改正;
- 倾斜改正。

改正方法见附录 D。

6.5 数据处理

6.5.1 外业测量的记录和整理规定

6.5.1.1 所有原始观测值和注记项目,应在现场用铅笔记录在规定的野外手簿中,不应转抄和凭记忆补记。手簿中的每一页均应编号,不应撕页。

6.5.1.2 所有数字、文字的记载,应准确、清楚、美观。凡允许更正的错误,均应将错字整齐划去,在其上方填写正确的文字或数字,不应涂、擦、刮。

对超限的成果,应使用铅笔整齐划去并注明原因及重测结果所在的页数。

控制点的名称应记载准确,同一点名在各种资料中应严格一致。

6.5.1.3 原始观测数据的更改遵守下列规定:

- a) 原始记录的秒值不应更改,原始记录的度、分确属读错记错,应现场更正,但同一方向的盘左、盘右不应同时更改;
- b) 归心投影的原始点和描绘的方向线不应有任何更改;
- c) 电磁波测距中,距离测量的厘米以下部分不应更改。分米以前各位数字的读记错误,应现场更正;但同一距离不应连环更改。气象读数、仪器高和反光镜高不应更改。

6.5.1.4 水平角观测记载遵守下列规定。

- a) 水平角手簿中,在每一点的首页,应记载测站点名称、等级、觇标类型。每一观测时间段的首末页上端各项,均应记载。
- b) 水平角观测手簿中的照准点一栏,每点第一测回应记录所观测的方向号数、点名和照准标的,其余测回仅记录方向号数。一测回不应跨记两页。
- c) 用电子手簿、计算机进行记录和计算水平角观测结果时,手簿中每一点(组)的首页上端各项,观测方向的号数、点名、照准部位及观测方向中数均应记载,并将计算机打印的观测记录和计算结果按顺序全部贴入相应位置栏内,不应随意剪裁或删补记录。

6.5.1.5 水平方向和测距观测手簿的封面、目录、说明、封底,应使用墨水笔填写。

6.5.1.6 在所有资料中,凡遇有特殊情况均应加以说明。

6.5.2 计算应遵守的规定

6.5.2.1 所有外业观测资料应在外业检查合格的基础上进行不少于 15% 的内业检查,计算应在检查合格后进行。

6.5.2.2 起算数据应符合精度要求。采用其他单位的测量成果作为起算数据时,应对其进行评估,精度符合要求才能使用。属于不同坐标系统的起算数据,应改化为同一系统。当发现已测地区的起算数据有变化时,应重新进行计算。

6.5.2.3 新建基准站点、海控点和测图点的坐标应是平差后的成果。当测图急需时应先计算资用成果,编制临时成果表供测图使用,但在整理水深测量成果图板时,应改用平差成果。

6.5.2.4 相邻两投影带的接合处,向东带重叠 $30'$,向西带重叠 $7.5'$ 。位于两邻带重叠的海控点,应计算两带的坐标。

6.5.2.5 海控点和测图点计算取位应符合表 13 的规定。

表 13 海控点和测图点计算取位规定

项 目	H_1, H_2	H_c
方向观测值中数及各项改正数/($''$)	0.1	1.0
概算边长/m	1.0	1.0
近似坐标/m	10.0	10.0
化至标石中心的最后方向值/($''$)	0.1	1.0
资用坐标及边长/m	0.1	0.1
资用坐标方位角/($''$)	0.1	1.0
边长观测值中数及各项改正/m	0.001	0.01
最后坐标及边长/m	0.01	0.10
最后坐标方位角/($''$)	0.1	1.0

6.5.2.6 尾数的取舍,应按“大于 5 者入,小于 5 者舍”的要求进行;当尾数恰为 5 时,则前一位为偶数者舍,奇数者入。两个以上的数的代数和,应先加减后取舍;两个以上的数的积或商,则先乘除后取舍。

6.5.2.7 数字的排列要便于识别,六位以上的数字要分成节书写,即从小数点开始,向左向右每三个数字为一节,最后不够三位时,整数部分仍视为一节,小数部分并入前一节。

例如:

51 229 316.04925
7 826 514.728 5069

6.5.2.8 角度的分和秒的记载,如 $4^{\circ}07'04.57''$,其中 $7'$ 应写成 $07'$, $4.57''$ (应写成 $04.57''$);只写秒数时,则写成 $4.57''$ 。

6.5.2.9 计算资料的每一页上,应注明计算日期、测区名称;计算者与校对者应签名或盖章。

6.5.2.10 在计算或检查中所发现的问题以及处理情况应作详细登记。

6.5.3 概算内容

概算内容包括以下各项:

- a) 原始资料检查;
- b) 调制起算数据表;

- c) 调制观测结果记簿；
- d) 调制方向卡片；
- e) 近似边长计算；
- f) 近似坐标计算；
- g) 绘制控制点资用图；
- h) 测站点、照准点归心改正数计算；
- i) 曲率改正数计算；
- j) 将斜距边长化至高斯平面上边长的计算。

6.5.4 验算

海控级导线和测图点导线测量验算的项目见附录 E。

6.5.5 平差计算

验算合格后,按如下要求进行平差计算:

- a) 海控一、二级点应按严密方法进行平差计算；
- b) 平差计算的同时,应进行精度评定。

6.5.6 资料整理

6.5.6.1 各种原始资料和计算资料应装订成册。

6.5.6.2 控制网展点图及其他网图应符合下列规定:

- a) 控制网展点图的比例尺一般为 1 : 100 000,大比例尺测图地区按 1 : 25 000 另绘附图；
- b) 图上绘制有高斯方里网、岸线和岛屿的轮廓；
- c) 标注标题、测区名称、施测单位、测量年代、比例尺、图例说明及其他必要的注记。

6.5.6.3 图式应符合下列规定:

- a) 海控一级点,圆的直径为 4 mm,边粗为 0.2 mm；
- b) 海控二级点,圆的直径为 4 mm,边粗为 0.1 mm；
- c) 测图点,圆的直径为 2 mm,边粗为 0.1 mm；
- d) 水准点符号为⊗,圆的直径 4 mm,边粗 0.2 mm,水准路线为 0.2 mm 粗的虚线；
- e) 交会点较多时,方向线选择性绘出,只在待定点旁绘制 1 cm 长的方向线;各方向线对准起算点,前方交会点绘虚线,后方交会点在靠近设站点的一端一半绘实线,其余一半绘虚线。

6.5.7 资料记录、整饰与计算

外业观测成果包括计算控制点和测图点的原始资料,应做到记录真实、注明明确、整饰整洁美观、格式统一。

7 高程控制测量

7.1 一般要求

7.1.1 海控点和测图点高程采用几何水准测量、三角高程测量等方法测定。

7.1.2 用于三角高程起算的海控点、测图点,验潮水尺零点、工作水准点及主要水准点均应用水准联测的方法确定其高程。

用水准法联测高程时,应联测于国家等级的水准点,根据所需的高程精度和测线长度决定施测等级。进行等级点水准测量时,按 GB/T 12898—2009 执行。岛屿地区无国家等级水准点联测时,允许设

立验潮站及其主要水准点,并作为岛屿高程和水准测量的起始点。验潮站水准点与验潮站水尺零点间的联测,按四等水准测量要求施测。

7.1.3 海控点的高程起算点布设在锁的两端、网的边缘、验潮站主要水准点和导线的起闭点上。网中任一点与最近的高程起算点的间隔边数,应不超过表 14 的规定。

表 14 网中点与高程起算点之间边数的规定

等高距 m	平均边长 km					点的高程中误差 m_h m
	1~2	3	4	5	6	
2	1~2	3	4	5	6	±0.1
间隔边数	10	7	4	3	2	

7.1.4 各级海控点的三角边和导线边均应对向观测垂直角,用交会法测定的点至少要有三个不超限的单向高差成果。

7.2 水准测量

7.2.1 三、四等水准测量

按 GB/T 12898—2009 执行。

7.2.2 等外水准测量

7.2.2.1 水准仪和标尺

用于等外水准测量的水准仪,其基本参数见附录 F;标尺采用因瓦合金标尺或区格式木质标尺。

7.2.2.2 仪器的检校

按照 GB/T 12898—2009 执行。

7.2.2.3 等外水准测量观测方法

7.2.2.3.1 光学水准仪观测操作应遵守下列规定。

- 采用中丝读数法或光学测微法观测,允许直读距离,视线高度以中丝能读数为原则。
- 测线为闭合环或附合路线时,只需进行单程测量。水准支线采用往返测或单程双转点观测。使用双面标尺时观测顺序为后——后——前——前;使用单面标尺采用变动仪器高法时每次观测顺序为后——前——后——前,改变仪器高不少于 10 cm。
- 中丝读数法一测站的操作及水准点和“其他固定点”的观测,按照 GB/T 12898—2009 要求执行。

7.2.2.3.2 数字水准仪观测要求同光学水准仪,一测站观测按照 GB/T 12898—2009 要求执行。

7.2.2.3.3 水准观测遵守下列规定。

- 每天作业前进行的 i 角测定,记录在当天观测手簿的首页,并用红铅笔括起来,加以注明。当 i 角超限时,应反复检测,确认超限时再行改正。
- 观测之前,将仪器整置水平,找出倾斜螺旋的标准位置(零点),以便每个测站迅速整置仪器水平。
- 水准观测时,应使用测伞遮蔽阳光。
- 连续在各测站上安置水准仪的三脚架时,应使其中两脚与水准路线方向平行,而另一脚应轮流

置于路线方向的左侧与右侧。

- e) 除路线拐弯处,每一测站上仪器和前后标尺的三个位置应接近于一条直线。
- f) 在同一测站观测时,不应两次调焦。
- g) 每一测段往、返测的测站数均应为偶数。
- h) 扶尺员应牢记所扶尺的号码,标尺应小心地置于尺台(尺桩)上,两手自然地抓住标尺的耳环,并注意标尺水准气泡的居中,使标尺垂直于尺台(尺桩)上。工作中不应碰动尺台,如尺台被碰动,应立即报告测站。
- i) 每一测站观测完毕向前迁站时,后视标尺扶尺员只有在得到记簿员的允许后,方可移站。
- j) 采用单程双转点法时,扶尺员应集中精力,以防左、右路线弄错造成返工。

7.2.2.4 等外水准观测的限差

等外水准观测的限差应符合表 15 的规定。

表 15 等外水准观测限差

序号	项 目	限差
1	i 角/($''$)	≤ 20
2	水准标尺最大矢距/mm	≤ 8
3	前后视距差/m	≤ 5
4	前后视距累积差/m	≤ 15
5	左右路线转点差/mm	≤ 8
6	单面标尺观测时,变动仪器高度前后所测高差之差/mm	≤ 8
7	标尺黑红面所测高差之差/mm	≤ 8
8	最大视距/m	≤ 150
9	左右路线高差不符值的绝对值/mm	$\leq 28\sqrt{L}$
10	往返测高差不符值的绝对值/mm	$\leq 40\sqrt{L}$

注:表中的 L 为路线测段的长度,单位为千米(km)。

7.2.2.5 成果的重测和取舍

按照 GB/T 12898—2009 的规定执行。

7.3 三角高程测量

7.3.1 电磁波测距高程导线测量代替四等水准和等外水准时,三角高程网各边的垂直角应进行对向观测。

7.3.2 电磁波测距高程导线测量代替水准测量时,应符合下列规定。

- a) 起算点不低于三等水准点,起算点间高程传递边的路线长度小于 15 km。
- b) 每测站观测边长小于 1 km。
- c) 每测站的垂直角观测半数测回以后,变动仪器高或棱镜高,其变动范围大于 10 cm。变动仪器高或棱镜高后,四等测量高程互差[单位为厘米(cm)]小于高程传递边水平距离[单位为千米(km)]的 3 倍,等外测量时小于 6 倍。
- d) 等外三角高程网,需按四等水准联测一定数量的控制点作为高程起算点,起算点间高程传递边

的路线长度小于 16 km。测图等高距大于 1 m 时,传递边路线长度放宽到 40 km。

- e) 电磁波测距高程导线测量传递路线长度,不超过相应等级的水准路线长度。

7.3.3 电磁波测距高程导线测量应符合的主要技术要求见表 16。

表 16 电磁波测距高程导线测量主要技术要求

等级	经纬仪 类 型	测回数		指标差 绝对值 (")	指标差 互 差 (")	垂直角 互 差 (")	对向观测 高差互差 mm	附和或环形 闭 合 差 mm
		中丝法	三丝法					
四等	DJ1、DJ2	4	—	30	8	8	$\pm 40\sqrt{D}$	$\pm 20\sqrt{\sum D}$
等外	DJ1、DJ2	2	1	30	15	15	$\pm 80\sqrt{D}$	$\pm 40\sqrt{\sum D}$
三丝法观测时,一测回中如有两根水平丝超限,应按三丝法重测一测回,或用中丝法重测两测回。								
注: D 为高程传递边的水平距离,单位为千米(km)。								

7.3.4 经纬仪仪器高和棱镜(觇标)高在每次观测前后各量测一次。四等高程量至 1 mm,两次互差不超过 2 mm;等外高程量至 5 mm,两次互差不超过 10 mm。

7.3.5 垂直角观测应在成像清晰稳定时进行。

7.3.6 各级海控点和测图点垂直角观测测回数按中丝法观测每一方向时,测三个测回;按三丝法观测每一方向时,测二个测回。

垂直角观测的具体要求按 GB/T 17942—2000 的规定执行。

7.3.7 垂直角观测一测回的操作要求如下:

- 整置仪器的要求与水平角观测相同;
- 在盘左位置上,依次照准该组中的每一目标的照准标的并读数,重合对径分划两次,读数两次;
- 纵转望远镜,以相反的照准次序进行观测,至该组的第一个方向。

以上操作即为一测回。

7.3.8 垂直角和指标差计算公式按 GB/T 17942—2000 规定执行。

7.3.9 垂直角观测的限差应符合表 17 的规定。

表 17 垂直角观测限差

单位为秒

项 目	DJ1、DJ2 型仪器限差
指标差绝对值	30
指标差互差	15
垂直角互差	10
两次读数(照准)差	03

垂直角互差、指标差互差的比较方法及重测规定按 GB/T 17942—2000 规定执行。

7.3.10 在垂直角观测前(或后),应量取觇标、仪器水平轴至中心标石上标志面的高度,量取要求如下。

- 量取部位:圆筒上沿(或标心柱顶)、标尖、回光台。如照准其他部位,其相应的高度均应量取。灯桩、灯塔应量取照准部位至灯光中心的距离。
- 量取方法:每一部位用钢卷尺的不同尺段量取两次,量取时钢卷尺应拉直,读至 0.01 m,记录在手簿中,再取中数(仪器高直接记录中数)。

- c) 量取限差：两次直接量取结果的差应不大于 2 cm。

7.4 跨海高程传递

按照 GB/T 12898—2009 要求执行。

7.5 资料计算与整饰

7.5.1 野外测量的记录和整理

外业测量的记录和整理遵守下列规定。

- a) 外业观测手簿中的角度及距离读数、记录和计算，三角高程测量取至秒，水准测量取至毫米。
- b) 外业手簿的所有原始记录应清晰、整齐、美观、准确，不应涂、刮、擦，不应凭记忆补记或转抄复制。几何水准测量的厘米、毫米读数，三角高程测量的秒值均不应划改；几何水准测量中的米、分米读数，三角高程测量中的度、分读数，以及文字，确属读错、记错时，应在现场更正，但应以单线划去错误的数字或文字，在其上方写出正确的数字或文字，并在相应栏内注明原因；允许更改的数值，同一水准测站不应有两个相关数字同时划改；垂直角观测中，同一方向的盘左、盘右不应同时更改“分”的读数，各测回不应同时更正同一数字。
用计算机记录外业观测时，将所有打印的记录和计算结果贴入手簿相应位置中，不应将超限的资料删除，合限及超限成果均应贴入。
- c) 外业手簿中，几何水准测量的每段始末、工作间歇的前后及中间有变化时，应填写观测日期、时间、天气、成像、前后视标尺号等；三角高程测量的每一点首页，应记载测站名称、等级、觇标类型，每一观测时间段的首末页上端各项应记载完整。
- d) 凡超限的成果，应用单线整齐划去，并注明重测原因及重测结果所在的页数，水准测量的重测记录应加注“重测”二字。
- e) 观测手簿的封面应填写测区(或路线)名称、施测日期、施测单位、等级、手簿编号等项目，三角高程测量手簿还应填写测站的点名和等级。副封面除填写上述栏目外，还应记载仪器情况(包括水准标尺情况)、观测者、记簿者等项目。
- f) 在所有资料中，凡遇有特殊情况时应在资料内加以注明。

7.5.2 计算规定

计算应遵守下列规定：

- a) 计算中遵守 6.5.2 中的有关规定；
- b) 高差、高程计算取位符合表 18 的规定。

表 18 高差、高程计算取位规定

项 目	H_1, H_2, H_c 取位
垂直角观测及改正数/(")	1
高差计算/m	0.01
三角高程/m	0.1
水准观测/m	0.001
最后水准高程/m	0.001

7.5.3 高差计算

高差计算应符合下列规定。

- a) 调制高程控制起算数据表。
- b) 根据测区的实际情况,选择若干有代表性的边计算两差改正系数(地球弯曲差和大气折光差联合影响) C 。 C 值的计算方法见附录 G。
- c) 高差的计算见附录 G。

7.5.4 三角高程测量验算的项目与限差

三角高程测量验算的项目与限差应符合下列规定:

- a) 同一条边用单向高差公式计算往返高差时,其不符值不大于 $0.1D$ (m), D 为边长,单位为千米(km);
- b) 用对向观测求得高差中数,沿闭合图形各边求和,或从一个高程起算点沿三角边或导线边推算高程至另一个高程起算点,其闭合差的绝对值不大于 $0.05\sqrt{\sum D^2}$ (m), D 为边长,单位为千米(km);
- c) 交会点近似高程计算互差不超过 ± 0.4 m;
- d) 当对向高差之差超限,但其中数能满足闭合图形限差要求时,取中数采用;若其中数不满足闭合图形限差要求,但其中一个单向高差能满足闭合图形限差要求时,采用该单向高差;
- e) 通过验算检查舍去不合格的成果后,每个三角点保证至少有两个双向或两个双向、两个单向的高差成果;每个导线点保证有两个双向的高差成果;交会点不少于三个单向高差成果。

7.5.5 三角高程平差和精度估算

7.5.5.1 三角高程平差采用经批准使用的专业处理软件,或采用逐渐趋近法在规定的表格中完成,或在三角高程平差图上进行。

7.5.5.2 精度估算和限差计算符合下列规定:

- a) 海控点的高程中误差 m_h 应不超过 ± 0.1 m。 m_h 按公式(2)计算:

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{\sum (p' \delta \delta)}{n - 1}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

m_h ——高程中误差,单位为米(m);

p' ——改化后的权;

δ ——某方向计算的本点高程与本点最后高程之差,单位为米(m);

n ——计算本点高程的方向数。

- b) 全区高程中误差 M_h 应不超过 ± 0.1 m, M_h 按公式(3)计算:

$$M_h = \pm \sqrt{\frac{\sum m_h^2}{n'}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

M_h ——全区高程中误差,单位为米(m);

m_h ——每一点的高程中误差,单位为米(m);

n' ——全区待定高程点数。

7.5.6 资料整理与归档要求

资料整理与归档应遵守下列规定:

- a) 各种原始资料和计算资料装订成册；
- b) 将各点的最后高程记入控制点成果表。

8 GNSS 控制测量

8.1 E 级(含)以上等级的 GNSS 测量

按照 GB/T 18314—2009 规定执行。

8.2 海控点及测图点 GNSS 测量要求

8.2.1 海控级控制点按高级控制低级的要求布测,采用静态或快速静态(CORS)测量方法施测,各等级控制测量精度应符合表 19 的规定。

表 19 海控点及测图点测量精度要求

项 目	等 级		
	H ₁	H ₂	H _c
相邻点间弦长精度	$a \leq 10 \text{ mm}$ $b \leq 5$	$a \leq 10 \text{ mm}$ $b \leq 10$	$a \leq 10 \text{ mm}$ $b \leq 15$
闭合环外的独立边长,两时段观测结果互差应小于相应等级弦长精度的 $\sqrt{2}$ 倍。			
注:基线测量中误差公式为 $m = \sqrt{a^2 + (bd)^2}$ 式中: m —— 点位中误差,单位为毫米(mm); a —— 固定误差,单位为毫米(mm); b —— 比例误差系数,单位为毫米每千米(mm/km); d —— 相邻点间的距离,单位为千米(km)。			

8.2.2 海控级 GNSS 相邻点间的距离大于 20 km 时,应选用双频或多频接收机。

8.2.3 GNSS 网应布成由线性无关边构成的多边网或附合路线,网中应联测两个或两个以上高等级国家控制点作起算点,起算点之间应通过过渡点构成闭合环,海控 GNSS 补充点允许有一个点的支线。

8.2.4 技术设计应遵守下列规定。

- a) 技术设计之前,根据任务的需要,搜集测区范围内有关的控制测量成果资料。
- b) 图上设计,标出设计时 GNSS 点的点名、点号和等级,有关的三角网点、导线网点,交通路线和视需要用四等水准精度联测 GNSS 点高程的水准路线,在沿海或岛礁地区用验潮站同步法测定高程的验潮站的位置。为便于实地选点,每点设计(2~3)个选址方案。
- c) 技术设计后上交海控级 GNSS 网点设计图和技术设计书。技术设计书内容包括:任务的来源和目的、测区自然地理环境、布设方案、调度命令等;已有的控制点资料和新设计海控级 GNSS 网的点名、等级、数量以及与已知点的重合情况统计表;提出所需要的工天及仪器器材、装备的数量等。

8.2.5 选点、埋石按照 GB/T 18314—2009 规定执行。

8.2.6 测前准备工作如下:

- a) 仪器的检验按照 GB/T 18314—2009 的规定执行。
- b) 作业人员在进入测区之前,应根据施测精度的要求,制定观测计划表。

8.2.7 观测的实施应确保仪器安置平稳、观测要求合限、记录完整、整饰规范。

8.2.7.1 接收机安置应遵守下列规定：

- a) 接收机天线定向标志线指向正北，基座应整平，在三脚架安置天线时， H_1 、 H_2 级对中误差不大于 2 mm， H_c 级不大于 3 mm；
- b) 按等级要求设定 GDOP 值和卫星高度角的限值以及其他参数。

8.2.7.2 海控级 GNSS 观测遵守下列规定。

- a) 观测应符合表 20 的技术规定。

表 20 海控级 GNSS 测量时的观测要求

项 目	级 别		
	H_1	H_2	H_c
卫星高度角/(°)	≥ 15	≥ 15	≥ 15
同时观测卫星颗数	≥ 6	≥ 6	≥ 6
观测时段长度/min	40	40	30
观测时段数	≥ 2	≥ 1	≥ 1
采样间隔/s	15	15	15
GDOP	≤ 6	≤ 6	≤ 6
环边数限制	≤ 8	≤ 10	≤ 10
卫星分布象限	> 2	≥ 2	≥ 2

注：具有快速定位软件的接收机，在保证观测精度的前提下，观测时段长度不短于 10 min，采样间隔不低于 20 s。

- b) H_1 、 H_2 级 GNSS 网采用静态观测时，应由线性无关边构成多边形或附合线路， H_c 允许有一个点的支线，但该点应有 2 个时段的观测，两时段的互差应满足 8.2.1 的要求。当点间边长较短、点数较多，接收机功能和相应软件具备时，允许采用快速静态定位等方法施测。

8.2.7.3 观测时要注意以下事项。

- a) 观测期间，防止接收设备震动，更不应移动，要防止人员和其他物体碰动天线或阻挡信号。不应在天线 50 m 以内使用电台，10 m 以内使用对讲机。
- b) 测前和测后应各量测一次天线高。天线高每次三个读数取平均值，记至 1 mm，前后两次量高之差绝对值应不大于 3 mm，取平均值作为最后天线高。若天线高超限应查明原因，提出处理意见并作好记录。
- c) 测定归心元素要求。
 - 1) 天线安置在觐标基板上或其他偏离标石中心的点进行观测，并测定天线中心至标石中心的归心元素。
 - 2) 天线安置在觐标基板上，其归心元素测定方法按照 GB/T 17942—2000 要求执行。
 - 3) 海控级 GNSS 点于测后投影一次。
 - 4) 归心投影的示误三角形长边或示误四边形长对角线长度，应不大于 5 mm。
 - 5) 为推求偏心距、归心方位角，在投影纸上，应由标石中心向已知方向描出方向线。
 - 6) 大偏心观测的归心元素测定，应根据 GNSS 观测的级别和精度要求采取适当的方法进行，见附录 A。
- d) 在一个观测时段不应进行以下操作。
 - 1) 重新启动接收机。
 - 2) 变换工作模式。

- 3) 中止记录数据。
- 4) 改变参数设置。
- 5) 移动天线。

8.2.7.4 观测记录和整饰应遵守下列规定。

- a) 观测前和观测过程中要及时填写各项内容,字迹要清晰、美观、工整。
- b) 测站点名,以点之记为准。点号按照技术设计书统一编号。输入接收机的点名识别符需满足数据后处理的要求。
- c) 时间类型,采用协调世界时(UTC);观测日期,以世界时为准填至月、日,测站文件中的观测日采用年积日(儒略日)。
- d) 观测时间按实际作业开始和结束的时间填写,填至时、分。
- e) 天气状况按晴、阴、多云、雨、雪等选一填写,同时记录云量及分布。
- f) 以等时间间隔记录观测过程中 GDOP 值以及卫星状况、信号强度和信噪比等。
- g) 记录测前测后天线高及气象元素的测定数据。
- h) 记录观测过程中出现的异常情况和处理结果。
- i) 手簿整饰、存储介质注记和各种计算用蓝黑墨水书写,如有书写错误,用刀片轻轻刮掉重写。
- j) 海控级 GNSS 观测手簿记录见附录 A。

以上 a)~h)各项数据(含文字)用铅笔记录,不应转抄和追记,如有读、记错误,按 6.5.1.2 手簿的划改规则执行。

8.2.8 数据处理与归档

8.2.8.1 数据处理包括基线向量解算和 GNSS 观测网平差两部分。数据处理应在外业测量成果经过分析检查后进行。

8.2.8.2 基线向量解算,采用随观测仪器配备的商用软件或符合本文件要求的专业软件,并将作业观测记录的气象数据、天线高、归心元素等参加计算。采用软件自动处理方式,必要时采用人工干预处理,但应注明干预的原因、内容和效果。

8.2.8.3 外业数据质量检核应遵守下列规定:

- a) 同一时段观测值的数据剔除率小于 10%;
- b) 同一条边任意两个观测时段的成果互差小于接收机标称精度的 $2\sqrt{2}$ 倍;
- c) 闭合环的检核:若干个独立观测边组成闭合环时,各坐标差分量闭合差应符合下列规定:

$$W_x \leq 3 \cdot \sqrt{n} \cdot \delta$$

$$W_y \leq 3 \cdot \sqrt{n} \cdot \delta$$

$$W_z \leq 3 \cdot \sqrt{n} \cdot \delta$$

式中:

W_x 、 W_y 、 W_z ——坐标差分量闭合差;

n ——闭合环中的边数;

δ ——相应级别规定的精度(按平均边长计算)。

- d) 同步观测环检核:所有闭合环的闭合差均满足:

$$W_x \leq 3 \cdot \sqrt{n} \cdot \delta/5$$

$$W_y \leq 3 \cdot \sqrt{n} \cdot \delta/5$$

$$W_z \leq 3 \cdot \sqrt{n} \cdot \delta/5$$

式中:

W_x 、 W_y 、 W_z ——坐标差分量闭合差;

- n —— 闭合环中的边数；
 δ —— 相应级别规定的精度(按平均边长计算)。

- e) 附和线路应作闭合差检验,其检验方法和限差要求同 c), n 为附和路线的边数;
 f) 单点支线检查,两个观测时段解算基线结果互差应小于相应等级精度指标的 $\sqrt{2}$ 倍。

8.2.8.4 重测和补测遵守下列规定:

- a) 按施测方案未测和漏测、观测数据现场检查不能采用的应及时补测;
 b) 同一条边各时段解算成果互差超限,对质量较差的观测时段进行重测;
 c) 闭合环的闭合差超限,应仔细检查观测手簿和计算过程是否存在粗差,找出有问题的边和点进行重测;
 d) 经资料处理和质量检查后,观测数据不足或观测时间不足,以致解算不出或解算质量很差时应重测;
 e) 其他严重违反规范要求的应重测。补测重测的分析应写入数据处理报告。

8.2.8.5 GNSS 观测网平差应符合下列规定:

- a) GNSS 观测网平差使用随观测仪器配备的商用软件或经批准使用的专业软件;
 b) GNSS 观测网整体平差在 CGCS2000 中进行;
 c) 平差结果输出信息,包括各测站的大地坐标(B, L, H)和空间直角坐标(X, Y, Z),相邻点之间的平面边长及坐标方位角,以及相应的精度评估信息。

8.2.8.6 外业观测资料、数据处理资料分别整理、编目和开列清单,资料整理与上交应遵守下列规定:

- a) 外业观测记录的存储介质注记时段号、采集日期和手簿编号;
 b) 仪器检验资料装订成册;
 c) 数据处理的中间和最后计算成果均要拷贝和打印各一份,并分别装盒、装订成册、贴上标签,注明资料内容;
 d) 各种手簿填写齐全。

9 水位控制

9.1 一般要求

9.1.1 水深小于 200 m 时,应对测深值进行水位改正。沿岸(含岛礁周边)水深测量和需要水位支持的海岸带地形测量,应以长期验潮站、短期验潮站、临时验潮站构成水位控制网。

9.1.2 长期验潮站应有 2 年以上连续观测的水位资料,或根据实测数据计算的平均水位和深度基准面数值,并提供海道测量任务实施期间的水位观测数据;短期验潮站应与长期验潮站同步观测 30 d 以上,恢复的原有短期验潮站,同步观测应达 15 d 以上;临时验潮站应与长期验潮站或短期验潮站同步观测水位 3 d 以上,且观测日期含大潮日(半日潮海域:大潮日,日潮海域:回归潮日)。

9.1.3 长期验潮站的平均海面确定精度应优于 5 cm,深度基准面确定精度应优于 10 cm。

9.1.4 短期验潮站和临时验潮站的平均海面和深度基准面应采用传递法确定,平均海面确定精度应优于 10 cm,深度基准面确定精度应优于 15 cm。

9.1.5 压力式传感器观测水位受海域温度、盐度、浊度要素变化影响超过 2 cm 时进行密度变化改正。

9.1.6 应根据测量任务及其技术指标要求开展水位控制方案设计。设计内容应包括:验潮站布设或利用、观测设备选型、水准联测路线布设、基准面确定、水位改正等方案或方法。

9.2 验潮站设立

9.2.1 验潮站选址应遵守下列规定:

- a) 与外海畅通,水流平稳,设备不易受风浪影响、急流冲击和船只碰撞;
- b) 固定码头壁和不受风浪影响的陡峭岸壁优先选作验潮设备的安装地点;
- c) 顾及交通、供电便利和作业安全条件;
- d) 对曾进行水位观测的验潮站点,优先选择原站址,或利用原有验潮站水准点;
- e) 在保证密度和控制效果的前提下,短期验潮站和临时验潮站优先选择布设在湾顶、河口、水道口和无潮点附近等潮汐状态变化大的特征位置;
- f) 利用压力式水位计观测水位的站点,避开急流和泥质海底区域。

9.2.2 水准点埋设应遵守下列规定:

- a) 设立于大陆沿岸和海岛的短期验潮站埋设主要水准点标志 1 个、工作水准点标志 2 个,临时验潮站埋设主要水准点和工作水准点标志各 1 个;
- b) 主要水准点设在高潮线以上,基础坚固稳定、适于长期保存、易于进行水准联测处;
- c) 水准点埋石按 GB/T 12898—2009 的要求执行,在验潮站附近的原有水准点,经检查合格后利用;
- d) 工作水准点设在验潮设备附近,且优先选择在岩石、固定码头等牢固处凿刻或埋设水准点标志,不具备上述条件时,埋设牢固的钢质标志或木桩。

9.2.3 水尺和水尺组设置应符合下列规定:

- a) 水尺稳固安置于码头壁、陡岸壁,或风浪和海流影响小的平坦海底,设置方法按附录 H 要求执行;
- b) 若水位变化幅度超过一根水尺量程,设立水尺组,整个水尺组满足对极端水位变化的全程观测要求;
- c) 水尺组中相邻水尺垂向重合高度不小于 0.3 m,水尺组的水尺按零点高度由低到高顺序编号,零点最低的水尺设定为基尺。

9.2.4 自记水位计设置应符合下列规定:

- a) 压力式水位计的设置保证传感器安装稳固,水位变化在其量程范围内,低潮时不干出;
- b) 安置于水下的压力传感器需加设保护套筒;
- c) 绝压型压力式水位计配备大气压力变化补偿装置,或在测区附近配备观测气压变化的压力传感器;
- d) 观测海面高程变化的声学水位计、雷达水位计或激光水位计,固定传感器竖轴与海面垂直,高潮时不被淹没;
- e) 根据需要配备观测气压、风向和风速的气象设备。

9.3 验潮站基准联测与水位观测

9.3.1 验潮站水准点水准联测应遵守下列规定:

- a) 主要水准点的高程按不低于四等水准测量要求,与国家四等(含)以上水准点或与邻近长期验潮站的主要水准点进行联测;
- b) 工作水准点的高程按不低于四等水准测量要求,与主要水准点或国家四等(含)以上水准点进行联测;
- c) 采用 GNSS 无验潮水深测量时,每个验潮站至少有一个水准点进行 GNSS 大地高测定,大地高精度优于 2 cm。

9.3.2 水位零点高程测定应遵守下列规定:

- a) 观测水尺及用于校核其他水位观测设备的校核水尺,其零点高程通过与工作水准点间的水准联测确定;
- b) 水尺组内至少有一根水尺零点与工作水准点之间的高差是用水准测量测定的,其他各水尺零

点间的高差,以水准测量或水面水准测量方式联测;

- c) 沿岸壁沉放安装的压力水位计,压力传感器与工作水准点的高差,在安装过程中直接以尺量测,记录至毫米;
- d) 布设于不便直接量测地点的压力水位计,利用与本站校核水尺的同步水位观测数据以水面水准法转测其压力敏感元件高程;
- e) 水面水准法测定水尺零点差时,在水面平静状态下独立观测水位3次以上,其高差的互差不超过3 cm,取中数使用,超限时重测;
- f) 悬空安置的声学水位计、雷达水位计或激光水位计信号收发中心的高程,利用工作水准点,通过水准测量或三角高程测量方式测定;
- g) 沿岸验潮站自记水位计记录零点通过校核水尺或雷达等精确垂直测距数据进行检核;
- h) 沉入开敞水域的压力式水位计的水位零点高程,利用邻近验潮站同步水位观测数据,按平均海面传递方法确定;
- i) 验潮站在任务开始前和结束后均需进行水位零点高程测定,遭受台风等极端天气和海洋环境事件影响,或受其他因素作用,记录装置可能发生变化时,重新测定水位零点高程。

9.3.3 水尺(组)观测水位应遵守下列规定:

- a) 高、低平潮及其前后1 h,以及30 min水位变化超过0.5 m时和水位变化异常时,每整10 min观测一次,其他情况下每30 min测一次,整点时观测;
- b) 时间记至整分,每日观测前后各对时1次,误差不超过1 min;
- c) 水位读数精确至1 cm,当水面在两根水尺重叠范围内时,同时读取两根水尺读数,并归算至基尺零点,归算后的水位互差不大于2 cm;
- d) 海面受风浪影响时,每次观测根据波峰和波谷读数的均值确定水位;
- e) 观测人员交接班时,交接班人员同时观测水位,分别记录观测值,差值不大于3 cm,满足限差要求后,交接班人员分别在验潮手簿中签名;
- f) 因故漏测时,按实际观测时间的数据记载,不能为了凑数而擅自插入水位读数。

9.3.4 自记水位计观测水位及辅助要素观测应遵守下列规定:

- a) 合理设置水位数据采样和输出、存储相关参数,其中水位采样频率不低于1 Hz,且设定高频水位采样值的滤波方法,水位观测成果存储或输出间隔不大于10 min;
- b) 水位观测精度不低于量程的0.15%,取至厘米;
- c) 长期和短期验潮站设置的水位计观测气压、风速、风向等气象要素,观测时间间隔不大于1 h;
- d) 观测设备的守时精度优于1 min。

9.4 水位观测数据处理

9.4.1 水位订正与零点归算应遵守下列规定:

- a) 利用水尺组观测的水位序列,根据测定的水尺零点差,将水位统一归算至基尺零点起算,并统计相邻水尺重合观测水位时段的归算水位差值均值与均方根值;
- b) 对绝压型压力水位计观测的水位施加气压改正;
- c) 利用悬空安置的声学水位计、雷达水位计或激光水位计观测的水位序列,根据信号收发中心的高程和规定的验潮站零点,将观测的负向水位转换为正向水位;
- d) 根据水尺组零点高程监测数据,或水尺对自记水位计的校核检测数据,实施水位零点变化修正。

9.4.2 水位数据报表填写与异常数据检查应遵守下列规定:

- a) 绘制逐日水位过程曲线,通过滤波、拟合等处理,检查观测数据质量;在有邻近同步观测验潮站的情况下,对水位过程曲线的突变等异常现象做进一步检查核实;

- b) 将水尺观测数据填写入规定表格或录入规定格式的文件,自记水位计观测数据录入或导入规定格式的报表文件,并填写或计算每日的高潮、低潮特征潮高及发生时刻;
- c) 原始观测数据和订正修改后数据独立保存。

9.4.3 潮汐调和应根据水位观测数据的累积时长,选择合适的潮汐分析方法计算分潮调和常数。不同观测时段水位数据的潮汐调和应采用对应的方法,见附录 I。

9.4.4 开敞海域验潮站数据特殊处理应遵守下列规定:

- a) 海域固定地点由锚定浮标或船只,利用 GNSS 精密定位技术测定的水位,施加姿态和天线高度改正,并对改正后的水位序列实施滤波去噪;
- b) 压力式水位计测定的水位,对高频采样值滤波去噪;
- c) 压力式水位计测定的水位,在对整时段数据进行调和与分析后,求得余水位,并通过与邻近沿岸验潮站同步余水位的比较,判定和订正仪器沉降,同时修复异常水位。

9.5 基准面确定

9.5.1 长期验潮站基准确定应遵守下列规定。

- a) 由不少于 2 个整年的逐时水位观测数据计算多年平均水位,计算结果取位到毫米,并注明平均水位对应年份。
- b) 深度基准值面(L 值)根据至少 2 年水位观测数据分析的潮汐调和常数计算(见附录 J),计算结果取位到厘米。若新的深度基准面计算值与原采用值的差值超过 10 cm 时,向上级业务主管部门提出深度基准值修正建议。
- c) 根据水位零点与工作水准点、工作水准点与主要水准点的水准联测和 GNSS 联测数据、平均水位和深度基准面值,确定平均海面在国家高程基准中的高程、平均海面的大地高以及深度基准面的正常高(L_0 值)与大地高。

9.5.2 平均海面确定应遵守下列规定:

- a) 短期验潮站和临时验潮站的平均海面通过传递方法(见附录 K)确定;
- b) 采用几何水准法传递时,传递基准站(邻近长期验潮站)和待传递站各自主要水准点应具有在同一水准网中的水准高程成果,或两站主要水准点间具备实施水准联测的条件;
- c) 采用同步改正法时,传递基准站(邻近长期验潮站)和待传递站水位数据逐时刻严格同步,当一站有缺测时段时,另一站亦弃用相对应时段数据;
- d) 采用线性回归法时,取相应验潮站的同步日平均水位序列作为输入数据;
- e) 每个短期验潮站或临时验潮站的平均海面应由不同邻近长期验潮站为基准传递确定,或由不同传递方法确定,由不同基准站或不同方法确定的平均海面值互差不大于 5 cm,由不同基准站传递值按距离倒数加权使用,同基准站不同方法的传递结果取中数使用;
- f) 感潮河段内由水准联测法传递的短期验潮站和临时验潮站的平均海面进行水面比降改正。

9.5.3 深度基准面(值)确定应遵守下列规定。

- a) 短期验潮站与临时验潮站深度基准面 L 值通过传递方法(见附录 J)确定。
- b) 采用潮差比法传递时,水位观测数据归算到长期平均海面。站间日不等现象应基本一致,取站间同步大潮期间的平均潮差比为深度基准面值之比。
- c) 短期验潮站深度基准面传递采用主要分潮振幅和比值法传递时,采用同步时段求得的调和常数。在浅水分潮调和常数存在明显差异情况下,不应采用该方法。
- d) 每个短期验潮站或临时验潮站的深度基准面值以不同邻近长期验潮站或不同传递方法确定。由不同基准站或不同方法确定的深度基准面值互差不应大于 15 cm。满足限差要求时,取不同基准站传递值的距离倒数加权值,或同基准站不同传递方法传递值的均值作为深度基准面成果。

- e) 对于恢复的短期或临时验潮站,如根据基准传递方法确定的深度基准面与原采用值存在大于 15 cm 的差异时,对深度基准面提出修正建议,向上级业务主管部门报批。

9.6 水位改正

9.6.1 利用验潮站水位观测数据进行水位改正时,应首先根据水位精度指标要求,计算验潮站有效控制范围(见附录 L)。单站水位改正仅适用于验潮站有效控制范围内的测区,当测区超过单一验潮站有效控制范围时,应采用双站或多站改正模式进行测区水位改正。

9.6.2 采用分带、分区等图解方法,以及时差法、差比法等数值方法(见附录 M)进行水位改正时,应判定测区或测区各分块内满足潮汐性质相同、潮波均匀传播的条件,且根据方法选择的不同,分别满足以下条件:

- a) 采用分带、分区和时差法时,相邻验潮站之间最大同步或同相潮高差不大于 1 m,最大潮时差不大于 2 h;
- b) 采用差比法时,站间水位曲线拟合中误差不超过 ± 15 cm。

9.6.3 采用基于潮汐模型与余水位法实施水位改正时,应分析潮汐模型在测区的覆盖程度及天文潮位预报精度、余水位的空间一致性。

9.7 文档记录

9.7.1 水位控制的实施应进行全过程文档记录,以技术设计、验潮站经历簿或考证簿(填写格式见附录 N)、技术总结等文档形式,记录技术设计、验潮站设立与观测、数据处理、基准面确定与水位改正数计算等过程中的关键步骤、分析论证、处理方法与过程等。

9.7.2 技术设计文档,作为测量任务或工程项目技术设计(或方案)的组成部分,应包含测区潮汐规律、观测设备选型、拟采用的水位改正方法、验潮站布设与利用方案(长期验潮站与历史站点的利用情况、新布设站的选址)、水位控制效果的分析论证、基准面确定方案、水准联测路线布设等内容。

9.7.3 验潮站经历簿或考证簿建立与填写应遵守下列规定:

- a) 新建验潮站设立验潮站经历簿,填写内容包括:验潮站建立和水位观测起止时间、具体地点、采用的观测设备和水位观测方法、水准点配置,水准联测、水尺校核成果,以及观测计算得到的基准面关系及基准面计算对应的时段等;
- b) 原用的验潮站和拟恢复的历史验潮站应建立验潮站考证簿,填写内容包括:具体地点、验潮站最初建立和每次恢复利用的时间、采用的观测设备和水准点配置变更情况,基准校核时的水准联测成果,以及观测计算得到的基准面关系、基准面计算对应的时段、与原有确定关系的对比情况等。

9.7.4 技术总结文档应包含验潮站选址与设立情况、数据观测过程(水准联测、GNSS 观测、水位零点检校等)、数据预处理过程、基准面确定方法与精度评估、水位改正数的计算等内容。

10 水深测量

10.1 一般要求

10.1.1 水深测量设备包括单波束测深仪(以下简称“单波束”)、多波束测深系统(以下简称“多波束”)、机载激光测深系统(以下简称“激光测深仪”)、相干声呐、测深杆、水砣等,应根据水深测量等级和目的选用不同的测深设备。选用的设备测深误差应符合表 3 规定,主要设备适用水深测量等级应符合表 21 要求。

表 21 主要测深设备适用水深测量等级

测深设备	适用水深测量等级	备注
单波束	三等测量、四等测量和五等测量	三等测量时,应配合侧扫声呐等扫海设备对海底目标进行 100%扫测
多波束	一等测量、二等测量、三等测量、四等测量、五等测量	应配备波浪补偿仪、光纤罗经、声速仪等
激光测深仪	二等测量、三等测量、四等测量	水深浅于 50 m,水体透明度较高水域
相干声呐	三等测量、四等测量和五等测量	海底平坦水域
测深杆	海底被海草及其他植被覆盖、或测量船舶无法到达水域	水深应浅于 5 m,流速小于 1 m/s
水砣		水深应浅于 10 m;流速小于 1 m/s

10.1.2 根据测量精度要求,不同的测深设备应进行相应的深度改正。深度改正数应以仪器差改正数、声速改正数、吃水改正数(静态和动态吃水之和)和水位改正数的代数和确定,并按公式(4)计算:

$$\Delta Z = \Delta Z_n + \Delta Z_v + \Delta Z_b + \Delta Z_T \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- ΔZ ——水深改正数,单位为米(m);
- ΔZ_n ——仪器改正数,单位为米(m);
- ΔZ_v ——声速改正数,单位为米(m);
- ΔZ_b ——吃水改正数,单位为米(m);
- ΔZ_T ——水位改正数,单位为米(m)。

10.1.3 船载非 GNSS 无验潮水深测量时,应进行船舶动态吃水测定。当同一船舶测深仪换能器位置固定不变时,测定的船舶动态吃水值允许作为常数使用。船舶动态吃水的测定方法见附录 O。

10.1.4 单波束采用校对法检查测深仪改正数时,水深应浅于 20 m(含),换能器采用舷挂式安装。采用声速剖面改正时,应测定单波束仪器差,测定方法见附录 P。

10.1.5 GNSS 定位精度应符合 4.5.4 规定。常用的定位方法包括星站差分定位(SS-DGNSS)、无线电指向标差分定位(RBN-DGNSS)、实时动态测量(RTK)、网络 RTK、后处理差分(PPK)、精密单点定位(PPP)等。

10.1.6 水深浅于 40 m 的泊位、港池、航道、锚地等水深受限重要通航水域(一等、二等测量海域)和航行障碍物最浅水深,应采用多波束全覆盖水深测量。锚地、航路等水深不受限通航水域(三等测量海域),允许采用激光测深仪全覆盖水深测量,或单波束加侧扫声呐组合等全覆盖扫海测量。

10.1.7 测区水深变化较大,新测水深与原海图水深拼接不一致时,应扩大测量范围,保证新测水深与原海图水深合理拼接。

10.1.8 水深小于 200 m 时,应按照 9.6 进行水位改正。

10.1.9 水深测量应进行主、检测线交叉点水深比对和相邻图幅拼接重合点水深比对。水深比对应遵守下列规定:

- a) 水深比对点选择图上距离不超过 1.0 mm 的水深点,且不超过两倍定位中误差;
- b) 水深比对重合点深度不符值限差不超过表 22 要求;
- c) 超限的比对点数不超过参加比对总点数的 10%;
- d) 比对点超限,或虽未超限但存在系统误差,或对测量成果质量有疑问时,分析原因并正确处理,处理情况作为重要问题记录。

表 22 水深比对不符值限差

单位为米

测深范围 Z	极限误差
$0 < Z \leq 20$	± 0.5
$20 < Z \leq 30$	± 0.6
$30 < Z \leq 50$	± 0.7
$50 < Z \leq 100$	± 1.5
$Z > 100$	$\pm Z \times 3\%$

10.2 图上准备

10.2.1 水深测量前,应建立外业图板,图板内容包括:

- 标绘测区名称、图板编号、测量范围线及各种界线;
- 转绘地形岸线、助航标志、陆部要素及航行障碍物;
- 布设计划测线、检查线、加密线及补测线等。

10.2.2 外业图板绘制应遵守下列规定:

- 椭球、坐标系、投影、深度基准、范围等参数与技术设计一致;
- 资料优先采用大比例尺、新版海图(地形图)资料;
- 转绘的沉船、礁石、特殊水深、石陂等航行障碍物标明高度或最浅深度、位置和范围、性质、测量时间等信息,控制点注明名称、标高和高程,验潮站、导航台等注明名称和位置;
- 新、旧资料分色绘制,图廓线、港口界线、范围线、测线等线划采用易于区分的线型,或用文字标注;
- 不同类型计划测线采用分色绘制,同一幅图或同一项目测线统一编号;
- 水文点、底质点、采样点等标注名称;
- 作业组长(分队长、项目主管)检查确认后签名。

10.3 定位

10.3.1 定位中心与测深中心不一致时,应进行位置归算;测深与定位时间不同步,导致定位偏差大于 4.5.4 要求时,应进行时间延迟改正。

10.3.2 采用光学交会和距离交法定位时,两条位置线交角应保持在 $30^\circ \sim 150^\circ$,特殊情况下(每幅图不超过 5%)允许放宽到 $20^\circ \sim 160^\circ$ 。采用 GNSS 定位时,GDOP 应不大于 6。

10.3.3 车载水深测量时,测线水深定位点的图上最大间隔应符合表 23 的规定。

表 23 测线水深定位点的图上最大间隔

单位为厘米

序号	测量情况	图上间隔	
		平坦海区	复杂海区
1	机动船测深仪器测深	3	2
2	机动船测深杆、水砣测深	1.2	1.0
3	非机动船测深杆、水砣测深	0.6	0.5

10.3.4 采用非数字化连续定位车载水深测量时,下列情况应及时定位:

- a) 航速改变;
- b) 航向改变 5°以上;
- c) 调换测线;
- d) 发现特殊水深以及避碰等。

10.3.5 使用经纬仪进行前方交会定位时,应在测前、测后及每隔 1 h~2 h 进行起始方向检查和校正。起始方向变动应不超过 1';超过 1'且找不到原因时,上一次检查至发现超限时间内的成果作废。

10.3.6 极坐标定位法使用全站仪、超站仪等角度和距离同心观测的数字化仪器。

10.3.7 采用 GNSS 定位时,天线应安装在开阔、遮挡少的位置,避开船艇雷达、发信机等无线电信号干涉源。采用 DGNSS 时,应经常检查差分信号,差分信号不能锁定时应停止测量,稳定后再继续测量。

10.3.8 每年出测前、GNSS 天线遭受强烈撞击或卫星定位仪器主要部件维修、更换后,应在已知点上进行不小于 4 h 的连续性检验。每个测量项目测前、测后应在已知点上进行不小于 1 h 连续性检验。采样间隔不大于 1 min,并计算内符合精度和外符合精度。内符合精度按公式(5)计算,内符合精度不应大于标称精度;外符合精度按公式(6)计算,外符合精度应满足 4.5.4 要求。

$$m_{\text{内}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - y_0)^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (5)$$

$$m_{\text{外}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - y_0)^2}{n}} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- $m_{\text{内}}$ —— 内符合精度,单位为米(m);
- $m_{\text{外}}$ —— 外符合精度,单位为米(m);
- x_i, y_i —— 观测值;
- x_0, y_0 —— 计算内符合精度时,为观测时段的平均值;计算外符合精度时,为已知点的已知值;
- i —— 采样序列号;
- n —— 采样数。

10.3.9 防波堤、石坝等应登上或测船靠近定位;浮标、水鼓、系船浮等应在涨、落水时分别定位,取平均值;渔栅、渔网、海藻、海上养殖场、红树林、急流、漩涡、变色海水等,测船靠近测量,并以正横目测定位确定其范围。

10.4 深度测量

10.4.1 测线布设

10.4.1.1 单波束测深时,主测线方向应垂直等深线总方向。特殊水域测线布设应遵守下列规定:

- a) 沙嘴、岬角、石陂延伸处,布设辐射测线及平行其轮廓线的测线,测出延伸范围;
- b) 重要水域的礁石和小岛周围布设螺旋形测线;
- c) 锯齿形海岸,测线与岸线总方向成 45°角;
- d) 狭窄航道,测线与航道中心线垂直,或测线与等深线成 45°角;
- e) 小型河道,测线向陆地方向延伸不低于 2 倍河口宽度;
- f) 导航叠标线及其左右各布设一条测线,间距为图上 3 mm~5 mm;
- g) 距码头壁 1 m 开始,平行码头壁布设(3~5)条测线,间距为图上 2 mm;
- h) 在测深过程中,根据海底地貌的实际情况,对计划测线进行适当调整。

10.4.1.2 单波束主测线间隔为图上 1 cm,螺旋形测线间距为图上 0.25 cm,辐射测线间距最大为图上 0.25 cm~1 cm。重要通航水域、复杂海底地形地貌、确定航行障碍物特征等应加密测深,加密测线间距应根据实际情况缩小,或放大比例尺测量。

10.4.1.3 多波束、机载激光测深等条带测深方式,主测线方向应平行等深线总方向。测线间距根据测量等级、测区水深、仪器有效覆盖宽度等指标确定。100%覆盖水深测量时,测线间距保证相邻测带有效扫宽重叠不少于 10%。

10.4.1.4 检查线应垂直于主测线,特殊情况除外,均匀布设在平坦水域。检查线总长不少于主测线总长的 5%,布设的检查线应能对所有主测线进行检查。

10.4.1.5 不同年度测量的相邻图幅之间,应在拼接处布设不少于 1 条拼接测线。拼接测线从各自拼接图廓线向外 0.5 cm 布设一条测线,再布设本幅图其他测线,拼接测线两端向图廓外延长不少于 1 cm。

10.4.1.6 不同作业组测量的相邻测区,拼接处应布设不少于 1 条重叠测线,或者布设贯穿相邻测区的检查线。

10.4.2 测深设备技术指标

10.4.2.1 测深设备应根据深度测量范围、测深精度、分辨率、覆盖面积、覆盖重叠带、检测可靠性以及测区的重要性、底质等因素选择使用,测深精度满足表 3 要求。

10.4.2.2 单波束测深仪技术指标应符合下列规定:

- a) 换能器波束指向角为 $3^{\circ}\sim 25^{\circ}$;
- b) 测深分辨力 ≤ 2 cm;
- c) 盲区 ≤ 1.0 m;
- d) 当船速 ≥ 10 kn,船横摇 $\leq 10^{\circ}$,纵摇 $\leq 5^{\circ}$ 时,仪器能正常工作。

10.4.2.3 多波束测深仪技术指标应符合下列规定:

- a) 发射波束角不大于 2.5° ,接收波束角不大于 2.5° ;
- b) 扇区开角不小于 60° ;
- c) 当船速 ≥ 10 kn,船横摇 $\leq 10^{\circ}$,纵摇 $\leq 5^{\circ}$ 时,仪器能正常工作;
- d) 配备声速剖面仪、姿态传感器、航向仪等辅助设备;
- e) 姿态传感器横摇、纵摇精度优于 0.05° ,升沉精度优于 0.05 m 或实际升沉量的 5%取大者,航向精度优于 0.1° ,频率不低于 20 Hz。

10.4.2.4 激光测深仪技术指标应符合下列规定:

- a) 激光测量速率不低于 5 kHz;
- b) 激光波束指向角精度优于 0.005° ,分辨率优于 0.001° ;
- c) 姿态传感器横摇、纵摇精度不低于 0.005° ,航向不低于 0.02° ,频率不低于 100 Hz;
- d) GNSS 采样频率不低于 1 Hz。

10.4.2.5 水深测量导航采集软件(系统)应符合下列规定:

- a) 显示外业图板或背景图;
- b) 连通定位、测深、姿态等仪器设备;
- c) 实时同步采集记录时间、位置、水深、姿态等水深测量要素数据;
- d) 实时可视化显示、监测各要素数据及设备工作状态;图形化辅助导航;
- e) 具备数据回放、处理数据标记、处理过程记录等功能。

10.4.2.6 水深数据处理软件(系统)应符合下列规定:

- a) 地形符号、测深线、水深注记、等深线、文字注记等图形编辑;
- b) 定位、测深等数据交互编辑;
- c) 位置改正、水位改正、仪器差改正、声速改正和其他改正;

d) 水深数据输出和水深图绘制。

10.4.3 设备安装、检验和校正

10.4.3.1 测量所使用的设备应按规定进行检定、测试或校准。检测合格后,提供有效检定、测试、校准证书或报告,不合格或未按规定检测的设备不应使用。所使用的软件(系统)应进行鉴定,或经业务主管部门(或委托方)批准同意后使用。

10.4.3.2 回声测深仪安装遵守下列规定。

- a) 换能器采用船底安装时,在与换能器同一横剖面的船舶水线两侧标绘吃水标志,准确测量换能器至两侧吃水线标志的距离和高度,并建立相互数学关系。采用船舷安装时,在换能器安装杆水线附近标绘吃水标志。吃水标志间隔不大于 10 cm,上、下标志大于船舶最大吃水变化量。
- b) 多波束安装时,根据测量船结构和设备的安装位置建立船体三维直角参考坐标系,参考坐标系原点一般设置在船舶重心、姿态传感器中心、测深杆与水线交接处等,X 轴与测深平台左右轴线平行,Y 轴与测深平台首尾线平行,Z 轴与 XY 平面垂直,X、Y、Z 轴方向应与采集、处理软件所定义的方向一致;精确量取换能器、GNSS 天线、姿态传感器中心等设备至参考坐标系原点的偏移量,往返各测 1 次,读数至厘米;水平方向往返测量误差应小于 5 cm,竖直方向往返测量误差应小于 2 cm,测量结果取中数。
- c) 多波束安装时,换能器安装在噪声低且不易产生气泡的位置,吃水大于船舶吃水;姿态传感器安装在能准确反映测深换能器姿态的位置,前后方向应平行于船的艏艉线。
- d) 单波束测深仪换能器采用舷侧安装时,应安装在船舶吃水变化小、噪声低且震动小的位置,距离船艏 1/3~1/2 处。

10.4.3.3 新购置的单波束,或大修、更换换能器等重要部件后,或每年出测前,应进行仪器差测定和稳定性测试。仪器差测定见附录 P。稳定性测试方法如下:

- a) 测深检查板由无伸缩或伸缩小的线缆、直径大于 20 cm 的有孔钢板制成;从检查板上表面沿线缆向上量测,每隔 1 m 标绘整米标识;
- b) 稳定性试验时,换能器距检查板或海底面不小于 5 m,连续开机时间不少于 4 h,检查板或海底记录信号连续、清晰、可靠,水深记录间隔不超过 10 min;
- c) 直接测量海底面深度时,要求在海况平静、海底平坦、船舶停泊稳定状态下测试,同时记录水位,水深进行水位改正;
- d) 稳定性试验数据中误差按公式(7)或公式(8)计算, Z_0 为检查板标定深度时,应用公式(7); Z_0 为经过水位改正的海底平均深度时,应用公式(8)。其值不大于标称精度。

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_i - Z_0)^2}{n}} \dots\dots\dots (7)$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_i - Z_0)^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- m —— 中误差,单位为米(m);
- Z_i —— 测深仪测得的检查板深度,或经过水位改正的海底深度,单位为米(m);
- Z_0 —— 检查板标定深度,或经过水位改正的海底平均深度,单位为米(m);
- i —— 采样序列号;
- n —— 采样数。

10.4.3.4 每个测量项目工前应对单波束进行航行试验。试验时,选择水深变化较大的海区,检验测深

仪在不同深度和不同航速下工作是否正常。

10.4.3.5 多波束安装完成后,应进行安装校准,安装校准包括定位时延、横摇偏差、纵摇偏差、艏向偏差等项目。多波束安装校准要求应符合下列规定:

- a) 单体船固定安装每年至少校准1次;双体船固定安装每航次至少校准1次;便携式每次安装后重新校准,未重新安装每月校准1次;
- b) 当换能器、姿态传感器、罗经、定位仪拆卸重装、维修更换或安装状态发生改变,或测量船因结构变化导致船体重心改变,需进行重新校准;
- c) 定位仪无秒脉冲(1PPS)信号输出进行定位时延校准;具有秒脉冲(1PPS)信号输出,进行时间同步;
- d) 定位时延校准在特征水域(水下地形坡度 10° 以上或水下有礁石、沉船、沟壑等明显特征物)进行,利用同测线、同方向、不同速度(两次速度相差1倍及以上)2次测量数据计算校准值,差值绝对值小于0.05 s;
- e) 横摇偏差校准在平坦水域进行,利用同测线、反方向、同速度2次测量数据计算校准值,差值绝对值小于 0.05° ;
- f) 纵摇偏差校准在特征水域进行,利用同测线、反方向、同速度2次测量数据计算校准值,差值绝对值小于 0.3° ;
- g) 艏向偏差校准在特征水域进行,利用不同测线(测线间距约为多波束有效覆盖的 $2/3$)、反(或同)方向、同速度2次测量数据计算校准值,差值绝对值小于 0.1° ;
- h) 安装校准值计算按照定位时延、横摇偏差、纵摇偏差、艏向偏差顺序进行,每个校准值至少有1组多余观测;
- i) 配置电磁罗经时,进行电磁罗经校正。

10.4.3.6 多波束安装校准完成后,应进行测深精度检查。在不浅于5 m的平坦水域,布设交叉测线,对有效扫宽内的全覆盖水深测量结果进行比对,或利用单波束对多波束有效扫宽内水深进行比对,比对互差不超过表22的要求。

10.4.3.7 激光测深仪测前应进行下列测试与检校。

- a) 通电测试:分别在地面和飞机上进行静态通电测试,测试设备是否工作正常。
- b) 飞行测试:飞机静态通电测试正常后,进行飞行测试,测试设备各分系统是否工作正常。测试不通过,则进行针对性整改后再测试,直至设备工作完全正常。
- c) 安置角检校:设备每次安装后或变换安装位置时进行安置角检校。检校场选择包含有用于检校的建筑物(或明显凸出地物)和平坦裸露地形的区域,按照预先设计好的检校飞行方案进行飞行测量和地面控制测量,计算出仪器安置角并编写仪器检校报告。条件允许时,开展水域检校场检校。

10.4.3.8 激光测深仪测试与检校完成后,应进行外符合性检查。外符合性检查在平坦水域利用人工构筑的比对平台或经过检验的多波束水深对激光测深仪测得的水深进行比对,比对互差应不超过表22的要求。

10.4.4 校对法检查测深仪改正数

10.4.4.1 用校对法检查测深仪改正数时,测深仪器应处于正常工作状态,海况平静,船只处于漂泊、平稳状态,或靠泊码头,检查板置于测深仪换能器正下方。测深仪改正数按公式(9)计算:

$$\Delta Z_T = Z_V - Z_S \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

ΔZ_T —— 测深仪改正数,单位为米(m);

Z_V —— 检查板的深度读数,单位为米(m);

Z_s ——测深仪测得的深度读数,单位为米(m)。

10.4.4.2 用校对法检查测深仪时,应遵守下列规定:

- a) 每个测绘项目工前,对测深检查板进行检验,确保深度标识正确;深度标识有变动时,重新检验;
- b) 同一测区,在首次测前和测后 2 h 内检查测深仪改正数,相同深度测前、测后改正数差不超过深度测量极限误差;
- c) 以后每 6 d 检查 1 次,每天测深前比对一个水深,当相同测深仪改正数与第 1 天的改正数比较超过 2σ 时,重新进行测前、测后测深仪改正数检查;
- d) 比对水深在当日测区内进行,水深 ≤ 5 m 时,在最大水深处测量;水深 > 5 m 时,比对水深不小于当日测量最大水深的 $2/3$;
- e) 当仪器故障、进行大修或更换测深仪的主要部件时,重新检查测深仪改正数。

10.4.4.3 用校对法检查测深仪改正数时,检查点数应符合下列规定:

- a) 当 $\Delta Z \leq 5$ m 时,检查二个点(最浅、最深);
- b) 当 $5 \text{ m} < \Delta Z \leq 10$ m 时,检查三个点(最浅、中间、最深);
- c) 当 $\Delta Z > 10$ m 时,检查四个点(最浅、最深、中间二个分布均匀点);

其中, ΔZ 为测区最浅、最深水深的差值。

10.4.4.4 在水文要素变化大的江河出口地段,持续暴雨和台风后岸边浅水区等测区,应增加测深仪改正数检查次数。

10.4.5 声速改正

10.4.5.1 单波束测深声速改正时,各水层声速改正数按公式(10)计算,声速改正数为各水层声速改正数之和。单波束测深声速改正数计算示例见附录 Q。

$$\Delta Z_v = F \cdot Z_i = \left(\frac{C_i}{C_0} - 1 \right) Z_i \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- ΔZ_v ——各水层声速改正数,单位为米(m);
- F ——校正系数;
- Z_i ——各水层深度,单位为米(m);
- C_0 ——测深仪设置声速值,单位为米每秒(m/s);
- C_i ——各水层声速测量值,单位为米每秒(m/s)。

10.4.5.2 声速剖面测量设备使用应遵守下列规定:

- a) 声速通过声速剖面仪等设备直接测量,或根据温盐深仪等设备测量的温度、盐度、压力等参数计算获得,计算方法见附录 Q;
- b) 声速剖面仪或非抛弃式温盐深仪设备每年、维修及更换后,每个项目工前、工后以及测量期间每 60 d 进行设备检验,检验深度不浅于 5 m,水深每 5 m 因声速引起的误差不超过 0.1 m;
- c) 采用抛弃式温盐深仪测量声速剖面时,需提供设备合格证书,根据水深选择不同型号探头。

10.4.5.3 声速剖面测量遵守下列规定。

- a) 声速剖面各水层深度间隔不大于 1.0 m,水层声速分辨率不低于 0.1 m/s,精度优于 0.5 m/s。
- b) 测量前应根据测区范围、岸线地形、水深、水文等情况预估声速变化,在测区最深处及典型水域进行声速测量,确定声速测定控制范围。
- c) 在每次进入测区开始测量时,应至少进行 1 次全深度声速剖面测量,以初步了解测区声速特点。
- d) 相邻声速测定点,较浅水深处的声速改正数与较深处的相同深度声速改正数差值不大于

0.1 m。

- e) 在气象剧烈变化、河口、口门等复杂水文变化区域,应增加声速剖面测量次数,缩短声速测量控制时段。
- f) 采用声速剖面仪进行声速剖面测量时,入水后应停留 20 s 以上,水中下放和提升速度不大于 0.5 m/s。
- g) 采用非抛弃式温盐深仪进行声速剖面测量时,应根据现场水深确定探头的下放深度;探头下放速度应控制在 0.5 m/s~1.0 m/s 范围内,并应在一次观测中保持不变。若船只摇摆剧烈,应选择较大的下降速度,以免观测数据中出现较多的深度(或压强)逆变现象。
- h) 采用非抛弃式温盐深仪进行声速剖面测量时,应将探头放入水中停留至少 3 min,探头下放时获取的数据为正式测量值,探头上升时获取的数据作为水温和盐度数据处理时的参考值。获取的记录应立即读取或查看,如发现缺测数据、异常数据或记录曲线间断和不清晰时,应立即补测。
- i) 采用抛弃式温盐深仪进行声速剖面测量时,船速不应过大,应保证探头垂直向下降落。
- j) 数据处理时,应对测量作业中涉及的声速剖面进行比对分析,剔除粗差或校正有明显系统差的声速剖面。

10.4.5.4 单波束测深声速剖面测量时,每个声速测定控制范围内不少于 1 个声速剖面,当日声速剖面测定选择声速测定控制范围内最深处;同一个声速测定控制范围内声速测量控制时段为测量日期前后各 3 d。

10.4.5.5 多波束测深声速剖面测量遵守下列规定:

- a) 一等精度水深测量,声速剖面控制半径不超过 10 km,每天早、中、晚各进行 1 次声速剖面测量;海况条件不允许时,早、晚声速剖面测量允许交替进行,但每天至少应保证 2 次声速剖面测量;
- b) 二等、三等精度水深测量,声速剖面控制半径不超过 20 km;每天早、中、晚各进行 1 次声速剖面测量;海况条件不允许时,早、晚声速剖面测量允许交替进行,但每天至少应保证 2 次声速剖面测量;
- c) 四等、五等精度水深测量,声速剖面控制半径不超过 40 km,每天至少进行 2 次声速剖面测量,中午应进行 1 次声速剖面测量,早、晚声速剖面测量允许交替进行;
- d) 在作业过程中应实时监控表层声速变化,当表层声速值变化大于 2 m/s 时,应及时增加声速剖面测量,并更新声速剖面数据;
- e) 在作业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;
- f) 在浅水海域,要求全程采用全深度现场实测声速数据;在深水海域,要求采用全深度声速数据,允许根据现场实测声速数据、历史声速数据进行补充,应对重构的全深度声速数据作精度评估,声速剖面中的最大水深应大于本航次测量区块中的最大水深。

10.4.5.6 多波束声速改正时,必要时允许采用层内常梯度声线跟踪等方法进行声线弯曲改正。

10.4.6 水深测量实施

10.4.6.1 单波束水深测量应遵守下列规定:

- a) 每日测前、测后观测记录吃水或水线变化,确定换能器静吃水值;
- b) 调整声速、仪器差等测深仪内部参数时,即时打印测深仪参数,或在测量记录簿记录;
- c) 定位、测深连续记录,GNSS 定位采样间隔不大于 1 s;水深点采样间隔不大于 0.2 s,当回波信号时间超过 0.2 s 时,采集所有回波信号;
- d) 波(涌)浪高超过表 3 要求时,配置姿态传感器进行姿态改正;

- e) 海底起伏较大水域,选择小波束角测深仪,或进行波束角效应改正;
- f) 测量时,每条测线应提前和延迟 30 s 或 100 m 上线和下线;
- g) 纸质记录打标时间与数据记录时间保持一致,或在测深纸上标注时间偏差;打标线标注时间、水深位置等信息;
- h) 校对法检查仪器改正数时,每个深度点进行打标,打标前、后记录时间不少于 5 s。

10.4.6.2 多波束测量应遵守下列规定:

- a) 每日测前、测后观测记录吃水或水线变化,连续观测不少于 2 次,观测误差不大于 2 cm;测量过程中在测量船稳定状态下加测 1 次;
- b) 测前检查多波束、姿态传感器、定位仪、表层声速仪的工作状态,保证数据稳定、正确;未配置表层声速仪时,在测前进行声速剖面测量;
- c) 根据多波束采样更新率、波束角大小、测区最浅水深和测量等级等因素确定测船的最大船速,最大船速按公式(11)计算:

$$v = 2 \times \tan(\alpha/2) \times (H - D) \times N \dots\dots\dots(11)$$

式中:

- v ——最大船速,单位为米每秒(m/s);
- α ——纵向波束角,单位为弧度(rad);
- H ——测区内瞬时最浅水深,单位为米(m);
- D ——换能器吃水,单位为米(m);
- N ——多波束每秒的数据更新率。

- d) 测量船提前和延迟 30 s 或 100 m 上线和下线;测量时保持匀速直线航行,航向的修正速率不超过 5(°)/min;
- e) 泊位、港池、航道、锚地等重要通航水域多波束主测线测至区域界线外不少于 100 m 或测至建筑物边壁;
- f) 保留测量船配置文件、采集软件版本信息、内业处理配置等文件或图片信息;
- g) 同一测区检查线、主测线的测量参数设置保持一致。

10.4.6.3 机载激光测深应遵守下列规定:

- a) 测前检查机载激光测深仪、航空摄影相机、定位定姿(POS)系统及相关辅助设备,确保这些设备在计量标定或校准的有效期内,并处于正常工作状态,数据稳定、正确时方可实施测量;
- b) 机载 GNSS 位置解算允许采用动态差分后处理(PPK)技术或精密单点定位(PPP)技术;
- c) 飞行速度和高度等参数与水深测量等级和激光测深仪技术指标相适应;
- d) 适用于海况在三级(含)以下海上环境;
- e) 航带侧向重叠度不小于 10%,并根据水下地形起伏情况适当提高航带侧向重叠度;
- f) 测量过程中,获取机载激光原始数据、航空原始影像数据、飞行航线和姿态数据、地面基站控制点坐标和基站 GNSS 数据、验潮数据等;
- g) 工作完成后,先关闭激光测深仪和 POS 系统,再关闭电源;
- h) 结束飞行后,及时将获取的所有数据备份于安全的存储介质。

10.4.6.4 测深杆、水砣测深应遵守下列规定:

- a) 记录定位方法、测深器具和检查方法;
- b) 手簿每页开始记载日期、线号、航向、航速;
- c) 手簿中经分析确定不采用的成果,用铅笔以斜线划去,并注明原因,记录者签名;
- d) 在变换测深工具时,用符号文字说明,如杆(索)测水深前后用符号“1”表示,并在备注栏内注明



“杆(索)测始”及“杆(索)测止”；在规定时间间隔未测出某个定位点水深时，则在其相应位置以“×”表示之；

- e) 采用测深杆和水砣测深，不应内插水深点；
- f) 水砣绳应使用伸缩小的材料制成，测前、测后应检验水砣绳，读数精确到厘米；
- g) 测深杆和水砣测得深度的改正计算，直接在测深手簿上进行。

10.4.6.5 船载水深测量时，填写测深手簿应遵守下列规定：

- a) 内容包括设备、吃水、日期、线号、航向、航速、航行障碍物、助航标志、礁石、过往船舶、声速测量等信息；
- b) 多波束还应记录上、下线时间。

10.4.6.6 水深测量时，下列情况之一应进行补测：

- a) 一般海区，测深仪回波信号、数字水深记录异常，或无验潮水深测量模式 GNSS 大地高精度超限，致使两定位点间测线漏测超过图上 3 mm；
- b) 地貌复杂海区发生漏测现象；
- c) 单波束零信号或回波信号不正常，不符合水深量取要求；
- d) 验潮工作时间不符合要求；
- e) 水深点间距超过 4.4.2 规定的要求；
- f) 不符合等深线勾绘要求或海底地形地貌探测不充分；
- g) 全覆盖水深测量有效重叠宽度未达到规定，或出现断、漏测及数据出现短时异常；
- h) 主检测线交叉水深比对、相邻测图和不同测深系统之间水深拼接超限。

10.4.6.7 水深测量时，下列情况之一应进行重测：

- a) 仪器安装不稳，测量中多波束换能器、姿态传感器等振动严重或安装角度发生持续性变化，导致数据质量失真；
- b) 漏做校准测量或校准测量的水域选择、测线布设、校准实施不合理，不能得出准确校准参数时；
- c) 漏做声速剖面测量或选择投放深度、时间间隔、位置不符合本文件要求；
- d) 水位控制方案、观测资料不符合本文件要求；
- e) 定位、姿态数据长时间异常，定位中误差超限；
- f) 多波束测量时，表层声速错误导致数据处理无法满足要求；
- g) 主、检比对超过表 22 的规定要求，且查找不到引起的原因；
- h) 所用主要测量设备不符合本文件要求，且无法弥补；
- i) 其他严重违反本文件要求的情况。

10.4.7 GNSS 无验潮水深测量

10.4.7.1 GNSS 无验潮水深测量应采用双频、多频测量型 GNSS 接收机及测深换能器。定位模式选用实时动态测量(RTK)、后处理动态测量(PPK)、网络 RTK 或精密单点定位(PPP)等，定位数据采样率不低于 1 Hz，GNSS 测高精度优于 0.1 m。

10.4.7.2 测量前应建立测区参考椭球面、平均海面与深度基准面的垂直基准转换关系，同一测区采用的转换参数应一致。

10.4.7.3 测区内应至少有一个基准验潮站，并建立基准验潮站深度基准面与参考椭球面的垂直基准转换关系。测区范围较大(大于 5 km)、基准验潮站水位控制未覆盖测区时，应在周边增设临时验潮站进行修正，临时验潮站增设应遵守下列规定：

- a) 在测区远端设置临时验潮站，各临时验潮站与基准验潮站同步验潮，并确定各临时验潮站的深

度基准面；

- b) 同步验潮在高平潮或低平潮时进行,同步观测时间不少于 3 h;
- c) 同步验潮期间,同时利用 GNSS 观测各临时验潮站的水面高度,求取各临时验潮站参考椭球面与深度基准面的垂直基准转换关系;
- d) 基准验潮站与临时验潮站之间以 5 cm 变化量,分段进行 GNSS 水位改正。

10.4.7.4 GNSS 无验潮水深测量,应配置高精度姿态传感器,测量精度不低于 10.4.2.3 e) 要求。实测船只姿态,进行天线高和瞬时测深值改正。无秒脉冲(1PPS)信号同步时,应在测前测定测深与定位的时延。

10.4.7.5 GNSS 设备安装及测量应遵守下列规定:

- a) GNSS 天线安装平面位置靠近换能器,在保证卫星接收信号质量的前提下贴近水面;
- b) GNSS 天线相位中心到水面的垂直距离量取精度优于 2 cm,垂直基准关系综合归算精度优于 10 cm;
- c) 定位解算所采用的卫星高度角大于 10°;
- d) 采用后处理差分定位或精密单点定位时,测前、测后船台流动站初始化观测 5 min 以上,测量期间 GNSS 信号出现中断时,重新进行初始化;
- e) 严格控制船速,避免突然加速、减速和大角度转弯;气象和海况影响 GNSS 定位时停止作业。

10.4.7.6 GNSS 无验潮水深测量数据处理应遵守下列规定:

- a) GNSS 测高值归算至深度基准面;
- b) GNSS 测高与水深数据分开处理时,分别进行姿态改正。

10.4.7.7 在测区内选择一平坦水域,分别进行 GNSS 无验潮水深测量和验潮站水位改正处理,对处理后的结果进行水深比对,比对互差应符合下列规定:

- a) 互差 ≤ 0.1 m 的点数占比对总点数的 80%;
- b) 互差 ≤ 0.2 m 的点数占比对总点数的 95%;
- c) 互差 ≤ 0.3 m 的点数占比对总点数的 100%。

10.4.8 航行障碍物探测

10.4.8.1 危及船舶航行安全的航行障碍物,如礁石、沉船、浅地、水下桩柱、人工鱼礁、水下建筑设施等,应准确测定其位置、最浅深度(或干出高度、高程)、延伸范围和性质。

10.4.8.2 新发现的航行障碍物或原航行障碍物位置、最浅深度(或干出高度、高程)延伸范围等发生变化时,应及时上报。

10.4.8.3 采用多波束探测航行障碍物时,应进行不少于 2 次的全覆盖水深测量;2 次测量最浅水深互差满足表 22 要求,平面位置互差应满足 4.5.4 要求;互差超限时,应分析原因并再次复测,最浅水深取 2 次或多次测量的最浅值,位置取中数。

10.4.8.4 采用单波束加密测量探测航行障碍物时,加密线间距为图上 0.25 cm~0.5 cm,或放大比例尺探测。位置测量应至少有一个多余观测,位置互差满足 4.5.4 要求,取中数;最浅水深值应至少有一个多余观测,互差满足表 22 要求。

10.4.8.5 特殊深度或浅地按水深变化率分成三级:弱级 10%~20%,中级 20%~30%,强级 30%以上。探测应遵守下列规定:

- a) 在已测资料的基础上,先进行搜索探测,以特殊深度为中心布设(3~4)条相互交叉或平行的测线,探明延伸范围及更浅水深的走向;
- b) 根据所处海区地貌情况及其重要性确定扫测方式,对影响航行安全的特殊深度,探明最浅水深

和位置;对航行有影响的地段或处于平坦地段的特殊深度,详尽探测;对于航行无甚影响或地貌复杂海区,对中、强级特深详尽探测;

- c) 位于泊位、港池、航道、锚地、航路等重要通航水域的强级特殊深度,判断其性质;性质为沉船、礁石、水泥桩等航行障碍物,成果图按照 GB 12319 要求加绘相应海图符号。

10.4.8.6 礁石探测应遵守下列规定:

- a) 明礁及干出礁登礁测量或用满足精度要求的遥感方法测量高度(高程)和范围;采用适淹法观测干出礁的干出高度需记录礁石淹没瞬时水位;
- b) 中级以上且深度浅于 40 m 的暗礁,进行加密或放大比例尺探测,或实施全覆盖水深测量;新测暗礁的最浅水深与旧图(资料)注记的水深之差大于旧图注记水深值的 2 倍测深精度时,需进一步探测或扫测;
- c) 群礁探测时,测出其最外围礁石和主要礁峰的位置、高程(高度),并适当测出其他礁石的相对位置和群礁的危险界线;
- d) 在测量手簿内描绘干出礁、明礁、石陂的形状和范围,也允许采用现场摄像、拍照方式转绘,并注明正北方向。

10.4.8.7 各种航行障碍物的位置、高(深)度经各项改正校对后,探测结果应填写航行障碍物探测一览表(见附录 R)。

10.5 水深数据处理

10.5.1 水深数据处理准备及要求

10.5.1.1 水深数据处理前,应对测深资料进行整理,见附录 S。

10.5.1.2 水深数据处理内容包括原始数据检查、数据预处理、水深点选取与检查、吃水改正、声速改正、水位改正、其他改正、测深数据输出等。

10.5.1.3 原始数据检查应遵守下列规定:

- a) 检查原始数据可靠性,当发现测量资料有矛盾、错误和可疑问题时,按要求进行校对、分析和处理,确认准确后方能使用;
- b) 检查数据处理软件中设置的投影参数、椭球参数、坐标转换参数、各传感器的位置偏移量、系统校准参数等相关数据的准确性,如存在差异进行改正;
- c) 检查水尺零点、水准联测资料、水位观测数据正确性及完整性。

10.5.1.4 水深数据预处理应遵守下列规定:

- a) 测深和定位存在偏心时,进行偏心改正;
- b) 定位点存在异常跳变时,结合前后正常点位置修正或删除该跳变点;
- c) 各测量数据记录时间不一致时,进行时延校正;存在异常点时,进行时间异常点改正;
- d) 计算各验潮站水位改正数,化归各站水位至本站深度基准面;
- e) 声速剖面采集位置、时间和深度符合声速改正控制范围和控制时段要求;
- f) 姿态改正前检查是否存在异常数据,如果存在予以删除;
- g) 每项测量资料处理完成后,由另一名作业员进行校对;
- h) 纸质资料中的注记、说明、改正、校对、检查和签名使用蓝墨水书写;
- i) 处理结果填入资料处理记录表,处理过程不应篡改原始数据。

10.5.1.5 应根据测量水域的重要程度、海底地貌复杂程度等因素,合理确定成图水深点选取密度;单波束主测线和全覆盖水深测量水深点选取间距见表 24,检查线水深点选取间距为图上 3 mm~5 mm。

表 24 水深点间隔规定

单位为毫米

地 区	水深点间图上距离		
	沿岸水深测量 (距岸约 10 海里内)	近海水深测量 (距岸约 10 海里~200 海里)	远海水深测量 距岸大于 200 海里
复杂	3~4	4~6	6~8
一般	4~6	6~8	8~10
平坦	6~8	8~10	10~15

10.5.1.6 成图水深点选取应遵守下列规定：

- a) 按照等距要求选取水深,标记点、打标点优先选取；
- b) 特殊深度和影响地貌特征的水深点不应舍去；
- c) 能确切显示港口、航道、岛屿周围的地貌和狭窄水道中的深水航道的水深点不应舍去；
- d) 航向、航速变化的定位点不应舍去；
- e) 选取点水深与附近深度变化基本一致。

10.5.2 单波束水深处理

10.5.2.1 非数字化记录的测深资料,测深纸水深检查比对及深度量取应遵守下列规定：

- a) 用铅笔通过零讯号左侧外缘勾绘零位讯号线,如图 1 所示；回波讯号模糊不清或中断超过图上 3 mm,检查外业所勾绘的回波讯号连线的准确性；连线用红色铅笔(或红色墨水笔)勾绘在回波讯号靠近零讯号的一侧；
- b) 无涌浪观测改正时,当受风浪影响而回波讯号呈波浪状时,连线勾绘在回波讯号的波峰与波谷的中央,见图 1；

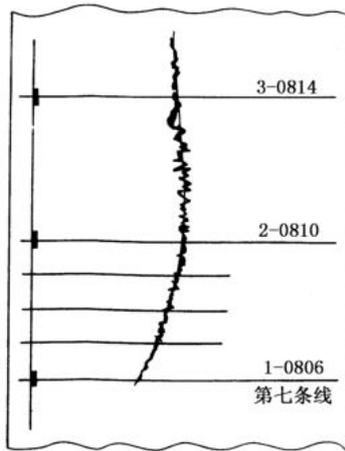


图 1 深度量取示意图

- c) 水深点选取间距按表 24,在 10.5.1.6 情况下,允许适当缩小选取距离,或删除邻近非特殊水深点；
- d) 航速、航向稳定或海底平坦的情况下,允许按一定时间间隔进行深度点内插,插点标记线平行于定位点标记线,插点数根据两定位点间距和水深点选取距离确定；
- e) 量取的深度,以铅笔写在靠近回波讯号左侧定位点或插点标记线上。

10.5.2.2 数字化记录的测深资料,水深检查比对及深度量取应遵守下列规定:

- a) 等距自动选取水深后,按 10.5.1.5 要求检查选取水深点是否合理,未选取的特殊水深点应人工增选,水深点密度大时删除邻近非特殊水深点;
- b) 精度明显较差的水深点、异常水深点、点状不连续的回波信号水深点等,再与测深记录纸比对核查,无测深纸或无法确定时,复测证实;
- c) 无涌浪观测改正时,当受风浪影响而回波信号呈波浪状时,适当进行人工平滑,平滑高度不低于波峰和波谷中间位置;
- d) GNSS 无验潮水深测量方式,不对波浪状回波讯号进行人工平滑;
- e) 新发现的孤立特殊水深进行加密探测。

10.5.2.3 水深检查比对完成后,进行水深改正,改正应遵守下列规定:

- a) 校对法检查测深仪改正数取测前、测后的检查板改正数累积中数;改正数曲线的绘制和改正数的量取见附录 T;采用水文资料计算水深声速改正数,需绘制校对仪器法及水文改正数曲线图(见附录 T),水深声速改正数取位到 0.01 m;
- b) 声速改正在仪器差和吃水改正之后,水位改正之前;
- c) 大比例尺单波束测深时,因时延导致定位偏差超限时,进行时延测定并改正;
- d) 测量水深经过吃水、声速、水位等改正后,输出选取的水深点用于水深成果图编绘。

10.5.3 多波束水深处理

10.5.3.1 要结合多波束外业测量工作记录,对水深数据进行姿态改正、吃水改正、声速改正、水位改正等,对每条测线的定位数据、罗经数据、姿态数据和水深数据分别进行编辑处理。

10.5.3.2 根据海底地形变化、水深数据质量、测量要求等对多波束数据进行预处理,选择合理的参数滤波进行自动滤波;或根据各水深的传播误差、表面模型等进行评估,剔除不合理水深。

10.5.3.3 预处理后应进行人机交互处理,对水深数据进行全面检查编辑。处理模式应包括测线处理模式和子区处理模式,处理过程中发现可疑波束点应从作业水域、回波个数、信号质量等方面进行综合分析,确定其性质和水深值。无法判断或影响通航安全的浅点、航行障碍物等应复测。

10.5.3.4 数据处理后应进行检查,综合分析已删除和保留的水深数据,如发现误删除数据,应及时恢复。

10.5.3.5 根据成图比例尺和地形复杂程度对水深数据进行抽稀,水深抽稀遵守“舍深取浅”要求,水深点间隔按表 24 执行。

10.5.3.6 码头边壁水深应取至护舷外侧,水深抽稀前应删除护舷内侧水深,特殊要求除外。

10.5.3.7 经确定的特殊浅点、航行障碍物等,应绘制大比例尺水深图、水下立体图、影像图等。

10.5.4 机载激光测深数据处理

10.5.4.1 数据采集完成后,应对测量数据进行整理并检查数据的完整性。整理后的数据应包括以下内容:

- a) 激光测深仪原始数据;
- b) 航空原始影像数据;
- c) 机载惯性运动单元/全球导航卫星系统(IMU/GNSS)数据;
- d) 激光测深仪检校参数、航线规划数据、激光参数文件、设备日志文件等辅助数据;
- e) 基准站 GNSS 观测数据;
- f) 水体透明度、折射率、底反射率、潮位、基准转换等数据信息。

10.5.4.2 对机载 IMU/GNSS 数据和基准站 GNSS 观测数据进行融合处理,检核起飞前后飞机在停机坪处的大地高精度,对飞行期间的定位与姿态数据进行精度评估。

10.5.4.3 对激光测深仪原始数据进行后处理,应包括以下内容。

- a) 波形分类。根据回波波形的时域、频域等特征,将回波波形分为陆地波形和水体波形。
- b) 发射和反射位置提取。根据激光的波形特征,提取激光发射位置和反射位置,获取激光空中传输距离和水下传输距离。

10.5.4.4 基于激光测深仪原始数据和 IMU/GNSS 数据处理结果,进行点云数据处理,应包含以下内容:

- a) 计算测区范围内反射界面的空间位置,形成点云数据;
- b) 进行航带拼接检查;
- c) 对点云数据进行分类和滤波;
- d) 航空原始影像数据处理;
- e) 进行海面波浪滤波,对水面起算的深度点进行水位改正;
- f) 将海底点大地高转换成深度基准面起算的深度;
- g) 对同一测点水位改正和基准转换分别获得的深度进行符合性检核评估。

10.5.4.5 按照 10.1.9 规定进行主检比对。

10.5.4.6 根据制图比例尺和数据用途对水深数据进行抽稀,水深抽稀遵守“舍深取浅”要求,水深点间距按表 24 执行。

10.6 水深图编绘

10.6.1 数字化成图图板准备与图件编绘

10.6.1.1 数字化成图图板准备应遵守下列规定:

- a) 成图数据文件名包含图号信息,采用“图号”或“图号+测区名”的格式;
- b) 坐标系、投影、比例尺、图廓坐标等基本参数与技术设计和最终上交成果图板一致;
- c) 水深成果图板上方里网(或方里网短线)间距为图上 8 cm~15 cm,高斯投影成图时位于其间距千米数的整数倍处(大于 1:10 000 比例尺,允许位于整百米处);
- d) 准确输入海区、测区、图号、图名、作业组长等整饰参数;
- e) 成果图整饰格式符合附录 U 的规定。

10.6.1.2 图件编绘应遵守下列规定。

- a) 根据任务要求和实际测量情况,编绘图件包括但不限于水深成果图、航迹线图、航行障碍物图等。
- b) 水深成果图包含转绘的最新海图或地形图岸线、新测岸线、水深点注记、等深线、底质注记、导助航标志、航行障碍物(特殊深度、礁石、沉船)、流速流向、各种界线、附图说明、图廓等;数字化成图时各要素分层表达。
- c) 数字化成图时,水深数据包括测量时间、平面坐标、水深值、来源等属性。
- d) 控制点、验潮站、障碍物、导助航标志等符号和名称影响水深、岸线的绘制时,根据重要程度进行取舍或微移位置;水深点与岸线重叠时,在测深精度 2 倍范围内向水部移动水深点;水深点与其他符号注记重叠,移动符号注记。
- e) 文字注记、水深注记朝图板的正上方向,水深注记字体、大小、密度按照 GB 12319 规定执行;泊位、港池、航道、锚地等重要通航水域水深按表 24 复杂地区水深点密度选取,正确反映海底地貌,分布合理。
- f) 明礁、干出礁的面积在图上大于 0.2 mm² 时,绘出实测形状;小于(含)0.2 mm² 时,用符号表示。在明礁旁注记高程,如(5.6);在干出礁旁注记干出高度,如(2₆);数字化成图系统中正确设置相应礁石符号的高程和干出高度属性值。

- g) 暗礁和 underwater 航行障碍物,要注记最浅深度、底质或性质。
h) 深度按表 25 规定化整。

表 25 深度化整规定

单位为米

深度区间	化整的精度	化整方法
$0 < H \leq 50$	0.1	厘米数(第二位小数)舍去
$H > 50$	1.0	分米数舍去

- i) 对于性质相同,但来源不同的要素,或易混淆要素,成果图分色绘制。
j) 图件编绘中发现资料有矛盾之处,核对原始资料并向测量作业人员了解情况,并将处理情况记录在成图处理记录表中。

10.6.2 水深成果图编绘

10.6.2.1 水深成果图水深编辑应遵守下列规定:

- 编绘前,对水深及各种航行障碍物深度进行水位、测深器具误差等改正;
- 水深选取遵守“舍深取浅”的要求,同时保留表示航道的通航能力、海底地貌特征等水深点;
- 保留能确切显示礁石、特殊深度、浅滩、岸边石陂等航行障碍物的位置、形状(及其延伸范围)以及深度(高度)的点;
- 保留能确切显示港口、航道、岛屿周围的地貌和狭窄水道中的深水航道的点;
- 保留能确切显示特殊深度和反映其变化程度的特征点;
- 保留能正确地勾绘零米线、等深线及显示干出滩坡度的特征点;
- 码头前沿水深取至护舷外边线,人工港池、航道水深取至边坡底边线;
- 水深注记不应进行不合理移位。

10.6.2.2 干出滩的绘制应遵守下列规定:

- 干出滩上的深度点,在其位置上标注干出深度,如 $\bar{5}_2$;
- 个别未干出的深度点,用零米线勾绘其范围;
- 干沟,用虚线绘出其形状,并注记沟深。

10.6.2.3 潮流标绘时,记入潮流位置,潮流符号按 GB 12319 规定绘制。

10.6.2.4 底质用汉字表示,当其位置与深度点重合时,允许向下微移,特殊深度底质均应记入。

10.6.2.5 等深线的绘制遵守下列规定。

- 不同水深的图幅应表示的基本等深线应符合表 26 的规定。

表 26 水深图基本等深线规定

单位为米

深度	基本等深线
0~5	0、2、5
6~40	10、15、20、25、30、35、40
41~100	50、60、70、80、90、100
101~200	120、140、160、180、200
201~500	250、300、350、400、450、500
501 以上	600、700、...

- b) 等深线的节点密度适当,勾绘成圆滑曲线,重叠的节点应删除。
- c) 等深线勾绘应遵守“扩浅缩深”的要求,在测深精度两倍范围内向深水一侧移动。两条不同深度表示浅区的等深线距离很近时允许合并。
- d) 先勾绘浅的等深线,再勾绘深的等深线;相邻等深线靠得很近时,应保持较浅的等深线完整,将深的等深线中断在浅的等深线附近。
- e) 当等深线离岸线或干出滩范围线很近,等深线允许中断在岸线或干出滩范围线附近。
- f) 大面积养殖场等探测欠完善海区,勾绘的等深线用不精确等深线表示;未探测地区等深线断在测量范围线附近。
- g) 当海底平坦,基本等深线不能明确反映海底地貌时,加绘辅助等深线;当海底坡度很大时,基本等深线适当减少。
- h) 等深线以黑色实线绘制,线粗 0.2 mm,辅助等深线以黑色虚线绘制。

10.6.2.6 附注的内容主要包括:

- a) 采用的坐标系、投影方法、分带方法及中央经线、基准纬度、深度基准;
- b) 采用的验潮站资料及水位改正方法;各验潮站深度基准面与平均海面的高差关系;
- c) 海岸线的资料来源;
- d) 其他资料来源及需要对成果图中资料的说明。

10.6.2.7 附注说明和图廓内外的注记格式应符合附录 U 的规定。

10.6.3 航迹线图编绘

10.6.3.1 航迹线图编绘应遵守下列规定。

- a) 定位点用直径约 2 mm 的圆圈表示,圆心与定位点重合,在测线稠密处,直径允许适当缩小;检查线定位点,用直径约 3 mm 的圆圈表示;每条测线起、迄点和逢 5 的整倍数点以及废点前后的点标注点号,或测量时间。
- b) 测线起始端标注测线号,整齐放置在测线空白处,并以箭头表示探测方向;补测、加密和定标测线的线号有明确类别标志字符;检查线的线号由“检”和编号组成,与主测线分色标绘。
- c) 测线上有插点的两定位点用实线连接,不插点的两定位点用虚线连接;单色绘制时,为使每条测线能清楚地区别开来,在测线交叉处允许分别用直线和曲线连接,如图 2 所示;如因加密线过密致使图面不清晰时,绘制放大的示意图;采用分色绘制时,不处理交叉测线。

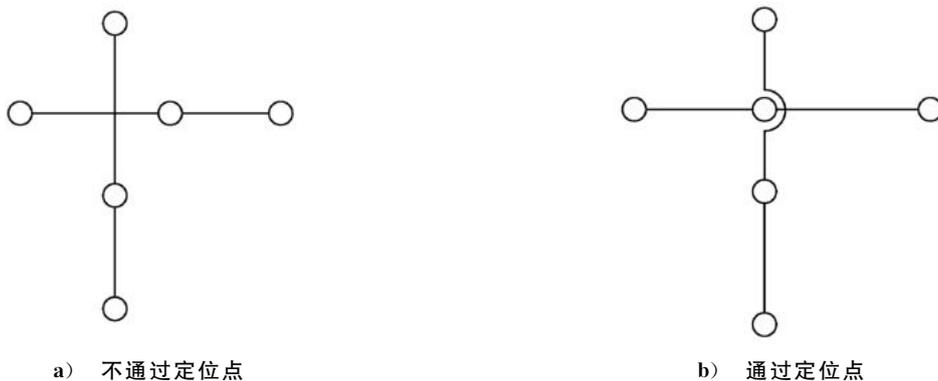


图 2 测线交叉示意图

- d) 不同测深作业组完成的测线、检查线和加密线,使用不同颜色绘制,并说明其所属的作业组。
- e) 多波束、侧扫声呐等全覆盖水深测量(或扫测)航迹线图,绘制覆盖范围图,定位点允许不标绘圆圈。

f) 在适当位置,说明测线所在手簿的编号、不同定位方法等有关问题及其他。

10.6.3.2 检查线透写图编绘应遵守下列规定:

- a) 检查线透写图在成果图板上转绘,检查线深度点用绿色表示,主测线深度点用黑色表示;
- b) 选取检查线深度点及检查线两侧的主测深线(2~3)个深度点进行绘制;
- c) 当主、检测深线的两深度点重合或相距很近无法同时表达时,允许将主测深线的深度点移位,在其点位上记一黑点,并绘箭头指示点位;
- d) 深度点移位的方向和距离尽量统一,移位后的深度点排列整齐。

10.6.3.3 相邻图幅拼接编绘应遵守下列规定:

- a) 在图幅的重叠处,本图幅的深度用黑色;相邻图幅的深度和相邻图幅的编号用其他颜色标注;
- b) 当相邻图幅的比例尺不一致时,以大比例尺图上的深度点缩绘至小比例尺图上,再进行拼接。

10.6.3.4 测深线透写图要记入全部使用过的控制点。检查线透写图只均匀记入部分控制点。各种成果图上的控制点,按照 GB 12319 规定的方法表示,并注记控制点名称。

10.6.3.5 航行障碍物及特殊深度图绘制要求如下:

- a) 航行障碍物应进行统一编号,有航行障碍物名称,应注记名称;无名称,只注记高程或深度,精确至 0.1 m;
- b) 航行障碍物最浅深度点颜色用红色,其他深度点颜色用黑色;
- c) 航行障碍物名称、编号应与“航行障碍物探测一览表”一致。

10.6.4 成果图件打印

10.6.4.1 成果图板应采用薄膜纸、绘图纸等变形小的纸张打印,分色图应采用彩色打印。

10.6.4.2 打印成果图图廓边长度误差不大于图上 0.2 mm,对角线长度误差不大于图上 0.4 mm。

10.7 水深测量质量检查

10.7.1 水深测量资料检查内容主要包括:

- a) 测量工作流程和关键环节是否按本文件的要求实施、设备性能和检验结果是否满足测量要求、设备参数设置是否正确、测量成果是否存在质量缺陷;
- b) 数据采集是否真实、正确,原始记录是否涂改,原始数据是否删改;
- c) 各种手簿、表格填写是否字体规范、书写工整、纸面整洁,不应涂、改、擦,填写错误后是否在错误之处整齐划去,并签名;
- d) 各种打印资料是否与电子资料一致;
- e) 其他资料是否真实可靠。

10.7.2 图件编绘完成后,进行下列质量检查:

- a) 对数据处理过程进行人工核对;按深度分段进行声速改正数检查;对每条测线的水位改正数进行人工校对,确保水位改正正确;
- b) 人工修改水深、人工内插水深数量统计和质量检查;
- c) 利用全部水深数据构建三维立体模型,通过可视化手段查看地形是否存在断裂、突跳等异常情况;
- d) 对测线间距、成图水深密度、水深浅点是否正确选取进行检查;
- e) 主检测线交叉比对统计,检查水深比对符合率;
- f) 相邻图幅拼接比对统计,深度点比较的差值应在 2 倍测深精度范围以内,不应存在系统差,水深差值超限点数应不大于总比对水深数的 10%;
- g) 各级检查过程及结论应进行记录。

11 扫海测量

11.1 一般要求

11.1.1 利用侧扫声呐(地貌仪)、三维成像声呐、合成孔径声呐、多波束、海洋磁力仪以及软(硬)式扫海具等进行扫海测量。

11.1.2 扫海前需收集测区水深、潮流、海底地形地貌、已(疑)存航行障碍物情况、待测目标信息等资料。

11.1.3 对码头前沿、港池、锚地及重要航道,选择侧扫声呐、多波束或软(硬)式扫海具进行海底全覆盖扫海测量。

11.1.4 侧扫声呐和软式扫海具扫海得到的海底目标,应借助于水深测量或人工探摸手段对海底目标的最浅点水深进行测定,以获得准确的目标位置、范围及深度。

11.1.5 扫海发现可疑目标时,应加密探测,或采用其他探测方式确认详细信息。

11.1.6 采用多种设备组合扫海时,应避免设备间的相互干扰。

11.1.7 扫海测量测得的航行障碍物应填写航行障碍物一览表,填写格式见附录 R。

11.2 侧扫声呐扫海

11.2.1 扫海趟布设

11.2.1.1 扫海趟布设应遵守下列规定:

- a) 大面积扫海时扫海趟相互平行,并使扫海趟符合下列要求之一:
 - 1) 平行于测区风流方向;
 - 2) 平行于扫海区域的长边;
 - 3) 平行于测区等深线走向;
 - 4) 平行于航道走向等。
- b) 定位误差满足 4.5.4 要求。

11.2.1.2 重叠带宽度的计算见附录 V。

11.2.2 测线布设

11.2.2.1 根据任务要求、测量等级、成图比例尺、水深及仪器指标确定侧扫量程,并根据侧扫量程结合重叠带宽度选择测线间隔。粗扫时采用大量程探测,精扫时采用小量程探测。

11.2.2.2 对于测量等级三等以上(含)的水域,全覆盖扫海探测覆盖率大于或等于 200%。

11.2.2.3 测线间距按公式(12)、公式(13)计算如下:

- a) 100%覆盖时,测线间距为

$$D \leq 2nR \quad \dots\dots\dots(12)$$

- b) 200%覆盖时,测线间距为

$$D \leq nR \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

D ——测线间距,单位为米(m);

R ——侧扫声呐单侧有效扫测宽度,单位为米(m);

n ——测线间距系数,取值依据重叠宽度而定,应不大于 0.8。

- c) 根据任务要求,不需要全覆盖时,测线间距根据成图比例尺确定。

11.2.3 侧扫声呐扫海测量实施

11.2.3.1 扫海测量实施前,应在海区对侧扫声呐进行调试,确定最佳工作参数,各项参数的设定以确保探测过程能够得到地貌清晰的海底声呐图像。侧扫声呐参数在测量过程中不应变动,遇特殊情况变动时,应及时在外业测量日志上进行记录。

11.2.3.2 侧扫声呐拖鱼的安装采用侧悬挂方式或拖曳方式。拖鱼安装深度应确保声图记录信息清晰稳定。拖曳方式安装时,拖鱼离海底高度为量程的 10%~20%。海底起伏较大的水域,应根据实际情况调整。

11.2.3.3 经常检查测量船的实际航速,并使之保持在设计航速以内。

11.2.3.4 上线时,在测区外 1 cm(图上)处即应保持航向和航速稳定。

11.2.3.5 扫海时保持航向稳定,不应使用大于 3°的舵角修正航向。

11.2.3.6 仪器操作使用人员应随时关注声图、海上环境变化。发现特殊情况时,有声图记录纸的,应在记录纸上注记有关定位、仪器状态、现场情况等;使用数字化声图的,应及时在测量日志上记录上述有关情况。

11.2.3.7 应对拖鱼位置进行归算与改正。

11.2.4 侧扫声呐扫海方式

11.2.4.1 侧扫声呐扫海采用粗扫和精扫两种方式。

11.2.4.2 粗扫用于初步探测目标的位置、高度、形状和走向。应在精扫之前实施。

11.2.4.3 精扫是根据粗扫发现的目标进一步探测,用于精确测定目标的位置、高度、形状和走向。

11.2.5 航行障碍物一览表填写

经水深测量等辅助方法测定的目标,应填写航行障碍物一览表,目标的编号应与粗、精扫记录的声图目标编号一致,并填写航行障碍物探测说明。

11.2.6 补扫与重扫

有下列情况之一者应补扫或重扫:

- a) 测量船驶入、驶出测区时,拖鱼位置距离测区外边界小于 100 m;
- b) 重叠带宽度不满足设计宽度要求;
- c) 测量船航向左右偏离,形成漏扫区;
- d) 声图记录上有噪声或其他干扰记录,影响声图质量,不能正确反映海底地貌和目标;
- e) 两侧声图出现非海底地形地貌等引起的明显差异;
- f) 底跟踪选择不当或无法跟踪,不满足目标位置量取要求;
- g) 涌浪较大造成拖鱼在水中上下波动,在声图记录上出现水面线、海底线有规律地相对弯曲,声弱区边界、远端最大作用距离相对弯曲变化;
- h) 其他不能满足目标探测要求时。

11.2.7 数据记录与整理

11.2.7.1 测量中应及时记录各种数据,内容应详尽清楚,按要求填写,不应涂改。

11.2.7.2 记录内容包括测区、测线号、时间、量程、频率、拖缆长度及航行障碍物、特殊海底地貌形态等。

11.2.7.3 遇航行障碍物或测量船故障及其他情况而使测量船的航向、航速发生较大变化时,应在测量日志中做相应记录。

11.2.7.4 应对每个测量周期的测量日志和数据记录进行检查,发现问题及时解决,及时标识并进行数

据备份。

11.2.7.5 剔除异常定位点,对拖鱼位置进行偏差改正,绘制侧扫声呐航迹图。

11.2.7.6 侧扫声呐资料应系统整理水深、航速、地形校正记录,综合分析声呐图像目标特征及其分布范围、特殊水深分布特征,确定海底航行障碍物性质、位置、高度和水深、大小及走向。

11.3 三维成像声呐扫海

11.3.1 扫海作业时,应配套 GNSS、姿态传感器、罗经等辅助设备;安装在水下作业平台时,应利用超短基线等进行准确定位。

11.3.2 应进行声速测量,声速测量精度优于 2 m/s。

11.3.3 测量实施前,选择适当海区,按照设备安装校准要求进行校准。

11.3.4 根据探测目标、性质等合理设置参数,应保证相邻扫描断面重叠带不少于测线间距的 10%。

11.3.5 各类记录数据应详细清楚,填写完整。

11.3.6 三维成像声呐数据处理时,应对水下目标进行三维可视化建模,生成水下目标三维可视化图。

11.4 合成孔径声呐扫海

11.4.1 测线布设应遵守下列规定:

- a) 根据仪器性能、测区水深、测量等级、扫测量程、周围地物、定位精度、数据质量及潮汐变化等确定测线间距,保证全覆盖扫海测量和有效扫宽之间的重叠;
- b) 选择合成孔径声呐扫测量程时:较软底质不超过换能器到海底距离的 4 倍,较硬底质为换能器到海底距离的 2 倍;
- c) 主测线方向平行于等深线走向、潮流走向、扫测目标走向或测区最长边等其中之一;
- d) 对线缆目标探测,测线平行于线缆目标走向,并保证相邻测线之间重叠 20% 以上。

11.4.2 外业探测应遵守下列规定:

- a) 依据目标探测要求分粗扫和精扫两类;
- b) 粗扫选择较低分辨率和较大量程实施;
- c) 对粗扫发现的目标,采取精扫确定目标的位置、高度、姿态及性质等;
- d) 对同一线缆目标,允许采用不同测线方向进行扫测;
- e) 必要时,采用潜水员下潜探摸、插杆等方式,以确定目标的性质、埋深等信息;
- f) 在正式采集记录数据之前,按预定的航速和航向稳定航行不少于 1 min;
- g) 在数据采集过程中,测量载体保持均匀的航速和稳定的航向;使用小舵角修正航向,避免急转弯;拖鱼入水后,不应停船或倒车;
- h) 实时监测数据的覆盖情况和信号的质量,如发现覆盖不足、信号质量不满足精度要求等情况时,及时进行补扫或重扫;
- i) 最大航速应不大于 6 kn。

11.4.3 补扫与重扫应遵守下列规定:

- a) 航迹向与船舶的首向差异超过 10° 时,进行重测;
- b) 重叠带宽度不满足要求时,进行补测;
- c) 涌浪过大导致海底线明显有规律地起伏时,进行重扫;
- d) 声呐参数设置不当,导致采集数据质量低,不能满足资料处理要求时,进行重测。

11.4.4 资料处理应遵守下列规定:

- a) 核对关键参数,对外业原始数据进行预处理;
- b) 剔除导航数据、罗经数据、姿态数据等的粗差;
- c) 导入姿态、航向、安装偏差、声速、潮位及吃水改正等数据;

- d) 根据辅助信息对合成孔径声呐图像数据进行修正；
- e) 根据地理坐标和时间进行配准,获取目标所在位置的海底位置信息；
- f) 生成沿线浅底层剖面信息、航行障碍物或探测目标信息等扫海位置分布图；
- g) 输出目标与海底地形融合后的三维效果图,编写技术报告。

11.5 软(硬)式扫海具扫海

11.5.1 软式扫海具进行扫测的方法分为定深扫测和拖底扫测两种。定深扫测应使扫海具的底索在深度基准面以下保持一定深度,以确定船只安全航行的深度和确定航行障碍物的最浅深度。拖底扫测应使扫海具底索着底,以发现和探测航行障碍物。

11.5.2 在扫测之前应对扫测海区进行潮汐预报和潮流推算,并计算相邻扫海趟之间的重叠带宽度和扫测范围。重叠带宽度计算见附录 V。

11.5.3 扫测前应进行图板准备,记入需扫测的航行障碍物位置和扫测范围,标明设计扫海趟及顺序,并标注扫测范围附近的水深和其他航行障碍物。

11.5.4 扫海趟布设要求如下：

- a) 扫海趟布设的方向应与扫测区域内的流向平行,以利扫测船只的操纵与扫海具的展开；
- b) 应以最少的扫海趟覆盖扫测区域为原则,选取适当的扫海趟有效宽度。

11.5.5 应按设计扫海趟宽度的 70%~80% 计算扫床宽度；拖索长度通常为定深的(3~4)倍；稳定索通常与拖索等长；拖缆长度一般为拖索的 2 倍；浮标从主艇开始依次编号。

11.5.6 定深扫测时,应合理选择扫测时段、减少底索放长、增加小沉锤数量、反复检查扫床提高量,确保定深扫海精度。应以(1~2)艘检查船不断检查扫床的提高量,重点检查两端；当由于提高量的影响使扫测安全深度小于设计规定的深度,或提高量大于 0.3 m 时,应进行补扫。

11.5.7 拖底扫测开始时应先检查扫床提高量,当底索确实着底、航速稳定后,停止检查。

11.5.8 大浮标位置为有效探测位置,应进行测定。

11.5.9 主、副船船艏连线应与扫海趟方向保持垂直。扫具拖出测区应大于图上 1 cm。

11.5.10 定深扫测时船速应不大于 3 kn,拖底扫测时船速应不大于 4 kn。扫测工作应选择气象条件好、半流或转流前后进行。

11.5.11 当出现底索脱挂、割断或发现其他可疑情况时应补扫。

11.5.12 硬式扫海具扫海水深应不大于 4 m,且应在平流情况下进行。

11.5.13 采用硬式扫海具扫海,除满足软式扫海具扫海的要求外,还应符合下列规定：

- a) 扫床架有足够的刚度,使用时的变形值不大于 5 cm；
- b) 扫床重叠覆盖宽度不小于 1.5 m；
- c) 扫测到的浅点或航行障碍物的平面位置偏差不大于 1.5 m,深度误差不大于 0.1 m。

11.5.14 数据记录与整理应遵守下列规定。

- a) 测量中及时记录各项数据,包括大浮标位置、底索提高量、测量主副船航速、扫海具挂住航行障碍物时间和主副船位置等,内容不应涂改。
- b) 测线开始和测线结束时间,测量船的航向、航速发生较大变化时,在测量日志中做相应记录。
- c) 对测量日志进行检查,发现问题及时解决。
- d) 确定扫海趟有效宽度,绘制扫海趟航迹图。图内注明扫海趟编号、方向,相邻扫海趟用不同方向斜线填充标示。
- e) 严格检查重叠带宽度,重叠不够的区域标出补扫范围。
- f) 绘制扫海测量图,定深扫海有效深度以“□”表示,如“ \square_{10} ”表示经定深扫海有效深度为 10 m；拖底扫海以“ \square_{2} ”表示,如“ \square_{2} ”,表示底索离海底 2 m,如底索全部着底则不注明数字。

11.6 海洋磁力仪扫海

11.6.1 海洋磁力仪扫海一般用于海底铁磁性物体、海底管线等探测。

11.6.2 磁力仪探测作业应遵守下列规定：

- a) 定位设备平面精度优于 2 m；
- b) 海洋磁力仪拖鱼入水深度、船速、测线布设等，以检测到水下目标的磁异常变化为原则；
- c) 磁力仪拖鱼入水后，测量船保持航速和航向的稳定，不应停车或倒车；
- d) 作业时量取拖缆长度、定位点与拖缆入水点距离，进行拖鱼位置归算；
- e) 拖缆施放长度不小于 3 倍船长，并以磁记录信号稳定为原则。

11.6.3 磁力仪扫海测线的布设应遵守下列规定：

- a) 根据探测目标的性质和测量条件确定测量比例尺、测线间距；
- b) 根据目标体磁性的分布特点确定主测线方向，探测孤立目标时主测线布设为南北方向，探测水下管线目标时主测线垂直于管线走向；
- c) 孤立目标加密探测时布设正交的等间距格网测线。

11.6.4 磁力仪有效探测宽度计算见附录 W。

11.6.5 磁力仪扫海数据处理方法应遵守下列规定：

- a) 根据作业现场记录和测线剖面曲线，提取水下目标磁异常信号；
- b) 根据测线剖面曲线上磁异常信号附近的地磁背景场数据，拟合水下目标附近地磁背景场；
- c) 计算水下目标磁异常值。

11.6.6 对拖鱼位置进行偏差改正，绘制磁探测航迹图。

11.6.7 绘制水下目标磁异常等值线图和水下目标磁异常平面剖面图等磁探测成果图。

11.7 多波束测深仪扫海

11.7.1 需要确定水下沉船、飞机残骸、礁石等深度和特殊深度时，应使用多波束测深仪进行扫海。

11.7.2 多波束扫海的作业方法按照第 10 章执行。

12 水文观测

12.1 温盐测定

12.1.1 温盐测量资料用于声学仪器水深测量时的声速改正。

12.1.2 整理温盐深仪观测记录资料时，深度（或压强）和水温、盐度观测值应先按标定结果进行订正，删除水温、盐度原始观测记录中深度（或压强）逆变的深度值（或压强值）及其对应的水温、盐度数据，建立深度（或压强）递增的水温、盐度序列。

12.1.3 布设的水文点测站位置在测区内应具有代表性，所测得的水文要素资料能够反映该要素的分布特征和变化规律。水文点布设密度参照 10.4.5.5 中的声速剖面控制半径执行。

12.2 海流测验

12.2.1 海流测验方法

海流测验采用定点测流、走航式声学多普勒流速剖面仪（ADCP）测流和漂流观测等方式实施。

12.2.2 一般要求

12.2.2.1 在港口和航道入口处、航道方向改变处、锚地以及码头附近水域，流速超过 0.5 kn 时，应观测

其流速和流向。

12.2.2.2 在每个观测点,应进行分层观测,其最大深度层参照航道设计水深要求。在观测潮流时,应同时观测潮位和常规气象要素。海流连续观测的时间长度应不少于 25 h,至少每小时需观测一次。往复流区应选择在高低平潮前 1 h~2 h 进行。

12.2.2.3 验流(潮流)时间:半日潮港区选择在天文大潮期间进行,日潮港区选择在月赤纬最大的前后回归潮期间进行,最大潮日期从潮汐表中选取。

12.2.2.4 海流测验的主要要素为流速和流向,辅助要素为风速和风向。流向、流速值应采用不小于 50 s 的平均值。

12.2.2.5 流速不大于 2 kn、水深小于 200 m 的海区,流速测量误差应不超过 ± 0.05 m/s;水深大于 200 m 的海区,流速测量误差应不超过 ± 0.03 m/s;流向测量误差应不超过 $\pm 10^\circ$ 。流速超过 2 kn、水深小于 200 m 的海区,流速测量误差应不超过流速值的 $\pm 5\%$;水深大于 200 m 的海区,流速测量误差应不超过流速值的 $\pm 3\%$;流向测量误差应不超过 $\pm 10^\circ$ 。

12.2.3 定点测流

12.2.3.1 定点测流使用定点海流计或声学多普勒流速剖面仪进行。

12.2.3.2 用海流计定点测验,应测出最大涨落潮流的流速、流向及时间,说明转流时间与高低潮时的关系,并应同时观测水位。海流的速度应精确到 0.1 kn,海流流向应精确到 0.5° 。

12.2.4 走航式 ADCP 测流

12.2.4.1 ADCP 安装应遵守下列规定:

- a) 换能器的入水深度,根据测船航行速度、水流速度、水面波浪大小、测船吃水、船底形状等因素综合考虑,使换能器在整个测验过程中不会露出水面,还应保证船体不影响信号的发射和接收;
- b) 保证换能器纵轴垂直,呈自然悬垂状态;水平方向,使换能器上的方向标识箭头与船体纵轴线平行;
- c) 在换能器安装过程中,防止碰撞换能器表面。换能器安装牢固;
- d) GNSS 天线未安装在 ADCP 换能器正上方时,进行位置偏心改正;
- e) 外接罗经时,罗经安装指向与船艏方向一致,并与 ADCP 换能器呈刚性连接;
- f) 外接测深仪时,其换能器垂向安装在 ADCP 换能器同侧,距离不大于 5 m。

12.2.4.2 安装完成后,对 ADCP 进行如下内容的检查。

- a) 测前进行 ADCP 自检,并记录自检结果。
- b) 受铁磁物质或外界磁环境影响,测船底跟踪往返施测轨迹不能闭合时,应安装外接罗经。
- c) 在监测断面施测中有“动底”运动的,采用 GNSS 测量船速。采用 GNSS 测量船速和航迹时,采用外部罗经提供航向数据。
- d) 底跟踪失效时应调整参数进行试测,测不到最大水深时外接测深仪测深。
- e) 测验前,对使用的罗经(内置罗经或外接罗经)进行校检,内置罗经校检出磁偏差角,外接罗经校检出安装偏差量。

12.2.4.3 每次测验前,根据现场条件按以下要求对仪器参数进行设置:

- a) 采用 ADCP 走航式测验海流时,测量船速应保持平稳,数据采样间隔小于 3 s;
- b) 深度单元尺寸应在仪器标称范围内,深度单元尺寸与深度单元数的乘积不小于所测断面的最大水深;
- c) 底跟踪脉冲采样数(或脉冲时间间隔)根据断面宽窄、水深大小进行设置;
- d) 根据断面形状、水深大小选择合适的工作模式;

- e) 盲区的设置不小于仪器标称值；
- f) 换能器入水深度根据实际测量值设置；
- g) 对水体含盐度较高的断面，设置修正声速的盐度值；
- h) 当采用 GNSS、罗经或测深仪等外接设备时，配置外接设备数据源及安装偏差等参数。

12.2.4.4 资料检查与分析包括以下内容：

- a) 检查 ADCP 换能器入水深度、盲区设置、深度单元数量等的设置是否正确；
- b) 检查断面是否有“动底”，以及外接设备（GNSS、罗经及测深仪）的精度、数据更新率、安装、标定设置等是否正确；
- c) 检查记录是否满足格式及存档要求；
- d) 数据采集前，断面位置、测量日期、设备、配置文件和测量软件版本等信息应在 ADCP 测验记载表中记录；
- e) 按软件“回放”模式对每组原始数据进行检查，保证数据的完整性、正确性以及参数设置的合理性；
- f) 检查无效流速数据的比例，如果无效数据超过总数据的 10% 或连续出现 20 s 以上的无效数据，应重新施测；
- g) 仪器安装、参数设置不当，且未进行有效校正的，应重新测验。

12.2.4.5 测点流速、流向的计算应遵守下列规定。

- a) 将垂线各单元实测流速分解为东向与北向速度分量。
- b) 采用流速分布公式拟合东向与北向垂线流速分布。
- c) 采用拟合公式计算各测点流速、流向。
- d) 根据垂线各测点流速分别计算东向与北向平均流速分量，计算垂线平均流速、流向。根据各单元实测东向与北向流速分量的算术平均值，计算垂线平均流速、流向。
- e) 对相应数据进行回放，及时检查校对观测记录，剔除航迹转向、流速矢量异常的数据，绘制测流点平面分布图。

12.2.5 漂流观测

12.2.5.1 往复流观测采用双连浮筒或标杆，在最大流速前后连续进行。采用浮标法测流时，标杆的底部沉入水中 3 m，测定浮标的定位间隔不大于 20 m，如遇流速过急、过缓时段允许适当调整定位间隔。

12.2.5.2 采用漂流法测流时，应绘制往复流草图，其潮流矢量线上方应注记流速，箭头前空白处应注记流向。

12.2.6 资料处理

测流结束后，应从原始数据中剔除明显错误的的数据，计算测点的最大可能流速和流向。绘制测流点平面分布图和矢量分布图，编写技术报告。

13 底质探测

13.1 一般要求

13.1.1 水深在 100 m 以内的海区均应探测海底表层底质，特殊深度应探测底质。底质采样时应定位和测深。

13.1.2 一般海区只进行海底表层采样。对锚地及其他特殊要求的海区，应根据任务的性质和要求进行浅地层剖面测量。

13.1.3 海底表层底质取样点密度应根据海域底质特征和航行属性等因素综合确定，一般海区为图上

每 25 cm²~100 cm² 一个点；锚地、停泊场、航道和重要海区及底质复杂海区，为图上每 4 cm²~9 cm² 一个点。

13.1.4 底质分类应符合附录 X 的规定。

13.2 表层采样

13.2.1 表层采样根据实测区域的水深情况采用蚌式采样器或箱式采样器实施。一般情况下采用蚌式采样器，对样品有特殊要求时（如数量大、原状样等）选用箱式采样器。

13.2.2 水深浅于 10 m 时，允许使用水砣探测底质，应停船进行。

13.3 浅地层剖面测量

13.3.1 一般要求如下：

- a) 浅地层剖面仪测量底质及其分层结构时，应按任务需要，结合测区的地质条件和地貌特征，充分参考已有钻孔地质资料布设测线；
- b) 浅地层剖面探测分辨率应优于 0.5 m，软泥质底质最大探测深度应不小于 30 m；
- c) 应归算浅地层剖面仪换能器位置，固定安装和舷挂式安装位置归算误差不大于 0.5 m，拖曳式安装位置归算误差不大于缆长的 10%。

13.3.2 测量比例尺与测线布设应遵守下列规定：

- a) 浅地层剖面测量比例尺、测线间距、定位点间隔根据任务需要设定；
- b) 主测线的布设垂直地层总体走向，检查线与主测线垂直；在不了解地层走向的地区，主测线得布设垂直地形或构造总体走向；近岸作业时，主测线允许垂直岸线布设；
- c) 测线间距根据需要确定，定位点间距一般为图上 2.0 cm~2.5 cm。

13.3.3 侧悬挂方式，换能器应安装于船的中后部一侧；固定安装方式，换能器应安装在船舷中部；拖曳方式，应使拖鱼保持平稳。

13.3.4 测量前应先测量区域调试仪器，获得最佳发射频率、脉宽和增益等参数。

13.3.5 测线航行应遵守下列规定：

- a) 船速不大于仪器标称速度，测线两端均向测区外延长 100 m；
- b) 测量过程中测量船匀速、直线航行；
- c) 当出现特殊情况，测量船偏离原定航向或减速时，及时在测量日志上记录。

13.3.6 作业时实际航迹偏离设计测线应不大于测线间距的 1/5，否则应重测或补测。

13.3.7 测线未完需续测时，续测测线应在断点处与原测线有 100 m 以上的重叠。

13.3.8 测量记录应遵守下列规定：

- a) 地层反射信号的剖面记录连贯清晰；
- b) 因水深和底质类型变化较大影响到剖面记录质量时，对采集参数做适当调整，以保证记录剖面质量和穿透深度，同时在测量日志上注明；
- c) 测量过程中及时进行检查，对不合格的剖面记录进行补测或重测；
- d) 填写测量日志，记录海区、海况、航速、测量情况、周围环境状况及特殊情况处理过程等。

13.3.9 现场资料检查项目包括以下内容：

- a) 进行完整性检查，检查是否有遗漏未测的测线；
- b) 通过数据回放，对数据质量进行初步评估；
- c) 检查测量日志和测量记录的完整性、剖面反射信号的连续性和定位数据的精度等；
- d) 对原始数据文件应进行 100% 检查，并进行数据备份。

13.3.10 资料分析与处理应遵守下列规定：

- a) 与地质钻孔等其他资料进行比对分析，以确定不同层位的厚度及底质类型概况；

- b) 绘制浅地层剖面图,纵向横向比例尺比值为1:10;横向坐标为距起点的距离,纵向坐标为当地深度基准面下的海底面深度和层位厚度,并注明底质类型。在图内采用不同填充符号对底质层位类型予以标示,并在图内加载图例说明。

13.4 测量成果内容

13.4.1 成果图件包括:

- a) 底质采样图(含采样站位、底质类型);
- b) 测线航迹图;
- c) 浅地层剖面图;
- d) 底质采样成果表。

13.4.2 技术报告内容包括:

- a) 测量项目来源、目的和任务,测区范围和地理位置,内、外业工作时间安排,项目内容和测线布设、工作量与完成程度,获取资料情况等;
- b) 海上测量方法,站位布设,仪器设备性能及各项指标,定位方法及其精度,原始资料质量,资料整理方法,成果资料质量等;
- c) 资料分析方法及其依据;
- d) 结论与建议。

14 海岸地形测量

14.1 一般要求

14.1.1 测量范围

实测海岸地形时,海岸线以上向陆地测进:大于(含)1:10 000 比例尺为图上1 cm;小于1:10 000 比例尺为图上0.5 cm。密集城镇及居民区向陆地测至第一排建筑物。海岸线以下测至半潮线,并与水深测量成果相拼接。码头地区应测完整。

14.1.2 测量方法

海岸地形测量,应选用能达到精度要求的测绘方法[如全站仪极坐标法、GNSS RTK 测量法、三维激光扫描(LIDAR)方法、航空摄影测量方法等]。海岸线应进行实测。

14.1.3 测量内容

海岸地形测量内容包括:

- a) 海岸线、干出滩、干出礁、明礁及岛屿;
- b) 码头、道头、海堤、防波堤、船坞、渔堰、系船桩、验潮站、灯塔、灯桩、导航台、信号台、立标、导标、测速标、罗经校正标和各种显著的塔、房屋、碉堡、独出树、孤峰、独立石等可供海上航行的所有显著建筑物和天然目标;
- c) 水上建筑物;
- d) 区域界线及指示水下管线、海底电缆等的标志;
- e) 道路、河流、沟渠、居民地、土质及植被等。

14.1.4 测绘要求

海岸地形测绘应遵守下列规定。

- a) 地物地貌依比例尺测绘时注记或说明;不依比例尺时,按规定的地物地貌符号表示,地物地貌的定位点与地物地貌中心相吻合。
- b) 图上地物点相对于邻近测图点的点位中误差及邻近地物点间中误差在图上不超过表 27 的规定。

表 27 地物点测图精度规定

单位为毫米

地物类别	点位中误差	邻近地物点间中误差
航行目标	±0.4	±0.3
轮廓清晰明显的地物 及海岸线转折点	±0.6	±0.4
轮廓不明显地物	±0.8	±0.6
隐蔽地区或特殊困难地区时,点位中误差和邻近地物点间中误差按上述规定放宽 50%		

- c) 高程注记点的高程和干出高度点的高度的中误差不超过±0.2 m。等高线相对最近控制点的高程中误差,不超过±0.5 m。
- d) 取舍时,保留对航海有意义的全部要素,突出显示海岸线。不能或无需同时按真实位置测绘两个(含)以上的地物时,取新的、高大、突出、坚固的测绘,移位次要要素,舍去或综合表示。

14.1.5 地形图图幅的编号及整饰格式

应符合附录 Y 的规定。

14.1.6 最大测距长度

测图采用电磁波测距时,其最大测距长度应不超过表 28 的规定。

表 28 电磁波测距时最大测距长度规定

单位为米

比例尺	1 : 2 000	1 : 5 000	1 : 10 000
电磁波测距	1 000	2 000	2 000
大于 1 : 2 000 测图时的电磁波最大测距长度按 1 : 2 000 的要求,小于 1 : 10 000 测图时的电磁波最大测距长度按 1 : 10 000 的要求			

14.1.7 视线高较差

视线高应有检核记录,其较差应不大于 0.1 m 或 1/10 基本等高距。

14.1.8 定向点方向检查

测图过程中应随时检查定向点方向,测站观测时仪器被碰撞及结束时均应检查归零方向,方向值归零的允许值为±2'。

14.2 仪器的设置及检查

14.2.1 全站仪的对中偏差实地应不大于 5 mm,长度应大于图上 10 cm,定向后应用其他方向校核,其

偏差应不大于 $1'$ 。

14.2.2 GNSS 基准站与流动站之间距离不超过 10 km, 平面坐标转换残差应不大于 0.1 m, 高程拟合残差应不大于 1/10 基本等高距。

14.3 测站点测量

14.3.1 测站点是进行碎部测图的主要依据, 作业中, 除充分利用各级控制点外, 主要采用极坐标法、GNSS 快速测量法、导线法、交会法等方法测定, 测量要求及方法按照第 6 章、第 7 章及第 8 章要求执行。测站点的点位误差不大于图上 0.1 mm, 高程中误差的限差为 0.2 m。

14.3.2 由控制点引测复视支导线作为测站点, 只允许引测一条边, 特殊困难地区允许连续引测 2 点支导线。测站点配合控制点允许发展一次测站点。

14.4 碎部测量

14.4.1 方位物和高程注记点测量要求应遵守下列规定。

a) 方位物分类及测量:

- 1) 第一类方位物指突出地面且从很远处就能看到的地物, 如导标、灯标、测速标、宝塔、碉堡、水塔、高楼、独立房屋、纪念碑、无线电天线架、孤峰、烟囱、独立树、独立石及其他突出地面的建筑物;
- 2) 第二类方位物指不突出地面, 但能长期存在且易于识别的地物, 如公路、铁路的交叉点和急转弯、十字街口、桥梁、显著的地物角、远离居民地的水井、有固定河床的小溪和河流的特征曲折处、土堤、海岸线或地界的急转弯等;
- 3) 第一类方位物除已在控制测量中进行施测外, 余者按测图点的施测规定测定; 第二类方位物应按测定测站点的施测规定测定。

b) 高程注记:

- 1) 陆上(含岸线)高程注记点包括控制点、制高点、测站点、方位物点等, 要求沿海岸线图上每 10 cm 不少于(2~3)个高程注记点;
- 2) 灯塔、灯桩、信号杆、立标、导标、测速标、罗经校正标、宝塔、碉堡、孤峰、独立石和第二类方位物, 均应测注高程。宝塔、独立石等应测注比高, 灯塔、灯桩等, 还应注记发光体在平均大潮面上的高度;
- 3) 不依比例尺描绘的桥梁作为第二类方位物时, 不必另加第二类方位物的符号, 其高程的测注均以桥的中心为准。

14.4.2 居民地测绘应遵守下列规定。

- a) 明显而精确地表示外部轮廓、内部排列(位置)、房屋的密度、附近道路的联系及周围植物的情况。
- b) 明显地表示主要街道、突出的坚固房屋、方位物、街巷交叉口的建筑物。次要街道和巷道除 1:2 000、1:5 000、1:10 000 比例尺测图外, 其他较小比例尺测图根据具体情况进行取舍; 农村居民地的小巷按主次进行取舍。
- c) 正在建筑中的地区, 以实地标定的道路作为街道表示; 街区中正在建筑的房屋, 用其已建成的相应符号表示; 未建筑部分, 按实地情况以相应符号表示; 为工程建筑而修建的临时性工房及帐幕等, 不必绘在图上。
- d) 城市和城市式居民地内的房屋在图上相距 0.8 mm 以内者, 合并为街区。农村式居民地的散列房屋, 图上面积小于 0.3 mm^2 时, 在保持居民地特征的情况下进行取舍。
- e) 在 1:2 000、1:5 000、1:10 000 比例尺图上, 所有居民地及独立房屋均应测绘, 并按实际情况分别表示坚固、非坚固及高大突出的建筑物。对工业建筑物以及其他重要的社会公共建筑

物,加说明注记。

- f) 在 1 : 25 000 和 1 : 50 000 比例尺测图上,测绘城市、城市居民地和有街区的农村,表示出坚固街区和非坚固街区、工业建筑物和高大建筑等。
- g) 地名注记标准名称,如有沿用已久的非正式名称,也注于图上;如居民地过密,注记全部地名影响地图清晰时,将较小或次要地名进行取舍。
- h) 季节性的渔村和棚房,注记居住的起止月份。

14.4.3 道路测绘应遵守下列规定:

- a) 所有铁路均测绘,站内岔线对 1 : 2 000、1 : 5 000、1 : 10 000 比例尺测图,每条均测绘;对 1 : 25 000、1 : 50 000 比例尺测图,测绘最外边的岔线,中间以间隔均匀的线条表示;已拆毁铁路的路基,在 1 : 2 000、1 : 5 000、1 : 10 000 的比例尺测图均测绘,在 1 : 25 000、1 : 50 000 的比例尺测图只有地物稀少或缺乏方位物的地区测绘;
- b) 固定的轻便的轨道,全部进行测绘;
- c) 所有公路均测绘,并用相应的符号表示;
- d) 其他道路根据测图比例尺和道路网的稀密情况进行测绘或取舍,重要目标的唯一通路,应测绘;
- e) 居民地出口处、荒地、森林地区的道路,应予测绘。

14.4.4 水系如河流、运河、沟渠、湖泊、池塘、水库等均以其岸线表示在图上,其岸线按常水位的水迹线测绘。湖泊、池塘、水库等图上面积小于 1 mm^2 而又无重要价值者允许不予测绘。河流宽度以图上 0.4 mm 为分界值进行单双线表示。

14.4.5 水系的附属建筑,如水闸、堤岸、堰坝(区分拦河坝和滚水坝)、水文站、水电站、码头和轮船停泊处、输水管、输水槽等,在图上均应表示,水闸和堰坝应注明其建筑材料,大型堰坝还应注记其上、下游的水位高程和坝宽。

土堤的高度大于 1 m 者应完整表示,并注记其比高。

14.4.6 管线和垣栅测绘时,电力线、通讯线均应表示,电杆、铁塔位置应实测。同一杆上架有多种线路时,应表示其中主要线路,并做到各种线路走向连贯、线类分明。居民区、建筑区内的电力线、通讯线在选择不连线时应在杆架处绘出连线方向。地面及架空的管线均应表示,并注记运输的物质类型。城墙、围墙及永久性栅栏等均应测绘。跨过航道的架空电缆、桥梁,均应测定其至平均大潮高潮面的高度。

14.4.7 土质分类:沙地、沙丘、石块地、软泥地和盐碱地等。盐碱地应区分可通行的与不可通行的。

14.4.8 植被主要分类:

- a) 木本植物:森林、独立树丛、独立树、疏林、幼林、竹林、防护林、灌木林及灌木等;
- b) 草本植物:草地、芦苇地、半荒草地、荒草地及水生作物等;
- c) 农作物:旱地、稻田及经济作物地等。

14.4.9 在地形图上,地貌用等高线和符号表示,并用地形特征点和等高线的高程注记及独立地貌的比高注记和示坡线表示。海岸地形测量基本等高距 1 : 2 000、1 : 5 000 比例尺为 2 m;1 : 10 000 比例尺为 5 m;1 : 25 000 比例尺为 10 m。陡坡上的等高线间隔在图上 0.3 mm 以内的允许有选择地合并。等高线遇到房屋、油罐等建筑物时应断开。

陡崖、岩峰、崩崖、人工采石场均应测定其范围并注记比高,测注精度为 0.1 m,注记位置应选择陡崖的最高处。

14.4.10 所有的山岭、山沟、河流、湖泊、港湾及岛屿等自然地理名称和车站、工矿企业航标等专用名称,都应进行调查并正确地按现有名称注记。

14.4.11 陆地碎部测量除应执行本文件规定外,还应执行有关陆地地形测量规范的规定。

14.5 海岸线测定

14.5.1 海岸线以多年大潮平均高潮位时所形成的痕迹线测绘。依据海岸的植物边线,土壤和沙石的

颜色、湿度、硬度,流木、水草、贝壳等冲积物,岩石及人工构筑物的浸泡痕迹线或边线等来确定其位置。

14.5.2 海岸线测绘时应按性质区分为:自然岸线、人工岸线和其他岸线。自然岸线主要有岩石岸、磊石岸、砾质岸、沙质岸、陡岸、岩石陡岸、树木岸、芦苇岸、丛草岸及垄岸等。人工岸线主要有加固岸、堤岸等。

14.5.3 测量海岸线时,海岸线位置以碎部点间的连线标示,当连线为曲线时,应增加转折点的数量,海岸线位置最大误差不大于图上 0.6 mm,其转折点的位置误差不大于图上 0.4 mm。

14.5.4 与海岸线相连的码头、道头、防波堤、船坞、堰坝、输水槽及其他水工建筑物等均应详细测绘,并注记高程。

14.5.5 图上实测的海岸线位置与其他地物位置发生矛盾时,不应移动海岸线位置;但当岛屿与大陆以堤岸相连接时,堤上的公路、铁路、堤的符号需要加宽时允许合理移动海岸线位置。

14.5.6 各种陡岸、堤岸以符号表示时,其宽度为图上 1.5 mm。当实地宽度小于上述规定时,按一边进行测绘,用规定的符号大小表示,符号外边线表示实地岸线位置;若实地宽度大于上述规定时,则根据实地情况,进行上下坎测绘或一边测绘,其符号宽度则按实际大小表示。

陡岸、堤岸均应注记比高,测注精度为 0.1 m,注记位置应选择在陡岸的最高处。陡岸、堤岸的比高有滩地区从倾斜变换点起算,无滩地区从形成海岸线的痕迹线起算。

14.5.7 在河口地区测绘海岸线时,明确的河口海陆分界线、河口区域最靠近海的第一条拦河闸(坝)或第一座桥梁外边界线、河口突然展宽处的突出点连线均允许作为河口处的海岸线。

14.6 干出滩测量

14.6.1 应测定干出滩的性质及其范围、干出滩上的地物、地貌和干出高度点(从深度基准面算起)。对于大面积干出滩应采用断面线法进行测量。

14.6.2 干出滩按其性质分为岩石滩、珊瑚滩、泥滩、沙滩、砾滩、泥沙混合滩、沙泥混合滩、沙砾混合滩、芦苇滩、丛草滩及红树滩等。

对各种干出滩的性质,应说明注记。当干出滩上为两种(含)以上性质时,应分别测绘。如靠近水深零米线是泥滩,而泥滩与海岸线之间是草滩(或其他性质的干出滩如牡蛎滩、芦苇滩等),此时草滩应完全描绘,在其外围再注记另一种干出滩的性质。草滩的外轮廓,允许用极坐标法、立标尺法、交会法测绘。干出滩的外边缘采用水深测量资料。

14.6.3 凡在测量区域内的明礁、干出礁均应测定其位置、高程(或干出高度)。

14.6.4 靠岸的礁石的测定应遵守下列规定。

- a) 靠岸不太明显的岩礁,只测定位置,不测高度。如在岬角头上延伸出的大石陂,在石陂上有一个比石陂略高一点的明礁,则允许不测其高程,只测其位置。反之,该明礁显著突出,如高出周围石陂在 1 m 以上者,则同时测定其位置与高程。
- b) 岬角头上没有石陂时,则不论其礁石的大小、高度,均测定其位置与高程。
- c) 岬角头上虽然没有石陂,但有并列或前后紧靠有两个以上明礁者,则允许只测定其位置,而高程只测定其外面的一个,或其中比较显著的一个,不必逐个测定。
- d) 靠岸的独立明礁,测定其位置与高程。
- e) 靠岸并列多个互不相连的明礁,而非群礁者,则逐个测定其位置,高程允许适当取舍测定。
- f) 群礁测定其外围和显著礁石的位置、高程,在此范围内者允许适当合理测定。

14.6.5 干出滩上的干沟,应按测图比例尺和任务要求测绘。对于干出滩上的小水道、小河流的入海口,除已由水深测量测定者外,也应进行测绘。

14.6.6 当干出滩的面积较大时,干出滩高度以图上每隔 2 cm~3 cm 布设一条断面线进行施测。对有

价值的干出滩(如沙滩、硬泥滩等)应缩小间隔,对无价值的干出滩(如大面积的湾底、下陷很深的大泥滩等)允许放宽间隔。

断面线应垂直海岸线布设,其起点按测站点的要求测定。断面线上点间距为图上 2 cm~3 cm。

14.6.7 困难地区和面积较小的干出滩测量时,沿不同时间的岸边潮位线(平行海岸线)每隔图上 2 cm 一个定位点,并记下时间和水位。其定位中误差应不超过图上 ± 0.6 mm,经改正后的干出高度的中误差应不超过 ± 0.2 m。

14.6.8 采用水深测量和航空摄影测量相结合的方法,进行重要的大面积干出滩测量时,选择高潮时进行水深测量,以求得断面点的干出深度;低潮时进行航空摄影测量,以判读干出滩上地形起伏和微地貌特征。内业处理时,综合两种测量资料,绘制干出滩地形图。

14.7 海岸地形修测

14.7.1 修测底图应符合下列规定:

- a) 线条粗细一致清楚,色调均匀,地物及地貌逼真、清晰、易读;
- b) 纸质图图廓边长误差、对角线误差和变形等符合表 29 的规定;

表 29 纸质修测底图误差规定

单位为毫米

允许值	项目类别						
	不均匀变形	均匀变形	对角线	方格网	控制点	边长	图廓边长
一般	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3
最大	—	—	0.7	—	—	—	—

- c) 有数字图的采用数字图作为底图加以修测。

14.7.2 修测的具体内容应符合下列规定:

- a) 凡新增的工厂、显著房屋、道路、桥梁、沟渠、水库、盐田、气象台、重要水井,以及其他应在图上表示的地物,均补测于图上;
- b) 缺少方位物高程和高程注记点不够时,进行补测;
- c) 已经消失的地物,如已拆毁的房屋、废除的道路和电线杆、已砍伐的独立树等,均从图上去掉;
- d) 位置未变但地物已经发生变化,如简易公路已改建成普通公路、庙宇已改建成工厂等,用符合于新地物的符号代替;
- e) 名称注记或说明注记不符合现实情况的,不论是原来调查注记错误或事后变化的,均进行改正。

14.7.3 修测的方法应遵守下列规定:

- a) 海岸线以上部分,已在原图上显示的地物地貌,进行检核测量;
- b) 海岸线和海岸线以下的明礁、干出礁和沿海的助航标志(各种立标、导标、灯标)以及水塔、独立树等,控制测量未测定的,均设站实测;
- c) 对地物修改较少或不便于交会测站时,按原图相关位置进行调绘;根据原图上较显著的地物点以极坐标或 GNSS RTK 法把新增地物描绘于图上;
- d) 在海岸线以上部分修测过程中,要随时进行校核拼接。如接合差不大于本文件对于地物和等高线测图误差的 1.5 倍时,根据陆图上最近地物点或转折点,合理连接后清绘。如接合差超过

上述规定而又不属于旧图的错误和遗漏,根据陆上最近地物点或转折点进行勾绘,实测部分清绘,勾绘部分用红色。

如发现陆图有错误或遗漏时,测量员应使用仪器进行改正或补测,使之符合本文件要求,并将该部分清绘。如发现陆图的错误和遗漏的面积很大,已超出测图范围,则根据实际情况合理描绘,此时实测部分清绘,描绘部分用红色。

14.7.4 当悬崖陡壁地区进行 1:25 000、1:50 000 比例尺的海岸线测量确有困难时,可采用同比例尺或大比例尺航测地形图局部转绘,但应实地对海岸线和礁石进行检核测量,误差应不超过本文件规定的测图误差的 2 倍。

14.7.5 当离岸较远且孤立的小岛其图上面积大于(含)0.2 mm² 时,应详细测绘其大小、高低起伏和走向;配合水深测量,还要表示出船只停泊和避风区域。为此,测图比例尺应大于该水域的水深测量比例尺。

14.7.6 图上面积小于 0.2 mm² 的小岛,按明礁的要求测量,只测量其中心点(或最高点)的平面位置和高程。其平面位置误差应不大于 2 m,高程中误差应不超过±0.2 m。

14.7.7 修测的范围,海岸线及海岸线以上部分应按照 14.1.1 规定执行。海岸线以下部分应按照 14.5 和 14.6 规定执行。

14.8 图边测绘与接边

14.8.1 为与相邻图幅接边,应测出图廓外 4 mm;如果居民地位于图廓上,则应测至街道口或主要房屋角。

14.8.2 完成图边测图后,应进行接边图编辑检查,并在此图边上表示出下列各项:

- a) 接边图廓线,并注记图廓点直角坐标;
- b) 图内外地物和地貌;
- c) 图外宽度按图边测图的规定,图内宽度为 10 mm~15 mm,并绘出图廓附近的三角点和控制点;
- d) 在图廓的两边注明相应图幅的编号,并在图边上签名。

如果有道路、沟渠和森林区划线等线状地物跨过图廓,则应在图廓内外绘至折点为止,或延长(3~5)倍绘出其方向,以免拼接时发生不符合实际的局部转折。

图边应经过上级业务人员检查并送交邻幅测量员。如果相邻图幅系由一人施测,则内部各边的拼接由测量员本身进行,上级业务人员则负责检查接图的精度,接图应在离开测区之前完成。若是由大图实施的小图输出则不必进行图幅接边。

14.8.3 图边的接合差应不大于本文件对于地物和等高线测图误差的 1.5 倍。如果接合差不超过此限度,应将误差平均配赋,直至两边能完全接合为止。改正时将地物、地貌的新位置在接边的图边上用红色标出,而旧位置仍应保留不动,以便供对方改正和以后查考之用。若接合差超限,应到实地查明原因,进行改正。

线状地物的拼接,在相邻两图幅上用直线连接距图廓最近的转折点或线状物体的两端,此直线即为地物接合后的改正位置。

不同比例尺测图接边时,接合差应不大于两种比例尺测图限差化到同一种比例尺后之和的四分之三。如当 1:50 000 和 1:25 000 测图的限差各为图上 1 mm,则接边时同一地物的接合差,1:50 000 比例尺图上,应不超过 1.125 mm;1:25 000 比例尺图上,应不超过图上 2.25 mm。配赋时两种比例尺图上均应不超过 0.75 mm,即按实际误差 1 与 2 之比分别配赋于大、小比例尺图上。

不同比例尺地物拼接接合差应不超过表 30 的规定。

表 30 地物拼接接合差的规定

单位为毫米

原规定 限差	1 : 25 000	1 : 10 000	1 : 50 000	1 : 25 000
	化到 1 : 10 000	化到 1 : 25 000	化到 1 : 25 000	化到 1 : 50 000
0.2	0.525	0.21	0.45	0.225
0.4	1.05	0.42	0.90	0.45
0.6	1.575	0.63	1.35	0.675
1.0	2.625	1.05	2.25	1.125

1 : 10 000 与 1 : 5 000 测图的图边按任务要求进行拼接。

14.8.4 图边的描绘和修改式样,见附录 Z。

14.9 资料整饰



14.9.1 成图编辑与图幅整饰

14.9.1.1 海岸线及以下部分成图编辑应按照 GB 12319 执行,海岸线以上部分根据测图比例尺按照 GB/T 20257.1—2017、GB/T 20257.2—2017、GB/T 20257.3—2017 执行。

14.9.1.2 所测要素的图上表示应遵守下列规定:

- a) 点状地物按符号编码表示在图上;
- b) 线状符号的连接按属性进行表示;
- c) 面状符号划定好区界;
- d) 对建模的高程点组成三角形、绘制等高线并加以编辑;
- e) 对于符号压盖根据主次进行位移或裁剪;
- f) 各类注记字体大小、字型严格按照统一标准注记在图上;
- g) 植被符号的表示,对于大面积的稻田、草地、森林、灌木丛、竹林等符号,进行稀释填充,在能表示清楚的前提下,采用注记的方法表示,整列式符号(果园等)的间隔放宽(1~3)倍。

14.9.1.3 图上符号颜色表示应符合下列规定:

- a) 绿色:各种水井、泉、贮水池、雨水坑、河宽水深、水位点线等(图式上所有用深蓝色描绘的符号及注记);
- b) 浅蓝色:双线河、湖、池塘等的水域部分;
- c) 棕色:等高线及其注记、盐碱地、干河及不用等高线表示的自然地貌(崩陷、陡石山、雨裂冲沟、干河床、山洞、地穴等)及其比高注记;
- d) 黑色:除上列颜色规定外,其他均用黑色描绘;如海岸线、名称及点的高程注记和干出高度,依比例尺及不依比例尺表示的地貌符号、说明符号、植物类符号等;
- e) 按任务要求允许采用单色表示。

14.9.2 图历表填写要求

14.9.2.1 外业观测和计算资料应有他人检查校对。

14.9.2.2 图历表是反映全部成图工作过程的主要文件,由作业组(分队)的测量负责人用黑(蓝)墨水填写。测量部门(中队)、测量单位(大队、质量管理部门)技术负责人应按级进行内、外业检查,填写检查意见和明确结论。

图历表的名称,应与海岸地形图的名称一致。

15 技术总结、检查验收及资料上交

15.1 技术总结

15.1.1 一般要求

15.1.1.1 项目完成后,应编写技术总结。

15.1.1.2 技术总结应对技术设计书和技术标准执行情况、成果质量和主要问题的处理进行分析研究,并做出客观的评价和说明。

15.1.1.3 技术总结应条理清晰合理,附表、附图应折叠成和报告版面同样大小。

15.1.1.4 文字要简明扼要,公式、数据和图表应准确,名词术语应规范。

15.1.1.5 技术总结应装订成册,并由测量单位技术负责人签字,作为永久保存的重要技术文档。

15.1.1.6 技术总结除报送上级业务主管部门或委托单位外,还应归入技术档案二份。

15.1.2 技术总结内容

15.1.2.1 通则

技术总结的内容通常包括:概述、专项总结、结论、经验教训和建议。

15.1.2.2 概述内容

“概述”的内容为:

- a) 任务来源及要求;
- b) 测区概况;
- c) 作业过程及主要技术方法概述(包括作业时间、投入作业人数、船只、仪器设备、技术方法、软件和人员技术情况等);
- d) 作业依据;
- e) 作业中出现的问题和采取的措施;
- f) 完成任务情况。

15.1.2.3 专项总结内容

15.1.2.3.1 “专项总结”包括控制测量、水深测量和海岸地形测量总结。

15.1.2.3.2 控制测量总结的内容为:

- a) 起算数据的说明;
- b) 利用其他单位成果情况;
- c) 控制点布设情况,包括数量、等级、标石类型及新、旧点的重合情况;
- d) 所用仪器及检验情况;
- e) 测量中发现的主要问题及处理情况;
- f) 对成果精度情况的统计表;
- g) 控制测量成果结论意见;
- h) 其他有关技术事项。

15.1.2.3.3 水深测量总结的内容为:

- a) 所用验潮站的名称、性质、平均海面、深度基准面及水位改正方法;
- b) 测图点及各种起始点情况;

- c) 所用仪器的检验、测定情况；
- d) 定位精度情况；
- e) 海底地貌探测的完善性、新发现的特殊深度及航行障碍物的探测结论；
- f) 重合点深度比较表；
- g) 成果图的绘制精度；
- h) 底质探测及采样方法；
- i) 水文观测的方法与精度评价；
- j) 成果质量结论意见；
- k) 其他有关技术事项。

15.1.2.3.4 海岸地形测量总结的内容为：

- a) 测区内已有成果、成图资料及其利用情况；
- b) 测站点测量情况；
- c) 岸线、岸滩测量工作量统计及仪器使用、检验情况；
- d) 外业实地检查及接边情况，以及与水深图的拼接情况；
- e) 成果质量结论意见；
- f) 其他有关技术事项。

15.1.2.4 结论内容

“结论”是整个作业通过检查审定和技术总结，对测量成果、成图是否符合规范要求 and 能否提供使用作出的结论性意见。

15.1.2.5 经验教训和建议内容

“经验教训和建议”主要是总结作业过程中使用新仪器、新方法的经验体会和由于事故所致的重大返工的教训，以及其他有关业务技术方面的建议。

15.2 检查与验收

15.2.1 海道测量资料验收制度

海道测量资料实行两级检查一级验收制度，即在作业组(或员)自查基础上的过程检查、最终检查和验收。各级检查、验收工作应独立进行并保持记录，不应省略或代替。检查验收按下列程序进行：作业组自我检查并填写自检报告，测量部门(中队、作业队)、测量单位(大队、质量管理部门)、项目管理单位(项目委托单位)依次逐级检查验收。

15.2.2 作业组自查

作业结束后，作业组应对所执行的每项工作，如仪器检验、各种资料的计算、控制点和深度点的记入及各种图件的绘制等，进行全面的校核检查，各项计算成果进行百分之百的校核。各种资料通过自查，符合要求，方可上交。作业组长应对全部作业成果负责，并对作业质量作出结论。

15.2.3 过程检查

过程检查是指作业人员将测量成果上交以后，由测量部门(中队、作业队)对测量成果所进行的第一次全面检查。当发现不符合本文件或技术设计书要求的问题时，应及时进行处理。

15.2.4 最终检查

最终检查是指在过程检查基础上，测量单位(大队、质量管理部门)对产品进行的再一次全面检查。



检查时,对重点项目应全面检查,对其他项目进行抽查。

15.2.5 实地检查要求

测量部门(中队、作业队)和测量单位(大队、质量管理部门)在检查验收海岸地形测量资料时,应进行部分实地检查。

15.2.6 验收

验收是指为判断受检批次是否符合要求(或能否被接受)而进行的检查。验收工作一般由项目管理单位(项目委托单位)组织实施或由该单位委托具有检验资格的检验机构验收。对重要作业内容应进行全面检查,其他项目进行10%~15%的抽查。当抽查中发现问题时,应根据情况扩大抽查范围。

15.2.7 不符合要求的成果的处理

各级在检查、验收中,如发现成果不符合要求时,应退回有关单位处理。

15.2.8 鉴定表的上交

各级成果检查鉴定表均应随资料上交。

15.3 资料上交



15.3.1 上交要求

成果检查验收合格后,对需上交的资料进行整体的清点、整理,应装订成册、编制目录、开列清单,进行上交归档。

15.3.2 资料上交的主要内容

15.3.2.1 控制测量上交的资料内容包括:

- a) 控制点成果表(纸质文档、电子文档);
- b) 控制网展点图(纸质文档、电子文档);
- c) 控制点点之记(纸质文档、电子文档);
- d) 各种观测手簿(包括电子存储介质等记录资料);
- e) 仪器检验资料;
- f) 归心投影资料;
- g) 各种计算资料;
- h) 资料归档说明和资料清单;
- i) 其他。

15.3.2.2 水深测量上交的资料内容包括:

- a) 纸质和数字化水深成果图及其经历簿,验潮站经历簿;
- b) 航迹线图;
- c) 航行障碍物图;
- d) 主、检,相邻图幅拼接水深图;
- e) 航行障碍物探(扫)测一览表及存档卡片;
- f) 定位中误差计算表;
- g) 测深、定位、底质探测、水文观测等各种记录手簿及电子文档,验潮手簿(或电子文档及其纸质打印件);

- h) 测深仪记录纸；
- i) 测图点坐标表；
- j) 各种扫海资料和图件(包括扫海趟、重叠带图、侧扫声呐记录纸等)；
- k) 各种仪器检验资料；
- l) 各种改正计算资料(如:水位改正、声速改正、吃水改正等)；
- m) 各种数字化测量记录介质和打印记录；
- n) 资料归档说明和资料清单；
- o) 其他。

15.3.2.3 海岸地形测量上交的资料内容包括：

- a) 数字测图原图和成果图；
- b) 各种观测和计算手簿；
- c) 仪器检验资料；
- d) 图历表；
- e) 纸质接边图；
- f) 助航标志一览表；
- g) 资料归档说明和资料清单；
- h) 其他。

15.3.2.4 技术设计书、技术总结和成果鉴定表。



附录 A
(资料性)
GNSS 观测记录格式

A.1 点位环视图示例

A.1.1 周围地平仰角 10° 以上有障碍物或周围有大面积水域时,绘制点位环视图。

A.1.2 点位环视图示例见图 A.1。

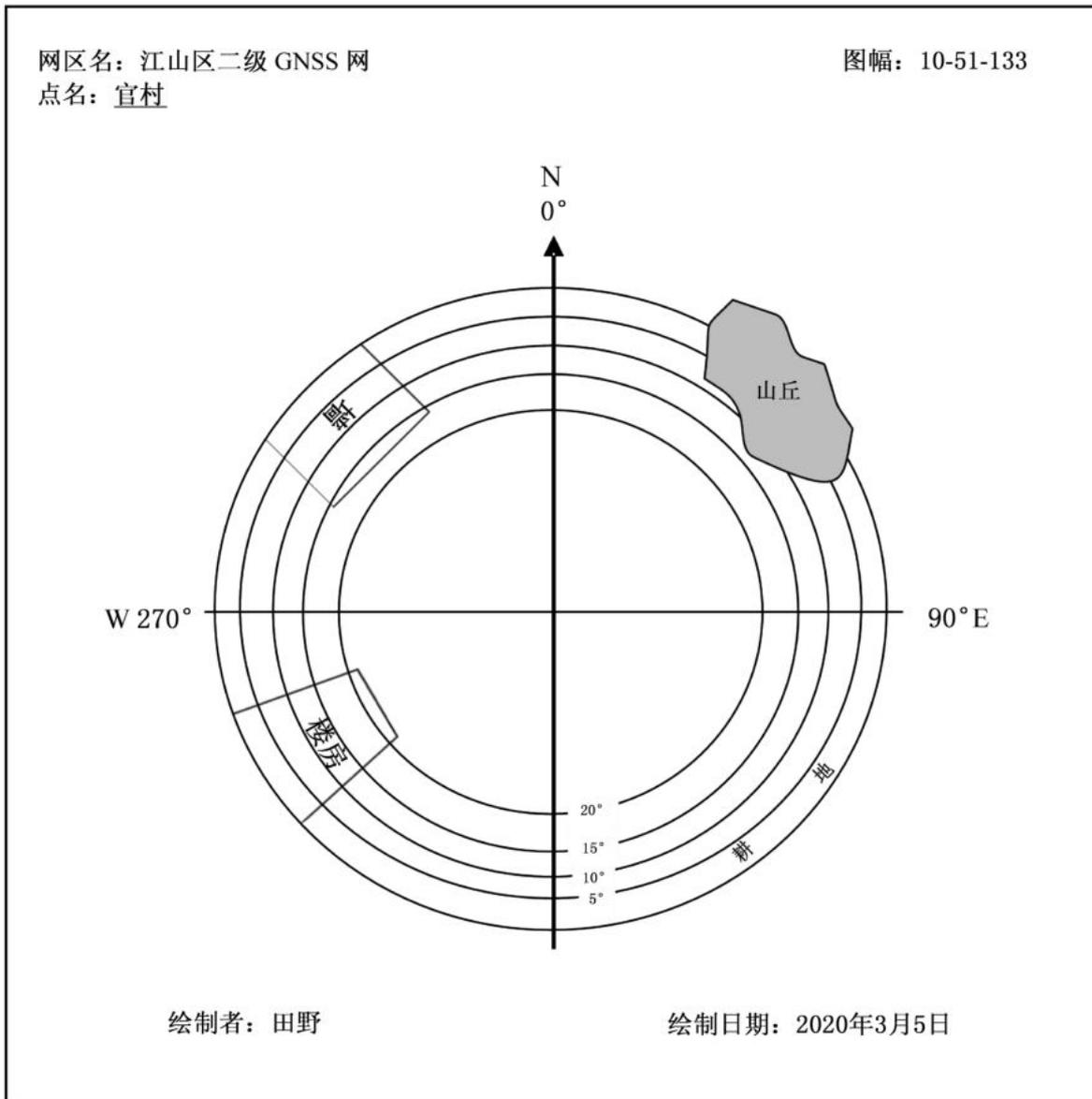


图 A.1 点位环视图

A.2 GNSS 观测记录

GNSS 观测记录表见表 A.1。

表 A.1 GNSS 观测记录表

网区名: _____

观测日期: ____年__月__日

点名		点号		文件名	
天气状况		周围环境	主要描述:周围是否有障碍物、大面积水域等内容		
接收机名		接收机型号		接收机编号	
天线型号		天线编号		是否偏心观测	
近似纬度		近似经度		近似高程	
开始时间		结束时间		时段数	
天线高	测前值		均值		
	测后值				
时间 hh:mm	干温/℃		湿温/℃	气压/mmHg	
均 值					
记 事					

记录者:张正义

检查者:丁一三

A.3 归心元素测定与计算

归心元素按下列要求进行测定与计算:

a) GNSS法测定归心元素。

如图 A.2 所示: P 为标志中心点, A 为已测 GNSS 点, B 为 GNSS 方位点。

在 AB 各设置天线参加整网的同步观测, 用经纬仪按四等三角测量方法及要求观测水平角 γ_1 、 γ_2 各四测回。

用红外测距仪测定偏心角距 S_{AP} 、 S_{BP} 各四测回。

用经纬仪高程法或水准测量, 测出高差 Δh_{AP} 、 Δh_{BP} 。

b) 归心计算。

根据 A 、 B 两点的直角坐标及观测的角度, 高差值按常规解算 P 点坐标即可。

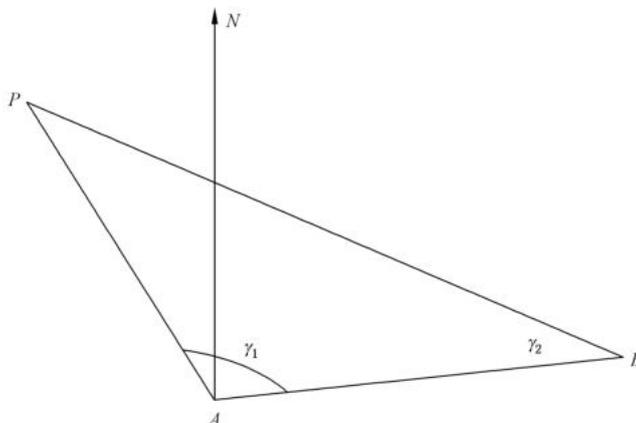


图 A.2 归心元素测定示意图

附录 B
(规范性)
埋石

B.1 标石规格图

B.1.1 山地埋石图

山地埋石规格见图 B.1。

柱石顶面左上方刻印 H(表示海控),右上方刻印点号,中间灌注标志,下端中央刻印年月。

单位为厘米



图 B.1 山地埋石规格示意图

B.1.2 平原及丘陵埋石图

平原及丘陵埋石规格见图 B.2。

埋石前,应将柱石面和盘石面上的字涂上红油漆,并在 H 后注上相应的等级,如海控一级写为 H_1 。

在土质松软地区或道路旁埋石时,标石下应填 10 cm 厚的混凝土基础。柱石下端周围 10 cm,上端周围 25 cm 分别灌注混凝土。此时只埋一块柱石,柱石面露出地面约 10 cm。

单位为厘米

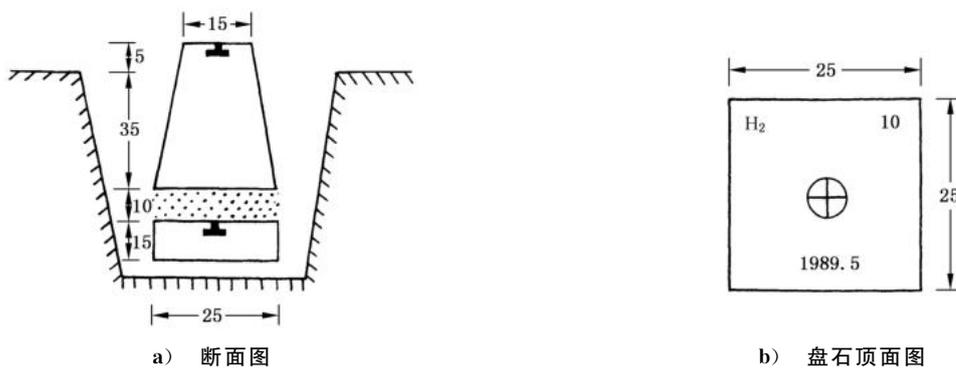


图 B.2 平原及丘陵埋石规格示意图

B.1.3 建筑物及岩石上灌注标志图

建筑物及岩石上灌注标志规格见图 B.3。

在牢固的建筑物或大块不易风化的岩石上灌注标志时,应把建筑物面或岩石面打毛洗净,再灌注 20 cm×20 cm×10 cm 的标石,标石中间灌注标志,标石面上刻印 H_i (i 为 1、2)和年月。

对牢固的建筑物或大块不易风化的岩石,可在其表面打出一个 20 cm 的方框线,方框线深、宽各 3 mm~5 mm,中心刻“+”字,并刻上 H_i (i 为 1、2)和年月,最后将方框线、刻字等涂上红油漆。

单位为厘米

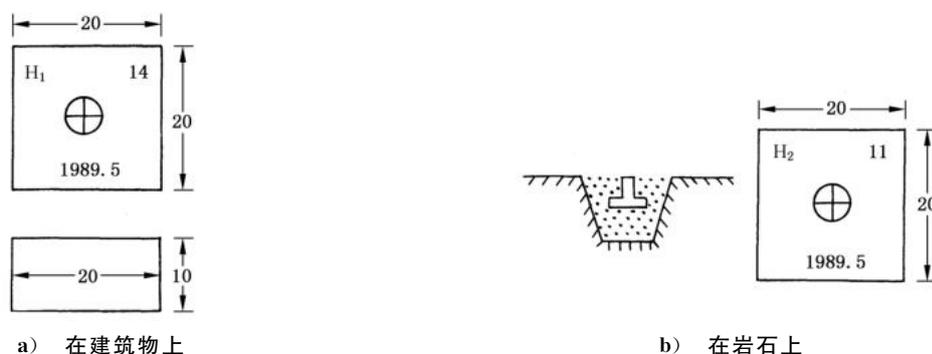


图 B.3 建筑物及岩石上灌注标志规格示意图

B.1.4 沙地埋石图

沙地埋石规格见图 B.4。

钢管标志上端可锯出四个缺口,用拉线法定中心,或焊一块刻有十字的铁板;也可用铁标志灌注在钢管上端。混凝土标石柱内使用直径不小于 5 mm 的四根钢筋,上端灌注标志。

H_i 及作业年号可刻在钢管或标石柱上端周围。

单位为厘米



图 B.4 沙地埋石规格示意图

B.2 混凝土标石的灌注

混凝土标石的灌注按 GB/T 17942—2000 的规定执行。

B.3 埋石量高记录表

埋石量高记录示例见表 B.1。

表 B.1 埋石量高记录表

单位为米

点名	等级	投影架至			标志差 $a-b$	土层厚 $b-c$	备注
		下标志 a	上标志 b	地面 c			
尖山	H_1	1.61	1.20	1.20	0.41	0.00	
司庄	H_2	1.84	1.44	1.43	0.40	0.01	

记录者:张正义

检查者:丁一三

附 录 C
(规范性)
气象元素的测定

C.1 测站、镜站的气象仪器,应在观测前安置好,将空盒气压计打开,并给干湿温度表通风、加水,使之适应工作环境的气象条件。

C.2 气压计应安置在阴凉平稳的地方,干湿温度表应挂在通风阴凉的标架或特制的支架上。测站、镜站在安置气象仪器时,应分别做到与测距仪器或反光镜基本同高。

C.3 用以包扎干湿温度表湿球的纱布,应是特制的脱脂纱布(或棉纱),包扎时纱布的重叠部分应不超过四分之一周。发现纱布沾有尘土应及时更换。

C.4 干湿温度表应在读数前 3 min,给湿球的纱布加蒸馏水,加水时要防止把水溅到护管上。不应使用含有矿物质的海水、井水、泉水。备用的蒸馏水、干净雨水、雪水应存放在阴凉通风处,应避免太阳暴晒。

C.5 干湿温度表要在通风 2 min~3 min 后再进行读数,读数时要面向迎风面,不应用手触摸球部的护管,避免受人的体温影响。

当风速大于三级时,应给干湿温度表加防风罩。

C.6 当温度低于 0 °C 时,干湿温度表的温度、湿度允许采取下述几种方法进行测定。

a) 湿球未结冰时,可在蒸馏水中加入 33% 的酒精,仍然用干湿温度表直接测定干温和湿温。

b) 在湿球结冰的情况下,允许湿度采用经验公式计算,计算公式为公式(C.1)或公式(C.2):

$$e = 0.000\ 51t^2 + 0.083\ 83t + 0.164\ 87 + 0.002\ 205p \quad \dots\dots\dots(C.1)$$

式中:

t ——干温,单位为摄氏度(°C);

p ——大气压力,单位为 133.322 Pa(1 mmHg);

e ——单位为 133.322 Pa(1 mmHg)。

$$\text{或 } e = 0.000\ 68t^2 + 0.111\ 77t + 0.219\ 81 + 0.002\ 94p \quad \dots\dots\dots(C.2)$$

式中:

t ——干温,单位为摄氏度(°C);

p ——大气压力,单位为 100 Pa(1 mbar);

e ——单位为 100 Pa(1 mbar)。

c) 当温度低于 -10 °C 时,应停止距离观测。

C.7 在读气压前,应用手指轻轻敲击空盒气压计的玻璃面,不应用力过猛,不应敲击空盒气压计的侧面。读数时,要垂直下视,不应从侧旁读数。

C.8 测定气象元素时,干湿温度表读至 0.1 °C,气压读至 133.32 Pa(1 mmHg)或 100 Pa(1 mbar)。

C.9 导线边测量时,主站和副站(镜站)应在每条边的测前和测后各测定一次气象元素。但不应在气温急剧变化的情况下进行距离测量,测前测后两次温度读数之差应不超过 2.0 °C。

附录 D
(资料性)
测距改正项的计算

D.1 归心改正

测距边的归心改正按下列方法实施。

a) 当偏心距小于 0.3 m(含)时,采用图解法或解析法。

当采用图解法时,由标石中心 B 向测线作垂直线,垂足至仪器中心 Y 的距离即为归心改正值 ΔD_e ,如图 D.1。

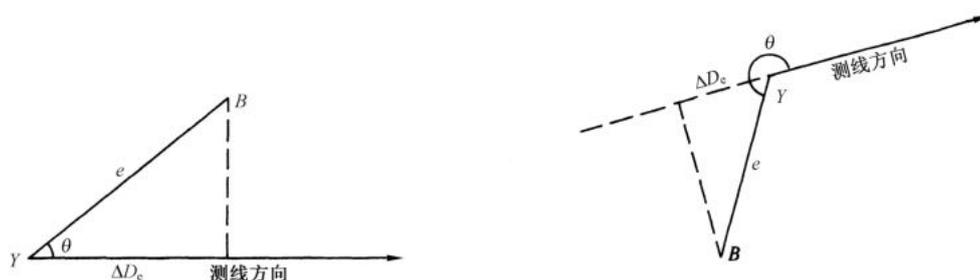


图 D.1 归心改正示意图

当采用解析法时,计算公式(D.1)如下:

$$\Delta D_e = -(e_1 \cos \theta_1 + e_2 \cos \theta_2) + \frac{1}{2D} (e_1 \sin \theta_1 + e_2 \sin \theta_2)^2 \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

ΔD_e —— 为归心改正数,单位为米(m);

e_1, e_2 —— 分别为测站和镜站的偏心距,单位为米(m);

θ_1, θ_2 —— 分别为测站和镜站的偏心角,单位为度($^\circ$);

D —— 为观测之斜距,单位为米(m)。

b) 大偏心观测时的归心计算公式(D.2):

$$D = \sqrt{D_0^2 + e^2 - 2D_0 e \cos \theta} \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

e —— 测站的偏心距,单位为米(m);

θ —— 测站的偏心角,单位为度($^\circ$);

D_0 —— 所测斜距,单位为米(m);

D —— 归心改正后的斜距,单位为米(m)。

D.2 波道弯曲改正

当所测距离大于 10 km 时,按公式(D.3)计算波道弯曲改正数。

$$\Delta D_k = -(2k - k^2) \frac{D^3}{24 \times R^2} \quad \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

ΔD_k —— 距离的波道弯曲改正数,单位为米(m);

D —— 所测距离,单位为千米(km);

R ——以测站点纬度计算的平均曲率半径,单位为千米(km);

k ——大气折光系数。

对于红外测距仪, k 采用下列经验值:

晴天的白天, $k=0.13$;

晴天的夜晚, $k=0.30$;

阴天的昼夜, $k=0.20$;

微波测距仪,均应采用 $k=0.25$ 。

D.3 频率改正

频率改正按公式(D.4):

$$\Delta D_f = \frac{f_0 - f}{f_0} D \dots\dots\dots (D.4)$$

式中:

ΔD_f ——距离的频率改正数,单位为米(m);

D ——所测斜距,单位为米(m);

f_0 ——标称测距频率,单位为赫兹(Hz);

f ——实际检测的频率,单位为赫兹(Hz)。

D.4 测距边的倾斜改正

D.4.1 用两端点的高差(用水准测量或三角高程测定)进行倾斜改正,也允许用观测的垂直角进行倾斜改正。

D.4.2 采用水准测量测定其两端点高差时,高差大小不受限制。

D.4.3 采用对向三角高程测定测距边两端高差时,其高差 h 按公式(D.5)计算:

$$h \leq 8S/T \times 10^3 \dots\dots\dots (D.5)$$

式中:

h ——测距边两端高差,单位为米(m);

S ——测距边边长,单位为米(m);

T ——测距边要求的相对中误差分母。

往返高差较差应符合 7.5.4 a) 的规定。

D.4.4 采用垂直角直接计算平距时,所需垂直角测定精度按公式(D.6)计算:

$$m_\alpha'' = (\sqrt{2} \times \rho'') \div (5 \times T \times \sin\alpha) \dots\dots\dots (D.6)$$

式中:

m_α'' ——单程观测时所需垂直角测角精度,单位为秒(");

α ——垂直角,单位为度(°);

$\rho=206\,265$;

T ——测距边要求的相对中误差分母。

当仪器采用 DJ2 时垂直角观测方法及测回数,以 m_α 为引数,符合表 D.1 规定。

表 D.1 垂直角观测时的测回数

单位为个

测回数(方法)	精度 m_α	
	5"~10"	10"~30"
双向观测(中丝法)	2	1
单向观测(中丝法)	3	2

附录 E

(资料性)

海控级导线和测图点导线验算项目

E.1 计算方位角条件自由项,其限值按公式(E.1)~公式(E.2)计算。

海控一级导线点:

$$W_{方} = \pm 8'' \sqrt{n} \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

海控二级导线和测图点:

$$W_{方} = \pm 12'' \sqrt{n} \quad \dots\dots\dots (E.2)$$

式中:

n ——测站数。

E.2 在一测区内,当附合导线多于 5 条时,按公式(E.3)计算测角中误差。

$$m_a = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{W_{方i}^2}{n_i} \right]} \quad \dots\dots\dots (E.3)$$

式中:

m_a ——测角中误差,单位为秒(");

$W_{方i}^2$ ——第 i 条导线方位角闭合差,单位为秒(");

N ——计算 $W_{方}$ 的个数;

n_i ——第 i 条导线折角的个数。

E.3 坐标条件自由项 W_x 、 W_y ,按公式(E.4)~公式(E.5)计算。

计算坐标条件自由项:

$$\left. \begin{aligned} W_x &= X_{起} + \sum \Delta x - X_{终} \\ W_y &= Y_{起} + \sum \Delta y - Y_{终} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (E.4)$$

坐标条件自由项允许值:

$$\left. \begin{aligned} W_x(\text{允}) &= 3m_x(\text{附}) \\ W_y(\text{允}) &= 3m_y(\text{附}) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (E.5)$$

其中 m_x 、 m_y 按公式(E.6)~公式(E.7)计算:

海控一级导线:

$$\left. \begin{aligned} m_x^2(\text{附}) &= 0.04(\Delta X)^2 + 4.00 \sum (\Delta x)^2 + 5.88 \sum (y_{终} - y_i)^2 \\ m_y^2(\text{附}) &= 0.04(\Delta Y)^2 + 4.00 \sum (\Delta y)^2 + 5.88 \sum (x_{终} - x_i)^2 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (E.6)$$

海控二级导线:

$$\left. \begin{aligned} m_x^2(\text{附}) &= 0.04(\Delta X)^2 + 16.00 \sum (\Delta x)^2 + 23.5 \sum (y_{终} - y_i)^2 \\ m_y^2(\text{附}) &= 0.04(\Delta Y)^2 + 16.00 \sum (\Delta y)^2 + 23.5 \sum (x_{终} - x_i)^2 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (E.7)$$

式中:

ΔX 、 ΔY ——附合导线闭合边的纵、横坐标增量;

Δx 、 Δy ——各导线边的纵、横坐标增量;

$(x_{终} - x_i)$ 、 $(y_{终} - y_i)$ ——导线终点与各导线点的坐标差。

以上各值均以 100 km 为单位,取至 0.1 km。

E.4 导线全长相对闭合差 M 按公式(E.8)计算。

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{f_D}{D} \\ f_D &= \pm \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (E.8)$$

式中：

M ——导线全长相对闭合差；

D ——导线全长，单位为米(m)；

f_D ——导线长度闭合差，单位为米(m)；

W_x 、 W_y ——闭合导线的坐标闭合差，单位为米(m)。

附录 F

(资料性)

水准仪系列的分级及基本技术参数

水准仪系列的分级及基本参数见表 F.1。

表 F.1 水准仪系列的分级及基本技术参数

参数名称和单位		等 级			
		DS1	DS3	DS10	
精度指标(每千米水准测量高差中数偶然误差)	mm	±1.0	±3.0	±10.0	
望远镜	放大倍数不小于	倍	38	28	20
	物镜有效孔径不小于	mm	47	38	28
	最短视距不大于	m	3.0	2.0	2.0
管状水准器角值	符合式	($''$)/2 mm	10	20	20
	普通式	($''$)/2 mm	—	—	—
自动安平补偿性能	补偿范围	($''$)	±8	±8	±10
	安平精度	($''$)	±0.2	±0.5	±2
	安平时间不长于	s	2	2	2
粗水准器角值	直交型管状	($''$)/2 mm	2	—	—
	圆型	($''$)/2 mm	8	8	10
测微器	测量范围	mm	5	—	—
	最小格值	mm	0.5	—	—
主要适用水准测量等级			二等	三、四等	等外

附录 G

(资料性)

两差改正系数和高差计算

G.1 根据测区的实际情况,选择若干有代表性的边计算两差改正系数(地球弯曲差和大气折光差联合影响)C。C值的计算遵守下列规定:

- a) 由几何水准测量测得两端点高程的(4~5)条边计算C值并取其中数。C值按公式(G.1)计算:

$$C = \frac{H_2 - H_1 - h'_{1,2}}{D^2} \dots\dots\dots (G.1)$$

式中:

C —— 两差改正系数;

H₁ —— 由几何水准测量测得端点1的高程,单位为米(m);

H₂ —— 由几何水准测量测得端点2的高程,单位为米(m);

h'_{1,2} —— 由垂直角直接计算的未加C值改正的两端点的高差,单位为米(m),按公式(G.2)计算;

D —— 投影平面上点1与点2之间的距离,单位为米(m);

$$h'_{1,2} = D \tan \alpha_{1,2} \left(1 + \frac{H_m}{R} - \frac{y_m^2}{2R^2} \right) + i_1 - a_2 \dots\dots\dots (G.2)$$

式中:

α_{1,2} —— 由点1观测点2的垂直角,单位为度(°);

H_m —— 为两端点的平均高程,单位为米(m);

R —— 地球平均曲率半径,单位为米(m);

y_m —— 两端点横坐标平均值,单位为米(m);

i₁ —— 为点1的仪器高,单位为米(m);

a₂ —— 为点2的觇标高,单位为米(m);

D —— 同公式(G.1)。

- b) 由有代表性的对向观测垂直角的(15~20)条边,每边按公式(G.3)计算C值,再取其平均值:

$$C = -\frac{h'_{1,2} + h'_{2,1}}{2D^2} \dots\dots\dots (G.3)$$

式中:

h'_{1,2} —— 1至2点间未加两差改正的高差,单位为米(m);

h'_{2,1} —— 2至1点间未加两差改正的高差,单位为米(m);

D —— 同公式(G.1)。

- c) 先假定C的一个近似值C',根据C'分别计算h'_{1,2}和h'_{2,1}的近似值h_{2,1}和h_{1,2},由此计算C'的改正值ΔC。

G.2 高差按下列公式计算:

- a) 对向高差计算公式(G.4):

$$h_{1,2} = D \tan \left(\frac{\alpha_{1,2} - \alpha_{2,1}}{2} \right) + \frac{(i_1 + a_1)}{2} - \frac{(i_2 + a_2)}{2} + \Delta h_{1,2} \dots\dots\dots (G.4)$$

式中:

α_{1,2} —— 点1观测点2的垂直角,单位为度(°);

α_{2,1} —— 点2观测点1的垂直角,单位为度(°);

- i_1 ——点 1 的仪器高,单位为米(m);
 i_2 ——点 2 的仪器高,单位为米(m);
 a_1 ——点 1 照准部位至标石面的觇标高,单位为米(m);
 a_2 ——点 2 照准部位至标石面的觇标高,单位为米(m);
 D ——同公式(G.1);
 $\Delta h_{1,2}$ ——实地边长化算至投影平面上边长时所引起的高差改正值,单位为米(m)。

$$\Delta h_{1,2} = D \tan \alpha_{1,2} \left(\frac{H_m}{R} - \frac{y_m^2}{2R^2} \right) \dots\dots\dots (G.5)$$

b) 单向高差计算公式:

$$h_{1,2} = D \tan \alpha_{1,2} + CD^2 + i_1 - a_2 + \Delta h_{1,2} \dots\dots\dots (G.6)$$

式中:

C ——两差改正系数;

其他同公式(G.4)。



附录 H
(规范性)
验潮站水尺设置方法

H.1 在固定码头附近设站时,应将水尺固定在码头壁或防护木上,如图 H.1 和图 H.2。

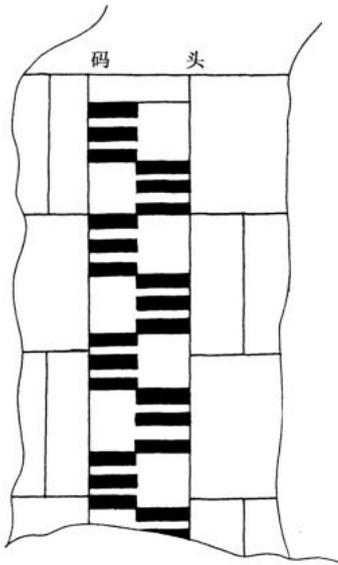


图 H.1 码头壁安装水尺示意图

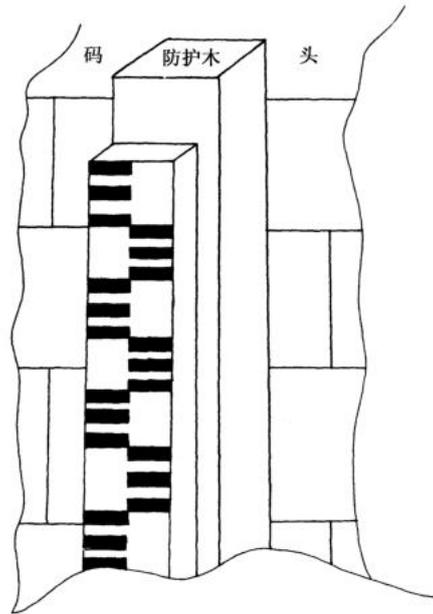


图 H.2 码头防护木安装水尺示意图

H.2 在无码头壁或岸壁等依托条件时,应将水尺垂直安装在水中,选择底质为泥或泥沙的场地,将护木或水尺贯入海底,采用护木时,将水尺固定在护木上。以 3 根至 4 根拉线在水尺周边以均匀展布的形式对水尺拉紧固定。如图 H.3。

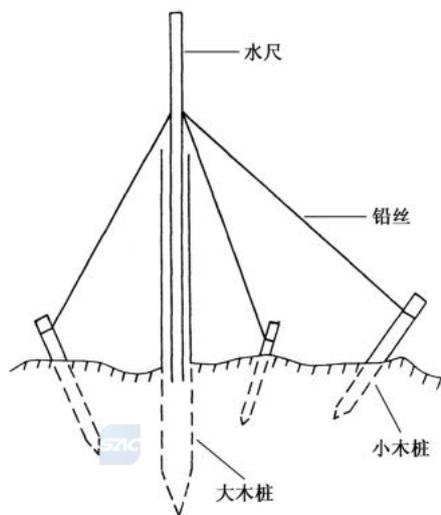


图 H.3 泥或泥沙场地水尺安装示意图

附 录 I
(资料性)
最小二乘潮汐调和分析法

I.1 基本天文变量及含义

基本天文标量见表 I.1。

表 I.1 基本天文变量

参数	意义	角速率 (°)/h	周期
τ	平太阴时角	14.492 052 1	平太阴日
s	月球平经度	0.549 016 5	回归月
h'	太阳平经度	0.041 068 6	回归年
p	月球近地点平经度	0.004 641 8	8.847 年
N'	$N = -N'$ 月球升交点平经度	0.002 206 4	18.613 年
p'	太阳近地点平经度	0.000 002 0	20 940 年

I.2 主要分潮

海道测量涉及的 13 个主要分潮参数信息见表 I.2。

表 I.2 主要分潮信息

分潮名	Doodson 代码	相角	角速率 (°)/h	类型
S_a	056,554	h'	0.041 067	长周期分潮
S_{sa}	057,555	$2h'$	0.082 137	长周期分潮
Q_1	135,655	$\tau - 2s + p$	13.398 661	全日分潮
O_1	145,555	$\tau - s$	13.943 036	全日分潮
P_1	163,555	$\tau + s - 2h'$	14.958 931	全日分潮
K_1	165,555	$\tau + s$	15.041 069	全日分潮
N_2	245,655	$2\tau - s + p$	28.439 730	半日分潮
M_2	255,555	2τ	28.984 104	半日分潮
S_2	273,555	$2\tau + 2s - 2h'$	30.000 000	半日分潮
K_2	275,555	$2\tau + 2s$	30.082 137	半日分潮
M_4	455,555	4τ	57.968 208	浅水分潮
MS_4	473,555	$4\tau + 2s - 2h'$	58.984 104	浅水分潮
M_6	655,555	6τ	86.952 312	浅水分潮

1.3 交点因子和交点订正角计算

主要分潮中,4 个全日分潮和 4 个半日分潮的 f 、 u 参数计算采用的通用公式(I.1)为:

$$\begin{cases} f \cos u = \sum_{i=1}^n \rho^i \cos(\Delta\mu_4^i p + \Delta\mu_5^i N' + \Delta\mu_6^i p') \\ f \sin u = \sum_{i=1}^n \rho^i \sin(\Delta\mu_4^i p + \Delta\mu_5^i N' + \Delta\mu_6^i p') \end{cases} \dots\dots\dots(I.1)$$

式中:

$\Delta\mu_4$ 、 $\Delta\mu_5$ 、 $\Delta\mu_6$ ——分别为每一分潮亚群中,随从分潮与主分潮相角之间对应于天文变量 p 、 N' 、 p' 的 Doodson 数差异;
 ρ ——同亚群各分潮(含主分潮本身)与主分潮的理论振幅比。
 对于 8 个主要分潮,公式(I.1)的对应参数见表 I.3,表中空白项的值为“0”。

表 I.3 主要分潮 f 、 u 计算参数

Doodson 数差异			主要分潮及对应的乘系数 ρ							
$\Delta\mu_4$	$\Delta\mu_5$	$\Delta\mu_6$	Q ₁	O ₁	P ₁	K ₁	N ₂	M ₂	S ₂	K ₂
-2	-3	0	-0.000 69							
-2	-2	0	-0.003 88				-0.003 85			
-2	-1	0				0.000 19				
-1	0	1	0.000 83				0.000 81			
0	-2	0	-0.005 68	-0.005 78	0.000 80	0.000 11	0.000 52	0.000 52		
		0								
0	-1	0	0.188 44	0.188 52	-0.011 23	-0.019 83	-0.037 33	-0.037 33	0.002 25	-0.012 78
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	2			-0.000 40					
0	1	0				0.135 56				0.297 96
0	2	0				-0.002 92				0.032 35
2	-1	0		0.000 19						
2	0	0	-0.002 77	-0.006 45	-0.001 48			0.000 58	0.000 14	
2	1	0		-0.001 03	-0.000 28			0.000 21		

长周期分潮和浅水分潮的 f 、 u 取值为:

$$f_{S_a} = 1, u_{S_a} = 0; f_{S_{Sa}} = 1, u_{S_{Sa}} = 0; f_{M_4} = f_{M_2}^2, u_{M_4} = 2u_{M_2}; f_{MS_4} = f_{M_2}, u_{MS_4} = u_{M_2};$$

$$f_{M_6} = f_{M_2}^2, u_{M_6} = 3u_{M_2}。$$

1.4 潮高模型与最小二乘求解方法

对于观测时间跨度达到 18.6 年的长期验潮站,采用公式(I.2)表示潮高:

$$\zeta(t) = MSL + \sum_{i=1}^m H_i \cos(\sigma_i t + V_{i0} - g_i) \dots\dots\dots(I.2)$$

式中:

t ——时间,单位为时(h);

- $\zeta(t)$ —— t 时刻的水位,单位为米(m);
- MSL —— 平均海面在验潮零点上的高度(平均水位),单位为米(m);
- m —— 分潮个数;
- H_i —— 分潮的振幅,单位为米(m);
- σ_i —— 分潮的角速率,单位为度每小时[(°)/h];
- V_{i0} —— 平衡潮分潮于参考时刻的相角,单位为度(°);
- g_i —— 分潮的迟角,单位为度(°)。

对于资料覆盖时长短于 18.6 年而长于 1 年的长期验潮站观测数据,采用附加交点因子 f 和交点订正角 u 的潮高表达式(I.3)表示:

$$\zeta(t) = MSL + \sum_{i=1}^m f_i H_i \cos(\sigma_i t + V_{i0} + u_i - g_i) \dots\dots\dots (I.3)$$

在潮汐分析时,应将模型(I.2)和模型(I.3)的非线性潮高表达式线性化。以潮高模型(I.3)为例,线性化过程由如下参数变换实现:

$$\begin{cases} C_i = H_i \cos g_i \\ S_i = H_i \sin g_i \end{cases} \dots\dots\dots (I.4)$$

代入潮高模型(I.3):

$$\zeta(t) = MSL + \sum_{i=1}^m f_i \cos(\sigma_i t + V_{i0} + u_i) C_i + f_i \sin(\sigma_i t + V_{i0} + u_i) S_i \dots\dots\dots (I.5)$$

上式中的交点因子 f 和交点订正角 u 是时变的。

逐时刻列出观测方程,按间接平差模型,用最小二乘法估计所求分潮的余弦分量 C_i 和正弦分量 S_i ,再通过公式(I.6)进行变换得到调和常数:

$$\begin{cases} H_i = \sqrt{C_i^2 + S_i^2} \\ g_i = \tan^{-1} \frac{S_i}{C_i} \end{cases} \dots\dots\dots (I.6)$$

对长期验潮站进行调和分析,需要至少分析计算深度基准面计算所需的 13 个分潮。

I.5 引入差比关系的短期和临时验潮站潮汐分析方法

当观测时间长度短于 1 年,按最小二乘法处理时,应顾及同群而不同亚群、甚至同族而不同群的分潮之间的响应关系,附加参数间的限制条件,采用约束平差法实现参数估计。基本作法是对难于分辨的分潮选取主分潮和随从分潮,它们之间的差比关系应由海区的实际参数给出,或借用邻近长期验潮站的分析结果计算。

分别将随从分潮与主分潮的标号记作 q, p , 振幅比和迟角差记为公式(I.7):

$$\begin{cases} \kappa = \frac{H_q}{H_p} \\ \varphi = g_q - g_p \end{cases} \dots\dots\dots (I.7)$$

随从分潮和主分潮之间的参数关系为公式(I.8):

$$\begin{cases} \kappa \cos \varphi C_p - \kappa \sin \varphi S_p - C_q = 0 \\ \kappa \sin \varphi C_p + \kappa \cos \varphi S_p - S_q = 0 \end{cases} \dots\dots\dots (I.8)$$

I.6 调和常数的差分订正

对长期验潮站 A 与短期(或临时)验潮站 B 的同步水位观测资料进行调和分析,得到 A 站同步期间分析结果相对于长期数据分析结果的差值为公式(I.9):

$$\begin{aligned} \Delta C_A &= C_{AS} - C_{AL} \\ \Delta S_A &= S_{AS} - S_{AL} \end{aligned} \dots\dots\dots (I.9)$$

式中：

第一个下标标识测站，第二个下标标示短期和长期观测数据分析结果，下标 S 指同步的短期资料成果，L 指长期资料成果。

计算 B 站经 A 站差分订正后的正弦分量与余弦分量为公式(I.10)：

$$\begin{aligned} C_{BL} &= C_{BS} - \Delta C_A && \dots\dots\dots(I.10) \\ S_{BL} &= S_{BS} - \Delta S_A \end{aligned}$$

结合正余弦分量与振幅、迟角的关系求得 B 站经订正后的调和常数。



附 录 J
(资料性)
深度基准面确定方法

J.1 长期验潮站理论最低潮面计算

长期验潮站理论最低潮面按公式(J.1)计算:

$$L = -\min[(fH)_{K_1} \cos\varphi_{K_1} + (fH)_{K_2} \cos(2\varphi_{K_1} + a_4) - R_1 - R_2 - R_3 + (fH)_{M_4} \cos\varphi_{M_4} \\ + (fH)_{MS_4} \cos\varphi_{MS_4} + (fH)_{M_6} \cos\varphi_{M_6} - H_{S_a} |\cos\varphi_{S_a}| + H_{S_{S_a}} \cos\varphi_{S_{S_a}}] \\ \varphi_K \in [0^\circ \sim 360^\circ] \quad \dots\dots\dots (J.1)$$

式中:

$\min[\cdot]$ ——求极小值运算符;

负号“ $-$ ” ——用以将求得的相对平均海面的深度基准垂直偏差 L 表达为正值;

fH ——分潮交点因子与分潮振幅的乘积;

g ——分潮的迟角,单位为度($^\circ$);

φ ——分潮相角,单位为度($^\circ$);

分潮符号下标表示所取的值为该分潮相应数值;

$$R_1 = \sqrt{((fH)_{M_2})^2 + ((fH)_{O_1})^2 + 2(fH)_{M_2} (fH)_{O_1} \cos(\varphi_{K_1} + a_1)}$$

$$R_2 = \sqrt{((fH)_{S_2})^2 + ((fH)_{P_1})^2 + 2(fH)_{S_2} (fH)_{P_1} \cos(\varphi_{K_1} + a_2)}$$

$$R_3 = \sqrt{((fH)_{N_2})^2 + ((fH)_{Q_1})^2 + 2(fH)_{N_2} (fH)_{Q_1} \cos(\varphi_{K_1} + a_3)}$$

$$a_1 = g_{K_1} + g_{O_1} - g_{M_2}$$

$$a_2 = g_{K_1} + g_{P_1} - g_{S_2}$$

$$a_3 = g_{K_1} + g_{Q_1} - g_{N_2}$$

$$a_4 = 2g_{K_1} - 180^\circ - g_{K_2}$$

$$\varphi_{M_4} = 2\varepsilon_1 + 2g_{M_2} - g_{M_4}$$

$$\varphi_{MS_4} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + g_{M_2} + g_{S_2} - g_{MS_4}$$

$$\varphi_{M_6} = 3\varepsilon_1 + 180^\circ + 3g_{M_2} - g_{M_6}$$

$$\varphi_{S_a} = \varphi_{K_1} - \frac{1}{2}\varepsilon_2 + g_{K_1} - \frac{1}{2}g_{S_2} - g_{S_a} - 180^\circ$$

$$\varphi_{S_{S_a}} = 2\varphi_{K_1} - \varepsilon_2 + 2g_{K_1} - g_{S_2} - g_{S_{S_a}}$$

$$\varepsilon_1 = \tan^{-1} \frac{(fH)_{O_1} \sin(\varphi_{K_1} + a_1)}{(fH)_{M_2} + (fH)_{O_1} \cos(\varphi_{K_1} + a_1)}$$

$$\varepsilon_2 = \tan^{-1} \frac{(fH)_{P_1} \sin(\varphi_{K_1} + a_2)}{(fH)_{S_2} + (fH)_{P_1} \cos(\varphi_{K_1} + a_2)}$$

交点因子 f 由表 J.1 查出:

表 J.1 交点因子 f 选用数值

分潮名	潮汐类型	
	半日潮海区	日潮海区
Q ₁	0.807	1.183
O ₁	0.806	1.183
P ₁	1.000	1.000
K ₁	0.882	1.113
N ₂	1.038	0.963
M ₂	1.038	0.963
S ₂	1.000	1.000
K ₂	0.748	1.317
M ₄	1.077	0.928
MS ₄	1.038	0.963
M ₆	1.118	0.894

混合潮海区,分别根据 f 的两组数值,按公式(J.1)计算深度基准值的两组结果,取其大者为最终结果。

J.2 长期验潮站深度基准值精度评估

采用逐年水位观测数据调和与分析获得的潮汐调和常数,分别按公式(J.1)计算深度基准值序列 L_i ($i=1,2,\dots,n$),其中 n 为观测数据年数。按公式(J.2)计算 n 年数据确定的深度基准值的中误差。

$$\hat{\sigma}_L = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots (J.2)$$

式中:

\bar{L} ——由逐年调和与分析结果计算深度基准值的平均值,或整时段调和与分析结果计算深度基准值,单位为米(m)。

J.3 短期和临时验潮站深度基准面传递法

J.3.1 最大潮差比传递法

取同步连续水位观测期间本站和相邻长期验潮站水位的最大潮差 R_P, R_A ,由公式(J.3)计算短期或临时验潮站 P 的深度基准面与平均海面的差值:

$$L_P = \frac{R_P}{R_A} L_A = \gamma L_A \dots\dots\dots (J.3)$$

式中:

- L_P ——P 点的深度基准面值,单位为米(m);
- L_A ——A 点的深度基准面值,单位为米(m);
- R_P ——P 点的最大潮差,单位为米(m);
- R_A ——A 点的最大潮差,单位为米(m);
- γ ——P 点的最大潮差与 A 点的最大潮差的比值。

其中最大潮差的比值应利用每次大潮期间(日潮海域取回归潮期间)的连续 3 天水位观测数据的统计平均值确定,或按差比法通过公式(J.4)按最小二乘准则求解:

$$h_P(t) - MSL_P = \gamma \cdot [h_A(t + \tau) - MSL_A] \quad \dots\dots\dots (J.4)$$

式中:

- h_P —— P 点的水位高,单位为米(m);
- h_A —— A 点的水位高,单位为米(m);
- MSL_P —— P 点的平均海面高,单位为米(m);
- MSL_A —— A 点的平均海面高,单位为米(m);
- γ —— P 点的最大潮差与 A 点的最大潮差的比值;
- t —— 计算 P 点水位高时的时间;
- τ —— P 点与 A 点之间的潮时差。

待定站的深度基准值按公式(J.5)计算:

$$L_P = \gamma L_A \quad \dots\dots\dots (J.5)$$

式中:

- L_P —— P 点的深度基准面值,单位为米(m);
- L_A —— A 点的深度基准面值,单位为米(m);
- γ —— P 点的最大潮差与 A 点的最大潮差的比值。

该方法同时适用于短期验潮站和临时验潮站的深度基准值传递确定。

对于短期验潮站,取同步期间多个大潮日潮差比 γ 的平均值作为最终潮差比。

J.3.2 主要分潮振幅和比值传递法

由同步期间短期验潮站 P 与邻近长期验潮站 A 同步水位观测数据分析求得的调和常数和长期站的基准值,按公式(J.6)计算短期验潮站的深度基准值:

$$L_P = \frac{(H_{M_2} + H_{S_2} + H_{K_1} + H_{O_1})_P}{(H_{M_2} + H_{S_2} + H_{K_1} + H_{O_1})_A} L_A \quad \dots\dots\dots (J.6)$$

式中:

- L_P —— P 点的深度基准面值,单位为米(m);
 - L_A —— A 点的深度基准面值,单位为米(m);
 - H —— 分潮的振幅,单位为米(m);
- 分潮符号下标表示所取的值为该分潮相应数值。

J.3.3 直接计算法

对于短期验潮站,若已采用与长期验潮站同步观测数据的差分分析方法,利用分析获得的 11 个分潮调和常数,并借用邻近长期验潮站的长周期分潮调和常数,采用公式(J.1)计算短期(或临时)验潮站的深度基准值。

J.3.4 空间插值法

根据临时验潮站与邻近长期验潮站或短期验潮站的距离,以及邻近长期验潮站或短期验潮站的深度基准值,按公式(J.7)确定临时验潮站 P 的深度基准值:

$$L_P = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{D_{Pi}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_{Pi}}} \quad \dots\dots\dots (J.7)$$

式中：

i ——插值计算所依据的长期验潮站和短期验潮站的序号；

D_{Pi} ——临时验潮站与对应长期验潮站和短期验潮站的距离；

其余符号与公式(J.6)中相同。

该方法适用于临时验潮站处于长期验潮站和短期验潮站之间，所应用的长期验潮站和短期验潮站数量在 2 个以上。

J.3.5 深度基准值传递的质量控制

通过多种方法或多个邻近长期验潮站，传递短期验潮站的深度基准值。当由同一验潮站，采用不同传递方法，确定的短期验潮站深度基准值互差绝对值小于 15 cm 时，取中数使用。当由不同长期验潮站传递的短期验潮站深度基准值互差绝对值小于 15 cm 时，取距离倒数加权平均值作为最终确定成果。

临时验潮站的深度基准值，采用潮差比法和空间插值法两种方法传递，两种方法的传递结果互差绝对值小于 15 cm 时，取中数使用。



附录 K

(资料性)

短期和临时验潮站平均海面确定基本方法

K.1 水准联测法

根据短期(或临时)验潮站 P 的水准点高程 $H_{\text{BM}}(P)$ 、验潮站零点与水准点的高差 $h_{0-\text{BM}}(P)$ ，以及邻近长期验潮站 A 的海面地形高度确定的本站多年平均海面高程(海面地形) ζ_P ，按公式(K.1)计算本站平均海面 MSL_P (自验潮站零点起算)：

$$MSL_P = h_{0-\text{BM}}(P) - H_{\text{BM}}(P) + \zeta_P \quad \dots\dots\dots (K.1)$$

邻近长期验潮站的平均海面高程由公式(K.2)计算：

$$\zeta_A = H_{\text{BM}}(A) - h_{0-\text{BM}}(A) + MSL_A \quad \dots\dots\dots (K.2)$$

当仅有一个长期验潮站作为参考站时，待传递平均海面验潮站的海面地形 ζ_P 取为单一长期验潮站的海面地形值。当存在两个或多个长期验潮站时，若得到的长期验潮站海面地形值最大互差小于 10 cm，需按验潮站的位置，依据线性内插或外推方法，计算待定点海面地形。

各验潮站水准点所联入水准网点的高程为同一高程系同期平差成果。若水准点高程不匹配，或均未与国家高程网联网，需观测各验潮站水准点间的高差，在同一高程基准中确定各站的海面地形值。

K.2 同步改正法

采用基准站 A 的多年平均水位 MSL_A ，两站同步期间(时段长度取相同的平太阳日数或太阴日数)的等间隔水位观测数据，按以下规定计算待测站 P 的多年平均水位 MSL_P ：

- a) 对等间隔水位观测数据取算术平均值，获取基准站和待测站在同步期间的平均水位 MSL_{AS} 、 MSL_{PS} ；
- b) 由公式(K.3)计算待测站的多年平均水位。

$$MSL_P = MSL_{\text{PS}} - MSL_{\text{AS}} + MSL_A \quad \dots\dots\dots (K.3)$$

K.3 线性回归法

将等间隔观测水位按完整日期(太阳日或太阴日)划分，用算术平均法计算日平均水位序列。

据日平均水位序列，按公式(K.4)构建以下线性回归方程：

$$MSL_{P_i} = k \cdot MSL_{A_i} + C \quad \dots\dots\dots (K.4)$$

式中：

- i ——日平均水位的序列号；
- k ——拟合参数；
- C ——拟合参数。

根据最小二乘原理，估计拟合参数 k 、 C ，利用长期验潮站多年平均水位 MSL_A ，按公式(K.5)计算短期验潮站多年平均水位 MSL_P ：

$$MSL_P = k \cdot MSL_A + C \quad \dots\dots\dots (K.5)$$

当待传递平均海面的验潮站周边存在两个以上长期验潮站时，对基于不同长期验潮站利用同步改正法或线性回归法推求的短期(或临时)验潮站的多年平均海面传递值进行差值比对，差值小于 5 cm 时，取距离倒数加权值作为最终确定结果。

附录 L

(资料性)

验潮站有效控制范围的确定方法

L.1 单个验潮站有效控制距离的确定

验潮站对方向 \vec{l} 的有效控制距离的计算采用公式(L.1):

$$D_l = \frac{\delta}{\Delta h(t)_{l, \max}} S_l \quad \dots\dots\dots (L.1)$$

式中:

- D_l —— \vec{l} 方向上验潮站的控制距离,单位为千米(km);
- S ——本验潮站与 \vec{l} 方向上相邻验潮站(或潮汐模型网格点)的距离,单位为千米(km);
- δ ——水位改正的精度指标(通常设定为 0.1 m),单位为米(m);
- Δh_{\max} ——本验潮站和 \vec{l} 方向上相邻验潮站(或潮汐模型网格点)同步水位(或潮位)的最大差值,单位为米(m)。

L.2 最大同步水位差计算

L.2.1 依据相邻验潮站的实测水位数据确定

将本站和相邻验潮站同步水位归算至各自深度基准面(或根据任务特点选取平均海面)并连续化后,取大潮期间的水位数据,以图解法绘制水位及水位差曲线,或以解析法求取水位差函数,采用图上判读方法或计算最大值方法获取最大潮差。若本站和相邻站水位分别表示为 $h_A(t)$ 和 $h_B(t)$,则水位差函数按公式(L.2)计算:

$$\Delta h(t) = h_B(t) - h_A(t) \quad \dots\dots\dots (L.2)$$

最大潮高差按公式(L.3)计算:

$$\Delta h_{\max} = \max[|\Delta h(t)|] \quad \dots\dots\dots (L.3)$$

L.2.2 依据相邻验潮站调和常数计算确定

采用以下两种方法之一,或其他被证实可行的方法:

- a) 潮位预报法
由主要分潮调和常数预报计算本站和相邻验潮站测量任务时段内大潮期间的潮高序列,按 H.2.1 的方法,计算两站之间的最大潮差;
- b) 利用四个主要分潮(M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1)的调和常数,根据公式(L.4):

$$2\sin 30^\circ t' + J \sin 15^\circ (t' - j) = 0 \quad \dots\dots\dots (L.4)$$

计算 t' ,由公式(L.5)计算最大潮差:

$$\Delta h_{\max} = R_2 [\cos 30^\circ t' + J \cos 15^\circ (t' - j)] \quad \dots\dots\dots (L.5)$$

式中:

$$J = \frac{R_1}{R_2}; j = \frac{\epsilon_1}{15} - \frac{\epsilon_2}{30}; t' = t - \frac{\epsilon_2}{30} \text{ (} t \text{ 为自 } 0 \sim 24 \text{ 的平太阳时)}。$$

$$R_1 \text{ 和 } \epsilon_1 \text{ 根据 } R_1 \cos \epsilon_1 = F_{1A} \cos \theta_{1A} - F_{1B} \cos \theta_{1B} \text{ 和 } R_1 \sin \epsilon_1 = F_{1A} \sin \theta_{1A} - F_{1B} \sin \theta_{1B},$$

$$\text{通过 } R_1 = \sqrt{(R_1 \cos \epsilon_1)^2 + (R_1 \sin \epsilon_1)^2}, \epsilon_1 = \tan^{-1} \frac{R_1 \sin \epsilon_1}{R_1 \cos \epsilon_1} \text{ 计算。}$$

R_2 和 ϵ_2 根据 $R_2 \cos\epsilon_2 = F_{2A} \cos\theta_{2A} - F_{2B} \cos\theta_{2B}$ 和 $R_2 \sin\epsilon_2 = F_{2A} \sin\theta_{2A} - F_{2B} \sin\theta_{2B}$,

通过 $R_2 = \sqrt{(R_2 \cos\epsilon_2)^2 + (R_2 \sin\epsilon_2)^2}$, $\epsilon_2 = \tan^{-1} \frac{R_2 \sin\epsilon_2}{R_2 \cos\epsilon_2}$ 计算。

$$F_1 \cos\theta_1 = (fH)_{K_1} \cos[g_{K_1} - (V_0 + u)_{K_1}] + (fH)_{O_1} \cos[g_{O_1} - (V_0 + u)_{O_1}]$$

$$F_1 \sin\theta_1 = (fH)_{K_1} \sin[g_{K_1} - (V_0 + u)_{K_1}] + (fH)_{O_1} \sin[g_{O_1} - (V_0 + u)_{O_1}]$$

$$F_2 \cos\theta_2 = (fH)_{M_2} \cos[g_{M_2} - (V_0 + u)_{M_2}] + (fH)_{S_2} \cos[g_{S_2} - (V_0 + u)_{S_2}]$$

$$F_2 \sin\theta_2 = (fH)_{M_2} \sin[g_{M_2} - (V_0 + u)_{M_2}] + (fH)_{S_2} \sin[g_{S_2} - (V_0 + u)_{S_2}]$$

附录 M
(资料性)
水位改正基本方法

M.1 双站水位插值方法

M.1.1 一般要求

当测区位于两个验潮站之间,两个验潮站的最大水位差不超过 1 m,潮时差不超过 2 h,在两个验潮站连线方向上,潮波(基本)满足均匀传播条件,测区在验潮站连线的垂直方向不超过验潮站有效控制距离,或在该方向水位改正精度不做明确要求时,对测区采用离散分带法或水位连续插值法提供水位改正数。

双站水位改正法应用区域示意如图 M.1 所示。

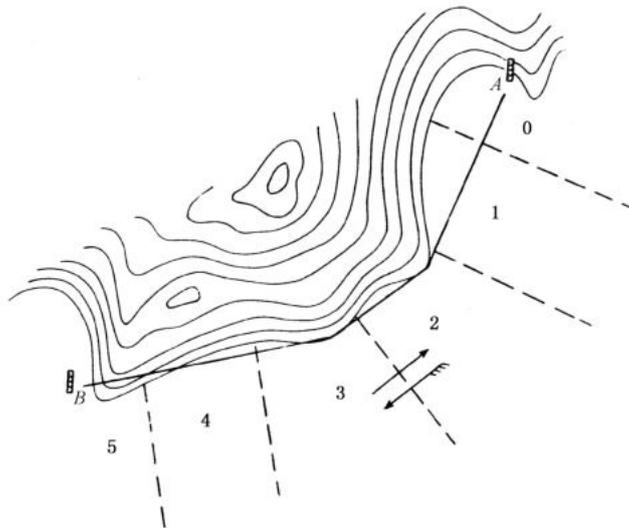


图 M.1 双站水位改正法应用区域示意图

M.1.2 离散分带法

离散分带法步骤如下:

a) 分带方法:

两个验潮站之间的分带数按公式(M.1)计算:

$$K = \frac{\Delta h}{\delta} \dots\dots\dots (M.1)$$

式中:

K ——分带数;

Δh ——由水位(自各站深度基准面起算或平均海面起算)曲线图上量得的或统计比较计算得到的同一瞬时两验潮站间的最大水位差,单位为米(m);

δ ——相邻带间最大水位差,或水位改正精度要求,单位为米(m),取位至 0.1 m。

按验潮站和地形走向的关系,根据潮波均匀传播条件,在潮波传播的垂直方向(或验潮站连线的垂直方向),划定条带的分界线,如图 M.1 所示。

b) 多带水位曲线图绘制:

将 A、B 两站的水位读数,均归化至本站深度基准面。以纵坐标表示水位,横坐标表示时间,绘出 A、B 两站的水位曲线。根据分带数 K ,在 A、B 两水位曲线间内插入 $(K-1)$ 条曲线,作为各分带的水位过程曲线。对每一条带,采用单一验潮站的水位提供方式,获取水位改正数。

多站水位曲线如图 M.2 所示,绘制要求如下。

- 1) 将两站高(或低)潮连成直线,分成 K 等分,如 $H_A、H_B$ 之间等分出 $H_1、H_2、H_3$ 。
- 2) 在高、低潮中间绘平行于横轴的短线,沿着 A 至 B 的方向将短线分成 K 等分,如 $Q_A、Q_B$ 之间等分出 $Q_1、Q_2、Q_3$ 。
- 3) 在二水位曲线之间加绘若干条斜率渐变的短线,同样进行 K 等分。如 $P_A、P_B$ 之间等分出 $P_1、P_2、P_3$ 。
- 4) 将各等分线上的相应点联成圆滑曲线,即为内插水位带的水位曲线。

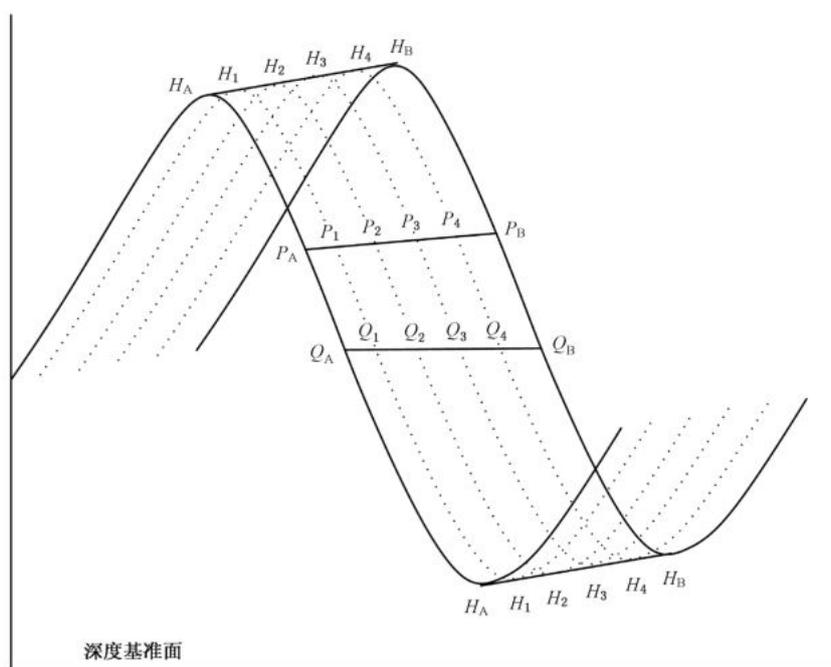


图 M.2 分带水位曲线图

M.1.3 水位连续插值法

M.1.3.1 时差法

时差法采用下列步骤计算:

a) 站间水位时差计算:

利用特征潮位在不同站的发生时刻统计时差或利用相关分析法统计时差。

利用相关分析法计算时差时,通过对同步验潮站水位观测数据进行时间加密,经相关分析法求得水位传播的站间时差 τ_{AB} ,相关系数按公式(M.2)计算:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^N h_A(t_i) h_B(t_i + \tau_{AB})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N h_A^2(t_i)} \sqrt{\sum_{i=1}^N h_B^2(t_i + \tau_{AB})}} \dots\dots\dots (M.2)$$

调整时差参数 τ_{AB} ,取获得最大相关系数 ρ 时的 $\tau_{AB}|_{\rho=\max}$ 作为验潮站间水位时差。

计算相关系数的水位数据应为归算至以同步期间各自的平均海面为基准的归一化数据。

b) 站间线性模式水位计算:

两验潮站间任一测点 P 在 t 时刻的水位按公式(M.3)计算:

$$h_P(t) = \frac{1}{D_{AB}} [D_{PB}h_A(t - \tau_{AP}) + D_{AP}h_B(t + \tau_{PB})] \dots\dots\dots (M.3)$$

式中:

$$\tau_{AP} = \frac{D_{AP}}{D_{AB}} \tau_{AB};$$

$$\tau_{PB} = \frac{D_{PB}}{D_{AB}} \tau_{AB} = \tau_{AB} - \tau_{AP};$$

D_{AB} ——站间距离,单位为米(m);

D_{AP} 和 D_{PB} ——分别为水位插值点至二站的距离(或潮流传播方向上的投影距离),单位为米(m)。

M.1.3.2 差比法

对同步验潮站水位观测数据进行时间加密,应用最小二乘法按公式(M.4)计算站间水位比较参数 γ_{AB} 、 τ_{AB} 和 ϵ_{AB} 。

$$h_B(t) = \gamma_{AB}h_A(t + \tau_{AB}) + \epsilon_{AB} \dots\dots\dots (M.4)$$

两验潮站连线上 P 点的 t 时刻水位按公式(M.5)计算:

$$h_P(t) = \gamma_{AP}h_A(t + \tau_{AP}) + \epsilon_{AP} \dots\dots\dots (M.5)$$

式中:

$$\gamma_{AP} = 1 + \frac{D_{AP}}{D_{AB}} (\gamma_{AB} - 1);$$

$$\tau_{AP} = \frac{D_{AP}}{D_{AB}} \tau_{AB};$$

$$\epsilon_{AP} = \frac{D_{AP}}{D_{AB}} \epsilon_{AB}。$$

以平均海面为基准时,公式(M.4)和公式(M.5)可分别改化为公式(M.6)和公式(M.7):

$$h_B(t) = \gamma_{AB}h_A(t + \tau_{AB}) \dots\dots\dots (M.6)$$

$$h_P(t) = \gamma_{AP}h_A(t + \tau_{AP}) + \frac{D_{AP}L_B + D_{PB}L_A}{D_{AB}} \dots\dots\dots (M.7)$$

M.1.3.3 时差及潮差比参数的计算要求

以天或半天为基本时段,求取时差或潮差比参数。每组参数确定所需的潮位观测时段在基本时段前后各延长 2 h。

M.2 多站水位插值方法

M.2.1 离散分区改正法

离散分区改正按下列方法计算:

- a) 计算两两验潮站之间的最大潮差,对三角形的三条边进行分带,调整使分带数多的边(称为长边)的带数(K_1)为其他二边(称为短边)分带数(K_2, K_3)的和,即 $K_1 = K_2 + K_3$;
- b) 自长边的一个端点,分别对长边和两个短边的分带进行编号,如图 M.3 所示;
- c) 根据每边两个端点的实测水位,内插出本边各分带中心点的水位曲线;
- d) 对 b) 步骤划分的条带,进一步根据内插的水位曲线,计算各条带的进一步分带数,实施所在条

带的进一步分带,从而实现测区的分区,并通过本条带二端点的水位曲线内插出所在分区的水位曲线;

- e) 每一分区按单站水位改正方法实施水位改正。

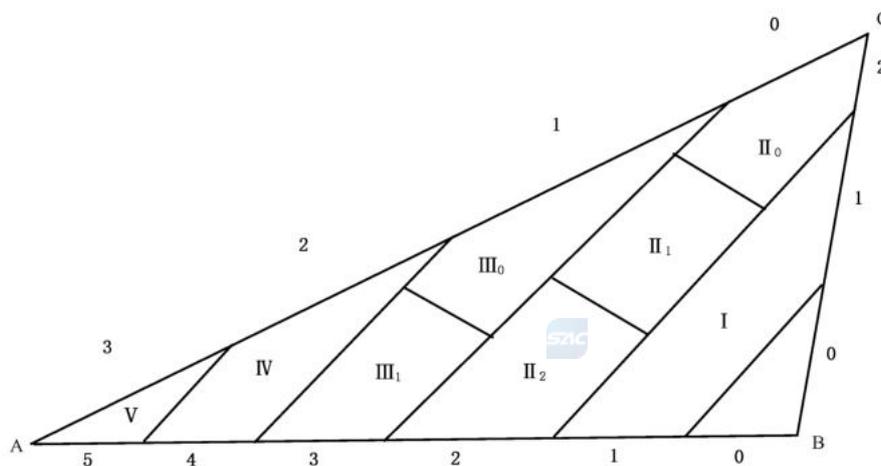


图 M.3 水位分区示意图

M.2.2 时差法

时差法水位改正按以下步骤实施。

- a) 以一个验潮站为参考站(记为 A),分别计算该站与两个相邻站之间的潮时差 τ_{AB} 、 τ_{AC} 。其中时差的计算根据最大相关系数条件、高低潮时间信息,或差比关系参数估计方法确定。
- b) 根据验潮站 A、B、C,以及内插水位点 P 的坐标,按公式(M.8)计算内插点 P 与参考点之间的时差:

$$\begin{vmatrix} x_P - x_A & y_P - y_A & \tau_{AP} \\ x_B - x_A & y_B - y_A & \tau_{AB} \\ x_C - x_A & y_C - y_A & \tau_{AC} \end{vmatrix} = 0 \quad \dots\dots\dots (M.8)$$

- c) 按公式(M.9)计算 P 点水位分别与验潮站 B 和 C 水位的时差,如图 M.4。

$$\begin{aligned} \tau_{PB} &= \tau_{AB} - \tau_{AP} \quad \dots\dots\dots (M.9) \\ \tau_{PC} &= \tau_{AC} - \tau_{AP} \end{aligned}$$

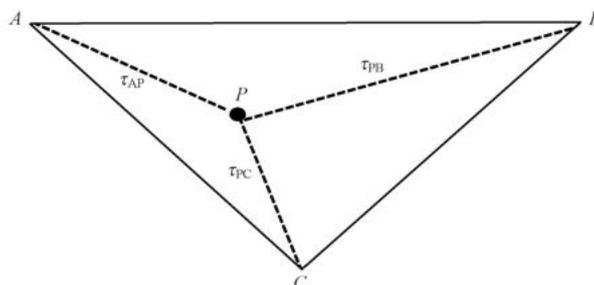


图 M.4 时差计算示意图

- d) P 点 t 时刻水位按公式(M.10)进行线性内插计算:

$$\begin{vmatrix} x_P - x_A & y_P - y_A & h_P(t) - h_A(t - \tau_{AP}) \\ x_B - x_A & y_B - y_A & h_B(t + \tau_{PB}) - h_A(t - \tau_{AP}) \\ x_C - x_A & y_C - y_A & h_C(t + \tau_{PC}) - h_A(t - \tau_{AP}) \end{vmatrix} = 0 \dots\dots\dots (M.10)$$

M.2.3 差比法

差比法水位改正按以下步骤实施。

- a) 以一个验潮站为参考站(记为 A),分别以最小二乘配准法计算该站与两个相邻站之间的水位比较参数 γ_{AB} 、 τ_{AB} 、 ϵ_{AB} 和 γ_{AC} 、 τ_{AC} 、 ϵ_{AC} 。
- b) 根据验潮站 A、B、C,以及内插水位点 P 的坐标,按公式(M.11)计算内插点 P 与参考点 A 之间的比较参数 γ_{AP} 、 τ_{AP} 、 ϵ_{AP} :

$$\left\{ \begin{array}{l} \begin{vmatrix} x_P - x_A & y_P - y_A & \gamma_{AP} - 1 \\ x_B - x_A & y_B - y_A & \gamma_{AB} - 1 \\ x_C - x_A & y_C - y_A & \gamma_{AC} - 1 \end{vmatrix} = 0 \\ \begin{vmatrix} x_P - x_A & y_P - y_A & \tau_{AP} \\ x_B - x_A & y_B - y_A & \tau_{AB} \\ x_C - x_A & y_C - y_A & \tau_{AC} \end{vmatrix} = 0 \\ \begin{vmatrix} x_P - x_A & y_P - y_A & \epsilon_{AP} \\ x_B - x_A & y_B - y_A & \epsilon_{AB} \\ x_C - x_A & y_C - y_A & \epsilon_{AC} \end{vmatrix} = 0 \end{array} \right. \dots\dots\dots (M.11)$$

- c) 按公式(M.5)计算内插点在时刻 t 的水位。



附录 N

(资料性)

验潮站经历簿和考证簿格式与填写内容

N.1 验潮站概况填写见表 N.1。

N.2 验潮站成果表填写见表 N.2。

N.3 验潮站垂直基准关系示意图绘制见表 N.3。

表 N.1 验潮站概况

站名		性质		建站日期	
站址		(地理位置:纬度,经度)			
测站沿革	(说明新建站、引用站、恢复站等基本情况,可附照片或图片)				
国家水准点		(施测年份)	(等级)	(正常高±中误差)	(高程基准)
主要水准点		(施测年份)	(施测等级)	(正常高±中误差)	(高程基准)
		(施测年份)	(施测等级)	(正常高±中误差)	(高程基准)
		∴	∴	∴	∴
工作水准点		(施测年份)	(施测等级)	(正常高±中误差)	(高程基准)
		(施测年份)	(施测等级)	(正常高±中误差)	(高程基准)
		∴	∴	∴	∴
水尺零点		(施测年份)	(施测等级)	(正常高±中误差)	(高程基准)
		(施测年份)	(施测等级)	(正常高±中误差)	(高程基准)
		∴	∴	∴	∴
GNSS控制点		(施测年份)	(施测等级)	(大地高±中误差)	(坐标系与框架)
		(施测年份)	(施测等级)	(大地高±中误差)	(坐标系与框架)
		∴	∴	∴	∴

记录者:

校对者:

日期: 年 月 日

表 N.2 验潮站成果表

原 调 和 常 数	分潮	S_a	S_{sa}	Q_1	O_1	P_1	K_1	N_2	M_2	S_2	K_2	M_4	MS_4	M_6
	振幅 H/cm													
	8 时区迟角/ $^\circ$													
	备注:(填写数据长度及起止时间、分析计算方法等)													
新 调 和 常 数	分潮	S_a	S_{sa}	Q_1	O_1	P_1	K_1	N_2	M_2	S_2	K_2	M_4	MS_4	M_6
	振幅 H/cm													
	8 时区迟角/ $^\circ$													
	备注:(填写数据长度及起止时间、分析计算方法等)													
垂 直 基 准	水尺零点	沉降速率						主要水准点下						
		1985 高程						归算历元						
	原平均海面	确定方法						资料起止时间						
		时段尺度						在水尺零点上						
	新算平均海面	确定方法						资料起止时间						
		时段尺度						在水尺零点上						
		1985 高程						大地高						
	原深度基准面	确定年度						平均海面下		$L_{old} =$				
		确定方法												
	新深度基准面	确定年度						资料长度						
		平均海面下		$L_{new} =$				$L_{new} - L_{old}$						
		1985 高程						大地高						
	深度基准改动建议													
平均大潮高潮面 (含回归潮平均 高高潮面)		确定年度						资料长度						
		平均海面上						1985 高程						

抄录者: 计算者: 校对者: 日期: 年 月 日

表 N.3 验潮站垂直基准关系示意图

原 基 准 面 关 系 图	
新 基 准 面 关 系 图	

绘制者：

校对者：

日期： 年 月 日

附 录 O
(资料性)
船舶动态吃水的测定

O.1 测定条件

船舶动态吃水测定条件如下：

- a) 选择一个海底平坦、底质较坚硬、水深约为船舶吃水的 7 倍(如测区水深更浅,则选择更浅水域)、保证测量船用各种速度航行的开阔水域；
- b) 测试时,海况较好,实时观测水位,测量船在海流等作用力下进行无动力漂移；
- c) 保持测量船无动力直线漂移,采集测深数据或 GNSS 测高数据,直线漂移距离不小于 200 m；然后以直线漂移航迹线为基准布设一条测线,并向两端各延伸不小于 100 m。

O.2 走航式水深差值测定法

走航式水深差值测定采用下列方法：

- a) 以 O.1 布设的测线为基准,测量船以设定的不同速度,分别与漂移方向同向、同测线进行水深测量；
- b) 对漂移和不同船速下的测深数据进行处理、改正,获得不同船速下的准确水深数据；
- c) 以选定的直线漂移段水深数据作为准静态比对基准水深,其他不同船速下水深与其比对,比对的定位偏差不大于 2 m,获得两条测线的比对水深差值,取比对水深差值的平均数为不同船速下动态吃水值。

O.3 高精度 GNSS 测高差值测定法

高精度 GNSS 测高差值测定采用下列方法：

- a) 应采用 RTK、网络 RTK、PPP、PPK 等高精度 GNSS 测量方式；
- b) 以 O.1 布设的测线为基准,测量船以设定的不同速度,分别与漂移方向同向、同测线采集 GNSS 测量数据；
- c) 对漂移和不同船速下的 GNSS 测量数据进行处理、改正,提取不同船速下的平面坐标和高程数据；
- d) 以选定的直线漂移段定位和测高数据作为准静态比对基准数据,其他不同船速下的平面坐标和高程数据与其比对,比对的平面坐标偏差不大于 2 m,获得两条测线的比对高程差值,取比对高程差值的平均数为不同船速下动态吃水值。

O.4 动态吃水测定记录表

动态吃水测定记录见表 O.1。

表 O.1 动态吃水测定记录表

测量船名(号):

测量水域:

测量方法:

测量日期:

测量船长: 宽:

静吃水:

船速/kn	动态吃水值/m	备注

观测人员:

处理人员:

检查人员:



附 录 P
(资料性)
单波束仪器差测定

P.1 直接测定方法

单波束仪器差测定在海况平静,船只处于漂泊和平稳状态下进行。单波束处于正常工作状态,检查板或海底记录信号连续、清晰、可靠。测定方法按下列步骤实施:

- a) 利用声速仪测量停泊水域平均声速,调整测深仪中声速参数与平均声速一致;
- b) 将检查板放置在换能器正下方 5 m 或深于 5 m 处,固定好检查板;
- c) 按公式(P.1)计算仪器差 ΔZ_n ,上提或下沉检查板大于 2 m,再测定一次,两次测定互差不大于该测深仪最大允许误差的 0.3 倍;
- d) 当无法使用检查板时,允许直接测量水深不小于 5 m 的平坦海底水深,并进行水位改正。

$$\Delta Z_n = Z_v - Z_s \quad \dots\dots\dots(P.1)$$

式中:

- ΔZ_n ——测深仪仪器差,单位为米(m);
- Z_v ——检查板的深度读数,单位为米(m);
- Z_s ——测深仪测得的检查板深度读数,或经过水位改正的海底深度,单位为米(m)。

P.2 二元一次方程计算方法

海区条件同上,测定计算方法遵守下列规定:

- a) 将检查板放置在换能器正下方 5 m 或深于 5 m 处,固定好检查板;
- b) 调整测深仪中声速参数 v_i ,测得水深值为 Z_s ;连续调整不少于 3 次,每次设置的声速互差不小于 10 m/s,并测得相应水深值;
- c) 两两组合,分别代入公式(P.2)中,组成两个二元一次方程组,分别计算仪器差 ΔZ_n ,两次计算 ΔZ_n 互差不大于该测深仪最大允许误差的 0.3 倍;
- d) 当船底固定安装或无法使用检查板时,优选平潮期间,将船舶靠泊或锚泊在水深不小于 5 m 的平坦海底水域;船舶稳定后,直接测量水深,水深取不少于 1 min 的平均水深值,并进行水位改正,按照公式(P.2)计算 ΔZ_n 。

$$Z_s = \frac{1}{2}v_i T - \Delta Z_n \quad \dots\dots\dots(P.2)$$

式中:

- v_i ——调整声速值,单位为米每秒(m/s);
- T ——声波传播时间,单位为秒(s)。



附录 Q
(资料性)
声速及声速改正数计算

由水文资料计算声速时按公式(Q.1)计算：

$$v = C_w(t, p) + A(t, p)S + B(t, p)S^{3/2} + D(t, p)S^2 \dots\dots\dots (Q.1)$$

式中：

- v —— 声速,单位为米每秒(m/s)；
- t —— 温度,单位为摄氏度(°C)；
- S —— 盐度；
- p —— 压强,单位为巴(hPa)。

该公式的适用范围是：温度(0~40)°C，盐度(0~42)，海水压力(0~1 000)bar。公式(Q.1)中的 $C_w(t, p)$ 、 $A(t, p)$ 、 $B(t, p)$ 、 $D(t, p)$ 分别见公式(Q.2)~公式(Q.5)。

$$\begin{aligned} C_w(t, p) = & (C_{00} + C_{01}t + C_{02}t^2 + C_{03}t^3 + C_{04}t^4 + C_{05}t^5) + \\ & (C_{10} + C_{11}t + C_{12}t^2 + C_{13}t^3 + C_{14}t^4) p + \dots\dots\dots (Q.2) \\ & (C_{20} + C_{21}t + C_{22}t^2 + C_{23}t^3 + C_{24}t^4) p^2 + \\ & (C_{30} + C_{31}t + C_{32}t^2) p^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A(t, p) = & (A_{00} + A_{01}t + A_{02}t^2 + A_{03}t^3 + A_{04}t^4) + \\ & (A_{10} + A_{11}t + A_{12}t^2 + A_{13}t^3 + A_{14}t^4) p + \dots\dots\dots (Q.3) \\ & (A_{20} + A_{21}t + A_{22}t^2 + A_{23}t^3) p^2 + \\ & (A_{30} + A_{31}t + A_{32}t^2) p^3 \end{aligned}$$

$$B(t, p) = B_{00} + B_{01}t + (B_{10} + B_{11}t) p \dots\dots\dots (Q.4)$$

$$D(t, p) = D_{00} + D_{10} p \dots\dots\dots (Q.5)$$

式中各系数的值见表 Q.1。

表 Q.1 声速计算模型的系数

系数	数值	系数	数值
C_{00}	$1\,402.388 \times 10^0$	C_{21}	$-1.710\,7 \times 10^{-6}$
C_{01}	$5.037\,11 \times 10^0$	C_{22}	$2.597\,4 \times 10^{-8}$
C_{02}	$-5.808\,52 \times 10^{-2}$	C_{23}	$-2.533\,5 \times 10^{-10}$
C_{03}	$3.342\,00 \times 10^{-4}$	C_{24}	$1.040\,5 \times 10^{-12}$
C_{04}	$-1.478\,00 \times 10^{-6}$	C_{30}	$-9.772\,9 \times 10^{-9}$
C_{05}	$3.146\,40 \times 10^{-9}$	C_{31}	$3.850\,4 \times 10^{-10}$
C_{10}	$0.153\,563 \times 10^0$	C_{32}	$-2.364\,3 \times 10^{-12}$
C_{11}	$6.898\,20 \times 10^{-4}$	A_{00}	$1.389\,00 \times 10^0$
C_{12}	$-8.178\,80 \times 10^{-6}$	A_{01}	$-1.262\,0 \times 10^{-2}$
C_{13}	$1.362\,10 \times 10^{-7}$	A_{02}	$7.164\,0 \times 10^{-5}$
C_{14}	$-6.118\,5 \times 10^{-10}$	A_{03}	$2.006\,0 \times 10^{-6}$
C_{20}	$3.126\,0 \times 10^{-5}$	A_{04}	$-3.210\,0 \times 10^{-8}$

表 Q.1 声速计算模型的系数 (续)

系数	数值	系数	数值
A_{10}	$9.474\ 2 \times 10^{-5}$	A_{30}	$1.100\ 0 \times 10^{-10}$
A_{11}	$-1.258\ 0 \times 10^{-5}$	A_{31}	$6.649\ 0 \times 10^{-12}$
A_{12}	$-6.488\ 5 \times 10^{-8}$	A_{32}	$-3.389\ 0 \times 10^{-13}$
A_{13}	$1.050\ 7 \times 10^{-8}$	B_{00}	$-1.922\ 0 \times 10^{-2}$
A_{14}	$-2.012\ 2 \times 10^{-10}$	B_{01}	$-4.420\ 0 \times 10^{-5}$
A_{20}	$-3.906\ 4 \times 10^{-7}$	B_{10}	$7.363\ 7 \times 10^{-5}$
A_{21}	$9.104\ 1 \times 10^{-9}$	B_{11}	$1.794\ 5 \times 10^{-7}$
A_{22}	$-1.600\ 2 \times 10^{-10}$	D_{00}	$1.727\ 0 \times 10^{-3}$
A_{23}	$7.988\ 0 \times 10^{-12}$	D_{10}	$-7.983\ 6 \times 10^{-6}$

计算单波束测深声速改正数时按公式(Q.6)取平均值:

$$t_n = \sum_1^n p_i t_i / \sum_1^n p_i, s_n = \sum_1^n p_i s_i / \sum_1^n p_i$$

$$Z_n = \frac{Z_i}{2} \dots\dots\dots (Q.6)$$

式中:

p_i ——各层厚度,单位为米(m)。

单波束测深声速改正数按公式(Q.7)计算:

$$\Delta Z_v = Z \left(\frac{v}{v_0} - 1 \right) \dots\dots\dots (Q.7)$$

式中:

ΔZ_v ——声速改正数,单位为米每秒(m/s);

Z ——水深,单位为米(m);

v ——声速,单位为米每秒(m/s);

v_0 ——标准声速,1 500 m/s。

计算示例见表 Q.2。

表 Q.2 单波束测深声速改正数

Z/m	$t/^\circ\text{C}$	S	p/m	$t_n/^\circ\text{C}$	S	Z_n/m	$v/(m/s)$	$\Delta Z_v/m$
0	27.24	33.90						
5	26.88	33.89	5	27.06	33.90	2.5	1 538.0	0.13
10	26.51	33.87	5	26.88	33.89	5	1 537.6	0.26
15	26.49	33.91	5	26.75	33.89	7.5	1 537.4	0.37
20	26.31	33.90	5	26.66	33.89	10	1 537.2	0.50
25	25.93	33.79	5	26.56	33.88	12.5	1 537.0	0.62
30	25.50	33.74	5	26.42	33.86	15	1 536.7	0.73

表 Q.2 单波束测深声速改正数 (续)

Z/m	$t/^\circ\text{C}$	S	p/m	$t_n/^\circ\text{C}$	S	Z_n/m	$v/(m/s)$	$\Delta Z_v/m$
35	25.03	33.75	5	26.25	33.85	33.85	1 536.4	0.85
50	23.36	34.11	15	25.63	33.87	33.87	1 535.1	1.17
75	19.11	34.55	25	24.17	34.02	34.02	1 531.9	1.60
100	17.06	34.55	25	22.65	34.16	34.16	1 528.4	1.90
150	14.54	34.67	50	20.36	34.31	34.31	1 523.0	2.30
200	12.74	34.36	50	18.68	34.39	34.39	1 518.8	2.51



附录 R
(资料性)

航行障碍物探测一览表

航行障碍物探测一览表填写内容见表 R.1。

表 R.1 航行障碍物探测一览表

序号	障碍物名称及 旧资料来源	旧资料位置	旧资料 深度	旧资料 性质	新资料位置	新资料 深度	新资料 性质	探测方法	新旧资料比 对情况	结论	签名	
填表者：					年 月 日		检查者：					年 月 日

附录 S
(资料性)
测深资料整理

S.1 单波束测深仪记录纸的填写和注记按下列方法实施。

- a) 每日开始(结束)工作时注明“×年×月×日×时开始(结束)工作”,在每条测线第一定位点前注明所测线号,在定位线上注明点号、时间及水深。
- b) 工作开始、结束及深段变化时,在记录纸上均注明深段。
- c) 每日测前或测后,用校对法测量的水深改正数在记录纸打标附近注记“仪测:×.×米,索长:×.×米”。
- d) 凡不采用的点(如点线作废,转向等)处,划上符号“←→”,并在其旁注明原因。
- e) 记录纸两端,贴上标签(贴在记录纸背面),测线号从各自一端的顺序填写。格式见表 S.1。

表 S.1 测深记录纸标签格式

测区名称	××××	图板编号	××××
测量船编号		仪器型号、编号	××型××号
手簿编号	××	记录纸号	××
测线号	1、2、3、4、5、1/5(1/5、5、4、3、2、1)		
测量日期	××××年××月××日	测量单位	××××
测量员	×××	检查者	×××
校对者	×××	备注	
注: ()内线号,表示记录纸另一端线号顺序。			

- f) 测深仪记录纸零位及回波讯号描绘参照 10.5.2.1 执行。

S.2 数字化测深数据整理按下列方法实施:

- a) 单波束应保留原始文件、校对检查文件、声速文件和水位文件等;
- b) 多波束应保留原始文件、测船配置文件、安装校准文件、声速文件、水位文件和转换后的处理文件等;
- c) 文件存储要易于查找和处理;同一测量项目的数据存放在同一个文件夹中;同类文件命名保持一致,各处理阶段、各类文件根据回放、处理软件的文件结构存放,或根据类型、日期等分文件夹保存;
- d) 影像、拷屏等文件应进行整理标注,标注的内容是对电子图像的解释、更正或说明,并应建立水下声图文件标注信息对应表,格式示例见表 S.2。

表 S.2 测深仪水下声图数据文件标注信息对应表

测深日期	文件名	标注位置	标注点日期	标注性质	标注内容	签字
2020-03-05	202003051023	23~24 点之间	2020-03-06	说明	气泡干扰	
2020-03-18	15	14 点	2020-03-19	更正	杆测水深 0.3 m	
...	

附录 T

(资料性)

单波束测深仪记录纸的记载及水位曲线绘制

T.1 单波束测深仪记录纸的记载

单波束测深仪记录纸示例见图 T.1。

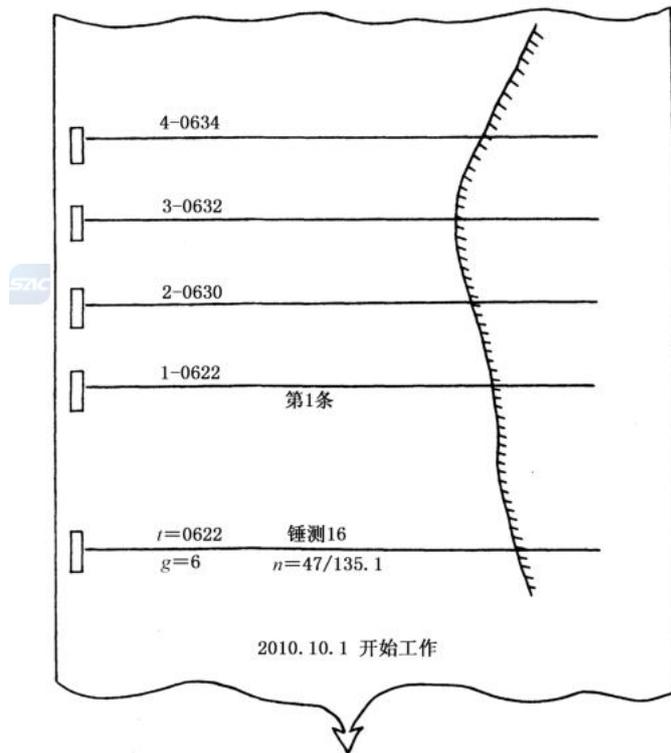


图 T.1 单波束测深仪记录纸示意图

T.2 测深仪改正数 ΔZ_T 曲线的绘制

T.2.1 校对仪器法测深仪改正数曲线图的绘制。

- 在毫米方格纸上绘制曲线,横坐标表示仪器测得深度,纵坐标表示仪器改正数,在图上标出各检查点的位置,测前的检查点用 \odot 表示,测后的检查点以 \triangle 表示。
- 每次检查(测前、测后)的仪器改正曲线用蓝色描绘,中数曲线用红色描绘,分别绘出三条圆滑的曲线。中数曲线即为控制 15 d 的改正数曲线。
- 当个别检查点无规律,而使曲线不正常时,允许将此检查点放弃。

曲线绘制如图 T.2。

改正数	深 段	改正数	深 段
0_4	3~4	0_9	$11_2 \sim 12_6$
0_5	4~6	1	$12_6 \sim 14$
0_6	6~8	1_1	$14 \sim 15_6$
0_7	8~9 ₅	1_2	$15_5 \sim 16_6$
0_8	$9_5 \sim 11_2$	⋮	⋮

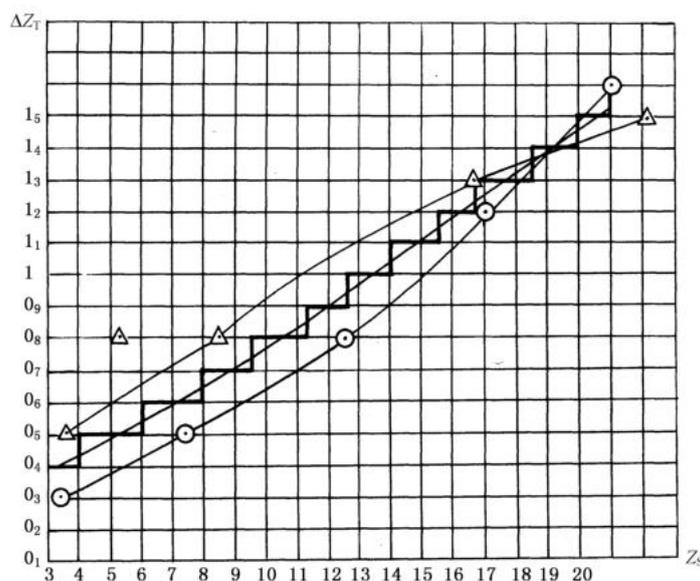


图 T.2 测深仪改正数曲线绘制示意图

T.2.2 校对法检查测深仪改正数及水文改正数曲线图的绘制。

- 曲线图在毫米方格纸上绘制，横坐标表示仪器测得深度，纵坐标表示测深仪改正数，在图上划出测深仪改正数的中数曲线和水文资料计算的改正数曲线。其中以 \odot 表示水文资料计算的改正数位置，以 \triangle 表示测深仪改正数中数在曲线上的位置。
- 在 20 m 处取两条改正数曲线的中数，点坐标用 \square 表示。由校对法检查测深仪改正数的 15 m 处起，通过 20 m 的中数点 \square ，联接到水文改正曲线的 25 m 处，使之成一条圆滑曲线。绘制方法如图 T.3。

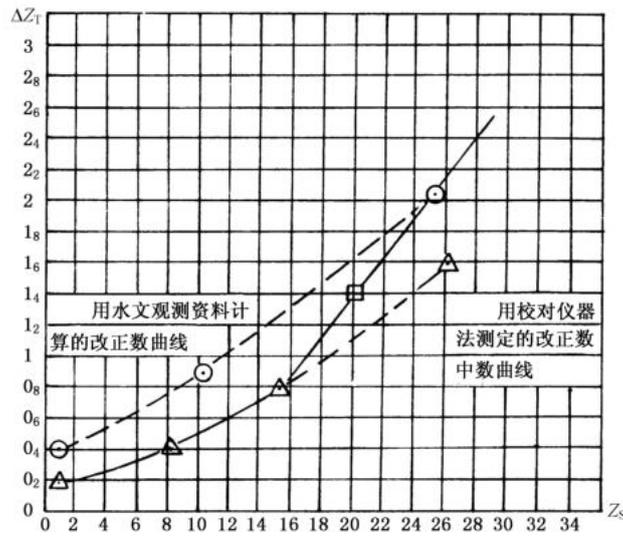


图 T.3 测深仪改正数曲线图



附录 U
(规范性)
水深图幅整饰格式

水深图幅整饰格式见图 U.1。

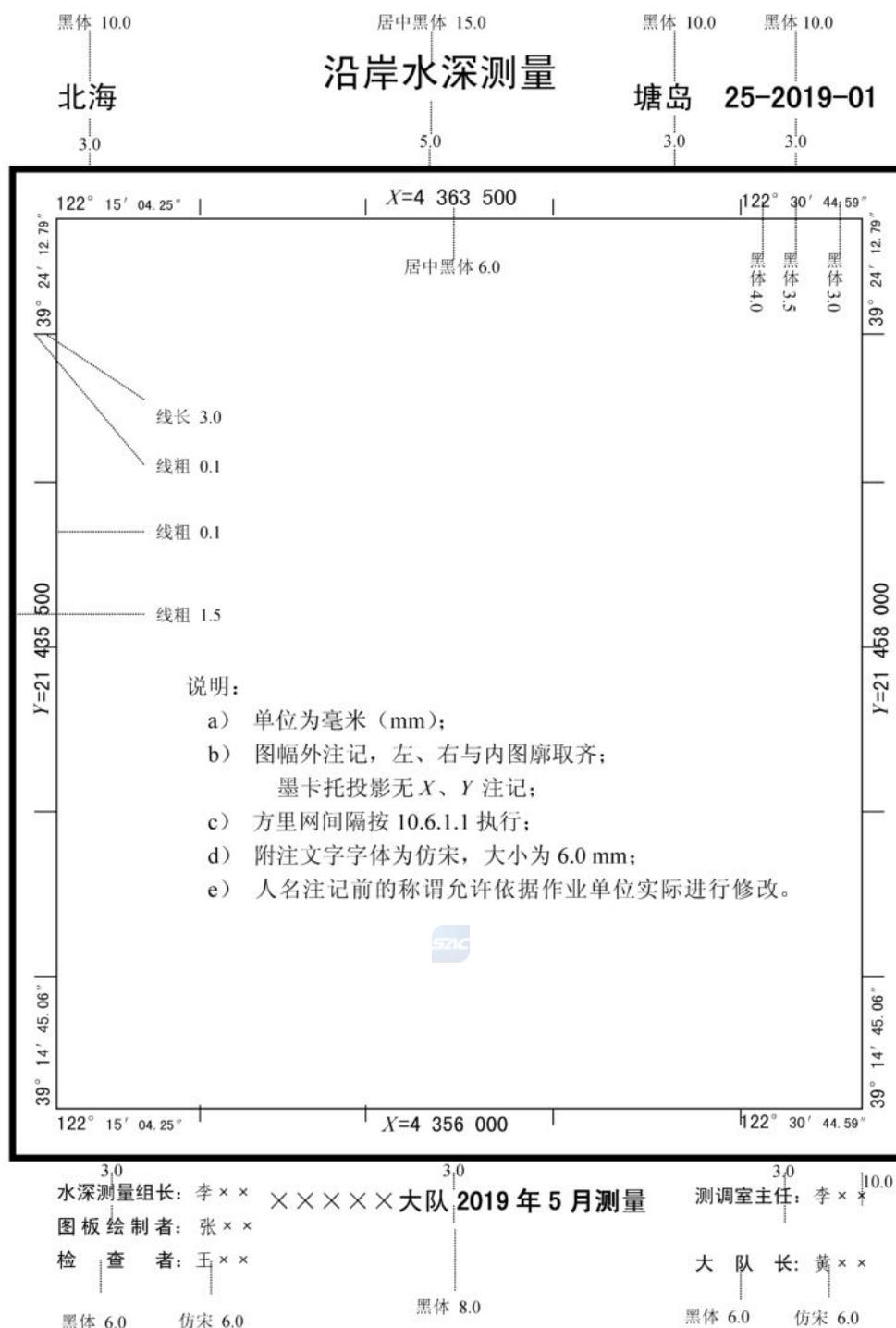


图 U.1 水深图幅整饰格式

附 录 V
(资料性)
扫海趟宽度的计算

V.1 扫海趟与测区边界重叠带宽度计算

扫海趟与测区边界重叠带宽度 S_0 的计算公式(V.1)为:

$$S_0 = (1 \sim 2) \sqrt{E_0^2 + m_1^2 + m_2^2} + E_1 \quad \dots\dots\dots (V.1)$$

式中:

- E_0 ——测量船定位中误差,单位为米(m);
- m_1 ——测量船拖鱼位置的定位中误差,单位为米(m);
- m_2 ——定位点记入中误差,单位为米(m);
- E_1 ——测量船偏航系统性误差(即定位点之间,航向偏离 3° 以上时,所引起的实际位移),单位为米(m)。

根据定位精度、操作水平、导航自动化程度及覆盖或然率要求等情况,选择公式中(1~2)之间的具体数据。

V.2 两扫海趟边缘重叠带宽度的计算

两扫海趟边缘重叠带宽度 S_1 的计算公式(V.2)为:

$$S_1 = (2 \sim 3) \sqrt{E_0^2 + m_1^2 + m_2^2} + E_1 \quad \dots\dots\dots (V.2)$$

式中符号意义同公式(V.1)。

根据定位精度、操作水平、导航自动化程度及覆盖或然率要求等情况,选择公式中(2~3)之间的具体数据。

V.3 声弱区覆盖重叠宽度的计算

声弱区覆盖重叠宽度 S_2 的计算公式(V.3)及公式(V.4)为:

$$S_2 = (2 \sim 3) \sqrt{E_0^2 + m_1^2 + m_2^2} + E_1 + P_0 \quad \dots\dots\dots (V.3)$$

$$P_0 = \sqrt{T_0^2 - H_f^2} \quad \dots\dots\dots (V.4)$$

式中:

- P_0 ——探测声弱区宽度,单位为米(m);
- T_0 ——声弱区远端的斜距,单位为米(m);
- H_f ——换能器拖体离海底的高度,单位为米(m)。

根据定位精度、操作水平、导航自动化程度及覆盖或然率要求等情况,选择公式中(2~3)之间的具体数据。

V.4 有效扫海带重叠带宽度的计算

有效扫海带重叠带宽度 S_3 的计算公式(V.5)~公式(V.7)为:

$$S_3 = (2 \sim 3) \sqrt{E_0^2 + m_1^2 + m_2^2} + E_1 + P_{\min} \quad \dots\dots\dots (V.5)$$

$$P_{\min} = (H_f - h) \sqrt{\left(\frac{\Delta T}{h}\right)^2 - 1}$$

$$\text{或 } P_{\min} = \sqrt{T_{\min}^2 - H_f^2} \quad \dots\dots\dots (V.6)$$

$$T_{\min} \geq \frac{4v}{F\theta} - \frac{l}{\theta} \dots\dots\dots (V.7)$$

式中:

h ——海底目标高度,单位为米(m);

ΔT ——目标刚能分辨时图上“阴影”的斜距长度,单位为米(m);

F ——声波发射重复频率,单位为赫兹(Hz);

θ ——声波水平波束角,单位为弧度(rad);

l ——目标平行于探测航向方向的长度,单位为米(m);

v ——测量船航速,单位为米每秒(m/s);

P_{\min} ——不遗漏目标高度为 h 和长度为 l 时的近端扫测最小平距, $P_{\min} \geq P_0$,单位为米(m)。

根据定位精度、操作水平、导航自动化程度及覆盖或然率要求等情况,选择公式中(2~3)之间的具体数据。

V.5 测量船驶入、驶出测区边界重叠宽度的计算

测量船驶入、驶出测区边界重叠宽度 S_{λ} 、 $S_{\text{出}}$ 的计算公式(V.8)及公式(V.9)为:

$$S_{\lambda} = (1 \sim 2) \sqrt{E_0^2 + m_1^2 + m_2^2} \dots\dots\dots (V.8)$$

$$S_{\text{出}} = (1 \sim 2) \sqrt{E_0^2 + m_1^2 + m_2^2} + X_0 \dots\dots\dots (V.9)$$

式中:

X_0 ——换能器拖体离测量船尾部的水平距离,单位为米(m)。

根据定位精度、操作水平、导航自动化程度及覆盖或然率要求等情况,选择公式中(1~2)之间的具体数据。

附录 W

(资料性)

磁力仪有效探测宽度计算

W.1 测线布设间隔需要根据海区水深、物体磁异常强度和仪器的探测性能综合确定。

W.2 磁力仪探测有效作用距离计算公式(W.1)为：

$$S = r \times \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (W.1)$$

式中：

H_1 ——类似目标在距离 r 处的磁异常强度,单位为纳特(nT)；

H_2 ——磁力仪系统动态可识别的最小磁异常信号强度,单位为纳特(nT)；

r ——与 H_1 对应的距离,单位为米(m)；

S ——磁力仪探测半径(探测斜距),单位为米(m)。

W.3 单机有效探测宽度计算公式(W.2)为：

$$W = 2\sqrt{S^2 - H^2} \dots\dots\dots (W.2)$$

式中：

S ——磁力仪探测半径(探测斜距),单位为米(m)；

H ——探头到海底的距离,单位为米(m)；

W ——有效探测宽度,单位为米(m)。

W.4 各种典型目标的磁异常强度和探测距离见表 W.1。

表 W.1 典型目标的磁异常强度和探测距离

典型目标	距离 r m	信号强度 H_1 nT
船(1 000 t)	244	0.5~1.0
铁锚(20 t)	120	0.8~1.25
小汽车	30	1.0~2.0
轻型飞机	12	0.5~2.0
海底管线(直径 30 cm)	38	2.0~3.0
海底管线(直径 15 cm)	24	2.0~3.0
铁(100 kg)	15	2.0~3.0
铁(50 kg)	9	2.0~3.0
炸弹(500 kg)	30	4.0~5.0
炸弹(250 kg)	16	0.5~5.0
炮弹(20 mm)	1.8	0.5~2.0

附 录 X
(规范性)
底质分类标准表

表 X.1 规定了海底底质分类标准。

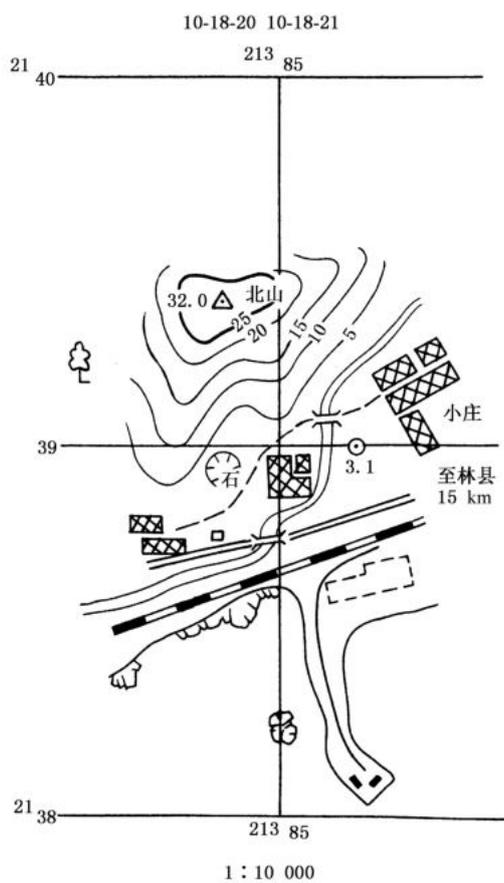
表 X.1 底质分类标准

名 称	粒径 d mm	中文注记代号	英文注记代号
沙	0.062 5~2.0	沙	S
泥	$\leq 0.062 5$	泥	M
粘土	< 0.002	粘土	Cy
淤泥	0.002~0.062 5	淤泥	Si
石	2.0~256.0	石	St
砾	2.0~4.0	砾	G
圆砾	4.0~64.0	圆砾	P
卵石	64.0~256.0	卵石	Cb
岩	> 256.0	岩	R
珊瑚和珊瑚藻		珊	Co
贝壳		贝	Sh
双层底质		沙/泥	S/M
混合底质		泥沙	MS



附录 Z
(资料性)
野外拼接图边检查

野外拼接图边检查(示例)见图 Z.1。



2019年8月10日接边

测图者 (签名)

检查者 (签名)

图 Z.1 野外拼接图边检查示意图

参 考 文 献

- [1] GB 12320—1998 中国航海图编绘规范
 - [2] GB/T 12763.2—2007 海洋调查规范 第2部分:海洋水文观测
 - [3] GB/T 12763.8—2007 海洋调查规范 第8部分:海洋地质地球物理调查
 - [4] GB/T 14911—2008 测绘基本术语
 - [5] GB/T 14912—2017 1:500 1:1 000 1:2 000 外业数字测图规程
 - [6] GB/T 17159—2009 大地测量术语
 - [7] GB/T 17424—2019 差分全球卫星导航系统(DGNSS)技术要求
 - [8] GB/T 17941—2008 数字测绘成果质量要求
 - [9] GB/T 18190—2017 海洋学术语 海洋地质学
 - [10] GB/T 24356—2009 测绘成果质量检查与验收
 - [11] GB/T 39619—2020 海道测量基本术语
 - [12] GB/T 50138—2010 水位观测标准
 - [13] CH/T 2007—2001 三、四等导线测量规范
 - [14] CH/T 2009—2010 全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范
 - [15] JT/T 954—2014 沿海港口航道测量技术要求
 - [16] DJTJ 08-86—2010 数字地形测量规范
 - [17] JTS 131—2012 水运工程测量规范
 - [18] International Hydrographic Organization, Standards for Hydrographic Surveys (6th Edition):S-44. Monaco:IHO,2020.
-