ICS 93.080.99
CCS R 19

DB21

辽 宁 省 地 方 标 准

DB 21/T ***—202*

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

辽宁省市场监督管理局　　发 布

目　　次

前　　言 III
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 基本规定 3
5 水下工程质量控制 3
5.1　水下基床质量检验 3
5.2　基槽成槽质量检验 3
5.3　基槽回淤检测及清淤质量检验 5
5.4　清礁与疏浚质量检验 6
5.5　水下散抛物质量检验 7
5.6　回填覆盖质量检验 8
6 水下检测与监测方法 9
6.1　一般规定 9
6.2　单波束测深 9
6.3　多波束测深 11
6.4　三维扫描声呐扫测 12
6.5　超短基线检测 13
6.6　侧扫声呐扫测 14
6.7　二维机械式扫描声呐扫测 16
6.8　探摸摄像检测 17
6.9　扫床检测 18
6.10　RTK 三维水深测量 19
7 水下水域工程物探 20
7.1 一般规定 20
7.2 水域高密度电法 23
7.3 水域探地雷达法 26
7.4 水域浅层地震反射波法 29
7.5 测深仪探测法 32
7.6 浅地层剖面探测法 34
7.7 成果报告编写与审查 36
附 录 A（资料性）参考表 38
附 录 B（资料性）记录表 41
附 录 C（资料性）地震仪校验方法 47
附 录 D（规范性）有缆机器人作业准备检查表 48
附 录 E（规范性）有缆机器人设备维护保养程序 49
附 录 F（规范性）有缆机器人现场作业记录 51
附 录 G（规范性）有缆机器人应急程序 52

前　　言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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：辽宁省交通运输事业发展中心、大连信德建设工程检测有限公司、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：张佳运、孙悦锋、祖国家。

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机水下检测与监测的基本规定、术语、规范性引用文件、水下工程质量控制、水下检测与监测方法、水下水域工程物探、水下建筑物检测与监测等。

本文件适用于水运工程水下基槽基础、基础基处理、航道整治、浚挖清淤、回填覆盖等质量控制及检测、监测、测量。

水运工程机水下检测与监测除应执行本文件的规定以外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

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 51210 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 257 水运工程质量检验标准

JTS/T 241 航道整治工程水下检测与监测技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水下散抛物 Underwater Scattered Objccts

根据水运工程水下施工的需要，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。

3.2

二维机械式扫描声呐扫测 Underwater Inspextion by 2D Mcchanical 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。

3.3

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。

3.4

超短基线检测 Undlerwater Inspection bv 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。

3.5

水下探摸检测 Underwater Insncction 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。

3.6

有缆机器人 Remote Operated Vehicle

有缆遥控机器人（也称“缆控机器人”），其主要特点是能够潜入水下环境，代替人完成某些操作。注：在水利工程运用中，可搭载深度计、声呐系统、罗经等各种传感器及计算机视觉系统，某些机器人还可搭载切割机等操作手，完成水下作业任务。机器人主要由4部分组成：水上控制台、电源、脐带缆及绞车、机器人本体。

3.7

脐带缆 umbilical cable

连接水上控制系统与水下本体的介质并为控制系统提供电力传输、用于控制系统通信的电缆。

3.8

RTK三维水深测量 RTK three-dimensional bathymetric survey

集成全球导航卫星系统（GNSS）与测深系统的水下地形点三维坐标获取方法，无需水位观测。

3.9

水域高密度电法 high density resistivity of water area

通过电极阵列技术同时实现电测深和电剖面测量，获得水域目标体二维或三维的电阻率分布，对具有电阻率差异的水域目标体进行探测的一种电法勘探方法。

3.10

水域探地雷达法 ground penetrating radar of water area

利用雷达发射天线向水下发射高频脉冲电磁波，由接收天线接收水域目标体的反射电磁波，对具有介电常数差异的水域目标体进行探测的一种勘探方法。

3.11

水域浅层地震反射波法 shallow seismic reflection of water area

利用地震波的反射原理，对浅层具有波阻抗差异的水域目标体进行探测的一种地震勘探方法。

4 基本规定

4.1 水运工程水下检测与监测作业开展前，应编制技术实施方案。

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，应对测区平面和高程控制网进行复测。

4.4 水位控制测量时，水位站布设、水位观测应符合 JTS 131《水运工程测量规范》的有关规定。

4.5 使用 RTK 三维水深测量时，水位观测可作为检核验证。

4.6 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。

5 水下工程质量控制

5.1 水下基床质量检验

5.1.1 对于码头与岸壁工程、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、航标工程等水下基床质量检验的项目、允许偏差、检验数量应符合现行行业标准 JTS 257《水运工程质量检验标准》的相关规定。

5.1.2 对于沉管隧道工程中管节基床质量检验的项目、允许偏差、检验数量除应符合现行国家标准 GB 51210 《沉管法隧道施工与质量验收规范》及现行行业标准 JTS 257《水运工程质量检验标准》的相关规定外，尚应符合设计要求。

5.1.3 水下基床施工完成后由，应由有资质的检测单位进行验证性检测，验证性检测报告应作为验收资料的一部分。

5.1.4 验证性检测应采用多波束测探等声学遥测技术，必要时可附潜水探摸或水下摄像资料。

5.2 基槽成槽质量检验

5.2.1 沉管基槽中线位置和浚挖深度应符合设计要求； 检查方法：检查施工测量记录、浚挖记录。

5.2.2 沉管基槽处理、管基结构形式应符合设计要求； 检查方法：可由潜水员水下检查；检查施工记录、施工资料。

5.2.3　管基处理所用的工程材料规格、数量等应符合设计要求；检查方法：检查施工记录、施工技术资料。

5.2.4　沉管基槽浚挖及管基处理的允许偏差应符合表 5.2.4的规定。

表 5.2.4 沉管基槽浚挖及管基处理的允许偏差

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">检查项目</th><th rowspan="2">允许偏差（mm）</th><th colspan="2">检查数量</th><th rowspan="2">检查方法</th></tr>
<tr><th>范围</th><th>点数</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td rowspan="2">基槽底部高程</td><td>土</td><td>0，-300</td><td rowspan="5">每 5～10m 取一个断面</td><td rowspan="4">基槽宽度不大于 5m 时测 1 点；基槽宽度大于5m时测不少于 2 点</td><td rowspan="5">用回声测深仪、多波束仪、测深图检查；或用水准仪、经纬仪测量、钢尺量测定位标志，潜水员检查</td></tr>
<tr><td>石</td><td>0，-500</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td rowspan="2">整平后基础顶面高程</td><td>压力管道</td><td>0，-200</td></tr>
<tr><td>无压管道</td><td>0，-100</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="2">基槽底部宽度</td><td>不小于规定</td><td>1 点</td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="2">基槽水平轴线</td><td>100</td><td rowspan="2">每 5～10m 取一个断面</td><td rowspan="2">1 点</td><td rowspan="2">用回声测深仪、多波束仪、测深图检查；或用水准仪、经纬仪测量、钢尺量测定位标志，潜水员检查</td></tr>
<tr><td>5</td><td colspan="2">基础宽度</td><td>不小于设计要求</td></tr>
<tr><td rowspan="2">6</td><td rowspan="2">整平后基础平整度</td><td>砂基础</td><td>50</td><td rowspan="2">每 5～10m 取一个断面</td><td rowspan="2">1 点</td><td rowspan="2">潜水员检查，用刮平尺量测</td></tr>
<tr><td>砾石基础</td><td>150</td></tr>
</table>

5.2.5　基槽成槽质量检验标准应符合 GB 51201-2016 沉管法隧道施工与质量验收规范中 8.6.1 基槽开挖相关检测项目及标准。

5.2.6　基槽开挖到设计标高时，应核查该位置土质，是否符合设计要求，由施工单位自查及监理单位复查，检查内容：相关测量断面数据影像资料。

5.2.7　基槽开挖尺寸应符合设计要求、基槽底面平整度以及边坡坡度应符合设计要求，由施工单位自检再由监理单位进行复查，检查内容：相关断面测量数据及影像资料，必要时需潜水员进行水下检测以及记录影像资料。

5.2.8 一般检验项目

基槽开挖的平面位置应满足设计要求，断面尺寸不应小于设计规定。 检验数量：施工单位、监理单位全部检查。 检验方法：检查断面测量资料。

5.2.9 水下基槽开挖的允许偏差、检验数量和检验方法应符合表 5.2.9-1 和表 5.2.9-2 的规定

岩石地基水下爆破开挖基槽的允许偏差、检验数量和方法 表 5.2.9-1

<table>
<tr><th rowspan="2">序号</th><th rowspan="2">项 目</th><th colspan="2">允许偏差(m)</th><th rowspan="2">检验数量</th><th rowspan="2">单元测点</th><th rowspan="2">检 验 方 法</th></tr>
<tr><th>长条形基坑</th><th>独立墩基坑</th></tr>
<tr><td>1</td><td>平均超深</td><td>0.5</td><td>1.0</td><td>每 5m 一个断面，且不少于三个断面</td><td>1</td><td>用测深仪或测深水砣测量， 1～2m 一个点，取平均值</td></tr>
</table>

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 500m 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。

非岩石地基水下基槽开挖允许偏差、检验数量和方法表 4.3.2.3-2

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 500m 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	1	用测深仪或测深水砣 测量，2～5m 一个点，每断面取平均值
		4m³ ＜斗容≤8m³	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			
			III、IV 类土	1.0	1.0			
2	每边平均超宽	斗容≤4m³		1.0	1.5		2	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表中土质的分类应符合现行行业标准《疏浚岩土分类标准》（JTJ/T 320）的有关规定；

②无掩护水域当挖泥水深大于等于 20m 或抓斗大于 18m 3 时，其平均超深、超宽允许偏差值可根据实际情 况适当加大；

③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；

④链斗式挖泥船平均超深、超宽允许偏差值分别为 0.4m、1.5m；

⑤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。

5.2.10 陆上基槽开挖主要检验项目

5.2.10.1 基槽基底土质应满足设计要求，并防止扰动。检验数量：施工单位、监理单位、设计单位全部检查。检验方法：检查施工记录并观察检查。

5.2.10.2 基槽底层不得受水浸泡或受冻。 检验数量：施工单位、监理单位全部检查。 检验方法：观察检查。

5.2.10.2 基槽的边坡不应陡于设计要求。 检验数量：施工单位、监理单位全部检查。 检验方法：检查断面测量资料。

5.3 基槽回淤检测及清淤质量检验

5.3.1　基槽清淤应符合 GB 51201-2016《沉管法隧道施工与质量验收规范》中 8.4 基槽清淤中相关要求。

5.3.2　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。

5.3.3　基槽回淤检测主要包括以下内容:

5.3.3.1 回淤沉积物的厚度和范围;

5.3.3.2 回淤沉积物的粒径和级配;

5.3.3.3 回淤沉积物的含水率和湿度;

5.3.3.4 回淤沉积物对基槽的影响程度。

5.3.4 清淤质量检验主要包括以下内容:

5.3.4.1 清淤工作完成后，应保证基槽内无杂物和垃圾;

5.3.4.2 清淤工作完成后，应保证基槽内无泥浆和污水;

5.3.4.3 清淤工作完成后，应保证基槽底部的平整度和密实度;

5.3.4.4　清淤工作完成后，应保证基槽侧壁的稳定性和光滑度。

5.3.5　检测方法

5.3.5.1 沉积物厚度和范围检测:可以采用目视检查、测量工具等方法，对基槽内沉积物的厚度和范围进行测量和记录。

5.3.5.2 沉积物粒径和级配检测:可以采用筛分法、沉管取样等灯法，对沉积物的粒径和级配进行检测和分析。

5.3.5.3 沉积物含水率和湿度检测:可以采用烘干法、酒精燃烧法等方法，对沉积物的含水率和湿度进行检测和分析。

5.3.5.4 基槽影响程度检测:可以采用地基承载力试验、侧压力试验等方法，对基槽的影响程度进行检测和分析。

5.3.5.5 清淤质量检验:可以采用目视检查、触感检查等方法，对清淤质量进行检验和分析。

5.4　清礁与疏浚质量检验

5.4.1　基建性工程需分三部分进行检测，分别为中部水域、边缘水域和边坡。

5.4.2　基建性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。局部补挖后补绘的竣工水深图的补绘部分不应超过图幅中测区总面积的 25％。补绘部分超过图幅中测区总面积的25%时，应对该图幅中的测区进行重测，并应重新绘图。

5.4.3　维护性疏浚工程质量检验需在设计底边线内部的水域，如设计要求对边坡检验那么需进行检验，无要求可不对边坡进行检验。

5.4.4　清礁质量检测平面的精度不得低于0.2m，高程精度在水深小于20m时，不能低于0.4m，水深超过20m时，精度不低于0.02倍水深。

5.4.5　清礁质量检测点的选取，应根据测图的比例尺来确定检测点的距离。

5.4.6　疏浚工程竣工断面图应根据设计断面、计算超深值、计算超宽值和竣工水深测 量资料绘制，纵向比例宜采用 1:100，不应小于 1:200。

5.4.7　基建性疏浚工程，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。

5.4.8　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。

5.4.9　疏浚质量检测应根据不同的水深、流速的不同来选择不同的检测方法具体如下表5.4.9

表5.4.9疏浚检测方法

序号	检测方法	水深H	流速
1	多波束测深	2m≤H≤40m	≤3m/s
2	单波束测深	1m≤H≤100m	≤5m/s
3	三维扫描声呐扫测	1m≤H≤35m	≤1m/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5.5水下散抛物质量检验

5.5　水下散抛物质量检验

5.5.1　水下散抛物质量检验应包括扫抛物的位置、范围、厚度、平整度等。

5.5.2　充填袋、块石和石笼等散抛物的种类、规格及质量应满足设计要求，由施工单位及监理单位全部检查，检测方法为检查施工记录及观察检查。

5.5.3　水下散抛泡的范围、数量及密度需要满足设计要求，由施工单位及监理单位全部检查，检查方法为检查施工记录及观察检查。

5.5.4　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)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;

(6)最新测量的水下地形图;

(7)设计依据的水下地形图;

(8)工程设计布置图;

(9)其他相关资料。

5.5.5　水下扫抛物的范围、位置

5.5.5.1　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5.5.5.1的规定选用。

表5.5.5.1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	1m≤H≤25m	≤1.5m/s
2	三维扫描声呐扫测	1m≤H≤35m	≤1m/s
3	超短基线检测	2m≤H≤30m	≤1.2m/s
4	多波束测深	3m≤H≤40m	≤3m/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。

5.5.6　水下散抛物的范围、位置精度不得低于0.3m。

5.5.7　水下散抛物的厚度检测点的设置应符合下列规定。

5.5.7.1　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。

5.5.7.2　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。

5.5.8　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。

5.5.9　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。

5.6　回填覆盖质量检验

5.6.1　沉管类项目回填覆盖质量检验主要检查项目稳管、管基二次处理、回填时所用的材料应符合设计要求、管道未发生漂浮位移等现象，观察检查、检查相关回填施工记录，检查相关的质量保证资料。

5.6.2　检测管道是否产生变形或被破坏，检查方法：观察。

5.6.3　基槽回填应两侧均匀，管顶回填高度符合设计要求。 检查方法：观察，用水准仪或测深仪每10m测1点检测回填高度；检查回填施工、检测记录。

5.6.4　回填覆盖质量检验应符合GB 51201-2016 沉管法隧道施工与质量验收规范中8.5回填覆盖中相关规定。

6　水下检测与监测方法

6.1　一般规定

6.1.1 水下检测与监测可采用声学、光学、机械等设备和人工探摸，其主要检测与监测方法包括但不限于单波束测深、多波束测深、三维扫描声呐扫测、超短基线检测、侧扫声呐扫测、二维机械式扫描声呐扫测、探摸摄像检测、扫床检测等；当采用新技术和新设备时，应进行验证。

6.1.2 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《航道整治工程水下检测与监测技术规程》的有关规定。

6.1.3 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。

6.1.4 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。

6.1.5 水下检测与监测成果图件编制应符合现行行业标准JTS 131《水运工程测量规范》的有关规定。

6.2　单波束测深

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

6.2.2　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。

6.2.3　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。

6.2.4　单波束系统安装应符合下列规定。

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

6.2.4.2 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。

6.2.4.3 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。

6.2.5 单波束测深线的布设应符合下列规定。

6.2.5.1 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 4 5° 斜线。

6.2.5.2 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。

6.2.5.3 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 1.5cm，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。

6.2.5.4 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。

6.2.6 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《水运工程测量规范》的有关规定。

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

6.2.8 声速改正除应符合现行行业标准 JTS 131《水运工程测量规范》的有关规定外，还应满足以下要求：

6.2.8.1 每次作业前应在测区内有代表性的水域测定声速剖面，每个声速剖面的控制区域半径不宜大于 5 km，每个声速剖面数据使用时间不大于 0.6h，特殊水文条件下应适当增加声速剖面的测量。

6.2.8.2 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。

6.2.8.3 声速剖面仪入水后应保持停留 2 min 以上，以消除设备的空气环境温度影响，设备在水中下放及提升应保持缓慢匀速。

6.2.8.4 声速剖面仪测量数据宜采用从水底至水面的记录数据。

6.2.8.5 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。

6.2.8.6 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，船舶应处于稳定状态。

6.2.9 吃水改正除应符合现行行业标准 JTS 131《水运工程测量规范》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。

6.2.10 单波束测深成果提交内容应符合现行行业标准 JTS 131《水运工程测量规范》的有关规定。

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 多波束安装与校准除应符合现行行业标准 JT/T790《多波束测深系统测量技术要求》的有关规定外，还应满足以下要求：

6.3.2.1 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。

6.3.2.2 姿态传感器安装位置尽可能靠近多波束换能器。

6.3.2.3 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精确至 0.01m。

6.3.2.4 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；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。

6.3.2.5 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。

6.3.3 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《水运工程测量规范》的有关规定。

6.3.5 系统安装完成后，应通电测试，检查各个设备单元是否正常工作。采集软件配置坐标系统、船体文件、设备位置关系及导航背景文件等。

6.3.6 多波束校准是测定换能器的安装偏差角度，主要偏差参数为横摇、纵摇和艏向。目前对于没有时间同步技术的多波束系统，还应进行时延测定。横摇校准的位置应选择平坦河床水域，纵摇和艏向校准的位置选择河床面具有 10° 以上的平顺斜坡或礁石、沉船等独立特征地物。

6.3.7 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。

6.3.8 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。

6.3.9 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。

6.3.10 多波束测深数据处理除应符合现行行业标准 JT/T790《多波束测深系统测量技术要求》的有关规定外，还应符合下列规定：

6.3.10.1 多波束测深数据处理完成后，应对其进行内外符合比测。

6.3.10.2 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。

6.3.10.3 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。

6.3.10.4 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。

6.3.11 多波束测深成果提交内容应符合现行行业标准JTS 131《水运工程测量规范》的有关规定。

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、范围检测等。

6.4.2 三维扫描声呐系统配置应符合下列规定：

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 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。

6.4.3.1 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。

6.4.3.2 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。

6.4.3.3 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/T790《多波束测深系统测量技术要求》的有关规定。

6.4.4 三维扫描声呐系统作业应符合下列规定。

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和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 三维扫描声呐系统数据处理应符合下列规定。

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。

6.4.6 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。

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 超短基线定位系统配置应符合下列规定。

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 超短基线定位系统的安装与检校应符合下列规定。

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《多波束测深系统测量技术要求》的有关规定。

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 超短基线检测作业方法应符合下列规定。

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 条件下进行。

6.5.5 超短基线定位系统数据处理应符合下列规定。

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。

6.5.6 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。

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 侧扫声呐系统配置应符合下列规定。

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 侧扫声呐扫测作业应符合下列规定。

6.6.4.1 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。

6.6.4.2 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≤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。

6.6.4.3 施测过程除应符合现行行业标准 JTS 131《水运工程测量规范》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 4km;

(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。

6.6.5 侧扫声呐数据处理应符合下列规定。

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。

6.6.6 基于侧扫声呐图像开展水下检测时,应符合下列规定。

6.6.6.1 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。

6.6.6.2 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。

6.6.6.3 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。

6.6.7 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。

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条的规定。

6.7.5 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。

6.7.5.1 实时检测或监测时,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。

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 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。

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 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。

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 二维机械式扫描声呐数据处理应符合下列规定。

6.7.7.1 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。

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。

6.7.8 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。

6.8 探摸摄像检测

6.8.1 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。

6.8.2 探摸摄像系统配置应符合下列规定。

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 探摸摄像检测应符合下列规定。

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。

6.8.3.2 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。

6.8.3.3 潜水员应按操作手册做好下水前的各项准备工作。

6.8.3.4 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。

6.8.3.5 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。

6.8.3.6 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。

6.8.4 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

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

6.9.2.1 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。

6.9.2.2 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

6.9.2.3 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。

6.9.3 软式扫床检测除应符合现行行业标准 JTS 131《水运工程测量规范》的有关规定外,尚应符合下列规定。

6.9.3.1 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,必要时应适当增加配重。

6.9.3.2 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 4km 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。

6.9.4 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。

6.10 RTK 三维水深测量

6.10.1 测区在施工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。

6.10.2 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。

6.10.3 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。

6.10.3.1 基准站和流动站均应选用双频测量型 GPS 定位设备。

6.10.3.2 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。

6.10.3.3 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。

6.10.4 当采用 RTK 测量时，应保持数据链的连续稳定，PDOP 值（位置精度因子）应小于或等于 6。

6.10.5 准确测定 GNSS 接收机至换能器的垂直距离，读数精确到 1cm。

6.10.6 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《水运工程测量规范》的有关规定。

7 水下水域工程物探

7.1 一般规定

7.1.1 应用基本条件

7.1.1.1 外业工作前，应了解工作场地的天气。

7.1.1.2 应在水流较缓、风浪较小情况下开展工作。

7.1.1.3 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。

7.1.1.4 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。

7.1.1.5 目标体产生的异常场应能从干扰背景场中分辨。

7.1.1.6 物探工作应遵循从已知到未知、简单到复杂的原则，从已知地质条件的地段开始，取得现场背景资料后再开展复杂地段的工作。

7.1.1.7 地质、地球物理条件复杂或重要地段，宜采用多种能互相验证的物探方法。

7.1.1.8 物探探测和检测过程中，宜布置物探参数测试孔。

7.1.1.9 在数据处理和资料解释过程中，应充分收集和了解已知地质、勘察设计和施工资料。

7.1.2 仪器、设备基本要求

仪器设备应满足性能稳定、构件牢固可靠、防潮、抗震和绝缘性能良好的要求，并应符合下列规定：

7.1.2.1 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，每次检验的结果应有记录；

7.1.2.2 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；

7.1.2.3 外业工作时，若出现仪器设备不正常，应排除故障并经检查正常后才能继续工作；

7.1.2.4 外业工作结束后，应检查仪器。

7.1.3 测网和测线布置

7.1.3.1 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。

7.1.3.2 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。

7.1.3.3 当测区边界附近发现重要异常时，应把测线适当扩展到测区外追踪异常。

7.1.3.4 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。

7.1.4 测网的测量

7.1.4.1 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。

7.1.4.2 测网布置应与工作比例尺一致，测网密度应能保证异常的连续、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。

7.1.4.3 测量仪器宜采用全站仪或 GPS。

7.1.4.4 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。

7.1.5 水尺设置及水位观测

7.1.5.1 水尺的设置应能反映全测区内水面的瞬时变化，并应符合下列规定：

水尺的位置，应避开回流、壅水、行船和风浪的影响，尺面应顺流向岸；

一般地段 1.5～2.0 km 设置一把水尺，山区峡谷、河床复杂、急流滩险河段 300～500 m 设置一把水尺；

河流两岸水位差大于 0.1 m 时，应在两岸设置水尺；

测区范围不大且水面平静时，可不设置水尺，但应于作业前后测量水面高程；

当测区距离岸边较远且岸边水位观测数据不足以反映测区水位时，应增设水尺。

7.1.5.2 水位观测的技术要求，应符合下列规定：

水尺零点高程的联测，不低于图根水准测量的精度；

作业期间，应定期对水尺零点高程进行检查；

探测时的水位观测，宜提前 10 min 开始推迟 10 min 结束，作业中应按一定的时间间隔持续观测水尺，时间间隔应根据水情和测图精度要求合理调整，以 10～30 min 宜，水面波动较大时，宜读取峰、谷的平均值，读数精确至 1 cm；

当水位的日变化小于 0.2 m 时，可于每日作业前后各观测一次水位，取其平均值作为水面高程。

7.1.6 工作前的试验

7.1.6.1 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。

7.1.6.2 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。

7.1.6.3 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。

7.1.6.4 应根据试验成果选择合适的仪器参数和技术参数。

7.1.7 观测、重复观测和检查观测工作

7.1.7.1 观测时，激发信号和接收信号应在背景相对安静和信号相对稳定时刻进行。

7.1.7.2 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%。

7.1.7.3 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%。

7.1.7.4 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。

7.1.7.5 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。

7.1.7.6 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。

7.1.8 工作记录

7.1.8.1 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，用户反馈记录等。

7.1.8.2 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。

7.1.8.3 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。

7.1.9 资料检查和评价

7.1.9.1 现场操作人员应对全部原始记录进行自检。

7.1.9.2 专业技术负责人应组织人员对原始记录进行检查和评价，抽查率应大于 30%。

7.1.9.3 原始资料应评定为合格与不合格两类，存在下列情况之一者为不合格。

记录不全；

原始记录有涂改、擦去、撕页现象；

计算机采集数据文件名与内容不符或内容不全；

未按要求做重复观测、检查观测；

检查观测精度不符合要求；

使用的仪器不合格；

采用不符合要求的观测系统和装置；

需要进行漏电检查的仪器没有进行漏电检查或检查不合格；

无仪器检查记录，未作定期检查或检查不合格的仪器所得的全部记录。

7.1.10 资料解释

7.1.10.1 资料的解释与推断应充分结合物探工作范围内的地质、设计和施工资料，在反复对比分析中，总结和分析各种异常现象，得出较为准确的结论。

7.1.10.2 应遵循内外业同步进行、内业指导外业的原则，现场应及时对资料进行初步整理和解释。如果发现原始资料有可疑之处或论述解释结论不够充分时，应作必要的外业补充工作。

7.1.10.3 解释时应通过综合资料，充分考虑地质情况和探测结果的内在联系与可能存在的干扰因素。

7.1.10.4 解释成果应使用相关专业语言表达。

7.1.11 成果图件

7.1.11.1 本标准要求的图件应符合相关专业的行业标准。

7.1.11.2 图件应包括工作布置图、成果图、成果解释图等。

7.1.11.3 成果图应包括单一物探方法或综合物探方法所得到的剖面或平面图件，图件可以是曲线图、等值线图或图像等。

7.1.11.4 成果解释图应是对实测物探资料进行的定性和定量解释的成果体现，应与物性资料相对应。

7.1.11.5 物探成果图与成果解释图宜绘制在一张图上，上部绘制物探成果图，下部绘制成果解释图。

7.2 水域高密度电法

7.2.1 一般规定

7.2.1.1 高密度电法适用于观测与研究某一垂直断面（二维）或地下空间（三维）岩土层的电阻率“参见附录 A.1” 变化，查明或解决被探测目参考被探测目标体相对于埋深和装置长度应具有一定规模，被探测目标体与相邻地层之间或目标体与围边介质之间应有电性差异，且电性界面与地质界面相关。

7.2.1.2 要求被探测目标体上方没有极高电阻屏蔽层。

7.2.1.3 各地层或地质体电性稳定，异常范围和幅值等特征可以被测量和追踪。

7.1.1.4 测区内没有较强的工业游散电流、大地电流或电磁干扰。

7.2.2 仪器、设备

7.2.2.1 高密度电法宜选用多功能直流电法仪，仪器应具有直接测量、显示和存贮的功能，能对自然电位、漂移及电极极化进行补偿，并能测量一次场电位、自然电位、供电电流、视电阻率、综合激电参数(视极化率、衰减度、半衰时)等多种参数。

7.2.2.2 仪器的主要技术指标应满足下列要求：

a) 输入阻抗应大于 8 MΩ；

b) 供电和测量电极插头和外壳三者之间的绝缘电阻应大于 100 MΩ/500V；

c) 电位测量误差不应大于 ±0.5%，分辨率应达到 0.01 mV；

d) 电流测量误差不应大于 ±0.5%，分辨率应达到 0.01 mA；

e) 对于 50Hz 干扰压制应大于 60 dB；

f) 最大补偿范围为 ±1.5 V；

g) 最大供电电压不小于 700 V；

h) 最大供电电流不小于 3 A；

i) 电极转换道数不应少于 60 道，转换模式宜具备集中式和分布式两种，集中式应具有多个转换器串联功能；

j) 仪器应具有对电缆、电极接地、参数设置和系统状态的监测功能；

k) 多芯电缆应具有良好的防水性能，芯间绝缘电阻不应小于 500 MΩ/500V。

7.2.3 现场工作

7.2.3.1 工作布置

除应符合本标准第 3.3 条的规定外，还应符合下列要求：

a) 测线端点和转折点均应进行坐标测量；

b) 应根据装置形式、电极排列数量、探测深度、探测精度等确定点距和测线的重叠长度；

c) 测点点距应根据目标体的大小和埋深确定，在考虑勘探深度的前提下，点距的大小应小于勘探目标体水平规模的 1/3，电极极距宜等于点距，并选用相应极距的专用电缆；

d) 测线线距应根据任务性质来确定，解决三维地下空间地质问题时线距可根据目标体延伸情况和地形条件作适当选择；

e) 排列长度应大于目标体埋深的 3～5 倍，且观测剖面两端超出有效测线的电极数应大于或等于观测层数；

f) 装置排列沿测线移动时，每次移动的距离应保证探测深度范围内数据连续。

7.2.3.2 漏电检查

应符合下列规定：

a) 仪器外壳与电极间绝缘电阻应不小于 300 MΩ，导线绝缘电阻应不小于 2 MΩ / km；

b) 检查发现漏电后应停止观测，在消除漏电影响后，对可能影响的测点应重新观测；

c) 转移新测站、工作结束或观测数据的畸变点时应进行漏电检查。

7.2.3.3 装置类型选择

宜符合下列规定：

a) 水上高密度电法宜选择温纳、偶极、微分、施伦贝尔等装置形式；

b) 探测分层、局部不良地质体宜选择温纳装置，探测非水平构造带、进行岩性分界探测宜选择微分装置，探测浅层不均匀地质体宜选择偶极装置。

7.2.3.4 电极布设

应符合下列规定：

a) 电缆应具有良好防水性能，并根据测距要求固定在水面上呈直线布置；

b) 水面布极应使电极没入水中，与水面保持垂直，并对测点位置进行水深及坐标测量；

c) 在测线端点处，应使探测范围处于选用装置和布极条件所确定的有效范围之内；

d) 同一排列的电极应呈直线布置；

e) 观测前应检查排列中全部电极的接地条件并确保电极的连接顺序正确。

7.2.3.5 现场观测

应符合下列规定：

a) 复杂条件和恶劣环境下，应采用抗干扰和分辨能力不同的两种以上观测装置分别完成数据采集。

b) 对于每个排列的观测，坏点总数不应超过测量总数的 1%，对意外中断后的复测，应有不少于 2 层或 2 列的重测值。

c) 供电电流应稳定，同一观测条件下两次电流测量值的相对误差应小于 1.0%，供电电流大小应能保证 95%的电位差读数大于 5 mV；

d) 现场记录表参见附录 B.1。

7.2.3.6 重复观测和检查观测

除应符合本标准第 7.1.7 条规定外，还应符合下列规定：

a) 重复观测可在每个排列完成后选择两层或两列进行；应符合下列规定：

b) 检查观测可采用散点抽检方式。

7.2.4 数据处理、资料解释和成果图件

7.2.4.1 数据处理、资料解释和成果图件

除应符合本标准第 7.1.10、7.1.11 条的规定外，还应符合下列要求：

a) 数据预处理时，应进行坏点剔除、数据平滑和滤波，滤波参数及次数的选择宜以保留最大有用信号为佳；

b) 对地质资料较详细的测段，应进行正演计算，指导其它测线段的资料处理解释工作；

c) 应绘制整条测线的高密度电法的视电阻率剖面，也可经处理和反演后形成相应剖面的电阻率图像，应利用已知的地层电性资料对反演计算进行约束；

d) 应根据视电阻率剖面或图像中异常的分布、幅值、规模，对比同一剖面多种装置的视电阻率剖面或图像，结合视电阻率剖面或图像与已知地质界面、钻孔等资料进行对比分析和解释。

7.2.4.2 成果图件可包括：

a) 视电阻率断面或电阻率图像；

b) 物探成果地质解释剖面或平面图。

7.3 水域探地雷达法

7.3.1 一般规定

7.3.1.1 被探测水下目标体与周围介质的介电常数要有明显的差异，电性稳定，电磁波反射信号明显。常见介质介电常数参见附录 A.3。

7.3.1.2 不同频率的天线的穿透深度与探测的介质有关，被探测水下目标体埋深一般不大于 10 m。

7.3.1.3 测线水面浪高不能超过 0.3 m。

7.3.1.4 不能探测极高电导屏蔽层下的目标体。

7.3.1.5 测区内不应有大范围的金属构件或无线电发射频源等较强的电磁波干扰。

7.3.2 仪器、设备

仪器、设备应满足下列要求：

a) 仪器应具有直接测量、显示和存储的功能；

b) 仪器可短时间浸入水中，但不能长时间在水下使用；

c) 动态范围不低于 140 db；

d) 水平分辨率应为菲涅尔带半径的 1/2；

e) 测量时每扫描样点数不小于 512 Samples/Scan；

f) A/D 转换位数不小于 16 bit；

g) 点测时有多次叠加功能，且叠加次数不小于 8 次；

h) 扫描速率连续测量时每秒不小于 128 线；

i) 信号增益控制应具有指数增益功能；

j) 信噪比宜大于 120；

k) 信号稳定性变化宜小于 1%；

l) 时间校准因素的变化宜小于 2%；

m) 长期稳定性变化宜小于 3%；

n) 测距误差宜小于 0.3%；

o) 主机脉冲重复频率应大于 10 kHz。

7.3.3 现场工作

7.3.3.1 仪器参数设置

应符合下列规定：

a) 天线的中心频率应根据探测任务要求所要求的空间分辨率、探测深度以及目标体周围介质的不均一性引起的杂乱反射在雷达记录中形成的干扰影响等因素综合，通过现场试验选取；

b) 采样时窗的设置取决于最大探测深度及介质中的的电磁波速度，一般情况下探测目标深度应处于采样时窗的 2/3 位置为宜；

c) 采样率选择所用天线的中心频率的 6～10 倍为宜；

d) 道间距的选取应考虑被探测目标体的最小空间尺寸，一般情况下应小于所要求探测的最小目标体水平方向延伸长度的 1/3；

e) 仪器的信号增益应保持信号幅值不超出信号监视窗口的 3/4，天线静止时信号应稳定。

7.3.3.2 测线布置

除应符合本标准第 7.2.3 条的规定外，还应符合下列要求：

a) 测线应沿与勘探线一致的方向布置；

b) 根据雷达剖面上对目标体异常的反映情况，布置适当的平行剖面对目标体的异常进行追踪。在发现异常体的位置上，沿与原测线垂直的方向布置适当长度的剖面进行追踪探查，以进一步确认异常体的规模及埋藏特征；

c) 测线距大小的选择根据目标体的水平延伸尺度及所要圈定的异常范围大小来确定。必要的情况下可以沿与原测线垂直的方向布置少量联测线，以便于纵横两个方向上的探地雷达剖面进行对比解释。

7.3.3.3 现场试验与探测工作

应符合下列规定：

a) 现场探测前应清除或避开测线附近的金属物；

b) 对天线和主机做好防水保护，支撑天线的器材应选用绝缘材料，天线操作人员不应佩带含有金属成分的物件，并应与工作天线保持相对固定的距离；

c) 探测时宜选择频率为 50～800 MHz 的天线，当多个频率的天线均能符合探测深度的要求时，应选择频率相对较高的天线；

d) 根据探测环境和探测目的应正确而合理地布设测线。测线的布设一般采用 GPS 系统精确定位；

e) 合理设置数据采集软件参数，根据实际探测条件，选用合适的参数增益标定，应确保雷达采集系统可正常使用；

f) 采集系统正常工作后可进行数据采集，采集的数据应通过接口实时传输到指定存储设备，并可进行实时交换；

g) 现场探测前应对探测区域进行雷达波速校准；

h) 探测过程中，应保持工作天线的平面与探测面基本平行，天线应沿测线方向匀速移动，且与仪器的扫描率相匹配，并标记测线经过的特殊构筑物；

i) 探测过程中同类测线的数据采集方向宜一致；

j) 点测时，点距应小于尼奎斯特采样间隔，当探测目标体形态、产状变化不大时，点距可适当放宽，并应在天线相对静止时采集数据；

k) 记录标注应与测线桩号一致。采用自动标注时，应避免标注信号线的干扰。遇有干扰影响或处在异常点位置时应在记录中予以标注，重点异常区应重复观测，重复性较差时，应查明原因。

l) 现场记录表参见附录 B.2。

7.3.4 数据处理、资料解释和成果图件

7.3.4.1 数据处理、资料解释和成果图件

除应符合本标准第 7.1.10、7.1.11 条的规定外，还应符合下列要求：

a) 对采集的数据进行初步检查，剔除效果不佳或无用的数据，合并因测线过长而造成的不连续数据。

b) 对采集的数据进行滤波处理，根据探测的实际情况选择合适的滤波方式，根据不同的天线初选滤波参数，然后对数据进行频谱分析，得到较为准确的频率分布，设定滤波参数，进行滤波处理；

c) 对采集的数据进行背景去噪处理，根据实际情况对采集的数据进行适当的增益处理和有选择地进行反滤波处理（反褶积处理）、偏移处理等。

d) 对图像增强处理，进行振幅恢复，将同一通道不同反射段内的振幅值、不同通道的振幅值乘以不同的权系数。

e) 对雷达图像进行分析，确定反射波组的界面特征，识别地表干扰反射波组，识别正常介质界面反射波组，确定反射层信息。

f) 雷达图像数据解释。结合多个相邻剖面雷达图像，找到数据之间的相关性。结合现场的实际情况，将探测区域表面情况、经过验证的雷达图像及实际探测图像进行比对分析。

g) 探地雷达剖面图像可只选择摘录有异常的部分，绘制灰度或色谱图像及波形图像，雷达图像应标注测线号、桩号、深度时间标注。

h) 地质成果解释剖面图应绘制分层界线、异常中心、范围、延伸方向等。

i) 可采用表格汇总说明异常情况。

7.3.4.2 成果图件可包括：

a) 探地雷达剖面图像；

b) 探地雷达地质成果解释剖面图。

7.4 水域浅层地震反射波法

7.4.1 一般规定

7.4.1.1 浅层地震反射波法适用于水域目标体与周围介质的波阻抗有明显的差异，测定基岩埋深、划分松散层和基岩风化带，探测河床沉积泥砂厚度，探测断层、破碎带等地质构造，探测洞穴、沉陷带以及水下工程等。常见介质的纵波波速参见附录 A.2。

7.4.1.2 被追踪地层与其相邻层之间应存在明显的波阻抗差异，反射界面视倾角宜小于 30°。

7.4.1.3 被追踪地层的厚度应大于有效波波长的 1/4。

7.4.1.4 地层界面相对稳定、平坦，有一定的延续长度，入射波能在界面上产生较规则的反射波。

7.4.1.5 水流不宜太急、波浪不宜太大，水深宜大于 4.5 m。

7.4.2 仪器、设备

7.4.2.1 地震仪

除应满足本标准第 7.2.2 条要求外，还应符合下列要求：

a) 可选用 12 道或 24 道浅层数字地震仪，具有信号增强、延时、内外触发、前置放大、滤波、数字采集等功能；

b) 采样率可选、最小采样间隔不大于 0.05 ms；

c) A/D 转换精度不小于 12 bit；

d) 动态范围不小于 96 dB；

e) 通频带为 2 Hz～2000 Hz；

f) 放大器内部噪声不大于 1μV；

g) 各道之间的相位差应小于 1.5 ms；

h) 各道之间的振幅差应小于 15%。

7.4.2.2 地震震源

宜选用电火花震源、锤击震源、落重震源等，其性能应满足下列要求：

a) 所激发的地震脉冲主频应能满足工作方法需要，能量可控并符合探测深度要求；

b) 记时系统的记时信号延迟时差不大于 0.5 ms；

c) 电火花震源的触发器应性能稳定、重复性好；

d) 锤击震源、落重震源应操作方便、重复性好。

7.4.2.3 检波器性能

应满足下列要求：

a) 检波器固有频率可根据有效波的频率响应和提高分辨率的技术要求加以选择；

b) 各道检波器之间固有频率相差应小于 10%，灵敏度相差应小于 10%，相位差应小于 1 ms；

c) 绝缘电阻不小于 10 MΩ；

d) 应具有良好的防水性能。

7.4.3 现场工作

7.4.3.1 现场试验工作

应符合下列规定：

a) 应了解测区的地球物理条件、有效波和干扰波的分布情况，试验压制干扰波的措施，选择激发接收方式、仪器工作参数及观测系统等；

b) 了解测区有效波和干扰波的分布可采用展开排列观测方式，展开排列长度宜为探测深度的 2～3 倍，检波点距宜小于实际工作的检波点距；

c) 观测中遇到局部地段记录质量变差时应分析原因，并通过试验选择新的工作参数，改善记录的质量。

7.4.3.2 现场工作布置

应符合下列规定：

a) 测线布置应考虑旁侧影响和穿透现象；

b) 测线宜按直线布置，当测线通过障碍时测线可转折，但应采取相应措施，保证转折测线的资料能独立解释；

c) 河谷测线宜垂直河流或顺河流布置，当河谷狭窄，可斜交河流布置测线；

d) 应选用噪音小的船只作为牵引船，且与震源保持足够距离，以减小噪音干扰；

e) 作业期间，应及时测量水边线高程和沿测线的水深；当水位变化超过 0.5 m 时，应进行校正；

f) 现场记录表参见附录 B.3。

7.4.3.3 仪器设备的准备工作

应符合下列规定：

a) 外业工作前，应对仪器设备进行校验，并提交记录，校验方法参见附录 C；

b) 测试道一致性时，检波器安置条件应一致，全部检波器安置范围与其距震源距离相比应很小，可以认为各检波器是同点接收。

7.4.3.4 仪器工作参数设置

应符合下列规定：

a) 应根据测区干扰背景、激发和接收条件、地球物理条件及安全等因素选择；

b) 在一个测区或测段工作时，应使用同一种滤波档，因特殊需要改变滤波档时，应有对比记录；

c) 应依据有效波的时域和频域特征选择记录长度和采样率，当采用高采样率接收时，可配合使用延时。

7.4.3.5 检波器布置

应符合下列规定：

a) 检波器间距应根据探测任务要求、地球物理条件确定；在同一测线上，宜采用同一检波点距和排列长度；

b) 检波器应沉入水中，沉入深度一般为 0.5～1.0 m，且保持各检波器的沉入深度相同；

c) 水听器宜置于震源正下方，且沉放于水面以下，深度宜大于 1 m；

d) 检波器应采用移动排列，牵引船行进速度应稳定并保持各检波器沉放深度一致。

7.4.4 数据处理、资料解释和成果图件

7.4.4.1 数据处理、资料解释和成果图件

除应符合本标准第 7.1.10、7.1.11 条的规定外，还应符合下列要求：

a) 应利用展开排列资料与测区已知地质及其它物探资料进行正反演相关分析，确认目标体的反射波波组；

b) 应根据原始记录的信噪比和探测任务要求，拟订处理流程，选择滤波频率、滤波视速度、叠加速度、平均速度等处理参数；

c) 原始记录预处理应将不正常道数据充零，校正反极性道；

d) 进行速度分析，选取适宜的叠加速度；

e) 数字滤波应选择合适的滤波频率、滤波宽度及镶边宽度；

f) 依据测区地球物理条件和地震记录特点，可选用道内动平衡、反褶积、动校正等数据处理方法；

g) 应分析波形的振幅、频率、相位、余振、波散等动力学特征与地下介质横向和纵向变化的关系；

h) 构制浅层反射界面的方法有交点法、椭圆法、圆法、时间场法等，应根据地球物理条件、解释方法的特点及精度要求选择相应的方法；

i) 成果图上应注明测区名称、测线号、偏移距、检波点距；

j) 水平叠加时间剖面图还应注明叠加次数、处理流程、叠加速度等；

k) 应注明是否经过动校正处理及标注动校正速度值；

l) 时间剖面典型地段应附相应的展开排列记录。

7.4.4.2 成果图件可包括：

a) 浅层地震反射波剖面图；

b) 浅层地震反射波解释推断平面图，解释推断平面图中应制作等深度图或等 T0 图。

7.5 测深仪探测法

7.5.1 一般规定

7.5.1.1 测深仪探测法适用于水库、河道、湖泊的水下地形测绘以及水下障碍物探测等。

7.5.1.2 一般测深仪应能在流速不超过 5 m/s，含沙量不超过 10 kg/m3 的水流条件下使用。

7.5.1.3 浑水测深仪应能在流速不超过 5 m/s，含沙量不超过 200 kg/m3 的水流条件下使用。

7.5.1.4 对于缆道测深仪，缆道的信号传输效率应不低于 10%，缆道站附近应无强电气干扰源。

7.5.1.5 测量范围内的，以常温静水及固定反射目标时施测的结果为准。其测量的准确度为：

a) 在水深不大于 5 m 时，准确度应不大于 ±0.05 m；

b) 在水深大于 5 m 时，准确度应不大于 ±1%；

c) 重复性误差应不大于测深仪准确度的 0.5 倍；

d) 再现性误差应不大于测深仪准确度的 1.5 倍。

7.5.2 仪器、设备

仪器、设备应满足下列要求：

a) 分辨力在不同水深检测分档范围内相应为 1 cm、2 cm、5 cm；

b) 水深检测范围分（0～20）m、（0～50）m、（0～100）m 三档；

c) 盲区在不同水深检测分档范围内相应为 0.5 m、1.0 m、1.5 m；

d) 工作电压与额定电压之差，直流电源不应超过 10%，交流电源不应超过 5%；

e) 测深仪应具备水温—声速改正功能，可通过人工测定水温再预置合适的声速挡来实现；

f) 测深仪应具备较强的抗电磁干扰性能；

g) 测深仪应配有相应通信接口，可与 GPS 接收机对接提供定位信息，并且吃水深度范围应可调，发射功率应有动态调节功能；

h) 换能器应能承受与其入水深度相应的水压力，不漏水，粘结面不脱落，其外壳应呈流线型；

i) 换能器两信号线之间绝缘电阻应不小于 5 MΩ，机壳与交流电源线之间应不小于 1 MΩ；

k) 数据记录方式可分为图形记录、显示和打印。

7.5.3 现场工作

7.5.3.1 测线布置应符合下列规定

a) 主测线应垂直于水下地形等深线总方向或岸线布设，可布设成平行线或 45° 斜线；当河道水下地形较平坦时，测线可顺河流方向布置；

b) 河道或库区两岸剖面桩之间的距离相对误差应小于 1.0%；

c) 应根据工程的实际需要布置检查测线，检查测线宜垂直于主测线，其长度不宜小于主测线总长度的 5%；

d) 探测定位点最大间距在平面图上不应大于 10.0 mm。

7.5.3.2 现场观测应符合下列规定：

a) 现场工作时，作业船应保持每条剖面定向和匀速航行，并应按要求做时间标记。测线转移时，不得小角度转弯；

b) 测量过程中船体前后左右摇摆幅度不宜过大。波浪高超过 0.4 m 时，应停止作业；

c) 测深前后应在测区对测深仪进行现场比对，当水深小于等于 20 m 时，可用声速仪、水听器或者检查板对测深仪进行校正，直接求得测深仪的总改正数；当水深大于 20 m 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；

d) 当对既有模拟记录又兼有数字记录的测深仪检验时，应同时校对比较模拟信号及数字信号，检验结果应以模拟信号为准；

e) 测深仪换能器应安装在距测量船首 1/3～1/2 船长处，入水深度以 0.3～0.8 m 为宜，入水深度应精确量至 1 cm。并应避免航行时产生的气泡和漩涡的影响；

f) 定位中心应与换能器中心设置在一条垂线上，其偏差不得超过定位精度的 1/3,否则应进行偏心改正；

g) 当使用机动船测深时，应根据需要测定测深仪换能器的动吃水改正数；当改正数小于 0.05 m 时，可不改正；

h) 测深仪记录速度应与测量船只的航速相匹配，记录的回波信号应能清晰反映水底地貌；

i) 应实时观测水位的变化并予以记录；

j) 在探测过程中随时检查记录质量，对于不符合要求的测点（线）应及时予以补测或重测。

k) 现场记录表参见附录 B.4。

7.5.3.3 当出现下列情况之一时，应进行补测：

a) 测深仪的回波信息中断或模糊不清，在记录纸上超过 3.0 mm，且水下地形复杂；

b) 测深仪零信号不正常、无法量取水深；

c) 连续漏测 2 个以上定位点或断面的起、终点及转换折点未定位；

d) GPS 精度自检不合格时段；

e) 定位点号与实测记录不符，且无法纠正。

7.5.3.4 当出现下列情况之一时，应进行重新探测：

a) 深度比对超限点数超过参加比对总点数的 20%；

b) 确认有系统误差，但又无法消除或改正。

7.5.4 数据处理、资料解释和成果图件

7.5.4.1 数据处理、资料解释和成果图件

除应符合本标准第 7.1.10、7.1.11 条的规定外，还应符合下列要求：

a) 通过内业工作进行资料的整理，包括各项外业手薄的整理和校验、水位基准面的测量与确定、测深手薄、测深记录纸（带）或电脑记录的检查、校核；

b) 将原始采集的资料，根据成图要求的密度筛选编辑成需要的文件；

c) 进行测深仪改正、动态吃水改正，建立动态吃水改正数和测深仪改正数表，深度必须要覆盖测区的最大和最小水深，速度表必须要覆盖测量时的最大和最小航速；

d) 进行水位改正；

e) 将数据转换成需要的格式；

f) 按测线序号并结合定位坐标编制探测成果报表，成果报表应包括下列内容：探测工区、测量日期、测量船、测线号、点位序号、坐标及水深值。

7.5.4.2 成果图件可包括：

a) 水声时间剖面图或水下断面图；

b) 水下地形图或等高线图。

7.6 浅地层剖面探测法

7.6.1 一般规定

7.6.1.1 浅地层剖面探测法适用于水库、河道、湖泊的水下地形测绘，坝址、桥基水下地层分层探测， 水下障碍物调查等，还可用于浅层基岩起伏、淤泥厚度探测。

7.6.1.2 被探测地层与相邻层之间具有可产生水声反射的波阻抗差异。

7.6.1.3 进行水下覆盖层分层时，被探测地层应具有一定厚度、介质均匀、波速稳定。

7.6.1.4 被探测目标体以上应无卵砾石或卵砾石呈零星分布的松散地层。

7.6.1.5 水流不宜太急、波浪不宜太大，水深宜大于 2 m。

7.6.2 仪器、设备

7.6.2.1 主机应具有 TVG 增益调节功能及总增益、对比度和门限调节功能。

7.6.2.2 声源、接收换能器(水听器)的主要技术指标应满足下列要求：

a) 声源频带应满足 50 Hz～15 kHz；

b) 接收换能器（水听器）灵敏度应大于 100μV/Pa，接收频带宽应满足 20 Hz～10 kHz。

7.6.3 现场工作

7.6.3.1 测线布置应符合下列规定：

a) 主测线方向应与水底地形等深线的总趋势方向垂直，或与区域构造走向垂直，或与探测目标体的走向垂直，联络测线方向应与主测线垂直；

b) 探测河床水下覆盖层厚度、基岩河谷形态时，宜与地质勘探线或其它物探方法的测线重合；

c) 测线间距应根据可控制探测目标体的大小按比例尺的要求确定；

d) 定位测量工作除应符合本标准第 4.4 条的规定外，测线定位点距不应大于 50 m；

e) 剖面测量误差应在所用的地形图上坐标不超过 2 mm，高程不超过 0.5 m，两岸剖面桩之间的距离误差应小于 1%。

7.6.3.2 仪器设备安装应符合下列规定：

a) 现场作业宜采用载重量为 10 t～20 t 且噪音小的平底机船，为保证机船作业时顺利行驶，应根据船的吃水深度确定最小工作水深，水深宜大于 2 m；流速不大风浪小的水域应选用吃水浅的小型机船做载体；

b) 探头应选择安装在航行中产生气泡最少、机器噪声最小、摆动影响最小的地方；

c) 舷挂式发射换能器与接收换能器应按前发后收顺序挂于船中后部同一侧，并应根据探测深度选择适当的收发距；

d) 使用整体式拖鱼探头时，应适当远离船体一定距离且水平放置；

e) 使用分体式发射和接收探头时，发射探头和接收探头应分别安装在船的两侧船舷上，发射探头在船舷后面的一侧，接收探头在船舷前面的另一侧，间距宜为 6 m～8 m；

f) 探头入水深度视波浪大小而定，水面平静时，入水深度宜为 0.5 m 左右。

7.6.3.3 现场测试应连接收发系统和数据采集工作站系统，并应在接通电源后进行运行自测试。应在导航系统中输入测区范围线，并布设计划测线，并应符合下列规定：

a) 探测分辨率应达到 0.2 m；

b) 发射速率最大不应超过 10 次/s；

c) 作业船航行时不得随意停船，航速宜为 2 m/s；当探测细小目标体时，航速应相应减小，仪器操作员应按要求时间作标记；

d) 作业时实际航迹偏离不宜大于设计测线间距的 1/4，最大不应偏离设计测线间距的 1/2；

e) 应实时观测水位的变化并予以记录；

f) 作业过程中应时刻注意观察记录剖面的面貌及背景噪音的变化情况，不得随意改变确定的作业参数；当因水深和地质类型变化而影响到记录质量需要改变作业参数时，应作记录；

g) 剖面记录纸（带）上应注记测线号以及测线探测起始与结束时间、时标、水深及特殊情况简述等；值班记录应登录值班人姓名、工况、船速、测线探测情况、周围环境状况及特殊情况处理过程等。

h) 现场记录表参见附录 B.5。

7.6.3.4 有以下情况出现时，应进行补测或重测：

a) 背景干扰严重、无法分辨目标体；

b) 班报的编号、剖面号与实测记录不符；

c) 没有注明日期、起止位置、记录范围、时间标记；

d) GPS 精度自检不合格时段；

e) 定位点号与实测记录不符，且无法纠正。

7.6.4 数据处理、资料解释和成果图件

7.6.4.1 数据处理、资料解释和成果图件

除应符合本标准第 7.1.10、7.1.11 条的规定外，还应符合下列要求：

a) 当水深小于 15 m 且使用分体式换能器时，应校正深度偏移误差，消除发射换能器与接收换能器偏移造成的深度误差；

b) 当水底存在疏松层时，应进行速度校正，以便准确计算水下各探测层厚度。

7.6.4.2 成果图件可包括：

a) 水下地形图、水声地质剖面图；

b) 水下淤泥层或覆盖层等厚度图、基岩等高线图。

7.7 成果报告编写与审查

7.7.1 成果报告编写

7.7.1.1 工程物探工作应编制成果报告。成果报告可分为探测成果报告和检测成果报告两种类型。

7.7.1.2 探测成果报告的内容应包括工程概况，目的任务，完成工作量，地形、地质及地球物理特

征， 工作方法与技术，质量检查结果，资料处理与解释推断，主要成果分析，结果验证，结论与评价，问题与建议等。

7.7.1.3 检测成果报告的内容和形式应与探测成果报告相近，并应叙述执行标准、抽样方式、工程设计及施工简况、工程合格情况评价、评价标准等。

7.7.1.4 采用多种探测方法完成一个工程的探测任务时，应对所获得的各种资料进行综合研究，编写综合探测成果报告；采用一种探测方法完成一个工程的一项或多项任务时，应编写单项探测成果报告。

7.7.1.5 完成一个工程的阶段性探测工作后，可根据需要编写中间或阶段性成果报告，其结构可比探测成果报告简化。

7.7.1.6 物探成果报告的插图可包括方法原理图、典型曲线图、对比分析图等；插表可包括工作量表、物性参数表、仪器技术因素、成果解释列表、测试数据列表、精度表等。

7.7.1.7 物探成果报告的附图和附表应符合本标准各方法的要求。

7.7.2 成果审查

7.7.2.1 物探成果应经校核和审查后才能向用户提交,并应及时按照有关规定进行归档。

7.7.2.2 呈送校核和审查的成果应包括：

a) 报告、附图和附表；

b) 中间性解释和推算资料（如速度参数、各种校正资料及解释资料等）；

c) 任务书、设计书，仪器检验记录、野外原始记录、质量检查记录等各类物探记录；

d) 地质、设计或施工等相关方有关该工程项目的技术要求文件。

7.7.2.3 提交审查的成果报告，应是内容完整、图表齐全，内容的形式符合本标准的相应规定。如有下列情况，成果资料不予审查：

a) 未按要求绘制的图件；

b) 未经有关人员校核签字的图件和图表；

c) 资料和图表混乱，未经认真整理装订。

7.7.2.4 成果报告有下列情况之一者，审查不予通过。

a) 综合分析不够充分，对主要问题没有提出明确的结论和建议者；

b) 概念不清，解释错误，结论不正确者；

c) 文字报告章节不清，文理不顺，前后矛盾，图件中有严重错误者。

附　录　A

（资料性附录）

参考表

表 A.1　常见介质电阻率参考表

类　别	名　称	电阻率　　（　m）
松散层	粘土	1.0×10^{0}～2×10^{2}
	含水粘土	2.0×10^{-1}～1.0×10^{1}
	亚粘土	1.0×10^{1}～1.0×10^{2}
	粘土夹砾石	2.2×10^{2}～7.0×10^{3}
	亚粘土含砾石	8.0×10^{1}～2.4×10^{2}
	卵石	3.0×10^{2}～6.0×10^{3}
	含水卵石	1.0×10^{2}～8.0×10^{2}
沉积岩	泥质页岩	6.0×10^{1}～1.0×10^{3}
	砂岩	1.0×10^{1}～1.0×10^{3}
	泥岩	1.0×10^{1}～1.0×10^{2}
	砾岩	1.0×10^{1}～1.0×10^{4}
	石灰岩	6.0×10^{2}～6.0×10^{3}
	泥灰岩	1.0×10^{0}～1.0×10^{2}
	白云岩	5.0×10^{1}～6.0×10^{3}
	破碎含水白云岩	1.7×10^{2}～6.0×10^{2}
	硬石膏	1.0×10^{4}～1.0×10^{6}
	岩盐	1.0×10^{4}～1.0×10^{6}
	片麻岩	6.0×10^{2}～1.0×10^{4}

变质岩	大理岩	1.0×10^{2}～1.0×10^{5}
	石英岩	2.0×10^{2}～1.0×10^{5}
	片岩	2.0×10^{2}～5.0×10^{4}
	板岩	1.0×10^{1}～1.0×10^{2}
岩浆岩	花岗岩	6.0×10^{2}～1.0×10^{5}
	正长岩	1.0×10^{2}～1.0×10^{5}
	闪长岩	1.0×10^{2}～1.0×10^{5}
	辉绿岩	1.0×10^{2}～1.0×10^{5}
	辉长岩	1.0×10^{2}～1.0×10^{5}
	玄武岩	1.0×10^{2}～1.0×10^{5}

表 A.1（续）

类　别	名　称	电阻率　（　m）
矿 物	石英	1.0×10^{12}～1.0×10^{14}
	长石	4.0×10^{11}
	白云母	4.0×10^{11}
	方解石	5.0×10^{7}～5.0×10^{12}
	磁铁矿	1.0×10^{-6}～1.0×10^{-3}
	黄铜矿	1.0×10^{-3}～1.0×10^{0}
	石　油	1.0×10^{9}～1.0×10^{10}
其　它	地下水	$<1.0\times10^{2}$
	河　水	1.0×10^{-1}～1.0×10^{2}
	冰	1.0×10^{4}～1.0×10^{8}
	岩溶水	1.5×10^{1}～3.0×10^{1}
	海　水	1.0×10^{-1}～1.0×10^{0}

表 A.2　常见岩土介质的密度和弹性波速度参考表

类　别	名　称	密度(g/cm^3)	纵波波速 VP（km/s）	横波波速 VS（km/s）
松散层	粘　土	1.60～2.04	1.20～2.50	0.70～1.40
	湿　砂	-	0.60～0.80	-
	砂质粘土	-	0.30～0.90	0.20～0.50
	干砂、砾石	-	0.20～0.80	0.10～0.50
	饱水砂、砾石	-	1.50～2.80	-
沉积岩	砾　岩	1.60～4.20	1.60～4.20	0.90～2.20
	泥质灰岩	2.25～2.70	2.00～4.40	1.20～2.40
	硅质石灰岩	2.80～2.90	4.40～4.80	2.60～3.00
	致密石灰岩	2.60～2.77	2.50～6.10	1.40～3.50

	页　岩	2.10～2.80	1.30～4.00	0.80～2.30
	砂　岩	2.42～2.77	1.50～5.50	0.90～3.20
	致密白云岩	2.80～3.00	2.50～6.00	1.50～3.60
	石　膏	2.41～2.58	3.50～4.50	1.80～2.80
变质岩	片麻岩	2.40～3.30	6.00～6.70	3.50～4.00
	大理岩	2.60～2.90	5.80～7.30	3.50～4.70
	石英岩	2.56～2.90	3.00～6.60	2.80～3.20
	片　岩	2.68～3.00	5.80～6.40	3.50～3.80
	板　岩	2.31～2.75	3.60～4.50	2.10～2.80
	千枚岩	2.71～2.86	2.80～5.20	1.80～3.20

表 A.2（续）

类　别	名　称	密度 (g/cm3)	纵波波速 VP（km/s）	横波波速 VS（km/s）
岩浆岩	花岗岩	2.30～3.10	4.50～6.50	2.30～3.80
	闪长岩	2.52～2.70	5.70～6.40	2.80～3.80
	玄武岩	2.53～3.30	4.50～8.00	3.00～4.50
	安山岩	2.30～2.80	4.10～5.60	2.50～3.30
	辉长岩	2.55～2.98	5.30～6.50	3.20～4.00
	辉绿岩	2.53～2.97	5.20～5.80	3.10～3.50
	橄榄岩	2.90～3.40	6.50～8.00	4.00～4.80
	凝灰岩	1.60～1.95	2.60～4.30	1.60～2.60
其　它	水	1.00	1.40～1.60	-
	冰	0.80～0.90	3.10～3.60	-
	混凝土	2.40～2.70	2.00～4.50	1.20～2.70

表 A.3　常见介质的介电常数、电导率、速度和衰减参数

介　质	相对介电 常　数	电 导 率 （ms/m）	电磁波速度 （m/ns）	衰　减 （dB/m）
空 气	1	0	0.3	0
蒸馏水	80	0.01	0.033	2×10^{3}
淡 水	80	0.5	0.033	0.1
海 水	80	3×10^{3}	0.1	10^{3}
干 砂	3～5	0.01	0.15	0.01
饱和砂	23～30	0.1～1.0	0.06	0.03～0.3
灰 岩	4～8	0.5～2.0	0.12	0.4～1
页 岩	5～15	1～100	0.09	1～100
石 英	5～30	1～100	0.07	1～100
粘 土	5～40	2～1000	0.06	1～300

花岗岩	4～6	0.01～1	0.13	0.01～1
盐 岩	5～6	0.01～1	0.13	0.01～1
冰	3～4	0.01	0.16	0.01

附 录 B

（资料性附录）

记录表

表 B.1 水域高密度电阻率法现场情况记录表

编号：_____

工程名称：	工作地点：	日期：_____年___月___日	天气：
测线编号：	工作方法：	仪器型号：	仪器编号：

测站号	电极道数	测读层数/间隔	电极起止桩号	存储号（文件名）	备 注
现场草图					

说明	
操作员：	记录员：

表 B.2　水域探地雷达法现场情况记录表

编号：_____

工程名称：	工作地点：	日期：　　年　月　日	天气：
测量方式：	仪器型号：	天线频率：	仪器编号：

测线号	测线长度	叠加次数	测线起止桩号	存储号（文件名）	备 注
现场草图					

说 明	
操作员：	记录员：

表 B.3　水域浅层地震反射波法记录表

日期：　　年　　月　　日　　第　　页 共　　页

仪器型号		地震方法	
检波器型号		测线编号	
检波器间距		排列编号	
观测排列布置示意图			
炮点编号	炮点位置或偏移距	文 件 名	说　明

试验人：　　记录人：　　校核人：

表 B.4　测深仪探测法现场情况记录表

编号：_____

工程名称			天　　气		
工作地点			仪器型号		
日　　期	年_____月_____日		仪器编号		
测线号	测点间距	吃水深度	测线桩号	存储号（文件名）	备注

现 场 草 图	
说 明	
操作员：	记录员：

表 B.5　浅地层剖面探测法现场情况记录表

编号：_____

工程名称			天　气		
工作地点			仪器型号		
日　　期	年_____月_____日		仪器编号		
测线号	测线长度	吃水深度	测线桩号	存储号（文件名）	备 注

<table>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>现
场
草
图</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>说

明</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">操作员：</td><td colspan="3">记录员：</td></tr>
</table>

附　录　C

（资料性附录）

地震仪校验方法

C.1　　地震道一致性校验方法

C.1.1　地震道一致性校验应在现场系统进行。

C.1.2　校验场地宜选择平整、开阔地带，地面应无植被、杂物等风吹草动干扰，附近50m范围内应无车辆、人畜等人为干扰。

C.1.3　检波器应布置在校验场地的一端。布置检波器的地表土应为密实土层，检波器安插接触的土层内不得含直径大于1cm的卵、碎石，确保每个检波器与地面有良好、相同的耦合效果。检波器应以 5 cm 的间距布置，所有检波器的布置范围不应超过 2 m 。

C.1.4　锤击点应布置在场地的另一端，锤击垫板下不宜有虚土。锤击点和检波器距离不宜小于30 m。

C.1.5　校验前应检查检波器夹子和大线的连接情况，确保夹子之间没有短接，也不得接触潮湿地面。应检查整个系统的其他接线情况，确保无误。在检波器布置的小范围内，应确保大线没有覆盖在检波器上，避免大线的偶然晃动产生干扰。

C.1.6　校验时应在人工锤击激发地震波后，记录地震信号。锤击得到的有效地震记录不宜少于3 个。

C.1.7　当记录中有不正常道时，应立即查找原因。可通过和正常道互换检波器，判断检波器是否存在故障；如果原道仍不正常，可互换大线或者调换大线接头，判断大线是否损坏；也可通过万用表测量电阻，判断检波器或大线是否出现故障；如果大线、检波器均正常，应由专业人员检修地震仪。

C.1.8　对于所有道均正常的地震记录，应在读取其初至走时和初至后第一波峰的峰值，或读取记录中最大波峰的走时和峰值后，计算该记录地震走时（振幅）的平均值和各道走时（振幅）相对于平均值的偏差。

C.1.9　当所有记录中各道走时最大偏差小于 1.5 ms 时，可判该地震仪系统相位一致性合格。当所有记录中各道振幅差最大差小于 15%时，可判定该地震仪系统振幅一致性合格。

C.2　　触发开关误差校验方法

C.2.1　触发开发误差校验可采用零偏移法在室内进行。

C.2.2　校验前应在地震仪上连接好一个检波器、锤击开关和电源。并应固定好检波器，使其不受其他外力扰动。

C.2.3　校验前应设置超前采样时间，并应根据实际工作需要，设置相应的采样间隔。

C.2.4　校验时可用锤击开关轻轻叩击检波器顶部，触发记录单道振动信号，并读取初至时间。对于同一个采样间隔，宜连续测试 10 次。

C.2.5　当各次测试记录中最大初至走时不超过 5 个采样间隔时，可判定触发开关误差满足要求。若各次测试记录的走时基本固定于一个数值时，该走时值可作为系统误差，在实际探测时应予以扣除。

附 录 D

（规范性附录）

有缆机器人作业准备检查表

表 D.1 有缆机器人作业准备检查表

编号：　　日期：

作业前检查

机器人外观			
吊装设施		所有电缆和软管情况	
脐带受力情况		补偿器是否正常	
配重情况		电子仓情况	
设备有无松动		液压系统情况	
电缆连接或插接头是否良好		电源电压	
未使用的接口是否有接头		电源频率	

启动

线路接地/绝缘监视		声呐控制	
图形画面		监视器	
微调旋钮		机械手控制开关	

机器人检查

有缆机器人电器接通电源并检查绝缘		推进器补偿器读数	
液压动力源装置温度		罗盘读数	
电子舱真空		深度读数	
摄像头聚焦变焦		声呐功能	
灯泡及调光		沉没功能	
电机补偿器读数		通信信号	
云台转动检查		螺旋桨	
拆除固定绑带		下水前去掉摄像头封盖	

记录人员：

日　　期：

附 录 E

（规范性）

有缆机器人设备维护保养程序

表 E.1 有缆机器人设备维护保养程序

第　　周：　　日期：

序号	部位名称	保养内容	保养周期	状况	备注
1	浮体	1.检查浮材有无破损及局部塌陷，填充破损区域并进行表面处理	检测前/后		
2	吊环	1.检查吊环有无腐蚀及裂缝/磨损，对损坏区域进行必要的修补	检测前/后		
3	框架	1.检查是否发生腐蚀、裂缝/磨损，对损坏区域进行必要的修补	检测前/后		
		2.检查与各装置的连接是否松动	检测前/后		
		3.检查各支撑安装是否松动	检测前/后		
		4.定期对框架部分进行表面处理	六个月		
4	推进器	1.清洗螺旋桨，检查有无裂缝，修补损伤或及时更换。	检测前/后		
5	机械手	1.检查机械手各处连接灵活及松动情况及腐蚀情况	检测前/后		
		2.若机械手长时间不用，就在调节杆涂润滑油进行防护	六个月/检测前/后		
		3.检查液压软管是否磨损或割伤，及时修理或更换已损坏的软管	六个月/检测前/后		
		4.确认机械手关节处、调节杆上的转动销及枢轴上的转动销完好牢固			
		5.检查调节器主体和轴有无凹陷、变形或其他损坏，每一个或更换已损坏的组件	六个月/检测前/后		
		6.定期对机械手进行表面处理	六个月		
6	云台	1.定期对云台进行清理	六个月		
7	连接箱	1.定期清理水分和灰尘	六个月		
8	电子仓	1.确定绝缘良好，拍下所有开关并清洗	根据显示		
		2.确定电子仓内各电路板安装牢固，无损坏	根据显示		

表 E.1 有缆机器人设备维护保养程序（续）

序号	部位名称	保养内容	保养周期	状况	备注
9	控制室	1.确定控制台上所有设备安装牢固	检测前/后		
		2.用防静电清洗控制台和监视器	检测前/后		
		3.用去油剂擦拭台壁、变压器配电箱	检测前/后		
		4.检查控制箱外壁有无损伤和锈蚀	检测前/后		
		5.确定控制台和变压器固定螺栓紧固，控制台减震放置良好	检测前		
		6.清洗电脑和控制驯的风扇滤网	检测前/后		
		7.确定所有进入控制箱的电缆固定可靠	检测前/后		
		8.控制箱合页进行润滑	检测前/后		
10	光纤	1.检查表面有无磨损，及时修复	检测前/后		
		2.检查信号传输是否正常	检测前/后		
		3.检查链接头传输是否正常	检测前/后		
		4.确保动力输出及信息输入，及时更换	检测前/后		
11	缆车	1.计数器是否工作正常	检测前/后		
		2.手摇/电动 收放状况	检测前/后		
		3.车架坚固度	检测前/后		
12	配重块	1.连接固定是否牢固	检测前/后		
13	检测工具	1.连接牢固检查	检测前/后		
		2.工作状态是否正常	检测前/后		
		3.传输是否正常	检测前/后		
		4.清洗表面，检查磨损并及时维护	检测前/后		

附 录 F

（规范性）

有缆机器人现场作业记录

表 F.1 有缆机器人现场作业记录

项目：　　日期：

下水编号		系统	
地 点			
负责人		主检	
天气		气温	
风速		水深	
水温		流速	
检测内容：			
时间	描述	时间	描述

备注：工作时间，依次记录工作顺序及内容（从陆地检查开始至设备出水后检查结束）

记录人员：

日　　期：

附 录 G

（规范性）

有缆机器人应急程序

G.1　目的

事先分辨出有缆机器人在作业过程中可能出现的紧急情况，制定出相应的应变措施，做到当描述的紧急情况发生时，能够及时采取有效措施，按照预定步骤逐项执行，避免损失或将损失降到最低。

G.2　应急程序

应急状态及应急措施与步骤见表 G.1。

表 G.1 应急状态及应急措施与步骤

序号	应急状态	状态说明	应急措施与步骤
A	动力电力中断	有缆机器人最危险状况：不受控制，处于自由漂泊状态	1.迅速通知陆地（船）上工作人员 2.有缆机器人操作人员观察其脐带的状态 3.查明电力中断原因，及时排除故障，或故障短时间内无法排除，应接入临时电源 4.及时利用脐带回收，注意回收速度防止脐带过度受力损伤
B	光纤通讯中断	有缆机器人最危险状况：不受控制，处于自由漂泊状态	1.迅速通知陆地（船）上工作人员 2.有缆机器人操作人员观察其脐带的状态 3.查明光纤通讯中断原因，及时排除故障，或故障短时间内无法排除，主检人重启电子装置恢复通讯，或光纤通讯不能恢复则及时利用脐带回收，注意回收速度防止脐带过度受力损伤 4.有缆机器人回收后组织人员进行修理
C	控制电力中断	有缆机器人最危险状况：不受控制，处于自由漂泊状态	1.迅速通知陆地（船）上工作人员 2.有缆机器人操作人员观察其脐带的状态 3.及时利用脐带回收，注意回收速度防止脐带过度受力损伤 4.工作人员迅速查明配电室有无异常（火花、烟雾、异常气味等等）并检查断电原因，在原因不明的情况下决不允许强行加电。有缆机器人出水后检查原因修复
D	有缆机器人脐带缠绕	有缆机器人最危险状况，特别是在较差能见度的水下作业时其危险性最大。	1.迅速通知相关人员 2.在情况不明时有缆机器人尽量保持不支，防止进一步缠绕 3.回忆有缆机器人行走路线或通过回话录像分析可能与有缆机器人缠绕的目标位置和状态 4.观察脐带受力情况并慢慢回收脐带，在脐带的回收过程中注意观察脐带的受力角度和有缆机器人去向，决不能使脐带过度受力 5.旋转有缆机器人用摄像头看能否观察到缠绕位置，若看不到缠绕点，可操控有缆机器人沿着脐带向回行走至缠绕点 6.根据缠绕情况操控有缆机器人解开缠绕 7.有缆机器人出水后检查脐带是否受损
E	失去液压动力	有缆机器人最危险状况：不受控制，处于自由漂泊状态	1.迅速通知陆地（船）上工作人员 2.有缆机器人操作人员观察其脐带的状态 3.查明电力中断原因，及时排除故障，或故障短时间内无法排除，应接入临时电源及时利用脐带回收，注意回收速度防止脐带过度受力损伤。 4.有缆机器人回收后组织人员进行修理

表 G.1 应急状态及应急措施与步骤（续）

序号	应急状态	状态说明	应急措施与步骤
F	收放系统故障	有缆机器人处于危险状况，该系统 有效运行，影响有缆机器人正常的投放和回收	1.ROB 未下水作业时收放系统发生故障：找出故障源进行有效修复 2.有缆机器人下在水下作业时收放系统发生故障：找出故障源进行有效修复，若短时间无法修复，根据现场作业的实际情况将有缆机器人回到到陆地再进行修复
G	回收时风浪对有缆机器人的冲击	有缆机器人处于危险状况，有缆机器人本体及脐带部分易受破坏	1.水面回收时，密切配合，安全有效地进行回收 2.风浪过大时，尽可能使用水下回收方式
H	系统显示异常	有缆机器人处于危险状况，系统显示异常，极大的影响操控人员对有缆机器人本体在水下状况的合理判断	结合现场作业的实际情况，争取第一时间将有缆机器人回收到陆地进行故障的查找及修复
I	摄像系统异常	有缆机器人处于危险状况，地面操作人员无法通过摄像头看到实物，有缆机器人处于不爱控状态	结合现场作业的实际情况，依靠其他设备如声呐系统管争取第一时间将有缆机器人回收到地面进行故障查找及修复
J	声呐异常	有缆机器人处于最危险状况，尤其是在能见度低的水下，有缆机器人将处于不受控状态	结合现场作业的实际情况，争取第一时间将有缆机器人回收到陆地进行故障的查找及修复
K	罗盘异常	有缆机器人处于最危险状况，不能对有缆机器人定位，有缆机器人将处于不受控状态	结合现场作业的实际情况，争取第一时间将有缆机器人回收到陆地进行故障的查找及修复
L	有缆机器人水下照明出现故障	有缆机器人处于危险状况，没有照明相当于失去摄像头功能，仅依靠声呐系统有缆机器人很难进行较为细致的水下作业	结合现场作业的实际情况，争取第一时间将有缆机器人回收到陆地进行故障的查找及修复
M	恶劣天气	有缆机器人处于最危险状况	1.作业中因风浪大无法回收时，可暂座于水底 2.尽可能避开恶劣天气
N	人员伤亡	水下作业进受伤生病等	1.严格按照项目组要求进行作业 2.严格依据有缆机器人操作及安全规定进行作业 3.作业前进行安全教育 4.做好防护防