

ICS 91.120.25

CCS 15

团体标准

T/SSC XXXX—20XX

海底地震仪通用技术规范

General technical specifications for ocean bottom seismograph

征求意见稿

20XX – XX – XX 发布

202X – XX – XX 实施

中国地震学会 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 概述 3

 5.1 构成 3

 5.2 观测基准 3

6 通用技术要求 3

 6.1 传感与记录单元 3

 6.2 控制与管理单元 4

 6.3 释放及回收单元 5

 6.4 储能供电单元 6

 6.5 接驳控制单元 6

 6.6 密封筒 6

 6.7 平台载体 7

7 测试和试验 7

 7.1 地震仪 7

 7.2 辅助观测 8

 7.3 时间服务 8

 7.4 观测坐标系测量 8

 7.5 声学释放器 8

 7.6 储能供电单元 9

 7.7 接驳控制单元 9

 7.8 沉耦架 9

8 环境适应性 10

 8.1 试验项目 10

 8.2 试验方式 10

 8.3 试验顺序 11

 8.4 海水腐蚀试验 11

 8.5 水压试验 11

 8.6 温度试验 12

 8.7 冲击试验 12

 8.8 倾斜试验 12

9 检验 12

 9.1 检验分类 13

9.2 鉴定检验 13

9.3 一致性检验 13

10 包装、贮存及运输 14

10.1 包装 14

10.2 贮存 14

10.3 运输 14

参考文献 1

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。

本文件由中国地震学会提出

本文件由中国地震学会归口。

本文件起草单位：北京港震科技股份有限公司、中国地震局地震预测研究所、中国地震局地球物理研究所、中国地震局第一监测中心、中国地震局台网中心、自然资源部第二海洋研究所、广东省地震局、福建省地震局、海南省地震局、江苏省地震局、天津市地震局、福建省地震局厦门海洋观测中心。

本文件主要起草人：朱小毅、庄灿涛、陈全胜、薛兵、牛领辉、杨大克、袁松湧、代光辉、赵立军、郭巍、牛雄伟、叶世山、陈智勇、王恒知、周蓝捷、杨晨光、韩雨东、程振鹏。

引 言

为满足在海洋科学研究、灾害研究和预报、环境监测和生态保护、能源资源开发利用及海洋安全的需求，近年来世界许多国家和地区纷纷加强了对海洋观测技术的研发。海底地震仪作为观测海底地震及地壳构造事件引起的微振动而设计的海洋地球物理探测设备，可以对地球深部构造研究提供数据支撑，也可用于天然地震的地震活动、地震监测与预警、海啸预警等研究，可以为地震监测、灾害研究和预报、能源资源开发利用、海洋安全和地球科学的基础研究提供科学依据。

为了适应长时间海底观测环境，海底地震仪在自适应姿态调整、抗倾斜适应能力、高精度守时、观测坐标系测量、耐压、耐腐蚀、抗冲击性能等方面与陆地地震仪存在较大的差异，海底地震仪内部结构复杂，造价高，布设和回收难度大，对设备的可靠性要求高。本文件给出了海底地震仪指标性能、功能、环境适应性和一致性的具体要求和测试方法，保证海底地震仪的设计、生产、使用、维护、检验过程的权威性、规范性和科学性。

本文件由以下四个部分构成。

——第1部分：概述。目的在于描述海底地震仪构成及观测基准。

——第2部分：通用技术要求。目的在于规范海底地震仪中传感与记录单元、控制与管理单元、释放与回收单元、储能供电单元、接驳控制单元、密封筒及平台载体方面的基本性能和功能、环境适应性等方面的要求。

——第3部分：技术指标测试方法。目的在于规范海底地震仪中地震计、辅助观测、时钟、观测坐标系测量、声学释放器、储能供电单元、接驳控制单元的关键技术指标、功能等方面的测试项目和方法。

——第4部分：环境适应性试验。目的在于规范海底地震仪中地震仪、辅助测项、储能供电单元、接驳控制单元、声学释放器、水密连接缆、海床基（浮力材料）的环境适应性试验项目、方式、顺序及试验方法。

——第5部分：检验。目的在于规范海底地震仪整机检验方法。

——第6部分：包装、储存及运输。目的在于规范海底地震仪包装、储存及运输相关要求。

海底地震仪通用技术规范

1 范围

本文件规定了海底地震仪的通用技术要求、功能要求、测试方法及环境适用性试验方法。

本文件适用于海底地震仪设计、生产、使用、维护。

本文件适用于以海床基平台为平台载体观测方式，以海底缆系观测设施（线缆式）及海底观测井平台（埋入式）为平台载体的观测方式不适用于本文件。

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 8841-88 海船牺牲阳极阴极保护设计和安装

GB 44240-2024 电能存储系统用锂蓄电池和电池组安全要求

GB/T 4130.2-2024 声学 水听器校准 第2部分：低频声压场校准方法

GB/T 32065.2-2015 海洋仪器环境试验方法 第2部分 低温试验

GB/T 32065.4-2015 海洋仪器环境试验方法 第4部分 高温试验

GB/T 32065.10-2020 海洋仪器环境试验方法 第10部分 盐雾试验

GB/T 32065.11-2021 海洋仪器环境试验方法 第11部分 冲击与碰撞试验

GB/T 32065.15-2019 海洋仪器环境试验方法 第15部分 水压试验

GB/T 41520-2022 主动源海底地震仪调查规范

GJB 7244-2011 潜水电连接器通用规范

DB/T 10-2016 数字强震动加速度仪

DB/T 22-2020 地震观测仪器进网技术要求 地震仪

DB/T 27-2008 地震观测仪器质量检验规则

DB/T 87-2021 地震观测仪器型号编码及名称命名规则

HY/T 0394-2024 海洋观测水下结构防腐防污技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海底地震仪 ocean bottom seismograph, 简称 OBS

放置在海底的地震仪, 可用于记录天然地震和人工地震等弹性波/地震波及其他声学信息。

[来源: GB/T 41520-2022,3.1]

3.2

海床基平台 seabed based observation platform

能够搭载满足规定接口要求的仪器, 坐落在海底长期、自动工作, 并能够接收到控制信号后, 全部或者部分上浮至水面(以便回收)的海洋监测平台。

3.3

沉耦架 anchor

为OBS提供负浮力的装置, 可使OBS下沉并与海底耦合。

[来源: GB/T 41520-2022,3.6]

3.4

观测坐标系测量单元 coordinate azimuth measurement unit

测量地震计单元的方位角偏差、倾角、倾斜方位的装置。

注: 如果存在可调整倾斜角的机械结构(常平架), 应在调整完成后进行测量; 测量结果用于校正输出数据, 也可根据该测值进行坐标变换, 输出或存储变换后的数据。

3.5

接驳控制单元 junction unit

用于电能分配、数据通信中继、控制指令传输、运行监控等功能的装置。

3.6

储能供电单元 battery unit

一种用于储存电能, 并具备能量转换、管理、安全防护及监控功能的装置。

3.7

信标灯 beacon indicator unit

一种用于发射特定信号(光、电或声等形式)传递位置、状态或警告信息的导航或警示装置。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

IP: 因特网互联协议 (Internet Protocol)

IRIG-B: IRIG-B时间同步协议 (Inter-range Instrumentation Group)

LAN: 局域网 (Local Area Network)

NTP: 网络时间协议 (Network Time Protocol)

OBS: 海底地震仪 (Ocean Bottom Seismograph)

PTP：精确时间协议（Precision Time Protocol）

PPS：秒脉冲（Pulse Per Second）

TCP：传输控制协议（Transmission Control Protocol）

UTC：协调世界时（Universal Time Coordinated）

WIFI：无线局域网（Wireless Fidelity）

5 概述

5.1 构成

OBS 由传感与记录单元、控制与管理单元、释放及回收单元、储能供电单元、接驳控制单元、防水承压密封及平台载体等部分组成。其中释放及回收装置、储能供电单元、接驳控制单元可根据不同观测方式和观测环境需要进行搭配使用。

5.2 观测基准

5.2.1 时间基准应满足 GB/T 41520-2022 中 4.1.1 的要求。

5.2.2 坐标系统应满足 GB/T 41520-2022 中 4.1.2 的要求。

5.2.3 垂直基准应满足 GB/T 41520-2022 中 4.1.3 的要求。

6 通用技术要求

6.1 传感与记录单元

6.1.1 地震计

可选用短周期地震计、宽频带地震计。地震计短周期噪声（频带 1Hz~40Hz 范围的噪声有效值）应不大于 3×10^{-9} m/s，长周期噪声谱密度（取 0.01 Hz 频点的噪声谱密度值）应不大于 2×10^{-9} (m/s²) / $\sqrt{\text{Hz}}$ ，其他技术参数及其指标应满足 DB/T22-2020 中表 1、表 2、表 3 和表 4 的要求。

6.1.2 辅助观测

6.1.2.1 对于有加速度观测要求时，加速度计应满足 DB/T 10-2016 中 5.1 的要求。

6.1.2.2 对于有水声观测要求时，水听器应满足低频截止频率不低于 0.1Hz，灵敏度不低于 -180dB (0dB=1V/ μPa) 的要求。

6.1.3 数据采集器

6.1.3.1 应满足 DB/T22-2020 的 5.2 中有关输出采样率、通道范围及数字滤波器的规定。

6.1.3.2 应具有校准测试功能，并满足 DB/T22-2020 中 6.5 的规定。

6.1.3.3 应具有数据记录功能，并满足 DB/T22-2020 中 5.11 的规定。

6.1.3.4 采集通道数应满足辅助观测数据采集扩展要求。

6.1.3.5 内部存储介质容量应不小于 64G，并满足连续波形数据记录文件的保存期限不少于 6 个月，事件波形数据文件的保存时间应不少于 12 个月。

6.1.3.6 应具有日志记录功能，日志内容应包括有关时钟调整、用户连接、参数设置、基于内置校准测试信号源的地震计测试、事件触发信息、地震计的摆锤零位、调整等多方面的状态变化信息和操作信息。

6.1.3.7 应具有存储管理功能，依据设置参数自动删除过期数据文件和日志记录，维护数据存储空间。

6.1.4 时钟

6.1.4.1 应配置授时信号接收单元或其他能够输出 UTC 标准时间信号的授时设备。

6.1.4.2 应具备接收 NTP/PTP/IRIG-B 等方式输入授时信号的功能。

6.1.4.3 应具有通过标准 PPS/PPM 对时钟校准功能。

6.1.4.4 OBS 在海底观测期间不具备外部授时源授时校准时，应具有原子钟或高精度晶振进行守时的功能。

6.1.4.5 OBS 在海底观测期间不具备外部授时源授时校准时，内部时钟漂移率应不大于 1×10^{-9} 。

6.1.4.6 OBS 在海底观测期间具备外部授时源授时校准时，应满足 DB/T22-2020 中 5.7 的要求。

6.2 控制与管理单元

6.2.1 接口与连接器

6.2.1.1 应使用符合 GJB7244-2011 中 4.3.3 性能要求的水密连接器。

6.2.1.2 应具有授时信号输入接口或者卫星天线接收机天线连接接口。

6.2.1.3 应具有测试和调试接口，满足通过调试接口对设备进行测试和调试功能。

6.2.1.4 应具有通过无线（WIFI 或蓝牙）或有线（LAN、串口等）将实时数据输出和传输功能。

6.2.1.5 应具有通过本地电缆连接快速导出内部记录数据文件的功能。

6.2.1.6 应具有加速度计、水听器、压力计和海流计等辅助观测项目中一种或者几种接口扩展功能。

6.2.2 姿态调整

6.2.2.1 应具备方位测量功能，测量精度优于 0.8° 。

6.2.2.2 应具备倾斜角度测量功能，测量精度优于 0.2° 。

6.2.2.3 应具备在设备倾斜 40° 的范围内，通过调整可保持地震计正常工作和记录状态。

6.2.2.4 应具有自动或手动启动姿态调整功能，根据姿态测量结果进行姿态调整功能，使传感器可以正常工作和记录。

6.2.3 标定与调零

6.2.3.1 地震计应具有能够对摆锤施加测试力的动圈校准装置，数据采集器应具备用于驱动动圈校准装置的校准测试信号源功能。

6.2.3.2 应具有监测地震计摆锤零位偏移的功能和地震计摆锤零位调整功能，当监测到摆锤零位偏移量超过最大允许值的 90%时，可依据设置参数（间隔时间、倾斜阈值等参数）和运行状态（倾斜值、零位等测量值）自动启动零位调整，或者依据接收到的指令启动零位调整。

6.2.4 时钟管理

6.2.4.1 应具有将授时信息、钟差信息、频差信息写入日志文件的功能。

6.2.4.2 OBS 在海底观测期间不具备外部授时源授时校准时，应具有钟差测量和钟差记录功能，并可以通过布放前和回收后记录的钟差，手动或自动对观测数据时间进行校正的功能。

6.2.5 观测坐标系测量

6.2.5.1 应具有观测坐标系测量功能，测量地震计敏感轴方向与参考坐标系的坐标轴间各方向的偏差角度值。

6.2.5.2 最大允许偏差应不大于 3° 。

6.2.5.3 应具有自动或手动启动坐标系测量，并记录观测坐标系与参考坐标系水平方向和垂直方向偏差角度的测量结果。

6.2.5.4 宜具有通过观测坐标系与参考坐标系各方向的偏差角度值进行坐标变换功能。

6.2.6 参数设置与查询

应具有运行参数设置与查询功能，支持通过连接设备远程管理以下参数：量程、采样率、内置测试信号源参数、授时方式与参数、数据记录参数、地震计参数及控制参数、定时参数、网络与通信参数、姿态调整参数、调零时间间隔参数、启动调整间隔时间参数等。

6.2.7 实时波形传输

OBS 在海底观测期间具备网络通信条件时，应满足 DB/T22-2020 中 5.8、5.9、5.10、5.12 的要求。

6.2.8 电源管理

6.2.8.1 应采用直流供电，标称供电电压+12VDC，允许电压变化范围+9VDC ~ +24VDC。

6.2.8.2 峰值功耗应不大于 10W，正常工作功耗应不大于 2W。

6.2.8.3 当采用原子钟或高精度晶振进行守时时，原子钟或高精度晶振应具备独立后备供电功能。

6.2.8.4 应具有供电监控功能，并将供电状态采集结果写入系统运行日志。

6.2.8.5 应具备对各单元供电进行监控、控制和管理的功能。

6.2.9 布放与回收管理

6.2.9.1 应具有布放前预设进入观测模式等待时间功能，预设进入观测模式等待时间应大于布放准备与设备下沉时间的总和，OBS 在等待时间结束后进入观测模式。

6.2.9.2 当工作水深超过 200 米时，应具备人工控制释放和定时自动释放功能，定时时间可设置。

6.2.9.3 当工作水深超过 200 米时，应具备通过灯光指示功能或者无线通信功能，可将上浮至海面的 OBS 位置信息发送至指定平台的功能。

6.3 释放及回收单元

6.3.1 声学通信

- 6.3.1.1 换能器应具备耐压性和抗腐蚀性，以适应复杂环境。
- 6.3.1.2 应用于水深不超过 200 米的海域时，通信距离应不小于 1000 米。
- 6.3.1.3 应用于水深超过 200 米的海域时，通信距离应不小于 4 倍工作水深与 8000 米两者的最小值。

6.3.2 声学释放器

- 6.3.2.1 应具备通过声学控制释放功能。
- 6.3.2.2 应具备倾斜、距离、电量测量功能。
- 6.3.2.3 安全工作负载应不小于释放载荷的 4 倍。

6.3.3 信标灯

- 6.3.3.1 应用于水深超过 200 米的海域时，应配备信标灯。
- 6.3.3.2 应具有灯光指示和无线通信功能，并满足 GB/T 41520-2022 中 5.1 有关灯光指示和信标设备的要求。

6.4 储能供电单元

- 6.4.1.1 当不具备外部供电条件时，应配备储能供电单元。
- 6.4.1.2 根据储能容量估算工作时长应满足系统海底观测时长要求的 1.3 倍以上。
- 6.4.1.3 标称输出电压：12V、18V。
- 6.4.1.4 输出电压精度应满足不大于标称电压的 $\pm 2\%$ 。
- 6.4.1.5 输出电压波动应满足不大于标称电压的 1%。
- 6.4.1.6 当采用锂蓄电池和电池组供电时，应满足 GB44240 的相关规定。

6.5 接驳控制单元

- 6.5.1.1 当具备外部供电或者通信条件时，应配备接驳控制单元。
- 6.5.1.2 应具备供电转换、网络接入、授时功能、防雷保护、运行监控等功能。
- 6.5.1.3 应具备供电、姿态、状态等监测功能。
- 6.5.1.4 输出标称电压：12V、18V。
- 6.5.1.5 输出电压精度应满足不大于标称电压的 $\pm 2\%$ 。
- 6.5.1.6 输出电压波动应满足不大于标称电压的 1%。
- 6.5.1.7 应具有供电电压和电流监控功能。
- 6.5.1.8 电压监控精度优于 1%，电流监控精度优于 5%。
- 6.5.1.9 应具有光电信号转换功能，并支持 TCP/IP 协议。

6.6 密封筒

- 6.6.1 各设备密封筒应采用耐腐蚀材料制成，或者进行特殊的防腐蚀处理。
- 6.6.2 各设备密封筒应具有长期承载水压的能力。
- 6.6.3 各设备密封筒明显位置应有安装方位基准线或方位基准标记。方位基准应与北南分向的传感方

向一致，误差不大于 0.5°。

6.6.4 各设备密封筒明显位置应有设备型号、生产日期、工作水深、生产厂家等标识。

6.6.5 当设备密封筒为金属材料时，应具有牺牲阳极保护单元，牺牲阳极的设计和安装应满足 GB 8841 的相关要求。

6.7 平台载体

6.7.1 海床基平台

6.7.1.1 应用工作于水深不超过 200 米的海域时，应具有防拖网的防护性能。

6.7.1.2 应具有抗洋流能力。

6.7.1.3 OBS 重量与浮力应匹配，OBS 下降速度可控制在 0.5m/s ~ 1.0m/s。

6.7.2 沉耦架

6.7.2.1 当沉耦架与地震计为刚性连接时，沉耦架应包括配重、水平调整机构、倾斜及方位角测量单元等部分组成；当沉耦架与地震计为柔性连接时，沉耦架主要为配重。

6.7.2.2 沉耦架与 OBS 重量应匹配，OBS 下降速度可控制在 0.5m/s ~ 1.0m/s。

6.7.2.3 当沉耦架与地震计为刚性连接时，应满足 6.2.2.1、6.2.2、6.2.3 的相关要求。

6.7.2.4 当沉耦架与地震计为刚性连接时，沉耦架与地震计之间应具有良好的耦合刚度。

7 测试和试验

7.1 地震仪

7.1.1 当满足振动台测试条件时，地震计应采用振动台进行测试。振动台测试项目及方法如表 1 所示。

表1 地震计振动台测试项目及方法

序号	测试项目	测试及数据处理方法
1	满量程	DB/T22-2020附录B中的B2.6
2	总谐波失真度	DB/T22-2020附录B2.5，并按照附录C给出的方法计算
3	低端截止频率	DB/T22-2020附录B3，并按照附录D给出的方法处理数据
4	高端截止频率	DB/T22-2020附录B2.4测试结果，求出高频端-3db截止频率
5	幅频误差	DB/T22-2020附录B2.4测试结果计算
6	灵敏度及灵敏度误差	DB/T22-2020中8.4.2对比法灵敏度测试
7	线性度误差	DB/T22-2020中8.4.3校准线圈激励法线性度测试
8	低频端阻尼	DB/T22-2020附录B3.5

7.1.2 当不具备振动台测试条件时，可不进行振动台测试，应按照 DB/T22-2020 中 8.4.2 进行灵敏度测试，按照 DB/T22-2020 中 8.4.3 的要求进行线性度测试。

7.1.3 地震计动态范围按照 DB/T22-2020 中附录 E 进行测试。

7.1.4 当沉耦架与地震计为刚性连接时，需测试沉耦架与地震计之间耦合性能，沉耦架与地震仪之间无寄生共振。

7.2 辅助观测

7.2.1 对于有加速度观测要求时，加速度计应按照 DB/T 10-2016 中规定的方法进行测试。

7.2.2 对于有声学观测要求时，水听器应按照 GB/T 4130.2-2024 相关要求进行测试。

7.3 时间服务

7.3.1 时钟漂移及时钟误差测试

7.3.1.1 当具备 PPS 时钟校准输入信号时，测试前需要通过 PPS 对时钟进行校准。

7.3.1.2 按照 DB/T22-2020 中 8.3.4 的方法进行测试，并计算时钟误差和时钟漂移率。

7.3.2 钟差测量及记录功能测试

7.3.2.1 当具备 PPS 时钟校准输入信号时，测试前需要通过 PPS 对时钟进行校准。

7.3.2.2 重新接入授时源，OBS 按照预置参数进行钟差测量，并将测量结果写入系统日志文件。

7.4 观测坐标系测量

7.4.1 观测坐标系建立

以 OBS 测得的真北方向为坐标系的 Y 轴正向，垂直方向为 Z 轴，构建三维直角坐标系为观测坐标系。

7.4.2 观测坐标系测量

7.4.2.1 被测 OBS 地震仪和参考地震仪相互靠近安装在观测墩上，参考地震仪的指北方向与真北一致，偏差宜小于 0.5° 。

7.4.2.2 将待测 OBS 地震仪和参考地震仪的数据采集器的采样率设置为 100sps，内部时钟保持与 UTC 时间同步，并使所有地震仪及相关设备处于工作状态。

7.4.2.3 保持地震仪至少记录 24h 的连续观测数据。

7.4.2.4 启动待测 OBS 地震仪的姿态测量功能，测量待测 OBS 地震仪的寻北角度、倾斜角度。

7.4.2.5 通过对比法，计算待测 OBS 地震仪相对于参考地震仪的 XYZ 轴角度。

7.4.2.6 寻北角度与计算的 Y 轴向角度的差值为水平轴向偏差，倾斜角度与计算的 Z 轴向角度的差值为垂直向偏差。

7.4.2.7 将待测 OBS 地震仪旋转任意角度，按照 7.4.2.2 ~ 7.4.2.6 的步骤。

7.4.2.8 测试三次，取三次测试结果中水平向偏差和垂直向偏差的最大值，作为最大允许偏差。

7.4.2.9 测量结果应满足 6.2.5.2 的要求。

7.5 声学释放器

7.5.1 安全工作负载试验

7.5.1.1 将释放载荷的 4 倍作为安全工作负载静载荷力值。

7.5.1.2 声学释放器在负载静载荷力值下，保持 20min，完成后通过声学通信进行释放控制，可以正常释放。

7.6 储能供电单元

7.6.1 电池或电池组试验

采用电池或电池组储能时，应按照 GB 44240 的相关要求进行试验。

7.6.2 输出电压稳定性测试

7.6.2.1 测试时需要将储能供电单元输出供电连接至标准负载，并进行负载变化测试。

7.6.2.2 测试时间为 30 分钟，记录每分钟的输出电压值。

7.6.2.3 测试结果应满足 6.4.3、6.4.4 和 6.4.5 的技术要求。

7.6.3 估算工作时长测试

7.6.3.1 测试前将供电输出连接到地震仪上，将地震仪正常工作后，测试供电输出电压值，并记录初始电压 V_0 。

7.6.3.2 测试时间 6 小时，到达测试时间后，测试供电输出电压值，并记录初始电压 V_1 。

7.6.3.3 按照下式计算供电时长。

$$t = \frac{6 \times (V_H - V_L)}{(V_0 - V_1)} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V_H — 充满电或者出厂时电压（不可充电电池），单位：V。

V_L — 截止输出电压，单位：V。

t — 估算供电时长，单位：h。

7.6.3.4 重复此过程三次，并计算平均值作为估算工作时长测试结果。

7.6.3.5 测试结果应满足 6.4.2 的要求。

7.7 接驳控制单元

7.7.1 接驳控制功能测试

7.7.1.1 将直流可调稳压电源连接到待测样机的电源输入端，并用万用表或示波器连接到样机供电电压输出端，测量输出的电压，满足 6.5.4 的要求。

7.7.1.2 检查网络接入、授时功能、姿态、状态等功能，满足 6.5.1、6.5.2、6.5.3、6.5.7、6.5.8、6.5.9 的要求。

7.7.2 输出电压稳定性测试

按照 7.6.2 的方法测试供电输出稳定性。

7.8 沉耦架

7.8.1 耦合性能试验

7.8.1.1 当沉耦架与地震计为刚性连接时，需测试沉耦架与地震计之间耦合性能，可以通过振动台测试来检验。

7.8.1.2 将沉耦架与地震计按照刚性连接好后，一起放置到振动台上，通过振动台输入不同频率信号，并通过数据采集器实时输出波形，测试过程中系统无寄生共振现象。

7.8.2 倾斜适应性试验

当沉耦架与地震计为刚性连接时，需测试沉耦架倾斜适应性能，按照 8.8 的方法进行试验。

8 环境适应性

8.1 试验项目

环境适应性试验项目如表 2 所示。

表2 环境适应性主要测试项目

试验对象	试验项目				
	温度试验	冲击试验	倾斜试验	水压试验	海水腐蚀试验
海床基 ¹	×	×	×	○	√
沉耦架 ²	×	×	○	×	√
地震仪	√	√	√	√	√
辅助观测（含水听器、压力计、海流计等）	√	√	×	√	√
水密连接缆	×	×	×	√	√
储能供电单元 ³	√	√	×	√	√
接驳控制单元 ⁴	√	√	×	√	√
声学释放器	√	√	×	√	√
信标灯	√	√	×	√	√

注1：当海床基包含浮力材料时，浮力材料需进行水压试验，取同材质样品进行一次水压试验。

注2：当沉耦架与地震计为刚性连接时，需与地震仪一起进行倾斜试验。

注3：储能供电单元集成在地震仪内部时，只对地震仪进行试验。

注4：接驳控制单元集成在地震仪内部时，只对地震仪进行试验。

8.2 试验方式

8.2.1 海水腐蚀试验取待测设备密封筒同材质样品进行试验，同批次样品进行有限次试验，直至满足要求。

8.2.2 在设备组装前进行研究性水压试验，分别对抽取浮力材料、各设备密封筒样品进行有限次水压试验，验证设计及加工工艺，抽取样品数量应不少于同批次生产数量的 20%。

8.2.3 温度试验、冲击试验对独立设备进行试验，其中温度试验、冲击试验对同批次设备采用抽取 1-

- 2 台样机方式进行试验。
- 8.2.4 地震仪倾斜试验采用整机试验，每台地震仪均需进行倾斜试验。
- 8.2.5 在设备出厂前，密封筒、水密缆应进行水压试验并满足耐压要求。

8.3 试验顺序

- 8.3.1 除另有规定外，试验按照表 3 的顺序进行。

表3 推荐的试验顺序

试验目的	测试对象	试验名称	试验顺序	试验目的
研究性试验	浮力材料同材质样品	海水腐蚀	1	研究样品性能，采用有限数量试验样品
	密封筒同材质样品			
	水密缆			
	浮力材料同材质样品	水压试验	2	研究样品性能，采用有限数量试验样品
	密封筒（空筒）			
	水密缆			
定型试验	独立密封的设备整机(地震仪、储能供电单元、接驳控制单元)、声学释放器、信标灯	温度试验	3	设备定型鉴定试验
	独立密封的设备整机(地震仪、储能供电单元、接驳控制单元)、声学释放器、信标灯	冲击试验	4	
检验试验	地震仪	倾斜试验	5	每台整机出厂检验
	沉耦架 ¹			
	独立密封的设备整机(地震仪、储能供电单元、接驳控制单元)、水密缆、辅助观测（含水听器、压力计、海流计等）、声学释放器、信标灯	水压试验	6	每台整机出厂检验

注1：：当沉耦架与地震计为刚性连接时，需与地震仪一起进行倾斜试验。

- 8.4 海水腐蚀试验
- 8.4.1 试验温度 30±2℃。
- 8.4.2 试验时间不低于 14 天，每 7 天更换一次试验溶液，直至试验结束。
- 8.4.3 按照 GB/T 32065.16-2021 相关要求进行了试验。
- 8.5 水压试验
- 8.5.1 试验压力值不小于工作水深同水压的 1.2 倍。

8.5.2 试验持续时间不小于 12 小时。

8.5.3 按照按照 GB/T 32065.15-2019 中 5.3 的试验步骤进行试验。

8.5.4 试验结束后，试验样品的外观应无变形，尺寸应无变化、重量应无变化。

8.5.5 试验结束后，水密线缆无异常变形，线缆间绝缘电阻、芯线对外壳绝缘电阻 $>1000\text{M}\Omega$ 。

8.6 温度试验

8.6.1 低温试验温度为 $(-20\pm 3)^{\circ}\text{C}$ ，高温试验温度为 $(60\pm 3)^{\circ}\text{C}$ 。

8.6.2 低温和高温持续时间应不小于 2 小时。

8.6.3 试验样品在不包装、不通电的状态下放入试验箱内。

8.6.4 低温试验按照 GB/T 32065.2-2015 中 4 的试验方法进行试验。

8.6.5 低温试验结束后，恢复至室温环境。

8.6.6 高温试验按照 GB/T 32065.4-2015 中 4 的试验方法进行试验。

8.6.7 高温试验结束后，恢复至室温环境。

8.6.8 试验结束后，对试验样品通电检查，试验样品的电气性能无变化，功能正常。

8.7 冲击试验

8.7.1 冲击试验峰值加速度 50m/s^2 ，脉冲持续时间 11ms，速度变化量 0.35m/s 。

8.7.2 试验期间试验样品应处于非工作状态。

8.7.3 按照 GB/T 32065.11-2021 中 5.2 的试验方法进行试验。

8.7.4 试验结束后，对试验样品通电检查，试验样品的电气性能无变化，功能正常。

8.8 倾斜试验

8.8.1 倾斜试验角度为 40° 。

8.8.2 试验前对试验样品进行通电检查，确认试验样品电气性能、功能检查。

8.8.3 试验样品在不通电的情况下，刚性固定在倾斜试验平台上。

8.8.4 调整被测试样品的方位标识，使被测试样品的方位标识指向正北。

8.8.5 分别对试验样品在倾斜角度至 40° 的情况下，对试验样品进行通电。

8.8.6 对被测试样品启动姿态调整和调零操作，使得被测试样品进入工作状态，检查被测试样品的地震计摆锤零位监测信号，应不大于其最大输出值的 20%。

8.8.7 调整被测试样品的方位标识，使被测试样品的方位标识按照顺时针分别旋转 90° 、 180° 、 270° ，并按照 8.8.5 和 8.8.6 的步骤进行试验。

8.8.8 试验结束后，对试验样品进行通电检查，确认试验样品电气性能、功能检查。

8.8.9 各种倾斜测试条件下，试验前后，试验样品工作正常。

9 检验

9.1 检验分类

本规范规定的检验分类如下：

- a) 鉴定检验（9.2）
- b) 一致性检验（9.3）

9.2 鉴定检验

9.2.1 鉴定检验样品

9.2.1.1 提供 3 套 OBS 整机进行性能、功能和部分耐环境性能的试验，单独提供 1 套海底地震仪密封筒相同材料样品进行海水腐蚀试验。

9.2.1.2 检验样品包含海底地震仪、水密连接缆、水听器。

9.2.2 检验程序

9.2.2.1 提交的样品应经受表 4 规定的检验，并按所示顺序进行。

表4 检验项目及方法

试验项目	要求章节号	方法章节号
地震仪	6.1, 6.2, 6.6, 8.1, 8.2, 8.3	7.1, 7.3, 7.4, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8
水密连接缆	8.1, 8.2, 8.3	8.4, 8.5
辅助观测(含水听器、压力计、海流计等)	6.1.2, 8.1, 8.2, 8.3	7.2, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7
储能供电单元 ¹	6.4, 6.6, 8.1, 8.2, 8.3	7.6, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7
接驳控制单元 ²	6.5, 6.6, 8.1, 8.2, 8.3	7.7, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7
声学释放器、信标灯	6.3, 6.6, 8.1, 8.2, 8.3	7.5, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7
海床基、沉耦架	6.7, 8.1, 8.2, 8.3	7.8, 8.4, 8.5, 8.8

注1：储能供电单元集成在地震仪内部时，只对地震仪进行试验。
注2：接驳控制单元集成在地震仪内部时，只对地震仪进行试验。

9.3 一致性检验

9.3.1 检验要求

9.3.1.1 计算多台地震仪的周期、阻尼、灵敏度，计算设备的一致性差异，标称观测频带内波形相关系数应大于 95%。

9.3.1.2 地震仪的周期、阻尼、灵敏度参数应满足要求 5.2.1 的要求。

9.3.2 检验方法

9.3.2.1 参考地震仪选择：在测试场地连续运行时间超过 3 个月的同类型宽频带地震仪，其噪声水平在连续 3 个月 80%以上的时段符合要求，可在地震仪噪声测试中用作参考地震仪，在噪声测试过程中，

噪声功率谱在 50%以上的时段低于参考地震仪的被测地震仪，也可在计算过程中作为参考地震仪使用，取其噪声功率谱较低时段的记录数据参与其他被测地震仪噪声功率谱的计算。

9.3.2.2 使用一台参考地震仪与多台被测地震仪相互靠近安装在观测墩上，保持安装方位一致，方位角偏差宜小于 0.5° 。

9.3.2.3 测试过程中需进行脉冲、正弦波标定，计算各台被测地震仪的周期、阻尼、灵敏度，计算设备的一致性差异。

9.3.2.4 计算标称观测频带内被测地震仪的相关系数。

10 包装、贮存及运输

10.1 包装

10.1.1 海底地震仪、水听器等设备在包装之前需要对设备水密连接器及水密缆安装密封堵头。

10.1.2 包装箱应包含合格证、检验报告和使用说明书等装箱文件。

10.1.3 作为独立设备包装时，包装通常由包装箱、减震棉等组成。

10.2 贮存

10.2.1 必须存储在干爽、通风环境中，禁止露天曝晒和雨淋；一般贮存环境条件，室内温度为 $-30\sim +70^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 70%。

10.2.2 贮存仓库周围环境应无酸、碱或其他腐蚀性气体，还应具备防尘条件。

10.3 运输

10.3.1 海底地震仪按照 GB/T 6587-2012 中 5.10 规定的 2 级流通条件的要求进行包装运输试验。

10.3.2 运输时必须将包装件固定牢固，按照包装箱上储运标志内容进行操作。

10.3.3 需要进行单元化包装进行联运时，包装件必须符合 GB/T 2934 的规定。

参 考 文 献

- [1] GB/T 4128-1995 声学 标准水听器
- [2] GB/T 39420-2020 海洋观测术语
- [3] GB/T 32065.1-2015 海洋仪器环境试验方法 第1部分 总则
- [4] DB/T 21-2007 地震观测仪器进网技术要求 常用技术参数表述与测试方法
- [5] HYT135-2010 海床基海洋环境自动监测平台系统
- [6] 刘思青, 陈洁, 曹骏, 等. 滨海型宽频带海底地震仪的技术特点及其数据质量分析[J]. 华南地震, 2020, 40(1): 73-80. [LIU Siqing, CHEN Jie, CAO Jun, et al. Technical Characteristics and Data Quality Analysis of Coastal Type Wide-band Ocean Bottom Seismometer[J]. South China journal of seismology, 2020, 40(1): 73-80]
- [7] 包雪, 叶放, 张晗, 等. 2023. 宽频带地震仪性能现场检测方法进展研究. 地球物理学进展, 38(4):1739-1756, doi: 10.6038/pg2023GG0162.
- [8] Jon Peterson, 1993, Observation and Modeling of seismic background noise, Open-File Report, 93-322, USGS
- [9] Charles R. Hutt, September 1990, Standards for Seismometer Testing - A Progress Report, Albuquerque Seismological Laboratory, USA
- [10] Peter Bormann, 2002, IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice, Geo Forschungs Zentrum Potsdam(GFZ)
- [11] Peter D. Welch, June 1967, The use of fast fourier transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms, IEEE transactions on audio and electroacoustics, Vol. AU-15, NO.2
- [12] IRIG Standard 200—1998 IRIG Serial Time Code Formats
- [13] Proceedings of the Guidelines for Seismometer Testing Workshop, Albuquerque, New Mexico, 9-10 May 2005, Open-File Report 2009-1055, USGS
- [14] IEEE Std 181™-2003, IEEE Standard on Transitions, Pulses, and Related Waveforms
- [15] IEC 60565:2006 underwater acoustic-Hydrophones -Calibration the frequency range 0.01Hz to 1MHz