《地表地震计检定规程》

试验报告

《地表地震计检定规程》编写组

2024.9.29

目 录

**[一、 振动台绝对法检定试验 1](#_Toc29112)**

[1.1 预测所振动台检定试验情况 1](#_Toc12228)

[1.2 一测振动台检定试验情况 4](#_Toc29186)

[1.3 地球所振动台检定试验情况 7](#_Toc7191)

**[二、电信号法检定试验 10](#_Toc22941)**

[2.1 预测所电信号检定试验情况 10](#_Toc808)

[2.2 一测电信号检定试验情况 11](#_Toc24546)

[2.3 地球所电信号检定试验情况 11](#_Toc32402)

**[三、宁静硐室自噪声检定试验 12](#_Toc280)**

[3.1 预测所自噪声检定试验情况 12](#_Toc9778)

[3.2 一测自噪声检定试验情况 13](#_Toc6039)

[3.3 地球所自噪声检定试验情况 15](#_Toc11585)

**[四、检定报告样本 16](#_Toc19175)**

《地表地震计检定规程》试验报告

按照检定规程编写的要求，为验证《地表地震计检定规程 (征求意见稿)》(以下简称《规程》)的各项测试方法，说明其合理性和可行性，编写组组织开展了相关方法的测试试验，测试汇编程本报告。

试验由中国地震局地震预测研究所振动测试试验室(以下简称：预测所)、中国地震局第一监测中心振动试验室(以下简称：一测)、中国地震局地球物理研究所地震仪器测试与质检中心(以下简称：地球所)等3家试验室共同完成。

测试仪器样机包括北京港震科技股份有限公司生产的GL-CS60宽频带地震计、GL-WS120甚宽频带地震计，黑龙江天元时代自动仪表有限公司生产的ITC-60A宽频带地震计，北京杰森世纪科技发展有限公司出产的JS-120甚宽地震计、JS-SA02短周期地震计，美国Kinemetrics生产的STS-2.5甚宽频带地震计。

报告包括4个方面的内容，分别是振动台检定试验、电信号检定试验、自噪声检定试验，以及检定报告样本。

# 一、 振动台检定试验

三家试验室的振动台检定试验均按《规程》规定的方法，从地震计安装、固定、上电、解锁、摆锤平衡后，等待10分钟以上，确保地震计状态正常。都进行了二次水平台(分别X、Y与振动方向一致）和一次垂直台检定。检定时地震计三分向输出信号连接到振动台测试数据采集装置进行同步测量。

## 1.1 预测所振动台检定试验情况

样机是一台北京港震科技股份有限公司生产的GL-CS60宽频带地震计。

1.1.1 地震计灵敏度与最大横向灵敏度比测量

1.1.1.1 测量试验。该项测量试验时没有固定地震计，仔细对齐了方向。调控振动台产生1Hz、5±0.05mm/s的振动信号。测试得到地震计的三个分向的幅值灵敏度、横向灵敏度比见表1，最大灵敏度偏差0.8%，当沿X方向振动时，Y最大横向灵敏度比最大，为0.5249%，满足规程要求。

表1 预测所灵敏度与横向灵敏度比测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 灵敏度 /(Vsm-1) | | | 横向灵敏度比 \% | | |
| 振动方向 | Z | X | Y | Z | X | Y |
| Z | 998.44 | 1.80 | 1.12 |  | 0.1786 | 0.1111 |
| X | 2.89 | 1008.06 | 5.29 | 0.2895 |  | **0.5249** |
| Y | 0.84 | 0.90 | 1007.88 | 0.0841 | 0.0893 |  |

1.1.1.2 重复性试验。试验跨越3天，从地震计安装开始，重复10次灵敏度与横向灵敏度比测量，所得结果数据见表2。从表中可见，10次测试得到Y向灵敏度的标准差为0.2014，相对标准差为0.02%，可以满足灵敏度测量的需要。X向的10次测量结果数据标准差最大，为0.5373 mV/(mm/s)，对横向横向灵敏度比检定测量影响大约为0.1%，可以满足地震计检定测量的需要。

表2 预测所灵敏度、横向灵敏度比测量重复性试验结果数据

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 频率  /Hz | 振幅  /(mm/s) | Z灵敏度 /(mV/(mm/s)) | X灵敏度 /(mV/(mm/s)) | Y灵敏度 /(mV/(mm/s)) |
| 1 | 1 | 5.0551 | 0.8400 | 0.9000 | 1007.88 |
| 2 | 1 | 5.0958 | 0.8400 | 1.6700 | 1007.76 |
| 3 | 1 | 5.0189 | 0.8400 | 1.6700 | 1008.14 |
| 4 | 1 | 5.0071 | 0.8400 | 0.8300 | 1008.05 |
| 5 | 1 | 5.0632 | 0.8200 | 1.2500 | 1008.43 |
| 6 | 1 | 5.0501 | 0.8300 | 1.1500 | 1007.84 |
| 7 | 1 | 5.0290 | 0.8400 | 1.9900 | 1007.93 |
| 8 | 1 | 5.0603 | 0.8400 | 0.4300 | 1008.06 |
| 9 | 1 | 5.0499 | 0.8200 | 1.5200 | 1007.79 |
| 10 | 1 | 5.0374 | 0.8300 | 0.4200 | 1008.09 |
| 均值 |  |  | 0.8340 | 1.1830 | 1008.00 |
| 标准差 |  |  | 0.0084 | 0.5373 | 0.2014 |

1.1.2最大观测速度

控制振动台产生最大观测速度测量规定频率与幅度的振动信号，测量地震计输出信号的失真度，得到的结果见表3。可见所有测试的波形失真度都小于3%，说明地震计最大观测速度满足规程要求。

表3 预测所最大观测速度测量结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f  /  Hz | Z | | | X | | | Y | |  |
| 振幅  /m/s | 输出  /mV | 失真度 /% | 振幅  /m/s | 输出  /mV | 失真度 /% | 振幅  /m/s | 输出  /mV | 失真度 /% |
| 10 | 9.9827 | 9999.8 | 0.48 | 9.5979 | 9720.0 | 0.11 | 9.6126 | 9748.6 | 0.09 |
| 30 | 5.0512 | 4911.7 | 0.34 | 4.9973 | 4973.0 | 0.21 | 4.9590 | 4940.3 | 0.18 |

1.1.3 幅值灵敏度响应

控制振动台产生规定频率、幅度的振动信号，得到的测量结果数据见表4，幅频响应曲线见图1。从表4中可以看出，Z、X、Y在0.1~20Hz、30Hz、40Hz以内的灵敏度响应波动分别为（-0.71%，-2.55%，-7%），（0.21%，-1.18%，-2.8%）和（0.33%，-1.15%，-2.9%），满足规程要求。

表4 预测所振动台灵敏度频率响应测量结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f /Hz | Z | | | X | | | Y | | |
| 振幅 /(mm/s) | 灵敏度 /Vsm-1 | 灵敏度 波动/% | 振幅 /(mm/s) | 灵敏度 /Vsm-1 | 灵敏度 波动/% | 振幅 /(mm/s) | 灵敏度 /Vsm-1 | 灵敏度 波动/% |
| 0.1 | 5.0296 | 1002.08 | 0.40 | 4.9972 | 1009.42 | 0.27 | 5.0030 | 1010.96 | 0.33 |
| 0.2 | 5.0047 | 1002.28 | 0.42 | 5.0002 | 1011.23 | 0.45 | 4.9987 | 1012.54 | 0.49 |
| 0.5 | 5.0179 | 1001.54 | 0.35 | 5.0244 | 1009.12 | 0.24 | 5.0289 | 1010.36 | 0.27 |
| 1 | 5.0627 | 998.09 | 0.00 | 5.0034 | 1006.69 | 0.00 | 5.0480 | 1007.64 | 0.00 |
| 2 | 4.9968 | 993.52 | -0.46 | 5.0189 | 1001.62 | -0.50 | 5.0167 | 1002.26 | -0.53 |
| 5 | 5.0045 | 994.91 | -0.32 | 5.0722 | 1003.78 | -0.29 | 5.0690 | 1004.28 | -0.33 |
| 10 | 5.0033 | 1002.58 | 0.45 | 4.9545 | 1011.82 | 0.51 | 5.0107 | 1014.38 | 0.67 |
| 20 | 4.0038 | 990.98 | -0.71 | 3.9926 | 1008.78 | 0.21 | 3.9898 | 1010.92 | 0.33 |
| 25 | 3.0063 | 980.21 | -1.79 | 2.9653 | 1001.52 | -0.51 | 3.0044 | 1003.18 | -0.44 |
| 30 | 3.0054 | 972.67 | -2.55 | 3.0136 | 994.77 | -1.18 | 3.0094 | 996.01 | -1.15 |
| 40 | 2.0030 | 928.2 | -7.00 | 1.9982 | 978.47 | -2.80 | 1.9965 | 978.42 | -2.90 |
| 50 | 1.9983 | 887.34 | -11.10 | 1.9843 | 960.9 | -4.55 | 2.0011 | 960.86 | -4.64 |
| 63 | 1.0043 | 831.7 | -16.67 | 1.0078 | 945.33 | -6.10 | 0.9963 | 943.73 | -6.34 |
| 80 | 1.0026 | 763.38 | -23.52 | 1.0050 | 946.68 | -5.96 | 0.9958 | 944.69 | -6.25 |
| 90 | 0.9983 | 726.16 | -27.25 | 1.0027 | 967.88 | -3.86 | 0.9986 | 964.51 | -4.28 |
| 100 | 1.0026 | 690.37 | -30.83 | 1.0002 | 1016.52 | 0.98 | 1.0026 | 1003.27 | -0.43 |

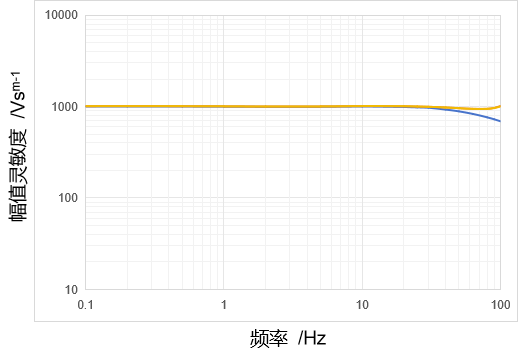


图1 预测所试验测得的样机3分向幅值灵敏度曲线

1.1.4 幅值线性度

控制振动台产生幅值线性度测量指定频率、幅度的振动信号，得到的测量结果见表5。可见Z、X、Y分向的最大线性度最小值分别为99.97%、99.96%、99.97%，满足规程要求。

表5 预测所线振动台性度测量结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Z | | | X | | | Y | | |
| 振幅 | 输出 /mV | 线性度  /% | 振幅 | 输出 /mV | 线性度  /% | 振幅 | 输出 /mV | 线性度  /% |
| 0.4962 | 496.4 | 99.99 | 0.4948 | 499.9 | 99.99 | 0.4954 | 497.2 | 99.95 |
| 1.003 | 1000.7 | 99.98 | 0.9955 | 1003.1 | 99.99 | 1.001 | 1012.2 | 99.99 |
| 1.9925 | 1989.7 | 100.00 | 1.9886 | 2002.8 | 99.99 | 2.0039 | 2020.3 | 100.00 |
| 3.0036 | 2999.1 | 100.00 | 2.9719 | 2993.9 | 99.99 | 3.0084 | 3032.7 | 99.99 |
| 4.0459 | 4041.8 | 99.97 | 3.9929 | 4021.0 | 99.99 | 4.0763 | 4109.8 | 99.97 |
| 5.0033 | 4994.7 | 99.99 | 4.9321 | 4966.5 | 99.99 | 5.0451 | 5084.5 | 99.97 |
| 6.0424 | 6030.9 | 100.00 | 5.9824 | 6023.4 | 99.99 | 6.0471 | 6091.2 | 99.99 |
| 7.0472 | 7035.4 | 99.98 | 6.9764 | 7022.0 | 100.00 | 7.0294 | 7080.3 | 99.99 |
| 8.0636 | 8047.7 | 100.00 | 8.0288 | 8085.3 | 99.96 | 8.012 | 8067.3 | 99.99 |
| 9.0678 | 9047.9 | 99.98 | 9.0279 | 9083.8 | 99.98 | 9.0145 | 9074.8 | 99.98 |
| 9.7102 | 9689.8 | 99.99 | 9.6206 | 9679.8 | 99.97 | 9.6233 | 9687.3 | 99.98 |
| 斜率 /(Vsm-1) | 997.8 |  |  | 1006.2 |  |  | 1006.5 |  |
| 截距/mV | 1.87 |  | 截距/mV | 2.83 |  | 截距 /mV | 3.79 |  |

## **1.2 一测振动台检定测量情况**

样机是一台黑龙江天元时代自动仪表有限公司生产的ITC-60A宽频带地震计。

1.2.1 地震计灵敏度与最大横向灵敏度比测量试验

1.2.1.1 检定试验。做该项测量时没有固定地震计，仔细对齐了方向。调控振动台产生1Hz、5±0.05mm/s的振动信号。测量得到地震计三个分向的响应灵敏度见表6，并计算横向灵敏度比。从表中可见灵敏度偏差最大1.99%、当沿X方向振动时，Y最大横向灵敏度比最大，为0.5810%，满足规程要求。

表6 一测振动台灵敏度与横向灵敏度测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 灵敏度 /(Vsm-1) | | | 横向灵敏度比 \% | | |
| 振动方向 | Z | X | Y | Z | X | Y |
| Z | 980.12 | 1.16 | 0.12 |  | 0.1196 | 0.0125 |
| X | 2.76 | 994.75 | 5.78 | 0.2774 |  | **0.5810** |
| Y | 5.74 | 5.82 | 1004.35 | 0.5715 | 0.5794 |  |

1.2.1.2 重复性试验。

试验跨越3天，按检定试验的同样步骤从地震计安装开始，重复10次灵敏度与横向灵敏度测试，所得结果数据见表7。从表中可见，10次测试得到Y向灵敏度的标准差为0.1376，相对标准差为0.014%，可以满足灵敏度测试的测量需要。X向10次测试结果数据标准差最大，为0.1570 Vs/m，估计横向灵敏度比标准大约为0.032%，满足地震检定的需要。

表7 一测振动台灵敏度测量重复性试验结果数据

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 频率  /Hz | 振幅  /(mm/s) | 横向Z灵敏度 /(Vs/m) | 横向X灵敏度 /(Vs/m) | Y灵敏度 /(Vs/m) |
| 1 | 1 | 5.0302 | 0.2337 | 6.6616 | 1004.21 |
| 2 | 1 | 5.0303 | 0.2792 | 6.3695 | 1004.34 |
| 3 | 1 | 5.0302 | 0.3292 | 6.7986 | 1004.01 |
| 4 | 1 | 5.0302 | 0.2238 | 6.8059 | 1004.15 |
| 5 | 1 | 5.0310 | 0.3441 | 6.6715 | 1003.82 |
| 6 | 1 | 5.0305 | 0.2952 | 6.9636 | 1004.10 |
| 7 | 1 | 5.0303 | 0.2760 | 6.8872 | 1003.97 |
| 8 | 1 | 5.0298 | 0.3607 | 6.6395 | 1004.11 |
| 9 | 1 | 5.0301 | 0.4011 | 6.7174 | 1004.10 |
| 10 | 1 | 5.0304 | 0.2751 | 6.6146 | 1004.22 |
| 均值 |  |  | 0.3019 | 6.7130 | 1004.11 |
| 标准差 |  |  | 0.0534 | 0.1570 | 0.1376 |

1.2.2最大观测速度检定

控制振动台产生最大观测速度测量规定的频率与幅度振动信号，测量地震计输出信号的失真度，得到的结果见表8。可见所有测量波形失真度都小于3%，说明地震计最大观测速度满足规程要求。

表8 一测振动台最大观测速度测量结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f/  Hz | Z | | | X | | | Y | |  |
| 振幅  /m/s | 输出  /mV | 失真度 /% | 振幅  /m/s | 输出  /mV | 失真度 /% | 振幅  /m/s | 输出  /mV | 失真度 /% |
| 10 | 9.5807 | 9914.3 | 0.03 | 9.5286 | 9663.1 | 0.03 | 9.6373 | 9642.8 | 0.04 |
| 30 | 5.3891 | 5157.4 | 0.01 | 5.0789 | 5479.3 | 0.01 | 5.1598 | 5244.2 | 0.01 |

1.2.3 幅值灵敏度响应

控制振动台产生幅值灵敏度响应检定规定的频率、幅度的振动信号，得到的检定结果数据见表9。幅频响应曲线见图2。从表9中可见，Z、X、Y在0.1~20Hz、31.5Hz、40Hz以内的灵敏度响应分别为（0.51%，-2.53%，-8.03%），（2.07%，-7.34%，-19.97%）和（1.49%，-9.68%，-23.56%），满足规程要求。

表9 一测振动台幅值灵敏度响应测量结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f /Hz | Z | | | X | | | Y | | |
| 振幅 /(mm/s) | 灵敏度 /Vsm-1 | 灵敏度 波动/% | 振幅 /(mm/s) | 灵敏度 /Vsm-1 | 灵敏度 波动/% | 振幅 /(mm/s) | 灵敏度 /Vsm-1 | 灵敏度 波动/% |
| 0.1 | 3.0493 | 978.39 | 0.51 | 5.5008 | 997.20 | -0.45 | 4.7458 | 996.52 | -1.11 |
| 0.2 | 3.4902 | 978.19 | 0.28 | 5.3560 | 996.89 | -0.48 | 4.7845 | 998.76 | -0.89 |
| 0.5 | 4.9754 | 979.76 | 0.24 | 5.0079 | 999.34 | -0.23 | 5.2109 | 1003.11 | -0.45 |
| 1 | 5.0177 | 980.41 | 0.00 | 5.0235 | 1001.66 | 0.00 | 5.0793 | 1007.73 | 0.00 |
| 2 | 5.2707 | 980.30 | -0.01 | 4.9997 | 1003.50 | 0.18 | 4.8270 | 1011.56 | 0.37 |
| 5 | 5.0203 | 979.15 | 0.90 | 5.1624 | 1007.64 | 0.60 | 5.1047 | 1015.70 | 0.79 |
| 10 | 5.1784 | 974.82 | 0.45 | 5.0547 | 1017.26 | 1.56 | 5.2604 | 1022.75 | 1.49 |
| 20 | 2.4800 | 970.11 | -0.03 | 2.5052 | 1022.38 | 2.07 | 2.6083 | 1019.09 | 1.12 |
| 25 | 2.5162 | 948.28 | -2.28 | 2.4416 | 1021.71 | 2.00 | 2.6275 | 1011.88 | 0.41 |
| 31.5 | 2.0315 | 945.81 | -2.53 | 2.0794 | 928.18 | -7.34 | 2.0672 | 910.12 | -9.68 |
| 40 | 1.5016 | 892.39 | -8.03 | 1.5144 | 801.66 | -19.97 | 1.5779 | 770.29 | -23.56 |
| 50 | 1.4807 | 754.68 | -22.23 | 1.5140 | 660.07 | -34.10 | 1.5048 | 614.40 | -39.03 |
| 63 | 1.0789 | 573.24 | -40.92 | 1.0139 | 543.31 | -45.76 | 0.9963 | 478.42 | -52.52 |
| 80 | 1.0347 | 393.62 | -59.43 | 1.0186 | 506.20 | -49.46 | 1.0072 | 400.96 | -60.21 |

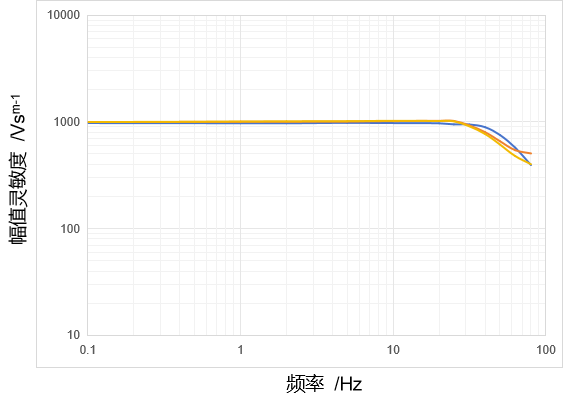


图2 一测试验测得的样机3分向幅值灵敏度曲线

1.2.4 幅值线性度

控制振动台产生线性度测量指定的频率、幅度的振动信号，得到的检定结果见表10。可见Z、X、Y分向的最小线性度分别为99.97%、99.95%、99.98%，满足规程要求。

表10 一测振动台幅值线性度测量结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Z | | | X向 | | | Y | | |
| 振幅 | 输出 /mV | 线性度  /% | 振幅 | 输出 /mV | 线性度  /% | 振幅 | 输出 /mV | 线性度  /% |
| 0.5309 | 516.0 | 100.00 | 0.5047 | 505.7 | 100.00 | 0.5068 | 1008.2 | 99.99 |
| 0.9782 | 950.8 | 100.00 | 0.9974 | 998.0 | 99.99 | 1.0471 | 1007.3 | 100.00 |

续表10

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Z | | | X向 | | | Y | | |
| 振幅 | 输出 /mV | 线性度  /% | 振幅 | 输出 /mV | 线性度  /% | 振幅 | 输出 /mV | 线性度  /% |
| 2.0677 | 2009.8 | 99.99 | 2.0291 | 2033.4 | 99.98 | 2.0389 | 1008.3 | 100.00 |
| 3.0086 | 2924.4 | 99.99 | 3.0619 | 3068.0 | 99.97 | 3.0406 | 1008.3 | 100.00 |
| 3.9779 | 3866.5 | 99.98 | 4.0682 | 4075.3 | 99.97 | 4.0408 | 1008.0 | 99.98 |
| 5.0101 | 4869.8 | 99.97 | 5.1731 | 5181.9 | 99.97 | 5.0119 | 1008.3 | 99.99 |
| 6.0375 | 5868.5 | 99.97 | 6.0532 | 6063.1 | 99.97 | 6.0721 | 1008.5 | 100.00 |
| 6.9900 | 6794.3 | 99.97 | 6.9977 | 7008.7 | 99.96 | 7.0208 | 1008.4 | 100.00 |
| 8.0407 | 7815.6 | 99.97 | 8.0349 | 8047.8 | 99.96 | 7.9979 | 1008.4 | 99.99 |
| 9.0437 | 8790.5 | 99.97 | 9.0375 | 9052.0 | 99.95 | 9.0617 | 1008.7 | 99.99 |
| 斜率 /(Vsm-1) | 973.1 |  |  | 1001.6 |  |  | 1008.7 |  |
| 截距（mV） | 0.02 |  | 截距（mV） | 0.39 |  | 截距（mV） | -1.17 |  |

## **1.3 地球所振动台检定试验情况**

样机是美国Kinemetrics公司生产的一台STS-2.5甚宽带地震计。

1.3.1 地震计灵敏度与最大横向灵敏度比检定试验

1.3.1.1 检定试验。控制振动台输出频率为1Hz，振幅为5±0.05mm/s的正弦信号，得到地震计三个分向的灵敏度和横向灵敏度比检定结果，结果见表11。该地震计的标称灵敏度为双端1500、单端750 Vsm-1，测试结果显示EW向灵敏度为752.582.58 Vsm-1，灵敏度偏差三分向中最大，为：2.58 Vsm-1，约0.34%，满足规程要求，振动方向为NS向时，EW向横向灵敏度最大，为0.55%，满足规程要求。

表11地球所振动台灵敏度与横向灵敏度比测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 灵敏度 /(Vsm-1） | | | 横向灵敏度比/% | | |
| 振动方向 | Z | X | Y | Z | X | Y |
| UD | 751.58 | 0.71 | 0.24 | / | 0.094 | 0.032 |
| EW | 0.82 | 752.58 | 2.37 | 0.11 | / | 0.32 |
| NS | 0.24 | 4.10 | 751.27 | 0.032 | 0.55 | / |

1.3.1.2重复性试验

试验时间跨度一个星期，振动方向为EW向时，重复测试10次，每次测试独立，均从地震计安装开始，得到的灵敏度和横向灵敏度结果见表12。

表12 地球所振动台灵敏度和横向灵敏度比重复性测量结果数据

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 频率  /Hz | 振幅  /(mm/s) | Z灵敏度 /( V/（ms-1）) | X灵敏度 /( V/（ms-1）) | Y灵敏度 /( V/（ms-1）) |
| 1 | 1 | 5.0260 | 0.68 | 752.55 | 1.38 |
| 2 | 1 | 5.0253 | 0.70 | 752.67 | 2.07 |
| 3 | 1 | 5.0260 | 0.75 | 752.66 | 1.54 |
| 4 | 1 | 5.0254 | 0.87 | 753.06 | 0.89 |
| 5 | 1 | 5.0261 | 0.75 | 752.46 | 1.01 |
| 6 | 1 | 5.0254 | 0.71 | 752.75 | 2.37 |
| 7 | 1 | 5.0258 | 0.76 | 752.21 | 0.98 |
| 8 | 1 | 5.0249 | 0.62 | 752.19 | 2.18 |
| 9 | 1 | 5.0254 | 0.59 | 752.06 | 2.29 |
| 10 | 1 | 5.0252 | 0.68 | 752.65 | 1.08 |
| 均值 | / | / | 0.71 | 752.53 | 1.58 |
| 标准差 | / | / | 0.08 | 0.30 | 0.59 |

表12中可见，10次重复测试得到EW向灵敏度的标准差为0.30 Vsm-1，NS向横向灵敏度重复性稍差于UD向，也仅为0.59 Vsm-1，对横向比计算影响小于0.08%，可以满足灵敏度的检定测量需要。

1.3.2 最大观测速度试验

振动台在10Hz和30Hz分别输出10mm/和5mm/s的正弦信号，得到地震计的输出信号和失真度见表13.

表13 地球所振动台最大观测速度测量结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f/Hz | Z | | | X | | | Y | | |
| 振幅/(mm/s) | 输出/V | 失真度 /% | 振幅 /(mm/s) | 输出/V | 失真度 /% | 振幅 /(mm/s) | 输出 /V | 失真度 /% |
| 10 | 9.97 | 7.58 | 0.91 | 9.97 | 7.52 | 0.39 | 9.97 | 7.56 | 0.34 |
| 30 | 5.08 | 3.66 | 1.34 | 5.01 | 3.40 | 0.83 | 4.99 | 3.65 | 1.77 |

上述两个频点最大观测速度的波形失真度均小于3%，满足规程要求。

1.3.3幅值灵敏度响应波动

振动台的输入频率、振幅及测量结果如表14所示，幅频响应曲线见图3。

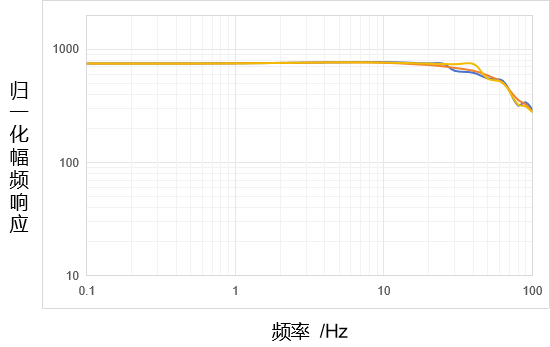


图3 地球所测得的STS-2.5样机幅频响应曲线

表14 地球所振动台幅值灵敏度测量响应结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f /Hz | Z | | | X | | | Y | | |
| 振幅 /(mm/s) | 灵敏度 /Vsm-1 | 灵敏度 波动/% | 振幅 /(mm/s) | 灵敏度 /Vsm-1 | 灵敏度 波动/% | 振幅 /(mm/s) | 灵敏度 /Vsm-1 | 灵敏度 波动/% |
| 0.1 | 5.02 | 748.17 | -0.59 | 5.01 | 749.38 | -0.34 | 5.01 | 748.88 | -0.32 |
| 0.2 | 5.11 | 748.70 | -0.52 | 5.01 | 748.28 | -0.49 | 5.01 | 747.66 | -0.48 |
| 0.5 | 5.11 | 749.73 | -0.38 | 5.02 | 749.00 | -0.39 | 5.02 | 748.34 | -0.39 |
| 1 | 5.09 | 752.58 | 0 | 5.02 | 751.94 | 0 | 5.02 | 751.27 | 0 |
| 2 | 5.04 | 758.96 | 0.85 | 5.00 | 758.41 | 0.86 | 5.02 | 757.84 | 0.87 |
| 5 | 4.98 | 767.80 | 2.02 | 4.99 | 766.56 | 1.94 | 4.99 | 766.91 | 2.08 |
| 10 | 4.99 | 772.17 | 2.60 | 4.99 | 760.21 | 1.10 | 4.99 | 763.90 | 1.68 |
| 20 | 4.08 | 750.97 | -0.21 | 4.00 | 726.62 | -3.37 | 4.02 | 748.02 | -0.43 |
| 25 | 2.92 | 747.16 | -0.72 | 3.00 | 707.96 | -5.85 | 2.99 | 741.69 | -1.27 |
| 30 | 3.50 | 646.63 | -14.08 | 3.01 | 685.31 | -8.86 | 2.99 | 737.67 | -1.81 |
| 40 | 2.16 | 621.11 | -17.47 | 2.02 | 647.23 | -13.93 | 2.01 | 742.70 | -1.14 |
| 50 | 2.19 | 553.57 | -26.44 | 2.03 | 587.51 | -21.87 | 2.03 | 551.66 | -26.57 |
| 63 | 1.02 | 527.69 | -29.88 | 1.05 | 505.42 | -32.78 | 1.05 | 508.12 | -32.37 |
| 80 | 0.80 | 320.04 | -57.47 | 1.08 | 357.83 | -52.41 | 0.98 | 325.11 | -56.73 |
| 90 | 0.79 | 339.52 | -54.89 | 1.12 | 326.90 | -56.53 | 0.97 | 312.89 | -58.35 |
| 100 | 0.90 | 294.01 | -60.93 | 1.03 | 283.11 | -62.35 | 1.00 | 278.26 | -62.96 |

表14中，地震计UD、EW和NS分向在20Hz、30Hz、40Hz的灵敏度响应波动分别为（-0.21%，-14.08%，-17.47%）、（3.37%，-8.86%，-13.93%）和（0.43%，-1.81%，-1.14%），满足规程要求。

1.3.4 幅值线性度测量试验

振动台在1Hz依次输出速度为0.5mm/s、1mm/s、2mm/s、3mm/s、4mm/s、5mm/s、6mm/s、7mm/s、8mm/s、9mm/s的正弦信号，试验结果见表15

表15 地球所振动台线性度测量结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Z | | | X | | | Y | | |
| 振幅  /mm/s | 输出 /mV | 线性度  /% | 振幅  /mm/s | 输出 /mV | 线性度  /% | 振幅  /mm/s | 输出 /mV | 线性度  /% |
| 0.52 | 390.51 | 99.9976 | 0.51 | 385.64 | 99.9978 | 0.51 | 381.60 | 99.9996 |
| 1.01 | 756.37 | 99.9981 | 1.01 | 757.37 | 99.9995 | 1.01 | 755.17 | 99.9999 |
| 2.05 | 1539.57 | 99.9998 | 2.00 | 1506.84 | 99.9987 | 2.01 | 1507.16 | 99.9992 |
| 3.03 | 2282.63 | 99.9988 | 3.02 | 2269.62 | 99.9995 | 3.02 | 2265.79 | 99.9995 |
| 4.07 | 3064.78 | 99.9979 | 4.02 | 3021.20 | 99.9990 | 4.02 | 3021.36 | 99.9993 |
| 5.06 | 3807.95 | 99.9968 | 5.02 | 3773.69 | 99.9981 | 5.02 | 3774.30 | 99.9987 |
| 6.11 | 4599.18 | 99.9976 | 6.03 | 4533.46 | 99.9982 | 6.03 | 4533.89 | 99.9978 |
| 7.06 | 5312.15 | 99.9982 | 7.02 | 5276.47 | 99.9975 | 7.03 | 5280.49 | 99.9983 |
| 8.09 | 6089.87 | 99.9983 | 8.02 | 6033.39 | 99.9985 | 8.02 | 6029.12 | 99.9997 |
| 9.15 | 6883.40 | 99.9964 | 9.04 | 6799.85 | 99.9959 | 9.03 | 6785.11 | 99.9984 |
| 斜率 /(Vsm-1) | 752.70 |  |  | 751.88 |  |  | 751.31 |  |
| 截距（mV） | 0.023 |  | 截距（mV） | 0.076 |  | 截距（mV） | 0.034 |  |

X、Y、Z分向的最小线性度分别为99.9964%、99.9959%、99.9978%，满足规程要求。

# **二、电信号检定试验**

三家试验室电检定试验均按《规程》规定的方法，使用了通用地震数据采集器、一测还是用了高精度信号发生器，完成电信号检定。采集器的转换因子、标定信号都采用标准程序按《地震观测仪器进网技术要求》进行了校准。其采集参数设置为：满量程: Vpp=40V，采样率：500sps，采样相位响应：最小相位，GPS/北斗授时。

试验中把地震计安装在环境安静、稳定的仪器平台，从地震计安装、固定、上电、自动摆锤平衡开始，等待10分钟以上，确认地震计状态正常，方开始试验。

## **2.1 预测所电信号检定试验情况**

地震计样机是一台北京港震科技股份有限公司生产的GL-CS60宽频带地震计。

使用地震数据采集器的定时功能在每天23：02启动阶跃检定，地震数据采集器自动记录数据，试验连续10天，处理数据后结果见表16。所有测试结果数据显示的固有周期和阻尼系数与标称值偏差都小于3%，满足规程要求。

从表中可见10次重复测量得到的自振周期的标准差小于0.0098秒，相对标准差不大于0.016%，阻尼系数相对标准差不大于0.045%，满足检定要求。

表16 预测所地震计电信号固有周期和阻尼系数测量及重复性试验结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 日期 | 固有周期(s) | | | 阻尼系数 | | |
| U | V | W | U | V | W |
| 10月13日 | 59.83 | 59.76 | 59.94 | 0.7084 | 0.7162 | 0.7136 |
| 10月14日 | 59.83 | 59.76 | 59.94 | 0.7086 | 0.7161 | 0.7135 |
| 10月15日 | 59.84 | 59.76 | 59.94 | 0.7084 | 0.7162 | 0.7136 |
| 10月16日 | 59.83 | 59.76 | 59.94 | 0.7085 | 0.7162 | 0.7136 |
| 10月17日 | 59.83 | 59.76 | 59.94 | 0.7086 | 0.7162 | 0.7136 |
| 10月18日 | 59.83 | 59.76 | 59.94 | 0.7089 | 0.7159 | 0.7134 |
| 10月19日 | 59.86 | 59.74 | 59.93 | 0.7079 | 0.7168 | 0.7136 |
| 10月20日 | 59.87 | 59.74 | 59.93 | 0.7075 | 0.7168 | 0.7138 |
| 10月21日 | 59.83 | 59.77 | 59.94 | 0.7085 | 0.7162 | 0.7136 |
| 10月22日 | 59.83 | 59.76 | 59.94 | 0.7085 | 0.7163 | 0.7136 |
| 均 值 | 59.84 | 59.76 | 59.94 | 0.7085 | 0.7162 | 0.7135 |
| 标准差 | 0.0098 | 0.0093 | 0.0021 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0001 |
| 相对  标准差 | 0.00016 | 0.00015 | 0.00004 | 0.00045 | 0.00037 | 0.00009 |

## **2.2 一测电信号检定试验情况**

地震计样机是一台ITC-60A宽频带地震计，使用一台校准过的DS360信号发生器作为信号源，地震数据采集器记录，连续10天每天进行阶跃试验，计算测量结果见表19。所有测得的固有周期和阻尼系数与标称值偏差都小于3%，满足规程要求。

从表17中可见10次重复检定试验得到的自振周期的标准差小于0.02秒，相对标准差不大于0.021%，阻尼系数相对标准差不大于0.061%，满足检定要求。

表17 一测电信号固有周期和阻尼系数测量及重复性试验结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 日期 | 固有周期(s) | | | 阻尼系数 | | |
| Z | X | Y | Z | X | Y |
| 6月17日 | 60.42 | 59.67 | 59.83 | 0.7108 | 0.7066 | 0.7071 |
| 6月18日 | 60.42 | 59.66 | 59.82 | 0.7107 | 0.7068 | 0.7074 |
| 6月19日 | 60.42 | 59.68 | 59.83 | 0.7108 | 0.7067 | 0.7071 |
| 6月20日 | 60.41 | 59.65 | 59.80 | 0.7107 | 0.7068 | 0.7077 |
| 6月21日 | 60.43 | 59.66 | 59.82 | 0.7109 | 0.7068 | 0.7070 |
| 6月24日 | 60.42 | 59.66 | 59.82 | 0.7107 | 0.7068 | 0.7075 |
| 6月25日 | 60.42 | 59.68 | 59.84 | 0.7107 | 0.7078 | 0.7085 |
| 6月26日 | 60.42 | 59.66 | 59.80 | 0.7108 | 0.7069 | 0.7077 |
| 6月27日 | 60.43 | 59.68 | 59.83 | 0.7108 | 0.7066 | 0.7070 |
| 6月28日 | 60.44 | 59.67 | 59.83 | 0.7108 | 0.7069 | 0.7074 |
| 均 值 | 60.42 | 59.67 | 59.82 | 0.7108 | 0.7068 | 0.7074 |
| 标准差 | 0.0078 | 0.0100 | 0.0125 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0004 |
| 相对  标准差 | 0.00013 | 0.00017 | 0.00021 | 0.00009 | 0.00046 | 0.00061 |

## **2.3 地球所电信号检定试验情况**

采用通用地震数据采集器进行正弦和阶跃标定。采集参数设置为：满量程: Vpp=40V，采样率：500sps，采样相位响应：最小相位，GPS/北斗授时。

获得连续10天电信号测得的周期和阻尼测试测量结果，见表18。

表18 固有电信号周期和阻尼系数测量及重复性试验结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 日期 | 固有周期/s | | | 阻尼系数 | | |
| U | V | W | U | V | W |
| 7月10日 | 120.56 | 120.75 | 120.31 | 0.7073 | 0.7078 | 0.7063 |
| 7月11日 | 120.79 | 120.95 | 120.44 | 0.7098 | 0.7095 | 0.7077 |
| 7月12日 | 120.56 | 120.98 | 120.47 | 0.7073 | 0.7096 | 0.7075 |
| 7月13日 | 120.64 | 120.75 | 120.37 | 0.7082 | 0.7078 | 0.7071 |
| 7月14日 | 120.64 | 120.79 | 120.31 | 0.7083 | 0.7077 | 0.7070 |
| 7月15日 | 119.84 | 120.02 | 119.56 | 0.7088 | 0.7088 | 0.7069 |
| 7月16日 | 120.72 | 120.92 | 120.42 | 0.7092 | 0.7092 | 0.7075 |
| 7月17日 | 120.66 | 120.78 | 120.38 | 0.7085 | 0.7081 | 0.7071 |
| 7月18日 | 120.71 | 120.89 | 120.41 | 0.7090 | 0.7089 | 0.7074 |
| 7月19日 | 120.66 | 120.89 | 120.38 | 0.7084 | 0.7088 | 0.7071 |
| 均 值 | 120.58 | 120.77 | 120.31 | 0.7085 | 0.7086 | 0.7072 |
| 标准差 | 0.27 | 0.28 | 0.27 | 0.0007842 | 0.0007208 | 0.0003977 |
| 相对  标准差/% | 0.022 | 0.023 | 0.022 | 0.11 | 0.10 | 0.06 |

表18中所有测试结果数据显示的固有周期和阻尼系数与标称值偏差都小于3%，满足规程要求。相对标准差小于0.23%，重复性高，满足检定要求。

# **三、宁静硐室自噪声检定试验**

## **3.1 预测所振动试验室自噪声检定试验情况**

3.1.1 检定试验。地震计样机为3台GL-WS120地震计，试验中使用了2台型号通过中国地震台网中心入网定型的GL-24GN通用地震数据采集器，其采集转换因子经过了检定。在中国地震局地球物理研究所白家疃地震台进行了连续3个月的连续观测，其间多次调整了地震计安装。地震计安装采用了从内到外，软衬+磁屏蔽罩+软衬+硬罩的防护方式。

3.1.2 测试数据分析。图4为10月1~3日观测数据得到自噪声分布图，其中显示了共72小时计算得到自噪声分布情况。可见计算的自噪声在一定范围内变化，主要是受连续3天内环境条件、地震活动等的影响，但从中得到的低自噪声曲线形态流畅，符合一个最低点然后向低频、高频方向略升高的特征，与理论的地震计自噪声一致。三分向长周期自噪声均在5.00E-19m2s-4Hz-1以下，满足规程的要求，短周期自噪声小于6E-10 m/s，满足规程要求。

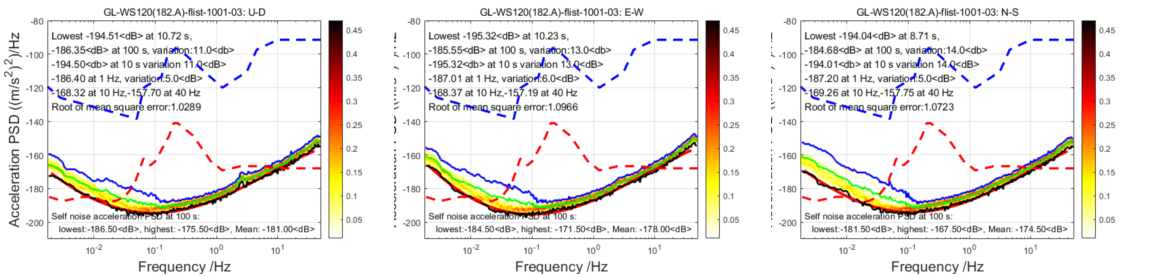


图 4 预测所地震自噪声检定得到的自噪声概率分布图

3.1.3 重复性试验数据。从测试数据取不同的10个连续3天、72小时数据段，之间调整了地震计。按规程指定的方法计算低频自噪声、短周期自噪声、动态范围，结果见表19。可见10次测试结果数据计算出的长周期自噪声的标准差小于1.5dB、短周期自噪声标准差小于4E-12 m/s，动态范围标准差小于 0.23dB，说明各次测试结果一致性较好。满足检定测量要求。

表19 预测所自噪声测量重复性试验结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 长周期自噪声  /(m2s-4Hz-1) | | | 短周期自噪声  /(m/s) | | |
| 1 | 3.16E-19 | 4.57E-19 | 5.37E-19 | 5.59E-10 | 5.62E-10 | 5.09E-10 | |
| 2 | 2.51E-19 | 3.02E-19 | 2.75E-19 | 5.34E-10 | 5.39E-10 | 5.01E-10 | |
| 3 | 2.24E-19 | 2.34E-19 | 2.75E-19 | 5.63E-10 | 5.49E-10 | 5.03E-10 | |
| 4 | 1.86E-19 | 2.19E-19 | 2.95E-19 | 6.51E-10 | 5.82E-10 | 5.06E-10 | |
| 5 | 2.29E-19 | 2.82E-19 | 3.39E-19 | 5.28E-10 | 5.51E-10 | 4.92E-10 | |
| 6 | 1.82E-19 | 1.51E-19 | 3.39E-19 | 5.27E-10 | 5.74E-10 | 4.96E-10 | |
| 7 | 2.29E-19 | 2.88E-19 | 4.07E-19 | 5.43E-10 | 5.74E-10 | 5.05E-10 | |
| 8 | 1.66E-19 | 2.09E-19 | 2.45E-19 | 5.37E-10 | 5.67E-10 | 5.08E-10 | |
| 9 | 1.62E-19 | 1.95E-19 | 2.14E-19 | 5.54E-10 | 5.67E-10 | 5.07E-10 | |
| 10 | 1.74E-19 | 2.75E-19 | 3.16E-19 | 5.43E-10 | 5.63E-10 | 5.00E-10 | |
|  | 2.12E-19 | 2.61E-19 | 3.24E-19 | 5.54E-10 | 5.63E-10 | 5.03E-10 | |
| *δ* | 4.80E-20 | 8.37E-20 | 9.23E-20 | 3.62E-11 | 1.31E-11 | 5.66E-12 | |

## **3.2 一测自噪声检定试验情况**

3.2.1 检定试验。使用的地震计样机为3台JS-120地震计，检定中使用了2台型号通过中国地震台网中心入网定型的GL-24GN通用地震数据采集器。在山东省马陵山国家比测基地进行了连续3个月的连续观测。地震计安装进行了外防护。

3.2.2 试验数据处理分析。 图5为12月26日至12月30日的测试数据得到自噪声分布图。可见计算的自噪声在一定2.48E-17。UD向长周期自噪声低于2.00E-19m2s-4Hz-1、水平分向低于4.0E-17m2s-4Hz-1，短周期自噪声小于2E-9 m/s，满足规程要求。

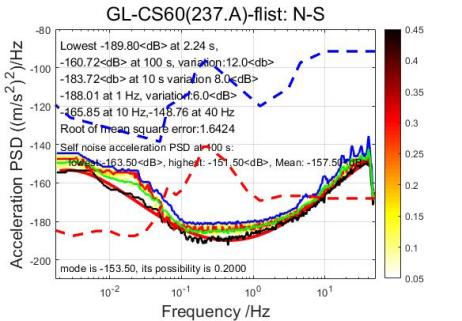
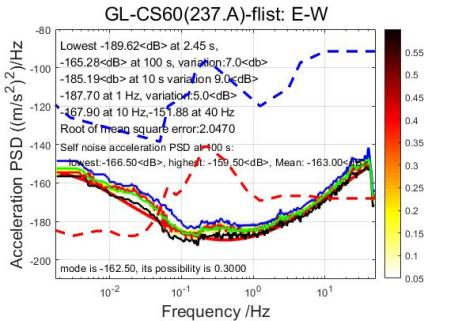
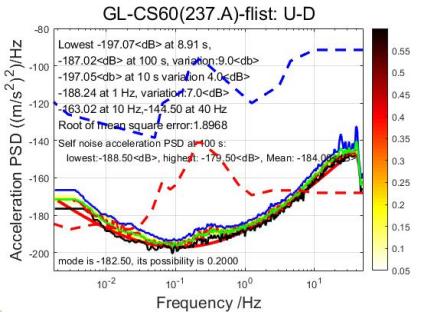


图5 一测地震自噪声检定得到的JS-120地震计自噪声概率分布图

3.2.3 重复性试验数据分析。选取10段不同时间、连续3天的观测数据，按规程指定的方法计算短周期自噪声、低频自噪声、动态范围，结果见表20。可见3台地震计测试结果数据计算出的长周期自噪声的一致性良好、短周期自噪声标准差小于2.20E-11 m/s，动态范围标准差小于0.49dB，说明各次测试结果一致性较好。

表20 一测地震自噪声测量重复性试验结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 长周期自噪声  /(m2s-4Hz-1) | | | 短周期自噪声 | | |
| /(m/s) | | |
| 1 | 1.91E-19 | 2.48E-17 | 1.84E-16 | 1.47E-09 | 7.61E-10 | 1.03E-09 |
| 2 | 2.18E-19 | 2.86E-17 | 1.98E-16 | 1.46E-09 | 7.64E-10 | 1.05E-09 |
| 3 | 2.18E-19 | 2.60E-17 | 1.55E-16 | 1.45E-09 | 7.62E-10 | 1.03E-09 |
| 4 | 2.00E-19 | 2.40E-17 | 2.11E-16 | 1.50E-09 | 7.66E-10 | 1.04E-09 |
| 5 | 1.70E-19 | 2.70E-17 | 1.59E-16 | 1.50E-09 | 7.48E-10 | 1.02E-09 |
| 6 | 1.74E-19 | 2.13E-17 | 1.72E-16 | 1.50E-09 | 7.51E-10 | 1.02E-09 |
| 7 | 1.61E-19 | 2.18E-17 | 2.08E-16 | 1.44E-09 | 7.45E-10 | 1.04E-09 |
| 8 | 1.71E-19 | 2.42E-17 | 1.87E-16 | 1.47E-09 | 7.55E-10 | 1.05E-09 |
| 9 | 1.69E-19 | 2.30E-17 | 1.56E-16 | 1.46E-09 | 7.60E-10 | 1.02E-09 |
| 10 | 1.62E-19 | 2.09E-17 | 1.78E-16 | 1.48E-09 | 7.64E-10 | 1.01E-09 |
|  | 1.83E-19 | 2.42E-17 | 1.81E-16 | 1.47E-09 | 7.58E-10 | 1.03E-09 |
| *δ* | 2.19E-20 | 2.53E-18 | 2.06E-17 | 2.20E-11 | 7.39E-12 | 1.42E-11 |

## **3.3 地球所自噪声检定试验情况**

3.3.1 检定试验。试验样机为3台美国Kinemetrics公司生产的STS-2.5甚宽频带地震计。在白家疃地震台山洞进行了连续3个月的观测，3台地震计分别加盖泡沫箱进行防护，观测过程中有多次重复安装。

3.3.2 试验数据处理分析。图6为试验数据处理得到STS-2.5地震计的自噪声分布图，低自噪声与理论的地震计自噪声保持一致。长周期自噪声低于1.00E-18m2s-4Hz-1，满足规程的要求，短周期自噪声小于6E-10 m/s，满足规程要求。

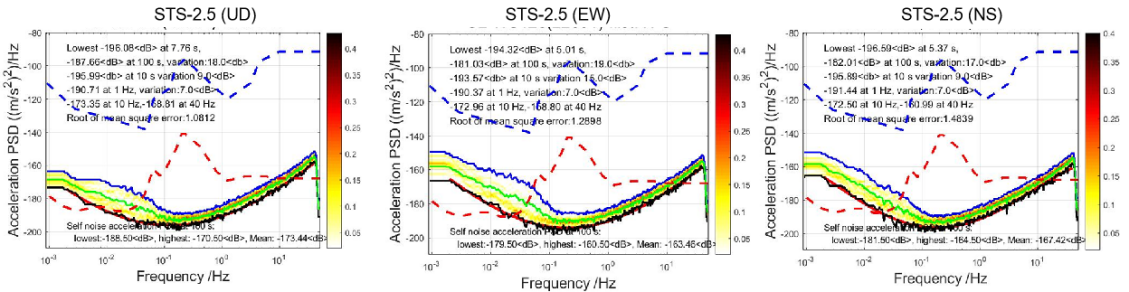


图6 地球所自噪声测量得到的STS-2.5地震计自噪声概率分布图

3.2.3 重复性试验数据分析。从观测数据选取不同的10段连续3天、72小时的观测数据，计算得到长周期自噪声、短周期自噪声、动态范围结果见表26。用10次测试结果数据计算出的长周期自噪声的标准差小于1.2dB、短周期自噪声标准差小于5E-11m/s，动态范围标准差小于 0.35dB，10次试验结果一致性较好，满足检定要求。

表26 地球所地震自噪声测量重复性试验结果数据

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 长周期自噪声 /(m2s-4Hz-1) | | | 短周期自噪声 /(m/s) | | |
| UD | EW | NS | UD | EW | NS |
| 1 | 1.71E-19 | 7.89E-19 | 7.93E-19 | 5.82E-10 | 5.52E-10 | 4.98E-10 |
| 2 | 2.40E-19 | 1.21E-18 | 9.82E-19 | 5.26E-10 | 5.48E-10 | 5.11E-10 |
| 3 | 2.82E-19 | 5.81E-19 | 6.66E-19 | 5.77E-10 | 5.87E-10 | 5.23E-10 |
| 4 | 2.40E-19 | 9.89E-19 | 7.55E-19 | 6.63E-10 | 5.25E-10 | 5.19E-10 |
| 5 | 2.75E-19 | 1.18E-18 | 7.84E-19 | 5.66E-10 | 5.67E-10 | 5.02E-10 |
| 6 | 1.66E-19 | 9.27E-19 | 1.24E-18 | 5.13E-10 | 5.23E-10 | 5.29E-10 |
| 7 | 1.82E-19 | 7.42E-19 | 5.36E-19 | 5.69E-10 | 5.66E-10 | 5.09E-10 |
| 8 | 2.40E-19 | 5.42E-19 | 6.77E-19 | 5.88E-10 | 5.41E-10 | 5.30E-10 |
| 9 | 2.19E-19 | 5.55E-19 | 7.60E-19 | 5.14E-10 | 5.58E-10 | 5.12E-10 |
| 10 | 2.75E-19 | 6.01E-19 | 1.07E-18 | 5.78E-10 | 5.36E-10 | 5.08E-10 |
|  | 2.29E-19 | 8.12E-19 | 8.26E-19 | 5.68E-10 | 5.50E-10 | 5.14E-10 |
| *δ* | 4.35E-20 | 2.54E-19 | 2.10E-19 | 4.41E-11 | 2.00E-11 | 1.09E-11 |

# **四、检定报告样本**

送检单位 XXXXXXXXXXXXXXX 检定地点 XXXXXX

制造厂 XXXXXXXXX 型号规格 XXXXXXXXX 出厂编号 XXXXXXX

检定环境条件：温度： 24.0℃ 相对湿度： 35% 其他：

**检定项目**

1. 外观、功能及技术资料内容检查 √
2. 灵敏度

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 分向 | 参考频率 /Hz | 速度/ (mm/s) | 灵敏度/(V/(m/s)) | 灵敏度幅频误差/% | 判定 |
| Z | 1 | 5.0942 | 998.44 | -0.1560 | √ |
| X | 4.9944 | 1008.06 | 0.8060 | √ |
| Y | 5.0551 | 1007.88 | 0.7880 | √ |

1. 最大横向灵敏度比

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 分向 | 参考频率/Hz | 最大正交方向  灵敏度 /(V/(m/s)) | 最大正交方向  横向灵敏度 /(V/(m/s)) | 最大  横向灵敏度比 /% | 判定 |
| Y@X | 1 | 1008.06 | 5.29 | 0.5249 | √ |

1. 最大观测速度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 分向 | 测试频率 /Hz | 实际振动速度 / (m/s) | 波形失真度 /% | 判定 |
| Z | 10 | 9.9827 | 0.48 | √ |
| 30 | 5.0512 | 0.34 | √ |
| X | 10 | 9.5979 | 0.11 | √ |
| 30 | 4.9973 | 0.21 | √ |
| Y | 10 | 9.6126 | 9748.6 | √ |
| 30 | 4.9590 | 4940.3 | √ |

1. 灵敏度频率响应波动

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 分向 | 频带范围 | 灵敏度频率响应波动 /% | 判定 | 测试方法 |
| Z | 0.1 Hz ≤f≤20 Hz | -0.71 | √ | 振动台 |
| 20 Hz<f≤30 Hz | -1.79 | √ |
| 30 Hz＜f≤40 Hz | -7.00 | √ |
| X | 0.1 Hz ≤f≤20 Hz | 0.21 | √ |
| 20 Hz<f≤30 Hz | -1.18 | √ |
| 30 Hz＜f≤40 Hz | -2.8 | √ |
| Y | 0.1 Hz ≤f≤20 Hz | 0.33 | √ |
| 20 Hz<f≤30 Hz | -1.15 | √ |
| 30 Hz＜f≤40 Hz | -2.9 | √ |

注：频带可根据检定不同类型地震计删减和修改。

1. 幅值线性度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 分向 | 参考频率 /Hz | 灵敏度 /(V/(m/s)) | 线性度 /% | 判定 |
| Z | 1 | 997.8 | 99.97 | √ |
| X | 1006.8 | 99.96 | √ |
| Y | 1006.5 | 99.97 | √ |

1. 固有周期

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分向 | 固有周期 /s | 偏差 /% | 判定 |
| Z | 59.83 | -0.2833 | √ |
| X | 59.76 | -0.4000 | √ |
| Y | 59.94 | -0.1000 | √ |

1. 阻尼系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分向 | 阻尼系数 | 偏差 /% | 判定 |
| Z | 0.7084 | 0.1829 | √ |
| X | 0.7162 | 1.2860 | √ |
| Y | 0.7136 | 0.9183 | √ |

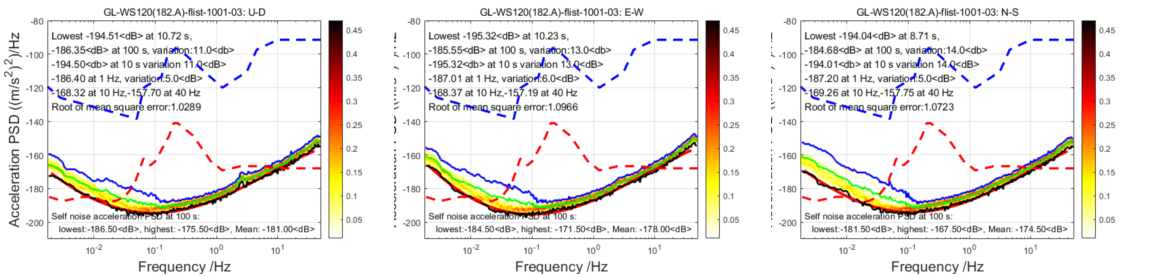
1. 短周期自噪声

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分向 | 短周期自噪声 /(m/s) | 要求/(m/s) | 判定 |
| Z | 5.27E-10 | ≦2×10-9 | √ |
| X | 5.74E-10 | √ |
| Y | 4.96E-10 | √ |

1. 长周期自噪声

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分向 | 长周期自噪声/（(m/s2)2/Hz） | 要求 /(m2s-4Hz-1) | 判定 |
| Z | 1.8260E-19 | 4×10-18 | √ |
| X | 1.5220E-19 | 2.5×10-17 | √ |
| Y | 3.4273E-19 | √ |

附：噪声功率谱密度分布图。



检定结论：合格