

**JTS**

中华人民共和国行业标准

**JTS 131—2012**

---

# 水运工程测量规范

Specifications for Port and Waterway Engineering Survey

2012—11—20 发布

2013—01—01 实施

---

中华人民共和国交通运输部发布

中华人民共和国行业标准

# 水运工程测量规范

**JTS 131—2012**

主编单位：中交天津航道局有限公司

中交天津港航勘察设计院有限公司

批准部门：中华人民共和国交通运输部

施行日期：2013 年 1 月 1 日

**人民交通出版社**

2012 · 北京

# 交通运输部关于发布《水运工程测量规范》 (JTS 131—2012)的公告

2012 年第 57 号

现发布《水运工程测量规范》(以下简称《规范》)。本《规范》为强制性行业标准,编号为 JTS 131—2012,自 2013 年 1 月 1 日起施行,原《水运工程测量规范》(JTJ 203—2001)同时废止。

本《规范》第 3.0.5 条、第 3.0.12 条和第 9.1.8 条中的黑体字部分为强制性条文,必须严格执行。

本《规范》由交通运输部组织中交天津航道局有限公司和中交天津港航勘察设计研究院有限公司等单位编制完成,由交通运输部水运局负责管理和解释,由人民交通出版社出版发行。

特此公告。

交通运输部  
2012 年 11 月 20 日

## 修订说明

本规范是在《水运工程测量规范》(JTJ 203—2001)的基础上,通过广泛深入调研和专题研究,充分吸纳近年来国内外测量新技术、新设备、新方法,并与《水运工程测量质量检验标准》(JTS 258—2008)相协调的情况下修订而成。本规范主要包括平面控制测量、高程控制测量、地形测量、水位控制测量、水深测量、变形测量、施工测量和制图等技术内容。原规范中的水文观测一章,按照交通运输部《水运工程建设标准体系表》和水运局关于整合水运工程建设标准的要求,从本规范中分离出去,纳入交通运输部《水运工程水文观测规范》中。

本规范主编单位为中交天津航道局有限公司和中交天津港航勘察设计研究院有限公司,参加单位为天津海事局、交通运输部天津水运工程科学研究所、中交第一航务工程勘察设计院有限公司、中交第二航务工程勘察设计院有限公司、中交上海航道局有限公司、中交广州航道局有限公司、中交第一航务工程局有限公司、长江航道局和中交水运规划设计院有限公司。

《水运工程测量规范》(JTJ 203—2001)自颁布实施以来,为水运工程的工程建设质量的提高及测量技术发展都起到了重要的作用,但由于测量新技术、新设备的快速发展,原规范已不能适应水运工程建设的需要,为此交通运输部水运局组织中交天津航道局有限公司、中交天津港航勘察设计研究院有限公司等 11 家单位对原规范进行了全面修订。将原来隐含在各种水运工程施工规范和质量检验标准中尚未纳入本规范的施工测量内容和过去有争议、悬而未决,而现在已经成熟的技术规定补充进来,并增加了基本规定、GPS 高程测量、RTK 三维水深测量、交工测量和各章的内业处理等章节及相关附录,对原规范的部分条文、附录和条文说明进行了较大范围的修改和完善。

本规范第 3.0.5 条、第 3.0.12 条、第 9.1.8 条中黑体字部分为强制性条文,必须严格执行。

本规范共分 11 章和 18 个附录,并附条文说明。本规范编写人员分工如下:

- 1 总则:郭文伟 李素江
- 2 术语:李素江 郭文伟 栗建军
- 3 基本规定:郭文伟 李素江 栗建军 冯立新
- 4 平面控制测量:李宝森 裴文斌 卢军民
- 5 高程控制测量:高耿明 李素江 宋庆华 裴文斌
- 6 地形测量:洪 剑 宋庆华 冯立新
- 7 水位控制测量:李宝森 高耿明 熊远川 卢军民
- 8 水深测量:李素江 裴文斌 郭文伟 李宝森 熊远川 万 军 冯立新
- 9 变形测量:万 军 栗建军 裴文斌 卢军民 袁永胜 宋庆华



10 施工测量:袁永胜 栗建军 郭文伟 高耿明 万 军 熊远川 洪 剑

11 制图:冯立新 洪 剑 熊远川

附录 A:郭文伟

附录 B:郭文伟 李素江

附录 C:李宝森 裴文斌

附录 D:洪 剑 宋庆华

附录 E:高耿明 李宝森

附录 F:李宝森 熊远川

附录 G、H:万 军 卢军民 郭文伟

附录 J、K:李素江 郭文伟

附录 L:李素江

附录 M、N:李素江 李宝森 裴文斌

附录 P:李宝森 李素江 万 军

附录 Q:李素江 郭文伟

附录 R:栗建军 郭文伟

附录 S:冯立新

附录 T:郭文伟

本规范于2012年5月8日通过部审,2012年11月20日发布,自2013年1月1日起实施。

本规范由交通运输部水运局负责管理和解释。请各有关单位在使用本规范过程中,将发现的问题和意见及时函告交通运输部水运局(地址:北京市建国门内大街11号,交通运输部水运局技术管理处,邮政编码:100736)和本规范管理组(地址:天津港保税区跃进路航运中心9号楼天航局大厦,中交天津航道局有限公司,邮政编码:300461),以便再修订时参考。

## 目 次

1	总则 .....	(1)
2	术语 .....	(2)
3	基本规定 .....	(3)
4	平面控制测量 .....	(6)
4.1	一般规定 .....	(6)
4.2	导线测量 .....	(7)
4.3	三角测量和三边测量 .....	(9)
4.4	GPS 测量 .....	(10)
4.5	内业处理 .....	(13)
5	高程控制测量 .....	(17)
5.1	一般规定 .....	(17)
5.2	水准测量 .....	(17)
5.3	三角高程测量 .....	(18)
5.4	GPS 高程测量 .....	(19)
5.5	跨水面高程测量 .....	(20)
5.6	内业处理 .....	(21)
6	地形测量 .....	(23)
6.1	一般规定 .....	(23)
6.2	测站补点 .....	(24)
6.3	地形地貌测绘 .....	(25)
6.4	内业处理 .....	(27)
7	水位控制测量 .....	(29)
7.1	水位站布设 .....	(29)
7.2	水位观测 .....	(30)
7.3	平均海面的确定 .....	(34)
7.4	深度基准面确定 .....	(34)
8	水深测量 .....	(37)
8.1	一般规定 .....	(37)
8.2	测深线布设 .....	(38)
8.3	定位 .....	(39)
8.4	测深 .....	(40)
8.5	RTK 三维水深测量 .....	(41)

8.6	水下障碍物探测 .....	(42)
8.7	适航水深测量 .....	(43)
8.8	内业处理 .....	(43)
9	变形测量 .....	(47)
9.1	一般规定 .....	(47)
9.2	监测网布设 .....	(48)
9.3	监测网观测 .....	(48)
9.4	水平位移观测 .....	(50)
9.5	滑坡观测 .....	(50)
9.6	垂直位移观测 .....	(51)
9.7	倾斜观测 .....	(52)
9.8	内业处理 .....	(53)
10	施工测量 .....	(54)
10.1	一般规定 .....	(54)
10.2	施工平面控制测量 .....	(54)
10.3	施工高程控制测量 .....	(55)
10.4	施工标志 .....	(55)
10.5	疏浚和航道整治施工放样 .....	(56)
10.6	水工建筑物施工放样 .....	(58)
10.7	吹填施工测量 .....	(59)
10.8	港区道路和堆场施工放样 .....	(60)
10.9	交工测量 .....	(60)
11	制图 .....	(62)
11.1	编图设计 .....	(62)
11.2	编绘 .....	(62)
11.3	清绘 .....	(63)
11.4	制图输出 .....	(64)
附录 A	测量任务书、技术设计书和技术报告提纲 .....	(65)
附录 B	控制点标石、标石规格及埋设 .....	(69)
附录 C	GPS 接收机的检验、比对内容和 GPS 观测记录格式 .....	(72)
附录 D	跨江线缆垂弧测量 .....	(74)
附录 E	水位站经历簿格式和测站考证簿的主要内容 .....	(76)
附录 F	理论最低潮面的计算 .....	(82)
附录 G	定位中误差估算公式 .....	(83)
附录 H	克拉索夫斯基椭球体曲率半径 .....	(84)
附录 J	测深仪的检验要求 .....	(85)
附录 K	深度改正数计算 .....	(86)

附录 L 测深仪换能器动吃水改正数测定方法 .....	(88)
附录 M 多波束测深系统、侧扫声纳扫测和磁力仪探测作业要求 .....	(90)
附录 N RTK 三维水深测量作业要求 .....	(97)
附录 P 软式扫海具扫测报告格式示例 .....	(99)
附录 Q 水位分带方法 .....	(104)
附录 R 施工标志测设内容 .....	(105)
附录 S 水运工程测量图式 .....	(107)
附录 T 本规范用词用语说明 .....	(153)
附加说明 本规范主编单位、参加单位、主要起草人、总校人员和管理组 人员名单 .....	(154)
附 条文说明 .....	(157)

## 1 总 则

**1.0.1** 为统一水运工程测量技术要求,提高测量质量,满足水运工程规划、设计、施工和验收与运营的需要,制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于港口、航道、通航建筑物和修造船水工建筑物等工程的测量。

**1.0.3** 水运工程测量除应符合本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 航道基本测量

定期进行的航道及相关区域的全面测量。

### 2.0.2 航道检查测量

定期或不定期对航道及相关区域部分要素进行以水深测量为主的测量。

### 2.0.3 RTK

全球卫星定位与数据通信相结合的载波相位实时动态差分定位技术。

### 2.0.4 RBN-DGPS

利用无线电信标播发伪距差分改正信息的实时动态差分定位系统。

### 2.0.5 GPS 高程测量

将 GPS 载波相位测量获得的大地高经过相应改正,得到待定点正常高的测量技术。

### 2.0.6 RTK 水位

利用 RTK 定位设备所获得的测点处的实时水位。

### 2.0.7 RTK 三维水深测量

采用 RTK 三维定位技术实时获得测点平面坐标及 RTK 水位模式下的水深测量。

### 2.0.8 全覆盖水深测量

相邻测深波束脚印有一定有效重叠的水深测量。

### 2.0.9 变形监测网

由基准点、工作基点、变形观测点组成的变形测量控制网,包括平面控制网和高程控制网。

### 2.0.10 静吃水

测量船在漂泊或停泊的状态下,测深仪换能器的测深起算点距水面的垂直距离。

### 2.0.11 动吃水

测量船以正常航速测深时,由船舶航行引起的测深仪换能器的下沉量。

### 3 基本规定

**3.0.1** 水运工程测量应编制测量技术设计书。测量结束后,应编写测量技术报告,进行资料整理和归档。测量任务书、技术设计书和技术报告应符合附录 A 的要求。

**3.0.2** 水运工程测量应采用国家坐标系统和国家高程基准。采用其他坐标系和高程基准应与国家坐标系统和国家高程基准进行联测,建立转换关系。

**3.0.3** 水运工程测量计时,除 GPS 采用世界时外,国内测量应采用北京时制。

**3.0.4** 水运工程测量测图比例尺根据测量及工程类别、阶段可按表 3.0.4 确定。

测图比例尺

表 3.0.4

测量类别	工程类别或阶段	测图比例尺
规划和设计测量	规划和可行性研究	1:2000 ~ 1:20000
	初步设计	1:1000 ~ 1:5000
	施工图设计	1:200 ~ 1:2000
施工测量	水工建筑物及附属设施	1:200 ~ 1:2000
	航道	1:1000 ~ 1:5000
	港池	1:1000 ~ 1:2000
	泊位	1:500 ~ 1:1000
	吹填区	1:500 ~ 1:2000
航道基本测量和航道检查测量	沿海	运营 1:2000 ~ 1:50000
	内河	
		1:1000 ~ 1:25000

注:①不分设计阶段的小型工程,其面积小于 0.3km<sup>2</sup> 时,比例尺可采用 1:500 ~ 1:1000;

②疏浚抛泥区测图比例尺可按航道基本测量比例尺要求进行;

③竣工测量测图比例尺应按施工测量要求进行。

**3.0.5** 测量仪器设备应按国家规定进行计量检定,并应进行现场校验和比对。

**3.0.6** 采用本规范规定之外的测量新技术和新设备应事先对其进行验证,在确保测量成果满足本规范相应精度指标要求时方可正式使用。

**3.0.7** 二级平面控制和四等高程控制及以上等级点均应埋设永久标石,或在固定地物上凿设标志和点号。各级控制点标石规格及埋设应符合附录 B 的规定;对兼作水准点用的平面控制点,应按水准标石规格埋设。对平面和高程控制点,均应绘点之记。

**3.0.8** 竣工测量的技术要求应与交工测量的技术规定相一致。

**3.0.9** 原始观测数据应符合下列规定。

**3.0.9.1** 测量原始记录宜使用铅笔书写,字体应端正、清晰,不得擦、涂、刮和字改字,不得连环涂改。

3.0.9.2 角度观测值的秒值读错、记错时应重新观测,度和分读错、记错时可更改一次。

3.0.9.3 距离观测值的厘米、毫米值不得更改,米、分米值可更改一次。

3.0.9.4 使用电子手簿作外业记录时,应按要求打印原始观测值和记事项目。

3.0.10 测量内业数据处理时,应对起始数据、外业成果和内业计算成果进行校核,不得改动软件提供的计算结果和精度信息文件。

3.0.11 大型复杂且回淤严重河口的航道水深测量,水深选取原则可根据专题研究论证确定。

3.0.12 内业绘图应符合下列规定。

3.0.12.1 制图投影应采用高斯—克吕格投影;比例尺小于 1:10000 时,可采用墨卡托投影。

3.0.12.2 规划设计测图的图幅宜为 0.5m×0.5m,其他测图可自由选择,但图幅不得小于 0.34m×0.24m。

3.0.12.3 测图分幅应便于使用,并应尽量减少图幅数量,特殊地区可采用斜方格网分幅设计;同一测区同时采用两种分幅时,其不同分幅的两相邻图幅拼接处不得有漏空,并应保证拼图精度。

3.0.12.4 内河航道图宜从下游往上游排幅,并按顺序编号;规划设计测图宜采用图廓西南角坐标值编号法或行列编号法。

3.0.12.5 图内无陆域时,应在适当位置加绘测区位置示意图。

3.0.12.6 施工测量工前测图、施工检测和交工图,其比例尺和图幅方向应一致。

3.0.12.7 绘图的精度应符合表 3.0.12 的规定。

绘图的精度要求 表 3.0.12

内 容	内图廓线长	对角线长	图廓点、格网点、控制点展点	地物及其他线画符号	地貌符号	水深点位
限差(mm)	0.2	0.3	0.12	0.2	0.3	0.3

3.0.12.8 测量成图应绘坐标格网,必要时可加绘经纬度格网。图上格网线间距可为 0.1m 或 0.2m。

3.0.12.9 规划和设计测量、施工测量、竣工测量等内业绘图图式应与航道基本测量和航道检查测量所用图式相一致。

3.0.12.10 图名可用港口、航道、滩涂和工程的名称等命名,也可用起讫地点命名。

3.0.12.11 绘制境界线时,转角处不应有间断,并应在转角上绘出点或曲折线。国界线的绘制必须符合国务院批准的有关国境界线的绘制规定。

3.0.12.12 清绘原图宜使用 0.07~0.10mm 厚并经热定型的透明聚酯薄膜绘制。

3.0.12.13 计算机绘图输出成果图的相邻格网线间距实际尺寸与理论尺寸之差不应大于图上 0.2mm。

3.0.13 测量工作全部完成后,应对下列资料进行整理和归档:

- (1)测量任务书和技术设计书;
- (2)仪器检定和检验资料;



- (3) 旧有资料、起算点成果及其来源、外业观测记录资料和外业图纸；
- (4) 控制网点布置图、归心元素测定资料、点之记资料和测量标志委托保管书；
- (5) 内外业计算、校核资料、质量统计资料和成果表；
- (6) 所测绘的各类图纸和自检成果；
- (7) 技术报告；
- (8) 其他。

## 4 平面控制测量

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 平面控制宜在国家等级控制网内建立加密网,依次分为一级、二级和图根三个级别。一、二级均可作为测区的首级平面控制。

**4.1.2** 平面控制网的布设应符合下列规定。

**4.1.2.1** 首级控制网的布设应因地制宜且适当考虑今后扩展。

**4.1.2.2** 首级控制网的等级应根据测区大小、工程性质、测图比例尺和精度要求等条件确定。

**4.1.2.3** 加密控制网应逐级布设,在保证精度要求的条件下可跨级布设。

**4.1.3** 平面坐标系统的确定应符合下列规定。

**4.1.3.1** 平面坐标系统应采用高斯投影平面直角坐标系,投影分带应符合表 4.1.3 的规定。

投 影 分 带

表 4.1.3

测图比例尺	投 影 分 带
1:500 ~ 1:5000	1.5°或 3°
1:5000 ~ 1:10000	3°
1:10000 ~ 1:50000	3°或 6°

注:对 1:500 地形测图及港口工程施工测量,测区距投影带中央子午线的距离大于 45km 时,可采用任意带投影。

**4.1.3.2** 一个测区应采用同一坐标系。对规划和设计测量、水工建筑物及附属设施施工测量和比例尺不小于 1:1000 的航道、港池、泊位及吹填区的施工测量、航道基本测量、航道检查测量,其长度投影变形不应大于 1/40000;对比例尺小于 1:1000 的航道、港池、泊位及吹填区的施工测量、航道基本测量和航道检查测量,其投影变形不应大于 1/20000。

**4.1.3.3** 采用国家或原坐标系统,其投影长度变形不满足要求时,应进行换带计算或采用独立坐标系统。

**4.1.3.4** 独立坐标系统的建立,可采用任意带的高斯投影平面直角坐标系。投影面可采用国家高程基准面、主要测区的平均高程面或测区抵偿高程面。

**4.1.3.5** 在未建立控制坐标系统的小测区,可采用简易方法定向并建立独立坐标系统。

**4.1.4** 各级导线网、三角网和三边网的起算点、边的精度不应低于高一级控制网的精度

要求。一、二级导线网最弱点相对于起算点的点位允许中误差为  $\pm 0.1\text{m}$ , 各级三角网最弱边边长允许中误差及三边网各边相邻点的相对点位允许中误差为  $\pm 0.1\text{m}$ , 当测区最大比例尺大于 1:1000 时, 不应大于 50mm。

4.2 导线测量

4.2.1 各等级导线应布设成附和导线、闭合导线或结点网等形式。相同等级导线的边长应均匀, 同一测站各方向边长之比不得小于 1:3。

4.2.2 导线测量的主要技术要求应符合表 4.2.2-1 和表 4.2.2-2 的规定。

电磁波测距导线主要技术要求 表 4.2.2-1

等级	测回数		测角中误差 (")	方位角闭合差 (")	平均边长 (m)	导线总长 (m)	测距相对 中误差	导线相对 闭合差
	2"级	6"级						
一级	2	4	$\pm 5$	$\pm 10\sqrt{n}$	500	8000	1/60000	1/20000
二级	1	2	$\pm 10$	$\pm 16\sqrt{n}$	400	4000	1/30000	1/10000
图根	1/2	1	$\pm 20$	$\pm 24\sqrt{n}$	—	2000	1/10000	1/5000

注:①表中  $n$  为导线的测站数;  
②测区最大比例尺为 1:1000, 在导线中部联测坚强方向时, 一、二级导线的平均边长和导线总长可适当放宽, 但最大长度不应超过表中规定的 2 倍。

钢尺量距导线主要技术要求 表 4.2.2-2

等级	测回数		测角中误差 (")	方位角闭合差 (")	平均边长 (m)	导线总长 (m)	测距相对 中误差	导线相对 闭合差
	2"级	6"级						
一级	2	4	$\pm 5$	$\pm 10\sqrt{n}$	200	4000	1/20000	1/10000
二级	1	2	$\pm 10$	$\pm 20\sqrt{n}$	100	2000	1/10000	1/5000
图根	1/2	1	$\pm 20$	$\pm 60\sqrt{n}$	—	1000	1/5000	1/2000

注:①最弱点点位中误差取  $\pm 50\text{mm}$  时, 平均边长和导线总长不应大于表中规定值的 0.5 倍; 取  $\pm 0.2\text{m}$  时, 不应大于表中规定值的 2 倍;  
②导线网布设成结点网时, 网中起算点与结点、结点与结点间的路线长度应小于规定的导线总长的 0.7 倍; 布设成结点网时, 导线总长不宜超过相应等级规定总长的 1.7 倍;  
③支导线总长不得超过相应等级导线规定总长的 0.4 倍;  
④表中  $n$  为导线的测站数。

4.2.3 水平角观测应符合下列规定。

4.2.3.1 观测水平角时, 应严格整平、对中仪器, 严禁日光直接照射经纬仪; 观测过程中, 水准管气泡偏离中心不应超出一格。

4.2.3.2 采用方向观测法, 方向数不多于 3 个时可不归零, 图根控制测量时可不归零, 各测回间应变换度盘位置, 各测回零方向观测值应相差  $180^\circ/n$ ,  $n$  为测回数。

4.2.3.3 方向数多于 6 个时应进行分组观测, 并应联测 2 个共同方向, 其中之一为共同零方向, 两次所测角度之差应小于相应等级测角中误差的 2 倍。观测完毕后, 应进行测站平差。

4.2.3.4 仪器迁站后, 需要重新补测部分方向时, 应满足第 4.2.3.3 款的要求。

4.2.3.5 导线水平角观测宜左右角分开观测,奇数测回观测导线前进方向的左角,偶数测回观测导线前进方向的右角。

4.2.4 水平角观测的主要技术指标应符合表 4.2.4 的规定。

水平角观测主要技术指标 表 4.2.4

仪器类型	读数取位 (")	半测回归零 (")	一测回 2C 互差 (")	同一方向归零后各测回互差 (")
2"级	1	12	18	12
6"级	6	18	36	24

注:①表中 2C 为 2 倍照准误差;

②观测方向的垂直角大于 3°时,该方向 2C 互差可按相邻测回进行比较。

4.2.5 观测结果超出表 4.2.4 的规定时应重测,并应符合下列规定。

4.2.5.1 半测回归零差或零方向 2C 互差超限时,应重测该测回。

4.2.5.2 某方向 2C 互差超限时,应重测该方向,并测零方向。

4.2.5.3 同一方向归零后,测回互差超限时,应重测该方向可靠性较差的测回,并测零方向。

4.2.6 距离测量可根据精度要求采用电磁波测距或钢尺量距等方法进行测量。

4.2.7 电磁波测距应符合下列规定。

4.2.7.1 测距仪的等级精度应符合表 4.2.7-1 的规定。

电磁波测距仪的等级精度 表 4.2.7-1

测距仪等级	精度(mm)	计 算 表 达 式
I	$m_D \leq 5$	$m_D = \pm (a + b \cdot D)$
II	$5 < m_D \leq 10$	
III	$10 < m_D \leq 20$	

注: $m_D$ -测距中误差(mm); $a$ -仪器的固定误差(mm); $b$ -仪器的比例误差系数(mm/km); $D$ -测距长度(km)。

4.2.7.2 选定测距边时,测线应避开反光物体和发热体,并应离开地面障碍物 1.3m 以上,测站不应设在强电磁场干扰区。

4.2.7.3 边长观测的主要技术要求应符合表 4.2.7-2 的规定。

电磁波测距边长观测主要技术要求 表 4.2.7-2

等 级	测距仪等级	测回数	一测回读数互差 (mm)	单程测回互差 (mm)	往返互差 (mm)
一级	I	1	5	—	$2m_D$
	II	2	10	15	
二级	II	1	10	15	
图根	III	1	20	—	

注:① $m_D$  为测距中误差(mm);

②一测回是指测距仪照准反射镜一次,读数 2~4 次;

③根据不同情况,测边可采取不同时间段观测代替往返观测。

4.2.8 钢尺量距应符合表 4.2.8 的规定。

钢尺量距主要技术要求 表 4.2.8

等级	丈量 次数	定线最大偏差 (mm)	每次丈量 读数次数	读数取位 (mm)	温度取位 (℃)	两次丈量互差 (mm)	边长相对 中误差
一级	2	50	3	0.5	0.5	S/10	1/20000
二级	2	50	2	1.0	1.0	S/5	1/10000
图根	1	70	2	1.0	1.0	—	1/5000

注:①表中 S 为丈量长度(m);  
②检定钢尺时,其相对中误差应小于 1/100000。

4.2.9 利用电磁波测距仪或钢尺进行边长观测时,均应同时测定测站处的大气温度和气压,并对边长进行改正。温度计和气压计应避免日光曝晒,温度计应悬挂在与测距仪或钢尺大致等高处,温度读数应精确至 0.5℃,气压读数应精确至 100Pa。

4.2.10 各级边长按高差计算水平距离时,高差精度应满足图根点要求,测距边两端点的高差应符合表 4.2.10-1 的规定;按垂直角计算水平距离时,观测垂直角的测回数应符合表 4.2.10-2 的规定。

测距边两端高差限值 表 4.2.10-1

等 级	一 级	二 级	图 根
高差(m)	150D	300D	300D

注:表中 D 为测距边的水平距离(km)。

垂直角测回数规定 表 4.2.10-2

等 级 \ 垂直角 $\alpha$	$\alpha < 5^\circ$		$5^\circ \leq \alpha < 10^\circ$		$\alpha \geq 10^\circ$	
	2"级	6"级	2"级	6"级	2"级	6"级
一级	1	2	2	—	3	—
二级	1	1	1	2	2	4
图根	1	1	1	1	1	1

注:①垂直角各测回互差,2"级为 15",6"级为 25";  
②按三丝法观测垂直角时,测回数可减少一半。

4.3 三角测量和三边测量

4.3.1 三角网、三角锁及三边网宜由近似等边的三角形组成。各三角形的内角应在 30°~120°之间,特殊困难地区,个别角度不应小于 25°;三边网的三角形内角大于 100°时,宜用经纬仪按相应等级的测角精度对该角进行观测。

4.3.2 三角网、三角锁和三边网的主要技术要求应分别符合表 4.3.2-1 和表 4.3.2-2 的规定。

三角网、三角锁的主要技术要求

表 4.3.2-1

等级	测角中误差 (")	平均边长 (km)	三角形最大闭合差 (")	测回数		相对中误差	
				2"级	6"级	起算边	最弱边
一级	±5	2.0	±15	2	4	1/40000	1/20000
二级	±10	1.0	±30	1	2	1/20000	1/10000
图根	±20	0.5	±60	-	1	1/10000	1/5000

注:最弱边边长中误差取 ±50mm 时,平均边长不应大于表中规定值的 0.5 倍;取 ±0.2m 时,平均边长不应大于表中规定值的 2 倍。

三边网的主要技术要求

表 4.3.2-2

等级	平均边长(km)	起算边相对中误差	最弱边相对中误差	测距相对中误差
一级	2.0	1/40000	1/20000	1/60000
二级	1.0	1/20000	1/10000	1/30000
图根	0.5	1/10000	1/5000	1/10000

4.3.3 单三角锁两条起算边和三边网两个起算方位角间的三角形个数不宜超过 12 个。采用线形锁作为加密控制时,三角形个数不宜超过 10 个。

4.3.4 三角网、三角锁的起算边可用电磁波测距仪按相应等级的精度进行测定。三角网、三角锁最弱边边长相对中误差大于表 4.3.2-1 的规定时,应在三角网、三角锁中央增测起算边或布设四边形、中点多边形。

4.3.5 三角网、三角锁和三边网的角度和边长外业观测应符合第 4.2 节的有关规定。

4.3.6 采用交会法插点时,交会角宜在 30°~120°之间,各种交会方法至少应有一个多余观测值。由两组观测值计算的交会点纵、横坐标互差不应大于相对点位中误差的 2 倍。采用后方交会法时,交会点不应位于距危险圆 1/4 半径范围内。

4.3.7 用图解法测定归心元素时,应从三个不同方向按盘左和盘右对觇标标心柱、标石和仪器中心进行投影,投影角应接近 60°或 120°。投影示误三角形的最长边,对标石和仪器中心的投影不应大于 5mm,对觇标标心柱中心的投影不应大于 10mm。偏心距应量至毫米,偏心角应量至 15'。

4.4 GPS 测量

4.4.1 采用 GPS 测量技术建立各级平面控制网时,GPS 网相邻点间基线向量的弦长中误差应按式(4.4.1)计算,并应符合表 4.4.1 的规定。

$$\sigma = \pm \sqrt{a^2 + (b \cdot D)^2}$$
 (4.4.1)

式中  $\sigma$ ——GPS 基线向量的弦长中误差,即等效距离误差(mm);  
 $a$ ——GPS 接收机标称精度中的固定误差(mm);  
 $b$ ——GPS 接收机标称精度中的比例误差系数(mm/km);  
 $D$ ——GPS 网中相邻点间基线长度(km)。

GPS 平面控制网的技术要求

表 4.4.1

项目 等级	固定误差 (mm)	比例误差系数 (mm/km)	约束点间的边长 相对中误差	约束平差后最弱边 相对中误差	平均边长 (km)
一	$a \leq 8$	$8 \leq b \leq 10$	1/40000	1/20000	1.0
二	$a \leq 16$	$16 \leq b \leq 20$	1/20000	1/10000	0.5
图根	基线端点相对点位中误差小于图上 0.1mm				

注:在保证精度的条件下,平均边长可适当放宽。当边长小于 200m 时,边长允许中误差为  $\pm 20\text{mm}$ 。

#### 4.4.2 RTK 平面控制测量主要技术要求应符合表 4.4.2 的规定。

RTK 平面控制测量主要限差要求

表 4.4.2

等级	相邻点间平均距离 (m)	点位中误差 (mm)	边长相对 中误差	与基准站的距离 (km)	观测 次数	起算点等级
一	500	$\pm 50$	1/20000	$\leq 5$	$\geq 4$	四等及以上
二	300	$\pm 50$	1/10000	$\leq 5$	$\geq 3$	一级及以上
图根	200	$\pm 50$	1/6000	$\leq 5$	$\geq 2$	二级及以上

注:①点位中误差指控制点相对于起算点的误差;

②采用单基准站 RTK 测量一级控制点需更换基准站进行观测,每站观测次数不少于 2 次;

③相邻点间距离不宜小于该等级平均边长的 1/2。

4.4.3 采用 RTK 进行平面控制测量,在获取测区坐标系统转换参数时,可直接利用已知的参数;在没有已知转换参数时,可自行求解,但不应采用现场点校正的方法。

4.4.4 GPS 测量控制网布设应符合下列规定。

4.4.4.1 规模较大的工作项目应编制作业计划。

4.4.4.2 GPS 控制网中作为起算点的高级控制点不得少于 2 个,宜用第 3 个已知点作校核,并应均匀分布,与待定点构成闭合环。

4.4.4.3 GPS 控制网宜在测区内布设成由独立基线构成的多边网或附和路线。GPS 基线构成的最简独立闭合环或附和路线的边数,一级网不应多于 8 条,其余等级网不应多于 10 条。没有包括在最简闭合环或附和路线中的观测基线应进行重复观测。

4.4.5 GPS 点位置的选择应符合下列规定。

4.4.5.1 GPS 点位的选取应方便使用和保存,在地平仰角  $15^\circ$  以上的视野内不宜有障碍物,并宜避开电磁辐射源和可能产生多路径效应误差的地点、光滑反射物体、大面积水面、大体积金属物和高温散热源等。

4.4.5.2 GPS 点间需要通视时,应在附近设方位点,两者之间的距离不宜小于 300m,其观测精度应与 GPS 点相同。

4.4.5.3 GPS 点周围地平仰角  $15^\circ$  以上视野内有障碍物或周围有大面积水域时,应绘制环视图。

4.4.6 GPS 点和方位点均应绘制点之记。

4.4.7 GPS 测量的外业观测应符合下列规定。

4.4.7.1 GPS 外业观测记录和观测前对接收机的检验应符合附录 C 的规定。

**4.4.7.2** GPS 接收机天线的对中误差,一、二级点不得超过 2mm,图根点不得超过 3mm;天线不能在标石中心安置时,可采用偏心观测,测定归心元素,将成果归算到标石中心。

**4.4.7.3** 测量前、后应量取天线高度。天线高度应取三次读数的平均值,精确到 1mm,测量前后量高之差不应大于 3mm,取其平均值作为最后天线高。

**4.4.7.4** 测站观测应满足下列要求:

- (1) 卫星高度角不小于  $15^{\circ}$ ;
- (2) 每个时段观测时间不少于 30min;
- (3) 采样时间间隔为 5 ~ 30s;
- (4) 有效观测卫星不少于 4 颗;
- (5) 点位几何图形强度因子(PDOP)不大于 8。

**4.4.7.5** 观测期间应注意观察仪器的工作状态,应避免电源中断和人、畜、汽车等在天线附近走动。雷雨时应关机停测,并通知其他同步观测台站。

**4.4.7.6** 一个观测时段内不得重新启动接收机、重新选择工作模式、终止记录数据、改变参数设置或移动天线。

**4.4.7.7** 一个时段观测结束时,应检查天线对中是否有变动,核实输入的各种参数,检查有效观测时间和记录数据量。每日观测结束后,应及时将观测数据转存备份。

**4.4.8** RTK 平面控制测量基准站架设应符合下列规定。

**4.4.8.1** 基准站应架设于控制点上,且该点应具有相当于四等水准及以上精度的高程。

**4.4.8.2** 基准站周边环境应满足第 4.4.5 条的要求。

**4.4.8.3** 数据链天线架设高度应满足基准站与流动站间差分数据传输的要求,有条件时,应架高。

**4.4.9** RTK 平面控制测量流动站观测应符合下列规定。

**4.4.9.1** 观测开始前应对仪器进行初始化,并得到固定解,长时间不能获得固定解时,宜关机重新启动仪器,进行初始化操作。

**4.4.9.2** 每次观测之间,流动站应重新初始化。作业过程中出现卫星信号失锁,应重新初始化,并经重合点测量检测合格后,方能继续作业。

**4.4.9.3** 每次作业开始或结束前,均应进行至少一个同等级或高等级已知点的检核,平面坐标互差不应大于相应等级点位中误差的 $\sqrt{2}$ 倍。

**4.4.9.4** RTK 平面控制测量平面坐标转换允许残差应为  $\pm 20\text{mm}$ 。

**4.4.9.5** 观测时应采用三脚架架设天线,天线高度应取两次读数的平均值;每次观测历元数应大于 20 个,历元间隔应为 2 ~ 5s,取均值作为每次观测结果。各次测量的平面坐标互差不应大于 40mm,取各次测量的平均值作为最终结果。

**4.4.9.6** 进行后处理动态测量时,流动站应先在静止状态下观测 10 ~ 15min,在不丢失初始化状态的前提下进行动态测量。



## 4.5 内业处理

## 4.5.1 内业计算数字取位应符合表 4.5.1 的规定。

内业计算数字取位

表 4.5.1

等 级	方向(角度)观测值及各项改正数 (")	边长观测值及各项改正数 (m)	坐标值 (m)	方位角值 (")
一级、二级	1	0.001	0.001	1
图根	6	0.01	0.01	1

## 4.5.2 计算坐标转换参数时应预留不少于一个已知点作为校核点。

## 4.5.3 观测成果的验算应符合下列规定。

4.5.3.1 三角网和三角锁的验算应包括测角中误差、极条件自由项、基线及边条件自由项和方位角条件自由项应分别按下列公式计算：

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{[WW]/3n} \quad (4.5.3-1)$$

$$W_j = \pm 2 \frac{m_{\beta}}{\rho''} \sqrt{\sum \cot^2 \beta} \quad (4.5.3-2)$$

$$W_b = \pm 2 \sqrt{\frac{m_{\beta}^2}{\rho''^2} \sum \cot^2 \beta + \left(\frac{m_{D_1}}{D_1}\right)^2 + \left(\frac{m_{D_2}}{D_2}\right)^2} \quad (4.5.3-3)$$

$$W_f = \pm 2 \sqrt{m_{\alpha_1}^2 + m_{\alpha_2}^2 + nm_{\beta}^2} \quad (4.5.3-4)$$

式中  $m_{\beta}$ ——测角中误差(");  
 $W$ ——三角形闭合差(");  
 $n$ ——三角形个数;  
 $W_j$ ——极条件自由项;  
 $\beta$ ——传距角(° ' ");  
 $\rho''$ ——常数,取 206265";  
 $W_b$ ——基线及边条件自由项;  
 $\frac{m_{D_1}}{D_1}$ 、 $\frac{m_{D_2}}{D_2}$ ——起始边边长相对中误差;  
 $W_f$ ——方位角条件自由项(");  
 $m_{\alpha_1}$ 、 $m_{\alpha_2}$ ——起始方位角中误差(")。

4.5.3.2 三边网的验算应包括往返观测时的测距单位权中误差、观测角与测边所计算的角值之差和三边网角条件自由项应分别按下列公式计算：

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \quad (4.5.3-5)$$

$$P = \frac{1}{\sigma_s^2} \quad (4.5.3-6)$$

$$M_{\gamma} = 2 \sqrt{2 \left(\frac{m_D}{D} \rho''\right)^2 (\cot^2 \alpha + \cot^2 \beta + \cot \alpha \cdot \cot \beta) + m_{\beta}^2} \quad (4.5.3-7)$$

$$W_g = \pm 2\rho'' \frac{m_D}{D} \sqrt{\sum \alpha_w^2 + \sum \alpha_f^2} \quad (4.5.3-8)$$

式中  $\mu$ ——测距单位权中误差(mm);  
 $d$ ——往、返测距离互差(mm);  
 $n$ ——测距边条数;  
 $P$ ——各测距边的先验权;  
 $\sigma_s$ ——测距边的先验中误差,可按测距仪的标称精度计算;  
 $M_\gamma$ ——观测角与测边所计算的角值之差(");  
 $\frac{m_D}{D}$ ——各测距边平均相对中误差;  
 $\rho''$ ——常数,取 206265";  
 $\alpha, \beta$ ——除观测角外的另两个角的角值,以(° ' ")表示;  
 $m_\beta$ ——相应等级三角网规定的测角中误差(");  
 $W_g$ ——三边网角条件自由项,包括圆周角条件和组合条件自由项(");  
 $\alpha_w$ ——与极点相对的外围边两端的两底角余切函数之和( $\cot\alpha_1 + \cot\beta_1$ );  
 $\alpha_f$ ——中点多边形中与极点相连的辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和或四边形中内辐射边两侧相邻底角的余切函数之差以及外侧的两辐射边的相邻底角的余切函数之差( $\cot\alpha_i \pm \cot\beta_{i-1}$ ),  $i$  为三角形编号。

**4.5.3.3** 导线网测角中误差和相对闭合差应分别按下列公式计算:

$$m_\beta = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{f_\beta^2}{n} \right]} \quad (4.5.3-9)$$

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{S} \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (4.5.3-10)$$

式中  $m_\beta$ ——测角中误差(");  
 $N$ ——导线网闭合环或附和导线个数;  
 $f_\beta$ ——闭合导线环或附和导线方位角闭合差(");  
 $n$ ——计算  $f_\beta$  时的测站数;  
 $\frac{1}{T}$ ——导线相对闭合差;  
 $f_x, f_y$ ——纵、横坐标闭合差(m);  
 $S$ ——导线长度(m)。

**4.5.3.4** 对 GPS 网的观测数据应进行基线分量闭合差和重复边精度的验算。

**4.5.4** 测距边长度的归化投影应符合下列规定。

**4.5.4.1** 归算至参考椭球面上的测距边长度应按下列公式计算:

$$D_1 = D_0 \left( 1 - \frac{H_m + N_m}{R} \right) \quad (4.5.4-1)$$

式中  $D_1$ ——参考椭球面上的测距边长度(m);

$D_0$ ——测距边在平均高程面上的水平投影长度(m);

$H_m$ ——测距边两端点的平均高程(m);

$N_m$ ——测距边所在地区大地水准面差距(m);

$R$ ——地球曲率半径(m)。

**4.5.4.2** 归算至高斯投影面上的测距边长度应按下列式计算:

$$D_2 = D_1 \left( 1 + \frac{Y_m^2}{2R^2} \right) \quad (4.5.4-2)$$

式中  $D_2$ ——高斯投影面上的测距边长度(m);

$D_1$ ——参考椭球面上的测距边长度(m);

$Y_m$ ——测距边两端点横坐标平均值(m);

$R$ ——地球曲率半径(m)。

**4.5.5** GPS 测量数据处理应符合下列规定。

**4.5.5.1** 数据处理应采用随机配备的商用软件或经批准使用的软件;数据处理宜采用自动处理方式,采用人工干预处理时,应注明干预的原因、内容和效果。

**4.5.5.2** 外业数据质量检核应满足下列要求:

(1) 同一时段观测值的数据剔除率小于 10%;

(2) 同一条边任意两个观测时段的成果互差小于等于接收机标称精度的  $2\sqrt{2}$  倍;

(3) 异步环各坐标分量闭合差限值按式(4.5.5-1)~式(4.5.5-3)计算,异步环线全长闭合差限值按式(4.5.5-4)和式(4.5.5-5)计算:

$$W_X = \pm 3 \sqrt{n} \cdot \sigma \quad (4.5.5-1)$$

$$W_Y = \pm 3 \sqrt{n} \cdot \sigma \quad (4.5.5-2)$$

$$W_Z = \pm 3 \sqrt{n} \cdot \sigma \quad (4.5.5-3)$$

$$W = \pm \sqrt{W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2} \quad (4.5.5-4)$$

$$W = \pm 3 \sqrt{3n} \cdot \sigma \quad (4.5.5-5)$$

式中  $W_X$ 、 $W_Y$ 、 $W_Z$ ——坐标分量闭合差限值(mm);

$W$ ——异步环线全长闭合差限值(mm);

$n$ ——异步闭合环中的边数;

$\sigma$ ——按平均边长计算的相应等级规定的精度(mm)。

(4) 同步观测闭合环的各坐标分量闭合差限值按式(4.5.5-6)~式(4.5.5-8)计算,同步环线全长闭合差限值按式(4.5.5-9)和式(4.5.5-10)计算:

$$W_X = \pm \frac{\sqrt{n}}{5} \cdot \sigma \quad (4.5.5-6)$$

$$W_Y = \pm \frac{\sqrt{n}}{5} \cdot \sigma \quad (4.5.5-7)$$

$$W_Z = \pm \frac{\sqrt{n}}{5} \cdot \sigma \quad (4.5.5-8)$$

$$W = \pm \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (4.5.5-9)$$

$$W = \pm \frac{\sqrt{3n}}{5} \cdot \sigma \quad (4.5.5-10)$$

式中  $W_x$ 、 $W_y$ 、 $W_z$ ——坐标分量闭合差限值(mm);  
 $W$ ——同步环线全长闭合差限值(mm);  
 $n$ ——同步闭合环中的边数。

(5) 附和路线的坐标增量闭合差限值按式(4.5.5-1)~式(4.5.5-3)计算,其中  $n$  为附和路线的边数;

(6) 单点支线两个时段基线解算结果互差小于相应等级精度指标的 $\sqrt{2}$ 倍。

#### 4.5.5.3 GPS 网观测精度的评定应满足下列要求:

(1) GPS 网的观测中误差按下式计算:

$$m = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{WW}{3n} \right]} \quad (4.5.5-11)$$

式中  $m$ ——GPS 网测量中误差(mm);  
 $N$ ——GPS 网中异步环的个数;  
 $W$ ——异步环环线全长闭合差(mm);  
 $n$ ——异步环的边数。

(2) GPS 网的观测中误差,在满足相应等级控制网的基线精度要求的情况下,按下式计算:

$$m \leq \sigma \quad (4.5.5-12)$$

4.5.5.4 外业测量数据不能满足要求时,应进行重测或补测。重测或补测的分析结果应写入数据处理报告。

4.5.5.5 GPS 网的无约束平差宜在 WGS-84 坐标系中进行;GPS 网的约束平差可在 WGS-84 坐标系、国家坐标系或地方独立坐标系中进行。必要时可利用局部拟合的转换参数,进行 WGS-84 坐标系与国家坐标系之间的坐标转换,坐标转换参数应进行校核,平差结果应符合表 4.4.1 的规定。

4.5.5.6 对 RTK 平面控制成果应进行 100% 的内业检查和不少于总点数 10% 的外业检测,外业检测可采用相应等级的卫星定位静态或快速静态技术测定坐标,全站仪测量边长和角度等方法,检测点应均匀分布测区,检测结果应满足表 4.5.5 的要求。

RTK 平面控制点检测精度要求 表 4.5.5

项目 等级	边长互差的相对误差允许值	角度互差允许值 (")	坐标互差允许值 (mm)
一级	1/14000	14	50
二级	1/7000	20	50
图根	1/5000	30	50

4.5.5.7 GPS 网平差的输出信息应包括观测点在相应坐标系中的二维或三维坐标、基线向量的改正数、基线长度、基线方位角和相关的精度信息等。必要时,还应输出坐标转换参数及其精度信息。

## 5 高程控制测量

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 水运工程高程控制测量依次分为三、四等和图根三个级别,各级高程控制宜采用水准测量方法,四等及其以下也可采用 GPS 高程测量、电磁波测距三角高程测量等方法,各级高程控制均可作为测区首级控制。

**5.1.2** 高程控制网的基本精度应符合下列规定。

**5.1.2.1** 三、四等高程控制网,相对于起算点的最弱点高程中误差不应超过 20mm;作业困难地区的内河航道测量,以四等水准作为测区首级控制时,最弱点高程中误差可放宽到 30mm。

**5.1.2.2** 图根高程相对于起算点的最弱点高程中误差不应超过测图基本等高距的 1/10;作首级控制时,不应超过 50mm,单程观测路线长度不应大于 8km。

**5.1.3** 确定高程基准应符合下列规定。

**5.1.3.1** 一个测区宜采用同一高程基准。有两个或两个以上的高程基准时,应给出其相互关系。

**5.1.3.2** 在尚未建立高程系统的地区,可建立临时高程基准。

**5.1.4** 高程控制网应布设成闭合环线、附和路线或结点网等形式,困难地区可布设成支线形式。

**5.1.5** 高程控制点的点位应选择在不易被水淹没,土质坚实,稳固可靠,便于寻找、观测和埋石的地点。

### 5.2 水准测量

**5.2.1** 测站观测宜采用双面水准尺,其观测顺序,三等水准应为后—前—前—后,四等水准与图根水准均应为后—后—前—前。图根水准观测也可使用单面水准尺,其观测应采用两次仪器高进行,顺序为后—前。

**5.2.2** 四等水准可采用两组同向观测、变动仪器高或双摆尺的方法代替往返观测。

**5.2.3** 水准测量的主要技术要求应符合表 5.2.3 的规定。

**5.2.4** 水准观测的主要技术要求应符合表 5.2.4 的规定。

**5.2.5** 水准测量的重测与取舍应符合下列规定。

**5.2.5.1** 测量结果不符合表 5.2.3 的规定时,应选择可靠性小的测段重测;原往返互差超限,且重测后的高差与原往测及与原返测的高差互差均未超限时,应取三次观测结果的平均值作为该测段的观测结果。

5.2.5.2 观测结果不符合表 5.2.4 的规定时,在测站发现的应立即重测;迁站后发现的应从水准点或间歇点开始重测。

水准测量的主要技术要求 表 5.2.3

等级	每千米高差中误差 (mm)		检测已测 测段高差 不符值 (mm)	附和或环线闭合差、 往返测不符值 (mm)		路线长度 (km)		观 测 次 数 (双面尺)	
	偶然中 误差	全中 误差		平原	山区	附和或 环线	支线	支线	附和或闭合
三等	±3	±6	$\pm 20 \sqrt{L}$	$\pm 12 \sqrt{R}$	$\pm 4 \sqrt{n}$	50	20	往返各一次	往返各一次
四等	±5	±10	$\pm 30 \sqrt{L}$	$\pm 20 \sqrt{R}$	$\pm 6 \sqrt{n}$	20	10	往返各一次	往一次
图根	—	±20	$\pm 60 \sqrt{L}$	$\pm 40 \sqrt{R}$	—	—	4	往返各一次	往一次

- 注:① $L$ -已测测段路线长度(km); $R$ -附和或环线路线长度(km),计算往返测不符值时, $R$ -测段或区段长度(km); $n$ -测站数;
- ②控制网布设成结点网时,结点与结点或起算点间的路线长度,不应大于表中规定值的 0.7 倍;
- ③作业困难地区的内河航道测量,以四等水准作为测区首级控制时,应进行往返观测,附和路线长度不应大于 50km;
- ④数字水准仪测量的技术要求和同等级的光学水准仪相同;
- ⑤支线路水准测量不应采用变动仪器高法代替往返测。

水准观测的主要技术要求 表 5.2.4

等级	水准仪 类型	最大视 线长度 (m)	视线离地面 最低高度 (m)	前后视距差 (m)	前后视距 累积差 (m)	基、辅分划 或红黑面 读数互差 (mm)	基、辅分划 或红黑面高 差之差 (mm)	间歇前后或双转 点法或变动仪器 高前后高差之差 (mm)
三	DS <sub>3</sub>	75	0.3	3	6	2	3	3
四	DS <sub>3</sub>	100	0.2	5	10	3	5	5
图根	DS <sub>10</sub>	100	—	大致相等	—	4	6	6

注:数字水准仪观测,不受基、辅分划或黑、红面读数互差指标的限制,但测站两次观测的高差互差,应满足表中相应等级基、辅分划或黑、红面所测高差互差的限值。

5.2.6 一测段观测中需间歇时,应在地基稳固的地点设置 2 个及以上的标志作为间歇点,间歇后应对各点进行检测。

5.2.7 水准观测分米以下的数值读记错时应重新观测。米及分米值读、记错时可更改一次。同一测站前、后尺相关数字及红、黑面相关数字不得连环更改。

5.2.8 开始施测水准前或仪器受到剧烈震动、碰撞后,应对仪器进行检验和校正,并做好记录。

5.3 三角高程测量

5.3.1 三角高程测量分为电磁波测距三角高程测量和经纬仪三角高程测量。电磁波测距三角高程测量可代替四等水准测量和图根水准测量,经纬仪三角高程测量只适用于图

根高程测量。

**5.3.2** 三角高程网各边的垂直角宜对向观测或中间设站观测,观测时目标成像应稳定清晰。

**5.3.3** 用电磁波测距三角高程测量代替四等水准时,应符合下列规定。

**5.3.3.1** 起算点不应低于三等水准点,起算点间高程传递边的路线长度不应大于 15km,观测边长度不宜大于 1km。

**5.3.3.2** 垂直角观测测回数过半后,宜变动仪器高或棱镜高,其变动范围应大于 0.1m,所测高差互差不应大于  $3 \times 10^{-5}$  倍的测边边长。有条件时,宜采用三联脚架法。

**5.3.4** 图根三角高程网,可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应小于 16km;测图等高距大于 1m 时,不应大于 40km。

**5.3.5** 三角高程测量的主要技术要求应符合表 5.3.5 的规定,并应进行地球曲率及折光差的改正。

三角高程测量的主要技术要求

表 5.3.5

等级	仪器等级	垂直角测回数	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)
四等	2"级	3	8	8	$\pm 40 \sqrt{D}$	$\pm 20 \sqrt{[D]}$
图根	2"级	2	15	15	$\pm 60 \sqrt{D}$	$\pm 40 \sqrt{[D]}$
	6"级	3	25	25		

注:①D-高程传递边的水平距离(km);

②经纬仪三角高程对向观测高差互差可放宽至 0.1D(m),当边长大于 2km 时,其测回数应增加 1 倍;

③边长小于 600m 时,测回数可减少一测回。

**5.3.6** 仪器高和棱镜、觇标高可用钢尺或对中杆在每次观测前后各量取一次。四等高程应精确到 1mm,两次互差不应大于 2mm;图根高程应精确到 5mm,两次互差不应大于 10mm。

**5.3.7** 平面控制点的单点高程宜对向测定;高程传递边长小于 1km 时,也可采用两个起算点单向测定,所测得的高程互差不应大于 0.1m。

## 5.4 GPS 高程测量

**5.4.1** GPS 高程测量仅适用于四等和图根高程测量,图根高程也可采用 RTK-DGPS 进行高程测量。对于已有区域性似大地水准面精化成果的地区,可直接采用该成果。

**5.4.2** GPS 高程测量应联测不少于 1 个能有效控制测区的高等级起始水准点,起始水准点与测区的距离不宜超过 15km。

**5.4.3** 已知高程点的分布应符合下列规定。

**5.4.3.1** 已知高程点宜均匀分布于测区,面状测区宜分布在测区的四周和中央,带状区域宜分布于测区两端和中部。

**5.4.3.2** 参与高程拟合计算的已知高程点不应少于 5 个。

**5.4.3.3** 测区地形高差变化较大时,应按地形特征适当增加已知高程点的数量。

**5.4.3.4** 已知高程点周围环境应符合第4.4.5条的规定。

**5.4.4** 采用GPS进行高程控制测量时,宜与平面控制测量同时进行。

**5.4.5** GPS高程测量外业观测应符合第4.4节的有关规定。

**5.4.6** 采用RTK-DGPS进行图根高程点的测量时,应符合下列规定。

**5.4.6.1** RTK高程点控制测量主要技术要求应符合表5.4.6的规定。

**RTK高程控制点测量主要技术要求**

**表 5.4.6**

等级	高程允许中误差(mm)	与基准站的距离(km)	观测次数	起算点等级
图根	±30	≤5	≥3	四等水准及以上

注:①高程中误差指控制点高程相对于起算点的误差;

②网络RTK高程控制测量可不受流动站到参考站距离的限制,但应在网络有效服务范围内。

**5.4.6.2** 基准站的选择、架设应符合第4.4.8条的规定。

**5.4.6.3** 流动站的观测技术要求应符合第4.4.9条的规定。

**5.4.6.4** 流动站观测时应采用三角架架设天线,每次观测历元数应大于20个,各次测量的高程互差不大于40mm时,可取其平均值作为最终结果。

**5.4.7** GPS高程测量成果精度应满足第5.1.2条的规定,且不宜外推。

**5.4.8** 对GPS高程测量成果的检核,检测点数不应少于全部高程点的10%,且不应少于2个点;高差检验,可采用相应等级的水准测量方法或电磁波测距三角高程测量方法进行,其高差互差应符合表5.2.3的规定。

## 5.5 跨水面高程测量

**5.5.1** 跨越地点应选在水面狭窄、地基稳固之处,观测时视线距水面的高度宜大于3m。

**5.5.2** 当采用水准测量方法时,跨越距离应小于400m,两岸测站和立尺点应对称布设。跨河水准观测的主要技术要求应符合表5.5.2的规定。

**跨河水准观测的主要技术要求**

**表 5.5.2**

跨越距离 (m)	半测回远尺 读数次数	测回数	测回差(mm)		
			三等	四等	图根
<200	2	1	—	—	—
200~400	3	2	8	12	25

注:①一测回的观测顺序:在一岸先读近尺,再读远尺;仪器搬至对岸后,不动焦距先读远尺,再读近尺;

②当采用双向观测时,两条跨河视线长度宜相等,两岸岸上视线长度宜相等,并大于10m;当采用单向观测时,可分别在上、下午各完成半数工作量。

**5.5.3** 采用电磁波测距三角高程代替四等水准跨水面测量时,宜在阴天进行观测。对向观测时的气象等外界条件宜相同,两岸跨河对向观测位置应基本等高。垂直角观测的测回数应符合表5.5.3的规定,其他技术指标应符合表5.3.5的规定。

**5.5.4** 长距离跨水面传递高程可采用电磁波测距三角高程测量法或GPS高程测量法,也可利用水面传递高程。跨水面距离大于3.5km时,应根据测区具体条件和精度要求进行专项设计。



电磁波测距三角高程跨水面时的垂直角测回数 表 5.5.3

测回数 观测方法	跨越距离(km)		
		<1.0	1.0~2.0
中丝法		4	6
三丝法		—	3

5.5.5 在静止水域可利用水面传递高程,其两次观测互差,四等不应大于  $20\sqrt{R}\text{mm}$ ,图根不应大于  $40\sqrt{R}\text{mm}$ , $R$  为两岸观测点标志间的距离,以 km 计。

5.5.6 利用海水面传递高程,其潮汐性质应相同,并应符合下列规定。

5.5.6.1 开阔海域利用海水面传递高程,可采用高低潮法或同步期平均海面法。

5.5.6.2 采用高低潮法,应以各组高低平潮平均值推算高差的平均值作为传递高差值;观测时间间隔和各组高低平潮平均值推算高差互差应符合表 5.5.6-1 的规定。

高低潮法观测时间间隔和推算高差互差限值 表 5.5.6-1

距离 (km)	高低平潮观测组	观测时间间隔 (min)	各组平潮平均值推算高差互差限值 (mm)
<1	2	5	40
1~5	4	5	40

注:①高潮或低潮 1 小时前开始观测,至落潮或涨潮时观测停止;当互差超限时,应查明原因,予以重测;  
②高低平潮观测组是指相邻的一个高平潮和低平潮。

5.5.6.3 采用同步期平均海面法,应以同步期平均海面推算高程作为传递高程值,其连续观测时间及观测时间间隔应符合表 5.5.6-2 的规定。

同步期平均海面法连续观测时间及观测时间间隔 表 5.5.6-2

距离 (km)	连续观测时间 (昼夜)	观测时间间隔	
		高低平潮前、后半小时之间(min)	其他观测时间
<10	3	10	整点
10~50	7	10	整点

注:高程传递距离超过 50km 时,应根据潮汐的具体情况适当增加连续观测时间。

5.5.6.4 水尺零点高程应按四等水准测量的要求进行引测,传递工作结束后,还应在水尺零点进行校核。

5.6 内业处理

5.6.1 高差、高程计算取位应符合表 5.6.1 的规定。

高差、高程计算取位规定 表 5.6.1

项 目	三等、四等、图根	项 目	三等、四等、图根
三角高程垂直角观测及改正数(″)	1	水准观测(m)	0.001
高差计算(m)	0.001	最后水准高程(m)	0.001
三角高程和水面传递高程(m)	0.01		

**5.6.2** 水准测量每千米高差偶然中误差和每千米高差全中误差应按下列公式计算:

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[ \frac{\Delta\Delta}{R} \right]} \quad (5.6.2-1)$$

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{WW}{L} \right]} \quad (5.6.2-2)$$

式中  $M_{\Delta}$ ——每千米高差偶然中误差(mm);

$n$ ——测段数;

$\Delta$ ——各测段往返互差(mm);

$R$ ——测段长度(km);

$M_w$ ——每千米高差全中误差(mm);

$N$ ——水准附和路线或闭合路线环的个数;

$W$ ——水准闭合差(mm);

$L$ ——水准环线长度(km)。

**5.6.3** GPS 高程测量内业处理应符合下列规定。

**5.6.3.1** GPS 控制网的内业数据处理应符合第 4.5 节的有关规定。

**5.6.3.2** 沿海等地形平坦的测区,高程拟合可采用平面拟合模型;地形起伏较大或大面积测区,宜采用曲面拟合模型或分区拟合的方法进行高程拟合。

**5.6.3.3** 区域似大地水准面精化应充分利用测区所在地的重力大地水准面模型和相关资料。

6 地形测量

6.1 一般规定

6.1.1 地形测量基本精度应符合表 6.1.1 的规定。

地形测量基本精度 表 6.1.1

点位中误差(mm)		等高线高程中误差(m)			
重要地物	次要地物及地形点	地形类别	地面倾角	重点地区	一般地区
图上 ±0.6	图上 ±0.8	平坦地区	< 6°	$h/3$	$h/2$
		丘陵地	6° ~ 15°	$h/2$	$2h/3$
		山地	> 15°	$2h/3$	$h$

注:① $h$ -等高距(m);  
②重点地区是指碍航地区、航道整治区、枢纽工程区和港口工程区;  
③洪水位以上区域及河、海漫滩地区,其点位中误差可适当放宽,但不应大于图上 1mm。

6.1.2 地形图基本等高距的确定应符合表 6.1.2 的规定。

地形图基本等高距 表 6.1.2

地形类别	地面倾角	比例尺及相应的基本等高距(m)					
		1:200	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
平坦地	< 6°	0.5	0.5 或 1	1	1	1 或 2	1 或 2 或 5
丘陵地	6 ~ 15°	0.5	0.5 或 1	1	2	5	5
山地	> 15°	0.5	1	2	2	5	10

注:一个测区宜采用同一比例尺和同一基本等高距。

6.1.3 地形测图的地形点最大间距应符合表 6.1.3 的规定。

地形点最大间距 表 6.1.3

比 例 尺	1:200	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
地形点最大间距(m)	4	15	30	50	100	150

6.1.4 用经纬仪、全站仪或测距仪配合经纬仪测图的最大视距长度应符合表 6.1.4 的规定。

6.1.5 地形测量控制点密度应以确保测图的视距长度满足表 6.1.4 的要求为标准。视距较长时,应根据不同比例尺和高程精度考虑竖盘指标差及地球曲率的影响。

6.1.6 测站上仪器的设置和检查应符合下列规定。

6.1.6.1 仪器对中偏差不应大于图上 0.05mm,定向边长度应大于图上 0.1m,定向后应用其他方向校核,其偏差不应大于图上 0.3mm。

最大视距长度(m)

表 6.1.4

比 例 尺		1:200	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
经纬仪、平板仪 测图	重要地物	25	60	100	180	300	400
	次要地物及地形点	60	100	150	250	350	500
全站仪或测距仪 配合经纬仪测图	重要地物	60	160	300	450	700	1000
	次要地物及地形点	60	300	500	700	1000	1200

注:①地势平坦,地形简单的测区,地形点的最大视距不应大于表中规定值的1.2倍;

②RTK测图时,数据链长度的确定以满足表6.1.1中的测点精度要求为准。

**6.1.6.2** 仪器高和视线高均应有校核记录,其互差不应大于0.1m或基本等高距的1/10。

**6.1.6.3** 测图过程中应随时检查定向点方向。测站观测结束时应检查归零方向,其归零的偏差,经纬仪不应大于2',平板仪不应大于图上0.3mm。

**6.1.6.4** 每测站应测定1~2个站际地形重合点,检测点的坐标及高程值互差不大于0.1m,相邻图边应各测出图外10mm。

**6.1.7** 修测地形图时,应对原图进行现场检测。套用原图时,应消除原图图纸变形的影响。

**6.1.8** 地形图上高程点注记,等高距为0.5m时,应精确至0.01m;等高距大于0.5m时,应精确至0.1m。

**6.1.9** 用测记法采集数据时,应记录测量日期、测站和后视的点名、测站仪器高和后视点棱镜高,并应绘制草图对测点进行编号,标明测点之间连线关系和地类属性。

**6.1.10** 测图可分区域或按图幅施测。分区域施测时,接图边应测出界线外图上10mm;按图幅施测时,每幅图应测出图廓线外10mm。

**6.1.11** 地形图应经过内业检查和实地对照检查,检查面积不应少于施测面积的5%,抽检细部坐标点不应少于10%。平面和高程的偏差应符合表6.1.1的规定。超限点数超过检查点数的10%时,除应更正外,还应扩大检查范围。所有检查数据应有记录。

## 6.2 测站补点

**6.2.1** 控制点密度不能满足测图需要时,应增设测站补点。测站补点展绘在图上相对于邻近图根点的点位中误差不应大于图上0.3mm。

**6.2.2** 用解析交会法测定的测站补点,应有多余观测方向,其两组坐标的互差不应大于图上0.2mm,1:500比例尺测图不应大于图上0.4mm;用图解交会法测定的测站补点示误三角形,其最大边不应大于图上0.3mm。

**6.2.3** 经纬仪视距导线布设应符合下列规定。

**6.2.3.1** 水平角和垂直角应各测一测回,视距应往返观测,其互差不应大于1/200。小于或等于1:5000比例尺测图的导线总长不应大于图上0.3m;大于1:5000比例尺测图的导线总长不应大于图上0.4m。

**6.2.3.2** 视距导线边长不应大于表6.1.4规定的重要地物的视距长度,高程闭合差不

应大于 0.2m;方位角闭合差和图上边长允许闭合差应按下列公式计算:

$$W_{\alpha} = 1.5 \sqrt{N} \quad (6.2.3-1)$$

$$W_s = [S]/400 \sqrt{n} \quad (6.2.3-2)$$

式中  $W_{\alpha}$ ——方位角闭合差限差(′);

$N$ ——折角数;

$W_s$ ——图上边长允许闭合差(mm);

$[S]$ ——导线总长(m);

$n$ ——边数。

**6.2.4** 1:1000 ~ 1:5000 比例尺测图,可用视距极坐标法引测一次图解补点;1:5000 ~ 1:10000 比例尺测图,可连续引测两次图解补点。视距长度不应大于表 6.1.4 中所规定的重要地物的视距长度。水平角和垂直角应各测一测回;视距应往返观测,其互差不应大于 1/200,高程互差不应大于 0.1m。

**6.2.5** 采用 RTK 补点,流动站应两次初始化,两次的平面坐标互差不应大于 40mm,高程互差不应大于 40mm。

**6.2.6** 采用全站仪布设测站补点时,其精度应满足第 6.2.2 条的要求。

### 6.3 地形地貌测绘

**6.3.1** 建筑物细部坐标点精度应符合表 6.3.1 的规定。

细部坐标点精度要求

表 6.3.1

类 别	点位中误差(mm)	高程中误差(mm)
港口	±50	±50
航道	图上 ±0.1	±100

**6.3.2** 细部坐标点应从控制点引测,坐标计算精确到 0.01m,展点误差不应大于图上 0.3mm。

**6.3.3** 地物和地貌应现场勾绘,地物测绘的取舍应符合下列规定。

**6.3.3.1** 房屋外廓应以外墙面为准,临时性的可不测。

**6.3.3.2** 建筑物的轮廓凹凸在 1:500 比例尺图上小于 1mm、其他比例尺图上小于 0.5mm 时,可用直线连接。

**6.3.3.3** 防空巷道等地下设施,宜测量出口、竖井平面位置和高程。涵洞应测出洞底高程。

**6.3.3.4** 测绘房屋建筑区地形图的比例尺大于或等于 1:1000 时,房屋宜单座测绘;比例尺小于 1:1000 的建筑区地形图可进行综合测绘,狭窄的巷道可不单绘。

**6.3.3.5** 依比例尺表示的独立地物应实测外廓;不依比例尺表示的,应准确标出其位置。

**6.3.3.6** 管线转角处应实测。线路密集时,居民区的低压电线、通信线和各种管线的检修井可选择重要的进行测绘。

**6.3.3.7** 比例尺小于 1:1000 的道路测绘可适当舍去车站范围内的次要附属设施;较宽公路的中心线及公路平交时的交叉中心应标注高程;乡间道路可选择重要的进行测绘;公路经过村镇时,图上不应中断,应按真实位置测绘。

**6.3.3.8** 铁路应测出轨面高程,铁路曲线段尚应测出内轨面高程。

**6.3.3.9** 水系测绘应符合下列规定:

(1)河流、湖泊、水库、池塘、沟渠、泉眼和水井等按实际情况测绘,比例尺小于 1:1000 的地形图上,泉眼和水井用符号表示;

(2)干涸自然河流和冲沟按地形特征测绘;

(3)湖泊、水库、池塘、河流和渠道等的水域部分均测量水底高程;

(4)图上河流宽度小于 0.5mm,渠道实际宽度小于 0.8m 时,用单线表示;

(5)海岸线按平均大潮高潮所形成的实际痕迹进行测绘;

(6)助航设施测量出位置,沿海灯塔和灯桩均测量从平均大潮高潮面起算的灯光中心高程。

**6.3.3.10** 堤坝应测出顶部与坡脚高程,水井应测出井台高程,泉眼应测出泉口高程,陡坡应测出坡顶、坡底高程,下水道井盖应测出井盖高程。

**6.3.4** 对跨越航道的架空电缆、管道、索道和桥梁等应测定其在通航区域内的底面或最低点高程,测量方法见附录 D。水底电缆、管道和隧道应根据有关资料在图上标明其埋设位置和深度,并附标注。

**6.3.5** 地貌应用等高线表示;陡崖、冲沟等明显的特征地貌,应以图式表示;山顶、鞍部、凹地、山脊、谷底和倾斜变换处,应标注高程和绘制示坡线;露岩、独立石、土堆和陡坎等,应标注高程。测绘地貌时,台地和小丘等应测出制高点、鞍部及坡度方向。

**6.3.6** 内河航道地形宜自水沫线测至最高洪水位线。高潮面或最高洪水位线以上,凡能长久保存的明显地物和方位物,宜测定其位置,并绘注于图上。

**6.3.7** 露出水面的礁石应测出其最高点的位置和高程,并将其名称和范围标注在图上。

**6.3.8** 植被和农田的测绘应符合下列规定。

**6.3.8.1** 稻田、旱地、菜地、经济作物地和养殖场地等,应按实际作物类别标绘在地形图上。

**6.3.8.2** 地类界与线状地物重合时,应标绘线状地物图式。

**6.3.8.3** 梯田坎的坡宽在地形图上大于 2mm 时,应实测坡脚;小于 2mm 时,可标注比高。田坎密集且两坎间距在地形图上小于 10mm 或坎高小于 1/2 等高距时,可选择重要的进行测绘。

**6.3.8.4** 水田应测出代表性高程,田埂宽小于图上 1mm 时,可用单线表示。

**6.3.8.5** 树林、苗圃、灌木丛、散树、独立树、行树、竹林、芦苇地、花圃和人工草地等均应测绘。

**6.3.9** 居民地、工矿企业、机关、学校、山岭、河流、海洋、湖泊和道路等应选择重要的进行标注名称,等级公路及货场、广场等应标注铺面材料。

**6.3.10** 地物和地貌应在现场绘图。地物、地貌比较简单时,可用测记法,但现场应勾绘

草图。

#### 6.3.11 全站仪数字测图应符合下列规定。

6.3.11.1 测图宜使用 6"级或 6"级以上的全站仪,其测距标称精度的固定误差不应大于 10mm,比例误差系数不应大于 5ppm。

6.3.11.2 对中偏差不应大于 5mm;仪器高和觇标高量取至 1mm。作业前应观测较远的控制点作为定向方向,用另一控制点的三维坐标作为测站检核,检核点的平面位置互差不应大于图上 0.2mm;高程互差不应大于 1/5 等高距,作业过程中和作业结束前,应对起始方向进行检查。

6.3.11.3 对采集的数据应进行检查,及时删除作废数据、经过重测的原超限数据和补测后的原错漏数据。经检查修改后的数据应及时转存至计算机,保存原始数据文件。

#### 6.3.12 RTK 测图应符合下列规定。

6.3.12.1 转换参数可采用已有成果或现场自行求取。现场求取时,参与计算的控制点宜不少于 4 个,且成面状分布,转换结果平面残差、垂直残差均宜不大于 50mm。

6.3.12.2 作业前应在测区附近的控制点上对 RTK 测量结果进行检测,平面坐标互差不应大于 50mm,高程互差不应大于  $30\sqrt{D}$ mm,  $D$  为基准站到检查点的距离,小于 1km 时以 1km 计。采用网络 RTK 时,高程互差不应大于 0.1m。

6.3.12.3 基准站位置选择及架设应符合第 4.4.5 条和第 4.4.8 条的规定。

6.3.12.4 作业时,流动站应每隔 2h 重新初始化,并在数据稳定后检核一个重合点,平面互差不应大于图上 0.2mm,高程互差不应大于 1/5 基本等高距,高山地区可放宽一倍。

6.3.12.5 每日观测结束,应及时对数据进行检查处理,删除或标注作废数据,并转存至计算机或其他介质中。

### 6.4 内业处理

6.4.1 地形图的绘制可采用计算机绘图或手工绘图。

6.4.2 地形和地貌相邻图拼接的最大误差不应大于表 6.1.1 规定的点位中误差和高程中误差的 $\sqrt{2}$ 倍。

6.4.3 构建数字模型前,应对相关地性线进行连接。用实测数据和数字等高线数据构建地形模型时,可采用不规则三角网法,也可采用格网法或两者并用。

6.4.4 图形文件中地形图数据要素应分层表示,同一图层的实体应具有相同的颜色和相同的属性结构。

6.4.5 轮廓符号的绘制应符合下列规定。

6.4.5.1 依比例尺绘制的轮廓符号应保持轮廓位置的精度。

6.4.5.2 半依比例尺绘制的现状符号应保持主线位置的几何精度。

6.4.5.3 不依比例尺绘制的符号应保持其主点位置的几何精度。

6.4.6 注记的配置应符合下列规定。

6.4.6.1 文字注记应使所指示的地物能明确判读,字头应朝北。道路河流名称可随现状弯曲的方向排列,各字侧边或底边应垂直或平行于现状物体,注字应避免遮断主要地物

和地形的特征部分。

**6.4.6.2** 等高线的注记字头应指向山顶或高地且不宜朝向图纸下方。

**6.4.7** 城镇和农村的街区、房屋等居民地应按外轮廓线绘制;街区与道路的衔接处应留出 0.2mm 的间隔。

**6.4.8** 水系的绘制应先绘桥、闸,其次绘双线河、湖泊、渠、海岸线和单线河,然后绘堤岸、陡岸、沙滩和渡口等;当河流遇桥梁时应中断;单线沟渠与双线河相交时,应将水涯线断开,弯曲交于一点;当两双线河相交时,应互相衔接、圆滑。

**6.4.9** 道路网的绘制应先绘铁路,再绘公路及大车路等。实线道路与虚线道路、虚线道路与虚线道路相交时,应实部相交;公路遇桥梁时,公路和桥梁间应留出 0.2mm 的间隔。

**6.4.10** 等高线的绘制应保证精度,线画饱满均匀、光滑自然。图上的等高线遇地物和不依比例绘制的地物符号时应断开,但要保证等高线的对称。

**6.4.11** 内业绘图的其他要求应按第 3 章的有关规定执行。



## 7 水位控制测量

### 7.1 水位站布设

**7.1.1** 水位控制测量应根据工程需要在沿海建立长期水位站、短期水位站或临时水位站,在内河建立基本水位站、基本水尺或临时水尺。

**7.1.2** 水位站的布设位置应满足下列要求:

- (1)能充分反映测区的水位变化;
- (2)无沙洲、浅滩阻隔,无壅水、回流现象;
- (3)不直接受风浪、急流冲击影响,不易被船只碰撞;
- (4)地质稳定、能牢固设置水尺或自记水位计,便于水位观测和水准测量;
- (5)尽量利用旧有水位站站址。

**7.1.3** 水位站布设的密度应能控制全测区的水位变化。对于沿海地区,相邻水位站之间的距离应满足最大潮高差不大于1m、最大潮时差不大于2h和潮汐性质基本相同等要求。

**7.1.4** 水位站的建立应符合下列规定。

**7.1.4.1** 沿海长期水位站的建立应连续观测水位5a以上;短期水位站宜和相邻长期水位站同步观测30d以上;临时水位站与长期或短期水位站应在大潮期间同步观测3d以上;采用水准测量联测时,应按四等水准要求进行。

**7.1.4.2** 内河基本水位站的建立应连续观测洪、中、枯水位20a以上,基本水尺应在基本水位站之间沿河按5~10km间隔设置,在枯水期应作同步观测。

**7.1.4.3** 除临时水位站和临时水尺外,均应建立水位站经历簿和测站考证簿,水位站经历簿和测站考证簿的主要内容应满足附录E的要求。

**7.1.5** 测区离海岸较远且超出岸边水位站有效控制范围时,可在海上设立临时水位站,其站址应选择在海底平坦、泥沙底质、风浪和海流较小的地方。

**7.1.6** 河流两岸水位差大于0.1m时,应在两岸边设立横向比降观测水尺。

**7.1.7** 河口、港湾、狭窄水道和分叉水道等水位变化复杂地区应设立临时水位站。

**7.1.8** 水尺设置应符合下列规定。

**7.1.8.1** 水尺设置应稳固。

**7.1.8.2** 设置两根或两根以上水尺时,两相邻水尺的重叠部分,在内河宜为0.1~0.2m;在沿海不宜小于0.3m。

**7.1.8.3** 设置两根或两根以上水尺时,应选择其中一根作为基尺。深度基准面已经确定时,水尺零点宜与深度基准面一致。

**7.1.8.4** 水尺的设定范围应高于高水位且低于低水位。

7.1.9 自记水位计设置应符合下列规定。

7.1.9.1 测井壁应垂直,井底应低于最低水位 0.5 ~ 1.0m,井口应高于最高水位 0.5 ~ 1.0m。

7.1.9.2 测井截面应能容纳浮子随水位自由升降,浮子和井壁间应有 0.05 ~ 0.1m 的间隙。

7.1.9.3 测井应附设沉沙池或采取其他防淤措施。

7.1.9.4 测井内宜设置消波措施。

7.1.9.5 测井内无消波措施时,进水孔截面积与测井筒截面积之比宜为 1: 100,在多条内河水域需视情况而定,应当保证进出水的水位变化率大于 0.2m/s。

7.1.9.6 设置自记水位计的同时应设置校核水尺。

7.1.9.7 设置自容式水位计时应保证其传感器稳固,低潮时不干出且高潮时水位应在其量程之内,并便于校验。

7.1.10 设置水位站的同时,应埋设主要水准点和工作水准点,主要水准点可利用水位站附近的等级水准点,工作水准点应设置在附近固定建筑物上。

7.1.11 水位站主要水准点与工作水准点之间的高差,应按四等水准测量要求测定;工作水准点与水尺或自记水位计零点之间的高差,应按图根水准测量要求测定。用瞬时水面法求取水尺间的相互关系时,应在水面平静时连续观测水位三次,其高差的互差不应大于 20mm。观测结果取平均值,超限时应重测。

7.2 水位观测

7.2.1 水尺零点和自记水位计零点应经常校核。水尺倾斜或零点变动时,应立即校正,并校核零点高程。用水准测量校核有困难时,可利用校核水尺或井口高程校核,校核情况应记入观测手簿。

7.2.2 每日早、晚应对时,临时水位站应在每日观测前后对时,其误差不应大于 1min,超限时应拨正。对时及拨正情况应记入手簿。采用自记水位计进行水位观测时,其走时误差应符合表 7.2.2 的规定。自动化水深测量时应同时校对计算机采集数据时间。

自记水位计的允许走时误差 表 7.2.2

记录周期	允许走时误差 (min)	记录周期	允许走时误差 (min)
日记	0.5	月记	4.0
周记	2.0	季记	9.0
双周记	3.0		

7.2.3 水位观测应精确到 10mm。当上、下比降断面的水位差小于 0.2m 时,水位观测应精确到 5mm。

7.2.4 采用多站组合进行水深测量水位改正时,相关水位站观测时间应满足水位分带内插的要求。

7.2.5 使用水尺观测水位应符合下列规定。

7.2.5.1 沿海港口、感潮河段水位观测次数应满足表 7.2.5-1 的要求。

沿海港口及感潮河段水位观测次数

表 7.2.5-1

观测时期	观测次数	加密观测	
		加密次数	加密时间
观测系列水位时	每整小时观测一次	每 10min 观测一次	1. 高、低潮前、后各 30min 内 2. 受混合潮或副振动影响,高、低潮过后又出现小的涨落起伏时
水深测量时	每 10 ~ 30min 观测一次	每 10min 观测一次	1. 高、低潮前、后各 30min 内 2. 30min 内水位差大于 0.5m 时 3. 水位变化异常时

注:采用自计水位计时可每 5min 观测一次。

### 7.2.5.2 内河水位观测次数应满足表 7.2.5-2 的要求。

内河水位观测次数

表 7.2.5-2

观测时期	水位变化特征	观测次数
基本水尺观测系列水位时	水位平稳	每日观测一次(08:00)
	水位变化缓慢	每日观测一次(08:00,20:00)
	水位变化较大或出现缓慢的峰谷	每日观测四次(02:00,08:00, 14:00, 20:00)
	洪水期或水位变化急剧	每整小时观测一次
	暴涨暴落	每 5 ~ 30min 观测一次
水深测量时	$\Delta H < 0.1\text{m}$	测深开始及结束时各观测一次
	$0.1\text{m} \leq \Delta H \leq 0.3\text{m}$	测深开始、中间和结束时各观测一次
	$\Delta H > 0.3\text{m}$	每整小时观测一次

注: $\Delta H$ -日水位变幅(m)。

### 7.2.5.3 水位读数应取波峰、波谷读数的平均值。

7.2.5.4 水面达到两根水尺重叠范围时,应同时读取两根水尺的读数,并归算为基尺零点上的水位,其差值不应大于 20mm。

### 7.2.5.5 各水尺的读数均应归算为基尺零点上的水位。

7.2.5.6 观测人员应准时到现场测记水位,不得追记。因故漏测水位时,应按实际观测时间测记,严禁涂改伪造。

## 7.2.6 使用自记水位计观测水位应符合下列规定。

7.2.6.1 按自记水位计的记录周期调换记录纸,换纸时间应注记在记录纸上。

7.2.6.2 定期校测和检查自记水位计,日记式自记水位计应每日 08:00 时校测和检查一次,非日记式自记水位计应每 7d 校测一次。

7.2.6.3 自记水位计的检查内容和允许误差应符合表 7.2.6 的规定。超限时应改正。

自记水位计检查内容和允许误差

表 7.2.6

顺序	检查内容	允许误差
1	走时误差	见表 7.2.2
2	和校核水尺进行水位比测	20mm
3	检查测井内外水面的水位差	20mm

### 7.2.7 使用水位遥报仪观测水位应符合下列规定。

7.2.7.1 水位传感器的适用条件、测量精度和分辨率等技术性能应符合国家现行标准的规定。

7.2.7.2 水位遥报仪除应具有数据遥报功能外,尚应具有数据存储功能;采用静态RAM作为存储媒介时,应采取可靠措施,防止数据丢失。

7.2.7.3 水位遥报仪宜5~30min传送一次水位数据。

7.2.7.4 在运行周期内数据采集器内的时钟走时误差应小于采样时间间隔,月最大误差不得大于4min。

7.2.7.5 水位遥报仪在运行过程中,实际记录存储周期应大于选取记录存储周期15d。

7.2.7.6 水位遥报系统应满足下列要求:

- (1)水位遥报仪平均无故障工作时间大于1600h;
- (2)水位遥报仪连续运行中数据允许差错率(误码率)不大于 $1 \times 10^{-5}$ ;
- (3)在正常工作条件下平均单站采集数据的有效率不低于95%。

7.2.7.7 水位遥报仪的输出信号受波浪影响时,应采取波浪抑制、阻尼、速度鉴别或数字滤波等措施。

7.2.7.8 水位遥报仪的检查内容和允许误差应符合表7.2.6的规定,超限时应改正。

### 7.2.8 海上定点水位站水位观测应符合下列规定。

7.2.8.1 海上定点水位观测可采用自动验潮仪或回声测深仪,测深仪应进行声速校正。

7.2.8.2 采用回声测深仪进行水位观测时,应选择水深不超过50m的平坦海底,船舶偏移位置宜控制在50m之内。

### 7.2.9 RTK水位外业测量应符合下列规定。

7.2.9.1 RTK基准站位置的选择及架设和流动站GPS天线安装除应符合第4.4节的有关规定外,尚应满足下列要求:

- (1)GPS天线安装在其载体的最高处,高出大的金属物体表面1m以上,且远离大的直立金属物件;
- (2)GPS天线避开本船雷达天线辐射波束的直接辐射;
- (3)GPS天线尽可能远离本船发信机天线;
- (4)必要时,在流动站天线下方适当位置设置反射信号屏蔽装置;
- (5)差分数据链天线架设尽量高并考虑防雷击的要求。

7.2.9.2 基准站高程精度应满足四等水准精度要求。

7.2.9.3 RTK水位观测开始与结束时应与人工观测进行比较,RTK动态采集的水位数据应剔除因风浪、卫星失锁和数据链中断等因素造成的高程跳点等粗差。

7.2.9.4 RTK水位观测除应符合第4.4节和第5.4节的有关规定外,尚应满足下列要求:

- (1)RTK水位观测选择在GPS卫星状况较好、PDOP值小于6的时段进行,卫星高度

角限制在  $15^\circ$  以上;

(2) 作业前,精确量取 GPS 天线相位中心至水面的垂直距离,至少量测两次,两次量测值之差小于 20mm 时,取均值作为最终结果;

(3) 在 RTK 动态初始化完成 3min 后,再进行数据采集;

(4) 作业前,检查仪器内存或 PC 卡容量能否满足工作需要,检查并记录仪器换能器静吃水,核实各个设备位置和坐标系转换参数等;

(5) 作业时,实时监控 PDOP 值和 RTK 定位状态,记录数据仅限制为 RTK 固定解;

(6) 作业时,每间隔 2h 对 RTK 流动站重新进行初始化;

(7) 数据记录间隔小于等于 1min。

**7.2.10** 河流上筑有控制流量的水工建筑物时,应根据观测水位的目的,确定水尺设置的地点,按表 7.2.5-2 的水位变化特征确定水位观测次数。在蓄、放水时间及其影响区域内的水位观测,应注明是否受到蓄、放水的影响。

**7.2.11** 在离岸距离小于 100km 的非河口开阔海域,可采用基于余水位订正的水位推算法求取推算点水位,替代海上定点水位站获取水位,或构建测区潮汐模型实施水位控制,其方法应符合下列规定。

**7.2.11.1** 推算点的水位应按下列公式计算:

$$\zeta_A(t) = MSLA + F(t) + \delta_A(t) \quad (7.2.11-1)$$

$$F(t) = \sum_{i=1}^m f_i H_i \cos [\sigma_i t + (v_0 + u)_i - g_i] \quad (7.2.11-2)$$

式中  $\zeta_A(t)$ ——推算点的水位(m);

$t$ ——时间,计算时取  $t = 1, 2, \dots, 24N$  ( $N$  为同步期观测天数);

$MSLA$ ——推算点的平均海面;

$F(t)$ ——推算点的天文预报潮位(m);

$\delta_A(t)$ ——推算点  $t$  时刻的余水位,可由已知水位站  $t$  时刻余水位代替;

$i$ ——分潮数,取  $1, 2, \dots, m$ ;

$f_i$ ——交点因子;

$H_i$ ——分潮振幅;

$\sigma_i$ ——分潮角速率;

$v_{0i}$ ——天文初相角;

$u_i$ ——交点订正角;

$g_i$ ——分潮迟角。

**7.2.11.2** 已知水位站应设于测区靠岸边的中部,并应具有稳定的调和常数。

**7.2.11.3** 用于推算海上定点水位站水位的推算点应具有 30d 以上的历史水位数据,并利用岸上长期水位站同步水位观测资料分析结果对其调和常数进行差比订正,推算订正水位与历史观测水位比对限差应满足下列要求:

(1) 占比对总点数的 80% 的观测值与推算值之差不大于 0.10m;

(2) 占比对总点数的 95% 的观测值与推算值之差不大于 0.20m;

(3) 占比对总点数的 100% 的观测值与推算值之差不大于 0.30m。

**7.2.11.4** 实际观测水位与推算订正水位可按每小时一组进行比对统计。

**7.2.11.5** 结合潮波数值模拟技术构建测区潮汐模型实施水位控制时,应搜集测区内已有的水位资料,并应对数值模拟结果进行优化。

**7.2.11.6** 利用测区潮汐模型实施水位控制时,应在测区适当位置设置水位站作为检验站与测深同期观测水位,观测时间不应少于测深总时数的 30%,与推算订正水位比对限差应符合第 7.2.11.3 款的规定。

### 7.3 平均海面的确定

**7.3.1** 沿海港口水位站的平均海面应根据水位站观测的逐日整点水位,用算术平均法计算,并按观测时间系列,分别计算出日平均海面、月平均海面、年平均海面和多年平均海面。

**7.3.2** 长期水位站的平均海面,应根据近五年及以上连续观测的整点水位计算求得。

**7.3.3** 短期水位站的平均海面,可根据邻近潮汐性质相同的长期水位站采用水准测量法或同步观测法引测求得,引测误差不应超过 0.1m,引测方法应符合下列规定。

**7.3.3.1** 水准测量等级应采用四等水准,水准路线距离大于 15km 时,应采用三等水准。

**7.3.3.2** 同步观测法,短期水位站应和相邻长期水位站同步观测 15d 以上。

**7.3.4** 临时水位站的平均海面可按第 7.3.3 条规定的方法,从相邻的长期或短期水位站引测求得。采用同步观测法时,同步观测水位的天数可取 3~15d。

**7.3.5** 内河水位站日平均水位的计算,一天内水位变化缓慢或水位变幅较大且水位变化率变化不大,并为等时距观测时,应采用算术平均法;一天内水位变化较大且为不等时距观测时,应采用面积包围法。

### 7.4 深度基准面确定

**7.4.1** 深度基准面确定应符合下列规定。

**7.4.1.1** 沿海港口和内河感潮河段应采用理论最低潮面。

**7.4.1.2** 内河航道测量宜采用航行基准面。

**7.4.1.3** 航道整治、人工沟渠、库区航道、河工模型试验和通航建筑物等测量,可采用特定基准面。

**7.4.1.4** 采用其他基准面时,应明确其与理论最低潮面或航行基准面之间的关系。

**7.4.1.5** 测区水位站控制的相关水域,因地形变化引起水位特征变化时,应及时修正基准面。

**7.4.2** 确定测区深度基准面时,各相邻水位站应同步观测,相互合理衔接。

**7.4.3** 沿海港口和内河感潮河段长、短期水位站的深度基准面计算宜分别用 1a、30d 连续观测的水位资料进行调和分析,并应进行浅海分潮改正。理论最低潮面应自多年平均海面起算,其计算可按附录 F 进行。

**7.4.4** 沿海港口和河口潮流区临时水位站的深度基准面,宜根据邻近潮汐性质相同的长期或短期水位站的深度基准面推算,不同条件下确定临时水位站深度基准面应符合下列规定。

**7.4.4.1** 测区附近长期或短期水位站基准面关系完整时,可采用四等水准测量引测。

**7.4.4.2** 临时水位站位于两个长期或短期水位站之间,且潮流呈往复流形态时,可采用距离加权内插法或图解法求得深度基准面。临时水位站深度基准面与多年平均海面的高差应按下式计算:

$$L_x = \frac{D_B L_A + D_A L_B}{D_A + D_B} \quad (7.4.4-1)$$

式中  $L_x$ ——临时水位站深度基准面与多年平均海面的高差(m);

$D_A$ 、 $D_B$ ——临时站到 A、B 站垂足间的距离,内河感潮河段为 A、B 两站到临时水位站的河段长度(m);

$L_A$ 、 $L_B$ ——分别为 A、B 水位站深度基准面与多年平均海面的高差(m)。

**7.4.4.3** 临时水位站附近只有一个长期或短期水位站时,应在大潮期同步观测两站水位 2~3d,计算同步期平均海面。两站潮差差值不大于 0.1m 时,临时水位站的深度基准面与同步期平均海面的高差,可借用邻近长期或短期水位站的深度基准面与同步期平均海面的高差值;当两站潮差差值大于 0.1m 时,临时水位站深度基准面与同步期平均海面的高差应按下式计算:

$$L'_x = \frac{LP_x}{P} \quad (7.4.4-2)$$

式中  $L'_x$ ——临时水位站深度基准面与同步期平均海面的高差(m);

$L$ ——长期或短期水位站深度基准面与同步期平均海面的高差(m);

$P_x$ ——临时水位站同步期的平均半潮差(m);

$P$ ——长期或短期水位站同步期的平均半潮差(m)。

**7.4.4.4** 两个相邻水位站水位曲线相似性较强时,可选择潮差较大的日期同步观测水位至少 2~3d,采用曲线拟合法按下列步骤推算临时水位站的深度基准面。

(1) 利用 2~3d 的同步潮位数据按下式建立两水位站的曲线关系。

$$H_x(t) = aH(t+b) + c \quad (7.4.4-3)$$

式中  $H_x(t)$ ——临时水位站的实测水位(m);

$a$ ——两水位站的潮差比;

$H$ ——长期水位站的实测水位(m);

$t$ ——时间,计算时取  $t = 1, 2, \dots, 24N$  ( $N$  为同步期观测天数);

$b$ ——两水位站的潮时差(min);

$c$ ——两水位站的基面偏差(m);

(2) 临时水位站的深度基准面按下式计算:

$$L_x = aL + c \quad (7.4.4-4)$$

**7.4.5** 内河基本水位站的航行基准面应根据连续 20a 以上并包括洪、中、枯水典型年的

日平均水位资料,采用综合历时曲线法或保证率频率法计算。

**7.4.6** 内河基本水尺的航行基准面应在枯水期或水位接近航行基准面时,与基本水位站同步观测水位,采用水位相关法求得;上、下游附近都有基本水位站时,可采用水位复式相关法求得。

**7.4.7** 临时水尺航行基准面应采用瞬时水位求得,在枯水期或水位接近航行基准面且比较稳定时,应与上、下游基本水尺或基本水位站同步观测。临时水尺与上、下游基本水尺或基本水位站的水位无差异时,可按“同比降法”计算,有差异时可采用“落差内插法”按下式求取:

$$Z = Z_X - \left\{ \Delta Z_{\text{上}} - \frac{\Delta Z_{\text{上}} - \Delta Z_{\text{下}}}{Z_{\text{上}} - Z_{\text{下}}} (Z_{\text{上}} - Z_X) \right\} \quad (7.4.7)$$

式中  $Z$ ——临时水尺的航行基准面(m);

$Z_X$ ——临时水尺的瞬时水位(m);

$Z_{\text{上}}、Z_{\text{下}}$ ——上、下游基本水尺的瞬时水位(m);

$\Delta Z_{\text{上}}、\Delta Z_{\text{下}}$ ——上、下游基本水尺的瞬时水位与航行基准面的差(m)。



## 8 水深测量

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 水深测量前应检查平面和高程控制点,校对基准面与水尺零点或自记水位计零点的关系。

**8.1.2** 水深测量应采用有模拟记录的单波束回声测深仪或多波束测深系统,在浅水区宜采用测深杆或测深锤;在水底树林和杂草丛生水域不宜使用回声测深仪;淤泥质回淤严重水域应进行适航水深测量。

**8.1.3** 测深前测量船应与水位站和定位站校对时间。采用内外业一体化水深测量系统时,应进行导航延时改正。水位观测应符合第 7.2 节的有关规定,并应在测前至少 10min 开始,测后至少 10min 结束。

**8.1.4** 测深应在风浪较小的情况下进行。沿海波高超过 0.6m,内河波高超过 0.4m 时,应停止作业。采用姿态传感器进行波浪改正时,可适当放宽。

**8.1.5** 测深定位点点位中误差应符合表 8.1.5 的规定。

测深定位点点位中误差限值

表 8.1.5

测图比例尺	定位点点位中误差限值(mm)
> 1:5000	图上 1.5
≤ 1:5000	图上 1.0

注:对 1:200 ~ 1:500 测图可放宽至图上 2.0mm。

**8.1.6** 在不考虑平面位移的情况下,水深测量的深度误差应符合表 8.1.6 的规定。

深度误差限值

表 8.1.6

水深范围(m)	$H \leq 20$	$H > 20$
深度误差限值(m)	$\pm 0.2$	$\pm 0.01H$

注:① $H$ -水深值(m);

②对山区河流水深小于 5m 的硬底质水域,深度误差不应大于 0.15m。

**8.1.7** 航道测量应根据沿海、内河的实际需要和水深变化情况,进行航道基本测量和航道检查测量或维护性测量。测量周期和内容应符合下列规定。

**8.1.7.1** 沿海航道基本测量周期宜为 3 ~ 8a;内河航道基本测量周期应按《内河航道维护技术规范》(JTJ 287)的有关规定执行。

**8.1.7.2** 测区内水深有变化的沿海航道与港区应定期进行航道检查测量,检测周期可按年、季、月、旬划分;内河维护性测量应根据航道实际变化情况进行。

**8.1.7.3** 航道基本测量应充分利用已有测量成果,控制网和地形图应根据实际变化情

况进行复测、局部补测或修测,并提交完整的控制点成果及地形资料。航道检查测量或维护性测量可根据实际情况确定测量内容。未测量的部分要素,在编绘和出版航道图时,可利用已有测量成果。

**8.1.8** 航道基本测量或检查测量需要进行水文要素观测时,应符合下列规定。

**8.1.8.1** 港口通航水域和锚地均应测定相应位置的流速、流向及水底表层底质等水文要素。

**8.1.8.2** 在沿海港口还应在当地大潮期间,测出最大涨、落潮的流速和流向,并应确定往复流或旋转流等流场性质。

**8.1.8.3** 底质探测应给出表层底质分类和分布区域。

## 8.2 测深线布设

**8.2.1** 测深线方向应符合下列规定。

**8.2.1.1** 单波束测深主测深线宜垂直于等深线总方向、挖槽轴线、河道走向、炸礁区较长边、船闸轴线、船坞轴线或岸线,可布设成平行线、螺旋线或 45°斜线。

**8.2.1.2** 多波束扫测、侧扫声纳扫海和软式拖底扫海主测深线方向宜平行于测区较长边、挖槽轴线和河道走向。

**8.2.2** 测深线间距应符合下列规定。

**8.2.2.1** 测深线间距应符合表 8.2.2 的规定。

测 深 线 间 距

表 8.2.2

测 量 类 别	工程类别或阶段		测深线间距		
			沿海	内河	
				重点水域	一般水域
规划和设计测量	规划和可行性研究		图上 20mm		
	初步设计				
	施工图设计				
施工测量	基槽	硬底质	5m		
		中、软底质	10m		
	炸礁、船闸、船坞	单波束测深	3 ~ 5m		
		多通道测深	有效扫宽全覆盖测区		
		多波束测深	有效扫宽全覆盖测区		
	疏浚	硬底质	图上 10mm	图上 10mm	
		中、软底质	图上 15mm		
	吹填		图上 20mm		
航道基本测量和航道检查测量			图上 10mm	图上 10mm	图上 15mm

注:①水工建筑物及附属设施施工水深测量测深线间距可参照基槽施工测深线间距执行;

②疏浚施工中的检查测量的计划测深线间距应符合表中的规定值,并应依次错开布设,增大测深线覆盖程度。

**8.2.2.2** 多波束扫测、侧扫声纳扫海和软式拖底扫海主测深线间距应能保证有效扫宽

重叠。确定测深线长度时,应综合考虑声速变化和数据安全维护等因素。

**8.2.3** 疏浚施工单波束测深应布设垂直于主测深线的纵向测深线,其间距不宜大于主测深线间距的 4 倍;在航道内应至少布设 2 条纵向测深线,主测深线的图上长度应超出挖槽边坡坡顶 30mm。

**8.2.4** 测深检查线宜垂直于主测深线,单波束检查线长度不宜小于主测深线总长度的 5%,多波束测深检查线长度不得少于总测线长度的 1%。疏浚施工前,检查线可用纵向测深线代替;施工检测和交工测量的检查线应布设在挖槽边坡坡顶以外。

**8.2.5** 对于多波束测量,采用多波束进行检查线测量时,应使用中央波束。

**8.2.6** 单波束测深不同作业组的相邻测段应布设一条重合测深线;同一作业组不同时期测深的相邻测深段应布设两条重合测深线。

### 8.3 定 位

**8.3.1** 测深定位点间距应符合表 8.3.1 的规定。

定位点图上最大间距

表 8.3.1

图上最大间距(mm)		仪具	测 深 仪	测深杆或测深锤
项 目				
规划和设计测量			20	12
沿海航道、港池、泊位及吹填区施工测量			40	12
航道基本测量和航道检查测量				
水工建筑物及附属设施施工测量			10	10
内河航道、港池、泊位及吹填区施工测量	重点区域		10	10
	一般水域		15	10

注:1:500 测图,内河一般水域的航道、港池、泊位及吹填区施工测量,采用测深仪测深的定位点最大间距可缩小到图上 10mm。

**8.3.2** 测深前应估算测区定位精度,定位中误差估算可按附录 G 进行。

**8.3.3** 定位中心应与测深中心一致,其偏差不宜大于图上 0.3mm,超出时应进行归心改正。

**8.3.4** 使用全站仪、经纬仪和平板仪进行交会定位时,仪器对中误差不应大于图上 0.05mm。定位过程中,每隔 1~2h 及测深结束后宜对起始方向进行校核,其允许偏差,经纬仪宜为 1',平板仪宜为图上 0.3mm,超限时应改正。

**8.3.5** 测定浮标和系船浮等应有多余观测。对渔栅、固定渔网和海上养殖场等应测定其位置和范围。

**8.3.6** 采用断面索量距定位时,索长允许误差应为索长的 1/200。

**8.3.7** 采用 GPS 定位应符合下列规定。

**8.3.7.1** 自设基准站时,其位置选择及架设应符合第 4.4 节的有关规定。

**8.3.7.2** 流动站的设置应满足下列要求:

- (1) 流动站天线牢固可靠,并安置在船上较高处且与金属物体绝缘;
- (2) 大比例尺测图,在流动站天线下方适当位置设置必要的反射信号屏蔽装置。

#### 8.3.7.3 定位所用卫星的高度角应大于 $10^\circ$ 。

8.3.7.4 水深测量项目开始前应在测区附近的控制点上对差分 GPS 接收机进行检验和比对,可利用比对数据按附录 G 的公式计算测区差分 GPS 的定位中误差,并应满足表 8.1.5 的要求。

### 8.4 测 深

#### 8.4.1 测深仪、具检验应符合下列规定。

8.4.1.1 测深仪应定期进行检验,其检验应符合附录 J 的规定。测深仪出现故障进行大修或更换测深仪的主要部件时应重新检验,水砣及测杆应在外业工作前进行校准。

8.4.1.2 每次测深前、后应在测区对测深仪进行现场比对。水深小于 20m 时,可用声速仪、水听器或检查板对测深仪进行校正,直接求取测深仪的总改正数;水深为 20 ~ 200m 时,可采用水文资料计算深度改正数,并应测定因换挡引起的误差;深度改正数计算应符合附录 K 的规定。

8.4.1.3 检查板深度绳应使用伸缩性小的材料制成,并应用钢卷尺校准。用检查板校准测深仪时,测深仪应处于正常工作状态,水面平静,流速较小,检验深度宜接近当日测量的最大水深,船舶应处于稳定状态。

8.4.1.4 对既有模拟记录又兼有数字记录的测深仪进行检验时,应同时校对模拟信号和数字信号,检验结果应以模拟信号为准。

8.4.2 测深仪的转速偏差不应大于 1%,工作电压与额定电压之差,直流电源不应大于 10%,交流电源不应大于 5%。

8.4.3 测深仪换能器宜安装在距测量船船首  $1/3 \sim 1/2$  船长处。

8.4.4 使用机动船测深时,应根据需要测定测深仪换能器动吃水改正数,其测定方法应符合附录 L 的规定。改正数小于 0.05m 时可不改正。

8.4.5 测深仪记录纸的走纸速度应与测量船的航速相匹配,记录纸上的回波信号应能清晰反映水底地貌。对疏浚和炸礁测量,记录纸走纸长度与实地长度之比宜大于  $1/4000$ 。

8.4.6 测深检查线与主测深线相交处、单波束测深不同作业组相邻测段或同一作业组不同时期相邻测深段的重复测深线的重合点处,图上 1mm 范围内水深点的深度比对互差均应符合表 8.4.6 的规定。

深度比对互差要求

表 8.4.6

水 深 $H$ (m)	深度比对互差(m)
$H \leq 20$	$\leq 0.4$
$H > 20$	$\leq 0.02H$

#### 8.4.7 水深测量的补测和重测应符合下列规定。

##### 8.4.7.1 出现下列情况时应进行补测:

- (1) 测深线间距大于第 8.2.2 条规定间距的 1.5 倍;

(2)测深仪记录纸上的回波信号中断或模糊不清,在纸上超过 3mm,且水下地形复杂;

(3)测深仪零信号不正常或无法量取水深;

(4)对于非自动化水深测量,连续漏测 2 个及以上定位点,断面的起点、终点或转折点未定位;

(5)DGPS 定位,卫星数少于 3 颗,连续发生信号异常;

(6)GPS 精度自评不合格的时段;

(7)测深点号与定位点号不符,且无法纠正;

(8)RTK 三维水深测量时,RTK 水位异常。

#### 8.4.7.2 出现下列情况时应进行重测:

(1)深度比对超限点数超过参加比对总点数的 20%;

(2)确认有系统误差,但又无法消除或改正。

#### 8.4.8 单波束测深,利用姿态传感器进行波浪改正时应符合下列规定。

8.4.8.1 姿态传感器安装位置应靠近测深仪换能器,其 Y 轴正向应与测船艏向一致。

8.4.8.2 测深仪或数据采集软件应同时记录原始测深数据、测船姿态数据和水深改正数据。

8.4.8.3 测量过程中不得搬动姿态传感器。

8.4.8.4 姿态传感器数据输出速率不应小于 20Hz。

8.4.8.5 采用 GPS 三维姿态控制系统进行波浪改正时,应有比对成果。

#### 8.4.9 采用多波束测深系统测深应符合下列规定。

8.4.9.1 多波束测深系统工作环境应符合系统中所有设备的技术要求。

8.4.9.2 设备安装及系统校准应符合附录 M 的规定,系统中设备安装位置变动或更换设备后应重新进行校准。多波束测深应保证测量时换能器的姿态与校准时的姿态相同。

8.4.9.3 每次作业前应在测区内有代表性的水域测定声速剖面,单个声速剖面的控制范围不宜大于 5km,声速剖面测量时间间隔应小于 6h,声速变化大于 2m/s 时应重新测定声速剖面。

8.4.9.4 水深测量项目开始前应在不浅于测区水深的平坦水域进行多波束测深正交比对和用单波束进行校核,其比对互差均应满足表 8.4.6 的要求。

8.4.9.5 作业时,应实时监测各个传感器回波信号质量,不符合要求时应停止作业。

### 8.5 RTK 三维水深测量

8.5.1 测区在控制网覆盖范围之内时,平面坐标系统和高程基准转换宜采用布尔莎七参数转换模型同时进行。转换参数可利用测区内分布均匀的四个及以上控制点求得,参与转换计算的控制点的高程应按四等及以上水准要求引测。

8.5.2 在沿海地区,控制网不能覆盖测区时,除应按第 8.5.1 条的规定求取转换参数外,尚应按照附录 N 的规定,采用海上临时定点水位站的水位对 RTK 水位进行修正。

**8.5.3** 对于内河、山区的带状测区,参与转换计算的控制点间距宜小于 5km,并在两岸交叉分布。相邻控制点间的高差不宜大于 50m。

**8.5.4** RTK 三维水深测量所用仪器设备和数据采集软件应符合下列规定。

**8.5.4.1** 基准站和流动站均应选用双频测量型 GPS 定位设备。

**8.5.4.2** RTK 三维水深测量宜采用三维姿态传感器对横摇、纵摇进行姿态改正。

**8.5.4.3** RTK 三维水深测量软件宜具有传统水位观测模式下水深测量自动化成图的功能,并可提取 RTK 水位。

**8.5.5** RTK 三维水深测量的设备安装、检验校准及外业测量应符合本章各节有关条款及附录 N 的规定。

## 8.6 水下障碍物探测

**8.6.1** 水下障碍物探测可采用多波束测深系统扫测、软式拖底扫测、硬式扫床、侧扫声纳或磁力仪扫测等方法。多波束测深系统、侧扫声纳扫测和磁力仪作业应符合附录 M 的规定。

**8.6.2** 多波束测深系统应配备升沉、纵倾、横摇和艏摇补偿装置。

**8.6.3** 软式拖底扫测应符合下列规定。

**8.6.3.1** 底索提高量不应大于 0.3m。

**8.6.3.2** 船速不应大于 4kn。

**8.6.3.3** 扫测重叠带宽度不应小于底索终端沉锤位置误差的 2 倍。底索终端沉锤位置误差可按下列公式计算:

$$E_0 = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2} \quad (8.6.3-1)$$

$$m_3 = \pm \sqrt{L^2 - H^2} \quad (8.6.3-2)$$

式中  $E_0$ ——底索终端沉锤的位置误差(m);

$m_1$ ——扫测船定位误差(m);

$m_2$ ——定位点记入误差(m);

$m_3$ ——大鱼形浮相对于沉锤的横向偏移中误差(m);

$m_4$ ——大鱼形浮定位中误差(m);

$L$ ——深度索长度(m);

$H$ ——当时水深(m)。

**8.6.3.4** 扫测方向应根据测区流向和航槽轴向确定,不宜逆水扫测,潮流水域应沿涨、落潮流方向分别扫测。

**8.6.3.5** 出现底索脱挂、割断或发现其他可疑情况时应补扫。

**8.6.3.6** 扫测成果应记入扫测报告,其格式应符合附录 P 的规定。

**8.6.4** 水深小于 4m 时,可采用硬式扫床,并应满足下列要求:

(1) 扫床架有足够的刚度,使用时的变形值不大于 50mm;

(2) 扫床轨迹的重叠宽度不小于 1m;

(3) 扫获的浅点或障碍物的平面位置偏差不大于 1.5m, 深度误差不大于 0.1m。

#### 8.6.5 侧扫声纳扫测应满足下列要求:

- (1) 扫测比例尺不小于 1:10000;
- (2) 粗扫与测深同步进行;
- (3) 发现可疑目标, 放大量程进行精扫;
- (4) 扫测的主要技术要求符合附录 M 的规定。

#### 8.6.6 采用磁力仪探测水下感磁障碍物应符合下列规定。

8.6.6.1 探测扫趟宜南北、东西方向交叉布设。

8.6.6.2 探测主测线间距应符合附录 M 的有关规定。

8.6.6.3 作业前, 应进行仪器性能测试、船体影响测试和探头沉放深度测试。

8.6.6.4 测船上线前, 应确保磁力仪探头与测船在一条测线上, 在线探测期间应保持航向、航速基本稳定, 不得使用大舵角修正航向, 风流压角不宜超过  $3^{\circ}$ 。

#### 8.6.7 水下障碍物探测与标示应符合下列规定。

8.6.7.1 探测水下障碍物时, 应测定其范围、顶部最浅水深和障碍物性质, 并绘制草图, 注明名称和类别。对沉没物体, 尚应测定其长、宽、方向和出泥高度。

8.6.7.2 新发现的异常浅点应加密探测。

8.6.7.3 对礁石群, 应测出其外围礁石和主要礁石顶部的位置、高程和干出高度, 并标绘与其他礁石间的相对位置和群礁的危险界。

8.6.7.4 障碍物位置的测定, 应有多余观测, 其互差不应大于图上 1.5mm。

8.6.7.5 软式拖底扫测以外的扫测成果应列入扫测报告, 其格式应符合附录 P 的规定。

### 8.7 适航水深测量

8.7.1 适航水深测量宜采用走航式适航水深测量方法, 也可采用重力式器具及重度测量方法。

8.7.2 适航水深测深线布设应符合第 8.2 节的有关规定。

8.7.3 适航水深测量定位方法及要求应符合第 8.3 节的有关规定。

8.7.4 适航水深的测深精度应符合第 8.1.6 条的规定。

8.7.5 采用走航式适航水深测量系统进行测量时, 每平方千米内重度剖面测量不应少于 1 点, 且每个测区内垂直重度剖面测量点不应少于 2 点, 并应实地取样, 现场率定密度。

8.7.6 使用重力式器具及重度测量方法时, 应对器具满足测量适航重度的能力和测深精度进行检验, 重力式器具停止界面的重度不得大于适航重度。

8.7.7 在适航水深测量过程中, 应对密度计探头的后移量和定位系统的偏心量进行修正。

### 8.8 内业处理

#### 8.8.1 水深测量内业的主要工作应包括下列内容:

- (1)各项外业手簿的整理和检校;
- (2)水准测量成果的计算及基准面的换算;
- (3)水位记录的检查和水位过程线的绘制;
- (4)测深手簿、测深记录纸、记录介质和打印数据的检查或水深量取、计算、校核;
- (5)外业图板检查。

**8.8.2 外业图板整饰应满足下列要求:**

- (1)格网记入误差不大于图上 0.6mm;
- (2)测深线的连接、编号和注记清晰,并在两端或临时中断处注明起讫时间;
- (3)图板上的点数、时间、测深线号和图板编号等与测深手簿一致。

**8.8.3 从测深仪记录纸上量取水深应满足下列要求:**

- (1)零信号清楚,无零信号处用直线连接;
- (2)沿海因受风浪影响回波信号呈波浪状时,水深从距波峰 1/3 波高处量取;
- (3)水深量至 0.1m,内河重点水域量至 0.05m;
- (4)定位点间的内插水深等距量取,异常浅点和疏浚施工的上偏差点按比例内插。

**8.8.4 助航标志、显著物标和主要的航行障碍物,应采用解析法记入。**

**8.8.5 水位改正应符合下列规定。**

**8.8.5.1 水位改正数可从水位曲线图上量取。**

**8.8.5.2** 内河两相邻水位站或沿海港口潮汐性质相同的两相邻水位站,应按实测瞬时最大水位差或潮汐调和常数计算有效控制范围。有效控制范围互相重叠时,水位站有效控制范围内的瞬时水深应采用该站水位改正;有效控制范围互不重叠时,水位站间的瞬时水深应采用分带内插改正,分带数不宜大于 10 带。水位分带应符合附录 Q 的规定。

**8.8.5.3 内河两岸水位差大于 0.1m 时应进行横比降改正。**

**8.8.5.4** 内河河心水面变化异常,水位改正影响航道水深精度时,应进行河心比降改正。

**8.8.5.5** 内业处理发现非平潮时段漏测水位,漏测时间在 2h 以内,内插水位不影响水深精度时,可用于水深改正。

**8.8.5.6** 对非感潮河段水尺的有效控制范围,上下游两水尺的水位改正数差值小于 0.1m 时,应以较大值作为水位改正数;差值大于或等于 0.1m 时,应按线性内插法分段求取改正数。

**8.8.5.7 利用其他水位站资料时应对下列内容进行调查分析:**

- (1)观测方法和精度,水尺和自记水位计的质量;
- (2)水准点的位置及其与水尺或自记水位计零点间的关系;
- (3)深度基准面和有关水位观测计算成果资料。

**8.8.6 内插水深点的间距应为图上沿测深线 5 ~ 10mm。**

**8.8.7 自动化测图的内业整理应满足下列要求:**

- (1)根据成图需要确定图幅分幅和坐标格网;
- (2)打印的定位点、特征点的时间和编号与测深仪记录纸一致;



- (3) 根据测深记录纸,对原始测深数据进行检查、编辑;
- (4) 检查或输入水位、测深仪改正数、静吃水和动吃水;
- (5) 测图用于计算工程量时,等距随机选取水深点,用于通航、指导疏浚施工或交工测量时,取浅点;
- (6) 特征点、助航标志、重要的地形和地物齐全;
- (7) 输入的坐标资料、外业打印的检查记录、数据光盘和测深纸等,统一编号,妥善保存。

**8.8.8** 多波束测深内业数据处理应符合附录 M 的规定。

**8.8.9** RTK 三维水深测量内业数据处理除符合常规水深测量要求外,尚应符合下列规定。

**8.8.9.1** 进行内业处理时,应提取 RTK 水位并检查 RTK 水位曲线,发现水位曲线突变等不符合变化规律时,应查找原因,必要时,应对水位突变区域进行补测。

**8.8.9.2** 提取 RTK 水位时应考虑动吃水、三维姿态的影响。

**8.8.10** 水下障碍物探测的内业整理应符合下列规定。

**8.8.10.1** 软式拖底扫测内业整理应满足下列要求:

- (1) 测船定位点、大鱼形浮位置及连线用不同颜色表示;
- (2) 相邻扫趟间以斜线区别各趟有效范围,斜线与扫趟方向成  $45^\circ$  角,两相邻扫趟的斜线方向互相垂直;
- (3) 重叠带宽度严格检查,宽度不足时,标出其范围;
- (4) 扫趟内注记扫测符号;
- (5) 对已确定的障碍物,注记最浅深度,并以图式表示;
- (6) 内业整理绘制扫测透写图,图上描绘加密测深线、单船拖扫范围、拖底扫测大鱼形浮位置和障碍物的名称、编号、深度及高程等。

**8.8.10.2** 硬式扫床的内业整理可参照第 8.8.10.1 款的规定执行。

**8.8.10.3** 侧扫声纳扫测资料整理时,应检查定位资料、侧扫声纳使用状态、扫趟记录,并绘制有效扫趟范围。测量船航向与测线方向一致时,有效扫测带宽应垂直于测线标定;不一致时,应垂直于测量船航向标定,并标明扫趟方向、航速和换能器拖体离水底的高度。

**8.8.10.4** 侧扫声纳扫测图上,水底目标应按测区扫趟次序、定位先后统一编号,量取定位插点距离、目标距测线的水平距离、目标距水底的高度、平行于航向的长度,判别目标走向、形状及性质等,并将以上数据列入扫获障碍物一览表。

**8.8.10.5** 磁力仪探测应根据磁力异常数据分析判断障碍物等水下目标。

**8.8.10.6** 绘制有效扫趟范围时,奇、偶数扫趟,应在计算机或透明纸上用不同颜色标绘。

**8.8.11** 适航水深测量内业整理应符合下列规定。

**8.8.11.1** 适航水深图图载水深应为适航浮泥层下界面水深,并应在每条测线上分别按实际位置标注最小和最大适航浮泥层厚度值。

**8.8.11.2** 适航水深图应采用不同的颜色或字体标示适航浮泥层的具体范围和厚度。

**8.8.12 等深线勾绘应满足下列要求:**

(1) 等深线用首曲线、计曲线、标准线和零米线分别表示,计曲线间距小于图上 3mm 时,不插画首曲线;

(2) 平坦水域有若干相同深度点时,等深线通过靠深的一侧勾绘,等深线不符合地貌形态时,个别点的深度允许调整 0.1m;

(3) 等深线为光滑的曲线,弯曲度较大处按表 8.1.6 规定的深度误差范围向深的一侧移动。

**8.8.13 水深测量内业绘图的其他要求应符合第 3 章的有关规定。**

## 9 变形测量

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 变形测量可分为四个等级,变形测量点可分为基准点、工作基点和变形观测点。变形观测点相对于最近基准点的观测精度和适用范围应符合表 9.1.1 的规定。

变形观测点的观测精度和适用范围

表 9.1.1

等级	点位中误差(mm)	高程中误差(mm)	适用范围
一等	$\pm 1.5$	$\pm 0.5$	对变形特别敏感的水工建筑物
二等	$\pm 3.0$	$\pm 1.0$	对变形比较敏感的水工建筑物
三等	$\pm 6.0$	$\pm 2.0$	一般性水工建筑物和岸坡
四等	$\pm 12.0$	$\pm 4.0$	对观测精度要求比较低的水工建筑物和岸坡

注:①水平位移变形测量用坐标向量表示时,向量中误差为表中相应等级点位中误差的  $1/\sqrt{2}$ ;

②垂直位移观测,可根据需要按变形观测点的高程中误差或相邻变形观测点高差中误差确定测量等级。

**9.1.2** 变形监测网等级应根据观测的内容、性质、目的和要求,按照观测中误差的绝对值为允许变形值的  $1/10 \sim 1/20$  的原则确定。

**9.1.3** 变形监测网宜采用独立坐标和假定高程。

**9.1.4** 每次观测应固定观测人员和仪器设备,采用相同的观测线路和观测方法,选择最佳时段,并在规定的环境条件下进行。

**9.1.5** 变形观测的周期应根据工程阶段和工程设计要求确定。特殊情况应增加观测次数。

**9.1.6** 每期变形观测前,应按相应等级的观测精度对所需的工作基点或基准点进行检查。

**9.1.7** 变形监测网的测设和变形观测的各项原始记录数据,应及时整理、检查,每期观测结束后,应及时处理观测数据。

**9.1.8** 变形测量过程中出现下列情况之一时,应及时通知有关部门,并适当增加观测次数或调整变形测量方案:

- (1) 变形观测成果或变形速率出现异常变化;
- (2) 变形测量标志遭破坏;
- (3) 监测体及其周边或开挖面出现塌陷、滑坡,影响观测成果;
- (4) 监测体、周边建筑及地表出现大的变化,影响观测点和工作基点稳定;
- (5) 由于风暴潮、地震、暴雨、冻融等自然灾害引起的异常情况,影响观测成果。

## 9.2 监测网布设

**9.2.1** 变形监测网布设前,应充分收集测区已有基础资料,并根据测区的地形、地质条件和现有的仪器设备及变形观测的性质、内容和要求,进行全面计划和设计。施工控制网应与监测网联测。一个测区的监测网应一次布设。原施工控制网相邻点间的相对精度满足变形观测要求时,可直接作为基准点或工作基点。

**9.2.2** 变形监测网的布设应符合下列规定。

**9.2.2.1** 平面控制可采用边角网、三角网和 GPS 网等形式,受地形条件限制时,可布设成导线网形式。

**9.2.2.2** 导线网中相邻结点间的导线点数不得多于 2 个。

**9.2.2.3** 高程控制应采用闭合水准网形式。

**9.2.3** 基准点及工作基点的布设应符合下列规定。

**9.2.3.1** 基准点应选在地基稳固、便于监测和不受影响的地点。一个测区的基准点不应少于 3 个。

**9.2.3.2** 基准点远离变形体或不便直接观测变形观测点时,可布设工作基点,其点位应稳固,便于监测。

**9.2.3.3** 采用视准线法进行水平位移观测时,两端应布设基准点或工作基点,视准线偏离变形点的距离不应大于 20mm。并应在视准线上至少布设 2 个检查点。

**9.2.3.4** 基准点和工作基点的埋设应满足下列要求:

- (1) 平面基准点及工作基点采用具有强制归心装置的观测墩;
- (2) 高程基准点埋设在变形区以外的基岩或坚硬土层上,基准点和工作基点的标石按附录 B 的要求埋设;
- (3) 地基分层垂直位移观测,地基堆载、卸载垂直位移观测或变形观测点受波浪、水流等影响较大处,加设金属保护管;
- (4) 对永久性变形观测点,埋设金属标志。

**9.2.4** 变形观测点应选择在能反映变形体变形特征又便于监测的位置。

**9.2.5** 采用 GPS 进行变形测量时, GPS 点位选择应符合第 4.4.5 条的规定, GPS 基准点应埋设在变形区域外;对远离岸边的水上建筑物进行变形观测时, GPS 网点应设置在水工建筑物顶部。

## 9.3 监测网观测

**9.3.1** 监测网的精度应符合表 9.3.1 的规定。

**9.3.2** 平面监测网观测的主要技术指标应符合表 9.3.2-1 和表 9.3.2-2 的规定。

**9.3.3** 对于三等以上的 GPS 监测基准网,应采用双频 GPS 接收机观测,并采用精密星历进行数据处理。

**9.3.4** 高程监测网观测的主要技术要求应符合表 9.3.4 的规定。

监测网的精度

表 9.3.1

等级	相邻基准点或工作基点 相对点位中误差 (mm)	相邻基准点或工作 基点高差中误差 (mm)	两次观测基准点或 工作基点的坐标互差 (mm)	两次观测相邻基准点 或工作基点高差互差 (mm)
一等	$\pm 1.5$	$\pm 0.5$	$\pm 3.0$	$\pm 0.4\sqrt{n}$
二等	$\pm 3.0$	$\pm 1.0$	$\pm 6.0$	$\pm 0.8\sqrt{n}$
三等	$\pm 6.0$	$\pm 2.0$	$\pm 12.0$	$\pm 2.0\sqrt{n}$
四等	$\pm 12.0$	$\pm 4.0$	$\pm 24.0$	$\pm 4.0\sqrt{n}$

注:  $n$ -测段或闭合环的测站数。

边角监测网观测主要技术指标

表 9.3.2-1

等级	平均 边长 (m)	边长观测 中误差 (mm)	角度观测 中误差 (")	边长观测作业要求				
				仪器 类型	单程 测回数	半测回互差 (mm)	各测回互差 (mm)	往返观测互差 (mm)
一等	300	$\pm 1.0$	$\pm 0.7$	I	8	3.0	4.0	4.0
				—	—	—	—	—
二等	450	$\pm 2.0$	$\pm 1.0$	I	3	3.0	5.0	8.0
				II	8	7.0	10.0	8.0
三等	600	$\pm 3.0$	$\pm 1.8$	I	2	5.0	7.0	12.0
				II	4	10.0	14.0	12.0
四等	900	$\pm 5.0$	$\pm 2.5$	I	1	5.0	—	20.0
				II	2	10.0	14.0	20.0

注: ①采用导线网时, 各级平均边长应缩短为表中规定值的 70%;

②平均边长短于上表规定值的 1/2 时, 角度观测精度可降低一等执行;

③角度观测可参照现行国家标准《工程测量规范》(GB 50026) 有关规定执行;

④采用 GPS 测量时, 在保证边长精度的条件下, 边长可不受此限制。

监测网观测主要技术指标

表 9.3.2-2

等 级	平均边长(m)	测角中误差(")	最弱边边长相对中误差
一等	—	—	—
二等	300	$\pm 1.0$	1/120000
三等	350	$\pm 1.8$	1/70000
四等	400	$\pm 2.5$	1/40000

注: ①起算边和观测边均应往返观测; 采用钢钢尺丈量时, 按现行国家标准《工程测量规范》(GB 50026) 的有关规定执行;

②平均边长短于上表规定值的 1/2 时, 角度观测精度可降低一等执行;

③角度观测可参照现行国家标准《工程测量规范》(GB 50026) 有关规定执行;

④采用 GPS 测量时, 在保证边长精度的条件下, 边长可不受此限制。

高程监测网观测的主要技术要求

表 9.3.4

等 级	每测站高差中误差(mm)	往返观测互差或环闭合差(mm)
一等	$\pm 0.15$	$\pm 0.3\sqrt{n}$
二等	$\pm 0.30$	$\pm 0.6\sqrt{n}$
三等	$\pm 0.70$	$\pm 1.4\sqrt{n}$
四等	$\pm 1.50$	$\pm 3.0\sqrt{n}$

注: $n$ -各测段或闭合环的测站数。

**9.3.5** 各等级监测网在建网初期和停止变形观测后均应进行复测。变形观测期间,应每半年复测 1 次,对监测网的稳定性产生怀疑时,应随时进行复测,其复测精度应符合表 9.3.1 的规定。

## 9.4 水平位移观测

**9.4.1** 水平位移观测的精度应符合表 9.1.1 的规定。

**9.4.2** 变形观测点的布设应与变形体密切结合,应选择在既能代表该部位变形体的变形特征又便于观测的位置。

**9.4.3** 采用交会法进行水平位移观测时,交会方向不宜少于 3 个。测角交会法的交会角,应在  $60^\circ \sim 120^\circ$  之间,测边交会法的交会角,宜在  $30^\circ \sim 150^\circ$  之间。

**9.4.4** 采用极坐标法时,宜采用双测站极坐标法,其边长应采用钢尺丈量或电磁波测距仪测定。采用钢尺量距时,不宜超过一尺段,并应进行尺长、温度和高差等项改正。

**9.4.5** 采用经纬仪投点法或小角法时,应检验经纬仪的垂直轴倾斜误差,垂直角超出  $3^\circ$  时,应进行垂直轴倾斜改正。

**9.4.6** 采用视准线法时应符合下列规定。

**9.4.6.1** 视准线的两个基点应选择在较稳定的区域,并具有高一级的基准点经常检核的条件,且便于安置仪器和观测。

**9.4.6.2** 视准线距各种障碍物应有 1m 以上的距离。

**9.4.6.3** 变形观测点偏离视准线的距离不应大于 20mm。

**9.4.6.4** 采用活动觇牌法观测时,观测前应测定其零位差,其量距精度不应低于 1/2000。

**9.4.6.5** 基点和观测点宜浇筑带强制对中装置的观测台或观测墩,墩面离地表 1.2m 以上,各观测台面或观测墩面力求基本位于同一高程面内。

**9.4.6.6** 视准线的长度一般不应超过 300m,视线超过 300m 时应分段观测。

**9.4.7** 采用 GPS 测量法时,其观测技术要求应符合第 4.4 节的有关规定。

**9.4.8** 采用全站仪自动跟踪测量观测时,应符合现行《工程测量规范》(GB 50026)中的有关规定。

**9.4.9** 采用其他方法进行水平位移观测的精度应符合表 9.1.1 的规定。

## 9.5 滑坡观测

**9.5.1** 施工场地滑坡观测,应测定滑坡的周界、面积、滑动量、滑移方向、主滑线和滑动速

度,并根据需要进行滑坡预报。

#### 9.5.2 滑坡观测点的布设应满足下列要求:

- (1)考虑工程特点和工程地质条件;
- (2)测点设置分布在滑坡周界附近和滑坡量较大、滑坡速度较快的轴线方向和滑坡前沿区等部位;
- (3)均匀布设滑坡面上的观测点,滑动量较大和滑动速度较快的部位并适当加密。滑坡周界外稳定的部位和周界内比较稳定的部位,也适当布设观测点。

#### 9.5.3 滑坡变形观测点标石、标志及其埋设,应满足下列要求:

- (1)土体上的观测点埋设预制混凝土标石,标石埋深不小于1m,在冻土地区埋至标准冻土线以下0.5m。标石顶部露出地面0.2~0.3m;
- (2)岩体上的观测点采用现场浇固的钢筋标志;
- (3)观测周期不长、观测次数不多的小型滑坡观测点,埋设木桩。

#### 9.5.4 滑坡水平位移观测的精度应符合表9.1.1的规定。

9.5.5 滑坡观测,在雨季宜每半个月或一个月测一次,在旱季宜每季度测一次。发现滑速增快、有大滑动可能或遇暴雨、地震、解冻等情况时,应及时增加观测次数。

9.5.6 每次观测后应及时整理绘制出各观测点的滑动曲线。

9.5.7 进行滑坡水平位移观测时,应同时进行垂直位移观测。

9.5.8 单个滑坡体的变形观测点不宜少于3个,临近江河的滑坡体,尚应监测水位的变化。

### 9.6 垂直位移观测

9.6.1 垂直位移观测可分为表层垂直位移观测和内部垂直位移观测。垂直位移观测所用仪器应根据观测等级、观测方法和观测要求选用。

#### 9.6.2 垂直位移观测点设置应符合下列规定。

##### 9.6.2.1 表层垂直位移观测点应结合工程特点布设在下列位置:

- (1)沉降或伸缩缝两侧;
- (2)不同结构分界处;
- (3)不同基础或地基交接处;
- (4)码头的前后沿;
- (5)墩式结构的四角。

9.6.2.2 内部垂直位移观测点的位置和数量应按观测的目的和要求确定,每个观测断面不得少于2个观测点。其观测点的设置应沿铅垂线方向,每一土层不得少于1点。最浅的观测点应设在基础底面下不小于0.5m处,最深的观测点应设在岩石层或超过压缩层理论深度处,经论证也可设在适当深度处。

9.6.3 水工建筑物的表层垂直位移观测宜采用几何水准、液体静力水准或电磁波测距三角高程测量等测量方法。内部垂直位移观测宜采用电磁式沉降仪观测法、干簧管式沉降仪观测法或水管式沉降仪观测法。

**9.6.4** 地基堆载或卸载的表层垂直位移观测,观测标志需升高或降低时,应在升高或降低前、后各观测一次。

**9.6.5** 表层垂直位移观测方法及精度应符合表 9.6.5 的规定。

垂直位移观测方法及精度

表 9.6.5

等级	观测方法要求	往返互差、附和环线闭合差 (mm)
一等	可采用国家一等水准精度(设双转点,视线 $\leq 15\text{m}$ ,前后视距差 $\leq 0.3\text{m}$ ,视距累积差 $\leq 1.5\text{m}$ )。精密液体静力水准测量、微水准测量等	$\pm 0.15\sqrt{n}$
二等	采用国家一等水准测量和精密液体静力水准测量	$\pm 0.30\sqrt{n}$
三等	按《工程测量规范》(GB 50026)二等水准测量和液体水准测量进行	$\pm 0.60\sqrt{n}$
四等	按《工程测量规范》(GB 50026)三等水准测量或短视距电磁波测距三角高程测量进行	$\pm 1.40\sqrt{n}$

注:① $n$ -测段的测站数;

②垂直位移观测高程中误差应符合表 9.1.1 的规定。

**9.6.6** 垂直位移观测的各项记录应注明观测时的水文、气象情况和荷载变化。

**9.6.7** 场地地基处理的垂直位移观测点的布设应满足设计要求。

**9.6.8** 内部垂直位移观测应每个观测点平行测定 2 次,读数差不大于  $\pm 2\text{mm}$ 。

**9.6.9** 静力水准测量应满足下列要求。

**9.6.9.1** 观测前,应对观测头的零点差进行检验。

**9.6.9.2** 应保持连通管路无压折,管内液体无气泡。

**9.6.9.3** 观测头的气泡应居中。

**9.6.9.4** 两端测站的环境温度不宜相差过大。

**9.6.9.5** 仪器对中误差不应大于  $2\text{mm}$ ,倾斜度不应大于  $10'$ 。

**9.6.9.6** 宜采用两台仪器对向观测,也可采用一台仪器往返观测。液面稳定后,方能开始测量;每观测一次,应读数 3 次,取其平均值作为观测值。

**9.6.10** 电磁波测距三角高程测量,垂直角宜采用  $1''$  级仪器中丝法对向观测各 6 测回,测回间垂直角互差不应大于  $6''$ ;测距长度宜小于  $500\text{m}$ ,测距中误差不应超过  $3\text{mm}$ ;觇标高和仪器高应精确量至  $0.1\text{mm}$ ;测站观测前后各测量一次气温和气压,计算时加入相应改正。

## 9.7 倾斜观测

**9.7.1** 倾斜观测可采用水平位移和垂直位移观测推算法或测斜仪直接观测法。

**9.7.2** 倾斜观测点宜布设在竖轴线或其平行线的顶部和底部,分层倾斜观测点宜分层布设高低点。有条件时,倾斜观测点可利用水平位移或垂直位移观测点。

**9.7.3** 倾斜观测精度应符合第 9.1.1 条的规定。

**9.7.4** 倾斜观测应同时观测物体周边气温,观测精确到  $0.1^\circ\text{C}$ 。



## 9.8 内业处理

**9.8.1** 内业处理应包括原始资料的整理与检查、监测网的平差和变形观测点的成果汇总等内容。

**9.8.2** 监测网的平差计算宜采用拟稳平差法、动态平差法、自由网平差法或经典平差法。点位位移的平差计算,可采用动态平差法或静态平差法。每个观测周期采用的平差方法应相同。

**9.8.3** 变形观测结束后,成果整理应符合第 3.0.13 条规定外,尚应提交下列资料:

- (1) 监测网布置图及计算成果;
- (2) 变形观测设计方案及观测点位置图;
- (3) 水平位移、垂直位移、倾斜度的有关曲线图等;
- (4) 观测分析资料;
- (5) 水平位移、垂直位移、倾斜与相关因素的关系资料。

# 10 施 工 测 量

## 10.1 一 般 规 定

- 10.1.1 施工测量前,应收集与工程有关的测量资料,并应对原有控制点进行复核。
- 10.1.2 施工平面坐标系宜与工程设计坐标系一致,施工高程基准和深度基准应与工程设计的高程基准和深度基准一致。
- 10.1.3 利用原有工程控制网进行施工测量时,其精度应满足该工程对施工控制网的要求。
- 10.1.4 水工建筑物施工前及施工过程中,应按工程需要测设一定数量的永久变形测量基准点或工作基点和变形观测点,并应在施工过程中定期进行观测。具体观测应符合第9章的有关规定。
- 10.1.5 采用 DGPS 定位系统进行施工定位及放样时,应转换为施工坐标系。
- 10.1.6 水工建筑物施工可采用 RTK 进行施工定位。
- 10.1.7 施工放样应有多余观测,细部放样应减少误差的积累。
- 10.1.8 施工测量内业处理除应符合第3.0.10条的规定外,尚应按照施工阶段和工序对施工放样内外业资料进行整理、归档。

## 10.2 施工平面控制测量

- 10.2.1 平面控制网的布设应符合下列规定。
- 10.2.1.1 施工平面控制网最弱边相邻点的相对点位中误差不应大于 50mm。
- 10.2.1.2 施工控制网应充分利用测区内原有的平面控制网点。施工平面控制网可采用三角形网、导线、导线网或 GPS 网等形式进行布设。
- 10.2.2 施工平面控制网的等级应符合表 10.2.2 的规定。

平面控制网等级 表 10.2.2

相应于测量 控制网等级	建筑物离岸 距离(m)	10 ~ 200	200 ~ 500	500 ~ 1000	1000 ~ 2000	大于 2000
		施工控制网形式				
导线网		二级导线	一级导线			四等导线
三角网		一级小三角网 一级小三边网				四等三角或 三边网
GPS 网		一、二级 GPS 测量		一级 GPS 测量		国家 E 级以上 GPS 测量

注:①表中各级网的精度要求应符合第4章的有关规定;  
②表中四等控制网精度应按现行国家标准《工程测量规范》(GB 50026)的有关规定执行。

**10.2.3** 施工控制點選点、埋石应符合第 3.0.7 条的规定。施工期超过 1a 时,陆上宜建测量墩,水域宜建测量平台。

**10.2.4** 建立矩形施工控制网应符合下列规定。

**10.2.4.1** 矩形施工控制网边应根据建筑物的规模而定,宜为 100 ~ 200m。

**10.2.4.2** 矩形施工控制网的轴线方向宜与施工坐标系的坐标轴方向一致,矩形施工控制网的原点及轴线方位应与整个平面坐标系联测,其轴线点点位中误差不应大于 50mm。

**10.2.4.3** 矩形施工控制网角度闭合差不应大于测角中误差的 4 倍。

**10.2.5** 施工基线的设置应符合下列规定。

**10.2.5.1** 基线应与建筑物主轴线、前沿线平行或垂直,其长度不应小于放样视线长度的 0.7 倍。

**10.2.5.2** 基线应设在通视良好、不易发生沉降及位移的平整地段,并应与测区基本控制网进行联测。

**10.2.5.3** 港口陆域施工宜采用建筑物轴线代替施工基线。

**10.2.5.4** 基线上设置的放样控制点的点位精度不应低于施工基线测设精度。

**10.2.6** 施工控制网测定后,在施工过程中应定期复测,复测间隔不应超过半年。

**10.2.7** 疏浚、吹填和航道整治工程可采用图根及以上等级控制网作为施工控制网。

### 10.3 施工高程控制测量

**10.3.1** 原有高程控制点数量及分布不能满足施工放样要求时,应在原有高级水准点基础上加密施工水准点。

**10.3.2** 施工水准点应布设在受施工影响小,不易发生沉降和位移的地点,其数量不应少于 2 个。

**10.3.3** 施工高程控制点引测精度不应低于四等水准精度要求,其中码头、船坞、船台、船闸和滑道施工高程控制测量应按三等水准测量进行。

**10.3.4** 施工水准点的埋石规格可按附录 B 的规定执行。

**10.3.5** 施工过程中,应定期对施工水准点进行校核。

**10.3.6** 在常规水准测量较困难的测区,可采用 GPS 高程测量或电磁波测距三角高程测量建立四等及图根高程控制网。

**10.3.7** 原有水准点无法继续保存时,应按原水准点的等级要求引测至地基稳定处。

### 10.4 施工标志

**10.4.1** 基槽开挖、水域抛石、疏浚和炸礁等工程的起止断面、里程、转向点、工程边界线、边坡线、挖槽边线和中线等可采用导标或浮标进行标定。

**10.4.2** 施工标志测设前,应按照工程设计要求制定测设方案,施工标志测设应符合附录 R 的规定。

**10.4.3** 施工导标宜配置单面发光灯,每组导标标牌形状、颜色和灯色应相同,应与相

邻的导标标牌相区别。导标视觉偏离量应符合表 10.4.3 的规定。

导标视觉偏离量允许值

表 10.4.3

视觉偏离量 允许值 (m)		观察条件	肉眼观察	用望远镜观察
疏浚			不大于施工允许及计算超宽值	不大于施工允许及计算超宽值的 $V$ 倍
基槽开挖及水下抛石			2.0	$2V$
内河炸礁	砂、卵石河床		2.0	$2V$
	石质河床		1.0	$V$

注:①V-望远镜的放大倍数;

②允许或计算超宽值应按现行行业标准《疏浚与吹填工程施工规范》的有关规定选取。

**10.4.4** 采用普通浮标控制挖槽边线时,应加重沉锤、缩短锚链长度,其标位距挖槽边线外的距离应为 30 ~ 50m。

## 10.5 疏浚和航道整治施工放样

**10.5.1** 疏浚施工、炸礁施工和航道整治施工等宜采用 DGPS 定位系统进行施工定位,也可采用放样导标、样桩点和轴线样桩点进行施工定位。

**10.5.1.1** 疏浚施工采用导标放样的测站点应满足下列要求:

- (1) 仪器对中允许误差为  $\pm 5\text{mm}$ ;
- (2) 选择目标清晰的较远已知点作为零方向,并有一个检查方向;
- (3) 采用极坐标法和前方交会法放样时,采用正倒镜测设;
- (4) 距离测量相对误差不大于 1/5000;
- (5) 测站点相对于控制点的允许点位中误差为  $\pm 50\text{mm}$ 。

**10.5.1.2** 导标放样精度应满足下列要求:

- (1) 陆地导标相对其设计轴线的横向偏差不大于 0.1m;
- (2) 浅滩上的导标相对其设计轴线的横向偏差不大于 0.3m;
- (3) 导标放样的方向校核误差不大于 12"。

**10.5.1.3** 架设导标时,标杆顶的投影和标杆根部应位于导标轴线上,其横向偏差,对单柱标,不应大于标杆顶部直径的 1/2;对框架标,不应大于框架顶宽的 1/4。

**10.5.1.4** 导标设立后,应在施工区最远端进行导标视觉偏离量校验,校验点在图上偏离导标设计轴线的横向位移应满足下式要求。

$$\Delta u \leq \sqrt{2.63 + \left( \frac{W \times 10^3}{MV} \right)^2} \quad (10.5.1)$$

式中  $\Delta u$ ——校验点在图上偏离设计轴线横向位移量(mm);

$W$ ——导标视觉偏离量(m);

$M$ ——测图比例尺分母;

$V$ ——望远镜放大倍数。

### 10.5.2 航道整治与炸礁施工放样应满足下列规定。

#### 10.5.2.1 航道整治与炸礁施工样桩点的放样精度应符合表 10.5.2-1 的规定。

样桩点放样精度 表 10.5.2-1

区 域	点位中误差(m)	高程中误差(m)
陆域	$\pm 0.25$	$\pm 0.02$
水域	$\pm 0.50$	$\pm 0.10$

#### 10.5.2.2 样桩点放样应满足下列要求：

- (1)初步标定样桩点后,再按平面位置、高程和工程尺度的要求进行校核和调整；
- (2)标定后,联测样桩点及与水尺零点的关系；
- (3)测设固定导向桩及校核水准点,并定期检查样桩点的高程和平面位置；
- (4)记录样桩点放样和校核数据。

#### 10.5.2.3 航道整治工程的轴线样桩点密度应满足施工要求。

#### 10.5.2.4 采用交会法、极坐标法放样样桩点的主要技术要求应符合表 10.5.2-2 和表 10.5.2-3 的规定。

交会法放样的主要技术要求 表 10.5.2-2

技术要求 项 目	交会边长(km)	$\leq 1.4$	$\leq 2.6$	$\leq 3.2$
样桩点位中误差(m)		$\pm 0.25$	$\pm 0.5$	$\pm 0.5$
角度测设中误差(")		$\pm 20$	$\pm 20$	$\pm 20$
测回数(6"级)		1	1	2

注:交会角宜为  $30^\circ \sim 150^\circ$ 。

极坐标法放样的主要技术要求 表 10.5.2-3

测站至样桩 最大距离 (m)	样桩点位 中误差 (m)	角度测设 中误差 (")	测回数 (6"级)	测 距 精 度	
				方法	相对精度
100	$\pm 0.25$	$\pm 20$	1	视距	1/400
400	$\pm 0.25$	$\pm 20$	1	量距	1/2000
200	$\pm 0.50$	$\pm 20$	1	视距	1/400
800	$\pm 0.50$	$\pm 20$	1	量距	1/2000

### 10.5.3 采用 GPS 定位系统进行施工定位时应符合下列规定。

#### 10.5.3.1 疏浚施工平面定位点点位中误差应符合表 8.1.4 的规定。

#### 10.5.3.2 航道整治和炸礁施工放样样桩点的精度应满足表 10.5.2-1 的要求。

### 10.5.4 炸礁施工放样应符合下列规定。

#### 10.5.4.1 炸礁施工定位应采用纵向和横向导标控制、全站仪定位、RTK-DGPS 定位或星站差分 DGPS 定位。

**10.5.4.2** 炮孔位置或裸炸位置的全部钻孔排位均应布置在施工图上。

**10.5.4.3** 水下爆破钻孔船的测量定位应经常进行校核。

**10.5.4.4** 对钻孔位置定位偏差,内河不得大于0.2m,沿海不得大于0.4m。

## 10.6 水工建筑物施工放样

**10.6.1** 水上沉桩施工放样应符合下列规定。

**10.6.1.1** 沉桩放样应满足下列要求:

(1) 桩位放样精度及仪器等级见表 10.6.1;

桩位放样精度及仪器等级

表 10.6.1

精度及仪器等级 项 目	$D(m)$	$D \leq 200$	$200 < D \leq 500$	$500 < D \leq 900$	$900 < D \leq 1000$
角度允许测设误差(")		26.0	10.0	6.5	5.0
光电测距允许相对误差		1/9000	1/20000	1/32000	1/40000
测角仪器		6"级	6"级	2"级	2"级

注:  $D$ -测量仪器至桩的距离(m)。

(2) 放样前,根据测量控制点和桩位平面图计算放样参数,并绘制定位图及数据表;

(3) 前方交会时,相邻两台仪器视线的夹角控制在  $30^\circ \sim 150^\circ$ ;

(4) 采用三台仪器作角度或方向交会时,所产生的误差三角形的重心到三角形各边的距离不大于 50mm;

(5) 控制斜桩桩位、斜度和平面扭角;

(6) 在前、后视距相等的条件下,采用水准仪测设定位标高和停锤标高;

(7) 随时观测桩位变化情况,沉桩结束时测定沉桩施工偏位。

**10.6.1.2** 桩位放样,定位测量之前应对桩位控制点的编号和后视点的位置进行复核。

**10.6.2** 水下基槽和水下抛石施工放样应符合下列规定。

**10.6.2.1** 基槽和基床的轴线、边线、转向点应测设纵向导标或采用 RTK-DGPS 进行定位;基槽和基床的起点、终点和标高变化点应测设横向导标和里程标或采用 RTK-DGPS 进行定位。导标视觉偏离量应符合第 10.4.3 条的规定,其放样精度应符合第 10.5.1 条的规定。

**10.6.2.2** 离岸较远的开阔水域,宜采用全站仪或 RTK-DGPS 进行施工定位,边坡测设允许偏差为  $\pm 0.5m$ 。

**10.6.2.3** 水下基槽开挖断面测量宜采用测深锤或测深仪进行,其断面间距应符合表 8.2.2-1 的规定。

**10.6.2.4** 水下基床和防波堤水下抛石断面测量宜采用花篮式测深锤进行。断面间距应符合表 8.2.2 的规定。

**10.6.3** 水下基床整平的标高宜采用水准仪配合金属管尺测设。细平导轨标高的放样允许偏差为  $\pm 30mm$ ,极细平导轨标高的放样允许偏差为  $\pm 10mm$ ,细平导轨标高放样可采用

RTK-DGPS 配合金属管尺测设。

**10.6.4 沉箱和扶壁安装施工放样应符合下列规定。**

**10.6.4.1** 顺岸和突堤式码头的沉箱或扶壁安装,宜用交会法、视准线法、全站仪极坐标法或 RTK-DGPS 控制其顶部,基床有预留倒坡时,构件临水面的前沿线位置应按坡度进行调整。

**10.6.4.2** 沉箱墩式码头第一个沉箱的定位宜采用前方交会法、全站仪极坐标法或 RTK-DGPS 定位。

**10.6.5 方块安装施工放样应符合下列规定。**

**10.6.5.1** 底层方块安装时,宜在基床上距设计前沿边线 100 ~ 200mm 处用吊锤引线法测设钢丝线作为安装基线。

**10.6.5.2** 基床有预留倒坡时,底层方块以上的各层方块应按预留坡度和下层方块的偏差情况依次后移。卸荷板的前沿线宜用视准线法进行测设。

**10.6.6** 斜坡滑道、井字梁和轨道的施工放样宜按第 10.6.4.1 款的规定执行,其测设精度应满足下列要求:

- (1) 斜坡滑道、基床整平标高放样允许偏差为  $\pm 10\text{mm}$ ;
- (2) 井字梁安装标高放样允许偏差为  $\pm 5\text{mm}$ ;
- (3) 轨道安装标高放样允许偏差,水上为  $\pm 2\text{mm}$ ,水下为  $\pm 3\text{mm}$ ;
- (4) 井字梁、轨道轴线放样允许偏差为  $\pm 10\text{mm}$ 。

**10.6.7 上部结构的施工放样除应符合第 10.2 节和第 10.3 节的有关规定外,尚应符合下列规定。**

**10.6.7.1** 排架式结构,排架的轴线宜采用分段平差法测设,排架轴线测设允许偏差为  $\pm 5\text{mm}$ 。

**10.6.7.2** 多层安装的结构,应逐层控制安装标高。

**10.6.8** 水工建筑物及附属设施的施工放样方法应满足工程质量检验要求,其放样误差不应大于现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)规定的允许偏差的 0.5 倍。

## 10.7 吹填施工测量

**10.7.1** 吹填施工测量应包括施工前、施工中和竣工后的地形测量,施工期的检查测量,吹填区垂直位移观测和围埝水平位移观测等。

**10.7.2** 平面控制网点应与附近城市或工程控制网二级以上的控制点联测,沿围埝布设图根点;高程控制网点应与附近城市或工程平面控制网四等以上水准点联测,并应埋设工作水准点,用图根水准测定其高程。

**10.7.3 地形测量应符合下列规定。**

**10.7.3.1** 测量内容应包括吹填区围埝、泄水口、陆上排泥管线位置,陆上排泥管线出入口高程、沉降杆位置原地面高程及围埝外坡脚外 20m 内的地形。

**10.7.3.2** 测量前应检查控制点平面位置和高程。

**10.7.3.3** 吹填区地面高程采用断面法或方格网法测定时,断面间距、点距不应大于图

上 20mm。地形起伏较大时,应适当缩小点距。

**10.7.3.4** 吹填区内测量的点位中误差不应大于图上 2mm;高程测量误差不应大于 50mm。

**10.7.3.5** 吹填区水深测量应按第 8 章的有关规定执行。

**10.7.4** 吹填区沉降杆的观测应符合下列规定。

**10.7.4.1** 沉降杆应进行编号并测定其底部的原始高程,其高程测量误差不应大于 10mm。

**10.7.4.2** 垂直位移观测间隔时间应根据原地基及吹填土的土质和工程进度确定。

**10.7.5** 围埝水平位移观测应符合下列规定。

**10.7.5.1** 基准点的精度不应低于图根点的精度。

**10.7.5.2** 围埝埝体监测点应按断面法布设,并不应少于 3 个断面,中段和转角处应设观测断面且每个断面监测点不少于 3 个。

**10.7.5.3** 观测周期应根据地质情况及吹填要求确定,特殊情况下应适当加密观测。首次测量应重复观测两次以上,并取其平均值作为初始值。

## 10.8 港区道路和堆场施工放样

**10.8.1** 平面、高程控制点宜靠近道路布设,其精度和技术要求应符合第 10.2 节和第 10.3 节的有关规定,并应与码头工程的控制网进行联测。

**10.8.2** 港区道路的起点、终点、转点和曲线的起点、终点均应测设中线桩。

**10.8.3** 港区道路中线测量应符合下列规定。

**10.8.3.1** 道路中线桩间距,直线部分不应大于 50m;道路曲线半径大于 60m 时,中线桩间距不应大于 20m;道路曲线半径在 30 ~ 60m 时,中线桩间距不应大于 10m;道路曲线半径小于 30m 时,中线桩间距不应大于 5m。

**10.8.3.2** 中线桩平面位置允许偏差应为  $\pm 50\text{mm}$ 。

**10.8.3.3** 道路中线桩平面测量应与初测导线或 GPS 点进行联测。

**10.8.3.4** 道路中线桩高程测量允许闭合差应为  $\pm 50\sqrt{L}\text{mm}$ ,  $L$  为附合路线长度,以 km 计。

**10.8.4** 港区堆场放样应满足下列要求:

- (1) 堆场长度、宽度放样允许偏差为  $\pm 20\text{mm}$ ;
- (2) 堆场顶面高程放样允许偏差为  $\pm 25\text{mm}$ ;
- (3) 堆场的管沟、边沟轴线放样允许偏差为  $\pm 15\text{mm}$ , 沟底高程放样允许偏差为  $\pm 30\text{mm}$ ;
- (4) 检查井、雨水井放样允许偏差为  $\pm 20\text{mm}$ , 井口、井底高程放样允许偏差为  $\pm 20\text{mm}$ 。

## 10.9 交工测量

**10.9.1** 工程交工测量均应根据测量工程合同、技术设计及竣工验收要求,对施工区的水深、陆地地形、水工建筑物及助航标志等进行全面测量和水下障碍物探测。



- 10.9.2 交工测量前应对相关平面和高程控制网点、水位站水尺零点进行检查和校核。
- 10.9.3 交工测量的技术要求应与施工过程中的技术要求一致。
- 10.9.4 炸礁工程交工测量中,应采用硬式扫床或多波束测深系统进行障碍物探测。
- 10.9.5 疏浚工程交工测量的内容及各项技术要求应符合第8章的有关规定。
- 10.9.6 航道整治交工测量应包括水深图、整治建筑物的轴线位置、顶部高程、宽度、总长度、坡度、平整度等测量以及岸坡和基槽开挖标高、开挖断面测量等。
- 10.9.7 水工建筑物交工测量应符合下列规定。
  - 10.9.7.1 交工测量应按各施工质量验收阶段分别进行。
  - 10.9.7.2 水下沉桩应进行桩位、桩顶标高、桩垂直度及斜桩倾斜度测量。
  - 10.9.7.3 水下基槽开挖、防坡堤水下抛石应进行断面测量。
  - 10.9.7.4 码头与岸壁、修造船船坞与船闸等水工建筑物的交工测量应包括总长度、总宽度、顶面标高、坡面标高、坡线位置和平整度的测定及岸坡地形图、断面图测量等内容等。
- 10.9.8 吹填交工测量应包括吹填区地形测量、横断面测量等内容。
- 10.9.9 各项工程交工测量结束后应编写技术报告,并按第3.0.13条的规定进行资料整理和归档。

## 11 制 图

### 11.1 编 图 设 计

**11.1.1** 航道图编图设计的主要内容应包括数学基础、制图区域的规划、制图资料的分析 and 选择、图幅范围确定及图面配置、编图计划的拟定等。

**11.1.2** 简单的内河航道图可不作编图设计,直接在外业图上着墨清绘或映绘。

**11.1.3** 编图设计应对资料的完备性、现实性、精确性和复制转绘的可行性进行分析,并把被采用的资料按照使用程度分为基本资料、补充资料和参考资料,确定资料采用的顺序、使用范围和内容。

**11.1.4** 编图计划应包括下列内容:

- (1) 制图区域的地理概况,主要的地理特点、航行特点和数学基础;
- (2) 图名、编号、比例尺、投影、坐标系、深度、高程基准、测量单位和时间等;
- (3) 各种制图资料的使用程度和顺序,对补充资料及参考资料应具体说明补充的内容和参考的范围;
- (4) 制图工具的选择与检验;
- (5) 编绘作业方法,使用的制图软件的名称及版本号、制图综合的具体要求和注意事项等。

### 11.2 编 绘

**11.2.1** 编绘作业宜采用连编带绘、连编带刻和机助制图方法。

**11.2.2** 编绘作业应按下列程序进行:

- (1) 展绘图廓、坐标网和控制点;
- (2) 对基本资料进行镶嵌、拼接和检查;
- (3) 制作编绘原图的底图;
- (4) 在经检查无误的底图上进行编绘;
- (5) 对编绘原图进行检查、修改;
- (6) 清绘;
- (7) 检查验收。

**11.2.3** 制图资料的加工和转绘应符合下列规定。

**11.2.3.1** 资料上的制图格网与编绘原图不一致,或制图格网间隔过大不便转绘时,应在制图资料上加绘制图格网。

**11.2.3.2** 图廓整饰格式和绘图图式符号应符合附录 S 的规定。

**11.2.3.3** 采用不同投影或不同坐标分带的资料时,须通过控制点或投影变换对编绘资料进行转换,转换后各要素的精度应符合表 3.0.12 的规定。

**11.2.3.4** 基本资料的转绘方法宜采用聚酯薄膜映绘法,小面积补充资料可采用缩放复写法,个别要素的转绘宜采用坐标记入法、方位距离法及方位线交会法。

**11.2.3.5** 转绘误差不大于 0.2mm,当采用三方向线交会法转绘时,误差三角形边长不应大于 1.5mm。

**11.2.3.6** 采用计算机辅助制图时,有坐标值的图形要素应直接输入坐标值,不得使用图形进行数字化。

**11.2.3.7** 应对数字化仪或扫描仪输入的图形要素进行几何纠正,纠正后各要素的精度应符合表 3.0.12 的规定。

**11.2.4** 同一比例尺的邻接图重叠部分,应按相邻图幅转绘或映绘,并应注意叠幅与整幅其他部分的协调。相近比例尺的叠幅部分,应先用较大比例尺的图编绘,作为邻接重叠部分的转绘资料。

**11.2.5** 拼接编绘原图时,控制点宜均匀分布,一幅图内不宜少于 16~20 个,数量不够时,可用坐标格网控制。拼接时可切割或展平蓝图,宜消除复照误差和图纸变形。拼接后的编绘原图精度应符合表 3.0.12 的规定。图纸不得重叠或错开。图面应平整清晰,色调一致。

**11.2.6** 编绘图时各要素的综合取舍应根据比例尺、性质和用途等特点来确定。在保留境界、城镇、地名、标准水深线、水边线、碍航礁石标注、航标、信号台、航行水尺、方向、方位和参照物等基本要素的底图信息后,其他内容可根据需要综合取舍。

**11.2.7** 等高线和等深线的勾绘应符合第 6.4 节和第 8.8 节的有关规定。

**11.2.8** 航行用途水深图的水深选取应符合下列规定。

**11.2.8.1** 水深注记的选取宜遵循“舍深取浅”的原则,同时也应保留适当数量的深水点。

**11.2.8.2** 水深注记的密度一般为 10~15mm,海底地形起伏变化较大的区域,港池、航道和锚地等重要航行区域水深间距可加密到 6~10mm。

**11.2.9** 制图经历簿的主要内容应包括编图基本资料的使用情况、控制点及采用资料的分布略图、编图工艺方案、拼接的技术要求、编绘过程中主要问题的处理情况和制版印刷的要求等。

### 11.3 清 绘

**11.3.1** 采用传统方法绘图应按编绘原图进行清绘和刻膜。

**11.3.2** 清绘应符合下列规定。

**11.3.2.1** 清绘前应检查原图内容和拼接情况。

**11.3.2.2** 图幅拼接时的有关线划、符号沿图廓线方向位置互差不应大于 0.2mm。

**11.3.2.3** 图上各要素间的留空、相接、共线和位移等相互关系应正确处理,不得改动原图的定点位置,图上要素位置偏移不应大于 0.2mm。

**11.3.3** 清绘应墨色黑实、浓淡一致、线划光滑、粗细均匀、图面整洁。

**11.3.4** 配置注记时应避免遮盖或截断助航标志、显著地物和航行障碍物,并宜配置在相应地物的右侧。

**11.3.5** 地名注记应采用政府正式颁布的地名。

**11.3.6** 航道图水域应注记海湾、河口、港口和航道等名称。

**11.3.7** 岛、礁应注记名称和高程。沿岸主要山峰和有助航意义的地物应注记名称。

## **11.4 制图输出**

**11.4.1** 制图输出可采用晒制蓝图、静电复印、复照或计算机绘图等方法。

**11.4.2** 海图、航道图和引航图等图种可根据清绘成果采用传统制版印刷或计算机直接制版印刷;其他图种可采用晒制蓝图、静电复印或绘图机输出等。采用平版胶印并需拼接多幅图印刷时,墨色浓淡和线划规格应一致。

**11.4.3** 晒制的蓝图应图面整洁、图形居中、图像清晰。线划、注记、符号用深色,底色浅,不虚涨,不重影;编绘、清绘、刻绘用的铁盐蓝图,应与底版尺寸一致,晒成中蓝色。

**11.4.4** 静电复印等按比例放大或缩小的图幅,其图廓尺寸与理论尺寸之差不应超过0.5mm;对角线的长度误差不应超过0.8mm。

**11.4.5** 机助制图根据对制图成果的需要,可输出符合制版印刷要求的数据进行印刷,对精度要求较低的图种,可使用绘图机输出透明图进行晒制蓝图或静电复印,也可直接使用绘图纸批量输出。

## 附录 A 测量任务书、技术设计书和技术报告提纲

### A.1 测量任务书提纲

#### A.1.1 测量任务和测区情况

- (1) 工程名称、任务来源、所在地点、测量目的和测量项目、施测计划日期、采用的技术标准、规范和其他技术文件；
- (2) 测图比例尺、施测范围和水、陆域面积及地理情况；
- (3) 原有测绘资料和精度。

#### A.1.2 主要技术要求

- (1) 平面及高程控制测量采用的平面坐标系统和高程基准的等级、仪器检定及检验校正、造标及埋石要求；
- (2) 地形测图和修测对基本等高距及细部坐标点测定等要求；
- (3) 采用的深度基准面、水位控制、水深测量定位、测深、障碍物扫测及适航水深测量等技术要求；
- (4) 施工标志、施工放样、吹填区测量及变形测量等技术要求；
- (5) 其他测量的技术要求。

#### A.1.3 应提交的资料内容和时间。

### A.2 测量技术设计书提纲

#### A.2.1 概述

简述任务要求、依据的标准、原有测量资料的精度、测图比例尺,测区的水下地貌、航行条件、避风锚地、交通运输、通信联络、水文气象、经济状况、物资供应、生活补给和提出人员组织、仪器、车船配置。

#### A.2.2 技术设计

##### A.2.2.1 控制测量

- (1) 采用的平面、高程系统、投影带和投影面、平面或高程系统相互转换及对拟利用的原有资料检测的方法；
- (2) 平面、高程布网方案、观测方法、平差方法(当设计多种作业方案时,应作出方案论证比较,选取合理的施测方法,提出明确的作业规定;如采用新技术新方法,应做出精度和进度评估)；
- (3) 造标类型高度、埋石规格、需用材料的估算及点之记要求；
- (4) 水位站配布的数量、站址、有效控制范围；

(5) 平均海面、深度基准面、绘图水位的计算;

(6) 水位控制的实施方案。

#### **A.2.2.2 地形测量**

(1) 测图控制点及测量方法;

(2) 实测和修测区域的范围、测绘和检测方法及基本等高距;

(3) 内业整理及内业绘图技术要求;

(4) 任务委托书中的特殊要求和作业方法。

#### **A.2.2.3 水深测量**

(1) 图板准备要求及测图方法;

(2) 测深线布设密度、数量、定位点间距及深度插点原则;

(3) 水位改正区域的划分及深度改正方法;

(4) 定位方式、站台布设、精度估算和定位区域划分;

(5) 扫测和航行障碍物探测线的布设、作业手段和方法、扫海趟布设和重叠带宽度设计;

(6) 适航水深测量的仪器、测量方法、内外业技术要求;

(7) 为满足航道基本测量和航道检查测量制图的需要而进行的水文要素观测及底质探测要求;

(8) 内业整理和绘图方案及技术要求。

#### **A.2.2.4 施工测量**

(1) 施工控制测量实施方案及水位站布设方案;

(2) 施工标志及其放样方案;

(3) 港口工程、修造船及通航水工建筑物施工放样方案及技术指标;

(4) 疏浚施工测量要求。

#### **A.2.2.5 变形观测**

(1) 变形测量监测网及变形观测点布设;

(2) 各项变形观测及分析要求。

#### **A.2.2.6 制图**

(1) 制图数学基础、图幅规格、分幅和制图比例尺;

(2) 编图方法和工具;

(3) 编图计划、内容;

(4) 制图输出精度。

#### **A.2.2.7 仪器、交通设备及测量实施计划进度(分别以表格的形式列出)。**

### **A.2.3 附件**

(1) 控制测量技术设计图;

(2) 水位站布设和水准路线设计图;

(3) 水深测量(含适航水深测量)测深方法及定位方案设计图(定位方法,区域划分和定位精度的估算、测站设计);

- (4) 差分 GPS 基准台设计方案;
- (5) 扫海范围和障碍物位置图;
- (6) 各项施工测量、位移观测等主要设计图;
- (7) 主要仪器工具装备一览表;
- (8) 测量实施计划进度表;
- (9) 其他附表。

### A.3 测量技术报告提纲

#### A.3.1 总述

测量工作完成情况综述。

#### A.3.2 测量工作的实施

##### A.3.2.1 控制测量

- (1) 利用旧有控制点情况,包括成果精度、等级、坐标系统、高程系统、投影带、利用数量、觐标和标石类型的完好情况;
- (2) 各级平面和高程控制网布设形式,选点、埋石、造标等情况;
- (3) 所用仪器的送检、检验和校准情况;
- (4) 外业观测方法、数据处理及精度统计;
- (5) 水位站设立、基准面的确定方法、水尺零点引测及校核成果;
- (6) 控制测量成果质量评价;
- (7) 存在问题及其他有关技术说明。

##### A.3.2.2 地形测量

- (1) 已有地形图的利用及质量情况;
- (2) 地形图图幅的划分、数量、测图或制图比例尺;
- (3) 图根点、测站点、细部坐标点的布设方法、数量、点位精度;
- (4) 所用仪器的检验、校准情况;
- (5) 地物、地貌的测绘方法;
- (6) 实施检查及接边情况;
- (7) 地形测量内业绘图成果质量;
- (8) 其他有关技术事项。

##### A.3.2.3 水深测量

- (1) 测深图幅的划分、名称、数量和测图比例尺;
- (2) 水位仪(水尺)零点校验及水位观测情况;
- (3) 测站点及差分 GPS 基准站的等级及基准站布设;
- (4) 测深、定位所用的仪器型号、检验、测试、校准情况;
- (5) 测深、定位方法;
- (6) 水底地貌探测时对新发现的特殊深度、航行障碍物的探测及适航水深测量方法和结论;

(7) 适航水深测量的实施情况;

(8) 质量及精度统计,包括定位中误差、重合点深度比较、测深线和测点最大间距、扫海提高量、成果图板绘图质量、旧深度点利用的质量分析、水深系统误差分析等;

(9) 其他有关技术事项。

**A.3.2.4 施工控制、施工放样、工前和竣工测量的实施情况及测量精度。**

**A.3.2.5 变形观测**

(1) 变形测量监测网及变形观测点布设情况;

(2) 各项变形观测方法及观测成果分析情况。

**A.3.2.6 制图**

(1) 图幅的分幅、数量、名称、范围、图积和制图比例尺;

(2) 制图投影以及采用的中央经线或基准纬度;

(3) 制图资料的来源、测量日期、质量评估和选用程度;

(4) 制图方法和使用仪器;

(5) 编绘时发现的主要问题及处理措施;

(6) 成图编绘质量;

(7) 其他有关技术事项。

**A.3.3 提交资料情况**

**A.3.4 经验教训和建议**

(1) 作业过程中使用新仪器、新方法的经验体会;

(2) 质量事故的教训;

(3) 合理化建议。



# 附录 B 控制点标石、标石规格及埋设

## B.1 平面控制点标石、标石规格及埋设

B.1.1 一、二级平面控制点标石规格应符合图 B.1.1-1、图 B.1.1-2 的规定。

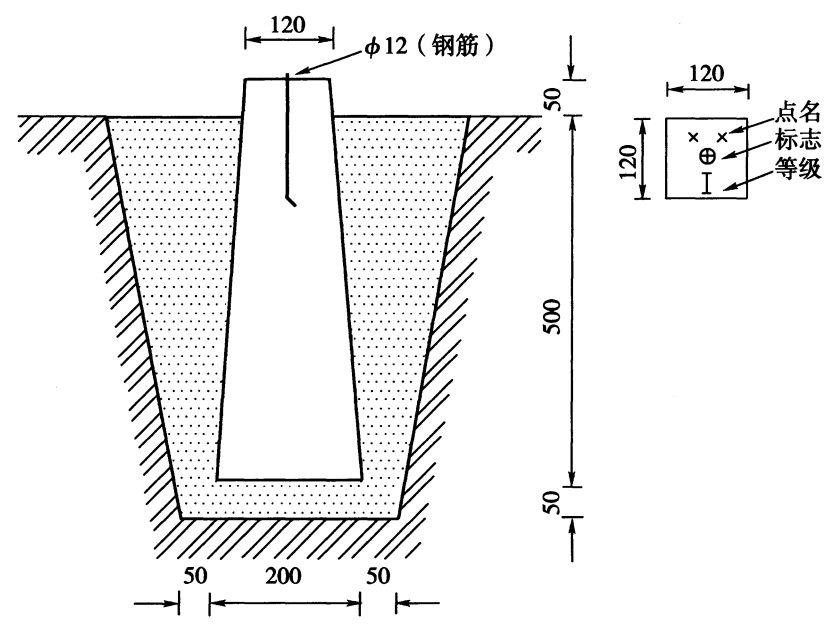


图 B.1.1-1 预制标石规格埋设示意图(单位:mm)

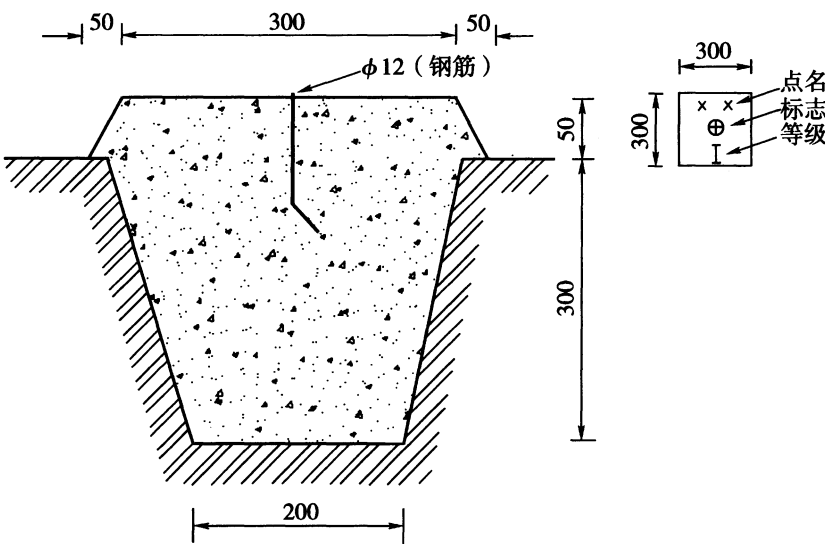


图 B.1.1-2 现场浇注标石示意图(单位:mm)

B.1.2 标石及埋设应符合下列规定。

B.1.2.1 三角点、导线点的标石可采用预制标石、现场浇注标石(图 B.1.1-2)和刻制标石等。

B.1.2.2 标石的中心标志可采用钢筋或其他标志。

B.1.2.3 对于海滩、砂地埋石,可视土质情况适当加大标石尺寸或采用大木桩标定。

B.1.2.4 图根点需埋石时,可参照一、二级点标石类型,适当缩小尺寸。

B.1.2.5 冻土地区控制点标石埋设深度,应埋入冻土层下 0.2m。

B.1.2.6 GPS 控制点应在标石上注明“GPS”字样。

B.2 高程控制点标石、标志及埋设

B.2.1 水准标石规格应符合图 B.2.1-1 ~ 和图 B.2.1-3 的规定。

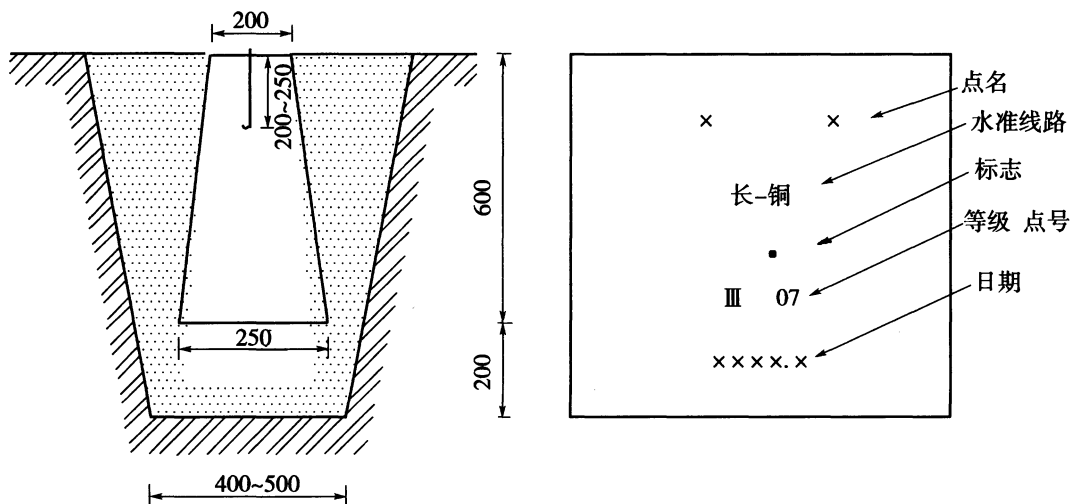


图 B.2.1-1 混凝土标石埋设示意图(单位:mm)

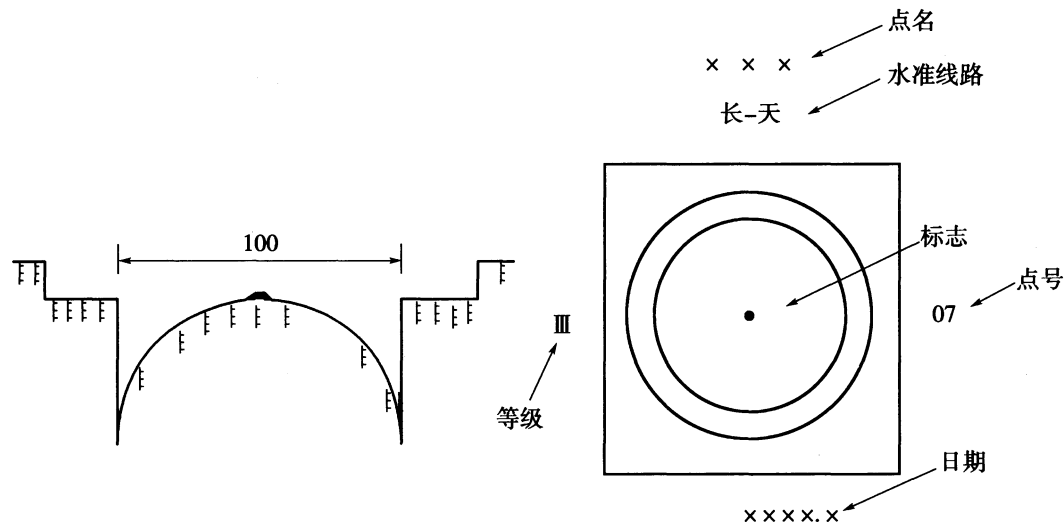


图 B.2.1-2 刻石标志示意图(单位:mm)

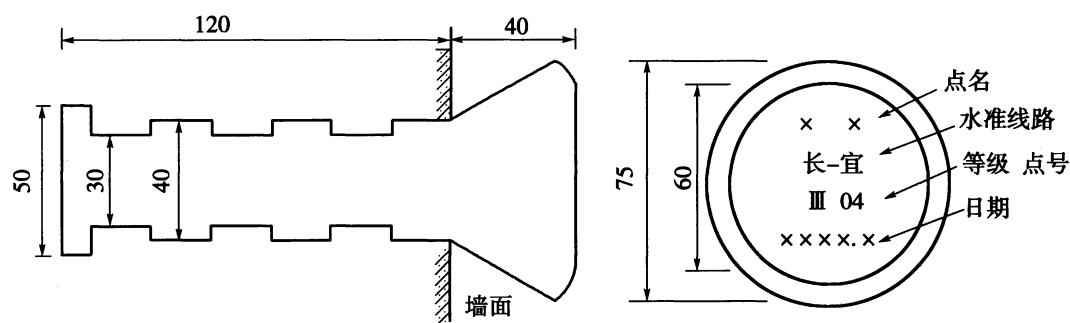


图 B.2.1-3 墙脚标志埋设示意图(单位:mm)

- B.2.2 水准标石规格可根据地区情况设立明标或暗标,埋设暗标时,应设方形标志桩。
- B.2.3 在 GPS 高程控制点标石上应注明“GPS”字样。
- B.2.4 标石应埋入冻土层下 0.2m。

## 附录 C GPS 接收机的检验、比对内容和 GPS 观测记录格式

**C.0.1** GPS 接收机的检验、比对主要内容和要求应符合表 C.0.1 的规定。

GPS 接收机的检验、比对主要内容和要求

表 C.0.1

项 目	主要内容及要求
检验前注意事项	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 开箱后不要立即通电检验,应使接收机与环境温度、湿度趋于平衡后再通电</li> <li>2. 置电源键关闭位置、状态键置于准备状态,并检查电源电缆连接是否正确</li> </ol>
通电后的一般检查	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电源开关是否置于接通位置</li> <li>2. 所有指示灯是否点亮</li> <li>3. 记录内外电压读数</li> <li>4. 以上各项正常后,使状态键置于操作状态</li> <li>5. 检视按键及显示部分是否发挥作用</li> <li>6. 检查自测试结果</li> </ol>
自盲目搜索检验	自测试正常后,按正常作业顺序,输入必要的测站近似坐标和高程,15min 内捕获并锁定第一颗卫星信号时为正常;15 ~ 30min 内者可使用
操作命令检验	在跟踪状态下,检查各操作指令是否正常执行,显示结果是否正确
定点测试比对	将流动站安置于某已知点上,并作记录,精度要求按本规范有关规定执行
测定辅助设备运行的可靠性	按照仪器说明书进行测定
与其他定位系统比对	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 坐标系统要一致</li> <li>2. 要有同步比对条件或相同的采样速率</li> <li>3. 比对的流动站天线平面位置与基准系统天线互相偏离小于测图定位精度的 1/10</li> </ol>

**C.0.2** GPS 观测记录格式应符合表 C.0.2 的规定。

## 附录 C GPS 接收机的检验、比对内容和 GPS 观测记录格式

GPS 观测记录

表 C.0.2

测 区			点 名			点 号			
观测员						等 级			
日 期						时段号			
作业时间(UTC)		自      时      分至      时      分							
接收机型号与编号									
采样间隔									
存储介质编号					数据文件名				
近似位置		B:                      L:                      H:							
PDOP	始:      中:      末:				基线长度估值				
同一时段观测的其他点名									
信号失锁情况记录:					点位略图:				
天线高		测前		测后		平均		加常数	
量测									
备注:									

## 附录 D 跨江线缆垂弧测量

**D.0.1** 跨江线缆垂弧的测量,宜采用点描法、切线法、直接水准法等,以点描法最为方便。

**D.0.2** 点描法测量应先测量并求出左、右悬挂点的坐标,  $\varphi$  角及  $AC$  边长,然后在  $C$  点施测垂弧各点  $P_i$  相应的水平角  $\alpha$  及天顶距  $Z$ ,计算各点距左悬挂点之距离、高度,见图 D.0.2。以此按不同比例尺绘制悬弧图,确定悬弧最低点高程,并按式(D.0.2-1) ~ 式(D.0.2-5)计算,最终计算通航净空高度。

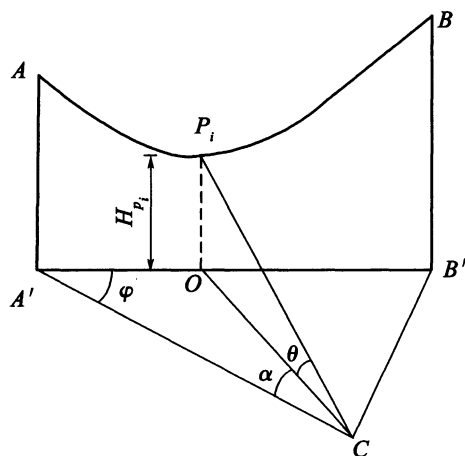


图 D.0.2 点描法悬弧测量示意图

$I, H$  为线缆左、右悬挂点

$$\overline{AO} = \frac{\overline{AC} \sin \alpha}{\sin(\varphi + \alpha)} \quad (\text{D.0.2-1})$$

$$\overline{CO} = \frac{\overline{AC} \sin \varphi}{\sin(\varphi + \alpha)} \quad (\text{D.0.2-2})$$

$$H_{P_i} = H'_C + \overline{P_iO} = H'_C + \overline{CO} \cdot \tan \theta = H'_C - \overline{CO} \cdot \cot Z \quad (\text{D.0.2-3})$$

$$H'_C = H_C + I \quad (\text{D.0.2-4})$$

$$\theta = 90^\circ - Z \quad (\text{D.0.2-5})$$

式中  $H_{P_i}$ ——悬弧最低点的高程(m);  
 $\varphi$ ——线缆与测站  $C$  的夹角( $^\circ ' ''$ );

$\theta$ ——垂直角( $^\circ ' ''$ );

$Z$ ——天顶距( $^\circ ' ''$ );

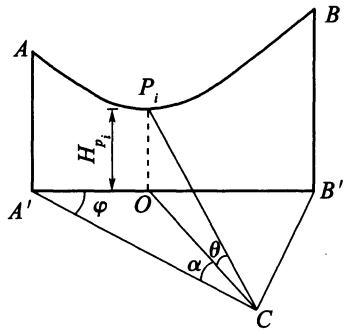
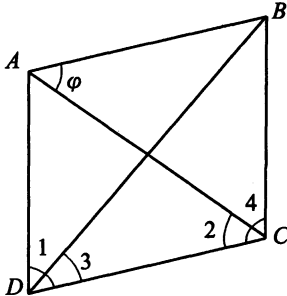
$H'_C$ ——视线高(m);

$H_C$ ——测站  $C$  的高程(m);

$I$ ——仪器高(m)。

D.0.3 点瞄法测量计算可参照表 D.0.3。

× × 江 跨江线缆计算表(点瞄法) 表 D.0.3

									
<div><div><math>X_D1400.001</math><math>Y_D2400.002</math></div><div><math>X_C746.034</math><math>Y_C2731.572</math></div><div><math>H_C189.200</math><math>I1.16</math></div></div>					<div><div>1. 84°28'06"</div><div>2. 30°39'26"</div><div>3. 24°33'19"</div><div>4. 114°48'50"</div></div>				
计 算 值	左悬点	$X_A$	1553.729	$Y_A$	2784.921		$331^{\circ}48'55''$		
	右悬点	$X_B$	766.425	$Y_B$	3206.799	$\alpha_{BA}$			
	测站点	$X_C$	746.034	$Y_C$	2737.572	$\alpha_{BA}$	$03^{\circ}21'18''$		
			$S_{CA}$		809.082	$\varphi$			
点号	水平角		天顶距		距左悬挂点距离 (m)	高度 (m)	备注		
左悬点	$0^{\circ}00'00''$		$86^{\circ}46'24''$		0	235.972	距左悬挂点 331m 处 为最低悬垂点, 高度为 216.46m。该处最高通航 水位为 186m, 则通航 净空 $216.46 - 186 =$ 30.5m		
1	7 23 10		87 24 22		165.54	220.88			
2	8 47 12		87 26 42		190.98	219.54			
3	10 37 25		87 28 17		222.21	218.20			
4	14 20 18		87 26 23		279.12	216.72			
5	15 57 30		87 20 17		301.72	216.55			
6	16 02 17		87 23 28		302.81	216.48			
7	16 02 49		87 23 27		302.93	216.48			
8	18 11 24		87 18 22		331.02	216.46			
9	20 47 41		87 10 15		362.87	216.78			
10	26 25 56		86 45 19		424.82	218.66			
11	30 35 11		86 24 15		465.72	220.45			
右悬点	84 09 23		79 06 43		893.21	280.703			

注:①D、C 为测量控制点, $X_D$ 、 $Y_D$ 、 $X_C$ 、 $Y_C$  为其坐标值;  
②A、B 为线缆左、右悬挂点, $X_A$ 、 $Y_A$ 、 $X_B$ 、 $Y_B$  为其坐标值。

附录 E 水位站经历簿格式和测站  
考证簿的主要内容

E.0.1 水位站经历簿封面格式示意图见图 E.0.1。

水 位 站 经 历 簿

\_\_\_\_\_测区      \_\_\_\_\_水位站

共\_\_\_\_\_页

单位名称:\_\_\_\_\_

图 E.0.1 水位站经历簿封面格式



## E.0.2 水位站概况应按表 E.0.2 规定的格式填写。

水位站概况

表 E.0.2

站名		性质		建站日期			
站址				地理位置			
测站沿革							
水准点名称	点 位	高 程(m)					
		1985 国家高程基准上	平均海面上	深度基准面上			
引据水准点							
主要水准点							
工作水准点							
三角点							
水位站位置图							

抄录者 \_\_\_\_\_

校对者 \_\_\_\_\_

日期 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

E.0.3 基准面关系表格式见表 E.0.3。

基准面关系表 表 E.0.3

平均海面在	1985 国家高程基准上	深度基准面上	水位站零点上	采用资料日期
采用值(m)				
水位站零点在				
观测值(m)				
采用值(m)				
说明				
基准面关系图				

抄录者\_\_\_\_\_ 校对者\_\_\_\_\_ 日期\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

## E.0.4 调和常数应按表 E.0.4 规定的格式填写。

调和常数表

表 E.0.4

调和常数	分潮		$M_2$	$S_2$	$N_2$	$K_2$	$K_1$	$O_1$	$P_1$	$Q_1$	$M_4$	$MS_4$	$M_6$	$S_a$	$S_{sa}$
	半潮差 $H(\text{mm})$														
	迟角	$K(^{\circ})$													
		(区时 - 8) $K'(^{\circ})$ $G(^{\circ})$													
非调和常数	平均高潮间隙		h m		回归潮高高潮间隙								h m		
	海港朔望高潮时间		h m		回归潮低高潮间隙								h m		
	落潮时间		h m		回归潮低低潮间隙								h m		
	涨潮时间		h m		回归潮高低潮间隙								h m		
	半日潮龄		d h		回归潮高高潮高								mm		
	视差潮龄		d h		回归潮低高潮高								mm		
	日潮龄		d h		回归潮低低潮高								mm		
	半日潮同潮时		h m		回归潮高低潮高								mm		
	日潮同潮时		h m		回归潮大的潮差								mm		
	半日潮平均潮差		mm		回归潮小的潮差								mm		
	平均大潮差		mm		回归潮平均潮差								mm		
	平均小潮差		mm		回归潮高潮高日潮不等								mm		
	$H_{S_2}/H_{M_2}$				回归潮低潮高日潮不等								mm		
	$H_{N_2}/H_{M_2}$				月的平均大潮差								mm		
	$(H_{K_1} + H_{O_1})/H_{M_2}$				月的平均小潮差								mm		
	$\Sigma$ 日分潮/ $\Sigma$ 半日分潮				半潮面								mm		

抄录者 \_\_\_\_\_

校对者 \_\_\_\_\_

日期 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

**E.0.5** 水尺关系应按表 E.0.5 规定的格式填写。

水尺关系表

表 E.0.5

测量日期	引据水准点	联测点 (或水尺)	高差			说明
年 月 日			往	返	中数	
年 月 日						尺顶(水尺高 m)
水尺编号	基尺上	水位站零点上		深度基准面上		说明
水尺关系图						

抄录者 \_\_\_\_\_ 校对者 \_\_\_\_\_ 日期 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

**E.0.6 测站考证簿应包括下列主要内容：**

(1)测站情况,包括测站位置、测站沿革、自然地理情况、测站附近河流情况和测站断面布置与变动情况;

(2)引据水准点、基本水准点、校核水准点、基面及其变动情况;

(3)水位观测设备的设置及其变动情况;

(4)观测时制及其变更情况;

(5)与建站目的有关的观测项目及其变动情况;

(6)附近河流形势及测站位置图,测站地形图或简易地形图,大断面图,水位观测设备布置图及其他必要的图表。

## 附录 F 理论最低潮面的计算

**F.0.1** 理论最低潮面可采用下列公式计算：

$$\begin{aligned}
 L = & (fH)_{k_1} \cos \varphi_{k_1} + (fH)_{k_2} \cos(2\varphi_{k_1} + 2g_{k_1} - 180^\circ - g_{k_2}) \\
 & - \sqrt{[(fH)_{M_2}]^2 + [(fH)_{O_1}]^2 + 2(fH)_{M_2}(fH)_{O_1} \cos[\varphi_{k_1} + (g_{k_1} + g_{O_1} - g_{M_2})]} \\
 & - \sqrt{[(fH)_{S_2}]^2 + [(fH)_{P_1}]^2 + 2(fH)_{S_2}(fH)_{P_1} \cos[\varphi_{k_1} + (g_{k_1} + g_{P_1} - g_{S_2})]} \\
 & - \sqrt{[(fH)_{N_2}]^2 + [(fH)_{Q_1}]^2 + 2(fH)_{N_2}(fH)_{Q_1} \cos[\varphi_{k_1} + (g_{k_1} + g_{Q_1} - g_{N_2})]} \\
 & + (fH)_{M_4} \cos \varphi_{M_4} + (fH)_{M_6} \cos \varphi_{M_6} + (fH)_{MS_4} \cos \varphi_{MS_4} \\
 & + H_{S_a} \cos \varphi_{S_a} + H_{S_{sa}} \cos \varphi_{S_{sa}}
 \end{aligned} \tag{F.0.1-1}$$

$$\varphi_{M_4} = 2\varphi_{M_2} + 2g_{M_2} - g_{M_4} \tag{F.0.1-2}$$

$$\varphi_{M_6} = 3\varphi_{M_2} + 3g_{M_2} - g_{M_6} \tag{F.0.1-3}$$

$$\varphi_{MS_4} = \varphi_{M_2} + \varphi_{S_2} + g_{M_2} + g_{S_2} - g_{MS_4} \tag{F.0.1-4}$$

$$\varphi_{M_2} = \tan^{-1} \left[ \frac{(fH)_{O_1} \sin(\varphi_{K_1} + g_{K_1} + g_{O_1} - g_{M_2})}{(fH)_{M_2} + (fH)_{O_1} \cos(\varphi_{K_1} + g_{K_1} + g_{O_1} - g_{M_2})} \right] + 180^\circ \tag{F.0.1-5}$$

$$\varphi_{S_2} = \tan^{-1} \left[ \frac{(fH)_{P_1} \sin(\varphi_{K_1} + g_{K_1} + g_{P_1} - g_{S_2})}{(fH)_{S_2} + (fH)_{P_1} \cos(\varphi_{K_1} + g_{K_1} + g_{P_1} - g_{S_2})} \right] + 180^\circ \tag{F.0.1-6}$$

$$\varphi_{S_a} = \varphi_{K_1} - \frac{1}{2}\varepsilon_2 + g_{K_1} - \frac{1}{2}g_{S_2} - 180^\circ - g_{S_a} \tag{F.0.1-7}$$

$$\varphi_{S_{sa}} = 2\varphi_{K_1} - \varepsilon_2 + 2g_{K_1} - g_{S_2} - g_{S_{sa}} \tag{F.0.1-8}$$

$$\varepsilon_2 = \varphi_{S_2} - 180^\circ \tag{F.0.1-9}$$

式中  $L$ ——理论最低潮在平均海面下的高度(m)；

$H, g, f$ —— $M_2, S_2, N_2, K_2, K_1, O_1, P_1, Q_1, M_4, MS_4, M_6, S_a, S_{sa}$ 等13个分潮的调和常数和节点因数；

$\varphi$ ——分潮的相角，其附上脚标则为某分潮的相角(°)。例如  $\varphi_{K_1}$  为分潮  $K_1$  的相角，它的变化从  $0^\circ \sim 360^\circ$ 。

**F.0.2** 理论最低潮面应根据第 F.0.1 条求得的  $L$  最小值确定。

**F.0.3**  $M_2, S_2, N_2, K_2, K_1, O_1, P_1, Q_1, M_4, MS_4, M_6$  分潮的调和常数  $H, g$ ，可根据 30d 水位观测资料，用潮汐调和求得； $S_a, S_{sa}$  分潮的调和常数可根据 1 年的水位观测资料求得；对短期水位站的  $S_a, S_{sa}$  分潮的调和常数，可采用邻近长期水位站  $S_a, S_{sa}$  分潮的调和常数。

## 附录 G 定位中误差估算公式

**G.0.1** 定位中误差可按表 G.0.1 中的公式估算。

定位中误差估算公式

表 G.0.1

定位方法	计算公式
后方交会法	$M_p = \pm 0.3m \csc(A+C) \sqrt{\left(\frac{S_1 \cdot S_2}{a}\right)^2 + \left(\frac{S_2 \cdot S_3}{b}\right)^2}$ 或 $M_p = \pm 0.3m \csc(A+C) \sqrt{p^2 \csc^2 \alpha + q^2 \csc^2 \beta}$
前方交会法	$M_p = 0.3m \csc \omega \sqrt{S_1^2 + S_2^2}$
侧方交会法	$M_p = \pm 0.3 \csc \alpha \sqrt{m_1^2 a^2 + m_2^2 S_2^2}$
方位距离法	$M_p = \pm \sqrt{m_a^2 + 0.3m_a^2 S^2}$
导标夹角法	$M_p = \pm \csc \omega \sqrt{W^2 + 0.08m^2 P^2 \csc^2 \alpha}$
纵横导标法	$M_p = \pm 2 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}$
差分 GPS 的定位	$M_p = \pm \frac{1}{\rho''} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n N_{P_0}^2 (L_{P_0} - L_{P_i})^2 \cos^2 B_{P_0} + \sum_{i=1}^n M_{P_0}^2 (B_{P_0} - B_{P_i})^2}{n-1}}$ 或 $M_p = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{P_0} - X_{P_i})^2 + \sum_{i=1}^n (Y_{P_0} - Y_{P_i})^2}{n-1}}$

注：  $M_p$ ——定位中误差(m)；

$A、C$ ——左、右两控制点的顶角(°)；

$m、m_1、m_2$ ——测角中误差(')；

$\alpha、\beta$ ——左、右观测角(")；

$S、S_1、S_2、S_3$ ——定位点到控制点的距离(km)；

$a、b$ ——控制点间距离(km)；

$p、q$ ——待定点到  $a、b$  两边的垂直距离(km)；

$W、W_1、W_2$ ——导标视觉偏离量(m)；

$m_a$ ——方位角测定中误差(')；

$\omega$ ——定位点位置线夹角(°)；

$\rho''$ ——常数,取 206265"；

$n$ ——当移动台或比对台无已知坐标,用长时段定位求其观测值的算术平均值作为真值时的观测值个数；  
或有已知坐标时的比对观测值个数；

$(L_{P_0} - L_{P_i})$ ——移动台或比对台的已知经度或单点定位所求经度最或是值与某一观测经度之差(")；

$(B_{P_0} - B_{P_i})$ ——移动台或比对台的已知纬度或单点定位所求纬度最或是值与某观测纬度之差(")；

$X_{P_0}、Y_{P_0}$ ——移动台或比对台的已知坐标或单点定位所求坐标最或是值；

$X_{P_i}、Y_{P_i}$ ——移动台或比对台上的 DGPS 观测坐标值；

$N_{P_0}、N_{P_i}$ ——移动台或比对台的卯酉圈和子午圈的曲率半径(m),其值可从附录 H 中查取。

## 附录 H 克拉索夫斯基椭球体曲率半径

**H.0.1** 克拉索夫斯基椭球体子午圈曲率半径、卯酉圈曲率半径、平均曲率半径可从表 H.0.1 查取。

克拉索夫斯基椭球体子午圈曲率半径、卯酉圈曲率半径、平均曲率半径 表 H.0.1

纬度 $B$ (°)	子午圈曲率半径 $M$ (m)	卯酉圈曲率半径 $N$ (m)	平均曲率半径 $R$ (m)
0	6 335 553	6 378 245	6 356 863
10	6 337 471	6 378 889	6 358 146
20	6 343 001	6 380 743	6 361 844
21	6 343 731	6 380 988	6 362 332
22	6 344 490	6 381 242	6 362 840
23	6 345 276	6 381 506	6 363 366
24	6 346 090	6 381 779	6 363 910
25	6 346 931	6 382 061	6 364 472
26	6 347 796	6 382 351	6 365 050
27	6 348 686	6 382 649	6 365 645
28	6 349 598	6 382 955	6 366 255
29	6 350 533	6 383 268	6 366 879
30	6 351 488	6 383 588	6 367 518
31	6 352 462	6 383 915	6 368 170
32	6 353 457	6 384 248	6 368 834
33	6 354 468	6 384 586	6 369 510
34	6 355 495	6 384 930	6 370 196
35	6 356 537	6 385 279	6 370 892
36	6 357 593	6 385 633	6 371 597
37	6 358 661	6 385 990	6 372 311
38	6 359 740	6 386 351	6 373 032
39	6 360 829	6 386 716	6 373 759
40	6 361 926	6 387 083	6 374 492
50	6 373 065	6 390 808	6 381 930
60	6 383 561	6 394 315	6 388 936
70	6 392 139	6 397 178	6 394 658
80	6 397 749	6 399 049	6 398 399
90	6 399 699	6 399 699	6 399 699



## 附录 J 测深仪的检验要求

### J.1 停泊稳定性检验

**J.1.1** 新购或经过大修后的测深仪应进行停泊稳定性试验,停泊稳定性试验应选择在水深大于 5m 的水底平坦处或码头附近,水底不平坦时,应在规定深度处悬挂检查板,开启测深仪进行连续试验,试验时间至少应大于作业时仪器最长连续的工作时间,试验中应每隔 15min 比对一次水深,测定一次电压,转速和记录放大旋钮位置,并作记录。

**J.1.2** 试验时的水深比对限差应为 2 倍测深精度,工作电压与额定电压之差不应大于 10%。

**J.1.3** 测深仪转速的稳定性应根据稳定性试验资料检查,实时转速与额定转速之差不应大于 1%;检查测深仪零信号的变化情况以及发射信号和回波信号是否正常;检查增益旋钮调整变化时深度读数差;检查仪器各部件的运转是否正常。

### J.2 航行检验

**J.2.1** 航行检验应选择在水深变化较大的水域,测量船应以低速、中速和全速进行测深仪试验。

**J.2.2** 在试验中应检查仪器在不同深度的不同航行速度下的工作情况是否正常;检查仪器在速度和深度变化时的稳定性;检查深段转换时的换挡差。

## 附录 K 深度改正数计算

**K.0.1** 水中声速应按式(K.0.1)计算。

$$C = 1450 + 4.206t - 0.0366t^2 + 1.137(S - 35) \tag{K.0.1}$$

式中  $C$ ——水中声速(m/s),可根据水温、含盐度由图 K.0.1 查的;  
 $t$ ——水温(℃);  
 $S$ ——含盐度(‰)。

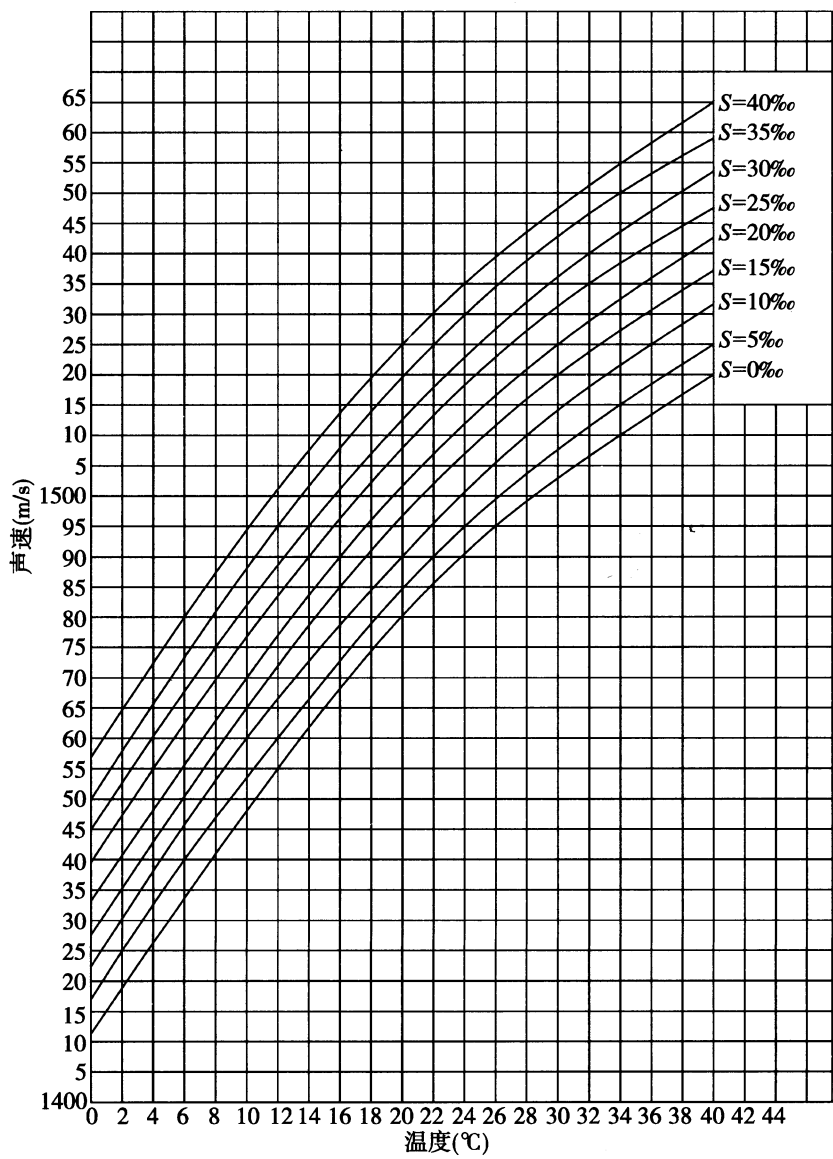


图 K.0.1 水温、含盐度与水中声速关系曲线图

**K.0.2** 深度改正值应按下式计算:

$$\Delta H_c = \left( \frac{C}{C_0} - 1 \right) H \quad (\text{K.0.2})$$

式中  $\Delta H_c$ ——深度改正值(m);

$H$ ——水深读数(m);

$C_0$ ——水中标准声速(m/s),取 1500m/s。

## 附录 L 测深仪换能器动吃水改正数测定方法

### L.1 水准仪定点观测法

**L.1.1** 采用水准仪定点观测法测定测深仪换能器动吃水改正数可按下列步骤进行:

- (1) 选定合适的观测水域,其水深近似于测区水深,测设观测点位设浮标标定;
- (2) 在岸上选择高度适当的观测站架设水准仪,其观测方向与测船计划航向的夹角不大于  $50^\circ$ ;
- (3) 水准尺竖立在换能器安装处的横向适当位置,并标定尺位;
- (4) 使测船在观测点处于静止状态,用水准仪在测站上连续读取标尺读数 5 次以上,取其平均值作为静态观测值;
- (5) 以测深时的船速连续通过观测点 5 次以上,用水准仪分别读取各次标尺读数,取其平均值作为动态观测值;
- (6) 按第(4)项的方法,再测定一次静态观测值;
- (7) 测量期间同时观测水位,计算时消除水位变化的影响。

**L.1.2** 动吃水改正数可按下式计算:

$$\Delta h = h_0 - \frac{h'_j + h''_j}{2} \quad (\text{L.1.2})$$

式中  $\Delta h$ ——动吃水改正数(m);

$h_0$ ——动态观测值(m);

$h'_j, h''_j$ ——分别为前后两次静态观测值(m)。

### L.2 水准仪固定断面法

**L.2.1** 采用水准仪固定断面法测定测深仪换能器动吃水改正数可按下列步骤进行:

- (1) 确定水准仪的视线高,并在岸上用导标或经纬仪视线标定;
- (2) 使测船漂流通过观测断面,用水准法连续观测 2 次,测得船舶通过断面时的水准尺读数的平均值;
- (3) 调转测船,以测深时的船速连续往返通过观测断面 4 次,用水准仪读取每次通过断面时的标尺读数,用经纬仪读其视距;
- (4) 测量期间同时观测水位,计算时消除水位变化的影响。

**L.2.2** 动吃水改正数可按下式计算:

$$\Delta h = \bar{h}_2 - \bar{h}_1 \quad (\text{L.2.2})$$

式中  $\Delta h$ ——动吃水改正数(m);

$h_1$ ——测船漂流于观测断面时,船上水准尺读数的平均值(m);

$h_2$ ——测船以测深时速度通过断面时,船上水准尺读数的平均值(m)。

**L.2.3** 水准仪  $i$  角大于  $6''$  时,应用经纬仪读取视距,计算水准仪观测值改正数,采用改正后的观测值进行计算。两岸水位差大于  $0.05\text{m}$  时,尚应进行比降改正。

### L.3 RTK 定位法

**L.3.1** 采用 RTK 定位法测定测深仪换能器动吃水改正数可按下列步骤进行:

- (1) 选择一个 RTK 定位设备可正常工作的水域,且风浪较小的平潮时段;
- (2) 测量期间同时观测水位,计算时消除水位变化的影响;
- (3) 把流动站 GPS 天线固定于换能器正上方;
- (4) 在测船自由漂浮状态下记录 RTK 定位数据  $1\text{min}$ ,定位更新率为  $1\text{Hz}$ ;
- (5) 测船加速至正常测量时的速度,再记录 RTK 定位数据  $1\text{min}$ 。

**L.3.2** 动吃水改正数应按下式计算:

$$\Delta h = \bar{h}_1 - \bar{h}_2 \quad (\text{L.3.2})$$

式中  $\Delta h$ ——动吃水改正数(m);

$\bar{h}_1$ ——测船自由漂流时 RTK 高程读数的平均值(m);

$\bar{h}_2$ ——测船以测深时速度运动时,RTK 高程读数的平均值(m)。

**L.3.3** 重复上述过程 3 次,取 3 次的平均值作为最终的动吃水改正数。

## 附录 M 多波束测深系统、侧扫声纳扫测和磁力仪探测作业要求

### M.1 四波束测深仪系统扫测作业

**M.1.1** 换能器安装应符合下列规定。

**M.1.1.1** 换能器安装,在港池宜采用悬臂式对称排列法;在航道宜采用船舷式对称排列法。

**M.1.1.2** 扫测换能器波束在水底的重叠宽度不应小于 50mm。

**M.1.1.3** 换能器斜置时,其最大倾斜角应小于发射角的一半;斜置引起的深度偏深值不应大于水深的 1.5%。

**M.1.1.4** 测前、测后应校正偏角指示器。

**M.1.1.5** 换能器的静吃水应取同一值。

**M.1.1.6** 换能器杆应垂直于水面,悬臂式安装还应使悬臂保持水平,悬臂长度不应大于 1m。

**M.1.2** 扫测实施应符合下列规定。

**M.1.2.1** 测前、测后应按第 7.4.2 条的规定进行比对,测前、测后所测改正数之差不应大于 0.1m。

**M.1.2.2** 因风浪影响,测深记录纸上波峰波谷之差大于 0.4m 时,应停止作业。

**M.1.2.3** 扫测应满足下列要求:

- (1) 泊位扫测方向垂直于码头;
- (2) 航道扫测方向平行于航道并以旋转坐标实施定位导航,扫测位置避免边坡水深向航道内位移,形成虚假浅点;
- (3) 港池扫测方向垂直或平行于码头方向;
- (4) 扫趟宽度按下列公式计算:

$$L = 2H \left( \tan \frac{\theta_1}{2} + \tan \frac{\theta_2}{2} + \tan \frac{\theta_3}{2} + \tan \frac{\theta_4}{2} \right) \quad (\text{M.1.2-1})$$

$$H = H_0 + h_0 - \Delta h \quad (\text{M.1.2-2})$$

式中  $L$ ——扫趟宽度(m);

$H$ ——测区平均水深(m);

$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ ——各换能器发射角(°);

$H_0$ ——换能器到水底的平均深度(m);

$h_0$ ——平均水位(m);

$\Delta h$ ——换能器吃水(m);

(5)扫趟间应重叠,其重叠宽度不小于定位中误差的 1.5 倍。

**M.1.2.4** 扫测定位中心应与四个换能器的对称中心线重合。无法重合时,应保证横向偏差为零;纵向偏差不应大于 1.0m。超限时应改正。

**M.1.2.5** 需要复扫时,扫趟方向应垂直于原扫趟方向。重复扫趟 100m<sup>2</sup> 范围内图上深度比对之差不应大于 0.3m。

**M.1.3** 补扫应符合下列规定。

**M.1.3.1** 遇有下列情况应补扫:

- (1)测深记录纸上的波峰、波谷之差大于 0.4m 时;
- (2)重叠宽度小于定位中误差 1.5 时;
- (3)发现可疑回波信号或其他可疑情况时;
- (4)相邻回波线交错而不能辨别时。

**M.1.3.2** 发现可疑情况时,应交叉补扫。

**M.1.4** 内业整理应符合下列规定。

**M.1.4.1** 扫测图内业整理应满足下列要求:

- (1)在现场绘制扫测水深图;
- (2)外业图板与透写图上水深点重合偏差不大于图上 0.5mm;
- (3)扫测线间距小于 6m 时,外业定位图板与水深图板分开绘制,其比例尺和绘制要求相同;
- (4)扫测外业定位图板应注记障碍物或浅点水深,其余隔趟选择重要的进行注记;
- (5)在扫测水深图上标注扫测符号;
- (6)对有可能位的特殊障碍物的探测只提供扫测、探摸结果及探测报告,水深图上只标注障碍物位置、大小、深度和周边水深。

**M.1.4.2** 水深量取应满足下列要求:

- (1)在测深纸上量取水深时,取四个回波线中的浅值;
- (2)当测深点位于挖槽边线上时,在船的两侧各取一个浅值;
- (3)浅点和障碍物顶部水深,按所在波束位置量取。

**M.1.4.3** 外业定位图板应注记障碍物及浅点水深。

**M.1.4.4** 扫趟 100m<sup>2</sup> 范围内,检查线与扫测线的深度比对互差不应大于 0.3m;检查线长度不应小于扫测线总长的 1%。

## M.2 多波束测深系统扫测作业

**M.2.1** 作业条件应符合下列规定。

**M.2.1.1** 应使用差分 GPS 定位,定位数据更新率不应小于 1Hz。

**M.2.1.2** 作业时天气应优于(含)海况 2 级(风 4 级,浪高 1m)。姿态传感器测出的横摇或纵倾超过 8°时,必须停止作业。多波束仅用于障碍物的探测,不需提供正式水深图时,在确保安全的前提下,可不受海况限制。

**M.2.1.3** 在确保接收回波信号质量良好和各种噪声水平较低的前提下,最大船速可按式计算:

$$V = 2 \times \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \times H_m \times n \quad (\text{M.2.1})$$

式中  $V$ ——最大船速(kn);

$\theta$ ——沿测船行进方向的波束度( $^{\circ}$ );

$H_m$ ——测区某一测段的最浅水深(m);一般调查作业,且水深变化较小时使用测区平均水深;

$n$ ——多波束每秒的采样数。

**M.2.1.4** 有效测深宽度应根据仪器性能、回波信号质量、潮汐、测区水深、测量性质、定位精度、水深测量精度以及水深点的密度而定,测线间距应能保证有效扫宽的重叠。

**M.2.1.5** 多波束测深应利用声速仪进行声速改正。每次作业应在测区内有代表性的水域采用声速仪测定声速剖面。声速剖面测量时间间隔应小于 6h 或声速变化大于 2m/s。如测区跨度大,应先调查测区的声速变化情况;如声速变化小于 2m/s,可以不分块测量,否则分块测量。声速测定后,应将换能器吃水深度处声速值输入处理器中。

**M.2.2** 设备安装与校准应符合下列规定。

**M.2.2.1** 系统安装布局应使综合噪声水平降到最低水平,优先考虑船底安装。

**M.2.2.2** 姿态仪安装布局应安装能准确反映测船或多波束换能器的位置,其方向线平行于船的首尾线。

**M.2.2.3** 电罗经应安装在测船的首尾线上,读数零点应指向船首。

**M.2.2.4** 系统各配套设备的传感器位置与测量船参考坐标系原点的偏移量应精确测量,读数至厘米,往返各测一次,水平方向往返读数互差应小于 50mm,竖直方向往返读数互差应小于 20mm,在限差范围内取其均值作为测量结果。

**M.2.2.5** 校准区域的平均水深应不小于测区的最大水深,在有条件的情况下,应选择实施过多波束、四波束、声纳或大比例单波束加密测量的水域。校准项目应包括时延、横摇倾角、纵摇倾角、艏摇。

**M.2.2.6** 定位时延的测定与校准宜选择在水深 10m 左右、水下地形坡度  $10^{\circ}$  以上的水域或在水下有礁石、沉船等明显特征物的水域,在同一条测线上沿同一航向以不同船速测量两次,其中一次的速度应不小于另一次速度的 2 倍,两次测量作为 1 组,取 3 组或以上的数据计算校准值,中误差应小于  $\pm 0.05\text{s}$ 。

**M.2.2.7** 横摇偏差的测定与校准宜选择在水深不小于测区内的最大水深且水下地形平坦的水域进行,在同一测线上相反方向相同速度测量两次作为 1 组,取 3 组及以上的数据计算校准值,中误差应小于  $\pm 0.05^{\circ}$ 。

**M.2.2.8** 纵摇偏差的测定与校准宜选择在水深不小于测区内的最大水深、水下坡度  $10^{\circ}$  以上的水域或在水下有礁石、沉船等明显特征物的水域进行,在同一条测线上相反方向相同速度测量两次作为 1 组,取 3 组及以上的数据计算校准值,中误差应小于  $\pm 0.3^{\circ}$ 。

**M.2.2.9** 艏向偏差的测定与校准宜在水深不小于测区内的最大水深、水下坡度  $10^{\circ}$



以上的水域或在水下有礁石、沉船等明显特征物的水域进行,使用两条平行测线,测线间距要保证边缘波束有重叠,以相同速度相同方向各测量一次作为 1 组,取 3 组及以上的数据计算校准值,中误差应小于  $\pm 0.1^{\circ}$ 。

**M.2.2.10** 系统的校准参数应由两人及以上分别计算,参数一经确定,不得随意修改。

**M.2.2.11** 应根据测区、测船及所用设备的具体情况设定多波束发射和接收单元的关键参数。一套参数应适用于整个测区或预计分区施测的某一区域整体。

**M.2.2.12** 检查测船的前后左右吃水值及换能器吃水,应由两人分别测量,互差值不应大于 0.1m,取均值作为最后结果,测定从静止到最大航速间不同速度时的动吃水。

**M.2.3** 水深测量外业应符合下列规定。

**M.2.3.1** 在测深过程中应实时监测姿态传感器、电罗经、定位及测深设备的运行状态,发生故障时应停止作业,作业过程中应尽量减少键盘操作,不应改变关键参数的设置。

**M.2.3.2** 在线测量时,宜使用小舵角修正航向,尽量避免急转弯。上线正式记录数据前,应有不少于 1min 的稳定时间。

**M.2.3.3** 在测量过程中,应实时监控测深数据的覆盖情况和测深信号的质量,信号质量不稳定时,应及时调整多波束发射与接收单元的参数,使波束的信号质量处于稳定状态;发现覆盖不足或水深漏空情况时,测深信号质量不满足精度要求等情况时应及时进行补测或重测。

**M.2.3.4** 外业测量结束后,应再次核对多波束系统的关键参数设置,及时将外业原始数据转换至内业数据处理软件包能使用的数据格式。

**M.2.4** 数据处理应符合下列规定。

**M.2.4.1** 在数据转换、处理前,应严格定义项目名称、测量船只、实施日期等内容,形成符合数据处理软件要求的文件目录结构。

**M.2.4.2** 在数据转换前应正确选取测量船配置文件、滤波参数,在确保数据完整的前提下剔除导航、水深等数据的粗差,使得数据处理时的显示效果更合理。声速剖面改正应在数据处理前进行。

**M.2.4.3** 水深数据处理分为线模式和子区模式。线模式水深处理时,滤波参数设定应比较保守,删除大部分粗差及虚假信号,然后再进行人机交换处理。对于异常浅点的处理应慎重,应从作业区、回波个数、信号质量和声纳影像等多方面予以考虑。

**M.2.4.4** 子区模式处理时可同时打开全部或部分测线进行子区模式处理。子区的尺寸应视同时打开测线数目、水深采样频率、计算机性能等因素而确定。子区的方向应与测线的走向一致。相邻子区应有 5% 以上的重叠,保证处理后的各分组水深拼接合理。

**M.2.4.5** 数据抽样模型的水平门限值不宜大于单侧扫宽中心处的波束底点宽度,竖直门限值应视探测物体体积、海底崎岖程度而定。进行格网化时,数据处理单元不应大于 1m。

**M.2.5** 内业绘图应符合下列规定。

**M.2.5.1** 正式绘图之前,应打开绘图数据文件,读取 3~5 个水深点,验证其大地坐标、直角坐标和水深坐标值。

**M.2.5.2** 应统计制图区域的最深、最浅水深及不同水深区间的分布情况。

**M.2.5.3** 应根据测量面积、水深点总数、海底地形特征、探测目标尺寸等因素,合理设置构造 DTM 模型的参数,做到准确反映海底地貌总体趋势且不遗漏特征地形点。对于较大规模的测绘项目,可使用同一套参数,分区构建 DTM 模型。

**M.2.5.4** 生成等深线时,应每米勾绘等深线,便于发现浅点、浅片。等深线太密时,可在编绘时进行综合删除。

**M.2.5.5** 可利用经压缩后的常规水深与规则 DTM 表面求差,生成水深差值图,差值图与最后水深图应使用同一比例、相同的范围。

**M.2.5.6** 常规水深数据应根据多波束水深压缩而得,水深间距不宜大于图上 5mm。格网化水深数据应根据规则 DTM 网格化水深压缩而得,自动生成等深线。差值图应按 0.1m 间距分色绘制。

### M.3 侧扫声纳扫测作业

**M.3.1** 扫测重叠宽度应按下列公式计算:

$$S_0 = 2 \sqrt{E_0^2 + m_1^2 + m_2^2} + E_1 \quad (\text{M.3.1})$$

式中  $S_0$ ——扫测重叠宽度(m);

$E_0$ ——测量船定位中误差(m);

$m_1$ ——测量船测定拖具位置的定位中误差(m);

$m_2$ ——定位点记入中误差(m),格网记入取图上 1mm;

$E_1$ ——测量船偏航系统性误差(m),测量船航线与两定位点相连直线之间的最大横向位移,取图上 1mm。

**M.3.2** 扫测量程宜小于拖具到海底距离的 10 倍。

**M.3.3** 扫测实施应符合下列规定。

**M.3.3.1** 粗扫实施应满足下列要求:

- (1) 仪器有良好的接地;
- (2) 拖具稳定后才能进入扫区,扫测中避免大舵角修正航向;
- (3) 应根据测区深度情况,建立报警深度,避免拖具被撞被挂或沉底,拖具至海底的距离不小于 4m;
- (4) 在声图上对可疑地物作出相应记录;
- (5) 改变拖缆长度时,及时记录。

**M.3.3.2** 精扫实施应满足下列要求:

- (1) 障碍物等水底目标处于声图最清晰的一侧;
- (2) 根据粗扫发现的目标位置、高度、形状和走向进行扫趟布设,扫测时测船航向与目标走向平行或使其与目标走向的夹角小于  $30^\circ$ ,测线与目标的平距满足目标分辨力的要求;
- (3) 探测目标离水底的高度按下式计算:

$$H_0 = \frac{L_s H_T}{R_s} \quad (\text{M.3.3})$$

式中  $H_0$ ——目标离水底的高度(m);

$L_s$ ——目标阴影的长度(m);

$H_T$ ——拖具至水底的距离(m);

$R_s$ ——阴影最远端至拖具的水平距离(m)。

#### M.3.3.3 遇下列情况时,应进行补扫:

- (1) 定位间隔大于图上 20mm;
- (2) 重叠宽度小于式(M.3.1)的计算值;
- (3) 测量船航向偏离测线方向大于  $3^\circ$ ;
- (4) 声图衬底底色选择不当;
- (5) 声图记录上有噪声或其他干扰记录,影响声图质量,不能正确反映水底地貌和目标;
- (6) 调解补偿,动态范围压缩不当,平坦水底色调不均匀,近端盲区宽度大于量程的  $1/2$ ,远端作用距离小于量程的  $1/10$ ;
- (7) 声图一侧有明显地貌起伏,而另一端无任何地貌起伏迹象;
- (8) 风浪较大造成换能器拖体在水中上下波动,在声图记录纸上出现水面线;
- (9) 水底线有规律地相对弯曲,盲区边界,远端最大作用距离相对弯曲变化;
- (10) 仪器故障,整机或分机不能正常工作;
- (11) 拖缆及水密接头进水阻抗小于  $0.5\text{M}\Omega$ ,声图记录上下无回波信号或记录不可信,以及分辨力不能满足探测目标的要求。

### M.4 磁力仪扫海作业

**M.4.1** 磁力仪扫海可用于探测海底钢铁等金属物体,采用测量总磁力强度的磁力仪扫海应符合下列规定。

#### M.4.1.1 扫海作业前对测区的环境调查应包括下列内容:

- (1) 调查测区地理位置、水文气象、水上船舶和建筑物分布等;
- (2) 搜集测区磁测资料、地质构造和测量期间气象等资料。

**M.4.1.2** 扫海作业前应据根磁力仪探测能力和任务要求制订技术设计书,选定测量仪器和船只,并应对设备进行静态实验和海上动态实验,确认仪器性能,实验应包括下列内容:

- (1) 仪器设备的联机调试;
- (2) 船体影响测试,在不同的距离和 N-S、NE-SW、E-W、SE-NW 方向上进行测试,确定最佳拖曳距离,绘制方位曲线,便于进行船体校正;
- (3) 探头沉放深度测试,测试不同船速下仪器所需的无磁性材料配重。

#### M.4.2 扫海趟布设应符合下列规定。

##### M.4.2.1 扫海趟布设方向应满足下列要求:

- (1) 扫海趟相互平行;
- (2) 搜索物体时,扫海趟垂直于目标物的走向;
- (3) 南北方向布线。

**M.4.2.2** 扫海趟间隔应满足下列要求:

- (1) 大范围扫海测线间距一般为图上 10mm;
- (2) 搜索物体(磁性物体)时,测线间距可以根据下列公式计算布线间距:

$$R = 10(M/T)^{1/3} \quad (\text{M.4.2})$$

式中  $R$ ——图上布线间距(mm);

$M$ ——偶极子磁距,1 吨铁或钢约  $10^5 \sim 10^6$  cgs 单位;

$T$ ——物体磁异常(高斯,1 高斯 =  $10^5$  伽马),一般取 3 倍磁测总误差。

- (3) 发现可疑目标时以“#”型布线。

**M.4.3** 磁力仪扫海外业工作应符合下列要求。

**M.4.3.1** 测船上线前,应确保磁力仪探头与测船在一条测线上。

**M.4.3.2** 扫海测量期间应保持扫海航向、航速基本稳定,不得使用大舵角修正航向,风流压角不得超过  $3^\circ$ 。

**M.4.3.3** 一条测线应一次测完,若分段测量,应将连接点选在平静的磁场区,重叠区内应至少有两个定位点。

**M.4.3.4** 测量过程中应随时监测现场磁力线图变化,经过船只、钻井平台、浮鼓等磁性物体和磁场强度发生明显变化时应作标记。

**M.4.3.5** 出现下列情况应补测:

- (1) 定位中断,定位间隔大于图上 10mm;经位置改正后,磁力仪探头起始或结束的定位点未达到测区边界外时;
- (2) 风流较大,磁力仪探头偏离测线超过设计测线间距的 1/10 时;
- (3) 因遇过往船舶或停泊船舶,磁异常变化较大时;
- (4) 磁暴现象频繁发生,影响测量结果时;
- (5) 联络点处,主测线和检查线误差超过规定时。

**M.4.4** 扫海数据处理应包括下列内容:

- (1) 对测量数据进行位置改正和虚假信号删除,消除磁效应影响。
- (2) 获取磁力异常值进行正常场校正、磁日变校正、船磁校正,以及局部数据梯度的分析消除。
- (3) 磁力异常经过各项改正计算后,宜按比例绘制能形象反映测区磁异常分布特征的磁异常图。

## 附录 N RTK 三维水深测量作业要求

**N.0.1** RTK 三维水深测量作业时应将 RTK-DGPS 所测大地高转化为相应高程起算面上的高度,沿岸可利用已知高程点进行高程拟合。

**N.0.2** 在沿海采用增设海上临时水位站,对控制网未覆盖测区的 RTK 水位进行修正时,具体作业应满足下列要求:

- (1) RTK 在整个测区均能稳定工作;
- (2) 在控制网覆盖范围之外的测区远端抛放验潮仪,与岸边长期水位站同步验潮,并采用“潮差比法”或“弗拉基米尔法”等确定临时水位站的深度基准面;
- (3) 两水位站同步观测期间,在长期水位站和临时水位站附近分别利用 RTK 进行同步观测水面高程,并于不同时段记录数据;
- (4) 将 RTK 测得的水位与长期水位站、测区远端验潮仪的水位进行比较,求得水位差值,并对 RTK 水位进行修正;
- (5) 一般海区,该差值按线性变化,对于航道等带状测区,在长期水位站至测区远端之间,进行分带改正,以 50mm 变化量进行区域划分,分段对 RTK 水位进行改正。

**N.0.3** 设备安装应符合下列规定。

**N.0.3.1** RTK 基准站位置选择及架设应符合第 4.4.5 条的规定。

**N.0.3.2** RTK 流动站安装应符合第 7.2.9 条的规定。安装完成后应精确测定 GPS 天线、姿态传感器、换能器在船体坐标系下的相对位置关系,读数至 0.01m,独立量测两次,水平方向上的距离两次测量互差应小于 50mm,竖直方向上的距离两次测量互差应小于 20mm,在限差范围内取其均值作为测量结果。

**N.0.4** 系统校准应符合下列规定。

**N.0.4.1** 水深测量项目开始前应把流动站架设到未参与转换计算的等级控制点上进行检测比对,平面、高程精度应符合第 6.3.12.2 款的规定。

**N.0.4.2** 选择一水深不小于测区内的最大水深且水下地形平坦的水域进行 RTK 三维水深测量,分别采用 RTK 水位和水位站水位进行数据处理,并比对相同点的水深,水深比对互差应满足下列要求:

- (1) 互差小于等于 0.10m 的点数占比对总点数的 80%;
- (2) 互差小于等于 0.20m 的点数占比对总点数的 95%。

**N.0.4.3** RTK 三维水深测量应测定导航延时,并进行延时改正,也可采用 PPS 技术消除导航延时的影响。

**N.0.5** 外业测量除应符合第 7.2.9 条的规定外,尚应符合下列规定。

**N.0.5.1** 条件许可时,外业测量宜避开中午时段。

**N.0.5.2** 进行 RTK 三维水深测量时,RTK 定位数据的更新率不应小于 10Hz。

**N.0.5.3** RTK 三维水深测量应严格控制船速,避免突然加速、减速和大角度转弯。在气象、海况恶劣,影响 RTK 解算时应停止作业。

## 附录 P 软式扫海具扫测报告格式示例

**P.0.1** 软式扫海具扫测报告封面格式示例可参照图 P.0.1。

扫 测 报 告	
通海航道扫区	× × 岛 附近地点
主艇: × × ×	负责人: × × ×
副艇: × × ×	负责人: × × ×
检查艇: × × ×	负责人: × × ×
扫测负责人: × × ×	
单位名称: × × × × × ×	
× × × × 年 × × 月 × × 日	

图 P.0.1 软式扫海具扫测报告封面格式

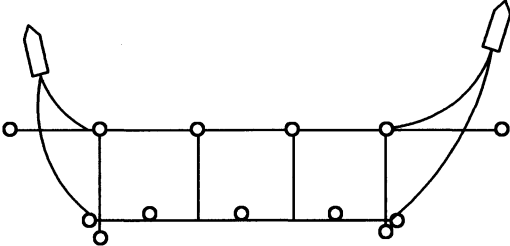
P.0.2 扫测任务可参照表 P.0.2 规定的格式示例填写。

扫 测 任 务表 P.0.2

依据和目的	根据×××××任务书,开辟××岛通海航道,查清扫测范围内是否存在碍航物
扫测范围	下列四点顺序连线内: 1. 30°45.9'N, 117°35.1'E 2. 30°49.4'N, 117°41.3'E 3. 30°47.4'N, 117°35.6'E 4. 30°49.9'N, 117°41.8'E
技术要求	1. 扫海比例尺: 1: 25000 2. 扫海方式: 面积扫海 3. 扫海深度: 拖底 4. 扫海方法: 顺流往返各一次 5. 提高量: ≤0.3m 6. 验潮站: 大横岛、小竖岛
备 注	扫海范围内按 1: 25000 比例尺进行水深测量

P.0.3 扫测器具结构可参照表 P.0.3 规定的格式示例填写。

扫 测 器 具表 P.0.3

扫测器具	软式扫海具	型 号	
扫具结构	1. 底索: φ13mm 钢丝绳, 总长 1000m, 每节 50m 2. 深度索: φ4mm 钢丝绳, 长 15 ~ 20m 3. 拖索: φ13mm 钢丝绳, 长 100m 4. 稳定索: φ13mm 钢丝绳, 长 50m 5. 鱼形浮: 11 只, 底索上每 100m 安置 1 个 6. 圆形浮: 10 只, 安置在两鱼形浮之间 7. 滚轮锤: 2 只, 底索两端各 1 个 8. 卸扣、旋转卸扣、旋转节、圆环各若干个 9. 沉锤: 若干个		
结构示意图			



**P.0.4** 扫测精度可参照表 P.0.4 规定的格式示例填写。

扫 测 精 度 表

表 P.0.4

项 目		预 计	实 测
定 位 方 法	主 艇	DGPS	DGPS
	副 艇	DGPS	DGPS
	大 浮	方位距离法	方位距离法
定 位 精 度	主艇定位中误差 $m_1$	$\pm 3.0\text{m}$	$\pm 3.0\text{m}$
	副艇定位中误差 $m_1$	$\pm 3.0\text{m}$	$\pm 3.0\text{m}$
	定位点记入误差 $m_2$	$\pm 12.5\text{m}$	$\pm 12.5\text{m}$
	大鱼形浮相对于沉锤的 横向偏移中误差 $m_3$	$\pm 17.3\text{m}$	$\pm 11.2\text{m}$
	大鱼形浮定位中误差 $m_4$	$\pm 30.0\text{m}$	$\pm 30.0\text{m}$
	总误差 $M$	$\pm 37.1\text{m}$	$\pm 37.1\text{m}$
重叠带宽度 $S$		74.2m	74.2m
提高量		0.3m	0.3m
说 明			

## P.0.5 扫获障碍物一览表格式可参照表 P.0.5。

扫获障碍物一览表

表 P.0.5

扫获日期	位 置			周围 水深 (m)	扫测或探摸情况					备注
	定位观测值		经纬度		性质	长 (m)	宽 (m)	高 (m)	方向	
	$\varphi_1(D_1)$	$\varphi_2(D_2)$								
年 月 日			30°47.4'N 117°38.3'E	20.1	沉船	20	3	5	10° ~ 190°	
年 月 日										
年 月 日										
年 月 日										
年 月 日										
年 月 日										
年 月 日										

注:定位观测用 DGPS 定位或用其他方法均可。

扫测者: × × ×检查者: × × ×探摸者: × × ×

**P.0.6** 扫测结论可参照表 P.0.6 规定的格式示例填写。**结 论**

表 P.0.6

作 业 组 结 论	<p>1. 扫测范围满足任务要求,重叠带宽度和提高量符合设计要求</p> <p>2. 对发现的障碍物经下潜证实为木质沉船,其他未发现其他障碍物</p> <p>3. 作业成果均经互校,各项精度指标均符合规范要求</p> <p>组长 <u>    × × ×    </u>                      × × × × 年 × × 月 × × 日</p>
检 查 意 见	<p>1. 扫测范围符合任务要求</p> <p>2. 各项作业精度指标符合规范要求</p> <p>3. 发现并下潜证实了木质沉船</p> <p>4. 资料整理规范,整洁,符合资料上交要求</p> <p>检查者 <u>    × × ×    </u>                      × × × × 年 × × 月 × × 日</p>
审 核 意 见	<p>1. 扫测范围符合任务要求</p> <p>2. 同意作业部门检查意见</p> <p>3. 扫海结果可对外提供</p> <p>审查者 <u>    × × ×    </u>                      × × × × 年 × × 月 × × 日</p>
审 定 意 见	<p>同意审核意见</p> <p>审定者 <u>    × × ×    </u>                      × × × × 年 × × 月 × × 日</p>

## 附录 Q 水位分带方法

**Q.0.1** 两水位站间的分带数可按式(Q.0.1)计算,水位分带示意图见图 Q.0.1。

$$K_n = \frac{\Delta h}{\delta_x} \quad (\text{Q.0.1})$$

式中  $K_n$ ——A、B 两站间的分带数;

$\Delta h$ ——两站间的最大瞬时水位差(m);

$\delta_x$ ——测深读数精度,取 0.1m。

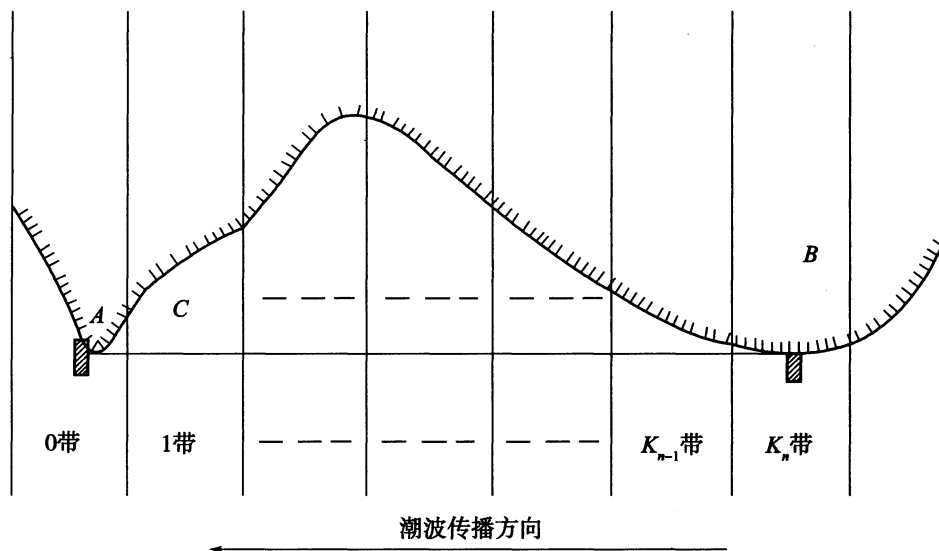


图 Q.0.1 双站分带示意图

**Q.0.2** 每带控制距离可按下式计算:

$$d = \frac{s}{K_n} \quad (\text{Q.0.2})$$

式中  $d$ ——每带控制距离(km);

$s$ ——A、B 两站间的距离(km)。

**Q.0.3** 两水位站间的水位曲线图可在厘米方格纸上绘制。

## 附录 R 施工标志测设内容

### R.0.1 施工标志测设方案应包括下列内容:

- (1) 施工标志测设任务要求及文件依据;
- (2) 控制标桩、施工样桩或导标、浮标的形状、规格、颜色及组合方案;
- (3) 标志的高度及其与高程基准面或深度基准面的关系;
- (4) 导标要素计算;
- (5) 导标灯光射程、灯光颜色及电源;
- (6) 放样方法及精度要求;
- (7) 校验要求。

### R.0.2 导标尺度的确定应符合下列规定。

**R.0.2.1** 正方形标牌的边长、三角形标牌中位线、菱形标牌的横(短)对角线、圆形标牌的直径及十字叉标牌的最短向投影等的最小导标宽度应按下列公式计算:

$$b_1 = 0.291D \quad (\text{R.0.2-1})$$

$$b_2 = 0.291(d + D) \quad (\text{R.0.2-2})$$

式中  $b_1$ ——前标牌宽度(m),当计算值小于0.7m时,取0.7m;

$b_2$ ——后标牌宽度(m),当计算值小于0.7m时,取0.7m;

$d$ ——前标至后标的距离(km);

$D$ ——前标至最远端的作用距离(km)。

**R.0.2.2** 导标高度宜按式(R.0.2-3)~式(R.0.2-5)计算,其计算示意图见图 R.0.2。

$$H_1 = (0.26D - \sqrt{a})^2 + 0.291\beta D + a \quad (\text{R.0.2-3})$$

$$H_2 = (d + D) \left( \frac{H_1 - a}{D} + 0.291\alpha \right) + a \quad (\text{R.0.2-4})$$

或

$$H_2 = (d + D_0) \left( \frac{H_1 - a}{D_0} + 0.291\alpha \right) + a \quad (\text{R.0.2-5})$$

式中  $H_1$ ——前标顶离起算面的高度(m);

$H_2$ ——后标顶离起算面的高度(m),取两式计算值的大值;

$\beta$ ——在施工区的最远端,观察前标顶垂直角,取 $2' \sim 4'$ ;

$\alpha$ ——前后标顶间的垂直夹角,取 $2' \sim 3'$ ;

$a$ ——观察者距起算面的高度,即眼高;

$D_0$ ——前标至施工区近端的距离(km)。

**R.0.2.3** 导标视觉偏离量应按下列公式计算:

$$W = 0.582D(1 + K) \quad (\text{R.0.2-6})$$

$$K = \frac{D}{d} \quad (\text{R.0.2-7})$$

式中  $W$ ——肉眼观察时的导标视觉偏离量(m)；  
 $K$ ——视觉偏离量系数,其值不宜超过12。

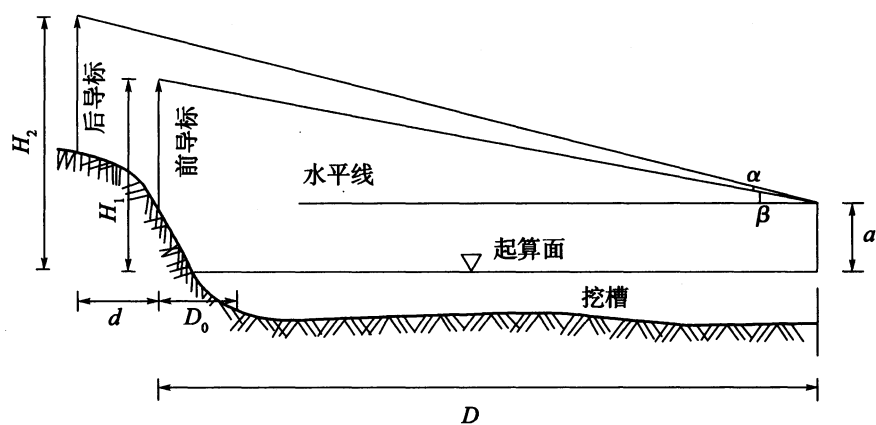


图 R.0.2 导标高度计算示意图

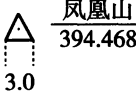
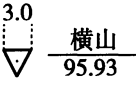
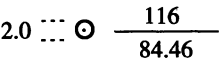
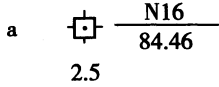
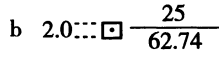
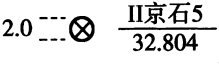
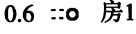
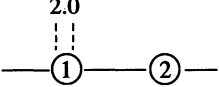
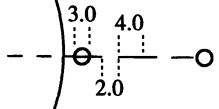
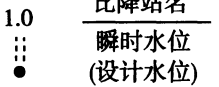
- 注:①确定标杆长度时,应考虑地面高程;  
 ②当  $d > 1\text{km}$  时应考虑地面曲率和大气折光差改正。

附录 S 水运工程测量图式

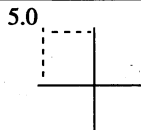
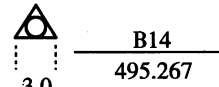
S.1 图式和符号

测量控制点

表 S.1.1

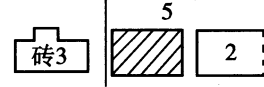
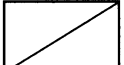
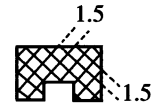


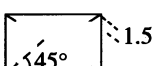
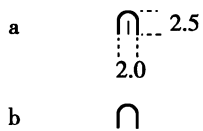
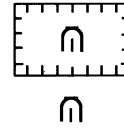
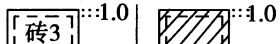
编号	名称	符号 1:500 ~ 1:5000	简要说明
1.01	三角点 凤凰山 - 点名 394.468 - 高程		表示国家等级的三角点、导线点
1.02	小三角点 横山 - 点名 95.93 - 高程		一、二级小三角点按此符号表示
1.03	导线点 I 16 - 等级、点号 84.46 - 高程		一、二级导线点用此符号表示
1.04	图根点 a. 埋石的 N16-点名 84.46-高程  b. 不埋石的 25-点名 62.74-高程	 	指在等级点下加密的三角点和导线点
1.05	水准点 II 京石 5 - 等级、点号 32.804 - 高程		各种等级的水准点均用此符号表示
1.06	细部坐标点 房 1 - 编号		
1.07	断面测流点		表示测流垂线点的位置,圆内标注垂线点的编号;也表示悬、推、底质取样位置
1.08	大断面方向点		水文大断面在岸上的方向桩;圆内标注大断面编号;仅设置一个大断面时,圆内无需填号
1.09	比降点		标出比降站站名及瞬时水位或设计水位

续表 S.1.1

编号	名称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简要说明
1.10	坐标格网		在图上每隔 0.1m 绘出坐标网线交叉点,图廓线上的坐标网线;在图廓内侧绘 5mm 的短线
1.11	GPS 控制点 B14-级别点号 495.267-高程		利用全球定位系统确定的等级控制点

房屋与公共设施

表 S.1.2

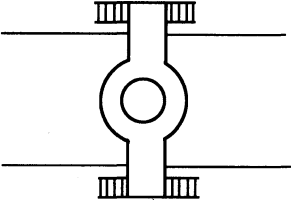
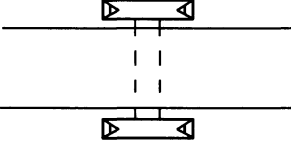

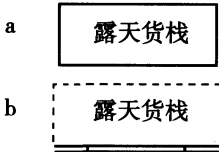


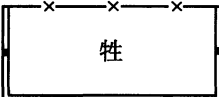
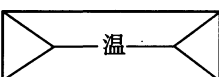
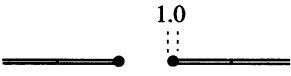
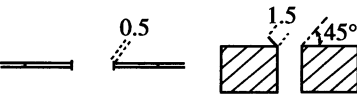
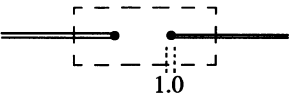
编号	名称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简要说明
2.01	一般房屋 砖 - 建筑材料 3 - 房屋层数		指砖(石)、木等为主要材料建造的房屋
2.02	简单房屋		指以木、竹、土坯、秫秸等为材料建造的房屋 1:500、1:1000 图上注出建筑材料
2.03	特种房屋		有纪念意义的特种房屋,一般需永久保留
2.04	建筑中房屋		指已建屋基、尚未成型的一般房屋
2.05	破坏房屋		指破坏或半破坏房屋
2.06	棚房		指有顶,四周无墙或仅有简陋墙壁的建筑物
2.07	窑洞 地面上的 a. 住人的 b. 不住人的 地面下的 a. 依比例尺的 b. 不依比例尺的	 	窑洞按其外观形式可分为地上(指在坡壁上挖成)和地下(指从地面向下挖成平底大坑,再从坑壁挖成)两种。按其使用情况又可分为住人与不住人两种。窑洞大于图式尺寸依比例尺绘示。地面上的窑洞按其方向表示;地面下的窑洞按坑的边缘或围墙依比例尺绘出范围,中间加绘符号
2.08	有地下室的房屋		有地下室楼房的符号



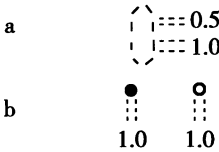


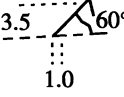
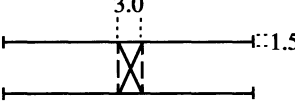
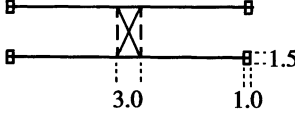
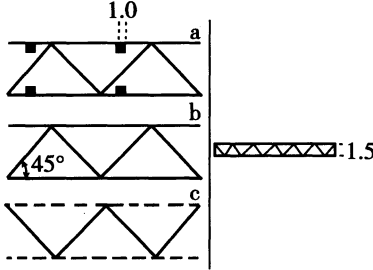
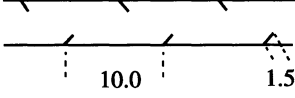
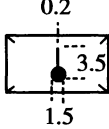
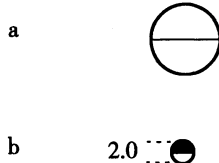
续表 S.1.2

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
2.09	吊楼		指建在河岸边的,下面有支柱的 悬空房屋
2.10	陡坎房屋		指建在陡坎或河岸边的房基用 砖石砌成的房屋
2.11	廊房		走廊式楼房,下面可以通行,或 只有顶盖的用相应图式按比例尺 表示。符号内小圆代表墙灶;中间 墙柱可根据距离适当选用
2.12	架空房屋		指下面有支柱的架空房屋
2.13	建筑物间的悬空建筑		指两座大楼间上层贯通的架空 建筑,过街楼也用此图式表示
2.14	建筑物下的通道		指建筑物底层的通道,一般可通 汽车
2.15	门廊		指大建筑物门前突出的建筑,比 例尺小于 1:2000 可不表示
2.16	台阶		台阶图上不足绘三级符号的不 表示,河岸边、码头及大型桥梁等 地的台阶亦用此符号表示,其间隔 可适当放大
2.17	室外楼梯		室外楼梯在图上小于 1mm 的 不表示
2.18	柱廊 a. 无墙壁的 b. 一边有墙壁的		(a) 无墙壁的 (b) 一边有墙壁 中间支柱可适当取舍

续表 S.1.2

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
2.19	过街天桥		指市区内横过街道的人行天桥
2.20	过街地道		指横过街道的地下通道
2.21	露天舞台、检阅台		高出地面的正规平台,实测表示 加注“台”字
2.22	露天货栈 a. 有平台的 b. 无平台的		指露天堆放物资的专用场地
2.23	打谷场、球场		打谷场、球场依比例尺表示,并 加注“谷”、“球”;当球场和打谷场 兼用时,以球场表示。临时性的不 表示
2.24	厕所		指建筑物以外的独立厕所,简陋 的不表示
2.25	饲养场		指大型饲养场
2.26	温室、菜窖、花房		依性质加注“温”、“菜”、“花”, 临时性的不测
2.27	门墩		大门墩柱
2.28	门		没有门墩的大门。大于符号尺 寸的实测表示
2.29	门顶		指大门上有顶盖按实际投影大 小绘出

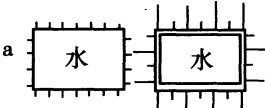


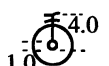




续表 S.1.2

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
2.30	支柱(架)、墩 a. 依比例尺的 b. 不依比例尺的		各种建筑物, 构筑物的支柱(架)
2.31	盐井		开采食盐的盐井
2.32	石油井、天然气井		石油井、天然气井用此图式表示, 并加注“油”、“气”字
2.33	起重机		指港口、车站、工厂等固定臂式起重机
2.34	吊车 龙门吊		指有架空轨道的起重机, 四角柱架位置实测, 中间部分不表示, 符号一般绘在中间
2.35	天吊		指地面上有轨道的起重机, 轨道位置实测。龙门式起重机亦用此符号表示
2.36	传送带 a. 架空的 b. 地面上的 c. 地面下的		不固定的皮带运输机不表示。支柱只测两端。矿区的皮带走廊及其组合设施均以此符号表示
2.37	滑槽		符号中的斜线指向低处。比例尺小于 1:2000 视需要表示
2.38	地磅		视房屋、棚房情况标出范围线
2.39	燃料库 a. 依比例尺的 b. 不依比例尺的		液体、气体燃料库及类似物体储存库, 均用此符号表示, 并简注名称

续表 S.1.2

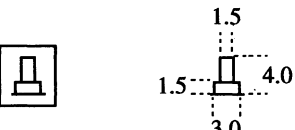

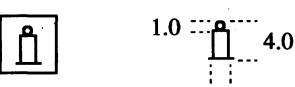
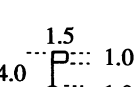
编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
2.40	加油站		储备汽油供汽车加油的地方。 图式绘在加油柜的位置或储油房内;其他设施按实际情况用相应符号表示
2.41	气象站		指进行气象观测和发布天气预报场所
2.42	烟囱		烟囱包括工厂烟囱和普通烟囱
2.43	变电室(所)		指配电的小型场所
	a. 依比例尺的		
	b. 不依比例尺的		
2.44	露天设备		装置在室外的生产设备
2.45	路灯		主要桥梁、广场、街道上大型路灯用此符号表示,一般街道路灯不表示
2.46	照射灯		不分建筑材料均用此符号表示
	a. 杆式		
	b. 桥式		
	c. 塔式		
2.47	露天体育场 有看台的 a. 司令台 b. 门洞		按实际地形形状表示中间加注“体育场”三字
2.48	无看台的		按实际地形形状表示中间加注“体育场”三字

续表 S.1.2

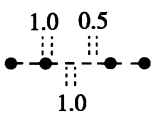
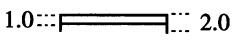
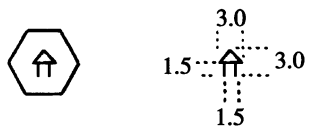
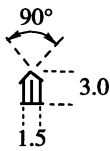
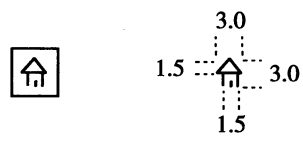


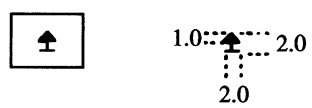
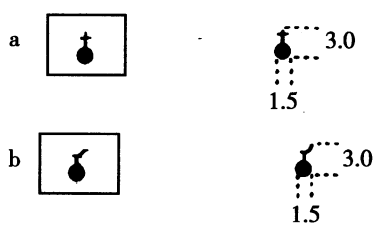


编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
2.49	储水池、游泳池 a. 高于地面的 b. 低于地面的 c. 有盖的	 a  b  c	人工修建的储水池、游泳池、洗煤池等,用相应符号表示
2.50	喷水池		指公园及公共场所,专供喷水的池子
2.51	学校		在比例尺小于 1:2000 的图上,轮廓内不能容纳注记时,可用符号表示
2.52	卫生所、医院		在比例尺小于 1:2000 的图上,轮廓内不能容纳注记时,可用符号表示
2.53	邮电局		在比例尺小于 1:2000 的图上,轮廓内不能容纳注记时,可用符号表示
2.54	变电站		在比例尺小于 1:2000 的图上,轮廓内不能容纳注记时,可用符号表示

独立地物


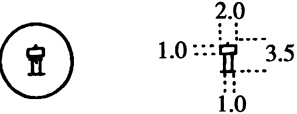
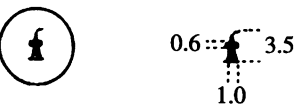
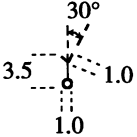
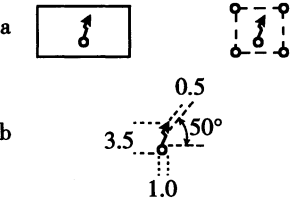
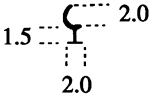
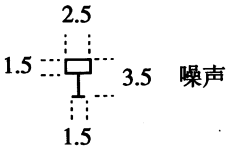
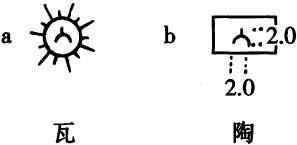
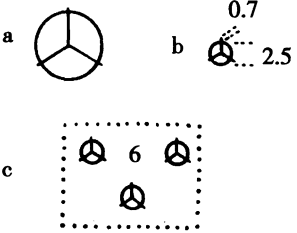
表 S.1.3

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
3.01	纪念碑		纪念碑用此符号表示,一般应加注名称,如“人民英雄纪念碑”
3.02	碑、桩、墩		古代遗留下来的各种碑、柱、墩和其他类似物体,均用此符号
3.03	塑像		指学校、公园、广场中建立的艺术塑像及其他类似物体
3.04	旗杆		指有固定基座的高大旗杆

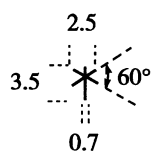
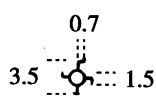


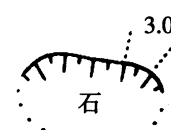

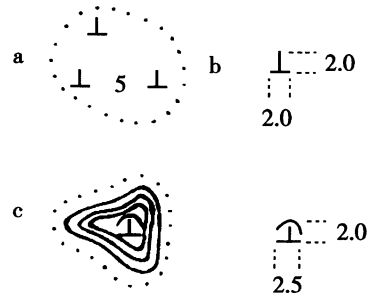
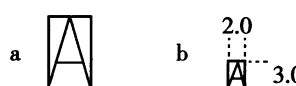

续表 S.1.3

编号	名称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简要说明
3.05	彩门、牌坊、牌楼		符号方框表示支柱两端的实测, 中间的可取舍。图上大于符号尺寸的, 依比例尺表示; 临时性的不表示
3.06	宣传橱窗、广告牌		
3.07	亭		位于路旁、渡口、公园、陵园等处供人游憩的各式亭状建筑物均用此图式表示
3.08	岗亭、岗楼、岗墩		指固定的交通岗亭、警卫亭(楼)等
3.09	钟楼、城楼、鼓楼		钟楼、鼓楼、城楼古要塞等均用此符号表示
3.10	旧碉堡		旧碉堡、旧地堡均用此符号表示
3.11	庙宇		各类祠、院均用此符号表示
3.12	土地庙		供有偶像或牌位的各种小庙
3.13	教堂 a. 天主教堂 b. 清真寺	 	天主教、耶稣教等传教场所 伊斯兰教作礼拜的场所
3.14	宝塔、经塔		古代建筑的各种宝塔、经塔用此符号表示。有名称的加注名称, 外廊依比例尺绘制; 小比例尺测图可不用外廊

续表 S.1.3


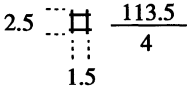


编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
3.15	塔形建筑物		各种塔形建筑物如散热塔、蒸馏塔、跳伞塔、瞭望塔等均用此图式表示,图式旁边加注“散”、“蒸”、“伞”、“瞭”等字样
3.16	水塔		各种水塔不分结构均用此符号表示
3.17	水塔烟囱		烟囱同建有储水部分
3.18	避雷针		指独立的避雷针,建筑物上的不表示
3.19	无线电杆、塔 a. 依比例尺的 b. 不依比例尺的		指无线电的天线杆架
3.20	雷达站		指地面接受无线电信号的抛物面天线的专门设施
3.21	环保监测点		有固定点位并有监测设施的监测站,用此符号加相应说明
3.22	窑 a. 堆式窑 b. 台式窑、屋式窑		指烧制砖、陶、碳等产品的设施
3.23	粮仓 a. 依比例尺的 b. 不依比例尺的 c. 粮仓群 6 - 个数		位于居民地外固定的粮食储备设施

续表 S.1.3

编号	名称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简要说明
3.24	风车		固定的以风为动力的设施
3.25	水磨房、水车		以流水为动力的用以抽水、磨粮的设施
3.26	水轮泵、抽水机站		安装在河边的固定而独立的机械设备
3.27	粪池		居民地外用以积肥的大粪坑、氨水池、沼气池,分别加注“氨”、“沼”等字
3.28	露天采掘场		指露天开采煤、铁、砂石等产品的场地。沿明显陡坎处绘示符号。无明显陡坎处以点线绘出范围,并加注“煤”、“铁”、“砂”、“石”、“土”等产品名称
3.29	乱掘地		指无规则的挖掘沙、石、粘土的场所。用点线表示其范围,并加注“乱掘”两字,明显的陡坎,依比例尺绘出陡坎
3.30	坟地 a. 坟群 b. 散坟 c. 独立坟 5 - 坟个数		指坟墓比较集中的坟群和公墓
3.31	地下建筑物的地表出入口 a. 依比例尺的 b. 不依比例尺的		地铁地道及防空洞的地表出入口,依真方向表示,尖端表示入口方向
3.32	地下建筑物的天窗	   不表示	

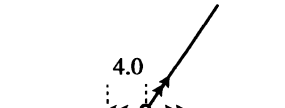
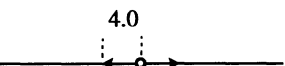

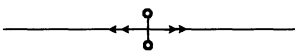
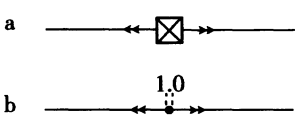
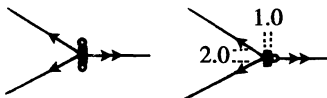


续表 S.1.3


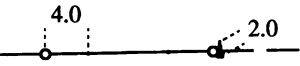
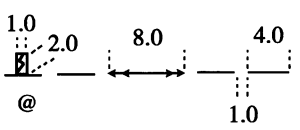
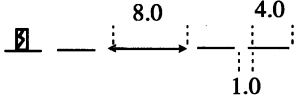
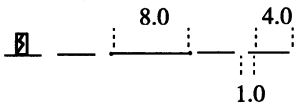
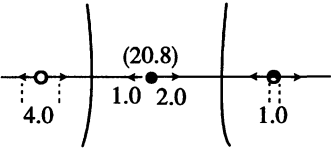










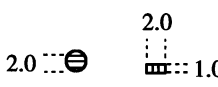
编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
3.33	烽火台 5 - 比高	 烽	古代遗留的燃烧烟火的高台建筑物
3.34	水井 113.5 - 地面 4 - 地面到水面深度		各种水井均用此图式表示,自流井、温泉井等应加注“流”、“温”等字,井水若是咸或苦的,加注“咸”或“苦”字
3.35	泉 79.3 - 泉口水面高程		
3.36	钻孔		钻机钻探的孔位用此符号表示

管线和垣栅

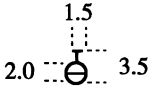
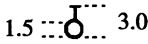
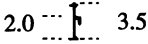
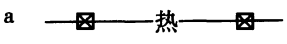
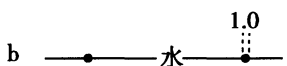
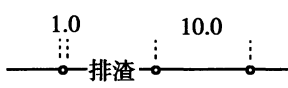
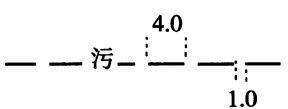
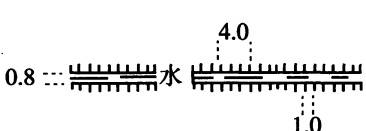
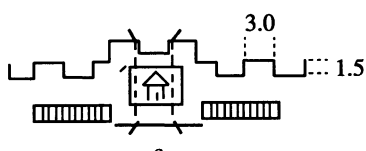
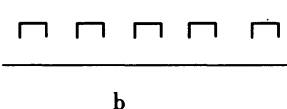
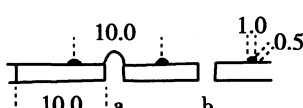

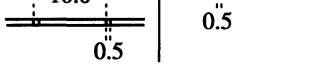
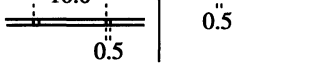
表 S.1.4

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
4.01	电力线 高压		电力线应区分高压、低压线路,高低压的标准由图单位确定;电杆不区分建筑材料、断面形状,均用同一符号表示;电杆、铁塔位置实测
	低压		
4.02	电杆		临时性的低压和通讯线不测,多种电线在一个杆柱上时,表示主要的;对于线路密集地区,视用途需要可选择重要的进行测绘,直线杆位可适当取舍
4.03	电线架		由两根以上杆柱合架的电杆,在 1:5000 和更小比例尺图上用单杆表示(中心位置);杆位密集时,直线杆位可适当取舍
4.04	电线塔(铁塔) a. 依比例尺的 b. 不依比例尺的		在图上塔位不能依比例绘出时,可用 1mm 的黑方块表示 1:2000 图上可适当取舍,比例尺小于 1:5000 时,电杆之间可不连线
4.05	电线杆上的变压器		

续表 S.1.4

编号	名称	符 号 1: 500 ~ 1: 5000	简要说明
4.06	电线入地口		电话线、广播线均用此符号表示,临时性的不表示。多种电线在一个杆柱上时,表示主要的;对于线路密集地区视需要,可选择重要的进行表示
4.07	通信线及入地口		
4.08	地下电力线及电缆 高压电缆标		
	低压		
	通信		根据需要用此符号表示
4.09	架空过河输送电线		
4.10	地下检修井		架空过河电报、电话线也用此符号表法。带括号数字表示输电线距平均大潮高潮面或设计通航高水位的高度
	上水		
	下水(或污水)、雨水		
	下水暗井		
	煤气、天然气		
	热力		
	电信人孔		
	电信手孔		
	电力		
	工业、石油 不明用途		
4.11	污水篦子		地下管线检修井按实际位置测绘,不区分井盖形状均用此符号表示

续表 S.1.4

编号	名 称	符 号 1: 500 ~ 1: 5000	简 要 说 明
4.12	消火栓		室外地下或地上的消火栓,均用此符号表示
4.13	阀门		大型突出阀门用此符号表示
4.14	水龙头		室外饮水,供水龙头用此符号表示
4.15	管线		架空过河“输油”、“煤气”、“暖”、“输水”、“输泥”管道等均用此符号表示,并加注输送物质名称;括号内数字表示管距绘图水位(航行基准面)的高度,在地形图上按真高表示
	架空的		
	a. 依比例尺的		
	b. 不依比例尺的		
	地面上的		地面上的各种管道均用此符号表示,并加注输送物质说明
	地面下的		各种地下及水下过江管道均用此符号表示,并加注输送物质说明
	有管堤的		
4.16	长城及砖石城墙完整的		
	a. 城门和城楼		长城、砖石城墙按城基轮廓依比例尺表示,并将外侧的轮廓线向内绘成城垛形状;城楼按实际情况绘示
	b. 破坏的		
4.17	土城墙		
	a. 城门		
	b. 豁口		
4.18	围墙		
	砖、石及混凝土墙		砖、石及混凝土墙和土墙的宽度在 1: 500、1: 1000 图上依比例尺表示,左图上宽度小于 0.5mm 时,以 0.5 mm 绘出;1: 2000 图上符号中的黑城垛一般向里绘
	土墙		

续表 S.1.4

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
4.19	栅栏、栏杆		各种类型各种材料的栅栏、栏杆,均用此符号表示,图式上的短横线一般向里绘
4.20	篱笆		用竹、木等材料编织成的各种篱笆均用此符号表示
4.21	活树篱笆		灌木、荆棘形成规整的篱笆,用此符号表示
4.22	铁丝网		临时性不表示

道路、桥梁

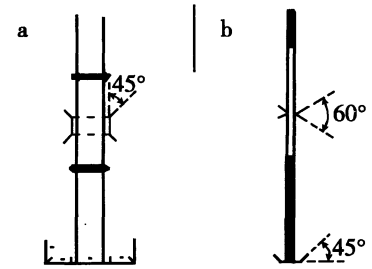
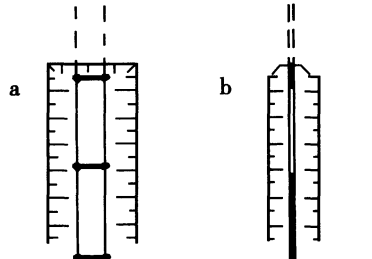
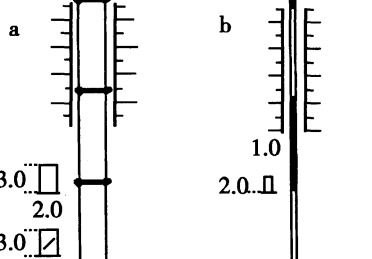
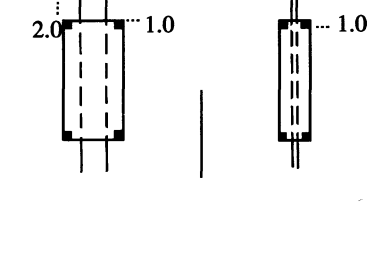
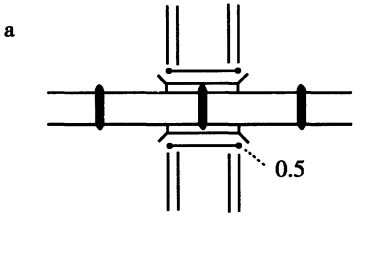
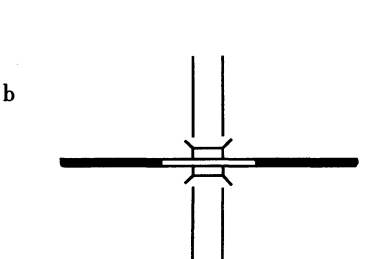
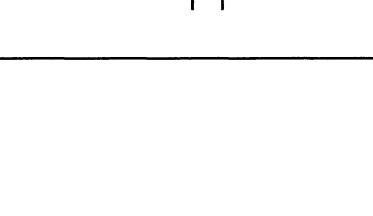
表 S.1.5

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
5.01	铁路		指用标准轨(轨距为 1.435m)铁路
5.02	电气化铁路		根据用图需要可用单线表示。线宽 0.5mm
5.03	车站及附属设施 a. 有雨棚的 b. 露天的		站台不分建筑物,按有雨棚和露天两种符号表示
5.04	天桥		横跨轨道的桥形建筑物,符号两端表示阶梯
5.05	地道		横贯铁路的地下通道
5.06	色灯信号机 a. 高柱 b. 矮柱		信号机指火车进出站场的信号设备
5.07	臂板信号		
5.08	水鹤		水鹤是供机车注水设备

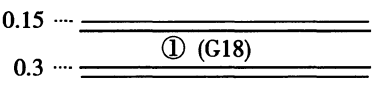
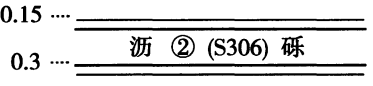
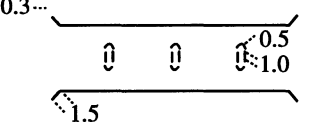
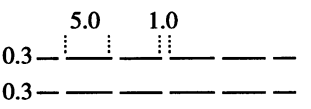
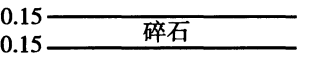
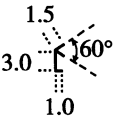
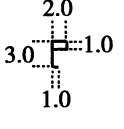
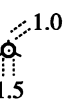
续表 S.1.5

编号	名称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简要说明
5.09	窄轨铁路		指轨距窄于标准轨的铁路
5.10	轻便轨道		指在工矿区供机动牵引车、手压机式推车行驶的小型铁路
5.11	建筑中的铁路		在陡坡上敷设铁轨和钢缆,利用电力以钢缆带动车厢沿轨道上下行驶、载运乘客或货物的缆车道亦用此符号表示;临时性的不表示
5.12	立体交叉路		指铁路与公路立体相交处
5.13	高架桥		指铁路跨过谷地、洼地、沼泽等高架的桥梁
5.14	转车盘		可供机车掉头的设备

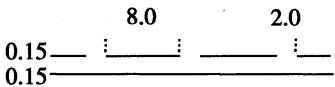
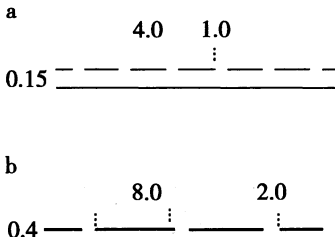
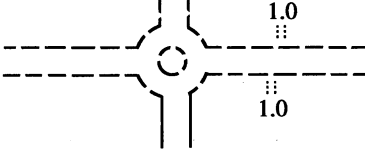
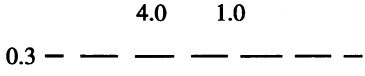
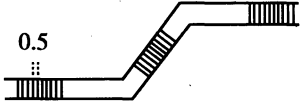
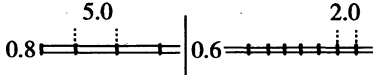
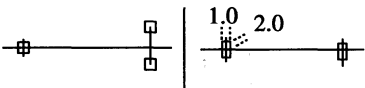
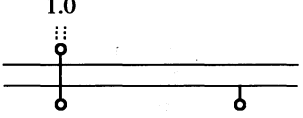
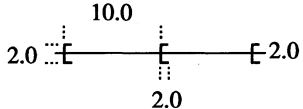
续表 S.1.5

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
5.15	涵洞 a. 依比例尺的 b. 不依比例尺的		铁路、公路路基下的过水建筑物
5.16	隧道及入口		铁路、公路穿过山体或河流的路段
5.17	路堑 a. 已加固的 b. 未加固的		铁路或合并低于两侧地面的路段
5.18	路堤 a. 已加固的 b. 未加固的		铁路或公路高于两侧地面上的路段
5.19	里程碑		路旁里程标志
5.20	坡度表		路旁或堤上表示坡度的标志
5.21	明洞		为防塌方、雪崩和流石破坏而修的隧道或建筑
5.22	铁路平交道口 a. 有栏木的  b. 无栏木的		铁路与其他道路平交的道口

续表 S.1.5

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
5.23	高速公路 ①—技术等级代码 (G18)—国道代码及 编号		公路技术等级
			高速公路
			一级公路
			二级公路
			三级公路
			四级公路
			等外公路
			公路行政等级
5.24	公路 ②—技术等级代码 (S306)—省道代码 及编号		国道、国道主干道
			省道
			县道
			乡道
			专用公路
			其他公路
5.25	高架公路		指城市中在道路上架设的空中 公路供高速汽车行驶
5.26	建筑中的公路		
5.27	简易公路		指路基不太坚固、路面只经过简 易修筑,一般辅以沙、碎石、矿渣 等,一年大部分时间可通行汽车, 有的雨后不能通车
5.28	路标		指示道路通达情况的标志
5.29	汽车站		指城市以外无房屋建筑物的客 车车站
5.30	道路中桩点		指设计放样固定桩

续表 S.1.5

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
5.31	大车路		指路基未经修筑或经简单修筑能通行大车的道路,某些地区也可通行汽车。拖拉机路也可用此符号表示
5.32	乡村路 a. 依比例尺的 b. 不依比例尺的		指乡村中主要的、一般不能通行大车的道路,它是我国南方连接集、乡、农场等大居民地、行人经常来往的主要道路,一般路面不宽,有的地区多用石块或石板铺成
5.33	内部道路		指公园、工厂、机关、学校内部有铺装材料的主要道路
5.34	小路		指乡村中供单人单骑的道路
5.35	阶梯路		指用水泥和砖、石砌成的阶梯式的人行路
5.36	缆车轨道		
5.37	架空索道		指山区运输矿产和木材等物资的一种架空运输设备,在最低点注明距绘图水位(航行基准面)的高度,支架按实际位置表示
5.38	电车轨道		
5.39	滑道		在山谷或山地斜坡上架设或挖凿槽子,直通山脚或河流,用来运送木材、矿石等,图式中“[”形缺口朝坡上



续表 S.1.5

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
5.40	纤道		指河流上供民船拉纤的道路
5.41	铁路桥		铁桥按实际形状绘示,图式中黑块代表桥墩位置,视需要绘示。并根据桥的构造材料应加注“钢”、“混凝土”等字
5.42	公路桥		图式中(10.55)指桥梁净空高度,通航河流的各类桥梁,均应标注净空高度 ①在感潮河段为平均大潮高潮面以上的高度 ②在内河为设计通航高水位以上高度
5.43	双层桥		铁路、公路两用的双层桥用此符号表示
5.44	人行桥		指不能通行大车的桥梁,不分结构,均用此符号。依比例尺测绘,图上宽度小于0.5mm时,按0.5mm绘出 溜索桥、时令桥也用此符号表示,溜索桥用不依比例尺的人行桥图式加注“溜”字时,时令桥加注通行月份

续表 S.1.5

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
5.45	铁索桥		指用铁索构成的桥,上铺木板供行人和车辆通行
5.46	亭桥		
5.47	跳墩		
5.48	渡口		指能载渡人、马和大车或汽车的渡口,并加“人渡”、“车渡”以示区分
5.49	漫水路面		虚线绘在上游一侧
5.50	徒涉场		指人与车辆涉水通过的场所
5.51	水闸 不依比例尺的 a. 能走人的 b. 不能走人的 依比例尺的 a. 不能通车的 b. 能通车的 5 - 闸门孔数 82.4 - 水底高程 c. 水闸房屋 3 - 房屋层数		水闸有进水闸、分水闸、节制闸、挡潮闸、排洪闸等,均用此符号表示,并加注名称

港口、码头、水工设施

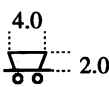
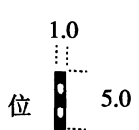
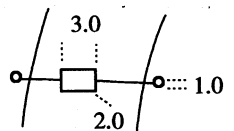
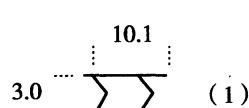
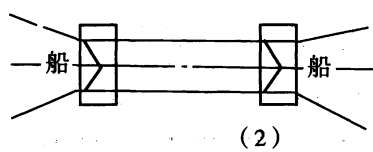
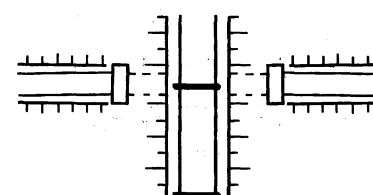

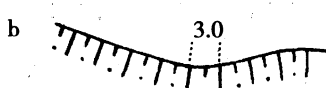
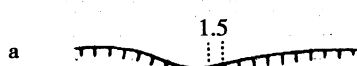
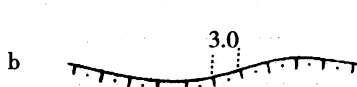
表 S.1.6

编号	名称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简要说明
6.01	码头	<p>依比例尺</p> <p>(1) 固定码头</p> <p>(2) 突堤码头</p> <p>(3) 浮码头</p> <p>(4) 建筑中的码头</p> <p>(5) 已破坏的码头</p> <p>(6) 临时码头</p> <p>(7) 顺岸码头</p> <p>不依比例尺</p>	<p>码头是专供轮船停靠、上下旅客和装卸货物的场所,按实地情况依比例尺表示,加注码头名称,各种建筑物以相应的符号表示</p> <p>(1) 固定码头</p> <p>(2) 突堤码头</p> <p>(3) 浮码头</p> <p>(4) 建筑中的码头</p> <p>(5) 已破坏的码头</p> <p>(6) 临时码头</p> <p>(7) 顺岸码头</p>
6.02	防波堤、丁坝	<p>直立式</p> <p>(1)</p> <p>斜坡式</p> <p>(2)</p> <p>条石坝</p> <p>(3)</p> <p>潜丁坝</p> <p>(4)</p> <p>丁坝</p> <p>(5)</p>	<p>航道治理中的人工建筑物、顺坝、防波堤也用此图式</p> <p>(1) 为直立式</p> <p>(2) 为斜坡式</p> <p>(3) 人工建筑的条石坝或划定的船舶系泊区域</p> <p>(4) 位于水下的丁坝</p> <p>(5) 位于水面以上的丁坝</p>

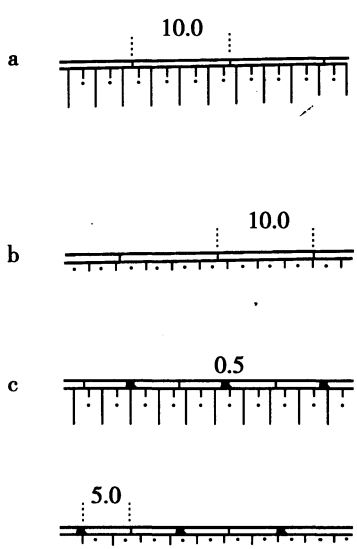
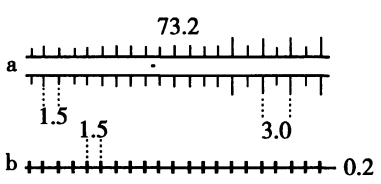
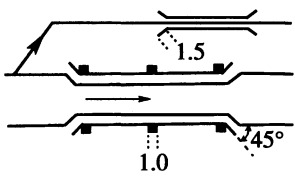
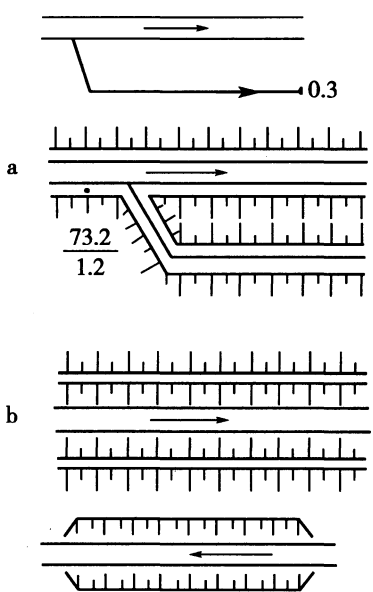
续表 S.1.6

编号	名称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简要说明
6.03	锚地		锚泊的水域中心处,用此符号表示
6.04	系船浮		
6.05	信号杆		通信信号杆(台)、水深信号杆、 风情信号杆,均用此符号表示
6.06	绞关 岸上 船上		指水流湍急的滩口,在岸上设置 机动或人力绞盘,以绞力协助船只 过滩的设备 绞滩船是指大型顶推船队在成 滩期不能自力过滩,需要借助设有 绞力的绞滩船牵引上滩
6.07	绞车		系一种修造船设备,用以绞动或 移动船位
6.08	船坞		指固定式的修造船舶场地,有闸 门供放水、排水
6.09	浮船坞		指可移动的修造船舶坞,有固定的 停泊区
6.10	系缆桩 岸线下 岸线上		位于岸线以下的桩、柱均用此图 式表示 指港口、码头为船舶、浮趸系缆 用的石柱、铁桩、水泥桩等
6.11	禁锚标		指两个禁锚标志的引长线附近 水下有障碍物或建筑物,禁止抛锚

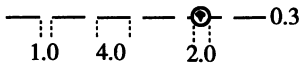
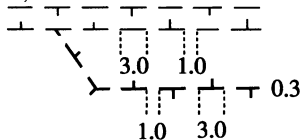
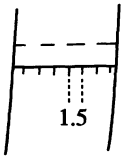
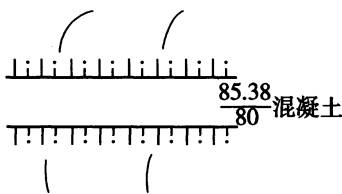
续表 S.1.6

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
6.12	升船机		水运工程通航设施
6.13	水文(位)站		水文站包括水位站、流量站等。 符号绘在测定水位的水尺处
6.14	过河缆		河流两岸架设钢索,索上悬挂吊斗,可移动,供测定水文取样用
6.15	船闸	 	指设在河流、渠道中的过船建筑物,其中有: (1)为小比例尺: 1:5000 和 1:10000; (2)为大比例尺: 1:500 和 1:2000 按比例尺绘示实际形状
6.16	倒虹吸		通过铁路、公路、河流等自路下或水下穿过的水利设施
6.17	护岸 斜坡式 a. 未加固的 b. 加固的  直立式 a. 未加固的 b. 加固的	   	坡度在 70° 以下的人工岸,用相应的斜坡图式表示  坡度在 70° 以上或垂直于水面的人工岸,用相应的陡坎图式表示

续表 S.1.6

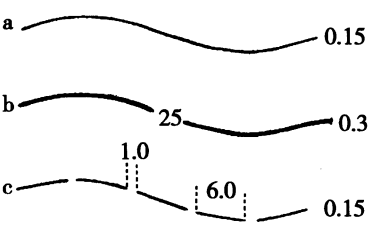

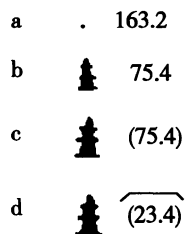
编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
6.18	防汛墙 a. 斜坡式  b. 直立式  c. 有栏杆的		岸边的一种墙体和岸坡重叠组合的设施,墙宽在图上小于0.5mm的按0.5mm绘出
6.19	土堤 a. 堤 73.2 - 堤顶高程 b. 垸		堤高0.5m以上以示坡线表示
6.20	输水槽		指人工架设的引水渡槽或高架水渠
6.21	沟渠 一般的  有真堤岸的 73.2 - 堤顶高程 1.2 - 渠底深度  有沟壑的		<p>指人工修建、供引水或排水的水道。沟渠宽度小于1m(1:500地形图大于0.5m)的用双线依比例尺表示,小于1m(1:500地形图小于0.5m)的用单线表示</p> <p>当堤高出地面0.5m以上,按有堤岸沟渠表示,如堤的内侧未成两层的,以有堤岸沟渠用图式a表示,当堤的内侧成两层,顶层堤脚与沟洞间有可通行地段的沟渠用符号b表示</p>

续表 S.1.6

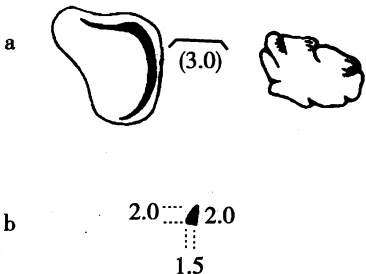


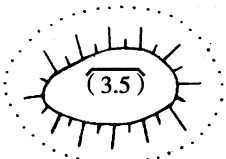
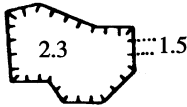
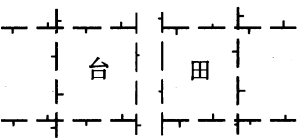

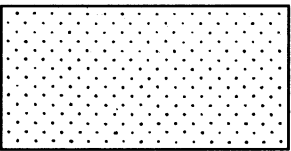
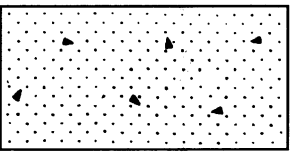
编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
6.22	地下灌渠及出水口		水渠修筑于地下,相隔一定距离水从出水口流出地面供灌溉的渠道
6.23	干沟		指经常无水、只在雨后短暂时间内有积水,一种未完成或废弃的渠道
6.24	滚水坝		为提高水位和横截河流而建的一种堤坝式建筑物
6.25	拦水坝 85.38 - 坝顶高程 80 - 坝长 混凝土 - 建筑结构		指拦截山谷和横截河流以抬高水位的堤坝式建筑物 拦水坝一般应测注坝顶高程和坝长,加注建筑结构“石”或“混凝土”

地貌、岸线

表 S.1.7

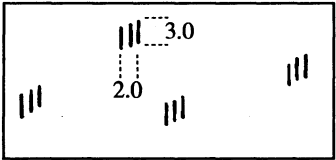

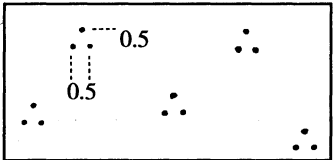
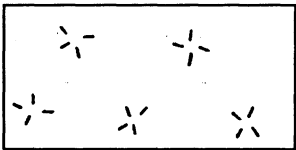
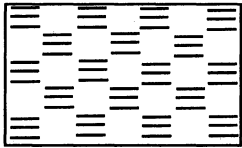

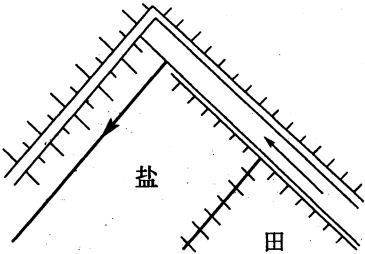
编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
7.01	等高线及其注记 a. 首曲线 b. 计曲线 c. 间曲线		表示地形的等高线分首曲线、计曲线、间曲线
7.02	示坡线		示坡线是指示斜坡向下的方向线,它与等高线垂直相交
7.03	高程点及注记 a. 一般高程点 b. 建筑物高程 c. 建筑物顶高 d. 建筑物比高		表示点位 独立性地物的高程即为定位点的高程(基面高程) 顶高是指建筑物顶部的高程 比高是指建筑物基面至顶部的高度

续表 S.1.7

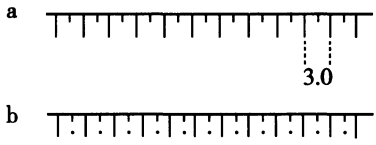

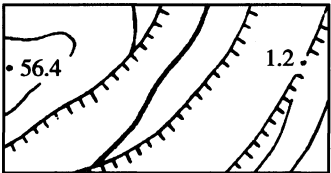
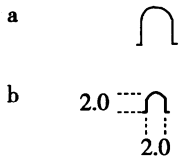
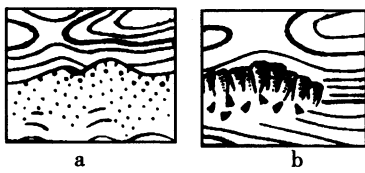
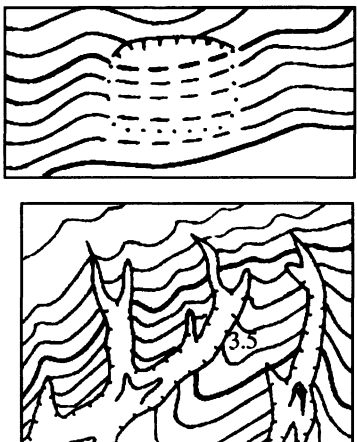
编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
7.04	独立石 a. 依比例尺 $\overline{(3.0)}$ - 比高  b. 不依比例尺		指高大独立的各种巨石和石块。 依比例尺表示的,实测轮廓线,填 绘石块符号表示,各种独立石均测 注比高
7.05	石堆 a. 依比例尺  b. 不依比例尺		天然或人工聚集面积较大的石 堆,实测范围线,中间加绘符号 表示
7.06	石垄	0.8 	人工堆积而成狭长石圈
7.07	土堆 $\overline{(3.5)}$ - 比高		土堆概略轮廓以实线绘,斜坡线 绘至坡脚,并测定比高
7.08	坑穴 2.3 - 坑底高		地表凹下部分,坑口有较明显的 边缘。测注坑底深度或高程
7.09	台田		台田(垅田)是土壤盐、碱成分 较重地区挖有排碱沟渠的农田
7.10	水塘		有水的,塘口有明显边缘。测注 塘底高程
7.11	沙地		沙地用此图式表示
7.12	沙砾地、戈壁滩		沙和砾石混合分布的沙砾地





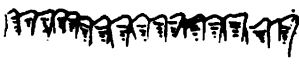



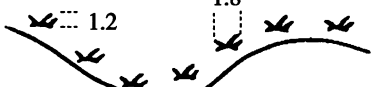
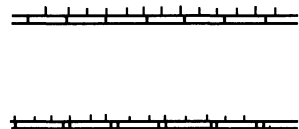

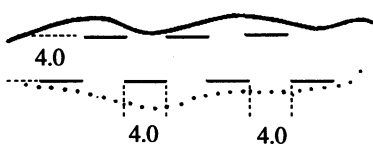
续表 S.1.7

编号	名称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简要说明
7.13	盐碱地		不能种植作物的盐碱地
7.14	小草丘地 a. 依比例尺的  b. 不依比例尺的	<div>a </div> <div>b </div>	长有草类或灌木的小丘成群分布地区
7.15	龟裂地		表面土质为粘土的低洼地段,干燥后龟裂成坚硬的块状地区
7.16	沼泽 a. 能通行的  b. 不能通行的	<div>a </div> <div>b </div>	经常湿润泥泞或有积水的地段。 盐碱泽加注“碱”字
7.17	盐田、盐场		指在海边用海水晒盐,外围有土堤、沟渠的





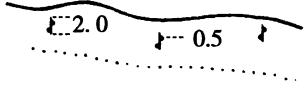

续表 S.1.7

编号	名称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简要说明
7.18	斜坡 a. 未加固的 b. 加固的		天然或人工修筑的坡、坎,其坡度在 70°以下时表示为斜坡(护岸参照此符号)
7.19	陡坎 a. 未加固的 b. 加固的		
7.20	梯田坎		人工修成的阶梯或农田的陡坎用此图符号表示
7.21	山洞、溶洞 a. 依比例尺的 b. 不依比例尺的		洞口位置按真方向绘出符号
7.22	崩崖 a. 沙、土崩崖 b. 石质崩崖		沙土或石质的山坡受风化作用,碎屑向山坡下崩落的地段,分别用相应符号表示
7.23	a. 滑坡 b. 冲沟 3.5 - 深度记注		<p>斜坡受自然或人为影响,在重力作用下,沿山坡下滑的地段</p> <p>地面被雨水急流冲蚀而形成的大小沟渠,图上宽度大于 5mm 时,需加绘沟底等高线</p>

续表 S.1.7

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
7.24	岸线		
7.25	土质陡岸		指岸坡比较陡峻的土质地段
7.26	岩石陡岸		指岸坡比较陡峻的岩石地段
7.27	磊石岸		指由大小不等的石块构成的岸; 无明显岸线时用符号“b”表示
7.28	砾质岸		指较小的石块(或卵石)间或有 沙混合构成的岸线
7.29	沙质岸		指岸上有粗沙或细沙覆盖着,地 势比较平坦
7.30	丛草岸		指杂草丛生的岸
7.31	人工岸 有栏杆的垂直式  无栏杆的斜坡式		指用石块、水泥等修筑的岸
7.32	沙滩		指由粗沙或细沙构成的干出滩
7.33	泥滩		指泥泞下陷通行困难的干出滩 泥滩用此符号表示

续表 S.1.7

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
7.34	岩滩		指由坚硬的岩石层组成的干出滩,珊瑚滩亦用此符号表示,并相应加注“岩”,“珊瑚”
7.35	沙砾滩		指由砾石或是沙、砾、混合的干出滩
7.36	乱石滩		经风化后的块状乱石用此符号表示;为防护堤岸用人工抛堆的四角锥乱石也用此符号表示
7.37	丛草滩		指杂草丛生或芦苇丛生的干出滩
7.38	贝类养殖滩		在干出滩上人工养殖贝类的地段用此符号表示,符号散列配置
7.39	红树滩		指生长红树林的干出滩,一般不能通行,符号散列配置

水文要素、航行障碍物

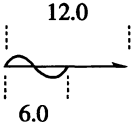
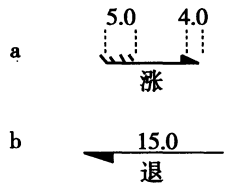



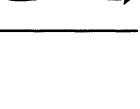
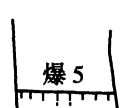
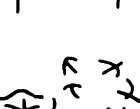


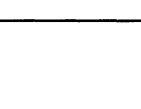
表 S.1.8

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
8.01	水深注记 a. 海图注记法 b. 一般注记法 c. 适航水深注记 11.2—适航水深值 (0.6)—适航厚度 d. 适航厚度 (0.5)—适航厚度	a. 25 25 b. 2.3 c. 11.2 <sub>(0.6)</sub> d. $\frac{(0.5)}{\text{适航}} \text{中等线} 3.0$	点位在整米数的中点,斜体为新测水深 点位在小数点位置 点位在前面数字小数点位置,适用于适航水深图 适用于普通水深图标注适航厚度,点位在小数点位置
8.02	干出高度	a $\frac{1}{5}$ b —1.5	指深度基准面以上的滩、礁高度

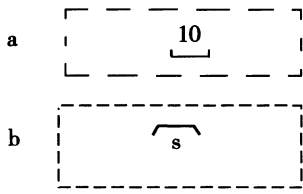

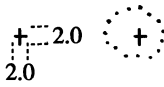
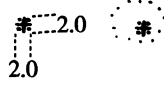
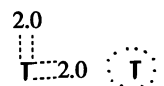
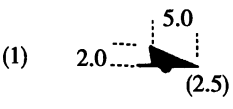
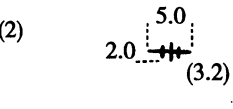

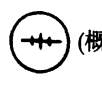
续表 S.1.8

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
8.03	等深线 A:内河航道及港口 工程测图 a. 首曲线  b. 计曲线及其注记  c. 0m 线 B:沿海航道及疏浚 工程测量图 a. 干出等深线  b. 0m 及以下的等 深线		<p>以基本等深距勾绘的等深线,在图上的间距小于 0.5mm 时,可不绘,只绘等深计曲线</p> <p>以 0m 线起算,每隔四条首曲线加粗一条等深线</p> <p>以深度基准面起算的 0m 等深线</p> <p>以深度基准面起算的水深深度等深线用加深度注记的实线表示</p>
8.04	标准线		标准等深线是指航行基准面起算的标准深度航槽边缘线,标准深度由用图单位确定
8.05	瞬时水位线		即水沫线
8.06	表面流向线		指在相同时段定位点的轨迹,上方数字表示流速
8.07	河心比降线		指在相同时段定位点的连线。线的上方数字表示比降
8.08	河流溪线		沿河道纵向最深点的连线
8.09	航迹线		指在相同时段行船定位点的连续线;线的上方数字表示航速
8.10	洪水位		指最高洪水痕迹点,分子表示高程,分母表示洪水测量时间


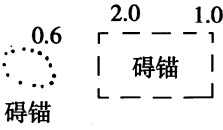

续表 S.1.8

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
8.11	水流方向		有固定水流方向的江河,须表示流向。有潮汐影响的河段用潮流方向符号表示
8.12	往复流 a. 涨潮流 b. 落潮流		往复潮流的涨、落流向大致相反。箭头表示流向,流速的记载系大潮时测得的最强流速,如属小潮时测得,则在图式尾端附注“(小潮)”;流速注记在符号的上方或下方
8.13	急流		河流或海流因地形约束汇合而形成的急流
8.14	漩涡		漩流是指水由外向内旋转,而中心凹陷的一种水流。箭头表示旋转方向
8.15	回流		同主流方向相反,作回转倒流的水流
8.16	横流		向一岸横向另一岸流动的水流
8.17	旺水		指紧接障碍地下出现的回流、泡水、漫流水的局部水域
8.18	跌水		指水流经水下石梁所阻向下倾泻如门槛的水流。符号上可注记跌水高度如“瀑5”表示5m高
8.19	泡水		指水之激而上冲,四散翻涌,宛若锅内开水沸腾
8.20	浪花		较泡水为弱的翻花水流
8.21	剪刀水		指滩口两岸水流受挑流作用而向河中收束的水梗(也称滩舌)

续表 S.1.8

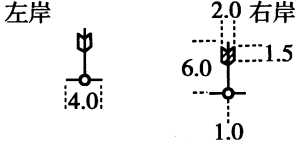
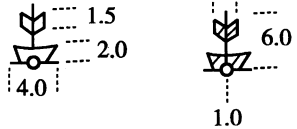
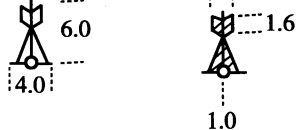
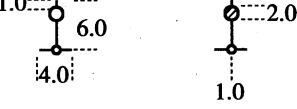
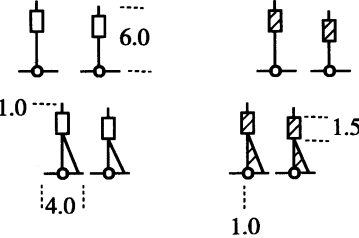
编号	名称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简要说明
8.22	扫床区		<p>a. 凡经扫测的部分,应将其范围用虚线表示,并在扫测深度(指绘图基准面以下的深度)数字下加“—”符号</p> <p>b. 经多波束声纳扫测的用此符号表示</p>
8.23	礁石		
	a. 干出礁		
	(1) 依比例尺的		绘图基准面以上露出的礁石
	(2) 不依比例尺的		对航行有危险的加绘点线
	b. 适淹礁		在深度基准面以上,有时被淹没的礁石,其区域加绘点线
	c. 暗礁		指深度基准面以下的礁石,其区域加绘点线
8.24	沉船		
	(1)		(1) 沉船有部分露出深度基准面或绘图水位时,用此符号表示,并注记沉没年份及最高点高度。如知沉船船名,也加注记
	(2)		(2) 沉船沉没在深度基准面或绘图水位以下时,其深度超过航行标准深度者,用此符号表示,并注记沉没年份及最浅点深度;如知沉船船名也加注记
	(3)		(3) 沉船沉没在深度基准面(绘图水位)以下时,但其深度未达到航行标准深度者用此符号,如知沉没年份及沉船船名也加注记
	(4)		(4) 沉船沉没在深度基准面(绘图水位)以下时,其位置和深度不明,以概位表示者用此符号;如知沉没年份和沉船船名也加注记

续表 S.1.8

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
8.25	沉树	 (沉木)	沉树及其他类似沉物(如沉木、沉木筏、沉草垛等)以此图式表示,并加注文字
8.26	碍锚地	 碍锚	指对水面船无危险的沉船或其他障碍地区,应避免在该地区抛锚,右图系按比例尺绘示
8.27	渔栅	 1.0 0.7	指捕鱼用的木栅、竹栅或系网捕鱼的桩等有碍航行的设施

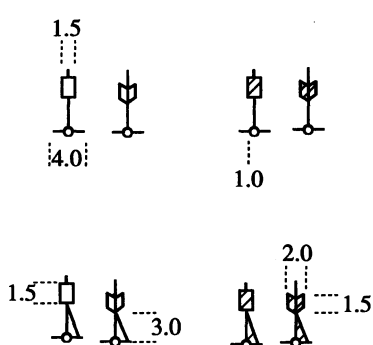
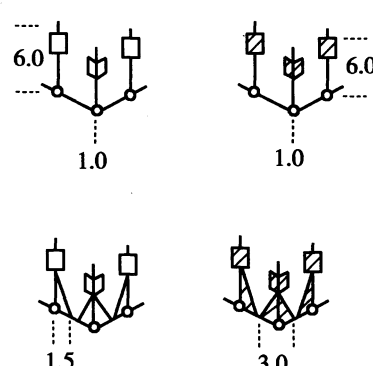
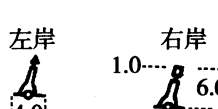
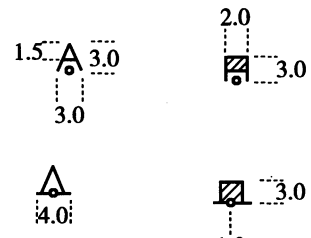

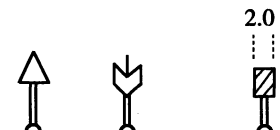
航道标志

表 S.1.9

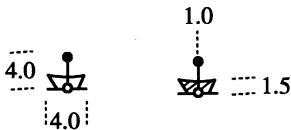
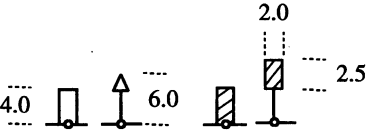
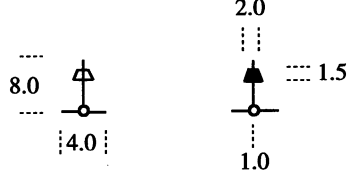
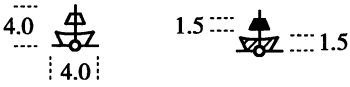
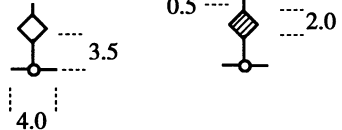

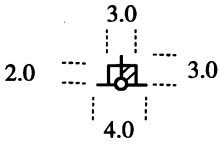
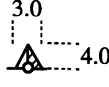
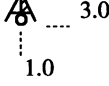
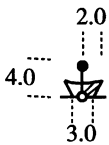
编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
9.01	内河航标 过河标	 左岸 2.0 右岸 4.0 1.5 6.0 1.0	设于岸上 定位点位于符号底部的圆心
		 1.5 2.0 4.0 6.0 1.0	设于水上
		 6.0 2.0 4.0 1.6 1.0	装梯形牌
9.02	沿岸标	 1.0 2.0 6.0 4.0 1.0	
9.03	导标	 6.0 1.0 4.0 1.5 1.0	装梯形牌



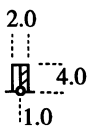
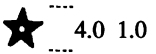


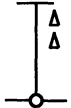


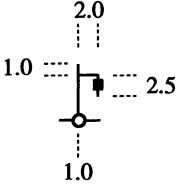
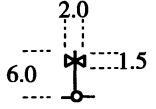
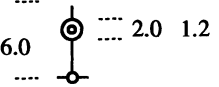


续表 S.1.9

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
9.04	过渡导标		装梯形牌
9.05	首尾导标		装梯形牌
9.06	侧面标 柱形浮标		内河左岸、右岸的划分： 面向水流的下游方向，左手一侧 为左岸，右手一侧为右岸。
	锥形、罐形		设于岸上  设于水中
	杆形浮标		
	塔形标志		塔形标志中部绘制双线，顶标根 据实际形状绘制

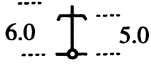

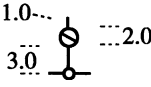

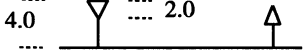



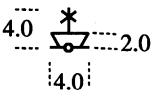
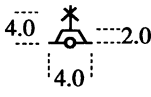


续表 S.1.9

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
9.07	灯船		
9.08	灯桩		
9.09	泛滥标		设于岸上
			设于水上
9.10	横流标		设于岸上
			设于水上
9.11	左右通航标		设于水上的柱形左右通航标
	柱形浮标		
	锥形浮标		设于水上的锥形左右通航标
	锥形标		设于岸上的锥形左右通航标
	灯船		

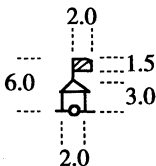
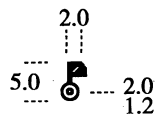


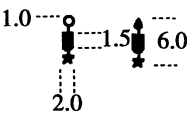
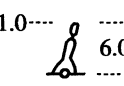

续表 S.1.9

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
	柱形灯桩		
9.11	示位标		定位点为符号中心
9.12	桥涵标		
	通航桥孔		定位点为符号中心
	小轮通航桥孔		定位点为符号中心
9.13	禁航标		岸标
9.14	禁航标(中)		浮标
9.15	禁航标(下)		浮标
9.16	通行信号标		
9.17	进出闸信号标		
9.18	鸣笛标		
9.19	界限标		岸标
			浮标

续表 S.1.9

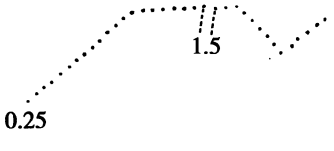
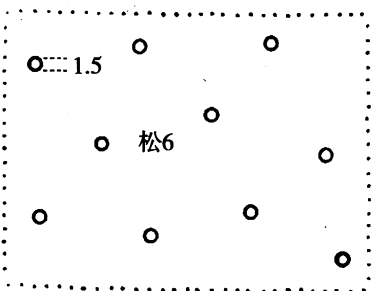
编号	名 称	符 号 1: 500 ~ 1: 5000	简 要 说 明
9.20	水深信号标		
9.21	雾情观察哨		岸标
9.22	节制闸标		
9.23	指路牌		指路及告示牌均用此符号
9.24	导标		
9.25	管线标 水底管线 架空管线	 	
9.26	灯塔		
9.27	灯船		有人、无人看守均用此表示
9.28	蓝比(大型助航浮标)		大型助航浮标,是具有圆形浮体并有较高大土层建筑物的浮动助航标志
9.29	专用标	 	专用标

续表 S.1.9

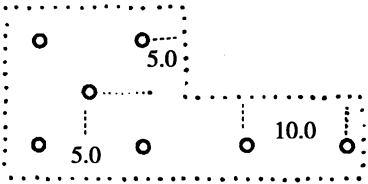
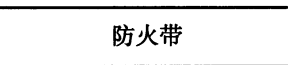
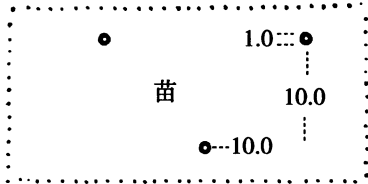
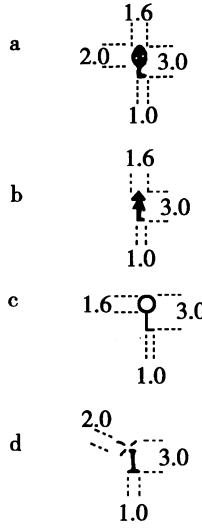
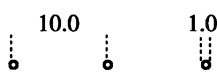
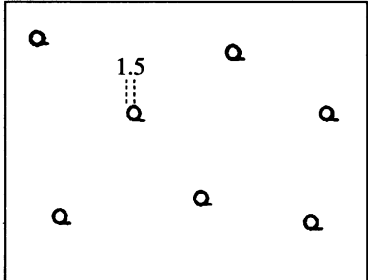
编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
9.30	航道(标)站		航道(标)站
9.31	航道(标)处、段		航道(标)处、段
9.32	发光标记		发光标记
9.33	海港航标灯桩		请参照 GB 12319—98《中国海图图式》17~18 节
9.34	活节式灯桩		
9.35	左侧标		海港左侧、右侧划分:面向海港方向,左手一侧为左侧,右手一侧为右侧
9.36	右侧标		

植 被

表 S.1.10

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
10.01	地类界、地物范围线		指区分树木、苗圃经济林、经济作物地、耕地与非耕地等的界线,它与地面上有实物的线状图式重合时,可省略不绘;与地面无实物的线状图式(如通讯线、等高线等)重合时,需移位绘出
10.02	林地 面状的林地		指生长比较茂密的乔木林。视需要加注树名

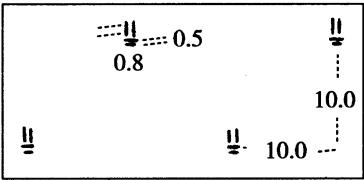
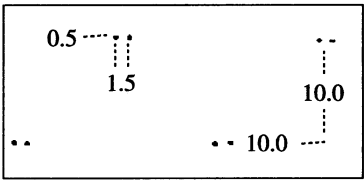
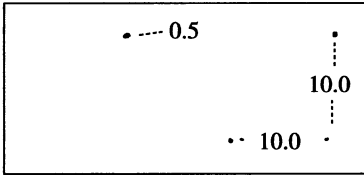
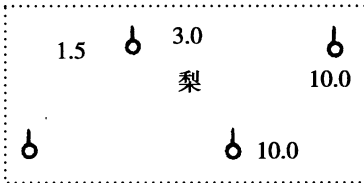
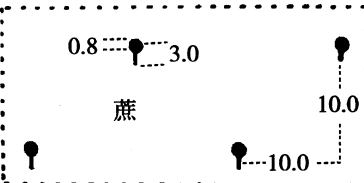
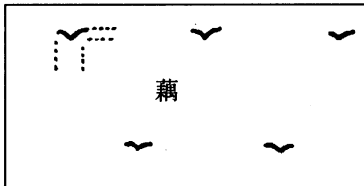
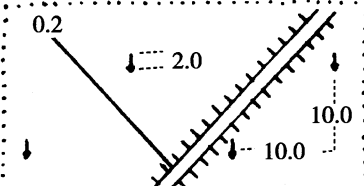
续表 S.1.10

编号	名 称	符 号 1: 500 ~ 1: 5000	简 要 说 明
10.03	防护林带		人工种植的排列较整齐的防护林带
10.04	防火带		为防止火灾蔓延而开辟的空道
10.05	苗圃		固定的树木育苗地
10.06	散树 独立树 a. 阔叶 b. 针叶 c. 果树 d. 椰子、棕榈、槟榔		指用良好方位作用的单棵树木, 按阔叶、针叶、果树、棕榈等分别用相应图式表示
10.07	行树		指沿道路、沟渠、土堤等成行排列的树木, 符号间距可放大或缩小配置
10.08	疏林		疏林是树木比较稀疏的林地, 林中树冠边缘之间的平均距离为平均树冠直径的 2 ~ 5 倍。按实地树木稀密情况配置

续表 S.1.10

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
10.09	竹林	<p>a. 大面积的</p> <p>b. 独立竹丛</p> <p>c. 狭长的</p>	指各种竹子生长茂密的林地,根据实际情况分别用相应图式表示
10.10	灌木林	<p>a. 大面积的</p> <p>b. 独立灌木丛</p> <p>c. 狭长的</p>	指成片生长的,空白间距在 5m 以内的灌木丛(无明显主干、支干的丛生植物)林地攀援岸边或缠绕树生长的和矮小的竹类植物,也属缠木树类,根据实际情况分别用相应图式表示
10.11	芦苇地		芦苇地、席草地、芒草地均用此符号表示,加注“芦”、“席”、“芒”字
10.12	草地		指草类生长茂盛或比较茂盛,覆盖地面达 50% 以上的地区(包括夹杂在其中的草类同高的灌木),不分草的高矮均用此图式表示,如干旱地区的草原、山地、丘陵地区的草地、沼泽、湖滨的草甸等
10.13	花园		绿化岛、花坛、正规花园均用此图式表示

续表 S.1.10

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
10.14	湿草地		指水中丛生草类的地区
10.15	半荒植物地		草类生长稀疏的地区
10.16	植物稀少地		植物极少地区
10.17	经济林		包括乔木类(如油桐、桑柞、橡胶、椰子和各种果树林)和灌林类(如茶树、油菜、葡萄)。实测范围,配置图式和加注树种名称如“桐”、“柞”、“苹”、“茶”等
10.18	经济作物地		指由人工栽培、种植比较固定,一般为多年生长的作物(一般多为草本类,如甘蔗、麻类、香蕉、药材、香毛草等),实测范围配置图式,分别加注产品名称如“蔗”、“麻”、“蕉”等
10.19	水生经济作物地		比较固定的水生经济作物如菱角、藕、茭白等,图上面积大于200mm <sup>2</sup> 的,需加注品种名称
10.20	水稻田		不分常年积水和季节性积水,均用此图式表示。田埂宽度在图上大于1mm的(1:500地形图上2mm)用双线表示



续表 S.1.10

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
10.21	旱地		指除水稻田以外的农作物耕种地,粮菜轮种的耕地也用此图式表示
10.22	菜地		指常年种植、面积较大的菜地

境 界

表 S.1.11

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
11.01	国界 a. 界桩、界碑及其编号 b. 未定界		表示国家领土归属的界线 a. 系界桩、“6”系界碑编号 b. 系未定国界线
11.02	省、自治区、直辖市界和界标 a. 已定界 b. 未定界		11.02 ~ 11.05 各级行政区划界以相应符号绘出,界桩、界标等要准确绘出,界标若为石碑,则用石碑符号表示 境界以线状地物为界,不能在线符号中心绘出时,可沿两侧每隔3~50mm交错绘出3~4节符号,在拐弯及图廓处,要明确表示走向和位置
11.03	地区、自治州、盟、地级市界 a. 已定界 b. 未定界		
11.04	县、自治县、旗、县级市界 a. 已定界 b. 未定界		

续表 S.1.11

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
11.05	乡、镇、国营农、林、牧场等 a. 已定界  b. 未定界		
11.06	自然保护区		凡属国家颁布的自然保护区界线均用此符号表示
11.07	里程界		指该河流(或河段)自某固定地点起算的里程界线用此图式表示
11.08	港界		指该港区的划界,根据用图需要绘示
11.09	航道线		航道线分“航道中线”和“航道边线”,一般航道边线可不加注记
11.10	各种范围线		水域挖泥区、锚地、海带养殖场、水下管线区等各种范围线均用此符号表示,并应在范围线内注明性质

注 记

表 S.1.12

编号	名 称	符 号 1:500 ~ 1:5000	简 要 说 明
12.1	镇级以上居民地	城关镇	按行政等级选用不同的字级
12.2	镇级以下居民地(街道)及名称说明注记	中等线 3.5 ~ 6.0 李家庄	
12.3	性质说明注记	细宋 2.5 ~ 3.25 混凝土 松 盐田	
12.4	水系名称注记	细等线 2.5 海河	海湾、航道、水道江河、沟渠等名称 航标的名称、灯质、雾号及航标颜色等注记
12.5	航标灯质注记	右斜宋 2.5 ~ 6.0 定红	
12.6	底质注记	细等线 2.0 沙 泥	
12.7	码头名称注记	细等线 2.5 天远码头	码头、船坞、防波堤、海堤等水工建筑物名称
12.8	独立高地山头名称	中等线 3.0 ~ 5.0 凤凰山	
12.9	数字注记	中等线 3.0 I 16 84.6 中等线 2.5	

## S.2 图廓整饰式样

**S.2.1** 《沿海港口航道图》图廓整饰格式应符合现行国家标准《中国海图图式》(GB 12319)中的附录 B 的有关规定。

**S.2.2** 水运工程测图正格网图廓整饰格式可参照图 S.2.2。

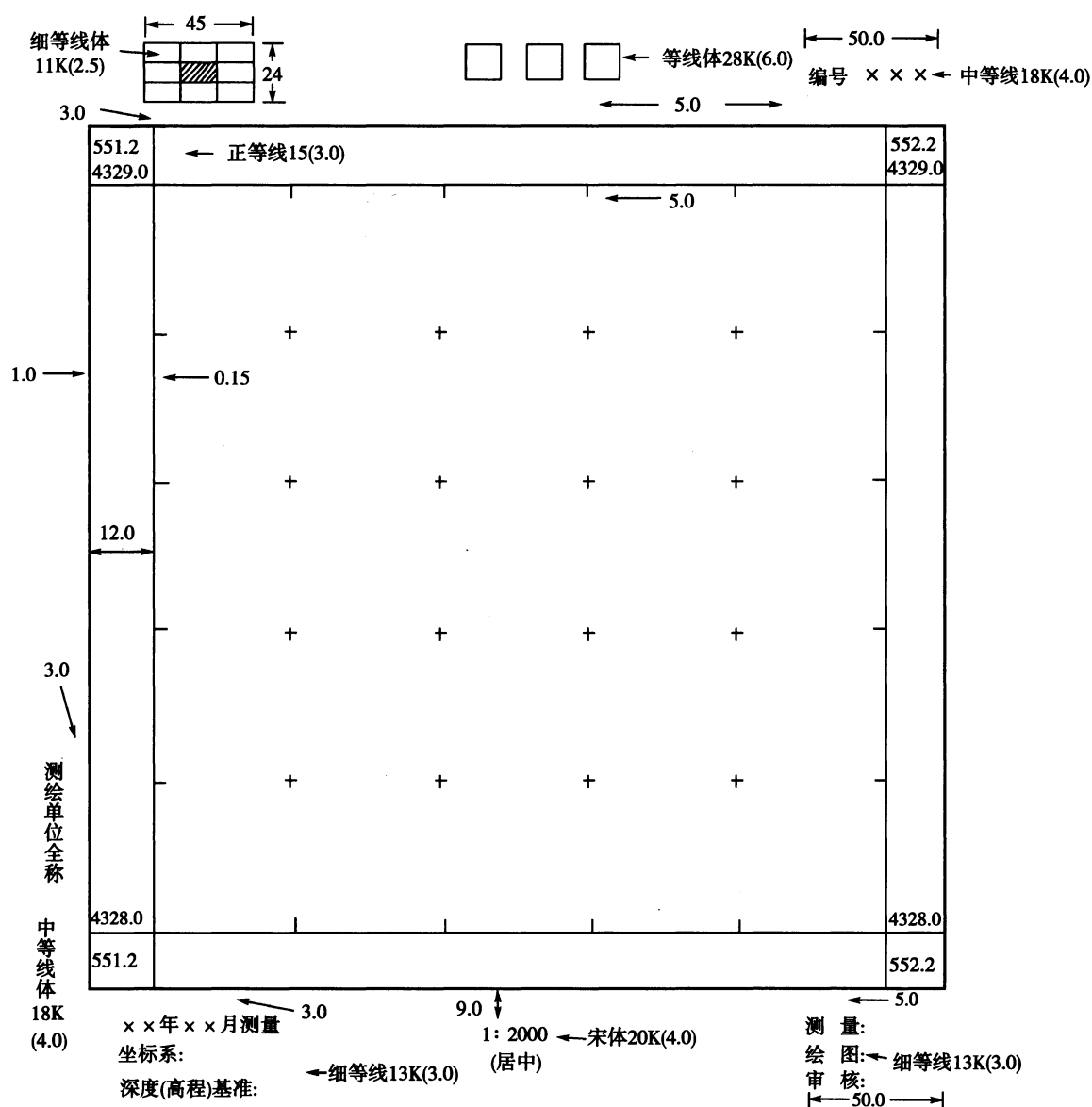


图 S.2.2 正格网图廓整饰示意图

注:分幅尺寸超过  $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$  的图幅,在内外图廓间可标注全部公里网坐标值。

**S.2.3** 水运工程测图斜格网图廓整饰格式可参照图 S.2.3。

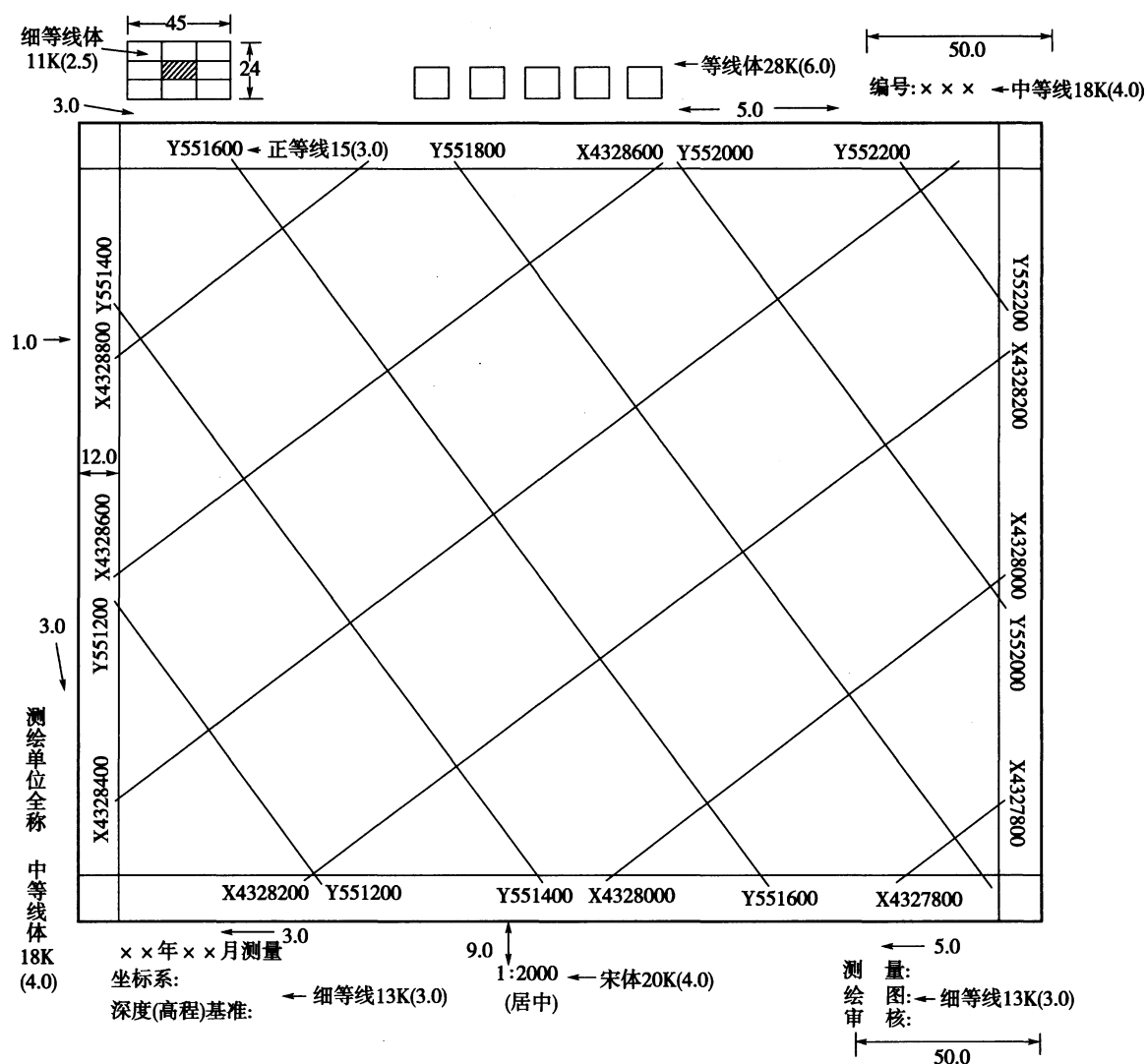


图 S.2.3 斜格网图廓整饰示意图

注:根据情况,坐标网格线亦可采用 10mm 长的“+”字线绘制

## 附录 T 本规范用词用语说明

**T.0.1** 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

(1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

(2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

**T.0.2** 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为“应符合……的有关规定”或“应按……执行”。

## 附加说明

### 本规范主编单位、参加单位、 主要起草人、总校人员和管理组人员名单

主 编 单 位:中交天津航道局有限公司

中交天津港航勘察设计院有限公司

参 加 单 位:天津海事局

交通运输部天津水运工程科学研究院

中交第一航务工程勘察设计院有限公司

中交第二航务工程勘察设计院有限公司

中交上海航道局有限公司

中交广州航道局有限公司

中交第一航务工程局有限公司

长江航道局

中交水运规划设计院有限公司

主 要 起 草 人:郭文伟(中交天津航道局有限公司)

李素江(中交天津港航勘察设计院有限公司)

(以下按姓氏笔画为序)

万 军(中交上海航道局有限公司)

卢军民(中交水运规划设计院有限公司)

冯立新(天津海事局)

李宝森(天津海事局)

宋庆华(中交第一航务工程勘察设计院有限公司)

洪 剑(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)

栗建军(中交天津港航勘察设计院有限公司)

高耿明(中交广州航道局有限公司)

袁永胜(中交第一航务工程局有限公司)

裴文斌(交通运输部天津水运工程科学研究院)

熊远川(长江航道局)

总校人员名单:胡 明(交通运输部水运局)

张浩强(交通运输部水运局)

吴敦龙(中交水运规划设计院有限公司)

郭文伟(中交天津航道局有限公司)

李素江(中交天津港航勘察设计研究院有限公司)

裴文斌(交通运输部天津水运工程科学研究院)

李宝森(天津海事局)

洪 剑(中交第二航务工程勘察设计院有限公司)

管理组人员名单:顾 明(中交天津航道局有限公司)

李进军(中交天津航道局有限公司)

刘树东(中交天津港航勘察设计研究院有限公司)

李素江(中交天津港航勘察设计研究院有限公司)

栗建军(中交天津港航勘察设计研究院有限公司)

中华人民共和国行业标准

# 水运工程测量规范

JTS 131—2012

条文说明



## 目 次

1	总则 .....	(161)
2	术语 .....	(162)
3	基本规定 .....	(166)
4	平面控制测量 .....	(168)
4.1	一般规定 .....	(168)
4.2	导线测量 .....	(168)
4.3	三角测量和三边测量 .....	(170)
4.4	GPS 测量 .....	(173)
4.5	内业处理 .....	(175)
5	高程控制测量 .....	(177)
5.1	一般规定 .....	(177)
5.2	水准测量 .....	(177)
5.3	三角高程测量 .....	(180)
5.4	GPS 高程测量 .....	(184)
5.5	跨水面高程测量 .....	(184)
5.6	内业处理 .....	(189)
6	地形测量 .....	(191)
6.1	一般规定 .....	(191)
6.2	测站补点 .....	(191)
6.3	地形地貌测绘 .....	(193)
6.4	内业处理 .....	(193)
7	水位控制测量 .....	(194)
7.1	水位站布设 .....	(194)
7.2	水位观测 .....	(196)
7.3	平均海面的确定 .....	(198)
7.4	深度基准面确定 .....	(199)
8	水深测量 .....	(201)
8.1	一般规定 .....	(201)
8.2	测深线布设 .....	(202)
8.3	定位 .....	(203)
8.4	测深 .....	(203)

8.5	RTK 三维水深测量 .....	(205)
8.6	水下障碍物探测 .....	(206)
8.7	适航水深测量 .....	(206)
8.8	内业处理 .....	(207)
<b>9</b>	<b>变形测量 .....</b>	<b>(208)</b>
9.1	一般规定 .....	(208)
9.2	监测网布设 .....	(208)
9.3	监测网观测 .....	(209)
9.4	水平位移观测 .....	(211)
9.5	滑坡观测 .....	(211)
9.6	垂直位移观测 .....	(211)
9.7	倾斜观测 .....	(212)
9.8	内业处理 .....	(212)
<b>10</b>	<b>施工测量 .....</b>	<b>(213)</b>
10.1	一般规定 .....	(213)
10.2	施工平面控制测量 .....	(213)
10.3	施工高程控制测量 .....	(213)
10.4	施工标志 .....	(214)
10.5	疏浚和航道整治施工放样 .....	(214)
10.6	水工建筑物施工放样 .....	(215)
10.7	吹填施工测量 .....	(217)
10.8	港区道路和堆场施工放样 .....	(217)
10.9	交工测量 .....	(217)
<b>11</b>	<b>制图 .....</b>	<b>(218)</b>
11.1	编图设计 .....	(218)
11.2	编绘 .....	(218)
11.3	清绘 .....	(218)
11.4	制图输出 .....	(218)
<b>附录 N</b>	<b>RTK 三维水深测量作业要求 .....</b>	<b>(220)</b>
<b>附录 S</b>	<b>水运工程测量图式 .....</b>	<b>(221)</b>

# 1 总 则

**1.0.1** 本条主要阐明了制定本规范的目的和作用。并将原规范中本条的“船舶安全航行”改为“运营”,因为运营阶段包括了工程交付使用后的监测、维护和船舶安全航行等内容,而船舶安全航行并不是工程的独立阶段。

**1.0.2** 本次修订把规范的适用范围扩大到了港口、航道、通航建筑物和修造船水工建筑物等工程。其适用于这些工程的各个阶段的测量工作,包括运营阶段的航道基本测量和航道检查测量等。

**1.0.3** 本条规定中所提到的国家现行标准是指与水运工程测量有关的国家标准,主要包括《海道测量规范》(GB 12327)、《工程测量规范》(GB 50026)、《海滨观测规范》(GB/T 14914)、《水位观测标准》(GBJ 138)、《国家基本比例尺地图图式第一部分:1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》(GB/T 20257-1)、《中国航海图编绘规范》(GB 12320)、《中国海图图式》(GB 12319)、《1:500 1:1000 1:2000 外业数字测图技术规程》(GB/T 14912)、《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314)、《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12897)和《国家三、四等水准测量规范》(GB/T 12898)等以及与水运工程相关的其他国家现行标准。使用中如果采用本规范所规定内容以外的方法或本规范虽然规定允许使用,但对其未作内外业具体技术规定的方法进行测量时,一般根据自己采用的测量设备及方法,去选用相应的国家标准来约束和规范自己的测量行为。例如:如果某水运工程单位的水深测量项目中包括有某某测量内容,而本标准中又无此内容,或者只规定了基本要求,而无具体作业规定,此时除执行本规范水深测量部分规定外,还应按照含有某某测量内容的其他的国家标准要求进行作业。另一方面,关于“水运工程测量在执行本规范的同时,尚应符合国家现行有关标准的规定”,这是我国关于行业标准与国家现行标准关系的统一法定要求。本规范的各项技术指标,除个别有水运行业特殊要求的或在条文说明中有专门说明的技术指标外,大部分技术指标都不低于有关国标的规定。

另一方面,根据交通运输部《水运工程建设标准管理办法》、《水运工程建设标准体系表》和国家海事测绘的有关要求,部分施工测量、水文观测、小比例尺海事测绘(包括海道测量制图)等技术规定,纳入了交通运输部的其他标准或包括在相关国标中。所以,本规范对这些内容未做具体规定,凡涉及这些内容的规定条款未尽事项,还应分别遵照这些标准规定执行。

## 2 术 语

**2.0.1 ~ 2.0.2** 这两条是水运工程运营阶段航道图测绘方面的术语,说明了这两项测量的性质和主要内容。相关区域主要包括港池、泊位、航道、调头圆、锚地、码头和岸边陆域等,其要素是指水工建筑物、水深、底质、水下障碍物和助航标志等。

**2.0.3** 此条为新增术语,RTK 是“Real - time kinematic”的缩写,是载波相位动态实时差分定位技术的简称。英文缩写术语减少了术语的文字,这是一种新的 GPS 测量方法,有单基准站 RTK 和网络 RTK 等。以前的静态、快速静态、动态测量都需要事后进行解算才能获得厘米级的精度,而 RTK 是能够在野外实时得到厘米级定位精度的测量方法,它采用了载波相位动态实时差分定位技术,可用于平面控制测量及高程控制测量、施工放样、地形测图,水深测量等。本规范中没有特殊说明的是指单基站 RTK 形式。

**2.0.4 ~ 2.0.5** 这两条是新技术应用方面的术语,这次修订只作了部分文字修改。其中 RBN-DGPS 是无线电信标差分 GPS 定位系统(Radio Beacon Differential GPS)的简称。此系统利用无线电信标台站向 DGPS 流动站全天候播发伪距差分改正信息,流动站接收此差分改正信息,并对所接收的 GPS 定位信息实时进行修正,获得测点位置。

**2.0.6** 此条是新增加的 RTK 定位新技术应用术语。出现在第 7 章的水位观测和第 8 章的 RTK 三维水深测量两节中,这里的“水位”包括了水位控制测量中 RTK 水位观测所得实时水位和 RTK 三维水深测量中所得实时水位两种,两者的起算面不同,对于设水尺的岸边水位站,其传统水位是水尺零点(起算面)以上的实时水位;而对于沿海新开港口海上定点水位站,采用 RTK 观测的 RTK 水位,实际上它是水位站水面以 WGS-84 椭球面为基准的实时大地高,是用来确定该水位站深度基准面的;而 RTK 三维水深测量中的 RTK 水位,则是指在进行 RTK 三维水深测量时,把 RTK 水位归算至测点处深度基准面以上的水位。因为在水深测量时测点已经有了深度基准面,这里的 RTK 水位是用来确定测点的图载水深的。因此,在理解本术语时,应当注意它的起算面和用途,以防混淆。

**2.0.7** “RTK 三维水深测量”是采用 RTK-DGPS(即实时动态 GPS 载波相位差分)三维定位技术实时获得流动站的平面坐标和大地高(含同步 RTK 水位),在定位系统中央处理器的驱动下,同步实施采集测船姿态和水深数据,并根据移动台卫星天线至水面的高度及深度基准面与大地高的关系,进行综合数据处理,获得测点的平面位置和图载水深的测量工作。这里把“RTK 三维定位(简称 RTK 三维)”作为“水深测量”的定语,强调了包括 RTK 水位(测点处的实时水面高程)的 RTK 三维定位技术,使之区别于单独进行水位同步观测模式下的传统水深测量。其理由主要是根据本规范“RTK 三维水深测量应用专题研究”成果及对当前国内外 RTK-DGPS 定位技术在水深测量中的应用情况的综合分析而确定的。由于国内外对这种测量方法尚未统一的命名,为了把此项新技术纳入本规范,特

对此命名向全国主要水运工程测量单位征求了意见。绝大部分单位都同意“RTK 三维水深测量”这一术语的命名,因为这一命名比其他现有的各种叫法更具有通用性、科学性、完整性和前瞻性等优点。具体理由如下:

### (1)命名的通用性

这里所说的“通用性”也就是“统一性”。“RTK 三维水深测量”词组中,“RTK”是国内外通用的专业英文缩写词,即采用全球卫星定位与数据通信相结合的载波相位实时动态差分定位技术的简称,是当今实时自动化成图的前提。“三维”更是众所周知的数学、物理及工程科学名词,是与 GPS 测量功能等价的,他代表着平面和高程三维空间和坐标,代表着测点平面位置和大地高程(含水位或潮位);另外,“水深测量”更是大家熟悉的专用术语,它不是单指“测深”,而是包括了定位、测深、水位(潮位)观测和内业处理等内容,也是大家所公认,如果不加定语,他就是传统模式下的水深测量。把上述三个词组合起来,用“RTK 三维”作为“水深测量”的定语,很容易使人建立三维空间概念,并直接赋予它“RTK 三维定位”最新技术含义,使整个词组“RTK 三维水深测量”既能突出实时动态载波相位差分三维定位的特点,又能包容水深测量全部内容,它是区别于同步分别独立进行测点的二维定位、水位观测(验潮)、测深、姿态修正和内业处理的传统模式水深测量,具有强烈对比的新术语。可以弥补目前对这种测量方法的各种叫法的不足。

其通用性还表现在命名的涵盖内容及用词准确性方面。该命名涵盖面广,所含内容不挂一漏万,文字简练,用词准确,国内外对这种测量方法的所有个性化叫法都可以用这个术语来代替或解释,而且不会出现矛盾。组成此术语的三个用词,都经得起推敲,而国内外其他叫法,大都存在一定的片面性或牵强性,命名所表达的意义都有局限性,用词经不起仔细推敲。

例如美国的“RTK GPS 水位法”(RealTime Water Levels from RTK GPS),只强调了实时动态 GPS 验潮,而缺少了卫星三维定位的平面位置含义。又如法国的“RTK 河道水深测量”(RTK River Bathymetry),体现不出来包括潮位部分的三维定位新技术内容,而且也可被误解为 RTK 二维平面定位的传统水深测量。还有巴西等多个国家用“RTK 潮位法”或“RTK 潮位改正法”等,也是只强调了实时动态验潮,而无“三维定位”之意。

国内的“RTK 无验潮水深测量”或“免验潮水深测量”等叫法,更有不妥之处。在当时,采用这个命名,主要是为了突出“不用设验潮站(内河为水位站)观测水位”的技术特点,以显示其先进性和高效益。实际上这种方法不是无验潮,而恰恰是有验潮。这里的“验潮”一词是海洋测绘对水位观测的俗称,这种测量方法的水位观测(验潮)是由 RTK 三维定位完成的。纵观国内所有采用“RTK 无验潮水深测量”或“免验潮水深测量”命名的研究成果、学术报告和论文,大都突出说明了 RTK 三维坐标中大地高(含水位或潮位)数据的获取及其对图载水深精度的影响,都重点阐述了大地高测量精度及其与 GPS 天线至水面的高度和与深度基准面的关系,都肯定了大地高与水位(潮位)的从属关系。这就说明了,该方法不是无验潮,而是通过 GPS 实时动态三维定位,同时求得平面位置和相应的潮位及测深仪获得的水深,只是没有单独设水位站验潮而已,水位数据、三维姿态是自动采集,并由系统软件自动处理,不需单列出来(实际上根据需要也可以打印出来)。

国内还有“RTK 动态验潮水深测量”和“在航潮位水深测量”的叫法,他们把“验潮”与“平面位置”分割开来,与前者相反,只强调了动态验潮,没有反映 RTK 三维一体化测量新技术。国内其他一些叫法,也大都只突出验潮或无(不)验潮,而忽略了三维定位新技术的其他方面,使得这些命名经不起分析。

从命名的适用范围讲,凡上述含“验潮”的叫法只能用于沿海,对内河(非感潮河段)不存在验潮,其叫法就需要改用“RTK 无水位观测水深测量”了,显然,这就是问题。从标准术语要求来讲,从 1994 年开始,《水运工程测量规范》中对沿海和内河都统一采用了“水位站”、“水位”、“水位观测”等术语,规范中不再使用“验潮站”、“潮位”和“验潮”诸词。这些词只有在沿海水运工程测量和海洋测绘单位及国标《海道测量规范》中使用。而作为既适用于沿海又适应于内河的《规范》术语,就不能使用这些名词了。

国内还有提出“三维 RTK 水深测量”或“RTK 水深测量”命名建议的,这与《规范》叫法比较接近。但是,因为 RTK 本身就是三维定位,所以“RTK”之前不必要再加“三维”这一定语了,而恰恰需要在“RTK”之后加上“三维”限制,以强调取用的是三维坐标成果。因为对于 RTK 的定位成果,可取用三维坐标,也可只取用二维坐标(在高程精度不能满足规范要求时),所以对新模式下的水深测量必须在 RTK 之后加“三维”限制。否则就有可能理解为只取用二维坐标的传统模式下的水深测量了。这样“术语”就失去了特指性。“RTK 水深测量”叫法就属这一种。这次《规范》修订,就是要明确:当测区环境不具备“RTK 三维水深测量”应用条件,大地高精度不能满足规范要求时,采用 RTK 定位技术进行传统模式下的水深测量时,不能叫做“RTK 三维水深测量”,这时只需遵守传统水深测量相关要求。

若上所述,这些叫法都改用“RTK 三维水深测量”,其在相应的文章中所代表的测量方法和内容,不但不受影响,而且都能用此术语的含义准确解释所代表的测量方法的各个环节。这就是此命名(术语)的通用优势。《水运工程测量规范》中之所以要列入这一术语,就是为了统一我国对这一测量方法的命名。

## (2) 命名的科学性和完整性

此命名包括了定位新技术和测深两部分。“RTK 三维”置于这个命名的前半部分,作为水深测量的定语,反映了 RTK 三维新技术引领这种方法。这个命名的科学性,主要体现在它包括了这种测量方法的全部内容及其内容之间的有机、科学联系。即采用实时动态卫星载波相位差分新技术获得平面坐标和大地高程(含深度基准面以上的水位因素,其由已知的卫星天线至水面的高度来决定)三维坐标,同时在系统中央处理器的统一指令下,同步实时采集测船三维姿态和水深数据,由自动化测量软件进行综合数据处理,完成自动化成图。这样,把“RTK 三维”和“水深测量”合为一个名词,已经十分明确地表达了“RTK 三维水深测量”的完整意义,非常科学。

## (3) 命名的前瞻性

这一命名能够适应国内外 GPS 三维定位最新发展形势的需要,具有明显的前瞻性。目前国际上已广泛建立起了三维 GPS 检测网,以满足整体大地测量学的发展和 RTK GPS 接收机三维检测的需要。目前我国也正在发展三维 GPS 检测网,过去的二维 GPS 定位已

逐渐被三维 GPS 测量所代替,RTK 三维概念及三维定位技术正在广泛普及,人们对 RTK 三维概念已基本熟悉,该命名能够体现本规范的先进性和前瞻性。

**2.0.8** 本条中“相邻测深波束脚印”是指测深断面方向上先后发射的相邻波束脚印或相邻测深断面间的相邻测深波束脚印。

**2.0.9 ~ 2.0.11** 各条均为原来术语,基本未作修改,只是根据多波束测深系统和不同测深仪换能器的特点,将换能器“底面”作为静吃水的起算面改为了以换能器“测深起算点”作为静吃水的起算面。以适应各种测深系统的需要。

本节删除了原规范的部分术语,因为这些术语均为大家所熟知。

### 3 基本规定

**3.0.4** 本条中表 3.0.4 的规定是由原规范表 5.1.2 和其他章节综合、简化而来。本表按照测量类别和工程类别或阶段,把测图比例尺按规划及设计(含可行性研究)测量、施工测量(含交工测量)及航道基本测量和检查测量三大类别,分别对应各工程类别或各阶段具体工作项目,对测图比例尺进行了规定。由于竣工测量与交工测量技术要求完全相同,为了简化表格,未单列竣工测量对应的各种比例尺,而把竣工测量的测图比例尺要求列为表注③。这样既简单明了,又能包容所有水运工程测图比例尺。由于测量仪器精度的提高,测量新技术为大比例尺测图提供了可靠的条件,根据工程的需要,对施工图设计、港口工程及其他水工建筑物测图,把比例尺限制范围的上限加大到了 1:200。其他未作修改。

**3.0.5** 本条中,国家规定送检的测量仪器是指独立用于测量观测和记录的光学、电子强制性计量检定仪器及精密丈量工具等,不包括花杆、温度计(专项温度测量除外)、皮尺等一般测量工具。在国家测绘局公布的强检测量仪器目录中有具体仪器名称。工前在测量现场对仪器设备进行校验、比对或校准是测量仪器本身和《水运工程测量质量检验标准》所要求的。对于无法进行现场校准的仪器,例如卫星定位系统,规定了进行现场校验和比对。因为测量仪器有严密的检验方法,可以保证测量成果的可靠性,而且测量本身是一种可自我校核、自我评定成果精度的最具严密性的计量工作。它不像工业制造、加工等不能自我校核的计量方法。测量成果的成对性、观测值的多余性、观测过程中的校核性等特点,使测量工作在仪器未按时送检的情况下,暂时通过现场仪器检验和比对,可保证测量成果的可靠性,所以作此规定。

**3.0.6** 本条是为了保证测量成果质量,防止质量事故。

**3.0.8** 根据水运工程测量的惯例,竣工测量与施工阶段的交工测量技术要求完全相同,为了减少规范篇幅,本规范未单列竣工验收测量一章。同时,为不失规范的完整性,并保证竣工测量成果、工程质量检验及工程验收资料的可靠性和客观性,特增加此条。

**3.0.9.1** “连环涂改”是测绘行业通用术语,是指对测量手簿中的观测读数及由它计算出的结果同时进行相应更改,这样的更改有伪造观测数据之嫌,所以规定了“不得连环涂改”。

**3.0.10** 本款是考虑到《水运工程测量质量检验标准》中“伪造成果”质量一票否决权而定的。这是一个预防和提醒类的规定。

**3.0.12** 由于第 6、8、10、11 都有内业绘图内容,为了避免重复,把原第 11.1 节制图中的一般规定内容全部移入本条各款中。其具体说明如下:

**3.0.12.1** 关于制图投影,为便于直接使用外业测量资料制图,因此本条规定制图投影一般采用高斯—克吕格投影。对于编绘制图,当比例尺小于 1:10000 时,为了便于航行使



用以及成套航道图的拼接,新增加了可以采用墨卡托投影的规定。这里主要考虑了长江口等河口水域航道施工测量竣工图的双重用途,即具有方便提供航道测量用图的作用。

**3.0.12.2** 规划设计测图的图幅推荐采用 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 尺寸分幅。其他测图可以根据测图区域的情况,以方便使用和减少分幅为原则,自由选择图幅的分幅尺寸,但图幅不得小于 $0.34\text{m} \times 0.24\text{m}$ 。

**3.0.12.3** 为了保持狭长制图区域(如:港池、江河航道等)的完整,便于用户使用,这里增加了采用斜方格分幅设计的规定,其图积可视制图区域大小和仪器设备情况自由选择。同一测区常规分幅与斜方格网分幅可以同时采用,但必须保证斜方格网图与其他图幅拼接时有足够的重合点。

**3.0.12.5** 当图内无陆域时,为了表示制图区域与陆域的相对位置,规定了应在适当位置加绘测区位置示意图,该示意图应包含陆域,其位置选择放置在图内空白处或非重要区域。在采用接幅表表示图幅拼接关系时,一般都不绘制示意图。

**3.0.12.7** 表3.0.12中的限差为绘制作业过程中的精度要求,这些要求主要是参照《中国航海图编绘规范》(GB 12320—98)、《1:500 1:1000 1:2000 外业数字测图技术规程》(GB/T 14912—2005)、《沿海港口、航道图编绘规范》(JT 80—94)和《工程测量规范》(GB 50026—2007)等现行标准要求修定的。

**3.0.12.9** 由于水运工程测量涵盖了多个专业,包括各种工程各个阶段的测量工作和基础性航道测量,为了满足港口规划、设计、施工和运营中的安全航行及现代化管理的需要,要求所有测量成图的各种要素有统一的图式符号,而航道基本测量和航道检查测量成图与安全航行和管理的关系更直接、更长远,为防止因符号不同造成矛盾,而影响使用,所以做出此规定。

**3.0.12.12** 本条为保留内容,主要是考虑到目前仍有个别测量单位采用透明聚酯薄膜清绘原图,同时还考虑到用厚 $0.07 \sim 0.1\text{mm}$ 进过热定型的透明聚酯薄膜代替木质或锌皮裱糊的图板,不但精度可以达到要求,而且使用方便,省工省时,并便于携带、保存和复制。

**3.0.12.13** 采用计算机绘图输出成果图时,在不同的环境下采用不同的纸张输出的成果图有较大差异,这里的成果图一般是指使用时不需要在图上进行精确量算的低精度成图,但为了保证绘图质量,规定了相邻格网线间距实际尺寸与理论尺寸之差不应大于图上 $0.2\text{mm}$ 的限差要求。

**3.0.13** 本条是把各章共性的资料整理、归档条款集中放在一起,以减少各章条文及条文说明的重复。此8项是总的要求,在使用中可按此要求,结合各章的具体工作内容进行细分、整理归档,整理的清单和归档目录一般根据具体情况而定。

## 4 平面控制测量

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 本规范平面控制网等级划分是在国家 D、E 级 GPS 级网或 IV 等三角网(导线)等级下,逐级划分为一级、二级和图根三个级别。

**4.1.2** 这是新增条款,主要对首级控制网和加密控制网规定了布网原则。随着科学技术的发展,测量仪器和计算手段都得到了相应提高。因此,做出了平面控制网在保证精度要求的条件下可跨级布设。只要满足工程项目的精度要求即可。

**4.1.3.1** 本款表注的规定,主要是把 1:500 测图及港口工程施工测量对控制测量投影长度变形不大于 25mm/km 的精度要求作为条件,当测区距表 4.1.3 中的相应的投影带中央子午线的距离大于 45km 时,投影变形已大于 1/40000,这时只有采用任意带投影才能满足投影长度变形条件的要求。

**4.1.3.2** 确定坐标系时,必然要考虑投影长度变形。投影长度变形小到一定程度,设计和施工就不必进行长度换算,但投影长度变形限值过小时,必然导致大部分地区不能采用国家统一的坐标系。考虑到我国水运工程施工放样精度不断提高这一现实,以及载波相位差分 GPS 的应用,在保证测区长度投影变形满足要求的条件下,确定投影带宽,建立相应的坐标系,是可以满足大比例尺测图、施工放样和水深测量定位精度要求的。对规划和设计测量、水工建筑物及附属设施施工测量和比例尺不小于 1:1000 的航道、港池、泊位及吹填区施工测量、航道基本测量和航道检查测量,其控制测量长度变形限制为 1/40000;对比例尺小于 1:1000 的航道、港池、泊位及吹填区的施工测量、航道基本测量及检查测量,1:500 的测图很少,所以其投影变形放宽到了 1/20000。

**4.1.4** 这是传统的平面控制测量技术要求,未作修改。虽然目前较少应用,为了满足个别单位和地区的需要,这次修订仍保留了本条规定。

### 4.2 导线测量

#### 4.2.2 导线测量主要技术指标的确定

本规范规定的各级导线测角精度和测边精度均与三角测量、三边测量的测角或测边精度相一致。目前仪器精度是完全可以做到的。在平均边长放宽的情况下,测角精度不变时,方位角闭合差也可以放宽,所以本规范对二级及图根导线的方位角闭合差作了表 4.2.2-1 的调整,尽管同《工程测量规范》(GB 50026—2007)有差异,但能满足水运工程要求。

对于导线总长:以直伸附和导线为例,讨论导线的允许长度。导线最弱点的误差包括

测量误差和起算数据引起的误差。由于起算数据误差对最弱点的影响,目前尚无较好的方法进行估算,本规范按等影响原则,即起算数据对最弱点点位中误差的影响,与测量误差对其影响相同,从而根据最弱点点位中误差的要求,可计算出导线的允许长度,计算公式如下:

$$S = m_p \rho'' T \sqrt{\frac{96n(n+1)}{48(n+1)\rho''^2 + (n+2)(n^2+2n+4)T^2 m_\beta^2}} \quad (4.2.2-1)$$

式中  $S$ ——导线允许长度(m);

$m_p$ ——导线最弱点点位中误差(m);

$\rho''$ ——206265";

$T$ ——测边相对中误差分母;

$n$ ——测边数;

$m_\beta$ ——测角中误差(")。

对于各级导线,分别取值如下:

一级导线: $m_\beta = 5''$ ;  $T = 60000$ ;  $m_p = 0.1\text{m}$ ;

二级导线: $m_\beta = 10''$ ;  $T = 30000$ ;  $m_p = 0.1\text{m}$ ;

图根导线: $m_\beta = 20''$ ;  $T = 10000$ ;  $m_p = 1M \times 10^{-4}\text{m}$ ;

其中  $M$  为测图比例尺分母。

根据导线的边数  $n$  计算得各级导线的允许长度,如表 4.2.2-2 所示。

从表 4.2.2-1 中可见,导线边数不超过 10 条时,一级导线的总长为 10169m,二级导线总长为 5084m,其平均边长分别为 1km 和 0.5km。平均边长较短时,导线的允许长度亦相应地缩短。因此本规范规定:一级导线的平均长度为 500m 时,其导线总长为 8000m。当二级导线的平均长度为 400m 时,导线总长为 4000m。

边数为 10 的各级导线总长度

表 4.2.2-1

等级	$S(\text{m})$ $n$					
		4	6	8	10	12
一级导线		10774	10925	10613	10169	9710
二级导线		5387	5462	5306	5084	4855
图根导线		2.2M	2.4M	2.4M	2.3M	2.3M

注:① $S$ —导线总长度;

② $n$ —导线边数。

相对闭合差:导线相对闭合差是用经过角度闭合差调整后的观测值计算得出的,闭合差中包括测量误差和起算数据误差,取其起算数据误差为  $2m_p$ 。

则导线闭合端点的点位中误差可采用下式计算:

$$m_z = S \sqrt{\frac{1}{nT^2} + \frac{(n+1)(n+2)}{12m_p \rho''} m_\beta^2 + \left(\frac{2m_p}{S}\right)^2} \quad (4.2.2-2)$$

式中  $m_z$ ——端点点位中误差(m)。

取导线边  $n = 10$ , 则允许相对闭合差如表 4.2.2-2 所示。

导线的允许相对闭合差

表 4.2.2-2

导线等级	导线总长(m)	最弱点点位中误差(m)	端点点位中误差(m)	估算相对闭合差	2倍相对闭合差	采用的允许相对闭合差
一级	10000	0.1	0.296	1/33873	1/16891	1/20000
二级	5000	0.1	0.296	1/16891	1/8445	1/10000
图根	2M	$1M \times 10^{-4}$	$2.55M \times 10^{-4}$	1/7843	1/3921	1/5000

实践证明,采用高精度的全站仪、电磁波测距仪和测角仪器,用较完善的观测方法,测距精度很高,往往横向精度是影响导线精度的主要因素,若在导线中部联测高级方向作为方位角校核和控制,可以大大提高导线的精度。因而,规定了在这种情况下,导线的平均边长和总长可适当放宽,最大不应超过表 4.2.2-1 的规定 2 倍。

**4.2.3.3** 测站观测方向多于 6 个需进行分组观测时,若设测角中误差为  $m_\beta$ ,则二次观测同一角度之差的中误差为  $\sqrt{2}m_\beta$ ,其极限误差为  $2\sqrt{2}m_\beta$ 。考虑到分组观测时,外界条件基本相同,两次观测之间通常不重新整平对中仪器,因此以  $2m_\beta$  作为分组观测同一角度的极限误差。

**4.2.3.5** 分别观测导线前进方向的左、右角,目的是平均配赋水平角观测误差以抗拒导线在方位上产生系统偏差,实践证明该观测处理是有效的。

**4.2.4** 一般测量规范将水平角观测列在三角测量的内容中,但随着电磁波测距技术的发展,导线测量方法被越来越多的测图单位所采用,为了方便使用,本规范把经纬仪测角的有关规定全部列入本节。其他有关测角可参见本节。

**4.2.6** 本条规定了距离测量方法。虽然钢尺量距导线在实际工作中使用越来越少,但还是存在的,所以本规范也保留了原则规定。

**4.2.7** 电磁波测距是指具有电磁波测距功能的所有仪器进行的距离测量,包括激光测距仪、红外测距仪等。

与原规范相比,本条只对个别边长观测单程测回互差作了调整,使之与现行国家标准《工程测量规范》(GB 50026—2007)相一致。并对电磁波测距和钢尺量距的温度、气象改正等规定进行了整合,其他具体指标未作修改。

**4.2.10** 本条注②已对垂直角各测回互差作了规定,所以正文对两端点高程精度可不必再提出要求。在垂直角精度限定的情况下,用三丝法观测垂直角,测回数减少一半是可以满足精度要求的。

### 4.3 三角测量和三边测量

**4.3.1** 三角网较理想的图形是各三角形为等边三角形,当三角形的内角较小时,其对应边的边长传递误差则较大,同时,当三角形某个内角太大时,必然导致其他两个内角较小,因此,组成三角网的各三角形的内角应在  $30^\circ \sim 120^\circ$  之间。对于三边网而言,其较理想的图形是各边长均基本相等,因为在构成三角形的三边中,如果某边较长,与其相对应的角

度计算误差则较大,亦即方位角的传递误差较大。若某条边较短,则另两条边必然较长。

三角形中由观测边长计算角度时,其角度中误差的计算公式为:

$$m_{\gamma} = \pm \rho'' \sqrt{(\cot \alpha + \cot \beta)^2 \left(\frac{m_{D_c}}{D_c}\right)^2 + \cot^2 \alpha \left(\frac{m_{D_b}}{D_b}\right)^2 + \cot^2 \beta \left(\frac{m_{D_a}}{D_a}\right)^2} \quad (4.3.1-1)$$

式中  $m_{\gamma}$ ——由观测边长计算角度的中误差;  
 $\rho''$ ——206265";  
 $\alpha, \beta$ ——观测边相应的三角形内角;

$\left(\frac{m_{D_c}}{D_c}\right), \left(\frac{m_{D_b}}{D_b}\right), \left(\frac{m_{D_a}}{D_a}\right)$ ——观测边相对中误差。

取各边观测的相对精度均为  $\left(\frac{m_D}{D}\right)$ , 且当  $\alpha = \beta$  时, 角度中误差可采用下式计算:

$$m_{\gamma} = \rho'' \sqrt{6} \tan \frac{\gamma}{2} \cdot \frac{m_D}{D} \quad (4.3.1-2)$$

分别取  $\frac{m_D}{D}$  为 1/60000 和 1/30000, 按其另一内角  $\gamma$  的大小计算出  $m_{\gamma}$ , 见表 4.3.1。

等腰三角形由测距误差引起的角度误差 表 4.3.1

$\frac{m_D}{D}$ \ $\gamma$	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$\frac{1}{60000}$	2.26	3.06	3.93	4.86	5.90	7.07	8.42	10.0	12.0	14.6
$\frac{1}{30000}$	4.51	6.13	7.85	9.72	11.80	14.10	16.8	20.1	24.1	29.2

由此可见, 当  $\gamma$  较大时,  $m_{\gamma}$  也随之较大, 因此在三边网中, 应尽量避免较大角度的出现, 当  $\gamma$  大于  $100^\circ$  时,  $m_{\gamma}$  值已超过相应等级测角中误差的 2 倍, 所以规定了在三边网中, 当三角形的内角大于  $100^\circ$ , 宜用经纬仪按相应等级的测角精度观测其角度。

**4.3.2** 增加了表 4.3.2-2, 将原规范中有关对边长的技术要求纳入该表。本条的主要技术指标是根据分级布网, 逐级控制的原则以及本规范 4.1.4 条的规定确定的。

平均边长:

在港口航道测量中, 各级小三角点的加密可采用插网(锁)和插点的形式, 因此各级小三角的平均边长可按式确定:

$$D = \frac{D_0}{3} \approx 0.5 D_0 \quad (4.3.2-1)$$

式中  $D$ ——低一级控制网的平均边长(m);

$D_0$ ——高一级控制网的平均边长(m)。

取国家四等网的平均边长为 4000m, 即可由公式(4.3.2.1)计算得加密三角网(锁)的平均边长。

起算边及最弱边的相对中误差:

根据分级布网,逐级控制的原则,高一级控制网的各点均可作为低一级控制网的起算点。因此,高一级控制网最弱边的两个相邻点,可能成为低一级控制网的起算点。从最不利的情况出发,本规范规定,各级控制网起始边的精度不能低于高一等级控制网最弱边的精度,最弱边的相对中误差的计算公式为:

$$\frac{1}{T} = \frac{m_D}{D} \quad (4.3.2-2)$$

式中  $T$ ——相对中误差分母;

$D$ ——平均边长(m);

$m_D$ ——最弱边边长中误差,根据4.1.4条的规定,其值为0.1m。

**4.3.3** 单三角锁两端均有起算边时,若三角锁两端图形对称,并且三角形图形强度相等时,三角形的个数  $n$  的计算公式为:

$$n = \frac{6 \times 0.434^2 \times 10^{12}}{m_\beta^2 \cdot R} \cdot \left( \frac{m_D}{D} \right)^2 \quad (4.3.3-1)$$

式中  $n$ ——三角形的个数;

$R$ ——三角形的图形强度;

$m_\beta$ ——测角中误差(")。

实际布网中,常遇到的一种典型图形是内角分别为45°、60°、75°的三角形,以其中任意两个角作为传距角,计算出的  $R$  值分别为2.5、6.0、8.5,以平均值为6,得单三角锁的三角形个数  $n = 18.8$ 。

三边网两端均有起算点时,其相对点位中误差的计算公式为:

$$m_p^2 = m_D^2 + \left( \frac{m_T}{\rho''} \right)^2 \cdot D^2 \quad (4.3.3-2)$$

式中  $m_p$ ——相对点位误差;

$m_D$ ——边长中误差(m);

$m_T$ ——边的方位角中误差(");

$D$ ——边长(m);

$\rho''$ ——206265"。

三边网两端图形基本对称时,方位角中误差  $m_T$  可按三角锁方位角中误差的估算公式进行估算。三边网三角形的个数一般用下式确定:

$$n = \frac{6\rho^{-2}}{m_\alpha} \left[ \left( \frac{m_p}{D} \right)^2 - \left( \frac{m_D}{D} \right)^2 \right] \quad (4.3.3-3)$$

式中  $m_\alpha$ ——三角形方位传递角的角度中误差平方和的平均值。

由于三边网的各三角形内角为30°~100°(因为大于100°时,一般采用经纬仪测角),式(4.3.3-3)中的  $m_\alpha$  可用表4.3.2-1所列各角度中误差平方和的平均值来代替,由此计算得各级三边网的三角形个数均为15。

对于线形三角锁的最弱边的估算,其公式较复杂,一般认为,采用线形三角锁作为加密控制时,各三角形的图形强度系数之和不宜大于60。按三角形的平均图形强度系数等

于6计算,则线形三角锁的三角形个数不宜大于10。

**4.3.6** 采用交会插点进行加密控制时,交会点的坐标由两组观测值分别计算,取平均值作为点位坐标,当两组观测值相互独立时,由于交会点各方向的误差比较均匀,可认为交会点的横、纵坐标中误差相等,即:

$$m_x = m_y = M_p / \sqrt{2} \quad (4.3.6-1)$$

式中  $m_x$ 、 $m_y$ ——纵、横坐标中误差;

$M_p$ ——相对点位中误差。

所以有两组观测值计算出坐标互差的中误差为:

$$m_d = \sqrt{2}m_x = \sqrt{2}m_y \quad (4.3.6-2)$$

式中  $m_d$ ——坐标互差的中误差。

将式(4.3.6-1)代入式(4.3.6-2),可知  $m_d = M_p$ ,取其极限误差作为坐标互差限值,即得:

$$\Delta d = 2M_p \quad (4.3.6-3)$$

式中  $\Delta d$ ——坐标互差限值。

公式(4.3.6-3)就是本条规定的依据。

## 4.4 GPS 测量

**4.4.1** 本条在原《规范》表3.5.1的基础上,依据《工程测量规范》(GB 50026—2007)有关要求,增加了约束点间的边长相对中误差和约束平差后最弱边相对中误差以及对平均边长的要求。表4.4.1中图根GPS点的精度不按照固定误差和比例误差推算,而是以图上误差尺寸规定基线端点相对点位中误差,有利于图根GPS测量实施和精度考核。

**4.4.2 ~ 4.4.3** 这部分内容主要是参考了现行测绘行业标准《全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范》(CH/T 2009—2010)的相关规定进行补充的。

**4.4.4.1** 为了保证预期测量成果质量,提高工作效率,增加了对规模较大的工作项目应编制作业计划的要求。

**4.4.4.2** GPS测量提供的是WGS—84坐标系中的坐标,为了进行坐标转换,在平面上需求出平移参数和旋转参数,因GPS测量的尺度与地方坐标系的尺度常有差别,因此还需求出尺度转换参数。为此,需要有三个GPS点(其中一个为校核点),其地方坐标是已知的,要求已知点分布在测区中是为了保证转换参数求解的质量。在条件允许的情况下以第3个已知点与待定点构成闭合环,以检核成果精度。

**4.4.4.3** GPS测量精度高、速度快,宜直接布成全面网。由于GPS测量是测定待定点之间的坐标增量,只要精度满足要求也可以不布设网形。但为了有检核,保证成果的可靠性,需要有一定数量的多余观测,多余观测越多,发现粗差的能力越大,成果越可靠,多余观测尽量均匀地分布在网中,为了保证质量、控制成本,条文中规定了各级控制网闭合环的边数。GPS网的图形布设通常有点连式、边连式、网连式及边点混合连接四种基本方式。选择什么样的网,取决于工程所要求的精度、野外条件和GPS接收机台数等因素。

**4.4.5.1** 在选择 GPS 点时,要保证 GPS 卫星发出的微弱信号能够被正常稳定接收,要避开高压线、变电器、雷达等大功率无线电发射源的干扰,但避开的距离,不同的规范,有不同的规定。有的为 300m,有的为 1000m。在实际工作中不能一概而论,避开的效果应以实际观测效果来定,不能机械地用距离来定。有时实在不能避开这些干扰源,也可以在这些干扰源不工作的时候进行观测。因此这里对避开的距离未作具体规定。由于 GPS 信号是直线传播,所以在卫星天线和卫星之间不要有阻挡,实在避不开时,也要保证观测期间至少同时有 4 颗卫星工作。对于大面积水域和易反射信号的物体应避开,以避免产生多路径效应。

**4.4.5.2** 由于利用 GPS 发展控制点十分方便,除非有特殊的用途或直接用来测地形,在 DGPS 测量实践中,尤其对等级高的 GPS 网,一般不要求点间通视。但对于需要通视而设的方位点的要求,这里予以保留。规定 GPS 点和方位点之间的距离不小于 300m,主要是为了在利用常规方法发展新点时,可提高光学仪器观测的精度。

**4.4.5.3** 绘制点之记是为了存档和使用方便;绘制环视图是为了在数据后处理时对卫星信号进行分析。对于大部分 GPS 点,绘制环视图是没有必要的。因此,在这里规定:只有当点周围地平仰角  $15^\circ$  以上有障碍物或大面积水域时,才绘制环视图。

**4.4.7.2** GPS 接收机天线的相位中心和点位标志中心的中误差,按照《海道测量规范》(GB 12327—1998)的要求,分等级进行了修改,即一、二级点不得超过 2mm,图根点不得超过 3mm。当卫星信号受遮挡或控制点上安装仪器有困难时,可以采用偏心观测,但现场必须测偏心元素,进行偏心改正。

**4.4.7.3** 测前、测后量取天线高主要是为了防止在土质松软地区仪器下沉对观测精度的影响。采用斜距方式量取天线高时,应在天线的不同方向(相隔  $120^\circ$ )量取。

**4.4.7.5** 本条规定主要考虑的是保证 GPS 观测期间时段长度、数据的有效性和连续性,同时也要排除一切干扰,提醒操作人员要加强责任心,避免返工重测。

**4.4.7.7** 观测即将结束时,核实天线位置、技术参数和数据量,是操作人员需要养成的习惯,有时一个误操作可能导致不记录数据或不按照规定记录数据。随时检查数据质量和数量,可以保证观测数据的质量。及时备份外业观测数据,可避免丢失和破坏。

**4.4.8~4.4.9** 在常规 GPS 静态平面控制测量对 GPS 接收机观测要求的基础上,增加了 RTK 测量基准站和流动站观测技术要求。

RTK 测量的必要条件是基准站的数据能够准确及时地传送给流动站,即数据链的通讯必须满足一定要求。数据链的传输有很多方式,可以采用卫星通讯、微波通讯、短波通讯、高频通讯、GPRS、CDMA 等等,卫星通讯也可视为卫星广域差分,其平面定位精度很高,但高程确定精度很低,民用的广域差分一般不能用于高程测量。微波和短波通信在理论上不受建筑物、高山等地形影响,但其受到大气电离层和气象变化影响严重,受干扰强,易引起通信失真,导致数据传输失败,且微、短波的通信实物结构要求严格而且复杂,并且具有较强的方向性,在狭窄并且多方向运动的船只装载并不理想,因而被弃用。而 GPRS、CDMA、高频通信等都属于同一类的高频传播,虽然通信简单,安装方便,但其数据链的传播受地形的影响严重,假设在没有突出的高山和建筑物的遮挡,其传播的距离仍然



受到地球曲率的限制,它与基准站和流动站的天线高度有关,一般可根据下式计算和设计天线高度:

$$D=4.12(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}) \tag{4.4.8-1}$$

式中  $D$ ——基准站电磁波传输有效距离(km);  
 $h_1、h_2$ ——基准站和流动站天线高出电磁波传播区域地面的高度(m)。

假设流动站天线高度为海面上3m,要达到30km的有效传输,需要将基准站天线架设在地面上28.6m处。然而,电磁波的传播不仅仅受地形的影响,还受到电磁波能量损失的限制,实践证明,发射能量同传输的距离、效果和气象条件都是相关的。有研究给出电磁波在自由空间下电波传播的损耗可以通过下式计算:

$$L_{os}=32.44+20(\lg D+\lg f) \tag{4.4.8-2}$$

式中  $L_{os}$ ——传播损耗(dB);  
 $D$ ——传播距离(km);  
 $f$ ——工作频率(MHz)。

从该计算公式可以发现,信号传播能损与传播距离成正增长关系,传播能量随传播距离增加而减小。另外,该计算公式只是理想状况下的传输距离,实际电磁波在大气中传播能耗会加大,这是因为无线通信要受到各种外界因素的影响,如大气、阻挡物、多路径等造成额外损耗,有研究表明,当传输损耗每增加6dB,传送距离可减小一倍,这是我们不能忽视的问题。

但高频传输以其方便简单、可靠性高的特点深受欢迎。目前在实际应用中RTK测量使用的电台种类较多,通讯距离也有差异,表4.4.8是几个单位测试数据链有效长度的实验结果:

国内部分地区的RTK数据链长度 表 4.4.8

测试地区	功率(W)	基站高(m)	有效距离(km)
天津(海上)	25	18	24
天津(陆地)	35	88	40
天津(海上)	4	88	40
上海(海上)	4/35	15	27
天津(陆地)	25	21.5	21.5

4.5 内业处理

本节内容变动较大。将原规范“第3.6节资料整理”改为本节的名称;将原规范第3.5.6条测量数据处理的内容移入本节;增加了RTK测量的数据处理成果检核要求等。

4.5.5.1 数据处理一般在外业测量成果经过分析检查后进行。如果外业数据比较可靠,一般采取软件自动处理的方法就可以得到满意的结果。如果某颗卫星状态不好,不参加运算,或强制设定一些技术指标、参数,通常采用人工干预的方法,以便获得更好的计算结果。

**4.5.5.2** 根据《海道测量规范》(GB 12327—1998)的规定,对外业数据质量检核的内容作了规定。

**4.5.5.5** 阐明了平差所在的坐标系。由于 GPS 使用的是 WGS-84 坐标系,而我们测图使用的是 2000 国家大地坐标系、1954 年北京坐标系或者 1980 年西安参心坐标系,有时还要使用当地的地方坐标系,因此坐标系统之间的转换是经常发生的。因为水运工程测量测区范围一般都比较小,如果采用全国范围或者跨省、市地区范围的坐标转换参数,在工程中可能引起较大的转换误差,所以一般都采用局部拟合的坐标转换参数。但不管转换参数如何得到,都应进行检核。

**4.5.5.6** 由于 RTK 测量的数据处理主要是基准站和流动站间的单基线处理,而基准站和流动站的观测数据质量及无线电信号的传播质量对测量精度的影响极大;再者,与静态、快速静态 GPS 测量相比较,RTK 平面控制测量无足够的几何检核条件。因此,规定了用 RTK 测量的平面控制测量成果应利用其他测量手段进行不少于 10% 的校核。并参考《全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范》(CH/T 2009—2010)规定了 RTK 平面控制点精度检测技术要求。

**4.5.5.7** 这里规定了 GPS 网平差软件应输出的信息内容,它可作为检验平差软件的依据。

## 5 高程控制测量

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 由于水运工程主要用到三、四等及其以下高程控制测量,所以本规范只对三、四等及其以下等级高程测量作了规定。实践证明:目前我国电磁波测距三角高程测量、GPS 高程测量精度均可达到四等水准的精度要求。

**5.1.2** 高程控制网的基本精度是根据水运工程勘察设计、施工要求以及目前测量的技术水平和设备条件确定的。在水运工程的设计和施工中,以港口的铁路、自流排水技术有关的设计与施工队高程控制的精度要求为最高,其设计坡度要求在 1‰ 左右,即每公里设计高差为 1m。取测量误差为 1/10,即 0.1m,测量起算点的精度按测量误差的 1/2 计算,即 50mm。在水运工程测量中,测图最大比例尺一般为 1:500,等高距为 0.5m,一般认为测点的高程中误差取等高距的 1/10,即  $\pm 50\text{mm}$  已可满足测图要求。由于测站点的高程中误差包括起算控制点高程中误差  $m_0$  和引测时测量中误差  $m_1$  两部分,若取控制点高程中误差为测量中误差的 1/2,  $m_0 = m_{1/2}$ ,则测站点的高程中误差  $m_c$  为  $\sqrt{5}m_0$ ,由此可得  $m_0 = \pm 22\text{mm}$ 。

在规定高程控制网的基本精度要求时,对于三、四等高程控制网,可从长远和全局出发,从严规定,要求控制网的最弱点的高程中误差不应大于 20mm,根据多年的实践,对困难地区的内河航道测量,要保证 20 mm 的最弱点高程精度有一定困难,所以规定:若以四等水准作为测区首级高程控制时,最弱点高程中误差应为  $\pm 30\text{mm}$ 。而对于图根高程网,考虑到比例尺小于 1:5000 的测图一般不用于施工放样。因此,尽管各工程的测图比例尺不同,对图根点高程精度的要求都应从测图要求出发,即应小于测图的 1/10 基本等高距。对于采用图根高程作为首级控制的测区,其范围往往较小,因此,应适当提高对图根点的精度要求。

### 5.2 水准测量

**5.2.2** 因为附和水准和闭合水准有已知高差作为检查条件,所以可采用变动仪器高的方法代替往返观测,而支水准路线不具备上述检查条件,所以不宜采用变动仪器高的方法代替往返观测。虽然每站都变动仪器高,每站本身高差附和,若观测过程搬站时尺垫移动,站与站间的高差可能存在差错而不能发现,最后没有附和或闭合条件检查,故支水准路线不宜采用变动仪器高方法。

#### 5.2.3 水准测量的技术要求

表 5.2.3 中每千米高差中误差的规定引自国标《工程测量规范》(GB 50026—2007)。

对线路长度的规定主要考虑到:在水准测量中,水准网最弱点高程中误差主要取决于水准测量的观察中误差,若每千米高差全中误差为  $M_w$ ,对于单一水准线路,最弱点高程中误差计算公式为:

$$M = \pm M_w \sqrt{L} \quad (5.2.3-1)$$

式中  $M$ ——最弱点的高程中误差(mm);

$M_w$ ——每千米高差全中误差(mm);

$L$ ——水准路线长度(km)。

当两端均有起算点时,最弱点的高程经取中值后,其中误差计算公式为:

$$M = \pm \frac{1}{2} \times M_w \sqrt{L} \quad (5.2.3-2)$$

水准路线长度估算公式为:

$$L = \left( \frac{2M}{M_w} \right)^2 \quad (5.2.3-3)$$

当往返测时,其路线长度按 $\sqrt{2}$ 倍计算。在内河航道测量中,观测线路一般较长,因此,注③规定对于作业困难的内河航道测量,四等水准路线长度为50km,但要求往返观测。

附和或环线闭合差的中误差  $M_w \sqrt{R}$ ,取2倍中误差作为限差,则闭合差的限差为  $2M_w \sqrt{R}$ 。由此可求得正文中表5.2.3中所列指标。支线路的往返测互差也是由此求得。

表5.2.3中增加了山区水准测量附和或环线闭合差、往返侧互差的技术指标。为与《工程测量规范》(GB 50026—2007)一致,对于山区水准测量,因视距长短不一,测站数远比平原地段要多,所以按与测站数的平方根成正比的标准确定其精度指标。

在检测已测测段时,其检测精度一般与原来的施测精度相同,若每次观测的每公里高差全中误差为  $M_w$ ,则两次观测的高差的中误差为  $\sqrt{2}M_w \sqrt{L}$  ( $L$ 为测段长度),故检测已测测段高差之差的限差可由下式求得:

$$m_{\Delta h} = 2 \sqrt{2} M_w \sqrt{L} \quad (5.2.3-4)$$

式中  $m_{\Delta h}$ ——检测已测测段高差之差的限差(mm)。

用上式即可根据每公里高差全中误差  $M_w$  计算出正文表5.2.3的有关指标。

支水准路线水准测量不应采用变动仪器高法代替往返测的规定,是为了防止搬站时尺垫发生移位而造成人为误差时,支水准无法校核。

#### 5.2.4 测站观测的主要技术要求

测站视距差和累计视距差:

由于水准仪的  $i$  角不大于  $20''$ ,则测站前,后视距不等所引起的  $i$  角误差为:

$$m_i = \pm \frac{i}{\rho''} \Delta D \quad (5.2.4-1)$$

式中  $m_i$ —— $i$  角误差(mm);

$i$ —— $i$  角值(");

$\Delta D$ ——测站前、后视距差;

$\rho''$ ——206265"。

$m_i = \frac{1}{5}m_h$  时,可以认为  $m_i$  对测站观测中误差的影响可忽略不计,则有:

$$\Delta D = \frac{m_i}{i} \rho'' = \frac{m_b}{5i} \rho'' \quad (5.2.4-2)$$

式中  $m_b$ ——测站观测中误差(mm)。

令  $\Delta D \geq 2.06m_h$ ,取 2 倍的  $\Delta D$  作为前后视距累计值的允许值,则按式(5.2.4-2)计算得各级测站前、后视距及其累计差如表 5.2.4-1 所示。

视距差及累计视距差

表 5.2.4-1

等级	$m_b$ (mm)	$\Delta D$		$\Sigma \Delta D$	
		计算值	采用值	计算值	采用值
三等	1.5	3.09	3.0	6.18	6.0
四等	2.0	4.12	5.0	8.74	10.0
图根	3.5	7.21	大致相同	14.42	—

一测站各项限差的规定:

水准仪照准水准尺一次的观测误差包括仪器的照准误差,水准气泡符合误差,水准尺分划误差,读数凑整数误差等,即:

$$m_1 = \pm \sqrt{m_2^2 + m_3^2 + m_4^2 + m_5^2} \quad (5.2.4-3)$$

式中  $m_1$ ——水准仪照准水准尺一次的观测中误差(mm);

$m_2$ ——照准误差,其值为  $\pm \frac{30 \cdot D}{V_\rho}$ ,  $D$  为视距,  $V$  为望远镜放大率;

$m_3$ ——水准气泡符合误差,其值为  $\pm \frac{0.05 \cdot i \cdot D}{\rho''}$ ,  $i$  为水准仪的灵敏度(");

$m_4$ ——水准尺分划误差,三、四等取值为 0.33mm,图根取值为 0.5mm;

$m_5$ ——读数凑整误差,三、四等取值为 0.5mm,图根取值为 1mm。

由于一测站高差等于红黑面高差的平均值,因此,一测站红、黑面读数之差的中误差为  $\sqrt{2}m_1$ ,红黑面读数高差之差的中误差为  $2m_1$ ,红黑面高差取平均值的中误差为  $m_1$ ,考虑到外界条件的变化及地球物质分布的不同等影响,取一测站高差观测中的 2 倍作为测站观测中误差,即  $m_h = 2m_1$ 。

根据各类型水准仪的  $V \cdot i$  值及各等级水准的最大视距长度  $D$ ,由式(5.2.4-3)可计算出一测站的各项限差如表 5.2.4-2 和表 5.2.4-3 所示。

测站高差观测中误差

表 5.2.4-2

等级	仪器 型号	最大视距 (m)	望远镜放大率 $V$	水准仪灵敏度 $i$ (")	$m_1$		$m_h$	
					计算值	取用值	计算值	取用值
三等	DS <sub>1</sub>	100	40	10	0.74	0.75	1.48	1.50
	DS <sub>3</sub>	75	30	20	0.79	0.75	1.58	1.50

续表 5.2.4-2

等级	仪器 型号	最大视距 (m)	望远镜放大率 <i>V</i>	水准仪灵敏度 <i>i</i> (″)	<i>m</i> <sub>1</sub>		<i>m</i> <sub>h</sub>	
					计算值	取用值	计算值	取用值
四等	DS <sub>3</sub>	100	30	20	1.03	1.00	2.06	2.0
图根	DS <sub>3</sub>	150	30	20	1.52	1.60	3.04	3.5
	DS <sub>10</sub>	100	25	30	1.79	1.6	3.58	3.5

一测站各项观测限差 表 5.2.4-3

等级	红黑面读数之差的限差(mm)		红黑面高差互差的限差(mm)		间歇前后高差之差(mm)	
	计算值	取用值	计算值	取用值	计算值	取用值
三等	2.1	2.0	3.0	3.0	4.2	3.0
四等	2.8	3.0	4.0	4.0	5.7	5.0
图根	4.5	4.0	6.0	6.0	9.9	6.0

5.2.6 测站在间歇前后两次观测所得高差之差的中误差为一测站观测中误差的 *m<sub>h</sub>* 的  $\sqrt{2}$  倍,根据不同等级 *m<sub>h</sub>* 计算出间歇前后两次观测高差之差的限值,如表 5.2.4-3,表中规范的取用值偏小,主要是由于间歇时,各间歇点的距离较近,测站的视距很短,故 *m<sub>h</sub>* 应相应减小。

5.3 三角高程测量

5.3.1 随着电磁波测距仪的普及应用,近年来积累了不少用电磁波测距三角高程代替四等水准的经验,在一定条件下,用电磁波测距三角高程可以达到四等水准精度要求。

5.3.2 在三角高程测量中,大气折光系数对观测结果影响很大。观测视线离地面较高时,大气折光系数比较稳定,其影响在对向观测中基本上可以消除;但当观测视线离地面较近时,由于受到地面热辐射影响,大气折光系数变化很大。因此,这时对向观测的时间间隔应尽可能缩短。

5.3.3 在三角高程测量中,通常用对向观测高差互差进行测站检查,但用电磁波测距三角高程代替四等水准时,观测视线往往离地面较近,大气折光系数变化较大,这是单纯的用对向观测高差互差作为测站检查,将难以发现观测结果中较小的粗差。

根据三角高程计算公式:

$$h = S\sin\alpha + I - V + \frac{1 - K}{2R}S^2$$

(5.3.3-1)

式中 *S*——测站至棱镜站间的斜距(m);  
 $\alpha$ ——垂直角(° ′ ″);  
*I*——仪器高(m);  
*V*——棱镜高(m);  
*R*——地球曲率半径(m);  
*K*——大气折光系数。

在计算高差时,若大气折光系数取值不适当,对高差的影响为:

$$\Delta h_k = \frac{\Delta K}{2R} S^2 \quad (5.3.3-2)$$

式中  $\Delta K$ ——大气折光系数的取用值  $K'$  与实际值  $K$  之差。

对对向观测高差互差的影响则为  $\frac{\Delta K}{2R} S^2$ 。有资料表明,观测视线离地面较近时,在一天之内大气折光系数的变化量可达 0.6,取  $\Delta K = \pm 0.3$ ,  $R = 6370\text{km}$ ,  $S = 1\text{km}$ ,  $2\Delta h_k = \pm 47\text{mm}$ 。这说明,假设观测中没有误差时,用对向观测高差互差进行检查可能误认为观测结果中存在粗差;另一方面也说明,单纯用对向观测高差互差将难以发现观测结果中较小的粗差。为此,本规范规定,用电磁波三角高程代替四等水准时,每测站应变动仪器高或棱镜高。

需要说明的是:采用变动仪器高进行测站检查后,对向观测高差互差仍具有一定的检验作用。在实际工作中,通常是采用一个测区的平均折光系数来计算测站高差的。当对向观测互差较大时,说明该测区的折光系数变化范围较大,不宜采用三角高程代替四等水准的方法。

**5.3.4** 采用三角高程测量进行图根高程控制,为了保证高程网的精度,高程网中应有一定数量的高级水准点作为起算点,其密度应保证各平面控制点的高程中误差不超过测图基本等高距的 1/10。现以单一附和导线的三角高程来推导高程起算点的密度。

单一符合导线其最弱点高程(位于附和导线中央)的中误差计算公式:

$$m_p = \frac{m_h}{2\sqrt{S}} \sqrt{L} \quad (5.3.4-1)$$

式中  $m_p$ ——最弱点高程中误差(mm);

$m_h$ ——高差观测中误差(mm);

$S$ ——每测站平均边长(km);

$L$ ——路线总长(km)。

根据统计资料三角高程测量平均精度与边长  $S$  (km) 的关系式为  $m_h = 0.02S$ , 则  $L$  的计算式为:

$$L = \frac{4Sm_p^2}{m_h^2} \quad (5.3.4-2)$$

当  $S = 1\text{km}$ , 测图基本等高距为 0.5m 时,  $m_p = 0.05\text{m}$ , 则  $L = 25\text{km}$ 。

当  $S = 4\text{km}$ , 测图基本等高距为 2m 时,  $m_p = 0.2\text{m}$ , 则  $L = 100\text{km}$ 。

本规范中  $L$  取值分别为 16km 和 40km。

### 5.3.5 垂直角观测的主要技术要求

一测回垂直角观测中误差:

垂直角观测中误差可按下式估算:

$$m_\alpha = \sqrt{m_z^2 + m_L^2} \quad (5.3.5-1)$$

式中  $m_\alpha$ ——垂直角观测中误差;

$m_z$ ——照准误差;

$m_L$ ——经纬仪水准管气泡的居中误差。

2"级经纬仪照准一次的内符合精度为 $\pm 2''$ ,6"级经纬仪照准一次的内符合精度为 $\pm 4''$ ,而在外界条件的影响下,据水平角观测的统计资料说明其测角中误差为其内符合精度的误差值的2~3倍,在此取2.5倍,则一测回照准目标二次的照准误差为:

2"级经纬仪  $m_z = \pm \frac{2.5 \times 2''}{\sqrt{2}} = \pm 3.54''$ ;

6"级经纬仪  $m_z = \pm \frac{2.5 \times 4''}{\sqrt{2}} = \pm 7.08''$ 。

2"级经纬仪竖盘水准管格值为 $20''/2\text{mm}$ ,6"级经纬仪为 $30''/2\text{mm}$ ,若气泡居中误差精度为0.2格值,则盘左、盘右两次气泡居中的误差为:

2"级经纬仪  $m_1 = \pm \frac{0.2 \times 20''}{\sqrt{2}} = \pm 2.83''$ ;

6"级经纬仪  $m_1 = \pm \frac{0.2 \times 30''}{\sqrt{2}} = \pm 4.24''$ 。

所以,一测回垂直角的观测中误差为:

2"级经纬仪  $m_\alpha = \pm 4.53''$ 取 $5''$ ;

6"级经纬仪  $m_\alpha = \pm 8.25''$ 取 $10''$ 。

垂直角测回数:

在对向观测中,对向观测高差误差为

$$m_h = \sqrt{\frac{1}{2}(S \cdot \cos\alpha)^2 \left(\frac{m_\alpha}{\rho}\right)^2 + \sin^2\alpha m_s^2 + m_1^2 + m_v^2} \tag{5.3.5-2}$$

式中  $m_\alpha$ ——垂直角测角中误差(″);

$m_s$ ——测距中误差(mm);

$m_1$ ——仪器高测量误差(mm);

$m_v$ ——觇标(棱镜)高测量误差(mm)。

则垂直角的观测中误差为:

$$m_\alpha = \pm \frac{\rho''}{S \cos\alpha} \sqrt{2m_h^2 - \sin^2\alpha m_s^2 - m_1^2 - m_v^2} \tag{5.3.5-3}$$

由式(5.3.5-3)可知, $S$ 越大,则要求 $m_\alpha$ 的精度越高。因此,用三角高程代替四等水准时,边长应控制在1km以内。若取 $\alpha = 5^\circ$ , $m_1 = m_v = 2\text{mm}$ , $S$ 边长由测距仪观测时,

$m_s = \frac{S}{5000}$ ,则由式(5.3.5-3)得垂直角的观测中误差如表5.3.5所示。

垂直角观测精度

表 5.3.5

等级	边长(m)	$m_h$ (mm)	$m_s$ (mm)	$m_\alpha$ (″)
四等	1000	10	20	2.8
图根	1000	20	200	4.5
	2000	28	200	3.6



由表 5.3.5 所确定的各等级垂直角的观测精度及各类型经纬仪一测回的测角精度,则可确定各等级三角高程垂直角的测回数。

变动仪器高或棱镜高前后高差互差:

在测站观测时,由于变动仪器高或棱镜高前后两次观测时间很短,仪器高或棱镜高变化范围不大,可以认为两次观测的距离值和大气折光系数大致相等,由公式(5.3.3-1)可知两侧观测的高差之差为:

$$\Delta h = S(\sin\alpha_1 - \sin\alpha_2) + \varepsilon \quad (5.3.5-4)$$

式中  $\alpha_1, \alpha_2$ ——变动仪器高或棱镜高前后两次观测得垂直角(°);

$\varepsilon$ ——两次的仪器高和棱镜高之差的互差(m)。

由于  $\alpha_1, \alpha_2$  观测表示度相同,所以  $\Delta h$  中误差为:

$$m_{\Delta h}^2 = (\sin\alpha_1 - \sin\alpha_2)^2 m_s^2 + \frac{S^2}{\rho''^2} (\cos^2\alpha_1 + \cos^2\alpha_2) m_a^2 + m_\varepsilon^2 \quad (5.3.5-5)$$

由于  $\alpha_1, \alpha_2$  很小,且  $\alpha_1 \approx \alpha_2$ ,故测边误差对  $\Delta h$  的影响可忽略不计。

当  $S = 1000\text{m}$ ,  $\alpha_1 = \alpha_2$  时,根据条文表 4.3.5 和 4.3.6 条的要求,可推得,  $m_{\Delta h} = \pm 19.54\text{mm}$ ,其 2 倍为  $\pm 39.1\text{mm}$ ,考虑到垂直角的变化和外界条件的影响,取  $30\text{mm}$  作为限值。

另一方面,用三角高程代替水准测量时,对向观测取中值后,每千米高差中数的权中误差和偶然误差均基本符合相应等级水准的要求。因此,单线观测每千米高差的全中误差和偶然中误差均应为相应等级水准每千米高差中数的全中误差  $M_w$  和偶然中误差  $M_\Delta$  的  $\sqrt{2}$  倍。单向观测中,变动仪器高或棱镜高前后两次观测的全中误差和偶然中误差应为相应等级水准  $M_w$  和  $M_\Delta$  的 2 倍,由于两次观测高差之差  $\Delta h$  主要为偶然中误差,因此  $\Delta h$  的限值应为  $4\sqrt{2}M_\Delta$ 。

对向观测高差互差及符合或环形闭合差:

在正文中此两项指标是根据国家标准《工程测量规范》(GB 50026)有关内容及其条文说明分析确定的。

**5.3.7** 平面控制点的高程从两个方向单向观测时,由于计算时需确定大气折光系数  $K$  值,因此,在单向观测不仅包括测角误差等的影响,而且还包括  $K$  值取值误差,即

$$m_p = \sqrt{m_h'^2 + m_k^2 \cdot S^4 / 4R^2} \quad (5.3.7)$$

式中  $m_h'$ ——单项观测高差中误差(m)。

其中  $m_k$  的大小与  $K$  值的计算和取值方法有关,当视线离地面较高时, $K$  值一般在  $+0.008 \sim +0.016$  之间,其中误差  $m_k$  约为  $\pm 0.04$ ,当视线离地面较低时,一般认为  $K$  值以负值居多,往往在  $-0.1 \sim -1.0$  之间,其中误差约为  $\pm 0.5$ ,这一结论与有关单位测量结果一致,当  $S = 1000\text{m}$ ,  $R = 6370000\text{m}$ ,  $m_h' = \sqrt{2}m_k = \pm 0.028$ ,  $m_k = \pm 0.5$  时,得控制点高程由单向观测精度为  $m_p = 0.048\text{m}$ ,由两个方向测定的高程平均值的中误差则为  $m_p / \sqrt{2} = 0.034\text{m}$ ,符合图根控制点的高程精度要求,由两个方向测定控制点的高差之差的中误差为  $\sqrt{2}m_p = 0.068\text{m}$ ,取 2 倍中误差作为限差,则其限差为  $0.136\text{m}$ ,规范取值为  $0.1\text{m}$ 。

5.4 GPS 高程测量

5.4.1 根据调研, GPS 高程测量的高程拟合精度可达到四等水准测量的精度。对于超出拟合高程模型所覆盖范围的推算点, 因缺乏必要的校核条件, 所以在高程异常比较大的地方要慎用, 并要控制边长的长度。

5.4.2 为了保证 GPS 高程拟合的精度, 必须有足够的高一等级的起始水准点, 当测区小于 10km<sup>2</sup> 时, 可只有一个起始水准点, 但一般把水准路线布设成环状, 以保证 GPS 水准点的高程精度。起始水准点距离测区小于 15km, 主要是考虑四等水准路线的长度。

5.4.3 由于拟合区外部检查点的中误差显著增大, 故要求 GPS 水准点宜均匀分布在测区周围及中央。GPS 拟合高程测量一般在平原或丘陵地区使用, 但对于高差变化较大的地区, 由于重力异常的变化导致高程异常变化较大。故要求增加联测点和检查点的数量。

5.4.6 为了保证应用 RTK-DGPS 进行高程测量的精度, 流动站观测时要采用三脚架进行对中、整平。每次观测之间应重新进行 RTK 初始化。当采用似大地水准面精化模型时, 似大地水准面模型内符合精度应小于 ±20mm。如果当地某些区域高程异常变化不均匀, 拟合精度和似大地水准面模型精度无法满足高程精度要求时, 一般对 GPS 测量大地高数据进行后处理或用几何水准测量方法进行补充。本条第 5.4.6.1 款规定是取自《全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范》(CH/T 2009—2010)。

5.5 跨水面高程测量

5.5.2 根据第 5.2 节第 5.2.4 条文说明中的式(5.2.4-3), 计算得半测回远尺观测一次的中误差为  $m'_1$ , 如表 5.5.2-1 所示。

半测回远尺观测误差 表 5.5.2-1

视距长度 (m)	仪器 类型	放大率 $V$	水准仪灵 敏度 $i$ (")	$m_2$ (mm)	$m_3$ (mm)	$m_4$ (mm)	$m_5$ (mm)	$m'_1$ (mm)
200	DS <sub>3</sub>	30	20	0.97	0.97	0.33	1.00	1.73
	DS <sub>10</sub>	25	30	1.16	1.45	0.50	1.00	2.17
300	DS <sub>3</sub>	30	20	1.45	1.45	0.33	1.00	2.31
	DS <sub>10</sub>	25	30	1.75	2.18	0.50	1.00	3.01
400	DS <sub>3</sub>	30	20	1.93	1.93	0.33	1.00	2.92
	DS <sub>10</sub>	25	30	2.32	2.91	0.50	1.00	3.89

半测回近尺观测一次的中误差为  $m''_1$ :

DS<sub>3</sub> 型水准仪  $m''_1 = \pm 0.60$  (mm)

DS<sub>10</sub> 型水准仪  $m''_1 = \pm 1.12$  (mm)

设半测回红、黑面高差平均值的中误差和一测回的高差中误差分别为:

$$m' = \pm \sqrt{\frac{1}{2}(m'^2_1 + m''^2_1)} \tag{5.5.2-1}$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{1}{2}(m_1'^2 + m_1''^2)}$$

(5.5.2-2)

式中  $m'$ ——半测回红、黑面高差平均值的中误差；  
 $m$ ——测回的高差中误差。

取实际观测精度为理论计算精度的 2 倍,则各测回互差的限值为  $4\sqrt{2}$ ,计算结果如表 5.5.2-2 所示。

各测回观测互差

表 5.5.2-2

等 级	视距长度 (m)	测 回 数	测回差 (mm)	
			计算值	取用值
三等	400	2	8.43	8.0
四等	400	2	8.43	12.0
图根	400	2	11.45	25.0

5.5.3 根据本规范条文说明式(5.3.5-3),用电磁波测距三角高程代替四等水准测量时,其测角精度与观测边长存在以下关系:

$$m_{\alpha} = \pm \frac{\rho''}{S \cdot \cos\alpha} \sqrt{2m_h^2 - \sin^2\alpha m_s^2 - m_I^2 - m_V^2}$$

(5.5.3-1)

在跨河水准测量中,垂直角  $\alpha$  一般很小,取  $\alpha = 2^\circ$ ,  $m_I$ 、 $m_V$  均为 2mm,  $m_s$  为 20mm,  $m_h = 10\sqrt{S}(\text{mm})$  ( $S$  以 km 为单位),则根据不同距离所计算的  $m_{\alpha}$  值如表 5.5.3 所示,因此测回数由下式计算:

$$n = \frac{m^2}{m_{\alpha}^2}$$

(5.5.3-2)

式中  $n$ ——测回数;  
 $m$ ——测回垂直角观测中误差(");  
 $m_{\alpha}$ ——规范要求的垂直角观测中误差(")。

垂直角观测精度及测回数

表 5.5.3

距 离 (m)	$m_h$ (mm)	$m_{\alpha}$ (")	一测回测角中误差 (")	测 回 数	
				计算值	取用值
1000	10	2.8	5.0	3.2	4
1500	12.2	2.3	5.0	4.5	6
2000	14.2	2.0	5.0	6.0	6

由于 2"级经纬仪一测回垂直角的观测中误差为  $m = 5.0''$ ,用式(5.5.3-2)即可求得表 5.5.3 中所列取用测回数。

5.5.4 本条是参考了国家标准《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12897—2006)和《国家三、四等水准测量规范》(GB/T 12898—2009),对利用 GPS 进行跨河水准测量锁作的原则性规定,具体作业时,还应根据相关规范的具体规定约束自己的内外业工作。

5.5.6 为了更有利于抓住高潮和低潮的准确时刻,这次对高(低)平潮法的观测时间调

整为 5min 一次,并对具体精度指标作了调整。

同时,同步期平均海面法传递高程,也是被长期使用的较成功的方法,经过统计分析,这次对原条文进行了较大修改,为避免原规范定义的“全潮”与有关水文单位的习惯用词相混淆,这次修订采用了“昼夜”作为观测时间单位,观测时间间隔按平潮前、后和其他时间分别作了规定,而对两水位站间的距离放宽了要求。为了说明条文中表(5.5.6-2)规定的可靠性,我们按照不同的潮汐类型分别对规则全日潮、全日潮为主的混合潮、规则半日潮、半日潮为主的混合潮和某不规则半日潮平均海面进行了计算、分析和研究,具体算例见表 5.5.6-1 ~ 表 5.5.6-5。表中同步期平均海平面的计算方法是逐时潮位求和平均法,高差即为求得的两潮位站水尺零点差,同步期高差最大差值是指不同时间段的相同观测时间长度计算结果的最大差异,不同时长高差最大差值是指利用不同观测时长计算的结果比较最大差异,距离为两水位站的实际距离。计算结果表明,利用一天的观测资料计算相对波动较大,最大差值为 0.13m,此时距离为 73km;当观测时长达到 3d 时,结果就稳定在 50mm 以内。近距离,一昼夜的观测即可保证足够精度的高程传递,距离较远时,3d 计算的结果就可保证传递精度。考虑到较远距离两处海况的变化可能较大,为了确保传递高程的质量,我们按两水位站不大于 10km 和 10 ~ 50km 以上之间距,分别对其连续观测时间和观测时间间隔做出了条文中表 5.5.6-2 的限定。表中所规定的高程传递距离是针对潮汐性质相同的海域而言的,若潮汐性质不同,是不能用此方法的。由于我国海岛多,海岸线长,根据海岛开发工程的需要,在表注中增加了高程传递距离超过 50km 时的限制规定。

规则全日潮潮汐高程传递实际算例 表 5.5.6-1

例序	时长	潮型	同步期平均海平面(m)		高差值 (m)	高差最大差值(m)		距离 (km)
			A 站	B 站		相同时长	不同时长	
例 1	1d	大	0.06	0.07	-0.01	0.05	0.05	53
		中	0.15	0.13	0.02			
		小	0.09	0.05	0.04			
	3d	大	0.07	0.09	-0.01	0.04		
		中	0.17	0.15	0.02			
		小	0.14	0.11	0.03			
	7d		0.15	0.13	0.02			
	15d		0.10	0.10	0.00			
例 2	1d	大	0.58	0.56	0.02	0.03	0.04	72
		中	0.50	0.50	0.00			
		小	0.54	0.51	0.03			
	3d	大	0.56	0.56	0.00	0.02		
		中	0.49	0.50	-0.01			
		小	0.51	0.50	0.01			
	7d		0.50	0.51	-0.01			
	15d		0.53	0.52	0.01			

全日潮为主的混合潮潮汐高程传递实际算例

表 5.5.6-2

例序	时长	潮型	同步期平均海平面(m)		高差值 (m)	高差最大差值(m)		距离 (km)
			A 站	B 站		相同时长	不同时长	
例 1	1d	大	2.68	2.80	-0.12	0.08	0.08	28
		中	2.59	2.68	-0.09			
		小	2.62	2.66	-0.04			
	3d	大	2.62	2.71	-0.09	0.02		
		中	2.61	2.69	-0.08			
		小	2.67	2.74	-0.07			
	7d		2.61	2.69	-0.08			
	15d		2.68	2.75	-0.07			

规则半日潮潮汐高程传递实际算例

表 5.5.6-3

例序	时长	潮型	同步期平均海平面(m)		高差值 (m)	高差最大差值(m)		距离 (km)
			A 站	B 站		相同时长	不同时长	
例 1	1d	大	0.28	0.21	0.07	0.13	0.13	73
		中	-0.23	-0.20	-0.03			
		小	-0.16	-0.10	-0.06			
	3d	大	0.01	-0.01	0.02	0.02		
		中	-0.22	-0.22	0.00			
		小	0.00	0.00	0.00			
	7d		-0.01	-0.01	0.00			
	15d		-0.01	-0.01	0.00			
例 2	1d	大	3.54	5.13	-1.59	0.00	0.02	18
		中	3.65	5.24	-1.59			
		小	3.45	5.04	-1.59			
	3d	大	3.46	5.05	-1.59	0.01		
		中	3.60	5.19	-1.59			
		小	3.50	5.10	-1.60			
	7d		3.53	5.12	-1.59			
	15d		3.52	5.12	-1.60			
	30d		3.50	5.08	-1.58			

半日潮为主的混合潮潮汐高程传递实际算例

表 5.5.6-4

例序	时长	潮型	同步期平均海平面(m)		高差值 (m)	高差最大差值(m)		距离 (km)
			A 站	B 站		相同时长	不同时长	
例 1	1d	大	-0.11	-0.11	0.00	0.02	0.02	38
		中	-0.26	-0.25	-0.01			
		小	-0.22	-0.23	0.01			
	3d	大	-0.16	-0.17	0.01	0.02		
		中	-0.26	-0.25	-0.01			
		小	-0.22	-0.21	-0.01			
	7d		-0.25	-0.25	0.00			
	15d		-0.20	-0.20	0.00			
例 2	1d	大	2.92	2.68	0.24	0.02	0.02	24
		中	3.15	2.92	0.23			
		小	2.78	2.56	0.22			
	3d	大	3.00	2.77	0.23	0.01		
		中	3.00	2.78	0.22			
		小	2.56	2.34	0.22			
	7d		2.67	2.44	0.23			
	15d		2.81	2.58	0.23			
	30d		2.79	2.57	0.22			
例 3	1d	大	2.86	2.78	0.08	0.03	0.04	3
		中	3.07	3.02	0.05			
		小	2.71	2.66	0.05			
	3d	大	2.93	2.88	0.05	0.01		
		中	2.93	2.88	0.05			
		小	2.49	2.45	0.04			
	7d		2.60	2.56	0.04			
	15d		2.73	2.69	0.04			
	30d		2.73	2.68	0.05			

某不规则半日潮海域四站同步期平均海平面计算算例

表 5.5.6-5

		A(0km) (m)	B(2km) (m)	C(7km) (m)	D(24km) (m)	A-B (m)	B-C (m)	C-D (m)	D-A (m)
1d	大	2.92	2.86	2.78	2.68	0.06	0.08	0.10	-0.24
	中	3.15	3.07	3.02	2.92	0.08	0.05	0.10	-0.23
	小	2.78	2.71	2.66	2.56	0.07	0.05	0.10	-0.22

续表 5.5.6-5

		A(0km) (m)	B(2km) (m)	C(7km) (m)	D(24km) (m)	A-B (m)	B-C (m)	C-D (m)	D-A (m)
3d	大	3.00	2.93	2.88	2.77	0.07	0.05	0.11	-0.23
	中	3.00	2.93	2.88	2.78	0.07	0.05	0.10	-0.22
	小	2.56	2.49	2.45	2.34	0.07	0.04	0.11	-0.22
7d		2.67	2.60	2.56	2.44	0.07	0.04	0.12	-0.23
15d		2.81	2.73	2.69	2.58	0.08	0.04	0.11	-0.23
30d		2.79	2.73	2.68	2.57	0.06	0.05	0.11	-0.22

### 5.6 内业处理

**5.6.2** 水准测量每千米高差偶然中误差和每千米高差全中误差引自国家标准《工程测量规范》(GB 50026—2007)。

**5.6.3** 若用 GPS 测量高程,一般事先进行大地高向我国实用高程的转换,其中高程异常的确定成为 GPS 高程转换的关键。高程异常的确定方法,分为几何解析法和重力法两类。对于一般工程单位而言,无法获得必要的重力数据,故重力方法难于普及,而主要是采用从几何原理出发,推求似大地水准面高, GPS 高程拟合的数学模型如下。

大地高  $H_g$  与正常高  $H_r$  之间的关系:

GPS 测量中所能求出的是点在 WGS—84 坐标系中的大地高  $H_g$ ,为了求取正常高  $H_r$ ,须先求出有一定精度的高程异常值  $\xi$ , 则地面任一点的大地高  $H_g$  与正常高  $H_r$  之间的关系为:

$$H_g = H_r + \xi \tag{5.6.3-1}$$

GPS 高程拟合就是利用几何方法,由已知点的  $H_g$ 、 $H_r$  在一定的数学模型和统计准则下求出未知点的高程异常,从而求出待定点的正常高。

GPS 高程拟合的主要方式:

根据有关资料,求取  $\xi$  主要有平面法、斜面法、曲线法、多项式曲面拟合等方法,各种方法各有适应条件和优点。

平面法

根据所给的 GPS 水准点的差值计算整个测区的差值。

$$\xi_{\text{差值}} = (\sum \xi_{\text{差值}}) / n$$

适用于 GPS 水准点的个数较少的情况,但至少要求已知点的个数为一个。

斜面法

$$\xi_{\text{差值}} = b_0 + b_1 \cdot d_B + b_2 \cdot d_L$$

适用于地势平坦, GPS 水准点的差值变化不大(小于 1m)的情况。

要求 GPS 水准点个数不少于 3。

曲线法(多项式曲线拟合)

设测点的  $\xi_i$  和拟合坐标  $x_i$  存在如下函数关系:

$$\xi(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots + a_nx^n \tag{5.6.3-2}$$

$$\xi_{i(x)} = \sum_{i=0}^n a_i x_i^i + \varepsilon_i$$

在  $\sum \varepsilon_i^2 = \min$  的原则下求出(5.6.3-2)式中参数  $a_0, a_1 \cdots a_n$ , 此时可拟合出测区任一点的高程异常值  $\xi_i$ 。当测区仅有一个已知高程点时, 所有点的高程异常值  $\xi = a_0$ , 仅能采用平移方法确定每个点的正常高。该方法适用于平坦的小区域范围, 适合于线型测量, 如公路放样等, 无精度评定, 精度往往较低。

要求 GPS 水准点个数大于等于 4。

附加地形改正的多项式曲面拟合法(移去/恢复法):

根据山区的特点, 可采用“多项式曲面拟合法”, 用空间曲面表达式:

$$f(x, y) = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2 + \cdots \quad (5.6.3-3)$$

则对于每一个已知  $H_g, H_r$  的点, 都可列出式(5.6.3-3)中一个方程。

然后在  $\sum \varepsilon^2 = \min$  条件下, 解出  $b_i$ 。再利用式(5.6.3-3)求解未知点的高程异常值。

在高山较多地区, 必须考虑地形起伏对大地水准面的影响, 其数学模型建立的思想是: 因为精确地确定大地水准面所用的数据类型是地球重力场模型、点或其平均重力异常及数字高程模型。如果将这些数据进行综合处理, 就可给出表示大地水准面差距(N)至至关重要的各种波长的最优解(Schwass, 1985), 这一解可表达为:

$$N = N_{Gm} + N_{\Delta g} + N_h \quad (5.6.3-4)$$

式中的  $N_{Gm}$  为地球重力场模型值,  $N_{\Delta g}$  为重力异常,  $N_h$  表示地形起伏对大地水准面的影响。其中,  $N_{Gm}$  表示大地水准面长波特征, 在 100 ~ 200km 内变化均匀,  $N_{\Delta g}$  表示波长一般在 20 ~ 100km 之间的局部大地水准面特征,  $N_h$  表示 20km 以下波长特征。

由式(5.6.3-4)知, 高程异常  $\xi$  主要由较光滑部分的中长波项和局部地形起伏引起的短波项组成:

$$\xi = \xi_0 + \xi_{TC} \quad (5.6.3-5)$$

$\xi_0$  为高程异常的中长波项,  $\xi_{TC}$  为高程异常的短波项,  $\xi_0$  可采用规则曲面函数如式(5.6.3-3)拟合出似大地水准面, 然后加上因地形起伏影响的  $\xi_{TC}$ , 则可较准确地求出待求点的高程异常  $\xi$ 。

其数学模型为:

$$\xi_0 = \xi - \xi_{TC} \quad (\text{“移去”过程}) \quad (5.6.3-6)$$

由已知点的  $\xi$  中, 除去地形起伏的影响  $\xi_{TC}$ 。

$$\xi_0 = B\delta_x + V \quad (\text{最小二乘求解 } \xi_0) \quad (5.6.3-7)$$

根据  $[vv] = \min$ , 求得

$$\delta_x = (B^T B)^{-1} \cdot B^T \xi_0$$

$$Q_{xx} = (B^T B)^{-1}; \sigma_0 = \sqrt{[VV]/(n-1)}$$

$$\xi = \xi_0 + \xi_{TC} \quad (\text{“恢复”过程}) \quad (5.6.3-8)$$

最后, 利用几何法求出的  $\xi_0, \xi_{TC}$  求解未知的  $\xi$  (高程异常), 最终求取点的正常高。附加地形改正: 适合于山区地带, 当已知水准点少于 3 个时, 不能加地形改正。要求 GPS 水准点个数大于等于 4, 测区为网型。



## 6 地形测量

### 6.1 一般规定

**6.1.2** 地形类别的划分和地形图基本等高距的确定,是按照不同的比例尺在不同地形的类别划分的,根据调研的情况增加了 1:200 比例尺的技术要求。

**6.1.3** 地形测图的地形点最大间距的规定是根据水运工程的特点和经验,按不大于图上 30mm 的原则确定。

**6.1.4** 本条最大视距长度表中,对最大视距长度做了缩短的规定,以保证测图质量,其技术指标主要参照《工程测量规范》(GB 50026—2007)。同时,由于这次修订已把修造船及通航水工建筑物施工测量整合到本规范中,根据水工建筑物设计、施工对 1:200 比例尺测图的需要,并考虑到工程设计和施工质量对成图的要求,这里增加了 1:200 比例尺对最大视距长度的限制规定。考虑高程观测精度随距离增长而衰减较快,所以本表规定的最大视距长度远小于仪器本身的测距能力。

**6.1.5** 本条删去了原来图根控制点的密度规定,因为只要控制点的密度能够保证测图视距长度,满足 6.1.4 的技术要求即可,这样既经济又能满足测绘成果质量要求。

**6.1.6 ~ 6.1.11** 这几条系根据经验总结出的防止粗差,控制成图质量的重要措施。

### 6.2 测站补点

**6.2.3** 经纬仪视距导线作为测站补点时,其精度估算如下:

由于经纬仪视距导线影响导线点精度的重要因素是视距误差,方位角引起的误差对于边长闭合差来说,在计算时,可忽略不计,对点位精度计算不受影响,而且仪器能够保证测量精度要求。所以对条文中公式(6.2.3-1)无需说明。这里着重对图上边长允许闭合差计算公式说明如下:

视距导线图上边长允许闭合差计算公式为:

$$W_s = [S]/400 \sqrt{n} \quad (6.2.3)$$

式中  $W_s$ ——图上边长允许闭合差 (mm);

$[S]$ ——导线总长(m);

$n$ ——边数。

设在 1:1000 比例尺测图,  $[S] = 400\text{m}$ ,  $n = 4$ ,代入式(6.2.3-1),得  $W_s = 0.5\text{mm}$ ,此为图上边长允许闭合差。

在不考虑方位角影响的情况下,取边长允许闭合差  $W_s$  的 1/2 作为导线端点图上点位中误差,  $m_D = 0.25\text{mm}$ 。而平差后导线最弱点(中点)的精度比平差前导线端点的精度

提高 2.5 倍,所以平差后的最弱点点位中误差  $m_1$  为:

$$m_1 = \frac{m_D}{2.5} = \pm 0.1\text{mm(图上)}$$

估计测站补点的展点中误差  $m_2 = \pm 0.2\text{mm}$ ,则经纬仪视距导线经平差后,测站最弱点点位中误差为:

$$m = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2} = \pm 0.22\text{mm(图上)}$$

因此用经纬仪视距导线作为测站补点测量方法,是能满足第 6.2.1 条规定的。这说明条文中的式(6.2.3-2)作为边长允许闭合差计算公式是可靠的。

**6.2.4** 本条规定用图解视距支点作测站补点时,大于 1:5000 测图只允许引测一次,1:5000、1:10000 测图可引测 2 次。视距支点图上点位中误差计算公式为:

$$M' = \sqrt{D^2 \left[ \left( \frac{m_D}{D} \right)^2 + \left( \frac{m_a}{\rho} \right)^2 \right] \cdot G^2 + m_3^2} \tag{6.2.4-1}$$

$$M'' = \sqrt{2} M' \tag{6.2.4-2}$$

式中  $M'$ ——引测一次的图上点位中误差(mm);

$M''$ ——引测两次的图上点位中误差(mm);

$D$ ——视距(mm);

$\frac{m_D}{D}$ ——视距相对中误差,往返测时,取  $\frac{m_D}{D} = \frac{1}{300\sqrt{2}}$ ;

$m_a$ ——地形规绘图误差('),(为  $\pm 5'$ );

$G$ ——由实地到图上的中误差值换算系数;

$m_3$ ——图上刺点误差,取  $\pm 0.1\text{mm}$ 。

可用式(6.2.4-1)和(6.2.4-2)估算视距支点图上点位中误差,将估算结果列于表 6.2.4 中。

视距支点的点位中误差 表 6.2.4

比例尺	$G$	最大视距(m)	$m_a$	引测二次 $M'$ (图上) (mm)	引测一次 $M''$ (图上) (mm)
1:500	2	50	$\frac{1}{300\sqrt{2}}$	$\pm 0.29$	—
1:1000	1	100	$\frac{1}{300\sqrt{2}}$	$\pm 0.29$	—
1:2000	0.5	200	$\frac{1}{300\sqrt{2}}$	$\pm 0.29$	—
1:5000	0.2	300	$\frac{1}{300\sqrt{2}}$	$\pm 0.19$	$\pm 0.27$
1:10000	0.1	300	$\frac{1}{300\sqrt{2}}$	$\pm 0.13$	$\pm 0.18$

由表 6.2.4 可知,各引测点位误差均小于规范规定的图上 0.3mm,满足第 6.2.1 条的规定,所以,这里规定的引测次数也是合理。

## 6.3 地形地貌测绘

**6.3.1** 重要建筑物、方位物的轮廓等细部坐标点的测定精度,是按港口工程设计时要求细部点坐标应于测站补点同精度而规定的。一般采用两细部坐标点间实量距离与反算距离之差值进行精度评定。施测细部坐标的数量,一般由委托方与设计、测量各方协商确定。

**6.3.3 ~ 6.3.11** 地物、地貌测绘是地形测量中最重要、最繁杂的部分,但原规范规定内容较少,满足不了水运工程地形测绘与工程设计的需要,故在修订中增加内容较多。主要规定是根据水运工程特点、实际经验和现行《工程测量规范》(GB 50026—2007)确定的。

**6.3.12** RTK 测图的规定主要是根据水运工程中的实际经验确定的。对主要的作业环节的技术要求主要是以比测和相对精度控制。6.3.12.2 款中规定采用网络 RTK 时,高程互差不应大于 0.1m。考虑采用网络 RTK 测图时,移动站与基准站的距离不确定,以 10km 为宜,高程互差不应大于  $30\sqrt{D}\text{mm}$ ,实际工作中,一般小于 0.1m,此指标按实际操作,在应用网络 RTK 时也很容易达到,又能满足测图基本精度的要求。6.3.12.3 款中基准站位置选择及架设应符合第 4.4.5、4.4.8 条的规定。本款只适用单基站 RTK。对于网络 RTK 用户,不存在基站的选择和建立。RTK 测量要求 2 小时后进行初始化主要是为了防止 RTK 测量时,卫星信号不好、有失锁情况和假固定解的情况产生,以保证测量精度。RTK 测图只要测点精度满足测图要求,对 RTK 数据链的长度未作限制。

## 6.4 内业处理

本节是新设的一节,其有关规定是为了与现行《水运工程测量质量检验标准》的单位工程划分和检验详查内容要求相适应,将原第 5.5 节和原第 11 章制图中部分规定移至本节整编而成。

## 7 水位控制测量

### 7.1 水位站布设

**7.1.1** 本条由原规范第6.1.1条而来,并作了修改。为了简化起见,将内河水位和沿海潮位统一称为水位。水位控制测量一般采用三级控制,在沿海港口分为长期水位站、短期水位站和临时水位站;在内河分为基本水位站、基本水尺和临时水尺。长期水位站或基本水位站是水位控制的首级控制,然后逐级加密,以满足水深测量水位改正的需要。沿海和内河三级水位站在名称上虽有所不同,但其作用基本相当,本规范仍维持原名,未予修改。

**7.1.2** 本条主要在考虑了水位站水准点高程联测,以及水位观测的方便、水位数据的准确性和可靠性的前提下,对水位站的布设要求和环境条件进行了补充规定。

**7.1.3** 该条主要参考现行国家标准《海道测量规范》(GB 12327—98)的相关条款作出的规定。

**7.1.4.1** 本条由原规范“第6.1节一般规定”中的内容并入。《海道测量规范》(GB 12327—98)要求沿海的长期水位站一般应有2a以上连续观测的水位资料,本规范规定为5a以上。规定的依据是:

(1)《海道测量规范》主要考虑的是沿海。1974年出版的《潮汐》一书中,根据沿海若干个长期水位站的水位资料统计,分别得出不同观测时间系列计算的平均海面 and 多年平均海面的差值见表7.1.4-1。

从表7.1.4-1可知,《海道测量规范》(GB 12327—98)所以规定长期水位站一般应有2a以上连续观测的水位资料,是保证该观测时间系列计算的平均海面达到0.1m的精度是有根据的。

但是本规范所指的沿海,主要考虑的是海港。而我国的海港以河口港居多,河口港的平均海面受上游径流影响,2a资料计算的平均海面难以保证0.1m的精度。有关单位曾以上海吴淞1945~1963年连续观测的水位资料,分析不同时间系列计算的平均海面和19a资料计算的多年平均海面的最大差值见表7.1.4-2。

表7.1.4-1

观测时间系列	计算的平均海面 and 多年平均海面的差值 (m)	观测时间系列	计算的平均海面 and 多年平均海面的差值 (m)
1个月	0.20~0.50	6个月	0.10~0.20
2个月	0.17~0.35	1a	0.06~0.13
3个月	0.15~0.30	2a	0.04~0.10
4个月	0.14~0.26	5a	0.02~0.05

表 7.1.4-2

观测时间系列	最大差值(m)	观测时间系列	最大差值(m)
1 个月	0.48	2a	0.13
2 个月	0.46	3a	0.12
3 个月	0.40	5a	0.09
6 个月	0.36	9a	0.06
1 年	0.15		

比较表 7.1.4-1 和表 7.1.4-2,明显反映出河口港受上游径流影响,同一观测时间系列计算的平均海面精度低于沿海。如果要同样保证 0.1m 的精度,河口港的观测时间序列需要 5a 以上连续观测的水位资料,这就是本规范规定的主要依据。

建国以来,我国沿海港口的水位站网日趋完善,水位观测时间系列也较长,一般均在 5a 以上,因此,作出这一规定是完全可以实现的。

(2)连续观测 30d 水位计算调和常数,只能计算  $M_2$ 、 $S_2$ 、 $N_2$ 、 $K_2$ 、 $K_1$ 、 $O_1$ 、 $P_1$ 、 $Q_1$ 、 $M_4$ 、 $MS_4$  和  $M_6$  等 11 个分潮,而 2 个长周期分潮  $S_a$ 、 $S_{sa}$  还不能计算。同时 30d 资料计算的平均海面精度一般达不到 0.1m 的精度要求。本规范在保证深度基准面转引精度的前提下,为了节省观测的人力物力,规定短期水位站的  $S_a$ 、 $S_{sa}$  分潮的调和常数可采用邻近长期站的数值,短期站的多年平均海面可从相邻两个长期站转引。从而规定短期站一般应至少观测 30d,这一规定和《海道测量规范》(GB 12327—98)是一致的。

(3)设置临时水位站主要是为了满足水深测量等测量项目的水位改正需要,一次观测也只是在水深测量期间和测量同步观测。但为了计算临时站的多年平均海面和确定深度基准面,仍采用和短期站一样的方法,从相邻的长期站或短期站转引求得,也需要和相邻长期站或短期站同步观测水位,本规范 7.3.4 条规定观测天数可为 15d 或仅在大潮期间观测 3d。

**7.1.4.2** 本条由撤除的原规范“6.1 一般规定”中的内容并入。基本水位站是在一个航段或水位控制有效区内最能代表该地段水位变化地点建立的长期观测水位站。连续观测水位资料要求在 20a 以上,这样有可能包括洪、中、枯水等典型年份在内,使计算确定深度基准面的保证率更符合实际,更具有可靠性。

测区内基本水尺的设立,一般要求要足以控制整个测区的水位,但在测区水位变化复杂、基本水尺不足时,一般要增设临时水尺。

在峡谷、丘陵、滩险和急滩等河床复杂区段,不同时刻水位的水面比降变化显著,需要加密设置临时水尺。临时水尺一般在河段内按滩险上、中、下比降变化明显处,滩险河段 300~500m 或一般地段 1.5~2.0km 间距设置。

临时水尺除在推算深度基准面时与基本水位站、基本水尺在规定时间内同步观测外,主要在水深测量期间进行水位观测。

**7.1.5** 本条款是在海上设置固定水位站有较大困难时而采用的临时措施,一般精度较低,所以只有在测区离岸较远,水位差变化超过水位允许控制范围,而且无法用岸边相邻水位站进行内插求取水位时才设置。为保证水位控制的精度,对临时海上验潮站的位置

和海底地形要求做出了规定。

**7.1.9.5** 既要测井内受波浪影响小,又要在水位涨落率最大时井内外水位差不超过规定的限度,而使井内潮位记录具有井外实际水面升降的良好代表性,其关键是适当选择测井的截面积与进水孔面积之比,这是建造测井的一个主要技术问题。

根据准稳定流理论导出测井的水头响应模式,可确定出相应的进水孔面积与测井截面积之比值为 1/100,用于提供测井设计之用。

**7.1.10、7.1.11** 条规定和《海道测量规范》(GB 12327—98)一致,但是低于国标《水位观测标准》的某些要求。考虑到本规范的使用范围和水位控制测量的任务,主要是为水深测量提供水位改正的依据,而水深测量的精度又是在分米级,因此这样规定是可以保证水深测量精度要求的。

## 7.2 水位观测

**7.2.2** 随着科学技术的发展,钟表计时精度已大大提高,使用石英钟计时,日误差已小于 1s。因此对于水位观测用钟表的校时要求可以提高。本条规定为  $\pm 1\text{min}$ ,从实践看还是比较宽的,但一般不会影响相应的测量项目精度。

条文表 7.2.2 规定的自计水位计允许走时误差,引自国标《水位观测标准》(GB/T 50138—2010)。

**7.2.4** 在海上及河口潮流区,为保证分带水位准确性,确保同相位分带,与其有关的水位站,水位观测时间段一般较测深时间段提前和推迟 1~2h。

**7.2.5.1** 条文表 7.2.5-1 和表 7.2.5-2 规定的观测次数,是根据国标《海道测量规范》(GB 12327—1998)和国标《水位观测标准》(GB/T 50138—2010)结合沿海港口和内河的多年实践经验,综合研究后作出的决定。这一规定不仅满足了水深测量的要求,而且还适当兼顾了其他方面的要求,尽可能做到一站多用。

**7.2.6.3** 条文表 7.2.6 规定的要求,主要参考了国标《水位观测标准》(GB/T 50138—2010)。但增加了第 3 项“检查测井内外水面的水位差”,并规定其允许误差为 20mm,以保持在本规范内,对水位观测精度要求上的一致性。

**7.2.7.1** 水位传感器包括了量化和编码器组件,它直接影响水位观测的精度。为了确保量值可靠,便于比较,所以对所有使用的水位传感器做了此规定。

**7.2.7.3** 考虑到水位涨落变幅、供电能力及实际工作需要,规定水位摇报仪传送间隔宜为 5~30min。

**7.2.7.6** 生产厂方对水位遥报仪的产品会提供系统可靠性测试成果,并满足上述要求。使用部门一般根据系统可靠性指标选用水位遥报仪。本款指标摘自《水文数据固态存储收集通用技术条件》(SL/T 149)和《水文测报装置遥测水位仪》(GB 11830—89)。当工程施工范围或测量水域范围较大时,超出单站水位控制的范围,须进行多个水位站同时观测水位。因此,针对不同验潮站遥报以及接收台必须具有区分频率或水位站编码匹配设定的功能,避免水位接收及采用的混乱。

**7.2.9** 本条为新增条款,规定了进行 RTK 水位观测的技术要求。这里的 RTK 水位观测

正像第 2.0.6 条条文说明的那样,它是为确定临时水位站深度基准面而观测的。GPS 天线是安装在锚泊于水面的载体上的,所以,本条除规定了“RTK 基准站位置选择及架设应符合第 4.4 节和第 5.4 节的相关规定外,还着重对设备的安装、环境条件、GPS 卫星状况、观测条件及具体观测要求分别作了具体规定,这些规定也是 RTK 三维水深测量共用的重要技术规定。

由于卫星组合图形的实时变化,RTK 在锁定一段时间后,虽然仍在整周模糊度锁定状态,但定位精度可能会降低。因此,RTK 水位观测作业时,规定每 2h 进行一次 RTK 流动站的初始化操作。

**7.2.10** 由于内河拦河大坝较多,在蓄、放水时对水位变化影响很大、范围很广,水位观测就应当根据具体情况决定观测时间和观测次数。因此,增加该条款予以规定。

**7.2.11** 在距岸较远、范围较大的测区,水位控制成为制约水深测量发展的瓶颈。随着我国沿岸和岛屿水位站数量的增多和水位资料的积累,以及海洋潮汐分析技术的发展,已具备以较高精度推算中国近海水位的条件。该方法避免了海上定点水位站的设立,可节省水深测量投资,降低海上作业难度。经多年的实践表明,在一般天气情况下,对一些开阔水域和非河口区域用这种方法推算的水位与实测水位相当接近,完全能满足有关规范要求。分潮数目选择、调和常数稳定性优化是提高水位推算订正的两个关键环节。

(1) 水位推算订正技术路线一般为:

1) 利用邻近长期水位站资料,分析所有分潮的调和常数(包括反映海面季节变化的长周期分潮调和常数),计算长期水位站余水位。

2) 对推算站和邻近长期水位站的同步水位数据进行调和分析得到调和常数,计算长期水位站调和常数的差比关系。

3) 利用长期水位站差比关系对推算站调和分析结果用下式进行修正。

$$\left. \begin{aligned} H &= J \hat{H} \\ g &= \hat{g} + \eta \end{aligned} \right\} \quad (7.2.11)$$

式中  $\hat{H}$ 、 $\hat{g}$  为短期资料计算结果; $J$  为振幅比; $\eta$  为迟角差。两个长周期气象分潮  $S_a$ 、 $S_{sa}$  的调和常数可由邻近长期站的代替。

4) 利用订正后的调和常数进行预报天文潮位,推算站水位即为天文预报潮位与该站的平均海面及同步期长期站余水位之和。

5) 水位推算精度验证。海上定点等短期水位站通常只有历史上某个时期的水位资料,采用未经差比订正的调和分析结果预报天文潮位,进而评定水位推算精度为内符合精度,无法真实的反应潮位推算效果。但是调和分析结果一经差比订正即具有了长期数据分析结果的意义,可用来验证水位推算精度。

(2) 影响水位推算订正精度的因素:

影响海洋水位推算精度的因素包括推算站的平均海面传算精度、天文潮位预报精度、余水位计算精度等。其中平均海面传算精度取决于历史水位时间长度,有较多文献载明,在沿海同步时间长度大于 30d,在 100km 范围内平均海面传算精度优于 20mm;天文潮位

预报精度和余水位计算精度则取决于调和常数的计算精度,采用哪些分潮用于水位推算,如何提高调和常数的稳定性成为海洋水位推算的关键技术。

在计算天文潮和余水位时,已知站和推算站采用的分潮数目必须一致,一般认为上述 13 个主要分潮可以构成潮汐成分的主体。调和常数的稳定性直接影响天文潮位预报及余水位计算精度,海上定点水位站的水位资料一般都不长(常为 30d 左右),由此得到的调和常数相对于年观测资料计算的调和常数存在明显的偏差(表现为振幅比、迟角差),实践表明,这种偏差在水位同步观测的相邻水位站之间具有较好的相关性。由此,利用短期水位站与邻近长期水位站的同步观测资料对短期水位站的调和常数进行差比订正,即可得到其较为稳定的调和常数。

基于余水位订正的潮位推算法在有历史资料的海上定点站,一般按其位置提供水位,在开阔海区建立水位改正模型时一般按  $1'(\text{经度}) \times 1'(\text{纬度})$  提供一个水位。

7.3 平均海面的确定

7.3.2 本规范从保证计算多年平均海面精度为 0.1m 出发,规定计算多年平均海面的时间系列为至少 5a,并应采用近期 5a 的资料,以保持计算成果尽可能符合客观实际。

7.3.3、7.3.4 大地测量学假定将平均海面作为大地水准面。由于短期扰动的影响,短期观测的平均海面与大地水准面存在较大的差异。观测时间系列愈长,短期扰动的影响趋近于零,观测的平均海面愈趋于大地水准面。

因此,各地的多年平均海面,其高程应该是相等的。但是实际上根据测量资料发现各地多年平均海面的高程并不一致,以长江口以北的一些港口为例,它们的高程就存在着差异,见表 7.3.3。

各地多年平均海面的高程 表 7.3.3

港 口	多年平均海面高程 (mm)	港 口	多年平均海面高程 (mm)
大连	0	青岛	0
秦皇岛	5	连云港	3
天津塘沽	-6	中浚	7
烟台	6	吴淞	8

从表 7.3.3 可以看出,各地多年平均海面虽然存在差异,但差异是微小的,一般在每 100km 范围内平均为 10mm。这个差异不仅优于国家二等水准测量的精度要求,更优于多年平均海面 0.1m 的精度要求。这就为短期水位站或临时水位站采用水准测量法,从相邻的长期水位站或短期水位站转引提供了理论依据。

短期观测资料计算的平均海面和多年平均海面存在着一定的差值,这是天体引力的变化和气象、径流等短期扰动因素所造成的影响。在一定范围的同步观测期间,可以将这些影响看作是相似的。这就为短期站或临时站采用同步改正法从相邻站或短期站转引多年平均海面提供了依据。

根据有关单位研究分析:利用日平均海面转引,误差在 0.1m 左右,最大可达 0.2m。



利用月平均海面转引,误差在 0.05m 左右,最大可达 0.1m,基本上可满足本规范规定的要求。

许多文献表明,利用 30d 和 15d 同步验潮数据计算短期站平均海面的最大差值为 1 ~ 2cm。《海道测量规范》规定长期站平均海面精度要求在 10cm 之内,在转测求短期站平均海面时,要求转测误差不得大于 10cm。因此,以同步改正法计算短期站平均海面采用 30d 和 15d 同步验潮数据计算求得的平均海面可达到相同的精度。因此,用同步改正法转测短期站平均海面,原规范要求短期站应和相邻长期站同步观测 30d 以上,此次修订改为 15d 以上。

7.4 深度基准面确定

7.4.1 深度起算面目前名称不一,本规范为了统一起见,采用和高程基准相似的形式,统一称为深度基准面。

为了和现行国家标准《海道测量规范》(GB 12327—98)取得一致,本规范规定沿海港口和河口潮流区的深度基准面采用理论最低潮面。

内河深度基准面使用情况比较复杂,一时难以统一,本规范仍予以保留。

因历史原因或目前实际情况采用其他惯用的基准面时,应注明其与理论最低潮面或航行基准面之间的关系值。但这仅仅是一种过渡性的考虑,我们希望能尽快改用统一的深度基准面。

7.4.3 按弗拉基尔法计算理论最低潮面的计算公式引自国标《海道测量规范》(GB 12327—98)。这里要说明的是,以往计算理论最低潮面只使用  $M_2$ 、 $S_2$ 、 $N_2$ 、 $K_2$ 、 $K_1$ 、 $O_1$ 、 $P_1$  和  $Q_1$  等 8 个分潮,并用  $M_4$ 、 $MS_4$  和  $M_6$  等 3 个分潮进行浅海改正。现在的公式增加了  $S_a$  和  $S_{sa}$  等 2 个气象分潮,这样参加计算的分潮增加到 13 个。而  $S_a$  和  $S_{sa}$  气象分潮的调和常数需以连续观测一年的水位资料分析求得,所以本条要求长期水位站计算深度基准面时要用连续观测一年的水位资料。

短期水位站的  $S_a$  和  $S_{sa}$  气象分潮的调和常数,本规范和国际《海道测量规范》(GB 12327—98)一样,规定可以采用相邻长期站的数值,所以本条规定短期站计算深度基准面,使用连续观测水位的天数仍为 30d。

气象分潮  $S_a$  (太阳年分潮)和  $S_{sa}$  (太阳半年分潮)在一些沿海港口,其平均振幅可能达到相当大的数值,有的甚至还大于  $M_2$  潮,见表 7.4.3。它们对计算理论最低潮面影响甚大,一般不可忽视。

表 7.4.3

分潮名称	绿华山	吴淞	江阴	南京
$S_a$ (m)	0.182	0.245	0.625	1.705
$S_{sa}$ (m)	0.058	0.064	0.052	0.325
$M_2$ (m)	1.183	0.995	0.663	0.225

7.4.4.2 条文公式(7.4.4-1)来源于现行国家标准《海道测量规范》(GB 12327—98)。

7.4.4.3 同步期平均海面与理论最低潮面间的高差,和潮差成一定正比关系。因此,

在临时站临近只有一个长期站或短期站时,可以按两站的潮差比,计算出临时站同步期平均海面与临时站的理论最低潮面间的高差,从而确定出临时站的深度基准面。

**7.4.4.4** 曲线拟合法推算深度基准面为本次修订增加的条文。该方法是在已知站和未知站的同步观测期间内,通过采用将水位曲线上下、左右移动以及适当的放大或缩小曲线的变化幅度等手段,使两站的水位曲线最佳地吻合。实际工作中一般利用计算机技术对条文中给出的数学模型进行最小二乘线性化编程求取  $L$  值。曲线拟合法推算精度直接取决于两站水位变化的相似性。其同步观测时间一般可在大潮期取 2d(48h) 或 3d(72h),既可提高工效和精度,还能推算定点站任意时刻在深度基准面上的水位。

**7.4.5** 此条款是原《水运工程测量规范》(JTJ 203—2001) 条文,以保证在天然河流求取航行基准面时,采用综合历时曲线法或保证率频率法计算最低设计通航水位(航行基准面),一般要有包括洪、中、枯水等典型年份在内的水位,才能满足确定深度基准面的多年历时保证率、年保证率和重现期的需要。

对内河建有水利枢纽的河段确定航行基准面时,需综合考虑水利枢纽河段最低设计水位以及受水利枢纽影响河段水位变化等因素。进行水位观测序列和计算方法的专题设计与验证。

**7.4.6** 此条款是原《水运工程测量规范》(JTJ 203—2001) 的条文,应用该条文的重点,一要进行较长系列、可不连续的与上、下游基本水位站的同步观测;二要在枯水期水位比较稳定时与上、下游基本水位站同步水位观测的天数,以满足水位相关法或水位复试相关法求取航行基准面的要求。

**7.4.7** 此条款是新增条文,条文中的公式(7.4.7)来源于原《内河航道测量规范》(JTJ 281),是内河天然径流航道一直沿用的临时水尺航行基准面求取方法。当上、下游基本水尺或基本水位站的水位无差异时,即推求临时水尺航行基准面的水位等于上、下游基本水尺的水位,  $\Delta Z_{\text{上}} = \Delta Z_{\text{下}}$ 。此时公式 7.4.7 就变为  $Z = Z_{\text{X}} - \Delta Z_{\text{上}}$  或  $Z = Z_{\text{X}} - \Delta Z_{\text{下}}$ 。即“同比降法”求取临时水尺的航行基准面;当有差异时,公式(7.4.7)就为“落差内插法”计算公式。“落差内插法”计算公式中的各参数几何关系如图 7.4.7 所示。

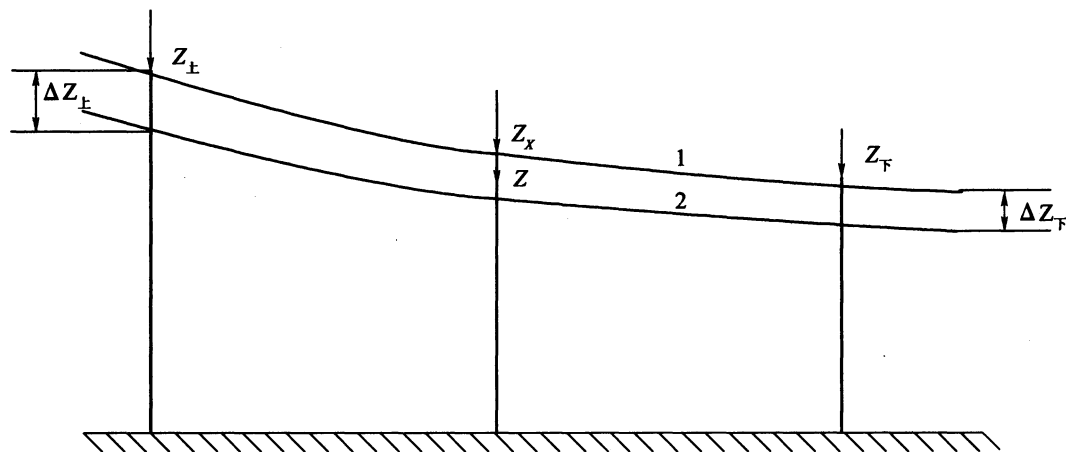


图 7.4.7 “落差内插法”各参数几何关系图

## 8 水深测量

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 本条增加了检查高程控制点的要求,主要考虑到 RTK 三维定位技术的应用,要求基准站的点位高程应满足 RTK 三维水深测量测图精度要求。

**8.1.2** 由于测深仪的模拟记录对于水深测量成果质量具有可视性监督作用,在正常情况下水深测量都选用有模拟记录的测深仪。模拟记录有纸质模拟记录和数字模拟记录两种,目前带有数字模拟记录的单波束和多波束测深仪大都具有对数字信号进行回放的功能,对可疑数字信号,可进行模拟回放检查,所以本条仍采用了“应”这一程度用语。在水底树林和杂草丛生水域,由于回声信号干扰严重,这里作了“不宜使用回声测深仪”的规定;至于对淤泥质港口回淤较严重的水域所使用的测深仪器未作具体规定,只给出了“应进行适航水深测量”的原则要求。因为在第 8.7 节中对适航水深测量的仪器已有具体规定。

**8.1.3** 测深和定位系统的延时和测船姿态会造成测点的位移,特别是对内河及海底凹凸不平的水域影响更为明显。因此应进行事先测试和校正。对于 RTK 三维水深测量,虽然自动克服了测船姿态影响,但是,系统延时的影响不能克服。所以除应按第 3.0.5 条规定对仪器进行常规检验、校准外,也仍然需要在测前、测后对系统延时进行现场测试和校准。水深测量的水位观测的技术规定与第 7.2 节的规定相同。为了不与第 7 章重复,特作了此规定。

**8.1.4** 波浪引起的测船的纵倾、横摇或升沉,不可避免地影响测深精度。根据我国水运工程测量的实践,顾及沿海以及内河测深工况条件和目前广泛采用姿态传感器进行波浪改正的作业条件,并考虑测量的经济效益和最大测深误差要求,做出了本条的规定。

**8.1.5** 本条是根据我国目前水深测量定位手段大都采用了 DGPS 这一高精度定位技术而修订的,DGPS 伪距差分定位精度都在 5m 以内,载波相位差分可达厘米级(标称精度),所以对小于或等于 1:5000 测图,定位点点位中误差限差规定为图上 1.0mm 是可以达到的。

**8.1.6** 根据测量误差理论分析,水深测量图载水深的深度误差主要来源于水深点点位概括误差、水位观测误差、测深仪综合改正数测定误差、换能器静吃水及动吃水改正数测定误差、在测深纸上量取水深或自动化采集水深计算机凑整误差、经各项改正后的水深凑整误差及风浪引起的深度误差的综合影响。其中,由于在测深纸上量取水深,或计算机采集取点都遵循“取浅不取深”的原则,使水深产生随机系统误差,而测深点点位概括误差远比这种系统误差影响要小,对航行安全和港口工程施工质量等的影响可忽略不计。所以,

影响图载水深精度的就是剩下的其他各项误差。考虑到水深测量的各个环节都是在水上实时动态情况下随机进行的,是时效性的,其精度一般不用中误差来衡量,而用极限误差作为深度误差的考核标准。根据实际经验,通过对5m、10m、15m、20m、30m、50m等深度误差的分析,水深在20m以内的深度误差在 $\pm 0.18 \sim \pm 0.2\text{m}$ 之间变化,大于20m时深度误差接近于水深的1%,所以,我们取20m作为深度误差限值的分界水深,规定了当水深在20m以内时,深度误差限值为 $\pm 0.2\text{m}$ ,大于20m时,深度误差限值为水深的 $\pm 1\%$ 。

**8.1.7** 本条对沿海航道基本测量周期未作修改;对内河航道基本测量周期的规定,主要考虑了确定内河维护和航道基本测量周期的工作是属于《内河航道维护技术规范》(JTJ 287)内容,所以未在本规范中作重复的具体规定。

**8.1.8** 从本规范的制定目的出发,规定了为水运工程运营阶段服务的航道基本测量和航道检查测量应进行流速、流向和底质探测等相关规定。因为在编绘航道图时,需载入锚地、航道入口及影响船舶操纵区段的水体表层最大流速和流向等水文要素,以满足安全航行的需要。同时,还需载入锚泊地的水底表层底质属性,供船舶锚泊参考,以保证锚泊安全。在施工测量和其他水深测量中,一般不作这些观测。

考虑到国标《海道测量规范》及其他相关规范中的水深测量一章,大都包括了流速、流向和底质探测,为了使水深测量成为完整一章,满足航道测量制图的需要,特作了第8.1.8.1款~第8.1.8.3款的原则规定。至于原规范中的水文观测部分,现已决定纳入正在制定的《水运工程水文观测规范》中。本条涉及的具体水文观测内外业技术规定,在《水运工程水文观测规范》颁布实施之前,可参照水文观测相关国标或相关国家行业标准执行。

## 8.2 测深线布设

**8.2.2** 根据第3章表3.0.4的测量和工程类别的划分,对原规范中相关测深线布设的表格进行了合并。根据我国现实情况,水深测量测深线间距应充分满足水运工程施工和航行安全的要求,原来规范关于航道测量监测的规定较宽,不利于安全航行。同时为了使航道测量与国标《海道测量规范》(GB 12327—98)一致,使航道图有全国统一标准,特修订为条文中表8.2.2的航道基本测量和航道检查测量测线间距的规定。为了使规划设计阶段的勘测测线布设统一,特做出了图上20mm的规定。关于表8.2.2的表注是为使疏浚施工检查测量能有更大的覆盖范围。

**8.2.2.2** 多波束扫测、侧扫声纳扫测、软式拖底扫海一般均用于要求全覆盖测深的工程项目,为实现全覆盖测深,相邻有效扫测带间必须在有一定重叠的前提下来决定测深线间距,以保证不遗漏障碍物。在本规范的M2.1.5、M3.1和8.6.3.3款分别对这三种扫测手段的相邻有效扫测带重叠宽度作出了具体要求。

对于多波束测深,测深线一般沿航道轴线或测区长边布设。在确定测线长度时,要考虑声速的变化,当一条测线上声速变化超过 $2\text{m/s}$ ,一般就重新测定声速剖面。因此,为便于操作,保证一条测线上只测定一次声速剖面,那就要控制测线的长度。另外,确定测线长度时,还应考虑一条测线记录数据量的大小,以便于数据处理和维护。

**8.2.3** 本条规定是为了尽量多发现浅点或浅于设计深度的上偏差点及水下障碍物。

关于测深线在图上的长度的规定是为了测出完整的挖槽边坡和减少测船换线转头时船身横摇造成的测深误差。同时,也可使测线经过非施工水域,为测深检查线提供可靠的对比水深。

**8.2.4** 测深检查线长度的规定是根据生产实践确定的,对水运工程施工检测及交工或竣工水深测量的检查线应布设在挖槽边坡以外。这是因为新开挖的人工水底地貌是不规则的,有时往往呈现锯齿形,甚至在1~2m范围内的水深之差可达米级,这样的人工水底地貌是不能作为深度对比水域的。而对于施工前的水深测量,由于水底较平整,坡度变化较均匀,所以,检查线可用纵向测深线代替。本次修订规定多波束测深检查线长度放宽到总测线长度的1%,是基于相邻扫测带重叠处的水深可用作检查线,作为水深不符值比对照。

## 8.3 定位

**8.3.1** 本条是根据国标《海道测量规范》(GB 12327)的规定,对于沿海航道、港池、泊位、吹填区施工测量、航道基本测量和检查测量及规划设计阶段的勘测,用测深杆或测深锤方式作业需反复测深,航速必然很慢,多用非机动船并且是点测深,所以测点的间距不能太大,这里规定为图上12mm。水工建筑物及附属设施施工测量比例尺均大于1/1000,所以不论用何种仪器测深,测点间距均应当密些,这里取图上10mm。对内河一般水域的航道、港池、泊位、吹填区施工测量,1:500测图用测杆和水砣测深时,为真实反映水下人工地貌,测点间距一般都保证为5m,相当于图上10mm,所以规定了表注的要求。

**8.3.3** 采用角度交会法定位时,交会点与测深仪换能器不在同一位置,特别是后方交会中,两观测者不在同一位置,其偏差往往超过图上0.6mm,这就有可能将边坡水深移至航槽内,或者相反,所以在绘图时应予改正。

**8.3.7.2** 对GPS接收机天线的要求,主要突出了对流动站天线的特殊要求。因为船上电磁场及金属构筑物与天线的关系对定位及其精度影响甚大,流动站天线高度与海区水位变化有关,而且定位中心与测深中心一般是不重合的,为了克服这些影响,本款在本规范第4.4节规定的基础上又做出了相应的规定。

**8.3.7.3** 对于二维差分动态定位,卫星的缺席参数(仰角)可放宽到10°,因为仰角越小,对图形组合较为有利,HDOP容易控制在较小的范围。相反,若大于15°,对于差分定位的图形组合就会受到限制。

**8.3.7.4** 测量项目开始前,进行DGPS定位精度比对应应在测区附近的控制点上,这样才能说明实际测量时的定位精度。

## 8.4 测深

**8.4.1.1** 测深精度不仅取决于仪器本身的精度,还取决于严格进行现场校准检查。在沿海,不同地点的含盐量和水温将有所不同,所测仪器差也有所不同,所以必须强调现场校准检查。

测定仪器差通常使用检查板,一般不再允许使用测深锤作为校准器,因用测深锤检查测深仪将产生较大系统误差。对于航道及港口工程等测图,水深大于 20m,使用检查板不易操作,所以规定可采用水文资料计算改正数。

除定期对测深仪进行检验外,本款新增加了“当仪器出现故障进行大修或更换测深仪的主要部件时,应重新检验仪器”的规定。这是我国计量法要求的。

**8.4.1.4** 目前许多型号的测深仪都兼有模拟记录和数字记录功能,由于自动化成图的广泛普及,数字信号的可靠性必须有计量检验手段,为了保证模拟信号与数字信号相一致,要求检验测深仪时,对其两个信号都要比较,确认数字信号的可靠性。

**8.4.5** 显示在测深纸上的相邻定位线间距与实地宽度之比,称其为“显示比例”。对于有调节纸速装置的测深仪,可调整纸速达到此比例,无此装置的测深仪,只能靠降低船速来达到规定的显示比例。

本条规定 1/4000 的显示比例,还考虑了疏浚工程水下挖泥机具(如耙头、绞刀等)的宽度。例如:耙宽为 2m,折合在测深纸上的宽度约为 0.5mm;若小于此比例,则对其不易分辨。提高测深纸上信号的分辨率,有助于发现水下障碍物及检查施工质量。

**8.4.6** 由误差传播定律可知,主测深线与检查线相交处 1mm 范围内,水深点的比对限差是深度限差的 $\sqrt{2}$ 倍。考虑测深条件及风浪影响和国标《海道测量规范》GB 12327 中该项限差 0.5m 的规定,为提高经济效益,并使其精度指标不低于国标要求,本条规定了以深度限差的 2 倍(表 8.4.6)作为比对限差。

**8.4.8** 对姿态传感器的规定进行了补充,增加了姿态传感器输出数据速率应不小于 20Hz,这样可保证姿态补偿可反映真实情况。船体在波浪中的姿态是很复杂的,每一点的起伏、横摇、纵摆都不一样,姿态传感器采集的数据也不一样。因此当利用这些波浪数据改正测深结果时,姿态传感器一般都靠近测深中心。由于姿态传感器的敏感度使得信号比实际情况存在平滑延迟,当外界有干扰时,比如人为搬动、测船转弯或大船通过时,它不能及时反映变化,为了避免错误,这时应慎重使用。同时准确记录原始水深数据、波浪数据和改正后的水深数据,这也是避免出错的措施之一。测量人员可以根据风浪情况和海底地形,判别那些波浪数据是正确的,那些波浪数据是有干扰,不正确的。除姿态传感器外,还可采用 RTK-DGPS 测高或 GPS 三维姿态控制系统来进行改正,这时要做好现场检验和比对。

**8.4.9** 目前多波束测深技术已经成熟并日渐普及,这次修订增加了多波束测深系统的相关技术规定。

**8.4.9.2** 此条是关于多波束测深系统的设备及其安装位置的变化和校准的规定,其目的是为了控制成果质量。对于固定安装的多波束测深系统,由于仪器设备是固定的,一般每年校准一次,但为了保证测绘成果质量,到了一新的工地后就要进行符合性校准检查。对于非固定安装的多波束测深系统或固定安装的设备移动过,由于仪器位置发生变动,或更换了系统中的硬件设备,使换能器姿态与校准时的姿态不同,造成测深精度变化,影响成果质量。故作此规定。具体校准项目包括定位时延、横摇偏差、纵摇偏差及艏向偏差。

1. 定位时延的测定与校准,规定了测量水域和速度,目的是为了提高校准精度,规定

方向是为了避免纵摇偏差的影响。取 3 组或以上的校准数据计算校准值,规定其中误差小于  $\pm 0.05$  秒,目的是使选取的校准值更加合理,能够实现,而且能够满足测量精度的要求。

2. 横摇偏差的测定与校准规定了深度,是为了保证测区的测量精度高于校准时的测量精度,平坦水域、同速、相反方向是为了避免其他误差的影响,提高校准的精度。取 3 组或以上的校准数据计算校准值,规定其中误差小于  $\pm 0.05^\circ$ ,目的是使选取的校准值更加合理,能够实现,而且能够满足测量精度的要求,30m 的水深,偏差  $0.05^\circ$  时,产生大约 0.1m 的深度误差。

3. 纵摇偏差的测定与校准,规定了测量水域、测线方向、船速,目的是为了避免其他误差的影响,提高校准的精度。取 3 组或以上的校准数据计算校准值,规定其中误差小于  $\pm 0.3^\circ$ ,目的是使选取的校准值更加合理,能够实现,而且能够满足测量精度的要求。

4. 艏向偏差的测定与校准规定了测量水域、测线方向、测线间距、船速,目的是为了避免其他误差的影响,提高校准的精度。取 3 组或以上的校准数据计算校准值,规定其中误差小于  $\pm 0.1^\circ$ ,目的是使选取的校准值更加合理,能够实现,而且能够满足测量精度的要求。

**8.4.9.3** 多波束测深一般进行声速改正,每次作业前均应在测区测定声速剖面。涨水、落水时刻在某些地方盐度是不一样的,同时水温也随着时间的变化而变化。所以要求单个声速剖面控制范围不宜大于 5km,声速测量间隔应小于 6h。表层声速对水深测量精度影响较大,如果表层声速变化 2m/s 时,  $60^\circ$  入射角的边缘波束将引起 0.1m 的水深误差。所以要求当声速变化 2m/s 时就应该重新测定声速剖面。为了数据维护的方便及保证声速改正满足要求,测线长度不宜超过 5km。

**8.4.9.4** 多波束测深正交比对试验为内符合测试,检验校准效果。测线为正交的 3 ~ 4 条测线,统计相同点的水深互差。选择的水域也是为了保证测区的测量精度。如果比对的结果按照规定要求不超限,说明校准参数是可靠的。利用单波束(测深精度已校准且优于规定精度)进行校核为外符合测试,测量时一般配备姿态传感器,检查多波束测深系统的测深准确度是否满足要求。内、外符合测试均应满足表 8.4.6 的要求。

**8.4.9.5** 多波束测深沿航向方向的相邻波束脚印之间有重叠,相邻测线间也有重叠,并且均作为质量检查的指标,所以规定检查线长度不少于总测线的 1%。为了检查每条主测线多波束的数据质量,检查线至少通过主测线一次。用多波束做检查线时,中心波束区域的精度高,所以应采用中心区域多波束的数据。

## 8.5 RTK 三维水深测量

**8.5.1** 本条是对 RTK 三维水深测量中 RTK 三维定位坐标转换参数的规定。根据工程需要,可能选用 1954 年北京坐标系统、1980 西安坐标系统或地方(港口)坐标系统。在控制网覆盖范围之内,经过 GPS 控制测量可准确求得 WGS-84 坐标系统到地方坐标系统的转换参数,经过坐标转换即可得到所需要的平面坐标和正常高。坐标转换宜采用布尔莎七参数转换模型,平面和高程同时转换。当测区长边小于 10km 时,也可以采用其他转换

模型。

**8.5.2** 在沿海地区,一般情况下 GPS 控制网只能沿海岸在陆地布设,所求取的转换参数不适用于远离海岸的测量区域。采用 RTK 定位技术,平面坐标转换精度一般可满足水深测量定位的要求,由于受深度基准面倾斜及高程异常等因素的影响,高程转换精度则不能满足水位改正的要求。因此,需在测区合适位置设立海上临时定点水位站,与邻近长期水位站或短期水位站同步观测水位,采用“潮差比法”或“弗拉基米尔法”确定临时水位站的深度基准面,求得该处的准确水位,然后对 RTK 水位进行修正。此项工作需在项目开始前进行,求得修正值后,在今后进行 RTK 三维水深测量时直接对 RTK 水位进行修正即可。

**8.5.3** 在内河、山区,地形高差变化较大,高程异常变化也没有规律,因此求取转换参数的控制点间距不宜大于 5km,点间高差也不宜大于 50m,在高差变化处应加密布设控制点。

**8.5.4** 为了减少电离层延迟和对流层延迟的影响,通常使用双频 GPS 接收机。

由于测船的纵摇、横摇可引起 RTK 所测高程的变化,从而引起 RTK 水位变化,因此 RTK 三维水深测量应配备三维姿态传感器,进行因测船纵摇、横摇引起的改正。但是,此时不应进行测船升沉量的改正。

RTK 三维水深测量所要求的应用软件,既应可以实时进行 RTK 水位改正而不输出水位值,又可以记录原始数据,事后提取水位值,以便比对(若有已知水位站,可与之比对),进行质量检查(依据水位曲线判断)。

## 8.6 水下障碍物探测

水下障碍物探测,目前主要使用软式拖底扫测、硬式扫床、侧扫声纳扫测、多波束测深系统扫测和四波束测深。本次修订,在保留了原规范内容的基础上,根据水运工程测量特点一是增加了水下障碍物探测的目的;二是增加了磁力仪扫测作业要求和相关附录;三是完善了多波束测深系统作业要求。以相关附录对作业条件、仪器安装和校准、测深、数据处理和制图等作出相应规定,满足水下障碍物探测作业和新技术推广应用的需要。

## 8.7 适航水深测量

**8.7.1** 本条作出了适航水深测量方法选择的推荐性规定。重力式器具是指以重力式测量原理获得重度界面深度的方法,如三爪铰、密度计等。重度测量指直接进行重度剖面测量,如密度计等。走航式适航水深测量系统包括音叉密度计、双频测深仪和海底淤泥层连续密度划分软件系统。

**8.7.5** 由于走航式适航水深测量系统受重度剖面测量制约,因此作出测区内垂直密度剖面测量点的规定。

**8.7.6** 适航水深关键在于准确测定规定容重面的深度,由于重力式器具对于重度耐受点不同,其结果截然不同,根据测量要求,要求重力式器具停止界面之重度宜等同适航重度。但现实是难以严格等同,出于安全考虑,规定不得大于规定的适航重度。这就对器具制造



提出了相应要求,《水运工程测量手册》中给出了三爪铰的制作参数仅为适合天津港 $12.5\text{kN/m}^3$ 的重度值的参数。必须明确,不同地点的当颗粒粘度发生变化后以及适航重度变化后,这些参数就不再适用,必须调整其质量和接触面面积使其适应新的重度。

## 8.8 内业处理

**8.8.3** 本条第(2)项规定的理由是:当风浪较大,回波线呈现波浪状,自然水面的升降平均值应为回波信号(线)之中位线。但是,由于测船较重,其上下升沉均产生惯性影响。受重力和浮力作用,下沉时的惯性力使船增加了一个下沉量,而升起时的惯性作用,与重力作用相反,使测船减少一个上升量。使测船上升的最大幅度小于相邻的下沉最大幅度,这时的实际升降起算面并不是自然水面波高平均面,并不在升沉回声信号中位线上;同时还考虑到因船舶倾斜造成换能器声束偏斜,使水深偏深。因此,本规范及国际上一些国家的规定或招标标书中均提出了“水深从距波峰 $1/3$ 波高处量取”的技术要求。

**8.8.7** 本条中增加了第(5)项,当测图目的不同时,自动化水深测量的取点有不同要求。主要是考虑对于疏浚测量,当测图用于计算工程量且比例尺较小(如:1:2000)时,取浅点与等距均匀取点所计算的工程量差值较大。

**8.8.9** RTK 三维水深测量在外业测量时已进行了水位改正,为了检查 RTK 水位的正确性,在内业数据处理时,通常把 RTK 水位提取出来,绘制水位曲线,对 RTK 水位的质量进行确认检查,这是 RTK 三维水深测量质量控制的一个重要环节。

**8.8.11** 为了扩大适航水深图的功能,为建设单位、施工单位及回淤研究提供浮泥层厚度及其浮泥变化,其中第 8.8.11.2 款规定了“应在每条测线上分别按实际位置标注最小和最大适航浮泥层厚度值”,并增加了浮泥厚度的图式符号。本款是为了使适航水深图与高频测深仪测得的水深图相区别,并提供所测适航浮泥层的具体位置范围,这样可方便使用。

**8.8.12** 为了配合现行《水运工程测量质量检验标准》(JTS 258—2008)的实施,把水深测量内业成图的相关内容纳入本节。

## 9 变形测量

### 9.1 一般规定

**9.1.1、9.1.2** 本规范变形测量等级的划分是根据水运工程变形测量的特点及目前的测量技术水平、仪器设备等确定的。现根据误差传播定律并考虑《工程测量规范》(GB 50026—2007)条文说明的分析方法以及设计、施工部门对变形观测精度要求对其指标说明如下:

确定变形点观测精度指标所考虑的基本原则是日平均位移量和累计位移量,日平均位移量小于某一允许值,取其 $1/5$ 作为观测精度限值,累计位移量小于某一允许值,取其 $1/20$ 作为观测精度限值。

变形观测时,一般采用大地测量方法,其观测精度受到一定的限制。因此,在划分变形观测等级时,一方面满足工程设计和施工的需要,另一方面各等级观测精度不能定得过高。本规范的变形观测等级按变形点水平位移观测相对点位中误差及沉降观测的高程中误差共分为四个等级,精度系列以每一等级按2倍递减,由一等变形观测的精度依此可推得二、三、四等的观测精度。这样规定的精度在采取一定措施后,用常规测量方法是可以达到的。

**9.1.3** 由于变形观测所关心的是各周期观测间变形点的位移量的大小,因此一般采用独立坐标系统和假定高程系。

**9.1.8** 变形监测的目的是及时掌握监测体的变形情况,确保监测体在施工或运营期间安全,并提供准确的安全预报。所以,一旦出现本条所列情况之一时,要求即刻通知建设单位和施工单位,及时采取相应措施,防止工程事故发生。

### 9.2 监测网布设

**9.2.1** 监测网由基准点、工作基点和变形观测点组成。由于变形观测要求的观测精度较高,而且变形区域一般不大,因此一个测区的变形监测网一次性布设。为了提高经济效益,充分利用已有平面控制点,这次修订中明确了直接利用施工控制网点的限制规定。

**9.2.3** 当监测网的基准点稳定时,平面监测网最多只需两个基准点,高程监测网只需一个基准点就可满足需要。但在布设监测网时,往往难以明确变形区域的范围。为了能检查基准点的稳定性和保证观测精度,本条作了必要的限制规定。

**9.2.4** 变形观测点布设位置,一般是指水工建筑物面层的前、后沿、伸缩缝两侧、防坡堤、围埝、护岸、护坡顶部、中部或临近水面处等。

**9.2.5** 因为GPS已基本上取代了传统控制测量方法,所以这里增加了GPS测量内容,其

点位选择应符合第 4.4.5 条的规定,至于“GPS 网点应设置在水工建筑物顶部”则是为了减少水面和物体引起的多路径效应的影响。

### 9.3 监测网观测

**9.3.1** 本条是原规范的保留内容,表 9.3.1 的规定,是根据监测网与变形观测点及其观测精度的关系,为了便于验核基准点的稳定性,保持各周期变形观测的结果的可比性和形变值的可检验性而确定的。具体分析如下:

若设变形观测点的观测精度  $m_1$ ,监测网的观测精度  $m_0$ ,相邻两次等精度测得的变形量的精度为  $m_2$ ,当基准点稳定时,有以下关系:

$$m_2 = \sqrt{2}m_1 \quad (9.3.1-1)$$

很显然,这时监测网的观测精度对变形量的精度没有影响。当基准点不稳定时,这时有:

$$m_2 = \sqrt{2(m_0^2 + m_1^2)} \quad (9.3.1-2)$$

若规定  $m_0 = m_1$ ,并取 2 倍的中误差作为观测变形量的极限误差  $M$ ,则:

$$M = 4m_1 \quad (9.3.1-3)$$

式中  $M$ ——观测变形量的极限误差。

根据本规范 9.1.2 的规定,若设允许变形值为  $\Delta$ ,则  $m_1$  为  $\frac{\Delta}{10} \sim \frac{\Delta}{20}$ ,代入式(9.3.1-3)后得  $M$  为  $\frac{2}{5}\Delta \sim \frac{1}{5}\Delta$ 。在实际工作中,往往是通过多次观测后,变形体的变形量才达到允许变形值,若按 2~5 个观测周期进行计算,则观测周期内的预估变形值  $\Delta$  估为  $\frac{1}{2}\Delta \sim \frac{1}{5}\Delta$ 。

因此,这时取监测网的观测精度与变形观测点的观测精度相同,可以满足各周期观测结果的可比性和连续性的要求。

**9.3.2** 本条为起算边相对中误差的规定,并对个别文字和表注作了少量修改,明确了采用 GPS 测量,当边长精度保证时,可以放宽边长限制的条件。

平面监测网相邻基准点的相对点位中误差按下式估算:

$$M = \pm \sqrt{m_s^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{m_\beta}{\rho} \cdot S \right)^2} \quad (9.3.2-1)$$

式中  $M$ ——相邻基准点相对点位中误差(m);

$m_s$ ——边长中误差(mm);

$m_\beta$ ——测角中误差(");

$\rho$ ——206265";

$S$ ——相邻基准点的边长(m)。

为了使各等级监测网的测角精度与国家相应等级三角网的测角精度相适应,本规范规定各等级监测网的测角精度与国家规范相应等级三角网的测角精度相同。对于边角

网,取相邻基准点纵向观测误差与横向观测误差相等,由此可得  $m_s = \frac{1}{\sqrt{2}}M, S = \frac{M}{m_\beta}\rho''$ ,其结果见表 9.3.2-1。

边角网测边精度及边长计算 表 9.3.2-1

等 级	$M$ (mm)	$m_\beta$ (")	$S$ (mm)		$m_s$ (mm)	
			计算值	取值	计算值	取值
一等	1.5	0.7	442	300	1.06	1.00
二等	3.0	1.0	618	450	2.12	2.00
三等	6.0	1.8	687	600	4.24	3.00
四等	12.0	2.5	990	900	8.48	5.00

边长观测的测回数是按下式确定的:

$$n = \frac{m_s'^2}{m_s^2} \tag{9.3.2-2}$$

式中  $n$ ——测回数;  
 $m_s'$ ——测距仪一测回测距中误差,Ⅰ类测距仪取 5mm,Ⅱ类测距仪取 10mm。  
边长观测时一测回读数较差,各测回观测较差,往返观测较差按本规范确定。  
按式(9.3.2-1)同样也可确定三角网的边长。在计算时,从不利的情况考虑,边长中误差按相应等级三角网最弱边的精度进行计算,计算结果如表 9.3.2-2 所示。

三角网边长计算表 表 9.3.2-2

等 级	$m$ (km)	$m_\beta$ (")	$\frac{m_s}{S}$	$S$ (m)	
				计算值	取值
一等	—	—	—	—	—
二等	3.0	1.0	1:120000	333	300
三等	6.0	1.8	1:70000	385	350
四等	12.0	2.5	1:40000	454	400

由于变形观测网的边长较短,所以三角测量不适用于一级监测网观测。  
**9.3.3** 为新增内容,是为保证测量精度而定的。  
**9.3.4** 高程监测网的主要技术指标是根据每站中误差和测站数估算的,设水准测量每站中误差为  $m_h$ ,相邻连基准点间的测站数为  $n$ ,相邻基准点间的高差中误差为  $m_h \sqrt{n}$ ,取  $n = 8$ ,则可得监测网每测站的高差中误差,如表 9.3.4 所示。

高程监测网每测站中误差 表 9.3.4

等 级	一 等	二 等	三 等	四 等
每测站高差中误差(mm)	±0.18	±0.35	±0.71	±1.41

根据规范 5.2.3 条,三、四等水准每测站中误差分别为  $\pm 1.5\text{mm}$  和  $\pm 2.0\text{mm}$ 。在一般水准测量作业时,观测误差中大部分是系统误差。对于变形观测,由于每期观测采用相同的观测路线,固定作业人员和仪器,在比较相邻两周期的观测高差时,大部分系统误差得

以抵消,比较结果精度主要受偶然误差的影响。因此,按本规范三、四等水准观测要求是可以达到的。

**9.3.5** 变形点的位移量是根据基准点计算出来的。基准点是否稳定将直接影响变形观测的成果。因此,在测站对工作基点和基准点进行检查,以及定期复测监测网是非常必要的。

## 9.4 水平位移观测

**9.4.2** 本条要点在于变形观测点位置选择,通常选择在既能代表该部位变形体的变形特征又便于观测的位置。水工建筑物设置在墩式结构的四角、转角内侧、纵横轴线上、沉降或伸缩缝、码头的前后沿、不同基础或地基交结处或断面发生变化的两侧等。对远离岸边的水上建筑物采用 GPS 进行变形观测时,观测点设置在水工建筑物顶部。

**9.4.5** 当采用小角度法观测时,观测点的精度按下式估算。

$$m_s = m_\beta L / \rho \quad (9.4.5)$$

式中  $m_s$ ——位移中误差(m);

$m_\beta$ ——测角中误差(");

$L$ ——视准线长度(m);

$\rho$ ——206265"。

**9.4.6.2** 视准线离各种障碍物应有 1m 以上距离的规定,是为了减弱旁折光的影响。

**9.4.6.5** 基点和观测点设置要求,其目的在于减弱近地面大气湍流的影响和减弱观测仪竖轴倾斜对观测值的影响。

**9.4.6.6** 分段观测是指先在中间工作基点上观测位移量,而后再分段观测各观测点的位移量,最后将各位移量化算到统一的基准下。

**9.4.7** 采用 RTK-DGPS 时,要考虑其适用范围。对于变形量大、需要及时监测、适时处理数据、施工速度较快的监测项目采用 RTK-DGPS 进行监测既能保证精度,又易于操作。

**9.4.8** 自动跟踪测量全站仪在大型工程中已得到较为广泛的应用。反射片通常用于较短的距离测量,其精度可满足普通精度的变形监测的需要。

**9.4.9** 表 9.1.1 是对水平位移观测精度总体要求,本着利于提高经济效益的原则,在满足该表求的情况下,选择其他方法自然可行。

## 9.5 滑坡观测

**9.5.8** 水位变化会对邻近的滑坡体产生影响,因此要求在滑坡观测时观测邻近的水位。

## 9.6 垂直位移观测

本节名是由原规范的“沉降观测”修订而成。主要考虑到采用“垂直位移观测”不仅含有沉降,而且还可包括弹回或隆起及《工程测量规范》(GB 50026—2007)中描述为“内部垂直位移”的“分层沉降”观测等内容,此与《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTJ 218—2005)的提法相一致。

**9.6.2.2** 地基土内部分层观测,就是测定建筑物地基内部各分层土的沉降量、沉降速率以及有效压缩层的厚度。

观测标志的埋设深度要求是依据地基土的理论压缩层厚度(根据工程地质资料)确定的,否则将失去土的内部垂直位移观测的意义。

**9.6.5** 本条只给出了方法和精度要求,具体工作根据此要求选定方法和精度要求,例如:未包括在水准线路上的观测点,以所选定的测站高差中误差作为精度要求施测;由水准基点引测、校测起测基点的垂直位移,按二等水准测量进行观测;观测点的垂直位移,按三等水准测量进行观测;船闸、船坞等大型混凝土建筑物可提高一个观测等级等。

**9.6.9** 本条为新增加的内容,主要是静力水准测量用于垂直位移观测的技术要求。

## 9.7 倾斜观测

本节修订时删除了原规范内裂缝观测的相关规定,新增了倾斜观测点的布设。布设要求源于观测原理和精度控制要求,目的是尽可能减少传算环节,以控制误差传播,同时也兼顾工作效率。

**9.7.3** 由于倾斜观测采用推算法直接观测量为水平位移观测和垂直距离,精度主要受上下两观测点水平位移观测精度和垂直距离观测精度的控制,所以本条要求水平位移和垂直距离观测精度应满足要求。当直接采用测斜仪或倾角仪测量时,精度则直接受仪器本身精度的限制,不同的仪器,精度差别比较大,但最低的精度标准也应当满足表 9.1.1 规定的不同等级对由水平位移和垂直位移按误差传播定律计算获得的倾斜精度的要求。

## 9.8 内业处理

本节仅对提交资料内容进行了完善,使用中,应按照第 3.0.11 条和第 9.8.3 条一并执行。

## 10 施工测量

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 在大型工程项目中,往往有多个单位同时施工,为了防止旧有的或早期建立的平面和高程控制网存在问题而继续给工程施工造成影响,所以要求在施工前全面收集与工程有关的测量资料,并对原有控制点进行必要的校核。主要检查控制点成果数据及精度说明,校核控制点间的方位、并根据点之记核实名、标石、觐标等的可靠性。

**10.1.6** 因为 RTK 定位精度可满足四等及以下水准测量和厘米级的平面位置精度的需要,所以可用于水运工程水工建筑物施工定位。

**10.1.7** 关于施工放样,这里主要是指水工建筑物的主体工程的细部点、施工导标及施工样桩点的放样,为了保证施工精度,防止质量事故,在施工过程中就要考核其测量的可靠性,其方法就是要有多余观测,以便测量人员自己比对检查。

**10.1.8** 由于施工测量的大量工作是各工序、各环节的施工放样工作,施工放样的内外业资料包括放样方案设计、放样元素计算及校核、放样仪器检验及校准、现场放样校对记录、阶段总结和施工测量技术报告等资料。这些资料的保存,有利于质量管理,有利于测量工作经验及测量技术总结,根据《水运工程测量质量检验标准》(JTS 258—2008)的要求,这些资料又是施工测量质量检验必备的详查样本。本条正是针对目前许多工地不积累施工放样资料,测量质量检验样本不全的现状而定的。

### 10.2 施工平面控制测量

**10.2.2** 控制网的等级和布置形式与施工区离岸距离有关,表 10.2.2 主要是针对港口工程施工而言,这里按离岸距离大小重新规定了所需各级施工控制网的形式及等级要求,简化了表格。

**10.2.4** 矩形施工控制网是港口工程传统的施工控制方法。本条各款的规定均为多年港口施工单位经验的总结。精度及观测要求均参考了现行国家标准《工程测量规范》(GB 50026—2007)有关规定。

**10.2.6** 因为控制网的复测周期主要是由测区地质、环境条件和工期长短来决定的,条文中将复测间隔放宽为不超过半年,足可以满足施工要求。

### 10.3 施工高程控制测量

**10.3.2 ~ 10.3.5** 由于控制对高程要求较高,本节第 10.3.3 条要求施工高程控制测量作业不应低于本规范对三等水准测量的要求。本节第 10.3.3 条 ~ 第 10.3.5 条等条对施工

水准点的布设、联测、精度及定期校核等规定,都是从上述基本精度等级要求出发进行编写的。对于施工水准点的埋石要求,本节作了较灵活的规定。这是因为施工水准点虽然精度较高,但不需永久保存,只要在施工期内或竣工后的位移观测期间能牢固、稳定保存即可,所以不需要硬性规定埋石的具体要求。

**10.3.6** 在沿海水域孤岛施工中,一般高程控制点都在陆地,我们可用 GPS 侧向拟合延伸法,将高程引接到孤岛或水中构筑物上。根据国内目前 GPS 测高的应用情况,本条规定的指标是可以达到的。

**10.3.7** 在工程建设期间,往往有平面与高程控制点被新拟建的建筑物所覆盖,此时需将高程点引至已建成的建筑物或构筑物上,但新的建筑物必须有坚固稳定的基础,如高桩码头的引桥或码头面层上。另外,水运工程一般离岸边较远,在施工中,其施工工艺流程是逐步向水域推进(延伸),水准仪在作业中,要求前后视距要相等,在工艺中,也需要将水准点逐步向水域推进,故我们在作业中,经常要对水准网、点进行联测,确保高程测设精度。

## 10.4 施工标志

**10.4.3** 导标是疏浚工程、航道整治工程及基槽开挖等施工的导航、定位标志。导标视觉偏离量是由于观察者肉眼分辨率引起的观察者相对于导标轴线的横向偏移距。本条对导标视觉偏离量的要求是根据施工工艺及质量要求来考虑的。对于近岸施工,用肉眼观察导标,按视觉偏离量计算公式求得的导标视觉偏离量限值是可以达到的。但是对远离岸边的深水区施工,还需借助于望远镜才能满足限值的要求,所以本条按两种情况分别作了规定。

对疏浚工程,考虑不同船型对导标视觉偏移量的不同要求,本条只对其限值作了原则规定,即以设计计算超宽量作为限值。若同一挖槽由多船施工,导标视觉偏离量按较小计算超宽值计算。对较长挖槽导标的观察方式一般根据导标视觉偏离量大小,按施工段确定。若用于导标夹角法测图定位时,应按其与导标的距离分段计划观察方式,以保证定位精度。

对基槽开挖及水下抛石施工,表 10.4.3 中相应的限值是根据现行《水运工程质量检验标准》及有关港口工程技术规范规定的。而本规范对水下抛石超宽量未作限制,只规定了不小于设计宽度,所以我们表中以 2.0m 及  $2V_m$  ( $V$  为望远镜放大倍数)作为视觉偏离量限值。

对内河炸礁施工导标的视觉偏离量的规定是根据内河施工单位的经验而定的。

## 10.5 疏浚和航道整治施工放样

**10.5.1.1 ~ 10.5.1.3** 各款精度要求是由生产实践总结出来的。几年来的实践证明,这些规定基本上是可以满足施工要求的。

**10.5.1.4** 为校验导标的位置及其视觉偏离量,规定了导标设立后应在挖槽最远端(通常在水上)沿导标轴线进行多次定位检查,若图上检查点对称于导标轴线均匀分布,



点位相对于设计导标轴线的图上位移符合公式(10.5.1)要求时,则表示导标放样符合要求。

水上定位检查导标时,检查点相对于设计导标轴线的图上偏移距取决于下列因素:

- (1)控制点点位中误差(图上0.2mm);
- (2)检查点定位中误差(图上1.5mm);
- (3)检查点记入中误差(图上0.5mm);
- (4)定位格网绘制中误差(图上0.3mm);
- (5)导标视觉偏离量的影响。

综合上述诸因素的影响,其图上偏移距为:

$$\Delta u = \pm \sqrt{2.63 + \left( \frac{W \cdot 10^3}{M \cdot V} \right)^2} \quad (10.5.1)$$

式中  $\Delta u$ ——检查点相对于涉及导标轴线的图上偏移距(mm);

$W$ ——导标视觉偏离量(m);

$M$ ——测图比例尺分母;

$V$ ——望远镜放大倍率。

这就是本款所采用的校验导标视觉偏离量的限值计算公式。

**10.5.1.1 ~ 10.5.2.4** 各款所说的测站点(样桩),对内河整治工程称之为样桩,对沿海疏浚工程导标放样,称之为测站点。放样时,是在测站点(样桩)上安置经纬仪,测设导标线方向。

### 10.5.2 内河航道整治施工放样:

本条规定的精度要求是以航道整治工程设计要求、施工质量控制精度要求及图纸变形等因素为依据的。

**10.5.3** 采用GPS定位系统进行施工定位,定位精度应满足表8.1.5的要求,计算公式见附录G。当使用我国沿海指向标信号实施GPS差分定位时,应先在测区附近控制点上进行测量,求取WGS84坐标系到当地坐标系的转换参数,并在其他控制点上进行校核。

## 10.6 水工建筑物施工放样

**10.6.1.1** 表10.6.1是根据港口工程有关设计与施工沉桩定位的允许偏差规定编写的。考虑目前光电测距仪已普遍应用,所以本规范增加了光电测距极坐标法放样的测设距离的相对误差要求。

**10.6.3** 鉴于《重力式码头设计与施工规范》中对水下基床整平分为极细平、细平,其高程允许偏差分别为 $\pm 30\text{mm}$ 、 $\pm 50\text{mm}$ ,对于大型构件底面尺寸大于等于 $30\text{m}^2$ ,其基床可不进行极细平。随着我国航运事业的发展,码头泊位逐步走向深水泊位,预制构件也随之增大,多数码头基床只进行细平就可以满足设计要求;根据《水运工程质量检验标准》关于水下基床细平允许偏差 $\pm 50\text{mm}$ ,通过测量误差分析,综合考虑水上作业,金属管尺制作等因素的影响,细平导轨标高的放样允许偏差为 $\pm 30\text{mm}$ 。

**10.6.4.2** 由于离岸较远的开阔水域用传统方法较难达到精度要求。所以本条作了用

全站仪、RTK-DGPS 进行施工定位的规定,以此来保证现行《水运工程质量检验标准》允许偏差的要求。

**10.6.5** 本条是根据施工放样整平允许偏差要求而定的。而且主要考虑了要求较高的滑道基床顶面极细平允许偏差的要求。

**10.6.8** 水工建筑物及附属设施主要指码头上部结构、船坞、船台、系船设备、防冲设备、钢轨、车挡、护轮坎等,现浇混凝土的模板放样、各种管沟、预埋件、预留孔等结构物,其施工放样偏差未一一作出具体规定,因为具体指标太多,而且对测量来说,许多都是重复的,为减少大量的条文篇幅,这里只对各种施工放样的精度要求做了统一原则性规定。由于这种施工测量是与相应的施工质量检验允许偏差一一对应的,所以对于水工建筑物施工测量人员或施工人员,按照这个原则不难得到施工放样的精度要求。这一原则规定的理论推导如下:

施工的误差实质上是通过施工检查测量来判断的,而检查测量的精度又与施工放样的精度一致,所以,同精度两次测量结果比较,在不考虑起始点本身的误差和施工工艺误差等影响的情况下,水工建筑物施工本身的误差,实质上可以用两次测量精度指标来计算,即

$$m_{\text{施}}^2 = m_{\text{放}}^2 + m_{\text{检}}^2 \quad (10.6.8-1)$$

式中  $m_{\text{施}}$ ——施工本身的误差;

$m_{\text{放}}$ ——施工放样的误差;

$m_{\text{检}}$ ——施工检查测量误差。

根据等影响原则:

$$m_{\text{放}} = m_{\text{检}}$$

$$m_{\text{施}} = \sqrt{2} m_{\text{放}}$$

由误差传播定律可知,最终水工建筑物质量偏差计算公式为:

$$m^2 = m_{\text{施}}^2 + m_{\text{放}}^2 + m_{\text{外}}^2 \quad (10.6.8-2)$$

式中  $m$ ——最终水工建筑物质量允许偏差;

$m_{\text{外}}$ ——风浪、潮汐、地质条件、施工工艺和码头后方推压力等外界条件引起的质量偏差。

根据经验及统计分析,港口工程潮汐、风浪、地质、施工工艺和码头后方推压力等施工以外因素对工程质量的影响比陆地上施工要大一些,最大可达施工误差的  $1/\sqrt{2}$ 。即

$$m_{\text{外}} = m_{\text{施}}/\sqrt{2}$$

$$m_{\text{外}}^2 = m_{\text{施}}^2/2$$

$$m^2 = 2 m_{\text{放}}^2 + m_{\text{放}}^2 + m_{\text{放}}^2$$

故:

$$m_{\text{放}} = m/2$$

这里的  $m$  就是《水运工程质量检验标准》(JTS 257)中所列各项质量允许偏差值。所以,本条取其 0.5 倍作为施工放样的允许误差。

## 10.7 吹填施工测量

**10.7.1** 在本节吹填施工测量的内容中增加了吹填区沉降观测和围埝水平位移观测,以保证吹填工程施工测量内容的完整。

**10.7.2** 本条规定采用四等水准联测工作水准点,主要是为使吹填区高程测量与附近配套工程(如码头水工、航道等工程)的测图高程控制点的精度相适应。同时还要与水位站水尺零点引测精度相适应。导线点(指图根点)高程测量误差的规定是根据普通地形测量误差的要求决定的。

**10.7.3** 本条有关高程测量精度的规定是从计算工程量和质量检验的目的出发的,并考虑了下列因素:

(1)挖槽水深测量深度误差为 $\pm 0.2\text{m}$ ;

(2)工程量计算误差允许3%;

(3)吹填质量要求平均超填高度及最大高差取值均精确到0.1m,因此地形测量高程误差不超过 $\pm 0.05\text{m}$ 已能满足要求。

**10.7.4** 本条是在总结以往经验的基础上,参考了国内外工程提出的技术要求而编写的。为了能连续反映沉降量,要求沉降观测精度比地形点高程测量精度高。因为沉降杆是固定的,而且视线长度可以控制,读数估读至5mm是容易的,所以沉降杆高程测量精度可以提高到10mm。

**10.7.5** 本条规定是以吹填工程设计对围埝的沉降与位移观测提出的要求而确定的。现行有关吹填工程施工规范中规定围埝工程应在工程施工期以及安全期进行沉降和位移观测,并及时对沉降和位移观测成果资料进行整理并提供能反映沉降和位移过程及其与相关因素关系的图表及结论意见。

## 10.8 港区道路和堆场施工放样

**10.8.1** 港区道路施工的控制点应根据线路的长短布设相应等级的平面控制点、高程控制点,且与码头工程的控制网进行联测,确保港区道路与码头堆场的衔接。

**10.8.3** 港口道路中线测量放样是指极坐标法、RTK-DGPS法、偏角法、支距法等。施工放样的精度要求是参考了国标《工程测量规范》(GB 50026—2007)的规定编写的。

## 10.9 交工测量

本节是新增加的内容,主要是根据《水运工程测量质量检验标准》(JTS 258—2008)第4.8节的质量检验和施工测量质量管理的需要增设的。其各项技术要求都与施工前及施工过程中的要求一样,虽然规定的条款不多,但是,他包含的内容涉及了前边许多章节,由于前边各节的规定都有相关条文说明,所以这里不再重复说明。

## 11 制 图

方便方便本规范使用,并满足测量质量检验的需要,这次修订,将有关各种工程测图的内业绘图技术规定分别并入地形测量、水深测量等章节,使这些章节的内业处理成为包括有内业绘图的完整技术规定。本章各节保留的技术规定和补充、修改的内容主要适用于水运工程运营期间航道基本测量和检查测量。

### 11.1 编 图 设 计

本节是从原规范第 11.2 节中分离出来的。除对部分条款作了文字修改外,其他基本未做大的修改和补充。

### 11.2 编 绘

**11.2.3.6** 为发挥计算机辅助制图的优势,提高制图精度,有坐标值的资料一般按坐标值直接输入到计算机中进行编绘。这样可减少图形变形的影响,提高成图质量。

**11.2.3.7** 当采用数字化仪或扫描仪输入的图形要素时,一般都存在几何变形,在资料使用之前规定对其变形要进行纠正,可使各图形要素的精度符合制图精度要求。

**11.2.8** 增加了水深选取的一般原则,同时对编绘图水深选取的密度做出了规定。

**11.2.9** 制图经历簿是编绘制图过程中形成的质量记录,也是成图的档案,一般要完整记录制图过程中采用的资料情况、编图工艺方案、技术要求、问题处理、质量检查记录等内容,主要是为了控制制图过程的质量以及对质量的追溯。本规范未对制图经历簿的格式作统一规定,实际工作中可根据需要自行设计。简单的制图一般不填写制图经历簿。

### 11.3 清 绘

本节保留了原规范的规定,基本未作修改。

### 11.4 制 图 输 出

**11.4.1** 这里的制图输出主要是指批量输出成果图的过程,规定了制图输出的几种方式,即晒蓝、静电复印、复照或计算机绘图等方法。

**11.4.2** 对精度要求较高的图种主要是指需要进行图上量算作业的成果图,一般需要通过制版印刷的方式批量复制。一般利用清绘成果采用传统制版或利用计算机数据直接制版印刷;对精度要求较低的其他图种主要是指不需要进行图上量算作业的成果图,一般采用晒制蓝图、静电复印和绘图机输出等方式获取,这些方式输出的成果图的精度相对印刷

图要低,但比较快捷、方便,成本较低。

**11.4.5** 规定了机助制图的输出方式。对精度要求较高的图种,一般是按输出的符合制版印刷要求的数据进行印刷;对精度要求较低的图种,通常使用绘图机输出透明图进行晒制蓝图或静电复印,亦可直接使用绘图纸批量输出。其最终得到的成果图的精度都是以第3.0.12.13款的要求为标准的。

## 附录 N RTK 三维水深测量作业要求

**N.0.1、N.0.2** RTK 高程基准为 WGS-84 椭球面,需要将其转化为深度基准面上的高度(即 RTK 水位)。在沿岸可利用已知高程点(同时拥有 GPS 大地高和深度基准面上的高度)进行高程拟合,拟合方法可参照本规范第 5.4 节的相关规定。

**N.0.4** RTK 三维水深测量前对 RTK-DGPS 和整个测量系统进行校准,首先把 RTK-DGPS 流动站架设在未参与转换计算的控制点上,进行比对。满足要求后再对整个测量系统进行比对校准,所有满足要求后才可进行水深测量作业。

水深测量中的导航定位系统和测深系统存在着采集数据时间不同步的问题,即导航时延(或延时)。导航时延的存在,将使水深点的位置发生偏移,通常情况下,采取校准试验的方法来求取导航时延值,以削弱其对水深定位的影响,但由于校准场地地形复杂、校准方法不易操作等诸多因素的影响,常常不能完全消除导航时延的影响。利用秒脉冲 PPS(Pulse-Per-Second)技术,把导航系统和测深系统进行时间同步。采用该技术可完全消除导航时延对水深定位的影响,从而提高图载水深的位置精度。

**N.0.5** 卫星定位几何因子是影响定位精度的关键因素。当接收机和接收到信号的卫星组成的几何图形强度不足时,定位的精度明显下降。过去天空中卫星数量不足时,需要根据星历提前编制计划确定合适的观测时间。现在天空中共有 24 颗卫星基本上保证了接收机上空有足够的卫星数和构成适当的几何图形,从而保证定位精度。但是否是每时每刻在全球任何地方几何图形强度都能满足要求,还要进一步探讨。特别值得注意的是,GPS 卫星失效后如果没有及时补进卫星,必将出现“漏洞”。因此在 RTK 三维水深测量的同时监视 PDOP 值是必要的。

在天津地区、广州地区,多家测量单位报告称,在中午时段,RTK 三维测量的结果受到影响。因此,若条件许可,尽量避开中午时段进行测量。

RTK 三维水深测量不需要动吃水改正,只有在求定潮位时才需要动吃水数据订正。为了更好地削弱涌浪的影响,RTK 定位数据的更新率不应小于 10Hz。

## 附录 S 水运工程测量图式

水运工程各种测图都有不同于国家基本图式的特殊图式符号,而且根据水运工程的需要,比例尺的不同,相关的图式符号及尺寸也有变化,为了统一水运工程测量图式,方便使用,防止使用不同的规范图式,造成符号及其尺寸混乱,本规范仍保留了原图式,并增加了部分图式符号。

附录中,图式符号由原来 12 类要素划分修改为 13 类,由于测量的项目类别较多,测图比例尺要求又各有不同,如航道基本测量和航道检查测量测图比例尺多数小于 1:5000,有的达到 1:50000;而港口工程、疏浚工程及内河航道整治工程测图,基本上是大比例尺测绘,尤其航道图的图式内容多,又有套色的要求,比较复杂,如果全部辑入,内容过于庞大。考虑到水运工程测图的需要及使用方便,本规范辑录的图式,以供 1:500~1:5000 大比例尺图的使用为主,其中陆部主要依照现行国家标准《国家基本比例尺地形图图式第一部分:1:500、1:1000、1:2000 地形图图式》(GB/T 20257.1—2007),水部主要选自原部颁有关的图式符号。

这次修订又增加了一些助航标志等符号,以满足安全航行的需要。同时对少量符号也做了修改,增加了丁坝的符号。将注记单独列为一类,注记的字级大小由 K 级改为毫米单位,以方便计算机制图使用。另外又将 7.03 高程点的表示方法由原来定位在小数点位置改为用“.”表示点位。8.01 增加了适航水深、适航厚度的表示方法,这是参考现行《淤泥质港口适航水深应用技术规范》确定的。航道标志图式增加了部分内河航标的图式,如塔形标、禁航标、界限标等,对符号的编号重新进行了编排。

13.02、13.03 图式规定了水运工程图统一的图廓格式,为减少图幅、方便使用,保留了斜方格网图廓整饰格式。对小范围疏浚工程图、施工水深检测图的整饰一般可简化。13.03 增加了“注”目的是为了使用方便,对于正格网图廓整饰格式,规定可在内外图廓间标注全部公里网坐标值,标注样式一般要符合 13.03 的要求,主要是为了方便长幅图坐标的查询。

本图式未包括的图式符号、比例尺小于 1:5000 的工程规划图、航道基本测量和航道检查测量测图及其他专业用图的图式,一般参照相关的国标或行业标准使用。