

MEMS 地震烈度仪测试技术方案

(仅供第一轮测试使用)

一、测试目的

对目前可征集到的国内外 MEMS 烈度仪产品主要参数和功能进行摸底检测，为地震烈度仪器改进与入网检测标准制定提供参考。

二、测试依据

具体测试内容和测试方法主要依据和参考以下标准：
DB/T 22—2007 地震观测仪器进网技术要求地震仪；
DB/T 10—2001 数字强震动加速度仪；
GB/T 10084-1988 振动、冲击数据分析和表示方法。

三、测试内容与方法

(一) 振动台参数测试

1. 测试条件

本次测试使用的振动台主要参数见下表：

项 目	技 术 指 标
最小测试频带	0.1Hz~100Hz
最大载荷	10kg
空载最大峰值加速度	30m/s ²
最大位移	水平台 ±75mm 垂直台 ±40mm
台面尺寸	水平台 300mm×240mm 垂直台 Φ260mm
台面横向振动比	<3%

台面振动失真度	<2%
台面振动噪声（有效值）	<0.3 mm/s ² @ 1Hz ~ 100Hz
台面振动幅度稳定度	0.5%
加速度校准结果不确定度	1% (k=2)

测试环境符合下列条件：温度应为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；湿度(RH) < 75%。

2.测试内容

幅频特性

通过振动台分别对固定在振动台上被测烈度仪水平、垂直向输入不同频率相应振级加速度正弦波，读取相应烈度仪的输出（V）或数字值（counts），填入相应表格，并进行归一化计算，绘制归一化幅频特性曲线。

线性度

测试频率为 10Hz，采样率 200Hz，在 10%—100%最大测量范围测量 10 个检测点，使检测点间的输出差控制在 10%左右，记录数据 30s，对输出数据（counts 或 V）进行线性拟合分析计算，填入相应测试表格，并绘制线性度曲线，得到烈度仪输出线性度。

横向灵敏度

将被测烈度仪按灵敏轴向固定在振动台上，将某频率（如：30Hz，频带内上限 1/3 频点处）输入 1.0g 振级加速度正弦波信号，分别读取烈度仪的轴向与非轴向输出数据（counts 或 V），分别计算轴向输出与非轴向输出之比（dB），

见公式如下：

$$R_c = 20 \lg \left(\frac{V_o}{V_s} \right)$$

Rc 为横向抑之比，Vs 为轴向数据输出，Vo 为非轴向输出。

满量程

选取线性度测试过程中，输入 1.0g 振级加速度正弦波信号的烈度仪输出数据，计算总谐波失真度 (THD)，再取输入 2.0g 振级加速度正弦波信号的输出数据，计算总谐波失真度 (THD)，若两者均小于 3%，则满量程达 2g。若后者大于 3%，依次往前面进行相应输出数据计算，直至小于 3% 为止。若烈度仪的垂直向有 1.0g 的偏置量，则按满量程 1.0g 检测。THD 计算方法，即从记录数据中截取连续 10000 个样点的数据，经谱分析后求出基波及各次谐波的幅度，谱分析时使用 Matlab 工具中 Hanning 窗函数。

$$THD = 10 \lg \sum_{i=2} V_i^2 - 10 \lg \sum_{i=1} V_i^2$$

THD —— 总谐波失真度；Vi —— 第 i 次谐波幅度，单位为 (v/√Hz)；

N —— 可分辨的谐波数量。

过载

分别对安装在振动台上烈度仪的水平、垂直向输入 20Hz 频率的 >2.0g 振级加速度正弦波信号，根据负载大小（限幅）确定最大值，持续时间约 60s，然后将输入振级降至 1.0g，持续 30s，检查烈度仪输出波形数据是否恢复正常。

(二) 自噪声与动态范围测试

选择一个比较安静的测试场地，将被测两台相同型号烈度仪安装在同一个使用寻北仪划定指北基线的摆墩上，烈度仪严格按仪器标志方位同方向安装，互相靠近相邻，连接工作电源与授时系统，加电使两台烈度仪同时运行，当授时完成后，保证运行时间一致，采样率 200Hz 连续运行记录 3 个小时。

使用其中 1 小时数据，进行烈度仪器加速度噪声谱密度分析处理，使用相干法计算烈度仪自噪声。

最后，由最大输出量程与自噪声水平估计烈度仪的动态范围。

(三) 时间服务测试

1. 测试条件

标准时钟源：提供 GPS 或其他授时系统时，精度优于 $10\mu\text{s}$ ，具有 NTP 服务功能，时间脉冲输出有时、分、秒信号，并能够以 IRIG-B 或 IRIG-E 格式输出串行时间码。

搭建一个由烈度仪、计算机、交换机等组成的局域网络环境。

2. 测试内容

授时误差

被测烈度仪与标准加速度传感器同时固定在振动台上，标准传感器的输出连接到数据采集器，加电运行，设置采样率 200Hz ，待仪器授时系统正常后，由振动台提供可见记录输入振级为 10Hz 扫频正弦测试信号（扫频周期 10s ），被测烈度仪与采集器同时记录测试信号。截取两台仪器记录数据段 1-5 分钟，转换成相同格式文件，用相关法求两个数据段中扫频信号记录时间信号的时间偏移，即烈度仪授时误差 $|\Delta t|$ 。

守时误差

当测量完毕授时误差后，即断开烈度仪的授时信号输入，标准传感器系统仍保持授时状态，待 2 小时后，再次启动振动台扫频测试信号，两台仪器同时记录 1-5 分钟数据并进行互相关处理，得到烈度仪的时间漂移量。由偏移量除以两次被测时间的间隔即得到烈度仪时钟漂移率。

（四）一致性检测

使用典型地震波形数据源。把真实地震动信号作为振动台测试信号源（大中小选三组），同一个地震输入3次。

把被测烈度仪与标准传感器安装在振动台上，选择3个不同方向安装（某一分向与轴向 30° 、 45° 、 90° ），输入真实的地震动信号，检查烈度仪输出产出的烈度值、PGA、PGV、PGD 及触发值、预警值，同时与标准传感器系统记录结果进行比较，并填入相应测试表格，重复测试3次，检测烈度仪真实模拟相关输出一致性。

（五）功能检查

1. 产出功能

包括仪器烈度值、峰值加速度 PGA、峰值速度 PGV 等，以及事件触发功能及预警参数，如 Pd、 τ_c 等检查。

2. 数据服务功能

包括波形数据流输出功能、事件波形记录与回放功能、事件触发信息及预警参数传输功能、仪器烈度传输功能等检查。

3. 系统状态自检功能

包括烈度仪传感器部分运行状态自检，采集、通信等部分运行状态自检或整体系统运行自检。

（六）一般性检查

主要包括以下几个方面：

烈度仪的尺寸、重量、外观及材质、颜色、固定方式（包括安装方位及标识）；

网络接入方式及参数设置；

供电方式及参数；

接口（授时、供电、通信、输出）；

数据格式与协议；
按键与显示；
操作手册、软件及其他。

说明：以上测试内容在测试过程中可能受到样机实际功能限制。