

一建港航复习系列资料

# 港口与航道工程 管理与实务技术手册

吴凡 编著

预祝参加一级建造师考试的考生都能通过考试!



扫码加吴凡老师微信!  
(QQ/微信: 540139700)



扫码访问学员指南!  
(网址: <http://target.jzs160.com>)



一级建造师管理与实务考试



港航  
培训

主讲简介



**吴凡** 一级建造师，一级造价师，注册岩土师，十余年港航建设单位、施工单位工作经验，全网原创资料最多、更新速度最快、猜题最准、通过率最好的一建港航培训老师！

自2019年起重磅推出独家原创自编教材《通关手册》，2025年拆分为《技术手册》和《管理手册》。该套手册是全网港航培训圈中第一本，也是目前唯一一本自编教材！自2019年起原创习题与当年真题考点重合率均达55%以上！

培训方式

- 1、独家资料+录播视频
- 2、答题系统+专用群组

培训网站

www.jzs160.com

扫码访问网站  
试学通关课程



课程项目

课程项目	技术手册	管理手册	基础题集	历年试题	答题系统	建工视频	手册视频	专题视频	套餐价格
项目媒介	纸质版	纸质版	纸质版	纸质版	专用网站	电子版	电子版	电子版	
纸质套餐	√	×	√	√	×	×	×	×	200元
专题套餐	√	×	√	√	×	×	×	√	600元
建工套餐	√	√	√	√	√	√	×	√	1000元
手册套餐	√	√	√	√	√	√	√	√	1600元

购买须知

- 课程项目仅一建港航专业，表中√表示该套餐含有该项目，×表示该套餐没有该项目，按需选择。
- 纸质套餐、专题套餐，没有学员群组，自己自学，不提供专门答疑服务及发票，可参与不定期直播答疑。
- 管理手册因修订原因将在考试当年7月向相关学员寄发纸质版，同时在学员指南网站提供电子版。
- 纸质版项目默认包邮，偏远地区及国外除外；纸质版项目不提供电子版（管理手册除外），请勿索取。
- 答题系统比基础题集的题目更多，更新更快；答题系统可做案例题供老师批改，获得更有针对性指导。
- 所有视频均为录播视频，滚动更新，需捆绑设备播放；每人限1台播放设备，播放设备仅限手机或平板。
- 视频播放设备一经绑定，无特殊情况，有效期内不予解绑或更换设备。
- 所有视频均可在线播放或在播放器中下载，播放时需联网；不提供与视频配套的相关文稿，请勿索取。
- 课程项目可能会有课程广告、项目信息、版权登记号和学员身份信息等广告或识别水印，介意者慎买。
- 课程项目仅按套餐售卖，不单售，不议价；有效期内升级套餐，升级只需补差价。
- 课程项目一经售出，概不退款；仅限本人使用，不支持转售。
- 上年未通过考试的学员，继续购买相同套餐可享当年价格的5折优惠；纸质套餐、专题套餐学员除外。
- 有意向参与面授课程的考生可单独详聊，面授费用单独商议；企业面授课程可签订合同开发票。
- 学员一经购买课程项目，视为认同以上课程购买须知；吴凡老师对以上购买须知享有最终解释权。

课程有效期

- 2024年及之前的学员按当年约定执行
- 2025年及之后的学员均为1年期，截止日期为当年考试日期
- 学员存在翻印、盗录课程项目等违规情况，发现后立即截止

支付宝扫码下单



## 前 言

全网第一套高质量的一建港航复习系列资料, 考试手册、基础习题、强化试题、模拟试题、历年试题和速记手册等六册; 经过多年优化迭代, 2026 年起优化为技术手册、管理手册、基础题集和历年试题等四册内容, 除管理手册发行电子版外 (因管理的内容需根据考试当年 6 月 30 日前施行的相关法规、规范等及时修订, 故发行电子版), 其余各册均发行纸质版; 四册之外的其余内容将在答题系统中体现 (答题系统的题库与基础题集题目不完全相同), 以方便督促考生进行复习。

本册为技术手册, 是独立复习备考的教材, 以第一版为基础, 以相关法律法规、规范标准为依据, 以各类工程手册为参照, 以通过港航实务考试为目的, 结合近年的培训、出题经验编著。

独自编著本册的吴凡老师系一级建造师、一级造价师、注册岩土师, 拥有多年施工单位、建设单位工作经验, 是全网原创资料最多、更新速度最快、猜题最准、通过率最好的一建港航培训老师! 历年通关课程原创习题与当年港航真题考点重合率均达 55% 以上, 2019 年考点重合率达 79%, 2022 年考点重合率达 85%!

通关课程培训班火热招生中, 吴凡老师全程复习指导, 报名购买请联系吴凡老师 QQ/微信 540139700, 也可访问建造师 160 网站: <http://jzs160.com>。



# 目 录

<b>第一章 施工测量</b> .....	<b>1</b>
第一节 测量基础.....	2
第二节 施工测量控制.....	4
第三节 变形监测.....	7
第四节 GNSS 测量方法.....	9
第五节 水位测量.....	12
第六节 水深测量.....	14
第七节 水下障碍物探测.....	18
<b>第二章 水文地质勘察</b> .....	<b>20</b>
第一节 水文.....	21
第二节 气象.....	27
第三节 地质勘察.....	29
第四节 管涌和流沙（土）.....	40
<b>第三章 地基处理</b> .....	<b>43</b>
第一节 土工合成材料.....	44
第二节 常用地基处理方法.....	46
第三节 换填法.....	47
第四节 抛石挤淤法.....	47
第五节 爆破法.....	47
第六节 加筋垫层法.....	52
第七节 排水固结法.....	53
第八节 强夯法.....	59
第九节 振冲法.....	61
第十节 砂石桩法.....	63
第十一节 水泥搅拌桩法.....	68
第十二节 高压喷射注浆法.....	70
<b>第四章 钢结构防腐</b> .....	<b>73</b>
第一节 钢结构常用钢材.....	74
第二节 钢结构防腐.....	74
第三节 钢管桩防腐.....	75
<b>第五章 钢筋混凝土</b> .....	<b>79</b>
第一节 钢筋工程.....	80
第二节 常用混凝土原材料.....	90
第三节 混凝土耐久性.....	99
第四节 混凝土配合比设计.....	103
第五节 混凝土模板.....	109
第六节 混凝土施工.....	112
第七节 大体积混凝土.....	116
第八节 预应力混凝土.....	122
第九节 混凝土试验检测和质量检验.....	130



<b>第六章 码头工程</b> .....	<b>146</b>
第一节 重力式码头.....	147
第二节 高桩码头.....	165
第三节 板桩码头.....	185
<b>第七章 港口道路与堆场</b> .....	<b>196</b>
第一节 港口道路与堆场.....	197
第二节 铺面基层.....	198
第三节 铺面面层.....	203
第四节 铺面连接.....	209
第五节 堆场构筑物.....	211
<b>第八章 斜坡堤</b> .....	<b>214</b>
第一节 斜坡堤.....	215
<b>第九章 船厂水工工程</b> .....	<b>226</b>
第一节 船厂水工工程.....	227
第二节 施工围堰.....	231
第三节 基坑.....	234
第四节 地基与基础.....	237
第五节 干船坞.....	239
第六节 坞门.....	247
第七节 船台滑道.....	249
<b>第十章 船闸</b> .....	<b>253</b>
第一节 船闸.....	254
第二节 施工围堰.....	255
第三节 基坑.....	258
第四节 地基与基础.....	260
第五节 船闸主体.....	262
第六节 引航道.....	264
<b>第十一章 航道整治</b> .....	<b>266</b>
第一节 航道整治的方法.....	267
第二节 施工总体部署.....	272
第三节 护滩与护底工程.....	273
第四节 筑坝与导堤工程.....	278
第五节 护岸工程.....	281
第六节 清礁工程.....	286
<b>第十二章 疏浚与吹填</b> .....	<b>289</b>
第一节 水力式挖泥船.....	290
第二节 机械式挖泥船.....	299
第三节 疏浚工程.....	305
第四节 环保疏浚.....	313
第五节 吹填工程.....	314
<b>第十三章 水运工程造价</b> .....	<b>323</b>
第一节 水运工程概算预算编制及配套定额.....	324
第二节 水运工程工程量清单.....	338
第三节 疏浚与吹填工程计量计价.....	343



附录一 常用施工（工艺）流程 .....	346
附录二 常用计算式（图） .....	350
参考资料.....	355



# 第一章 施工测量



第一节 测量基础

一、测图比例尺

表 1-1-1 水运工程测图比例尺

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，面积小于 0.3km² 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。

图 1-1-1 沿海港区组成示意图

二、地形图和水深图

图 1-1-2 不同起算面时地形图泥面高程与水深图（海图、航道图）水深关系示意图





地形图通常采用青岛验潮站所测的黄海平均海平面（56 基面或 85 高程）作为高程的起算面（基准面），但水运工程也常用当地理论深度基准面或当地筑港零点（如吴淞零点等）作为高程的起算面。测点位于起算面以上为正，反之为负。地形图上高程相等的测点连成的平滑曲线是等高线，相邻等高线间的高程差称为等高距，等高线的密度越大表示坡度越陡。

水深图（海图或航道图）采用当地理论深度基准面作为水深的起算面。沿海和感潮河段采用理论最低潮位作为理论深度基准面，内河可采用某一保证率的低水位作为理论深度基准面（即航行基准面或特定基准面）。测点位于理论深度基础面以下为正，深度相等的测点连成的平滑曲线是等深线。

表 1-1-2 地形图常用注记



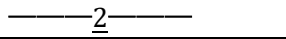

序号	名称	注记示例	简要说明
1	高程点	163.2	平均海平面或起算面以上
		-2.3	平均海平面或起算面以下
2	等高线	 16	平均海平面或起算面以上
		 -3	平均海平面或起算面以下

表 1-1-3 水深图常用注记

序号	名称	注记示例	简要说明
1	水深点	2.5	海图注记法
		2.5	一般注记法
2	干出高度	1.5	深度基准面以上
		-1.5	
3	等深线	 2	干出等深线
		 2	0m 及以下的等深线

地形图和水深图的主要区别是起算面和注记方法；但地形图也使用当地理论深度基准面作为起算面时，地形图和水深图的主要区别是注记方法。地形图和水深图起算面不同时，可根据起算面关系及注记要求进行测图转换。

【例题 1-1-1】图 1-1-3 为某海港码头总平面布置图，以 85 高程为基准面的地形图为底图。当地理论最低潮位在 85 高程面以下 3.0m。

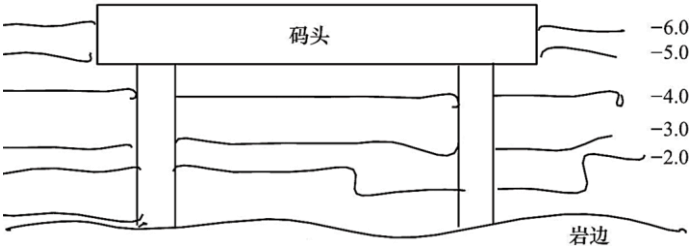


图 1-1-3 码头总平面布置图（以地形图为底图）

【问题】依据《水运工程测量规范（JTS 131-2012）》测量图式要求，将图 1-1-3 转换成以水深图为基础图的码头总平面布置图。

【答案】起算面关系详见图 1-1-4；码头总平面布置图（以水深图为基础图）详见图 1-1-5。

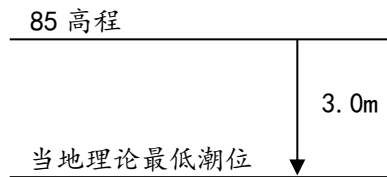


图 1-1-4 85 高程与当地理论最低潮位关系



图 1-1-5 码头总平面布置图（以水深图为基础图）

第3页 共 356 页



## 第二节 施工测量控制

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。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。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。施工放样应有多余观测,细部放样应减少误差的积累。

采用 GNSS 定位系统(全球卫星导航系统)进行施工定位及放样时,应将 GNSS 测量信息转换为施工坐标系。水工建筑物施工可采用 RTK 进行施工定位。

### 一、施工平面控制

#### 1、施工平面控制网

- 1) 施工平面控制网最弱边相邻点位中误差不应大于 50mm。
- 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(三角网、三边网和边角网的统称)、导线、导线网或 GNSS 网(GPS 网)等形式进行布设。
- 3) 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。
- 4) 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。

图 1-2-1 三角形网

图 1-2-2 导线

图 1-2-3 导线网

#### 2、矩形控制网

- 1) 矩形施工控制网边长应根据建筑物的规模而定,宜为 100~200m。
- 2) 矩形施工控制网轴线方向宜与施工坐标系的坐标轴方向一致,控制网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。
- 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。

#### 3、施工基线

- 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。
- 2) 基线应设在通视良好、不易发生沉降及位移的平整地段,并与测区基本控制网进行联测。
- 3) 港口陆域施工宜采用建筑物轴线代替施工基线。
- 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。

### 二、施工高程控制

- 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。
- 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。
- 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。
- 4、施工过程中,应定期对施工水准点进行校核。
- 5、在常规水准测量较困难的测区,可采用 GNSS 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。
- 6、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。



【例题 1-2-1】斜坡堤施工高程控制点引测精度不应低于（ ）水准精度要求。

A、一等

B、二等

C、三等

D、四等

【答案】D

### 三、控制点选点、埋石

平面和高程控制点，均应绘点标记。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。兼作水准点的平面控制点，应按水准标石规格埋设。GNSS 控制点应在标石上注明“GNSS”或“卫星定位点”字样。

施工期超过 1 年时，陆上宜建测量墩，水域宜建测量平台。

### 四、施工标志

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。

一组施工导标通常为两个导标，即前标和后标；前标低、后标高，设在靠近测量控制点的岸边，在水上通过仪器或肉眼观测与两个导标是否共线进行施工定位控制。

导标由标杆和标牌（夜间用单面光灯）组成，标牌形状可选用矩形、三角形、正方形、梯形、圆形等。一组标内，其标牌的形状、颜色和灯光应相同；相邻组标之间，其标牌的形状和灯光应各不相同。

随着 GNSS 定位系统在水运工程中的普及应用，实际施工已较少使用导标或浮标定位。

图 1-2-4 导标样式

图 1-2-5 抛石船驻位和立标示例

【例题 1-2-2】某锚缆定位抓斗船开挖码头基槽，施工示意图如图 1-2-6 所示，定位采用导标，泥土外抛，自检采用水陀（砣）测深。

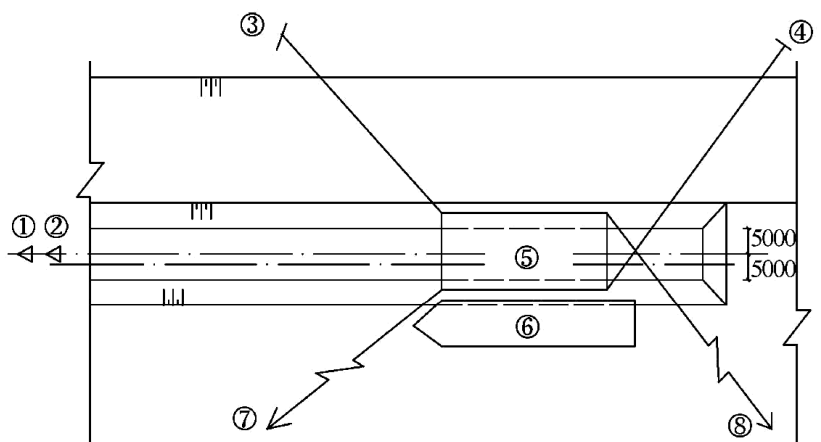


图 1-2-6 抓斗船开挖基槽示意图（图中单位：mm）

【问题】写出图 1-2-6 各编号的设备或设施的名称。



【答案】①（中心）后导标；②（中心）前导标；③（右）艏前锚（或右前地牛（地笼））；  
④（左）艏后锚（或右后地牛（地笼））；⑤抓斗船；⑥泥驳；⑦（左）艏前锚；  
⑧（右）艏后锚。

## 五、施工放样

### 1、水工建筑物

水上沉桩施工放样前，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；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。采用前方交会时，相邻两台仪器视线的夹角控制在  $30^\circ \sim 150^\circ$ ；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。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。随时观测桩位变化情况，沉桩结束时测定沉桩施工偏位。

表 1-2-1 桩位放样精度及仪器等级

测量仪器至桩的距离 $D$ (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

水下基槽和基床的轴线、边线、转向点应测设纵向导标或采用 RTK-DGPS 进行定位；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。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  $\pm 0.5\text{m}$ 。水下基槽开挖断面测量宜采用测深锤或测深仪进行，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。

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  $\pm 30\text{mm}$ ，极细平导轨标高的放样允许偏差为  $\pm 10\text{mm}$ ，细平导轨标高放样可采用 RTK 配合金属管尺测设。

顺岸和突堤式码头的沉箱或扶壁安装施工放样，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。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。

方块码头的底层方块安装时，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。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。

斜坡滑道、井字梁和轨道的施工放样，宜用交会法、视准线法、全站仪极坐标法或 RTK-DGPS 控制其顶部。斜坡滑道、基床整平标高放样允许偏差为  $\pm 10\text{mm}$ ；井字梁安装标高放样允许偏差为  $\pm 5\text{mm}$ ；轨道安装标高放样允许偏差，水上为  $\pm 2\text{mm}$ ，水下为  $\pm 3\text{mm}$ ；井字梁、轨道轴线放样允许偏差为  $\pm 10\text{mm}$ 。

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 257-2008）》规定的允许偏差的 0.5 倍。

### 2、疏浚和航道整治

疏浚施工和航道整治施工宜采用 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。

#### 1) 疏浚施工

疏浚施工对导标进行放样时，要求测站点放样仪器对中允许误差为  $\pm 5\text{mm}$ ；测站点相对于控制点的允许点位中误差为  $\pm 50\text{mm}$ ；距离测量相对误差不大于 1/5000。放样时，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。采用极坐标法和前方交会法放样时，采用正倒镜测设。



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

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。导标设立后，应在施工区最远端进行导标视觉偏离量校验。

## 2) 航道整治施工

航道整治采用样桩点放样时，可采用交会法或极坐标法先初步标定样桩点，再按平面位置、高程和工程尺度的要求进行校核和调整。样桩点全部标定后，应联测样桩点及与水尺零点的关系；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；记录样桩点放样和校核数据。

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。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。水下爆破钻孔船的测量定位应经常进行校核。钻孔位置定位偏差，内河不得大于 0.2m，沿海不得大于 0.4m。

## 3、港区道路和堆场

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施工测量控制的有关规定，并应与码头工程的控制网进行联测。

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。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。道路中线桩平面测量应与初测导线或 GNSS 点进行联测，中线桩平面位置允许偏差应为  $\pm 50\text{mm}$ 。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)。

港区堆场长度、宽度放样允许偏差为  $\pm 20\text{mm}$ ，堆场顶面高程放样允许偏差为  $\pm 25\text{mm}$ 。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  $\pm 30\text{mm}$ 。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  $\pm 25\text{mm}$ 。

# 第三节 变形监测

变形监测网宜采用独立坐标和假定高程系统，监测网等级应根据观测的内容、性质、目的和要求确定，变形测量点可分为基准点、工作基点和变形观测点。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。

变形检测每次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，并在规定的条件下进行观测。观测的周期应根据工程阶段和工程设计要求确定。每期观测前，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。

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。

## 一、监测网

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。一个测区的监测网应一次布设。施工控制网应与监测网联测。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。

### 1、监测网

1) 平面控制网可采用边角网、三角网和 GNSS 网 (GPS 网) 等形式，受地形条件限制，可布





设成导线网。导线网中相邻结点间的导线点数不得多于 2 个。

- 2) 高程控制应采用闭合水准网形式。
- 3) 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。

## 2、基准点及工作基点

- 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。
- 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。
- 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。
- 4) 采用 GNSS 进行变形测量时, GNSS 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, GNSS 网点应设置在水工建筑物顶部。

## 3、变形观测点

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。

# 二、水平位移观测

## 1、交会法

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。

图 1-3-1 测角交会法

图 1-3-2 测边交会法

图 1-3-3 极坐标法

## 2、极坐标法

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。

## 3、经纬仪投点法或小角法

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。

图 1-3-4 小角法

图 1-3-5 视准线活动觇牌法原理

## 4、视准线法

- 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。
- 2) 视准线距各种障碍物应有 1m 以上的距离。
- 3) 变形观测点偏离视准线的距离不应大于 20mm。
- 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。
- 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。

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。

## 5、GNSS 测量法

采用 GNSS 测量法时, 其观测技术要求应符合本章第四节“GNSS 测量方法”的有关规定。

## 6、全站仪自动跟踪测量观测法

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

# 三、垂直位移观测 (沉降观测)

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。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。

## 1、表层垂直位移观测

表层垂直位移观测点应结合工程特点布设, 可布设在沉降或伸缩缝两侧、不同结构分界处、不同基础或地基交接处、码头的前后沿、墩式结构的四角。

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方法。

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。

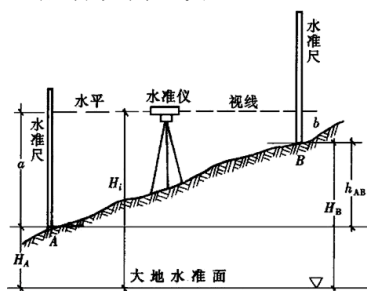


图 1-3-6 几何水准测量

图 1-3-7 静力水准测量原理

图 1-3-8 电磁波测距三角高程测量

## 2、内部垂直位移观测

内部垂直位移观测点布设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。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。

内部垂直位移观测可采用电磁式沉降仪观测法、干簧管式沉降仪观测法、水管式沉降仪观测法等方法。观测时, 每个观测点应平行测定 2 次, 读数差不大于  $\pm 2\text{mm}$ 。

# 第四节 GNSS 测量方法

图 1-4-1 RTK 差分测量原理



GNSS 差分技术分为事后差分处理和实时差分处理两大类。事后差分处理包括静态和快速静态，精度达毫米级，广泛应用于建立各等级的测量控制网及各类建筑的测试和监测。实时差分处理包括位置差分、伪距差分和载波相位差分，其中位置差分和伪距差分精度为米级，广泛应用于导航、水下测量等；载波相位差分（RTK），精度达厘米级，广泛用于港口与航道工程施工放样及定位系统。

## 一、平面控制测量

### 1、GNSS 测量控制网

- 1) 规模较大的工作项目应编制作业计划。
- 2) GNSS 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。
- 3) GNSS 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。GNSS 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。

### 2、GNSS 点位置

- 1) GNSS 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 and 高温散热源等。
- 2) GNSS 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 GNSS 点相同。
- 3) GNSS 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) GNSS 点和方位点均应绘制点之记。

### 3、GNSS 测量外业观测

- 1) GNSS 外业观测记录和观测前对接收机的检验应符合规范的规定。
- 2) GNSS 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。
- 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) 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。
- 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。
- 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。
- 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、RTK 平面控制测量基准站

- 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。
- 2) 基准站周边环境应满足 GNSS 点位置的要求。
- 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。





## 5、RTK 平面控制测量流动站观测规定

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

## 7、GNSS 测量数据处理

- 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。
- 2) 外业数据质量检核应满足规范要求。
- 3) 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) GNSS 网的无约束平差宜在 WGS-84 坐标系中进行; 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, 平差结果应符合规范的规定。
- 5) 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, 检测结果应满足规范要求。
- 6) GNSS 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。

## 二、高程控制测量

- 1、GNSS 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。
- 2、GNSS 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。
- 3、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。参与高程拟合计算的已知高程点不应少于 5 个。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。
- 4、采用 GNSS 进行高程控制测量时, 宜与平面控制测量同时进行。
- 5、RTK 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。
- 6、GNSS 高程测量成果精度应规范的规定, 且不宜外推。
- 7、对 GNSS 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。



## 第五节 水位测量

### 一、水位站布设

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。

水位站的布设位置应能充分反映测区的水位变化；无沙洲、浅滩阻隔，无牵水、回流现象；不直接受风浪、急流冲击影响，不易被船只碰撞；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。如有旧水位站，尽量利用旧站址。

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。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。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。河流两岸水位差大于 0.1m 时，在两岸边设立横向比降观测水尺。

沿海长期水位站的建立应连续观测水位 5 年以上；短期水位站宜和相邻长期水位站同步观测 30 天以上；临时水位站与长期或短期水位站应在大潮期间同步观测 3 天以上；采用水准测量联测时，应按四等水准要求进行。内河基本水位站的建立应连续观测洪、中、枯水位 20 年以上，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。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规范的要求。

水尺设置应稳固。深度基准面已经确定时，水尺零点宜与深度基准面一致。水尺的设定范围应高于高水位，且低于低水位。设置两根或两根以上水尺时，应选择其中一根作为基尺；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。

自记水位计的测井壁应垂直，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。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。测井应附设沉沙池或采取其他防淤措施。测井内宜设置消波措施；测井内无消波措施时，图 1-5-1 水尺示意图  
进水孔截面积与测井筒截面积之比宜为 1:100，在多沙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。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。设置自记水位计的同时应设置校核水尺。

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。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。

### 二、水位观测

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。

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



规范规定。自动化水深测量时应同时校对计算机采集数据时间。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要求。

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，应精确到 5mm。

使用水尺观测水位时，沿海港口、感潮河段、内河的水位观测次数应符合规范要求。水位读数应取波峰、波谷读数的平均值。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。各水尺的读数均应归算为基尺零点上的水位。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。

使用自记水位计观测水位时，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。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 7 天校测一次。自记水位计的检查内容和允许误差应符合规定，超限时应改正。

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。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 内。

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。

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。

### 三、平均海面、水位

沿海港口水位站的平均海面（潮位）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、月、年和多年平均海面。

长期水位站的平均海面，应根据近 5 年及以上连续观测的整点水位计算求得。

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，引测误差均不应超过 0.1m。采用水准测量法时，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。采用同步观测法时，短期水位站应和相邻长期水位站同步观测 15 天以上。

临时水位站的平均海面，也可采用水准测量法或同步观测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 3~15 天。

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。

### 四、深度基准面

深度基准面的确定，沿海港口和内河感潮河段应采用理论最低潮面；内河航道测量宜采用航行基准面；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。

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 1 年、30 天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。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。理论最低潮面应自多年平均海面起算。

内河基本水位站的航行基准面应根据连续 20 年以上并包括洪、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。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。临时水尺的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”计算。

## 第六节 水深测量

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,但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。

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。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;水位观测应符合本章第五节“水位测量”的有关规定,并应在测前至少 10min 开始,测后至少 10min 结束。

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。

图 1-6-1 RTK 水深测量示意图

【例题 1-6-1】某测点水深测量时,换能器水中发射出的声速为 1480m/s,接收到回波的时间间隔为 14.5ms。该测点的测深仪实测(记录)水深值为( )。

A、42.92m    B、21.46m    C、10.73m    D、5.37m

【答案】C

【例题 1-6-2】若【例题 1-6-1】中该测点水深测量时的潮位为 2.70m。换能器安装在测深船航行时艏艉平衡线的后面(产生下沉的动吃水),换能器静吃水为 0.80m,动吃水改正数为 0.12m。该测点的海图水深为( )。

A、12.63m    B、8.95m    C、8.83m    D、8.71m

【答案】B

图 1-6-2 测深仪测量技术原理

$h$ —GPS 天线至测深仪换能器的高度;

$h_0$ —测深仪换能器吃水深度;

$Z$ —测深仪实测(记录)水深;

$H_0$ —测深仪换能器干出高度;

$H$ —海图水深,  $H=Z-H_0$

### 一、测深线布设

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。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。

测深线间距应符合表 1-6-1 的规定。多波束扫测、侧扫声纳扫海和软式拖底扫海主测深线间距还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。





表 1-6-1 测深线间距

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			图上 20mm		
施工测量	基槽	硬底质	5m		
		中、软底质	10m		
	炸礁、船闸、船坞	单波速测深	3~5m		
		多通道测深	有效扫宽全覆盖测区		
		多波束测深			
	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 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，并应依次错开布置，增大测深线覆盖程度。

【例题 1-6-3】某硬底质航道疏浚施工测量的测图比例尺为 1：2000，则水深测量时测深线的间距应为（ ）。

A、5m

B、10m

C、20m

D、30m

【答案】C

疏浚施工单波束测深应布置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；在航道内应至少布置 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。

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置在挖槽边坡坡顶以外。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。

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。

## 二、定位

表 1-6-2 测深定位点图上最大间距（mm）

项目		测深仪	测深杆或测深锤
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	
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		
	一般水域	15	

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。

测深前应估算测区定位精度。定位中心应与测深中心一致，其偏差宜大于图上 0.3mm，



超出时应进行归心改正。

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。

采用断面索量距定位时，索长允许误差应为索长的 1/200。

采用 GNSS 定位时，基准站的位置选择及架设应符合本章第四节“GNSS 测量方法”的有关规定。流动站的天线牢固可靠，并安置在船上较高处且与金属物体绝缘；大比例尺测图，在天线下适当位置设置必要的反射信号屏蔽装置。定位所用卫星的高度角应大于 10°。水深测量项目开始前应在测区附近的控制点上对差分 GNSS 接收机进行检验和比对，可利用比对数据计算测区差分 GNSS 的定位中误差。

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。

### 三、测深

#### 1、测深仪、具检验

测深仪应定期进行检验，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。水陀及测杆应在外业工作前进行校准。

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。

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。

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。

#### 2、测深仪要求

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%。

测深仪换能器宜安装在距测量船船艏 1/3~1/2 船长处。使用机动船测深时，应根据需要测定测深仪换能器吃水改正数；改正数小于 0.05m 时可不改正。

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。

##### 1) 单波束测深利用姿态传感器进行波浪改正时要求

- 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。
- 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。
- ③ 测量过程中不得搬动姿态传感器。
- ④ 姿态传感器数据输出速率不应小于 20Hz。
- ⑤ 采用 GNSS 三维姿态控制系统进行波浪改正时，应有比对成果。

##### 2) 多波束测深系统要求

- 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。
- ② 设备安装及系统校准应符合规范的规定，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。
- 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。

- 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 1-6-3 的要求。
- 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。

### 3、测深要求

#### 1) 深度对比互差要求

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应符合表 1-6-3 的规定。

表 1-6-3 深度对比互差要求

水深 $H$ (m)	$H \leq 20$	$H > 20$
深度对比互差 (m)	$\leq 0.4$	$\leq 0.02H$

#### 2) 水深测量补测要求

- ① 测深线间距大于表 1-6-1 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 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。

#### 3) 水深测量重测要求

- 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。

## 四、内业处理

### 1、水深测量内业的主要工作

- 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。

### 2、从测深仪记录纸上量取水深要求

- 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。

### 3、等深线勾绘要求

- 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，不插绘首曲线；
- 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，弯曲度较大处按规范规定的深度误差范围向深的一侧移动。



## 第七节 水下障碍物探测

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。采用多波束测深系统扫测时，多波束测深系统应配备升沉、纵倾、横摇和艏摇补偿装置。水深小于 4m 时，可采用硬式扫床。

### 一、软式拖底扫测

- 1、底索提高量不应大于 0.3m。
- 2、船速不应大于 4kn（节，1kn=1n mile/h=1.852km/h）。
- 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。
- 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。
- 5、出现底索脱挂、割断或发现其他可疑情况时应补扫。
- 6、扫测成果应记入扫测报告。

图 1-7-1 软式扫海示意图

### 二、硬式扫床

a、顺扫方式

b、横扫方式

图 1-7-2 水下硬式扫床示意图

- 1、水下硬式扫床作业应编制专项方案和安全预案，报项目监理单位审批。
- 2、扫床宜根据水流条件采用顺扫或横扫两种方式，流速不大于 1.5m/s 时宜用顺扫，大于 1.5m/s 时宜用横扫。
- 3、扫架应采用金属管架组装，设拉绳与船固定扫架竖杆轴线倾斜角度宜小于 3°，扫架框架变形宜小于 50mm。
- 4、当流速大于 2.5m/s、水深大于 5m 时，可采用钻爆船钻机或硬臂式挖泥船挖机硬臂制作扫架，利用船舶自身锚缆系统定位进行左右横扫。
- 5、在有边坡的清礁区或临近水下构筑物区域扫测时，距坡脚线或构筑物边缘 8m 以内范围应设置防扫架碰撞安全带，该区域应采用多波束扫测或比例尺不小于 1:200 的水深测图检测。





- 6、扫床轨迹应采用 GNSS 定位系统记录，并形成扫床轨迹图，扫床轨迹的重叠宽度不应小于 1m。扫床期间应做好过程记录。
- 7、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。

### 三、水下障碍物探测与标示规定

- 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。
- 2、新发现的异常浅点应加密探测。
- 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。
- 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。
- 5、扫测成果应列入扫测报告。

