

TB

团 体 标 准

T/CSGPC XXXX—XXXX

# 海底管道及海底电缆检测技术规范 (征求意见稿)

Technical specifications for inspection of submarine pipelines and  
submarine cables

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国测绘学会 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 总体要求 ..... 1

    4.1 检测内容与方法 ..... 1

    4.2 检测程序 ..... 2

    4.3 检测精度 ..... 2

    4.4 测绘基准 ..... 2

5 设备要求 ..... 2

    5.1 单波束测深仪 ..... 2

    5.2 多波束测深系统 ..... 3

    5.3 侧扫声呐系统 ..... 3

    5.4 浅地层剖面仪探测系统 ..... 3

    5.5 磁法探测系统 ..... 3

    5.6 实时三维声呐系统 ..... 3

    5.7 电缆探测仪 ..... 3

    5.8 合成孔径声呐系统 ..... 3

    5.9 水下机器人 ROV ..... 4

6 外业检测 ..... 4

    6.1 一般要求 ..... 4

    6.2 测线布设 ..... 4

    6.3 测量技术 ..... 5

    6.4 无人艇外检测 ..... 7

    6.5 近岸登陆（滩涂）段外检测 ..... 7

    6.6 水下机器人外检测 ..... 7

    6.7 潜水探摸 ..... 7

7 内业处理 ..... 8

    7.1 一般要求 ..... 8

    7.2 处理前的检查 ..... 8

    7.3 数据处理 ..... 8

    7.4 成果数据 ..... 10

8 资料检查验收与归档 ..... 10

    8.1 资料检查验收 ..... 10

    8.2 资料归档 ..... 10

附 录 A （资料性附录） 工作流程示例 ..... 12

附 录 B （资料性附录） 检测效果示例 ..... 13

附 录 C （资料性附录） 检测报告目录示例 ..... 16

参 考 文 献 ..... 18

## 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。

本文件由中国测绘学会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件首次发布。



# 海底管道及海底电缆检测技术规范

## 1 范围

本文件规定了海底管缆及海底电缆外检测的总体要求、设备要求、外业检测、内业处理，以及资料检查验收与归档要求。

本文件适用于利用船载多波束、侧扫声呐、浅地层剖面仪、磁力仪、实时三维声呐等声学磁法技术对海底管缆及电缆进行外检测，其中不包括平台端立管、护管。

## 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/T 17501 海洋工程地形测量规范
- GB/T 17502 海底电缆管道路由勘察规范
- CH/T 1001 测绘技术总结编写规定
- GB 12327 海道测量规范
- GB/T 42640 多波束水下地形测量技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**海底管缆裸露** exposed submarine pipe-cable

掩埋的海底管缆和电缆覆盖层受外力影响损失，露出海底面的现象。

### 3.2

**海底管缆悬空** suspended submarine pipe-cable

由于海底基础沉陷或者海流冲刷，裸露的海底管缆和电缆下方离开海底面一定距离的现象。

### 3.3

**海底障碍物** seabed obstacle

海底管缆和电缆两侧任何可能危及管缆安全的地物。

注：障碍物包括来自于过往船舶的坠物、海上施工过程的遗弃物或较大体积的自然地理要素等。

### 3.4

**测线** measuring line

海底管缆和电缆外检测作业前，设计的船舶航行外检测路线。

注：多波束测深和侧扫声呐地貌测线平行于管缆中心线，浅剖、磁力测线垂直或斜交于管缆中心线。

### 3.5

**干预** intervention

对管道和电缆外部海床条件和支撑条件变化的纠正性措施。

注：包括采用砂袋、石料、压块、灌浆袋、混凝土连锁排、挖沟等方法进行维护治理。

## 4 总体要求

### 4.1 检测内容与方法

检测内容与方法应符合表1要求。

表1 海底管缆及电缆外检测内容及方法要求

检测类型	外检测内容	外检测方法要求
位置	查明海底管道和电缆平面位置、埋深情况。	采用多波束测深、侧扫声呐扫测、浅地层剖面探测、磁法探测、实时三维声呐扫描等外检测方法综合确定
状态	查明海底管缆悬空、裸露、脱离管沟等异常状态，包括悬空长度、悬空高度、起止点坐标，裸露长度、起止点坐标，埋深等信息，查明已实施干预的海底管缆现状。	采用多波束测深、侧扫声呐扫测、浅地层剖面探测、磁法探测、实时三维声呐扫描等外检测方法综合确定
路由区水深、地貌	查明海底管缆和电缆路由区水深、地形地貌以及管缆附近构成潜在危险的不安全要素，如暗礁、沉船、水泥块、锚痕、弃锚及其他障碍物等。	水深地形测量符合 6.3.1 要求； 地貌调查符合 6.3.2 要求
路由区浅地层特征	查明海底管缆路由是否存在地质异常区域，如滑坡、塌陷、粉沙流、软地层夹层、古河道、浅层气等	浅地层探测符合 6.3.4 要求
交叉	查明管管/管缆/缆缆交叉点平面位置、交叉点所处状态（裸露、悬空、埋藏）、交叉间距等	采用多波束测深、侧扫声呐扫测、浅地层剖面探测、实时三维声呐扫描等外检测方法综合确定
异常	海底管缆隆起屈曲、侧向屈曲等异常变形，海底管缆侧向位移	采用多波束测深、侧扫声呐扫测、浅地层剖面探测、实时三维声呐扫描等外检测方法综合确定

## 4.2 检测程序

检测应按照前期资料收集、实施方案编制、海上检测、资料处理解释、图件与报告编制、成果验收、资料归档等程序进行（参见附录A中图A.1）。

## 4.3 检测精度

- 4.3.1 海上导航定位测量时，平面位置的定位中误差应不大于图上 1mm，且最大不超过 10m。
- 4.3.2 海底管缆裸露及悬空长度的测量误差应不大于 0.5 m，高度的测量误差应不大于 0.2m，埋设深度的测量误差应不大于 0.2m。
- 4.3.3 水深测量时，当水深 $\leq 20\text{m}$  时，深度的测量误差应不大于 0.2m；当水深 $>20\text{m}$  时，深度的测量误差应不大于所测深度的 1%。
- 4.3.4 海底障碍物的平面位置测量误差应不大于 1m。

## 4.4 测绘基准

- 4.4.1 大地基准应采用“2000 国家大地坐标系”（CGCS2000），采用相对独立的坐标系统时，应与 CGCS2000 系统建立联系。
- 4.4.2 高程基准应采用“1985 国家高程基准”。
- 4.4.3 深度基准采用理论最低潮面，在远离大陆的深海海域，可采用当地平均海面。理论最低潮面的确定，应符合 GB 12327 的规定。

## 5 设备要求

### 5.1 单波束测深仪



#### 5.1.1 单波束测深仪应满足下列要求：

- a) 选用的测深仪同时具有模拟记录和数字记录两种记录方式；
- b) 换能器波束指向角为  $3^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ；
- c) 测深分辨率  $\leq 2\text{cm}$ 。

### 5.2 多波束测深系统

#### 5.2.1 多波束测深系统应满足下列要求：

- a) 换能器波束角应不大于  $2^{\circ}$ ；
- b) 姿态传感器横摇 (Roll)、纵倾 (Pitch) 角度测量误差不大于  $0.05^{\circ}$ ，升沉测量误差不大于  $0.05\text{m}$  或实际升沉量的 5%，罗经艏向角度测量误差应不大于  $0.1^{\circ}$ ；
- c) 声速仪的声速测量误差不大于  $1\text{m/s}$ ，包括表层声速和剖面声速。

### 5.3 侧扫声呐系统

#### 5.3.1 侧扫声呐系统应满足下列要求：

- a) 工作频率不低于  $100\text{kHz}$ ，水平波束角不大于  $1^{\circ}$ ，最大单侧扫描量程不小于  $200\text{m}$ ；
- b) 能分辨海底  $1\text{m}^2$  大小的地物；
- c) 具有航速校正和倾斜距校正等功能。

### 5.4 浅地层剖面仪探测系统

#### 5.4.1 浅地层剖面仪探测系统应满足下列要求：

- a) 浅地层剖面仪宜安装在船体或船舷上，通过数据传输电缆将探测数据从换能器传输至工作母船甲板上的接收装置；
- b) 浅地层剖面仪的声源宜采用电声或电磁脉冲，频谱为  $500\text{Hz} \sim 15\text{kHz}$ ；
- c) 发射机应具有足够发射功率，接收机应具有足够的频带宽和时变增益调节功能，能同时进行模拟记录剖面输出和数字采集处理与存储。

### 5.5 磁法探测系统

#### 5.5.1 磁法探测系统主要用于确定路由区海底已建电缆、金属管道和其他铁磁性物体的位置和分布，应满足下列要求：

- a) 选用的磁力仪灵敏度应优于  $0.05\text{nT}$ ；
- b) 测量动态范围应不小于  $20000\text{nT} \sim 100000\text{nT}$ 。

### 5.6 实时三维声呐系统

#### 5.6.1 实时三维声呐系统主要用于裸露、悬空管道和电缆扫测，应满足下列要求：

- a) 扫测作业时，应配套 DGNSS 定位系统、姿态传感器、罗经等辅助设备；若安装在水下作业平台，应利用超短基线 USBL、惯导测量仪等进行准确定位。
- b) 波束数量应不小于 16384；
- c) 距离分辨率应不小于  $3\text{cm}$ 。

### 5.7 电缆探测仪

#### 5.7.1 电缆探测仪应满足下列要求：

- a) 主要用于海底电缆平面位置的探查，选用的电缆探测仪应有探测发信装置和接收装置等模块；
- b) 探查作业时，应配套 DGNSS 定位系统。

### 5.8 合成孔径声呐系统

#### 5.8.1 合成孔径声呐系统应满足下列要求：

- a) 低频工作频率  $10 \sim 30\text{kHz}$ ，低频段发射功率不低于  $15\text{kW}$  以穿透沉积物覆盖层，地层穿透深度不小于  $10\text{m}$ ，海底成像地层分辨率不低于  $3\text{cm}$ ；

- b) 高频工作频率 500kHz - 700kHz, 高频段发射功率不低于 3kw 以实现微地貌检测;
- c) 灵敏度: 等效噪声级  $ENL \leq 118\text{dB}$ 、信噪比  $SNR \geq 12\text{dB}$ 。

## 5.9 水下机器人 ROV

### 5.9.1 水下机器人 ROV 应满足下列要求

- a) ROV 应配备运动传感器、水下声学定位系统、水下罗经、水下摄像机, 可搭载水深测量设备、侧扫声呐、浅地层剖面仪、管缆跟踪仪等调查设备, 具备足够的数据传输通道;
- b) ROV 工作母船应安装流速仪, 并应配置水下机器人独立操作控制室、动力定位、罗经及水下声学定位系统。

## 6 外业检测

### 6.1 一般要求

#### 6.1.1 检测前应编制海底管缆及电缆路由外检测技术设计方案。技术设计方案包括但不限于以下内容:

- a) 项目来源及作业地点;
- b) 作业内容及范围;
- c) 依据的规范和标准;
- d) 测绘基准;
- e) 组织机构及人员职责;
- f) 作业设备及船舶;
- g) 作业方案设计, 包括作业方法、测线布设、主要设备安装与连接调试、现场数据资料采集、数据资料处理及分析;
- h) 质量控制措施;
- i) 进度计划安排;
- j) 成果资料交付。

#### 6.1.2 根据检测需要, 结合现场踏勘情况, 选择合适的测量船。测量中船舶航速一般保持在 5 kn 以内。

#### 6.1.3 用于海底管缆及电缆路由外检测的强制检定设备 (GNSS 接收机、全站仪、水准仪), 应经计量检定部门检定/校准合格, 并在有效期内使用。

#### 6.1.4 实时记录测量工作参数和测量班报。对于存在障碍物、渔网等特殊情况, 应做相应的标识与说明。

#### 6.1.5 测量过程中出现定位信号跳点、采集信号不清楚、不连贯等情况时, 应现场补测; 内业处理时发现数据质量差、数据缺失等不符合测量精度要求的情况时, 应补测或重测。

#### 6.1.6 检测单位应对外检测获取的数据资料进行现场质量检查, 对未达到技术要求的检测工作, 应补测或重测; 对资料的处理结果进行质量检查。

### 6.2 测线布设

#### 6.2.1 水深测量测线布设

采用多波束测深系统时, 平行路由中心线布设测线, 对测量区域全覆盖, 外业测量过程中相邻测线应确保 20% 的重复覆盖率。垂直于主测线方向应布设检查线, 检查线长度不宜小于主测线总长度的 5%。

#### 6.2.2 地貌调查测线布设

在海底管缆及电缆路由两侧布设两条平行测线, 测线距离路由中心线各 50 米, 即两条测线间距 100m, 相邻条带间扫测应保证 100% 的重叠覆盖率。

#### 6.2.3 海底管缆和电缆埋深探测测线布设

垂直或斜交于海底管缆及电缆路由布设测线, 测线间距宜为 50m。

#### 6.2.4 浅地层地质剖面探测测线布设

垂直和平行于海底管缆及电缆路由布设测线，测线间距宜为100m。

#### 6.2.5 磁力探测测线布设

垂直或斜交于海底管缆及电缆路由布设测线，测线间距宜为50m。

#### 6.2.6 电缆探测仪探测

- a) 换能器探棒垂直于海平面，测线垂直或斜交穿越海缆上方，间距宜根据测量比例尺大小确定。
- b) 用“零值法”探测海缆位置：接收机收到的信号有一个弱、渐强、强、零、强、渐弱、弱的过程，其中信号突然变零时，探棒的正下方即为海缆位置（此点用定位系统打标记记录下来）。

#### 6.2.7 合成孔径声呐测线布设

- a) 合成孔径声呐扫测量程选择：较软底质时扫测量程为换能器到海底距离的 3 倍，较硬底质时扫测量程为换能器到海底距离的 2 倍。
- b) 管缆位置探测时，沿着海底管缆及电缆路由上方宜往返布设测线，测线间隔一般为 10-20m。
- c) 水深地貌扫测，根据测区水深、扫测量程、周围地物、定位精度、数据质量及潮汐变化等确定测线间距，保证有效扫宽之间的重叠不低于 20%。

#### 6.2.8 实时三维声呐测线布设

- a) 沿待测管缆正上方布设至少 1 条测线，实时扫测管缆位置及路由地貌；
- b) 对海上平台根部立管、码头前沿等重要设备设施的局部区域进行海底全覆盖扫海测量；
- c) 扫海测量发现可疑目标时，应加密探测，或采用其他探测方式再次加密探测。

#### 6.2.9 交叉段测线布设

- a) 以交叉点为中心的 200m-500m 调查范围内，多波束测线平行于管道方向进行布设；
- b) 以交叉点为中心的 200m-500m 调查范围内，侧扫声呐测线平行于管道方向进行布设；
- c) 以交叉点为中心的 200m-500m 调查范围内，浅地层剖面仪的探测线应符合 6.2.3 的要求。

### 6.3 测量技术

#### 6.3.1 水深测量

单波束水深测量应符合下列技术要求：

- a) 换能器的安装应牢固，且其轴线应与船底垂直，保证声波垂直发射和接收；
- b) 测量前需对测深仪进行预热和初始化设置，调整好测量参数；
- c) 测量船应保持匀速直线航行，速度一般不宜超过 5 节，以保证测量数据的稳定性；
- d) 相邻测线应适当重叠，重叠率一般为 10% - 20%，以确保测量区域无遗漏；
- e) 测量过程中应实时记录测深数据、船位信息等，同时要注意观察测深数据的显示情况，及时发现异常数据并进行处理。

多波束水深测量应符合下列技术要求：

- a) 多波束扫宽设置应保证对测量区域 100%的覆盖，相邻测线应保证至少 20%的重复覆盖率；
- b) 作业前应测量海水声速剖面，求取多波束探头的表面声速，精确量取换能器的吃水深度并输入测深仪中；
- c) 每间隔 3 天，进行测量前的船舶动吃水测量；
- d) 近岸段应采用实测水位观测资料用于水位改正，验潮站水位观测中误差应不大于 5 cm, 当沿岸验潮站或其他方式不能控制测区水位变化时，可采用预报水位。

海上测量应按以下方法实施：

- a) 在距离测区较近的岸边合适位置处设立临时验潮站，水深测量期间人工验潮或自动验潮仪同步观测，观测间隔为 10 min，作为水深测量潮位改正的基准。无法设立临时验潮站时可使用自动验潮仪获取潮汐数据；
- b) 测量前应建立船体坐标系，量取各传感器相对于参考点的位置，往返各量一次，取其均值；

- c) 多波束系统校准测量应在水深变化较大区域进行。在平坦海区同线同速反向的情况下，通过条带断面数据测定横摇（Roll）偏差数据，通过中央波束数据测定纵摇（Pitch）偏差数据；在水深变化大的海区异线（间距为覆盖宽度的 2/3 的两条测线）同速同向的情况下，通过边缘波束数据测定艏摇（Yaw）偏差数据。各项数据测试时均应经过多组数据比对，取其均值；
- d) 数据初步处理后发现管道悬空，宜加密测量得出海底管缆悬空高度。

#### 6.3.2 地貌调查

地貌调查应符合下列技术要求：

- a) 侧扫声呐量程设置应使条带间的覆盖重叠率达到 100%；
- b) 现场测量时宜保证海底管缆处于探测范围的中央区域；
- c) 数据初步处理后发现管道裸露及悬空段，宜加密测量；
- d) 应保证侧扫声呐图像清晰，裸露悬空管道图像清晰连续不变形。

#### 6.3.3 埋深探测

- a) 实时调节浅地层剖面仪增益，频率宜采用 10 kHz～15 kHz。
- b) 测量过程中应保证海底管缆图像清晰，没有强噪声干扰和图像模糊、间断现象。发现可疑目标应进一步探测。

#### 6.3.4 浅地层剖面探测

- a) 浅地层剖面仪频率宜采用 4 kHz～6 kHz，探测泥面以下深度不小于 30 m。
- b) 对地质异常区域进行静力触探或钻孔实验，分析此异常区域对海底管缆在位运行安全的影响，应按 GB/T 17502 要求实施。

#### 6.3.5 磁力探测

磁力探测应符合下列技术要求：

- a) 对于直径小于 200mm，或有碎石、水泥压块、护垫等覆盖维护的海底管缆及电缆，采用声学探测方法探测不到信号或信号较差的区域，可通过磁力仪探测确定其平面位置；
- b) 为保证定位精度及拖鱼姿态稳定性，测量船应尽量在海流流速较小的平流期作业，船速控制在 2-3 kn 左右；
- c) 磁力仪采用尾拖方式进行测量时，所放拖鱼距离应大于测量船长度的 3 倍，距海底面高度一般在 5m 以内；
- d) 为得到更精确的管缆平面位置坐标，宜采取往返测量方式。

#### 6.3.6 电缆探测仪探测

电缆探测仪探测通电的海底电缆应符合下列技术要求：

- a) 电缆探测过程中宜采用 50Hz 或 60Hz 的工作脉冲频率进行探测；
- b) 探头要远离船舶主机与辅机，尽量保持垂直向下，尽可能关闭移动发电机，切断附近的用电设施，以降低背景电磁信号的干扰；
- c) 电脑软件输入频率值与信号接收单元所调频率值应保持一致；
- d) 为保证定位准确，作业前将定位设备安装于电缆探测仪正上方，在电缆出现异常信号时，应在软件中提取其坐标位置；
- e) 为得到更精确的电缆平面位置坐标，宜采取往返测量方式。

#### 6.3.7 合成孔径声呐探测

合成孔径声呐探测应符合下列技术要求：

- a) 尽量选择在平潮期进行测量作业，在正式采集记录管缆探测数据之前，按预定的航速和航向稳定航行不少于 30 秒；

- b) 在数据采集过程中, 测量载体保持均匀的航速和稳定的航向, 船速控制在 4kn 内, 使用小舵角修正航向, 避免急转弯;
- c) 实时监测信号的质量和数据的覆盖情况, 发现信号质量不满足精度要求时, 及时进行补测或重测;
- d) 涌浪过大导致海底线明显有规律地起伏时, 应停止作业, 等待海况好转后再进行补测;
- e) 声呐工作参数设置不当, 导致采集数据质量低, 不能满足内业处理要求时, 应重测;
- f) 合成孔径声呐的换能器探头距离海底面高度应 $\leq 50\text{m}$ 。

### 6.3.8 实时三维声呐扫测

- a) 扫测实施前, 宜选择适当海区, 按照设备安装校准要求进行校准;
- b) 根据探测目标、性质等合理设置参数, 应保证相邻扫测断面重叠带不少于测线间距的 20%, 确保扫测区域的完整性和数据的连续性;
- c) 应进行声速测量, 且声速测量精度优于 1m/s;
- d) 应实时调整三维声呐的水下云台系统, 获取最佳扫测数据;
- e) 实施三维声呐扫测时, 各类数据记录应详细清楚, 填写完整。

### 6.4 无人艇外检测

基于无人艇的海底管缆外检测实施应符合下列技术要求:

- a) 无人艇勘测适用于长输管缆登陆端且测量船难以到达的水深较浅区域;
- b) 无人艇的尺寸与重量依作业海域环境和搭载设备需求设计; 一般要求艇身长度 8m、型宽 3m、型深 0.5m、满载重量 5t, 续航里程不低于 200km, 并具备在 4 级海况下作业的能力;
- c) 无人艇应配备高精度导航定位系统, 并融合惯性导航测量系统, 定位精度应优于 0.5m;
- d) 无人艇应具备稳定可靠的数据传输通信系统, 融合 4G/5G、卫星、超短波通信方式, 数据传输速率不低于 5Mbps;
- e) 控制指令接收响应时间小于 2 秒, 具备应急停止装置, 确保紧急情况时无人艇可安全快速返航回收;
- f) 支持实现远程操作监控, 控制中心配备完善的工作界面和系统, 实时显示作业信息, 辅助操作人员决策。

### 6.5 近岸登陆(滩涂)段外检测

针对无人艇船无法到达的滩涂区域, 海底管缆路由位置及埋深探测应符合下列技术要求:

- a) 宜使用金属管线探测仪等物探设备探查管缆位置及埋深, 并做好点位点号标定;
- b) 宜使用 GNSS-RTK 或全站仪测量其标定的管缆路由绝对位置和标高;
- c) 宜使用 GNSS-RTK 或全站仪对管缆中心路由两侧范围内可发现的障碍物、地貌、地物等进行定位测量;
- d) 应比对陆地测量的地形成果与多波束水深扫测成果, 如发现地貌、障碍物等位置信息存在差距, 则应重新测量, 直至两方测量成果一致。

### 6.6 水下机器人外检测

水下机器人外检测实施应符合下列技术要求:

- a) 水下机器人作业航进速度宜小于 2kn;
- b) 采用高精度的 DGPS 定位系统结合水下定位技术, 精确确定水下机器人的位置和姿态, 使其沿着设计测线进行管缆路由外部巡查;
- c) 搭载水下高清摄像机提供水下高清视频和图片资料, 用于直观观察管缆路由表面状况;
- d) 密切监控水下机器人的工作状态, 一旦出现异常, 及时采取应急措施, 启动自动上浮装置或远程控制机器人返回水面。

### 6.7 潜水探摸

- a) 潜水探摸宜采用目视、水下量测、水下摄像等方法，确定裸露、悬空的海底管缆、水下障碍物及管缆维护物等水下地物的位置、高度；
- b) 水下摄像时应减少晃动并调整摄像距离，在足够清晰的距离上获得尽可能大的摄像画面，并根据水下光照度情况增加全色光对被摄结构进行补光，提高画面质量；
- c) 成果图件应包括水下影像资料、水下探摸报告；

## 7 内业处理

### 7.1 一般要求

- 7.1.1 海底管缆维护物现状、裸露及悬空的海底管缆状态，由侧扫声呐图像和多波束地域图判读，参见附录 B 中图 B.1、B.2。
- 7.1.2 埋设状态的海底管缆数据由浅地层剖面仪资料判读，识别干扰波，去除地质假象后计算海底管缆埋设深度。管沟沟底水深通过多波束水深资料摘录，计算出埋设深度，参见附录 B 中图 B.3。
- 7.1.3 完成海底管缆路由区海底地貌调查，查明平滑海底、粗糙海底、蚀余台地等地貌类型界址线范围、面积，查明海底管缆路由周围水深地形状况，生成彩色二维效果图。
- 7.1.4 针对管管、管缆、缆缆交叉部位，查明交叉点海底管道、电缆在位状态（埋藏、裸露、悬空、人工维护物等），为治理提供依据。
- 7.1.5 查明分析影响海底管缆安全运行的地质异常区域，如蚀余台地、表层扰动体等，查明海底管缆的沉降、局部坡降较大管段及海底管缆的潜在危险部位。
- 7.1.6 与海底管缆历史检测资料进行对比，识别异常变化并分析原因。

### 7.2 处理前的检查

数据检查是指检查调查过程中采集的数据能否满足要求，检查的项目包括但不限于以下内容：

- a) 确认数据是否连续采集；
- b) 确认数据能否满足质量要求；
- c) 确认直接测量数据是否与实际工况相吻合；
- d) 确认技术指标是否满足要求；
- e) 确认是否存在超出传感器检测范围的调查数据。

### 7.3 数据处理

#### 7.3.1 水深数据

单波束水深数据处理应符合下列要求：

- a) 对测量数据进行滤波、平滑等处理，去除噪声和水深异常值；
- b) 根据测量区域的地形地貌特点，选择合适的内插方法，绘制水深图；
- c) 对测量结果进行精度评估，测量误差应满足 4.3.3 的要求。

多波束水深数据处理应符合下列要求：

- a) 采用多波束数采软件实时采集数据，求取多波束系统的校准参数数据；
- b) 对多波束原始数据进行数据转换、声速剖面改正、潮汐改正、线模式编辑、子区编辑等；
- c) 压缩水深时选取保留实际位置的最浅水深并进行压缩；
- d) 采用“XYZ”数据格式输出压缩后的多波束水深数据，生成水深图；
- e) 根据生成的地域图进行识别及判读，辨别多波束数据中的假信号，提取裸露、悬空管道位置坐标和高程信息。

#### 7.3.2 地貌数据

- a) 辨别声呐图像记录上的干扰信号、噪音及不具工程意义的回声信号；
- b) 采用专业侧扫声呐处理软件对侧扫声呐原始数据进行水体移除、偏移量改正、倾斜改正、增益调节等必要的处理，提取裸露、悬空管道位置坐标；

- c) 侧扫声呐数据处理过程中应着重参考水声学中声波在海底不同介质中的反射、散射原理，结合所在区海洋动力因素，力求分辨出桩穴、海底冲刷以及明显的障碍物，最终输出 DXF 文件，生成地貌图。

### 7.3.3 管道状态数据

- a) 识别记录上的干扰波，去除假象；
- b) 根据管道反射特征进行识别及判读，根据浅地层反射图谱记录管道位置；
- c) 管沟内的海底管缆状态，参见附录 B 中图 B. 4；
- d) 应保留所有测量的管顶标高截图及航迹编号。

### 7.3.4 浅地层数据

- a) 识别剖面记录上的干扰波，去除地质假象；
- b) 初步分析各层序的空间形态及层序间的接触关系，结合地质钻孔资料，确定各层序的地质特征；
- c) 应识别影响海底管缆安全运行的地质不均质区域，如蚀余台地、表层扰动体等，确定它们的分布范围。

### 7.3.5 磁力数据

- a) 应保留所有测量的磁信号截图及航迹编号；
- b) 观察外业定标前后数据，分析磁力信号曲线，输出对应的海底管缆位置。

### 7.3.6 电缆探测数据

- a) 应保留所有测量的磁信号强弱截图及航迹编号；
- b) 观察外业定标前后数据，分析磁信号变化曲线，输出对应的海底电缆位置。

### 7.3.7 合成孔径声呐数据

- a) 核对关键参数，对外业原始数据进行预处理，剔除导航数据、罗经数据、姿态数据等的粗差；
- b) 导入姿态、航向、安装偏差、声速、潮位及吃水改正等数据，根据辅助信息对合成孔径声呐图像数据进行修正；
- c) 根据地理坐标和时间进行配准，获取目标所在位置的海底位置信息，生成沿线浅地层剖面图，或海底障碍物、沉船等位置分布图；
- d) 输出海底目标与海底地形融合后的三维效果图，编写技术报告。

### 7.3.8 实时三维声呐数据

- a) 输出裸露悬空海底管缆的位置坐标，截取对应的俯视图、侧视图以及视频资料；
- b) 对水下目标进行三维可视化建模，生成水下目标三维可视化图，直观展示水下目标的形态和位置等信息；
- c) 对于紧急的海底管缆外检测工程，可利用实时三维声呐数据进行快速评估。

### 7.3.9 交叉点位置数据

数据处理应符合下列要求：

- a) 交叉点处的海底管缆状态由多波束资料、侧扫声呐资料、浅地层剖面资料相互校核，相互验证，做出综合分析；
- b) 通过浅地层剖面仪和多波束水深数据得到交叉点附近离散探测点的海底管缆信息，通过交叉管道两侧管顶标高变化趋势推测交叉处两管道相对位置关系；若无法确定交叉处两管道相对位置关系，应标明原因；
- c) 对于交叉处有损坏的部位，应记录其详细位置，损坏程度。

### 7.3.10 隆起屈曲、侧向屈曲等异常数据

海底管缆隆起屈曲、侧向屈曲等异常数据，可依据海底管缆纵断面图（埋设状况图）和地貌图中管缆的位置及走向变化进行判断。查明海底管缆的侧向位移、分布位置。必要时，可采用水下机器人（ROV）、潜水员水下探摸的方式进行辅助调查。

## 7.4 成果数据

### 7.4.1 成果报告

应依据外检测技术设计书和成果资料，按照CH/T 1001的要求编制最终成果报告，可参考附录C的内容进行编制。

### 7.4.2 成果图件

成果图件编制应符合下列要求：

- a) 平面位置图内容包括管道坐标位置、里程标注、埋设区域、裸露区域、悬空区域、平台及平台名称、近平台管道等；
- b) 绘制水深图时，一般情况下，基本等深线间隔应为1 m，但当基本等深线不能明确反映海底地形时，可加绘辅助等深线；
- c) 海底管缆埋设状况图应标明起止点剖面的坐标、水深、海底形态、管道相对于海底的状态；
- d) 针对海底管缆悬空（裸露）、侧向屈曲、隆起屈曲等异常位置生成彩色三维图，为治理提供依据（参见附录B中图B.5）；
- e) 界面埋深图，图面内容主要包括重要地层界面的埋深等值线、地层层厚度等值线等；
- f) 中轴线地层剖面图，其垂直与水平比例应合理；图面内容主要包括地形剖面线、地层界面、岩性等。

## 8 资料检查验收与归档

### 8.1 资料检查验收

资料检查验收应遵循“两级检查、一级验收”的原则。由测量执行单位对所有的测量资料进行部门和单位的两级全面检查，由测量任务委托方或其委托具有检验资格的机构实施验收。

### 8.2 资料归档

#### 8.2.1 归档范围

应将所有检测文件记录、整理、标识、编目、装订、保存和最终归档，存档资料包括但不限于以下内容：

- a) 委托书；
- b) 技术方案；
- c) 技术报告；
- d) 质检报告；
- e) 仪器检验校对；
- f) 多波束外业记录表格；
- g) 浅剖管道记录表格；
- h) 浅剖地层记录表格；
- i) 声呐记录表格；
- j) 磁力仪记录表格；
- k) 施工日志；
- l) 现场方案变更记录；
- m) 纸质报告（包括图件）；
- n) 存档（电子版）。

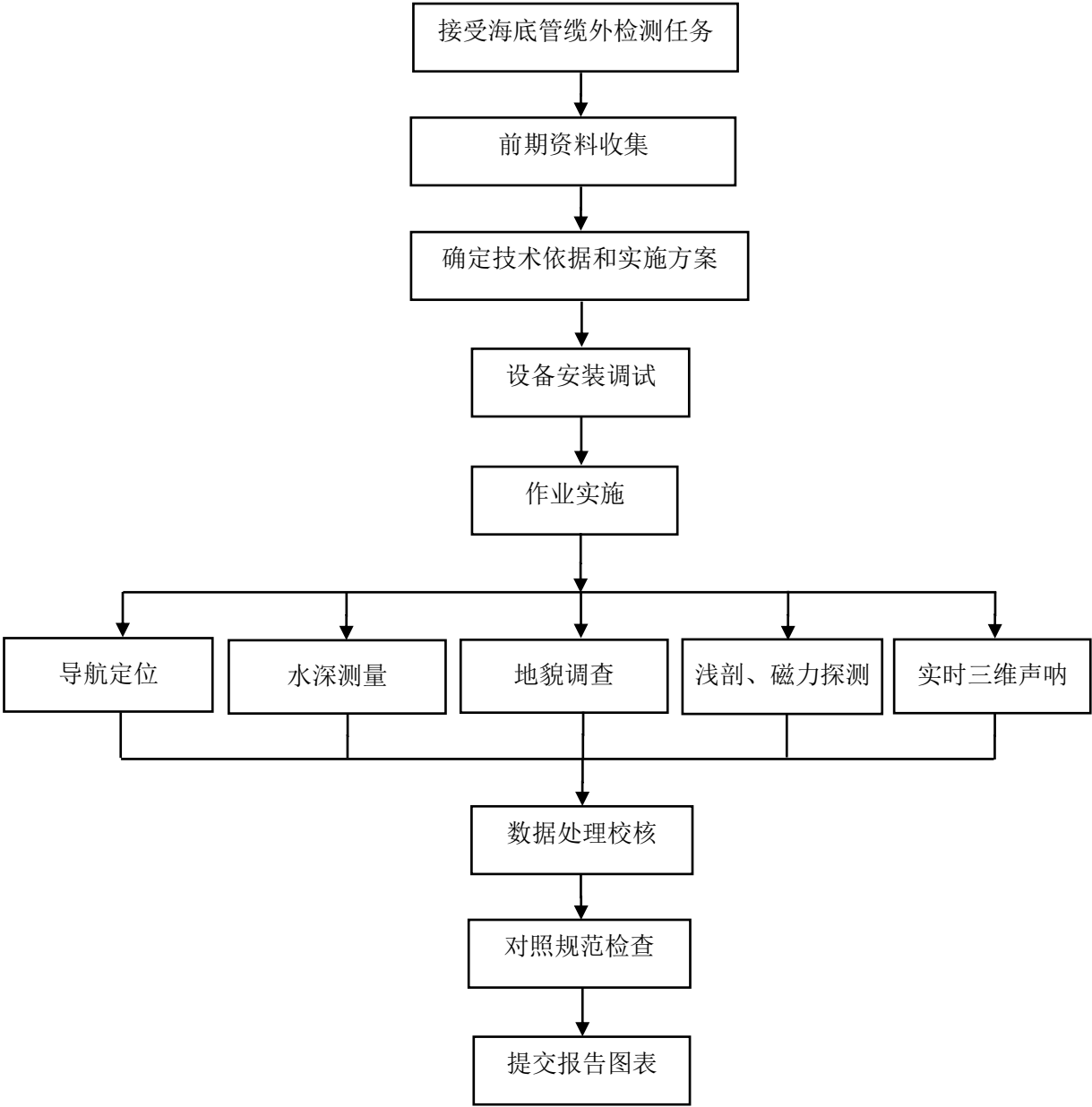


### 8.2.2 归档要求

归档应按下列要求：

- a) 应对外检测过程中形成的所有文字记录等材料进行整理立卷，并审核签字，经档案管理部门审查符合相关规定后归档；
- b) 归档文件应格式统一、字迹工整、图样清晰、装订牢固、签字手续完备；
- c) 归档资料应按保密规定划分密级，妥善保管。外检测过程中所形成的重要文件、材料、调查计划、原始记录、原始资料、资料汇编、图集图件、报告、规范性作业文件、追溯性记录等均应永久保管；
- d) 电子文件材料应注明技术环境条件、相关软件版本、数据类型格式、操作数据、调查数据及备份要求等。

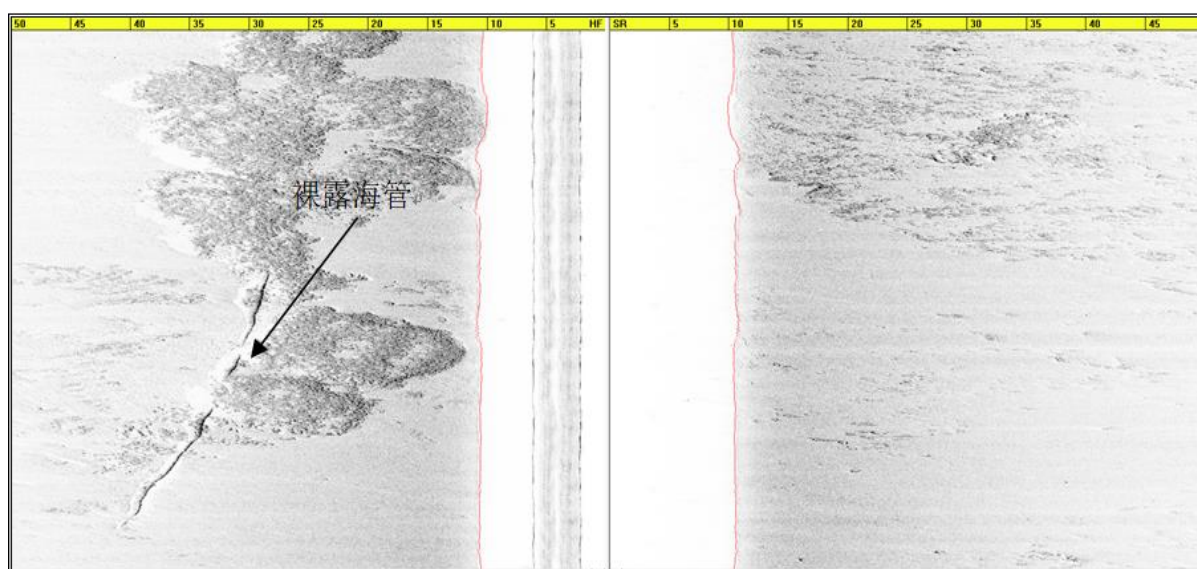
附录 A  
(资料性附录)  
工作流程示例



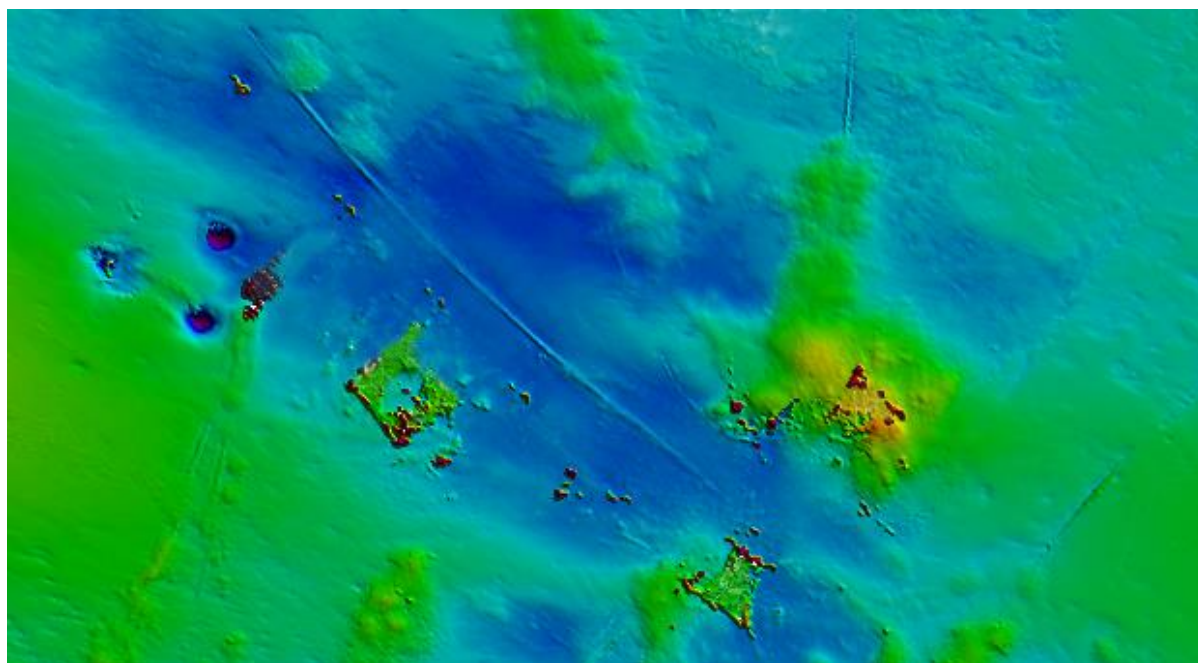
图A. 1 海底管缆外检测工作流程示意图

附录 B  
(资料性附录)  
检测效果示例

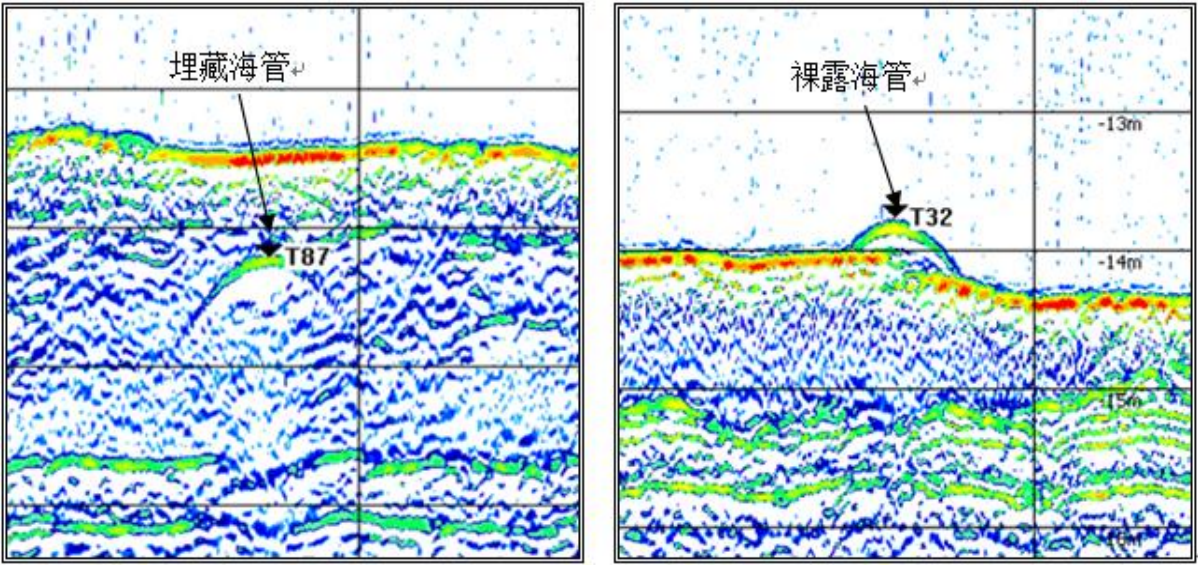
检测效果示例见图B.1~B.5



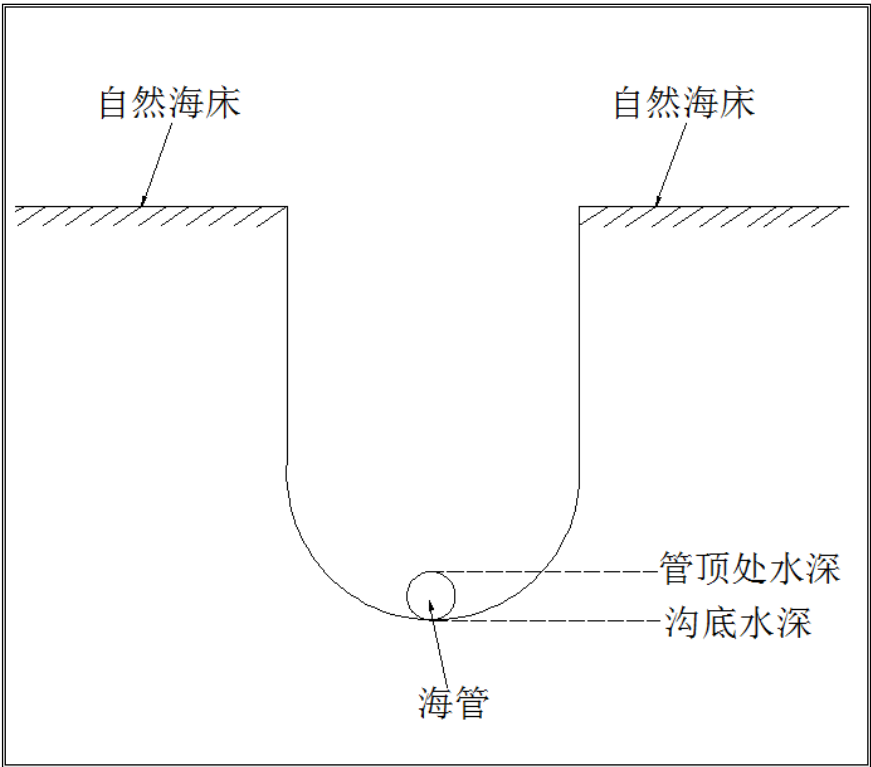
图B.1 侧扫声呐效果示意图



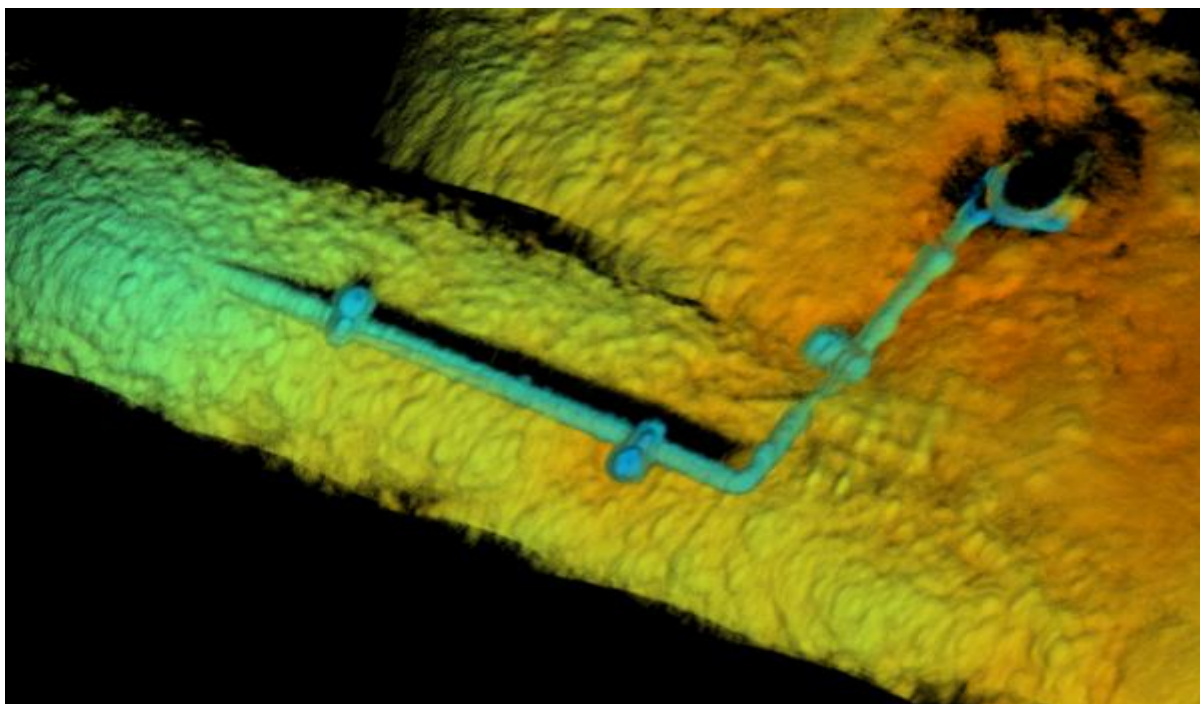
图B.2 多波束效果示意图



图B. 3 浅地层剖面仪效果示意图



图B. 4 沟内管道状态示意图



图B. 5 实时三维声呐效果示意图

附录 C  
(资料性附录)  
检测报告目录示例

检测报告见如下示例：

- 1 前言
- 项目概述
- 2 术语和定义
- 3 检测目的与检测内容
- 4 检测方法和检测程序
  - 4.1 遵守的规范标准
  - 4.2 路由外检测设计
  - 4.3 路由外检测方法
    - 4.3.1 导航定位
    - 4.3.2 海底管缆路由区地形地貌调查
    - 4.3.3 海底管缆路由区浅地层调查
    - 4.3.4 侧扫声呐探测海底管缆
    - 4.3.5 浅地层剖面仪探测海底管缆
    - 4.3.6 海底管缆悬空高度测量
  - 4.4 仪器安装和调试
  - 4.5 外业测量
    - 4.5.1 水准测量
    - 4.5.2 潮位观测
    - 4.5.3 水深测量
    - 4.5.4 地貌调查
    - 4.5.5 海底管缆探测
    - 4.5.6 浅地层剖面探测
    - 4.5.7 磁力测量
    - 4.5.8 实时三维声呐测量
  - 4.6 资料处理与解释方法
    - 4.6.1 导航数据
    - 4.6.2 水深数据
    - 4.6.3 地貌数据
    - 4.6.4 海底管缆数据
    - 4.6.5 浅地层数据
    - 4.6.6 磁力数据
    - 4.6.7 实时三维声呐数据
    - 4.6.8 成果图绘制
  - 4.7 质量保证体系及控制措施
    - 4.7.1 质量保证体系
    - 4.7.2 过程控制
    - 4.7.3 成果审核、批准和交付控制程序
- 5 安全保证和应急措施
  - 5.1 组织保证措施
  - 5.2 应急预案
- 6 检测结果及建议
  - 6.1 海底地形特征
  - 6.2 海底管缆附近海底障碍物和海底面状况

- 6.3 海底管缆裸露、悬跨或掩埋状况
- 6.4 浅地层结构特征
- 6.5 与历史资料的对比
- 6.6 重要问题专项分析
- 6.7 海底管缆现状综合评价及建议
- 7 附录：实时三维多波束声呐裸露悬空海底管缆效果图

## 参 考 文 献

- [1] GB 12327 海道测量规范

---