



团 体 标 准

T/CEATEC 264—2026

水下无人航行器通信声纳系统技术规范

Technical specification for unmanned underwater vehicle communication sonar
system

2026 – 08 – 19 发布

2026 – 08 – 19 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发 布

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 系统组成 1

5 要求 2

 5.1 使用环境条件 2

 5.2 外观与结构 2

 5.3 功能要求 2

 5.4 性能要求 3

 5.5 环境适应性 3

 5.6 可靠性与维修性 4

 5.7 安全性 4

6 试验方法 4

 6.1 试验条件 4

 6.2 外观与结构检查 4

 6.3 功能试验 4

 6.4 性能试验 4

 6.5 环境适应性试验 5

 6.6 可靠性与维修性试验 5

7 检验规则 5

 7.1 检验分类 6

 7.2 出厂检验 6

 7.3 型式检验 6

 7.4 检验项目 6

参考文献 7

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：中科海声信息系统(北京)有限公司、中科探海（深圳）海洋科技有限责任公司、河北师范大学、北京交通大学、北京理工大学、苏州声之源电子科技有限公司、山东协和学院。

本文件主要起草人：赵俊霞、刘维、赵华、王翔、王目光、陈德胜、周益明、高学强。

本文件首次发布。

水下无人航行器通信声纳系统技术规范

1 范围

本文件规定了水下无人航行器（UUV）通信声纳系统（以下简称“系统”）的系统组成、要求、试验方法、检验规则。

本文件适用于与水下无人航行器配套使用的水声通信、测距声纳系统的设计、开发、制造、检验。

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 2423.17 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 5266 声学 水声材料纵波声速和衰减系数的测量 脉冲管法

GB/T 5265 声学 水下噪声测量

GB/T 14369 声学 水声材料样品插入损失、回声降低和吸声系数的测量方法

GB/T 16895.1 低压电气装置 第1部分：基本原则、一般特性评估和定义

GB/T 35719 船舶中压直流电力系统通用要求

GJB 150.16A 军用装备实验室环境试验方法 第16部分：振动试验

GJB 151C 军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求与测量

T/SDHYH 0001 水声通信机测试方法

DIN EN IEC 60565-2 水下声学 水听器 水听器校准 第2部分：低频压力校准程序（Underwater acoustics - Hydrophones - Calibration of hydrophones - Part 2: Procedures for low frequency pressure calibration）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水下无人航行器 unmanned underwater vehicle; UUV

一种不载人、依靠自带能源、能够在水下自主或遥控航行的智能化装备。

3.2

通信声纳系统 communication sonar system

用于实现水下无人航行器与其他平台（如母船、其他UUV、岸站）之间通过水声信道进行信息传输、测距与定位的声学电子系统。

3.3

通信误码率 communication bit error rate; BER

在数据传输过程中，发生错误的比特数与传输总比特数之比。

3.4

通信作用距离 communication operating range

在规定的海况和信道条件下，系统能够以不高于某一特定误码率进行可靠通信的最大距离。

4 系统组成

系统通常由声学调制解调器为核心，并包括以下单元或功能模块：

- a) 声学换能器基阵：用于声信号的发射与接收。发射单元宜采用压电等技术原理，接收单元可采用压电、光纤等不同技术原理；
- b) 收发信机：实现信号的调制、解调，并为发射换能器提供功率驱动；
- c) 信号处理单元：用于通信编解码、协议处理、数据组帧/解帧及纠错；
- d) 系统控制与接口单元：用于与UUV平台的数据交换和功率管理；
- e) 线缆与连接器：应满足水下环境的密封和耐压要求；
- f) 数据加密模块：可集成AES-256等加密协议，确保传输数据安全，其电磁兼容性应符合GJB 151C的相关要求。

5 要求

5.1 使用环境条件

5.1.1 水文环境

系统应在下列水文环境下正常工作：

- a) 工作水深：宜根据应用需求设定不同等级；

示例：I级：0 m~500 m，II级：0 m~1000 m，III级：>1000 m。

- b) 工作水温：-2℃~36℃。

5.1.2 动力学环境

系统应能承受由UUV平台运动产生的动力学环境，包括：

- a) 在4级海况下能正常工作；
- b) 在5级海况下，设备结构不损坏。

5.2 外观与结构

5.2.1 外观质量

外观质量应满足以下要求：

- a) 表面涂层应均匀，无划痕、起泡、锈蚀及明显色差；
- b) 所有铭牌、标志应清晰、耐久，安装牢固。

5.2.2 机械结构

机械结构应满足以下要求：

- a) 结构设计应坚固，能承受安装、布放与回收过程中的机械应力；
- b) 所有水下部件的密封性能应保证在最大工作水深下无渗漏；
- c) 安装接口的尺寸、公差应符合产品图纸要求；
- d) 金属部件应进行耐腐蚀处理，或选用耐腐蚀材料制造，并应通过5.5.3规定的盐雾试验。

5.3 功能要求

5.3.1 水声通信功能

系统应具备以下水声通信能力：

- a) 可靠传输平台遥控指令、系统状态数据及传感器数据（如温度、深度、姿态等）；
- b) 支持传输数据的确认、重传及流量控制机制；
- c) 支持实时数据流传输，用于数字孪生可视化集成，数据格式支持JSON或XML，实现与智慧运维平台的数据对接、同步传输与集成适配；
- d) 宜支持实时或准实时数据流传输。

5.3.2 测距与定位功能

系统可具备以下测距与定位功能：

- a) 具备主从式双向测距能力；
- b) 测距结果应能通过水声通信链路上传至监控平台。

5.3.3 自诊断功能

系统在上电初始化阶段，应能自动完成关键硬件（如存储器、处理单元、收发电路）的自检，并向UUV平台控制系统上报明确的设备状态（正常/异常）。

5.4 性能要求

5.4.1 基本要求

系统的工作频段与调制方式应能满足预定通信作用距离和速率的需求。

5.4.2 通信作用距离与误码率

在典型海洋环境（如特定海况、多途效应）下，系统在规定的通信速率下的性能应满足：

- a) 在额定通信作用距离工况下，系统最大通信误码率满足通用水下声纳测距设备技术指标要求；
- b) 通信速率应支持多档可调，并满足：命令信道（用于传输短指令、状态）50 bps~200 bps；
- c) 数据信道：在特定距离（如3 km）内，平均通信速率应 $\geq$ 特定值（如10 kbps），用于传输传感器数据包等。

5.4.3 测距性能

测距性能应满足以下要求：

- a) 系统测距精度满足通用水下声纳测距设备技术指标要求；
- b) 刷新率：应 ≥ 0.1 Hz。

5.4.4 接收灵敏度

制造商（或供货方）应明确声明系统的接收灵敏度指标，该指标应满足第5章的相关要求。测试方法应符合GB/T 5266的相关规定。

5.4.5 功耗

制造商应明确声明系统在待机、平均工作及峰值状态下的功耗值。

5.4.6 重量与外形

制造商应明确声明系统在空气中的重量及外形尺寸。

5.5 环境适应性

5.5.1 振动与冲击

振动与冲击应满足以下要求：

- a) 振动：系统应能承受GJB 150.16A中规定的UUV设备通用振动环境条件，试验后功能性能正常；
- b) 冲击：系统应能承受半正弦波冲击，峰值加速度50 g，脉冲宽度11 ms，试验后无结构性损坏，功能恢复正常。

5.5.2 温度与湿度

温度与湿度应满足以下要求：

- a) 存储温度： $-40^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 工作温度： $-5^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 工作湿度：在 40°C 时，相对湿度 $95\% \pm 3\%$ 条件下能正常工作。

5.5.3 水密性

系统水下部件适配常规浅水水下工作环境，在额定最大工作水深压力下，连续保压 24 h，应无渗漏、无永久性变形，并应通过盐雾试验，符合 GB/T 2423.17 的相关要求。

5.5.4 电磁兼容性

电磁兼容性应符合 GJB 151C 的相关规定。

5.6 可靠性与维修性

在规定的使用环境条件下，系统的平均故障间隔时间（MTBF）应 ≥ 2000 h（基于实验室加速寿命试验），MTTR应 ≤ 0.5 h，支持模块化更换和远程诊断。

5.7 安全性

5.7.1 电气安全

电气安全应满足以下要求：

- a) 绝缘电阻：在500 VDC下，电源输入端对壳体的绝缘电阻应 ≥ 100 M Ω ，绝缘电阻测试应符合 GB/T 16895.1的相关要求；
- b) 介电强度：电源输入端对壳体应能承受1500 VAC、50 Hz的电压，历时1 min，无击穿或飞弧现象；
- c) 电力输入接口应符合GB/T 35719的要求，包括电压波动容限、绝缘协调和短路保护。

5.7.2 声学安全

系统的发射声源级应予以控制。在主要工作频段内，其辐射声压级应符合国家或国际公认的海洋生物听力保护安全限值。制造商应在技术说明书中明确声源级参数、所依据的安全限值标准及其测量方法。声源级的测量宜参照GB/T 5265规定的方法进行，安全性评估可参照DIN EN IEC 60565-2执行。

6 试验方法

6.1 试验条件

试验应在以下基准条件下进行：

- a) 环境温度：25 $^{\circ}\text{C} \pm 10$ $^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度：30%~80%；
- c) 大气压力：86 kPa~106 kPa。

6.2 外观与结构检查

外观与结构检查应满足以下：

- a) 采用目视法检查5.2.1规定的外观质量；
- b) 使用卡尺、螺纹规等通用量具，按设计图纸检查5.2.2规定的机械结构尺寸；
- c) 使用GB/T 14369规定的方法检查声学材料的插入损失和吸声系数，确保其符合设计指标。

6.3 功能试验

6.3.1 水声通信功能试验

在消声池或开阔安静水域，建立系统与模拟监控平台的通信链路。按预定协议，分别传输指令帧、状态数据包和模拟传感器数据文件，验证5.3.1规定的各项功能是否正确实现。

6.3.2 测距与定位功能试验

在测试水域，固定系统与应答器于已知精确距离的两点。多次（如100次）触发系统测距功能，记录测距结果，并验证测距数据是否能通过通信链路上报。

6.3.3 自诊断功能试验

人为设置系统可检测的故障（如断开某传感器），然后重启系统。检查系统上电自检流程，并确认其向监控平台上报的状态信息是否准确反映该故障。

6.4 性能试验

6.4.1 通信作用距离与误码率试验

6.4.1.1 场地应选择声学特性已知的安静开阔水域。

6.4.1.2 测试方法应符合 T/SDHYH 0001 的相关要求。步骤如下：

- a) 将发射系统与接收系统分别布放于两艘试验船上，初始距离远小于标称作用距离；
- b) 发射端以规定的通信速率持续发送伪随机二进制序列（PRBS）测试数据。测试前，应使用GB/T 5265规定的方法测量环境噪声水平，确保噪声背景符合典型海洋环境条件；
- c) 接收端接收并解调数据，与原始序列比对，统计误码率；
- d) 两船逐步增大距离，调试至系统标称最大通信作用距离，验证该工况下系统误码率指标满足本规范技术要求。

6.4.1.3 记录应达到要求误码率时的最大通信距离。

6.4.2 通信速率试验

在3 km固定距离上，系统设置为最高数据速率档位，持续传输一个容量 ≥ 1 MB的数据文件。传输完成后，通过源文件与接收文件数据完整性比对校验验证数据传输的完整性，并计算此次传输的平均速率。

6.5 环境适应性试验

6.5.1 振动与冲击试验

振动与冲击试验应验证系统承受UUV平台机械环境的能力，具体包括：

- a) 振动试验：将系统安装在振动台上，依次在三个互相垂直的轴向上进行扫频振动和定频振动试验。试验后检查外观结构并复测基本功能。应符合GJB 150.16A的相关规定；
- b) 冲击试验：按5.5.1 b)规定的冲击波形和参数，对系统进行三个方向的冲击试验。试验后检查结构并确认功能恢复正常。

6.5.2 高低温试验

高低温试验用于验证系统在温度及湿度条件下的适应性，具体项目包括：

- a) 工作低温：系统在 -5°C 环境中贮存并通电工作至少2 h，功能应正常；
- b) 工作高温：系统在 $+40^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $95\% \pm 3\%$ 环境中贮存并通电工作至少2 h，功能应正常；
- c) 存储低温：系统在 -40°C 环境中贮存24 h，在室温恢复后，功能应正常；
- d) 存储高温：系统在 $+70^{\circ}\text{C}$ 环境中贮存24 h，在室温恢复后，功能应正常。

6.5.3 水密性试验

将系统水下部件置于专用压力罐中，以洁净水为介质，缓慢加压至最大工作水深压力的1.5倍，保压1 h。试验过程中通过观察窗或压力传感器监视有无气泡产生或压力衰减。

6.5.4 电磁兼容性试验

委托具备资质的检测机构，按照GJB 151C中规定的项目的试验方法和限值进行测试。

6.6 可靠性与维修性试验

6.6.1 可靠性评估

可通过以下任一方式进行：

- a) 实验室可靠性增长试验：在综合环境应力（温度、振动、电应力）下进行规定时间的试验，记录故障，并利用可靠性模型评估MTBF；
- b) 现场数据验证：收集首批次不少于3套产品的现场试用数据，累计运行时间不少于15000台时，若无关联性故障发生，则可认定MTBF满足要求。

6.6.2 维修性验证

模拟典型故障（如更换信号处理板卡），由中级维修人员使用规定工具和备件进行修复。记录从故障诊断到最终验证修复成功的总时间，进行多次（如3次）试验，计算平均时间，其结果应满足5.6.2的要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

设备出厂前，必须由制造商的检验部门进行出厂检验，检验项目逐个进行，产品在全部项目检验合格，并附有产品合格证后方可出厂。

7.3 型式检验

型式检验一般在产品设计定型时进行，但在产品的主要设计、工艺、元器件及材料有重大改变，可能影响产品的重要性能，使原来的试验结论不再有效时，也应进行型式检验。

7.4 检验项目

检验项目应按表1的规定执行。

表1 检验项目

序号	项目内容		出厂试验	型式试验	试验方法
1	外观与结构检查		√	√	6.2
2	功能试验	水声通信功能试验	√	√	6.3.1
3		测距与定位功能试验	--	√	6.3.2
4		自诊断功能试验	--	√	6.3.3
6	性能试验	通信作用距离与误码率试验	--	√	6.4.1
7		通信速率试验	--	√	6.4.2
8		智能运维集成试验	--	√	6.4.3
9	环境适应性试验	振动与冲击试验	--	√	6.5.1
10		高低温试验	√	√	6.5.2
11		水密性试验	√	√	6.5.3
12		电磁兼容性试验	--	√	6.5.4
13	可靠性与维修性试验	可靠性评估	√	√	6.6.1
14		维修性验证	√	√	6.6.2
注：标有“√”符号的为强制性试验项目，标有“--”符号的为免检项目。					

参 考 文 献

- [1] GB/T 31014 声学 水声目标强度测量实验室方法
 - [2] T/CIET 802 无人水下机器人通用技术条件
-

中 华 人 民 共 和 国
团 体 标 准
水下无人航行器通信声纳系统技术规范
T/CEATEC 264—2026

*

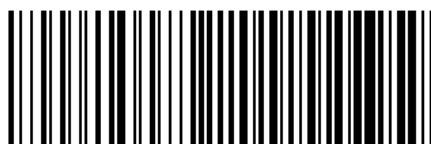
中国欧洲经济技术合作协会
网址 <https://www.ceatec.org.cn/>

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 5.1 千字
2026 年 8 月第一版 2026 年 8 月第一次印刷

*

如有印装差错 由中国欧洲经济技术合作协会调换
版权专有 侵权必究
举报电话：010-64516951



T/CEATEC 264—2026