

团 体 标 准



T/CEATEC 260—2026

分布式光纤声波传感(DAS)水声监测系统技术规范

Technical specifications for distributed acoustic sensing (DAS) underwater acoustic monitoring 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 III

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 2

 4.1 光发射部分 2

 4.2 光接收部分 2

 4.3 光解调部分 2

 4.4 光传感部分 2

5 技术要求 2

 5.1 声压灵敏度 2

 5.2 系统等效噪声（NE） 3

 5.3 动态范围 3

 5.4 空间分辨率 3

 5.5 响应带宽 3

 5.6 传感距离 3

 5.7 环境适应性 3

 5.8 可靠性要求 3

6 试验方法 3

 6.1 试验环境条件 3

 6.2 系统组成检查 4

 6.3 性能指标试验 4

 6.4 环境适应性试验 5

 6.5 可靠性试验 6

7 检验规则 6

 7.1 检验分类 6

 7.2 出厂检验 6

 7.3 型式检验 6

7.4 判定规则	6
8 标志、包装、运输和贮存	6
8.1 标志	6
8.3 运输	7
8.4 贮存	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。

本文件由中科海声信息系统（北京）有限公司提出。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会归口。

本文件起草单位：中科海声信息系统（北京）有限公司、艾克海洋科技（山东）有限公司、北京交通大学、北京理工大学、湖南国科海防信息技术有限公司、山东协和学院。

本文件主要起草人：赵俊霞、杨晓宁、王目光、陈德胜、喻小虎、高学强。

分布式光纤声波传感（DAS）水声监测系统技术规范

1 范围

本文件规定了分布式光纤声波传感水声监测系统的系统组成、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于分布式光纤声波传感水声监测系统的开发和检验。

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 191 包装储运图形符号标志

GB/T 42559—2023 声学 干涉型光纤水听器相移灵敏度测量

GJB 151B—2013 军用设备和分系统 电磁发射和敏感度要求与测量

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

分布式光纤声波传感 distributed fiber optic acoustic sensing

基于相位敏感光时域反射计或类似原理，利用光纤中瑞利散射光的相位干涉效应，对沿光纤轴向分布的声波或振动信号进行连续、分布式探测与定位的技术。该技术可将整根光纤作为传感单元，在无需特殊加工的条件下，实现数公里至数十公里范围内的声场重建。

3.2

散射增强微结构光纤 scattering enhanced microstructure optical fiber

通过材料掺杂、激光改性（如紫外激光辐射、飞秒激光刻蚀）或结构设计（如刻写超弱光纤光栅阵列、无色弱反射点阵列），增强后向散射信号强度和稳定性的特种光纤，包括离散散射增强光纤和连续散射增强光纤。

3.3

声压灵敏度 sound pressure sensitivity

系统对单位声压变化的相位响应能力，单位为dB re rad/ μ Pa，表征系统探测水声信号的灵敏程度。

3.4

系统等效噪声 system equivalent noise; NE

系统整体能够有效感知的最小声压，单位为 μ Pa/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ，反映系统在安静环境下的最小可探测声压水平。

3.5

动态范围 dynamic range

系统可检测的最大声波信号与最小可检测声波信号的比值，单位为dB，表征系统在复杂声场环境下探测强弱信号的能力。

3.6

空间分辨率 spatial resolution

系统能够区分光纤沿线两个相邻水声信号源的最小距离，单位为m，反映系统对水声信号的定位能

力。

3.7

响应带宽 response bandwidth

系统能够有效探测水声信号的频率范围，单位为Hz，表征系统对不同频率水声信号的响应能力。

4 系统组成

4.1 光发射部分

4.1.1 发射激光中心波长应覆盖 1530 nm~1565 nm (C 波段) 或 1565 nm~1625 nm (L 波段)，具体型号应在产品规范中明确。

4.1.2 单模光纤输出平均功率应 ≥ 200 mW (连续波)，功率稳定性应 $\leq \pm 1\%$ (8 h 内)。

4.1.3 激光线宽应 ≤ 100 kHz，以确保高相干性，满足长距离相位调制需求。

4.1.4 在调制频率范围内，RIN 应 ≤ -150 dB/Hz，以降低强度噪声对声波检测的干扰。

4.1.5 工作电压为 DC 24 V $\pm 10\%$ 。

4.1.6 正常工作状态下功耗 ≤ 15 W。

4.2 光接收部分

4.2.1 接收灵敏度：在误码率 $\leq 10^{-12}$ 条件下，最小接收光功率 ≤ -35 dBm。

4.2.2 饱和光功率：最大可接收光功率 ≥ 0 dBm，避免探测器饱和。

4.2.3 3 dB 带宽应覆盖 1 Hz~100 kHz，以满足水声信号 (20 Hz~20 kHz) 的全频段接收需求。

4.2.4 输出信号：模拟电压输出，量程 0 V~5 V 或 -2.5 V~+2.5 V。

4.2.5 噪声等效功率 (NEP) ≤ 1 pW/ $\sqrt{\text{Hz}}$ (1 Hz 带宽内)。

4.3 光解调部分

4.3.1 单通道采样率 ≥ 2 MSa/s，多通道同步采样时应保证时序一致性。

4.3.2 解调动态范围 ≥ 80 dB。

4.3.3 在工作频段内，相位灵敏度 ≤ 1 mrad/ $\sqrt{\text{Hz}}$ (1 Hz 带宽内)。

4.3.4 相位解调误差 $\leq \pm 0.5\%$ FS。

4.3.5 实时解调处理延迟 ≤ 10 ms。

4.3.6 应具备信号滤波、去噪、平均处理等功能，提升信噪比。

4.3.7 应支持数据本地存储与远程传输接口 (如以太网、串口)。

4.4 光传感部分

4.4.1 传感光缆应采用铠装结构，具备防水、防腐蚀、抗拉伸、抗冲击能力，适应海底恶劣环境。

4.4.2 光缆护套材料应耐海水腐蚀，耐老化，使用寿命 ≥ 20 年。

4.4.3 传感单元可采用光纤光栅 (FBG)、Sagnac 环或相干光时域反射计 (Φ -OTDR) 等分布式传感方案。

4.4.4 最大工作水深 ≥ 1000 m (深海型) 或 100 m (近海型)。

4.4.5 声压灵敏度：在 20 Hz~20 kHz 频段内，声压灵敏度 ≥ -180 dB re 1 rad/ μPa 。

4.4.6 指向性：具备全向或指定方向接收特性，旁瓣抑制比 ≥ 10 dB。

4.4.7 空间分辨率：传感空间分辨率 ≤ 1 m，满足分布式监测需求。

4.4.8 工作温度： -20 $^{\circ}\text{C}$ ~ $+60$ $^{\circ}\text{C}$ 。

4.4.9 密封等级：IP68 或更高。

5 技术要求

5.1 声压灵敏度

5.1.1 在 20 Hz~2000 Hz 频率范围内，系统声压灵敏度不应低于 -120 dB re 1 rad/ μPa ，同一系统内各传感单元的灵敏度标准差不应大于 2 dB。

5.1.2 采用 GB/T 42559—2023 中的驻波管法进行标定时，灵敏度测量误差不应大于 1 dB。

5.2 系统等效噪声 (NE)

5.2.1 在消声水池中，在零级海况环境（背景噪声级 45 dB~50 dB）下，系统等效噪声不应大于 50 dB re $\mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$ （即 0.316 $\mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$ ）。

5.2.2 在 10 Hz 低频段，系统等效噪声不应大于 60 dB re $\mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$ （即 1 $\mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$ ）。

5.3 动态范围

在 100 Hz~1000 Hz 频率范围内，系统动态范围不应小于 120 dB。采用“微分-解卷绕-积分”（DUI）算法或类似相位解卷绕技术时，动态范围可提升至 130 dB 以上。

5.4 空间分辨率

系统空间分辨率不应大于 1 m，通过脉冲压缩（如线性扫频、Golay 编码）技术优化后，空间分辨率可提升至 0.5 m 以下。定位误差（对已知位置水声信号源的定位偏差）不应大于空间分辨率的 50%。

5.5 响应带宽

系统有效响应带宽应覆盖 20 Hz~2000 Hz，在该带宽范围内，频率响应起伏不应大于 3 dB。针对低频水声探测场景，响应带宽下限应扩展至 1 Hz，1 Hz~20 Hz 频段内频率响应起伏不大于 5 dB。

5.6 传感距离

无中继情况下，系统最大传感距离不应小于 10 km；采用分布式拉曼放大技术时，最大传感距离不应小于 50 km。传感距离达到最大时，远端传感单元的声压灵敏度衰减不应大于 3 dB。

5.7 环境适应性

5.7.1 温度适应性

干端设备工作温度范围为 0 °C~50 °C，存储温度范围为 -20 °C~60 °C；在高温（50 °C）和低温（0 °C）条件下，连续工作 4 h，性能指标变化不应大于 10%。

5.7.2 湿度适应性

干端设备在温度 40 °C、相对湿度 90%±5% 的恒定湿热环境下，连续工作 48 h，性能指标变化不应大于 10%，设备无锈蚀、无漏电现象。

5.7.3 电磁兼容性

干端设备应通过射频电磁场辐射抗扰度试验应按照 GJB 151B—2013 的规定，试验等级为 3 级（10 V/m），试验后设备工作正常，性能指标变化不应大于 10%。

5.7.4 机械适应性

干端设备在频率 10 Hz~500 Hz、加速度 10 m/s² 的随机振动条件下，连续振动 2 h，设备无损坏，性能指标变化不应大于 10%。

5.8 可靠性要求

应满足如下要求：

- a) 系统平均无故障工作时间 (MTBF) 不应小于 5000 h；
- b) 系统应具备故障自诊断功能，能实时监测激光器、光探测器、光缆链路等关键部件的工作状态，故障诊断准确率不应小于 95%。

6 试验方法

6.1 试验环境条件

除另有规定外，所有试验应在以下环境条件下进行：

- a) 温度：15 °C ± 2 °C；
- b) 相对湿度：45%～75%；
- c) 大气压力：86 kPa～106 kPa；
- d) 电源：220 V ± 10%，50 Hz（干端设备）；24 V ± 10%（辅助设备）。

6.2 系统组成检查

目视检查系统的干端设备的组成、各部件的标识。连接系统各部件，通电后检查数据处理与显示模块是否能正常启动，各模块的通信是否正常，故障自诊断功能是否有效。

6.3 性能指标试验

6.3.1 声压灵敏度试验

应满足如下要求：

- a) 试验设备：驻波管、标准水听器（声压灵敏度已知，误差不大于 0.5 dB）、信号发生器、功率放大器；
- b) 将湿端传感光缆的传感单元和标准水听器紧邻放置于驻波管内，确保两者处于同一声波波前；
- c) 信号发生器产生 20 Hz～2000 Hz 的正弦信号，经功率放大器驱动驻波管内的声源，产生稳定的声场；
- d) 同时采集系统和标准水听器的输出信号，计算系统的声压灵敏度详见公式（1）；

$$M_p = 20 \lg \left(\frac{\Delta \phi_{std}/P}{\Delta \phi_{sys}/P} \right) + M_{std} \dots \dots \dots (1)$$

其中：

M_p ——声压灵敏度；
 $\Delta \phi_{sys}$ ——系统的相位变化；
 $\Delta \phi_{std}$ ——标准水听器的相位变化；
 P ——声压；
 M_{std} ——为标准水听器的声压灵敏度。

- e) 在 20 Hz～2000 Hz 范围内，每隔 100 Hz 测量一次灵敏度，计算平均值和标准差。

6.3.2 系统等效噪声试验

应满足如下要求：

- a) 试验设备：消声水池（背景噪声级不大于 30 dB re $\mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$ ）；
- b) 将湿端传感光缆放入消声水池中，确保光缆无外界扰动；
- c) 干端设备正常工作，采集 30 min 的噪声数据，计算功率谱密度（PSD）；
- d) 根据系统声压灵敏度，将相位噪声 PSD 转换为声压噪声 PSD，系统等效噪声计算详见公式（2）；
- e) 读取 20 Hz～2000 Hz 频段内的最大声压噪声 PSD，即为系统等效噪声。

$$N_p = \sqrt{\Phi_{PSD}, \phi/M_p^2} \dots \dots \dots (2)$$

其中：

N_p ——系统等效噪声；
 Φ_{PSD}, ϕ ——相位噪声 PSD；
 M_p ——声压灵敏度。

6.3.3 动态范围试验

应满足如下要求：

- a) 试验设备为信号发生器、功率放大器、消声水池；
- b) 将湿端传感光缆放入消声水池中，信号发生器产生 100 Hz 的正弦信号，经功率放大器调节信号强度，系统输出的无失真的相位变化达到最大（最大可检测信号）；
- c) 逐渐降低信号强度，直至系统输出相位变化等于系统相位噪声的均方根值（最小可检测信号）。动态范围计算详见公式（3）；

$$R_D = 20 \lg \left(\frac{\Delta\phi_{\max}}{\Delta\phi_{\min}} \right) \dots\dots\dots (3)$$

其中:

R_D ——动态范围信号相位变化;

$\Delta\phi_{\max}$ ——为最大可检测信号相位变化;

$\Delta\phi_{\min}$ ——为最小可检测信号相位变化。

6.3.4 空间分辨率试验

应满足如下要求:

- 试验设备: 两个独立的水声信号源、消声水池、定位装置(精度不大于 0.1 m);
- 将两个水声信号源分别放置于湿端传感光缆沿线的位置, 间距分别设置为 0.5 m、1 m、2m, 通过定位装置精确测量间距;
- 信号源产生 1000 Hz 的正弦信号, 系统采集信号并定位信号源位置;
- 计算系统定位间距与实际间距的偏差, 当偏差不大于实际间距的 50% 时, 该间距即为系统的最小空间分辨率。

6.3.5 响应带宽试验

应满足如下要求:

- 试验设备: 信号发生器、功率放大器、驻波管;
- 将湿端传感光缆放入驻波管内, 信号发生器产生 1 Hz~2000 Hz 的线性扫频信号, 扫频速率为 10 Hz/s;
- 系统采集扫频信号, 计算不同频率下的相位响应幅值;
- 以 1000 Hz 频率的响应幅值为基准, 响应幅值下降 3 dB 时的频率范围即为系统的有效响应带宽。

6.3.6 传感距离试验

应满足如下要求:

- 试验设备: 长距离光纤链路(可通过拼接散射增强微结构光纤实现 10 km、50 km 链路)、消声水池;
- 将 10 km 长的散射增强微结构光纤放入消声水池中, 在光纤两端分别连接干端设备和标准水听器;
- 在光纤远端(距干端设备 10 km 处)放置水声信号源, 产生 1000 Hz 的正弦信号;
- 系统采集信号, 计算远端传感单元的声压灵敏度, 与近端传感单元的灵敏度比较, 计算衰减量;
- 更换 50 km 长的光纤链路(含分布式拉曼放大器), 重复上述试验。

6.4 环境适应性试验

6.4.1 温度适应性试验

应满足如下要求:

- 干端设备高温试验: 将干端设备放入高温试验箱, 升温至 50 °C, 保温 4 h, 期间连续监测系统性能(声压灵敏度、等效噪声), 试验后检查设备外观是否完好, 性能指标符合 4.3.1 要求;
- 干端设备低温试验: 将干端设备放入低温试验箱, 降温至 0 °C, 保温 4 h, 试验后检查设备性能和外观;
- 湿端光缆温度试验: 将湿端光缆分别放入 -10 °C 和 60 °C 的恒温箱中, 保温 24 h, 试验后测量光缆的拉伸强度和传输损耗, 与试验前比较。

6.4.2 湿度适应性试验

将干端设备放入恒温恒湿试验箱, 设置温度 40 °C、相对湿度 90%, 保温保湿 48 h, 期间连续监测系统性能, 试验后检查设备是否有锈蚀、漏电现象, 性能指标变化是否符合 4.3.2 要求。

6.4.3 电磁兼容性试验

按照GJB 151B—2013的要求,对于端设备进行射频电磁场辐射抗扰度试验,试验等级3级(10 V/m),频率范围80 MHz~1 GHz,期间监测系统性能,试验后检查设备工作是否正常。

6.4.4 机械适应性试验

对于端设备进行随机振动试验,频率10 Hz~500 Hz,加速度10 m/s²,振动时间2 h,试验后检查设备外观和性能。

6.5 可靠性试验

系统连续运行1000 h,期间每隔24 h测量一次声压灵敏度、等效噪声等关键性能指标,记录故障发生时间和原因,按照公式(4)计算MTBF;

$$MTBF = \text{总运行时间} / \text{故障次数} \dots\dots\dots (4)$$

7 检验规则

7.1 检验分类

系统检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

每台系统出厂前应进行出厂检验,检验项目包括系统组成检查、声压灵敏度、系统等效噪声、响应带宽、外观检查,出厂检验合格后方可出厂。

7.3 型式检验

当出现下列情况之一时,应进行型式检验,检验项目包括本文件规定的全部技术要求和试验方法:

- a) 新产品定型或老产品转产时;
- b) 产品结构、材料、工艺有重大改变,可能影响产品性能时;
- c) 产品停产1年以上,恢复生产时;
- d) 连续生产50台后,每间隔10台进行一次型式检验;
- e) 国家质量监督机构提出型式检验要求时。

7.4 判定规则

7.4.1 出厂检验

所有检验项目均符合本文件要求时,判定为合格;若有一项不合格,允许返修后重新检验,重新检验仍不合格则判定为不合格。

7.4.2 型式检验

所有检验项目均符合本规范要求时,判定为合格;若有一项不合格,允许返修后重新检验,重新检验仍不合格则判定为不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标志

设备的外壳上应标明产品名称、型号、生产厂家、生产日期、产品编号、执行标准号。

8.1.2 包装标志

产品包装上应标明产品名称、型号、数量、生产厂家、毛重、净重、外形尺寸,以及“小心轻放”“防潮”“向上”等储运图示标志,应符合GB/T 191的要求。

8.2 包装

8.2.1 干端设备应采用防水、防震的包装箱，内部用泡沫塑料或珍珠棉固定，防止运输过程中碰撞损坏；设备应单独包装，附带产品说明书、合格证、检验报告、备件清单。

8.2.2 湿端光缆应采用卷轴包装，卷轴材质为高强度塑料或金属，光缆外层缠绕防水薄膜，卷轴上应标明光缆长度、型号、生产厂家。

8.2.3 辅助设备应采用纸箱包装，内部用缓冲材料填充，与干端设备分开包装。

8.3 运输

产品运输应符合以下要求：

- a) 运输过程中应避免剧烈振动、冲击、挤压，防止包装箱破损；
- b) 运输环境温度范围为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于90%，避免雨淋、暴晒；
- c) 不应与腐蚀性物质、易燃易爆物质混装运输。

8.4 贮存

产品应贮存在以下环境中：

- a) 温度： $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度：30%~90%；
 - b) 通风良好、干燥、清洁的室内，避免阳光直射、雨淋、腐蚀性气体侵蚀；
 - c) 贮存期间应定期检查，每3个月通电测试一次，确保设备性能正常。
-

中 华 人 民 共 和 国

团 体 标 准

分布式光纤声波传感（DAS）水声监测系统技术规范

T/CEATEC 260—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 5.8 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 260—2026