

中华人民共和国行业标准

航道整治工程水下检测与监测技术规程

JTS/T 241—2020

主编单位:长江航道局

批准部门:中华人民共和国交通运输部

施行日期:2021年1月1日

人民交通出版社股份有限公司

2020·北京

交通运输部关于发布 《航道整治工程水下检测与监测技术规程》的公告

2020 年第 95 号

《航道整治工程水下检测与监测技术规程》为水运工程建设推荐性行业标准,标准代码为 JTS/T 241—2020,自 2021 年 1 月 1 日起施行,由交通运输部水运局负责管理和解释,其文本可在交通运输部政府网站水路运输建设综合管理信息系统“水运工程行业标准”专栏(mwtis.mot.gov.cn/syportal/sybz)查询和下载。特此公告。

中华人民共和国交通运输部

2020 年 11 月 25 日

制定说明

本规程是根据《交通运输部办公厅关于下达 2015 年度水运工程标准编制计划的通知》(交办水函〔2015〕514 号)要求,由交通运输部水运局组织有关单位,在深入调研和专题研究的基础上,广泛征求意见,反复修改编制而成。

为适应新时期我国航道发展和航道整治工程建设需要,总结长江干线、西江干线、长江三角洲、汉江干线、赣江干线和黑龙江水系等重要航道整治工程水下检测的实践经验,考虑新技术新设备的应用水平和状况,兼顾不同地域或专业存在的差异等情况,制定本规程。

本规程共分 8 章 4 个附录,并附条文说明。主要技术内容包括水下检测与监测的主要方法、水下软体排护底检测与监测、水下散抛物检测与监测、水下建筑物检测与监测、清礁与疏浚水下检测等。

本规程的主编单位为长江航道局,参编单位为武汉长江航道救助打捞局、武汉大学、长江南京以下深水航道建设工程指挥部、中交第一航务工程局有限公司、江西省航务勘察设计院、黑龙江省航务勘察设计院、长江航道工程局有限责任公司。本规程编写人员分工如下:

- 1 总则:高凯春 刘怀汉 余新明 张 红
 - 2 术语:刘怀汉 周生利 余新明 赵建虎
 - 3 基本规定:刘怀汉 林七贞 余新明 赵建虎
 - 4 水下检测与监测的主要方法:张 红 李国强 解林博 王爱学 王 彬
 - 5 水下软体排护底检测与监测:何传金 周生利 解林博 王 彬 冯延山
 - 6 水下散抛物检测与监测:胡义龙 黄 颖 吴 彬 李国强 王爱学
 - 7 水下建筑物检测与监测:周生利 李 海 解林博 李国强 邓 勇 黄 伟
 - 8 清礁与疏浚水下检测:李国强 何传金 林七贞 吴 彬 李荣彬
- 附录 A:胡义龙 张 红 吴 彬 邓 勇
附录 B:胡义龙 张 红 邓 勇 冯延山
附录 C:何传金 周生利 黄 颖 胡义龙
附录 D:何传金 周生利 黄 颖 胡义龙

本规程 2019 年 6 月 13 日通过部审,2020 年 11 月 25 日发布,自 2021 年 1 月 1 日起施行。

本规程由交通运输部水运局负责管理和解释。各单位在执行过程中发现的问题和意见,请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)和本规程管理组(地址:湖北省武汉市江岸区解放公园路 20 号,长江航道局,邮政编码:430010),以便修订时参考。

目 次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	基本规定	(3)
3.1	检测与监测准备	(3)
3.2	检测与监测实施	(3)
3.3	检测与监测成果	(3)
4	水下检测与监测的主要方法	(5)
4.1	一般规定	(5)
4.2	单波束测深	(6)
4.3	多波束测深	(7)
4.4	三维扫描声呐扫测	(8)
4.5	超短基线检测	(9)
4.6	侧扫声呐扫测	(10)
4.7	二维机械式扫描声呐扫测	(11)
4.8	探摸摄像检测	(13)
4.9	扫床检测	(14)
5	水下软体排护底检测与监测	(16)
5.1	一般规定	(16)
5.2	排体搭接宽度	(16)
5.3	排体铺设范围	(17)
5.4	排体形态	(17)
6	水下散抛物检测与监测	(19)
6.1	一般规定	(19)
6.2	水下散抛物的位置、范围	(19)
6.3	水下散抛物的厚度	(20)
6.4	水下散抛物的平整度	(20)
7	水下建筑物检测与监测	(22)
7.1	一般规定	(22)
7.2	水下建筑物的轴线位置	(22)
7.3	水下建筑物的总体尺度	(22)
7.4	水下建筑物的变形	(23)

8 清礁与疏浚水下检测	(24)
8.1 一般规定	(24)
8.2 清礁工程	(24)
8.3 疏浚工程	(24)
附录 A 水下检测作业记录表格样式	(26)
附录 B 水位观测记录表格样式	(30)
附录 C 水下检测(监测)报告封面及扉页样式	(31)
附录 D 本规程用词说明	(33)
引用标准名录	(34)
附加说明 本规程主编单位、参编单位、主要起草人、主要审查人、总校人员 和管理人员名单	(35)
条文说明	(37)

1 总 则

1.0.1 为规范航道整治工程水下检测与监测工作,提高水下检测与监测技术水平,做到技术先进、经济合理、科学公正、结果可靠,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于航道整治工程中位于水下的软体排、散抛物、建筑物和清礁与疏浚等的检测与监测。

1.0.3 航道整治工程水下检测与监测工作,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 水下检测 Underwater Inspection

采用指定方法对水下目标的技术指标或形态进行测试的过程。

2.0.2 水下监测 Underwater Monitoring

长时间多频次对同一水下目标的技术指标或形态进行检测的过程。

2.0.3 水下散抛物 Underwater Scattered Objects

根据航道整治工程需要,在一定范围内按要求抛投的物质,如块石、沙枕、透水框架和其他混凝土预制构件。

2.0.4 水下建筑物 Underwater Regulating Structures

用于整治航道的起束水、导流、导沙、固滩和护岸等作用的建筑物水下部分。

2.0.5 二维机械式扫描声呐扫测 Underwater Inspection by 2D Mechanical Scanning Sonar

通过二维机械式扫描声呐设备获取检测区域的水下地貌数据以判定检测目标的技术指标或形态的过程。

2.0.6 三维扫描声呐扫测 Underwater Inspection by 3D Scanning Sonar

通过三维扫描声呐设备获取检测区域的水下地形数据以判定检测目标的技术指标或形态的过程。

2.0.7 超短基线检测 Underwater Inspection by Ultra-short Base Line Sonar

通过超短基线设备获取水下目标位置信息以判定检测目标的技术指标或形态的过程。

2.0.8 水下探摸检测 Underwater Inspection by Diving Exploration

通过潜水员或检测人员观察、触摸、勘验水下目标,对水下目标的技术指标或形态进行判定的过程。

2.0.9 水下摄像检测 Underwater Inspection by Optical Camera Imaging

通过水下摄像设备拍摄检测目标,获取检测目标的视频资料以判定水下目标的技术指标或形态的过程。

2.0.10 侧扫声呐扫测 Underwater Inspection by Side-scan Sonar

通过侧扫声呐系统扫测水下检测区域,获取检测区域的水下地貌数据以判定检测目标的技术指标或形态的过程。

2.0.11 扫床检测 Underwater Inspection by Bed-Sweeping

通过扫杆等扫床设备探扫水下检测区域,获取检测区域的浅点或障碍物情况以判定检测区域的技术指标或形态的过程。

3 基本规定

3.1 检测与监测准备

3.1.1 水下检测与监测作业开展前,应编制工作大纲,主要内容应包括检测与监测目的、依据、内容、人员与设备、技术方案、工期、质量措施与安全措施等。

3.1.2 检测与监测准备阶段应开展调查,并收集相关资料,分析其可靠性及适用性。相关资料应包含:

- (1)水文、气象、水下地形与建筑物相关资料;
- (2)工程设计相关资料;
- (3)施工技术资料,已竣工项目提供竣工资料;
- (4)助航标志和航行障碍物等情况;
- (5)其他有关资料。

3.1.3 检测与监测工作大纲应由编制、审核人员签名,并经审查后方可实施。

3.1.4 检测与监测前,应根据工作大纲明确的安全防护、环境保护要求落实相应措施。

3.2 检测与监测实施

3.2.1 作业实施前应对仪器、设备进行检查校验。

3.2.2 作业实施前应对测区测量控制网进行复核。

3.2.3 作业过程中应观察环境条件的变化,环境条件不满足作业要求时,应立即停止工作。

3.2.4 作业过程中发现数据异常,应查找原因,及时处理并进行记录。

3.2.5 实施过程中检测与监测主要内容调整时应申报。

3.2.6 检测与监测人员应及时检查资料真实完整性,分析数据可靠性,并及时对数据进行备份。

3.3 检测与监测成果

3.3.1 检测与监测成果应包括检测原始资料、阶段性的监测报告和最终的检测与监测报告。

3.3.2 检测原始资料应包括检测原始数据及其他相关数据,并附工作记录。工作记录表宜符合附录 A 与附录 B 的有关规定。

3.3.3 阶段性监测报告应包括监测内容、简要的监测方法介绍、阶段性监测成果等内容。阶段性监测报告应在施工过程中及时编写提交。

3.3.4 检测(监测)报告应由检测(监测)人员、校核人员签字,经报告批准人审核签发,并加盖检测与监测机构的公章或检测与监测专用章。检测(监测)报告封面、扉页样式应符合附录 C 的有关规定。报告正文应包括下列内容:

- (1) 工程项目及检测(监测)概况;
- (2) 检测(监测)方法及使用的仪器设备、人员组成;
- (3) 检测(监测)资料分析;
- (4) 技术指标、判断依据及检测(监测)成果综述;
- (5) 检测(监测)结论;
- (6) 需要说明的事项及必要的附图和附表;
- (7) 检测(监测)、审核、签发人员的签名;
- (8) 检测与监测机构的相关资质。

4 水下检测与监测的主要方法

4.1 一般规定

4.1.1 水下检测与监测可采用声学、光学、机械等设备和人工探摸,主要检测与监测方法可参照表 4.1.1 确定。

表 4.1.1 水下检测与监测主要方法

检测与监测方法	设 备	技 术 特 点	测 量 要 素	适 用 检 测 内 容
单波束测深	单波束测深系统	声学遥测	床表地形	位置、坡度、方量
多波束测深	多波束测深系统	声学遥测	床表地形	位置、距离、坡度、平整性、方量
三维扫描声呐扫测	三维扫描声呐系统	声学遥测	空间形状	位置、距离、坡度、平整性、方量
超短基线检测	超短基线系统	声学遥测	局部特征点	位置
侧扫声呐扫测	侧扫声呐系统	声学遥测	声呐图像	位置、距离
二维机械式扫描声呐扫测	二维机械式扫描声呐系统	声学遥测	声呐图像	位置、距离
探摸、摄像检测	潜水设备、水下电视等	人工、光学	观感、光学图像	既定事实
扫床检测	扫床具	机械	触碰观察	位置
轨迹法	浮标、卫星定位系统	坐标推算	局部特征点	位置

4.1.2 水下检测与监测方法的选用宜遵循下列原则:

- (1) 水下目标的高程变化选用单波束或多波束测深法;
- (2) 具有空间结构的近场目标选用三维扫描声呐扫测法;
- (3) 结构和尺寸已知的预制目标的实时监测选用超短基线检测法;
- (4) 结构和尺寸已知的预制目标实时监测的辅助手段选用基于浮标和卫星定位的轨迹法;
- (5) 高程特征或声反射特性变化明显的水下目标的事后检测选用侧扫声呐扫测法;
- (6) 高程特征或声反射特性变化明显的近场目标的实时监测选用二维机械式扫描声呐扫测法;
- (7) 在流速较小、能见度较好的水域,属性或结构复杂的水下目标选用潜水探摸及水下摄像检测法;
- (8) 简单工况下浅点目标的发现或概略位置确定选用扫床检测法。

4.1.3 各检测与监测设备应配套齐全,系统组成应符合下列规定。

4.1.3.1 所有检测方法应配备定位设备,定位设备应根据检测内容和要求合理选用全站仪或卫星定位设备。

4.1.3.2 声呐测深、测图及水下定位设备应配套姿态、罗经、涌浪传感器,各传感器应

按其使用手册要求安装,并严格测定各单元在载体坐标系下的位置。

4.1.3.3 声呐设备应配套声速测量单元。

4.1.3.4 固定、拖曳、坐底安装设备应配备支架、拖缆、绞架等设施。

4.1.4 采用新技术和新设备时,应进行验证。

4.1.5 检测成果图件编制应符合现行行业标准《水运工程测量规范》(JTS 131)的有关规定。

4.2 单波束测深

4.2.1 单波束测深可用于河床的小比例尺地形调查和工程区的地形检测等。

4.2.2 单波束测深系统宜选用数字式单频或多频回声测深仪,同时配备导航及相关辅助设备,考虑姿态影响时还应配备姿态传感器。

4.2.3 单波束系统安装应符合下列规定。

4.2.3.1 单波束换能器的安装宜采用舷挂式,宜距船首 $1/3 \sim 2/5$ 船长处,并应避免螺旋桨产生的气泡和涡流区域。

4.2.3.2 支架安装应使换能器发射波束竖直向下,不得斜置;支架应有较好的刚度,避免造成仪器抖动。

4.2.3.3 不考虑姿态、航向等因素时,卫星定位接收机宜安装在换能器支架正上方,并避免遮挡;考虑姿态、航向因素时,应严格测定各设备在船体坐标系下的相对位置关系。

4.2.4 单波束测深作业方法应符合下列规定。

4.2.4.1 测线布设除应符合现行行业标准《水运工程测量规范》(JTS 131)的有关规定外,尚应满足下列要求:

(1)测线布设有利于检测对象形状、结构的呈现,在确保安全情况下,主测线方向与对象主轴垂直;

(2)主测线间距根据成图比例尺要求选择,一般测线断面间隔不大于图上 1.5cm,遇结构变化明显的地方加密布设;

(3)检查线与主测线垂直相交,总长度不少于主测线的 5%,且分布均匀。

4.2.4.2 水位观测应符合现行行业标准《水运工程测量规范》(JTS 131)的有关规定。

4.2.4.3 单波束施测过程应满足下列要求:

(1)作业前对系统设置的投影参数、椭球体参数、坐标转换参数以及校准参数等数据进行检查;

(2)测量船保持匀速、直线航行,航向变化不大于 $5^\circ/\text{min}$,实际航线与计划测线的偏离不大于测线间距的 25%;航向变化超过 $5^\circ/\text{min}$ 或航线偏离大于测线间距的 25% 时,在该区域反复加密扫测;

(3)作业过程中实时记录船体的位置和姿态信息。

4.2.5 单波束测深数据处理应包括声速改正、吃水改正、水位改正,采用精密单波束测深时,还应包括姿态改正,并应符合下列规定。

4.2.5.1 声速改正除应符合现行行业标准《水运工程测量规范》(JTS 131)的有关规

定外,还应满足下列要求:

(1)温差变化较大水域,每间隔 1h~2h 加测声速剖面,并及时修正声速参数;

(2)当地有实测水文资料时,根据标准声速表进行声速修正,并在浅水区域,将测深仪水深与测深板测量水深比对,微调修正声速参数;

(3)入海口等水域加密声速剖面测量。

4.2.5.2 吃水改正除应符合现行行业标准《水运工程测量规范》(JTS 131)的有关规定外,静吃水改正量应在作业前后分别测定一次,稳定载荷下静吃水变化超过 5cm,应分析原因,排除安装稳定性因素。

4.2.5.3 最终测深成果应进行水位改正,将水底点的瞬时水深转换为相对某一垂直基准的绝对高程或水深。

4.2.6 单波束测深成果应包括下列内容:

(1)水下地形图或水深图;

(2)检测断面图;

(3)检测(监测)报告。

4.3 多波束测深

4.3.1 多波束测深可用于河床地形调查、铺排范围、方量、建筑物表面坡度等内容的检测与监测。

4.3.2 航道整治工程检测与监测,宜选用高分辨率浅水型多波束测深系统,并应符合下列规定。

4.3.2.1 多波束测深系统的性能应满足水下目标检测的要求,测点密度不应低于目标最小可辨单元尺寸。

4.3.2.2 所选导航、定位、测姿、测向等附属设备的性能,应满足检测精度的需要。

4.3.3 多波束测深系统安装检校、测线布设、外业施测应符合现行行业标准《多波束测深系统测量技术要求》(JT/T 790)的有关规定。

4.3.4 多波束测深数据处理除应符合现行行业标准《多波束测深系统测量技术要求》(JT/T 790)的有关规定外,还应符合下列规定。

4.3.4.1 多波束测深数据处理完后,应对其进行内外符合比测。

4.3.4.2 处理后的测深数据应以网格图或三维渲染图形式呈现床表地形,成图分辨率不应低于 1/2 检测目标尺寸。

4.3.4.3 根据地形图几何特征确定目标位置和边界范围,目标图上位置的标定误差不应超过 10 倍最小成像单元尺寸。

4.3.4.4 进行位置和距离检测时,应根据成图软件提供的工具至少量测 3 次,量测值取算术平均值。

4.3.4.5 进行范围检测时,应将勾勒范围的测深地形图与设计图进行比对。

4.3.5 多波束测深成果应包括下列内容:

(1)原始数据、所用到的过程数据、水深成果数据、潮位、观测和改正资料;

- (2) 测量航迹图;
- (3) 检测目标地形渲染图及量测结果;
- (4) 检测(监测)报告。

4.4 三维扫描声呐扫测

4.4.1 三维扫描声呐可用于铺排搭接宽度实时监测以及各类水下目标的位置、范围检测。

4.4.2 三维扫描声呐系统配置应符合下列规定。

4.4.2.1 三维扫描声呐系统硬件部分应包括声呐头、云台、接线盒及数据传输电缆,并根据需要配备定位、姿态传感器、罗经、表面声速剖面仪等硬件设备。

4.4.2.2 三维扫描声呐系统软件部分应具备云台转动控制、声呐参数设置、采集数据记录和显示、点云数据查看、距离和角度量测等功能。

4.4.2.3 对点云数据进行编辑、拼接、三维渲染、特征提取、目标识别等处理时,可选择点云后处理软件。

4.4.2.4 声呐探头的探测精度和范围应满足检测与监测要求。

4.4.3 三维扫描声呐可采用载体舷挂或坐底安装方式,并应符合下列规定。

4.4.3.1 载体舷挂安装应配备专用声呐搭载装置,搭载装置受水流冲击产生的抖动不得影响声学图像识别,并应满足下列要求:

(1) 具备上下位置调节功能的搭载装置,每次调整支架的下放深度后重新测定换能器的吃水深度;

(2) 系统配置卫星定位罗经时,搭载装置设置标定线,使卫星定位罗经安装方向与换能器旋转零方向重合。

4.4.3.2 换能器应安装在噪声低且不易产生气泡的位置,并应满足下列要求:

(1) 针对载体下方目标的检测任务,换能器竖直安装,并置于下方;

(2) 最小吃水处低于载体底部,并避免船体、电缆、支架等对声波的遮挡;

(3) 换能器的横向、纵向及艏向安装角度满足系统安装的技术要求,换能器转动中心轴与竖直轴重合,扫描零方向与载体艏尾向重合;

(4) 采用舷挂安装时,系统换能器配备卫星定位、姿态、航向等传感器,基于严密坐标转换计算换能器中心和各回波的地理坐标;

(5) 采用坐底式安装时,换能器中心绝对坐标通过铅锤法或超短基线声学定位法实现绝对地理坐标的确定,定位精度优于米级。

4.4.3.3 各传感器的安装及换能器安装、检校方法应符合现行行业标准《多波束测深系统测量技术要求》(JT/T 790)的有关规定。

4.4.4 三维扫描声呐系统作业应符合下列规定。

4.4.4.1 外业检测过程中,应精密测量换能器处的声速,在声场结构变化较快的水域和季节应增加声速测量的频次。

4.4.4.2 测站数和设站位置,应根据水下目标结构复杂性和检测要求合理设置,相邻

测站扫描重叠率不应低于扫幅面积的 10%，相邻两站不共线的同名标靶不应少于 3 组。

4.4.4.3 每站扫描过程中,应根据扫描对象结构特点,合理选择换能器扫描仰角、扫描速度和扫描模式,各参数的选择应保证测点精度和密度达到检测要求。

4.4.4.4 实时监测时,测站位置的选择应沿作业面推进方向布置,测站间距可与作业面步进距离相同。

4.4.4.5 需进行绝对点坐标检测时,应辅助配备定位、姿态、罗经等传感器,安装时,应精确校准换能器安装偏差和初始方位角。

4.4.5 三维扫描声呐系统数据处理应符合下列规定。

4.4.5.1 实时数据处理软件应具备目标检测功能,可根据水平角、俯仰角及斜距计算目标的站心坐标。

4.4.5.2 多测站点云坐标处理宜配备后处理软件,后处理软件应具备点云消噪、编辑、拼接等功能,并可采用点云特征拼接方法,将多站结果归算至统一坐标系下。

4.4.5.3 基于点云数据进行目标检测时,目标判断应根据形状的突变进行选择,距离量测时,应对同组目标进行 3 次以上量测,量测值取算术平均值,两次量测结果之间的偏差不应超过 10 倍最小成图单元尺寸。

4.4.6 三维扫描声呐系统成果应包括下列内容:

(1) 三维扫描检测作业的测站分布图、单站数据三维渲染图、单站检测结果图及现场记录日志;

(2) 检测(监测)报告。

4.5 超短基线检测

4.5.1 超短基线检测可用于水下目标的定位、软体排搭接宽度及范围的检测与监测。

4.5.2 超短基线定位系统配置应符合下列规定。

4.5.2.1 超短基线测量系统硬件应包括 1 套水声换能器探头、若干个水声信标及信标回收装置,以及配套的定位、姿态、罗经、表面声速仪等传感器设备。

4.5.2.2 系统配套数据采集软件应具有换能器信号控制和回波、定位、姿态、航向等数据的同步采集功能。

4.5.3 超短基线定位系统的安装与检校应符合下列规定。

4.5.3.1 换能器应采用刚性较好的支架以舷挂式安装,安装位置应避免船体马达和易产生气泡的区域。

4.5.3.2 换能器各轴系应与船体坐标系平行,并与船体保持 10cm 以上间隔,探头入水深度应大于 2m。

4.5.3.3 配套的定位、罗经、姿态传感器等设备的安装偏差校准,应符合现行行业标准《多波束测深系统测量技术要求》(JT/T 790)的有关规定。

4.5.3.4 超短基线换能器安装的横向偏差、纵向偏差和艏向偏差,宜采用圆走航法进行动态校准。

4.5.3.5 难以开展动态校准时,应借助特制校准杆进行校准。

4.5.4 超短基线检测作业方法应符合下列规定。

4.5.4.1 开机作业前应设置换能器安装偏角、入水深度、声速等参数,并应设置声呐、定位、姿态等传感器的端口参数。

4.5.4.2 作业前应对超短基线系统进行调试、校核,并将采集的数据与卫星定位测量的数据进行比对。

4.5.4.3 作业应在船周环境噪声小于 65dB、海况小于 3 级、航速低于 4kn 条件下进行。

4.5.5 超短基线定位系统数据处理应符合下列规定。

4.5.5.1 数据处理过程应包括声速改正、应答器的基阵坐标解算、应答器的船体坐标系坐标解算和应答器的地理坐标计算等环节。

4.5.5.2 每一个应答器应采集多组测量结果,按照 3 倍或 2 倍中误差准则剔除粗差,取算术平均值作为最终的检测(监测)结果。

4.5.5.3 对水下目标进行检测与监测时,应实时计算超短基线定位数据,并结合水下目标宽度、形状信息,及时绘制目标在水下的位置和范围。

4.5.6 超短基线定位系统资料应包括下列内容:

- (1) 应答器与目标关系示意图;
- (2) 定位成果图;
- (3) 实际作业环境记录表;
- (4) 检测(监测)报告。

4.6 侧扫声呐扫测

4.6.1 侧扫声呐扫测可用于各类水下目标的位置、范围检测。

4.6.2 侧扫声呐系统配置应符合下列规定。

4.6.2.1 侧扫声呐系统硬件组成应包括主机、换能器及附属拖缆等装备;并应随船配套卫星定位设备,其平面定位精度应达到亚米级。

4.6.2.2 随机软件应具有声呐控制、状态监视、灰度增益、数据记录、图像回放、简单量测等功能;进行目标绝对位置、范围的检测时,还应配套专业后处理软件,后处理软件应具备底部跟踪、灰度均衡、斜距改正、地理编码、条带镶嵌等功能。

4.6.3 侧扫声呐系统宜采用拖曳模式安装,卫星定位天线应垂直固定安装在船顶开阔区域,同时记录拖缆拖挂点及卫星接收机在船体坐标系下的相对位置。

4.6.4 侧扫声呐扫测作业应符合下列规定。

4.6.4.1 检测作业前,应了解检测对象分布范围、水下障碍物、施工标志、特殊水深等信息。

4.6.4.2 测线布设应满足下列要求:

- (1) 测线长度综合考虑水下目标分布范围、设备安全等因素而定;
- (2) 侧扫声呐测线布设宜沿河道逆流直线布设,航速相对于流速大于 2m/s 时,采用顺流布设;

(3) 扫幅宽度为拖鱼距离水底表面高度的 3 倍 ~8 倍,拖鱼速度结合目标大小和换能器脉冲发射频率综合确定;

(4) 多条带扫床时,测线间距 $D \leq 2nR$,其中 R 为侧扫单侧量程, n 为相邻条带覆盖率,取值范围为 0.5 ~0.8。

4.6.4.3 施测过程除应符合现行行业标准《水运工程测量规范》(JTS 131)的有关规定外,还应满足下列要求:

- (1) 减少风浪、潮流对拖鱼的影响,测量船航速保持稳定,航速保持在低于 4kn;
- (2) 数据采集时,合理调整增益系数,并将增益系数记录在每天的测量记录中;
- (3) 扫幅、脉冲速率与航速相配合;
- (4) 实时数据采集时,观察地貌数据的质量,针对可疑目标做好位置标记;
- (5) 作业过程中填写天气状况、海域环境、表层声速等测量记录,实时记录声呐异常图像的位置特征等信息;
- (6) 每天的测量结果及时处理并备份,及时发现施测中存在的问题;
- (7) 航向变化或航速变化时,合理收放拖缆长度。

4.6.5 侧扫声呐数据处理应符合下列规定。

4.6.5.1 侧扫声呐数据实时处理应包括回波图像的实时增益、扫幅范围的调整、图像的量化、导航数据的转换等。

4.6.5.2 侧扫声呐数据后处理应包括数据预处理、拖鱼位置的估算、海底线检测、灰度均衡化、斜距改正、地理编码、镶嵌成图等。

4.6.6 基于侧扫声呐图像开展水下检测时,应符合下列规定。

4.6.6.1 根据图像强度变化或阴影确定目标位置和边界范围,目标像素位置的确定不应超过 10 倍最小成像单元尺寸,像素地理坐标应结合定位、拖缆长度、航向进行计算。

4.6.6.2 距离检测时,应根据成图比例尺量取目标距离 3 次,取算术平均值作为最终的检测结果。

4.6.6.3 范围检测时,应对各条带图像进行地理编码镶嵌,根据图像特征勾勒作业范围,与设计图进行叠加比对。

4.6.7 侧扫声呐扫测资料应包括下列内容:

- (1) 侧扫声呐扫测区域测线布设资料;
- (2) 处理后的条带图像及拼接图像;
- (3) 检测(监测)报告。

4.7 二维机械式扫描声呐扫测

4.7.1 二维机械式扫描声呐扫测可用于铺排质量检测与监测和各类水下目标的位置、范围检测与监测。

4.7.2 二维机械式扫描声呐应根据检测与监测要求选择相应声呐换能器,换能器测图分辨率应满足水下目标最小检测单元的可视性要求,其最小分辨率尺寸可按式(4.7.2)进行计算。

$$R = \sqrt{\frac{C^2 \tau^2 (1 + H^2/L^2)}{4}} + L^2 \theta_h^2 \quad (4.7.2)$$

式中 R ——垂直径向可分辨最小尺寸(m);

C ——声速(m/s);

τ ——发射声波脉冲宽度(μs);

H ——探头距床底高度(m);

L ——水平距离(m);

θ_h ——发射声呐探头步进角度($^\circ$)。

4.7.3 二维机械式扫描声呐进行各类水下目标的位置、范围检测与监测时,可配备姿态传感器、罗经、表面声速剖面仪、定位仪等硬件设备。

4.7.4 二维机械式扫描声呐的安装方式,应符合第4.4.3条的规定。

4.7.5 二维机械式扫描声呐测站布设应有利于水下目标检测与监测的需要,并应符合下列规定。

4.7.5.1 实时检测时,测站位置的选择宜沿作业面推进方向布设,测站间距与作业面每次移动距离相同。

4.7.5.2 范围检测需进行多测站扫描图像的融合处理时,测站位置应在检测区域内均匀分布,测站间距不应大于有效扫幅宽度的50%。

4.7.6 二维机械式扫描声呐扫测作业,应调整各参数使检测目标处于系统的最佳探测范围内,作业过程应符合下列规定。

4.7.6.1 换能器离检测目标的水平距离应处于成像分辨率变化缓慢区域,换能器离检测目标水平距离下限应大于系统分辨率极值位置,其值按式(4.7.6)计算,上限可根据检测要求和检测目标尺寸确定,不同水平距离上,系统分辨的最小目标尺寸可参见表4.7.6。

$$L_{\min} = \sqrt{\frac{C\tau H}{2\theta}} \quad (4.7.6)$$

式中 L_{\min} ——系统分辨率极值位置与探头的水平距离(m);

C ——声速(m/s);

τ ——发射声波脉冲宽度(μs);

H ——探头距床底高度(m);

θ ——探头步进角度(rad)。

表 4.7.6 系统分辨率随扫描速度和水平距离变化参考表(m)

扫描速度[$(^\circ)/\text{s}$]	距离(m)						
	5	10	20	30	50	70	90
0.225	0.020	0.039	0.079	0.118	0.196	0.275	0.353
0.45	0.039	0.079	0.157	0.236	0.393	0.550	0.707
0.9	0.079	0.157	0.314	0.471	0.785	1.100	1.414
1.8	0.157	0.314	0.628	0.942	1.571	2.199	2.827

注:表中为声波信号频率675kHz、脉冲长度25 μs 时的分辨率。

4.7.6.2 换能器扫描过程中,应根据声能方程实时调整回波强度的增益系数,使近场和远场回波强度均衡一致。单站检测时,应在增益系数调整完成后,方可开始记录回波数据。

4.7.6.3 静态检测时,回波数据记录应至少包括1个完整的圆周测回。

4.7.6.4 施测过程中应在测区代表性水域采用声速仪测定水下声速,声速测定后应将换能器吃水深度处声速值输入处理器中。声速剖面测量时间间隔不应超过6h,如测区跨度大或水文情况复杂,应调查测区的声速变化情况,声速变化小于2m/s时,可不分区测量,否则应分区测量。

4.7.6.5 静态测量过程中,载体或平台应锚定,应实时监控导航、罗经、姿态等配套设备的传感器运转、数据记录情况。现场检测质量不符合要求时,应停止作业。

4.7.6.6 施测过程中应实时监控风速、风向、流速、流向等施测环境的变化,施测环境应满足施工和水下检测作业的安全条件。

4.7.6.7 作业过程中应记录扫描宽度、扫描速度等关键参数的设置。

4.7.6.8 每天测量结束后应备份检测与监测数据,核对系统参数并检查数据质量和完整性,发现测区漏空、回波信号质量差等不符合检测与监测要求的情况,应进行补测。

4.7.7 二维机械式扫描声呐数据处理应符合下列规定。

4.7.7.1 检测作业前,应对扫描图像进行斜距成图改正,宜采用单波束测深法获取换能器至床表的高度;不具备条件时,应根据二维扫描图像水柱区域半径估算换能器距底高度初值,并微调该值,使斜距改正后的图像目标畸变最小。

4.7.7.2 实时检测工作可借助采集软件的量测工具进行,目标位置的确定应以目标回波强度突变的前沿为准,距离量测时,应对同组目标进行3次以上量测,两次量测结果之间的偏差不应超过3个最小成图单元尺寸,符合要求则对3次结果取算术平均值作为最终的量测值,否则应重新选择目标和量测。

4.7.7.3 多站测量时,应对各站测量成果进行镶嵌处理,镶嵌应以各站换能器平面坐标为中心,将经过方位角改正的各扫描图像堆叠至同一地理坐标框架下,相邻站间公共区域可按加权平均法实现多源图像的归一化。

4.7.8 二维机械式扫描声呐成果应包括下列内容:

- (1) 外业作业各测站分布图、各站扫描声呐图像;
- (2) 各站检测与监测结果图及现场记录日志;
- (3) 检测(监测)报告。

4.8 探摸摄像检测

4.8.1 探摸摄像检测可用于较低流速、浅水区域的水下目标的定性检测;配置钢尺或测绳,可对水下目标进行简单的量测。

4.8.2 探摸摄像系统配置应符合下列规定。

4.8.2.1 探摸摄像方法应配合专门的检测船,检测船应配备抛绞锚系统、测量定位系统、水下摄像系统、潜水装置系统、清淤冲沙系统、水下通信系统等。

4.8.2.2 水下摄像系统应包括水面主机、通信缆、水下摄像头、录像机、水下照明灯具等,并具备声频、视频信号记录功能,其技术指标应满足检测分辨率的要求。

4.8.3 探摸摄像检测应符合下列规定。

4.8.3.1 探摸摄像检测前,应收集和熟悉水下检测目标属性及标识区域位置,了解和掌握作业区域的水深、流速、流向、水下能见度、气象和泥沙淤积等相关资料。

4.8.3.2 探摸摄像检测前,技术人员应连接水下摄像、通信等系统,并进行调试。

4.8.3.3 潜水员应按操作手册做好下水前的各项准备工作。

4.8.3.4 技术人员应根据检测区域提前规划好船舶定位区域,船舶定位区域宜保证检测对象在潜水员下水后的移动范围内。

4.8.3.5 探摸摄像检测应满足下列要求:

- (1) 潜水员用钢尺测量泥沙淤埋厚度时,根据需要拍摄钢尺刻度;
- (2) 泥沙淤积较厚,影响检测效果时,使用高压水枪进行淤沙清理;
- (3) 根据现场情况选择摄像方式,必要时,事先在检测对象上添加识别标识;
- (4) 潜水员在水下清理出作业面后,在水面操作人员的指挥下进行摄像;
- (5) 拍摄过程中实时记录摄像文件;
- (6) 摄像参数、摄像对象改变时,在作业日志中记录;
- (7) 图像质量无法满足检测要求时,进行补测或重测。

4.8.3.6 视频文件应及时备份,同时在工作日志中记录备份日期、文件名、位置、检测对象、检测数量及其他相关参数,并由专人负责备份和保管。

4.8.4 水下探摸摄像资料应包括下列内容:

- (1) 完整的摄像视频资料;
- (2) 探摸摄像报告及现场作业日志;
- (3) 检测(监测)报告。

4.9 扫床检测

4.9.1 扫床包括硬式扫床和软式扫床,可用于浅点检测。

4.9.2 硬式扫床检测除应符合现行行业标准《航道整治工程施工规范》(JTS 224)的有关规定外,尚应符合下列规定。

4.9.2.1 硬式扫床应采用固定式安装,其硬件应包括船舶、扫杆、定深杆、支撑杆、横杆以及拉绳等。硬式扫床架应有足够的刚度,使用时的变形值不应大于50mm。

4.9.2.2 硬式扫床架应在船头或船中部一侧甲板空旷区域安装,扫床架下放后,应调整拉绳将扫杆放至设定的扫床深度。

4.9.2.3 硬式扫床作业应满足下列要求:

- (1) 采用卫星定位系统记录实时扫床轨迹图;
- (2) 扫床底架碰到浅点时,停船检查扫架是否变形,并在轨迹图中标记;
- (3) 扫床轨迹的重叠宽度不小于1m。

4.9.3 软式扫床检测除应符合现行行业标准《水运工程测量规范》(JTS 131)的有关规

定外,尚应符合下列规定。

4.9.3.1 软式扫床具安装时,底索钢缆每节长度应根据作业现场条件和作业要求确定,必要时适当增加配重。

4.9.3.2 软式扫床作业应满足下列要求:

- (1) 扫床线沿测区流向或航槽轴向逆水流或逆潮流方向布设;
- (2) 扫床过程中,配置检查船不断检查扫床提高量,底索提高量不大于0.3m;
- (3) 扫床速度控制在4kn以内;
- (4) 出现底索脱挂、割断或发现其他可疑情况时,进行补扫。

4.9.4 扫床资料应包括下列内容:

- (1) 水位记录表;
- (2) 扫床轨迹图;
- (3) 扫床记录表;
- (4) 检测(监测)报告。

5 水下软体排护底检测与监测

5.1 一般规定

5.1.1 水下软体排护底检测与监测内容应包括搭接宽度、铺设范围、排体形态。

5.1.2 检测与监测作业应收集相关资料并对其可靠性及准确性进行复核。资料收集除应符合第3.1.2条的规定外,尚应包括下列内容:

- (1)设计图、完工图、交工图和竣工图;
- (2)作业区域水深数据和水底地形图;
- (3)作业区域的水文资料和潮位记录;
- (4)其他相关的资料。

5.2 排体搭接宽度

5.2.1 排体搭接宽度检测与监测方法应根据水深、流速等要素选择,宜按表5.2.1的规定选用。

表 5.2.1 排体搭接宽度主要检测或监测方法

序号	检测或监测方法	水深 H	流速
1	铺排轨迹法	可施工水深	可施工流速
2	超短基线检测	$3\text{m} \leq H \leq 50\text{m}$	$\leq 1.5\text{m/s}$
3	二维机械式扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 25\text{m}$	$\leq 1.5\text{m/s}$
4	三维扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 35\text{m}$	$\leq 1\text{m/s}$
5	探摸摄像检测	$2\text{m} \leq H \leq 45\text{m}$	$\leq 1.2\text{m/s}$
6	侧扫声呐扫测	$5\text{m} \leq H \leq 100\text{m}$	$\leq 2\text{m/s}$
7	多波束测深	$3\text{m} \leq H \leq 40\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$

注:①采用探摸摄像检测法应提前掌握标识筋条的布置情况,并应对淤积区域进行清淤作业;

②D型系混凝土块软体排监测宜采用二维机械式扫描声呐扫测或三维扫描声呐扫测;

③二维机械式扫描声呐扫测、三维扫描声呐扫测进行排体搭接宽度监测时宜采用载体舷挂安装方式。

5.2.2 排体搭接宽度检测与监测点的设置应符合下列规定。

5.2.2.1 采用铺排轨迹法、超短基线检测、二维机械式扫描声呐扫测或三维扫描声呐扫测进行排体搭接宽度监测时应至少沿通条搭接方向每20m设置一测点。

5.2.2.2 采用探摸摄像检测时应满足下列要求:

- (1)已监测的铺排区域抽样频率不低于通条总数的5%;

(2) 未监测的铺排区域抽样频率不低于通条总数的 20%；

(3) 抽检的通条至少选择两处进行探摸摄像检测,排体长度超过 200m 时增加一处。

5.2.2.3 采用侧扫声呐扫测或多波束测深进行排体搭接宽度检测时,工况条件允许时应应对铺排区域进行全扫测。

5.2.3 排体搭接宽度检测与监测精度不应低于 0.5m。

5.2.4 铺排施工期排体搭接宽度检测作业宜在一周内进行。

5.2.5 排体搭接宽度检测与监测成果应包括检测与监测点布置图、检测与监测成果分析等,并应符合第 4 章的有关规定。

5.3 排体铺设范围

5.3.1 排体铺设范围检测与监测方法应根据水深、流速等要素选择,宜按表 5.3.1 的规定选用。

表 5.3.1 排体铺设范围检测与监测方法

序号	检测方法	水深 H	流速
1	多波束测深	$3\text{m} \leq H \leq 40\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$
2	二维机械式扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 25\text{m}$	$\leq 1.5\text{m/s}$
3	三维扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 35\text{m}$	$\leq 1\text{m/s}$

注:①采用二维机械式扫描声呐扫测法或三维扫描声呐扫测法可采用载体舷挂安装方式,并应配置 GNSS 与姿态传感器;

②声呐图像不清晰时,可辅助潜水员探摸摄像法进行验证;

③被检测区域出现大量淤积时,宜先进行清淤作业;

④采用多波束测深时宜在铺排船离开沉排区域后实施。

5.3.2 排体铺设范围检测与监测点的设置应符合下列规定。

5.3.2.1 采用多波束测深时,工况条件允许下应扫测排体所有的守护区域。

5.3.2.2 采用二维机械式扫描声呐扫测或三维扫描声呐扫测时应根据检测需要合理布置,并应满足下列要求:

(1) 测区布置具有代表性且均匀分布;

(2) 测区内设计守护区域边缘每隔 200m ~ 300m 取一个检测点,重点区域加密布置;

(3) 进行排体铺设范围监测时对排体边界进行全覆盖扫测。

5.3.3 排体铺设范围检测与监测精度不应低于 0.3m。

5.3.4 排体铺设范围检测与监测应在后一道工序开始前进行。

5.3.5 排体铺设范围检测与监测成果应包括检测与监测点布置图、检测与监测成果分析等,并应符合第 4 章的有关规定。

5.4 排体形态

5.4.1 排体形态检测与监测方法应根据水深、流速等要素选择,宜按表 5.4.1 的规定选用。

表 5.4.1 排体形态检测方法

序号	检测方法	水深 H	流速
1	多波束测深	$3\text{m} \leq H \leq 40\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$
2	二维机械式扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 60\text{m}$	$\leq 1.5\text{m/s}$
3	三维扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 60\text{m}$	$\leq 1\text{m/s}$
4	侧扫声呐扫测	$5\text{m} \leq H \leq 100\text{m}$	$\leq 2\text{m/s}$
5	探摸摄像检测	$2\text{m} \leq H \leq 45\text{m}$	$\leq 1.2\text{m/s}$

注:①采用二维机械式扫描声呐扫测时,水深 $\leq 25\text{m}$ 时,可采用载体舷挂安装方式;水深 $> 25\text{m}$ 时,可采用坐底安装方式;

②采用三维扫描声呐扫测时,水深 $\leq 35\text{m}$ 时,可采用载体舷挂安装方式;水深 $> 35\text{m}$ 时,可采用坐底安装方式;

③采用坐底安装方式时应使设备在河床上平整布放。

5.4.2 排体形态检测点的设置应符合下列规定。

5.4.2.1 采用多波束测深时,工况条件允许下应对铺排区域进行全扫测。

5.4.2.2 采用二维机械式扫描声呐扫测或三维扫描声呐扫测时,点的设置应符合第 5.3.2.2 款的规定。

5.4.2.3 采用探摸摄像检测时点的设置应符合第 5.2.2.2 款的规定。

5.4.3 排体形态检测的精度不应低于 0.5m 。

5.4.4 排体形态检测应在后一道工序开始前进行。

5.4.5 排体形态检测成果应包括检测点布置图、检测成果分析等,并应符合第 4 章的有关规定。

6 水下散抛物检测与监测

6.1 一般规定

6.1.1 水下散抛物检测与监测内容应包括散抛物的位置、范围、厚度、平整度。

6.1.2 水下散抛物检测与监测作业应收集相关资料并对其可靠性及准确性进行复核。资料收集除应符合第3.1.2条的规定外,尚应包括下列内容:

- (1)最新测量的水下地形图;
- (2)设计依据的水下地形图;
- (3)工程设计布置图;
- (4)其他相关资料。

6.2 水下散抛物的位置、范围

6.2.1 水下散抛物的位置、范围检测方法应根据水深、流速等要素选择,宜按表6.2.1的规定选用。

表 6.2.1 水下散抛物的位置、范围检测方法

序号	检测方法	水深 H	流速
1	二维机械式扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 25\text{m}$	$\leq 1.5\text{m/s}$
2	三维扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 35\text{m}$	$\leq 1\text{m/s}$
3	超短基线检测	$2\text{m} \leq H \leq 30\text{m}$	$\leq 1.2\text{m/s}$
4	多波束测深	$3\text{m} \leq H \leq 40\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$

注:①采用二维机械式扫描声呐扫测或三维扫描声呐扫测时,应按照“由深至浅”的原则进行检测;

②采用多波束测深时,浅水区域可在深水区域调整扫测角度进行覆盖;

③采用超短基线检测时,可辅助潜水员或者水下机器人作业;

④采用多波束测深时,应在定位船离开抛投区域后实施。

6.2.2 水下散抛物的位置、范围检测点的设置应符合下列规定。

6.2.2.1 采用二维机械式扫描声呐扫测时应符合第5.3.2.2款的规定。

6.2.2.2 采用超短基线检测时,应沿水下散抛物边缘均匀布置测点,水下散抛物中间区域严禁布置测点。

6.2.3 水下散抛物的位置、范围检测精度不应低于0.3m。

6.2.4 水下散抛物的位置、范围检测宜在抛投作业完成后一个月内进行。

6.2.5 水下散抛物的位置、范围检测成果应包括检测点布置图、检测成果分析等,并应符合第4章的有关规定。

6.3 水下散抛物的厚度

6.3.1 水下散抛物的厚度应通过采集抛投前后两次水下散抛物的高程确定,检测方法应根据水深、流速等要素选择,宜按表 6.3.1 的规定选用。

表 6.3.1 水下散抛物厚度检测方法

序号	检测方法	水深 H	流速
1	三维扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 35\text{m}$	$\leq 1\text{m/s}$
2	多波束测深	$3\text{m} \leq H \leq 40\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$
3	单波束测深	$1\text{m} \leq H \leq 100\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$

注:①透水框架检测宜采用三维扫描声呐扫测;

②采用三维扫描声呐扫测时应注意水下地势情况,采用坐底检测方式时应悬空扫描水下地形判断是否能够稳定坐底;

③采用多波束测深对水下散抛物的高程进行检测时应遵循“由深至浅”的原则,扫测船舶航速应控制在 3kn 以内。

6.3.2 水下散抛物的厚度检测点的设置应符合下列规定。

6.3.2.1 采用三维扫描声呐扫测时测区布置应具有代表性且均匀分布,重点区域宜加密布置。

6.3.2.2 工况条件允许下采用多波束测深应对散抛区域进行全扫测。

6.3.3 水下散抛物厚度检测精度在水深小于或等于 20m 时,不应低于 0.4m;水深大于 20m 时,不应低于 0.02 倍水深。

6.3.4 水下散抛物的厚度检测宜在抛投作业完成后及时进行,或可根据设计要求和水下底质变化情况适时开展。

6.3.5 水下散抛物的厚度检测成果应包括检测区域布置图、检测成果分析等,并应符合第 4 章的有关规定。

6.4 水下散抛物的平整度

6.4.1 水下散抛物的平整度检测方法应根据水深、流速等要素选择,宜按表 6.4.1 的规定选用。

表 6.4.1 水下散抛物的平整度检测方法

序号	检测方法	水深 H	流速
1	多波束测深	$3\text{m} \leq H \leq 40\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$
2	单波束测深	$1\text{m} \leq H \leq 100\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$
3	三维扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 35\text{m}$	$\leq 1\text{m/s}$

注:①采用多波束测深时应符合第 6.3.1 条规定;

②采用三维扫描图像声呐扫测时不得采用坐底式检测方式;

③采用侧扫声呐扫测拖曳作业时应保持安全的距底高度。

6.4.2 水下散抛物的平整度检测点的设置应符合下列规定。

6.4.2.1 采用多波束测深法应符合第 6.3.2.2 款的规定。

6.4.2.2 采用二维机械式扫描声呐扫测或三维扫描声呐扫测时,应根据待检项目特性及所处部位的重要性综合考虑测区数量,关键部位或易产生缺陷的部位应加密布置测区。

6.4.3 水下散抛物的平整度检测平面精度不应低于 0.3m,高程精度在水深小于或等于 20m 时,不应低于 0.4m;水深大于 20m 时,不应低于 0.02 倍水深。

6.4.4 水下散抛物的平整度检测宜在抛投作业完成后一个月内进行。

6.4.5 水下散抛物的平整度检测成果应包括检测点布置图、检测成果分析等,并应符合第 4 章的有关规定。

7 水下建筑物检测与监测

7.1 一般规定

- 7.1.1 水下建筑物检测与监测应包括建筑物的轴线位置、总体尺度及变形等内容。
 7.1.2 水下建筑物检测与监测作业资料收集应符合第6.1.2条的规定。

7.2 水下建筑物的轴线位置

- 7.2.1 流速不大于3m/s时,水下建筑物的轴线位置检测宜采用单波束测深法,测图比例尺不得小于1:500。
 7.2.2 水下建筑物的轴线位置检测应沿设计轴线方向平均布置测线。
 7.2.3 水下建筑物的轴线位置检测精度不应低于0.3m。
 7.2.4 水下建筑物的轴线位置检测成果应包括检测区域布置图、检测成果分析等,并应符合第4章的有关规定。

7.3 水下建筑物的总体尺度

- 7.3.1 水下建筑物的总体尺度检测与监测方法应根据水深、流速等要素选择,宜按表7.3.1的规定选用。

表 7.3.1 水下建筑物总体尺度检测方法

序号	检测方法	水深 H	流速
1	多波束测深	$3\text{m} \leq H \leq 40\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$
2	三维扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 35\text{m}$	$\leq 1\text{m/s}$
3	单波束测深	$1\text{m} \leq H \leq 100\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$

注:①采用多波束测深时应符合第6.3.1条规定;

②采用三维扫描声呐扫测监测时应采用载体舷挂安装方式。

- 7.3.2 水下建筑物的总体尺度检测与监测点的设置应符合下列规定。

7.3.2.1 工况条件允许下,采用多波束测深和单波束测深时应水下建筑物区域进行全扫测。

7.3.2.2 采用三维扫描声呐扫测进行监测作业时,应在每一次抛投单元完成后进行一次扫测。

7.3.3 建筑物总体尺度检测平面精度不应低于0.2m,高程精度在水深不大于20m时,不应低于0.4m;水深大于20m时,不应低于0.02倍水深。

7.3.4 水下建筑物的总体尺度检测与监测成果应包括检测区域布置图、检测成果分析

等,并应符合第4章的有关规定。

7.4 水下建筑物的变形

7.4.1 水下建筑物的变形监测方法应根据水深、流速等要素选择,宜按表7.4.1的规定选用。

表 7.4.1 水下建筑物变形检测方法

序号	检测方法	水深 H	流速
1	单波束测深	$1\text{m} \leq H \leq 100\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$
2	多波束测深	$3\text{m} \leq H \leq 40\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$
3	三维扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 35\text{m}$	$\leq 1\text{m/s}$
4	探摸摄像检测	$2\text{m} \leq H \leq 45\text{m}$	$\leq 1.2\text{m/s}$

注:①采用单波束测深或多波束测深时宜在水位较高时进行;

②扫测确认了损毁区域后应采用探摸摄像检测查明原因;

③测图比例不应小于1:500..

7.4.2 水下建筑物的变形监测点应根据工程地质情况、建筑物结构特点等,设置在不同结构分界处、不同基础交接或地基条件变化处等,重点区域应加密监测点。

7.4.3 水下建筑物的变形监测平面精度不应低于0.2m,高程精度在水深不大于20m时,不应低于0.4m;水深大于20m时,不应低于0.02倍水深。

7.4.4 水下建筑物的变形监测周期应根据建筑物维护需要确定,并应符合下列规定。

7.4.4.1 汛期监测每年不应少于一次。

7.4.4.2 凌期监测每年应在开、封江流凌期各安排一次。

7.4.4.3 风暴潮、台风过后应及时组织整治建筑物的观测。

7.4.5 水下建筑物的变形监测成果应包括检测点布置图、检测成果分析等,并应符合第4章的有关规定。

8 清礁与疏浚水下检测

8.1 一般规定

- 8.1.1 清礁与疏浚水下检测内容应包括边坡和底部高程。
8.1.2 清礁与疏浚检测作业前资料收集应符合第6.1.2条的规定。

8.2 清礁工程

- 8.2.1 清礁检测方法应根据水深、流速等要素选择,宜按表8.2.1的规定选用。

表 8.2.1 清礁检测方法

序号	检测方法	水深 H	流速
1	硬式扫床	$1\text{m} \leq H \leq 5\text{m}$	$\leq 2.5\text{m/s}$
		$5\text{m} \leq H \leq 20\text{m}$	$\leq 1.5\text{m/s}$
2	单波束测深	$1\text{m} \leq H \leq 100\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$
3	三维扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 35\text{m}$	$\leq 1\text{m/s}$
4	多波束测深	$3\text{m} \leq H \leq 40\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$

注:①扫床作业中发现浅点,应现场通过测量仪器直接定点,并采用单波束测深确定平面位置和高程;

②硬式扫床时扫测船舶航速应控制在2kn以内;

③施工过程中可采用单波束测深,完工后可采用多波束测深或硬式扫床。

- 8.2.2 清礁检测点的设置应根据测图比例确定点距。
8.2.3 清礁检测方法的平面定位精度不应低于0.2m,高程精度在水深不大于20m时,不应低于0.4m;水深大于20m时,不应低于0.02倍水深。
8.2.4 清礁检测成果应包括检测区域布置图、检测成果分析等,并应符合第4章的有关规定。

8.3 疏浚工程

- 8.3.1 疏浚检测方法应根据水深、流速等要素选择,宜按表8.3.1的规定选用。

表 8.3.1 疏浚检测方法

序号	检测方法	水深 H	流速
1	多波束测深	$2\text{m} \leq H \leq 40\text{m}$	$\leq 3\text{m/s}$
2	单波束测深	$1\text{m} \leq H \leq 100\text{m}$	$\leq 5\text{m/s}$
3	三维扫描声呐扫测	$1\text{m} \leq H \leq 35\text{m}$	$\leq 1\text{m/s}$

注:①三维扫描声呐扫测进行疏浚作业检测时宜采用载体舷挂安装方式;

②多波束测深可辅助侧扫声呐扫测判断疏浚底质性质;

③边坡坡度宜采用多波束测深或三维扫描声呐扫测。

8.3.2 疏浚检测点的设置应符合下列规定。

8.3.2.1 工况条件允许下,采用多波束测深或单波束测深时应进行全范围扫测。

8.3.2.2 疏浚检测时宜在每开挖完成一单元区域后进行。

8.3.3 疏浚检测的水平定位精度不应低于0.3m,高程精度在水深不大于20m时,不应低于0.4m;水深大于20m时,不应低于0.02倍水深。

8.3.4 疏浚检测成果应包括检测区域布置图、检测成果分析等,并应符合第4章的有关规定。

附录 A 水下检测作业记录表格样式

表 A.0.1 图像声呐扫测作业记录表

检测任务： 日期： 天气： 流速： 水位： 检测船舶： 仪器型号及编号：

时 间	定位坐标 X =	定位坐标 Y =	扫 描 半 径	图 像 图 号	保 存 路 径	数 据 质 量	备 注

检测员：

技术负责人：

第 页

共 页

附录 B 水位观测记录表格样式

表 B.0.1 水位观测记录表

序 号	记 录 时 间	水 位	备 注
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			

检测员：

技术负责人：

第 页 共 页

附录 C 水下检测(监测)报告封面及扉页样式

航道整治工程水下检测(监测)报告

检测(监测)报告编号:

检测单位名称(盖章)
编写日期

图 C.0.1

附录 D 本规程用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度的用词说明如下:

- (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”;
- (4)表示允许选择,在一定条件下可以这样做的采用“可”。

引用标准名录

1. 《水运工程测量规范》(JTS 131)
2. 《多波束测深系统测量技术要求》(JT/T 790)
3. 《航道整治工程施工规范》(JTS 224)

附加说明

本规程主编单位、参编单位、主要起草人、
主要审查人、总校人员和管理组人员名单

主编单位:长江航道局

参编单位:武汉长江航道救助打捞局

武汉大学

长江南京以下深水航道建设工程指挥部

中交第一航务工程局有限公司

江西省航务勘察设计院

黑龙江省航务勘察设计院

长江航道工程局有限责任公司

主要起草人:高凯春(长江航道局)

刘怀汉(长江航道局)

何传金(长江航道局)

张 红(武汉长江航道救助打捞局)

(以下按姓氏笔画为序)

邓 勇(长江航道工程局有限责任公司)

王 彬(武汉长江航道救助打捞局)

王爱学(武汉大学)

冯廷山(黑龙江省航务勘察设计院)

李国强(长江南京以下深水航道建设工程指挥部)

李 海(武汉长江航道救助打捞局)

李荣彬(长江航道局)

余新明(长江航道局)

吴 彬(江西省航务勘察设计院)

周生利(长江航道局)

林七贞(武汉长江航道救助打捞局)

胡义龙(长江航道局)

赵建虎(武汉大学)

黄 颖(长江航道局)

黄 伟(长江航道局)

解林博(中交第一航务工程局有限公司)

主要审查人:仇伯强

(以下按姓氏笔画为序)

王大斌、吴晓明、余 彬、周丰年、郑锋勇、骆少泽、徐 元、黄君哲、
程新生

总校人员:刘国辉、李荣庆、檀会春、吴敦龙、董 方、高凯春、徐秀梅、李荣彬、
王爱学、李 海、王 彬、查文富、张 莹、刘 畅

管理组人员:刘怀汉(长江航道局)

何传金(长江航道局)

张 红(武汉长江航道救助打捞局)

王 彬(武汉长江航道救助打捞局)

王爱学(武汉大学)

中华人民共和国行业标准

航道整治工程水下检测与监测技术规程

JTS/T 241—2020

条文说明

目 次

1	总则	(41)
3	基本规定	(42)
3.3	检测与监测成果	(42)
4	水下检测与监测的主要方法	(43)
4.1	一般规定	(43)
4.2	单波束测深	(44)
4.4	三维扫描声呐扫测	(44)
4.5	超短基线检测	(44)
4.6	侧扫声呐扫测	(45)
4.7	二维机械式扫描声呐扫测	(45)
4.8	探摸摄像检测	(46)
5	水下软体排护底检测与监测	(47)
5.1	一般规定	(47)
5.2	排体搭接宽度	(47)
5.3	排体铺设范围	(48)
6	水下散抛物检测与监测	(49)
6.2	水下散抛物的位置、范围	(49)
6.3	水下散抛物的厚度	(49)
6.4	水下散抛物的平整度	(49)
7	水下建筑物检测与监测	(50)
7.1	一般规定	(50)
7.2	水下建筑物的轴线位置	(50)
7.3	水下建筑物的总体尺度	(50)
7.4	水下建筑物的变形	(50)
8	清礁与疏浚水下检测	(51)
8.2	清礁工程	(51)
8.3	疏浚工程	(51)

1 总 则

1.0.2 本条规定中位于水下的定义是指在水下检测与监测实施期间处于水面以下。

1.0.3 本条规定中的国家现行有关标准主要包括《海道测量规范》(GB 12327)、《海洋调查规范 第10部分:海底地形地貌调查》(GB/T 12763.10)、《水运工程测量规范》(JTS 131)、《水运工程质量检验标准》(JTS 257)、《水运工程测量质量检验标准》(JTS 258)、《航道整治工程施工规范》(JTS 224)、《多波束测深系统测量技术要求》(JT/T 790)和《水运工程水工建筑物原型观测技术规范》(JTS 235)。

3 基本规定

3.3 检测与监测成果

3.3.2 本条规定“检测原始资料应包括检测原始数据及其他相关数据,并附工作记录。”是为再现检测全过程,确保检测作业的可追溯性。

3.3.4 检测(监测)报告是检测的最终成果,是整个检测工作质量的集中反映,为保证检测(监测)结果的质量,因此本条对检测(监测)报告的格式和内容作了规定。

4 水下检测与监测的主要方法

4.1 一般规定

4.1.1 声学遥测技术主要包括单波束测深、多波束测深、三维扫描声呐测点云坐标、超短基线声呐测点坐标、侧扫声呐测图、二维机械式扫描声呐测图等技术；光学技术主要指水下电视摄像技术；人工方法指水下探摸检测技术；机械技术主要指软硬式扫床具触碰探测；坐标推算技术是通过浮标或作业面翻板位置，结合水下对象的形状、尺寸经验信息，推算对象的实时轨迹和着床状态。

4.1.2 航道整治工程中水下检测与监测可选用的水下检测与监测方法具体是指：

(1) 测深法是通过单波束测深或多波束测深，获取一系列测深剖面图或者高密度水深点重构的床表三维形状图，以此表征床表目标位置、高程、形状、结构、走向、坡度、方量、范围等属性信息；

(2) 三维点云法是通过三维扫描声呐设备在单站或多站上获取目标外部或内部表面的高密度离散三维坐标，以此呈现目标空间三维结构，进而用于目标位置、形状、距离、状态、结构等属性的检测；

(3) 超短基线局部点法用于预制目标水下投放后的检测，检测之前在目标边缘、拐点等表征其形状的关键位置安装具备回收、重复使用功能的水下应答装置；

(4) 浮标法是一种坐标推估方法，浮标通过缆绳与水下目标相连，翻板边缘为目标入水前可以直接测量坐标的最后位置，基于浮标和翻板坐标通常用来推估投放目标在水下的概略位置；

(5) 侧扫声呐扫测法是通过侧扫图像粗略估计目标位置的一种方法，常规侧扫声呐瀑布图像不具备直观的坐标信息，用于水下目标检测的侧扫声呐图像应是经过辐射、几何畸变改正、地理编码处理后具有绝对坐标参考的二维图像；

(6) 二维机械式扫描声呐扫测法是通过二维扫描图像估计目标位置的一种方法，其原理与侧扫声呐相似，但扫描方式由传统走航式设计成旋转扫描模型，前者采用静态扫描作业时，不受运动环境的影响，成图直观且畸变小；

(7) 探摸、摄像检测是水下摄像光学设备和人工探摸或水下潜器结合探测目标的一种方法，通过近距离获取近场目标的光学图像，从观感上定性判断水下目标结构和状态，适用于流小、水清水域，属性或结构复杂的水下目标的检测与监测。在其他手段检测结果不理想时，采用人工探摸方法对浅水目标进行直接观察和定性判断，人工探摸方法易受水流、水体浊度、主观经验等因素影响；

(8) 扫床检测法通过扫床杆或扫床缆和 underwater 目标发生直接接触，以估计目标水下位

置,常用于简单工况下浅点目标的发现或概略位置确定。

4.2 单波束测深

4.2.3.3 单波束测深时若不考虑姿态因素影响,卫星定位接收机安装在换能器支架正上方,以此可减小姿态、航向运动因素造成的水深点位置偏差。

4.2.4.1 单波束测线布设原则按已有规范执行,但航道整治工程具有特殊性,测线布设除考虑水下目标轴线走向外,还要考虑水流、航行安全、对施工作业的影响等方面因素,在确保安全的情况下,有利于呈现水下目标的形状、结构;检查线与主测线相交,根据交点测深不符量级以评价作业区测量精度,根据实践经验,因此规定检查线一般不少于主测线的5%。

4.2.4.3 船体的位置和姿态信息用于后期的水深数据改正处理。

4.2.5 姿态改正是精密单波束水深数据处理的重要环节,姿态变化会引起单波束波束方向指向性发生改变,也会造成卫星接收机和换能器之间的相对位置发生改变,因此作出本条规定。

4.4 三维扫描声呐扫测

4.4.1 本规程所列三维扫描声呐为一种空间点云坐标测量装置,换能器测量原理采用传统束控模式或光栅阵列模式,并通过俯仰角调整和云台旋转实现对三维空间的扫描,单站测量结果具有较准确的相对位置关系。

4.4.4.1 由于主流三维扫描声呐系统均发射高频声脉冲,作业距离短,作业范围内声速场变化引起的声线弯曲误差,对测点精度的影响可忽略不计,但换能器所在的表层声速误差会导致波束角和距离计算产生较大的误差,因此作出本款规定。

4.4.4.2 各测站成果均基于各测站的局部坐标系统,多测站数据的融合统一需要3个以上共视靶标来确定各站间的转换关系,所以相邻测站间需要具备一定的重叠率,因此作出本款规定。

4.4.4.3 扫描速度及扫描模式的选择通常通过试扫作业来确定,以此保证所选参数和扫描模式有利于快速、完整地成像检测目标的三维结构。

4.5 超短基线检测

4.5.1 超短基线系统为船基换能器和水下应答器共同组成的水下定位系统,用于航道整治工程预制结构的水下检测。

4.5.3.4 超短基线换能器的安装偏差在一般测量中采用动态校准方法,即在浅水无流水域布设应答器并测定其绝对坐标和测深;然后以应答器为中心、水深为半径设计3组~4组往返测线,各测线方位角在圆周内均匀分布;沿各测线行驶过程中不断测量水下应答器的坐标,并且只保留各测线在半径圆内的测量结果;基于各测线定位、姿态及应答器坐标序列,结合应答器已知绝对坐标,基于最小二乘法求解换能器安装偏差;由于各测线在圆周内测量结果对称分布,可以较好地消除声线弯曲因素对定位和校准的影响。

4.5.3.5 超短基线使用校准杆校准时,采用具有一定长度的校准杆接触水下位置未知目标,根据校准杆顶端的卫星定位接收机及校准杆入水深度,来估算水下目标的精确位置;采用3组~4组位置已知的水下目标,能构建超短基线系统的安装偏差和测量误差模型。

4.6 侧扫声呐扫测

4.6.2.2 侧扫声呐系统随机软件多具有增益、量距等简单功能,基于侧扫声呐图像进行绝对位置、范围检测时需借助后处理软件对瀑布图像进行镶嵌、拼接等处理。

4.6.3 为了减小船体姿态变化对声波发射和接收的影响,侧扫声呐的换能器多采用拖曳式安装。

4.7 二维机械式扫描声呐扫测

4.7.1 二维机械式扫描声呐,其换能器声波发射、接收原理与侧扫声呐类似,通过以机械旋转的云台装置,将侧扫声呐的走航扫描模式转换为静态扫描模式。

4.7.3 当检测平台稳定性较差时,配备姿态传感器设备;当需将各站成果投影至绝对坐标系下时,则配备罗经、定位仪、姿态传感器等设备。

4.7.6.1 根据二维机械式扫描声呐成图机理,其可识别的理论尺寸在近场随距离增加而急剧减小至某一理论极限值;而随着距离继续增加,受步进角度的影响,可识别的理论尺寸又会逐渐缓慢变大;上述特点决定了分辨率快速变化的近场区域存在较大的形状畸变,而距离较远的远场,又会产生分辨率不足现象,参考图4.1。因此,采用二维机械式扫描声呐检测目标的水平距离应处于近场成像分辨率变化的缓慢区域。

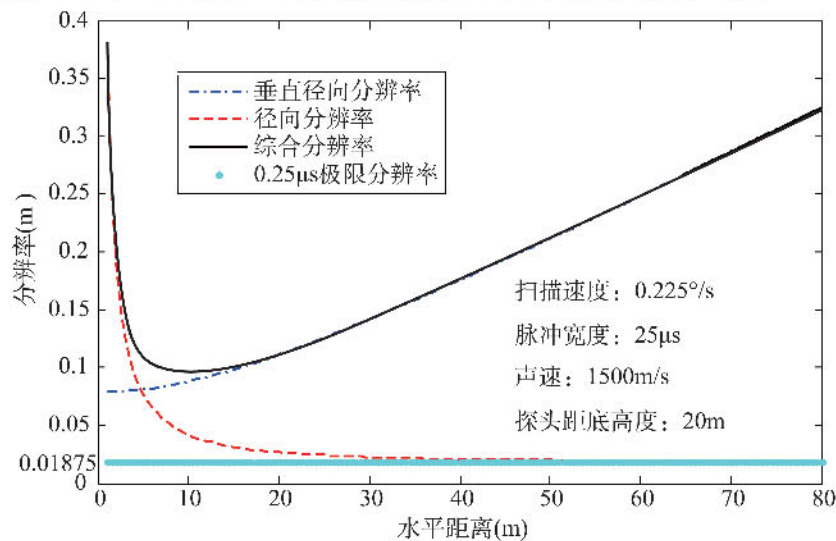


图 4.1 二维机械式扫描声呐理论分辨率曲线

4.7.6.5 静态作业模式下,换能器中心位置及轴系方向是单站测量的成果的坐标基准,实际工况条件下,载体平台可能发生运动,水流冲击可能造成换能器支架快速抖动,平台低速运动会造成目标形状畸变,支架快速抖动会影响声波的发射和接收,进而造成图像

模糊,因此规定现场检测不符合要求时,停止作业。

4.7.7.1 斜距成图模式造成二维机械式扫描声呐图像近场目标存在较大的形状畸变,通过斜距改正处理可以削弱大部分畸变的影响,换能器至床表的高度是斜距改正的重要参数,默认情况下,底部第一个强回波来至换能器正下方附近,在这个强回波返回之前,换能器仅能接收到水体中微弱噪声,表现为二维扫描声呐图像中内环的弱回波区域,根据该弱回波区域的半径,能粗略估计换能器距底高度。

4.8 探摸摄像检测

4.8.1 探摸摄像是人工探摸和水下摄像方法的组合,通过人工探摸实现对水下目标的直观定性检测,同时辅助水下摄像采集图像信息,以作为检测结论的佐证。

4.8.4 视频保存通用视频文件格式包括 RMVB、AVI、MPEG 等。

5 水下软体排护底检测与监测

5.1 一般规定

5.1.1 排体形态检测是在铺排后检查排体撕排、缩排、卷排、堆叠等形态的过程。

5.2 排体搭接宽度

5.2.1 铺排轨迹法是通过使用定位系统实时监测铺排船位置,获取铺排船轨迹以判定监测目标的技术性能或状态的过程(活动)。铺排轨迹法主要采用设备采集数据,不受水下环境影响,适用于铺排作业的所有工况。

超短基线的声基阵由安装在一个收发器中的所有声单元(≥ 3)组成。声单元之间的相互位置精确测定,组成声基阵坐标系,声基阵坐标系与船的坐标系之间的关系要在安装时精确测定,包括位置和姿态(声基阵的安装偏差角度:横摇、纵摇和水平旋转)。换能器与目标的距离通过测定声波传播的时间,再用声速剖面修正波束线确定距离。因该设备主要是信标在排体边缘布放,因此作业流速不受限制,与铺排作业的流速一致,作业水深由检测对象精度要求和超短基线常规设备精度核算。

二维机械式扫描声呐扫测、三维扫描声呐扫测作业水深及流速主要是根据目前航道整治工程实际统计资料中得到。

探摸摄像检测中水下作业的情况比较复杂,检测作业受流速、水深、水的浑浊程度等因素影响较大,所以要求也比较高。一般江水流速过大,潜水员下潜作业时无法准确定位,故对流速一般限制在 1.2m/s 。作业水域水深过深,对潜水员的安全保障系数小,而且随着水深的增加,作用在潜水员身上的水压也相应增大,故潜水深度应控制在 45m 以内。江水的浑浊程度直接影响到了水下电视摄像的拍摄距离,而且水越深,水下光线越不充足,但水下电视至少需要拍摄到 0.15m 以内的目标。

侧扫声呐扫测与多波束测深法作业水深及流速主要依据设备专题研究得到。

表 5.2.1 注②中 D 型系混凝土块软体排由排垫和小型混凝土压载块组成,压载体之间缝隙较大,主要用于施工水位以下部位的河床防护。

5.2.2.1 根据航道整治工程项目统计资料实时监测目前至少每 20m 监测一次。

5.2.2.2 根据航道整治工程招标文件中技术要求统计得到探摸摄像检验数量。

5.2.3 排体搭接宽度检测与监测精度主要根据相关技术手段中精度最低的方法,水下探摸摄像法最高精度为 0.5m 。

5.3 排体铺设范围

5.3.3 排体铺设范围检测精度依据近年来项目实践经验总结和本规程专题研究成果得出。

6 水下散抛物检测与监测

6.2 水下散抛物的位置、范围

- 6.2.1 采用超短基线检测时,需要潜水员或者水下机器人作为搭载平台才能采集定位数据。
- 6.2.3 水下散抛物的位置、范围检测与监测精度是依据近年来项目实践经验总结和本规程专题研究成果得出。
- 6.2.4 水下散抛物抛投后在含沙量较大的流域会逐步被淤沙淤积,因此提出本条要求。

6.3 水下散抛物的厚度

- 6.3.3 水下散抛物的厚度检测精度是依据《水运工程测量规范》(JTS 131)第8.4.6条确定的。

6.4 水下散抛物的平整度

- 6.4.3 水下散抛物的平整度检测与监测精度是依据近年来项目实践经验总结和本规程专题研究成果得出。

7 水下建筑物检测与监测

7.1 一般规定

7.1.1 水下建筑物总体尺度主要指水下建筑物的位置、范围、完整性、平整性等。

7.2 水下建筑物的轴线位置

7.2.3 本条参照《航道整治工程施工规范》(JTS 224)第7.2.1条规定确定。

7.3 水下建筑物的总体尺度

7.3.2 本条依据《水运工程测量规范》(JTS 131)第8.4.6条及近年来的实践经验总结确定。

7.4 水下建筑物的变形

7.4.1 水下建筑物的变形监测对象是堤岸、堤坝、护底(护滩)的完整性。

7.4.2 本条参照《水运工程水工建筑物原型观测技术规程》(JTS 235)第6.3.2条及近年来的实践经验总结进行编写。

7.4.3 本条依据《水运工程测量规范》(JTS 131)第8.4.6条确定。

8 清礁与疏浚水下检测

8.2 清礁工程

- 8.2.1 硬式扫床时扫测船舶速度过快会造成扫床设备发生严重破坏,故提出本要求。
- 8.2.3 本条依据《水运工程测量规范》(JTS 131)第8.4.6条确定。

8.3 疏浚工程

- 8.3.3 本条依据《水运工程测量规范》(JTS 131)第8.4.6条确定。