

水运工程水下检测与监测技术规程

Technical Specification for Underwater Inspection and Monitoring of
Water Transport Engineering

2024-09-30 发布

2024-10-30 实施

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 3

5 水下工程检测与监测 3

 5.1 水下工程检测 3

 5.2 水下工程监测 7

6 水下检测与监测方法 7

 6.1 一般要求 7

 6.2 单波束测深 8

 6.3 多波束测深 9

 6.4 三维扫描声呐扫测 10

 6.5 超短基线检测 11

 6.6 侧扫声呐扫测 12

 6.7 二维机械式扫描声呐扫测 13

 6.8 探摸、摄像检测 15

 6.9 扫床检测 16

 6.10 RTK 三维水深测量 16

7 水下水域工程物探 16

附 录 A（资料性） 19

前 言

本文件按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由辽宁省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：辽宁省交通运输事务服务中心、大连信德建设工程检测有限公司、大连理工大学、中交一航局第三工程有限公司、营口港务集团有限公司。

本文件主要起草人：王铁滨、孙悦锋、王文渊、杨润来、刘洋、吴文涛、李刚、张新财、祖国家、何洋、洪丹丹、李钟、陈兆海、王亮、朱铁昆、彭云、贾永生、由金、管仲春、李冬旭、李景新、冯辉、丁树凯、侯玉杰、马健、王旭东、焦兴华、温佳宇、张险锋、刘军、王天舟、谷云龙、王铁霖、苟大荀、原永泉、刘岩、栾晓强、杨光、刘雨慧、张佳运。

本文件发布实施后，任何单位或个人如有问题和意见建议，均可以通过来电或来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审。

归口管理部门通讯地址：沈阳市和平区十三纬路19号，联系电话：024-23867960。

起草单位通讯地址：沈阳市和平区十三纬路18甲2号，联系电话：024-81670358。

水运工程水下检测与监测技术规程

1 范围

本文件规定了水运工程水下检测与监测的基本规定、规范性引用文件、质量控制、方法等。
本文件适用于水运工程水下基槽成槽、基础处理、浚挖清淤、回填覆盖等质量检测、监测、测量。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 51201 沉管法隧道施工与质量验收规范
- JTS 131 水运工程测量规范
- JTS/T 224 航道整治工程施工规范
- JTS/T 241 航道整治工程水下检测与监测技术规程
- JTS 257 水运工程质量检验标准
- JTS 310 港口设施维护技术规范
- JT/T 790 多波束测深系统测量技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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。

[来源 JTS/T 241-2020 ， 2.0.1]

3.2

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。

DB21/T***—202*

[来源 JTS/T 241-2020 , 2.0.2]

3.3

验证性检验 Confirmatory Inspection

由质量监督机构或建设单位提出,由通过计量认证并具备相应能力等级的检测单位对涉及结构安全或主要功能项目进行的复核性抽样检验。

[来源 JTS 257-2008 , 1.2.0.14]

3.4

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。

[来源 JTS/T 241-2020 , 2.0.6]

3.5

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。

[来源 JTS/T 241-2020 , 2.0.7]

3.6

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。

[来源 JTS/T 241-2020 , 2.0.10]

3.7

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。

[来源 JTS/T 241-2020 , 2.0.5]

3.8

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。

[来源 JTS/T 241-2020 ， 2.0.8]

3.9

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。

[来源 JTS/T 241-2020 ， 2.0.11]

4 基本要求

- 4.1 水运工程水下检测与监测作业开展前，应对测区进行相关调查并编制技术实施方案。
- 4.2 作业实施前应对仪器、设备进行检查、校验。
- 4.3 首次作业实施前，应对测区施工控制网进行复测。
- 4.4 水位控制测量时，水位站布设、水位观测应符合 JTS 131 的相关要求。
- 4.5 水运工程水下检测与监测成果资料应保证真实完整性，分析数据可靠性，并及时对数据进行备份。
- 4.6 水下检测与监测作业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。
- 4.7 一般情况下，测船航行宜保持基本匀速并按测深线航行，避免突进突退的现象。更换测深线或避让障碍物时，不宜短时间大角度地变换方向。
- 4.8 水下建筑物检测与监测，应符合本文件附录 A 的要求。
- 4.9 水下各工程施工完成，应由具有资质的检测单位进行验证性检验，验证性检验报告应作为验收资料的一部分。
- 4.10 验证性检验应采用多波束测深等声学遥测技术，必要时可附潜水探摸或水下摄像资料。

5 水下工程检测与监测

5.1 水下工程检测

5.1.1 水下基床质量检测

- 5.1.1.1 水下基床施工包括水下基床抛石、水下基床重锤夯实、水下基床爆炸夯实、水下基床整平等，水下基床施工中，施工单位、监理单位检测应符合现行行业标准 JTS 257 的相关要求。

5.1.1.2 下基床抛石质量验收应符合表 1 规定。

表 1 水下基床抛石允许偏差、检验数量和方法

序号	项目	允许偏差 (mm)	检验数量	单元测点	检验方法
1	顶面标高	+0 -500	每 5~10 m 一个断面且 不少于三个断面	1~2m 一个点且不 少于三个点	用多波束或测深 水砣检查
2	边线	+400 -0	每 5~10m 一个断面	2	

5.1.1.3 水下基床整平验收应符合表 2 规定。

表 2 水下基床整平允许偏差、检验数量和方法

序号	项目	允许偏差(mm)		检验数量	单元测点	检验方法
		细平	极细平			
1	顶面标高	±50	±30	每 2m 一个断面	2~3	经纬仪或 GPS 定位，用水准仪、水深测杆测量钢轨内侧 1m 和中线处。等基床顶宽小于 6m 时，可只测钢轨内侧 1m 处
2	整平边线	+500			2	经纬仪或 GPS 定位，用水准仪、水深测杆测量

5.1.2 基槽成槽质量检测

5.1.2.1 码头与岸壁工程、防波堤与护岸工程、干船坞与船台滑道工程、航道整治工程、船闸工程、航标工程基槽成槽施工中, 施工单位、监理单位检测应符合现行行业标准 JTS 257 的相关要求。

5.1.2.2 沉管隧道工程基槽成槽质量检测应符合现行国家标准 GB 51201 的相关要求。

5.1.2.3 码头与岸壁工程、防波堤与护岸工程、干船坞与船台滑道工程、船闸工程基槽成槽质量验收应符合表 3 和表 4 规定。

表 3 岩石地基水下爆破开挖基槽的允许偏差、检验数量和方法

序号	项目	允许偏差 (m)		检验数量	单元测点	检验方法
		长条形基坑	独立墩基坑			
1	平均超深	0.5	1.0	每 5m 一个断面, 且 不少于三个断面	1	用测深仪或测深水砣测量, 1~2m 一个点, 取平均值
2	平均超宽、 超长	1.0	2.0		2	在全部断面图上量测, 各边 取平均值

注: 在无掩护或离岸 500 m 以上水域, 当爆破开挖水深大于等于 20m 时, 其平均超深、超宽、超长允许偏差值可适当加大。

表 4 非岩石地基水下基槽开挖允许偏差、检验数量和方法

序号	项目		允许偏差（m）		检验数量	单元测点	检验方法
			有掩护水域	无掩护离岸 500 m 以上水域			
1	平均超深	斗容≤4m³		0.3	0.3	每 5~10m 一个断面，且不少于三个断面	用测深仪或测深水砣测量，2~5m 一个点，每断面取平均值
		4 m³ < 斗容≤8 m³	I、II 类土	0.8	0.8		
			III、IV 类土	0.5	0.5		
		8m³ < 斗容≤13m³	I、II 类土	1.0	1.0		
			III、IV 类土	0.8	0.8		
		13m³ < 斗容≤18m³	I、II 类土	1.5	1.5		
2	每边平均超宽	斗容≤4m³		1.0	1.5	每 5~10m 一个断面，且不少于三个断面	在全部断面图上量测，取各边平均
		4m³ < 斗容≤8m³	I、II 类土	2.0	2.0		
			III、IV 类土	1.5	2.0		
		8m³ < 斗容≤13m³	I、II 类土	2.2	2.5		
			III、IV 类土	1.7	2.2		
		13m³ < 斗容≤18m³	I、II 类土	2.5	3.0		
			III、IV 类土	2.0	2.5		

注：①无掩护水域当挖泥水深大于等于 20m 或抓斗大于 18 m³ 时，其平均超深、超宽允许偏差值可根据实际情况适当加大；

②河港的小型码头基槽挖泥平均超深、超宽允许偏差值应适当减小；

③链斗式挖泥船平均超深、超宽允许偏差值分别为 0.4 m、1.5 m；

④当土质与设计要求不相符需要超挖时，超深、超宽值不受本表规定值限制。

5.1.2.4 航道整治工程、航标工程基槽成槽质量验收应符合表 5 规定。

表 5 基槽开挖允许偏差、检验数量和方法

序号	项目		允许偏差（mm）	检验数量	单元测点	检验方法
1	轴线位置		100	每 20 m 一个断面	1	全站仪
2	槽底标高	陆上	+50 -100		2	水准仪或全站仪
		水下	0 -100			
3	宽度	陆上	+300 0		3	全站仪
		水下	+500 0			多波束测深仪、GPS

5.1.3 基槽回淤及清淤质量检测

5.1.3.1 对基槽回淤厚度进行检测，检测方法：高差法、水砣、封闭旋进取泥器等。

5.1.3.2 基槽回淤检测主要包括回淤沉积物的厚度和范围、回淤沉积物的粒径和级配、回淤沉积物的含水率和湿度、回淤沉积物对基槽的影响程度。对基槽回淤厚度进行检测，检测方法：高差法、水砣、封闭旋进取泥器等。

5.1.3.3 清淤质量检测主要包括基槽内杂物和污水情况、基槽底部的平整度和密实度、基槽侧壁的稳定性和光滑度。对基槽回淤厚度进行检测，检测方法：高差法、水砣、封闭旋进取泥器等。

5.1.3.4 沉积物厚度和范围可采用回淤盒等测量工具进行检测。

5.1.3.5 沉积物粒径和级配可采用筛分法进行检测和分析。

5.1.3.6 沉积物含水率和湿度可采用烘干法、酒精燃烧法进行检测和分析。

5.1.3.7 基槽影响程度可采用地基承载力试验、侧压力试验等进行检测和分析。

5.1.3.8 清淤质量可采用观感、触感检查等方法进行检测。

5.1.3.9 沉管隧道工程基槽清淤应符合 GB 51201 中相关要求。

5.1.4 清礁与疏浚质量检验

5.1.4.1 清礁与疏浚工程质量检测的测量应包括水深测量和地形测量。

5.1.4.2 清礁与疏浚工程质量检验的依据应包括工程设计图、竣工水深图和测量资料等。

5.1.4.3 清礁与疏浚质量检测平面的精度不低于 0.2m，高程精度在水深小于 20m 时，不低于 0.4m，水深超过 20m 时，精度不低于 0.02 倍水深。

5.1.4.4 建设性疏浚工程，采用单波束测深仪数字化测量的断面抽样比例不得少于 25%，非数字化测量的断面抽样比例不得少于 15%。多波束测深系统的断面抽样数量应按相应的测量比例尺的单波束测深仪数字化测量的抽样数量确定。

5.1.4.5 维护性疏浚工程，采用单波束测深仪数字化测量的断面抽样比例不宜少于 15%，非数字化测量的断面抽样比例不宜少于 10%。多波束测深系统的断面抽样数量宜按相应的测量比例尺的单波束测深仪数字化测量的抽样数量确定。

5.1.4.6 清礁与疏浚质量检测应根据不同的水深、流速来选择不同的检测方法，如表 7。

表7 疏浚检测方法

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	$3\text{m} \leq H \leq 100\text{m}$	$\leq 5\text{m/s}$
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边坡坡度宜用多波束测深或三维扫描声呐扫测。

5.1.4.7 清礁与疏浚质量检测测图比例、测线和测点间距应符合 JTS 257 中相关要求。

5.1.5 水下散抛物质量检验

5.1.5.1 水下散抛物质量检验应包括散抛物的位置、范围、厚度、平整度等。

5.1.5.2 水下散抛物的位置、范围、厚度、平整度等质量检验符合 JTS/T 241 中相关要求。

5.1.6 水下回填覆盖质量检验

5.1.6.1 水下构筑物回填覆盖质量检测应包括回填范围、厚度、坡度、顶面高程等。

5.1.6.2 回填范围、厚度、坡度、顶面高程等均应满足设计要求。

5.1.6.3 覆盖回填完毕后，应采用多波束探测声呐对覆盖层区域至少 10m 外的范围进行探测。

5.2 水下工程监测

5.2.1 水运工程中，水下基床、基槽成槽、回淤清淤、清礁与疏浚、回填覆盖、水下散抛物等工程监测可采用单波束测深、多波束扫测、侧扫声呐扫海等方法，并应符合现行行业标准 JTS 131 的相关要求。

5.2.2 水运工程水下监测范围应根据设计要求确定，测线布置应符合现行行业标准 JTS 131 的相关要求。

5.2.3 水运工程水下监测周期应根据监测目的和要求，结合现场环境的特点确定。施工期应按设计要求、施工工况及环境变化实施；使用期监测频次应符合现行行业标准 JTS 310 的相关要求。

5.2.4 水下建筑物施工过程中，周边河床或海床、可能影响范围内的已有堤岸进行地形变化监测，宜每 1 个月～3 个月监测 1 次，异常部位应进行加密监测和水下探摸检查。

5.2.5 水下建筑物监测应符合本文件附录 A 的要求。

5.2.6 水运工程水下监测应提交控制网及测量点布置图、测量成果、监测数据变化对比分析结果等成果。

6 水下检测与监测方法

6.1 一般要求

6.1.1 水下检测与监测方法的选用应根据检测与监测的内容和待采用设备的技术特点而确定，水下检测与监测方法的选用应符合 JTS/T 241 的相关要求。

6.1.2 各检测与监测设备应配套齐全，所有检测方法均应配备定位设备，声呐设备应配套声速测量单

元。

6.1.3 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，各传感器应按其操作手册要求安装，并严格测定各单元在载体坐标系下的相对位置。

6.1.4 水下检测与监测成果图件编制应符合现行行业标准 JTS 131 的相关要求。

6.2 单波束测深

6.2.1 单波束测深可用于小比例尺水下地形调查和水下工程区的地形检测等。

6.2.2 安装要求

6.2.2.1 测深仪换能器宜安装在距测量船船首 $1/3 \sim 1/2$ 船长处，并应避开螺旋桨产生的气泡和涡流区域。

6.2.2.2 换能器的安装应使发射波束竖直向下，不得斜置；换能器的安装支架应有较好的刚度，并安装稳固牢靠，避免造成换能器抖动。

6.2.2.3 不考虑姿态、航向等影响因素时，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，应配备姿态传感器并严格测定各设备在船体坐标系下的相对位置关系。

6.2.3 测深线的布设

6.2.3.1 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；对于挖槽轴线、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。

6.2.3.2 不同测区应布设一条重合的测深线，不同时期测深的相邻测区应布设两条重合测深线。

6.2.3.3 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 1.5 cm，遇地形变化显著地段应适当加密，以完善反映水底地形为原则。

6.2.3.4 检查线宜垂直于主测深线布设，检查线长度不应小于主测深线总长度的 5%，并在测区内分布均匀合理。

6.2.3.5 检查线与主测深线相交处水深点的深度比对互差要求应符合现行行业标准 JTS 131 的相关要求。

6.2.4 水位观测应符合现行行业标准 JTS 131 的相关要求。

6.2.5 声速改正应符合现行行业标准 JTS 131 的相关要求。

6.2.6 吃水改正除应符合现行行业标准 JTS 131 的相关要求外，静吃水改正量应在作业前后分别测定一次，稳定载荷下作业前后静吃水变化超过 5cm，应分析原因，排除安装稳定性因素。

6.2.7 单波束测深数据处理应符合现行行业标准 JTS 131 的相关要求。

6.3 多波束测深

6.3.1 多波束测深可用于水下地形调查、铺排范围、方量、建筑物表面坡度等内容的检测与监测。

6.3.2 安装与校准

6.3.2.1 多波束基本安装与校准应符合现行行业标准 JT/T 790 的相关要求。

6.3.2.2 多波束测深系统换能器应固定安装在噪声低且不容易产生气泡位置。

6.3.2.3 姿态传感器安装位置尽可能靠近多波束换能器。

6.3.2.4 多波束换能器、姿态传感器及 GNSS 定位天线与参考点之间三维空间位置关系测量应精确至 0.01 m。

6.3.2.5 永久固定安装在大型测量船上的多波束测量系统，长期连续执行测量任务期间，每年应进行不少于一次系统安装参数校准；执行非连续测量任务，每个测量任务实施前应进行系统安装参数校准；临时安装在小型测量船上的多波束测量系统，每次实施测量任务前应进行系统安装参数校准。

6.3.2.6 外业测量期间，除 GNSS 天线位置改变外，其他任何传感器位置发生变化，则应重新进行系统校准。

6.3.2.7 多波束测深系统设备安装完成后，应进行安装校准，安装校准包括定位时延、横摇偏差、纵摇偏差、艏向偏差等项目。

6.3.3 使用多波束测深时，测深条带间的重叠应不小于 10%。

6.3.4 多波束测深时，水位观测、声速剖面测量应符合现行行业标准 JTS 131 的相关要求。

6.3.5 多波束扫测主测深线方向宜平行于测区较长边、挖槽轴线和河道走向。

6.3.6 多波束检查线长度不应小于主测深线总长度的 1%。检查线的定位点间距可以根据测量比例，加密至在规定范围内与主测深线保证有重合点。检查线在测区内应分布均匀合理。

6.3.7 采用多波束进行检查线测量时，应使用中央区域的波束进行比对分析。

6.3.8 数据处理

6.3.8.1 多波束测深数据处理应符合现行行业标准 JT/T 790 的相关要求。

6.3.8.2 多波束测深数据处理完成后，应对其进行内外符合比测。

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

6.3.8.4 进行位置和距离检测时，应根据成图软件上提供的量测工具至少量测3次，量测值取其算术平均值。

6.3.8.5 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。

6.4 三维扫描声呐扫测

6.4.1 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。

6.4.2 系统配置

6.4.2.1 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。

6.4.2.2 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。

6.4.2.3 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。

6.4.2.4 声呐探头的探测精度和范围应满足检测与监测要求。

6.4.3 安装要求

6.4.3.1 三维扫描声呐可采用载体舷挂或坐底安装方式。

6.4.3.2 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。

6.4.3.3 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应重新测定换能器的吃水深度：

6.4.3.4 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。

6.4.3.5 换能器应安装在噪声低且不易产生气泡的位置。

6.4.3.6 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。

6.4.3.7 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。

6.4.3.8 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。

6.4.3.9 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

6.4.3.10 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。

6.4.3.11 各传感器及换能器的安装、检校方法应符合现行行业标准 JT/T 790 的相关规定。

6.4.4 作业要求

6.4.4.1 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或季节应增加声速测量的频次。

6.4.4.2 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。

6.4.4.3 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。

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

6.4.4.5 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。

6.4.5 数据处理

6.4.5.1 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。

6.4.5.2 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统下。

6.4.5.3 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。

6.5 超短基线检测

6.5.1 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。

6.5.2 系统配置

6.5.2.1 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。

6.5.2.2 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。

6.5.3 安装与校准

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

6.5.3.2 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。

6.5.3.3 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 JT/T 790 的相关要求。

6.5.3.4 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。

6.5.3.5 难以开展动态校准时,应借助特制校准杆进行校准。

6.5.4 作业要求

6.5.4.1 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。

6.5.4.2 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。

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

6.5.5 数据处理

6.5.5.1 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。

6.5.5.2 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。

6.5.5.3 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。

6.6 侧扫声呐扫测

6.6.1 侧扫声呐扫测可用于各类水下目标的位置、范围检测。

6.6.2 系统配置

6.6.2.1 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。

6.6.2.2 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。

6.6.3 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。

6.6.4 作业要求

- 6.6.4.1 施测基本过程应符合现行行业标准 JTS 131 的相关要求。
- 6.6.4.2 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。
- 6.6.4.3 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。
- 6.6.4.4 侧扫声呐测线布置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。
- 6.6.4.5 扫幅宽度为拖鱼距离水底面高度的 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。
- 6.6.4.6 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，D 取值范围为 0.5~0.8m。
- 6.6.4.7 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 4km/h；
- 6.6.4.8 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。
- 6.6.4.9 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；
- 6.6.4.10 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。

6.6.5 数据处理

- 6.6.5.1 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。
- 6.6.5.2 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。
- 6.6.5.3 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。
- 6.6.5.4 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。
- 6.6.5.5 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。

6.7 二维机械式扫描声呐扫测

- 6.7.1 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。
- 6.7.2 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。

6.7.3 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。

6.7.4 二维机械式扫描声呐的安装方式，应符合第 6.4.3 条的要求。

6.7.5 测站布设

6.7.5.1 测站布设应有利于水下目标检测与监测的需要，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。

6.7.5.2 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%。

6.7.6 作业要求

6.7.6.1 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，上限可根据检测要求和检测目标尺寸确定。

6.7.6.2 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。

6.7.6.3 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。

6.7.6.4 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 6 h，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 2 m/s 时，可不分区测量，否则应分区测量。

6.7.6.5 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。

6.7.6.6 施测过程中应实时监测风速、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。

6.7.6.7 作业过程中应记录扫幅宽度、扫描速度等关键参数的设置。

6.7.6.8 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。

6.7.7 数据处理

6.7.7.1 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。

6.7.7.2 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。

6.7.7.3 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。

6.8 探摸、摄像检测

6.8.1 探摸、摄像检测可用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。

6.8.2 系统配置

6.8.2.1 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。

6.8.2.2 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。

6.8.3 作业要求

6.8.3.1 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，技术人员应连接水下摄像、通信等系统，并进行调试，潜水员应按操作手册做好下水前的各项准备工作。

6.8.3.2 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。

6.8.3.3 潜水员用钢尺测量泥沙淤埋厚度时，应拍摄钢尺刻度。

6.8.3.4 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。

6.8.3.5 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。

6.8.3.6 摄像参数、摄像对象改变时，在作业日志中记录。

6.8.3.7 图像质量无法满足检测要求时，进行补测或重测。

6.8.3.8 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。

6.8.4 水下探摸摄像资料应包括完整的摄像视频资料、探摸摄像报告及现场作业日志、检测(监测)报告等。

6.9 扫床检测

6.9.1 扫床包括硬式扫床和软式扫床，可用于浅点检测。

6.9.2 硬式扫床检测应符合现行行业标准 JTS 224 的相关要求。

6.9.3 软式扫床检测应符合现行行业标准 JTS 131 的相关要求。

6.9.4 扫床资料应包括水位记录表、扫床轨迹图、扫床记录表、检测(监测)报告。

6.10 RTK 三维水深测量

6.10.1 系统配置

6.10.1.1 基准站和流动站均应选用双频测量型 GPS 定位设备。

6.10.1.2 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。

6.10.1.3 RTK 三维水深测量软件应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。

6.10.2 RTK 三维水深测量的设备安装、检验校准及外业测量应符合现行行业标准 JTS 131 的相关要求。

7 水下水域工程物探

7.1 在开展水下检测与监测作业前，应查阅相关资料，了解测区水域的水深、流速、气象、泥沙淤积和水下地形等。如无相关资料，作业前宜进行测区水域物探。

7.2 水域工程物探可采用水域高密度电法、水域探地雷达法、水域浅层地震反射波法、测深仪探测法、浅地层剖面探测法等方法。

7.3 应用基本条件

7.3.1 外业工作前，应了解工作场地的天气。

7.3.2 应在水流较缓、风浪较小情况下开展工作。

7.3.3 应对测区地形、地质和地球物理条件及以前工作的技术成果作全面了解和分析。

7.3.4 目标体与其周围介质间存在一定的物性差异，并具有足以被探测的规模。

7.3.5 目标体产生的异常场应能从干扰背景场中分辨。

7.4 仪器、设备基本要求

- 7.4.1 仪器设备应性能稳定、构件牢固可靠、防潮、抗震和绝缘性能良好。
- 7.4.2 应按仪器设备的检验周期和技术指标对仪器进行定期检验，并记录每次检验结果。
- 7.4.3 现场工作前，应对仪器进行检查，在同一测区观测的多台同类仪器应在同一测点上采用相同观测装置和观测方式进行一致性对比。
- 7.4.4 外业工作时，若仪器设备出现不正常情况，应排除故障并经检查正常后方可继续工作。
- 7.4.5 外业工作结束后，应核查仪器设备功能是否正常。

7.5 测网和测线布置

- 7.5.1 测网布置应根据任务要求、探测方法、探测目标体的规模与埋深等因素综合确定，测网和工作比例尺的选择应能反映探测的目标体，并可在平面图上清楚地标识出其位置和形态。
- 7.5.2 测线方向宜垂直于目标体的走向；测线宜与地质勘探线和其它物探方法的测线一致，并应避开干扰源。
- 7.5.3 当测区边界附近发现异常时，应把测线适当扩展到测区外追踪异常。
- 7.5.4 在地质结构复杂地区，测线应适当加密，并在主要测线之间布置辅助测线。

7.6 测网的测量

- 7.6.1 布设测网的加密控制点应与国家测量网（点）联测，其精度应符合相关规定。
- 7.6.2 测网布置应与工作比例尺一致，测网密度应能保证异常位置的连续、完整和便于追踪，工作比例尺确定后，宜根据具体工作比例尺选择测网密度。
- 7.6.3 测量仪器宜采用全站仪或 GPS。
- 7.6.4 使用假定坐标系统时，宜在已出版的地形图上量取概略坐标和高程值作为测区起算点，岸上测点应埋设固定标志，以便必要时与国家测量网（点）联测。

7.7 工作前试验

- 7.7.1 试验前，应根据测区任务要求及水深，目标体的物性条件、规模和埋深，选择有效的物探方法，拟定试验方案，试验成果可作为生产成果的一部分。
- 7.7.2 试验工作应遵循由已知到未知，由简单到复杂的原则。试验地段应具有代表性，宜选择在物探工作测线上。
- 7.7.3 应利用已有钻孔、静力触探等勘探资料或采取钻孔、静力触探等方法对试验成果进行验证。
- 7.7.4 应根据试验成果选择合适的仪器参数和技术参数。

7.8 作业要求

- 7.8.1 观测时，激发信号和接收信号应在信号相对稳定时刻进行。

7.8.2 在测线的端点、曲线的突变点和畸变线段、仪器参数或观测条件改变的情况下，应进行重复观测。重复观测的平均相对误差应小于 5%。

7.8.3 一个测区或测线的检查观测工作量应不少于该测区或测线总工作量的 5%。

7.8.4 检查点宜在全测区范围内均匀分布，异常地段、可疑点、突变点应有检查点。

7.8.5 一个测区或测线的检查观测误差大于本标准要求时，应全部重测。

7.8.6 操作员应现场查看每个记录，若不符合要求，应查明原因并及时重测。

7.9 工作记录

7.9.1 物探记录包括：仪器检验、检查和维修记录、原始记录、重复检查记录、自检记录、测量记录、成果校审记录等。

7.9.2 原始记录包括：现场班报（包括工程名称、测区、测线或钻孔、测点号、工作单位和操作人员、校验人员、仪器名称、型号、仪器主要工作技术参数、观测系统等），观测数据或记录，文件号，数据的打印记录，仪器观测过程中的异常情况记录等。

7.9.3 物探记录应齐全完整、真实、清晰，不应涂改、擦去或撕页，计算机采集数据文件号不应有错，文件内容应齐全。

附 录 A

(资料性)

水下建筑物检测与监测

1 检测与监测方法

1.1 水下摄像和图像处理

使用水下摄像机对水下建筑物进行拍摄，通过图像处理技术来识别和分析建筑物的破损、裂缝、渗漏等问题。这种方法直观、可靠，能够提供建筑物的表面状况信息。

1.2 水下声学检测

利用声波在水下的传播特性，通过声波反射、透射和散射等信号来检测水下建筑物的缺陷和损伤。常用的水下声学检测方法包括声呐检测、水下超声检测等。

1.3 水下电磁检测

通过在水下建筑物周围施加电磁场，测量电磁场的响应信号来检测建筑物的缺陷和损伤。这种方法适用于金属结构的水下建筑物。

1.4 水下结构振动监测

通过在水下建筑物上安装振动传感器，监测建筑物在外部激励下的振动响应，从而评估建筑物的结构健康状态。

1.5 水下渗漏监测

利用水压差、流量计、水位计等设备，监测水下建筑物的渗漏情况。此外，还可以采用声呐渗漏检测法、流场法等新型检测方法。

1.6 水下地质雷达检测

通过向水下建筑物发射高频电磁波并接收其反射信号，检测建筑物的内部结构和缺陷。

2 检测与监测设备

2.1 水下摄像机

用于直接观察水下建筑物的外观和结构。可以配合灯光和图像处理设备，捕捉高清图像，分析潜在的问题。

2.2 水下电磁扫描仪

适用于金属结构的水下建筑物。通过测量电磁场的变化，可以识别腐蚀、裂缝和其他损伤。

2.3 振动传感器

安装在水下建筑物上，用于监测结构在外部激励下的振动响应。这些数据可用于评估结构的整体健康状态。

2.4 水压计和流量计

用于监测水下建筑物的渗漏情况。通过测量水压和流量变化，可以及时发现并评估渗漏的严重性。

2.5 水下地质雷达

通过发送和接收高频电磁波，可以探测水下建筑物周围的土壤和岩石结构，了解地质条件对建筑物的影响。

2.6 ROV（遥控潜水器）和 AUV（自主水下航行器）

这些设备可以在水下自主或遥控操作，用于执行复杂的检测任务，如深海或难以接近的水域。

3 检测与监测频率

3.1 根据建筑物的类型和重要性确定。不同类型的水下建筑物（如桥梁、码头、水下管道等）和其在整个基础设施系统中的重要性会影响检测与监测的频率。对于关键性建筑物或重要的交通节点，可能需要更频繁的检测与监测。

3.2 根据环境条件确定。水下环境对建筑物的腐蚀、冲刷、沉积等过程具有重要影响。如果建筑物所处的环境条件较为恶劣（如高盐度、强水流、高浊度等），可能需要增加检测与监测的频率，以便及时发现并处理潜在问题。

3.3 根据建筑物的历史和状态确定。建筑物的年龄、历史维修记录、结构状况以及是否存在已知缺陷等因素也会影响检测与监测的频率。对于老旧、损坏或存在潜在问题的建筑物，可能需要更频繁的检测与监测。

4 检测与监测控制值

4.1 水下建筑物的检测与监测控制值是指用于评估水下建筑物状态和安全性的关键参数或指标。对于水下建筑物的检测与监测，常见的控制值包括结构变形、应力应变、腐蚀程度、水流速度、水质指标等。这些控制值的选择和设定应基于具体的建筑物类型、使用环境以及安全要求等因素进行综合考虑。

4.2 控制值的设定应合理且具备可操作性，以便在实际检测与监测过程中能够准确评估水下建筑物的状态和安全性。同时，控制值的设定还应考虑到不同环境因素对建筑物的影响，以及建筑物自身的材料和结构特性等因素。

4.3 在实际操作中，水下建筑物的检测与监测控制值需要定期更新和调整，以反映建筑物的实际状态和环境变化。此外，对于重要的水下建筑物，还应建立专门的监测系统和预警机制，以便及时发现并处理潜在的安全隐患。

4.4 水下建筑物的检测与监测控制值的确定和调整需要具备专业的知识和经验。在实际应用中，应由专业的工程师或技术人员负责控制值的设定和更新工作。