

# 团 体 标 准

T/CSNAME 017.5-2021

---

## 海洋油气田安防系统规范 第 5 部分：水下多目标水声监测系统

Specification of security system on offshore oil and gas fields—Part 5: Underwater  
multiobjective underwater acoustic monitoring system

2021 - 01 - 22 发布

2021 - 04 - 22 实施

中国造船工程学会 发布



## 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。

T/CSNAME 017《海洋油气田安防系统规范》分为9部分：

- 第1部分：总规范；
- 第2部分：水下多目标远程探测定位系统；
- 第3部分：水下多目标中程声纳探测定位系统；
- 第4部分：水下多目标近程探测系统；
- 第5部分：水下多目标水声监测系统；
- 第6部分：水面多目标红外成像探测系统；
- 第7部分：水面多目标雷达探测定位系统；
- 第8部分：监控中心；
- 第9部分：控制与报警系统。

本文件为T/CSNAME 017《海洋油气田安防系统规范》的第5部分。

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。

本文件由中国造船工程学会归口。

本文件起草单位：中国船舶重工集团公司七五〇试验场。

本文件主要起草人：程宏、崔国平、范赞、江南、吴家喜、汤志峰、王琨、匡彪、杨胜全。



# 海洋油气田安防系统规范

## 第5部分：水下多目标水声监测系统

### 1 范围

本文件规定了海洋油气田安防系统(以下简称“安防系统”)中的水下多目标水声监测系统的要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存、随行技术文件。

本文件适用于水下多目标水声监测系统的设计、生产和验收。

### 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 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Db 交变湿热(12h+12h循环)

GB/T 2423.5 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ea和导则:冲击

GB/T 2423.10 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc:振动(正弦)

GB/T 2423.16 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验J及导则:长霉

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Ka:盐雾

GB/T 2423.101 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验:倾斜和摇摆

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)

GB/T 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案

GB/T 6388 运输包装收发货标志

GB/T 8355—2008 船舶用电动测量和控制仪表通用技术条件

GB/T 9414.8 设备维修性导则 第9部分:维修性评价的统计方法

GB/T 13951—2016 移动式平台及海上设施用电工电子产品环境试验一般要求

GB/T 21065 船舶电气装置 安装和完工试验

T/CSNAME 017.1—2021 海洋油气田安防系统规范 第1部分:总规范

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

水声监测 underwater acoustic monitoring

利用水声学方法，通过对水中目标的辐射噪声进行特性分析，判断其特征、运动状态等。

3.2

光纤水听器网 optic hydrophone network

利用光纤水听器组建的水下网络。

4 要求

4.1 设计与结构

4.1.1 基于浮标的水声监测系统组成及工作原理

基于浮标的水声监测系统由浮标上的水声监测设备（含水听器、信号接收处理设备、北斗/GPS设备等）及岸上（或平台）控制中心设备组成。

水声探测技术依托管道沿途现有的警示浮标进行水声设备加装，海管附近水中目标发出的噪声，经过水中传播被浮标上的水听器接收到，噪声信号经过放大、滤波等处理后、由数字处理系统进行噪声幅度、频谱特性等分析，并通过一定时间的累计和比较，评估是否存在目标威胁，一旦判断威胁存在，自动开启警报装置，警示危险源，当威胁加大时，将相关信息结果通过无线方式传送给站控中心设备。站控中心主机对回传数据进一步分析，自动判决是否需要开启雷达，同时站控中心主机对回传数据还进行30 d以上的储存，供值班人员对历史数据进行调看和分析。

水声监测分系统的监测范围如图1所示，浮标监测节点间距为1 km~1.5 km，每个节点的监测半径为1 km~1.5 km，监测范围为阴影部分区域。

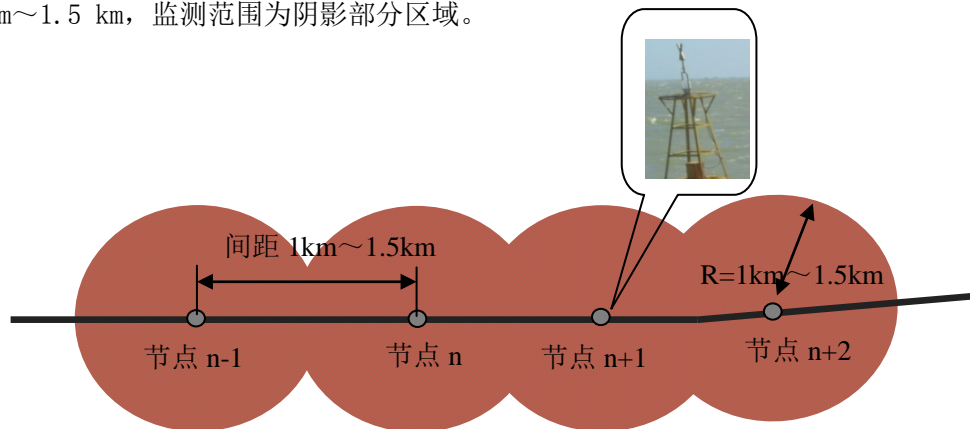


图1 基于浮标的水声监测系统示意图

4.1.2 基于光纤水听器网的水声监测系统组成及工作原理

光纤水听器监测声纳系统主要由分布式光纤水听器组网的海底光缆、岸上（或平台）控制中心设备（含光收发机、信号解调机、信号处理设备、水声监测显控设备等）组成。

光纤水听器监测声纳的功能示意图如图2所示。将距输油(气)管线500 m距离设为警戒线，警戒线外则为监听区，光纤水听器监测声纳对船只进行噪声监听，声学设备依据水下噪声的时域和频域特性进行智能分析，可在该区域判断目标的运动状态；在警戒线内则为报警区，系统进行重点关注，监视是否有船只通过，判断是否停留以及作业，确定危险源所处的区域并及时发出警报，报警距离可能在400 m~600 m区域内变动。

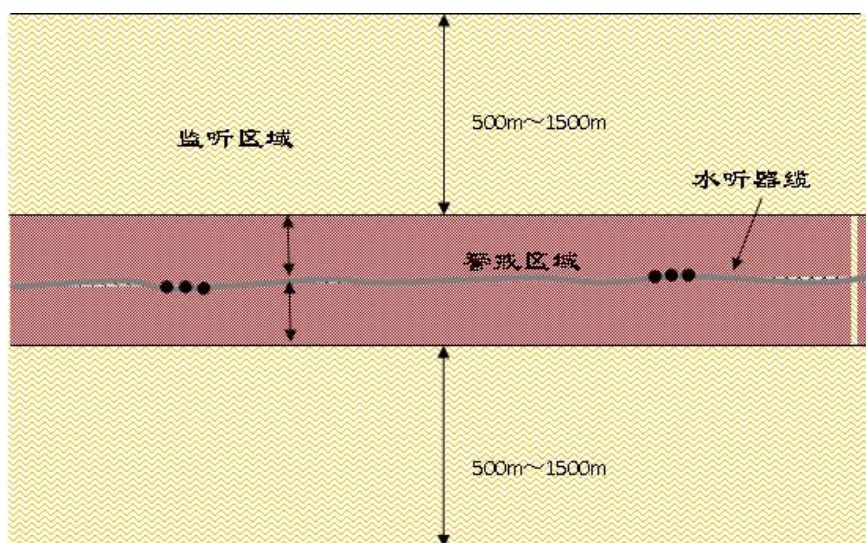


图2 基于光纤水听器网水声监测系统功能示意图

为增加光纤水听器监测声纳的可靠性,进行了单节点三基元水听器的冗余设计,在光纤网上设计若干监测节点,而各节点之间距离 $D$ 约为500 m。

系统可采用两种工作模式:每个水声监测节点由3个光纤水听器组成,通常情况下根据三元阵被动监测原理可确定目标所处的区域(如图3)。如果节点内有1个水听器损坏,不用对光纤缆进行维修,系统自动切换工作模式继续工作:采用一个节点中的双基元水听器先对目标进行测向,再用相邻两个节点测量的目标方位数据进行定向交汇,在已知两节点距离和目标方位的条件下,也可确定目标所处的区域(如图4)。系统对水下关键部件采用冗余设计,保证了系统的使用寿命。

被动水声监测系统监测原理参见附录A。

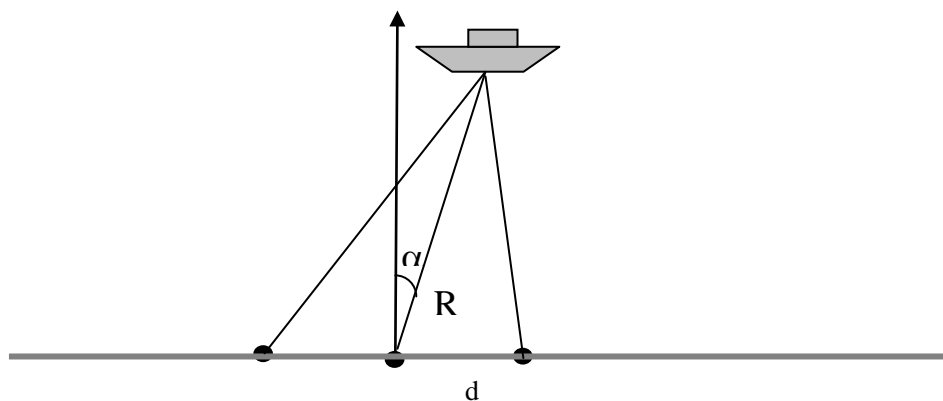


图3 三元直线阵被动监测原理示意图

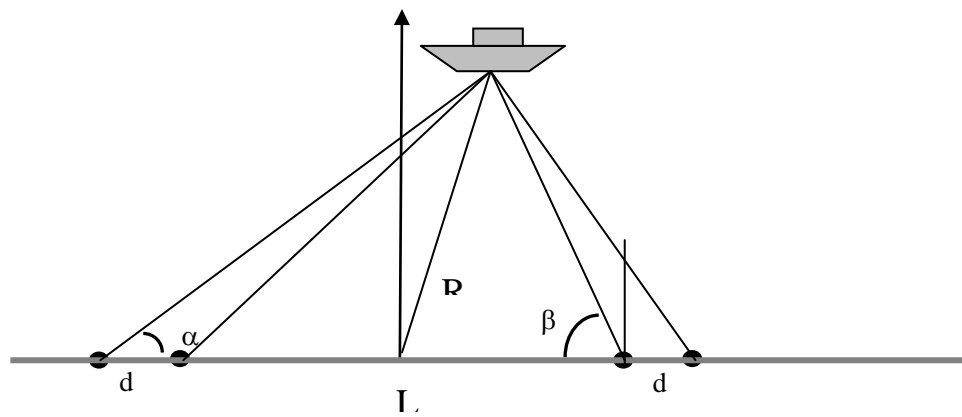


图4 双子阵被动监测工作原理示意图

4.1.3 接口

4.1.3.1 基于浮标的水声监测通过无线通信设备（北斗）完成浮标监测设备与岸上站控中心主机的数据交换，浮标上的水声监测设备接口框图如图 5 所示。

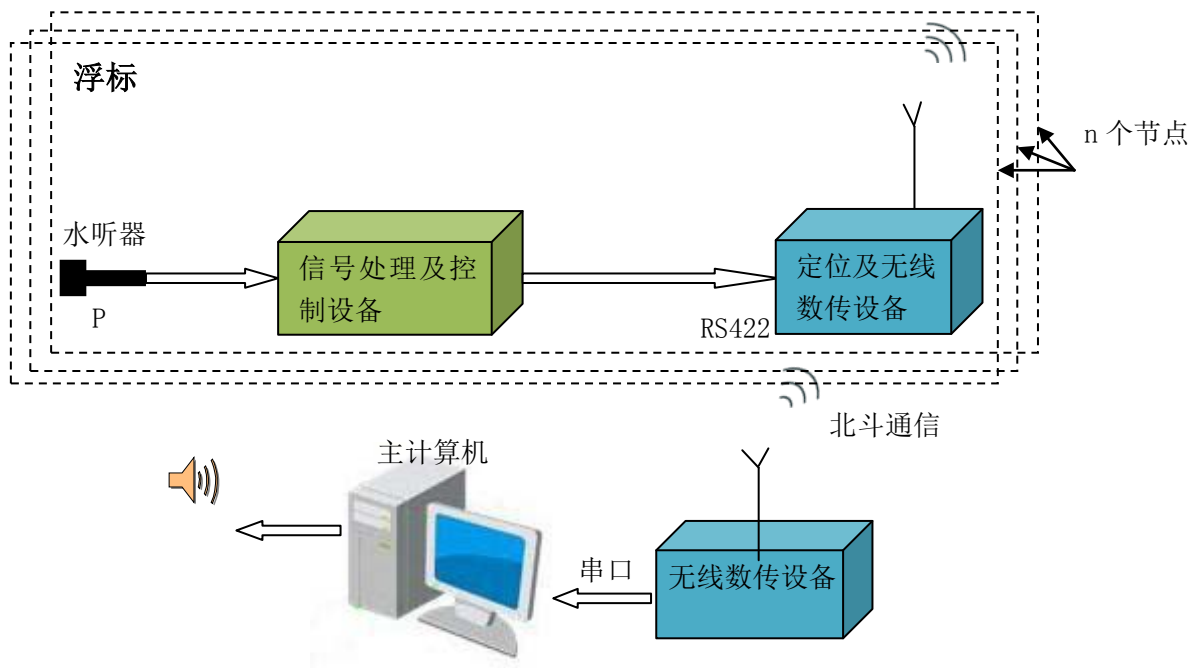


图5 基于浮标的水声监测设备接口框图

4.1.3.2 基于光纤水听器网的水声监测系统的接口框图如图 6 所示。



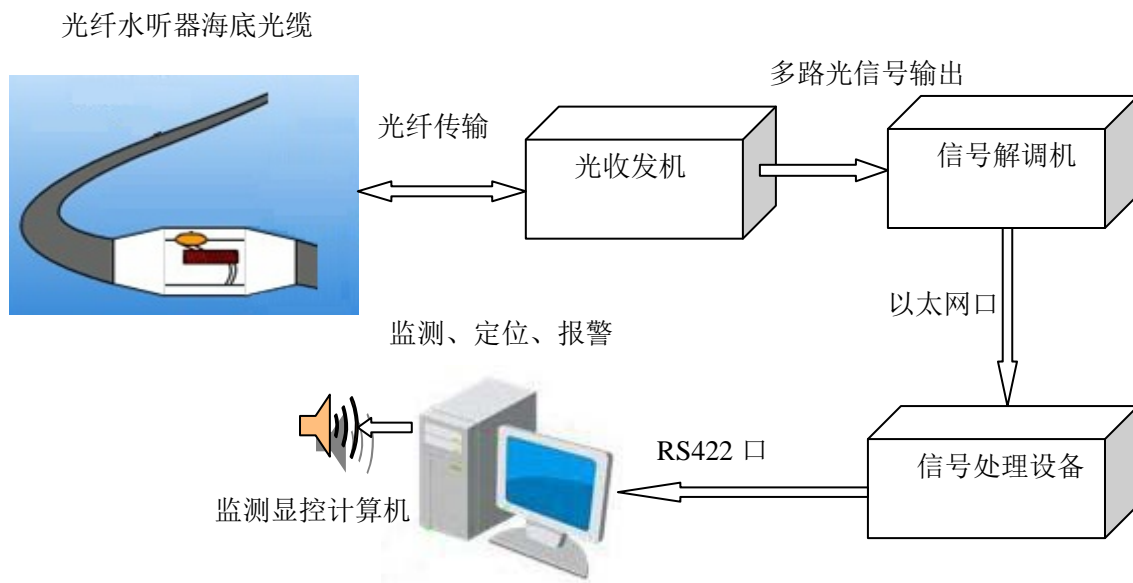


图6 基于光纤水听器网的水声监测系统接口框图

## 4.2 外观

产品外观不允许有锈蚀、划痕、变形和污染。

## 4.3 标志和代号

水声监测系统的标志和代号应满足T/CSNAME 017.1—2021中4.2的要求。

## 4.4 性能

### 4.4.1 基于浮标的水声监测系统的主要技术指标

基于浮标的水声监测系统的主要技术指标包括：

- a) 系统监测海管长度：根据浮标布放情况确定；
- b) 声学监测范围：以浮标为中心半径 1 km 区域；
- c) 水声检测的目标谱级：不小于 140 dB（80 Hz～8 kHz）。

### 4.4.2 基于光纤水听器网的水声监测系统的主要技术指标

基于光纤水听器网的水声监测系统的主要技术指标包括：

- a) 系统监测海底管道长度：根据光纤水听器缆长度确定，不大于 20 km；
- b) 声学监测范围：油管（监测缆线）两侧约 1.5 km 条状区域；
- c) 声学监测周期：2 s，可按倍数设定；
- d) 声学测量频段：80 Hz～8 kHz；
- e) 水声检测的目标谱级：不小于 140 dB（80 Hz～8 kHz）。

## 4.5 环境适应性

### 4.5.1 低温

水声监测产品电子组件在经过GB/T 13951—2016表1规定的-10℃、16 h低温环境能正常工作。

#### 4.5.2 高温

水声监测产品电子组件在经过GB/T 13951—2016表2规定的55℃、16 h高温环境能正常工作。

#### 4.5.3 冲击

样机在经受GB/T 13951—2016表15规定的严酷度等级峰值加速度 $50\text{ m/s}^2$ 、脉冲持续时间11 ms能正常工作。

#### 4.5.4 振动

样机在经受GB/T 13951—2016表14规定的频率2 Hz~13.2 Hz、位移幅值1 mm, 13.2 Hz~100 Hz、加速度幅值 $7\text{ m/s}^2$ 振动环境后, 其结构不应受到破坏, 不应有机械变形、紧固连接件松动、元器件焊脚脱焊等机械损伤, 应能正常工作。

#### 4.5.5 交变湿热

水声监测产品电子组件在经过GB/T 13951—2016表4规定的高温55℃、常温25℃、保温阶段相对湿度不小于95%、2 d的湿热环境能正常工作。

#### 4.5.6 霉菌

水声监测产品所用的非金属零、部件、电路板经过GB/T 13951—2016表5规定的严酷等级28 d的霉菌环境能正常工作。

#### 4.5.7 盐雾

暴露在盐雾大气中的水声监测产品电子组部件的金属防护层件经过GB/T 13951—2016表6规定的严酷度等级48 h后, 其表层不应有剥落、起泡、断裂等腐蚀, 应能正常工作。

#### 4.5.8 倾斜

样机在经受GB/T 13951—2016表12规定的严酷度等级纵、横倾斜角 $15^\circ$ , 试验持续时间前后、左右各不小于15 min, 能正常工作。

#### 4.5.9 海水浸泡

水声监测产品所属各系统水下装置经90 d海水浸泡后能正常工作。

#### 4.5.10 外壳防护试验

按照GB/T 4208—2017的要求, 舱内防护等级达“IP44”级, 甲板位置防护等级达到“IP66”级, 水下环境等级达“IP68”级。

#### 4.5.11 绝缘电阻

系统独立电气回路对机壳的绝缘电阻应不大于 $10\text{ M}\Omega$ 。

#### 4.5.12 电源中断

系统应能经受电源中断试验, 结果应满足GB/T 8355—2008中4.8的要求。

#### 4.6 可靠性

平均故障间隔时间不小于90 d。

#### 4.7 维修性

平均修复时间：应不小于3 h。

#### 4.8 安全性

水声监测产品的设备用电应采取隔离电源和漏电保护。

#### 4.9 保障性

配备必要的工具及备品备件。

#### 4.10 电磁兼容性

置于平台设备接地应符合GB/T 21065的要求。

### 5 试验方法

#### 5.1 外观

通过目视的方法进行外观的检验，结果应满足4.2的要求。

#### 5.2 标志

通过目视的方法进行标志的检验，结果应满足4.3的要求。

#### 5.3 性能

##### 5.3.1 基于浮标的水声监测系统性能试验

基于浮标的水声监测系统性能按下述测试方法进行，结果应满足4.4.1的要求。

水声监测设备安装于浮标上或置于漂泊的接收船上，目标船和水声监测设备之间距离以DGPS实时测量或光测结果为基准，考核水声监测设备对目标的有效监测距离。开展以下试验：

目标船进行跑船试验，在水声设备不同方位和距离上航行。水声监测设备连续不断地监测水下噪声，通过分析、处理、判断，一旦监测到船舶航行噪声，就将检测到目标的信息通过北斗卫星发送到岸边控制中心的系统监测显控设备，用DGPS设备（或激光测距仪）实时测量目标船与水声设备之间的距离，在监测显控计算机上监视水声节点是否检测到目标，从而检验水声节点监测目标的最大距离，同时还检验水声设备的监测预警等功能。

##### 5.3.2 基于光纤水听器缆的水声监测系统性能试验

基于光纤水听器缆的水声监测系统性能按下述测试方法进行，结果应满足4.4.2的要求。

试验前，将光纤水听器缆布放完成，目标船进行跑船试验，光纤水听器不断监测水下噪声，并将数据传输到岸上（或平台）的控制中心设备。系统主机实时完成分析、处理、判断，用DGPS设备（或激光测距仪）实时测量目标船与光纤水听器缆（布放时的记录）之间的距离，在监测显控计算机上监视水声节点是否检测到目标，从而检验水声节点监测目标的最大距离，同时还检验水声设备的监测预警等功能。

#### 5.4 环境适应性

#### 5.4.1 低温

按GB/T 2423.1的规定执行，结果应符合4.5.1的要求。

#### 5.4.2 高温

按GB/T 2423.2的规定执行，结果应符合4.5.2的要求。

#### 5.4.3 冲击

按GB/T 2423.5的规定执行，结果应符合4.5.3的要求。

#### 5.4.4 振动

按GB/T 2423.10的规定执行，结果应符合4.5.4的要求。

#### 5.4.5 交变湿热

按GB/T 2423.4的规定执行，结果应符合4.5.5的要求。

#### 5.4.6 霉菌

按GB/T 2423.16的规定执行，结果应符合4.5.6的要求。

#### 5.4.7 盐雾

按GB/T 2423.17的规定执行，结果应符合4.5.7的要求。

#### 5.4.8 倾斜

按GB/T 2423.101的规定执行，结果应符合4.5.8的要求。

#### 5.4.9 海水浸泡

水声监测产品所属各系统水下装置经90 d海水浸泡后，结果应符合4.5.9的要求。

#### 5.4.10 外壳防护

按照GB/T 4208的要求, 舱内防护等级达“IP22”级的要求以及规定的相应试验方法进行，结果应符合4.5.10的要求。

#### 5.4.11 绝缘电阻

按照GB/T 8355的要求开展绝缘电阻试验，结果应符合4.5.11的要求。

#### 5.4.12 电源中断

根据GB/T 8355的要求开展电源中断试验，结果应符合4.5.12的要求。

#### 5.5 可靠性

按GB/T 5080.7的规定，进行试验和评估，结果应符合4.6的要求。

#### 5.6 维修性

按GB/T 9414.8进行统计和评价，结果应符合4.7的要求。

## 5.7 安全性

按规定对设备用电进行检查, 结果应符合4.8的要求

## 5.8 保障性

按产品工具及备品备件清单检查保障情况, 结果应符合4.9的要求。

## 5.9 电磁兼容性

按GB/T 21065的要求对置于平台设备的接地进行检查, 结果符合4.10的要求。

# 6 检验规则

## 6.1 检验分类

型式检验和出厂检验。

## 6.2 检验条件

### 6.2.1 室内检验条件如下:

- a) 温度 5℃~35℃;
- b) 相对湿度不大于80%。

### 6.2.2 湖(海)试验区域检验条件如下:

- a) 湖(海)况小于三级;
  - b) 水文条件为等温层或梯度小于 $-1 \times 10^{-4}/\text{m}$ ;
  - c) 试验区域水深应大于水下应答器布放深度, 水下应答器放置深度要远大于基阵布放深度;
- 湖(海)试验区域无机动船只航行或其他噪声源。

## 6.3 检验设备要求

### 6.3.1 检验设备在功能上应满足检验要求, 且准确度等级应高于被检试样指标容差的三分之一;

### 6.3.2 检验设备必须经检定或校准合格, 并在有效期内使用。

## 6.4 型式检验

### 6.4.1 检验时机

水下多目标水声监测系统下列情况之一时, 应进行型式检验:

- a) 新产品试制或老产品转厂生产的定型鉴定或型式评价时;
- b) 产品正式生产后, 其结构设计、材料、工艺及关键的配套元器件有较大改变, 可能影响水下电视性能时;
- c) 正常生产时, 定期或积累一定产量后, 应周期进行一次检验;
- d) 产品长期停产后, 恢复生产时;
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- f) 国家质量监督检验机构提出进行型式检验要求时。

### 6.4.2 检验样品数量

当批量不大于50台时，抽样1台；当批量大于50台时，抽样2台。

### 6.4.3 检验项目和顺序

水下多目标水声监测系统型式检验项目和顺序见表1。

### 6.4.4 判定规则

若全部检验项目符合要求，则判定型式检验合格。若有检验项目不符合要求，应分析原因找出问题并落实措施，重新进行型式检验。若再次型式检验不合格，则应停产整顿，水下多目标水声监测系统停止出厂，待问题解决，型式检验合格后方可恢复出厂检验。

## 6.5 出厂检验

### 6.5.1 检验项目和顺序

水下多目标水声监测系统应逐台做出厂检验，出厂检验项目及顺序按表1进行。

### 6.5.2 检验样品数量

逐台检验。

### 6.5.3 判定规则

6.5.3.1 水下多目标水声监测系统的样品经表1规定项目的检验，全部符合本规范要求时，则判该产品出厂检验合格。如果产品出厂检验项目中有任一项不满足要求，允许对该产品采取纠正措施后，只对不合格项目和相关项目进行检验，若复验全部符合要求，仍判该水下多目标水声监测系统出厂检验合格。否则判该产品出厂检验不合格。再次检验最多可进行二次。

6.5.3.2 出厂检验主要项目的实测数据应记入产品合格证中。产品取得合格证方能出厂。

表1 水下多目标水声监测系统检验项目和顺序

检验项目		型式检验	出厂检验	要求的章条号	检验方法章条号
外观		●	●	4.2	5.1
标志和代号		●	●	4.3	5.2
性能	基于浮标的水声监测系统性能	●	●	4.4.1	5.3.1
	基于光纤水听器缆的水声监测系统性能	●	●	4.4.2	5.3.2
环境适应性	低温	●	—	4.5.1	5.4.1
	高温	●	—	4.5.2	5.4.2
	冲击	●	—	4.5.3	5.4.3
	振动	●	—	4.5.4	5.4.4
	交变湿热	●	—	4.5.5	5.4.5
	霉菌	●	—	4.5.6	5.4.6
	盐雾	●	—	4.5.7	5.4.7

表 1（续）

检验项目		型式检验	出厂检验	要求的章条号	检验方法章条号
环境适应性	倾斜	●	—	4.5.8	5.4.8
	海水浸泡	●	—	4.5.9	5.4.9
	外壳防护	●	—	4.5.10	5.4.10
	绝缘电阻	●	—	4.5.11	5.4.11
	电源中断	●	—	4.5.12	5.4.12
可靠性		●	—	4.6	5.5
维修性		●	—	4.7	5.6
安全性		●	—	4.8	5.7
保障性		●	—	4.9	5.8
电磁兼容性		●	—	4.10	5.9
注：“●”为必检项目，“—”为不检项目。					

## 7 标志、包装、运输和贮存

### 7.1 标志

#### 7.1.1 包装箱标志

水声监测系统包装箱标志应按GB/T 6388规定执行，并包括下列内容：

- 产品代号；
- 制造单位；
- 重量（毛重、净重）；
- 箱体尺寸（长×宽×高）；
- 数量；
- 装箱日期；
- 到站名和收货单位/代号；
- 发货单位/代号。

#### 7.1.2 储运图示标志

水声监测系统储运图示标志应符合GB/T 191的规定。

### 7.2 包装和封存

7.2.1 经检验合格的水声监测系统，应按各独立功能组件进行分解。根据各组件的性质、储运环境条件和储运期限，确定相应的防护包装方法。

7.2.2 水声监测系统封存前应进一步清理产品外表面的灰尘或污垢，所施加的清理方法应对产品质量无任何损害。

7.2.3 水声监测系统电子功能模块和精密易损件及计算机等应有可靠的缓冲防振措施，用专用包装箱封存。

7.2.4 水声监测系统包装箱应清洁干燥，符合防潮、防尘、防腐等要求。

7.2.5 水声监测系统电子产品装箱时，在包装箱中应垫衬缓冲材料，使产品位置定位。

7.2.6 水声监测系统信号处理设备、弹道显示设备、监听设备的包装箱应使产品定位，防止产品移动。

7.2.7 水声监测系统电子组件封存时，应在塑料包装袋内放入适量的袋装干燥剂后热封口。

### 7.3 运输

7.3.1 包装好的水声监测系统在运输过程中应避免雨雪直接淋袭、太阳久晒、直接接触腐蚀性气体及机械损伤。

7.3.2 水声监测系统包装箱运输过程中应在运输工具上固定牢靠。

7.3.3 水声监测系统包装箱在装卸时不得翻滚和碰撞。

### 7.4 贮存

7.4.1 贮存前应封存包装的水声监测系统设备的各组件。

7.4.2 水声监测系统贮存环境温度为 5 °C~35 °C，湿度不大于 80%的仓库内。

7.4.3 库内存放的水声监测系统应垫离地面至少 0.3 m，距离四壁应不少于 0.5 m。

7.4.4 每 7 d 检查一次湿度指示计，若发现异常应及时处理。

7.4.5 应进行定期保养和定期检查，一般至少应每半年通电检查一次。

## 8 随行技术文件

随水声监测系统应提供下列技术文件：

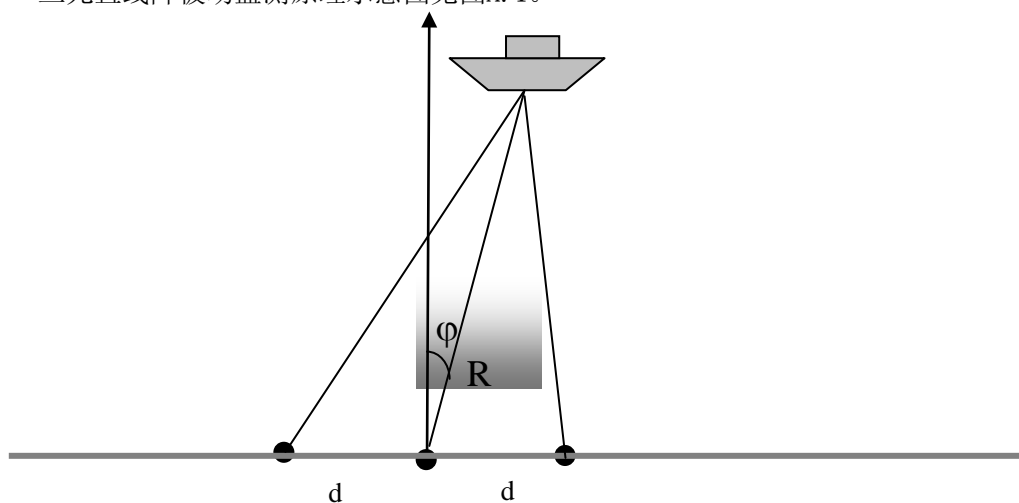
- a) 产品质量证明文件/合格证；
- b) 产品配套明细表；
- c) 产品技术说明书及图册；
- d) 产品使用说明书；
- e) 备品备件清单；
- f) 装箱清单；
- g) 合同或订单要求的其它文件。



附 录 A  
(资料性)  
被动水声监测系统监测原理

### A.1 三元直线阵被动监测原理

三元直线阵被动监测原理示意图见图A.1。



图A.1 三元直线阵被动监测原理示意图

$$\varphi = \sin^{-1} \frac{c(\tau_{12} + \tau_{23})}{2d} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$R = \frac{d^2 \cos^2 \varphi}{c(\tau_{12} - \tau_{23})} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$\varphi$  —— 目标方位角，单位：°；

$c$  —— 水中声速，单位：m/s；

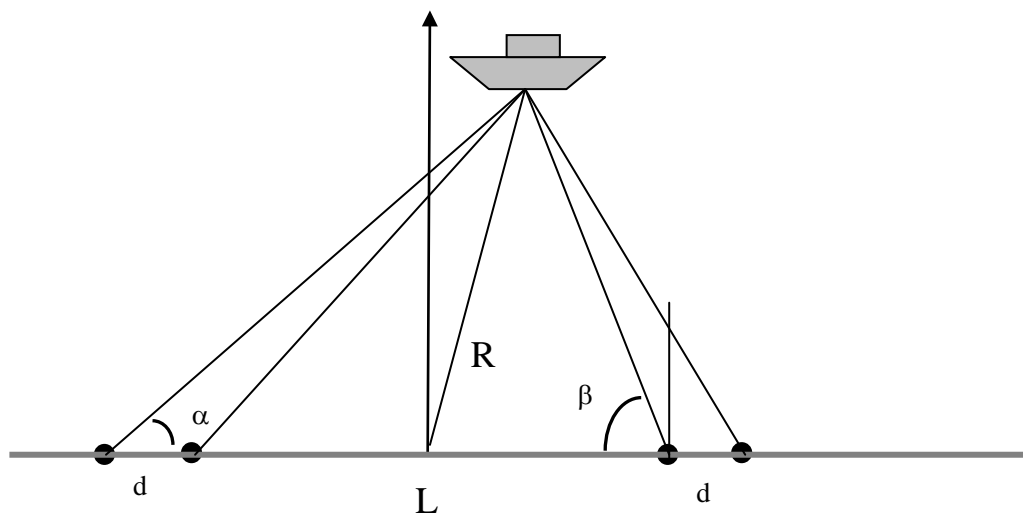
$d$  —— 基阵孔径，单位：m；

$\tau_{12}$  —— 阵元1、2之间的时差，单位：s；

$\tau_{23}$  —— 阵元2、3之间的时差，单位：s。

### A.2 双子阵被动监测原理

双子阵被动监测工作原理示意图见图A.2。



图A.2 双子阵被动监测工作原理示意图

$$\begin{cases} x = L \sin(\alpha - \beta) / [2 \sin(\alpha + \beta)] \dots\dots\dots (A. 3) \\ y = L \sin \alpha \sin \beta / \sin(\alpha + \beta) \dots\dots\dots (A. 4) \end{cases}$$

式中：

- x—— 目标x坐标，单位：m；  
y—— 目标y坐标，单位：m；  
L—— 两个子阵的间距，单位：m；  
R—— 目标距离，单位：m；  
 $\alpha$  —— 子阵1测量的目标方位，单位：°；  
 $\beta$  —— 子阵2测量的目标方位，单位：°。