



中华人民共和国地震行业标准

DB/T 22 — 2007

地震观测仪器进网技术要求 地震仪

Technical requirements of instruments in network for earthquake monitoring —
Seismograph

2007 — 03 — 14 发布

2007 — 06 — 01 实施

中国地震局 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 地震计 3

5 数据采集器 5

6 地震仪整机功能要求 6

7 主要技术指标的测试 7

8 环境试验 15

附录 A （规范性附录）地震计噪声测试及计算方法 16

附录 B （资料性附录）地球噪声模型 18

参考文献 20

前 言

本标准是《地震观测仪器进网技术要求》系列标准中的一项。该系列标准结构及名称预计如下：

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(DB/T 21 — 2007)
地震观测仪器进网技术要求	地震仪(DB/T 22 — 2007)
地震观测仪器进网技术要求	地电观测仪 第1部分：直流地电阻率仪
地震观测仪器进网技术要求	地电观测仪 第2部分：地电场仪
地震观测仪器进网技术要求	地磁观测仪 第1部分：磁通门磁力仪
地震观测仪器进网技术要求	地磁观测仪 第2部分：质子矢量磁力仪
地震观测仪器进网技术要求	地壳形变观测仪 第1部分：倾斜仪
地震观测仪器进网技术要求	地壳形变观测仪 第2部分：应变仪
地震观测仪器进网技术要求	重力仪(DB/T 23 — 2007)
地震观测仪器进网技术要求	地下流体观测仪 第1部分：压力式水位仪
地震观测仪器进网技术要求	地下流体观测仪 第2部分：测温仪
地震观测仪器进网技术要求	地下流体观测仪 第3部分：闪烁测氦仪
.....	

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B 为资料性附录。

本标准由中国地震局提出。

本标准由全国地震标准化技术委员会(SAC/TC 225)归口。

本标准起草单位：中国地震局地震预测研究所、云南省地震局、中国地震局地球物理研究所、地壳应力研究所。

本标准主要起草人：薛兵、朱小毅、童汪练、杨建思、李海亮。

引 言

地震仪是一种重要的地震观测仪器，为震情监测、大震速报，为地震学、地球物理学的基础研究提供观测数据。地震仪的技术指标影响观测数据的质量，而其技术参数的表述方式则直接影响观测数据的使用。对同一项技术参数采用不同的测试和数据处理方法有可能得到不一致的结果，从而影响地震仪技术参数表述的一致性和可对比性，给观测数据的使用造成困难。因此，规范地震仪的技术参数及其表述，规范技术参数的测试方法对于地震仪的检定和使用具有重要意义。为了规范地震仪的技术参数，规范技术参数的表达方式和测试方法，保证观测资料的科学性、准确性、可比性，特编制本标准。

地震仪一般包括地震计和数据采集器两个相对独立的部分，根据目前通用地震计、数据采集器的技术指标，结合当前地震观测技术发展水平，确定地震仪的进网技术要求。纳入本标准的技术参数包括地震计技术参数，数据采集器技术参数以及整机功能要求。

地震观测仪器进网技术要求

地震仪

1 范围

本标准规定了地震观测仪器中地震仪进网的功能要求、技术指标、测试方法及环境适用性。
本标准适用于地震仪的设计、生产、使用、维护、引进和质量监督。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 6587.1 — 1986 电子测量仪器环境试验总纲

GB/T 6587.2 — 1986 电子测量仪器温度试验

GB/T 6587.3 — 1986 电子测量仪器湿度试验

GB/T 6587.4 — 1986 电子测量仪器振动试验

GB/T 6587.5 — 1986 电子测量仪器冲击试验

DB/T 13 — 2000 地震计接口

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

JJG 298 — 2005 中频标准震动台(比较法)检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

地震仪 seismograph

记录地面运动(位移、速度和加速度)的仪器。

[GB/T 18207.2 — 2005, 定义 8.1.1]

3.2

地震计 seismometer

将地面运动量转换成电压量的设备。

3.3

短周期地震仪 short period seismograph

工作频带的低频端在 0.5 Hz ~ 1 Hz 内，高频端在 20 Hz 或 20 Hz 以上的地震仪。

[GB/T 19531.1 — 2004, 定义 3.1.5]

3.4

宽频带地震仪 broadband seismograph

工作频带的低频端在 0.01 Hz ~ 0.05 Hz 内，高频端在 20 Hz 或 20 Hz 以上的地震仪。

[GB/T 19531.1 — 2004, 定义 3.1.6]

3.5

甚宽频带地震仪 very broadband seismograph

工作频带的低频端在 0.003 Hz ~ 0.01 Hz 内, 高频端在 20 Hz 或 20 Hz 以上的地震仪。

[GB/T 19531.1 — 2004, 定义 3.1.7]

3.6

数据采集器 data acquisition device

将地震计输出的模拟电压信号转换成数字量并记录的装置。

3.7

横向灵敏度 transverse sensitivity

传感器在与其灵敏轴垂直的方向被激励时的灵敏度。

[GB/T 2298 — 1991, 定义 5.22]

3.8

横向灵敏度比 transverse sensitivity ratio

直线传感器的横向灵敏度与沿灵敏轴方向的灵敏度之比。

[GB/T 2298 — 1991, 定义 5.23]

3.9

寄生共振频率 parasitic resonance frequency

地震计作受迫振动时, 除弹性悬挂系统外, 出现共振时的频率。

3.10

量程 range

满足规定误差极限的测量范围。测量范围的最大值或最小值即为量程的上限值或下限值。

[GB/T 13978 — 1992, 定义 3.4.3]

3.11

满量程 full scale range

量程的最大值。

3.12

传递函数 transfer function

在规定的条件范围内, 表达输入量与相应输出量间关系的函数。

[GB/T 13983 — 1992, 定义 4.84]

3.13

谐波含量 harmonic content

一个非正弦周期函数中减去基波分量所得到的函数。

[GB/T 11464 — 1989, 定义 8.16]

3.14

总谐波失真度 total harmonic distortion

谐波含量的有效值与非正弦函数的有效值之比。

3.15

校准 calibration

在规定条件下, 通过向地震计输入已知电流信号来检测地震计参数的操作。

3.16

校准常数 calibration constant

地震计摆体运动加速度与校准线圈输入激励电流之比。

3.17

触发 trigger

记录器从等待状态转变为记录状态。

[DB/T 10 — 2001, 定义 3.1.15]

3.18

触发条件 trigger condition

从等待状态转变为记录状态的条件。

[DB/T 10 — 2001, 定义 3.1.16]

3.19

事件 event

满足触发条件的一个记录。

[DB/T 10 — 2001, 定义 3.1.17]

3.20

通道 channel

一个测点通常记录三个正交分量的运动, 即一个垂直方向的运动和两个互相垂直的水平方向的运动。每一个分量对应一个通道。

[DB/T 10 — 2001, 定义 3.1.18]

3.21

阈值触发 threshold trigger

通道采样数据的绝对值大于某一预定的值(阈值)时, 该通道满足触发条件。

[DB/T 10 — 2001, 定义 3.1.19]

3.22

短项平均 short term average

在宽度给定的较短的滑动时间窗内, 通道采样数据绝对值的滑动平均。

注: 较短的滑动时间窗是相对于长项平均时间窗宽度来说的, 一般小于长项平均时间窗宽度的五分之一。

3.23

长项平均 long term average

在宽度给定的较长的滑动时间窗内, 通道采样数据绝对值的滑动平均。

注: 较长的滑动时间窗是相对于短项平均时间窗宽度来说的, 一般大于短项平均时间窗宽度的五倍。

3.24

短长项均值比触发 STA /LTA trigger

短项平均与长项平均的比超过某一预定的值时, 该通道满足触发条件。

3.25

高端截止频率 upper cut - off frequency of pass - band

通带的最大响应衰减 - 3 dB 所对应的最大频率。

3.26

低端截止频率 lower cut - off frequency of pass - band

通带的最大响应衰减 - 3 dB 所对应的最小频率。

4 地震计

4.1 主要技术指标

地震计主要技术指标应符合表 1 的要求。

表 1 地震计主要技术指标

序号	项 目	技术指标	测试条件
1	满量程	不应小于 0.01 m/s (1 Hz) 不应小于 0.008 m/s (5 Hz)	振动台测试
2	最大输出信号	不应小于 ±20 V (1 Hz) 不应小于 ±16 V (5 Hz)	振动台测试
3	灵敏度	标称值不应小于 2 000 V·s/m	振动台测试, 测试频率 5 Hz
4	最大允许误差	不应大于 3% 满量程	振动台测试, 测试频率 5 Hz
5	线性度误差	应小于 0.01%	采用标准电流驱动校准线圈方法 测试, 测试频率 5 Hz
6	总谐波失真度	应小于 0.01%	采用标准电流驱动校准线圈方法 测试, 测试频率 2 Hz
7	横向灵敏度比	应小于 0.01	振动台测试, 测试频率 5 Hz
8	噪声水平	短周期地震计: 应小于 NLNM (在频带 2 Hz ~ 10 Hz 内); 宽频带地震计: 应小于 NLNM (在频带 0.05 Hz ~ 5 Hz 内); 甚宽频带地震计: 应小于 NLNM (在频带 0.03 Hz ~ 5 Hz 内)	在 I 类台基测震台站测试
9	校准常数	应大于 $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}/\text{A}$, 小于 $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}/\text{A}$	振动台测试, 测试频率 5 Hz
10	最低寄生共振频率	应大于 100 Hz	振动台测试
11	频带宽度	短周期地震计: 低频端在 0.5 Hz ~ 1 Hz 内, 高频端在 20 Hz 或 20 Hz 以上; 宽频带地震计: 低频端在 0.01 Hz ~ 0.05 Hz 内, 高频端在 20 Hz 或 20 Hz 以上; 甚宽频带地震计: 低频端在 0.003 Hz ~ 0.01 Hz 内, 高频端在 20 Hz 或 20 Hz 以上	振动台或标准信号源法测试
12	工作环境	温度 -15℃ ~ 50℃ 相对湿度 10% ~ 98%	

注: 地球低噪声模型 NLNM 参考值参见附录 B。

4.2 功能要求

4.2.1 输出信号方式

地震计的信号输出应采用双端差分平衡输出方式, 包括输出“正”与输出“负”, 并带有信号地线。

4.2.2 传递函数

应按照以下方式提供地震计的传递函数:

- a) 解析表达式或零极点列表;
- b) 按频率给出振幅和相位的列表。

4.2.3 信号过载保护

运行状态下, 地震计应能够承受二倍满量程的输入信号, 并能够在在大信号过去之后的一段时间内自动恢复到正常工作状态; 恢复时间不应超过地震计自振周期的 10 倍。

4.2.4 锁摆功能

地震计应具有锁摆和解锁机构，或无需锁摆即可安全运输。锁摆和解锁机构可以外置操作，或遥控操作。

4.2.5 水平调整功能

地震计应具有水平调整机构以及用于指示是否水平的水准泡。

4.2.6 摆体零位调整功能

宽频带地震计和甚宽频带地震计应具有摆体零位调整功能。

4.2.7 摆体零位输出

甚宽频带地震计应具有摆体零位指示信号输出，用于监视摆体零位偏移情况。

4.2.8 安装方位指示

对于三分向一体的地震计，应具有安装方位基准线或基准面，或其他用于在安装时对准地理北极的装置。

4.2.9 地震计的信号输出接口

地震计的信号输出接口应符合 DB/T 13 — 2000 的要求。

5 数据采集器

5.1 主要技术指标

数据采集器主要技术指标应符合表 2 的要求。

表 2 数据采集器主要技术指标

序号	项 目	技术指标
1	信号输入方式	双端平衡差分输入
2	满量程	±5 V、±10 V、±20 V 可编程选择
3	输入阻抗	应大于等于 100 kΩ
4	最大允许误差	应小于 满量程的 1%
5	总谐波失真度	应小于 0.003%
6	线性度误差	应小于 0.003%
7	共模抑制比	应大于 90 dB（采样率为 50 样本数每秒）
8	零输入噪声（有效值）	±5 V 量程：应小于 1.3×10^{-6} V（采样率为 50 样本数每秒） ±10 V 量程：应小于 2.5×10^{-6} V（采样率为 50 样本数每秒） ±20 V 量程：应小于 5.0×10^{-6} V（采样率为 50 样本数每秒）
9	时间同步误差	应小于 1 ms
10	时钟漂移率	应小于 0.000 1%
11	数字滤波器	FIR 数字滤波器，具有最小相移特性和线性相移特性 通带波动应小于 0.1 dB 阻带衰减应大于 130 dB
12	采样率	50 样本数每秒、100 样本数每秒、200 样本数每秒，可编程选择
13	频带宽度	20 Hz、40 Hz、80 Hz
14	数据存储容量	应大于等于 1 GByte
15	校准信号输出最大值	应大于等于 5 mA
16	校准信号最大允许误差	应小于 1%
17	工作环境	温度 -15℃ ~ 50℃，相对湿度 10% ~ 98%

5.2 功能要求

5.2.1 校准信号发生器

数据采集器应具有内置的校准信号发生器，可通过指令方式和定时方式启动输出阶跃波信号、正弦波信号，且输出的信号可编程设定。

5.2.2 时间服务

数据采集器应具有内部计时时钟，并采用协调世界时(UTC)；应具有标准时间信号输入接口或内置授时信号接收单元，内置授时信号接收单元宜采用卫星定位接收机。

5.2.3 事件触发功能

数据采集器应内置触发算法，具有短长项均值比触发、阈值触发和定时触发功能，且触发算法的参数可编程设定。

5.2.4 数据记录功能

应具有可选的连续记录观测数据方式和事件记录方式，在数据记录中应有采样时刻标记。

5.2.5 通信接口

应具有 RS-232 兼容串行通信接口和以太网接口，具有 TCP/IP 联网功能。

5.2.6 实时数据传输功能

应具有通过串行接口或网络接口输出实时数据的功能，输出的实时数据应有采样时刻标记。

6 地震仪整机功能要求

6.1 组网功能

通过以太网接口或异步串行接口，实现地震仪本地/远程组网通信的功能，传输数据、信息和控制命令。

6.2 运行状态监测

地震仪应具有运行状态监测功能，监测量包括：供电电压、运行环境温度、校时信息和计时误差、宽频带地震计摆体零位，使用内置授时信号接收单元时监测授时单元的运行状态。

6.3 日志记录功能

地震仪应具有日志记录功能，日志记录内容包括：运行状态监测信息、事件触发信息、校准操作启动和完成信息、数据存储空间使用信息、工作参数的改变信息、用户访问信息、运行启动和故障恢复的时间。

6.4 远程监控功能

依靠通信网络，能够远程监控地震仪的运行。地震仪的监控功能有：查询与设置工作参数、查询当前运行状态监测量、获取日志记录文件、获取事件触发数据、控制校准操作并获取校准数据、控制地震计调整摆体零位。

6.5 报警功能

当出现供电异常、事件触发、自诊断故障、数据存储器溢出情况时，应能产生报警信号，并向预定地址发送报警信息；从严重故障中恢复运行时，能向预定的地址发送报警信息。

6.6 掉电保护和自动恢复功能

地震仪的工作参数和已经记录的数据，在出现掉电故障时能够保持不变。在供电恢复时，仪器能够自动恢复运行。

6.7 供电

地震仪采用 +12 V 单电源直流供电，在 9 V ~ 15 V 的供电电压范围内应能正常工作。

7 主要技术指标的测试

7.1 测试用仪器和测试环境要求

7.1.1 测试用仪器

测试用仪器应符合表 3 的要求。

表 3 测试用仪器及要求

序号	检验用仪器	
	名 称	技术要求
1	振动台测试系统	频率范围不应小于 0.1 Hz ~ 120 Hz 失真度低于 3%
2	标准信号源	失真度应小于 0.01% 最大允许误差应小于 0.2%
3	标准时钟	具有时、分、秒脉冲输出功能，时间误差应小于 1 ms
注：标准信号源宜具有电流输出，或者使用电压输出，并在输出回路中串接大于 10 kΩ 的标准电阻，输出电流按照输出电压除以电阻值计算。		

7.1.2 测试环境

测试环境应符合下列条件：

- a) 温度应在 15 ℃ ~ 25 ℃ 范围内；
- b) 相对湿度应小于 75% ；
- c) 测试环境应符合 JJG 298 — 2005 中第 5 章的“通用技术要求”的规定。

7.2 最大允许误差的测试

7.2.1 测试设备连接图

测试在振动台上进行。对于地震仪，采用个人计算机记录测试数据，测试设备连接图见图 1；对于地震计，可直接利用振动台测试系统读取测试结果，测试设备连接图见图 2；对于数据采集器，应采用标准信号源进行测试，测试设备连接图见图 3。



图 1 振动台法地震仪测试设备连接图

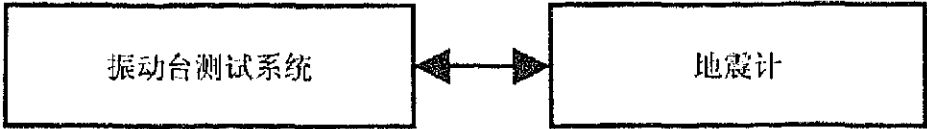


图 2 振动台法地震计测试设备连接图

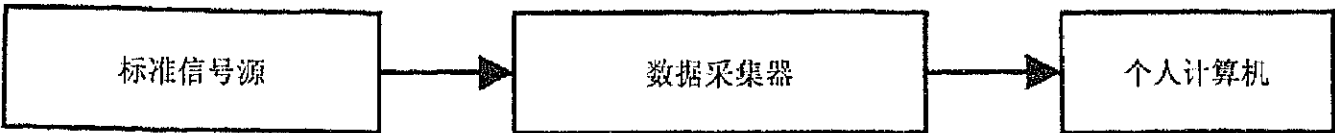


图 3 数据采集器测试设备连接图

7.2.2 测试信号的选择

振动台的振动频率可选为 5 Hz，波形为正弦波，信号振幅应分别设定为满量程的 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%。

7.2.3 测试步骤

应按下列步骤进行测试：

- a) 将被测地震仪或地震计平稳放在振动台台面中心，其灵敏轴应与振动方向相平行，将地震仪或地震计调整到工作状态；
- b) 对每一个标准振幅值，应重复测试 10 次。对于地震仪，每次记录采样数据的持续时间不少于 5 s，求出地震仪输出信号振幅值；对于地震计，可直接由振动台测试系统读取被测地震计输出信号幅值；
- c) 对于数据采集器，用标准信号源输出的电压信号代替振动信号进行测试。

7.2.4 数据处理

根据 7.2.3 条规定的步骤获得的数据，按 DB/ T 21 — 2007 中第 5.1.5 条的规定计算最大允许误差。对于地震计或地震仪，最大允许误差符合表 1 第 4 项的规定为合格；对于数据采集器，最大允许误差符合表 2 第 4 项的规定为合格。

7.3 线性度误差的测试

7.3.1 测试设备连接图

测试在振动干扰小的平台上进行。对于地震仪或数据采集器，都需要采用个人计算机记录测试数据，数据采集器测试的设备连接图见图 3，地震仪测试的设备连接图见图 4；对于地震计，需要使用独立的数据采集器采集地震计的输出信号，测试设备连接图见图 5。



图 4 地震仪测试设备连接图

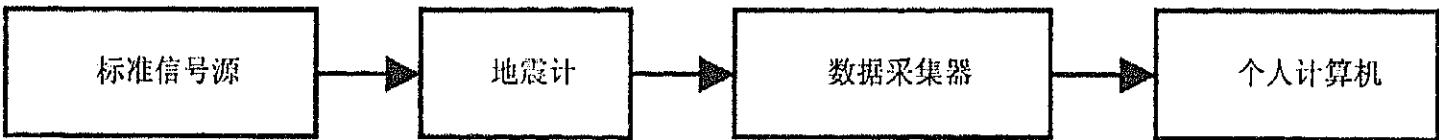


图 5 地震计测试设备连接图

7.3.2 测试信号的选择

测试信号的频率可选为 5 Hz，波形为正弦波。测试幅值选择为满量程的 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%。

7.3.3 测试步骤

应按下列步骤进行测试：

- a) 将被测地震仪或地震计安放在平台上，将地震仪或地震计调整到工作状态；
- b) 将标准信号源的输出连接到地震仪或地震计的校准信号输入端，调整标准信号源输出信号的幅度，使得地震仪或地震计的输出达到满量程，记录标准信号源的输出幅度 x 和被测仪器的输出幅值 y ；然后依次减小标准信号源输出信号为 x 的 90%、80%、70%、60%、50%、40%、30%、20%、10%，记录被测仪器的输出幅值 y_i 。

7.3.4 数据处理及结果评定

根据 7.3.3 条规定的步骤获得的测试数据 y_i ，按 DB/T 21 — 2007 中第 5.2.5 条的规定计算线性度误差。对于地震计或地震仪，线性度误差符合表 1 中第 5 项的规定为合格；对于数据采集器，线性度误差符合表 2 中第 6 项的规定为合格。

7.4 总谐波失真度的测试

7.4.1 测试设备连接图

测试在振动干扰小的平台上进行。对于数据采集器，测试设备连接图见图 3；对于地震仪，采用个人计算机记录测试数据，测试设备连接图见图 4；对于地震计，使用独立的数据采集器采集地震计的输出信号，测试设备连接图见图 5。

7.4.2 测试信号的选择

测试信号的频率可选为 2 Hz，波形为正弦波。测试幅值为满量程的 50%。

7.4.3 测试步骤

应按下列步骤进行测试：

- a) 将被测地震仪或地震计安放在平台上，将地震仪或地震计调整到工作状态；
- b) 将标准信号源的输出连接到地震仪或地震计的校准信号输入端，调整标准信号源输出信号的幅度，使得地震仪或地震计的输出达到满量程，记录被测仪器输出的采样数据。

7.4.4 数据处理

从记录数据中截取连续 10 000 个样点的数据，经谱分析后求出基波及各次谐波的幅度，谱分析时可使用 Hanning 窗函数，按式(1)计算总谐波失真度。

$$\nu = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n V_i^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n V_i^2}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

ν —— 总谐波失真度，单位为百分比；

V_i —— 第 i 次谐波幅度，如果被测对象是地震仪，单位为米每秒每二分之一一次方赫兹 ($\text{ms}^{-1}/\sqrt{\text{Hz}}$)；如果被测对象是地震计或数据采集器，单位为伏每二分之一一次方赫兹 ($\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$)；

n —— 可分辨的谐波数量。

7.4.5 结果评定

对于地震计或地震仪，总谐波失真度的测试结果应符合表 1 中第 6 项的规定；对于数据采集器，总谐波失真度的测试结果应符合表 2 中第 5 项的规定。

7.5 幅频特性的测试

7.5.1 振动台法测试

7.5.1.1 测试设备连接图

测试在振动台上进行。对于地震仪，采用个人计算机记录测试数据，测试设备连接图见图 1。对于地震计，可直接利用振动台测试系统读取测试结果，测试设备连接图见图 2。

7.5.1.2 测试信号频率的选择

测试频率点数不少于 10 个，按照以下规则选择频率点：

- a) 应覆盖被测地震计的观测频带，应包括 2 Hz、5 Hz，以及地震仪或地震计高端截止频率和低端截止频率这四个频点；
- b) 在地震仪高端截止频率和低端截止频率附近的频率点宜选择密一些；
- c) 根据振动台的能力，可以只对大于 0.1 Hz 的频率点进行测试；

d) 测试信号的幅值宜选择为被测仪器满量程的 50%。

7.5.1.3 测试步骤

应按下列步骤进行测试：

- a) 将被测地震仪或地震计平稳放在振动台台面中心，其灵敏轴应与振动方向相平行，将地震仪或地震计调整到工作状态。
- b) 对于地震仪，每次记录采样数据的持续时间不少于 5 s，求出地震仪输出信号振幅值；对于地震计，可直接由振动台测试系统读取被测地震计输出信号幅值。对每一个频率点，应重复测试三次，记录测试结果。

7.5.1.4 数据处理

对每一个频率点的三次测量结果计算平均值，记为 Y_i 。设频率为 5 Hz 时对应的输出记为 $Y_{5\text{Hz}}$ ，则用分贝数表示的归一化的幅频特性由式(2)计算：

$$A_i = 20\lg(Y_i / Y_{5\text{Hz}}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：

Y_i —— 第 i 个频率点输出幅值，如果被测对象是地震仪，单位为米每秒(m/s)；如果被测对象是地震计，单位为伏(V)；

$Y_{5\text{Hz}}$ —— 频率为 5 Hz 时的输出幅值，如果被测对象是地震仪，单位为米每秒(m/s)；如果被测对象是地震计，单位为伏(V)；

A_i —— 归一化幅频特性值，单位为分贝(dB)。

7.5.2 标准信号源测试法

7.5.2.1 测试设备连接图

测试在振动干扰小的平台上进行。对于数据采集器，测试设备连接图见图 3；对于地震仪，采用个人计算机记录测试数据，测试设备连接图见图 4；对于地震计，使用独立的数据采集器采集地震计的输出信号，测试设备连接图见图 5。

7.5.2.2 测试信号频率的选择

对于地震仪和地震计，测试频率点数不少于 18 个，频率点的选择按照以下规则：

- a) 应覆盖被测地震计的观测频带，应包括 2 Hz、5 Hz，以及地震仪或地震计高端截止频率和低端截止频率这四个频点；
- b) 在地震仪或地震计的上限频率和下限频率附近，频率点的选择宜加大密度；
- c) 测试信号的幅值宜选择为被测仪器满量程的 50%。

对于数据采集器，测试频率点数不少于 10 个，频率点的选择应包含 5 Hz，建议选择被测频带上限的 0.04、0.1、0.2、0.35、0.4、0.5、0.6、0.8、0.9、1.0、1.2 等频率点，测试信号的幅值宜选择为被测仪器满量程的 50%。

7.5.2.3 测试步骤

应按下列步骤进行测试：

- a) 将被测设备(数据采集器、地震仪和地震计之一)安放在振动干扰小的平台上，并将其调整到工作状态；
- b) 对于地震仪或地震计，将标准信号源的输出连接到地震仪或地震计的校准信号输入端；对于数据采集器，将标准信号源的输出连接到数据采集器的信号输入端。改变标准信号源输出信号的频率，以 5 Hz 频率为测试的参考频率，记录每一个频率点标准信号源的输出幅度 x_i 和被测仪器的输出幅值 y_i 。

7.5.2.4 数据处理

按下列步骤进行数据处理：

- a) 按照式(3)计算 Y_i ：

$$Y_i = ky_i \cdot F_i / x_i \dots\dots\dots(3)$$

式中：
 Y_i —— 第 i 个频率点相对输出幅值，被测对象是地震仪，单位为米每秒(m/s)；被测对象是地震计，单位为伏(V)；
 y_i —— 第 i 个频率点被测仪器输出幅值，被测对象是地震仪，单位为米每秒(m/s)；被测对象是地震计，单位为伏(V)；
 x_i —— 第 i 个频率点标准信号源输出幅值，单位为安培(A)；
 F_i —— 第 i 个频率点标准信号源输出信号频率，单位为赫兹(Hz)；
 k —— 常数，可取值为 1，单位为赫兹(A/Hz)；
b) 按照式(2)计算归一化幅频特性。

7.5.2.5 结果评定

对于地震仪或地震计，幅频特性符合表 1 第 11 项规定的为合格；对于数据采集器，幅频特性符合表 2 第 13 项规定的为合格。

7.6 整机的噪声测试

7.6.1 测试设备连接图

对于地震仪，采用个人计算机记录测试数据，测试设备连接图见图 6；对于地震计，使用独立的数据采集器采集地震计的输出信号，测试设备连接图见图 7。

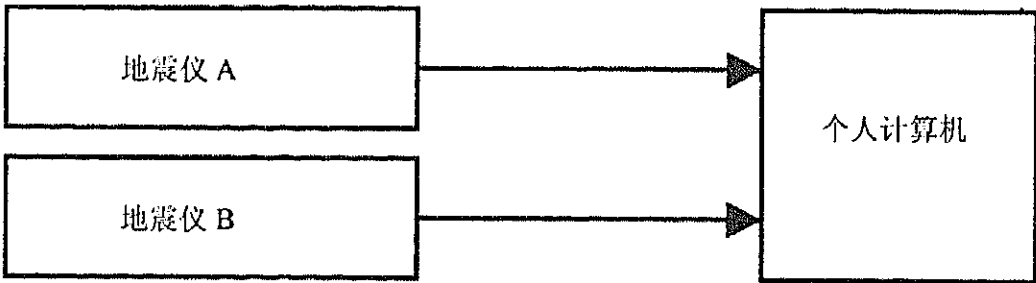


图 6 地震仪噪声测试设备连接图

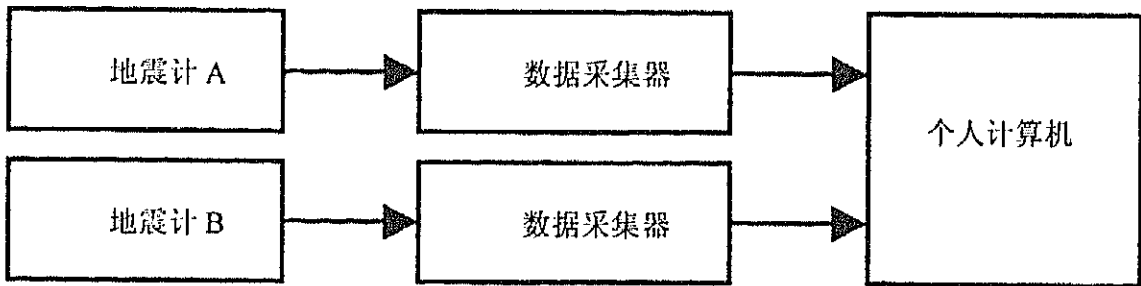


图 7 地震计噪声测试设备连接图

7.6.2 测试方法

应按下列步骤进行测试：

- a) 应选择背景噪声小的台站测试地震计噪声；
- b) 将相同型号的两台被测仪器紧靠着安装在台基上，方向相同。将地震仪或地震计调整到工作状态；
- c) 两台仪器同时连续记录 24 h 的观测数据，选取干扰小的相同时间段、相同观测分向、同样长度一小时的连续数据，按照附录 A 所述方法计算噪声谱。

7.6.3 结果评定

噪声测试结果符合表 1 第 8 项规定的为合格。

7.7 校准常数的测试

7.7.1 测试设备连接图

测试设备连接图同 7.3.1 条的规定。

7.7.2 测试信号的选择

测试信号的频率可选为 5 Hz，波形为正弦波。测试信号的幅值宜为满量程的 50%。

7.7.3 测试步骤

应按下列步骤进行测试：

- a) 将被测地震仪或地震计安放在平台上，并将其调整到工作状态；
- b) 将标准信号源的输出串接 10 kΩ 的电阻后连接到地震仪或地震计的校准信号输入端，调整标准信号源输出信号的幅度，使得地震仪或地震计的输出达到满量程的 50%，记录标准信号源的输出幅度和被测仪器的输出幅值。

7.7.4 数据处理

对于地震仪，按照式(4)计算校准常数；对于地震计，按照式(5)计算校准常数。

$$S_c = 2\pi F(R_s + R_c)Y / V_{in} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$S_c = 2\pi F(R_s + R_c)V_{out} / (SV_{in}) \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中：

- S_c ——校准常数，单位为米每二次方秒每安培(ms^{-2}/A)；
- F ——输入信号频率，单位为赫兹(Hz)；
- R_s ——串接的标准电阻阻值，单位为欧姆(Ω)；
- R_c ——校准线圈内阻，单位为欧姆(Ω)；
- Y ——地震仪的输出幅值，单位为米每秒(m/s)；
- V_{out} ——地震计输出电压幅值，单位为伏特(V)；
- V_{in} ——输入信号幅值，单位为伏特(V)；
- S ——地震计的灵敏度，单位为伏特秒每米($\text{V} \cdot \text{s}/\text{m}$)。

7.7.5 结果评定

校准常数的测试结果符合表 1 第 9 项规定的为合格。

7.8 时间同步误差与时间漂移的测试

7.8.1 测试设备连接图

地震仪或数据采集器的时间准确度包含时标准确度和守时准确度两项指标，测试设备连接图见图 8。

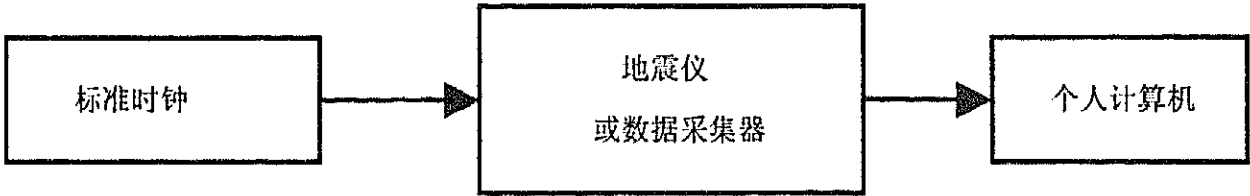


图 8 时间准确度测试设备连接图

7.8.2 测试信号的选择

使用标准时钟输出的分号脉冲作为测试信号。

7.8.3 时间同步误差测试方法

7.8.3.1 测试时，设定地震仪或数据采集器的采样率为最高采样率。

7.8.3.2 在地震仪与标准时间信号完成校时后，记录不少于 10 s 的采集数据。在个人计算机上分析该记录数据，找出分号脉冲起始点，读出该点的时间码，该时间码与整分时刻的偏差即为地震仪时钟误差。读出 10 次时钟误差，选择其中最大的作为时间准确度的测试结果。时钟同步误差符合表 2 中第 9

项规定的为合格。

7.8.4 时钟漂移率测试方法

测试时, 设定地震仪或数据采集器的采样率为最高采样率。

在地震仪与标准时间信号完成校时后, 断开标准授时信号或关闭内置授时信号接收单元, 继续工作 6 h, 记录不少于 10 s 的采集数据。在个人计算机上分析该记录数据, 找出分号脉冲起始点, 读出该点的时间码, 该时间码与整分时刻的偏差即为地震仪时钟误差。读出 10 次时钟误差, 选择其中最大值按照式(6)计算漂移率:

$$T_d = T_e / (6 \times 3600) \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

T_d ——时钟漂移率;

T_e ——读出的最大时间漂移量, 单位为秒(s)。

时间漂移率符合表 2 第 10 项规定的为合格。

7.9 地震计灵敏度的测试

7.9.1 测试设备连接图

测试设备连接图见图 2。

7.9.2 测试信号的选择

测试信号的频率可选为 5 Hz, 波形为正弦波。测试信号幅值宜选择为满量程的 50%。

7.9.3 测试步骤

应按下列步骤进行测试:

- a) 将被测地震计平稳放在振动台台面中心, 其灵敏轴应与振动方向相平行, 将地震计调整到工作状态;
- b) 记录振动台输出信号的速度值, 在振动台测试系统中按照电压值读取地震计的输出电压值。

7.9.4 数据处理

按照式(7)计算地震计的灵敏度。

$$S_s = V_s / Y_s \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

S_s ——地震计的灵敏度, 单位为伏秒每米($V \cdot s / m$);

V_s ——地震计的输出电压, 单位为伏(V);

Y_s ——振动台的输出速度值, 单位为米每秒(m / s)。

7.9.5 结果评定

地震计灵敏度的测试结果符合表 1 中第 3 项的规定为合格。

7.10 地震计横向灵敏度比的测试

7.10.1 将被测地震计平稳放在振动台台面中心, 其灵敏轴与振动方向相垂直, 按照第 7.9 节所述方法求出地震计的横向灵敏度 S_T 。

7.10.2 地震计横向灵敏度比应按照式(8)计算。

$$R_{ST} = \frac{S_T}{S_s} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

R_{ST} ——地震计的横向灵敏度比;

S_T ——地震计的横向灵敏度, 单位为米每秒(m / s)。

7.10.3 结果评定

测试结果符合表 1 中第 7 项的规定为合格。

7.11 地震计最低寄生共振频率的测试

7.11.1 测试设备连接图

测试设备连接图见图 2。

7.11.2 测试方法

7.11.2.1 将被测地震计平稳放在振动台台面中心, 其灵敏轴应与振动方向相平行, 将地震计调整到工作状态。

7.11.2.2 振动台的输出幅度宜设定为满量程的 10%。用扫频方法使振动台在 50 Hz ~ 150 Hz 之间振动, 监视地震计的输出并寻找共振峰, 记录最低共振峰对应的振动频率, 即为最低寄生共振频率。

7.11.2.3 如找不到共振峰, 可认定地震计最低寄生共振频率的测试结果符合表 1 中第 10 项的规定。

7.12 数据采集器零输入噪声测试

7.12.1 数据采集器的输入端短路, 记录数据, 取 2 000 个采样点按照式(9)统计噪声均方根值 N_{RMS} 作为零输入噪声。

$$N_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X_0)^2}{N - 1}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

N_{RMS} ——数据采集器的噪声均方根值, 单位为伏(V);

X_i ——第 i 个采样值, 单位为伏(V);

N ——计算 N_{RMS} 的有效采样值总数;

X_0 —— N 个采样值的平均值, 单位为伏(V)。

7.12.2 对数据采集器提供的每一种采样率都要测试零输入噪声。数据采集器零输入噪声的测试结果符合表 2 第 8 项的规定为合格。

7.13 数据采集器共模抑制比的测试

7.13.1 测试设备连接图

测试设备连接图见图 3。

7.13.2 测试信号的选择

选择 50 Hz 的正弦波, 幅度为满量程。

7.13.3 测试步骤

应按下列步骤进行测试:

a) 数据采集器的同相输入端和反相输入端短接, 将标准信号源的输出加到数据采集器短接的信号输入端和信号地之间;

b) 设置数据采集器的采样率为 200 样本数每秒, 采集并记录数据。

7.13.4 数据处理及结果评定

数据采集器共模抑制比按照式(10)计算, 符合表 2 中第 7 项规定的结果为合格。

$$\text{CMRR} = 20\lg\left(\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}}\right) \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

CMRR——共模抑制比;

V_{in} ——标准信号源输出电压幅值, 单位为伏特(V);

V_{out} ——数据采集器输出电压幅值, 单位为伏特(V);

8 环境试验

8.1.1 温度试验

应按 GB/T 6587.1 — 1986 规定的对Ⅲ组仪器的要求进行试验，方法详见 GB/T 6587.2 — 1986，对于地震计温度试验结果应符合表 1 中第 12 项的规定，对于数据采集器温度试验结果符合表 2 中第 17 项规定的为合格。

8.1.2 湿度试验

应按 GB/T 6587.1 — 1986 规定的对Ⅲ组仪器的要求进行试验，方法详见 GB/T 6587.3 — 1986，对于地震计湿度试验结果符合表 1 中第 11 项规定的为合格，对于数据采集器湿度试验结果符合表 2 中第 17 项规定的为合格。

8.1.3 振动试验

应按 GB/T 6587.1 — 1986 规定的对Ⅲ组仪器的要求进行试验，方法详见 GB/T 6587.4 — 1986。

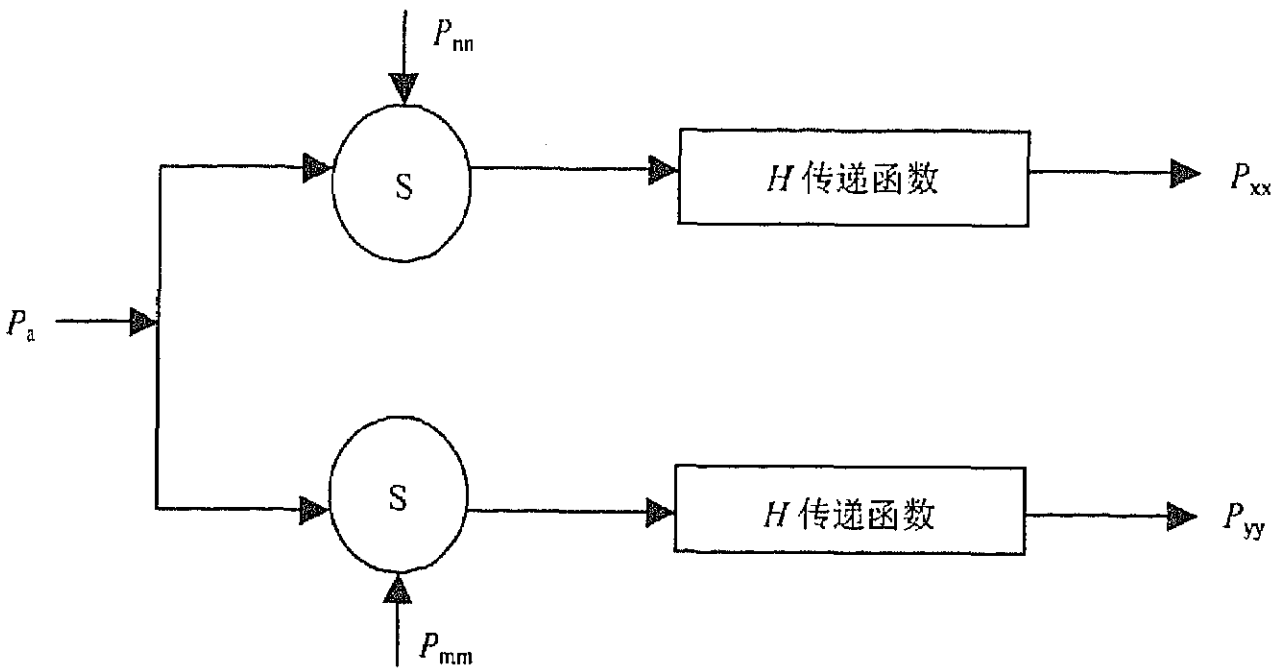
8.1.4 冲击试验

应按 GB/T 6587.1 — 1986 规定的对Ⅲ组仪器的要求进行试验，方法详见 GB/T 6587.5 — 1986。

附录 A
(规范性附录)
地震计噪声测试及计算方法

A.1 测试框图

地震计噪声测试的关键在于去除测试环境振动噪声的影响。图 A.1 所示的测试模型框图假定使用完全相同的两台地震计，它们的传递函数是一致的，传递函数的离散性将使得到的地震计噪声偏大。实际上使用同厂家同一个型号的两台地震计进行测试，能够得到比较好的结果。



注：
 P_a ——地震计输入端地动噪声功率谱密度(PSD)，未知值；
 P_{nn} 、 P_{mm} ——分别为两台地震计噪声功率谱密度，未知值；
 H ——地震计传递函数；
 P_{xx} 、 P_{yy} ——分别为记录数据信号的噪声功率谱密度；
 P_{xy} ——两个地震计输出数据的互功率谱密度。

图 A.1 地震计噪声测试模型原理框图

A.2 模型等式关系

根据图 A.1 模型框图，各点噪声功率谱之间的关系为：

$$P_{xx} = |H|^2(P_a + P_{nn}) \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

$$P_{yy} = |H|^2(P_a + P_{mm}) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

两个系统互功率谱密度 P_{xy} ：

$$P_{xy} = H^2 P_a \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

根据上述等式关系，可以导出以下关系：

$$P_{nn} = \frac{P_{xx}}{|H|^2} - \frac{P_{xy}}{|H|^2} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

$$P_{mm} = \frac{P_{yy}}{|H|^2} - \frac{P_{xy}}{|H|^2} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式(A.4)和(A.5)中，从系统1与系统2的噪声输出信号和系统的传递函数 H ，就可以测定输出

信号的噪声功率谱密度 P_{nn} 、 P_{mm} ，以及两个系统的互谱密度 P_{xy} ，从而可以分别计算系统 1 与系统 2 的噪声功率谱密度。

在实际测量中引入相干函数(γ):

$$\gamma^2 = \frac{|P_{xy}|^2}{P_{xx}P_{yy}} \dots\dots\dots(\text{A. 6})$$

则地震计自噪声 P_{nn} 、 P_{mm} :

$$P_{nn} = \frac{P_{xx}}{|H_1|^2}(1 - \gamma) \dots\dots\dots(\text{A. 7})$$

$$P_{mm} = \frac{P_{yy}}{|H_2|^2}(1 - \gamma) \dots\dots\dots(\text{A. 8})$$

式(A. 7)与(A. 8)中的 H_1 、 H_2 分别两台地震计的传递函数。图 A. 1 所示的模型中假设两台地震计的传递函数完全相同，但实际上不可能，所以在计算地震计噪声谱的式(A. 7)与(A. 8)中分别用 H_1 、 H_2 代替 H 。

附 录 B
(资料性附录)
地球噪声模型

本部分直接引用由美国 USGS 的 J. Peterson 及其研究小组，观测和研究的全球正常地球噪声得到的地球高噪声新模型 NHNM 和地球低噪声新模型 NLNM，以噪声功率谱表示(图 B.1)。具体数值见表 B.1 和表 B.2。

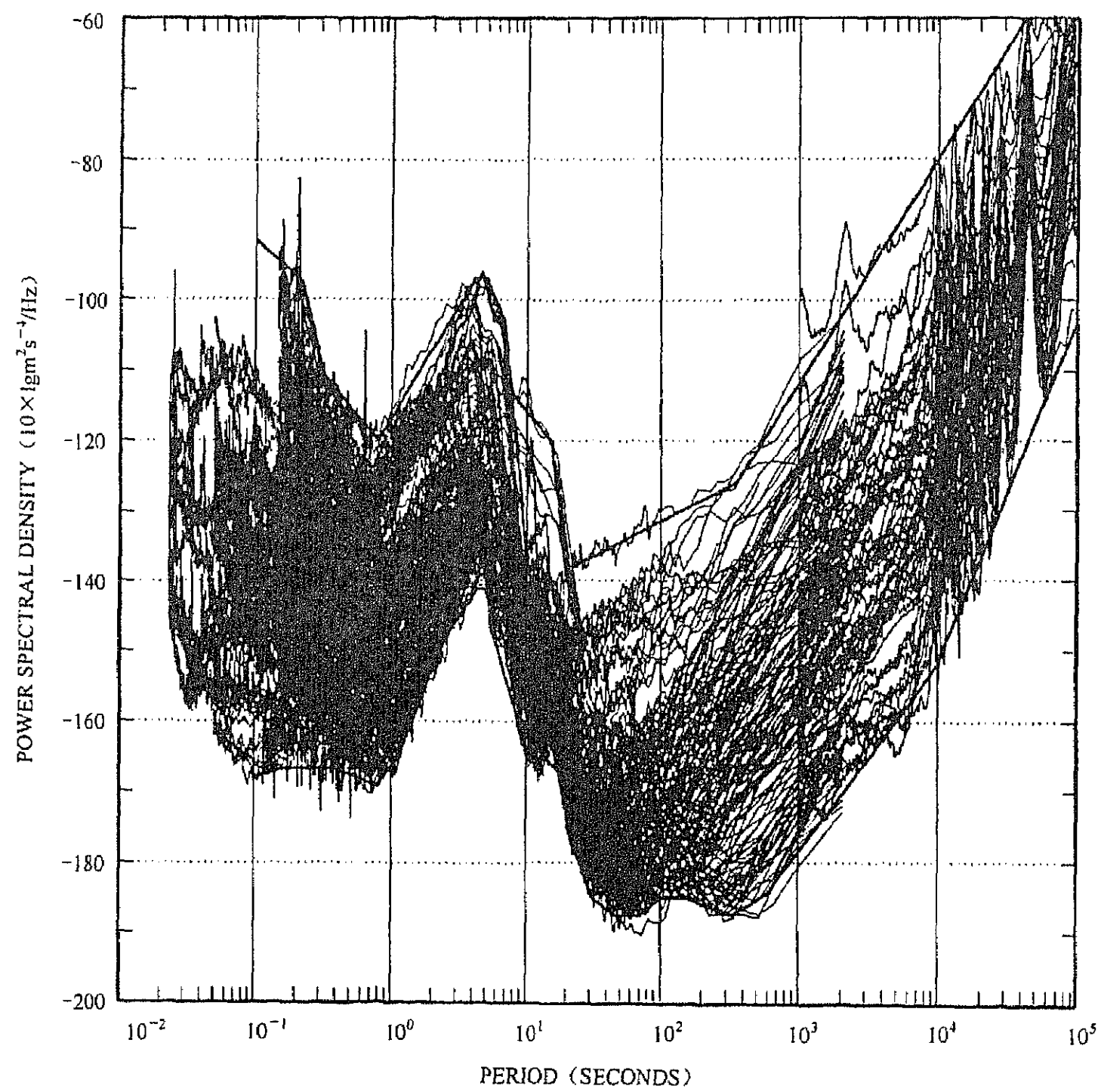


图 B.1 地球噪声模型 (Peterson, 1993)

表 B.1 地球高噪声新模型(NHNM)加速度功率谱密度和速度功率谱密度

T/s	$\rho_a/ (m^2s^{-4}/Hz)$	ρ_a/dB	$\rho_v/ (m^2s^{-2}/Hz)$	ρ_v/dB
0.10	7.1×10^{-10}	-91.5	1.8×10^{-13}	-127.5
0.22	1.8×10^{-10}	-97.4	2.2×10^{-13}	-126.5
0.32	8.9×10^{-12}	-110.5	2.3×10^{-14}	-136.4
0.80	1.0×10^{-12}	-120.0	1.6×10^{-14}	-137.9

表 B.1 (续)

T/s	$\rho_a / (m^2 s^{-4}/Hz)$	ρ_a/dB	$\rho_v / (m^2 s^{-2}/Hz)$	ρ_v/dB
3.80	1.6×10^{-10}	-98.0	5.8×10^{-11}	-102.4
4.60	2.2×10^{-10}	-96.5	1.2×10^{-10}	-99.2
6.30	7.9×10^{-11}	-101.0	8.0×10^{-11}	-101.0
7.90	4.5×10^{-12}	-113.5	7.1×10^{-12}	-111.5
15.40	1.0×10^{-12}	-120.0	6.0×10^{-12}	-112.2
20.00	1.4×10^{-14}	-138.5	1.4×10^{-13}	-128.4
354.80	2.5×10^{-13}	-126.0	8.0×10^{-10}	-91.0
10000	9.7×10^{-9}	-80.1	2.5×10^{-2}	-16.1
100000	1.4×10^{-5}	-48.5	3.6×10^3	35.5

表 B.2 地球低噪声新模型 (NLNM) 加速度功率谱密度和速度功率谱密度

T/s	$\rho_a / (m^2 s^{-4}/Hz)$	ρ_a/dB	$\rho_v / (m^2 s^{-2}/Hz)$	ρ_v/dB
0.10	1.6×10^{-17}	-168.0	4.1×10^{-21}	-203.9
0.17	2.1×10^{-17}	-166.7	1.6×10^{-20}	-198.1
0.40	2.1×10^{-17}	-166.7	8.7×10^{-20}	-190.6
0.80	1.2×10^{-17}	-169.2	1.9×10^{-19}	-187.1
1.24	4.3×10^{-17}	-163.7	1.7×10^{-18}	-177.8
2.40	1.4×10^{-15}	-148.6	2.0×10^{-16}	-157.0
4.30	7.8×10^{-15}	-141.1	3.6×10^{-15}	-144.4
5.00	7.8×10^{-15}	-141.1	4.9×10^{-15}	-143.1
6.00	1.3×10^{-15}	-149.0	1.1×10^{-15}	-149.4
10.00	4.2×10^{-17}	-163.8	1.0×10^{-16}	-159.7
12.00	2.4×10^{-17}	-166.2	8.7×10^{-17}	-160.6
15.60	6.2×10^{-17}	-162.1	3.8×10^{-16}	-154.2
21.90	1.8×10^{-18}	-177.5	2.2×10^{-17}	-166.7
31.60	3.2×10^{-19}	-185.0	7.9×10^{-18}	-171.0
45.00	1.8×10^{-19}	-187.5	9.1×10^{-18}	-170.4
70.00	1.8×10^{-19}	-187.5	2.2×10^{-17}	-166.6
101.00	3.2×10^{-19}	-185.0	9.7×10^{-17}	-160.9
154.00	3.2×10^{-19}	-185.0	1.8×10^{-16}	-157.2
328.00	1.8×10^{-19}	-187.5	4.9×10^{-16}	-153.1
600.00	3.5×10^{-19}	-184.4	3.2×10^{-15}	-144.8
10 000	6.5×10^{-16}	-151.9	3.5×10^{-14}	-87.9
100 000	4.9×10^{-11}	-103.1	1.2×10^{-2}	-19.1

参 考 文 献

- GB/T 2298 — 1991 《机械振动与冲击术语》
- GB/T 10084 — 1988 《振动、冲击数据分析和表示方法》
- GB/T 11464 — 1989 《电子测量仪器术语》
- GB/T 13978 — 1992 《数字多用表通用技术条件》
- GB/T 13983 — 1992 《仪器仪表基本术语》
- GB/T 18207.2 — 2005 《防震减灾术语 第2部分：专业术语》
- GB/T 19531.1 — 2004 《地震台站观测环境技术要求 第1部分：测震》
- DB/T 10 — 2001 《数字强震动加速度仪》
- Jon Peterson, 1993, Observation and Modeling of seismic background noise, Open – File Report, 93 ~ 322, USGS
- Charles R. Hutt, September 1990, Standards for Seismometer Testing A Progress Report, Albuquerque Seismological Laboratory, USA
- Peter Bormann, 2002, IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice, Geo Forschungs Zentrum Potsdam (GFZ)
-

中 华 人 民 共 和 国
地 震 行 业 标 准
地震观测仪器进网技术要求
地震仪

DB/T 22 — 2007

*

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路9号

邮政编码：100081

电话：68462709

北京地大彩印厂印刷

*

开本 880 × 1230 1/16 印张 1.75 字数 56 千字

2007 年 5 月第一版 2007 年 5 月第一次印刷

印数 001 — 800

*

书号：135028 · 3801 定价 12.00 元

地震版 XT200700126

版权专有 不得翻印