

T

ICS 17.160

CCS N 65

团体标准

T/CWDPA XXXX—2026

光纤旋转地震仪技术规范

Technical specification for fiber-optic rotational seismometers

（征求意见稿）

2026 – XX – XX 发布

2026 – XX – XX 实施

中国西部开发促进会 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 分类与组成 1

5 技术要求 2

6 试验方法 4

7 检验规则 6

8 标志、包装、运输及贮存 6

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。

本文件由杭州友孚科技有限公司提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：杭州友孚科技有限公司。

本文件主要起草人：

光纤旋转地震仪技术规范

1 范围

本文件规定了光纤旋转地震仪的术语和定义、分类与组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于光纤旋转地震仪。

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 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 6587 电子测量仪器通用规范
- GJB 2426A 光纤陀螺仪测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光纤旋转地震仪 fiber optic rotational seismometer
基于光纤陀螺原理，用于测量地面旋转运动的地震观测仪器。

3.2

旋转分量 rotational component
地震波在某一方向上的旋转运动，通常用绕相互正交轴的角速度或角加速度表示。

3.3

自噪声 self-noise
在无外界输入或输入可忽略条件下，设备自身产生的输出噪声，通常以功率谱密度表示，单位为 rad/s/√Hz。

注：部分资料中也称该指标为灵敏度（PSD）。

4 分类与组成

4.1 产品分类

4.1.1 按安装方式分类

光纤旋转地震仪可分为：
——便携式，宜便于搬运和现场部署；
——固定式，宜适用于长期固定安装和连续观测。

4.1.2 按性能等级分类

光纤旋转地震仪可按灵敏度、频率范围、动态范围等性能指标划分等级。具体等级划分和限值宜由产品规范或合同规定。

4.2 产品组成

4.2.1 光纤旋转地震仪宜由下列单元组成：

- 光纤旋转传感单元；
- 数据采集单元；
- 授时定位单元；
- 存储与通信单元；
- 电源单元；
- 上位机软件。

4.2.2 根据产品设计，部分单元可集成。

5 技术要求

5.1 外观与结构

5.1.1 外观

设备表面应无明显的划痕、裂纹、变形、锈蚀及涂覆层剥落等缺陷。标志应清晰、牢固。

5.1.2 结构

设备结构应紧凑、牢固，各零部件应无松动。紧固件应有防松措施。敏感轴方向应有明确标识。安装基准面或基准线应清晰。

5.2 尺寸与重量

设备的尺寸和重量应符合产品规范的规定，并宜便于搬运和安装。

5.3 功能要求

5.3.1 测量分量

三分量旋转地震仪应能同时输出三个相互正交方向上的旋转分量。

5.3.2 授时定位

5.3.2.1 设备可具备授时定位功能。当设备具备授时定位功能时，应能输出经度、纬度等地理坐标信息。

5.3.2.2 当设备具备授时定位功能时，在巷道、野外等环境下，授时定位功能宜能正常工作。

5.3.3 数据采集与存储

5.3.3.1 设备应能对旋转分量进行数据采集。

5.3.3.2 采样率应可设置，宜支持 50 Hz、100 Hz、200 Hz、400 Hz 等选项。

5.3.3.3 设备应具有数据存储功能。在采样率为 200 Hz 时，连续记录时长宜不少于 180 天。

5.3.4 数据传输与通信

5.3.4.1 设备应支持有线或无线数据传输。数据格式宜采用通用标准格式，如 MiniSEED、SAC 等。

5.3.4.2 通信协议宜支持 FTP 等通用协议。设备宜支持远程参数设置、状态监控和远程重启。

5.3.5 上位机软件

5.3.5.1 当设备提供上位机软件时，软件应能实现数据采集参数设置、实时波形显示、数据存储与管理、状态监控等功能。

5.3.5.2 软件宜支持数据回放、数据分析、数据转换等功能。

5.3.5.3 软件应能显示设备工作状态、采样率等参数。当设备具备授时定位功能时，软件应能显示授时定位信息。

5.4 性能要求

5.4.1 自噪声

设备的自噪声应以功率谱密度（PSD）表示。自噪声水平按功率谱密度分为A、B、C三级：

——A 级：不大于 4×10^{-9} rad/s/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ；

——B 级：不大于 2×10^{-8} rad/s/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ；

——C 级：不大于 4×10^{-8} rad/s/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 。

5.4.2 频率范围

设备的频率范围应覆盖 0.005 Hz~100 Hz。对于高灵敏度固定式产品，频率范围宜覆盖 0.002 Hz~200 Hz。在规定的频率范围内，幅频特性偏差宜在 -3 dB 以内。

5.4.3 动态范围

设备的动态范围应不小于 160 dB。高动态范围产品的动态范围宜不小于 180 dB。动态范围按 20lg（量程/自噪声水平）计算。

5.4.4 量程

设备的最大量程应不小于 5 rad/s（约 $300^\circ/\text{s}$ ）。

5.4.5 标度因数非线性

设备的标度因数非线性度应不大于 100 ppm。

5.4.6 零偏稳定性

设备的零偏稳定性应优于 $0.01^\circ/\text{h}$ 。

5.4.7 采样率

设备的采样率应可设置，宜支持 50 Hz、100 Hz、200 Hz、400 Hz 等选项。实际采样率与设置值的偏差宜不大于 1%。

5.4.8 数据一致性

设备各测量分量之间的数据一致性应不小于 99%。

5.4.9 稳定时间

设备从冷启动到输出稳定数据的时间应不大于 45 s。

5.5 电气与接口

5.5.1 供电

设备的供电电压范围宜采用宽电压设计，输入电压宜为 9 V~24 V DC，标称电压宜为 12 V 或 24 V。

5.5.2 功耗

设备的功耗宜不大于 20 W。

5.5.3 接口

设备应具备数据接口和电源接口。当设备具备授时定位功能时，宜具备授时接口。接口应具有良好的电气连接性能和机械强度。接口类型和引脚定义应在产品技术文件中明示。

5.6 环境适应性

5.6.1 工作温度

设备的工作温度范围宜为 -40°C ~ 50°C 。在规定的温度范围内，设备应能正常工作。

5.6.2 相对湿度

设备的相对湿度范围宜为 10%~98% RH。在规定的湿度范围内，设备应能正常工作。

5.6.3 外壳防护

设备的外壳防护等级宜不低于IP66。

5.7 安全要求

设备应具备必要的电气安全保护，如过压、过流、反接保护等。设备在正常使用条件下应保证人身安全。设备的外露金属部分宜接地良好。

6 试验方法

6.1 外观与结构

6.1.1 外观

在正常大气条件下，采用目视法和手感法检查设备表面有无明显划痕、裂纹、变形、锈蚀及涂覆层剥落等缺陷，标志是否清晰、牢固。

6.1.2 结构

采用目视法和手感法检查设备结构是否紧凑、牢固，各零部件有无松动，紧固件是否有防松措施，敏感轴方向是否有明确标识，安装基准面或基准线是否清晰。

6.2 尺寸与重量

使用卡尺或卷尺测量设备外形尺寸，使用电子秤测量设备重量，取多次测量的平均值，检查尺寸和重量是否便于搬运和安装。

6.3 功能要求

6.3.1 测量分量

设备上电正常工作，启动数据采集软件，检查软件采集界面是否输出三个相互正交方向上的旋转分量。

6.3.2 授时定位

当设备具备授时定位功能时，在卫星信号可接收环境及巷道、野外等环境下，检查其经纬度信息实时显示和授时定位功能是否正常。

6.3.3 数据采集与存储

设备上电正常工作，检查其是否能对旋转分量进行数据采集，采样率是否可设置并支持50 Hz、100 Hz、200 Hz、400 Hz等选项，以及以200 Hz采样率连续采集时连续记录时长是否不少于180天。

6.3.4 数据传输与通信

检查设备是否支持有线或无线数据传输，数据格式是否为MiniSEED、SAC等通用格式，通信协议是否支持FTP等通用协议，以及远程参数设置、状态监控和远程重启功能是否正常。

6.3.5 上位机软件

当设备提供上位机软件时，检查其数据采集参数设置、实时波形显示、存储管理、状态监控、数据回放、分析转换等功能是否正常，以及是否能显示设备工作状态、采样率和授时定位信息。

6.4 性能要求

6.4.1 自噪声

应按GJB 2426A的规定执行，将设备固定于隔振平台，通电预热后以200 Hz采样不少于1 h，由静态输出计算功率谱密度平坦段幅值平方根，按5.4.1的A、B、C三级判定。

6.4.2 频率范围

应按GJB 2426A的规定执行，将设备固定于角振动台，改变频率记录设备与标准角振台输出，计算归一化幅频特性，检查各点是否大于-3 dB，频率范围是否满足5.4.2的规定。

6.4.3 动态范围

应按GJB 2426A的规定执行，由最大量程与自噪声水平计算动态范围，检查是否不小于160 dB，高动态范围产品是否不小于180 dB。

6.4.4 量程

应按GJB 2426A规定的方法执行，将设备置于速率转台并使敏感轴平行转轴，转动至最大限幅，取输出波形幅值最大值，检查是否不小于5 rad/s。

6.4.5 标度因数非线性

应按GJB 2426A规定的方法执行，速率转台轴垂直，设备输入轴平行转轴，选取不少于11个角速度档正反转测试，扣除静止输出后按标准方法计算非线性度，检查是否不大于100 ppm。

6.4.6 零偏稳定性与 DC 旋转精度

应按GJB 2426A规定的方法执行，设备置于隔振平台，通电预热后连续采集静态数据不少于4 h，进行Allan方差分析并按标准方法计算，检查零偏稳定性是否优于0.01°/h。

6.4.7 采样率

设置不同采样率采集数据，记录起始时间和数据帧数，计算实际采样率与设置值的偏差，检查是否不大于1%。

6.4.8 数据一致性

相同输入条件下同时采集各分量数据，进行相关性分析，检查数据一致性是否不小于99.5%。

6.4.9 稳定时间

设备冷启动后立即采集数据，记录输出达到稳定状态所需时间，检查是否不大于45 s。

6.5 电气与接口

6.5.1 供电

按GB/T 6587中5.4规定的方法，在9 V~24 V DC范围内改变输入电压，检查设备是否正常工作。

6.5.2 功耗

按GB/T 6587中5.5规定的方法，在标称电压下测量功耗，检查是否不大于20 W。

6.5.3 接口

检查设备是否具备数据接口和电源接口，具备授时定位功能时是否具备授时接口，以及接口类型和引脚定义是否在产品技术文件中明示。

6.6 环境适应性

6.6.1 工作温度

应按GB/T 6587规定的方法执行，选取-40 °C、0 °C、50 °C温度点各保持不少于2 h，检查设备是否正常工作。

6.6.2 相对湿度

应按GB/T 6587规定的方法执行，选取10%、50%、98% RH湿度点各保持不少于2 h，检查设备是否正常工作。

6.6.3 外壳防护

应按GB/T 4208规定的方法执行IPX6防水和IP6X防尘试验，检查外壳防护等级是否不低于IP66。

6.7 安全要求

检查设备是否具备过压、过流、反接保护等电气安全保护功能，可通过模拟异常供电条件验证；检查设备在正常使用条件下是否保证人身安全，外露金属部分是否接地良好。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验应分为出厂检验和型式检验两类。

7.2 出厂检验

7.2.1 每件产品出厂前均应进行出厂检验，检验合格并附产品质量合格证明文件后方可出厂。

7.2.2 出厂检验项目应包括外观与结构、尺寸与重量、测量分量、数据采集与存储、数据传输与通信、上位机软件、供电、功耗、接口和安全要求。其中外观与结构、测量分量、供电和安全要求应逐件检验，其余项目可进行抽样检验。

7.2.3 抽样检验的抽样方案应按 GB/T 2828.1 规定的一次抽样方案执行，检验水平宜采用一般检验水平 II，接收质量限 AQL 值不宜大于 4.0。对于单件或小批量产品，可全数检验。

7.3 型式检验

7.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品试制定型鉴定；
- 产品结构、材料或工艺有重大改变，可能影响产品性能；
- 产品停产一年以上恢复生产；
- 正常批量生产时，每三年进行一次；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异；
- 国家质量监督机构或行业管理部门提出型式检验要求。

7.3.2 型式检验项目应包括第 5 章规定的全部技术要求，即外观与结构、尺寸与重量、功能要求、性能要求、电气与接口、环境适应性和安全要求的全部项目。

7.3.3 型式检验样品应从出厂检验合格的产品中随机抽取，抽样基数不宜少于 3 件，样品数量不宜少于 1 件。对于单件或小批量产品，应全数检验。

7.4 判定规则

7.4.1 逐件检验项目全部合格的单个产品应判定为合格品。逐件检验项目有一项不合格，该产品应判定为不合格，允许返工后重新提交检验，仍不合格应予以报废。

7.4.2 抽样检验项目不合格数不超过接收数时，该批次抽样检验项目应判定合格；不合格数达到拒收数时，该批次应判定不合格。

7.4.3 全部检验项目均合格的批次应准予出厂。任何一项检验不合格的批次不应出厂。

7.4.4 型式检验所有项目全部合格时，该次型式检验应判定合格。

7.4.5 型式检验中若出现不合格项目，可对不合格项加倍抽样进行复检。复检全部合格时，该次型式检验仍应判定合格；复检仍有一项不合格，该次型式检验应判定不合格。

7.4.6 自噪声、频率范围、动态范围、量程、标度因数非线性、零偏稳定性、外壳防护等级或电气安全性能等涉及关键性能或安全的项目出现不合格时，不应进行复检，该次型式检验应直接判定为不合格，并应立即停产查明原因。

7.4.7 型式检验不合格时，制造商应立即停止该型号产品的生产和出厂检验，分析不合格原因，采取纠正措施后重新进行型式检验。只有重新进行的型式检验合格后，方可恢复生产和出厂检验。

8 标志、包装、运输及贮存

8.1 标志

8.1.1 产品铭牌应清晰、牢固，并宜固定在设备明显位置。铭牌内容宜包括：

- 产品名称；
- 产品型号；
- 制造商名称；
- 出厂编号；
- 制造日期；
- 主要技术参数，如供电电压、功耗、防护等级等。

8.1.2 设备上应有敏感轴方向标识和安装基准标识，标识应清晰、耐久。

8.1.3 包装箱外部标志应符合 GB/T 191 的规定，宜包括产品名称、型号、数量、重量、外形尺寸、制造商名称、地址以及“小心轻放”“防潮”“向上”等图示标志。

8.2 包装

8.2.1 产品包装应能防止在正常运输和贮存过程中受到损坏。包装材料应具有防潮、防振、防尘性能。

8.2.2 产品宜在包装前进行清洁和干燥处理。设备及其附件应固定牢靠，防止在包装内移动。

8.2.3 包装箱内应附有下列随机文件：

- 产品合格证；
- 产品使用说明书；
- 装箱单；
- 保修卡或售后服务说明。

8.2.4 随机文件应齐全、清晰，并宜采用防潮袋封装。

8.3 运输

8.3.1 产品可采用常规运输方式运输。运输过程中应防止剧烈振动、冲击、雨雪淋袭和阳光暴晒。

8.3.2 产品在运输过程中不应与腐蚀性物质混装。

8.3.3 对于精密设备，宜在包装箱内增加减振措施，并在运输过程中避免倒置和侧翻。

8.4 贮存

8.4.1 产品应贮存在干燥、通风、无腐蚀性气体的库房内。库房环境温度宜为-10℃~40℃，相对湿度宜不大于 80% RH。

8.4.2 产品宜放置在货架或垫板上，不应直接接触地面。贮存时应避免阳光直射和靠近热源。

8.4.3 产品贮存期限宜不超过一年。超过贮存期限的产品，在出厂前宜重新进行出厂检验。

8.4.4 长期贮存的产品宜定期进行检查，并保持包装完好。