**中国地震局部门计量检定规程**

地震烈度仪检定规程

实验报告

主要起草单位

中国地震局地震预测研究所

[中国地震局第一监测中心](http://www.baidu.com/link?url=bOLAUgvvqh_rdetlUcyZ3WDv7owDgW9uLQCO4FcgLu_rRkFxa3yUjV7b608ca5I8)

中国地震局工程力学研究所

一、实验目的

本报告共统计了中国地震局工程力学研究所燕郊测震仪器检测实验室出具的9套地震烈度仪定型检测报告与本规程的相同测项，上述报告的定型测试方法与本规程的检定方法一致，因此定型检测结果可以用于验证本规程是否满足预期用途和检定方法的有效性。

二、检定方法简述

1、检定对象和地点

本次检定实验的检定对象为来自8个厂家的9套地震烈度仪，检定地点为中国地震局工程力学研究所燕郊测震仪器检测实验室。

2、检查和检定项目

检查项目为外观及功能检查；检定项目为烈度测算检查、加速度测量误差、高端截止频率和阻带衰减、幅值线性度、横向灵敏度比、噪声。

1. 实验条件和设备

表1 实验条件和设备

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **检定地点** | **时间** | **实验条件** | **主要设备** |
| 中国地震局工程力学研究所燕郊测震仪器检测实验室 | 2021年1月至2023年3月 | 室温常温 | 1. 信号发生器（SRS DS360、Agilent33220A、NI PXIe-4492）； 2. 标准传感器（Brüel&Kjær 8305/2635）； 3. 低频振动台（IEM）； 4. 零频转台（OMT(AIRMATIC ENGINEEING(UK) LTD)）； 5. 恒温恒湿箱（KSON KTHC -410TBS）； 6. 激光干涉仪（RENISHAW ML10、RENISHAW XL80）； |

注：主要设备名称（型号/出厂编号）。

三、实验结果

1、外观及功能检查

在外观方面，报告涉及的地震烈度仪上均有标出型号、出厂编号和安装方向标识，壳体无明显的机械损伤，符合规程要求。在功能方面，上述地震烈度仪均具有同时采集EW、NS、UD三个方向地振动加速度的能力，具备观测波形数据记录和传输、地震事件检测和事件触发信息传输、卫星或网络授时、TCP/IP网络接入等功能，具备运行日志记录和参数设置、运行管理等功能。烈度仪内置的数据采集器采样率可设置为50 Hz、100 Hz或200 Hz，符合规程要求。

使用振动台进行检定，具体实验步骤见规程正文6.2。烈度仪的测量范围应不小于(-19.6~19.6) m/s2或(-29.4~9.8) m/s2（仅适用于UD方向），9台地震烈度仪的测量范围检定结果见表2。

表2 测量范围检定结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **技术要求** | **检测结果** | | | |
| 1 | -19.6 m/s2 ~ 19.6 m/s2  或-29.4 m/s2 ~ 9.8 m/s2  (UD 向) |  | 标准输入(m/s2) | 测试输出(m/s2) | 谐波失真度 |
| CH1 | 19.63 | 19.59 | √ |
| CH2 | 19.61 | 19.59 | √ |
| CH3 | 19.61 | 19.57 | √ |
| 2 |  | 标准输入(m/s2) | 测试输出(m/s2) | 谐波失真度 |
| CH1 | 19.60 | 19.58 | √ |
| CH2 | 19.61 | 19.59 | √ |
| CH3 | 19.61 | 19.59 | √ |
| 3 |  | 标准输入(m/s2) | 测试输出(m/s2) | 谐波失真度 |
| CH1 | 19.60 | 19.70 | √ |
| CH2 | 19.85 | 19.70 | √ |
| CH3 | 19.44 | 19.65 | √ |
| 4 |  | 标准输入(m/s2) | 测试输出(m/s2) | 谐波失真度 |
| CH1 | 19.65 | 19.74 | √ |
| CH2 | 19.69 | 19.76 | √ |
| CH3 | 19.80 | 19.75 | √ |
| 5 |  | 标准输入(m/s2) | 测试输出(m/s2) | 谐波失真度 |
| CH1 | 19.69 | 19.75 | √ |
| CH2 | 19.72 | 19.78 | √ |
| CH3 | 19.71 | 19.78 | √ |
| 6 |  | 标准输入(m/s2) | 测试输出(m/s2) | 谐波失真度 |
| CH1 | 19.61 | 19.40 | √ |
| CH2 | 19.57 | 19.79 | √ |
| CH3 | 19.61 | 19.58 | √ |
| 7 |  | 标准输入(m/s2) | 测试输出(m/s2) | 谐波失真度 |
| CH1 | 19.67 | 19.28 | √ |
| CH2 | 19.73 | 19.77 | √ |
| CH3 | 19.72 | 19.60 | √ |
| 8 |  | 标准输入(m/s2) | 测试输出(m/s2) | 谐波失真度 |
| CH1 | 19.78 | 19.73 | √ |
| CH2 | 19.84 | 19.72 | √ |
| CH3 | 19.85 | 19.76 | √ |
| 9 |  | 标准输入(m/s2) | 测试输出(m/s2) | 谐波失真度 |
| CH1 | 19.77 | 19.62 | √ |
| CH2 | 19.96 | 19.73 | √ |
| CH3 | 20.18 | 19.69 | √ |

2、加速度测量误差

使用振动台进行检定，具体实验步骤见规程正文7.3。在1 Hz、5 Hz、10 Hz和20 Hz频率点，计算加速度测量误差。9台地震烈度仪的加速度测量误差检定结果见表3。

表3 加速度测量误差检定结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **技术要求** | **检测结果** |
| 1 | ＜ 5% (0.1 Hz~20 Hz) | 2.9 % |
| 2 | 2.4 % |
| 3 | 4.3 % |
| 4 | 3.1 % |
| 5 | 3.2 % |
| 6 | 3.1 % |
| 7 | 1.6 % |
| 8 | 3.4 % |
| 9 | 4.9 % |

3、地震烈度测算

使用振动台进行检定，具体实验步骤见规程正文7.3。要求地震烈度仪应能够实现PGA、PGV及仪器地震烈度的测算和传输。9台地震烈度仪的地震烈度测算检定结果见表4。

表4 地震烈度测算检定结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **技术要求** | **检测结果** | | |
| 1 | 事件触发期间，在接收到 S波震相时测算地震烈度；在地震事件结束时测算地震烈度。烈度偏差不超过 0.2度。 | 标准值 | 仪器烈度计算值 | 偏差 |
| 4.4 | 4.3 | 0.1 |
| 5.9 | 5.9 | 0 |
| 6.5 | 6.5 | 0 |
| 2 | 标准值 | 仪器烈度计算值 | 偏差 |
| 4.4 | 4.3 | 0.1 |
| 5.9 | 5.8 | 0.1 |
| 6.5 | 6.5 | 0 |
| 3 | 标准值 | 仪器烈度计算值 | 偏差 |
| 5.2 | 5.1 | 0.1 |
| 5.8 | 5.7 | 0.1 |
| 6.7 | 6.7 | 0 |
| 4 | 标准值 | 仪器烈度计算值 | 偏差 |
| 4.7 | 4.7 | 0 |
| 5.8 | 5.8 | 0 |
| 6.2 | 6.1 | 0 |
| 5 | 标准值 | 仪器烈度计算值 | 偏差 |
| 4.7 | 4.9 | 0.2 |
| 5.8 | 5.6 | 0.2 |
| 6.2 | 6.1 | 0.1 |
| 6 | 标准值 | 仪器烈度计算值 | 偏差 |
| 6.1 | 6.1 | 0 |
| 6.5 | 6.4 | 0.1 |
| 5.4 | 5.4 | 0 |
| 7 | 标准值 | 仪器烈度计算值 | 偏差 |
| 5.0 | 4.8 | 0.2 |
| 5.7 | 5.6 | 0.1 |
| 6.9 | 6.8 | 0.1 |
| 8 | 标准值 | 仪器烈度计算值 | 偏差 |
| 4.7 | 4.6 | 0.1 |
| 5.8 | 5.9 | 0.1 |
| 6.2 | 6.2 | 0 |
| 9 | 标准值 | 仪器烈度计算值 | 偏差 |
| 4.6 | 4.6 | 0 |
| 5.8 | 5.8 | 0 |
| 6.3 | 6.3 | 0 |

4、高端截止频率

使用振动台进行检定，具体实验步骤见规程正文7.3。对于频率小于40 Hz要求的高端截止频率下限的频率点，其灵敏度频率响应的绝对值如果小于3dB，则认为高端截止频率符合要求。9台地震烈度仪的高端截止频率检定结果见表5。

表5 高端截止频率检定结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **技术要求** | **检测结果** |
| 1 | ≥ 40 Hz (-3dB) | **√** |
| 2 | **√** |
| 3 | **√** |
| 4 | **√** |
| 5 | **√** |
| 6 | **√** |
| 7 | **√** |
| 8 | **√** |
| 9 | **√** |

5、阻带衰减

使用振动台进行检定，具体实验步骤见规程正文7.3。对于频率大于被检烈度仪采样率的0.5倍的频率点，计算灵敏度频率响应的负数为阻带衰减，取多个频率点的阻带衰减最小值作为检定结果。9台地震烈度仪的阻带衰减检定结果见表6。

表6 阻带衰减检定结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **技术要求** | **检测结果** |
| 1 | ＞ 46 dB | 47 dB |
| 2 | 46 dB |
| 3 | 88 dB |
| 4 | 126 dB |
| 5 | 100 dB |
| 6 | 153 dB |
| 7 | 120 dB |
| 8 | 127 dB |
| 9 | 118 dB |

6、幅值线性度

使用振动台进行检定，具体实验步骤见规程正文7.3。分别测量各加速度点的烈度仪输出值，采用最小二乘法计算幅值线性度。9台地震烈度仪的幅值线性度检定结果见表7。

表7 幅值线性度检定结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **技术要求** | **检测结果** |
| 1 | ≤ 1 % | 1 % |
| 2 | 6.2 % |
| 3 | 0.5 % |
| 4 | 0.9 % |
| 5 | 1.6 % |
| 6 | 1 % |
| 7 | 1.3 % |
| 8 | 2.1 % |
| 9 | 1.5 % |

7、横向灵敏度比

使用振动台进行检定，具体实验步骤见规程正文7.3。同时记录被检烈度仪三个正交的输出值，分别计算烈度仪与振动台台面运行方向正交的两个方向的灵敏度系数，其与烈度仪传感方向的灵敏度系数之比即为该方向横向灵敏度比。9台地震烈度仪的横向灵敏度比检定结果见表8。

表8 横向灵敏度比检定结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **技术要求** | **检测结果** | |
| 1 | ≤ 2 % | CH1 | 1.3 % |
| CH2 | 1.4 % |
| CH3 | 2.0 % |
| 2 | CH1 | 1.5 % |
| CH2 | 1.1 % |
| CH3 | 1.4 % |
| 3 | CH1 | 1.4 % |
| CH2 | 1.1 % |
| CH3 | 0.9 % |
| 4 | CH1 | 0.8 % |
| CH2 | 0.4 % |
| CH3 | 0.5 % |
| 5 | CH1 | 2.0 % |
| CH2 | 2.0 % |
| CH3 | 2.0 % |
| 6 | CH1 | 0.8 % |
| CH2 | 2.0 % |
| CH3 | 0.9 % |
| 7 | CH1 | 0.5 % |
| CH2 | 0.7 % |
| CH3 | 0.9 % |
| 8 | CH1 | 0.6 % |
| CH2 | 0.3 % |
| CH3 | 0.5 % |
| 9 | CH1 | 0.7 % |
| CH2 | 0.1 % |
| CH3 | 0.6 % |

8、噪声

使用振动台进行检定，具体实验步骤见规程正文7.3。9台地震烈度仪的噪声检定结果见表9。

表9 噪声检定结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **技术要求** | **检测结果** |
| 1 | ＜9.8×10-4 m/s2 (0.1Hz~20Hz) | 6.22×10-4 m/s2 |
| 2 | 5.28×10-4 m/s2 |
| 3 | 1.70×10-4 m/s2 |
| 4 | 2.50×10-6 m/s2 |
| 5 | 9.40×10-5 m/s2 |
| 6 | 2.65×10-4 m/s2 |
| 7 | 1.70×10-4 m/s2 |
| 8 | 7.80×10-5 m/s2 |
| 9 | 1.24×10-4 m/s2 |

四、实验结论

通过对9种型号地震烈度仪全部检定项目的实验结果总结分析，证明了《地震烈度仪检定规程》中所提出的检定项目和方法是科学、合理的，适用于预期用途。可以验证仪器能否满足技术指标的要求，进而保障测量数据的准确可靠。